GCOE
Institute of Fluid Science
TOHOKU
UNIVERSITY

流動ダイナミクス知の融合教育研究世界拠点

第2回国際評価報告書（2009年度）

Tohoku University Global COE Program
World Center of Education and Research for Trans-disciplinary Flow Dynamics



東北大学グローバルCOEプログラム

はじめに

東北大学グローバル COE プログラム「流動ダイナミクス知の融合教育研究世界拠点」がスタートして、1 年半を経過致しました。

このプログラムの目的は、前 21 世紀 COE プログラム「流動ダイナミクス国際教育研究拠点」で得られた拠点形成の実績を踏まえて、「若い人材が国際交流活動を通して将来、研究、教育、産業、社会といったそれぞれの分野で中核的な指導者となるように、教育すること」ならびに、「人類が直面する様々な問題（地球温暖化・エネルギーや食糧の不足・飢餓・貧困等）や、フロンティア分野の学問と技術課題（先端医療・ライフサイエンス・宇宙・航空・海洋分野等）に果敢に挑戦して、解決策を見出して行くこと」にあります。

このたび 2010 年 2 月 19 日、海外からの 3 名を含む 7 名の著名な研究者・教育者を委員としてお招きして「第 2 回国際評価委員会」を開催し、平成 21 年度の成果を検証していただきました。

平成 21 年度「教育」面では、関係者の結束した努力により、「国際若タケノコ発掘」「国際出る杭伸ばす」「国際高等研究教育院との連携」「国際インターンシップ」等のプログラムを着実に稼働させるとともに、新たに「国際回遊教育」「東北大学ーリヨンサマースクール」を実施することが出来ました。　また、昨年 11 月に開催した 6th International Conference on Flow Dynamics には、国内・外 16 カ国より 448 名（内外国人 157 名）の研究者・学生等が参加して、多数の論文発表と活発な議論の展開がなされ、そこでは大学院生、ポスドク等に主体的に国際会議を組織させる経験を積ませる事も出来ました。

「研究」面でも、詳細は本報告書でご覧いただけますように、事業推進担当者と研究協力者により、平成 21 年度、多数の論文・書籍・国際学会での発表等が行われました。当 GCOE 関係者による学会賞の受賞等も多数ありました。　また、4 つの「流動融合研究分野」の他に 5 つの「融合フロンティアプロジェクト」を立ち上げるとともに、新たに構築した国際共同研究・教育事業として「ELyT Lab」の枠組みを活用し「国際ジョイントラボ」等の国際連携による研究活動も活発に行われ、成果を上げつつあります。

今回の「第 2 回国際評価委員会」では、いくつか、当 GCOE の今後の重要な努力目標や課題をご教示いただきました。これらを踏まえまして、関係者さらに一層努力いたし、この GCOE を真に「流動ダイナミクス知の融合教育研究世界拠点」として、確立してまいる所存でございます。今後ともご支援・ご指導を賜りますようお願い申し上げます。

平成 22 年 3 月 5 日

東北大学グローバル COE プログラム

「流動ダイナミクス知の融合教育研究世界拠点」

拠点リーダー　圓山　重直

目　　次

1. 国際評価委員会　委員名簿 1
2. 国際評価委員会　実施の概要 3
3. 評価と提言
3.1 委員長総括コメント 4
3.2 評価委員の評価・コメントと質疑応答 5
3.3 あいさつと謝辞 11
4. 評価委員会説明資料
4.1 GCOE プログラム全体に関する報告　資料 12
4.2 GCOE 流動融合分野研究報告　資料 17
4.3 GCOE 融合フロンティアプロジェクトの報告　資料
4.3.1 「流動ダイナミクスと医療の融合」資料 20
4.3.2 「原子力発電プラントの流動誘起損傷のメカニズム解明と評価」資料 22
4.3.3 「次世代環境適合型航空機の研究」資料 24
4.3.4 「ナノ・マイクロプロセス」資料 26
4.3.5 「エネルギー・環境」資料 28
4.4 国際交流に関する報告　資料 29
5. 東北大学グローバル COE「流動ダイナミクス知の融合教育研究世界拠点」
拠点の概要
5.1 目　標 31
5.2 拠点形成計画の概要 32
5.3 事業推進担当者・研究協力者 33
5.4 運営図 34
6. 主な活動
6.1 拠点形成プログラム
6.1.1 運営委員会 35
6.1.2 グローバル・オペレーション・オフィス（GOO）会議 35
6.1.3 教育委員会 35
6.1.4 研究委員会 36
6.1.5 国際交流委員会 36
6.1.6 企画室会議 38
6.1.7 国際評価委員会 38
6.1.8 全体会議（研究交流会） 38
6.1.9 国際会議の開催 39
6.1.10 研究支援者の採用
1）博士研究員ポストドクトラルフェロー 43
2）国際出る杭伸ばす特別研究生 43
3）研究支援リサーチ・アシスタント 44
4）基本支援リサーチ・アシスタント 45
5）国際宇宙大学派遣 45

6）国際若タケノコ発掘プログラム採択者一覧 46
6.2 研究活動
6.2.1 総括 47
6.2.2 情報流動融合分野 49
6.2.3 反応流動融合分野 59
6.2.4 ナノ流動融合分野 65
6.2.5 極限流動融合分野 76
6.2.6 GCOE 融合フロンティアプロジェクト 86
6.3 教育活動
6.3.1 国際的人材育成プログラム 88
1） 国際若タケノコ発掘プログラム 88
2） 国際出る杭伸ばす教育プログラム 89
3） グローバル回遊教育プログラム 89
4） 国際高等研究教育院との連携 90
5） ジョイントラボ連携国際インターンシップ 90
6） 国際宇宙大学派遣 92
7） HOPE ミーティング派遣 93
8） 学生企画/運営国際会議・シンポジウム 93
9） 学生交流研究発表会 97
10） 流動ダイナミクス知の融合博士学生セミナー 98
11） 東北大学―リヨンサマースクール 99
12） ダブルディグリー共同教育 100
13） 高度イノベーション博士人材育成センターとの連携 100
14） 若手研究者国際会議派遣 100
15） 流体科学分野横断セミナー 101
16） 客員教授による実践教育 102
7. 国際連携活動プログラム
7.1 国際連携拠点の活用 104
7.1.1 リエゾンオフィスセッションの概要及び今後の方針 104
7.2 日仏ジョイントエリートラボの支援 104
7.3 多国間共同研究の支援 105
7.4 流動ダイナミクス国際融合ジョイントラボラトリー（FLOWJOY） 107
7.5 リエゾンオフィスを通じた主な国際交流実績 110
8. 事業推進担当者の取り組みと実績 116
9. 研究協力者の取り組みと実績 233
10. 博士研究員ポストドクトラルフェローの取り組みと実績 292
11. 国際出る杭伸ばす特別研究生の取り組みと実績 314
12. 国際宇宙大学派遣学生の取り組みと実績 331
13. 研究支援リサーチ・アシスタントの取り組みと実績 333
14. 基本支援リサーチ・アシスタントの取り組みと実績 365

1. 国際評価委員会　委員名簿

氏名	役職
◎笠木　伸英	東京大学大学院工学系研究科　機械工学専攻　教授
Behnia, Masud	シドニー大学大学院　教授
藤井　孝藏	(独)宇宙航空研究開発機構　宇宙科学研究本部　企画連携総括
井上　孝太郎	(独)科学技術振興機構　上席フェロー
Shin, Hyun Dong	韓国科学技術院機械工学科　教授 燃焼技術研究センター長
戸田　三朗	東北放射線科学センター　理事
Zhang, Xing	清華大学　工程熱物理研究所　教授

◎　委員長

2. 国際評価委員会　実施の概要

Ⅰ　実施日程

1.　日　時：平成 22 年 2 月 19 日（金）15：00-18：00

2.　場　所：東北大学流体科学研究所 COE 棟 3F　セミナー室

3.　出席者

○評価委員

笠木 伸英（東京大学大学院教授）、
Behnia, Masud（シドニー大学大学院教授）、
藤井　孝藏（（独）宇宙航空研究開発機構企画連携総括）、
井上　孝太郎（（独）科学技術振興機構上席フェロー）、
Shin, Hyun Dong（韓国科学技術院教授 燃焼技術研究センター長）、
戸田 三朗（東北放射線科学センター理事）、
Zhang, Xing（清華大学教授）

○被評価者

圓山 重直拠点リーダー、高木 敏行サブリーダー、中野 政身、中橋 和博、石本 淳、太田 信、丸田 薫、笹尾 眞實子、三浦 隆利、升谷 五郎、西山 秀哉、小林 秀昭、小原 拓、宮本 明、水崎 純一郎、徳山 道夫、寒川 誠二、小玉 哲也、徳増 崇、大林 茂、福西 祐、浅井 圭介、澤田 恵介、伊藤 高敏、橋爪 秀利　各事業推進担当者
白井 敦、江原 真司、竹島 由里子、青木 秀之、佐藤 岳彦、三浦 英生、湯上 浩雄、米村 茂、畠山 望、三木 寛之、佐藤 一永、大平 勝秀、渡辺 豊、内一　哲哉、遊佐　訓孝、小宮 敦樹、伊賀 由佳　各研究協力者

○オブザーバー

和田 直人特任教授、齋藤 文男特任教授

Ⅱ　議事運営

流体科学研究所　所長挨拶（流体科学研究所　早瀬 敏幸所長）

(1) 委員長選出・委員長挨拶　（委員長）
　委員長に笠木委員を選出した。
(2) GCOE プログラム全体に関する報告（圓山 重直拠点リーダー）
(3) GCOE 流動融合分野研究報告（圓山 重直拠点リーダー）
(4) GCOE 融合フロンティアプロジェクトの報告
　1)「流動ダイナミクスと医療の融合」（圓山 重直プロジェクトリーダー）
　2)「原子力発電プラントの流動誘起損傷のメカニズム解明と評価」
　　（高木 敏行プロジェクトリーダー）
　3)「次世代環境適合型航空機の研究」（大林 茂プロジェクトリーダー）
　4)「ナノ・マイクロプロセス」（寒川 誠二プロジェクトリーダー）
　5)「エネルギー・環境」（中野 政身プロジェクトリーダー）
(5) 国際交流に関する報告（高木 敏行国際交流担当）
(6) 質疑応答
(7) 評価委員による審議及び委員長報告
(8) 謝辞（圓山 重直拠点リーダー）

3. 評価と提言
3.1 委員長総括コメント

笠木委員長：
皆さま、ご苦労さまでした。評価委員の先生方それぞれに大変的確なコメントをいただきました。時間の都合もあり、評価委員のコメントを私からまとめさせていただきます。
たぶん、評価のポイントは、一番目はGCOE全般にわたる評価、二番目は教育、人材育成、三番目は研究、四番目はその他、GCOEの制度等にもかかわることかと思います。
一番目の全体的な状況についてですが、これについては各評価委員からコメントがありましたように、ここで行われている研究あるいは人材育成のレベルは大変高い。これは、研究所として元々非常に高いレベルのアクティビティを持っておられた、ということもあると思いますけれども、GCOEの活動でさらにそのレベルが上がったと、評価委員が共通して見ておられる。要は、ディシプリンベースで見たときには、世界のトップクラスだろうというのは共通の理解だろうと思います。その上で、改めてGCOEの活動として見てみると、いろいろコメントがありましたように、さらに努力を要するような目標、あるいは将来の方向があるのではないかというご判断かと思います。これは、将来の流体科学研究所の方向性にもたぶん関係していることだろうと思います。
二番目は教育あるいは人材育成のことでありますが、いろいろな活動をやっておられる。新しいプログラム、特に国際的な交流を大変よくやっておられます。これもデータとしてよく分かりましたし、学生さんが時に嫌々やっていることもあるとのお話もありましたが、これは、どこの大学でもそういう状況はあるのでしょうね。
私は個人的には、そこは何か工夫する必要があるし、やり方もあると思っています。つまり、圓山先生以下、事業推進担当の先生方と、博士課程あるいはポスドクの方々がある種の目標共有をして解決していただきたいと思います。その点を、今後少しでも改善した状況に変えていっていただきたいと思います。その上で、さまざまなことを試みられた結果を、きちんと教育あるいは人材育成の出来高として評価する軸を持つべきだと思います。いろいろなことをやればいいのではなくて、やって、もちろん一種のトライアルでしょうから、その結果、個々の人たちがどれだけ、どんな力を獲得したのかということを少し丁寧に見ていただいて、プログラムの改善とか継続を検討するとよろしいかと思います。
三番目の研究ですけれども、聞かせていただいた融合フロンティアプロジェクトは大変素晴らしいと、評価委員から総じてサポートされた試みだと思います。しかし、あとからの議論にもありましたように、どういう分野で融合していくのか、どういう分野でチャレンジしていくのかというときに、やはり社会の期待というか、あるいは社会と科学の関係とかを考えていただいて、適切なプロジェクト運営をしていただきたいと思います。
例えば、いまの日本で言うと高齢化、環境、特に持続性、エネルギーの問題、あるいは健康・医療の問題とか、世の中がいま一番期待している課題があるわけです。そういうものをまず分析する。本来はたぶん、そこから始めなくてはいけなくて、そこに分野融合の余地があるのです。これはエンジニアリングの人たちだけがやっていてもだめで、文理隔てなく、そういう社会分析から始めていただいて、その中のどの分野に力を結集して応えていこうかを考えていただいて、そこからテーマが浮き彫りになってきて、それがいまの融合分野まで落ちてくるというようなプロセスであると素晴らしいと思うのです。これは複数の委員がご指摘になったところだと思います。
そのときに、ぜひ誤解しないでいただきたいのは、出口を見るということは基礎研究が大事でないということではないのです。つまり、基礎研究と出口をつなげることが大事であって、それ自身がたぶん研究のテーマだと思います。これはどこでも苦しんでいるところでありますが、そこにたぶん、流体科学研究所の将来の発展が懸かっているのではないかということだと思います。
四番目のその他の件ですけれども、少しご心配をされている意見が出ましたけれども、GCOEの予算がだいぶカットされるとか、あるいは当然、GCOEが終わればファンドがなくなるという中で、どういう持続性を担保するかということを、いまからぜひ計画されて慌てないようにしていただきたいということであったと思います。これは流動ダイナミクスに関する国際シンポジウムの開催も含めて何か工夫があるのでしょうから、研究所なり大学全体としての戦略として検討すべきでしょう。
漏れているところもあろうかと思いますが、以上のようなことがまとめでございます。評価委員の先生方、どうもありがとうございました。

3.2　評価委員の評価・コメントと質疑応答

笠木委員長：

質問というよりは、コメントと感想をお話ししたいと思います。全般的に大変よくやっておられて、いい成果が出ていると思いました。三つの観点からのコメントを、一部質問も加えてお話をしたいと思います。

一つは、現在、社会と科学技術の関係は非常に大きく変わってきているということを、拠点の方々にぜひ自覚していただきたい。それは、10 年ほど前のブダペスト宣言があるのですけれども、科学というものが、単に知識のための科学だけではなくて、社会のため、あるいは社会における科学ということで位置付けが変わったと。第二期の基本計画でもそういうことが言われましたし、EU もそういうことを言っています。

最近、国の政策として変わってきているのは、いわゆる分野駆動型研究です。ご承知のように、第３期科学技術基本計画では重点 4 分野、推進 4 分野と言って、分野に集中的な投資をして、そこで研究開発を進めるという国の姿勢があったわけです。これも 2007 年の EU の方針変換、それから昨年のアメリカの場合ですとオバマさんの National Academy of Science での演説がありすように、社会的な課題を解決するための研究開発という方向に大きく変わってきています。

現在、新しい政権が日本にできて、新成長戦略とか、あるいは第四期の科学技術基本計画という議論が進んでいます。日本は次の基本計画 5 年の中では分野駆動ということをやめるとされています。つまり環境、情報、ナノ・テク、生命・ライフサイエンスの四分野駆動ではなくて、むしろ社会的な期待、社会的な課題を解決するための科学技術ということです。いま漏れ聞いているのは、例えばグリーンイノベーションとか、ライフイノベーションという言葉が出てきています。

これは、この拠点に限らないのですけれど、やはり日本の科学技術にかかわる研究者は、こういった社会的な課題に積極的に応えるために、自分は何をしたらいいのかという考えを持つべきだと思うのです。そうした社会的な期待から逆にバックキャストしたときにどういう研究をすればいいか考えるべきです。

出口を見るということは基礎研究が大事でないということではなくて、むしろ基礎研究は非常に重要でありまして、そういう意味では、今回立ち上げられたフロンティアプロジェクトの 5 つの課題で、むしろそれらの課題から研究を進めようという姿勢が見られるのは大変好ましいと思いました。

ただ、よく見ると、やはりもともとのディシプリンから演繹（えんえき）された、つまり、こういうシーズがあるので、これが世の中でどう役に立つかという方向の考えや問題設定がすこし強いのではないかとも感じます。そちらも大事なのですけれど、先ほど申し上げたような社会的な課題に応えるということで、いったいどういう基礎研究が必要なのか。つまり、Research on Research ということが非常に大事になってきているので、ぜひフロンティアプロジェクトをより熟成させて、そういうかたちの成果が出るようにしていただくと大変よろしいのではないかと思いました。

二点目ですが、ここは流体科学研究所という特色のある研究所であり、さまざまな課題を流動ダイナミクスという共通の軸でとらえることによって、非常に強い力を発揮しようというわけですが、そういう意味では、それがどういうメリットを生み出しているのかということを、もう少し量的に表現できるといいのではないかと思います。つまり、単にキーワードを挙げているだけではなくて、さまざまな問題を流動ダイナミクスという切り口でとらえたときに、そこにブレークスルーが本当に出てくるのかということが問われると思うのです。

アメリカでは、現在 DOE（Department of Energy）がエネルギー関係のビッグ・プロジェクトをやっていて、スティーブン・チューさんがエネルギー省の長官になって、たぶん皆さんがご存じの UC バークレイのアルン・マジュンダーという人がいますが、彼がディレクターになってやっているわけですけれど、そこで言われていることは、ゲームチェインジングなチャレンジが必要ということなのだそうです。ですから、この GCOE でこれだけ優れた方々が集まっているとすると、全員でなくても結構ですが 10 人に一人ぐらいは、本当にゲームチェインジングな研究をやっていただくといいのではないかという希望です。

三番目は、学生の参加です。私は最近「産官学学」連携と言っておりまして、いわゆる産官学の連携に、プラスで学を、これは学生という意味ですが、最大のステークホルダーである学生が自主的に責任を持って人材育成の場に参加する必要があると思っているのです。きょういろいろなデータを見せていただいて、大変アクティブにやっているということが分かったのですが、学生さんの意識はどうなのだ

ろうというのは、きょうのご説明では分かりませんでした。つまり、嫌々やっているのか、本気でやっているのかです。あるいは、学生さん自身が自分がどういう力を付けようとして、どこに向かおうとしてこういうことをやっているのかということをよく理解して、それを教員と共有しているかどうかについてご説明がなかったので少し心配したのです。そして、こういうたくさんのことをおやりになった結果、そのアウトカムに対してどういう評価軸を持っておられるのか。GCOE のような拠点でこそ、そういう評価ができるわけで、外から見たのではなかなか分からないので、皆様自身が評価軸を持つとよろしいのではないかということでございます。長くなりましたが、この三点でございます。

圓山：

一つずつ私の答えられる限りで回答させていただいて、もし足りない場合や追加のコメントがある場合には、参加していただいている事業推進担当者の先生方、研究協力者の先生方に補足をしていただきたいと思います。

まず、最後の、学生参加のときに意識はどうかということについて。あとはコメントということで、また時間のあるときにお話しさせていただきたいと思います。

まず、東北大の学生は、出たい出たい、ぜひ参加しますという人は留学生以外では少ないです。和田先生などはそれを実感されているのですが、先生に言われて半ば嫌々行く学生もいるのです。しようがなく行った学生でも、帰ってくるとがらっと変わって、「いやあ、すごかった」という結果になります。

特に Lyon のサマースクールも、やはり向こうに行っていろいろな刺激を受けて帰ってくると変わってくる。そればかりではなく、修士学生は将来、留学する、あるいは博士課程に進学することを具体的に計画するようになるケースが多くあります。特に留学生については、こうした傾向が強く出ています。

それから、いろいろなもののアウトカムの問題でございます。先ほど、笠木先生からもご質問があって、いま事務局で調べたのですが、例えばわれわれが支援している学生のうち外国人の割合が、20 年度は 27%で、21 年度が 33%、今度 22 年度に支援する予定の 40%が外国人ということで、それは外国人は支援があるから来ているというのもあるのですけれども、そういうかたちで年度ごとに上がってきています。

もう一つ、これは非常に微妙なデータなのですが、JSPS に採択された学生の割合ということで、申請レベルでいうと、これも事務局で調べてもらいましたら、JSPS の工学系の博士課程の全国の学生の中で、採用の人数が決まっていますので割り算をすると 2.1%だそうです。これは私学もみんな入っています。

そのうちで東北大学の工学研究科の、申請者に対する採択率ではなくて在籍数に対する割合が 6.7%。では、われわれがいろいろなかたちで支援した学生のうち何%が JSPS になっているかというと、16.3%というのが延べ数の割合です。複雑な数え方なので、途中で出入りがあって一概には言えないのですが、まず 10%以上です。そういう意味では、学生の中でも優秀な学生であると考えられます。比較的皆さん頑張っている。そういうかたちで実績的にも、アウトカム的にもいっているのかなというのが、いまの段階でございます。

Behnia 委員：

Thank you Professor Maruyama, I just wanted to make a very quick comment about the achievements of the GCOE over the last year. I am very impressed with what has been done and I would like to congratulate you and your colleagues on the amount of work done and also on the quality.

The first comment and question is in relation to your educational efforts. You have achieved to run an excellent series of ICFD conferences as shown in the PowerPoint presentation. Last year I believe you had a very good conference and about 450 people attended. But the attendance has been somewhat up and down. I would like to know what is the plan in terms of what is an optimum number of participants, how do you want to run this conference in the future and with what sort of numbers? Do you want it bigger? Do you want it smaller? Or do you want it to be about the same size?

圓山：

Thank you, Masud. As to the attendants of ICFD, I think the number like 500 may be the maximum. 400 may be a reasonable number. After the GCOE support is over and in case ICFD receives no particular funding from outside, we must be very happy if we can gather 300 to 400

people together. Though the size of the conference will be smaller, we still try to maintain the quality of this conference as high as being adequate to be called as “the center of excellence”.

Behnia 委員：

Just one very short comment and possibly some points for later discussion: One of the difficulties internationally faced by universities, which I am sure you are aware of is the difficulty of attracting quality students to our field in the postgraduate area. One possibility that perhaps we need to explore further is how we can better attract and recruit postgraduate students as well as fourth-year undergraduate students into the GCOE program.

圓山：

To attract and recruit good students to PhD course and the GCOEs, is a very important task for us all. Currently, it is almost impossible to spend any money from GCOE for the sake of benefit of Master Course or Bachelor students. But we would like to encourage Master or Bachelor students to be entering the PhD courses. The situation is same for all the graduate schools of Japanese universities. Professor Hayase of Institute of Fluid Science (IFS) is now considering to incorporate an incentive program to encourage such Master Course students to proceed to PhD course. We would like to collaborate with this kind of programs.

藤井委員：

まず、きょうのご報告に限らず、東北大も含めて流体科学研究所にはかなり前からこの分野の優れた研究者が集まってきて、世界トップクラスの研究を進めてきたというのは間違いなく、それを否定する部分はまったくないと思っています。また，私も同分野の研究者ですが、「流体科学」という名前がついた研究所があることは嬉しく、さらに発展していって欲しいと思っています。なかなかこういう基盤的な名を冠した研究所は今のような時代には存続が難しいですね。基礎研究のこういうタイトルを持った研究所が残っていけるように、是非、頑張っていただきたいと思います。

きょうの中味で言いますと、笠木先生も触れられておりましたけれど、動き始めたこの融合フロンティアというプロジェクトは、ある種の目的指向型の計画です。限られたメンバーで研究を進めるわけですから、大きな目標を完全にカバーする形で、指向した研究目的を満たすことはおそらく無理で、どうしても参加研究者が担当した分野のつまみ食い的な成果にならざるを得ないと思われます。それはそれでいいのだと思うのですが、プロジェクト実施グループとして、果たして指向した目的全体を満たすところを目指すのか、個々に優れた研究成果があがれば、つまみ食い的成果でもいいと考えるのか、進める上で、そのへんの仕分けをもう少し明確にされたほうがいいと思います。

二つ目は、最初にも質問させていただいたのですが、やはり新しいアイデアというのは異分野との交流がとても大事だと私自身も思っています。東北大の中などではかなり異分野の交流が進んでいるという印象があります。このプロジェクトなどを通じてもさらに進んでいると思うのですが、例えば海外等の異分野の人たちと触れるような機会が何かつくれたら、もっとイノベーションにつながる話がそこから生まれたりするのではないのかなと。これは学生さんも含めての話ですが。ぜひ積極的にこういった機会を作ることを考えていただけるといいかなと思いました。

時間も限られているので、あと一つ。先ほども話題になったシンポジウムですが、世界には、流体関連のシンポジウムがたくさんあります。例えば、機械工学で言うと流体工学部門の日米のシンポジウムなどもありますし、航空宇宙分野にも流体関連会議があります。意義があるかは単に参加人数ということだけではなくて、そういう中で流体科学研究所が主催するこのシンポジウムが特徴を出していけるかが大切、いや出していかないといけないと思います。今の進め方だと、人数は維持できるかもしれないけれど、差別化が不十分のためにその意義は何となく中途半端になる印象があり、何かそこにひと工夫、流体科学研究所が中心となって動くこの COE ならではのシンポジウムの特徴を工夫していっていただき、自然に大きく発展していけたらいいなという印象を持ちました。

圓山：

ありがとうございます。まさに藤井先生のおっしゃる通りで、特に融合フロンティアについてはまだスタートしたばかりで、各メンバーの先生方もどうやろうかと話をしている段階でございまして、高木先生のほうはもう走っていて目的もしっかりしているのですが、ほかは、基礎と応用がちぐはぐになっ

たり、つまみ食いになったりかもしれません。けれども、そのへんは、やはり先生方の研究と横軸ですので、いくつかの目に見える成果が出るようなかたちでやっていけたらと考えています。

特に全員参加のプロジェクトはなかなか難しいので、その中からイノベーティブなものがぽっぽっと、いくつか出ればいいというぐらいのレベルでやって行けたらいいなと話しております。

それから、異分野融合についてはまさにおっしゃる通りで、実はこのグループ自身が異分野融合になっていまして、いろいろな先生方がいろいろな目的で、まったく流動のグループなのだけれど対象が流体ではないとかという人もいます。例えば、フランスのグループがかなり毛色が変わっていまして、ドライボロジーが強いのです。

シンポジウムについてもおっしゃる通りで、来年は中野先生が議長でおられますので、よく時間を掛けてやっていきたいと思います。特長として考えると、ほかの JSME（社団法人　日本機械学会）の流体工学であるとか、いろいろな流体の国際会議、JSME の国際会議がありますけれど、そうしたものとは一味ちがった国際会議にしていきたいと思います。うちには寒川先生とか、まったく違っているエリアの人も大勢おられるので、そういう意味では毛色の変わった学会なのかなという気はしております。

そういう意味での融合というのは ICFD の中であるのかな、ということもあります。ただし、何でもかんでもというのはやはりだめなので、何か特色をこれから出さなければいけません。おっしゃる通りだと思います。ありがとうございます。

井上委員：

三点申し上げたいと思います。

一点目は、グローバルＣＯＥの後を考えておくということです。グローバル COE の期間にいろいろ活動して成果を挙げていくと同時に、それがさらに、そのあと 10 年、20 年発展するようにぜひ考えていただきたい。グローバル COE というのは、世界的な教育研究拠点をつくるきっかけ、あるいはそれを強化するきっかけを与えているに過ぎません。それが終わったあと自立的にさらに発展していくということが重要で、グローバル COE の前とあとでどう変わっていくのかということを常に意識して、それが継続していくようにいろいろ工夫していただきたい、あるいは意識を持って活動していただきたいということです。

二点目は、活動方針やその内容の決定根拠・プロセスの明確化です。例えば融合フロンティアプロジェクトで五つ選ばれておりますが、その選定基準とか選定プロセスはどうなっているのだろうか。なぜこの五つなのですかということです。

三点目は、きょうの説明でだいぶ分かってきたのですが、企業との連携です。これは育成した人材の受け入れ先の多くは産業界ですすし、成果を活用する先も産業界であることが多いわけで、そことの連携を強化していただきたい。きょう、いくつかのテーマでそういうお話があって大変心強く思いましたけれど、それをぜひ今後も意識していただきたいと思います。

以上です。

圓山：

ありがとうございます。一番目の COE のあとというのは、まさにおっしゃる通りで、中間評価でもそれがたぶん大事なことで、われわれも 21 世紀 COE のときは、例えば ICFD をやるのが精いっぱいでしたが、最近考えているのは、先ほど藤井先生にもコメントをいただきましたけれども、ICFD を魅力的な会議にして、やはり自腹で皆さんに世界中から来てもらえるような学会にしていかなくては、と思います。

そのためには先生方のコミュニティー、世界的なコミュニティー、先生方がやっているネットワーク、いまの段階でいろいろつくっていただいて、それが、お金がなくなったときでもちゃんと動くようにする。それが本当の COE なのだろうなと考えています。そこがすごく苦労しているところでもあります。

二番目の問題で、フロンティアプロジェクトの選定プロセスなのですけれども。やはり大学というのは、先生方がそれぞれの自発的な思いでやっていただくのが原動力で、会社でやっているような、これをやらなければいけないと決めてどんどんお願いしてしまうと、先生方が「面倒くさい」という話になってしまうので、本当に先生方が面白がってやるプロジェクトを起こして行くべきだと思います。

企業との連携も、われわれには工学系の研究者が非常に多いので、例えば宮本先生のところなどのように、固有名詞を出させていただいて恐縮なのですが、実際にものすごいお金を企業から持ってきて 200 人ぐらいの研究員を抱えてやっているようなところもございます。三浦先生のところも含めていろいろ

な企業との連携がございますので、そういうものをこれからやっていきたいと思っております。

Shin 委員：
　この国際評価委員会に毎回出させていただいていて思うのですが、この GCOE は大変立派な成果を出されているとおもいます。特に GCOE 融合フロンティアプロジェクトの立上げは大変立派なことで、リーダーの非常に優れた指導力の賜物だと思います。
　もう一つ。これは別の話ですけれども、グローバル COE のプログラムについては韓国でもだいぶ話題となり議論がすすんでいまして、1 年前ぐらいでしょうか、私も委員の一人として調べたのですけれども、そのとき一番目に話題となったのは、教育の方法についてでした。Teaching method です。どういう教え方をするかということで、もちろん研究についてもマトリックスで、縦と横が大事ですけれども。教育もどうしようかということで、スイスでは言葉が三つぐらいありますね。教授は自分の言葉で講義をしていて、学生はタンデムシステムでやるのですね。例えばその言葉を聞ける方が聞けない学生を教えるわけです。教える学生に金を少しあげる。結局自分が分からなければ教えられない。だから、二人とも勉強をするようになる。二人で自転車に乗るのがタンデムマシンです。そういうことを取り入れたり、全然別な文系の方が入ってきて、その問題に対して疑問を出して答を出すといいます。そういう非常に融合的なプロセスで教育をやろうという話を調べたことがあります。結局、韓国は何もしていませんけれども、そういうことがあります。もし参考になればと思って申しました。

圓山：
　ありがとうございます。フロンティアは大変だと思いますが、かたちになるように進めたいと思います。それから、教育については語学プロジェクトというのは非常に大きな問題です。アンダーグラデュエートに関して言えば、私は日本とか、韓国とか、中国とか自国の教科書を持っている国は、アンダーグラデュエートの教育はやはり母国語でやったほうがいいと個人的には思っています。
　ただ、大学院の講義というのは、知識ベースですので英語でやってもいいのかなと思っています。もちろん、ほかの言語でやることもすごくいいと思いますが、なかなか日本ではできない。例えば先ほどのサマーセミナーに行った学生が、一番何を言っていたかというと、「語学が足りないことがよく分かりました」。もっと英語を勉強しなければというのがすごく多いのです。
　Shin 先生、Zhang 先生をはじめのように、われわれが英語でしゃべってもジャパニーズ・アクセントをちゃんと理解して、きちんとしゃべって聞いてもらえるのですが、外国に行くと日本人のアクセントは一番分かりにくい英語ですから、何をしゃべっているのか分からないと言われる。そういうことをちゃんと実感しますので、そういう意味で、回遊教育、それからインターンシップをはじめ、サマースクールを含めて、向こうの日本語を聞き慣れていない外国人のソサイエティーにどかんと突っ込んで、改めて意識させるというのも教育上は大事なのかなと思っています。
　ただ、語学とかいうのは、やはり自分の文化とか、先ほど文化融合の話もありましたけれど、やはり自分の文化を持ってはじめて他人と接することができるので、そこはしっかり自分のものを持つことが大事です。基礎教育もそうですし、しっかり持っていなければいくら英語が上手でも、そんなものは二束三文ですから。そのへんを学生が取り違えていることもあります。幸いなことに東北大学の学生というのは、結構基礎学力はしっかり先生にたたき込まれていますから、コミュニケーションができればもっと花咲けるのではないかなと思っています。

戸田委員：
　私は元は大学にいて、いまは原子力分野で、ある意味で社会と接点を持つところでいろいろとアドバイスを求められる立場になりましたものですから、その点から少し考えてみました。この GCOE プロジェクト、私は大変素晴らしいプロジェクトを進めていると感じているのですけれど、やはり一つ大事なことは、先ほどから出ていますが、研究所が、何を本当にやろうとしているのか。だからこの計画のあとも、3 年後になると思いますが、そのあともどうするのかということも含めて、研究所の在るべき姿の意志をきちっとする。それが大事ではないかと思います。
　三つほど考えましたが、一つは、社会がどう流動ダイナミクスというものを理解して、それにニーズを持っているのかということを何らかの機会に調べていただきたい。あるいはそれをフィードバックしていただいたら、これは重要な社会への還元になると思います。
　次は、学生さんが人材育成で育っていきますので、そこで育った博士課程を学んでいる学生の方々は

非常に優秀であると同時に、場合によってはボスを超す可能性もある。そういう人たちが流動ダイナミクスをどうとらえて、どういうアイデアや新しい考え方を持っているのか、それをぜひ調べていただいて、またそれもフィードバックさせるといいのではないかということを思いました。

三つ目は、先ほどから出ていることですが、やはり流体科学研究所の現在のリソースなりシーズとは、どうしても対比したくなりますので、これはやむを得ないことではあるのですけれども、そのシーズだけに振り回されないで、どこかで新しい方向性を生み出せる分野を見つける。そういう活動が一番ではないかと思っております。

いまお話ししたことに尽きると思いますけれども、総じて、はやりいいご研究をされていますので、それは評価させていただきます。

圓山：

どうもありがとうございました。GCOE 自身は研究所だけのものではなくて、工学研究科ほかも含めたグループ皆さんでやらせておりますので、その中でやるものです。ですから GCOE と流体科学研究所がやるものとは、またちょっと切り分けております。ただ、先生がおっしゃるように、グローバル COE と機械系を含むこの教育プログラムと研究プログラムとは両輪と考えておりまして、それがこれからどうなるかというのは、たぶん、所長がコメントしなければいけないのかもしれませんけれども、われわれとしてもこれから考えていくことであります。ありがとうございます。

それから、社会が流動ダイナミクスをどう見るかという、これは非常に重い課題でございます。特に流体科学研究所というのは、「流体とは何ですか」といつも言われて、「水ですか、空気ですか」と言われて、「あれは動きなのです」と言うと、「それで何ができるの」とか、いろいろなことを言われてわれわれは苦労しておりますが、やはり社会に分かりやすい学問、基礎のしっかりした学問を、いろいろなかたちでの社会とのかかわりの中で持っていくということは、われわれのグループだけではなくて大学がやらなければいけない仕事だと思います。

あとは、学生の人材育成については、先ほどの出る杭伸ばす教育については相当意識しておりまして、今回も教育委員会の先生方にいろいろコメントをいただいて、それを反映させたのですけれども、やはり、いまの学生は先生の言う通りのいい子ちゃんが多くて、せっかく出る杭伸ばす教育で研究費のお金もあげているのに、やっていることは先生の言った通りであることが往々にしてあります。その代わり、論文はやたらと出してくるとか、そういう学生もいます。その学生には小言をコメントで入れてありますが、やはり生きのいい学生や生意気な学生というのはなかなか東北大では育たないようです。

もうひとつ、いまのリソースやシーズにこだわらずにどんどん新分野を開拓するということも。プロジェクトのタイムスケジュールについては課題として、来年度までの宿題ということで、具体的にこれからフロンティアプロジェクトのリーダーの先生とも相談しながら、どういうふうにするか決めたいと思います。

Zhang 委員：

清華大学大学の張です。まず、東北大学の先生方の素晴らしいご研究、成果と、素晴らしい研究計画に敬意を表します。私は日本から中国に帰って三年になりますけれども、中国のいろいろなところで、いつも質問される二つの問題があり、なかなか答えにくく困っております。このチャンスに、教育・研究の世界拠点の先生方にぜひ教えていただきたいと思います。

一つは、いつも聞かれるのは、大学の研究は、研究成果として発表されるだけではだめで、研究成果はどのくらいの割合で本当の実際のものになるのか、あるいはならなかったのか。東北大学の場合、素晴らしい研究所がありますから、ぜひ教えていただきたいです。

もうひとつ、きょうは GCOE の評価会議ですから、いままで出てきた GCOE の研究成果、あるいは計画中の研究成果は、世界のレベルで、何本の指に入るのですか。それをぜひ教えていただきたいのです。

圓山：

どうもありがとうございます。研究成果のうちどのくらいが実際のものになったかというものについては、研究にもいろいろありまして、例えば基礎研究をやっている先生がおられる。そもそも乱流の研究の制御をやっていて、「では、何ができたのですか」と言われるとちょっと困る部分もあります。

具体的に言いますと、私が知っている限りでは、例えばリージョナルジェットを大林先生、それから

中橋先生らが研究している。これは実際に飛行機の設計にもう反映されています。それから、寒川先生が研究している中性子ビームは、実際のものになっている。あとは、宮本先生がやられている三元触媒は、いま皆さんの車の中に入っている。そういうものはたぶんたくさんあると思います。

ただ、形にはならないけれども、基礎研究でしっかりやっているものもあるので、実際にものになっているものをこれから少し調べさせていただきたいと思います。これは先ほどのコメントの中に、社会に開かれた成果ということの中でも重要なことですので。

ただ、研究のアウトカムということで考えると、われわれがやっているのは、たぶんその前の段階のものなのです。ものをつくるという研究もありますけれども、ものになる二段くらい前のものの研究というのが、先生方がやっている研究のかなりの部分を占めます。実用研究でもそうだと思います。

それから、研究成果が世界のレベルでどのくらいか。これはどのジャーナルに載っているかとか、どのくらいサイテーションされたかということを、流体科学研究所の先生は毎年、所長に提出しています。そこの中では、やはりサイテーションの非常に多い論文であるとか、そういうものもあります。例えば丸田先生が出された論文の中で、いま、すごいサイテーションのあるものがあるのです。ただ、残念ながら、私の見ている限りで『Nature』とか、『Science』とかに載っている論文は、いまの段階でまだないかもしれません。そういうような状況かなということではあります。

ただ、研究をどういうふうに評価をするか。これは大変なので、先生のコメントを真摯に受け止めて、どういうかたちで世界レベルというものを定量的に評価するか。これは中間評価も控えておりますので、ぜひ検討させていただきたいと思います。

3.3　あいさつと謝辞

東北大学流体科学研究所長　早瀬　敏幸　あいさつ

本日は「グローバル COE プログラム国際評価委員会」にお忙しい中、評価委員の先生方にはおいでいただきありがとうございます。

本グローバル COE プログラムは 2 年目を迎えまして、いよいよ本格的に活動しております。きょうはその活動状況を評価委員の先生方にご覧いただきまして、忌憚（きたん）ないご意見をいただき今後のプログラムに役立てていきたいと思います。ご参加の皆さまもぜひ活動状況について活発なご意見をいただければと思います。

拠点リーダー　圓山　重直　謝辞

いま笠木先生が、非常に的確にわれわれのグループの研究の方向性、それから課題をまとめていただきまして、委員の先生方も非常に厳しいながらも温かい目で見ていただいて大変ありがたいなと思っております。

今回のコメントを参考に、ぜひ来年度からも特にフロンティアプロジェクトについては組織化についても、和田先生をはじめ非常に苦労をしております。これから先生方の自立性と、方向性、組織化ということは、大学全体から見ても非常に大きな問題になるかと思います。

来年は、学生を一名か二名ここで発表させたいと思います。あとはうしろに控えている若手の助教の先生たちもおられますので、そういう先生の話も今度はぜひお聞きいただいて、生の声から御判断いただけるようにしたいと思っております。

今回は流体科学研究所のコメントが多かったのですけれども、実際には流体科学研究所だけではなくて、多元研、青葉山の工学研究科、量子エネルギー工学、情報科学の先生をはじめ、いろいろなグループの先生方が協力してくださって、それでこの COE が何とか走っているということでございます。きょう参加していただいたわれわれのグループの先生方、それからもちろん評価委員の先生方に厚く御礼を申し上げたいと思います。ありがとうございました。

4.　評価委員会説明資料

4.1 GCOEプログラム全体に関する報告　資料

流動ダイナミクス
知の融合教育研究世界拠点

World Center of Education and Research for Trans-disciplinary Flow Dynamics

国際評価委員会資料

平成22年2月19日

出席者

1. 外部評価委員

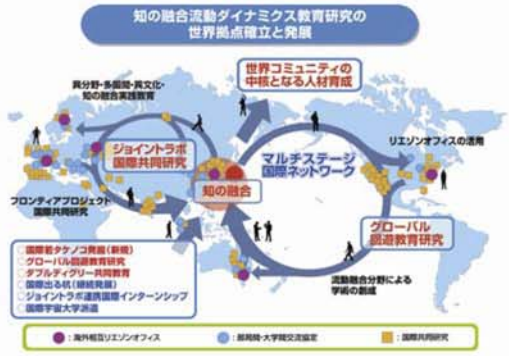
Behnia, Masud	シドニー大学工学部　教授
藤井　孝藏	独立行政法人宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究本部　企画連携総括
井上　孝太郎	独立行政法人科学技術振興機構　上席フェロー
笠木　信英	東京大学大学院工学系研究科機械工学専攻　教授
Shin, Hyun Dong	韓国科学技術院機械工学科　教授 燃焼技術研究センター長
戸田　三朗	東北放射線科学センター理事
Zhang, Xing	清華大学工程熱物理研究所　教授

2. 事業推進担当者・研究協力者　外

AGENDA
次　第

15:00-15:05	流体科学研究所　所長あいさつ	早瀬敏幸所長
15:05-15:10	(1)委員長選出・委員長あいさつ	委員長
15:10-15:40	(2)GCOEプログラム全体に関する報告	圓山重直拠点リーダー
15:40-15:50	(3)GCOE流動融合分野研究報告	圓山重直拠点リーダー
15:50-16:20	(4)GCOE融合フロンティアプロジェクトの報告	
15:50-15:56	1)「流動ダイナミクスと医療の融合」	圓山重直プロジェクトリーダー
15:56-16:02	2)「原子力発電プラントの流動誘起損傷のメカニズム解明と評価」	高木敏行プロジェクトリーダー
16:02-16:08	3)「次世代環境適合型航空機の研究」	大林茂プロジェクトリーダー
16:08-16:14	4)「ナノ・マイクロプロセス」	寒川誠二プロジェクトリーダー
16:14-16:20	5)「エネルギー・環境」	中野政身プロジェクトリーダー
16:20-16:30	(5)国際交流に関する報告	高木敏行国際交流担当
16:30-16:45	休　憩	
16:45-17:15	(6)質疑応答	
17:15-18:00	(7)評価委員による審議及び委員長報告 (8)謝　辞	圓山重直拠点リーダー

拠点の概要



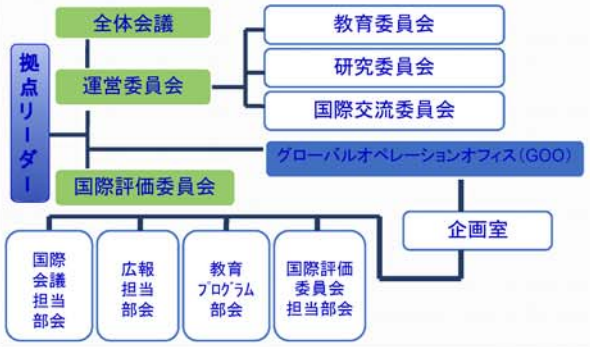
事業推進担当者名

拠点リーダー（極限流動融合分野）		
圓山 重直	Shigenao MARUYAMA	流体科学研究所・教授
サブリーダー（ナノ流動融合分野）		
高木 敏行	Toshiyuki TAKAGI	流体科学研究所・教授
情報流動融合分野		
中野 政身	Masami NAKANO	流体科学研究所・教授
中橋 和博	Kazuhiro NAKAHASHI	工学研究科航空宇宙工学専攻・教授
石本 淳	Jun ISHIMOTO	流体科学研究所・准教授
太田 信	Makoto OHTA	流体科学研究所・准教授
反応流動融合分野		
丸田 薫	Kaoru MARUTA	流体科学研究所・教授
笹尾 眞實子	Mamiko SASAO	工学研究科量子エネルギー工学専攻・教授
三浦 隆利	Takatoshi MIURA	工学研究科航空宇宙工学専攻・教授
升谷 五郎	Goro MASUYA	工学研究科航空宇宙工学専攻・教授
西山 秀哉	Hideya NISHIYAMA	流体科学研究所・教授
小林 秀昭	Hideaki KOBAYASHI	流体科学研究所・教授
ナノ流動融合分野		
小原 拓	Taku OHARA	流体科学研究所・教授
宮本 明	Akira MIYAMOTO	未来科学技術共同研究センター・教授
水崎 純一郎	Junichiro MIZUSAKI	多元物質科学研究所・教授
徳山 道夫	Michio TOKUYAMA	原子分子材料科学高等研究機構・教授
寒川 誠二	Seiji SAMUKAWA	流体科学研究所・教授
小玉 哲也	Tetsuya KODAMA	医工学研究科医工学専攻・教授
塚増 隆	Takashi TOKUMASU	流体科学研究所・准教授
極限流動融合分野		
大林 茂	Shigeru OBAYASHI	流体科学研究所・教授
福西 祐	Yu FUKUNISHI	工学研究科機械システムデザイン工学専攻・教授
浅井 圭介	Keisuke ASAI	工学研究科航空宇宙工学専攻・教授
澤田 恵介	Keisuke SAWADA	工学研究科航空宇宙工学専攻・教授
伊藤 高敏	Takatoshi ITO	流体科学研究所・教授
橋爪 秀利	Hidetoshi HASHIZUME	工学研究科量子エネルギー工学専攻・教授

研究協力者名

情報流動融合分野		
白井 敦	Atsushi SHIRAI	流体科学研究所・准教授
江原 真司	Shinji EHARA	工学研究科量子エネルギー工学専攻・准教授
竹島 由里子	Yuriko TAKESHIMA	流体科学研究所・講師
反応流動融合分野		
青木 秀之	Hideyuki AOKI	工学研究科化学工学専攻・准教授
佐藤 岳彦	Takehiko SATO	流体科学研究所・准教授
ナノ流動融合分野		
三浦 英生	Hideo MIURA	工学研究科付属ミネルギー安全科学国際研究センター・教授
湯上 浩雄	Hiroo YUGAMI	工学研究科機械システムデザイン工学専攻・教授
米村 茂	Shigeru YONEMURA	流体科学研究所・准教授
畠山 望	Nozomu HATAKEYAMA	工学研究科応用化学専攻・准教授
三木 寛之	Hiroyuki MIKI	流体科学研究所・講師
佐藤 一永	Kazuhisa SATO	多元物質科学研究所・助教
極限流動融合分野		
大平 勝秀	Katsuhide OHIRA	流体科学研究所・教授
渡辺 豊	Yutaka WATANABE	工学研究科量子エネルギー工学専攻・教授
内一 哲哉	Tetsuya UCHIMOTO	流体科学研究所・准教授
湯佐 泰孝	Noritaka YUSA	工学研究科量子エネルギー工学専攻・准教授
小宮 敦樹	Atsuki KOMIYA	流体科学研究所・講師
伊賀 由佳	Yuka IGA	流体科学研究所・助教

運　営　図



平成21年度の主な活動

1. 国際会議の開催
2. 研究支援者の採用
3. 国際的人材育成
   1) 国際若タケノコ発掘プログラム
   2) 国際出る杭伸ばす教育プログラム
   3) グローバル回遊教育プログラム
   4) 国際高等研究教育院との連携
   5) ジョイントラボ連携国際インターンシップ
   6) 国際宇宙大学派遣
   7) HOPEミーティング派遣
   8) 学生企画/運営国際会議・シンポジウム
   9) 学生交流研究発表会
   10) 流動ダイナミクス知の融合博士学生セミナー
   11) 東北大学-リヨンサマースクール
   12) ダブルディグリー共同教育
   13) 高度イノベーション博士人材育成センターとの連携
   14) 若手研究者国際会議派遣
   15) 流体科学分野横断セミナー
   16) 客員教授による実践教育



国際会議の開催

日　時	会　議　名	場　所	参加者
H21.7.3～4	Machine Learning for Aerospace International Workshop	ホジデイインマルセイユ（フランス・マルセイユ）	23名（うち外国人 19名）
H21.8.5～7	The 6th International Intracranial Stent Meeting 2009 (ICS09)	仙台市戦災復興記念館	247名（うち外国人 72名）
H21.8.31～9.2	2nd German-Japanese Joint Seminar New Prospects of Molecular Imaging Technology for Interdisciplinary Research	レーゲンスブルグ大学（ドイツ）	52名（うち外国人 30名）
H21.11.4～6	Sixth International Conference on Flow Dynamics	ホテルメトロポリタン仙台	448名（うち外国人 157名）
H21.11.5	GCOE, IFS-Tsinghua University Joint Workshop－2009	ホテルメトロポリタン仙台	－
H22.2.23～24（予定）	The Second International Symposium of Experiment –Integrated Computational Chemistry on Multiscale Fluidics (ECCMF)	仙台エクセルホテル東急	

5th International Conference on Flow Dynamics
Nov. 17-19, 2008



参加者　346名、内外国人108名（17カ国）

ICFD2009
Sixth International Conference on Flow Dynamics



平成21年11月4日－6日　ホテルメトロポリタン仙台
参加者　448名　内外国人157名（16カ国）



Plenary Lectures



Alumni Session

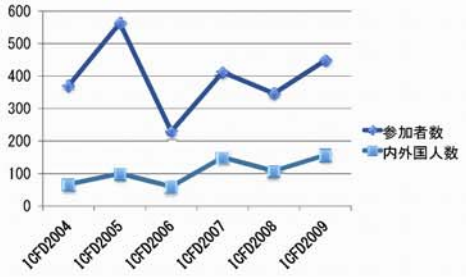


10th Japan-Korea Students' Symposium



The 5th Students / Young Birds Seminar

ICFD参加者数



平成21年度研究支援者の採用

➢博士研究員ポストドクトラルフェロー	4名採択(6名応募)
➢国際出る杭伸ばす特別研究生	2名採択(2名応募) 若タケ発掘プログラムより1名採択(2名応募)
➢研究支援リサーチ・アシスタント	11名採択(19名応募) 若タケ発掘プログラムより3名採択
➢基本支援リサーチ・アシスタント	18名採択
➢国際宇宙大学派遣	1名採択

国際的人材育成プログラム



国際若タケノコ発掘プログラム

平成20年度　学内13名採択(27名応募)/　学外1名採択(2名応募)
平成21年度　学外 0名(2名応募)

平成21年度は海外から2件の応募があり、海外での試験を行ったが、採択には至らなかった。
不合格者の中にはIIT(インド国内での入学競争倍率100倍)の学生も入っているなど、厳正な試験を行い選考していた



グローバル回遊教育プログラム

博士研究員　冨田　典子氏

派遣先:
○チューリッヒ大学CABMM(Center for Applied Biotechnology and Molecular Medicine)、スイス


Hirslanden病院での治療風景

○シラキュース大学物理学科、アメリカ


Lyzu Mosthoosとの研究協議の様子

➢本プログラムにより**医療現場と工学的技術**が、研究のシーズとニーズといった形で**ネットワークを形成**

➢今後も、新規でオリジナリティの高い研究を展開することを期待

ジョイントラボ連携国際インターンシップ

平成21年度派遣学生

アメリカ	コロラド州立大学	1名
アメリカ	スタンフォード大学	1名
韓国	韓国科学技術院(KAIST)	1名
韓国	Yonsei大学医療院　セブランス病院	1名
フランス	INSA de Lyon	2名(予定)



平成21年度受入学生

インド	インド工科大学グワハティ校	1名
韓国	ソウル国立大学	2名
フランス	INSA de Lyon	1名
中国	南京航空航天大学	1名
オーストラリア	シドニー大学	1名
アメリカ	ウェスタン・ミシガン大学	1名
イラン	Shabid Bahonar University of Kerman	1名(予定)



国際宇宙大学派遣（国際宇宙大学スペース・スタディーズ・プログラム）

松原　慶典氏（航空宇宙工学専攻D1）

期　間：平成21年6月20日～8月30日
場　所：NASA Ames Research Center（アメリカ）







学生企画/運営国際会議・シンポジウム

日 時	会 議 名	場 所
H.21.8.8～10	グローバルCOE航空宇宙流体科学サマースクール	ヴィライナワシロ（福島県猪苗代町）
H.21.9.28～29	The 4th Tohoku University-Seoul National University Joint Workshop on Next Generation Aero Vehicle	ソウル大学（韓国）
H.21.11.4～6	The Fifth International Students/Young Birds Seminar on Multi –scale Flow Dynamics	ホテルメトロポリタン仙台
H.21.11.4～6	The 10th Japan-Korea Students' Symposium – Fast Ion Transport in Solids and Through Interfaces – The Related materials and Phnomena-	ホテルメトロポリタン仙台
H.21.12.1	2nd International Seminar of Frontier of Energy Flow Dynamics in Atomistic and Electronic Scales	東北大学青葉メモリアルホール

The Fifth International Students/Young Birds Seminar on Multi-scale Flow Dynamics

- グローバルCOEのRA学生がオーガナイザーを務め自主的に企画運営
- 10カ国から76件もの発表
- Students/Young Birds Friendship Night
- 教員による審査に加えて、学生同士で審査を行い表彰する

【OUTSTANDING AWARD】教員審査
9-4 Mr. Mehdi Baneshi (Tohoku Univ., Japan)
9-9 Mr.Yasuhiro Saito (Tohoku Univ., Japan)







The 10th Japan-Korea Students' Symposium – Fast Ion Transport in Solids and Through Interfaces – The Related Materials and Phenomena-

- 今年で10回目
- シンポジウムの運営、プロシーディングスの作成、資金獲得、旅行の手配に至るまで全て学生が自主的に行う
- 日本側5研究室27名、韓国側ソウル大学及び韓国科学技術院　5研究室26名　合計53名での大規模開催
- 高い英語能力だけでなく、高い専門性、広い視野そして高い人間性を持った人材育成



学生交流研究発表会



○第2回流動ダイナミクス国際若手研究発表会
平成21年7月10日　10件発表



- 学生が主体的に運営
- 学生同士で発表に対するピュアレビューを行い、表彰する
- 自分の研究を見つめ直し、今後の研究に生かす
- 異分野の研究内容を深く理解→複眼的な人材育成
- 優秀発表者上位3名がGCOE全体会議において発表を行う（特別奨励費として研究費を配分）



流動ダイナミクス知の融合「博士学生セミナー」

本企画は、学生が提案し、若手研究者が支援して実現

○春季流動ダイナミクス知の融合「博士学生セミナー」
平成21年6月12日～13日
講師：圓山重直拠点リーダー　（東北大学）
「流動層熱交換器の開発を例とした研究の進め方」

和田直人特任教授（東北大学）
「自分はこれまで何をして来て、これから何をしようとしているのか？」



○秋季流動ダイナミクス知の融合「博士学生セミナー」
平成21年12月11日～12日
講師：三神泉技師長　（三菱電機株式会社）
「すばる望遠鏡に活きる日本の独創的な技術」

太田信准教授（東北大学）
「研究における戦略とリーダーシップ」



東北大学—リヨンサマースクール

平成21年9月1日～11日　フランス

フランス　INSA-Lyon, ECLと共同
「材料インテグレーションGCOE」「脳科学GCOE」「JSPS Core-to-Core」「工学フロンティア創成」と共同。

目的:　若い人材に国際的な教育・訓練の機会を提供し、彼らが将来、研究・教育・産業・社会といった夫々の分野で中核的な指導者となるよう育成する

東北大学から大学院生 20名、教員11名が参加。フランス側から、それに倍する教員/大学院生が参加。

使用言語:　英語





「学術講義受講」「自分と研究室の研究紹介と全体討論」
「フランス語・フランス文化・フランス高等教育制度の講義受講と体験」
欧州原子核研究機構（CERN）、世界知的所有権機関(WIPO)、
東レ　Plastics　Europe 社見学
リヨン市、2大学、ローヌ・アルプス　との交流



学生の意見
「自信がついた」「留学する決心をした」「英語が出来ないことを痛感」
「異分野の話に興味がわいた」「日程がきつすぎたがフランス語の講義は面白かった」「CERN は大きかった」「博士課程に進む決心がついた」
「寮の部屋はよかった。食事もよかった」

2010年はリヨンより学生を招いて仙台で開催
（10月24日～11月3日）。

高度イノベーション博士人材育成センターとの連携

- 国際感覚と経営感覚を兼ね備えた高度人材育成を推進
- 本高度人材技術経営塾に参加した学生にインセンティブを付与する支援を準備

21年度は高度イノベーション博士人材育成センターから講師を招き以下の日程で2回セミナーを開催

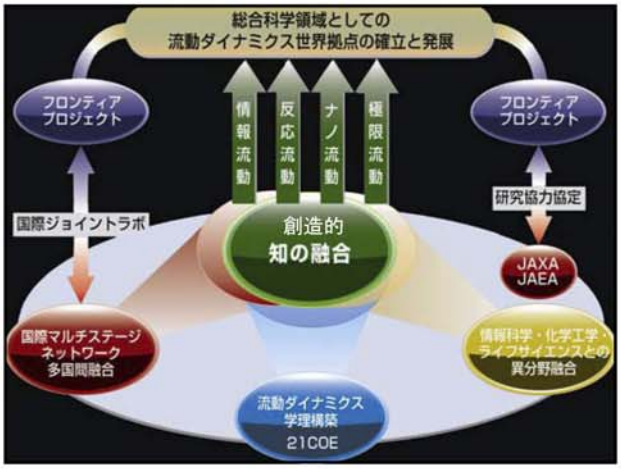
1回目/　平成21年12月24日　10:00-12:00
2回目/　平成22年　1月27日　17:00-19:00
講　師: 高度イノベーション博士人材育成センター
　　高度技術経営塾　塾長
　　特任教授　渡辺　幸男氏
演　題:「社会で活躍できる若手研究者育成への取り組み」
　　－高度技術経営塾の考え方と実際－

平成22年度の予定

- Seventh International Conference on Flow Dynamics
  2010年11月1日（月）～4日（木）
  仙台国際センター及び東北大学流体科学研究所で開催
- October School in Sendai（仮称）
  2010年10月24日（日）～11月3日（水）
  仙台にて開催
- 平成22年度各種プログラム採択
- 国際宇宙大学派遣　予定　　外

研究活動の一例

流動融合分野



火星大気風洞の開発
－ 火星探査飛行機の実現に向けて －

GCOE極限流動融合分野
浅井圭介
（航空宇宙工学専攻）

火星大気環境





惑星	地球	火星
圧力 (Pa)	100,000	700
温度 (K)	288	210(133~293)
重力加速度(m/s²)	9.80	3.71
大気成分	N_2(78.1%) O_2(20.9%) Ar(0.93%) CO_2(0.03%)	CO_2(95.3%) N_2(2.7%) Ar(1.6%) O_2(0.13%)
備考	水が存在	ダストの存在

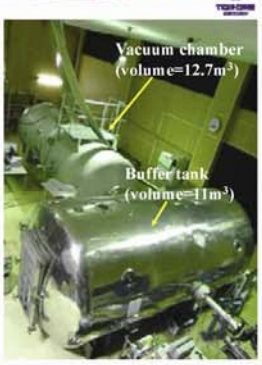
火星は地球に比べ、低密度であり、大気温度が低い

低Re数
高Mach数

機体	翼幅	レイノルズ数	マッハ数
NASA (ARES)	6.25 m	1.8×10^5	0.65
JAXA/ISAS	8.9 m	1.0×10^5	0.48

火星大気風洞（東北大学）







・Butterfly valve
・Vacuum pumps
・Compressor (40bar)

（設置場所：流体研 高速流実験棟）

Institute of Fluid Science

ナノ流動融合分野

化学反応を伴うナノスケール輸送現象の分子動力学的解析

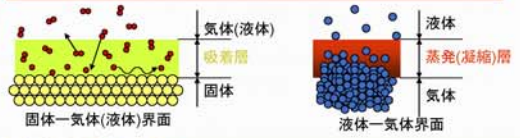
東北大学流体科学研究所　ミクロ熱流動研究部門
ナノ界面流研究分野　准教授

徳増　崇

界面でおこる流れ

Institute of Fluid Science

代表長さ(流体を特徴づける長さ)が分子数個の大きさの流体で生じる流れ



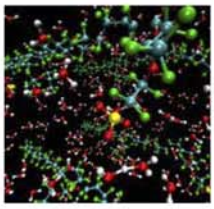
通常の熱流動現象との相違
- 物理量が異なる
- 流体が構造化している
- (流体の)熱、物質輸送特性が異なる
  (拡散、熱伝導)
- (自由度間で)強い非平衡を生じる

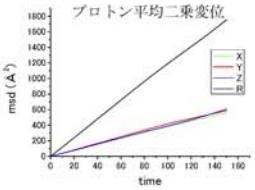
→ 連続体理論ではその挙動を予測できない

(流体を構成する)原子・分子の運動に立ち戻って現象を考える必要がある。

プロトンの分子動力学シミュレーション

Institute of Fluid Science

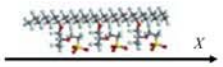




$\langle (x(t)-x(0))^2 \rangle = 2D_x t$
$\langle (y(t)-y(0))^2 \rangle = 2D_y t$
$\langle (z(t)-z(0))^2 \rangle = 2D_z t$

Nafion膜中のプロトンの拡散係数

	①	②	③
$D \times 10^6$(cm²/s)	2.1	2.2	1.9



X,Y,Z方向で明確な異方性なし

今後の展望
- Nafion内部の水分の状態がどうなっているか？
- 水クラスター内部のプロトンホッピングのエネルギー障壁はどのくらいか？
  (今回はプロトンホッピングは起こらなかった)
- 水クラスターの長さを定量的に求める

脳動脈瘤用ステント開発のための情報流動融合分野におけるニーズ

情報融合分野
太田　信

背景

- ステント留置術
  - 動脈瘤内の流速・壁せん断応力が減少
    →血栓の生成および治癒
  - ステントの留置位置や形状によって
    血流減少効果が異なる (Nakayama et al,2009)
  - 最適な位置や形状を探索する必要性
  - ステント形状は多数存在し，その一つ一つを検証するのは困難
  - 新しいステントを開発することは容易ではない

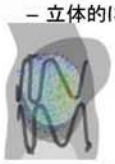




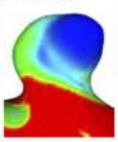
従来のステントに改良を加える

背景

- 血流の3次元可視化
  - 流速や壁せん断応力が下がる現象を理解するためにはステント前後での流れを知る必要がある
  - 可視化により血流変化の様子を視覚情報として得られる
  - ステント周りの複雑な流れの挙動を直感的に理解できる
  - 立体的に捉えるためには2次元可視化では容易で



3次元可視化なら
より直観的に理解可能



12

目的

目的

3次元可視化がステント周りの流れを理解するのに有効か検証し、新たなステント開発の手法としての有効性を確認する

- 本研究における流れ
  - 3次元可視化による血流の観察と，それを基にしたストラット位置の検討を繰り返し行うことで，効果的なストラット位置に関する知見を得る



13

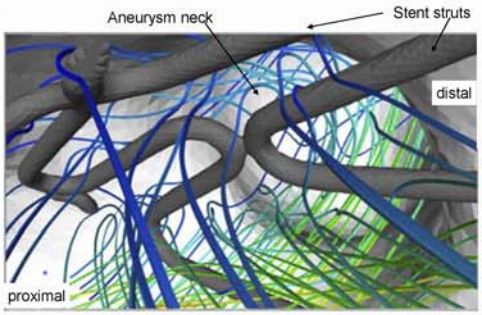
方法

- 3次元可視化装置
  - 可視化アプリケーション：EnSight Gold 8.2 (Computational Engineering International, Inc.)
  - 可視化サーバ：Asterism Ultra AO532 8CPU (SGI Japan, Ltd.)
  - プロジェクタ：Christie Mirage S+4K (Christie Digital Systems, Inc.)
  - スクリーン：Power Bench 4-ch (Fakespace Systems, Inc.)
  - モーションキャプチャシステム：Vicon MX3+ (Crescent, Inc.)
  - モーショントラッキング用アプリケーション：Trackd (SGI Japan, Ltd.)
  - 3Dメガネシステム：CrystalEyes 3 (INDYZONE Co., Ltd.)



＊流体科学研究所 リアライゼーションワークスペース

3D visualization may help the flow direction

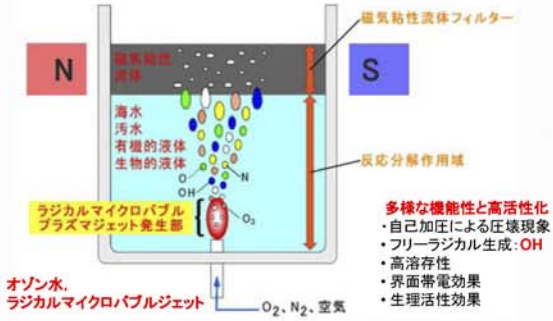


H. Anzai

反応性プラズマ流動ダイナミクスの将来展開

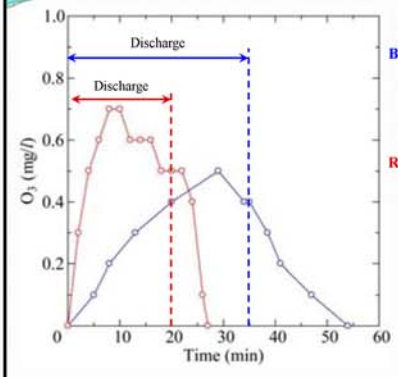
反応流動融合分野
流体科学研究所　西 山 秀 哉

プラズマ支援マイクロバブルジェットの高機能化および水質浄化



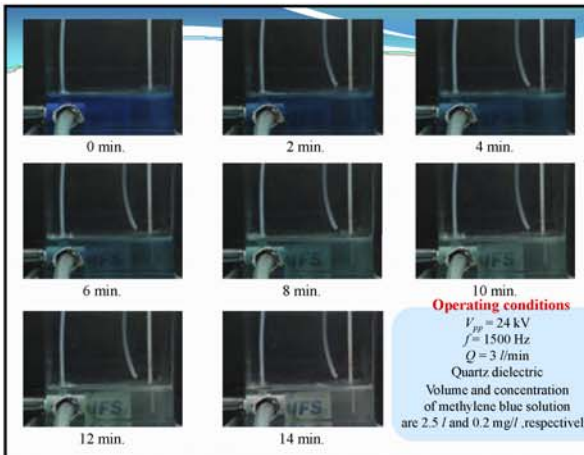
多様な機能性と高活性化
- 自己加圧による圧壊現象
- フリーラジカル生成：OH
- 高溶存性
- 界面帯電効果
- 生理活性効果

Dissolved ozone concentration in water



Blue line: **SPG Filter**
V_{pp} = 24 kV
f = 1500 Hz
Quartz dielectric
Volume of water: 2 *l*

Red line: **Microbubble generator**
V_{pp} = 24 kV
f = 1500 Hz
Quartz dielectric
Volume of water: 2.5 *l*

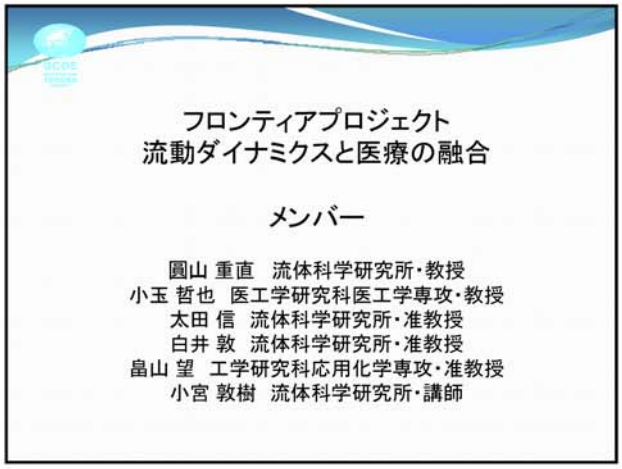


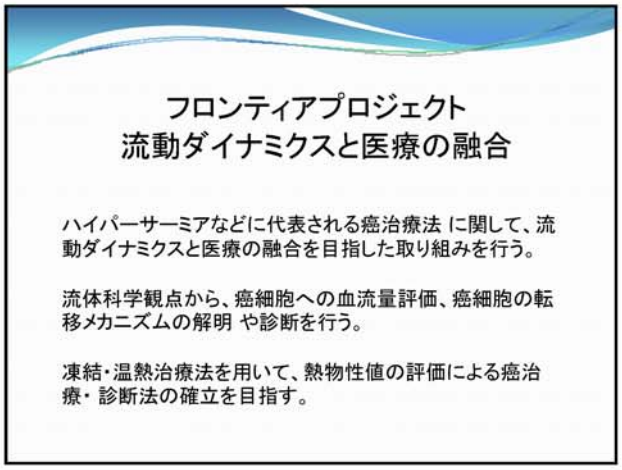
Operating conditions
V_{pp} = 24 kV
f = 1500 Hz
Q = 3 *l*/min
Quartz dielectric
Volume and concentration of methylene blue solution are 2.5 *l* and 0.2 mg/*l* ,respectively.

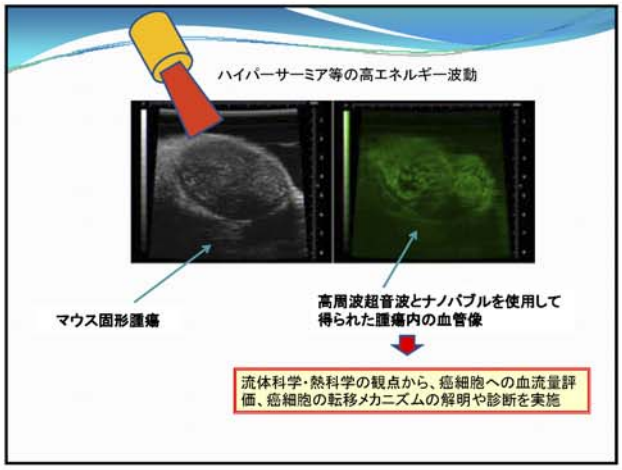
4.3　GCOE流動融合フロンティアプロジェクトの報告　資料

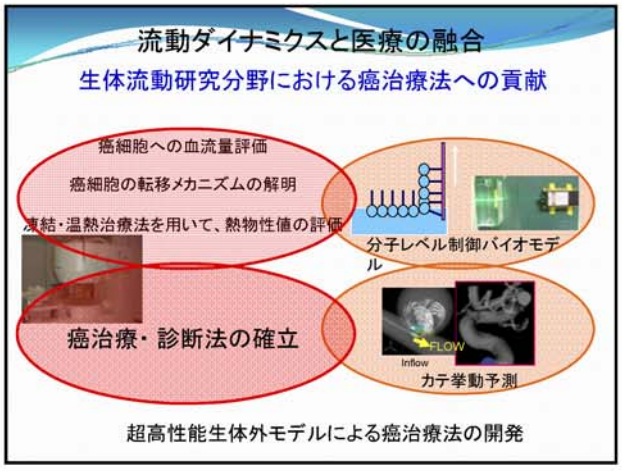
4.3.1「流動ダイナミクスと医療の融合」資料

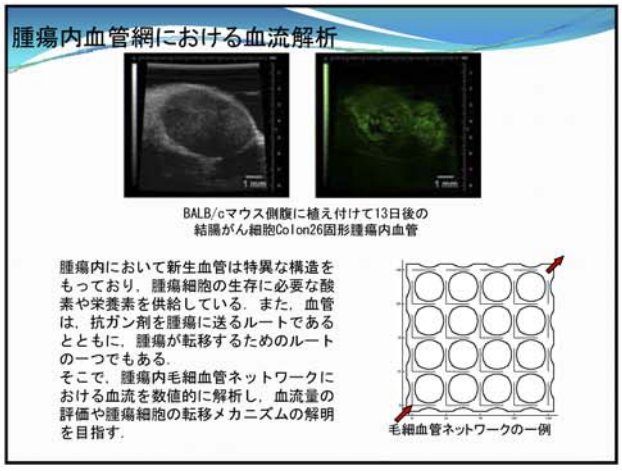


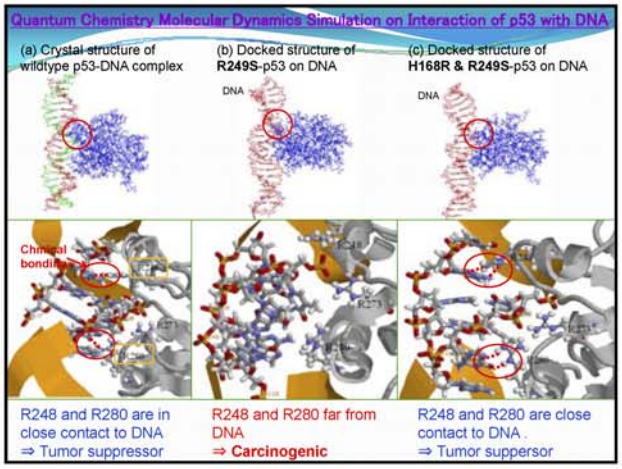


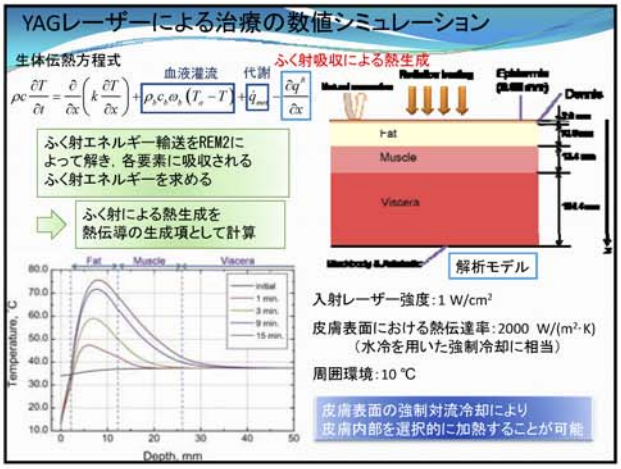








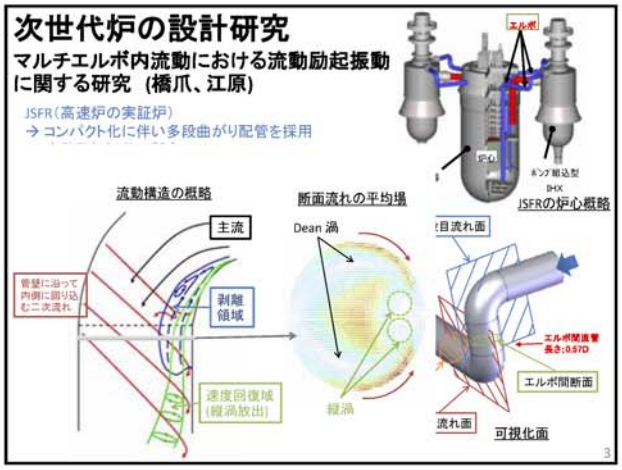

Quantum Chemistry Molecular Dynamics Simulation on Interaction of p53 with DNA
(a) Crystal structure of wildtype p53-DNA complex
(b) Docked structure of R249S-p53 on DNA
(c) Docked structure of H168R & R249S-p53 on DNA
DNA
DNA
Chemical bonding
R248 and R280 are in close contact to DNA
⇒ Tumor suppressor
R248 and R280 far from DNA
⇒ Carcinogenic
R248 and R280 are close contact to DNA .
⇒ Tumor suppersor

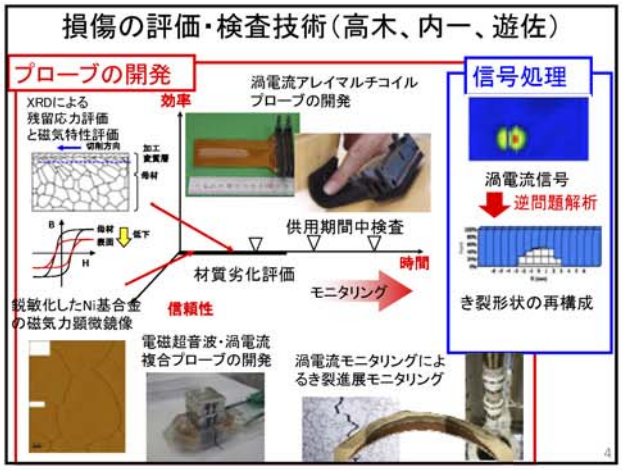

YAGレーザーによる治療の数値シミュレーション
生体伝熱方程式
血液灌流
代謝
ふく射吸収による熱生成
ふく射エネルギー輸送をREM2によって解き，各要素に吸収されるふく射エネルギーを求める
ふく射による熱生成を熱伝導の生成項として計算
Fat
Muscle
Viscera
解析モデル
Temperature, C
Depth, mm
入射レーザー強度：1 W/cm²
皮膚表面における熱伝達率：2000 W/(m²·K)
（水冷を用いた強制冷却に相当）
周囲環境：10 ℃
皮膚表面の強制対流冷却により
皮膚内部を選択的に加熱することが可能

4.3.2　「原子力発電プラントの流動誘起損傷のメカニズム解明と評価」資料









知の融合がもたらす
新しいメンテナンスサイエンス

1. 異分野融合による損傷メカニズム解明
   - ✓ 材料と流体の相互作用
   - ✓ ナノからマクロスケールの流動の解明
2. ライフサイクルの融合による保全の高度化
   - ✓ 設計と予測技術の融合
   - ✓ 予測と評価・検査との融合

5

連携による新しいメンテナンスサイエンスの開拓

1. 産学連携

   電気事業者（東北電力、北海道電力、東京電力）、原子力・安全保安院、研究機関（電力中央研究所、原子力研究開発機構）、等との連携

2. 国際連携
   - ✓ アジアにおける原子力発電設備の保全技術に関する情報交換会議（日中印韓）
   - ✓ フランスとのジョイントラボラトリー

     ELyT Lab. (Engineering Lyon-Tohoku Laboratory)

     研究プロジェクト:
     Durability, Reliability in Energy and Transportation

6


The Asian Workshop on Maintenance Technology for Nuclear Power Plant
アジア保全技術情報交換会議
アジアにおける原子力発電設備の保全技術に関する
情報交換会議
参加機関
（日本） 北海道電力、東北電力、東京電力、三菱重工業、日立製作所、東芝
日本エヌ・ユー・エス、原子力安全基盤機構、電力中央研究所、岩手大学
東北大学、東海大学、神戸大学、日本保全学会
（韓国） 韓国標準科学研究院、KEPCO電力研究所、釜山大学校
成均館大学校、高麗大学校、ANSCO
（中国） 西安交通大学
（インド） インディラ・ガンジー原子力研究センター
開催日
2009年1月20日～21日
開催場所
東北大学 流体科学研究所
主催
東北大学グローバルCOEプログラム
流動ダイナミクス
知の融合研究世界拠点
協賛
日本保全学会
釜山大学校
National Project for
Advanced Nondestructive Diagnosis
of NPP's Piping System in Korea
GCOE
TOHOKU

4.3.3　「次世代環境適合型航空機の研究」資料

次世代環境適合型航空機の研究プロジェクト



大林　茂
東北大学流体科学研究所

研究の概要

鉄道並みの利便性を持つ次世代環境適合型航空機を研究開発

- **計測融合シミュレーションによるブレークスルー追求**
  - **低コスト開発技術：仮想環境で飛行実証を可能にする技術**
  - **低騒音・低燃費技術：革新的空力形状・燃焼技術による騒音・燃費の低減**
  - **飛行安全技術：最先端の情報通信技術を利用して安全に飛行する技術**
  - **超音速複葉翼理論：2枚の翼で衝撃波を相殺する技術**

リーダー：大林茂
メンバー：中橋和博、升谷五郎、福西祐、浅井圭介、
澤田恵介、丸田薫、鄭信圭、竹島由里子

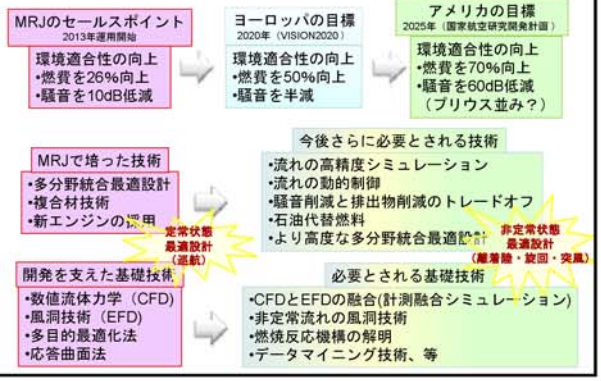
研究開発の意義

航空機産業を日本の基幹産業に



研究の具体的内容

MRJの次世代機に必要な技術



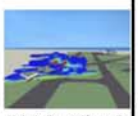
諸外国をリードするための研究戦略

計測融合シミュレーション



実験計測：すべての現象を計測できない
数値計算：すべての条件を入力できない
計測融合：計測に一致する条件を逆探索

計測融合シミュレーションは実現象の最も確からしいシミュレーション
（数値気象予報分野ではデータ同化と呼ばれ研究が進んでいる）



仙台空港ライダによる後方気流の再現例

本プロジェクトではロボット技術・レーザ計測を応用した新しい非定常計測技術により非定常計測を融合した新しい計測融合シミュレーション技術を開発

融合フライトダイナミクス風洞



諸外国をリードするための研究戦略

超音速複葉翼理論

- 超音速飛行ではソニックブーム（衝撃波による爆音）が最大の環境問題
- 超音速複葉翼理論を提唱
- 超音速複葉翼理論はソニックブーム低減の第3の理論
  1. 飛行機を細長くする
  2. 機首を丸くする
  3. 複葉(2枚翼)にする



まとめ

期待される成果と波及効果

鉄道並みの利便性を持つ次世代航空輸送システムを研究開発

- **計測融合シミュレーションによるブレークスルー追求**
  - 世界トップのコンピュータ支援設計技術
- **期待される成果と波及効果**
  - 次世代環境適合型航空機：我が国の航空産業界へ5年後に技術移転
  - 超音速複葉機：世界の超音速機開発研究で5年後にリーダーシップ確立
  - ものづくり・環境技術：あらゆる産業分野へコンピュータ支援設計技術
  - 人材育成：若手エンパワーメント
  - 共同利用・共同研究拠点：他大学、JAXA、ENRI、産業界と密接に連携

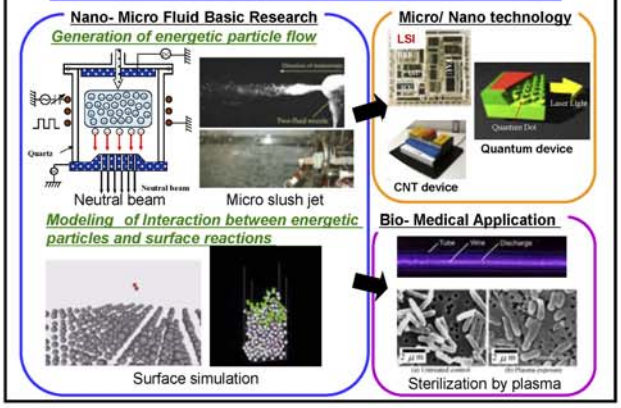
4.3.4　「ナノ・マイクロプロセス」資料

G-COE Frontier Project
－Nano- Micro Process－

Seiji Samukawa
Project Leader of Nano-Micro Process
IFS, Tohoku University

(Member)
Jun Ishimoto, Takashi Tokumasu, Takehiko Sato,
Shigeru Yonemura, Hiroto Ohtake, Hiroyuki Miki

GCOE Frontier Project –Nano-Micro Process－

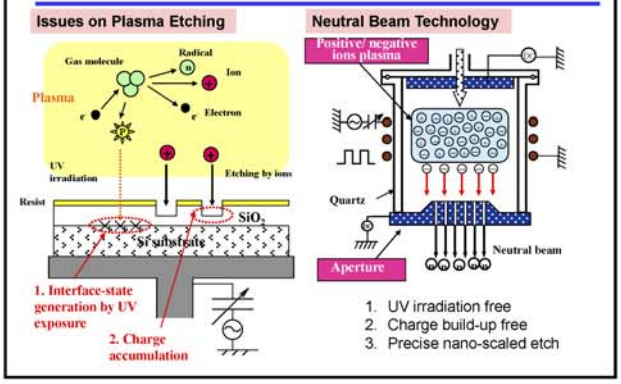


GCOE Frontier Project –Nano-Micro Process－

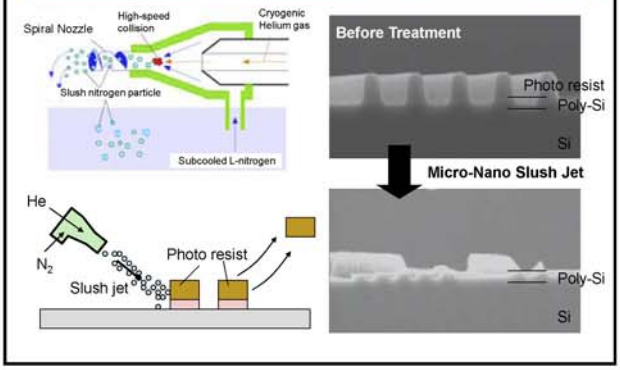
1. Neutral Beam Process for Nano Structure fabrication (Samukawa, Ohtake)
2. Development of the practical atmospheric plasma and its analysis (Sato, Samukawa)
3. Development of Micro-Nano Slush Jet System and its application to nanodevice (Ishimoto, Samukawa)
4. Surface analysis and modeling (Tokumasu, Yonemura, Ohtake, Samukawa)
5. Tribological behaviour of the partly polished CVD diamond coatings (Yonemura, Miki)

➡ **Intelligent control of nano-scaled surface process in energetic particle flow**

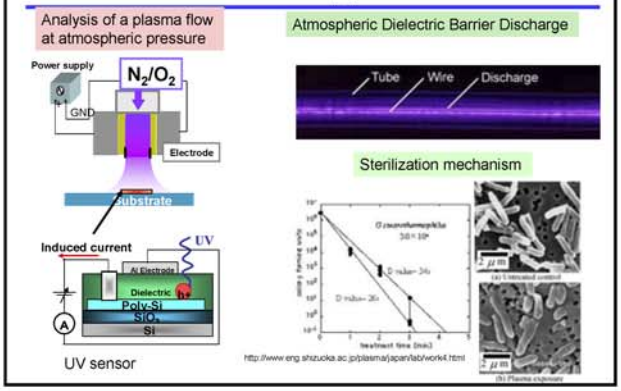
Issues on Plasma Etching Process and Neutral Beam Etching Technology

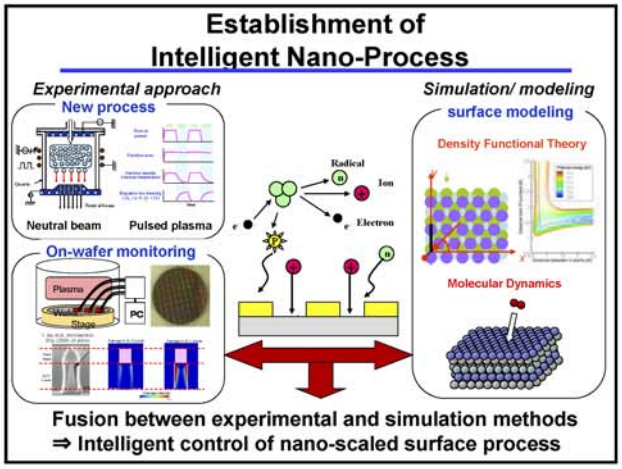


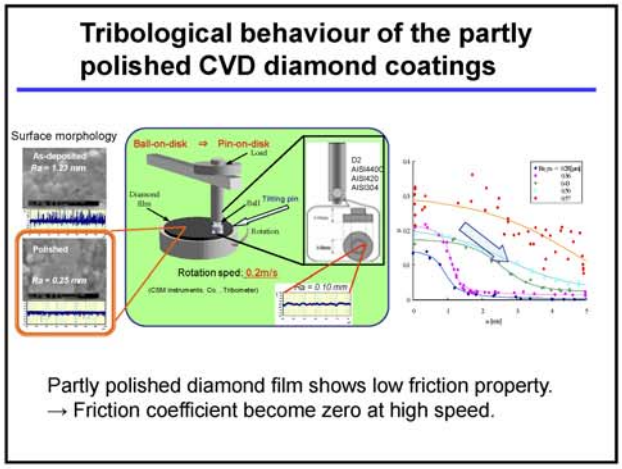
Development of Ashing-Less Resist Removal-Cleaning System Using Micro-Nano Slush Jet



Atmospheric plasma for Bio-medical application




Establishment of
Intelligent Nano-Process
Experimental approach
New process
Neutral beam
Pulsed plasma
On-wafer monitoring
Plasma
PC
Stage
Radical
Ion
Electron
Simulation/ modeling
surface modeling
Density Functional Theory
Molecular Dynamics
Fusion between experimental and simulation methods
⇒ Intelligent control of nano-scaled surface process


Tribological behaviour of the partly
polished CVD diamond coatings
Surface morphology
As-deposited
Ra = 1.23 mm
Polished
Ra = 0.25 mm
Ball-on-disk ⇒ Pin-on-disk
Load
Diamond film
Ball
Timing pin
Rotation
Rotation sped: 0.2m/s
(CSM instruments Co. ; Tribometer)
D2
AISI4402
AISI420
AISI304
Partly polished diamond film shows low friction property.
→ Friction coefficient become zero at high speed.

4.3.5　「エネルギー・環境」資料

東北大学GCOEプログラム「流動ダイナミクス知の融合教育研究世界拠点」国際評価委員会
2010年2月19日(金)，於：東北大学流体科学研究所

GCOE融合フロンティアプロジェクト:
「エネルギー・環境」プロジェクトの今後の研究展開
Research Plans of "Energy and Environment" Project in the Next Three Years

東北大学　流体科学研究所　知能流制御研究分野
GCOE情報流動融合分野長・本プロジェクトリーダー
中野　政身
Masami NAKANO
Intelligent Fluid Control Laboratory
Institute of Fluid Science
Tohoku University

メンバー とプロジェクト概要 (Members and Objectives of Project)

メンバー:
中野政身(リーダー)、笹尾眞實子、水崎純一郎、西山秀哉、三浦隆利、宮本明、小原拓、伊藤高俊、大平勝秀、青木秀之、佐藤一永、湯上浩雄、伊賀由佳。　(以上13名)

プロジェクトの目指すもの:
本プロジェクトでは、特に、CO_2削減などの環境問題への対応の観点から、既存エネルギーの有効活用・核融合エネルギー・新エネルギーの可能性について総合的な検討を行う。特に、核融合エネルギーや、新エネルギーとしての燃料電池、バイオマスエネルギーなどの製造・高効率利用・インフラ整備などに関わる問題に関して、プロジェクトメンバー間で討論を積み重ねることにより、将来のあるべき姿について提言するとともに、研究面での協力・連携を積極的に取り進めることにより、流動ダイナミクスという観点から「エネルギー・環境」の新技術の開発と最適化への寄与を目指す。

研究プロジェクト (Research Projects)

＜核融合関連＞
・低CO_2エネルギーシステムへの核融合エネルギー参入に関する研究(笹尾真実子)

＜燃料電池関連＞
・高温作動型燃料電池の研究開発　(水崎純一郎、佐藤一永、湯上浩雄)
・革新的燃料電池マルチスケール計算化学シミュレーション(宮本明)
・水素エネルギーの輸送・貯蔵媒体としてのスラッシュ水素の管内流動・伝熱特性(大平勝秀)
・部分開空間での水素漏えいのセンシングに基づいたリスク回避制御(中野政身)

＜バイオマスエネルギー関連＞
・高効率燃焼・流動点降下を目指したバイオマス燃料(BDF等)の高機能化(中野政身)

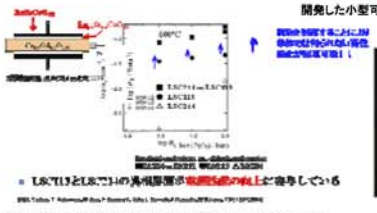
＜環境浄化関連＞
・水質浄化を目指した光反応・プラズマ援用によるマイクロバブルジェットの高機能化(西山秀哉)

高温作動型燃料電池の研究開発(水崎純一郎、佐藤一永、湯上浩雄)

本研究では、小型可搬型電源としての高温作動型燃料電池(酸素イオン導電性セラミックスを電解質とする固体酸化物燃料電池)の開発を目指して、構造や作製プロセスを工夫することにより電池の高性能化ならびに高信頼化を実現する基盤技術を確立する。



開発した小型可搬型電源を目指した高温作動型燃料電池



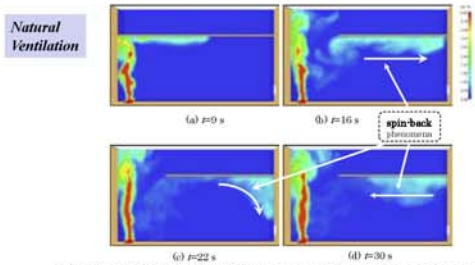
構造制御による電極性能の高性能化と構造の長期安定化の例



レーザー等を用いた電池作製法

部分開空間での水素漏えいのセンシングに基づいたリスク回避制御(中野政身、松浦一雄)

本研究では、水素エネルギー利用のインフラ整備の基盤技術として、燃料電池車のガレージや駐車場での水素漏洩時のリスク回避を目的に、漏洩水素のセンシングに基づいて換気を制御する効果的な換気システムに関する研究開発を実施する。



部分的な開口部(右下)がある空間内で水素が漏洩した際のセンシングに基づく水素ガスの自然換気の数値シミュレーション：　漏洩位置の真上の天井のある領域を水素センシングに基づいて開放することにより、漏洩水素ガスは室内に滞留することなく効果的に天井の開口部から自然に換気される。

高効率燃焼・流動点降下を目指したバイオマス燃料(BDF等)の高機能化(中野政身)

本研究では、バイオマスエネルギーの一つであるBDF(Bio Diesel Fuel) のディーゼルエンジンの低温環境下での利用のための流動点硬化剤の開発と、高効率燃焼を目指したBDFの機能化に関する研究を展開する。

バイオディーゼル燃料(BDF:Bio Diesel Fuel):
厳密な化学的定義はなく、一般に、菜種油、パーム油、廃食用油などの油脂を化学処理して製造し、ディーゼル自動車用燃料等として使用するものを指している。



○植物由来(含有成分，不飽和度)の影響
○精製方法(水洗，蒸留，未精製等)の影響
○油脂劣化度の影響

BDFサンプル(左:従来法，右:蒸留精製法)

+



○重合度
○添加量

ポリアクリルアクリレート重合物
(流動点降下剤)

分析評価

粘度，流動点，曇り点，熱分解特性等



秋田BDF地域協議会の中核となるBDF製造プラント

4.4　国際交流に関する報告　資料

GCOE国際評価委員会　平成22年2月19日（金）
東北大学流体科学研究所　COE棟3Fセミナー室

2009年度 国際交流活動

1. 基本方針
2. 国際共同研究
3. 国際共同教育
4. 国際宇宙大学・インターンシップ・国際会議派遣/受入
5. 東北大学ーリヨンサマースクール
6. Liaison Office Session at ICFD2009, November 2009
7. アジアの大学との交流の拡大
8. ELyT Lab Workshop（3月　フランス）
9. 国際交流活動　2010年の重点事項

1

国際交流活動の基本方針

- マルチステージ国際ネットワークによる国際共同教育・研究の推進（学術交流・国際会議等約60回、延べ参加者人数　約600人以上）
- アジアの大学（中国、韓国、ベトナム、タイ、インド等）と交流拡大
- 東北大学、流体科学研究所、工学研究科機械系との連携
- 国際会議、ワークショップの積極的な実施



7

国際共同研究

国際共同研究プロジェクト	研究
Liaison Officeを活用する多国間共同研究プロジェクト　（9件）	• 凝固を伴う溶融ミクロ液滴の衝突過程 • 複雑環境系におけるタンパク質物質輸送現象 • バイオマスガス化用水安定化アーク最適化 • 原子力構造材料の先進的非破壊評価 • 実験・理論強調によるマイクロ燃焼の応用 • 流動ダイナミクス国際融合ジョイントラボラトリー • 生体流動コンソーシアム形成 • 次世代多機能コーティング技術及び機能性表面の設計法 • 2成分磁性コロイドー層膜における結晶相図
流動ダイナミクス国際融合ジョイントラボラトリー（FLOWJOY）プロジェクト　（3件）	• Development of Design Exploration Method for Real-World Design • Measurement of Radiative Properties in Micro-Nano Structure • Functionality Design of the Contact Dynamics

3

国際共同教育

- 国際共同研究への積極参画による教育
- 国際会議における学生セッション等の主宰により経験を積ませる
  - ICFD 「Young Birds Seminar on Multi-scale Flow Dynamics」
  - ICFD「Japan-Korea Students' Symposium – Fast Ion Transport in Solids and through Interfaces 」
  - GCOE　航空宇宙流体科学サマースクール（猪苗代町）
  - 東北大学ーソウル大学「Joint Workshop on Next Generation Aero Vehicle JInternational Seminar of Frontier of energy Flow Dynamics in Atomistic and Electronic Scales (at Tohoku Univ.)
  - 流動ダイナミクス国際若手研究発表会　（東北大学）
- 国際宇宙大学・グローバル回遊教育研究・HOPEミーティング等への派遣
- GCOE国際インターンシップ派遣
- 国際会議への積極的派遣
- 国際サマースクール

4

インターンシップ派遣/受け入れ・国際宇宙大学等派遣・国際学会派遣

内容	人数	国
国際インターンシップ留学生派遣（1～3ケ月）	6	米国、韓国、フランス
国際インターンシップ留学生受け入れ（1～6ケ月）	8	インド、韓国、フランス、中国、オーストラリア、米国
国際宇宙大学派遣（2ケ月）	1	米国California
JSPS HOPEミーティング派遣（3日間）	1	箱根（アジア各国から学生約100人参加）
若手研究者国際会議派遣	18	オーストリア、NZ、カナダ、英、米、露、仏、伊、ベルギー、中国

5

東北大学 - リヨンサマースクール (Tohoku – Lyon Summer School)

- フランスのINSA-Lyon, ECLと共同でリヨンに於いて開催した。
  「材料インテグレーションGCOE」「脳科学GCOE」「JSPS Core-to-Core」「機械工学フロンティア創成」と共同。
  目的：若い人材に国際的な教育・訓練の機会を提供し、彼らが将来、研究・教育・産業・社会といった夫々の分野で中核的な指導者となるよう育成する
- 東北大学から大学院生 20名、教員11名が参加。フランス側から、それに倍する教員/大学院生が参加。 使用言語：英語
- 「学術講義受講」「自分と研究室の研究紹介と全体討論」「フランス語・フランス文化・フランス高等教育制度の講義受講と体験」 欧州原子核研究機構（CERN）、世界知的所有権機関（WIPO）、東レPlastics Europe 社見学、リヨン市、2大学、ローヌ・アルプス　との交流
- 「自信がついた」「留学する決心をした」「英語が出来ないことを痛感」「異分野の話に興味がわいた」「日程がきつすぎたがフランス語の講義は面白かった」「CERN は大きかった」「博士課程に進む決心がついた」「寮の部屋はよかった。食事もよかった」
- 2010年はリヨンより学生を招いて仙台で開催（10月24日～11月3日）。



6

Liaison Office Session at ICFD2009
(November 5, 2009)

- ICFD2009で各Liaison Office 代表者が会談
  - Professor Masud Behnia, The University of Sydney
  - Professor Gary Rosengarten, University of New South Wales
  - Professor Alexander Vasiliev, Moscow State University
  - Professor Hyung-jin Sung, KAIST
  - Professor Hiroshi Higuchi, Syracuse University
  - Professor Joel Courbon, INSA-Lyon
  - Professor Fredrik Lundell, KTH Royal Institute of Technology
  - Professor Shigenao Maruyama & Toshiyuki Takagi (Chair), Tohoku U.
- 各大学とその活動状況を紹介。 2010年秋の October School in Sendai (仮称) への学生・教員派遣を検討して行く事で合意

アジアの大学との交流の拡大
(学術交流・学生受け入れ/派遣・ワークショップ)

- 2009年度は中国、韓国重点で実施(東北大学、工学研究科機械系、Global 30等と連携)
  清華大学、上海交通大学、浙江大学、西安交通大学、KAIST、成均館大学 等
- 2010年度はベトナム、インド、タイ、インドネシア、ロシア等へ 拡大
- 東北大学全体の活動に合わせて効率的に実施
  「東北大学デイ」

ELyT Lab Annual Workshop 2010
(March 14 -16, 2010 in Annecy, France)

Subject	Chaired by:
Bio-Tribology of Catheters	Vincent Fridici & Makoto Ohta
Nondestructive Evaluation & Mitigation	Joel Courbon & Tetsuya Uchimoto
Heat and Mass Transfer Properties of Biological Surface Morphologies	Benoit Pier & Atsushi Shirai
Radiative Properties of Complex Materials for Design and Control of Engineering Systems	Rodolphe Vaillon & Shigenao Maruyama
Nano-Scale Modeling of Tribological Inter-faces	Philippe Vergne & Takashi Tokumasu
Tribology-based Design Strategies for Advanced Carbon Coatings	Julien Fontaine & Hiroshi Miki

国際交流活動 2010年度の重点事項

- マルチステージ国際ネットワークを活用した国際共同教育・研究の推進
  ELyT ラボラトリーワークショップとの連携
- 流動ダイナミクスの情報発信としてのICFD2010の開催
- 共同教育の場としてのOctober School in Sendaiの開催
- 共同教育・研究のためにアジアの大学との交流の拡大

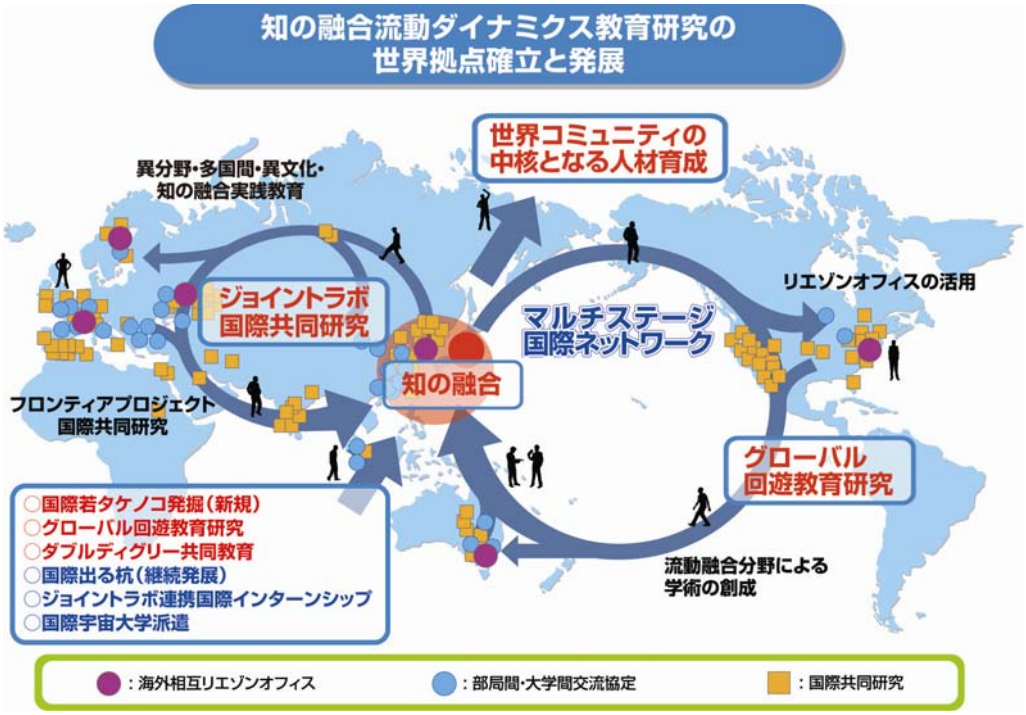
5. 東北大学グローバル COE「流動ダイナミクス知の融合教育研究世界拠点」拠点の概要

5.1 目標

流動ダイナミクスは、エネルギー、地球環境、ライフサイエンスなど、人類が直面する諸問題に密接に関連する総合学術領域である。本グローバルCOE は、21世紀COEプログラム「流動ダイナミクス国際研究教育拠点」で築いた実績を基礎にして、それを大幅に拡大・充実させて、流動ダイナミクス教育研究の世界拠点として確立・発展するものである。

つまり、流動ダイナミクスを基軸に置き、情報科学、化学工学、医工学との異分野融合、これまで形成してきた国際ネットワークを活用した多国間研究融合、多面的な価値観を理解できる国際的な異文化融合などの知の融合によって、流動融合分野の基礎学理を構築すると共に、国際連携フロンティアプロジェクト研究推進によりイノベーション科学技術領域を創成し、総合学術領域としての流動ダイナミクスの研究教育世界拠点を確立することを目的とする。

また、これまで構築した国際ネットワークをマルチステージ国際ネットワークに昇華させ、国内外から優秀な人材を募集する国際若タケノコ発掘プログラム等により、博士課程人材を集める。国際出る杭教育等の教育プログラムと、国際ジョイントラボやフロンティアプロジェクトの研究活動を通じて、国際水準を凌駕する学問的能力と強靭な精神力を身につけて、学術分野のみならず広く国際社会における中核的人材として、独創的な成果を持続的に生み出してゆく将来の流動ダイナミクス世界コミュニティでリーダーシップを発揮できる人材を育成する。



5.2 拠点形成計画の概要

本拠点では、リエゾンオフィスを設置した基幹交流機関【モスクワ大学（ロシア）、ニューサウスウェールズ大学（オーストラリア）、シラキュース大学（アメリカ）、韓国科学技術院 （KAIST)（韓国）、INSA-Lyon（フランス）、王立工科大学 (KTH)（スウェーデン）】と、その他の交流実績のある研究機関を加えたマルチステージ国際ネットワークを構築する。

これらの研究機関を拠点とし、研究者間の研究交流を基本にした国際ジョイントラボの枠組みを戦略的に展開・活用して高いレベルの実質的な国際共同研究を充実させる。この国際ネットワークの国際共同研究を通じて、流動ダイナミクスと異分野学術領域との融合、多国間研究融合による新しい流動融合分野を創成し、融合フロンティアプロジェクトを推進し、若手の研究者の人材交流や、国際インターンシップ学生が加わって研究を担うことにより世界最高水準の研究成果の創造と人材の育成を促す。

「教育目的」の達成のために、若手研究者の多様な「教育支援プログラム」を運用するとともに、マルチステージ国際ネットワークを中心として、「ジョイントラボ連携国際インターンシップ」では、本学「井上プラン」による海外インターンシップ制度とも連携し、相互補完的に濃厚な交流の機会を与えているおり、「国際サマースクール」、「国際宇宙大学派遣」及び「東北大学国際高等研究教育院との連携」等を通じて、国際感覚・独創的発想力・リーダーシップを身につけさせる。

特に、本拠点独自のプログラムでは、修士の段階から国内外に学生を公募し、博士入学前に人材育成プログラムに採択する「国際若タケノコ発掘プログラム」によって、博士課程学生の国際誘致を積極的に行い、国内外から優秀な博士課程人材を集めて人材育成を図っている。また、前 21 世紀 COE の「出る杭伸ばす教育」プログラムを発展させ、融合領域の学術創成にかなう国際的若手人材を育成する「国際出る杭伸ばす教育プログラム」を実践する。これら教育プログラムに参加する学生は、修士博士一環コースの選択と早期修了を奨励し、博士修了後のポスドク期間に複数国際インターンシップを経験させる「グローバル回遊教育研究プログラム」に参加させるなど、多文化融合の価値観を理解できる国際的なエリート育成を進める。

「研究目的」達成のために、事業推進担当者と研究協力者を「情報流動融合分野」、「反応流動融合分野」、「ナノ流動融合分野」および「極限流動融合分野」の 4 つの研究分野に配置して、これらが相互に連携・協力して弾力的・横断的な運営を目指している。

また、流動ダイナミクスの持つ優れた実践力と迅速性等を生かして、人類が直面する様々な問題の解決に資するため、今年度より 5 つの「GCOE 融合フロンティアプロジェクト」を立ち上げた。それらは、「流動ダイナミクスと医療の融合」、「原子力発電プラントの流動誘起損傷のメカニズム解明と評価」、「次世代環境適合型航空機の研究」、「ナノ・マイクロプロセス」および「エネルギー・環境」である。各プロジェクトには、事業推進担当者、研究協力者が適切に配置され、連携・協力しながら研究を進めるとともに、必要に応じて、広く国内外の大学、研究機関等の研究者にも積極的に参加を呼び掛ける。

上記の「教育」「研究」目的達成のために、リエゾンオフィスを設置した上記基幹交流機関を国際交流拠点として活用し、これに、各事業推進担当者等が持つ様々な国際ネットワークを結びつけてマルチステージ国際ネットワークを構築して、これを通じて、「グローバル回遊教育研究」、「ジョイントラボ国際共同研究」等を着実に行い、また、日常の交流を活発・積極的におこなうことにより、本 GCOE の「教育」「研究」目標の達成を目指す。

5.3 事業推進担当者

2010 年 1 月現在

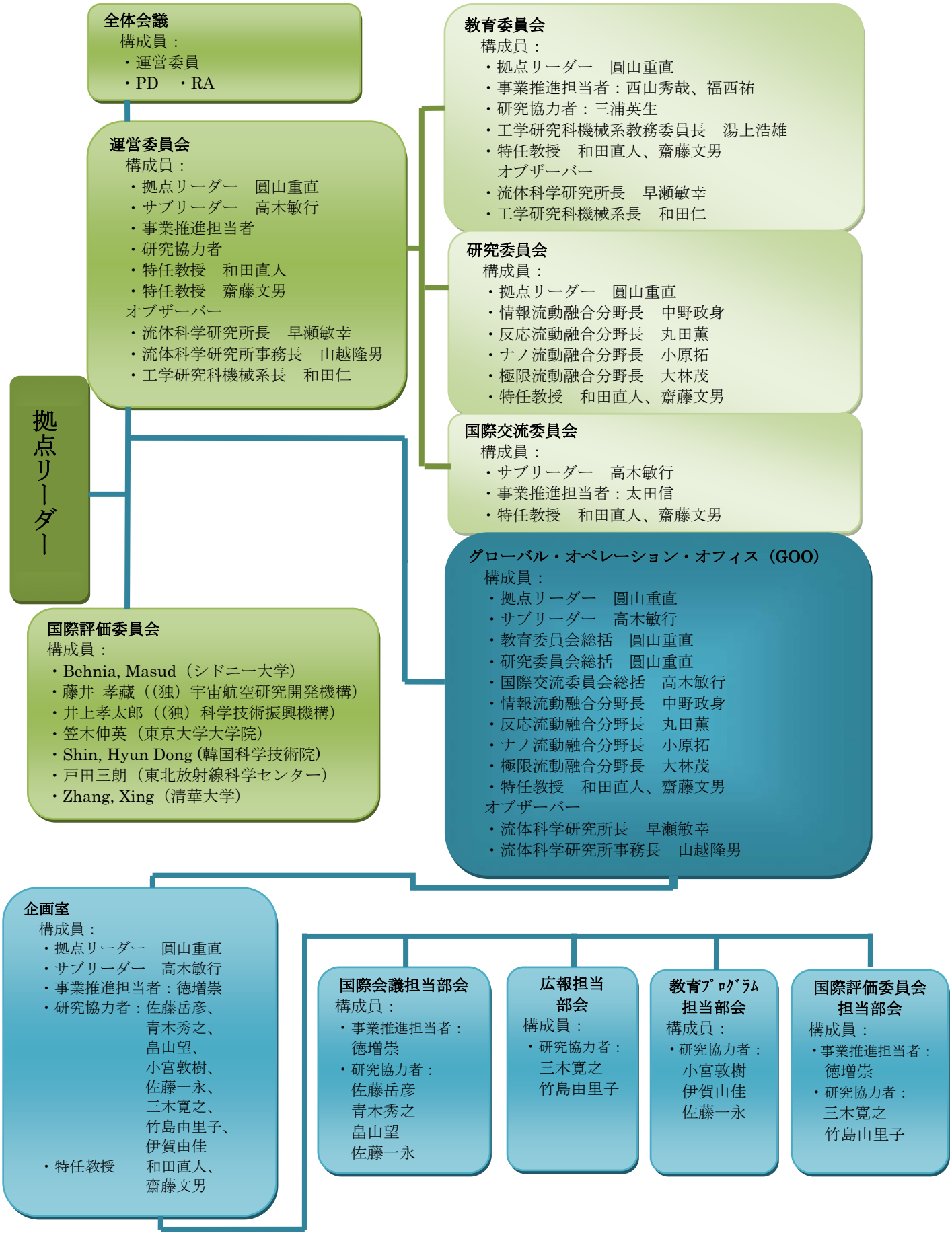
拠点リーダー（極限流動融合分野）		
圓山 重直	Shigenao MARUYAMA	流体科学研究所・教授
サブリーダー（ナノ流動融合分野）		
高木 敏行	Toshiyuki TAKAGI	流体科学研究所・教授
情報流動融合分野		
中野 政身	Masami NAKANO	流体科学研究所・教授
中橋 和博	Kazuhiro NAKAHASHI	工学研究科航空宇宙工学専攻・教授
石本 淳	Jun ISHIMOTO	流体科学研究所・准教授
太田 信	Makoto OHTA	流体科学研究所・准教授
反応流動融合分野		
丸田 薫	Kaoru MARUTA	流体科学研究所・教授
笹尾 眞實子	Mamiko SASAO	工学研究科量子エネルギー工学専攻・教授
三浦 隆利	Takatoshi MIURA	工学研究科化学工学専攻・教授
升谷 五郎	Goro MASUYA	工学研究科航空宇宙工学専攻・教授
西山 秀哉	Hideya NISHIYAMA	流体科学研究所・教授
小林 秀昭	Hideaki KOBAYASHI	流体科学研究所・教授
ナノ流動融合分野		
小原 拓	Taku OHARA	流体科学研究所・教授
宮本 明	Akira MIYAMOTO	未来科学技術共同研究センター・教授
水崎 純一郎	Junichiro MIZUSAKI	多元物質科学研究所・教授
徳山 道夫	Michio TOKUYAMA	原子分子材料科学高等研究機構・教授
寒川 誠二	Seiji SAMUKAWA	流体科学研究所・教授
小玉 哲也	Tetsuya KODAMA	医工学研究科医工学専攻・教授
徳増 崇	Takashi TOKUMASU	流体科学研究所・准教授
極限流動融合分野		
大林 茂	Shigeru OBAYASHI	流体科学研究所・教授
福西 祐	Yu FUKUNISHI	工学研究科機械システムデザイン工学専攻・教授
浅井 圭介	Keisuke ASAI	工学研究科航空宇宙工学専攻・教授
澤田 恵介	Keisuke SAWADA	工学研究科航空宇宙工学専攻・教授
伊藤 高敏	Takatoshi ITO	流体科学研究所・教授
橋爪 秀利	Hidetoshi HASHIZUME	工学研究科量子エネルギー工学専攻・教授

研究協力者

情報流動融合分野		
白井 敦	Atsushi SHIRAI	流体科学研究所・准教授
江原 真司	Shinji EBARA	工学研究科量子エネルギー工学専攻・准教授
竹島 由里子	Yuriko TAKESHIMA	流体科学研究所・助教
反応流動融合分野		
青木 秀之	Hideyuki AOKI	工学研究科化学工学専攻・准教授
佐藤 岳彦	Takehiko SATO	流体科学研究所・准教授
ナノ流動融合分野		
三浦 英生	Hideo MIURA	工学研究科付属ｴﾈﾙｷﾞｰ安全科学国際研究ｾﾝﾀｰ・教授
湯上 浩雄	Hiroo YUGAMI	工学研究科機械システムデザイン工学専攻・教授
米村 茂	Shigeru YONEMURA	流体科学研究所・准教授
畠山 望	Nozomu HATAKEYAMA	工学研究科応用化学専攻・准教授
三木 寛之	Hiroyuki MIKI	流体科学研究所・講師
佐藤 一永	Kazuhisa SATO	多元物質科学研究所・助教
極限流動融合分野		
大平 勝秀	Katsuhide OHIRA	流体科学研究所・教授
渡辺 豊	Yutaka WATANABE	工学研究科量子エネルギー工学専攻・教授
内一 哲哉	Tetsuya UCHIMOTO	流体科学研究所・准教授
遊佐 訓孝	Noritaka YUSA	工学研究科量子エネルギー工学専攻・准教授
小宮 敦樹	Atsuki KOMIYA	流体科学研究所・講師
伊賀 由佳	Yuka IGA	流体科学研究所・助教

5.4　運営図

2010 年 1 月 1 日現在



6. 主な活動

6.1 拠点形成プログラム

6.1.1　運営委員会

設置目的：人事、予算、その他運営に関する重要事項を審議決定するため、全体会議終了後、隔月開催を原則とし定期的に開催する。

開　催　日	審　議　事　項
平成21年 5月29日	平成21年度新規事業及び実行予算（案)、第6回流動ダイナミクス国際会議に関する審議外
平成21年 7月10日	平成21年度各種プログラム募集要項及び平成21年度秋季GCOE博士研究員募集に関する審議外
平成21年 9月 8日	平成21年度秋季RA募集及び平成21年度秋季GCOE博士研究員の採択に関する審議外
平成21年11月13日	第6回流動ダイナミクス国際会議開催報告及び第7回流動ダイナミクス国際会議、平成21年度予算の執行、平成22年度募集に関する審議外
平成22年 1月26日	GOO会議からの報告､平成22年予算編成の概要及び平成22年度博士研究員の採用に関する審議外
平成22年 3月19日	安全保障輸出管理からの報告及び平成21年度予算執行状況に関する報告外

6.1.2　グローバル・オペレーション・オフィス（GOO）会議

設置目的：GCOE 運営に関わる実質的な審議機関とし、意思決定する。必要の都度、随時開催する。

開　催　日	議　題　事　項
平成21年 5月26日	平成20年度収支決算報告、平成21年度研究拠点形成費交付申請及び平成21年度新規事業に関する審議外
平成21年 7月 8日	平成21年度秋季募集の選考方法及び第6回流動ダイナミクス国際会議に関する審議外
平成21年 9月 7日	平成21年度秋季募集の選考・採択及びフロンティアプロジェクトに関する審議外
平成21年11月11日	平成22年度各種プログラムの募集及び平成21年度予算に関する審議外
平成22年 1月25日	平成21年度予算執行状況報告、平成22年予算編成の概要及び平成22年度博士研究員の採用に関する審議外
平成22年 3月11日	平成22年度教育プログラムの採択、平成22年度予算編成の概要外

6.1.3　教育委員会

設置目的：各種プログラム採択（注 1）等に関する審議決定する。必要の都度、随時開催する。

○教育委員会

開　催　日	審　議　事　項
平成21年 5月25日	国際高等研究教育院連携GCOE特別研究生の選考及び採択、各種プログラム募集要項（※注1）の確認
平成21年 8月19日	研究支援RA、基本RAの採択に係る審査及び採択、平成22年度以降のRA採用に係る予算配分
平成21年12月 7日	平成22年度GCOE各種教育プログラム募集要項の確認、若タケノコ採択者の支援
平成22年 2月12日	平成 22 年度教育支援プログラム申請者の審査及び平成 21 年度「国際出る杭伸ばす特別研究生」の成果報告、及びその評価

○教育委員会（メール会議）

開　催　日	審　議　事　項
平成21年 4月 2日	若手研究者国際会議派遣1名採択
平成21年 4月16日	若手研究者国際会議派遣1名採択
平成21年 4月24日	インターンシップ受入1名採択
平成21年 5月13日	インターンシップ受入1名採択
平成21年 5月26日	インターンシップ受入1名採択
平成21年 6月 4日	若手研究者国際会議派遣1名採択
平成21年 6月 9日	若手研究者国際会議派遣1名採択
平成21年 6月18日	東北大学－リヨンサマースクール派遣者5名採択
平成21年 6月19日	若手研究者国際会議派遣1名採択
平成21年 6月29日	若手研究者国際会議派遣1名採択
平成21年 6月30日	若手研究者国際会議派遣2名採択
平成21年 7月 1日	インターンシップ受入1名採択
平成21年 7月 3日	若手研究者国際会議派遣2名採択
平成21年 7月13日	若手研究者国際会議派遣1名採択
平成21年 7月14日	若手研究者国際会議派遣1名採択
平成21年 7月22日	若手研究者国際会議派遣1名採択
平成21年 7月29日	インターンシップ派遣1名採択
平成21年 8月18日	インターンシップ派遣1名採択
平成21年 8月25日	若手研究者国際会議派遣1名採択
平成21年 9月30日	国際インターンシップ派遣1名　日程変更採択
平成21年10月16日	国際若タケノコ発掘プログラムRA1名採択
平成21年11月24日	インターンシップ受入1名採択
平成21年11月27日	インターンシップ受入1名採択
平成21年12月11日	インターンシップ受入1名採択
平成21年12月18日	若手研究者国際会議派遣1名採択
平成21年12月21日	若手研究者国際会議派遣1名採択
平成22年 1月 5日	インターンシップ派遣1名採択
平成22年 1月15日	インターンシップ派遣1名採択
平成22年 1月20日	インターンシップ派遣1名採択
平成22年 3月11日	インターンシップ受入1名採択

（注 1）基本支援 RA、研究支援 RA、国際出る杭伸ばす特別研究生、国際インターンシップ（派遣・受入）、若手研究者国際会議派遣、国際高等教育院連携 GCOE 特別研究生、国際若タケノコ発掘プログラム

6.1.4　研究委員会

設置目的:グローバル COE 博士研究員等に関する審議決定する。必要の都度、随時開催する。

開　催　日	審　議　事　項
平成21年 8月 5日	GCOE博士研究員の採択基準の確認及び採択
平成22年 3月 8日	GCOE博士研究員の平成21年度成果報告及び採択

6.1.5　国際交流委員会

設置目的：GCOE の拠点形成計画の 1 つである世界拠点確立のため、マルチステージ国際ネットワークを活かした①流動ダイナミクスと異分野学術領域との融合、②多国間研究融合による新しい流動融合分野の創成、③国際連携フロンティアプロジェクト研究の推進を柱とした、国際ジョイントラボ共同研究、国際交流関係の業務を支援する。

○国際交流推進室

開　催　日	審　議　事　項
平成21年 4月 3日	国際交流推進室の役割分担、2009年度活動案等

○国際交流推進室（メール・現地会議・活動報告）

開　催　日	審　議　事　項
平成21年 4月 2日	国際交流推進室HP公開（日本語・英語）。
平成21年 4月 3～10日	流動ダイナミクス国際融合ジョイントラボラトリー募集。
平成21年 4月10日	工学研究科升谷教授、羽根教授と、Double Degreeに関して打合せを行った。（高木、和田）
平成21年 4月19～23日 （於；オーストラリア）	シドニー大学にてMasud Behnia教授等とDouble Degreeにおける学生交換に関しての打合せを行った。（和田）
平成21年 5月11日	国立応用科学院リヨン校との大学間学術交流協定更新についてメール審議。
平成21年 5月21～22日 （於；ロシア）	ロシア連邦教育科学副大臣を訪問し、今後のロシアの大学との交流について議論した。モスクワ大学国際交流部とリエゾンオフィスを訪問し、リエゾンオフィスを通じたネットワーク形成について議論した。(高木)
平成21年 5月22日	流動ダイナミクス国際融合ジョイントラボラトリー採択通知。
平成21年 6月1日	リヨン市副市長Jean-Francois, リヨン大学長Michel Lussaultを団長とする東北大学公式訪問団十数名が流体研を訪問。
平成21年 7月5日～8日 （於；アメリカ）	シラキュース大学を訪問し、第6回ICFDにおけるリエゾンオフィス会議およびJSPS Core to Coreについて話し合いを行った。(太田)
平成21年 7月26日～28日 （於；オーストラリア）	シドニー大学を訪問し、第6回ICFDにおけるリエゾンオフィス会議およびJSPS Core to Coreについて話し合いを行った。(太田)
平成21年 8月6日	G30国際交流担当者情報交換会（国際交流部主催）へ出席。（内一）
平成21年 9月 1～11日 （於；フランス）	「東北大学－リヨンサマースクール」をフランス・リヨンのINSA-Lyonキャンパスにて開校。東北大学から11名の教員職員と博士課程前・後期大学院生20名が参加。
平成21年 9月11日 （於；フランス）	ELytラボラトリー組織委員会（Lyon）に参加して、初年度の活動及び今後の活動方針について議論した。（高木、和田）
平成21年 9月21日 （於；中国）	西安交通大学を訪問し、今後の学術交流について議論した。（高木）
平成21年10月 1日	テンプル大学との部局間学術交流協定締結について・南京大学との大学間学術交流協定更新について・台湾国立応用研究所・ナノデバイス研究所との部局間学術交流協定更新についてメール審議。
平成21年10月26～30日 （於；中国）	中国上海交通大学及び浙江大学を訪問し、東北大学・工学研究科・グローバル30プログラム・流体研・流動ダイナミクスGCOEの活動状況の紹介と留学生勧誘活動を行った。（和田）
平成21年11月 4～6日	International Conference on Flow Dynamics 2009において、リエゾンオフィス責任者と来年度のサマースクールを仙台の東北大学キャンパスにて開校する件につき打ち合わせを行った。
平成21年11月 5日	第１回流体研運営委員会にて国際連携活動についての報告。 第６回リエゾンオフィスミーティングを開催。
平成21年11月9～13日 （於；アメリカ）	シラキュース大学を訪問し、リエゾンオフィス会議の総括、来年度のサマースクールおよびJSPS Core to Coreについて話し合いを行った。(太田)
平成21年11月18日	テンプル大学との大学間学術交流協定締結についてメール審議。

平成21年11月23日	INSA－Lyon代表者とELyTワークショップ、サマースクールのあり方について議論した。
平成21年12月 1日	「フランス留学説明会」を流体研にて開催。(和田)
平成21年12月 6～9日 (於；インド)	インド工科大学にて、「国際若タケノコ発掘プログラム」への応募学生の面接と筆記試験を実施。(和田)
平成21年12月7～11日	ECLの代表者(P. Kapsa)と来年度のサマースクールを仙台の東北大学キャンパスにて開催する件につき打ち合わせ、2010年3月のElyT Labワークショップ(アネシー)に関する打ち合わせおよび12月10日に医工学研究科修士予備審査への副査としての出席を行った。(和田、高木、太田、徳増)
平成21年12月17～19日 (於；中国)	東北大学、上海交通大学共催の「東北大学デイ」が中国上海交通大学にて開催され、双方の大学、留学制度の紹介と留学生の勧誘が行われた。(和田)
平成21年12月中旬	グリーティングカード送付。
平成22年1月15日	先端的国際連携支援WG　出席　(太田)
平成22年2月6～9日 (於；ﾆｭｰｼﾞｰﾗﾝﾄﾞ)	シドニー大学との先端的国際連携支援に関する話し合い(太田)

6.1.6　企画室会議

設置目的：ワーキンググループ的な位置づけとし、タスク毎に企画・実行を行う。
本年度は、タスクごとに担当者が不定期で会議を行った。

6.1.7　国際評価委員会

国内外の大学･民間の有識者 7 名による外部評価委員会を設置し､毎年本拠点の運営体制､教育活動、研究活動、国際協力活動に関する評価を受ける。
なお､評価結果については､国際評価報告書として平成 22 年 4 月に発行する予定である。

平成 21 年度開催

日　時　平成 22 年 2 月 19 日（金）
場　所　COE 棟 3F セミナー室
委　員　Behnia, Masud　シドニー大学工学部　教授
藤井 孝藏　(独)宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究本部 企画連携総括
井上 孝太郎　(独)科学技術振興機構　上席フェロー
笠木 伸英　東京大学大学院工学系研究科　機械工学専攻　教授
Shin, Hyun Dong　韓国科学技術院機械工学科　教授 燃焼技術研究センター長
戸田 三朗　東北放射線科学センター 理事
Zhang, Xing　清華大学　工程熱物理研究所　教授

6.1.8　全体会議（研究交流会）

設置目的：全員参加の研究交流会とする。原則 2 か月に 1 回開催する。

(1)　平成21年5月29日
研究グループ毎の研究発表、GCOE博士研究員1名、リサーチ・アシスタント1名並びに国際インターンシップ受入学生1名の研究発表。

(2)　平成21年7月10日
流動融合分野の研究発表、「第2回流動ダイナミクス国際若手研究発表会」上位3名による研究発表。（特別奨励費として研究費を配分）
(3)　平成21年9月8日
流動融合分野の研究発表、国際出る杭伸ばす教育特別研究生1名、リサーチ・アシスタント1名並びに国際インターンシップ受入学生1名の研究発表
(4)　平成21年11月13日
流動融合分野の研究発表、国際宇宙大学スペース・スタディーズ・プログラム参加報告、GCOE博士研究員1名、リサーチ・アシスタント1名の研究発表
(5)　平成22年1月26日
国際出る杭伸ばす教育特別研究生1名及び国際インターンシップ受入学生1名の研究発表、東北大学―リヨンサマースクール参加報告、流動融合分野の研究発表

6.1.9　国際会議の開催

GCOE 主催国際シンポジウム/国際ワークショップを 7 件開催した。

(1) Machine Learning for Aerospace International Workshop



日　時　平成 21 年 7 月 3 日～4 日
場　所　ホリデイインマルセイユ（フランス・マルセイユ）
参加者　23 名（うち外国人　19 名）
主な招待講演者
Dr. Tapabrata Ray (University of New South Wales)
Dr. Minjoong Jeong (Korea Institute of Science and Technology Information)
Dr. Valentino Pediorda (University of Trieste)

(2) The 6th International Intracranial Stent Meeting 2009 (ICS09)



日　時　平成 21 年 8 月 5 日～7 日
場　所　仙台市戦災復興記念館
参加者　247 名（うち外国人　72 名）
主な招待講演者
Prof. Juan R. Cebral (George Mason University)
Prof. Alejandro Frangi (Pompeu Fabra University)
Dr. Daniel A. Rüfenacht (Hirslanden Clinic)

(3) 2nd German-Japanese Joint Seminar New Prospects of Molecular Imaging Technology for Interdisciplinary Research
日独合同セミナー「学際領域における分子イメージング技術の新展開」



日　時　平成 21 年 8 月 31 日～9 月 2 日
場　所　レーゲンスブルグ大学（ドイツ）
参加者　52 名（うち外国人　30 名）
主な招待講演者
Prof. Makoto Obata (Yamanashi University)
Prof. Otto S. Wolfbeis (University of Regensburg)
Dr. Christian Klein (DLR Gottingen)

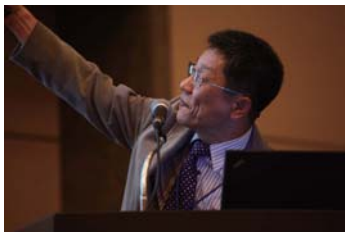
（4）Sixth International Conference on Flow Dynamics
第 6 回流動ダイナミクスに関する国際会議
日　時　平成 21 年 11 月 4 日～6 日
場　所　ホテルメトロポリタン仙台
参加者　448 名（うち外国人　157 名）



基　調　講　演



Rongjia Tao (Temple University, USA)
“Rheology for Efficient Energy Production, Transportation, and Conservation”



Han-Ill Yoo (Seoul National University, Korea)
“An Odyssey to Experimentally Verify the Onsager Reciprocity in Flow of Charged Particles in Solids”



Seiji Samukawa (Tohoku University, Japan)
“Ultimate Nanofabrication Technology by Neutral Particle Beam”

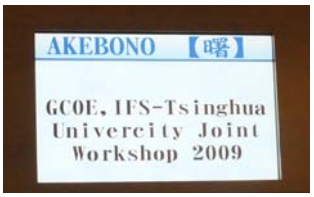




セッション	オーガナイザー
Hybrid Rocket Propulsion and Related Fluid Dynamics	嶋田 徹、澤田 恵介
Functionality Design of the Contact Dynamics	高木 敏行、内一 哲哉、三木 寛之
Advanced Control of Smart Fluids and Fluid Flows	中野 政身、福西 祐
Energy and Environmental Systems over Nano / Meso / Macro Scales	宮本 明、畠山 望
Supersonic Technology Workshop (AFI/TFI-2009)	大林 茂
IFS Collaborative Research Forum (AFI/TFI-2009) &IFS Research Exhibition (AFI/TFI-2009)	石本 淳、鄭 信圭
The Fifth International Students / Young Birds Seminar on Multi-scale Flow Dynamics	齋藤 泰洋、武田 洋樹、佐藤 一永、水崎 純一郎、伊賀 由佳
The 10th Japan-Korea Students’ Symposium –Fast Ion Transport in Solids and Through Interfaces –The Related Materials and Phenomena	丹羽 栄貴、H. S. Kwon、水崎 純一郎、H. I. Yoo
Current Topics in Flow Dynamics	冨田 典子、山下 博、Zahrul Fuadi
GCOE, IFS-Tsinghua University Joint Workshop 2009	圓山 重直、X. Liang、石本 淳
Liaison Office Session	高木 敏行、太田 信
Alumni Session	圓山 重直



（5）GCOE, IFS-Tsinghua University Joint Workshop-2009



日　時　平成 21 年 11 月 5 日
（ICFD2009 の 1 セッションとして開催）
場　所　ホテルメトロポリタン仙台
主な招待講演者
Prof. Ke-Qin Zhu (Tsinghua University)
Prof. Xingang Liang (Tsinghua University)
Prof. Li Luming (Tsinghua University)

（6）Second International Symposium of Experiment-Intergrated Computational Chemistry on Multiscale Fluids (ECCMF)
日　時　平成 22 年 2 月 23 日～24 日
場　所　仙台エクセルホテル東急
参加者　44 名（うち外国人　15 名）
基調講演者
Dr. Sourav Pal (National Chemical Laboratory)
Prof. Kuo-Lun Tung (Chung Yuan Christian University)
Dr. Izumi Kumakiri (SINTEF Materials and Chemistry)

（7）2010 Annual ELyT Workshop
日　時　平成 22 年 3 月 14 日～16 日
場　所　Annecy（フランス）
参加者　96 名（うち外国人 67 名）
本ワークショップのオーガナイザー及び主な講演者
Prof. Cavaille Jean-Yves (INSA de Lyon)
Prof. Kapsa Philippe (Ecole Centrale de Lyon)
Prof. Tetsuo Shoji (Tohoku University)
Prof. Toshiyuki Takagi (Tohoku University)

フランスの ECL と INSA-Lyon を中核とする University of Lyon、フランス国立研究所 CNRS、それに東北大学の 4 者で構成する ELyT Laboratory の第 2 回 Annual Workshop を Annecy（フランス）で開催した。参加者は東北大学から 29 名、フランスから 67 名であった。Bioscience and Engineering, Micro- and Nano-scale Materials and Devices, Durability/Reliability in Energy and Transportation, Flow Dynamics, Heat transfers and Micro-fluidics および Tribology の 5 分野で興味深い講演があり、活発な討論が展開された。また参加した若手研究者、大学院生によるポスター・セッションも開かれた。第 3 回 Annual Workshop は、今年 12 月を目途に仙台での開催を予定している。





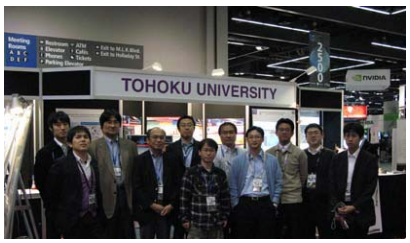


（8）その他

1）Super Computing 2009

日　時　平成 21 年 11 月 14 日～20 日

場　所　Oregon Convention Center（アメリカ）



6.1.10　研究支援者の採用

1）博士研究員ポストドクトラルフェロー

趣旨：本 GCOE に関連する研究テーマを遂行する若手研究者をホームページにより、国際公募し、競争的環境で研究を自発的に行うことを体験させ、本 GCOE での研究成果をベースに世界で活躍できる研究者を育成している。

平成 21 年度は 6 名の応募に対し、4 名が採択された。

氏　名	研究課題
冨田　典子	Development of functional biomodelling with mechanical and physiological properties
山下　博	Experimental and Computational Analyses of the supersonic Biplane for the realization of the MISORA
Zahrul Fuadi	Control of frictional sound by introducing surface texture to contact interface
Melanie Kuhn	Correlation between mechanical- and electrochemical properties in materials for solid oxide fuel cells (SOFCs)

2）国際出る杭伸ばす特別研究生

学生が主導的に研究を実施する機会を与えることにより、将来世界最先端の研究成果をあげることのできる先導的人材やプロジェクトマネージャーとして活躍する人材を育成することを目的とする。（特別奨励費として研究費を配分）

審査方針は、以下の通りである。

- 研究テーマ等が流動ダイナミクス拠点形成に資するものであること。
- 研究計画が具体的であり優れており、学生が自発的に研究を遂行できる能力を持っていること。
- 学部・大学院での成績、研究発表歴等は評価の対象となる。
- 研究業績が優れており、学術の将来を担う優れた研究者となることが十分期待できる学生を優先的に採用する。
- 研究が本 GCOE の事業推進担当者が行う国際共同研究プログラムの一環であるか、もしくは国内他大学等との国内共同研究プロジェクトである場合には優先的に扱う。とくに、本 GCOE マルチステージネットワーク参加大学との国際共同研究に携わる学生を優先的に考慮する。
- JAXA、JAEA 等、本 GCOE で枠組みを作っている機関との共同研究プログラムに従事する予定の学生は優先的に考慮する。

平成 21 年度は、2 名応募のうち 2 名採択された。若タケノコ発掘プログラムより 1 名採択となっている。

氏　名	所属・学年	研究課題	指導教員	備考
和田　章良	工学研究科ナノメカニクス専攻・D1	中性粒子ビーム流動現象の制御とカーボンナノチューブ表面との相互作用	寒川誠二	
解　社娟	工学研究科バイオロボティクス専攻・D1	Enhancement of Eddy Current Testing Sizing Technique for Stress Corrosion Cracks	高木敏行	若タケノコプログラム
鄭　善鎬	工学研究科化学工学専	実験融合計算化学による自動車触	宮本明	

	攻・D1	媒反応ダイナミクスの解明と革新的触媒設計への挑戦		

3）研究支援リサーチ・アシスタント

優秀な研究教育者となるための経験と実績の場を提供するため、指導教員の指導の下に、主に流動ダイナミクス研究推進のための研究補助業務に専念する博士課程後期学生を公募により採用している。

審査方針は，以下の通りである。

- 研究テーマ等が流動ダイナミクス拠点形成に資するものであること。
- 指導教員推薦書、学部・大学院での成績、研究発表歴等は評価の対象となる。
- 研究が本 GCOE の事業推進担当者が行う国際共同研究プログラムの一環であるか、もしくは国内他大学等との国内共同研究プロジェクトである場合には優先的に扱う。とくに、本 GCOE マルチステージネットワーク参加大学との国際共同研究に携わる学生を優先的に考慮する。
- JAXA、JAEA 等、本 GCOE と共同研究の枠組みを作っている機関との共同研究プログラムに従事する予定の学生は優先的に考慮する。

平成 21 年度は 19 名応募に対し、11 名採択された。若タケノコ発掘プログラムより 3 名採択となっている。

	氏　名	所属・学年	指導教員	副指導教員	備考
1	大木　智久	工学研究科航空宇宙工学専攻・D3	吉田和哉		
2	河　宗秀	工学研究科航空宇宙工学専攻・D2	大林茂		
3	石田　崇	工学研究科航空宇宙工学専攻・D2	中橋和博		
4	頼　晨光	工学研究科航空宇宙工学専攻・D2	大林茂		
5	小水内　俊介	工学研究科航空宇宙工学専攻・D1	内山勝		
6	岡田　佳都	工学研究科航空宇宙工学専攻・D1	永谷圭司		若タケノコプログラム
7	鵜山　尚大	工学研究科航空宇宙工学専攻・D1	吉田和哉		若タケノコプログラム
8	野呂　秀太	工学研究科機械システムデザイン工学専攻・D2	福西祐		
9	張　志宇	工学研究科ナノメカニクス専攻・D3	閻紀旺	西山秀哉	
10	木村　祐人	工学研究科ナノメカニクス専攻・D2	徳山道夫		
11	チュホアンマン	工学研究科ナノメカニクス専攻・D2	羽根一博	高木敏行	
12	齋藤　泰洋	工学研究科化学工学専攻・D2	三浦隆利		
13	佐藤　功人	情報科学研究科情報基礎科学専攻・D1	小林広明	中橋和博	若タケノコプログラム
14	柳　昌昊	医工学研究科医工学専攻・D2	太田信		

4）基本支援リサーチ・アシスタント

優秀な研究教育者となるための経験と実績の場を提供するため、指導教員の指導の下に、主に流動ダイナミクス研究推進のための研究補助業務に専念する博士課程後期学生を公募により採用している。

平成 21 年度は 18 名が採択された。

	氏　名	所属・学年	指導教員	副指導教員
1	船川　幸寛	工学研究科航空宇宙工学専攻・D3	近野敦	
2	柴崎　陽介	工学研究科航空宇宙工学専攻・D3	上野和之	
3	中山　雅野	工学研究科航空宇宙工学専攻・D1	内山勝	
4	野村　勇樹	工学研究科航空宇宙工学専攻・D1	内山勝	
5	李　栄敏	工学研究科機械システムデザイン工学専攻・D2	小野崇人	
6	落合　直哉	工学研究科機械システムデザイン工学専攻・D2	井小萩利明	
7	山本　元貴	工学研究科機械システムデザイン工学専攻・D2	井小萩利明	
8	何　佳	工学研究科機械システムデザイン工学専攻・D1	圓山重直	
9	大見　敏仁	工学研究科ナノメカニクス専攻・D3	横堀壽光	福西祐
10	水谷　公一	工学研究科ナノメカニクス専攻・D2	厨川常元	西山秀哉
11	ﾌｧﾝ　ｱﾝ　ﾁｭｱﾝ	工学研究科ナノメカニクス専攻・D1	桑野博喜	升谷五郎
12	磯野　晋	工学研究科ナノメカニクス専攻・D1	米村茂	
13	高桑　脩	工学研究科ナノメカニクス専攻・D1	祖山均	伊藤高敏
14	金　宰煥	工学研究科量子エネルギー工学専攻・D3	四竈樹男	橋爪秀利
15	荒井　翔悟	情報科学研究科システム情報科学専攻・D3	橋本浩一	浅井圭介
16	豊田　篤	情報科学研究科システム情報科学専攻・D2	大林茂	
17	井上　大輔	情報科学研究科応用情報科学専攻・D2	田所諭	大林茂
18	呉　美瑛	環境科学研究科環境科学専攻・D1	川田達也	水崎純一郎

5）平成 21 年度　国際宇宙大学派遣　平成 21 年度 1 名採択

世界 30 カ国から第一線の研究者が参加する国際宇宙大学スペース・スタディーズ・プログラムは独自の教育プログラムを有し、本 GCOE の目的と合致した教育理念を掲げている。本 GCOE の目的達成に向けて、国際宇宙大学への学生派遣を行っている。

平成 21 年度は 1 名採択された。

氏　名	所属・学年	指導教員	副指導教員
松原　慶典	工学研究科航空宇宙工学専攻D1	滝田　謙一	

6）国際若タケノコ発掘プログラム採択者一覧
国内外の優秀な博士課程後期学生を早期に大規模に獲得するためのインセンティブプログラム。

平成 20 年度は、学内 27 名の応募に対し、12 名採択された。海外から 2 名の応募に対し、1 名採択された。平成 21 年度に関しては、学内 10 名の応募に対し、5 名が採択された。海外から 2 名の応募に対し 0 名の採択となった。本年度は海外から 2 件の応募があり、海外での試験を行ったが採択には至らなかった。不合格者の中には IIT（インド国内での入学競争倍率 100 倍）の学生も入っているなど、厳正な試験を行い選考している。

学内

氏　名	所属	採用予定	指導教員	副指導教員
松原　慶典	工学研究科航空宇宙工学専攻	H21.4 研究支援RA採用	滝田謙一	
河　勝元	工学研究科航空宇宙工学専攻	H22.4	浅井圭介	
信太　宗也	医工学研究科医工学専攻	H22.4	太田信	
小原　健	情報科学研究科システム情報科学専攻	H22.4	橋本浩一	
黒瀬　健介	情報科学研究科応用情報科学専攻	H22.4	田所諭	大林茂
坂井　玲太郎	工学研究科航空宇宙工学専攻	H22.10	中橋和博	
佐藤　功人	情報科学研究科情報基礎科学専攻	H21.4 研究支援RA採用	小林広明	中橋和博
張　柱鏞	工学研究科機械ｼｽﾃﾑﾃﾞｻﾞｲﾝ工学専攻	H22.10	西山秀哉	
加藤　博司	工学研究科航空宇宙工学専攻	H22.4	大林茂	
鵜山　尚大	工学研究科航空宇宙工学専攻	H21.4 研究支援RA採用	吉田和哉	
岡田　佳都	工学研究科航空宇宙工学専攻	H21.4 研究支援RA採用	永谷圭司	
李　貞徹	工学研究科ナノメカニクス専攻	H22.4	高　偉	澤田恵介
安西　眸	工学研究科バイオロボティクス専攻	H23.4	太田信	
トレス・アルバレス・ファン・フェリペ	工学研究科機械システムデザイン専攻	H23.4	圓山重直	
菅井　文仁	工学研究科航空宇宙工学専攻	H23.4	内山勝	
江目　宏樹	工学研究科機械システムデザイン専攻	H23.4	圓山重直	
櫻田　健	情報科学研究科　応用情報科学専攻	H23.4	田所諭	大林茂

学外

氏　名	所属	採用予定	指導教員	備　考
解 社娟	工学研究科バイオロボティクス専攻	H21.4 出る杭採用	高木敏行	西安交通大学出身

6.2　研究活動

2.2.1　総括

「流動ダイナミクス」は、環境・エネルギー・食糧・ライフサイエンス・医療・産業/経済活動の為の技術等、人類が直面する諸問題に密接に関連した学問・技術分野を扱う「総合学術領域」であり、空間的には、太陽光輻射、台風、気流、海洋流、火山といった巨大スケールから、分子、原子、電子の挙動等ナノ・ピコスケールまでをカバーしている。また時間的にも、電子やイオンビーム、分子の挙動のように、数ピコ秒内で起きる流動から転移するガラス内での物質流動の様に、1,000 年単位の時間がかかる流動まで、幅広い分野をカバーしている。

本プログラムでは、事業推進担当者を 4 つのグループに分け、上述のような多岐にわたる流動現象を詳細に、かつ、包括的に解明するとともに、おのおのの分野が相互に連携をとって弾力的、横断的な運営がなされるべく組織されている。

具体的に、これら 4 つのグループは、大規模流動データのビジュアルアナリティックを確立し、流動ダイナミックスの研究や先端技術開発に資する**情報流動融合分野**、エネルギーや流動の新しい利用形態を創出する**反応流動融合分野**、革新的なナノ流動デバイス・技術の開発を目指す**ナノ流動融合分野**、そして、流動のマクロ発現機構の解明とシステム化を目指す**極限流動融合分野**であり、各分野の平成 21 年度における具体的な研究の実績は次の通りである。

情報流動融合分野では、「マイクロナノ粒子分散系ＥＲ流体の創製・評価とその点字表示システムへの応用」、「先進ＭＲ流体・ＭＲコンポジットの創製とダンパ及び振動制御への応用」、「衝突空気噴流の自励発振現象の解明とアクティブ制御」、「水素漏洩のリスク回避のためのセンシングに基づく換気制御」、「次世代ＣＦＤとしての Building-Cube Method の研究」、「大規模流体計算データの圧縮に関する研究」、「環境適合型次世代旅客機形状の研究」、「ヘリコプター周りの流れの計算コード構築」、「マイクロスラッシュジェットを用いた融合型超高熱流速混相冷却システムの開発」、「高速現象を伴う高速液体噴霧微粒化に関する一体型シミュレーション技術の開発と各種ノズル融合設計手法の確立」、「血管内医療デバイス周りの可視化による流れ情報の直感的修得」、「流体融合研究アーカイブシステムの開発」、「後方乱気流の計測融合シミュレーションデータのリアライゼーション」等の研究を行い、それぞれ成果を上げている。

反応流動融合分野では、「核融合磁場閉じ込め装置におけるプラズマ流の制御」、「燃料過濃反応場におけるカーボンブラック凝集体生成機構の解明」、「超音速燃焼器内に垂直噴射した気体燃料と空気の乱流混合現象の解明」、「プラズマ援用による反応性マイクロバブルジェットの機能性と水質浄化」、「大気圧プラズマ流による化学種の生成輸送機構」、「燃料多様化に向けた大規模炭化水素燃料の低温参加反応機構の構築と検証」等の研究を行い、それぞれ成果を上げている。

ナノ流動融合分野では、「革新的燃料電池マルチスケール計算科学シミュレーション」、「個体酸化物燃料電池に関する研究」、「薄膜系と 3 次元バルク系における長時間自己拡散過程のダイナミクス」、「ナノクラスター金属を含む非晶質炭素コーティングにおける導電性と接触の制御」、「オンウェハーモニタリング技術の研究」、「超音波とナノ・マイクロバフルを利用した歯周組織への遺伝子導入法の開発」、「高分子電解質膜内部のプロトン輸送現象の分子動

力学的解析」、「ヘテロな構造をもつ液体・液体膜の熱・運動量輸送特性」 等の研究を行い、それぞれ成果を上げている。

極限流動融合分野では、「永久塩泉による海洋深層水湧昇と海洋表層緑化に関する研究」、「ピエゾアクチュエータによる極限流動音制御時における縦渦の発見」、「火星大気風洞を用いた低レイノルズ数空気力学の研究」、「CFD 援用による風試模型型変形効果分離技術に関する研究」、「配管系流力振動に影響するマクロ流動構造の解明と制御」、「未固結地層フラクチャリング技術とメタンハイドレート開発への応用」、「スラッシュ流体の固液二相管内流動特性に関する研究」、「翼列の二段化によるキャビテーション不安定現象の制御」、「キャビテーション不安定現象に及ぼす加速度場の影響」、「超音速複葉翼理論の研究」等の研究を行い、おのおの成果を上げている。

6.2.2　情報流動融合分野

グループリーダー：中野　政身

メンバー：

事業推進担当者：中橋 和博、石本 淳、太田 信

研究協力者：白井 敦、江原 真司、竹島 由里子

平成 21 年度は以下に示す 13 件のテーマに関して研究を実施した。

（1）マイクロ・ナノ粒子分散系ＥＲ流体の創製・評価とその点字表示システムへの応用（中野 政身）

電場下で電気分極をする微粒子を絶縁油中に分散したＥＲ流体(Electro-Rheological Fluid)は、電場印加によって粘性（厳密には、降伏せん断応力）を数ミリ秒のオーダーで可逆的かつ連続的に変化できる機能性を示すスマート流体である。液圧系の作動流体としてＥＲ流体を用いることによって、バルブ・アクチュエータなどの可動部を全く用いずに電極対を設置するだけでＥＲ流体の流量や圧力を制御できることから、マイクロマシンへの活用が期待されている。本研究では、ＥＲ流体を作動流体とするマイクロフルードパワーシステム(Micro Fluid Power System:MFPS)の構築を目的に、まず、マイクロ粒子分散系ＥＲ流体によって駆動されるマイクロアクチュエータを用いて、視覚障害者の情報伝達手段の一つである点字表示システムを開発している（図 1）。２つのＥＲバルブと可動部であるマイクロベローズからなる３ポートマイクロアクチュエータを構築し、その６個のマイクロベローズアクチュエータ上に触知ピンを装着して点字板上に６個の触知ピンを表示するように構成されている。さらに、より微細な流路での作動流体として、TiO2 のナノ粒子からなるＥＲ流体を創製し、平行円盤間の微細間隙での回転せん断流れ場におけるＥＲ特性を調査し、印加電場の種類(DC, AC)によって、流動構造に大きな違いが生じ（図 2）、AC 電場を印加した場合に時間的に安定なせん断応力が得られることを明らかにしている。

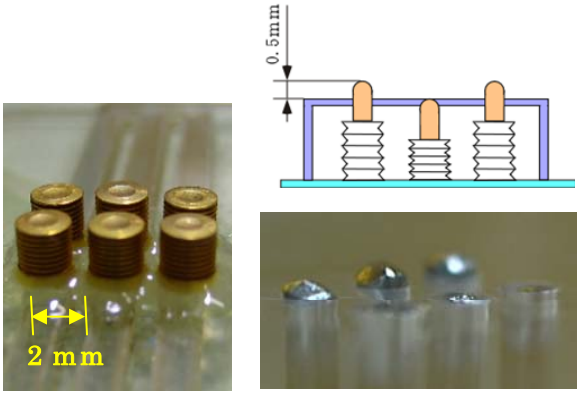


図１：６個の触知ピンを駆動するマイクロベローズＥＲアクチュエータからなる点字表示部

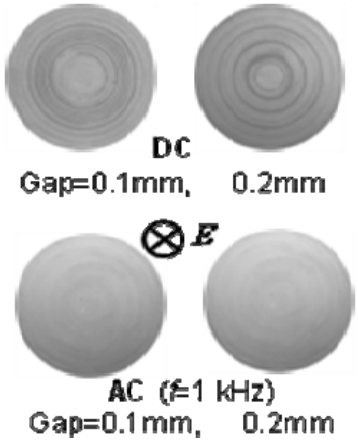


図 2：印加電場によるナノ粒子ＥＲ流体の平行円盤間せん断流れにおける流動構造の違い

[1] 中野 政身：ナノ・マイクロ粒子分散系ＥＲ流体のマイクロギャップフローとその点字表示システムへの応用，混相流，第 23 巻 2 号，pp. 135-142，2009 年 6 月

[2] T. Tsujita, M. Kobayashi, M. Nakano：Design and Development of a Braille Display

Using Micro Actuators Driven by ER Suspension, Applied Electromagnetics and Mechanics (II) (Proc. of the 14th Int. Symp. on Applied Electromagnetics and Mechanics (ISEM'2009), Xi'an China), p.637-638, September 2009.

[3] K. Tanaka, R. Akiyama, M. Nakano : Flow Behavior and Microstructure of Electro-Rheological Nano-Suspensions before and after Yielding, Proc. of the Sixth Int. Conf. on Flow Dynamics (6th ICFD 2009), Sendai Japan, pp.132–133 , November 2009.

（２）先進ＭＲ流体・ＭＲコンポジットの創製とダンパ及び振動制御への応用（中野 政身）

磁場に反応してそのレオロジー特性（粘弾性）の変化するＭＲ(Magneto-Rheological Suspension)は、その粘性が大きく変化する特性からダンパ、ブレーキ、クラッチなどの機械要素とその制御システムへの応用の可能性が期待できる。本研究では、このＭＲ流体を建築構造物などの免震・制振装置への応用を目指し、ＭＲ流体そのものと、ＭＲ流体をポーラス材（スポンジ等）に含浸させたＭＲスポンジコンポジット、さらには強磁性体粒子をゴム材に混入したＭＲゴムコンポジットを創製し、それらのせん断モードにおけるＭＲ特性を実験的に評価するとともに、そのＭＲ特性を表す動的な機械モデルを構築している。創製したいずれのＭＲコンポジットも、磁場印加によって誘起せん断応力が大きく変化し（**図 3**）、特に長時間静置され時々しか作動しない建築構造物の免震・制振用の可変減衰力ダンパの素材としての適合性を示すことができた。また、同じく地震時の停電時にも信頼性をもって作動するＭＲ流体を使ったダンパとして、電気的な制御系を一切使わずに、永久磁石を用いてダンパ変位によって磁気回路が開閉して減衰力の変化するパッシブ式のＭＲ流体ダンパ（**図 4**）も開発して、その建築構造物の振動制御への有効性を実証している。

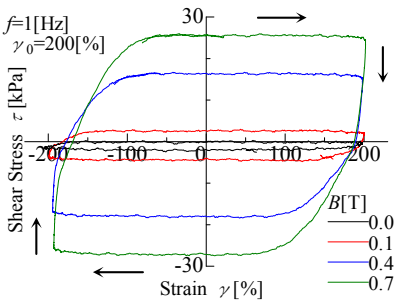


図 3：印加磁場によるＭＲ流体スポンジコンポジットの歪－せん断応力ヒステリシスループの変化

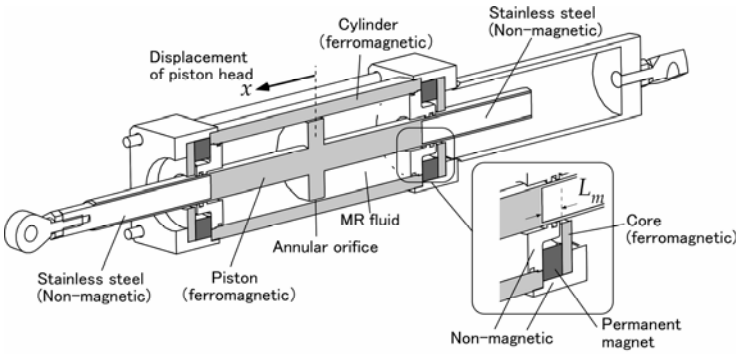


図 4：パッシブ式ＭＲ流体ダンパの概略図

[4] 村上貴裕，酒井理哉，中野政身：変位に依存する減衰特性を持つパッシブ式 MR ダンパの開発に関する研究，日本機械学会論文集（Ｂ編），第 75 巻 753 号，pp.985-992，2009 年 5 月

[5] M. Nakano, Y. Takano, M, Imai：Rheological Properties and Analytical Model Based Evaluation of Magneto-Rheological Fluid Sponge Composite, Applied Electromagnetics and Mechanics (II) (Proc. of the 14th Int. Symp. on Applied Electromagnetics and Mechanics (ISEM'2009), Xi'an China), p.621-622, September 2009. (Keynote Lecture)

[6] T. Murakami, M. Sakai, M. Nakano : Damping and Response Characteristics of Passive Type MR

Damper, Applied Electromagnetics and Mechanics (II) (Proc. of the 14th Int. Symp. on Applied Electromagnetics and Mechanics (ISEM'2009), Xi'an China), p.333-334, September 2009. (Received "ISEM Best Poster Presentation Award")

[7] Y. Takano, M. Nakano, M. Imai, T. Tsujita : Magnetorheological Effect in Shear Mode of MR Rubber Composite, Proc. of the Sixth Int. Conf. on Flow Dynamics (6th ICFD 2009), Sendai Japan, pp.216– 217, November 2009.

（３）衝突空気噴流の自励発振現象の解明とアクティブ制御（中野 政身）

衝突噴流が関わって流れ全体が自励発振して激しい振動と騒音を伴う現象は、ダクト内サイレンサ、マフラー、バルブなど様々な工学的分野において発生して問題となっている。本研究では、円形空気噴流が同軸同径の穴の開いた平板に衝突して発生するホールトーン現象を対象に、噴流の離散渦法と音場の境界要素法による数値シミュレーションによる発生騒音の推定法に基づいて、発振の低減という観点からその噴流出口の三次元シェルモード励起によるアクティブ制御法について検討を行い、有効な励起方法を見出している。また、同様な系において、直接数値シミュレーション(DNS)によって、ホールトーン発振現象をシミュレートして、噴流せん断層に形成される組織的渦構造の平板エッジへの衝突と発生した圧力波の上流への伝播やその経路を明らかにし、今後の系の圧力センシングに基づくアクティブ制御法の提案のための有意な知見を得ている。

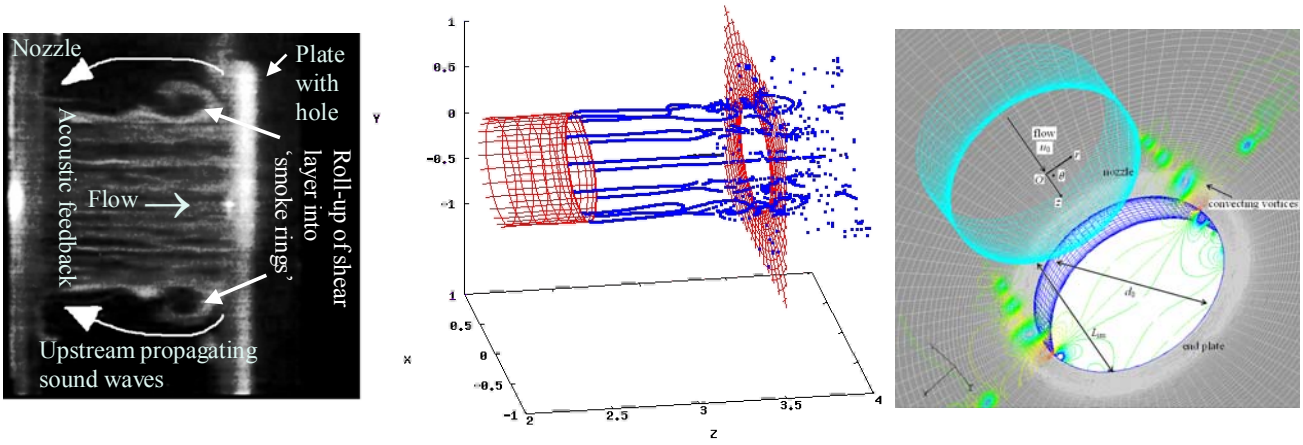


図 5：ホールトーン発振現象の解明と噴出口の三次元シェルモード励起によるアクティブ制御、可視化された発振している衝突噴流（左）と離散渦法による三次元シェルモード励起による噴流渦構造（中央）および DNS によるホールトーン発振現象の数値シミュレーション結果（右）

[8] M.A. Langthjem, M. Nakano : A Three-Dimensional Numerical Study into Non-Axisymmetric Perturbations of the Hole-Tone Feedback Cycle, IUTAM Symposium on Unsteady Separated Flows and their Control, IUTAM Bookseries 14, Springer Science + Business Media B.V., pp.571-576, 2009.

[9] M.A. Langthjem, M. Nakano : Numerical Study of Hole-Tone Feedback Cycle Based on an Axisymmetric Formulation, Fluid Dynamic Research, Vol.42, pp. 1-26 , Feburuary 2010. (Invited Paper)

[10] K. Matsuura, M. Nakano : Direct Computation for the Sound Control of a Hole-Tone

Feedback System, Proc. of the Sixth Int. Conf. on Flow Dynamics (6th ICFD 2009), Sendai Japan, pp.162–163 , November 2009.

（４）水素漏洩のリスク回避のためのセンシングに基づく換気制御（中野 政身、石本 淳）

駐車場やガレージなどにおいて、今後の車両として期待される燃料電池車や水素燃料車などの車両から水素燃料が漏洩した際の漏洩水素ガスの排気の問題は、水素爆発などのリスク回避の観点から非常に重要なものとなる。本研究では、部分的な開口部を有する空間内で水素が漏洩した際の効果的な換気方法について、数値シミュレーションに基づいて検討している。今年度は、漏洩した水素を天井近くに設置した水素センサにより検知し、そのセンシングに基づいて、天井を部分的に開放して水素の浮力を利用して自然換気する制御法について検討した。図 6 に示すように、漏洩位置の真上の天井のある領域を水素センシングに基づいて開放することにより、漏洩水素ガスは室内に滞留することなく効果的に天井の開口部からから自然に換気されることを見出している。

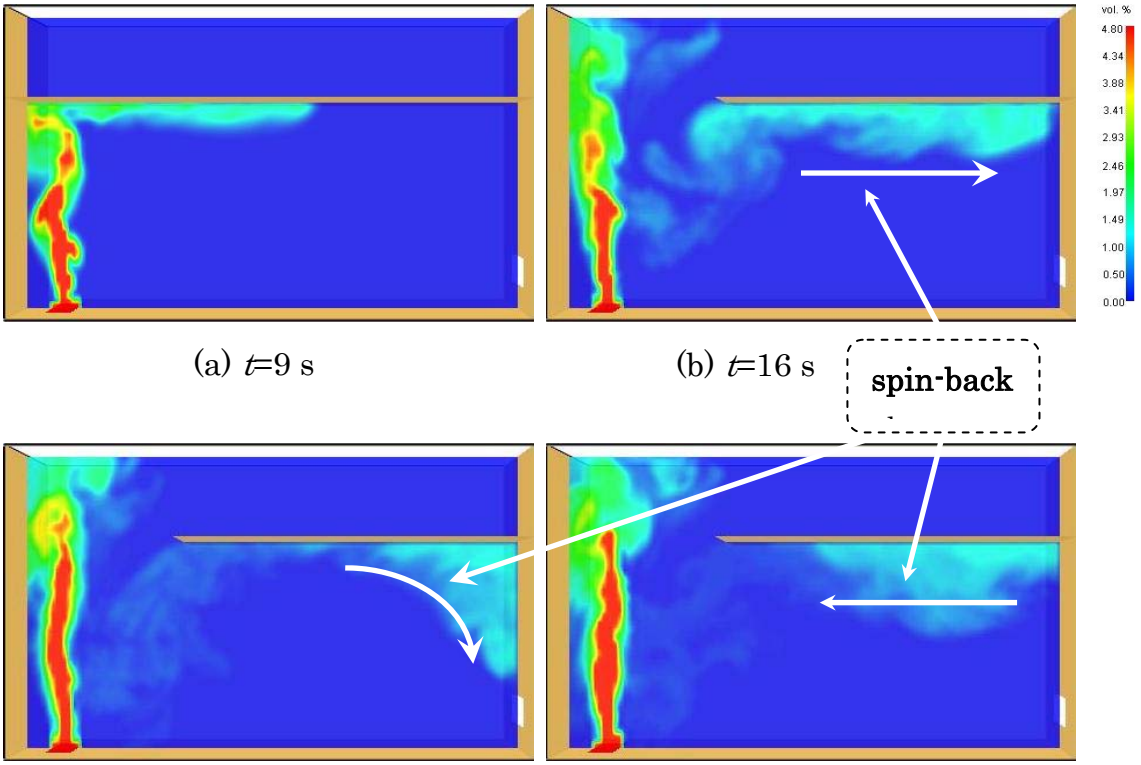


図 6：部分的な開口部（右下）がある空間内で水素が漏洩した際のセンシングに基づく水素ガスの自然換気の数値シミュレーション

[11] K. Matsuura, M. Nakano, J. Ishimoto : The Sensing-Based Adaptive Risk Mitigation of Leaking Hydrogen in a Partially Open Space, International Journal of Hydrogen Energy, Vol.34, pp.8770-8782, 2009.

（５）次世代 CFD としての Building-Cube Method の研究（中橋 和博）

計算機性能の向上を見越した次世代 CFD として提案している Building-Cube Method (BCM)について、圧縮性ソルバーと非圧縮ソルバーの開発と拡張を行った。直交格子の利点を活かして非圧縮性ソルバーを拡張し、移動物体問題への拡張を進めた。図 7 は開発した非圧縮性ソルバーによりトンボの羽ばたきを解析した図である。

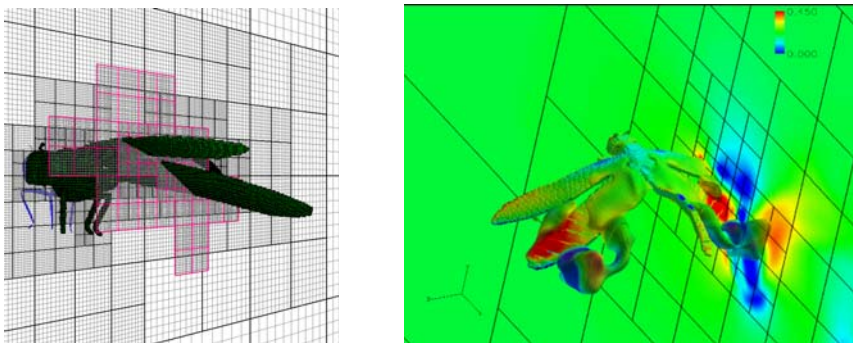


図 7：トンボの羽ばたきの解析（左：トンボ周りの格子，右：計算結果）

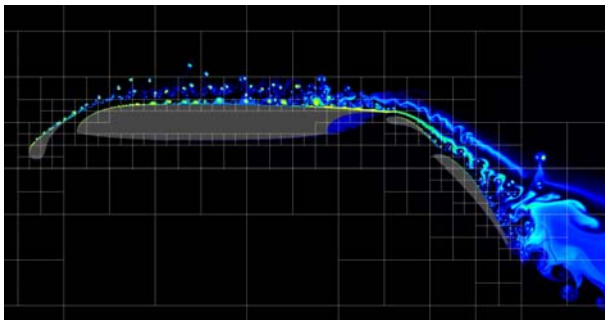


図 8：Building-Cube Method による四要素翼型周りの RANS 計算

[12] K. Nakahashi, S. Takahashi, T. Ishida : Building-Cube Method: A Block-Structured Cartesian Mesh Approach for Near-Future Peta-Flops Computers (Invited talk), Parallel Computational Fluid Dynamics 2009, Moffett Field, CA, May 18-22, 2009.

[13] K. Nakahashi : Block-Structured Cartesian Mesh Approach for Near-Future Peta/Exa-Scale CFD (Invited talk), 18th International Meshing Roundtable, Salt Lake City, Utah, Oct. 25-28, 2009.

[14] S. Nishimoto, D. Sasaki, K. Nakahashi : RANS Simulation around Airfoils Using Building-Cube Method, AIAA-2010-0710, 48th AIAA Aerospace Sciences Meeting, Orlando FL, Jan. 2010.

（６）大規模流体計算データの圧縮に関する研究（中橋 和博）

大規模格子による計算に伴い出力される大規模計算データを圧縮するために、離散ウェーブレット変換を用いたデータ圧縮手法に関する研究を行った。BCM 法の特長を活かしたデータ圧縮手法の構築により、圧縮データを復元して可視化してもオリジナル画像とほぼ同一の画像が再現可能である非可逆手法が可能となった。図 9 は本手法を Ahmed Body（車モデル）周りの非圧縮性流れ場に適用した例であり、可視化データはほぼ同一であるにもかか

わらず、データは 10%程度に圧縮されている。

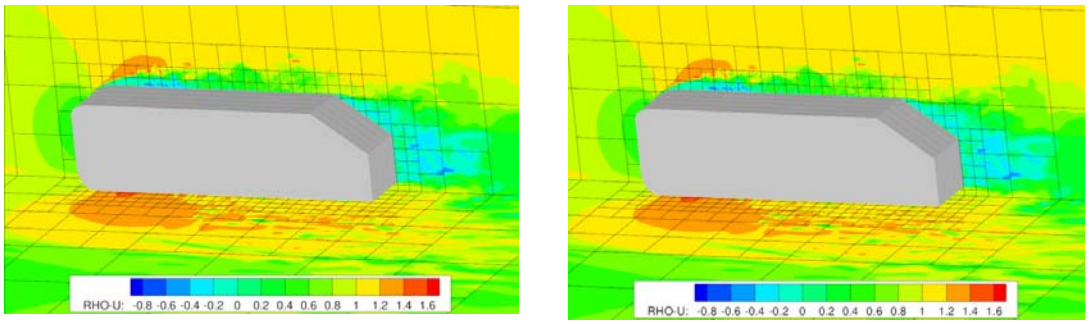


図 9：主流方向速度の可視化（左：元データ，右：再現データ）

[15] R. Sakai, D. Sasaki, K. Nakahashi : Data Compression of Large-Scale Flow Computation Using Discrete Wavelet Transform, AIAA-2010-1325, 48th AIAA Aerospace Sciences Meeting, Orlando FL, Jan. 2010.

（７）環境適合型次世代旅客機形状の研究（中橋 和博）

離着陸時の騒音低減を目的としてエンジンを主翼上に搭載する Over-the-Wing-Nacelle 形状に関して研究を進めた。ナセルを主翼上面に搭載することで、地上へ伝播するエンジン騒音（特にファン騒音）を遮蔽することができるため、空港騒音を減少させる効果が期待される。一方、主翼とナセルによる空力干渉効果により、空力性能は一般的に低くなる。そこで、本研究では最適化技術を適用することにより主翼とナセル間の最適化を図り、従来のナセルを主翼下面に搭載した形状と遜色ない空力性能が実現可能であることを示した。

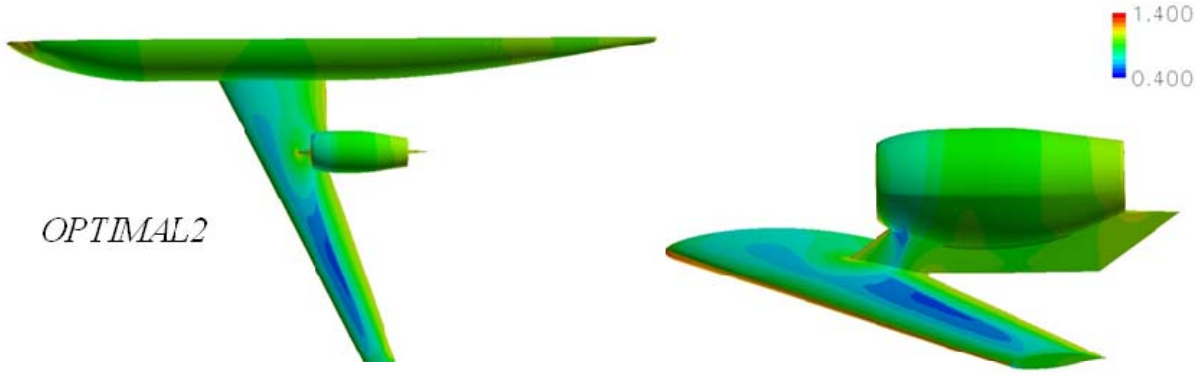


図 10：最適設計形状と圧力分布（左：上面，右：主翼・ナセル・パイロン）

[16] R. Yoneta, D. Sasaki, K. Nakahashi : Aerodynamic Optimization of an Over-the-Wing-Nacelle-Mount Configuration, AIAA-2010-1016, 48th AIAA Aerospace Sciences Meeting, Orlando FL, Jan. 2010.

（８）ヘリコプター周りの流れの計算コード構築（中橋 和博）

ヘリコプターは高速巡航時および着陸降下時に発生する空力騒音を改善することが求められている。そのため、JAXA と共同してヘリコプター周りの流れの数値計算高度の構築を進めた。JAXA 側で開発された回転ブレードのための構造格子 CFD コードと我々側の非構造格子 CFD ソルバーをカップリングすることで複雑な機体形状周りの計算を可能とした。

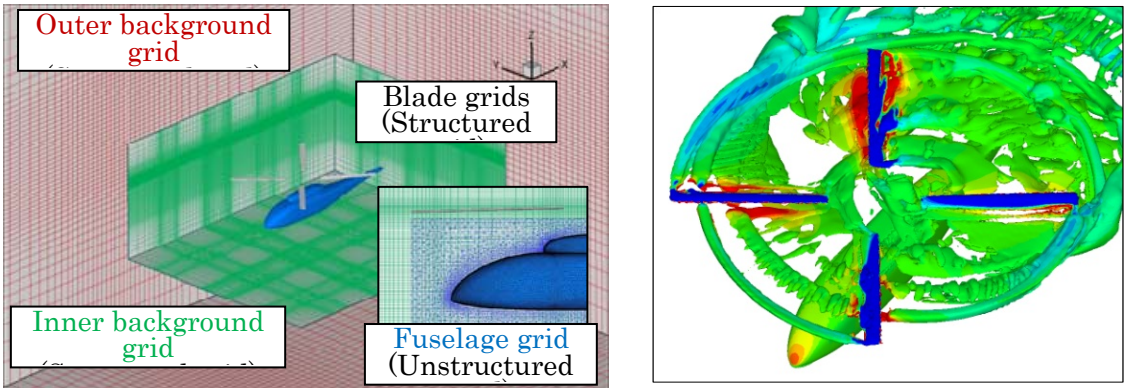


図 11：ヘリコプター周りの流れの計算格子（左）と計算結果（右）

[17] 高山央貴, 佐々木大輔, 中橋和博, 田辺安忠, 齊藤茂：非構造格子法と構造格子法のカップリングによるヘリコプター周りの数値計算, H7-4, 第 23 回数値流体力学シンポジウム講演論文集, 仙台, 2009 年 12 月.

（９）マイクロスラッシュジェットを用いた融合型超高熱流束混相冷却システムの開発（石本 淳）

次世代 3 次元ナノ構造を有する CPU や各種コンピュータチップに発生する局所熱流束は 10^6 W/m^2 を越え、総パワーは 300W に達し，原子炉炉心の発熱密度をも超えようとしている。さらに発熱密度は従来よりも高くなるため近い将来には核融合炉並の発熱密度に至るとさえ予測されている。

本研究は、以上の困難を打破しうる 10^6－10^7 W/m^2 レベルの超高熱流束の冷却性能を有する新型混相電子冷却システムを開発することを主目的とする。超高熱流束混相冷却を可能にする冷媒として新たに微小固体窒素粒子からなるマイクロスラッシュの高速噴霧流を用いる。今年度は、マイクロスラッシュ噴霧の粒子計測と超高冷却熱流束の非定常同時計測が可能な試験装置を設計・製作した。その後、超高熱流束噴霧熱伝達特性に関する基礎実験を行い、噴霧流の 1）直接接触による壁面熱伝達量、2）高速衝突による強制対流熱伝達、3）粒子融解潜熱に基づく熱伝達量に関する検討を行った。その結果、スラッシュ噴霧コーン外郭部の界面不安定からからマイクロスラッシュ粒子が生成される現象を、レーザーPIA 計測により初めて捉えた。

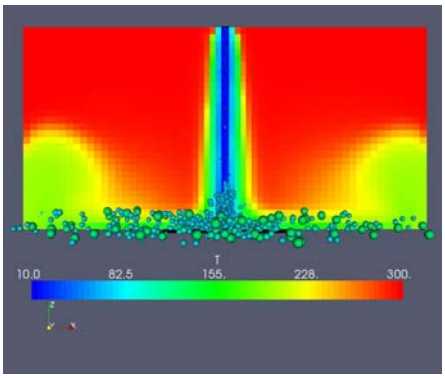


図12:加熱平板に衝突するマイクロスラッシュ粒子の超高熱流束冷却効果に関する融合計算結果



図13：マイクロPIA計測により得られたマイクロスラッシュ粒子生成の瞬間写真

（１０）高速現象を伴う高速液体噴霧微粒化に関する一体型シミュレーション技術の開発と各種ノズル融合設計手法の確立（石本 淳）

自動車用ガソリンエンジンインジェクターノズルあるいは液体燃料ロケットの液体酸素・水素ロケット噴射器（インジェクター）における極低温流体の液柱から液滴への分裂過程、キャビテーションを伴う噴孔上流の横方向流れを考慮した分裂過程、分裂を経て微粒化液滴形成に至るまで一連の気－液滴混相流動場に関し、LES-VOF 法を用いた一体型非定常 3 次元混相乱流解析を行い、インジェクターノズル内液体微粒化メカニズムに関する詳細な数値予測を行っている。さらに微粒化ソルバーの改良を行い、自動車ガソリンあるいは液体ロケット用インジェクターノズルの複雑形状に適応しうるソルバーの開発をめざしている。実際の数値解析の実施に当たっては、大規模混相乱流を扱った CFD であるのでスーパコンピュータのスカラー並列コンピューティングと高速 PC クラスターの融合並列計算による分散型コンピューティング手法を用い、さらに計測結果の分散型フィードバック処理を付加することにより融合解析結果の精度向上を図っている。

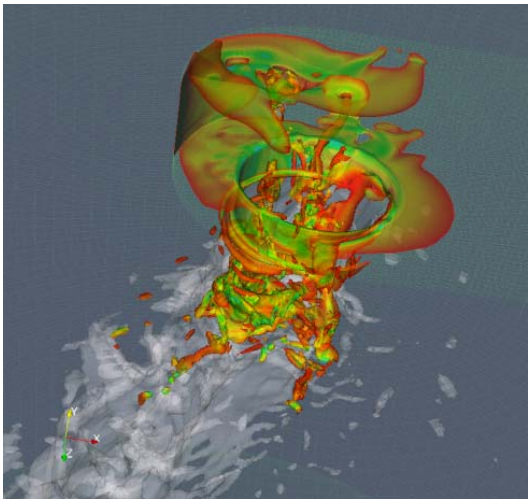


図 14:超並列融合計算によるマイクロキャビテーションを伴う噴霧流の渦構造解析

（１１）血管内医療デバイス周りの可視化による流れ情報の直感的取得（太田 信）

昨年度より、情報流動融合分野のアウトプット的適用例の１つとして、流動現象と可視化の融合を目指し、血管内医療デバイス周りの可視化による流れ情報の直感的取得について、研究を進めている。

具体的には、血管内医療デバイスであるステント周りの血流数値解析を、流体科学研究所未来流体情報創造センターのリアライゼーションワークスペースにて、3D 可視化することにより、直感的にステントの最適位置を認識することの可能性の有無、その理論的構築およびデータ集積を目的としている。このような手法が可能になれば、現在行われているようなステントの最適化計算に時間を費やすことなく計算時間を大幅に短縮でき、急性の患者に対して最適なステントとステント位置を提示できるようになるものと考えられる。

本年度は、第 6 回国際イントラクラニアルステントミーティング(ICS09、太田が co-chair、本 GCOE の助成を頂く)の第 3 回 Virtual Intracranial Stent Challenge (VISC09, 太田、中山医工学研究科助教、安西 M1 が本実行委員、//bfc.ifs.tohoku.ac.jp)セッションにおいて使用された血管（図 15, 16）に対して、適用を行った。その結果、okd では、最適位置の把握が容易に行うことができた。一方分岐血管(sr)では、最適位置の把握ができたが、ステントストラット１つだけでは血流速度の減少は殆ど見られず、今後このような分岐血管ではステントストラットの群を考慮に入れる必要があることが示唆された。

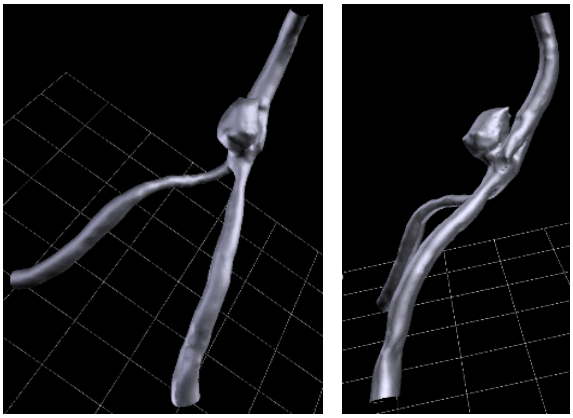


図 15 : Image of visc09_okd.stl (left: PA, right: Lateral)

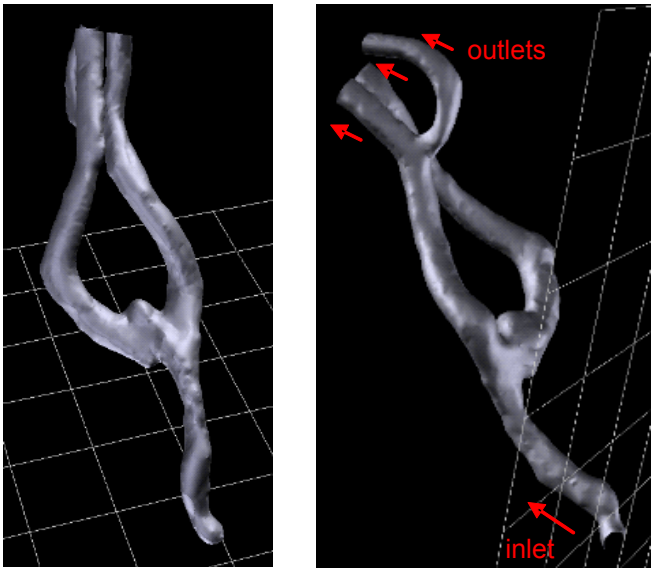


図 16 : Image of visc09_sr.stl (left: PA, right: Lateral)

（１２）流体融合研究アーカイブシステムの開発（竹島 由里子）

さまざまな流動解応用において、計測や数値シミュレーションから得られるデータの解析に可視化が広く用いられている。本研究では、実験および大規模数値シミュレーションによるデータ獲得、融合可視化、知見抽出の一連のサイクルを、知識ベース・データベース管理システムの援用により統合的に管理・支援する流体融合研究アーカイブシステム(TFI-AS)の開発を進めている。今年度は、流体科学研究所内で本システムの公開運用を開始した。

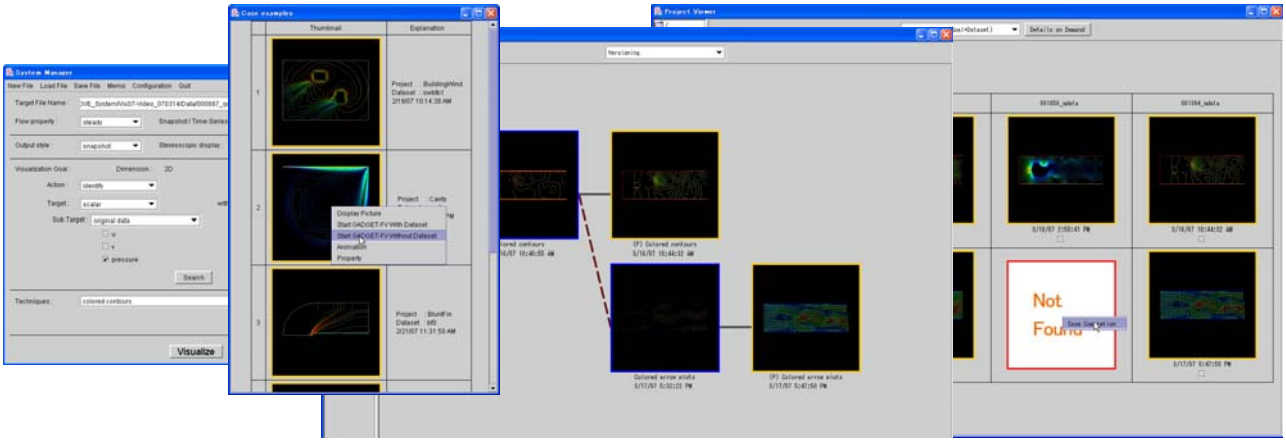
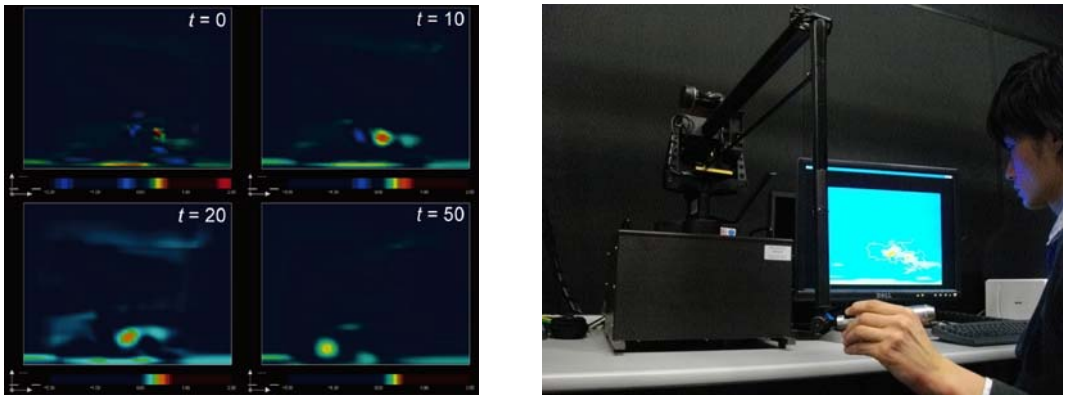


図 17：流体融合研究アーカイブシステム

（１3）後方乱気流の計測融合シミュレーションデータのリアライゼーション（竹島 由里子）

航空機の離発着時には、機体後方に翼端渦からなる後方乱気流が発生することが知られており、空港の安全かつ効率的な利用のためには、これらの振舞いを理解する必要がある。そこで、後方乱気流の振舞いをより直感的に理解するために、計測融合シミュレーションによって得られたデータを微分位相解析することにより、翼端渦の構造を抽出し、可視化および力覚化を用いて多感覚呈示する方法を提案した。



(a) 渦構造を強調した可視化結果　　(b) 力覚呈示装置

図 18：後方乱気流リアライゼーションシステム

6.2.3　反応流動融合分野

グループリーダー：丸田　薫

メンバー：

事業推進担当者：笹尾　眞實子、三浦　隆利、升谷　五郎、西山　秀哉、小林　秀昭

研究協力者：青木　秀之、佐藤　岳彦

（1）核融合磁場閉じ込め装置におけるプラズマ流の制御

分担：笹尾

エネルギー源としての核融合の実現のためには高温(10keV 以上)、高密度　($10^{20}/m^3$ 以上)の重水素・3 重水素プラズマを充分の閉じ込め時間を有して保持しなければいけない。そのため捻りをもたせたトーラス形状の磁場構造をもったプラズマ閉じ込め方式が採用されている。しかし、プラズマを加熱すればするほど閉じ込めが悪くなることがわかり、核融合の研究は予想以上に困難な道を歩んでいた。ところが、1980 年代にはいり、プラズマ自身が自ら閉じ込めの悪い状態（L モード）から脱却し閉じ込めの良い状態（H モード）に遷移することが発見された。

現在では、L モードにおいてプラズマ内部に生じた揺動が渦構造を持って粒子や熱を散逸させていること、そして H モードにおいてはプラズマ流等によりこの渦構造を減衰させ閉じ込め特性を改善させていることが解明されてきている。

本研究では、立体磁気軸構造のトーラス型プラズマ閉じ込め装置である東北大学ヘリアック装置を用いて、この H モード遷移のメカニズム解明とプラズマ流制御の研究を行っている。すなわち、電子放出型のバイアス電極をプラズマ中に挿入し、能動的に電場を形成して、$\boldsymbol{j} \times \boldsymbol{B}$ によるプラズマ流を生成する。この時、流れの駆動力($\boldsymbol{F}_{j\times B}$)はイオン粘性と背景粒子との荷電交換による摩擦力の 2 項からなるダンピング力($\boldsymbol{F}_{\mathrm{dump}}$)とバランスするところで、流速(マッハ数 M_p)が決まる。イオン粘性はプラズマ粒子軌道と衝突頻度により評価でき、あるマッハ数 M_{peak} で最大値を持つことから、この和も図 1 (a)に示されるような極値を持つ。極値を超えて駆動力を増加していくと、バランス点が高い流速値に遷移することがわかる。

この現象は、図 1 (b)に示されるように実験的に確認された。現在同様の実験をいくつかの磁場配位の異なるヘリカル型装置において行い、能動的なプラズマ流の制御によりいかに閉じ込め性能が改善するかといった研究が進行している。

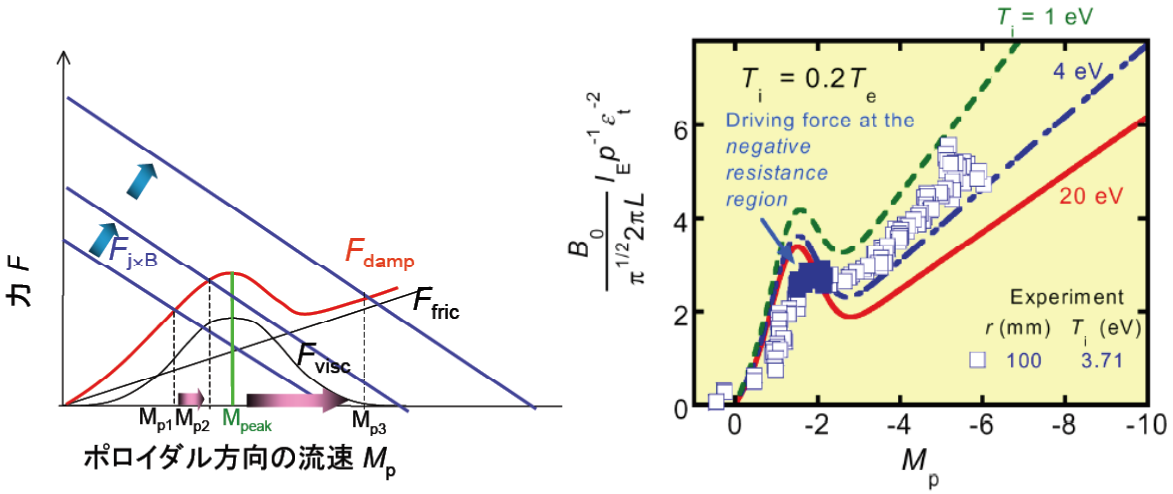


図 1　図 1 (a) トーラス型プラズマのポロイダル方向プラズマ流の流速に対する駆動力のダンピング力依存性　(b) 実験により確認されたプラズマ流駆動力と流速．予想値をほぼ再現している．

（２）燃料過濃反応場におけるカーボンブラック凝集体生成機構の解明
分担：青木、三浦

カーボンブラックはタイヤの原料として大量合成されているが、その凝集体形状の発現機構は未解明である。カーボンナノ粒子の数値解析では、三次元空間の凝集を取り扱うため、三次元の構造が予測される。一方、TEM 観察においては、TEM グリッド上に固定された二次元画像から画像情報を得るため、凝集体の姿勢によっては実験と解析の比較が厳密ではない。実験では平面に対して最も安定な姿勢をとる場合、すなわち投影面積が最も大きくなる姿勢で観察されると考え、三次元数値解析情報をもとに、実験と同様に最も投影面積が大きくなるように長軸まわりに回転させ、実験と解析の形状パラメータを比較する手法を開発した。表 1 および 2 に三条件(A、 B、 C)で得られた三次元構造を三次元で形状パラメータを算出した場合と投影面積が最大となる姿勢において二次元で形状パラメータを算出した場合の形状 4 分類の割合を示す。三次元評価では二次元と比較して棒状に分類される凝集体が減少することがわかる。これは二次元で棒状に見えても三次元では枝発達型に分類される構造をとるためである。このような知見により、より厳密な形状評価の可能性が示された。今後は球状・棒状・枝発達型に分類する形状分類と、包絡率と球形度による形状パラメータにより形状の検討を進める。また 3 次元 TEM による実験もあわせて検討することで、ナノ粒子構造の厳密な予測モデルの開発が期待される(図２)。

表 1 三次元凝集体形状分類結果

		A	B	C
Spheroidal	[%]	15.0	7.9	1.1
Linear	[%]	12.5	18.4	11.5
Branched	[%]	72.5	73.7	87.4

表 2 二次元凝集体形状分類結果

		A	B	C
Spheroidal	[%]	3.4	0.0	0.0
Ellipsoidal	[%]	15.8	9.2	3.4
Linear	[%]	35.4	40.8	29.9
Branched	[%]	45.3	50.0	66.7

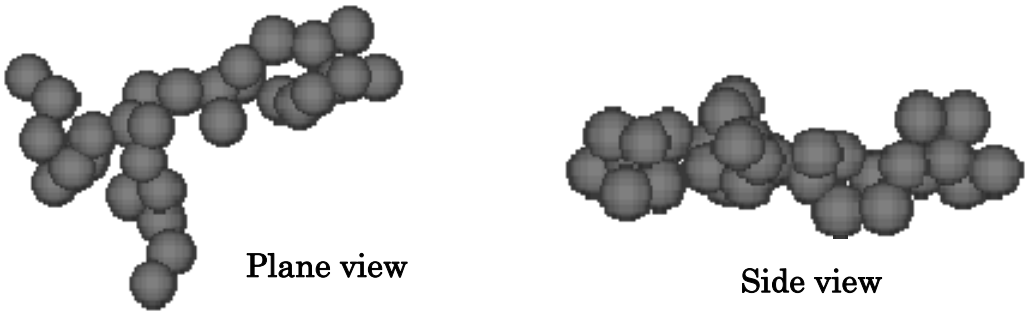


図２　数値解析で得られた三次元凝集体を長軸まわりに
回転させた際に観察される凝集体形状の変化

（３）超音速燃焼器内に垂直噴射した気体燃料と空気の乱流混合現象の解明
分担：升谷

- ステレオ粒子画像速度計則法(SPIV)による超音速噴射流れ場の速度測定
  超音速噴射流れ場で SPIV による速度計測を行う際の、撮影時間間隔、画像パターン探索領域広さ、レーザー・シートの傾き等が、測定精度に及ぼす影響を調べた。図３に、マッハ２の主流中に垂直噴射した場合の、噴射孔下流での主流に垂直な断面内速度ベクトル分布を示す。
- 擬似衝撃波内の噴射流れ場の SPIV 及び Mie 散乱計測
  風洞出口に取り付けた円錐型プラグの位置を制御して擬似衝撃波の発生位置を安定化させ、SPIV により速度測定を行った。また、噴流を可視化するために、噴射気体に微粒子を混入し、その Mie 散乱画像を取得している。
- 噴射気体濃度場の大規模乱流構造に対する噴射気体種の影響評価
  主流中に噴射する気体の分子量が乱流構造に及ぼす影響を調べるため、ヘリウム、アルゴン及びクリプトンを噴射し、瞬時 PLIF 画像から求めた濃度変動の空間２点相関分布を比較した。高相関領域を楕円で近似した場合、ヘリウムでは長軸がほぼ主流方向に沿っているのに対し、分子量が大きくなるほど長軸の傾きが増大することが分かった（図４）。

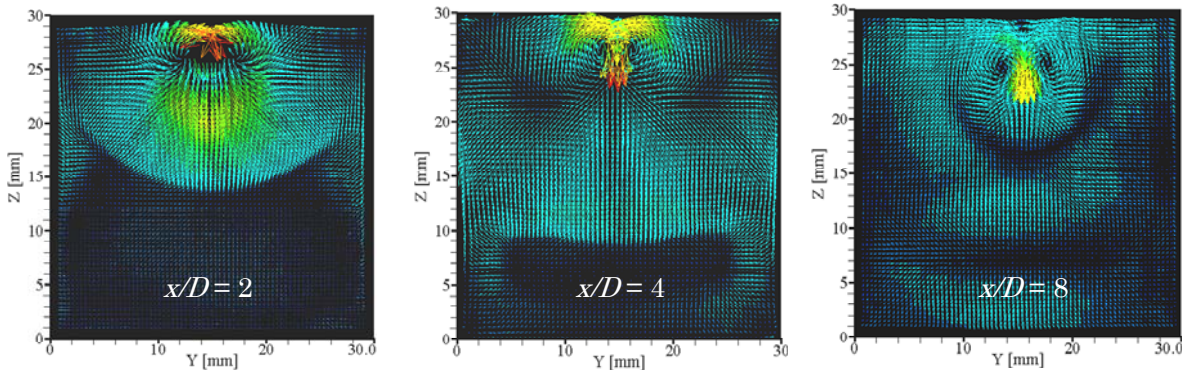


図３　SPIV で測定した平均断面内速度ベクトル分布

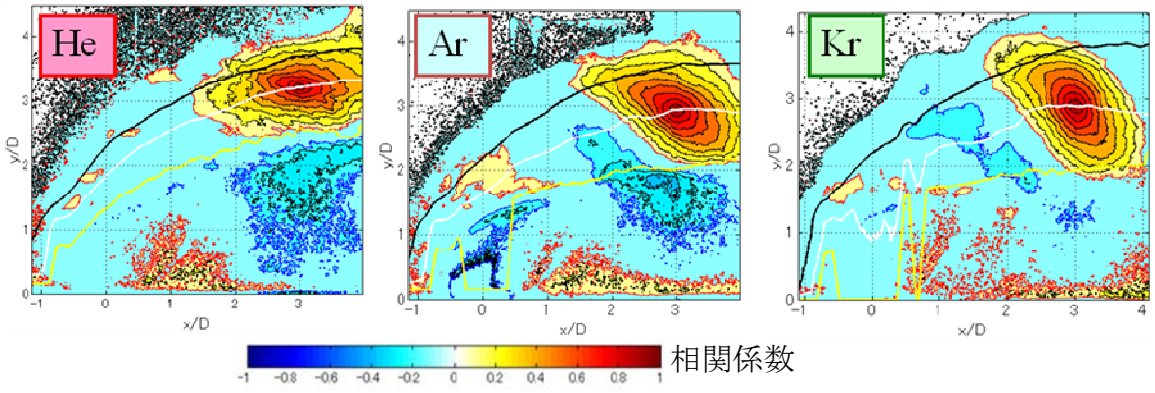


図４　濃度変動相関領域形状に対する噴射気体種の影響

（４）プラズマ援用による反応性マイクロバブルジェットの機能性と水質浄化
分担：西山、高奈

プラズマ援用によるマイクロバブルジェットシステムの構築と最適化に関して、省電力型誘電体バリア放電による高活性空気ジェットの生成基礎実験を行い、誘電体材料や電極構造、作動条件によるオゾン生成特性を明らかにした上で数値実験による生成活性種の寿命評価も行い、空気活性化の最適化を行った。また、誘電体バリア放電トーチと加圧型マイクロバブル発生装置を統合し、気泡流速、気泡径分布、気泡表面電位等の気泡動態特性と pH、酸化還元電位、溶存気体濃度の液体物性を明らかにした。さらに、メチレンブルー溶液中に生成した高活性空気をマイクロバブリングすることにより、脱色性能を検証し、水質浄化応用のための基礎資料を提供した。

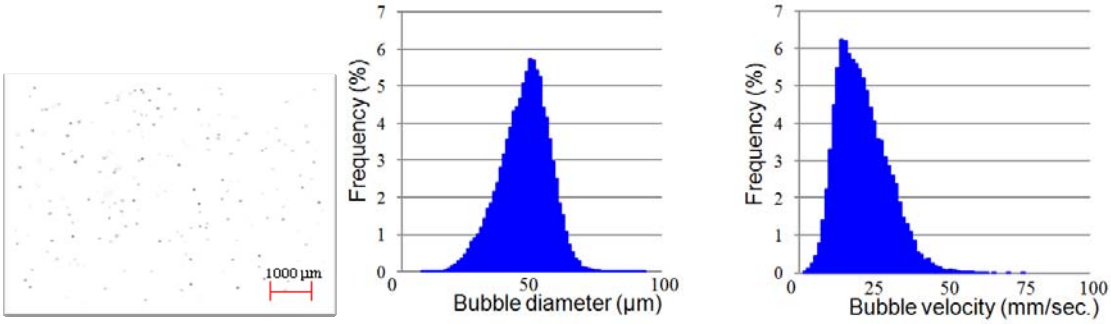


図５　オゾンマイクロバブルジェットの気泡径分布と気泡速度分布

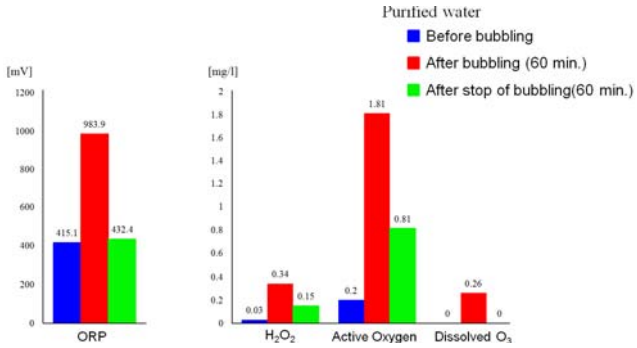


図６　酸化還元電位と溶存気体

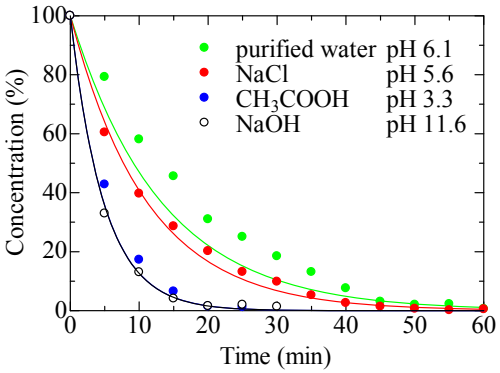


図７　メチレンブルーの脱色性能

（５）大気圧プラズマ流による化学種の生成輸送機構
担当：佐藤

近年，新型インフルエンザ等の病原性微生物による感染症が世界規模で起こっており，大きな社会問題となっている．大気圧低温プラズマ流を利用した殺菌技術や医療分野への応用は，感染症のリスクを低減するため，安全かつ簡便に取り扱える新たな滅菌技術として期待されている．本研究グループでは，大気圧低温アルゴンプラズマ流による大腸菌の滅菌機構[(1)]について研究を進め，大腸菌の細胞膜と細胞壁が損傷を受け細菌が不活性化することを明らかにしてきた．しかしながら，プラズマ流の化学種がどのように生成輸送され菌を死滅させるのかその機構は十分に解明されていない．

そこで，本研究では化学種の生成輸送機構について検討した．図８に大気圧プラズマ流の可視化写真を示す．(a)は肉眼で観察したときの明るさにおける写真であり，プラズマ流の発光は視認できない．(b)は露出時間を 10 s と長くした時の写真であり，ノズルから淡い赤紫色のアルゴンガスが噴出し，空気との混合領域が青紫色に形成されている様子が示されている．図９に放電部下流域のバンドパスフィルターを通して撮影した分光写真を示す．フィルターの中心波長は，それぞれ(a) 451.9 nm(1 nm)と(b) 337.1 nm (3 nm)，(c) 310 nm (10 nm)である．括弧内の値は半値幅を示す．(a)はアルゴン励起原子，(b)は窒素励起分子，(c)OH 励起分子であり，化学種の違いにより発光分布が異なることが示されている．アルゴン励起原子は，ノズル出口直後に側壁を回り込むように上昇していくが，窒素励起分子と OH 励起分子は下方向にジェット状に伸長している．このように，化学種によって生成や輸送の状態が異なる．噴出したガスの主流は浮力により上昇流に転じるにも関わらず，荷電粒子や NOx 等はさらに下流まで輸送されていることが示され，下流域では拡散輸送が支配的であることが示された[(2)]．

(1)T. Sato *et al.*, *Appl. Phy.s Lett*, **89** (2006), 073902.
(2) T. Sato *et al.*, *New Journal of Phys.*, **11** (2009), 115018.

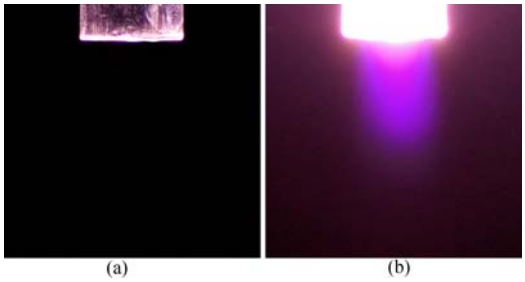


図 8　大気圧アルゴンプラズマ流の可視化写真．(a)肉眼での観察．(b)長時間露光により可視化したプラズマ流．

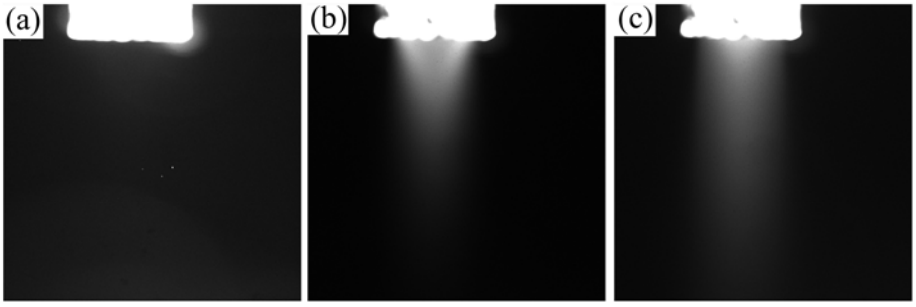


図９　放電部下流域の発光化学種分布．（a）Ar，（b）N_2，（c）OH

（６）燃料多様化に向けた大規模炭化水素燃料の低温酸化反応機構の構築と検証
担当：丸田

化石燃料から、合成燃料やバイオ燃料へのシフトが世界的規模で進むことが予想されている。火花点火機関・圧縮自着火機関などの自動車用機関、発電・航空用ガスタービンなど、現代の高度燃焼器は、燃料ごとに異なる着火・燃焼特性に敏感である。特に、低温酸化反応は着火・燃焼特性に重要な影響を及ぼすため、その高精度な反応モデリングが求められている。しかしながら、従来の方法では低温酸化反応からの発熱により温度・圧力を厳密に制御しながら計測することが困難であった。本研究グループでは、独自の温度分布制御型マイクロフローリアクタを用いることにより、温度域ごとに反応を分離しその特性を詳細に検討する手法の開発に成功した。これによる実験的反応機構解析と大規模化学反応を含むスーパーコンピューティングを併用し、大規模炭化水素燃料の燃焼化学反応機構、特に低温酸化反応機構の構築と検証を進めている。本年度には、代替燃料としての利用が期待される炭化水素系の燃料の一つであり、かつ炭素数が比較的少なく、また典型的な冷炎現象を呈することで知られるジメチルエーテルを対象とした研究を実施した。その結果、温度域別の反応分離に初めて成功したほか、スーパーコンピューティングによる現象の再現とその限界について明らかにした。

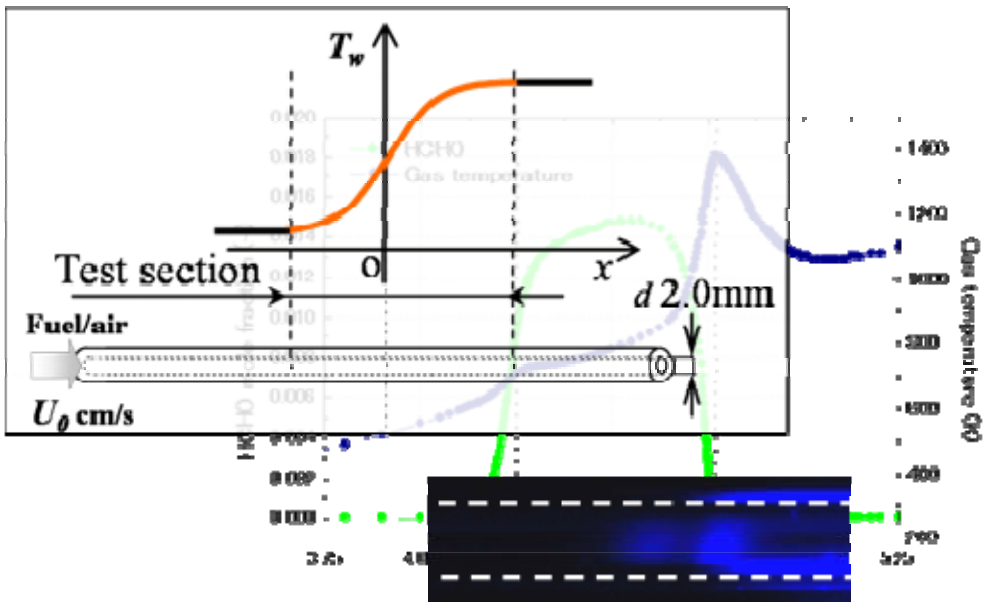


図 10　温度分布制御マイクロフローリアクタによる温度域別反応分離
（ジメチルエーテル・空気予混合気の場合）

6.2.4　ナノ流動融合分野

グループリーダー：小原　拓

メンバー：

事業推進担当者：宮本　明、水崎　純一郎、徳山　道夫、高木　敏行、寒川　誠二、小玉　哲也、徳増　崇

研究協力者：三浦　英生、湯上　浩雄、米村　茂、畠山　望、三木　寛之、佐藤　一永

(1) 革新的燃料電池マルチスケール計算化学シミュレーション

分担：宮本

研究費：GCOE 研究費他

貴金属触媒、トライボロジー、各種電池、半導体、二酸化炭素吸蔵技術、生体分子など、さまざまな材料や現象を対象として、ホールやエレクトロン、原子、分子、そしてメソ・マクロの連続体レベルと階層的に流動現象を解析することのできる、マルチスケール計算化学手法の開発を行っている。ミクロ領域では大規模計算が可能な超高速化量子分子動力学法、メソ領域では多孔質構造材料設計のための多孔質シミュレータなどを基本プログラムとして、材料に応じた物性値を算出し、マクロシミュレータへの入力とすることでマルチスケール化を実現している。今年度は、性能・耐久性の面で更なる高性能化が求められている、固体高分子形燃料電池 PEFC に対して本手法の適用を進めてきた（図 1）。過電圧特性など実験と比較できるデータを、ミクロ・メソ領域の材料物性を用いて理論的に算出する手法となっている。本研究によって、電池性能に最も影響すると考えられている触媒層の劣化メカニズムが明らかになってきており、革新的 PEFC 設計のための指針が得られつつある。

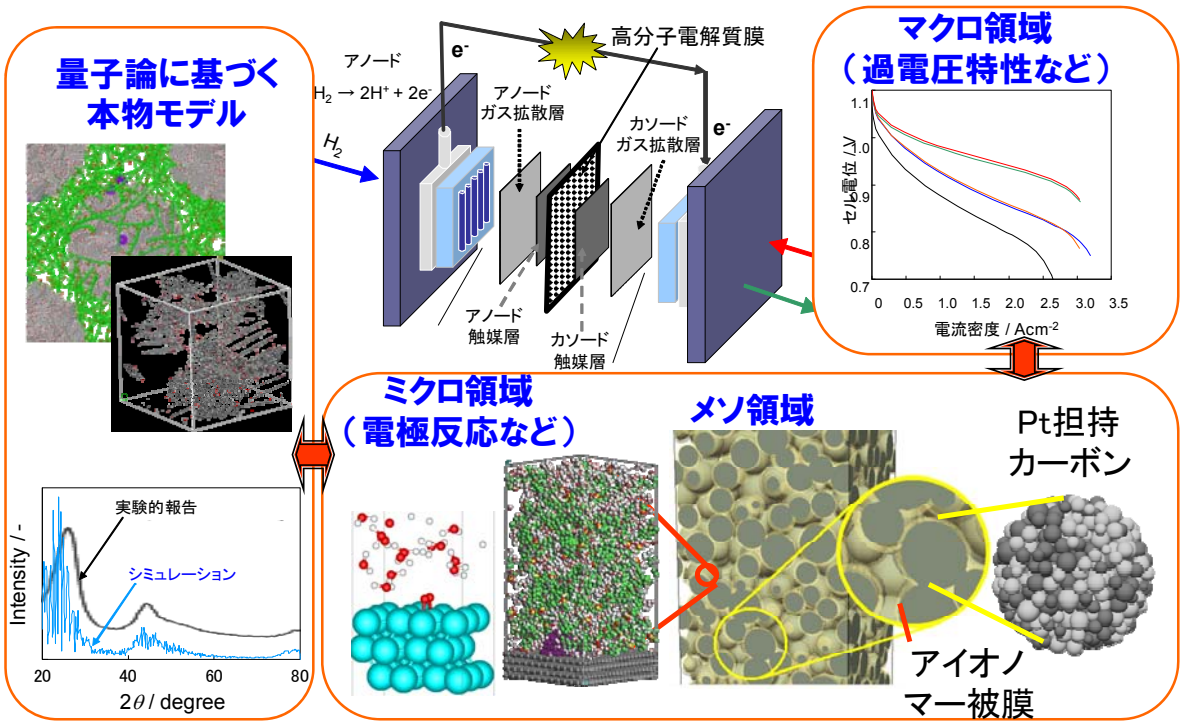


図 1　燃料電池マルチスケール計算化学シミュレーション

(2) 固体酸化物燃料電池に関する研究
分担：水崎純一郎，佐藤一永
研究費：運営交付金ほか

燃料電池には室温作動するイオン交換膜を用いた方式から、酸素イオン導電性セラミックスを電解質とする固体酸化物燃料電池（SOFC）まで、様々な形式がある。分担者等は、HHV で 50%を超える様な高い電力変換効率が期待できる SOFC の開発を支援する基礎研究を続けてきている。

(2–1) 燃料電池材料の酸素不定比性と欠陥平衡科学

高温型燃料電池では、発電時に電流の発生に随伴して電極と電解質の界面の酸素ポテンシャルが変動する。それに伴って電極や電解質を構成している酸化物材料中の酸素量が僅かながら変動する。その変動に伴い、酸化物材料の結晶格子体積や軸比、格子歪みなどが変化する。この変化は、材料の電子物性・イオン物性・化学機能に影響する。同時に、ヤング率や破壊強度など、機械的性質にも大きく影響する。しかし、組成の不定比変化に伴う結晶格子変化と電子物性変化、機械物性変化を総合的に解明した研究例は、SOFC 材料に限らず、機能性セラミックスの世界全般を見渡しても未だ無い。

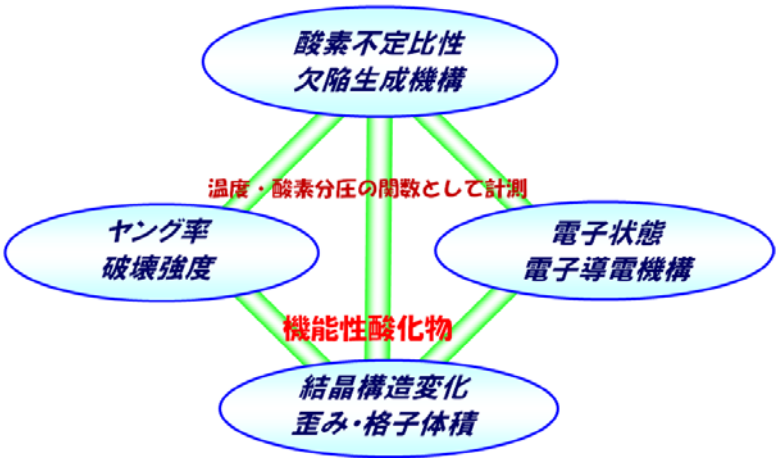


図 2　酸化物の不定比組成と構造・物性．固体酸化物燃料電池など高温イオニクスデバイス設計のための材料情報相関図

分担者等は、不定比組成を持つ材料の基盤科学（欠陥平衡科学）の整備という大きな視野を踏まえながら、SOFC 材料の基礎科学を進めてきている。本年度は、本グループの研究協力者や学内の他の研究グループと連携しながら、ガリウム酸化物系電解質材料、ランタン鉄コバルト系酸化物酸素極材料、ランタンニッケル系酸化物酸素極材料などについて、不定比組成計測を中心にデータを集積し、欠陥平衡論の電子物性と機械物性への展開を図っている。

(2–2) 応力場での物性変化

SOFC 運転条件下、起動停止時などに SOFC の部材が局所的に経験する可能性のある 100MPa(1000kg/cm^2)程度の応力場で，電解質のイオン導電率や電極材料の電子導電率が何れも 1%/100MPa 程度変化することが見出されている。従来指摘されていなかった変化であるため、慎重に検討を進めている。典型例を図 3 に示す。

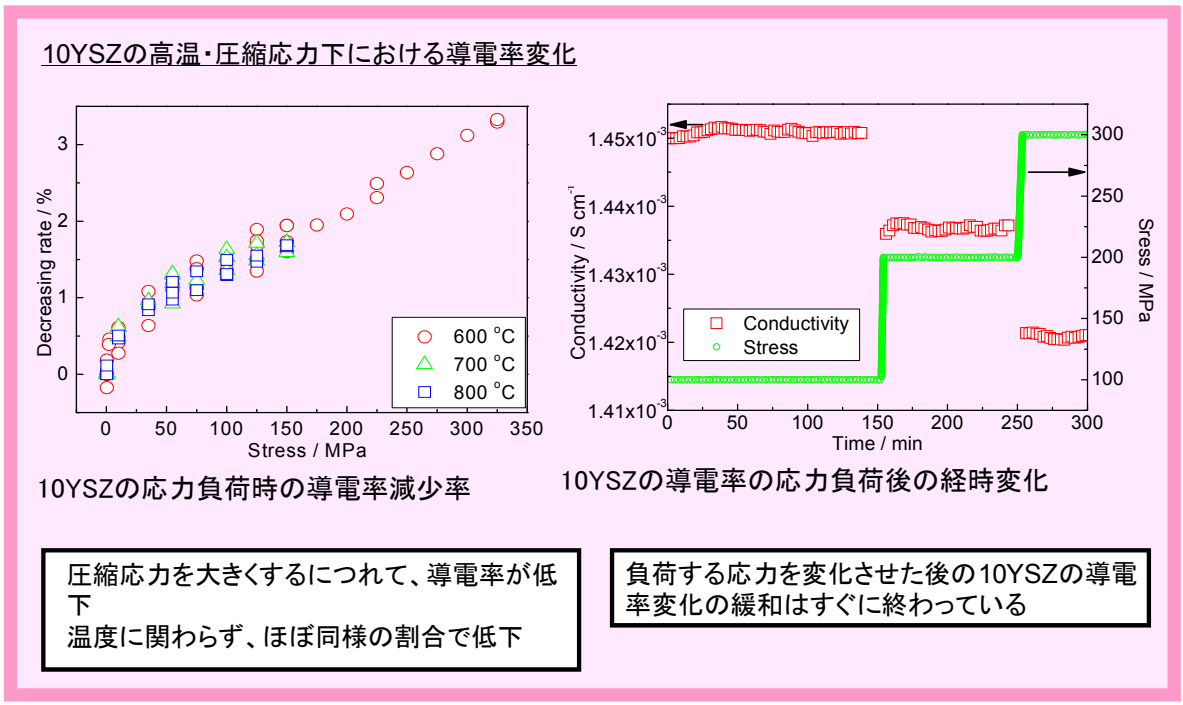


図 3　応力場による導電率の変化の例。応力による導電率の変化の割合は温度によらずほぼ同じ（左図）。圧縮応力の増加（実践）に伴い直ちに導電率（点線）が変化する（右図）。

(3) 薄膜系と 3 次元バルク系における長時間自己拡散過程のダイナミクス

分担：徳山

研究費：GCOE 研究費他

ガラス転移現象は、バルク金属ガラスや石英ガラス系などの 3 次元バルク系のみならず、アモルファス合金の薄膜系や磁性コロイド分散系などの 2 次元薄膜系においても生じるが、系の次元性がどのようにガラス転移近傍のダイナミクスに影響を与えるのかは、いまだ未解明なままである。そこで、本研究では、剛体円盤系と剛体球系という非常に相互作用が簡単な系における長時間自己拡散過程のダイナミクスを比較し、次元性の違いがどのように影響を与えるのかを明らかにした。剛体球系と剛体円盤系において、それぞれの系の長時間自己拡散係数に対するガラス転移にかかわる平均自由行程時間、ケージ時間、ノンガウシアンパラメータの値が最大となるアルファ緩和時間などの特性時間はほぼ一致する。一方、空間構造の時間変化と関わりを持つノンガウシアンパラメータのピーク値については、剛体球系で、より大きな長時間自己拡散係数でノンガウシアンパラメータの増加が見られ、次元性の違いが見られた。

Yayoi Terada, Michio Tokuyama, “Universalities of Long-Time Self-Diffusion on Two- and Three-Dimensional Systems”, submitted to proceedings of The 7th International Conference on Bulk Metallic Glasses (2009).

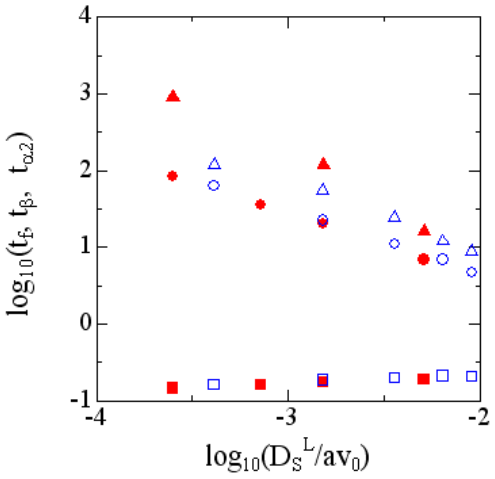


図 4　剛体円盤（薄膜系）と剛体球（3 次元バルク系）の長時間自己拡散係数と特性時間。■（□）: 剛体円盤（剛体球）の平均自由行程時間。●（○）: 剛体円盤（剛体球）のケージ時間。▲（△）: 剛体円盤（剛体球）のアルファ緩和時間。

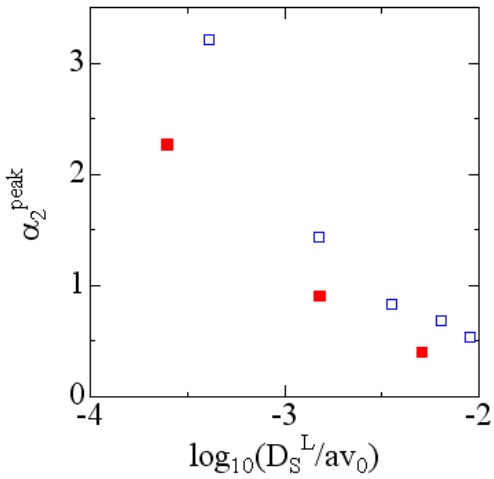


図 5　剛体円盤（薄膜系）と剛体球（3 次元バルク系）の長時間自己拡散係数とノノンガウシアンパラメータ。■（□）: 剛体円盤（剛体球）の計算機実験結果。

(4) ナノクラスタ金属を含む非晶質炭素コーティングにおける導電性と接触の制御

分担：高木、三木

研究費：GCOE 流体融合プロジェクト研究推進費、GCOE ジョイントラボラトリープロジェクト経費、科学研究費補助金（基盤 B）等

機械システムにはほとんどすべての場合において摺動面が存在し、そこでは摩擦・摩耗が発生する。そのため、摩擦・摩耗を伴う現象を低減あるいは制御することによってエネルギー効率や駆動コストの損失を低減させることが可能であり、同時に機械システムの寿命を向上させることが可能になる。本研究では非晶質炭素膜による表面改質技術の開発と低摩擦・低摩擦現象の定量評価を実施し、硬質炭素膜を基盤とした多様な環境（高温、低温、高真空、粉塵環境など）に適応可能な先進的コーティング技術の確立を目指している。

今年度は昨年度より継続して実施している“動的な接触による固体潤滑あるいは境界潤滑の領域において生成するサブミクロンオーダー厚さの「摩擦反応膜」制御技術”において、接触に

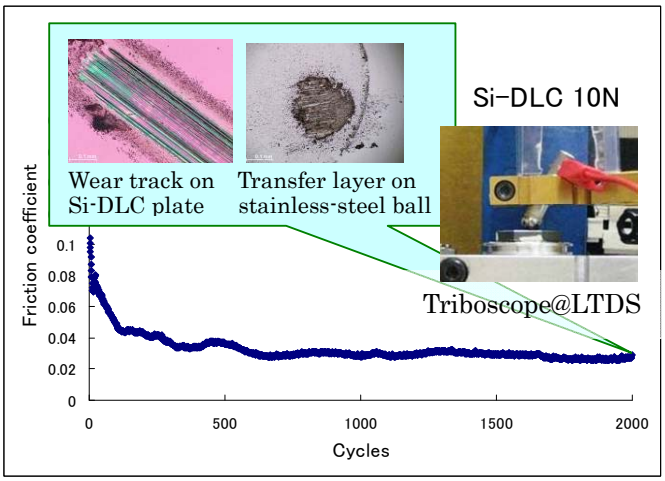


図 6　Optical microscope images and tribo-test results of Si-DLC

おける過度の凝着を抑制して、低摩擦を実現する条件を検証した。種々の金属を添加した場合の摩擦・導電性に関する大気中挙動を定量的に評価したので、以下にその代表的な結果を示す。シリコン(Si)を添加した非晶質炭素コーティングにおいて、高負荷条件においても摩擦係数が 0.03 以下の安定した低摩擦状態を実現できることが明らかになった。

(5) オンウエハーモニタリング技術の研究

分担：寒川

プラズマプロセス、ビームプロセスおよび原子分子操作プロセスにおいて、ミクロに表面に入射する活性種のエネルギー、種類、反応生成物、導電性などのセンシングを行うオンウエハーモニタリングシステムの研究を行っている。オンウエハーモニタリングで得られたデータを基にリアルタイムプロセス制御や表面反応解析およびモデル化を行い、インテリジェント・ナノプロセスを実現する。本年度は紫外線センサの誘起電流値と紫外線スペクトルの関係データベースを構築し、紫外線センサの電流値から紫外線スペクトルを予測することに成功した。また、この紫外線が照射されることによってデバイスに生じる損傷（結合欠陥等）の発生を予測することにも成功した。これまでウエハ上での紫外線を測定した例は無く、照射量を元にしたダメージ発生予測をした例も無いため、画期的な成果である。

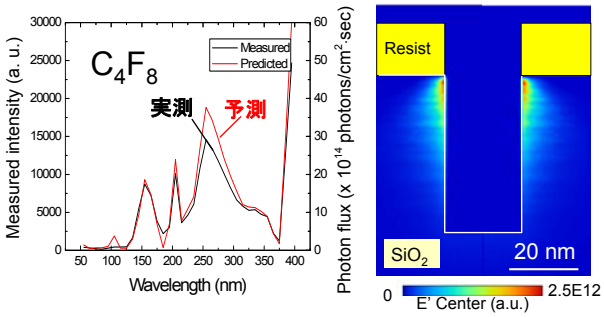


図 7　紫外線スペクトルの予測（左：赤色が予測、黒色が実測）とデバイスダメージの予測（右：赤い部分が損傷している。）

(6) 超音波とナノ・マイクロバブルを使用した歯周組織への遺伝子導入法の開発
分担：小玉

Chen R, Chiba M, Mori S, Fukumoto M, Kodama T.
Periodontal gene transfer using ultrasound and nano-/microbubbles.
Journal of Dental Research. 2009, 88(11):1008-1013

ナノバブルと低出力超音波を用いて軟組織（筋肉、腫瘍、脳など）への遺伝子導入の成功例が報告されているが、歯科領域では報告されたことはまだない。我々は、脂質ナノバブルと低出力超音波とを用いたソノポレーションを使用し、ラット切歯唇側歯周組織にルシフェラーゼ遺伝子と EGFP 遺伝子の導入を実施した。図は、マウス切歯唇側歯周組織にルシフェラーゼ遺伝子を導入し、バイオルミネスセンス法で測定した結果である。遺伝子導入後 1 日目に発現活性は最大になる。この分子導入法は免疫原性がなく、繰り返し投与が可能であり、非侵襲的に遺伝子を局所的に導入することが可能であることから、将来の歯周病の抑制や、歯周組織の再生、歯肉癌の治療などの新しい治療法の可能性が本研究から示される。

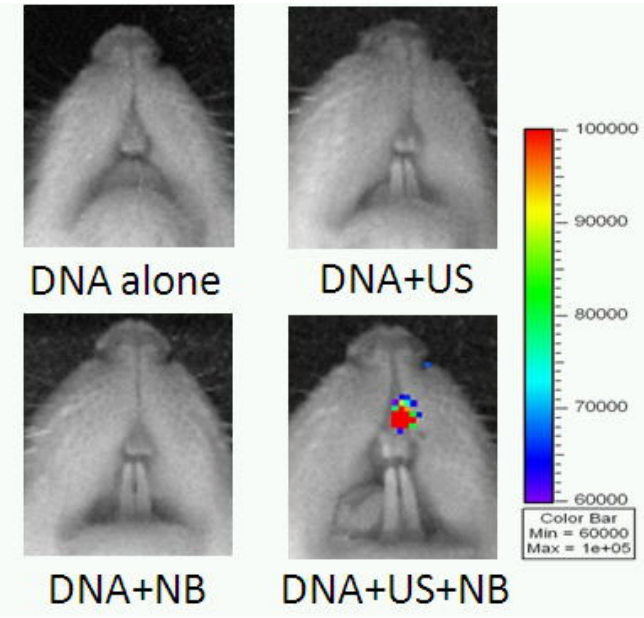


図 8　バイオルミネスセンス法によるバイオ遺伝子発現の比較。発光強度が遺伝子発現の強さを示す。DNA+US+NB の組合せで、歯周組織に遺伝子が効率的に導入され遺伝子の発現を引き起こす。DNA:ルシフェラーゼプラスミド DNA、US:超音波、NB：ナノマイクロバブル。

(7) 高分子電解質膜内部のプロトン輸送現象の分子動力学的解析

分担：徳増

研究費：GCOE 研究費、NEDO、科学研究費補助金

高分子電解質膜内部のプロトン輸送能力は、固体高分子形燃料電池の性能を決める非常に重要な因子である。本研究では、パーフルオロスルホン酸系高分子膜内部のプロトン輸送を分子動力学法を用いてシミュレートし、そのナノスケールの輸送特性について解析を行っている。今年度は、水―オキソニウム間のプロトンホッピング(Grotthus Mechanism)による移動を考慮したシミュレータの構築とそれを用いたプロトンの拡散係数の評価を行った。図 9 は、今回構築したポテンシャルモデルと分子軌道法の計算結果との比較を表している。この図より、本ポテンシャルは非常に精度良くホッピング時のエネルギー障壁を表していると言える。これを用いた大規模数値計算により高分子電解質膜内部のオキソニウムイオンの拡散係数を評価した。この時の膜内部の水分子の分布の一例を図 10 に、オキソニウムイオンの方向別の平均二乗変位(MSD)を図 11 に示す。この図より、高分子膜をある方向に配列すると、水分子ネットワークは異方性を有して構成され、その結果、オキソニウムイオンの輸送能力にも異方性が生じることが確認された。

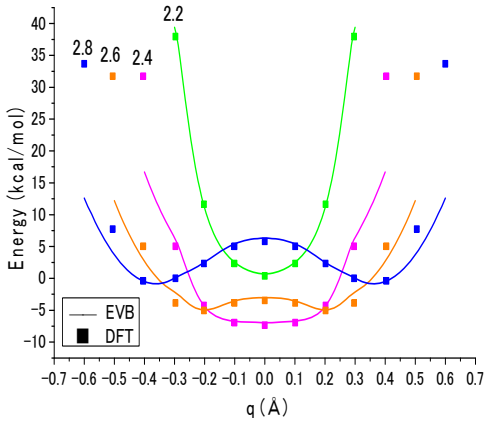


図 9　EVB ポテンシャルと DFT の計算結果の比較

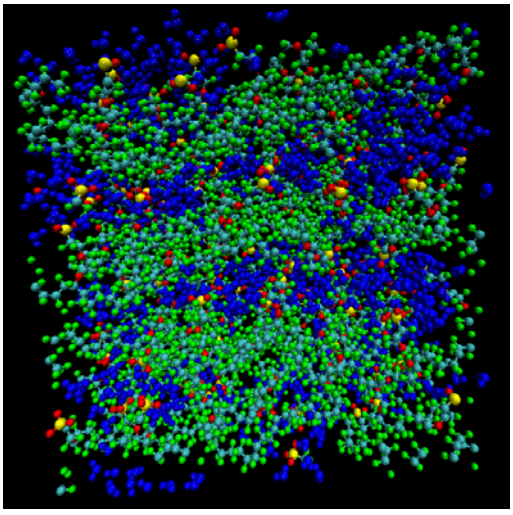


図 10 高分子膜内部の水分子の分布

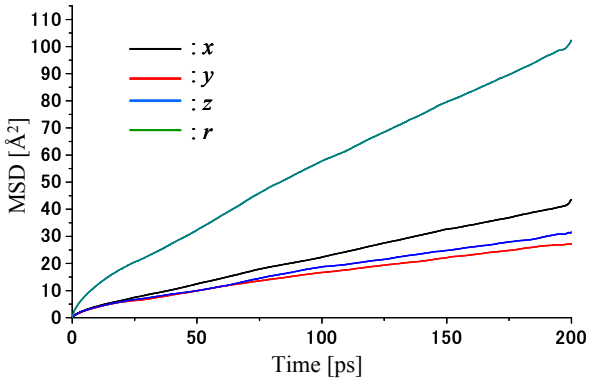


図 11 オキソニウムイオンの方向別の平均二乗変位

(8) ヘテロな構造をもつ液体・液体膜の熱・運動量輸送特性

分担：小原

固体・液体中の熱伝導は、分子間の相互作用による古典力学的エネルギーの伝搬がマクロに集積されたものであるが、本 GCOE における最近の研究により、分子間距離に比較して長い鎖長をもつポリマーの場合には、分子内の共有結合を主体にした固い結合によるエネルギーの伝搬（分子内エネルギー伝搬）が、空間中における熱エネルギーの伝搬を支配する要因であることが明らかとなってきた。この場合、分子配向等の構造が非一様な特性を示す物質あるいは状況においては、この分子内エネルギー伝搬が特定の方向のエネルギー輸送のみに寄与するため、熱・運動量輸送特性に異方性が発現する。このような特性を選択的に発現させ、例えば薄膜や超格子など固体構造における低次元化された熱輸送と同等の効果を液体あるいはソフトマターで得るための基礎研究として、脂質分子が水中で自己組織化して形成される脂質二重膜（生体細胞膜のモデル）、チオール基をもつ炭化水素（アルカン）鎖が金属表面に吸着して分子膜を形成する SAM（自己組織化単分子膜）、剪断を受けるアルカン飽和液、固体壁面近傍の液体、気液界面などを対象に、分子動力学シミュレーションにより構造と輸送特性の解析を進めている。

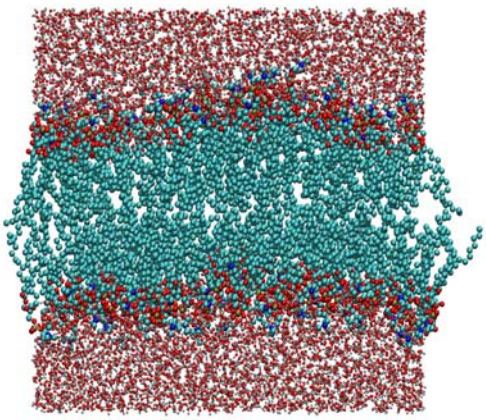


図 12　水中の脂質二重膜

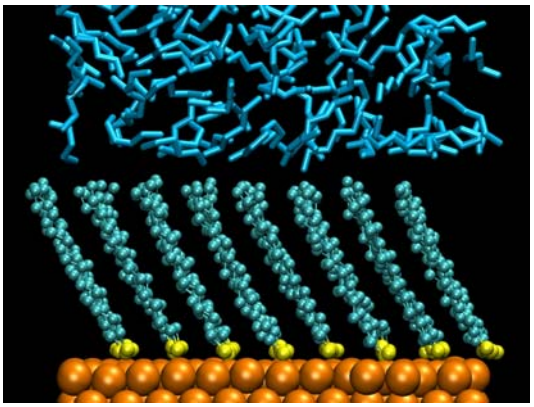


図 13　金－SAM－アルカン飽和液界面

(9) ナノスケール微細分散組織界面近傍の原子拡散制御による耐熱合金の開発
分担：三浦

地球温暖化防止に貢献するためには，日本の炭酸ガス排出量の約 34%を占める火力発電プラントからの排出削減が必須課題となっている．このためには，ガスタービンの燃焼ガス温度を上昇させ，化学反応の熱効率を向上させることが有効である．現在の火力発電における燃焼ガスの最高温度は約 1450℃であり，これを 1700℃に上昇できれば炭酸ガスの排出量を約 50%低減できるものと期待されている．しかし，タービン翼に使用されている耐熱合金では高温環境で長時間使用されると材料強度が著しく低下し，急速破断を引き起こす危険性があることが明らかになった．そこでタービン動翼用耐熱合金の高温損傷メカニズムを量子分子動力学解析技術を応用して解明し，次世代ガスタービン用耐熱合金開発の設計指針を確立する研究を推進している．この高温損傷は，ナノスケールで合金中に分散された組織が，高温環境でタービン運転中に負荷されるひずみと添加元素の相互作用に基づく異方的な特定元素の増速拡散挙動により崩壊することで進行することを明らかにし，薄膜積層構造試験片を用いてその異常拡散挙動の発生を実証した．さらにこの異常拡散制御を実現する添加元素を量子分子動力学解析手法を応用して探索している．

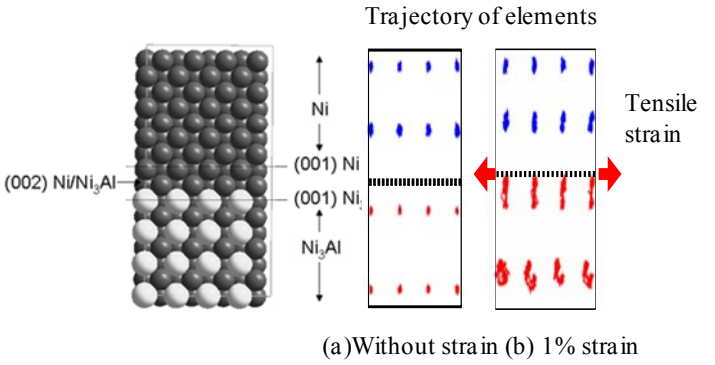


図 14　ひずみ誘起原子拡散解析例

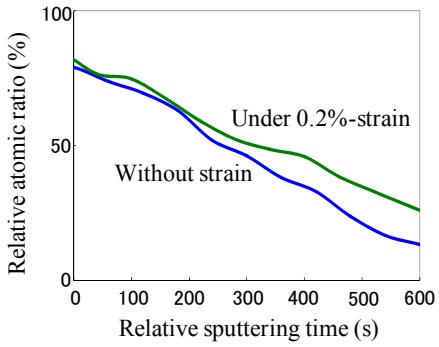


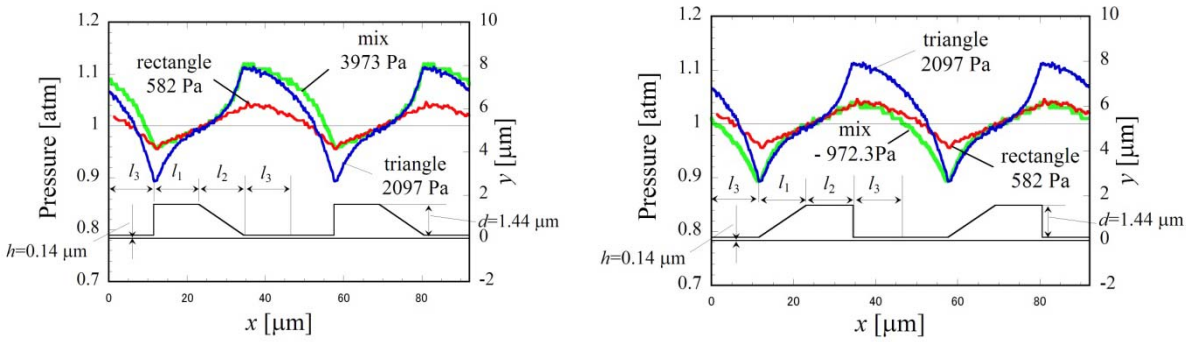
図 15　ひずみ誘起拡散実証例

(10) マイクロ・ナノスケールで発現する気体潤滑に関する研究

分担：米村

研究費：GCOE 研究費、科学研究費補助金（基盤 C）他

部分研磨ダイヤモンド膜を貼付けたスライダを回転金属円盤上に置き摺動させると、数 m/s 程度の回転速度で摩擦係数が著しく小さくなることが報告されている。摺動音が発生しなかったことから、気体潤滑の状態にあると考えられる。本研究では、ダイヤモンド膜の物性よりも部分研磨された膜の表面微細構造と微小な流路により圧力が発生したものと考え、そのメカニズムを数値シミュレーションにより明らかにする。図 16 に溝が三角形、矩形、三角形と矩形を組み合わせた形状の場合のスライダ面上の圧力分布を示す。図下部の線図は三角形と矩形を組み合わせた場合の流路形状を示している。対向面が右に 10m/s の速度で移動し、右向きの流れが誘起される。圧力は流路が広がる部分で最も小さく、狭まる部分で最も高くなった。平坦部で長い距離にわたって高い圧力が維持されるため、結果としてスライダに揚力が発生する機構が明らかとなった。両面間の距離を大きくすると圧力変動は消失し揚力は発生しない。流路幅が分子の平均自由行程程度まで小さくなると、分子間衝突頻度が不十分となり、局所的に分子が集中あるいは希薄化され、大きな圧力変動が生じる。このことから、これはマイクロ・ナノスケール特有の潤滑であると言える。図 16(a)の結果では三角形と矩形の組み合わせにより 3973Pa の大きな揚力を得ているが、図 16(b)に示すように形状を左右反転した場合には、溝部の負圧が大きく正圧が小さくなり、スライダ面が受ける平均圧力は大気圧よりも小さくなった。このことから揚力発生は表面の溝形状に大きく依存することが明らかとなった。



(a) (b)

図 16 圧力分布への溝形状の影響

(11) 国際宇宙ステーションによるナノスケルトン創製の計算化学シミュレーション

分担：畠山

研究費：宇宙航空研究開発機構他

JAXA、東京理科大学、資生堂との共同プロジェクトにおいて、国際宇宙ステーションの日本実験棟「きぼう」にて平成 22 年 3 月現在、第一回宇宙実験進行中の「チタニアナノスケルトン材料の創製」に、計算化学手法を用いた研究を進めている。微小重力下では、大きな細孔を持ちかつ活性の高い触媒結晶であるチタニアナノスケルトンが創製可能であること、また地上でもそれに準じた材料を創製可能な条件をシミュレーションにより見出すことを目的としている。これまで、地上対照実験と直接比較し得る、マルチスケール計算化学シミュレーションに成功している（図 17）。4 月に帰還を予定している実験試料の測定結果を取り入れて更に精度を高め、9 月に行われる第二回宇宙実験の試料・実験条件決定に役立てていく。

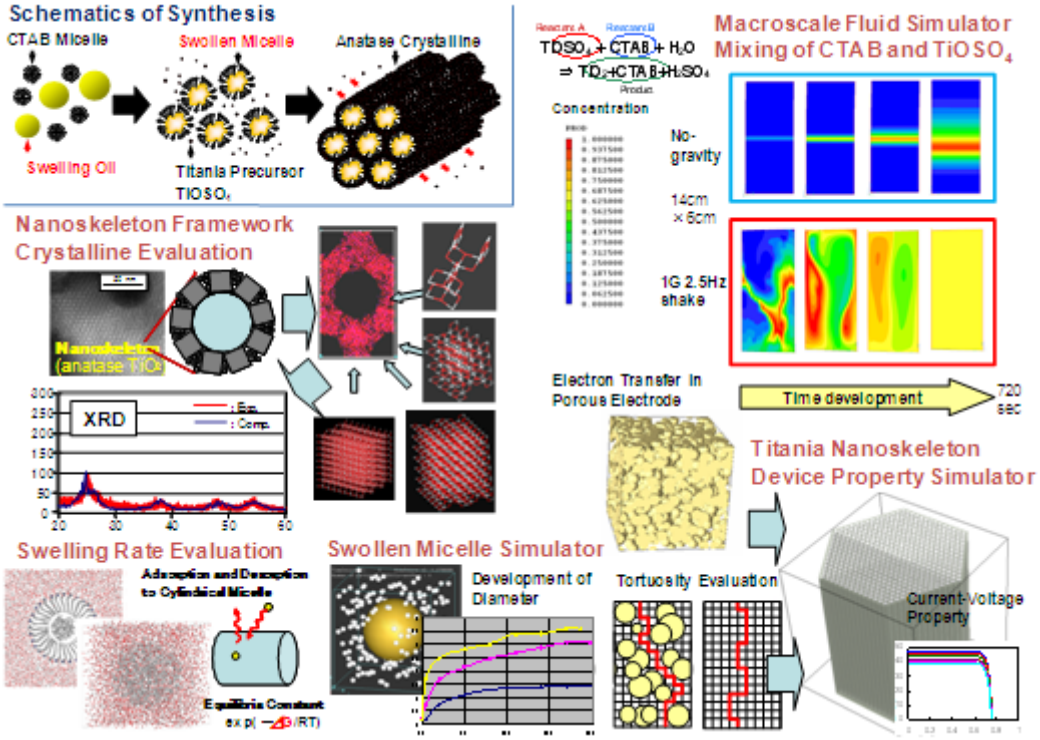


図 17　ナノスケルトン創製マルチスケール計算化学シミュレーション

6.2.5　極限流動融合分野

グループリーダー：大林 茂

メンバー：

事業推進担当者：圓山 重直（拠点リーダー）、福西 祐、浅井 圭介、澤田 恵介、伊藤 高敏、橋爪 秀利

研究協力者：大平 勝秀、渡辺　豊、内一　哲哉、遊佐　訓孝、小宮 敦樹、伊賀 由佳

1．研究テーマ：永久塩泉による海洋深層水湧昇と海洋表層緑化に関する研究

・担当者：圓山重直，小宮敦樹

・主な活動資金：科学研究費補助金（基盤研究(B)海外），受託研究費

・主な成果をあわす図

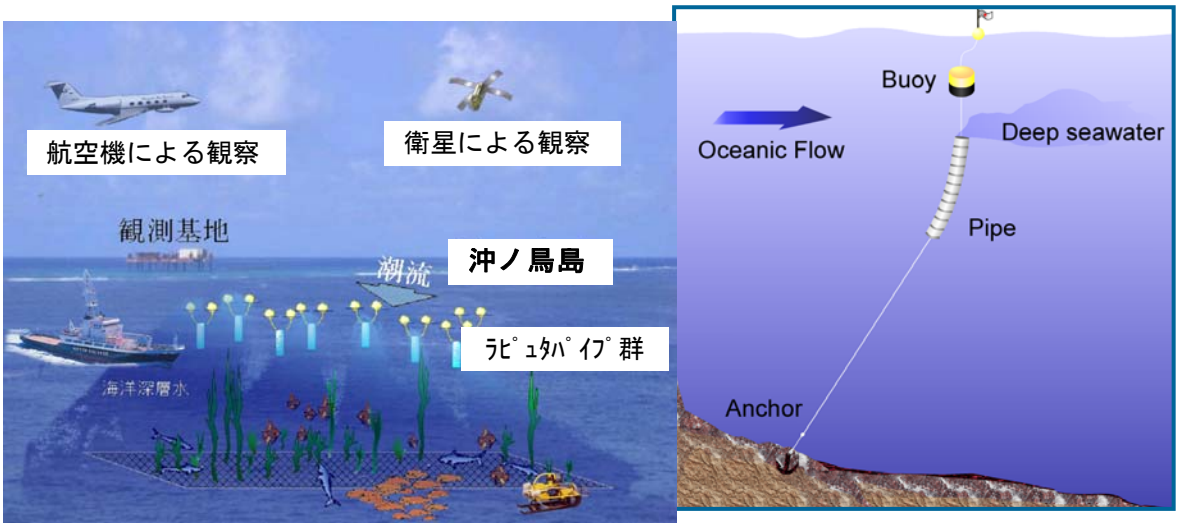
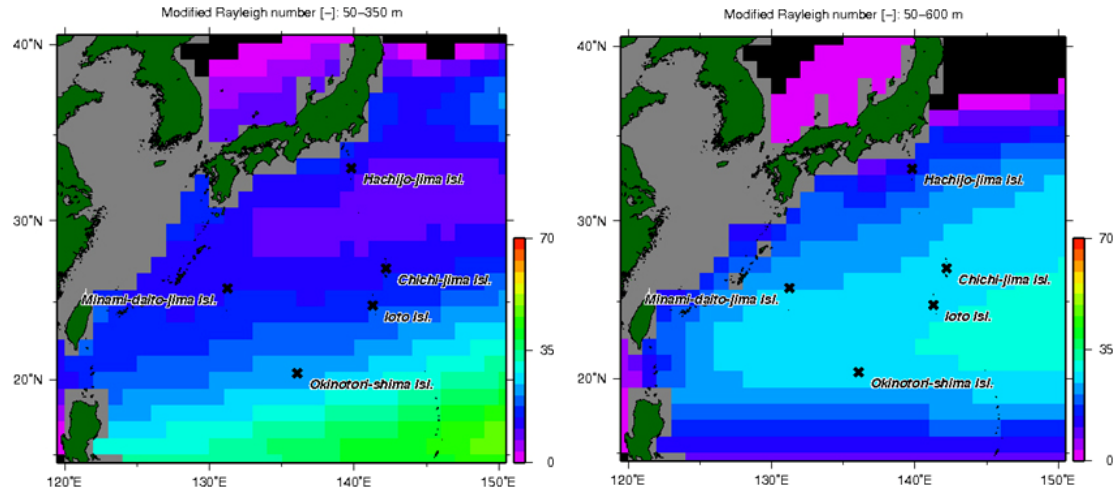


図1　沖ノ鳥島ラピュタ計画とパイプ配置概念図



350m以深の深層水利用　　600m以深の深層水利用

図2　日本近海におけるラピュタ計画の可能性
（暖色：可能性大　寒色：可能性小）

・主な活動

海洋砂漠と称される海洋栄養塩の少ない海域に，栄養分に富む海洋深層水を大規模に汲み

上げ，その海域を局所的に富栄養化し，この海域に海洋の森を作る可能性（ラピュタ計画）を実験的・解析的に検討する．また，この大規模海洋深層水汲み上げが環境にどのような影響を与えるかを検討する．図 1 は沖ノ鳥島海域におけるラピュタ計画の実施予想図，図 2 は，海洋表層水と深層水の温度差で定義されるレイリー数分布を示しており，海洋深層水湧昇の可能性を示す指標となる．

２．研究テーマ：ピエゾアクチュエータによる極限流動音制御時における縦渦の発見

・担当者：福西祐

・主な活動資金：GCOE 研究費

・主な成果を表す図

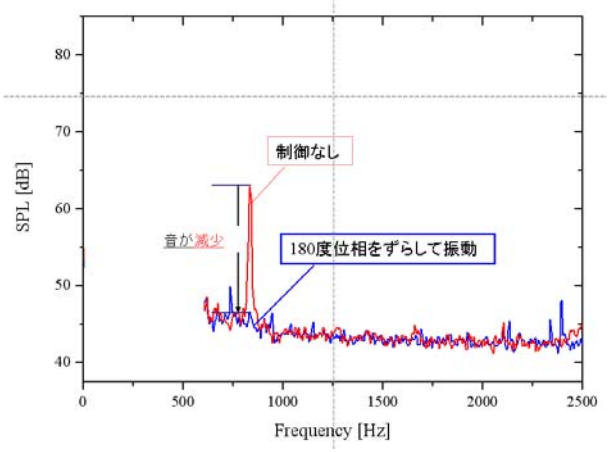


図 3　キャビティ音の制御効果

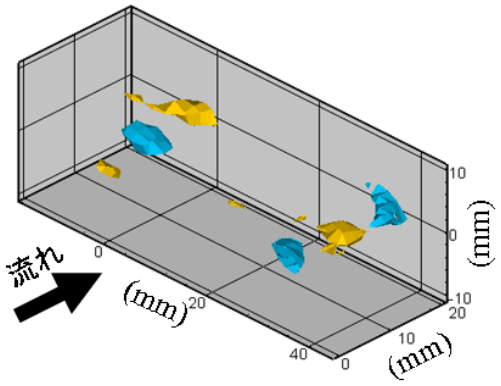


図 4　流れ方向の渦度の変動（縦渦）

・主な活動

キャビティ音は代表的な空力騒音のひとつである．これまで当研究グループではキャビティの前方に取り付けたピエゾアクチュエータを 180 度位相をずらして振動させ，キャビティ部における渦構造を制御することで効率的に騒音を抑制することに成功してきた（図 3）．制御時の流れ場における縦渦の存在はこれまで推測の域を超えていなかったが，本研究における精密な計測により，その存在を確認することに成功した．

３．研究テーマ：火星大気風洞を用いた低レイノルズ数空気力学の研究

・担当者：浅井圭介，永井大樹，沼田大樹，安養寺正之（D2，JSPS 特別研究員（GCOE 推薦））

・主な活動資金：GCOE 研究費，科学研究費補助金（萌芽的研究），JAXA 宇宙工学委員会戦略的研究費

・主な成果をあわす図



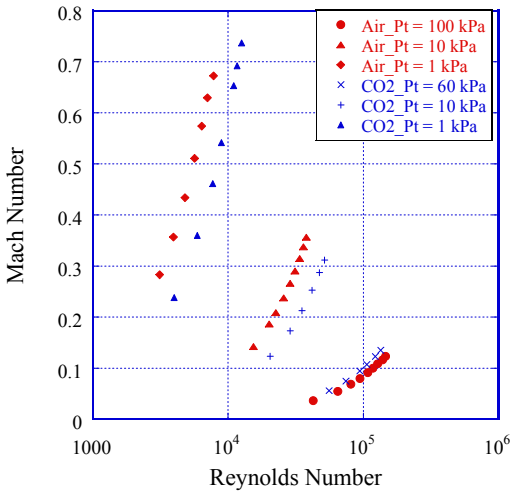


図 5　火星大気風洞の外観と運転可能範囲

・主な活動

火星大気中を飛行する探査飛行機の翼の流れを模擬するため，圧力 100 分の 1 気圧，作動気体炭酸ガスの「火星大気風洞」を開発した．本装置は風洞本体，真空チャンバ，バッファタンク，それらを結合する配管とゲートバルブからなり，エジェクターから高圧の空気（または炭酸ガス）を噴射することで測定部に一様な高亜音速の流れを誘起することができる．今年度は風洞の作動ガスを炭酸ガスに置換することで，より火星大気に近い環境の模擬を可能にした．これにより，火星大気に比熱比を一致させた状態で，レイノルズ数で 10^3～10^5，マッハ数で 0.1～0.75 の範囲の空気力学的実験が行えるようになった．

・その他

平成 21 年 8 月 31 日から 9 月 2 日にかけてドイツ・レーゲンスブルグ大学で第 2 回の日独合同セミナー「学際領域における分子イメージング技術の新展開」を開催した．両国から約 35 名の参加者があり，流体工学と化学の融合技術研究の見地から，新しい分子センサー化合物や航空宇宙や海洋科学への分子イメージング技術の適用について意見を交換した．また，同年 9 月 7 日から 9 月 11 日にかけて，ゲッチンゲンにあるドイツ航空宇宙研究センター（DLR）において，同機関やフランス航空宇宙センター（ONERA）などと共同で感圧塗料に関する技術講習会を開催した．



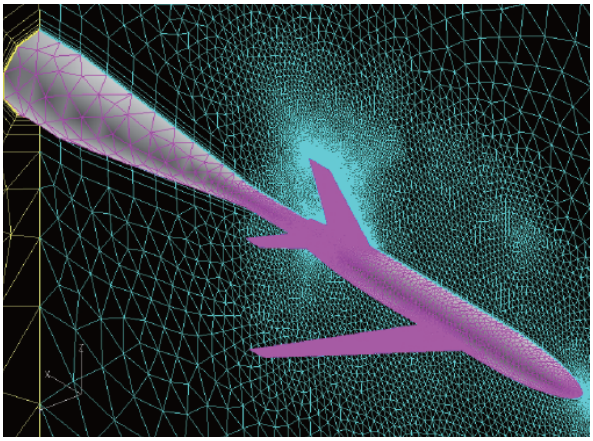
図 6　レーゲンスブルグ大学で開催された日独合同セミナーの参加者

４．研究テーマ：CFD 援用による風試模型変形効果分離技術に関する研究

・担当者：澤田恵介，保江かな子(D3，航空宇宙工学専攻)

・主な活動資金：GCOE 研究費，校費

・主な成果をあわす図



ハイブリッド計算格子

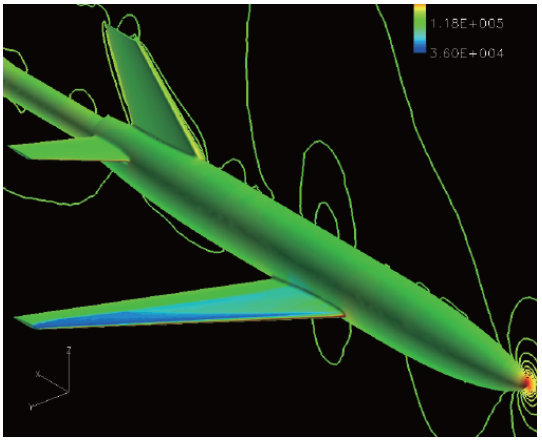


図 8　機体表面及び対称面内圧力分布

図　7

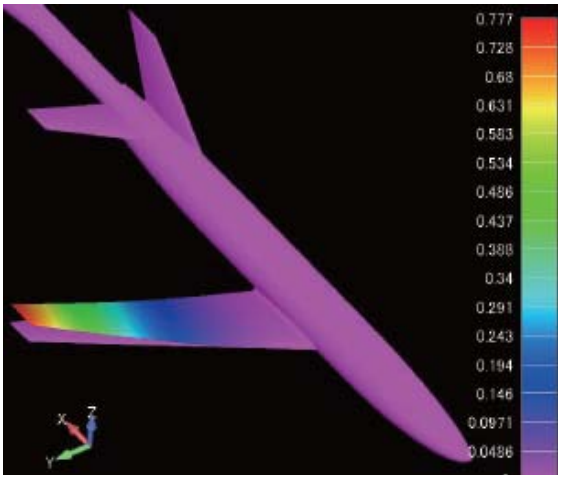


図 9　空力荷重による模型変形

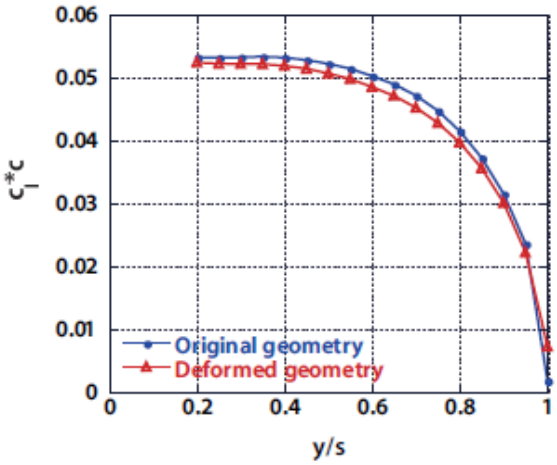


図 10 断面揚力係数の変化

・主な活動

高レイノルズ数風洞を用いた空力特性の予測は，経済性の高い航空機の設計に欠かすことが出来ない．しかし，高いレイノルズ数の確保には気流の加圧が必須であり，結果として風洞模型に加わる動圧が高まり模型変形効果が現れる．この模型変形効果はレイノルズ数効果を相殺することが知られている．本研究では，風洞試験模型変形効果の分離技術の確立と，CFD 援用による実機飛行特性推算方法(レイノルズ数補正法)の確立を目指している．風洞試験時の模型変形効果が正しく考慮されると，風洞試験データの精度が向上するだけではなく，実機の内部構造を反映させた飛行特性も予め予測することが可能となり，航空機開発におけるリスクの低減、開発費の低下，ならびに開発された航空機の経済性向上が期待される．

図 7 は支持装置(スティング)が結合した ONERA-M5 風洞検定標準模型周りを約 350 万個の計算セルで離散化した様子を示している．図 8 は，マッハ数 0.84，迎え角－1 度，コードレイノルズ数 4×10^6 における計算結果を示す．計算には 2 次精度の Discontinuous

Galerkin 法を用い，図 9 は，空気力と弾性変形が釣り合った模型形状と変形前の模型形状との差分を示す．翼端で 3 mm 程度の変形を得た．この変形に対して揚力係数は 0.0101，抵抗係数は 10 カウント減少した．図 10 は各スパン位置における断面揚力分布を示す．模型変形は翼端側で大きいが，断面揚力は主翼付け根側でも減少していることが分かる．なお，翼端側で僅かに揚力が増加しているが，これは有効迎え角の減少に伴い衝撃波位置における境界層の剥離形態が変化したためである．

５．研究テーマ：配管系流力振動に影響するマクロ流動構造の解明と制御

・担当者：橋爪秀利，江原真司

・主な活動資金：GCOE 研究費，先行基礎工学研究費

・主な成果をあわす図

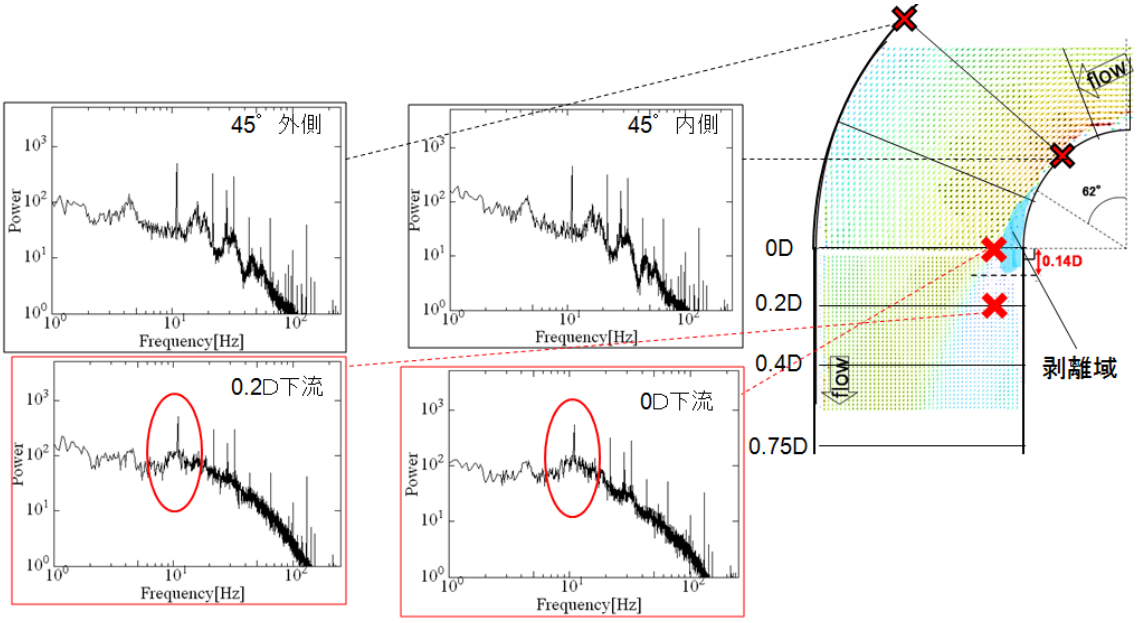


図 11 低曲率半径比エルボにおける流れの剥離領域と圧力変動スペクトル

・主な活動

原子力プラントの配管系では，建屋のコンパクト化・物量削減の観点から複数の連続した低曲率半径比のエルボが使用される場合が多く，非定常性の強い局所的な偏流や剥離渦の発生による流力振動が潜在的な問題となっている．本研究は，PIV 計測によるエルボ内の剥離現象の可視化，および圧力計測による圧力変動特性の把握により，複数連続エルボ内流れの卓越周波数の検出や流れ場と圧力変動特性の関連を明らかにすることを目的としている．

図 11 は，曲率半径比が 1.0 のシングルエルボ内における流れの時間平均ベクトル図と各位置での圧力変動のパワースペクトルである．流れのレイノルズ数は 32 万で，剥離領域の上流と下流ではスペクトルが明らかに異なることが分かる．下流では剥離渦放出に伴う圧力変動が卓越周波数として現れ，この周波数に対するストローハル数は約 0.5 となっている．実験からはレイノルズ数が約 100 万まではストローハル数 0.5 の卓越周波数が得られている．

・その他

9 月 18 日に GCOE セミナー，「『大口径薄肉高速配管システムの流動現象評価』に関する検討会」を開催した．大学，JAEA，企業から合計 19 名の参加があった．

6．研究テーマ：未固結地層フラクチャリング技術とメタンハイドレート開発への応用

・担当者：伊藤高敏

・主な活動資金：GCOE 研究費，科研費

・主な成果をあわす図

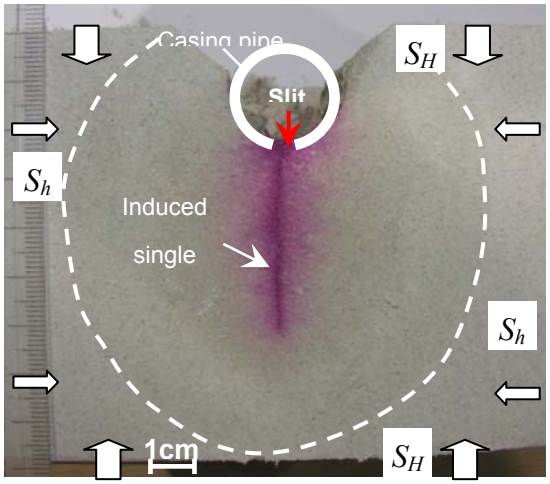


Fig.12 Lower injection rate & lower permeability

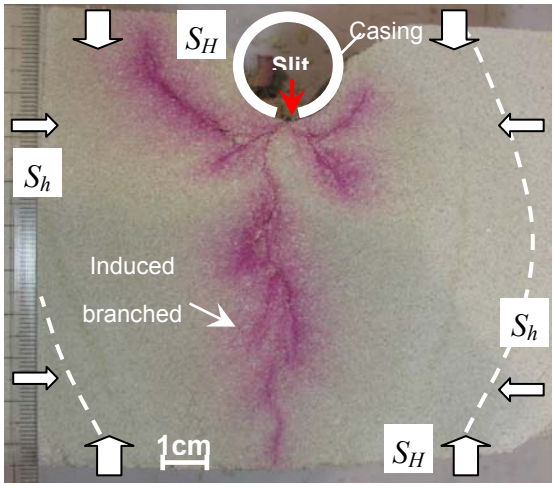


Fig.13 Higher injection rate & lower permeability

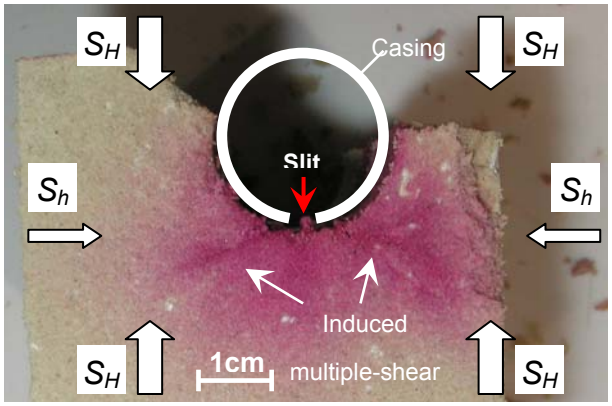


Fig.14 Higher permeability & higher viscosity

・主な活動

石油･天然ガス開発及びメタンハイドレート開発の分野では従来の固結した地層から未固結な地層へと対象が拡大している．これに伴い，未固結地層に流体圧を負荷した際のフラクチャー発生挙動の解明が求められている．そこで室内実験手法を新たに構築して実験を行った．その結果，流体粘性，圧入レート，浸透率の組み合わせによってフラクチャー形態が大きく変化することが初めて明らかになった（Figs.12-14）．このような変化は従来型の固結した地層では見られなかったものであり，新理論構築の切り口になるものと期待される．

7．研究テーマ：スラッシュ流体の固液二相管内流動特性に関する研究
・担当者：大平勝秀
・主な活動資金：科学研究費補助金（基盤(B)），GCOE 研究費
・主な成果をあらわす図

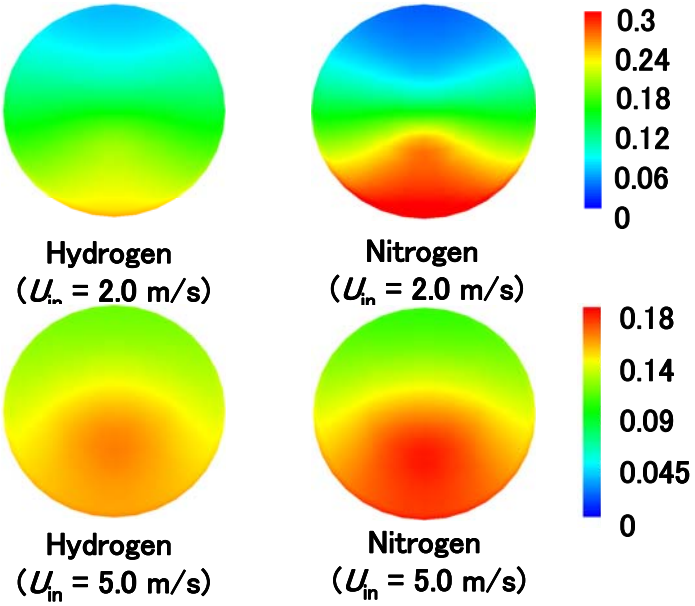


図 15　管断面での固相率分布

・主な活動
　極低温液体水素中に固体水素粒子が混在する固液二相スラッシュ水素を利用する高効率水素エネルギーシステムの開発を行っている．図 15 はスラッシュ水素とスラッシュ窒素の低流速および高流速での管内固相率分布の流動解析結果を示している．スラッシュ水素の場合，比較的低流速でも流路底部に固体粒子が集中しにくくなり，高流速ではより同心円状に固体粒子が分布する．固液の密度比がスラッシュ水素の方が小さく，また，液体水素の粘性も小さいため，スラッシュ窒素と比較して低流速で均質流となり易い．ポンプ動力低減に寄与する管内圧力損失低減効果がスラッシュ窒素では均質流で現われる実験結果を既に報告しており，スラッシュ水素の場合，圧力損失低減効果がより低速で出現する結果を得た．

8．研究テーマ：翼列の二段化によるキャビテーション不安定現象の制御
・担当者：伊賀由佳
・主な活動資金：GCOE 研究費
・主な成果をあらわす図

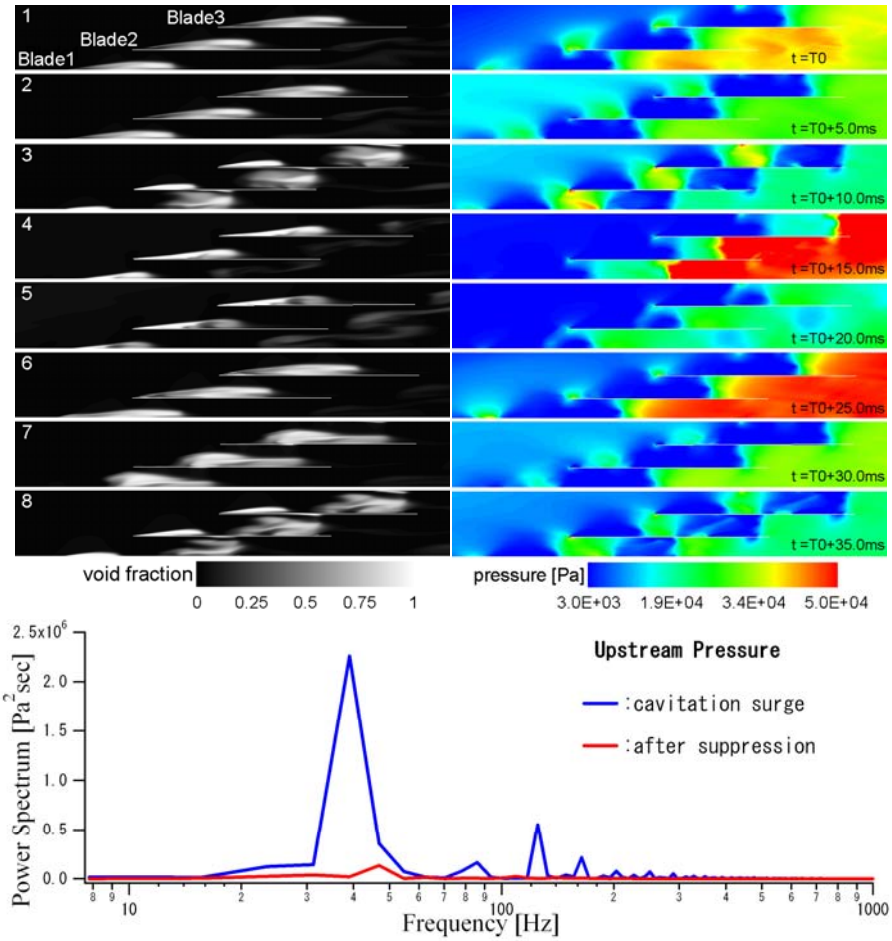


図 （上図右），および上流圧力変動のパワースペクトラム（下図）

・主な活動

液体ロケットエンジンでは，ポゴサプレッサーの設置や，インデューサ入口部のケーシング径の拡張により，インデューサで発生するキャビテーション不安定現象の発生を抑制している．本研究では，インデューサ自体の形状を工夫することにより，各種のキャビテーション不安定現象の発生を制御する手法を検討している．具体的には翼列を二段化することにより，前後段翼間のスリットを通じ，圧力面側から負圧面側のキャビティ内に液ジェットを吸い込む．それにより，キャビティの渦構造が変化し，破断周期が不規則になることによって，不安定現象を抑制できることを見出した．また，二段翼列配置を変化させることにより，ある特定の不安定現象のみが発生するよう，不安定現象の種類を制御することが可能であることも見出した．図１は，キャビテーションサージ発生時（図 16）に大規模に脈動していた流れ場の圧力が，翼列を二段化することにより抑制され，翼列上流圧力振動の卓越周波数が低減された（下図赤線）様子を示す．

９．研究テーマ：キャビテーション不安定現象に及ぼす加速度場の影響

・担当者：伊賀由佳

・主な活動資金：GCOE 研究費

・主な成果をあらわす図

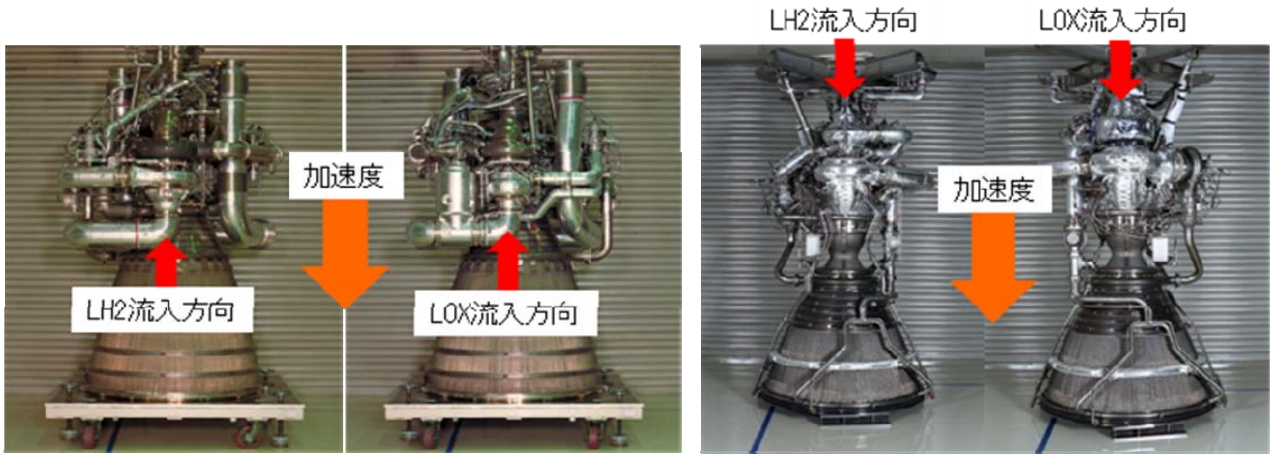


図 17　ＬＥ-７エンジン（左）およびＬＥ-７Ａエンジン（右）におけるターボポンプの設置方向と加速度方向の関係

・主な活動

液体ロケットの実際のフライトでは地上試験では予測し得ないキャビテーション現象が発生すると考えられる．その要因の一つがフライト中の加速度の影響である．実際のフライトでは最大５Ｇの加速度（無人飛行の場合）と，固体ブースター切り離し時の急激な加速度低下など，キャビテーションは非定常な加速度場にさらされるが，キャビテーション不安定現象の発生を抑制している実際のフライトでは，キャビテーション不安定現象に及ぼす加速度場の影響のデータを収集することは困難である．そこで本研究では，翼列流れの数値シミュレーションを通じ，加速度場がキャビテーション不安定現象に及ぼす影響についての解明を試みている．また，日本の液体ロケットにおけるターボポンプの設置方向は，配管取り回しの都合で，図２に示すように，ＬＥ-７エンジンでは進行方向をインデューサの下流側へ向けて，ＬＥ-７Ａエンジンでは上流側へ向けて設置しており，そこに発生するキャビテーションは，同じフライトシーケンスにおいても逆向きの加速度場にさらされることになる．本研究ではターボポンプのより安全な設置方向についても検討している．

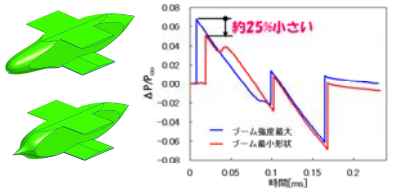
１０．研究テーマ：超音速複葉翼理論の研究

・担当者： 大林，浅井，中橋，山下(GCOE フェロー)

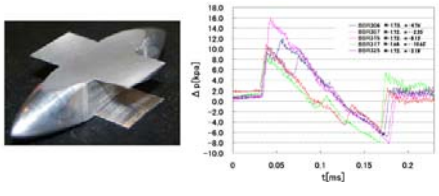
・主な活動資金：GCOE 研究費，科研費基盤(A)

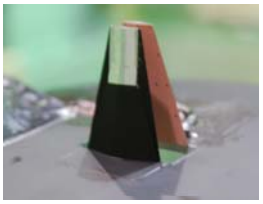
・主な成果をあわす図

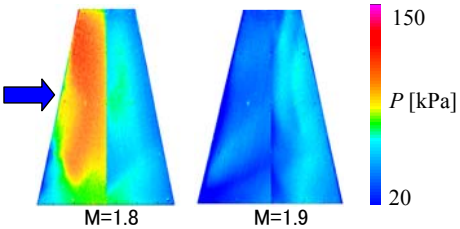

(a) 超音速旅客機想像図



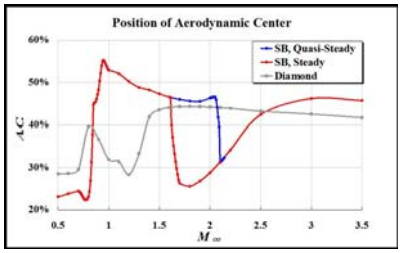
(b) 胴体先端部形状の違いによるブーム特性の変化


(c) 超音速自由飛行実験から計測された圧力波形





(d) テーパ型超音速複葉翼のPSP圧力計測実験



(e) 超音速複葉翼の空力中心位置変化

図 18　超音速複葉翼に関する計算・実験融合研究成果

・主な活動

次世代超音速機開発における克服すべき重要課題として，ソニックブーム騒音問題が挙げられる．本グループでは複葉翼によるブーム騒音問題の解決を目標に定め，図 18(a) に提案する超音速複葉機の機体成立性について計算と実験の両面から研究を進めている．今年度に行なわれた主な活動報告を示す．図 18 (b) は翼胴形態でのブーム低減化を検討するため，胴体先端部形状が異なる超音速自由飛行実験模型のブーム特性を数値計算により最適化した結果である．図 18 (c) はこれら翼胴形態に関して，名古屋大学所有のバリスティクレンジを用いた超音速自由飛行実験から計測された圧力波形を示している．モデルごとの計測波形を比較することで CFD の実証を行っている．図 18 (d) はテーパ型超音速複葉翼（テーパ比 0.4，アスペクト比 4）の始動・不始動を調べた実験結果を示しており，PSP を用いた翼表面圧力分布の可視化結果から，M_∞=1.9 で始動することが確認された．図 18 (e) は超音速複葉翼の空力中心位置変化を CFD 解析で明らかにした結果であり，亜音速域と超音速設計点で空力中心位置の移動が少ないといった複葉翼の利点を示した．以上得られた成果を踏まえ，超音速複葉翼実験機の具体的な機体設計を進めていく．

１１．ジョイントラボラトリー：国際連携研究による実用化設計探索手法の開発

・担当者： 大林，中橋，鄭，佐々木

・主な活動資金：GCOE 研究費

・主な活動

7 月に EU の研究グループ「機械学習ネットワーク PASCAL2」との共催で設計探査手法の高度化に関する国際ワークショップを開催した．その際，共同研究参加者らとデータマイニング手法を評価するためのベンチマークデータベースに関しての議論を行い，今後の整備方法について検討した．

6.2.6　GCOE 融合フロンティアプロジェクト

6.2.1 総括 でも触れたように、「流動ダイナミクス」は、環境・エネルギー・食糧・ライフサイエンス・医療・産業/経済活動の為の技術等、人間の生活に密接に関連する広範な分野で、「純粋基礎理論」から「先端技術としての応用」までを扱う「総合学術領域」である。「流動ダイナミクス」は、単に「学問的に基礎的物理現象を解明する」という立場にとどまることはなく、その広い応用範囲と実戦的突破力を活用して、人類が直面する様々な問題を解決し、文明の進化と高い福祉の実現のために、これまでの研究成果や知見を活用していくべき段階にある。

上記の観点から本 GCOE では、本年度に以下の 5 つの「**GCOE 融合フロンティアプロジェクト**」を組織して立ち上げ、「当 GCOE の事業推進担当者や研究協力者等が、この **GCOE 融合フロンティアプロジェクト**の下に参集して、各人の持つ知見や技術を持ち寄るのみならず、時として、自己の研究分野を越えて協力することにより、新しい分野を切り拓き、また、プロジェクトの目標成果を極大化することに向かって強力にとり進める」こととした。ここで、より大きくまた、より確実に成果を得る観点から、この融合プロジェクトには、広く国内外の企業、大学、研究機関等の研究者等へ、その参加を呼び掛けることを考えている。

「流動ダイナミクスと医療の融合」プロジェクト
メンバー：圓山重直　（リーダー）、小玉哲也、太田信、畠山望、白井敦、小宮敦樹

本プロジェクトでは、ハイパーサーミアなどの温熱療法に代表される癌治療法に関して、流動ダイナミクスと医療の融合を目指した取り組みを行う。流体科学・熱科学の観点から、癌細胞への血流量評価、癌細胞の転移メカニズムの解明や診断を行い、また凍結・温熱治療法を用いて、熱物性値の評価による癌治療・診断法の確立を目指す。
動物実験の実施は、医工学研究科の協力の下に行う。レーザーを用いた癌治療法を多角的な学術分野から評価する等、学際的な展開を図る。

「原子力発電プラントの流動誘起損傷のメカニズム解明と評価」プロジェクト
メンバー：高木敏行（リーダー）、内一哲哉（サブリーダー）、遊佐訓孝（サブリーダー）、
橋爪秀利、江原真司、石本淳、小原拓、三浦英生、伊賀由佳、渡辺豊

本プロジェクトでは、原子力発電プラントにおける高経年化対策に関して、流体科学の観点からの取り組みを行う。特に原子力配管等の経年化過程を流動ダイナミクス、さらには分子動力学、固液界面反応の概念を導入した流体科学によって解明し、経年予測技術の高精度化に資するとともに、非破壊検査技術と融合した総合的な安全基盤の確立を図る。
プロジェクトの実施にあたっては、電気事業者との情報交換を積極的に行う。また、リヨン-東北理工学国際研究所　（LIA ELyT Laboratory）　の活動を通して、原子力工学の国際教育の連携も視野に入れて行う。

「次世代環境適合型航空機の研究」プロジェクト

メンバー：大林茂（リーダー）、中橋和博、升谷五郎、福西祐、浅井圭介、澤田恵介、丸田薫、鄭信圭、竹島由里子

本プロジェクトでは、鉄道並みの利便性を持つ次世代環境適合型航空機を研究することを目指して、計測融合シミュレーションによるブレークスルー追求を行い、以下の 4 課題に挑戦する。

・低コスト開発技術：仮想環境で飛行実証を可能にする技術
・低騒音・低燃費技術：革新的空力形状による騒音・燃費の低減
・飛行安全技術：最先端の情報通信技術を利用して安全に飛行する技術
・超音速複葉翼理論：2 枚の翼で衝撃波を相殺する技術

「ナノ・マイクロプロセス」プロジェクト

メンバー：寒川誠二（リーダー）、石本淳、徳増崇、佐藤岳彦、米村茂、大竹浩人、三木寛之

本プロジェクトでは、広くナノ・ミクロ領域における　非平衡分子気体流、中性粒子ビーム、界面・表面での流動現象、分子・気体潤滑膜、プラズマ、あるいは、マイクロ・ナノスラッシュ噴霧等の流動の状態や現象を解明するとともに、これら用いて、「無欠陥ナノ構造の作製や先端 LSI デバイスの開発」「新型レジスト除去システムの開発」「燃料電池システムへの応用」「大気圧プラズマ流を利用した殺菌システムの開発」「摺動摩擦係数が極端に小さい非晶質炭素膜の作製」等をめざす。

「エネルギー・環境」プロジェクト

メンバー：中野政身（リーダー）、笹尾眞實子、水崎純一郎、西山秀哉、三浦隆利、宮本明、小原拓、伊藤高敏、大平勝秀、青木秀之、佐藤一永、湯上浩雄、伊賀由佳

本プロジェクトでは、特に、CO_2 削減などの環境問題への対応の観点から、既存エネルギーの有効活用・原子力エネルギー・新エネルギーの可能性について総合的な検討を行う。特に、原子力エネルギーや、新エネルギーとしての燃料電池、バイオマスエネルギーなどの製造、高効率利用、インフラ整備などに関わる問題に関して、プロジェクトメンバー間で討論を積み重ねることにより、将来のあるべき姿について提言するとともに、研究面での協力・連携を積極的に取り進めることにより、「エネルギー・環境」の最適化への寄与を目指す。

6.3　教育活動

6.3.1　国際的人材育成プログラム

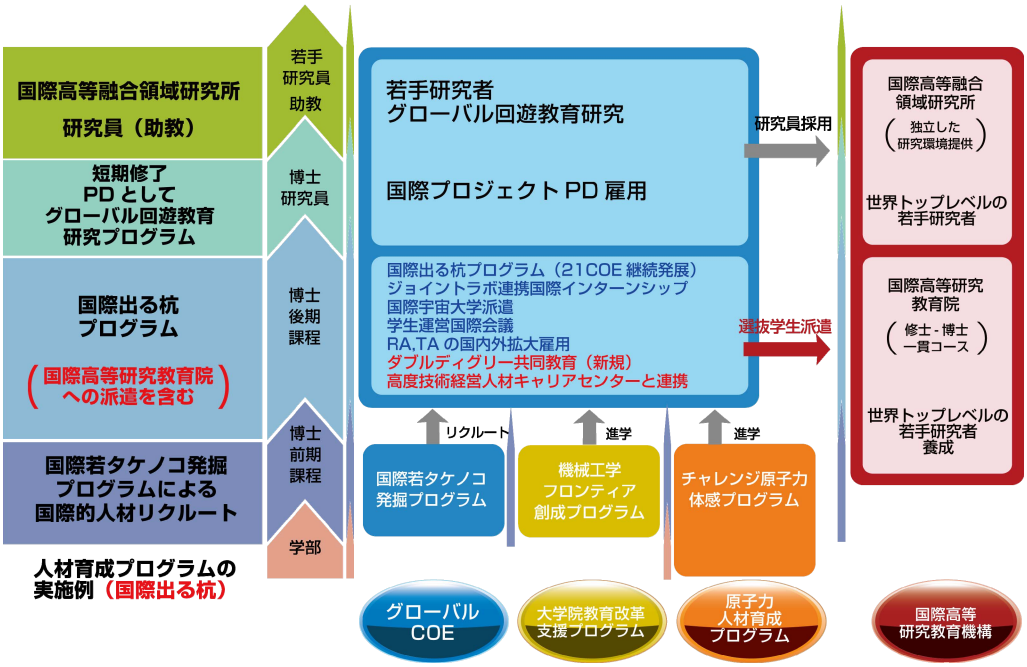
流動ダイナミクスを基軸とした異分野との融合、多国間研究融合、異文化融合の教育研究活動を通じて、下記の人材を育成する。



(1) 流動ダイナミクスと異分野との融合により、イノベーション科学技術フロンティアを創成できる独創的人材。

(2) 複数の国に開設する国際ジョイントラボでの研究、博士ダブルディグリープログラム、国際インターンシップにより世界を回遊し、多面的な価値観を身に付けた国際的な異文化融合人材。

(3) 世界標準を凌駕する学問的能力に加えて、複数の学術領域や多国籍の幅広い視点と人的ネットワークを涵養した、将来の流動ダイナミクス世界コミュニティの中核となる人材。



1)　国際若タケノコ発掘プログラム

国内外の優秀な博士課程後期学生を早期に大規模に獲得するためのインセンティブプログラムを創設した。本 GCOE の教育プログラムに対して、博士課程後期課程入学の 1 年以上前に入学後の権利を約束し、入学試験はその後各専攻で実施して、合格した学生に対して支援を行うものである。この対象者は東北大学の学生だけでなく、国内外の他大学からも募集する。特に、リエゾンオフィス等の拠点を通じての募集に加え、シンガポール、インド、ロシア、中国等の優秀な修士課程の学生に対して、担当教員が海外に出向き面接等の試験を実施する。フランス ECL、INSA-Lyon やモスクワ大学、インド IIT の学生を対象として修士学生に積極的に働きかける。本 GCOE 内に選考委員会を設けて、筆答試験を含めた厳正な選考を行う。採択者は 2.1.10　6)（P15）のとおりである。

2)　国際出る杭伸ばす教育プログラム

前 21 世紀 COE の出る杭伸ばす教育を発展させたもので、自立性を持った学生に対して、RA としての支援に加えて研究費を与えて、さらに能力を向上させることを目的としている。また、国際インターンシップに積極的に派遣させ、博士終了後 PD としてグローバル回遊教育研究に参加させる。採択者は 2.1.10　2）（P12）のとおりである。

3)　グローバル回遊教育プログラム

「グローバル回遊教育研究プログラム」は、ポスドク等の若手研究者を文化が異なる複数の国に滞在して、研究のみならず人の交流や文化の習得を目指し、異文化融合の機会を与えることにより、国際的に広い視点と心を持った若手研究者を養成することを目的とした本 GCOE 独自の制度である。特に、早期博士号取得を促し PD として 2 ヶ所以上の国際拠点等の研究機関に長期滞在するよう推奨し、PD 等の若手研究者にも適用することによって、プログラム終了後に国外の研究機関でも通用し、国際的にリーダーシップを取れる人材を育成することを期待し、本 GCOE フェローの冨田典子氏が採択された。

目的達成のため、スイスのチューリッヒ大学 CABMM （Center for Applied Biotechnology and Molecular Medicine）およびアメリカのシラキュース大学物理学科を選定した。

CABMM　Daniel A. Rüfenacht 教授は、ヨーロッパ内でも最も有名な私立病院の一つで Hirslanden 病院の神経放射線科の科長であり、また、Liviu Movileanu 教授の所属するシラキュース大学には、本 GCOE の拠点機関である流体科学研究所がリエゾンオフィスを構築しており、同大学の樋口 博教授が中心となって交流を行っている。

この 2 校は、医療の現場を理解し、医療に貢献できるような研究を行っており、医療と流体との融合や医療情報と流体との融合を通して、医療を支える工学(医工学)の国際的リーダーシップをとれる研究者を育成することが大いに期待されている。

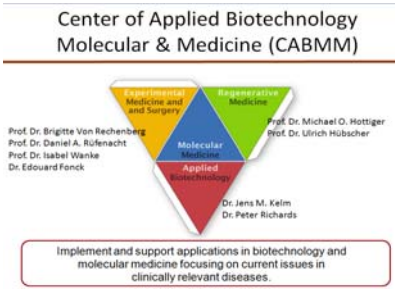
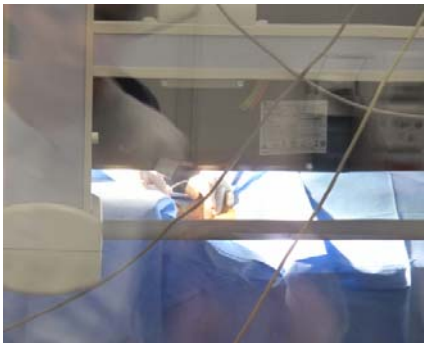


図 1　CABMM の概要



Hirslanden 病院での治療風景

スイス　平成 21 年 3 月及び 9 月に訪問した CABMM は、UZH（チューリッヒ大学）内に存在しているが、これまでの生物学や医学の枠を越えた組織として、獣医学部および医学部とともに設立された(図 1)。開発されたバイオテクノロジー技術をいち早く医療現場で実用化させようとする制度ができあがっている。

Hirslanden 病院は、ヨーロッパでは始めてのガンマナイフの導入を決めたことがあるなど、常に先進医療の中心的存在である。採択者は、近年欧米を中心として低侵襲医療として注目を浴びている脳動脈瘤の血管内治療のうち、頭蓋内ステントの挿入術など、我が国ではみることができない治療法を見せていただいた経験から、術前の練習や医療デバイスの開発基盤が非常に重要であることが理解でき大きな成果を得た。

Daniel A. Rüfenacht 教授とは、さらに 8 月の 6th International Intracranial Stent Meeting (仙台、GCOE 共催)時に来日し研究協議を行い、平成 22 年 2 月にも東京で打ち合わせするなど、積極的な交流を通じ最新の医療情報の交換を行っている。



Liviu Movileanu 教授との研究協議の様子

アメリカ　シラキュース大学の Liviu Movileanu 教授は、タンパク質の構造を積極的に活用した新しいデバイス開発に取り組んでいる構造生物学では非常に有名な先生の一人である。樋口博教授に Liviu Movileanu 教授を紹介していただき、本共同研究は始まった。

タンパク質を利用した全く新しい材料を開発し、血流を利用した医療デバイスの開発基盤の構築を目指している。本タンパク質は、採択者が長年その構造解析に取り組んできたものであり、Liviu Movileanu 教授とは、論文上での知り合いであった。これまで予備的議論として 2 度訪れ、本格的な実験研究は、平成 22 年 2 月 10 日から 3 月 25 日まで行われた。

本 GCOE の「グローバル回遊教育研究プログラム」によって、今まで接点があまりなかった医療現場と工学的技術が、研究のシーズとニーズといった形でネットワークを形成するに至ったといえる。これは、海外マルチネットワークを持つ本 GCOE の特徴が効果的に現れており、本プログラムは非常に興味深い発展ができたと考えられる。今後、採択者が、両者を有機的に結びつけつつ、新規でオリジナリティの高い研究を展開していくことが期待される。

4)　国際高等研究教育院との連携

東北大学で設置した国際高等研究教育院に、本 GCOE 枠を設定し、所属する学生の中で優秀な者を選抜した上で、国際高等研究教育院と同等の支援を行って、その正規学生として、グローバルな視点と学際融合領域の研究ができる複眼的・多角的視野を持ち創造的な人材を育成する。

5)　ジョイントラボ連携国際インターンシップ

国際ジョイントラボを推進している研究プロジェクトを中心として、博士課程学生を海外の共同研究先に派遣する。また、相手先の学生を受け入れて共同研究を推進する。グローバル・オペレーション・オフィスで強力に支援することで、研究者の負担を軽減する。

本プログラムとの関連性、研究計画、国際共同研究として適切かどうか、等につき審査を行い、派遣、受入ともにインターンシップ開始前後に 2 回インタビューを実施し、趣旨の理解、報告の方法等についてガイダンスを行っている。また、派遣学生には、派遣先から週報を送信させ、研究の進捗状況、生活面での安全の確認などにも配慮している。全学生にインターンシップ終了後、成果報告書と終了レポートの提出を義務づけている。レポートは本 GCOE のホームページに掲載している。

また、定期的に開催している全体会議（研究交流会）において滞在中の成果を報告することを義務付け、国際会議において派遣先での成果を報告、もしくは博士論文の一部として活用することを求めている。

○平成 21 年度派遣学生一覧

学生氏名	学年	派遣先	研究課題	期間	指導教員
木村　祐人	D3	Colorado State University	二成分バルク金属ガラス系における過冷却液体の	6月1日～8月15日	徳山道夫（WPI）

工学研究科ナノメカニクス専攻		アメリカ	分子動力学シミュレーションによる研究		
石田　崇 工学研究科航空宇宙工学専攻	D2	CTR. Stanford University アメリカ	高次精度Building-Cube法を用いた流体計算	10月17日～ 1月9日	中橋和博 （工学部）
岡島　淳之介 工学研究科機械システムデザイン工学専攻	D2	韓国科学技術院（KAIST） 韓国	A study of heat transfer mechanism of two-phase flow in microchannel	10月26日～ 12月19日	圓山重直 （流体研）
柳　昌昊 医工学研究科医工学専攻	D2	Yonsei University Medical College Severance Hospital, 韓国	Evaluations of the catheter-stent's mechanical performance characteristics such as pushability, trackability, crossability and so on.	2月15日～ 3月17日	太田信 （流体研）
解　社娟 工学研究科バイオロボティクス専攻	D1	INSA de Lyon フランス	構造材料のクリープ損傷のモニタリングに関する研究	2月25日～ 3月27日	高木敏行 （流体研）





○平成 21 年度受入学生一覧

学生氏名	大学名・国名	研究課題	期間	受入教員
Chopade, Ramchandra Prabhakar (Mr.)	インド工科大学グワハティ校 インド	Thermal analysis of three dimensional cubical electric heating furnace: determination of optimum strength, optimum numbers and optimum locations of heaters for three dimensional furnace enclosure to achieve the temperature uniformity over the design volume	4月22日～ 7月22日	圓山重直 （流体研）
Rho, Joo Hyun (Mr.)	ソウル国立大学 韓国	Vehicle aerodynamic shape optimization	5月11日～ 10月5日	鄭信圭 （流体研）

Berro, Hassan Habib (Mr.)	INSA de Lyon フランス	The Effect of Different Thermostating Techniques on Friction and Dissipation in Molecular Dynamics Simulations of Confined Lubricant Films	9月12日～ 11月7日	徳増崇 （流体研）
Cheng, Jun (Mr.)	南京航空航天大学 中国	Electromagnetic Nondestructive Evaluation of Damage caused by Flow Phenomena	7月20日～ 1月20日	高木敏行 （流体研）
Kim, Chae-hyoung (Mr.)	ソウル国立大学 韓国	A study of supersonic combustion and supersonic mixing using new mixers in supersonic combustor	7月21日～ 1月15日	升谷五郎 （工学部）
Lee, Chang-Joon (Mr.)	シドニー大学 オーストラリア	Design Optimization using Kriging Method	8月3日～ 8月23日	鄭信圭 （流体研）
Woodiga, Sudesh Abhimanyu, (Mr.)	Western Michigan University アメリカ	Global Skin Friction & Pressure Sensitive Paint Measurements in Complex Separated Flows	2月6日～ 3月20日	浅井圭介 （工学部）
Lari, Khosro (Mr.)	Shabid Bahonar University of Kerman イラン	Theoretical radiative methods for solving Radiative Transfer Equation in three dimensional enclosures with complex geometries in order to thermal analysis of combined radiative-conductive systems	3月1日～ 9月1日 （予定）	圓山重直 （流体研）







6)　国際宇宙大学派遣

世界 30 カ国から第一線の研究者が 100 人程参加する国際宇宙大学スペース・スタディーズ・プログラム（SSP）は独自の教育プログラムを有し、学生の国際的視野や学際性の修得、高いリーダーシップ性の育成を目的にしている本 GCOE の教育理念と合致している。東北大学では 1990 年より継続して学生を派遣し大きな成果を上げてきたこともあり、本 GCOE の目的達成に向けて、国際宇宙大学への学生派遣を行った。



平成 21 年度　1 名　派遣
氏　名：松原　慶典（航空宇宙工学専攻　D1）
期　間：平成 21 年 6 月 20 日～8 月 30 日
場　所：NASA Ames Research Center、アメリカ



7)　HOPE ミーティング派遣

「HOPE ミーティング」は日本学術振興会（JSPS）の主催で、今年度は、「主として化学およびその関連領域」に学ぶ、アジア地域 14 カ国から大学院生 104 名が参加して、9 月 28 日(月)~30 日(水)の 3 日間、合宿形式で箱根で開催された。国内外のノーベル賞受賞者等の講演、講演者と学生のグループディスカッション、グループプレゼンテーションやポスター発表等が行われた。各界の第一人者による講演や直接討論、また、各国大学院生との交流を通して参加者は大きな刺激を受け、今後の研究活動への意欲を新たにした。





この HOPE ミーティングは、当 GCOE の「大学院生が広い視野を持って学際分野を積極的に切り拓き、将来国際的に活躍するリーダーとなるよう教育する、」との方針に適うものであり、今後とも、機会を捉えて積極的に参加する予定である。

平成 21 年度　1 名　派遣
氏　名：　大沼　宏彰（応用化学専攻　D2）
期　間：　平成 21 年 9 月 28 日～9 月 30 日
場　所：　ザ・プリンス箱根

8)　学生企画/運営国際会議・シンポジウム

学生が企画・運営する国際会議を開催し、英語での発表討議能力を養成しながら研究組織運営とリーダーシップの訓練を行う。

○グローバル COE 航空宇宙流体科学サマースクール
平成 21 年 8 月 8 日～10 日　ヴィライナワシロ（福島県猪苗代町）

本グローバル COE プログラムが主催となり、JAXA および東北大、名古屋大、鳥取大教員・ 院生の研究交流を目的としたサマースクールが開催され、合計 31 名(うち外国人 2 カ国、2 名)の参加者が集まった。東北大のみならず、他の研究機関、大学から講師をお招きし、特別講演及び学生による発表とディスカッションを行った。



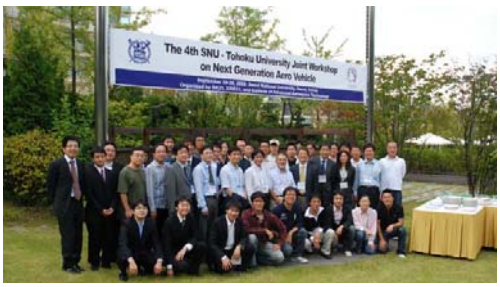
・松尾氏（JAXA 研究開発本部 数値解析グループ）「AMR による流体解析について」
・村上氏、溝渕氏（JAXA 研究開発本部 数値解析グループ）「音響研究への取り組みや数値解析による燃焼研究の進展について」
・飯島氏、中北氏（JAXA 研究開発本部 風洞技術開発センター）「超音速風洞の起動/停止荷重や JAXA における光学的空力計測技術について」
・小林氏（JAXA 航空プログラムグループ無人機・未来型航空機チーム）「JAXA における未来型航空機技術開発について」
・中村氏（JAXA 研究開発本部数値解析グループ）「JAXA での現在の研究状況紹介」
・相曽氏（JAXA 研究開発本部 数値解析グループ）「数値計算法に残された問題」
・佐宗先生（名古屋大学）「交通流に現れる衝撃波について」

最新の研究成果、技術をご説明いただいたので非常によい励みになった。また学生の発表では、多くの専門家による異なる視点からの鋭い質問やアドバイスがあり、学生達にとってとてもよい刺激になった。

○The 4th Tohoku University – Seoul National University Joint Workshop on Next Generation Aero Vehicle

平成 21 年 9 月 28 日～29 日　ソウル大学（韓国）

本GCOEと韓国ソウル大学BK21が共同主催する“4th Tohoku University - Seoul National University Joint Workshop on Next Generation Aero Vehicle”が、9月28日～29日の2日間、韓国ソウル大学で開催された。本ワークショップは2006年から始まって今年4回目を迎え、このワークショップを通じて東北大学流体科学研究所とソウル大学機械航空工学部ではたゆまぬ学術交流を行っている。



東北大学からは教員 5 人、学生 8 人、ソウル大学からは教員 4 人、学生 9 人が参加し、参加総数は 26 人（うち外国人 15 人、韓国・中国）となった。今年は飛行体の形状設計、自動車周りの流動分析、ジェットエンジンの燃焼解析、計算流体力学（CFD）の技法など多様な分野からの 17 編の論文が発表され、活発な論議を通じて参加者は各分野の研究動向を把握し検証することができた。ワークショップ後の野外でのバンケットでも、お互いの研究と興味のある分野に関する積極的な討論と交流が行われた。

○The Fifth International Students / Young Birds Seminar on Multi-scale Flow Dynamics

平成 21 年 11 月 4 日～6 日ホテルメトロポリタン仙台

本 GCOE の RA 学生がオーガナイザーを務め自主的に企画運営するという特徴を持つ本国際会議は、ICFD の中心的なセッションにまで成長した。今回は、博士課程の齋藤泰洋氏、武田洋樹氏の 2 名がオーガナイザーを務めた。新型インフルエンザ問題があったにも関わらず、日本、アメリカ、ロシア、オーストラリア、中国、台湾、スウェーデン、韓国、インド等 10 カ国から昨年よりも多い 76 件もの発表があり、朝早くから夕方まで 3 日間に渡り発

表が行われた。発表者は学生、院生、ポスドクなどの若手研究者に限定し、ショートオーラルプレゼンテーションとポスターセッションを組み合わせて行った。

昨年に引き続き、学内での事前の発表練習や研究内容の議論が研究室を越えて学生・若手研究者間で盛んに行われ、発表および内容が高いレベルで維持され、一流の国際会議にも引けをとらないレベルにまで成長した。

また、Students/Young Birds Friendship Night と称して、本国際会議に出席した全学生を対象とした Students/Young Birds Friendship Night を開催した。 GCOE プログラムで海外インターンシップ等を経験した先輩 3 名も参加して、当時およびその後の活動についてパワーポイントで紹介があり、大いに盛り上がった。運営経費については、昨年に引き続き学生自ら財団に申請し、その範囲内で運営された。これも 21 世紀 COE や GCOE プログラムによる国際的・先導的人材育成への効果の表れであると考えられる。



Students/Young Birds Friendship Night でのひとこま

昨年に引き続き、教員による審査に加えて、学生同士で審査を行い表彰する制度も継続した。これにより、学生同士の議論の中身が一段と深くなった。教員による審査で決定した優秀な研究発表者 2 名については、第 2 日目のバンケットにおいて表彰した。バンケット参加者全員の前で圓山代表から表彰状が授与され祝福されたことは、受賞者にとって大きな励みとなった。GCOE プログラムにおいて国際経験と広い視野を持った人材育成は重要な柱の一つである。本 GCOE 国際会議において、運営、発表、表彰、交流を通して、その一旦を担うことができた。

学生賞 8 名

【OUTSTANDING AWARD】教員審査

（バンケットにおいて表彰）

9-4 Mr. Mehdi Baneshi (Tohoku Univ., Japan)

9-9 Mr.Yasuhiro Saito (Tohoku Univ., Japan)



最優秀賞を受賞した Mehdi Baneshi 氏と齋藤泰洋氏

【PARTICIPANT AWARD】学生審査

9-10 Mr. Chung-Gang Li (National Chiao Tung Univ., Taiwan)

9-17 Mr. Kotaro Yasumura (Tohoku Univ., Japan)

9-15 Mr. Hiroki Takeda (Tohoku Univ., Japan)

9-52 Mr. Takahiro Miura (Niigata Univ., Japan)

9-58 Mr. Kamlesh Kumar Sahu (Tohoku Univ., Japan)

9-53 Mr. Masaki Okuyama (Tohoku Univ., Japan)

○The 10th Japan-Korea Students' Symposium – Fast Ion Transport in Solids and Through Interfaces – The Related Materials and Phenomena -

平成 21 年 11 月 4 日～6 日ホテルメトロポリタン仙台

日韓学生シンポジウムは、2000 年から東北大学の水崎研究室とソウル大学の Yoo 研究室で行われているもので、今回で 10 回目である。開催国は毎年交互に持ちまわりで、今年は ICFD の 1 セッションとして仙台で行われた。シンポジウムの運営をはじめ、プロシーディングの作成、開催するための資金獲得、そして旅行の手配に至るまで、全て学生が自主的に企画運営するという特徴を持つ。今回は、東北大学の丹羽栄貴氏、ソウル大学の H. S. Kwon 氏の 2 名がオーガナイザーを務めた。回数を重ねる毎に参加研究室と発表人数も増加し、日本側は 5 研究室 27 人、韓国側もソウル大学と韓国科学技術院 (KAIST)で 5 研究室 26 人、計 53 人の大規模開催となり、発表は口頭発表と議論で行った。参加者の増加に伴い、発表および質疑応答のレベルにばらつきが見られたところもあるが、質問に窮した学生がいた際には学生同士でフォローし、お互いに納得するまで深く議論する様子が見られた。これは、本シンポジウムの初期には見られなかった光景であり、学生が本シンポジウムを毎年経験することで、高い英語能力だけでなく、高い専門性、広い視野そして高い人間性を持った人材育成の一旦を担うことができた。





○2nd International Seminar of Frontier of Energy Flow Dynamics in Atomistic and Electronic Scales（FEFDAES-2）

平成 21 年 12 月 1 日東北大学青葉メモリアルホール



FEFDAES-2 は、近年盛んに研究されているディスプレイ、半導体、バイオロジーやトライボロジーにおける電子・原子スケールでのエネルギー流れに注目し、電子・原子スケールでのエネルギー流れの将来像について幅広く議論した。また、異分野交流も本セミナーの 1 つの目的であった。6 名の招待講演者を含む計 29 名が集結した (内 15 名が外国籍)。日本はもちろんのこと、参加者の国籍は幅広く、韓国、中国、フィリピン、アメリカ、フランス、スウェーデン、インド、バングラデシュと多岐に渡った。

FEFDAES-2 は全ての参加者にとって電子・原子スケールでのエネルギー流れの最前線を学び、また互いに異分野のトピックスについて議論、交流を深める絶好の機会となった。

9)　学生交流研究発表会

○第 2 回流動ダイナミクス国際若手研究発表会

平成 21 年 7 月 10 日東北大学流体科学研究所 COE 棟

本グローバル COE の RA 学生を対象とした研究発表会を開催した。学生が主体的に運営し、学生同士で発表に対するピアレビューを行い、表彰するという特徴を持っている。半期毎に自分の研究をまとめ、他の学生や教員から評価を受けることにより自分の研究を見つめ直し、今後の研究に生かすことを目的としている。また、ピアレビューを経験することで、異分野の研究内容を深く理解することにつながり複眼的な人材を育てることとなる。

学会に重なる忙しい時期であったにも関わらず、学会等の合間をぬって 10 件の発表があった。また、発表できなかった学生や修士の学生も数名程度参加し、本 GCOE の RA 学生の志の高さを伺わせた。午前中にショートオーラルプレゼンテーションとポスターセッションを行った。上位 3 名は午後に行われた RA、教員が参加する GCOE 全体会議で発表し、教員からのアドバイスを受けることができる。第 2 回目であったこともあり、ショートプレゼンテーションは研究背景から研究内容まで異分野の研究者にもわかりやすい発表が多く行われた。

ポスターセッションもセッション後に審査を行い、上位 3 名を掲示した。全員、緊張した面持ちで審査結果を待っており、結果掲示後は歓声とため息があちこちで聞かれた。今後も、年 1 回、学生のモティベーション向上に向けた取り組みとして継続し、本 GCOE の RA に関わらず機械系の協力分野からの学生参加も受け入れ、新しい研究交流と研究の芽を育てる予定である。

発表会プログラム

第 2 回流動ダイナミクス国際若手研究発表会

平成 21 年 7 月 10 日（金）

＜前半の部＞　ショートプレゼンテーションおよびポスター発表　　発表者計 10 名

No.	発表者	題　　目
P1	李　貞徹	超精密旋盤の運動誤差測定に関する研究
P2	Zahrul Fuadi	Necessary Condition for Avoiding Low-frequency Stick-slip on Automotive Brake System-construction of Creep Groan Map
P3	西尾　悠	三次元境界層の特徴を利用したはく離制御に関する研究
P5	古澤 卓	相変化を伴う超臨界流体の数値シミュレーション
P6	野呂 秀太	平板境界層の乱れに関する数値計算による研究
P7	齋藤 泰洋	VOF 法を用いた自由表面を含む非定常流体流動解析への取り組み
P8	Phan Anh Tuan	Fabrication of thin film metallic glass and its application for micropower generation
P9	井上 大輔	クローラ型ロボットのための分布触覚センサー
P10	Chu Manh Hoang	Air damping of vertical drive com in laser scanning micromirror investigated by theory and experiment
P11	渡邉秀貴	Analysis of Effective Reaction Zone and Initial Degradation of Ni-GDC Cermet Anode

※P4 はキャンセル





＜後半の部＞　優秀発表者上位３名　GCOE 全体会議発表

発表順番	発表者	題　　目
1	野呂 秀太	平板境界層の乱れに関する数値計算による研究
2	齋藤 泰洋	VOF 法を用いた自由表面を含む非定常流体流動解析への取り組み
3	井上 大輔	クローラ型ロボットのための分布触覚センサー



10）流動ダイナミクス知の融合　博士学生セミナー

博士課程大学院生が、専門とする学術分野のみでなく、産業・環境・社会・国際問題等に幅広く強い関心を持ち、複眼的視野を持って、積極的・着実かつ大胆に、自らの将来を切り拓いて行く事を支援する目的で、「博士合宿セミナー」を春、秋2回開催した。本企画は、学生が提案し、若手研究者が支援して実現されたものである。

同セミナーでは毎回、近郊の温泉旅館に一泊の合宿形式で、本学教員、産業人、企業の経営者・現役管理職、経営や国際問題の専門家等を講師として招き、講演と質疑応答を行う。更に、学生が自分の所属する研究室の概要、自分の研究内容の紹介及び、参加者全員による質疑応答を行う。博士課程の大学院生が、幅広い知識と経験を持つ有識者・先輩と胸襟を開いて語り合いかつ議論する、こうしたいわば「ワークショップ」を持つことにより、「視野を大きくし、落ち着いて、着実に、かつ積極的に」思考して、自らの将来を拓いて行く事を期待している。今年度は下記の日程で2回行った。

○春季流動ダイナミクス知の融合　博士学生セミナー

平成 21 年 6 月 12 日～13 日　松島



当 GCOE の圓山重直拠点リーダーより、「流動層熱交換器の開発を例とした研究の進め方」の講演があった。

また、和田直人特任教授より、「自分はこれまで何をして来て、これから何をしようとしているのか？」の講演があり、それぞれ、これまでの研究活動、企業における活動と経験、後輩に対するサジェスチョン等を率直に語った。学生にとっては、初めて見聞する分野の事柄も多く、興味深いと同時に、将来を考える上で、大変参考となるものとなった。

さらに、参加した博士課程大学院生全員から、自分自身と所属研究室の研究内容や運営状況の報告を行い、全員で質疑応答を行った。

今回の「博士学生セミナー」には、12研究室から15名の博士課程大学院生が参加した。

○秋季流動ダイナミクス知の融合　博士学生セミナー

平成 21 年 12 月 11 日～12 日　青根



三菱電機株式会社　三神泉技師長（紫綬褒章受章者、1978 年東北大学工学部卒）を招き、「すばる望遠鏡に活きる日本の独創的な技術」の講演をいただいた。ハワイ島マウナケア山頂に世界最大級の反射望遠鏡を建設するまでの、興味尽きないお話を伺った。また、当 GCOE の事業推進担当者でもある東北大学流体科学研究所太田信准教授による、「研究における戦略とリーダーシップ」の講演があり、独り立ちした若い研究者が自分の研究を進めて行く際に、戦略を定め、リーダーシップを発揮して行くことの重要性について、伺った。

また、本年9月にフランス・リヨンにおいて開催した「東北大学－リヨンサマースクール」と、アメリカシリコンバレーで開催された「国際宇宙大学スペース・スタディーズ・プログラム」に参加した大学院生より、夫々報告があった。

三菱電機三神技師長、日本経団連産業技術本部　相部礼子氏を加えて、10研究室から13名の博士課程大学院生が参加した。

11）東北大学―リヨンサマースクール

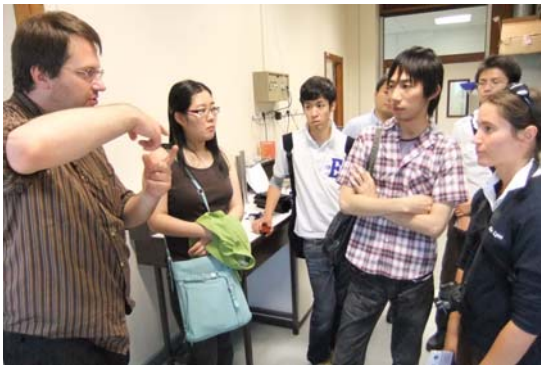
平成 21 年 9 月 1 日～11 日　フランス

本グローバル COE は、初の試みとして、本年 9 月にフランスの 2 大学 ECL と INSA-Lyon、並びにフランス国立科学研究センター（CNRS）と共同で、「東北大学－リヨンサマースクール」をフランス・リヨンにおいて開催した。このサマースクール開校の目的は、「若い人材に国際的な教育・訓練の機会を提供し、また彼らが自らこのサマースクールを通じて、国際交流活動に積極的に参加して体験することにより、将来、研究・教育・産業・社会といった夫々の分野で、国際的に活躍する中核的な指導者となるよう、育成すること」とした。東北大学から 20 名の大学院生と 10 名の教員・職員が参加し、現地フランス側からは、それらに倍する教員と学生の参加があった。



このサマースクールでの使用言語は完全に英語であり、期間中学生達は、INSA-Lyon, ECL および東北大学の教授からの学術講義、フランス語・フランス文化・フランスの高等教育制度の紹介、国際共同施設 CERN（欧州原子核研究機構）や WIPO（世界知的所有権機関）の訪問・見学、現地日本企業である 東レ Plastics Europe 社 の訪問等の他に、学生自身及び所属研究室の研究内容を紹介し、質疑応答を参加者全員と共に行うなど、極めて濃密でハードなスケジュールをこなした。また、現地フランスの大学、研究所、リヨン市等の関係者、学生等との交流も活発に行った。

この 2 週間の経験が今後の学生達の成長にどのように生かされるか、非常に楽しみである。





12)　ダブルディグリー共同教育

ダブルディグリー共同教育に積極的に参加し、ダブルディグリー取得の支援を行う。

13)　高度イノベーション博士人材育成センターとの連携

センターの高度技術経営塾の聴講を強力に推奨することによって、国際感覚と経営感覚を兼ね備えた高度人材育成を推進し、博士課程後期終了後に、民間企業等でも活躍できる人材を育成する。本年度は、高度イノベーション博士人材育成センターから講師を招いて流体科学研究所で 2 回のセミナーを開催した。また、本高度技術経営塾に参加した学生にインセンティブを付与するなどの支援を準備している。

1 回目 / 平成 21 年 12 月 24 日 10：00-12：00
2 回名 / 平成 22 年　1 月 27 日 17：00-19：00
講　師：高度イノベーション博士人材育成センター
　　高度技術経営塾　塾長
　　特任教授　渡辺　幸男氏
演　題：「社会で活躍できる若手研究者育成への取り組み」
　　－高度技術経営塾の考え方と実際―

14)　若手研究者国際会議派遣　平成 21 年度 16 名（平成 22 年 1 月現在）

若手研究者が自らの研究成果を海外で開催される国際会議において発表し、海外の多くの研究者と意見を交換し学ぶ機会を与え、将来、国際プロジェクトマネージャーとして活躍する人材育成を目的とする。

平成 21 年度若手研究者国際会議派遣リスト

派遣者名	職名 学年	学会名	学会開催地	開催期間
松下　洋介	助教	The 4th European Combustion Meeting	ウィーン, ｵｰｽﾄﾘｱ	4/14-4/17
柳　昌昊	D2	Fourth Asian Pacific Conference on Biomechanics	ｸﾘｽﾄﾁｬｰﾁ ﾆｭｰｼﾞｰﾗﾝﾄﾞ	4/14-4/17
丹羽　栄貴	D3	17th International Society for Solid State Ionics (SSI-17)	トロント, カナダ	6/28-7/3
大見　敏仁	D3	12th International Conference on Fracture	オタワ, カナダ	7/12-7/17

佐藤　一永	助教	17th International Conference on Composite Materials(ICCM-17)	ｴﾃﾞｨﾝﾊﾞﾗ イギリス	7/27-7/31
伊賀　由佳	助教	ASME 2009 Fluids Engineering Division Summer Meeting (FEDSM2009)	コロラド, アメリカ	8/2-8/6
落合　直哉	D2	7th International Symposium on Cavitation, CAV2009	ミシガン, アメリカ	8/17-8/22
河　宗秀	D1	The 7th IASME/WSEAS International Conference on FLUID MECHANICS and AERODYNAMICS	モスクワ, ロシア	8/20-8/22
寺田　弥生	助教	Workshop WPI-INPG-Europe	ｸﾞﾙﾉｰﾌﾞﾙ, フランス	8/25-8/28
		6th　International Discussion Meeting on Relaxations in Complex Systems	ローマ, イタリア	8/30-9/5
木村　祐人	D2	Workshop WPI-INPG-Europe	ｸﾞﾙﾉｰﾌﾞﾙ, フランス	8/25-8/28
		6th　International Discussion Meeting on Relaxations in Complex Systems	ローマ, イタリア	8/30-9/5
保江　かな子	D3	4th Symposium on Integrating CFD and Experiments in Aerodynamics	ﾌﾞﾘｭｯｾﾙ, ベルギー	9/14-9/16
辻田　哲平	助教	The 14th International Symposium on Applied Electromagnetics and Mechanics (ISEM 2009)	西安, 中国	9/20-9/24
三木 寛之	講師	The 14th International Symposium on Applied Electromagnetics and Mechanics (ISEM 2009)	西安, 中国	9/20-9/24
沼田　大樹	助教	The 60th Meeting of the Aeroballistic Range Association	ﾒﾘｰﾗﾝﾄﾞ州 アメリカ	9/20-9/25
山下　博	PD	48th AIAA Aerospace Sciences Meeting Including the New Horizons Forum and Aerospace Exposition	ｵｰﾗﾝﾄﾞ, アメリカ	1/4-1/7
豊田　篤	D3	48th AIAA Aerospace Sciences Meeting Including the New Horizons Forum and Aerospace Exposition	ｵｰﾗﾝﾄﾞ, アメリカ	1/4-1/7

15)　流体科学分野横断セミナー

若手教員・博士課程学生が集まって、時間の制約等に捕われず自由なムードで分野を横断した議論と情報交換を行い、流体科学/流動ダイナミクスに関する幅広い知識と考え方を養うため、流体科学分野横断セミナーを企画開催した。



第 47 回/平成 21 年 12 月 8 日
発表者：石塚　勝教授　(東北大学流体科学研究所・客員教授)
題　目：電子機器の熱設計に熱流体（CFD)解析を応用するための、
　　実験データと CFD 解析との融合化

第 48 回/平成 22 年 2 月 3 日
発表者：辻田　哲平助教（流体科学研究所・助教）
題　目：「衝撃力を活用した作業実現のためのヒューマノイドロボット動作生成手法」
“A Humanoid Robot Motion Generation Method to Perform Tasks Utilizing Impact Dynamics”



第 49 回/平成 22 年 3 月 10 日
発表者：石塚　勝教授(東北大学流体科学研究所・客員教授)
題　目：**「**電子機器の冷却に関する技術開発と研究の現状**」**



第 50 回/平成 22 年 3 月 17 日
発表者：中野　わかな助教（流体科学研究所・助教）
題　目：「重力崩壊型超新星における定在降着衝撃波不安定性の三次元数値解析」
“Three-Dimensional Numerical Analysis of Standing Accretion Shock Instability for Core-Collapse Supernovae”



16)　客員教授による実践教育
　流体科学研究所の客員教授ポストを本 GCOE 事業推進に充て、若手研究者、学生の実践的研究・教育指導を行う。平成 21 年度は、国内 4 名、外国人 3 名の客員教授から教育を受けた。

平成 21 年度
国内客員教授

鈴木　俊一（東京電力(株)技術開発本部技術開発研究所材料技術センター所長）
平成 21 年 4 月 1 日～平成 21 年 9 月 30 日

溝渕　泰寛（(独）宇宙航空研究開発機構研究開発本部数値解析グループ主幹研究員）
平成 21 年 4 月 1 日～平成 21 年 9 月 30 日

成瀬　一郎（名古屋大学大学院工学研究科機械理工学専攻　教授）
平成 21 年 9 月 1 日～平成 22 年 2 月 28 日
石塚　　勝（富山県立大学工学部　教授）
平成 21 年 10 月 1 日～平成 22 年 3 月 31 日

外国人客員教授

羅　雲（上海交通大学機械動力工程学院　教授）
平成 21 年 7 月 20 日～平成 21 年 8 月 19 日
Vladimir Leonidovich Saveliev
（カザフスタン共和国科学アカデミー電離層研究所　Leading Researcher）
平成 21 年 10 月 1 日～平成 22 年 3 月 31 日

李　和平（清華大学工学物理学部　准教授）
平成 21 年 11 月 29 日～平成 21 年 12 月 28 日

7. 国際連携活動プログラム

7.1 国際連携拠点の活用

国際共同教育、国際共同研究を通じて若手研究者の教育を行い、国際的地位のさらなる向上を目指して国際連携活動を進めている。現在、モスクワ大学(ロシア)、ニューサウスウェールズ大学(オーストラリア)、シラキュース大学(アメリカ)、韓国科学技術院 (KAIST)(韓国)、INSA-Lyon(フランス)、王立工科大学 (KTH)（スウェーデン）には、相手国(大学)側にリエゾンオフィスが存在し、それぞれの機関が管理運営を行っている。これらのスペースは国際ワークショップ開催のための会議などに利用され、国際交流拠点としての役割を担っている。

GCOEプログラムでは、この拠点を活かしたネットワークに、各事業推進担当者が持つ様々な国際ネットワークを結びつけるマルチステージネットワークの構築を目指している。具体的には、各研究者は、積極的に多層の国際ネットワークを結びつけることで、多国間国際交流を実現している。

一方で、前21世紀COEプログラムから継承している「流動ダイナミクスに関する国際会議」において、リエゾンオフィスの特別セッションを開催し、世界各国のリエゾンオフィス代表者を招いて、世界ネットワークの実質的な枠組みの構築や、運用について議論している。

その成果として、本年度は日仏間のサマースクール(2009年9月1日～12日)の実施と報告、来年度のサマースクールのリエゾンオフィスへの拡大などが話しあわれた。

また、流体科学研究所にリエゾンオフィス設置機関の研究内容を相互に交換できるデータベースを構築し、実質的な国際共同研究支援を行った。さらに、この取り組みは国際ジョイントラボラトリー活動も含む組織的な共同研究ネットワークに発展している。具体例として、フランスCNRSの援助をうけた、INSA-LyonやECLと東北大学によるジョイントラボラトリー(ELyTラボラトリー)の採択やJSPSのCore to coreプログラムの採択があげられる。また、流体科学研究所とフランス、イタリア、ギリシャ、アメリカ、オーストラリア、カナダ、イギリス、韓国、インドの間にジョイントラボラトリー（FLOWJOY）を設立し、3件の国際共同研究プロジェクトを推進している。このように、本年度は国際連携として本GCOE を中心としたハブの強化が行われた。

7.1.1 リエゾンオフィスセッションの概要及び今後の方針

2009 年 11 月 5 日（木）17 : 00—19 : 00 まで行われたリエゾンオフィスセッションでは、リエゾンオフィス代表者が集まり、それぞれの大学とその活動を紹介し、2010 年度のサマースクールを東北大学・仙台で開催する可能性について話し合った。東北大学と INSA-Lyon/ECL が 2009 年 9 月にフランス・リヨンで開催した「東北大学－リヨンサマースクール」を紹介するとともに、現在、東北大学側とリヨン側が共同で、2010 年度仙台でのサマースクールの開催を検討中である旨を紹介。このサマースクールに対して、各リエゾンオフィスが学生を派遣して参加する可能性について、今後、具体的に検討して行くこととなった。

7.2 日仏ジョイントエリートラボの支援

ELyT LabはEngineering and Science Lyon Tohoku Laboratoryの略で、東北大学と国立中央理工科学校リヨン校(ECL)および国立応用科学院リヨン校(INSA-Lyon)との共同研究・共同教育がフランスのCNRSのLIA事業である。5 分野 24 のグループから構成され、活動を行っている。本機関からは 6 グループが参加し，高木教授はリサーチコーディネータとして参加している。6 グループの内訳は以下のとおりである。

B1 (T)	Bio Tribology of Catheters ***BioCath***	Vincent Fridici, Makoto Ohta
R1	Non Destructive Evaluation & Mitigation ***NDE & Mitigation***	Joël Courbon, Tetsuya Uchimoto
F1	Heat and Mass Transfer Properties of Biological Surface Morphologies ***BioHeatMassTransf***	Benoit Pier, Atsushi Shirai
F2	Radiative Properties of Complex Materials for Design and Control of Engineering Systems ***RadiativMat***	Rodolphe Vaillon, Shigenao Maruyama
T2 (F)	Nano-Scale Modeling of Tribological Interfaces ***NaSMoTI***	Philippe Vergne, Takashi Tokumasu
T4	Tribologically-based Design Strategies for Advanced Carbon Coatings ***CarbonCoat***	Julien Fontaine, Hiroyuki Miki

2009 年 9 月 1 日よりサマースクールをフランスで実施した。その報告は既に述べた通りである。2009 年 9 月にはCNRSにELytラボの中間報告を行った。その報告書から抜粋すると、各研究者は、研究者(スタッフ)レベルの交流の短、中期的(1 カ月)滞在のみならず、両国における学生の 2 カ月滞在、技術職員の派遣なども積極的に行なわれた。さらに、国際会議における共同発表など研究成果の共同周知のみならず、修論発表の副査に入るなど、国際共同研究、国際共同教育が積極的に行われた。2010 年 3 月 14 日からはAnnual Workshopをフランスで行った。

以上のように、本活動は極めて広範囲に、かつ多種に渡っており、本GCOEプロジェクトにおいても様々なプロジェクトで本活動を支援し、その成果は本GCOEの目標である国際共同研究、国際共同教育の実現に大きく役立っていると言える。

7.3　多国間共同研究の支援

世界に誇る先導的研究設備をコアに、海外の相互リエゾンオフィスを活用した国際共同研究を重点的に展開することにより、流体科学における世界レベルでの戦略的研究を推進し、世界の流体科学における学術研究の進展に寄与する。またグローバルな視点から流体科学に関する国際交流と人材育成を積極的に展開し、流体科学研究所における国際研究拠点を確立することを目的として、リエゾンオフィスを通した公募による国際共同研究プロジェクトを進めている。

本 GCOE では、リエゾンオフィスを通じた共同研究・教育を中心的な方策としてあげてある相互リエゾンオフィスを管理運営する立場からプロジェクトを支援している。

平成 21 年度　特別教育研究経費－世界拠点形成事業－申請一覧
流体科学研究所　国際共同研究プロジェクト
リエゾンオフィスを通じた多国間共同研究プロジェクト

整理番号	新規継続	研　究　課　題	事業計画期間	申請者	学内共同研究者		相手側研究機関
1	新規	凝固を伴う溶融マイクロ液滴の衝突過程に関する基礎実験解析	H21.6.1～ H21.7.31	高奈秀匡	西山秀哉	流体研	インド科学大学
2	新規	複雑環境系におけるタンパク質物質輸送現象モデル化	H21.7.1～ H22.3.31	小宮敦樹	圓山重直	流体研	シドニー大学
3	継続3	バイオマスガス化用水安定化アーク最適化シミュレーション	H21.9.10～ H21.12.9	西山秀哉	高奈秀匡	流体研	チェコ科学アカデミープラズマ物理研究所
4	継続2	原子力構造材料の先進的非破壊評価に関する研究	H20.7.1～ H22.6.30	内一哲哉	高木敏行 渡辺豊 小川和洋 山本敏弘	流体研 工学研究科 工学研究科 流体研	フランス国立応用科学院リヨン校他
5	隔年継続	実験・理論協調によるマイクロ燃焼の応用に関する日米韓露印五ヶ国国際共同研究	H17.8.1～ H18.3.31 H19.7.10～ H20.3.31 H20.6.25～ H21.3.31 H21.7.1～ H22.3.31	丸田薫	小林秀昭 中村寿	流体研 流体研	Princeton大学　他
6	継続3	流動ダイナミクス国際融合ジョイントラボラトリー	H19.9.1～ H20.3.31 H20.7.1～ H21.3.31 H21.4.1～ H22.3.31	早瀬敏幸	高木敏行 圓山重直 小林秀昭 大林茂 丸田薫 伊藤高敏 太田信 山越隆男	流体研 流体研 流体研 流体研 流体研 流体研 流体研 流体研	ECL（フランス）他
7	継続2	生体流動コンソーシアムの形成	H20.7.1～ H22.3.31	太田信	冨田典子 中山敏男	流体研 医工学研究科	ジュネーブ大学（スイス）他
8	継続2	次世代多機能コーティング技術及び機能性表面の設計法の研究開発	H20.7.1～ H22.3.31	三木寛之	高木敏行 足立幸志 大塚誠 竹野貴法	流体研 工学研究科 多元研 国際高等融合領域研究所	ECL（フランス）他
9	継続2	2成分磁性コロイド一層膜における結晶相図についてのH. Löwen教授グループとの共同研究	H20.7.1～ H22.3.31	寺田弥生	徳山道夫	流体研	ハイネリッヒ・ハイネ大学（ドイツ）

7.4　流動ダイナミクス国際融合ジョイントラボラトリー（FLOWJOY）

平成 19 年度、流動ダイナミクス国際融合ジョイントラボラトリー（FLOWJOY）が流体科学研究所に設置された。その目的は、流体科学に関する国際拠点研究機関として、流動ダイナミクスに関する融合的な世界的人材育成のため、海外リエゾンオフィス等を通じたマルチネットワークによる国際共同研究・国際教育プログラムを推進することである。委員会は、早瀬敏幸所長を委員長とし、高木敏行教授、大林茂教授、内一哲哉准教授、太田信准教授の計 5 名で構成されている。FLOWJOY の事務は、流体科学研究所国際交流推進室で行い、本 GCOE では必要なサポートを行っている。

なお、流体科学研究所の支援でジョイントラボラトリー棟が建設中（2010 年 3 月竣工予定、予算約 6400 万円）であり、国際共同研究の一層の進展が期待される。

平成 21 年度は、以下の 3 件のプロジェクトが採択された。

プロジェクト名：国際連携研究による実用化設計探索手法の開発
Development of Design Exploration Method for Real-World Design Problem by International Collaborations

	氏　　名	所　　属	職　　名
研究組織	大林　茂　（PL） 中橋　和博 鄭　信圭 佐々木　大輔	流体科学研究所 工学研究科 流体科学研究所 工学研究科	教授 教授 准教授 助教
	C. Poloni V. Pediroda K. Giannakoglou A. Meade K. Srinivas D. Zingg K. Knowles E. Naylor J. Han K. Lee D. Hardoon	University of Trieste University of Trieste National Technical Univ. of Athens Rice University University of Sydney University of Toronto Cranfield University Cambridge University KAIST Pusan National University University College London	教授 助教授 教授 教授 教授 教授 教授 研究員 副教授 助教授 研究員
プロジェクト研究の概要	輸送は経済の基本であると同時に、地球温暖化の主要因になっている。これらの問題点を解決するためには、輸送機関の最適設計による効率改善が不可欠である。このジョイントラボは、多目的最適探査、データマイニング、データ融合および融合計算技術の国際連携研究を推進し、輸送機器、ターボ機械および航空宇宙を主な適用分野として効率改善を図り、経済成長・地球温暖化問題の解決を図る。さらに、開発された技術の適用分野としては、医療応用などその他の流体分野も視野に入れる。 研究実施計画（研究目的を達成するための研究計画・方法等） 1. 最適化ツールのGUI 化 昨年度に続いて最適化ツールのGUI 機能化を実施し、プロジェクト組織内のツール共有化を行う 2. データマイニング データマイニング手法を評価するためのベンチマークデータベースの作成を行う。 3. 3 次元プリンタを利用した設計の信頼性向上		

	3 次元プリンタから作製される模型で実験を行い、そのデータをCFDデータと融合を行うことで設計の信頼性向上を図る。 4.国際ワークショップの開催 機械学習アルゴリズムを中心にした国際ワークショップを開催してデータマイニング手法に関する議論を行い，設計探査手法の高度化に役立てる。
プロジェクト経費	研究費の概算額（物件費、旅費、その他） ①物件費 事業推進担当者外部資金、運営交付金,GCOE 補助金を充てる 3 次元プリンタの補修料 3 次元プリンタの消耗品代 ②その他 必要に応じて措置する。負担区分はその都度協議する。 ③国際学会開催経費 国際ワークショップの開催経費として GCOE 国際シンポジウム等開催経費申請済みである．（予算案は別途提出予定）
使用する主な研究設備	・スーパーコンピュータ ・3 次元プリンタ ・大規模データ処理装置兼グラフィックスサーバ
研究期間	平成 21 年 1 月 4 日～平成 22 年 3 月 31 日

プロジェクト名：Measurement of Radiative Properties in Micro-Nano Structure

	氏　　名	所　　属	職　　名
研究組織	圓山 重直 小宮 敦樹 櫻井 篤	東北大学流体科学研究所 東北大学流体科学研究所 新潟大学工学部	教授 講師 助教
	Vaillon Rodolphe Masud Behnia Mishra Subhash Chandra	INSA de Lyon The University of Sydney Indian Institute of Technology	研究員 教授 教授
プロジェクト研究の概要	表面にマイクロ・ナノ構造およびナノ粒子群を有した機能性反射板のふく射特性を解明する。ナノ粒子群の数密度や粒径分布をパラメータとした数値解析を行い、可視から近赤外における波長領域での反射特性を選択的に制御する構造を検討する。反射板の特性は数値解析で評価し、あわせて実験的にもデータを取得する。そのために可視光から近赤外領域の分光光度が計測可能な光度計を使用する。		
プロジェクト経費	研究費の概算額（物件費、旅費、その他） 物件費：GCOE 補助金を充てる。 旅　費：GCOE 補助金・派遣旅費等を充てる。 その他：必要に応じて措置する。		
使用する主な研究設備	フーリエ変換赤外分光光度計（流体研） 紫外・可視分光光度計（流体研）		
研究期間	H21.4.1－H22.3.31		

プロジェクト名：接触境界面におけるナノメカノ流動ダイナミクス
Functionality **DE**sign of the **CO**ntact dynamics: **DECO** Laboratory)

	氏　　名	所　　属	職　　名
研究組織	高木 敏行 内一 哲哉 三木 寛之 竹野 貴法 足立 幸志 Zahrul Fuadi	東北大学流体科学研究所 東北大学流体科学研究所 東北大学流体科学研究所 東北大学国際高等研究機構国際高等融合領域研究所 東北大学工学研究科 東北大学「流動ダイナミクス知の融合教育研究世界拠点」	教授 准教授 講師 助教 准教授 博士研究員
	Julien Fontaine Sandrin Bec Michel Belin Boyko Stoimenov	国立中央理工科学校リヨン校 国立中央理工科学校リヨン校 国立中央理工科学校リヨン校 国立中央理工科学校リヨン校	准研究員 主任研究員 研究技師 博士研究員
プロジェクト研究の概要	信頼性と耐久性に優れた機械システムは省資源と省エネルギーに大きく寄与する。このような高い機能性を有する機械システムの設計には従来の「形と材料の設計」に加え「接触面の設計」のコンセプトが必要である。「接触面の設計」とは、低摩擦・低摩耗といった機構部としての要求に加え、導電性やセンシングなどの付加機能あるいは接触境界面そのものをセンシングする新しいモニタリング手法を開発することを意味している。これらの研究分野に研究グループ全体で取り組んでいるが、幾つかの研究経費によりある部分については研究を開始し、今年度より開始することが決定しているものもある。既に研究を実施している経費として、CoreToCore プロジェクトでは生体材料とトライボロジー、科研費基盤 B（研究代表者：高木）では導電性硬質材料の評価、今年度開始事業として材料開発手法（特にナノ金属を含有する硬質炭素膜）の共同研究を企業と実施する。 本プロジェクトでは接触面におけるナノ・ミクロレベルの流動ダイナミクスを起源にもつ現象を人間の知覚可能なマクロスケールの事象へと展開し、新しい機械システムを提案する試みである。今年度はトライボロジーと導電性、摩擦と音等について基盤となる研究領域に着手するため、本経費による助成を希望している。		
プロジェクト経費	研究費の概算額（物件費、旅費、その他） 物件費： （金属ターゲット，試料研磨消耗品，電子顕微鏡消耗品） 旅費： （仙台-Lyon）7 日間×5 回 （共同研究実施） （仙台-東京）2 日間×10 回（情報収集,成果発表） その他： （論文投稿料，英文校正費用）		
使用する主な研究設備	薄膜強度評価装置、微小領域X 線回折装置、原子間力顕微鏡、超音波顕微鏡、段差・表面粗さ・微細形状測定機（流体研） 導電性同時評価摩擦摩耗試験機、導電性原子間力顕微鏡、超高真空摩擦摩耗分析装置、分析透過電子顕微鏡（Ecole Centrale de Lyon） Ball-on-Disk 型摩擦試験機、真空用Ball-on-Disk 型摩擦試験機、摩擦音測定装置（東北大工学部）		

研究期間	H21.4.3－H22.3.31

7.5　リエゾンオフィスを通じた主な国際交流実績

○ニューサウスウェールズ大学・シドニー大学との交流実績

・2009 年 4 月 19 日から 4 月 23 日まで、GCOE 和田直人特任教授がシドニー大学を訪れダブルディグリーに関する打合せを行った。

・2009 年 6 月 4 日から 6 月 9 日まで、流体研圓山重直教授、小宮敦樹講師がオーストラリア近海海洋構造および海洋流れ数値シミュレーションに関する情報収集を行うためにシドニー大学を訪問した。

・ 2009 年 7 月 26 日から 7 月 28 日まで、流体研太田信准教授が Steven W Armfield (aerospace, mechanical and mechatronic engineering 研究科長)教授、Masud Behnia 教授、及び Karkenahalli Srinivas 教授と、ダブルディグリー、マッチングファウンド、Core to core、ステントの最適化及び ICS09 での講演依頼と内容の打ち合わせのためシドニー大学を訪問した。

・2009 年 8 月 1 日から 8 月 23 日まで、GCOE 国際インターンシップ受入学生として、シドニー大学の Chang-Joon Lee 氏が流体研に滞在した。

・2009 年 8 月 3 日から 8 月 10 日まで、シドニー大学の Karkenahalli Srinivas 教授が流体研を訪れ、GCOE 国際学会「International Intracranial Stent Meeting 2009」にて招待講演及び研究討論を行った。

・2009 年 9 月 7 日から 9 月 11 日まで、流体研小宮敦樹講師がシドニー大学、ニューサウスウェールズ大学を訪問し、移動境界問題を取り扱う数値計算についての共同研究、およびサブミリ領域における物質移動現象の高精度可視化についての共同研究を行った。

・2009 年 11 月 4 日から 11 月 6 日までホテルメトロポリタン仙台で開催された「第 6 回流動ダイナミクスに関する国際会議（The 6th International Conference on Flow Dynamics)」にシドニー大学 Masud Behnia 教授、Luthfi 氏、ニューサウスウェールズ大学 Gary Rosengarten 教授、Cameron Stanley 氏が出席した。リエゾンオフィスセッション、学生セッションにおいて講演、ディスカッション、発表を行った。

・ 2010 年 2 月 5 日から 2 月 8 日まで、流体研太田信准教授が Masud Behnica 教授、Karkenahalli Srinivas 教授、およびシドニー大学の学生と共同シンポ、シドニー大学における共同講義、共同研究の話し合いをオークランドにて行った。

○モスクワ国立大学との交流実績

・2009 年 5 月 16 日から 5 月 23 日まで、流体研の高木敏行教授がモスクワ国立大学を訪問し、学術交流協定等に付き打合せを行った。

・2009 年 8 月 18 日から 8 月 24 日まで、流体研大林研究室の河宗秀氏（D2）がモスクワ国立大学を訪問し、Fluid Mechanics and Aerodynamics 2009 にて研究発表及び情報収集を行った。

・2009 年 11 月 4 日に、モスクワ国立大学 Alexander Vasiliev 教授と東北大学の木島明博副学長が、ロシア交流推進室の発足に向けた打合せを行った。

・2009 年 11 月 4 日から 11 月 6 日まで、メトロポリタン仙台にて開催された「第 6 回流動ダイナミクスに関する国際会議（The 6th International Conference on Flow Dynamics)」に、Alexander Vasiliev 教授、Irina Maslova 氏が出席し、リエゾンオフィスミーティングにて講演、ディスカッション及び、学生セッションにて発表を行った。また、モスクワ国立大学リエゾンオフィスを拠点とし交流のある、National University of Science and Technology（ロシア）主任研究員でロシア科学アカデミーメンバーの Khovailo Vladimir 博士が出席し、Alumni Session にて講演し、同博士課程後期学生 Ekaterina Avilova 氏も学生セッションにて発表を行った。

・2010 年 1 月 27 日から 2 月 9 日まで、モスクワ国立大学リエゾンオフィスを拠点とし交流のある、National University of Science and Technology 主任研究の Khovailo Vladimir 博士、 博士課程後期学生 Ekaterina Avilova 氏（2 月 1 日から 2 月 9 日まで）が流体研を訪問し、「次世代多機能コーティング技術及び機能性表面の設計法」に関する共同研究を実施した。

○スウェーデン王立工科大学（KTH）との交流実績

・2009 年 4 月 21 日から 5 月 22 日まで、流体研早瀬研究室の今川健太郎氏（D3）とシラキュース大学樋口博教授がスウェーデン王立工科大学において、Fredrik Lundell 准教授とともに高分子乱流ジェットに関する共同研究を実施した。

・2009 年 11 月 2 日に、スウェーデン王立工科大学 Fredrik Lundell 准教授、Gabriele Bellani 氏、Outi Tammisola 氏が流体研を訪問し、流体研の早瀬敏幸教授の研究グループ、およびシラキュース大学の樋口博教授と高分子乱流ジェットに関する共同研究の打合せを実施した。

・2009 年 11 月 4 日から 11 月 6 日にホテルメトロポリタン仙台にて開催された「第 6 回流動ダイナミクスに関する国際会議（The 6th International Conference on Flow Dynamics)」に、スウェーデン王立工科大学の Fredrik Lundell 准教授が出席しリエゾンオフィスミーティングにて講演・ディスカッションを行った。また、Gabriele Bellani 氏が Organized Session” Advanced Control of Smart Fluids and Fluid Flows” に、Outi Tammisola 氏が学生セッションに参加し、発表を行った。

○シラキュース大学との交流実績

・2009 年 4 月 21 日から 5 月 22 日まで、流体研早瀬研究室の今川健太郎氏（D3）とシラキュース大学樋口博教授がスウェーデン王立工科大学において、Fredrik Lundell 准教授とともに高分子乱流ジェットに関する共同研究を実施した。

・2009 年 7 月 5 日から 7 月 8 日まで流体研の太田 信准教授引率のもと、太田研究室松本薫氏（M2）がシラキュース大学を訪問。セミナーにて研究の紹介、研究の成果発表及び血球膜に孔を形成するタンパク質に関する情報収集を行った。

・2009 年 9 月 23 日から 9 月 28 日まで流体研の船本健一助教引率のもと、早瀬研究室M１小泉遼氏、加藤宇海氏、浦沼晴香氏がシラキュース大学を訪問。セミナーにて研究の紹介、研究の成果発表及び流体計測方法の情報収集を行った。

・2009 年 11 月 2 日に、シラキュース大学の樋口博教授が流体研を訪問し、流体研の早瀬敏幸教授の研究グループ、およびスウェーデン王立工科大学 Fredrik Lundell 准教授の研究グループと高分子乱流ジェットに関する共同研究の打合せを実施した。

・2009 年 11 月 4 日から 11 月 6 日まで、ホテルメトロポリタン仙台にて開催された「第 6 回流動ダイナミクスに関する国際会議（The 6th International Conference on Flow Dynamics)」へシラキュース大学の樋口博教授が出席し、リエゾンオフィスセッションにて講演・ディスカッションを行った。また、学生の Chien M Nguyen 氏も出席し、学生セッションにて研究発表を行った。

・2009 年 11 月 9 日から 11 月 13 日まで流体研の太田 信准教授引率のもと、太田研究室 COE フェロー冨田典子氏、信太宗也氏（M2）がシラキュース大学を訪問。セミナーにて研究の紹介、研究の成果発表、血球膜に孔を形成するタンパク質の情報収集、流体計測方法の情報収集、サマースクールに関する情報収集および予算申請のディスカッションを行った。

・2010 年 2 月 10 日から 3 月 25 日まで、太田研究室 COE フェロー冨田典子氏が回遊プログラムの一環としてシラキュース大学を訪問。血球膜に孔を形成するタンパク質について、Liviu Movileanu 助教とともに共同研究を行った。

○韓国科学技術院（KAIST）との交流実績

・2009 年 10 月 26 日から 12 月 19 日まで流体研圓山研究室 岡島淳之介氏 (D2) が、GCOE インターンシップ学生として KAIST へ滞在し研究を行った。

・2009 年 11 月 4 日から 6 日にホテルメトロポリタン仙台にて開催された「第 6 回流動ダイナミクスに関する国際会議 The 6th International Conference on Flow Dynamics)」に、KAIST の Hyung jin Sung 教授が出席し、リエゾンオフィスミーティングにて講演・ディスカッションを行った。また、学生の Soo-Jai Shin 氏が学生セッションにて発表を行った。

・2009 年 12 月 15 日に、KAIST 工学部長 Seung-O Park 教授が流体科学研究所を訪問し、研究室を見学すると共に研究交流についてディスカッションを行った。

○フランス国立応用科学院（INSA-Lyon）とフランス中央理工科学校リヨン校（ECL）の交流実績

・2009 年 5 月 14 日から 6 月 11 日まで、流体研の三木寛之講師が客員教授として ECL に滞在し、硬質炭素膜の生体応用に関する共同研究を行った。

・2009 年 6 月 3 日に、リヨン大学学長とともに INSA-Lyon の Marie-Pierre Favre 教授、Jean-Yves Cavaille 教授、ECL の Philippe Kapsa 教授が流体研を訪問。

・2009 年 6 月 22 日から 7 月 24 日まで、流体研の三木寛之講師が客員教授として ECL に滞在し、硬質炭素膜の生体応用に関する共同研究を行った。

・2009 年 9 月 1 日から 9 月 13 日まで、INSA－Lyon にて東北大学―リヨンサマースクールを開校した。このサマースクールは当 GCOE を含む 3 つの東北大学 GCOE（流動ダイナミクス、脳科学、材料インテグレーション）、JSPS 先端研究拠点事業および、東北大学工学フロンティア創成プログラムの、合計 5 つのプログラムとフランス側、INSA-Lyon、ECL 及び ELyT Lab による共催である。東北大学からは、GCOE 和田直人特任教授、流体研圓山重直教授、高木敏行教授等 11 名の教職員と 20 名の大学院生（博士課程後期 12 名、前期 8 名）が参加した。

・2009 年 9 月 2 日から 9 月 17 日まで、ECL の Boyko L. Stoimenov 博士が流体研を訪問し、接触境界面におけるナノメカノ流動ダイナミクスに関する共同研究を行った。

・2009 年 9 月 9 日から 9 月 12 日まで、流体研の高木敏行教授、9 月 11 日から 9 月 14 日まで、流体研の内一哲哉准教授が、2009 年 9 月 10 日から 9 月 14 日まで、工学研究科の渡辺豊教授が、INSA－Lyon に滞在し、INSA-Lyon との流動誘起損傷のメカニズム・評価に関係する共同研究について打合せるとともに、ELyT セミナーに出席し今後の連携について検討した。

・2009 年 9 月 12 日から 11 月 8 日まで INSA－Lyon の Hassan Habib Berro 氏が GCOE インターンシップ学生として流体研に滞在した。

・2009 年 9 月 15 日から 9 月 16 日まで、ECL の Julien Fontaine 博士が流体研を訪問し、接触境界面におけるナノメカノ流動ダイナミクスに関する研究打合せを行った。

・2009 年 9 月 21 日から 11 月 22 日まで、流体研太田研研究室の間々田圭祐氏（M2）が PVA の摩擦試験および論文の共同執筆のため ECL に滞在した。

・ 2009 年 10 月 3 日から 10 月 31 日まで、国際高等研究教育機構の竹野貴法助教が客員教授として ECL に滞在した。

・ 2009 年 10 月 12 日から 10 月 18 日まで、流体研太田研究室の橋田葉子技術職員が摩擦試験装置の構造とその使用方法などを学ぶため ECL に滞在した。

・ 2009 年 10 月 12 日から 10 月 29 日まで、流体研太田研究室の小助川博之氏（D2）が血管バイオモデルに関する共同実験のため ECL に滞在した。

・2009 年 11 月 2 日から 11 月 7 日まで INSA-Lyon の Phillipe Vergne 教授がナノ液中の潤滑現象に関する研究打ち合わせの為、流体研に滞在した。

・2009 年 11 月 3 日から 11 月 12 日まで、ECL の Boyko L. Stoimenov 博士が流体研を訪問し、次世代多機能コーティング技術及び機能性表面の設計法に関する共同研究を行った。

・2009 年 11 月 4 日から 6 日までメトロポリタン仙台にて開催された「第 6 回流動ダイナミクスに関する国際会議（The 6th International Conference on Flow Dynamics）」へ、INSA－Lyon の Joel Courbon 教授、ECL の Julien Fontaine 博士、Boyko Stoimenov 博士が出席し、講演、ディスカッションを行った。

・2009 年 11 月 5 日から 11 月 10 日まで、ECL の Julien Fontaine 博士が流体研を訪問し、流体研公募研究課題として採択された「Tribological Behavior and Electrical Contact Resistance of Metal-Containing DLC Coating for Electrically Conductive Tribo-elements」に関する共同研究を行った。

・2009 年 12 月 8 日から 12 月 14 日まで、ECL の Philippe Kapsa 教授が流体研を訪問し来年度東北大学キャンパスにて来年度に開催予定のサマースクールについての打ち合わせを行った。また、12 月 11 日には流体研太田研究室 間々田圭祐氏（M2）の修論審査を行った。

・2010 年 2 月 18 日から 2 月 24 日まで、ECL の Vincent Fridrici 助教が流体研を訪問し、理化学研究所の高嶋一登博士、東京大学の葭仲潔講師、および太田研とで、血管内治療における血管との摩擦挙動に関して共同研究の話し合いを行った。

・2010 年 2 月 20 日から 2 月 28 日まで、流体研の三木寛之講師が、ECL へ滞在し接触境界面におけるナノメカノ流動ダイナミクスに関する共同研究を行った。

・2010 年 2 月 25 日から 3 月 27 日まで、流体研高木研究室 解社娟氏（D1）が、GCOE インターンシップ学生として INSA de Lyon へ滞在し研究を行った。

・ 2010 年 2 月 28 日から 3 月 25 日まで、流体研太田研究室の小助川博之氏（D2）が血管バイオモデルとステント材料との摩擦挙動に関する共同実験のため ECL に滞在した。

・2010 年 3 月 14 日から 16 日まで開催された「2010 年 ELyT ワークショップ（2010 Next annual ELyT Lab. workshop）」に工学研究科の渡辺豊教授、阿部博志助教、流体研の高木敏行教授、内一哲哉准教授、解社娟氏（D1）が出席し、講演を行うとともに、GCOE 融合フロンティアプロジェクト「原子力発電プラントの流動誘起損傷のメカニズム解明と評価」に関する今後の連携について打合せを INSA-Lyon 関係者と行った。

・2010 年 3 月 14 日から 16 日まで開催された「2010 年 ELyT ワークショップ（2010 Next annual ELyT Lab. workshop）」に、流体研の三木寛之講師、佐藤武志技術室長が出席し、

ELyT プロジェクト「Tribologically-based Design Strategies for Advanced Carbon Coatings」に関する共同研究の成果を発表するとともに、GCOE 融合フロンティアプロジェクト「接触境界面におけるナノメカノ流動ダイナミクス」に関する、ディスカッションを ECL 関係者と行った。

・2010 年 3 月 14 日から 16 日まで開催された「2010 年 ELyT ワークショップ（2010 Next annual ELyT Lab. workshop）」に、流体研の太田信准教授、黒木完樹技術職員、橋田葉子技術職員、中嶋智樹技術職員、小助川博之氏（D2）、小澤桂氏（M1）が出席し、ELyT プロジェクト「カテーテルの摩擦挙動」に関する共同研究の成果を発表するとともに、GCOE 融合フロンティアプロジェクト「接触境界面におけるナノメカノ流動ダイナミクス」に関する、ディスカッションを ECL 関係者と行った。

・2010 年 3 月 14 日から 16 日まで開催された「2010 年 ELyT ワークショップ（2010 Next annual ELyT Lab. workshop）」に、流体研の白井敦准教授が出席し、現在行っている血流に関する研究内容の発表を行うと共に、共同研究に関する打合せを行った。

・2010 年 3 月 14 日から 16 日まで開催された「2010 年 ELyT ワークショップ（2010 Next annual ELyT Lab. workshop）」に、流体研の小宮敦樹講師、Mehdi Baneshi 氏（D3）が出席し、「マイクロ/ナノ粒子を用いたふく射能動制御機能性膜生成」に関する共同研究の成果を発表するとともに、GCOE 融合フロンティアプロジェクト「流動ダイナミクスと医療の融合」に関するディスカッションを INSA-Lyon 関係者と行った。

・2010 年 3 月 14 日から 16 日まで開催された「2010 年 ELyT ワークショップ（2010 Next annual ELyT Lab. workshop）」に、徳増崇准教授が出席し、INSA との共同研究「Nano-scale Modeling of Confined Liquid Films and Bridges(仮題)」を発表し、上記内容について、INSA-Lyon の Philippe Vergne 先生と研究打合せを行った。

・2009 年 3 月 23 日から 3 月 26 日まで、ECL の Michel Belin 主任研究技師が流体研を訪問し、次世代多機能コーティング技術及び機能性表面の設計法の研究開発に関する共同研究を行った。

8. 事業推進担当者の取り組みと実績



氏名　圓山　重直

所属　流体科学研究所・教授（工学博士）

専門　伝熱工学

研究課題

マイクロ・メガスケール熱流動現象の解明

E-mail: maruyama@ifs.tohoku.ac.jp

TEL: 022(217)5243

平成 21 年度における本グローバル COE プログラムに対する取り組み

事業推進担当者の研究分野では、熱流動に関するマイクロスケールからメガスケールの現象の解明とその応用について取り組んできた。生体細胞におけるマイクロスケールでの高精度伝熱制御可能なクライオプローブの開発および温熱治療器の製作・検討を行ってきている。またマイクロ・ナノ構造におけるふく射輸送方程式を解き、波長選択性を有した機能性膜の開発も行っている。海洋緑化計画（ラピュタ計画）では、メガスケールの流動現象の解明のためにマリアナ海域及び沖ノ鳥島での海洋実験を模擬した大規模数値シミュレーション等を、種々の乱流モデルを用いて行い、深層水汲み上げメカニズムの解明を行っている。

平成 21 年度の活動（シンポジウム・国際会議の主催を含む）

＜国際会議＞

名　　称：6th International Conference on Flow Dynamics
主催団体：グローバル COE プログラム「流動ダイナミクスと知の融合教育研究世界拠点」
開 催 国：日　本
開催期間：2009.11.4 ～ 2009.11.6
役　　割：議長

平成 21 年度の研究業績

【研究内容】

1.LAPUTA 計画（海洋緑化計画）

海洋深層水を海面付近に湧昇させるメガスケール海洋実験を模擬した数値計算を行った。種々の乱流モデルを用いた計算を行い、栄養分が豊富に含まれる深層水は表層海流により十分に表層展開・散布され、海洋牧場の実現が大いに期待できることが分かった。また、パイプ形状の検討を行い、波浪潮流によるパイプ抵抗の測定実験を行った。これにより、実際の海域でのパイプ傾きに関する定量的な評価を行った。

2. 熱電素子を用いた伝熱制御と医療機器への展開

ペルチェ素子を用いることで精密温度制御を実現し、医療機器への展開を図っている。冷却／温熱治療機器を開発し、臨床試験を通して機器の性能評価を行うとともに、種々の手術（施術）に対してどのような温度特性を有する機器が適当であるかの検討を行っている。また、高精度温度制御によるクライオプローブ、および生体深部の局所脳冷却器の実用化に向けた温度制御の実験的研究も行っている。

3. 複雑形状システムの複合伝熱解析

数値解析を用いて液相中の気泡群／大気中の液滴群を通過するふく射伝播を計算し、ふく射伝熱制御の解析を行っている。粒子群による散乱を紫外域から近赤外域の広範囲で計算することにより、伝熱制御の他に景観の制御（色彩制御）についても評価している。また、ふく射伝熱および対流伝熱を考慮した計算コードの開発を行い、炉などの高温場での伝熱形態を評価している。

4. 波長選択性を有した機能性膜の開発

ふく射エネルギー伝播の観点から、可視領域の太陽光反射を低減し、かつ近赤外領域の反射を増加させる機能を有する機能性膜の開発を行っている。数値解析により膜に混入するナノ粒子群の最適粒径分布・粒子密度を求め、また膜厚の評価をしている。併せて、機能性膜を独自に製作し、そのふく射特性を計測することで実験的に評価を行っている。

【学位論文指導（主査）】

博士論文

1. 機械システムデザイン工学専攻　バネシ　メディ
   「ナノ・マイクロ粒子を用いたふく射伝熱に関する研究」
2. 機械システムデザイン工学専攻　武田　洋樹
   「生体組織の冷却制御とその応用に関する研究」

修士論文

1. 機械システムデザイン工学専攻　長山　岳史
   「微小粒子散布による地球温暖化の制御に関する基礎的研究」
2. 機械システムデザイン工学専攻　小笠原　直也
   「温熱療法における生体内ふく射伝熱に関する研究」

【学位論文指導（副査）】

修士論文

1. ナノメカニクス専攻　タン　チアユアン
   「ポリマー液体内の熱・運動量輸送機構」

【査読論文（査読付き国際会議論文集を含む）】

○平成 21 年（1 月～12 月）

1. N. Williamson, A. Komiya, S. Maruyama, M. Behnia and S. W. Armfield
   Nutrient Transport from an Artificial Upwelling of Deep Sea Water
   Journal of Oceanography, Vol.65, No.3, pp.349-359, (2009)
2. M. Baneshi, S. Maruyama, H. Nakai, A. Komiya
   A new approach to optimizing pigmented coatings considering both thermal and aesthetic effects
   Journal of Quantitative Spectroscopy & Radiative Transfer, Vol. 110, Issue 3, pp.192-204, (2009)
3. M. Baneshi, S. Maruyama and A. Komiya
   The Effects of Using Some Common White Pigments on Thermal and Aesthetic Performances of Pigmented Coatings
   Journal of Thermal Science and Technology, Vol.4 No.1, pp.131-145, (2009)
4. M. Baneshi, S. Maruyama and A. Komiya
   Infrared Radiative Properties of Thin Polyethylene Coating Pigmented with Titanium Dioxide Particles
   ASME Journal of Heat Transfer, (2009)
5. A. Safavinejad, S.H. Mansouri, A. Sakurai and S. Maruyama
   Optimal number and location of heaters in 2-D radiant enclosures composed of specular and diffuse surfaces using micro-genetic algorithm
   Applied Thermal Engineering, Vol.29, issue5-6, pp.1075-1085,(2009)
6. S. Maruyama
   Scale Effect in Heat and Fluid Flow and Nano-and Micro-Machines
   Journal of Thermal Science and Technology, Vol.4, No.1, pp.109-121,(2009)
7. S. Takayama, T. Seki, M. Watanabe, S. Takashima, N. Sugita, S. Konno, T. Takeda, H. Arai, T. Yambe, N. Yaegashi, M. Yoshizawa, S. Maruyama, and S. Nitta
   Changes of Blood Flow Volume in the Superior Mesenteric Artery and Brachial Artery with Abdominal Thermal Stimulation
   eCAM Advance Access published, pp.1-10, (2009)

8. 山田昇・徳原真弥・円山重直
ふく射性ガスの吸収および放射を考慮した路面から人体スケール物体へのふく射伝熱解析
空気調和・衛生工学会論文集，No.150，9-17 頁. (2009)
9. N. Yamada, Y. Hasegawa and S. Maruyama
Effect of Gas Radiation on Radiative Heat Transfer in Urban Street Canyon Model
Heat Transfer-Asian Research, vol.38, pp.464-474, (2009)
10. 円山重直・高島茂・小宮敦樹・関隆志・山家智之
高精度温度制御加熱装置による温熱治療とその評価
日本機械学会論文集(B 編)，第 75 巻，第 758 号，167-171 頁. (2009)
11. S. Maruyama, M.Chisaki, A. Komiya and R. Shirakashi
A Proposal of Low CO2 Emission Power Generation System Utilizing Oceanic Methane Hydrate
Proceedings of the International Conference on Power Engineering-09 (ICOPE-09), pp.2-343~2-348
12. R. Ibuki, S. Maruyama, A. Komiya and T. Yambe
Design of Plate-type Actuator using SMA Wire for Assistant Artificial Heart Muscle
Journal of Intelligent Material Systems and Structures, Vol.19, pp.359-365. (2009)
13. H. Takeda, S. Maruyama, J. Okajima, S. Aiba and A. Komiya
Development and estimation of a novel cryoprobe utilizing the Peltier effect for precise and safe cryosurgery
Cryobiology, Vol. 59-3, pp. 275-284. (2009)
14. H. Takeda , S. Maruyama, T. Yambe, N. Nakasato and A. Komiya
Brain Mapping Method Utilizing Rapid Cooling Probe
International Journal of Transport Phenomena, Vol.11, pp.147-163, (2009)
15. J. Okajima, S. Maruyama, H. Takeda and A. Komiya
Dimensionless solutions and general characteristics of bioheat transfer during thermal therapy
Journal of Thermal Biology Vol.34, pp.377-384, (2009)
16. J. Okajima, S. Maruyama and A. Komiya
Boiling Heat Transfer in Small Channel for Development of Ultrafine Cryoprobe
7th World Conference on Experimental Heat Transfer, Fluid Mechanics and Thermodynamics (ExHFT-7), pp.229-236, (2009)
17. H. Takeda, J. Okajima, S. Aiba, A. Komiya, S.C. Mishra and S. Maruyama
Precise and Rapid Cooling of Skin Tissue for Cryosurgery Utilizing Peltier Effect in Extremely Low Temperture, 7th World Conference on Experimental Heat Transfer Fluid Mechanics and Thermodynamics (ExHFT-7), pp.215-222, (2009)
18. A. Komiya, J. F. Torres, J. Okajima and S. Maruyama
Experimental Trial to Determine Mass Diffusion Coefficients in Multi-component System
The Proceedings of the 7th Pacific Symposium on Flow Visualization and Image Processing (PSFVIP-7 2009), CD-ROM 066, (2009)

【学術雑誌・専門書等（査読あり）】

○平成 21 年（1 月～12 月）

1. Journal of Oceanography
2. Journal of Quantitative Spectroscopy & Radiative Transfer
3. Journal of Thermal Science and Technology
4. ASME Journal of Heat Transfer
5. Applied Thermal Engineering
6. eCAM Advance Access published
7. 空気調和・衛生工学会論文集
8. Heat Transfer-Asian Research
9. 日本機械学会論文集(B編)
10. Proceedings of the International Conference on Power Engineering-09
11. International Journal of Transport Phenomena

12. Journal of Thermal Biology

【本人の国際会議・学会・学術雑誌への発表（査読なし）】

○平成 21 年（1 月～12 月）

1. 小宮敦樹・J.F. Torres・円山重直・岡島淳之介
   多成分系拡散場の高精度計測と宇宙環境の利用
   日本航空宇宙学会北部支部 2009 年講演会ならびに第 10 回再使用型宇宙推進系シンポジウム講演論文集，仙台，309-312 頁．(2009)
2. 小笠原直也・円山重直・小宮敦樹
   温度制御された黒体炉とふく射伝熱解析による放射温度計の高精度計測
   日本機械学会東北支部第 44 期総会・講演会，講演論文集 No.2009-1，22-23 頁．(2009)
3. 矢吹崇・知崎正純・小宮敦樹・円山重直
   海洋深層水汲み上げのための係留パイプ系の設計－流線型パイプの導入
   日本機械学会東北支部第 44 期総会・講演会，講演論文集 No.2009-1，228-229 頁．(2009)
4. 江目宏樹・圓山重直・M. Baneshi・小宮敦樹
   波長選択性を有したナノ粒子群機能膜のふく射 特性に関する研究
   日本伝熱学会東北支部第 48 期春季講演会・第 9 回日本伝熱学会学生発表会講演論文集，15-16 頁．(2009)
5. J. F. Torres・小宮敦樹、円山重直
   位相シフト干渉計を用いた三成分系非定常拡散場の計測と逆問題による物質拡散係数の導出
   日本伝熱学会東北支部第 48 期春季講演会・第 9 回日本伝熱学会学生発表会講演論文集，17-18 頁．(2009)
6. A. Komiya, J.F. Torres, J. Okajima and S. Maruyama
   Measurement of Mass Diffusion Coefficient of Multi-Component System in Aqueous Media by Phase Shifting Interferometer
   5th International Conference on Diffusion in Solids and Liquids: Mass Transfer, Heat Transfer, Microstructure and Properties, Nanodiffusion and Nanostructured Materials, DSL 2009, (2009)
7. M. Baneshi, S. Maruyama and A. Komiya
   Comparison of Spectral Radiative Properties of Different Titanium Dioxide Powders in Absorbing Host Medium
   46th National Heat Transfer Symposium of Japan 2009, Vol.1, pp.79-80, (2009)
8. 武田洋樹・相場節也・小宮敦樹・円山重直
   生体組織を用いたペルチェクライオプローブによる高精度凍結手術の研究
   第 46 回日本伝熱シンポジウム講演論文集，Vol.1，247-248 頁, (2009)
9. 櫻井篤・新田勇・円山重直・小笠原直也・岡島淳之介・松原幸治
   レーザー治療のための生体光伝播・熱伝導連成シミュレーション
   第 46 回日本伝熱シンポジウム講演論文集，Vol.3，727-728 頁, (2009)
10. 岡島淳之介・円山重直・小宮敦樹
    極細クライオプローブ開発のための沸騰伝熱基礎実験
    第 46 回日本伝熱シンポジウム講演論文集，Vol.2，347-348 頁, (2009)
11. 高桑賢二・櫻井篤・松原幸治・円山重直
    ふく射を伴う浮力乱流の直接シミュレーション
    第 46 回日本伝熱シンポジウム講演論文集，Vol.1，327-328 頁, (2009)
12. 大嶋健太郎・酒井清吾・円山重直
    擬縮媒体境界面を含んだ閉空間におけるふく射-対流複合伝熱数値解析
    第 46 回日本伝熱シンポジウム講演論文集，Vol.2，515-516 頁, (2009)
13. 円山重直・長山岳史・小宮敦樹
    ナノ粒子散布による地球冷却の可能性
    日本機械学会熱工学コンファレンス 2009，講演論文集 No.09-33，245-246 頁, (2009)
14. A. Sakurai, K. Takakuwa, K. Matsubara and S. Maruyama
    The Effects of Radiative Heat Transfer in a Turbulent Channel Flow
    Proceedings of The Ninth International Symposium on Advanced Fluid Information and

Transdisciplinary Fluid Integration, AFI/TFI 2009, pp.52-53, (2009)

15. T. Yabuki, S. Maruyama, M. Watanabe and A. Komiya
In Situ Observation and Remote Sensing during Ocean Experiments of Perpetual Salt Fountain
Proceedings of The Ninth International Symposium on Advanced Fluid Information and Transdisciplinary Fluid Integration, AFI/TFI 2009, pp.114-115, (2009)
16. N. Yamada, A. Sakurai, A. Komiya and S. Maruyama
Energy Transfer Simulation and Analysis on Mega-scale Environment
Proceedings of The Ninth International Symposium on Advanced Fluid Information and Transdisciplinary Fluid Integration, AFI/TFI 2009, pp.56-57, (2009)
17. S. Sakai and S. Maruyama
Numerical Analysis of Radiative Heat Transfer on Nocturnal Atmosphere in Consideration of Phase Transition
Proceedings of The Sixth International Conference on Flow Dynamics 2009 (ICFD2009), pp.184-185, (2009)
18. H. Takeda, D. Fingas, J. Okajima, A. Komiya and S. Maruyama
Measurement of Thermophysical Properties of Freezing Skin Using Peltier Modules for Cryosurgery
Proceedings of The Sixth International Conference on Flow Dynamics 2009 (ICFD2009), pp.236-237, (2009)
19. M. Baneshi, S. Maruyama and A. Komiya
The Investigation into the Effect of Using Different Nano-micro Metallic Powders on Sunlight Reflectivity of Pigmented Coatings
Proceedings of The Sixth International Conference on Flow Dynamics 2009(ICFD2009), pp.214-215, (2009)
20. 江目宏樹・M. Baneshi・ 円山重直・小宮敦樹
ナノ粒子群を用いた機能膜のふく射特性
第 30 回日本熱物性シンポジウム講演論文集，61-63 頁, (2009)
21. J. F. Torres・小宮敦樹・岡島淳之介・円山重直
位相シフト干渉計を用いた多成分系非定常拡散場の計測と逆問題解析による物質拡散係数および濃度比の導出
第 30 回日本熱物性シンポジウム講演論文集，88-90 頁, (2009)
22. 眞下央・円山重直・小宮敦樹・関隆志・山家智之
温熱治療における携帯腹部温熱制御機器の開発と評価
第13回日本統合医療学会(IMJ2009東京大会)抄録集，pp.122, (2009)

【学生の国際会議・学会・学術雑誌への発表】

〇平成 21 年（1 月～12 月）

1. M. Baneshi, S. Maruyama, H. Nakai, A. Komiya
A new approach to optimizing pigmented coatings considering both thermal and aesthetic effects
Journal of Quantitative Spectroscopy & Radiative Transfer, Vol. 110, Issue 3, pp.192-204, (2009)
2. M. Baneshi, S. Maruyama and A. Komiya
The Effects of Using Some Common White Pigments on Thermal and Aesthetic Performances of Pigmented Coatings
Journal of Thermal Science and Technology, Vol.4 No.1, pp.131-145, (2009)
3. M. Baneshi, S. Maruyama and A. Komiya
Infrared Radiative Properties of Thin Polyethylene Coating Pigmented with Titanium Dioxide Particles
ASME Journal of Heat Transfer, (2009)
4. H. Takeda , S. Maruyama, T. Yambe, N. Nakasato and A. Komiya
Brain Mapping Method Utilizing Rapid Cooling Probe
International Journal of Transport Phenomena, Vol.11, pp.147-163, (2009)
5. J. Okajima, S. Maruyama and H. Takeda
A. Komiya: Dimensionless solutions and general characteristics of bioheat transfer during thermal therapy

Journal of Thermal Biology Vol.34, pp.377-384, (2009)

6. 小宮敦樹・J.F. Torres・円山重直・岡島淳之介
多成分系拡散場の高精度計測と宇宙環境の利用
日本航空宇宙学会北部支部 2009 年講演会ならびに第 10 回再使用型宇宙推進系シンポジウム講演論文集，仙台，309-312 頁．(2009)
7. 江目宏樹・圓山重直・M. Baneshi・小宮敦樹
波長選択性を有したナノ粒子群機能膜のふく射 特性に関する研究
日本伝熱学会東北支部第 48 期春季講演会・第 9 回日本伝熱学会学生発表会講演論文集，15-16 頁．(2009)
8. A. Komiya, J.F. Torres, J. Okajima and S. Maruyama
Measurement of Mass Diffusion Coefficient of Multi-Component System in Aqueous Media by Phase Shifting Interferometer
5th International Conference on Diffusion in Solids and Liquids: Mass Transfer, Heat Transfer, Microstructure and Properties, Nanodiffusion and Nanostructured Materials, DSL 2009, (2009)
9. J. Okajima, S. Maruyama and A. Komiya
Boiling Heat Transfer in Small Channel for Development of Ultrafine Cryoprobe
7th World Conference on Experimental Heat Transfer, Fluid Mechanics and Thermodynamics (ExHFT-7), pp.229-236, (2009)
10. H. Takeda, J. Okajima, S. Aiba, A. Komiya, S.C. Mishra and S. Maruyama
Precise and Rapid Cooling of Skin Tissue for Cryosurgery Utilizing Peltier Effect in Extremely Low Temperture
7th World Conference on Experimental Heat Transfer Fluid Mechanics and Thermodynamics (ExHFT-7), pp.215-222, (2009)
11. M. Baneshi, S. Maruyama and A. Komiya
Comparison of Spectral Radiative Properties of Different Titanium Dioxide Powders in Absorbing Host Medium
46th National Heat Transfer Symposium of Japan 2009, Vol.1, pp.79-80, (2009)
12. 武田洋樹・相場節也・小宮敦樹・円山重直
生体組織を用いたペルチェクライオプローブによる高精度凍結手術の研究
第 46 回日本伝熱シンポジウム講演論文集，Vol.1，247-248 頁, (2009)
13. 櫻井篤・新田勇・円山重直・小笠原直也・岡島淳之介・松原幸治
レーザー治療のための生体光伝播・熱伝導連成シミュレーション
第 46 回日本伝熱シンポジウム講演論文集，Vol.3，727-728 頁, (2009)
14. 岡島淳之介・円山重直・小宮敦樹
極細クライオプローブ開発のための沸騰伝熱基礎実験
第 46 回日本伝熱シンポジウム講演論文集，Vol.2，347-348 頁, (2009)
15. H. Takeda, D. Fingas, J. Okajima, A. Komiya and S. Maruyama
Measurement of Thermophysical Properties of Freezing Skin Using Peltier Modules for Cryosurgery
Proceedings of The Sixth International Conference on Flow Dynamics 2009 (ICFD2009), pp.236-237, (2009)
16. M. Baneshi, S. Maruyama and A. Komiya
The Investigation into the Effect of Using Different Nano-micro Metallic Powders on Sunlight Reflectivity of Pigmented Coatings
Proceedings of The Sixth International Conference on Flow Dynamics 2009(ICFD2009), pp.214-215, (2009)
17. A. Komiya, J. F. Torres, J. Okajima and S. Maruyama
Experimental Trial to Determine Mass Diffusion Coefficients in Multi-component System
The Proceedings of the 7th Pacific Symposium on Flow Visualization and Image Processing (PSFVIP-7 2009), CD-ROM 066, (2009)
18. 江目宏樹・M. Baneshi・ 円山重直・小宮敦樹
ナノ粒子群を用いた機能膜のふく射特性
第 30 回日本熱物性シンポジウム講演論文集，61-63 頁, (2009)

19. J. F. Torres・小宮敦樹・岡島淳之介・円山重直
位相シフト干渉計を用いた多成分系非定常拡散場の計測と逆問題解析による物質拡散係数および濃度比の導出
第 30 回日本熱物性シンポジウム講演論文集，88-90 頁, (2009)
20. H. Takeda, S. Maruyama, J. Okajima, S. Aiba and A. Komiya
Development and estimation of a novel cryoprobe utilizing the Peltier effect for precise and safe cryosurgery
Cryobiology, Vol. 59-3, pp. 275-284. (2009)

【学生の受賞・特許等】

○平成 21 年（1 月～12 月）

獲得者名：トレス・フェリペ
受 賞 名：日本熱物性シンポジウム学生ベストプレゼンテーション賞
受 賞 年：2009.10.28

獲得者名：江目宏樹
受 賞 名：日本熱物性シンポジウム学生ベストプレゼンテーション賞
受 賞 年：2009.10.28

獲得者名：武田洋樹
受 賞 名：6th International Conference on Flow Dynamics Outstanding Award
受 賞 年：2009.11.5

獲得者名：バネシ・メディ
受 賞 名：6th International Conference on Flow Dynamics ベストプレゼンテーション賞
受 賞 年：2009.11.5

獲得者名：バネシ・メディ
受 賞 名：Top 25 Hottest Articles
受 賞 年：2009.1-3

【学生の研究費の獲得】

○平成 21 年（1 月～12 月）

獲得者名：武田洋樹
名　　称：特別研究員奨励費
期　　間：2009 年度～2011 年度

【本人のマスコミ発表等】

○平成 21 年（1 月～12 月）

河北新報　ロケット発射！「理科は楽しい」 (2009.6.18)

氏名　高木　敏行



所属 流体科学研究所・教授（工学博士）
専門 知的流動評価学
研究課題
ダイヤモンド系薄膜による機能性の発現と評価及び流動誘起損傷の非破壊評価
E-mail: takagi@ifs.tohoku.ac.jp
TEL: 022(217)5248

平成 21 年度における本グローバル COE プログラムに対する取り組み

ナノ流動融合に関わる流動ダイナミクスに関して、ダイヤモンドやダイヤモンドライクカーボン膜と金属の間の摺動で低摩擦が発生する現象について、そのメカニズム、最適な表面の状態についてナノ・マイクロ流動ダイナミクスという観点で研究を進めている。

今年度については、GCOE 主催の第 6 回 ICFD において、オーガナイズ Functionality Design of the Contact Dynamics"を企画するなどこの研究分野の先進的研究を展開している。

極限流動融合に係わる流動ダイナミクスに関して、原子力発電プラントにおける流動現象が引き起こす損傷についての電磁現象にもとづく非破壊評価法に関して研究を進めた。

さらに、2009 年 9 月 20 日から 24 日まで西安交通大学陳振茂教授とともに The 14th International Symposium on Applied Electromagnetics and Mechanics を共同議長として開催した。

平成 21 年度の活動（シンポジウム・国際会議の主催を含む）

＜国際会議＞

名　　称: The 7th International Conference on NDE in Relation to Structural Integrity for Nuclear and Pressurized Components
主催団体：日本保全学会
開 催 国：日本（横浜）
開催期間：2009.5.12～ 2009.5.14
役　　割：プログラム委員会委員長

名　　称：The 6th International Conference on Condition Monitoring and Machinery Failure Prevention Technologies
主催団体：英国非破壊検査協会
開 催 国：アイルランド
開催期間：2009.6.23～2009.6.25
役　　割：講演

名　　称：The 14th International Workshop on Electromagnetic Nondestructive Evaluation
主催団体：国際組織委員会
開 催 国：アメリカ合衆国
開催期間：2009.7.21～2009.7.23
役　　割：講演

名　　称：The 14th International Symposium on Applied Electromagnetics and Mechanics
主催団体：西安交通大学
開 催 国：中国
開催期間：2009.9.20～ 2009.9.24
役　　割：国際組織委員会委員長

名　　称：20th European Conference Diamond, Diamond-like Materials, Carbon Nanotubes and Nitrides
主催団体：Elsevier
開 催 国：ギリシャ
開催期間：2009.9.7～ 2009.9.10
役　　割：講演

名　　称：World Tribology Congress 2009
主催団体：（社）日本トライボロジー学会、日本学術会議
開 催 国：日本（京都）
開催期間：2009.9.6～ 2009.9.11
役　　割：講演

名　　称：Sixth International Conference on Flow Dynamics
主催団体：GCOE
開 催 国：日本（仙台）
開催期間：2009.11.4～ 2009.11.6
役　　割：CEO

＜招待講演＞
講 演 先：THERMEC' 2009
主催団体：THERMEC' 2009
講演題目：Metal-containing Diamond-like Carbon Coating as a Smart Sensor
開催期間：2009.8.25～ 2009.8.29

講 演 先：大阪科学技術センター
主催団体：関西原子力懇談会
講演題目：原子力プラント構造物の電磁非破壊評価技術
開催期間：2010.1.28

平成 21 年度の研究業績
【研究内容】
平成 20 年度より開始した、国際融合ジョイントラボラトリー" (Functionality DEsign of the COntact dynamics: **DECO** Laboratory) ナノクラスタ金属を含む非晶質炭素コーティングにおける導電性と接触の制御"のプロジェクトリーダーとして関連する複数の国際共同研究を実施した。詳細は以下の通りである。

1. 金属を分散した非晶質炭素薄膜を作製し、摩擦摩耗特性と導電性の定量的評価を実施した。
   ① ナノサイズの銅クラスタを含有する非晶質炭素多層薄膜において、主たる成分を金属とする移着層の形成により低摩擦性と良好な導電性の同時発現を見出した。
   ② ナノサイズのケイ素クラスタを分散した非晶質炭素薄膜を汎用構造材上に成膜し、非常に低い摩擦係数を持続し、摩滅するが膜と基板間の剥離を生じない機構原理を定量的に評価し、膜設計の指針を得ることができた。
   ③ 導電性-摩擦特性同時測定装置に関する技術の供与を受け、東北大学流体科学研究所に共同実験装置として、機器整備を行った。
   以上、非晶質炭素薄膜に金属を分散させることにより摺動摩擦が低減され、導電性や耐摩耗性を発現可能であることを定性的に示した。

2. 強磁性形状記憶合金材料の物性評価を実施し、構造相変態を定量的に評価することにより磁気的特性と形状記憶効果の関係性を評価した。共同研究ではよりロシア科学アカデミーVladimir Khovailo博士が平成21年11月に開催されたICFD2009 Alumni Session において講演し、平成22年2月には博

士課程学生1名とともに本所に滞在し共同研究を実施した。

3. 国立中央理工科学校リヨン校(ECL)の Julien Fontaine 博士が ICFD2009 OS: "Functionality Design of the Contact Dynamics"に参加し招待講演を行った。また、平成22年3月には同校の Michel Belin 主任研究員が本所に滞在し共同研究を実施した。尚、平成22年3月には関連事業であるELyT Lab workshop (フランスにて開催)を企画し、日仏国際共同研究の展開についても発表した。

原子力発電プラントにおいて、流動現象や環境が助長する損傷の電磁現象にもとづく非破壊評価法について先進的な研究を進めた。詳細は以下の通りである。

1.原子力発電設備の構造材料の非破壊評価

(1) 流動誘起損傷の非破壊評価

原子力発電設備の経年化にともなう課題の 1 つである流動誘起減肉や液滴衝撃の新しい減肉評価法として、リモートフィールド渦電流探傷法と電磁超音波－渦電流複合プローブを提案し、その有効性を検討した。前者のリモートフィールド渦電流探傷法については、プローブ構造および励磁方式を検討し、現在有効な検査法が存在しない二重板下の流動誘起減肉の検査の可能性を示した。後者の電磁超音波－渦電流複合プローブについては、超音波と渦電流の相補性を示し、2 種類の検査法の融合による評価の信頼性を検討している。また、減肉の傾向監視のための高温モニタリングへの適用を検討している。

(2) 損傷前の材料劣化診断

応力腐食割れ（SCC）は、原子力発電設備における代表的な損傷であり、その発生の予測と制御は難しく、割れの発生に至る前の材料劣化を検知し、損傷発生を未然に回避するための研究が重要である。応力腐食割れの発生段階の材料劣化を、磁気的な手法にもとづいて評価するという新しい手法を提案し、その評価原理から適用可能性までを議論した。具体的には、1) 高ニッケル合金の鋭敏化評価と 2)オーステナイト系ステンレス鋼の SCC 感受性に関する微視的組織評価について取り組み、劣化に伴う組織の変化と磁気特性変化との間の関係をミクロおよびマクロの双方の観点から議論し、メカニズムを明らかにした。さらに、非線形渦電流法を適用し、劣化に伴う組織変化の非破壊評価の可能性を示した。

【学位論文指導（主査）】

博士論文

1. 若生　仁志
   平滑な表面に形成した気相成長ダイヤモンドの付着性に関する研究

修士論文

1. 及川 諒太
   原子炉構造材料の応力腐食割れ感受性に関する微視的組織の電磁非破壊評価
2. 塩田 浩之
   医療応用のための形状記憶合金上に製膜した金属含有炭素複合膜の特性評価

【学位論文指導（副査）】

博士論文

1. 落合　誠
   レーザ超音波による構造部材の非破壊検査法

修士論文

1. 間々田圭祐
   Tribological studies for PVA soft tissues model(PVA 生体軟組織モデル開発のためのトライボロジカル特性に関する研究)
2. 小澤　桂
   骨バイオモデリングの力学的特性に関する研究

3. 樋口　暁
圧電素子によるラム波を用いたアルミニウム板のき裂検出
4. 高野　豊
MR コンポジットの創製とその磁気レオロジー特性の評価
5. 安部慎吾
二硫化モリブデン含有ダイヤモンドライクカーボン膜の創成と摩 擦 制御へ の応用に関する研究

【査読論文（査読付き国際会議論文集を含む）】

○平成 21 年（1 月～12 月）

1. Takanori Takeno, Hiroyuki Shiota, Toshifumi Sugawara, Hiroyuki Miki, Toshiyuki Takagi
Highly Adherent Tungsten-containing Diamond-like Carbon (W-DLC) Coating on a NiTi Shape Memory Alloy under 10% Tensile Strain
Diamond and Related Materials, Vol.18, pp.403-406 (2009.2-3).
2. Taishi Okita, Toshiyuki Takagi
Localization of Magnetic Field Structure of Multi-Current Loops on Axisymmetrical Model for Transcranial Magnetic Stimulation
Japanese Journal of Applied Physics, Vol.48, 010215(2009.1.20).
3. O. Stupakov, H.Kikuchi, T.Liu, Toshiyuki Takagi
Applicability of Local Magnetic Measurements
Measurement, Vol.42, pp.706-710, (2009.1).
4. Katushiko Ymaguchi, Kenji Suzuki, Osamu Nittono, Koji Yamada, Masato Enokizono, Toshiyuki Takagi
Monte Carlo Simulation for Magnetic Domain Wall Displacements in Magnetic Nano-Wires With Local Disoerders
IEEE Transactions on Magnetics, Vol.45, No.3, pp.1622-1625, (2009.3).
5. 山本敏弘、高木敏行、内一哲哉
平板用リモートフィールド渦電流探傷法による局部減肉の評価
日本機械学会論文集(B 編)、Vol.75, No.751, pp431-433, (2009.3).
6. Takanori Takeno, Toshifumi Sugawara, Hiroyuki Miki, Toshiyuki Takagi
Deposition of DLC film with adhesive W-DLC layer on stainless steel and its tribological properties
Diamond & Related Materials, Vol.18, pp1023-1027, (2009.1.24).
7. 出江紳一、高木敏行、永富良一、中里信和、八島芳信、阿部利彦
脳深部磁気刺激用マルチコイルの設計
臨床神経生理学　37 巻 1 号(2009.2).
8. 山本敏弘, 高木敏行, 内一哲哉
マルチコイル渦電流探傷プローブを用いた電磁非破壊評価システムの開発, 火力原子力発電, Vol. 629, No. 60, pp. 117-124 (2009).
9. Takanori Takeno, Takao Komiyama, Hiroyuki Miki, Toshiyuki Takagi, Takashi Aoyama
XPS and TEM study of W-DLC/DLC double-layered film
Thin Solid Films, Vol.517, pp5010-5013, (2009.1.1).
10. O.Stupakov, J.Pal'a, T.Takagi, T.Uchimoto
Governing Conditions of repeatable Barkhausen noise response
Journal of Magnetism and Magnetic Materials, Vol.321, pp2956-2962, (2009.9).
11. Taishi Okita, Toshiyuki Takagi
Magnetic Field Structure and Induced Electric Current Distribution on a Cylindrical Model: Application to Magnetic Nerve Stimulation
Chinese Physics Letters, Vol.26, No.7, (2009.7).
12. Ye Zhang, Yun Luo, Shingo Kodaira, Toshiyuki Takagi
Application of Shape Memory Alloy Pressure-Controlled Vascular Clamp for Atraumatic Vessel Occlusion
Annals of Vascular Surgery, 23 (6): 813-820, (2009.11).

13. 及川諒太、内一哲哉、高木敏行
電磁非破壊評価法を用いた Ni 基合金の鋭敏化評価
日本機械学会論文集(A 編), 75 編 760 号, pp1777-1783, (2009.12).
14. Hitoshi Wako, Toshihiko Abe, Toshiyuki Takagi, Toshiaki Ikohagi
Comparison of diamond film adhesion on molybdenum substrates with different surface morphologies
Applied Surface Science 256, pp.1466-1471(2009).
15. 山本敏弘、高木敏行、内一哲哉
渦電流探傷試験における信号位相を利用した検出信号からのき裂指示の抽出
日本機械学会論文集(A 編), 76 巻 761 号, pp117-125, (2010.1).
16. Toshiyuki Takagi, Takanori Takeno and Hiroyuki Miki
Metal-containing Diamond-like Carbon Coating as a Smart Sensor
Materials Science Forum, vols.638-642 (2010), pp.2103-2108, (2010).
17. H. Miki, K. Ito, T. Sugawara, J. Fontaine, T. Takeno, M. Ruet, M. Belin, K. Adachi , T. Takagi
Friction and Electrical Contact Resistance of Iridium-Containing DLC Coatings for Electrically Conductive Tribo-Elements
Tribology Online 4, pp. 60-65, (2009).
18. 三木寛之，竹野貴法，米村茂，高木敏行
ダイヤモンド膜の超低摩擦現象
NEW DIAMOND, 94 , pp. 38-39, (2009).
19. T. Takeno, S. Abe, K. Adachi, H. Miki, T. Takagi
Deposition and structural analyses of molybdenum-disulfide (MoS_2)–amorphous hydrogenated carbon (a-C:H) composite coatings
Diamond and Related Materilas 18, pp. 403-406 (2009).

【学術雑誌・専門書等（査読あり）】

○平成 21 年（1 月～12 月）

1. Diamond and Related Materials
2. Japanese Journal of Applied Physics
3. Measurement
4. Thin Solid Films
5. Journal of Magnetism and Magnetic Materials
6. Applied Surface Science
7. IEEE Trans Magn.

【学生の国際会議・学会・学術雑誌への発表】

○平成 21 年（1 月～12 月）

1. Takanori Takeno, Hiroyuki Shiota, Toshifumi Sugawara, Hiroyuki Miki, Toshiyuki Takagi
Highly Adherent Tungsten-containing Diamond-like Carbon (W-DLC) Coating on a NiTi Shape Memory Alloy under 10% Tensile Strain
Diamond and Related Materials, Vol.18, pp.403-406 (2009.2-3).
2. Takanori Takeno, Toshifumi Sugawara, Hiroyuki Miki, Toshiyuki Takagi
Deposition of DLC film with adhesive W-DLC layer on stainless steel and its tribological properties
3. 及川諒太、内一哲哉、高木敏行
電磁非破壊評価法を用いた Ni 基合金の鋭敏化評価
日本機械学会論文集(A 編), 75 編 760 号, pp1777-1783, (2009.12).
4. Hitoshi Wako, Toshihiko Abe, Toshiyuki Takagi, Toshiaki Ikohagi
Comparison of diamond film adhesion on molybdenum substrates with different surface morphologies
Applied Surface Science 256, pp.1466-1471(2009).

5. H. Miki, K. Ito, T. Sugawara, J. Fontaine, T. Takeno, M. Ruet, M. Belin, K. Adachi , T. Takagi
Friction and Electrical Contact Resistance of Iridium-Containing DLC Coatings for Electrically Conductive Tribo-Elements
Tribology Online 4, pp. 60-65, (2009).

【本人の受賞・特許等】

〇平成 21 年（1 月～12 月）

受 賞 名：日本原子力学会賞技術賞
受 賞 年：2009.3.23

受 賞 名：日本保全学会奨励賞
受 賞 年：2009.8.5

【学生の受賞・特許等】

〇平成 21 年（1 月～12 月）

獲得者名：及川諒太氏
受 賞 名：日本保全学会奨励賞
受 賞 年：2009.8.5
対象となった業績：日本保全学会第 6 回（平成 21 年度）学術講演会「第 1 回学生セッション」における「電磁非破壊評価法を用いた Ni 基合金の鋭敏化評価」の発表

【本人のマスコミ発表等】

〇平成 21 年（1 月～12 月）

日本経済新聞　燃料生成装置 効率高める　東北大発 VB の IFG(21.11.20)

氏名　中野　政身



所属　流体科学研究所・教授（工学博士）
専門　流体制御工学
研究課題 ナノ・マイクロ機能性流体の創製・評価と先進流体制御デバイス・システムの創成
E-mail: m-nakano@fmail.ifs.tohoku.ac.jp
TEL: 022(217)5878

平成 21 年度における本グローバル COE プログラムに対する取り組み

研究協力担当者の研究分野では、ナノ・マイクロ粒子分散系電磁レオロジー流体（ＥＲ・ＭＲ流体、ＭＲコンポジット）の創製・評価とその先端応用、衝突空気噴流自励発振系の発振と騒音発生機構の解明とそのアクティブ制御法、および水素漏洩のリスク回避のためのセンシングに基づく換気制御について取り組んできた。サブミクロン粒子を分散したＥＲ流体を創製し、そのレオロジー特性をモルフォロジーとの相関の基に評価することによって、昨年度開発したナノ粒子分散系ＥＲ流体と比較してより高く時間的に安定なＥＲ効果を示すことを見出している。また、マイクロ粒子分散系ＥＲ流体を活用した６個のマイクロアクチュエータからなる点字表示部をフォトリソグラフィ法によって製作し、より低圧駆動を目指した点字表示システムを構築している。磁場に反応するＭＲ流体に関しては、ＭＲ流体自身の機能性の評価と同時に、より高いＭＲ効果を発揮するＭＲコンポジットの創製法について検討し、建築構造物の免震・制振装置への適用を目指して、その応用可能性について検討するとともに、永久磁石を用いてダンパ変位によって磁気回路が開閉して減衰力の変化するパッシブ式のＭＲ流体ダンパも開発している。衝突空気噴流の自励発振に関する研究では、ホールトーン現象を対象とした数値シミュレーション（離散渦法、直接数値シミュレーション）による発生騒音の推定の可能性について検討している。さらに、水素燃料としての水素漏洩時の爆発などのリスク回避の観点から、部分的な開口部を有する空間内で水素が漏洩した際の効果的な換気方法について、数値シミュレーションに基づいて検討を行っている。

平成 21 年度の活動（シンポジウム・国際会議の主催を含む）

＜国際会議＞

名　　称：The 14th International Symposium on Applied Electromagnetics and Mechanics (ISEM'2009)
主催団体：Organizing Committee of ISEM'2009
開 催 国：China
開催期間：2009.9.20 ～ 2009.9.24
役　　割：Member of International Steering Committee

＜国際会議、オーガナイズドセッション：OS＞

名　　称：The 14th International Symposium on Applied Electromagnetics and Mechanics (ISEM'2009), OS: Electric-/Magnetic-Responsive Smart Fluids and Soft Materials
主催団体：Organizing Committee of ISEM'2009
開 催 国：China
開催期間：2009.9.20 ～ 2009.9.24
役　　割：OS Organizer

名　　称：The 6th International Conference on Flow Dynamics (6th ICFD2009), OS: Advanced Control of Smart Fluids and Fluid Flows
主催団体：Organizing Committee of 6th ICFD2009
開 催 国：Japan
開催期間：2009.11.4 ～ 2009.11.6
役　　割：Member of Organizing Committee, OS Organizer

＜講演会、オーガナイズドセッション：OS＞
名　　称：平成 21 年春季フルードパワーシステム講演会，OS「機能性流体とその応用」
主催団体：日本フルードパワーシステム学会
開 催 国：日　本
開催期間：2009.6.25, 26
役　　割：OS オーガナイザー

＜講演会、オーガナイズドセッション：OS、ワークショップ：WS＞
名　　称：第 87 期年次大会講演会，OS「機能性流体工学の先端融合化」，WS「機能性流体工学の融合フロンティア」
主催団体：日本機械学会
開 催 国：日　本
開催期間：2009.9.13 ～ 2009.9.16
役　　割：OS・WS オーガナイザー

＜講演会、オーガナイズドセッション：OS＞
名　　称：可視化情報学会全国講演会，OS「機能性流体の可視化」
主催団体：可視化情報学会
開 催 国：日　本
開催期間：2009.10.24, 25
役　　割：OS オーガナイザー

＜基調講演＞
講 演 先：The 14th International Symposium on Applied Electromagnetics and Mechanics (ISEM'2009)
講演題目：Rheological Properties and Analytical Model Based Evaluation of Magneto-Rheological Fluid Sponge Composite
講 演 日：2009.9.24

講 演 先：日本機械学会第 87 期流体工学部門講演会
講演題目：ＭＲ流体コンポジットのレオロジー特性とそのスマート応用
講 演 日：2009.11.8

＜招待講演＞
講 演 先：日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス部門第 2 地区技術委員会主催、東北地区特別講演会「メカトロニクスの実践と応用展開」
講演題目：電磁レオロジー流体を活用した先進スマートマシンの研究開発
講 演 日：2009.8.6

講 演 先：The 6th International Conference on Flow Dynamics (6th ICFD 2009)
講演題目：Development of Micro-motor for MEMS utilizing Novel Smart Polymers
講 演 日：2009.11.5

講 演 先：The 6th International Conference on Flow Dynamics (6th ICFD 2009)
講演題目：Flow Behavior and Microstructure of Electro-Rheological Nano-Suspensions before and after Yielding
講 演 日：2009.11.5

講 演 先：日本レオロジー学会「エレクトロレオロジー研究会」第 29 回例会
講演題目：マイクロ・ナノ粒子分散系ＥＲ流体とそのマイクロフルードパワーシステム（ＭＦＰＳ）への応用
講 演 日：2009.12.11

講 演 先：技術情報協会「ＥＲ・ＭＲ流体」セミナー
講演題目：[自動車産業への応用を中心とした]電磁レオロジー流体の機能性と特徴～ＥＲ・ＭＲ流体およびＭＲコンポジット～
講 演 日：2010.1.29

平成 21 年度の研究業績

【研究内容】

1. マイクロ・ナノ粒子分散系ＥＲ流体の創製・評価とその点字表示システムへの応用

電場下で電気分極をする微粒子を絶縁油中に分散したＥＲ流体(Electro-Rheological Fluid)は、電場印加によって粘性（厳密には、降伏せん断応力）を数ミリ秒のオーダーで可逆的かつ連続的に変化できる機能性を示すスマート流体である。液圧系の作動流体としてＥＲ流体を用いることによって、バルブ・アクチュエータなどの可動部を全く用いずに電極対を設置するだけでＥＲ流体の流量や圧力を制御できることから、マイクロマシンへの活用が期待されている。本研究では、ＥＲ流体を作動流体とするマイクロフルードパワーシステム(Micro Fluid Power System:MFPS)の構築を目的に、まず、マイクロ粒子分散系ＥＲ流体によって駆動されるマイクロアクチュエータを用いて、視覚障害者の情報伝達手段の一つである点字表示システムを開発した。２つのＥＲバルブと可動部であるマイクロベローズからなる３ポートマイクロアクチュエータを構築し、その６個のマイクロベローズアクチュエータ上に触知ピンを装着して点字板上に６個の触知ピンを表示するように構成されている。さらに、より微細な流路での作動流体として、TiO_2のナノ粒子からなるＥＲ流体を創製し、平行円盤間の微細間隙での回転せん断流れ場におけるＥＲ特性を調査し、印加電場の種類(DC, AC)によって、流動構造に大きな違いが生じ、AC 電場を印加した場合に時間的に安定なせん断応力が得られることを明らかにした。

2. 先進ＭＲ流体・ＭＲコンポジットの創製とダンパ及び振動制御への応用

磁場に反応してそのレオロジー特性（粘弾性）の変化するＭＲ(Magneto-Rheological Suspension)は、その粘性が大きく変化する特性からダンパ、ブレーキ、クラッチなどの機械要素とその制御システムへの応用の可能性が期待できる。本研究では、このＭＲ流体を建築構造物などの免震・制振装置への応用を目指し、ＭＲ流体そのものと、ＭＲ流体をポーラス材（スポンジ等）に含浸させたＭＲスポンジコンポジット、さらには強磁性体粒子をゴム材に混入したＭＲゴムコンポジットを創製し、それらのせん断モードにおけるＭＲ特性を実験的に評価するとともに、そのＭＲ特性を表す動的な機械モデルを構築した。創製したいずれのＭＲコンポジットも、磁場印加によって誘起せん断応力が大きく変化し、特に長時間静置され時々しか作動しない建築構造物の免震・制振用の可変減衰力ダンパの素材としての適合性を示すことができた。また、同じく地震時の停電時にも信頼性をもって作動するＭＲ流体を使ったダンパとして、電気的な制御系を一切使わずに、永久磁石を用いてダンパ変位によって磁気回路が開閉して減衰力の変化するパッシブ式のＭＲ流体ダンパも開発して、その建築構造物の振動制御への有効性を実証している。

3. 衝突空気噴流の自励発振現象の解明とアクティブ制御

衝突噴流が関わって流れ全体が自励発振して激しい振動と騒音を伴う現象は、ダクト内サイレンサ、マフラー、バルブなど様々な工学的分野において発生して問題となっている。本研究では、円形空気噴流が同軸同径の穴の開いた平板に衝突して発生するホールトーン現象を対象に、噴流の離散渦法と音場の境界要素法による数値シミュレーションによる発生騒音の推定法に基づいて、発振の低減という観点からその噴流出口の三次元シェルモード励起によるアクティブ制御法について検討を行い、有効な励起方法を見出した。また、同様な系において、直接数値シミュレーション(DNS)によって、ホールトーン発振現象をシミュレートして、噴流せん断層に形成される組織的渦構造の平板エッジへの衝突と発生した圧力波の上流への伝播やその経路を明らかにし、今後の系の圧力センシングに基づくアクティブ制御法の提案のための有意な知見を得ている。

4. 水素漏洩のリスク回避のためのセンシングに基づく換気制御

駐車場やガレージなどにおいて、今後の車両として期待される燃料電池車や水素燃料車などの車両から水素燃料が漏洩した際の漏洩水素ガスの排気の問題は、水素爆発などのリスク回避の観点から非常に重要なものとなる。本研究では、部分的な開口部を有する空間内で水素が漏洩した際の効果的な換

気方法について、数値シミュレーションに基づいて検討を行った。今年度は、漏洩した水素を天井近くに設置した水素センサにより検知し、そのセンシングに基づいて、天井を部分的に開放して水素の浮力を利用して自然換気する制御法について検討した。漏洩位置の真上の天井のある領域を水素センシングに基づいて開放することにより、漏洩水素ガスは室内に滞留することなく効果的に天井の開口部からから自然に換気されることを見出している。

【学位論文指導（主査）】

修士論文

1. バイオロボティクス専攻　高野　豊
「MRコンポジットの創製とその磁気レオロジー特性の評価」

【査読論文（査読付き国際会議論文集を含む）】

○平成 21 年（1 月～12 月）

1. 村上貴裕, 酒井理哉, 中野政身
変位に依存する減衰特性を持つパッシブ式 MR ダンパの開発に関する研究
日本機械学会論文集（B編）, 第 75 巻 753 号, pp. 985-992, (2009).
2. 中野政身, 熊坂利治, 工藤亮介
MR 流体コンポジットブレーキの開発とそのコイル巻線用線材張力制御装置への応用
日本機械学会論文集（B編）, 第 75 巻 753 号, pp. 993-999, (2009).
3. M.A. Langthjem, and M. Nakano
A Three-Dimensional Numerical Study into Non-Axisymmetric Perturbations of the Hole-Tone Feedback Cycle.
IUTAM Symposium on Unsteady Separated Flows and their Control, IUTAM Bookseries 14, Springer Science + Business Media B.V., pp.571-576, (2009).
4. K. Matsuura, M. Nakano, and J. Ishimoto
The Sensing-Based Adaptive Risk Mitigation of Leaking Hydrogen in a Partially Open Space.
International Journal of Hydrogen Energy, Vol.34, pp.8770-8782 , (2009).
5. 中野政身
機能性流体の研究動向と将来展望 （展望）
日本機械学会論文集（B編）, 第 75 巻 753 号, pp.893-900, （2009）.

【学術雑誌・専門書等（査読あり）】

○平成 21 年（1 月～12 月）

1. 日本機械学会論文集(B編)
2. IUTAM Symposium on Unsteady Separated Flows and their Control, IUTAM Bookseries 14, Springer Science + Business Media B.V.
3. International Journal of Hydrogen Energy

【本人の国際会議・学会・学術雑誌への発表（査読なし）】

○平成 21 年（1 月～12 月）

1. M. Nakano, Y. Takano, and M, Imai
Rheological Properties and Analytical Model Based Evaluation of Magneto-Rheological Fluid Sponge Composite.
Applied Electromagnetics and Mechanics (II) (Proceedings of the 14th International Symposium on Applied Electromagnetics and Mechanics (ISEM'2009), Xi'an China), eds. Z. Chen, J. Jiang and X. Ma, pp.621-622, (2009).
2. T. Murakami, M. Sakai, and M. Nakano
Damping and Response Characteristics of Passive Type MR Damper.
Applied Electromagnetics and Mechanics (II) (Proceedings of the 14th International Symposium on Applied Electromagnetics and Mechanics (ISEM'2009), Xi'an China), eds. Z. Chen, J. Jiang and X. Ma, pp.333-334, (2009).

3. T. Tsujita, M. Kobayashi, and M. Nakano
Design and Development of a Braille Display Using Micro Actuators Driven by ER Suspension.
Applied Electromagnetics and Mechanics (II) (Proceedings of the 14th International Symposium on Applied Electromagnetics and Mechanics (ISEM'2009), Xi'an China), eds. Z. Chen, J. Jiang and X. Ma, pp.637-638, (2009).
4. M. Zrinyi, M. Nakano, and T. Tsujita
Development of Micro-motor for MEMS utilizing Novel Smart Polymers.
Proceedings of the Sixth International Conference on Flow Dynamics (6th ICFD 2009), Sendai Japan, pp.114–115, (2009).
5. T. Murakami, M. Sakai, and M. Nakano
Experimental and Analytical Evaluation of Passive Type MR Damper.
Proceedings of the Sixth International Conference on Flow Dynamics (6th ICFD 2009), Sendai Japan, pp.116–117, (2009).
6. T. Nakanishi, M. Nakano, and M. Yokoyama
Experimental and Numerical Investigations of Droplet Patterns from a Continuous Ink Jet.
Proceedings of the Sixth International Conference on Flow Dynamics (6th ICFD 2009), Sendai Japan, pp.126–127, (2009).
7. M. A. Langthjem, and M. Nakano
Numerical Study on Sound Generation from the Three-Dimensional Hole-Tone Jet Subjected to Non-Axisymmetric Flow Perturbations
Proceedings of the Sixth International Conference on Flow Dynamics (6th ICFD 2009), Sendai Japan, pp.128–129, (2009).
8. K. Tanaka, R. Akiyama, and M. Nakano
Flow Behavior and Microstructure of Electro-Rheological Nano-Suspensions before and after Yielding.
Proceedings of the Sixth International Conference on Flow Dynamics (6th ICFD 2009), Sendai Japan, pp.132–133, (2009).
9. K. Matsuura, and M. Nakano
Direct Computation for the Sound Control of a Hole-Tone Feedback System.
Proceedings of the Sixth International Conference on Flow Dynamics (6th ICFD 2009), Sendai Japan, pp.162–163, (2009).
10. Y. Takano, M. Nakano, M. Imai, and T. Tsujita
Magnetorheological Effect in Shear Mode of MR Rubber Composite.
Proceedings of the Sixth International Conference on Flow Dynamics (6th ICFD 2009), Sendai Japan, pp.216– 217, (2009).
11. K. Matsuura, M. Nakano, and J. Ishimoto
The Sensing-based High-fidelity Risk Mitigation Control of Hydrogen Dispersion.
Proceedings of the Sixth International Conference on Flow Dynamics (6th ICFD 2009), Sendai Japan, pp.594, (2009).
12. K.Tanaka, M. Komeda, N. Nakagawa, R. Akiyama, M. Nakano, and T. Tsujita
Development and Flow Evaluation of Electro-Rheological Nano-Suspensions.
Proceedings of Ninth International Symposium on Advanced Fluid Information and Transdisciplinary Fluid Integration (AFI/TFI-2009: IFS Collaborative Research Forum & IFS Research Exhibition), Sendai Japan, pp.80-81, (2009).
13. M. Nakano, T. Nakanishi, and M. Yokoyama
Optimization of Droplet Formation of Continuous Inkjet.
Proceedings of Ninth International Symposium on Advanced Fluid Information and Transdisciplinary Fluid Integration (AFI/TFI-2009: IFS Collaborative Research Forum & IFS Research Exhibition), Sendai Japan, pp.94-95, (2009).
14. M. A. Langthjem, and M. Nakano
Numerical and Experimental Analysis of the Hole-Tone Feedback Problem.
Proceedings of Ninth International Symposium on Advanced Fluid Information and Transdisciplinary Fluid Integration (AFI/TFI-2009: IFS Collaborative Research Forum & IFS Research Exhibition), Sendai Japan, pp.108-109, (2009).

15. 中野政身，神戸孝典，山崎憲満
＜企業サイドから見た油空圧研究室訪問＞東北大学流体科学研究所　知能流システム研究部門知能流制御研究分野　中野研究室
日本フルードパワー工業会　フルードパワー，Vol. 23, No. 1, pp.50-54, (2009).
16. 中野政身
「非ニュートン性，機能性を示す複雑流体の流動と応用」小特集号発刊にあたって（巻頭言）日本機械学会論文集（Ｂ編），第 75 巻 753 号, pp.883, （2009）.
17. 中野政身
ナノ・マイクロ粒子分散系ＥＲ流体のマイクロギャップフローとその点字表示システムへの応用（解説）
混相流（日本混相流学会誌），第 23 巻 2 号，pp.135-142, （2009）.
18. 中野政身
機能性流体を核としたフルードパワーシステムの融合化に関する研究委員会
日本フルードパワーシステム学会誌「フルードパワーシステム（電子出版緑陰特集号）」，Vol.40, No. E1, pp.E, (2009).
19. 辻田哲平，中野政身
粒子分散系ＥＲ流体マイクロバルブで制御されるソフトフィンガ
JFPS 平成 21 年春季フルードパワーシステム講演会講演論文集，仙台，pp.92-94, (2009).
20. 村上貴裕，酒井理哉，中野政身
パッシブ式ＭＲダンパを用いた一自由度系の振動試験
JFPS 平成 21 年春季フルードパワーシステム講演会講演論文集，仙台，pp.110-112, (2009).
21. 高野豊，中野政身，今井政志，辻田哲平
ＭＲゴムコンポジットの開発とそのＭＲ効果の評価
JFPS 平成 21 年春季フルードパワーシステム講演会講演論文集，仙台，pp.113-115，(2009).
22. 中野政身，戸塚厚，矢崎利昭
ＭＲ流体測定用磁場印加型レオメータの開発
JFPS 平成 21 年春季フルードパワーシステム講演会講演論文集，仙台，pp.116-118, (2009).
23. M. Langthjem, M. Nakano
A three-dimensional study of the hole-tone feedback problem.
RIMS 研究集会「オイラー方程式の数理 : 渦運動と音波１５０年」，京都大学数理解析研究所，京都，(2009).
24. 中野政身，永井茂和
ＭＲ流体ブレーキを活用した減速比自動切換式トルク増幅機の開発とその応用
JSME2009 年度年次大会講演論文集，No.09-1, Vol.2(流体工学)，盛岡，pp.99-100, (2009).
25. 村上貴裕，酒井理哉，中野政身
バッシブ式ＭＲダンパの磁気・流動解析による特性評価
JSME2009 年度年次大会講演論文集，No.09-1, Vol.2(流体工学)，盛岡，pp.101-102, (2009).
26. 中野政身，戸塚厚，矢崎利昭
磁場印加型レオメータの開発とＭＲ流体のレオロジー評価
日本レオロジー学会第 57 回レオロジー討論会講演要旨集，宇部，pp.72-73, (2009).
27. 渡邉大輔，李鹿輝，中野政身
ディンプル表面構造を有するドアミラーの後流に関する可視化
可視化情報, Vol.29, Suppl. No.2, 可視化情報全国講演会(米沢 2009)講演論文集, pp.127-128, (2009).
28. 中野政身
ナノ粒子分散系ＥＲ流体の回転せん断流れにおけるモルフォロジーとＥＲ効果
可視化情報, Vol.29, Suppl. No.2, 可視化情報全国講演会(米沢 2009)講演論文集, pp.291-292, (2009).
29. 横山雅史，中西為雄，中野政身
連続流型インクジェットの粒子化パターンの可視化
可視化情報, Vol.29, Suppl. No.2, 可視化情報全国講演会(米沢 2009)講演論文集, pp.361-364, (2009).
30. 引地雄一，中野政身，辻田哲平
ＭＲ流体ブレーキによる HYSCOM 膝継手の制御

日本義肢装具学会誌２５巻特集号（第 25 回日本義肢装具学会学術大会講演集），pp.88, (2009).

31. 中野政身
MR流体コンポジットのレオロジー特性とそのスマート応用
第 87 期日本機械学会流体工学部門講演会講演論文集，No.09-8，pp.193-194, (2009).

【学生の国際会議・学会・学術雑誌への発表】

〇平成 21 年（1 月～12 月）

1. 村上貴裕，酒井理哉，中野政身
変位に依存する減衰特性を持つパッシブ式 MR ダンパの開発に関する研究
日本機械学会論文集（B編），第 75 巻 753 号,（2009）, pp.985-992.
2. T. Murakami, M. Sakai, and M. Nakano
Damping and Response Characteristics of Passive Type MR Damper.
Applied Electromagnetics and Mechanics (II) (Proceedings of the 14th International Symposium on Applied Electromagnetics and Mechanics (ISEM'2009), Xi'an China), eds. Z. Chen, J. Jiang and X. Ma, (2009), pp.333-334.
3. T. Murakami, M. Sakai, and M. Nakano
Experimental and Analytical Evaluation of Passive Type MR Damper.
Proceedings of the Sixth International Conference on Flow Dynamics (6th ICFD 2009), Sendai Japan, (2009), pp.116–117.
4. 村上貴裕，酒井理哉，中野政身
パッシブ式MRダンパを用いた一自由度系の振動試験
JFPS 平成 21 年春季フルードパワーシステム講演会講演論文集，仙台，(2009),pp.110-112.
5. 村上貴裕，酒井理哉，中野政身
バッシブ式MRダンパの磁気・流動解析による特性評価
JSME2009 年度年次大会講演論文集，No.09-1, Vol.2(流体工学)，盛岡，(2009), pp.101-102.
6. 引地雄一，中野政身，辻田哲平
MR流体ブレーキによる HYSCOM 膝継手の制御
日本義肢装具学会誌２５巻特集号（第 25 回日本義肢装具学会学術大会講演集），(2009), pp.88.

【本人の受賞・特許等】

〇平成 21 年（1 月～12 月）

受 賞 名：ISEM Best Poster Presentation Award
at The 14th International Symposium on Applied Electromagnetics and Mechanics (ISEM'2009)
受 賞 年：2009.9.23

【学生の受賞・特許等】

〇平成 21 年（1 月～12 月）

獲得者名：村上貴裕
受 賞 名：ISEM Best Poster Presentation Award
受 賞 年：2009 年 9 月 23 日

氏名　中橋　和博



所属 工学研究科航空宇宙工学専攻・教授（工学博士）
専門 数値流体力学
研究課題 航空機まわりの流れの数値計算法に関する研究数値流体力学の航空機空力設計への応用
E-mail: naka@ad.mech.tohoku.ac.jp
TEL: 022(795)6978

平成 21 年度における本グローバル COE プログラムに対する取り組み

数値流体力学に関するアルゴリズム研究、およびその応用として旅客機などの解析と最適化研究について行い、博士後期学生の育成を進めている。数値流体力学は航空機や自動車開発には不可欠なツールとなり、その手法の高度化と設計応用を通じて若手育成を行っている。また、次世代の計算科学を担うための新規計算アルゴリズムの研究を鋭意進めている。

平成 21 年度の活動（シンポジウム・国際会議の主催を含む）

＜国際会議＞

名　　称：Machine Learning for Aerospace 2009
開 催 国：フランス（マルセイユ）
開催期間：2009.7.3～7.4

＜基調講演＞

講 演 先：Parallel Computational Fluid Dyanmics 2009, Moffet Field, CA
講演題目：“Building-Cube Method: A Block-Structured Cartesian Mesh Approach for Near-Future Peta-Flops Computers”
講 演 日：2009.5.18～5.22

講 演 先：18th International Meshing Roundatable, Salt Lake City, Utah
講 演 日：2009.10.25～10.28

＜研究会＞

名　　称：次世代 CFD 研究会
開 催 国：日　本
開催期間：2009.8.27, 2010.2.23
役　　割：主催者

平成 21 年度の研究業績

【研究内容】

数値流体力学の航空機関係への応用では、超音速機の空力最適化と可能性研究、旅客機の低騒音のための形状最適化、あるいは失速特性を改善する翼型提案などを行った。また、将来の計算機の発達を念頭にした大規模計算のためのアルゴリズムの研究では、開発ソルバーの検証、データ圧縮、拡張などの研究を行い、その応用として脚からの空力音解析等に着手している。

【学位論文指導（主査）】

博士論文

1. 航空宇宙工学専攻　丸山　大悟
「Aerodynamic Feasibility Study of Supersonic Biplane (超音速複葉機の空力成立性の研究)」
2. 航空宇宙工学専攻　竹中　啓三
「tudy of Advanced Numerical Analysis and Multi-Disciplinary Optimization Technique for Aircraft Aerodynamic Design（非定常流れの大規模数値計算法に関する研究)」

修士論文

1. 航空宇宙工学専攻　高山　央貴
「構造・非構造格子カップリングによるヘリコプター全機周りの流れの数値計算」
2. 航空宇宙工学専攻　西本　成告
「Building-Cube Method を用いた翼型周りの RANS 計算」
3. 航空宇宙工学専攻　米田　良太
「旅客機における Over-the-Wing-Nacelle 形態の空力最適化」
4. 航空宇宙工学専攻　野口　遼太
「次世代超音速機の実現に向けての空力中心と低ブーム化に関する研究」

【学位論文指導（副査）】

博士論文

1. ナノメカニクス専攻　引地 広介
「超小形ガスタービン発電機のための高速気体軸受に関する研究」
2. 航空宇宙工学専攻　保江 かな子
「Study of High Order Discontinuous Galerkin Finite Element CFD Solver for Aerospace Applications（高次精度不連続ガレルキン有限要素法に基づく CFD ソルバーの開発および航空宇宙分野への適用に関する研究)」

修士論文

1. 航空宇宙工学専攻　石垣　真之
「低ブーム超音速機における後端ブーム低減の研究」
2. 航空宇宙工学専攻　佐々木　亮
「ヘリコプタの HSI 騒音を考慮したブレードの多目的最適化」
3. 航空宇宙工学専攻　本多　崇
「航空機用 CFRP の RTM 成形に関するマルチスケールモデリング」
4. 航空宇宙工学専攻　角田　智哉
「蛍光油膜による摩擦応力分布のイメージング技術の開発」
5. 航空宇宙工学専攻　杉本　大輔
「感圧塗料を用いた再突入カプセル型物体の動的不安定現象解明」
6. 航空宇宙工学専攻　信田　光寿
「非構造格子を用いたキャビテーション現象の数値解析」
7. 航空宇宙工学専攻　西田　拓晃
「Reduction of Cavity Noise by Manipulating Vortical Structures (渦構造の操作によるキャビ ティ騒音の低減)」
8. 航空宇宙工学専攻　笹谷　桂太
「超音速流中へのパルス噴射の数値シミュレーション」
9. 航空宇宙工学専攻　佐藤　真帆
「アルミナスラグの堆積を考慮した固体ロケットモータ内混相流れの数値的研究」

【査読論文（査読付き国際会議論文集を含む）】

○平成 21 年（1 月～12 月）

1. D. Maruyama, K. Matsushima, K. Kusunose, K. Nakahashi, “Three-Dinemsional Design of Low-Wave Drag Supersonic Biplane Using Inverse Problem Method”, J. of Aircraft, Vol.46, No.6, pp.1906-1918, 2009
2. M. Sunago, D. Sasaki, K. Takenaka, K. Nakahashi, “Multipoint Optimization of a Short-Range Quiet Passenger Aircraft” Journal of Aircraft, Vol.46, No.3, pp.1070-1074, 2009
3. T. ISHIDA, S. TAKAHASHI and K. NAKAHASHI, Flow Computations around Moving and Deforming Bodies Using Cartesian Mesh, AIAA 2009-1364, 2009
4. S. Takahashi., T. Ishida, K. Nakahashi, H. Kobayashi, K. Okabe, Y. Shimomura, T. Soga and A. Musa, Study of High Resolution Incompressible Flow SimulationBased on Cartesian Mesh, AIAA 2009-1364, AIAA 2009-563, 2009

5. D. Sasaki, A. Ito, T. Ishida and K. Nakahashi, Design Optimization of a Mild- Stall Airfoil/Wing for UAV and PAV Applications, AIAA-2009-4111, 2009
6. S. Nishimura, K. Matsushima and K. Nakahashi, "Numerical Simulation to Detect the Change of Airfoil Stalling Characteristics Dependent on Reynolds Numbers", AIAA-2009-0903, 2009
7. S. Sakashita, T. Matsuzawa, K. Matsushima and K. Nakahashi, "Supersonic Wing Design Method Using an Inverse Problem for Practical Application ", AIAA-2009-1465, 2009
8. T. Ishida, S. Takahashi, and K. Nakahashi, "Efficient Cartesian Mesh Approach for Flow Computations Around Moving and Deforming Bodies", AIAA-2009-3879, 2009

【学術雑誌・専門書等（査読あり）】

○平成 21 年（1 月～12 月）

1. Journal of Aircraft

【本人の国際会議・学会・学術雑誌への発表（査読なし）】

○平成 21 年（1 月～12 月）

1. K. Nakahashi, S. Takahashi, T. Ishida, "Building-Cube Method: A Block-Structured Cartesian Mesh Approach for Near-Future Peta-Flops Computers", Parallel Computational Fluid Dynamics 2009, 2009 , 招待講演
2. 高山央貴, 佐々木大輔, 中橋和博, 田辺安忠, 齊藤茂, "非構造格子法と構造格子法のカップリングによるヘリコプター周りの数値計算," H7-4, 第 23 回数値流体力学シンポジウム講演論文集、2009
3. 野口遼太, 松島紀佐, 佐々木大輔, 中橋和博, "F 関数法を用いた超音速旅客機の低ブーム設計",第 23 回数値流体力学シンポジウム CD-ROM 講演論文集, 2009
4. 坂井玲太郎, 佐々木大輔, 中橋和博 , "ウェーブレット変換を用いた大規模流体計算データの圧縮", 第 23 回数値流体力学シンポジウム CD-ROM 講演論文集, 2009
5. Ryota Yoneta, Daisuke Sasaki, Kazuhiro Nakahashi, "Aerodynamic Optimization of an Aircraft Configuration with Over-the-Wing Nacelle, Proceedings of the APISAT 2009 (CD-ROM), 2009
6. Ryota Noguchi, Kisa Matsushima, Daisuke Sasaki, Kazuhiro Nakahashi, "Construction of Low Boom Design Technique for Supersonic Transport by Using an Inverse Problem", Proceedings of the APISAT 2009 (CD-ROM), 2009
7. 恩田博, 高橋俊, 佐々木大輔, 中橋和博, "Building-Cube 法に基づく円柱周りの空力音の解析", 2009 年度機械学会年次大会講演論文集, pp237-238, 2009
8. 坂井玲太郎, 佐々木大輔, 中橋和博 , "埋め込み境界法と直交格子積み上げ法を用いた非圧縮性流れの数値解析", 第 41 回流体力学講演会／航空宇宙数値シミュレーションシンポジウム 2009 講演論文集, 2009
9. 西本成告, 佐々木大輔, 中橋和博, "Building-Cube Method を用いた翼型周りのＲＡＮＳ計算", 第 41 回流体力学講演会／航空宇宙数値シミュレーションシンポジウム 2009 講演論文集, 2009
10. 高山 央貴, 佐々木 大輔 ,中橋 和博 ,田辺 安忠 ,齊藤 茂, "非構造格子 CFD ソルバーによるヘリコプター胴体周りの流れ場の数値計算について", 第 41 回流体力学講演会／航空宇宙数値シミュレーションシンポジウム講演論文集, 2009
11. Oki TAKAYAMA , Daisuke SASAKI, Kazuhiro NAKAHASHI, Yasutada TANABE, Shigeru SAITO, "Coupling Method of Unstructured and Structured Grids for Flow Around ROBIN Configuration", Proc. Of the 2nd International Forum on Rotorcraft Multidisciplinary Technology(Rotor Korea), 2009
12. D. Maruyama, K. Nakahashi, K. Kusunose, K. Matsushima "Supersonic Biplane – Toward Efficient Supersonic Transport", Proc. Of CEAS2009, 2009
13. 米田良太, 佐々木大輔, 中橋和博, "旅客機における Over-the-wing エンジン搭載形態の空力最適化" 日本航空宇宙学会北部支部2009年講演会ならびに第10回再使用型宇宙輸送系シンポジウム講演論文集, 2009

【学生の国際会議・学会・学術雑誌への発表】

○平成 21 年（1 月～12 月）

1. D. Maruyama, K. Matsushima, K. Kusunose, K. Nakahashi, “Three-Dinemsional Design of Low-Wave Drag Supersonic Biplane Using Inverse Problem Method”, J. of Aircraft, Vol.46, No.6, pp.1906-1918, 2009
2. K. Nakahashi, S. Takahashi, T. Ishida, “Building-Cube Method: A Block-Structured Cartesian Mesh Approach for Near-Future Peta-Flops Computers”, Parallel Computational Fluid Dynamics 2009, 2009 , 招待講演
3. M. Sunago, D. Sasaki, K. Takenaka, K. Nakahashi, “Multipoint Optimization of a Short-Range Quiet Passenger Aircraft” Journal of Aircraft, Vol.46, No.3, pp.1070-1074, 2009
4. T. ISHIDA, S. TAKAHASHI and K. NAKAHASHI, Flow Computations around Moving and Deforming Bodies Using Cartesian Mesh, AIAA 2009-1364, 2009
5. S. Takahashi., T. Ishida, K. Nakahashi, H. Kobayashi, K. Okabe, Y. Shimomura, T. Soga and A. Musa, Study of High Resolution Incompressible Flow SimulationBased on Cartesian Mesh, AIAA 2009-1364, AIAA 2009-563**,** 2009
6. D. Sasaki, A. Ito, T. Ishida and K. Nakahashi, Design Optimization of a Mild- Stall Airfoil/Wing for UAV and PAV Applications, AIAA-2009-4111, 2009
7. 恩田博, 高橋俊, 佐々木大輔, 中橋和博, “Building-Cube 法に基づく円柱周りの空力音の解析”, 2009 年度機械学会年次大会講演論文集, pp237-238, 2009
8. T. Ishida, S. Takahashi, and K. Nakahashi, “Efficient Cartesian Mesh Approach for Flow Computations Around Moving and Deforming Bodies”, AIAA-2009-3879, 2009
9. D. Maruyama, K. Nakahashi, K. Kusunose, K. Matsushima “Supersonic Biplane – Toward Efficient Supersonic Transport”, Proc. of CEAS2009, 2009
10. Takashi ISHIDA, Kazuhiro NAKAHASHI, “Flow Computations on Block-Structured Cartesian Meshes”, 4th Tohoku- SNU Joint Workshop on Next Generation Aero Vehicle, 2009

【学生の受賞・特許等】

○平成 21 年（1 月～12 月）

獲得者名：米田　良太

受 賞 名：日本航空宇宙学会
「第 41 回流体力学講演会／航空宇宙数値シミュレーション技術シンポジウム 2009」
学生プレゼンテーション賞

受 賞 年：2009 年

【学生の研究費の獲得】

○平成 21 年（1 月～12 月）

獲得者名：石田　崇

名　　称：GCOE 研究支援 RA

期　　間：2009 年(平成 21 年）4 月～2010 年（平成 22 年)3 月

氏名　石本　淳



所属 流体科学研究所・准教授（博士（工学））
専門 混相流体工学
研究課題
サステナブル混相流動エネルギー循環システムの創成
E-mail: ishimoto@fmail.ifs.tohoku.ac.jp
TEL: 022(217)5271

平成 21 年度における本グローバル COE プログラムに対する取り組み

ナノテクノロジー、新エネルギー創成、エアロスペーステクノロジーなどの基幹研究分野においては、次世代水素利用技術開発や航空安全に関する高度情報集約技術が強く要求されている。特に、超高精細化・高度情報化が著しい近年の流体情報システムは異分野融合型の先進的サステナブル解析手法・最適設計手法の実現が必要不可欠となっている。

本 GCOE プログラムにおいてはでは、超高分解能 PIA レーザー計測と超並列分散型コンピューテーションに基づいたサステナブル異分野融合型研究に基づく先端流体解析手法の開発・体系化と次世代エネルギーに直結した混相流体応用機器の創成を行うための高度な専門教育と研究を行い、国際拠点の形成と若手研究者の養成に尽力している。

平成 21 年度の活動（シンポジウム・国際会議の主催を含む）

＜講演会＞

名　　称：日本機械学会東北支部 第 45 期総会・講演会
開催期間：2010 年 3 月 12 日（金）
開催場所：東北大学工学部（仙台市）
役　　割：実行委員

名　　称：第 28 回 混相流学会年会講演会 2009
　　オーガナイズドセッション（OS-4 機能性流体のマルチスケール流動とシステム化）を企画
開催期間：2009 年 8 月 7- 9 日
開催場所：熊本大学（熊本市)
役　　割：オーガナイザー

＜国際会議＞

名　　称：6th International Conference on Flow Dynamics
開催期間：2009.11.4-6
開催場所：仙台
役　　割：組織委員

名　　称：9th International Symposium on Advanced Fluid Information and Transdisciplinary Fluid Integration, AFI/TFI-2009
開催期間：2009.11.4-6
開催場所：仙台
役　　割：組織委員

＜シンポジウム＞

名　　称：キャビテーションに関するシンポジウム（第 14 回)
開催期間：2009 年 3 月 19 日(木)-20 日（金)
開催場所：東北大学さくらホール（仙台市）
役　　割：実行委員

平成 21 年度の研究業績

【研究内容】

【マイクロスラッシュ利用型超高熱流束混相冷却システムの開発】

次世代の半導体部品やコンピュータチップに発生する局所熱流束は 10^6 W/m^2 を越え、総パワーは 300W に達し、原子炉炉心の発熱密度をも超えようとしている。さらに発熱密度は従来よりも高くなるため近い将来には核融合炉並の発熱密度に至るとさえ予測されている。

本研究は、以上の困難を打破しうる 10^6－10^7 レベルの超高熱流束の冷却性能を有する新型混相電子冷却システムを開発することを主目的とする。超高熱流束混相冷却を可能にする冷媒として新たに微小固体窒素粒子からなるマイクロスラッシュの高速噴霧流と、マイクロスラッシュ－液体窒素固液二相流を用いる。

今年度は、マイクロスラッシュ粒子の高精度粒子計測が可能な PIA 融合計測システムを開発した。

【原子力発電所における配管減肉予測システムの開発に関する研究】

原子力発電所において最も多くトラブルが頻発し大事故に直結する事象となりうるのが、配管系における減肉現象である。減肉とは高速流動・腐食（エロージョン・コロージョン）その他の要因により配管内部の材料組織が浸食され、配管に穴が開き、ついには破断に至る現象である。これは原子炉内配管が非常に複雑な形状を有し、なおかつ高温・高速という非常にシビアな条件で配管内流動が行われているからであり、現在のところ減肉現象を事前に予測あるいは未然に防止することは非常に困難である。

本研究は、原子力発電所の配管系と高速熱流動をスーパーコンピュータ上に再現し、トラブルの発生箇所・原因を事前に予測するシステムを確立することを目的とする。本システムの実用化により、原子炉保守・点検に要する時間的・人的コストは大幅に軽減化し、極めて安全性の高い原子力発電の運用が可能になると言える。

本年度実施した数値計算結果より、蒸気流の湿り度が上昇した場合、オリフィス下流は超音速流れになり、テーパー型 オリフィスでは流速の急激な上昇が起こる可能性があることが明らかとなった。

【過冷却液体水素ピンホール漏えいジェット流の微粒化過程に関する融合数値予測】

過冷却液体水素高圧タンクピンホール漏えいの形態として、液体状態で漏えいし蒸発した水素ガスの拡散が挙げられるが、蒸発水素ガスの挙動の最も重要な支配因子となるのが、蒸発の前段階で生じる液体水素微粒化特性と噴霧熱流動特性である。以上の状況を踏まえ本研究を行うに当たり特に水素ピンホール漏えいを対象とした解析モデルを構築し、過冷却液体水素微粒化特性と噴霧熱流動特性に関する数値予測を行った。

【高速現象を伴う高速液体噴霧微粒化に関する一体型シミュレーション技術の開発と各種ノズル融合設計手法の確立】

自動車用ガソリンエンジンインジェクターノズルあるいは液体燃料ロケットの液体酸素・水素ロケット噴射器（インジェクター）における極低温流体の液柱から液滴への分裂過程、キャビテーションを伴う噴孔上流の横方向流れを考慮した分裂過程、分裂を経て微粒化液滴形成に至るまで一連の気－液滴混相流動場に関し、LES-VOF 法を用いた一体型非定常 3 次元混相乱流解析を行い、インジェクターノズル内液体微粒化メカニズムに関する詳細な数値予測を行っている。さらに微粒化ソルバーの改良を行い、自動車ガソリンあるいは液体ロケット用インジェクターノズルの複雑形状に適応しうるソルバーの開発をめざしている。実際の数値解析の実施に当たっては、大規模混相乱流を扱った CFD であるのでスーパコンピュータのスカラー並列コンピューティングと高速 PC クラスターの融合並列計算による分散型コンピューティング手法を用い、さらに計測結果の分散型フィードバック処理を付加することにより融合解析結果の精度向上を図っている。

【学位論文指導（副査）】

<u>修士論文</u>

1. 相変化を伴う超臨界二酸化炭素の超音速流動解析（松澤　遼）
2. 水平管内を流動するスラッシュ窒素の流動・伝熱特性に関する数値解析（林　心平）

【査読論文（査読付き国際会議論文集を含む）】

〇平成 21 年（1 月～12 月）

1. Jun Ishimoto,
   Numerical Study of Cryogenic Micro-Slush Particle Production Using a Two-Fluid Nozzle,
   Cryogenics, Vol. 49 (2009) pp. 39-50. (*Cryogenics,* ScienceDirect TOP25 Hottest Articles, January - March 2009, 11 位にランクイン)
2. 石本淳
   二流体ノズルによるマイクロスラッシュ粒子生成の融合計算
   低温工学，Vol. 44, No. 2 (2009) pp. 68-76.
3. 石本淳，大平 勝秀，岡林 一木，千歳 敬子
   液体水素ジェット微粒化プロセスに関する融合数値予測
   低温工学，Vol. 44, No.7 (2009) pp. 314-322.
4. Jun Ishimoto, Fuminori Sato and Gaku Sato
   Integrated Computation of Micro-Cavitation in Gasoline Injector Atomization
   Proceedings of the 11th ICLASS International Conference on Liquid Atomization and Spray Systems, Vail, Colorado, Sunday, July 26 Thursday, July 30, 2009 [in CD-ROM].

【学術雑誌・専門書等（査読あり）】

〇平成 21 年（1 月～12 月）

1. Cryogenics
2. 低温工学

【本人の国際会議・学会・学術雑誌への発表（査読なし）】

〇平成 21 年（1 月～12 月）

1. 石本淳（東北大），
   二流体ノズルによるマイクロスラッシュ粒子生成の融合計算（キーノートレクチャー）
   日本機械学会 2009 年度年次大会［W0503］機能性流体工学の融合フロンティア
   ［2009 年 9 月 13 日（日）～16 日，岩手大学（盛岡市）］
2. 石本淳（東北大），
   マイクロキャビテーションを伴うガソリンインジェクター乱流噴霧微粒化プロセスに関する融合計算 （招待講演）
   東京大学ロケットエンジンモデリングラボラトリー 第 3 回ワークショップ「微粒化現象解明へのアプローチ」
   ［2009 年 11 月 20 日(金)，東京大学 本郷キャンパス］
3. 石本淳（東北大），丹 大輔（東北大院），鈴木俊裕（航空大学校），大平勝秀（東北大）
   液体水素ピンホールジェットの乱流微粒化プロセスに関する並列融合数値予測
   混相流学会年会講演会 2009 オーガナイズドセッション（OS-6 機能性流体のマルチスケール流動とシステム化）.［2009 年 8 月 7 -9 日，熊本大学（熊本市)］
4. 石本淳（東北大），異分野融合による極低温マイクロスラッシュジェットの先端高機能化，日本混相流学会年会講演会 2009 オーガナイズドセッション（OS-6 機能性流体のマルチスケール流動とシステム化）.［2009 年 8 月 7 -9 日，熊本大学（熊本市)］

氏名　太田　信



所属 流体科学研究所・准教授（博士（工学））
専門 生体流動工学
研究課題
脳動脈瘤用ステントの血流情報
E-mail: ota@fmail.ifs.tohoku.ac.jp
TEL: 022(217)5309

平成 21 年度における本グローバル COE プログラムに対する取り組み

事業推進担当者の研究分野では、血流等に関する、特に医療機器が血流等に与える影響について、現象の解明とその応用について取り組んできた。血管の疾患部位を 3 次元的に再構築することと、医療機器を高精度に 3 次元的に再構築し融合する技術を開発し、血流数値解析を行っている。また、物性の似ているハイドロゲルで疾患部位を再構築する技術開発を行っている。これらの技術を用いて、医療機器が生体に及ぼす影響について幅広く解明を試みている。本年度は特にステント周りの血流情報の取得について、顕著な研究成果が認められた。

平成 21 年度の活動（シンポジウム・国際会議の主催を含む）

＜国際会議・シンポジウム＞

名　　称：Sixth International Conference on Flow Dynamics
主催団体：グローバル COE プログラム「流動ダイナミクスと知の融合教育研究世界拠点」
開 催 国：日　本
開催期間：2009.11.4 ～ 2009.11.6
役　　割：セッションオーガナイザー

名　　称：Sixth International Intracranial Stent Meeting 2009
主催団体：第 6 回国際 ICS 実行委員会
開 催 国：日　本
開催期間：2009.8.5 ～ 2009.8.7
役　　割：大会長

名　　称：歯科技工技術を磨く会
主催団体：歯科技工技術を磨く会
開 催 国：日　本
開催期間：2009.10.18 ～ 2009.10.18
役　　割：大会長

＜招待講演＞

講 演 先：第 6 回 Aichi 脳血管内外科フォーラム
講演題目：脳動脈瘤ステントによる瘤内血流減少に関する研究
講 演 日：2008.9.4

講 演 先：歯科技工技術を磨く会
講演題目：大学側から見た歯科技工士の技術への魅力とその可能性
講 演 日：2009.10.18

平成 21 年度の研究業績

【研究内容】

1．軟硬組織の力学的構造的再構築を行ったバイオモデリングの開発

軟硬両組織が力学的構造的再構築されたバイオモデリングは、生体外にて医療機器開発や開発支援、

機器を用いた術予測や術前訓練、さらには新たな医療方針支援に役立てることができる。本年度は軟組織、硬組織両方の力学的検討を行った。

2. 可視化情報を用いた脳動脈瘤用ステントの開発

脳動脈瘤付近では２次流れなど複雑な血流状態となっている。ステントなど医療機器にはその血流状態の把握が不可欠である。次世代のステントは血流を制御する機能を付加されたものを開発するのに、可視化情報を用いて行う手法を開発している。特に本年度はその可視化情報の取得方法に検討を行い、データベースの構築に向けた研究を行った。

3. PVA モデル内の流れに関する研究

脳動脈瘤の治療としてを留置する手法は低侵襲治療法として世界的には標準手法となっている。しかしながら、コイル内の流れは複雑で実験的にも捉えられているとは言えず、また過去の論文もほとんどない。本研究では、PIV 手法にてはじめて流れを捉えることに成功した。

【学位論文指導（主査）】

修士論文

1. バイオロボティクス専攻　松本　薫
   「コイルが留置された脳動脈瘤モデル内の流れの PIV 解析」
2. 医工学研究科医工学専攻　小澤　桂
   「骨バイオモデリングの力学的特性に関する研究」
3. 医工学研究科医工学専攻　間々田圭祐
   「Tribological Studies for PVA Soft Tissue Model (PVA 生体軟組織モデル開発のためのトライボロジー 特性に関する研究)」
4. 医工学研究科医工学専攻　信太宗也
   「PVA バイオモデル内流れの PIV 計測」

【学位論文指導（副査）】

修士論文

1. バイオロボティクス専攻　鈴木恒俊
   「超音波計測融合 3 次元血流シミュレーションシステムの開発」
2. バイオロボティクス専攻　糸山 太郎
   「血管再生に向けた生分解性ポリマーの加工」

【査読論文（査読付き国際会議論文集を含む）】

○平成 21 年（1 月～12 月）

1. L.Augsburger, P.Reymond, E.Fonck, Z.Kulcsar, M. Farhat, M. Ohta, N. Stergiopulos, D.A.Rüfenacht, Methodologies to assess blood flow in cerebral aneurysms: Current state of research and perspectives, Journal of Neuroradiology, 2009 (accepted)
2. Makoto Suto, Hiroyuki Kosukegawa, Kaoru Maruta, Makoto Ohta, Kazuyuki Tohji, Balachandran Jeyadevan, Heat diffusion characteristics of magnetic nanoparticles dispersed hydro-gel in alternating magnetic field, Journal of Magnetism and Magnetic Materials June 27th, 2009, pp.3483-3487
3. Yuang-Seng Tsuei, Yasushi Matsumoto, Makoto Ohta, Toshio Nakayama, Masayuki Ezura, Akira Takahashi, Vertebrobasilar junction fenestration with dumbbell-shaped aneurysms formation: computational fluid dynamics analysis, Surgical Neurology, 2009
4. Lei Liu, Hiroyuki Kosukegawa, Makoto Ohta, Toshiyuki Hayase, An isotropic in vitro Vessel Model Using (Vinyl Alcohol) Hydro Gel and Mesh Material, Journal of Applied Polymer Science (accepted)
5. Changho Yu, Hiroyuki Kosukegawa, Keisuke Mamada, Kanju Kuroki, Kazuto Takashima, Kiyoshi Yoshinaka, Makoto Ohta, Development of an In vitro Tracking System with Poly(Vinyl Alcohol) Hydrogel for Catheter Motion, Journal of Biomechanical Science and Engineering (accepted)

【学術雑誌・専門書等（査読あり）】

○平成 21 年（1 月～12 月）

1. Journal of Neuroradiology
2. Journal of Magnetism and Magnetic Materials
3. Surgical Neurology
4. Journal of Applied Polymer Science
5. Journal of Biomechanical Science and Engineering

【本人の国際会議・学会・学術雑誌への発表（査読なし）】

○平成 21 年（1 月～12 月）

1. Hiroyuki Kosukegawa, Keisuke Mamada, Kanju Kuroki, Lei Liu, Kosuke Inoue, Toshiyuki Hayase, Makoto Ohta, Study on the Development of Blood Vessel Biomodeling with Realistic Mechanical Properties Using Poly(vinyl alcohol) Hydrogel, 4th Asian Pacific Conference on Biomechanics, University of Canterbury, Christchurch, Apr. 14-17, 2009, pp.126-127
2. Chang-Ho Yu, Hiroyuki Kosukegawa, Keisuke Mamada, Kanju Kuroki, Kazuto Takashima, Kiyoshi Yoshikawa, Makoto Ohta, Study on a Catheter Movement with Poly (vinyl alcohol) Hydrogel for the Development of an In-Vitro Tracking System, 4th Asian Pacific Conference on Biomechanics, University of Canterbury, Christchurch, Apr. 14-17, 2009, pp.301-302
3. Keisuke Mamada, Hiroyuki Kosukegawa, Koji Yamaguchi, Naoto Oikawa, Yuji Katakura, Yukihiko Shibata, Kanju Kuroki, Makoto Ohta, Measurement of Dynamic Viscoelasticities and Sensory Evaluations of Poly(Vinyl Alcohol) Hydrogel for Development of Oral Mucosa Model, 4th Asian Pacific Conference on Biomechanics, University of Canterbury, Christchurch, Apr. 14-17, 2009, pp.146-147
4. Futoshi Mori, Toshio Nakayama, Teruo Matsuzawa, Makoto Ohta, 3D Observation of Expansion of Stent and Elastic Recoil using Micro-CT, World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering (IFMBE Proceedings, Vol. 25), Munich, Germany, September 7 - 12, 2009 pp.235-238
5. Zijing Zeng, Akira Takahashi, Hiroaki Shimizu, Makoto Ohta, Teiji Tominaga, Anne M. Robertson, A parametric model for side wall and bifurcation cerebral aneurysms, International Intracranial Stent Meeting 2009, Sendai, Japan, Aug. 5-7, 2009, P.61
6. K. Takashima, M. Ohta, K. yoshioka, T. Murai, S. Oota, Computational simulation for catheter and guidewire motion in blood vessels, International Intracranial Stent Meeting 2009, Sendai, Japan, Aug. 5-7, 2009, P.75
7. S. Shida, H. Kosukegawa, K. Kuroki, M. Ohta, Optical properties measurement of Poly (vinyl alcohol) hydrogel biomodel for applying Particle Image Velocimetry, International Intracranial Stent Meeting 2009, Sendai, Japan, Aug. 5-7, 2009, P.82
8. H. Kosukegawa, K. Mamada, K. Kuroki, L. Liu, K. Inoue, T. Hayase, M. Ohta, Evaluation of Poly (vinyl alcohol) Hydrogel Biomodeling by Using Ultrasound, International Intracranial Stent Meeting 2009, Sendai, Japan, Aug. 5-7, 2009, P.83
9. C.H. Yu, H. Kosukegawa, K. Mamada, K. Kuroki, K, Takashima, K.Yoshinaka, M. Ohta, Experimental Study on a Catheter Movement for evaluating Catheter Designs, International Intracranial Stent Meeting 2009, Sendai, Japan, Aug. 5-7, 2009, P.83
10. M. Ohta, T. Nakayama, H. Anzai, J. Cebral, L.Augsburger, 3rd Virtual Intracranial Stenting Challenge(VICS09), International Intracranial Stent Meeting 2009: Virtual Intracranial Stent Challnege 2009, Sendai, Japan, Aug. 5-7, 2009, P.84
11. K.Tokunaga, H. Hayase, T. Nakayama, K. Sugiu, A. Nishida, S. Arimitsu, T. Hishikawa, S. Ono, M. Ohta, I. Date, Computational Fluid Dynamics of Carotid Arteries after Carotid Endarterectomy or Carotid Artery Stenting based on Postoperative Patient-specific Data, International Intracranial Stent Meeting 2009, Sendai, Japan, Aug. 5-7, 2009, P.87
12. Y. Umeda, K. Hamada, K. Fukazawa, Y. Miura, F. Ishida, S. Matsushima, S. Shimosawa, W. Taki, M. Ohta, Improvement of Dynamic Four-dimensional CT Angiography (DFA) and apply to the Computational Fluid Dynamics, International Intracranial Stent Meeting 2009, Sendai, Japan, Aug. 5-7, 2009, P.93
13. H. Anzai, Y. Takeshima, T. Nakayama, M. Ohta, 3D Visualization of numerical simulation of

blood flow on intracranial stent, International Intracranial Stent Meeting 2009, Sendai, Japan, Aug. 5-7, 2009, P.93

14. K. Ozawa, K. Yamaguchi, N. Oikawa, Y. Katayama, Y. Shibata, K. Kuroki, M. Ohta, Development of Bone Biomodeling for drilling, International Intracranial Stent Meeting 2009, Sendai, Japan, Aug. 5-7, 2009, P.95, Poster Presentation
15. K. Matsumoto, S. Noda, K. Fukasaku, R. Himeno, Makoto Ohta, Measurement of Flow Speed of In Vitro Aneurysm Models with Coils Using Particle Image Velocimetry (PIV), International Intracranial Stent Meeting 2009, Sendai, Japan, Aug. 5-7, 2009, P.97, Poster Presentation
16. M. Hirabayashi, M. Ohta, H. Kojima, K. Oiwa, D.A. Rufenacht, B. Chopard, Numerical Analysis on Characteristic Effects of Stent in Cerebral Vessels, International Intracranial Stent Meeting 2009, Sendai, Japan, Aug. 5-7, 2009, P.100
17. Hitomi Anzai, Toshio Nakayama, Yuriko Takeshima, Makoto Ohta, 3D Visualization of Numerical Simulation of Blood Flow on Intracranial Stent, Third Switzerland-Japan workshop on Biomechanics 2009(SLB 2009), Institute for Biomechanics, ETH Zurich, Engelberg, Switzerland, Sep. 1-4, 2009, P. 72
18. Hiroyuki Kosukegawa, Yoko Hashida, Toshiyuki Hayase, Makoto Ohta, Poly(vinyl alcohol) Hydrogel with Controlled Wall Thickness for Blood Vessel Biomodelilng, Third Switzerland-Japan workshop on Biomechanics 2009(SLB 2009), Institute for Biomechanics, WTH Zurich, Engelberg, Switzerland, Sep. 1-4, 2009, P. 75
19. Shuya Shida, Hiroyuki Kosukegawa, Kanju Kuroki, Makoto Ohta, Development of Particle Image Velocimetry System for intra-aneurysmal flow in arterial biomodel made of Poly (vinyl alcohol) hydrogel, Third Switzerland-Japan workshop on Biomechanics 2009(SLB 2009), Institute for Biomechanics, ETH Zurich, Engelberg, Switzerland, Sep. 1-4, 2009, P. 76
20. Noriko Tomita, Hitomi Anzai, Jun Kaneko, Yoshiyuki Kamio, Makoto Ohta, Molecular architecture analysis of Staphylococcal γ-hemolysin heteroheptameric transmembrane pore complex, Third Switzerland-Japan workshop on Biomechanics 2009(SLB 2009),Institute for Biomechanics, ETH Zurich, Engelberg, Switzerland, Sep. 1-4, 2009, P. 93
21. Keisuke Mamada, Hiroyuki Kosukegawa, Vincent Fridrici, Philippe Kapsa, Makoto Ohta, Friction properties of PVA-H / steel ball contract, Proceedings of World Tribology Congress 2009, Kyoto International Conference Center, Sep.6-11, 2009, p787
22. K. Ozawa, K. Yamaguchi, N.Oikawa, Y. Katakura, Y. Shibata, K. Kuroki, M. Ohta, Analysis of Drilling Bone Biomodeling, International Bone-Tissue-Engineering Congress, Hannover, Germany, Oct. 8-11, 2009, p.54
23. T.Nakayama, K.Srinivas, M. Ohta, Development of stent for Cerebral Aneurysm, Proceedings of the Ninth International Symposium on Advanced Fluid Information and Transdisciplinary fluind Integration(ATI/TFI 2009), Nov. 4-5, 2009, pp.68-69
24. C.H. Yu, H. Kosukegawa, K. Mamada, K. Kuroki, K. Takashima, K. Yoshinaka, M. Ohta, Experimental Study on a Catheter Movement for Evaluating Catheter Designs Using an In-Vitro Tracking System, Sixth International Conference on Flow Dynamics(ICFD), Global COE Program, Nov. 4-6, 2009, pp. 352-353
25. Masud Behnia, Karkenahalli Srinivas, Makoto Ohta, Toshio Nakayama, Pheology- Fluid dynamics of Blood Flow Modeling and Simulation, 13th Annual Scientific Meeting and Workshops, Conference Proceedings, Feb. 6-11, 2010, pp.203-222
26. 冨田　典子, 安西　眸, 金子　淳, 神尾　好是, 太田　信, 黄色ブドウ球菌の 2 成分血球崩壊毒素 γ ヘモリジンが形成する膜孔複合体の立体構造解析, 日本顕微鏡学会第 65 回学術講演会　日本顕微鏡学会　2009 年 5 月 26-29 P.205 P-B39
27. Keisuke Shinohara, Kotoe Mizuki, Kazunari Katagiri, Hidemasa Tanaka, Makoto Ohta, Hideya Nishiyama, Dynamic response and Functionalization of Magneto-Rheological fluid flow in a biological tube, 第 28 回昆相流シンポジウム　昆相流学会年会講演会 2009 年 8 月 7 日, pp.116-117
28. Shuya Shida, Hiroyuki Kosukegawa, Kanju Kuroki, Makoto Ohta, Development of working fluid for Particle image velocimetry measurements of intra-aneurysmal flow in biomodel made of Poly(Vinyl alcohol) hydrogel, 計測自動制御学会東北支部　45 周年記念学術講演会, 2009 年 9 月 7－8 日, pp.27-28
29. Kaoru Matsumoto, Shigeho Noda, Kazuaki Fukasaku, Ryutato Himeno, Makoto Ohta,

Hemodynamic studies of coiling in cerebral aneurysm model, 機械学会年次大会 2009 Japan, Nihon Kikai Gakkai, Iwate University, Sep. 13-16, 2009, vol.6, pp.171-172

30. Hitomi Anzai, Yuriko Takeshima, Toshio Nakayama, Makoto Ohta, 3D visualizaion of numerical simulation of blood flow on intracranial stent, 機械学会年次大会 2009 Japan, Nihon Kikai Gakkai, Iwate University, Sep. 13-16, 2009,vol.6, pp.177-178
31. 冨田　典子, 安西　眸, 金子　淳 , 神尾　好是, 太田　信, ブドウ球菌の 2 成分性毒素 γ ヘモリジンが形成するヘテロヘプタマー膜孔複合体の立体構造解析, 第 54 回日本ブドウ球菌研究会　川崎医科大学　2009 年 9 月 17－18 日, p22
32. 冨田　典子, 安西　眸, 金子　淳 , 神尾　好是, 太田　信, Three-dimensional structure analysis of staphylococcal γ-hemolysin heteroheptameric transmembrance pore complex, 日本生物物理学会第 47 回年会講演　アスティとくしま 2009 年 10 月 30～11 月 1 日, p. s-58
33. 松本薫、野田茂穂、深作和明、姫野隆太郎、太田信, コイルを留置させた脳動脈瘤モデルでの血流の定量的測定法の開発, 第 25 回日本脳神経血管内治療学総会, 2009 年 11 月 19－21 日, p.257
34. 深作和明、根来真、野田茂穂、松本薫、太田信、奈良一成、高木周、姫野龍太郎, 脳動脈瘤コイル塞栓後の血流変化の計算機流体力学による評価, 第 25 回日本脳神経血管内治療学総会, 2009 年 11 月 19－21 日, p.263
35. Hiroyuki Kosukegawa, Lei Liu, Kanju Kuroki, Toshiyuki Hayase, Makoto Ohta, Fabrication of 3D Blood Vessel Model with Poly (vinyl alcohol) Hydrogel and Measurement of Mecanical Properties, 第３１回日本バイオマテリアル学会, Nov. 16-17, 2009, p.138
36. 中山　敏男, 鄭　信圭, Srinivas Karkenahalli, 太田　信, 脳動脈瘤内の血液を低下させるためのステントストラットの探索結果, 第 22 回バイオエンジニアリング講演会　2010 年 1 月 9-10 日, 岡山理科大学, 日本機械学会, p.334
37. 小助川　博之、信太　宗也、橋田　葉子、太田　信　　14. ポリビニルアルコールハイドロゲルを用いた血管バイオモデリング壁の力学解析, 第 22 回バイオエンジニアリング講演会, 2010 年 1 月 9-10 日, 岡山理科大学, 日本機械学会, p.20

【学生の国際会議・学会・学術雑誌への発表】

〇平成 21 年（1 月～12 月）

1. Changho Yu, Hiroyuki Kosukegawa, Keisuke Mamada, Kanju Kuroki, Kazuto Takashima, Kiyoshi Yoshinaka, Makoto Ohta, Development of an In vitro Tracking System with Poly(Vinyl Alcohol) Hydrogel for Catheter Motion, Journal of Biomechanical Science and Engineering (accepted)

【本人の受賞・特許等】

〇平成 21 年（1 月～12 月）

受 賞 名：第 9 回東北大学グローバル COE「新世紀世界の成長焦点に築くナノ医工学拠点」
　　国際シンポジウムポスター賞
受 賞 年：2009 年 3 月

【学生の受賞・特許等】

〇平成 21 年（1 月～12 月）

受賞者名：小助川博之
受 賞 名：9th International Symposium of Tohoku University GCOE Programme “Global Nano-Biomedical Engineering Education and Research Network Center”
　　Poster Presentation Award

【学生の研究費の獲得】

〇平成 21 年（1 月～12 月）

獲得者名：小助川博之（D2）
名　　称：国際高等教育院

【本人のマスコミ発表等】

〇平成 21 年（1 月～12 月）

ニュースレター(aneurIST), 仙台 Travis、SGI 広告

氏名　丸田　薫



所属 流体科学研究所・教授（博士（工学））
専門 燃焼学
研究課題 熱物質再生燃焼・マイクロ燃焼・ヒートポンプシステムにおける熱物質移動
E-mail: maruta@ifs.tohoku.ac.jp
TEL: 022(217)5319

平成 21 年度における本グローバル COE プログラムに対する取り組み

反応流動融合分野における事業推進担当者として、反応を伴う流動現象を利用したエネルギー変換におけるエクセルギー効率向上を目指し、マイクロ燃焼、マイクロリアクタ技術の研究開発に取り組んだ。

マイクロ燃焼の基礎研究から発した独自技術である温度分布マイクロリアクタを用いて、低温酸化反応の温度別反応帯可視化・反応経路解析、最低火炎温度特定をすすめた。これらを基に大規模化学反応機構の特性解析法を開発した。さらにオクタン価など、燃料特性を代表する評価手法へ発展させたい考えである。ロシア科学アカデミー、韓国エネルギー研究所から研究者を招へいし、合計 3 ヶ月間の共同研究を実施中であるほか、マイクロ燃焼に関するプリンストン大との共同研究を実施した。産学官連携では、ヒートポンプ内熱物質移動の研究、炭化水素燃料の反応機構検証、自着火燃焼機構等に関する研究を自動車・重工メーカや JAXA と進めた。高温空気燃焼技術の国際的普及に向けた国際標準（ISO）策定のための社会活動では、TC109 に続き、日本が新たに議長国となった TC244 国内対策委員長として活動を継続している。

平成 21 年度の活動（シンポジウム・国際会議の主催を含む）

＜国際会議＞

名　　称：Seventh Asia-Pacific Conference on Combustion, ASPACC 09
主催団体：the Asia-Pacific regional section members, affiliated with the Combustion Institute
開 催 国：Taiwan
開催期間：2009.5.24 ～ 2009.5.27
役　　割：Session-Chairs, 共著者

名　　称：The Sixth International Conference on Flow Dynamics
主催団体：グローバル COE プログラム「流動ダイナミクスと知の融合教育研究世界拠点」
開 催 国：日　本
開催期間：2009.11.4 ～ 2009.11.6
役　　割：Organizing Committee Member, 共著者

＜招待講演＞

講 演 先：IFRF's 16th International Members Conference
講演題目：Microcombustion and its application to study on multi-stage oxidation of practical fuels
講 演 日：2009.6.8

講 演 先：China-Japan Workshop on Combustion in Micro-Power System
講演題目：Microcombustion as a platform for general combustion study
講 演 日：2009.10.21

平成 21 年度の研究業績

【研究内容】

マイクロ燃焼における weak flame 現象を用いることで、代替燃料など、多様な燃料の化学反応特性を

統一的に取り扱うことの出来る手法を開発した。この手法を、冷炎現象を呈する炭化水素燃料、バイオエタノール等に適用し、従来の反応機構の問題点、反応機構改良の方向性を提示することに成功した。また、燃焼過程におけるすす生成過程に対しても同手法の適用を開始し、温度・滞在時間を独立に制御して、すす生成過程の傾向評価および前駆体反応モデルの検証に使用可能であることを示した。同手法を、高圧下の液体燃料の燃焼過程に適用する手法も開発し、液体モデル燃料における着火燃焼特性の取得、数値計算による評価、さらに反応機構評価の手法を構築した。マイクロスケール燃焼に及ぼす熱音響不安定に関する研究も開始している。ヒートポンプ内熱物質移動について、システム総合効率向上のための基礎データ取得装置を開発し、微視的な溶媒内物質拡散現象と、巨視的なシステム性能の包括的評価に使用できる手法および装置を開発した。

【学位論文指導（主査）】

修士論文

機械システムデザイン工学専攻　　押部　洋
「温度分布制御型マイクロフローリアクタにおける DME の酸化反応過程」

【学位論文指導（副査）】

博士論文

東京大学大学院工学系研究科　　范　勇
「Wall Thermal/Chemical Effects on Premi xed Flame in Micro Channels」
（マイクロ流路内予混合火炎における熱・化学的壁面効果に関する研究）

修士論文

1. 機械システムデザイン工学専攻　　谷口　寛樹
「熱音響エネルギー変換の直接観測」
2. 航空宇宙工学専攻　　望月　宏朗
「エッジフレームの火炎構造に及ぼすルイス数の影」
3. 航空宇宙工学専攻　　市川　泰久
「石炭改質模擬ガスを燃料とする高圧乱流予混合火炎に関する研究」
4. 航空宇宙工学専攻　　加藤　裕之
「酸素噴流拡散火炎の安定性に関する研究」
5. 航空宇宙工学専攻　　森　誠
「ポリマーの熱分解特性計測法に関する研究」

【査読論文（査読付き国際会議論文集を含む）】

○平成 21 年（1 月～12 月）

1. Hisashi Nakamura, Aiwu Fan, Hideaki Minamizono, Kaoru Maruta, Hideaki Kobayashi, Takashi Niioka
Bifurcations of stretched premixed flame stabilized by a hot wall
Proceedings of the Combustion Institute, Vol. 32, Issue 1, pp.1367-1374 (2009).
2. Aiwu Fan, Sergey Minaev, Evgeniy Sereshchenko, Roman Fursenko, Sudarshan Kumar, Wei Liu, Kaoru Maruta
Experimental and numerical investigations of flame pattern formations in a radial microchannel
Proceedings of the Combustion Institute, Vol. 32, Issue 2, pp.3059-3066 (2009).
3. Yosuke Tsuboi, Takeshi Yokomori and Kaoru Maruta
Lower limit of weak flame in a heated channel
Proceedings of the Combustion Institute, Vol. 32, Issue 2, pp.3075-3081 (2009).
4. HaoLin Yang, Sergey Minaev, Evgeniy Geynce, Hisashi Nakamura, Kaoru Maruta
Filtration Combustion of Methane in High-Porosity Micro-Fibrous Media
Combustion Science and Technology,Vol.181, Issue 4, pp.654- 669 (2009).
5. Sergey S. Minaev, Evgeniy V. Sereshchenko, Roman V. Fursenko, Aiwu Fan, and Kaoru Maruta

Splitting Flames in a Narrow Channel with a Temperature Gradient in the Walls
Combustion, Explosion, and Shock Waves, Vol. 45, No. 2, pp.119−125 (2009).

6. Aiwu Fan, Sergey S. Minaev, Evgeniy V. Sereshchenko, Yosuke Tsuboi, Hiroshi Oshibe, Hisashi Nakamura and Kaoru Maruta
Dynamic behavior of splitting flames in a heated channel Combustion
Explosion, and Shock Waves, Vol. 45, No. 3, pp.245−250 (2009).
7. Amornrat Kaewpradap, Kaoru Maruta, Satoshi Kadowaki
Effect of Activation Energy on Intrinsic Instability of Premixed Flames (Flame Instability at Small Activation Energy)
Transactions of the Japan Society of Mechanical Engineers, Series B, Vol.75, No.753, pp.1168-1173 (2009).
8. Makoto Suto, Hiroyuki Kosukegawa, Kaoru Maruta, Makoto Ohta, Kazuyuki Tohji and Balachandran Jeyadevan
Heat diffusion characteristics of magnetite nanoparticles dispersed hydro-gel in alternating magnetic field
Journal of Magnetism and Magnetic Materials, Volume 321, Issue 20,pp.3483-3487 (2009).
9. Evgeniy Geynce, Sergey Minaev, Roman Fursenko, Aiwu Fan, Kaoru Maruta
Formation of Multiple Flame Fronts in Heated Micro Channel
Proceedings of 7th Asia-Pacific Conference on Combustion, pp.131, (2009).
10. Hisashi Nakamura, Hiroshi Oshibe, Kaoru Maruta
Dimension Reduction Model for Auto-ignition in Micro Flowreactor with Controlled Temperature Profile
Proceedings of 7th Asia-Pacific Conference on Combustion, pp.158, (2009).
11. Hiroshi Oshibe, Hisashi Nakamura , Takuya Tezuka, Susumu Hasegawa, Kaoru Maruta
Two Stage Reactions of Dimethyl Ether-Air Mixture in Micro Flowreactor with Controlled Temperature Profile
Proceedings of 7th Asia-Pacific Conference on Combustion, pp.159, (2009).
12. Haolin Yang, Hisashi Nakamura, Kaoru Maruta
Propagation of Premixed DME/air Flames in Low Speed Mixture Flows in Mesoscale Tubes
Proceedings of 7th Asia-Pacific Conference on Combustion, pp.160, (2009).

【学術雑誌・専門書等（査読あり）】

○平成 21 年（1 月～12 月）

1. Proceedings of the Combustion Institute,
2. Combustion Science and Technology,
3. Combustion Explosion and Shock Waves,
4. Transactions of the Japan Society of Mechanical Engineers,
5. Journal of Magnetism and Magnetic Materials,
6. （共著）丸田 薫
「最新　燃焼・ガス化技術の基礎と応用」第 3 章　液体燃焼,　化学工学会, 三恵社, (2009).

【本人の国際会議・学会・学術雑誌への発表（査読なし）】

○平成 21 年（1 月～12 月）

1. 山本 晃, 押部 洋, 中村 寿, 長谷川 進, 手塚 卓也, 丸田 薫
温度分布制御型マイクロフローリアクタによる n-ヘプタン/空気混合気の燃焼
第 46 回日本伝熱シンポジウム講演論文集, Vol. I , pp.55-56, (2009).
2. 中村 寿, 押部 洋, 丸田 薫
温度分布制御型マイクロフローリアクタにおける自着火の簡略化モデル
日本機械学会 2009 年度年次大会講演論文集, Vol.7, pp.177-178, (2009).

3. 押部 洋, 中村 寿, 手塚卓也, 長谷川 進, 丸田 薫
温度分布制御型マイクロフローリアクタにおける DME の多段酸化反応
日本機械学会 2009 年度年次大会講演論文集, Vol.7, pp.169-170, (2009).
4. 山本 晃, 押部 洋, 中村 寿, 長谷川 進, 手塚 卓也, 丸田 薫
温度分布制御型マイクロフローリアクタによる n-ヘプタン/空気混合気の三段反応
自動車技術会学術講演会前刷集 No.91-09, pp.1-3,(2009).
5. Hisashi Nakamura, Hiroshi Oshibe, Kaoru Maruta
Chemistry validation using simplified modeling ofautoignition in micro flowreactor with controlled temperature profile
Proceedings of The Ninth International Symposium on Advanced Fuluid Information and Transdisciplinary Fluid Integration, pp.118-119, (2009).
6. Roman Fursenko, Sergey Minaev, Kaoru Maruta
Flame Dynamics in Radiative Porous Media
Sixth International Conference on Flow Dynamics Proceedings, pp.196-197,(2009).
7. Sergey Minaev, Kaoru Maruta
Investigations of Reacting Flow in Micro Channels Directed toDevelopment of Eco-Friendly Technologies of Energy Conversion
Proceedings of The Ninth International Symposium on Advanced Fuluid Information and Transdisciplinary Fluid Integration, pp.46-47, (2009).
8. Yevgeniy Bondar, Kaoru Maruta, Mikhail Ivanov
Numerical Studies of the Reacting Rarefied Flows in Tubes
Proceedings of The Ninth International Symposium on Advanced Fuluid Information and Transdisciplinary Fluid Integration, pp.84-85, (2009).
9. Hiroshi Oshibe, Akira Yamamoto, Takuya Tezuka, Susumu Hasegawa, Hisashi Nakamura, Kaoru Maruta
Study on multi-stage oxidation of hydrocarbon-air mixture in micro flowreactor with controlled temperature profile
Sixth International Conference on Flow Dynamics Proceedings, pp.268-269,(2009).
10. Ryu Tanimoto, Takuya Tezuka, Susumu Hasegawa, Hisashi Nakamura, Kaoru Maruta
Carbon particle formation in micro flowreactor with controlled temperature profile
Sixth International Conference on Flow Dynamics Proceedings, pp.210-211,(2009).
11. Hisashi Nakamura, Hiroshi Oshibe, Kaoru Maruta
Study on combustion chemistry using micro flowreactor with controlled temperature profile
Sixth International Conference on Flow Dynamics、Sixth International Conference on Flow Dynamics Proceedings, pp.574-575, (2009).
12. Atsuki Komiya, Kaoru Maruta, Yoshikatsu Nakano and Hisashi Nakamura
Visualization of Absorption Process of Carbon Dioxide into Alkanolamine Solutions at Gas-liquid Surface
Sixth International Conference on Flow Dynamics Proceedings, pp.590-591,(2009).
13. 中村 寿, 押部 洋, 丸田 薫
温度分布制御型マイクロフローリアクタを用いた PRF の自着火特性
第 47 回燃焼シンポジウム講演論文集, pp.234-235, (2009).
14. 押部 洋, 中村 寿, 手塚 卓也, 長谷川 進, 丸田 薫
温度分布制御 型マイクロフローリアクタにおける DME の低温酸化反応
第 47 回燃焼シンポジウム講演論文集, pp. 232-233, (2009).
15. 山本 晃, 押部 洋, 中村 寿, 長谷川 進, 手塚 卓也, 丸田 薫
温度分布制御型マイクロフローリアクタによる n-ヘプタンの多段酸化反応
第 47 回燃焼シンポジウム講演論文集, pp.230-231, (2009).

16. 谷本 隆, 手塚 卓也, 長谷川 進, 中村 寿, 丸田 薫
温度分布制御型マイクロフローリアクタにおけるすすの生成に関する研究
第 47 回燃焼シンポジウム講演論文集, pp. 320-321, (2009).

【本人のマスコミ発表等】

○平成 21 年（1 月～12 月）

1. 東日本放送『東北大学の新世紀』「燃焼反応の顕微鏡」において研究内容紹介（2009.8.31）
   URL：http://www.tohoku100-tv.jp/thisweek/090831/index.html
2. 仙台 CAT-V のインターネットテレビ番組「COLUMBUS CHANNEL」において研究内容紹介（2010.1） URL:http://cat-vnet.tv/category120/120_005/120_005_0001_a.html

氏名　笹尾　眞實子



所属　工学研究科量子ｴﾈﾙｷﾞｰ工学専攻・教授（工学博士）専門　プラズマ、核融合、ITER, イオンビーム

研究課題

磁場閉じ込め核融合における計測とプラズマ流制御

E-mail：mamiko.sasao@qse.tohoku.ac.jp

℡：022（795）7925

平成 21 年度における本グローバル COE プログラムに対する取り組み

事業推進担当者の研究分野では、(1)国際熱核融合実験炉(ITER)を始めとする核融合燃焼プラズマ実験における核燃焼維持のための計測機器の開発と、(2)立体磁気軸構造のトーラス型プラズマ閉じ込め装置である東北大学ヘリアック装置を用いて、この閉じ込め改善モード遷移のメカニズム解明とプラズマ流制御の研究を行っている。本年度は、(1)に関しては中性子計測法の開発として、日本原子力機構の JT60U 実験のための中性子検出システムの高性能化、国際熱核融合実験炉のためのアルファ粒子計測のための高速ヘリウムビーム源の開発、、国際熱核融合実験炉のための損失アルファ粒子計測法の開発をおこない、その中で国際リーダーシップをとった活動をおこなっている。(2)に関しては、東北大学ヘリアック装置において電子放出型のバイアス電極をプラズマ中の挿入し能動的に電場を形成して、$j \times B$に拠るプラズマ流を生成することにより、閉じ込め改善モード遷移のメカニズム解明とプラズマ流制御の研究を行っている。

平成 21 年度の活動（シンポジウム・国際会議の主催を含む）

＜国際会議＞

名　　称：International Workshop on Fusion Product diagnostics for burning plasma experiments,
主催団体：特定領域[プラズマ燃焼のための先進計測]
開 催 国：日本
開催期間：2009.10.17 ～ 2009.10.19
役　　割：オーガナイザー, 総合講
講演題目：M. Sasao, “Absolute fusion output measurement on ITER”, International Workshop on Fusion Product diagnostics for burning plasma experiments, Tokoname, October 19, 2009
講 演 日：2009.10.19

＜シンポジウム＞

名　　称：科研費特定領域「プラズマ燃焼のための先進計測」及び
　　核融合エネルギーフォーラム計測サブクラスター　合同シンポジウム,
主催団体：特定領域[プラズマ燃焼のための先進計測]
開 催 国：日本
開催期間：2010.2.24 ～2010.2.26
役　　割：オーガナイザー、総合講演
講演題目：核反応計測
講 演 日：2010.2.24

＜招待講演＞

名　　称：核融合　夏期セミナー
主催団体：原子力学会核融合部会
開 催 国：日本
開催期間：2009.8.11 ～ 2009.8.13
講演題目：**核燃焼プラズマ計測の進展**
講 演 日：2009.8.13

平成 21 年度の研究業績

【研究内容】

1. 核融合燃焼プラズマ実験における 中性子計測法の開発
日本原子力機構の JT60U 実験のための中性子検出システムの高性能化のための新方式の中性子ガンマ線弁別法を開発し、実際の測定に適用。高時間分解により周辺局在モードにおける高速イオンの挙動を明らかにした。

2. 国際熱核融合実験炉(ITER)プロジェクトにおける核融合出力絶対測定法の研究
絶対測定のために較正実験の評価と必要要件をあきらかにした。

3. 国際熱核融合実験炉(ITER)プロジェクトにおける損失アルファ粒子計測法の研究
ITER 実機における損失アルファ粒子の軌道を調査し、そのためのシステム設計、必要とされる中性子輸送計算を行った。

4. ビーム中性化法によるアルファ粒子計測法の開発
ヘリウムイオンビーム電流(>3A)、ビーム径(~2cm)を荷電交換に最適なビームエネルギー(20keV)で得る事に成功し、本年度はビームのエミッタンス等の性能を調査した。さらに本年度は自然飛行を使ったヘリウム中性粒子ビーム生成の原理検証に成功した。すなわち、基底状態のヘリウム中性ビーム生成法の研究をおこなうために開発した原理検証装置において、独自に開発したパイロ検出器を飛行距離の異なる地点に設置し、飛行距離による He^0 量の増加を確認した。

5. プラズマ流駆動による閉じ込め改善モード遷移メカニズム解明
東北大学ヘリアック装置において電子放出型のバイアス電極をプラズマ中の挿入し能動的に電場を形成して、$j \times B$ に拠るプラズマ流を生成し、プラズマ揺動との相関を調査した。
また、磁気島を積極的にプラズマ中に生成し、プラズマ流と磁気島、それらとプラズマ揺動との相関を調査した。

【学位論文指導（主査)】

博士論文

1. 量子エネルギー工学専攻　田中　のぞみ
「アルファ粒子計測のための高速中性ヘリウムビーム生成に関する研究」

修士論文

1. 量子エネルギー工学専攻　石井　啓一
「JT-60U における高速イオン挙動解明を目指した中性子分布計測の高性能化に関する研究」
2. 量子エネルギー工学専攻　磯野　剛大
「ビーム減衰を利用した中性ヘリウムビーム中の準安定状態占有密度比計測法に関する基礎研究」
3. 量子エネルギー工学専攻　柏　総一郎
「ITER における損失α粒子計測のためのγ線測定システムの研究」
4. 量子エネルギー工学専攻　佐藤　惇弥
「東北大学ヘリアック装置における密度崩壊現象に関する基礎研究」
5. 量子エネルギー工学専攻　長村　隆行
「アルファ粒子計測のための Li 蒸気通過による He-ビーム荷電変換生成に関する研究」

【査読論文（査読付き国際会議論文集を含む)】

〇平成 21 年（1 月～12 月）

1. M. Sasao T. Kobuchi, M. Kisaki, H. Takahashi, A. Okamoto1, S. Kitajima,O. Kaneko, Y.Tsumori, K. Shinto, and M. Wada, "Fine-Structure Characteristics in the Emittance Images of a Strongly Focusing He^+ Beam", Review of Scientific Instruments Vo. 81, (2010)
2. Okamoto, T. Isono, T. Nishiuchi, H. Takahashi, S. Kitajima, and M. Sasao: "High density helicon source for beam attenuating target", to be appeared in Journal of Plasma and Fusion Research

SERIES.)

3. Okamoto, T. Isono, T. Kobuchi, S. Kitajima, and M. Sasao: "Interaction of Helium Ion Beam with Argon Gas and Plasma", Journal of Plasma and Fusion Research SERIES, 8 (2009) 0039-0043)
4. H. Sakakita, S. Kiyama, H. Koguchi, Y. Hirano, T. Shimada, M. Sasao, A. Okamoto, T. Kobuchi, and K. Shinto: "Evaluation of 25 keV Helium Hydrogen Ion Beam for Alpha Particle Measurement in ITER", Journal of Plasma and Fusion Research SERIES, 8 (2009) 0674-0679.)
5. M. Kikuchi, N. Tanaka, T. Nagamura, T. Kobuchi, A. Okamoto, S. Kitajima, M. Sasao ,H. Yamaoka ,M. Wada, "Study of the Beam Transport in a High-Energy Neutral Helium Beam System with Double Charge Exchange Cell", Journal of Plasma and Fusion Research SERIES, Vol.8 , 2009,pp.1539-1541.
6. N. Tanaka, H. Yamaoka , M. Nishiura , K. Tsumori, T. Nagamura, M. Sasao, T. Kenmotsu, Y. Matsumoto, M. Wada, "Low-energy particle interaction at carbon nanowalls on W surface" Journal of Nuclear Materials, 2009,pp.1035-1038)
7. N. Tanaka, Nagamura, M. Kikuchi, A. Okamoto , T. Kobuchi, S. Kitajima, M. Sasao, H. Yamaoka , M. Wada , "Characteristics of a He^- Beam Produced in Lithium Vapor", AIP conf. Proc. Vol. 1097, 2009,pp.443-448)
8. K. OkadaT, , K. Kondo, K. Ochiai, S. Sato, C. Konno, A. Okamoto, T. Kobuchi, S. Kitajima, and M. Sasao: "Measurement of DT and DD Neutrons with a TOF Spectrometer for Determination of Fuel Ion Density Ratio in ITER", Journal of Plasma and Fusion Research SERIES, 8 (2009) 0666-0669.
9. H. Utoh, K. Nishimura, H. Umetsu, K. Ishii, S. Inagaki, M. Yokoyama, Y. Suzuki, H. Takahashi, Y. Tanaka, A. Okamoto, T. Kobuchi, S. Kitajima, and M. Sasao: "High Beta Discharges with Hydrogen Storage Electrode Biasing in the Tohoku University Heliac", Journal of Plasma and Fusion Research SERIES, 8 (2009) 1052-1057.
10. K. Ishii, K. Shinohara, M. Ishikawa, T. Okuji, M. Baba, M. Isobe, S. Kitajima, M. Sasao, "Multi-channel neutron emission and triton burn-up measurement on JT-60U using Digital-Signal-Processors", Plasma Fusion Res. Special Issue (March 2010,印刷中)

【学術雑誌・専門書等（査読あり）】

○平成 21 年（1 月～12 月）

1. Review of Scientific Instruments
2. Journal of Nuclear Materials
3. Journal of Plasma and Fusion Research SERIES

【学生の研究費の獲得】

○平成 21 年（1 月～12 月）

獲得者名：田中　のぞみ

名　　称：日本学術振興会　研究員奨励費



氏名　三浦　隆利

所属 工学研究科化学工学専攻・教授（工学博士）

専門 プロセス工学

研究課題

液体の分裂及び流動反応プロセスの先導的研究

E-mail: miura@tranpo.che.tohoku.ac.jp

TEL: 022(795)7250

平成 21 年度における本グローバル COE プログラムに対する取り組み

当反応流動融合分野では、粘性流体の流動から剪断力による分裂までのプロセス現象の解明について取り組んできた。粘性流体の固体壁面上の流動場を高精度観察し、流動パターンの分類を行い、その状態の具現化に向けて数値解析を行っている。また噴霧燃焼シミュレーションでは、エマルジョン滴内の水滴の自然対流による流動・凝集現象の解明のためにエマルジョン滴内流動数値解析を行うと共に、エマルジョン滴の再微粒化挙動をモデル化し噴霧燃焼特性を数値解析している。

平成 21 年度の活動（シンポジウム・国際会議の主催を含む）

＜国際会議＞

名　　称：Sixth International Conference on Flow Dynamics
主催団体：グローバル COE プログラム「流動ダイナミクス知の融合教育研究世界拠点」
開 催 国：日　本
開催期間：2009.11.4～2009.11.6
役　　割：Organizing Committee Member

平成 21 年度の研究業績

【研究内容】

微粒化プロセスでは、液膜の厚さを触針法で測定し、その結果を VOF 法で解析した。今年度は二次元自由液面解析コードの開発であり、二次元ダムブレークについて解析を行い、実験結果や理論解と比較して精度を確認した。また噴霧ノズル上の液膜表面流動状態を着色液体の濃淡を撮影し、二次元解析結果と比較し妥当な結果を得た。さらに回転ノズルの周端で発生する液糸に関しては開発中である。また静電場中の液滴の飛行プロセスに関しては、電荷が影響するか否かを検討中である。エマルジョン滴のミクロ爆発発生要因で重要なのは、加熱時の水滴同士の凝集による水滴の凝集であり、現在、二相流モデルによる凝集速度の定量化を実施している。

【学位論文指導（主査）】

博士論文

1. 化学工学専攻　佐々木 之仁
   銅自熔炉内で起こる精鉱粒子の分散・燃焼・衝突の現象に関する数値解析的研究

修士論文

1. 化学工学専攻　照井 光輝
   水素吸蔵合金充填層中における吸放出および応力発現に関する研究
2. 化学工学専攻　星野 雄将
   環境汚染物質削減を目的とした高度噴霧燃焼システムの開発
3. 化学工学専攻　山崎 義昭
   鉄鉱石を内装した高強度・高反応性コークスの強度発現機構に関する研究
4. 化学工学専攻　渡部 諒
   ファーネス法におけるカーボンブラックの凝集体形成に関する数値解析

【学位論文指導（副査）】

博士論文

1.環境科学専攻　　野間　毅
　熱分解ガス化改質プロセスを用いた資源循環システムの開発

修士論文

1. 環境科学専攻　　松本翔太郎
　石炭を流動媒体に用いた混合プラスチックの熱分解油化

【査読論文（査読付き国際会議論文集を含む）】

○平成 21 年（1 月～2 月）

1. Hirotatsu Watanabe, Takuji Harada, Yohsuke Matsushita, Hideyuki Aoki and Takatoshi Miura
   The characteristics of puffing of the carbonated emulsified fuel,
   International Journal of Heat and Mass Transfer, 52, pp. 3676-3684 (2009)
2. 照井光輝, 廣澤寿幸, 三宮豊, 松下洋介, 青木秀之, 三浦隆利, 川上理亮
   水蒸気含有水素による $MmNi_5$ 系水素吸蔵合金の長時間劣化に関する実験的検討
   化学工学論文集, 35-(4), pp. 396-402 (2009)
3. 三宮豊, 廣澤寿幸, 照井光輝, 菊池都士, 松下洋介, 青木秀之, 三浦 隆利, 川上理亮
   $MmNi_5$ 系水素吸蔵合金の水素吸放出速度に及ぼす拡散係数および粒子条件の影響
   化学工学論文集, 35-(5), pp. 557-565 (2009)

【学術雑誌・専門書等（査読あり）】

○平成 21 年（1 月～2 月）

1. International Journal of Heat and Mass Transfer
2. 化学工学論文集

【本人の国際会議・学会・学術雑誌への発表（査読なし）】

○平成 21 年（1 月～2 月）

1. Yasuhiro Saito, Kotaro Yasumura, Yohsuke Matsushita, Hideyuki Aoki and Takatoshi Miura
   Comparison of SIMPLE and SIMPLER Algorithms with Different Time Step in Unsteady-steady Cavity Flow (Invited)
   Frontier of Energy Flow Dynamics in Atomistic and Electronic Scale, S-1, Sendai, Japan, Febrary 26-27 (2009)
2. 安村光太郎, 齋藤泰洋, 松下洋介, 青木秀之, 三浦隆利, 小笠原慎, 大黒正敏, 稲村隆夫
   超高速回転噴霧塗装機におけるベルカップ周りの空気流動解析
   第 11 回化学工学会学生発表会（郡山大会）講演要旨集, p.　20, 郡山, 3 月 7 日（2009）
3. 照井光輝, 廣澤寿幸, 松下洋介, 青木秀之, 三浦隆利, 川上理亮
   水蒸気により劣化した水素吸蔵合金の水素吸蔵特性に関する速度論的検討,
   第 4 回宮城化学工学懇話会先端研究発表会, A109, 仙台, 3 月 9 日（2009）
4. 渡邉圭介, 田中翔, 松下洋介, 青木秀之, 三浦隆利, 宗兼史典
   CVD 反応器を対象とした熱流体と粒子成長の連成解析
   第 4 回宮城化学工学懇話会先端研究発表会, A110, 仙台, 3 月 9 日（2009）
5. 齋藤泰洋, 安村光太郎, 松下洋介, 青木秀之, 三浦隆利
   角柱周りに発生する非定常カルマン渦流れを対象とした SMAC と SIMPLE の比較
   第 4 回宮城化学工学懇話会先端研究発表会, A111, 仙台, 3 月 9 日（2009）
6. 渡邉圭介, 田中翔, 松下洋介, 青木秀之, 三浦隆利, 宗兼史典
   CVD 反応器内の流れ場および温度場を考慮した粒子成長の数値解析
   化学工学会第 74 年会講演要旨集, L109, 横浜, 3 月 18-20 日（2009）
7. 齋藤泰洋, 安村光太郎, 松下洋介, 青木秀之, 三浦隆利, 小笠原慎, 大黒正敏, 稲村隆夫
   角柱周りの非定常流れを対象とした圧力・速度場カップリングスキームの比較
   化学工学会第 74 年会講演要旨集, L113, 横浜, 3 月 18-20 日（2009）

8. 照井光輝, 廣澤寿幸, 松下洋介, 青木秀之, 三浦隆利, 川上理亮
MmNi$_5$系水素吸蔵合金の水蒸気含有水素による劣化機構の速度論的検討
化学工学会第 74 年会講演要旨集, L120, 横浜, 3 月 18-20 日 (2009)
9. Yohsuke Matsushita, Keiko Yoshida, Hideyuki Aoki, Takatoshi Miura
Numerical Analysis of Mass Transfer around a Single Pulverized Coal Particle during Combustion
4th European Combustion Meeting (ECM2009), P811420, April 14-17, Vienna, Austria (2009)
10. 池内慶, 松下洋介, 青木秀之, 三浦隆利, 高橋健司, 千葉陽一
吸収式冷凍機において熱交換器が冷却性能に及ぼす影響の検討
第 9 回日本伝熱学会学生発表会講演論文集, pp. 9-10, 仙台, 5 月 8 日 (2009)
11. 田中翔, 渡邉圭介, 松下洋介, 青木秀之, 三浦隆利
オパシメータを用いたディーゼル排ガス中のすす濃度測定に関する実験的検討
第 9 回日本伝熱学会学生発表会講演論文集, pp. 13-14, 仙台, 5 月 8 日 (2009)
12. 鈴木芳行, 原田拓自, 渡部弘達, 松下洋介, 青木秀之, 三浦隆利
W/O 型エマルジョン燃料液滴の加熱過程における油中水滴径が 2 次微粒化に及ぼす影響
第 9 回日本伝熱学会学生発表会講演論文集, pp. 21-22, 仙台, 5 月 8 日 (2009)
13. 安村光太郎, 齋藤泰洋, 松下洋介, 青木秀之, 三浦隆利, 小笠原慎, 大黒正敏, 五十嵐貴之, 稲村隆夫
超高速回転噴霧塗装機のベルカップ周りの旋回乱流場における噴霧流解析
第 9 回日本伝熱学会学生発表会講演論文集, pp. 23-24, 仙台, 5 月 8 日 (2009)
14. 鈴木芳行, 原田拓自, 渡部弘達, 松下洋介, 青木秀之, 三浦隆利
W/O 型エマルジョン液滴の加熱過程における昇温速度が油中水滴の凝集に及ぼす影響
第 46 回日本伝熱シンポジウム講演論文集, G-1104, 京都, 6 月 2-4 日 (2009)
15. S. Ogasawara, M. Daikoku, T. Inamura, Y. Saito, Y. Matsushita, H. Aoki and T. Miura
Atomization of Liquid Issued from An Ultra High-Speed Rotary Bell
Proceedings of 11th International Conference on Liquid Atomization and Spray Systems, 111, Colorado, USA, July 26-30 (2009)
16. 松下洋介, 吉田恵子, 青木秀之, 三浦隆利
燃焼時における単一チャー粒子周りを対象とした熱・物質移動解析
第 18 回日本エネルギー学会大会講演要旨集, pp. 26-27, 札幌, 7 月 30, 31 日 (2009)
17. Yohsuke Matsushita, Hideto Hagiya, Hideyuki Aoki, Takatoshi Miura
An Investigation of Turbulent Flow in a Staggered Tube Bundle with Experiment, Microscopic, and Macroscopic Turbulence Models
8th International Conference on Sustainable Energy Technologies (SET2009), 212, Aachen, Germany, August 31-September 3 (2009)
18. 安村光太郎, 齋藤泰洋, 松下洋介, 青木秀之, 三浦隆利, 小笠原慎, 大黒正敏, 五十嵐貴之, 稲村隆夫
超高速回転噴霧塗装機における静電場が塗着効率に及ぼす影響の数値解析
第 5 回宮城化学工学懇話会先端研究発表会, A105, 仙台, 9 月 8 日 (2009)
19. 鈴木芳行, 原田拓自, 渡部弘達, 松下洋介, 青木秀之, 三浦隆利
W/O 型エマルジョン燃料液滴中における油中水滴の凝集と 2 次微粒化の相関
第 5 回宮城化学工学懇話会先端研究発表会, A106, 仙台, 9 月 8 日 (2009)
20. 五十嵐貴之, 稲村隆夫, 柳岡英樹, 斎藤泰洋, 安村光太郎, 小笠原慎
回転ベルカップアトマイザーにより生成される気流および噴霧の可視化
日本機械学会 2009 年度年次大会, G0501-2-5, 盛岡, 9 月 13 日-9 月 16 日 (2009)
21. 千葉陽一, 高橋健司, 池内慶, 松下洋介, 青木秀之, 三浦隆利
DFR 熱交換器の伝熱特性-構造と特性-
化学工学会第 41 回秋季大会講演要旨集, P306, 広島, 9 月 16-18 日 (2009)
22. 鈴木芳行, 原田拓自, 渡部弘達, 松下洋介, 青木秀之, 三浦隆利
W/O 型エマルジョン燃料液滴の加熱過程における 2 次微粒化発生機構の検討
化学工学会第 41 回秋季大会講演要旨集, P307, 広島, 9 月 16-18 日 (2009)
23. 安村光太郎, 齋藤泰洋, 松下洋介, 青木秀之, 三浦隆利, 小笠原慎, 大黒正敏, 五十嵐貴之, 稲村隆夫
静電場を考慮した超高速回転噴霧塗装機の噴霧流解析
化学工学会第 41 回秋季大会講演要旨集, P309, 広島, 9 月 16-18 日 (2009)

24. 鈴木芳行, 原田拓自, 渡部弘達, 松下洋介, 青木秀之, 三浦隆利
環境汚染物質削減を目的としたエマルジョン燃料における最適乳化条件の検討
廃棄物資源循環学会東北支部第 2 回研究発表会講演要旨集, pp. 19-20, 仙台, 10 月 16 日 (2009)
25. Y. Saito, K. Yasumura, Y. Matsushita, H. Aoki, T. Miura, S. Ogasawara, M. Daikoku, T. Igarashi, K. Matsuyama, M. Shirota and T. Inamura
An Investigation of the Features of SMAC and SIMPLE for Incompressible Unsteady-state Fluid Flow Solutions
6th International conference on Fluid Dynamics, pp. 224-225, Sendai, Japan, November 4-6 (2009)
26. K. Yasumura, Y. Saito, Y. Matsushita, H. Aoki, T. Miura, S. Ogasawara, M. Daikoku, T. Igarashi, K. Matsuyama, M. Shirota and T. Inamura
A Numerical Investigation of the Effect of the Size of Painting Droplets of Transfer Efficiency with Rotary Bell-cup Atomizer
6th International conference on Fluid Dynamics, pp. 240-241, Sendai, Japan, November 4-6 (2009)
27. 渡部弘達, 鈴木芳行, 原田拓自, 松下洋介, 青木秀之, 三浦隆利
W/O エマルジョン燃料滴のミクロ爆発時に発生する水蒸気量の計算式の提案
熱工学コンファレンス講演論文集, pp. 23-24, 宇部, 11 月 6-7 日 (2009)
28. 川上理亮, 増田正夫, 高橋惇, 前田哲彦, 中納暁洋, 丹下学, 松下洋介, 青木秀之, 三浦隆利
建築設備用水素利用システムにおける水素吸蔵合金タンクに関する研究 ―システムの運用評価と設計検討―
熱工学コンファレンス講演論文集, pp. 109-110, 宇部, 11 月 6-7 日 (2009)
29. 新山智史, 児島芳徳, 星野雄将, 鎌田美志, 松下洋介, 青木秀之, 三浦隆利
水エマルジョン燃料の燃焼における炉内伝熱特性
第 47 回燃焼シンポジウム講演論文集, pp. 176-177, 札幌, 12 月 2-4 日 (2009)
30. 星野雄将, 鎌田美志, 新山智史, 児島芳徳, 松下洋介, 青木秀之, 三浦隆利
コモンレールインジェクタの定置型燃焼炉への適用と燃焼特性
第 47 回燃焼シンポジウム講演論文集, pp. 270-271, 札幌, 12 月 2-4 日 (2009)
31. 渡部弘達, 原田拓自, 鈴木芳行, 松下洋介, 青木秀之, 三浦隆利
CO_2 エマルジョン燃料のパッフィング特性に関する実験的検討
第 47 回燃焼シンポジウム講演論文集, pp. 476-477, 札幌, 12 月 2-4 日 (2009)
32. 鈴木芳行, 原田拓自, 渡部弘達, 松下洋介, 青木秀之, 三浦隆利
界面活性剤の構造がエマルジョン燃料の乳化特性および 2 次微粒化特性に及ぼす影響
第 47 回燃焼シンポジウム講演論文集, pp. 480-481, 札幌, 12 月 2-4 日 (2009)
33. 青山光太郎, 安藤尋樹, 早津昌樹, 松下洋介, 青木秀之, 三浦隆利
NH_3 ガス注入排ガス SO_3 処理法におけるダスト付着性低減条件の検討
第 47 回燃焼シンポジウム講演論文集, pp. 562-563, 札幌, 12 月 2-4 日 (2009)
34. 松山和樹, 五十嵐貴之, 城田農, 稲村隆夫, 齋藤泰洋, 安村光太郎, 松下洋介, 青木秀之, 三浦隆利, 小笠原慎, 大黒正敏
回転ベルカップアトマイザーの噴霧特性に与えるシェイピングエアー噴出口形状の影響
第 18 回微粒化シンポジウム, D-1, 福岡, 12 月 17-18 日 (2009)
35. 安村光太郎, 齋藤泰洋, 松下洋介, 青木秀之, 三浦隆利, 小笠原慎, 大黒正敏, 五十嵐貴之, 松山和樹, 城田農, 稲村隆夫
高速回転ベルカップを用いた噴霧塗装における内部再循環流が噴霧粒子挙動に及ぼす影響の数値解析
第 18 回微粒化シンポジウム, G-1, 福岡, 12 月 17-18 日 (2009)
36. 小笠原慎, 大黒正敏, 五十嵐貴之, 松山和樹, 城田農, 稲村隆夫, 齋藤泰洋, 安村光太郎, 松下洋介, 青木秀之, 三浦隆利
超高速回転体による微粒化特性 - 第 2 報　液膜の流動特性と微粒化特性
第 18 回微粒化シンポジウム, G-3, 福岡, 12 月 17-18 日 (2009)

【学生の国際会議・学会・学術雑誌への発表】

○平成 21 年（1 月～2 月）

1. Hirotatsu Watanabe, Takuji Harada, Yohsuke Matsushita, Hideyuki Aoki and Takatoshi Miura
   The characteristics of puffing of the carbonated emulsified fuel
   International Journal of Heat and Mass Transfer , 52, pp. 3676-3684 (2009)
2. 照井光輝, 廣澤寿幸, 三宮豊, 松下洋介, 青木秀之, 三浦隆利, 川上理亮
   水蒸気含有水素による $MmNi_5$ 系水素吸蔵合金の長時間劣化に関する実験的検討
   化学工学論文集 , 35-(4), pp. 396-402 (2009)
3. 三宮豊, 廣澤寿幸, 照井光輝, 菊池都士, 松下洋介, 青木秀之, 三浦 隆利, 川上理亮
   $MmNi_5$ 系水素吸蔵合金の水素吸放出速度に及ぼす拡散係数および粒子条件の影響
   化学工学論文集 , 35-(5), pp. 557-565 (2009)

【本人の受賞・特許等】

○平成 21 年（1 月～2 月）

受賞名：平成 20 年度社団法人日本エネルギー学会進歩賞
受賞年：2009.2.24

受賞名：日本鉄鋼協会第 157 回春季講演大会学生ポスターセッション努力賞
受賞年：2009.3.29

受賞名：第 9 回日本伝熱学会学生発表会優秀プレゼンテーション賞
受賞年：2009.5.8

受賞名：第 46 回日本伝熱シンポジウム優秀プレゼンテーション賞
受賞年：2009.6.3

受賞名：第 1 回 UCEE ネット活性化アイディアコンテスト佳作
受賞年：2009.7.4

受賞名：第 2 回流動ダイナミクス国際若手研究発表会最優秀賞
受賞年：2009.7.10

受賞名：第 5 回宮城化学工学懇話会先端研究発表会最優秀発表賞
受賞年：2009.9.8

受賞名：the 6th International Conference on Fluid Dynamics Best Award
受賞年：2009.11.6

受賞名：the 6th International Conference on Fluid Dynamics Outstanding Award for Research
受賞年：2009.11.6

【学生の受賞・特許等】

○平成 21 年（1 月～2 月）

獲得者名：山崎義昭, 林崎秀幸, 松下洋介, 青木秀之, 三浦隆利
受 賞 名：日本鉄鋼協会第 157 回春季講演大会学生ポスターセッション努力賞
受 賞 年：2009

獲得者名：齋藤泰洋, 松下洋介, 青木秀之, 三浦隆利, 小笠原慎, 大黒正敏, 五十嵐貴之, 稲村隆夫
受 賞 名：日本伝熱学会学生発表会優秀プレゼンテーション賞
受 賞 年：2009

獲得者名：鈴木芳行, 原田拓自, 渡部弘達, 松下洋介, 青木秀之, 三浦隆利
受 賞 名：第 46 回日本伝熱シンポジウム優秀プレゼンテーション賞
受 賞 年：2009

獲得者名：齋藤泰洋
受 賞 名：第 1 回 UCEE ネット活性化アイディアコンテスト佳作
受 賞 年：2009

獲得者名：齋藤泰洋, 安村光太郎, 松下洋介, 青木秀之, 三浦隆利
受 賞 名：第 2 回流動ダイナミクス国際若手研究発表会最優秀賞
受 賞 年：2009

獲得者名：安村光太郎, 齋藤泰洋, 松下洋介, 青木秀之, 三浦隆利, 小笠原慎, 大黒正敏, 五十嵐貴之, 稲村隆夫
受 賞 名：第 5 回宮城化学工学懇話会先端研究発表会最優秀発表賞
受 賞 年：2009

獲得者名：Y. Saito, K. Yasumura, Y. Matsushita, H. Aoki, T. Miura, S. Ogasawara, M. Daikoku, T. Igarashi, K. Matsuyama, M. Shirota and T. Inamura
受 賞 名：The 6th International Conference on Fluid Dynamics Best Award
受 賞 年：2009

獲得者名：K. Yasumura, Y. Saito, Y. Matsushita, H. Aoki, T. Miura, S. Ogasawara, M. Daikoku, T. Igarashi, K. Matsuyama, M. Shirota and T. Inamura
受 賞 名：The 6th International Conference on Fluid Dynamics Outstanding Award for Research
受 賞 年：2009

【学生の研究費の獲得】
獲得者名：齋藤泰洋
名　　称：東北大学グローバル COE 特別研究員奨励費

氏名　升谷　五郎



所属 工学研究科航空宇宙工学専攻・教授（工学博士）
専門 流体工学
研究課題
極超音速空気吸い込みエンジンの研究
E-mail: masuya@cc.mech.tohoku.ac.jp
℡： 022(795)7006

平成 21 年度における本グローバル COE プログラムに対する取り組み

事業担当者として、化学反応と融合した流れの代表例の一つである超音速気流中の燃焼とその先進的計測法に関する研究を進めた。特にステレオ粒子画像速度計則(ステレオ PIV)による超音速流れ場の速度 3 成分同時計測、平面レーザ誘起蛍光法(PLIF)を用いた超音速混合場に対する噴射気体種の影響評価、擬似衝撃波による混合促進機構解明、擬似衝撃波の制御、パルス噴射の数値シミュレーション、エジェクタラムジェットの燃料混合の可視化観察（JAXA との共同研究）等に重点を置いて研究を進めた。また、国際交流を促進するため、ソウル国立大学との共同研究として、同大学の博士課程学生を受入れて共同実験を行った。

平成 21 年度の活動（シンポジウム・国際会議の主催を含む）

Sixth International Conference on Flow Dynamics において、本学の各種の国際交流プログラムに関する講演を行った。

平成 21 年度の研究業績

【研究内容】

1. ステレオPIVによる超音速流れ場の速度3成分同時計測

高度に 3 次元的な超音速噴射流れ場の平均及び変動速度場を解明するために、従来の 2 次元的な PIV に代えて、速度の 3 成分同時計測ができるステレオ PIV を導入した。平成 21 年度は、本計測方法で得られるデータの精度に関する詳細な検討を行うとともに、実際の超音速噴射流れ場の測定を行い、その実用性を検証した。

2. 平面レーザ誘起蛍光法(PLIF)を用いた超音速混合場に対する噴射気体種の影響評価

スクラムジェットの燃料として考えられている水素とエチレン等の炭化水素は分子量従って密度が大きく異なり、混合の機構に大きな差異が生じる可能性がある。そこで、燃料模擬気体として分子量が大きく異なるヘリウム、アルゴン、クリプトンを噴射気体として、混合状態のアセトン PLIF による可視化計測を行った。その結果として、低分子量の噴射気体ほど貫通は優れるものの混合は劣ること、大規模構造の形態が異なることなどを明らかにした。

3. 擬似衝撃波による混合促進機構の研究

超音速燃焼器内の燃焼による発熱に起因する圧縮波が、周囲の壁面境界層と干渉して形成される擬似衝撃波の混合促進機構を、PIV による３次元速度分布計測、噴射気体トレーサー粒子の Mie 散乱可視化、出口ガス分析によって調べた。噴射位置における主流動圧による噴流の貫通増加と、二次流れによる噴射気体の側壁方向への対流輸送増大が見出された。

4. 擬似衝撃波の制御

背圧増加に伴って擬似衝撃波が矩形断面ダクト内を前進する際に、その先端となるダクトのコーナー部に角錐型のバンプを取り付け、擬似衝撃波の前進抑制効果を調べた。コーナー・バンプの設置により、背圧上昇に対する擬似衝撃波の前進割合は抑制され、バンプ高さが同じ場合には、先端角度が小さい方が抑制効果が小さいことが分かった。

5. パルス噴射の数値シミュレーション

超音速流中に噴射した燃料の混合を促進するために提唱されているパルス噴射について、2 次元及び 3 次元の数値シミュレーションを行った。パルス周波数の変化により、噴流の貫通及び混合は単調ではない変化を示した。この変化に対するモデルを作り、最適なパルス周波数の見積もりを行った。

6. エジェクタラムジェットの燃料混合の可視化（JAXAとの共同研究）
JAXA が研究を進めているロケットベース複合サイクル（RBCC）エンジンの、エジェクタラムジェットモードにおけるロケット噴流、空気流及び 2 次燃料の混合状態を 2 次燃料に混入したオイルミストの Mie 散乱によって可視化観察した。超音速のロケット噴流側に噴射された 2 次燃料の混合は非常に遅いが、亜音速の空気流側に噴射された燃料の混合は良好であった。2 次燃焼を模擬したフロー・プラグ挿入による背圧増加は、擬似衝撃波を強化し 2 次燃料の混合を促進した。

7. ソウル国立大学との共同研究
ソウル国立大学のグループが提唱・試作した新しいベントホール付きステップ保炎器を当研究室に持ち込み、同大学の博士課程学生が約 1 年間にわたって滞在し、非燃焼およびプラズマトーチを用いた燃焼実験を行って、その性能を試験した。

【学位論文指導（主査）】

<u>修士論文</u>

1. 航空宇宙工学専攻　笹谷　桂太
「超音速流中へのパルス噴射の数値シミュレーション」
2. 航空宇宙工学専攻　津留　真一郎
「ステレオ PIV による超音速噴射流れ場の計測」
3. 航空宇宙工学専攻　堀越　勇作
「圧縮性スカラー乱流構造に対する噴射気体種の影響」
4. 航空宇宙工学専攻　山本　貴正
「非平衡プラズマを用いた高速流中での着火促進法の研究」
5. 航空宇宙工学専攻　Bossard Pierre-Edouard Alain Albert
「Ignition Characteristics of Plasma Jet Using Ar-based Mixed Feedstock（アルゴンをベー スにした作動ガスを用いたプラズマジェットの着火特性)」
6. 航空宇宙工学専攻　望月　宏朗
「エッジフレームの火炎構造に及ぼすルイス数の影響」

【学位論文指導（副査）】

<u>修士論文</u>

1. 機械システムデザイン専攻　寺本　祥大
「Control of a Separating Flow with an Oscillating Separation Point (振動するはく離点を持つはく離流れの制御)」
2. 機械システムデザイン専攻　高橋　琢磨
「熱音響自励振動衝撃波の実験的研究」
3. 機械システムデザイン専攻　押部　洋
「温度分布制御型マイクロフローリアクタにおける DME の酸化反応過程」
4. 航空宇宙工学専攻　河　勝元
「極超音速流における感温塗料を用いた空力加熱計測技術の開発と評価」
5. 航空宇宙工学専攻　小野　直志
「火星大気風洞に適用可能な感圧塗料の開発と評価」
6. 航空宇宙工学専攻　楯　真沙美
「パルスレーザーを用いた造波抵抗低減に関する数値的研究」
7. 航空宇宙工学専攻　鈴木　陽平
「高温気体下における表面触媒性の分子動力学解析」
8. 航空宇宙工学専攻　大谷　仁
「粒子法を用いたマイクロ波支持電離波面の数値的研究」

9. 航空宇宙工学専攻　市川　泰久
「石炭改質模擬ガスを燃料とする高圧乱流予混合火炎に関する研究」
10. 航空宇宙工学専攻　加藤　裕
「酸素噴流拡散火炎の安定性に関する研究」
11. 航空宇宙工学専攻　森　誠
「ポリマーの熱分解特性計測法に関する研究」
12. 航空宇宙工学専攻　磨伊　徹
「相変化及び化学反応を伴う過塩素酸アンモニウム混相流れの数値的研究」
13. 航空宇宙工学専攻　吉村　一樹
「高次精度数値計算手法を用いた酸化剤旋回型ハイブリッドロケットエンジン燃焼室内流れ場の数値解析」
14. 航空宇宙工学専攻　岡部　昭彦
「相変化及び化学反応を伴う過塩素酸アンモニウム混相流れの数値的研究」
15. 量子エネルギー工学専攻　佐藤　司
「高 Re 数におけるエルボ内流動・圧力場の実験的解明」

【査読論文（査読付き国際会議論文集を含む）】

〇平成 21 年（1 月～12 月）

1. 北村英二郎, 富岡定毅, 櫻中登, 渡邊修一, 升谷五郎
エジェクタジェット一定断面混合部の圧力回復比に対する支配パラメータの提案,
日本航空宇宙学会論文集, 第 57 巻, 第 660 号 (2009), pp. 1-8
2. 北村英二郎, 富岡定毅, 櫻中登, 渡邊修一, 升谷五郎
一時流の騒音及び物性値がエジェクタジェット一定断面混合部の内部流に及ぼす影響,
日本航空宇宙学会論文集, 第 57 巻, 第 660 号 (2009), pp. 9-17
3. 北村英二郎, 富岡定毅, 櫻中登, 渡邊修一, 升谷五郎
始動限界時におけるエジェクタジェット一定断面混合部の内部流れ,
日本航空宇宙学会論文集, 第 57 巻, 第 661 号 (2009), pp. 47-55
4. J. Watanabe, N. Abe, K. Takita
Effect of a Rearward-Facing Step on Plasma Ignition in Supersonic Flow,
Journal of Spacecraft and Rockets, Vol. 46, No. 3 (2009), pp. 561-567
5. K. Takita, R. Ohashi, N. Abe,
Suitability of C_2-, C_3-Hydrocarbon Fuels for Plasma Ignition in High-Speed Flow,
Journal of Propulsion and Power, Vol. 25, No. 3 (2009), pp. 565-570
6. K. Takahashi, P. Pramoonjaggo, K. Takita
Behavior of Extinction Limits of Lean Premixed Counterflow Flames at Elevated Temperatures,
Combustion Science and Technology, Vol. 181, No. 8 (2009) , pp. 1065-1077
7. C. Kim, K. Sun, I. Jeung, B. Choi, T. Kouchi, G. Masuya
Design and Experimental Verification of Two Dimensional Asymmetric Supersonic Nozzle,
Journal of the KSAS, Vol. 37, No. 9 (2009), pp. 1-7 (in Korean)

【学術雑誌・専門書等（査読あり）】

〇平成 21 年（1 月～12 月）

1. Journal of Spacecraft and Rockets
2. Journal of Propulsion and Power
3. Combustion Science and Technology
4. 日本航空宇宙学会論文集

【本人の国際会議・学会・学術雑誌への発表（査読なし）】

〇平成 21 年（1 月～12 月）

1. H. Takahashi, H. Oso, T. Kouchi, G. Masuya, M. Hirota,
Scalar Spatial Correlations in a Supersonic Mixing Flowfield,
AIAA Paper 2009-23, 47th AIAA Aerospace Sciences Meeting Including The New Horizons Forum and Aerospace Exposition (2009)

2. S. Koike, T. Tamura, G. Masuya,
Influence of Drag Coefficients and Velocity Fluctuation on PIV Correction Method,
AIAA Paper 2009-75, 47th AIAA Aerospace Sciences Meeting Including The New Horizons Forum and Aerospace Exposition (2009)
3. 田村武，津留真一郎，小池俊輔，河内俊憲，升谷五郎,
超音速流れ場における速度変動量の PIV 測定,
日本航空宇宙学会北部支部 2009 年講演会・第 10 回際使用型宇宙推進系シンポジウム講演論文集,
(2009)，pp. 11-16
4. 渡部潤也，滝田謙一,
超音速流における水素燃料のプラズマ着火に及ぼすステップの影響の数値解析,
日本航空宇宙学会北部支部 2009 年講演会・第 10 回際使用型宇宙推進系シンポジウム講演論文集,
(2009)，pp. 70-75
5. 崔柄一，山内英樹，河内俊憲，升谷五郎,
擬似衝撃波による燃料混合メカニズムの研究,
日本航空宇宙学会北部支部 2009 年講演会・第 10 回際使用型宇宙推進系シンポジウム講演論文集,
(2009)，pp. 76-81
6. 河内俊憲，升谷五郎，柴山博治，星野貴久
超音速横風中のパルス噴射において観測された噴流貫通のヒステリシス,
日本航空宇宙学会北部支部 2009 年講演会・第 10 回際使用型宇宙推進系シンポジウム講演論文集,
(2009)，pp.135-140
7. 小池俊輔，田村武，高橋英美，升谷五郎,
PLIF 密度計測値を使用した PIV 速度データの高精度補正と空間圧力場推算,
日本航空宇宙学会北部支部 2009 年講演会・第 10 回際使用型宇宙推進系シンポジウム講演論文集,
(2009)，pp. 141-146
8. 滝田謙一，松原慶典，森永啓大,
少量の NOx の存在が着火・消炎に及ぼす影響,
日本航空宇宙学会北部支部 2009 年講演会・第 10 回際使用型宇宙推進系シンポジウム講演論文集,
(2009)，pp. 252-257
9. G. Masuya, B.-I. Choi, H. Yamauchi, T. Kouchi,
Influence of Velocity Field on Mixing in Pseudo-Shock Wave,
ISABE-2009-1355, Nineteenth International Symposium on Air Breathing Engines, Montreal, Canada (2009)
10. J. Watanabe, K. Takita,
Interaction Between Shock Waves, Hydrogen Flame and Plasma Jet in Supersonic Flow,
AIAA Paper 2009-7208, 16th AIAA/DLR/DGLR International Space Planes and Hypersonic Technologies Conference, Bremen, Germany (2009)
11. C. Kim, I. Jeung, B. Choi, Y. Matsubara, T. Kouchi, G. Masuya,
Development of a New Supersonic Mixer for Dual-Mode Scramjet Engine Combustor,
AIAA Paper 2009-7257, 16th AIAA/DLR/DGLR International Space Planes and Hypersonic Technologies Conference, Bremen, Germany (2009)
12. T. Kouchi, T. Hoshino, K. Sasaya, G. Masuya
Time-Space Trajectory of Unsteady Jet into Supersonic Crossflow Using High-Speed Framing Schlieren Images,
AIAA Paper 2009-7316, 16th AIAA/DLR/DGLR International Space Planes and Hypersonic Technologies Conference, Bremen, Germany (2009)
13. H. Takahashi, G. Masuya, M. Hirota,
Effects of Injection and Main Flow Conditions on Supersonic Turbulent Mixing Structure,
AIAA Paper 2009-7408, 16th AIAA/DLR/DGLR International Space Planes and Hypersonic Technologies Conference, Bremen, Germany (2009)
14. 望月宏朗，滝田謙一
エッジフレームの火炎構造に及ぼすルイス数の影響
第 47 回燃焼シンポジウム講演論文集，(2009)，pp. 24-25

15. 染谷拓，森永啓大，滝田謙一
エチレン／空気対向流予混合火炎の消炎限界に及ぼす NOx の影響,
第 47 回燃焼シンポジウム講演論文集，(2009)，pp. 242-243
16. 渡部潤也，滝田謙一，升谷五郎
擬似衝撃波とプラズマジェットで保炎された水素火炎の相互干渉
第 47 回燃焼シンポジウム講演論文集，(2009)，pp. 460-461
17. 山本貴正，松原慶典，滝田謙一，河内俊憲
非平衡プラズマを用いた高速流中での着火促進法の開発
第 47 回燃焼シンポジウム講演論文集，(2009)，pp. 462-463
18. 車田健太郎，宍戸圭太，滝田謙一，升谷五郎
メタン／酸素／窒素混合作動ガスを用いたプラズマジェットの着火特性
第 47 回燃焼シンポジウム講演論文集，(2009)，pp. 464-465

【学生の国際会議・学会・学術雑誌への発表】

〇平成 21 年（1 月～12 月）

1. H. Takahashi, H. Oso, T. Kouchi, G. Masuya, M. Hirota,
Scalar Spatial Correlations in a Supersonic Mixing Flowfield,
AIAA Paper 2009-23, 47th AIAA Aerospace Sciences Meeting Including The New Horizons Forum and Aerospace Exposition (2009)
2. 崔柄一，山内英樹，河内俊憲，升谷五郎,
擬似衝撃波による燃料混合メカニズムの研究,
日本航空宇宙学会北部支部 2009 年講演会・第 10 回際使用型宇宙推進系シンポジウム講演論文集,
(2009)，pp. 76-81
3. 小池俊輔，田村武，高橋英美，升谷五郎,
PLIF 密度計測値を使用した PIV 速度データの高精度補正と空間圧力場推算,
日本航空宇宙学会北部支部 2009 年講演会・第 10 回際使用型宇宙推進系シンポジウム講演論文集,
(2009)，pp. 141-146
4. J. Watanabe, N. Abe, K. Takita,
Effect of a Rearward-Facing Step on Plasma Ignition in Supersonic Flow,
Journal of Spacecraft and Rockets, Vol. 46, No. 3 (2009), pp. 561-567
5. G. Masuya, B.-I. Choi, H. Yamauchi, T. Kouchi,
Influence of Velocity Field on Mixing in Pseudo-Shock Wave,
ISABE-2009-1355, Nineteenth International Symposium on Air Breathing Engines, Montreal, Canada (2009)
6. J. Watanabe, K. Takita,
Interaction Between Shock Waves, Hydrogen Flame and Plasma Jet in Supersonic Flow,
AIAA Paper 2009-7208, 16th AIAA/DLR/DGLR International Space Planes and Hypersonic Technologies Conference, Bremen, Germany (2009)
7. C. Kim, I. Jeung, B. Choi, Y. Matsubara, T. Kouchi, G. Masuya,
Development of a New Supersonic Mixer for Dual-Mode Scramjet Engine Combustor,
AIAA Paper 2009-7257, 16th AIAA/DLR/DGLR International Space Planes and Hypersonic Technologies Conference, Bremen, Germany (2009)
8. 渡部潤也，滝田謙一，升谷五郎
擬似衝撃波とプラズマジェットで保炎された水素火炎の相互干渉
第 47 回燃焼シンポジウム講演論文集，(2009)，pp. 460-461
9. 山本貴正，松原慶典，滝田謙一，河内俊憲
非平衡プラズマを用いた高速流中での着火促進法の開発
第 47 回燃焼シンポジウム講演論文集，(2009)，pp. 462-463

【学生の受賞・特許等】

〇平成 21 年（1 月～12 月）

獲得者名：高橋英美
受 賞 名：東北大学工学研究科長賞
受 賞 年：平成 21 年 3 月

獲得者名：渡部潤也
受 賞 名：日本航空宇宙学会北部支部 2009 年講演会・第 10 回際使用型宇宙推進系シンポジウム
Best Presentation Award
受 賞 年：平成 21 年 3 月

氏名　西山　秀哉



所属 流体科学研究所・教授（工学博士）
専門 電磁流体工学
研究課題
プラズマ反応流動システム
E-mail: nishiyama@ifs.tohoku.ac.jp
TEL: 022(217)5260

平成 21 年度における本グローバル COE プログラムに対する取り組み

電磁場に応答する機能性流体であるプラズマ流体に関して、マルチスケールで微粒子と衝撃波の干渉、あるいは、静電場によるナノ粒子の加速や輸送制御シミュレーションを行っており、ナノ・マイクロ粒子高速流動プロセスの高効率化に寄与している。また、磁気粘性流体では、管内壁粗さ構造、管断面形状、管弾性係数による磁場下での MR プラグ性能解析を行っており、メカニカルデバイスや生体内流動制御の基礎資料を提供している。

反応流動融合分野に関しては、流体機能で、特にプラズマ流動化学反応性に着目し、省電力放電で空気からオゾンや酸素ラジカル等を含む高活性空気ジェットを生成し、実験と計算の統合解析デザインによる作動条件やプラズマトーチ形状の最適化を行っている。最終的には、省エネで環境負荷が小さく、プラズマ流動の化学反応性を活用した内燃機関エンジンの燃焼促進・着火、マイクロバブルジェットと光や放電と融合した水質浄化を目指している。

平成 21 年度の活動（シンポジウム・国際会議の主催を含む）

1．日本混相流学会機能性流体のマルチスケール流動とシステム化に関する研究分科会主査として、平成 21 年 5 月 8 日に 25 名ほどの参加者を得て研究会を開催し、慶應大学と東京大学の若手教員からマイクロバブルの工業化アプリケーションと宇宙機における液体推進薬の挙動予測に関する話題の提供および討議を行った。

2．平成 21 年 8 月 7 日に熊本で開催された日本混相流学会年会講演会で「機能性流体のマルチスケール流動とシステム化」に関するオーガナイズドセッションを企画し、キーノートレクチャー1 件、一般講演 13 件の発表があり、学生優秀講演賞を受賞した。

3．平成 21 年 9 月 14 日に盛岡で開催された日本機械学会年次大会で「機能性流体工学の融合フロンティア」に関する 4 件のワークショップと「機能性流体工学の先端融合化」に関するオーガナイズドセッションを企画し、15 件の発表があった。

4．流体科学研究所の客員准教授として中国の清華大学から李和平准教授を平成 21 年 11 月 29 日～12 月 28 日まで招へいし、放電モデルと反応性プラズマ流モデルを統合した新規な反応性プラズマ放電流動モデルに関する共同研究を開始した。また 12 月 10 日には、大気圧放電プラズマと清華大学の研究紹介に関する特別講演も企画し、14 名ほどの参加者と討議を行った。

5．流体科学世界拠点形成事業の一環として、インド科学大学航空工学科の D. Sivakumar 講師を東北大学外国人研究員として平成 21 年 5 月 31 日～7 月 25 日まで招へいし、凝固を伴う溶融マイクロ液滴の衝突過程に関する基礎実験解析に関する共同研究を実施した。研究成果を 11 月に仙台で開催された The 6th International Conference on Fluid Dynamics と AFI/TFI 2009 で招待講演として発表した。

6．平成 21 年 11 月 4 日～6 日に開催された The 6th International Conference on Fluid Dynamics で OS “Advanced Control of Smart Fluids and Fluid Flows”でチェコ、インドからの招待講演、1 件のポスター講演があり、研究者同士の活発な質疑応答があった。また、修士院生の張柱鏞が国際学生セッションで 1 件発表した。

＜招待講演＞

講 演 先:日本フルードパワーシステム学会機能性流体を核としたフルードパワーシステムの融合化に関する研究委員会
講演題目：プラズマ流体の先端融合による流動システムの構築と最適化
講 演 日：2009.8.27

講 演 先：東北大学機械系・東芝技術講演会
講演題目：機能性プラズマ流体のエネルギー・環境技術への展開
講 演 日：2009.11.27

平成 21 年度の研究業績

【研究内容】

1．超音速マイクロ・ナノ粒子流動加工プロセスの静電制御
コールドスプレイや歯科治療における超音速ジェットに注入したマイクロ・ナノ粒子の付着効率を向上させるために、コロナ放電による静電気力で粒子加速を活用したり、細管内でマイクロ・ナノ粒子を輸送やキャビティの充填するために数値シミュレーションと実験を行った。

2．省電力による空気プラズマジェットの高活性流動解析とエンジン燃焼促進
誘電体バリア放電を用いた省電力型空気活性化トーチを実験・計算の統合解析により最適デザインを行い、空気ジェットの作動条件によるラジカル濃度分布の経時変化を明らかにし、小型エンジン低負荷時の燃焼促進に関して日刊工業新聞(2009. 9. 10)に掲載した。

3．放電を用いたマイクロバブルジェットの高活性化と水質浄化
強酸化作用のあるオゾンをマイクロバブルジェットに内封し、発生方法や作動条件と気泡径、気泡速度、ボイド率の基本的特性を明らかにした。また、紫外光照射によるオゾンマイクロバブルジェットの高活性化を活用した水質分解浄化特性の検証実験も行った。

4．省電力型 DC-RF ハイブリッドプラズマ流動システムのマイクロ・ナノ粒子プロセスの最適化
上記プラズマ流動システムを用いたアルミナの球状化や光触媒マイクロ粒子粒径制御プロセスに関して、低電力で混合ガス成分やその注入位置および DC ジェットの流速等、入口流動条件やクウェンチガスを制御し、マイクロ粒子球状化効率を向上させるための最適化実験を行った。

5．バイオマスガス化用アークシステムの最適化シミュレーション
木くずをアークにより加熱分解するプロセスにおいて、精密な放射モデルを導入したアーク流動解析を行い、超音速下での熱流動場およびエネルギー変換効率も求め、共同研究先であるチェコ科学アカデミープラズマ物理研究所の実機の実験と比較し、モデルの妥当性を検証した。

6．マイクロな溝構造を有する基板に衝突する凝固を伴う液滴の挙動
MEMS やナノ・マイクロ加工表面での液滴衝突および液膜挙動を明らかにするために、インド科学大学航空工学科と共同研究を開始した。

7．壁面干渉効果を伴う MR 流体プラグ特性と流動場制御
磁場下にある管内 MR 流体プラグによるメカニカルデバイスや生体内流動制御を目的として、壁面粗さ構造、管断面形状、管弾性係数や透磁率による MR 流体プラグ特性を実験的に明らかにした。特に人工血管等、生体材料を活用した次世代 MR 流体流動システムの構築を目指している。

【学位論文指導（主査）】

<u>修士論文</u>

1. 機械システムデザイン工学専攻　大泉　雅伸
「水中プラズマによる気液反応流動機構」
2. 機械システムデザイン工学専攻　尾﨑　晃
「高活性マイクロバブルジェットの機能性と流体物性評価」

【学位論文指導（副査）】

<u>博士論文</u>

1．航空宇宙工学専攻　柴崎　陽介
「Numerical Study of a Single Rising Bubble in a Liquid Metal under Uniform Magnetic Fields
(一様磁場下における液体金属中を上昇する単一気泡の数値的研究)」

修士論文

1. 機械システムデザイン工学専攻　金野　佑
「翼列のキャビテーション不安定現象に及ぼす加速度場の影響」
2. 機械システムデザイン工学専攻　本郷　卓也
「Three-Dimensional Incompressible SPH Simulation of Droplet Behavior Including Interfaces between Three Phases(三相間の界面を有する液滴挙動の三次元非圧縮性 SPH シミュレーション)」
3. ナノメカニクス工学専攻　門脇　宏宗
「スピンコーティング液膜熱流動の数値解析」
4. ナノメカニクス工学専攻　小林　宣文
「ガラス転移点近傍での様々な過冷却液体のダイナミクスの平均場理論による解析および検証」
5. ナノメカニクス専攻　高橋　昌泰
「ナノ精度研削加工のためのダイヤモンド砥石の開発」
6. 航空宇宙工学専攻　小笠原　康史
「水平円管および矩形管内を流れるスラッシュ窒素の流動・伝熱特性」
7. 航空宇宙工学専攻　清水　領
「水平円管内を流れる液体窒素沸騰流の流動・伝熱特性」
8. 航空宇宙工学専攻　林　心平
「水平管内を流動するスラッシュ窒素の流動・伝熱特性に関する数値解析」
9. 航空宇宙工学専攻　山本　貴正
「非平衡プラズマを用いた高速流中での着火促進法の研究」
10. バイオロボティクス工学専攻　高野　豊
「MR コンポジットの創製とその磁気レオロジー特性の評価」

【査読論文（査読付き国際会議論文集を含む）】

○平成 21 年（1 月～12 月）

1. Hideya Nishiyama, Kenji Tsuri, Hirofumi Shimizu, Kazunari Katagiri, Hidemasa Takana and Yoshikatsu Nakano
Activated Air Plasma Flow Generated by Pulsed Arc Discharge for Combustion Enhancement
International Journal of Heat and Mass Transfer, Vol.52, Nos.7-8, pp.1778-1785, (2009)
2. Hideya Nishiyama, Hidemasa Takana, Kotoe Mizuki, Hannah Weisbecker and Stefan Odenbach
Dynamic Response of Magneto-Rheological Fluid Channel Flow with Fluid-Wall Interactions
Journal of Physics: Conference Series, 11th Conference on Electrorheological Fluids and Magnetorheological Suspensions, Vol.149, pp.012077-1-012077-4, (2009)
3. 西山秀哉
機能性と複雑構造を有するプラズマ流体の流動と応用
日本機械学会論文集, B 編, 第 75 巻, 753 号, 901-904 頁, (2009)
4. 高奈秀匡，水谷公一，厨川常元，西山秀哉
微小空間におけるナノ・マイクロ粒子ジェットの静電加速特性
日本機械学会論文集 B 編, 第 75 巻, 753 号, 972-977 頁, (2009)
5. Hideya Nishiyama, Hidemasa Takana, Hirofumi Shimizu, Yoshihiko Iwabuchi and Yoshikatsu Nakano
Integrated Experimental and Numerical Analysis of an Atmospheric Pressure Reactive Air Plasma Jet Generated by Dielectric Barrier Discharge
International Journal of Emerging Multidisciplinary Fluid Sciences, Vol.1, No.2, pp.101-114, (2009)
6. Hideya Nishiyama, Masaki Onodera, Junji Igawa and Tomoki Nakajima
Characterization of In-flight Processing of Alumina Powder Using a DC-RF Hybrid Plasma Flow System at Constant Low Operating Power
Journal of Thermal Spray Technology, Vol.18, No.4, pp.593-599, (2009)

【学術雑誌・専門書等（査読あり）】

〇平成 21 年（1 月～12 月）

1. International Journal of Heat and Mass Transfer
2. Journal of Physics: Conference Series
3. 日本機械学会論文集
4. International Journal of Emerging Multidisciplinary Fluid Sciences
5. Journal of Thermal Spray Technology

【本人の国際会議・学会・学術雑誌への発表（査読なし）】

〇平成 21 年（1 月～12 月）

1. 篠原圭介，水木琴絵，片桐一成，高奈秀匡，西山秀哉
   壁面干渉効果を活用した MR 流体プラグシステムの高機能化
   日本フルードパワーシステム学会平成 21 年春季フルードパワーシステム講演会講演論文集, 104-106 頁, (2009)
2. 西山秀哉
   壁面干渉効果を活用した管内ＭＲ流体プラグの動的応答特性
   日本フルードパワーシステム学会機能性流体を活用した次世代型フルードパワーシステムに関する研究委員会報告書, (2009)
3. Hidemasa Takana, Junji Igawa, Ju Yong Jang, Tomoki Nakajima, Oleg Solonenko, Hideya Nishiyama
   In-flight Al_2O_3 Spheridization Process with a Constant Small Power DC-RF Hybrid Ar/He Plasma Flow System
   Proceedings of 19th International Symposium on Plasma Chemistry (ISPC19), Bochum, Germany, CD-ROM, (2009)
4. Hideya Nishiyama, Hidemasa Takana, Yoshihiko Iwabuchi, Hirofumi Shimizu
   Characteristics of Atmospheric Reactive Air Jet Generated by Dielectric Barrier Discharge for Industrial Applications
   Proceedings of 19th International Symposium on Plasma Chemistry (ISPC19), Bochum, Germany, CD-ROM, (2009)
5. Jiri Jenista, Hidemasa Takana, Hideya Nishiyama, M. Bartlova, V. Aubrecht, P. Krenek, Tetyana Kavka, Viktor Sember, and Alan Maslani
   Integrated Parametric Study of Hybrid-Stabilized Argon-Water Arc under Subsonic and Supersonic Regimes
   Proceedings of 19th International Symposium on Plasma Chemistry (ISPC19), Bochum, Germany, CD-ROM, (2009)
6. 篠原圭介，水木琴絵，片桐一成，高奈秀匡，太田信，西山秀哉
   生体材料を活用した管内 MR 流体流動の動的応答と高機能化
   日本混相流学会年会講演会 2009 講演論文集, 116-117 頁, (2009)
7. 張柱鏞，井川純二，中嶋智樹，高奈秀匡，西山秀哉
   省電力 DC-RF ハイブリッドプラズマ流動システムの熱流動特性とマイクロ粒子プロセス評価
   日本混相流学会年会講演会 2009 講演論文集, 120-121 頁, (2009)
8. 尾崎晃，岩渕良彦，長井亮介，高奈秀匡，西山秀哉
   DBD 放電による空気マイクロバブルジェットの高機能化と特性解析
   日本混相流学会年会講演会 2009 講演論文集, 222-223 頁, (2009)
9. 西山秀哉，高奈秀匡，水木琴絵，篠原圭介，片桐一成
   管内 MR 流体流動と壁面干渉に関する実験解析
   日本機械学会 2009 年度年次大会講演論文集, Vol.2, No.09-01, 75-76 頁, (2009)
10. 西山秀哉，高奈秀匡，岩渕 良彦，長井亮介，尾崎晃
    DBD 放電を用いた高活性空気ジェットの特性と液体浄化への応用
    日本機械学会 2009 年度年次大会講演論文集, Vol.2, No.09-01, 113-114 頁, (2009)
11. 高奈秀匡，井川純二, Jang Ju Yong，中嶋智樹，西山秀哉
    省電力 DC-RF ハイブリッドプラズマ流動システムの熱流動特性と微粒子球形化プロセス

日本機械学会 2009 年度年次大会講演論文集, Vol.2, No.09-01,115-116 頁, (2009)

12. 高奈秀匡, 井川純二, ジャン・ジュヨン, 中嶋智樹, 西山秀哉
省電力型 DC-RF ハイブリッドプラズマ流動システムにおける微粒子熱流動特性と球形化プロセス
可視化情報学会全国講演会（米沢 2009）講演論文集, Vol.29, No.2, 19-22 頁, (2009)
13. Deivandren Sivakumar, Kazunari Katagiri, Tomoki Nakajima, Hidemasa Takana and Hideya Nishiyama
Impact of Low Weber Number Molten Tin Droplets on Solid Surfaces Comprising Microgrooves
Proceedings of 6th International Conference on Flow Dynamics, pp.130-131, (2009)
14. Jiri Jenista, Hidemasa Takana, Hideya Nishiyama, M. Bartlova, V. Aubrecht, P. Krenek, Milan Hrabovsky, Tetyana Kavka, Viktor Sember, and Alan Maslani
Integrated Parametric Study of Hybrid-Stabilized Argon-Water Arc under Subsonic and Supersonic Regimes
Proceedings of 6th International Conference on Flow Dynamics, pp.156-157, (2009)
15. Ju Yong Jang, Junji Igawa, Tomoki Nakajima, Hidemasa Takana, Oleg Soloenko, and Hideya Nishiyama
Performance Enhancement of In-Flight Particle Spheroidization Process with a Small Power DC-RF Hybrid Plasma Flow System
Proceedings of 6th International Conference on Flow Dynamics, pp.314-315, (2009)
16. Zhiyu Zhang, Jiwang Yan, Hideya Nishiyama, and Tsunemoto Kuriyagawa
Ultraprecision Machining of Reaction-bonded Silicon Carbide
Proceedings of 6th International Conference on Flow Dynamics, pp.348-349, (2009)
17. Jiri Jenista , Hidemasa Takana, Hideya Nishiyama and Milan Hrabovsky
Modelling of Supersonic and Turbulent Hybrid Arc for Biomass Gasification
Proceedings of the 9th International Symposium on Advanced Fluid Information and Transdiscriplinary Fluid Integration, (2009), pp.40-41
18. Hidemasa Takana, Yasunori Tanaka and Hideya Nishiyama
Computational Simulation of Highly Reactive Air Plasma Jet under High Pressure Conditions
Proceedings of the 9th International Symposium on Advanced Fluid Information and Transdiscriplinary Fluid Integration, pp.42-43, (2009)
19. Deivandren Sivakumar, Kazunari Katagiri, Tomoki Nakajima, Hidemasa Takana and Hideya Nishiyama
Impact and Solidification of Molten Metal Droplets on Stainless Steel Surfaces Patterned with Unidirectional Parallel Microgrooves
Proceedings of the 9th International Symposium on Advanced Fluid Information and Transdiscriplinary Fluid Integration, pp.74-75, (2009)
20. Hidemasa Takana, Hong Yang Li, Kazuhiro Ogawa, Tsunemoto Kuriyagawa and Hideya Nishiyama
Computational and Experimental Studies on Supersonic Particulate Jet Process for Cavity Filling
Proceedings of the 9th International Symposium on Advanced Fluid Information and Transdiscriplinary Fluid Integration, pp.122-123, (2009)
21. 高奈秀匡, 李紅岩, 小川和洋, 西山秀哉
コールドスプレーによるキャビティー充填加工の計算・実験統合解析
2009 年度溶射合同講演大会（日本溶射協会第 90 回（2009 年度秋季）全国講演大会・（社）高温学会溶射部会第 18 回溶射総合討論会）講演論文集, 55-56 頁, (2009)
22. 高奈秀匡, 釣健士, 新倉将太, 清水洋文, 岩渕良彦, 片桐一成, 中嶋智樹, 仲野是克, 西山秀哉
大気圧パルス放電による高活性空気ジェットの生成とその基礎特性
日本機械学会環境工学部門大気圧プラズマ流による人間環境保全技術に関する研究分科会成果報告書, 166-170 頁, (2009)

【本人の受賞・特許等】

〇平成 21 年（1 月～12 月）

堤崎高司, 石川友美, 岡部仁, 西山秀哉, 片桐一成, 髙奈秀匡, 仲野是克, 中嶋智樹,
エンジン（内燃機関におけるプラズマ発生装置）,
特願 2008-13363（平成 20 年 1 月 24 日）,
特開 2009-174410（平成 21 年 8 月 6 日）

西山秀哉, 佐藤岳彦, 片桐一成, 髙奈秀匡, 中嶋智樹, 仲野是克, 堤崎高司,
プラズマ発生装置およびプラズマ発生方法,
特開 2009-54359（平成 21 年 3 月 12 日）

【学生の研究費の獲得】

〇平成 21 年（1 月～12 月）

獲得者名：篠原圭介
受 賞 名：2009 年度日本混相流学会学生優秀講演賞
受 賞 年：平成 21 年 11 月 10 日

【本人のマスコミ発表等】

〇平成 21 年（1 月～12 月）

1. ホンダ技研と省エネ型プラズマ援用小型ガソリンエンジンを共同試作
   （日刊工業新聞, 平成 21 年 9 月 10 日）
2. オゾンによる燃費効率増加を確認（東北大学新聞, 平成21年10月22日）
3. 燃焼効率　オゾンで向上（科学新聞, 平成21年10月30日）

氏名　小林　秀昭



所属 流体科学研究所・教授（工学博士）
専門 燃焼工学
研究課題
高圧燃焼、超音速燃焼、微小重力燃焼に関する研究
E-mail: kobayashi@ifs.tohoku.ac.jp
TEL: 022(217)5272

平成 21 年度における本グローバル COE プログラムに対する取り組み

事業推進担当者の研究分野では、高温、高圧、超音速流、低酸素濃度等の多様な極限環境下における燃焼現象の解明、燃焼診断と予測、燃焼解析法の研究を行い、燃焼の高負荷特性や高温特性を生かした、航空・宇宙推進および環境適合型燃焼技術の高度化を目指している。

平成 21 年度の活動（シンポジウム・国際会議の主催を含む）

＜国際会議＞

名　　称：7th Asia-Pacific Conference on Combustion
主催団体：Chinese Taipei Section of the Combustion Institute
開 催 国：台湾
開催期間：2009.5.24～2009.5.27
役　　割：Plenaly Lecture

平成 21 年度の研究業績

【研究内容】

1. 高圧下における $CO/H_2/CO_2$/air 乱流予混合火炎の研究

IGCC などの石炭改質燃料を用いるガスタービンエネルギープラントでは、CO を主成分とする高温高温高圧下の乱流燃焼であるが、その乱流火炎特性に関する実験データはほとんど存在していなかった。本研究では流体科学研究所の高圧燃焼試験装置を用いて、1.0 MPa までの高圧環境における $CO/H_2/CO_2$/air の乱流火炎を安定化と乱流燃焼速度計測、局所火炎構造の観測に成功した。

2. 超音速流における燃料噴流の衝撃波干渉

超音速流における混合・燃焼・衝撃波干渉現象の研究は、次世代推進系開発の基礎であると同時に、極限環境下の乱流燃焼の問題である。本研究では、三次元燃焼数値解析数値解析により火炎構造と局所流れ構造との関係を明らかにすると共に、OH-PLIF により実験的検証を行った。

3. ポリマー熱分解速度の新しい計測技術

廃棄物燃焼処理への低酸素高温空気燃焼技術適用を目指し、廃棄物の大きな割合を占めるポリマーに対し、熱分解反応パラメーターを決定する新しい手法を提案した。本研究はよどみ点流れにおける燃焼時および非燃焼時のポリマー熱分解速度を測定すると共に、詳細反応機構を含む数値解析結果を行って実験結果と一致する熱分解速度を求める最適化手法であり、焼却炉の様な高熱流束条件にも適用可能である。

4. 高温高圧下における充填層多孔体内乱流燃焼に関する研究

多くの化学プラント装置ではペブル充填層が用いられているが、高温高圧下のペブル充填層における燃焼現象は知られていない。本研究では、1.0 MPa までの高圧下においてペブル充填層内の火炎伝播現象を観測し、乱流燃焼に支配されていることを明らかにした。

5. 高圧乱流噴霧燃焼の素過程としての液滴燃焼挙動の数値解析

液滴燃焼の研究から乱流噴霧燃焼モデルを構築する過程として、乱流の局所速度変動が燃焼速度定

数に及ぼす影響を明らかにする必要がある。本研究では、微小重力実験で得られた速度変動場の燃焼促進効果を数値解析で再現することの成功し、従来の準定常仮定の限界を明らかにした。

【学位論文指導（主査）】

修士論文

1. 航空宇宙工学専攻　市川泰久
   「石炭改質模擬ガスを燃料とする高圧乱流予混合火炎に関する研究」
2. 航空宇宙工学専攻　加藤裕之
   「酸素噴流拡散火炎の安定性に関する研究」
3. 航空宇宙工学専攻　磨伊　徹
   「超音速流における衝撃波と干渉する噴流火炎の構造に関する研究」
4. 航空宇宙工学専攻　森　誠
   「ポリマーの熱分解特性計測法に関する研究」

【学位論文指導（副査）】

修士論文

1. 航空宇宙工学専攻　笹谷桂太
   「超音速流中へのパルス噴射の数値シミュレーション」
2. 航空宇宙工学専攻　津留真一郎
   「ステレオ PIV による超音速噴射流れ場の計測」
3. 航空宇宙工学専攻　堀越勇作
   「圧縮性スカラー乱流構造に対する噴射気体種の影響」
4. 航空宇宙工学専攻　望月宏朗
   「エッジフレームの火炎構造に及ぼすルイス数の影響」
5. 航空宇宙工学専攻　Bossard Pierre-Edouard Alain Albert
   「Ignition Characteristics of Plasma Jet Using Ar-based Mixed Feedstock」
6. 機械システムデザイン工学専攻　押部　洋
   「温度分布制御型マイクロフローリアクタにおける DME の酸化反応過程」

【査読論文（査読付き国際会議論文集を含む）】

○平成 21 年（1 月～12 月）

1. Yasuhiro Ogami, Satoru Sakurai, Shoichi Hasegawa, Mehdi Jangi, Hisashi Nakamura, Kentaro Yoshinaga and Hideaki Kobayashi
   Microgravity Experiments of Single Droplet Combustion In Oscillatory Flow At Elevated Pressure
   Proceeding of the Combustion Institute, Vol.32, (2009), pp.2171-2178.
2. Hideaki Kobayashi , Soichiro Yata, Yasuhisa Ichikawa and Yasuhiro Ogami
   Dilution Effects Of Superheated Water Vapor on Turbulent Premixed Flames at High Pressure and High Temperature
   Proceeding of the Combustion Institute, Vol.32, (2009), pp.2607-2614.
3. Hisashi Nakamura, Aiwu Fan, Hideaki Minamizono, Kaoru Maruta, Hideaki Kobayashi, Takashi Niioka
   Bifurcations of Stretched Premixed Flame Stabilized by a Hot Wall
   Proceedings of the Combustion Institute, Vol.32, (2009), pp.1367-1374.
4. Mehdi Jangi, Satoru Sakurai, Yasuhiro Ogami and Hideaki Kobayashi
   On the Validity of Quasi-steady Assumption in Transient Droplet Combustion
   Combustion and Flame, Vol.156, (2009), pp. 99-105.
5. Kentaro Yoshinaga, Makoto Mori, Yasuhiro Ogami and Hideaki Kobayashi
   Characteristics of Pyrolysis and Combustion of Polymers in Stagnation-point Flow for Preheated and Diluted Air with H_2O and CO_2
   Combustion Science and Technology, Vol.181 (2009), pp.159-175.
6. Satoshi Kadowaki and Hideaki Kobayashi
   Dynamic Behavior of Premixed Flames Propagating in Non-uniform Velocity Fields -

Assessment of Intrinsic Instability in Turbulent Combustion -
Transactions of The Japan Society for Aeronautical and Space Sciences, Vol. 51, No. 174, (2009), pp.244-251.

7. Mehdi Jangi and Hideaki Kobayashi
Heat and Mass Transfer of a Fuel Droplet Evaporating in Oscillatory Flow
International Journal of Heat and Fluid Flow Vol.30 (4) (2009), pp. 729-740.
8. Hisashi Nakamura, Naoki Sato, Syunsuke Ishida, Yasuhiro Ogami and Hideaki Kobayashi
A Study of Interaction between Shock Wave and Cross-flow Jet Using Particle Tracking Velocimetry
Transactions of The Japan Society for Aeronautical and Space Sciences, Vol.52 (2009), pp.81-88.
9. Hideaki Kobayashi
Recent Progress in High-Pressure Combustion Research
7th Asia-Pacific Conference on Combustion, (2009), pp49-52.
10. M. Okuyama, S. Hirano, Y. Ogami, H. Nakamura, M. Kawase, Y. Ju and H. Kobayashi
Generation of a Reduced Kinetic Mechanism of Ethanol and Application to 1-d and 2-d Numerical Simulations
7th Asia-Pacific Conference on Combustion, (2009), p.93, CD-ROM.
11. Y. Ogami, Y. Tamaki, M. Kumagami and H. Kobayashi
Numerical Analysis of CH_4/O_2 Premixed Flames Diluted by Superheated Steam at High Pressure
7th Asia-Pacific Conference on Combustion, (2009), p.199, CD-ROM.
12. S. Ishida, Y. Sakimitsu, H. Nakamura, Y. Ogami, T. Kudo, H. Kobayashi
Characteristics of Flow Field around Wall Injection Interacting with Incident Shock Wave In Supersonic Airstream
7th World Conference on Experimental Heat Transfer, Fluid Mechanics and Thermodynamics, (2009), AT-1, CD-ROM.

【学術雑誌・専門書等（査読あり）】

○平成 21 年（1 月～12 月）

1. Combustion and Flame
2. Proceedings of the Combustion Institute
3. Combustion and Flame
4. Combustion Science and Technology
5. Transactions of the Japan Society for Aeronautical and Space Sciences
6. International Journal of Heat and Fluid Flow

【本人の国際会議・学会・学術雑誌への発表（査読なし）】

○平成 21 年（1 月～12 月）

1. 先光吉宗，磨伊徹，中村寿，大上泰寛，小林秀昭
衝撃波と干渉する噴流場の三次元構造
日本航空宇宙学会北支部 2009 年講演会ならびに第十回再使用型宇宙推進系シンポジウム講演論文集, (2009), pp.64-69.
2. M. Okuyama, Y. Ogami, Y. Ichikawa, M. Kumagami, H. Kobayashi
A Study of Turbulent Combustion Mechanism in a Packed Pebble Bed at High Pressure
Sixth International Conference on Flow Dynamics (2009), pp312-313.
3. Makoto Mori, Kentaro Yoshinaga, Yasuhiro Ogami and Hideaki Kobayashi
Estimation of Kinetic parameters of polymer Pyrolysis in High-Temperature Air Combustion Combining Experiment and Numerical Analysis
Sixth International Conference on Flow Dynamics (2009), pp324-325.
4. Y. Ogami, M. Jangi and H. Kobayashi
Microgravity Experiment and Numerical Simulation on Droplet Combustion in Varying Forced Convection at Elevated Pressure
Sixth International Conference on Flow Dynamics, (2009), pp572-573.

5. Satoshi Kadowaki, Hidekazu Takahashi and Hideaki Kobayashi
Dynamics of Premixed Flames Propagating in Non-Uniform Velocity Fields: Combined Effects of Intrinsic Instability and Radiation
AFI/TFI-2009, (2009), pp44-45
6. 小林秀昭、大上泰寛
高圧下変動速度場における液滴燃焼速度定数増大のメカニズムについて
日本機会学会熱工学コンファレンス 2009 講演論文集，(2009)，pp.21-22.
7. 熊上学，大上泰寛，玉置裕一，小林秀昭
高圧下における高次炭化水素詳細反応メカニズムを用いた $CH_4/O_2/H_2O$ 層流混合火炎の数値解析
第 47 回燃焼シンポジウム講演論文集，(2009)，pp.10-11.
8. 玉置裕一，大上泰寛，熊上学，小林秀昭
高当量比水蒸気希釈メタン/酸素火炎の高圧下における層流燃焼速度
第 47 回燃焼シンポジウム講演論文集，(2009)，pp.12-13.
9. 市川泰久，矢田創一郎，大上泰寛，小林秀昭
高温高圧下における CO2 および H2O 希釈乱流予混合火炎の局所曲率と幾何学的構造に関する研究
第 47 回燃焼シンポジウム講演論文集，(2009)，pp.50-51.
10. 門脇敏，高橋秀和，小林秀昭
非一様速度場を伝播する予混合火炎のダイナミクス：固有不安定性と放射の複合効果
第 47 回燃焼シンポジウム講演論文集，(2009)，pp.264-265.
11. 奥山昌紀，平野慎一郎，大上泰寛，中村寿，小林秀昭
準定常近似に基づく簡略化反応機構によるエタノール火炎の 2 次元数値計算
第 47 回燃焼シンポジウム講演論文集，(2009)，pp.394-395.
12. 先光吉宗，磨伊徹，中村寿，大上泰寛，工藤琢，小林秀昭
衝撃波と干渉する壁面噴流場の三次元流れ構造に関する研究
第 47 回燃焼シンポジウム講演論文集，(2009)，pp.398-399.
13. 奥山昌紀，大上泰寛，市川泰久，熊上学，小林秀昭
ペブル充填層における高圧乱流燃焼メカニズムに関する研究
第 47 回燃焼シンポジウム講演論文集，(2009)，pp.424-425.
14. 大上泰寛、小林秀昭
高圧下における単一液滴火炎の流速変動に対する応答に関する研究
第 47 回燃焼シンポジウム講演論文集，(2009)，pp.496-497.

【学生の国際会議・学会・学術雑誌への発表】

○平成 21 年（1 月～12 月）

1. Mehdi Jangi, Satoru Sakurai, Yasuhiro Ogami and Hideaki Kobayashi
On the Validity of Quasi-steady Assumption in Transient Droplet Combustion
Combustion and Flame, Vol.156, (2009), pp. 99-105.
2. Kentaro Yoshinaga, Makoto Mori, Yasuhiro Ogami and Hideaki Kobayashi
Characteristics of Pyrolysis and Combustion of Polymers in Stagnation-point Flow for Preheated and Diluted Air with H2O and CO2
Combustion Science and Technology, Vol.181, (2009), pp.159-175.
3. Mehdi Jangi and Hideaki Kobayashi
Heat and Mass Transfer of a Fuel Droplet Evaporating in Oscillatory Flow
International Journal of Heat and Fluid Flow Vol.30 (4), (2009), pp. 729-740.
4. M. Okuyama, S. Hirano, Y. Ogami, H. Nakamura, M. Kawase, Y. Ju and H. Kobayashi
Generation of a Reduced Kinetic Mechanism of Ethanol and Application to 1-d and 2-d Numerical Simulations
7th Asia-Pacific Conference on Combustion, (2009), CD-ROM.
5. M. Okuyama, Y. Ogami, Y. Ichikawa, M. Kumagami, H. Kobayashi
A Study of Turbulent Combustion Mechanism in a Packed Pebble Bed at High Pressure
Sixth International Conference on Flow Dynamics (2009), pp312-313.

6. 熊上学，大上泰寛，玉置裕一，小林秀昭
高圧下における高次炭化水素詳細反応メカニズムを用いた $CH_4/O_2/H_2O$ 層流混合火炎の数値解析
第 47 回燃焼シンポジウム講演論文集，(2009)，pp.10-11.
7. 奥山昌紀，平野慎一郎，大上泰寛，中村寿，小林秀昭
準定常近似に基づく簡略化反応機構によるエタノール火炎の 2 次元数値計算
第 47 回燃焼シンポジウム講演論文集，(2009)，pp.394-395.
8. 奥山昌紀，大上泰寛，市川泰久，熊上学，小林秀昭
ペブル充填層における高圧乱流燃焼メカニズムに関する研究
第 47 回燃焼シンポジウム講演論文集，(2009)，pp.424-425.

【学生の受賞・特許等】

○平成 21 年（1 月～12 月）

獲得者名：奥山昌紀
受 賞 名：Outstanding Award for Short Oral, The 5th International Conference on Multi-scale Flow Dynamics, A Study of Turbulent Combustion Mechanism in a Packed Pebble Bed at High Pressure
受 賞 年：2009/11/5

獲得者名：磨伊徹
受 賞 名：日本燃焼学会ベストプレゼンテーション賞,
衝撃波と干渉する壁面噴射場の三次元流れ構造に関する研究
受 賞 年：2009/12/3

氏名　小原　拓



所属 流体科学研究所・教授（工学博士）
専門 熱流体工学
研究課題 分子スケール熱流体現象・界面現象の研究
ナノスケール輸送現象の研究
E-mail: ohara@ifs.tohoku.ac.jp
TEL: 022(217)5277

平成 21 年度における本グローバル COE プログラムに対する取り組み

分子スケールの構造をもつ流体やナノ構造物における液体・界面の輸送特性、あるいはバルク液体の熱流体物性を決定する分子スケールの輸送現象を、分子動力学シミュレーションを主な手法として解析した。

平成 21 年度の活動（シンポジウム・国際会議の主催を含む）

＜国際会議＞

会　議　名：　Joint Internationial Symposia on 3rd Micro and Nanotechnology and Micro/Nanoscale Energy Conversion & Transport 2010, Seoul, Korea
開催期間：　2010 年 3 月 21 日～24 日
主催団体：　International Center for Heat & Mass Transfer & Pacific Center of Thermal-Fluids Engineering
役　　割：　Co-Chair

平成 21 年度の研究業績

【研究内容】

1. ポリマー液体の分子スケール構造と熱エネルギー伝搬機構
アルカンのバルク液体の熱伝導に関して新たに導出した分子動力学表現を用い、分子動力学シミュレーションにより計測した結果、n-アルカンの場合に分子数百程度で分子内のエネルギー伝搬が分子間のそれに卓越することを確認した。さらに、剪断をうけるポリマー液体にあっては、分子の配向が剪断方向に集中する結果、剪断垂直方向の熱伝導率が減少することを見出した。

2. 固液界面熱抵抗の分子動力学機構
NEMSやナノフルイドなどナノスケール構造をもつ液体システムの熱輸送特性を支配する固液界面の熱抵抗を、単純な固体・液体モデルに対して多様なパラメータを用いて解析し、固体表面の結晶構造や固体・液体分子間の相互作用特性が現象に及ぼす影響を系統的に明らかにした。

3. 脂質二重膜中のエネルギー・運動量伝搬機構
水中で脂質分子が自己組織化する脂質二重膜は、生体細胞膜の分子モデルであるが、そのヘテロな構造における輸送機構と非等方的特性を解明することを目的として、せん断あるいは温度勾配下における運動量・エネルギー輸送特性を解析した。熱伝導率・粘性係数や摩擦係数について信頼できる値が得られ、その異方性と構造との関係などに解析を進めつつある。

4. 次世代コーティングの研究
様々な工業過程で重要なコーティングの高度化を目的として、溶媒の蒸発や溶質濃度に依存した熱物性値変化を考慮した三次元熱流体数値解析により、基盤の温度不均一が液膜流動や最終膜厚分布に与える影響を明らかにした。

【学位論文指導（主査）】

博士論文

1. ナノメカニクス専攻　中野　雄大
   「Molecular dynamics study of transport characteristics of momentum and thermal energy in lipid bilayer membranes」

修士論文

1. ナノメカニクス専攻　門脇　宏宗
   「スピンコーティング液膜熱流動の数値解析」
2. ナノメカニクス専攻　加藤　惇平
   「固液界面近傍の液体微細構造における物質輸送特性」
3. ナノメカニクス専攻　Tan Chia Yuan
   「ポリマー液体内の熱・運動量輸送機構」

【学位論文指導（副査）】

博士論文

1. 機械システムデザイン工学専攻　BANESHI Mehdi
   「A study of radiative heat transfer in nano-micro scale particulate media」
2. ナノメカニクス専攻　鳴海　孝之
   「Theoretical and experimental studies of the correlation functions in supercooled liquids near the glass transition」

修士論文

1. ナノメカニクス専攻　中川　悠
   「微小隙間に存在する水が壁面に及ぼす力に関する分子論的研究」
2. 機械システムデザイン工学専攻　長山　岳史
   「微細粒子散布による地球温暖化の制御に関する基礎的研究」
3. 機械システムデザイン工学専攻　阿川　雅教
   「壁面上に形成される液膜流の非圧縮 SPH シミュレーション」
4. システム情報科学専攻（情報科学研究科）　千葉　鉄也
   「大規模粒子系可視化における時間重視レンダリングの実現」
5. 航空宇宙工学専攻　鈴木　陽平
   「高温気体下における表面触媒性の分子動力学解析」
6. 航空宇宙工学専攻　大谷　仁
   「粒子法を用いたマイクロ波支持電離波面の数値的研究」

【査読論文（査読付き国際会議論文集を含む）】

○平成 21 年（1 月～12 月）

1. 菊川豪太、小原拓、川口暢、鳥越栄一、萩原康正、松本洋一郎, SAM–溶媒界面の界面熱抵抗に関する分子動力学的研究, 日本機械学会論文集B編, 第75巻, 749号, pp. 146-154, 2009.
2. G. Kikugawa, T. Ohara, T. Kawaguchi, E. Torigoe, Y. Hagiwara, and Y. Matsumoto, A molecular dynamics study on heat transfer characteristics at the interfaces of alkanethiolate elf-assembled monolayer and organic solvent, Journal of Chemical Physics, Vol. 130, No. 7, 074706, 2009.
3. S.-C. Wang, X.-G. Liang, X.-H. Xu and T. Ohara, Thermal conductivity of silicon nanowire by nonequilibrium molecular dynamics simulations, Journal of Applied Physics, Vol. 105, 014316, 2009.
4. T. Nakano, G. Kikugawa, T. Ohara, A molecular dynamics Study on lipid bilayers in shear flows, Proceedings of 2nd Asian Symposium on Computational Heat Transfer and Fluid Flow, pp. 20-224, 2009.

5. G. Kikugawa, T. Mochimaru, T. Ohara, T. Kawaguchi, Y. Matsumoto, Heat transfer characteristics inside the SAM layer and at the SAM interfaces with organic solvents, Proceedings of 2nd Asian Symposium on Computational Heat Transfer and Fluid Flow, pp. 225-229, 2009.
6. T. Kawaguchi, G. Kikugawa, I. Kinefuchi, T. Ohara, S. Yatuzuka and Y. Matsumoto, Molecular dynamics study of interfacial thermal resistance of mercapto-alkanol self-assembled monolayer and water, Proceedings of the ASME 2009 2nd Micro/Nanoscale Heat & Mass Transfer International Conference, 2009.
7. 小原拓, 2.3.4項 状態図, 超臨界とクラスタ, 計算力学ハンドブック 第Ⅲ巻 原子／分子・離散粒子のシミュレーション, 第2章 分子動力学 2.3節 熱流体系のシミュレーション, pp. 89-92, 2009.
8. D. Torii, T. Ohara and K. Ishida, Molecular scale mechanism of thermal resistance at solid-liquid interfaces (Influence of interaction parameters between solid and liquid molecules), Trans. ASME, J. Heat Transfer, Vol. 132, Issue 1, 012402, 2010.

【学術雑誌・専門書等（査読あり）】

〇平成 21 年（1 月～12 月）

1. Journal of Chemical Physics
2. Journal of Applied Physics
3. 日本機械学会論文集B編
4. 計算力学ハンドブック

【本人の国際会議・学会・学術雑誌への発表（査読なし）】

〇平成 21 年（1 月～12 月）

1. T. Ohara, M. Shibahara and G. Kikugawa, Transport phenomena at nano-structured interfaces, Proc. 9th International Symposium on Advanced Fluid Information and Transdisciplinary Fluid Integration, IFS Collaborative Research Forum and IFS Research Exhibition, pp. 82-83, 2009.
2. T. Ohara and G. Kikugawa, Thermal energy transfer in liquids with ordered/random structures, Proc. 6th International Conference on Flow Dynamics, IFS-Tsinghua University Joint Workshop, p. 578, 2009.
3. 菊川豪太, 加藤惇平, 小原拓, マグネタイト－水界面における溶出分子の物質輸送特性, 第 46 回日本伝熱シンポジウム講演論文集, Vol. I , pp. 285-286, 2009.
4. 中野雄大, 菊川豪太, 小原拓, せん断流中における脂質二重膜の運動量伝搬特性, 第 46 回日本伝熱シンポジウム講演論文集, Vol. I , pp. 287-288, 2009.
5. 中野雄大, 菊川豪太, 小原拓, せん断流動場における脂質二重膜の運動量輸送特性の異方性に関する分子動力学的研究, 日本機械学会2009年度年次大会講演論文集, Vol. 8, pp. 97-98, 2009.
6. 加藤惇平、菊川豪太、小原拓、タンチアユアン, 固体表面近傍の水中における物質輸送特性, 日本機械学会 2009 年度年次大会講演論文集, Vol. 8, pp. 99-100, 2009.
   タンチアユアン、小杉直央、鳥居大地、菊川豪太、小原拓, ポリマー液体の熱輸送特性に及ぼす分子内エネルギー伝搬の影響, 日本機械学会 2009 年度年次大会講演論文集, Vol. 8, pp. 103-104, 2009.
7. 菊川豪太、持丸孝人、小原拓、川口暢、松本洋一郎, SAM内部およびSAM界面における熱輸送特性の分子動力学的研究, 日本機械学会2009年度年次大会講演論文集, Vol. 8, pp. 105-106, 2009.
8. 門脇宏宗、松原慎一郎、菊川豪太、小原拓, コーティング液膜流れの3次元数値解析, 日本機械学会 2009 年度年次大会講演論文集, Vol. 8, pp. 135-136, 2009.
9. タンチアユアン, 鳥居大地, 小杉直央, 菊川豪太, 小原拓, ポリマー液体の熱伝導率に対する分子内エネルギー伝搬の寄与, 第30回日本熱物性シンポジウム講演論文集, pp. 196-198, 2009.
10. 中野雄大, 菊川豪太, 小原拓, 脂質二重膜の熱伝導特性に関する分子動力学解析, 第 30 回日本熱物性シンポジウム講演論文集, pp. 199-201, 2009.
11. 菊川豪太, 持丸孝人, 小原拓, 川口暢, 松本洋一郎, SAM修飾による固液界面の界面熱抵抗低減特性, 第30回日本熱物性シンポジウム講演論文集, pp. 205-207, 2009.
12. 菊川豪太, 小原拓, 川口暢, 杵淵郁也, 松本洋一郎, 親和性および非親和性溶媒を用いたSAM界面熱輸送特性の分子動力学解析, 日本機械学会熱工学コンファレンス2009講演論文集, 2009.

【学生の国際会議・学会・学術雑誌への発表】

○平成 21 年（1 月～12 月）

1. T. Nakano, G. Kikugawa, T. Ohara, A molecular dynamics Study on lipid bilayers in shear flows, Proceedings of 2nd Asian Symposium on Computational Heat Transfer and Fluid Flow, pp. 220-224, 2009.
2. 中野雄大, 菊川豪太, 小原拓, せん断流中における脂質二重膜の運動量伝搬特性, 第 46 回日本伝熱シンポジウム講演論文集, Vol. I , pp. 287-288, 2009.
3. 中野雄大, 菊川豪太, 小原拓, せん断流動場における脂質二重膜の運動量輸送特性の異方性に関する分子動力学的研究, 日本機械学会 2009 年度年次大会講演論文集, Vol. 8, pp. 97-98, 2009.
4. タンチアユアン、小杉直央、鳥居大地、菊川豪太、小原拓, ポリマー液体の熱輸送特性に及ぼす分子内エネルギー伝搬の影響, 日本機械学会 2009 年度年次大会講演論文集, Vol. 8, pp. 103-104, 2009.
5. タンチアユアン, 鳥居大地, 小杉直央, 菊川豪太, 小原拓, ポリマー液体の熱伝導率に対する分子内エネルギー伝搬の寄与, 第 30 回日本熱物性シンポジウム講演論文集, pp. 196-198, 2009.
6. 中野雄大, 菊川豪太, 小原拓, 脂質二重膜の熱伝導特性に関する分子動力学解析, 第 30 回日本熱物性シンポジウム講演論文集, pp. 199-201, 2009.
7. D. Torii, T. Ohara and K. Ishida, Molecular scale mechanism of thermal resistance at solid-liquid interfaces (Influence of interaction parameters between solid and liquid molecules), Trans. ASME, J. Heat Transfer, Vol. 132, Issue 1, 012402, 2010.

【本人の受賞・特許等】

○平成 21 年（1 月～12 月）

受 賞 名：日本機械学会論文賞

受 賞 年：2009 年 4 月 7 日

氏名　宮本　明



所属 未来科学技術共同研究センター・教授（工学博士）
専門 分子材料設計学
研究課題
マルチスケール実験融合計算化学の創成と応用
E-mail: miyamoto@aki.che.tohoku.ac.jp
TEL: 022(795)7233

平成 21 年度における本グローバル COE プログラムに対する取り組み

事業推進担当者の研究分野では、貴金属触媒、トライボロジー、各種電池、半導体、二酸化炭素吸蔵技術、生体分子など、さまざまな材料や現象を対象として、ホールやエレクトロン、原子、分子、そしてマクロな連続体レベルと階層的に流動現象を解析することのできる、マルチスケール実験融合計算化学の創成と応用に取り組んでいる。X 線回折や中性子回折シミュレータ、またはラマン分光や赤外分光シミュレータなど、多様な機器計測シミュレータの独自開発を進めることにより、実験計測に則した「本物」の原子レベル構造を描き出す事が可能になってきている。これに大規模計算可能な超高速化量子分子動力学法を適用して得られるミクロレベルの特性を、メソ・マクロレベルの計算へボトムアップすることによって、実験計測と量子論を融合したマルチスケール実験融合計算化学の創成を目指している。

平成 21 年度の活動（シンポジウム・国際会議の主催を含む）

＜国際会議＞

名　　称：International Symposium on Zeolites and Microporous Materials 2009
主催団体：ゼオライト学会
開 催 国：日本
開催期間：2009.8.3 ～ 2009.8.7
役　　割：Organizing Committee

名　　称：Tribochemistry Kyoto 2009
主催団体：独立行政法人産業技術総合研究所ナノテクノロジー研究部門
開 催 国：日本
開催期間：2009.9.3 ～ 2009.9.4
役　　割：Organizing Committee

名　　称：Sixth International Conference on Flow Dynamics
主催団体：グローバル COE プログラム「流動ダイナミクス知の融合教育研究世界拠点」
開 催 国：日本
開催期間：2009.11.4 ～ 2009.11.6
役　　割：Organizing Committee

名　　称：Second International Seminar of Frontier of Energy Flow Dynamics in Atomic and Electronic Scales
主催団体：グローバル COE プログラム「流動ダイナミクス知の融合教育研究世界拠点」
開 催 国：日本
開催期間：2009.12.1
役　　割：Honorary Chair

名　　称：Second International Symposium on Expriment-Integrated Computational Chemistry on Multiscale Fluidics
主催団体：グローバル COE プログラム「流動ダイナミクス知の融合教育研究世界拠点」
開 催 国：日本

開催期間：2010.2.23 ～ 2010.2.24
役　　割：Honorary Chair

＜招待講演＞
講 演 先：Tribochemistry Kyoto 2009 (Kyoto, Japan)
講演題目：Experiment Integrated Multi-Level Computational Chemistry for Tribology
講 演 日：2009.9.4

講 演 先：World Tribology Congress 2009 (Kyoto, Japan)
講演題目： New Horizons in Tribology: The Computational Chemistry Paradigm
講 演 日：2009.9.9

講 演 先：14th US-Japan Seminar on Dielectric and Piezoelectric Materials (Oregon, USA)
講演題目： Multi-Level Combinatorial Computational Chemistry Approach for Dielectric Materials
講 演 日：2009.10.12

平成 21 年度の研究業績
【研究内容】
１．計算化学による固体高分子形燃料電池 PEFC の電解質膜劣化機構の解明
代替エネルギー変換技術として注目を集めている固体高分子形燃料電池 PEFC について、その実用化に向けて課題となっている耐久性に関して、高分子電解質膜の劣化機構を解明するための計算化学シミュレーションを行っている。一般的に用いられるフッ素系電解質膜 Nafion®を取り上げ、OH ラジカルの攻撃により側鎖の末端から分解し劣化が進む Unzipping 機構の検討、OH ラジカルの拡散特性に対する加湿条件（含水率）の影響解析、水クラスターを含む複雑なメソスケール構造のモルフォロジー変化のシミュレーションを行い、ミクロスケールからメソ・マクロスケールまで、それぞれの観点で劣化機構の解明に迫っている。

２．計算化学による Li イオン電池正極／電解質界面における Li イオン移動現象の解明
Li イオン電池は、放電圧の高さ、エネルギー密度の大きさの観点から、特に電気自動車やハイブリッド車の搭載用として注目されている。更なる高出力化のためには、その阻害要因である正極活物質／電解質界面における反応抵抗を低減する必要がある。化学反応を考慮しかつ界面を持つ複雑な原子・分子モデルの計算が可能な、独自の超高速化量子分子動力学法を用いて検討を行った。コバルト酸リチウム($LiCoO_2$)電極、エチレンカーボネート(EC)溶媒および溶媒和($Li^+(EC)_n$, n=1～6)について，第一原理密度汎関数法による電子状態を良く再現するようにパラメータを決定して量子分子動力学計算を行い、Li イオンが電解質から電極へと移動するに従って溶媒和構造から溶媒が脱離し、電極中の酸素と化学結合をしていく過程を捉えることに成功した。

３．二酸化炭素の吸収に関する超高速化量子分子動力学シミュレーション
地球温暖化現象の大きな原因の一つとされる二酸化炭素排出問題に対して、アミン水溶液に二酸化炭素が効率的に吸収されるメカニズムについて、計算化学的アプローチにより研究を行った。第一原理密度汎関数法により求めた、2-アミノ 2-メチル 1-プロパノール(AMP)と二酸化炭素の遷移状態と反応経路について、独自の超高速化量子分子動力学法による有限温度下のダイナミクス計算を行った。30wt%AMP 水溶液の周期境界モデルにおいて、50fs 後に二酸化炭素から炭酸水素イオン HCO_3^-が形成され、その際に発生するプロトンが AMP と結合することにより、750fs 後に $AMPH^+$イオンが形成された。この $HCO_3^-/AMPH^+$ 複合体の形成エネルギーは-19.34kcal/mol となったが、既報の実測値 20.41kcla/mol によく一致している。

４．プラズマディスプレイ電極保護膜のイオン誘起二次電子放出に関するシミュレーション
日本で開発された技術であるプラズマディスプレイに関して、低消費電力化のためには電極保護膜の Xe^+に対する二次電子放出係数(γ値)増加が有効である。保護座膜材料として、実験先行で MgO 等が提唱され、用いられてきた。しかし、γ値は表面の電子状態に依存しており、その測定も困難であることから、理論に基づいたγ値予測方法が求められている。そこで、量子論に基づき表面電子状態を考慮した独自の新規γ値算出モデルを提唱した。また、水吸着がγ値に与える影響の検討、および液晶材料のγ値予測にも応用している。プラズマディスプレイパネルに関する国際学会で発表し、高い評価を得た。

【学位論文指導（主査）】

博士論文

1. 応用化学専攻　Mohamed Ismael Mohamed Yossef
   「Accelerated Quantum Chemical Molecular Dynamics Study on CO_2 Absorption and Enzyme-Catalyzed Drug Metabolism（超高速化量子分子動力学法による CO_2 吸収と代謝反応に関する研究）」
2. 応用化学専攻　平尾　佳二
   「環境適合型合成エステル系潤滑油および耐摩耗添加剤の評価と開発に関する研究」
3. 応用化学専攻　Kamlesh Kumar Sahu
   「Applying Advanced Quantum Chemical Molecular Dynamics Technique for the Evaluation of Ligand Protein Interaction（新規量子分子動力学法によるリガンドとタンパクの相互作用に関する研究）」
4. 応用化学専攻　小川　止
   「計算化学による Li イオン電池材料モデル化に関する研究」
5. 応用化学専攻　Shah Md. Abdur Rauf
   「Study on the Role of p53 Protein Against Cancer: an Ultra-Accelerated Quantum Chemical Molecular Dynamics Approach（癌化における p53 タンパクの役割：超高速化量子分子動力学法による研究）」

修士論文

1. 応用化学専攻　Hema Malani
   「Application of Novel Quantum Chemical Molecular Dynamics to Study Reaction Pathways of Homogeneous Catalysis（新規量子分子動力学法による均一系触媒の反応過程に関する研究）」
2. 応用化学専攻　金　寶英
   「計算化学的アプローチによる固体高分子電解質膜の劣化機構の解明」
3. 応用化学専攻　芹澤　和実
   「計算化学によるプラズマディスプレイ用電極保護膜のイオン誘起二次電子放出係数予測方法の開発と応用」

【学位論文指導（副査）】

博士論文

1. 応用化学専攻　濱邊　雄輔
   「新規な EXAFS セルの開発とそれによる NiMo 水素化脱硫触媒の微細構造観察に関する研究」

修士論文

1. 応用化学専攻　中野　真也
   「限定空間中の液晶の電場配向・構造に関する研究」
2. 応用化学専攻　早坂　泰彦
   「ZrO_2 修飾 SiO_2 を担体とする Co 触媒の FT 合成活性と表面構造」

【査読論文（査読付き国際会議論文集を含む）】

○平成 21 年（1 月～12 月）

1. Abdul Rajjak Shaikh, Riadh Sahnoun, Ewa Broclawik, Michihisa Koyama, Hideyuki Tsuboi, Nozomu Hatakeyama, Akira Endou, Hiromitsu Takaba, Momoji Kubo, Carlos A. Del Carpio, and Akira Miyamoto, “Quantum Chemical Studies for Oxidation of Morpholine by Cytochrome P450,” Journal of Inorganic Biochemistry, 103(1), 20–27, (2009).
2. Hiromitsu Takaba, Ai Sagawa, Miki Sato, Seika Ouchi, Yuko Yoshida, Yukie Hayashi, Emi Sato, Kenji Inaba, Riadh Sahnoun, Michihisa Koyama, Hideyuki Tsuboi, Nozomu Hatakeyama, Akira Endou, Momoji Kubo, Carlos A. Del Carpio, Yasuo Kitou, Emi Makino, Norikazu Hosokawa, Jun Hasegawa, Shoichi Onda, and Akira Miyamoto, “Multi-Level Simulation Study of Crystal Growth and Defect Formation Processes in SiC,” Materials Science Forum, 600–603, 131–134, (2009).

3. Hideyuki Tsuboi, Megumi Kabasawa, Seika Ouchi, Miki Sato, Riadh Sahnoun, Michihisa Koyama, Nozomu Hatakeyama, Akira Endou, Hiromitsu Takaba, Momoj Kubo, Carlos A. Del Carpio, Yasuo Kitou, Emi Makino, Norikazu Hosokawa, Jun Hasegawa, Shoichi Onda, and Akira Miyamoto, "Computational Evaluation of Electrical Conductivity on SiC and The Influence of Crystal Defects," Materials Science Forum, 600–603, 497–500, (2009).
4. Hideyuki Tsuboi, Asami Kato, Hiromi Sato, Humie Hasekura, Saori Oda, Arnubhiram Chutia, Chen Lv, Zigang Zhu, Ryuji Miura, Ai Suzuki, Riadh Sahnoun, Michihisa Koyama, Nozomu Hatakeyama, Akira Endou, Hiromitsu Takaba, Carlos A. Del Carpio, Ramesh C. Deka, Momoji Kubo, and Akira Miyamoto, "Development of a Multi-Scale Electromigration Simulator Based on a Combination of UA-QCMD and KMC Methods. Application to Cu Interconnects Lifetime Simulation," Japanese Journal of the Applied Physics, 48(4), 04C020(6 Pages), (2009).
5. Akira Endou, Hiroaki Onuma, Hiromi Kikuchi, Itaru Yamashita, Kazumi Serizawa, Kenji Inaba, Ryo Sato, Michihisa Koyama, Hideyuki Tsuboi, Nozomu Hatakeyama, Hiromitsu Takaba, Carlos A. Del Carpio, Momoji Kubo, Hiroshi Kajiyama, and Akira Miyamoto, "A Theoretical Study of Initial Deposition Processes of Mg on MgO: A Novel Quantum Chemical Molecular Dynamics Approach," Japanese Journal of the Applied Physics, 48(4), 04C126(4 Pages), (2009).
6. Kazumi Serizawa, Hiroaki Onuma, Hiromi Kikuchi, Masaki Kitagaki, Itaru Yamashita, Ai Suzuki, Riadh Sahnoun, Michihisa Koyama, Hideyuki Tsuboi, Nozomu Hatakeyama, Akira Endou, Hiromitsu Takaba, Carlos A. Del Carpio, Momoji Kubo, Hiroshi Kajiyama, and Akira Miyamoto, "Novel Method Based on Quantum Chemistry for Calculation of Ion Induced Secondary Electron Emission Coefficient of MgO Surfaces," Japanese Journal of the Applied Physics, 48(4), 04C145(5 Pages), (2009).
7. Kei Ogiya, Chen Lv, Ai Suzuki, Riadh Sahnoun, Michihisa Koyama, Hideyuki Tsuboi, Nozomu Hatakeyama, Akira Endou, Hiromitsu Takaba, Carlos A. Del Carpio, Ramesh C. Deka, Momoji Kubo, and Akira Miyamoto, "Simulation of Electron Diffusion in TiO_2 Porous Structures in Dye-Sensitized Solar Cells," Japanese Journal of the Applied Physics, 48(4), 04C166(5 Pages), (2009).
8. Md. Khorshed Alam, Farouq Ahmed, Katsuyoshi Nakamura, Ai Suzuki, Riadh Sahnoun, Hideyuki Tsuboi, Michihisa Koyama, Nozomu Hatakeyama, Akira Endou, Hiromitsu Takaba, Carlos A. Del Carpio, Momoji Kubo, and Akira Miyamoto, "Study of Carbon Monoxide Oxidation on CeO_2(111) using Ultra Accelerated Quantum Chemical Molecular Dynamics," Journal of Physical Chemistry C, 113(18), 7723–7727, (2009).
9. Hideyuki Tsuboi, Arnabhiram Chutia, Chen Lv, Zigang Zhu, Hiroaki Onuma, Ryuji Miura, Ai Suzuki, Riadh Sahnoun, Michihisa Koyama, Nozomu Hatakeyama, Akira Endou, Hiromitsu Takaba, Carlos A. Del Carpio, Ramesh C. Deka, Momoji Kubo, and Akira Miyamoto, "An Electrical Conductivity Prediction Simulator Based on TB-QCMD and KMC. System Development and Applications," Journal of Molecular Structure: THEOCHEM, 903, 11–22, (2009).
10. Hema Malani, Shigekazu Hayashi, Ai Suzuki, Riadh Sahnoun, Hideyuki Tsuboi, Michihisa Koyama, Nozomu Hatakeyama, Akira Endou, Hiromitsu Takaba, Momoji Kubo, Carlos A. Del Carpio, and Akira Miyamoto, "Ultra Accelerated Quantum Chemical Molecular Dynamics Study on Ethylene Polymerization Reaction Using $CpSiH_2NHTiCl_2$—Constrained Geometry Catalyst," Topics in Catalysis, 52(6–7), 724–730, (2009).
11. Mohamed Ismael, Riadh Sahnoun, Ai Suzuki, Michihisa Koyama, Hideyuki Tsuboi, Nozomu Hatakeyama, Akira Endou, Hiromitsu Takaba, Momoji Kubo, Carlos A. Del Carpio, Shinkichi Shimizu, and Akira Miyamoto, "A DFT Study on the Carbamates Formation through the Absorption of CO_2 by AMP," International Journal of Greenhouse Gas Control, 3(5), 612–616, (2009).
12. Zhigang Zhu, Ramesh C. Deka, Arunabhiram Chutia, Riadh Sahnoun, Hideyuki Tsuboi, Michihisa Koyama, Nozomu Hatakeyama, Akira Endou, Hiromitsu Takaba, Carlos A. Del Carpio, Momoji Kubo, and Akira Miyamoto, "Enhanced Gas-Sensing Behaviour of Ru Doped SnO_2 Surface: A Periodic Density Functional Approach," Journal of Physics and Chemistry of Solids, 70(9), 1248–1255, (2009).

13. Farouq Ahmed, Md. Khorshed Alam, Ai Suzuki, Michihisa Koyama, Hideyuki Tsuboi, Nozomu Hatakeyama, Akira Endou, Hiromitsu Takaba, Carlos A. Del Carpio, Momoji Kubo, and Akira Miyamoto, "Dynamics of Hydrogen Spillover on Pt/γ-Al_2O_3 Catalyst Surface: A Quantum Chemical Molecular Dynamics Study," Journal of Physical Chemistry C, 113(35), 15676–15683, (2009).
14. Ai Suzuki, Katsuyoshi Nakamura, Ryo Sato, Kotaro Okushi, Hideyuki Tsuboi, Nozomu Hatakeyama, Akira Endou, Hiromitsu Takaba, Momoji Kubo, Mark C. Williams, and Akira Miyamoto, "Multi-Scale Theoretical Study of Support Effect on Sintering Dynamics of Pt," Surface Science, 603(20), 3049–3056, (2009).
15. Carlos A. Del Carpio, Mihai Lulian Florea, Ai Suzuki, Hideyuki Tsuboi, Nozomu Hatakeyama, Akira Endou, Hiromitsu Takaba, Eiichiro Ichiishi, and Akira Miyamoto, "A Graph Theoretical Approach for Assessing Bio-Macromolecular Complex Structural Stability," Journal of Molecular Modeling, 15(11), 1349–1370, (2009).
16. Tasuku Onodera, Takanori Kuriaki, Yusuke Morita, Ai Suzuki, Michihisa Koyama, Hideyuki Tsuboi, Nozomu Hatakeyama, Akira Endou, Hiromitsu Takaba, Carlos A. Del Carpio, Momoji Kubo, Clotilde Minfray, Jean-Michel Martin, and Akira Miyamoto, "Influence of Nanometer Scale Film Structure of ZDDP Tribofilm on its Mechanical Properties: A Computational Chemistry Study," Applied Surface Science, 256(4), 976–979, (2009).
17. Ai Suzuki, Katsuyoshi Nakamura, Ryo Sato, Kotaro Okushi, Hideyuki Tsuboi, Nozomu Hatakeyama, Akira Endou, Hiromitsu Takaba, Carlos A. Del Carpio, Momoji Kubo, and Akira Miyamoto, "Development and Application of Sintering Dynamics Simulation for Automotive Catalyst," Topics in Catalysis, 52(13–20), 1852–1855, (2009).
18. Tasuku Onodera, Yusuke Morita, Ai Suzuki, Michihisa Koyama, Hideyuki Tsuboi, Nozomu Hatakeyama, Akira Endou, Hiromitsu Takaba, Momoji Kubo, Fabrice Dassenoy, Clotilde Minfray, Lucile Joly-Pottuz, Jean-Michel Martin, and Akira Miyamoto, "A Computational Chemistry Study on Friction of h-MoS_2. Part I. Mechanism of Single Sheet Lubrication," Journal of Physical Chemistry B, 113(52), 16526–16536, (2009).

【学術雑誌・専門書等（査読あり）】

○平成 21 年（1 月～12 月）

1. Journal of Inorganic Biochemistry
2. Materials Science Forum
3. Japanese Journal of the Applied Physics
4. Journal of Physical Chemistry C
5. Journal of Molecular Structure: THEOCHEM
6. Topics in Catalysis
7. International Journal of Greenhouse Gas Control
8. Journal of Physics and Chemistry of Solids
9. Surface Science
10. Journal of Molecular Modeling
11. Applied Surface Science
12. Journal of Physical Chemistry B

【学生の国際会議・学会・学術雑誌への発表】

○平成 21 年（1 月～12 月）

1. "Quantum Chemical Studies for Oxidation of Morpholine by Cytochrome P450," Abdul Rajjak Shaikh, Riadh Sahnoun, Ewa Broclawik, Michihisa Koyama, Hideyuki Tsuboi, Nozomu Hatakeyama, Akira Endou, Hiromitsu Takaba, Momoji Kubo, Carlos A. Del Carpio, and Akira Miyamoto, *Journal of Inorganic Biochemistry*, **103**(1), 20-27, (2009).
2. "Development of a Multi-Scale Electromigration Simulator Based on a Combination of UA-QCMD and KMC Methods. Application to Cu Interconnects Lifetime Simulation," Hideyuki Tsuboi, Asami Kato, Hiromi Sato, Humie Hasekura, Saori Oda, Arnubhiram Chutia, Chen Lv, Zigang Zhu, Ryuji Miura, Ai Suzuki, Riadh Sahnoun, Michihisa Koyama, Nozomu Hatakeyama, Akira Endou, Hiromitsu Takaba, Carlos A. Del Carpio, Ramesh C. Deka, Momoji Kubo, and Akira Miyamoto, *Japanese Journal of the Applied Physics*, **48**(4), 04C020(6 Pages), (2009).

3. "A Theoretical Study of Initial Deposition Processes of Mg on MgO: A Novel Quantum Chemical Molecular Dynamics Approach," Akira Endou, Hiroaki Onuma, Hiromi Kikuchi, Itaru Yamashita, Kazumi Serizawa, Kenji Inaba, Ryo Sato, Michihisa Koyama, Hideyuki Tsuboi, Nozomu Hatakeyama, Hiromitsu Takaba, Carlos A. Del Carpio, Momoji Kubo, Hiroshi Kajiyama, and Akira Miyamoto, *Japanese Journal of the Applied Physics*, **48**(4), 04C126(4 Pages), (2009).
4. "Novel Method Based on Quantum Chemistry for Calculation of Ion Induced Secondary Electron Emission Coefficient of MgO Surfaces," Kazumi Serizawa, Hiroaki Onuma, Hiromi Kikuchi, Masaki Kitagaki, Itaru Yamashita, Ai Suzuki, Riadh Sahnoun, Michihisa Koyama, Hideyuki Tsuboi, Nozomu Hatakeyama, Akira Endou, Hiromitsu Takaba, Carlos A. Del Carpio, Momoji Kubo, Hiroshi Kajiyama, and Akira Miyamoto, *Japanese Journal of the Applied Physics*, **48**(4), 04C145(5 Pages), (2009).
5. "Simulation of Electron Diffusion in TiO_2 Porous Structures in Dye-Sensitized Solar Cells," Kei Ogiya, Chen Lv, Ai Suzuki, Riadh Sahnoun, Michihisa Koyama, Hideyuki Tsuboi, Nozomu Hatakeyama, Akira Endou, Hiromitsu Takaba, Carlos A. Del Carpio, Ramesh C. Deka, Momoji Kubo, and Akira Miyamoto, *Japanese Journal of the Applied Physics*, **48**(4), 04C166(5 Pages), (2009).
6. "Study of Carbon Monoxide Oxidation on CeO_2(111) using Ultra Accelerated Quantum Chemical Molecular Dynamics," Md. Khorshed Alam, Farouq Ahmed, Katsuyoshi Nakamura, Ai Suzuki, Riadh Sahnoun, Hideyuki Tsuboi, Michihisa Koyama, Nozomu Hatakeyama, Akira Endou, Hiromitsu Takaba, Carlos A. Del Carpio, Momoji Kubo, and Akira Miyamoto, *Journal of Physical Chemistry C*, **113**(18), 7723-7727, (2009).
7. "An Electrical Conductivity Prediction Simulator Based on TB-QCMD and KMC. System Development and Applications," Hideyuki Tsuboi, Arnabhiram Chutia, Chen Lv, Zigang Zhu, Hiroaki Onuma, Ryuji Miura, Ai Suzuki, Riadh Sahnoun, Michihisa Koyama, Nozomu Hatakeyama, Akira Endou, Hiromitsu Takaba, Carlos A. Del Carpio, Ramesh C. Deka, Momoji Kubo, and Akira Miyamoto, *Journal of Molecular Structure: THEOCHEM*, **903**, 11-22, (2009).
8. "Ultra Accelerated Quantum Chemical Molecular Dynamics Study on Ethylene Polymerization Reaction Using $CpSiH_2NHTiCl_2$—Constrained Geometry Catalyst," Hema Malani, Shigekazu Hayashi, Ai Suzuki, Riadh Sahnoun, Hideyuki Tsuboi, Michihisa Koyama, Nozomu Hatakeyama, Akira Endou, Hiromitsu Takaba, Momoji Kubo, Carlos A. Del Carpio, and Akira Miyamoto, *Topics in Catalysis*, **52**(6-7), 724-730, (2009).
9. "A DFT Study on the Carbamates Formation through the Absorption of CO_2 by AMP," Mohamed Ismael, Riadh Sahnoun, Ai Suzuki, Michihisa Koyama, Hideyuki Tsuboi, Nozomu Hatakeyama, Akira Endou, Hiromitsu Takaba, Momoji Kubo, Carlos A. Del Carpio, Shinkichi Shimizu, and Akira Miyamoto, *International Journal of Greenhouse Gas Control*, **3**(5), 612-616, (2009).
10. "Enhanced Gas-Sensing Behaviour of Ru Doped SnO_2 Surface: A Periodic Density Functional Approach," Zhigang Zhu, Ramesh C. Deka, Arunabhiram Chutia, Riadh Sahnoun, Hideyuki Tsuboi, Michihisa Koyama, Nozomu Hatakeyama, Akira Endou, Hiromitsu Takaba, Carlos A. Del Carpio, Momoji Kubo, Akira Miyamoto, J*ournal of Physics and Chemistry of Solids*, **70**(9), 1248-1255, (2009).
11. "Dynamics of Hydrogen Spillover on Pt/γ-Al_2O_3 Catalyst Surface: A Quantum Chemical Molecular Dynamics Study," Farouq Ahmed, Md. Khorshed Alam, Ai Suzuki, Michihisa Koyama, Hideyuki Tsuboi, Nozomu Hatakeyama, Akira Endou, Hiromitsu Takaba, Carlos A. Del Carpio, Momoji Kubo, and Akira Miyamoto, *Journal of Physical Chemistry C*, **113**(35), 15676-15683, (2009).
12. "Influence of Nanometer Scale Film Structure of ZDDP Tribofilm on its Mechanical Properties: A Computational Chemistry Study," Tasuku Onodera, Takanori Kuriaki, Yusuke Morita, Ai Suzuki, Michihisa Koyama, Hideyuki Tsuboi, Nozomu Hatakeyama, Akira Endou, Hiromitsu Takaba, Carlos A. Del Carpio, Momoji Kubo, Clotilde Minfray, Jean-Michel Martin, and Akira Miyamoto, *Applied Surface Science*, **256**(4), 976-979, (2009).
13. "A Computational Chemistry Study on Friction of h-MoS_2. Part I. Mechanism of Single Sheet Lubrication," Tasuku Onodera, Yusuke Morita, Ai Suzuki, Michihisa Koyama, Hideyuki Tsuboi, Nozomu Hatakeyama, Akira Endou, Hiromitsu Takaba, Momoji Kubo, Fabrice Dassenoy, Clotilde Minfray, Lucile Joly-Pottuz, Jean-Michel Martin, and Akira Miyamoto, *Journal of Physical Chemistry B*, **113**(52), 16256-16536, (2009).

【本人の受賞・特許等】

〇平成 21 年（1 月～12 月）

受 賞 名：日本コンピュータ化学会学会賞

受 賞 年：平成 21 年 5 月 21 日

【学生の研究費の獲得】

〇平成 21 年（1 月～12 月）

獲得者名：大沼宏彰

名　　称：日本学術振興会特別研究員(DC1)

期　　間：平成 21 年 4 月～平成 22 年 3 月

獲得者名：小野寺 拓

名　　称：日本学術振興会特別研究員(DC1)

期　　間：平成 21 年 4 月～平成 22 年 3 月

獲得者名： 鄭 善鎬

名　　称：国立大学法人東北大学グローバル COE

「流動ダイナミクス知の融合教育研究世界拠点」国際出る杭特別研究生

期　　間：平成 21 年 4 月～平成 22 年 3 月

【学生のマスコミ発表等】

〇平成 21 年（1 月～12 月）

獲得者名： 金 寶英

受 賞 名：第 16 回燃料電池シンポジウムポスター賞

受 賞 年：平成 21 年 5 月 12 日

獲得者名：小野寺 拓

受 賞 名：2008 年度日本トライボロジー学会学生奨励賞

受 賞 年：平成 21 年 5 月 22 日

獲得者名：小野寺 真里

受 賞 名：Outstanding Poster Paper Award、
The Fourth East-Asia Symposium on Functional Dyes and Advanced Materials

受 賞 年：平成 21 年 6 月 4 日

獲得者名：小野寺 拓

受 賞 名：Best Paper Award、Surface Engineering Technical Committee of STLE

受 賞 年：平成 21 年 6 月

獲得者名：小野寺 真里

受 賞 名：日本マイクログラビティ応用学会第 24 回学術講演会毛利ポスターセッション奨励賞

受 賞 年：平成 21 年 10 月 20 日

獲得者名：Kamlesh Kumar Sahu

受 賞 名：Outstanding Award for Short Oral、The Sixth International Conference on Flow Dynamics

受 賞 年：平成 21 年 11 月 5 日

氏名　水崎　純一郎



所属 多元物質科学研究所・教授（工学博士）
専門 固体イオニクス
研究課題
固体内イオン流動ダイナミクス
E-mail: mizusaki@tagen.tohoku.ac.jp
TEL: 022(217)5340

平成 21 年度における本グローバル COE プログラムに対する取り組み

本事業担当者の分野では、八代圭司講師、佐藤一永助教との共同により、固体内のイオン移動・電子移動や界面物質移動現象など、固体内イオンの輸送現象の基礎を幅広く研究展開している。この基礎科学が関わる大きな技術分野は固体酸化物燃料電池(SOFC)である。平成 20 年度から始まった固体酸化物燃料電池開発支援のための基礎研究プロジェクトでは、欠陥平衡を軸とした熱力学と機械的安定性、及びその計測法に新たな展開が進んでいる。特に、本事業担当者等が開発している、アコースティックエミッション(AE)を利用した高温電気化学システム内部の作動条件下での異常発生検出法は、SOFC システムの信頼性確保に重要な役割を果たすことが期待されている。平成 21 年 10 月からは、GCEO 博士研究員として Malanie Kuhn 博士が参画し、SOFC 電極材料の熱力学的研究を加速している。

本事業担当者とソウル大学 Han-Ill Yoo 教授が構想し、平成 12 年度から毎年開催している日韓学生シンポジウムは、平成 21 年度には第 10 回を迎え、6th ICFD を構成するシンポジウムの一つとして仙台で開催された。出席者は日本側では東北大学の複数の部局から 4 研究室、韓国側からは 3 研究機関の 4 研究室にわたり、大学院生達により通常の国際会議を凌ぐ活発で質の高い議論が展開されている。

平成 21 年度の活動（シンポジウム・国際会議の主催を含む）

＜国際会議＞

名称：第6回流動ダイナミクスに関する国際会議（Sixth International Conference on Flow Dynamics）
開催期間：2009.11.4-2009.11.6
開催場所：ホテルメトロポリタン仙台 日本
参加者数：448人(157人)
招待講演者：Rongjia Tao, Han-Ill Yoo, Seiji Samukawa

名称：10th Korea-Japan Students' Symposium: Properties and Applications of Next Generation Energy Materials
主催および協賛団体：
Global COE program, "World Center of Education and Research for Trans-disciplinary Flow Dynamics"
Brain Korea 21, Materials Education and Research Division
World Class University
Aoba Foundation for the Promotion on engineering
開催国：日本
開催期間：2009.11.4-6
役割：アドバイザー（会議は学生主催の形を取り，指導教員はアドバイザーとして見守る立場を取る）

＜招待講演＞

講演先：The 6th Petite Workshop on Defect Chemical Nature of Energy Materials, Damyang, Korea
講演題目：Determinant factor of oxygen nonstoichiometry for the perovskite-type oxide with mixed transition metals on B-site
講演日：2009.9.6-2009.9.9

講演先：Materials Science and Technology 2009, Pittuburg, PA, USA
講演題目：B-Site Cation Mixing Effect on Chemical Staability and Defect Equilibrium of $LaCrO_3$ Based Perovskite-Type Solid Solutions
講演日：2009.10.25-2009.10.29

平成 21 年度の研究業績

【研究内容】

１．固体酸化物燃料電池の電極過程

固体酸化物燃料電池(SOFC)の電極反応過程は電極材料表面での吸着種の拡散や電極材料とセラミックス製の電解質が接する界面の近傍での化学反応の速度で決まる場合が多い。本事業担当者は様々な燃料ガスや酸素中での白金電極／酸素イオン導電性セラミックス電解質系における電極反応について、それが化学反応で律速されるというモデルを構築し、それにより電極反応速度を説明し予見することに成功してきている。本年度は、プロトン導電性のバリウムセリウム系セラミックス電解質を取り上げ、白金電極／プロトン導電体系における水素－水蒸気ガスの電極反応過程を探究した。その結果、電極反応の進行に伴って気相と電極／電解質界面の間に水素のポテンシャル差が生じ、水素の白金表面拡散と水素の電極／電解質界面近傍への吸着解離過程の競争反応が反応速度を決めていることを明らかにした。プロトン導電性固体電解質系での電極反応機構が解明された初めての例である。

２．応力場と固体内イオン・電子輸送

SOFC は２つの電極と電解質から構成される単電池を膜状に作製し、それを筒状・平板状など、様々に成形し、さらに積層して構成される。従って、電池各部に様々な力が加わる。本事業推進者等は、一軸応力に対して固体のイオン伝導や電子伝導がどの様に変化するかを調べた。その結果、代表的な電極材料・電解質材料で 100MPa 程度の圧縮で１％近い導電性の変化が生じる事が見出された。更に、遷移金属酸化物など、酸素含有量が雰囲気や温度によって変化する不定比性酸化物では、応力により酸素含有量も変動する可能性が出てきている。新しい研究課題として今後の展開が期待される。

３．酸化物などの固体化合物内の欠陥平衡と力学特性

固体化合物は、温度雰囲気によって組成が定比組成から若干ずれる不定比組成を示し、同時に酸素イオン空孔、金属イオン空孔など、欠陥が生じる。また、電子導電性やイオン導電性も変化する。このとき、格子体積も変化し、同時にヤング率、破壊じん性など機械的特性も変化するはずである。このことは SOFC の安定性に密接に関係すると考えられる。しかし、不定比性と機械的性質の関係は従来殆ど研究されていない。この領域の研究を新たな課題として取り組み始めている。

４．アコースティックエミッション(AE)法を基盤とした電気化学システム診断手法の開拓

工学研究科橋田研究室、大阪大学産業科学研究所の情報科学グループと連携して進めている研究である。In-situ での SOFC 機械的破損計測に AE 法の利用が有効であることを明らかにし、さらにその場計測法として確立すべく、大量の AE データを in-situ 解析する手法の開発を阪大産研沼尾研究室および計測機器開発企業と共同で進めている。SOFC やリチウム畜電池の診断用に注目されている他、情報処理技術の応用展開という観点からも注目されている。

【学位論文指導（主査）】

博士論文

1. 機械システムデザイン工学専攻　中村　崇司
   Oxygen Nonstoichiometry and Electronic Conduction Mechanism of Layered Perovskite-Type Oxides (層状ペロブスカイト関連酸化物における不定比性・電子導電機構の解明)

修士論文

1. 機械システムデザイン工学専攻　福田　泰広
   B サイト混合系ペロブスカイト型導電性酸化物の高温欠陥平衡・物性・構造
2. 機械システムデザイン工学専攻　森　義浩
   固体電解質系ガス電極における反応過程

3. 機械システムデザイン工学専攻　呉屋　祐喜
   環境制御型走査電子顕微鏡による固体酸化物燃料電池電極の疑似運転条件下での動的観測
4. 機械システムデザイン工学専攻　泉　徹
   一軸圧縮応力環境下における機能性セラミックスの導電特性

【学位論文指導（副査）】

修士論文

1. 機械システムデザイン工学専攻　長尾　憲樹
   固体酸化物形燃料電池用高性能空気極の開発
2. 機械システムデザイン工学専攻　吉田 圭佑
   プロトン導電性電解質を用いた中低温作動マイクロ SOFC の作成と発電特性

【査読論文（査読付き国際会議論文集を含む）】

○平成 21 年（1 月～12 月）

1. Masatsugu Oishi, Satoshi Akoshima, Keiji Yashiro, Kazuhisa Sato, Junichiro Mizusaki, Tatsuya Kawada
   Defect structure analysis of B-site doped perovskite-type proton conducting oxide $BaCeO_3$
   Part1:The defect concentration of $BaCe_{0.9}M_{0.1}O_{3-\delta}$(M=Y and Yb)
   Solid State Ionics,180,127-131, (2009)
2. Atsushi Unemoto, Nobuyuki Hirai, Atsushi Kaimai, Kazuhisa Sato, Takanori Otake, Keiji Yashiro, Junichiro Mizusaki, Tatsuya Kawada, Tatsuya Tsuneki, Yoshinori Shirasaki, Yoshu Ota, Isamu Yasuda
   Surface reaction and transport kinetics of hydrogen through palladium-based membranes under gas co-existing with hydrogen atmospheres
   International Journal of Nuclear Hydrogen Production and Applications,2(1),55-68, (2009),
3. Takashi Nakamura, Keiji Yashiro, Kazuhisa Sato, Junichiro Mizusaki
   Electronic state of exygen nonstoichiometric $La_{2-x}Sr_xNiO_{4+\delta}$ at high temperatures
   PCCP (Physical Chemistry Chemical Physics),11,3055-3062, (2009)
4. Takashi Nakamura, Keiji Yashiro, Kazuhisa Sato, Junichiro Mizusaki
   Oxygen nonstoichiometry and defect equilibrium in $La_{2-x}Sr_xNiO_{4-\delta}$
   Solid State Ionics,180,368-376, (2009)
5. Takashi Nakamura, Keiji Yashiro, Kazuhisa Sato, Junichiro Mizusaki
   Thermodynamic quantities and defect equilibrium in $La_{2-x}Sr_xNiO_{4+\delta}$
   Journal of Solid State Chemistry,182,1121-1128, (2009)
6. Takashi Nakamura, Keiji Yashiro, Kazuhisa Sato, Junichiro Mizusaki
   Oxygen nonstoichiometry and chemical stability of $Nd_{2-x}Sr_xNiO_{4+\delta}$
   Journal of Solid State Chemistry,182(6),1533-1537, (2009)
7. Shimon Ochi, Osamu Kamishima, Junichiro Mizusaki, Junichi Kawamura
   Investigation of proton diffusion in NafionR117 membrane by electrical conductivity and NMR
   Solid State Ionics,180,580-584, (2009)
8. Fumimasa Horikiri, Kazuhisa Sato, Keiji Yashiro, Tatsuya Kawada, Junichiro Mizusaki
   Design Concept for the High Temperature Photoelectronic Devices Using $SrTiO_3$
   Journal of The Electrochemical Society,156(7),107-113, (2009)
9. Keiji Yashiro, Takashi Nakamura, Maya Sase, Florian Hermes, Kazuhisa Sato, Tatsuya, Kawada, Junichiro Mizusaki
   Composite cathode of Perovskite-related oxides, $(La, Sr)CoO_{3-\delta}$ / $(La, Sr)_2CoO_{4-\delta}$, for solid oxide fuel cells
   Electrochemical and Solid-State Letters,12(9),B135-B137, (2009)
10. Satoshi Akoshima, Masatsugu Oishi, Keiji Yashiro, Kazuhisa Sato, Junichiro Mizusaki
    Reaction kinetics on platinum electrode / yttrium-doped barium cerate interface under H2-H2O atmosphere
    Solid State Ionics, (2009)
11. Kazuhisa Sato, Ken Suzuki, Keiji Yashiro, Tatsuya Kawada, Hiroo Yugami, Toshiyuki Hashida, Alan Atkinson, Junichiro Mizusaki

Effect of Y_2O_3 addition on the conductivity and elastic modulus of $(CeO_2)_{1-x}(YO_{1.5})_x$
Solid State Ionics,180,1220-1225, (2009)

12. Takashi Nakamura, Keiji Yashiro, Kazuhisa Sato, Junichiro Mizusaki
Defect chemical and statistical thermodynamic studies on oxygen nonstoichiometric $Nd_{2-x}Sr_xNiO_{4+\delta}$
Solid State Ionics,180,1406-1413, (2009)
13. 水崎純一郎
固体酸化物燃料電池(SOFC)の最近の進展、課題そして展望
セラミックス,44,262-266, (2009)
14. 水崎純一郎
実用薄膜プロセスー機能創製・応用展開ー第５章固体酸化物燃料電池への応用
技術教育出版社, (2009)
15. Toshiyuki Hashida, Kazuhisa Sato, Yohei Takeyama, Tatsuya Kawada, Junichiro Mizusaki
Deformation and Fracture Characteristics of Zirconia and Ceria-Based Electrolytes for SOFCs under Reducing Atmospheres
ECS Transactions, 216th ECS Meeting, Solid Oxide Fuel Cells 11 (SOFC-XI), 25(2),pp.1565-1572, (2009)
16. Shota Nakayama, Shin-ichi Hashimoto, Kazuhisa Sato, Keiji Yashiro, Koji Amezawa, Junichiro Mizusaki
High-Temperature Defect and Crystal Structure of Perovskite Type Oxide Ion Conductor $La_{0.8}Sr_{0.2}Ga_{0.8}Mg_{0.15}Co_{0.05}O_{3-delta}$
ECS Transactions, 216th ECS Meeting, Solid Oxide Fuel Cells 11 (SOFC-XI), 25(2),pp.1701-1708, (2009)
17. Yasuhiro Fukuda, Shin-ichi Hashimoto, Kazuhisa Sato, Keiji Yashiro, Junichiro Mizusaki
High Temperature Defect Equilibrium, Solid State Properties and Crystal Structure of $La_{0.6}Sr_{0.4}Co_{1-y}Fe_yO_{3-delta}$ (y=0.2, 0.4, 0.6, 0.8) for Cathode of Solid Oxide Fuel Cells
ECS Transactions, 216th ECS Meeting, Solid Oxide Fuel Cells 11 (SOFC-XI), 25(2),pp.2375-2380, (2009)
18. Takashi Nakamura, Yohei Takeyama, Satoshi Watanabe, Keiji Yashiro, Kazuhisa Sato, Toshiyuki Hashida, Junichiro Mizusaki
Oxygen Nonstoichiometry, Crystal Structure, and Mechanical Properties of $La_2NiO_{4+delta}$
ECS Transactions, 216th ECS Meeting, Solid Oxide Fuel Cells 11 (SOFC-XI), 25(2),pp.2573-2580, (2009)
19. Eiki Niwa, Kazuhisa Sato, Keiji Yashiro, Junichiro Mizusaki
Conductivities and Seebeck Coefficients of donor-doped-$SrTiO_3$ Oxide Ceramics
ECS Transactions, 216th ECS Meeting, Solid Oxide Fuel Cells 11 (SOFC-XI), 25(2),pp.2631-2638, (2009)
20. Tatsuya Kawada, Satoshi Watanabe, Shin-ichi Hashimoto, Tadashi Sakamoto, Atsushi Unemoto, Mao Kurumatani, Kazuhisa Sato, Fumitada Iguchi, Keiji Yashiro, Koji Amezawa, Kenjiro Terada, Momoji Kubo, Hiroo Yugami, Toshiyuki Hashida, Junichiro Mizusaki
Classification of Mechanical Failure in SOFC and Strategy for Evaluation of Operational Margin
ECS Transactions, 216th ECS Meeting, Solid Oxide Fuel Cells 11 (SOFC-XI), 25(2),pp.467-472, (2009)
21. Ken-ichi Fukui, Kazuhisa Sato, Junichiro Mizusaki, Kazumi Saito, Masahiro Kimura, Masayuki Numao
Growth Analysis of Neighbor Network for Evaluation of Damage Progress
proc. of The 13th Pacific-Asia Conference on Knowledge Discovery and Data Mining (PAKDD-09) (Lecture Notes in Artificial Intelligence 5476),933-940,(2009)

【学術雑誌・専門書等（査読あり）】

○平成 21 年（1 月～12 月）

1. Solid State Ionics
2. International Journal of Nuclear Hydrogen Production and Applications
3. PCCP (Physical Chemistry Chemical Physics)

4. Journal of Solid State Chemistry
5. Journal of The Electrochemical Society
6. Electrochemical and Solid-State Letters

【学生の国際会議・学会・学術雑誌への発表】

○平成 21 年（1 月～12 月）

1. Keiji Yashiro, Takashi Nakamura, Maya Sase, Florian Hermes, Kazuhisa Sato, Tatsuya, Kawada, Junichiro Mizusaki
   Composite cathode of Perovskite - related oxides, (La, Sr)$CoO_{3-\delta}$ / (La, Sr)$_2CoO_{4-\delta}$, for solid oxide fuel cells
   Electrochemical and Solid-State Letters,12(9),B135-B137(2009)
2. Takashi Nakamura, Keiji Yashiro, Kazuhisa Sato, Junichiro Mizusaki
   Thermodynamic quantities and defect equilibrium in $La_{2-x}Sr_xNiO_{4+\delta}$
   Journal of Solid State Chemistry,182,1121-1128(2009)
3. Takashi Nakamura, Keiji Yashiro, Kazuhisa Sato, Junichiro Mizusaki
   Oxygen nonstoichiometry and chemical stability of $Nd_{2-x}Sr_xNiO_{4+\delta}$
   Journal of Solid State Chemistry,182(6),1533-1537(2009)
4. Fumimasa Horikiri, Kazuhisa Sato, Keiji Yashiro, Tatsuya Kawada, Junichiro Mizusaki
   Design Concept for the High Temperature Photoelectronic Devices Using $SrTiO_3$
   Journal of the Electrochemical Society,156(7),107-113(2009)
5. Takashi Nakamura, Keiji Yashiro, Kazuhisa Sato, Junichiro Mizusaki
   Electronic state of oxygen nonstoichiometric $La_{2-x}Sr_xNiO_{4+\delta}$ at high temperatures
   PCCP(Physical Chemistry Chemical Physics),11,3055-3062(2009)
6. Satoshi Akoshima, Masatsugu Oishi, Keiji Yashiro, Kazuhisa Sato, Junichiro Mizusaki
   Reaction kinetics on platinum electrode / yttrium-doped barium cerate interface under H_2–H_2O atmosphere
   Solid State Ionics,(2009)
7. Masatsugu Oishi, Satoshi Akoshima, Keiji Yashiro, Kazuhisa Sato, Junichiro Mizusaki, Tatsuya Kawada
   Defect structure analysis of B-site doped perovskite-type proton conducting oxide $BaCeO_3$ Part1:The defect concentration of $BaCe_{0.9}M_{0.1}O_{3-\delta}$(M=Y and Yb)
   Solid State Ionics,180,127-131(2009)
8. Takashi Nakamura, Keiji Yashiro, Kazuhisa Sato, Junichiro Mizusaki
   Defect chemical and statistical thermodynamic studies on oxygen nonstoichiometric $Nd_{2-x}Sr_xNiO_{4+\delta}$
   Solid State Ionics,180,1406-1413(2009)
9. Takashi Nakamura, Keiji Yashiro, Kazuhisa Sato, Junichiro Mizusaki
   Oxygen nonstoichiometry and defect equilibrium in $La_{2-x}Sr_xNiO_{4-\delta}$
   Solid State Ionics,180,368-376(2009)
10. Atsushi Unemoto, Nobuyuki Hirai, Atsushi Kaimai, Kazuhisa Sato, Takanori Otake, Keiji Yashiro, Junichiro Mizusaki, Tatsuya Kawada, Tatsuya Tsuneki, Yoshinori Shirasaki, Yoshu Ota, Isamu Yasuda
    Surface reaction and transport kinetics of hydrogen through palladium-based membranes under gas co-existing with hydrogen atmospheres
    International Journal of Nuclear Hydrogen Production and Applications,2(1),55-68, (2009)
11. Takashi Nakamura, Yohei Takeyama, Satoshi Watanabe, Keiji Yashiro, Kazuhisa Sato, Toshiyuki Hashida, Junichiro Mizusaki
    Oxygen Nonstoichiometry, Crystal Structure, and Mechanical Properties of $La_2NiO_{4+delta}$
    ECS Transactions, 216th ECS Meeting, Solid Oxide Fuel Cells 11 (SOFC-XI), 25(2),pp.2573-2580, (2009)
12. Eiki Niwa, Kazuhisa Sato, Keiji Yashiro, Junichiro Mizusaki
    Conductivities and Seebeck Coefficients of donor-doped-$SrTiO_3$ Oxide Ceramics
    ECS Transactions, 216th ECS Meeting, Solid Oxide Fuel Cells 11 (SOFC-XI), 25(2),pp.2631-2638, (2009)

13. Tatsuya Kawada, Satoshi Watanabe, Shin-ichi Hashimoto, Tadashi Sakamoto, Atsushi Unemoto, Mao Kurumatani, Kazuhisa Sato, Fumitada Iguchi, Keiji Yashiro, Koji Amezawa, Kenjiro Terada, Momoji Kubo, Hiroo Yugami, Toshiyuki Hashida, Junichiro Mizusaki
Classification of Mechanical Failure in SOFC and Strategy for Evaluation of Operational Margin
ECS Transactions, 216th ECS Meeting, Solid Oxide Fuel Cells 11 (SOFC-XI),25(2),
pp.467-472,Austria,Vienna,The Electrochemical Society(2009)

【本人の受賞・特許等】

○平成 21 年（1 月～12 月）
受 賞 名：電気化学会　学会賞
受 賞 年：平成 22 年 3 月 30 日

【学生の受賞・特許等】

○平成 21 年（1 月～12 月）
獲得者名：堀切文正
受 賞 名：東北大学工学研究科長賞



氏名　徳山　道夫

所属 原子分子材料科学高等研究機構・教授（博士（理学））

専門 統計物理学

研究課題

水におけるガラス転移現象の研究

E-mail: tokuyama@fmail.ifs.tohoku.ac.jp

℡: 022(217)5327

平成 21 年度における本グローバル COE プログラムに対する取り組み

事業推進担当者の研究分野では、ガラス転移現象を示す様々な異なる体系（CuZr 系、CrTiZr 系、磁性コロイド鎖分散系等）の計算機実験を遂行し、徳山が提案しているガラス転移近傍での普遍的法則が適用出来ることを示し、第一原理からの理論構築に大いに寄与している。

平成 21 年度の活動（シンポジウム・国際会議の主催を含む）

＜国際会議＞

名　　称：The 3rd International Discussion Meeting on the Glass Transition
主催団体：流体科学研究所，GCOE
開 催 国：日本
開催期間：2010.3.15ー2010.3.16
役　　割：委員長

＜講演＞

講 演 先：WPI-Europe Workshop on Metallic Glasses and Related Materials
講演題目：Slow Dynamics of Self-Diffusion inMulti-Component Glass Formers
講 演 日：2009.8.

講 演 先：第 6 回 International Discussion Meeting on Relaxations in　Complex Systems
講演題目：A Statistical -Mechanical Theory of Slow Dynamics　near the Glass Transition
講 演 日：2009.8.31

講 演 先：The 1st International Workshop on Glass-Forming Systems
講演題目：Universality in diversely different glass-forming liquids
講 演 日：2009.11.7

講 演 先：The 3rd International Discussion Meeting on the Glass Transition
講演題目：Universality among Diversely Different Glass-Forming Materials
講 演 日：2010.3.15

平成 21 年度の研究業績

【研究内容】

1. 金属ガラス CuZr、および、CuTiZr 系における過冷却液体の研究
バルク金属ガラスの作成には、2 種類以上の原子を混合し、結晶化を避ける必要があるが、組成比を変化させるとガラス形成能が変化することが知られている。そのため、　計算機実験により、組成比の異なる系であっても、徳山普遍則を他の系と同様に過冷却状態では満足することを示した。

2. 薄膜に閉じ込められた磁性コロイド鎖分散系の過冷却液体状態のダイナミクスの研究
膜面に垂直に磁場を印加することにより、薄膜中に閉じ込められた磁性コロイドはコロイド鎖を形成し、平衡状態で横拡散が生じる。そこで、計算機実験によって、同一コロイドからなる系やサイズ分布を持つ多分散コロイドで、分散度によらず、徳山普遍則を過冷却状態では満足することを示した。

【学位論文指導（主査）】

博士論文

1. ナノメカニクス専攻　鳴海　孝之
   「ガラス転移点近傍の過冷却液体状態での相関関数についての理論および実験による研究」

修士論文

1. ナノメカニクス専攻　小林　宣文
   「ガラス転移点近傍での様々な過冷却液体のダイナミクスの平均場理論による解析および検証」

【学位論文指導（副査）】

博士論文

1. ナノメカニクス専攻　中野　雄大
   「脂質二重膜の運動量・熱エネルギー運送特性に関する分子動力学的研究」

修士論文

1. ナノメカニクス専攻　加藤　惇平
   「固液界面近傍の液体微細構造における物質輸送特性」

【査読論文（査読付き国際会議論文集を含む）】

○平成 21 年（1 月～12 月）

1. Y. Terada and M. Tokuyama
   "Universalities in the dynamics of suspensions of magnetic colloidal chains confined in thin films", JPSJ, vol 78, pp.084803-1-6 (2009).
2. Y. Terada and M. Tokuyama
   "Lateral diffusion of magnetic colloidal chains confined in thin films and monolayer colloids", JPSJ, accepted (2009).

【学術雑誌・専門書等（査読あり）】

○平成 21 年（1 月～12 月）

1. Y. Terada and M. Tokuyama, "Universalities in the dynamics of suspensions of magnetic colloidal chains confined in thin films", JPSJ, vol 78, pp.084803-1-6 (2009).
2. Y. Terada and M. Tokuyama, "Lateral diffusion of magnetic colloidal chains confined in thin films and monolayer colloids", JPSJ, accepted (2009).

【本人の国際会議・学会・学術雑誌への発表（査読なし）】

○平成 21 年（1 月～12 月）

1. 中西　慎也, 鳴海　孝之, 寺田　弥生, 徳山　道夫
   多分散性擬剛体球系におけるガラス転移近傍での粒子サイズ分布のダイナミクスに与える影響
   流体科学研究所報告, Vol.19, pp.21-29 (2009).　2009 年 1 月発行
2. 鈴木　洋平, 鳴海　孝之, 寺田　弥生, 徳山　道夫
   中性コロイド分散系におけるダイナミクスに対する多分散性の効果
   流体科学研究所報告, Vol.19, pp.11-19 (2009).　2009 年 1 月発行

【学生の国際会議・学会・学術雑誌への発表】

○平成 21 年（1 月～12 月）

1. 木村　祐人, 徳山　道夫
   WPI-Europe Workshop on Metallic Glasses and Related Materials
   “Simulation Study of Relation between Long-time Self-diffusion and Local Structure in CuZr”
   2009 年 8 月発表
2. 木村　祐人, 徳山　道夫
   6th International Discussion Meeting on Relaxations in Comples Systems
   “Simulation Study of Dynamics and Structure in Supercooled Liquid of CuZr”
   2009 年 8 月発表
3. 木村　祐人, 徳山　道夫

The 1st International Workshop on Glass-Forming Systems
“Test of the Mode Coupling Theory by Molecular Dynamics Simulation of Supercooled Liquid CuZr”
2009 年 11 月 7 日発表

4. 藤井　宏之，徳山　道夫
The 1st International Workshop on Glass-Forming Systems
“Dynamics of supercooled liquids on two Cu-Ti-Zr systems”
2009 年 11 月 7 日発表
5. 木村　祐人，徳山　道夫
日本物理学会　第 65 回年次大会
“CuZr の過冷却液体における局所原子配置のダイナミクスの計算機実験による研究”
2010 年 3 月 20 日発表
6. 藤井　宏之，徳山　道夫
日本物理学会　第 65 回年次大会
“Cu60Ti20Zr20 及び Cu60Ti10Zr3 における過冷却液体のダイナミクス”
2010 年 3 月 20 日発表

氏名　寒川　誠二



所属　流体科学研究所・教授（工学博士）
専門　ナノプロセス工学
研究課題
E-mail: samukawa@ifs.tohoku.ac.jp
TEL: 022(217)5240

平成 21 年度における本グローバル COE プログラムに対する取り組み

プラズマプロセス、ビームプロセスおよび原子分子操作プロセスにおいて、ミクロに表面に入射する活性種のエネルギー、種類、反応生成物、導電性などのセンシングを行うオンウエハーモニタリングシステムの研究を行っている。オンウエハーモニタリングで得られたデータを基にリアルタイムプロセス制御や表面反応解析およびモデル化を行い、インテリジェント・ナノプロセスを実現する。本年度は紫外線センサの誘起電流値と紫外線スペクトルの関係データベースを構築し、紫外線センサの電流値から紫外線スペクトルを予測することに成功した。また、この紫外線が照射されることによってデバイスに生じる損傷（結合欠陥等）の発生を予測することにも成功した。これまでウエハ上での紫外線を測定した例は無く、照射量を元にしたダメージ発生予測をした例も無いため、画期的な成果である。

平成 21 年度の活動（シンポジウム・国際会議の主催を含む）

＜国際会議＞

名　　称：International Conference on Solid State Devices and Materials (SSDM2009)
主催団体：応用物理学会
開 催 国：日　本
開催期間：2009.10.6 ～ 2009.10.9
役　　割：Stirring committee chair

＜招待講演＞

講 演 先：The Sixth International Conference on Flow Dynamics (Japan)
講演題目：Ultimate Nanofabrication Technology by Neutral Particle Beam
講 演 日：2009.11.4

講 演 先：AVS 56th International Symposium & Exhibition
講演題目：Top-down Processes for Future Nanoscale Devices - Novel Neutral Beam Process and Control of Atomic Layer Chemical Reaction
講 演 日：2009.11.12

講 演 先：KICC 九州イノベーション創出促進協議会　第 3 回プラズマ技術研究会
講演題目：最先端ナノデバイスのための超低損傷・中性粒子ビームプロセス
講 演 日：2009.11.20

講 演 先：SEMI テクノロジーシンポジウム
講演題目：超低損傷ナノ加工への挑戦
講 演 日：2009.12.3

講 演 先：2010 年春季第 57 回応用物理学関係連合講演会
講演題目：バイオテンプレート極限加工による均一・高密度・無欠陥量子ナノドット構造の形成と量子デバイスへの応用
講 演 日：2010.3.18

平成 21 年度の研究業績

【研究内容】

次世代ナノスケールデバイスにおける高精度ナノプロセスを目指し、プラズマプロセス、ビームプロセスや原子操作プロセスにおける活性種（電子、正負イオン、原子・分子、ラジカル、フォトン）と物質との相互作用（エッチング、薄膜堆積、表面改質）に関する研究や、これら原子分子プロセスに基づいた先端バイオナノプロセスに関する研究を進めている。さらに、実験と計算（シミュレーション）を融合し、原子層レベルの制御を実現できるインテリジェント・ナノプロセスの構築を目指している。

以下に、代表的な研究テーマについて説明する。

環境共生型プラズマプロセスの研究

環境に優しいプラズマプロセスの研究を行っている。地球温暖化係数が低く、紫外線照射量の少ない CF_3I ガスを用いたプラズマにより、配線絶縁膜である低誘電率膜の低ラフネスエッチングに成功し、発生機構を明らかにした。また、NEDO プロジェクトに参画し、（独）産業総合研究所・太陽光発電研究センターと中性粒子ビームによる、高効率太陽電池向けのゲルマニウム薄膜形成を開始した。

３次元ナノ構造プラズマ・ビーム加工技術の研究

高効率低エネルギー正負イオン・中性粒子ビーム生成装置（マルチビーム生成装置）を開発し、正・負イオンおよび中性粒子の反応性の違いを明らかにし、高効率高選択表面反応（加工、堆積）の実現を目指して研究を行っている。半導体理工学センターと共同で、中性粒子ビーム技術を用いた ULSI 配線層間絶縁膜形成技術について、基板温度の最適化およびパルス変調の最適化により材料ガスの吸着確率を上げることで、世界最高レベルの極低誘電率 1.3、モジュラス 5 以上を実現した。また、中性粒子ビーム技術を用いて、デバイス加工において問題になるレジストのラフネス発生原因の解明や、MEMS デバイスにおける特性劣化機構についても明らかにした。

オンウエハーモニタリング技術の研究

プラズマプロセス、ビームプロセスおよび原子分子操作プロセスにおいて、ミクロに表面に入射する活性種のエネルギー、種類、反応生成物、導電性などのセンシングを行うオンウエハーモニタリングシステムの研究を行っている。オンウエハーモニタリングで得られたデータを基にリアルタイムプロセス制御や表面反応解析およびモデル化を行い、インテリジェント・ナノプロセスを実現する。本年度はラム・リサーチおよび東京エレクトロンと共同で、低誘電率薄膜化コウジの紫外線照射ダメージの予測の可能性を実証した。

バイオナノプロセスの研究

生体超分子（蛋白質、DNA など）を用いた新しい微細加工技術（バイオナノプロセス）の研究を行っている。本年度から JST-CREST プロジェクトに採用され、バイオナノプロセスを用いた高効率の量子ドット太陽電池、量子ドットレーザーの開発を開始した。バイオナノプロセスによって形成された２次元シリコンナノディスクアレイは、高い電子閉じ込めの効果を持ち、ナノディスクの厚さによってバンドギャップを制御できるため、量子ドット太陽電池の構造として有望であることを示した。

【学位論文指導（主査）】

博士論文

1. ナノメカニクス専攻　陣内　佛霖
   「プラズマエッチングプロセスにおけるプラズマ表面相互作用に関する研究」

修士論文

1. ナノメカニクス専攻　五十嵐　誠
   「量子ナノ構造の作製と新しい量子効果の発現に関する研究」
2. ナノメカニクス専攻　奥村 宏克
   「プラズマプロセスにおけるプラズマ照射ダメージ発生機構の解明」
3. ナノメカニクス専攻　小山　紘司
   「プラズマエッチングプロセスにおけるレジストＬＥＲおよび選択性の決定要因」
4. ナノメカニクス専攻　佐野　慶佑
   「次世代半導体用極薄・無損傷ゲート絶縁膜形成方法に関する研究」

【学位論文指導（副査）】

修士論文

1. ナノメカニクス専攻　中川　悠
   「微小隙間に存在する水が壁面に及ぼす力に関する分子論的研究」
2. 機械システムデザイン工学専攻　友納　栄一
   「静電レンズを集積化した光制御型並列電子源」
3. ナノメカニクス専攻　井上　達也
   「高誘電率絶縁薄膜と金属電極薄膜積層構造界面の健全性支配因子の解明に関する　研究」
4. 機械システムデザイン工学専攻　大泉　雅伸
   「水中プラズマによる気液反応流動機構」

【査読論文（査読付き国際会議論文集を含む）】

○平成 21 年（1 月～12 月）

1. Shigeo Yasuhara, Juhyun Chung, Kunitoshi Tajima, Hisashi Yano, Shingo Kadomura, Masaki Yoshimaru, Noriaki Matsunaga, Tomohiro Kubota, Hiroto Ohtake and Seiji Samukawa
   Structure-designable method to form super low-k SiOC film (k = 2.2) by neutral- beam- enhanced chemical vapor deposition
   Journal of Physics D: Applied Physics, vol. 42, (2009), pp. 055208.
2. B. Jinnnai, K. Koyama, K. Kato, A. Yasuda, H. Momose and S. Samukawa
   Mechanism for low-etching resistance and surface roughness of ArF photoresist during plasma irradiation
   Journal of Applied Physics, Vol.105 (2009) pp.053309-1-053309-6.
3. E. Soda, N. Oda, S. Ito, S. Kondo, S. Saito and S. Samukawa
   Reduction effect of line edge roughness on time-dependent dielectric breakdown lifetime of Cu/low-k interconnects by using CF_3I etching
   Journal of Vacuum Science and Technology B, Vol.27, No.2 (2009) pp.649-653.
4. Taiki Sato, Akira Ueno, Takuya Yara, Eiji Miyamoto, Yukiharu Uraoka, Tomohiro Kubota, and Seiji Samukawa
   Irradiation-Damages in Atmospheric Plasma Used in a Resist Ashing Process for Thin Film Transistors
   Japanese Journal of Applied Physics, Vol.48 (2009) pp.03B009-1-03B009-5.
5. Masahiro Yonemoto, Keisuke Sano, Kazuhiko Endo, Takashi Matsukawa, Meishoku Masahara and Seiji Samukawa
   Low temperature, Beam-Orientation-Dependent, Lattice-Plane- Independent, and Damage-Free Oxidation for Three-Dimensional Structure by Neutral Beam Oxidation
   Japanese Journal of Applied Physics, Vol. 48 (2009) pp.04C007-1-04C007-5.
6. Chi-Hsien Huang, Makoto Igarashi, Tomohiro Kubota, Masaki Takeguchi, Kensuke Nishioka, Yukiharu Uraoka, Takashi Fuyuki, Ichiro Yamashita and Seiji Samukawa
   Diameter-controlled 2-dimensional Array of Si Nanodisk using Bio-nano-process and Neutral Beam Etching for Realistic Quantum Effect Devices
   Japanese Journal of Applied Physics, Vol. 48 (2009) pp.04C187-1-04C187-6.
7. Yasushi Ishikawa, Keiji Okumura, Takao Ishida and Seiji Samukawa
   Controllable modification of self-assembled monolayer surface by using N_2 neutral beam process
   Journal of Applied Physics, Vol. 105 (2009), pp. 094320-1-094320-6.
8. Eiichi Soda, Seiichi Kondo, Shuichi Saito, Koji Koyama, Butsurin Jinnai and Seiji Samukawa
   Mechanism of reducing line edge roughness in ArF photoresist by using CF3I plasma
   Journal of Vacuum Science and Technology B, Vol. 27, No. 5 (2009), pp. 2117- 2123.
9. Shigeo Yasuhara, Juhyun Chung, Kunitoshi Tajima, Hisashi Yano, Shingo Kadomura, Masaki Yoshimaru, Noriaki Matsunaga、Seiji Samukawa
   Impact of film structure on damage to low-k SiOCH film during plasma exposure
   Journal of Physics D: Applied Physics Vol. 42 (2009), pp.235201-1-235201-8.

【学術雑誌・専門書等（査読あり）】

○平成 21 年（1 月～12 月）

1. Journal of Applied Physics
2. Journal of Vacuum Science and Technology B
3. Japanese Journal of Applied Physics
4. Journal of Physics D: Applied Physics

【学生の国際会議・学会・学術雑誌への発表】

○平成 21 年（1 月～12 月）

1. Shigeo Yasuhara, Juhyun Chung, Kunitoshi Tajima, Hisashi Yano, Shingo Kadomura, Masaki Yoshimaru, Noriaki Matsunaga, Tomohiro Kubota, Hiroto Ohtake and Seiji Samukawa
   Structure-designable method to form super low-k SiOC film (k = 2.2) by neutral- beam-enhanced chemical vapor deposition
   Journal of Physics D: Applied Physics, vol. 42, (2009), pp. 055208.
2. B. Jinnnai, K. Koyama, K. Kato, A. Yasuda, H. Momose and S. Samukawa
   Mechanism for low-etching resistance and surface roughness of ArF photoresist during plasma irradiation
   Journal of Applied Physics, Vol.105 (2009) pp.053309-1-053309-6.
3. E. Soda, N. Oda, S. Ito, S. Kondo, S. Saito and S. Samukawa
   Reduction effect of line edge roughness on time-dependent dielectric breakdown lifetime of Cu/low-k interconnects by using CF_3I etching
   Journal of Vacuum Science and Technology B, Vol.27, No.2 (2009) pp.649-653.
4. Taiki Sato, Akira Ueno, Takuya Yara, Eiji Miyamoto, Yukiharu Uraoka, Tomohiro Kubota, and Seiji Samukawa
   Irradiation-Damages in Atmospheric Plasma Used in a Resist Ashing Process for Thin Film Transistors
   Japanese Journal of Applied Physics, Vol.48 (2009) pp.03B009-1-03B009-5.
5. Masahiro Yonemoto, Keisuke Sano, Kazuhiko Endo, Takashi Matsukawa, Meishoku Masahara and Seiji Samukawa
   Low temperature, Beam-Orientation-Dependent, Lattice-Plane- Independent, and Damage-Free Oxidation for Three-Dimensional Structure by Neutral Beam Oxidation
   Japanese Journal of Applied Physics, Vol. 48 (2009) pp.04C007-1-04C007-5.
6. Chi-Hsien Huang, Makoto Igarashi, Tomohiro Kubota, Masaki Takeguchi, Kensuke Nishioka, Yukiharu Uraoka, Takashi Fuyuki, Ichiro Yamashita and Seiji Samukawa
7. Diameter-controlled 2-dimensional Array of Si Nanodisk using Bio-nano-process and Neutral Beam Etching for Realistic Quantum Effect Devices
   Japanese Journal of Applied Physics, Vol. 48 (2009) pp.04C187-1-04C187-6.
8. Yasushi Ishikawa, Keiji Okumura, Takao Ishida and Seiji Samukawa
   Controllable modification of self-assembled monolayer surface by using N_2 neutral beam process
   Journal of Applied Physics, Vol. 105 (2009), pp. 094320-1-094320-6.
9. Eiichi Soda, Seiichi Kondo, Shuichi Saito, Koji Koyama, Butsurin Jinnai and Seiji Samukawa
   Mechanism of reducing line edge roughness in ArF photoresist by using CF3I plasma
   Journal of Vacuum Science and Technology B, Vol. 27, No. 5 (2009), pp. 2117- 2123.
10. Shigeo Yasuhara, Juhyun Chung, Kunitoshi Tajima, Hisashi Yano, Shingo Kadomura, Masaki Yoshimaru, Noriaki Matsunaga、Seiji Samukawa
    Impact of film structure on damage to low-k SiOCH film during plasma exposure
    Journal of Physics D: Applied Physics Vol. 42 (2009), pp.235201-1-235201-8.

【本人の受賞・特許等】

○平成 21 年（1 月～12 月）

受 賞 名：科学技術分野の文部科学大臣表彰・科学技術賞（研究部門）

受 賞 年：2009.4.14

受 賞 名：AVS フェロー表彰
受 賞 年：2009.11.11

受 賞 名：応用物理学会・プラズマエレクトロニクス賞
受 賞 年：2010.3.17

【本人のマスコミ発表等】

○平成 21 年（1 月～12 月）
STARC ニュース(2009.1.22)
夢ナビ web(2009.2.2)
日経マイクロデバイス(2009.11)



氏名　小玉　哲也

所属 医工学研究科医工学専攻・教授（工学博士）
専門 ナノメディシン
研究課題
ナノ流動を利用したがんの診断法と治療法の開発
E-mail: kodama@bme.tohoku.ac.jp
TEL: 022(717)7583

平成 21 年度における本グローバル COE プログラムに対する取り組み

事業推進担当者の研究分野では、 ナノ流動を利用したがんの診断法と治療法の開発を推進している。本年度は、ナノバブルと超音波を利用しラット切歯唇側歯周組織に遺伝子を導入し、 遺伝子発現特性と発現部位を明らかにした。 また、薬剤とガスが同時に封入可能な音響性リポソームを開発している。 透過型顕微鏡観察から、音響性リポソームに液体とガスが同時に封入される割合は 20%程度であることを明らかにした 。

平成 21 年度の活動（シンポジウム・国際会議の主催を含む）

＜国際会議＞

名　　称：2010International Symposium on AIDS&Tuberculosis
主催団体：医学系研究科
開 催 国：日本
開催期間：2010.1.13～2010.1.14
開催場所：艮陵会館
役　　割：プログラム委員

＜招待講演＞

講 演 先：International Symposium on HIV/AIDS, Medicinal Plants and Geophagia, Advancing the frontiers of Research on HIV/AIDS, Medicinal Plants and Geophagia at Walter Sisulu University Health Resource Centre Mthatha, Eastern Cape,南アフリカ共和国
講演題目：Molecular delivery system by using nanobubbles and ultrasound
講 演 日：2009.7.23

＜招待講演＞

講 演 先：第 25 回日本 DDS 学会
講演題目：ナノバブルと高周波超音波を用いた血管抽出法の開発.
講 演 日：2009.7.7

平成 21 年度の研究業績

【研究内容】

1.分子導入機序の解明

ナノバブルと低出力超音波を用いた軟組織（筋肉、 腫瘍、 脳など）への遺伝子導入が報告されている。しかし、 歯科領域では報告されたことがない。 本研究では、 脂質ナノバブルと低出力超音波を用いてラット切歯唇側歯周組織にルシフェラーゼ遺伝子と EGFP 遺伝子の導入をおこなった。 局所的な遺伝子発現の誘導に成功し、その発現は遺伝子導入後 1 日目に発現活性が最大になることが示された。

2.透過型顕微鏡を用いた音響性リポソームの解析

薬剤送達と超音波造影性に優れた媒体として音響性リポソームを開発している。 本研究では、 透過型電子顕微鏡を使用して脂質二重膜で構成される音響性リポソームの形体を調べた。 20%の割合でガスと液体が同時に内封されることが示された。 音響性リポソームはドラッグキャリアだけでなく、 体

内の薬剤送達状態をリアルタイムに把握できる媒体としても利用可能であることが示された。

【査読論文（査読付き国際会議論文集を含む）】

○平成 21 年（1 月～12 月）

1. Kodama T, Tomita N, Horie S, Sax N, Iwasaki H, Suzuki R, Maruyama K, Mori S, Fukumoto M.
   Morphological study on acoustic liposome using transmission electron microscopy.
   Journal of Electron Microscopy (Epub Date 2009/11/13).
2. Chen R, Chiba M, Mori S, Fukumoto M, Kodama T.
   Periodontal gene transfer using ultrasound and nano-/microbubbles.
   Journal of Dental Research. 88(11):1008-1013,2009
3. Kodama T, Tomita Y, Watanabe Y, Koshiyama K, Yano T, Fujikawa S.
   Cavitation bubbles mediated molecular delivery during sonoporation.
   Journal of Biomechanical Science and Engineering. 2009; 4: 124-140.
4. Suzuki R, Oda Y, Utoguchi N, Namai E, Taira Y, Okada N, Kadowaki N, Kodama T, Tachibana K, Maruyama K.
   A novel strategy utilizing ultrasound for antigen delivery in dendritic cell-based cancer immunotherapy.
   Journal of Controlled Release. 2009; 133:198-205.

【学術雑誌・専門書等（査読あり）】

○平成 21 年（1 月～12 月）

1. Kodama T, Tomita N, Horie S, Sax N, Iwasaki H, Suzuki R, Maruyama K, Mori S, Fukumoto M.
   Morphological study on acoustic liposome using transmission electron microscopy.
   Journal of Electron Microscopy (Epub Date 2009/11/13).
2. Chen R, Chiba M, Mori S, Fukumoto M, Kodama T.
   Periodontal gene transfer using ultrasound and nano-/microbubbles.
   Journal of Dental Research. 88(11):1008-1013,2009
3. Kodama T, Tomita Y, Watanabe Y, Koshiyama K, Yano T, Fujikawa S.
   Cavitation bubbles mediated molecular delivery during sonoporation.
   Journal of Biomechanical Science and Engineering. 2009; 4: 124-140.
4. Suzuki R, Oda Y, Utoguchi N, Namai E, Taira Y, Okada N, Kadowaki N, Kodama T, Tachibana K, Maruyama K.
   A novel strategy utilizing ultrasound for antigen delivery in dendritic cell-based cancer immunotherapy.
   Journal of Controlled Release. 2009; 133:198-205.

【本人の国際会議・学会・学術雑誌への発表（査読なし）】

○平成 21 年（1 月～12 月）

1. Tetsuya Kodama.
   Molecular delivery system by using nanobubbles and ultrasound.
   International Symposium on HIV/AIDS, Medicinal Plants and Geophagia,
   Advancing the frontiers of Research on HIV/AIDS, Medicinal Plants
   and Geophagia at Walter Sisulu University Health Resource Centre Mthatha,
   Eastern Cape, South Africa 22- 24 July 2009 [口頭発表]
2. Tomita Y, Inaba T, Uchikoshi R, Kodama T.
   Microbubble Disruption by Ultrasound and Induced Cavitation Phenomena.
   The 7th International Symposium on Cavitation. August 17-22, 2009, Ann Arbor, Michigan, USA.
   [口頭発表]
3. Li L, Horie S, Chen R, Watanabe Y, Sakamoto M, Mori S, Takahashi S, Kodama T.
   Three-dimentional high-frequency ultrasound imaging for early diagnosis of lymph node metastasis combined with microbubbles
   The 3rd East Asian Pacific Student Workshop on Nano-Biomedical Engineering.
   Dec. 21-22, 2009 Engineering Auditorium, National University Of Singapore, Singapore.[口頭発表]

4. 李麗, 冨田典子, 森士朗, 大澤ふき, 堀江佐知子, 陳鋭, 渡辺タ紀子, 阪本真弥, 高橋昭喜, 小玉哲也.
ナノバブルを用いたリンパ節転移診断に関する三次元高周波超音波イメージング法の開発.
日本機械学会第21回バイオエンジニアリング講演会講演論文集71-72頁.
2009年1月23日-24日 (札幌コンベンションセンター). [口頭発表]
5. 小玉哲也.
ナノバブルと超音波を用いた高周波超音波三次元画像診断・分子導入システムの開発.
第3回ナノバイオテクノロジー連携群成果報告会:ナノバイオテクノロジーによる社会への貢献.6頁.
2009年1月28日 (水) (日本科学未来館 東京 お台場). [口頭発表]
6. 小玉哲也.
ナノバブルと超音波を用いた高周波超音波三次元画像診断・分子導入システムの開発.
第3回ナノバイオテクノロジー連携群成果報告会:ナノバイオテクノロジーによる社会への貢献.6頁.
2009年1月28日 (水) (日本科学未来館 東京 お台場). [ポスター]
7. 小玉哲也.
ナノバブルと超音波を用いた高周波超音波三次元画像診断・分子導入システムの開発.
平成20年度厚生労働科学研究費研究成果等普及啓発事業
医療機器開発推進研究ナノメディシン研究成果発表会要旨集45-46頁.
2009年2月25日 (財団法人がん研究振興財団 国際研究交流会館). [口頭発表]
8. 李麗, 堀江佐知子, 陳鋭, 渡辺タ紀子, 阪本真弥, 高橋昭喜, 森士朗, 小玉哲也.
リンパ節転移早期診断に関する三次元高周波超音波イメージング.
日本超音波医学会 東北地方会 第37回学術集会 プログラム・抄録集1頁.
2009年3月15日(仙台市情報・産業プラザ).[口頭発表]
9. 堀江佐知子, 渡辺タ紀子, 陳鋭, 李麗, 森士朗, 小玉哲也.
表在性膀胱がんに対する新しい遺伝子治療法の開発.
日本超音波医学会 東北地方会 第37回学術集会 プログラム・抄録集5頁.
2009年3月15日(仙台市情報・産業プラザ). [口頭発表]
10. 冨田幸雄, 打越亮介, 稲葉拓也, 小玉哲也.
超音波キャビテーションの発生とマイクロバブルの破壊に関する実験的研究.
第14回キャビテーションに関するシンポジウム.
2009年3月19-20日 (東北大学 「片平さくらホール」). [口頭発表]
11. 堀江佐知子, 渡邊夕紀子, 陳鋭, 李麗, 森士朗, 小玉哲也.
表在性膀胱がんへの遺伝子治療法の開発.
第48回日本生体医工学会大会第47巻特別号プログラム・抄録集222頁.
2009年4月23-25日 (タワーホール船堀). [口頭発表]
12. 渡辺タ紀子, 小玉哲也.
Visualization of NIS gene expression using Fine-PET.
第1回半導体PETカメラワークショップ/ユーザーズミーティング.
2009年4月25日 (千里ライフサイエンスセンタービル5F サイエンスホール). [口頭発表]
13. 李麗, 堀江佐知子, 陳鋭, 渡辺タ紀子, 森士朗, 阪本真弥, 小野栄夫, 高橋昭喜, 小玉哲也.
超音波分子イメージング法による新しいリンパ節転移早期診断法の開発.
第6回東北大学バイオサイエンスシンポジウムおよび第14回学際ライフサイエンスシンポジウム.
講演要旨集186頁. 2009年6月16日(仙台国際センター). [ポスター]
14. 堀江佐知子, 渡邊夕紀子, 陳鋭, 李麗, 森士朗, 小玉哲也.
音響照射圧を用いたターゲッティング分子導入法の開発.
第6回東北大学バイオサイエンスシンポジウムおよび第14回学際ライフサイエンスシンポジウム.
講演要旨集205頁.2009年6月16日(仙台国際センター).[ポスター]
15. 渡辺タ紀子, 堀江佐知子, 陳鋭, 李麗, 船木善仁, 菊地洋平, 酒巻学, 山崎浩道, 石井慶造, 森士朗, 小玉哲也.
ナノバブルと超音波を利用した遺伝子導入法:マウスを使用したPETによる遺伝子発現の可視化.
第6回東北大学バイオサイエンスシンポジウムおよび第14回学際ライフサイエンスシンポジウム.
講演要旨集212頁.2009年6月16日(仙台国際センター).[ポスター]

16. 小玉哲也.
ナノバブルと高周波超音波を用いた血管抽出法の開発.
第25回日本DDS学会.プログラム予稿集252頁.2009年7月3-7日(東京ドームホテル).[口頭発表]
17. 渡辺タ紀子, 堀江佐知子, 陳鋭, 李麗, 船木善仁, 菊地洋平, 酒巻学, 山崎浩道, 石井慶造, 森士朗, 小玉哲也.
124Iを使用したNIS遺伝子発現イメージング法の開発：超音波とナノバブルを利用した遺伝子デリバリー.
第25回日本DDS学会. プログラム予稿集364頁.2009年7月3-7日(東京ドームホテル). [ポスター]
18. 李麗, 堀江佐知子, 陳鋭, 渡辺タ紀子, 阪本真弥, 森士朗,高橋昭喜, 小玉哲也.
ナノバブルを用いた超音波によるリンパ節転移早期診断システムの研究開発.
第25回日本DDS学会.プログラム予稿集363頁.2009年7月3-7日(東京ドームホテル).[ポスター]
19. 冨田幸雄, 打越亮介, 稲葉拓也, 小玉哲也.
超音波の作用によるマイクロバブルの破壊とキャビテーション気泡の挙動.
日本混相流学会 年会講演会 2009. 2009年8月7日-9日(熊本大学 黒髪地区南キャンパス). [口頭発表]
20. 堀江佐知子, 渡辺タ紀子, 陳鋭, 李麗, 森士朗, 小玉哲也.
表在性膀胱がんに対する薬剤送達法の開発.
日本機械学会2009年度年次大会講演論文集Vol.6.101-102頁. 2009年9月13日-16日(岩手大学).[口頭発表]
21. 陳鋭, 渡辺タ紀子, 堀江佐知子, 森士朗, 福本学, 小玉哲也.
前臨床試験を目指した肝転移モデルの非侵襲的観察.
日本機械学会2009年度年次大会講演論文集Vol.6.117-118頁.2009年9月13日～16日(岩手大学).[口頭発表]
22. 李麗, 堀江佐知子, 陳鋭, 渡辺タ紀子, 阪本真弥, 森士朗, 小玉哲也.
A novel approach to early diagnosis of lymph node metastasis with ultrasonic molecular imaging.
超音波分子イメージングによるリンパ節転移早期診断法の開発.
第68回日本日本癌学会学術総会 Proceedings 462頁.
2009 年 10 月 1 日（木）-3 日（土）(パシフィコ横浜). [ポスター]
23. 藤澤優, 鈴木亮, 丸山一雄, 小玉哲也, 安永浩, 松村保広.
Development of local gene therapy with ultrasound and bubble-liposome against superficial bladder cancer .
表在性膀胱がんに対する膀胱内注入遺伝子療法.
第68回日本日本癌学会学術総会 Proceedings 474頁.
2009年10月1日（木）～3日（土）(パシフィコ横浜). [ポスター]
24. 馬場泰輔, 澤井恒治, 小玉哲也, 一石英一郎.
Gene Expression Profiles in Hemodialysis Patients: Risk of Carcinogenesis.
発ガンリスクが高い血液透析患者の遺伝子発現解析.
第68回日本日本癌学会学術総会 Proceedings 509頁.
2009年10月1日（木）-3日（土）(パシフィコ横浜).[ポスター]
25. 宮下仁, 森士朗, 高田陽子, 大木宏介, 川村仁, 森川秀広, 小玉哲也.
口腔癌治療のためのナノバブルと超音波を用いた抗腫瘍効果増強法に関する検討.
日本口腔外科学会雑誌2009年総会特別号Vol.55.91頁.
2009年10月9日-11日(札幌コンベンションセンター). [口頭発表]
26. 森士朗, 高田陽子, 大木宏介, 宮下仁, 川村仁, 森川秀広, 小玉哲也.
ナノバブルを用いた高周波超音波診断装置の遠隔地口腔癌診断への応用.
日本口腔外科学会雑誌2009年総会特別号Vol.55.92頁.
2009年10月9日-11日(札幌コンベンションセンター). [口頭発表]
27. 大木宏介, 森士朗, 高田陽子, 宮下仁, 川村仁, 森川秀広, 小玉哲也.
ナノバブルと超音波を用いた高周波超音波診断装置による微小転移検出に関する検討.
日本口腔外科学会雑誌2009年総会特別号Vol.55.91頁.
2009年10月9日-11日(札幌コンベンションセンター). [口頭発表]

【学生の国際会議・学会・学術雑誌への発表】

○平成 21 年（1 月～12 月）

1. Kodama T, Tomita Y, Watanabe Y, Koshiyama K, Yano T, Fujikawa S. Cavitation bubbles mediated molecular delivery during sonoporation. Journal of Biomechanical Science and Engineering. 2009; 4: 124-140.
2. Kodama T, Tomita N, Horie S, Sax N, Iwasaki H, Suzuki R, Maruyama K, Mori S, Fukumoto M. Morphological study on acoustic liposome using transmission electron microscopy. Journal of Electron Microscope.
3. Li L, Horie S, Chen R, Watanabe Y, Sakamoto M, Mori S, Takahashi S, Kodama T. Three-dimentional high-frequency ultrasound imaging for early diagnosis of lymph node metastasis combined with microbubbles. The 3rd East Asian Pacific Student Workshop on Nano-Biomedical Engineering. Dec. 21-22, 2009 Engineering Auditorium, National University Of Singapore, Singapore.
4. 李麗，冨田典子，森士朗，大澤ふき，堀江佐知子，陳鋭，渡辺タ紀子，阪本真弥，高橋昭喜，小玉哲也.
   ナノバブルを用いたリンパ節転移診断に関する三次元高周波超音波イメージング法の開発.
   日本機械学会第21回バイオエンジニアリング講演会講演論文集71-72頁.2009年1月23日-24日（札幌コンベンションセンター).
5. 李麗，堀江佐知子，陳鋭，渡辺タ紀子，阪本真弥，高橋昭喜，森士朗，小玉哲也.
   リンパ節転移早期診断に関する三次元高周波超音波イメージング.
   日本超音波医学会 東北地方会 第 37 回学術集会 プログラム・抄録集 1 頁.2009 年 3 月 15 日(仙台市情報・産業プラザ).
6. 堀江佐知子，渡邊タ紀子，陳鋭，李麗，森士朗，小玉哲也.
   表在性膀胱がんに対する新しい遺伝子治療法の開発.
   日本超音波医学会 東北地方会 第 37 回学術集会 プログラム・抄録集 5 頁.2009 年 3 月 15 日(仙台市情報・産業プラザ).
7. 堀江佐知子，渡邊タ紀子，陳鋭，李麗，森士朗，小玉哲也.
   表在性膀胱がんへの遺伝子治療法の開発.第48回日本生体医工学会大会第47巻特別号プログラム・抄録集222頁.2009年4月23-25日（タワーホール船堀).
8. 渡邊タ紀子，小玉哲也.
   Visualization of NIS gene expression using Fine-PET.第1回半導体PETカメラワークショップ/ユーザーズミーティング.2009年4月25日（千里ライフサイエンスセンタービル5F　サイエンスホール).
9. 李麗，堀江佐知子，陳鋭，渡邊タ紀子，森士朗，阪本真弥，小野栄夫，　高橋昭喜，小玉哲也.
   超音波分子イメージング法による新しいリンパ節転移早期診断法の開発.第6回東北大学バイオサイエンスシンポジウムおよび第14回学際ライフサイエンスシンポジウム.講演要旨集186頁.2009年6月16日(仙台国際センター).
10. 堀江佐知子，渡邊タ紀子，陳鋭，李麗，森士朗，小玉哲也.
    音響照射圧を用いたターゲッティング分子導入法の開発.第6回東北大学バイオサイエンスシンポジウムおよび第14回学際ライフサイエンスシンポジウム.講演要旨集205頁.2009年6月16日(仙台国際センター).
11. 渡邊タ紀子，堀江佐知子,陳 鋭，李麗，船木 善仁，菊地 洋平，酒巻 学，山崎 浩道，石井 慶造，森士朗，小玉哲也.
    ナノバブルと超音波を利用した遺伝子導入法:マウスを使用したPETによる遺伝子発現の可視化.第6回東北大学バイオサイエンスシンポジウムおよび第14回学際ライフサイエンスシンポジウム.講演要旨集212頁.
    2009年6月16日(仙台国際センター).
12. 渡邊タ紀子，堀江佐知子,陳 鋭，李麗，船木 善仁，菊地 洋平，酒巻 学，山崎 浩道，石井 慶造，森士朗，小玉哲也.
    124Iを使用したNIS遺伝子発現イメージング法の開発：超音波とナノバブルを利用した遺伝子デリバリー.第25回日本DDS学会.プログラム予稿集364頁.2009年7月3-7日(東京ドームホテル).

13. 李麗, 堀江佐知子, 陳鋭, 渡邊夕紀子, 阪本真弥, 森士朗,高橋昭喜, 小玉哲也.
ナノバブルを用いた超音波によるリンパ節転移早期診断システムの研究開発.第25回日本DDS学会.
プログラム予稿集363頁.2009年7月3-7日(東京ドームホテル).
14. 堀江佐知子, 渡邊夕紀子, 陳鋭, 李麗, 森士朗, 小玉哲也.
表在性膀胱がんに対する薬剤送達法の開発.日本機械学会2009年度年次大会講演論文集
Vol.6.101-102頁.2009年9月13日-16日(岩手大学).
15. 陳鋭, 渡邊夕紀子, 堀江佐知子, 森士朗, 福本学, 小玉哲也.
前臨床試験を目指した肝転移モデルの非侵襲的観察.日本機械学会2009年度年次大会講演論文集
Vol.6.117-118頁.2009年9月13日～16日(岩手大学).]
16. 李麗, 堀江佐知子, 陳鋭, 渡邊夕紀子, 阪本真弥, 森士朗, 小玉哲也.
A novel approach to early diagnosis of lymph node metastasis with ultrasonic molecular imaging.
超音波分子イメージングによるリンパ節転移早期診断法の開発.第68回日本日本癌学会学術総会
Proceedings 462頁.2009年10月1日（木）-3日（土）(パシフィコ横浜).

【本人の受賞・特許等】

○平成 21 年（1 月～12 月）

受 賞 名：第 25 回日本 DDS 学会学術集会「ベストポスター賞」受賞
受 賞 年：2009.7.3 - 7.4

【学生の受賞・特許等】

○平成 21 年（1 月～12 月）

獲得者名：渡邊夕紀子，堀江佐知子，船木善仁，菊池洋平，山崎浩道，石井慶造，森士朗，小玉哲也.
受 賞 名：「ベストポスター賞」　受賞
受 賞 年： 2009 年 7 月 3-4 日(東京ドームホテル)
受賞対象の研究：124I を使用した NIS 遺伝子発現イメージング法の開発:超音波とナノバブルを利用した遺伝子デリバリー．第 25 回日本 DDS 学会学術集会.

【学生の研究費の獲得】

○平成 21 年（1 月～12 月）

獲得者名：渡邊夕紀子
名　　称：日本学術振興会特別研究員
期　　間：平成 21 年 4 月 1 日～平成 24 年 3 月 31 日

獲得者名：堀江佐知子
名　　称：日本学術振興会特別研究員
期　　間：平成 21 年 4 月 1 日～平成 23 年 3 月 31 日

【本人のマスコミ発表等】

○平成 21 年（1 月～12 月）

血管医学 2009 年 10 巻 4 号(メディカルレビュー社)

氏名　徳増　崇



所属 流体科学研究所・准教授（工学博士）
専門 分子流体工学
研究課題
化学反応を伴うナノスケール熱流動現象の解明と応用
E-mail: tokumasu@ifs.tohoku.ac.jp
TEL: 022(217)5239

平成 21 年度における本 GCOE プログラムに対する取り組み

事業推進担当者の研究分野では、マクロスケールの観点からでは説明できないナノスケールの熱流動現象の特異な性質について、流体を分子の集合体と捉えることによりそのメカニズムを解明することに取り組んできた。特に燃料電池内部の反応現象に支配されるナノスケールの流動現象を解析する手法の開発や、その手法から得られる知見によるデバイスの微細機能構造の設計に対する指針の構築を目指して研究を行っている。またインターンシップ制度により INSA-Lyon からの学生を受け入れ、国際拠点の形成に尽力し、また若手研究者の育成にも貢献している.

平成 21 年度の活動（シンポジウム・国際会議の主催を含む）

＜国際会議＞

名　　称：Sixth International Conference on Flow Dynamics
主催団体：グローバル COE プログラム「流動ダイナミクス知の融合教育研究世界拠点」
開 催 国：日　本
開催期間：2009.11.4 ～ 2008.11.6
役　　割：Organizing Committee Members

＜招待講演＞

講 演 先：JAXA 社会連携講座　第 5 回研究会
講演題目：分子動力学法による流体の輸送物性の解析
講 演 日：2009.5.26

講 演 先：2009 年伝熱学会東北支部秋期伝熱セミナー
講演題目：燃料電池内部のナノスケール熱・物質輸送現象
講 演 日：2009.10.3

平成 21 年度の研究業績

【研究内容】

1.金属表面における気体分子解離吸着現象に関する研究

白金表面における水素の挙動を分子動力学法を用いて解析し、表面原子や気体分子の運動が解離確率に及ぼす影響についての知見を得ることを目的としている。本年度は角度や回転エネルギーをパラメータとして水素解離現象のシミュレーションを行い、これらのパラメータの解離確率への依存性を明らかにした。

2.高分子電解質膜内部のプロトン輸送現象に関する研究

固体高分子形燃料電池に用いられる高分子電解質膜内部のプロトン輸送現象を分子動力学法を用いて解析し、そのナノスケールの輸送特性に関する知見を得ることを目的としている。本年度は、プロトンホッピングを考慮したポテンシャルにより、Nafion 膜内部のプロトン輸送現象をシミュレートした。その結果、現在のポテンシャルではホッピング機構によるプロトン輸送がほとんど見られないことが明らかとなった。この原因は、周りの水和水の影響によりホッピングの際のエネルギー障壁が変化することであることが明らかとなった。今後は水中のプロトン輸送速度を再現出来るよう、ポテンシャルを再構築する予定である。

3.高分子電解質膜の耐劣化性に関する量子・分子動力学的検討
固体高分子膜の劣化現象を量子化学・分子動力学法の両側面から解析し、その劣化機構を解明することを目的としている。本年度は、Pt クラスターを Nafion 近傍に配置し、結合解離エネルギーを評価することにより、Pt 原子が Nafion の結合強度に与える影響について解析した。

4. ナノスケール液柱の潤滑現象に関する研究
ナノスケールの隙間に液注が存在している系の潤滑機構を分子動力学法を用いて解析し、その特性に関する知見を得ることを目的としている。本年度は計算プログラムを構築し、表面が Si, 液柱が水のケースについてシミュレーションを行った。また壁面にせん断をかけたときに生じるせん断力と液柱内部の速度勾配から、液柱の見かけの粘性係数を評価する手法を開発した。(INSA-Lyon との共同研究)

5. ナノ隙間の水が壁面に及ぼす力に関する研究
ナノスケールの隙間に液注が存在している系において、この液柱が壁面に及ぼす力を分子動力学法を用いて計算し、その特性を解析した。本年度は、壁面の隙間を小さくしていくと、見かけの表面張力が減少していくこと、また中央部に液体の圧力に起因する斥力が生じることが明らかとなった。

【学位論文指導（副査）】

博士論文

1. ナノメカニクス専攻　陣内　佛霖
「プラズマエッチングプロセスにおけるプラズマ表面相互作用に関する研究」

修士論文

1. ナノメカニクス専攻　中川　悠
「微小隙間に存在する水が壁面に及ぼす力に関する分子論的研究」
2. ナノメカニクス専攻　小山　紘司
「プラズマエッチングプロセスにおけるレジスト LER および選択性の決定要因」
3. 機械システムデザイン専攻　巖寺　智顕
「燃料電池における光接合を用いた新規 MEA デザインの研究」

【査読論文（査読付き国際会議論文集を含む）】

○平成 21 年（1 月～12 月）

1. Takashi Tokumasu, Izumi Ogawa, Michihisa Koyama, Takayoshi Ishimoto and Akira Miyamoto
A DFT study for the Durability of Perfluorosulfonic Acid Membrane,
ECS Transactions, Vol. 25 No. 1, 2009, pp.765-772

【学術雑誌・専門書等（査読あり）】

○平成 21 年（1 月～12 月）

1. ECS Transactions

【本人の国際会議・学会・学術雑誌への発表（査読なし）】

○平成 21 年（1 月～12 月）

1. Shin-ichi Tsuda, Nobuhiro Yamanishi, Takashi Tokumasu, Nobuyuki Tsuboi and Yoichiro Matsumoto
A Modeling of Thermal Properties of Hydrogen/Oxygen System Using Molecular Simulations
Proceedings of 47th AIAA Aerospace Sciences Meeting Including the New Horizons Forum and Aerospace Exposition, (2009), AIAA2009-1601.
2. Takashi Tokumasu, Marie-Helene Meurisse, Nicolas Fillot and Philippe Vergne,
Lubrication Phenomena of Nanoscale Liquid Bridges by Molecular Dynamics Method
Proceedings of the World Tribology Congress 2009, (2009), pp.620.
3. Hassan Berro, Nicoas Fillot, Philippe Vergne, Takashi Tokumasu, Taku Ohara and Gota Kikugawa,
The Effect of Different Thermostating Techniques on Friction and Dissipation in Molecular Dynamics Simulations of Confined Lubrication Films

Proceedings. of the World Tribology Congress 2009, (2009), pp.622.

4. Takashi Tokumasu, Marie-Helene Meurisse, Nicolas Fillot and Philippe Vergne,
   Molecular Dynamics Study about Lubrication Phenomena of Liquid Bridges
   Proceedings of the Ninth International Symposium on Advanced Fluid Information and Transdisciplinary Fluid Integration, (2009), pp.88-89.
5. H. Nagashima, T. Tokumasu, S. Tsuda, N. Tsuboi and K. A. Hayashi,
   A Molecular Study on the Thermodynamic and Transport Properties of Liquid Hydrogen,
   Proc. of the Ninth International Symposium on Advanced Fluid Information and Transdisciplinary Fluid Integration, (2009), pp.96-97.
6. Takashi Tokumasu
   Molecular Simulation of Nanoscale Flow in Polymer Electrolyte Fuel Cell,
   Proceedings of the Sixth International Conference on Flow Dynamics, (2009), pp.580.
7. 永島浩樹, 徳増崇, 津田伸一, 坪井伸幸, 林光一
   古典分子動力学法による水素の熱力学的性質の再現性の検討
   日本航空宇宙学会北部支部 2009 年講演会講演予稿集, (2009), pp. 103-107.
8. 徳増崇, 小川和泉, 古山通久, 宮本明
   パーフルオロスルホン酸系高分子の耐劣化性に関する量子論的解析
   電気化学会第 76 会大会講演要旨集, (2009), pp. 423.
9. 徳増崇, 伊藤大吾
   白金表面での水素分子解離確率に関する分子動力学的解析
   第 16 回燃料電池シンポジウム講演予稿集, (2009), pp. 239-240.
10. 吉田大樹, 徳増崇,
    高分子電解質膜内部のプロトン輸送に関する分子動力学的研究
    第 16 回燃料電池シンポジウム講演予稿集, (2009), pp. 260-261.
11. 徳増崇, 伊藤大吾
    分子動力学法による白金表面上の水素解離現象
    第 46 回日本伝熱シンポジウム講演論文集, Vol. 1, (2009), pp. 307-308.
12. 吉田大樹, 徳増崇
    高分子電解質膜内部のプロトン輸送に関する分子動力学的研究
    日本機械学会 2009 年度年次大会 講演論文集, Vol. 8, (2009), pp. 107-108.
13. 徳増崇, 伊藤大吾
    "白金表面上の水素分子解離現象に関する分子論的解析"
    日本機械学会 2009 年度年次大会 講演論文集, Vol. 8, (2009), pp. 117-118.
14. 永島浩樹, 徳増崇, 津田伸一, 坪井伸幸, 林光一
    低温水素の熱物性と分子間ポテンシャルの相関に関する研究
    日本機械学会 2009 年度年次大会 講演論文集, Vol. 8, (2009), pp. 119-120.
15. 石元孝佳, 徳増崇, 古山通久
    MEA 劣化に関する理論的解析
    コンピュータ化学会 2009 年春期年会講演要旨集, (2009), 2P12.
16. 徳増崇, 吉田大樹
    高分子電解質膜のプロトン輸送特性
    第 30 回熱物性シンポジウム講演論文集, (2009), pp. 202-204.
17. 石元孝佳, 南雲亮, 小倉鉄平, 徳増崇, 古山通久
    固体高分子形燃料電池 MEA の劣化機構に関する理論的研究
    分子化学討論会講演要旨集, (2009), 2P135.
18. 石元孝佳, 南雲亮, 小倉鉄平, 徳増崇, 古山通久
    PEFC 用パーフルオロスルホン酸系化合物の劣化機構に関する理論的解析
    第 50 回電池討論会講演要旨集、p443.
19. 石元孝佳, 南雲亮, 小倉鉄平, 徳増崇, 古山通久
    MEA の劣化機構に関する理論的解析
    コンピュータ化学会 2009 年秋期年会講演要旨集, (2009), 1P06.



氏名　大林　茂

所属 流体科学研究所・教授（工学博士）
専門 数値流体力学
研究課題超音速複葉翼理論、多目的設計探査、乱気流の計測融合シミュレーション
E-mail: obayashi@ifs.tohoku.ac.jp
TEL: 022(217)5265

平成 21 年度における本グローバル COE プログラムに対する取り組み

極限流動融合分野では、地球環境の改善を目指して輸送とエネルギーに関する革新的研究を行うことを目標に活動に取り組んでいる。今年度の組織的活動としては、流体科学研究所が主催する国際会議 AFI/TFI-2009 を GCOE 主催の Sixth International Conference on Flow Dynamics と同時開催した。GCOE 融合フロンティアプロジェクト「次世代環境適合型航空機の研究」を立ち上げ活動を開始した。また、「国際連携研究による実用化設計探索手法の開発」ジョイントラボラトリーでは、若手が中心となってヨーロッパの PASCAL2 (Pattern Analysis, Statistical Modelling And Computational Learning) と合同で仏マルセイユにて国際ワークショップを企画した（その依頼を受けて招待講演を行った）。事業推進担当者としては、超音速複葉翼理論、多目的設計探査、後方乱気流等の研究を進めている。

平成 21 年度の活動（シンポジウム・国際会議の主催を含む）

＜国際会議＞

名　　称：Ninth International Symposium on Advanced Fluid Information and Transdisciplinary Fluid Integration (AFI/TFI-2009)
主催団体：東北大学流体科学研究所
開 催 国：日　本
開催期間：2009.11.4 ～ 2009.11.6
役　　割：実行委員長

＜招待講演＞

講 演 先：第 12 回東北 CAE 懇話会
講演題目：MRJ に適用された設計探査の考え方
講 演 日：2009 年 4 月 10 日

講 演 先：第 1 回進化計算フロンティア研究会(SIG-ECF)
講演題目：宇宙航空における EMO の動向
講 演 日：2009 年 5 月 29 日

講 演 先：Machine Learning for Aerospace International Workshop
講演題目：Multi-Objective Design Exploration (MODE) - Visualization and Mapping of Design Space
講 演 日：2009 年 7 月 3 日

講 演 先：第 14 回関東 CAE 懇話会
講演題目：次世代設計理論・多目的設計探査の考え方と国産旅客機 MRJ への応用
講 演 日：2009 年 8 月 7 日

講 演 先：日本機械学会 2009 年度年次大会
講演題目：設計の見える化
講 演 日：2009 年 9 月 15 日

講 演 先：Integrated Multiphysics Simulation & Optimization：a Database Workshop II for multiphysics optimization software validation
講演題目：Visualization and Knowledge Mining in Multidisciplinary Design Space
講 演 日：2010 年 3 月 10 日

平成 21 年度の研究業績

【研究内容】

1. 複葉翼超音速旅機の研究

次世代超音速機開発における最大の壁では航空機が音速を超えて飛行する際に発生するソニックブーム問題である。この問題を解決するために、複葉翼を利用した新たなコンセプトを持つ超音速機に関する研究を行っている。超音速複葉翼機としての成立性を検討するために、CFD による検討に加え、低速ラジコン機や超音速自由飛行実験機の設計製作・飛行実証を行った。これらから得られた基礎的な空力性能を踏まえた上で、気球落下による超音速複葉翼実験機の飛行実証計画の具体化を図っている。

2.多目的設計探査（Multi-Objective Design Exploration）

多様な性能を同時に改善するための設計アイディアを見出すために、最適化アルゴリズムをベースとした「多目的設計探査システム」を開発し、様々な工学設計問題への実用展開に取り組んでいる。設計問題を支配する重要な特徴(性能指標・形状パラメータの因果関係など)を「データマイニング」という情報技術を用いて詳細に抽出し、有益な設計指針として提示できることが評価され、いくつもの招待講演を行った。特に製品化まで行った社会人ドクター杉村氏（2009 年 3 月修了）の業績に対する評価が高く、2008 年度日本機械学会東北支部技術研究賞、2009 年度日本機械学会賞（論文）を共同で受賞している。

3.後方乱気流の計測融合シミュレーション

安全かつ円滑な空港運用を目指して、航空機の翼端から発生する渦（後方乱気流）の挙動を研究している。仙台空港に設置されているドップラーライダを用いて翼端渦の計測を行い、データベースを作成し、気象因子との相関を調べた。また、気象予報モデルに渦モデルを加え、CFD による後方乱気流挙動予測シミュレーション法を開発した。

【学位論文指導（主査）】

<u>修士論文</u>

1. 大学院生氏名：加藤　博司
   博士論文題目：気象観測・解析を用いた後方乱気流の挙動予測手法に関する研究
2. 大学院生氏名：森澤　征一郎
   博士論文題目：非定常流れ場における情報探索手法の研究
3. 大学院生氏名：石垣　真之
   博士論文題目：低ブーム超音速機における後端ブーム低減の研究
4. 大学院生氏名：佐々木　亮
   博士論文題目：ヘリコプタの HIS 騒音を考慮したブレードの多目的最適化
5. 大学院生氏名：大久保　正幸
   博士論文題目：バリスティックレンジを用いたフリーフライト実験のための複葉翼実験模型の基礎設計
6. 大学院生氏名：金山　靖信
   博士論文題目：超音速複葉翼の空力中心と空力特性に関する研究
7. 大学院生氏名：藤園　崇
   博士論文題目：テーパ型超音速複葉翼の始動過程に対する実験的研究
8. 大学院生氏名：千葉　鉄也
   博士論文題目：大規模粒子系可視化における時間重視レンダリングの実現
9. 大学院生氏名：見上　千尋
   修士論文題目：チャネル内高圧液中気泡の破砕現象に関する研究
10. 大学院生氏名：信田　光寿
    修士論文題目：非構造格子を用いたキャビテーション現象の数値解析

【学位論文指導（副査）】

博士論文

1. 大学院生氏名：竹中　啓三
   博士論文題目：Study of Advanced Numerical Analysis and Multi-Disciplinary Optimization Technique for Aircraft Aerodynamic Design (航空機空力設計のための先進的数値解析及び多分野統合最適化技術の研究)

修士論文

1. 大学院生氏名：松澤　遼
   修士論文題目：相変化を伴う超臨界二酸化炭素の超音速流動解析
2. 大学院生氏名：金子　正樹
   修士論文題目：Effect of Local Disturbances on the Transitional Flat-plate Boundary Layer(単分子力顕微鏡法を用いたプレスチンの膜貫通構造解析)
3. 大学院生氏名：野口　遼太
   修士論文題目：次世代超音速機の実現に向けての空力中心と低ブーム化に関する研究
4. 大学院生氏名：高山　央貴
   修士論文題目：構造・非構造格子カップリングによるヘリコプター全機周りの流れの数値計算
5. 大学院生氏名：吉村　一樹
   修士論文題目：高次精度数値計算手法を用いた酸化剤旋回型ハイブリッドロケットエンジン燃焼室内流れ場の数値解析

【査読論文（査読付き国際会議論文集を含む）】

○平成 21 年（1 月～12 月）

1. 米澤誠仁, 大林茂, “CFD 解析による有限幅の超音速複葉翼の空力特性評価,” 日本航空宇宙学会論文集,57 巻 660 号, 2009 年 1 月 5 日,32 頁～38 頁.
2. 下山幸治, 鄭信圭, 大林茂, “応答曲面近似・可視化データマイニングを利用したロバスト設計最適化の実問題応用,”人口知能学会論文誌, 24 巻 1 号,2009 年 1 月,13 頁～24 頁.
3. 米澤誠仁,大林茂,“超音速複葉翼における超音速流れの履歴現象の 2 次元 CFD 解析,”日本航空宇宙学会論文集,57 巻 662 号, 2009 年 3 月,131 頁～133 頁.
4. Koji Shimoyama, Jin Ne Lim, Shinkyu Jeong, Shigeru Obayashi, Masataka Koishi, “Practical Implementation of Robust Design Assisted by Response Surface Approximation and Visual Data-Mining,” Journal of Mechanical Design,131 巻, 2009 年 6 月 28 日.
5. Jongsoo Ha, Shuya Yoshioka, Takuma Kato, Yasuaki Kohama, and Shigeru Obayashi, “Drag Reduction of a Bluff-Body using Design of Experiments,” Transactions of Society of Automotive Engineers of Japan (自動車技術会論文集),Vol.40.No.3, 16 June,pp.655-660.
6. M Yonezawa, S Obayashi, “Reducing drag penalty in the three-dimensional supersonic biplane,” Proc. IMechE, Part G: J. Aerospace Engineering, 2009 年 6 月 9 日, 891 頁～899 頁.
7. Naoshi Kuratani, Shuichi Ozaki, Shigeru Obayashi, Toshihiro Ogawa, Takashi Matsuno and Hiromitsu Kawazoe, “Experimental and Computational Studies of Low-Speed Aerodynamic Performance and Flow Characteristics around a Supersonic Biplane,” Transaction of the Japan Society for Aeronautical and Space Sciences, 52 巻 176 号,2009 年 8 月 4 日,89 頁～97 頁.
8. Shinkyu Jeong, Shoichi Hasegawa, Koji Shimoyama, and Shigeru Obayashi, “Development and Investigation of Efficient GA/PSO-Hybrid Algorithm Applicable to Real-World Design Optimization,” IEEE COMPUTATIONAL INTELLIGENCE MAGAZINE, 2009 年 8 月,4 巻 3 号 39 頁～44 頁.
9. 尾崎修一, 小川俊広, 大林　茂, 松野　隆, 川添博光, “低速における超音速複葉翼の 3 次元空力性能評価, ”日本航空宇宙学会論文集, Vol.57,No.671,pp.461-467,2009 年 12 月 5 日.
10. Kazuyuki Sugimura, Shinkyu Jeong, Shigeru Obayashi, and Takeshi Kimura, “Kriging-Model-Based Multi-Objective Robust Optimization and Trade-Off Rule Mining of a Centrifugal Fan with Dimensional Uncertainty,” Journal of Computational Science and Technology,Vol.3.No.1,2009,pp.196-211.

11. Kazuyuki Sugimura, Shigeru Obayashi, and Shinkyu Jeong, "A New Design Method based on Cooperative Data Mining from Multi-Objective Design Space," Journal of Computational Science and Technology,Vol.3.No.1,2009,pp.287-302.

【学術雑誌・専門書等（査読あり）】

○平成 21 年（1 月～12 月）

1. 計算力学シミュレーションハンドブック，日本計算工学会・財団法人計算科学振興財団編，丸善株式会社., 09 年 12 月.（分担執筆）

【学生の国際会議・学会・学術雑誌への発表】

○平成 21 年（1 月～12 月）

1. 米澤誠仁，大林茂，"CFD解析による有限幅の超音速複葉翼の空力特性評価,"日本航空宇宙学会論文集,57巻660号，32頁～38頁，(2009.1.5)
2. 米澤誠仁，大林茂，"超音速複葉翼における超音速流れの履歴現象の2次元CFD解析," 日本航空宇宙学会論文集,57巻662号, 131頁～133頁,(2009.3)
3. Jongsoo Ha, Shuya Yoshioka, Takuma Kato, Yasuaki Kohama, and Shigeru Obayashi, "Drag Reduction of a Bluff-Body using Design of Experiments, " Transactions of Society of Automotive Engineers of Japan (**自動車技術会論文集**),Vol.40.No.3,pp.655-660,(2009.6.16)
4. M.Yonezawa, S. Obayashi, "Reducing drag penalty in the three-dimensional supersonic biplane," Proc. IMechE, Part G: J. Aerospace Engineering, 891頁～899頁,(2009.6.9)
5. Masahito Yonezawa and Shigeru Obayashi, "Reducing Drag Penalty in the Three-Dimensional Supersonic Biplane," Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part G: Journal of Aerospace Engineering,2009年11月,223巻7号, 891頁～899頁,(2009.3)
6. Kazuyuki Sugimura, Shinkyu Jeong, Shigeru Obayashi, and Takeshi Kimura, "Kriging-Model-Based Multi-Objective Robust Optimization and Trade-Off Rule Mining of a Centrifugal Fan with Dimensional Uncertainty," Journal of Computational Science and Technology,Vol.3.No.1,pp.196-211,(2009)
7. Kazuyuki Sugimura, Shigeru Obayashi, and Shinkyu Jeong, "A New Design Method based on Cooperative Data Mining from Multi-Objective Design Space," Journal of Computational Science and Technology,Vol.3.No.1,pp.287-302,(2009)

【本人の受賞・特許等】

○平成 21 年（1 月～12 月）

受 賞 名：平成 20 年度日本機械学会東北支部技術研究賞
受 賞 年：2009.3.13

受 賞 名：日本計算工学会平成 20 年度「川井メダル」
受 賞 年：2009.5.14

【学生の受賞・特許等】

○平成 21 年（1 月～12 月）

受賞者名：藤園 崇
受賞名：日本航空宇宙学会北部支部 2009 年講演会　学生プレゼンテーション賞
授与機関、団体名：日本航空宇宙学会
受賞対象の研究：超音速複葉翼の始動過程に対する 3 次元性の影響(2009 年 3 月 11 日)

受賞者名：杉村　和之
受賞名：平成 20 年度日本機械学会東北支部技術研究賞
授与機関、団体名：日本機械学会東北支部
受賞対象の研究：ターボ機械の多目的ロバスト設計探査(2009 年 3 月 13 日)

受賞者名：中井　賢太郎
受賞名：第 47 回飛行機シンポジウム　学生優秀講演賞
授与機関、団体名：日本航空宇宙学会
受賞対象の研究：空力弾性解析における縮約モデル構築方法に関する研究(2009 年 11 月 4 日)

氏名　福西　祐



所属 工学研究科機械ｼｽﾃﾑﾃﾞｻﾞｲﾝ工学専攻・教授（工学博士）
専門 流体工学
研究課題 乱流現象および空力音発生現象の解明と制御
E-mail: fushi@fluid.mech.tohoku.ac.jp
TEL: 022(795)6928

平成 21 年度における本グローバル COE プログラムに対する取り組み

複雑性の極限としての乱流現象の解明に関する研究、境界層が層流から乱流に遷移する過程を解明しピエゾアクチュエーターなどを用いて能動的に制御する方法の研究、キャビティなどで発生する空力音の発生原因を調べそれを能動的あるいは受動的に制御する研究などの流体力学の基礎的なテーマに取り組んでいる。

平成 21 年度の活動（シンポジウム・国際会議の主催を含む）

＜国際会議＞

会議名： Sixth International Conference on Flow Dynamics
場　所：仙台
開催期間： 2009 年 11 月 4 日～6 日
参加者数：約 448 名
役　割：会議実行委員

平成 21 年度の研究業績

【研究内容】

1. 境界層の遷移過程の解明と制御
   境界層中に発達する不安定波動のフィードフォワード制御を通して、遷移の遅延を試みている。制御デバイスにはピエゾアセラミッククチュエータ列を用い、その上流に設置したセンサー列が取得した信号から制御対象とする不安定波動の振幅と位相を求め、複数のアクチュエータを駆動する信号の最適な組み合わせを見出した。その結果、斜行不安定波動の制御にも成功した。

2. 外部撹乱に対する境界層の応答特性
   境界層内部の不安定波動は、一般に一様流中の乱れがその前縁から受容されたことに端を発していると考えられている。この研究では、あえて前縁より下流の一様流中に、人工的に乱れを導入し、前縁で乱れの受容がないことを確認した上で、境界層外の乱れが境界層の成長にどのような影響を与えるのかを明らかにすることを目的としている。実験では、加える乱れの性質を変えながら流れ場を計測し、境界層の応答特性についての解析を進めている。

3. 振動するはく離点を有する非定常流れの制御法の開発
   はく離現象を伴う流れ場の制御は、工学分野において極めて重要な研究課題とされている。この研究では、外部からエネルギーを投入する必要もなく、かつボルテックスジェネレーターのように抵抗となることもない、流れが持つ性質を利用するだけで実現可能な、極めて効率的な制御方法の開発を行っている。

4. キャビティから発生する空力騒音の動的制御
   キャビティ音は、キャビティ前縁からはく離したせん断層がロールアップして形成された渦構造のふるまいによって支配される。この研究では、一組の可動式のボルテックスジェネレータを用いて渦がロールアップするタイミングを制御し、キャビティ音が低減される際に生成すると考えられていた縦渦構造の存在を確かめることに成功した。またキャビティ内に小板を設置するのみで、キャビティ内部の流れ場が変化し、それによってキャビティ音を制御できることも発見した。

5. SPH法によるシミュレーションの融合領域への展開
粒子法の１つである SPH 法をベースとして、そこに様々なアルゴリズムを付加することで、相変化や熱対流、自由表面や境界の大変形をともなう流れ場の計算を可能にしてきた。今年度は、特に理論や実験データとの比較を行いながら、３次元液滴の振動や衝突現象、また相変化しながら壁面上を流れる液膜流のシミュレーションを行い、それらの流れの再現に成功したことを示した。

6. 乱流小領域後縁の渦構造の解明
乱流小領域の後縁には縦渦が存在すると言われてきたが、その存在は明らかにはされていなかった。この研究における新規で精密な測定手法により、その渦構造を捉えることに成功した。

【学位論文指導（主査）】

修士論文

1. 機械システムデザイン工学専攻　草野　真一郎
" Experimental Study of the Calmed Region Trailing a Localized Turbulent Region"
2. 機械システムデザイン工学専攻　阿川　雅教
" Incompressible SPH Simulation of a Liquid Film Flow on a Wall"
3. 機械システムデザイン工学専攻　大川　啓
" Experimental Study on Feedforward Control of a Transitional Boundary Layer"
4. 機械システムデザイン工学専攻　金子　正樹
" Effect of Local Disturbances on the Transitional Flat-plate Boundary Layer"
5. 機械システムデザイン工学専攻　寺本　祥大
" Control of a Separating Flow with an Oscillating Separation Point"
6. 機械システムデザイン工学専攻　西田　拓晃
" Reduction of Cavity Noise by Manipulating Vortical Structures"

【学位論文指導（副査）】

修士論文

1. 機械システムデザイン工学専攻　本郷　卓也
"Three-Dimensional Incompressible SPH Simulation of Droplet Behavior Including Interfaces between Three Phases"
2. 航空宇宙工学専攻　杉野　泰啓
「熱線流速計による火星大気風洞の乱れ強度の計測」
3. 航空宇宙工学専攻　角田　智哉
「蛍光油膜による摩擦応力分布のイメージング技術の開発」
4. ナノメカニクス専攻　タン　チアユアン
「ポリマー液体内の熱・運動量輸送機構」
5. バイオロボティクス専攻　池内　祐介
「エアロトレインの飛行制御に関する研究」
6. 機械システムデザイン工学専攻　伊藤　雅士
「ノズルに発生する極低温キャビテーションの熱力学的効果に関する研究」
7. 機械システムデザイン工学専攻　長谷川　大地
「複数の蓄熱器をもつ熱音響自励振動系の実験的研究」
8. 航空宇宙工学専攻　堀越　勇作
「圧縮性スカラー乱流構造に対する噴射気体種の影響」

【査読論文（査読付き国際会議論文集を含む）】

○平成 21 年（1 月～12 月）

1. Masaya Shigeta, Takahiro Watanabe, Seiichiro Izawa and Yu Fukunishi: Incompressible SPH Simulation of Double-Diffusive Convection Phenomena, International Journal of Emerging Multidisciplinary Fluid Sciences, Vol.1, No.1, (2009), pp.1-18.
2. Waleed Abdel kareem, Seiichiro Izawa, Ao-Kui Xiong and Yu Fukunishi: Lattice Boltzmann simulations of homogeneous isotropic turbulence, Computers & Mathematics with Applications, Vol.58, Issue 5, (2009), pp.1055-1061.

【学術雑誌・専門書等（査読あり）】

〇平成 21 年（1 月～12 月）

1. Computers & Mathematics with Applications

【本人の国際会議・学会・学術雑誌への発表（査読なし）】

〇平成 21 年（1 月～12 月）

1. M. Shigeta: Model Formulation of Nanoparticle Growth in Thermal Plasma Processing, The Eighteenth Nisshin Engineering Particle Technology International Seminar Nanoparticle Synthesis in Gas Phase and Its Application -- Fundamentals and applications of nanoparticles synthesized by plasma, flame, laser --, Hakone, Japan, (2009-12), p. 73-82.
2. S. Noro, M. Shigeta, S. Izawa, Y. Fukunishi: Numerical Study on Growth and Decay of Disturbance in a Flat-plate Boundary Layer, Sixth International Conference on Flow Dynamics, Sendai, Japan, (2009-11), p.308-309.
3. H. Okawa, M. Watanabe, M. Shigeta, S. Izawa, Y. Fukunishi: Cancelation of Instability Waves in a Flat-Plate Boundary Layer by Feedforward Control, Sixth International Conference on Flow Dynamics, Sendai, Japan, (2009-11), p.152-153.
4. S. Noro, M. Shigeta, S. Izawa, Y. Fukunishi: Numerical Study on Growth and Decay of Turbulece in a Flat-plate Boundary Layer, The 4th SNU-Tohoku University Joint Workshop, Seoul, Korea, (2009-09), p.9,10.
5. S. Noro, M. Shigeta, S. Izawa, Y. Fukunishi: Rapid Mixing of Two Fluids in Micro-Scale, 1st International Young Researchers Conference on Flow Dynamics, Sendai, Japan, (2009-01).
6. 阿川 雅教, 茂田 正哉, 伊澤 精一郎, 福西 祐: 斜面上を流下する液体の非圧縮SPHシミュレーション, 第23回数値流体シンポジウム講演論文集, (2009-12), CD-ROM.
7. 本郷 卓也, 茂田 正哉, 伊澤 精一郎, 福西 祐: 3次元非圧縮SPH法における気液界面に作用する表面張力モデル, 第23回数値流体シンポジウム講演論文集, (2009-12), CD-ROM.
8. 寺本 祥大, 茂田 正哉, 伊澤 精一郎, 福西 祐: はく離点の振動する平板上のはく離流れの制御, 日本機械学会流体工学部門講演会 講演論文集, No.09-8, (2009-11), 71-72頁.
9. 草野 真一郎, 茂田 正哉, 伊澤 精一郎, 福西 祐: 平板境界層における層流と乱流の界面構造に関する研究, 日本機械学会流体工学部門講演会 講演論文集, No.09-8, (2009-11), 113-114頁.
10. 小熊 佑介, 茂田 正哉, 伊澤 精一郎, 福西 祐: 回転物体により形成される渦の接地に対する接地面形状の影響, 日本機械学会東北支部第45期秋季講演会 講演論文集, No.2009-2, (2009-9), 75-76頁.
11. 阿川 雅教, 茂田 正哉, 伊澤 精一郎, 福西 祐: 凝固しながら流下する液滴の2次元非圧縮SPHシミュレーション,日本機械学会東北支部第45期秋季講演会 講演論文集, No.2009-2, (2009-9) , 83-84頁.
12. 本郷 卓也, 茂田 正哉, 伊澤 精一郎, 福西 祐: 液滴挙動の3次元非圧縮性SPHシミュレーション, 日本機械学会東北支部第45期秋季講演会 講演論文集, No.2009-2, (2009-9), 85-86頁.
13. 伊藤 真澄, 伊澤 精一郎, 福西 祐, 茂田 正哉: 非圧縮SPH法を用いたアーク溶融池内の流れの数値シミュレーション, 日本機械学会2009年度年次大会・講演論文集, Vol.2, (2009-9), 125-126頁.
14. 西田 拓晃, 坂本 龍三, 茂田 正哉, 伊澤 精一郎, 福西 祐: ボルテックスジェネレーターを用いたキャビティ音の能動制御, 日本機械学会2009年度年次大会・講演論文集, Vol.2, (2009-9), 209-210頁.
15. 大川 啓, 渡辺 道治, 茂田 正哉, 伊澤 精一郎, 福西 祐: ピエゾアクチュエータによる平板境界層中の不安定波動のフィードフォワード制御, 日本流体力学会年会2009・講演論文集, (2009-9), CD-ROM.
16. 金子 正樹, 鈴木 芳宗, 茂田 正哉, 伊澤 精一郎, 福西 祐: 境界層上方に導入した乱れが平板境 界層の遷移に及ぼす影響, 日本流体力学会年会2009・講演論文集, (2009-9), CD-ROM.
17. 伊澤 精一郎, 奈良 龍, 茂田 正哉, 福西 祐: 渦度分布に着目した流れの不安定性の予測指標の提案, 日本流体力学会年会2009・講演論文集, (2009-9), CD-ROM.
18. 野呂 秀太, 茂田 正哉, 伊澤 精一郎, 福西 祐: 平板境界層の乱れに関する数値計算による研究, 第二回流動ダイナミクス国際若手研究発表会 (2009-7).
19. 茂田 正哉, 鈴木 芳宗, 伊澤 精一郎, 福西 祐: 平板境界層遷移における外部局所撹乱の影響, 5 回理論応用力学講演会・講演論文集, NCTAM 2009, (2009-6), CD-ROM.
20. 伊澤 精一郎, 渡辺 道治, 茂田 正哉, 福西 祐: 遷移境界層中の不安定波のフィードフォワード制御, 第 58 回理論応用力学講演会・講演論文集, NCTAM 2009, (2009-6), CD-ROM.

21. 上原 将人, 茂田 正哉, 伊澤 精一郎, 福西 祐: SPH法を用いた超音速流における物質輸送シミュレーション,日本機械学会東北支部第 44 期総会・講演会 講演論文集, No.2009-1, (2009-3) , 18-19 頁.
22. ゴイト ジェイ プラカス, 茂田 正哉, 伊澤 精一郎, 福西 祐: 突風風洞の設計と製作, 日本機械学会東北支部第44期総会・講演会 講演論文集, No.2009-1, (2009-3), 184-185頁.
23. 楠木 一央, 茂田 正哉, 伊澤 精一郎, 福西 祐: 扁平な小片の壁面衝突により発生する2次流れと壁面上の物体との干渉, 日本機械学会東北支部第44期総会・講演会 講演論文集, No.2009-1, (2009-3), 186-187頁.
24. 伊藤 真澄, 茂田 正哉, 伊澤 精一郎, 福西 祐: 固液相変化を伴う流れの粒子法による数値シミュレーション,日本機械学会東北支部第44期総会・講演会 講演論文集, No.2009-1, (2009-3) , 210-211頁.

【学生の国際会議・学会・学術雑誌への発表】

○平成 21 年（1 月～12 月）

1. Lattice Boltzmann simulations of homogeneous isotropic turbulence,
W. Abdel Kareem, S. Izawa, A. K. Xiong and Yu Fukunishi, Computers & Mathematics with Applications, Vol.58, Issue 5, (2009), pp.1055-1061.



氏名　浅井　圭介

所属 工学研究科航空宇宙工学専攻・教授（博士（工学））

専門 実験空気力学

研究課題

極限流動計測のための機能性分子イメージング技術の研究

E-mail: asai@aero.mech.tohoku.ac.jp

TEL: 022(795)7898

平成 21 年度における本グローバル COE プログラムに対する取り組み

航空宇宙や環境・エネルギーなどの応用分野において重要となる極限的な流動現象を実験的に解明するための先端的な実験・計測技術の研究開発を行っている。特に機能性分子を利用した新しい概念のイメージング技術の開発を目指した化学者との融合研究に力を入れている。応用分野としては、極低温から超高温、低速から超音速にいたる様々な熱流体現象を対象に、航空機や高速鉄道を効率化し環境適合性を向上するための種々の技術課題に取り組んでいる、また、極限流動への応用の一つとして、地球とは全く環境の異なる火星などの惑星大気環境を模擬するための実験装置と計測技術の開発を行っている。

平成 21 年度の活動（シンポジウム・国際会議の主催を含む）

＜国際会議＞

名　　称：2nd German- Japanese Joint Seminar on New Prospects of Molecular Imaging Technology for Interdisciplinary Research (学際領域における分子イメージング技術の新展開)

主催団体：ドイツ航空宇宙センター（DLR），グローバル COE プログラム「流動ダイナミクス知の融合教育研究世界拠点」

開 催 国：ドイツ（Univ. of Regensburg）

開催期間：2009.8.31 ～ 2009.9.2

役　　割：Co-organizer

＜招待講演＞

講 演 先：Plenary Lecture, 2nd German-Japanese Joint a apa oint Seminar, Univ. of Regensburg, Faculty of Chemistry & Phermacy, Lecture Hall H 46

講演題目：Keisuke Asai,“Aerodynamic Applications of Molecular Imaging and Sensing”

講 演 日：2009.8.31

講 演 先：The 3rd Workshop on Integration of EFD and CFD, Akihabara Convention Hall, Tokyo

講演題目：Keisuke Asai, Hiroki Nagai, Atsushi Konno, “EFD and Flight Simulation - Towards the Development of the Next-Generation Dynamic Wind-Tunnel Testing”

講 演 日：2010.1. 25

平成 21 年度の研究業績

【研究内容】

1. 分子センサーを用いた非定常圧力場の計測法の開発

高速度カメラと感圧塗料(Pressure-Sensitive Paint, PSP)を組み合わせた非定常圧力場の計測や極超音速風洞における短時間の非定常現象の計測など、感圧塗料による非定常圧力場のイメージング計測を可能にするため、高速応答型 PSP と計測／処理システムに関する研究を行っている。今年度は「音響共鳴管」を用いた周波数応答性試験装置を開発し、感圧塗料のゲイン・位相特性を調べる実験を行った。この装置は、閉管の音響共振を利用し最大で 10kHz までの周波数の大きな圧力変動を発生させることができる。この装置を利用して、多孔質バインダーを用いた「polymer/ceramic PSP」のゲイン・位相特性を調べた結果、この塗料は 500 Hz 程度まではゲインの減少や位相遅れがなく、最大で 8kHz (-3dB 限界) までの周波数に応答することがわかった。この塗料を用いて、3 次元角柱側面の変動圧力分布の計測を行

い、周波数約 150 Hz のカルマン渦によって誘起される変動圧力場を高精度で可視化することに成功した。

2. 火星大気飛行実現のための実験シミュレーション技術の研究開発
衛星やローバーでは不可能だった広範囲・高解像度の火星探査を可能にする火星飛行機の実現を目指して、地球とは組成や熱力学的状態が異なる火星大気環境を地上で再現する「火星大気風洞」の開発に取り組んでいる。今年度は、作動気体を火星大気の主成分である CO2 に置換できるように設備の改修を行い、CO2 モードにおける運転制御試験を実施した。その結果、当初心配されたエジェクター出口での CO2 の凝結はなく、百分の 1 気圧という低圧状態においてマッハ数 0.84 までの一様な気流を発生できることを確認した。また、火星大気風洞において感圧塗料による圧力分布の計測実験を実施し、翼模型表面の圧力場を画像に捉えることに成功した。この方法をあつさ 5 %の鈍頭平板に適用し、模型前縁に発生する剥離泡の長さがレイノルズ数に強く依存することを明らかにした。

3. 極超音速流における感温塗料を用いた空力加熱計測技術の開発と評価
感温塗料(Temperature-Sensitive Paint, TSP)を用いた空力加熱計測技術の確立を目的として、高温領域で使用可能な TSP の開発と風洞試験による実証試験を実施した。蛍光高分子からなる TSP を対象に、温度感度試験、熱サイクル試験、光や温度による劣化試験を行い、この塗料が最高で 250℃まで使用できることを確認した。また、東大柏キャンパスの極超音速風洞において圧縮コーナー模型の実験を行い、模型の材質、TSP 膜厚、よどみ点温度、カメラの露光時間の違いによる空力加熱の系統的な評価を行った。その結果、高精度・高分解能で空力加熱計測を行うための必要条件を明らかにすることができた。また、これとは並行に、1000℃を越える高温領域への TSP の適用を目指して、熱耐久性に優れる無機化合物である” フォスファ（phosphor”を感温材料とし、セラミック接着剤をバインダーとした TSP を試作し、フォスファの種類、バインダーとの混合比、その塗布方法を変えて、高温域での感度特性や感度の一様性に与える影響を系統的に調べた。

【学位論文指導（主査）】

<u>修士論文</u>

1. 航空宇宙工学専攻　杉野　泰啓
「熱線流速計による火星大気風洞の乱れ強度の計測」
2. 航空宇宙工学専攻　角田　智哉
「蛍光油膜による摩擦応力分布のイメージング技術の開発」
3. 航空宇宙工学専攻　杉本　大輔
「感圧塗料を用いた再突入カプセル型物体の動的不安定現象解明」
4. 航空宇宙工学専攻　河　勝元
「極超音速流における感温塗料を用いた空力加熱計測技術の開発と評価」
5. 航空宇宙工学専攻　小野　直志
「火星大気風洞に適用可能な感圧塗料の開発と評価」

【学位論文指導（副査）】

<u>博士論文</u>

1. 航空宇宙工学専攻　竹中 啓三
「Study of Advanced Numerical Analysis and Multi-Disciplinary Optimization Techniquefor Aircraft Aerodynamic Design (航空機空力設計のための先進的数値解析及び多分野統合最適化技術の研究)」
2. 航空宇宙工学専攻　保江 かな子
「Study of High Order Discontinuous Galerkin Finite Element CFD Solver for Aerospace Applications (高次精度不連続ガレルキン有限要素法に基づくCFDソルバーの開発および航空宇宙分野への適用に関する研究) 」
3. 航空宇宙工学専攻　大澤 弘始
「 Study of Thermochemical Nonequilibrium Flowfield Concerning Radiative Heating andSurface Catalysis of Heatshield Material (耐熱材の輻射加熱と表面触媒性に関する熱化学非平衡流れ場の研究)」

修士論文

1. 航空宇宙工学専攻　大久保 正幸
「バリスティックレンジを用いたフリーフライト実験のための複葉翼実験模型の基本設計」
2. 航空宇宙工学専攻　金山　靖信
「超音速複葉翼の空力中心と空力特性に関する研究」
3. 航空宇宙工学専攻　藤園　崇
「テーパ型超音速複葉翼の始動過程に対する実験的研究」
4. 航空宇宙工学専攻　大崎　康平
「ハイブリッドモーションシミュレータの遅れ時間補償および評価」
5. 航空宇宙工学専攻　鈴木　廉
「テールシッタ VTOL 無人航空機の遠隔操作によるホバリングおよび誘導制御」
6. 航空宇宙工学専攻　山本　貴正
「非平衡プラズマを用いた高速流中での着火促進法の研究」
7. 機械システムデザイン工学専攻　大川　啓
「Experimental Study on Feedforward Control of a Transitional Boundary Layer (遷移境界層に対するフィードフォワード制御実験)」
8. 機械システムデザイン工学専攻　草野　真一郎
「Experimental Study of the Calmed Region Trailing a Localized Turbulent Region (孤立した乱流領域後縁部の calmed region に関する実験的研究)」
9. 航空宇宙工学専攻　米田　良太
「旅客機における Over-the-Wing-Nacelle 形態の空力最適化」
10. 航空宇宙工学専攻　津留　真一郎
「ステレオPIVによる超音速噴射流れ場の計測」

【学術雑誌・専門書等（査読あり）】

〇平成 21 年（1 月～12 月）

1. 「MEMS/NEMS 工学大全」 株式会社テクノシステム, 執筆ページ「第 8 章　10 節　宇宙､飛行 機」
2. 「乱流工学ハンドブック」, (分担執筆：4.2 圧力の計測), 朝倉出版

【学生の国際会議・学会・学術雑誌への発表】

〇平成 21 年（1 月～12 月）

学会発表

1. ANYOJI, M., NAGAI, H., ASAI, K., “Development of Low Density Wind Tunnel to Simulate Atmospheric Flight on Mars”, 47th AIAA Aerospace Science Meeting and Exhibits, Orlando, Florida, USA, January, 2009
2. ANYOJI, M., NUMATA, D., NAGAI, H., ASAI, K., "Evaluation of Supersonic Ejector Driving Performance under Low Pressure", 6th International Conference on Flow Dynamics, 9-67, Sendai, Japan, November, 2009.
3. YORITA, D., NARUMI, T.,NAGAI, H., ASAI, K., "Unsteady Pressure Distribution Measurement on a Square Cylinder using Pressure-Sensitive Paint", 6th International Conference on Flow Dynamics, 9-24, Sendai, Japan, November, 2009.
4. 依田大輔、鳴海智博（九州工大）、永井大樹、浅井圭介、 “角柱側面に生じる非定常圧力変動の PSP 計測”、第 41 回流体力学講演会、2A7、2009 年 6 月
5. 安養寺正之、伊田真吾、永井大樹、浅井圭介、 “火星大気風洞の測定部気流特性について（第一報）”、第 41 回流体力学講演会、2A9、2009 年 6 月
6. 依田大輔、永井大樹、浅井圭介、田中真吾（日産自動車（株））、石田圭太郎（日産自動車（株）） “低速流における感圧塗料計測の計測誤差とその精度評価”、第 37 回可視化情報シンポジウム、B216、2009 年 7 月
7. 瀬尾和哉（山形大）、依田大輔、永井大樹、 “ラグビーボール表面圧力場の PSP 計測と揺れるハイパントの最適蹴りだし条件の可視化”、D210、第 37 回可視化情報シンポジウム、B216、2009 年 7 月

8. 安養寺正之、沼田大樹、永井大樹、浅井圭介、“東北大火星大気風洞の開発と性能検証”, 第 53 回宇宙科学技術講演会,1G11, 京都, 2009 年 9 月
9. 角田智哉、小山敦史、依田大輔、沼田大樹、永井大樹、浅井圭介、“蛍光油膜を用いた鈍頭物体周りの摩擦応力面分布計測”、第 5 回学際領域における分子イメージングフォーラム、2009 年 11 月
10. 須貝直之、依田大輔、沼田大樹、永井大樹、浅井圭介、“寿命法による圧力・温度同時計測光ファイバーセンサーの開発”、第 5 回学際領域における分子イメージングフォーラム、2009 年 11 月
11. 依田大輔、杉本珠生、永井大樹、浅井圭介、鳴海智博、“東北大学における低速・非定常感圧塗料計測の現状と今後の展望”、第 5 回学際領域における分子イメージングフォーラム、2009 年 11 月

【本人の受賞・特許等】

〇平成 21 年（1 月～12 月）

受 賞 名：Kenneth, Harris James Prize, Institute of Mechanical Engineers
受 賞 年：2009 年 5 月

受 賞 名：Thomas Hawksley Gold Medal, Institute of Mechanical Engineers
受 賞 年：2009 年 10 月

受 賞 名：第 20 期可視化情報学会　学会賞（論文賞）
受 賞 年：2009 年 7 月 21 日

受 賞 名：第 20 期可視化情報学会　功労賞
受 賞 年：2009 年 7 月 21 日

【学生の研究費の獲得】

〇平成 21 年（1 月～12 月）

獲得者名：安養寺正之
名　　称：日本学術振興会特別研究員(DC1)

獲得者名：依田大輔
名　　称：日本学術振興会特別研究員(DC1)

氏名　澤田　恵介



所属 工学研究科航空宇宙工学専攻・教授（博士（工学））
専門 高速空気力学
研究課題 惑星大気圏突入シミュレーション手法の研究
高次精度数値流体力学計算手法の研究
E-mail: sawada@cfd.mech.tohoku.ac.jp
TEL: 022(795)6998

平成 21 年度における本グローバル COE プログラムに対する取り組み

事業推進担当者の研究分野では、計算空気力学を用いた惑星大気圏への突入流れ場の解明および高次精度数値計算法の開発とその応用について取り組んできた。今年度は特に不連続ガレルキン有限要素法に関して、セル緩和型の陰的時間進行法を提案して、その実用化に取り組んだ。また、この計算手法を用いて航空機風洞模型の変形解析を行い、AGARD-B ならびに ONERA-M5 標準模型の模型変形による空力特性変化の影響解明に取り組んだ。さらに、酸化剤旋回型ハイブリッドロケット燃焼室内流れ場の解明に取り組んだ。

平成 21 年度の研究業績

【研究内容】

1. 高次精度数値計算法の構築
   陰的不連続ガレルキン有限要素法の構築を行った。陰解法の構築では、セル毎に緩和させることによって並列計算機に適したアルゴリズムの構築を行った。実際、MPI ライブラリを用いて 128PE を使用した計算では 120 倍以上の速度向上率を達成しており、これによって長大な計算時間が必要なために実用化が遅れている不連続ガレルキン有限要素法の実用化の目処を得た。

2. 空力荷重による変形を考慮したONERA-M5風洞試験模型周りの流れ場解析
   高レイノルズ数風洞試験時の空力荷重による模型変形効果を考慮した ONERA-M5 風洞試験模型周りの流れ場解析を行った。アスペクト比の大きな ONERA-M5 風洞試験模型は、通常の総圧条件下でも翼端で 3mm 程度変形すること、これによる揚力ならびに抗力変化が無視できないこと、模型変形はレイノルズ数効果をマスクすることなどを明らかにした。また、主翼変形の様子を詳細に解析したところ、空力荷重による翼のたわみが後退角のために見かけの捻り下げ生じて揚力や抗力が減少することを示した。

3. ハイブリッドロケット燃焼室内流れ場の解析
   酸化剤旋回型ハイブリッドロケット燃焼室内に生じる旋回流れ場構造と燃焼流の解明を数値解析で試みた。計算には 5 次精度の WCNS を用いた。旋回流による半径方向の遠心力と圧力勾配のバランスが崩れる頭部端版より逆流域が生じ、同軸回転三重旋回構造の出現を示した。一方、燃焼を考慮すると、酸化剤インジェクター背後の境界層内から燃焼反応が生じ、燃焼室中間部まで境界層内で燃焼すること、そして剥離流れのために境界層から中心軸に向かって燃焼域が延びることなどを明らかにした。

【学位論文指導（主査）】

博士論文

1. 航空宇宙工学専攻　保江 かな子
   「Study of High Order Discontinuous Galerkin Finite Element CFD Solver for Aerospace Applications (高次精度不連続ガレルキン有限要素法に基づく CFD ソルバーの開発および航空宇宙分野への適用に関する研究)」
2. 航空宇宙工学専攻　柴崎　陽介
   「Numerical Study of a Single Rising Bubble in a Liquid Metal under Uniform Magnetic Fields (一様磁場下における液体金属中を上昇する単一気泡の数値的研究)」

修士論文
1. 航空宇宙工学専攻　吉村　一樹
「高次精度数値計算法を用いた酸化剤旋回型ハイブリッドロケットエンジン燃焼室内流れ場の数値解析」
2. 航空宇宙工学専攻　佐藤　真帆
「アルミナスラグの堆積を考慮した固体ロケットモータ内混相流れの数値的研究」
3. 航空宇宙工学専攻　岡部　昭彦
「相変化及び化学反応を伴う過塩素酸アンモニウム混層流れの数値的研究」

【学位論文指導（副査）】

博士論文
1. 航空宇宙工学専攻　竹中　啓三
「Study of Advanced Numerical Analysis and Multi-Disciplinary Optimization Technique for Aircraft Aerodynamic Design (航空機空力設計のための先進的数値解析及び他分野統合最適化技術の研究)」

修士論文
1. 航空宇宙工学専攻　大谷　仁
「粒子法を用いたマイクロ波支持電離波面の数値的研究」
2. 航空宇宙工学専攻　杉本　大輔
「感圧塗料を用いた再突入カプセル型物体の動的不安定現象解明」
3. 航空宇宙工学専攻　鈴木　陽平
「高温気体下における表面触媒性の分子動力学解析」
4. 航空宇宙工学専攻　高山　央貴
「構造・非構造格子カップリングによるヘリコプター全機周りの流れの数値計算」
5. 航空宇宙工学専攻　楯　真沙美
「パルスレーザーを用いた造波抵抗低減に関する数値的研究」
6. 航空宇宙工学専攻　西本　成告
「Building-Cube Method を用いた翼型周りの RANS 計算」
7. 航空宇宙工学専攻　河　勝元
「極超音速流における感温塗料を用いた空力加熱計測技術の開発と評価」
8. 機械システムデザイン工学専攻　寺本　祥大
「Control of a Separating Flow with an Oscillating Separation Point (振動するはく離点を持つはく離流れの制御)」
9. 機械システムデザイン工学専攻　長山　岳史
「微細粒子散布による地球温暖化の制御に関する基礎的研究」
10. ナノメカニクス専攻　門脇　宏宗
「スピンコーティング液膜熱流動の数値解析」

【査読論文（査読付き国際会議論文集を含む）】

○平成 21 年（1 月～12 月）
1. Takanori Haga, Keisuke Sawada and Z.J. Wang
An Implicit LU-SGS Scheme for the Spectral Volume Method on Unstructured Tetrahedral Grids
Communications in Computational Physics, Vol. 6, No. 5, 2009, 978-996.
2. Keiichi Ishiko, Naofumi Ohnishi, Kazuyuki Ueno and Keisuke Sawada
Implicit Large Eddy Simulation of Two-Dimensional Homogeneous Turbulence Using Weighted Compact Nonlinear Scheme
Journal of Fluids Engineering, Vol. 131, No. 6, 061401 (14 pages), 2009.
3. Yousuke Ogino, Naofumi Ohnishi, Shinichi Taguchi, and Keisuke Sawada
Baroclinic Vortex Influence on Wave Drag Reduction Induced by Pulse Energy Deposition
Physics of Fluids, Vol. 21, No. 6, 066102, 2009.

【学術雑誌・専門書等（査読あり）】

○平成 21 年（1 月～12 月）

1. Communication in Computational Physics
2. Physics Fluids
3. Journal of Fluids Engineering

【本人の国際会議・学会・学術雑誌への発表（査読なし）】

○平成 21 年（1 月～12 月）

1. Kanako Yasue, and Keisuke Sawada
   Static Aeroelasticity Analysis of Wind Tunnel Model Using Discontinuous Galerkin CFD Solver
   AIAA Paper 2009-604, 2009.
2. Keiichi Ishiko, Kazuyuki Ueno, and Keisuke Sawada
   Implicit LES of Compressible Turbulent Flow Over a Backward-Facing Step
   AIAA Paper 2009-1476, 2009.
3. Hiroshi Osawa, Toshiyuki Suzuki, Hiroki Takayanagi, Kazuhisa Fujita, and Keisuke Sawada
   Experimental and Numerical Study for Reevaluating Catalytic Efficiency of Atomic Nitrogen Recombination for SiC Material Surfaces
   AIAA Paper 2009-1543, 2009.
4. Takanori Haga, Michiko Furudate, and Keisuke Sawada
   RANS Simulation Using High-Order Spectral Volume Method on Unstructured Tetrahedral Grids
   AIAA Paper 2009-404, 2009.
5. Hiroshi Osawa, Toshiyuki Suzuki, Hiroki Takayanagi, Masahito Mizuno, Kazuhisa Fujita and Keisuke Sawada
   Experimental and Numerical Investigation of Catalytic Efficiency of Atomic Oxygen Recombination on TPS Surface
   AIAA Paper 2009-3934, 2009.
6. Kanako Yasue, and Keisuke Sawada
   Static Aeroelasiticity Analysis Using Discontinuous Galerkin CFD Solver
   4th Symposium on Integrating CFD and Experiments in Aerodynamics, 2009.
7. Hiroshi Osawa
   Experimental and Numerical Evaluation of Catalytic Efficiency of Atomic Oxygen Recombination on TPS Surface
   ISTS2009-e-10s, 2009.

【学生の国際会議・学会・学術雑誌への発表】

○平成 21 年（1 月～12 月）

1. Takanori Haga, Keisuke Sawada and Z.J. Wang
   An Implicit LU-SGS Scheme for the Spectral Volume Method on Unstructured Tetrahedral Grids
   Communications in Computational Physics, Vol. 6, No. 5, 2009, 978-996.
2. Keiichi Ishiko, Naofumi Ohnishi, Kazuyuki Ueno and Keisuke Sawada
   Implicit Large Eddy Simulation of Two-Dimensional Homogeneous Turbulence Using Weighted Compact Nonlinear Scheme
   Journal of Fluids Engineering, Vol. 131, No. 6, 061401 (14 pages), 2009.
3. Yousuke Ogino, Naofumi Ohnishi, Shinichi Taguchi, and Keisuke Sawada
   Baroclinic Vortex Influence on Wave Drag Reduction Induced by Pulse Energy Deposition
   Physics of Fluids, Vol. 21, No. 6, 066102, 2009.

氏名　伊藤　高敏



所属 流体科学研究所・教授（博士（工学））
専門 破壊力学
研究課題
地殻利用による地球温暖化防止技術の開発
E-mail: ito@ifs.tohoku.ac.jp
TEL: 022(217)5234

平成 21 年度における本グローバル COE プログラムに対する取り組み

特に地表面下深度千メートル以上の岩体中で起きている各種の流動現象を、従来にない観点から解明すると共に、それを工学的に応用することを目指している。本 GCOE プログラムを通して、同分野で貢献できる人材を育てると共に世界の研究者との交流を深めて、研究の推進を図る。

平成 21 年度の活動（シンポジウム・国際会議の主催を含む）

1. 新学術領域研究「超深度掘削が拓く海溝型巨大地震の新しい描象」（領域代表　東大・木村　学、H21-25）に参画し、先に提案したBABHY方式による地殻応力計測法を地球深部探査船「ちきゅう」に適用するための実証ツールの開発に着手した。また、地球深部探査船ちきゅう号による研究航海（IODP、Exp319）に参加し、巨大地震の発生が予想されている南海地域の海底面地層の調査を行った。

2. 石油天然ガス・金属鉱物資源機構（JOGMEC）および産業技術総合研究所が中心となって進められている経済産業省「メタンハイドレート開発促進事業・生産手法開発」（フェーズⅡ、H21-27）に参画して「大水深浅層未固結砂泥堆積層に対するフラクチャリング可能性評価」の研究を開始した。

3. 石油天然ガス・金属鉱物資源機構による委託研究「堆積軟岩を対象とした水圧破砕による応力評価―可視化による水圧破砕挙動の解明―」（H21～）として、重質油やメタンハイドレートなど、近年の石油産業が対象とする、在来型の資源に比べて浅く未固結あるいは弱く固結した地層の応力状態を評価するための実験研究を行なった。

4. 「大深度地殻応力評価を目的としたBABHY式水圧破砕法」に関わる研究内容について「資源素材学会秋季大会」（H21年9月8～10日）にて、および「微小地震に基づく地熱・石油天然ガス貯留層内の圧力と流体移動マッピング技術の開発」に関わる研究内容について「JOGEMC-TRCウィーク2007」（H21年7月14～17日）にて招待講演を実施した。

平成 21 年度の研究業績

【研究内容】

1. 微小地震に基づく地熱・石油天然ガス貯留層内の圧力と流体移動マッピング技術の開発
水圧破砕に伴って発生する微小地震の発生挙動から圧力分布を評価し、それを適当な流路構造を仮定して求めた圧力分布とマッチングさせることで地下の流路構造を評価する方法の研究である。今年度は、圧力分布を評価する際に必要となる空間の分割方法を検討し、課題となっていた分割方法の任意性を解消する方法を新たに提案した。

2. 大深度地殻応力評価を目的としたBABHY法の開発
従来の水圧破砕法にあった致命的欠陥を回避した上で、km 級深度における地殻応力の定量評価を初めて可能とする方法の研究である。今年度より、新学術領域研究「超深度掘削が拓く海溝型巨大地震の新しい描象」（領域代表　東大・木村　学、H21-25）の下に、上記手法を地球深部探査船「ちきゅう」に適用することを前提とした実証ツールの開発に着手し、その心臓部となる高水圧発生部の設計と試作を行った。

3. CO2地中貯留のためのCO2反応性グラウトによる人工バリアー形成法の開発
地球温暖化対策の切り札とされる CO2 地中貯留では、地下に注入された CO2 が浮力で上昇するのをキャップロックと呼ばれる天然のバリアーで防ぐことになっている。しかし、CO2 の粘性は非常に小さいためにキャップロックにあるわずかな欠陥を通って漏洩する可能性は否定できない。そこで、別途注入する溶液（反応性グラウト）と漏洩した CO2 との反応生成物で間隙を埋めて漏洩を修復することを検討している。今年度は，前年度に提案した新型の反応性グラウトと CO2 との反応を数値シミュレーションで再現する方法を検討した.

4. 未固結地層を対象としたフラクチャリング技術の開発
近年の石油産業は、重質油やメタンハイドレートなど、在来型の資源に比べて浅く未固結あるいは弱く固結した地層中の資源を開発の対象としつつある。これに伴い、そのように未固結な地層に対してもフラクチャリング（高水圧で坑井から伸びる破壊面を作成する技術）を適用して生産性を向上させることが期待されている。そこで、従来未解明であった未固結地層のフラクチャリング挙動について研究を行っている。今年度は、先の室内実験で明らかとなった未固結材料に特有な挙動が、材料が固くなるにつれて消滅することを明らかにした。

【学位論文指導（主査）】

修士論文

1. 環境科学専攻　高山　雅樹
「未固結堆積層のフラクチャリング挙動に関する実験的研究」

【査読論文（査読付き国際会議論文集を含む）】

○平成 21 年（1 月～12 月）

1. T.Ito, A.Igarashi and K.Yamamoto
Laboratory Test of Hydraulic Fracturing in Unconsolidated Deformable Rocks
Proc. of 4th Biot Conf. on Poromechanics, pp.1001-1006, 2009.

【本人の国際会議・学会・学術雑誌への発表（査読なし）】

○平成 21 年（1 月～12 月）

1. 田中秀宜,櫻井雅徳, 関根孝太郎, 伊藤高敏
CO2 地中貯留層からの漏洩修復法の検討
日本地球惑星科学連合 2009 年大会予稿集, No. R224-P025（CD-ROM）, 2009.
2. 伊藤高敏, 五十嵐哲,高山雅樹, 山本晃司
未固結砂層の水圧破砕挙動を模擬する室内実験
平成 21 年度石油技術協会春季講演会特別講演・シンポジウム・個人講演要旨集, Vol.1, p.86, 2009.
3. Y.Kano, D.Boutt, M.Doan, P.Flemings, T.Ito, W.Lin, D.Saffer, E.Araki, T.Byrne, M.Kyaw Thu, H.Ito and IODP Exp 319 scientists
Outline of the In-situ Stress Tests Using MDT Tool at 2.7 – 3.6 km below Sea Level in the First Riser Hole on the NanTroSEIZE Operation
Proc. of the 15th Formation Evaluation Symposium of Japan, No. C, 2009.
4. M.Kyaw Thu, Y.Sanada, Y.Kido, Y.Kawamura, D.Cuker, M.Doan, Y.Kano, J.Moore, D.Boutt, M.Conin, P.Flemings, T.Ito, W.Lin, E.Araki, T.Byrne, L.McNeill, D.Saffer, N.Eguchi, K.Takahashi, S.Tocko, H.Tobin, M.Kinoshita, R.Hino and IODP Exp 319 scientists
Overview of NanTroSEIZE Rise Logging: Operational Planning and Reality
Proc. of the 15th Formation Evaluation Symposium of Japan, No. V, 2009.
5. T.Ito, W.Lin, M.Doan, D.Boutt, Y.Kano, P.Flemings, H.Ito and IODP Exp 319 scientists
Outline of the In-situ Stress Tests Using MDT Tool at 2.7 – 3.6 km below Sea Level in the First Riser Hole on the NanTroSEIZE Operation
Proc. of the 15th Formation Evaluation Symposium of Japan, No. X, 2009.
6. 加納靖之, D.Boutt, M.Doan, P.Flemings, 伊藤高敏, 林為人, D.M.Saffer, 荒木英一郎, T.Byme, L.McNeill, 高橋共馬, 江口暢久, S.Toczko, M.Kyaw Thu, 伊藤久男, 第 319 次航海乗船研究者
NanTroSEIZE 第 319 次航海におけるライザー掘削孔での MDT 水理試験
日本地震学会講演集, No. C12-01（CD-ROM）, 2009.
7. 伊藤高敏, 加納靖之, 林為人, M.Doan, D.Boutt, P.Flemings, 伊藤久男, 第 319 次航海乗船研究者

NanTroSEIZE 第 319 次航海におけるライザー掘削孔での MDT 応力試験
日本地震学会講演集, No. C12-02（CD-ROM）, 2009.

8. D.Boutt, Y.Kano, P.Flemings, M.Doan, T.Ito, W.Lin, D.Saffer, T.Byme, L.McNeill, E.Araki, K.Takahashi, N.Eguchi, S.Toczko, M.Kyaw Thu and E.Scientists
   Downhole Hydrologic Testing in the Kumano Basin and Underlying Sediments: Results from NanTroSEIZE Expedition 319
   EOS Trans. AGU, Fall Meet. Suppl., Abstract, No. T21C-1837（CD-ROM）, 2009.
9. D.Saffer, L.McNeill, T.Byme, E.Araki, P.Flemings, M.Conin, N.Eguchi, K.Takahashi, S.Toczko, D.Boutt, M.Doan, Y.Kano, T.Ito, W.Lin
   Stress and Pore Pressure Measurement in IODP Riser Drilling: An Example from Expedition 319, Kumano Basin offshore SW Honshu, Japan
   EOS Trans. AGU, Fall Meet. Suppl., Abstract, No. NH34A-07（CD-ROM）, 2009.
10. Y.Kano, T.Ito, W.Lin, P.Flemings, D.Boutt, M.Doan, L.McNeill, T.Byme,D.Saffer, E.Araki, N.Eguchi, K.Takahashi, S.Toczko, E.Scientists
    Hydraulic Fracture Measurements at Site C0009 of IODP Expedition 319, NanTroSEIZE
    EOS Trans. AGU, Fall Meet. Suppl., Abstract, No. T21C-1833（CD-ROM）, 2009.
11. W.Lin, M.Doan, C.Moore, L.McNeill, T.Ito, D.Boutt, N.Hayman, Y.Kano, P.Flemings, G.Huftile, T.Byme, D.Saffer, E.Araki, M.Kyaw Thu, M.Kinoshita, N.Eguchi, K.Takahashi, S.Toczko, E.Scientists
    A Preliminary Result of Stress Orientation Obtained from Drilling Induced Fractures and Borehole Breakouts at Site C0009 of Expedition 319, NanTroSEIZE
    EOS Trans. AGU, Fall Meet. Suppl., Abstract, No. T21C-1831（CD-ROM）, 2009.
12. L.McNeill, D.Saffer, T.Byme, E.Araki, N.Eguchi, K.Takahashi, S.Toczko, N.Hayman, G.Huftile, J.Moore, W.Lin, T.Ito, M.Doan, P.Flemings, Y.Kano, D.Boutt, M.Conin and A.Sacks
    In Situ Stress and Deformation Patterns across the Nankai Kumano Basin and Forearc: Results from IODP Expedition 319
    EOS Trans. AGU, Fall Meet. Suppl., Abstract, No. NH34A-06（CD-ROM）, 2009.

【学生の国際会議・学会・学術雑誌への発表】

○平成 21 年（1 月～12 月）

1. 伊藤高敏, 五十嵐哲,高山雅樹, 山本晃司
   未固結砂層の水圧破砕挙動を模擬する室内実験平成 21 年度石油技術協会春季講演会特別講演・シンポジウム・個人講演要旨集, Vol.1, p.86, 2009.
2. T.Ito, A.Igarashi and K.Yamamoto
   Laboratory Test of Hydraulic Fracturing in Unconsolidated Deformable RocksProc. of 4th Biot Conf. on Poromechanics, pp.1001-1006, 2009.



氏名　橋爪　秀利

所属 工学研究科量子ｴﾈﾙｷﾞｰ工学専攻・教授（工学博士）

専門 核融合炉工業

研究課題

配管系流力振動に影響するマクロ流動構造の解明と制御

E-mail: hidetoshi.hashizume@qse.tohoku.ac.jp

TEL: 022(795)7904

平成 21 年度における本グローバル COE プログラムに対する取り組み

原子力プラント・核融合炉における極限熱流動現象の解明とその制御について研究を進めてきた。エルボ内流動の可視化により剥離現象を詳細に解明し、また、溶融塩の伝熱性能向上の研究を進めている。さらに、液体窒素の沸騰現象を効率良く使用した分割型高温超伝導マグネット用除熱システムの開発を進めている。

平成 21 年度の活動（シンポジウム・国際会議の主催を含む）

＜国際ワークショップ＞

名　　称：日米科学技術協力事業・日米WS「核融合炉高出力密度装置と設計」
主　　催：DOE・文部科学省
開 催 国：米国、シーサイド、オレゴン州
期　　間：2008.6.23-25
役　　割：Chair
参加人数：10 名

平成 21 年度の研究業績

【研究内容】

1. エルボ内の流動場解析

原子力プラントの配管系では、物量削減の観点から低曲率半径比のエルボが使用される場合が多く、非定常性の強い局所的な偏流や剥離渦の発生によって流力振動が発生する。本研究は、屈折率調合 PIV 計測によりエルボ内の剥離現象を可視化し、圧力変動に対する流体力学的主要因子を明らかにすることを目的としている。本年度は、デュアルエルボにおける流動場の可視化を行い、立体曲げの場合には第１エルボでの剥離領域の大きさがシングルエルボの場合に比べて小さくなること、第２エルボでは旋回流が生じることによって剥離が発生しないことが明らかとなった。

2. 溶融塩を用いた ITER-TBM の設計

昨年度は、国際熱核融合実験炉 ITER での試験が予定されている TBM(Test Blanket Module)に対して、日本が独自に提案している溶融塩ブランケットの設計ウィンドウがあることを明らかにした。本年度はさらに、MCNP コードを用いて核的な評価を行い、ストロンチウム９０を導入することによって、TBR を維持しながら、消滅処理を行うことが可能であることを示した。

3. 分割型超伝導マグネットの開発

分割型超伝導マグネットの実現のため、高温超伝導体の接合実験の改良を行い、再現性の良い接合データを得ることができるようになり、機械的接合時の性能もはんだによる接合時と比べて、１／３倍程度の性能が得られるようになった。

【学位論文指導（主査）】

修士論文

1. 量子エネルギー工学専攻　青柳光裕
「三面複層コーティング流路における液体金属 MHD 圧力損失特性評価に関する研究」
2. 量子エネルギー工学専攻　狩野達也
「沸騰水型原子炉のための統合炉心設計システムの開発と高度化に関する研究」

3. 量子エネルギー工学専攻　坂下武志
「接合面処理法の高度化による高温超伝導ケーブルの接合性能の改善」
4. 量子エネルギー工学専攻　佐藤司
「高 Re 数におけるエルボ内流動・圧力場の実験的解明」

【学位論文指導（副査）】

博士論文

1. 量子エネルギー工学専攻　田中のぞみ
「アルファ粒子計測のための高速中性ヘリウムビームの生成に関する研究」

修士論文

1. 量子エネルギー工学専攻　鈴木明好
「３１６系低炭素ステンレス綱の塑性予ひずみ検出・定量化手法の開発」
2. 量子エネルギー工学専攻　赤松仁
「異種材料接合強度評価のためのレーザー衝撃試験技術の開発」
3. 量子エネルギー工学専攻　磯野　剛大
「ビーム減衰を利用した中性ヘリウムビーム中の準安定状態先週密度比計測法に関する基礎研究」
4. 量子エネルギー工学専攻　小口一雄
「不確実性を考慮した原子炉・水素製造プラントのシナリオ分析及び経済性評価に関する研究」
5. 量子エネルギー工学専攻　高久大輔
「原子力発電所の規程文書と人間の認知特性の関連に関する研究」
6. 量子エネルギー工学専攻　玉内義一
「再処理工場における PSA 用機器信頼性データに関する研究」
7. 量子エネルギー工学専攻　成田　隼
「核融合炉における耐食・電気絶縁被覆に関する基礎研究」
8. 量子エネルギー工学専攻　古川　大
「高速炉での減速材含有ペレットを用いた LLFP 核変換に関する研究」
9. 量子エネルギー工学専攻　山崎　悟
「再処理工場におけるヒューマンエラー低減に関する研究」

【査読論文（査読付き国際会議論文集を含む）】

〇平成 21 年（1 月～12 月）

1. H. Hashizume K. Yuki, N. Seto, A. Sagara
Feasibility Study for Flibe TBM based on Thermofluid Analysis
[Fusion Science and Technology, 56 (2),(2009), 892-896]
2. SM. Hosseini, K. Yuki, H. Hashizume
Experimental Investigation of Flow Field Structure in Mixing Tee
Journal of Fluids Engineering, 131 (5),(2009), 051103.1-051103.7
3. N. Yusa, H. Hashizume
Evaluation of stress corrosion cracking as a function of its resistance to eddy currents.
[Nuclear Engineeringand Design, 239, (2009), 2713-2718]
4. S. Ito, K. Yuki, H. Hashizume
Advanced cryogenics cooling technique using metal porous media with liquid nitrogen.
[Proceedings of ICE22-ICMC, (2009)]
5. S. Ito, T. Kato, H. Hashizume
Mechanical butt joint of laminated HTS cable with metal jacket for remountable HTS magnet.
[IEEE Transactions on Applied Superconductivity, 19, (2009), 1536-1539]

【学術雑誌・専門書等（査読あり）】

〇平成 21 年（1 月～12 月）

1. Fusion Science and Technology
2. Fusion Engineering and Design

9. 研究協力者の取り組みと実績



氏名　白井　敦

所属　流体科学研究所・准教授（工学博士）

専門　流体工学

研究課題

傾斜遠心顕微鏡を用いた好中球の固体壁に対する付着特性解析

E-mail：shirai@ifs.tohoku.ac.jp

TEL：022（217）5678

平成 21 年度における本グローバル COE プログラムに対する取り組み

研究協力者の研究分野は、平成 21 年末に本グローバル COE プログラムに組み込まれた。本研究分野は、血球と血管壁との細胞レベルの相互干渉から、マクロな、脈診を模擬した脈波解析手法の開発を行っている。血球と血管壁との相互干渉では、傾斜遠心顕微鏡を用い、培養した血管内皮細胞上における血球の挙動観察より、血球の内皮細胞への付着特性の計測を行っている。また、脈波解析手法の開発では、腕部血管系の一次元数学モデルの構築およびポータブルな脈波計測装置の開発を行っている。

平成 21 年度の活動（シンポジウム・国際会議の主催を含む）

＜国内会議＞

名　　称：日本機械学会 2009 年度年次大会
主催団体：日本機械学会
会　　場：岩手大学
開催期間：2009.9.14 ～ 2009.9.16
役　　割：バイオエンジニアリング部門 部門代表委員

名　　称：計測自動制御学会東北支部 45 周年記念学術講演会
主催団体：計測自動制御学会東北支部
会　　場：岩手大学
開催期間：2009.9.7 ～ 2009.9.8
役　　割：プログラム委員長

＜招待講演＞

講 演 先：第 8 回情報科学技術フォーラム
講演題目：健康度のわかる血管情報の可視化
講 演 日：2009.9.4

平成 21 年度の研究業績

【研究内容】

1. 傾斜遠心顕微鏡を用いた，好中球と各種固体壁との摩擦・付着特性計測

好中球のモデル細胞として HL60 を使用し、ガラス平板上に培養した血管内皮細胞上における挙動を、斜遠心顕微鏡を用いて観察した。血管内皮細胞は、血流による剪断応力を受けると流れ方向に配向することが知られている。そこで、この配向が HL60 の挙動に与える影響について評価を行った。

2. 脈診を模擬した脈波計測システムの開発

中国伝統医療のなかに脈診がある。これは、手首の橈骨動脈に指を当て、そこに感じる脈の状態から診断を行うものである。そこで、脈診の科学的検証を目的として、腕部血管系の一次元数学モデルを構築し、種々のパラメータが脈波波形に与える影響について解析を行った。また、実験的検証を目的とｓちえ、脈波計測システムを構築している。

【学位論文指導（副査）】

博士論文

1. バイオロボティクス専攻　今川　健太郎
「Study of Measurement-Integrated Simulation Design (計測融合シミュレーションの設計法に関する研究)」

修士論文

1. バイオロボティクス専攻　鈴木　恒俊
「超音波計測融合 3 次元血流シミュレーションシステムの開発」

【査読論文（査読付き国際会議論文集を含む）】

○平成 21 年（1 月～12 月）

1. Atsushi Shirai and Toshiyuki Hayase
"Numerical simulation of distribution of neutrophils in a lattice alveolar capillary network"
Respir. Physiol. & Neurobiol., Vol. 165, Issues 2-3, 143-153, (2009).



氏名　江原　真司

所属　工学研究科量子ｴﾈﾙｷﾞｰ工学専攻・准教授（博士(工学)）

専門　流体工学、熱工学、原子炉工学、核融合炉工学

研究課題

配管減肉現象の流動因子特定、曲がり配管における流動励起振動

E-mail：shinji.ebara@qse.tohoku.ac.jp

℡：022（795）7905

平成 21 年度における本グローバル COE プログラムに対する取り組み

研究協力者の研究分野では、流動により引き起こされ、また促進される物質輸送や圧力変動に関する現象の解明について取り組んできた。配管減肉に関しては流れ加速型腐食（FAC）と液滴衝撃エロージョン（LDI）について取り組んでおり、FAC では PIV システムによる可視化実験を、LDI については 100 m/s 超の高速気流を用い液滴発生実験を行ってきている。また曲がり配管における流動励起振動に関しては、レイノルズ数 100 万オーダーで試験可能な水流動試験装置を用い PIV システムによる可視化および圧力変動測定を行い、配管内流動の詳細と圧力変動特性の関連性の解明を行っている。

平成 21 年度の研究業績

【研究内容】

1. 流れ加速型腐食（FAC）に関する研究

実際の原子炉で FAC 発生の報告がある S 字状デュアルエルボ（90°エルボを S 字状に 2 つ接続したもの）を配管レイアウトに選択し、PIV システムによる可視化試験を行った。これまでは流入条件を発達乱流としてきたが今年度はバリエーションを持たせ、偏流、旋回流を流入条件として実験を行った。デュアルエルボ内の流れ場は流入条件に多大な影響を受けることが分かり、このことから FAC が発生しない、もしくは緩和される流入条件の存在が示唆された。

2. 液滴衝撃エロージョン（LDI）に関する研究

プラントの蒸気系配管で発生する LDI について、液膜からの液滴の発生に関する実験を行った。実際のプラントの高温高圧環境を模擬するのは困難であるため、粘性や表面張力等の物性値をコントロールすることで実機のシミュレーションを行うことを目指している。オリフィスを含む配管における液滴発生を実験的に模擬したところ、何もないストレート管に比べ発生する液滴が大きくなることが分かった。液滴サイズは管壁への衝撃力に甚大な影響を与えるため、オリフィスを含む配管では LDI リスクが大きくなることが示された。

3. 曲がり配管における流動励起振動に関する研究

曲がり配管における高レイノルズ数流れでは剥離に伴う圧力変動が生じ、これによりある特定の周波数で配管全体が振動することが懸念されている。これに対し本研究では、100 万オーダーのレイノルズ数を実現できる水流動試験装置を用い、PIV システムによる可視化および圧力変動測定を行うことで、剥離域およびその下流で圧力変動が大きくなることを明らかにした。より複雑な配管レイアウトを用いた実験も行っている。

【学位論文指導（副査）】

修士論文

1. 量子エネルギー工学専攻　佐藤司
   「高 Re 数におけるエルボ内流動・圧力場の実験的解明」
2. 量子エネルギー工学専攻　青柳光裕
   「三面複層コーティング流路における液体金属 MHD 圧力損失特性評価に関する研究」
3. 量子エネルギー工学専攻　狩野達也
   「沸騰水型原子炉のための統合炉心設計システムの開発と高精度化に関する研究」

氏名　竹島　由里子



所属　流体科学研究所・助教（博士（理学））
専門　コンピュータグラフィックス、可視化
研究課題 協調型視覚解析支援環境の開発
E-mail: takesima@vis.ifs.tohoku.ac.jp
TEL: 022(217)4438
（平成 22 年 4 月現在）流体科学研究所・講師

平成 21 年度における本グローバル COE プログラムに対する取り組み

本研究分野では、計測や数値計算によって得られる数値データを視覚的に解析するための可視化技術に関する研究を行ってきた。特に、これまでに研究を進めてきた視覚解析を行うユーザ（科学者や技術者）のための視覚解析支援環境の改良を進め、所内公開を行った。また、大規模粒子系の粒子配置支援システムの開発および高速可視化を実現した。

平成 21 年度の研究業績

【研究内容】

1. **協調型視覚解析支援環境の改良**
   データの性質やユーザの可視化目的に応じて、適した可視化技法を提示する視覚解析支援環境の改良を行った。また、その結果を反映して、本年度から所内公開を行っている。

2. **大規模粒子系の視覚解析支援**
   大規模粒子系の解析において、粒子の初期配置は重要な要素の一つである。高速に粒子を描画する手法を用いたグラフィカルユーザインタフェースを開発し、粒子配置を視覚的かつ対話的に行える環境を整えた。

3. **微分位相幾何学に基づく流れ場の可視化**
   本研究分野で以前より開発を進めている微分位相解析ツールを利用して、流れ場から特徴を抽出し、代表的な特徴である渦構造を強調するような可視化を実現した。本年度は対象データとして航空機の後方乱気流データを用い、視覚および力覚の2種類を用いて、渦構造を捉える方法を改良した。

【査読論文（査読付き国際会議論文集を含む）】

○平成 21 年（1 月～12 月）

1. Y. Ogawa, Y. Suzuki, Y. Takeshima, and I. Fujishiro
   Designing 6DOF haptic transfer functions for effective exploration of 3D diffusion tensor fields
   Proceedings of Third Joint Eurohaptics Conference and Symposium on Haptic Interfaces for Virtual Environment and Teleoperator Systems, (2009), pp. 470－475.
2. 竹島 由里子，藤代 一成，高橋 成雄，早瀬 敏幸
   微分位相強調型ボリュームレンダリングのための照明配置設計
   画像電子学会誌, Vol.38, No.4, (2009), pp.459-470.

【学術雑誌・専門書等（査読あり）】

○平成 21 年（1 月～12 月）

1. 画像電子学会誌

【本人の国際会議・学会・学術雑誌への発表（査読なし）】

○平成 21 年（1 月～12 月）

1. 星 陽介，竹島 由里子，藤代 一成，高橋 成雄，三坂 孝志，大林 茂
   後方乱気流の計測融合シミュレーションデータのリアライゼーション(1) 微分位相解析に基づく経

時的伝達関数の設計
日本機械学会東北支部第 44 期講演会, (2009), pp.212-213.

2. 槙 優一，竹島 由里子，藤代 一成，高橋 成雄，三坂 孝志，大林 茂
後方乱気流の計測融合シミュレーションデータのリアライゼーション(2) 非定常流れ場に対する力覚化の試み
日本機械学会東北支部第 44 期講演会, (2009), pp.214-215.
3. H. Anzai, Y. Takeshima, T. Nakayama, and M. Ohta
3D visualization of numerical simulation of blood flow on intracranial stent
Proceedings of International Intracranial Stent Meeting 2009, (2009), p.93.
4. H. Anzai, T. Nakayama, Y. Takeshima, and M. Ohta
3D visualization of numerical simulation of blood flow on intracranial stent
Proceedings of Third Switzerland-Japan workshop on Biomechanics 2009 (SLB 2009), (2009), p.72.
5. 竹島 由里子
視覚によるデータの探究
画像電子学会第 33 回秋季セミナー「ビジュアルコンピューティングの基礎と新展開」, (2009).
6. 千葉 鉄也，竹島 由里子，徳増　崇，藤代 一成
大規模粒子系可視化における時間重視レンダリングの実現
日本機械学会 2009 年度年次大会講演論文集, Vol. 6, (2009), pp. 95-96.
7. 安西　眸，竹島 由里子，奥野 健二郎，中山 敏男，太田　信
3 次元可視化システムを用いた血流数値解析の可視化
日本機械学会 2009 年度年次大会講演論文集, Vol. 6, (2009), pp. 177-178.
8. I. Fujishiro, Y. Takeshima, S. Obayashi, and T. Hayase
Realizing scalable visualization through hierarchical provenance management
Proceedings of The Ninth International Symposium on Advanced Fluid Information and Transdisciplinary Fluid Integration, (2009), pp.106－107.
9. Y. Takeshima, Y. Hoshi, Y. Maki, I. Fujishiro, S. Takahashi, T. Misaka, and S. Obayashi
Topologically-accentuated realization of wake turbulence datasets
Proceedings of The Ninth International Symposium on Advanced Fluid Information and Transdisciplinary Fluid Integration, (2009), pp.128－129.

【学生の国際会議・学会・学術雑誌への発表】

○平成 21 年（1 月～12 月）

1. Y. Ogawa, Y. Suzuki, Y. Takeshima, and I. Fujishiro
Designing 6DOF haptic transfer functions for effective exploration of 3D diffusion tensor fields
Proceedings of Third Joint Eurohaptics Conference and Symposium on Haptic Interfaces for Virtual Environment and Teleoperator Systems, (2009), pp. 470－475.

氏名　青木　秀之



所属 工学研究科化学工学専攻・准教授（工学博士）
専門 化学工学、伝熱工学、燃焼工学
研究課題
化学反応を伴う熱流体解析・材料合成
E-mail: aoki@tranpo.che.tohoku.ac.jp
TEL: 022(795)7251

平成 21 年度における本グローバル COE プログラムに対する取り組み

同講座事業推進担当者である三浦教授とともに、燃焼熱流体解析・実験、気相材料合成解析関連研究に従事した。

平成 21 年度の活動（シンポジウム・国際会議の主催を含む）

名　　称：Sixth International Conference on Flow Dynamics
主催団体：グローバル COE プログラム「流動ダイナミクス知の融合教育研究世界拠点」
開 催 国：日　本
開催期間：2009.11.4 ～ 2009.11.6
役　　割：Organizing Committee Member

平成 21 年度の研究業績

【研究内容】

1. 気相中でのナノ粒子合成プロセスの制御を高度化することにより、ナノ微粒子の構造を設計することを目的として研究を実施している。対象は炭化水素を原料とするカーボンブラック凝集体であり、対象とする出発物質をベンゼンとして現象解明に取り組んでいる。ベンゼンの熱分解により生成する炭素核粒子は気相中でランダムな凝集を繰り返しながらナノサイズまで成長し、一次粒子を形成しながら一次粒子同士の合体融合が進行する。今年度はカーボンブラック製造炉で製造した粒子をサンプリングし、温度条件を仮定した計算結果と比較した。その結果、炉内温度の上昇に伴う凝集体形状の複雑化において、粒子の平均熱速度および粒子数密度の増加は凝集体形状の複雑化に寄与する因子であり、一次粒子径の減少は粒子の平均熱速度および粒子数密度の増加に大きく寄与するため、間接的に凝集体形状の複雑化に寄与していることが示された。従ってファーネス法における凝集体の形状制御において一次粒子径がもっとも重要な因子であることが示された。

【査読論文（査読付き国際会議論文集を含む）】

○平成 21 年（1 月～2 月）

1. Hirotatsu Watanabe, Takuji Harada, Yohsuke Matsushita, Hideyuki Aoki and Takatoshi Miura
   The characteristics of puffing of the carbonated emulsified fuel,
   International Journal of Heat and Mass Transfer, 52, pp. 3676-3684 (2009)
2. 照井光輝, 廣澤寿幸, 三宮豊, 松下洋介, 青木秀之, 三浦隆利, 川上理亮
   水蒸気含有水素による $MmNi_5$ 系水素吸蔵合金の長時間劣化に関する実験的検討
   化学工学論文集, 35-(4), pp. 396-402 (2009)
3. 三宮豊, 廣澤寿幸, 照井光輝, 菊池都士, 松下洋介, 青木秀之, 三浦 隆利, 川上理亮
   $MmNi_5$ 系水素吸蔵合金の水素吸放出速度に及ぼす拡散係数および粒子条件の影響
   化学工学論文集, 35-(5), pp. 557-565 (2009)

【学術雑誌・専門書等（査読あり）】

○平成 21 年（1 月～2 月）

1. International Journal of Heat and Mass Transfer
2. 化学工学論文集

【本人の国際会議・学会・学術雑誌への発表（査読なし）】

○平成 21 年（1 月～2 月）

1. Yasuhiro Saito, Kotaro Yasumura, Yohsuke Matsushita, Hideyuki Aoki and Takatoshi Miura
   Comparison of SIMPLE and SIMPLER Algorithms with Different Time Step in Unsteady-steady Cavity Flow (Invited)
   Frontier of Energy Flow Dynamics in Atomistic and Electronic Scale, S-1, Sendai, Japan, Febrary 26-27 (2009)
2. 安村光太郎，齋藤泰洋，松下洋介，青木秀之，三浦隆利，小笠原慎，大黒正敏，稲村隆夫
   超高速回転噴霧塗装機におけるベルカップ周りの空気流動解析
   第 11 回化学工学会学生発表会（郡山大会）講演要旨集, p.　20, 郡山, 3 月 7 日（2009）
3. 照井光輝，廣澤寿幸，松下洋介，青木秀之，三浦隆利，川上理亮
   水蒸気により劣化した水素吸蔵合金の水素吸蔵特性に関する速度論的検討,
   第 4 回宮城化学工学懇話会先端研究発表会, A109, 仙台, 3 月 9 日（2009）
4. 渡邉圭介，田中翔，松下洋介，青木秀之，三浦隆利，宗兼史典
   CVD 反応器を対象とした熱流体と粒子成長の連成解析
   第 4 回宮城化学工学懇話会先端研究発表会, A110, 仙台, 3 月 9 日（2009）
5. 齋藤泰洋，安村光太郎，松下洋介，青木秀之，三浦隆利
   角柱周りに発生する非定常カルマン渦流れを対象とした SMAC と SIMPLE の比較
   第 4 回宮城化学工学懇話会先端研究発表会, A111, 仙台, 3 月 9 日（2009）
6. 渡邉圭介，田中翔，松下洋介，青木秀之，三浦隆利，宗兼史典
   CVD 反応器内の流れ場および温度場を考慮した粒子成長の数値解析
   化学工学会第 74 年会講演要旨集, L109, 横浜, 3 月 18-20 日（2009）
7. 齋藤泰洋，安村光太郎，松下洋介，青木秀之，三浦隆利，小笠原慎，大黒正敏，稲村隆夫
   角柱周りの非定常流れを対象とした圧力・速度場カップリングスキームの比較
   化学工学会第 74 年会講演要旨集, L113, 横浜, 3 月 18-20 日（2009）
8. 照井光輝，廣澤寿幸，松下洋介，青木秀之，三浦隆利，川上理亮
   $MmNi_5$ 系水素吸蔵合金の水蒸気含有水素による劣化機構の速度論的検討
   化学工学会第 74 年会講演要旨集, L120, 横浜, 3 月 18-20 日（2009）
9. Yohsuke Matsushita, Keiko Yoshida, Hideyuki Aoki, Takatoshi Miura
   Numerical Analysis of Mass Transfer around a Single Pulverized Coal Particle during Combustion
   4th European Combustion Meeting (ECM2009), P811420, April 14-17, Vienna, Austria (2009)
10. 池内慶，松下洋介，青木秀之，三浦隆利，高橋健司，千葉陽一
    吸収式冷凍機において熱交換器が冷却性能に及ぼす影響の検討
    第 9 回日本伝熱学会学生発表会講演論文集, pp. 9-10, 仙台, 5 月 8 日（2009）
11. 田中翔，渡邉圭介，松下洋介，青木秀之，三浦隆利
    オパシメータを用いたディーゼル排ガス中のすす濃度測定に関する実験的検討
    第 9 回日本伝熱学会学生発表会講演論文集, pp. 13-14, 仙台, 5 月 8 日（2009）
12. 鈴木芳行，原田拓自，渡部弘達，松下洋介，青木秀之，三浦隆利
    W/O 型エマルジョン燃料液滴の加熱過程における油中水滴径が 2 次微粒化に及ぼす影響
    第 9 回日本伝熱学会学生発表会講演論文集, pp. 21-22, 仙台, 5 月 8 日（2009）
13. 安村光太郎，齋藤泰洋，松下洋介，青木秀之，三浦隆利，小笠原慎，大黒正敏，五十嵐貴之，稲村隆夫
    超高速回転噴霧塗装機のベルカップ周りの旋回乱流場における噴霧流解析
    第 9 回日本伝熱学会学生発表会講演論文集, pp. 23-24, 仙台, 5 月 8 日（2009）
14. 鈴木芳行，原田拓自，渡部弘達，松下洋介，青木秀之，三浦隆利
    W/O 型エマルジョン液滴の加熱過程における昇温速度が油中水滴の凝集に及ぼす影響
    第 46 回日本伝熱シンポジウム講演論文集, G-1104, 京都, 6 月 2-4 日（2009）
15. S. Ogasawara, M. Daikoku, T. Inamura, Y. Saito, Y. Matsushita, H. Aoki and T. Miura
    Atomization of Liquid Issued from An Ultra High-Speed Rotary Bell
    Proceedings of 11th International Conference on Liquid Atomization and Spray Systems, 111, Colorado, USA, July 26-30 (2009)

16. 松下洋介, 吉田恵子, 青木秀之, 三浦隆利
燃焼時における単一チャー粒子周りを対象とした熱・物質移動解析
第 18 回日本エネルギー学会大会講演要旨集, pp. 26-27, 札幌, 7 月 30, 31 日 (2009)
17. Yohsuke Matsushita, Hideto Hagiya, Hideyuki Aoki, Takatoshi Miura
An Investigation of Turbulent Flow in a Staggered Tube Bundle with Experiment, Microscopic, and Macroscopic Turbulence Models
8th International Conference on Sustainable Energy Technologies (SET2009), 212, Aachen, Germany, August 31-September 3 (2009)
18. 安村光太郎, 齋藤泰洋, 松下洋介, 青木秀之, 三浦隆利, 小笠原慎, 大黒正敏, 五十嵐貴之, 稲村隆夫
超高速回転噴霧塗装機における静電場が塗着効率に及ぼす影響の数値解析
第 5 回宮城化学工学懇話会先端研究発表会, A105, 仙台, 9 月 8 日 (2009)
19. 鈴木芳行, 原田拓自, 渡部弘達, 松下洋介, 青木秀之, 三浦隆利
W/O 型エマルジョン燃料液滴中における油中水滴の凝集と 2 次微粒化の相関
第 5 回宮城化学工学懇話会先端研究発表会, A106, 仙台, 9 月 8 日 (2009)
20. 五十嵐貴之, 稲村隆夫, 柳岡英樹, 斎藤秦洋, 安村光太郎, 小笠原慎
回転ベルカップアトマイザーにより生成される気流および噴霧の可視化
日本機械学会 2009 年度年次大会, G0501-2-5, 盛岡, 9 月 13 日-9 月 16 日 (2009)
21. 千葉陽一, 高橋健司, 池内慶, 松下洋介, 青木秀之, 三浦隆利
DFR 熱交換器の伝熱特性-構造と特性-
化学工学会第 41 回秋季大会講演要旨集, P306, 広島, 9 月 16-18 日 (2009)
22. 鈴木芳行, 原田拓自, 渡部弘達, 松下洋介, 青木秀之, 三浦隆利
W/O 型エマルジョン燃料液滴の加熱過程における 2 次微粒化発生機構の検討
化学工学会第 41 回秋季大会講演要旨集, P307, 広島, 9 月 16-18 日 (2009)
23. 安村光太郎, 齋藤泰洋, 松下洋介, 青木秀之, 三浦隆利, 小笠原慎, 大黒正敏, 五十嵐貴之, 稲村隆夫
静電場を考慮した超高速回転噴霧塗装機の噴霧流解析
化学工学会第 41 回秋季大会講演要旨集, P309, 広島, 9 月 16-18 日 (2009)
24. 鈴木芳行, 原田拓自, 渡部弘達, 松下洋介, 青木秀之, 三浦隆利
環境汚染物質削減を目的としたエマルジョン燃料における最適乳化条件の検討
廃棄物資源循環学会東北支部第 2 回研究発表会講演要旨集, pp. 19-20, 仙台, 10 月 16 日 (2009)
25. Y. Saito, K. Yasumura, Y. Matsushita, H. Aoki, T. Miura, S. Ogasawara, M. Daikoku, T. Igarashi, K. Matsuyama, M. Shirota and T. Inamura
An Investigation of the Features of SMAC and SIMPLE for Incompressible Unsteady-state Fluid Flow Solutions
6th International conference on Fluid Dynamics, pp. 224-225, Sendai, Japan, November 4-6 (2009)
26. K. Yasumura, Y. Saito, Y. Matsushita, H. Aoki, T. Miura, S. Ogasawara, M. Daikoku, T. Igarashi, K. Matsuyama, M. Shirota and T. Inamura
A Numerical Investigation of the Effect of the Size of Painting Droplets of Transfer Efficiency with Rotary Bell-cup Atomizer
6th International conference on Fluid Dynamics, pp. 240-241, Sendai, Japan, November 4-6 (2009)
27. 渡部弘達, 鈴木芳行, 原田拓自, 松下洋介, 青木秀之, 三浦隆利
W/O エマルジョン燃料滴のミクロ爆発時に発生する水蒸気量の計算式の提案
熱工学コンファレンス講演論文集, pp. 23-24, 宇部, 11 月 6-7 日 (2009)
28. 川上理亮, 増田正夫, 高橋惇, 前田哲彦, 中納暁洋, 丹下学, 松下洋介, 青木秀之, 三浦隆利
建築設備用水素利用システムにおける水素吸蔵合金タンクに関する研究 ―システムの運用評価と設計検討―
熱工学コンファレンス講演論文集, pp. 109-110, 宇部, 11 月 6-7 日 (2009)
29. 新山智史, 児島芳徳, 星野雄将, 鎌田美志, 松下洋介, 青木秀之, 三浦隆利
水エマルジョン燃料の燃焼における炉内伝熱特性
第 47 回燃焼シンポジウム講演論文集, pp. 176-177, 札幌, 12 月 2-4 日 (2009)
30. 星野雄将, 鎌田美志, 新山智史, 児島芳徳, 松下洋介, 青木秀之, 三浦隆利

コモンレールインジェクタの定置型燃焼炉への適用と燃焼特性
第 47 回燃焼シンポジウム講演論文集, pp. 270-271, 札幌, 12 月 2-4 日 (2009)

31. 渡部弘達, 原田拓自, 鈴木芳行, 松下洋介, 青木秀之, 三浦隆利
CO_2 エマルジョン燃料のパッフィング特性に関する実験的検討
第 47 回燃焼シンポジウム講演論文集, pp. 476-477, 札幌, 12 月 2-4 日 (2009)
32. 鈴木芳行, 原田拓自, 渡部弘達, 松下洋介, 青木秀之, 三浦隆利
界面活性剤の構造がエマルジョン燃料の乳化特性および 2 次微粒化特性に及ぼす影響
第 47 回燃焼シンポジウム講演論文集, pp. 480-481, 札幌, 12 月 2-4 日 (2009)
33. 青山光太郎, 安藤尋樹, 早津昌樹, 松下洋介, 青木秀之, 三浦隆利
NH_3 ガス注入排ガス SO_3 処理法におけるダスト付着性低減条件の検討
第 47 回燃焼シンポジウム講演論文集, pp. 562-563, 札幌, 12 月 2-4 日 (2009)
34. 松山和樹, 五十嵐貴之, 城田農, 稲村隆夫, 齋藤泰洋, 安村光太郎, 松下洋介, 青木秀之, 三浦隆利, 小笠原慎, 大黒正敏
回転ベルカップアトマイザーの噴霧特性に与えるシェイピングエアー噴出口形状の影響
第 18 回微粒化シンポジウム, D-1, 福岡, 12 月 17-18 日 (2009)
35. 安村光太郎, 齋藤泰洋, 松下洋介, 青木秀之, 三浦隆利, 小笠原慎, 大黒正敏, 五十嵐貴之, 松山和樹, 城田農, 稲村隆夫
高速回転ベルカップを用いた噴霧塗装における内部再循環流が噴霧粒子挙動に及ぼす影響の数値解析
第 18 回微粒化シンポジウム, G-1, 福岡, 12 月 17-18 日 (2009)
36. 小笠原慎, 大黒正敏, 五十嵐貴之, 松山和樹, 城田農, 稲村隆夫, 齋藤泰洋, 安村光太郎, 松下洋介, 青木秀之, 三浦隆利
超高速回転体による微粒化特性 - 第 2 報　液膜の流動特性と微粒化特性
第 18 回微粒化シンポジウム, G-3, 福岡, 12 月 17-18 日 (2009)

【学生の国際会議・学会・学術雑誌への発表】

○平成 21 年（1 月～2 月）

1. Hirotatsu Watanabe, Takuji Harada, Yohsuke Matsushita, Hideyuki Aoki and Takatoshi Miura
The characteristics of puffing of the carbonated emulsified fuel
International Journal of Heat and Mass Transfer , 52, pp. 3676-3684 (2009)
2. 照井光輝, 廣澤寿幸, 三宮豊, 松下洋介, 青木秀之, 三浦隆利, 川上理亮
水蒸気含有水素による $MmNi_5$ 系水素吸蔵合金の長時間劣化に関する実験的検討
化学工学論文集 , 35-(4), pp. 396-402 (2009)
3. 三宮豊, 廣澤寿幸, 照井光輝, 菊池都士, 松下洋介, 青木秀之, 三浦 隆利, 川上理亮
$MmNi_5$ 系水素吸蔵合金の水素吸放出速度に及ぼす拡散係数および粒子条件の影響
化学工学論文集 , 35-(5), pp. 557-565 (2009)

【本人の受賞・特許等】

○平成 21 年（1 月～2 月）

受 賞 名：平成 20 年度社団法人日本エネルギー学会進歩賞
受 賞 年：2009.2.24

受 賞 名：日本鉄鋼協会第 157 回春季講演大会学生ポスターセッション努力賞
受 賞 年：2009.3.29

受 賞 名：第 9 回日本伝熱学会学生発表会優秀プレゼンテーション賞
受 賞 年：2009.5.8

受 賞 名：第 46 回日本伝熱シンポジウム優秀プレゼンテーション賞
受 賞 年：2009.6.3

受 賞 名：第 1 回 UCEE ネット活性化アイディアコンテスト佳作
受 賞 年：2009.7.4

受 賞 名：第 2 回流動ダイナミクス国際若手研究発表会最優秀賞
受 賞 年：2009.7.10

受 賞 名：第 5 回宮城化学工学懇話会先端研究発表会最優秀発表賞
受 賞 年：2009.9.8

受 賞 名：the 6th International Conference on Fluid Dynamics Best Award
受 賞 年：2009.11.6

受 賞 名：the 6th International Conference on Fluid Dynamics Outstanding Award for Research
受 賞 年：2009.11.6

【学生の受賞・特許等】

○平成 21 年（1 月～2 月）

獲得者名：山崎義昭, 林崎秀幸, 松下洋介, 青木秀之, 三浦隆利
受 賞 名：日本鉄鋼協会第 157 回春季講演大会学生ポスターセッション努力賞
受 賞 年：2009

獲得者名：安村光太郎, 齋藤泰洋, 松下洋介, 青木秀之, 三浦隆利, 小笠原慎, 大黒正敏, 五十嵐貴之, 稲村隆夫
受 賞 名：第 9 回日本伝熱学会学生発表会優秀プレゼンテーション賞
受 賞 年：2009

獲得者名：鈴木芳行, 原田拓自, 渡部弘達, 松下洋介, 青木秀之, 三浦隆利
受 賞 名：第 46 回日本伝熱シンポジウム優秀プレゼンテーション賞
受 賞 年：2009

獲得者名：齋藤泰洋
受 賞 名：第 1 回 UCEE ネット活性化アイディアコンテスト佳作
受 賞 年：2009

獲得者名：齋藤泰洋, 安村光太郎, 松下洋介, 青木秀之, 三浦隆利
受 賞 名：第 2 回流動ダイナミクス国際若手研究発表会最優秀賞
受 賞 年：2009

獲得者名：安村光太郎, 齋藤泰洋, 松下洋介, 青木秀之, 三浦隆利, 小笠原慎, 大黒正敏, 五十嵐貴之, 稲村隆夫
受 賞 名：第 5 回宮城化学工学懇話会先端研究発表会最優秀発表賞
受 賞 年：2009

獲得者名：Y. Saito, K. Yasumura, Y. Matsushita, H. Aoki, T. Miura, S. Ogasawara, M. Daikoku, T. Igarashi, K. Matsuyama, M. Shirota and T. Inamura
受 賞 名：The 6th International Conference on Fluid Dynamics Best Award
受 賞 年：2009

獲得者名：K. Yasumura, Y. Saito, Y. Matsushita, H. Aoki, T. Miura, S. Ogasawara, M. Daikoku, T. Igarashi, K. Matsuyama, M. Shirota and T. Inamura
受 賞 名：The 6th International Conference on Fluid Dynamics Outstanding Award for Research
受 賞 年：2009

【学生の研究費の獲得】

獲得者名：齋藤泰洋
名　　称：東北大学グローバル COE 特別研究員奨励費



氏名　佐藤　岳彦

所属　流体科学研究所・准教授（博士（工学））

専門　流体工学

研究課題

大気圧プラズマ流によるラジカル生成輸送機構と生体反応

E-mail: sato@ifs.tohoku.ac.jp

TEL: 022(217)5320

平成 21 年度における本グローバル COE プログラムに対する取り組み

研究協力者の研究分野では、反応流動に関する大気圧プラズマ流のラジカル生成輸送機構の解明とバイオ・医療への応用について取り組んできた。これまでに、大気圧水蒸気プラズマ流における OH、 O などのラジカルの生成輸送により、医療用指標菌を死滅が可能であることを明らかにしてきた。本年度では、これらの研究を基礎に水とプラズマの気液反応機構の解明や次世代の低温滅菌装置を目指した「プラズマオートクレーブ」の開発を進めた。

平成 21 年度の活動（シンポジウム・国際会議の主催を含む）

＜特別講演＞

講 演 先：Swiss Federal Institute of Technology Lausanne (EPFL)
講演題目：Effect of Plasma Generation on Characteristics of Water and Its Mechanism
講 演 日：2009.10.9

＜国際会議＞

講 演 先：9th International Symposium on Advanced Fluid Information and Transdisciplinary Fluid Integration
講演題目：Mechanism of Radical Generation and Sterilization by a Plasma Flow at Atmospheric Pressure
講 演 日：2009.11.5

講 演 先：9th International Symposium on Advanced Fluid Information and Transdisciplinary Fluid Integration
講演題目：Mechanism of Bubble Generation and Disappearance by Plasma
講 演 日：2009.11.5

講 演 先：9th International Symposium on Advanced Fluid Information and Transdisciplinary Fluid Integration
講演題目：Production of Complex Plasma at Atmospheric Pressure
講 演 日：2009.11.5

講 演 先：9th International Symposium on Advanced Fluid Information and Transdisciplinary Fluid Integration
講演題目：Development of Bubble Generation Method by Plasma
講 演 日：2009.11.5

＜国際ワークショップ＞

講 演 先：International Workshop on Plasmas with Liquids (IWPL 2010)
講演題目：Characteristics of a Plasma Flow Generated in Pure Water Vapor at Atmospheric Pressure and Its Sterilization Efficacy
講 演 日：2010.3.23

平成 21 年度の研究業績

【研究内容】

1. 大気圧プラズマ流の気液反応機構
大気圧プラズマ流を水中で形成した時に発生する化学種の同定や反応機構について検討を行った。特に、印加電圧の極性による違いを明らかにし、放電形態の違いが要因であることを明らかにした。

2. プラズマオートクレーブの開発
大気圧で 100℃の水蒸気中にプラズマを生成し、広範囲で滅菌が出来る装置の開発に取り組んだ。一般に水蒸気中における放電は困難であり、フィラメント状の放電になることが多い。本研究では、電極近傍でグロー状の放電を形成することに成功した。

【学位論文指導（副査）】

修士論文

1. 機械システムデザイン工学専攻　大泉　雅伸
「水中プラズマによる気液反応流動機構」
2. 航空宇宙工学専攻　Bossard Pierre-Edouard Alain Albert
「Ignition Characteristics of Plasma Jet Using Ar-based Mixed Feedstock（アルゴンをベースにした作動ガスを用いたプラズマジェットの着火特性）」

【査読論文（査読付き国際会議論文集を含む）】

○平成 21 年（1 月～12 月）

1. Takehiko Sato, Osamu Furuya and Tatsuyuki Nakatani
Characteristics of Nonequilibrium Plasma Flow and its Sterilization Efficacy in a Tube at Atmospheric Pressure
IEEE Transactions on Industry Applications, Vol.45, No.1, pp.44-49, (2009)
2. Takashi Miyahara, Shiroh Ochiai and Takehiko Sato
Interaction Mechanism between a Post-Discharge Flow and Water Surface
Europhysics Letters, Vol.86, No.4, pp.45001-1-45001-6, (2009)
3. T. Antonova, B. M. Annaratone, J. E. Allen, T. Sato, H. M. Thomas and G. E. Morfill
Study of 3D Plasma Clusters' Environment by Emission Spectroscopy
New Journal of Physics, Vol.11, No.11, 113023-1-113023-13, (2009)
4. Takehiko Sato, Shiroh Ochiai and Takuya Urayama
Generation and Transport Mechanisms of Chemical Species by a Post-Discharge Flow for Inactivation of Bacteria
New Journal of Physics, Vol.11, No.11, 115018-1-115018-12, (2009)
5. Tetsuji Shimizu, Tetyana Nosenko, Gregor Eugen Morfill, Takehiko Sato, Hans-Ulrich Schmidt and Takuya Urayama
Characterization of Low-Temperature Microwave Plasma Treatment With and Without UV Light for Disinfection
Plasma Processes and Polymers, (2009), in press, DOI: 10.1002/ppap.200900085
6. 佐藤岳彦（分担），日本学術振興会プラズマ材料科学第153委員会編
大気圧プラズマ　基礎と応用
第 5 章モデリングとシミュレーション, 5.5 流動および伝熱現象のシミュレーション, 第 6 章応用, 6.8 バイオ応用, 6.8.1 プラズマ医療, オーム社, 254-260, 371-376, 395-396 頁, (2009)
7. 佐藤岳彦
プラズマ滅菌（解説）
静電気学会誌, 第 33 巻, 4 号, 137-141 頁, (2009)

【学術雑誌・専門書等（査読あり）】

○平成 21 年（1 月～12 月）

1. IEEE Transactions on Industry Applications
2. Europhysics Letters
3. New Journal of Physics（２件）

4. Plasma Processes and Polymers
5. 静電気学会誌
6. 大気圧プラズマ　基礎と応用（オーム社）

【本人の国際会議・学会・学術雑誌への発表（査読なし）】

〇平成 21 年（1 月～12 月）

1. 佐藤岳彦
   大気圧プラズマ流による滅菌技術の開発（解説）
   クリーンテクノロジー, 19 巻, 8 号 (2009), 41-45 頁
2. Takehiko Sato
   Generation and Transportation Mechanisms of Chemical Species by an Atmospheric Plasma Flow in a Tube for Sterilization
   Abstracts of Global COE Program International Symposium of Experiment-Integrated Computational Chemistry on Multiscale Fluidics (ECCMF), p.17, (2009)
3. Tetsuji Shimizu, T. Nosenko, Takehiko Sato, Rene Pompl, H. Schmidt, Shuitsu Fujii, and Gregor Morfill
   Small Microwave Plasma Torch for Disinfection
   Abstracts of 2nd International Conference on Plasma Medicine (ICPM-2), p.63, (2009)
4. Takehiko Sato and Takeshi Furui
   Mechanism of Sterilization by Steam Plasma Flow at Atmospheric Pressure for Innovative Autoclave
   Abstracts of 2nd International Conference on Plasma Medicine (ICPM-2), p.77, (2009)
5. Masanobu Oizumi, Takehiko Sato, Takashi Miyahara and Tatsuyuki Nakatani
   Effect of Applied Voltage Polarity on Water Characteristics in Aqueous Plasma
   第 22 回プラズマ材料科学シンポジウム(SPSM-2)アブストラクト集, (2009), 7 頁
6. Takashi Miyahara, Shiroh Ochiai, and Takehiko Sato
   Mechanism of Radical Generation and Sterilization by a Plasma Flow at Atmospheric Pressure
   Proceedings of 9th International Symposium on Advanced Fluid Information and Transdisciplinary Fluid Integration, pp.60-61, (2009)
7. Tetsuji Shimizu, Takehiko Sato, and Gregor E. Morfill
   Analysis of Reactive Species in a Plasma Flow for Medical Treatment
   Proceedings of the 9th International Symposium on Advanced Fluid Information and Transdisciplinary Fluid Integration, pp.66-67, (2009)
8. Takehiko Sato, Masanobu Oizumi, M. Tinguely and Mohamed Farhat
   Mechanism of Bubble Generation and Disappearance by Plasma
   Proceedings of the 9th International Symposium on Advanced Fluid Information and Transdisciplinary Fluid Integration, pp.90-91, (2009)
9. Takehiko Sato, Yutaka Iwafuchi, Tetsuji Shimizu and Gregor E. Morfill
   Production of Complex Plasma at Atmospheric Pressure
   Proceedings of the 9th International Symposium on Advanced Fluid Information and Transdisciplinary Fluid Integration, pp.92-93, (2009)
10. Takehiko Sato, Masanobu Oizumi, Takashi Miyahara and Tatsuyuki Nakatani
    Development of Bubble Generation Method by Plasma
    Proceedings of the 9th International Symposium on Advanced Fluid Information and Transdisciplinary Fluid Integration, pp.102-103, (2009)
11. 佐藤岳彦, 古居剛
    大気圧水蒸気プラズマ流の OH ラジカル生成輸送機構と滅菌特性
    日本機械学会第 19 回環境工学総合シンポジウム 2009 講演論文集, No.09-13, 281-282 頁, (2009)
12. 佐藤岳彦，大泉雅伸，宮原高志，中谷達行
    水中プラズマによる水の特性変化への印加電圧極性の影響
    電気学会プラズマ技術委員会プラズマ研究会資料, 33-36 頁, (2009)
13. 佐藤岳彦，古居剛
    大気圧水蒸気プラズマ流による滅菌機構

第 33 回静電気学会全国大会講演論文集'09, 111-112 頁, (2009)

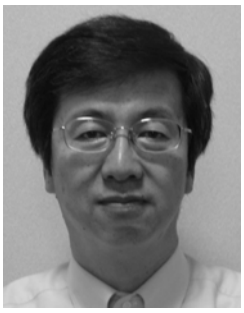
14. 佐藤岳彦, 落合史朗, 浦山卓也
大気圧プラズマ流の超微弱発光可視化による機能性化学種の生成輸送解析
可視化情報学会全国講演会（米沢 2009）講演論文集, 287-288 頁, (2009)
15. 佐藤岳彦, 落合史朗, 宮原高志
大気圧アルゴンプラズマ流と水の干渉機構
日本機械学会熱工学コンファレンス 2009 講演論文集, No.09-33, 101-102 頁, (2009)
16. 浦山卓也, 藤井修逸, 佐藤岳彦, 清水鉄司, R. Pompl, B. Steffes, G. E. Morfill
マイクロ波大気圧プラズマシステムの医療応用
日本機械学会環境工学部門大気圧プラズマ流による人間環境保全技術に関する研究分科会成果報告書, 191-193 頁, (2009)
17. 佐藤岳彦, 宮原高志, 浦山卓也, 中谷達行
大気圧プラズマ流による滅菌機構および医療分野への展開
日本機械学会環境工学部門大気圧プラズマ流による人間環境保全技術に関する研究分科会成果報告書, 202-206 頁, (2009)
18. 宮原高志, 佐藤岳彦
大気圧プラズマ流と水野干渉機構
日本機械学会環境工学部門大気圧プラズマ流による人間環境保全技術に関する研究分科会成果報告書, 223-226 頁, (2009)

【本人のマスコミ発表等】

○平成 21 年（1 月～12 月）

「東北大学の新世紀」プラズマ効果を運ぶ流れ, 東日本放送, (2009.6.15)

氏名　三浦　英生



所属 工学研究科附属エネルギー安全科学国際研究センター・教授
（博士（工学））
専門 強度信頼性
研究課題
ナノ構造体強度信頼性研究
E-mail: hmiura@rift.mech.tohoku.ac.jp
TEL: 022(795)6986

平成 21 年度における本グローバル COE プログラムに対する取り組み

研究協力者の研究分野では、原子力プラント用容器や配管から半導体デバイスにまで渡る固体材料の特に酸化物と金属材料界面近傍における材質劣化を支配する構成元素の拡散挙動に及ぼす点欠陥とひずみの相互作用の解明と、信頼性向上のための新材料設計および試作評価をについて取り組んできた。異種材料界面において界面と平行方向に引張ひずみが作用した場合に、酸化物の化学量論的組成がくずれることで構成元素の異方的増速拡散挙動が生じ、加速度的の材料の劣化が進行することなどを原子レベルシミュレーションで明らかにしている。さらに、放射光研究施設(SPring-8)を活用し解析結果の実証研究も推進している。

平成 21 年度の活動（シンポジウム・国際会議の主催を含む）

＜国際会議＞

名　　称：International Workshop on Fracture and Reliability of Energy Power Plants
主催団体：Fracture and Reliability Research Institute, Graduate School of Engineering, Tohoku University
開 催 国：日　本
開催期間：2009.6.4～2009.6.5
役　　割：General Chair

名　　称：The ASME Pacific Rim Technical Conference and Exhibition on Integration and Packaging of Micro, Nano, and Electronic Systems
主催団体：ASME
開 催 国：米　国
開催期間：2009.7.19～2009.7.23
役　　割：Track Chair & International Technical Committee

名　　称：International Microsystems, Packaging, Assembly and Circuits Technology (IMPACT) conference
主催団体：IEEE
開 催 国：台　湾
開催期間：2009.10.21～2009.10.23
役　　割：International Technical Committee

名　　称：Miniworkshop on Materials Science for Gas Turbine Systems
主催団体：Ecole des Mines de Paris, Tohoku University
開 催 国：仏蘭西
開催期間：2009.11.2～2009.11.3
役　　割：General Chair

＜基調講演＞
講 演 先：第 39 回信頼性・保全性シンポジウム
講演題目：MEMS の実装と構造信頼性
講 演 日：2009.7.13

講 演 先：Ecole-des-Mines-de-Paris-Tohoku Miniworkshop on Materials Science for Gas Turbine Systems
講演題目：Nondestructive Evaluation of Creep and Fatigue Damages in NI-base Siperalloys Uisng a Scanning Laser Microscope
講 演 日：2009.11.3

＜招待講演＞
講 演 先：International Conference on Electronic Packaging (ICEP2009)
講演題目：Effect of the Growth of the Intermetallic Compounds on the reliability of lead-free fine bump joints
講 演 日：2009.4.14

講 演 先：International Workshop on Fracture and Reliability of Energy Power Plants
講演題目：NDE & T for Ni-base superalloy using a scanning blue laser microscope
講 演 日：2009.6.5

講 演 先：The ASME Pacific Rim Technical Conference and Exhibition on Integration and Packaging of Micro, Nano, and Electronic Systems
講演題目：Control of the Growth of the Intermetallic Compound for mechanical and electrical reliability of fine bump joints
講 演 日：2009.7.22

講 演 先：International Conference on Fracture and Damage Mechanics 2009
講演題目：Creep and fatigue damages of Ni-base- superalloy caused by strain-induced anisotropic diffusion of component elements
講 演 日：2009.9.9

講 演 先：IEEE International Conf. on Electronic Materials and Packaging 2009
講演題目：Effect of Micro-Texture of Electroplated Copper Thin Flms on Their Mechanical and Electrical Properties
講 演 日：2009.10.24

平成 21 年度の研究業績
【研究内容】
1. 次世代半導体デバイス用高誘電率材料システム
次世代半導体デバイス用の高誘電率薄膜の物性損傷メカニズムとして、不純物として取り込まれる炭素と余剰酸素の影響を量子分子動力学解析を応用して定量的に解明した。また、金属電極界面近傍における格子不整合起因のひずみ場と当該不純物の相互作用に基づく界面健全性の損傷メカニズムを解明するとともに、高信頼プロセスを提案し、その有効性を放射光実験等により実証した。(IEEE Best Paper (Student Category)賞受賞)

2. ガスタービン用耐熱合金設計評価
地球温暖化防止のため、ガスタービン燃焼ガスの高温化（1450℃⇒1700℃）を実現する上で必須課題であるタービン動翼用耐熱合金の高温損傷メカニズムを量子分子動力学解析技術を応用して解明した。また、ひずみと添加元素の相互作用に基づく異方的な特定元素の増速拡散挙動の存在を薄膜積層構造試験片を用いて実証した。さらに、拡散制御を実現する添加元素を量子分子動力学解析手法を応用して提案した。(ASME Best Poster 賞受賞)

3. ナノスケール半導体プロセス応力変動モニタリングシステム
21 世紀のユビキタス社会の高度化を目的とした次世代三次元実装システムの提案を行った。特にひずみ制御による高性能トランジスタ構造設計指針を提案し、薄膜プロセス中のガス流動ゆらぎに基づく膜中真性応力変動を In-situ モニタリングするセンサシステムを開発した。(IEEE Best Student Paper 賞受賞)

4. 非破壊遠隔動ひずみ計測システム
多層カーボンナノチューブを樹脂流動特性を制御しつつ分散させる高機能複合材料を試作し、各種構造機器表面に作用している動ひずみを非破壊非接触で実時間計測する新たな計測システムの開発を推進している。特にカーボンナノチューブを構成する六員環のナノスケール変形挙動と電子物性の相関性を原子レベルシミュレーションで明らかにした。
（日本機械学会学生独創研究賞受賞）

【学位論文指導（主査）】

修士論文

1. ナノメカニクス専攻　井上　達也
「高誘電率絶縁薄膜と金属電極薄膜積層構造界面の健全性支配因子の解明に関する研究」
2. ナノメカニクス専攻　大崎　克也
「カーボンナノチューブ電気伝導特性に及ぼす局所ひずみの影響解明に関する研究」
3. ナノメカニクス専攻　岸　宏樹
「ナノスケールトランジスタ残留応力変化の製造工程内モニタリングに関する研究」

【学位論文指導（副査）】

博士論文

1. ナノメカニクス専攻　桂山　悟
「A Study of Assembly Methods and Underfill Materials for High Performance Flip Chip Packages 」
2. ナノメカニクス専攻　大見　敏仁
「The Effec t of Stress Rate on Hydrogen Concentration Around a Crack Tip and its Mechanical Control for Steels」

修士論文

1. ナノメカニクス専攻　趙　旭
「Study of Evaluating the Dominant Factor for Electromigration in High Purities Al Film Deposited by Sputtering」
2. バイオロボティクス専攻　大原　悠希
「シリコン貫通配線を用いたＬＳＩチップ積層化に関する研究」
3. 機械システムデザイン工学専攻　泉　徹
「一軸応力環境下における機能性セラミックスの導電性」
4. ナノメカニクス専攻　佐藤　主幸
「疲労条件下における電磁ステンレス鋼の水素脆化敏感性評価」
5. 機械システムデザイン工学専攻　清水　信
「熱ふく射の波動性制御を利用した省エネルギーデバイスの研究」
6. 機械システムデザイン工学専攻　安部　慎吾
「二硫化モリブデン含有ダイヤモンドカーボン膜の創成と摩擦制御への応用に関する研究」
7. ナノメカニクス専攻　金井　司
「球状圧子を用いたインデンテーション法による等二軸残留応力の評価」
8. ナノメカニクス専攻　伊藤　雄介
「繊維強化樹脂材料のクリープ物性値取得と圧入部品のクリープ解析に関する研究」

【査読論文（査読付き国際会議論文集を含む）】

○平成 21 年（1 月～12 月）

1. Naokazu MURATA, Kinji TAMAKAWA, Ken SUZUKI, and Hideo MIURA, "Fatigue Strength of Electroplated Copper Thin Films under Uni-Axial Stress", Journal of Solid Mechanics and Materials Engineering, Vol.3 No.3, (2009), pp. 498-506.
2. Ken SUZUKI, Hiroyuki ITO, Tatsuya INOUE, and Hideo MIURA, "Creep Damage Process of Ni-Base Superalloy Caused by Stress-Induced Anisotoropic Atomic Diffusion" , Journal of Solid Mechanics and Materials Engineering, Vol.3 No.3(2009), pp. 487-497.
3. Hideo Miura, Kuniaki Akahoshi, Ken Suzuki, "Nondestructive evaluation of creep and fatigue damages in nickel-base superalloys using a scanning blue laser microscope", NDT&E International, Vol. 42, No. 3, (2009), pp. 188-192.
4. Seongcheol Jeong, Ken Suzuki, and Hideo Miura, "Effect of the Formation of the Intermetallic Compounds between a Tin Bump and an Electroplated Copper Thin Film on both Mechanical and Electrical Properties of the Jointed Structures", Proceedings of International Conference on Electronics Packaging (2009), pp. 339-344.
5. Hideo Miura, Ken Suzuki, Yuta Ito, Seiji Samukawa, Tomonori Kubota, Toru Ikonma, Hideki Yoshikawa, Shigenori Ueda, Yoshiyuki Yamashita, and Keisuke Kobayashi, "Degradation of Interface Integrity Between a High-k Dielectric Thin Film and a Gate Electrode Due To Excess Oxygen in the Film", Proc. of 2009 IEEE International Reliability Physics Symposium, (2009), pp. 376-381.
6. H.Kishi, T.Sasaki, A.Kaisumi, K.Suzuki, and H.Miura, "Packaging Stress-Induced Shifts of the Electronics and Optical Characteristics of Thin Film Devices Used for Opto-Electronic Hybrid-Integrated Modules", Proceedings of International Conference on Electronics Packaging 2009, (2009), pp. 907-910.
7. N.Murata, K.Tamakawa, K.Suzuki, and H.Miura, "Thermal History Dependence of Mechanical Properties of Electroplated Copper Thin Films Used for Thin Film Interconnection", Proceedings of International Conference on Electronics Packaging 2009, (2009), pp. 911-914.
8. 佐藤祐規，三浦英生，「エリアアレイ型フリップチップ実装構造バンプ接続部状態の非破壊検査システム」，日本機械学会論文集（A 編），Vol. 75，NO. 755，（2009），pp. 823-830.
9. 佐々木拓也，上田啓貴，三浦英生，「マイクロスケールひずみセンサを用いた三次元フリップチップ実装構造内局所残留応力測定に関する研究」，日本機械学会論文集（A 編），Vol. 75, NO. 755,（2009），pp. 831-838.
10. Naokazu Murata, Kinji Tamakawa, Ken Suzuki, Hideo Miura, "MICRO TEXTURE DEPENDENCE OF MECHANICAL PROPERTIES OF ELECTROPLATED COPPER THIN FILMS USED FOR THIN FILM INTERCONNECTION", Proceedings of the ASME 2009 Inter PACK Conference, No.InterPACK2009-89079, (2009), pp. 1-6(CDROM).
11. Hiroki Kishi, Takuya Sasaki, Nobuki Ueta, Ken Suzuki, and Hideo Miura, "IN-LINE EVALUTION METHOD OF THE INTRINSIC STRESS OF THIN FILMS USED FOR TRANSISTOR STRUCTURES", Proceedings of the ASME 2009 Inter PACK Conference, No. InterPACK2009-89145, (2009), pp. 1-6(CDROM).
12. Katsuya Osaki, Hideki Fuji, Masato Onishi, Ken Suzuki, Hideo Miura, "REMOTE STRAIN MEASUREMENT BY MULTI-WALLED CARBON NANOTUBE-DISPERSED RESIN", Proceedings of the ASME 2009 Inter PACK Conference, No. InterPACK2009-89145, (2009), pp. 1-6(CDROM).
13. Hideo Miura, Ken Suzuki, Hiroyuki Ito, and Tatsuya Inoue, "Creep and fatigue damages of Ni-base-superalloy caused by strain-induced anisotropic diffusion of component elements", Advances in Fracture and Damage Mechanics 8, Key Engineering Materials, Vols. 417-418, (2010), pp. 261-264.
14. K.Suzuki, K.Imasaki, Y.Ito and H.Miura, "Strain Dependence of Dielectric Properties and Reliability of High-k Thin Films", 2009 International Conference on Simulation of Semiconductor Processes and Devices, (2009), pp.59-62.
15. Tatsuya Inoue, Ken Suzuki, and Hideo Miura, "Quantum Chemical Molecular Dynamics Study of Degradation Mechanism of Interface Integrity between a HfO_2 Thin Film and a Metal Gate Electrode", 2009 International Conference on Simulation of Semiconductor Processes and

Devices, (2009), pp. 198-201.
16. 鄭聖哲，村田直一，佐藤祐規，鈴木研，三浦英生，「微細バンプ接合部の信頼性に及ぼす銅スズ金属間化合物の影響」，材料，VOL. 58，No. 10，（2009），pp. 827-832.
17. 佐々木拓也，上田啓貴，三浦英生，「ピエゾ抵抗ひずみセンサを用いたフリップチップ実装構造内局所２軸残留応力分布の測定」，エレクトロニクス実装学会誌，Vol. 12，No.7，（2009），pp. 623-628.
18. 上田啓貴，佐々木拓也，三浦英生 ，「積層フリップチップ実装構造の残留応力低減構造に関する研究」，表面実装技術，Vol. 10，No. 12，（2009），pp. 46-53.
19. Seongcheol Jeong, Naokazu Murata, Yuki Sato, Ken Suzuki and Hideo Miura, "Effect of the Formation of the Intermetallic Compounds between a Tin Bump and an Electroplated Copper Thin Film on both the Mechanical and Electrical Properties of the Jointed Structures", Transactions of The Japan Institute of Electronics Packaging, Vol. 2, No. 1, (2009), pp. 91-98.

【学術雑誌・専門書等（査読あり）】

○平成 21 年（1 月～12 月）

1. Journal of Solid Mechanics and Materials Engineering
2. NDT&E International
3. 日本機械学会論文集
4. Transactions of The Japan Institute of Electronics Packaging
5. 製品開発のための材料力学と疲労設計入門

【学生の国際会議・学会・学術雑誌への発表】

○平成 21 年（1 月～12 月）

1. Naokazu MURATA, Kinji TAMAKAWA, Ken SUZUKI, and Hideo MIURA, "Fatigue Strength of Electroplated Copper Thin Films under Uni-Axial Stress", Journal of Solid Mechanics and Materials Engineering, Vol.3 No.3, (2009), pp. 498-506.
2. N.Murata, K.Tamakawa, K.Suzuki, and H.Miura, "Thermal History Dependence of Mechanical Properties of Electroplated Copper Thin Films Used for Thin Film Interconnection", Proceedings of International Conference on Electronics Packaging 2009, (2009), pp. 911-914.
3. 佐藤祐規，三浦英生，「エリアアレイ型フリップチップ実装構造バンプ接続部状態の非破壊検査システム」，日本機械学会論文集（A編），Vol. 75，NO. 755，（2009），pp. 823-830.
4. 佐々木拓也，上田啓貴，三浦英生，「マイクロスケールひずみセンサを用いた三次元フリップチップ実装構造内局所残留応力測定に関する研究」，日本機械学会論文集（A編），Vol. 75, NO. 755, (2009)，pp. 831-838.
5. Naokazu Murata, Kinji Tamakawa, Ken Suzuki, Hideo Miura, "MICRO TEXTURE DEPENDENCE OF MECHANICAL PROPERTIES OF ELECTROPLATED COPPER THIN FILMS USED FOR THIN FILM INTERCONNECTION", Proceedings of the ASME 2009 Inter PACK Conference, No.InterPACK2009-89079, (2009), pp. 1-6(CDROM).
6. Hiroki Kishi, Takuya Sasaki, Nobuki Ueta, Ken Suzuki, and Hideo Miura, "IN-LINE EVALUTION METHOD OF THE INTRINSIC STRESS OF THIN FILMS USED FOR TRANSISTOR STRUCTURES", Proceedings of the ASME 2009 Inter PACK Conference, No. InterPACK2009-89145, (2009), pp. 1-6(CDROM).
7. Naoyuki Kofuji and Hideo Miura, "Mechanism of Mask Distortion during Resist Trimming", Extended Abstracts of the 2009 International Conference on Solid State Devices and Materials, (2009), pp. 342-343.
8. 鄭聖哲，村田直一，佐藤祐規，鈴木研，三浦英生，「微細バンプ接合部の信頼性に及ぼす銅スズ金属間化合物の影響」，材料，VOL. 58，No. 10，（2009），pp. 827-832.
9. 佐々木拓也，上田啓貴，三浦英生，「ピエゾ抵抗ひずみセンサを用いたフリップチップ実装構造内局所２軸残留応力分布の測定」，エレクトロニクス実装学会誌，Vol. 12，No.7，（2009），pp. 623-628.
10. 上田啓貴，佐々木拓也，三浦英生 ，「積層フリップチップ実装構造の残留応力低減構造に関する研究」，表面実装技術，Vol. 10，No. 12，（2009），pp. 46-53.
11. Seongcheol Jeong, Naokazu Murata, Yuki Sato, Ken Suzuki and Hideo Miura, "Effect of the Formation of the Intermetallic Compounds between a Tin Bump and an Electroplated Copper Thin Film on both the Mechanical and Electrical Properties of the Jointed Structures",

Transactions of The Japan Institute of Electronics Packaging, Vol. 2, No. 1, (2009), pp. 91-98.

【学生の受賞・特許等】

○平成 21 年（1 月～12 月）

獲得者名：海隅　亜矢
受 賞 名：日本機械学会東北支部独創研究学生賞
受 賞 年： 2009.3.6

獲得者名：佐々木　拓也
受 賞 名：エレクトロニクス実装学会研究奨励賞
受 賞 年：2009.3.18

獲得者名：大西　正人
受 賞 名：日本設計工学会　2008 年度　武藤栄次賞
受 賞 年：2009.3.25

獲得者名：Hiroki Kishi
受 賞 名：Best Poster Award of ASME INTERNATIONAL InterPACK ’09
受 賞 年：2009.7.22

獲得者名：Hiroki Kishi
受 賞 名：Best Student Paper Award of IMPACT Conference 2009 International 3D IC Conference
受 賞 年：2009.10. 22

獲得者名：Naokazu Murata
受 賞 名：Best Paper Award of IEEE EMAP 2009
受 賞 年：2009.12.3

【その他】

獲得者名：上田　啓貴
受 賞 名：東北大学　総長賞
受 賞 年：2009.3.25



氏名　湯上　浩雄

所属　工学研究科機械システムデザイン工学専攻・教授
（工学博士）
専門　エネルギー学、無機材料・物性、熱工学
研究課題　固体酸化物燃料電池の研究、熱光起電力発電、
太陽熱エネルギーの高度利用
E-mail: h_yugami@energy.mech.tohoku.ac.jp
TEL: 022 (795) 6924

平成 21 年度における本グローバル COE プログラムに対する取り組み

表面微細構造による熱放射スペクトル制御に関してエネルギー分野への適応を目指した研究を行った。本年度は、近接場熱放射に関してシリコン表面に高濃度に不純物をドープした試料において、その近接場スペクトルを計測して、近接場熱放射の散乱メカニズムに関する研究を行った。

平成 21 年度の活動（シンポジウム・国際会議の主催を含む）

＜招待講演＞

著　者：H. Sai, Y. Kanamori, K. Watanabe, H. Yugami
題　目：Spectral Control of Thermal Radiation by Metallic Surface Relief Gratings
学会名：2009 MRS Spring Meeting, San Francisco,USA
講演日：Apr. 15, 2009

平成 21 年度の研究業績

【研究内容】

表面微細構造による熱放射スペクトル制御に関する研究を行った。特に、近接場熱放射に関してシリコン表面に高濃度に不純物をドープした試料において、その近接場スペクトルを計測して、近接場熱放射の散乱メカニズムに関する研究を行った。また、波長選択性熱放射による、水素製造の研究を引き続き行い、生成ガス組成の精密分析から、反応メカニズムの研究を行った。

【学位論文指導（主査）】

修士論文

1. 機械システムデザイン工学専攻　坂本　桃子
「ジメチルエーテルを燃料とする固体酸化物形燃料電池・マイクロガスタービン複合発電システムの性能解析と総合効率評価」
2. 機械システムデザイン工学専攻　長尾　憲樹
「固体酸化物形燃料電池用高性能空気極の開発」
3. 機械システムデザイン工学専攻　吉田 圭佑
「プロトン導電性電解質を用いた中低温作動マイクロ SOFC の作成と発電特性」
4. 機械システムデザイン工学専攻　兼子　祐司
「メタノールを燃料とした一室型固体酸化物燃料電池の電気化学反応の研究」
5. 機械システムデザイン工学専攻　巖寺　智顕
「燃料電池における光接合を用いた新規 MEA デザインの研究」
6. 機械システムデザイン工学専攻　森 吉之介
「熱環境応答型フォトニック構造による空間熱制御」
7. 機械システムデザイン工学専攻　渡辺 健吾
「高温作動 SNOM による近接場熱放射の観測」
8. 機械システムデザイン工学専攻　佐藤　崇之
「高応力下におけるオーステナイト系合金の高温水中酸化機構に関する研究」
9. 機械システムデザイン工学専攻　清水　　信
「熱ふく射の波動性制御を利用した省エネルギーデバイスの研究」

【学位論文指導（副査）】

博士論文

1. ナノメカニクス専攻　高橋 智一
「新規固体酸化物電解質薄膜を用いたマイクロ燃料電池に関する研究」
2. 機械システムデザイン工学専攻　丹羽 栄貴
「High Temperature Function Design of Conductive Oxide by Composition Control (導電性酸化物の組成制御による高温機能設計)」
3. 機械システムデザイン工学専攻　中村 崇司
「Oxygen Nonstoichiometry and Electronic Conduction Mechanism of Layered Perovskite-Type Oxides (層状ペロブスカイト関連酸化物における不定比性・電子導電機構の解明)」
4. 機械システムデザイン工学専攻　Mehdi Baneshi
「A Study of Radiative Heat Transfer in Nano-Micro Scale Particulate Media (ナノ・マイクロ粒子を用いたふく射伝熱に関する研究)」
5. ナノメカニクス専攻　中野 雄大
「Molecular Dynamics Study of Transport Characteristics of Momentum and Thermal Energy in Lipid Bilayer Membranes (脂質二重膜の運動量・熱エネルギー輸送特性に関する分子動力学的研究)」
6. ナノメカニクス専攻　鳴海 孝之
「Theoretical and Experimental Studies of the Correlation Functions in Supercooled Liquids near the Glass Transition (ガラス転移点近傍の過冷却液体状態での相関関数についての理論および実験による研究)」

修士論文

1. ナノメカニクス専攻　鮫島　英久
「Si 基板上 GaN 系半導体で製作した自立サブ波長格子を用いた波長可変レーザ」
2. バイオロボティクス専攻　大池　真人
「バイオ燃料電池における時差発電システムの開発」
3. 機械システムデザイン工学専攻　福田　泰広
「B サイト混合系ペロブスカイト型導電性酸化物の高温欠陥平衡・物性・構造」
4. 機械システムデザイン工学専攻　長良　洋平
「混合導電性セラミックス膜の高温電子物性と欠陥平衡」
5. 機械システムデザイン工学専攻　森　義浩
「固体電解質系ガス電極における反応過程」
6. 機械システムデザイン工学専攻　呉屋　祐喜
「環境制御型走査電子顕微鏡による固体酸化物燃料電池電極の疑似運転条件下での動的観測」
7. ナノメカニクス専攻　加藤　惇平
「固液界面近傍の液体微細構造における物質輸送特性」
8. 機械システムデザイン工学専攻　小笠原　直也
「温熱療法における生体内ふく射伝熱に関する研究」
9. 機械システムデザイン工学専攻　谷口　寛樹
「熱音響エネルギー変換の直接観測」
10. 機械システムデザイン工学専攻　高橋　琢磨
「熱音響自励振動衝撃波の実験的研究」
11. 機械システムデザイン工学専攻　長谷川　大地
「複数の蓄熱器をもつ熱音響自励振動系の実験的研究」

【査読論文（査読付き国際会議論文集を含む）】

〇平成 21 年（1 月～12 月）

1. K. Sato, K. Suzuki, K. Yashiro, T. Kawada, H. Yugami, T. Hashida, A. Atkinson, and J. Mizusaki, “Effect of Y2O3 addition on the conductivity and elastic modulus of (CeO2)1 - x(YO1.5)x. Solid State Ionics,180(20-22),1220-1225,(2009)

2. Y. Nagao, N. Naito, F. Iguchi, N. Sata, and H. Yugami,
"Synthesis of oligomeric poly [(1,2-propanediamine)-alt-(oxalic acid)] and anomalous proton conductivities of the thin films."
Solid State Ionics,180(6-8),589-591,(2009)
3. F. Iguchi, T. Tsurui, N. Sata, Y. Nagao, and H. Yugami,
"The relationship between chemical composition distributions and specific grain boundary conductivity in Y-doped BaZrO3 proton conductors."
Solid State Ionics,180(6-8),563-568,(2009)
4. Y. Nagao, N. Naito, F. Iguchi, N. Sata, H. Yugami,
"Proton Conductivity of Oligomeric Poly[(1,2-Propanediamine)-alt-(Oxalic Acid) Thin Films on Al2.O3 Substrates."
e-Journal of Surface Science and Nanotechnology,7,530-532,(2009)
5. Takahashi, T., Iguchi, F., Yugami, H., Esashi, M., Tanaka, S.,
"Deposition and microfabrication of Gd-doped CeO2 for micro SOFC operating at low temperature."
Nihon Kikai Gakkai Ronbunshu, B Hen/Transactions of the Japan Society of Mechanical Engineers, Part B 75 (751), pp. 524-526,(2009)
6. J. Liu, and H. Yugami,
"The status of solid oxide fuel cell technology."
IEEJ Transactions on Electrical and Electronic Engineering,4(1),3-3,(2009)
7. Y. Nagao, F. Iguchi, N. Sata, and H. Yugami,
"Synthesis and proton transport property of poly(aspartic acid) thin film on SiO2 substrate."
Solid State Ionics, in press,(2009)
8. F. Iguchi, Masafumi Nagai, Noriko Sata , Hiroo Yugami,
"Fabrication and Generation of Intermediate Temperature Operating SOFC based on Y-doped BaZrO3 Proton Conducting Oxides"
ECS Transactions Solid Oxide Fuel Cells 11 (SOFC-XI), 25, pp1759-pp1766. (2009)
9. T. Kawada, Satoshi Watanabe , Shin-ichi Hashimoto , Tadashi Sakamoto , Atsushi Unemoto , Mao Kurumatani , Kazuhisa Sato , Fumitada Iguchi , Keiji Yashiro , Koji Amezawa , Kenjiro Terada , Momoji Kubo , Hiroo Yugami , Toshiyuki Hashida , Junichiro Mizusaki,
"Classification of Mechanical Failure in SOFC and Strategy for Evaluation of Operational Margin."
ECS Transactions Solid Oxide Fuel Cells 11 (SOFC-XI), 25, pp467-pp472. (2009)
10. K. Amezawa Toshiaki Ina , Yuki Orikasa , Atsushi Unemoto , Hidetaka Watanabe , Fumitada Iguchi , Yasuko Terada , Tomokazu Fukutsuka , Tatsuya Kawada , Hiroo Yugami , Yoshiharu Uchimoto,
"Investigation on Oxygen Potential Distribution in a ZrO2-Based Solid Electrolyte by Using In-Situ Micro XAS Technique."
ECS Transactions Solid Oxide Fuel Cells 11 (SOFC-XI), 25, pp345-pp348. (2009)

【著書】

1. N. Sata, S. Tamura, Y. Nohara, Y. Nagao, T. Higuchi, A. Miura, M. Sakuma, F. Iguchi, H. Yugami,
"Electronic Structure of SrZrO3 Thin Films Fabricated by a Novel PLD-Process."
Institute for Solid State Physics activity report of synchrotron radiation laboratory, pp.8-9, (2009)

【学術雑誌・専門書等（査読あり）】

○平成 21 年（1 月～12 月）

1. Solid State Ionics
2. ECS Transactions
3. Japanese Journal of Applied Physics
4. e-Journal of Surface Science and Nanotechnology
5. Institute for Solid State Physics activity report of synchrotron radiation laboratory

【学生の国際会議・学会・学術雑誌への発表】

〇平成 21 年（1 月～12 月）

1. 前神有里子、井口史匡、湯上浩雄、
「波長選択性熱放射を用いた量子共鳴励起下における化学反応」
日本機械学会 2009 年度年次大会、盛岡、2009 年 9 月 14 日

【本人の受賞・特許等】

〇平成 21 年（1 月～12 月）

受 賞 名：日本機械学会三浦賞
受 賞 年：2009.3、2010.3

受 賞 名：自動車技術会 2009 年度大学院研究奨励賞
受 賞 年：2010.3

【学生の受賞・特許等】

〇平成 21 年（1 月～12 月）

獲得者名：清水　信
受 賞 名：2009 年度大学院研究奨励賞、社団法人自動車技術会
受 賞 年：2010 年 3 月

獲得者名：清水　信
受 賞 名：日本機械学会三浦賞、社団法人日本機械学会
受 賞 年：2010 年 3 月

【学生の研究費の獲得】

〇平成 21 年（1 月～12 月）

獲得者名：前神有里子（研究代表者）
名　　称：科学研究費補助金（特別研究員奨励費）
対象となる研究：「波長選択性熱放射を用いた量子共鳴励起による化学反応促進」
期　　間：H21~H24

獲得者名：前神有里子（研究代表者）
名　　称：東北大学国際高等研究教育機構（博士研究教育院生）
対象となる研究：「波長選択性熱放射を用いた量子共鳴励起による化学反応促進」
期　　間：H21~H22

氏名　米村　茂



所属　流体科学研究所・准教授（博士(工学)）
専門 希薄気体力学
研究課題
非平衡分子気体流に関する研究
E-mail: yonemura@ifs.tohoku.ac.jp
TEL: 022(217)5238

平成 21 年度における本グローバル COE プログラムに対する取り組み

研究協力者はマイクロ・ナノスケールの気体流れや希薄気体流れ、低温プラズマなど、連続体としての取り扱うことができない非平衡性の強い流れ場において発現する物理現象の解明に取り組んできた。ナノスケールの微細な表面構造を持つ摺動面が発現する気体潤滑について、数値シミュレーションによりメカニズムの解明を行っている。またマイクロ・ナノスケールの気体流れの解法としては、希薄気体流れと同様にボルツマン方程式の確率解法である DSMC 法が挙げられるが、低速な流れを取り扱う場合には統計的なゆらぎが増大し、DSMC 法で解くことは困難となる。そこでボルツマン方程式の新しい解法をカザフスタンの研究者とともに開発する共同研究に取り組んでいる。

平成 21 年度の活動（シンポジウム・国際会議の主催を含む）

＜国際会議＞

名　　称：The Sixth International Conference on Flow Dynamics
開 催 国：日　本
開催期間：2009.11.4 ～ 2009.11.6
役　　割：Organizing Committee Member

＜国内会議＞

名　　称：日本機械学会 2009 年度年次大会
開 催 国：日　本
開催期間：2009.9.13 ～ 2009.9.16
役　　割：OS「マイクロ・ナノスケールの熱流体現象」オーガナイザー

平成 21 年度の研究業績

【研究内容】

摺動面にマイクロ・ナノスケールの微細な凹部がある場合の気体潤滑現象の研究を行っている。平行な摺動面を考えた場合でも、両面間の距離が分子の平均自由行程程度に小さくなった場合に、表面の微細な凹部の影響によって、圧力が流れに沿って大きく変動し、この圧力変動によって上面を支える揚力が発生する。この圧力変動は流れが持つ動圧よりもずっと大きく希薄気体効果によるものであり、従来の気体潤滑と圧力発生メカニズムが異なる。本年度は凹部の形状による影響について調べ、凹部の形状によって圧力変動の正圧を大きくし、負圧を小さくすることが可能であること、またどのような形状が望ましいか分かった。

【査読論文（査読付き国際会議論文集を含む）】

○平成 21 年（1 月～12 月）

1. T. Koido, D. Ito, T. Tokumasu, K. Tomarikawa and S. Yonemura
   A Molecular Dynamics Study of the Effect of Incident Angle on Dissociation Probability of H_2/D_2 - Pt(111) System
   216th ECS Meeting, (2009), to be published in ECS Transactions.

【本人の国際会議・学会・学術雑誌への発表（査読なし）】

○平成 21 年（1 月～12 月）

1. S. Yonemura, S. Isono, M. Yamaguchi, T. Takeno, H. Miki and T. Takagi
   Mechanism of a Molecular Gas-Film Lubrication of Micro-Structured Surface
   Proceedings of the Ninth International Symposium on Advanced Fluid Information and Transdiciplinary Fluid Integration, (2009), pp.124-125.
2. S. Yonemura, S. Isono, M. Yamaguchi, T. Takeno, H. Miki and T. Takagi
   A Molecular Gas-Film Lubrication Expressed in Micro Gas Flow
   Proceedings of the Sixth International Conference on Flow Dynamics, (2009), p.584.
3. M. Ivanov, S. Yonemura, Y. Bondar and D. Khotyanovsky
   Investigation of Hypersonic Flows about Leading Edges of Small Bluntness (Invited)
   Proceedings of the Ninth International Symposium on Advanced Fluid Information and Transdiciplinary Fluid Integration, (2009), pp.36-37.
4. V. L. Saveliev, S. A. Filko, K. Tomarikawa and S. Yonemura
   Kinetic Force Method for Rarefied Gas Flows
   Proceedings of the Ninth International Symposium on Advanced Fluid Information and Transdiciplinary Fluid Integration, (2009), pp.104-105.
5. S. Isono, S. Yonemura, M. Yamaguchi, T. Takeno, H. Miki and T. Takagi
   A Gas Lubrication Expressed at the Micro- and Nanoscales
   10th Workshop on Fine Particle Plasmas, (2009), p. 35.
6. 磯野晋，山口雅志，米村 茂，竹野貴法，三木寛之，高木敏行
   マイクロ・ナノスケール微細構造を持つ摺動面における分子気体潤滑に関する研究
   日本機械学会 2009 年度年次大会講演論文集, Vol.8, (2009), pp.125-126.
7. 磯野晋，山口雅志，米村 茂，竹野貴法，三木寛之，高木敏行
   マイクロ・ナノスケールで発現する気体潤滑
   第 23 回数値流体力学シンポジウム講演概要集, (2009), p.217.
8. 三木寛之，竹野貴法，米村茂，高木敏行
   ダイヤモンド膜の超低摩擦現象
   NEWDLAMOND, Vol.94, (2009), pp.38-39.

【学生の国際会議・学会・学術雑誌への発表】

○平成 21 年（1 月～12 月）

1. Mechanism of a Molecular Gas-Film Lubrication of Micro-Structured Surface
   S. Yonemura, S. Isono, M. Yamaguchi, T. Takeno, H. Miki and T. Takagi
   Proceedings of the Ninth International Symposium on Advanced Fluid Information and Transdiciplinary Fluid Integration, pp.124-125, (2009).
2. A Molecular Gas-Film Lubrication Expressed in Micro Gas Flow
   S. Yonemura, S. Isono, M. Yamaguchi, T. Takeno, H. Miki and T. Takagi
   Proceedings of the Sixth International Conference on Flow Dynamics, p.584, (2009).
3. A Gas Lubrication Expressed at the Micro- and Nanoscales
   S. Isono, S. Yonemura, M. Yamaguchi, T. Takeno, H. Miki and T. Takagi
   10th Workshop on Fine Particle Plasmas, p. 35, (2009).
4. マイクロ・ナノスケール微細構造を持つ摺動面における分子気体潤滑に関する研究
   磯野晋，山口雅志，米村 茂，竹野貴法，三木寛之，高木敏行
   日本機械学会 2009 年度年次大会講演論文集, Vol.8, pp.125-126, (2009).
5. マイクロ・ナノスケールで発現する気体潤滑
   磯野晋，山口雅志，米村 茂，竹野貴法，三木寛之，高木敏行
   第 23 回数値流体力学シンポジウム講演概要集, p.217, (2009).

氏名　畠山　望



所属　工学研究科応用化学専攻・准教授（博士（理学））
専門　流体力学
研究課題
マルチスケール計算化学シミュレータの開発と応用
E-mail: hatakeyama@aki.che.tohoku.ac.jp
TEL: 022(795)7236

平成 21 年度における本グローバル COE プログラムに対する取り組み

研究協力者の研究分野では、大規模複雑系の解析を可能とするマルチスケール計算化学シミュレータの開発と応用に取り組んでいる。これまで発展させてきた電子・原子レベルのミクロスケールシミュレーション技術に対して、スーパーコンピュータの利用も含めた大規模系への対応を行い、また流体など連続体レベルのマクロスケールにボトムアップしたマルチスケール化を進めている。実験計測に則した「本物」の構造をシミュレーションする実験融合手法を実現するために、各種機器計測シミュレータの開発も行っている。チタニアナノスケルトンの創製や、ダイヤモンドライクカーボンの物性予測などへ応用している。

平成 21 年度の活動（シンポジウム・国際会議の主催を含む）

＜国際会議＞

名　　称：Sixth International Conference on Flow Dynamics
主催団体：グローバル COE プログラム「流動ダイナミクス知の融合教育研究世界拠点」
開 催 国：日本
開催期間：2009.11.4 ～ 2009.11.6
役　　割：Organizing Committee

名　　称：Second International Symposium on Expriment-Integrated Computational Chemistry on Multiscale Fluidics (ECCMF2)
主催団体：グローバル COE プログラム「流動ダイナミクス知の融合教育研究世界拠点」
開 催 国：日本
開催期間：2010.2.23 ～ 2010.2.24
役　　割：Chair

平成 21 年度の研究業績

【研究内容】

１．マルチスケール実験融合計算化学によるチタニアナノスケルトン創製の研究

国際宇宙ステーションの日本実験棟「きぼう」にて平成 22 年 3 月に実験が進行中の、JAXA プロジェクト「チタニアナノスケルトン材料の創製」において、マルチスケール実験融合計算化学手法を適用した研究を進めている。これまで、地上重力下の実験結果をよく再現するシミュレータを開発し、解析を行ってきた。より大きな細孔を持ち、かつ結晶性の高い、高性能なチタニアナノスケルトンを創製するためには、前駆体となるチタニア硫酸、ミセルを形成する界面活性剤、膨潤剤となる油剤が分離せずによく混合していることが重要であるということが分かってきた。従って、油剤が高分散するような微小重力を実現する、宇宙実験が非常に有効であると考えられる。今回の宇宙実験結果をもとにシミュレータの精度を高めることにより、地上重力下においても高性能なチタニアナノスケルトンを合成するための条件を見出すことが可能となる。

２．計算化学を融合したマルチレベル連続体力学シミュレーション

原子レベルのミクロスケールにおいて、量子論に基づく分子動力学(MD)シミュレーションにより、ミクロ力学物性を精度よく求める手法の確立を進めている。得られた応力－ひずみ特性を、マクロスケールの有限要素法(FEM)に展開することにより、マルチレベルの連続体力学シミュレーションを実現して

いる。独自開発の FEM シミュレータは、成分傾斜構造など要素ごとに物性の異なる場合にも柔軟に対応可能である。ダイヤモンドライクカーボン(DLC)に適用した計算では、MD により求めたミクロレベルのヤング率をナノインデンテーションの FEM シミュレータに適用することにより、実測によく対応する荷重－押込み深さ曲線が得られた。これをトライボロジー分野に適用し、超低摩擦を実現するような DLC の最適化構造の検討を進めている。

３．スーパーコンピュータを利用した大規模量子化学計算による本物シミュレーション

密度汎関数理論による第一原理計算の化学結合情報をよく再現しながら、約 5,000 倍の高速化を達成した Tight-binding 量子分子動力学プログラム“Colors”を用いて、さらに大規模かつ高速な計算を可能とする超高速化量子分子動力学法の開発を行っている。ベクトル並列システムによく適合するように開発を進め、これを一般的な PC でも計算可能な形に展開している。X 線・中性子回折など実験機器計測データを非常によく再現する「本物」の原子レベル構造に適用することにより、実験に対応し得る大規模量子化学計算を実現している。現在、次世代ペタフロップススーパーコンピュータの利用など視野に入れ、超並列システへの最適化を進めている。

【査読論文（査読付き国際会議論文集を含む）】

○平成 21 年（1 月～12 月）

1. Abdul Rajjak Shaikh, Riadh Sahnoun, Ewa Broclawik, Michihisa Koyama, Hideyuki Tsuboi, Nozomu Hatakeyama, Akira Endou, Hiromitsu Takaba, Momoji Kubo, Carlos A. Del Carpio, and Akira Miyamoto, “Quantum Chemical Studies for Oxidation of Morpholine by Cytochrome P450,” Journal of Inorganic Biochemistry, 103(1), 20–27, (2009).
2. Hiromitsu Takaba, Ai Sagawa, Miki Sato, Seika Ouchi, Yuko Yoshida, Yukie Hayashi, Emi Sato, Kenji Inaba, Riadh Sahnoun, Michihisa Koyama, Hideyuki Tsuboi, Nozomu Hatakeyama, Akira Endou, Momoji Kubo, Carlos A. Del Carpio, Yasuo Kitou, Emi Makino, Norikazu Hosokawa, Jun Hasegawa, Shoichi Onda, and Akira Miyamoto, “Multi-Level Simulation Study of Crystal Growth and Defect Formation Processes in SiC,” Materials Science Forum, 600–603, 131–134, (2009).
3. Hideyuki Tsuboi, Megumi Kabasawa, Seika Ouchi, Miki Sato, Riadh Sahnoun, Michihisa Koyama, Nozomu Hatakeyama, Akira Endou, Hiromitsu Takaba, Momoj Kubo, Carlos A. Del Carpio, Yasuo Kitou, Emi Makino, Norikazu Hosokawa, Jun Hasegawa, Shoichi Onda, and Akira Miyamoto, “Computational Evaluation of Electrical Conductivity on SiC and The Influence of Crystal Defects,” Materials Science Forum, 600–603, 497–500, (2009).
4. Hideyuki Tsuboi, Asami Kato, Hiromi Sato, Humie Hasekura, Saori Oda, Arnubhiram Chutia, Chen Lv, Zigang Zhu, Ryuji Miura, Ai Suzuki, Riadh Sahnoun, Michihisa Koyama, Nozomu Hatakeyama, Akira Endou, Hiromitsu Takaba, Carlos A. Del Carpio, Ramesh C. Deka, Momoji Kubo, and Akira Miyamoto, “Development of a Multi-Scale Electromigration Simulator Based on a Combination of UA-QCMD and KMC Methods. Application to Cu Interconnects Lifetime Simulation,” Japanese Journal of the Applied Physics, 48(4), 04C020(6 Pages), (2009).
5. Akira Endou, Hiroaki Onuma, Hiromi Kikuchi, Itaru Yamashita, Kazumi Serizawa, Kenji Inaba, Ryo Sato, Michihisa Koyama, Hideyuki Tsuboi, Nozomu Hatakeyama, Hiromitsu Takaba, Carlos A. Del Carpio, Momoji Kubo, Hiroshi Kajiyama, and Akira Miyamoto, “A Theoretical Study of Initial Deposition Processes of Mg on MgO: A Novel Quantum Chemical Molecular Dynamics Approach,” Japanese Journal of the Applied Physics, 48(4), 04C126(4 Pages), (2009).
6. Kazumi Serizawa, Hiroaki Onuma, Hiromi Kikuchi, Masaki Kitagaki, Itaru Yamashita, Ai Suzuki, Riadh Sahnoun, Michihisa Koyama, Hideyuki Tsuboi, Nozomu Hatakeyama, Akira Endou, Hiromitsu Takaba, Carlos A. Del Carpio, Momoji Kubo, Hiroshi Kajiyama, and Akira Miyamoto, “Novel Method Based on Quantum Chemistry for Calculation of Ion Induced Secondary Electron Emission Coefficient of MgO Surfaces,” Japanese Journal of the Applied Physics, 48(4), 04C145(5 Pages), (2009).
7. Kei Ogiya, Chen Lv, Ai Suzuki, Riadh Sahnoun, Michihisa Koyama, Hideyuki Tsuboi, Nozomu Hatakeyama, Akira Endou, Hiromitsu Takaba, Carlos A. Del Carpio, Ramesh C. Deka, Momoji Kubo, and Akira Miyamoto, “Simulation of Electron Diffusion in TiO_2 Porous Structures in Dye-Sensitized Solar Cells,” Japanese Journal of the Applied Physics, 48(4), 04C166(5 Pages), (2009).

8. Md. Khorshed Alam, Farouq Ahmed, Katsuyoshi Nakamura, Ai Suzuki, Riadh Sahnoun, Hideyuki Tsuboi, Michihisa Koyama, Nozomu Hatakeyama, Akira Endou, Hiromitsu Takaba, Carlos A. Del Carpio, Momoji Kubo, and Akira Miyamoto, "Study of Carbon Monoxide Oxidation on CeO_2(111) using Ultra Accelerated Quantum Chemical Molecular Dynamics," Journal of Physical Chemistry C, 113(18), 7723–7727, (2009).
9. Hideyuki Tsuboi, Arnabhiram Chutia, Chen Lv, Zigang Zhu, Hiroaki Onuma, Ryuji Miura, Ai Suzuki, Riadh Sahnoun, Michihisa Koyama, Nozomu Hatakeyama, Akira Endou, Hiromitsu Takaba, Carlos A. Del Carpio, Ramesh C. Deka, Momoji Kubo, and Akira Miyamoto, "An Electrical Conductivity Prediction Simulator Based on TB-QCMD and KMC. System Development and Applications," Journal of Molecular Structure: THEOCHEM, 903, 11–22, (2009).
10. Hema Malani, Shigekazu Hayashi, Ai Suzuki, Riadh Sahnoun, Hideyuki Tsuboi, Michihisa Koyama, Nozomu Hatakeyama, Akira Endou, Hiromitsu Takaba, Momoji Kubo, Carlos A. Del Carpio, and Akira Miyamoto, "Ultra Accelerated Quantum Chemical Molecular Dynamics Study on Ethylene Polymerization Reaction Using $CpSiH_2NHTiCl_2$—Constrained Geometry Catalyst," Topics in Catalysis, 52(6–7), 724–730, (2009).
11. Mohamed Ismael, Riadh Sahnoun, Ai Suzuki, Michihisa Koyama, Hideyuki Tsuboi, Nozomu Hatakeyama, Akira Endou, Hiromitsu Takaba, Momoji Kubo, Carlos A. Del Carpio, Shinkichi Shimizu, and Akira Miyamoto, "A DFT Study on the Carbamates Formation through the Absorption of CO_2 by AMP," International Journal of Greenhouse Gas Control, 3(5), 612–616, (2009).
12. Zhigang Zhu, Ramesh C. Deka, Arunabhiram Chutia, Riadh Sahnoun, Hideyuki Tsuboi, Michihisa Koyama, Nozomu Hatakeyama, Akira Endou, Hiromitsu Takaba, Carlos A. Del Carpio, Momoji Kubo, and Akira Miyamoto, "Enhanced Gas-Sensing Behaviour of Ru Doped SnO_2 Surface: A Periodic Density Functional Approach," Journal of Physics and Chemistry of Solids, 70(9), 1248–1255, (2009).
13. Farouq Ahmed, Md. Khorshed Alam, Ai Suzuki, Michihisa Koyama, Hideyuki Tsuboi, Nozomu Hatakeyama, Akira Endou, Hiromitsu Takaba, Carlos A. Del Carpio, Momoji Kubo, and Akira Miyamoto, "Dynamics of Hydrogen Spillover on Pt/γ-Al_2O_3 Catalyst Surface: A Quantum Chemical Molecular Dynamics Study," Journal of Physical Chemistry C, 113(35), 15676–15683, (2009).
14. Ai Suzuki, Katsuyoshi Nakamura, Ryo Sato, Kotaro Okushi, Hideyuki Tsuboi, Nozomu Hatakeyama, Akira Endou, Hiromitsu Takaba, Momoji Kubo, Mark C. Williams, and Akira Miyamoto, "Multi-Scale Theoretical Study of Support Effect on Sintering Dynamics of Pt," Surface Science, 603(20), 3049–3056, (2009).
15. Carlos A. Del Carpio, Mihai Lulian Florea, Ai Suzuki, Hideyuki Tsuboi, Nozomu Hatakeyama, Akira Endou, Hiromitsu Takaba, Eiichiro Ichiishi, and Akira Miyamoto, "A Graph Theoretical Approach for Assessing Bio-Macromolecular Complex Structural Stability," Journal of Molecular Modeling, 15(11), 1349–1370, (2009).
16. Tasuku Onodera, Takanori Kuriaki, Yusuke Morita, Ai Suzuki, Michihisa Koyama, Hideyuki Tsuboi, Nozomu Hatakeyama, Akira Endou, Hiromitsu Takaba, Carlos A. Del Carpio, Momoji Kubo, Clotilde Minfray, Jean-Michel Martin, and Akira Miyamoto, "Influence of Nanometer Scale Film Structure of ZDDP Tribofilm on its Mechanical Properties: A Computational Chemistry Study," Applied Surface Science, 256(4), 976–979, (2009).
17. Ai Suzuki, Katsuyoshi Nakamura, Ryo Sato, Kotaro Okushi, Hideyuki Tsuboi, Nozomu Hatakeyama, Akira Endou, Hiromitsu Takaba, Carlos A. Del Carpio, Momoji Kubo, and Akira Miyamoto, "Development and Application of Sintering Dynamics Simulation for Automotive Catalyst," Topics in Catalysis, 52(13–20), 1852–1855, (2009).
18. Tasuku Onodera, Yusuke Morita, Ai Suzuki, Michihisa Koyama, Hideyuki Tsuboi, Nozomu Hatakeyama, Akira Endou, Hiromitsu Takaba, Momoji Kubo, Fabrice Dassenoy, Clotilde Minfray, Lucile Joly-Pottuz, Jean-Michel Martin, and Akira Miyamoto, "A Computational Chemistry Study on Friction of h-MoS_2. Part I. Mechanism of Single Sheet Lubrication," Journal of Physical Chemistry B, 113(52), 16526–16536, (2009).

【学術雑誌・専門書等（査読あり）】

○平成 21 年（1 月～12 月）

1. Journal of Inorganic Biochemistry
2. Materials Science Forum
3. Japanese Journal of the Applied Physics
4. Journal of Physical Chemistry C
5. Journal of Molecular Structure: THEOCHEM
6. Topics in Catalysis
7. International Journal of Greenhouse Gas Control
8. Journal of Physics and Chemistry of Solids
9. Surface Science
10. Journal of Molecular Modeling
11. Applied Surface Science
12. Journal of Physical Chemistry B

【本人の国際会議・学会・学術雑誌への発表（査読なし）】

○平成 21 年（1 月～12 月）

1. Nozomu Hatakeyama, Hokuto Hata, Mari Onodera, Yukie Hayashi, Yusuke Sato, Kotaro Okushi, Ryuji Miura, Ai Suzuki, Hideyuki Tsuboi, Akira Endou, Hiromitsu Takaba, Momoji Kubo, Toshio Sakai, Takeshi Endo, Hideki Sakai, Masahiko Abe, Naoto Hanyu, Hiroshi Fukui, Eiko Yamamoto, Naokiyo Koshikawa, and Akira Miyamoto, "Influence Analysis of Marangoni Convection on Nanoskeleton Formation," Journal of The Japan Society of Microgravity Application, 26(4), 102, (2009).
2. Nozomu Hatakeyama, Kotaro Okushi, Mari Onodera, Yukie Hayashi, Yusuke Sato, Hokuto Hata, Ryuji Miura, Ai Suzuki, Hideyuki Tsuboi, Akira Endou, Hiromitsu Takaba, Momoji Kubo, Toshio Sakai, Takeshi Endo, Hideki Sakai, Masahiko Abe, Naoto Hanyu, Hiroshi Fukui, Eiko Yamamoto, Naokiyo Koshikawa, and Akira Miyamoto, "Multiscale Simulation Based on Experimental-Integrated Computational Chemistry for Nanoskeleton Synthesis," Journal of The Japan Society of Microgravity Application, 26(4), 103, (2009).

【学生の国際会議・学会・学術雑誌への発表】

○平成 21 年（1 月～12 月）

1. "Quantum Chemical Studies for Oxidation of Morpholine by Cytochrome P450," Abdul Rajjak Shaikh, Riadh Sahnoun, Ewa Broclawik, Michihisa Koyama, Hideyuki Tsuboi, Nozomu Hatakeyama, Akira Endou, Hiromitsu Takaba, Momoji Kubo, Carlos A. Del Carpio, and Akira Miyamoto, *Journal of Inorganic Biochemistry*, **103**(1), 20-27, (2009).
2. "Development of a Multi-Scale Electromigration Simulator Based on a Combination of UA-QCMD and KMC Methods. Application to Cu Interconnects Lifetime Simulation," Hideyuki Tsuboi, Asami Kato, Hiromi Sato, Humie Hasekura, Saori Oda, Arnubhiram Chutia, Chen Lv, Zigang Zhu, Ryuji Miura, Ai Suzuki, Riadh Sahnoun, Michihisa Koyama, Nozomu Hatakeyama, Akira Endou, Hiromitsu Takaba, Carlos A. Del Carpio, Ramesh C. Deka, Momoji Kubo, and Akira Miyamoto, *Japanese Journal of the Applied Physics*, **48**(4), 04C020(6 Pages), (2009).
3. "A Theoretical Study of Initial Deposition Processes of Mg on MgO: A Novel Quantum Chemical Molecular Dynamics Approach," Akira Endou, Hiroaki Onuma, Hiromi Kikuchi, Itaru Yamashita, Kazumi Serizawa, Kenji Inaba, Ryo Sato, Michihisa Koyama, Hideyuki Tsuboi, Nozomu Hatakeyama, Hiromitsu Takaba, Carlos A. Del Carpio, Momoji Kubo, Hiroshi Kajiyama, and Akira Miyamoto, *Japanese Journal of the Applied Physics*, **48**(4), 04C126(4 Pages), (2009).
4. "Novel Method Based on Quantum Chemistry for Calculation of Ion Induced Secondary Electron Emission Coefficient of MgO Surfaces," Kazumi Serizawa, Hiroaki Onuma, Hiromi Kikuchi, Masaki Kitagaki, Itaru Yamashita, Ai Suzuki, Riadh Sahnoun, Michihisa Koyama, Hideyuki Tsuboi, Nozomu Hatakeyama, Akira Endou, Hiromitsu Takaba, Carlos A. Del Carpio, Momoji Kubo, Hiroshi Kajiyama, and Akira Miyamoto, *Japanese Journal of the Applied Physics*, **48**(4), 04C145(5 Pages), (2009).

5. “Simulation of Electron Diffusion in TiO_2 Porous Structures in Dye-Sensitized Solar Cells,” Kei Ogiya, Chen Lv, Ai Suzuki, Riadh Sahnoun, Michihisa Koyama, Hideyuki Tsuboi, Nozomu Hatakeyama, Akira Endou, Hiromitsu Takaba, Carlos A. Del Carpio, Ramesh C. Deka, Momoji Kubo, and Akira Miyamoto, *Japanese Journal of the Applied Physics*, **48**(4), 04C166(5 Pages), (2009).
6. “Study of Carbon Monoxide Oxidation on CeO_2(111) using Ultra Accelerated Quantum Chemical Molecular Dynamics,” Md. Khorshed Alam, Farouq Ahmed, Katsuyoshi Nakamura, Ai Suzuki, Riadh Sahnoun, Hideyuki Tsuboi, Michihisa Koyama, Nozomu Hatakeyama, Akira Endou, Hiromitsu Takaba, Carlos A. Del Carpio, Momoji Kubo, and Akira Miyamoto, *Journal of Physical Chemistry C*, **113**(18), 7723-7727, (2009).
7. “An Electrical Conductivity Prediction Simulator Based on TB-QCMD and KMC. System Development and Applications,” Hideyuki Tsuboi, Arnabhiram Chutia, Chen Lv, Zigang Zhu, Hiroaki Onuma, Ryuji Miura, Ai Suzuki, Riadh Sahnoun, Michihisa Koyama, Nozomu Hatakeyama, Akira Endou, Hiromitsu Takaba, Carlos A. Del Carpio, Ramesh C. Deka, Momoji Kubo, and Akira Miyamoto, *Journal of Molecular Structure: THEOCHEM*, **903**, 11-22, (2009).
8. “Ultra Accelerated Quantum Chemical Molecular Dynamics Study on Ethylene Polymerization Reaction Using $CpSiH_2NHTiCl_2$—Constrained Geometry Catalyst,” Hema Malani, Shigekazu Hayashi, Ai Suzuki, Riadh Sahnoun, Hideyuki Tsuboi, Michihisa Koyama, Nozomu Hatakeyama, Akira Endou, Hiromitsu Takaba, Momoji Kubo, Carlos A. Del Carpio, and Akira Miyamoto, *Topics in Catalysis*, **52**(6-7), 724-730, (2009).
9. “A DFT Study on the Carbamates Formation through the Absorption of CO_2 by AMP,” Mohamed Ismael, Riadh Sahnoun, Ai Suzuki, Michihisa Koyama, Hideyuki Tsuboi, Nozomu Hatakeyama, Akira Endou, Hiromitsu Takaba, Momoji Kubo, Carlos A. Del Carpio, Shinkichi Shimizu, and Akira Miyamoto, *International Journal of Greenhouse Gas Control*, **3**(5), 612-616, (2009).
10. “Enhanced Gas-Sensing Behaviour of Ru Doped SnO_2 Surface: A Periodic Density Functional Approach,” Zhigang Zhu, Ramesh C. Deka, Arunabhiram Chutia, Riadh Sahnoun, Hideyuki Tsuboi, Michihisa Koyama, Nozomu Hatakeyama, Akira Endou, Hiromitsu Takaba, Carlos A. Del Carpio, Momoji Kubo, Akira Miyamoto, J*ournal of Physics and Chemistry of Solids*, **70**(9), 1248-1255, (2009).
11. “Dynamics of Hydrogen Spillover on Pt/γ-Al_2O_3 Catalyst Surface: A Quantum Chemical Molecular Dynamics Study,” Farouq Ahmed, Md. Khorshed Alam, Ai Suzuki, Michihisa Koyama, Hideyuki Tsuboi, Nozomu Hatakeyama, Akira Endou, Hiromitsu Takaba, Carlos A. Del Carpio, Momoji Kubo, and Akira Miyamoto, *Journal of Physical Chemistry C*, **113**(35), 15676-15683, (2009).
12. “Influence of Nanometer Scale Film Structure of ZDDP Tribofilm on its Mechanical Properties: A Computational Chemistry Study,” Tasuku Onodera, Takanori Kuriaki, Yusuke Morita, Ai Suzuki, Michihisa Koyama, Hideyuki Tsuboi, Nozomu Hatakeyama, Akira Endou, Hiromitsu Takaba, Carlos A. Del Carpio, Momoji Kubo, Clotilde Minfray, Jean-Michel Martin, and Akira Miyamoto, *Applied Surface Science*, **256**(4), 976-979, (2009).
13. “A Computational Chemistry Study on Friction of h-MoS_2. Part I. Mechanism of Single Sheet Lubrication,” Tasuku Onodera, Yusuke Morita, Ai Suzuki, Michihisa Koyama, Hideyuki Tsuboi, Nozomu Hatakeyama, Akira Endou, Hiromitsu Takaba, Momoji Kubo, Fabrice Dassenoy, Clotilde Minfray, Lucile Joly-Pottuz, Jean-Michel Martin, and Akira Miyamoto, *Journal of Physical Chemistry B*, **113**(52), 16256-16536, (2009).

【学生の受賞・特許等】

○平成 21 年（1 月～12 月）

獲得者名：金 寶英
受 賞 名：第 16 回燃料電池シンポジウムポスター賞
受 賞 年：平成 21 年 5 月 12 日

獲得者名：小野寺 拓
受 賞 名：日本トライボロジー学会学生奨励賞
受 賞 年：平成 21 年 5 月 22 日

獲得者名：小野寺 真里
受 賞 名：Outstanding Poster Paper Award、
The Fourth East-Asia Symposium on Functional Dyes and Advanced Materials
受 賞 年：平成 21 年 6 月 4 日

獲得者名：小野寺 拓
受 賞 名：Best Paper Award、Surface Engineering Technical Committee of STLE
受 賞 年：平成 21 年 6 月

獲得者名：小野寺 真里
受 賞 名：日本マイクログラビティ応用学会第 24 回学術講演会毛利ポスターセッション奨励賞
受 賞 年：平成 21 年 10 月 20 日

獲得者名：Kamlesh Kumar Sahu
受 賞 名：Outstanding Award for Short Oral
The Sixth International Conference on Flow Dynamics
受 賞 年：平成 21 年 11 月 5 日

【学生の研究費の獲得】

○平成 21 年（1 月～12 月）
獲得者名：大沼宏彰
名　　称：日本学術振興会特別研究員(DC1)
期　　間：平成 21 年 4 月～平成 22 年 3 月

獲得者名：小野寺 拓
名　　称：日本学術振興会特別研究員(DC1)
期　　間：平成 21 年 4 月～平成 22 年 3 月

獲得者名：鄭 善鎬
名　　称：国立大学法人東北大学グローバル COE
「流動ダイナミクス知の融合教育研究世界拠点」国際出る杭特別研究生
期　　間：平成 21 年 4 月～平成 22 年 3 月

氏名　三木　寛之



所属　流体科学研究所・講師（理学博士）
専門　機能性材料学
研究課題
次世代多機能表面技術開発
E-mail: miki@wert.ifs.tohoku.ac.jp
TEL: 022(217)5298

平成 21 年度における本グローバル COE プログラムに対する取り組み

GCOE プログラムの運営に関する役割として企画室研究協力者、同広報担当部会及び国際評価委員会担当部会委員として、リエゾンオフィスを核とした流動ダイナミクス教育研究世界拠点推進事業に参画した。

研究分野では、研究分担者として既存の海外相互リエゾンオフィスを通じた国際融合ジョイントラボラトリー及び関連する国際共同研究を実施した。さらに、ELyT Lab workshop（平成 21 年度 3 月開催）の T5 共同グループリーダーを務め、フランス国立中央理工科学校リヨン校との共同研究事業が流体科学研究所公募共同研究課題に採択されるなど、多角的な国際連携事業に成果を得ている。

平成 21 年度の活動（シンポジウム・国際会議の主催を含む）

1. 企画室研究協力者として、また企画室の広報担当部会及び国際評価委員会担当部会の委員として、GCOEプログラム2年度の活動に従事した。

2. International Conference on Flow Dynamics (ICFD) 2009 (2009年11月4-6日：仙台で開催) において、"OS: Functionality Design of the Contact Dynamics"のオーガナイズドセッションを高木敏行教授、内一准教授とともに企画・実施した。

3. 2009年5月14日-6月14日、2009年6月21日-7月26日の期間に国立中央理工科学校リヨン校に客員准教授として滞在し、非晶質炭素コーティングにおける導電性と接触に関する共同研究を実施した。なお、本事業はJSPS 先端研究拠点事業(core to core)（代表：流体科学研究所 准教授 太田 信）との連携により実施された。

4. リエゾンオフィスを通じた多国間共同研究プロジェクト(代表：三木)として、ロシア科学アカデミー2名とフランス国立中央理工科学校リヨン校の研究者1名を短期招聘し、次世代多機能コーティング技術及び機能性表面の設計法の研究開発に関する共同研究を実施した。

5. 流動ダイナミクス国際融合ジョイントラボラトリー"ナノクラスタ金属を含む非晶質炭素コーティングにおける導電性と接触の制御 (The design of conductivity and contact surface: DECO Laboratory)"（代表：流体科学研究所 高木敏行教授）をH20年度に立ち上げ、本年度も継続して共同研究を実施した。ここでは省資源と省エネルギーに貢献し、信頼性と耐久性に優れた、より高性能な機械の設計のための「導電性と接触面の設計」に関する技術開発を行った。今年度は、硬質炭素膜を基盤とした多様な用途に適用可能な先進的コーティング技術の基礎技術開発と機能性発現機構の解明に関する研究に取り組み別途記載する成果を得ている。また、本事業経費を含む複数事業の連携によりフランス国立中央理工科学校リヨン校より導電性-摩擦力同時測定装置に関する技術供与を受け、ジョイントラボラトリーで運用する機器としての同装置を今年度中に整備した。

6. 今年度新規事業として立ち上げられた、領域横断型研究プロジェクト 融合フロンティアプロジェクト ナノマイクロクラスタに研究分担者として参画し、研磨多結晶ダイヤモンドの低摩擦現象に関する基礎研究を流体科学研究所 米村 茂 准教授との間で共同研究を実施した。

平成 21 年度の研究業績

【研究内容】

国際融合ジョイントラボラトリー”ナノクラスタ金属を含む非晶質炭素コーティングにおける導電性と接触の制御”を軸にした、前述 4-5 の国際共同研究、6 の所内共同研究を実施した。詳細は以下の通りである。

1. 金属を分散した非晶質炭素薄膜を作製し、摩擦摩耗特性と導電性の定量的評価を実施した。
   ① ナノサイズの銅クラスタを含有する非晶質炭素多層薄膜において、主たる成分を金属とする移着層の形成により低摩擦性と良好な導電性を同時に発現することを定性的に明らかにした。
   ② ナノサイズのケイ素クラスタを分散した非晶質炭素薄膜を汎用構造材上に成膜し、非常に低い摩擦係数を長時間持続し、大きな荷重に対しても膜が摩滅するが基板間の剥離を生じない摺動機構の原理を定量的に評価し、膜設計の指針を得ることができた。
   ③ 導電性-摩擦特性同時測定装置に関する技術の供与を受け、東北大学流体科学研究所に共同実験装置として、機器整備を行った。

   以上、非晶質炭素薄膜に金属を分散させることにより摺動摩擦が低減され、導電性や耐摩耗性を発現可能であることを定性的に示した。

2. 強磁性形状記憶合金材料の物性評価を実施し、構造相変態を定量的に評価することにより磁気的特性と形状記憶効果の関係性を評価した。共同研究ではよりロシア科学アカデミー Vladimir Khovailo 博士が平成21年11月に開催されたICFD2009 Alumni Session において講演し、平成22年2月には博士課程学生1名とともに本所に滞在し共同研究を実施した。

3. 国立中央理工科学校リヨン校のBoyko Stoimenov 博士研究員が9月、11月に本所に本所に滞在し共同研究を実施した。 また、Boyko Stoimenov 博士研究員とJulien Fontaine 准研究員がICFD2009 ”OS: Functionality Design of the Contact Dynamics”に参加し招待公演を行った。また、平成22年3月には同校の Michel Belin 主任研究員が本所に滞在し共同研究を実施した。尚、平成22年3月には関連事業であるELyT Lab workshop (フランスにて開催)において日仏国際共同研究の展開について発表した。その他、当該年度の学会発表等については別途添付する。

4. 研磨多結晶ダイヤモンドの低摩擦現象に関して、実験（三木）と計算機シミュレーション（米村）を融合し、半鏡面状に研磨した多結晶ダイヤモンドと汎用鋼材との間の摺動において、ある相対速度を超えた領域の摺動において超低摩擦現象が発生する現象の基礎的な機構解明に取り組み、成果を得た。なお、当該年度の学会発表等については別途添付する。

【学位論文指導（副査）】

博士論文

1. 「平滑な表面に形成した気相成長ダイヤモンドの付着性に関する研究」
   平成 21 年度単位取得退学 若生 仁志

修士論文

1. 「医療応用のための形状記憶合金上に製膜した金属含有炭素複合膜の特性評価」
   バイオロボティクス専攻　　塩田 浩之

【査読論文（査読付き国際会議論文集を含む）】

〇平成 21 年（1 月～12 月）

1. T. Takeno, H. Shiota, T. Sugawara, H. Miki, T. Takagi, Highly adherent tungsten-containing Diamond-like Carbon (W-DLC) coating on a NiTi Shape Memory Alloy under 10% Tensile Strain, Diamond and Related Materilas 18, pp. 403-406 (2009).
2. H. Miki, K. Ito, T. Sugawara, J. Fontaine, T. Takeno, M. Ruet, M. Belin, K. Adachi , T. Takagi, Friction and Electrical Contact Resistance of Iridium-Containing DLC Coatings for Electrically Conductive Tribo-Elements, Tribology Online 4, pp. 60-65, (2009).
3. 三木寛之, 竹野貴法, 米村茂, 高木敏行, ダイヤモンド膜の超低摩擦現象, NEWDLAMOND, 94 , pp.

38-39, (2009).

4. T. Takeno, S. Abe, K. Adachi, H. Miki, T. Takagi, Deposition and structural analyses of molybdenum-disulfide (MoS2)–amorphous hydrogenated carbon (a-C:H) composite coatings, Diamond and Related Materilas 18, pp. 403-406 (2009).
5. T. Takeno, T. Komiyama, H. Miki. T. Takagi, T. Aoyama, XPS and TEM study of W-DLC/DLC double-layered film Thin Solid Films 517, pp. 5010-5013 (2009).
6. T. Takagi, T. Takeno, H. Miki, Metal-Containing Diamond-Like Carbon Coating as a Smart Sensor, Materials Science Forum 638-642, pp. 2103-2108 (2010).

【学術雑誌・専門書等（査読あり）】

○平成 21 年（1 月～12 月）

1. Diamond and Related Materials
2. Tribology Online
3. Thin Solid Films

【学生の国際会議・学会・学術雑誌への発表】

○平成 21 年（1 月～12 月）

1. T. Takeno, H. Shiota, T. Sugawara, H. Miki, T. Takagi, Highly adherent tungsten-containing Diamond-like Carbon (W-DLC) coating on a NiTi Shape Memory Alloy under 10% Tensile Strain, Diamond and Related Materilas 18, pp. 403-406 (2009).
2. H. Miki, K. Ito, T. Sugawara, J. Fontaine, T. Takeno, M. Ruet, M. Belin, K. Adachi , T. Takagi, Friction and Electrical Contact Resistance of Iridium-Containing DLC Coatings for Electrically Conductive Tribo-Elements, Tribology Online 4, pp. 60-65, (2009).

氏名　佐藤　一永



所属　多元物質科学研究所・助教（博士(工学)）
専門 材料強度学
研究課題 イオン・電子導電体における力学・電気化学連成機構の解明
E-mail: kazuhisa@tagen.tohoku.ac.jp
TEL: 022(217)5341

平成 21 年度における本グローバル COE プログラムに対する取り組み

研究協力者は、昨年度に引き続きイオン導電体のみならず、電子導電体に対象材料を広げて力学・電気化学連成機構の解明とその応用について中心に取り組んできた。高温・酸化・還元環境での機能性酸化物の酸素欠陥や結晶構造を高精度に観察し、力学的負荷を外部から印加した際の電気化学的挙動を評価した。また、燃料電池やリチウムイオン電池の劣化評価に対して、非破壊手法をさらに高度化し、実験室レベルにとどまらず、実機に関しても情報処理手法を駆使することにより詳細な劣化の分類と劣化機構の解明に成功している。

平成 21 年度の研究業績

【研究内容】

1. 微小ひずみによるイオン・電子流動特性の変化機構解明
   イオン・電子導電体のバルク体に対して、一軸の圧縮応力を加えた際に発生する微小ひずみによる、イオン・電子流動特性の評価を行い、変化機構の検討を行った。実験結果や計算結果から、イオン伝導体であるＹＳＺは酸素空孔濃度が変化せずに移動度が変化することがわかった。一方、電子伝導体であるＹＢＣＯやセリアはキャリア濃度と移動度が同時に変化することが明らかとなった。

2. 機能性酸化物材料の欠陥構造と結晶構造ならびに化学拡散現象の解明
   温度や環境により変化する酸素不定比性と結晶構造を精密に測定し、機能性酸化物の機械・電気化学連成機構の解明に向けた手法の開発を行っている。特に、基礎物性評価を行うために化学拡散係数は重要な情報となるため、化学拡散係数の高精度測定手法の開発も行っている。

3. 機能性酸化物材料の欠陥構造と機械・電気化学連成機構の解明
   機能性酸化物の欠陥濃度と結晶構造の変化に伴う、機械的特性の変化機構解明を行うために、世界に先駆けて高精度装置の開発に成功した。機械的特性はわずかな欠陥濃度ならびに結晶構造の変化により劇的に変化することが明らかとなった。現在、機械・電気化学連成効果の解明に向けた研究を行っている。

4. 固体酸化物形燃料電池およびリチウムイオン電池の劣化挙動解析
   非破壊評価法と電気化学的手法を併用した性能評価法を開発し、各種電池の劣化挙動解明を行っている。特に、得られた膨大な計測データをデーターマイニング手法で解析することにより、実験室レベルにとどまらず実機レベルの電池の詳細な劣化機構の解明に向けた研究を企業と共同で行っている。

【学位論文指導（副査）】

修士論文

1. 機械システムデザイン工学専攻　泉徹
   「一軸圧縮応力環境下における機能性セラミックスの導電特性」
2. 環境科学研究科　武山 陽平
   「SOFC 構成セラミックスの機械的特性に及ぼす酸素分圧の影響に関する研究」

【査読論文（査読付き国際会議論文集を含む）】

○平成 21 年（1 月～12 月）

1. Masatsugu Oishi, Satoshi Akoshima, Keiji Yashiro, Kazuhisa Sato, Junichiro Mizusaki, Tatsuya Kawada
   Defect structure analysis of B-site doped perovskite-type proton conducting oxide $BaCeO_3$ Part1:The defect concentration of $BaCe_{0.9}M_{0.1}O_{3-\delta}$(M=Y and Yb)
   Solid State Ionics,180,127-131(2009)
2. Atsushi Unemoto, Nobuyuki Hirai Atsushi Kaimai Kazuhisa Sato, Takanori Otake, Keiji Yashiro, Junichiro Mizusaki, Tatsuya Kawada, Tatsuya Tsuneki, Yoshinori Shirasaki, Yoshu Ota, Isamu Yasuda
   Surface reaction and transport kinetics of hydrogen through palladium-based membranes under gas co-existing with hydrogen atmospheres
   International Journal of Nuclear Hydrogen Production and Applications,2(1),55-68(2009)
3. Takashi Nakamura, Keiji Yashiro, Kazuhisa Sato Junichiro Mizusaki
   Electronic state of exygen nonstoichiometric $La_{2-x}Sr_xNiO_{4+\delta}$ at high temperatures
   PCCP (Physical Chemistry Chemical Physics),11,3055-3062(2009)
4. Takashi Nakamura, Keiji Yashiro, Kazuhisa Sato, Junichiro Mizusaki
   Oxygen nonstoichiometry and defect equilibrium in $La_{2-x}Sr_xNiO_{4-\delta}$
   Solid State Ionics,180,368-376(2009)
5. Takashi Nakamura, Keiji Yashiro, Kazuhisa Sato, Junichiro Mizusaki
   Thermodynamic quantities and defect equilibrium in $La_{2-x}Sr_xNiO_{4+\delta}$
   Journal of Solid State Chemistry,182,1121-1128(2009)
6. Takashi Nakamura, Keiji Yashiro, Kazuhisa Sato, Junichiro Mizusaki
   Oxygen nonstoichiometry and chemical stability of $Nd_{2-x}Sr_xNiO_{4+\delta}$
   Journal of Solid State Chemistry,182(6),1533-1537(2009)
7. Fumimasa Horikiri, Kazuhisa Sato, Keiji Yashiro, Tatsuya Kawada, Junichiro Mizusaki
   Design Concept for the High Temperature Photoelectronic Devices Using $SrTiO_3$
   Journal of The Electrochemical Society,156(7),107-113(2009)
8. Keiji Yashiro, Takashi Nakamura, Maya Sase, Florian Hermes, Kazuhisa Sato, Tatsuya, Kawada, Junichiro Mizusaki
   Composite cathode of Perovskite-related oxides, (La, Sr)$CoO_{3-\delta}$ / (La, Sr)$_2CoO_{4-\delta}$, for solid oxide fuel cells
   Electrochemical and Solid-State Letters,12(9),B135-B137(2009)
9. Satoshi Akoshima, Masatsugu Oishi, Keiji Yashiro, Kazuhisa Sato, Junichiro Mizusaki
   Reaction kinetics on platinum electrode / yttrium-doped barium cerate interface under H_2-H_2O atmosphere
   Solid State Ionics,(2009)
10. Kazuhisa Sato, Ken Suzuki, Keiji Yashiro, Tatsuya Kawada, Hiroo Yugami, Toshiyuki Hashida, Alan Atkinson, Junichiro Mizusaki
    Effect of Y_2O_3 addition on the conductivity and elastic modulus of $(CeO_2)_{1-x}(YO_{1.5})_x$
    Solid State Ionics,180,1220-1225(2009)
11. Takashi Nakamura, Keiji Yashiro, Kazuhisa Sato, Junichiro Mizusaki
    Defect chemical and statistical thermodynamic studies on oxygen nonstoichiometric $Nd_{2-x}Sr_xNiO_{4+\delta}$
    Solid State Ionics,180,1406-1413(2009)
12. Ding CS, Lin HF, Sato K, Toshiyuki H
    Synthesis of NiO-$Ce_{0.9}Gd_{0.1}O_{1.95}$ nanocomposite powders for low-temperature solid oxide fuel cell anodes by co-precipitation
    SCRIPTA MATERIALIA,60(4),254-256(2009)
13. Ding CS, Lin HF, Sato K, Yoshifumi T, Hiromichi O, Mabito I, Chiharu W, Toshiyuki H
    Preparation of Doped Ceria Electrolyte Films for SOFCs by Spray Coating Method
    OURNAL OF DISPERSION SCIENCE AND TECHNOLOGY,30(2),241-245(2009)
14. Ken-ichi Fukui, Kazuhisa Sato, Junichiro Mizusaki, Kazumi Saito, Masahiro Kimura, Masayuki Numao

Growth Analysis of Neighbor Network for Evaluation of Damage Progress
Proc. of The 13th Pacific-Asia Conference on Knowledge Discovery and Data Mining (PAKDD-09) (Lecture Notes in Artificial Intelligence 5476),933-940,Thailand,Bangkok, (2009)

15. Toshiyuki Hashida, Kazuhisa Sato, Yohei Takeyama, Tatsuya Kawada, Junichiro Mizusaki
Deformation and Fracture Characteristics of Zirconia and Ceria-Based Electrolytes for SOFCs under Reducing Atmospheres
ECS Transactions, 216th ECS Meeting, Solid Oxide Fuel Cells 11 (SOFC-XI),25(2), pp.1565-1572,Austria,Vienna,The Electrochemical Society(2009)
16. Shota Nakayama, Shin-ichi Hashimoto, Kazuhisa Sato, Keiji Yashiro, Koji Amezawa, Junichiro Mizusaki
High-Temperature Defect and Crystal Structure of Perovskite Type Oxide Ion Conductor $La_{0.8}Sr_{0.2}Ga_{0.8}Mg_{0.15}Co_{0.05}O_{3-delta}$
ECS Transactions, 216th ECS Meeting, Solid Oxide Fuel Cells 11 (SOFC-XI),25(2), pp.1701-1708,Austria,Vienna,The Electrochemical Society(2009)
17. Yasuhiro Fukuda, Shin-ichi Hashimoto, Kazuhisa Sato, Keiji Yashiro, Junichiro Mizusaki
High Temperature Defect Equilibrium, Solid State Properties and Crystal Structure of $La_{0.6}Sr_{0.4}Co_{1-y}Fe_yO_{3-delta}$ (y=0.2, 0.4, 0.6, 0.8) for Cathode of Solid Oxide Fuel Cells
ECS Transactions, 216th ECS Meeting, Solid Oxide Fuel Cells 11 (SOFC-XI),25(2), pp.2375-2380,Austria,Vienna,The Electrochemical Society(2009)
18. Takashi Nakamura, Yohei Takeyama, Satoshi Watanabe, Keiji Yashiro, Kazuhisa Sato, Toshiyuki Hashida, Junichiro Mizusaki
Oxygen Nonstoichiometry, Crystal Structure, and Mechanical Properties of $La_2NiO_{4+delta}$
ECS Transactions, 216th ECS Meeting, Solid Oxide Fuel Cells 11 (SOFC-XI),25(2), pp.2573-2580,Austria,Vienna,The Electrochemical Society(2009)
19. Eiki Niwa, Kazuhisa Sato, Keiji Yashiro, Junichiro Mizusaki
Conductivities and Seebeck Coefficients of donor-doped-$SrTiO_3$ Oxide Ceramics
ECS Transactions, 216th ECS Meeting, Solid Oxide Fuel Cells 11 (SOFC-XI),25(2), pp.2631-2638,Austria,Vienna,The Electrochemical Society(2009)
20. Tatsuya Kawada, Satoshi Watanabe, Shin-ichi Hashimoto, Tadashi Sakamoto, Atsushi Unemoto, Mao Kurumatani, Kazuhisa Sato, Fumitada Iguchi, Keiji Yashiro, Koji Amezawa, Kenjiro Terada, Momoji Kubo, Hiroo Yugami, Toshiyuki Hashida, Junichiro Mizusaki
Classification of Mechanical Failure in SOFC and Strategy for Evaluation of Operational Margin
ECS Transactions, 216th ECS Meeting, Solid Oxide Fuel Cells 11 (SOFC-XI),25(2), pp.467-472,Austria,Vienna,The Electrochemical Society(2009)

【学術雑誌・専門書等（査読あり）】

○平成 21 年（1 月～12 月）

1. Solid State Ionics
2. International Journal of Nuclear Hydrogen Production and Applications
3. Physical Chemistry Chemical Physics
4. Journal of Solid State Chemistry
5. Journal of The Electrochemical Society
6. Electrochemical and Solid-State Letters
7. SCRIPTA MATERIALIA

【学生の国際会議・学会・学術雑誌への発表】

○平成 21 年（1 月～12 月）

1. Masatsugu Oishi, Satoshi Akoshima, Keiji Yashiro, Kazuhisa Sato, Junichiro Mizusaki, Tatsuya Kawada
Defect structure analysis of B-site doped perovskite-type proton conducting oxide $BaCeO_3$ Part1:The defect concentration of $BaCe_{0.9}M_{0.1}O_{3-\delta}$(M=Y and Yb)
Solid State Ionics,180,127-131(2009)
2. Atsushi Unemoto, Nobuyuki Hirai Atsushi Kaimai Kazuhisa Sato, Takanori Otake, Keiji

Yashiro, Junichiro Mizusaki, Tatsuya Kawada, Tatsuya Tsuneki, Yoshinori Shirasaki, Yoshu Ota, Isamu Yasuda
Surface reaction and transport kinetics of hydrogen through palladium-based membranes under gas co-existing with hydrogen atmospheres
International Journal of Nuclear Hydrogen Production and Applications,2(1),55-68(2009)

3. Takashi Nakamura, Keiji Yashiro, Kazuhisa Sato Junichiro Mizusaki
Electronic state of exygen nonstoichiometric $La_{2-x}Sr_xNiO_{4+\delta}$ at high temperatures
PCCP (Physical Chemistry Chemical Physics),11,3055-3062(2009)
4. Takashi Nakamura, Keiji Yashiro, Kazuhisa Sato, Junichiro Mizusaki
Oxygen nonstoichiometry and defect equilibrium in $La_{2-x}Sr_xNiO_{4-\delta}$
Solid State Ionics,180,368-376(2009)
5. Takashi Nakamura, Keiji Yashiro, Kazuhisa Sato, Junichiro Mizusaki
Thermodynamic quantities and defect equilibrium in $La_{2-x}Sr_xNiO_{4+\delta}$
Journal of Solid State Chemistry,182,1121-1128(2009)
6. Takashi Nakamura, Keiji Yashiro, Kazuhisa Sato, Junichiro Mizusaki
Oxygen nonstoichiometry and chemical stability of $Nd_{2-x}Sr_xNiO_{4+\delta}$
Journal of Solid State Chemistry,182(6),1533-1537(2009)
7. Fumimasa Horikiri, Kazuhisa Sato, Keiji Yashiro, Tatsuya Kawada, Junichiro Mizusaki
Design Concept for the High Temperature Photoelectronic Devices Using $SrTiO_3$
Journal of The Electrochemical Society,156(7),107-113(2009)
8. Keiji Yashiro, Takashi Nakamura, Maya Sase, Florian Hermes, Kazuhisa Sato, Tatsuya, Kawada, Junichiro Mizusaki
Composite cathode of Perovskite-related oxides, (La, Sr)$CoO_{3-\delta}$ / (La, Sr)$_2CoO_{4-\delta}$, for solid oxide fuel cells
Electrochemical and Solid-State Letters,12(9),B135-B137(2009)
9. Satoshi Akoshima, Masatsugu Oishi, Keiji Yashiro, Kazuhisa Sato, Junichiro Mizusaki
Reaction kinetics on platinum electrode / yttrium-doped barium cerate interface under H_2-H_2O atmosphere
Solid State Ionics,(2009)
10. Takashi Nakamura, Keiji Yashiro, Kazuhisa Sato, Junichiro Mizusaki
Defect chemical and statistical thermodynamic studies on oxygen nonstoichiometric $Nd_{2-x}Sr_xNiO_{4+\delta}$
Solid State Ionics,180,1406-1413(2009)
11. Ding CS, Lin HF, Sato K, Toshiyuki H
Synthesis of NiO-Ce0.9Gd0.1O1.95 nanocomposite powders for low-temperature solid oxide fuel cell anodes by co-precipitation
SCRIPTA MATERIALIA,60(4),254-256(2009)
12. Ding CS, Lin HF, Sato K, Yoshifumi T, Hiromichi O, Mabito I, Chiharu W, Toshiyuki H
Preparation of Doped Ceria Electrolyte Films for SOFCs by Spray Coating Method
OURNAL OF DISPERSION SCIENCE AND TECHNOLOGY,30(2),241-245(2009)
13. Shota Nakayama, Shin-ichi Hashimoto, Kazuhisa Sato, Keiji Yashiro, Koji Amezawa, Junichiro Mizusaki
High-Temperature Defect and Crystal Structure of Perovskite Type Oxide Ion Conductor $La_{0.8}Sr_{0.2}Ga_{0.8}Mg_{0.15}Co_{0.05}O_{3-delta}$
ECS Transactions, 216th ECS Meeting, Solid Oxide Fuel Cells 11 (SOFC-XI),25(2), pp.1701-1708,Austria,Vienna,The Electrochemical Society(2009)
14. Yasuhiro Fukuda, Shin-ichi Hashimoto, Kazuhisa Sato, Keiji Yashiro, Junichiro Mizusaki
High Temperature Defect Equilibrium, Solid State Properties and Crystal Structure of $La_{0.6}Sr_{0.4}Co_{1-y}Fe_yO_{3-delta}$ (y=0.2, 0.4, 0.6, 0.8) for Cathode of Solid Oxide Fuel Cells
ECS Transactions, 216th ECS Meeting, Solid Oxide Fuel Cells 11 (SOFC-XI),25(2), pp.2375-2380,Austria,Vienna,The Electrochemical Society(2009)
15. Takashi Nakamura, Yohei Takeyama, Satoshi Watanabe, Keiji Yashiro, Kazuhisa Sato, Toshiyuki Hashida, Junichiro Mizusaki
Oxygen Nonstoichiometry, Crystal Structure, and Mechanical Properties of $La_2NiO_{4+delta}$
ECS Transactions, 216th ECS Meeting, Solid Oxide Fuel Cells 11 (SOFC-XI),25(2),

pp.2573-2580,Austria,Vienna,The Electrochemical Society(2009)

16. Eiki Niwa, Kazuhisa Sato, Keiji Yashiro, Junichiro Mizusaki
Conductivities and Seebeck Coefficients of donor-doped-$SrTiO_3$ Oxide Ceramics
ECS Transactions, 216th ECS Meeting, Solid Oxide Fuel Cells 11 (SOFC-XI),25(2),
pp.2631-2638,Austria,Vienna,The Electrochemical Society(2009)
17. Tatsuya Kawada, Satoshi Watanabe, Shin-ichi Hashimoto, Tadashi Sakamoto, Atsushi Unemoto, Mao Kurumatani, Kazuhisa Sato, Fumitada Iguchi, Keiji Yashiro, Koji Amezawa, Kenjiro Terada, Momoji Kubo, Hiroo Yugami, Toshiyuki Hashida, Junichiro Mizusaki
Classification of Mechanical Failure in SOFC and Strategy for Evaluation of Operational Margin
ECS Transactions, 216th ECS Meeting, Solid Oxide Fuel Cells 11 (SOFC-XI),25(2),
pp.467-472,Austria,Vienna,The Electrochemical Society(2009)

【学生の受賞・特許等】

○平成 21 年（1 月～12 月）
獲得者名：堀切文正
受 賞 名：東北大学工学研究科長賞

氏名　大平　勝秀



所属　流体科学研究所・教授（博士（工学））
専門　低温工学
研究課題
極低温流体の流動・伝熱複合現象の解明
E-mail: ohira@fmail.ifs.tohoku.ac.jp
TEL: 022(217)5227

平成 21 年度における本グローバル COE プログラムに対する取り組み

研究協力者の研究分野では、極低温固液二相流体（スラッシュ流体）および極低温気液二相流体の流動・伝熱複合現象の解明とその応用について取り組んできた。スラッシュ流体特有の圧力損失低減効果と低減効果に伴う熱伝達劣化現象の解明を行っている。また、実験にて得られた流動・伝熱特性をもとに、スラッシュ流体の流動・伝熱に関する数値解析手法の開発を行っている。キャビテーション現象（気液二相流）については、大気圧沸点及びサブクール状態の極低温液体がノズルを通過する際に生じるキャビテーション発生メカニズムについて実験を行い、キャビテーションの発生機構および発生時の不安定流動現象の解明を行っている。極低温気液二相流体の流動・伝熱現象については、管内を流動する極低温流体の気液二相圧力損失と熱伝達特性について、流動の可視化も含めた実験を行い、現象の解明と特性を評価する実験式の検討を行っている。

平成 21 年度の活動（シンポジウム・国際会議の主催を含む）

＜招待講演＞

講 演 先：日本混相流学会年会講演会 2009
講演題目：高効率水素エネルギーシステム開発における極低温混相流体の流動・伝熱現象
講 演 日：2009.8.7

講 演 先：Asian Conference 2009 on Applied Superconductivity and Cryogenics
講演題目：Development of a High-efficient Hydrogen Energy System using Slush Hydrogen
講 演 日：2009.12.8

平成 21 年度の研究業績

【研究内容】

1.極低温スラッシュ流体の流動・伝熱現象の解明と水素エネルギー技術への応用・展開

スラッシュ水素（温度 14K）を移送する場合に必要となる配管系の流動現象、固体粒子の流体的挙動、強制対流熱伝達特性を解明するため、スラッシュ窒素（63K）を用いた実験を行い、スラッシュ流体特有の圧力損失低減効果と低減効果に伴う熱伝達劣化現象の解明を行った。従来の円管から矩形断面管の流動・伝熱現象の解明にも着手している。得られた技術成果を次世代高効率水素エネルギーシステムの開発に向けて応用・展開を図っている。

2.極低温スラッシュ流体の流動・伝熱に関する数値解析手法の開発

スラッシュ窒素の実験にて得られた熱・流動特性をもとに、スラッシュ流体の流動・伝熱に関する数値解析手法、特に伝熱特性に着目した解析手法の開発を行い、評価を行った。また、スラッシュ水素の流動・伝熱現象解析にも適用し、検証を行っている。

3.極低温流体のキャビテーション現象（気液二相流）の解明

ロケット用ターボポンプなど極低温機器の高性能化を目的に、キャビテーション発生機構および発生時の不安定流動現象について解明を行った。大気圧沸点(温度 77 K)およびサブクール状態(温度～68 K)の液体窒素がノズルを通過する際に生じるキャビテーション発生メカニズムについて実験を行い、サブクール状態ではキャビテーションが連続して発生せず、発生と同時に通常の数倍程度の圧力（流量）振動を伴い、短時間で消失する現象を確認している。この不安定性は温度低下及び気液二相化（ボ

イド率変化）に伴うサブクール液体窒素の急激な音速低下によるチョーク流れが原因と考え、ノズルスロート径を変化させた場合の実験も行い、現象の解明を行っている。

4.極低温気液二相流体の流動・伝熱現象の解明

液体水素を燃料とするマッハ 5 の極超音速機技術を実証するために、極超音速予冷ターボジェットエンジンの技術開発が必要となっている。本エンジンは液体水素の寒冷を空気冷却の冷媒として使用するため、液体水素の気液二相流動・伝熱特性の解明が必要となる。管内を流動する極低温流体の気液二相圧力損失と熱伝達特性を解明するため、液体窒素（77K）を用いて、流動状況の可視化も含めた圧力損失と熱伝達特性実験を行っている。常温の水等で得られている従来の気液二相圧力損失および熱伝達推算式の評価を行い、極低温流体特有の現象について検討を行っている。

【学位論文指導（主査）】

修士論文

1. 航空宇宙工学専攻　小笠原康史
   「水平円管および矩形管内を流れるスラッシュ窒素の流動・伝熱特性」
2. 航空宇宙工学専攻　清水領
   「水平円管内を流れる液体窒素沸騰流の流動・伝熱特性」
3. 航空宇宙工学専攻　林心平
   「水平管内を流動するスラッシュ窒素の流動・伝熱特性に関する数値解析」

【学位論文指導（副査）】

修士論文

1. 機械システムデザイン工学専攻　伊藤雅士
   「ノズルに発生する極低温キャビテーションの熱力学的効果に関する研究」
2. 機械システムデザイン工学専攻　金野佑
   「翼列のキャビテーション不安定現象に及ぼす加速度場の影響」
3. 機械システムデザイン工学専攻　尾崎晃
   「高活性マイクロバブルジェットの機能性と流体物性評価」
4. 航空宇宙工学専攻　見上千尋
   「チャンネル内高圧液中気泡の破砕現象に関する研究」

【査読論文（査読付き国際会議論文集を含む）】

〇平成 21 年（1 月～12 月）

1. K. Ohira, N. Takahashi, M. Nozawa and J. Ishimoto
   Heat Transfer and Pressure Drop Reduction of Slush Nitrogen in a Turbulent Pipe Flow
   Proceedings of the International Cryogenic Engineering Conference 22 (2009), pp.353-358.
2. M. Nozawa, K. Ohira, N. Okazaki, J. Ishimoto and T. Kamiya
   Flow Characteristics of Slush Nitrogen in Various Types of Pipes
   Proceedings of the International Cryogenic Engineering Conference 22 (2009), pp.255-260.
3. 石本淳、大平勝秀、岡林一木、千歳敬子
   液体水素ジェット微粒化プロセスに関する融合数値予測
   低温工学, Vol. 44, No.7(2009), pp.314-322.

【学術雑誌・専門書等（査読あり）】

〇平成 21 年（1 月～12 月）

1. 低温工学

【本人の国際会議・学会・学術雑誌への発表（査読なし）】

〇平成 21 年（1 月～12 月）

1. 大平勝秀、向井康晃
   スラッシュ流体の固液二相管内流動特性に関する数値解析
   第 81 回 2009 年度秋季低温工学・超電導学会講演概要集(2009), p.59.
2. M. Shinya, N. Okazaki and K. Ohira

Experimental Study of Slush Nitrogen Flow in a Horizontal Bend Pipe
Sixth International Conference on Flow Dynamics (2009), pp.320-321.

3. 大平勝秀
くびれ管を流動するスラッシュ流体の圧力損失低減現象
2009 年度日本冷凍空調学会年次大会講演論文集(2009), pp.381-384.
4. 大平勝秀、若林陽一、高橋幸一
スラッシュ窒素の管内絞り部流動時の圧力損失低減現象
第 80 回 2009 年度春季低温工学・超電導学会講演概要集(2009), p.70.
5. 清水領、大平勝秀、高橋幸一、小林弘明、田口秀之
液体窒素の水平管内流動時の気液二相圧力損失と熱伝達特性
第 81 回 2009 年度秋季低温工学・超電導学会講演概要集(2009), p.60.
6. 野澤正和、千葉真一、大平勝秀、木村誠宏
超流動ヘリウム中の飽和膜沸騰における蒸気膜界面近傍の伝熱特性
日本機械学会 2009 年度年次大会・講演会(2009), 講演番号 S0502-3-1(pp.1-2).
7. R. Shimizu, K. Ohira, K. Takahashi, H. Kobayashi, H. Taguchi, T. Kojima and M. Hongo
Thermo-Fluid Characteristics of Boiling Liquid Nitrogen Flowing in a Horizontal Pipe
The Ninth International Symposium on Advanced Fluid Information and Transdisciplinary Fluid Integration AFI/TFI-2009,(2009), pp.30-31.
8. M. Nozawa, N. Kimura, S. Chiba and K. Ohira
Study of Unstable Phenomena of Film Boiling in Superfluid Helium
The Ninth International Symposium on Advanced Fluid Information and Transdisciplinary Fluid Integration AFI/TFI-2009,(2009), pp.38-39.
9. 大平勝秀
高効率水素エネルギーシステム開発における極低温混相流体の流動・伝熱現象
混相流、Vol.23, No. 4(2009), pp.373-380.
10. 大平勝秀
スラッシュ水素を利用した高効率水素輸送・貯蔵システムの開発
化学工業、Vol.60, No. 12(2009), pp.14-21.
11. K. Ohira
Development of a High-efficient Hydrogen Energy System using Slush Hydrogen
Asian Conference 2009 on Applied Superconductivity and Cryogenics, Conference Program and Abstracts ACASC 2009,(2009), I-07, p.88.
12. 大平勝秀
高効率水素エネルギーシステム開発における極低温混相流体の流動・伝熱現象
日本混相流学会年会講演会 2009 講演論文集(2009), pp.100-103.
13. 大平勝秀
スラッシュ水素と超伝導電力機器の相乗効果を利用した高効率水素エネルギーシステムの開発
第 18 回日本エネルギー学会大会講演概要集(2009), pp.250-251.
14. 大平勝秀
スラッシュ水素と超伝導機器を利用した水素エネルギーシステムの開発
第 80 回 2009 年度春季低温工学・超電導学会講演概要集(2009), p.69.
15. 大平勝秀
スラッシュ水素を利用した水素エネルギーシステムの開発
第 43 回空気調和・冷凍連合講演会講演論文集(2009), pp.45-48.
16. T. Nagai, K. Ohira and K. Takahashi
Cavitating Flow of Subcooled Liquid Nitrogen in a C-D Nozzle
Sixth International Conference on Flow Dynamics (2009), pp.286-287.
17. 永井孝佳、大平勝秀、高橋幸一
極低温液体窒素のサブクール度が C－D ノズル出口部キャビテーションに与える影響
日本混相流学会年会講演会 2009 講演論文集(2009), pp.108-109.

18. 石本淳、丹大輔、鈴木俊裕、大平勝秀
液体水素ピンホールジェットの乱流微粒化プロセスに関する並列融合数値予測
日本混相流学会年会講演会 2009 講演論文集(2009), pp.106-107.
19. 永井孝佳、大平勝秀、高橋幸一
サブクール液体窒素の C－D ノズル出口部キャビテーション現象
第 80 回 2009 年度春季低温工学・超電導学会講演概要集(2009), p.71.

氏名　渡辺　豊



所属　工学研究科量子ｴﾈﾙｷﾞｰ工学専攻・教授（工学博士）
専門　環境強度学、保全工学
研究課題
原子力発電プラントの流動誘起損傷のメカニズム解明と評価
E-mail：yutaka.watanabe@qse.tohoku.ac.jp
℡：022（795）7910

平成 21 年度における本グローバル COE プログラムに対する取り組み

原子力発電プラントの経年劣化事象の中でもプラント健全性確保の観点からとくに重要であり、流動に誘起された劣化現象である『流れ加速型腐食』による配管減肉に関して取り組んでいる。流れ加速型腐食は、複雑流動下での高速な物質輸送により金属腐食が加速される現象であり、界面での酸化皮膜形成およびその溶解と管壁－沖合の物質輸送の連成現象として理解する必要がある。この取り組みの中で、流体工学の専門家との協力により配管減肉の予測技術の高度化に繋がるパラメータ影響解明、また、非破壊検査の専門家との連携による減肉管理の高度化に資する研究を実施している。

平成 21 年度の研究業績

【研究内容】

1. 複雑流動下での固液界面反応平衡と酸化物皮膜研究

炭素鋼の高温水中での流れ加速型腐食について、実機環境模擬試験による減肉速度評価に基づき、Cr 含有量ならびに水質パラメータの組み合わせ効果に関する系統的データを獲得した。一方で、形成された酸化物皮膜に対して電子顕微鏡技術と固体表面分析技術による詳細な分析を行い、皮膜の構造上の特徴を抽出した。さらに、材料因子（Cr 含有量）ならびに環境因子（pH）を減肉速度予測モデルに反映するための機構論的検討を行った。

【査読論文（査読付き国際会議論文集を含む）】

○平成 21 年（1 月～12 月）

1. Yutaka Watanabe, Kiwamu Sue, Hiroshi Abe
EFFECTS OF CR CONTENT AND ENVIRONMENTAL FACTORS ON FAC RATE OF CARBON STEELS
Proceedings of 2009 ASME Pressure Vessel and Piping Division Conference (CD-ROM), (2009).



氏名　内一　哲哉

所属　流体科学研究所・准教授（博士（工学））

専門　電磁非破壊評価

研究課題

流動誘起損傷の電磁非破壊評価

E-mail：uchimoto@ifs.tohoku.ac.jp

TEL：022（217）5262

平成 21 年度における本グローバル COE プログラムに対する取り組み

GCOE 融合フロンティアプロジェクト「原子力発電プラントの流動誘起損傷のメカニズム解明と評価」のサブリーダをつとめ、プロジェクトの立ち上げを行った。これに関連する研究分野としては、原子力発電設備における流動誘起損傷として、配管減肉の検査とモニタリングに関する研究を推進している。リヨン-東北理工学国際研究所(LIA ELyT)では、テーマ R1 Non Destructive Evaluation & Mitigation, NDE & Mitigation の共同グループリーダーを務め, フランス国立応用科学院リヨン校との国際共同研究を推進している。具体的には、高温クリープ損傷のモニタリングの開発とその評価法に関する共同研究を進めている。

平成 21 年度の活動（シンポジウム・国際会議の主催を含む）

1. International Conference on Flow Dynamics (ICFD) 2009 (2009年11月4-6日：仙台で開催）において，”OS: Functionality Design of the Contact Dynamics”のオーガナイズドセッションを高木敏行教授，三木講師とともに企画・実施した.

2. リエゾンオフィスを通じた多国間共同研究プロジェクトおよび流体科学研究所公募共同研究の枠組みにおいて，フランス国立応用科学院リヨン校と韓国成均館大学校と原子力構造材料の劣化評価に関する共同研究を実施した.

3. 今年度新規事業として立ち上げた，融合フロンティアプロジェクト原子力発電プラントの流動誘起損傷のメカニズム解明と評価に参画し，電気事業者をはじめとする原子力産業界、学界との共同研究を実施した。

平成 21 年度の研究業績

【研究内容】

1.原子力発電設備における流動誘起損傷の非破壊評価

原子力発電設備の経年化にともなう課題の１つである流動誘起減肉や液滴衝撃の新しい減肉評価法として、リモートフィールド渦電流探傷法と電磁超音波－渦電流複合プローブを提案し、その有効性を検討した。前者のリモートフィールド渦電流探傷法については、プローブ構造および励磁方式を検討し、現在有効な検査法が存在しない 2 重板下の流動誘起減肉の検査の可能性を示した。後者の電磁超音波－渦電流複合プローブについては、超音波と渦電流の相補性を示し、2 種類の検査法の融合による評価の信頼性を検討している。また、減肉の傾向監視のための高温モニタリングへの適用を検討している。

2. 原子力発電設備における材料劣化診断

応力腐食割れ（SCC）は、原子力発電設備における代表的な損傷であり、その発生の予測と制御は難しく、割れの発生に至る前の材料劣化を検知し、損傷発生を未然に回避するための研究が重要である。応力腐食割れの発生段階の材料劣化を、磁気的な手法にもとづいて評価するという新しい手法を提案し、その評価原理から適用可能性までを議論した。具体的には、1) 高ニッケル合金の鋭敏化評価と 2)オーステナイト系ステンレス鋼の SCC 感受性に関する微視的組織評価について取り組んだ。前者の高ニッケル合金の鋭敏化評価は、応力腐食割れ発生の一因子であり、その評価は重要である。同君は、鋭敏化による高ニッケル合金の磁気特性の変化について、結晶粒界における Cr 欠乏プロファイルとの関係から系統的に調査し、そのメカニズムを解明した。さらにこの原理に基づいて、非線形渦電流法による鋭敏化の

非破壊評価法を提案し、鋭敏化度を正確に評価できることを示した。後者のオーステナイト系ステンレス鋼の SCC 感受性に関する微視的組織評価に関する研究においては、評価原理である応力腐食割れに至る前の劣化状態におけるステンレス鋼の磁性発現のメカニズムの検討を行った。局所的な化学組成の変化、相変態、格子欠といった因子を解明するために、マクロな磁気特性変化と微視的な観察結果との関係を議論し、そのメカニズムを明らかにした。さらに、この原理を適用した非線形渦電流法により、応力腐食割れの感受性を評価できる可能性を示した。

【学位論文指導（副査）】

修士論文

1. バイオロボティクス専攻　及川 諒太
「原子炉構造材料の応力腐食割れ感受性に関する微視的組織の電磁非破壊評価」

【査読論文（査読付き国際会議論文集を含む）】

○平成 21 年（1 月～12 月）

1. 山本敏弘、高木敏行、内一哲哉
平板用リモートフィールド渦電流探傷法による局部減肉の評価
日本機械学会論文集(B 編)、Vol.75, No.751, pp431-433, (2009.3)
2. 山本敏弘, 高木敏行, 内一哲哉
マルチコイル渦電流探傷プローブを用いた電磁非破壊評価システムの開発, 火力原子力発電, Vol. 629, No. 60, pp. 117-124 (2009)
3. O.Stupakov, J.Pal'a, T.Takagi, T.Uchimoto
Governing Conditions of repeatable Barkhausen noise response
Journal of Magnetism and Magnetic Materials, Vol.321, pp2956-2962, (2009.9)
4. 及川諒太、内一哲哉、高木敏行
電磁非破壊評価法を用いた Ni 基合金の鋭敏化評価
日本機械学会論文集(A 編), 75 編 760 号, pp1777-1783, (2009.12)
5. 根本　義之，欅田　理，内一哲哉，高屋　茂，塚田　隆
ステンレス鋼の IASCC 感受性と磁気特性の相関性に関する研究
日本保全誌，　第 7 巻 (2009)，　pp. 57-68.

【学術雑誌・専門書等（査読あり）】

○平成 21 年（1 月～12 月）

1. 日本機械学会論文集
2. 火力原子力発電
3. Journal of Magnetism and Magnetic Materials
4. 日本保全誌

【学生の受賞・特許等】

○平成 21 年（1 月～12 月）

獲得者名：及川諒太，内一哲哉，高木敏行
受 賞 名：日本保全学会 第 6 回学術講演会 奨励賞
受 賞 年：2009.8.5

氏名　遊佐　訓孝



所属　工学研究科量子ｴﾈﾙｷﾞｰ工学専攻・准教授（博士（工学））
専門　非破壊検査工学
研究課題
電磁現象を利用した構造物健全性評価技術の開発
E-mail：noritaka.yusa@qse.tohoku.ac.jp
TEL：022（795）6319

平成 21 年度における本グローバル COE プログラムに対する取り組み

研究協力者は主として電磁現象を利用して構造物の健全性評価を行う各種非破壊検査手法の開発およびそれに関する研究を行っている。本グローバル COE においては、構造物の経年劣化事象の一つである配管減肉を主たる対象とし、マイクロ波を用いた配管減肉の早期検出および評価技術開発に取り組んでいる。本技術は配管の広域を一括して探傷が可能であるという点で既存技術に対して大きな優位性を有しており、本グローバル COE プログラムにおいて特に流体および減肉メカニズムを専門とする研究者の方々と密な交流を行うことにより、原子力発電所などの大規模プラント信頼性に寄与することができるようになると思われる。

平成 21 年度の研究業績

【研究内容】

1.マイクロ波を用いた広域配管一括検査技術の開発

配管内部にマイクロ波を伝播させ、その反射及び透過の様子から配管内壁面に存在するきずの検出と評価を行う、非破壊検査技術の開発を行った。有限要素法解析により管内部を伝播するマイクロ波の挙動を詳細に分析し、減肉の存在により特定の周波数でマイクロ波の伝播が著しく妨げられることを確認し、それらの周波数から減肉の形状を定量的に評価するためのアルゴリズムを構築した。解析結果検証のため、プラント配管を模擬した真鍮直管を用いた検証試験を実施し、アルゴリズムの妥当性を評価すると共に、精度向上およびより現実的な減肉モデルの考慮に向けた検討を行った。

2. 応力腐食割れの電磁モデルの解明

実プラントにて大きな問題となっている経年劣化事象の一つで有る応力腐食割れに対する非破壊評価技術の高度化に資することを目的として、電磁現象の観点から応力腐食割れのモデル化の検討を行うとともに、得られた知見に基づいて、機械加工のみで応力腐食割れ模擬試験体を製作する技術の開発を進めている。また、応力腐食割れの各種非破壊検査信号信号データベース構築のための国際ラウンドロビンテストを提唱・推進している。

3. 強度変調複合電磁場による電磁非破壊検査技術の高度化

変動電磁場を用いる電磁非墓検査技術において、強度変調複合電磁場を用いることで、材料深部情報評価能を飛躍的に高めうる技術を開発し、既存技術に対する優位性およびその定量的限界を数値解析および検証試験による実施した。

【査読論文（査読付き国際会議論文集を含む）】

○平成 21 年（1 月～12 月）

1. Ladislav Janousek, Klara Capova, Noritaka Yusa, and Kenzo Miya. Multi-probe inspection for enhancing sizing ability in eddy-current non-destructive testing, *IEEE transactions on Magnetics,* Vol.44(6), (2008), 1518-1621.
2. Noritaka Yusa, Development of computational inversion techniques to size cracks from eddy current signals, *Nondestructive Testing and Evaluation*, Vol. 24(1,2), (2009), 39-52.
3. Zhenmao Chen, Noritaka Yusa, and Kenzo Miya. Some advances in numerical analysis techniques for quantitative electromagnetic nondestructive evaluation. *Nondestructive Testing*

and Evaluation Vol. 24(1,2), (2009), 69-102.

4. Noritaka Yusa and Kenzo Miya. Discussion on the equivalent conductivity and resistance of stress corrosion cracks in eddy current simulations, *NDT&E international* Vol.42(1), (2009), 9-15
5. Noritaka Yusa and Hidetoshi Hashizume. Evaluation of stress corrosion cracking as a function of its resistance to eddy currents. *Nuclear Engineering and Design,* Vol.239, (2009), 2713-2718.
6. 遊佐訓孝, ラディスラブヤノーセック, 宮健三. 渦電流探傷法を用いた厚肉構造物の深い開口きず深さ定量評価. 機械学会論文集 A, Vol.75 (759), (2009), 1454-1459.

【学術雑誌・専門書等（査読あり）】

○平成 21 年（1 月～12 月）

1. E-Journal of Advanced Maintenance
2. 機論A 75
3. Nuclear Engineering and Design
4. NDT&E International
5. Nondestructive Testing and Evaluation

【本人の国際会議・学会・学術雑誌への発表（査読なし）】

○平成 21 年（1 月～12 月）

1. Yasutomo Sakai, Noritaka Yusa, Satoshi Ito, Hidetoshi Hashizume. Numerical analysis of microwave NDT applied to piping inspection. The 13th Asia-Pacific Conference on Non-destructive Testing. Yokohama, Japan. 2009/11/08-13.
2. Haoyu Huang, Ryo Kayata, Stephane Perrin, Koh-ichi Maki, Shingo Mawatari, Noritaka Yusa, Kenzo Miya. A novel electromagnetic nondestructive evaluation method for rotating machinery. The 7th International Conference in relation to Structural Integrity for Nuclear and Pressurized Components, Yokohama, Japan, 2009/05/12-14.
3. 萱田良、真木紘一、石川達也、堀内隆夫、遊佐訓孝. ポンプ軸受およびインペラの不具合の大きさと電磁診断技術の信号との相関関係, 第 6 回保全学会学術講演会, 札幌, 2009/08/03-05.
4. 遊佐訓孝、橋爪秀利. 渦電流に対する応力腐食割れの等価的抵抗値に関する検討. 第 6 回保全学会学術講演会, 札幌, 2009/08/03-05.
5. 遊佐訓孝、瀬良健彦、平野伸朗. 電流制御型渦電流探傷法を用いた応力腐食割れサイジングの試み、日本原子力学会 2009 年秋の大会、仙台、2009/09/16-18.
6. Noritaka Yusa, Kenzo Miya, Ichiro Komura, Zhenmao Chen. A project aiming at the enhancement of NDT&E of stress corrosion cracking. The 14th International Symposium on Applied Electromagnetics and Mechanics, Xian, China, 2009/09/20-24.
7. Haoyu Huang, Ryo Kayata, Stephane Perrin, Noritaka Yusa, Kenzo Miya. Numerical analysis of an electromagnetic nondestructive evaluation method for rotating machinery. The 14th International Symposium on Applied Electromagnetics and Mechanics, Xian, China, 2009/09/20-24.
8. 遊佐訓孝、宮健三. 電流制御型リモートフィールド渦電流探傷法の検討. 第 5 回保全学会学術講演会, 水戸, 2008/07/10-12, pp. 176-178.

【本人の受賞・特許等】

受 賞 名：日本保全学会第 6 回学術講演会銅賞
受 賞 年：2009 年 8 月

【本人のマスコミ発表等】

原子力 eye2009 年 12 月号次代のホープ若手研究者の素顔掲載

氏名　小宮　敦樹



所属　流体科学研究所・講師（博士（工学））
専門　熱工学
研究課題
マイクロスケール物質移動現象の解明
E-mail: komy@pixy.ifs.tohoku.ac.jp
TEL: 022(217)5244

平成 21 年度における本グローバル COE プログラムに対する取り組み

研究協力者が所属する極限熱現象研究分野では、ミクロからマクロスケールにおける熱・物質流動の現象を解明し、その応用利用に取り組んできている。研究協力者は特にマイクロスケールにおける物質移動現象を独自に開発した位相シフト干渉計を用いて高精度計測し、タンパク質等の巨大分子が周囲環境にどのような影響を受けるか、定量的な評価を行っている。また、微小領域の高精度可視化技術を応用し、気液界面での炭酸ガス吸収過程の可視化を試み、吸収過程の定量的な評価を行っている。

また、グローバル COE プログラムの運営面においては、企画室の教育プログラム担当部会に属し、若手研究者および学生が主催する諸活動の計画・立案を行ってきている。

平成 21 年度の活動（シンポジウム・国際会議の主催を含む）

名　　称：第 30 回日本熱物性シンポジウム
主催団体：日本熱物性学会
開催期間：2009 年 10 月 28-30 日
役　　割：実行委員

名　　称：日本航空宇宙学会北部支部 2010 年講演会・
　　第 11 回再使用型宇宙推進系シンポジウム
主催団体：日本航空宇宙学会北部支部
開催期間：2010 年 3 月 10-11 日
役　　割：実行委員

平成 21 年度の研究業績

【研究内容】

1. 熱・物質移動現象の解明と能動制御
   光干渉技術を用いて極小の非定常拡散場を精密観測し、タンパク質等の巨大分子の拡散係数を高精度測定する技術を開発している。共役勾配法を用いた新たな物質拡散係数の導出法を提案し、物質拡散係数の濃度依存性を高精度に評価した。また、温度・溶液 pH 濃度等の周囲環境の影響についても実験的検証を行っている。

2. 気液界面近傍でのCO_2吸収過程促進に関する研究
   地球温暖化対策として吸収塔での CO_2 の分離回収技術が注目されているが、回収プロセスにおいては熱と物質の気－液界面を介しての移動が共存する複雑な現象となるため、その現象解明が必要となる。本研究では、吸収塔内の気－液界面および液相内部における物質輸送現象を観察するため、吸収材として広く使われているアルコールアミン系溶液中へ CO_2 が吸収・拡散する系に対し、光学干渉計を用いて界面近傍の流動様相を可視化し、拡散係数を導出することで吸収過程の定量化を行っている。

【学位論文指導（副査）】

博士論文

1. 機械システムデザイン工学専攻　A7TD10024 武田洋樹
   「生体組織の冷却制御とその応用に関する研究」
2. 機械システムデザイン工学専攻　A7TD1004　Mehdi Baneshi
   「ナノ・マイクロ粒子を用いたふく射伝熱に関する研究」

修士論文

1. 機械システムデザイン工学専攻　A8TM1012 小笠原直也
   「温熱治療における生体内ふく射伝熱に関する研究」
2. 機械システムデザイン工学専攻　A8TM1033 長山岳史
   「微小粒子散布による地球温暖化の制御に関する基礎的研究」

【査読論文（査読付き国際会議論文集を含む）】

○平成 21 年（1 月～12 月）

1. N. Williamson, A. Komiya, S. Maruyama, M. Behnia and S. W. Armfield
   Nutrient Transport from an Artificial Upwelling of Deep Sea Water
   Journal of Oceanography, Vol.65 (2009), pp.349-359.
2. M. Baneshi, S. Maruyama, H. Nakai and A. Komiya
   A new approach to optimizing pigmented coatings considering both thermal and aesthetic effects
   Journal of Quantitative Spectroscopy & Radiative Transfer, Vol.110 (2009), pp.192-204.
3. M. Baneshi, S. Maruyama, A. Komiya
   The Effects of Using Some Common White Pigments on Thermal and Aesthetic Performances of Pigmented Coatings
   JSME Journal of Thermal Science and Technology, Vol.4-1 (2009), pp.131-145.
4. R. Ibuki, S. Maruyama, A. Komiya and T. Yambe
   Design of Plate-type Actuator using SMA Wire for Assistant Artificial Heart Muscle
   Journal of Intelligent Material Systems and Structures, Vol.19 (2009), pp.359-365.
5. 円山重直・高島茂・小宮敦樹・関隆志・山家智之
   高精度温度制御加熱装置による温熱治療とその評価
   日本機械学会論文集 B 編，第 75 巻 758 号（2009），2055-2059 頁.
6. H. Takeda, S. Maruyama, J. Okajima, S. Aiba and A. Komiya
   Development and estimation of a novel cryoprobe utilizing the Peltier effect for precise and safe cryosurgery
   Cryobiology, Vol. 59-3 (2009), pp. 275-284.
7. H. Takeda, S. Maruyama, T. Yambe, N. Nakasato and A. Komiya
   Brain Mapping Method Utilizing Rapid Cooling Probe
   International Journal of Transport Phenomena, Vol.11-2 (2009), pp.147-163.
8. J. Okajima, S. Maruyama, H. Takeda and A. Komiya
   Dimensionless solutions and general characteristics of bioheat transfer during thermal therapy
   Journal of Thermal Biology, Vol.34-8 (2009), pp.377-384.
9. H. Takeda, J. Okajima, S. Aiba, A. Komiya, S. C. Mishra and S. Maruyama
   Precise and Rapid Cooling of Skin Tissue for Cryosurgery Utilizing Peltier Effect in Extremely Low Temperature
   Proceedings of the 7th World Conference on Experimental Heat Transfer, Fluid Mechanics and Thermodynamics, (2009), p.19, CD-ROM BS-5.
10. J. Okajima, S. Maruyama and A. Komiya
    Boiling Heat Transfer in Small Channel for Development of Ultrafine Cryoprobe
    Proceedings of the 7th World Conference on Experimental Heat Transfer, Fluid Mechanics and Thermodynamics, (2009), p.20, CD-ROM BS-7.

11. A. Komiya, J. F. Torres, J. Okajima and S. Maruyama
Experimental Trial to Determine Mass Diffusion Coefficients in Multi-component System
The Proceedings of the 7th Pacific Symposium on Flow Visualization and Image Processing, (2009), CD-ROM 066.
12. S. Maruyama, M. Chisaki, A. Komiya and R. Shirakashi
A Proposal of Low CO2 Emission Power Generation System Utilizing Oceanic Methane Hydrate
Proceedings of the International Conference on Power Engineering-09, (2009), pp.2_343-2_348.

【学術雑誌・専門書等（査読あり）】

○平成 21 年（1 月～12 月）

1. Journal of Quantitative Spectroscopy & Radiative Transfer
2. Journal of Oceanography
3. Journal of Intelligent Material Systems and Structures
4. Cryobiology
5. International Journal of Transport Phenomena

【本人の国際会議・学会・学術雑誌への発表（査読なし）】

○平成 21 年（1 月～12 月）

1. A. Komiya, J. F. Torres, J. Okajima and S. Maruyama
Measurement of Mass Diffusion Coefficient of Multi-Component Systems in Aqueous Media by Phase Shifting Interferometer
Abstract book of the 5th International Conference on Diffusion in Solids and Liquids, (2009), p.153.
2. N. Yamada, A. Sakurai, A. Komiya and S. Maruyama
Energy Transfer Simulation and Analysis on Mega-scale Environment
Proceedings of the Ninth International Symposium on Advanced Fluid Information and Transdisciplinary Fluid Integration, (2009), pp.56-57.
3. T. Yabuki, S. Maruyama, M. Watanabe and A. Komiya
In Situ Observation and Remote Sensing during Ocean Experiments of Perpetual Salt Fountain
Proceedings of The Ninth International Symposium on Advanced Fluid Information and Transdisciplinary Fluid Integration, (2009), pp.114-115.
4. M. Baneshi, S. Maruyama and A. Komiya
The Investigation into the Effect of Using Different Nano-micro Metallic Powders on Sunlight Reflectivity of Pigmented Coatings
Proceedings of the Sixth International Conference on Flow Dynamics, (2009), pp.214-215.
5. H. Takeda, D. Fingas, J. Okajima, A. Komiya and S. Maruyama
Measurement of Thermophysical Properties of Freezing Skin Using Peltier Modules for Cryosurgery
Proceedings of the Sixth International Conference on Flow Dynamics, (2009), pp.236-237.
6. A. Komiya, K. Maruta, Y. Nakano and H. Nakamura
Visualization of Absorption Process of Carbon Dioxide into Alkanolamine Solutions at Gas-liquid Surface
Proceedings of the Sixth International Conference on Flow Dynamics, (2009), pp.590-591.
7. S. Maruyama H. Takeda and A. Komiya
Heat-transfer Control of Biological Tissue Utilizing Non-equilibrium Thermo-electric Device for Precise Cryosurgery
Proceedings of the 35th Annual Meeting of the Japan Society for Low Temperature Medicine, (2008), p.53.
8. 小宮敦樹・J. F. Torres・円山重直・岡島淳之介
多成分系拡散場の高精度計測と宇宙環境の利用
日本航空宇宙学会北部支部 2009 年講演会ならびに第 10 回再使用型宇宙推進系シンポジウム講演論文集，(2009)，309-312 頁．

9. 小笠原直也・円山重直・小宮敦樹
温度制御された黒体炉とふく射伝熱解析による放射温度計の高精度計測
日本機械学会東北支部第 44 期総会・講演会講演論文集，(2009)，22-23 頁.
10. 矢吹崇・知崎正純・小宮敦樹・円山重直
海洋深層水汲み上げのための係留パイプ系の設計－流線型パイプの導入－
日本機械学会東北支部第 44 期総会・講演会講演論文集，(2009)，228-229 頁.
11. 江目宏樹・円山重直・M. Baneshi・小宮敦樹
波長選択性を有したナノ粒子群機能膜のふく射特性に関する研究
第 9 回日本伝熱学会学生発表会講演論文集，(2009)，15-16 頁.
12. J. F. Torres・小宮敦樹・円山重直
位相シフト干渉計を用いた三成分系非定常拡散場の計測と逆問題による物質拡散係数の導出
第 9 回日本伝熱学会学生発表会講演論文集，(2009)，17-18 頁.
13. M. Baneshi, S. Maruyama and A. Komiya
Comparison of Spectral Radiative Properties of Different Titanium Dioxide Powders in Absorbing Host Medium
Proceedings of the 46th National Heat Transfer Symposium of Japan, (2009), pp.79-80.
14. 武田洋樹・相場節也・小宮敦樹・円山重直
生体組織を用いたペルチェクライオプローブによる高精度凍結手術の研究
第 46 回日本伝熱シンポジウム講演論文集，(2009)，247-248 頁.
15. 岡島淳之介・円山重直・小宮敦樹
極細クライオプローブ開発のための沸騰伝熱基礎実験
第 46 回日本伝熱シンポジウム講演論文集，(2009)，347-348 頁.
16. 江目宏樹・M. Baneshi・円山重直・小宮敦樹
ナノ粒子群を用いた機能膜のふく射特性
第 30 回日本熱物性シンポジウム講演論文集，(2009)，61-63 頁.
17. J. F. Torres・小宮敦樹・岡島淳之介・円山重直
位相シフト干渉計を用いた多成分系非定常拡散場の計測と逆問題解析による物質拡散係数および濃度比の導出
第 30 回日本熱物性シンポジウム講演論文集，(2009)，88-90 頁.
18. 円山重直・長山岳史・小宮敦樹
ナノ粒子散布による地球冷却の可能性
日本機械学会熱工学コンファレンス 2009 講演論文集，(2009)，245-246 頁.
19. 眞下央・円山重直・小宮敦樹・関隆志・山家智之
温熱治療における携帯腹部温熱制御機器の開発と評価
第13回日本統合医療学会プログラム・抄録集，(2009)，122頁.

【学生の国際会議・学会・学術雑誌への発表】

○平成 21 年（1 月～12 月）

1. N. Williamson, A. Komiya, S. Maruyama, M. Behnia and S. W. Armfield
Nutrient Transport from an Artificial Upwelling of Deep Sea Water
Journal of Oceanography, Vol.65 (2009), pp.349-359.
2. M. Baneshi, S. Maruyama, H. Nakai and A. Komiya
A new approach to optimizing pigmented coatings considering both thermal and aesthetic effects
Journal of Quantitative Spectroscopy & Radiative Transfer, Vol.110 (2009), pp.192-204.
3. M. Baneshi, S. Maruyama, A. Komiya
The Effects of Using Some Common White Pigments on Thermal and Aesthetic Performances of Pigmented Coatings
JSME Journal of Thermal Science and Technology, Vol.4-1 (2009), pp.131-145.
4. R. Ibuki, S. Maruyama, A. Komiya and T. Yambe
Design of Plate-type Actuator using SMA Wire for Assistant Artificial Heart Muscle
Journal of Intelligent Material Systems and Structures, Vol.19 (2009), pp.359-365.

5. 円山重直・高島茂・小宮敦樹・関隆志・山家智之
高精度温度制御加熱装置による温熱治療とその評価
日本機械学会論文集B編，第75巻758号（2009），2055-2059頁.
6. H. Takeda, S. Maruyama, J. Okajima, S. Aiba and A. Komiya
Development and estimation of a novel cryoprobe utilizing the Peltier effect for precise and safe cryosurgery
Cryobiology, Vol. 59-3 (2009), pp. 275-284.
7. H. Takeda, S. Maruyama, T. Yambe, N. Nakasato and A. Komiya
Brain Mapping Method Utilizing Rapid Cooling Probe
International Journal of Transport Phenomena, Vol.11-2 (2009), pp.147-163.
8. J. Okajima, S. Maruyama, H. Takeda and A. Komiya
Dimensionless solutions and general characteristics of bioheat transfer during thermal therapy
Journal of Thermal Biology, Vol.34-8 (2009), pp.377-384.
9. H. Takeda, J. Okajima, S. Aiba, A. Komiya, S. C. Mishra and S. Maruyama
Precise and Rapid Cooling of Skin Tissue for Cryosurgery Utilizing Peltier Effect in Extremely Low Temperature
Proceedings of the 7th World Conference on Experimental Heat Transfer, Fluid Mechanics and Thermodynamics, (2009), p.19, CD-ROM BS-5.
10. J. Okajima, S. Maruyama and A. Komiya
Boiling Heat Transfer in Small Channel for Development of Ultrafine Cryoprobe
Proceedings of the 7th World Conference on Experimental Heat Transfer, Fluid Mechanics and Thermodynamics, (2009), p.20, CD-ROM BS-7.
11. A. Komiya, J. F. Torres, J. Okajima and S. Maruyama
Experimental Trial to Determine Mass Diffusion Coefficients in Multi-component System
The Proceedings of the 7th Pacific Symposium on Flow Visualization and Image Processing, (2009), CD-ROM 066.
12. S. Maruyama, M. Chisaki, A. Komiya and R. Shirakashi
A Proposal of Low CO2 Emission Power Generation System Utilizing Oceanic Methane Hydrate
Proceedings of the International Conference on Power Engineering-09, (2009), pp.2_343-2_348.
13. A. Komiya, J. F. Torres, J. Okajima and S. Maruyama
Measurement of Mass Diffusion Coefficient of Multi-Component Systems in Aqueous Media by Phase Shifting Interferometer
Abstract book of the 5th International Conference on Diffusion in Solids and Liquids, (2009), p.153.
14. N. Yamada, A. Sakurai, A. Komiya and S. Maruyama
Energy Transfer Simulation and Analysis on Mega-scale Environment
Proceedings of the Ninth International Symposium on Advanced Fluid Information and Transdisciplinary Fluid Integration, (2009), pp.56-57.
15. T. Yabuki, S. Maruyama, M. Watanabe and A. Komiya
In Situ Observation and Remote Sensing during Ocean Experiments of Perpetual Salt Fountain
Proceedings of The Ninth International Symposium on Advanced Fluid Information and Transdisciplinary Fluid Integration, (2009), pp.114-115.
16. M. Baneshi, S. Maruyama and A. Komiya
The Investigation into the Effect of Using Different Nano-micro Metallic Powders on Sunlight Reflectivity of Pigmented Coatings
Proceedings of the Sixth International Conference on Flow Dynamics, (2009), pp.214-215.
17. H. Takeda, D. Fingas, J. Okajima, A. Komiya and S. Maruyama
Measurement of Thermophysical Properties of Freezing Skin Using Peltier Modules for Cryosurgery
Proceedings of the Sixth International Conference on Flow Dynamics, (2009), pp.236-237.

18. A. Komiya, K. Maruta, Y. Nakano and H. Nakamura
Visualization of Absorption Process of Carbon Dioxide into Alkanolamine Solutions at Gas-liquid Surface
Proceedings of the Sixth International Conference on Flow Dynamics, (2009), pp.590-591.

19. 小宮敦樹・J. F. Torres・円山重直・岡島淳之介
多成分系拡散場の高精度計測と宇宙環境の利用
日本航空宇宙学会北部支部2009年講演会ならびに第10回再使用型宇宙推進系シンポジウム講演論文集，(2009)，309-312頁.
20. 小笠原直也・円山重直・小宮敦樹
温度制御された黒体炉とふく射伝熱解析による放射温度計の高精度計測
日本機械学会東北支部第44期総会・講演会講演論文集，(2009)，22-23頁.
21. 矢吹崇・知崎正純・小宮敦樹・円山重直
海洋深層水汲み上げのための係留パイプ系の設計－流線型パイプの導入－
日本機械学会東北支部第44期総会・講演会講演論文集，(2009)，228-229頁.
22. 江目宏樹・円山重直・M. Baneshi・小宮敦樹
波長選択性を有したナノ粒子群機能膜のふく射特性に関する研究
第9回日本伝熱学会学生発表会講演論文集，(2009)，15-16頁.
23. J. F. Torres・小宮敦樹・円山重直
位相シフト干渉計を用いた三成分系非定常拡散場の計測と逆問題による物質拡散係数の導出
第9回日本伝熱学会学生発表会講演論文集，(2009)，17-18頁.
24. M. Baneshi, S. Maruyama and A. Komiya
Comparison of Spectral Radiative Properties of Different Titanium Dioxide Powders in Absorbing Host Medium
Proceedings of the 46th National Heat Transfer Symposium of Japan, (2009), pp.79-80.
25. 武田洋樹・相場節也・小宮敦樹・円山重直
生体組織を用いたペルチェクライオプローブによる高精度凍結手術の研究
第46回日本伝熱シンポジウム講演論文集，(2009)，247-248頁.
26. 岡島淳之介・円山重直・小宮敦樹
極細クライオプローブ開発のための沸騰伝熱基礎実験
第46回日本伝熱シンポジウム講演論文集，(2009)，347-348頁.
27. 江目宏樹・M. Baneshi・円山重直・小宮敦樹
ナノ粒子群を用いた機能膜のふく射特性
第30回日本熱物性シンポジウム講演論文集，(2009)，61-63頁.
28. J. F. Torres・小宮敦樹・岡島淳之介・円山重直
位相シフト干渉計を用いた多成分系非定常拡散場の計測と逆問題解析による物質拡散係数および濃度比の導出
第30回日本熱物性シンポジウム講演論文集，(2009)，88-90頁.
29. 円山重直・長山岳史・小宮敦樹
ナノ粒子散布による地球冷却の可能性
日本機械学会熱工学コンファレンス2009講演論文集，(2009)，245-246頁.
30. 眞下央・円山重直・小宮敦樹・関隆志・山家智之
温熱治療における携帯腹部温熱制御機器の開発と評価
第13回日本統合医療学会プログラム・抄録集，(2009)，122頁.

【学生の受賞・特許等】

○平成 21 年（1 月～12 月）

獲得者名：江目宏樹
受 賞 名：日本熱物性シンポジウムベストプレゼンテーション賞
受 賞 年：2009.10.28

獲得者名：Torres Felipe
受 賞 名：日本熱物性シンポジウムベストプレゼンテーション賞
受 賞 年：2009.10.28

獲得者名：Mehdi Baneshi
受 賞 名：6th International Conference on Flow Dynamics Best Presentation Award
受 賞 年：2009.11.5

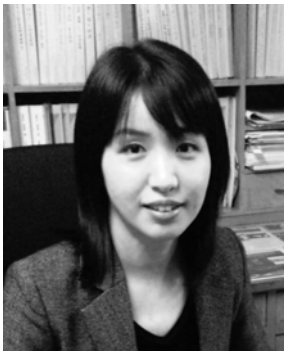
獲得者名：武田洋樹
受 賞 名：6th International Conference on Flow Dynamics Outstanding Award
受 賞 年：2009.11.5

【学生の研究費の獲得】

○平成 21 年（1 月～12 月）
獲得者名：岡島淳之介
名　　称：日本学術振興会特別研究員奨励費
期　　間：2008 年度～2010 年度

獲得者名：武田洋樹
名　　称：日本学術振興会特別研究員奨励費
期　　間：2009 年度～2010 年度

氏名　伊賀　由佳



所属　流体科学研究所・助教（博士（工学））
専門 流体力学
研究課題 液体ロケットターボポンプに発生するキャビテーションの振動問題
E-mail: iga@ifs.tohoku.ac.jp
TEL: 022(217)5229

平成 21 年度における本グローバル COE プログラムに対する取り組み

極限流動融合分野の研究協力者として、超高圧・超高速流体機械である液体ロケットエンジン・ターボポンプ内の極限環境下で発生するキャビテーションの振動現象について、振動特性と発生メカニズムの解明の研究を行った。また、原子力発電プラントの配管系などで問題となっているエロージョン現象について、その予測手法開発のための研究を行った。一方、本拠点の教育プログラム担当部会の構成員として、各種人材育成教育プログラムの企画・運営を行った。

平成 21 年度の活動（シンポジウム・国際会議の主催を含む）

1．日本宇宙航空研究開発機構（JAXA）角田宇宙センター　客員研究員
2．ターボ機械協会コンソーシアムプロジェクト「CFD によるターボ機械のキャビテーション予測手法の高度化」ワーキングメンバー
3．東京大学 JAXA 社会連携講座「ロケットエンジンモデリングラボラトリー」キャビテーションチームアドバイザー

平成 21 年度の研究業績

【研究内容】

1．液体ロケットターボポンプに発生する種々のキャビテーション問題に関する研究

液体ロケットエンジン・ターボポンプの入口部に設置されている軸流ポンプであるインデューサにおいて発生するキャビテーションにより引き起こされるポンプの振動現象（キャビテーション不安定現象）と、液体ロケットの推進剤である液体水素・酸素やロケットエンジンの試験を行う液体窒素などの極低温環境下で生じるキャビテーションの熱力学的効果に関して、流体研のスーパーコンピュータを用いた数値解析と、JAXA 角田宇宙センター極低温インデューサ試験設備を用いた実験による、CFD－EFD 融合研究を行った。本年度の数値解析では、液体窒素キャビテーションの数値解析を行い、熱力学的効果による翼列揚程低下抑制の数値予測を行った。また、ロケットエンジン特有の振動現象である旋回キャビテーションの数値解析により、これまで不明とされてきた旋回キャビテーションの発生・伝播のメカニズムを提案した。さらに、インデューサの二段化によるキャビテーション不安定現象の発生制御について、三枚周期翼列の数値解析によりその可能性を示した。また、JAXA 角田宇宙センターで行った液体窒素実験では、ノズル内部に発生する極低温キャビテーションの可視化観察と局所温度測定により、熱力学的効果の定量的評価について検討した。

2．液滴衝撃エロージョンおよびキャビテーションエロージョンに対する安全技術の確立

高圧・高速気液二相系流体システムに不具合を引き起こす要因は、その流体現象により大きく二つに分けられる。一つは、原子力発電プラントの冷却水系などの高圧蒸気を作動流体とするシステムにおける材料表面への液滴高速衝突で発生することによる液滴衝撃エロージョンである。液滴衝突の際には液滴と材料とのコンタクトエッジに高圧が生じ、それが材料内部に応力波伝播を発生させる。もう一つは、ターボポンプなどの高速液流中で発生するキャビティ気泡が材料近傍で崩壊することによるキャビテーションエロージョンである。キャビティ気泡が繰返し崩壊することにより、発生する衝撃波やマイクロジェットが流体機械表面に損傷をもたらす。本年度の液滴衝撃エロージョンの研究では、平板への高速液滴衝突の流体／固体連成数値解析を通じ、単一液滴衝突における平板厚みや平板

表面液膜が最大相当応力に及ぼす影響や、二つの液滴が同時または時間差で平板に衝突する際の衝突挙動の変化について解析を行った。一方、キャビテーションエロージョンの研究では、キャビテーション流れの均質モデルによる解析と、キャビティ気泡の軌跡および崩壊の微視的解析を組み合わせ、さらに各気泡から発生する圧力波が壁面に及ぼす衝撃エネルギについて評価を行った。また、衝撃エネルギの速度依存性を数値的に再現した。さらに、均質モデルにより単一気泡の非球形崩壊の数値解析を行い、気泡と壁面との距離が気泡崩壊時の衝撃圧に及ぼす影響について再現した。

【学位論文指導（副査）】

修士論文

１．機械システムデザイン工学専攻　伊藤　雅士
「ノズルに発生する極低温キャビテーションの熱力学的効果に関する研究」

２．機械システムデザイン工学専攻　金野佑
「翼列のキャビテーション不安定現象に及ぼす加速度場の影響」

【査読論文（査読付き国際会議論文集を含む）】

〇平成 21 年（1 月～12 月）

1. Yuka IGA, Kei HASHIZUME, Yoshiki YOSHIDA, Toshiaki IKOHAGI, “Occurrence Mechanism and Oscillation Characteristics of Pulsation Phenomenon Arising in Cavitation Surge in Cascade”, *Journal of Environment and Engineering*, *Trans. ASME,* Vol.4 No.3, pp.524-538, (2009)
2. Yoshiki YOSHIDA, Yoshifumi SASAO, Mitsuo WATANABE, Tomoyuki HASHIMOTO, Yuka IGA, Toshiaki IKOHAGI, “Thermodynamic Effect on Rotating Cavitation in an Inducer”, *Journal of Fluids Engineering, Trans. ASME,* Vol.131 No.9, pp.091302-1 – 091302-7, (2009)
3. Yuka IGA, Yoshiki YOSHIDA, “A Study of Propagating Speed of Rotating Cavitation Based on Numerical Analysis”, Proc. 2009 ASME Fluids Engineering Conference (FEDSM2009), 6th Int Symp Pumping Machinery, Colorado USA, Paper No. FEDSM2009-78411, pp.1-7, (2009)
4. Yoshiki YOSHIDA, Hideaki NANRI, Kengo KIKUTA, Yuusuke KAZAMI, Yuka IGA, Toshiaki IKOHAGI, “Thermodynamic Effect on Sub-synchronous Rotating Cavitation and Surge Mode Oscillation in a Space Inducer”, Proc. 2009 ASME Fluids Engineering Conference (FEDSM2009), 6th Int Symp Pumping Machinery, Colorado USA, Paper No. FEDSM2009-78102, pp.1-7, (2009)
5. Yuka IGA, Naoya OCHIAI, Yoshiki YOSHIDA, Toshiaki IKOHAGI, “Numerical Investigation of Thermodynamic Effect on Unsteady Cavitation in Cascade”, Proc. The 7th International Symposium on Cavitation (CAV2009), Michigan USA, Paper No. 78, (2009)
6. Naoya OCHIAI, Yuka IGA, Motohiko NOHMI, Toshiaki IKOHAGI, “Numerical Prediction of Cavitation Erosion in Cavitating Flow”, Proc. The 7th International Symposium on Cavitation (CAV2009), Michigan USA, Paper No. 67, (2009)

【学術雑誌・専門書等（査読あり）】

〇平成 21 年（1 月～12 月）

1. Journal of Environment and Engineering
2. International Journal of Fluids Engineering, Trans. ASME

【本人の国際会議・学会・学術雑誌への発表（査読なし）】

〇平成 21 年（1 月～12 月）

1. Yuka IGA, Yoshiki YOSHIDA, Toshiaki IKOHAGI, “Influence of Inlet and Outlet Pipe Length on Cavitation Surge”, Proc. 9th International Symposium on Advanced Fluid Information and 6th International Symposium on Trasdisciplinary Fluid Integration (AFI-TFI 2009), Sendai, pp. 126-127. (2009)
2. Genki YAMAMOTO, Yuka IGA, Motohiko NOHMI, Toshiaki IKOHAGI, “Numerical Analysis of Turbulent Cavitation Around a Hydrofoil”, Proc. The Sixth International Conference on Flow Dynamics (ICFD2009), Sendai, pp. 588-589, (2009)

3. 伊賀由佳，吉田義樹，井小萩利明，「旋回キャビテーションの発生メカニズムに関する一提案」，キャビテーションに関するシンポジウム（第14回）講演論文集，仙台，1-4頁，(2009)
4. 落合直哉，伊賀由佳，能見基彦，井小萩利明，「キャビテーションエロージョンの数値予測法の研究」，キャビテーションに関するシンポジウム（第14回）講演論文集，仙台，1-4頁，(2009)
5. ファドヒル サムシール，落合直哉，伊賀由佳，能見基彦，井小萩利明，「蒸気泡の挙動に及ぼす液温の影響に関する数値解析」，キャビテーションに関するシンポジウム（第14回）講演論文集，仙台，1-4頁，(2009)
6. 風見佑介，伊賀由佳，吉田義樹，渡邉光男，島垣満，井小萩利明，「熱力学的効果が亜同期旋回キャビテーションに与える影響」，キャビテーションに関するシンポジウム（第14回）講演論文集，仙台，1-4頁，(2009)
7. 能見基彦，落合直哉，伊賀由佳，井小萩利明，「水中翼周りのキャビテーションの詳細観察」，第６０回ターボ機械協会総会講演会講演論文集，東京，43-48頁，(2009)
8. 山本元貴，伊賀由佳，能見基彦，井小萩利明，「ＲＡＮＳ／ＬＥＳハイブリッドモデルを用いたキャビテーション乱流の数値解析」，日本機械学会 2009 年度年次大会講演論文集，盛岡，No.09-1 Vol. 72, 39-40 頁，(2009)

10. 博士研究員ポストドクトラルフェローの取り組みと実績



氏名　冨田 典子

所属 流体科学研究所
研究課題
力学的および生物学的反応を付与した血管バイオモデルの開発
E-mail: tomita@biofluid.ifs.tohoku.ac.jp
TEL: 022(217)5224

研究背景

近年、循環器系疾患の治療はカテーテルや薬剤溶出ステントを用いた血管内治療によって行われるケースが増加している。この治療方法は、低侵襲的であり入院期間が短く、患者への経済的負担も小さいことから、QOLの向上に貢献する治療方法であると期待されている。この治療法には高度な医療技術が求められる一方で、血管内治療の訓練と技術評価は十分ではない。これらの問題を解決するために、生体外で血管の形状や挙動を再現する血管モデル（バイオモデリング）が必要とされている。このようなバイオモデリングは、術者の技術習得、術前のシミュレーションや治療方法の検討、さらには信頼できる医療デバイス開発のための技術評価に利用でき、それらを通じて高齢化社会へ寄与できる点や、動物実験の減少にも貢献できるという点で、その社会的役割は非常に大きい。特に近年の医療デバイスには、薬剤溶出ステントのような、血管拡張（血管の力学的応答）だけではなく薬剤放出（血管細胞の生理学的応答）を目的としたデバイスも開発されており、これらの応答を同時に評価できるバイオモデリングの構築が急務となっている。東北大学流体科学研究所 太田信 准教授 らは、透明性に優れ、表面摩擦抵抗が低く、物性値を任意に変化できる材料であるポリビニルアルコールハイドロゲル(PVA-H) を使用し、血管が持つ力学的特性を有した血管バイオモデリングの開発を行ってきた。PVA-Hを使用することで実血管の力学的特性の再現は可能となってきたが、一方で薬剤放出ステントの薬剤に対する刺激には現在のバイオモデルは全く対応していない。生物学的応答を付与した血管バイオモデルは、血管内治療用デバイスによる物理的刺激、および治療薬に対する血管細胞のレスポンスの定量化を可能とし、血管内治療のブレークスルーにつながる重要な基盤材料となりうる。これらの背景を踏まえ、本研究においては、①PVA-H上に血管細胞を付着させ、血管の力学的性質と生物学的性質を融合させた、血管バイオモデルの開発を行い、さらに、未だ明らかとされていない医療デバイスに対する血管および血流構成成分の力学的・生物学的反応を解析するために、②様々な膜強度を持つ血球モデルを作製し、PVA-H血管バイオモデルを使用してずり応力下でのデバイス接触と内皮細胞傷害、血球破壊、血栓形成との関連性を定量化することを目的とする。

平成21年度　研究成果

① PVA血管「バイオモデル」への生化学的応答の付与に関する研究

本研究を開始するにあたり、始めにスイスHirslanden病院の神経放射線科の科長であり、またチューリッヒ大学CABMM(Center for Applied Biotechnology and Molecular Medicine)所属のDaniel A. Rüfenacht教授を訪れた。頭蓋内ステントの挿入術など、我が国ではみることができない治療法を見せていただき、プレ手術の重要性、また医療デバイスの開発基盤が非常に重要であることを理解した。またCABMMはこれまでの生物学や医学の枠を越えた組織としてチューリッヒ大学内に設立され、バイオテクノロジー技術を医療現場で実用化させようとする制度ができあがっていることを感じた。一方、本研究テーマである血管バイオモデルを使用した血管および血流構成細胞の力学的・生理学的応答に関する研究は、国内外において未だ成し遂げられていない、流体工学と生物学とを融合させた新たな研究領域であると考えられ、本研究が世界の最先端に位置する重要な研究課題であることを実感した。

血管バイオモデルの開発は、DMSO法で作成したポリビニルアルコールヒドルゲル(PVA-H) に ヒト血管細胞を付着させることから開始した。DMSO法で作製したPVA-Hは生体軟組織に似た力学的特性を有することに加え、透明であるため、PIV法などによる流体工学を応用したin-vitroでの疑似血流測定も可能であり、血流と医療デバイスに対する血管応答を解析する有用な材料といえる。しかしながらPVA-Hは高い親水性のため、そのままでは細胞接着基質としての利用が難しい。細胞接着効果を上げるためには、PVA-H表面を接着分子として汎用性が高い細胞外基質や、水溶性高分子などでコーテイング

する必要があった。そこでPVA-Hの上に細胞外基質を使用して細胞を培養することを試み、数種類の細胞外基質に対する細胞の増殖性を定量的に調べた。PVA-HをDMSO:H2O (4:1) 溶媒に溶解後、 plate状に固形化し、 透明な細胞培養用PVA-H plateを得た (図1)。生体の細胞外基質成分である(Laminine、Fibronectin、 Collagen、、またMatrigel (Laminine、 Collagen□、ヘパラン硫酸プロテオグリカン、エンタクチン/ニドジェンの混合物)をPVA-H plate に塗布し、正常ヒト動脈血管内皮細胞(HUAEC)を播種した。培養上清を除去後にHEPES buffer でplateを洗浄し、接着していない細胞を除去後、位相差顕微鏡で観察した (図2)。顕微鏡下で細胞数をカウントし、細胞接着を定量的に解析した結果、Lamininでは細胞の付着がほとんど見られず、Collagen□、およびMatrigel では細胞付着が観察されが、細胞の増殖は認められなかった。一方、Fibronectin を塗布したPVAH plate 上では、他の細胞外基質と比較して付着した細胞数が有意に多いことが明らかとなった (図3)。本研究結果から、DMSO法で作成したPVA-H上に細胞を付着させる細胞外基質としては、Fibronecinが有効であり、透明なPVA-Hを利用した力学的及び生物学的応答を有する血管バイオモデルの開発が可能であることが示唆された。

本研究成果は2010年に開催される国際会議6th World Congress on Biomechanics (Singapore) および23rd European Conference on Biomaterials (Finland) で発表予定であり、国内外の学術雑誌への投稿準備を進めている。

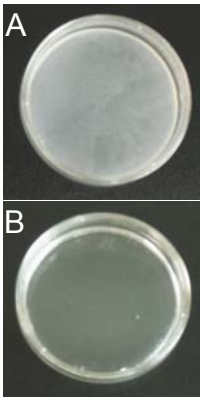


図1. PVA-H plate, A: 水で作製
B: DMSOで作製(透明PVA-H plate)

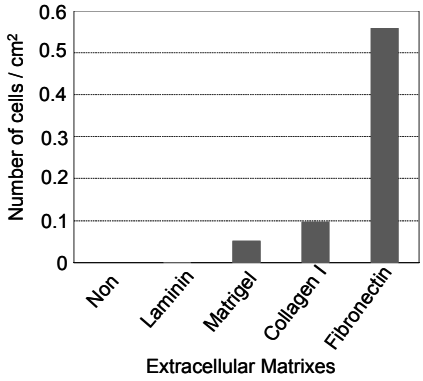


図2. 各基質上で観察された
血管内皮細部数

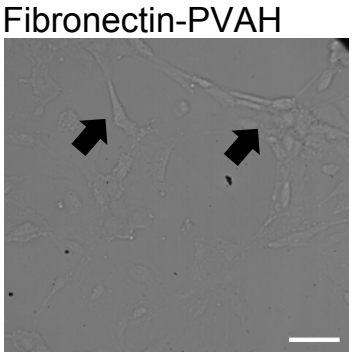


図3. PVA-H に塗布した
Fibronectin 上で増殖した
血管内皮細胞

② 血球モデルの作製

本研究では、赤血球膜に特異的に作用する膜孔形成タンパク質を利用して、血球膜に孔を開け、膜の強度を変化させた硬化・脆弱化血球モデルの開発を行うことを目的とする。糖尿病疾患、また遺伝性血球球状症などの血球の形態異常を持つ患者の場合は、血球の変形能が低下し、血流梗塞、血球の硬化・脆弱化、溶血性貧血などが引き起こされる。また、循環器系疾患においては、人工心臓弁、血液ポンプ、ステントなどの医療デバイスが血球に与える影響が重要な問題となっており、この影響は血球の強さによって変化すると予測される。膜の強さを変えた血球モデルが開発されれば、患者の状態を考慮した治療法や医療デバイスの評価にも応用できる。そこで、血球膜に特異的に結合し、膜孔を形成するタンパク質を血球膜に結合させることにより、膜の流動性や裏打ちタンパク質とのコネクションに影響を及ぼし、膜全体の力学的性質および変形能を変えた血球モデルを作製することを考えた

平成21年には、膜孔形成タンパク質の機能をより詳細理解するために、高精細な電子顕微鏡像と2次元画像解析ソフトを使用して、本タンパク質に特徴的な構造を定量化することに成功し（図4）、さらに3次元画像構築ソフトを使用して本タンパク質の立体構造を予測した（図5）。本研究成果は既に国内外の学会で発表を行っており、本年5月に名古屋で開催される日本顕微鏡学会での招待講演、また8月にアメリカ ポートランドで開催されるMicroscopy & Microanalysis conference でBest submission abstract に選ばれ論文投稿の依頼を受けるなど、国内外で高い評価を得ている。本研究成果は既に論文としてまとめ上げ、現在投稿に向けて準備を行っている。

本タンパク質を使用した血球モデルを開発するには、血球膜上に形成される孔数を定量化する必要が

ある。そこで、平成21年11月9-13日、また平成22年2月10日-3月25日までの2回にわたり、構造生物学の著名な研究者であるアメリカシラキュース大学物理学科のLiviu Movileanu教授のもとを訪問し、本研究計画を提案し、平面脂質二重層上に形成される膜孔を検出するBilayer Lipid Membrane System (BLMS)技術の習得と、共同研究に向けたディスカッションを行ってきた。シラキュース大学において血球のモデルとして使用可能な人工脂質二重膜小胞（リポソーム）を作製する技術を習得し（図6)、リポソーム膜上に形成される膜孔の数をBLMSを使用してカウントする手法を考案した。膜孔形成タンパク質としては、我々が構造解析に成功した黄色ブドウ球菌γヘモリジン、また脂質二重膜上で安定な膜孔を形成する黄色ブドウ球菌αヘモリジン、大腸菌膜タンパク質FhuAを選択し、シラキュースでは実際にこれらタンパク質がシングルチャネルを形成したときのコンダクタンス(CS)を測定することに成功した（図7)。今後はこれらタンパク質を作用させたリポソームをBLMS にfusion させ、コンダクタンス(CL)を測定し、CSとCLを比較することで、リポソーム上に形成された膜孔数を算出する予定である。さらにシラキュース大学で作製した様々な数の膜孔をもつリポソームの強度は、東北大学においてマイクロピペット法で測定し、膜孔数と膜強度の相関関係を解析する予定である。

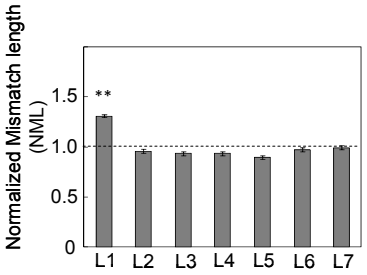


図4. γヘモリジン膜孔におけるsubunit mismatch arrangement の定量化

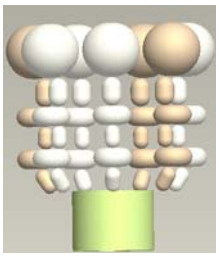


図5. γヘモリジン膜孔複合体の3次元立体再構築

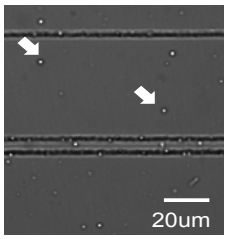


図6.膜タンパク質付着用リポソーム

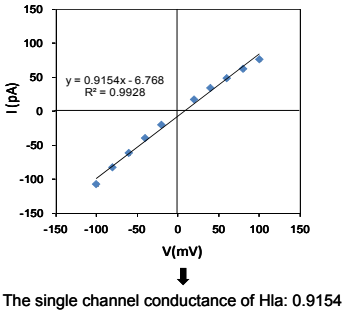


図7. αヘモリジンのBLMS上でのシングルコンダクタンス

平成21年度　総括

平成21年度は、血管バイオモデル開発に向け、PVA-H へ生物学的応答性を付与すること、および ②膜の強さを変えた血球モデルの開発することに着目して研究を行った。①については、スイスHirslanden病院のDaniel A. Rüfenacht教授を訪れ、頭蓋内ステントの挿入術による血管内治療を見せていただき、術前練習および医療デバイスの発展に関わる血管モデルの重要性を理解した。血管モデルの開発においては、高親水性であるPVA-Hにおいても、細胞を効率的に接着する方法を検索し、最も細胞増殖効果が高い細胞外基質としてフィブロネクチンが有効であることを明らかとした。今後は、細胞接着・増殖法を検討し、PVA-H上に細胞を均等に積層させ、且つ血流下でも細胞の剥離が起きない培養法を開発したいと考えている。②については、血球膜に特異的に作用し、膜の強さを制御できるタンパク質の構造を高精細電子顕微鏡像と3次元画像構築ソフトで再構築することに成功した。本研究成果はアメリカで開催される国際学会においてBest abstract submissionに選ばれ、国内学会においては招待講演を受けるなど、高い評価を得ている。また細胞膜に開いた孔の数を計測する手法については、アメリカシラキュース大学のLiviu Movileanu 教授を訪問し、BLMS法を使用して脂質二重膜にチャネルが形成された時のコンダクタンスから、孔数を計測する手法について習得してきた。今後は血球モデルとしてリポソームを使用し、実際にリポソーム上に形成された孔数をカウントする予定である。これらバイオモデルを開発することは、血流および医療デバイスに対する血管・血流構成成分の力学的・生物学的応答評価を可能とし、医療デバイスの性能評価および、テーラーメード型治療法の開発へと発展できると考えられる。以上の研究成果は今後、国内外の学会にて発表を行い、積極的に学術雑誌への投稿を行いたいと考えている。

次年度研究計画

①PVA-H への生物学的応答性の付与

(1) PVA-H表面への細胞外基質の固相化

PVA-Hは高親水性であるため、細胞外基質の接着性が弱いことが問題点であった。そこで、PVA-H表面にコラーゲン・ゼラチン・フィブロネクチンなどの細胞外基質を塗布する際、これら基質がPVA-H表面から剥離しないよう、架橋剤などの化学処理を加えることでPVA-H上への固相化を試み、PVA-Hへの効率的な細胞接着を促す。各細胞外基質のPVA-H への接着は免疫蛍光染色法で、細胞の増殖効率は位相差顕微鏡で確認する。細胞接着・増殖後のPVA-H の透明性の維持については屈折率試験で確認する。

(2)血流下での細胞剥離試験

各細胞外基質を使用して培養したPVA-H上の細胞接着面に、シリンジポンプを使用して一定の速度で血流を流す。剥離した細胞を回収して細胞数をカウントし、各条件での剥離度を定量化する。

②血球モデルの開発

本実験においては、始めに血球モデルとしてリポソームを使用し、測定技術が確立後、血球を使用する。

(1) 膜孔形成タンパク質の赤血球への結合

蛍光ラベルした膜孔形成タンパク質を、血球とほぼ同程度の大きさのリポソーム(直径3-5 μm)に結合させる。洗浄後、単位数あたりの蛍光強度を測定することで、１個のリポソームに結合したタンパク量を計測する。もしくは、SDS-PAGE、Westernblot法を使用し、結合したタンパク量をバンドの濃さから算出する。

(2)リポソーム１個あたりの膜孔数の測定

シラキュース大学で所有しているBLMSを使用して共同研究を行う予定である。上記(1)で求めたタンパク量をリポソームに作用させ、BLMS に添加する。検出された電流の大きさを、既に計測済であるシングルチャネルコンダクタンスの大きさと比較することで、リポソーム上に形成された孔の数を測定する。

研究業績

【学術雑誌等への発表】

1. **Noriko Tomita**, Hitomi Anzai, Kazuyo Abe, Jun Kaneko, Yoshiyuki Kamio,and Makoto Ohta, “Construction of a three-dimensional structure with subunit arrangement mismatch in a staphylococcal γ-hemolysin heteroheptameric transmembrane pore”, Biochemical and Biophysical Research Communications, to be submitted
2. Tetsuya Kodama, **Noriko Tomita** , Sachiko Horie, Nicolas Sax, Hiroko Iwasaki, Ryo Suzuki, Kazuo Maruyama, Shiro Mori, Manabu Fukumoto, “Morphological study on acoustic liposome using transmission electron microscopy”, Journal of Electron Microscopy, pp.1-10, Nov. 11, 2009

【学会発表】

【国内】

1. ○**冨田典子**，安西眸，阿部和代，金子淳，神尾好是，太田信「ブドウ球菌の2成分性毒素γヘモリジンが形成するヘテロヘプタマー膜孔複合体の立体構造とサブユニット間配置の定量的解析」日本農芸化学会2010年度大会，2010年3月27～30日，口頭発表
2. ○**Noriko Tomita,** Hitomi Anzai, Jun Kaneko, Yoshiyuki Kamio, and Makoto Ohta, “Three-dimensional structure analysis of staphylococcalγ-hemolysin heteroheptameric transmembrane pore complex” The 47th Annual Meeting of Biophysical Society of Japan” Oct. 30-Nov. 1, 2009, Oral Presentation (English)
3. ○**冨田典子**，安西眸，阿部和代，金子淳，神尾好是，太田信「ブドウ球菌の２成分性毒素γヘモリジンが形成するヘテロヘプタマー膜孔複合体の立体構造解析」第54回日本ブドウ球菌研究会，2009年9月18日，口頭発表
4. ○**冨田典子**，安西眸，阿部和代，金子淳，神尾好是，太田信「黄色ブドウ球菌2成分血球崩壊毒素γヘモリジンが形成する膜孔複合体の立体構造解析」第65回顕微鏡学会，2009年5月27日 ポスター発表

【国外】

1. ○Hiroyuki Kosukegawa, **Noriko Tomita**, Yu Chang-Ho, Chihaya Kiyomitsu and makoto Ohta, “Present study of poly (vinyl alcohol) hydrogel based biomodel for endovascular treatment”, ELyT lab Workshop, Sevrier, France, Mar. 14-17, 2010, Poster Presentation
2. ○**Noriko Tomita**, Hitomi Anzai, Jun Kaneko, Yoshiyuki Kamio, Makoto Ohta, “Molecular architecture analysis of staphylococcal γ-hemolysin heteroheptameric transmembrane pore complex”, Third Switzerland-Japan Workshop on Biomechanics (SJB2009), Engelberg, Switzerland, Sep. 1-4. 2009, Oral and Poster presentation



氏名　山下　博

所属 流体科学研究所
研究課題Experimental and Computational Analyses of the Supersonic Biplane for the Realization of the MISORA
E-mail: yamashita@edge.ifs.tohoku.ac.jp
TEL: 022(217)5249

研究背景

平成21年度に実施した研究成果を以下2テーマに分けて報告する。

① CFD/EFDによるサイレント超音速旅客機MISORAプロジェクトに関する研究

② ソニックブーム高精度推算手法の構築

① CFD/EFDによるサイレント超音速旅客機MISORAプロジェクトに関する研究

次世代超音速機開発における克服すべき重要課題として、ソニックブーム騒音問題がある。本研究では東北大学21世紀COEプログラム「流動ダイナミクス国際研究教育拠点」で招聘した楠瀬一洋博士の協力のもと確立した「複葉翼理論」に基づき、ブーム騒音問題の解決を目標に定め、図1に提案するサイレント超音速複葉旅客機の機体成立性について数値流体力学（CFD）と風洞実験（EFD）の両面から研究を進めている。本研究は平成21年度流体科学研究所公募共同研究として鳥取大学川添博光教授の研究グループ、ならびに室蘭工業大学齋藤務教授の研究グループと共同研究を実施している。

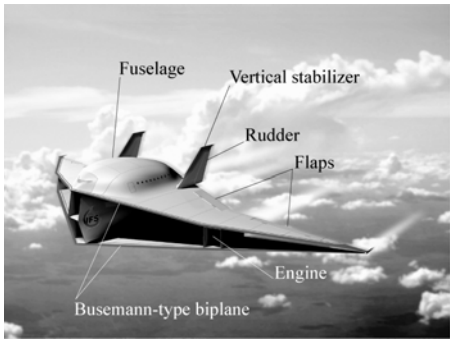


図1 MISORA飛行イメージ図.

② ソニックブーム高精度推算手法の構築

超音速機の設計段階において地上ソニックブーム強度を推算し評価することが重要となる。この評価を高精度に行うためには、実在大気がソニックブーム波形や過剰圧の変動に及ぼす影響を考慮可能な推算手法を構築する必要がある。本研究ではミクロからマクロまで分類される大気運動の中でも、ソニックブーム強度に与える大気乱流効果、分子緩和効果、および実環境下における大気勾配の影響を明らかにする。

平成21年度　研究成果

① CFD/EFDによるサイレント超音速旅客機MISORAプロジェクトに関する研究

本プロジェクトは2013年の飛行実証を目標として研究を進めており、本年度に得られた研究成果はMISORA飛行実証実現に必要な要素技術であり、本成果を踏まえ低ブーム超音速複葉機の概念設計を進めていく。得られた成果は、本年度国内・国際学会で発表されており、国内・国際学術誌に投稿予定である。平成21年度に行なわれた主な研究成果の概略を以下にまとめる。

- バリスティックレンジ（大径）超音速自由飛行の予備実験:

大型の複葉超音速機模型による低ブーム性実証実験の実施を目指し、東北大学学際衝撃波棟のバリスティックレンジ（管径約50 [mm]）を用いて予備実験を行った。球モデルを用いた結果から、射出プロジェクタイルの管内速度履歴を明らかにし、本実験装置の特性を明らかにした（図2）。また、高速度カメラによる光学計測システムも構築した。実験結果は室蘭工業大学齋藤務教授の研究グループが実施した数値解析結果と比較検討を進めており、来年度も継続して共同研究を行う。

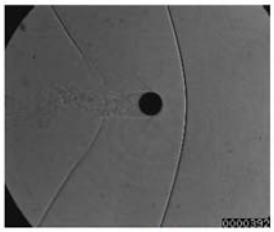


図2　球モデルのシャドウグラフ可視化結果.

●バリスティックレンジ（小径）を用いた複葉超音速機翼胴形態の検討:

複葉超音速機翼胴形態の実現可能性を実験的に検証するため、胴体先端部形状を最適設計した。数値解析結果から、複葉機翼胴形態においても、従来の低ブーム胴体の効果が有効であることが明らかになった。また得られた胴体形状を実際に製作し、名古屋大学所有のバリスティックレンジ（管径約25 [mm]）にて超音速自由飛行実験を継続して実施している（図3）。実測圧力波形から、翼胴形態での低ブーム効果を実証し、飛行実証機の実機形状の概念設計へつなげる。

●テーパ型超音速複葉翼の PSP 計測実験:

超音速設計点（M_∞=1.7）で高い空力性能を示すテーパ型超音速複葉翼（テーパ比0.4、 アスペクト比4）の始動・不始動特性を調べた。本実験はJAXA/ISAS高速気流総合実験設備で実施し、PSPを用いた翼表面圧力分布の可視化結果からM_∞=1.9で始動することが新たに確認された（図4）。

●複葉翼の空力安定特性の解明:

全飛行速度域における超音速複葉翼の空力中心位置変化をCFD解析で明らかにした。図5より亜音速域と超音速設計点（M_∞=1.7）で空力中心位置の移動が少ないこと、また始動・不始動現象時に空力中心位置は連続的に変化するといった複葉翼の利点を明らかにした。

●複葉無尾翼形態の動力付き低速飛行模型の製作:

超音速複葉飛行実証機を想定した研究開発のテストケースとして、実証機設計に必要な設計情報を明確化し、今後の研究開発の具体的方向性を示すことを目的とし、図6に示す無尾翼形態の低速飛行模型を開発した。とくにエレボン形状のブーゼマン複葉翼を用いた設計法の妥当性を検証した。フリーフライト機による滑空試験、および動力付低速飛行模型の試験飛行を実施し、安定性及び操縦性の検証を行った。

② ソニックブーム高精度推算手法の構築

●大気乱流効果と分子緩和効果:

現在開発中の幾何音響理論をベースとした伝播解析コードを用い、大気境界層（大気厚み1[km]）によるソニックブーム強度の変動を推算した。図7に計算領域を示す。過去に行った空間に一様に擾乱を分布させた結果と比較して、地上ブーム強度のばらつきが小さくなり、確率的にはブーム強度が減少する傾向を示すことが確認できた。また、図8に示すように大気境界層内の擾乱平均速度をV_{rms} = 2.5、3.3、 4.2 [m/s]と強くするにつれて、ブーム強度のばらつきが大きくなることが分かった。得られた結

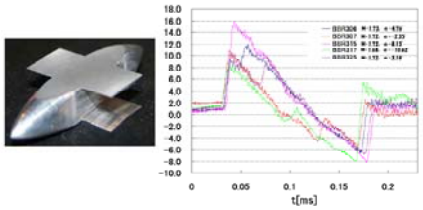


図3　数値解析による胴体先端部形状の違いによるブーム波形の比較と，超音速自由飛行実験から計測された圧力波形.

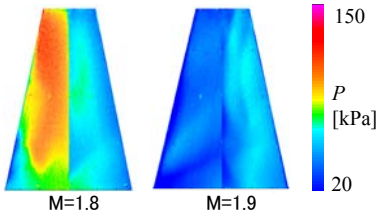


図4　テーパ型超音速複葉翼PSP圧力計測結果.

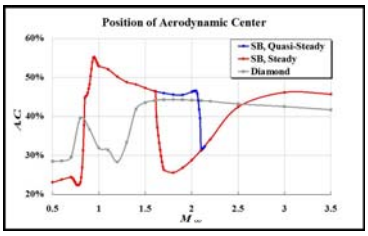


図5　超音速複葉翼の空力中心位置変化.



図6　複葉無尾翼形態の動力付き低速飛行模型の飛行試験の様子.

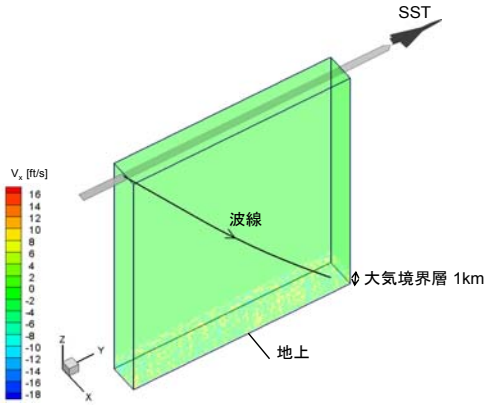


図7　大気境界層を模擬した擾乱場を伝播する波線の様子．黒実線が伝播するソニックブームの波線を示す.

果を、過去の実測データに基づく知見とあわせて考察することで、本推算結果はうまく説明が付くことを確認した。

一方、分子緩和効果に関しては、非線形伝播音響解析ツールである波形パラメータ法をベースとして、周波数領域で分子緩和効果を付加する推算コードを開発する方針を立てた。また、数値実験によって緩和効果を検討し、開発方針の妥当性を評価した。図9に示す数値実験の結果、大気による減衰スペクトルを原波形の振幅スペクトルから減算することで、有限な立ち上がり時間をもつソニックブーム波形が得られた。

● 実環境下における大気勾配の影響:

気象条件に高層気象観測用のレーウィンゾンデデータを利用し、高度など地理的条件も考慮した実環境下におけるソニックブームのグローバルな変動を推算・評価した。図10には北半球冬季の結果を示す。結果からソニックブーム強度は地域によっても、季節によっても大きく変動することが明らかとなった。特に北半球ではブーム強度は夏に増加し、冬に減少することがわかった。またヒマラヤ山脈などの高高度地帯ではブーム強度が減少する事が明らかになった。これらの知見はこれまで知られていなかった実環境下でのブーム強度の変動をあきらかにしたものであり、有用な成果である。また、本研究で用いるソニックブーム推算手法を発展させていくことで、MISORA飛行実験機が飛行する際に発生するソニックブームを推算することが可能となる。一般的には、ブーム低減化は機体設計側からアプローチしているが、得られた結果は適切な飛行ルートを選定することでさらなる低ブーム化の可能性を示しており、重要な知見であるといえる。本結果は、AIAA国際学会で発表が行われ、国際学術誌に投稿予定である。

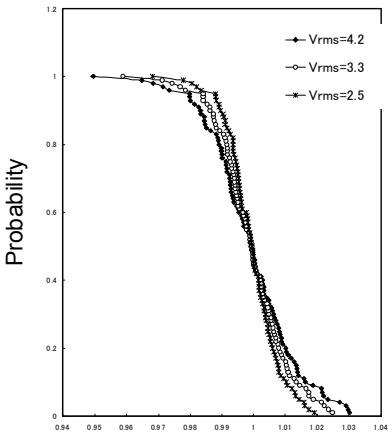


図8　先端ブーム強度の累積確率分布の比較.大気境界層内の擾乱強さをV_{rms} = 2.5, 3.3, 4.2 [m/s]と変化させた.

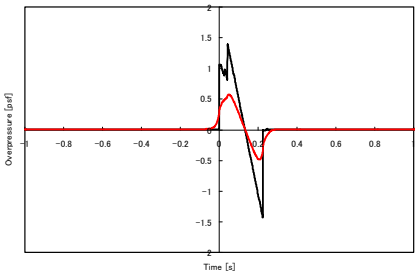


図9　分子緩和効果によるソニックブーム波形への影響（黒）緩和効果なし（赤）緩和効果あり.

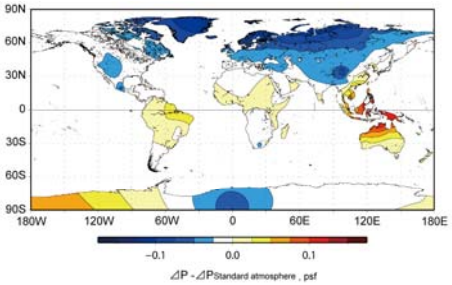


図10　北半球冬季の地上ソニックブーム推定値.

平成21年度　総括

平成21年度はサイレント超音速旅客機MISORAプロジェクトに関する研究をCFD/EFDの両面から着実に進め、有用な結果が得られた。本プロジェクトでは風洞実験やバリスティックレンジを用いた実験研究の割合が大きくなってきており、来年度以降、CFD解析結果を単に検証するという目的にとどまらず、数値解析と実験の各々の優位性を活かして研究を進めていく必要がある。平成21年度の研究で得られた結果については、学術誌への投稿準備を進めており、投稿・掲載させることで本年度の研究をまとめる。

また、本年度研究が進められたソニックブーム推算コードについては、将来的には東北大学あるいはJAXAで実施される、CFD解析と最適化計算を用いた全機形状最適設計において、ソニックブームの評価手法として活用されるものと期待される。ソニックブーム高精度推算手法のモデリングについては、本推算コードの開発を引き続き行い数値実験を重ね、大気条件によるソニックブーム波形や分子緩和効果による有限立ち上がり時間の変化などを過去の研究と比較することが重要である。とくに、大気乱流モデリングの高精度化には実験側からのアプローチが重要であり、連携して研究を実施する必要がある。飛行試験などの実測結果では、ブーム強度のばらつきが生じる主たる原因は、大気乱流による波形変化（ピーク型やラウンド型波形）である。本開発中の推算コードは、大気乱流による波形変化をモデル化できておらず改善する必要がある。現在のところ、飛行試験などで実測される大気乱流効果（とくに大

気境界層中）が原因とされるブーム波形変化に関しては、その明確なメカニズムは解明されていない。国内では名古屋大学の佐宗章弘教授の研究グループ、国外では例えばフランスのEcole Centrale de Lyon、Acoustics and Fluid Mechanics LaboratoryのPhilippe Blanc-Benon教授の研究グループが弱い衝撃波に及ぼす大気乱流効果の実験的研究を進めており、共同で実験研究を進めることが望まれる。

次年度研究計画

① CFD/EFDによるサイレント超音速旅客機MISORAプロジェクトに関する研究

・大径バリスティックレンジを用いて近傍場圧力波形の計測技術を構築する。
・小径バリスティックレンジを用いた複葉超音速機翼胴形態模型の自由飛行実験を継続して実施し、低ソニックブーム性を実験的に検証する。
・JAXA/ISAS高速気流総合実験設備において、BOS (Background Oriented Schlieren) 光学計測手法を用いた模型周りの圧力波の可視化実験を行う。
・複葉翼飛行実証機の空力・構造設計に基づく概念設計を実施する。
・CFD/EFDを用いた高揚力装置付き複葉翼翼型における低速性能の調査を行う。

② ソニックブーム高精度推算手法の構築

・標本化間隔Δの調整、スペクトル解析で対象とする周波数領域の範囲の設定、エイリアシング効果等に関して、文献調査および数値実験を継続して実施する。湿度や温度にも推算結果が依存するため、これら物理量の影響も詳細に調べる。
・時間領域と周波数領域の行き来について、位相スペクトルの取り扱いを検討する。また精度と計算コストを考慮し適切なスペクトル減算回数を設定する必要がある。
・現行大気乱流モデリングの高精度化に関して、乱れの強さによるブーム強度の変動の様子や波形の変形を物理的に解明することを目的とした実験結果の知見を元にモデリングの検討を進める。

研究業績

【学術雑誌等への発表】

1. **Yamashita, H.**, and Obayashi, S., "Sonic Boom Variability Due to Homogeneous Atmospheric Turbulence," *Journal of Aircraft*, Vol.46, No.6, Nov.–Dec. 2009, pp.1886-1893.
2. **山下博**, "ソニックブームと大気の関係", ニューズレター流れ, 日本機械学会流体工学部門, 2009年12月号, http://www.jsme-fed.org/newsletters/2009_12/no4.html#ctop.
3. **Yamashita, H.**, Obayashi, S., and Kusunose, K., "Reduction of Drag Penalty by means of Plain Flaps in Boomless Busemann Biplane," *International Journal of Emerging Multidisciplinary Fluid Sciences*, Vol.1, Number 2, June 2009, pp.141-164.
4. 米澤誠仁, **山下博**, 大林茂, 楠瀬一洋, "超音速複葉翼における超音速流れの履歴現象の2次元CFD解析 (Two-Dimensional Computational Fluid Dynamics Analysis of Hysteresis around Supersonic Biplane in Supersonic Flow)", 日本航空宇宙学会論文集技術ノート, Vol. 57, No. 662, pp. 131-133, Mar. 2009.
5. **Yamashita, H.**, and Obayashi, S., "Global Variation of Sonic Boom Overpressure Due to Seasonal Atmospheric Gradients," *Journal of Aircraft* (投稿予定).
6. 沢田雅洋, **山下博**, 岩崎俊樹, 大林茂, "人力飛行機長距離飛行におけるダウンスケール気象予測の適用とその検証", 日本航空宇宙学会論文集（投稿予定）.
7. 大久保正幸, 豊田篤, **山下博**, 大林茂, "バリスティックレンジを用いたフリーフライト実験のための複葉翼実験模型の基本設計", 日本航空宇宙学会論文集（投稿予定）.
8. 藤園崇, **山下博**, 永井大樹, 大林茂, 浅井圭介, "感圧塗料を用いたテーパ型超音速複葉翼の設計点周りにおける翼表面圧力計測", 日本航空宇宙学会論文集（投稿予定）.
9. 石垣真之, **山下博**, 鄭信圭, 大林茂, "水平尾翼を用いた後端ブーム低減化", 日本航空宇宙学会論文集（投稿予定）.
10. 金山靖信, **山下博**, 大林茂, "3次元超音速複葉翼の空力中心に関する研究", 日本航空宇宙学会論文集（投稿予定）.

紀要

1. **山下博**, 大林 茂, “ソニックブーム伝播における大気擾乱効果（Sonic Boom Propagation through Atmospheric Turbulence)”, JAXA SP-08-009, pp.41-46, 2009年2月.

【学会発表】

【国内】

1. 畠中和明，廣田光智，齋藤務，**山下博**，小川俊弘，大林茂，高山和喜，“遷音速域で減速する球体周りの非定常流れ場に関する数値解析”，平成２１年度衝撃波シンポジウム, 2010年3月19日，口頭発表.
2. 沢田雅洋，**山下博,** 岩崎俊樹，大林茂, “人力飛行機長距離飛行におけるダウンスケール気象予測の適用とその検証”，日本航空宇宙学会北部支部講演会, 2010年3月8日，口頭発表.
3. 藤園崇，**山下博**，永井大樹，大林茂，浅井圭介, “感圧塗料を用いたテーパ型超音速複葉翼の設計点周りにおける翼表面圧力計測”，宇宙航行の力学シンポジウム, 2009年12月11日，口頭発表.
4. 宮内空野，豊田篤，**山下博**，鄭信圭，大林茂 “ブーゼマン複葉翼を用いた低速飛行模型の開発”，第47回飛行機シンポジウム, 2009年11月4日, 1B3, pp.81-86，口頭発表.
5. 石垣真之，**山下博**，鄭 信圭，大林 茂，“水平尾翼を用いた後端ブーム低減化”，第47回飛行機シンポジウム, 2009年11月4日, 1B3, pp.87-92，口頭発表.
6. 金山靖信，米澤誠仁，**山下博**，大林茂 “3次元超音速複葉翼の空力中心に関する研究”，第41回流体力学講演会／航空宇宙数値シミュレーション技術シンポジウム2009, 2009年6月18日, pp.159-160，口頭発表.

【国外】

1. **Yamashita, H.**, and Obayashi, S., “Global Variation of Sonic Boom Intensity Due to Seasonal Atmospheric Gradients,” AIAA Paper 2010-1389, 48th AIAA Aerospace Sciences Meeting and Exhibit, Orlando, Florida, USA, Jan. 2010, Oral presentation.
2. **Yamashita, H.**, Jeong, S., and Obayashi, S., “Meteorological Influence on Sonic Boom,” AFI/TFI2009, Sendai, Japan, Nov. 5th 2009, pp.112-113, Poster presentation.
3. **Yamashita, H.**, and Obayashi, S., “Global Sonic Boom Overpressure Variation under Realistic Meteorological Condition,” The Sixth International Conference on Flow Dynamics, Sendai, Japan, Nov. 4th 2009, pp.14-15, Oral presentation.
4. Hatanaka, K., Saito, T., **Yamashita, H.**, Ogawa, T., Obayashi, S., and Takayama, K., “Computations of Unsteady Flow Field around an Accelerating Sphere in the Transonic Flow Velocity Region,” The Sixth International Conference on Flow Dynamics, Sendai, Japan, Nov. 4th 2009, pp.6-7, Oral presentation.



氏名　Zahrul Fuadi

所属 流体科学研究所
研究課題
Study of Frictional Sound
E-mail: zahrul@wert.ifs.tohoku.ac.jp
TEL: 022(217)5298

研究背景

Frictional sound/noises contribute to more than 95 % of noise in environment. Therefore, reducing (controlling) noise generated in friction is one of the most important requirements for future machines. Many strategies have been conducted for reducing noise in machines, such as the use of sound absorption material and controlling the sound transfer path. However, those methods are still not quite effective for reducing the noise.

The major source of the sound in frictional sound is the contact interfaces. Therefore, it is important that controlling/reducing the frictional noise be done by directly targeting the contact interfaces. Previous studies show that the contact stiffness, a parameter representing the condition at contact interfaces, has a significant relationship to peak frequency of vibration resulted rubbing of flat rough surface. It is also shown that this parameter is effective to be used in explaining the occurrence of friction-induced vibration on vehicle brake systems.

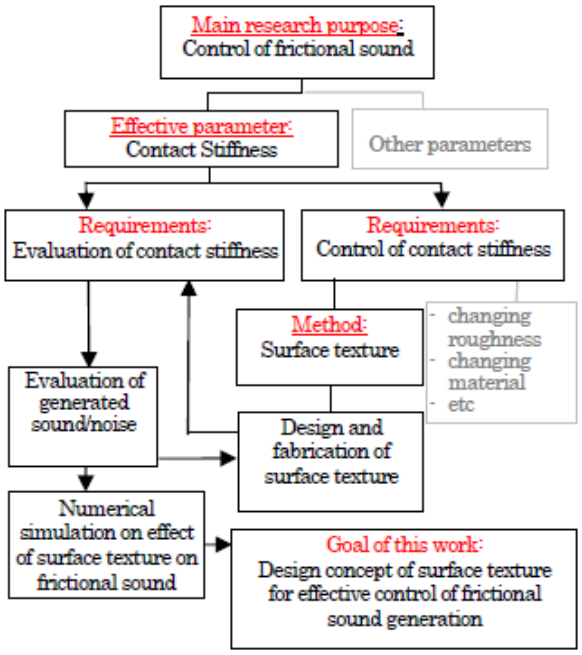


Fig. 1 Research Plan

Therefore, it is believed that controlling the contact stiffness at contact interface can be effective for controlling frictional sound generation. Here, a method for effective control of contact stiffness is proposed. It is the introduction of surface texture to the contact interface. The reason is because texture is relative uniform in shape and dimension, contrary to roughness which is highly random.

The main objective of this research is to propose a method for controlling the contact stiffness by introducing surface texture to the contact interfaces so that the sound generated in friction can be controlled/reduced. As highlighted in the flowchart of the research plan (attached separately), surface textures will be designed and introduced to contact interfaces and their effect for both contact stiffness and noise/sound generation will be investigated.
Evaluation of contact stiffness is conducted by a newly proposed experimental apparatus. The method is based on vibrational assessment in which the value of contact stiffness is estimated by using the vibration accelerations data. Measurement of frictional sound/noise of contact interface with surface texture is conducted in a specially designed anechoic chamber.

平成21年度　研究成果

①Effect of Surface Texture for Frictional Sound

In previous studies, it has been revealed that frictional sound generated in rubbing of flat surfaces is strongly related to condition at contact interface, which is determined by various parameters such as normal force, contact area, and surface roughness. In this case, the condition at contact interface can be effectively represented by the parameter of contact stiffness.

Surface texture is an effective method for controlling surface roughness and contact area, and therefore can be effective to control the contact stiffness. Here, it is believed that introducing surface texture to contact interfaces can be effective to control the sound generated in friction.

In this research, we have prepared four kinds of surface textures (Fig.1) to obtain four pairs of contact combinations in order to investigate the effect of surface texture for generated frictional sound. In each combination, the textured surface is paired with the flat one having surface roughness of Ra=0.03 μm.

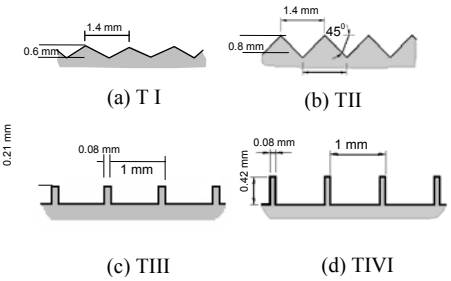


Fig. 1 Textured surface

The main objective is to evaluate the characteristic of sound and vibration generated by rubbing of contact interface with surface texture. The test were conducted using hand-rubbing method.

The results show the characteristic of generated sound and vibration has a significant relationship to the physical dimension of the texture. As it is shown in Fig. 2 (a) and (b), both sound pressure level and frequency of the generated sound is related to the height of the texture pitch. In the case of sound, lower pitch height produced lower pressure level of sound.

However, the relation between pitch height of the texture to peak frequency of generated vibration is not consistent for the case of cone texture (Fig. 2(a)) and block texture (Fig. 2(b)). In the case of cone texture, lower peak frequency was obtained with higher pitch. On the contrary, for block texture, higher peak frequency was obtained with higher pitch. Hence, the parameter of pitch height can not be used to explain the occurrence of peak frequency of generated sound.

In order to further explain the phenomenon, it is necessary to evaluate the stiffness of the contact for each contact combination. Contact stiffness can represent the condition at contact interfaces more comprehensively.

Since there is no available method to evaluate the contact stiffness of a textured contact, an experimental method is proposed.

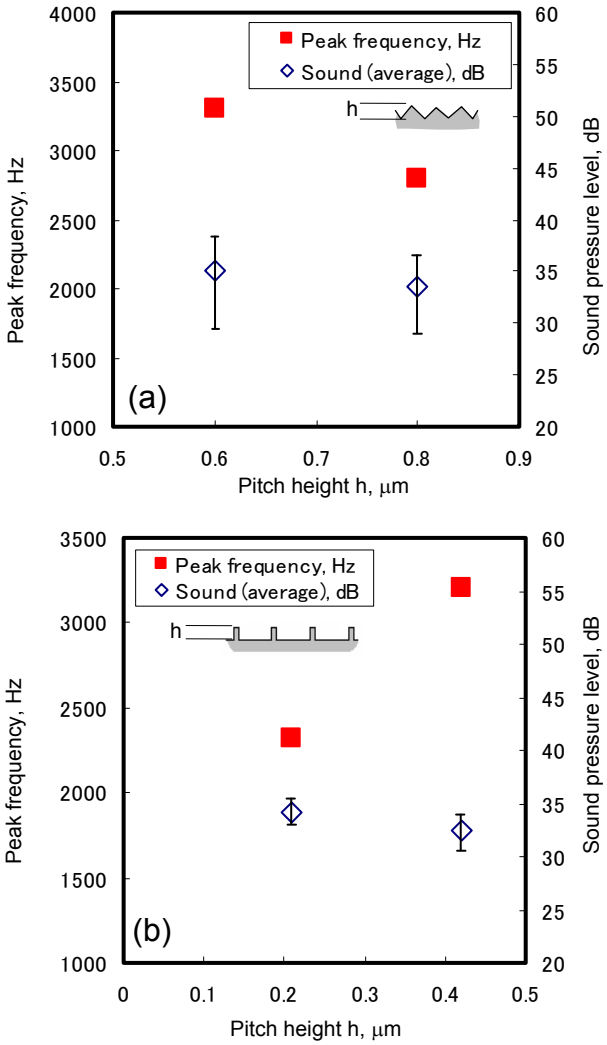


Fig.2 Effect of texture pitch height for generated sound pressure level and peak frequency of sound

② An Experimental Method for Contact Stiffness Evaluation

There are several theoretical methods to estimate the contact stiffness for rough flat surfaces, such as Greenwood and Williamson[1] contact theory. However, the possibility for applying this method for textured surface is still not known. On the other hand, modal data (natural frequency) can be used to evaluate the stiffness of the contact regardless the condition at the contact interface. This method has been used to find the relationship between tangential and normal contact stiffness of a rough contact[2].

In this analysis, the method based on modal analysis is used to evaluate the tangential contact stiffness of the contact interfaces with surface texture. An experimental apparatus is proposed for this purpose. The main objective is to experimentally evaluate the contact stiffness of contact interfaces with surface texture.

An experiment apparatus (Fig. 1) is proposed. The apparatus allows that two disks be positioned in the middle in which both of them are supported by several balls of 10 mm in diameters. Normal force is applied using a spring having spring stiffness of 16 N/mm. Two accelerometers are placed on the disk specimens. A small amount of impact was applied and the resulted peak frequency of vibration acceleration is related to the contact stiffness at the contact interface. Two kinds of surface textures were prepared for the analysis. A ring-like texture with a pitch height-witdh of 0.8mm-1.43mm and 0.6mm-1.4mm were prepared on disk specimens having diameter of 50 mm and thickness of 20 mm. In each contact combination, the counter-contact surface is flat with roughness Ra=0.03 μm.

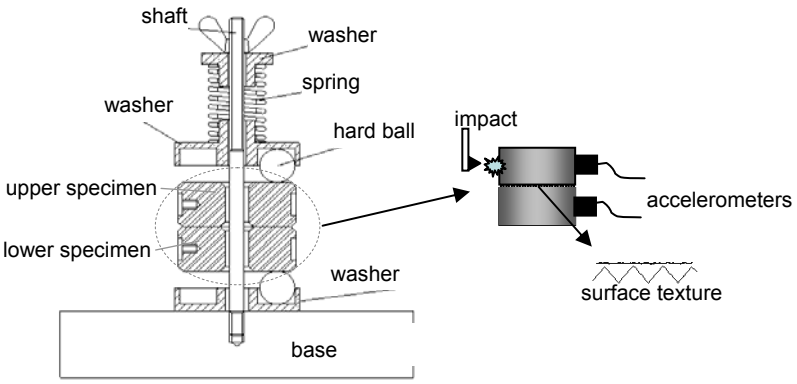


Fig. 1 Newly proposed experimental apparatus for contact stiffness evaluation

The result shows that the peaks increased with the increased of normal forces. This indicates that the contact stiffness has been increased as the result of normal force increased. These peaks increase is related to the increase of contact stiffness (Fig. 2).

In this figures, it is assumed that when the disks are in no contact condition, the normal force, contact stiffness, and peak frequency are zero. On the other hands, when the two disks are in perfect contact to each other, the two disks will act like a single block, in which the contact stiffness is determined by the material strength. In the experiment, such a single block was found to produce a peak frequency of about 26 kHz.

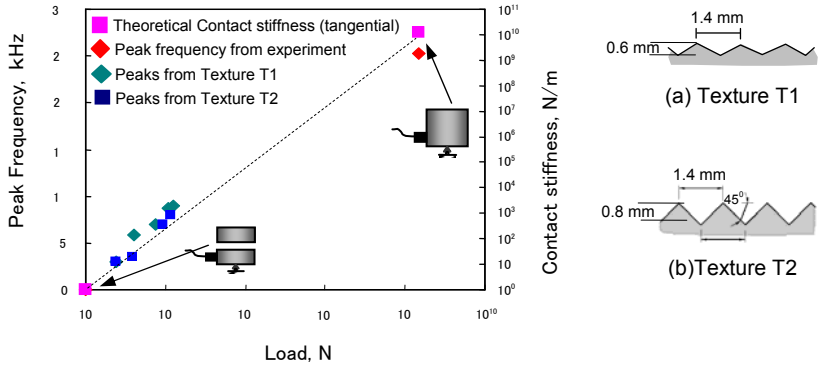


Fig. 2 Relationship among load, generated peak frequency in impact tests, and contact stiffness

In the case of single block, the value of normal force (F) can be estimated using the formula of F=EA (N), in which A is the cross section of the disk (i.e. $3x10^{-3}$ m^2) and E is the material's Young' modulus (i.e. 117 GPa). Theoretical tangential contact stiffness of the single block disk can also be estimated from the bending strength of the disk, (i.e. $k=3EI/l^3$, in which k is the contact stiffness, I is the moment of inertia, and l is the length of the disk), which leads to a value of $1.26x10^{10}$ N/m. It can be seen in Fig.2 that when a line is drawn from zero to disk maximum value of contact stiffness, i.e. $1.26x10^{10}$ N/m, the peaks resulted from the experiment are located just in the vicinity of the line, an indication of the contact stiffness increase.

The results indicated that the proposed experiment method has been successfully used for evaluation of contact stiffness of contact with surface texture. This method can then be used in studying the quantitative relationship between physical dimensions of the texture, such as pitch radius, and the contact stiffness.

[1)]J.A. Greenwood and J.B. Williamson. Proc.Roy.Soc.London A295, 1966, 300-319

[2)] H.A. Sherif and S.S. Kossa. Wear, 151(1), 1991, 49-62

平成21年度　総括

Research summary:

- Several kinds of surface textures have been fabricated to investigate the effect of surface texture for frictional sound. The result suggested that there should be a quantitative relationship between physical dimension of the texture and the generated frictional sound
- It is observed that the generation of frictional sound is related to contact stiffness at contact interfaces and hence introducing surface texture to contact interface can control the contact stiffness. In order to evaluate the quantitative relationship among frictional sound, contact stiffness, and surface texture, an experimental apparatus has been proposed. The apparatus has the ability to experimentally evaluate the contact stiffness of textured contact interfaces.

次年度研究計画

1. Research for studying the effect of surface texture for contact stiffness.
   Analysis for determining the quantitative relationship between physical dimension of surface texture such as contact asperity (pitch) radius and contact stiffness.
2. Research for studying the effect of surface texture on frictional sound
   Analysis for obtaining quantitative relationship between contact stiffness and frictional sound
3. Research for studying the effect of surface texture for frictional sound of soft material
   The research is current topic of frictional sound collaborative research of ELyT Laboratory.
   Part of the research is planned to be conducted at LTDS, Ecole Centrale de Lyon

研究業績

【学術雑誌等への発表】

1. Z. Fuadi, K. Adachi, H. Ikeda, H. Naito, K. Kato, Experimental model for creep groan analysis, *Lubrication Science*, 21, 1, 27-40 (2009)
2. Z. Fuadi, K. Adachi, H. Ikeda, H. Naito, K. Kato, Effect of contact stiffness on creep-groan occurrence on a simple caliper-slider experimental model, *Tribology Letters*, *33, 3, 169-178 (2009)*
3. Z. Fuadi, K. Adachi, H. Ikeda, H. Naito, K. Kato, Stiffness effect on low-frequency stick-slip motion generated on a simple caliper-slider experimental model, *Submitted to Tribology Online Journal*
4. Z. Fuadi, K. Adachi, K. Nakano, S. Maegawa. Map of Low-frequency Stick-slip of Creep Groan. To be submitted to I-Mech E Part J – Journal of Engineering Tribology
5. Z. Fuadi, T. Takagi, K. Adachi, H. Miki. An Experimental Method for Contact Stiffness Evaluation. To be submitted to *Tribology International Journal*

【学会発表】

【国内】

1. 4th *World Tribology Congress*, Kyoto, 2009. Map of low-frequency stick-slip of creep groan. Oral Presentation (September 10, 2009).
2. 6th *International Conference of Flow Dynamic* (ICFD), Sendai 4-6 November 2009. Effect of surface texture on frictional sound. Oral presentation (November 5, 2009).

【受賞等】

大学院研究奨励賞、社団法人動車技術会、21年3月25日



氏名　Kuhn Melanie

所属 多元物質科学研究所
研究課題 Oxygen nonstoichiometry and crystal structure of $La_{0.6}Sr_{0.4}Co_{1-y}Fe_yO_{3-\delta}$ SOFC cathode materials
E-mail: kuhn-m@mozel.tagen.tohoku.ac.jp
TEL: 022(217)5341

研究背景

Solid oxide fuel cells (SOFCs) are a high-temperature fuel cell technology with possible applications ranging from cogeneration, transportation to small- and micro-scale power generation. Current research focuses on the reduction of operating temperatures to an intermediate range of 600 to 800°C and the development of suitable cell component materials. Perovskite-type oxides such as $La_{0.6}Sr_{0.4}Co_{1-y}Fe_yO_{3-\delta}$(LSCF) are interesting cathode materials as they exhibit mixed conductivity and catalytic activity for the oxygen reaction. $La_{0.6}Sr_{0.4}Co_{1-y}Fe_yO_{3-\delta}$shows oxygen nonstoichiometry over a wide temperature and oxygen partial pressure range, which affects the electrochemical properties, conductivity and stability of the materials under SOFC operating conditions. However, oxygen nonstoichiometry of $La_{0.6}Sr_{0.4}Co_{1-y}Fe_yO_{3-\delta}$ has only been studied partially, and published data only cover a limited range of temperature and oxygen partial pressure omitting intermediate temperature and low oxygen partial pressure conditions. The main objective of this project therefore consists in the study of the oxygen nonstoichiometry of $La_{0.6}Sr_{0.4}Co_{1-y}Fe_yO_{3-\delta}$in the temperature range of 600 to 800°C and a wide range of oxygen partial pressure. Additionally, the crystal structure is investigated under these conditions and correlated to the oxygen nonstoichiometry. Oxygen nonstoichiometry is measured by high-temperature gravimetry and coulometric titration at high and low oxygen partial pressure, respectively. High-temperature XRD is carried out to analyze the crystal structure.
Various compositions of Co and Fe B-site doped $La_{0.6}Sr_{0.4}Co_{1-y}Fe_yO_{3-\delta}$(y = 0.2, 0.4, 0.6, 0.8) have already been investigated by a master student from Prof. Mizusaki's Laboratory, and this project continues the previous work. Especially, the properties of $La_{0.6}Sr_{0.4}CoO_{3-\delta}$(LSC, y = 0) and $La_{0.6}Sr_{0.4}FeO_{3-\delta}$(LSF, y = 1) are being studied.

平成21年度　研究成果

1. Perovskite-powder preparation by Pechini method
LSF and LSC were prepared by Pechini method [1]. Aqueous nitrate solutions of the respective metal ions were mixed in the appropriate stoichiometric ratio. An excess amount of ethylene glycol and citric acid was added and the solution was stepwise heated to 473 K. The Pechini method involves the formation of a metal citrate complex, followed by polycondensation and finally leaving an amorphous polymeric precursor into which the metal ions are incorporated. The precursor was then calcined in order to burn off the organic compounds and form the metal oxides. LSF was calcined at 873 K for 6 hours whereas LSC was fired at 1173 K for 6 hours. The resulting oxide powders were ground with ethanol. Single-phase perovskite oxides were finally obtained through a subsequent sintering step during 6 hours at 1273 K for LSC (Fig. 1). LSF was sintered at 1373 K and 1573 K for 6 hours, respectively, but no difference in the perovskite phase could be observed after the second sintering step (Fig. 2). X-ray powder diffraction (XRD) (M21X, MAC Science Co., Ltd., Yokohama, Japan) with a Cu Kα anode was used to confirm the phase purity of the powder samples at room temperature in air.

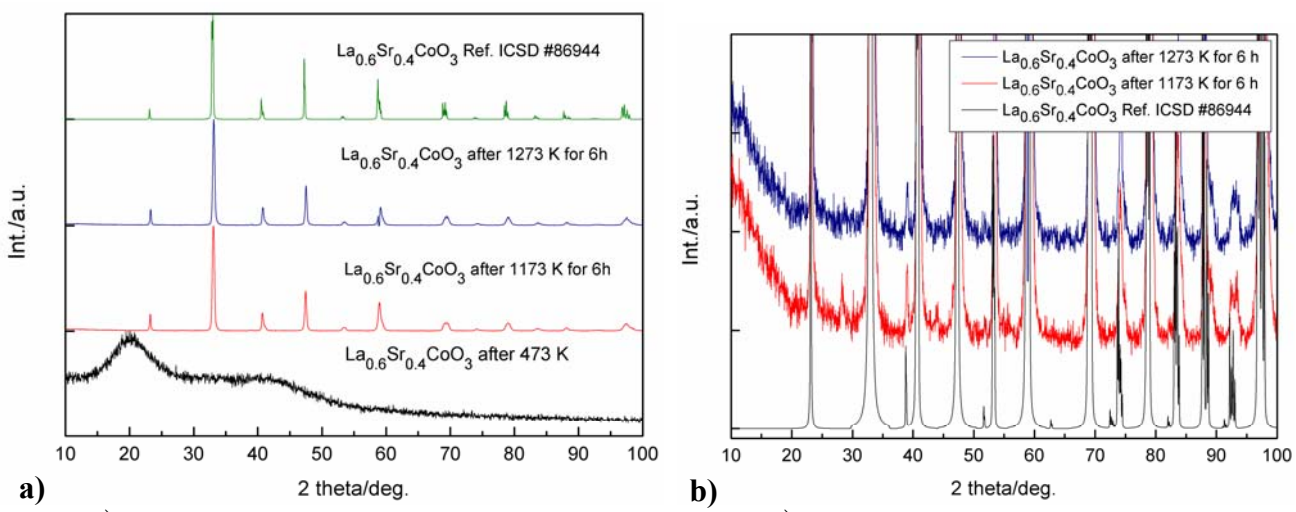


Fig. 1: a) XRD patterns of LSC at room temperature in air. b) Close-up of XRD patterns of LSC after heat treatment at 1173 and 1273 K.

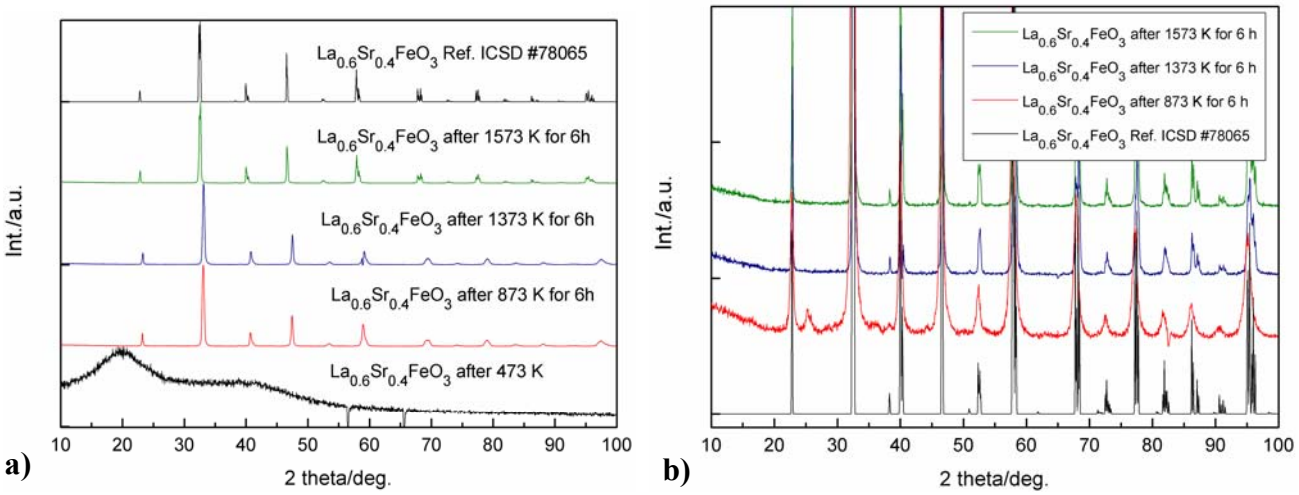


Fig. 2: a) XRD patterns of LSF at room temperature in air. b) Close-up of XRD patterns of LSF after heat treatment at 873, 1373 and 1573 K.

2. Coulometric titration: Measurement of oxygen nonstoichiometry for LSF and LSC

The oxygen nonstoichiometry of LSF and LSC was measured at 873, 973 and 1073 K by coulometric titration. The measurement sample was prepared by pressing approximately 0.5 mg of the respective powder into a pellet and firing at 973 K for 4 hours. The obtained pellet was slightly smashed using a hammer and filled into an YSZ tube which served as an electrolyte of the galvanic cell. The sample was mechanically pressed against the YSZ tube to ensure close contact between the sample and YSZ electrolyte. Pt-foil connected to Pt wire was used as an electrode in contact with the sample while a counter electrode was formed on the outside of the YSZ tube by painting Pt paste and attaching Pt wire. After sealing, the YSZ tube was filled with Ar and evacuated to about 0.8 bar. The sample temperature was controlled by a thermocouple and furnace. An electric charge C was passed through the sample to vary its oxygen content according to:

$$\Delta\delta = \frac{C}{2Fn} \tag{1}$$

with δ the variation in oxygen content, F the Faraday constant (96485.3 C·mol^{-1}) and n the number of moles. After equilibration, the electromotive force of the galvanic cell was measured from which the corresponding oxygen partial pressure was calculated using the Nernst equation:

$$E = \frac{RT}{4F}\ln\left(\frac{p_{O_2,II}}{p_{O_2,I}}\right) \tag{2}$$

where E is the electromotive force or potential of the galvanic cell, R the ideal gas constant (8.31447 J·(mol·K)$^{-1}$) and T the temperature in K. The oxygen partial pressure in the YSZ tube is given by $p_{O2,II}$ while $p_{O2,I}$ is the reference oxygen partial pressure corresponding to the oxygen partial pressure in air.

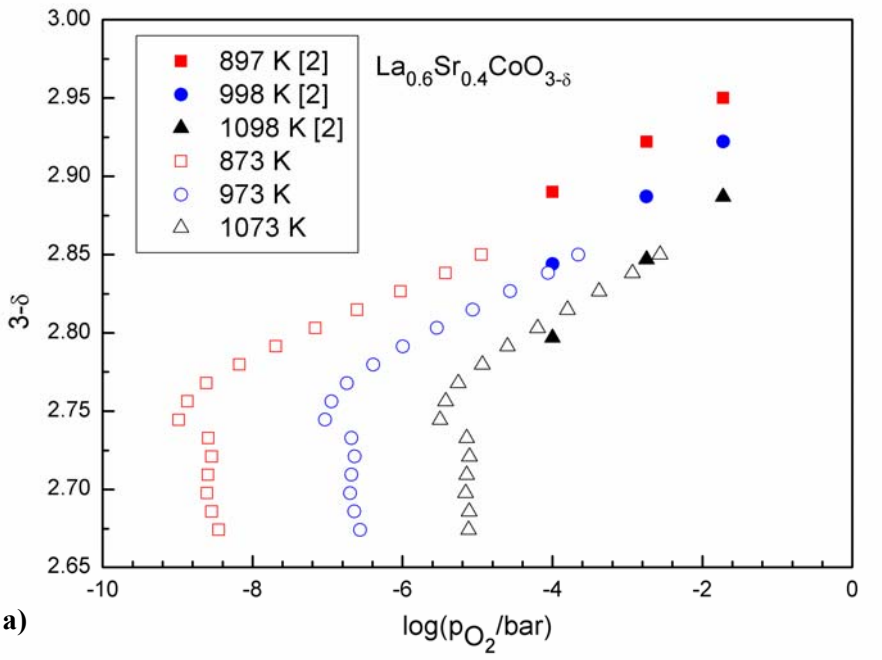
The oxygen nonstoichiometry of LSC and LSF is shown as a function of oxygen partial pressure in Fig. 3a and b, respectively. The values of 3-δ in the region of higher oxygen partial pressure for LSC are based on Ref. [2] and were used to determine δ from the variation of oxygen content measured in this study. LSF exhibited a plateau region between log(p_{O2}/bar) = -10 to -20 where $\frac{\partial \delta}{\partial \log p_{O_2}}$ reached a minimum value corresponding to the stoichiometric composition. According to Mizusaki et al. [3], the oxygen content of $La_{1-x}Sr_xFeO_{3-\delta}$ in this region is given by $\delta = \frac{x}{2}$, where x is the strontium content. The stoichiometric oxygen content therefore equals 2.8 for LSF with 0.4 mol of Sr as used here. The location of the plateau line at 3-δ= 2.8 was used to determine δ from the variation of oxygen content measured by coulometric titration of LSF.

For both LSC and LSF, the oxygen content decreased with decreasing oxygen partial pressure and increasing temperature, as can be seen in Fig. 3a and b. Decomposition of LSC was observed between log(p_{O2}/bar) = -9 to -5 which is conform to the calculated decomposition point using the thermodynamic database MALT according to which decomposition occurs around logp_{O2} = -6.22 at 1073 K and logp_{O2} = -8.06 at 973 K. XRD analysis of LSC after coulometric titration confirmed decomposition of the single-phase perovskite as shown in Fig. 4. LSC primarily decomposed into the 214 phase.

Decomposition of LSF was calculated to occur at logp_{O2} = -21.735 at 1073 K, logp_{O2} = -24.817 at 973 K and logp_{O2} = -28.602 at 873 K. The experimental decomposition point is currently being measured, but can be expected to coincide with the calculated points (Fig. 3b).

The oxygen nonstoichiometry data for LSF and LSC were compared with data from the literature in the higher oxygen partial pressure range [2,4]. While the measured data for LSC agrees with the data from Ref. [2], some discrepancy can be observed in the case of LSF. The oxygen nonstoichiometry will therefore be measured by HT-gravimetry for both LSF and LSC in the higher oxygen partial pressure region.

The oxygen nonstoichiometry data for LSF and LSC were also combined with data obtained for LSCF [5] and oxygen nonstoichiometry of LSCF for the composition range of y = 0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8 and 1 is shown in Fig. 5.



a)

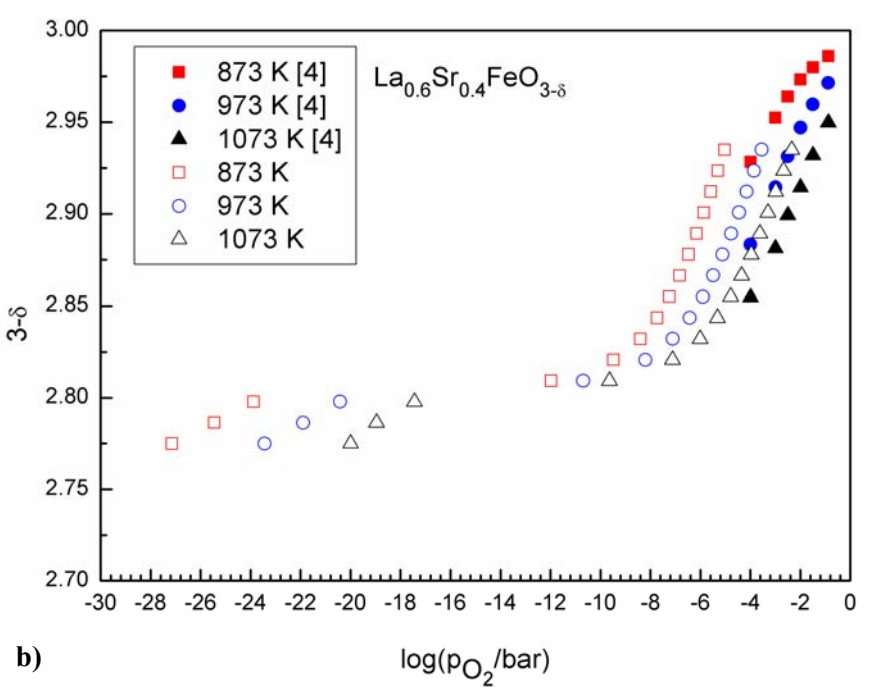


Fig. 3: Oxygen nonstoichiometry of a) LSC and b) LSF measured by coulometric titration.

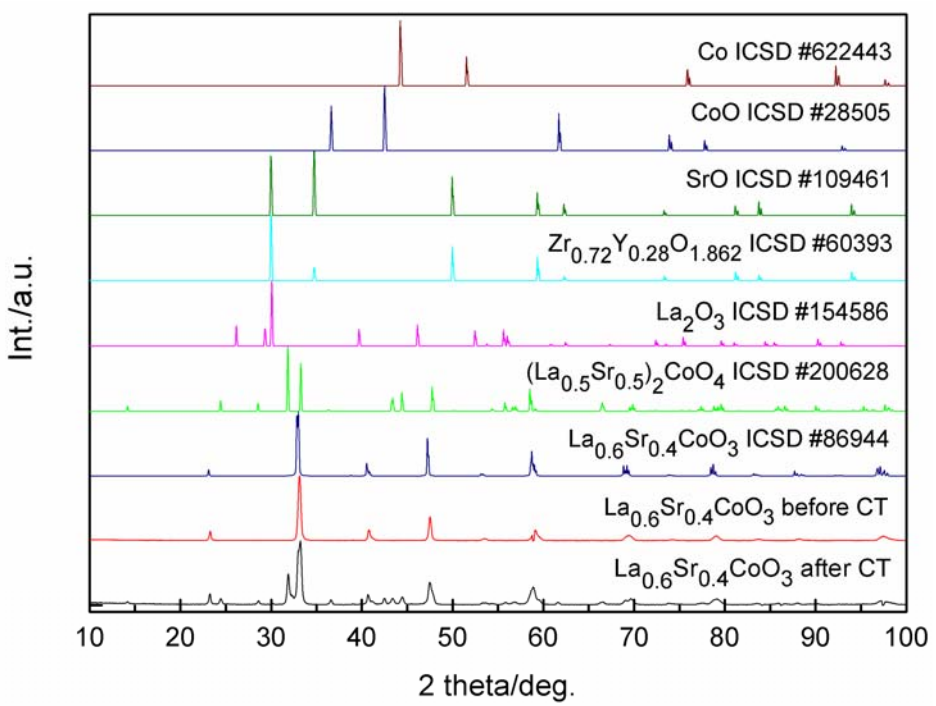
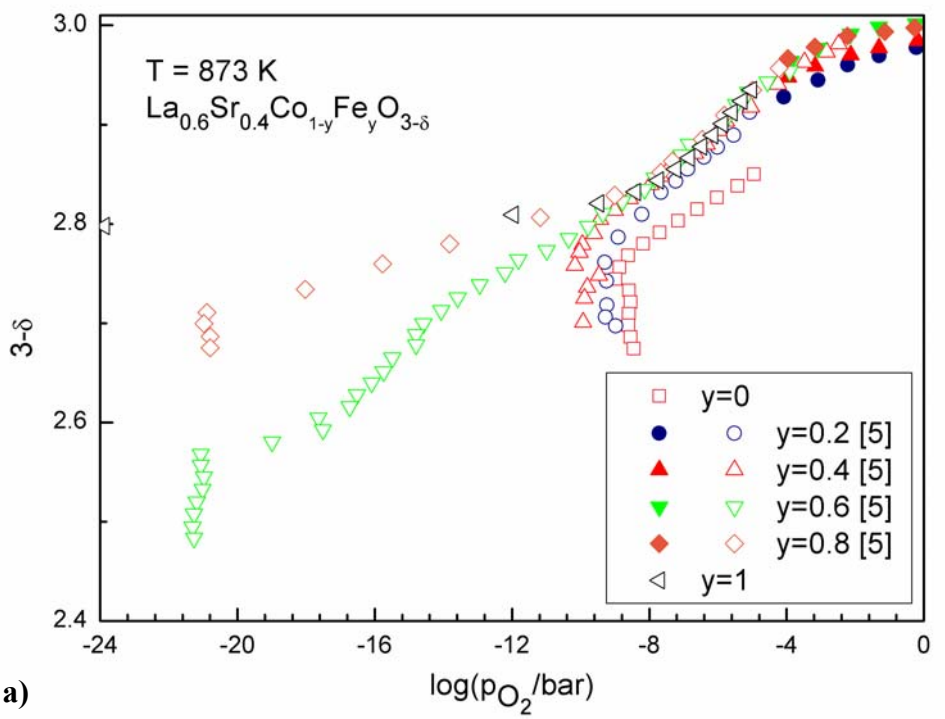
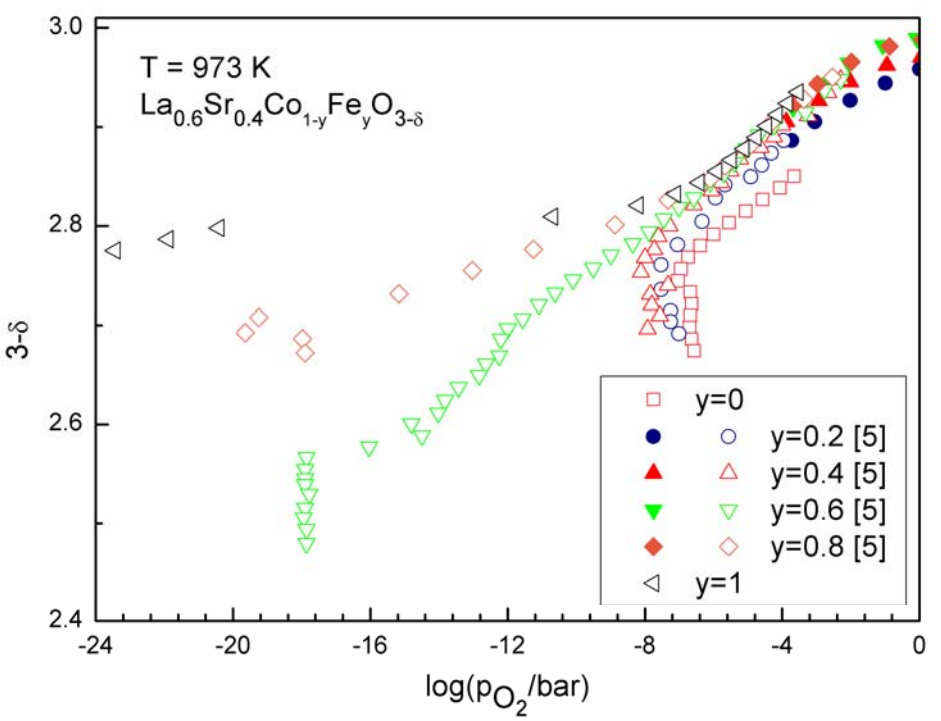


Fig. 4: XRD pattern of LSC after coulometric titration (CT) at room temperature in air.


T = 873 K
La0.6Sr0.4Co1-yFeyO3-δ
3-δ
log(pO2/bar)
y=0
y=0.2 [5]
y=0.4 [5]
y=0.6 [5]
y=0.8 [5]
y=1

a)


T = 973 K
La0.6Sr0.4Co1-yFeyO3-δ
3-δ
log(pO2/bar)
y=0
y=0.2 [5]
y=0.4 [5]
y=0.6 [5]
y=0.8 [5]
y=1

b)

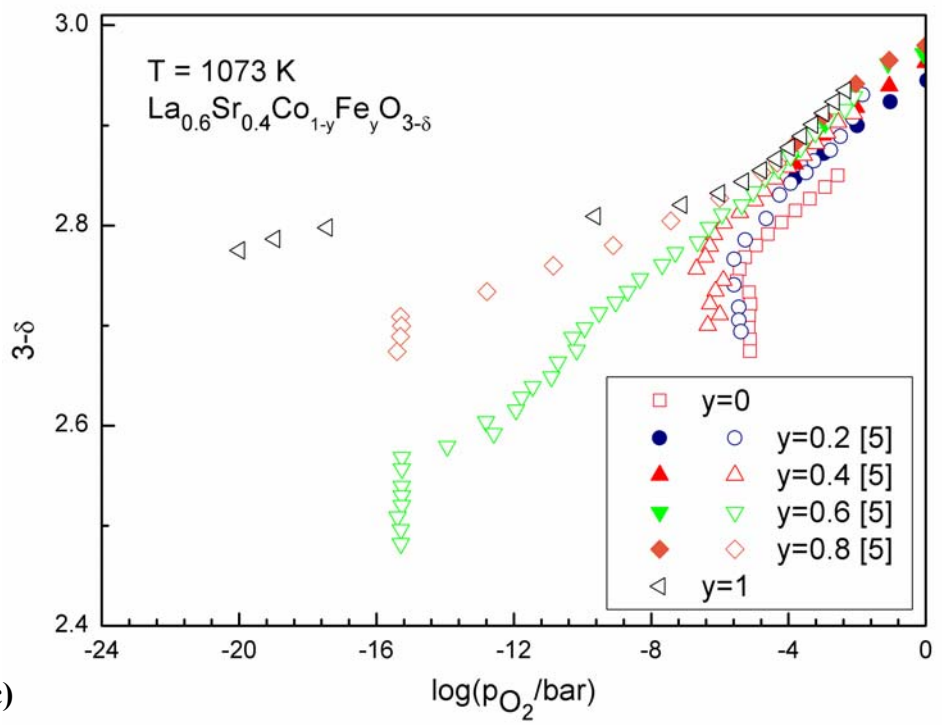


Fig. 5: Oxygen nonstoichiometry of $La_{0.6}Sr_{0.4}Co_{1-y}Fe_yO_{3-\delta}$ (y = 0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1) at a) 873 K, b) 973 K and c) 1073 K.

3. HT-gravimetry: Setting up, calibration and buoyancy test for new Shimazu microbalance
Operation of a new HT-gravimetry setup with a Shimazu microbalance was initialized. Several measures had to be taken in order to enable a stable measurement output. Mainly, a temperature-controlled environment had to be constructed around the microbalance in order to compensate for weight fluctuations induced by variations of the room temperature. The balance could then be calibrated and buoyancy is currently being measured for different gases (O_2, Ar, H_2 and CO_2) at 473, 673, 773, 873, 973, 1073 and 1273 K using an Al_2O_3 sample with no oxygen nonstoichiometry. The results for O_2, Ar and CO_2 atmospheres are shown in Fig. 6.

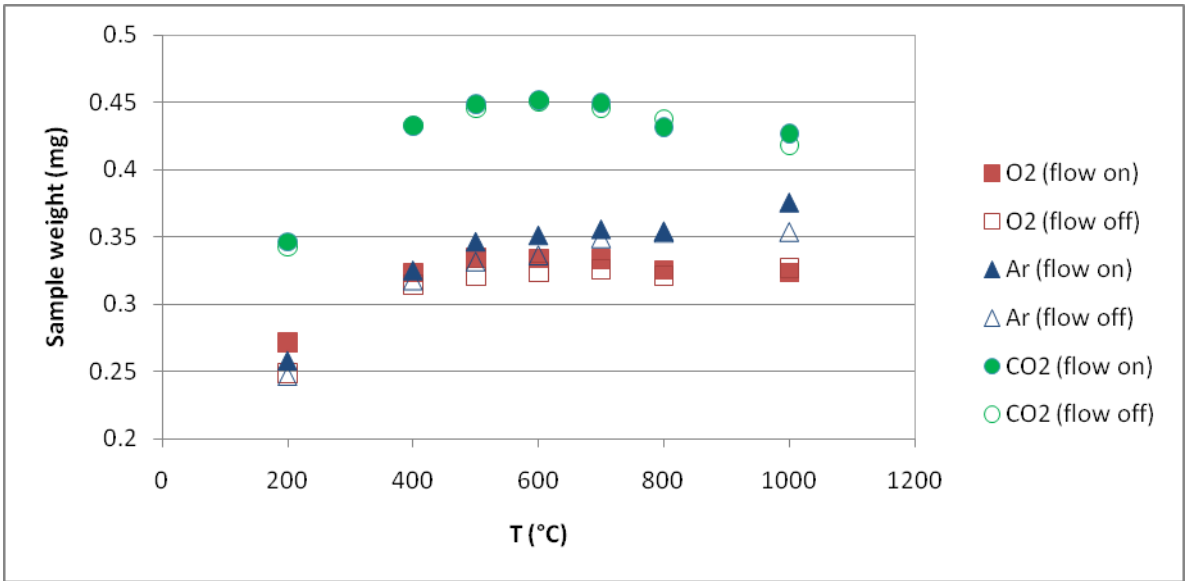


Fig. 6: Buoyancy test for Shimadzu HT-gravimetry.

References:
[1] Pechini, M., US patent US3330697, 1967.
[2] Sitte, W., et al., *Solid State Ionics,* vol. 154-155, pp. 517-522 (2002).
[3] Mizusaki, J., et al., *Journal of Solid State Chemistry,* vol. 58, pp. 257-266 (1985).
[4] Yoshihiro, M., Bachelor Thesis, University of Tokyo, 1983.
[5] Fukuda, Y., Master Thesis, Tohoku University, 2010.

平成21年度　総括

- Single-phase perovskite powders of LSF and LSC were successfully fabricated by Pechini method.
- The oxygen nonstoichiometry of LSF and LSC was measured by coulometric titration at 873, 973 and 1073 K.
- Operation of a new HT-gravimetry setup was started; a buoyancy test is currently being executed.

次年度研究計画

- Powder fabrication:
  - Chelate titration and ICP will be performed to determine the concentration of the metal nitrate solutions for further powder fabrication by Pechini method.
- Oxygen nonstiochiometry:
  - Coulometric titration:
    - The measurement of the oxygen nonstoichiometry of LSF and LSC by coulometric titration will be repeated to confirm the results. Additionally, oxygen nonstoichiometry will be measured by reduction-oxidation steps.
    - Oxygen nonstoichiometry of LSCF6455 will be measured as a significant change in the oxygen nonstoichiometry curve for LSCF appears to take place at this composition.
  - HT-gravimetry:
    - Oxygen nonstoichiometry for LSF, LSC and LSCF6455 will be measured.
    - The absolute value of δ for LSF, LSC and LSCF6455will be determined in pure H_2.
  - A defect model will be established to fit the oxygen nonstoichiometry data and calculate thermodynamic properties such as the standard free energy change.
- HT-XRD:
  - The crystal structure of LSF, LSC and LSCF6455 will be characterized by HT-XRD at 873, 973 and 1073 K as a function of oxygen partial pressure.
  - Lattice parameters will be correlated to the oxygen nonstoichiometry data.
- Conductivity measurements:
  - The oxygen nonstoichiometry data will be correlated to conductivity data from the literature.

研究業績

【学術雑誌等への発表】

1. M. Kuhn, T. W. Napporn, M. Meunier, D. Therriault, "Single-chamber micro solid oxide fuel cells: Study of anode and cathode materials in coplanar electrode design", *Solid State Ionics*, accepted manuscript (in press), 2010 (doi:10.1016/j.ssi.2010.01.012).
2. M. Kuhn, T. W. Napporn, "Single-Chamber Solid Oxide Fuel Cell Technology-From Its Origins to Today's State of the Art", *Energies,* vol. 3, pp. 57-134, 2010.
3. M. Kuhn, T. W. Napporn, M. Meunier, S. Vengallatore, D. Therriault, "Miniaturization limits for single-chamber micro solid oxide fuel cells with coplanar electrodes", *Journal of Power Sources*, vol. 194, pp. 941-949, 2009.
4. M. Kuhn, R. B. Rao, and D. Therriault, "Viscoelastic inks for direct-write microfabrication of single-chamber micro solid oxide fuel cells with coplanar thick electrodes", *Mater. Res. Soc. Symp. Proc.,* vol. 1179, pp. 111-116, 2009.

【学会発表】

【国内】

Planned conferences for 2010:
Asian SOFC Symposium, Kyoto, Japan, September 5-7, 2010.

【国外】

1. M. Kuhn, R. B. Rao, D. Therriault*, "Viscoelastic inks for direct-write microfabrication of single-chamber micro solid oxide fuel cells with coplanar thick electrodes", *MRS Spring Meeting 2009*, San Francisco, CA, April 15, 2009 (poster).

Planned conferences for 2010:

2. Materials Science & Technology 2010 Conference & Exhibition, Houston, TX, USA, October 17-21, 2010.
3. Gordon Research Conference on Solid State Studies on Ceramics, New London, NH, USA, August 15-20, 2010.

【受賞等】

1. Merit scholarship program for foreign students – doctoral research scholarship from FQRNT (Fonds québécois de la recherche sur la nature et les technologies, Government of the province of Quebec) (2006-2009)

11. 国際出る杭伸ばす特別研究生の取り組みと実績



氏名　和田 章良

所属 工学研究科ナノメカニクス専攻　博士課程後期1年
指導教員　流体科学研究所　寒川誠二教授
研究タイトル
中性粒子ビーム流動現象の制御とカーボンナノチューブ表面との相互作用

研究背景

半導体デバイスはムーアの法則に従い、微細化の道をたどっている。しかし今後近い将来、さらに微細化が進むにつれ高集積化・高性能化は困難であるといわれている。それは、微細化を担う要素技術であるリソグラフィ・エッチング技術の限界やトランジスタの物理的な問題（短チャネル効果によるリーク電流の増大）が顕著になるからである。そこでこれらの問題を打開する新構造トランジスタの作製が望まれている。その新構造トランジスタとして注目されているのが、マルチゲートトランジスタと有機膜トランジスタである。FinFETに代表されるマルチゲートトランジスタは、チャネル領域を挟む構造をしているため2次元的にゲート電圧の印加が可能となり、短チャネル効果を抑制できる。また有機膜トランジスタは、特にカーボンナノチューブやグラフェンを用いたトランジスタが多く研究されている。カーボンナノチューブはナノオーダーの直径を持つチューブ構造であるため、リソグラフィ技術に依存することがなく微細化が実現できる。さらにはバリスティック伝導を示すため、カーボンナノチューブをチャネルとして利用することで高速トランジスタとして期待できる。また、カーボンナノチューブトランジスタはSOI構造MOS-FETと同じ構造を有しているため、短チャネル効果に対する耐性も強い。グラフェンは電子移動度が従来の半導体材料に比べはるかに大きい（Siの電子移動度が1400に対し、グラフェンは200000）ため、超高速トランジスタとして期待されている。しかし、これら新構造トランジスタの作製には、大きな問題がある。それは、プラズマプロセスによってトランジスタ基板や有機膜材料に欠陥が生成することである。プラズマ中ではイオンや電子などの荷電粒子、ラジカル、紫外光などのエネルギー粒子が生成されている。トランジスタ作製の際、プラズマエッチングによって荷電粒子による基板への電荷蓄積によるダメージや紫外光照射によるダメージによってトランジスタ特性が劣化してしまう。また、有機膜材料にプラズマが照射されることで紫外光や電子の照射によって欠陥が生成し、トランジスタ特性が大幅に劣化するといった問題がある。これらの問題を解決する無損傷トランジスタ作製プロセスとして、プラズマで発生したエネルギー粒子の流動を高精度に制御して欠陥生成を抑制できる中性粒子ビームプロセスを提案している。中性粒子ビームでは、表面への荷電粒子・紫外光の放射を制御できるため、非常に低損傷なプロセスが可能である。本研究では、この低損傷中性粒子ビームプロセスを用いて、さらにSiやカーボンナノチューブの低損傷表面改質への応用を検討している。

平成21年度　研究成果

21年度では、中性粒子ビームプロセスを用いたSi及びカーボンナノチューブダメージフリー表面改質の検討を行った。Siへ酸素中性粒子ビームを照射することで、SiO_2が形成される（Neutral Beam Oxidation：NBO）。この中性粒子ビーム酸化により成膜したSiO_2を3次元構造マルチゲートトランジスタである3端子FinFETのゲート酸化膜へ適応し、特性を評価した。従来のトランジスタゲート絶縁膜成膜プロセスは熱酸化プロセス（Thermal Oxide：T.O）が用いられている。しかし熱酸化プロセスは850℃以上と非常に高温であるため、Si/SiO_2界面にストレスが発生し界面準位が生成するという問題がある。また、熱酸化プロセスでは酸化レートがSiの面方位に依存するため、FinFETといった3次元構造への酸化では、エッジ部や側面への膜厚不均一や界面ラフネスが増加するといった問題がある。対して中性粒子ビーム酸化では、300℃と低温であり、酸化レートが面方位に依存しないためこれらの問題を解決できると期待できる。図1と2にゲート絶縁膜を熱酸化、中性粒子ビーム酸化により作製したFinFETの特性の比較を示す。ここで、FinFETの特性評価として、サブスレッショルドスロープ（S値）（図1）と移動度（図2）の比較を行っている。S値とは、Id－Vg特性におけるサブスレッショルド領域における傾き（$[d\log I_d/dV_g]^{-1}$）を示し、S値が小さいほど傾きが大きく、低消費デバイスが可能になるという利点がある。実験結果から、中性粒子ビーム酸化を用いて作製したゲート絶縁膜を適応したFinFETの特性はS値、

移動度共に熱酸化のそれと比べ、良好な特性を示していることがわかった。これは、中性粒子ビーム酸化を用いることで低温かつ酸化レートが面方位に依存しないことにより界面準位、Si/SiO_2界面ラフネスが改善したためと考えられる。S値は界面準位、移動度はSi/SiO_2界面のラフネスに大きく影響することからも同様の考察をすることができる。

また、カーボンナノチューブトランジスタの作製を目指し、中性粒子ビームプロセスを用いた低損傷カーボンナノチューブ表面改質の検討も行った。カーボンナノチューブトランジスタは、従来大気中の酸素の影響により、ｐ型トランジスタとなる。しかしながら、CMOSを作製するためにはｎ型トランジスタの作製は不可欠である。そのため本研究では、ｎ型トランジスタの作製を目的として、窒素中性粒子ビームを用いたカーボンナノチューブ表面改質の検討として、中性粒子ビームのエネルギー粒子の流動現象とカーボンナノチューブとの相互作用についての解明を行った。

窒素中性粒子ビームをカーボンナノチューブへ照射したところ、カーボンナノチューブトランジスタの照射後の電気特性が、電圧が正のとき電流が増加するｎ型へ変化することがわかった（図3）。これは、カーボンナノチューブ表面に窒素が結合しているためと考えられる。そこで、カーボンナノチューブ表面窒化についてより詳細に検討するため、X線光電子分光法（XPS）により結合状態について詳細に分析した。その結果、窒素がカーボンナノチューブの炭素と結合または、六印環中の炭素と窒素が置換していることがわかった。次に、カーボンナノチューブの窒素結合状態のビームエネルギー依存について検討した。条件は、“連続放電窒素中性粒子ビーム（ビームエネルギー：10eV）”、“パルス時間変調窒素中性粒子ビーム（ビームエネルギー：10eV）”、“パルス時間変調窒素中性粒子ビーム低エネルギービーム照射（ビームエネルギー：3.5eV）”の3条件で行った。パルス時間変調とは、RFパワーをマイクロ秒ごとにオンオフを繰り返す手法で、オフ時間中では電子のエネルギーが減少することで中性粒子のエネルギーも減少する。このことから、カーボンナノチューブへの中性粒子の照射時間を制御し、化学反応の制御が可能である。図4および図5の結果から、中性粒子のエネルギーを制御することで、窒素の結合状態や窒化量を制御できることが分かった。また、炭素の脱離量の変化から、欠陥量について検討したところ、低エネルギー照射で炭素脱離が非常に少なく、欠陥生成が少ないことがわかった。以上のことから、パルス時間変調を加えた低エネルギー照射条件下において、低損傷表面窒化によるｎ型トランジスタの作製が可能であることがわかった。さらに、窒素より反応性の高い酸素を用いたカーボンナノチューブ表面酸化の検討も行った。カーボンナノチューブに酸素をドープすることで、ノンドープのカーボンナノチューブトランジスタのトランジスタ特性に比べ、より安定なｐ型特性が得られると期待される。結果、窒素と同様にビームエネルギーを制御することで、酸素結合状態、酸化量、欠陥量を制御でき、低損傷な酸化が可能であることがわかった。

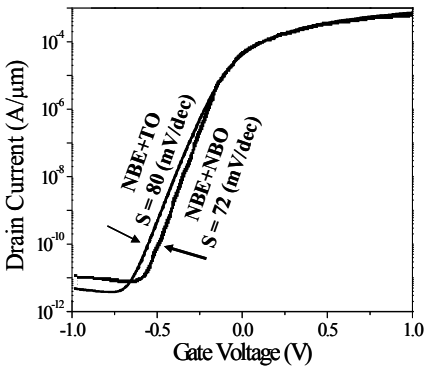


図1 3端子FinFETのId-Vg特性

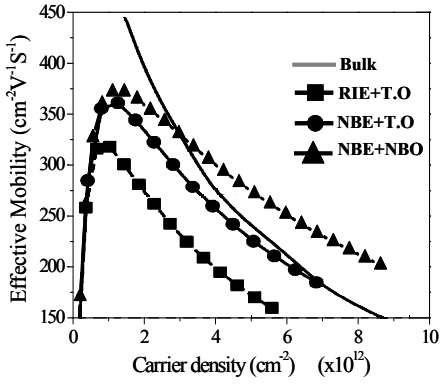


図2 作製した3端子FinFETの移動度特性

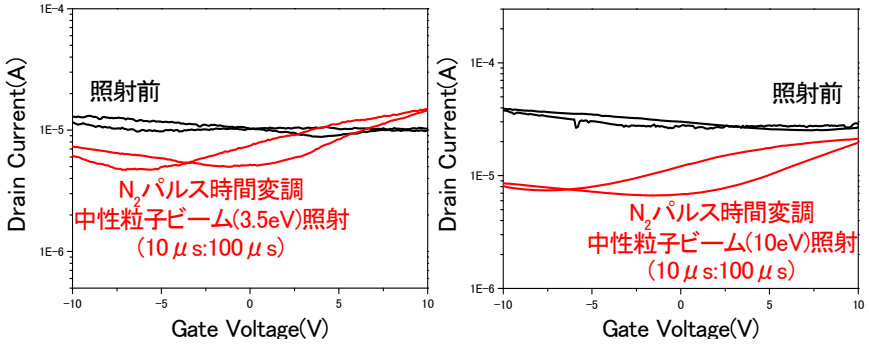


図3 中性粒子ビーム照射前後のId-Vg特性

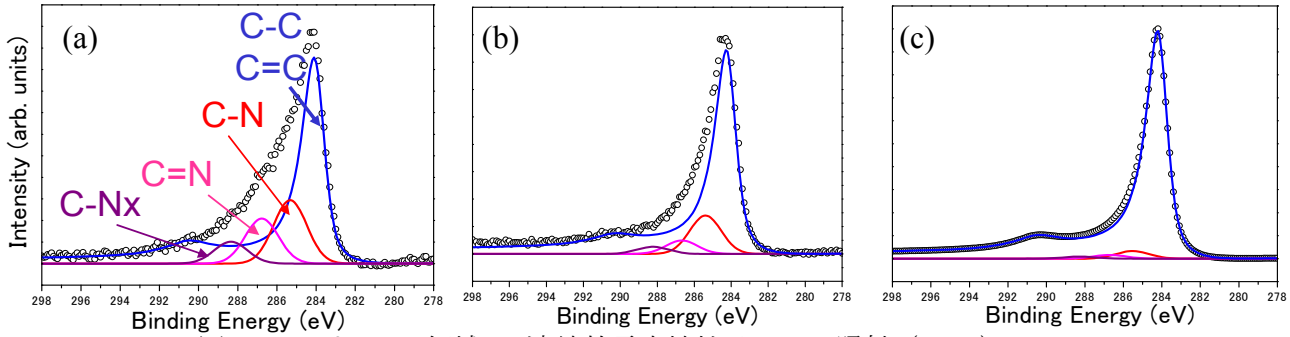


図4 XPSによるC1s領域 (a)連続放電中性粒子ビーム照射（10eV）
(b)パルス時間変調中性粒子ビーム照射（10eV）(c)パルス時間変調中性粒子ビーム照射（3.5eV）

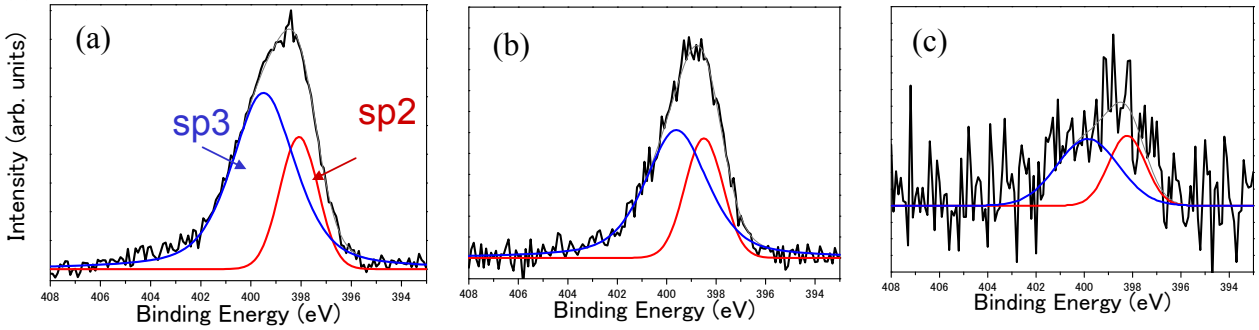


図5 XPSによるN1s領域 (a)連続放電中性粒子ビーム照射（10eV）
(b)パルス時間変調中性粒子ビーム照射（10eV）(c)パルス時間変調中性粒子ビーム照射（3.5eV）
（sp2は六印環の炭素と窒素が置換している構造を示し、sp3は炭素と窒素の一重結合を示す。）

平成21年度　総括

中性粒子ビーム酸化プロセスを用いてゲート絶縁膜を成膜し、3端子FinFETへの適応を試みた。その結果、従来の酸化膜成膜プロセスである熱酸化プロセスに比べ、Si/SiO_2界面準位及び界面ラフネスの改善に成功し、従来の熱酸化法にて成膜したゲート酸化膜によるFinFETに比べ良いトランジスタ特性を示すことがわかった。このことから、中性粒子ビーム酸化プロセスは3次元構造トランジスタの作製に非常に有効なプロセスであることがいえる。今後は、3次元構造への中性粒子ビーム酸化の詳細なメカニズムの検討と、中性粒子ビーム酸化の異方性酸化という特長を生かし、4端子FinFETの作製を試みる。
中性粒子ビームの流動現象とカーボンナノチューブ表面との相互作用の解明を行った。その結果、窒素中性粒子ビームのエネルギー粒子の流動を高精度に制御することによって窒素結合状態、窒化量、欠陥量を高精度に制御することが可能であることがわかった。その結果、極低損傷な窒化によるｎ型カーボンナノチューブトランジスタの作製に成功した。さらに同様に酸素中性粒子ビームによる表面酸化にお

いても、酸素結合状態、酸化量、欠陥量を高精度に制御することが可能であることがわかった。このことから、中性粒子ビームプロセスはカーボンナノチューブトランジスタの作製に非常に有効なプロセスであることがいえる。今後、窒化、酸化状態を制御することで、カーボンナノチューブトランジスタの電気特性の高精度な制御を試みる必要がある。

次年度研究計画

Siへのダメージフリー表面改質の検討について引き続き行う。まずは3次元構造への中性粒子ビーム酸化による界面準位、応力測定を行う。Si/SiO_2界面の界面準位は電子スピン共鳴（ESR）を用いて測定を行い、Fin形状側壁酸化による応力分布についてはNBD （Nano Beam Diffraction）を用いて測定する。次に中性粒子ビーム酸化をゲート絶縁膜に適応した4端子FinFETの作製及び特性評価を行う。中性粒子ビーム酸化は、ビーム照射のよる酸化であるため、異方性酸化という特長を有する。4端子FinFETは、異なるゲート酸化膜の膜厚を持つゲート電極に独立に電圧を印加することで閾値電圧の制御が可能であり、低消費デバイスとして期待されている。しかしながら従来のゲート酸化膜成膜手法である熱酸化法では、等方性酸化であるため、1度に2つのゲート酸化膜の膜厚を制御することはできず、作製が複雑であるといった問題がある。対して中性粒子ビーム酸化では、異方性酸化であるため、容易に膜厚の独立制御が可能である。そのため、4端子FinFETの作製に中性粒子ビーム酸化プロセスは非常に有効であると考えられる。

また、カーボンナノチューブやグラフェン、フラーレンといった有機膜の表面改質についての研究も行う。本研究で用いたカーボンナノチューブトランジスタは、ソース・ドレイン電極の間にランダムにカーボンナノチューブを塗布し作製している。そのため、何本ものカーボンナノチューブがランダムに配置されている。カーボンナノチューブは直径の違いによりバンドギャップが異なり、また、カイラリティの違いにより金属と半導体の性質を持つため、このようにカーボンナノチューブがランダムに配置されているカーボンナノチューブトランジスタは電気特性のばらつきが大きく、高精度な制御が困難である。そこで今後はソース・ドレイン間に1本のカーボンナノチューブを配置し、中性粒子ビーム照射による高精度な電気特性制御を目指す。

また、次年度はグラフェントランジスタの作製およびフラーレンの表面改質を目指す。グラフェンやフラーレンもカーボンナノチューブ同様、ダメージフリー表面改質は重要なプロセスであり、低損傷な表面改質が可能な中性粒子ビームプロセスは有効であると考えられる。初めに不活性ガスであるアルゴンを用いて中性粒子ビーム照射によるグラフェンへの中性粒子の物理的なボンバードメントによる欠陥生成の詳細な検討を行う。次に窒素と酸素を用いて化学反応の影響を検討し、グラフェン表面改質を試みる。

研究業績

【学術雑誌等への発表】

1. Akira Wada, Keisuke Sano, Masahiro Yonemoto, Kazuhiko Endo, Takashi Matsukawa, Meishoku Masahara, Satoshi Yamasaki and Seiji Samukawa, “High-Performance Three-Terminal Fin Field-Effect Transistors Fabricated by a Combination of Damage-Free Neutral-Beam Etching and Neutral-Beam Oxidation,” *Japanese Journal of Applied Physics*. (in press)
2. Akira Wada, Yoshinori Sato, Satoru Suzuki, Fumiyuki Nihey, Kazuyuki Tohji and Seiji Samukawa, “Surface Modification of Carbon Nanotube for N-type Field-effect Transistor by Ultra-low-damage Neutral Beam” prepared for *Applied Physics letters*

【学会発表】

【国内】

1. 和田 章良, 佐野 慶佑, 遠藤 和彦, 松川 貴, 昌原 明植, 寒川 誠二, “無損傷中性粒子ビーム酸化（NBO）を用いたFinFETにおける電気特性向上メカニズム,” 第56回応用物理学関係連合講演会, 19p-P13-16, 東海大学, 神奈川県平塚市, 2010年3月. (ポスター予定)
2. 佐野 慶佑, 和田 章良, 遠藤 和彦, 松川 貴, 昌原 明植, 寒川 誠二, “酸素中性粒子ビーム酸化を用

いた3次元構造におけるシリコン酸化膜特性," 第56回応用物理学関係連合講演会19p-P13-17, 東海大学, 神奈川県平塚市, 2010年3月. (予定)
3. 和田章良, 佐藤義倫, 鈴木哲, 二瓶史行, 田路和幸, 寒川誠二, "酸素中性粒子ビーム照射による低損傷カーボンナノチューブ表面酸化," 第70回応用物理学会学術講演会, 9a-ZR-6, 富山大学, 富山県富山市, 2009年9月. (口頭)
4. 和田章良, 佐藤義倫, 鈴木哲, 二瓶史行, 田路和幸, 寒川誠二, "窒素中性粒子ビーム照射による低損傷カーボンナノチューブ表面窒化," 第70回応用物理学会学術講演会, 9a-ZR-5, 富山大学, 富山県富山市, 2009年9月. (口頭)
5. 佐野 慶佑, 和田 章良, 山崎 聡, 寒川誠二 "酸素中性粒子ビーム酸化の酸化メカニズムの解明" 第70回応用物理学会学術講演会11a-TE-7, 富山大学, 富山県富山市, 2009年9月.
6. 和田章良, 佐藤義倫, 鈴木哲, 石田真彦, 二瓶史行, 小林慶裕, 田路和幸、寒川誠二 "中性粒子ビーム照射によるカーボンナノチューブ欠陥生成構造と電気特性", 第56回応用物理学関係連合講演会, 30p-TA-15, 筑波大学, 茨城県つくば市, 2009年4月. (口頭)

【国外】

1. Akira Wada, Yoshinori Sato, Satoru Suzuki, Masahiko Ishida, Fumiyuki Nihey, Yoshihiro Kobayashi, Kazuyuki Tohji and Seiji Samukawa, "Ultra-Low-Damage Surface Modification of Carbon Nanotube for P-type and N-type Field-Effect Transistor by Neutral Beam," The Sixth International Conference on Flow Dynamics (ICFD 2009), 9-21, Sendai, JAPAN, November 2009. (Poster)
2. Keisuke Sano, Masahiro Yonemoto, Akira Wada, Kazuhiko Endo, Takashi Matsukawa, Meishoku Masahara, Satoshi Yamasaki and Seiji Samukawa, "High-performance Three-terminal FinFETs by Combination of Damage-Free Neutral-Beam Etching and Neutral-Beam Oxidation Technologies," The Sixth International Conference on Flow Dynamics (ICFD 2009), 9-69, Sendai, JAPAN, November 2009.
3. Keisuke Sano, Masahiro Yonemoto, ○Akira Wada, Kazuhiko Endo, Takashi Matsukawa, Meishoku Masahara, Satoshi Yamasaki and Seiji Samukawa, "High-performance Three-terminal FinFETs by Combination of Damage-Free Neutral-Beam Etching and Neutral-Beam Oxidation Technologies," 2009 International Conference on Solid State Devices and Materials (SSDM 2009), C-7-2, Sendai, JAPAN, October 2009. (Oral)
4. Akira Wada, Yoshinori Sato, Satoru Suzuki, Masahiko Ishida, Fumiyuki Nihey, Yoshihiro Kobayashi, Kazuyuki Tohji, and Seiji Samukawa "Control of Electrical Characteristics of Carbon Nanotubes by Damage-free Surface Modification with Neutral Beam", 10th International Conference on the Science and Application of Nanotubes (Nanotube 2009), E-32, Tsinghua University, Beijing, CHINA, June 2009. (Poster)



氏名　解　社娟

所属 工学研究科バイオロボティクス専攻　博士課程後期1年
指導教員　流体科学研究所　高木敏行教授
研究タイトル
流動現象によって生じる構造物内の欠陥の渦電流探傷法による検出とサイジング

研究背景

In plants that have a huge number of pipes such as nuclear power plants, local wall-thinning on the inner surface of pipes due to the flow inside the pipes is a big problem. Because this kind of local wall-thinning may cause rupture of a pipe and give serious damage to the plant, it is very important to measure the thickness of pipes periodically. The pipes in plants are sometimes covered with a thick insulator, which prevents measuring the thickness of a pipe from the outside with conventional inspection methods such as ultrasound testing. Therefore, a new inspection method to overcome this problem is still expected. In this study, a new inspection method based on pulsed eddy current testing (Pulsed ECT) is proposed to deal with this problem.

Pulsed ECT is a new technology developed in recent years. Up to now, there are few researchers dealing with the defect detection of deep region of thick stainless steel plate or carbon steel material with big lift-off.

Objectives:
Detection of defect in deep region of SUS316 specimen and carbon steel specimen with big lift-off using Pulsed ECT method, and quantitative evaluation of local wall-thinning using inversion analysis method.

Research plan in 21th academic year:
(1) Prepare SUS316 specimens with a defect to simulate local wall-thinning of a large-diameter pipe.
(2) Establish Pulsed ECT experiment system set-up to measure the thickness of a pipe from the results and evaluate this system.
(3) Reproduce experimental results by numerical simulations. Through analysis of the experimental and simulation results, achieve the detection of local wall-thinning in thick-walled piping and propose a method to evaluate the thickness of a pipe.

平成21年度　研究成果

(1) Specimens with a defect that simulates local wall-thinning in pipes

(a) Figure 1 shows one of SUS316 plates of various thicknesses: 2, 3, 4, 5, 7 and 10mm. The width and length of all the plates are 100mm. These are the specimens we applied in experiments as the first step.



Fig.1 SUS316 plate of various thicknesses

(b) Figure 2 shows one of SUS316 plates with rectangular slits of various depths. The size of the plates is 120mm×100mm×10mm and the depths of the slits are 2.5, 5, 6, 7 and 8mm. These are the specimens we applied in experiments to simulate local wall-thinning in pipes due to flow accelerated corrosion (FAC).

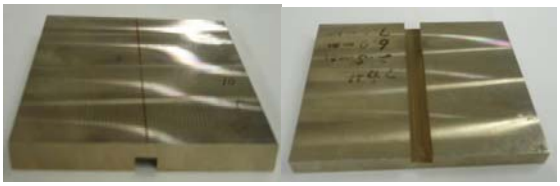


Fig.2 SUS316 plate with various depth of slit defect

(c) Figure 3 shows one of SUS316 plates also with rectangular slits of various depths. The size of the plates is 500mm×300mm×8mm and the depths of the slits are 1, 3 and 5mm. The same sized plate without a slit is placed on the top of these plates to simulate local wall-thinning on the back side of double plates.

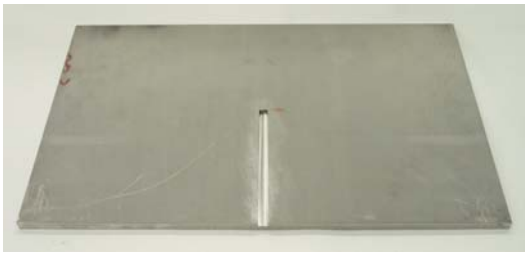


Fig.3 SUS316 plate with various depth of slit defect and without defect

(d) Figure 4 shows one of SUS316 plates with rectangular holes of various depths. The size of the plates is 500mm×300mm×8mm. The size of rectangular holes is 10mm×10mm and its depths are 1, 3 and 5mm. This simulates local wall-thinning in pipes caused by liquid droplet impingement (LDI).



Fig.4 SUS316 plate with various depth of LDI defect

(2) Pulsed Eddy Current Testing (Pulsed ECT) experiment system set-up

Pulsed ECT experiment system consists of
1. Function generator: WF1945 (NF company)
2. Power amplifier: BP4610 (NF company)
3. Shunt resistance: 0.1ohm or 1ohm
4. Exciting coil
5. Magnetic sensor: Hall sensor and TMF sensor.
6. AD board: PCI-5105 (National Instruments)
7. PC, Display



Function generator: WF1945



Power amplifier: BP4610

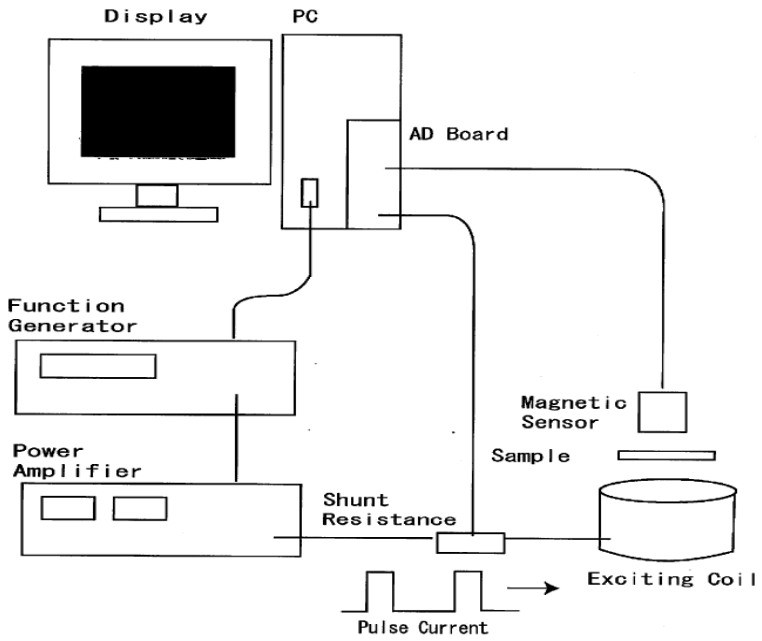


Fig. 5 Pulsed ECT experiment set-up

Pulse signal is generated by the function generator and amplified by the power amplifier and then supplied to the exciting coil. Pulse magnetic field is generated by the exciting coil and the existence of a defect in a specimen affects the pulse magnetic field. The change of magnetic flux density can be observed with the magnetic sensor. Using the AD board and the display we can collect and observe the pulse magnetic signal in real time. Through the shunt resistance we can observe the exciting signal together with the pick-up signal.

In experiments, square wave pulse is applied as the exciting signal and a magnetic sensor is used as the pick-up sensor (according to the condition, a hall sensor or a TMF sensor is chosen as the pick-up sensor).

(3) Experiment and numerical simulation results

We conducted the experiments with the system and specimens stated above. ANSYS software is used for the numerical simulation analysis. Here some typical results are shown below.

(I) Here the experiments using the specimens as shown in Fig.1 are explained.

Figure 6 shows the position of the exciting coil and the pick-up sensor and the measuring condition. The parameters of the exciting coil are listed in Tab.1.

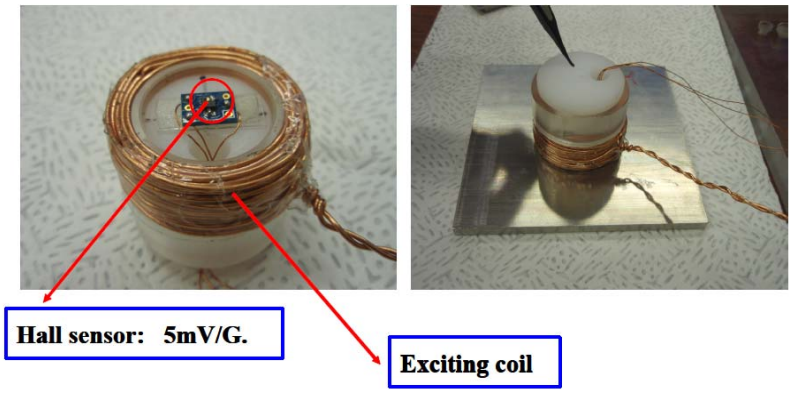


Fig. 6 Exciting coil and pick-up sensor

Tab.1 Parameters of exciting coil

	Inner radius	Outer radius	Height	DC resistance	Wire diameter	Turns
Exciting coil	15 mm	20 mm	15 mm	0.2 ohm	1 mm	60

A hall sensor is used as the pick-up sensor, whose sensitivity is 5mV/G, and the manufacturer is Allegro Microsystems. Vertical magnetic flux density is measured with the magnetic sensor. In the experiments, the magnitude of the DC part of the pulse exciting current is 7.8A, the period of the pulse signal is 0.01s, the duty is 50% and the sampling rate is 1MS/s. The signal collected by the Hall sensor was averaged over 10 cycles of the transient output for duration of 0.1s, to reduce noise. Typical 1-D transient outputs at the measured point are shown in Figure 7 for both experimental and numerical results. We can see that experimental results and numerical simulation results match well qualitatively with each other.

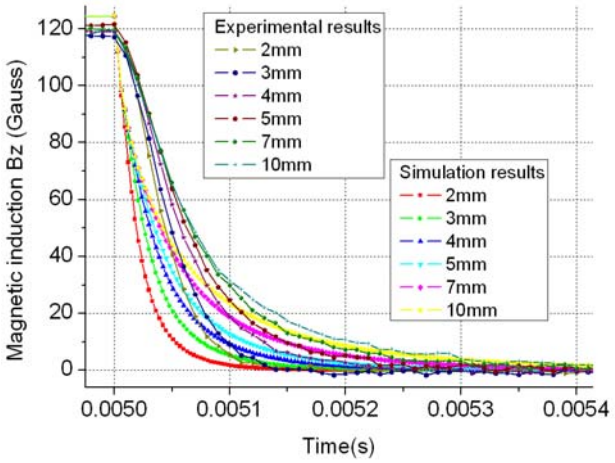


Fig. 7 Comparison of experimental results and simulation results

Figure 8 shows the differential signal of the above experimental pick-up signals, where the reference signal is the signal measured on a plate of 10mm thickness. The difference in the responses provides thickness information of the plates based on the peak time and peak value shown as Fig.9. So it is possible to evaluate the thickness of a plate using extracted features (peak time and peak value) from the differential signal shown as Fig.10.

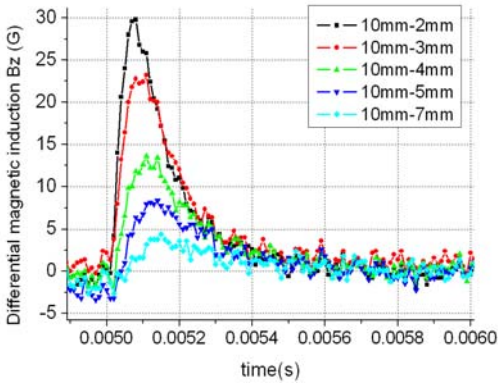


Fig. 8 Differential signal of the magnetic flux density

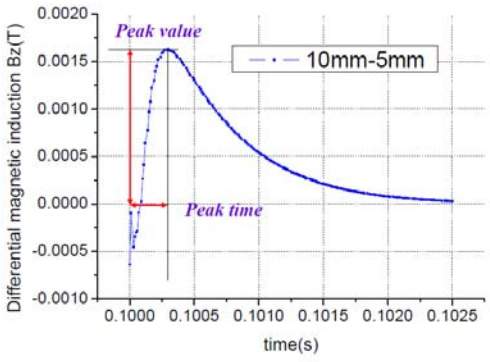


Fig. 9 Typical response of differential signal

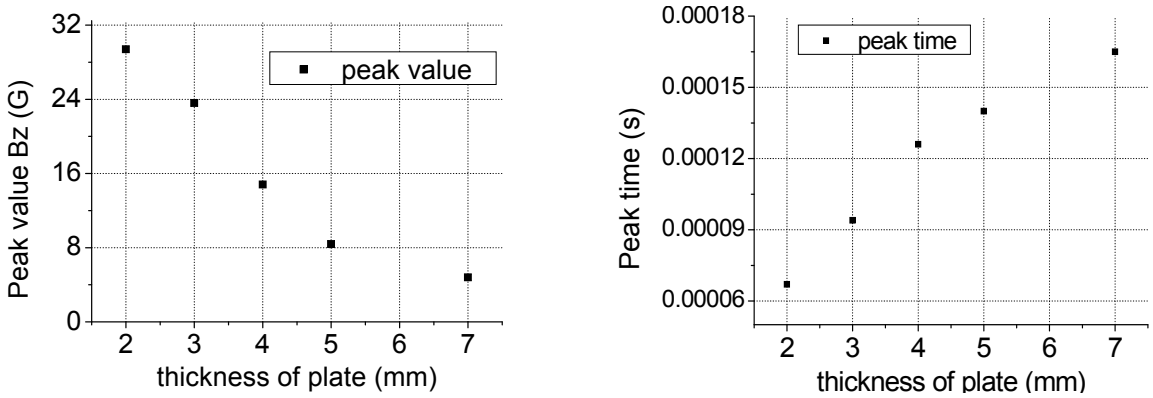


Fig.10 Relationship between the extracted feature and the thickness of a plate

(Ⅱ) Here the experiments using the specimens as shown in Fig.2 are explained.

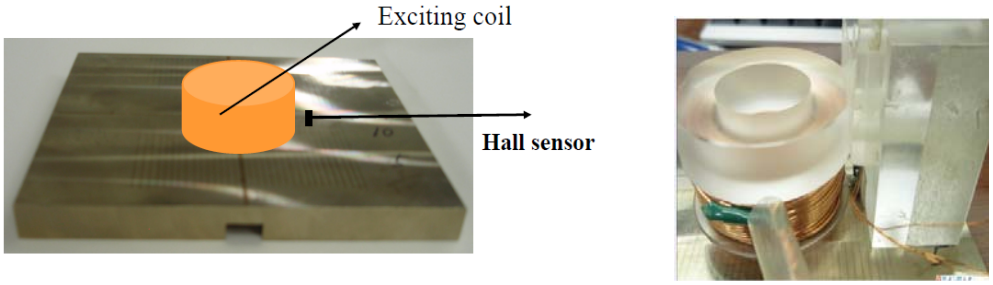


Fig. 11 Position of exciting coil and pick-up sensor

The parameters of the exciting coil are listed in Tab.2.

Tab.2 Parameters of exciting coil

	Inner radius	Outer radius	Height	DC resistance	Wire diameter	Turns
Exciting coil	15 mm	23 mm	15 mm	0.4 ohm	1 mm	104

The same Hall sensor as used in section (3)-(Ⅰ) was used as the pick-up sensor. In these experiments, horizontal direction magnetic flux density was measured by the magnetic sensor. Fig.11 shows the position of the exciting coil and Hall sensor. In the experiments, the magnitude of the DC part of the pulse exciting current is 10.0A, the period of the pulse signal is 0.02s, the duty is 50% and the sampling rate is 0.5MS/s. The signal collected by the Hall sensor was averaged over 10 cycles of the transient output for duration of 0.2s, to reduce noise. The 1-D transient outputs at the measured point are shown in Fig.12 and the preliminary relationship between the peak value of the pick-up signal and the depth of the slit defect is shown in Fig.13.

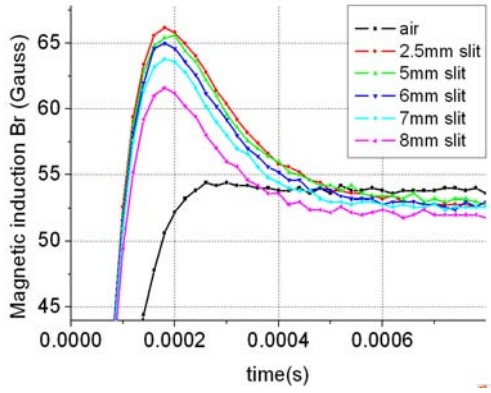


Fig. 12 Original experimental results

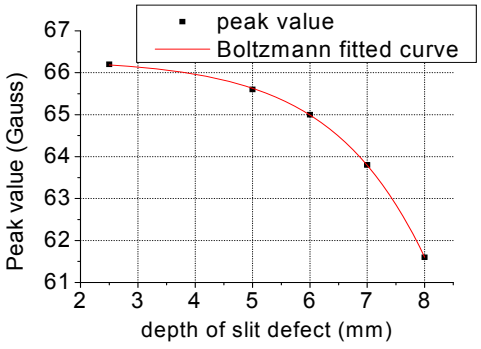


Fig. 13 Relationship between the peak value and the defect depth

(Ⅲ) Here the experiments using the specimens as shown in Fig.3 are explained (two-layer specimen).

In this experiment, we detect the depth of the slit defect of the bottom layer in the structure of a two-layer specimen (shown in Fig.14). The same exciting coil as used in section (3)-(Ⅱ) was applied. TMF sensor (one kind of much more sensitive magnetic sensor as shown in Fig.15) was used as the pick-up sensor whose sensitivity is 1V/G and vertical magnetic flux density was measured with the magnetic sensor. In the experiments, the magnitude of the DC part of the pulse exciting current is 10.0A, the period of the pulse signal is 0.02s, the duty is 50% and the sampling rate is 0.5MS/s. The signal collected by the TMF sensor was averaged over 50 cycles of the transient output for duration of 1.0s, to reduce noise. The 1-D transient outputs at the measured point are shown in Fig.16, and Fig.17 shows magnified details of the selected part with a circle. Fig.18 shows the differential signal of the pick-up signals where the reference signal is the signal measured on a place without a defect. The preliminary relationship between the peak value of the differential signal and the depth of the slit defect of the bottom layer is shown in Fig.19.

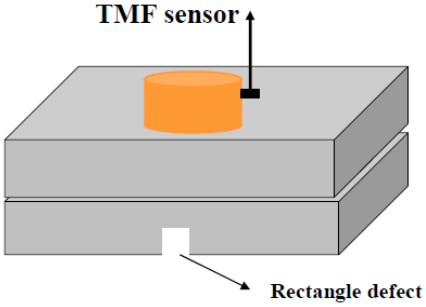


Fig.14 Two-layer specimen and position of exciting coil and pick-up sensor

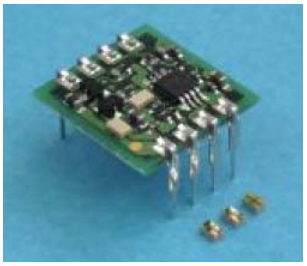


Fig.15 TMF sensor

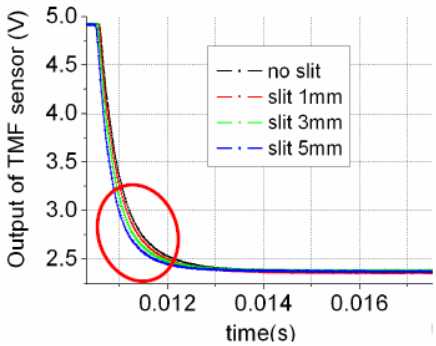


Fig.16 Original experimental results

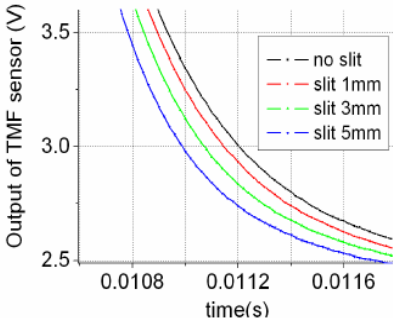


Fig.17 details after magnified of the selected part with a circle

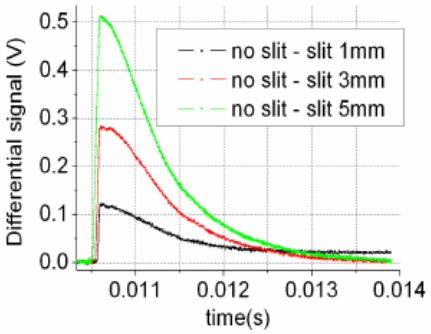


Fig.18 Differential signal

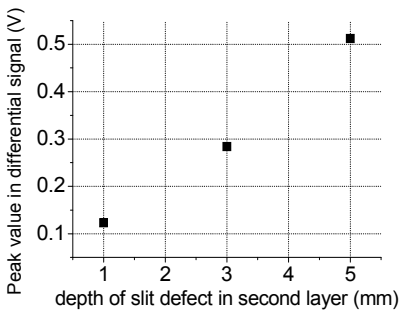


Fig.19 Relationship between peak value and the defect depth of the bottom layer

(Ⅳ) Here the experiments using the specimens as shown in Fig.4 are explained.

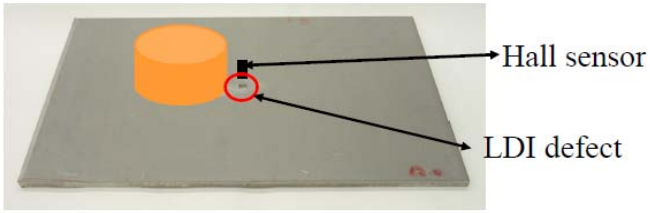


Fig.20 Specimen with LDI defect and position of exciting coil and pick-up sensor

In this experiment, we detect the depth of LDI defect of one-layer structure specimen (shown in Fig.20, measured from backside). The same exciting coil and hall sensor as used in section (3)-(b) were used. The horizontal magnetic flux density was measured with the magnetic sensor. In the experiments, the magnitude of the DC part of the pulse exciting current is 10.0A, the period of the pulse signal is 0.02s, the duty is 50% and the sampling rate is 0.5MS/s. The signal collected was averaged over 100 cycles of the transient output for duration of 2.0s, to reduce noise. The 1-D transient outputs at the measured point are shown in Fig.21, and Fig.22 shows magnified details of the selected part with a circle. We can see the difference of the pick-up signal over the different depths of the LDI defects.

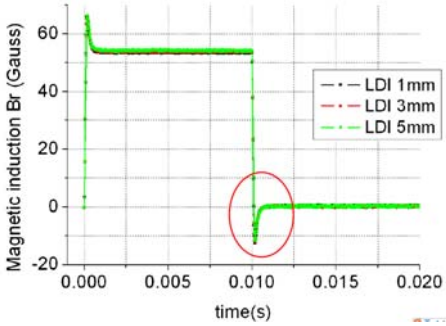


Fig.21 Original experimental results

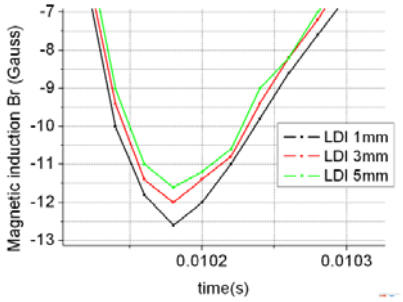


Fig.22 details after magnified of the selected part

平成21年度　総括

For the detection of local wall-thinning of a thick SUS316 pipe and two-layer structure, we prepared the specimens, established Pulsed ECT experiment system and achieved the numerical simulation analysis using ANSYS software. Numerical and experimental results demonstrate that the local wall-thinning in the bottom layer of double-plate structure (8mm+8mm) of SUS316 material can be successfully detected. At last, the preliminary relationship between the pick-up signals and the local wall-thinning in the pipes were established.

(1) Several kinds of SUS316 austenitic stainless steel specimens were prepared to simulate local wall-thinning in the pipes in nuclear power plants.
(2) Pulsed ECT experiment system set-up was established.
(3) Experiments were carried out using the prepared SUS316 specimens and corresponding numerical simulations were performed using ANSYS software to discuss the experimental results. Experimental results and numerical simulation results can match well qualitatively with each other under the same condition.
(4) Feature extraction of the peak time and peak value was carried out using the differential signal of the pick-up signals or the original pick-up signal (according to different condition, we choose a suitable signal) in time domain to discuss thickness evaluation of a plate and detection of a defect of a plate. Preliminary relationship between the pick-up signals and the local wall-thinning in the pipes were established.

次年度研究計画

Aim:
(1) Enhancement of the detection capability (increasing the accuracy of evaluation the depth of the defect, application to local wall-thinning of carbon steel material and enhancing detection resolution etc).
(2) Sizing of local wall-thinning in piping.

Research plan:
・Prepare carbon steel specimens to simulate local wall-thinning in thick-walled piping.
・Improve the current Pulsed ECT experiment system set-up, employ the scanning stage to obtain a pick-up signal of a C-scan image, improve the placement of a TMF sensor, enhance the detection capability at the aspect of increasing the accuracy of evaluation the depth of a defect and defect detection of carbon steel material with big lift-off.
・Analyze the electromagnetic response of the pulsed exciting signal, find the analytical solution and interpret the pick-up signal.
・Conduct sizing and quantitative analysis of local wall-thinning in big diameter pipes with the help of such as artificial intelligence approach and deterministic approach (iteration method).

研究業績

【学術雑誌等への発表】

1. S. Xie, Z. Chen and T. Takagi.
   Development of a Novel Fast Solver for the Direct Current Potential Drop Method and its Verification with Nondestructive Testing of Metallic Foam.
   International Journal of Applied Electromagnetics and Mechanics. (Submitted)
2. S. Xie, T. Takagi and Z. Chen.
   Sizing of Metallic Foam Bubble Flaws using Direct Current Potential Drop Signals with the help of the Neural Network Method.
   International Journal of Applied Electromagnetics and Mechanics. (Submitted)

【学会発表】

【国内】

発表予定

1. S. Xie, T. Takagi, T. Uchimoto and T. Yamamoto
   Detection and evaluation of local wall-thinning using Pulsed ECT method.
   日本非破壊検査協会春季講演大会
   Oral presentation. 2010年5月25日or 26日

【国外】

1. S. Xie, Z. Chen and T. Takagi.
   Development of a Novel Fast Solver for the Direct Current Potential Drop Method and its Verification with Nondestructive Testing of Metallic Foam.
   14th International Symposium on Applied Electromagnetics and Mechanics.Poster, 2009.9.23
2. D. Zhang, Z. Chen, S. Xie, M. Xu and T. Lu.
   Quantitative NDE of Welding Flaws in Lattice Sandwich Metal Plate by Using DC Potential Drop Method.
   14th International Symposium on Applied Electromagnetics and Mechanics.Poster, 2009.9.23
3. S. Xie, T. Takagi and T. Uchimoto.
   Investigation on Local Wall Thinning with Method of Pulsed Eddy Current Testing in Nuclear Power Plants.
   The Sixth International Conference on Flow Dynamics.Oral presentation and Poster, 2009.11.6



氏名　鄭　善鎬

所属 工学研究科化学工学専攻　博士課程後期1年
指導教員 未来科学技術共同研究センター　宮本明教授
研究タイトル
大規模量子化学計算手法に基づく自動車排ガス浄化用触媒の劣化機構解明

研究背景

自動車エンジンから排出される一酸化炭素や窒素酸化物などの有害物質を浄化する自動車排ガス浄化用触媒は、地球規模での環境保全において重要な役割を果たしている。自動車排ガス浄化用触媒は、多孔質のセラミックス上に貴金属触媒を担持させたものである。多孔質のセラミックスは貴金属粒子を保持することで、排ガス浄化反応の効率に関わる貴金属の表面積を確保する役割を果たしている。しかしながら、貴金属は世界的に2007年あたりから世界的に供給不足となっている。また、白金、パラジウムの約5割、ロジウムの8割以上が自動車触媒に利用されていることが知られている。よって、自動車排ガス浄化用触媒における貴金属使用量の低減が急務の課題となっている。貴金属使用量の低減のために、高温下貴金属触媒の粒子サイズの成長とともに表面積が低下するシンタリングといった劣化機構の解明が必要である。しかしながら、従来の研究手法のみで劣化機構を調べるには、長時間を必要とし、貴金属とセラミックスの間の相互作用を調べることが困難であった。そこで私は、計算化学的に貴金属と多孔質セラミックスの間の相互作用の解明を試みた。具体的には、大規模量子化学計算手法に基づいた分子動力学法を用い、貴金属と多孔質セラミックスの間の表面構造による貴金属の安定性について検討を行った。

また、ヨーロパでは2011年からEURO-5といったより厳しい規制を導入するなどのことから、自動車排ガス触媒の浄化性能の向上が必要となっている。そのためには、貴金属表面上ガス分子の反応効率を向上させ、貴金属を有効利用することが重要である。貴金属表面上ガス分子の濃度や多孔質セラミックスの種類により、ガス分子の吸着構造が異なり、反応効率に大きく影響を与えることが知られている。従来から貴金属触媒表面上ガス分子の吸着構造を調べるために、赤外線吸収スペクトル法が数多く用いられている。しかしながら、ガス分子の濃度、多孔質セラミックスの影響を明らかにするためには、従来の手法のみでは困難であった赤外線スペクトルのモデル化が必要である。そこで、大規模量子化学計算手法および赤外線吸収スペクトルシミュレータを用いて赤外線吸収スペクトルに基づく触媒表面構造のモデル化を試みた。

平成21年度　研究成果

1.研究方法

量子化学計算とは、原子の電子と原子核のシュレーディンガー方程式により導かれる波動関数を求めることで、系のエネルギーなどの物性を調べる方法である。量子化学計算では、半経験的方法と非経験的方法がある。半経験的方法は、イオン化エネルギーのような物理的性質をパラメータとして用いる方法である。また、非経験的方法は、パラメータを使わず、数学的近似によりシュレーディンガー方程式を解く方法である。本研究で用いた前述の大規模量子化学計算手法(TBQC)は、非経験的方法の計算結果からパラメータを決定する半経験的方法である。本研究で構築した触媒の構造は、大規模を必要としているため、TBQC法を用いた。

また、分子動力学法とは、原子間ポテンシャルの下に、古典力学におけるニュートン方程式を解いて、系の動的安定構造を調べる方法である。本研究では、分子動力学法および赤外線吸収スペクトル計算の際に必要な原子間ポテンシャルをTBQC法を用いて決定した。

2. 結果と考察

白金(Pt)粒子を酸化セリウム(CeO_2)上に担持させた触媒は現在自動車排ガス浄化用触媒としてよく使用されている。触媒の劣化防止に向け、CeO_2の表面構造によるPt粒子の安定性を調べた。Pt-CeO_2(111)および(100)の表面構造を図１に示す。Bernalらによる200 ºCでの電子顕微鏡のイメージと比較するために同一温度下各表面構造におけるPt粒子の構造変化に注目した。CeO_2(111)面上のPt粒子は時間変化につれて、比較的に規則正しいPtの結晶構造を保っている。Bernalらの電子顕微鏡のイメージでもCeO_2(111)面上Pt粒子は規則正しい結晶構造を保っている[1]。一方、CeO_2(100)上のPt粒子は規則正しい配列が崩れていることがわかる。このときのPt原子間結合距離は2.75 Åから4.49 Åまで伸長していることが観測された。このようにCeO_2(100)上ではPt粒子の構造が比較的崩れやすいため、CeO_2表面との化学結合を生成しやすいと考えられる。従来の実験的研究からPtとCeO_2表面との結合の数が多いほどPt粒子は安定的に保持され、前述のシンタリングといった劣化を防止しやすいことが知られている。よって、CeO_2(100)上では比較的にPt粒子が熱安定性を有すると考えられる。TBQCに基づいた分子動力学法により、従来では困難であった大規模における貴金属-セラミックスの表面構造の安定性に関する知見を得ることに成功した。

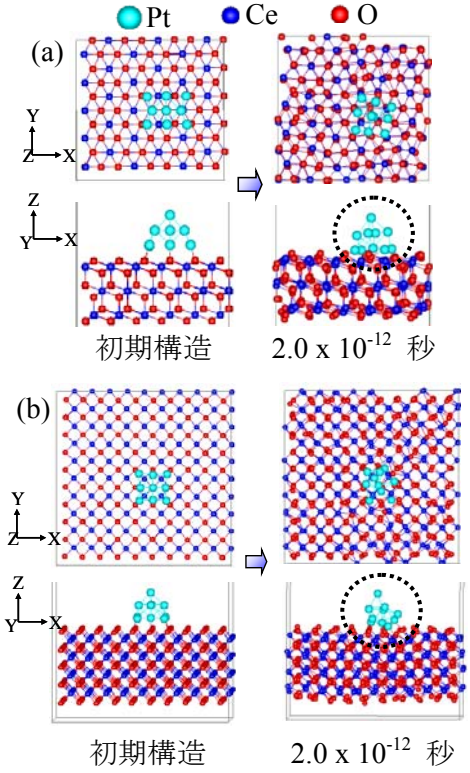


図1. 200°Cにおける貴金属-セラミックスの表面構造
(a) Pt/CeO_2(111),
(b) Pt/CeO_2(100)

続いて、触媒の反応効率向上に向けて、赤外線スペクトルのモデル化を試みた。本手法の妥当性を評価するために、図2のように実験値と比較が容易である貴金属表面モデルを用いた。具体的には、Pt(111)表面上被覆率0.05に相当するようにCO分子を配置し、大規模量子化学計算から決定した原子間ポテンシャルをもとに、構造最適化を行った。この構造から算出した赤外線吸収スペクトルを図3に示す。従来Berkerleらの実験によると、Pt(111)上被覆率0.05のときCO分子の伸縮振動の波数は2090.8 cm^{-1}で現れる。よって本研究で得られた2090 cm^{-1}は妥当であると考えられる。従来の理論的手法は、シミュレーションコストのため、複数の分子を取り扱う大規模モデルの検討が困難であった。本研究では、大規模モデルを取り扱うことで、貴金属触媒表面上ガス分子の濃度効果を定量的に評価することが可能となっている。このように貴金属表面上ガスの吸着構造の妥当性が示されているため、貴金属/セラミックスの実触媒におけるガスの吸着構造を定量的に評価することで、セラミックスの種類がガス反応効率へ及ぼす影響を明確にすることが期待できる。

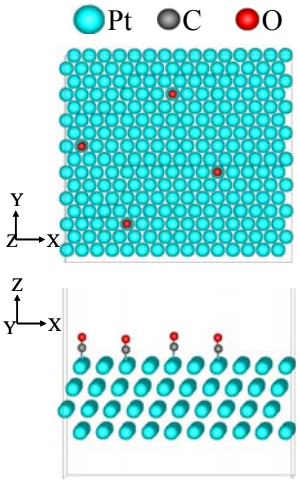


図2. Pt(111)表面上のCO分子の吸着構造

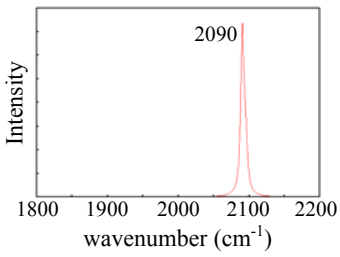


図3. Pt(111)上CO分子の赤外線吸収スペクトル

[1] S. Bernal et al., *J. Catal.*, **200** (2001) 411.
[2] J. D. Beckerle et al., *J. Chem. Phys.*, **95** (1991) 5403.

平成21年度　総括

研究内容に関しては、大規模量子化学計算手法に基づく理論的手法により、従来の研究からは考慮することが困難であった大規模の触媒モデルを取り扱うことで、実験との対応を取ることが容易となり、実際の触媒構造を考慮することが可能となったと考えている。

研究活動に関して、GCOEシンポジウム2件を含めて5件の国内学会発表および2件の海外学会発表を行ったが、これらを通じて、国内および海外の研究者とのつながりをつくることができ、非常に良い経験をさせていただいたと思っている。また、自分の研究内容を聞いていただくことを含めて研究者達と情報を交換したことは、現在の研究にも非常に役に立っている。さらに、12月に開催されたGCOEシンポジウム(FEFDAES-2)の際は研究室の先輩二人とともに主催の仕事をさせていただいた。この経験を通じて、役に立ったと思っていることは、人とのコミュニケーションである。そのためには、アクティブに人と接触することと語学力を身に付けることが大事であると考えさせられた。

学会発表以外、春季・秋季流動ダイナミクス知の融合博士セミナーは、普段聴けない先生方の貴重な経験談を聞かせていただき、自分にとって研究でも研究以外のところに関しても良い勉強になった。

それ以外の研究活動に関して、まだ印刷が決定している段階ではないが、論文投稿関連のことが挙げられる。研究室の先生からの指導を受けながら作成を行ったが、より自分の研究内容を丁寧に紹介し、論理的に話を展開することについて訓練となり、非常に良い経験をしたと思っている。

以上のように、昨年はG-COEプログラムにより自分にとって非常に良い経験をさせていただき、深く感謝している。

次年度研究計画

触媒表面上排ガスの反応速度は浄化効率に大きく関係する。従来から実験的に評価した浄化効率をもとに排ガス浄化反応の速度を決定し、理論的に触媒をモデル化する研究が行われている。しかしながら、従来の実験的方法のみで、貴金属触媒/セラミックス担体の多孔質の微細構造が反応効率向上へ与える影響を調べるには、触媒調製など長時間が必要となる。そのため、多孔質の微細構造を考慮した新しい理論的手法が必要である。そこで、私は図1に示すように3次元の不規則多孔質構造をもとに、触媒反応効率を評価する方法の構築を行う予定である。これにより、反応効率に関する多孔質構造の最適化を目指す。具体的には、セラミックスの形状を球状や柱状など変化させ、触媒反応速度、排ガス分圧、触媒の表面積などを考慮し、それらにより触媒の性能はどのように影響を受けるかを明らかにする。当研究室の従来の方法では、3次元多孔質シミュレーション方法を固体高分子型燃料電池や色素増減型太陽電池などへ応用した例がある。しかし、自動車排ガス触媒の排ガス浄化反応を考慮した方法はできていないため、新しい方法の構築を試みる。

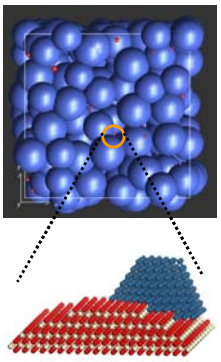


図1. 自動車排ガス浄化用触媒多孔質構造及びミクロ構造

上記のアプローチは多孔質の微細構造を考慮したシミュレーションが可能であるが、未知の材料系への予測性が保証されていない。そのため、私は量子論に基づき、多孔質の反応シミュレーションのためのパラメータを決定するマルチスケール方法の構築を試みる。具体的には、非経験的手法であるab initio法に基づき、触媒のミクロ構造におけるエネグギーや電子状態などを評価する。また、非経験的手法は、シミュレーションコストが必要とするため、非経験的手法の結果を考慮した半経験的手法を用いることで、シミュレーションコストを低減し、大規模の考慮を図る。このようなミクロ・メソスケールの知見を組み合わせることで、未知の材料に対し、予測性を有する新しいアプローチの構築を試みる。

研究業績

【学術雑誌等への発表】

1. 鄭　善鎬(Sunho JUNG), An Elucidation of the Interaction between Pt particles and CeO_2 surfaces Using Tight-binding Quantum chemistry Method, Topics in Catalysis, 投稿中
2. 鄭　善鎬(Sunho JUNG), Large-scale Quantum Chemical Molecular dynamics Study on CO oxidation reaction on Precious Metal Surface, e-Journal of Surface Science and Nanotechnology, 投稿中

【学会発表】

【国内】

1. 第103回触媒討論会，超高速化量子分子動力学法による貴金属-酸化物担体の界面特性解析，口頭，ポスター，H21年3月31日
2. 日本コンピュータ化学会，超高速化量子分子動力学法を用いた$Pt\text{-}CeO_2$の界面相互作用の解析，ポスター，H21年5月22日
3. 第104回触媒討論会，担持貴金属触媒における反応シミュレーションの開発，口頭，H21年9月29日．
4. International Conference on Fluid Dynamics，A multi-scale simulation on the reaction on the automotive exhaust catalyst，口頭，H21年11月5日
5. FEFDAES-2 (GCOE-シンポジウム)，A computational study on the automotive catalytic reaction，ショートオーラルとポスター，オルガナイザー担当，H21年12月1日

国内(申請済のH22国内学会)

6. 第105回触媒討論会，高性能自動車排ガス触媒設計に向けたマルチスケールシミュレーション手法の開発，ポスター，H22年3月24日発表予定
7. 13th International Conference on Theoretical Aspects of Catalysis, A computational study on the vibrational spectra of CO molecules chemisorbed on a large metallic surface，発表形式は未定，H22年6月21-25日の期間中に発表予定
8. The Sixth Tokyo Conference on Advanced Catalytic Science and Technology，A computational study on the vibrational property of CO molecule on Pt surface，発表形式は未定，H22年7月18-23日の期間中に発表予定

【国外】

1. Atomically Controlled Surfaces, Interfaces and Nanostructures 10(ACSIN 10), Large-scale quantum chemistry study on the interfacial property of supported precious metal catalyst，ポスター，H21年9月23日
2. International Symposium on Catalysis and Fine Chemicals 2009, A multi-scale simulation on the supported precious metal catalyst，ショートオーラルとポスター，H21年12月14日，16日

12. 国際宇宙大学派遣学生の取り組みと実績



氏名　　松原　　慶典

所属　工学研究科航空宇宙工学専攻　博士課程後期1年
指導教員　工学研究科航空宇宙工学専攻　滝田謙一准教授
研究タイトル　平衡／非平衡プラズマを併用した超音速流における着火・燃焼促進技術の開発

平成２1年度　研究成果概要

＊研究の成果

本研究における平衡プラズマは、私が所属する研究室で長年にわたり研究されてきたプラズマジェット（PJ）トーチを用いて発生させることができる。これまで様々な種類の作動ガスや作動条件で実験を行っており、十分確立された技術である。そこで、今年度は非平衡プラズマの発生手法の確立を目指した。非平衡プラズマの発生には様々な手法（放電形態）が研究されているが、私は誘電体バリア放電（DBD: Dielectric Barrier Discharge）を採用した。DBDは、電極の少なくとも一方を誘電体で覆い、交流電圧を印加する放電形態のことであり、別名「無声放電」とも呼ばれている。DBDはプラズマアクチュエータなどの流れのはく離抑制機構に用いられており、ラジカルと同様な着火促進効果が報告されているオゾンの生成方法として古くから知られている。またその発生装置として、電極をステップ上に配置する機構を提案し、風洞実験に供する放電セクションを開発した。その放電セクションの写真を図1(a)に示す。



(a)　テストセクションに挿入した放電セクション



(b)　超音速流における放電の様子

図1　放電セクションおよび放電の様子の直接写真

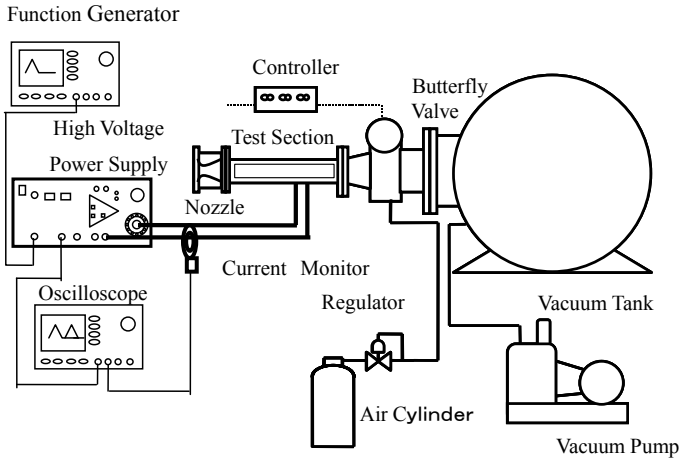


図2　超音速流実験装置の全体図

静止大気中（0 m/s）、亜音速流中（25 m/s, 50 m/s）および超音速流中（マッハ1, 2.0, 2.5）において開発した放電セクションを用いた放電実験を行い、いずれの条件においても非平衡プラズマを発生させることに成功した。超音速流における実験装置の全体図を図2に示す。また、マッハ数2.5の超音速流において4 kVpp、8 kHzの正弦波形電圧を上流側電極に印加したとき（下流側電極は接地）の放電の様子を図1(b)に示す。

さらに、放電の特性を調べるために電圧と電流を測定し、それらより放電電力を求めプラズマの特性を明らかにしようと試みた。その結果、印加電圧振幅及び周波数が大きいほど投入電力が大きくなることが分かった。マッハ数2の超音速流において正弦波形電圧を上流側電極に印加したときの放電電力の印加電圧振幅依存性を図3に示す。また、亜音速流においては主流流速が大きいほど放電が強くなることも分かった。

プラズマ中にどのような化学種が存在するか確認するために発光分光計測も行った。マッハ2の超音速流において6 kVpp、5 kHzの正弦波形電圧を上流側電極に印加したときの結果を図4に示す。窒素分子や窒素分子イオンの発光が非常に強く現れた。また、原子の発光として酸素原子（O I）の777 nmの発光が唯一確認された。亜音速流、超音速流どちらにおいても計測を行ったが、発光ピークの強度比に多少違いはあるものの、まったく同じ化学種の発光を確認した。

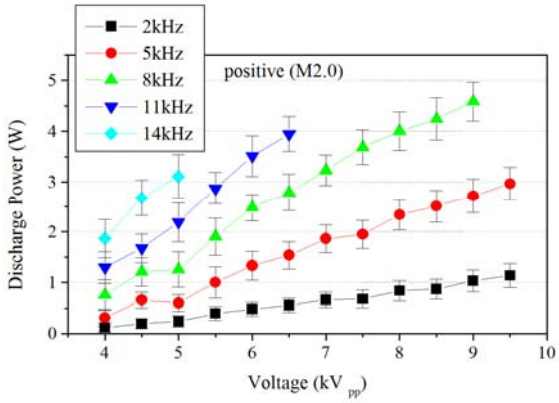


図3　超音速流における放電電力の印加電圧振幅依存性

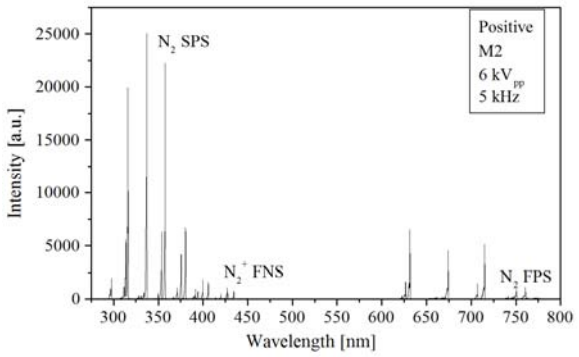


図4　超音速流におけるDBDの発光スペクトル

また、亜音速流においては、水素燃料、プロパン燃料を用いた着火試験も行った。放電部の上流側下壁に設けた噴射孔から噴射を行ったのだが、どちらの燃料も着火には至らなかった。この不着火の原因は、オゾンやラジカルなどの活性化学種の生成がほとんどなかった、あるいは活性化学種が生成されていても主流温度が着火に至るには低く過ぎたことにあると考える。

＊国際宇宙大学参加での成果

派遣していただいた国際宇宙大学 Space Studies Program 2009 において 9 週間のプログラム本体とその直前の 1 週間の英語補修(Space English Refresher Course)の計 10 週間は非常に濃密で、非常に多くの知識・経験を得ることができた。世界各国から集まったたくさんの参加者及び講師や TA との英語を共通の言語としてコミュニケーションをとった経験は、今後の研究生活にも活きると考える。一方で、英語での議論・討論には大変苦労し、これからはその能力を向上させていく必要性を強く認識した。また、自分の専門分野以外のことにも日頃から興味を持って知ろうとすることが大切であると分かった。自分の研究が他のどの分野に影響を与え、逆に影響を受けるのか、もしくは異分野との協力はできないだろうかなどと、常に頭に置きながら研究を行っている。

研究業績

【学会発表】

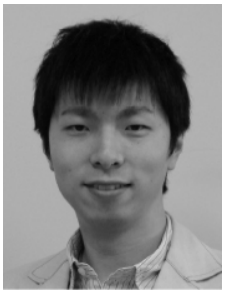
【国内】

1. 日本機械学会 東北支部第45期秋季講演会, 滝田謙一, Johannes H. Spitzbart, 松原慶典, 升谷五郎, 少量のNOxの存在が高圧における着火に及ぼす影響, 口頭発表, 2009年9月26日, 福島.
2. 第47回燃焼シンポジウム, 山本貴正, 松原慶典, 滝田謙一, 河内俊憲, 非平衡プラズマを用いた高速流中での着火促進法の開発, 口頭発表, 2009年12月2-4日, 札幌.
3. 日本航空宇宙学会北部支部2010年講演会ならびに第11回再使用型宇宙推進系シンポジウム, 松原慶典, 山本貴正, 岡崎慈, 河内俊憲, 滝田謙一, 誘電体バリア放電を用いた高速流中での着火促進技術の開発, 口頭発表, 2010年3月10-11日, 仙台.（発表予定）

【国外】

1. 7th Asia-Pacific Conference on Combustion, Yoshinori Matsubara, Kenichi Takita, Ignition Characteristics of N2/O2 Plasma Jet in a Subsonic Flow, 口頭発表, 24-27 May 2009, Taipei, Taiwan.
2. Asian Joint Conference on Propulsion and Power 2010, Takamasa Yamamoto, Yoshinori Matsubara, Kenichi Takita, Toshinori Kouchi, Development of Ignition Enhancement by Using Non-equilibrium Plasma in High Speed Flow, 口頭発表, 4-6 March 2010, Miyazaki, Japan. （発表予定）
3. Asian Joint Conference on Propulsion and Power 2010, Pierre-Edouard A.A. Bossard, Kentaro Kurumada, Yoshinori Matsubara, Kenichi Takita, Ignition Characteristics of Plasma Jet Using Ar-based Mixed Feedstock in Supersonic Flow, 口頭発表, 4-6 March 2010, Miyazaki, Japan.（発表予定）

13. 研究支援リサーチ・アシスタントの取り組みと実績



氏名　　大木　智久

所属　工学研究科航空宇宙工学専攻　博士課程後期3年
指導教員　工学研究科航空宇宙工学専攻　吉田和哉教授
研究タイトル　タンブリング衛星捕獲時における宇宙用ロボットマニピュレータの最適角運動量制御に関する研究

平成２1年度　研究成果概要

故障や燃料切れによって正常に運用されず軌道上に取り残されている人工衛星の修理や補給を目的とした、ロボットによる軌道上サービスミッションを背景として、本研究では特に軌道上にて複雑な回転（タンブリング）運動をしているターゲット衛星を捕獲するための宇宙ロボットアームの最適制御手法に関して研究を行ってきた。

前年度までは、ターゲット捕獲シナリオにおける前半部分、ロボットアームがターゲットを捕獲しにいく接触前アプローチの段階について、姿勢制御デバイスとしてのリアクションホイールの出力トルク、及び保持することのできる角運動量の動作限界を考慮したロボットアームの時間最適な最短時間マニピュレータ制御を提案してきた。本年度では、捕獲シナリオの後半部分である、ロボットのアームハンドがターゲットを把持したあとの段階について研究を行ってきた。以下にその内容をまとめる：

（１）アーム手先力・トルクの許容範囲を考慮した最短時間デタンブリング制御の提案

ロボットのアームハンドによってターゲットを捕獲した後、タンブリングしているターゲットの回転に起因する角運動量が、ロボットに伝達されロボット・ターゲットの系全体のタンブリング運動が誘起される。この際ロボットの搭載されているリアクションホイールによって全体の角運動量を吸収することによってシステム全体のタンブリング運動を静定させることができる。ロボットとターゲットの角運動量のやり取りは両者の接触点であるアームハンドに作用する力・トルクによって行うことができるが、角運動量を一気に吸収しようとするとアームハンド及びターゲット衛星に過度な把持力・トルクが加わってしまい、両者に機械的なダメージが与えられてしまうため好ましくない。

この問題に対して、本研究ではあらかじめ与えられたアームハンド及びターゲット衛星に作用する把持力・トルクを許容限界内に抑制しつつ、ターゲットの角運動量を吸収しその回転をとめるデタンブリングを最短時間で行う手法としての「最短時間デタンブリング制御」を提案した。本制御手法では、ターゲットを把持した後からデタンブリング終了までのシステムの運動をあらかじめプランニングを行い、生成された運動にシステムを追従させながら把持力・トルクの調節を行う。この際にプランニングするシステムの運動を表現する変数として、ターゲットの角運動量、またロボットアーム手先の速度に注目した。ターゲットの角運動量のデタンブリング終了までの軌跡をあらかじめこちらで任意に与えておき、その軌跡と把持力・トルクの関係式を導出した。その関係式を用いてデタンブリングを行う「速さ」という概念を導入し、最終的にこの速さを調節することによって目的である最短時間制御を達成することができた。また、ロボットアーム手先の速度に関しても同様の関係式を導出し、プランニングを行う物理量としてより取り扱いやすい関係式のもと最短時間制御を考案した。

（２）ターゲットの未知慣性パラメータを考慮したデタンブリング制御のインプリメンテーション

（１）にて提案した最短時間デタンブリング制御においては、把持するターゲットの慣性パラメータがあらかじめ正確に分かっていることが仮定されていた。しかしながら、実際のターゲット捕獲作業においては、捕獲するターゲットのモデル化した慣性パラメータに誤差が含まれている可能性が考えられる。一般的なロボットの制御において、モデル化誤差を取り扱うためにこれまで適応制御やロバスト制御といった強力な制御手法が開発されているが、本研究ではよりシンプルなアルゴリズムで既に提案している最短時間制御のアルゴリズムを変更できないかという試みを行った。その成果として、ロボットハンドに搭載する力・トルクセンサから得られたデータをロボットアームの制御に用いて、間接的にデタンブリングの速さをリアルタイムで制御する手法を考案した。

本手法では、ターゲットモデル化誤差の影響が最短時間制御プランナーに及ぼす影響を考察し、主にプランナーによって導出される「最適デタンブリング速さ」にその影響が大きく現れることを理論的に検証した。そして仮定するターゲット慣性モデルから計算される把持力・トルクと実際にロボットハンドのセンサにて計測される把持力・トルクの偏差を用いてデタンブリング速さを調節するアルゴリズムを考案した。本手法によって、ターゲットの慣性パラメータに誤差を含んでいる場合にでも、ロボットハンドとターゲット間に発生する把持力・トルクをその許容条件以内に抑制しながら最短時間でのターゲット衛星デタンブリングが可能であることが分かった。

以上、ターゲット把持後の段階に焦点を当てた（１）、（２）の研究によって、これまで取り扱いが困難とされてきたタンブリング衛星捕獲のためのロボット制御に関して、現実的な問題である把持力・トルク範囲を考慮しながらターゲットを含めた系全体の運動静定手法に一定の成果を収めた。さらに本年度では、これらの成果と前年度までの成果を博士論文としてまとめた。その一部は現在印刷中の雑誌論文に掲載される予定であり、また来年度参加する国際会議において発表予定である。

研究業績

【学術雑誌等への発表】

1. Tomohisa Oki, Nakanishi Hiroki and Kazuya Yoshida
   “Time-Optimal Manipulator Control for Management of Angular Momentum Distribution during the Capture of a Tumbling Target”
   Advanced Robotics, vol. 24, pp. 441-466, 2010

【学会発表】

【国内】

1. 前田敏博，中西洋喜，大木智久，吉田和哉
   フリーフライング宇宙ロボットにおける慣性特性を考慮した最適角運動量分配制御
   第15回ロボティクスシンポジア
   竹林院群芳園，2010年3月（査読有・口頭発表・発表予定）

【国外】

1. Tomohisa Oki, Satoko Abiko, Hiroki Nakanishi and Kazuya Yoshida
   “Time-Optimal Detumbling Maneuver of a Free-Floating Space Robot in the Grasping of a Tumbling Target”
   The 2010 IEEE/RSJ International Conference on Robots and Systems
   Taipei, Taiwan, Oct. 2010（査読有・口頭発表・投稿中）



氏名　　河　宗秀

所属　工学研究科航空宇宙工学専攻　博士課程後期3年
指導教員　流体科学研究所　大林茂教授
研究タイトル
ピックアップトラックのベッド形状に関する空力特性分析

平成２1年度　研究成果概要



Figure 1. Toyota Tacoma pickup truck

A pickup truck, a light motor vehicle with an open-top rear cargo area, as shown in Figure 1, is one of the best selling vehicle types around the world, especially in North America. However, there have been only a few studies of pickup truck aerodynamics. One reason for this is the complexity of the flow field around the pickup truck due to the open bed behind the cabin. Studies performed to date have only explained the flow characteristics around pickup trucks, or validated CFD results by experiments. They indicated that bed is one of the most important parts of a pickup truck for aerodynamic performance. The flow charac- teristics of a pickup truck were examined in a series of wind tunnel experiments and numerical simulations with regard to the bed geometry variation, the bed length and the bed height.

The drag coefficient was changed in accordance with the bed geometry variation. As a result of analysis of variance in design of experiments, the interaction effect between the bed length and bed height was significant. The main aerodynamic features of a pickup truck were characterized as the bed recirculation flow over the bed and the reverse flow in the wake. The occurrence of the reverse flow in the wake was dependent on the bed geometry.

The bed flow was attached to the upper part of the tailgate when the bed geometry could not cover all the downwash of the bed flow, similar to the short with low bed, as shown in Figure 2 (a). This attachment brought about the strong backward bed flow on the tailgate, the relatively high turbulence level over the bed, and the coherent peak of the power spectrum density in the wake so that the drag coefficient increased. The attachment disappeared and the backward bed flow was weakened as the bed became longer or the bed height became higher. The longer bed had more room to cover the downwash of the bed flow inside the bed, as shown in Figure 2 (b). The higher bed kept the downwash flowing over the tailgate and led the bed flow to be recirculated inside the bed, as shown in Figure 2 (c). Thus, the drag coefficient was low in spite of the reverse flow in the wake.

The drag coefficient was high, however, for the long with high bed, although the bed flow was not attached to the tailgate. Because the reverse flow in the wake and the adverse pressure area inside the bed were enlarged, as shown in Figure 2 (d). The drag reduction by the weakened backward bed flow could be cancelled by the strengthened reverse flow in the wake. Therefore, the drag coefficient of the mid-length with mid-height bed did not change markedly in comparison with those of the short with mid-height bed or mid-length with low bed. Consequently, the bed flow over the bed and the reverse flow in the wake affected the flow characteristics at the same time.

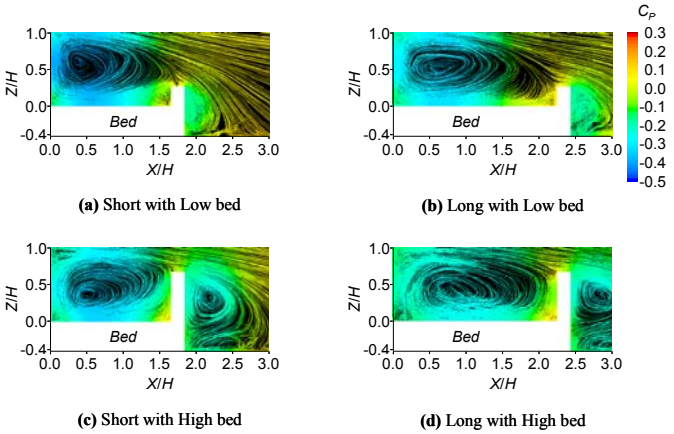


Figure 2. Streamlines colored by the pressure coefficient inside the bed in the symmetry plane (CFD data)

In conclusion, it is important that the bed recirculation flow should not be attached to the tailgate. Next, the adverse pressure area inside the bed should be small, and the reverse flow in the wake should be weak in designing the bed geometry for a low-drag pickup truck.

研究業績

【学術雑誌等への発表】

1. **Jongsoo Ha**, Shinkyu Jeong, and Shigeru Obayashi "Drag Reduction of a Pickup Truck by a Rear Downward Flap", *International Journal of Automotive Technology* (under review)
2. **Jongsoo Ha**, Shinkyu Jeong, and Shigeru Obayashi "Flow Characteristics of a Pickup Truck with Regard to the Bed Geometry Variation", *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part D, Journal of Automobile Engineering* (accepted)
3. **Jongsoo Ha**, Shuya Yoshioka, Takuma Kato, Yasuaki Kohama, and Shigeru Obayashi "Drag Reduction of a Bluff-Body Using Design of Experiments," *Transaction of JSAE*, Vol.40, No.3, pp.655-660, 2009

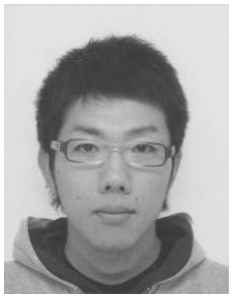
【学会発表】

【国内】

1. **Jongsoo Ha**, Shinkyu Jeong, and Shigeru Obayashi "Investigation of the Rear Flap Configuration of a Pickup Truck using Design of Experiments," *Sixth International Conference on Flow Dynamics*, 11-4, Sendai, Japan, November, 2009

【国外】

1. **Jongsoo Ha**, Shinkyu Jeong, and Shigeru Obayashi "Investigation of the Bed and Rear Flap Variation for a Low-Drag Pickup Truck using Design of Experiments," *SAE 2010 World Congress*, SAE Technical Paper 2010-01-0122, Detroit, USA, April, 2010
2. **Jongsoo Ha**, Shigeru Obayashi, and Yasuaki Kohama, "Drag Characteristics of a Pickup Truck according to the Bed Geometry," *The 7th IASME / WSEAS International Conference on Fluid Mechanics and Aerodynamics*, 618-305, Moscow, Russia, August, 2009



氏名　　石田　崇

所属　工学研究科航空宇宙工学専攻　博士課程後期2年
指導教員　工学研究科航空宇宙工学専攻　中橋和博教授
研究タイトル
次世代を見据えたCFDアルゴリズムの構築とその工学的応用

平成２１年度　研究成果概要

今年度は直交格子上でも物体の曲率を流れ場に反映させることができる物体境界条件の構築と、その境界条件を導入した有限体積法ベースのコロケート型非圧縮流体解析ソルバーの構築を行い、これらをBuilding-Cube法へ適用した。また直交格子を用いて高レイノルズ数流れの数値計算を実現するために、GridLess法の導入を行った。以下にその概要を述べる。

次世代CFDアルゴリズムとして開発をしているBuilding-Cube法のオリジナルのコンセプトでは、単純性保持のため物体境界は階段状表現されており、物体境界条件も階段状に与えられる。また計算格子に等方性直交格子を用いているため、境界層を解像するには莫大な格子点数が要求される。これまで３次元形状の詳細な計算を行う場合、前処理・後処理を含め計算機環境の点で難があった。本研究ではこのような背景を踏まえ、等方性直交格子を用いたシミュレーションにおいて計算格子点数や計算コストを増やさなくても流れ場に物体の曲率を反映させることができる境界条件の構築(Virtual Flux)を行った。Figure 1に計算セルの模式図と物体境界条件の概要を示す。

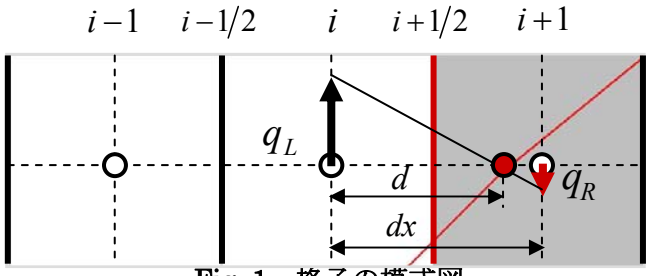


Fig. 1　格子の模式図

フラックス$f_{i+1/2}$を計算する際$q_L = q_i$、$q_R = \left(1-\frac{dx}{d}\right)q_i$とし、$f_{i+1/2} = \frac{1}{2}\left[c\left(q_R+q_L\right)-|c|\left(q_R-q_L\right)\right]$として求める。ここでは$q_R$を求める際にセルセンターから物体との交差距離$d$を用い、$q_R$を線形外挿して求めている。このような境界条件を用いることで物体の影響を流れ場に反映させることが可能となる。

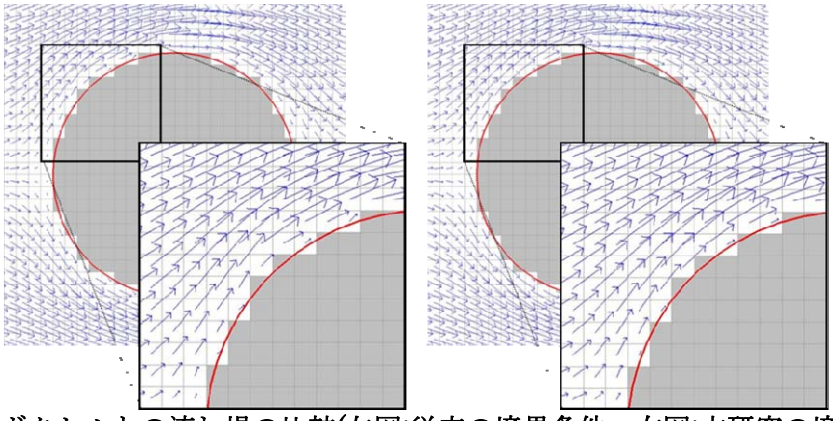


Fig. 2　ボクセルとの流れ場の比較(左図:従来の境界条件　右図:本研究の境界条件)

Figure 2には従来の境界条件を用いた場合と本研究の境界条件を用いた場合の物体周りの流れ場の一例を示す。Figure 2より本研究の境界条件を用いた場合では物体近傍場の流れ場がより滑らかに得られている。このVirtual Fluxを用いた数値計算は低レイノルズ数流れにおいては有効であるが、高レイノルズ数流れを精度よく計算するには結局のところ細かい格子を用いざるを得ず、格子点数の増加が問題にな

る。そこで極力壁面近傍の格子点数を増やさずに高レイノルズ数流れに対応するためにGridLess法の導入を行った。

GridLess法は最小二乗法に基づいており、任意の格子点における微分係数をその周囲の点群からの線形結合によって近似する手法である。本研究ではこのGridLess法を壁面近傍に構造格子的に配置した格子点群に適用し、背景の直交格子を従来の直交格子型のソルバーを用いて解析を行うカップリング手法の構築を行った。Figure 3(a)はある格子点i周りのcloudを表している。Figure 3(b)は円柱の壁面近傍に構造格子的に配置した格子点と背景の直交格子を示し、Fig.3(c)は(b)の格子を用いてMach=0.3で非粘性計算を行った時の圧力場と速度場を表している。Figure 3より、GridLess法と直交格子のカップリング計算で滑らかな圧力分布が得られており、GridLess法と従来の直交格子ソルバーのカップリングの有効性が確認できた。

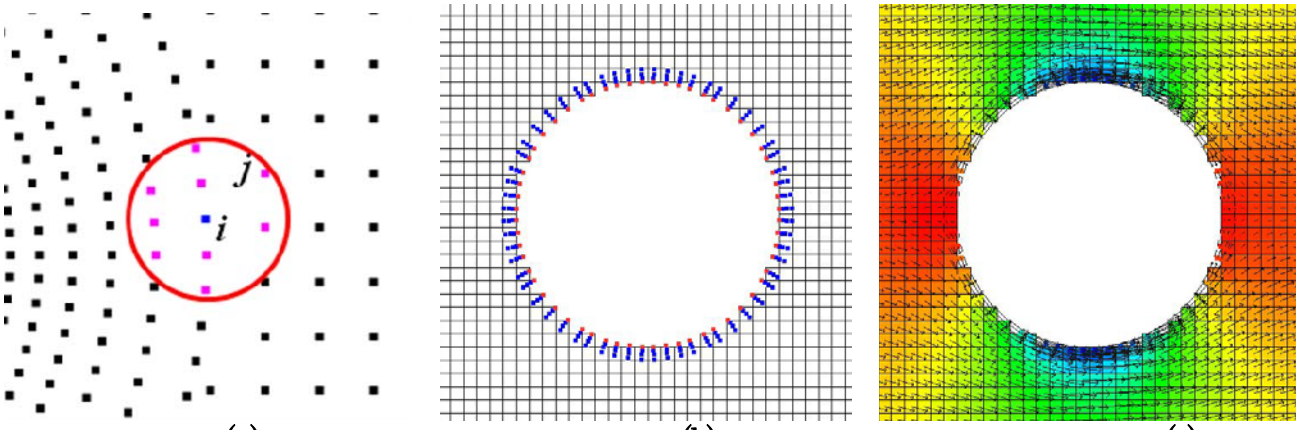


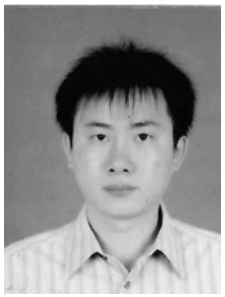
Fig. 3　GridLess 法と直交格子のカップリング計算
(a)格子点 i 周りの cloud 概念図、
(b)円柱周りの GridLess 計算点と背景格子（直交格子)、
(c)(b)を用いた非粘性計算(圧力場と速度場の可視化図)

研究業績

【学会発表】

【国外】

1. 47th AIAA Aerospace Sciences Meeting, “Flow Computations around Moving and Deforming Bodies Using Cartesian Mesh”, 口頭発表, 2009年1月, Orlando US
2. 39th AIAA Fluid Dynamics Conference,“Efficient Cartesian Mesh Approach for Flow Computations Around Moving and Deforming Bodies”,口頭発表, 2009年6月,San Antonio, US



氏名　　賴　晨光

所属　工学研究科航空宇宙工学専攻　博士課程後期3年
指導教員　流体科学研究所　大林茂教授
研究タイトル　Control of　Passenger Vehicle's Aerodynamic Performance in Combination with Engine Cooling Flow and Under Floor Flow

平成２1年度　研究成果概要

1.　Investigation of Aerodynamic Performance due to Automotive Cooling Exit Flow

The aim of this research is to observe the influence of the cooling exit flow on aerodynamic performance. To reach the aim, Several experimental investigations and CFD simulations are conducted into automotive aerodynamic performance on different layouts of the engine-cooling outlet. A simplified sedan model with internal ducting is utilized, where the cooling system is installed with several alternatives for exit thrust recovery. The aerodynamic drag, lift, and pitching moment are measured to investigate the influence of aerodynamic performance on different exit-flow inclination angles and different locations of cooling outlet, and the details of flow fields were observed by CFD to analyze the reasons of the changes of the main aerodynamic performance.

Results show that:

1) All the drag, lift, and pitching moment increase with the increase of inclination angle. When the inclination angle augments from 30º to 90º, there is a significant lift and pitching moment increase, which means a greater increase of the rear lift relative to that of the front lift.
2) Any location of the outlet increases the drag and lift, but may decrease or increase the pitching moment. Central arranging the outlet leads to slight higher drag but much lower lift comparing with other situations; proposing the outlet gains the lowest drag, but it causes higher lift and the lowest pitching moment, which brings to a large increase in front lift; postposition of the outlet leads to higher drag, the highest lift, and the highest pitching moment. It means that the change of cooling exit location largely influences the distribution of front and rear lift.
3) Rear outlet model obtains a well aerodynamic performance, and the drag coefficient even lower than that of the closed front-end condition.
4) The interaction of the tow vortices on the wake region is the main reason of the increase of drag and lift coefficient with the increase of the inclination angle.

2.　Investigation of Aerodynamic Performance due to the Interaction between the Rear Diffuser Angle and the Cooling Airflow Outlet

The purpose of this research is to understand the combined flow of underneath flow and engine-cooling exit flow, as well as the interaction between the rear diffuser angle and the cooling airflow outlet on aerodynamic performance. Wind tunnel test and CFD simulation results were presented and discussed to investigate the influence of different rear diffuser angles on aerodynamic drag and lift, in the situations of closing and opening the internal cooling airflow path, and in different layouts of the cooling airflow outlet.

Results show that the drag and the lift increase at any of the rear diffuser angles after opening the cooling airflow path. And the drag increment is corresponding to the magnitude of inclination angle. A series of wind tunnel tests in this research demonstrate the variation tendency of drag on rear diffuser angle, which is that the drag decreases first and then increases with the increase of rear diffuser angle. After opening the cooling airflow path, the variation tendency of drag on rear diffuser angle is similar to that of the closed front-end models, but the minimum drag is obtained at a smaller rear diffuser angle. The wind tunnel tests also indicate that, the lift of closed front-end model decreases with the increase of rear diffuser angle. However, after opening the cooling airflow path, the lift doesn't continuously decrease with the increase of rear diffuser angle, but decreases first and

then increases at a certain angle. This variation tendency is similar to that of the drag, and which make it possible to optimize the rear diffuser at a favorable angle to obtain a lower drag and, at the same time, a lower lift.

To improve the understanding of the influence of the combined flow on drag and lift, CFD was also employed to investigate the flow details of the models. By observing the under flows and wakes, it can be seen that, with the increase of rear diffuser angle, the junction of upper flow and lower flow tends to move ahead and up, which reduces the separation region, and has an effect to reduce the drag. The structure of the horse shoe vortices on the wake region reflects the variation tendency of drag on different rear diffuser angle. When the upper and lower vortices achieve a relative equilibrium, the drag reaches the minimum value. After opening the cooling airflow path, a recirculation region and some small vortices are generated behind the engine-cooling outlet, and the separation region of wake is increased. These changes may be the main reason of the increase of drag after opening the cooling airflow path. And because of the momentum increase of the lower flow after opening the cooling airflow path, the relative equilibrium of upper and lower vortices can be achieved at a smaller diffuser angle, so the minimum drag is also obtained at this smaller rear diffuser angle. By checking the distributions of static pressure on models under surfaces, it is found that, after opening the cooling airflow path, the forepart pressure of under surface increases, a larger high-pressure area appears ahead of the engine-cooling outlet, and a smaller low-pressure area arises behind the outlet. And more attractively, the pressure on the rear diffuser doesn't continuously decrease any more, but decreases first and then increases with the increase of rear diffuser angle.

The study of the interaction between the rear diffuser angle and the cooling airflow outlet has been studied here. And the results and discussions can improve the understanding of the interaction caused by complicated combined flow, and give an indication to the optimum structure on the design of passenger vehicle.

研究業績

【学会発表】

【国内】

1. The Sixth International Conference on Flow Dynamics, "Investigation of Aerodynamic Performance Due to Automotive Engine-cooling Exit Flow", Oral and poster, November 4-6, 2009, Sendai, Japan.

【国外】

1. SNU-Tohoku Joint Workshop on Next Generation Aero Vehicle, "Influence of the layout of engine-cooling outlet on automotive aerodynamic performance", Oral, September 28-29, 2009, Seoul, Korea.
2. SAE 2010 world congress, "Investigation of Aerodynamic Performance due to the Interaction between the Rear Diffuser Angle and the Cooling Airflow Outlet", Written and Oral Presentation, Approved for Publication (Paper Number: 2001-01-0290), April 13-15, 2010, Detroit, Michigan USA.



氏名　　小水内　俊介

所属　工学研究科航空宇宙工学専攻　博士課程後期1年
指導教員　工学研究科航空宇宙工学専攻　内山勝教授
研究タイトル　作業動作における人間の巧みさの解析とヒューマノイドロボットへの適用

平成２１年度　研究成果概要

本年度は、申請時に記載した研究内容に加えて、他の研究機関との共同プロジェクトにも参加した。以下で、それぞれの研究についての成果概要を報告する。

【人間の巧みさの解析：人間の作業知能】

修士課程在学中に研究課題としてきた人間の巧みさの解析の結果を分析しこれらをまとめ、１件の論文を国際学会にて発表した。

先行研究では、人間の作業を代替することを目指して、ヒューマノイドロボットによる作業動作の例として釘打ち作業実験を行った。この実験では、序盤の数打が成功すれば最後まで釘を打ち切ることができた。逆の見方をすると、単調な打撃動作の繰り返しでは、一打目で釘が傾いて作業を継続できなくなる場合がある。そこで、図1に示すような環境で人間の動作観察を行った。打ち損じることなく釘打ちを実現している人間は、作業の序盤と終盤とでは打撃動作が異なっていることが分かった。序盤の数打は打撃動作の振幅や打面速度が小さく、打撃力も押しつける程度のごく小さな力しか出ていない。作業中盤以降は徐々に変化し、最終打より数打前で動作の振幅と打面速度が最大となる。これは、序盤の打撃動作を小さくすることで、全身の重心周りに発生する運動量・角運動量変化を抑制し、体幹および釘を把持している左手が動くことを防いでいると考えられる。作業状態に応じたこのような動作の遷移が、釘打ち作業における人間の巧みさと言える。この遷移を取り入れることで、ヒューマノイドロボットの作業の成功率が向上すると考えられる。

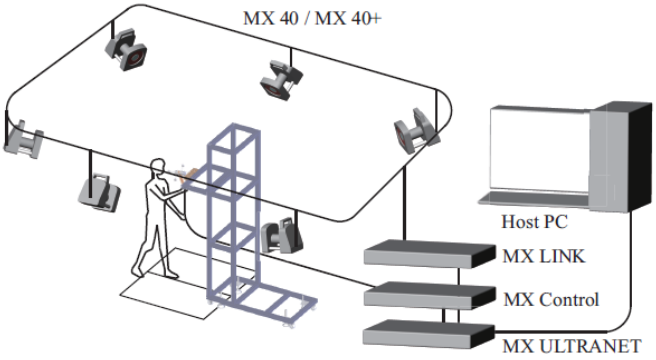


図1 動作観察のための実験の外観

【生活支援ロボットの制御システム開発：ロボットの作業知能】

外部の研究機関と連携して、ロボットの知能的動作を検証するためのシミュレータ開発に取り組んだ。このプロジェクトにおいて自身が担当した部分、共同で取り組んだ部分をあわせて２件の論文を国内学会にて発表した。

日常生活の中でロボットを利用することを考えるとき、人間の支援となりうる用途の一つとして食器の片付け作業が注目されている。本研究では「食器の運搬」作業に着目し、食器片付け作業を行うためのロボットの制御システムおよびそのシミュレーション環境を構築した。このシステムは、図２に示すように「環境認識部」、「作業計画部」、「動作生成部」、「動作実行部」から構成される。このうち、「環境認識部」および「作業計画部」の開発を自身が担当し、「動作生成部」および「動作実行部」の開発にも共同で取り組んだ。構築したシステムを利用することで、図３に示すように、ロボットによる食器片付け作業のシミュレーションを実現した。

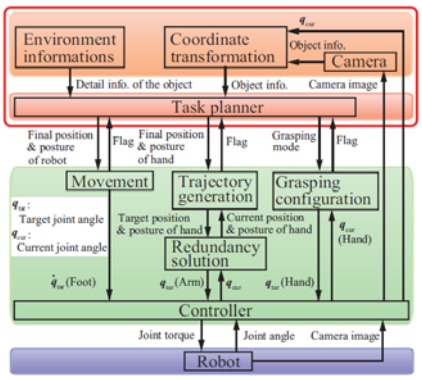
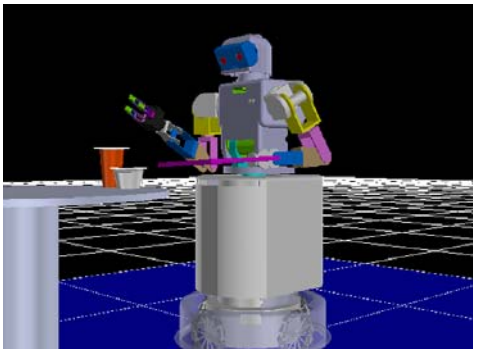


図２ ロボットの制御システム


図３ ロボットによる食器片付け作業のシミュレーション

研究業績

【学会発表】

【国内】

1. **小水内俊介**, 野村勇樹, 菊地隆浩, 近野敦, 内山 勝, “食器片付け作業のための作業計画コンポーネントの開発”, 第10回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会予稿集, 資料番号3D1-4, 2009.
2. 野村勇樹, **小水内俊介**, 近野敦, 内山 勝, “冗長マニピュレータ搭載型全方向移動ロボットのための制御システムの構築”, 第10回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会予稿集, 資料番号3D1-6, 2009.

【国外】

1. **Shunsuke Komizunai**, Atsushi Konno and Masaru Uchiyama, “Analysis of Human Dexterity While Performing Tasks and Its Implementation on a Humanoid Robot,” *in Proc. of the Sixth Int. Conf. on Flow Dynamics,* 2009.



氏名　　岡田　佳都

所属　工学研究科航空宇宙工学専攻　博士課程後期1年
指導教員　工学研究科航空宇宙工学専攻　永谷圭司准教授
研究タイトル　流れ解析を応用した動作計画と高精度位置推定によるクローラ型ロボットの不整地走行

平成２1年度　研究成果概要

概要

２１年度は、**【A】複数台の測域センサを用いた逐次路面形状計測に基づく可動式補助クローラの自律制御**および、この自律制御を中核とする**【B】クローラ型ロボットの不整地走行支援システム**の開発を行った。論文実績としては、Bを搭載したロボットを用いた屋外実験を報告した（2）、Aを一部に含む遠隔操縦システムを報告した（3）、Bに関して報告した（5）、（5）の発展として発表予定の（4）となった。なお、（1）は報告者の過去の研究成果の応用によるものである。

研究背景

報告者の所属する研究グループでは、クローラ型移動ロボットの研究開発を行っている。このロボットはレスキュー探査用途であり、地震やテロなどの大規模災害の直後に救助隊員に先行あるいは並行して被災地に投入し、遠隔操作によって環境情報の獲得や被災者の位置把握などを行うことを目的としている。

この種のレスキュー探査ロボットには、瓦礫上などを移動するための高い不整地踏破性能が求められる。そのため、起伏のある路面でも走行可能なクローラを移動機構として採用した上で、メインクローラだけでは乗り越えられない高さの段差の踏破や、移動時の安定性確保を目的とした可動式の補助クローラ（フリッパ）を搭載したものが主流となっている。報告者のグループで開発中のロボットもフリッパを有するクローラ型ロボットである（図１）。

このフリッパは確かにロボットの移動性能を大きく向上させるが、同時にロボットの動作自由度も増加させるため、ロボットの操作をすべて人間が行う場合、操作者には高度な習熟が求められることになる。そこで報告者は、この問題を解消するため、後述するフリッパの自律制御手法と、それを中核とする不整地走行支援システムの開発を行った。

２台の測域センサを用いた逐次路面形状計測に基づく可動式補助クローラの自律制御

報告者のグループが開発中のクローラ型ロボットKenafを図１に示す。Kenafは対向型のメインクローラに覆われた本体の四隅にフリッパを搭載した６自由度のクローラ型ロボットである。考案したフリッパの自律制御手法は、ロボット本体左右に固定した２台の測域センサ（レーザ距離センサ）により獲得できる本体左右側面付近の路面形状をもとにフリッパの自律動作を生成する。

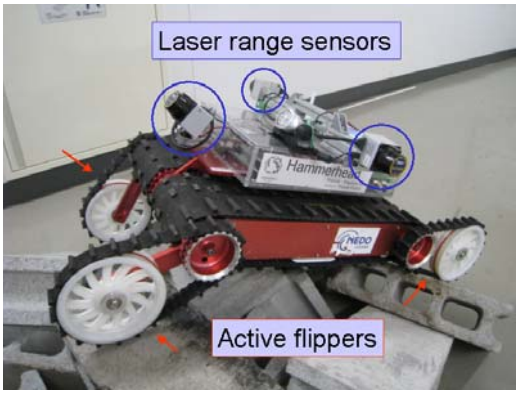


図１：クローラ型ロボットKenaf

手法を構築するにあたり、報告者は次の３点をフリッパの自律制御により実現することを目標とした。

- ロボット下部の路面の平均的な傾斜に合わせてロボット本体の姿勢を保つ
- フリッパを含めたクローラ部をなるべく多く接地させる
- 転倒の危険がある場合、ロボット本体の姿勢を水平に近づけ、転倒を回避する

これらの制御戦略は熟練操作者のフリッパ操作の傾向をもとにしたものである。

報告者はこの制御戦略を実現するアルゴリズムを開発し、(5) として発表した。(5) は発表したIROS09においてIROS RoboCup Best Paper Awordを受賞するなど、高い評価を得た。

３台の測域センサを用いた逐次路面形状計測に基づく 可動式補助クローラの自律制御

先述の２台の測域センサを用いたフリッパの自律制御は、不整地走行時におおむね制御戦略どおりのフリッパ動作を生成できるものの、左右の測域センサの計測範囲外である左右フリッパ間の段差や隆起に対応できないという問題点があった。この問題を解決するため、報告者はロボット本体前部に測域センサを増設し、合計３台の測域センサにより計測される路面形状をもとにフリッパの自律動作を生成する手法を新たに考案した。

この手法では、増設した前部の測域センサにより、ロボットが直後に通過する路面の形状を獲得し、これを形状獲得時のロボットの位置姿勢とともに蓄積しておく。そして、この形状データを直近の走行にさかのぼって統合することで、現在のロボット直下の三次元路面形状を推定する。さらに、このロボット直下の路面形状および左右の測域センサにより獲得できるフリッパ付近の路面形状情報を勘案し、より安定な不整地走行を実現するフリッパ動作を生成する。

この手法については（4）で発表予定である。

補助クローラの自律制御を中核とする クローラ型ロボットの不整地走行支援システム

報告者は、開発したフリッパの自律制御をメインクローラのマニュアル制御と統合し、クローラ型ロボットの不整地走行支援システムとして、前述のKenafに実装した。この操縦システムを用いた走行実験ついては（2）、（4）および（5）の中で報告しており、このシステムにより、未熟な操作者でも熟練操作者による完全マニュアル操作と遜色ない安定な不整地走行を実現できることを確認した。

また、時間遅れを伴う遠隔操作時には、メインクローラをマニュアル操作するよりも、操作者がロボット近傍のサブゴールを指示し、ロボットがサブゴールへの自律移動を繰り返す操縦法が有効であることが知られている。この操縦法と報告者の開発したフリッパの自律制御を統合した、不整地移動ロボットの遠隔操縦支援システムについて、報告者のグループの一員が中心となり（3）で発表している。

研究業績

【学会発表】

【国内】

1. 第10回 計測自動制御学会 システムインテグレーション部門 講演会,
   田村祥，前山祥一，岡田佳都，永谷圭司，吉田智章，渡辺桂吾,
   “画像ポインティングによる不整地移動ロボットの遠隔操縦における天井計測に基づく到達精度の向上，”口頭発表，２００９年１２月
2. 第10回 計測自動制御学会 システムインテグレーション部門 講演会,
   永谷圭司，岡田佳都，徳永直木，桐林星河，小柳栄次，吉田智章，油田信一，久武経夫,
   “火山探査を目的としたクローラ型移動ロボットKenafによる桜島での遠隔操作実験，”
   口頭発表，２００９年１２月
3. 日本機械学会　ロボティクス・メカトロニクス講演会２００９,
   徳永直木，岡田佳都，永谷圭司，吉田和哉,
   “逐次３次元環境取得システムを用いた不整地移動ロボットの遠隔操作支援，”
   ポスター発表，２００９年５月
4. 第１５回　ロボティクス・シンポジア,
   岡田佳都，永谷圭司，吉田和哉，吉田智章，小柳栄次,
   “路面の逐次三次元計測に基づいたクローラ型ロボットの不整地走行支援システムの構築，”
   口頭発表，２０１０年３月（発表予定）

【国外】

1. 2009 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems,
   Yoshito Okada, Keiji Nagatani, Kazuya Yoshida,
   ”Semi-autonomous Operation of Tracked Vehicles on Rough Terrain using Autonomous Control of Active Flippers,”口頭発表，２００９年１０月

【受賞等】

1. IROS RoboCup Best Paper Aword, RoboCup Confederation,
   2009年10月（実績（5）対して）



氏名　　鵜山　尚大

所属　工学研究科航空宇宙工学専攻　博士課程後期1年
指導教員　工学研究科航空宇宙工学専攻　吉田和哉教授
研究タイトル　力積フィードバックによる浮遊ターゲットの状態推定を用いた捕獲手法に関する研究

平成２1年度　研究成果概要

[研究目的]　力積フィードバックによるターゲットの挙動変化を考慮した浮遊ターゲット捕獲手法の確立

軌道上での浮遊ターゲット捕獲技術（図１）の確立のためには、過度の運動量交換により、複雑な回転運動（タンブリング運動）や突き飛ばしを誘発しないよう、接触に伴い発生する力積を適切に制御し、把持完了まで接触を維持する手法の研究が必要である。しかし、接触は材料や構造などの影響が複雑に現れる現象であり、多くの場合、接触前後の運動を決める接触パラメータは未知であると考えられる。よって、慣性特性や接触面の剛性・粘性などの接触パラメータが未知の場合においても捕獲を可能とする、ロバストな制御手法の確立が求められる。

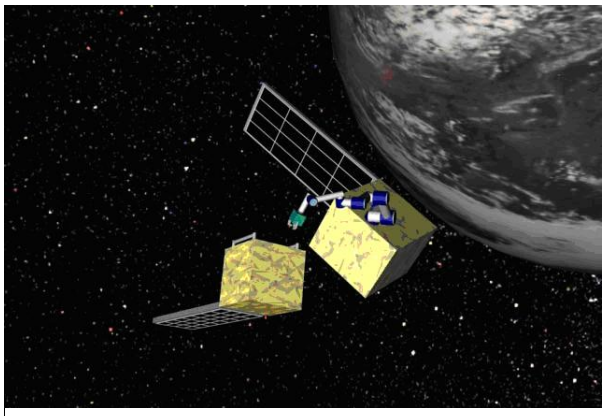


図１　軌道上での浮遊ターゲット捕獲

本研究では、接触に伴い発生した力積からターゲットの挙動変化を推定、同時に力積をフィードバックし、挙動変化に応じてロボットアームを適切に制御することにより、接触パラメータが未知の場合においても接触維持を可能とする制御手法の確立を目指した。

[研究成果１]　ロボットアーム手先と浮遊ターゲットとの接触力学の定式化

研究目的を達成するためには、接触現象のモデル化が重要である。本年度の研究では、従来の宇宙用インピーダンス制御において明らかになっていなかった、インピーダンスパラメータと反発係数の関係を定式化した。これにより、インピーダンス制御時の反発係数を理論的に予測することが可能となり、パラメータの選定方法に一つの指針を示した。本研究成果は2009年のInternational Conference on Flow Dynamicsにおいて発表した。

[研究成果２]　ロボットアーム手先と浮遊ターゲットとの接触時の反発係数制御手法の開発

研究目的を達成するための次の段階として、本年度は慣性特性や接触面の剛性・粘性が全て既知の場合における接触制御手法の研究を行った。未知パラメータを含む場合の制御法を構築する上で、パラメータが既知である場合をまず想定しモデル化することは極めて重要なステップである。　本年度の研究では、接触現象を表すパラメータである反発係数に着目し、ロボットアーム手先をアクティブにコントロールすることにより浮遊ターゲットの挙動を適切に制御することが可能となる、反発係数制御法を開発した。

開発した反発係数制御法の概要を示す。ロボットアームを搭載した衛星（チェイサー）に対して相対的に近づく浮遊ターゲット衛星（ターゲット）がある状況を仮定する。ロボットアームに制御をかけずに接触すれば、運動量保存則に予測される通り、チェイサーと

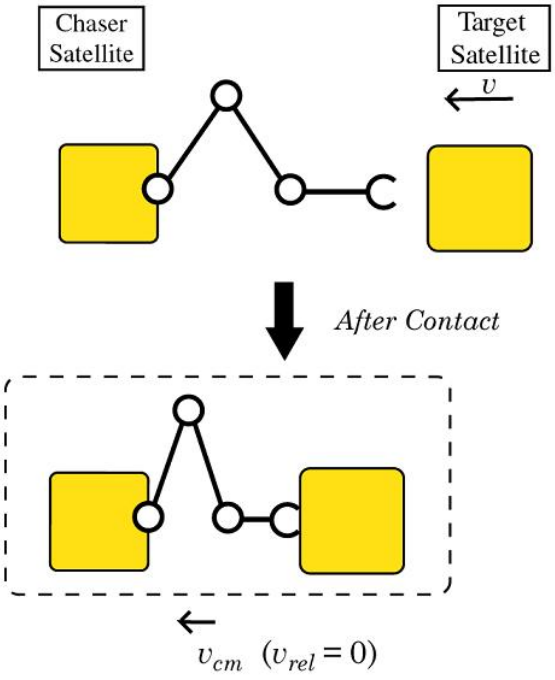


図２　反発係数制御法概念図

ターゲットは接触中の運動量交換により互いに離れていってしまう。したがって、チェイサー側のアーム手先とターゲットとの反発係数をゼロにするように、アーム手先を引きながらずっと接触を保ち続けることができるよう制御すればよい（図２）．これを実現可能な制御法が反発係数制御法である。

反発係数制御法の優れた点は、第一に接触を保ち続けることが可能である点である。従来考案されてきたインピーダンス制御などとは違い、チェイサー側のパラメータを任意に設定しても常に接触を保ち続ける解を得られる点で優れる。第二に特定の条件下ではターゲットの運動を手先に対してのみならず、チェイサー全体の重心に対しても静止させることができる点である。通常考えられる捕獲作業では、まずチェイサーとターゲットの相対運動をゼロとし、アーム手先をターゲットに近づける形で遂行される。しかしこの場合、接触が起きてしまうとチェイサー・ターゲット間に運動量交換が発生し、互いに離れるように相対運動を始めてしまう。接触を保ち続けるためにはチェイサーに推進力を与えねばならず複雑な制御系を組まざるを得なくなる。対して反発係数制御法ではターゲットがチェイサーに近づくような相対運動をしている状態からスタートし、且つ接触を保ちながらターゲットを相対的に静止させることが可能なため、制御中に推進力を必要としない点で優れる。

現時点で1次元での制御則構築まで完了した。今後はさらなる次元の拡張、実機による検証実験等を通じ、軌道上実験が可能となるよう研究を行っていく。尚、本研究成果は現在執筆中であり、本年度中にRobomec 2010（国内）及びInternational Conference on Intelligent Robots and Systems 2010（国外）のそれぞれの学会へ投稿を完了する予定である。

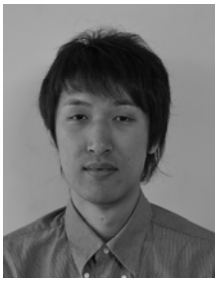
未知パラメータが存在する場合に拡張するには、チェイサー手先への力入力からチェイサーへ流れる力積を計測し、フィードバック制御を適用することで反発係数制御法と同等の結果を得ることができると考えている。この研究は現在進行中であり、今後も継続して進めていく。

研究業績

【学会発表】

【国内】

1. Naohiro Uyama, Hiroki Nakanishi, Kazuya Yoshida,
   “Fundamental Study on Restitution Coefficient under Impedance Control for Free-Flying Space Robot,”
   6th Int. Conf. on Flow Dynamics, Sendai, Japan, Nov. 5, 2009



氏名　　野呂　秀太

所属　工学研究科機械ｼｽﾃﾑﾃﾞｻﾞｲﾝ工学専攻　博士課程後期2年
指導教員　工学研究科機械ｼｽﾃﾑﾃﾞｻﾞｲﾝ工学専攻 福西祐教授
研究タイトル　マイクロスケール下での磁性流体とインピーダンスポンプを用いた流体の高速混合

平成２１年度　研究成果概要

微小スケール下での流体混合現象に関して、混合を促進するためにどのような方針で流体間の界面を変形させるべきか、数学のトポロジー問題として捉え、研究を進めてきた。研究成果を整理すると、微小流路など低レイノルズ数における混合は濃度勾配の大きな領域の界面面積をいかにして広げるかという命題に帰結することが分かってきた。

実験と数値計算を行なってきた。研究手法は、効率的な流体混合の手法を見つけ出すために、サブミリスケールにおける界面の特性を調べた。

流路形状や流入方法の組合せから混合手法の調査をした。トライアンドエラーとなる方法での研究である。しかし、カオス混合の概念に基づいて界面をできる限り広げる手法を考えた。その課題に対する答えの一つとして、流路にキャビティを設けてかつ二液を交互に流入させることによりキャビティ内部で界面面積が増大することを見出した。そして、増大した界面は流体の特性により流路の幅方向に引伸ばされてさらに界面面積が増大する。このようにして下流域で二液の混合は促進されることが分かった。本研究によって二液の高効率な混合のためには交互流入とキャビティの組合せが重要な要因であることが実験的にも数値計算においても確かめられている。

そこで本研究では、さらに一般的に見られる手探りの研究方法を打開し、あわせて混合を促進させる最適な流路の設計指針となる混合の定量的指標の提案を試みた。そして、物理的な考察として交互流入とキャビティの組合せによって効率的な混合を実現できる要因を調査した。2次元、3次元数値計算も行ない、実験結果と比較をした。本研究で得られた知見を以下に示す。

１）流れ方向と流路幅方向に分けた混合分散係数を混合レベルとして提案した。２）フラクタル次元が下流域の混合レベルの評価指針として有効である。３）2次元計算と実験結果との定量的な不一致を説明した。４）高効率な混合を行なうためには濃度勾配の大きな界面を伸張させることが重要な要因である。

これらの成果は日本機械学会年次大会、アジア流体力学会、ICFD国際会議、ICFD若手研究者交流会などで成果発表を行なった。また、これらの研究結果はJournal of Fluid Science and Technologyにて掲載された。

つぎに、場のスケールが比較的大きな平板上の流体運動の本質を探るために、平板境界層を対象とした数値計算と実験を行なった。数値計算のソルバーとして差分法とスペクトル法を併用し、空間発展と時間発展を考えて、境界層上方に乱れを投入した時の境界層の反応について詳しく調べた。具体的には境界層上方の乱れには角柱後流を採用している。まず、平板境界層の流れを数値計算でシミュレートし、その流れ場の妥当性の速度分布の比較等を行ない確認した。それらの結果は第二回流動ダイナミクス国際若手研究発表会にて発表を行なった。その際の発表では、優秀賞を受賞している。そして、境界層上方で乱れを投入したシミュレーション結果とその場合の境界層内における速度変動RMS値などを比較し、どのような乱れが導入され、どのような乱れが導入されることがないかを検討した。これらの結果は、The 4th SNU-Tohoku University Joint Workshopで発表を行なった。

実験では、臨界以下の低レイノルズ数の境界層を取り上げ、乱れの受容過程、遷移過程、特に乱流の初生過程に焦点を絞り、その解明を目指した。実験では、これまでに境界層外で渦輪を衝突させ、その渦輪の誘起速度が境界層内の速度変動に影響を与えていることを報告している。しかしながら、このように考えられていた渦輪と境界層との関係は、境界層外上方で与える渦輪の形態を変えることによって、必ずしも渦輪の誘起速度と境界層内の速度変動の関係性が一対一に決まるものとは限らないということが分かってきた。

また、境界層の外乱受容性、すなわちその応答特性について実験および数値シミュレーションを併用

しながら調べを進めた。そして、撹乱の形態や境界層の基本流の速度分布形状によって乱れの受容性の機構も異なるはずであるという考えのもと、これら条件を様々に変えながら撹乱の導入ルートの解明を試みた。数値シミュレーションを利用して境界層内に特徴的な構造（Λ渦、ストリーク構造）が現れる条件を明らかにすることを試みた。これらの結果はSixth International Conference on Flow Dynamicsで発表を行なっている。

これからは、その動力学の理解を通して乱流を含む流れの制御の勘所を押さえることを目的とし、数値計算で詳細なデータを解析していく予定である。あわせて、実験による検証も行なう予定である。

他に、研究活動としてお茶の水大学の河村研究室の皆さんと合同ゼミナール（研究成果報告および討論）、日本大学小紫先生との合同ゼミナール、日本機械学会東北支部の広報活動（主にホームページを用いて）なども行なってきた。

本研究のこれからの命題は、乱流境界層中の秩序構造として知られているΛ渦やストリークに着目する。ここでは、外部撹乱を調整したりKlebanoffモードを励起したりすることでT-S波型遷移の終末に観察されるようなΛ渦を亜臨界状態の境界層内に作り、小突起などで励起した局所的な乱流構造である乱流斑点中に現れるΛ渦と性質を比較しながら、異なる乱流形態下にある組織構造の普遍性についての知見を得る。このような乱流構成要素の普遍性に関する議論を通して、乱流斑点の生成因子やその機構の解明、さらにT-S波型遷移とバイパス遷移との間におけるこれまであいまいにされてきた見解のすきまを埋める新しい理論の提案を試みる。そして、これまでに得られた知見をもとに、平板境界層における境界層の遷移過程の全貌を俯瞰し、流れの不安定機構への理解を深める。

自らが先頭となって多分野融合研究交流会などを開き、これからも積極的に研究成果を議論できることを望む。

研究業績

【学会発表】

【国内】

1. S. Noro, M. Shigeta, S. Izawa, Y. Fukunishi: Rapid Mixing of Two Fluids in Micro-Scale, 1st International Young Researchers Conference on Flow Dynamics, Sendai, Japan, (2009-01). (short oral & poster)
2. 野呂 秀太, 茂田 正哉, 伊澤 精一郎, 福西 祐: 平板境界層の乱れに関する数値計算による研究, 第二回流動ダイナミクス国際若手研究発表会 (2009-7). (short oral & poster)
3. S. Noro, M. Shigeta, S. Izawa, Y. Fukunishi: Numerical Study on Growth and Decay of Disturbance in a Flat-plate Boundary Layer, Sixth International Conference on Flow Dynamics, Sendai, Japan, (2009-11). (short oral & poster)

【国外】

1. S. Noro, M. Shigeta, S. Izawa, Y. Fukunishi: Numerical Study on Growth and Decay of Turbulece in a Flat-plate Boundary Layer, The 4th SNU-Tohoku University Joint Workshop, Seoul, Korea, (2009-09). (oral)

【受賞等】

第2回流動ダイナミクス国際若手研究発表会優秀賞，流動ﾀﾞｲﾅﾐｸｽ知の融合教育研究世界拠点，2009年7月10日



氏名　　張　志宇

所属　工学研究科ナノメカニクス専攻　博士課程後期3年
指導教員　工学研究科ナノメカニクス専攻　闇　紀旺准教授
副指導教員 流体科学研究所　西山秀哉教授
研究タイトル
反応焼結SiCの超精密切削における材料の塑性流動

平成２1年度　研究成果概要

近年、回折格子やマイクロレンズ、フレネルレンズ、あるいは光の屈折機能と回折機能を複合させた回折光学素子などの複雑で微細かつ高精度な形状を有する光学素子の需要が高まっている。この素子の量産のためには反応焼結SiC等の超高硬度金型の超精密微細加工が不可欠であるが、ダイヤモンド切削は被削材の脆性破壊と工具損耗のために適用できず、超精密研削・研磨加工は微細形状の創成に適さないため、これを実現する実用技術は現在は存在しない。そこで、本研究では従来不可能であった炭化珪素(SiC)等の超高硬度金型の超精密微細加工を実現することを目指し、以下の三つのアプローチを通して研究開発を行った。

一つ目のアプローチとして、大曲率半径ダイヤモンドバイトを利用し、切削メカニズムについての検討および加工条件の最適化を行うことで、反応焼結SiCの高能率超精密切削を実現した。従来の硬質脆性材料に対する超精密加工法では、先端半径の小さなダイヤモンドバイト（R<1 mm）が用いられている。そのバイトを用いることで平滑な加工面を得られるが、加工能率が非常に低くバイト磨耗も大きいため、特に反応焼結SiCの超精密加工には適していないという問題がある。本研究では加工能率が低いという問題点を解決するために、大曲率半径ダイヤモンドバイト（R=10 mm）による高能率切削技術を開発した。このバイトを用いることで、従来のバイトを用いた場合と比較して加工能率を数倍に高めることが可能になった。

二つ目のアプローチとして、工具揺動切削法と呼ばれる切削法を提案し、大曲率半径ダイヤモンドバイトの磨耗を最小限に減らすことで、反応焼結SiCの大面積切削加工が可能になった。従来の切削では2軸制御によるワーク表面の材料を除去し、切れ刃上の切削点が一定であるため加工面の形状精度を保証しやすい利点がある。しかし、反応焼結SiCのような超高硬度材料の切削では切削点での温度上昇が大きく、バイトの摩耗が激しくなるという欠点もある。本研究では3軸同時制御により、バイトを送り方向へ移動させながらB軸を中心に工具を揺動させる加工法を開発した。これにより切れ刃上の切削点が常に変化し、一つの切削点における切削時間が大幅に短縮でき、バイトの摩耗量を大幅に低減できることが確認された。

三つ目のアプローチとして、ナノメートルオーダ粒子による固体潤滑法を開発し、ダイヤモンドバイトと加工面との潤滑効果を向上させることで、バイトの使用寿命を延長できることが可能になった。従来の切削では主に潤滑油が用いられ、バイトと加工面との潤滑層が形成しにくく、潤滑効果が低いという問題点がある。本研究では原子層間の弱いせん断力があるナノカーボンや塑性変形を起こしやすい性質を持つナノ軟質金属粒子などを利用した潤滑法を用いることで、バイトと加工面との間の低摩擦潤滑状態の生成が顕著であったことが確認された。

本研究では、従来の加工法では不可能であった反応焼結SiCの超精密切削加工を実現するための大曲率半径ダイヤモンドバイト、工具揺動切削法およびナノ粒子による固体潤滑法を開発し、超精密切削によって加工できる領域を広げることで、次世代の超精密微細光学素子の実現に新しい可能性を見出した。

研究業績

【学術雑誌等への発表】

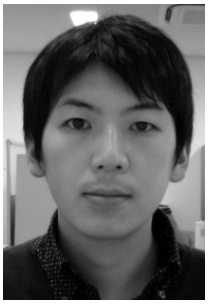
1. Zhiyu Zhang, Jiwang Yan, Tsunemoto Kuriyagawa. Machinability investigation of reaction-bonded silicon carbide by single-point diamond turning. *Key Engineering Materials*, 389-390, (2009): 151-156.

2. J. Yan, **Z. Zhang**, T. Kuriyagawa: Mechanism for material removal in diamond turning of reaction-bonded silicon carbide, *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 389-390, (2009): 151-156.
3. **Zhiyu Zhang**, Jiwang Yan, Tsunemoto Kuriyagawa: Fabricating micro-structured surface by using single-crystalline diamond endmill, Journal of Micromechanics and Microengineering. 投稿中
4. **Zhiyu Zhang**, Jiwang Yan, Tsunemoto Kuriyagawa: Study on periodical groove wear in diamond turning of reaction-bonded silicon carbide. Wear. 投稿中

【学会発表】

【国内】

1. **Zhiyu ZHANG**, Jiwang YAN, and Tsunemoto KURIYAGAWA. Wear Mechanism of Diamond Tools in Ductile Machining of Reaction-bonded Silicon Carbide. Proceedings of the 5th International Conference on Leading Edge Manufacturing in 21st Century, December 2-4, 2009, Osaka, Japan,(2009),425-430.
2. Jiwang YAN, **Zhiyu ZHANG**, Tsunemoto KURIYAGAWA, and Hidenobu GONDA. Cutting Performance of a Single-crystalline Diamond Ball Endmill in Fabricating Micro Lens Arrays and Grooves. Proceedings of the 5th International Conference on Leading Edge Manufacturing in 21st Century, December 2-4, 2009, Osaka, Japan,(2009), 443-448.
3. **Zhiyu Zhang**, Jiwang Yan, Hideya Nishiyama, Tsunemoto Kuriyagawa. Ultraprecision machining of reaction-bonded silicon carbide. Proceedings of the 6th International Conference on Flow Dynamics, 348-349. Sendai, Japan. November 4-6, 2009.
4. **張 志宇**, 閻 紀旺, 厨川 常元. 反応焼結SiCの超精密マイクロ切削に関する研究. 日本機械学会2009年度年次大会. 講演論文集, 263-264. 岩手大学. 2009年9月13日～16日.
5. **張 志宇**, 閻 紀旺, 厨川 常元. 反応焼結SiCの超精密延性切削に関する研究. 2010年度精密工学会春季大会. 発表予定.



氏名　　木村　祐人

所属　工学研究科ナノメカニクス専攻　博士課程後期2年
指導教員　原子分子材料科学高等研究機構　徳山道夫教授
研究タイトル　二成分金属ガラス系における過冷却液体の分子動力学的研究

平成２１年度　研究成果概要

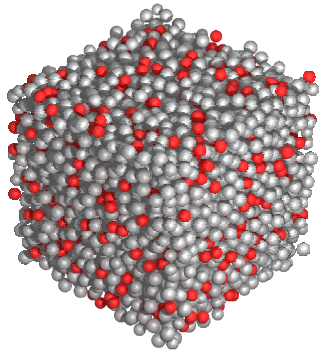
研究目標と成果概要

過冷却液体状態は通常の系の緩和時間が長く、また非線形性の強い応答を示す等、通常の液体とは異なったダイナミクスを示すことが知られている。このダイナミクスを記述すると言われる理論がモード結合理論である。モード結合理論は森公式を基にした一般化ランジュバン方程式に対して二体の相互作用までのみを考慮するという大胆な近似によって得られ、散乱関数における二段階緩和など過冷却液体状態の特徴的なダイナミクスをある程度記述出来る。しかしながら、モード結合理論で使われている近似手法はこの問題で重要になると考えられる多体相互作用を取り入れているとは言いがたく、過冷却液体状態のダイナミクスの本質的な理解にはほど遠い状況である。実際、動的不均一性と呼ばれる粒子同士の協調的な運動や、粒子がジャンプするような運動等、過冷却液体独特のダイナミクスが中性コロイド分散系における実験や計算機実験で観測されたことで、モード結合理論はその修正を余儀なくされている。過冷却液体状態のダイナミクスを理解するためには、よりミクロな立場から特徴的なダイナミクスの起源を明らかにし、それらをふまえて理論を構築する必要がある。この目的において、系の全情報を得ることが出来る計算機実験は非常に有効な研究手法である。本研究では分子動力学法による計算機実験を用いて過冷却液体状態を再現し、その特徴的なダイナミクスをとらえ、計算機実験から得られた知見を理論にフィードバックすることで過冷却液体状態のダイナミクスを深く理解することを目標とする。

特に本年度は以下のような点に関して、CuZrのモデル系における計算機実験をもとに研究を行った。

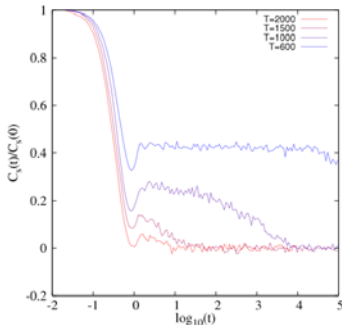
・動的不均一性に代表される過冷却液体のダイナミクスが特定の原子配置に依存していないか調べるため、過冷却液体状態における原子配置をボロノイ解析を用いて調べた。
・動的不均一性の様な不均一なダイナミクスが発生するためには、過冷却液体の中に不均一な応力場が存在するはずであるという観点から、原子に作用するせん断応力の緩和関数を調べた。
・将来的にモード結合理論の正当性を検証するため、モード結合理論の数値計算プログラムを作成し、先行研究との比較を行った。

CuZrの過冷却液体状態、ガラス状態の原子配置の解析



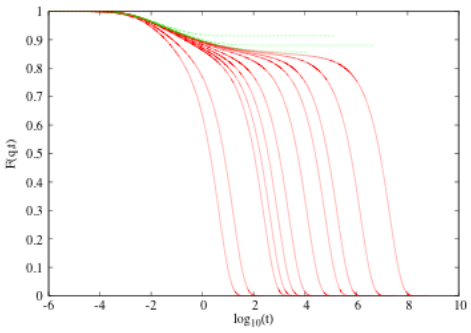
金属ガラス系では、過冷却液体状態からガラス状態に変化する過程で特定のクラスタが増加することが報告されている。本研究では原子の配位数に着目し、配位数ごとに原子のダイナミクスに違いが生じるか調査を行った。その結果、配位数12の原子が構成するクラスタがゆっくりした緩和に寄与している可能性が見いだされた。左の図は600Kにおける配位数12の原子を赤色で示したものである。

CuZrの過冷却液体状態における応力の緩和の観察



過冷却液体状態においては動的不均一性と呼ばれる、不均一な粒子の運動が観測される。本研究では動的不均一性を駆動するような応力の場が過冷却液体状態に存在するはずであるという観点から、粒子に作用する応力の緩和関数を計測した。一粒子辺りに作用するせん断応力の緩和関数を左図に示す。高温では単純な緩和を示しているが、温度が低くなると緩和にゆっくりとしたモードが出現することが分かる。このゆっくりしたモードが動的不均一性、ならびに過冷却液体の緩和時間の劇的な増大に寄与していると考えられる

モード結合理論の数値計算プログラムの開発



モード結合理論は現在ガラス転移を記述することの出来る理論として知られている。しかしながら、まだ改良すべき点も多くある。モード結合理論の正当性の検証、および改良を行うためには、その数値計算を行うのが有効である。剛体球コロイド分散系のモデル系におけるモード結合理論による散乱関数の計算結果を左図に示す。各種解析を行った結果、先行研究と整合性の取れた結果が得られた。

研究業績

【学術雑誌等への発表】

1. Yuto Kimura and Michio Tokuyama, Simulation Study of Supercooled Liquids of Binary Metallic Glass Forming System (proceeding of 2009 WPI-AIMR Annual Workshop), Springer (2009).

【学会発表】

【国内】

1. Y. Kimura and M. Tokuyama, 2009 WPI-AIMR Annual Workshop, Simulation Study of Supercooled Liquids of Binary Metallic Glass Forming System, poster presentation, March 2nd 2009.
2. 木村祐人, 徳山道夫, 日本物理学会弟64回年次大会, CuZrの過冷却液体における拡散運動の計算機実験による研究, 口頭発表, 2009年9月28日.
3. Y. Kimura and M. Tokuyama, 6th International Conference on Flow Dynamics, Comparison of Diffusive Motion in Supercooled Liquid CuZr between Simulation and Mode Coupling Theory, poster presentation, November 5th 2009.
4. 木村祐人, 徳山道夫, 日本物理学会弟65回年次大会, CuZrの過冷却液体における局所原子配置のダイナミクスの計算機実験による研究, 口頭発表, 2010年3月20日(発表予定)

【国外】

1. Y. Kimura and M. Tokuyama, Workshop WPI-IPNG-Europe, Simulation Study of Relation between Long-time Self-diffusion and Local Structure in CuZr, poster presentation, August 25-28th 2009.
2. Y. Kimura and M. Tokuyama, 6th International Discussion Meeting on Relaxation in Complex systems, Simulation Study of Dynamics and Structure in Supercooled Liquid of CuZr, poster presentation, August 30th-September 4th 2009.
3. Y. Kimura and M. Tokuyama, 1st International Workshop on Glass-Forming Systems, Test of the Mode Coupling Theory by Molecular Dynamics Simulation of Supercooled Liquid CuZr, oral presentation, November 7th 2009.



氏名　　チュホアンマン

所属　工学研究科ナノメカニクス専攻　博士課程後期2年
指導教員　工学研究科ナノメカニクス専攻　羽根一博教授
副指導教員　流体科学研究所　高木敏行教授
研究タイトル
真空パッケージによる低電圧高速レーザディスプレー用マイクロミラーの研究

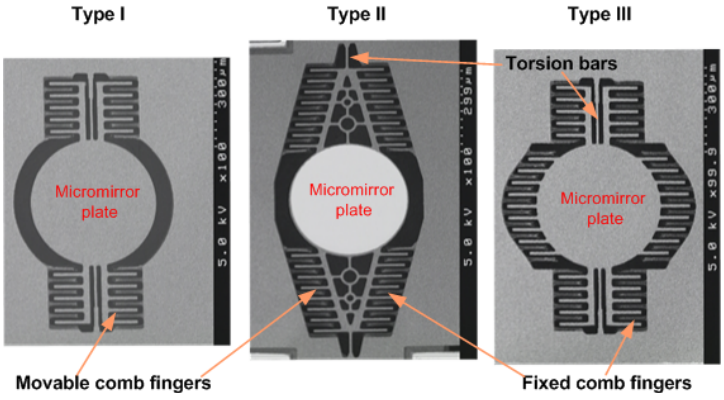
平成２1年度　研究成果概要

The electrostatically driven scanning micro-mirrors are fabricated for the application to laser display. The batch process of micro-mirrors is simple and cost-effective based on micro-electromechanical systems (MEMS) technology. In the case of laser scanning display, the micro-mirror is often driven at the resonant frequency for scanning along the horizontal and/or vertical axes. Since the resonant frequency needed for the display is higher than 8 kHz, it is not always easy to decrease the torsion spring constant for realizing low voltage operation. To decrease the driving voltage and increase the scan angle, researchers recently reported the optimizations of vertically self-assembled combs. The comb actuator with narrow gap was also effective for increasing the electrostatic force. Another simple way was to increase the number of combs in electrostatic actuator. Without decreasing the spring constant of torsion spring, additional combs were installed on the edges of mirror. However, the installation of combs on the mirror plane also increased the inertia and thus decreased the resonant frequency.

Under the resonant scanning of micro-mirror, the mirror can be considered as a mechanical oscillator. The oscillation amplitude, which corresponds to the scan angle, is determined by the balance between input energy and loss. If the loss of oscillating mirror is decreased, the scan angle of the mirror increases. It is considered that the air friction generates a large loss since the friction boundary of the comb-drive mirror is long. Therefore, it can be expected that the operation of micro-mirror in vacuum improves the scan angle and the driving voltage.

We investigated the characteristics of the micro-mirrors operated in vacuum at the high resonant frequency as used for laser scanning display. The effect of comb arrangement was investigated for the three types of micro-mirror. The resonant frequency and quality factor were studied in atmospheric air and vacuum.

Fig. 1 shows the scanning electron micrographs of types I, II and III, respectively. In order to investigate the loss of the oscillating micro-mirror, we measured the quality factor Q as a function of pressure in the range from 0.1 Pa to atmosphere. The measured and calculated values of Q are shown in Fig. 2. The measured values of Q start to decrease at about 1.5 Pa for Types I and II and at about 0.4 Pa for Type III with the increase of pressure. The maximum value of Q was 9735 for type II



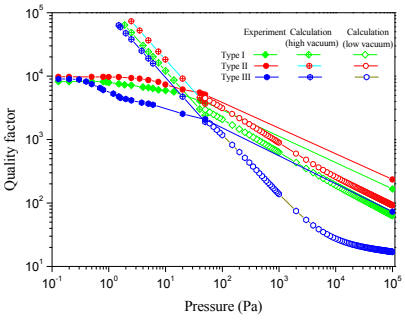


Fig. 1. Electronmicrographs of the fabricated micro mirrors.
Fig. 2. Quality factors of three micro mirror types measured and calculated as a function of pressure.

below 7 Pa. The value of Q increases by about two orders of magnitude when compared with that in the atmospheric air. The rotation angle thus increased 52 times larger than that in atmospheric air for type II at the resonant frequency of 25 kHz, which corresponded to the decrease of operation voltage by a factor more than 7. The results and discussions were presented detail in [1], [2].

From the investigation of vacuum operation of comb-drive micro display-mirrors, the operation voltage was decreased substantially by decreasing the air friction of comb-drive micro-mirror at a high resonant frequency when the mirror was operated at low pressure. In order to use this advantage for mobile micro-mirror, vacuum packaging is a key technology.

A comb-drive micro-mirror was packaged in high vacuum using TO8 metal package as shown in Fig. 3. Two types of mirror-mirrors have been fabricated and hermetically sealed with a quartz transparent window. The pressure in the package was estimated to be about 0.7 Pa from the changes of the amplitude and the quality factor of oscillation. Theoretical explanations about air damping were also presented. Durability test was also carried out as well as the evaluations of several properties of micro-mirror before and after packaging [3].

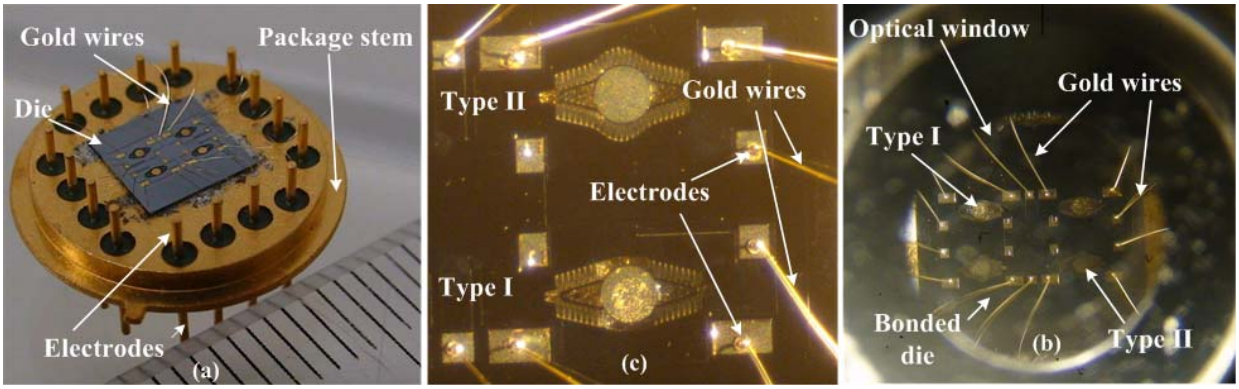


Fig. 3. (a) Die bonded to chip carrier, (b) magnified image of micro-mirrors, (c) a perspective view of packaged chip and (d) view looking through glass window.

1. Chu Hoang Manh and Kazuhiro Hane, Air friction loss of comb drive resonant micro mirrors for laser scanning display, Optical MEMS and Nanophotonics Conference, 17-20 August 2009, USA
2. Chu Hoang Manh and Kazuhiro Hane, Vacuum operation of comb-drive micro display-mirrors, J. Micromech. Microeng. 19 (2009) 105018 (8pp).
3. Chu Hoang Manh, Takayuki Tokuda, Masafumi Kimata and Kazuhiro Hane, Compact Low-Voltage Operation micro-mirror based on high vacuum seal technology using metal can, IEEE/ASME Journal of Microelectromechanical Systems 2010, (submitted)

研究業績

【学術雑誌等への発表】

1. Chu Hoang Manh and Kazuhiro Hane, Vacuum operation of comb-drive micro display-mirrors, J. Micromech. Microeng. 19 (2009) 105018 (8pp). 査読有
2. Chu Hoang Manh, Takayuki Tokuda, Masafumi Kimata and Kazuhiro Hane, Compact Low-Voltage Operation micro-mirror based on high vacuum seal technology using metal can, IEEE/ASME Journal of Microelectromechanical Systems 2010, (submitted)

【学会発表】

【国内】

1. Chu Hoang Manh, Takashi Sasaki and Kazuhiro Hane Effect of increased combs on the characteristics of compact micro mirror , The IEEJ National Convention, March 16-18, 2009. 口頭.
2. Chu Hoang Manh and Kazuhiro Hane Operation of display micro mirror in vacuum, The 56th Spring Meeting, The Japan Society of Applied Physics and Related Societies, March, 31- April 2, 2009. 口頭.
3. Chu Hoang Manh and Kazuhiro Hane Characteristics of resonant micro mirror in vacuum, June 17 – 20, 2009 International Conference on Micromechatronics for Information and Precision Equipment.

口頭.

4. Chu Hoang Manh, Toshiyuki Takagi and Kazuhiro Hane Theoretical approach for estimating air friction in laser scanning mirror Sixth International Conference on Flow Dynamics, November 4-6, 2009, Japan、ポスター.

【国外】

1. Chu Hoang Manh and Kazuhiro Hane, Air friction loss of comb drive resonant micro mirrors for laser scanning display, Optical MEMS and Nanophotonics Conference, 17-20 August 2009, USA、ポスター.



氏名　　齋藤 泰洋

所属　工学研究科化学工学専攻　博士後期課程2年
指導教員　工学研究科化学工学専攻　三浦隆利教授
研究タイトル
超高速回転する回転ベルカップ表面における液体流動特性に関する数値解析

平成２１年度　研究成果概要

【目的】工業塗装では高速回転する回転ベルカップを用いて塗料を微粒化し、塗布する噴霧塗装が広く用いられる。噴霧塗装はバルク塗装と比較して高い生産性と優れた仕上がり品質を有しているものの、塗料飛散による塗着効率の低下や作業環境を悪化および環境汚染を招く欠点を有する。これに対し、ノズル後方からの空気の吹きつけや強電場の印加による微細粒子の塗装面に対する付着性を向上させることにより塗着効率を向上させることが考えられる。これらの制御因子の決定には製品の成否による試行錯誤的な方法により決定されているのが現状であるため、理論に基づいた解明が必要である。しかしながら、30,000 rpm以上で超高速回転する回転ベルカップ周りの流動現象は、複雑な乱流場を形成するだけでなく、塗料がベルカップ表面を流れる自由表面流れを形成し、高電圧の電磁場による液滴流動が起こるため、非常に複雑な現象である。これに対し、対象を絞った実験例はあるものの、その全体像に迫った研究例はない。そこで、本研究では微粒化プロセスの定量化を行い、制御因子の特定、設計および操業指針の提案を行う。

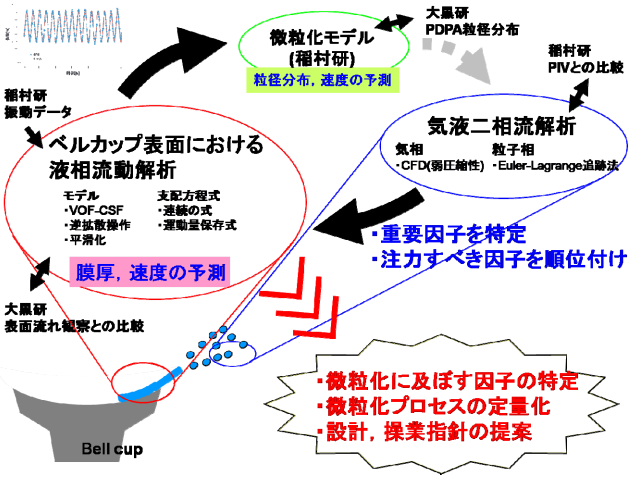


図1研究方針

【研究方策】回転ベルカップ静電塗装機を対象に三大学(東北大学、弘前大学、八戸工業大学)による共同研究を実施する。弘前大学稲村研および八戸工業大学大黒研が実験を担当し、当研究グループは数値解析を担当し、現象の解明を試みる。申請者は共同研究の中で微粒化プロセスにおいて高速回転する回転ベルカップ表面における自由表面流れの解析を試みる。

【研究内容】自由表面流れに対しVolume Of Fluid(VOF)法コードの開発を行う。VOF法を用いた自由表面解析は具体的に以下の三点に分けることができ、本報告では、流体計算とVOF関数をそれぞれ比較検討した結果について報告する。

・流体計算
- 速度と圧力の結合解法を用いて流体の移動を計算する。

・VOF関数f の対流方程式に関する計算
- VOF関数の移動を計算する。

・流体計算とVOF関数f のカップリング
- VOF関数からスカラー量を補間し、VOF関数の移動によって得られる界面張力を体積力として流体計算に組み込む。

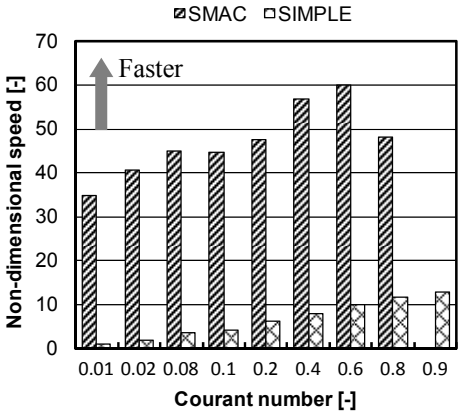


図2 二次元非定常問題における計算速度の比較

流体計算におけるMAC系解法とSIMPLE系アルゴリズムの比較

実用的な解析を行う場合、計算負荷の軽減は重要な問題となり、申請者は非定常解析で負荷の寄与が最も大きい圧力速度結合解法を比較した。

非定常流体解析にはSIMPLE系アルゴリズムあるいはMAC系解法が広く用いられている。しかしながら、これらの異なる圧力速度結合解法を比較した研究は僅少である。そこで本研究では、圧力速度結合

解法にSMAC法とSIMPLEアルゴリズムを適用し、SIMPLE系アルゴリズムの比較で用いた解析条件と同じ条件で比較した。その結果の一例を図2に示す。SMAC法はSIMPLEアルゴリズムと比較して解析精度が同程度に高く、数値安定性は低いものの、安定に計算できる場合にかぎり、計算時間を大幅に短縮できることを示した。

(6th International Conference on Fluid Dynamicsにて発表し、Best Awardを受賞した。)

VOF関数の計算における数値スキームの比較

VOF法においてVOF関数fの移動は、流体1と流体2のそれぞれの物性値に影響を及ぼすため、非常に重要である。しかしながら、VOF関数の移動で用いられる対流方程式における対流項離散化スキームは非線形であるため、取り扱いが非常に困難である。そのため、離散化スキームが解に直接影響を及ぼし、発生する数値拡散により界面がぼやけることになる。そこで本研究では、二次元非定常対流問題を解き、対流項離散化スキームの比較した。その結果の一例を図3に示す。逆拡散操作を伴ったCICSAMスキームが界面のぼやけが非常に少ないことを示した。(第2回流動ダイナミクス国際若手研究発表会にて発表し、最優秀賞を受賞した。)

以上の結果より、計算負荷が少ない速度圧力結合解法を得、VOF関数の計算における高精度なスキームが得られた。今後はこれらを組み合わせ、高精度でかつ計算負荷の少ない回転ベルカップ表面上における流動解析を目指す。

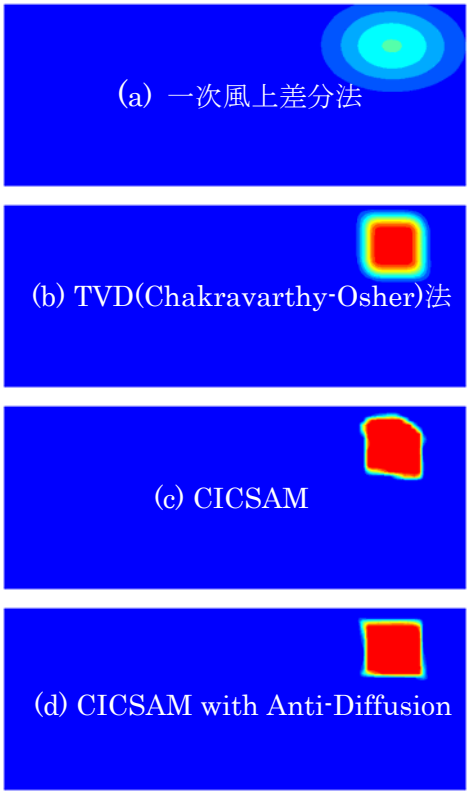


図3二次元非定常対流問題

研究業績

【学会発表】

【国内】

(ポスター・査読なし)

[本人が発表]

1. ○**Y. Saito**, K. Yasumura, Y. Matsushita, H. Aoki, T. Miura, S. Ogasawara, M. Daikoku, T. Igarashi, K. Matsuyama, M. Shirota and T. Inamura, An Investigation of the Features of SMAC and SIMPLE for Incompressible Unsteady-state Fluid Flow Solutions, 6th International Conference on Fluid Dynamics, pp. 224-225, Sendai, Japan, November 4-6 (2009)

[共同研究者が発表]

2. ○K. Yasumura, **Y. Saito**, Y. Matsushita, H. Aoki, T. Miura, S. Ogasawara, M. Daikoku, T. Igarashi, K. Matsuyama, M. Shirota and T. Inamura, A Numerical Investigation of the Effect of the Size of Painting Droplets on Transfer Efficiency with Rotary Bell-cup Atomizer, 6th International Conference on Fluid Dynamics, pp. 240-241, Sendai, Japan, November 4-6 (2009)

(口頭，査読あり)

[共同研究者が発表]

3. ○佐々木淳一，小笠原慎，大黒正敏，五十嵐貴之，松山和樹，城田農，稲村隆夫，**齋藤泰洋**，安村光太郎，青木秀之，三浦隆利，局所的高速気流による液柱の微粒化特性 - 第2報：噴射角度および液体物性値の微粒化への影響，日本機械学会東北支部第45期総会・講演会，仙台，3月12日 (2010) [発表決定]
4. ○五十嵐貴之，稲村隆夫，柳岡英樹，**斎藤秦洋**，安村光太郎，小笠原慎，回転ベルカップアトマイザーにより生成される気流および噴霧の可視化，日本機械学会2009年度年次大会，G0501-2-5，盛岡，9月13日-9月16日 (2009)

(口頭，査読なし)

[共同研究者が発表]

5. ○安村光太郎，**齋藤泰洋**，庄子正和，松下洋介，青木秀之，三浦隆利，小笠原慎，大黒正敏，五十嵐貴之，松山和樹，城田農，稲村隆夫，回転噴霧塗装機の噴霧飛行過程における噴霧流解析を用いた

塗着効率の低下因子の特定, 化学工学会第75年会, 鹿児島, 3月18-20日 (2010) [発表決定]

6. ○安村光太郎, **齋藤泰洋**, 庄子正和, 松下洋介, 青木秀之, 三浦隆利, 噴霧塗装を対象とした噴霧飛行過程において塗着効率に影響を与える因子に関する数値解析, 宮城化学工学懇話会第5回先端研究発表会, 仙台, 3月9日 (2010) [発表決定]
7. ○小笠原慎, 大黒正敏, 五十嵐貴之, 松山和樹, 城田農, 稲村隆夫, **齋藤泰洋**, 安村光太郎, 青木秀之, 三浦隆利, 超高速回転体による微粒化特性 - 第3報 回転体周縁における液膜および液糸の特性, 自動車技術会2009年度自動車技術会関東支部学術研究講演会, 厚木, 3月5日 (2010) [発表決定]
8. ○菅原幸平, 清藤匡孔, 小笠原慎, 大黒正敏, 五十嵐貴之, 松山和樹, 城田農, 稲村隆夫, **齋藤泰洋**, 安村光太郎, 青木秀之, 三浦隆利, 超高速回転体表面の液膜厚さの測定, 日本機械学会東北支部東北学生会第40回学生員卒業研究発表講演会, 秋田, 3月5日 (2010) [発表決定]
9. ○小笠原慎, 大黒正敏, 五十嵐貴之, 松山和樹, 城田農, 稲村隆夫, **齋藤泰洋**, 安村光太郎, 松下洋介, 青木秀之, 三浦隆利, 超高速回転体による微粒化特性 - 第2報　液膜の流動特性と微粒化特性, 第18回微粒化シンポジウム, G-3, 福岡, 12月17-18日 (2009)
10. ○安村光太郎, **齋藤泰洋**, 松下洋介, 青木秀之, 三浦隆利, 小笠原慎, 大黒正敏, 五十嵐貴之, 松山和樹, 城田農, 稲村隆夫, 高速回転ベルカップを用いた噴霧塗装における内部再循環流が噴霧粒子挙動に及ぼす影響の数値解析, 第18回微粒化シンポジウム, G-1, 福岡, 12月17-18日 (2009)
11. 松山和樹, 五十嵐貴之, ○城田農, 稲村隆夫, **齋藤泰洋**, 安村光太郎, 松下洋介, 青木秀之, 三浦隆利, 小笠原慎, 大黒正敏, 回転ベルカップアトマイザーの噴霧特性に与えるシェイピングエアー噴出口形状の影響, 第18回微粒化シンポジウム, D-1, 福岡, 12月17-18日 (2009)
12. ○安村光太郎, **齋藤泰洋**, 松下洋介, 青木秀之, 三浦隆利, 小笠原慎, 大黒正敏, 五十嵐貴之, 稲村隆夫, 静電場を考慮した超高速回転噴霧塗装機の噴霧流解析, 化学工学会第41回秋季大会, 広島, 9月16-18日 (2009)
13. ○安村光太郎, **齋藤泰洋**, 松下洋介, 青木秀之, 三浦隆利, 小笠原慎, 大黒正敏, 五十嵐貴之, 稲村隆夫, 超高速回転噴霧塗装機における静電場が塗着効率に及ぼす影響の数値解析, 宮城化学工学懇話会第5回先端研究発表会, 仙台, 9月8日 (2009)
14. ○安村光太郎, **齋藤泰洋**, 松下洋介, 青木秀之, 三浦隆利, 小笠原慎, 大黒正敏, 五十嵐貴之, 稲村隆夫, 超高速回転噴霧塗装機のベルカップ周りの旋回乱流場における噴霧流解析, 第9回日本伝熱学会学生発表会, 仙台, 5月8日(2009)

【国外】

(口頭, 査読あり)

1. ○Shin Ogasawara, Masatoshi Daikoku, Takao Inamura, **Yasuhiro Saito**, Yohsuke Matsushita, Hideyuki Aoki and Takatoshi Miura
   Atomization of Liquid Issued from An Ultra High-Speed Rotary Bell,
   11th International Conference on Liquid Atomization and Spray Systems, Colorado, USA, July 26-30 (2009)

【受賞等】

[本人が受賞]

1. **Best Award** (上位11%), 6th International Conference on Fluid Dynamics, **Y. Saito**, K. Yasumura, Y. Matsushita, H. Aoki, T. Miura, S. Ogasawara, M. Daikoku, T. Igarashi, K. Matsuyama, M. Shirota and T. Inamura, "An Investigation of the Features of SMAC and SIMPLE for Incompressible Unsteady-state Fluid Flow Solutions", 2009年11月5日
2. 最優秀賞 (上位10%), 第2回流動ダイナミクス国際若手研究発表会, **齋藤泰洋**, "VOF法を用いた自由表面を含む非定常流体流動解析への取り組み", 副賞 特別研究奨励費 30万円, 2009年7月10日
3. 佳作 (上位55%), 第1回UCEEネット活性化アイディアコンテスト, **齋藤泰洋**, "研究ヒヤリハットデータベース化", 2009年7月4日

[直接指導した共同研究者が受賞]

4. **Outstanding Award for Research**（上位11%), 6th International Conference on Fluid Dynamics, K. Yasumura, **Y. Saito**, Y. Matsushita, H. Aoki, T. Miura, S. Ogasawara, M. Daikoku, T. Igarashi, K. Matsuyama, M. Shirota and T. Inamura, "A Numerical Investigation of the Effect of the Size of Painting Droplets on Transfer Efficiency with Rotary Bell-cup Atomizer", 2009年11月6日
5. **最優秀発表賞**（上位11%), 宮城化学工学懇話会第5回先端研究発表会, 安村光太郎, **齋藤泰洋**, 松下洋介, 青木秀之, 三浦隆利, 小笠原慎, 大黒正敏, 五十嵐貴之, 稲村隆夫, "超高速回転噴霧塗装機における静電場が塗着効率に及ぼす影響の数値解析", 2009年9月8日
6. **優秀プレゼンテーション賞**（上位16%), 第9回日本伝熱学会学生発表会, 安村光太郎, **齋藤泰洋**, 松下洋介, 青木秀之, 三浦隆利, 小笠原慎, 大黒正敏, 五十嵐貴之, 稲村隆夫, "超高速回転噴霧塗装機のベルカップ周りの旋回乱流場における噴霧流解析", 2009年5月8日



氏名　　佐藤　功人

所属　情報科学研究科情報基礎科学専攻　博士後期課程1年
指導教員　情報科学研究科情報基礎科学専攻　滝沢寛之准教授
副指導教員　工学研究科航空宇宙工学専攻　中橋和博教授
研究タイトル
複合型計算システムを効率的に利用するためのプログラミング支援に関する研究

平成２1年度　研究成果概要

近年、高い演算性能を持つアクセラレータが普及してきており、汎用プロセッサとアクセラレータを組み合わせた**複合型**と呼ばれる計算機が増加している。アクセラレータのピーク性能は汎用のプロセッサ(CPU)に比べると著しく高いため、負荷の高い演算をアクセラレータに割り当てることで実効性能の向上を図ることが可能である。演算アクセラレータの中でも、**描画処理用プロセッサ(GPU)**は既に一般的なPCに搭載されており、処理の高速化に有望なアクセラレータとして注目されている。

一方で、複合型計算システムにおけるソフトウェア開発は難易度が高く、最大限の性能を引き出すプログラムを作るには知識と経験に加え、労働集約的な作業が必要とされる。アクセラレータを用いるためには、既存の言語にハードウェア仕様を反映した独自の拡張が加えられている、ベンダ独自の開発環境を使用しなければならない。また、アクセラレータ用のプログラムは実行時のハードウェア仕様に対して最適化しなければ高い実効性能が得られない。そのため、実行環境ごとにプログラムの書き直しが必要となり、プログラムの移植性や再利用性が著しく低下する問題がある。さらに、処理の割り当てにも課題が存在する。一般にアクセラレータは汎用プロセッサに比べて高いピーク演算性能を持つといわれるが、複合型計算システムに搭載されているプロセッサの世代や種類および実行するプログラムによっては、必ずしもアクセラレータの方が高い実効性能が得られるとは限らない。これらのプログラミング上の課題を解決するためには、ハードウェア仕様に依存しないプログラミング言語と、搭載されているプロセッサ群に対して自動的に処理を割り当てる支援が有効である。

本研究では、これまでに複合型計算システム向けのプログラミングフレームワークとしてSPRAT(Stream Programming with Runtime Auto-Tuning)の開発を行ってきた。SPRATプログラミングフレームワークは、複合型計算システムに搭載されている汎用プロセッサとアクセラレータのハードウェア仕様を抽象化したプログラミング言語として、SPRAT言語と専用のコンパイラを提供している。また、自動的に処理の割り当てを行うために、実行時間の履歴から最適なプロセッサを予測・選択する機能を持つ実行時ライブラリを提供している。SPRATの動作概要を図2に示す。SPRAT言語はハードウェアを抽象化したプログラミングモデルに従ってプログラムを記述可能としており、SPRATコンパイラは抽象度の高いSPRATプログラムから、それぞれのプロセッサ用のプログラムを生成する。実行時には、処理対象のデータを分析して得られた結果と、蓄積された実行時間の履歴から、最も実行時間が短くなるプロセッサを予測し、自動的に処理の割り当てを行う。現状のSPRATはCPUとGPUを搭載した複合型計算システムに対応している。

本年度は、図2左に示すコンパイラ部分について開発を推進した。抽象度の高いSPRATプログラムはハードウェアを抽象化しているため、単純に変換しただけでは、高い実効性能を得ることが難しい。特にGPU向けのコードに対しては、高い実効性能を得るためにハードウェア特性に合わせた最適化を適用することが必須となる。この自動最適化手法として、これまでにGPU特有のメモリ階層を効果的に利用するようにプログラムを変形する手法と、GPUにおいて実行時に指定しなければならないパラメータの自動調整手法を提案した。

GPUのコード自動最適化手法は、GPU固有の高速なメモリを自動的に使用することで、実効メモリバンド幅を向上させ、結果として演算性能の向上を図る手法である。本手法では、GPU固有のメモリ領域を考慮せ

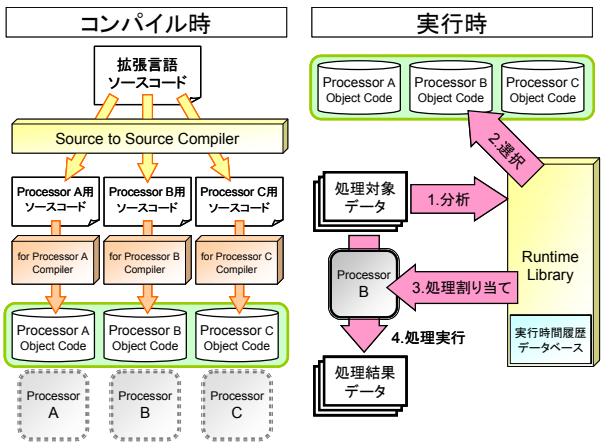


図2. SPRATの動作概要

ずに記述されているSPRATプログラムを解析し、処理対象のデータの中で特にアクセス頻度が高いデータ範囲を自動的に検出する。検出した再利用性の高いデータ範囲に対しては、GPU固有の高速なメモリ領域に処理前に配置しておくようにコードを自動修正する。この手法により、プログラマはGPUのハードウェア構成について詳しい知識がなくとも、GPU固有のメモリ領域を適切に用いることが可能となり、高い実効性能を容易に得ることが可能となる。

GPUにおける実行時パラメータの自動調整手法は、処理をプロセッサに割り当てる単位について、自動的に適切な値に設定するための手法である。GPUでは、相互に独立してプログラムを実行する**スレッド**が、処理対象のデータ１つ１つを並列して処理することが基本である。ハードウェアに搭載されているプロセッサコアには、スレッドをある程度集積した**協調的スレッド配列**(Cooperative Thread Array：CTA)毎に処理が割り当てられる。CTAあたりのスレッド数を設定することは、処理対象のデータをプロセッサコア間でどのように分割して処理するかを決めることに相当するが、最適なCTA設定は処理対象のデータやアルゴリズムに依存して変化するために、静的な予測は困難である。SPRAT言語で記述されているプログラムをGPU用のプログラムに変換する際には、このCTA設定を適切に設定しなければ最良の性能は得られない。本研究では、CTA設定を変化させながらサンプルデータを投入して得られた実行時間履歴をもとに、最適なCTA設定を自動的に抽出する手法を提案した。

以上の提案した二つの手法について、非圧縮性流体の挙動シミュレーションにおけるカーネル性能を測定するために設計された姫野ベンチマークを用いて評価を行った。評価結果を図3に示す。図中のCPUはCPUのみを用いた場合の実効性能を示している。**SPRAT(base)**は、姫野ベンチマークを単にSPRAT言語で実装した場合を示しており、**SPRAT(Opt)**はコンパイラによる自動最適化を適用した場合を、**SPRAT(Opt+Tune)**は自動最適化に加えてCTA設定の自動調整を行った場合を示している。

この結果より、SPRAT言語で実装しただけでもCPUのみを用いる場合に比べて高い実効性能を達成可能であり、自動的にGPUの演算性能を利用可能であることを実証した。自動最適化を適用することで実効性能は67%～80%向上し、さらにCTA設定の自動調整を適用することで、25%～36%向上する。以上より、本研究の提案手法は複合型計算システムの持つ演算性能を容易に引き出すことが可能であり、また自動最適化手法と自動調整手法がGPUを搭載した複合型計算システムの性能を引き出すうえで効果的であることを明らかとした。

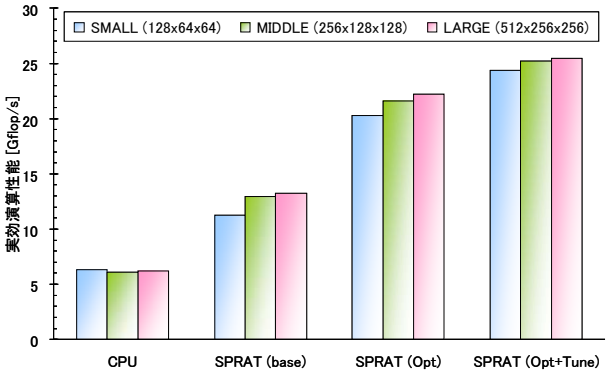


図3. SPRATの実効性能評価

研究業績

【学術雑誌等への発表】

1. Hiroyuki Takizawa, **Katsuto Sato**, Kazuhiko Komatsu and Hiroaki Kobayashi, "CheCUDA: A Checkpoint/Restart Tool for CUDA Applications," International Conference on Parallel and Distributed Computing Applications and Technologies, CD-ROM, Dec 11, 2009, 採録.
2. **Katsuto Sato**, Hiroyuki Takizawa, Kazuhiko Komatsu and Hiroaki Kobayashi, “Automatic Tuning of CUDA Execution Parameters for Stencil Processing,” Software Automatic Tuning: From Concepts to State-of-the-Art Results, Springer, 2010, 採録決定.

【学会発表】

【国内】

1. **佐藤功人**, 滝沢寛之, 小林広明, “ストリーム処理記述言語のGPU向け自動最適化の検討,” 先進的計算基盤システムシンポジウム SACSIS2009, 査読付き口頭発表, 2009/05/09.
2. **佐藤功人**, “CPUとGPUを協調利用するソフトウェア開発環境”, GPGPU講習会・研究会, 査読無し口頭発表, 2009/06/24.
3. 小松一彦, 小山賢太郎, **佐藤功人**, 滝沢寛之, 小林広明, “プロセッサ自動選択機能を有するBLASの実現に向けた性能評価,” FIT2009 第8回情報科学技術フォーラム, 査読無し口頭発表, 2009/07/03.
4. 滝沢寛之, **佐藤功人**, 小松一彦, 小林広明, “CUDAアプリケーション向けチェックポイント・リス

タート機能の実装と評価," 情報処理学会 第122回 HPC研究会, 査読無し口頭発表, 2009/09/10.

5. 荒井勇亮, **佐藤功人**, 滝沢寛之, 小林広明, "OpenCL によるGPUコンピューティングの性能評価," 情報処理学会 第124回HPC研究会, 査読無し口頭発表, 2010/02/23.

【国外】

1. **Katsuto Sato**, Hiroyuki Takizawa and Hiroaki Kobayashi, The Sixth International Conference on Flow Dynamics 2009, "A High-level GPU Programming Framework for Fluid Dynamics Simulation," Non-reviewed oral and poster presentation, 2009/11/06.
2. Kazuhiko Komatsu, Kentaro Koyama, **Katsuto Sato**, Hiroyuki Takizawa and Hiroaki Kobayashi, "A High-level Programming Framework for Efficient Hybrid-architecture Computing," SIAM Conference on Parallel Processing for Scientific Computing, Non-reviewed oral presentation, 2010/2/25.



氏名　　柳　昌昊

所属　医工学研究科医工学専攻　博士後期課程2年
指導教員　流体科学研究所　太田信准教授
研究タイトル
Development of a prediction system of catheter tracking for endovascular treatments

平成２1年度　研究成果概要

My theme in doctoral program I'm studying is entitled as "Development of a prediction system of catheter tracking for endovascular treatments". And thus, my considerable efforts have been forced on training to make in-vitro artery models representing human blood vessel with Poly(vinyl alcohol) and to develop an in –vitro tracking system for catheter motion.

Cross model for tracking System and Motion Capture of Catheter

A model with a cross branch was constructed using Magics software (Magics RP 8.5; Materialise, Leuven, Belgium) shown as Figure 1(a). The diameter of main artery was 4 mm as a mean of intracranial artery. A zebra pattern (2 mm distance and 2 mm thickness) was painted on a catheter (Micro Catheter; Cat.No.E102-130S1, GMA Co., Ltd., Japan) using an oily marker pen (MO-120-MC-BK, Zebra, Japan) shown as Figure 3(b). The catheter was inserted into circulation system made of resin with a sheath as Figure 1(c) and was moved by hand slowly and the motion was recorded by digital camera (Canon PowerShot G9, Japan).



(a)　(b)　(c)

Fig. 1 (a) Cross model for tracking system　(b) Catheter with zebra pattern for motion capture　(c) Circulation system for tracking motion of catheter

Realistic model for tracking System and Motion Capture of Catheter

To construct a realistic mold, models of the cerebral vasculature shown in Fig. 2 were created from patients undergoing clinically indicated conventional angiography with rotational data acquisition. Three-dimensional angiography was performed on a biplane C-arc unit (BV 3000; Philips Medical Systems, the Netherlands). The rotational run was then transferred to an angiography workstation (INTEGRIS 3D-RA, Philips Medical System) and 3-D reconstruction was performed. The 3-D geometry was transferred to a model made of gypsum, shown as Fig. 3. After gelation, the gypsum materials were removed by the lost-wax technique.

Fig. 2 Three-dimensional model for a patient

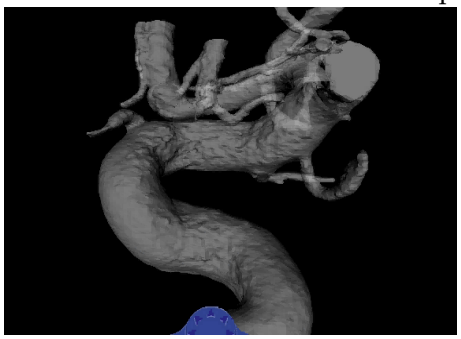


Fig. 3 Model made of gypsum

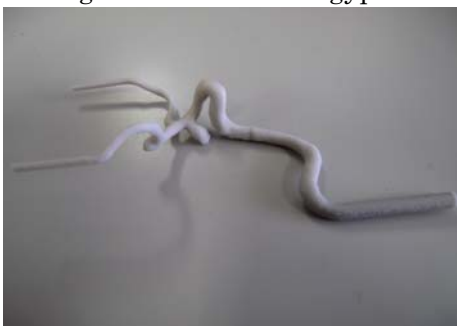


Figure 4 shows consecutive images of catheter motion with time at the point of artery crossing. It demonstrates that the catheter tip in cross geometry of the PVA-H model can be gently moved so as to enter the horizontal artery, which implies that catheters and guidewires can be controlled in the actual PVA-H artery phantom model.

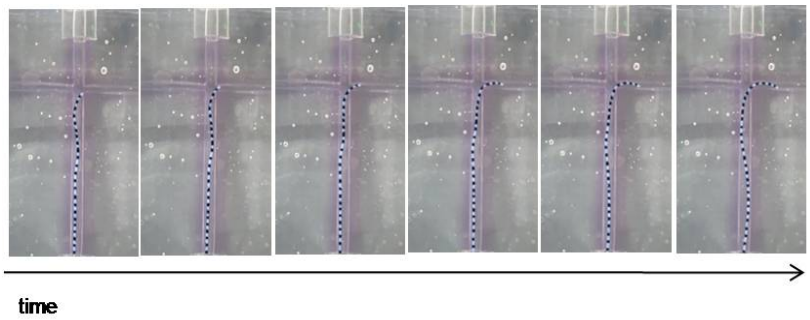


Fig. 4 Sequent images of catheter motion with time at the point of artery crossing

To assess the catheter's trackability, two different parts of the catheter, i.e., the hard part and the soft part, were inserted into the PVA-H model of the circulatory system with realistic geometry. The soft part of the catheter can be controlled to gently move along the curved line of the PVA-H model with realistic geometry shown in Fig. 5. However, movement of the hard part was unsuccessful and we couldn't let catheter move on the curved line, which implies that more such experiments may lead to development of a good catheter using the in vitro tracking system for catheter motion.

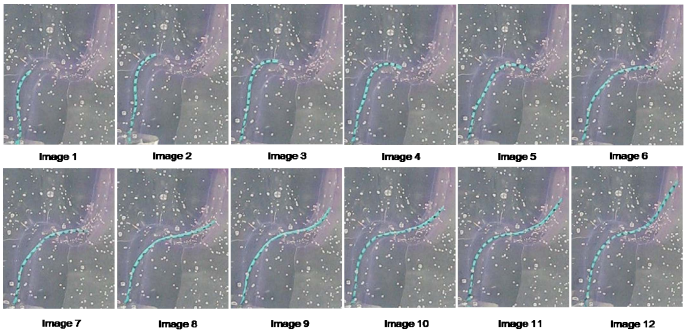


Fig. 5 Motion capture of the catheter with realistic geometry of PVA-H model

研究業績

【学会発表】

【国内】

1. International intracranial stent meeting 2009, Experimental Study on a Catheter Movement for New Catheter Design Based on Mechanical Properties, Oral Presentation, Aug. 6th 2009
2. 6th ICFD, Experimental study on a catherter movement for evaluating catheter designs using an in-vitro tracking system, Oral and Poster Presetation, Nov. 6th 2009
3. The 49th Annual Conference of Japanese Society for Medical and Biological Engineering, Computational simulation of catheter motion in hepatic blood vessels, Poster Presentation, Jun. 25th-27th 2010 (Submmting)

【国外】

1. AP biomech 2009 conference, Study on a Catheter Movement with Poly (vinyl alcohol) hydrogel for the Development In-vitro Tracking system, Oral Presentation, April. 15th 2009

14. 基本支援リサーチ・アシスタントの取り組みと実績

氏名　　船川　幸寛



所属　工学研究科航空宇宙工学専攻　博士後期課程3年
指導教員　工学研究科航空宇宙工学専攻　近野敦准教授
研究タイトル
可変剛性を有する改良型デルタ機構の開発

平成２1年度　研究成果概要

昨年度に改良型デルタ機構を開発し、その機構が有する特性評価を行い機構上の問題点が新たに現れた。その問題点を明らかにし改善することで機構が有する特性の精度向上を図る。

実験は本機構の剛性を測定し、所望の特性が出力されている事を検証するものである。剛性を制御（任意に調整可能）し、剛性の変化（実測値）を理論値と比較することで、可変剛性機構部（ばね機構）が有する剛性特性の評価を行う。

実験結果は、理論値と実測値で大きな偏差が生じている。この結果を鑑みて考えられる原因は、実験方法、理論値の導出、機構（ハードウェア）上のいずれかと考えられる。

実験方法に関して、剛性実験の様な複雑な測定ではなく単純な基礎実験を行ったところ、誤りが見受けられなかった。また、理論値の導出に関して、物理的意味を確認しながら再計算を行ったところ、こちらも誤りが見受けられなかった。

以上から、ハードウェアの部分に何らかの設計上の問題が生じていると考えられる。まず、

機構上ガタが大きい可変剛性機構に着目した。分解して小さなユニット毎に、駆動部の確認を行った。その結果、ばねを圧縮する際にスライドするための部品と部品の間に大きな摩擦が生じている事が明らかになった。本来は双方が滑らかに駆動しなくてはならない。

この部分の改良が要求されるが、それはばねをスライドする部品が片持ちになっているため、スライド部に掛かる力が偏って掛かる、つまり摩擦を発生させる原因となっている。この部分を両持ちになる様に設計変更しなくてはならない。

また、スライド部分が小型化になっているため、機構のガタ等で誤差による影響が特性に大きく変化させる。この事から、スライダ部に関して、ストロークを大きく確保できる様に再設計が必要である。

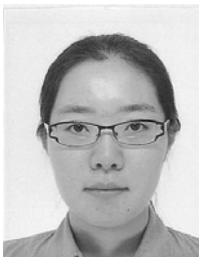
以上により、機構の改良を施すことで問題が解消されると考えられる。現在、その問題となっている機構部二点の改良に着手し、再設計を行っている。

研究業績

【学会発表】

【国内】

1. 船川幸寛，近野敦，内山勝：可変剛性を有する改良型デルタ機構の開発，ロボティクス・メカトロニクス講演会'09講演論文集，1A1-A13，2009/05
2. 船川幸寛，近野敦，内山勝：内山・近野研究室のRT（線形ばねを用いた可変剛性機構技術／可変剛性を有する改良型デルタ機構技術），第27回 日本ロボット学会学術講演会，3N1-01，2009/09



氏名　　中山　雅野

所属　工学研究科航空宇宙工学専攻　博士後期課程1年
指導教員　工学研究科航空宇宙工学専攻　内山勝教授
研究タイトル
解剖学的異方性を組み込んだ脳外科手術シミュレーションの構築

平成２１年度　研究成果概要

＜要素破壊モデルによる鈍的剥離操作シミュレーションの安定化＞

（目的）

これまでに構築した剥離現象モデルでは、要素を消去することによって破壊を表現していた。しかし、破壊を伴うシミュレーションにおいては、図１に示す要素に代表されるような不安定な要素が発生するのを防ぐ必要がある。そのため、以前の剥離現象モデルでは対象を平板状のものに絞らざるを得なかった。しかし、解剖学的異方性を組みこんだシミュレーションでは、より厚い組織をも破壊の対象となる。そこで、対象の幾何形状を限定することなくシミュレーションを安定化するための要素破壊モデルを構築する。

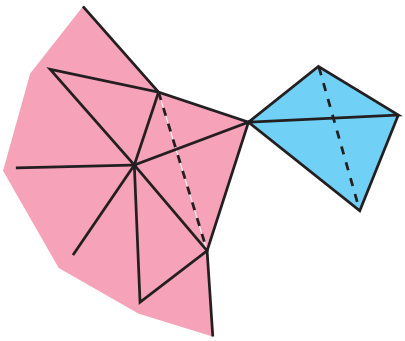


図１　不安定要素の例

（成果）

構築した要素破壊モデルでは、破壊判定された要素を消去した場合に周辺の要素同士がどのような接続状態になるかを監視し、不安定な要素が発生する場合は該当要素の消去を回避することによって不安定な要素の発生を防ぐ。

このような要素破壊モデルを導入した剥離現象モデルおよび導入前の剥離現象モデルを用いてシミュレーションを行った結果を図２に示す。要素破壊モデルを導入した場合でも導入前と同様の破壊傾向を示した。また、要素破壊モデル導入後のシミュレーションでは、内部ノードの存在により対象物のモデルをより細かく分割できているため、導入前のシミュレーション結果に見られるようなモデル右辺での余計な破壊が生じていない。

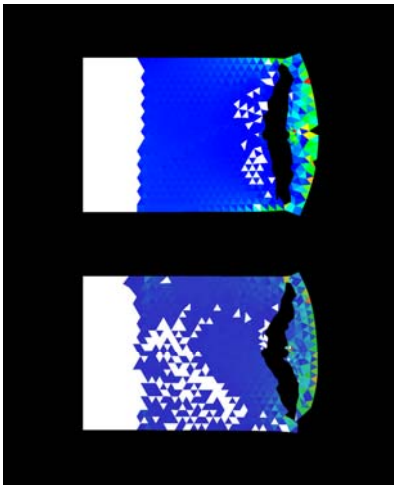


図２　シミュレーション結果

上：要素破壊モデル無

下：要素破壊モデル有

研究業績

【学会発表】

【国内】

1. **中山雅野**，山田健太，近野敦，内山勝：“脳外科手術における鈍的剥離操作シミュレーションのための剥離現象モデルの作成と検証”，ロボティクス・メカトロニクス講演会'09 講演論文集，資料番号1A2-K03, 2009.



氏名　　野村　勇樹

所属　工学研究科航空宇宙工学専攻　博士後期課程1年
指導教員　工学研究科航空宇宙工学専攻　内山勝教授
研究タイトル
ヒューマノイドロボットによる環境に応じた最適動作の生成

平成２１年度　研究成果概要

【目的】

ヒューマノイドロボットは多数の行動バリエーションを持つため、人間の作業補助や協調作業などが期待されている。しかし運用環境である人間の生活空間は不確定要因が多く、常に正確な環境モデルを持つことが難しい。どのような環境でも作業を継続するためには、発生した障害に対応した回復動作を行わせる必要がある。障害回復行動を行うために、自己の状態の監視と状態に応じた最適な動作を生成していくシステムを構築する。

【成果】

まずは作業を日常生活への波及効果が大きい食器片付けの動作に絞り、特定の環境下で安全かつ確実に作業を達成できるようロボットシステムを構築する。システムの構築は、将来的に作業内容や作業対象物、使用するロボットが変わっても使用できるよう、RTコンポーネントを活用して行った。

構築したシステムは大きく分けて作業計画部と動作制御部に分かれており、さらにそれを作業・ロボットの変更に対応できるよう数種類のコンポーネントに分割した構成になっている。作業計画及び動作生成は視覚・力覚・エンコーダの情報をフィードバックして決定される。構築したシステムの構成を図1に示す。現在、構築したシステムで数種類のロボットでの食器片付け作業シミュレーションを実現している（図2）。

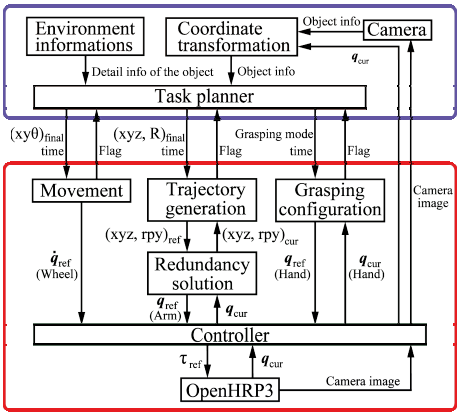


図1 ロボットシステム構成図

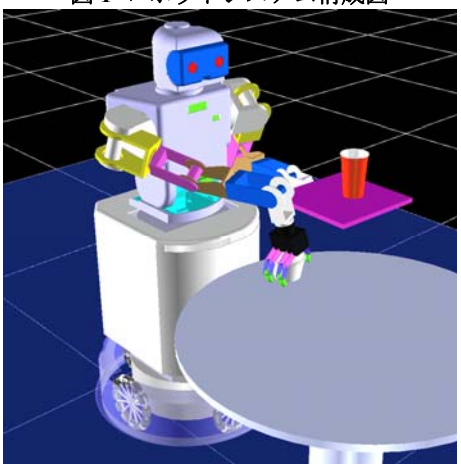


図 2 食器片付けシミュレーション

研究業績

【学会発表】

【国内】

1. 野村勇樹，小水内俊介，近野敦，内山勝，“冗長マニピュレータ搭載型全方位移動ロボットのための制御システムの構築”，第10回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会，講演番号3D1-6，2009年12月．
2. 小水内俊介，野村勇樹，菊地隆浩，近野敦，内山勝，“食器片付けのための作業計画コンポーネントの開発”，第10回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会，講演番号3D1-4，2009年12月．
3. 野村勇樹，小水内俊介，近野敦，内山勝，“RTコンポーネントを活用したロボットサービスの実現例”，ロボティクス・メカトロニクス講演会’10（講演申込済）



氏名　　李　栄敏

所属　工学研究科機械ｼｽﾃﾑﾃﾞｻﾞｲﾝ工学専攻　博士課程後期2年
指導教員　工学研究科機械ｼｽﾃﾑﾃﾞｻﾞｲﾝ工学専攻　小野崇人教授
研究タイトル
マイクロFT-IR干渉計の作製

平成２1年度　研究成果概要

フーリエ変換型赤外（FT-IR）分光器は赤外光を利用して物質の化学状態の情報を得る装置であり、小型・分散化により環境ガスのモニターや化学プラントなどの工場での安全モニターに利用できると考えられる。また、プラスチックなどのリサイクルを効率よく行うためには、ゴミの回収段段階で種類ごとに分別する必要があり、赤外分光器で検査・分別するのが望ましい。そこで本研究では、手のひらに載る程度の小型で安価なFT-IRを開発し､安心･安全でクリーンな社会の実現に役立てることを目的とする。赤外光は物質固有の分子振動エネルギーを励起し、その一部は吸収される。このスペクトル分布からガス種や物質が特定できる。FT-IR分光器は、マイケルソンの干渉計を内蔵し、１つのミラーを駆動させ、その干渉スペクトルをフーリエ変換して広い波長帯域で感度良く分光測定する装置である。この装置の分解能を上げるには干渉計のミラーの移動距離を大きくする必要がある。しかし、大きく精密に駆動するメカニズムが小型化できないため、通常使われるFT-IRは大きなシステムとなる。それで 本研究では静電力を利用したマイクロアクチュエータを利用して干渉計の可動ミラーを駆動し、小型でも大きな移動距離を持ち分解能が高いFT-IRを設計および製作する。安価で小型のFT-IRが実現すれば、環境に分散させる利用に応用できる。

現在、マイクロ干渉計はWishboneタイプで設計と作製して干渉光を計測した。干渉計は回転型くし歯電極型静電アクチュエータ、コーナーキューブミラーとビームスプリッターで構成されている。回転型くし歯電極型静電アクチュエータは半導体微細加工技術で、コーナーキューブミラーはモルード技術で作製した。その後、コーナーキューブミラーを回転型くし歯電極型静電アクチュエータの上に乗せて干渉計を完成した。 電圧を回転型くし歯電極型静電アクチュエータに80V掛けた場合、回転角度は約±4°になり、そのとき、コーナーキューブミラーの移動距離は480umであった。また、干渉縞は回転型くし歯電極型静電アクチュエータに12Vの電圧を掛けながらHe-Neレーザーを使って測定できた。　今後、設計した通り回転角度が±10°までできる回転型くし歯電極型静電アクチュエータを作製し、 赤外線に対応ができるビームスプリッターを作って完全なWishboneタイプの干渉計を作製する。また、出来上がった干渉計を使って分光に応用する。

研究業績

【学術雑誌等への発表】

1. Young-Min LEE, Masaya Toda, Masayoshi Esashi and Takahito Ono, Fabrication of Rotary Comb Drive Actuator for Micro Wishbone Interferometer, Proc. of 26th「センサ・マイクロマシンと応用システム」シンポジウム, pp. 618-621 (2009)
2. Young-Min LEE, Masaya Toda, Masayoshi Esashi and Takahito Ono, Micro Wishbone Interferometer for Miniature FTIR Spectrometer , 投稿中、電気学会論文誌E部門

【学会発表】

【国内】

1. 第26回「センサ・マイクロマシンと応用システム」シンポジウム、Fabrication of Rotary Comb Drive Actuator for Micro Wishbone Interferometer、（2009年10月16日、東京） 口頭

【国外】

1. SSDM2009 (Solid State Devices and Materials)、Fabrication of Electrostatic Actuated Rotary for Micro Interferometer、（2009. 10. 08., Sendai, Japan）ポスター



氏名　　落合　直哉

所属　工学研究科機械ｼｽﾃﾑﾃﾞｻﾞｲﾝ工学専攻　博士後期課程2年
指導教員　流体科学研究所　井小萩利明教授
研究タイトル
キャビテーション壊食の数値予測に関する研究

平成２1年度　研究成果概要

キャビテーション流れ内の気泡挙動解析を行い、 その解析から気泡崩壊時に放出される衝撃圧力を求め、 キャビテーション壊食の予測を行った。 ClarkY11.7%二次元翼形まわりのキャビテーション流れを計算対象に、 さまざまなキャビテーション数での壊食予測を行った。 本予測手法から、 流れ場の変動が小さいと衝撃エネルギは小さこと、 最大シートキャビティ長さがコード長に達するまでは、 最大衝撃エネルギ発生位置はキャビテーション数を下げると下流へと移ることがわかった。 また、 最大シートキャビティ長さがコード長に達すると、 衝撃エネルギの明確なピークはなくなり、 比較的弱い壊食が広い範囲で起こることがわかった。 さらに、 クラウド内の気泡やシートキャビティ後端付近の気泡が高衝撃エネルギの主な発生原因であること、 それゆえにクラウドが翼面付近で崩壊するとき、 シートキャビティ後端が翼面上に存在するとき、 それらのキャビティが大きいときに高衝撃エネルギが発生することがわかった。

また、 壁面近傍で崩壊する気泡の詳細な挙動と壊食への影響を知るために、 壁面近傍での非球状気泡崩壊挙動の数値解析を行った。 本数値解析によって、 崩壊・再膨張時に発生する圧力波やマイクロジェットの発生、 再膨張時のカウンタージェットの発生など、 壁面近傍で崩壊する気泡の観察で見られる現象が再現できることが確認できた。 また、 壁からの気泡初期位置が小さくなると、 マイクロジェットが気泡界面を貫いた際に発生する圧力波やマイクロジェットによる水撃圧が壁面に作用すること、それらの影響のために、 球状気泡に比べ、 局所的な壊食性が高くなると考えられることがわかった。

研究業績

【学会発表】

【国内】

1. 日本機械学会東北支部　第45期総会・講演会, 「壁面近傍での非球状気泡崩壊と誘起衝撃圧の数値解析」, 口頭発表, 2010年3月12日.

【国外】

1. 7th International Symposium on Cavitation / CAV2009, “Numerical Prediction of Cavitation Erosion in Cavitating Flow”, 口頭発表, 2009年8月19日



氏名　　山本　元貴

所属　工学研究科機械ｼｽﾃﾑﾃﾞｻﾞｲﾝ工学専攻　博士課程後期2年
指導教員　流体科学研究所　井小萩利明教授
研究タイトル
RANS/LESハイブリッドモデルを用いたキャビテーション乱流の数値解析

平成２1年度　研究成果概要

キャビテーション乱流の数値計算に適していると考えられる、RANS/LESハイブリッドモデルを提案した。このRANS/LESハイブリッドモデルは、流れ場の状況に応じて動的にRANSとLESを切り替えるので、非定常性の強いキャビテーション流れの数値計算に適していると考えられる。また、LESと比較して壁面近傍の計算格子を削減できるので、実用的な数値計算に向いているといえる。

この手法を用いて、Clark-Y 11.7%二次元翼形まわりの流れを計算した。RANS/LESハイブリッドモデルの他に、RANSモデルおよび陽的に乱流モデルを用いない層流計算でも数値計算を行い、その特性を比較した。その結果、キャビテーション未発生状態ではRANS/LESハイブリッドモデルおよびRANSモデルは、翼面上圧力分布や揚抗力係数などの時間平均翼特性は実験値と近い値をとった。しかし、層流計算では陽的に渦粘性を与えないため翼負圧面で流れが容易にはく離してしまい、その結果として圧力分布が実験と大きく異なる値をとった。

実験で定常なシートキャビテーションが発生した条件においては、RANS/LESハイブリッドモデルおよびRANSモデルは定常なシートキャビテーションの様相を再現できた。しかし、層流計算は上述のように容易に流れがはく離してしまうため非定常な渦キャビテーションが発生してしまい、実験の様相を再現できなかった。

実験で非定常なクラウドキャビテーションが発生した条件において、RANS/LESハイブリッドモデルおよびRANSモデル、層流計算すべてにおいて非定常なクラウドキャビテーションの放出が再現された。また、揚力変動の卓越周波数を評価したところ、どのモデルでも顕著な違いは見られず、この計算条件では乱流モデルの影響よりクラウドキャビティ崩壊による影響が支配的であるということがわかった。さらに、翼コード長、主流の流速、揚力変動の卓越周波数を用いたストローハル数を評価したところ、どのモデルでも実験より大きい値となった。このことから、数値計算手法の改良やRANS/LESの切り替えの改良などが今後の課題であると考えられる。

研究業績

【学会発表】

【国内】

1. 山本元貴, 伊賀由佳, 能見基彦, 井小萩利明, “RANS/LESハイブリッドモデルを用いたキャビテーション乱流の数値解析”, 口頭発表, 日本機械学会2009年度年次大会, 盛岡, 2009年9月

【国外】

1. Genki Yamamoto, Yuka Iga, Motohiko Nohmi, Toshiaki Ikohagi, “Numerical Analysis of Turbulent Cavitation Around a Hydrofoil”, 口頭発表, Sixth International Conference on Flow Dynamics, Sendai, Nov. 2009



氏名　　大見　敏仁

所属　工学研究科ナノメカニクス専攻　博士課程後期3年
指導教員　工学研究科ナノメカニクス専攻　横堀壽光教授
副指導教員　工学研究科機械ｼｽﾃﾑﾃﾞｻﾞｲﾝ工学専攻　福西祐教授
研究タイトル
水素脆化に対する工学的制御手法に関する研究

平成２1年度　研究成果概要

鉄鋼材料中に進入した水素による材料の水素脆化現象に対して、脆化防止及び工学的手法による制御を目的とし、数値解析と実験の両方からアプローチした研究を行ってきた。これまでは、数値解析によりき裂先端近傍の水素の拡散・凝集挙動解析と水素を封入した試験片を用いた疲労試験を行ってきた。これにより、水素拡散凝集挙動に及ぼす材料物性（降伏応力）・温度・負荷条件（疲労・一定応力速度）・き裂成長速度などの影響を系統的に評価してきた。さらには、疲労条件下における再降伏領域を考慮した解析も行い新たな知見も得られた。疲労による再降伏を考慮した応力条件下における水素挙動の解析は他に例を見ない新たなものである。

平成21年4月以降の研究成果としては、数値解析を用いた複雑な応力条件下での水素拡散凝集挙動を可能としたことが上げられる。これは、有限要素法による応力解析と差分法による水素拡散凝集挙動解析を組み合わせた解析によるものであり、従来の解析手法では考慮できなかった疲労条件下での再降伏領域の影響を考慮している。この解析手法では、実験で得られる「脆性破面が支配的な水素脆化破壊」と「延性破面が支配的な水素脆化破壊」が誘起される条件を予測することが可能であり、将来的には水素脆化メカニズムの分類や防止に寄与する解析手法と言える。

ＧＣＯＥ基本支援ＲＡとしては、「平成21年度若手研究者国際会議派遣」により、カナダで開催された「12th International Conference on Fracture」に参加し研究発表を行うことができた。また、ＩＣＦＤにおいては、本研究の数値解析における基礎方程式と類似した方程式の取り扱いに関する研究発表を聞くことができ、参考にすることができた。また、当研究室の別の研究内容に近い種類の発表に関しては、その内容を伝えることによって研究の補助（知の融合の一端）を担えることができた。

研究業績

【学術雑誌等への発表】

1. T.Ohmi, A.T.Yokobori,Jr. and K.Takei,The Effect of Mechanical Factors on Hydrogen Diffusion and Concentration around a Crack Tip,Proc. of ICF12, Ottwa (Canada), July 12-17, (2009) CD-ROM
2. 横堀壽光, 大見敏仁, 根本剛直, 上杉智治, ポテンシャル勾配を駆動力とする物質拡散方程式の数値解析における α マルティプリケーション法の提案, 東北大学サイバーサイエンスセンター大規模科学計算システム広報SENAC, Vol. 42, No. 4(2009) 27-35
3. 横堀壽光, 大見敏仁, 根本剛直, 上杉智治, ポテンシャル勾配を駆動力とする物質拡散方程式の数値解析における α マルティプリケーション法の提案, 日本材料強度学会誌, 第43巻, 第3-4号 (2009) 53-59
4. T.Ohmi and A.T.Yokobori,Jr., Hydrogen concentration behavior around a crack tip under the constant wind rate condition simulated to a moving crack with constant rate Strength, Fracture and Complexity, (2010) in press

【学会発表】

【国内】

1. 水素拡散凝集挙動解析に基づく水素脆化敏感性評価と温度依存性
   日本金属学会秋期講演大会, 京都大学, 9月15日(2009), 大見敏仁, 横堀壽光

【国外】

1. The Effect of Mechanical Factors on Hydrogen Diffusion and Concentration around a Crack Tip, International Conference on Fracture ICF12, 16 July (2009), Ottwa Canada, T.Ohmi, A.T.Yokobori,Jr., K.Takei



氏名　　水谷　公一

所属　工学研究科ナノメカニクス専攻　博士課程後期2年
指導教員　工学研究科ナノメカニクス専攻　厨川常元教授
副指導教員　流体科学研究所　西山秀哉教授

研究タイトル
パウダージェットデポジションの成膜メカニズムに関する研究

平成２1年度　研究成果概要

パウダージェットデポジション法はブラスト加工の一種であり、圧縮ガスにより微粒子を加速させ、基板に衝突させることにより加工を行う方法である。これまでブラスト加工は主にガラスやセラミクスなどの硬脆材料の除去加工方法として利用されている。従来のブラスト加工では粒子が基板と衝突すると、基板に微小な脆性破壊が起こる。この微小な脆性破壊の集積により基板側の材料を除去する。これに対しパウダージェットデポジション法は衝突させる粒子径を数μm程度まで小さくし、また粒子速度を制御することにより、微粒子自体を基板に付着・堆積させる加工方法である。

このパウダージェットデポジション法の成膜メカニズムを明らかにするために平滑化粒子法を用いて衝突時の粒子の変形挙動を数値解析した。その結果、粒子が基板と衝突すると粒子自体が破砕し、その一部が基板に付着する。これが繰り返し起こることにより成膜が行われていると考えられることを示した。また衝突時の粒子径や衝突速度の違いにより、衝突する粒子の付着部分の割合がどのように変化するのか明らかにした。これより成膜効率を向上させるための指針として、粒子径を小さくし、衝突速度を大きくすることを示した。

また実験結果より従来のブラスト加工では加工パラメータとして粒子径、粒子速度、衝突角度が重要と考えられてきた。しかしパウダージェットデポジション法ではこれらのパラメータ以外に噴射粒子濃度の大小が成膜の可否に大きく影響していることを示した。

研究業績

【学術雑誌等への発表】

1. 高奈秀匡，水谷公一，厨川常元，西山秀哉:微小空間におけるナノ・マイクロ粒子ジェットの静電加速特性，日本機械学会論文集,B編,75(753),(2009),972-977.

【学会発表】

【国内】

1. 2009年度精密工学会秋季大会学術講演会，パウダージェットデポジション法の成膜メカニズムに関する研究，口頭，2009年9月11日
2. 精密工学会ナノ精度機械加工専門委員会第17回委員会，パウダージェットデポジション法に関する研究，口頭，2009年10月8日
3. 2010年度精密工学会春季大会学術講演会，パウダージェットデポジション法によるセラミックス膜創成に関する研究，口頭，2010年3月18日　発表予定



氏名　　ファン アン チュアン

所属　工学研究科ナノメカニクス専攻　博士課程後期2年
指導教員　工学研究科ナノメカニクス専攻　桑野博喜教授
副指導教員　工学研究科航空宇宙工学専攻　升谷五郎教授
研究タイトル
Study of micro generator using metallic glass structure

平成２1年度　研究成果概要

Magnetic metallic glass $(Fe_{0.72}B_{0.24}Nb_{0.04})_{(100-x)}Nd_x$ ($4 \le x \le 8$) thin films (is one of $Fe_{0.72}B_{0.24}Nb_{0.04})_{(100-x)}$Lanthanoid$_x$ series, in which Lanthanoid is Nd, Gd, Sm, Tb, Y respectively) have been prepared by electron cyclotron resonance (ECR) ion-beam sputtering. The atomic composition of the thin film is controllable by changing the number of $(Fe_{0.70}B_{0.26}Nb_{0.04})_{80}Nd_{20}$ 'chips' combined with a $Fe_{72}B_{24}Nb_4$ main target. Glass transition temperature (T_g), crystallization temperature (T_x)　and supercooled liquid region　(ΔT_x)　are found to be 850 K, 946 K and 96 K, respectively by employing DSC measurement. An atomically disordered structure is determined by X-ray diffraction, electron diffraction and high resolution transmission electron microscopy. The pristine thin film is found to be a soft magnetic material at room temperature. After thermal treatment at 1023K, the thin film changed to semi-hard magnetic material at room temperature (the annealing temperature was higher than the crystallization temperature). By applying this feature, the thin film can be magnetized to become a magnet after or during annealing process. A 5 μm - thick cantilever and a copper microcoil with 32 turns were fabricated by using microfabrication techniques. Dimensions of the microcoil are 20μm in width and 2μm in height.

In the near future, they will be combined together to microelectric-power generator based on electromagnetic induction effect under ambient vibration.

研究業績

【学術雑誌等への発表】

1. Tuan A. Phan, Sangmin Lee, Akihiro Makino, Hiroshi Okamoto, Hiroki Kuwano, Fe-B-Nb-Nd Magnetic Metallic Glass Thin Film for MEMS and NEMS, The 5th IEEE International Conference on Nano/Micro Engineered and Molecular Systems, Jan 20th–23th, 2010, Xiamen, China (presented in oral)
2. Sangmin Lee, Akihiro Makino, Akihisa Inoue, Phan Anh Tuan, Hiroki Kuwano, Metallic glass thin films of Fe-B-Nb-Lanthanoids, The 7th International Conference on Bulk Metallic glasses, Nov 1st-5th 2009, Busan, Korea (Poster).

【学会発表】

【国内】

1. Fabrication of thin film metallic glass and its application for micro-power generation; 第2回流動ダイナミクス国際若手研究発表会, 2009/7/10 (both oral and poster)

【国外】

1. Tuan A. Phan, Sangmin Lee, Akihiro Makino, Hiroshi Okamoto, Hiroki Kuwano, Fe-B-Nb-Nd Magnetic Metallic Glass Thin Film for MEMS and NEMS, The 5th IEEE International Conference on Nano/Micro Engineered and Molecular Systems, Jan 20th–23th, 2010, Xiamen, China (presented in oral)
2. Sangmin Lee, Akihiro Makino, Akihisa Inoue, Phan Anh Tuan, Hiroki Kuwano, Metallic glass thin films of Fe-B-Nb-Lanthanoids, The 7th International Conference on Bulk Metallic glasses, Nov 1st-5th 2009, Busan, Korea (Poster).



氏名　　磯野　晋

所属　工学研究科ナノメカニクス専攻　博士課程後期1年
指導教員　流体科学研究所　米村茂准教授
研究タイトル
マイクロ・ナノスケールの気体潤滑に関する研究

平成２1年度　研究成果概要

近年、分子気体潤滑（Molecular Gas Film Lubrication; MGL）への工業的な関心が高まっている。例えば、ハードディスクドライブ（HDD）のヘッドスライダは、回転する磁気ディスクによって引き起こされる気流によってディスクのわずか10nm程度上方を浮上している。一方、ダイヤモンドコーティングされた平面は低摩擦であり、ドライ摺動面として有望視されている。そして、部分研磨されたダイヤモンド膜と金属盤表面間の摩擦係数は、金属盤の回転速度の増加に伴い劇的に減少することが確認されている。この低摩擦が実現するのは、ダイヤモンド膜がHDDの磁気ヘッドと同様に、金属盤より浮上し気体潤滑になるためだと考えられる。しかしながら、ダイヤモンド膜の浮上に必要な揚力の発生、つまり摺動面における圧力変化のメカニズムは明らかにされていない。本研究では、数値シミュレーションを用いて摺動面の気体流れを再現し、圧力変化のメカニズムを解明することを目的としている。

部分研磨されたダイヤモンド膜表面を平坦部と溝部からなる計算モデルを用いたこれまでの研究より、圧力変化が溝部で生じることが明らかになっている。そのため本年度は、ダイヤモンド膜表面の溝部に注目して数値シミュレーションを行った。以上の結果より、溝部では分子が対向面の運動によって上流側から下流側に移動すること明らかになり、圧力変化が温度ではなく、溝部での分子数密度の局所的集中に起因することがわかった。また、この分子数密度の局所的集中が生じるのは、分子間衝突頻度が小さく、気体流れの非平衡性度合いが大きいためである。このことから、部分研磨されたダイヤモンド膜と回転する金属盤の摺動によって発生する気体潤滑はマイクロ・ナノスケール気体流れ特有の現象であることもわかった。

研究業績

【学会発表】

【国内】

1. 日本機械学会2009年度年次大会，”マイクロ・ナノスケール微細構造を持つ摺動面における分子気体潤滑に関する研究”，口頭発表，2009年9月14日
2. 第23回数値流体力学シンポジウム，”マイクロ・ナノスケールで発言する気体潤滑”，口頭発表，2009年12月18日

【国外】

1. 10th Workshop on Fine Particle Plasmas，”A Gas Lubrication Expressed at the Micro- and Nanoscales”，ポスター発表，2009年11月27日



氏名　　高桑　脩

所属　工学研究科ナノメカニクス専攻　博士課程後期1年
指導教員　工学研究科ナノメカニクス専攻　祖山均教授
副指導教員　流体科学研究所　伊藤高敏教授
研究タイトル
表面改質による水素脆化を伴う疲労特性の向上

平成２1年度　研究成果概要

キャビテーション気泡の崩壊衝撃力を利用したキャビテーションピーニング(以下CP処理)を用いて、オーステナイト系ステンレス鋼SUS316Lに表面改質を行うことで、水素脆化を伴う疲労特性の向上を目指し、研究を遂行してきた。グローバルCOE基本支援RAに採用して頂いた平成21年度に得られた成果を以下に示す。

CP処理によってSUS316L表面に圧縮残留応力を導入するとともに、表面から600マイクロメートルの深さにわたって降伏応力が向上することを、X回折法、インデンテーション法および逆問題解析によって実証した。また、圧縮残留応力が疲労特性向上に有効であることに加え、降伏応力向上が大きく影響をおよぼしていることを明らかにした。さらに、予き裂を導入した平面曲げ疲労試験片にCP処理を施し、き裂進展におよぼすCP処理の影響を評価した。図1に未処理（NP）、およびCP処理試験片の平面曲げ疲労試験により評価したき裂進展長さ2aと疲労回数Nの関係を、図2に応力拡大係数⊿Kとき裂進展速度da/dNの関係を示す。これらによりCP処理によってき裂進展速度が72 %も低下することがわかる。先の結果より、圧縮残留応力および降伏応力の向上が支配的因子であると考えられる。今後、水素を電解チャージ法により材料表面に侵入させ、き裂進展挙動を評価していく予定である。

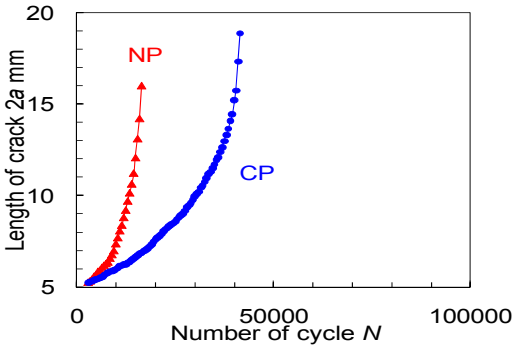


図1　CP処理によるき裂進展の抑制

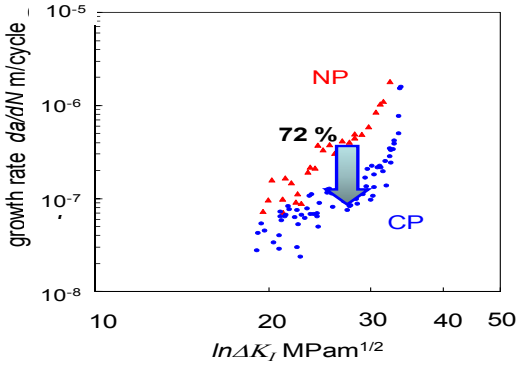


図2　CP処理によるき裂進展速度の低下

研究業績

【学術雑誌等への発表】

1. O. Takakuwa, M. Nishikawa and H. Soyama, A technique for partially strengthening the electrical steel sheet of an IPM motor using cavitation peening, International Journal of Machine Tools and Manufactureに投稿予定
2. 西川　雅章，高桑　脩，祖山　均：キャビテーションピーニングによる金属表面改質層の降伏応力変化がもたらす疲労特性への影響,日本材料学会にて査読中

【学会発表】

【国内】

1. 高桑　脩，祖山　均　：キャビテーションピーニングによる駆動モータ用電磁鋼板の降伏応力向上，2009年度日本機械学会年次大会講演論文集，vol.1，pp.39-40，2009年9月
2. 西川　雅章，高桑　脩，祖山　均　：キャビテーションピーニングによる金属表面改質層の降伏応力変化がもたらす疲労特性への影響，日本材料学会第14回破壊力学シンポジウム講演論文集，pp.121-125，2009年10月
3. 祖山　均，内藤　暁馬，高桑　脩　：ウォータージェット加速による循環型ショットピーニング法の提案2009年度ウォータージェット技術年次報告会論文集，pp．11-16，2010年1月
4. 西川　雅章，高桑　脩，祖山　均　：球状圧子を用いた押込み試験による金属表面改質の評価，日本機械学会関東支部総会・講演会，2010年3月講演予定



氏名　　荒井　翔悟

所属　情報科学研究科ｼｽﾃﾑ情報科学専攻　博士課程後期3年
指導教員　情報科学研究科ｼｽﾃﾑ情報科学専攻　橋本浩一教授
副指導教員　工学研究科航空宇宙工学専攻　浅井圭介教授
研究タイトル
ネットワークドセンサシステムに対するトラフィックフロー解析、及びそれを考慮した制御系設計

平成２1年度　研究成果概要

本プログラムでは、ネットワークドセンサシステムに対するトラフィックフロー解析、及びそれを考慮した制御系設計を行った。多数のセンサをネットワーク結合することは、観測対象の時空間情報を把握するための有力な手法の一つであるが、そのような大規模なネットワークドセンサシステムの効率的な運用には様々な課題が存在する。その中でも特に問題となるのは、センサに搭載されるバッテリとセンサ間の通信容量の制約である。

センサの電力抑制、通信量抑制のために、本プログラムでは、各時刻でセンサを動的に選択する、センサスケジューリングを行うアルゴリズムを提案した。センサ間のトラフィックフローの解析を行い、その結果からトラフィックフローのモデルを導出した上で、センサ間トラッフィックのコストを評価関数に組み込むことにより、制御性能とトラフィックコスト双方の最適化を図るセンサスケジューリングアルゴリズムの導出に成功した。また、このアルゴリズムは、他のアルゴリズムと比較して極めて高速であり、ネットワークが大規模になるほど計算時間の点で優位になるという優れた特徴を持っている。

センサスケジューリングを行うと、使用するセンサが時々刻々変更されるので、システム全体のダイナミクスが切り替わることになる。このような、切り替えを含むシステムの安定性解析は、制御において必須である。しかし、本プログラムで提案したセンサスケジューリングアルゴリズムが対象とするネットワークドセンサシステムにおいて、センサの切り替えを含む安定性解析がなされた例はない。また、ネットワークドセンサシステムにおいて最適センサスケジューリングは、かならずしもシステムの安定性を保証しない。そこで、安定性解析を行い、システムの安定条件をLMI（線形行列不等式）の解の存在条件と結びつけることに成功した。LMIの解法については、多数の手法が提案されており、MATLABをはじめとする各種ソルバも広く普及しているので、導出した安定条件は、有用性が高いと考えられる。

研究業績

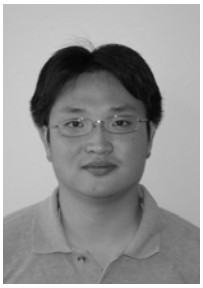
【学術雑誌等への発表】

1. Shogo Arai, Yasushi Iwatani, and Koichi Hashimoto. A condition for better estimation using asynchronous sampling than synchronous sampling. IEEE Transactions on Automatic Control.（投稿中）
2. Yasushi Iwatani, Shogo Arai, and Koichi Hashimoto. Stability of Switched Stochastic Systems in Discrete-Time. SICE Journal of Control, Measurement, and System Integration. (投稿中)
3. 荒井翔悟, 岩谷靖, 橋本浩一. 空間的に分散配置された異種類センサ群の高速センサスケジューリング. システム制御情報学会論文誌, Vol. 22, No. 9, pp. 324--330, 2009.

【学会発表】

【国外】

1. Shogo Arai, Yasushi Iwatani, and Koichi Hashimoto. A Condition for Better Estimation Using Asynchronous Sampling than Synchronous Sampling. In European Control Conference 2009, pp. 3719--3724, Budapest, Hungary, August 2009.（口頭）
2. Shogo Arai, Yasushi Iwatani, and Koichi Hashimoto. Fast Sensor Scheduling for Large-Scale Networked Sensor Systems. In American Control Conference 2009, pp. 2785--2790, Seattle, Washington, USA, July 2009.（口頭）
3. Shogo Arai, Yasushi Iwatani, and Koichi Hashimoto. Fast Sensor Scheduling for Estimation of Networked Sensor Systems. In ICROS-SICE International Joint Conference 2009, 1240--1243, Fukuoka, Japan, August 2009.（口頭）
4. Yasushi Iwatani, Shogo Arai, and Koichi Hashimoto. Stability of Switched Stochastic Systems in Discrete-Time. In ICROS-SICE International Joint Conference 2009, pp. 4097--4100, Fukuoka, Japan, August 2009.（口頭）



氏名　　豊田　篤

所属　情報科学研究科ｼｽﾃﾑ情報科学専攻　博士後期課程3年
指導教員　流体科学研究所　大林茂教授
研究タイトル
超音速複葉翼低ブーム性能の実験的検証

平成２1年度　研究成果概要

現在就航している航空機は多種多様な物が存在するが、民間用で超音速飛行する機体は存在しない。超音速旅客機の就航が求められているものの、実現できていないのにはいくつか理由が存在する。その一つが、超音速機の発生する騒音である。この騒音問題を解決する方法の一つとして、我々の研究グループでは超音速複葉翼を用いた、超音速旅客機の研究を行っている。超音速複葉翼は1935年に提案されてはいたものの衝撃波干渉という複雑な現象を取り扱うために、あまり研究が進んでいなかった。しかし、昨今数値シミュレーションの発展によりこれが可能となり再び脚光を浴びている。

現在までに我々の研究グループでは超音速複葉翼の翼間での衝撃波干渉について詳しく行ってきたが、超音速複葉翼から発生し地上へ伝播する圧力波の研究は数値シミュレーションでのみ行われてきた。これは風洞実験では模型を支柱により支える必要があり、模型からのみ発生する圧力波を計測するのが難しいためである。そこで、バリスティックレンジを用いて模型を自由飛行させることにより超音速複葉翼模型からのみ発生した圧力波を計測し、超音速複葉翼から発生する圧力波が単葉翼から発生する衝撃波より弱く、低騒音であることを実験的に検証する事を目的とし研究を行った。

本年度は、昨年度設計した模型を用いて超音速複葉翼の自由飛行試験を行った。その結果、超音速複葉翼を初めてマッハ1.7で自由飛行させることに成功した。また、計測した圧力計測の結果から、超音速複葉翼の使用により地上に伝播する圧力波が単葉翼の場合に比べ大きく減少することが実験的に確認できた。次に、理論上発生する衝撃波が最低となるSears-Haack 回転体を胴体として翼胴形態でも、単葉翼に比べ低ブームであることを確認するために翼胴形態の自由飛行試験模型の設計及び自由飛行試験を行った。実験の結果、翼から発生する圧力波が弱いため、翼胴形態においても超音速複葉翼は有用であることが確認できた。また、数値シミュレーションにより求めた圧力計測値と実験から得られた圧力計測値において非常に良い一致が見られた。ここまでの研究では、揚力零の状態での検証であったが、今後揚力を発生する実権模型の設計を数値シミュレーションを用いて行ったうえで自由飛行試験を行い、揚力を発生している状態でも超音速複葉翼が単葉翼に比べ低ブームであることを実験的に証明する。

研究業績

【学会発表】

【国内】

1. A., Toyoda, M., Okubo, S., Obayashi, K., Shimizu, A., Matsuda and A., Sasoh, “Numerical and Experimental Analysis on Shock Wave Interaction of the Supersonic Biplane Model”, 第6回流動ダイナミクスに関する国際会議，ホテルメトロポリタン仙台，2009年 11月，SST-12.
2. 豊田篤，大久保正幸，大林茂，清水克也，佐宗章弘，「バリスティックレンジを用いた超音速複葉翼低ブーム特性の検証実験」，第41回流体力学講演会，宇宙航空研究開発機構　調布航空宇宙センター，　2009年6月, 1D5.

【国外】

1. A., Toyoda, M., Okubo, S., Obayashi, K., Shimizu, A., Matsuda and A., Sasoh, “Ballistic Range Experiment on the Low Sonic Boom Characteristics of Supersonic Biplane”, 48th AIAA Aerospace Sciences Meeting Including the New Horizons Forum and Aerospace Exposition, Orlando, Florida, 2009, AIAA 2010-0873.



氏名　　井上　大輔

所属　情報科学研究科応用情報科学専攻　博士課程後期3年
指導教員　情報科学研究科応用情報科学専攻　田所諭教授
副指導教員　流体科学研究所　大林茂教授
研究タイトル
柔軟機構の移動に伴う動的な接触の計測・状態推定・制御

平成２1年度　研究成果概要

本研究は、柔軟機構の接触ダイナミクスに関する研究開発を通して、流動ダイナミクス研究の推進に貢献する。柔軟機構のひとつとしてクローラを対象とし、クローラと路面の動的な接触を計測、状態推定、制御するための方法論について研究開発を行なっている。クローラは建設機械などに用いられる代表的な不整地移動機構である。クローラロボットは変形機構をもつ多自由度のクローラであり、クローラが地形に沿うように変形することで、瓦礫のような大きな段差を含む不整地においても推進力を発生させ踏破することができる。この変形を効率的に制御するためには、路面との接触状態を計測することが重要である。この計測により、クローラと不整地の複雑なダイナミクスモデルを用いずに、未知の不整地環境に適応した走行制御が可能となる。しかし、接触センサはクローラへの実装が困難であり、従来は内界センサや非接触型センサを用いた接触状態の簡易的な予測がなされているのみであった。以上の背景から、本研究では不整地におけるクローラロボットの分布的な接触状態を計測する手法を提案し、その有効性を示してきた。本手法によって得られる詳細な接触情報は、柔軟機構の接触ダイナミクスの解明に貢献する。

本年度は、開発した分布接触センサの実験的な評価を行った。このセンサを４つのサブクローラを有する全身クローラロボットに実装し、段差や斜面における接触状態を実測した。実験データをもとに、本センサを用いてクローラと段差のかみ合い位置の検出が可能であることを示した。また、階段のような連続する段差のピッチを推定できることを示した。これらをもとに路面の凹凸の度合いを評価できることを示した。これらの成果をまとめ、国際ジャーナルに論文を投稿した。これらの成果によって、クローラロボットの接触位置およびかみ合い位置の計測が世界で初めて実現された。これらの計測情報によってクローラロボットの不整地移動能力の改善が可能となり、レスキューロボットや宇宙探査ロボット、地雷除去ロボット、建設ロボットなどの不整地移動における信頼性・安全性の向上に貢献する。

研究業績

【学術雑誌等への発表】

1. Daisuke Inoue, Kazunori Ohno, Masashi Konyo, Satoshi Tadokoro, "Evaluation for Detectability of Bump Clutching Position by Using Distributed Inclination Sensors for Tracked vehicles," Journal of Robotics and Mechatronics, Vol.22, No.2, Apr 2010. (Accepted)

【学会発表】

【国内】

1. 第２回流動ダイナミクス国際若手研究発表会, "クローラ型ロボットのための分布触覚センサー", 口頭発表, Jul 2009.
2. 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会2009, "分布触覚クローラを用いた路面粗さ推定と路面環境マップ構築手法の提案" , ポスター発表May 2009.

【受賞等】

1. 優秀賞, 第２回流動ダイナミクス国際若手研究発表会, Jul 2009.



氏名　　呉　美瑛

所属　環境科学研究科環境科学専攻　博士課程後期1年
指導教員　環境科学研究科環境科学専攻　川田達也教授
副指導教員　多元物質科学研究所　水崎純一郎教授
研究タイトル
固体酸化物形燃料電池（SOFC）用高性能カソード材料に関する研究

平成２1年度　研究成果概要

High temperature solid oxide fuel cells (SOFCs) offer a clean, pollution-free technology to electrochemically generate electricity with high efficiencies. But the traditional SOFC operated at high temperature up to 1000 ^{o}C presents some problems related to the cost of the materials and fabrication.

Recently, significant effort has been devoted to the development of intermediate-temperature (600 ▪800 ^{o}C) SOFCs (IT-SOFCs)　because they facilitate the use of cheaper component materials and possibly offer long-term stability. However, the polarization loss of cathode increases significantly and becomes a major issue affecting the cell performance at lower operating temperature.

$La_{1-x}Sr_xCo_{1-y}Fe_yO_{3-\delta}$(LSCF) has attracted much attentions because of its higher ionic and electronic conductivity than LSM based materials. In addition to function as a cathode for SOFC, it is also an excellent current collector for fundamental study of other less conductive cathode materials. The primary objective of this study was to synthesize powder of LSCF composition for application as SOFC cathode. In this study, the composition, $La_{0.6}Sr_{0.4}Co_{0.2}Fe_{0.8}O_{3-\delta}$ was chosen as cathode material for long-term stability on intermediate temperature SOFC. LSCF powder was synthesized by Pechini method and electrochemical characteristics were investigated by ac impedance measurement.

$La_{0.6}Sr_{0.4}Co_{0.2}Fe_{0.8}O_{3-\delta}$ (LSCF) powder was successfully synthesized by pechini method. And the electrode performance was investigated via the three-probe ac technique at 800 ^{o}C in oxygen partial pressure of 10^{-3} – 10^{0} atm. The impedance spectra seemed to contain three semi-circles in 10^{-3} atmO_2 while two ones in 10^{-2} – 10^{0} atmO_2. The contribution of the individual semi-circles was separately evaluated by the equivalent circuit. By comparing the observed capacitance and the oxygen nonstoichiometry of LSCF bulk, the effective length of the electrode reaction is evaluated. It was found to be 5 – 20 nm.

研究業績

【学術雑誌等への発表】

1. Mi young Oh, Won gi Kim, Han cheol Choe, Yeong mu Ko, “Electrochemical Behaviors of Binary Ti-Zr Alloys”, Corrosion Science and Technology, vol.8 (2) pp.89-92, (2009)

【学会発表】

【国内】

1. The electrochemical Society in Japan, “Kinetic demixing of $La_{0.6}Sr_{0.4}Co_{0.2}Fe_{0.8}O_{3-\delta}$ cathode material under oxygen chemical potential gradient”, oral presentation, March 29-31,2010 Toyama, Japan

【国外】

1. 10th Japan-Korea students’ symposium, “Study of La1-x Srx Co1-y Fey O3- δ cathode for IT-SOFC”, oral presentation, November 4-6,2009 Sendai, Japan



流動ダイナミクス知の融合教育研究世界拠点

Tohoku University Global COE Program
World Center of Education and Research for Trans-disciplinary Flow Dynamics