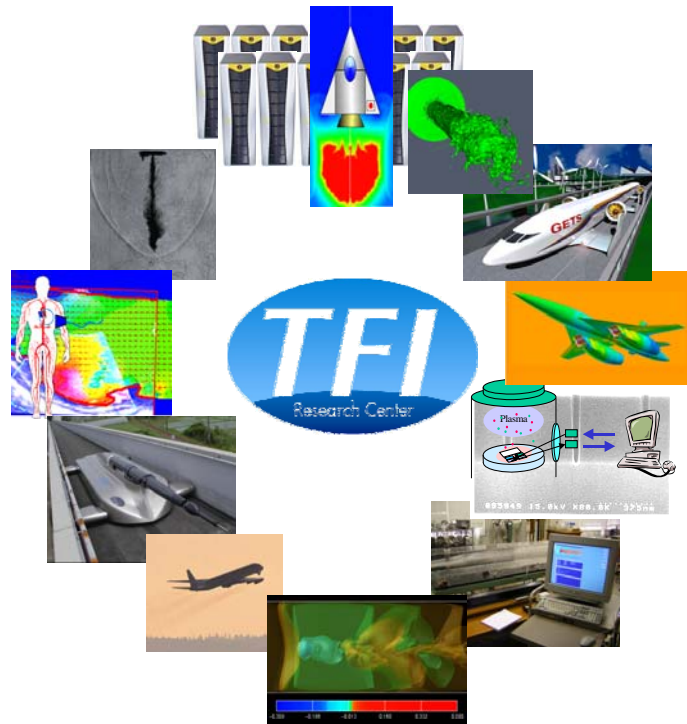


# 平成 17 年度研究活動報告書 流体融合研究センター

## Activity Report 2005 Transdisciplinary Fluid Integration Research Center



東北大学  
流体科学研究所

Institute of Fluid Science  
Tohoku University

はじめに

東北大学流体科学研究所附属流体融合研究センターは、衝撃波に関する世界的研究拠点として研究成果を挙げてきた衝撃波研究センターを改組拡充して、平成 15 年 4 月に発足した。本センターの目的は、実験と計算を一体化した新しい研究手法（次世代融合研究手法）を用いて、流体科学の先端融合領域における諸問題を解決することである。人類社会の永続的発展のためには、環境・エネルギー、ライフサイエンス、情報通信技術、ナノテクノロジーなどの重点分野に横断的に関わる流体科学研究が欠かせない。本センターは、流体科学研究所が推進する独創的実験装置による実験研究とスーパーコンピュータシステムによる大規模計算研究を一体化した研究を行うのが特徴である。これまでの実験や計算だけでは解決が困難だった複雑・多様化した流体科学の諸問題を次世代融合研究手法を駆使して解決するとともに、異分野の研究者・技術者の協力により、新しい研究分野である流体情報学（フルードインフォマティクス、Fluid Informatics）の確立を目指す。

本研究活動報告書は、本センター設置後 3 年目の 1 年間の研究活動を纏めたものである。今後もしばご支援ご鞭撻をお願い申し上げると共に、本活動報告書について、忌憚のないご意見をいただければ幸甚である。

附属流体融合研究センター  
センター長 小濱 泰昭

## 目 次

はじめに

1. センター構成員

2. 平成17年度の主な研究活動

3. 平成17年度の研究発表

4. 主な論文別刷り

融合流体情報学研究分野

実事象融合計算研究分野

学際衝撃波研究分野

超高エンタルピー流動研究分野

複雑動態研究分野

極限流体環境工学研究分野

超実時間医療工学研究分野

知的ナノプロセス研究分野

5. 参考資料

テレビ放映

新聞記事・専門誌記事

その他

## 1. センター構成員

平成 17 年度のセンター構成員は以下の通りである。なお技術職員は、組織上、技術室所属であるが、センターの研究活動に深く関わることから、本リストに加えた。また事務補佐員は本リストに含めていない。

### 基幹研究部

#### 融合流体情報学研究分野

教授	大林 茂
助手	鄭 信圭
大学院生 D3	清水 絵里子
D1	三坂 孝志
M2	川口 知史
M2	熊野 孝保
M2	峯村 洋一
M2	山下 博
M2	米澤 誠仁
M1	柴崎 剛志
M1	鈴木 邦広
M1	津賀 年宏
M1	中北 邦夫
M1	リム ジンネ
M1	豊田 篤 (平成 17 年 10 月～)

#### 実事象融合計算研究分野

助教授	石本 淳
-----	------

### プロジェクト研究部

#### 学際衝撃波研究分野

助教授	孫 明宇 (～平成 17 年 11 月、以降は兼務)
技術職員	小島 英則
研究支援者	大谷 清伸
派遣社員	山本 雄朗
大学院生	
D2	Ardian Gojani
D2	Anirut Matthujak
M2	菊池 崇将
M2	沼田 大樹
M1	大木 友博

#### 超高エンタルピー流動研究分野

教授	佐宗 章弘
助手	森 浩一
技術職員	小川 俊広
大学院生 M2	大谷 俊朗
M2	大芝 慎
M1	安住 航平
M1	齋藤 賢一
M1	鈴木 康司
M1	下野 真也

#### 複雑動態研究分野

教授	藤代 一成
助手	竹島 由里子
研究生	渡辺 大介

#### 極限流体環境工学研究分野

教授	小濱 泰昭
講師	加藤 琢真
助手	吉岡 修哉
技術職員	太田 福雄 (平成 17 年 7 月～平成 18 年 3 月)
技術職員	大沼 盛 (平成 17 年 4 月～平成 17 年 6 月)
研究支援推進員	鈴木 功
研究支援推進員	菱沼 信夫
大学院生 D3	石塚 智之
D3	宋 軍
D2	後藤 悠一郎
M2	下野 宏美
M2	得山 昌弘
M2	西出 憲司
M2	松崎 隆久
M1	木村 直子
M1	木山 英雄
M1	曹 暉
M1	高崎 孝
M1	永江 聡美
M1	本田 真二
研究生	村田 利明 (平成 17 年 12 月～)

#### 超実時間医療工学研究分野

教授	早瀬 敏幸
講師	白井 敦
技術職員	井上 浩介
大学院生 D2	船本 健一

M2	柴田	光
M2	増田	直
M2	山縣	貴幸
M2	劉	磊
M1	朝比奈	翔
M1	今川	健太郎
M1	神取	孝司
M1	鳴海	賢太郎
M1	村上	洋紀

知的ナノプロセス研究分野

教授	寒川	誠二	
講師	遠藤	明	(平成 17 年 10 月転出)
助手	久保田	智広	
技術職員	尾崎	卓哉	
大学院生 D3	野田	周一	
D3(RA)	石川	寧	
D3	石川	健治	
D2	福田	誠一	
D2	市橋	由成	
D1	向井	智徳	
M2	田口	智啓	
M2	加藤	裕司	
M1	斉藤	卓	
M1	奥村	啓樹	

## 2. 平成17年度の主な研究活動

センター設置後3年目の主な活動を以下にまとめる。最初に、センター全体の活動について述べた後、各研究分野の研究活動について述べる。

### 流体融合研究センター研究活動報告会およびプロジェクト評価委員会の開催

平成17年7月15日、融合センター活動の一層の活性化を図るため研究活動報告会を開催し、平成16年度の活動報告及び平成17年度の活動計画の発表を行った。小濱センター長の概要説明の後、各研究分野担当者の発表が行われ、最後に副所長の総括があった。研究活動報告会はプロジェクト評価委員会も兼ねて行われ、プロジェクト評価委員による評価結果と提言は、プロジェクト評価委員会報告書として纏められている。

### 第2回横断的流体研究融合化に関する国際シンポジウムの開催

平成17年10月26日、27日の2日間、宮崎県日向市のホテル日向において、第2回横断的流体研究融合化に関する国際シンポジウムが流体科学研究所の主催により開催された。同シンポジウムが単独開催されるのは今回が初めてであり、本センターが主体的に企画・運営を行った。基調講演1件、招待講演3件、ポスタープレゼンテーション19件が開催され、熱心なディスカッションが行われた。シンポジウム終了後は、東北大学・宮崎大学共同研究施設（日向灘研究施設）において主要設備である流動環境シミュレータ実験設備等の見学会が行われた。



TFI-2005

また、今回は初めての試みとして、遠隔システムを用いてシンポジウムの様子を仙台市の流体科学研究所にもリアルタイムで配信し、本センター構成員だけでなく多くの教員・学生が宮崎で行われたシンポジウムを聴講することができた。遠隔システムの参加者数を含んだシンポジウムの総参加者数は60名であった。

### 次世代融合研究システム披露式

平成17年12月8日、次世代融合研究システムの披露式が開催された。井小萩所長の挨拶の後、庄子哲雄理事の祝辞、感謝状の贈呈、システム紹介が行われ。その後、システム見学が開催された。本システムは、平成17年11月に次世代融合研究に特化して更新された新しいスパコンシステムであり、流体融合研究センターの研究活動に必須のシステムである。本システムは、流体科学研究所未来流体情報創造センターで運用されている。

## 研究報告会・研究会の開催

センターでは、運営委員会の開催日にあわせて研究報告会を公開で実施し、融合研究に関する情報交換を行っている。毎回、センター所属の研究者、大学院生を中心に 50 名余りの参加者がある。

- |        |                   |          |                    |
|--------|-------------------|----------|--------------------|
| 第 12 回 | 平成 17 年 5 月 10 日  | 石本 淳 助教授 | 「実事象融合計算研究分野について」  |
| 第 13 回 | 平成 17 年 6 月 30 日  | 大林 茂 教授  | 「融合流体情報学研究分野について」  |
| 第 14 回 | 平成 17 年 10 月 3 日  | 小濱 泰昭 教授 | 「極限流体環境工学研究分野について」 |
| 第 15 回 | 平成 17 年 11 月 24 日 | 寒川 誠二 教授 | 「知的ナノプロセス研究分野について」 |
| 第 16 回 | 平成 18 年 3 月 22 日  | 早瀬 敏幸 教授 | 「超実時間医療工学研究分野について」 |

## 融合センターセミナーの開催

研究分野が主体となって融合センターセミナーを開催している。平成 17 年度は 11 件のセミナーが開催された。

1. 平成 17 年 3 月 7 日 慶応大学 清水 浩 教授  
これからの電気自動車
2. 平成 17 年 3 月 18 日 東芝・研究開発センター 加藤 弘一 氏  
シリコン窒化機構の理論とノベル SiON 膜
3. 平成 17 年 5 月 24 日 NEC 基礎・環境研究所ナノテクノロジーTG・主任研究員 落合 幸徳 氏  
カーボンナノチューブ(CNT)トランジスタプロセスと動作特定
4. 平成 17 年 7 月 1 日 KAIST Sung Yong Shin 教授  
On-line Character Animation
5. 平成 17 年 7 月 5 日 マンチェスター大学 Xue-Feng Yuan 教授  
Biorheology: Quantitative Characterisation of Biofluids and Biomaterials
6. 平成 17 年 9 月 22 日 京都大学大学院研究科航空宇宙工学専攻 江利田 浩二 助教授  
プラズマプロセスにより誘発されるシリコン半導体デバイスの特性劣化と今後の取り組み
7. 平成 17 年 10 月 17 日 School of Aerospace, Mechanical and Mechatronic Engineering, The University of Sydney Joel Tenne 氏  
A novel algorithm for efficient global minimisation of expensive black-box function using global exploration and local modeling
8. 平成 17 年 11 月 15 日 レンスラー工科大学 Marcus Ciuryla 氏  
Active flow control of an aerial vehicle  
シラキユース大学 Shailesh S. Ozarkar 氏  
Flows of bubbly Liquids in a Vertical Pipe and Multicellular Cluster Formation of Chemotactic



E-Coli cells

9. 平成 18 年 2 月 20 日 鳥取大学工学部機械工学科 教授 川添 博光 氏  
非定常運動する物体に働く空気力の計測法と空力特性について
10. 平成 18 年 2 月 23 日 東北大学先進医工学研究機構 小玉 哲也 助教授  
ナノバブルと超音波を用いたがん遺伝子治療法の開発と応用  
東北大学流体科学研究所 太田 信 助教授  
ファンクショナルバイオモデリングと生体材料の機械的特性
11. 平成 18 年 2 月 28 日 宇宙航空研究開発機構 (JAXA) 総合技術研究本部・空気力学研究  
グループ 住 隆博 氏  
乱流遷移・音響等の非定常流体现象に対する CFD の新しい試みについて

## 各研究分野の活動状況

### 融合流体情報学研究分野

本研究分野では、CFD と異分野異種法の融合研究 (Transdisciplinary Research) を利用し、進化的計算法をベースに設計空間に関する知識の構造化と可視化を行う「多目的設計探査 (Multi-Objective Design Exploration)」の研究を行っている。以下に、代表的な研究テーマについて説明する。

- ・ 数値流体力学 (CFD) 手法の高度化

航空機周りの CFD 解析は、定常的な流れ場に関しては成熟の域に達しつつあるが、詳細な物理現象を正確に捉えるには至っていない。その原因の一つとして挙げられるのが遷移位置の指定であり、様々な対象に遷移予測モデルを用いて検討を行っている (図 1 参照)。

- ・ 進化的計算法による多分野融合最適化システム

航空機設計の際には空力だけではなく構造や制御等の様々な分野の要求を同時に考慮して設計しなければならない。そのため、生物の進化を模擬した確率論的な手法に着目している。図 2 は、リージョナルジェット機の形状最適化問題の結果で空力性能向上と構造性能改善を目的として多分野融合最適化を試みた例である。

- ・ 融合流体情報学手法の構築

より現実的な設計手法を構築するため、最適化手法の高度化に関する研究を行っている。効果的かつ効率的な探査性能を持つ多目的進化計算法、また最適化により得られたデータの可視化や知識獲得手法に関する研究を行っている。図 3 は、低エミッション型ディーゼルエンジン燃焼室形状の最適化結果に対して自己組織化マップを適用した例である。

- ・ 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、複葉翼を利用する革新的な概念を用いた超音速機に関する研究を行っている。図 1 は一枚のダイヤモンド翼と本研究で提案する複葉翼の圧力図である。ダイヤモンド翼の場合、翼前縁で発生した衝撃波が地面に伝播しているに対し、複葉翼の場合は翼間の干渉に相殺され地面にはほとんど伝播しないことが確認できる。

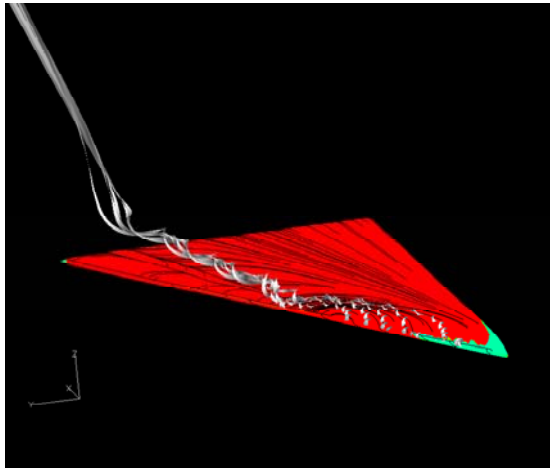


図1 デルタ翼周りの前縁剥離渦構

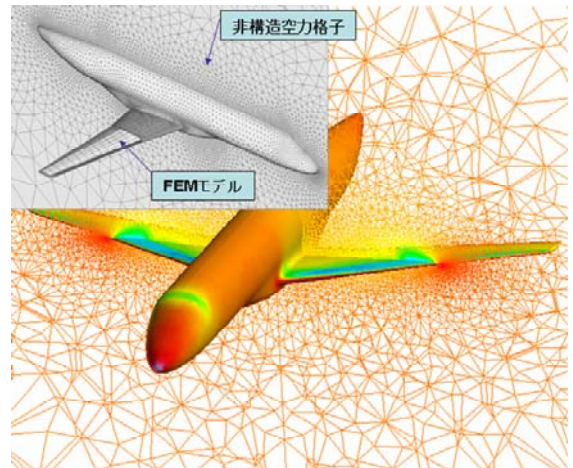


図2 リージョナルジェット機の多分野統合最適設計

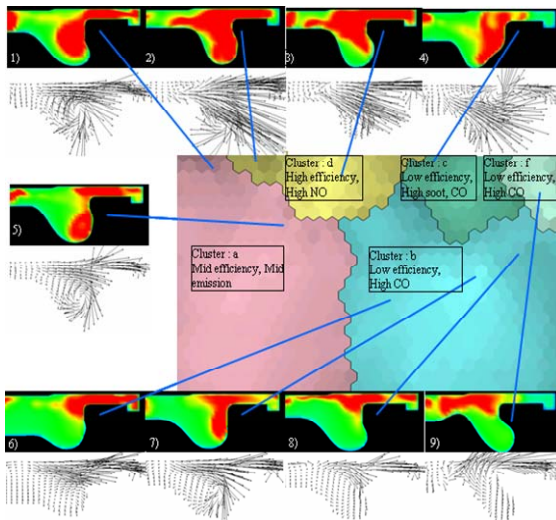


図3 低エミッション型ディーゼルエンジン  
燃焼室形状の多目的最適化

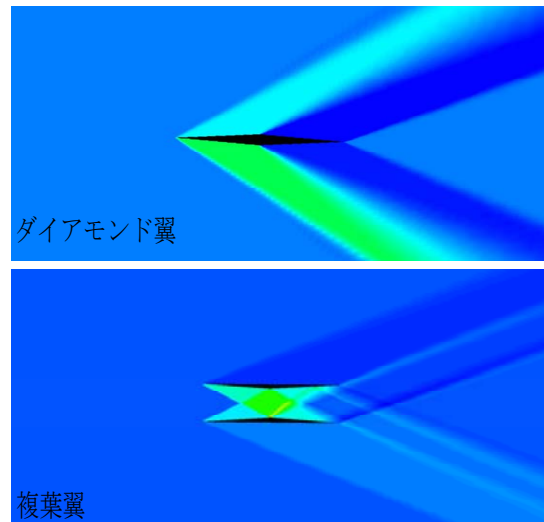


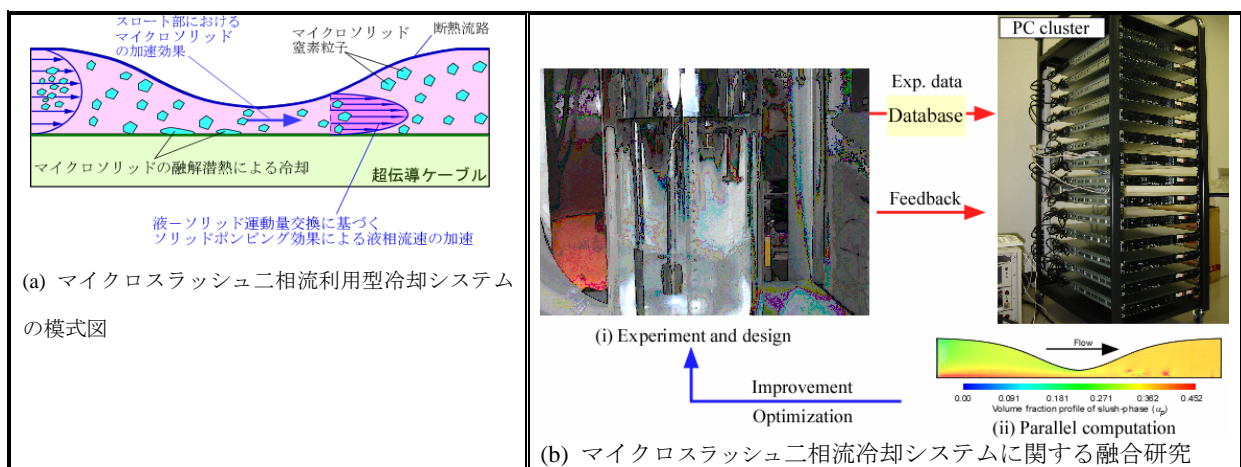
図4 ダイヤモンド翼と複葉翼の比較

## 実事象融合計算研究分野

本研究分野では、動的高解像度レーザー計測と分散型コンピューテーションの革新的融合研究に基づく先端流体解析手法の開発・体系化を目指すとともに、次世代エネルギーに直結した新しい混相流体工学応用機器の開発・最適設計ならびに創成を目的とした応用研究を推進している。特に数値解析の手法としては近年その発展が著しいクラスター型の並列計算による分散型コンピューティング手法を積極的に取り入れ、計測結果の分散型取りこみと並列計算の融合研究により高精度の流体機器設計手法を確立することを目標としている。以下に、代表的な研究テーマについて説明する。

### 【マイクロスラッシュ管内二相流に関する融合計算法の開発】

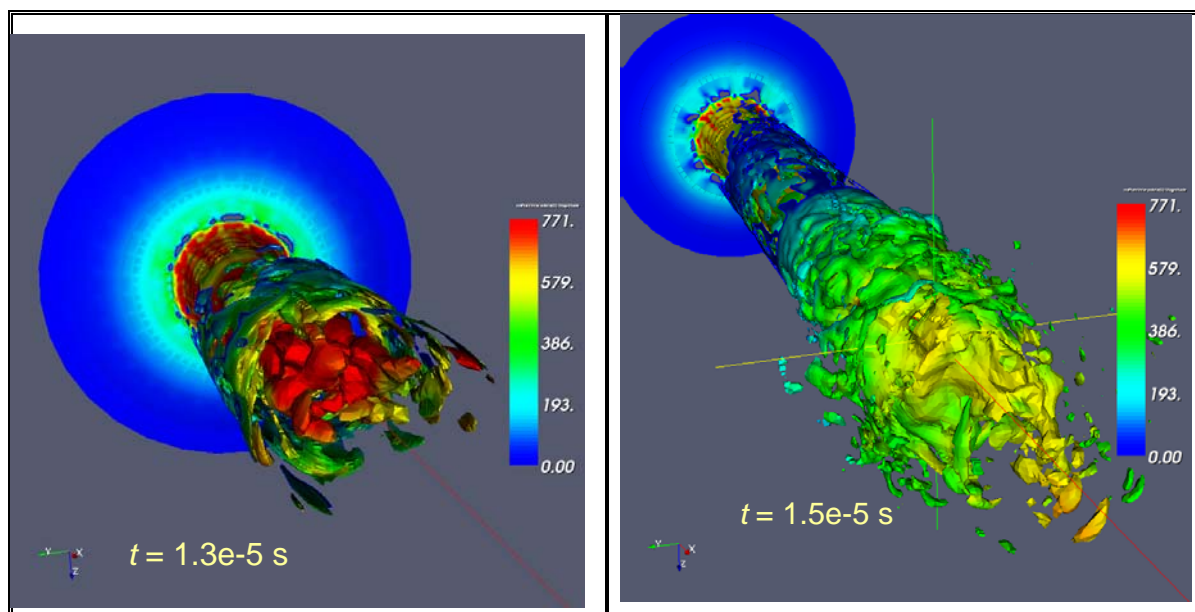
マイクロスラッシュ二相流を用いた冷却システムの特徴としては、1) 固相粒径をミリオダからマイクロオダまで最適制御することにより、混相冷媒流体の二相見かけ粘度を低下させ冷媒流路内における圧力損失の軽減化が可能、2) マイクロオダの粒径を有効活用することによるマイクロチャンネル内の MEMS 冷却が可能、3) Slush Phase のポンピング効果 (Liquid-Slush 運動量交換) による流体加速と伝熱促進が期待できる、等の様々な利点を有している。本研究分野では実験とコンピューテーションの融合研究により次世代能動混相冷却システムを開発し、冷却性能の最適化を可能にする設計手法の指針を示した。



### 【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】

自動車の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 であるのでスーパーコンピュータのベクトルコンピューティングと高速 PC クラスタの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。



液柱から液膜形成、液膜から分裂、液滴形成に至る一連の微粒化プロセスに関する一体型融合数値計算の例

## 学際衝撃波研究分野

本研究分野では、衝撃波を様々な形で医療に応用する衝撃波医療の確立を始め、火山噴火の機構解明と爆風災害の予測と対策を目指した研究、さらに産業や地学等への衝撃波研究成果の応用など、従来の実験及び数値計算手法を更に発展させた次世代融合手法を用いて強力に推進している。

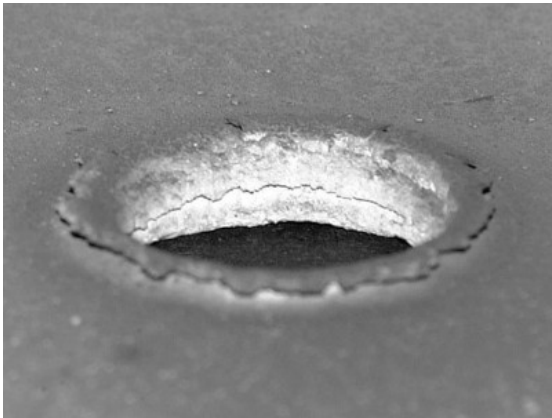
以下に、代表的な研究テーマについて説明する。

### 光学可視化

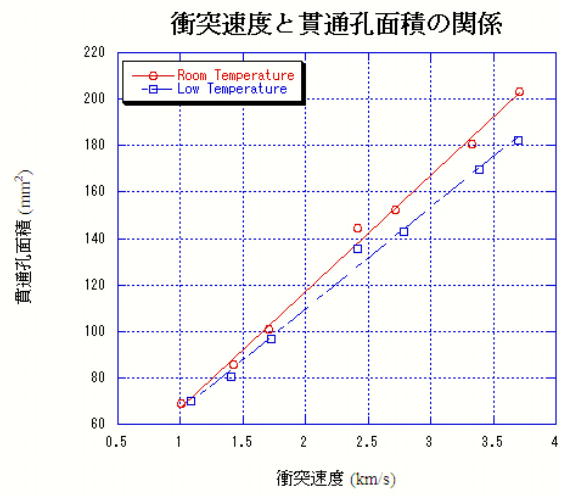
光学可視化計測の主力は二重露光ホログラフィー干渉計である。パルス・ルビーレーザー光の可干渉性を利用して衝撃波管実験ばかりでなく、液体や透明な固体中の衝撃波現象、界面の高速変形などの計測が行われている。取得された画像情報はスーパーコンピュータと組み合わせられて高速処理され、精密な短時間流体計測を可能にしている。ホログラフィー干渉計法を補助するために、影写真法、カラーシュリーレン法が利用され、特に、有限干渉縞を高速画像処理する方法、位相変位干渉法を用いて非常に弱い衝撃波や非常に低密度場での衝撃波をより精緻に可視化計測する方法が活用されている。また、強拡大視野での衝撃波など高速現象の可視化法の開発が行われている。

### 極低温環境下における高速衝突現象に関する実験的研究

小天体衝突による惑星表層環境激変過程を数値模擬アプローチによる研究は、生命起源と初期進化様式、その後の生物絶滅の解明に不可欠の手段になっている。過去の数値模擬の検証は主に常温環境下で行われていた。しかし、実際の惑星は日照面では極端な高温となり、また日陰面では極低温環境下に曝される。これらの極限環境下では、材料物性値は常温のそれとは異なるため、衝突による破壊挙動も異なることが予想される。そのため、より精確な数値模擬のために、このような環境下における衝突実験は緊急にデータベース化されることが要請される。しかし、これらの検証を試みた研究は、現在限られた数しか存在しない。本研究では、極低温環境下における高速衝突現象を解明するため、液体窒素回流型クライオスタットを用いてアルミニウム板を 120K までに冷却し、二段式軽ガス銃を用いて高速衝突実験を行い、デブリクラウドの形成過程の可視化を行った。常温環境下でも同様の実験を行い、結果を比較した。広い速度域においてデブリ雲の時系列的な可視化に成功し、温度の違いにより、デブリ雲内の破片分布及び飛散分布が異なることを明らかにした。また、高速衝突の貫通孔には温度依存性があり、同一衝突速度では温度が上昇すれば貫通孔は大きくなることを確認した。



高速衝突速度で断面に亀裂が生成  
(速度 3.39km/s; 温度 118.8K)



貫通孔面積の温度依存性

## 超高エンタルピー流動研究分野

エネルギーを空間的、時間的に局在化させると、非常にエンタルピーの高い流れを作り出すことができる。そのときのエネルギーの入力、それが誘起する高温状態、流動、波動は、流体の圧縮性、非定常性、非線形性が強く現れる現象であり、流体力学の醍醐味が味わえる研究分野である。

当研究分野では、レーザーパルスによって作り出されるプラズマ、衝撃波およびそれらが誘起する波動、流動現象の解明と、それらの結果として得られる力積の推進等への応用が研究テーマの柱の一つとなっている。図1は、TEA炭酸ガスレーザーパルスを下部にある放物面で反射させて焦点付近で絶縁破壊を起こし、その後のレーザーエネルギーの吸収によるプラズマの生成、衝撃波の発生とそれらの干渉を可視化したものである。

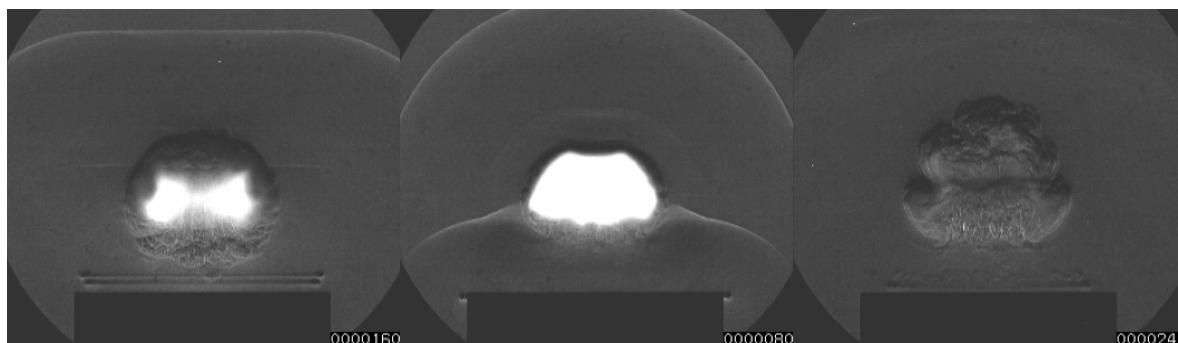


図1 レーザープラズマと衝撃波の干渉の可視化実験

また、融合流体情報学研究分野と共同で、超音速飛行特にソニックブームに関する実験と計算の融合研究を進めている。図2は、当研究分野で開発した新しいサボ分離方式を採用したバリステックレンジによる超音速飛行実験の可視化画像である。試験部では、プロジェクティル打ち出しに伴う先行圧力波の影響が完全に除去され、いわゆる「N波」と呼ばれる典型的なソニックブームの圧力波形が実験室にて再現されている。

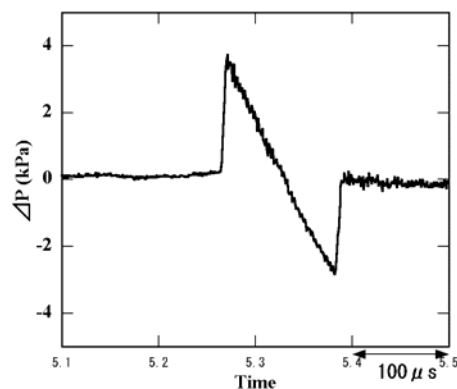
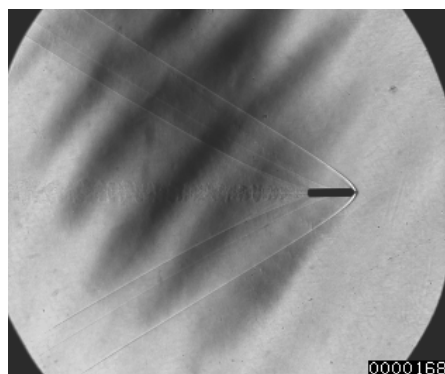


図2 非定常流体力学サボ分離による超音速自由飛行実験と圧力波形



## 複雑動態研究分野

本研究分野では、流体融合研究を推進する上できわめて重要な役割が期待されている、コンピュータを援用したデータ可視化を用いて、さまざまな時間依存現象の複雑動態を探る手法を研究開発している。特に、微分位相幾何、コンカレンシ、統一化、マルチモダリティ等の可能性あるパラダイムに根ざした流体情報学の実現に資することを目的としている。

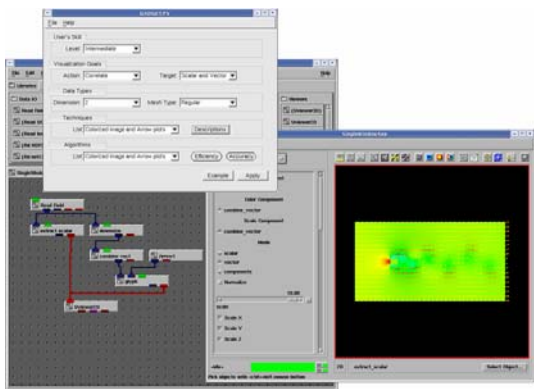
以下、代表的な研究テーマについて説明する。

- データ可視化の分類学と設計支援

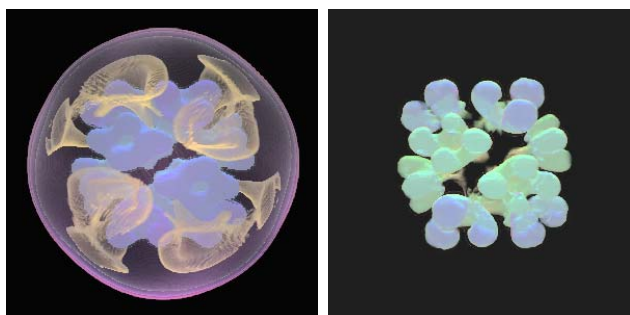
可視化技術者がもつ分類学的知識や経験を知識ベース化し、既存のモジュール型可視化ソフトウェアと連動して、ユーザが非手続き的に種々の流動問題の可視化を設計・実行できるような環境 *GADGET/FV* (Goal-oriented Application Design Guidance for modular visualization Environments/Flow Visualization) を開発している。

- 流動特徴抽出とビジュアルデータマイニング

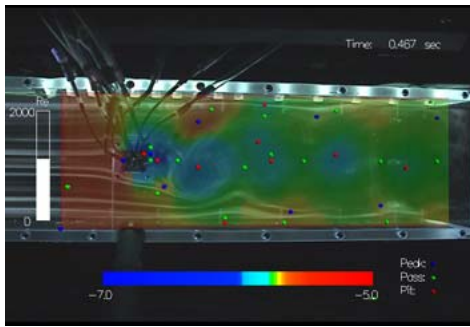
微分位相幾何学の知見を利用して、大規模な時系列ボリュームデータを選択的に可視化する手法を開発している。レベルセットグラフに基づく現在の主要なビジュアルデータマイニングツールとして、臨界点ヒストグラム、臨界/代表等値面抽出、等値面の埋め込み検出、位相的多次元伝達関数設計、区間型ボリューム分解、最適視点計算、適応的データマイグレーションと計算ステアリング等を開発している。



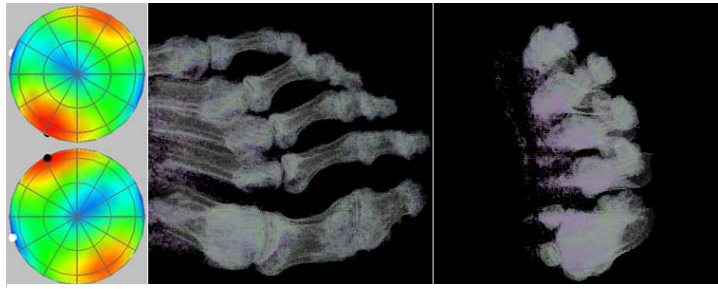
GADGET/FV を用いた流れの可視化応用プログラムの半自動設計



位相的多次元伝達関数を用いたレーザ核融合爆縮シミュレーションデータの可視化



位相骨格抽出によるカルマン渦の計測融合シミュレーションのリアルタイム可視化



位相骨格を用いた最適視点計算法による足データのボリュームレンダリング

## 極限流体環境工学研究分野

本研究分野では、宮崎ブランチに設置されている流動環境シミュレータ実験設備と流体科学研究所のスーパーコンピュータをインタラクティブに駆使して次世代融合研究手法を創生、推進することにより、自然環境に負担をかけないゼロエミッションの理想的な環境親和型輸送システム“エアロトレイン”に関する研究を推進する。

以下に、代表的な研究テーマについて説明する。

### 1. 新高速輸送システムに関する研究

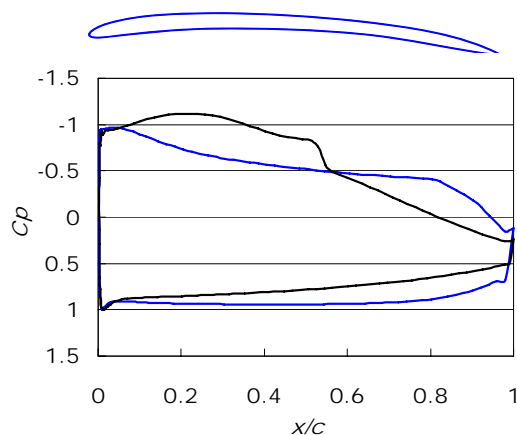
エネルギーミニマムな陸上高速輸送システムとしてエアロトレイン（下図 A 左）を新たに提案し、その可能性について実走行試験ならびに数値流体力学を通して研究を行っている。日向灘研究施設での実走行試験においては実験機の横方向への不安定が観測されているが、これを抑制するため動特性解析等による総合安定性向上に向けた研究が行われている。また、地面効果を最大限発揮するための最適翼型を進化アルゴリズムにより計算し、従来の航空機の翼型とは異なる概念の翼型が得られている（下図 A 右）。

### 2. 流動環境シミュレータ（HART: 曳航風洞）

日向灘実験施設の流動環境シミュレータ実験設備（下図 B）は、静止空気中をモデルが移動するため極低乱流であること、地面効果等の強干渉流の測定が高精度で可能であることが特徴として挙げられる。この装置により、境界層の乱流遷移問題、乱流研究は勿論のこと、エアロトレイン研究、航空機の離着陸、新幹線、自動車の床下流に関する研究が可能となる。

### 3. 境界層の遷移とはく離の制御およびメカニズム解明に関する研究

物体に働く空気抵抗は、その表面の境界層の状態により大きく変化する。境界層の安定性やはく離のメカニズムを解明することで、物体の表面形状やアクチュエータ、あるいは特定の周波数の音波を入射すること等による有効な遷移・はく離の制御方法を開発することが可能となる（下図 C）。

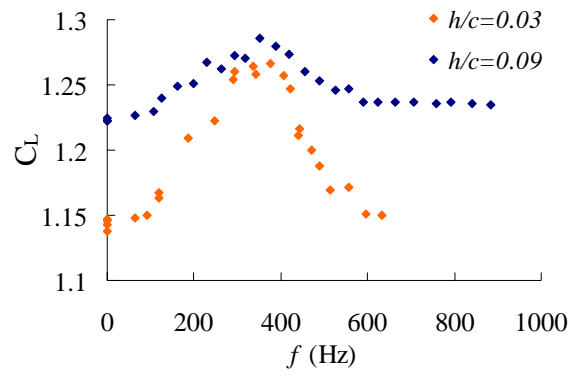


A. 環境親和型輸送システム“エアロトレイン”（左：走行実験風景，右：最適化結果）

Ground Effect Transportation System, “Aero-Train” (left: experiment, right: GA result)



B. 流動環境シミュレータ実験設備  
Towing wind tunnel, "HART"



C. 音波によるはく離制御  
Separation control by sound

## 超実時間医療工学研究分野

本研究室では、計測と計算を一体化した次世代融合研究手法により、刻々変化する生体内の血流の高精度超高速計算（超実時間計算）技術などにより、生体内の複雑な血流現象を解明し、高度医療を実現するための研究を行っている。

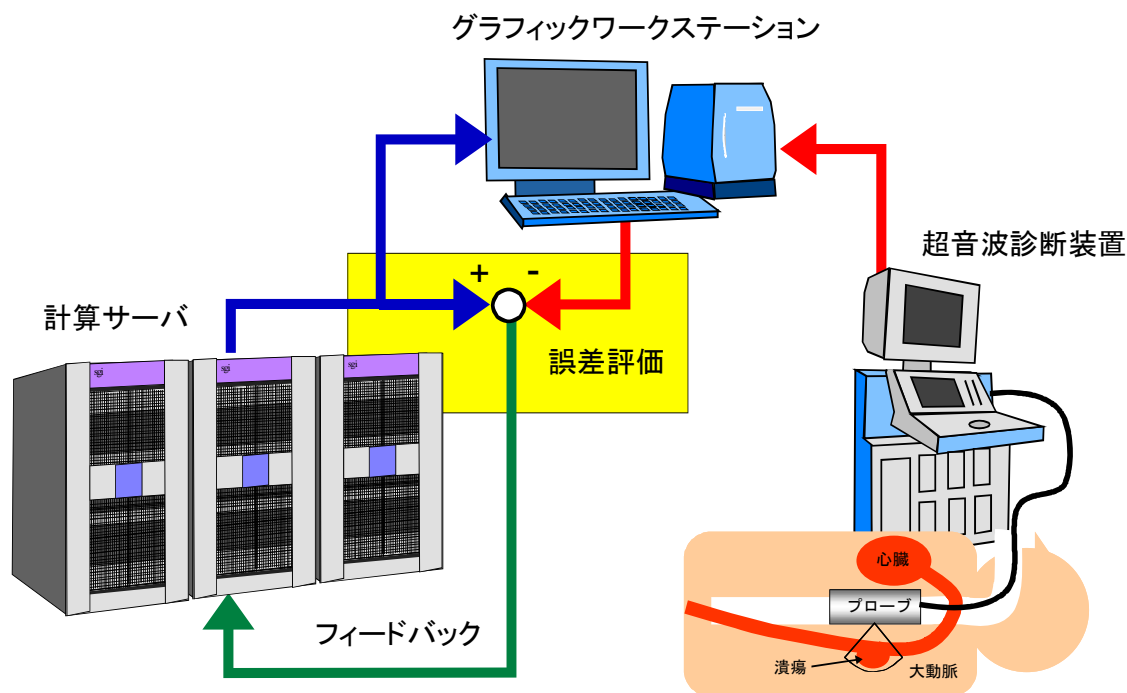
以下に、代表的な研究テーマについて説明する。

### 超音波計測融合シミュレーションによる大動脈瘤内の3次元血流解析

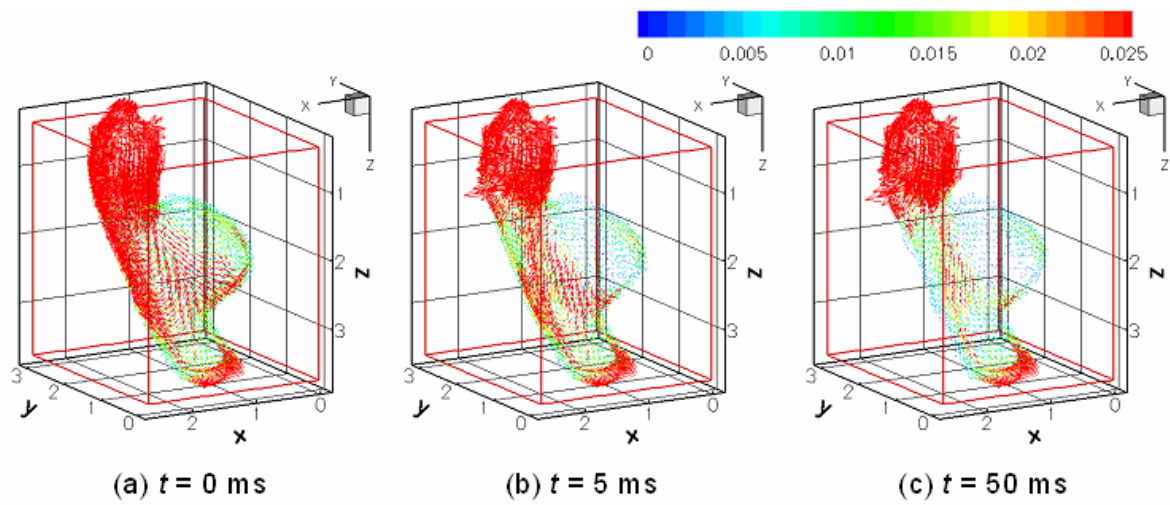
大動脈瘤と血行力学との関連性の解明や、その診療計画を目的に、大動脈瘤内部の複雑な3次元血流場に対して超音波計測と数値シミュレーションを融合した超音波計測融合シミュレーションにより、従来の診断装置では得られなかった血流構造、壁せん断応力や圧力分布などを正確に再現する研究を行っている。また、超音波診断装置とスーパーコンピュータを高速ネットワークで接続した、超音波計測融合シミュレーションシステムの開発を行っている（図参照）。

### 毛細血管内において化学刺激因子が白血球の通過に与える影響

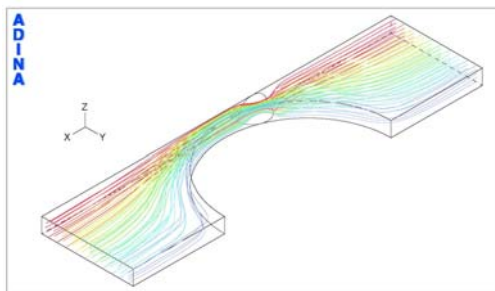
白血球は、炎症から発せられる刺激因子によって炎症部位に凝集し、時には血流を阻害することもあると考えられている。本研究では、コンピュータを用いた疾患の進展予測や投薬シミュレーションを目的とし、刺激因子による刺激が血球の通過に与える影響解明を、実験、数値計算の両面から目指している。特に、白血球に特異な流動様式の解明のために、微小流路を作成し、血球の変形および流動の様子を実験的に観察するとともに、各種条件がその流動に与える影響を数値的に解析している（図参照）。



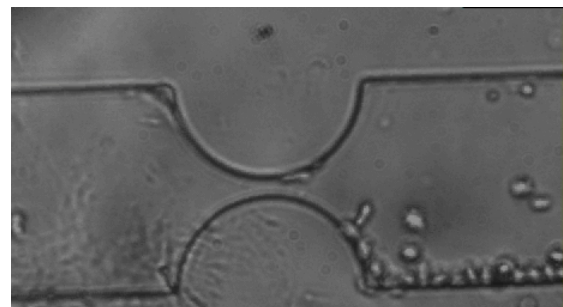
超音波計測融合シミュレーションシステム



フィードバックにより動脈瘤内の速度誤差ベクトルが減少する過程



微小流路における白血球周囲の流れ場



マイクロチャネル内の赤血球の顕微鏡写真

## 知的ナノプロセス研究分野

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

地球温暖化係数が低く、環境に優しい新しいガス分子構造を設計し、高精度シリコン酸化膜エッチングの研究を行っている。CF<sub>3</sub>I/C<sub>2</sub>F<sub>4</sub> 混合ガス系においてエッチングに必要なイオン種とポリマーの堆積に必要なラジカル種を選択的に供給し、50nm レベルの微細加工が実現した。また、現在、NEDO代替フロンプロジェクトに参画し、装置メーカー、ガスメーカー、デバイスメーカーとその実用化に邁進している。

### 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。塩素中性粒子ビームによりダメージフリーで 50nm~7nm の超微細加工を世界で初めて実現できた。特に、本年度は産業技術総合研究所と共同で 32nm 世代以降で主流となる縦型MOSトランジスタに適用し、トランジスタでの電子移動度を 30%向上できるという画期的な成果をあげることができた。この成果は半導体デバイスの学会で世界最高峰の国際電子デバイス会議（IEDM）に採択されました。また、O<sub>2</sub>中性粒子ビームにより 300°C以下の低温で 2nmレベルの高品質シリコン酸化膜を形成することに成功した。いずれも半導体プロセスでは革新的な結果である。

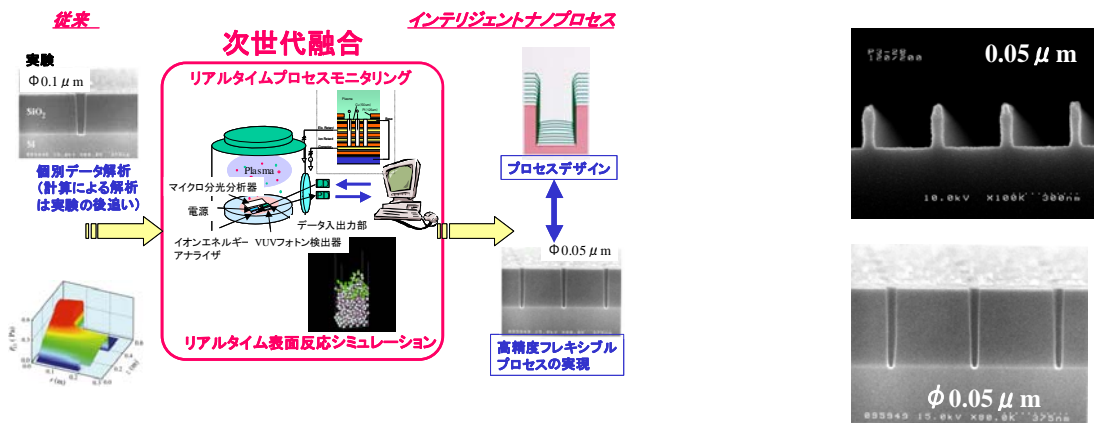
さらには、パルス変調プラズマ中で発生する負イオンを用いて、次世代夢のデバイス・磁気RAM（MRAM）用磁性材料の化学反応エッチングを世界で初めて実現し、微細化の可能性を実証した。この成果は国際マイクロナノプロセスコンファレンスにて発表された。

### 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STARCプロジェクトにて8インチウエハー上に電荷蓄積量センサー、紫外線照射損傷センサーを製作することに成功した。また、実際のデバイス構造に対応した構造により、ダメージを測定できることも実証し、実用化に目処をつけた。

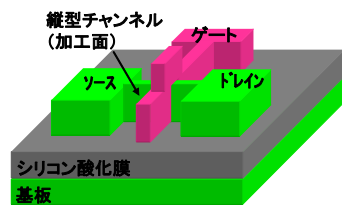
バイオナノプロセスの研究

生体超分子（蛋白質、DNA など）を用いた新しい微細加工技術の研究を行っている。現在、フェリチンに含有する Fe をマスクに 7nm の極微細ナノカラムの製作に世界で初めて成功し、新しい量子効果デバイスへの適用を検討している。特に、中性粒子ビームエッチングを用いることで欠陥フリーのナノ構造を実現でき、揺らぎのない量子構造の作製が可能となった。今後はフェリチンの 2次元結晶を利用して、均一高密度量子構造を実現する。

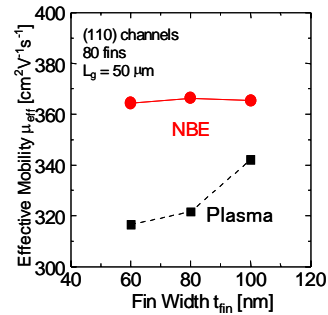


インテリジェントナノプロセス概要図

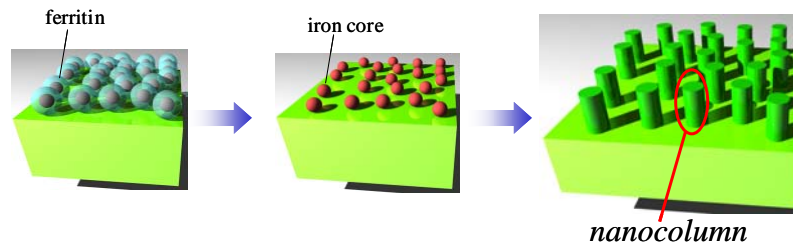
50nm レベル超先端極微細エッチング技術



FIN 型ダブルゲート MOSFET の概略図



起立チャネルエッチング方法による電子移動度の FIN 幅との関係



バイオナノプロセスによる量子効果デバイスの実現



### 3. 平成17年度の研究発表

平成17年度における、センター全体の研究発表件数は241編で、内訳は以下のとおりである\*。

学術雑誌(解説等を含む)	52編
著書	4編
国際学会での発表	101編
国内学会・研究会等での発表	84編

\*: 本報告書取纏め時点のデータである。昨年度成果報告書取纏め以降の業績を含む。これまでの発表件数は、平成15年度166編、平成16年度224編である。

以下に、各研究分野の研究発表をまとめる。なお4章に主要論文の別刷りを掲載した。

#### 融合流体情報学研究分野

##### 学術雑誌(解説等を含む)

1. Lucia PARUSSINI, Valentino PEDIRODA and Shigeru OBAYASHI, "Design under Uncertainties of Wings in Transonic Field," JSME International Journal Series B, Special Issue on Advanced Fluid Information, Vol. 48, No. 2, May 2005, pp.218-223.
2. S. Jeong, M. Murayama, K. Yamamoto, "Efficient Optimization Design Method Using Kriging Model," Journal of Aircraft, Vol.42, No.2, MARCH-APRIL 2005, pp. 413-420
3. Sinkyu JEONG, Shigeru OBAYASHI, Kazuomi YAMAMOTO, "Aerodynamic Optimization Design with Kriging Model," Transactions of the Japan Society for Aeronautical and Space Sciences, Vol.48, No.161, November, 2005, pp.161-168
4. Shinkyu Jeong, Sasaki Daisuke and Shigeru Obayashi, "Knowledge Discovery in Aerodynamic Design Space using Data Mining," The Korean Society for Aeronautical and Space Sciences, Vol.34, No.1, January, 2006, pp.49-55.

##### 著書

5. New Developments in Computational Fluid Dynamics, Kozo Fujii, Kazuhiro Nakahashi, Shigeru Obayashi, Satoko Komurasaki(Eds.), Springer, Berlin, 2005.

##### 国際学会

6. Shigeru Obayashi, Shinkyu Jeong and Kazuhisa Chiba, "Multi-Objective Design Exploration for Aerodynamic Configurations," AIAA Paper 2005-4666 (invited), 35th AIAA Fluid Dynamics Conference and Exhibit, 6-9 June 2005, Toronto Canada.
7. Y. Goto, S.Obayashi and Y. Kohama, "Drag Characteristics of a Low-Drag Low-Boom Supersonic Formation Flying Concept," AIAA Paper 2005-4604, 35th AIAA Fluid Dynamics Conference and Exhibit, 6-9 June 2005, Toronto Canada.
8. Jeong, S., Chiba, K., and Obayashi, S., "Data Mining for Aerodynamic Design Space," AIAA Paper

- 2005-5079, AIAA 23rd Applied Aerodynamics Conference, Toronto, Canada, June 2005.
9. Chiba, K., Obayashi, S., Nakahashi, K., and Morino, H., "High-Fidelity Multidisciplinary Design Optimization of Aerostructural Wing Shape for Regional Jet," AIAA Paper 2005-5080, AIAA 23rd Applied Aerodynamics Conference, Toronto, Canada, June 2005.
  10. Shigeru Obayashi, "Evolutionary Multiobjective Optimization for Regional- JetWing by CFD-CSD Coupling," EUROGEN2005, September 2005, Munich, Germany.
  11. Eriko Shimizu, Shinkyu Jeong, Koji Isogai, Shigeru Obayashi, "SHAPE OPTIMIZATION OF FISH TAIL PROPULSION WITH HYDRO-ELASTIC EFFECTS," EUROGEN 2005, Munich, Germany, September 2005.
  12. Shinkyu Jeong and Shigeru Obayashi, "Efficient Global Optimization (EGO) for Multi-Objective Problem and Data Mining," Proceeding of Congress on Evolutionary Computation 2005, Vol. 3, pp. 2138-2145, IEEE Congress on Evolutionary Computation 2005, September, 2005, Edinburgh, UK.
  13. Shigeru Obayashi, "Multi-Objective Design Exploration for Multidisciplinary Design Optimization Problems", 韓国 KCFE 学会, October 2005, Pusan, Korea.
  14. Shigeru Obayashi, "Multi-Objective Design Exploration for Multidisciplinary Design Optimization Problems," IFS-JAXA Joint Symposium on Advanced Fluid Information (AFI-2005), Sendai Japan, Dec. 2005.
  15. T. Kumano, S. Jeong, S. Obayashi, Y. Ito, K. Hatanaka and H. Morino, "Multidisciplinary Design Optimization of Wing Shape for a Small Jet Aircraft Using Kriging Model," AIAA Paper 2006-932, 44th AIAA Aerospace Sciences Meeting and Exhibit, Reno, Nevada, Jan. 9-12, 2006.
  16. T. Misaka and S. Obayashi, "Application of Local Correlation-Based Transition Model to Flows Around Wings," AIAA Paper 2006-918, 44th AIAA Aerospace Sciences Meeting and Exhibit, Reno, Nevada, Jan. 9-12, 2006.
  17. K. Kusunose, K. Matsushima, Y. Goto, H. Yamashita, M. Yonezawa, D. Maruyama, and T. Nakano, "A Fundamental Study for the Development of Boomless Supersonic Transport Aircraft," AIAA-2006-654, 44th AIAA Aerospace Sciences Meeting and Exhibit, Reno, Nevada, Jan. 9-12, 2006.

#### 国内学会、研究会等

18. 山下 博、米澤 誠仁、後藤 悠一郎、楠瀬 一洋、大林 茂、"超音速二枚翼型における衝撃波の CFD 解析、"航空宇宙数値シミュレーション技術シンポジウム, 東京, 2005 年 6 月
19. 大林 茂、"多目的最適化と高次元の可視化、"第 33 回可視化情報シンポジウム, 2005 年 7 月, 東京
20. 峯村 洋一、鄭 信圭、大林 茂、"ディーゼルエンジン燃焼室形状の最適化、"日本機械学会 第 15 回設計工学・システム部門講演会, 札幌, 2005 年 8 月
21. 米澤 誠仁、山下 博、後藤 悠一郎、楠瀬 一洋、大林 茂、"Busemann Biplane による超音速飛行の基礎研究、"日本機械学会 第 15 回設計工学・システム部門講演会, 札幌, 2005

年 8 月

22. 熊野 孝保、鄭 信圭、大林 茂、畑中 圭太、森野 裕行、“Kriging モデルを用いた小型ジェット旅客機主翼形状の多分野融合最適化、”日本機械学会 第 15 回設計工学・システム部門講演会、札幌、2005 年 8 月
23. リム ジンネ、佐々木 大輔、鄭 信圭、大林 茂、“進化的計算法によるデータに対するフuzzy 決定木の適用、”日本機械学会 2005 年度年次大会、東京、2005 年 9 月
24. 三坂 孝志、大林 茂、“実験的相関に基づいた遷移モデルの翼周り流れへの適用、”日本流体力学会 年会 2005、東京、2005 年 9 月
25. 三坂 孝志、大林 茂、“非構造格子法への相関に基づく遷移モデルの適用、”第 37 回「境界層遷移の解明と制御」研究会、東京 JAXA、2005 年 9 月
26. 畑野 圭太、大林 茂、鄭 信圭、熊野 孝保、“多分野統合最適化技術を用いた高性能小型民間機的设计、”第 43 回飛行機シンポジウム、名古屋、2005 年 10 月
27. 三坂 孝志、大林 茂、“計測データを用いた数値シミュレーションによる流れ場の再現、”第 19 回数値流体力学会、東京、2005 年 12 月
28. Sinkyu Jeong and Shigeru Obayashi, “Application of Kriging Model to Multi-Objective Problem” 日韓特別セッション、第 19 回数値流体力学会、東京、2005 年 12 月
29. 米澤 誠仁、大林 茂、楠瀬 一洋、“複葉翼サイレント超音速旅客機の主翼設計、”日本航空宇宙学会空気力学部門第 2 回サイレント超音速旅客機研究会、東京、2006 年 2 月
30. 山下 博、大林 茂、楠瀬 一洋、“サイレント超音速旅客機実現へ向けた二枚翼型の衝撃波干渉解析、”日本航空宇宙学会空気力学部門第 2 回サイレント超音速旅客機研究会、東京、2006 年 2 月
31. 三坂 孝志、大林 茂、遠藤 栄一、“航空機飛行データを用いた晴天乱気流のシミュレーション、”第 21 回 TSFD シンポジウム「乱流数値シミュレーション-安全分野への応用」、東京、2006 年 3 月

#### 実事象融合計算研究分野

##### 学術雑誌（解説等を含む）

1. Jun Ishimoto, Masahiro Onishi, and Kenjiro Kamijo, Numerical and Experimental Study on the Cavitating Flow Characteristics of Pressurized Liquid Nitrogen in a Horizontal Rectangular Nozzle, Trans. ASME, Journal of Pressure Vessel Technology, Vol. 127, Issue 4 (2005), pp.515-524.
2. Jun Ishimoto and Shinichi Kamiyama, Numerical Analysis of Cavitating Flow of Magnetic Fluid in a Vertical Venturi Channel, JSME International Journal, Vol. 48, No. 3 (2005) pp.478-487.
3. Jun Ishimoto, CFD Analysis on two phase pipe flow of slush nitrogen, Advances in Cryogenic Engineering, Vol. 51B (2005) [Accepted].
4. Jun Ishimoto and Ryusuke Ono, Numerical Study of the Two-Phase Flow Characteristics of Slush Nitrogen, Cryogenics, Vol.45, Issue 4 (2005), pp.304-316.

5. Jun Ishimoto and Shinichi Kamiyama, Numerical Study of Cavitating Flow of Magnetic Fluid in a Vertical Converging-Diverging Nozzle, Journal of Magnetism and Magnetic Materials, Vol. 289 (2005), pp.260-263.
6. Jun Ishimoto and Kenjiro Kamijo, Numerical Study of Two-Phase Flow of Liquid Helium in a Vertical Converging-Diverging Nozzle, Heat Transfer- Asian Research, Vol. 34, No. 6 (2005), pp.432-448.
7. Jun Ishimoto, Numerical Prediction of Two-Phase MHD Power Generation System Using Cavitating Flow of Electrically Conducting Magnetic Fluid, Japanese Journal of Multiphase Flow, Vol. 20, (2006) [Accepted].

#### 国際学会

8. Jun Ishimoto, CFD Analysis on two phase pipe flow of slush nitrogen, 2005 Cryogenic Engineering Conference and International Cryogenic Materials Conference (CEC-ICMC 2005), August 29 - September 2, 2005, Keystone Resort & Conference Center, Keystone, Colorado, USA
9. Jun Ishimoto, Hidehiro Hoshina, Tadashi Tsuchiyama, and Hideyuki Watanabe, Integrated Simulation of the Liquid Atomization Mechanism through a Nozzle, Second International Symposium on Transdisciplinary Fluid Integration, TFI-2005, October 26-27, 2005, Hotel Hyuga, Hyuga, Miyazaki, JAPAN.
10. Jun Ishimoto, Hidehiro Hoshina, Tadashi Tsuchiyama, and Hideyuki Watanabe, Integrated CFD Approach of the Liquid Atomization Mechanism in a Spray Nozzle, Fifth International Symposium on Advanced Fluid Information (AFI-2005) —IFS-JAXA Joint Symposium—, December 8-9, 2005, Institute of Fluid Science, Tohoku University, Sendai, Japan.

#### 国内学会、研究会等

11. 石本 淳, 導電性磁性流体キャビテーション流を用いた二相 MHD 発電システムに関する数値予測 (招待講演), 第7回「機能性流体工学の先端融合化に関する研究分科会」, 2005年5月16日, 上智大学 (東京都千代田区).
12. 石本 淳, 導電性磁性流体キャビテーション流を用いた MHD 二相流発電システムに関する数値予測 (Keynote lecture), 日本混相流学会年会講演会 2005, 2005年8月1日(月)~8月3日(水) 工学院大学 新宿校舎 (東京都新宿区)
13. 石本 淳・保科 栄宏・土山 正・渡辺 秀行, 液体微粒化メカニズムに関する一体型シミュレーションと可視化, 日本機械学会 2005年度年次大会, 2005年9月19日(月)~22日(木), 電気通信大学 (調布市).

#### 学際衝撃波研究分野

##### 学術雑誌 (解説等を含む)

1. M. Viren, G. Jagadeesh, KPJ Reddy, Mingyu Sun, K. Takayama, Visualization of shock waves around hypersonic spiked blunt cones using electric discharge, Journal of Visualization, 8, (2005), pp.65-72
2. Mingyu Sun, Tsutomu Saito, P. A. Jacobs, E. Timofeev, K. Takayama, A benchmark test: axisymmetric

shock wave interaction with a cone, *Shock Waves*, Vol 14, (2005), pp. 313-331

3. Jagadeesh G, Menezes V, Reddy KPJ, Hashimoto T, Sun M, Saito T, Takayama K Flow fields of a large angle spiked blunt cone at hypersonic Mach numbers. *Trans. Jpn. Soc. Aeronaut. Space Sci.*, 48 (160): 110-116 AUG 2005
4. A.F.P. Houwing, K. Takayama, Z. Jiang, M. Sun, K. Yada, H. Mitobe, Interferometric measurement of density in nonstationary shock wave reflection flow and comparison with CFD, *Shock Waves*, (2005), DOI: 10.1007/s00193-005-0243-z, Vol.14, pp.11-19

#### 国際学会

5. M. Sun, K. Takayama, T. Ikohagi, Computerized visualization of numerical data, 5<sup>th</sup> Pacific Symposium on Flow Visualization and Image Processing, Australia, 2005
6. M. Sun, K. Takayama, T. Ikohagi, Computerized visualization of shocked flows, The 25<sup>th</sup> International Symposium on Shock Waves-ISSW25(2005.7.), (Bangalore, India).
7. A. Matthujak, K. Pianthong, M. Sun, K. Takayama, T. Ikohagi, B. E. Milton, Effects of different fuels on the characteristics of supersonic liquid jets, The 25<sup>th</sup> International Symposium on Shock Waves-ISSW25(2005.7.), (Bangalore, India).
8. Takamasa Kikuchi, Daiju Numata, K.Ohtani, K.Kikuta, H.Ojima, M.Sun, K.Takayama, Visualization of flow around a transonic free flight projectile, The 25<sup>th</sup> International Symposium on Shock Waves-ISSW25(2005.7.), (Bangalore, India).
9. Daiju Numata, Takamasa Kikuchi, K.Ohtani, H.Ojima, M.Sun, K.Takayama, Experimental study of hypervelocity impact phenomena on cryogenic materials, The 25<sup>th</sup> International Symposium on Shock Waves-ISSW25(2005.7.), (Bangalore, India).
10. Kiyonobu Ohtani, Daiju Numata, Takamasa Kikuchi, Mingyu Sun, Kazuyoshi Takayama, Kenji Togami, Hypervelocity Impact Study on Cryogenic Materials, 2005 Hypervelocity Impact Symposium, (2005.10), (Lake Tahoe, California, USA).
11. Kiyonobu Ohtani, Daiju Numata, Takamasa Kikuchi, Mingyu Sun, Kazuyoshi, Takayama, Hypervelocity impact phenomena at low temperatures using a Cryostat, The 56th International Astronautical Congress, (2005.10), (Fukuoka, Japan).

#### 国内学会、研究会等

12. Matthujak A, Painthong K, Sun M, Takayama K, Ikohagi T, (2005) Characteristics of high-speed liquid fuel jets, 平成 16 年度衝撃波シンポジウム講演論文集, 435-438
13. 沼田 大樹, 大谷 清伸, 菊池 崇将, 孫 明宇, 高山 和喜 (2005) バリステックレンジを用いた極低温環境下における高速衝突現象に関する研究, 平成 16 年度衝撃波シンポジウム講演論文集, 457-460
14. 孫 明宇, 高山 和喜 (2005) Numerical modeling of laser-induced bubble and shock phenomena, 平成 16 年度衝撃波シンポジウム講演論文集, 431-432
15. 栗林泰造、V. Menezes、斉藤務、孫明宇、高山和喜 (2005) 無隔膜衝撃波管を用いた物体表

- 面での非定常熱流束計測、平成 16 年度衝撃波シンポジウム講演論文集, 413-414
16. 大谷清信、小島英則、孫明宇、高山和喜 (2005) 液体アルゴンの音響キャビテーションと衝撃波、平成 16 年度衝撃波シンポジウム講演論文集, 279-280
  17. 加藤一馬、孫明宇、高山和喜 (2005) 浮遊固体微粒子と衝撃波との非定常抵抗に関する研究、平成 16 年度衝撃波シンポジウム講演論文集, 7-8
  18. 菊池 崇将, 沼田 大樹, 大谷 清伸, 孫 明宇, 高山 和喜 (2005), 極低温高速衝突現象に関する実験的研究, 第 5 回宇宙科学シンポジウム, 相模原

### 超高エンタルピー流動研究分野

学術雑誌 (解説等を含む)

1. S. Matsuyama, N. Ohnishi, A. Sasoh and K. Sawada, Numerical Simulation of Galileo Probe Entry Flowfield with Radiation and Ablation, *Journal of Thermophysics and Heat Transfer*, Vol. 19, No. 1, pp. 28-35, 2005.
2. A. Sasoh, K. Watanabe, Y. Sano and N. Mukai, Behavior of bubbles induced by the interaction of a laser pulse with a metal plate in water, *Applied Physics A*, Vol. 80, No. 7, pp.1497 – 1500, (1.22-2003), 2005.
3. X. Yu, T. Ohtani, S. Kim, T. Ogawa, I-S. Jeung and A. Sasoh, Blast wave characteristics under laser-driven in-tube accelerator operation conditions, *Science and Technology of Energetic Materials*, Vol.66 (2), pp.274-282, 2005.
4. K. Watanabe and A. Sasoh, Impulse Generation Using a 300-J-Class Laser with Confinement Geometries in Air, *Transaction of the Japan Society for Aeronautical and Space Sciences*, Vol. 48, No. 159, pp. 49-52, 2005.
5. A. Sasoh, N. Urabe, S. Kim and I-S. Jeung, Impulse dependence on propellant condition in laser-driven in-tube accelerator, *Transaction of the Japan Society for Aeronautical and Space Sciences*, Vol. 48, No. 160, pp. 63-70, 2005.
6. N. Yamamoto, S. Yokota, K. Watanabe, A. Sasoh, K. Komurasaki and Y. Arakawa, Suppression of discharge current oscillations in a Hall Thruster, *Trans. Japan Soc. Aero. Space Sci.*, Vol. 48, No. 161, pp. 169-174, 2005
7. A. Sasoh, T. Takahashi, K. Watanabe, H. Torikai, and Q-S. Yang, Shock Tube Operation with Laser Beam Induced Diaphragm Rupture, *AIAA journal*, accepted for publication
8. S. Matsuyama, Y. Shimogonya, N. Ohnishi, A. Sasoh and K. Sawada, Multiband Radiation Model for Simulation of Galileo Probe Entry Flowfield, *Journal of Thermophysics and Heat Transfer*, accepted for publication

国際学会

9. Nagata, N. Ohnishi, A. Sasoh and K. Sawada, Calculation of Unsteady Flowfield in Expansion Tube Using Contact Surface Resolving Technique, 43rd AIAA 2005-179, Reno, Nevada, 2005.

10. A. Sasoh, T. Ohtani and X. Yu, Impulse generation scaling laws in Laser-Driven In-Tube Accelerator, 23rd AIAA Plasmadynamics and Lasers Conference, Toronto, Canada, June 2005
11. A. Sasoh and K. Mori, Supersonic Drag Reduction Using Repetitively-Pulsed CO2 TEA Laser, 23rd AIAA Plasmadynamics and Lasers Conference, Toronto, Canada, June 2005
12. K. Mori, K. Watanabe, E. Zaretsky, A. Sasoh, Time-resolved measurement of the impulse generation processes in POM laser-ablation, 23rd AIAA Plasmadynamics and Lasers Conference, Toronto, Canada, June 2005 (AIAA paper 2005-5175)
13. A. Sasoh, Secondary diaphragm rupture processes in expansion tube, ISSW25, Bangalore, India, 17-22, July 2005
14. K. Mori, A. Sasoh, Experimental study of the interaction between the laser-generated plasma and a shock wave, ISSW25, Bangalore, India, 17-22 July 2005
15. T. Furukawa, T. Aochi, K. Saito and A. Sasoh, Realization of Super-orbital Entry Flow using Expansion Tube, Proceedings of 21st International Congress on Instrumentation in Aerospace Simulation Facilities, Sendai, Japan, August 29- September 1 2005.
16. S. OSHIBA, T. FURUKAWA, N. KUMAGAI and A. SASOH, Experimental Study of Sonic Boom Alleviation Using Busemann's Biplane, TFI2005, Miyazaki, 26-27 Oct., 2005
17. S. OSHIBA and A. SASOH, Sonic Boom Study Using Low-Muzzle-Blast Gas Gun, Second International Conference on Flow Dynamics (ICFD2005), Sendai, 16-18 Nov., 2005
18. A. Sasoh, K. Mori, T. Ohtani, N. Ohnishi, Y. Ogino and K. Sawada, Physical Processes of the Interaction Between Laser-Generated Plasma and Blast Wave Appearing in Laser-Driven In-Tube Accelerator, ISBEP4, 15-18 Nov. 2005, Nara
19. K. Mori, K. Anju, A. Sasoh, Time-resolved force measurement over laser-ablated materials, ISBEP4, 15-18 Nov. 2005, Nara
20. K. Mori, A. Sasoh, and L. N. Myrabo, Pulsed Laser Propulsion Performance of 11-cm Parabolic 'Bell' Engines: CO2 TEA vs. EDL, ISBEP4, 15-18 Nov. 2005, Nara
21. T. Ohtani, K. Mori, A. Sasoh, Impulse Characteristics of Laser-driven In-Tube Accelerator (LITA), ISBEP4, 15-18 Nov. 2005, Nara

国内学会、研究会等

22. 佐宗章弘, 大谷俊朗, 森浩一, レーザー駆動ブラスト波における Richtmyer-Meshkov 不安定性の実験, 第 37 回流体力学講演会, 9 月 14,15 日, 千葉
23. 森浩一, 佐宗章弘, 繰り返しパルスレーザーを用いた超音速抗力低減の予備実験、宇宙航行の力学シンポジウム、12 月 12,13 日, 相模原

## 複雑動態研究分野

学術雑誌 (解説等を含む)

1. 土井美鈴, 山本高美, 藤代一成: 対話型再進化計算に基づくアパレルデザイン支援におけるブ

ラウジング手法, 情報科学技術レターズ, Vol. 4, (2005), 173-176.

2. 竹島由里子, 高橋成雄, 藤代一成: 位相属性を用いた多次元伝達関数設計, 情報処理学会論文誌, Vol. 46 No. 10, (2005), 2566-2575.
3. 藤代一成: ビジュアリゼーション, 機械工学年鑑 3.5, 日本機械学会誌, Vol.108, No.1041, (2005), 607.
4. 竹島由里子, 高橋成雄, 藤代一成: 位相的ボリューム骨格化アルゴリズムの改良, 情報処理学会論文誌, Vol. 47 No. 1, (2006), 250-261.
5. 藤代一成: ボリュームグラフィックスの最前線, 日本医用画像工学会誌, Vol.24, No.2 (2006)[掲載予定].

#### 著書

6. Eduard Groeller, Issei Fujishiro, Klaus Mueller, and Thomas Ertl (Eds.): Volume Graphics 2005 Eurographics / IEEE VGTC Workshop Proceedings, IEEE Computer Society Press, (2005).
7. Shigeo Takahashi, Yuriko Takeshima, Issei Fujishiro, and Gregory M. Nielson: Emphasizing Isosurface Embeddings in Direct Volume Rendering, In Scientific Visualization: The Visual Extraction of Knowledge from Data (Georges-Pierre Bonneau, Thomas Ertl, Gregory M. Nielson, eds.), Springer-Verlag, (2005), 185-206.
8. 藤代一成, 堀井秀之: 第3章「社会技術の設計方法」, 第2節「問題の分析」, 安全安心のための社会技術, 東京大学出版会, (2006), 110-125.

#### 国際学会

9. Issei Fujishiro, Yuriko Takeshima, Kaori Ono, and Seiichi Koshizuka: Point-Based Unification of Complex Data Visualization, Proceedings of NICOGRAPH International 2005, (2005), 147-148.
10. Issei Fujishiro, and Shigeo Takahashi: Potentials of Level-Set Analysis for Volume Exploration, Dagstuhl Seminar on Scientific Visualization: Challenges for the Future, (2005).
11. Yuriko Takeshima, Shigeo Takahashi, Issei Fujishiro, and Gregory M. Nielson: Introducing Topological Attributes for Objective-Based Visualization of Simulated Datasets, Proceedings of International Workshop on Volume Graphics 2005, (2005), 137-145, 236.
12. Issei Fujishiro, Shigeo Takahashi, and Yuriko Takeshima: Potentials of Topological Approaches to Volume Data Mining, Mini-Symposium on Scientific Visualization in the Computational Sciences and Engineering, Eighth US National Congress on Computational Mechanics, (2005).
13. Yuki Mori, Shigeo Takahashi, Yuriko Takeshima, Takeo Igarashi, and Issei Fujishiro: Automatic Cross-Sectioning Based on Topological Volume Skeletonization, ACM SIGGRAPH2005 Full Conference DVD-ROM (Poster), (2005).
14. Yuki Mori, Shigeo Takahashi, Yuriko Takeshima, Takeo Igarashi, and Issei Fujishiro: Automatic Cross-Sectioning Based on Topological Volume Skeletonization, Smart Graphics: 5<sup>th</sup> International Symposium (Springer Lecture Notes in Computer Science), Vol. 3638, (2005), 175-184.
15. Yuriko Takeshima, and Issei Fujishiro: A Design Support Environment for Flow Visualization



- Applications, Proceedings of Second International Symposium on Transdisciplinary Fluid Integration, (2005), 48.
16. Shigeo Takahashi, Issei Fujishiro, Yuriko Takeshima, and Tomoyuki Nishita: A Feature-Driven Approach to Locating Optimal Viewpoints for Volume Visualization, Proceedings of IEEE Visualization 2005, (2005), 495-502.
  17. Takami Yamamoto, Misuzu Doi, and Issei Fujishiro: Development of Pants Slopers with Automatic Drafting Functions for Use in Apparel CAD Education, Proceedings of CAD/Graphics 2005, (2005), 193-198.
  18. Yuriko Takeshima, Hikaru Shibata, Shigeo Takahashi, Issei Fujishiro, and Toshiyuki Hayase: Adaptive Visualization of Measurement-Integrated Simulation of Karman Vortex Street Based on Topological Skeletonization, Proceedings of Fifth International Symposium on Advanced Fluid Information, (2005), 94-95.
  19. Shizuka Azuma, Issei Fujishiro, Hideyuki Horii: Hierarchical Causality Explorer: Making Complementary Use of 2D/3D Visualizations, Proceedings of SPIE-IS&T Electronic Imaging, Vol. 6060 No. 60600H, (2006).
  20. Issei Fujishiro, Rieko Otsuka, Yuriko Takeshima, and Shigeo Takahashi: T-Map: A Topological Approach to Visual Exploration of Time-Varying Volume Data, To appear in Proceedings of ISHPC2005 (Springer Lecture Notes in Computer Science), (2006).
- 国内学会、研究会等
21. 山本高美, 土井美鈴, 藤代一成, 坂元 章: アパレル CAD 教育のための e-ラーニングシステムのプロトタイピング, 日本家政学会第 57 回大会研究発表要旨集, (2005), 116.
  22. 高橋成雄, 藤代一成, 竹島由里子, 西田友是: ボリューム可視化のための最適視点位置計算, 画像電子学会 Visual Computing 情報処理学会グラフィクスと CAD 合同シンポジウム予稿集, (2005), 35-40.
  23. 森 悠紀, 高橋成雄, 竹島由里子, 五十嵐健夫, 藤代一成: 位相構造に基づくボリュームの自動断面生成, 画像電子学会 Visual Computing 情報処理学会グラフィクスと CAD 合同シンポジウム予稿集, (2005), 45-50.
  24. 渡辺大介, 茅 暁陽, 小野謙二, 藤代一成: 視点情報に基づく流れ場のストリームライン配置, 画像電子学会 Visual Computing 情報処理学会グラフィクスと CAD 合同シンポジウム予稿集, (2005), 149-154.
  25. 竹島由里子, 高橋成雄, 藤代一成, 坂上仁志: レーザ核融合における爆縮現象の位相解析と可視化, 第 33 回可視化情報シンポジウム講演論文集, Vol. 25 Suppl. No. 1, (2005), 139-142.
  26. 山本高美, 坂元章, 赤坂瑠以, 藤代一成: アパレル CAD e-ラーニングシステムの開発と評価, 日本教育工学会第 21 回全国大会講演論文集, (2005), 489-490.
  27. 宮村 (中村) 浩子, 斎藤隆文, 高橋成雄, 竹島由里子, 藤代一成: 四面体縮退化によるマルチスカラボリュームデータの詳細度制御, 情報処理学会研究報告 2005-CG-121(9), (2005), 49-54.

28. 藤代一成：新時代の CG 教育カリキュラム，情報処理学会研究報告 2006-CG-122(8)，(2006)，43-44.

### 極限流体環境工学研究分野

学術雑誌（解説等を含む）

1. 高木敏行，阿部俊彦，中森一郎，小森谷年彦，小濱泰昭，内一哲哉：気相合成ダイヤモンド膜の摺動特性と応用，機械の研究，第 57 巻第 5 号，(2005)，pp.551-556.
2. Nakamori I, Takagi T, Takeno T, Abe T, Uchimoto T, Kohama Y, Direct simulation of Monte Carlo analysis of nano-floating effect on diamond-coated surface, DIAMOND AND RELATED MATERIALS 14 (11-12): 2122-2126 NOV-DEC 2005.
3. 井門敦志，小濱泰昭：鉄道車両の床下形状平滑化による空気抵抗低減についての研究，日本機械学会論文集 B 編，71 巻 703 号 (2005)，pp. 817-824.
4. 小濱泰昭：機械文明と環境問題そして“エアロトレイン”，日本機械学会論文集 B 編，71 巻 707 号 (2005)，pp. 1733-1737.
5. 菊地聡，太田福雄，加藤琢真，石川智己，小濱泰昭，エアロトレイン浮上走行姿勢制御法の開発，日本機械学会論文集 B 編，71 巻 708 号 (2005)，pp. 2030-2037.

国際学会

6. Shuya Yoshioka, Yasuaki Kohama, Takuma Kato, Fukuo Ohta, Yoshihiro Tokuyama, and Satoshi Kikuchi, Measurement of Boundary-Layer Transition by Towing Wind Tunnel, 21st International Congress on Instrumentation in Aerospace Simulation Facilities, Sendai, (2005-8).
7. Jun Song, Shuya Yoshioka, Takuma Kato, Yasuaki Kohama, An Investigation of Flow behind a Notchback Model, Second International Symposium on Transdisciplinary Fluid Integration, TFI-2005, Hyuga, Miyazaki, (2005-10).
8. Shuya Yoshioka, Yasuaki Kohama, Takuma Kato, Fukuo Ohta, Yoshihiro Tokuyama, Measurement of Boundary-Layer Transition by Towing Wind Tunnel, Second International Symposium on Transdisciplinary Fluid Integration, TFI-2005, Hyuga, Miyazaki, (2005-10).
9. Yuichiro Goto, Shinkyu Jeong, Shigeru Obayashi, Yasuaki Kohama, Multi-objective Optimization of Three-aircraft Supersonic Formations, Second International Symposium on Transdisciplinary Fluid Integration, TFI-2005, Hyuga, Miyazaki, (2005-10).
10. Kenji Nishide, Yasuaki Kohama, Study of Stability Characteristics on Guidance of the Aero-Train, Second International Symposium on Transdisciplinary Fluid Integration, TFI-2005, Hyuga, Miyazaki, (2005-10).
11. Yasuaki Kohama, Nano Bubble Research and the Possible Applications, The Second International Conference on Flow Dynamics, Sendai, (2005-11).
12. Tomoyuki Ishizuka, Yasuaki Kohama, Takuma Katoh and Shuya Yoshioka, Experimental Investigations on the Aerodynamic Characteristics of the Wing for the Aero-Train with the Towing

- Tank, The Second International Conference on Flow Dynamics, Sendai, (2005-11).
13. Jun Song, Shuya Yoshioka, Takuma Kato, Yasuaki Kohama, An Investigation of Flow behind a Notchback Model, Second International Symposium of Transdisciplinary Fluid Integration, Oct. 26-27 2005, Hyuga, Miyazaki, Japan.
  14. Jun Song, Shuya Yoshioka, Takuma Kato, Yasuaki Kohama, Generation of Nano-Size Bubble Using SPG Membrane, The Second International Conference on Flow Dynamics, Sendai, (2005-11).
  15. Yuichiro Goto, Shigeru Obayashi, Yasuaki Kohama, Drag Characteristics of a Low-Drag Low-Boom Supersonic Formation Flying Concept, 23rd AIAA Applied Aerodynamics Conference, June 6-9 2005, Toronto, Canada.
  16. Yuichiro Goto, Shinkyu Jeong, Shigeru Obayashi, Yasuaki Kohama, Minimization of the Wave Drag of a Fleet of Supersonic Aircraft, EUROGEN 2005, Evolutionary and Deterministic Methods for Design, Optimisation and Control with Applications to Industrial and Societal Problems, Sept. 12-14 2005, Munich, Germany.
  17. Yuichiro Goto, Shinkyu Jeong, Shigeru Obayashi, Yasuaki Kohama, Multi-objective Optimization of Three-aircraft Supersonic Formations, Second International Symposium of Transdisciplinary Fluid Integration, Oct. 26-27 2005, Hyuga, Miyazaki, Japan.

国内学会、研究会等

18. 加藤琢真, 鈴木和幸, 小濱泰昭, 進化アルゴリズムによる地面効果翼型の最適設計, 第 43 回飛行機シンポジウム講演集, 日本航空宇宙学会, 名古屋, (2005-10), pp.692-696.
19. 石塚智之, 小濱泰昭, 加藤琢真, 吉岡修哉, U 字型, V 字型エアロトレイン翼の地面効果特性, 第 43 回飛行機シンポジウム講演集, 日本航空宇宙学会, 名古屋, (2005-10), pp.697-700.
20. 高崎 孝, 遠藤秀之, 小濱泰昭, 加藤琢真, 吉岡修哉, エアロトレイン案内翼特性の向上に関する研究, 第 43 回飛行機シンポジウム講演集, 日本航空宇宙学会, 名古屋, (2005-10), pp.700-705.

#### 超実時間医療工学研究分野

学術雑誌 (解説等を含む)

1. Kenichi Funamoto, Toshiyuki Hayase, Atsushi Shirai, Yoshifumi Saijo, and Tomoyuki Yambe : Fundamental Study of Ultrasonic-Measurement-Integrated Simulation of Real Blood Flow in the Aorta, Annals of Biomedical Engineering, Vol. 33 No. 4, (2005), 415-428.
2. 早瀬 敏幸 : 複雑な流れをリアルタイムで再現する計測融合シミュレーション技術, 原子力 eye, Vol. 51 No. 8, (2005), 66-69.
3. Atsushi Shirai, Ryo Fujita, and Toshiyuki Hayase : Simulation Model for Flow of Neutrophils in Pulmonary Capillary Network, Technology and Health Care, Vol. 13 No. 4, (2005), 301-311.
4. Kenichi Funamoto, Toshiyuki Hayase, Yoshifumi Saijo, and Tomoyuki Yambe : Detection and Correction of Aliasing in Ultrasonic Measurement of Blood Flows with

- Ultrasonic-Measurement-Integrated Simulation, Technology and Health Care, Vol. 13 No. 4, (2005), 331-344.
5. Ryuhei Yamaguchi, Takeshi Mashima, Hideaki Amagai, Hisashi Fujii, Toshiyuki Hayase, and Kazuo Tanishita : Variation of Wall Shear Stress and Periodic Oscillation Induced in Right-Angle Branch During Laminar Steady Flow, Journal of Fluids Engineering, Transactions of the ASME, Vol. 127 No. 5, (2005), 1013-1020.
  6. 山口隆平, 島根丈二, 斉藤修一, 平岡紀通, 藤井亀, 早瀬敏幸 : 直角分岐管内に流体振動を誘起するはく離高せん断流, 日本機械学会論文集, Vol. 72 No. 713, (2006), 75-80.
  7. 早瀬敏幸 : 複雑な流れの圧力・速度のリアルタイム再現技術, 検査技術, Vol. 11 No. 2, (2006), 12-16.
  8. Kenichi Funamoto, Toshiyuki Hayase, Yoshifumi Saijo, Tomoyuki Yambe : Numerical Study on Variation of Feedback Methods in Ultrasonic-Measurement-Integrated Simulation of Blood Flow in the Aneurysmal Aorta, JSME International Journal Series C, Vol. 49 No. 1, (2006), 掲載予定.
  9. 早瀬敏幸 : 計測とシミュレーションの融合による流れの実現象の再現, 日本応用数理学会誌, Vol. 16 No. 1, (2006), 掲載予定.
- 国際学会
10. Toshiyuki Hayase, Hidekatsu Sugiyama, Takayuki Yamagata, Kosuke Inoue, Atsushi Shirai, Motohiro Takeda : Inclined Centrifuge Microscope For Measuring Frictional Characteristics Of Red Blood Cells Moving On Glass Plate In Plasma, Proceedings of the 2005 Summer Bioengineering Conference, CD-ROM (2005), 1-2.
  11. Atsushi Shirai, Sunao Masuda, Toshiyuki Hayase : Three-Dimensional Numerical Analysis Of Plasma Flow Around A Neutrophil In A Microchannel, Proceedings of the 2005 Summer Bioengineering Conference, CD-ROM (2005), 1-2.
  12. Kenichi Funamoto, Toshiyuki Hayase, Yoshifumi Saijo, Tomoyuki Yambe : Ultrasonic-Measurement-Integrated Simulation For Reproduction Of Three-Dimensional Blood Flow Field In The Aorta With Aneurysm, Proceedings of the 2005 Summer Bioengineering Conference, CD-ROM (2005), 1-2.
  13. Toshiyuki Hayase and Kentaro Imagawa : Reproduction of Exact Turbulent Flow Structure Using Measurement-integrated Simulation, Conference Proceedings of 8th U.S. National Congress on Computational Mechanics, CD-ROM (2005), 1.
  14. Toshiyuki Hayase and Kentaro Imagawa : Reproduction of Instantaneous Distributions of Turbulent Flow by Simulation Integrated with Measurement, Proceedings of Mechanical Engineering Congress, 2005, Japan (MECJ-05), Vol. 8 (2005), 277.
  15. Lei Liu, Kosuke Inoue, Toshiyuki Hayase, Makoto Ohta : Experimental Validation of Ultrasonic-Measurement-Integrated Simulation for Blood Flow in Aorta, Proceedings of Second International Symposium on Transdisciplinary Fluid Integration, TFI-2005, (2005), 37.

16. Kenichi Funamoto, Toshiyuki Hayase, Yoshifumi Saijo, Tomoyuki Yambe : Effect of Feedback Domain in Ultrasonic-Measurement-Integrated Simulation on Reproduction of Blood Flow Field in an Aneurysmal Aorta, Proceedings of the 6th International Symposium on Future Medical Engineering based on Bio-nanotechnology, (2005), 62-63.
17. Atsushi Shirai and Toshiyuki Hayase : Numerical Simulation for Spatial Distribution of Neutrophils in a Capillary Network, Proceedings of the 6th International Symposium on Future Medical Engineering based on Bio-nanotechnology, (2005), 60-61.
18. Sunao Masuda, Atsushi Shirai and Toshiyuki Hayase : Numerical Analysis of Effect of Cross-section of Microchannel on Transit Characteristics of a Neutrophil, Proceedings of the Fifth International Symposium on Advanced Fluid Information, AFI-2005, (2005), 64-65.
19. Yuriko Takeshima, Hikaru Shibata, Shigeo Takahashi, Issei Fujishiro, Toshiyuki Hayase : Adaptive Visualization of Measurement-Integrated Simulation of Karman Vortex Street Based on Critical Points, Proceedings of the Fifth International Symposium on Advanced Fluid information, AFI-2005, (2005), 94-95.
20. Makoto Ohta, Daniel A. Ruefenacht, Pedro Lylyk, Toshiyuki Hayase, Akira Takahashi : Development of Fundamental Technologies with Use of In-Vitro and In-Silico Models for Endovascular Treatments, Proceedings of the Fifth International Symposium on Advanced Fluid information, AFI-2005, (2005), 32-35.
21. Toshiyuki Hayase, Kenichi Funamoto, Takayuki Yamagata, Lei Liu, Atsushi Shirai, Makoto Ohta, Kosuke Inoue, Yoshifumi Saijo, and Tomoyuki Yambe : Transdisciplinary Methodology Integrating Measurement and Simulation in Application of Complex Biomedical Flows, Proceedings of the Fifth International Symposium on Advanced Fluid information, AFI-2005, (2005), 36-39.
22. Takayuki Yamagata, Toshiyuki Hayase, Yoshifumi Saijo, Tomoyuki Yambe : Development of Ultrasonic-Measurement-Integrated Simulation System for Complex Blood flows, Proceedings of the Fifth International Symposium of Advanced Fluid Information, (2005), 61-62.
23. Atsushi Shirai, Ryo Fujita and Toshiyuki Hayase : Moderate Constriction Model for Neutrophils Flow in Pulmonary Capillaries, Proceedings of The 7th International Symposium on Future Medical Engineering based on Bio-nanotechnology (21st Century COE Program) in The 12th International Conference on Biomedical Engineering (ICBME2005), (2005), 60-61.
24. Kenichi Funamoto, Toshiyuki Hayase, Yoshifumi Saijo, Tomoyuki Yambe : Effect of Ultrasound Probe Placement in Ultrasonic-Measurement-Integrated Simulation of Blood Flows, Proceedings of the 12th International Conference on Biomedical Engineering (ICBME 2005), CD-ROM, (2005), 1-4.

国内学会、研究会等

25. 船本健一, 早瀬敏幸, 西條芳文, 山家智之 : 超音波計測融合血流シミュレーションの開発, 第1回21世紀COE8大学拠点合同シンポジウム成果報告書, (2005), 49.
26. 山縣 貴幸, 早瀬敏幸 : 超音波計測血流シミュレーションシステムの開発 (パラメータの自

- 動調整), 日本機械学会 2005 年度年次大会講演資料集, Vol. 5, (2005), 91-92.
27. 増田 直, 白井 敦, 早瀬敏幸: 微小流路の断面形状が好中球の流動特性に与える影響の数値解析, 日本機械学会 2005 年度年次大会講演論文集, Vol. 6 No. 05-1, (2005), 141-142.
  28. 柴田 光, 早瀬敏幸: ハイブリッド風洞によるカルマン渦の実時間解析, 日本機械学会 2005 年度年次大会講演資料集, Vol. 7, (2005), 11-12.
  29. 白井敦, 早瀬敏幸: 毛細血管ネットワークにおける好中球の濃度分布に関する数値解析, 日本流体力学会年会 2005 講演論文集, CD-ROM, (2005), AM05-17-022.
  30. 神取孝司, 井上浩介, 早瀬敏幸, 高木敏行: 血漿中で傾斜遠心力を受けて DLC 皮膜上を移動する赤血球の摩擦特性, 日本流体力学会年会 2005 講演論文集, CD-ROM, (2005), AM05-17-012.
  31. 劉磊, 井上浩介, 早瀬敏幸, 太田信: 超音波計測融合シミュレーション検証のための大動脈内血流模擬実験装置, 日本流体力学会年会 2005 講演論文集, CD-ROM, (2005), AM05-17-011.
  32. 船本健一, 早瀬敏幸, 西條芳文, 山家智之: 3 次元超音波計測融合血流シミュレーションにおけるフィードバック点配置の影響, 日本流体力学会年会 2005 講演論文集, CD-ROM, (2005), AM05-17-010.
  33. 船本健一, 早瀬敏幸, 西條芳文, 山家智之: 血流の超音波計測融合シミュレーションに関する研究 第 4 報: 血行力学解析の高精度化, 日本機械学会 2005 年度年次大会講演論文集, Vol. 5 No. 05-1, (2005), 89-90.
  34. 早瀬敏幸: 計測とシミュレーションの融合による流れの実現象の再現, 日本応用数理学会 2005 年度年会講演予稿集, (2005), 248-255.
  35. 船本健一, 早瀬敏幸, 西條芳文, 山家智之: 3 次元超音波計測融合血流シミュレーションのフィードバック方式に関する検討, 日本機械学会流体工学部門講演会講演論文集, CD-ROM, (2005), 1-4.
  36. 山縣貴幸, 早瀬敏幸: 超音波計測融合血流シミュレーションシステムにおける血流量の自動調整, 日本機械学会流体工学部門講演会講演概要集, No. 05-32, CD-ROM, (2005), 1-4.
  37. 早瀬敏幸: 血球摩擦特性の計測と数値シミュレーションの融合による毛細血管内血流の解明, 第 9 回オーガナイズド混相流フォーラム講演論文集, (2005), 73-82.
  38. 今川健太郎, 早瀬敏幸: 計測融合シミュレーションによる正方形管路内乱流の再現に関する数値実験, 日本機械学会流体工学部門講演会講演論文集, No. 05-32, CD-ROM, (2005), 1-4.
  39. 柴田光, 早瀬敏幸, 佐藤豊: ハイブリッド風洞によるカルマン渦解析における圧力の再現性の検証, 日本機械学会第 83 期流体工学部門講演会講演論文集, No. 05-32, CD-ROM, (2005), 1-4.
  40. 船本健一, 早瀬敏幸, 西條芳文, 山家智之: 血流の超音波計測融合シミュレーションに関する研究 第 5 報: 3 次元非定常血流場の再現, 日本機械学会第 16 回バイオフィロンティア講演会講演論文集, No. 05-53, (2005), 137-138.
  41. 白井敦, 早瀬敏幸: 毛細血管ネットワークにおける好中球濃度の上昇に関する数値解析, 日本機械学会第 16 回バイオフィロンティア講演会講演論文集, No. 05-53, (2005), 147-148.
  42. 早瀬敏幸: 血流の超音波計測と数値シミュレーションの融合解析可視化技術, 可視化情報学

- 会講習会「生体・医療における可視化計測技術」,(2005), 53-71.
43. 船本健一, 早瀬敏幸, 西條芳文, 山家智之: 3次元超音波計測融合シミュレーションにおけるフィードバック点の異方的配置の影響, 日本機械学会第18回バイオエンジニアリング講演会講演論文集, No. 05-66, (2006), 105-106.

### 知的ナノプロセス研究分野

学術雑誌 (解説等を含む)

1. Yasushi Ishikawa, Yuji Katoh, Mitsuru Okigawa, and Seiji Samukawa, Prediction of ultraviolet-induced damage during plasma processes in dielectric films using on-wafer monitoring techniques, *Journal of Vacuum Science and Technology*, A23(6)(2005), pp. 1509-1512
2. Shuichi Noda, Yasuyuki Hoshino, Takuya Ozaki, and Seiji Samukawa, Highly anisotropic gate electrode patterning in neutral beam etching using F<sub>2</sub> gas chemistry, *Journal of Vacuum Science and Technology*, B23(5)(2005), pp. 2063-2068
3. Kenji Ishikawa, Mitsuru Okigawa, Yasushi Ishikawa, Seiji Samukawa, and Satoshi Yamasaki, In vacuo measurements of dangling bonds created during Ar-diluted fluorocarbon plasma etching of silicon dioxide films, *Applied Physics Letters*, 86(26)(2005), pp. 264104-1~206104-3
4. Yasushi Ishikawa, Mitsuru Okigawa, Seiji Samukawa, and Satoshi Yamasaki, Reduction of plasma-induced damage in SiO<sub>2</sub> films during pulse-time-modulated plasma irradiation, *Journal of Vacuum Science and Technology*, B23(2)(2005), pp. 389-394
5. Tomohiro Kubota, Tomohiro Baba, Hiroyuki Kawashima, Yukiharu Uraoka, Takashi Fuyuki, Ichiro Yamashita, and Seiji Samukawa, Study of neutral-beam etching conditions for the fabrication of 7-nm-diameter nanocolumn structures using ferritin iron-core masks, *Journal of Vacuum Science and Technology*, B23(2), pp. 534-539
6. Magdy Hussein Mourad, Kentaro Totsu, Shinya Kumagai, Seiji Samukawa, and Masayoshi Esashi, Electron Emission from Indium Tin Oxide/Silicon Monoxide/Gold Structure, *Japanese Journal of Applied Physics*, 44(3)(2005), pp. 1414-1418
7. Mitsuru Okigawa, Yasushi Ishikawa, and Seiji Samukawa, On-wafer monitoring of plasma-induced electrical current in silicon dioxide to predict plasma radiation damage, *Journal of Vacuum Science and Technology*, B23(1)(2005), pp. 173-177
8. Hiroto Ohtake, Nobuhiko Inoue, Takuya Ozaki, Seiji Samukawa, Eiichi Soba, and Kazuaki Inukai, Highly selective low-damage processes using advanced neutral beams for porous low-k films, *Journal of Vacuum Science and Technology*, B23(1)(2005), pp. 210-216
9. Tomonori Mukai, Hiromitsu Hada, Shuichi Tahara, Hiroaki Yoda, and Seiji Samukawa, High-Performance and Damage-Free Magnetic Film Etching Using Pulse-Time Modulated Cl<sub>2</sub> Plasma, *Japanese Journal of Applied Physics*, to be published
10. Kazuhiko Endo, Shuichi Noda, Meishoku Masahara, Tomohiro Kubota, Takuya Ozaki, Seiji

Samukawa, Yongxun Liu, Kenichi Ishii, Yuki Ishikawa, Etsuro Sugimata, Takashi Matsukawa, Hidenori Takashima, Hiromi, Yamauchi and Eiichi Suzuki, Fabrication of a Vertical-Channel Double-Gate MOSFET Using a Neutral Beam Etching, Japanese Journal of Applied Physics, to be published

国際学会

11. (招待講演)S.Samukawa, High-performance and damage-free plasma etching for future ULSI devices, 3<sup>rd</sup> EU/Japan Joint Symposium on Plasma Processing (2005, Slovakia).
12. (招待講演)S.Samukawa, High-performance and damage-free plasma etching for future ULSI devices, 2005 International Seminar in Semicon Korea (2005, Souel).
13. Tomohiro Kubota, Jem-Kun Chen, Yukiharu Uraoka, Takashi Fuyuki, Ichiro Yamashita, Satoshi Yamasaki, and Seiji Samukawa, Fabrication of Defect-Free Sub-10 nm Si Nanocolumn for Quantum Effect Devices Using Cl Neutral Beam Process, The 2005 International Conference on Solid State Devices and Materials, G-5-1 (Kobe, 2005)
14. Suguru Saito, Tomohiro Kubota, Kazuhiko Endo, and Seiji Samukawa, Damage-free silicon etching by neutral beam, Second International Symposium on Transdisciplinary Fluid Integration, P-02 (Hyuga, 2005)
15. Jem-Kun Chen, Tomohiro Kubota, Yukiharu Uraoka, Takashi Fuyuki, Ichiro Yamashita, and Seiji Samukawa, Fabrication of Defect-free Sub-10nm Si Nanocolumn using Cl Neutral Beam, AVS 52nd International Symposium & Exhibition, NS1-MoM4, (Boston, 2005)
16. Yuji Kato, Yasushi Ishikawa, Mitsuru Okigawa, and Seiji Samukawa, Prediction of Plasma UV Radiation Damages Using On-wafer Monitoring Sensors, AVS 52nd International Symposium & Exhibition, PS-MoM10, (Boston, 2005)
17. Chihiro Taguchi, Seiichi Fukuda, Shuichi Noda, and Seiji Samukawa, Extremely Thin Silicon Oxide Formation Using Pulse-Time-Modulated Oxygen Neutral Beam, AVS 52nd International Symposium & Exhibition, PS-MoP12, (Boston, 2005)
18. Kenji Ishikawa, Yuuichi Yamazaki, Satoshi Yamasaki, Shuichi Noda, Yasushi Ishikawa, and Seiji Samukawa, Vacuum-Ultraviolet Photon Irradiation Effects in Fluorocarbon Plasmas on SiO<sub>2</sub> Etching Surface Reactions using In vacuo Electron-Spin-Resonance, AVS 52nd International Symposium & Exhibition, PS-TuA6, (Boston, 2005)
19. Yasushi Ishikawa, Takao Ishida, and Seiji Samukawa, Surface Nitridation of Terphenyl Methane Thiol Self-assembled Monolayer Using N<sub>2</sub> Neutral Beam Process, AVS 52nd International Symposium & Exhibition, SS-TuP8, (Boston, 2005)
20. Shuichi Noda, Takuya Ozaki, and Seiji Samukawa, Damage-free MOS Gate Electrode Patterning on Thin HfSiON Film Using a Neutral Beam Etching, AVS 52nd International Symposium & Exhibition, PS-WeM9, (Boston, 2005)
21. Seiichi Fukuda, Chihiro Taguchi, Yuji Kato, Yasushi Ishikawa, Shuichi Noda, and Seiji Samukawa,



- Damage-free Ultrathin Oxynitride Films Formed Using Pulse-Time-Modulated Nitrogen Plasma, AVS 52nd International Symposium & Exhibition, PS-WeM11, (Boston, 2005)
22. Kazuhiko Endo, Shuichi Noda, Meishoku Masahara, Tomohiro Kubota, Takuya Ozaki, Seiji Samukawa, Yongxun Liu, Kenichi Ishii, Yuki Ishikawa, Etsuro Sugimata, Takashi Matsukawa, Hidenori Takashima, Hiromi Yamauchi, and Eiichi Suzuki, Damage-Free Neutral Beam Etching Technology for High Mobility FinFETs, 2005 IEEE International Electron Device Meeting, 34.5, (Washington DC, 2005)
  23. Chihiro Taguchi, Toru Ikoma, Seiichi Fukuda, Shuichi Noda, and Seiji Samukawa, Extremely Thin Silicon Oxide Formation Using Pulse-Time-Modulated Oxygen Neutral Beam, IFS-JAXA Joint Symposium on Advanced Fluid Information, P-22, (Sendai, 2005)
  24. Kazuhiko Endo, Shuichi Noda, Meishoku Masahara, Tomohiro Kubota, Takuya Ozaki, Seiji Samukawa, Yongxun Liu, Kenichi Ishii, Hidenori Takashima, Etsuro Sugimata, Takashi Matsukawa, Hiromi Yamauchi, Yuki Ishikawa, and Eiichi Suzuki, Damage-free Fabrication of FinFETs using a Neutral Beam Etching, 6th International Conference on Reactive Plasmas and 23rd Symposium on Plasma Processing, P-2A-36 (Matsushima, 2006)
  25. Seiichi Fukuda, Chihiro Taguchi, Yuji Kato, Yasushi Ishikawa, Shuichi Noda, and Seiji Samukawa, Damage-free Ultrathin Oxynitride Films Formed Using Pulse-Time-Modulated Nitrogen Plasma, 6th International Conference on Reactive Plasmas and 23rd Symposium on Plasma Processing, P-3A-27 (Matsushima, 2006)
  26. Yoshinari Ichihashi, Yasushi Ishikawa, Yuji Kato, Ryu Shimizu, Mitsuru Okigawa, and Seiji Samukawa, Noise reduction effects of Pulse-time-modulated plasma etching on CCD microfabrication process, 6th International Conference on Reactive Plasmas and 23rd Symposium on Plasma Processing, P-3A-37 (Matsushima, 2006)
  27. Kenji Ishikawa, Yuichi Yamazaki, Satoshi Yamasaki, Shuichi Noda, Yasushi Ishikawa, and Seiji Samukawa, Plasma Emission Irradiation Effects on Etching Surface Reactions: Analysis using in-vacuo Electron-Spin-Resonance Technique, 6th International Conference on Reactive Plasmas and 23rd Symposium on Plasma Processing, P-2A-38 (Matsushima, 2006)
  28. Yasushi Ishikawa, Takao Ishida, and Seiji Samukawa, The low damage surface modification of the self-assembled monolayer by the N<sub>2</sub> neutral beam irradiation, 6th International Conference on Reactive Plasmas and 23rd Symposium on Plasma Processing, P-2B-09 (Matsushima, 2006)
  29. Yuji Kato, Yasushi Ishikawa, Mitsuru Okigawa, and Seiji Samukawa, Prediction of Plasma UV Radiation Damages Using On-wafer Monitoring Sensors, 6th International Conference on Reactive Plasmas and 23rd Symposium on Plasma Processing, P-3B-04 (Matsushima, 2006)
  30. Tomohiro Kubota, Suguru Saito, Jem-Kun Chen, Yukiharu Uraoka, Takashi Fuyuki, Ichiro Yamashita, and Seiji Samukawa, Fabrication of Defect-free Sub-10nm Si Nanocolumn using Cl Neutral Beam, 6th International Conference on Reactive Plasmas and 23rd Symposium on Plasma Processing, G-6A-4

(Matsushima, 2006)

31. Shuichi Noda, Takuya Ozaki, and Seiji Samukawa, Charge-free MOS Gate Electrode Patterning on Using a Novel Neutral Beam Etching, 6th International Conference on Reactive Plasmas and 23rd Symposium on Plasma Processing, G-3A-2 (Matsushima, 2006)
32. Chihiro Taguchi, Seiichi Fukuda, Shuichi Noda, and Seiji Samukawa, Extremely Thin Silicon Oxide Formation Using Pulse-Time-Modulated Oxygen Neutral Beam, 6th International Conference on Reactive Plasmas and 23rd Symposium on Plasma Processing, P-3A-26 (Matsushima, 2006)
33. (招待講演)Tomonori Mukai, Hiromitsu Hada, Shuichi Tahara, Hiroaki Yoda, and Seiji Samukawa, High-performance and damage-free magnetic film etching using pulse-time-modulated Cl<sub>2</sub> plasma, 6th International Conference on Reactive Plasmas and 23rd Symposium on Plasma Processing, A-1A-3 (Matsushima, 2006)
34. Yuichi Yamazaki, Kenji Ishikawa, Norikazu Mizuochi, Seiji Samukawa, and Satoshi Yamasaki, Structural damage of diamond by oxygen ion beam exposure, 6th International Conference on Reactive Plasmas and 23rd Symposium on Plasma Processing, G-3A-5 (Matsushima, 2006)
35. Masaharu Shiratani, Takao Kaji, Kazunori Koga, Yukio Watanabe, Tomohiro Kubota, and Seiji Samukawa, Plasma anisotropic CVD of high purity Cu using Cu(hfac)<sub>2</sub>, 6th International Conference on Reactive Plasmas and 23rd Symposium on Plasma Processing, G-4A-8 (Matsushima, 2006)
36. Jyh-Hua Ting, Chin-Yan Su, Fuang-Yuan Huang, Cho-Lun Hsu, and Seiji Samukawa, Effect of plasma power and plasma sheath on the field emission properties of CNTs, 6th International Conference on Reactive Plasmas and 23rd Symposium on Plasma Processing, P-3A-15 (Matsushima, 2006)
37. (招待講演) Seiji Samukawa, Ultimate top-down etching processes using advanced neutral beam for future nano-scale devices, 4<sup>th</sup> International Workshop on Basic Aspects of Nonequilibrium Plasmas Interacting with Surfaces (Negative Ions, their function and designability) and 4<sup>th</sup> EU-Japan Symposium on Plasma Processes, (Kawaguchi-ko, 2006).

国内学会、研究会等

(国内招待講演)

38. 寒川誠二、高精度プラズマプロセスのためのオンウエハーモニタリング、第22回プラズマプロセッシング研究会、(応用物理学会、名古屋、2005)
39. 寒川誠二、新しいビームを用いたトップダウン加工=究極のトップダウン加工を目指して=、ナノテクシンポジウム、(立命館大学COE推進機構、人電気学会、滋賀、2005)
40. 寒川誠二、プラズマエッチングの最前線とナノ加工、第22回「センサ・マイクロマシンと応用システム」シンポジウム、A3-1 (電気学会センサ・マイクロマシン準部門、東京、2005)
41. 寒川誠二、中性粒子ビームを用いた究極のトップダウン加工、応用物理学会九州支部特別講演会 (九州大学、博多、2005)

(国内一般講演)

42. 石川 寧、石田敬雄、寒川誠二、中性粒子ビームを用いたターフェニル自己組織化膜の表面改質(3)、第 66 回応用物理学会学術講演会（応用物理学会、徳島、2005）7a-C-3
43. 奥村啓樹、石川 寧、石田敬雄、寒川誠二、オクタンチオール自己組織化膜への中性粒子ビーム照射効果、第 66 回応用物理学会学術講演会（応用物理学会、徳島、2005）7a-C-4
44. 市橋由成、石川 寧、加藤裕司、清水 竜、沖川 満、寒川誠二、パルス時間変調プラズマエッチングによる固体撮像素子ノイズの低減効果、第 66 回応用物理学会学術講演会（応用物理学会、徳島、2005）7p-T-1
45. 加藤裕司、石川 寧、沖川 満、市橋由成、寒川誠二、オンウエハモニタリングを用いた紫外光照射損傷の測定(4)、第 66 回応用物理学会学術講演会（応用物理学会、徳島、2005）7p-T-2
46. 陳 建光、久保田智広、浦岡行治、冬木 隆、山下一郎、寒川誠二、フェリチン鉄コアと中性粒子ビームを用いた細いナノカラムの作製、第 66 回応用物理学会学術講演会（応用物理学会、徳島、2005）7p-C-7
47. 久保田智広、陳 建光、山崎 聡、浦岡行治、冬木 隆、山下一郎、寒川誠二、フェリチン鉄コアと中性粒子ビームを用いて作製したナノ構造の結晶欠陥評価、第 66 回応用物理学会学術講演会（応用物理学会、徳島、2005）7p-C-8
48. 尾崎卓哉、岡田繁信、久保田智広、寒川誠二、中性粒子ビームを用いた電子セラミックス材料の平坦化、第 66 回応用物理学会学術講演会（応用物理学会、徳島、2005）7p-T-6
49. 星野恭之、野田周一、尾崎卓哉、生駒 亨、陣内佛霖、寒川誠二、F<sub>2</sub>パルス変調プラズマによるSiディープエッチングの検討(II)、第 66 回応用物理学会学術講演会（応用物理学会、徳島、2005）8a-N-2
50. 田口智啓、福田誠一、野田周一、寒川誠二、パルス時間変調O<sub>2</sub>中性粒子ビームを用いた極薄酸化膜の形成 (2)、第 66 回応用物理学会学術講演会（応用物理学会、徳島、2005）8a-ZK-4
51. 野田周一、尾崎卓哉、寒川誠二、中性粒子ビームエッチング装置を用いた HfSiON MOS のゲート電極加工、第 66 回応用物理学会学術講演会（応用物理学会、徳島、2005）8a-N-10
52. 鍛冶昂男、古閑一憲、白谷正治、竹中弘祐、久保田智広、寒川誠二、銅のプラズマ異方性 CVD における成膜速度の基板温度依存性、第 66 回応用物理学会学術講演会（応用物理学会、徳島、2005）7p-ZH-3
53. 山崎雄一、石川健治、寒川誠二、水落憲和、李 成奇、牧野俊晴、山崎 聡、低エネルギー酸素プラズマ処理によるダイヤモンド損傷の評価、第 66 回応用物理学会学術講演会（応用物理学会、徳島、2005）7a-P1-48
54. 星野恭之、尾崎卓哉、寒川誠二、F<sub>2</sub>パルス変調プラズマによるSiディープエッチングの検討(III)、第 53 回応用物理学関係連合講演会（応用物理学会、東京、2006）22a-ZL-8
55. 市橋由成、石川寧、加藤裕司、清水竜、沖川満、寒川誠二、パルス時間変調プラズマエッチングによる固体撮像素子ノイズの低減効果 2、第 53 回応用物理学関係連合講演会（応用物理学会、東京、2006）22a-ZL-3
56. 石川健治、山崎雄一、山崎聡、森本幸裕、陣内佛霖、石川寧、浜口智志、寒川誠二、エッチ

- ング・プラズマ曝露試料の真空搬送電子スピン共鳴(in-vacuo ESR)法による観察 5、第 53 回応用物理学関係連合講演会（応用物理学会、東京、2006） 22a-ZL-6
57. 向井 智徳、波田 博光、田原 修一、與田 博明、寒川 誠二、タイムモジュレーションプラズマを用いた高精度MT J エッチング、第 53 回応用物理学関係連合講演会（応用物理学会、東京、2006） 22a-ZL-2
58. 石川寧、上殿明良、山崎聡、寒川誠二、プラズマプロセスにおける酸化膜中の紫外線誘起結晶欠陥の評価、第 53 回応用物理学関係連合講演会（応用物理学会、東京、2006） 22a-ZL-7
59. 田口智啓、生駒亨、遠藤和彦、渡部平司、福田誠一、寒川誠二、パルス時間変調O<sub>2</sub>中性粒子ビームを用いた極薄酸化膜の形成(3)、第 53 回応用物理学関係連合講演会（応用物理学会、東京、2006） 24a-V-6
60. 加藤裕司、陣内佛霖、石川寧、橋本潤、小西衛、折田敏幸、市橋由成、西谷明人、門村新吾、寒川誠二、オンウエハモニタリングを用いた紫外光照射損傷の測定 (5) =low-k 膜の紫外光照射損傷=、第 53 回応用物理学関係連合講演会（応用物理学会、東京、2006） 22a-ZL-4
61. 齋藤卓、久保田智広、松井拓郎、浦岡行治、冬木隆、山下一郎、寒川誠二、高密度フェリチン鉄コアを用いたナノ構造の作製、第 53 回応用物理学関係連合講演会（応用物理学会、東京、2006） 23a-I-2
62. 奥村啓樹、佐藤義倫、田路和幸、寒川誠二、カーボンナノチューブへの中性粒子ビーム照射効果、第 53 回応用物理学関係連合講演会（応用物理学会、東京、2006） 26a-ZQ-6
63. 陣内佛霖、折田敏幸、小西衛、橋本潤、寒川誠二、オンウエハモニタリングセンサを用いたチャージングダメージの評価、第 53 回応用物理学関係連合講演会（応用物理学会、東京、2006） 22a-ZL-5
64. 橋本剛、久保田智広、浦岡行治、冬木隆、山下一郎、寒川誠二、中性粒子ビームによる高精度・量子ナノディスク構造の製作、第 53 回応用物理学関係連合講演会（応用物理学会、東京、2006） 22a-I-3
65. 田口智啓、生駒亨、福田誠一、遠藤 和彦、渡部平司、寒川誠二、酸素中性粒子ビームを用いた極薄酸化膜の形成、第 11 回ゲートスタック研究会（応用物理学会、三島、2006） P-1

## 5. 参考資料

### テレビ放映

平成 17 年 12 月 30 日（金）19:30～19:55 NHK 総合「クローズアップ東北」など

JR 東日本の羽越線脱線事故調査の様子が放映された。

平成 18 年 1 月 25 日（水）8:00 東北放送「ウオッチンミヤギ」

ハイブリッド風洞を用いたカルマン渦の計測融合シミュレーションの実験の様子と可視化結果が放映された。

### 新聞記事・専門誌記事

平成 17 年 4 月 12 日 河北新報 東北大流体研電通研スパコン開発原研と連携

平成 17 年 9 月 7 日 河北新報 東北大流体研新型スパコン導入

平成 17 年 9 月 23 日 科学新聞 次世代融合研究システム

平成 17 年 9 月 23 日 河北新報 超音速旅客機の騒音や衝撃波「複葉翼」で課題克服

平成 17 年 10 月 19 日 日刊工業新聞 東北大化学反応でエッチング

平成 17 年 11 月 NIKKEI MICRODEVICES SiO<sub>2</sub> 膜エッチング装置の競争が激化

平成 17 年 12 月 8 日 日刊工業新聞 産総研・東北大起立型ダブルゲート MOS 試作

平成 17 年 12 月 8 日 日経産業新聞 次世代トランジスタ電子速度 3 割上昇

平成 17 年 12 月 14 日 ITmedia 東北大の次世代融合研究システムが本格稼働—計算と実験の融合が進む

平成 18 年 1 月 18 日 河北新報 第 55 回河北文化賞記念講演「衝撃波のでない超音速を目指して」

平成 18 年 2 月 NIKKEI MICRODEVICES 損傷抑える中性粒子ビーム加工

### その他

平成 17 年 9 月 9 日～平成 18 年 3 月 23 日 TEPIA 第 18 回展示 最先端技術展

環境親和型高効率輸送システム、エアロトレインの風洞実験模型や地面効果の説明パネル等を展示し、浮上走行試験の様子やエアロトレインの紹介を収録した VTR を会場で放映した。

東北大学流体科学研究所 流体融合研究センター  
平成17年度研究活動報告書

平成18年3月10日発行

編集・発行：東北大学流体科学研究所 流体融合研究センター 事務局  
〒980-8577 仙台市青葉区片平 2-1-1  
電話 022-217-5254 email: [tfi@ifs.tohoku.ac.jp](mailto:tfi@ifs.tohoku.ac.jp)  
FAX 022-217-5254 <http://www.ifs.tohoku.ac.jp>