

東北大学流体科学研究所  
Institute of Fluid Science, Tohoku University

活 動 要 覧  
Research Activity Report

平成 24 年度～平成 29 年度  
FY2012 – FY2017

平成 30 年 11 月 6 日 (火)  
6<sup>th</sup> November, 2018

東北大学流体科学研究所  
Institute of Fluid Science, Tohoku University

## 目次

|   |     |
|---|-----|
| 1. はじめに   | 1   |
| 2. 理念と沿革<br>(中期目標・中期計画, 将来構想)   | 3   |
| 3. 組織   |     |
| 3-1 組織図   | 10  |
| 3-2 研究部門と研究センター<br>(部門の概要, 附属未到エネルギー研究センター, 附属リオンセンター,<br>航空機計算科学センター)                  | 11  |
| 3-3 研究クラスターのミッション   | 18  |
| 3-4 教職員数  | 21  |
| 3-5 経費  | 24  |
| 3-6 研究施設・設備   | 28  |
| 4. 活動   |     |
| 4-1 研究活動<br>(受賞, クロスアポイントメントフェロー)   | 31  |
| 4-2 教育活動<br>(グローバル COE プログラム, 学生交流推進プログラム)  | 39  |
| 4-3 流体科学国際研究教育拠点<br>(公募共同研究)  | 43  |
| 4-4 未来流体情報創造センター (AFI)<br>(次世代融合研究システム, 流体科学データベース)                                     | 47  |
| 4-5 次世代流動実験研究センター (AFX)<br>(低乱風洞実験施設, 衝撃波関連施設, 磁力支持天秤装置)                                | 49  |
| 4-6 国際展開<br>(国際研究教育センター, Core-to-Core プログラム, 外国研究機関との交流,<br>頭脳循環を加速する若手研究者戦略的海外派遣プログラム) | 51  |
| 4-7 産学連携<br>(産学連携推進室, 共同研究部門)   | 63  |
| 4-8 社会貢献  | 67  |
| 5. 研究分野・教員一覧  |     |
| 流動創成研究部門  | 71  |
| 複雑流動研究部門  | 85  |
| ナノ流動研究部門  | 97  |
| 共同研究部門  | 107 |
| 未到エネルギー研究センター   | 109 |
| リオンセンター   | 121 |
| 6. 共通施設   | 125 |
| 7. 出版物  | 126 |

## Contents

|   |     |
|---|-----|
| 1. Introduction .....   | 2   |
| 2. Principle and History .....  | 3   |
| (Medium-term Strategy and Plan, Future Vision)  |     |
| 3. Organization   |     |
| 3-1 Organization.....   | 10  |
| 3-2 Research Divisions and Research Center.....   | 11  |
| (Outline of Divisions, Innovative Energy Research Center, Lyon Center (LyC)<br>Aircraft Computational Science Center (ACS))   |     |
| 3-3 Missions of Research Clusters .....   | 18  |
| 3-4 Staffs .....  | 21  |
| 3-5 Budget.....   | 24  |
| 3-6 Research Facilities and Equipment.....  | 28  |
| 4. Activities   |     |
| 4-1 Research Activities .....   | 31  |
| (Awards, Cross-appointment fellow)  |     |
| 4-2 Educational Activities .....  | 39  |
| (Global COE program, Graduate student exchange program)   |     |
| 4-3 Fluid Science Global Research and Education Hub.....  | 43  |
| (Collaborative research project)  |     |
| 4-4 Advanced Fluid Information Research Center (AFI).....   | 47  |
| (Integrated supercomputation system, Fluid science database)  |     |
| 4-5 Advanced Flow Experimental Research Center (AFX) .....  | 49  |
| (Low turbulence wind tunnel facility, Shock wave research facility,<br>1-m Magnetic suspension and balance system)  |     |
| 4-6 International Activities .....  | 51  |
| (Global Collaborative Research and Education Center (GCORE) ,<br>Exchange with foreign research institutions, Core-to-Core program,<br>Young researcher overseas visits program for vitalizing brain circulation) |     |
| 4-7 University/Industrial Collaboration .....   | 63  |
| (University/Industrial collaboration office, Collaborative research division)   |     |
| 4-8 Contribution to Society .....   | 67  |
| 5. Laboratories / Faculty   |     |
| Creative Flow Research Division .....   | 71  |
| Complex Flow Research Division .....  | 85  |
| Nanoscale Flow Research Division .....  | 97  |
| Collaborative Research Division .....   | 107 |
| Innovative Energy Research Center .....   | 109 |
| Lyon Center.....  | 121 |
| 6. Common Facilities.....   | 125 |
| 7. Publications.....  | 126 |

# 1 はじめに Introduction

東北大学流体科学研究所

所長 **大林 茂**

流体科学研究所は、平成 30 年（2018 年）創立 75 周年を迎えました。本研究所の発展に関わってこられた多くの皆様方に深く感謝申し上げます。流体科学研究所の前身である高速力学研究所は、昭和 18（1943）年に創設され、初代所長である沼知福三郎教授は日本における流体力学やキャビテーションの研究を牽引、研究所はジェットエンジン・エネルギー変換機器などの開発や流体に関する基礎研究に関わり、世界をリードしてきました。平成元（1989）年神山新一所長のもとで改組転換により、流体科学研究所と改名、あらゆる「流れ」を扱う世界でもユニークな研究所として知られています。

流体科学研究所は、地球環境を守り、人類社会の持続的な発展を維持するための基盤科学技術である流動の科学技術の研究を行い、新たな学問領域としての流体科学の体系化と社会生活の安全や福祉の向上、経済の活性化などに貢献することを目的としています。本研究所は、エネルギーの高度利用、地球温暖化防止、環境適応旅客機開発、次世代医療技術、新デバイス製造プロセス、高機能材料・流体システム開発等の課題を流動現象の視点から解決し、社会的要請に応える研究を強力に進めています。振り返ってみれば、沼知福三郎教授も産学連携で大きな足跡を残しました。金属材料研究所の創設者で、東北帝国大学総長でもあった本多光太郎博士は「産業は学問の道場なり」という言葉を残しています。流体科学研究所は、研究第一、門戸開放、実学尊重という東北大学の伝統に立ち返りつつ、常に新たな風を起こす研究所であることを目指して参ります。

現在、流体科学研究所は、流動創成研究部門、複雑流動研究部門、ナノ流動研究部門、共同研究部門の 4 研究部門と、附属未到エネルギー研究センターの下に、30 の研究分野を持つ世界最先端の流体科学研究拠点となっています。流動創成研究部門は、新たな流動機能の創成に関する研究を、複雑流動研究部門は、複雑な流動現象の解明に関する研究を、ナノ流動研究部門は、ナノスケールの流動現象の解明に関する研究を、株式会社ケーヒンとの共同研究部門は平成 30 年に第 2 期がスタートし引き続き環境性能に優れた製品開発研究を、附属未到エネルギー研究センターは、流体科学における研究の連携により、有効な変換が困難なエネルギーの活用の研究を行っています。さらに平成 30 年附属リオンセンター（材料・流体科学融合拠点）がフランスリオン大学に常設の運びとなり、附置研究所として新たな国際連携拠点の構築を行います。

一方、本研究所の未来流体情報創造センターでは、実験装置と一体化したスーパーコンピュータにより、大規模数値計算による複雑流動現象の解明や制御、多目的設計探査、実験計測と大規模数値計算の融合や次世代可視化技術の開発などの最先端研究が行われています。さらに本研究所は、平成 25 年に次世代流動実験センター、平成 27 年に国際研究教育センター、平成 29 年に航空機計算科学センターを設置し、低乱流伝達風洞や衝撃波関連実験設備をはじめ、世界的な実験設備を駆使した研究を推進するとともに、国際交流の活性化と支援、航空に特化したプロジェクト研究を実施するなど、活動の幅をさらに広げています。

また、本研究所は、国際共同研究ネットワークを構築し、平成 13 年度より国際シンポジウムを毎年主催するなど、流体科学分野の国際研究拠点としての活動を展開しています。平成 22 年度からは、流体科学分野の共同利用・共同研究拠点に認定され、国内コミュニティはもとより国際的なコミュニティの中で共同研究活動の推進に貢献しています。

流体科学研究所は、長期ビジョン VISION 2030 のもと、世界の研究者が集う流体科学分野の世界拠点の形成を目指し、第 3 期中期目標・中期計画期間のスタートを切りました。研究所独自の組織横断的な研究の枠組みとして、環境・エネルギー、人・物質マルチスケールモビリティ、健康・福祉・医療の 3 研究クラスターを設置し、重点研究テーマに特化した研究プロジェクトチームを形成し所内公募共同研究によるクラスター主導のプロジェクト型の研究を推進するべく活動しています。

流体科学研究所は、流体科学の基礎から応用にわたる学際的研究領域での世界的中核機関として国際的な研究活動を行うと共に、研究者・技術者の養成、大学院学生の教育を通して、科学技術の進展による人類社会の発展に貢献すべく努力をしていく所存です。今後ともご支援、ご鞭撻を賜りますよう、お願い申し上げます。

The Institute of Fluid Science celebrated its 75th anniversary in 2018. I would like to express my deepest gratitude to all of you who have been involved in development of the Institute. The institute of High-Speed Mechanics, the predecessor of the Institute of Fluid Science, was founded in 1943. Under the leadership of Professor Fukusaburo Numachi, its first director, who has led the study of fluid dynamics and cavitation in Japan, the institute was engaged in development of jet engines and energy conversion equipment, and fundamental research of fluids, becoming a global leader in these areas. After reorganization under the leadership of Professor Shinichi Kamiyama in 1989 it was renamed as the Institute of Fluid Science, and under this name it is known throughout the world as a unique laboratory engaged in all things that flow.

Fluid science is a research field that seeks to clarify all flow related phenomena - not only the flow of material substance, but also flows of heat, energy, information and so on. Even though it treats gas, liquid and solid flows as a continuum from a macroscopic viewpoint, it also takes a microscopic viewpoint when dealing with the flow of molecules, atoms and charged particles.

The mission of the Institute of Fluid Science (IFS) is to conduct fluid science research in fundamental scientific and engineering disciplines to promote the protection of the global environment and to maintain the continued progress of human society. It also aims to contribute to the systematization of fluid science, improving the safety and welfare of citizens and stimulating the economy. To this end, IFS is aggressively pursuing research activities to solve various issues from the viewpoint of flow phenomena and to meet the demands of society. Examples of these research activities are as follows: creation of advanced technology for better utilization of energy sources, control of substances causing global warming, advancement of environmental adaptation of transonic and supersonic transports, development of a new generation of medical treatments, development of manufacturing processes for new devices, and development of high-functionality materials and fluid systems. Looking back, we can see that Professor Fukusaburo Numachi also made significant contribution to the collaboration between institute and industry. Dr. Kotaro Honda, the founder of the Institute for Material Research and the president of the Tohoku Imperial University, once said that the industry is a training hall for the science. The Institute of Fluid Science aims to be a research institute that constantly creates new winds while preserving such traditional values of the Tohoku University as research first, open doors policy and respect for practical science.

Today, the Institute of Fluid Science is a world-class advanced fluid science research center with 30 research laboratories under four research divisions and one research center: Creative Flow Research Division, Complex Flow Research Division, Nanoscale Flow Research Division, Collaborative Research Division, and Innovative Energy Research Center. The Creative Flow Research Division conducts researches on creation of novel functions of flow. The Complex Flow Research Division conducts researches on clarification of complex flow phenomena. The Nanoscale Flow Research Division conducts researches on clarification of Nanoscale Flow phenomena. The Collaborative Research Division together with Keihin Corporation continues research and development of products with excellent environmental performance in the second phase started in 2018. The Innovative Energy Research Center conducts researches on utilization of unused energy by multidisciplinary fluid science. In addition, the Lyon Center (Integration Research Center for Materials and Fluid Sciences) will be established at the University of Lyon, France, in 2018, creating a new base for international collaboration as an attached research institute.

The Institute also has a supercomputer system for computational research. The Advanced Fluid Information Research Center is carrying out cutting-edge research such as large-scale flow simulations, multi-objective design exploration, measurement-integrated simulation and advanced visualization using the supercomputer system. In addition, the Institute established the Advanced Flow Experimental Research Center in 2013, the Global Collaborative Research and Education Center in 2015 and Aircraft Computational Science Center in 2017. As well as promoting research using large-scale experimental facilities such as the low turbulence wind tunnel and the shock wave facilities, we are further expanding the range of activities, such as activating and supporting international exchanges and conducting project research specializing in aviation.

As a world-class center of the fluid science community, we are conducting activities utilizing its worldwide network, and have hosted an international symposium every year since 2001. We have also been promoting international collaborative research projects as the Joint Usage/Research Center in the field of fluid science since 2010, not only in the domestic community but also in the international community.

Under VISION 2030, IFS has started the third middle-aim and middle-plan term, aiming to become the worldwide hub for fluid science. IFS has reorganized its research clusters into three: environment and energy, human and material multi-scale mobility, health-welfare-medical care. We will carry out the cluster-led projects through Collaborative Research Project.

IFS continues to aggressively conduct international research activity as a core world organization in the interdisciplinary research field, which covers fundamental to applied aspects of fluid science. In addition, we will continue making efforts to contribute greatly to the progress of human society through progress in the development of scientific techniques, as well as through training researchers and technicians, and educating graduate students. We look forward to your support and cooperation.

## 2 理念と沿革 Principle and History

### 理念 Principle

時空間における流れの研究を通じて人類社会の永続的発展をめざす

To promote the steady advancement of human society through the study of flows in time and space.

### 使命 Mission

流体科学の基礎研究と、それを基盤とした先端学術領域との融合，ならびに重点科学技術分野への応用において世界最高水準の研究を推進して，新しい学理を構築，社会が直面する諸問題を解決するとともに，世界で活躍する若手研究者・技術者を育成することを使命とする。

- 1) 世界最高水準の研究を推進
  - ① 流体科学の基礎研究
  - ② 流体科学の基礎研究を基盤とした先端学術領域との融合
  - ③ 重点科学技術分野への応用
- 2) 新しい学理を構築
- 3) 社会が直面する諸問題を解決
- 4) 世界で活躍する若手研究者・技術者を育成

The mission of this institute is to establish new scientific theories, develop practical solutions to various problems faced by society, and foster young researchers and engineers who can work at international standards, by promoting world-class level basic research in Fluid Science and related inter-disciplinary areas, and its application in priority science and technological areas.

1. Promotion of world-class research
  - 1-1. Carry out basic research in Fluid Science
  - 1-2. Promote interdisciplinary collaboration with other advanced fields using basic research results
  - 1-3. Develop technological applications in priority science and technological areas
2. Establish new scientific theories and principles
3. Find solutions to issues facing mankind
4. Foster young researchers and engineers capable of working internationally

### 沿革 History

流体科学研究所は，1943年に高速力学研究所として発足以来，本学の「研究第一主義」と「実学尊重」の伝統を掲げ，流れに関わる学理の構築とその応用に関する研究を一貫して行っています。

The Institute of Fluid Science has upheld "Research First" principle and the tradition of "Practice-Oriented Research and Education" at Tohoku University since this institute's inauguration in 1943 as the Institute of High-Speed Mechanics, and has pledged commitment to the formation of theories regarding flow, as well as applications thereof.

高速力学研究所

|                  |                              |
|------------------|------------------------------|
| 昭和 18 年 10 月 5 日 | 東北帝国大学に「高速力学研究所」として設立        |
| 昭和 44 年 3 月 25 日 | 1 号館の竣工                      |
| 昭和 54 年 4 月 1 日  | 気流計測研究施設を新設, 低乱熱伝達風洞施設を設置    |
| 昭和 63 年 4 月 1 日  | 気流計測研究施設を廃止し, 衝撃波工学研究センターを新設 |

流体科学研究所

|                  |  |
|------------------|--|
| 平成元年 5 月 29 日    | 「高速力学研究所」の改組転換により, 12 部門 1 研究センターからなる「流体科学研究所」を発足                              |
| 平成 2 年 11 月 13 日 | スーパーコンピュータセンター竣工   |
| 平成 6 年 11 月 10 日 | 2 号館竣工   |
| 平成 10 年 4 月 9 日  | 「流体科学研究所」の改組により 4 部門 (16 分野), 1 研究センターが発足<br>「附属衝撃波工学研究センター」の廃止と「衝撃波研究センター」の発足 |
| 平成 11 年 9 月 3 日  | スーパーコンピュータの効率的運用のため, 「未来流体情報創造センター」を発足   |
| 平成 12 年 4 月 1 日  | 中核的研究拠点 (COE) 形成プログラム「衝撃波学際研究拠点」を設置  |
| 平成 15 年 4 月 1 日  | 「衝撃波研究センター」の改組により, 「附属流体融合研究センター」を発足   |
| 平成 15 年 9 月 1 日  | 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」を設置   |
| 平成 20 年 7 月 1 日  | 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」を設置                                       |
| 平成 22 年 4 月 1 日  | 共同利用・共同研究拠点「流体科学研究拠点」を設置   |
| 平成 25 年 4 月 1 日  | 「流体科学研究所」の改組により 3 部門, 未到エネルギー研究センターが発足   |
| 平成 27 年 4 月 1 日  | 共同研究部門「先端車輛基盤技術研究 (ケーヒン)」を新設   |
| 平成 29 年 4 月 1 日  | 国内の航空機産業振興を目的として「航空機計算科学センター」を発足   |
| 平成 30 年 4 月 1 日  | リオン大学との連携研究を目的として「リオンセンター」を発足  |

Institute of High-Speed Mechanics

|               |  |
|---------------|--|
| Oct. 5, 1943  | Inauguration as the Institute of High-Speed Mechanics at Tohoku Imperial University    |
| Mar. 25, 1969 | Completion of Building No.1  |
| Apr. 1, 1979  | Opening of Air-Flow Measurements Facility, establishment of Low-Turbulence Wind Tunnel |
| Apr. 1, 1988  | Retiring of Air-Flow Measurements Facility, opening of Shock Wave Research Center      |

Institute of Fluid Science

|               |  |
|---------------|--|
| May 29, 1989  | Organizational change to the Institute of Fluid Science, which consists of twelve research divisions and one research center   |
| Nov. 13, 1990 | Completion of Supercomputer Center   |
| Nov. 10, 1994 | Completion of Building No.2  |
| Apr. 9, 1998  | Organizational change of the Institute of Fluid Science into four divisions with sixteen laboratories under and one research center, i.e. Shock Wave Research Center             |
| Sept. 3, 1999 | Opening of Advanced Fluid information Research Center for efficient utilization of supercomputer   |
| Apr. 1, 2000  | Establishment of Center Of Excellence(COE) formation program: "The Interdisciplinary Shock Wave Research Center"   |
| Apr. 1, 2003  | Shock Wave Research Center reorganization leads to inauguration of Transdisciplinary Fluid Integration Research Center   |
| Sept. 1, 2003 | Establishment of 21stcentury COE program: "International COE of Flow Dynamics"   |
| Jul. 1, 2008  | Establishment of Global COE program: "World Center of Education and Research for Trans-Disciplinary Flow Dynamics"   |
| Apr. 1, 2010  | Commencement of Joint Usage/Research Center "Fluid Science Research Center"  |
| Apr. 1, 2013  | Organizational change of the Institute of Fluid Science into three research divisions and one research center (Innovative Energy Research Center) with twenty-seven laboratories |
| Apr. 1, 2015  | Opening of Fundamental Research of Advanced Vehicle Technology (KEIHIN)  |
| Apr. 1, 2017  | Opening of Aircraft Computational Science Center for promoting aviation industry in Japan  |
| Apr. 1, 2018  | Opening of Lyon Center for promoting international joint research with Université de Lyon  |

## 中期目標・中期計画 Medium-term Strategy and Plan

流体科学研究所は、流体科学の基礎研究とそれを基盤とした先端学術領域との融合ならびに重点科学技術分野への応用によって、世界最高水準の研究を推進することを目的としている。また、研究成果で社会が直面する諸問題解決に貢献するとともに、研究活動を通じて国際水準を有する次世代の若手研究者および技術者の育成を行うことを使命とし、この使命の達成に向けて、本研究所では第2期中期目標・中期計画期間（平成22年度－平成27年度）において、以下に示す中期目標を達成すべく活動を展開してきた。

1. 大学院教育の高度化のため、流体科学の先端的研究に参加することによる大学院教育を実施する。
2. 海外からの研究者・大学院生の受入れ、海外インターンシップによる大学院生派遣、国際共同研究への参加、国際会議での発表等を通じた大学院教育を実施する。
3. 海外からの研究者・大学院生の受入れ、海外インターンシップによる大学院生派遣、国際共同研究への参加、国際会議での発表等を通じた大学院教育の国際化のための実施体制を整備する。
4. GCOEプログラム実施期間中の大学院生の経済的支援体制を整備する。
5. 社会的課題に応える国内外研究者との共同研究成果を創出するため、公募共同研究を支援する。
6. 長期的視野に立脚して、重要な基盤研究の実施を支援する。
7. 新機軸研究の創出のため、独創的・萌芽的研究を支援する。
8. 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」、共同利用・共同研究拠点事業、学術交流協定・リエゾンオフィス・ジョイントラボラトリー等の国際共同研究ネットワークの連携による国際共同研究を実施する。
9. 流体科学の先端的研究を推進するため、技術室による技術支援体制を整備・充実する。
10. 研究者に十分な研究時間を確保できる研究環境を整備するため研究支援室を整備・充実する。
11. 研究者に十分な研究スペースを確保するため研究スペースを整備する。
12. 公募共同研究の実施状況に基づく適切な見直しを行なって共同利用・共同研究拠点の実施体制を整備・充実する。
13. 流体融合研究センター、研究クラスター、GCOE等の成果を発展させた新センターの設置を含む研究所全体の研究組織の見直しを行う。
14. 先端的研究推進のための研究設備を整備する。
15. 国際ジョイントラボラトリー等、国際共同研究ネットワークを活用した国際共同研究の実施体制を整備する。
16. 産学官連携の推進のための活動を継続的に行う。
17. リエゾンオフィスを拠点とした海外学術交流協定校との国際交流ネットワークの活性化のための国際交流活動を、継続的に行う。
18. 流動ダイナミクスに関する国際会議を毎年開催する。
19. 業務効率化のためのデータベースを整備する。
20. 外部資金を導入するための情報提供を継続的に行う。
21. 教員の自己点検・評価を毎年実施する。研究所全体の評価を運営委員会で毎年行なう。外部評価委員会を6年毎に行う。
22. 研究活動報告書を毎年出版すると共に、ホームページ上で公開する。
23. 流体科学データベースを整備する。
24. 共通的施設・設備の効率的活用を整備する。
25. 安全衛生委員会で環境保全・安全管理を継続的に行う。
26. 全所的なコンプライアンスの周知・徹底活動を継続的に行う。
27. 同窓研究者とのネットワーク強化のためのデータベースを整備する。

このような取り組みに対し、大学評価・学位授与機構国立大学法人評価委員会による第2期中期目標期間に係る研究に関する現況分析評価において、本研究所は、I. 研究水準：分析項目 I. 研究活動の状況に対して「期待される水準を大きく上回る」、分析項目 II. 研究成果の状況に対して「期待される成果を大きく上回る」、II. 質の向上度に対して「高い質を維持している」と、いずれも最高評価を得た。

平成28年度より第3期中期目標期間に入ったが、本研究所は、高い評価を得た研究所活動の水準を継続維持するとともに、更なる発展を目指して、以下の中期目標を掲げて教育・研究を推進している。

1. 大学院教育の高度化のため、流体科学の先端的研究に参加することによる大学院教育を実施する。
  2. 国際インターンシップによる大学院生海外派遣、国際共同研究への参加、国際会議での発表等を通じた大学院教育を実施する。平成33年度までに、修士在学生の半数に国際会議発表を経験させるようにする。
  3. ハラスメントのない幸せなキャンパス環境を実現する。
- 5 東北大学流体科学研究所 Institute of Fluid Science, Tohoku University



4. 知のフォーラムを実施し、その成果を受けて基盤研究を推進する。
5. 風洞設備の共用促進を図る。
6. 次世代融合研究システムを利用したプロジェクト研究を推進する。
7. 共同利用・共同研究拠点の枠組みを利用してグローバル化を推進する。国際共著論文数を対平成 27 年度比で 40 パーセント以上増加させる。
8. 全学的な役割分担のもとでエネルギー研究を推進する。
9. 研究クラスターが主導する重点公募共同研究を、平成 33 年度までに 3 件程度実施する。
10. 共同研究部門を通じた産学連携研究を推進する。
11. 部局 URA の業務内容を整理し、研究支援体制を充実させる。
12. クロスアポイントメントにより外部との人材交流を推進する。
13. 若手研究者や技術職員を対象とする実験技術の研修会を実施する。
14. 全学的な連携のもとに学際研究重点拠点に参加する。
15. 海外研究者の滞在型国際共同研究を推進する。
16. VISION2030 の実現に向けて研究環境の整備と戦略的な研究展開を行う。
17. 流体科学国際研究教育拠点として、リエゾンオフィスミーティング等からの国際的な意見を反映しつつ、グローバルな展開を図る。
18. 共同研究部門「先端車輛基盤技術研究（ケーヒン）」の研究継続と発展。
19. ベットボトルロケット教室、みやぎ県民大学、片平祭りを実施し、市民との交流を図る。
20. エネルギー研究連携推進委員会の主導のもと、エネルギー研究を通じて復興・新生に寄与する。
21. 流動ダイナミクスに関する国際会議を開催し、海外と国内の流体科学コミュニティをつなぐハブとなる。
22. リエゾンオフィスを中心にグローバルネットワークを強化する。
23. 英語で対応可能な事務処理の種類を増やす。
24. 第 4 期中期目標・中期計画に向けて附属未到エネルギー研究センターの役割を見直し、より社会のニーズに応えるようにセンターのミッションを再定義する。
25. URA を研究所の運営組織に組み込み、研究支援を充実させる。
26. 教員評価を毎年実施する。
27. 研究所外部評価を第 3 期中期目標・中期計画中に 1 回実施する。
28. 研究所ホームページを活用した見える化を促進する。
29. 老朽化施設の改善、高機能化を図り、施設の有効利用と長寿命化を図る。
30. 安全衛生委員会の活動を通じて、環境保全・安全管理を行なう。
31. 研究倫理研修受講を義務化する。
32. 研究費の運営・管理に携わる全構成員のコンプライアンス教育受講を義務化する。
33. 研究所の教員、卒業生で構成する流友会の活動を推進する。
34. 2018 年に創立 75 周年となることを記念して祝賀会を開催する。

IFS aims at promoting the highest global level studies through integration of basic research of the fluid science to advanced academic regions. The mission of IFS is to use its research results for contribution to various problem-solving for difficulties the society now faces and to foster a next generation of young researchers and engineers equipped to meet high international standards through research activities. To accomplish the mission described above, IFS has set following second-term medium-term strategy and plan (FY2010 – 2015) and has started activities aimed at the accomplishment of the medium-term strategy.

1. To promote upgrading of graduate school education.
2. To promote internationalization of graduate school education.
3. To streamline the implementation system for internationalization of graduate school education
4. To streamline the support system for graduate students.
5. To create accomplishments of collaborative research.
6. To create accomplishments of fundamental research.
7. To undertake innovative research aggressively.
8. To create research accomplishments as an international collaborative research center.
9. To streamline the support system for advanced research.
10. To streamline research environments for continued improvement.
11. To streamline research space for continued improvement.
12. To streamline the implementation system for the Joint Usage Research Center.
13. To streamline research organizations of the institute.
14. To streamline research facilities for the promotion of advanced research.

15. To streamline international collaborative research implementation system.
16. To streamline academic-industrial cooperation.
17. To streamline the international exchange network.
18. To hold international academic symposia.
19. To streamline efficient business processes.
20. To streamline external fund infusion support systems.
21. To streamline self-inspection and assessment systems.
22. To disclose the status of research activities to the public.
23. To streamline information disclosure systems.
24. To streamline utilization of facilities and equipment for continued improvement.
25. To streamline environmental conservation and safety management.
26. To streamline compliance systems.
27. To streamline the network for alumni researcher.

Thanks to these activities, IFS obtained the highest assessment for every item as follows by the research present state assessment related to the second-term medium-term strategy period performed by the National Institution for Academic Degrees and University Evaluation. I. Research level: [Far above the expected level] for analytical item I, Status of research activity, and [Far above the expected level] for analytical item II, Status of research outcome. II. Improvement degree of quality: [High quality is maintained].

Third-term medium-term strategy period started from FY2016. IFS has been maintaining high quality research activity levels and promoting educational and research activities with the following medium-term strategies for additional development.

1. To promote upgrading of graduate school education.
2. To promote internationalization of graduate school education. Until FY2021, half of master students attend Int'l conference.
3. To fulfill a comfortable working condition without any harassments.
4. To promote fundamental researches by conducting Tohoku Forum for Creativity.
5. To promote the shared-use of wind tunnel facility.
6. To promote project research utilizing the integrated supercomputation system
7. To promote globalization and increase publications utilizing the framework of Joint Usage / Research Center.
8. To promote energy researches as a part of intra-cooperation organization.
9. To carry out 3 Priority Collaborative Research Projects until FY2021.
10. To promote university/industry collaboration through the collaborative research division.
11. To streamline research supporting environment considering the works of URA.
12. To promote personnel exchange by cross-appointment system.
13. To carry out technical workshop for young researchers and technical staffs.
14. To take part in the Program for Key Interdisciplinary Research.
15. To promote international collaborative research in which foreign researcher makes long stay.
16. To streamline research environment and to carry out strategic research for realization of VISION2030.
17. To promote globalization as the Fluid Science Global Research and Education Hub by reflecting opinions of liaison office meeting.
18. To keep and progress the researches in collaborative research division.
19. To promote contributions to society through several social events.
20. To contribute to reconstruction through energy research.
21. To be a hub of fluid science community with holding International Conference on Fluid Dynamics.
22. To strengthen global network through the activity of liaison office.
23. To increase a sort of administrative works which are compatible with English.
24. To redefine missions of Innovative Energy Research Center to meet needs of society.
25. To seek the improvement of research supporting environment by adopting URA.
26. To perform annual evaluation of teaching staff.
27. To conduct an external evaluation during the 3rd medium-term strategy and plan.
28. To promote visualization of institution activity through the website.
29. To renovate facilities.
30. To streamline safety management.
31. To make attendance of a lecture of research ethics obligatory.
32. To make attendance of a lecture of compliance obligatory.
33. To promote activity of alumni association.
34. To hold ceremony for 75<sup>th</sup> anniversary of institution in FY2018.

将来構想 Future Vision

流体科学研究所では、2015年4月に策定したVISION2030において、生み出された研究成果を組織的な産学連携研究を通して社会・産業界全体へ貢献することを目指している。そのため、研究所独自の組織横断的な研究の枠組みとして運用してきた5クラスターのミッションを「環境・エネルギー」、「人・物質マルチスケールモビリティ」、「健康・福祉・医療」の3研究クラスターに再定義し、重点研究テーマに特化した研究プロジェクトチームを形成し所内公募共同研究によるクラスター主導のプロジェクト型の研究を推進する。

The Institute of Fluid Science (IFS) adopted VISION 2030 in April, 2015. It aims at contributing research results and their benefits to society as a whole and to the industrial world through systematic industry-university collaborative research. For this purpose, IFS shall redefine the present five-cluster missions undertaken as a unique original framework of cross-cutting research within the laboratory to the three research clusters of "environment and energy," "multiscale mobility of humans and materials," and "health, welfare and medical care." Therefore, IFS shall form research project teams specializing in prioritized and strategic research subjects, and promote project research led by the clusters as joint research solicited from within the laboratory.



VISION 2030 流体科学の世界拠点の形成と社会・産業界へ貢献

VISION 2030 Establishment of world center of fluid science and contribution to society and industry

2030年の社会環境は、国内においては人口減少・高齢化、世界においては人口爆発、資源・エネルギーの枯渇、環境変動、水・食料の不足、感染症の蔓延などの問題が顕在化することが予測されている。一方、新しい科学技術により、未来に向かって豊かな社会を継続発展させることも期待されている。国立大学附置研究所は、挑戦性、総合性、融合性、国際性を高め社会の変化に柔軟に対応し、これらの諸問題を解決することが強く求められているため、より多様性のある世界の知を結集し、本研究所に集う研究者が互いに刺激を受けて研究の深化と創造を行う環境を醸成する必要がある。

そこで本研究所は、これまで蓄積してきた研究や技術、国際ネットワークを礎とし、世界の研究者が集う流体科学における世界拠点の形成を2030年までに実現し、流体科学における学術基盤や熱流体計測・解析技術の継承・発展に加え、安全・安心・健康な社会の実現、快適で豊かな社会の実現を目指す。そのために、環境・エネルギー、人・物質マルチスケールモビリティ、健康・福祉・医療に関わるイノベーションの創成と諸問題の解決、統合解析システムの構築、自律型流動科学の創成を目指す。

その実現に向けて、

1. 流体科学の異分野融合による新分野の共創や学理構築を進めるとともに、基盤流体工学の堅持により産業・学術基盤を強化する。
2. 国内外の研究者・学生にとって魅力的な研究教育体制や研究環境を整え、国内外の研究機関・産業界で活躍できる高度専門人財を育成する。
3. 産業界を交えた国際ネットワークを構築し、国内外に向けて積極的に研究成果を発信することにより、国際共同研究拠点化を強力に推進する。

It is predicted that domestic problems such as population decline and aging, and world problems such as population explosion, depletion of resources and energy, environmental degradation, shortages of water and food, and the spread of infectious diseases will pose significant challenges to the social environment by 2030. On the other hand, it is hoped that new scientific technologies will help to mitigate these problems and enable continuing development of a prosperous society. It is strongly desired that the research institutes of national universities in Japan flexibly respond to social changes with comprehensive, multidisciplinary and international efforts to solve these problems. Therefore, expertise from around the world should get together and an environment where researchers can inspire one another to undertake innovative research should be fostered.

The aim of our institute is to achieve the formation of a worldwide hub for fluid science by 2030 where researchers from all over the world can work together, taking advantages of accumulated research and technologies. The final goals are to ensure the continued progress of the academic fundamentals of fluid science and the measurement and analysis technologies of thermo-fluid dynamics so as to contribute to the establishment of a safe, secure, healthy, comfortable and prosperous society. To achieve these goals, we aim to come up with innovative solutions related to the environment and energy, human and material multi-scale mobility, health, welfare and medical care, and to find solutions to various problems through the establishment of an integrated analysis system and the use of autonomous flow science.

Toward the realization of these goals, the following tasks are necessary.

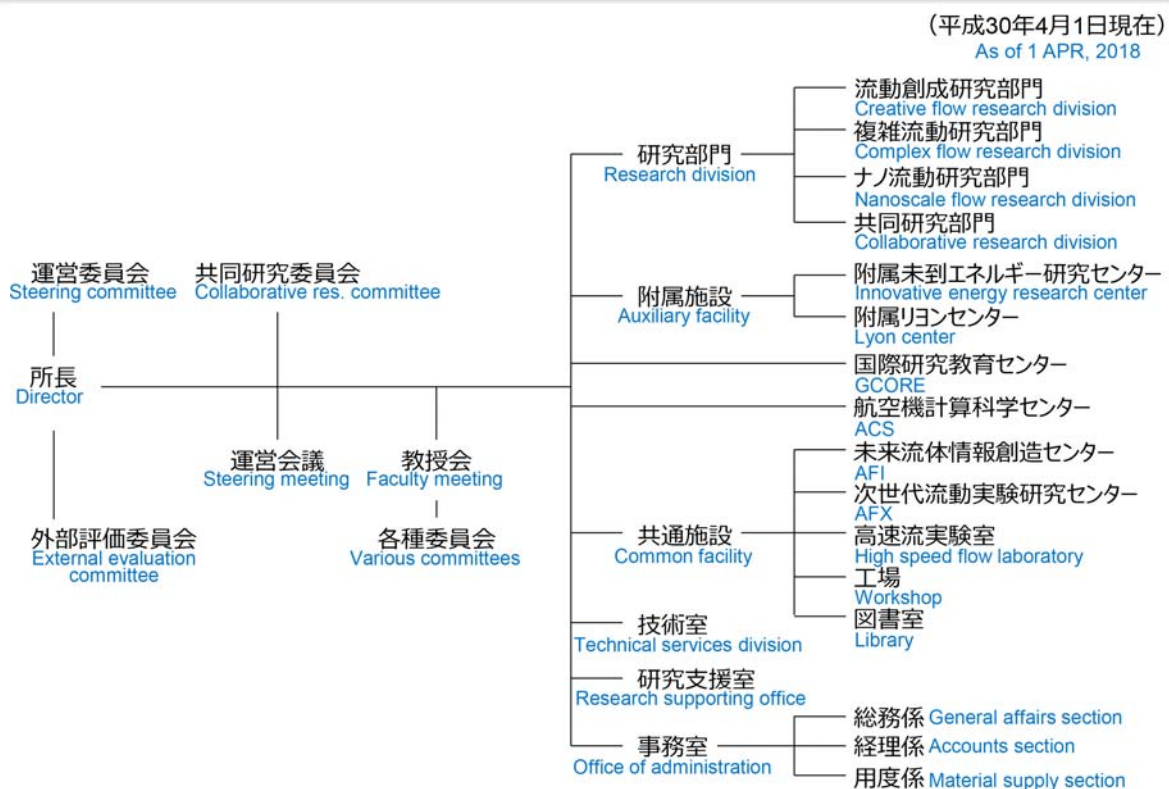
1. Creation of a new field of study by the transdisciplinary integration of different research fields in fluid science and the construction of scientific principles, as well as the enhancement of the industrial and academic basis by firmly maintaining basic fluid engineering.
2. Creation of an attractive research and education system and environment, and development of advanced human resources that can play active roles in domestic and international research institutions and industries.
3. Establishment of a hub of international collaborative research by actively transmitting research achievements both within Japan and overseas through an international industry-academia network.

### 3 組織 Organization

流体科学研究所は、流体科学に関する最先端の研究を推進・発信するため、内部に様々な組織を発足させ、有機的な機能を持って運営を行っている。「流動創成研究部門」、「複雑流動研究部門」、「ナノ流動研究部門」、「共同研究部門」の4研究部門（18研究分野）および附属の「未到エネルギー研究センター」、「リヨンセンター」（9研究分野）、次世代融合研究システム（スーパーコンピュータ）の管理運用を担う「未来流体情報創造センター」、共同利用・共同研究拠点における大型実験施設の開発・運用管理を担う「次世代流動実験研究センター」、実験施設・設備の管理運用や実験支援を行う「技術室」、教員の研究所運営の業務をサポートする「研究支援室」、事務業務の管理遂行を行う「事務室」からなる。

IFS is managed with making various organizations to progress or present cutting-edge research in fluid sciences. It consists of four research divisions of “Creative Flow Research Division”, “Complex Flow Research Division”, “Nanoscale Flow Research Division” and “Collaborative Research Division” (18 research fields), with the attached facilities “Innovative Energy Research Center” and “Lyon Center” (9 research fields), “Advanced Fluid Information Research Center (AFI)” in charge of management and operation of next generation integration research system (supercomputer), “Advanced Flow Experimental Research Center (AFX)” in charge of development and operating management of the large unique facilities under the framework of Joint usage / Research Center, “Technical service division” in charge of management and operation of experimental facilities and equipment and experimental support, “Research supporting office” in charge of support of laboratory operation jobs by teaching staff, and “Office of administration” which supports administrative clerical jobs.

#### 3-1 組織図 Organization



4 研究部門 流動創成研究部門，複雑流動研究部門，ナノ流動研究部門，共同研究部門  
 2 附属センター 附属未到エネルギー研究センター，附属リヨンセンター  
 運営会議 所長を中心として組織し，研究所運営の主要案件を議論・決定することにより，教員の各種会議出席への負荷を軽減している。

4 Research divisions Creative flow, Complex flow, Nanoscale flow, Collaborative research divisions  
 2 Centers Innovative energy research center, Lyon center  
 Steering meeting A steering committee is organized in which primary matters relating to operation of the institute are determined to reduce the load borne by teaching staffs to attend various meetings.

## 3-2 研究部門と研究センター Research Divisions and Research Center

流体科学研究所 (IFS) は 4 研究部門 (流動創成研究部門, 複雑流動研究部門, ナノ流動研究部門, 共同研究部門), 2 研究センター (未到エネルギー研究センター, リオンセンター) から成り立っている。

The Institute of Fluid Science (IFS) consists of four research divisions and two research centers: Creative Flow Research Division, Complex Flow Research Division, Nanoscale Flow Research Division, Collaborative Research Division, Innovative Energy Research Center, and Lyon Center.

### 部門の概要 Outline of Divisions

#### 【流動創成研究部門 Creative Flow Research Division】

流動創成研究部門は, 科学技術イノベーションを志向した, 流体の物性や流体システムにおける流動下での新たな機能の創成とその応用に関する研究を行うことを目的とします。電磁流体, 生体流動, 航空宇宙における流れの解明と新機能創成を通じ, 学術の発展ならびに革新的工学技術の確立に貢献します。



- 電磁場による流動下での新たな機能創成
- 計測融合シミュレーションによる医療工学研究
- 航空宇宙システムの革新, 安全, ものづくりの研究
- 流動現象の科学技術可視化と視覚分析論の研究
- 次世代知的流体制御デバイス・システムの創成
- 生体器官内の流動ダイナミクスの解明
- 次世代宇宙機の革新的熱・流体制御システムの創成

The Creative Flow Research Division was established to create and to apply novel functions in flows in fluid systems. The development of fluid science and the creation of innovative engineering are pursued through elucidation of flows and creation of novel functions in electromagnetic fluids, living body flows, and flows in aerospace conditions.

- Creation of novel flow functions using an electromagnetic field
- Development of advanced medical devices based on measurement-integrated simulation
- Innovation, safety, and manufacturing of aero-space systems
- Scientific visualization and visual analytics to visualize flow phenomena
- Development of next-generation intelligent fluid control devices and systems
- Clarification of flow dynamics in a living body
- Creation of innovative thermal and fluids control systems for next generation spacecraft

#### 【複雑流動研究部門 Complex Flow Research Division】

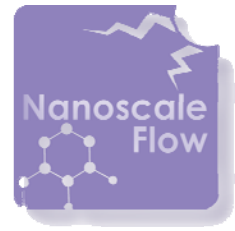
複雑流動研究部門は, 流体科学の基盤となる, 広い時空間スケールの多様な物理・化学過程が関わる複雑な流動現象の解明とその応用に関する研究を行うことを目的とします。燃焼反応流, 複雑系熱・物質移動, キャビテーション, 衝撃波などの熱と物質流動現象の普遍原理の解明および数理モデル構築を通じ, 学術の発展ならびに革新的技術の創成を推進します。



- 高速反応流の基礎現象解明と予測制御技術の高度化
- マルチスケールにおける複雑系熱・物質移動現象の解明と制御
- キャビテーションによる複雑流動現象の解明と流体機械システムの高度化
- 気液界面流動現象の解析技術の構築と学際的応用研究
- 大規模数値解析による流体力学の普遍的・汎用的原理の発見と現象解明
- 極低温固液・気液二相流体の流動・伝熱複合現象の解明

The Complex Flow Research Division was established to explore and to apply complex flow phenomena related to various physical and chemical processes that constitute the foundation of fluid science. Development of fluid science and the creation of innovative technologies are pursued through investigation of combustion reaction flows, heat and mass transfers in complex systems, cavitation, shock waves and universal principles of heat and material flow phenomena, as well as construction of mathematical models.

- Combustion phenomena in aerospace propulsion systems and energy apparatuses
- Nano-to mega-scale heat and mass transfer in complicated systems
- Complex flow accompanied by cavitation and advanced fluid machinery systems
- Interfacial phenomena with shock waves in complex media
- Theoretical modeling for universal and specific complex flow phenomena
- Combined flow and heat-transfer phenomena of cryogenic solid-liquid two-phase flow



### 【ナノ流動研究部門 Nanoscale Flow Research Division】

ナノ流動研究部門は、熱流体に関わるナノマイクロスケールの現象や物性に関わる基礎科学の展開や新分野創成を目的とします。電子・分子スケールの物質・運動量・エネルギー輸送メカニズムの解明や生体およびデバイス内におけるナノスケール流れの特性の発見を通じ、学術の深化・発展ならびに革新的ナノ熱流体デバイスや医療技術の創成を推進します。

- 強い非平衡状態にある気体流れの物理現象と輸送現象の解明と応用
- ナノスケール流動現象・界面現象の解明と応用
- 流体分子の量子性が影響する流動現象の解明と応用
- プラズマ流と生体環境に関わる現象解明とプラズマ医療への応用
- 分子スケールの物理現象が支配する大規模複合系における輸送現象の解明と応用
- 革新的流動デバイスや流体の創成と応用（客員）

The Nanoscale Flow Research Division was established to advance basic science and to explore new R&D areas related to nano/microscale thermal and fluid phenomena and thermophysical properties. Creation of novel medical technologies and development of innovative nanoscale thermal and fluid devices are pursued through the progress and deepening of science, as well as investigation of mass–momentum–energy transfer mechanisms on scales of electrons–molecules and new discoveries of nanoscale flow characteristics in living bodies and nano-devices.

- Physical and transport phenomena in non-equilibrium gas flow and their applications
- Nanoscale flow and interfacial phenomena governing macroscopic thermal and fluid properties
- Physical mechanism of the quantum effect of fluid molecules on flow dynamics
- Reactions, thermal flow dynamics of plasma flow and their application for medical engineering
- Transport phenomena in large-scale composite systems governed by molecular physics and their applications
- Development of novel flow devices utilizing unique nanoscale flow and interfacial phenomena

### 【共同研究部門 Collaborative Research Division】

共同研究部門は、株式会社ケーヒンと共同で「先端車輛基盤技術」に関する研究を行います。第一期（2015年4月–2018年3月）に続き、第二期として、車輛の電動化として期待される基盤技術の研究を、2018年4月1日から開始いたしました。主に数値流体力学（Computational Fluid Dynamics）を用いたシミュレーション技術と実験検証の高度化と、その応用に関する研究を行います。次世代技術の研究をもとに、より環境性能に優れた魅力ある製品開発に直結した新しい価値創出を目指します。



- 電動車輛に向けた熱マネージメント・熱制御、モータ高効率化に向けた電動化技術の研究
- 電動車輛用高熱流束冷却システム研究
- 小型・低負荷空調ユニットの熱流動可視化と高精度予測及び最適化研究

The Collaborative Research Division conducts fundamental research of advanced vehicle technology in collaboration with Keihin Corp. Following the first phase (April 2015 - March 2018), research on basic technologies expected for electric vehicles has started as the second phase from April 1, 2018. The research is related mostly to enhancement and application of the simulation technology based on computational fluid dynamics and experimental verification. Basing on research of the next-generation technology, we aim to create new value directly connected to development of appealing products with excellent environmental performance.

- Research on thermal management and thermal control for electric vehicles, electric motorization technology for motor efficiency improvement
- Research on high heat flux cooling systems for electric vehicles
- Research on visualization and accurate prediction of thermal flow and optimization of compact and low load air conditioning units

## 【未到エネルギー研究センター Innovative Energy Research Center】

未到エネルギー研究センターは、流体科学における多様なエネルギー研究の連携により、基盤エネルギーおよび新エネルギー分野において、高効率で無駄の無い革新的なエネルギー利用体系を実現するため、従来有効なエネルギー変換が困難であった未到エネルギーの変換やエネルギー貯蔵、輸送、および保全に関する研究を行います。



- 知的ナノプロセスを用いた革新的グリーンナノデバイスの研究
- 地球環境問題とエネルギー問題の解決を目指した地殻の高度利用
- 高エクセルギー効率燃焼による高効率なエネルギー利用体系の構築
- センシング技術、材料評価技術等を用いた保全の最適化
- 環境調和型エネルギーシステムの創成
- エネルギー問題の解決に寄与する科学技術エネルギー政策（客員）
- 先端的な未到エネルギー関連工学に関する研究（外国人客員）
- ナノ流動現象の解析・制御による次世代電池システムの理論設計

The objective of this center is to realize a highly efficient, economical, and innovative energy utilization system through research and development related to conversion of unrealized energy, which has been achieved heretofore only slightly using conventional technologies, by the adaptation of improved storage, transportation, and maintenance of energy in basic energy and new energy fields based on fluid science.

- Innovative green nanodevices based on intelligent nanoprocesses
- Deep subsurface systems for the resolution of environmental and energy issues
- Combustion with higher exergy efficiency based on new concept combustion technology
- Optimization of maintenance activities using advanced sensing and material evaluation
- Innovative multi-phase flow technology and realization of sustainable energy systems
- Science and technology, and energy policy to contribute to the solution of energy problems
- Advanced energy related technologies
- Theoretical design of innovative batteries based on the analysis and control of nanoscale flow

## 【リオンセンター — 材料・流体科学融合拠点 Lyon Center (LyC)】

リオンセンターは、フランス・リオン大学 (INSA Lyon, École Centrale de Lyon) に教員と学生が滞在し、国際共同研究を推進します。特に、材料科学と流体科学の融合分野におけるリオン大学との連携研究により、安全・安心・健康な社会の実現に寄与する工学領域を開拓・推進します。



- 流動システムの知的センシングと評価に関する研究
- 時空間マルチスケールにおける流動ダイナミクスの解明

The Lyon Center (LyC) was established to promote international joint research activities which the IFS faculty members and graduate students staying at Université de Lyon (INSA Lyon, École Centrale de Lyon) carry out. Especially, we explore interdisciplinary science based on materials science and fluid science to answer current social challenges in the fields of transportation, energy and engineering for health.

- Intelligent sensing and evaluation of mechanical systems
- Spatiotemporal multiscale clarification of flow dynamics



## 附属未到エネルギー研究センター Innovative Energy Research Center

附属未到エネルギー研究センターは、本研究所が目的として掲げ、組織横断的に実施してきたエネルギー分野に関わる流体科学の研究を発展強化するとともに、異分野の学術領域とも相互に連携することにより、流体科学を基礎とする多様なエネルギー研究を展開し、エネルギー問題解決の鍵となる、従来は有効なエネルギー変換が困難であった未到エネルギーの活用のための研究を強力に推進するセンターとして設置する。

本センターにおいては、流体科学における多様なエネルギー研究の連携により、基盤エネルギーおよび新エネルギー分野において、高効率で無駄のない革新的なエネルギー利用体系を実現するため、従来有効利用できなかった未到エネルギーの変換やエネルギー貯蔵、輸送、および管理に関する研究を行います。具体的には、知的ナノプロセスを用いた革新的グリーンナノデバイスの研究、地球環境問題とエネルギー問題の解決を目指した近頃の高度利用のための研究、燃料多様化時代に向けた、新概念燃焼技術を基盤とした高エクセルギー効率燃焼技術の創成、マイクロ燃焼・微小重力燃焼・高温酸素燃焼を柱にした、環境負荷低減や循環型社会対応などの社会的要請に応える高効率で革新的なエネルギー利用体系の構築、エネルギープラントの保全高度化と機器の省エネルギー化を実現することを目的とした、知的センサ、モニタリング技術の開発、非破壊評価技術の開発、低摩擦化による省エネルギーシステム構築等に関する研究、スーパーコンピューティングと先端的計測の融合に基づく革新的混相流体解析手法の開発ならびに環境調和型混相流動エネルギーシステムの創成に関する研究等を行います。

The objective of establishing this unattained energy research center is to develop and strengthen studies of fluid science related to the energy field, which this institute set as a goal and which has been deployed cross-organizationally, and which shall act as the center of strong promotion of studies for utilization of unattained energy, for which effective energy conversion has been only slightly possible using conventional technology, and which is the key to resolution of energy issues by conducting diverse energy studies based on fluid science and by mutually cooperating with different fields and academic area.

To realize an efficient, economical, and innovative energy utilization system in basic energy fields through collaboration of diversified energy studies in fluid science, this center promotes research efforts related to the conversion of unrealized energy resources for which effective energy conversion has been only slightly possible using conventional technology, storage, transportation and management of the energy. Particularly, we promote research of innovative green nano-devices using intelligent nano-processes, research into extensive utilization of the crust with the intention of resolving global environment issues and energy problem, creation of high-energy-efficiency combustion technology based on new concepts of combustion technology to be used in an era of diverse fuels, construction of highly efficient and innovative energy utilization systems to cope with social needs such as reduction of environmental loads and recycling society using micro-combustion, microgravity combustion and high-temperature oxy-fuel combustion as the mainstay, development of intelligent sensors and monitoring technology aiming at realization of improved conservation of energy plants and energy-saving of equipment, development of non-destructive evaluation technology, research into construction of energy-saving systems using low-friction system, development of innovative multiphase fluid analysis method based on the fusion of supercomputing and advanced measurement and research of creation of environmentally conscious multiphase fluid energy.

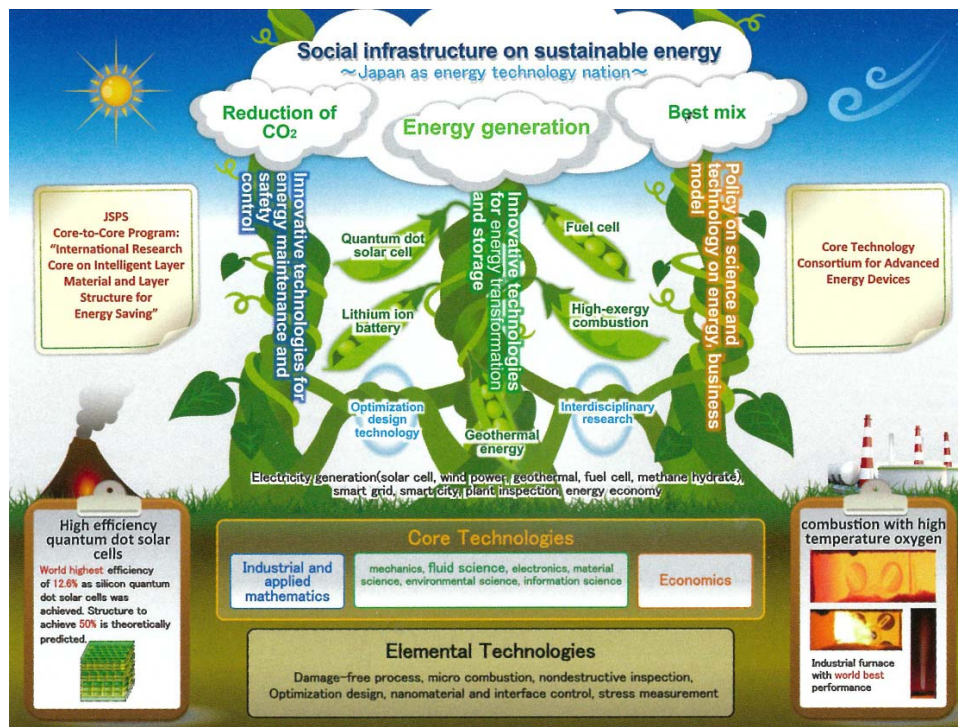
### 研究コンセプト Research concept

従来型エネルギーにおいてエクセルギー損失ミニマムを実現するとともに、次世代再生化のエネルギーの超高効率化を実現することで、化石燃料の使用を極限まで抑制、ないしは高効率化した環境共生型エネルギー供給システムを実現する。更にこれらの創エネルギーを調和的に組み込んでいくスマートエネルギー供給システムを確立し、持続可能エネルギー社会基盤を実現する。

Realization of minimum energy loss when using conventional types of energy and of super-high efficiency of next generation renewable energy will enable suppression of the use of fossil fuels to the extreme or will usher in a high efficient, environmentally compatible type of energy supply system. Furthermore, smart energy supply systems that incorporate these created energies harmonically can be established to realize a sustainable energy social infrastructure.

## 研究ベクトル Research vectors

- ・ ナノ界面材料構造制御技術，超低損傷プロセス技術，新概念燃焼技術，大深度環境測定技術および非破壊検査技術を基に，革新的エネルギー生成貯蔵技術および管理保全技術を確立。
- ・ 最適化設計技術により，コストと効率のバランスを踏まえた各種発電方式の融合および発電システムと蓄電システムの融合による革新的スマートエネルギー供給システムの実現。
- ・ エネルギー技術立国日本の実現に向けて，ビジネスモデル構築やエネルギー科学技術政策提言。
- ・ Establishment of innovative energy generation and storage technology and management and conservation technology based on nano-interface material structure control technology, ultra-low damage process technology, new concept micro-combustion technology, deep subterranean environment measurement technology and nondestructive inspection technology.
- ・ Realization of an innovative smart energy supply system by fusion on various types of power generation methods, considering a good balance between costs and efficiency and by fusion of power generation system and electricity accumulation system by introducing optimum design technology.
- ・ Building of business models and proposals for energy and science technology policies intended for the founding of a new Japanese nation based on energy and technology.



## センターのアドバンテージ Benefits of the center

- ・ バイオテンプレート極限加工による世界初の無欠陥・超格子構造の作成とその構造を用いた超高効率シリコン量子ドット代位用電池の実現
- ・ 燃焼において不可避とされていた不可逆損失（エクセルギー損失）を，燃焼開始時のエクセルギー率を上げることで大幅削減できる高エクセルギー効率燃焼を提唱．高温酸素燃焼など具体的な取り組みを遂行中．
- ・ 10-50nm レベルの均一サイズの高結晶性活物質（LiFePO<sub>4</sub>）の合成技術による高容量・高出力型電極により世界トップレベルのリチウムイオン電池特性の実現．
- ・ 世界をリードする錯体水素化物をはじめとした多様な水素化物の合成や固体水素キャリアとしての高機能化による高効率燃料電池の実現．
- ・ 電磁現象を用いた独自の非破壊評価技術による高温下での高精度健全性モニタリングへの取り組み．
- ・ 独自の最適化設計技術により，コストと効率のバランスを踏まえた各種発電方式の融合および発電システムと蓄電システムのベストミックスの実現

- Defect-free superlattice structure produced for the first time in the world using a bio-template and ultimate top-down etching and realization of a super-high-efficiency quantum dot solar cell using its structure
- We proposed high-exergy-efficiency combustion capable of greatly reducing irreversible loss (exergy loss) that was unavoidable in the combustion by improving exergy rate at combustion start, and specific challenges such as a high-temperature oxygen combustion is being promoted currently.
- World-leading lithium ion battery characteristics by high-volume and high-output type electrodes using techniques to synthesize a uniformly sized, highly crystalline active material (LiFePO<sub>4</sub>) at a 10-50nm level.
- Realization of high-efficiency fuel cells using world-leading synthesis of diverse hydrates including complex hydrides and highly functional solid hydrogen carrier.
- Fusion of various types of power generation methods considering a good balance between costs and efficiency, and realization of a best mix of power generation systems and electricity accumulation systems using our own optimization design.

## 附属リヨンセンター Lyon Center (LyC)

### 材料・流体科学融合拠点 Integration Research Center for Materials and Fluid Sciences

流体科学と材料科学の連携が鍵を握るエネルギー、先進輸送システム、医工学などの社会問題の解決に向けて、仏・リヨンにおける研究機関と連携して挑戦するための国際研究ネットワークを構築する。この長期的課題に取り組むため、教員と大学院生から構成する研究ユニットが海外で研究活動を行う拠点「リヨンセンター」をリヨンに設置し、リヨン大学との共同研究を推進する。

To explore interdisciplinary science based on fluid and materials sciences to answer current social challenges in the fields of transportation, energy and engineering for health, IFS aims at establishing an international research network in collaboration with Université de Lyon, France. For the long term challenge, IFS has established Lyon Center - Integration Research Center for Materials and Fluid Sciences - at Université de Lyon (INSA Lyon, École Centrale de Lyon), and faculty member and graduate students stay and promote joint works.

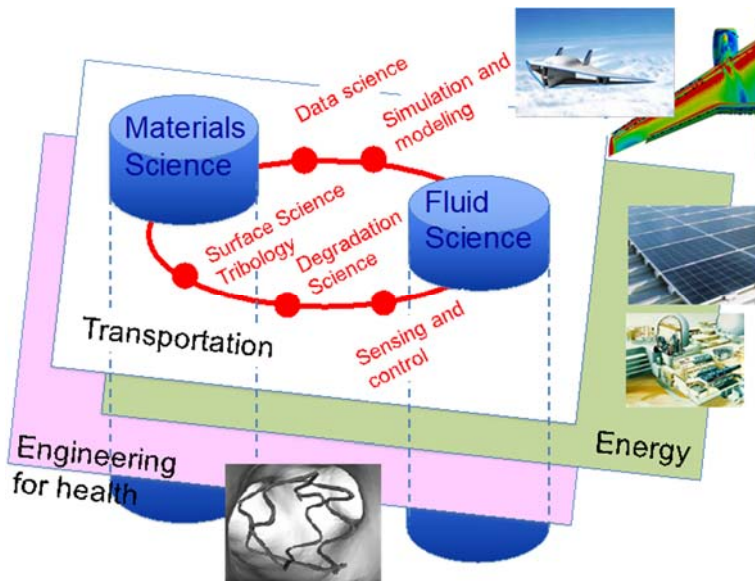
## 事業の内容 Contents of project

平成 30 年 4 月より材料分野で卓越した成果を創出しているリヨン大学に本研究所リヨンセンターを設置し、流体科学を基盤に異分野が融合する新しい課題解決型学問領域を開拓するための国際頭脳循環ハブを形成した。教員とポスドク、大学院生から構成する研究ユニットを派遣、常駐することで、相手国フランスのみならず欧州から研究者と共同研究を効果的に推進している。エネルギー分野では、世界最高変換効率の太陽電池の開発、エネルギープラントの超長寿命化技術、次世代輸送システムでは境界層制御による超低摩擦抵抗航空機の開発等などの課題について取り組む。本事業を生かした企業との国際産学共同研究を積極的に行うことにより、将来自立した欧州のハブとなることを目指す。

IFS Lyon Center has been established in April 2018 at Université de Lyon that is one of the centers of excellence for materials science and engineering in Europe, and is now building a international network hub to explore interdisciplinary science based on fluid and materials sciences. Research units in the center where faculty member and graduate students stay promote joint research activities with researchers in Europe as well as France. Following research topics are currently conducted:

- Development of ultra-low drag aircrafts by boundary layer control
- Development of solar cells with highest energy conversion rate in the world
- Ultra-long term operation techniques for energy plants
- Research on friction between medical device and surface of tissue
- Active control of protein transport phenomena by functional membrane

In future, the center is expected to be a self-sustaining research center through the international collaboration with industries.



## 航空機計算科学センター Aircraft Computational Science Center (ACS)

本研究プロジェクトでは、航空機産業の国際競争力を維持・拡大していくために、産学連携研究を通じて、新規材料の適用による軽量化を実現し低コスト機体開発を実現するための CAE 技術、空力と構造及び強度解析をシームレスに連成し設計初期段階から高い次元での多目的最適設計が可能となる CAE 技術を開発する。

In this research project, to keep and increase international competitiveness of our aircraft industry, we develop CAE technologies that realize low cost aircraft design and weight reduction using new materials and that enable multi-objective design optimization at a higher level with seamlessly coupled aerodynamic and structural analyses from the early phase of the design.

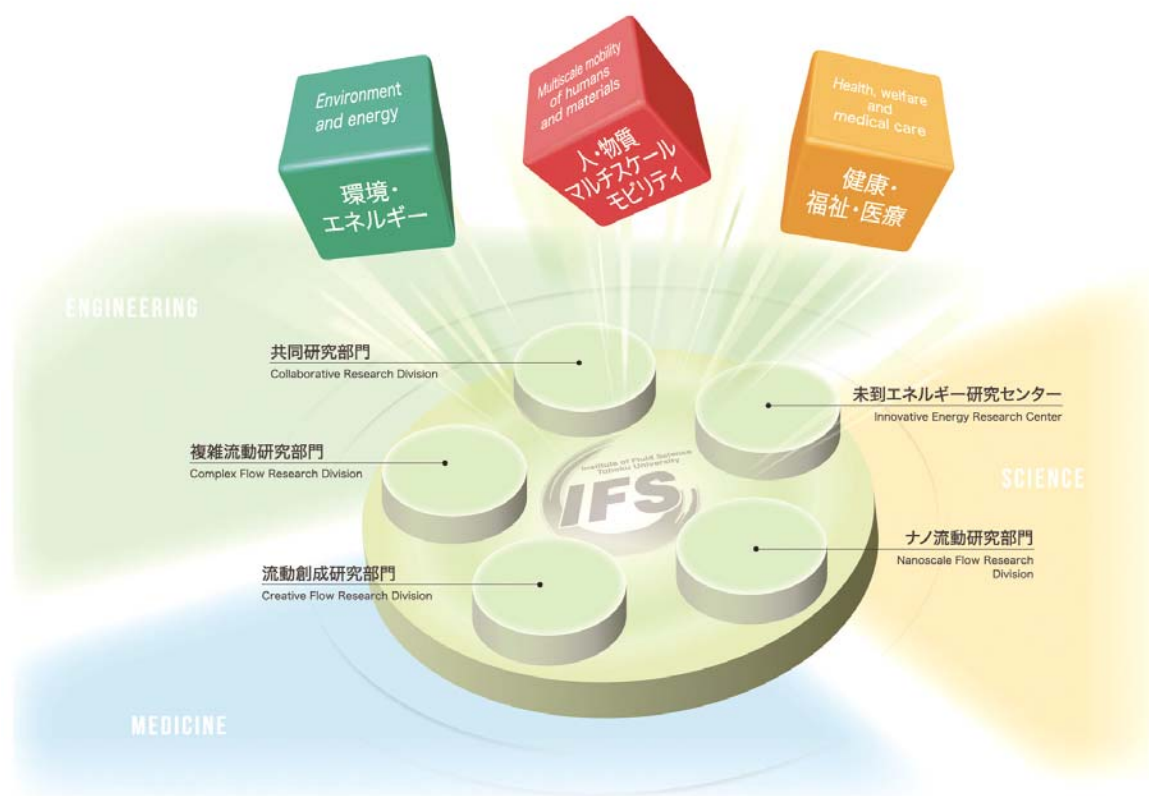
- 国際的に優れた産学官の研究者が集う
  - **流体・材料・構造ではすでに世界トップレベル**  
(乱流、燃焼、極限環境、最適設計、破壊、デジタル化等)
  - 優れた研究者育成・魅力的なキャリアパス
- ➔
- **世界レベルの学術基盤に基づき国内航空機産業を全面的にバックアップ**
  - **構想の初期段階を計算にて検討することで、後戻りリスクを回避**



### 3-3 研究クラスターのミッション Missions of Research Clusters

流体科学研究所では、2015年4月に策定しましたVISION2030において、生み出された研究成果を組織的な産学連携研究を通して社会・産業界全体へ貢献することを目指している。そのため、研究所独自の組織横断的な研究の枠組みとして運用してきた5クラスターのミッションを環境・エネルギー、人・物質マルチスケールモビリティ、健康・福祉・医療の3研究クラスターに再定義し、重点研究テーマに特化した研究プロジェクトチームを形成し所内公募共同研究によるクラスター主導のプロジェクト型の研究を推進する。

The Institute of Fluid Science (IFS) adopted VISION 2030 in April, 2015. It aims at contributing research results and their benefits to society as a whole and to the industrial world through systematic industry-university collaborative research. For this purpose, IFS shall redefine the present five-cluster missions undertaken as a unique original framework of cross-cutting research within the laboratory to the three research clusters of "environment and energy," "multiscale mobility of humans and materials," and "health, welfare and medical care." Therefore, IFS shall form research project teams specializing in prioritized and strategic research subjects, and promote project research led by the clusters as joint research solicited from within the laboratory.



## 環境・エネルギー

### Environment and energy cluster



#### 地球環境を保護する新しいエネルギー体系と革新的技術を創造します

我が国のエネルギー問題は、90%以上を輸入に頼るエネルギー源を如何に永続的に確保するかにありましたが、COP21「パリ協定」によって全世界が地球温暖化対策に取り組むことが合意され、温室効果ガス排出抑制が緊急の課題となっています。産業活動や生活の質を維持しながら温室効果ガス排出を抑制するために、新たな低環境負荷エネルギー源の確保、輸入エネルギー源の再検討、自給可能な再生可能エネルギー導入促進、省エネルギー技術の更なる開発など、入口から出口までのバリューチェーンを見据えた取組みが不可欠となっています。環境・エネルギークラスターでは、これらの課題に対して、基盤技術から即効的応用技術まで、環境・エネルギー問題の解決に向けた幅広い研究開発を推進します。

#### Creating new energy systems and innovative technology to protect the global environment

Energy problem in our country, where more than 90% of all energy is imported, was in persistent development and acquisition of energy resources. However, the Paris Agreement at COP21, which is expected to guide global efforts for global warming suppression, presents reduction of greenhouse gas emissions as an urgent issue. Novel approaches of finding new energy sources with low environmental impact, reconsideration of energy sources to be imported, enhancement of renewable energy resources, and progress in energy conservation technology, anticipating value-chains of energy resources to maintain industrial activities and high standards of human life, are fundamentally important. The environment and energy cluster promotes a wide range of activities from fundamental research to immediately effective applications aimed at resolving environmental and energy issues.

## 人・物質マルチスケールモビリティ

### Multiscale mobility of humans and materials cluster



#### ナノデバイスから宇宙・航空機まで、あらゆるスケールの熱・運動量・物質・人の輸送を設計し、新しいシステムを実現します

人・物質マルチスケールモビリティクラスターでは、技術や生活に関連した全てのスケールをカバーする流体科学の深い理解と、スーパーコンピュータや大規模実験施設を駆使した高度な数値シミュレーション及び実験計測の技術に基づいて、流体の流動や分子の運動など物質の運動や、物質内における熱・運動量の輸送現象を制御し、有用な現象を「設計」し実現することを目的としています。これにより、様々なスケールで発現する特異な現象を利用した新たなデバイスや媒体の創出、ナノ加工や表面・界面修飾技術による先進的工業プロセスの開発、産業の基盤をなす流体機械の高機能化・高性能化、最先端の宇宙航空システムを実現する国産技術の確立などに取り組まます。

#### Realizing systems by designing transport of heat, momentum, mass, and humans on scales from nanodevices to aerospace

The "Multiscale mobility of humans and materials" research cluster designs and realizes useful transport phenomena by controlling the motion of matter, such as fluid flows and molecular migration, and transport phenomena of heat and momenta in matter. In-depth understanding of fluid sciences cover all scales related to technology and life using advanced techniques of computational simulation and experimental measurement, taking full advantage of our supercomputer and large-scale experimental facilities supporting our research and development. The cluster is working on creating novel devices and media that use the following: anomalous flow characteristics appearing at various scales; development of advanced industrial processes by nanofabrication and surface modification; high-performance and highly functional flow machinery as industrial infrastructure; and homegrown technology for leading-edge space and aeronautical systems.



### 流れの予測と自律化でヒトの健康を守り快適に暮らすことができる社会を実現します

急速に少子・高齢化社会が進み、社会環境が大きく変化する今、将来健康で安心かつ豊かな暮らしを実現するために高度な健康・福祉・医療技術の創出が期待されています。本クラスターでは、これらを実現するために、流体科学の視点から、生体内の輸送現象や生体と物理刺激の相互作用現象を解き明かし、新しい学理の構築を目指します。また、ヒトに関わる診断・予測・計測手法や自律流体システムを創成により、生活環境と健康の予測と保全、ヒトの機能の回復や付加、生体模擬環境の開発と脳卒中や心臓疾患、ガンなどに関わる予防・治療や診断・予測、再生医療を促進する細胞処理技術の開発などを目指して研究に取り組みます。

### Realizing a healthy and comfortable society through prediction and autonomous systems of flows

To realize a healthy, safe, and comfortable society under circumstances of a rapidly declining birthrate, an aging society, and a changing social environment, we strive to develop advanced technologies for health, welfare and medical care. Through elucidation of transport phenomena in organisms and interactions among organisms and physical stimuli, we create diagnostic, predictive, and measurement methods, as well as autonomous systems of flows related to human beings. Based on results of these studies, we establish new technologies to predict and protect living environments and health. Moreover, we examine the recovery and addition of functions to the human body, and living body sham environments. We also research prevention, treatment, and diagnosis, prediction of apoplexy, poor heart conditions, and cancer.

### 3-4 教職員数 Staffs

流体科学研究所は、世界最先端の研究所として相応しい人材を獲得するため、公募制によって人材を採用している。教員の公募は運営会議で審議された後、教授会の議を経て決定される。教授選考においては、研究分野担当教授が定年退職の2年6か月前から研究分野検討委員会を発足させ、将来の研究方針と研究分野担当教授選考の基本方針が教授会に答申され、それに基づき行われる。教授・准教授の任用には、候補者選考委員会が教授で構成され応募者選考を行う。所内で定めた業績などの基準を満たすもののみが選考の対象となる。

本研究所では、人事の流動化を積極的に推進し、多様な人材を受け入れるとともに優秀な人材の育成を図り、流体科学の一層の進展に寄与することを目的として任期制を導入している。准教授の任期は10年で、再任は認められていない。助教の任期は8年で、2年の再任が1回認められている。准教授・助教については任期の中間および任期末の2年前に達した時点で、業績と将来性について業績審査委員会が評価を行い、所長が今後の研究活動等に対するアドバイスを行っている。

また、本研究所は男女共同参画を推進しており、平成30年度では41人中3名が女性教員となり、全体の7%を超える値となった。開学精神の「門戸開放」に則り、テニュアトラック女性限定公募および女性教員採用促進事業へ応募し、平成28年度に女性助教採用、平成29年度には上記事業による教授昇進の人事があった。

IFS employs an open recruitment system for teaching staff to induce the best brains to join in and support our efforts. Open recruitment of teaching staff is deliberated in the steering committee and is determined finally by the faculty meeting. Concerning the adoption of professor position, the professor in charge of the research field concerned starts the research field investigation committee two and half years before the retirement age limit, and future research policy and basic policy for selection of the professor in charge of the research field are submitted. For appointment of professor, associate professor, the Selection Committee attended by professors performs selection of the applicants. Those who meet the performance criteria determined by the institute are eligible for selection.

IFS employs a fixed-term system that is aimed at active promotion of flexible personnel affairs, acceptance of diverse human resources, cultivation of excellent human resources, and contribution to further progress in fluid science. The term of associate professor is 10 years. No reappointment is accepted. The term of assistant professor is 8 years. A reappointment for 2 years is accepted. For associate professor and assistant professor, a performance audit committee performs assessment at the mid-point of the term and two years before the end of term for their performance and potential from viewpoints of future plans of the institute.

IFS has been promoting the gender equality promotion, and the number of female staff members in FY2018 became 3 among a total teaching staff of 41, which accounts for about 7% of the whole. Based on the principle of "Open Doors", IFS has applied to tenure-track assistant/associate professor position for female and Job Promotions for Placing Women in Senior Positions. In FY2016, a female assistant professor was adopted, and a female professor was promoted in FY2017.

[全数 / 女性(内数) / 外国人(内数)]

#### 常勤教員数 Number of full-time faculty and teaching staffs

[Total / Female / Int'l staff]

|  | H24<br>FY2012 | H25<br>FY2013 | H26<br>FY2014 | H27<br>FY2015 | H28<br>FY2016 | H29<br>FY2017 |
|--|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| 教授<br>Professor                            | 15 / 0 / 0    | 15 / 0 / 0    | 15 / 0 / 0    | 15 / 0 / 0    | 15 / 0 / 0    | 18 / 0 / 0    |
| 准教授<br>Associate professor                 | 11 / 1 / 2    | 10 / 1 / 1    | 11 / 1 / 1    | 12 / 1 / 1    | 13 / 1 / 1    | 9 / 1 / 1     |
| 講師<br>Senior assistant professor           | 2 / 1 / 0     | 2 / 1 / 0     | 2 / 1 / 0     | 1 / 0 / 0     | 0 / 0 / 0     | 0 / 0 / 0     |
| 助教<br>Assistant professor                  | 13 / 1 / 0    | 13 / 0 / 0    | 13 / 0 / 0    | 11 / 0 / 0    | 12 / 0 / 1    | 10 / 0 / 1    |
| クロスアポイントメント教員<br>Cross-appointment fellow  | 0 / 0 / 0     | 0 / 0 / 0     | 0 / 0 / 0     | 2 / 0 / 0     | 2 / 0 / 0     | 3 / 0 / 0     |
| テニュアトラック助教<br>Tenure-track assistant prof. | 0 / 0 / 0     | 0 / 0 / 0     | 0 / 0 / 0     | 0 / 0 / 0     | 0 / 0 / 0     | 1 / 1 / 0     |
| 特任助教<br>Specially appointed assist. prof.  | 0 / 0 / 0     | 0 / 0 / 0     | 1 / 0 / 1     | 2 / 0 / 2     | 0 / 0 / 0     | 0 / 0 / 0     |
| 助手<br>Research associate                   | 1 / 1 / 1     | 0 / 0 / 0     | 0 / 0 / 0     | 0 / 0 / 0     | 0 / 0 / 0     | 0 / 0 / 0     |
| 合計*<br>Total *                             | 42            | 40            | 42            | 41            | 40            | 38            |

\* : クロスアポイントメント教員を除く

\* : Cross-appointment fellow excluded

注 : 人数は各年度7月1日現在  
[Note] As of 1<sup>st</sup> July, each year



常勤教員の構成 Number of full-time teaching staffs

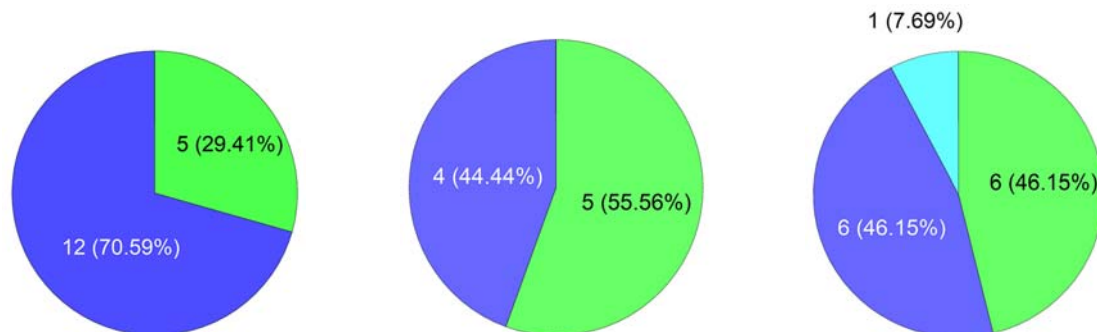
—出身別—

■ 本学 Tohoku University  
■ 他大学 Other Universities  
■ 外国の大学 Universities abroad

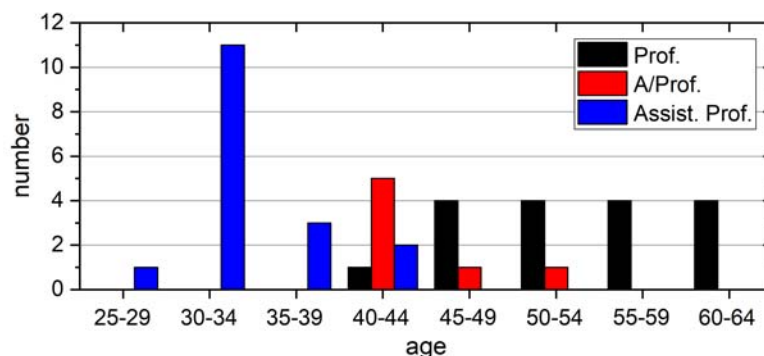
教授 Professor

准教授 Associate professor

助教 Assistant professor



—年齢別—



[全数 / 女性(内数) / 外国人(内数)]

常勤職員数 Number of full-time staffs

[Total / Female / Int'l staff]

|                                       | H24<br>FY2012 | H25<br>FY2013 | H26<br>FY2014 | H27<br>FY2015 | H28<br>FY2016 | H29<br>FY2017 |
|---------------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| 特任教授<br>Specially appointed professor | 3 / 0 / 0     | 2 / 0 / 0     | 1 / 0 / 0     | 1 / 0 / 0     | 1 / 0 / 0     | 0 / 0 / 0     |
| 特任准教授<br>Specially appointed A/prof.  | 0 / 0 / 0     | 0 / 0 / 0     | 0 / 0 / 0     | 0 / 0 / 0     | 1 / 0 / 0     | 2 / 0 / 0     |
| 特任講師<br>Specially appointed lecturer  | 0 / 0 / 0     | 0 / 0 / 0     | 1 / 0 / 0     | 1 / 0 / 0     | 0 / 0 / 0     | 0 / 0 / 0     |
| 技術職員<br>Technical staff               | 18 / 0 / 0    | 17 / 0 / 0    | 17 / 0 / 0    | 15 / 0 / 0    | 15 / 0 / 0    | 15 / 0 / 0    |
| 事務職員<br>Administrative staff          | 8 / 3 / 0     | 8 / 2 / 0     | 8 / 2 / 0     | 8 / 3 / 0     | 8 / 4 / 0     | 8 / 4 / 0     |
| 小計<br>Subtotal                        | 29 / 3 / 0    | 27 / 2 / 0    | 27 / 2 / 0    | 25 / 3 / 0    | 25 / 4 / 0    | 25 / 4 / 0    |
| 非常勤職員<br>Part-time staff              | 109<br>(51)   | 111<br>(52)   | 108<br>(43)   | 94<br>(30)    | 87<br>(29)    | 87<br>(17)    |
| 合計<br>Total                           | 138           | 138           | 135           | 119           | 112           | 112           |

注：1. 人数は各年度7月1日現在  
2. 非常勤職員の( )内数字は、TA, RAで外数

[Note] 1. As of 1<sup>st</sup> July, each year  
2. Numbers in parenthesis for part-time staff are TAs/RAs, which are not included in the total.

### 非常勤職員数 Number of part-time staffs

|  | H24<br>FY2012 | H25<br>FY2013 | H26<br>FY2014 | H27<br>FY2015 | H28<br>FY2016 | H29<br>FY2017 |
|--|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| 共同研究部門教員<br>Teaching staff in collaborative<br>research division | 0             | 0             | 0             | 0             | 0             | 0             |
| 教育研究支援者<br>Educational research<br>supporter                     | 8*            | 2             | 2             | 1             | 2             | 4             |
| 産学官連携研究員<br>Academic-industrial coalition<br>researcher          | 4             | 7             | 10            | 12            | 13            | 13            |
| 研究支援者 (研究者)<br>Research supporter<br>(researcher)                | 5             | 9             | 9             | 5             | 3             | 5             |
| 小計 (研究者)<br>Subtotal (researcher)                                | 17            | 18            | 21            | 18            | 18            | 22            |
| 事務補佐員<br>Clerical work assistant                                 | 30            | 28            | 29            | 28            | 27            | 31            |
| 技術補佐員<br>Technical assistant                                     | 11            | 13            | 15            | 18            | 13            | 17            |
| 研究支援者 (研究者以外)<br>Research supporter<br>(non-researcher)          | 0             | 0             | 0             | 0             | 0             | 0             |
| 小計 (研究者以外)<br>Subtotal (non-researcher)                          | 41            | 41            | 44            | 46            | 40            | 48            |
| 合計<br>Total  | 58            | 59            | 65            | 64            | 58            | 70            |

\*: COE フェロー5名を含む  
\*: 5 COE fellows included

### 3-5 経費 Budget

流体科学研究所は、世界最先端の研究を邁進するため、外部資金の獲得を積極的に推進している。本研究  
所の予算は、運営費交付金と外部資金からなり、平成 29 年度の全予算は 2,088 百万円となる。運営費交付  
金は 1,561 百万円であり、内 694 百万円が人件費、666 百万円がスパコン経費となる。次世代融合研究シス  
テムによるスパコン経費の獲得は、当研究所特有の施設附帯予算であり、大きな特徴となっている。外部資金は  
665 百万円であり、全体予算の 32%を占めている。

IFS advances getting external funds activities to progress the cutting-edge researches. The budget  
supporting activities of IFS consists of revenues from management grants and external funds. The total  
budget in FY2017 was 2,088 million Yen. The revenues from management grants was 1,561 million Yen,  
of which 694 million Yen was allocated for personal expenses and 666 million Yen was earmarked for  
supercomputer expense. Obtaining the subsidy for super computer expense is a special feature of IFS  
budget. The external fund is 665 million Yen, which accounts for 32% of the total budget.

#### 運営費交付金と外部資金

[単位：百万円]

#### Subsidy for operating expenses and external funds of IFS

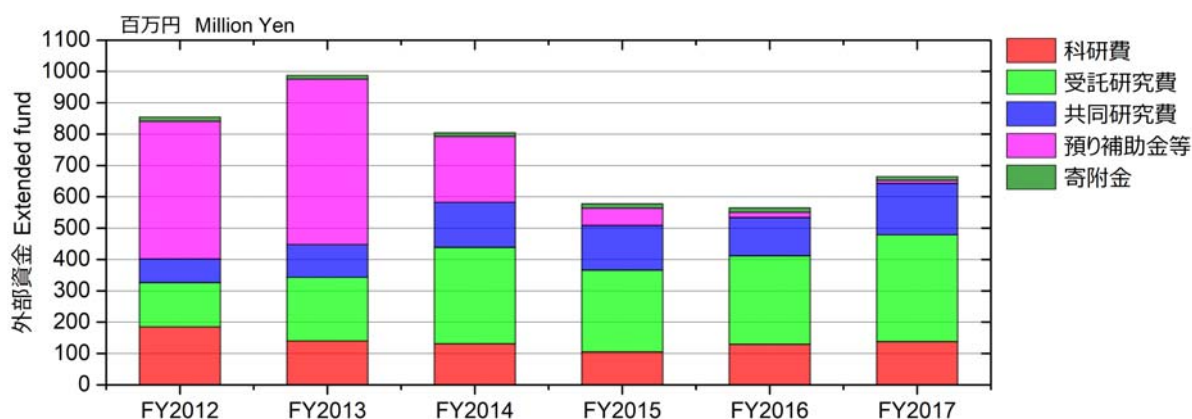
[unit: million JPY]

|                                    | H24<br>FY2012 | H25<br>FY2013 | H26<br>FY2014 | H27<br>FY2015 | H28<br>FY2016 | H29<br>FY2017 | 平均値<br>Average | 前回平均*<br>Previous<br>average |
|------------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|----------------|------------------------------|
| <b>運営費交付金<br/>Management grant</b> | 2,023         | 1,641         | 2,313         | 1,850         | 1,980         | 1,536         | 1,891          | 1,863                        |
| 人件費<br>Salaries/wages              | 472           | 453           | 483           | 620           | 637           | 694           | 560            | 599                          |
| 運営費<br>Operating expense           | 1,551         | 1,188         | 1,830         | 1,230         | 1,343         | 842           | 1,331          | 1,265                        |

|                                      |     |     |     |     |     |     |     |     |
|--------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| <b>外部資金<br/>Extended fund</b>        | 855 | 988 | 805 | 578 | 565 | 665 | 743 | 670 |
| 科研費<br>Grant-in-Aid<br>for sci. res. | 185 | 143 | 131 | 95  | 140 | 144 | 140 | 120 |
| 受託研究費<br>Funded research             | 141 | 203 | 308 | 261 | 283 | 341 | 256 | 184 |
| 共同研究費<br>Joint research              | 76  | 105 | 144 | 143 | 122 | 164 | 126 | 76  |
| 預り補助金等<br>Deposit subsidy            | 439 | 528 | 210 | 55  | 17  | 10  | 210 | 258 |
| 寄附金<br>Donation                      | 14  | 12  | 12  | 14  | 14  | 12  | 13  | 32  |

\*：前回の外部評価期間（H18-H23）における平均値

\*：The value of the period in previous external evaluation (FY2006 – FY2011)



[単位：千円]  
[unit: thousand JPY]

**科学研究費補助金 Grant-in-aid for scientific research**

|                                       | H24<br>FY2012 | H25<br>FY2013 | H26<br>FY2014 | H27<br>FY2015 | H28<br>FY2016 | H29<br>FY2017 | 平均値<br>Average | 前回平均<br>Previous<br>average |
|---------------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|----------------|-----------------------------|
| 基盤研究(S)<br>G-i-A for sci. res. (S)    | 0             | 0             | 0             | 0             | 0             | 0             | 0              | 0                           |
| 基盤研究(A)<br>G-i-A for sci. res. (A)    | 72,000        | 43,200        | 44,800        | 9,700         | 17,800        | 12,800        | 33,383         | 33,483                      |
| 基盤研究(B)<br>G-i-A for sci. res. (B)    | 45,400        | 30,500        | 22,300        | 30,300        | 55,500        | 59,500        | 40,583         | 40,981                      |
| 基盤研究(C)<br>G-i-A for sci. res. (C)    | 8,800         | 9,600         | 12,000        | 6,500         | 8,600         | 8,800         | 9,050          | 5,387                       |
| 萌芽研究<br>Challenging exploratory       | 13,300        | 11,600        | 11,500        | 14,000        | 12,300        | 8,200         | 11,817         | 8,828                       |
| 若手研究(A)<br>G-i-A for young (A)        | 27,700        | 10,800        | 8,800         | 3,900         | 5,200         | 20,800        | 12,867         | 8,817                       |
| 若手研究(B)<br>G-i-A for young (B)        | 5,900         | 5,000         | 7,100         | 12,600        | 7,400         | 8,800         | 7,800          | 14,800                      |
| 若手スタートアップ<br>Start up                 | 2,200         | 2,200         | 2,100         | 1,000         | 900           | 0             | 1,400          | 1,267                       |
| 外国人特別研究費<br>for JSPS fellow (foreign) | 0             | 0             | 0             | 0             | 1,200         | 1,200         | 400            | 317                         |
| 特別研究員奨励費<br>for JSPS fellow           | 7,400         | 14,900        | 13,800        | 7,700         | 5,300         | 6,200         | 9,217          | 4,698                       |
| 新学術領域<br>Innovative area              | 0             | 0             | 0             | 0             | 0             | 0             | 0              | 1,359                       |
| 合計<br>Total                           | 182,700       | 127,800       | 122,800*      | 85,700        | 114,200       | 126,300       | 126,583        | 119,928                     |

\* 奨励研究 400 千円含む

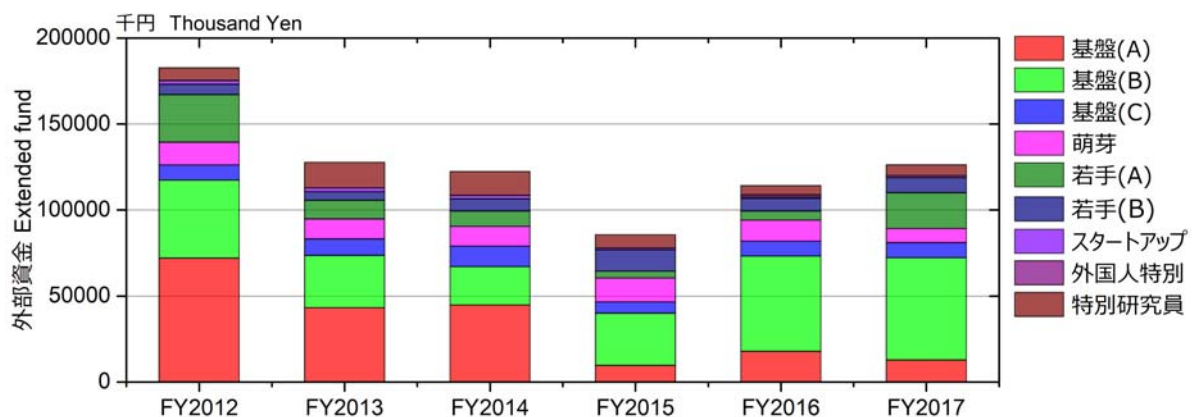
\* 400 thousand yen of Grant-in-Aid for Encouragement of Scientist included

注：間接経費除く

[Note]: Overhead cost excluded

**科学研究費補助金採択率 Adoption rate of grant-in-aid for scientific research**

|                     | H24<br>FY2012 | H25<br>FY2013 | H26<br>FY2014 | H27<br>FY2015 | H28<br>FY2016 | H29<br>FY2017 | 平均値<br>Average | 前回平均<br>Previous<br>average |
|---------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|----------------|-----------------------------|
| 申請件数<br>Application | 44            | 41            | 44            | 47            | 36            | 40            | 42             | 66                          |
| 採択件数<br>Adoption    | 19            | 11            | 16            | 15            | 16            | 16            | 16             | 33                          |
| 採択率<br>Rate         | 43.2          | 26.8          | 36.4          | 31.9          | 44.4          | 40.0          | 38.1           | 50.0                        |



大型予算 Major budgets

【科学技術振興機構】 Japan Science and Technology Agency (JST)

| 事業名<br>Project name  | 研究代表者 (役割)<br>Program leader (role)                          | 研究課題名<br>Program title   | 研究期間<br>(年度)<br>Period (FY) | 研究資金総額<br>(千円)<br>Fund<br>(thousand JPY) |
|--|--|--|-----------------------------|--|
| 戦略的創造研究<br>推進事業<br>(CREST)<br>Core Research for<br>Evolutionary Science and<br>Technology (CREST)                        | 寒川 誠二<br>(代表者)<br>Seiji Samukawa<br>(Investigator)           | バイオテンプレート極限加工に<br>よる 3 次元量子構造の制御と<br>新機能発現                             | H21-H26<br>FY2009-2014      | 359,645                                  |
| 戦略的創造研究<br>推進事業<br>(CREST)<br>Core Research for<br>Evolutionary Science and<br>Technology (CREST)                        | 圓山 重直<br>(代表者)<br>Shigenao Maruyama<br>(Investigator)        | 海洋メタンハイドレート層のマルチ<br>スケール界面輸送現象の解明と<br>大規模メタン生成への展開                     | H25-H30<br>FY2013-2018      | 313,833                                  |
| 戦略的イノベーション<br>創造プログラム<br>(SIP)<br>Cross-ministerial<br>Strategic Innovation<br>Promotion Program                         | 小林 秀昭<br>(研究担当者)<br>Hideaki Kobayashi<br>(Researcher)        | アンモニア燃焼の基礎特性解明<br>と基盤技術開発  | H25-H30<br>FY2013-2018      | 262,120                                  |
| 戦略的イノベーション<br>創造プログラム<br>(SIP)<br>Cross-ministerial<br>Strategic Innovation<br>Promotion Program                         | 丸田 薫<br>(研究担当者)<br>Kaoru Maruta<br>(Researcher)              | 温度分布制御マイクロフローリアク<br>タによる実用・サロゲート・単成分<br>燃料の着火・燃焼特性把握と反<br>応機構最適化に関する研究 | H26-H30<br>FY2014-2018      | 89,384                                   |
| 革新的研究開発<br>推進プログラム<br>(ImPACT)<br>Impulsing Paradigm<br>Change through<br>Disruptive<br>Technologies Program<br>(ImPACT) | 太田 信<br>(研究開発責任者)<br>Makoto Ohta<br>(Principal Investigator) | 血管等軟組織モデルの開発   | H28-H31<br>FY2016-2019      | 86,500                                   |
| 戦略的創造研究<br>推進事業<br>(CREST)<br>Core Research for<br>Evolutionary Science<br>and Technology<br>(CREST)                     | 小原 拓<br>(代表者)<br>Taku Ohara<br>(Investigator)                | 分子界面修飾とナノ熱界面材<br>料による固体接合界面熱抵抗<br>低減                                   | H29-H34<br>FY2017-2022      | 292,454                                  |

**【新エネルギー・産業技術総合開発機構】**

**New Energy and Industrial Technology Development Organization (NEDO)**

| 事業名<br>Project name   | 研究代表者 (役割)<br>Program leader (role)                 | 研究課題名<br>Program title         | 研究期間<br>(年度)<br>Period (FY) | 研究資金総額<br>(千円)<br>Fund<br>(thousand JPY) |
|---|---|--------------------------------|-----------------------------|--|
| 固体高分子形燃料電池利用高度化技術開発事業<br>Development of Advanced Technologies for Utilizing Polymer Electrolyte Fuel Cell       | 徳増 崇<br>(代表者)<br>Takashi Tokumasu<br>(Investigator) | 触媒・電解質・MEA 内部現象の高度に連成した解析,セル評価 | H27-H32<br>FY2015-2020      | 181,150                                  |
| 次世代構造部材創製・加工技術開発<br>Development of Technologies for Next-Generation Structure Component Creation and Processing | 大林 茂<br>(代表者)<br>Shigeru Obayashi<br>(Investigator) | 航空機用構造設計シミュレーション技術開発           | H27-H32<br>FY2015-2020      | 26,049                                   |
| エネルギー・環境新技術先導プログラム<br>Advanced Research program for Energy and Environmental Technologies                       | 寒川 誠二<br>(代表者)<br>Seiji Samukawa<br>(Investigator)  | 中性粒子ビーム励起表面反応による新物質創製          | H28-H29<br>FY2016-2017      | 90,964                                   |

**【日本学術振興会】 Japan Society for the Promotion of Science (JSPS)**

| 事業名<br>Project name   | 研究代表者 (役割)<br>Program leader (role)                 | 研究課題名<br>Program title      | 研究期間<br>(年度)<br>Period (FY) | 研究資金総額<br>(千円)<br>Fund<br>(thousand JPY) |
|---|---|-----------------------------|-----------------------------|--|
| 科学研究費助成事業<br>基盤研究 (A)<br>Grant-in-Aid for Scientific Research (A) | 佐藤 岳彦<br>(代表者)<br>Takehiko Sato<br>(Investigator)   | プラズマ電荷刺激の生成輸送制御による細胞応答誘導機構  | H28-H30<br>FY2016-2018      | 34,400                                   |
| 科学研究費助成事業<br>基盤研究 (A)<br>Grant-in-Aid for Scientific Research (A) | 大林 茂<br>(代表者)<br>Shigeru Obayashi<br>(Investigator) | 非定常 3次元渦流れの計測融合シミュレーション法の開発 | H30-H32<br>FY2018-2020      | 35,300                                   |

**3-6 研究施設・設備 Research Facilities and Equipment**

流体科学研究所は、流体科学に関する世界最先端の研究を推進するため、世界屈指の性能を誇る施設を有している。実験装置と高速ネットワークで接続しながら計算を行うことが可能な世界で唯一のスパコンである次世代融合研究システム、世界最小レベルの乱れ度を有する低乱熱伝達風洞施設、大型衝撃波管や弾道飛行装置等を有し様々な実験が可能な衝撃波関連施設をはじめとした施設が最前線の研究に使用されている。

低乱熱伝達風洞施設、衝撃波関連施設は次世代流動実験研究センター（6-5 次世代流動実験研究センターを参照）管理運営の下、学内共同利用設備として供用されており、平成 21 年度に本研究所が文部科学省に共同利用・共同研究拠点として認定されて以降、国内外の研究者が公募共同研究を通じて本研究所の設備を利用している。

また、各研究室が有する研究設備を有効利用するため、平成 22 年度にジョイントラボラトリー棟を設置し、研究所内の研究設備の共同利用を推進している。

IFS owns facilities and equipment to develop world-class performance such as integrated supercomputation systems that include the use of supercomputer that is the only one in the world capable of computing with connection to an experimental device via a high-speed network, a low-turbulence heat transfer wind tunnel facility with world-minimum level degree of turbulence, a shock wave related facility that has a large shock tube and a ballistic range and which enables the conduct of various experiments to progress the cutting-edge researches about fluid science.

The low-turbulence heat transfer wind tunnel facility and shock wave related facility are managed by Advanced Flow Experimental Research Center (refer to section 6-4, Fluid Science Global Research and Education Hub), and are shared as cooperatively used facilities in the university. Since FY2009 when IFS was certified as the Joint Usage / Research Center by MEXT, researchers at home and abroad have been using the facilities of IFS through collaborative research project.

For effective utilization of research facilities owned by each research laboratory, the joint laboratory and others were set up in FY2010 to promote shared use of the research facilities within the institution.

**施設・設備 Facilities and equipment**

1. 次世代融合研究システム（スーパーコンピュータ、リアライゼーションワークスペース）
2. 低乱熱伝達風洞施設（低乱熱伝達風洞、小型低乱風洞、低騒音風洞）
3. 衝撃波関連施設（大型衝撃波管、弾道飛行装置、超高速計測システム等）
4. 附属工場
5. 図書室

1. Integrated supercomputation system (supercomputer, realization work space)
2. Low-turbulence heat transfer wind tunnel facility (low-turbulence heat transfer wind tunnel, small low-turbulence wind tunnel, low-noise wind tunnel)
3. Shock wave related facility (large shock tube, ballistic range, ultrahigh-speed measurement system)
4. Attached workshop
5. Library

**実験棟 Experiment building**

1. 超音速燃焼試験棟
  2. 高速流実験棟
  3. 流体制御実験棟
  4. ジョイントラボラトリー棟
1. Supersonic combustion test building
  2. High-speed flow experiment building
  3. Fluid control experiment building
  4. Joint laboratory building



高速流実験棟  
High-speed flow experiment building



ジョイントラボラトリー棟  
Joint laboratory building



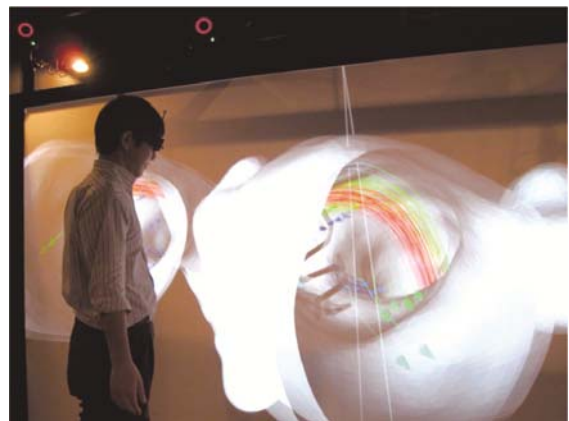
工場  
Workshop



図書室  
Library



リアライゼーションワークスペース  
Realization work space







低乱熱伝達風洞

Low-turbulence heat transfer wind tunnel



磁力支持天秤装置

1-m Magnetic suspension and balance system



小型低乱風洞

Small low-turbulence wind tunnel



衝撃波関連施設

Shock Wave Research Facilities



## 4 活動 Activities

### 4-1 研究活動 Research Activities

流体科学研究所では、流動現象に関する幅広く多様な研究を、4 研究部門（18 研究分野）、2 研究センター（10 研究分野）において展開している。平成 29 年度のオリジナル論文と国内外の学会発表の総数は 851 件で、教員一人当たりの発表件数は 22.4 件である。特に、平成 24 年度まで続いたグローバル 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」は最終評価で高く評価された。また、本研究所は平成 21 年 6 月に文部科学省により流体科学分野の共同利用・共同研究拠点「流体科学研究拠点」に認定され、平成 28 年度より「流体科学国際研究教育拠点」として活動を展開している。これらの評価は、当研究所が流体科学分野の世界拠点として認知されていることを示し、世界最高水準の質の高さを有する証左である。

本研究所は、国内外の研究機関との共同研究を積極的に推進している。平成 21 年度から公募共同研究を実施している。

本研究所の教員は、国際会議の主催にも多く関わっている。本研究所が毎年開催している「流動ダイナミクスに関する国際シンポジウム(ICFD)」には平成 29 年度は外国人 285 人の参加を含む 685 人の参加者があり、本研究所の研究活動への国際的注目度を表している。流体研の教員に対する国際的な評価は、国内外における招待講演や研究専門委員会等の主催、国際学術雑誌のエディターや編集委員などの実績によっても知ることができる（次ページ資料参照）。

産学連携による研究活動については、先端車輛基盤技術研究（ケーヒン）（平成 27 年～平成 29 年）を推進し、大きな成果を得ることができた。第二期として、「先端車輛基盤技術研究（ケーヒン II）」として、車輛の電動化として期待される基盤技術の研究を推進している。民間等との共同研究も平成 29 年度は 57 件と活発に行われている。

IFS has been developing widely diversified studies of flow phenomena in its four research departments (18 research fields) and two research center (10 research fields). The total number of original research papers and papers presented to the academic society at home and abroad in FY2017 is 851 items, which corresponds to the average of 22.4 presentations per teaching staff member. Particularly, the global COE program which was continued until FY2012 “World Center of Education and Research for Trans-disciplinary Flow Dynamics” obtained highest mark in the final assessment. In June 2009, this institution was certified by the MEXT as the “Fluid Science Research Center” for Joint Usage/Research Center in the fluid science field, and the institution was approved as the center “Fluid Science Global Research and Education Hub” in FY2016. These appraisals are absolute proof of that this institution is recognized as a global center of fluid science field and provides the world's highest quality.

IFS has been aggressively promoting collaborative studies with domestic and overseas research institutes. From FY 2009, IFS has been performing the collaborative research project.

Staff members of IFS are involved in sponsoring numerous international conferences. As many as 685 people, including 285 foreign participants, joined in the “International Conference on Flow Dynamics (ICFD)” held in FY2017, which is held annually by IFS. This represents the degree of international attention attracted by the research activities that IFS conducted. International assessment of teaching staff members of IFS can be understood from the actual achievements of invited lectures, sponsorship of research expert committees at home and abroad, and the number of editors and editorial board members of international scientific journals (See data shown on the next page.).

As for academic-industrial corporation research activities, the Institute of Fluid Science, Tohoku University, and Keihin Corporation promoted Collaborative research division “Fundamental research of advanced vehicle technology (KEIHIN)” (FY2015 - FY2017) and were able to obtain results. We will promote research on basic technologies expected for electric vehicles as the second phase called “Fundamental research of advanced vehicle technology (KEIHIN) II”. In FY 2017, 57 collaborative studies were conducted with private firms.

### 論文発表数 Research paper

|  | H24<br>FY2012 | H25<br>FY2013 | H26<br>FY2014 | H27<br>FY2015 | H28<br>FY2016 | H29<br>FY2017 |
|--|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| オリジナル論文（英文）* <sup>1</sup><br>Original articles (English)   | 183           | 231           | 242           | 261           | 261           | 245           |
| オリジナル論文（英文以外）<br>Original articles (Others)                | 23            | 33            | 48            | 26            | 14            | 2             |
| 国際会議での発表* <sup>2</sup><br>Presentation at Int'l conference | 253           | 315           | 290           | 271           | 303           | 323           |
| 国内会議での発表<br>Presentation at domestic conference            | 288           | 266           | 307           | 281           | 316           | 281           |
| 合計<br>Total  | 747           | 845           | 887           | 839           | 894           | 851           |
| 教員一人当たりの件数<br>No. of items per teaching staff              | 17.8          | 21.1          | 21.1          | 20.5          | 22.4          | 22.4          |

\*1 オリジナル論文とは、査読のある学術誌あるいはそれに相当する評価の高い学術誌、Proceedings等に掲載された査読付き原著論文、ショートノート、速報および招待論文、解説論文などを指す。査読のないProceedings、論文、講演要旨、アブストラクトなどは除外する。

\*2 上記オリジナル論文に「該当するものを除く。」

\*1 Original articles include papers published in peer-reviewed journals or other journals of equivalent quality, peer-reviewed articles, short notes, or rapid communication published in proceedings, as well as invited articles and review articles. Non-peer-reviewed proceedings, articles, summaries of oral presentations and abstracts are excluded.

\*2 Excluding any original articles or equivalent include above.

### 招待講演数 Invited lecture

|   | H24<br>FY2012 | H25<br>FY2013 | H26<br>FY2014 | H27<br>FY2015 | H28<br>FY2016 | H29<br>FY2017 |
|---|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| 国内研究教育機関および<br>学協会での招待講演<br>At domestic research and<br>educational institute, academic<br>society/ association                       | 34            | 29            | 24            | 21            | 35            | 29            |
| 国際会議・海外の教育機関<br>および学協会での招待講演<br>At Int'l conference, overseas<br>research and educational institute,<br>academic society/ association | 30            | 32            | 42            | 49            | 51            | 39            |
| 合計<br>Total   | 64            | 61            | 66            | 70            | 86            | 68            |

### 国際的な研究活動 International research activity

|  | H24<br>FY2012 | H25<br>FY2013 | H26<br>FY2014 | H27<br>FY2015 | H28<br>FY2016 | H29<br>FY2017 |
|--|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| 国際会議の主催<br>Sponsoring Int'l conference                                       | 7             | 3             | 7             | 10            | 10            | 5             |
| 国際学術雑誌の編集委員<br>Editor or editorial board member<br>of Int'l academic journal | 9             | 16            | 18            | 21            | 16            | 9             |

### 研究会・学術集会等 Research committee / Academic conference

|   | H24<br>FY2012 | H25<br>FY2013 | H26<br>FY2014 | H27<br>FY2015 | H28<br>FY2016 | H29<br>FY2017 |
|---|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| 分科会や研究専門委員会<br>の主催<br>Sponsoring research committee | 7             | 8             | 10            | 10            | 10            | 9             |
| 主催した研究集会・会議等<br>Sponsoring academic conference      | 59            | 65            | 57            | 58            | 56            | 48            |

**国際・国内共同研究等 International / Domestic collaboration research**

|  | H24<br>FY2012 | H25<br>FY2013 | H26<br>FY2014 | H27<br>FY2015 | H28<br>FY2016 | H29<br>FY2017 |
|--|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| 国際共同研究*1<br>Int'l collaborative research                 | 58            | 79            | 68            | 83            | 59            | 62            |
| 国内共同研究*1<br>Domestic collaborative res.                  | 67            | 121           | 127           | 133           | 141           | 140           |
| 国際公募共同研究*2<br>Int'l collaborative research<br>project    | 34            | 38            | 38            | 42            | 43(13)        | 46(7)         |
| 国内公募共同研究*2<br>Domestic collaborative<br>research project | 51            | 58            | 66            | 65            | 64(15)        | 67(24)        |
| 受託研究<br>Contracted research                              | 28            | 46            | 61            | 51            | 41            | 43            |
| 民間との共同研究<br>with private firms and others                | 37            | 50            | 70            | 59            | 50            | 57            |
| 奨学寄附金<br>Scholarship and donation                        | 11            | 9             | 10            | 13            | 15            | 13            |

( ) 内数字はリーダーシップ共同研究で内数  
 Figures in parentheses denote the discretionary collaborative research included in the total.

\*1 : 共著論文, セミナー開催, 共同予算獲得等に基づく国際(国内)共同研究. \*2 の公募共同研究を一部含む.

\*2 : 共同利用・共同研究拠点に基づく国際 (国内) 共同研究.

\*1: Collaborative researches based on co-authored publications, joint seminars, joint research funds, etc.  
 Partially including collaborative research projects of \*2.

\*2: Int'l (domestic) collaborative researches based on Joint Usage / Research Center.

## 受賞 Awards

流体科学研究所は「流動に関する学理およびその応用研究」を設置目的とする特色ある研究所として国内外で高く評価されている。平成 24 年度には圓山重直教授が「熱工学研究」により紫綬褒章を受章している。さらに、過去にも日本学士院賞受賞者 2 名、文化功労者 2 名、紫綬褒章受章者 3 名を輩出している。平成 24 年度以降、大林茂教授が科学技術分野の文部科学大臣表彰科学技術賞を受賞した他、多くの教員が学会賞等を受賞している。

The objective of establishment of IFS is to conduct academic and applied research related to flows, for which IFS has been assessed as a distinguished research institute at home and abroad. In FY 2012, Professor S. Maruyama received a Purple Ribbon Medal for his “Thermal engineering research”. Furthermore, in the past, IFS has produced 2 Japan Academy winners, 2 cultural contributors, and 3 Purple Ribbon Medal winner. After FY2012, in the science and technology field, Professor S. Obayashi received Science and Technology Awards from the Minister of Education, Culture, Sports, Science and Technology (MEXT) in FY 2012. In addition, many teaching staff members have received academic society awards.

### 受賞まとめ Summary of award

|   | H24<br>FY2012 | H25<br>FY2013 | H26<br>FY2014 | H27<br>FY2015 | H28<br>FY2016 | H29<br>FY2017 |
|---|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| 学協会賞<br>Research and educational<br>institute | 20            | 25            | 40            | 22            | 37            | 18            |
| 国の重要な学術賞<br>National research award           | 2             | 2             | 2             | 1             | 2             | 1             |

### 叙勲・褒章 Conferment of decoration and medals of honor

| 氏名<br>Name                 | 受章名（機関・団体）<br>Name of award (Agency)   | 受章内容<br>Research  | 受章年月日<br>Date of award   |
|----------------------------|--|---|--------------------------|
| 圓山 重直<br>Shigenao Maruyama | 紫綬褒章（日本政府）<br>Purple Ribbon Medal<br>(Japanese government)   | 熱工学分野を進化させ、また異分野との交流により人工心肺やクライオプローブの開発、大規模自然対流を応用した海洋深層水の汲上げなど新たな研究を展開した。<br>Evolution of the field of Thermal Engineering and development of novel research on such thing as an artificial heart, cryoprobe, measurement of upwelling velocity of deep seawater to which natural convection is applied, and so on by collaborating with researchers in different research fields. | H24.4.29<br>Apr.29, 2012 |
| 小林 陵二<br>Ryoji Kobayashi   | 瑞宝中綬章（日本政府）<br>The Order of the Sacred<br>Treasure, Gold Rays with<br>Neck Ribbon<br>(Japanese government) | ウォータージェット技術開発、三次元境界層の乱流遷移、キャビテーション現象の応用開発など流体工学の発展に対する貢献<br>Achievement of fluid dynamics researches for application of cavitation, turbulent transition of 3-D boundary layer, and water jet technologies.   | H24.5.29<br>May.29, 2012 |
| 神山 新一<br>Shinichi Kamiyama | 瑞宝中綬章（日本政府）<br>The Order of the Sacred<br>Treasure, Gold Rays with<br>Neck Ribbon<br>(Japanese government) | 世界最高水準の磁性流体工学及び流体科学の向上発展に多大なる貢献<br>Achievement of magnetohydrodynamics of world top level and remarkable contribution to evolution of fluid science   | H25.11.3<br>Nov.3, 2013  |
| 上條 謙二郎<br>Kenjiro Kamijo   | 瑞宝中綬章（日本政府）<br>The Order of the Sacred<br>Treasure, Gold Rays with<br>Neck Ribbon<br>(Japanese government) | ロケットエンジンの故障に多大な影響を及ぼす旋回キャビテーション現象の発見とその解析理論や抑止法<br>Discovery of rotating cavitation which causes critical issues of rochet engines and its analytical theory and control  | H26.4.29<br>Apr.29, 2014 |
| 南部 健一<br>Kenichi Nambu     | 瑞宝中綬章（日本政府）<br>The Order of the Sacred<br>Treasure, Gold Rays with<br>Neck Ribbon<br>(Japanese government) | ボルツマン方程式とランダウ・フォッカー・プランク方程式の解析解の導出および長年の流体工学に関する教育・研究への貢献<br>Derivation of analytical solutions of Boltzmann and Landau-Fokker-Planck equations and long-term contribution to research and education in fluid engineering   | H28.4.29<br>Apr.29, 2016 |

## 文部科学大臣表彰 Commendation for science and technology by MEXT

| 氏名<br>Name                 | 受賞名<br>Name of award   | 受賞対象の研究<br>Research   | 受賞年月日<br>Date of award   |
|----------------------------|--|---|--------------------------|
| 小宮 敦樹<br>Atsuki Komiya     | 文部科学大臣表彰<br>若手科学者賞<br>Young Scientist Commendation from the Minister of Education, Culture, Sports, Science and Technology, 2012   | 複雑環境におけるタンパク質物資輸送高精度計測の研究<br>Measurement of protein diffusion with high accuracy under a complex environment                                    | H24.4.20<br>Apr.20, 2012 |
| 高奈 秀匡<br>Hidemasa Takana   | 文部科学大臣表彰<br>若手科学者賞<br>Young Scientist Commendation from the Minister of Education, Culture, Sports, Science and Technology, 2013   | 電場制御による微粒子流動加工の高性能化<br>Performance Improvement of material processes by controlling the electric field  | H25.4.16<br>Apr.16, 2013 |
| 小川 俊広<br>Toshihiro Ogawa   | 文部科学大臣表彰<br>創意工夫功労者賞<br>The Prize for Creativity by the Minister of Education, Culture, Sports, Science and Technology             | 高速現象トリガー用簡易レーザー受光システムの考案<br>Conception of simple laser receiving system for trigger of high-speed phenomenon                                    | H26.4.14<br>Apr.14, 2014 |
| 大林 茂<br>Shigeru Obayashi   | 文部科学大臣表彰<br>科学技術賞<br>Commendation for Science and Technology by the Minister of Education, Culture, Sports, Science and Technology | 多目的設計探査とその応用に関する研究<br>Research on multi-objective design exploration and its practical application  | H26.4.15<br>Apr.15, 2014 |
| 高橋 幸一<br>Kouichi Takahashi | 文部科学大臣表彰<br>創意工夫功労者賞<br>The Prize for Creativity by the Minister of Education, Culture, Sports, Science and Technology             | スラッシュ窒素の固体粒子攪拌用プロペラの改良<br>Improvement of propeller for mixing solid particles of slush nitrogen   | H27.4.13<br>Apr.13, 2015 |
| 丸田 薫<br>Kaoru Maruta       | 文部科学大臣表彰<br>科学技術賞<br>Commendation for Science and Technology by the Minister of Education, Culture, Sports, Science and Technology | マイクロ燃焼の科学と熱技術および燃焼反応動力学の研究<br>Study on micro combustion for fundamentals, thermal application and chemical kinetics of combustion               | H27.4.15<br>Apr.15, 2015 |
| 早瀬 敏幸<br>Toshiyuki Hayase  | 文部科学大臣表彰<br>科学技術賞<br>Commendation for Science and Technology by the Minister of Education, Culture, Sports, Science and Technology | 流体計測と数値流体解析の融合手法とその応用に関する研究<br>Study of integrated methodology of flow measurement and numerical flow analysis and its applications             | H28.4.20<br>Apr.20, 2016 |
| 中村 寿<br>Hisashi Nakamura   | 文部科学大臣表彰<br>若手科学者賞<br>Young Scientist Commendation from the Minister of Education, Culture, Sports, Science and Technology, 2016   | 火炎クロマトグラフ法による燃焼反応機構の研究<br>Study on combustion reaction mechanism by flame chromatography  | H28.4.20<br>Apr.20, 2016 |
| 小林 秀昭<br>Hideaki Kobayashi | 文部科学大臣表彰<br>科学技術賞<br>Commendation for Science and Technology by the Minister of Education, Culture, Sports, Science and Technology | 極限環境条件における燃焼現象解明の研究<br>Investigations of combustion phenomena under extreme environmental conditions  | H29.4.20<br>Apr.20, 2017 |
| 菊川 豪太<br>Gota Kikugawa     | 文部科学大臣表彰<br>若手科学者賞<br>Young Scientist Commendation from the Minister of Education, Culture, Sports, Science and Technology, 2018   | 有機分子修飾膜の分子構造に基づく界面熱輸送制御の研究<br>Study on control of interfacial heat transport based on molecular-scale structure of organic surface modification | H30.4.17<br>Apr.20, 2018 |

その他 Others

| 氏名<br>Name   | 受賞名<br>Name of award  | 受賞対象の研究<br>Research   | 受賞年月日<br>Date of award       |
|--|---|---|------------------------------|
| 高山 和喜<br>Kazuki Takayama   | ロシア科学アカデミー プロコフ<br>理工学アカデミー・セメノフ金<br>メダル<br>The Semenov Gold Medal by A. M.<br>Prokhorov Academy of<br>Engineering Sciences, Russian<br>Academy of Sciences, 2012 | 衝撃波研究とその学際応用研究<br>Shock wave research and interdisciplinary research<br>on its practical application  | H24.4.12<br>Apr.12, 2012     |
| 寒川 誠二<br>Seiji Samukawa  | 米国電気電子学会 シニア<br>メンバー<br>Institute of Electrical and<br>Electronics Engineers (IEEE),<br>Senior Member   | プラズマプロセス分野における IEEE に対す<br>る長年の貢献<br>Contribution to plasma process in IEEE for many<br>years   | H24.6.30<br>Jun. 30,<br>2012 |
| 丸田 薫<br>Kaoru Maruta<br>中村 寿<br>Hisashi Nakamura<br>手塚 卓也<br>Takuya Tezuka | 第 45 回市村学術賞<br>(貢献賞)<br>45th Ichimura Science Award<br>(Contribution Award)   | 多様な燃料の詳細化学反応機構解明の<br>ための火炎クロマトグラフ法の開発<br>Development of fire chromatography to clarify the<br>chemical reaction mechanism of various type of<br>fuels             | H25.4.25<br>Apr. 25,<br>2013 |
| 早瀬 敏幸<br>Toshiyuki Hayase  | 日本機械学会 バイオエン<br>ジニアリグ部門 業績賞<br>Prize for Scientific Effort by<br>Bioengineering Division, the<br>Japan Society of Mechanical<br>Engineers                         | 血流に関する医用生体工学の領域におい<br>て優れた業績をあげた<br>Achievement of biomedical engineering for blood<br>flow   | H26.1.20<br>Jan. 20,<br>2014 |
| 高木 敏行<br>Toshiyuki Takagi  | 日本原子力学会計算科<br>学技術部会 部会功績賞<br>Distinguished Achievement<br>Award by Computational Science<br>and Engineering Division, Atomic<br>Energy Society of Japan           | 計算科学技術部会の発展に顕著な功労<br>のあった<br>Remarcable contribution to evolution of<br>computational science and engineering division  | H27.3.20<br>Mar. 20,<br>2015 |
| 大平 勝秀<br>Katsuhide Ohira   | 低温工学・超電導学会<br>業績賞 (学術業績)<br>Achievement Award (Academic)<br>by Cryogenics and<br>Superconductivity Society of<br>Japan  | スラッシュ水素と超電導機器を使用する独<br>創的な高効率水素エネルギーシステムを<br>提案した<br>Proposal for high-efficiency hydrogen energy<br>system using slush hydrogen and superconductivity<br>devices | H27.6.1<br>Jun. 1, 2015      |
| 高木 敏行<br>Toshiyuki Takagi  | 日本保全学会 功労賞<br>Achievement Award by Japan<br>Society of Maintenology   | 日本保全学会への多大な貢献<br>Remarcable contribution to Japan Society of<br>Maintenology  | H28.7.26<br>Jul. 26, 2016    |
| 丸田 薫<br>Kaoru Maruta   | 極東連邦大学 名誉博士号<br>Degree of Doctor Honoris Causa<br>by Far Eastern Federal<br>University  | 露政府メガグラント・プロジェクトにおける教<br>育・研究の成果<br>Acievement of research and education under<br>mega-grant project  | H29.6.30<br>Jun. 30,<br>2017 |
| 寒川 誠二<br>Seiji Samukawa  | 米国電気電子学会 フェロ<br>ー<br>Institute of Electrical and<br>Electronics Engineers (IEEE),<br>Fellow   | ナノデバイス製造における損傷フリープラズ<br>マプロセスに関する貢献<br>Contributions to damage-free plasma processing<br>for nano-device manufacturing  | H30.1.5<br>Jan. 5, 2018      |

その他, 多数の受賞

And many other awards

## クロスアポイントメントフェロー Cross-appointment Fellow

大学教員，研究機関ならびに企業の研究者が共同して双方の研究インフラを活用し，共同研究を行って研究シーズの実用化を目指すとともに，各機関の知見を大学教育に展開し専門性の高い人材を育成するため，各機関の職員の身分を保持したまま双方に雇用され業務に従事する制度である。流体科学研究所では 2015 年よりこの制度をいち早く活用し，産業技術総合研究所との間に現在 3 名のクロスアポイントメントフェローが活動している。

It is a system that researchers are employed by the university as well as a research institute and a company to engage in duties sharing and utilizing research infrastructures, collaborate to realize practical use of study seeds and develop the knowledge for education. It is also expected to bring up a high talented person with specialty. This system has been adopted by IFS since 2015, and three cross-appointment fellows are active between National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST) and IFS at present.



**小林 秀昭 (東北大学)**

Hideaki Kobayashi (Tohoku University)

貯蔵や輸送が容易であり，水素キャリアおよび直接燃焼可能な燃料として利用可能なアンモニアをガスタービン燃料に用いる燃焼技術を開発し，温室効果ガス排出抑制を図ることを目的とする。産総研福島再生可能エネルギー研究センター(FREA)では，アンモニア基礎燃焼に関する東北大との共同研究成果も活用しアンモニア専焼マイクロガスタービン発電に成功した。

Ammonia is easy to store and transport and has potential of a hydrogen carrier, as well as a fuel to burn directly. The research of ammonia combustion technology in IFS aims to reduce green-house gas emissions from energy systems. In the Fukushima Renewable Energy Institute (FREA) in AIST, power generation using an ammonia fueled micro gas turbine succeeded utilizing knowledge as a product of collaboration between IFS and FREA.



**寒川 誠二 (東北大学)**

Seiji Samukawa (Tohoku University)

半導体ナノデバイス作製において，プラズマ加工や薄膜堆積技術における荷電粒子や紫外線などによる表面欠陥や損傷はデバイス特性を大幅に劣化させるものとして深刻な問題となっている。それを解決できる有力な手法として寒川教授が開発した中性粒子ビームプロセスがあり，将来のナノデバイス開発には必要不可欠になっている。産総研ナノエレクトロニクス研究部門では，東北大学と共同で中性粒子ビーム装置の開発および中性粒子ビームを用いた最先端ナノデバイス（超低消費電力デバイス，超高速デバイス，高効率量子ドットLED・太陽電池・熱電素子）の開発を進めている。

In semiconductor devices that encroach on the nanoscale domain, defects or damage can be caused by charged particles and ultraviolet rays emitted from the plasma, severely impairing the characteristics of nano-devices that have a larger surface than bulk areas. Prof. Samukawa developed neutral beam process is a method that suppresses the formation of defects at the atomic layer level in the processed surface, allowing ideal surface chemical reactions to take place at room temperature. This technique is indispensable to develop future innovative nano-devices. Tohoku university and AIST are using this technique to jointly develop future innovative nanodevices, such as Ultra-low power consumption Si/Ge Fin FET, high speed Si/Ge MOS FET, high speed GaN HEMT, high efficiency Quantum dot devices (LED, solar cells, thermoelectric element).



**遠藤 和彦（産業技術総合研究所）**

Kazuhiko Endo (National Institute of Advanced Industrial Science and Technology)

近年半導体デバイスの微細化と高機能化が進展し、技術ノードサブ 10nm のデバイス開発が加速している。また IOT (Internet of Things) 向け変量多品種の生産技術開発も活発化している。産総研では、サブ 10nm 世代に対応するシリコンやゲルマニウム先端デバイス開発と、変量多品種製造を目指したミニマルファブシステムの開発を進めている。これらのデバイスでは、デバイスの微細化が進展するにしたがって、加工ダメージがデバイスに与える影響が顕著になっている。そこで、東北大学寒川教授と共同で、中性粒子ビームダメージレス加工を用いたゲルマニウムやシリコンフィン型トランジスタの特性向上に関する検討を進めている。また変量デバイス向けに、ミニマルファブ規格の中性粒子ビーム装置の開発を行っている。

In recent years, semiconductor devices are continuously scaled down toward sub-10 nm technology node, and high functional devices have been realized. Also, the development of production technology for variable multiproduct for IOT (Internet of Things) is also active. AIST is developing advanced silicon and germanium devices corresponding to the sub 10 nm generation and minimal fab system aiming for the production of variable multiproduct. With these devices, as device miniaturization progresses, the effect of processing damage on the device performance becomes prominent. Therefore, in collaboration with Professor Samukawa of Tohoku University, we are studying the improvement of characteristics of germanium and silicon fin type transistor using neutral particle beam damageless processing. We are also developing a neutral beam etching apparatus as part of the minimal fab system for variable devices.

## 4-2 教育活動 Educational Activities

流体科学研究所は、工学研究科における大学院教育が中心となり、流体科学における先端的、学際的研究の実践を通して、この分野の研究成果を実社会に応用し得る高度の能力を有する研究者、技術者を養成している。教育の対象は大学院生の他、研究員・研究生、民間との共同研究員等であり、また他大学、民間等へも教育・研究を通じて協力・交流がある。また、客員教授・客員准教授の招聘や非常勤講師の任用等、国内外の研究者による特別講演を開催して流体科学に関連する最新の動向・成果を学生、職員に教育・啓蒙する活動を行っている。さらに、大学院・学部教育の一環として、大学院および学部の講義を担当し、全学教育にも協力している。東北大学のダブルディグリー制度にも積極的に協力している。

本研究所では、卓越した大学院拠点「知の融合教育研究世界拠点」において、大学院生に対して流体科学分野の国際的なリーダーの養成を目的とした国際研究教育を展開してきた。また、大学院修士課程および博士課程学生には、国内、国外雑誌への論文発表等を研究室レベルで積極的に指導することを促進してきた。平成 22 年度からは、研究所経費による「博士前期課程学生海外発表促進プログラム」を実施し、国際会議での発表の旅費支援制度を実施している。平成 21 年度からは、INSA-Lyon, ECL および東北大学が主催する ELYT School, ELYT Workshop で大学院生と外国人研究者との研究交流を行っている。平成 24 年度からは、米国 The Boeing Company (以下 Boeing 社) が世界的に展開する教育プログラム Boeing Higher Education Program に参加し、Boeing 社より Grant を受けて「世界の将来を担うべき優れた科学者・エンジニア」を育成する事業を実施している。

また、本研究所独自の国際教育制度として、国際宇宙大学に平成 2 年度よりほぼ毎年大学院学生を派遣している。派遣生は総計 28 名となったが、そのうち 4 名が東北大学の教員として活躍している。また 16 名は国際研究機関をはじめ他大学や宇宙関連企業で活躍している。平成 20 年度から開催している「流動ダイナミクス国際若手研究発表会」においては、学生同士が発表に対するピアレビューを行い、優秀発表者を表彰して研究費を配分してきた。

Graduate education at the Graduate School of Engineering is the core of the educational activity of this institution, which fosters highly skilled researchers and engineers who are ready to apply research results in this field to the real world through practice of advanced and interdisciplinary studies in fluid sciences. Targets of education are researchers, research students, and researchers of private firms, in addition to graduate students. IFS is cooperating and collaborating with other universities and private firms through education and research. Guest professors and guest associate professors are invited, part-time lecturers are appointed, special lecture meetings attended by researchers at home and abroad are held for education and enlightenment of students and staff members to examine state-of-the-art trends and accomplishments in fluid sciences. In addition, with graduate school and undergraduate education, IFS is in charge of lectures at the graduate school and undergraduate and cooperates with university-wide education. We also cooperate aggressively with the double degree program of Tohoku University.

IFS provides various education programs in the framework of Excellent Graduate Schools "World Center of Education and Research for Trans-disciplinary Flow Dynamics" to graduate students. This is a deployment of international research education aimed at the education striving for world-class leaders in fluid science. Education programs for writing research papers to be submitted to domestic and overseas journals are given aggressively to master's course students and doctoral course students at the research laboratory level. From FY 2010, travel expenses of master's course students who present their accomplishments at the international conference are subsidized by "Graduate Student Overseas Presentation Promotion Program". From FY 2009, at INSA-Lyon, ECL and ELYT School sponsored by Tohoku University, and ELYT Workshop, research exchanges between graduate students and foreign researchers is taking place. Starting from FY2012, IFS participates in Boeing Higher Education Program that The Boeing Company presents worldwide and receives Grant from The Boeing Company to bring up excellent scientists and engineers who should carry the world future.

As one aspect of the international education system that is characteristic to IFS, a graduate student has been dispatched nearly every year to the International Space University from 1990. The total of students sent to date has reached 28. Four are playing an active part in Tohoku University as teaching staff and researchers. Sixteen are playing active role in other universities and space research-related organizations as well as international research institutes. As an educational approach to graduate student characteristic to IFS, graduate students present their research actively at cross-sectoral seminar "International flow dynamics research paper presentation meeting by younger researcher" which was held since FY 2008, students themselves performed peer reviews. Excellent presenters are commended and research expenses are distributed.

大学院生受入数 Number of graduate students accepted

|                           | H24<br>FY2012 | H25<br>FY2013 | H26<br>FY2014 | H27<br>FY2015 | H28<br>FY2016 | H29<br>FY2017 |
|---------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| 博士課程前期<br>Master's course | 99 / 3 / 7    | 104 / 3 / 6   | 98 / 1 / 4    | 101 / 6 / 10  | 109 / 8 / 11  | 104 / 5 / 7   |
| 博士課程後期<br>Doctoral course | 34 / 1 / 6    | 40 / 3 / 6    | 42 / 3 / 6    | 38 / 2 / 8    | 39 / 2 / 12   | 37 / 3 / 16   |
| 合計<br>Total               | 133 / 4 / 13  | 144 / 6 / 12  | 140 / 4 / 10  | 139 / 8 / 18  | 148 / 10 / 23 | 141 / 8 / 23  |

共同研究員受入数 Acceptance of institute researchers

|  | H24<br>FY2012                             | H25<br>FY2013 | H26<br>FY2014 | H27<br>FY2015 | H28<br>FY2016 | H29<br>FY2017 |
|--|---|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| 受託研究員<br>Contracted researcher                         | 0   | 0             | 0             | 0             | 0             | 0             |
| 民間との共同研究員<br>Collaborative researcher<br>-private firm | 5   | 9             | 4             | 7             | 4             | 7             |
| 研究所等研究生<br>Research student of institute               | 3 (3)                                     | 6 (5)         | 9 (9)         | 7 (5)         | 12 (12)       | 13 (13)       |
| JSPS 特別<br>研究員<br>振興会<br>special researcher            | PD  | 2 (1)         | 4 (1)         | 3             | 0             | 0             |
|  | RPD                                       | 1             | 1             | 0             | 0             | 0             |
|  | DC  | 6 (1)         | 14 (1)        | 10            | 5             | 7             |
|  | 外国人特別研究員<br>Foreign special<br>researcher | 1 (1)         | 0             | 0             | 0             | 5 (5)         |
| 客員研究員<br>Guest researcher                              | 1 (1)                                     | 2 (2)         | 0             | 2 (2)         | 7 (7)         | 5 (5)         |
| 合計<br>Total  | 18 (6)                                    | 34 (9)        | 27 (10)       | 24 (7)        | 35 (24)       | 36 (21)       |

( ) 内数字は外国人で内数

Figures in parentheses denote international researchers included in the total.

非常勤講師受入数, 派遣数 Invitation and dispatch of part-time lecturers

|  | H24<br>FY2012 | H25<br>FY2013 | H26<br>FY2014 | H27<br>FY2015 | H28<br>FY2016 | H29<br>FY2017 |
|--|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| 客員教授・准教授招聘<br>(非常勤講師, 外国人教員のみ)<br>Invitation of guest prof. and a/prof.<br>(part-time lecturers and foreign<br>researcher) | 6 (4)         | 11 (3)        | 13 (4)        | 11 (4)        | 11 (5)        | 11 (4)        |
| 非常勤講師の応募件数<br>(大学および高専のみ)<br>No. of accepted part-time lecturer<br>(university and technical college)                      | 4             | 9             | 7             | 8             | 12            | 10            |

( ) 内数字は外国人で内数

Figures in parentheses denote international researchers included in the total.

## 講義担当数 Number of lectures in charge

|  | H24<br>FY2012 | H25<br>FY2013 | H26<br>FY2014 | H27<br>FY2015 | H28<br>FY2016 | H29<br>FY2017 |
|--|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| 大学院担当授業数<br>Lessons in graduate school | 29            | 31            | 35            | 35            | 32            | 39            |
| 学部担当授業数<br>Lessons in undergraduate    | 22            | 23            | 23            | 24            | 25            | 29            |
| 合計<br>Total                            | 51            | 54            | 58            | 59            | 57            | 68            |

## グローバル COE プログラム (GCOE) Global COE program

「流動ダイナミクス知の融合教育研究世界拠点」が、平成 20 年 6 月にグローバル COE プログラムに採択された。期間は平成 20 年 6 月より平成 25 年 3 月までとなる。

流動ダイナミクスは流体機械だけではなく、航空宇宙・エネルギー・情報・ナノテクノロジー・ライフサイエンス・材料など広範な科学技術分野において重要な現象である。本グローバル COE では、21 世紀 COE で確立した学理とこれらの科学技術分野と知の融合を図ることにより、新たな流動融合分野を構築し、工学における総合学術領域としての流動ダイナミクスを確立してきた。すなわち、流動ダイナミクスと情報科学、化学工学、ライフサイエンス等の異分野との融合、国際ジョイントラボによる国際的な研究融合による研究活動展開により、情報流動、反応流動、ナノ流動、極限流動の融合分野を形成してきた。超音速複葉機開発や、原子炉流動リスクマネジメントなど、融合流動分野を横断するフロンティアプロジェクトを国内外の諸機関と国際共同研究として推進し、流動ダイナミクスを基軸としたイノベーション科学技術領域の創成に努めた。これらの教育研究活動を通じて、国際基準の独創的人材を持続的に生み出す流動ダイナミクス教育研究の世界拠点を確立してきた。

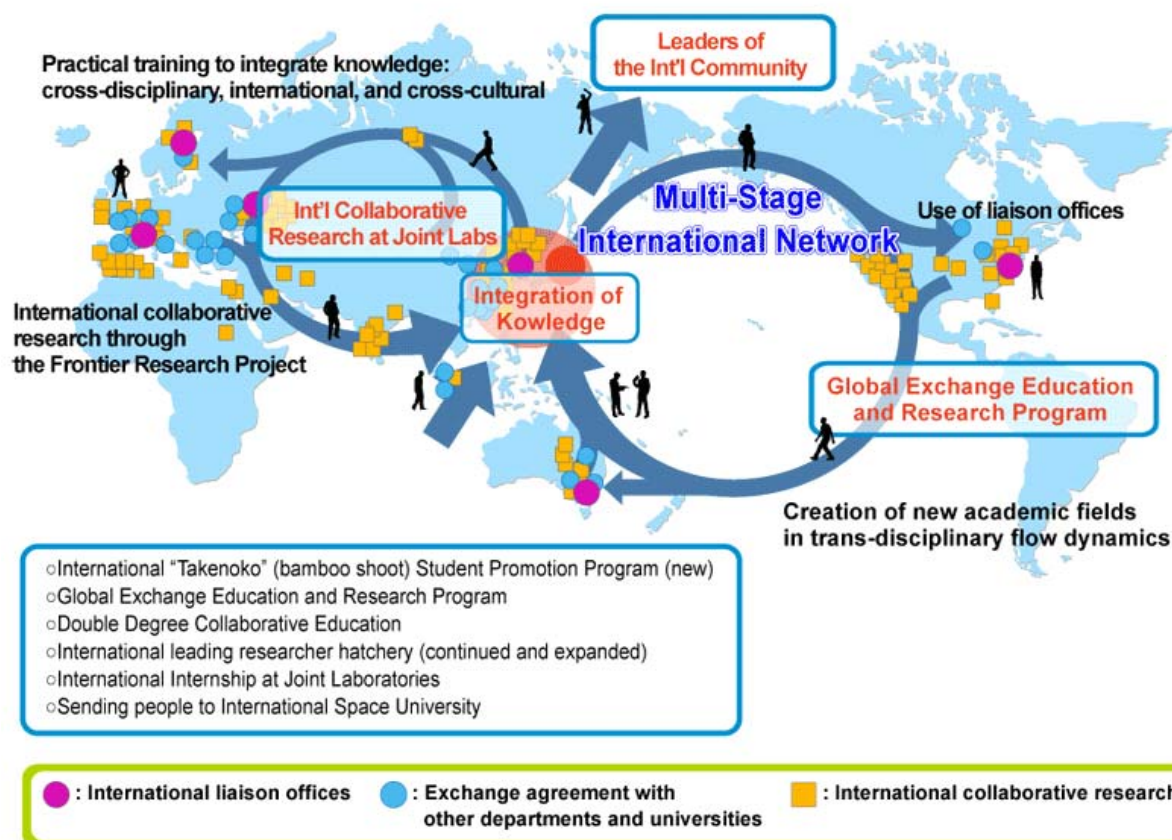
また、これまで構築した国際ネットワークをマルチステージ国際ネットワークに昇華させ、国内外から優秀な人材を募集する国際若タケノコ発掘プログラム等により、博士課程人材を集めてきた。国際出る杭教育等の教育プログラムと、国際ジョイントラボやフロンティアプロジェクトの研究活動を通じて、世界標準を凌駕する学問的能力とグローバルな広い視点を涵養し、独創的な成果を持続的に生み出してゆく将来の流動ダイナミクス世界コミュニティの中核を形成する人材を育成してきた。

"World Center of Education and Research for Trans-Disciplinary Flow Dynamics" was adopted as the Global COE Program, Japan Society for the Promotion of Science, in June, 2008. The period of this program is from June, 2008 to March, 2013.

In addition to phenomena related to fluid machinery, flow dynamics addresses important phenomena from various science and technology fields such as aerospace, energy, information science, nanotechnology, life science, and material science. To build a trans-disciplinary flow dynamics field and to establish flow dynamics as a comprehensive academic field within engineering, the Global COE will integrate academic principles established through our 21st Century COE with these science and technology fields. Specifically, we will establish an integrated field among information flow, reaction flow, nano-flow, and advanced flow by conducting trans-disciplinary research activities in different fields, such as information science, chemical engineering, and life science, as well as conduct global research activities through the International Joint Laboratories. We will create innovative science and technology fields, which center on flow dynamics, through Frontier Projects that span across integrated flow dynamics fields as international collaborative research with domestic and international research institutes. Anticipated results from this new integrated field include the development of a supersonic biplane and risk management of flow in nuclear reactors. Moreover, our education and research center will continually produce innovative people, who are international caliber scientists in the field of flow dynamics.

Additionally, to recruit excellent Ph.D. candidates from across Japan and around the globe, we will elevate our international network into a multi-stage international network using such programs as our International "Takenoko" (bamboo shoot) Student Promotion Program. Educational programs, including the International leading researcher hatchery program and research activities such as those through the International Joint Laboratories and Frontier Project, will produce individuals, whose academic ability exceed international standards and are future global leaders in flow dynamics. Moreover, our graduates will consistently produce innovative achievements.

Integration of Knowledge: Establishment and Expansion of our International Education and Research Center for Flow Dynamics



学生交流推進プログラム Graduate student exchange program

大学間学術交流協定、部局間学術交流協定では、学生交流の細則を締結し、授業料不徴収の規定を適用している。本プログラムは、その授業料不徴収の規定を適用して受け入れる大学院生を雇用して滞在費を支援することで、交流協定を利用した学生交流を活性化させることを目的としている。

The university has scientific exchange agreements with other universities and such agreements between departments. Detailed rules of student exchanges have been concluded, which include the waiver of tuition for exchange students. To help graduate exchange students meet their living expenses, employment is also available.

## 4-3 流体科学国際研究教育拠点 Fluid Science Global Research and Education Hub

流体科学研究所は、平成 22 年度に文部科学省より共同利用・共同研究拠点に認定され、平成 28 年度より流体科学分野の共同利用・共同研究拠点「流体科学国際研究教育拠点」として認定されている。所外研究者と本研究所の教員とが協力して下記の公募共同研究を実施するとともに、研究所主催国際シンポジウムでの研究成果報告会の開催や研究成果報告書の出版等を通して研究成果を社会に発信している。

Since April 2010, IFS has been acknowledged as the Joint Usage/Research Center, "Fluid Science Research Center", by the Japanese Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology. In FY2016, IFS was approved as the center "Fluid Science Global Research and Education Hub". We have implemented a collaborative research project, in which our staff works with researchers from other organizations. We also communicate research results to society through the holding of the Collaborative Research Forum as part of the International Symposium hosted by IFS, as well as by the publication of activity reports.

### 拠点の目的および共同研究の実施方針

#### Purpose of the center and policy on collaborative research

本拠点では、人間が生活する上で避けて通れない「時間軸」と「空間軸」上で展開されるあらゆる流動現象を扱う流体科学を中核とし、国内外の様々な異分野の英知を結集させ、流動現象の基礎研究とそれを基盤とした先端学術領域との融合ならびに重点科学技術分野への応用によって、世界最高水準の多様な流動現象に関する学理の探究及び研究を推進し、社会に貢献するとともに、次世代の若手研究者及び技術者を育成する。

「流体科学」の中核的研究拠点として活動してきた本研究所が、研究者コミュニティの意向をはじめとする流体科学を取り巻く学問分野の動向や社会的要請を踏まえて設定した、1) 環境・エネルギー、2) 人・物質マルチスケールモビリティ、3) 健康・福祉・医療、4) 基盤流体科学の 4 分野における流体科学に関わる国内外研究者との公募共同研究を実施する。

As human life unfolds along the axes of time and space, it is naturally affected by a wide range of flow phenomena on many spatial and temporal scales. The purpose of this Center is to bring together experts from a variety of disciplines, both from Japan and overseas, to promote fundamental research on these types of flow phenomena and to utilize the findings of basic research as a foundation for interdisciplinary collaboration with other advanced scientific fields, and for applied research on high-priority technologies. Our aim is to contribute to human welfare by conducting world-class theoretical and practical research on a diverse range of flow phenomena and by training the next generation of young researchers and engineers.

IFS has become a major center of research in the field of fluid science. In response to the needs of the research community, as well as to trends in related academic disciplines, and to the needs of society as a whole, we have developed collaborative research projects with scientists from Japan and overseas focusing on fluid phenomena in four specific areas: 1) Environment and energy, 2) Multiscale mobility of humans and materials, 3) Health, welfare and medical care, and 4) fundamental research.

### 公募共同研究 Collaborative research project

流体科学研究所では、環境・エネルギー、人・物質マルチモビリティ、健康・福祉・医療、基盤分野における流体科学に係わる研究課題を広く国内外より募集し、低乱熱伝達風洞、衝撃波関連施設、次世代融合研究システム等の研究設備を利用した所外研究者と所内研究者との共同研究を実施している。共同研究で得られた成果の発信と研究者の交流を進めるため、毎年、流体科学研究所主催の国際シンポジウム (AFI) において、公募共同研究成果報告会を開催している。

The Institute of Fluid Science (IFS) promotes collaborative research between researchers of institutes both within and outside the country and those of IFS on research topics related to fluid science in Environment and energy, Multiscale mobility of humans and materials, Health, welfare and medical care, and other fundamental fields utilizing research facilities such as the Low-Turbulence Wind Tunnel Facility, Shock Wave Research Facilities, and Integrated Supercomputation System. Every year IFS holds the Collaborative Research Forum in the International Symposium on Advanced Fluid Information and Transdisciplinary Integration (AFI), which it also hosts, in order to present the results of collaborative research and exchange between researchers.

## 公募共同研究の形態 Types of project

### 1. 一般公募共同研究 General Collaborative Research Project

#### ・一般共同研究 General collaborative research

本研究所所属の研究者と本研究所以外の研究者が、本研究所の施設、設備等を利用して行う共同研究  
This is a collaborative research project between IFS's researcher(s) and other institute's researcher(s) utilizing IFS's research facilities.

#### ・共同研究集会 Conferential collaborative research

原則的に研究討論のみを行う共同研究

This is a meeting to share ideas and promote collaborative research.

### 2. 国際連携公募共同研究プロジェクト International Multiple Collaborative Research Project

本研究所所属の研究者と本研究所以外の複数の国外研究機関の研究者が、本研究所の施設、設備等を利用して行う共同研究

This is a collaborative research project between IFS's researcher(s) and other multiple overseas research institutes' researchers utilizing IFS's research facilities.

### 3. 萌芽公募共同研究 Transdisciplinary Collaborative Research Project

本研究所以外の国内の研究者が、本研究所所属の研究者と本研究所の施設、設備等を利用して行う萌芽的な共同研究

Multiple researchers from our center, together with a number of researchers from outside institutions are jointly using our facilities and equipment to conduct a transdisciplinary collaborative project based on our major research theme (Frontier Science of Next Generation Reactive Fluid).

### 4. 特別国際公募共同研究 Special International Collaborative Research Project

本研究所所属の研究者と特に重要かつ独創的・先進的な研究を実施していると判断される国外の研究者が、本研究所に1ヶ月以上滞在し、本研究所の施設、設備等を利用して行う共同研究

This is a collaborative research project between IFS's researcher(s) and other overseas institute's researcher who has promoted important, creative and advanced research, and will stay more than a month in IFS, utilizing IFS's research facilities.

### 5. 重点公募共同研究プロジェクト Priority Collaborative Research Project

本研究所所属の複数の研究者と本研究所以外の複数の研究機関の研究者が、本研究所の施設、設備等を利用して行う共同研究。本プロジェクトは、社会が直面する諸問題の解決を強く意識した共同研究で、公募共同研究の柱を成し、各クラスターから1件の申請が可能

This is a collaborative research project between IFS's researchers and other multiple research institutes' researchers utilizing IFS's research facilities. The aim of this project is to find solutions to various problems facing society. The IFS accepts one application at most from each Cluster.

社会の要請に応えるべく研究を推し進めるため、現在2研究課題が進行している。

「相・物質境界域のマルチスケール流動と界面輸送現象」

「カーボンフリーエネルギーキャリア利用における科学と技術」

To promote the research satisfying the needs from society, two research topics are on going.

“Multiscale flow and interfacial transport phenomena at phase and material boundaries”

“Science and technology for utilizations of carbon free energy carriers”

## 実施状況 Imprementaion Status

### 共同研究採択数 Numbers of Accepted Projects

|  | H24<br>FY2012 | H25<br>FY2013 | H26<br>FY2014 | H27<br>FY2015 | H28<br>FY2016 | H29<br>FY2017 |
|--|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| 一般公募共同研究<br>General collaborative res.                                 | 85            | 93            | 96            | 97            | 69            | 70            |
| 分野横断<br>Interdisciplinary research                                     | 1             | 1             | -             | -             | -             | -             |
| 国際連携公募共同研究<br>Int'l multiple collaborative res.                        | -             | 3             | 3             | 7             | 5             | 6             |
| 萌芽公募共同研究<br>Transdisciplinary collaborative res.                       | -             | -             | 5             | 3             | 5             | 4             |
| 特別国際公募共同研究<br>Special Int'l collaborative res.                         | -             | -             | -             | -             | 0             | 0             |
| 重点公募共同研究 <sup>7</sup> 〇 <sup>8</sup> 以外<br>Priority collaborative res. | -             | -             | -             | -             | 0             | 2             |
| リーダーシップ共同研究<br>Discretionary collaborative res.                        | -             | -             | -             | -             | 28            | 31            |
| 合計<br>Total  | 86            | 97            | 104           | 107           | 107           | 113           |

公募共同研究の採択課題における平均採択金額率（採択金額/申請金額）は49～66%で推移している。公募共同研究の採択金額率を維持するため、リーダーシップ共同研究を導入し、評点が低い申請は低額で採択をしている。リーダーシップ共同研究を含めると、採択率はほぼ100%である。

Average acceptance rate in JPY (accepted fund/application fund) is ranging from 49 – 66 %. To maintain the acceptance rate in JPY of the general collaborative research, the discretionary collaborative research was introduced. The application in low score was adopted with low acceptance fund. The rate of acceptance is about 100% including the discretionary collaborative research.

## 研究成果と情報発信 Outcome and Information Dissemination

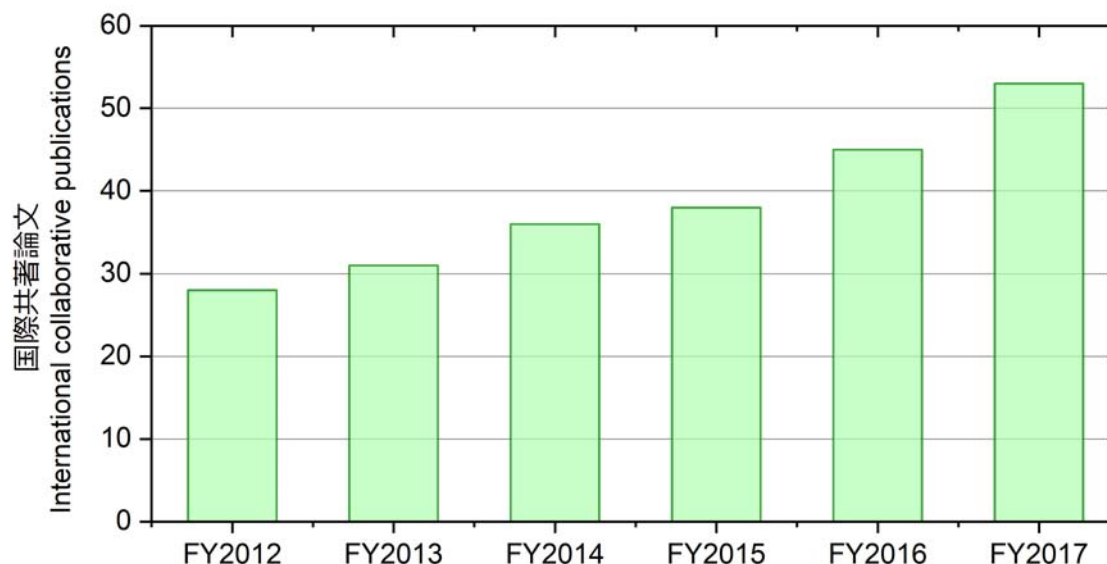
### 研究成果発表件数 Numbers of Publications

|   | H24<br>FY2012 | H25<br>FY2013 | H26<br>FY2014 | H27<br>FY2015 | H28<br>FY2016 | H29<br>FY2017 |
|---|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| 学術雑誌<br>(査読付国際会議、解説等含)<br>Publications to journals<br>(incl. reviewed Int'l conf. papers) | 88            | 139           | 109           | 106           | 99            | 119           |
| 国際会議、国内会議、<br>研究会、口頭発表等<br>Presentation at Int'l/domestic<br>Conference workshop          | 304           | 457           | 371           | 355           | 291           | 439           |
| その他<br>(特許、受賞、マスコミ発表等)<br>Others<br>(patent, award, press release)                        | 22            | 28            | 14            | 25            | 16            | 14            |
| 合計<br>Total   | 414           | 624           | 494           | 486           | 406           | 572           |
| 課題一件当たりの発表件数<br>No. of publication per project  | 4.8           | 6.4           | 4.8           | 4.5           | 3.8           | 5.1           |



**国際共著論文発表件数 Numbers of Publications (International Collaboration)**

|  | H24<br>FY2012 | H25<br>FY2013 | H26<br>FY2014 | H27<br>FY2015 | H28<br>FY2016 | H29<br>FY2017 |
|--|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| 国際共著論文<br>(査読付国際会議, 解説等含)<br>Int'l collaborative publications<br>(incl. reviewed Int'l conf. papers) | 28            | 31            | 36            | 38            | 45            | 53            |



共同利用・共同研究拠点での国際化の取り組みが評価され、リヨンセンター開設が採択された。

IFS obtained high assessment in the international activity in the framework of Joint Usage/Research Center, and the Lyon Center was accepted to be established.

情報発信においては、本研究所主催の国際シンポジウム (AFI; International Symposium on Advanced Fluid Information) にて公募共同研究成果報告会を実施し、公募共同研究者を含めた国内外の関連研究者間の分野横断的研究交流の一層の推進と研究成果の情報発信を図っている。発表は英語で行われ、海外からの共同研究者も交えて活発な議論が行われる。平成 29 年度の参加者は 685 名となった。

Concerning the information dissemination, the IFS Collaborative Research Forum has been held annually at the AFI, which is hosted by IFS. The forum aims the information dissemination and promotion of interdisciplinary exchange among researchers. All presentations are given in English and lively discussions are held among attendants. The number of the participants at the Forum was 685 in FY2017.

**本研究所主催の国際会議参加者数等  
Numbers of Participants of Int'l Conference Hosed by IFS**

|  | H24<br>FY2012 | H25<br>FY2013 | H26<br>FY2014 | H27<br>FY2015 | H28<br>FY2016 | H29<br>FY2017 |
|--|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| 参加者数<br>Number of participant                            | 578           | 774           | 583           | 711           | 584           | 685           |
| 発表件数<br>Number of presentation                           | 435           | 476           | 390           | 533           | 430           | 483           |
| 共同研究発表数<br>No. of collaborative<br>research presentation | 80            | 90            | 96            | 94            | 89            | 97            |

## 4-4 未来流体情報創造センター (AFI) Advanced Fluid Information Research Center (AFI)

未来流体情報創造センターは、センター長の下、流体科学分野におけるスーパーコンピューティングや実験との次世代融合研究および流体情報の高度可視化等のための次世代融合研究システムを運用する研究開発室、学術的、社会的に高い研究目標を達成するプロジェクト研究を採択、審査する採択審査委員会、国際会議の開催やデータベースによる研究成果の発信を担当する企画広報担当等が有機的に連携しながら運営されている。本センターでは、定期的に運営委員会による活動方針の策定や外部評価を行って、先端融合領域における流体科学研究を強力に推進している。

The Advanced Fluid Information Research Center is managed under the leadership of the Director, with the Research and Development Division to operate the integrated supercomputing system for supercomputing, interface with experiments and advanced visualization. In addition, there are the Selection and Review Committee for project research, and the Planning and Public Relations Committee to manage the international symposia and the fluid science database. All of these organizational components work cooperatively together. The Steering Committee continuously promotes the activity of the center and the External Evaluation Committee evaluates such activity in order to strongly support research on the cutting edge of fluid sciences.

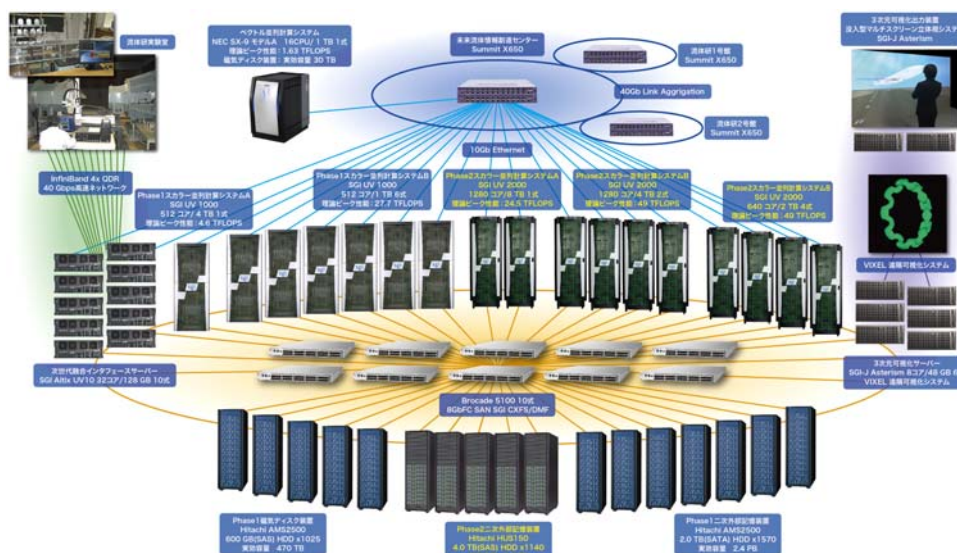
### 次世代融合研究システム Integrated supercomputation system

2011年5月に稼働を開始した「次世代融合研究システム」は、スーパーコンピューティングを行う計算サーバ群、計算結果の画像解析のための3次元可視化サーバ、実験装置を接続して計算シミュレーションと実験解析をリンクする計測融合研究のための次世代融合インタフェースサーバを中核として、PBクラスの容量をもつストレージシステム（磁気ディスク装置）をSAN（Storage Area Network）で接続し、3次元可視化出力装置を備えたリアライゼーションワークスペース（RWS）や周辺機器を備えている。計算サーバ群は、スカラー並列計算システムとしてSGI UV1000およびUV2000、ベクトル並列計算システムとしてNEC SX-9を採用し、理論演算性能合計156TFLOPS、主記憶容量合計35TB（最大メモリ8TB）の計算機能を提供してきた。2018年8月には新規システムを導入し、システム全体の理論演算性能は現行システムの約24倍となる3.7PFLOPS程度となった。

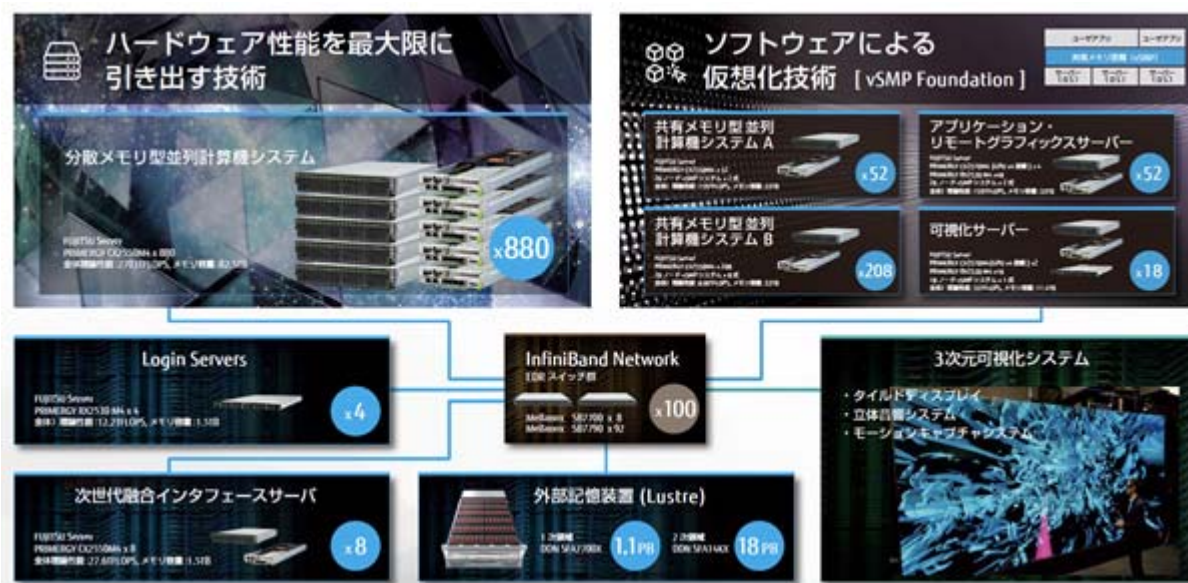
The “Integrated Supercomputation System”, which consists of scalar- and vector- supercomputing servers, the Three-dimensional Visualization Server for image analysis of computation results, and the Measurement Integration Interface Server to link the supercomputer and experimental measurement system, started operation in 2005 and was updated in May 2011. The data storage system (magnetic disk), which has petabyte class capacity, is connected to the servers using a storage area network (SAN). The Realization Workspace and peripherals with stereo visualization devices are also involved in the system. For the supercomputing servers, SGI Altix UV1000 and UV2000 are used as the Scalar Parallel Computing System, and NEC SX-9 is employed as the Vector Parallel Computing System, providing a total peak performance of 156 TFLOPS and total memory of 35 TB (maximum shared memory of 8TB). In August 2018, the center introduces the new system, and the theoretical computation performance of the system reaches to 3.5PFLOPS, which is about 24 times faster than that of previous system.

### 新旧システムの仕様 Specifications of previous/current systems

|  | 旧システム (H23.5 – H30.6)<br>Previous system (May 2011 – Jun. 2018) | 新システム (H30.8 -)<br>Current system (Aug. 2018 -) |
|--|---|---|
| 共有メモリ型並列計算システム<br>Distributed memory type parallel system  | SGI UV2000, 155TFLOPS, 34TB                                     | Fujitsu PRIMERGY, 1011TFLOPS, 11TB              |
| 分散メモリ型並列計算システム<br>Shared memory type parallel system       |   | Fujitsu PRIMERGY, 2073TFLOPS, 82.5TB            |
| ベクトル並列計算システム<br>Vector parallel computing System           | NEC SX-9, 1.63TFLOPS, 1TB                                       |   |
| 次世代融合インタフェースサーバ<br>Measurement integrated interface server | SGI UV10, 2.89TFLOPS, 1.28TB                                    | Fujitsu PRIMERGY, 27TFLOPS, 1.5TB               |
| ストレージ<br>Storage   | High speed:80TB, Secondary:1PB                                  | Lustre 19.1PB                                   |



旧システム (H23.5 – H30.6)  
Previous system (May 2011 – Jun. 2018)



新システム (H30.8 –)  
Current system (Aug. 2018 –)

## 流体科学データベース Fluid science database

流体科学研究所では、スーパーコンピュータによる大規模数値計算など流体科学に関する研究成果を「流体科学データベース」としてホームページ上で公開している。流れに関する研究成果を「流体情報」として共有し活用することを目指している。

In order to disseminate a wide variety of fluid science research, Fluid Science Database is maintained at the website by the IFS. Research results are assembled into the interdisciplinary database of fluid information.

## 4-5 次世代流動実験研究センター (AFX) Advanced Flow Experimental Research Center (AFX)

本研究所には世界トップクラスの大型実験施設が設置されており、これらの施設で得られた実験データは、流体科学の境界を押し広げ、さまざまな産業分野に応用されてきている。次世代流動実験研究センターは、これらの施設の中から低乱風洞実験施設と衝撃波関連施設を利用した実験技術に関する研究開発および運用管理を行い、これらの施設の学術利用および産業利用に供する目的として、平成 25 年 4 月に設置された。

そよ風 (5m/s) から大気圏突入速度 (6km/s) まで、次世代流動実験研究センターは、世界にたぐいえない性能と計測技術で、流体科学の発展と日本企業の産業競争力強化に貢献している。

IFS has unique and world-class facilities. The experimental results obtained from such facilities have extended the frontier of fluid dynamics and have also applied industrial applications. The Advanced Flow Experimental Research Center (AFX) has been established in April, 2013 for research and development and operating management of the two large facilities, the low-turbulence wind tunnel and shock wave facilities.

The AFX will contribute all velocity ranges from breeze (5m/s) to an atmospheric entry (6km/s) to the development of fluid science and strengthening the International Competitiveness of the company, with unique performance and advanced measurement technology of those facilities.

### 低乱風洞実験施設 Low turbulence wind tunnel facility

低乱風洞実験施設は、低乱熱伝達風洞、小型低乱風洞、低騒音風洞からなる実験施設である。主となる低乱熱伝達風洞は、流体関係の基礎および応用研究を目的として、昭和 50 年 3 月に設置された単路回流式の低速風洞である。本風洞は低乱れ、低騒音、優れた気流の一様性を示すように設計されており、密閉型測定部の断面は対辺 1 m の正八角形をしており、最大風速 70m/s、開放型測定部の断面は対辺 0.8m の正八角形で、最大 80m/s の一様性の高い流れを作ることができる。特に、密閉型測定部では気流の乱れ強さは 0.02% 以下と極めて低く、世界的にも優れた風洞設備である。これらの性能を生かして、層流から乱流への遷移といった乱れが低い風洞で無ければ観測しづらい流れ場の基礎研究や企業の製品開発および技術力向上に貢献している。

The Low Turbulence Wind Tunnel facility consists of three wind tunnels named the low-turbulence wind tunnel, small low-turbulence wind tunnel, and low noise wind tunnel. The main wind tunnel, low-turbulence wind tunnel is a closed return type wind tunnel that was constructed to contribute to fundamental fluid physics and applied physics in 1975. It is designed to satisfy the low turbulence intensity, low noise, and high velocity uniformity. The closed test section is an octagonal cross section, which width of the opposite side is 1m and a maximum free stream velocity is 70m/s. On the other hand, the open test section is an octagonal cross section, which width of the opposite side is 0.8m and maximum free stream velocity is 80m/s. The turbulent intensity of both test sections is low enough to investigate the fundamental research, especially the turbulent intensity of the closed test section, lower than 0.02% of the free stream velocity, is extremely low in the world. It has been contributed to the fundamental research such as the turbulent transition of the boundary layer and/or to the product development for the industry.



低乱熱伝達風洞  
Low-turbulence heat transfer wind tunnel

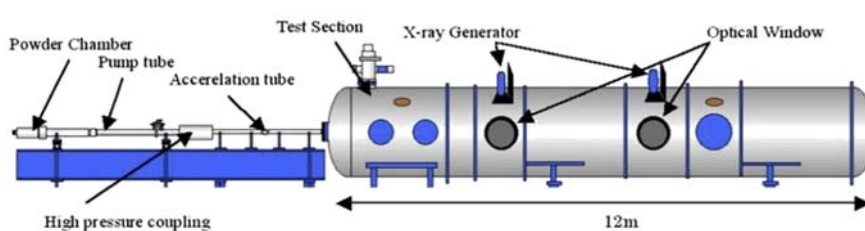
## 衝撃波関連施設 Shock wave research facility

衝撃波関連施設は、弾道飛行装置と大型衝撃波管からなる実験施設となる。弾道飛行装置とは、高速で飛翔体を射出する装置である。本研究所に平成 14 年に設置した本装置は、飛翔体射出速度が 200m/s の亜音速から最高 6km/s の超音速領域までの広い速度範囲であり、世界最高性能の装置となっている。本装置は、射出部、加速部、試験部から構成され、全長約 19m の大型の装置で、飛翔体射出速度に応じて 3 種類の射出形態（軽ガス銃、火薬銃、二段軽ガス銃）によって広範囲の射出速度域を実現している。大型の試験部（内径 1.66m、長さ 12m）には 3 箇所の可視化窓を有しており、高速飛翔体自由飛行挙動、固体への高速衝突挙動をはじめとする実験時の高速度撮影が可能となっている。

本装置を用いて、気体中の高速自由飛行実験、水中突入実験、固体への高速衝突実験が可能であり、航空宇宙、材料開発、地球物理分野をはじめとする様々な理学・工学分野における基礎および応用実験を行うことができる。

The Shock Wave Research facility consists of a ballistic range and a large shock tube. The ballistic range is the apparatus which can launch the projectile at a wide speed range from subsonic speed, 200m/s, to hypersonic speed, 6km/s, established in 2002. It is a huge apparatus which consists of a launch section, an accelerating tube and a test chamber. Its total length is about 19 m. Three types of operating mode, single-stage light gas gun, single-stage powder gun, two-stage light gas gun, allowed such a wide range of the flying speed. The high-speed optical visualization such as free flight of the projectile or high velocity impact of the projectile to a solid material is allowed by three pairs of large windows built on the test chamber.

A high-speed free flight experiment in stationary gas, a high-speed water entry experiment, a high velocity impact experiment to a solid material are possible and, using this device, can perform aerospace, materials development, the basics in various science, engineering fields including the field of earth physics and an application experiment.



弾道飛行装置  
Ballistic range facility



## 磁力支持天秤装置 1-m Magnetic suspension and balance system

低乱熱伝達風洞に第 3 の測定部として 1-m 磁力支持天秤装置 (MSBS) が整備された。この装置は模型を磁気力で気流中に支持するとともに、模型が気流から受ける力も計測できる装置となっている。MSBS を用いると、通常の風洞試験では避けられない模型を支えているストラットやスティングの影響が無く、測定されるデータは模型に加わっている流体力そのものであり、試験結果の評価が格段に容易になるという利点がある。また、外部から磁場により模型の姿勢を制御することから、模型に様々な運動をさせることも可能でありこれまで複雑で難しかった運動する模型周りの流れ場を再現することも可能である。本装置は、対辺距離が 1 m の正八角形の測定部を持つ世界最大の大きさを誇る磁力支持天秤装置であり、一般利用に供されている世界で唯一の装置となっている。

A unique model support system, 1-m Magnetic Suspension and Balance System (1-m MSBS), has been equipped at the Low Turbulence Wind Tunnel. The 1-m MSBS can support a wind tunnel model in flow magnetically and simultaneously measure the aerodynamic force acting on the model. The 1-m MSBS is the largest system in the world. You can conduct wind tunnel test without the support interference and drive a model in motion as you wish.



磁力支持天秤装置

1-m Magnetic suspension and balance system

## 4-6 国際展開 International Activities

流体科学研究所は流体科学における研究拠点として国際連携活動を推進している。リエゾンオフィスなどの海外拠点や国際ネットワークを活用し、国内外の主要研究機関との共同研究や研究交流を行って学術の進歩に貢献している。また、東北大学の理念である「門戸開放」を実践し、本研究所の教職員・学生の海外派遣や国内外の多様な有能な人材の積極的な受入れにより、国際的リーダーシップを発揮できる研究者・技術者を育成している。

As a center of fluid science research, the Institute of Fluid Science promotes international cooperative efforts. We are contributing to scientific advancements through the utilization of our international network, including liaison offices and other international foundations, and by actively participating in research exchange and collaborative research with major research organizations both in-and outside the country. Furthermore, we implement the “Open-Door” policy of Tohoku University and cultivate researchers and engineers that can exhibit international leadership by sending our faculty and students abroad, and actively seeking out various talented individuals, both nationally and internationally, to work with us.

### 国際研究教育センター Global Collaborative Research and Education Center (GCORE)

国際学術交流の活動方針は、以下の4点である。

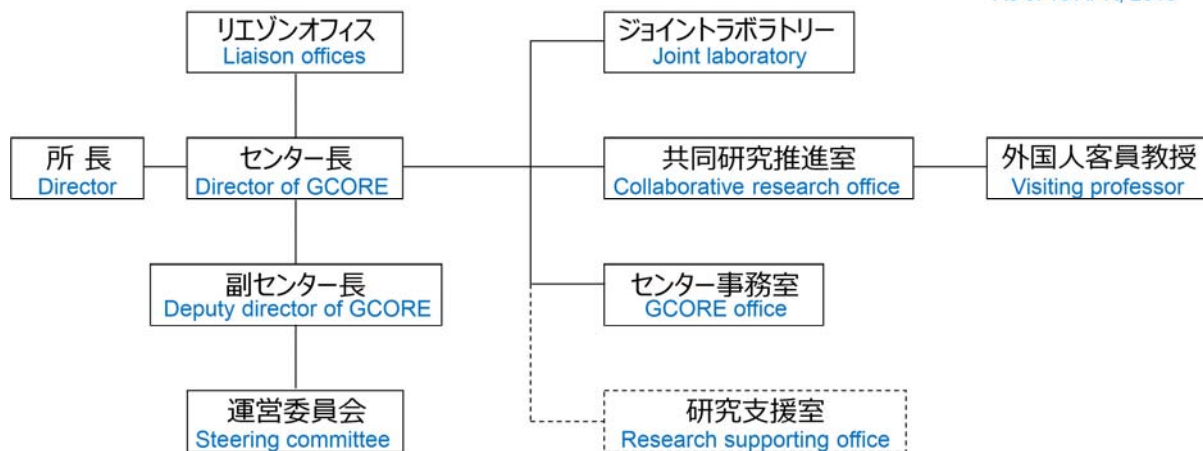
1. 海外リエゾンオフィスを活用することにより、国際マルチネットワークを強化し、流体科学研究所を中核とした流動ダイナミクス国際連携ネットワークを構築する。これにより、世界最高水準の研究を実施し、さらに国内外の学生・若手研究者を育成する。
  2. 大学間・部局間学術交流協定を実りある重点的な協定として活用し、積極的な国際学術交流活動を展開し、流体科学研究所の教育・研究・人的交流を促進する。
  3. 国際交流活動の指針を提示するとともに、国際学術交流の支援制度を整備することで研究所の国際活動を促進する。
  4. 日本学術振興会や国際的な財源による国際プロジェクトを獲得し、また、実効的に運営するために、流体科学研究所世界拠点形成事業の財源の持続的な予算化に努める。
1. Strengthen international multi-networks by effective use of overseas academic liaison offices and develop international association networks for flow dynamics with IFS as the core. Implement internationally recognized first-class research and foster world-class students and young researchers at home and overseas using these networks.
  2. Accelerate educational, research and human exchanges by making the most effective use of the university/institute level of academic agreements to introduce researchers at IFS into the world arena.
  3. Enhance the international activities of IFS by further developing the support system of international academic exchanges.
  4. Strive to acquire sustainable funds to be budgeted for the establishment of a research center with the highest of standards in the field of flow dynamics. Effectively conduct international projects financed by international sources or the Japan Society for the Promotion of Science (JSPS).

### 運営委員会メンバー Members of GCORE steering committee

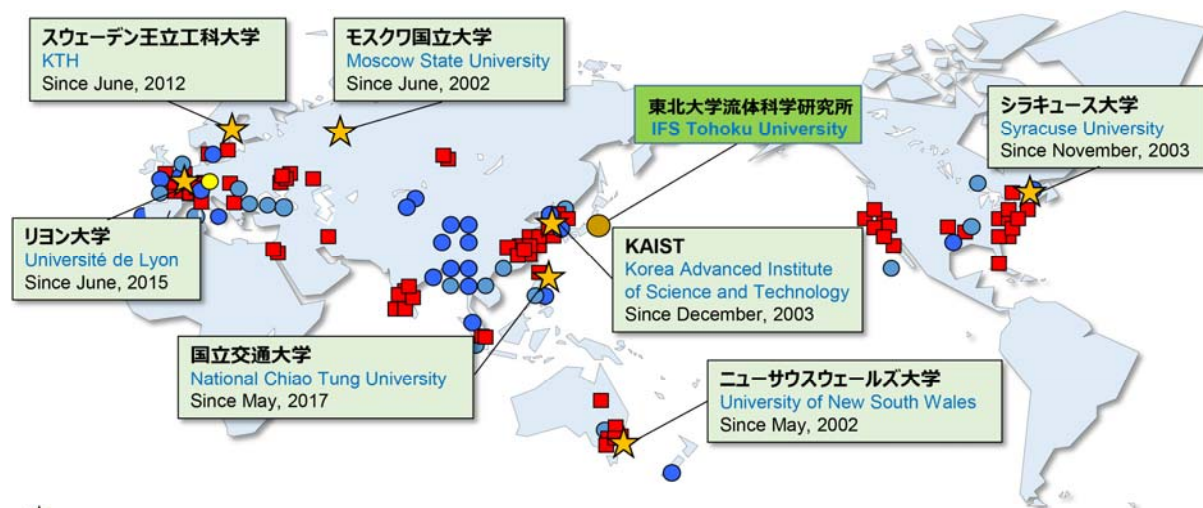
|                                    | 氏名<br>Name                | 役職<br>Position   |
|------------------------------------|---------------------------|--|
| センター長<br>Director of GCORE         | 内一 哲哉<br>Tetsuya Uchimoto | 教授<br>Professor  |
| 副センター長<br>Deputy director of GCORE | 徳増 崇<br>Takashi Tokumasu  | 教授<br>Professor  |
|                                    | 大林 茂<br>Shigeru Obayashi  | 教授<br>Professor  |
|                                    | 太田 信<br>Makoto Ohta       | 教授<br>Professor  |
|                                    | 小宮 敦樹<br>Atsuki Komiya    | 准教授<br>Associate professor                               |
|                                    | 増田 尚則<br>Hisanori Masuda  | 上席 URA (研究支援室)<br>Senior URA, Research supporting office |
|                                    | 朝倉 知明<br>Tomoaki Asakura  | 事務長 (事務部)<br>Manager, Administrative office              |

組織図 Organization

(平成30年4月10日現在)  
As of 10 APR, 2018



リエゾンオフィス Liaison office



- ★ リエゾンオフィス Liaison offices **7**
- 大学間交流協定 Inter-university agreement for educational and research cooperation **37**
- 部局間交流協定 Agreement for educational/research cooperation between the IFS and overseas academic organizations **24**
- 国際共同研究先 Partners of international collaboration **102**



フランス France リオン大学 Université de Lyon  
 スウェーデン Sweden 王立工科大学 KTH Royal Institute of Tech.  
 ロシア Russia モスクワ国立大学 Moscow State University  
 オーストラリア Australia ニューサウスウェールズ大学 The University of New South Wales  
 台湾 Taiwan 国立交通大学 Nat'l Chao Tung University  
 韓国 Korea 韓国科学技術院 KAIST  
 米国 USA シラキュース大学 Syracuse University

## 大学間国際学術交流協定 Whole university agreement

|   | 国名        | 機関名                 | 担当教員  | 副担当          | 締結年月日      | 世話部局           |
|---|-----------|---------------------|-------|--------------|------------|----------------|
| 大<br>学<br>間<br>協<br>定   | イタリア      | ローマ大学ラ・サピエツァ        | 高木 敏行 |              | 1990/9/27  | 文学研究科          |
|   | オーストラリア   | シドニー大学              | 太田 信  | 小宮 敦樹        | 1993/1/8   | 流体科学研究所        |
|   | ロシア       | モスクワ国立大学            | 高木 敏行 | 丸田 薫         | 1998/2/19  | 流体科学研究所        |
|   | ドイツ       | アーヘン工科大学            | 大林 茂  |              | 1998/5/19  | 工学研究科          |
|   | 中国        | 科学技術大学              | 孫 明宇  | 丸田 薫         | 1998/6/15  | 流体科学研究所        |
|   | 中国        | 南京大学                | 孫 明宇  |              | 1999/9/1   | 理学研究科          |
|   | スイーデン     | 王立工科大学              | 早瀬 敏幸 | 内一 哲哉        | 2000/9/20  | 工学研究科          |
|   | 韓国        | 浦項工科大学              | 米村 茂  |              | 2000/9/22  | 工学研究科          |
|   | 台湾        | 国立台湾大学              | 孫 明宇  |              | 2000/11/18 | 金属材料研究所        |
|   | フランス      | 国立中央理工科学学校          | 太田 信  | 下山 幸治        | 2003/5/21  | 工学研究科          |
|   | ロシア       | ノボシビルスク国立大学         | 丸田 薫  |              | 2003/7/4   | 東北アジア研究センター    |
|   | 韓国        | 釜山大学校               | 佐藤 岳彦 |              | 2007/7/26  | 金属材料研究所        |
|   | 中国        | 西安交通大学              | 高木 敏行 | 内一 哲哉        | 2006/8/31  | 流体科学研究所        |
|   | 中国        | 上海交通大学              | 高木 敏行 | 内一 哲哉        | 2009/10/15 | 流体科学研究所        |
|   | 米国        | テンプル大学              | 石本 淳  |              | 2010/6/7   | 流体科学研究所        |
|   | イタリア      | ナポリ大学               | 高木 敏行 | 内一 哲哉        | 2012/3/30  | 工学研究科          |
|   | スイス       | スイス連邦工科大学<br>ローザンヌ校 | 佐藤 岳彦 |              | 2000/11/20 | 工学研究科          |
|   | イタリア      | ミラノ工科大学             | 石本 淳  |              | 2013/5/14  | 工学研究科          |
|   | 台湾        | 国立中央大学              | 小林 秀昭 |              | 2015/2/24  | 理学研究科          |
|   | 米国        | ミシガン州立大学            | 高木 敏行 | 内一 哲哉        | 2015/9/25  | 流体科学研究所        |
|   | ロシア       | 極東連邦大学              | 丸田 薫  |              | 2012/3/19  | ロシア交流推進室       |
|   | 台湾        | 国立交通大学              | 寒川 誠二 |              | 2005/12/15 | 未来科学技術共同研究センター |
|   | ドイツ       | ザールラント大学            | 内一 哲哉 |              | 1999/10/5  | 国際文化研究科        |
| 南アフリカ   | ヨハネスブルグ大学 | 小宮 敦樹               |       | 2016/8/19    | 医工学研究科     |                |
| 米国  | パーデュ大学    | 永井 大樹               |       | 1997/9/23    | 工学研究科      |                |
| 部<br>局<br>間<br>か<br>ら<br>大<br>学<br>間<br>協<br>定<br>格<br>上<br>げ | ロシア       | ロシア科学アカデミー          | 丸田 薫  |              | 1992/8/10  | 東北アジア研究センター    |
|   | 中国        | 清華大学                | 小宮 敦樹 |              | 1998/8/31  | 工学研究科          |
|   | 韓国        | 韓国科学技術院             | 小宮 敦樹 |              | 2001/4/24  | 工学研究科          |
|   | シンガポール    | シンガポール国立大学          | 高木 敏行 |              | 2000/9/16  | 工学研究科          |
|   | 中国        | 吉林大学                | 大林 茂  |              | 2001/3/1   | 東北アジア研究センター    |
|   | オーストラリア   | ニューカスル大学            | 太田 信  | 小宮 敦樹        | 2001/4/7   | 流体科学研究所        |
|   | 中国        | 南京航空航天大学            | 内一 哲哉 | 孫 明宇         | 2003/3/10  | 流体科学研究所        |
|   | フランス      | 国立応用科学院リヨン校         | 高木 敏行 | 内一 哲哉        | 2004/7/13  | 流体科学研究所        |
|   | 米国        | シラキュース大学            | 丸田 薫  | 徳増 崇<br>太田 信 | 2008/11/19 | 流体科学研究所        |
|   | ドイツ       | カールスルーエ工科大学         | 丸田 薫  |              | 2011/1/7   | 情報科学研究科        |
|   | 韓国        | 成均館大学校              | 高木 敏行 | 内一 哲哉        | 2012/3/15  | 流体科学研究所        |
| 米国  | ライス大学     | 大林 茂                |       | 2017/7/21    | 工学研究科      |                |

\* 合計 37 機関



|   | Country                        | Institution  | Facult in charge | Vice in charge         | MOU date                                 | Host institution                   |
|---|--------------------------------|--|------------------|------------------------|--|------------------------------------|
| Agreement on academic exchange<br>(University level)                          | Italy                          | Sapienza University of Rome                        | T. Takagi        |                        | 1990/9/27                                | School of Arts and Letters         |
|   | Australia                      | The University of Sydney                           | M. Ohta          | A. Komiya              | 1993/1/8                                 | Institute of Fluid Science         |
|   | Russia                         | Moscow State University                            | T. Takagi        | K. Maruta              | 1998/2/19                                | Institute of Fluid Science         |
|   | Germany                        | RWTH Aachen University                             | S. Obayashi      |                        | 1998/5/19                                | School of Engineering              |
|   | China                          | University of Science and Technology of China      | M. Song          | K. Maruta              | 1998/6/15                                | Institute of Fluid Science         |
|   | China                          | Nanjing University                                 | M. Song          |                        | 1999/9/1                                 | School of Science                  |
|   | Sweden                         | KTH Royal Institute of Technology                  | T. Hayase        | T. Uchimoto            | 2000/9/20                                | School of Engineering              |
|   | Korea                          | Pohang University of Science and Technology        | S. Yonemura      |                        | 2000/9/22                                | School of Engineering              |
|   | Taiwan                         | National Taiwan University                         | M. Song          |                        | 2000/11/18                               | Institute of Materials Research    |
|   | France                         | Ecole Centrale de Lyon                             | M. Ohta          | K. Shimoyama           | 2003/5/21                                | School of Engineering              |
|   | Russia                         | Novosibirsk State University                       | K. Maruta        |                        | 2003/7/4                                 | Center for Northeast Asian Studies |
|   | Korea                          | Pusan National University                          | T. Sato          |                        | 2007/7/26                                | Institute of Materials Research    |
|   | China                          | Xi'an Jiaotong University                          | T. Takagi        | T. Uchimoto            | 2006/8/31                                | Institute of Fluid Science         |
|   | China                          | Shanghai Jiao Tong University                      | T. Takagi        | T. Uchimoto            | 2009/10/15                               | Institute of Fluid Science         |
|   | US                             | Temple University                                  | J. Ishimoto      |                        | 2010/6/7                                 | Institute of Fluid Science         |
|   | Italy                          | The University of Naples                           | T. Takagi        | T. Uchimoto            | 2012/3/30                                | School of Engineering              |
|   | Switzerland                    | Swiss Federal Institute of Technology in Lausanne  | T. Sato          |                        | 2000/11/20                               | School of Engineering              |
|   | Italy                          | Polytechnic University of Milan                    | J. Ishimoto      |                        | 2013/5/14                                | School of Engineering              |
|   | Taiwan                         | National Central University                        | H. Kobayashi     |                        | 2015/2/24                                | School of Science                  |
|   | US                             | Michigan State University                          | T. Takagi        | T. Uchimoto            | 2015/9/25                                | Institute of Fluid Science         |
| Russia  | Far Eastern Federal University | K. Maruta  |                  | 2012/3/19              | Office of Japan-Russia Relations         |                                    |
| Taiwan  | National Chiao Tung University | S. Samukawa  |                  | 2005/12/15             | NICHE                                    |                                    |
| Germany   | Saarland University            | T. Uchimoto  |                  | 1999/10/5              | School of International Cultural Studies |                                    |
| South Africa  | University of Johannesburg     | A. Komiya  |                  | 2016/8/19              | School of Biomedical Engineering         |                                    |
| US  | Purdue University              | H. Nagai   |                  | 1997/9/23              | School of Engineering                    |                                    |
| Agreement on academic exchange<br>(from department level to university level) | Russia                         | Russian Academy of Sciences                        | K. Maruta        |                        | 1992/8/10                                | Center for Northeast Asian Studies |
|   | China                          | Tsinghua University                                | A. Komiya        |                        | 1998/8/31                                | School of Engineering              |
|   | Korea                          | Korea Advanced Institute of Science and Technology | A. Komiya        |                        | 2001/4/24                                | School of Engineering              |
|   | Singapore                      | National University of Singapore                   | T. Takagi        |                        | 2000/9/16                                | School of Engineering              |
|   | China                          | Jilin University                                   | S. Obayashi      |                        | 2001/3/1                                 | Center for Northeast Asian Studies |
|   | Australia                      | University of New South Wales                      | M. Ohta          | A. Komiya              | 2001/4/7                                 | Institute of Fluid Science         |
|   | China                          | Nanjing University of Aeronautics and Astronautics | T. Uchimoto      | M. Song                | 2003/3/10                                | Institute of Fluid Science         |
|   | France                         | INSA Lyon  | T. Takagi        | T. Uchimoto            | 2004/7/13                                | Institute of Fluid Science         |
|   | US                             | Syracuse University                                | K. Maruta        | T. Tokumasu<br>M. Ohta | 2008/11/19                               | Institute of Fluid Science         |
|   | Germany                        | Karlsruhe Institute of Technology                  | K. Maruta        |                        | 2011/1/7                                 | School of information Sciences     |
|   | Korea                          | Sungkyunkwan University                            | T. Takagi        | T. Uchimoto            | 2012/3/15                                | Institute of Fluid Science         |
|   | US                             | Rice University                                    | S. Obayashi      |                        | 2017/7/21                                | School of Engineering              |

\* total 37 universities

部局間国際学術交流協定 Department agreement

| 国名        | 機関名                        | 担当教員  | 副担当           | 締結年月日      |
|-----------|----------------------------|-------|---------------|------------|
| ロシア       | ロシア科学アカデミーシベリア支部・理論応用力学研究所 | 丸田 薫  |               | 1990/1/1   |
| 中国        | 清華大学水利水電工程系                | 小宮 敦樹 |               | 1993/9/20  |
| カナダ       | トロント大学航空宇宙研究所              | 大林 茂  | 孫 明宇<br>下山 幸治 | 1994/6/20  |
| ハンガリー     | ハンガリー科学アカデミー物理材料技術研究所      | 高木 敏行 | 内一 哲哉         | 1999/4/26  |
| チェコ       | チェコ科学アカデミープラズマ物理研究所        | 高奈 秀匡 |               | 2000/1/25  |
| シンガポール    | ナンヤン工科大学機械・航空宇宙工学部         | 高木 敏行 | 三木寛之          | 2000/4/14  |
| 中国        | 中国科学院物理研究所                 | 高木 敏行 | 孫 明宇          | 2001/5/21  |
| 米国        | シラキュース大学計算科学・工学部           | 丸田 薫  | 徳増 崇<br>太田 信  | 2004/1/23  |
| イタリア      | トリエステ大学建築工学部               | 大林 茂  | 下山 幸治         | 2002/6/28  |
| ギリシャ      | アテネ工科大学機械工学部               | 大林 茂  | 下山 幸治         | 2004/2/10  |
| 台湾        | 国立応用研究所・ナノデバイス研究所          | 寒川 誠二 | 岡田 健          | 2004/7/21  |
| 米国        | ケンタッキー大学工学部                | 石本 淳  | 落合 直哉         | 2008/11/17 |
| 台湾        | 長庚大学工学部                    | 寒川 誠二 | 岡田 健          | 2011/7/20  |
| 韓国        | 漢陽大学校工学部                   | 石本 淳  | 落合 直哉         | 2012/4/3   |
| 中国        | 重慶理工大学車両工学部                | 大林 茂  | 下山 幸治         | 2012/7/9   |
| ドイツ       | ブラウンホーフ研究機構非破壊検査研究所        | 高木 敏行 | 内一 哲哉         | 2012/9/26  |
| 韓国        | ソウル大学校機械・航空宇宙工学部           | 小林 秀昭 | 丸田 薫          | 2013/6/20  |
| 米国        | ノースイースタン大学工学部              | 石本 淳  | 落合 直哉         | 2013/9/19  |
| ポーランド     | ヴロツワフ工科大学                  | 石本 淳  | 落合 直哉         | 2014/6/10  |
| ハンガリー     | センメルweis大学医学部              | 太田 信  |               | 2014/9/4   |
| ベラルーシ共和国  | ベラルーシ国立科学アカデミールイコフ熱物質輸送研究所 | 丸田 薫  | 米村 茂          | 2016/2/5   |
| カザフスタン共和国 | 燃焼問題研究所                    | 丸田 薫  | 米村 茂          | 2016/4/15  |
| ロシア       | ロシア科学アカデミーレベデフ物理学研究所       | 丸田 薫  | 太田 信          | 2017/10/15 |
| エジプト      | アレクサンドリア大学スムハ救命救急病院        | 太田 信  | 小宮 敦樹         | 2017/10/15 |

\* 合計 24 機関

| Country                | Institution   | Faculty in charge | Vice in charge          | MOU Date   |
|------------------------|---|-------------------|-------------------------|------------|
| Russia                 | Institute for System Dynamics and Control Theory of Siberian Branch of Russian Academy of Sciences  | K. Maruta         |                         | 1990/1/1   |
| China                  | Department of Hydraulic Engineering, Tsinghua University  | A. Komiya         |                         | 1993/9/20  |
| Canada                 | Institute for Aerospace Studies, University of Toronto  | S. Obayashi       | M. Song<br>K. Shimoyama | 1994/6/20  |
| Hungary                | Research Institute for Technical Physics and Materials Science of the Hungarian Academy of Sciences | T. Takagi         | T. Uchimoto             | 1999/4/26  |
| Czech Republic         | Institute of Plasma Physics, Academy of Sciences of the Czech Republic                              | H. Takana         |                         | 2000/1/25  |
| Singapore              | School of Mechanical and Aerospace Engineering, Nanyang Technological University                    | T. Takagi         | H. Miki                 | 2000/4/14  |
| China                  | Institute of Physics, Chinese Academy of Sciences   | T. Takagi         | M. Song                 | 2001/5/21  |
| USA                    | College of Engineering and Computer Science, Syracuse University                                    | K. Maruta         | T. Tokumasu<br>M. Ohta  | 2004/1/23  |
| Italy                  | Department of Engineering and Architecture, University of Trieste                                   | S. Obayashi       | K. Shimoyama            | 2002/6/28  |
| Greece                 | "School of Mechanical Engineering, National Technical University of Athens"                         | S. Obayashi       | K. Shimoyama            | 2004/2/10  |
| Taiwan                 | National Nano Device Laboratories, National Applied Research Laboratories                           | S. Samukawa       | T. Okada                | 2004/7/21  |
| USA                    | College of Engineering, University of Kentucky  | J. Ishimoto       | N. Ochiai               | 2008/11/17 |
| Taiwan                 | College of Engineering, Chang Gung University   | S. Samukawa       | T. Okada                | 2011/7/20  |
| Korea                  | College of Engineering Science, Hanyang University  | J. Ishimoto       | N. Ochiai               | 2012/4/3   |
| China                  | Chongqing Institute of Automobile, Chongqing University of Technology                               | S. Obayashi       | K. Shimoyama            | 2012/7/9   |
| Germany                | Fraunhofer Institute for Nondestructive Testing   | T. Takagi         | T. Uchimoto             | 2012/9/26  |
| Korea                  | Department of Mechanical and Aerospace Engineering, Seoul National University                       | H. Kobayashi      | K. Maruta               | 2013/6/20  |
| USA                    | College of Engineering, Northeastern University   | J. Ishimoto       | N. Ochiai               | 2013/9/19  |
| Poland                 | Wroclaw University of Technology  | J. Ishimoto       | N. Ochiai               | 2014/6/10  |
| Hungary                | Faculty of Medicine, Semmelweis University  | M. Ohta           |                         | 2014/9/4   |
| Republic of Belarus    | A.V. Luikov Heat and Mass Transfer Institute, National Academy of Sciences of Belarus               | K. Maruta         | S. Yonemura             | 2016/2/5   |
| Republic of Kazakhstan | Kazakh National University / Combustion Problems Institute (CPI)                                    | K. Maruta         | S. Yonemura             | 2016/4/15  |
| Russia                 | Lebedev Physical Institute of the Russian Academy of Sciences                                       | K. Maruta         | M. Ohta                 | 2017/10/15 |
| Egypt                  | Smouha Hospitals ( Emergency & Pediatric ), University of Alexandria                                | M. Ohta           | A. Komiya               | 2017/10/15 |

\* total 24 institutions

## 外国研究機関との交流 Exchange with foreign research institutions

### ELyT ラボラトリー活動 Activities of Engineering and Science Lyon Tohoku laboratory

#### 1. ELyT グローバル：仮想の研究室における 100 名以上の研究者ネットワーク

平成 21 年度から平成 28 年度まで続いた ELyT Lab の成功を受けて、フランス国 CNRS に東北大学、INSA Lyon, Ecole Centrale de Lyon が LIA（国際連携研究室）新設の申請を行い採択された。

#### 2. ELyT スクール：大学院学生が一堂に会することを目的としたサマースクール

ELyT スクールは、平成 21 年度より日仏の交互主催で毎年開催されており、学部学生の大学院進学奨励および大学院学生の交流を目的としている。数年前より、東北大学およびリヨン大学連合に限らず、広く世界各国からの参加を募り、日本の東海大学や中国の南京航空航天大学、スウェーデンの KTH およびドイツのザールラント大学から参加があった。毎年 35 名程度の学生が参加している。

#### 3. ELyT MaX：フランス国 CNRS による東北大学常駐の国際ジョイントユニット

ELyT MaX は東北大学に設置され、日仏の研究者 20 名ほどで組織している研究グループである。グループには、教授、准教授、助教およびポストドク研究員、ダブル・ディグリー学生、博士課程前後期学生、事務局員が含まれている。

#### 1. ELyT Global: Wide network of over 100 researchers organized in a virtual lab

Following the successful experience of ELyT Lab (2009-2016), an International Associated Laboratory of CNRS between Tohoku University, INSA-Lyon and Ecole Centrale de Lyon, we have successfully proposed to CNRS a new International Associated Laboratory, ELyT Global.

#### 2. ELyT School: A summer school aiming to gather master/PhD students for both sides every year

Since 2009, ELyT School is organized every year (alternating between Lyon and Sendai) with the aim of presenting the partner institutions to students from the other country (mainly Masters students, to encourage the creation of jointly-supervised Ph.D. research projects, and undergraduate students to promote Masters double-degree programs). In addition, few years ago, the ELyT School was opened to common partners of the member institutions, from Japan (Tokai University this year), China (Nanjing University of Aeronautics and Astronautics) and Europe (KTH in Sweden and Saarland in Germany). Each ELyT School gathers around 35 students.

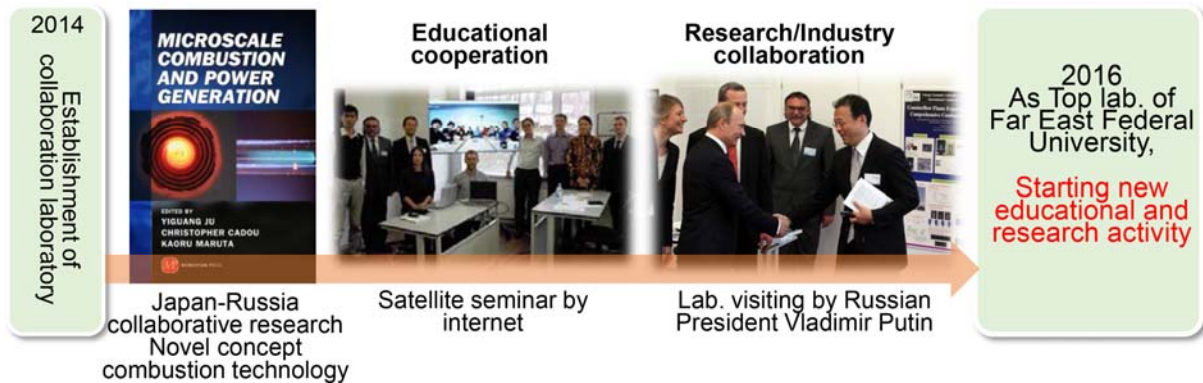
#### 3. ELyT MaX: An Int'l Joint Laboratory with dedicated staff and facilities located in Tohoku University.

ELyT MaX is located at Tohoku University in Sendai, and regrouping around 20 people (both from France and Japan) including Full Professors, Associate and Assistant Professors, postdoctoral fellows, double degree PhD, Master students and administrative staff.

### ロシア政府メガプロジェクト Mega Project by Russian Government

平成 22 年から開始されたロシア初の大規模な公募型の国際的研究支援制度であり、日本からは 5 名の研究リーダーが採用され研究活動を展開している。内 3 名は東北大学から採用されており、本研究所からは丸田薫教授のプロジェクトが採用され、平成 28 年にウラジオストク市の極東連邦大学に「国際燃焼エネルギー研究室」を設置し、新たな拠点での教育研究活動を開始している。一拠点あたり百万米ドル/年（当時）で 3～5 年のプロジェクトとなる。

This “mega project” is an Int'l Research Supporting System by Russian Federal government, which is first large-scale competitive research fund and started from 2010. Five Japanese researchers' projects have been selected. Three of five are selected from Tohoku University, and Professor Kaoru Maruta in Institute of Fluid Science was selected as a research leader of the project. Professor Maruta established the International Combustion and Energy Laboratory at the Far East Federal University in Vladivostok in FY2016, and started new education and research activities. The budget is about 1 million USD per project per year, and project period is 3 to 5 years.



### ワシントン大学との AOS University of Washington/Tohoku University Academic Open Space

本学大学院工学研究科が進めている米国ワシントン大学との交流協定（AOS）に本研究所が協力している。協定の設置趣旨は「共同研究，教育および情報交換のための国際交流拠点の形成」「国際共同研究および教育のための新たなパラダイムの構築」「教育研究活動および知的財産管理の国を超えた事務レベルにおける交流促進」である。活動内容として以下の3点を挙げている。

- ・教育的相互作用の役割 : 学生交流，学生海外派遣プログラム，新コースの設置
- ・研究的役割 : ワシントン大学-東北大学間でのビデオ会議形式による研究セミナーの開催，および世界的な産学連携の推進とワークショップの開催
- ・国際事務運営 : 事務職員および知的財産管理教育のための国際フォーラムの開催

IFS has been cooperating an establishment of exchange agreement (AOS) with the University of Washington promoted by Graduate School of Engineering, Tohoku University. The prospectus of this agreement is "Create an international hub for vibrant research collaborations, teaching, and information exchange", "Provide a new paradigm for international exchange and education", and "Facilitate communication at the administrative level to promote transnational understanding in research, education and intellectual property at partner institutions". We are doing following activities.

- ・ Educational and interactive roles: Student exchange, Study-abroad programs, new courses
- ・ Research roles: Organize a WEB-X based research seminar between UW and UT, build global industry-academia cooperation, provide a research forum/workshop
- ・ International administrative infrastructure: Organize international forum for administrative staff and IP management training

### 国立交通大学 National Chiao Tung University (NCTU)

7つ目のリエゾンオフィス主担当として，本研究所教員が中心となって2017年5月に台湾国立交通大学とリエゾンオフィス設置の協定を締結した。リエゾンオフィス設置目標は

- ・国際的な産学連携研究の推進
  - ・ジョイントラボラトリーの設置
  - ・学生派遣プログラムの推進
- である。

As seventh host institution of Liaison Office of Tohoku University, IFS faculty staff has concluded an agreement of Liaison Office establishment in May, 2017. The purpose of establishment is

- ・ Promote International Industry-University Collaboration
- ・ Establish the Joint Laboratory
- ・ Promote Student Exchange Program

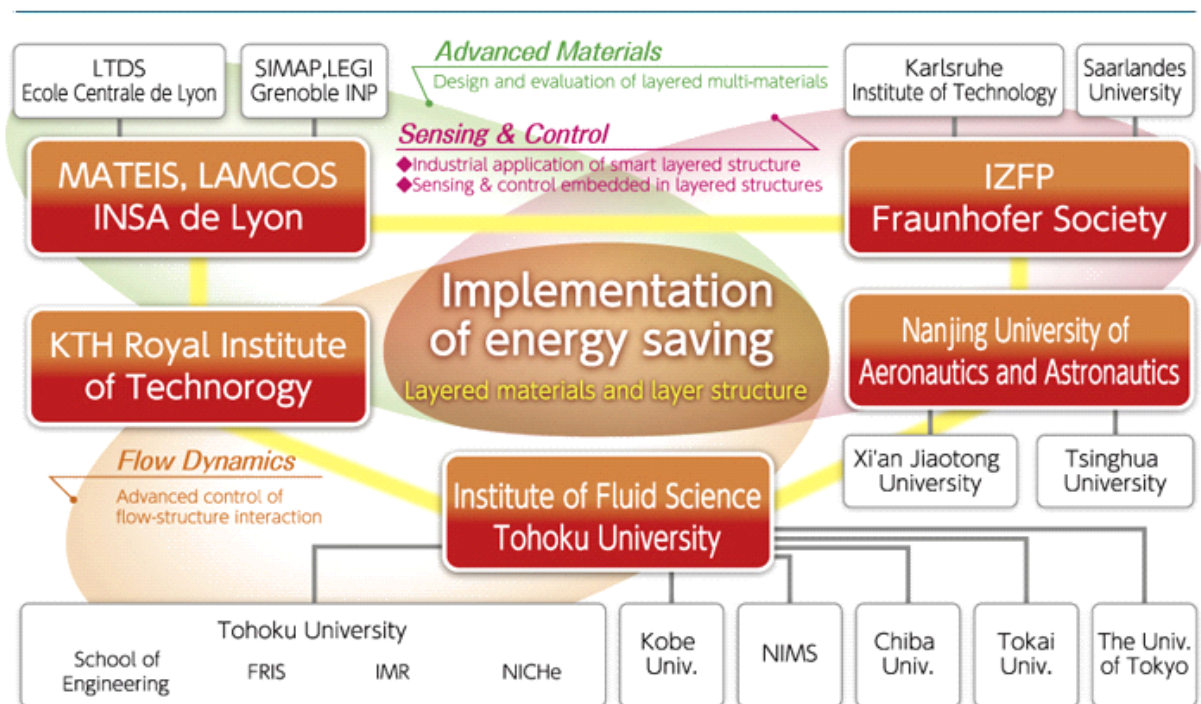
## Core-to-Core プログラム Core-to-Core program

「省エネルギーのための知的層材料・層構造国際研究拠点」が、平成 25 年に日本学術振興会 Core-to-Core プログラムに採択された。5 年間のプログラムとなる。

「省エネルギーのための知的層材料・層構造国際研究拠点」では、近年進展が目覚ましいマルチマテリアル多機能性材料とセンシング技術との融合により、新たな知的構造体の創成を目指してきた。特に、特知的構造体と流体との相互作用に着目した新しい省エネルギー機能を実現するための学理基盤を構築した。このために、東北大学を中心とする日本チーム、リヨン、グルノーブルを中心とするフランスの研究チーム、ドイツ・ Fraunhofer 研究機構、中国・南京航空航天大学、スウェーデン王立工科大学から構成されるチームにより、研究を加速させてきた。

"International research core on smart layered materials and structures" was adopted as the JSPS Core-to-Core project in 2013. This project completes within 5 years.

This project aimed at developing novel form of intelligent structures through the fusion between functional multi-materials and sensing technologies. Especially, we focused on interactions between fluids and intelligent structures to create energy-saving effects, and develop its academic infrastructure. For the purpose, we organized an international research team consisting of Tohoku University, Universities in Lyon and Grenoble, Fraunhofer Institute for NDT and Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, KTH Royal Institute of Technology, and accelerated the development of smart layered materials and structures for energy saving.

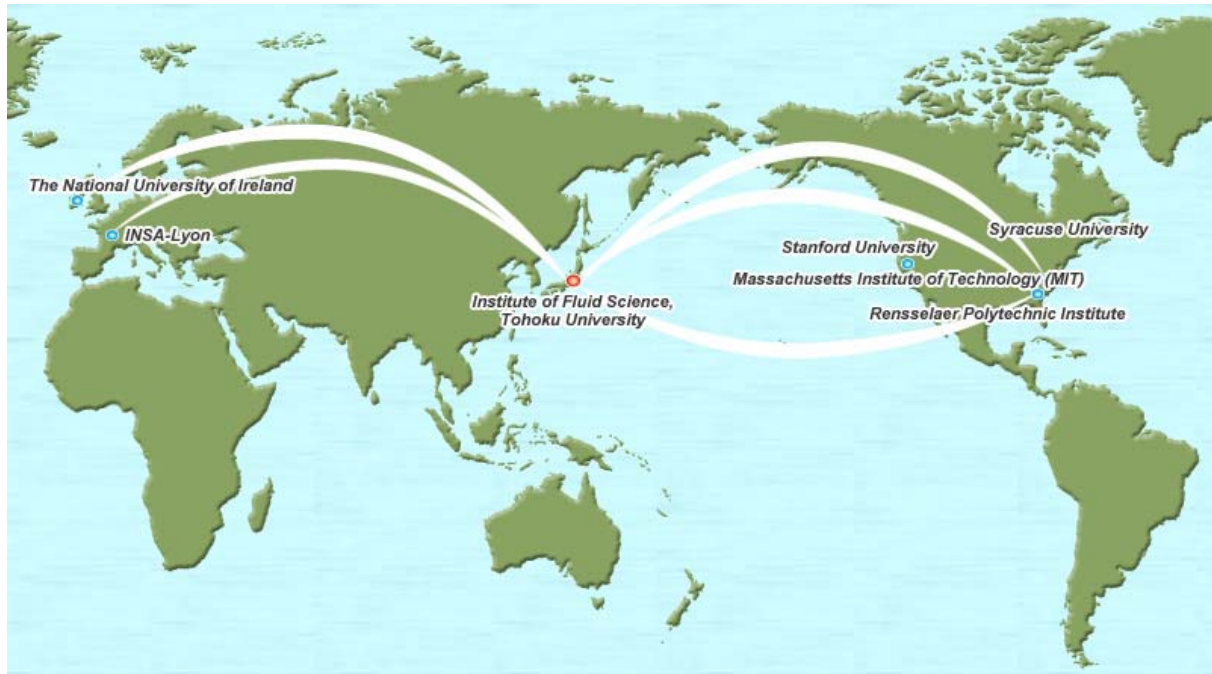


## 頭脳循環を加速する若手研究者戦略的海外派遣プログラム Young researcher overseas visits program for vitalizing brain circulation

流体科学研究所の「次世代流体科学の展開に向けた戦略的国際共同研究プロジェクト」が、平成 22 年度に日本学術振興会頭脳循環を加速する若手研究者戦略的海外派遣プログラムに採択された。本プロジェクトを通して、平成 23 年から 3 年間、将来の流体科学の展開のパートナーとなる海外の主要研究機関に、本研究所の優秀な若手教員 7 名を選抜して 1 年間派遣し、共同研究を実施することにより、次世代の流体科学研究を担う研究者を育成するとともに、国際共同研究ネットワークを構築してきた。

また、平成 25 年には「生命とエネルギーの研究を支える流体科学の先端基盤研究プロジェクト」が、同プログラムに採択された。本プロジェクトでは、過去 3 年間実施したプログラムの成果を基に、社会が要請する研究分野で流体科学の貢献が本質的に重要な、「生命」と「エネルギー」の研究を支える流体科学先端基盤研究に特化し、前回と今回の派遣研究者および前回と今回の海外受入研究者が協力して行う、多元的な国際連携共同研究を戦略的に実施してきた。

Institute of Fluid Science, Tohoku University has been promoting international cooperative efforts, as a center of fluid science research since its establishment. In 2010, Japan Society for the Promotion of Science (JSPS) selected our project of "International Collaborative Research Project for Expansion of Next-Generation Fluid Science" as its Young Researcher Overseas Visits Program for Vitalizing Brain Circulation. We sent seven brilliant young researchers on six world-leading institutes overseas from 2011 until 2013. Through collaborative researches, we develop further international network. In 2013, our next project of "Strategic International Multiple Collaborative Research Project on Advanced Basic Fluid Science to Support Life and Energy" was adopted. This program built off of the success of the previous three-year program, and specialized in cutting edge core fluid science research that supported important research on "life" and "energy", two fields which society was calling for advances in, by making critical contributions through fluid science. Through the program, the researchers from last time's project and this project worked together with collaborating research institutes to strategically implement an array of international collaborative research.



「次世代流体科学の展開に向けた戦略的国際共同研究プロジェクト」派遣者

| 派遣者氏名 | 渡航先                      | 渡航期間            | 研究題目  |
|-------|--------------------------|-----------------|---|
| 船本 健一 | マサチューセッツ工科大学<br>(米国)     | H23.2 – H24.1   | 低酸素下 3 次元細胞実験のためのマイクロfluidicデバイスの開発                             |
| 中村 寿  | アイルランド国立大学<br>(アイルランド)   | H23.9 – H24.9   | 代替燃料の燃焼化学反応の解明と着火予測   |
| 内一 哲哉 | フランス国立応用学院リヨン校<br>(フランス) | H23.9 – H24.8   | マルチフィジクスに基づくエネルギープラントシステムにおける材料劣化損傷の非破壊評価                       |
| 小宮 敦樹 | フランス国立応用学院リヨン校<br>(フランス) | H23.11 – H24.11 | 周囲環境依存性を有する透過選択性機能膜の製作とタンパク質物質移動能動制御技術の確立                       |
| 富田 典子 | シラキュース大学<br>(米国)         | H24.3 – H25.3   | 膜脂質構造に依存した膜孔形成とその動態解析<br>～脂質-膜孔制御による膜強度制御システムの構築と血球モデル実現化を目指して～ |
| 菊川 豪太 | レンセラー大学<br>(米国)          | H24.4 – H25.3   | 架橋を有するアモルファスポリマー材料における熱輸送特性の分子論的研究                              |
| 下山 幸治 | スタンフォード大学<br>(米国)        | H24.4 – H25.3   | 実物理現象の定量化および設計の高信頼性化に向けた数値シミュレーションの確率論的解法                       |

"International Collaborative Research Project for Expansion of Next-Generation Fluid Science" visiting researchers

| Visiting researcher | Visiting institution                            | Visiting period     | Research title   |
|---------------------|---|---------------------|--|
| Kenichi Funamoto    | Massachusetts Institute of Technology, USA      | Feb.2011 - Jan.2012 | Development of a Microfluidic Device for Three-Dimensional Cell Culture under Controlled Hypoxic Environment   |
| Hisashi Nakamura    | National University of Ireland, Galway, Ireland | Sep.2011 - Sep.2012 | Combustion Chemistry and Its Experimental Validation for Biofuels and Surrogate Fuels -Collaboration between Quantum Chemistry and Combustion Engineering- |
| Tetsuya Uchimoto    | INSA de Lyon, France                            | Sep.2011 - Jul.2012 | Sensor and Data Fusion between Electromagnetic Nondestructive Testing and Ultrasonic Testing   |
| Atsuki Komiya       | INSA de Lyon, France                            | Nov.2011 - Nov.2012 | Fabrication of Selective Membrane for Permeation Varied with Environment and Establishment of the Technique for Active Mass Transfer Control of Protein    |
| Noriko Tomita       | Syracuse University, USA                        | Mar.2012 - Mar.2013 | Analysis of Relationship between Lipid Environment and Protein Nanopore Properties -Toward Creation of Blood Cell Model with Various Membrane Strength-    |
| Gota Kikugawa       | Rensselaer Polytechnic Institute, USA           | Apr.2012 - Mar.2013 | Crosslinking Effect in Amorphous Polymers on Heat Conduction Properties  |
| Koji Shimoyama      | Stanford University, USA                        | Apr.2012 - Mar.2013 | A stochastic approach for the numerical simulations to quantify real physical phenomena and improve design reliability                                     |



「生命とエネルギーの研究を支える流体科学の先端基盤研究プロジェクト」派遣者

| 派遣者氏名  | 渡航先                    | 渡航期間           | 研究題目   |
|--------|------------------------|----------------|--|
| 廣田 真   | テキサス大学オースティン校<br>(米国)  | H26.7 – H27.6  | 複雑流れの安定性を判別するための<br>変分法的アプローチの定式化と効率的<br>数値アルゴリズムの構築 |
| 吉野 大輔  | シンガポール国立大学<br>(シンガポール) | H26.10 – H27.7 | 高度物理刺激に対する細胞内メカト<br>ランスダクションおよび循環器系疾患発<br>症メカニズムの解明  |
| 早川 晃弘  | ケンブリッジ大学<br>(イギリス)     | H27.4 – H28.3  | 次世代燃料の燃焼における流動ダイ<br>ナミクスと化学反応の相互作用に関する<br>研究         |
| 岡島 淳之介 | ダルムシュタット工科大学<br>(ドイツ)  | H27.4 – H28.3  | 高密度のエネルギー輸送を志向した相<br>変化伝熱現象のナノ・マイクロスケール<br>融合研究      |

"Strategic International Multiple Collaborative Research Project on Advanced Basic Fluid Science to Support Life and Energy" visiting researchers

| Visiting researcher | Visiting institution                          | Visiting period     | Research title  |
|---------------------|---|---------------------|---|
| Makoto Hirota       | University of Texas at Austin,<br>USA         | Jul.2014 - Jun.2015 | The Formularization of the Variational<br>Methods Approach to Determining Stability in<br>Complex Flows and the Construction of an<br>Efficient Algorithm to Express It Numerically |
| Daisuke Yoshino     | National University of Singapore<br>Singapore | Oct.2014 - Jul.2015 | An Explanation of High Level Physical<br>Stimulus in Cellular Mechanotransduction and<br>the Mechanisms of the Onset of<br>Cardiovascular Disease                                   |
| Akihiro Hayakawa    | University of Cambridge, UK                   | Apr.2015 - Mar.2016 | A study of the Fluid Dynamics and Interaction<br>of Chemical Reactions in Next Generation<br>Fuels  |
| Junnosuke Okajima   | Technische Universität<br>Darmstadt, Germany  | Apr.2015 - Mar.2016 | A Combined Study at the Nano-Microscale on<br>the Phenomenon of Phase Change Heat<br>Transfer in Intentional Transportation of High<br>Density Energy                               |

## 4-7 産学連携 University/Industrial Collaboration

東北大学は建学以来、「研究第一主義」「門戸開放」「実学尊重」の理念を掲げ、世界トップレベルの研究・教育を行ってきた。研究成果を広く社会に還元するとともに、産業界への技術移転を積極的に推進し、関係機関との連携により産学連携活動を推進している。本研究所では産学連携推進室を設けて、企業等との共同研究を進めている。研究成果を広く社会に還元することは大学の重要な役割であり、産業界と共同で新技術をいち早く実用化することが求められている。研究者の個別の産学共同研究に加え、産学連携室が企業と研究者の仲立ちをすることにより、産学連携を促進している。

Since its founding, Tohoku University's policy has been to put "Research First", maintain an "Open Door policy, and focus on "Practical Branches of Learning." As a result, our research results have been of great practical benefit to society. Moreover, the university has vigorously promoted university-industry technology transfer, and works actively with related agencies to support industry-university cooperation. The Institute of Fluid Science (IFS) has set up an Industry-University Liaison Office to promote industry-related funded research and joint research, and to solicit grants and contributions from private industry. It is an important role of university to return outcome of research to the society. It is expected to put a new technology to practical use quickly. The University/Industry Collaboration Office acts as intermediary between researchers and industries to promote collaboration research.

### 産学連携室 University/Industrial collaboration office

産学連携室は、事務部ならびに研究支援室と協力し、継続的な産学共同研究の支援、コンソーシアムの支援、産学連携セミナーの開催、広報活動等を担っています。

Collaborating with the administration office and the research supporting office, the office of university/industry collaboration supports and promotes collaboration research between researchers in IFS and industries, consortium project, technical cooperative seminars, as well as outreach activities.

### 産学連携室メンバー Members of University/Industrial collaboration office

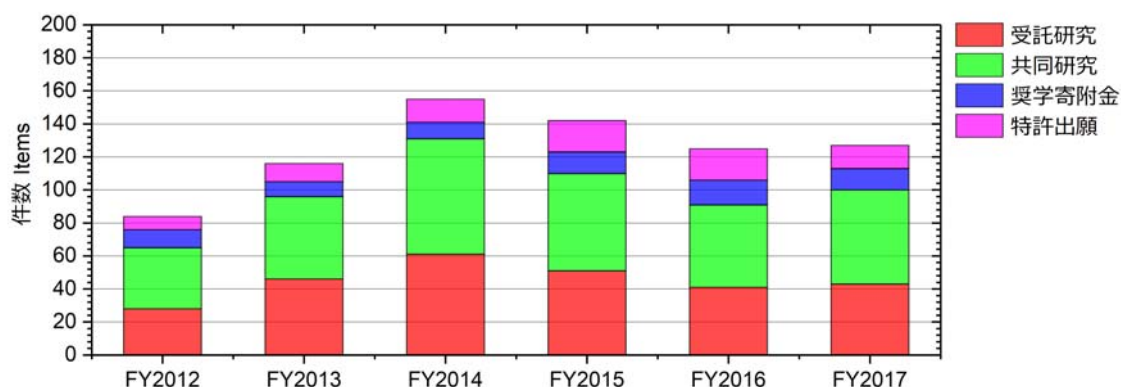
|                      | 氏名<br>Name                 | 役職<br>Position   |
|----------------------|----------------------------|--|
| 室長<br>Head of office | 小林 秀昭<br>Hideaki Kobayashi | 教授<br>Professor  |
|                      | 大林 茂<br>Shigeru Obayashi   | 教授<br>Professor  |
|                      | 丸田 薫<br>Kaoru Maruta       | 教授<br>Professor  |
|                      | 下山 幸治<br>Koji Shimoyama    | 准教授<br>Associate professor                               |
|                      | 増田 尚則<br>Hisanori Masuda   | 上席 URA (研究支援室)<br>Senior URA, Research supporting office |
|                      | 朝倉 知明<br>Tomoaki Asakura   | 事務長 (事務部)<br>Manager, Administrative office              |

[上段：件数，下段：金額（百万円）]

**共同研究の獲得 Acquisition of collaborative research**

[upper: items, lower: fund (million JPY)]

|   | H24<br>FY2012 | H25<br>FY2013 | H26<br>FY2014 | H27<br>FY2015 | H28<br>FY2016 | H29<br>FY2017 |
|---|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| 受託研究<br>Contracted research               | 28<br>141     | 46<br>203     | 61<br>308     | 51<br>261     | 41<br>283     | 43<br>341     |
| 民間との共同研究<br>With private firms and others | 37<br>76      | 50<br>105     | 70<br>144     | 59<br>143     | 50<br>122     | 57<br>164     |
| 奨学寄附金<br>Scholarship and donation         | 11<br>14      | 9<br>12       | 10<br>12      | 13<br>14      | 15<br>14      | 13<br>12      |
| 特許出願件数<br>No. of patents applied for      | 0             | 11            | 14            | 19            | 19            | 14            |



[単位：千円]

**その他競争的資金 Status of other competitive funds\***

[unit: thousand JPY]

|                           | H24<br>FY2012 | H25<br>FY2013 | H26<br>FY2014 | H27<br>FY2015 | H28<br>FY2016 | H29<br>FY2017 | 平均<br>Average |
|---------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| 申請件数<br>Application       | 7             | 5             | 6             | 8             | 16            | 6             | 8.0           |
| 採択件数<br>Adoption          | 3             | 1             | 4             | 0             | 6             | 2             | 2.7           |
| 採択率<br>Rate               | 42.9          | 20.0          | 66.7          | 0.0           | 37.5          | 33.3          | 33.4          |
| 採択額<br>Total fund adopted | 6,101         | 2,000         | 21,579        | 0             | 11,620        | 1,270         | 7,095         |

\*科研費・共同研究費・大型予算以外の競争的資金

\*Competitive funds except grant-in-aid for scientific research, corroborated research funds and major budget

**平成 29 年度の採択申請先 List of adopted application destination in FY2017**

| 申請先<br>Application destination  |
|---|
| 東京大学地震研究所共同研究<br>Joint Research, the Earthquake Research Institute, the University of Tokyo   |
| 熊本大学パルスパワー科学研究所共同研究<br>Joint Research, Institute of Pulsed Power Science, Kumamoto University |
| マツダ研究所助成<br>The Mazda foundation  |
| 住友財団基礎科学研究助成<br>The Sumitomo foundation, Grant for Basic Science Research Projects            |

## 共同研究部門 Collaborative research division

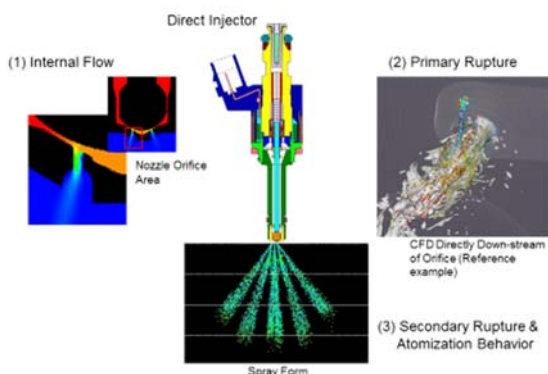
本研究所は、共同研究部門研究活動として株式会社ケーヒンと共同で「先端車輛基盤技術」に関する研究を行っている。第二期として、車輛の電動化として期待される基盤技術の研究を開始した。

IFS conducts fundamental research of advanced vehicle technology in collaboration with Keihin Corp as research activity of Collaborative Research Division. Research on basic technologies expected for electric vehicles has started as the second phase. The research is related mostly to enhancement and application of the simulation technology based on computational fluid dynamics and experimental verification.

|                       |   |
|-----------------------|---|
| 研究室名<br>Laboratory    | 先端車輛基盤技術研究（ケーヒン）<br>Fundamental research of advanced vehicle technology（KEIHIN）   |
| 研究期間<br>Period        | 【第1期】平成27年4月1日 - 平成30年3月31日（3年間）<br>【第2期】平成30年4月1日 - 平成33年3月31日（3年間）<br>1st term 1 APR., 2015 - 31 MAR., 2018<br>2nd term 1 APR., 2018 - 31 MAR., 2021  |
| 設置場所<br>Location      | 東北大学 流体科学研究所<br>Institute of Fluid, Science, Tohoku University  |
| 代表者<br>Representative | 【第1期】流体研：石本 淳 教授，ケーヒン：古川 信之 特任教授<br>【第2期】流体研：大林 茂 教授，ケーヒン：相澤 秀幸 特任准教授<br>1st term IFS: Professor Jun Ishimoto,<br>KEIHIN: Specially appointed professor Nobuyuki Furukawa<br>2nd term IFS: Professor Shigeru Obayashi,<br>KEIHIN: Specially appointed associate professor Hideyuki Aizawa |

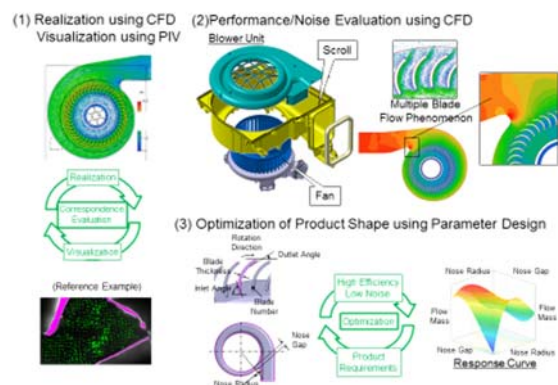
### 第1期における研究題目 Research topics in 1<sup>st</sup> term

- ・ 先端微粒化解析工学を用いたインジェクター噴霧予測研究
- ・ 高効率・低騒音送風機流れの可視化と最適化研究
- ・ Computational prediction of injector spray mechanism using advanced atomization technology
- ・ Flow Visualization and Optimization of a High Efficiency and Low Noise Blower Unit



インジェクター予測研究

Computational prediction of injector



可視化最適化研究

Flow visualization and optimization

## 第2期における研究題目 Research topics in 2<sup>nd</sup> term

- ・ 電動車輛に向けた熱マネ・熱制御、モータ高効率化に向けた電動化技術の研究
- ・ 電動車輛用高熱流束冷却システム研究
- ・ 小型・低負荷空調ユニットの熱流動可視化と高精度予測及び最適化研究
- ・ Research on thermal management and thermal control for electric vehicles, electric motorization technology for motor efficiency improvement
- ・ Research on high heat flux cooling systems for electric vehicles
- ・ Research on visualization and accurate prediction of thermal flow and optimization of compact and low load air conditioning units

詳細は「5 研究分野・教員一覧」に記載  
Details are shown in [5. Laboratories / Faculty]

## 4-8 社会貢献 Contribution to Society

研究活動を小学生から大人まで広く一般市民に公開し、交流を深め、社会貢献に努めている。流体科学に関する最先端の研究を通じて、震災からの復興に重要な諸問題を解決することにより、社会に貢献している。また、流体科学を一般市民にわかりやすく伝え、小中学生等の科学教育に関与することも社会貢献と考え、流体研の教員が自ら講師を務める活動をしている。

As a member of the community, we make our research efforts available to a wide spectrum of the general public from elementary school students to adults. And also, we contribute to society by solving various problems through the world-class fluid science researches, which are necessary to recovery from the earthquake. In addition to perform cutting-edge science and technology, researchers in IFS act as lecturers to explain fluid science to citizens intelligibly, as well as contribute for science education of students in elementary schools and middle schools etc.

### 中長期的社会貢献 Examples of the mid-term and long-term contributions

1. 福島原発の現状分析と事故の中長期的対応策の提案  
Proposal of the present data analysis of Fukushima Daiichi nuclear power plant, and the mid-term and long-term measures of an accident
2. 代替エネルギー源の開発  
Development of alternative power sources
3. 緊急時対応医療技術の開発  
Development of the medical technology corresponding to an emergency
4. 地震メカニズムの解明  
The elucidation of an earthquake occurrence mechanism
5. 防災技術の開発  
Development of disaster prevention technology
6. エネルギー使用合理化の学理と研究開発  
The scientific principle of rationalization of energy use, and research and development

## イベント等の社会貢献活動 Contributive activities to society such as events

### みやぎ県民大学 Open lecture for citizens of Miyagi prefecture

流れに関する授業を毎年 50 人程度の一般市民を対象に、4 回の異なる授業を行っています。

Every year, four different classes about fluids are taught to about 50 members of the general public.



### 小学校出前授業 Visiting school for kids

小・中学校へ出向いての科学に関する授業を行っています。これはペットボトルロケットを製作して飛ばしてみる授業です。

We go to elementary and junior high schools and give science lectures to the children, in which they make PET bottle rockets and get to launch them.



### 宇宙少年団活動 Activity of Young Astronauts Club

地域の子供たちを対象に、宇宙や科学をテーマとした教育活動を実施しています。手作りのロボットアームと星座模型を作成し、実験を行いました。

The members of the YAC provide education of space technology and natural science for the children. The children made a robot arm and star chart with the members.



### 研究所一般公開 Research facilities open house

東北大学の研究所の一員として、一般市民を対象としたオープンキャンパスに積極的に参加をしています。

As one of the research facilities of Tohoku University, we always participate in the open campus, which is targeted at members of the general public.



### オープンキャンパス Open Campus

受験を控えた高校生を対象にしたオープンキャンパスに参加しています。一般市民も見学に来ます。

This is an open campus designed especially for high school students about to take university entrance exams. The general public is also welcome to visit.



### 鳥人間コンテスト The Japan international bird-man rally

学生が設計・製作、操縦までを担当し、滋賀県の琵琶湖で行われる競技で多くの優勝を果たしております。

Every year, we get good mark in this competition, held at Lake Biwa in Shiga Prefecture, in which students design, build and fly plane.



## 5 研究分野・教員一覧 Laboratories / Faculty

(平成 30 年 7 月 1 日)

|                      | 教授   | 准教授                 | 助教                       |
|----------------------|--|---------------------|--------------------------|
| <b>流動創成研究部門</b>      |  |                     |                          |
| 電磁機能流動研究分野           | 小原 拓* <sup>1</sup>                         | 高奈 秀匡               |                          |
| 知能流体制御システム研究分野       | 大林 茂* <sup>1</sup>                         |                     |                          |
| 融合計算医工学研究分野          | 早瀬 敏幸                                      |                     | 宮内 優                     |
| 生体流動ダイナミクス研究分野       | 太田 信                                       |                     | 安西眸<br>Simon Tupin       |
| 航空宇宙流体工学研究分野         | 大林 茂                                       | 下山 幸治               | 焼野 藍子                    |
| 宇宙熱流体システム研究分野        | 永井 大樹                                      |                     | 藤田 昂志                    |
| 自然構造デザイン研究分野         | 伊藤 高敏* <sup>1</sup>                        |                     | 鈴木 杏奈                    |
| <b>複雑流動研究部門</b>      |  |                     |                          |
| 高速反応流研究分野            | 小林 秀昭<br>古谷 博秀 (客員)                        |                     | 早川 晃弘                    |
| 伝熱制御研究分野             | 小原 拓* <sup>1</sup><br>圓山 重直 (客員)           | 小宮 敦樹               |                          |
| 先進流体機械システム研究分野       | 伊賀 由佳                                      |                     | 岡島 淳之介                   |
| 複雑衝撃波研究分野            | 大林 茂* <sup>1</sup>                         | 孫 明宇                |                          |
| 計算流体物理研究分野           | 服部 裕司                                      |                     | 廣田 真                     |
| <b>ナノ流動研究部門</b>      |  |                     |                          |
| 非平衡分子気体流研究分野         | 小原 拓* <sup>1</sup>                         | 米村 茂                |                          |
| 分子熱流動研究分野            | 小原 拓                                       |                     | Donatas Surblys<br>川越 吉晃 |
| 量子ナノ流動システム研究分野       | 徳増 崇                                       |                     |                          |
| 生体ナノ反応流研究分野          | 佐藤 岳彦                                      |                     | 上原 聡司                    |
| 分子複合系流動研究分野          | 小原 拓* <sup>1</sup>                         | 菊川 豪太               |                          |
| ナノ流動応用研究分野           | 客員   |                     |                          |
| <b>共同研究部門</b>        |  |                     |                          |
| 先端車輪基盤技術研究 (ケーヒン)    | 大林 茂* <sup>1</sup><br>仲野 是克 (客員)           | 相澤 秀幸 (客員)          |                          |
| <b>未到エネルギー研究センター</b> |  |                     |                          |
| グリーンナノテクノロジー研究分野     | 寒川 誠二<br>遠藤 和彦 (クロスアポイントメント)<br>福山 敦彦 (客員) |                     | 岡田 健                     |
| 地殻環境エネルギー研究分野        | 伊藤 高敏                                      |                     | 椋平 祐輔                    |
| エネルギー動態研究分野          | 丸田 薫                                       | 中村 寿                | 森井 雄飛                    |
| システムエネルギー保全研究分野      | 高木 敏行<br>小島 史男 (客員)<br>橋本 光男 (客員)          |                     | 小助川 博之                   |
| 混相流動エネルギー研究分野        | 石本 淳                                       |                     | 落合 直哉                    |
| エネルギー科学技術研究分野        | 客員   |                     |                          |
| 先端エネルギー工学研究分野        | 外国人客員                                      |                     |                          |
| 次世代電池ナノ流動制御研究分野      | 徳増 崇* <sup>1</sup>                         |                     |                          |
| <b>リオンセンター</b>       |  |                     |                          |
| 流動システム評価研究分野         | 内一 哲哉                                      |                     |                          |
| 流動ダイナミクス研究分野         | 太田 信* <sup>1</sup>                         | 小宮 敦樹* <sup>1</sup> |                          |
| <b>高等研究機構新領域創成部</b>  |  |                     |                          |
| マルチフィジックスデザイン分野      | 岡部 朋永* <sup>1</sup>                        |                     |                          |

\*1 兼務教員



|   | Professor   | Associate prof.                    | Assistant prof.                     |
|---|---|------------------------------------|-------------------------------------|
| <b>Creative Flow Research Division</b>  |   |                                    |                                     |
| Electromagnetic Functional Flow Dynamics  | Taku Ohara * <sup>1</sup>   | Hidemasa Takana                    |                                     |
| Intelligent Fluid Control Systems   | Shigeru Obayashi * <sup>1</sup>   |                                    |                                     |
| Integrated Simulation Biomedical Engineering  | Toshiyuki Hayase  |                                    | Suguru Miyauchi                     |
| Biomedical Flow Dynamics  | Makoto Ohta   |                                    | Hitomi Anzai<br>Simon Tupin         |
| Aerospace Fluid Engineering   | Shigeru Obayashi  | Koji Shimoyama                     | Aiko Yakeno                         |
| Spacecraft Thermal and Fluid Systems  | Hiroki Nagai  |                                    | Koji Fujita                         |
| Design of Structure and Flow in the Earth   | Takatoshi Ito * <sup>1</sup>  |                                    | Anna Suzuki                         |
| <b>Complex Flow Research Division</b>   |   |                                    |                                     |
| High Speed Reacting Flow  | Hideaki Kobayashi<br>Hirohide Furutani (Visiting Prof.)                                   |                                    | Akihiro Hayakawa                    |
| Heat Transfer Control   | Taku Ohara * <sup>1</sup><br>Shigenao Maruyama (Visiting Prof.)                           | Atsuki Komiya                      |                                     |
| Advanced Fluid Machinery Systems  | Yuka Iga  |                                    | Junnosuke Okajima                   |
| Complex Shock Wave  | Shigeru Obayashi * <sup>1</sup>   | Mingyu Sun                         |                                     |
| Computational Fluid Physics   | Yuji Hattori  |                                    | Makoto Hirota                       |
| <b>Nanoscale Flow Research Division</b>   |   |                                    |                                     |
| Non-Equilibrium Molecular Gas Flow  | Taku Ohara * <sup>1</sup>   | Shigeru Yonemura                   |                                     |
| Molecular Heat Transfer   | Taku Ohara  |                                    | Donatas Surblys<br>Yoshiaki Kawagoe |
| Quantum Nanoscale Flow Systems  | Takashi Tokumasu  |                                    |                                     |
| Biological Nanoscale Reactive Flow  | Takehiko Sato   |                                    | Satoshi Uehara                      |
| Molecular Composite Flow  | Taku Ohara * <sup>1</sup>   | Gota Kikugawa                      |                                     |
| Nanoscale Flow Application  | Visiting Professor  |                                    |                                     |
| <b>Collaborative Research Division</b>  |   |                                    |                                     |
| Fundamental Research of Advanced Vehicle Technology   | Shigeru Obayashi * <sup>1</sup><br>Yoshikatsu Nakano (Visiting Prof.)                     | Hideyuki Aizawa (Visiting A/Prof.) |                                     |
| <b>Innovative Energy Research Center</b>  |   |                                    |                                     |
| Green Nanotechnology  | Seiji Samukawa<br>Kazuhiko Endo (Cross-Appointment)<br>Atsuhiko Fukuyama (Visiting Prof.) |                                    | Takeru Okada                        |
| Energy Resources Geomechanics   | Takatoshi Ito   |                                    | Yusuke Mukuhira                     |
| Energy Dynamics   | Kaoru Maruta  | Hisashi Nakamura                   | Youhi Morii                         |
| System Energy Maintenance   | Toshiyuki Takagi<br>Fumio Kojima (Visiting Prof.)<br>Mitsuo Hashimoto (Visiting Prof.)    |                                    | Hiroyuki Kosukegawa                 |
| Multiphase Flow Energy  | Jun Ishimoto  |                                    | Naoya Ochiai                        |
| Energy Science and Technology   | Visiting Professor  |                                    |                                     |
| Advanced Energy Engineering   | Foreign Visiting Professor  |                                    |                                     |
| Novel Battery Nanoscale Flow Concurrent   | Takashi Tokumasu * <sup>1</sup>   |                                    |                                     |
| <b>Lyon Center</b>  |   |                                    |                                     |
| Mechanical Systems Evaluation   | Tetsuya Uchimoto  |                                    |                                     |
| Flow Dynamics   | Makoto Ohta * <sup>1</sup>  | Atsuki Komiya * <sup>1</sup>       |                                     |
| <b>Division for the Establishment of Frontier Sciences of the Organization for Advanced Studies</b> |   |                                    |                                     |
| Multi-Physics Design  | Tomonaga Okabe * <sup>1</sup>   |                                    |                                     |

\* 1 Concurrent



(H30.3.31 まで)

教授

西山 秀哉

Professor

Hideya

Nishiyama



准教授

高奈 秀匡

Associate Professor

Hidemasa

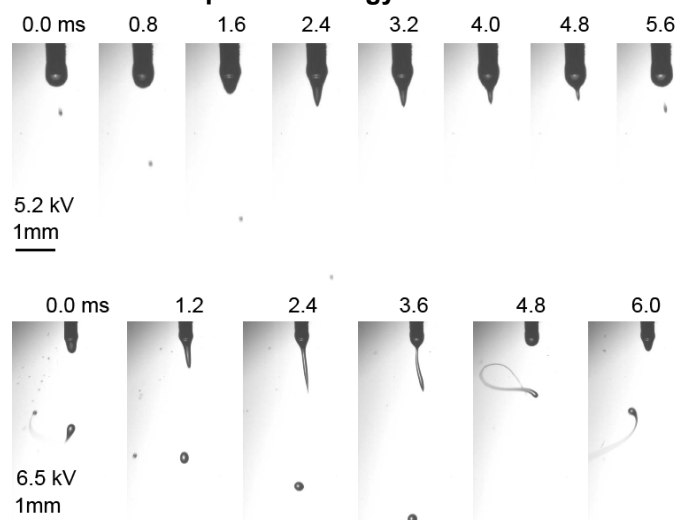
Takana

当研究分野では、「イオン液体」や「プラズマ流体」、「MR 流体」を対象とし、電磁場下での複雑内部構造変化に伴う熱流動特性や化学的特性を数値シミュレーションと実験を用いて多角的に明らかにするとともに、エネルギー・環境分野や新素材創製プロセスにおける革新的技術シーズの創出を目指して研究を推進しています。

The Electromagnetic Functional Flow Dynamics Laboratory conducts research on innovative applications of “ionic liquids”, “plasma flow” and “Magneto-Rheological fluids”, especially focusing on energy and environmental fields and also material processing. This laboratory pursues the creation of cutting-edge technology in the targeting fields through the understanding of their physico-chemical characteristics associated with the complex fluid structure under electro-magnetic field by means of both numerical simulations and experiment comprehensively.

### イオン液体を活用した先進エネルギー・環境応用

#### Advanced Applications of Ionic Liquids in Energy and Environmental Fields

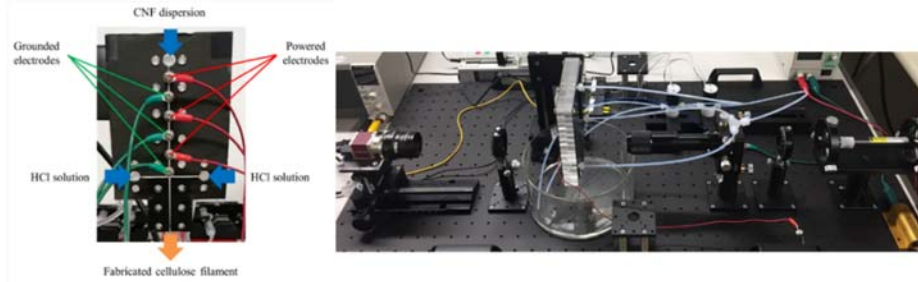


イオン液体静電噴霧による微細液滴形成過程と不安定挙動  
Generation process of ultra-fine droplet by ionic liquid electro-spray

イオン液体は液体でありながら、陽イオンと陰イオンのみで構成される液体で、「水」、「油」に続く第3の液体と呼ばれています。また、融点が低く、常温で「塩」として存在することから「常温溶融塩」とも呼ばれています。イオン液体は、蒸気圧が極めて低いことや高い電気伝導性を有していることなどから、電解質や反応溶媒、アクチュエータとして応用されてきました。本研究室では、イオン液体の新たな応用として、電気二重層現象を活用した電気二重層キャパシタや宇宙推進機などの先進エネルギーデバイスの開発やイオン液体静電噴霧による二酸化炭素分離吸収の高度化に関して数値シミュレーションと実験の両面から目指しています。

Ionic liquids are unique liquids composed of only anion and cation and show completely different characteristics from water or oil. The melting point of ionic liquids is below room temperature and they are often referred to as the room temperature molten salt. Ionic liquids have been applied to electrolyte for batteries, reaction solvent or actuator because of their high electrical conductivity and ultra low vapor pressure. In this laboratory, we focus on the development of advanced energy devices with ionic liquids such as electro-double layer capacitor or colloidal space propulsion. Furthermore, the advancement of CO<sub>2</sub> capture by ionic liquid electro-spray is conducted as an environmental application through experiment and numerical computation.

## ナノ繊維静電配向制御による革新的セルロース新素材創製プロセス Innovative Cellulose Material Fabrication by Electrostatic Fibril Alignment

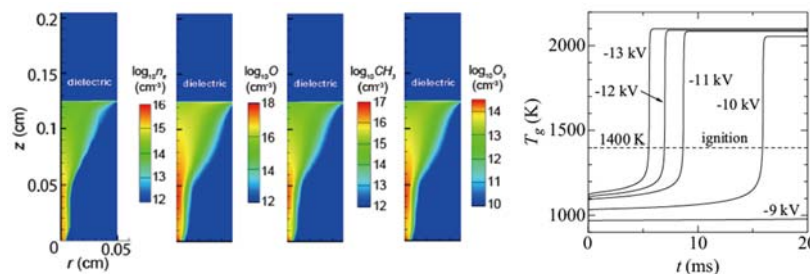


セルロース単繊維創製用電場印加型フローチャンネルと配向度計測のための光学系  
Flow channel with electrostatic fibril alignment for innovative cellulose material fabrication and optical setup for the evaluation of CNF alignment

近年、木材繊維を化学的・機械的にナノサイズまで解きほぐしたセルロースナノファイバー（CNF）というバイオマス素材が世界的に注目を集めています。CNF は 30-40 本のセルロース分子が水素結合によって束になった幅約 3 nm、長さ 2-3  $\mu\text{m}$  の高結晶性の超微細繊維であり、軽量および高強度、低熱膨張性などの優れた物理的特性を有しています。本研究室では、CNF から成る高強度セルロース単繊維の創製を目指していますが、このようなセルロース本来の優れた特性を有するセルロース単繊維を得るためには、セルロース単繊維を構成する CNF の繊維配向を制御し、一方向に揃えることが不可欠であることが明らかとなっています。本研究では、CNF の配向を制御する方法として、交流電場を利用した CNF 静電流動配向法を新規に提案し、その基礎特性を光学計測により解明しています。

In recent years, cellulose nanofibrils (CNF) have attracted significant attention as a novel biomass material. The fibrils are produced by liberating wood fibers to their nano-scale building blocks and have considerable potential to be applied to composite materials due to their outstanding mechanical (high stiffness of the crystalline regions  $\sim 138$  GPa) and thermal properties (low thermal expansion). In order to synthesis a cellulose filament with high mechanical properties from CNF, it is essential to enhance the CNF alignment in a cellulose filament. In this research, we propose the innovated approach to align the CNF in flow by AC electric field and clarify the fundamental alignment characteristics by optical measurement.

## ナノ秒パルス放電による着火促進メカニズムの解明 Computation Simulation on Ignition Enhancement by Nano second Pulsed Discharge



ナノパルス誘電体バリア放電（DBD）による生成ラジカル濃度場およびプラズマ着火促進効果  
Distribution of radicals generated by nano second dielectric barrier discharge (DBD) and the effect of nano-second pulsed discharge on improvement of ignition delay

ナノ秒パルス放電などにより生成される非平衡プラズマ、プラズマ中における高エネルギー電子の衝突によりラジカルなどの反応性化学種を低温で高効率に生成することができることから、燃焼促進や排ガス浄化など幅広く用いられています。本研究室では、特にプラズマ燃焼促進のための基礎研究として、高温・高圧下における空気-メタン混合プラズマ流に関して反応流動モデリングを構築し、数値シミュレーションによりナノ時間スケールでの活性種生成特性やストリーマ進展過程を明らかにするとともに活性種の寿命評価を行っています。さらに、小エネルギーの高速注入による局時・局所流動制御などの新たな応用に関する研究も行っております。

Non-equilibrium plasma often generated by nano second pulsed discharge is widely applied to combustion enhancement or environmental purification using chemically reactive species produced through high energy electron impact reactions in plasma. As a fundamental research, we developed the numerical modeling of air-methane premixed nano-second pulsed discharge and clarified the radical production process in nano time scale with streamer propagation. It has been clearly shown that the ignition delay is improved by nano second pulsed discharge. Furthermore, researches are also undergoing on flow control by nano second pulsed discharge with local energy input to the flow.

**知能流体制御システム研究分野 (平成 30 年 3 月 31 日まで)**  
Intelligent Fluid Control Systems Laboratory **Until 31<sup>st</sup> March, 2018**



教授  
**中野 政身**  
Professor  
**Masami Nakano**

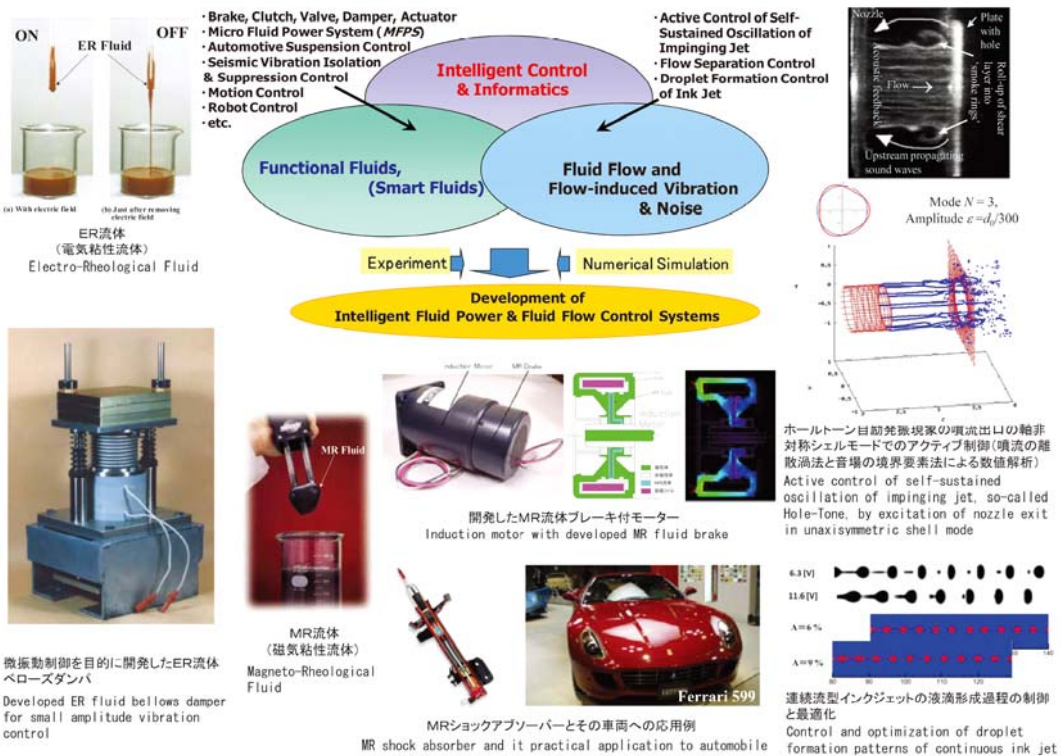


助教  
**田 瞳菲**  
Assistant Professor  
**Tongfei Tian**

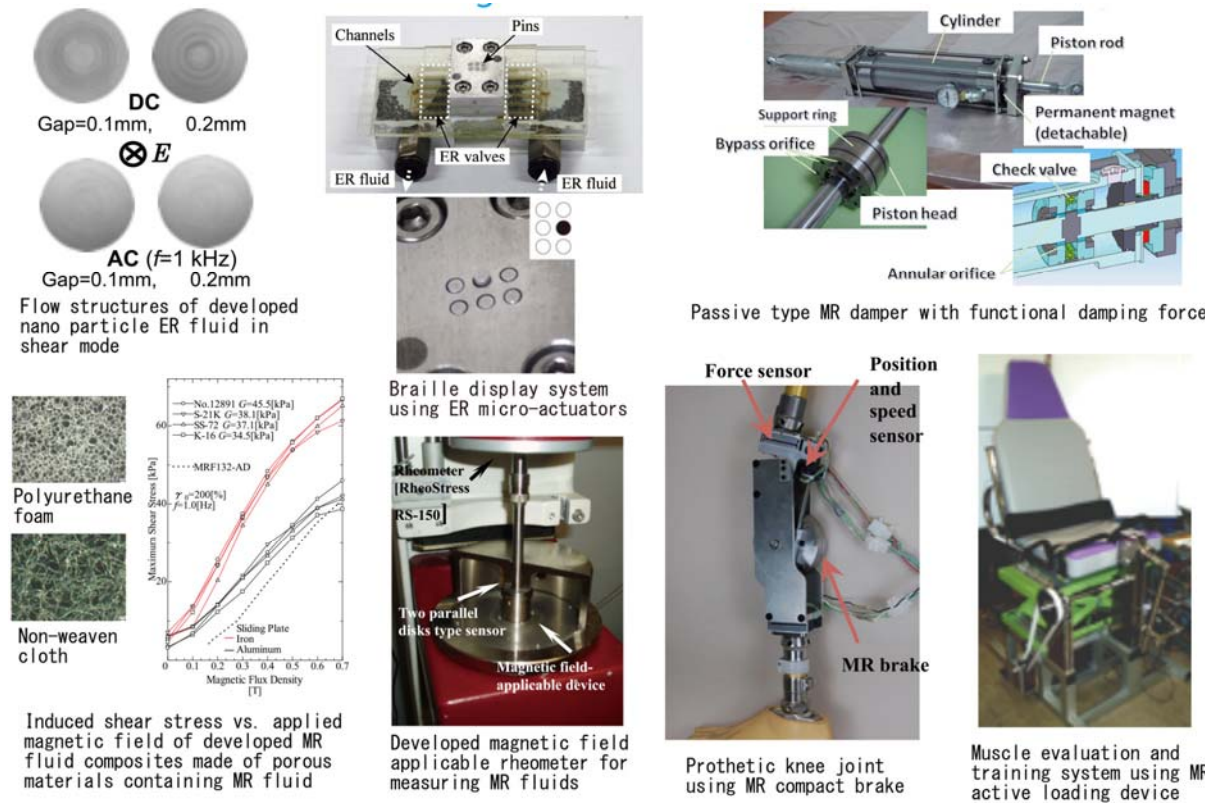
知能流体制御システム研究分野では、「電磁レオロジー流体」などの高度な機能性を発揮する流体（スマート流体）・ソフトマテリアル，流れの制御，そして知的制御及び情報科学に関する基礎科学的研究を基軸として，これらを三位一体として融合・活用した対環境性，省エネルギー，信頼性，安心・安全などの面で優れた「次世代知的流体制御デバイスやシステム」の創成を目指して研究開発を推進しています。このことにより，車両，生産，エネルギー，建築，福祉・介護分野などへ貢献します。

In intelligent fluid control systems laboratory, based on the trinity of fundamental scientific researches on smart fluids and soft materials with higher functionality such as electro-/magneto-rheological fluids and composites, fluid flow controls, and intelligent control & informatics, the next-generation intelligent fluid control devices and systems featuring environment-friendly, energy saving, high reliability, and relief & safety are being invented and developed in various application fields such as vehicle, manufacture, energy, architecture, and welfare & nursing care.

**次世代知的流体制御デバイス・システムの創成**  
Development of Next-generation Intelligent Fluid Control Devices and Systems

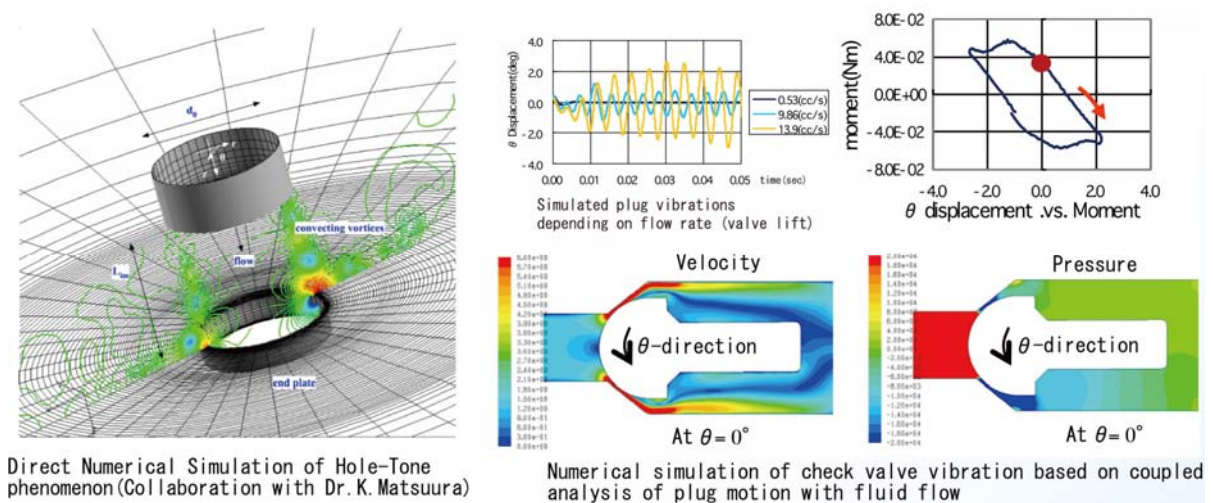


スマート流体・ソフト材料の創製・評価とそれを活用した先進スマートマシンの創成  
Preparation and Evaluation of Smart Fluids and Soft Materials, and Development of Advanced Smart Machines utilizing Them



ER 流体を活用した Micro-Fluid Power System (MFPS) の構築を目指し、ナノ粒子 ER 流体の創製と ER 流体マイクロアクチュエータによる点字表示システムを開発しています。また、MR 流体については、その評価装置である磁場印加型レオメータを実用化・製品化するとともに、信頼性の高い可変減衰特性を有するパッシブ式 MR ダンパ、コンパクト MR ブレーキ制御義足、アクティブ MR 負荷器を活用したリハビリ用筋力評価訓練システム、MR アクチュエータを活用したリハビリ用下肢装着型パワーアシストスーツなどを研究開発しています。さらに、新たなスマート材料として、多孔質体に MR 流体を含浸させた MR 流体コンポジットを創製し、著しく高い MR 効果を発揮することを見出しています。福祉・介護や建築分野への貢献を目指しています。

流体と関連して発生する振動・騒音の解明とそのアクティブ制御  
Mechanism Clarification and Active Control of Flow-Induced Vibration and Noise





教授  
早瀬 敏幸  
Professor  
Toshiyuki  
Hayase

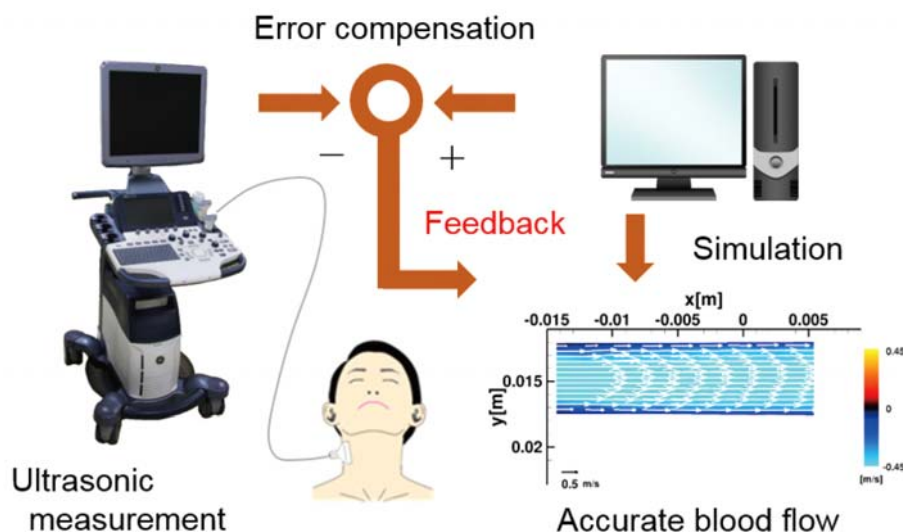


助教  
宮内 優  
Assistant Professor  
Suguru  
Miyauchi

循環器系疾患の発症および進展には血行力学が強く関与しており、健康社会の実現のためには、生体内の血流現象の解明が不可欠です。本研究分野では、細胞レベルから循環器系までの生体内流動現象を対象として、独自の先端生体計測技術による実験研究、スーパーコンピュータによる大規模計算研究、および実験計測と数値計算を一体化した計測融合シミュレーションによる融合研究を駆使して、循環器系疾患の機序の解明と次世代医療機器の創成に関する研究を行っています。

Understanding blood flow phenomena in the living body is crucial in order to realize a healthy society since hemodynamics is strongly related to development and progression of circulatory diseases. Our laboratory conducts research on clarification of disease mechanisms and development of advanced medical devices based on state-of-the-art experiments, large-scale supercomputation, and the integrated methodology of measurement-integrated simulation for multi-scale flow phenomena ranging from a single cell to whole circulatory systems.

### 医療計測と数値シミュレーションを融合した血流解析 Integration of Measurement and Simulation in Medical Engineering



超音波計測融合血流解析システム

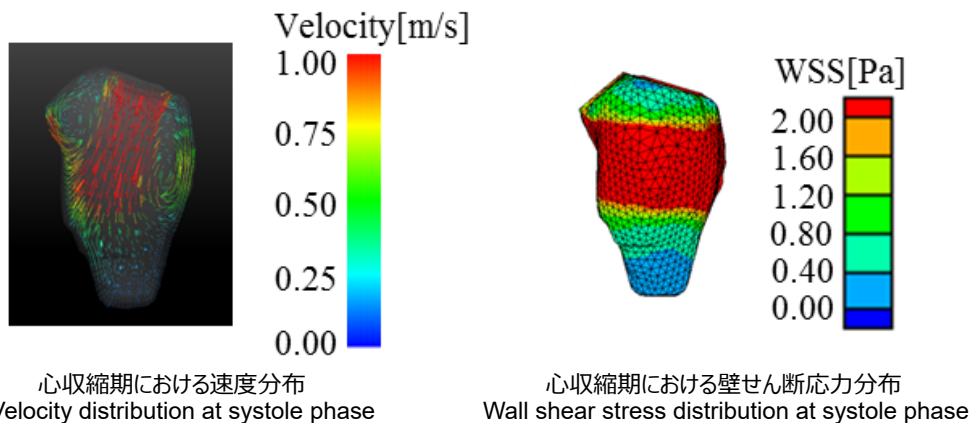
Ultrasonic measurement-integrated blood flow analysis system

血管内の圧力や速度分布をリアルタイムで正確に知ることができれば、循環器系疾患の高度診断や治療が可能となります。臨床現場で広く用いられている超音波診断装置や MRI 装置による血流の計測データを数値シミュレーションに取り込んで解析する「計測融合血流解析システム」の開発と臨床応用の研究を行っています。

Acquisition of accurate information on pressure and velocity in blood vessels in vivo is necessary for advanced diagnosis and treatment. A measurement-integrated blood flow analysis system is being developed by applying feedback of measurement data of ultrasound imaging or MRI to numerical simulation, and its usability in clinical application is being investigated.

## 内部構造を考慮した左心室内血流解析

### Blood Flow Simulation Considering Inner Structures in a Left Ventricle

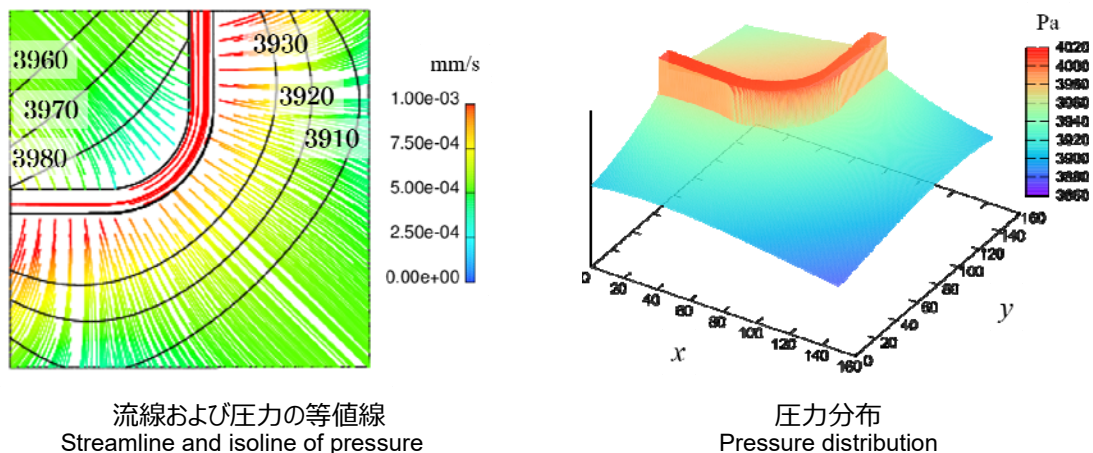


左心室はその内壁に乳頭筋や肉柱などの複雑な内部構造を持ち、それらの内部構造によって左心室内の血流が停滞し、心筋梗塞および脳梗塞の原因となる血栓を引き起こす可能性があります。本研究では、左心室内部構造が左心室内血流場に与える影響を数値シミュレーションにより解析しています。

A left ventricle has complex structures such as papillary muscles and trabeculae carneae on its wall. The blood flow in the left ventricle stagnates by the inner structures, which has potential to lead the thrombus formation that causes cardiac and cerebral infarctions. We analyze effects of the inner structures in the left ventricle on the blood flow field in the left ventricle by the numerical simulation.

## 漏出を考慮した単純形状腫瘍血管モデルの流動解析

### Flow Analysis of a Simple-Shaped Tumor Blood Vessel Considering a Leakage



がん組織では、血管壁の流体透過性の上昇など正常血管と異なる性質を持つことが知られており、この性質によってがん細胞周囲の圧力上昇を引き起こし、治療薬の輸送を非効率にしていると考えられています。本研究では、がん組織の性質が圧力上昇に与える影響を明らかにするために、血管からの漏出を考慮した流動解析を行っています。

Cancer tissues have different property from normal blood vessels such as an increase of the fluid permeability on the blood vessel wall. This property causes the pressure increase around cancer cells, and makes the drug transport inefficient. We performed the flow analysis considering the leakage from the blood vessel to clarify the effect of the property of the cancer tissue on the pressure increase.

生体流動ダイナミクス研究分野

Biomedical Flow Dynamics Laboratory



教授  
**太田 信**  
Professor  
**Makoto Ohta**



助教  
**安西 眸**  
Assistant Professor  
**Hitomi Anzai**



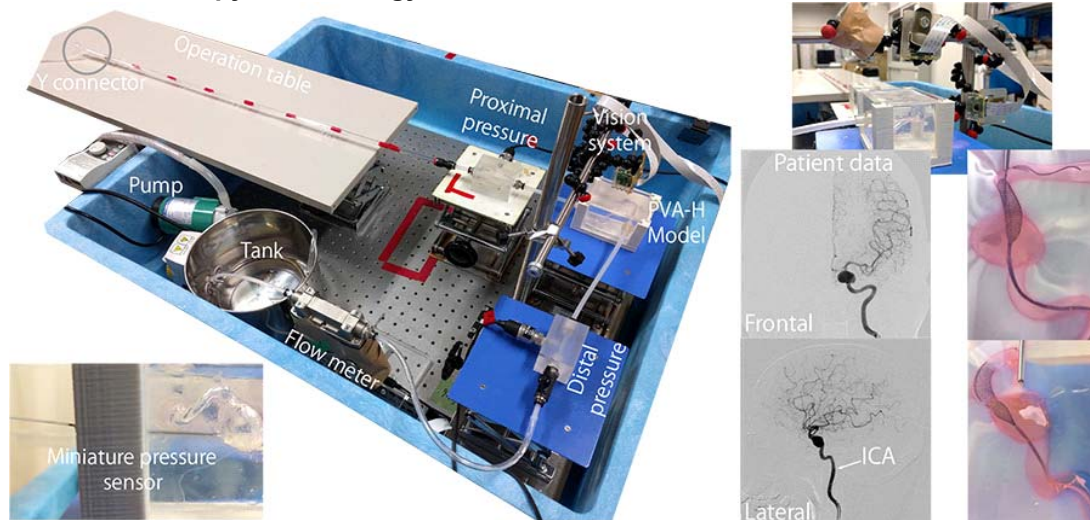
助教  
Assistant Professor  
**Simon Tupin**

生体流動ダイナミクス研究分野では、治療に直接役立つ新デバイスの開発と、新デバイスの性能評価法の確立を目指した研究を行っています。例えば、脳動脈瘤の治療方法の一つに、血管内治療（血管の中から治療していく方法）がありますが、血流を制御できるデバイスの開発、そしてそのデバイスの性能を評価する必要があります。このような研究開発は、医療現場では重要な課題であり、医学と工学との共同研究によってはじめて成立します。本研究分野では、このような医工連携プロジェクトを中心に、生体中の流体を取り扱っていきます。

The focus of the biomedical flow dynamics laboratory is to develop new concept of implant especially based on flow and to establish new methods for evaluating the implants. For example, when you treat a cerebral aneurysm with endovascular treatment, you should know the effects of medical devices on controls of blood flow. The flow may depend on the geometry, materials and clinical conditions. Since these are so big issues, we collaborate with biomaterial groups, biomechanical groups, and medical groups to gather their top knowledge. This field is called as a life science, or biomedical engineering. The aim of this lab is to support and improve our social quality of life by biomedical engineering.

治療シミュレーション

Simulation of Therapy with Strategy



Biomodel for evaluation of medical device and intracranial stent

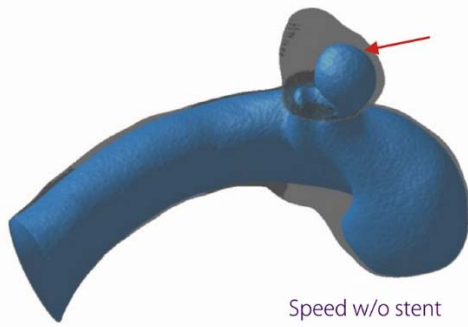
治療は、工学的に観れば、生体を制御し、自然回復を促していくことと言えます。例えば、血管内治療は血管、血液、血流をステントなどの医療デバイスを用いて制御します。本研究では、生体内で起こっている様々な流動現象や力学的現象を、生体材料やコンピュータシミュレーションで再現し、医療デバイスの開発と性能評価の確立を目指します。

A smart therapy has a good strategy with controlling human tissues such as blood flow, blood, and artery. In this field, we try to develop medical devices such as stent and evaluation system using biomaterials or computational simulations.

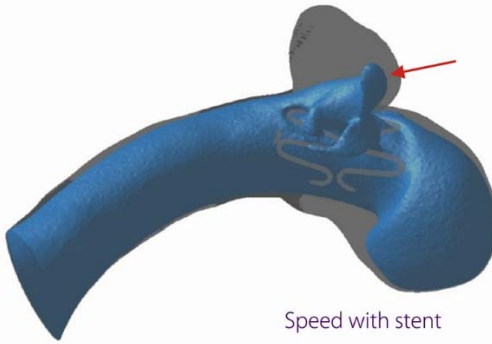


実形状の頭蓋内ステントを実形状の患者に仮想的に留置し、コンピュータシミュレーションをすることによって世界ではじめて成功しました。その結果、瘤に流入する血流を阻害する能力がステントにあることがわかりました。この技術は Virtual Intracranial Stent Challenge 07 にて採用されました。

The image below shows an integration of realistic stent data to realistic patient data. Our team firstly succeeded to develop this method in the world. And provided this techniques to VISIC (2006).

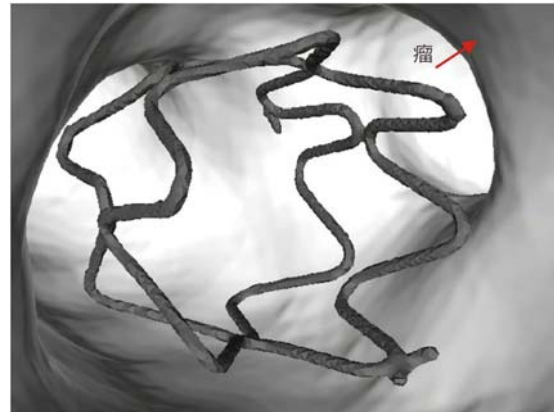


Speed w/o stent



Speed with stent

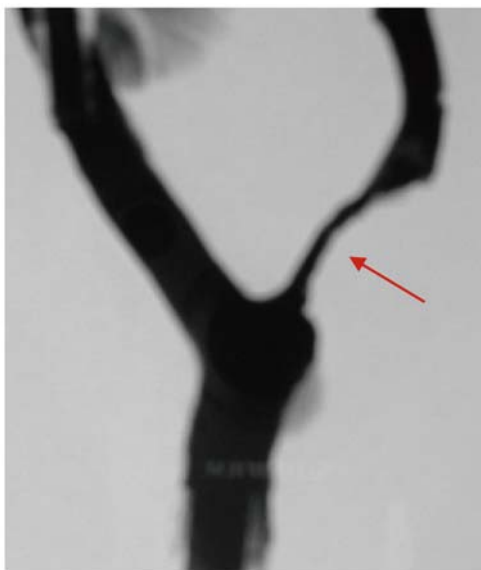
瘤への流入の様子



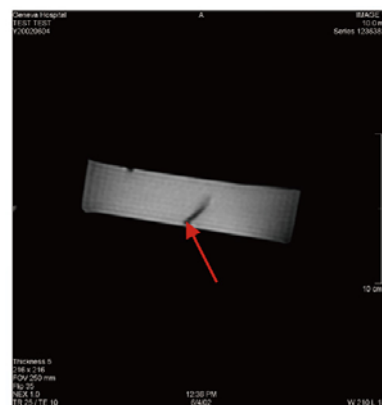
仮想的にステントを留置した様子

血管など軟組織の力学的性質を忠実に再現できる PVA バイオモデルは、CT, MRI, 超音波診断装置などの多くの医療画像診断装置で使用でき、治療方針や新しいデバイスの開発に使用され、脳外科のみならずマイクロサージェリ分野などからも注目されています。

PVA biomodel is available to use under medical image equipment such as CT, MRI, or ultrasound and to be used for development of new medical treatment or devices. And so, PVA biomodel attracts not only neuro-surgeon fields, but also micro-surgeon fields.



血管造影で撮影した血管狭窄 PVA バイオモデル



クライオセラピーで用いるニードルを PVA 固形に穿通した様子を MRI で撮影した



教授  
大林 茂  
Professor  
Shigeru  
Obayashi



准教授  
下山 幸治  
Associate Professor  
Koji  
Shimoyama



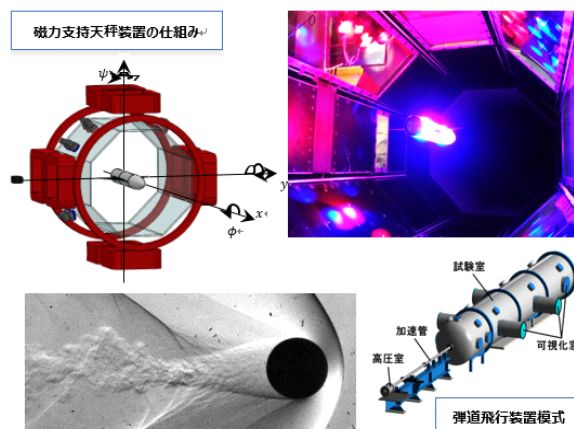
助教  
焼野 藍子  
Assistant Professor  
Aiko  
Yakeno

数値流体力学(CFD)とは、ある対象物体の内部あるいは周囲で運動する流体の様子を、コンピュータで再現し、現象を解明したり、流体機器を設計したりする学問です。コンピュータの性能向上に伴ってCFDの技術は精度や利便性が日々進化しています。本研究室では、CFD技術のさらなる利用展開のため、CFD技術と他の科学技術の融合研究を積極的に推進しています。この一環として、航空宇宙流体で問題となる流体の非線形現象に関連する種々の未解決問題の解明、多目的設計探査や不確かさの定量的評価に取り組んでいます。さらに、最新のデータ科学技術とスーパーコンピュータを駆使した大規模数値計算など、航空宇宙流体力学のさらなる革新を目指しています。

Computational Fluid Dynamics (CFD) is a discipline that reproduces the state of a fluid motion inside or around an object by computers, elucidates the phenomena, and designs fluid devices. With the progress in computer performance, CFD technologies have been evolving in terms of accuracy and usefulness day by day. Aiming at further utilization and development of CFD technologies, this laboratory is promoting transdisciplinary researches, which are motivated by the integration of CFD with other science and technologies. We are working on elucidation and control of various unsolved problems related to nonlinear flow phenomena, multi-objective design exploration and uncertainty quantitative evaluation. In addition, we aim to further innovate aerospace fluid engineering, including the latest data science technology and large-scale parallel computation by use of supercomputers.

### 磁力支持天秤装置の開発・弾道飛行装置による超音速空力実験

#### Development of Magnetic Force Supporting Balance System (MSBS) · Supersonic Aerodynamic Experiment by Ballistic Range

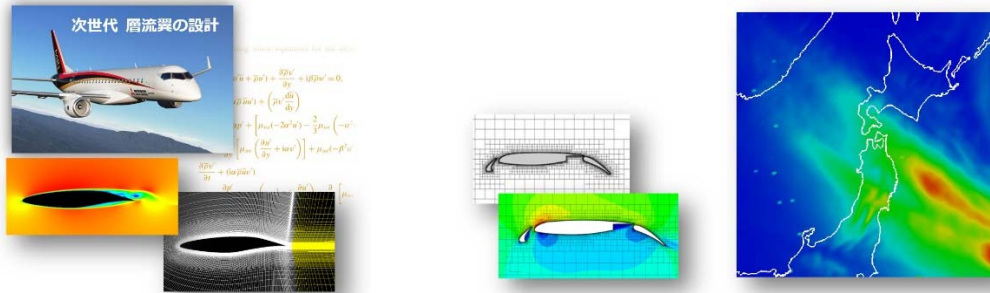


磁力支持天秤装置・弾道飛行装置による超音速空力実験の様子  
Aerodynamic experiment by magnetic force balance system (MSBS) · ballistic range

気流中の模型支持に伴う支持装置と気流との干渉がないよう、磁気力によって気流中に模型を浮上、姿勢制御可能な磁力支持天秤装置 (MSBS) の開発を行っています。現在は、超音速飛行実験のため速応性の高いシステムの構築、多自由度、非定常運動時の空力測定を可能にする技術の精度向上に取り組んでいます。弾道飛行装置を用いては、他惑星探査のための超音速空力実験なども行っています。

We are developing a magnetic force supporting system (MSBS), which is capable to float a model in the air and control its attitude by the magnetic force so that there is no interference due to the supporting with the flow around a model. Currently, we are working on improving the measurement accuracy that makes it possible to construct a highly responsive system for supersonic flight experiments, multi-degree of freedom, aerodynamic measurement during transient motion. Using ballistic flight equipment, we are also conducting supersonic aerodynamic experiments for exploring other planets.

航空宇宙流体の現象解明とデータ科学を駆使した先進的数値計算技術に関する研究  
Aerospace Fluid Phenomena and Advanced Computational Fluid Dynamics Using Data Science



航空旅客機の層流翼開発  
Development of laminar wing technology

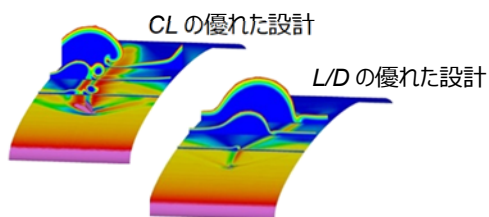
直交格子積み上げ法(BCM)の開発・データ同化による風況予測のための感度解析  
Development of building cube method (BCM) · Sensitivity analysis for wind prediction by data assimilation

民間航空機が運航する際にエネルギーの損失となる抵抗のうち、約半分は空気の粘性による摩擦抵抗です。航空機周りは層流状態と乱流状態が混在していますが、工夫により乱流への遷移を遅らせ層流を維持できれば抵抗を低減できるため、現在再び注目を集めています。そこで私たちは現在、スーパーコンピュータによる大規模並列直接数値計算や流体安定性の評価による、優れた層流翼開発を行っています。また、複雑な物体周りの数値流体解析を高速に行える、高密度直交格子による Building-Cube 法 (BCM) を開発しています。さらに私たちは、データ同化技術を工学設計へ応用、CAE の高度化のため、航空機の運行時に問題となる大気境界層での外乱の影響など、不確実性の高い現象を予測し工学設計に活かすための研究を行っています。

Approximately half of the drag when a commercial aircraft operates is friction drag is due to the viscosity of air. Laminar and turbulent states are coexisting around an aircraft wing. If we delay a transition to turbulence by some techniques and maintain the laminar flow since the viscous drag can be reduced. Therefore, we are developing superior laminar flow wing by large-scale parallel direct numerical calculation by supercomputer and evaluation of fluid stability. In addition, we are developing a Building-Cube method (BCM) with a high-density orthogonal grid that performs computational fluid analysis around complicated objects quickly. Furthermore, we are applying data assimilation technology to engineering design, aiming for the sophistication of CAE. We are conducting research to predict phenomena with high uncertainty such as the influence of disturbance at the atmospheric boundary layer which is a problem when operating an aircraft.

流体機械の多目的設計探索と不確かさの定量的評価

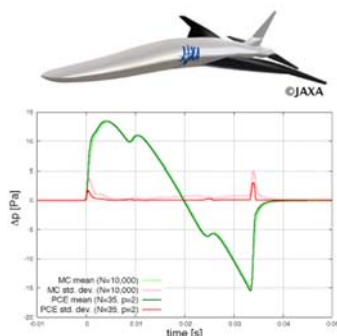
Multi-Objective Design Exploration and Uncertainty Quantification of Fluid Machineries



遷音速翼ボルテックスジェネレータの多目的設計探索  
MODE of Vortex Generators on a Transonic Wing

設計者の知識や経験に依ることなく革新的な設計案を創出する方法として、進化計算とデータマイニングをベースとした「多目的設計探索」を提案し、航空機や自動車などの流体機械の設計事例への応用に取り組んでいます。さらに、設計案の実環境下での信頼性を評価するために、「不確かさの定量的評価」を実施しています。

“Multi-objective design exploration (MODE),” which is based on evolutionary computation and data mining, is proposed as an approach to creating innovative design ideas regardless of designers’ knowledge and experiences. MODE is applied to the design of fluidic devices such as aircraft and automobile. In addition, “uncertainty quantification (UQ)” is carried out to evaluate the reliability of the design ideas in a real-world environment.



ソニックブーム伝播における不確かさの定量的評価  
UQ in Sonic Boom Propagation

## 宇宙熱流体システム研究分野

Spacecraft Thermal and Fluid Systems Laboratory



教授  
**永井 大樹**  
Professor  
**Hiroki Nagai**



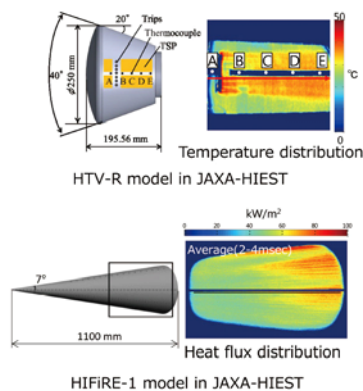
助教  
**藤田 昂志**  
Assistant Professor  
**Koji Fujita**

宇宙機は、打ち上げ時から、宇宙空間、地球への帰還時において様々な熱流体環境に晒される。特に、次世代宇宙輸送システムの開発には、大気圏再突入時の熱・空力特性の解明が必須である。本研究では、機能性分子センサーを用いた空力加熱推算手法の研究や高温（1000℃以上）、極低温などの極限環境場を計測できる熱流体計測手法の研究・開発を行っている。また極限熱環境下で長期間に亘るミッションを行う次世代の宇宙機には、限られた電力、重力のリソースで内部機器の排熱が可能な熱制御システムが不可欠である。そこで本研究室では、この要求に応えるべく、高熱輸送能力、軽量・省スペースな非電力熱輸送デバイスとしてループヒートパイプ（LHP）や自励振動ヒートパイプ（OHP）等の研究開発を行い、次世代宇宙機ミッションの実現にブレイクスルーをもたらすことを目指している。

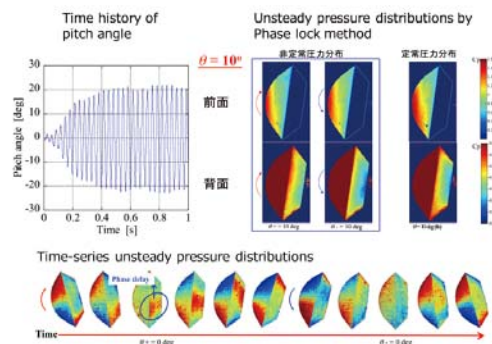
A spacecraft is exposed to various thermal-fluid environments from the time of launch to the period in space and return to the Earth. Understanding of thermal and aerodynamic characteristics in re-entry to the atmosphere is essential especially in the development of the next-generation space transportation systems. In this study, we study the methods to estimate the aerodynamic heating by using functional molecule sensors, and study and develop thermal-fluid measurement technology which can be used to measure extreme environment fields with high temperatures (1000°C and higher) as well as cryogenic temperatures. For the next-generation spacecraft which is to carry out missions over long periods under extreme thermal environments, it is essential that they have thermal control systems capable of exhausting heat from the internal devices using the limited electricity and weight resources. This laboratory, therefore, tries to address this demand and bring about a breakthrough in a realization of next-generation spacecraft missions through our research and development of loop heat pipes (LHPs) and oscillating heat pipes (OHPs) as light-weight and space-saving/non-electric heat transport devices.

### 宇宙機が惑星大気に入射する際の空力特性・空力加熱現象の解明

#### Understanding of Aerodynamic Characteristics and Aerodynamic Heating Phenomenon



極超音速飛行体の空力加熱計測  
Aerodynamic heating of hypersonic airplane

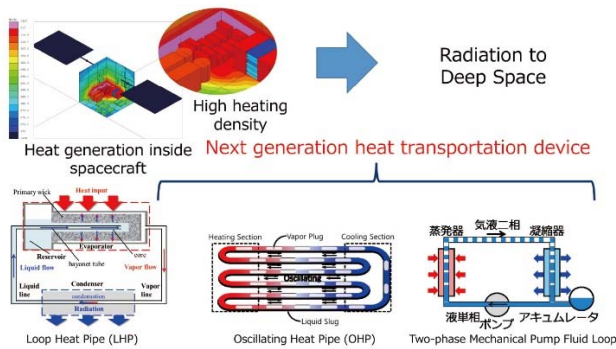


遷音速におけるはやぶさカプセルの自励振動現象の解明  
Study of self-oscillation phenomenon of HAYABUSA capsule in transonic flow

宇宙機が惑星大気に入射する際に、問題となる極超音速領域での空力加熱現象、また遷音速での動的不安定現象に着目する。前者では、感温塗料を用いて機体にかかる空力加熱を直接的に高精度で推算できる計測手法の研究を行う。また同時に計測だけでなく、CFDとの融合による機体設計のデータベースの構築も目指す。後者では、バリスティックなどの自由飛行や磁力支持風洞による現象解明を目指す。

We focus on the aerodynamic heating phenomenon occurring in the hypersonic region when a spacecraft enters the atmosphere of a planet, and the dynamic instability phenomenon related to the entry capsule when it decelerates from there to supersonic and transonic speed.

## 次世代宇宙機の熱制御デバイスの開発および革新的熱システムの開発 Development of Thermal Control Devices and Innovative Thermal Systems for Next-generation Spacecraft



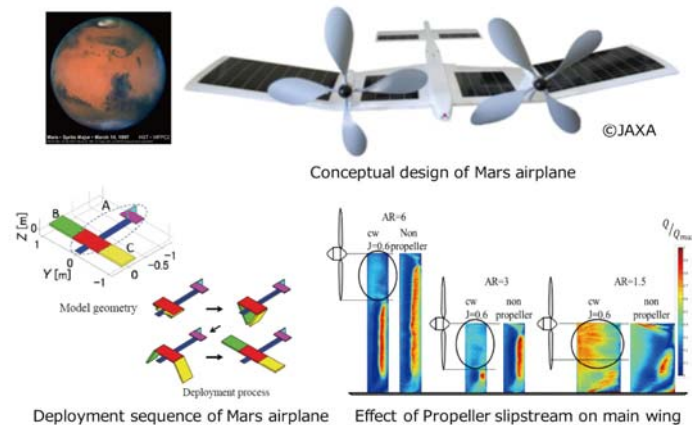
宇宙機における熱問題と気液二相流熱制御デバイス  
Thermal problem for spacecraft and vapor-liquid two-phase thermal device

宇宙機への適用を目指した気液二相流熱制御デバイスの研究・開発を行う。特に LHP/OHP は駆動部分がないため、軽量・省スペースな非電力熱輸送デバイスとしてリソースの限られている深宇宙探査機への搭載を期待されている。最終的にはこれらを組み合わせた省電力・高効率な革新的宇宙機熱制御システムの提案を目指す。

We will research and develop thermal control devices utilizing gas-liquid two-phase flow (LHP, OHP, Mechanical Pump). Especially since LHP/OHP has no driving parts, expectations are high for installation in deep space spacecraft with limited resources as lightweight, space-saving non-electric thermal transport devices. Finally, we will try to propose an electricity-saving, high-efficiency innovative spacecraft thermal control system which combines these.

## 大気を有する惑星における航空機などの“流体力”を利用した新しい探査システムの研究・開発

### Research and Development of New Exploration Systems Utilizing the “Fluid-Dynamic Forces” on Planets with Atmosphere such as Airplane



火星探査航空機に関する研究  
Study of Mars Airplane

現在、火星大気中を飛行探査する航空機(飛行機/ヘリ)を研究開発している。この中で我々が特に着目しているのは、低レイノルズ数領域における超高性能翼型の開発および流れ場の把握、そして、その流体及び飛行の制御(翼の空中展開等)である。また、地球上で唯一火星と同等な飛行環境を有する高度 35km 付近の高層大気中において、飛行実証試験を実施し世界に先駆けてその実現可能性を示す予定である。この研究を通して、大気を有する他の天体において利用可能な、流体力を利用した航空機による新しい探査システム (Planetary Locomotion) の提案を目指す。

At present, we conduct research and development of Mars aircraft (airplane & helicopter) to explore while flying through the atmosphere of Mars. A special focus of this study is to develop a super-high performance airfoil in low Reynolds number region and understand its flow field, as well as control of fluid and flight (e.g. unfolding of the wings in the air). We also plan to conduct flight demonstrations at high altitude atmosphere around 35 km on earth, which has an equivalent flight environment as Mars, to show its feasibility ahead of the world. We will try to propose a new exploration system (Planetary Locomotion) which utilizes the fluid-dynamic forces such as the airplane for other planets with the atmosphere through this research.

## 自然構造デザイン研究分野

Design of Structure and Flow in the Earth Laboratory



(兼) 教授  
**伊藤 高敏**  
Concurrent Professor  
**Takatoshi Ito**

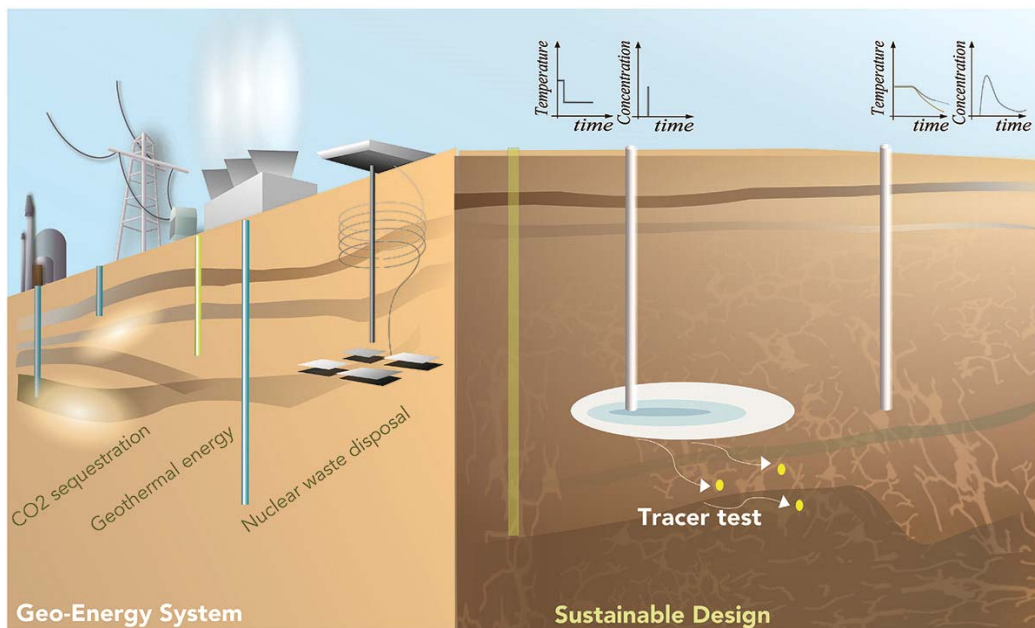


助教  
**鈴木 杏奈**  
Assistant Professor  
**Anna Suzuki**

自然構造デザイン研究分野では、自然が作り出した「形」とそこでの「流れ」に関する研究を行っています。地殻は、メタンハイドレードなどの新しい地下資源や地熱などエネルギー供給の場、また、排出された CO<sub>2</sub> や放射性廃棄物の処分場として、これからのエネルギーシステムの重要な役目を担います。しかしながら、地下岩石構造は複雑であり、地殻の工学的利用には自然界における流体流動と調和した設計が必要です。本研究室では、不均質な地下き裂岩体における移動現象を評価し、地殻を利用した持続的なエネルギーシステムを設計しながら、人間が自然と共存するためのシステムデザインを目指します。

We undertake study on “structures” formed by the Earth and the “flow” in the system. Subsurface plays an important role on long-term and large-scale energy circulation systems (i.e., productions of energy resources and geothermal energy, and repositories of CO<sub>2</sub> and nuclear waste). Since structures of the rock are complex, the geological developments require integrated design in natural fluid flow. We pursue research on transport phenomena in heterogeneous fractured rock and design of sustainable energy systems for forging mutually beneficial relationship between human beings and nature.

### 持続的な地殻エネルギーシステムの設計 Design of Sustainable Geo-Energy Systems



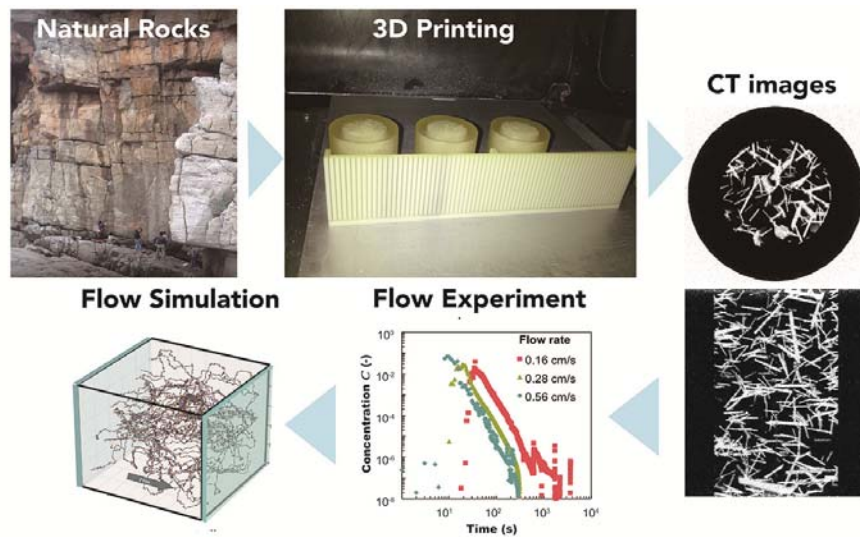
Design of sustainable geo-energy systems

地下の熱源を利用する地熱発電は、発電に利用した水を地下の熱で再び温める循環サイクルをつくることによって、持続的なエネルギーシステムを構築できます。本研究では、流動評価を行うトレーサー試験を軸にして、持続的な水の循環サイクルをつくるための最適なデザイン手法を開発します。

Geothermal energy can provide a sustainable energy system by creating water circulation due to reinjection of used water. We propose methodologies for designing well conditions (e.g., positions, temperature) based on tracer test.

## 岩石構造の定量的評価と流体流動実験

### Geometric Fracture Characterization and Fluid Flow Experiment



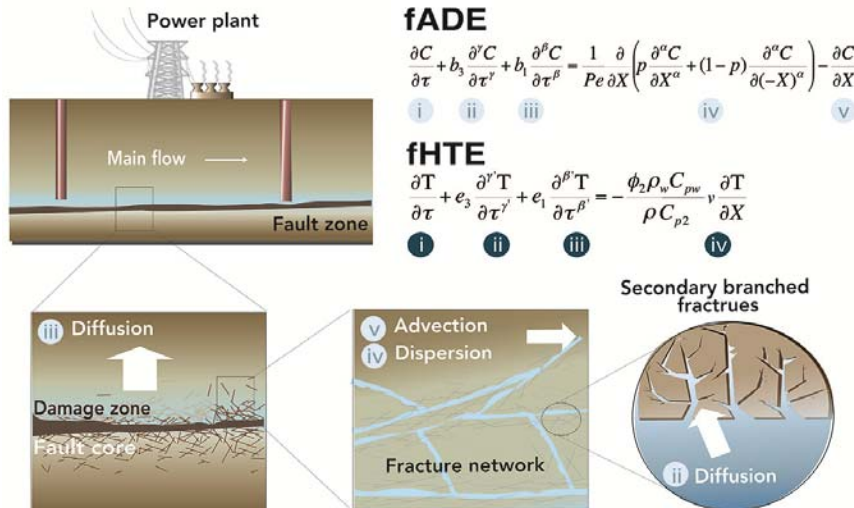
3D printer-based flow modeling

幾何学を用いて複雑なき裂構造を定量的に評価し、構造と流動特性との関係性を解明します。3D プリンタを用いてき裂構造をコントロールした試験片を作成することによって、既存のコア実験や数値シミュレーションでは検討が不十分だった条件での流動実験をすることができます。

Fracture structures are evaluated in geometries, and flow experiment is conducted to reveal the relationship between the structures and the hydraulic properties. By using samples created by a 3D printer, we can examine several aspects of fluid dynamics in fractured rocks.

## 複雑系での移動現象解明

### Characterization of Transport Phenomena in Complex Media



Fractional heat and mass transport equations

均質媒体を仮定したモデルでは表現できないき裂性岩体内の移動現象を表すために、nonlocal モデル（非整数階微分など）の開発を行います。

Complex fractured rocks generate anomalous transport phenomena, which cannot be described by conventional transport models. Nonlocal models (i.e., fractional diffusion models) are developed to reproduce complex transport phenomena.



教授  
小林 秀昭  
Professor  
Hideaki  
Kobayashi



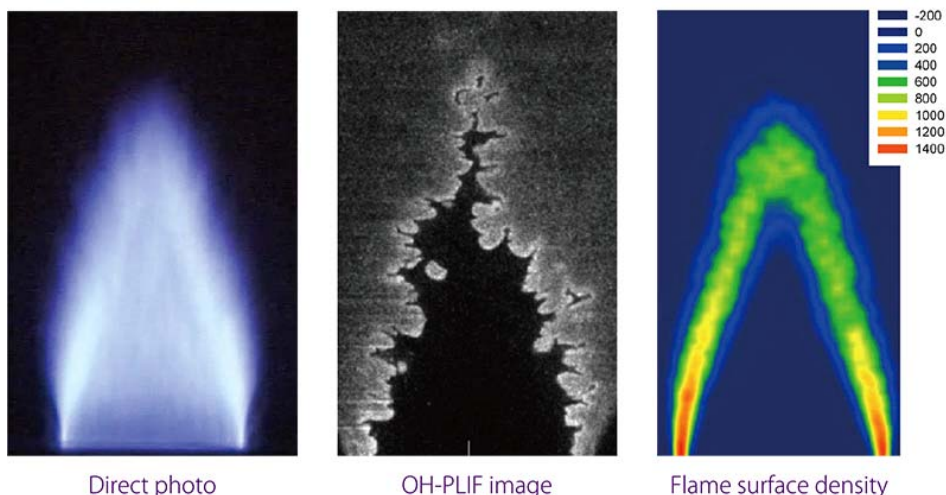
助教  
早川 晃弘  
Assistant Professor  
Akihiro  
Hayakawa

環境・エネルギー分野の代表課題である燃焼は、温度、濃度、速度、高温化学反応といった多次元のダイナミクスが複合した現象です。本研究分野では、複雑な燃焼現象の解明、次世代融合研究手法による高速燃焼診断法および解析手法の研究開発を行い、これらの一体化によって環境適合型燃焼法および燃焼予測、制御技術の高度化を目指しています。特に、高温・高圧環境における乱流燃焼、廃棄物や燃料液滴などの不均質燃焼、超高速燃焼の基礎現象解明と制御法の開発に取り組んでいます。

Combustion is a complex phenomenon composed of multi-dimensional dynamics of temperature, concentration, velocity, and chemical reactions. And also advanced combustion technologies are essential for solving the environmental and energy problems. Our laboratory focuses on investigation of combustion phenomena, development of diagnostics and analysis method. Projects on turbulent combustion at high pressure and high temperature, heterogeneous combustion such as fuel spray and wastes, and controlling of supersonic combustion are in progress.

### 燃焼の科学と高効率エネルギー技術

#### Combustion Science and Highly Efficient Energy Technology



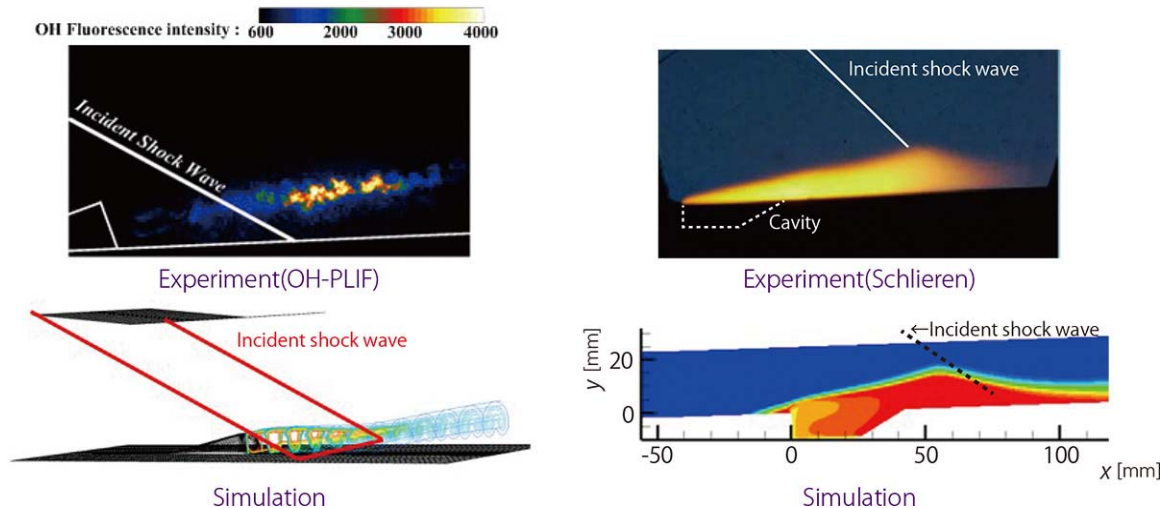
高圧化の CO/H<sub>2</sub>/air 乱流予混合火炎  
CO/H<sub>2</sub>/air turbulent premixed flame at high pressure

現代のエネルギー技術の中核にある燃焼技術は、反応性気体力学により深い研究を基盤としながら、環境負荷を最小にする燃焼開発や燃焼システムの一層の効率化が求められています。ガスタービンシステムへの石炭改質ガスや代替燃料利用を想定した高温高圧下の乱流燃焼の研究を高度なレーザー計測技術を駆使して行っています。

Combustion as a core of energy technologies today requires development of new fuels and further increase in thermal efficiency as well as deep understandings of aerothermochemistry. Turbulent combustion mechanism in a high pressure and high temperature environment for highly efficient energy systems is investigated using advanced laser diagnostics.



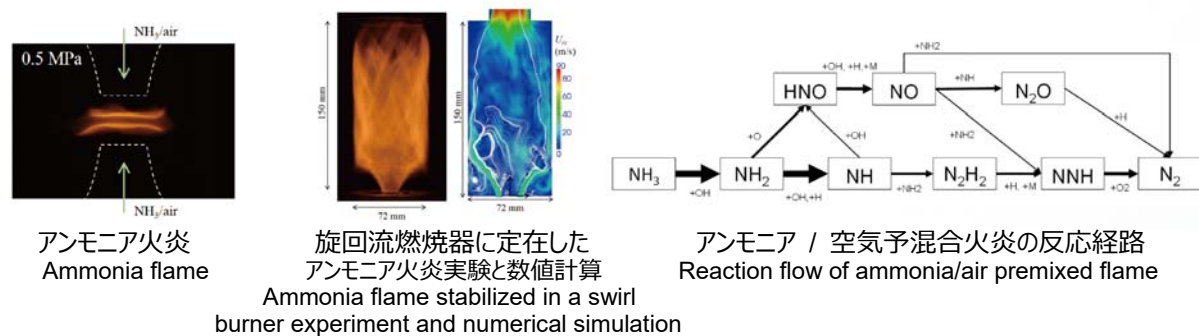
## 超音速流燃焼における衝撃波干渉 Shock Wave Interaction in Supersonic Combustion



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、極限環境下における高速反応流です。本研究では、OH レーザー誘起蛍光法 (OH-PLIF) による入射衝撃波と干渉する燃焼領域を可視化、さらに数値計算結果も考慮し、ランプインジェクタおよびキャビティ保炎器に形成される燃焼の安定メカニズムを明らかにすることを目的として研究を行っています。

Researches on mixing, combustion and interaction of shock wave in supersonic flow are essential for the development of next-generation supersonic combustion engine. In this study, planer laser induced fluorescence for OH (OH-PLIF) and numerical simulation are performed in order to investigate the effects of the incident shock wave on the mixing and combustion for ramp injector as well as cavity flame-holder.

## アンモニア燃焼の基礎特性解明と実用燃焼器への適用 Investigation of Fundamental Characteristics of Ammonia Combustion



近年、アンモニアは水素エネルギーキャリアとしてのみならず、カーボンフリーであることから次世代燃料としても期待されています。しかしながら、その基礎的燃焼特性は十分明らかではありません。本研究はアンモニア火炎の燃焼速度や燃焼生成ガス特性を実験および詳細化学反応計算に基づいて検討を行っています。さらにアンモニア燃焼をガスタービンやレシプロエンジンへのアンモニア燃焼の適用に向けた研究も行っています。

Recently, ammonia is expected not only as hydrogen energy carrier but as also carbon-free fuel. However, its combustion characteristics are not fully understood. In this study, the combustion characteristics of ammonia are investigated based on experiments as well as numerical simulations with detailed chemistry. In addition, flame stabilization mechanism and turbulent combustion are also studied in order to apply the ammonia combustion for gas turbines and reciprocating engines.

## 伝熱制御研究分野

Heat Transfer Control Laboratory



(H29.3.31 まで)  
教授  
圓山 重直  
Professor  
Shigenao  
Maruyama



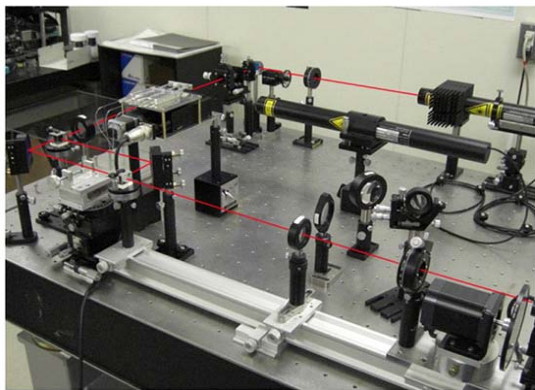
准教授  
小宮 敦樹  
Associate Professor  
Atsuki  
Komiya

本研究分野では、高温場や宇宙空間、あるいはマイクロマシンの微細伝熱現象のような極限環境下における伝熱現象や物質移動現象を直接的に能動制御する研究を行っています。光学計測技術を用いて極限環境やマイクロ・ナノスケールにおける熱・物質移動現象の可視化を行い、低環境負荷エネルギーシステムの開発や相変化による伝熱促進技術に応用しています。また、生体内の複雑伝熱現象に関する研究を行っています。

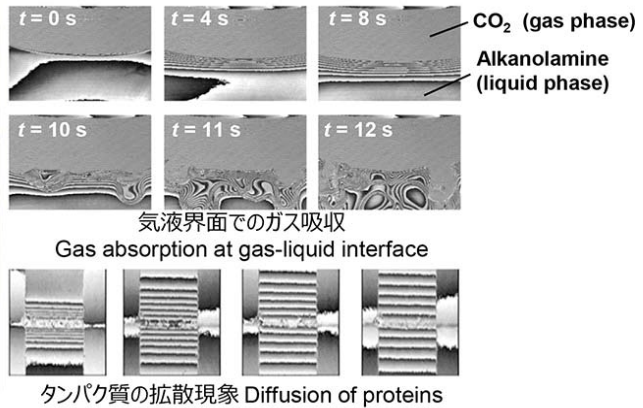
Precise and active controls of heat and mass transfer under extreme conditions such as micro/nano scale and zero-gravity environments are important for future science and technology. This laboratory has been conducting research on the fundamentals of heat and mass transfer controls using an advanced optical system, and applies them to the low emission energy system and heat transfer enhancement. Heat transfer in intra-vital condition are also investigated.

### 革新的光学干渉法による複雑系物質輸送過程の可視化

Precise Visualization of Complex Mass Transport Phenomena by Modified Interferometer



位相シフト干渉計 Phase shifting interferometer

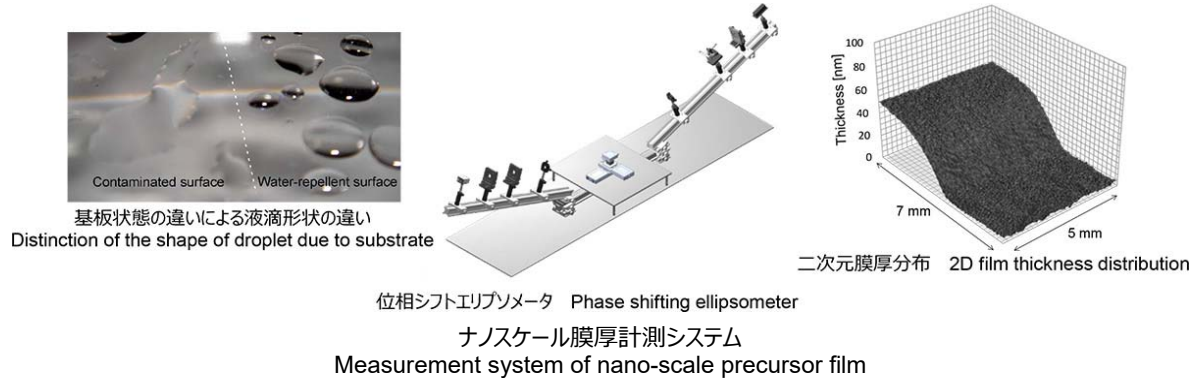


位相シフト技術を用いた高精度可視化システム  
Visualization system by phase-shifting technique

従来の光学干渉計を改良利用し、視野 1mm 四方以下のマイクロ領域における拡散現象を高精度に可視化できるシステムを開発しています。位相シフト技術を導入することで、非定常拡散場や気液界面でのガスの吸収過程の高精度可視化に成功しました。このシステムを使って、複雑系における物質の輸送過程を定量的に評価する研究を進めています。

A precise measurement system of mass transport phenomena in sub-micron scale is developed by using an optical system. By applying the phase shifting technique to the conventional interferometer, we precisely visualize transient mass diffusion field or gas absorption process at gas-liquid interface. Quantitative evaluation of mass transport phenomena in complex system is studied.

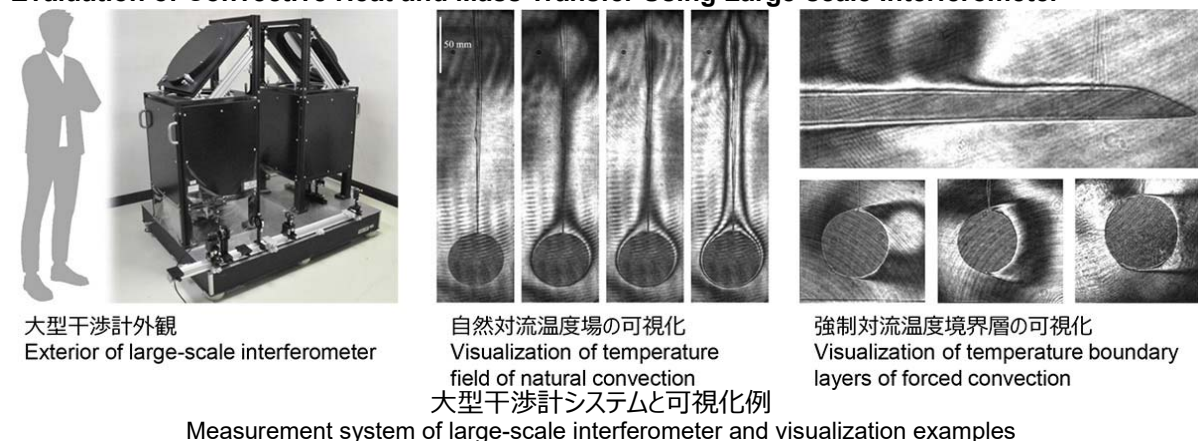
## 位相シフトエリプソメータを用いた先行液膜の動的挙動観察 Measurement of Precursor Film Dynamics by Phase Shifting Ellipsometer



「コンタクトライン」と呼ばれる固気液界面近傍の物理はとても複雑で、その解明は様々な伝熱現象の理解において重要であります。本研究ではエリプソメトリ法を用いてナノメートル厚の薄膜を可視化する計測装置を開発し、固気液界面近傍の先行液膜の形状と周囲環境の影響について実験的に調べています。

An experimental investigation in the vicinity of boundary area of three phases, solid-liquid-gas interface namely “contact line” are important for understanding of the phase change phenomena such as wetting, drying and surface events of heat transfer. A visualization system for the measurement of nano-scale thickness distribution of the precursor film is developed. From the visualization results, the relation between circumferential shape of precursor film and surrounding condition is investigated.

## 大型干渉計を用いた流動場における熱・物質輸送の評価 Evaluation of Convective Heat and Mass Transfer Using Large-scale Interferometer



サブミクロンオーダーの熱・物質輸送現象を可視化する技術と同じ原理を使って、比較的大きな熱・物質輸送現象である自然対流の乱流遷移現象や一様流中に形成される温度境界層・濃度境界層を観察し、伝熱促進・制御に向けた研究を進めています。流れの遷移を観察するため大型干渉計を製作し、移流による熱・物質伝達機構の解明を目指しています。

Applying same visualization technique of micro/nano heat and mass transfer phenomena to a construction of the large-scale interferometer, the convective heat and mass transfer and transition of natural convection from laminar to turbulent flow are evaluated. The thermal/concentration boundary layers under forced convective condition are also visualized, and the mechanism of heat transfer enhancement in convection is studied.

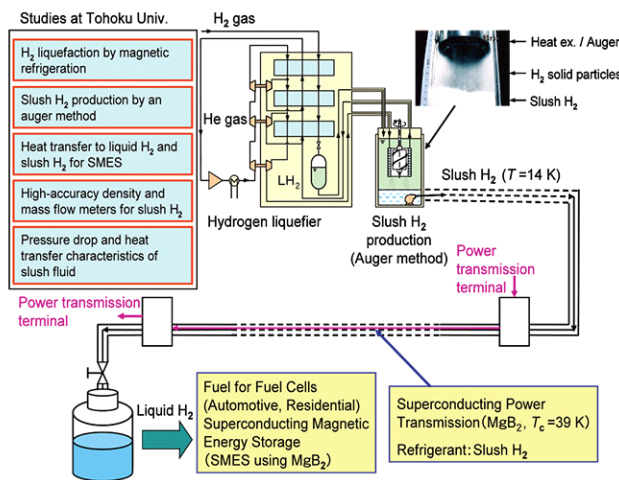


教授  
**大平 一秀**  
Professor  
**Kazuhide Ohira**

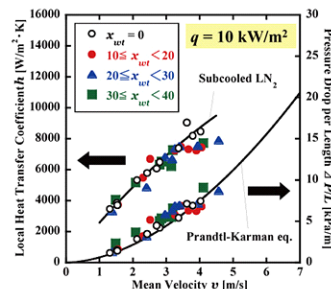
当研究分野では、極低温混相流体の流動・伝熱現象の解明と先進的極低温機器への応用を目的として研究を進めています。極低温固液二相スラッシュ流体の流動・伝熱現象、極低温気液二相流体の流動・伝熱現象、サブクール極低温流体のキャビテーション現象等の解明を行って、水素エネルギー技術、宇宙開発、超伝導技術への応用・展開を図っています。特に、液体と同成分の固体粒子が混在する極低温固液二相スラッシュ水素は高密度流体、冷媒として優れた機能性熱流体の特性を持っており、スラッシュ水素を媒体とした高効率な水素エネルギーシステムを提案して、研究・開発を行っています。

Our laboratory focuses on the research of thermo-fluid phenomena of cryogenic multi-phase flow, and their applications to advanced cryogenic machines. Cryogenic engineering is one of the leading-edge technologies, and expected to support advanced technologies for the hydrogen clean energy system, space exploration and superconducting power machines. Especially, slush hydrogen is a solid-liquid two-phase single-component fluid and provides an attractive means for advanced thermal energy transportation and storage as functionally thermal fluid. We have proposed and have been developing a high-efficiency hydrogen energy system taking advantage of the synergetic effect of simultaneous transportation and storage of hydrogen fuel and electrical power.

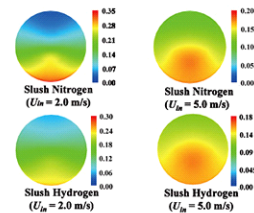
**極低温スラッシュ流体の流動・伝熱特性に関する研究**  
**Flow and Heat Transfer Characteristics of Cryogenic Slush Flow**



シナジー効果による高効率水素輸送・貯蔵システム  
Synergetic effect in combination with slush hydrogen and superconducting power machines



Pressure drop reduction and heat transfer deterioration of slush N<sub>2</sub>



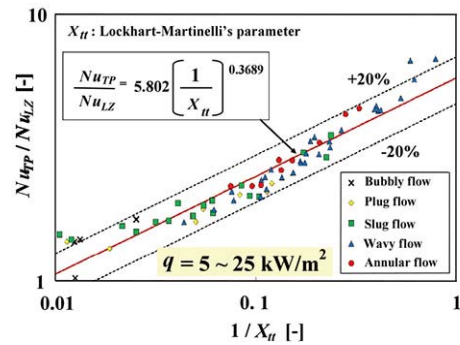
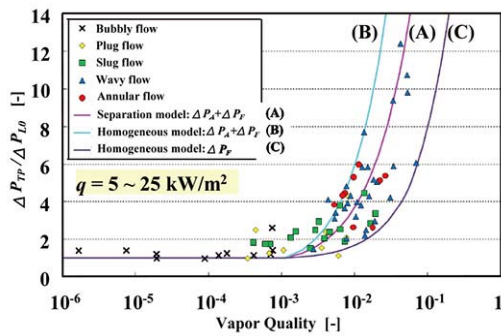
Solid fraction distribution of slush N<sub>2</sub> and slush H<sub>2</sub> by numerical analysis

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を目指し、スラッシュ流体の管内流動・伝熱現象の解明を実験および数値解析の両面から行っています。スラッシュ流体が管内流動時に、液体より圧力損失が低減する圧力損失低減現象、熱伝達劣化現象について研究を行なっています。

In order to develop the high-efficiency hydrogen energy system using slush hydrogen, experimental and numerical researches are under way to clarify flow and heat transfer phenomena of slush flow. Pressure drop reduction and heat transfer deterioration of slush flow in a pipe have been already reported.

## 極低温気液二相流体の流動・伝熱特性に関する研究

### Flow and Heat Transfer Characteristics of Cryogenic Gas-Liquid Two-Phase Flow

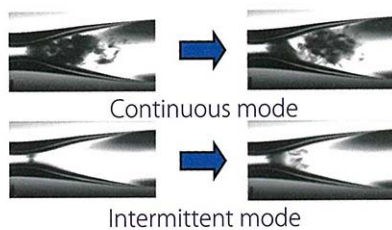


JAXA は液体水素を燃料とする極超音速機用予冷ターボジェットエンジンの開発を行っています。エンジン開発に必要な極低温流体の気液二相特性はこれまでに詳細に研究されていません。極低温気液二相流の圧力損失を含む圧力変動、強制対流熱伝達特性、強制対流熱伝達時のフローパターンについて実験的研究を行っています。本研究の一部は JAXA との共同研究で実施しています。

JAXA has been promoting research and development work on a hypersonic pre-cooled turbojet engine using liquid hydrogen fuel. Experimental research is under way to elucidate fundamental characteristics of cryogenic two-phase flow such as pressure loss, forced convection heat transfer and flow pattern since they have yet to be sufficiently ascertained. Part of the work is carried out under the JAXA-IFS Collaborative Research Project.

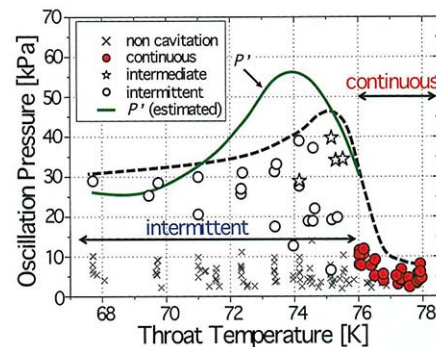
## サブクール極低温流体のキャビテーション特性に関する研究

### Cavitating Flow Phenomena of Subcooled Cryogenic Fluid



|                 |              |              |            |    |
|-----------------|--------------|--------------|------------|----|
| Temperature [K] | 68           | 74           | 76         | 78 |
| Cavitation Mode | Intermittent | Intermediate | Continuous |    |

Cavitation modes emerged in a C-D nozzle with the decrease of liquid N<sub>2</sub> temperature



Oscillation pressure during cavitating flow in a C-D nozzle with the decrease of liquid N<sub>2</sub> temperature

サブクール極低温液体は宇宙機器の燃料、超伝導機器の冷媒として期待されていますが、キャビテーション現象は詳細に研究されていません。キャビテーション発生時の流動構造の違い、流体振動、熱力学的効果について研究を行なっています。収縮-拡大(C-D)ノズルにおいて、二相化、低温化による音速低下が原因と考えられるキャビテーションモードの変化(連続的から間欠的発生)、流体振動について研究を行なっています。

Experimental research work such as cavitating flow structure, flow oscillation and thermodynamic effect has been promoting using subcooled liquid N<sub>2</sub>. In a converging-diverging (C-D) nozzle, the cavitation mode changes from continuous to intermittent with the decrease of liquid N<sub>2</sub> temperature because the decreased speed of sound in a bubbly flow restricts the throat velocity (choke phenomenon). The oscillation pressure during the intermittent mode rises to a quite large value.



教授  
**伊賀 由佳**  
Professor  
**Yuka Iga**



助教  
**岡島 淳之介**  
Assistant Professor  
**Junnosuke Okajima**

当研究分野では、高速気液二相流、特にキャビテーションに関する複雑流動現象の解明と、それに関連する流体機械システムの高度化に関する研究を、数値シミュレーションと実験の両面から行っています。

In this laboratory, complex flow phenomenon associated with high-speed gas-liquid mixture flows, especially about cavitation, is studied by using supercomputing and experiment. Additionally, advancement of fluid machinery systems with the mixture flows is investigated.

### 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不安定現象 Cavitation Instabilities in Liquid Propellant Turbopump

液体ロケットエンジンのターボポンプ入口にあるインデューサと呼ばれる軸流ポンプでは、キャビテーション不安定現象と呼ばれる振動現象が発生することがあります。これは、キャビテーションサージや旋回キャビテーションと呼ばれ、推進剤流量の脈動や、回転非同期の軸振動、ポンプ性能の低下を引き起こし、さらには実際に重大事故の原因となった例も報告されています。特に超同期旋回キャビテーションは、通常のポンプで発生する旋回不安定とは逆向きに伝播するロケットポンプ特有の不安定現象で、発生メカニズムが解明されておらず大変興味深い現象です。本研究室では、このキャビテーション不安定現象の振動特性の予測、抑制・制御手法の開発、発生メカニズムの解明などを行っています。

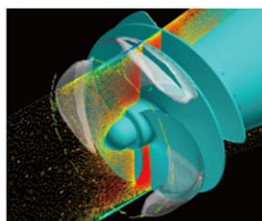


©JAXA

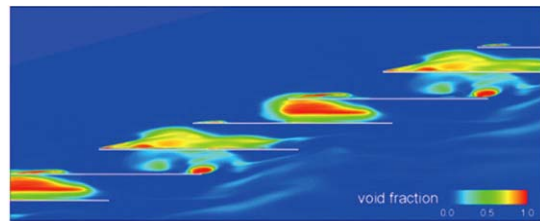
In an axial-flow pump which is called inducer in liquid-propellant rocket turbopump, undesirable oscillation phenomenon is caused by cavitation. It is called cavitation instabilities; rotating cavitation causes asynchronous axial vibration of the turbopump and cavitation surge brings pulsation of working fluid. When the cavitation instabilities occur in the inducer, efficiency of the turbopump declines and launch failure of the rocket was rarely reported. Especially, super-synchronous rotating cavitation has opposite characteristics of propagation direction to the general rotating instabilities in any other rotating machinery. The occurrence mechanism has not been clarified, so that, it is very interesting phenomenon. In this laboratory, prediction of the oscillation characteristics, development of new control/suppression technique and clarification of occurrence mechanism are attempted.



©JAXA

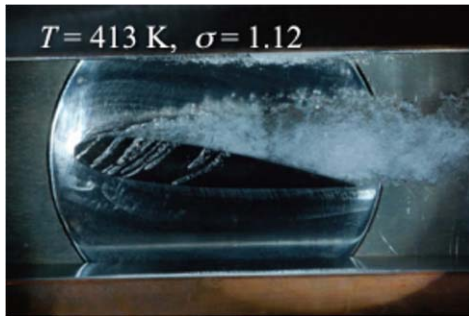


インデューサに発生する  
翼端もれ渦キャビテーション  
Tip leakage vortex cavitation in inducer



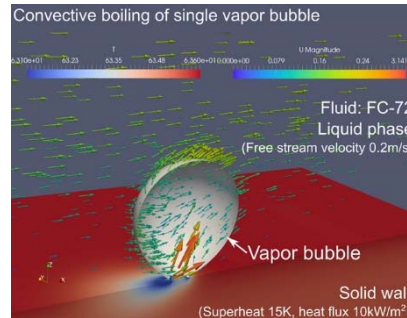
超同期旋回キャビテーション  
Super-synchronous rotating cavitation

## 気液二相流における熱輸送現象の解明とその応用 Thermal Transport in Two-Phase Flow and Its Application



高温水中翼形キャビテーション

Hydrofoil cavitation in high-temperature water

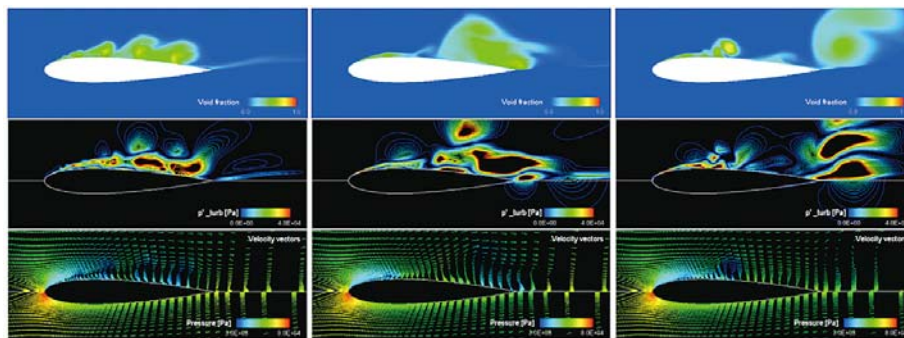


せん断流中における単一気泡の沸騰伝熱の数値シミュレーション  
Numerical simulation of boiling heat transfer of single bubble in shear flow

キャビテーションや沸騰では気体と液体が共存し、境界である気液界面で熱が移動し、蒸発や凝縮が生じます。さらに流体中の物体や壁面上でも、材料や濡れ性の違いで固気液界面を通じた熱の流れは変化します。この複雑な熱輸送現象の理解は、キャビテーションの体積を抑制しロケットポンプの性能を向上させるキャビテーション熱力学的効果や、電子機器冷却における沸騰伝熱機構の解明に必要不可欠です。本研究室では、高温高圧水キャビテーショントンネル実験や数値シミュレーションを通じて、これらの現象を理解し、極低温ポンプの性能向上や高発熱デバイスの冷却、医療用小型冷凍デバイスなどへの応用を目指しています。

In cavitation or boiling flow, phase change such as evaporation and condensation occurs with heat transfer through liquid-vapor interface. Additionally, thermal interaction between two-phase fluid and solid wall is affected by material properties and wettability. Understanding complex thermal transport in two-phase flow is important to clarify thermodynamic effect of cavitation and mechanism of boiling heat transfer. In this laboratory, these phenomena are studied by high-temperature and high-pressure water tunnel test and numerical simulation and applications to cryogenic pump, cooling of electronic device, and small freezing device for medical usage are developed.

## キャビテーション数値解析モデルの高度化 Advancement of Cavitation Model in CFD



NACA0015 翼形まわりに発生する遷移キャビテーションの様相の経時変化  
Time evolution of an aspect of transient cavitation around NACA0015 hydrofoil

キャビテーションのCFD (Computational Fluid Dynamics) の分野では、これまでいくつかのモデルや解析手法が開発され、最近ではそれらを実装した汎用ソフトウェアも手に入るようになってきました。しかし、最も単純な流れ場と言える単独翼まわりのキャビテーション流れであっても、特に高迎角の遷移キャビテーション状態では、時間平均揚力すら予測できないのが現状です。キャビテーション流れの予測精度の向上はCFDの分野に残された課題であり、本研究室でも、キャビテーションモデルの改良に取り組んでいます。

In these days, several cavitation models and the numerical method have been developed and several commercial CFD software has been put on a market. But the prediction accuracy is not so high, for example, time averaged lift of a single foil is unable even to predict in transient cavitation condition in higher angle of attack condition. Therefore, the advancement of prediction accuracy of cavitation is a remaining problem in the research field of CFD, and also in this laboratory, the cavitation model is attempt to be modified.



(兼) 教授  
**大林 茂**  
Concurrent Professor  
**Shigeru Obayashi**



准教授  
**孫 明宇**  
Associate Professor  
**Mingyu Sun**

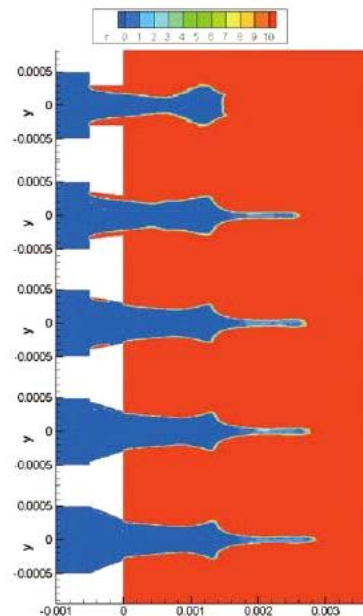
レーザー誘起液体ジェットや爆発的な火山噴火のような高温高压高速下の衝撃波を伴う圧縮性混相流現象を解明することが当グループの目的です。現在、長年開発してきた非構造格子を用いた高解像度技術に基づき、サブグリッド界面モデルを構築し、汎用性の高い解析技術を開発しています。

We are devoted to research on compressible multiphase flows, especially accompanied by shock waves, such as laser-induced liquid jet, and explosive volcano eruption. Currently, we are developing a general-purposed numerical technique using solution-adaptive grids and hybrid grids, by modeling subgrid-scale interfacial phenomenon.

### レーザー誘起液体ジェットの数値解析技術の開発 Numerical Modeling of Laser Induced Liquid Jet

レーザー誘起液体ジェット(Laser-induced Liquid Jet : LILJ)を用いた場合、軟部組織内を切除する際に、血管が温存され、肝臓手術などでその有用性が報告されてきました。LILJは従来のポンプ式等に比べ、レーザーパルスを使用するために間欠駆動が可能である点や、周囲の医療機器に電磁的な影響を与えないという点で優れています。現在、市場化を目指し、応用領域を広げつつあります。本研究グループはLILJの基盤解析技術を確立しました。

A laser-induced Liquid Jet (LILJ) can cut soft tissues, while preserving blood vessels, which has been reported in clinical liver operations. Compared with the conventional pumps, the LILJ is excellent in the point in which an intermittent pulsed jet is possible, and the point of not having electromagnetic influence on surrounding medical equipment. We have established a numerical model that can analyze the jets for general applications.



ノズル形状によるレーザー誘起液体ジェットの変形  
Influence of nozzle geometry on the laser-induced liquid jet

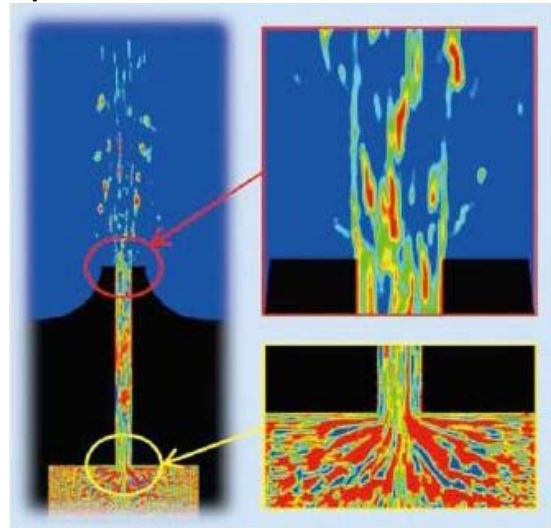


## チャンネル内高圧液中気泡の破碎現象に関する研究

### Defragmentation of High Pressure Bubbles and Liquids in Channel

火山噴火の際のマグマ噴出挙動は、マグマと高圧気泡の気液二相現象と捉えられる場合が多く、本研究で開発した計算手法は、界面追跡手法もとに界面法線ベクトルを界面の移流方程式で求め、火山噴火現象について気泡の膨張や変形の影響を考慮した数値模擬を行い、火山噴火現象に及ぼすマグマ圧力及びボイド率の影響を解析できました。

The magma ejection in an explosive volcanic eruption is modeled as high-pressure bubbles in liquid, which is a compressible gas-liquid two phase phenomenon. We have developed a sharp interface method that can resolve subgrid-scale bubbles using the advection equation of surface normal. The expansion, breakup and coalescence of bubbles are considered. The influences of the initial pressure and void rate of the gas bubbles on the volcanic eruption phenomenon are analyzed.



火山噴火の直接シミュレーション  
(青色が気体の領域、赤色が液体の領域)  
Direction simulation of volcanic eruption, (blue color represents gas phase, and red represents the liquid phase)

## 可視化光学系の解析技術

### Numerical Analysis of Optical Visualization Systems



光学系の数値解析例

Numerical images of visualization methods: Shadowgraph (left), Schlieren (middle), Color Schlieren (right)

光の屈折を利用したシャドウグラフやシュリーレンなどの可視化光学系の解析技術を開発しました。流れ場を含む光学系全体を通過する光線を追跡し、可視化の画像生成原理に忠実に基づき、光学素子の配置・特性による可視化画像への影響を解析できました。

A technique to analyze optical visualization methods for compressible flows, such as shadowgraph and Schlieren methods that make use of light refraction, has been developed. The light rays that pass the whole optical system including a flow field are traced, faithfully based the principle of geometric optics. The influence of optical elements and arrangement of these elements can be analyzed.



教授  
**服部 裕司**  
Professor  
**Yuji Hattori**



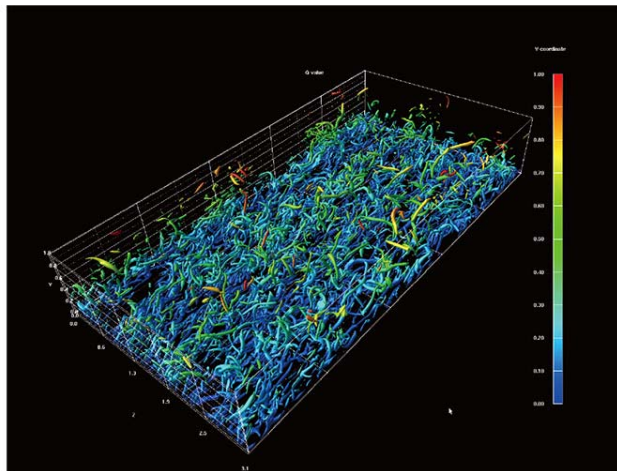
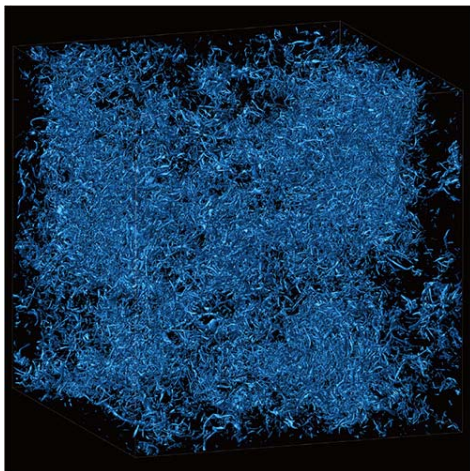
助教  
**廣田 真**  
Assistant Professor  
**Makoto Hirota**

流動現象は、生物レベルから地球・宇宙スケールの諸現象、さらに航空宇宙、地球環境、次世代エネルギー産業などの工学応用など、幅広い分野にあらわれます。コンピュータの飛躍的な発達に伴い、流動現象のコンピュータシミュレーション研究の応用範囲が拡大する中で、シミュレーションの精度に対する要求は高度化し、また大規模データから知見を引き出す手法の開発へのニーズが高まっています。当研究分野では、流動現象の大規模コンピュータシミュレーションに関する研究、すなわち新しいシミュレーション技術の開発とその応用研究を行っています。さらに数理解析的アプローチによる流体力学の基礎研究を行っています。

Flow phenomena are ubiquitous in many areas ranging from biological to astronomical scale and in many applications including aerospace engineering, environmental studies and energy technologies of next generation. Thanks to the rapid growth of computational power, computer simulation of flow phenomena has acquired a wide range of application. There are increasing needs for highly accurate simulation as well as novel methods for obtaining useful knowledge from huge data. In our laboratory, we are studying flow phenomena by numerical simulation. New methods for numerical simulation and their application are developed. We are also doing theoretical studies of fluid dynamics by mathematical approach.

### 複雑流動現象の大規模数値シミュレーション研究

#### Direct Numerical Simulation of Complex Flow Phenomena



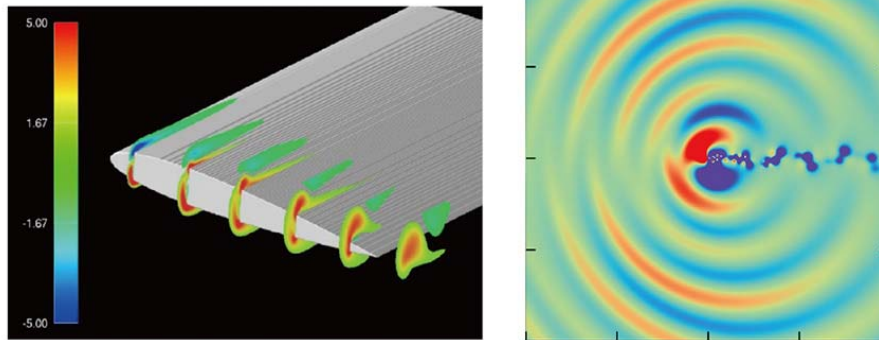
乱流現象の直接数値シミュレーション例  
Direct numerical simulation of turbulent flows

流体科学の基礎的な問題から応用的な問題まで幅広く、複雑流動現象の大規模コンピュータシミュレーション研究に取り組みます。特に、乱流を中心とする複雑流動現象を高い精度で解析し、乱流の統計的性質の解明とモデリングに資することを目的としています。

We study complex flow phenomena by direct numerical simulation. In particular turbulent flows are investigated using highly-accurate numerical methods in order to understand the statistical properties of turbulence and develop accurate turbulence models.

## 流動現象の高精度数値解法の開発

### Development of Highly-Accurate Method for Numerical Simulation of Complex Flow Phenomena



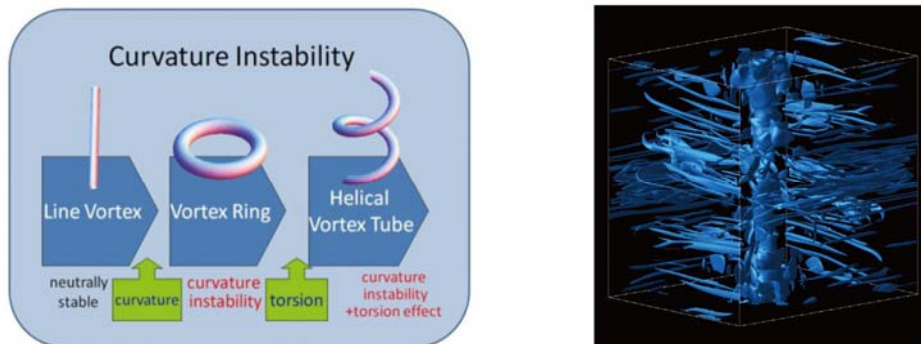
Penalization 法による数値シミュレーション  
Numerical simulation by Penalization method

自然現象や工業的な場面でわれわれが遭遇する流れは、一般に複雑な形状をもつ物体や、運動・変形する物体を含んでいます。これを高い精度で数値解析により捉えることは複雑流動現象の理解や制御などの応用のために重要であります。そのための数値計算手法の開発と、スーパーコンピュータによる現実的大規模シミュレーション研究を行っています。

The flows in nature and engineering often involve complex bodies which move and/or deform in the flow regions. We develop numerical methods for highly-accurate numerical simulation of the complex flow phenomena. Using the methods we also perform realistic direct numerical simulation of various flow phenomena.

## 渦のダイナミクスと数理流体力学

### Vortex Dynamics and Applied Mathematical Fluid Dynamics



渦の曲率不安定性の理論と渦の不安定化現象  
Theory of curvature instability and destabilized vortex

流体现象の解明のために渦運動の理解は重要な役割を果たします。渦の動力学の立場から、渦構造のもつ特性・多様性・普遍性を解明することを目標とし、さまざまな渦構造の性質とダイナミクスについて研究しています。また、流体科学研究の発展においては、基礎的な研究手法の開発・応用は重要な位置を占めます。微分幾何学や解析学などの数学的手法を応用する研究を行っています。

It is important to understand the vortex dynamics in investigating flow phenomena. The fundamental properties and the dynamics of various vortical structures are studied. Our goal is to reveal the characteristics, universality of the vortical structures from the viewpoint of vortex dynamics. Fundamental and general methods are important in the research of fluid science. Various tools in mathematical physics, especially in differential geometry, functional analysis, dynamical system etc. are developed and applied for fluid science.

## 非平衡分子気対流研究分野

Non-Equilibrium Molecular Gas Flow Laboratory



(兼) 教授  
**小原 拓**  
Concurrent Professor  
**Taku Ohara**

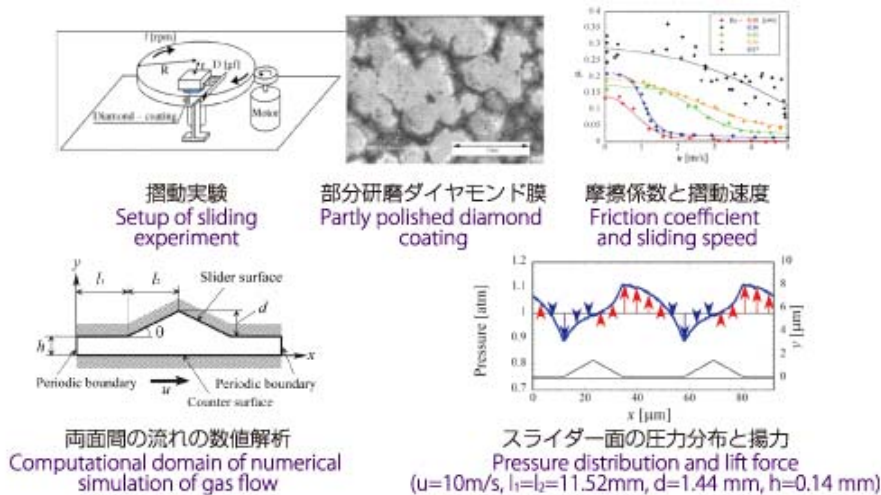


准教授  
**米村 茂**  
Associate Professor  
**Shigeru Yonemura**

半導体デバイス製造のための希薄気体流れやプロセスプラズマ、および、MEMS/MEMS 近傍のマイクロスケールの流れでは、流れの代表長さに比べて分子の平均自由行程が無視できないほど大きくなるため、分子間衝突数が極端に減少して非平衡性が強くなります。このような流れは連続体と見なされず、ボルツマン方程式により、原子・分子・イオン・電子の運動を取り扱わなくてはなりません。近年の微細加工技術の発展からその工業的な重要性は年々高まっています。当研究分野では、このような流れの物理現象を解明するとともに、産業への応用研究を行っています。

In rarefied gas flows and processing plasmas for semiconductor manufacturing and microscale gas flows in the neighborhood of MEMS/MEMS, mean free path of molecules cannot be negligible compared with characteristic lengths of gas flows. Such flows are in strong nonequilibrium due to lack of intermolecular collisions and cannot be considered as a continuum. Therefore, they have to be treated in view of atoms, molecules, ions and electrons. Due to the development of recent microfabrication technology the industrial importance of rarefied gas flow has increased year by year. We study the physical phenomena of such flows and use the knowledge obtained here in industry.

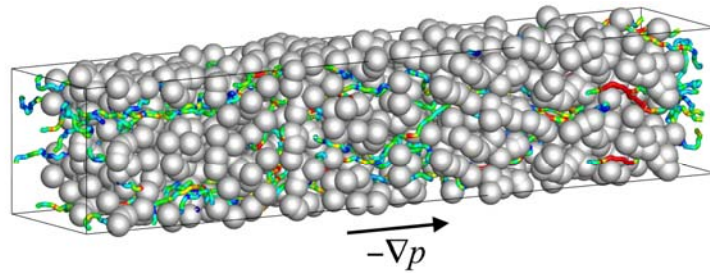
### ナノ気体潤滑の分子気体力学的アプローチによる研究 Molecular Gas Dynamics Study of Nanoscale Gas Lubrication



部分研磨されたダイヤモンド膜を回転円盤上で摺動すると、回転速度の上昇とともに摩擦係数が劇的に小さくなる事が報告されていました。そのメカニズムはよく分かっていませんでしたが、本研究による理論解析によって明らかになりました。摺動表面の微細な凹みにより摺動面間の気体に高い圧力が誘起され、その高圧により摺動面が引き離されて、非接触状態となるため、低摩擦となっていたのです。軸受などの摺動部をもつあらゆる機械にこの潤滑システムは応用可能です。そのための基礎研究を行なっています。この研究はシンガポールの科学雑誌 Asian Scientist Magazine で特集されました。

The friction coefficient of a partially polished diamond coating is drastically decreased as sliding speed is increased. But, the mechanism had been unknown. Using theoretical analysis, we clarified its mechanism as follows: High gas pressure is induced by the presence of dimples. Then, it separates two sliding surfaces, and realizes the situation that both surfaces are non-contact. This is the reason of low friction. This lubrication system can be applied to any mechanical devices with sliding parts such as bearing system. We do fundamental research on this lubrication system. This research was featured in Asian Scientist Magazine in Singapore.

## 多孔質体内のマイクロ・ナノスケール気体流れにおける輸送現象に関する研究 Study on Transport Phenomena in Micro/Nanoscale Gas Flow in Porous Media

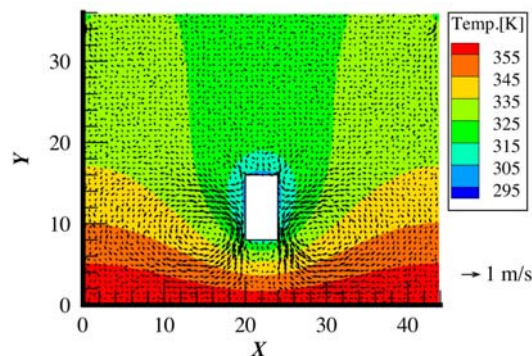


圧力勾配により多孔質に誘起される気体流れの流線  
Streamlines of gas flow through a porous medium induced by applied pressure gradient

燃料電池の電極に用いられる多孔質体の空孔のサイズは気体分子の平均自由行程程度まで小さくなります。そのような多孔質体内気体流れでは、速度すべりや分子のクヌッセン拡散などの特異な現象が現れ、多孔質の透過率自体が変化してしまい、流量予測が困難になります。本研究では、分子運動の視点からそのような多孔質体内部の輸送現象を明らかにすることを目的としています。これまでに、圧力勾配により誘起される気体流れの流量および透過率を、連続流領域から自由分子流領域まで、あらゆるクヌッセン数領域にわたって与えることができる理論式を提案し、その妥当性を確認しました。この成果は東北大学から海外向けにプレスリリースされました。

The pore size of porous media used for electrodes of fuel cell is as small as the mean free path of gas molecules. In gas flow through such porous media, peculiar phenomena such as velocity slip and Knudsen diffusion appear. Due to those phenomena, it is difficult for us to evaluate gas flux because its permeability is affected by them. The objective of the present study is to clarify transport phenomena in such porous media from the viewpoint of molecules. So far, we proposed and verified a theoretical expression, which gives gas flux and permeability and is applicable to the whole range of Knudsen number from continuum flow regime to free molecular flow regime. This result went out to the public via a news release from Tohoku University.

## クヌッセン力により駆動するマイクロ物体の輸送に関する研究 Study on transportation of microscale object driven by Knudsen force



非一様温度場におかれたマイクロ物体周りに誘起される気体流れ  
Gas flow induced around a microscale object immersed in a gas with non-uniform temperature

気体分子の平均自由行程程度の長さスケールで気体に温度変化がある場合、その中に置かれた物体は気体から力を受け、また反対に、気体もその反作用の力を受け、流れが誘起されます。この力はクヌッセン力と呼ばれ、通常のスケールの気体流れでは起こらない、分子気体流れ特有の現象です。本研究は、クヌッセン力を解明し、よく理解することにより、マイクロスケールの物体の輸送に応用することを目的としています。

In the case where the gas temperature changes within a length scale as small as the mean free path of gas molecules, an object immersed in such a gas is subjected to a force from the surrounding gas. On the other hand, the gas is also subjected to its reaction force and starts to flow. This force is called Knudsen force and cannot be seen in a gas flow in usual length scale. Thus, it is a phenomenon peculiar to molecular gas flows. The objective of the present research is to clarify and understand the Knudsen force, and then to apply it to transportation of microscale object.



教授  
小原 拓  
Professor  
Taku  
Ohara



助教  
Assistant Professor  
Donatas  
Surlblys



助教  
川越 吉晃  
Assistant Professor  
Yoshiaki  
Kawagoe

熱流体現象を分子運動レベルで解析することは、現象の本質的なメカニズムを理解して現象を制御することにより、必要な熱流体現象を「設計」するための基礎となります。また、先端技術においてしばしば見られる、熱流体物性や界面などマクロなモデルが破綻する極限的な現象に対しても、分子運動レベルの熱流体解析は極めて有効です。応用分野では、MEMS/NEMS 技術と結びついた流体応用技術であるマイクロ／ナノフルイデクスとして、バイオ関連技術や生体内の微細な熱・物質輸送のメカニズムに学んだバイオメテクス流体機械の展開につながります。

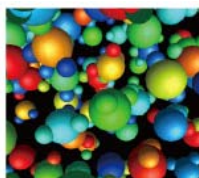
分子熱流動研究分野では、分子から MEMS/NEMS のスケールにおける熱流体現象の理解を深め、その応用を探ることを目的として、研究を進めています。

Analysis of thermal and fluid phenomena based on the molecular dynamics theory leads to understanding of fundamental mechanism of the phenomena, and ultimately, to the design of thermal and fluid phenomena that are needed in the cutting-edge area in modern technologies. Also the molecular-scale analysis is effective for thermofluid phenomena in extreme conditions in which macroscopic models such as thermophysical properties and the concept of interface are no longer valid. In the application field, micro/nanofluidics is now expanding rapidly especially for the field of biotechnology, which is based on the micro/nanoscale thermal and fluid engineering supported by the recent progress of the MEMS/NEMS technologies. Realization of the mechanism of nanoscale thermal and mass transport in living body in biomimetic fluid machines is one of the most promising fields in the area of micro/nanofluidics.

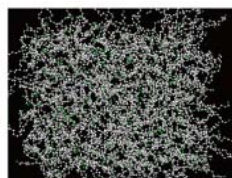
The molecular heat transfer laboratory is engaged in the research to analyze micro/nanoscale thermal and fluid phenomena, from the molecular scale to the MEMS/NEMS scale, and pursue the application of it.

### 流体の構造と熱・運動量の分子スケール輸送特性

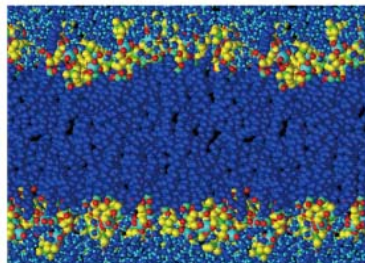
#### Study on Fluid Structure and Transport Characteristics of Energy and Momentum



Bulk liquid water



Bulk liquid n-tetracosane



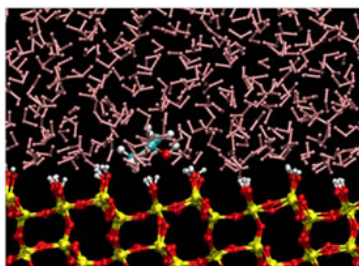
Lipid bilayer membrane in water

流体、特に液体中には様々な構造が存在し、その動特性が液体中の輸送現象、すなわち熱・運動量・物質の移動を支配しています。液体中の構造を解析し、その構造の輸送特性を解析することにより、なぜその液体の輸送物性値はその値なのか、希望の輸送物性値をもつ流体はどのような分子構造をもっているのか、などの疑問を解明します。また、脂質分子が水中で形成する二重膜構造（生体細胞膜のモデル）など、液体中に発現するナノスケールのヘテロ（不均一）な構造とそこで発現する非等方的熱物質輸送現象を解析し、新しいナノスケール熱物質輸送デバイスの材料として応用するための基礎研究を行っています。

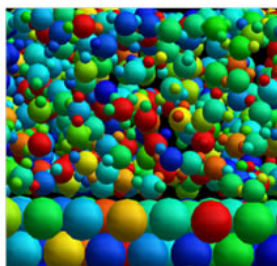
Fluids, especially liquids, contain various structures of which dynamic characteristics governs transport phenomena in liquids, i.e., transport of mass, momentum and thermal energy. Analysis of liquid structures and their transport characteristics gives a thorough answers for some questions such as why the liquid have its magnitude of thermophysical properties and how the molecular structure should be to realize a liquid having desired thermophysical properties. Another point of this study is heterogeneous structures such as bilayer of lipid molecules organized in water (model for cell membranes of living body). Anisotropic transport phenomena that arise in such heterogeneous structures are analyzed as a basic study for novel materials of nanoscale thermal and mass transport devices.

## 固液界面における熱・物質輸送特性

### Heat and Mass Transfer Characteristics at Solid-Liquid Interfaces



IPA (alcohol) molecule in liquid water on a SiO<sub>2</sub> solid surface



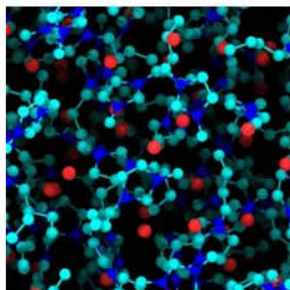
Liquid water-Solid platinum

固体・液体が接する界面における熱と物質の輸送現象は、NEMSや多孔質体など微細構造をもつ系の総括的特性を支配しています。また、半導体製造工程のウェットプロセスなど微細加工に利用され、製品の成否を決定する鍵となっています。界面近傍の液体中に固体表面の影響を受けて発現する特異な構造や、固体分子-液体分子間のエネルギーの伝搬を解析する分子動力学シミュレーションにより、現象のメカニズムを明らかにするとともに、必要な界面特性を発現する分子及び微細構造を探索するための基礎研究を行っています。

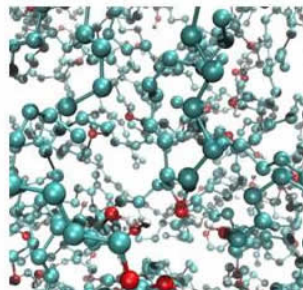
Heat and mass transfer at interfaces where solids and liquids contact governs overall characteristics of nano-structured systems such as NEMS and porous materials. The phenomena are utilized in nano-fabrication process such as the wet process for semiconductor devices. Molecular dynamics simulation analyzes anomalous structures in liquids in the vicinity of solid surfaces produced under the influences of solid surfaces and intermolecular energy transfer between solid and liquid molecules, which clarifies mechanism of the phenomena. Basic studies to seek molecules and nanostructures which exhibit required interface characteristics are also performed.

## 液体分子の熱エネルギー伝搬特性データに基づく熱媒流体の設計

### Design of Novel Thermal Fluids Based on the Thermal Energy Transfer Data of Liquid Molecules



イオン液体



デカノール液体

エネルギーの高効率利用や熱機器の高機能化において、機器内外を流動し熱エネルギーを運搬する熱媒流体は大きな役割をもっている。分子を構成する様々な官能基など原子あるいは原子群がなす力学的エネルギー伝搬への寄与を解析し、それらが集積して発現する熱エネルギー伝搬特性に関するデータに基づいて、様々な使用条件に対して最適化され最高の性能を発揮する熱媒を実現する分子がどのようなものであるかを知るのが、本研究の目的である。固体において実現している材料設計のアプローチを流体の熱流動特性に対して確立するのが目標である。

Thermal fluids, which flow and transport thermal energy in devices, are playing a major role for highly efficient usage of thermal energy in sophisticated thermal devices. The aim of this study is to know the structure of molecules for thermal fluids which are optimized for specific conditions and give the best performance. This is accomplished based on the data concerning thermal energy transport in fluids, which are obtained by analyses of mechanical energy transfer due to dynamic motions of molecules and functional groups in molecules. Our goal is to establish the design approach of thermal and flow characteristics for fluids, just like solid materials that has been established in these days.



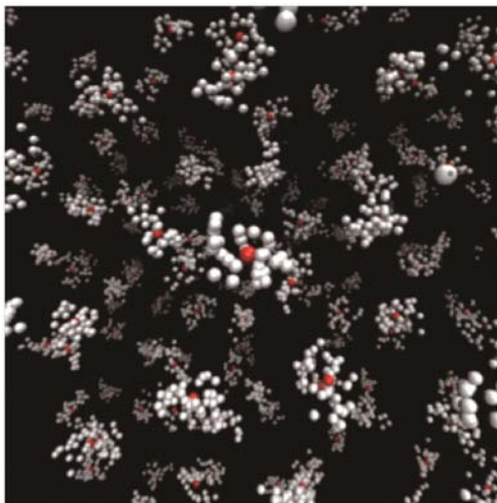
教授  
徳増 崇  
Professor  
Takashi  
Tokumasu

流体の流動現象には、原子・分子のスケールで生じる「化学反応」が流体のマクロな「拡散現象」に大きく影響する場合がございます。また、水素のように極めて軽い原子は、その原子を質点として見なすことができず、その影響が物質の相図などに現れることがあります。このような性質が現れるメカニズムを解析したり、これらの物質で構成されているナノスケールの流動システムの挙動を解析する場合、通常の分子動力学法ではその性質を正確に再現できないため、この物質の「量子性」を考慮した手法を用いて解析する必要があります。本研究分野では、このような流体の「量子性」が熱流動現象に影響を及ぼす系を対象にして、その量子効果を取り込んだ様々な手法を用いてその性質を解明し、工学的に応用することを目的として研究を行っています。

In the flow phenomena of fluid, it is often seen that the "chemical reaction" which occurs at the atomic/molecular scale affects much on the macroscopic "diffusion phenomena" of fluids. Moreover, very light atoms, such as hydrogen, cannot be regarded as a mass point and its effect sometimes appears at the phase diagram of this substance. When we analyze the mechanism by which the characteristics appears or behaviors of nanoscale flow systems which consists of such substances, it is necessary to analyze them by the method in which the "quantum effect" of the substances is considered because the conventional molecular dynamics method cannot treat such characteristics accurately. Our laboratory treats the system in which the quantum effect of such fluid affects on the flow phenomena, and conducts research on clarification of its physical mechanism by various methods with considering the quantum effect and its application for engineering aspects.

### 水素の量子性が熱流動特性に与える影響に関する量子・分子動力学的研究

#### A quantum/Molecular Dynamics Study of the Effect of Quantum Characteristics of Hydrogen on Its Flow Characteristics



水素分子は酸素や窒素といった二原子分子に比べて質量が軽く、そのため不安定性原理により原子位置を正確に特定できなくなります。この水素原子の量子性のために液体水素の熱物性値は対応状態原理からはずれず挙動を示します。この液体水素の熱流動特性を分子動力学法で正確に再現するためには、水素原子の位置の不確定性を考慮した手法を用いる必要があります。本研究では経路積分セントロイド分子動力学法を用いてこの量子性を考慮し、水素の量子性がマクロな物性値に影響をおよぼすメカニズムについて解析を行っています。

原子位置の不確定性を模擬した液体水素の経路積分セントロイド分子動力学シミュレーション

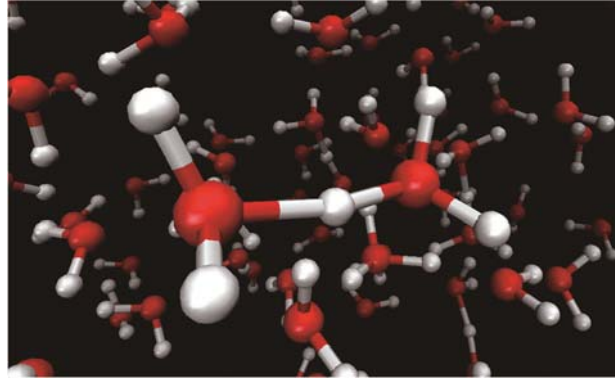
Path integral centroid molecular dynamics simulation of liquid hydrogen to mimic the uncertainty of position of atoms

Hydrogen molecule has a light mass compared with conventional diatomic molecules such as nitrogen or oxygen, and therefore the position of hydrogen molecule cannot be determined by uncertainty principle. Due to the quantum effect of hydrogen molecule, the thermodynamic properties of liquid hydrogen is not consistent with the principle of corresponding state. It is necessary to use the method which consider the uncertainty of position of hydrogen atoms to reproduce the flow characteristics of liquid hydrogen accurately by molecular dynamics method. In this study we treat the quantum characteristics of hydrogen by using path integral centroid molecular dynamics method and analyze the mechanism by which the quantum characteristics of hydrogen affects on the macroscopic flow phenomena of liquid hydrogen.



## プロトン輸送現象解明のためのプロトンホッピングモデルの構築

### Construction of Proton Hopping Model to Analyze the Transport Phenomena of Proton



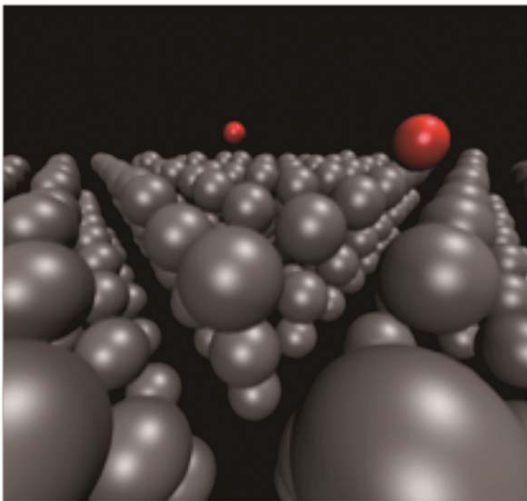
水中のプロトンホッピングの量子分子動力学シミュレーション  
Proton hopping in water by quantum molecular dynamics simulation

プロトン(H<sup>+</sup>)は水中では水分子(H<sub>2</sub>O)と結合してオキシニウムイオン(H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>)として存在しますが、このオキシニウムイオンは「プロトンホッピング」という化学反応を利用した移動機構により水よりも4~5倍速く水中を拡散します。そのため、物質中でのプロトンの輸送を分子動力学法により評価するには分子の解離・再結合といった「化学反応」を考慮した手法を用いる必要があります。本研究では、様々な量子計算によりその性質を解明し、古典分子動力学法の範囲でこのプロトンホッピングを取り扱えるモデルの構築を目指しています。

In water a proton (H<sup>+</sup>) exists as an oxonium ion (H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>) by connecting with water molecule (H<sub>2</sub>O). The diffusivity of oxonium ion is 4-5 times larger than that of water molecule by the mechanism which uses a kind of chemical reaction called "proton hopping". Therefore it is necessary to use the methods which can treat the "chemical reaction", such as dissociation and recombination, to analyze proton transport in substances by molecular dynamics method. In this study we investigate the characteristics of "proton hopping" by various quantum calculations and make a model to treat proton hopping in the framework of classical molecular dynamics.

## 触媒金属表面上の分子解離現象に関する研究

### Study of Dissociation Phenomena of Molecules on Catalyst Surface



触媒金属表面上で分子が解離する現象は、金属表面上の自由電子が分子の反結合性軌道を占有することによって水素原子間の結合が弱くなるために起こります。この現象を分子動力学法で再現するには、金属表面上の電子状態が水素分子の結合強度に与える影響を考慮した解析を行う必要があります。本研究では、電子状態を考慮できる相互作用ポテンシャルを構築して分子の解離現象を解析し、その結果からさらに大規模なシステムの計算に適用可能な分子解離モデルの構築を目指して研究を行っています。

白金表面における水素分子の解離  
Dissociation of hydrogen molecule on platinum surface

Dissociation of molecules on a catalyst surface occurs by weakening bond strength of hydrogen atoms in a hydrogen molecule by filling anti-bonding orbitals of molecules with free electrons on metal surface. It is necessary to consider the effect of the state of electrons on metal surface on the bond strength of hydrogen atoms in a hydrogen molecule to reproduce the phenomenon by molecular dynamics method. In this study we construct an interaction potential which can treat the state of electrons and analyze the dissociation of molecules. Moreover, from the results, we construct the dissociation model of molecules which can be applied to simulations of larger system.



教授  
佐藤 岳彦  
Professor  
Takehiko  
Sato



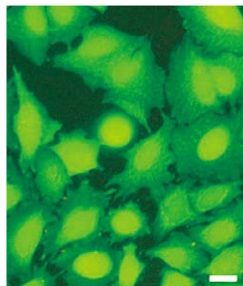
助教  
上原 聡司  
Assistant Professor  
Satoshi  
Uehara

大気圧における低温プラズマの流れは、熱、光、化学種、荷電粒子、衝撃波などの生成や輸送が簡便に行えるため、近年これらの特徴を利用した殺菌や治療法の研究が進められています。本研究分野では、細胞の活性化や不活性化過程の解明、プラズマ殺菌法の開発、気液プラズマの反応流動機構の解明、ナノ流動現象の解明などにより、プラズマの流れと生体の相互作用について明らかにし、次世代医療技術として期待されている「プラズマ医療」の基礎学理の構築ならびに応用をすすめ、国民の健康を守る新しい医療技術の創成を目指しています。

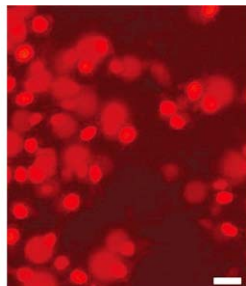
As a low-temperature plasma flow at atmospheric pressure is easily capable of generating heat, light, chemical species, charged particles, shock wave, etc., recently, a research on a sterilization and a plasma treatment has started using those physical features. The biological nanoscale reactive flow laboratory aims at a fundamental study and applications of “plasma medicine”, which is expected to become a next-generation medical technology, through the studies on activation and inactivation processes of cells, development of a plasma sterilization method, phenomena of reactive flow dynamics and nanoscale flow dynamics for a gas-liquid plasma and interactions between a plasma flow and cell/bacteria.

### プラズマ医療の開拓：プラズマ流の刺激による生体応答の解明

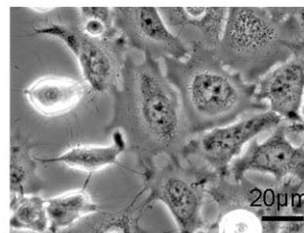
#### Development of Plasma Medicine: Plasma Flow and Biological Responses



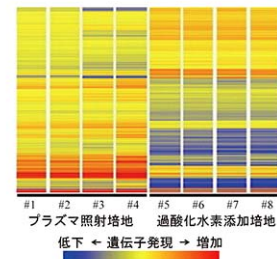
がん細胞  
Fluorescence image of  
HeLa cells. Before  
exposure to plasma-  
treat culture medium



プラズマ照射後に死滅した  
がん細胞  
Cell death with necrosis  
after exposure  
The scale bar is 20µm.



プラズマ照射によりがん細胞が  
収縮している様子  
Shrinkage of HeLa cells by  
exposure to plasma flow



プラズマ照射と過酸化水素への  
暴露に対する細胞の遺伝子  
発現現状の変化  
Comprehensive gene  
analysis of HeLa cells  
exposed to plasma-treated  
and H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-added culture  
media

プラズマが生成する化学種が細胞にどのような影響を与えているのかを解明し、プラズマ医療の基礎学理と応用を目指します。現在は、プラズマ流の制御による細胞の活性化や不活性化、ならびにその機構の解明を目指しています。具体的には、細胞応答の誘導法の確立に向けて、DNA マイクロアレイを利用した遺伝子群応答を解析し、プラズマにより生成された過酸化水素が不活性化因子であることや、プラズマ特有の細胞活性化作用があることを明らかにしています。また、プラズマが生成した化学種の輸送機構の解明も取り組んでいます。

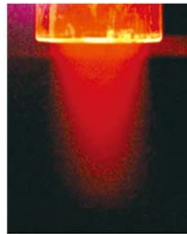
We aim at clarifying the effects on cells by chemical species generated by plasma, and aim for the fundamental study and the application. We have now studied about the activation and inactivation mechanism of cell viability by a plasma flow. Concretely, we analyze the gene expression responses by using the DNA microarray, and we clarified that the hydrogen peroxide generated by plasma is a factor of inactivation and also it has the plasma's original feature of cell activation, and the transport mechanism of chemical species generated by the plasma flow.

## プラズマ殺菌装置の開発

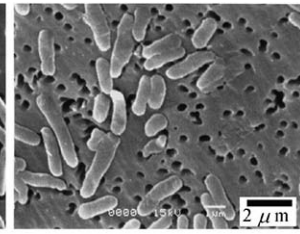
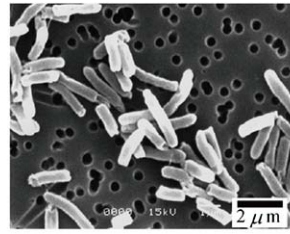
### Biological Interference with Plasma Flow at Atmospheric Pressure



可視化画像  
Photograph



励起 N<sub>2</sub> 分布  
Distribution of N<sub>2</sub> excitation



プラズマ照射による大腸菌の形状変化, (右) 照射後  
Effect of plasma flow on E. coli. Treated (right)

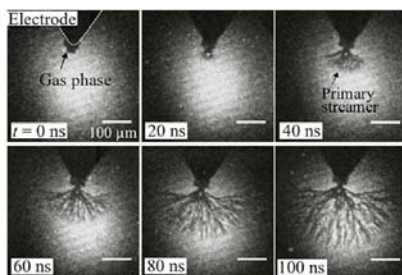
大気プラズマ流の可視化  
Visualization of the plasma flow

新型インフルエンザや院内感染などの感染症対策や新しいプラズマ医療機器の開発のために、プラズマ流中のラジカル生成輸送機構を実験・数値解析により解明し、滅菌因子や滅菌機構を明らかにします。また、新しい滅菌装置を開発します。

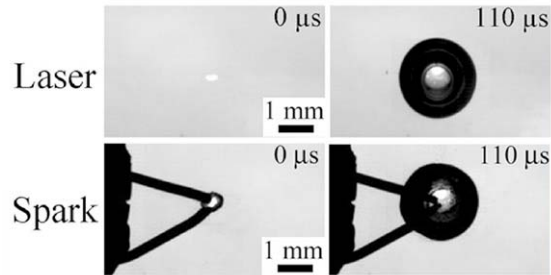
To reduce infection risks of new influenza, nosocomial infection and so on, and to develop next-generation medical instruments, we aim at clarifying generation and transportation mechanisms of a plasma flow by experimental and computational analyses and we aim at identifying the central factor of sterilization effect and clarifying sterilization mechanism. Also, we have been developing a practical plasma sterilization device.

## 水中プラズマ流の放電機構とプラズマ気泡挙動の解析

### Discharge Mechanism of Plasma in Water and Analysis of Plasma Bubble Behavior



水中 1 次ストリーマの進展の様子  
Propagation of primary streamer in water



キャビテーション気泡の挙動解析  
Analysis of behavior of cavitation bubbles

プラズマ医療における液中放電の応用を目指し、その基礎となる水中プラズマにおけるストリーマの開始・進展機構の解明を進めています。可視化が極めて困難な 1 次ストリーマの連続進展写真をナノ秒単位で観察することで、1 次ストリーマが断続的に進展することや 2 次ストリーマの高速進展時に連続放電電流成分が出現することなどを明らかにしました。また、レーザーやスパークなどの高温プラズマによるキャビテーション気泡の挙動において長年論じられていた気泡中の不凝縮ガスの存在について、EPFL (スイス) と共同研究により水素ガスが含まれていることを明らかにしました。

Toward the application of discharges in liquids in the field of plasma medicine, we advance the clarification of the inception and the propagation of streamers in the underwater plasma. By observing successive propagating photographs of primary streamers on the nanosecond time scale that are extremely difficult for visualization, we clarified that the primary streamers propagate intermittently, and the continuous current component of the discharge appears when the secondary streamers propagate at high velocities. Also, through the collaborative research with the EPFL in Switzerland, we clarified that the hydrogen gas which is non-condensable gas is included in bubbles generated by high-temperature plasmas such as laser or spark which has been discussed for years.



(兼) 教授  
小原 拓  
Concurrent Professor  
Taku  
Ohara



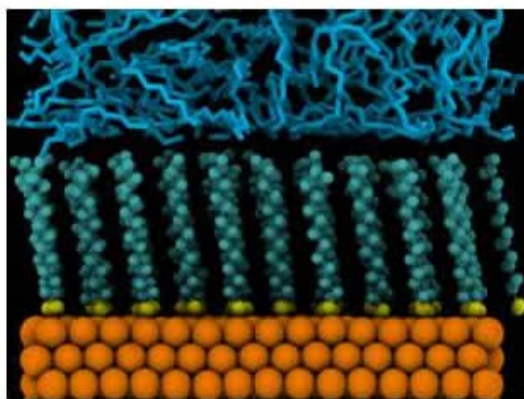
准教授  
菊川 豪太  
Associate Professor  
Gota  
Kikugawa

ナノスケールからマクロスケールに渡る多くの工業・産業プロセスにおいては、分子レベルの物理が複合的に関与する熱流動現象が数多く見られます。特に、デバイス表面での放熱性能の向上による次世代半導体デバイスの限界性能向上、熱流動特性や機械特性の最適化による新規高分子素材の探索・設計には、界面での熱流動特性や不均質媒体における分子スケール構造と輸送特性の相関など、複合的な視点での現象理解が不可欠です。そこで、分子動力学法をはじめとした大規模数値シミュレーションにより、熱流体工学におけるミクロスケールの熱・物質輸送現象およびマクロな熱流体物性を支配するミクロスケールメカニズムの解明を目指しています。また、複数のスケールに渡る数値解析技法の統合によってマルチスケール性を有する熱流動現象の解明を行います。これらの知見を基盤とすることで半導体プロセス、高分子素材開発等の関連産業へ貢献することを視野に研究を進めています。

From nanoscale to macroscale, various thermal and fluid phenomena, to which composite molecular-scale physics gets engaged, are of critical importance in the wide range of engineering and industrial processes. In particular, an essential understanding of these phenomena is indispensable to exploit the limit performance of next-generation semiconductor devices by improving thermal dissipation from the device surface or to explore and develop novel polymeric substances by optimizing thermal and fluid properties as well as mechanical properties. By using large-scale numerical simulations such as the molecular dynamics method, we investigate heat and mass transfer phenomena in the thermal and fluid engineering from the microscopic viewpoint. The underlying microscopic mechanisms governing macroscale thermofluid properties are examined as well. Integrating numerical analysis methods which can cover multiscale physics, we aim to investigate thermal and fluid phenomena having multiscale aspects. Based on this knowledge, industrial applications such as semiconductor processes and development of polymeric materials are explored.

### 有機分子膜による表面修飾の研究

#### Surface Modification Using Organic Molecular Films



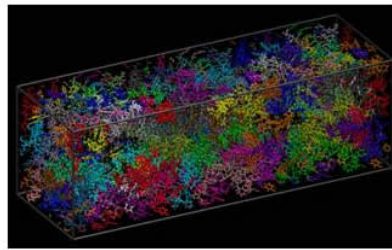
Alkanethiol SAM on Au(111) with organic solvent

自己組織化単分子膜 (self-assembled monolayer, SAM) をはじめとした分子スケールの表面修飾技術は、固体表面の物理化学的特性を制御する技術として、種々のプロセスやデバイスへの応用が進んでいます。特に、有機分子の自己組織化や薄膜状態での自発的構造形成を利用してボトムアップにより表面修飾を行う技術は、柔軟かつ適応性の広い方法として期待されています。これら有機分子膜の構造形成や界面親和性、界面を介した熱・物質輸送特性は、工学応用上極めて重要であり、その輸送機構を明らかにすることを目的に研究を行っています。

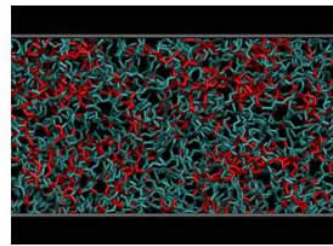
Novel surface modification techniques at the molecular level such as the self-assembled monolayer (SAM) have drawn attention as the technique to control the physical and chemical properties on solid surfaces. In particular, the bottom-up processes, i.e., surface modification by utilizing the self-assembling of organic molecules or spontaneous structurization in organic thin films, have future possibilities due to their flexibility and adaptability. Structure formation, interface affinity, and heat and mass transport characteristics of organic molecular films have a critical importance in the engineering and industry. Therefore, we investigate the underlying microscopic mechanisms governing these significant characteristics.

## 高分子材料の熱流動特性

### Thermal and Fluid Properties of Polymeric Materials



Molecular structure of amorphous polystyrene



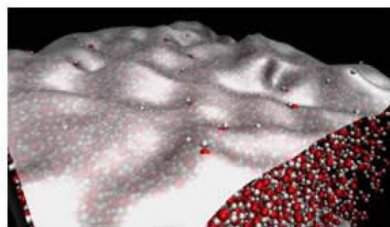
Cross-linked polyethylene

産業的にも広く利用が進んでいる高分子材料の開発には、内部の分子スケール構造や相分離構造の制御によって、力学的・化学的特性のみならず熱流動特性を設計することが必要とされています。例えば、高温等の極限状態で利用される架橋構造を有するポリマー樹脂は、宇宙往還機表面に使われるアブレーション材料など、分子の内部構造の変化・崩壊に伴う機械的・熱的特性の変化を予測することが極めて重要な課題となっています。分子スケールからマクロスケールに至るスケール複合的な解析手法やデータ科学の技術を利用して、有用な熱流動特性や機械特性を有する高分子材料の探索・設計を目指しています。

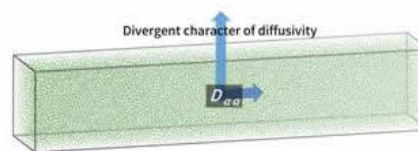
As for development of polymeric materials which have extensively been utilized in industry, designing thermofluid properties as well as mechanical and chemical properties by controlling the molecular-scale structure and phase separation structure inside the material is being required. For example, it is a critical issue to predict the variation in mechanical and thermal properties of polymeric resins having crosslink bonds which is induced by the change of molecular structure when exposed to the extreme environment, e.g., ablation materials in space planes. Using integrated numerical analyses covering molecular-scale to macroscale phenomena and data-driven informatics techniques, we aim to explore and design polymeric materials which have valuable thermofluid properties and mechanical properties.

## 不均質媒体/制限空間内の流体における輸送現象

### Transport Phenomena in Heterogeneous Media and Confined Liquids



Instantaneous structure of water surface



Anomalous diffusivity of liquids in the periodic rectangular parallelepiped system

流体やソフトマター界面、ナノスケール構造によって形成される制限空間内の閉じ込め液体においては、界面近傍における液体中の不均質（ヘテロ）な構造発現に伴い、特異な熱・物質輸送特性が現れます。これらは、多孔質体やナノ細孔、生体高分子を介した物質移動などナノ・バイオ工学レベルで広く重要な要素となっています。本研究を通じて、界面近傍における閉じ込め液体の分子輸送特性が、均質なバルク液体中と大きく異なることや流体力学的効果によって分子拡散現象が強く影響を受けることが明らかになっています。分子スケールにおけるヘテロな構造や輸送現象の本質的理解と、それらに基づくマクロな熱流体解析への橋渡しとなる物理モデルの構築を目指しています。

At the fluid and soft matter interfaces or inside the confined liquid in nanoscale structures, peculiar heat and mass transfer characteristics emerge as a consequence of heterogeneous structure formation inside a liquid in the vicinity of the interfaces. These phenomena are directly relevant to the wide field of nano- and bioengineering, e.g., molecular transport through mesoporous materials and biomolecules. This study elucidates that the molecular transport in confined liquids is significantly different from that in the homogenous bulk liquids and that the molecular diffusion is highly affected by the hydrodynamic effect induced by the molecule itself. Our goal is an essential understanding of heterogeneous structure and corresponding transport phenomena at the molecular level and building physical models which can bridge macroscopic thermal and fluid analyses based on the microscopic knowledge.

## 先端車輛基盤技術研究（ケーヒン）

Fundamental Research of Advanced Vehicle Technology (KEIHIN)



(兼) 教授  
**大林 茂**  
Concurrent Professor  
**Shigeru Obayashi**



特任教授（客員）  
**仲野 是克**  
Specially Appointed  
Professor  
**Yoshikatsu Nakano**

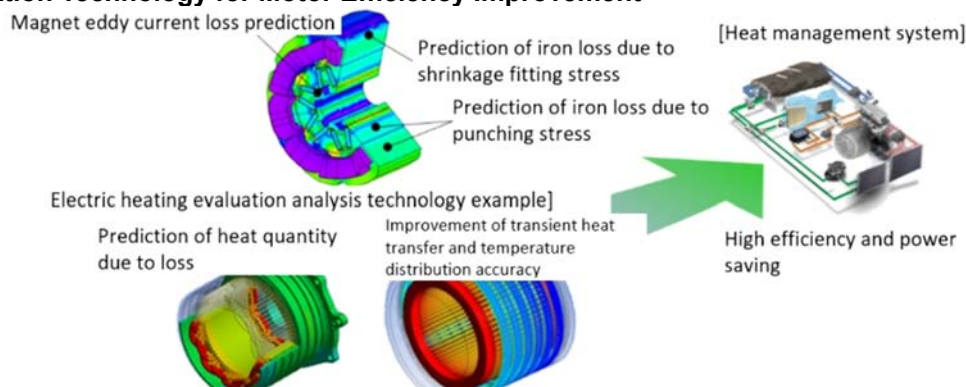


特任准教授（客員）  
**相澤 秀幸**  
Specially Appointed  
Associate Professor  
**Hideyuki Aizawa**

東北大学流体科学研究所と株式会社ケーヒンは、共同研究部門「先端車輛基盤技術研究（ケーヒン）」（2015年4月～2018年3月）を推進し、成果を得ることができました。第二期として、「先端車輛基盤技術研究（ケーヒン）Ⅱ」として、車輛の電動化として期待される基盤技術の研究を推進いたします。本共同研究部門では、主に数値流体力学（Computational Fluid Dynamics）を用いたシミュレーション技術及び実験検証の高度化と、その応用に関する研究を行っています。東北大学流体科学研究所は、このような次世代技術の研究をもとに、ケーヒンとの共同研究を実施することにより環境性能に優れた魅力ある製品開発に直結した新しい価値創出を目指します。

The Institute of Fluid Science, Tohoku University, and Keihin Corporation promoted Collaborative research division “Fundamental research of advanced vehicle technology (KEIHIN)” (April 2015 - March 2018) and were able to obtain results. We will promote research on basic technologies expected for electric vehicles as the second phase called “Fundamental research of advanced vehicle technology (KEIHIN) II”. The research conducted by the Collaborative research division is related mostly to enhancement and application of the simulation technology based on computational fluid dynamics and experimental verification. By conducting collaborative research with Keihin, the Institute of Fluid Science, Tohoku University, aims to create new value directly connected to development of appealing products with excellent environmental performance basing on research of such next-generation technology.

### 電動車輛に向けた熱マネ・熱制御、モータ高効率化に向けた電動化技術の研究 Research on Thermal Management and Thermal Control for Electric Vehicles, Electric Motorization Technology for Motor Efficiency Improvement

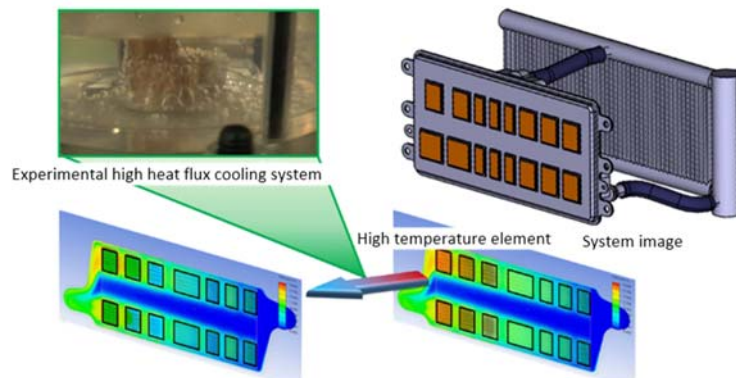


近年、低炭素社会の実現へ向けて、電動車輛の高効率・省電力を実現する熱マネジメントシステムのニーズが高く、熱制御及び熱源となる損失の低減が要請されています。そのためには、熱制御に影響を与える損失を正確に評価し、材料ポテンシャルを限界まで使い切ることが重要となります。流体科学研究所の電磁機能流動熱流体科学に関する知見やスーパーコンピュータ等の活用により、熱制御へ向けた回転磁場中でのエネルギー損失の解明と特性評価・解析技術を確立し、電動車輛の高効率・省電力への貢献を目指します。

In recent years, due to the increasing need to establish the thermal management systems for high performance and energy-saving electric vehicles towards low-carbon society, thermal control and reduction of heat loss are strongly required. Most of the heat losses affecting thermal control still cannot be evaluated accurately, and it is difficult to use material potential to its limit for high performance motor. By utilizing knowledge in the field of electromagnetic functional thermal flow science and supercomputer resources of the Institute of Fluid Science, we clarify the energy loss mechanism in rotating magnetic field and establish the characteristic analysis technology for the contribution to the high performance and energy-saving electric vehicles.

## 電動車輛用高熱流束冷却システム研究

### Research on High Heat Flux Cooling Systems for Electric Vehicles

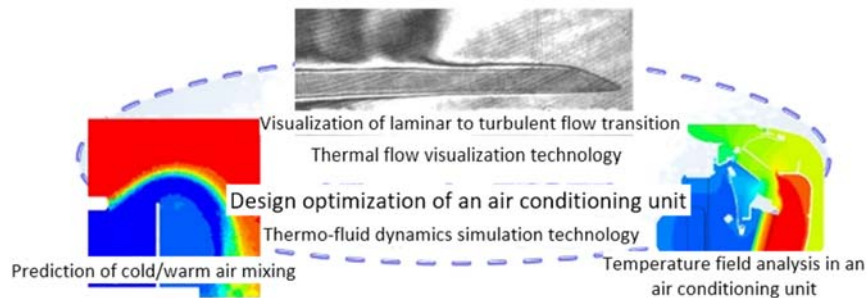


電動車輛のモータ、バッテリー間の電力をコントロールするパワーコントロールユニットには、電力変換素子が多数内蔵されています。現行の空冷・液冷システムでは熱輸送能力に限界があり、更なるパワーコントロールユニット小型化を達成する高熱流束冷却システムを実現する必要があります。流体科学研究所の伝熱制御工学の知見を活用し、現象の可視化と高熱流束冷却実現に向けた伝熱予測及び伝熱促進技術を確立し、現行システムの冷却性能を大きく凌駕する高熱流束冷却システムの実現を目指します。

The power control unit (PCU) that controls the electric power between motor and battery of electric vehicle contains a large number of power conversion elements. The convective heat transfer of conventional air / liquid cooling systems is limited, and it is necessary to develop a high heat flux cooling system to further reduce size of the PCU. By utilizing the knowledge of heat transfer control engineering of the Institute of Fluid Science, we plan to create heat transfer prediction and heat transfer enhancement technology for visualization and realization of high heat flux cooling device to implement a high heat flux cooling system which greatly surpasses the cooling performance of current systems.

## 小型・低負荷空調ユニットの熱流動可視化と高精度予測及び最適化研究

### Research on Visualization and Accurate Prediction of Thermal Flow and Optimization of Compact and Low Load Air Conditioning Units



近年、電動車輛の消費電力削減に加え、乗員の快適性向上や車室内空間拡大などのニーズをバランス良く満たす空調ユニットの小型・低負荷が求められています。しかし、それら要求から、ユニット内流路形状の複雑化が進み、限られたスペースで冷風と暖風を混合して、適切な温度と風量で吹き出し口へ配風することが難しくなっています。流体科学研究所の熱流体科学の知見と実験的なノウハウにより、空調ユニット内部の冷風・暖風混合の物理的なメカニズムを解明し、熱流体シミュレーション解析精度の向上を図り、小型・低負荷空調ユニットの最適化設計技術の構築を目指します。

Recently, there are demands not only for reducing power consumption of electric vehicles but also for compact and low load air conditioning units that satisfy the needs for better passenger's comfortability and larger vehicle's interior space in a well-balanced manner. Due to these demands, however, the flow path inside the unit is getting more complex, which makes it more difficult to mix cold and warm air in a limited space and distribute it to outlets with required air temperature and volume. Utilizing the knowledge and experimental know-how about thermo-fluid dynamics provided by the Institute of Fluid Science, we plan to clarify the physical mechanism of cold/warm air mixing inside the air conditioning unit, improve accuracy of the thermo-fluid dynamics simulation, and create technology for design optimization of compact and low load air conditioning units.



教授  
**寒川 誠二**  
Professor  
**Seiji Samukawa**

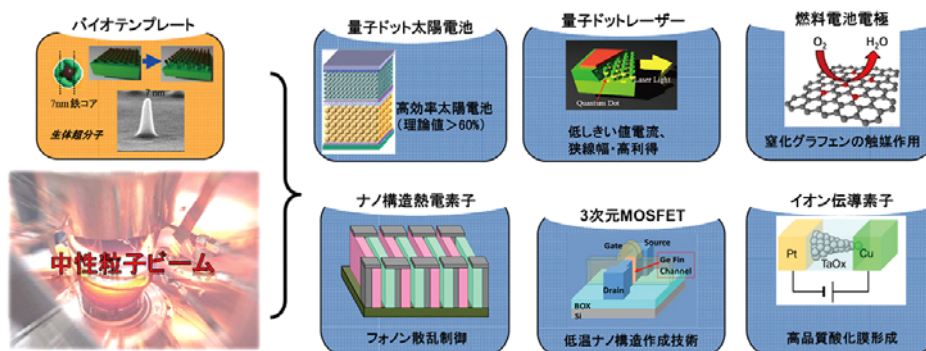


助教  
**岡田 健**  
Assistant Professor  
**Takeru Okada**

現代社会にとって安全で安価なエネルギーの確保やエネルギーの効率的利用は重要な問題です。この問題を解決し、エネルギー技術立国を目指すため、革新的グリーンナノデバイスの研究を行っています。具体的には、発電デバイス（量子ドット太陽電池など）、蓄電デバイス（ナノ材料を用いた高効率蓄電池など）、低消費電力デバイス（量子ドットレーザー・Ge トランジスタ・グラフェントランジスタなど）やこれらを合わせたナノエネルギーシステムの開発を行っています。これらのナノデバイスを作製するためには、ナノ構造を正確にダメージなく作製し、物質や量子ナノ構造の持つ本来の特性を引き出すことが必要です。本研究室の基盤技術である超低損傷プラズマ・ビームプロセスやバイオテクノロジーを用いた極限加工などの独自のインテリジェントナノプロセスを駆使することによって初めて、そのようなデバイスの実現が可能となります。

Securing safe and less-expensive energy and efficient utilization of energy are important issues confronting modern civilization. To clarify these issues and aiming at founding a Japanese nation based on energy technology, we are promoting studies of innovative green nano-devices. Particularly, we have been developing power generation devices (such as quantum dot solar cells), electricity accumulation devices (such as high efficiency batteries using nanomaterials), low power consumption devices (such as quantum-dot lasers, Ge transistors, Graphene transistors) and nano-energy systems, which are a combination of these elements. For manufacturing of these nano-devices, nano-structures should be produced accurately and without defects. The original properties of materials and quantum nano-structure should be extracted. This sort of processing is made possible only after intelligent nano-process technologies such as beam process and bio-template and ultimate top-down etching technology, which are the background of this research laboratory, are fully used.

### 超低損傷プロセス技術による革新的ナノエネルギーデバイス Innovative Nano Energy Device by Damage-Free Processes

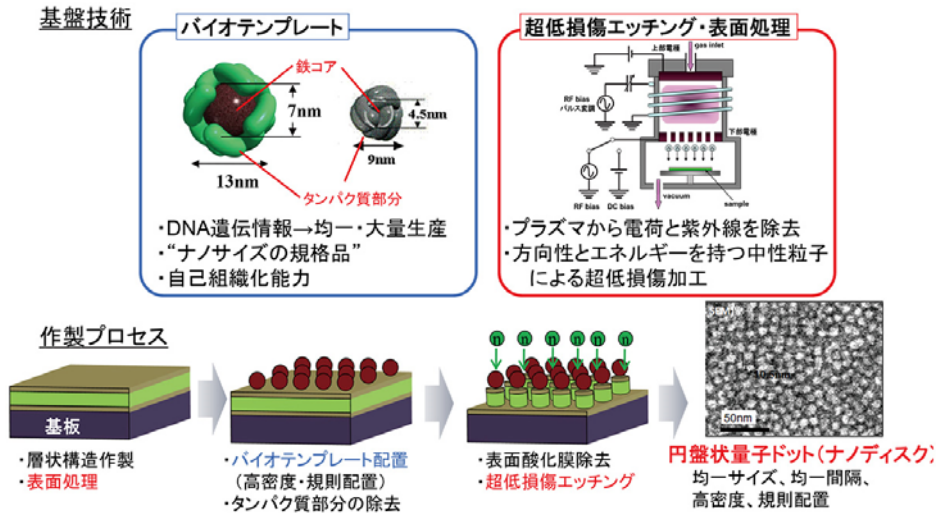


我々が開発した中性粒子ビームにより世界に先駆けた原子・分子レベルの低損傷・超高精度ナノ加工技術、高機能薄膜材料形成技術、あるいは各種表面処理技術の開発を行い、「グリーンナノデバイス」の実現を目指しています。さらに、これらの技術とバイオテクノロジーの融合による新機能デバイス（量子ドット太陽電池やレーザー、熱電変換素子、脳型処理デバイスなど）の開発や、三次元構造トランジスタ・燃料電池電極の開発などの次世代デバイスの研究を行っています。

Based on neutral beam technology (invented by Prof. Samukawa), ultra-precise nanofabrication are developed with excellent performance of ultra-low damage, including etching, deposition, surface modification, etc.. Our goal is to realize “Green Nanotechnology” through the fusion of experiments and computer simulation. Furthermore, we combine bio-technology with our nano-technology to develop new functional devices, such as quantum dot solar cell, quantum dot laser, spike neuron device, thermoelectric devices, etc.. Additionally, we work on, 3-dimensional MOSFET, Graphene based transistor, etc., as the next generation devices.



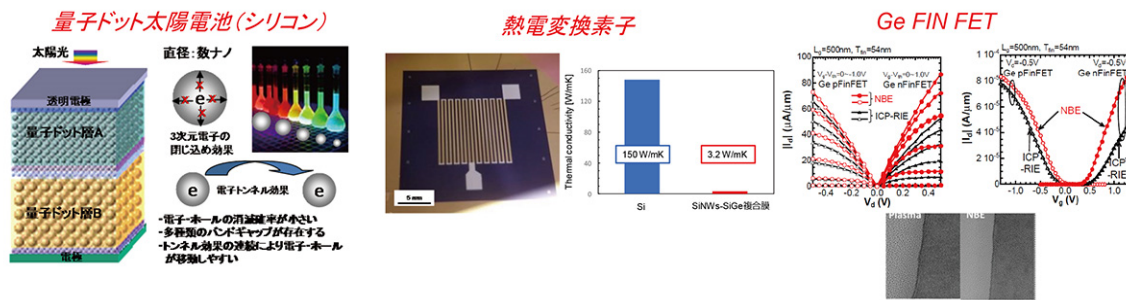
## バイオテクノロジーとナノテクノロジーの融合による新たなプロセス Fusion of Biotechnology and Nanotechnology



バイオテンプレートと中性粒子ビームを組み合わせることで、全く新しい量子ナノ構造作製法を確立しました。蛋白質は生体中で DNA 遺伝情報に基づき合成されるため、原子レベルで均一で、かつ安価に大量に得られます。また、自己組織化能力を持ち規則的に配置させることができます。これをテンプレートとして用い、中性粒子ビームを用いて所望の材料をエッチング加工することで、サイズ可変・均一・高密度で規則配置した量子ドット配列を得ることができます。

Entirely new process has been established by combining bio-templating and neutral beam. Bio-super-molecules are synthesized using DNA information. As a result, the size and structure is completely reproduced in atomic level. Also, by using self-assemble ability of bio-super-molecules, regular arrangement is possible with very low cost. Then, neutral beam etching can transfer the template pattern to the substrate to obtain size-controllable, uniform, high-density, regularly-arranged array of quantum dots with any materials.

## 様々なデバイスへの展開 Energy Devices Realized by Neutral Beam Technique



バイオテンプレート技術と無損傷中性粒子ビーム技術の融合による革新的トップダウン加工法を提案しました。この手法を用いて、高密度・無欠陥・規則的なナノアレイ構造形成に成功しています。この手法は量子太陽電池や量子ドットレーザー、熱電変換素子、ゲルマニウム 3 次元構造トランジスタ(FIN-FET)などの新しい量子効果、フォノン・界面制御デバイスの可能性を拓くものとして注目されています。

An innovative top-down method, a fusion of bio-templating and damage-free neutral beam etching, is proposed by Prof. Samukawa to fabricate highly ordered and dense nano-structure arrays without defect. It has great potential for fabricating quantum effects, phonon engineering, and atomic-layer-control based novel devices.



教授  
伊藤 高敏  
Professor  
Takatoshi  
Ito



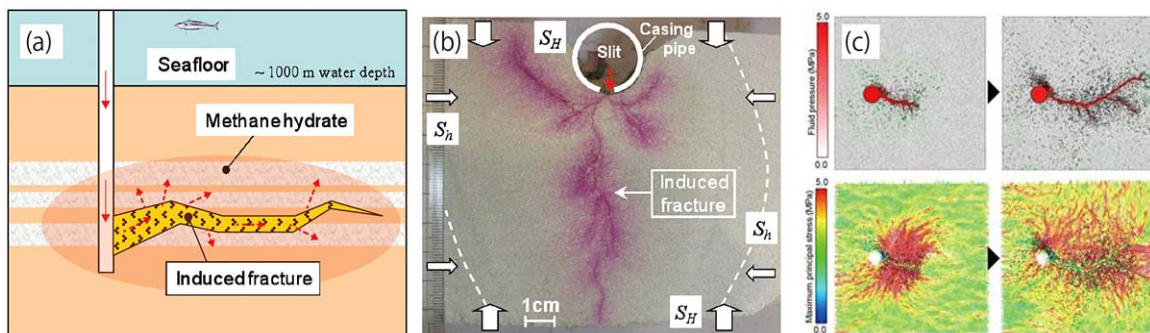
助教  
椋平 祐輔  
Assistant Professor  
Yusuke  
Mukuhira

当研究分野では、地球環境問題とエネルギー問題の解決を目指した、地殻の高度利用のための大規模流動現象の解明と予測および制御に関する研究を行っています。特に、地球温暖化対策の切り札と目されるCO<sub>2</sub>地中貯留、再生可能エネルギーで日本に豊富な地熱、次世代エネルギー資源として注目されるメタンハイドレートなどに関わる課題について従来にない新たなアプローチで取り組んでいます。

We investigate smart methodologies to know and control large scale fluid flow in subsurface at few km deep, and we apply the methodologies to solve the problems on earth environment and energy. Our works are currently focusing on (i) CO<sub>2</sub> geological storage as a means of climate change mitigation, (ii) geothermal energy which is renewable and abundant in Japan, and (iii) methane hydrate seated below deep sea floor, which is expected to be a next-generation energy resource to replace oil and natural gas.

### 石油・メタンハイドレート開発のための未固結地層フラクチャリング

#### Study of Hydraulic Fracturing in Unconsolidated Formation for Oil and Methane Hydrate Development



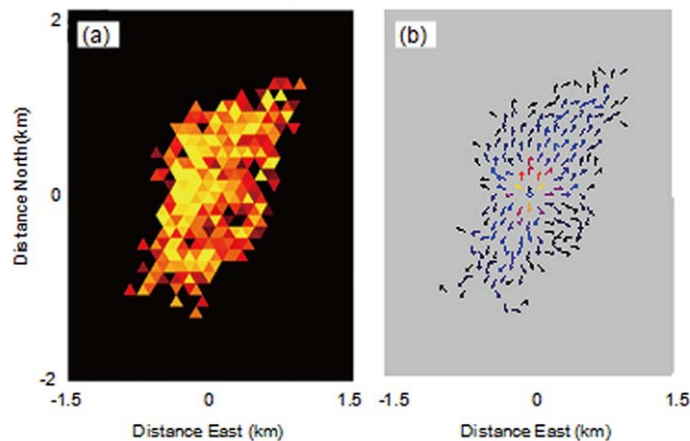
(a) フラクチャリングを利用した生産方式および (b) 室内実験で明らかになった特異な挙動 (c) 粒状体個別要素法解析  
(a) Fracturing for production enhancement and (b) a peculiar behavior observed in a lab. experiment (c) DEM simulation

フラクチャリング法は、比較的固い地層にある坑井と貯留層の間に導通性の良い流路を確保し、石油・ガスの生産性を向上させる技術として開発されました。一方、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つつあります。そこで、未固結地層におけるフラクチャリング挙動を解明し、新たな理論を構築する研究を行っています。また、粒状体個別要素法を用いた数値解析により未固結地層におけるフラクチャリング挙動を再現した。解析結果と室内試験結果と比較することで、未固結堆積層における空洞膨張のようなフラクチャー発生メカニズムについての詳細な検討を行った。

The technique of hydraulic fracturing has been originally developed assuming cohesive rocks. On the other hand, recent trends of petroleum industry is directed toward unconventional resources such as heavy oil and methane hydrate in weakly-consolidated to unconsolidated sands. Thus we examine experimentally and theoretically the hydraulic fracturing behavior in unconsolidated sands. Moreover, an original Distinct Element Method (DEM) code corresponding to unconsolidated sand was developed, and the flow-coupled DEM simulations for the hydraulic fracturing were performed. By comparing experimental and numerical results, the mechanism of the hydraulic fracturing, such as cavity expansion, in the unconsolidated sands was discussed in detail.

## 微小地震を利用した地熱貯留層の流路構造評価

### Detection of Subsurface Flow Pathway Structure from Induced Micro-Seismicity



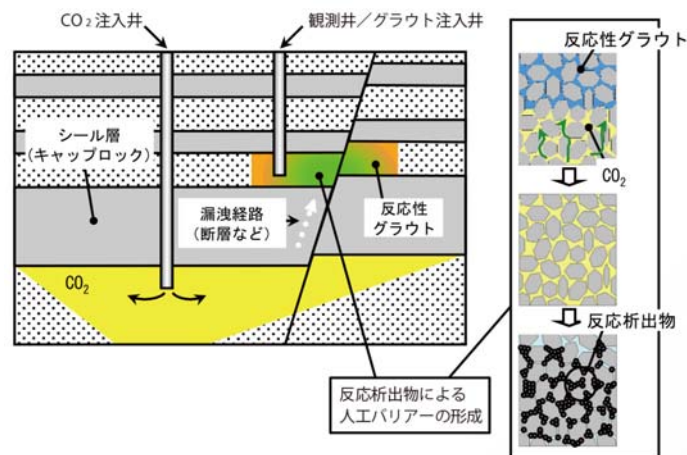
豪州クーパー盆地フィールドの地下数 km に位置する地熱貯留槽内の (a)水圧と (b)流れの分布  
Evaluated (a) pressure and (b) flow in a deep seated geothermal reservoir of Australia

地熱貯留層内の流路を構成するフラクチャーは、大きさも方向も一様ではなく複雑に分布しており、かつ、その厚みは高々数ミリメートルに過ぎない極めて薄い構造体です。その内部の流れを、可視光はむろんのこと電波も通さない、数千メートル厚の岩体を隔てた地表から直接的に評価できる方法はありません。この課題を解決すべく、フラクチャリング時に発生する微小地震から流路構造を評価する新手法の研究を行っています。

If we have a technique to detect fluid flow through subsurface fractures at few km depth, it will improve drastically the procedure to design and control the Enhanced Geothermal System. We develop a new technique to realize that idea with the aid of microseismic events observed during hydraulic stimulation which is carried out to maintain and create the flow pathways.

## CO<sub>2</sub> 地中貯留のための漏洩修復技術

### Seepage Prevention and Remediation for CO<sub>2</sub> Geological Storage



原位置反応法の概念  
Concept of in-situ reaction barrier

地球温暖化対策の切り札と目される CO<sub>2</sub> 地中貯留は、深度 800~3000m にある地下帯水層に CO<sub>2</sub> を注入して固定化する計画です。その実現のため、地下水よりも比重の小さい CO<sub>2</sub> の浮力上昇をミクロンからキロオーダーに及ぶ様々な天然/人工バリアーを利用して抑制し、長期に渡って安定化させるための研究を行っています。

For trapping to inhibit the upward migration of CO<sub>2</sub>, the reservoirs should be covered with a sufficiently impermeable seal, i.e. caprock. However, the caprock may contain imperfections such as faults and fractures which will be a pathway for leakage of the injected CO<sub>2</sub> from the reservoirs. We study an innovative concept to reduce the permeability along potential such leakage paths.



教授  
**丸田 薫**  
Professor  
**Kaoru Maruta**



准教授  
**中村 寿**  
Associate Professor  
**Hisashi Nakamura**



助教  
**森井 雄飛**  
Assistant Professor  
**Youhi Morii**

エネルギー・環境問題やエネルギー科学への貢献を目指し、種々のエネルギーとその動態に関する基礎および応用研究を推進します。熱物質再循環を基盤とした低エクセルギー損失燃焼をキーワードに、新概念技術を視野に入れた、燃焼・反応性熱流体現象の基礎研究を柱として進めていきます。基礎研究をベースに、産学官連携や国際共同研究パートナーとの学際的・分野横断融合を通じて問題解決を図り、実験および数値計算の融合に加えて、直感力醸成の礎となる理論解析にも重点を置き、下記のテーマに取り組みます。

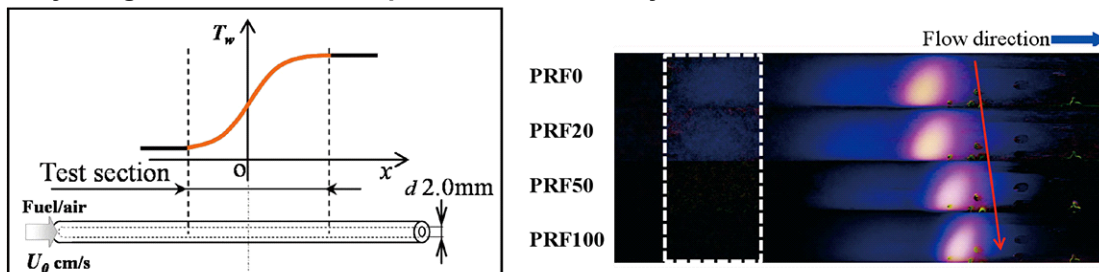
- ・マイクロ・マイルド・マイクログラビティ燃焼
- ・温度分布制御マイクロフローリアクタによる多段階酸化反応
- ・代替燃料・バイオマス・合成燃料の燃焼
- ・高温酸素燃焼

We pursue research and development on effective energy conversion and energy process in combustion and reactive thermal fluid systems with new technology concepts. By basing heat and/or mass regenerations for low-exergy-loss combustion as keywords, interdisciplinary researches are conducted with domestic and international collaboration partners in academic and industry.

- ・Micro-, Mild and Microgravity combustions
- ・Multi-stage oxidation by micro flow reactor with prescribed temperature profile
- ・Combustion with surrogate fuels, biomass, and synthetic fuels
- ・High-temperature oxy-fuel combustion

### マイクロリアクタによる着火・低温酸化反応解析

#### Study on Ignition and Low-Temperature Oxidation by Micro Reactor



温度分布制御マイクロフローリアクタによる定在多段階酸化反応とそのオクタン価依存性  
Stationary multi-stage oxidation observed by micro flow reactor with controlled temperature profile and octane number dependence of the stationary multi-stage oxidation

定常な温度勾配を有する微小直径リアクタを用いることで、代替燃料・バイオ燃料の多段階酸化反応の定在化に成功しました。これにより、オクタン価やセタン価等の燃料の反応性の指標、燃料成分、圧力といった条件が多段階酸化反応に及ぼす影響を可視化することができます。高精度・厳密な理論的背景の下で、実設計に貢献する反応デザインへの貢献を図っています。本手法は計測装置として実用化されました。

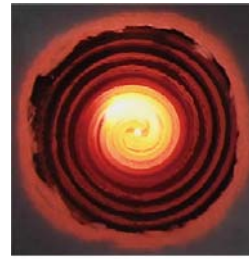
Stationary multi-stage oxidations of alternative fuels and biofuels were realized by a micro flow reactor with a controlled temperature profile. Effects of reactivity indexes such as octane number and cetane number, composition of fuels and pressure on the multi-stage oxidation can be observed. A high fidelity reaction design is being developed with solid theoretical basis. This methodology was commercialized as a measurement instrument.

## 熱源用スイスロールマイクロコンバスタ

### Swissroll Microcombustors for Heat Sources

スイスロールバーナにより徹底した熱再生を行う手法を新たに開発し、微小スケール下で安定な燃焼を実現することに成功しました。燃焼式でありながら電気ヒータ並みの温度制御性（±1°C）に加え、条件によっては電気ヒータの2倍を越える熱効率を有する、熱源用マイクロコンバスタの開発に成功しました。裸火が無いのであらゆる雰囲気で使用でき、無磁場加熱も可能です。最小サイズは一円玉（直径 20 mm）サイズです。現在、本マイクロコンバスタの原理を用いた食品焼成炉を IHI と共に開発中です。

We have developed Swissroll microcombustor heaters with ±1°C temperature controllability whereas it is combustion-based. Since gaseous hydrocarbon fuels are directly introduced into combustors, total thermal efficiencies of the heaters are twice or even larger compared with those of conventional electric heaters. Besides this, the microcombustor heaters can be operated in any atmospheres because it is sealed. They are advantageous of electromagnetic induction free as well. We have also succeeded in developing coin-size combustor. A furnace for food industry employing the principle of our microcombustor is under development with IHI.



Swissroll microcombustor in operation (Diameter: 64 mm) (upper) and Coin size combustor (Diameter: 20 mm) (lower)



運転中のスイスロール型マイクロコンバスタ（直径：64 mm）（上）およびコインサイズコンバスタ（直径：20 mm）（下）

## 高温酸素燃焼の研究開発

### High-Temperature Oxygen Combustion Technology

世界的に普及しつつある高温空気燃焼技術は、燃焼ガスの再循環により極端に低酸素濃度化させた高温空気（800 °C 以上）による新しい燃焼技術です。同技術を工業炉等に応用することで約 3 割の省エネ、低 NOx 化、静音化が同時達成されています。本研究室では空気の代わりに燃焼ガスと純酸素の混合気を酸化剤として利用し（酸素燃焼）、効率をさらに 2 割上昇、CO<sub>2</sub> 回収と組合せる究極の燃焼技術の実現を目指しています。

High-temperature air combustion (HiCOT) technology, which is new combustion technology using pre-heated (higher than 800 °C) and low-oxygen-concentration air with recirculation of burned gas, is coming into wide use. HiCOT attains energy saving (30%), low NOx emission and noise reduction simultaneously. We are developing high-temperature oxygen combustion (HiTOx) technology, in which a mixture of burned gas and pure oxygen is used as oxidizer (oxygen combustion) instead of air. HiTOx attains further energy saving (20% reduction than HiCOT) and no CO<sub>2</sub> emission by combining CO<sub>2</sub> capture and storage.



高温空気燃焼条件（上）と高温酸素燃焼条件（下）の火炎画像  
Flame images in HiCOT condition (upper) and HiTOx condition (lower)

## 「きぼう」実験棟と航空機による微小重力環境下における極低伸長対向流火炎

### Ultra low-Stretched Counterflow Flames under Microgravity Environment in “Kibo” Japanese Experimental Module and Airplane

国際宇宙ステーション「きぼう」実験棟での燃焼実験テーマに選定されました。酸素燃焼条件の対向流火炎を極低伸長まで低下させることで Flame ball の実現条件に近づけ、Flame ball と伝播火炎の限界を統一的に扱う理論構築・検証を目標としています。

Our proposal on space combustion experiment was selected as a project at the “Kibo” Japanese Experimental Module in the International Space Station. The objective is to construct the unified combustion limit theory of propagating flame and flame ball under the oxygen combustion condition using ultra low-stretched counterflow flames.



微小重力環境下での対向流火炎と国際宇宙ステーション・微小重力実験用航空機  
Counterflow flames under microgravity environment and International Space Station & aircraft for microgravity experiment



教授  
高木 敏行  
Professor  
Toshiyuki  
Takagi



助教  
小助川 博之  
Assistant Professor  
Hiroyuki  
Kosukegawa

エネルギープラントに代表される大規模複雑システムや、自動車や航空機などの輸送機械の保全の高度化は、社会基盤と国民生活に直結する課題であり、その構造ヘルスマニタリングと非破壊検査は極めて重要です。特に大規模複雑システムにおける構造物は高温下や腐食雰囲気下で使用されるケースが多く、そのため極限環境下での使用に耐えられるセンサとそれを用いた非破壊検査法の開発が望まれています。また、エネルギーのロスを防ぎ効率化につながる省エネルギー化技術の社会的要求も高まっています。本研究室では、極限環境下で使用可能なセンサの開発と非破壊検査システムの構築および省エネルギー化技術の開発を目的として以下に挙げるトピックに基づき研究を進め、社会の安全と安心への貢献を目指しています。

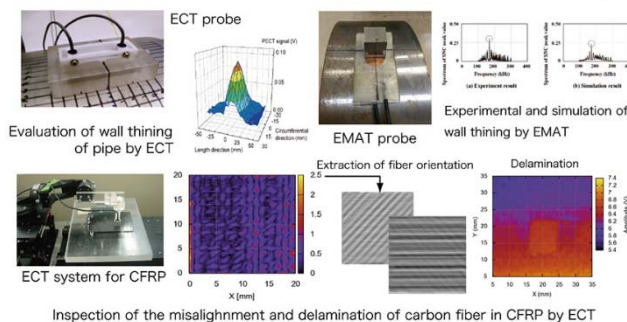
(1)電磁現象を用いた先進的な非破壊評価技術の開発と構造材料のライフサイクルでの評価、(2)化学的安定性と耐腐食性を有するセンサのための機能性材料の開発、(3)省エネルギー化のための低摩擦コーティング技術の開発。

Enhancement of maintenance of huge complex systems as represented by energy plants, and that of transport machinery such as automobiles and aircrafts are an issue directly linked to social infrastructure and daily lives of citizens. The structural health monitoring and nondestructive testing on those systems are therefore highly important. Especially, the structural materials on that complex system is often used under high temperature or corrosive environment. Development of sensors, which are tolerable under those ultimate environments, and of nondestructive testing method using such sensors is required. In addition, saving energy technique for lowering loss of energy and for higher efficiency is also required. With the aim of fabrication of those sensors, nondestructive testing systems that are available under ultimate environment, and of saving energy technique, we research based on the following topics and wish to contribute to social safety and reassurance:

(1) Fabrication of advanced nondestructive evaluation technique and evaluation during lifecycle of structure materials by utilizing electromagnetic phenomena.  
(2) Development of functional materials for sensors with chemical stability or corrosion resistance.  
(3) Development of low-friction coating technique for saving energy.

## 電磁センシングによる材料のライフサイクル評価

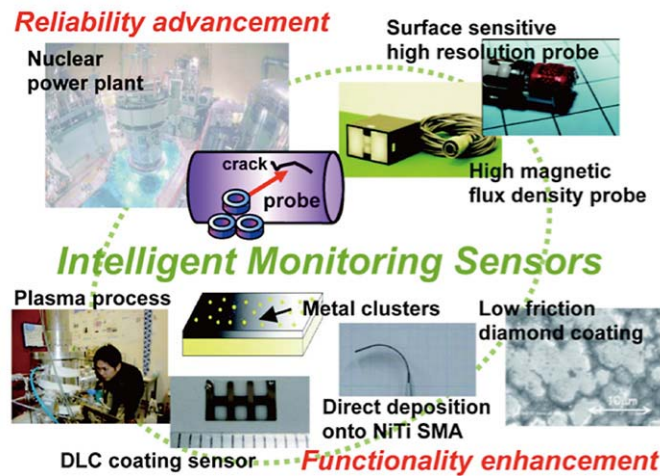
### Study of Hydraulic Fracturing in Unconsolidated Formation for Oil and Methane Hydrate Development



材料の製造時から経年劣化までのライフサイクルでの評価を目指します。電磁気特性に着目して、鋳鉄の基地組織、チル組織の定量的評価法や、構造材料の応力腐食割れやクリープ損傷に至る前の劣化診断法に関する研究、逆問題解析による欠陥形状の再構成を行っています。また、超音波試験と渦電流試験の相補性に基づいて、電磁超音波-渦電流複合プローブを提案し、流動誘起損傷のモニタリングへの適用を目指しています。さらに、渦電流を利用した炭素繊維強化プラスチック(CFRP)における欠陥の非破壊検査法の高度化を行っています。

We propose lifecycle evaluation of materials from pre-service to aging degradation during lifecycle. Our activities include nondestructive evaluations of matrices for various cast irons, susceptibility to stress corrosion crackings, degradation prior to creep damage, reconstruction of defect shape by inverse problem analysis. In addition, we propose EMAT-EC dual probe that combines the advantages carried by ultrasonic testing and eddy current testing (ECT), aiming at application to monitoring of flow assisted damages. Furthermore, we attempt to advance non-destructive testing method for defects in carbon fiber reinforced plastic (CFRP) by utilizing eddy current.

## 構造ヘルスマonitoringのための機能性非晶質炭素薄膜センサの開発 Development of Functional Amorphous Carbon Coating Sensors for Structural Health Monitoring



高温や腐食雰囲気などの極限環境下において用いられる構造物のヘルスマonitoringのために、優れた耐腐食性、耐熱性、耐摩耗性を有するセンサが必要とされます。本研究室では良好な耐摩耗性と化学的安定性を示す非晶質炭素薄膜に目的に応じた金属クラスタを導入することによって、高い導電性や特異的な疲労特性を有する薄膜センサの開発を行なっています。

A sensor that possesses good corrosion resistance, heat resistance and abrasion resistance, is required for the structural health monitoring under ultimate environment such as high temperature and corrosive condition. By adding metal clusters into amorphous carbon film with excellent abrasion resistance and chemical stability, we develop thin-film sensors with high electric conductive and/or specific fatigue properties.

## 硬質炭素コーティングによる技術革新 Technology Innovation by Carbon-based Hard Coatings



硬質炭素膜による機能性コーティング技術  
Functional Coating Technology using Carbon Based Coatings

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高性能な機械システムを実現するために、接触面におけるナノ・マイクロレベルの現象をマクロスケールの事象へと展開する研究を行っています。多結晶ダイヤモンド膜やダイヤモンドライクカーボン膜と呼ばれる硬質炭素膜を用いた低摩擦・低摩耗性を有する機能性コーティング技術を研究開発し、新しい機械システムを提案しています。

Highly efficient mechanical systems are necessary for saving resources and energy. Especially, in order to get the high reliability and durability requested for the high-performance mechanical system, it is necessary to control “contact” with a high degree of accuracy. We are investigating the nano-micro scale “contact” of the carbon-based hard coatings (Diamond and Diamond-like Carbon which have a character of low friction and low wear) in the viewpoint of flow dynamics.

## 混相流動エネルギー研究分野

Multiphase Flow Energy Laboratory



教授  
**石本 淳**  
Professor  
**Jun  
Ishimoto**



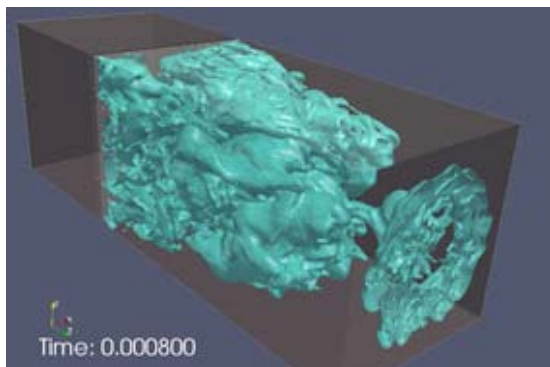
助教  
**落合 直哉**  
Assistant Professor  
**Naoya  
Ochiai**

本研究分野では、超並列分散型コンピューティングと先端的光学計測の革新的融合研究に基づくマルチスケール先端混相流体解析手法の開発・体系化を目指している。さらに、高密度水素に代表される環境調和型エネルギーに直結した新しい混相流体システムとそれに伴うリスク科学の創成を目的とした基盤研究を推進している。特に、サブミクロン・ナノオーダー極低温微細粒子の有する高機能性に着目し、ヘリウムを使用しない新型の成分ラバルノズル方式によって生成される超音速極低温微細粒子噴霧の活用による環境調和型ナノクリーニング技術の創成、ならびに太陽電池・タッチパネル用 ITO 膜（酸化インジウムスズ）のはく離技術に関し、異分野融合型の研究開発を行っている。また、メガソニック洗浄における粒子除去メカニズムの解明のため、メガソニック場中の複数気泡ダイナミクスの大規模数値解析を行っている。さらには、自然災害リスク科学における混相流体力学的アプローチとして、漂流物・震災がれきが混入した津波ダメージや衝撃力、また、メガフロートを用いた沖合津波の波高軽減効果を評価する FSI スーパーコンピューティング（模擬実験）技術を開発している。

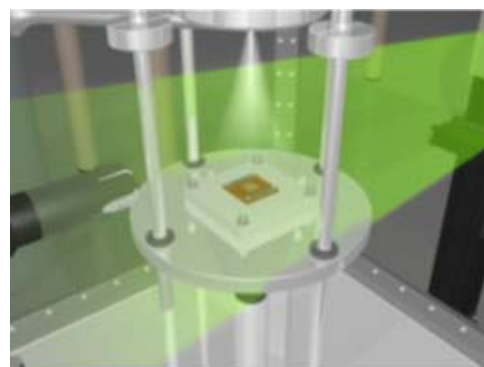
Our laboratory is focusing in the development of innovative multiphase fluid dynamic methods based on the multiscale integration of massively parallel supercomputing and advanced measurements, and research related to creation of environmentally conscious energy systems. Furthermore, we promote basic research for the creation of risk management science and associated new multiphase flow system directly linked to sustainable energy represented by a high-density hydrogen storage technology. Particularly, we are focusing in different field integration research and development such as creation of environmentally conscious type nano-cleaning technology using reactive multiphase fluid that is a thoroughly chemical-free, pure water free, dry type semiconductor wafer cleaning system using cryogenic micro-nano-solid high-speed spray flow, and also focusing on removal-reusing technology for solar cells and ITO membranes for conducting organic polymer (including indium oxide tin). We also performed computational study of multiple bubbles behavior in megasonic field to clarify the mechanism of particle removal by megasonic cleaning. Furthermore, aiming to contribute disaster risk science field, fundamental mitigation effect of mega-floating structures on the water level and hydrodynamic force caused by the offshore tsunami has been computationally investigated using SPH method taking into account the fluid-structure interaction (FSI).

### マルチスケール異分野融合型混相エネルギーシステムの創成

#### Development of Integrated Multiscale Multiphase Flow Energy System



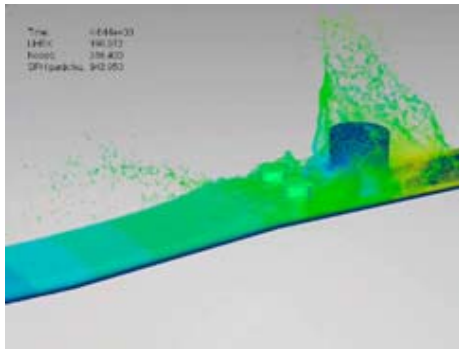
高圧タンクき裂伝ばを伴う水素漏えい現象に関する流体-構造体連成コンピューティング  
Coupled FSI computing of hydrogen leakage phenomenon accompany with crack propagation of pressure vessel



極低温ファイン固体粒子噴霧を用いたナノデバイスクリーニング  
Nano device cleaning using cryogenic fine solid particulate spray



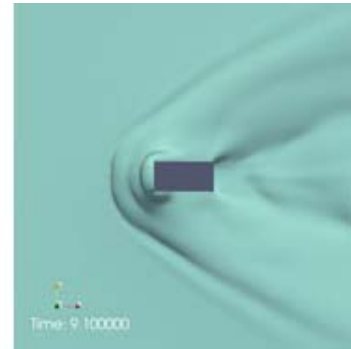
**津波・洪水等による自然災害ダメージ軽減に対する混相流体力学的アプローチ**  
**Multiphase Fluid Dynamic Approach for Natural Disaster Damage Mitigation due to Tsunami or Flooding**



漂流物混入型津波に関する GPU 融合型スーパーコンピューティング  
 GPU supercomputing of Flotsam-mixed tsunami impinging to land structure



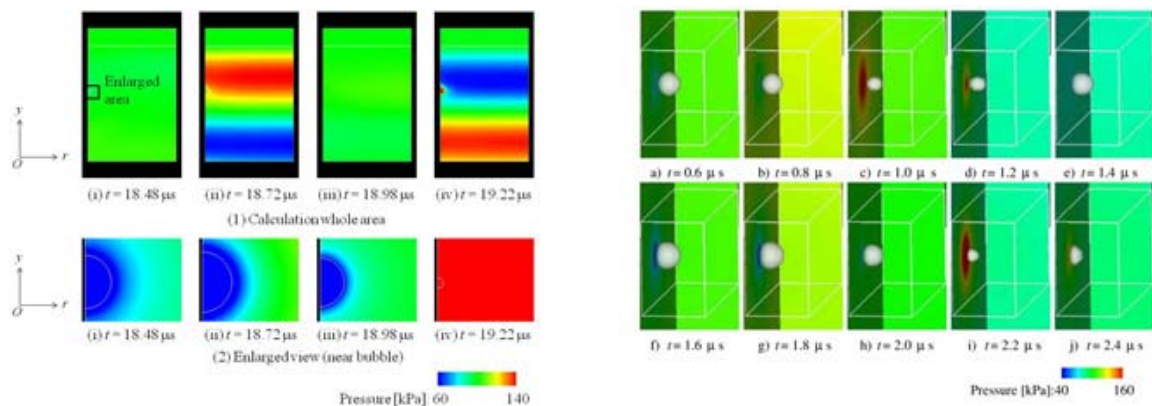
橋脚に衝突する洪水流の流体力予測に関するスーパーコンピューティング  
 Supercomputing of hydrodynamic behavior of supercritical floodwater impingement to bridge girder



津波・洪水に代表される自然災害ダメージの軽減化に対し先端混相流体力学的アプローチを実施し、ダメージ予測と最適避難・安全予測に関するスーパーコンピューティング手法を開発している。

This study can help to optimize the strength of seashore buildings and structures against future tsunami threats, and also can help to estimate structural damage that can be caused by large-scale natural disasters like hurricanes, storms and tornados, and help to develop effective mitigation tools and systems.

**メガソニックキャビテーション気泡を用いた不純物除去に関する数値解析**  
**Numerical Analysis of Contamination Removal Using Megasonic Cavitation Bubble**



メガソニック場中壁面近傍での気泡挙動の三次元数値計算結果  
 Three dimensional calculation result of the bubble behavior near wall in a megasonic field

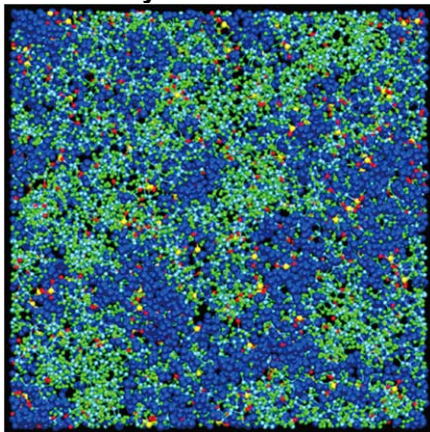


教授  
徳増 崇  
Professor  
Takashi  
Tokumasu

近年の地球温暖化問題、原発問題などから、クリーンなエネルギー源である太陽電池、リチウムイオン電池、燃料電池等の開発が世界的に急がれています。これら電池の効率を向上させ、コストを低下させるには、電池内部で起こっている反応物質の流動を把握し、制御することが必要不可欠ですが、電池内部はナノスケールレベルの非常に微細な構造の集合体により構成されているため、通常の実験・計算技術ではその流れの様相を正確に把握することができません。本研究分野では、このような電池内部の反応物質の「流動」、すなわち輸送現象をスーパーコンピュータを用いた大規模量子/分子動力学法により解析し、その現象の特性を把握し、影響を及ぼす支配因子を特定することによって、高効率・低コストな次世代電池の理論設計を行うことを目指して研究を行っています。

Development of clean energy sources, such as solar cell, Lithium ion battery and fuel cell, is rapidly progressed all over the world because of recent problems of global-warming and nuclear power plant. It is indispensable to comprehend and control the flow of reactants or products in these batteries to improve the efficiency and decrease the cost. However, it is impossible to comprehend the flow dynamics of these substances accurately by conventional experiments or simulations because the flow field in these batteries consists of aggregations of very fine structure which is of the order of nanometer. Our laboratory analyzes the "flow", or transport phenomenon of reactants or products in the batteries by large scale quantum calculation or classical molecular dynamics method using a supercomputer. Moreover, we aim to make a theoretical design of a next-generation battery which is high efficiency and low cost by comprehending the characteristics and governing factors of the transport phenomenon from the simulation results.

### 高分子電解質膜内部におけるプロトン・水輸送現象の量子・分子動力学的研究 Quantum/Molecular Dynamics Studies of Transport Phenomena of Proton and Water in Polymer Electrolyte Membrane.



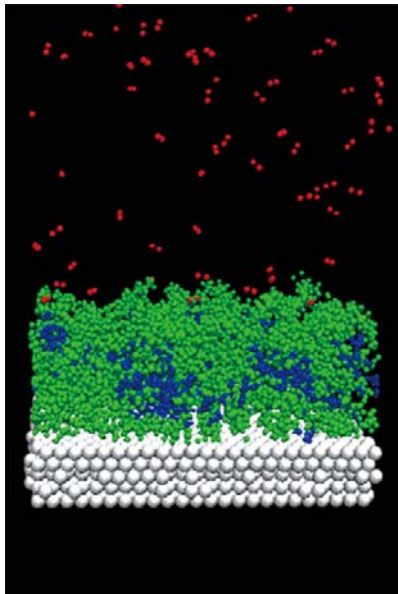
固体高分子形燃料電池に用いられている高分子電解質膜の内部では、水が不均一に、かつ非常に微細なクラスターを形成し、この中をプロトンが移動します。そのため高分子電解質膜内部の物質移動の特性は通常の連続体理論を基礎とした計算では解析できません。本研究では高分子電解質膜内部の物質輸送現象を、水の構造とプロトンの輸送現象の相関性に注目して、スーパーコンピュータを用いた大規模量子/分子動力学法により解析を行っています。

高分子電解質膜内部の水クラスターネットワークの様子  
The network of water cluster in polymer electrolyte membrane

In polymer electrolyte membrane which is used in Polymer Electrolyte Fuel Cell, water molecules construct very fine clusters heterogeneously and protons transfer through the clusters. Therefore the characteristics of transport of substances in polymer electrolyte membrane cannot be analyzed by conventional simulations based on continuum theory. In this study, we analyze the transport phenomena of the substances in polymer electrolyte membrane by large scale quantum calculations and classical molecular dynamics simulations using a supercomputer with paying attention to the correlation between the structure of water cluster and transport phenomena of proton.

### 触媒層アイオノマー内の物質輸送現象に関する分子動力学的研究

#### Molecular Dynamics Studies of Transport of Substances in Ionomer at Catalyst Layer



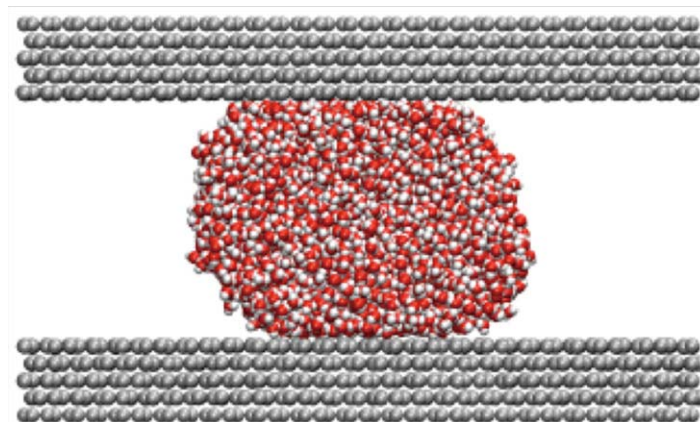
白金触媒上アイオノマーにおける酸素透過シミュレーション  
Simulation of oxygen permeation of the ionomer  
on Pt catalyst

固体高分子形燃料電池の触媒層では、白金を厚さ数 nm の高分子電解質膜(アイオノマー)で覆っています。このアイオノマー内部はプロトン伝導パスとなっており、膜厚が厚いほどプロトン伝導度は上昇します。その反面、酸素分子はこのアイオノマーを透過して触媒表面に到達するため、アイオノマーの厚さが薄いほど酸素分子の透過性は上昇します。本研究では、分子動力学法を用いてこの触媒層アイオノマー内のプロトン・酸素輸送現象を解析し、その現象の支配要因を明らかにすることで、次世代の燃料電池の設計指針を構築することを目的として研究を行っています。

At catalyst layer in polymer electrolyte fuel cell, an ionomer, that is, a few nm of polymer electrolyte membrane, covers platinum particles. Protons reach platinum surface through ionomer and therefore proton conductivity increase with the increase in the thickness of ionomer. However, oxygen reach platinum surface by permeating the ionomer and therefore oxygen permeability increases with the decrease in the thickness of ionomer. In this study we analyze the transport phenomena of proton and oxygen in ionomer at catalyst layer by molecular dynamics simulation aiming at the construction of theoretical design of next generation fuel cells.

### 撥水層ナノ多孔体内部の液滴輸送現象に関する分子動力学的研究

#### Molecular Dynamics Studies of Transport of Water Droplet through a Nano Pore at Micro Porous Layer



ナノ多孔体内における水滴輸送現象の分子動力学シミュレーション  
Molecular Dynamics Simulation of transport phenomenon of water droplet in a nano pore

燃料電池に用いられている撥水層は細孔径が数 nm～数十 nm の多孔体であり、拡散層で水が凝縮して発電効率を下げる"フラッディング"と呼ばれる現象を緩和する効果があります。しかしながら、この現象の詳しいメカニズムについては、まだ明らかにされていません。本研究では、分子動力学法を用いて幅数 nm の隙間を通る液滴の挙動を再現し、このような隙間の中で水がどのような相で存在し、またどのような輸送挙動を示すのかを明らかにすることを目的として研究を行っています。

A micro porous layer used in fuel cell is a porous medium whose pore width is of the order of nm - tens of nm, and prevents the phenomenon, called "flooding", that the power efficiency decreases because water condenses at gas diffusion layer. However, the detailed mechanism of this phenomenon has not yet been clarified. In this study, the motion of water droplet which goes through the pore whose width is of the order of a few nm is simulated by molecular dynamics method. From this results we analyze the phase in which the water droplet exists at such a very fine clearance and the mechanism how the water droplet transports through the clearance.



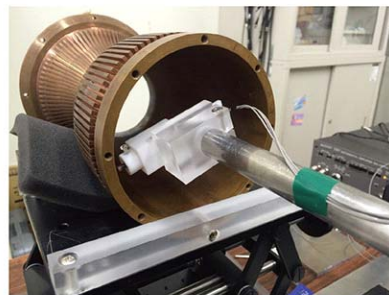
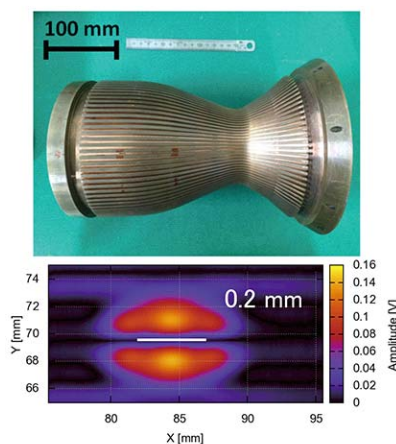
教授  
内一 哲哉  
Professor  
Tetsuya  
Uchimoto

次世代輸送システム、エネルギープラントにおいては、流動が誘起する構造材料の劣化・損傷に対して合理的に管理を行うことが重要です。本研究分野では、これらのシステムの高信頼化に資するセンシングおよびモニタリングに関する研究を行っています。電磁非破壊評価法による材料の劣化・損傷の評価法や高温環境センサの開発を行い、これらをオンラインモニタリングに適用することを目指しています。また、多様なセンサの融合による高信頼化センシングと逆問題的アプローチに関する研究を行っています。これらの研究をより効果的に行うために、材料科学分野やデータサイエンス分野の研究者と連携して研究を行っています。

In lifecycle management of next-generation transportation systems and energy plants, evaluation of degradation and damage of structural materials induced by flow is one of key issues. Our laboratory is conducting research on sensing and monitoring that increase reliability and safety of these systems. Our activities include evaluation of degradation and damage in various materials by electromagnetic nondestructive testing, development of high temperature sensors, reliable sensing by sensor fusion, inverse approach, and so on. We aim at applying these sensors and testing methods to online monitoring.

### 電磁非破壊評価を用いたロケットエンジン燃焼室の劣化・損傷評価

#### Evaluation of Degradation and Damage in Rocket Engine Combustion Chamber by Electromagnetic Nondestructive Testing



LE-9エンジン  
©JAXA

燃焼器モックアップ試験体を用いた実験

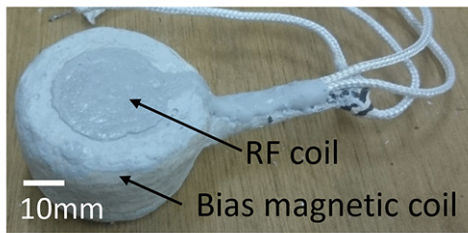
Demonstration of crack detection in combustion chamber mockup specimens

ロケットエンジンの高信頼化のために、燃焼室の非破壊試験が重要な技術となります。本研究分野では、渦電流探傷法によるロケットエンジン燃焼室内筒の亀裂検出に関する研究を行っています。

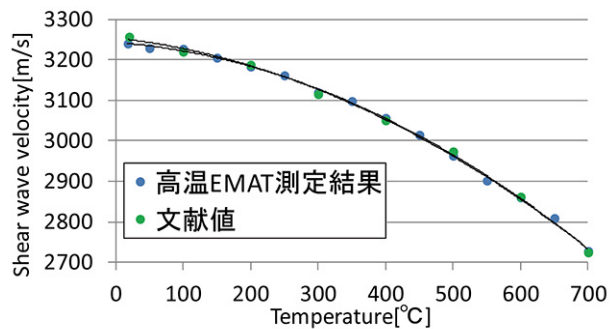
The residual life estimation based on damage evaluation is very important to ensure the safety of the repeated engine operation and the reusable systems. We apply eddy current testing (ECT) to detection and evaluation of cracks in a rocket engine combustion chamber, and novel probes and signal processing method are being developed.

## 高温環境センサの研究およびオンラインモニタリングへの適用

### Development of High Temperature Sensors and Their Application to Online Monitoring



高温用 EMAT プローブ  
High temperature EMAT Transducer



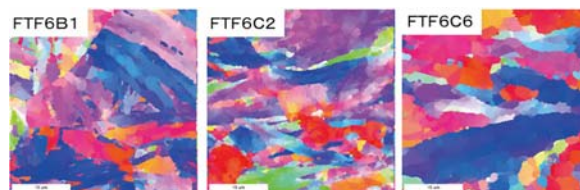
高温用 EMAT プローブにより評価した音速  
Shear wave velocity measured by the present EMAT

高温環境において動作するセンサを開発し、オンラインモニタリングに適用しています。図は、当研究分野で開発した空芯電磁石を用いた電磁超音波探触子であり、室温から 700°C に至る環境において、計測を行うことが可能です。

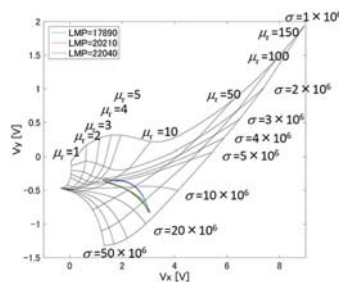
Our laboratory develops the next generation sensors for high temperature environment. We propose an electromagnetic acoustic transducer (EMAT) design using an air-cored solenoid coil as a pulsed electromagnet, and prototype probe (photo) operation is confirmed in the range from room temperature to 700 degrees C. It can be applied to high-temperature non-contact monitoring of metal processing.

## 電磁非破壊評価を用いた構造材料の劣化診断

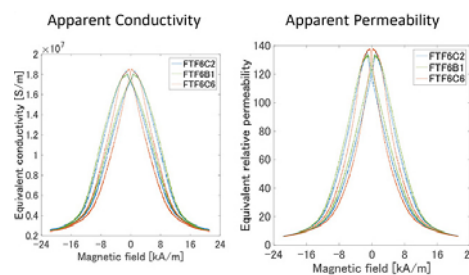
### Nondestructive Evaluation of Degradation of Structural Materials Using Electromagnetic Testing



改良 9Cr-1Mo 鋼のクリープ試験片の EBSD による結晶方位計測 (IPF)  
EBSD orientation map (IPF) of creep specimens



透磁率  $\mu_r$  - 導電率  $\sigma$  マッピング  
Conductivity-permeability map



改良 9Cr-1Mo 鋼のクリープ試験片の実験結果との比較によって得られた見かけの誘電率と透過率

Apparent conductivity and permeability estimated by the comparison of experimental and numerical results

クリープ劣化、塑性ひずみ、残留応力などの材料劣化を評価できれば、き裂などの損傷が顕在化する前に合理的に構造物を管理することができます。劣化に伴う磁気特性の変化に着目して、電磁非破壊評価法により劣化診断を行う手法の開発を行っています。特に、磁氣的試験法の 1 種である増分透磁率法を適用するとともに、劣化と電磁特性との間の関係のメカニズムを含めた検討を行っています。

Nondestructive evaluation of materials degradation such as creep, fatigue, plastic deformation and residual stress can be one of effective tools for lifecycle managements of structural components. Our laboratory are developing electromagnetic testing methods to evaluate material degradation. In addition, we are investigating the mechanism for electromagnetic properties that are affected by microstructure change by degradation.



(兼) 教授  
**太田 信**  
Concurrent Professor  
**Makoto Ohta**



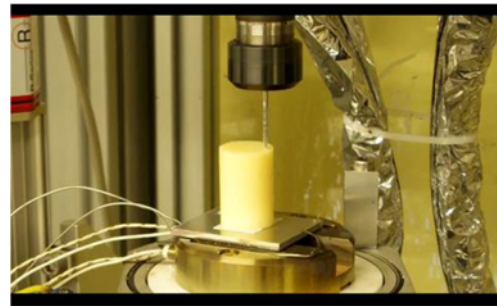
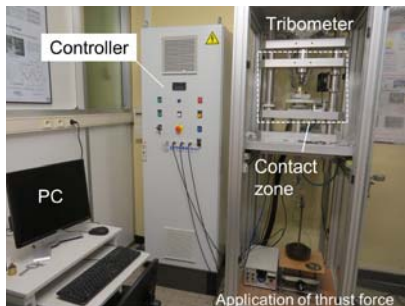
(兼) 准教授  
**小宮 敦樹**  
Concurrent Associate Professor  
**Atsuki Komiya**

流動ダイナミクス研究分野では、フランス・リオン大学（国立応用科学院リオン校，国立中央理工科学学校）に設置された「附属リオンセンター」に教員と学生が滞在し，フランスの研究者らと共同研究を実施します．教員は兼務担任となっており，本研究所の教員がフランスとの共同研究を推進するため，不定期でリオンセンターに長期滞在します．センターの掲げる安全・安心・健康な社会の実現に寄与する工学領域の基礎研究から応用研究に至るまで，流動ダイナミクスに関する最先端の研究を進めています．現在は 2 教員が長期滞在をしており，医療機器と生体組織表面の摩擦に関する研究，および多孔質膜を用いたタンパク質の物質輸送制御に関する研究を行っています．

In Fluid Dynamics Laboratory, the IFS faculty members and Ph.D, master and bachelor students stay in the Lyon Center at Université de Lyon (INSA Lyon, École Centrale de Lyon), and carry out the collaborative research with France researchers. Faculty in charge of this laboratory is concurrent members, and make irregularly long stay in Lyon to promote the collaborative research. We are doing cutting-edge researches regarding to flow dynamics from fundamental topic to application, which contribute to challenges in the fields of safety, relief and healthy societies. Currently, we are doing on the researches of friction between medical device and surface of tissue, and control of protein mass transfer using special membrane.

**生体骨のドリリング特性を再現する新規材料の機械特性・摩擦特性分析**

**Analysis of mechanical properties and friction of a novel material for bone model with drilling properties**

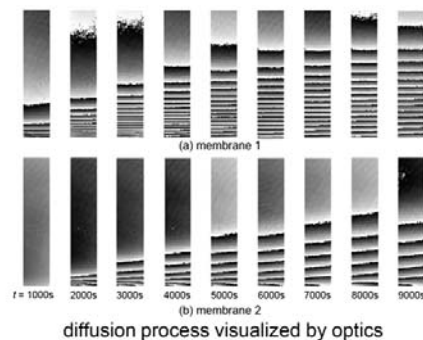
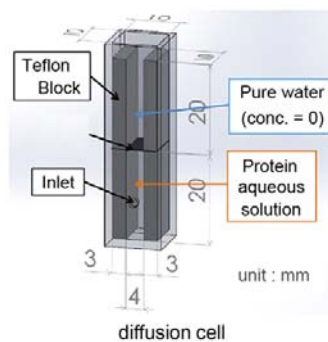
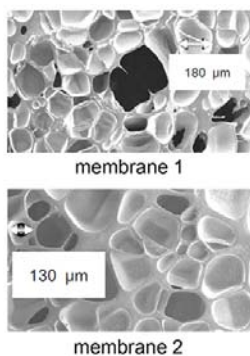


リオンで開発したドリリング特性分析装置  
Development of drilling system in Lyon

**タンパク質輸送を制御する – 場の環境変化を利用した膜による能動制御 –**

**Control of Protein Transport Phenomena**

**- An active control by functional membrane using surrounding condition -**



多孔質膜を介したタンパク質物質拡散過程の高精度可視化  
Precise visualization of transient diffusion process of protein through a membrane

## マルチフィジックデザイン研究分野

Multi-Physics Design Laboratory



(兼) 教授  
**岡部 朋永**  
Concurrent Professor  
**Tomonaga  
Okabe**

工学研究科が有する分子スケールからの材料科学・材料強度・構造力学によるアプローチ、流体研の有する最適設計ツール、それに新規に採用される教員による非巡航時の空力解析を統合することで、航空機分野においてマルチフィジックデザインという新規学術領域を創成することを目的に、2018年に発足されました。特に、今後の開発に期待がかけられる小型あるいは中型の民間旅客機の開発研究に、積極的に貢献していきたいと考えています。

This laboratory was established in 2018 to couple the multiscale modeling approach developed in the engineering school of Tohoku University with the CFD based multidisciplinary optimum design approach proposed in the Institute of Fluid Science for developing the future transport aircraft. Hereafter, we are trying to contribute to the research and development of small or medium sized aircraft from an academic side.

## 6 共通施設 Common Facilities

### 図書室 Library

流体科学に関する学理および応用の研究に必須な書籍・雑誌の収集に努めています。さらに本学図書館情報処理ネットワークシステム（T-lines）に参加して、本学における流体関連分野の貴重なデータバンクの役割を果たしています。

This library has an extensive collection of books and journals that are essential for research on fluid engineering and science. Furthermore, it participates in the Tohoku University Library Information Network System (T-lines) and maintains a critical data bank on fluid flow related literature.



### 工場 Workshop

流体科学研究所附属工場は、本研究所の前身である高速力学研究所の設立と同時に設置されました。設置当初より流体科学の基礎研究に関わる実験装置だけでなくエネルギー、航空宇宙、ライフサイエンス、ナノ・マイクロテクノロジー分野など様々な流動現象の実験・研究を行う上で必要な実験装置や試験片などを設計・製作しています。本工場で作成された実験装置を用いた実験研究から文化功労者が輩出されるなど、研究所の研究活動の一翼を担っています。

The Institute of Fluid Science Workshop was established at the same time as the Institute of High-Speed Mechanics, which was the forerunner of the present Institute of Fluid Science. Since its establishment, this workshop has designed and fabricated experimental equipment and test specimens not only for basic research in fluid science, but also for research and experiments on fluid flow phenomena in other fields, such as energy, aerospace, life sciences, and nano-micro technology. This workshop provides essential support to the research activities of the institute, and one scientist using experimental equipment fabricated here has gone on to be named a Person of Cultural Merit by the Japanese government.





## 7 出版物 Publications

### 報告書 Reports



研究活動報告書  
Report of Research Activities



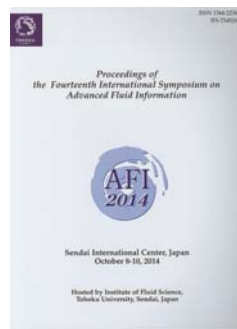
流体科学研究所報告(日本語・英語)  
Reports of the Institute of Fluid Science (Japanese・English)



研究所活動報告会資料  
Report Conference Materials of Research Activities



共同利用・共同研究拠点  
活動報告書  
Activity Report, Joint Usage/  
Research Center



高度流体情報に関する  
国際シンポジウム会議録  
Proceedings of the International  
Symposium on AFI

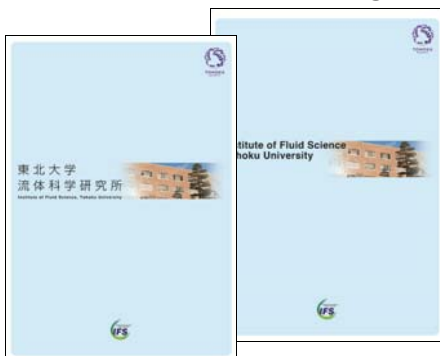


次世代融合研究システム  
利用成果報告書  
Use Reports of Integrated  
Supercomputation System



技術室報告  
Report of Technical Services Division

### パンフレット Leaflet / Catalog



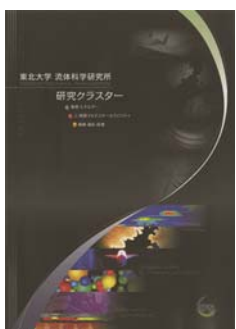
流体科学研究所概要パンフレット(日本語・英語)  
IFS Leaflet (Japanese・English)



流体科学研究所要覧  
IFS Catalog



未来流体情報創造センター(日本語・英語)  
AFI Research Center (Japanese・English)



研究クラスター  
Research Clusters



次世代流動実験研究センター  
Advanced Flow Experimental Research Center



技術室  
Technical & Technology



東北大学流体科学研究所  
Institute of Fluid Science, Tohoku University