



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

2021



## 目次

はじめに	1
理念とおいたち	3
組織	
組織図	5
教職員数・経費及び建物	6
研究部門と研究センター	7～9
VISION2030と研究クラスター	10～12
次世代流動実験研究センター（AFX）	13～14
未来流体情報創造センター（AFI）	15
リヨンセンター（LyC）、航空機計算科学センター（ACS）	16
活動	
研究活動	17
褒章・受賞・プレスリリース	18～19
第1回国際流動科学ウェビナー	20
流体科学国際研究教育拠点	20～21
研究拠点形成事業	22
国際連携	23～25
教育	26～27
産学連携、社会貢献	28～30
研究分野・教員一覧	31
<b>流動創成研究部門</b>	
電磁機能流動研究分野	33～34
融合計算医工学研究分野	35～36
生体流動ダイナミクス研究分野	37～38
航空宇宙流体工学研究分野	39～40
宇宙熱流体システム研究分野	41～42
自然構造デザイン研究分野	43～44
流動データ科学研究分野	45～46
<b>複雑流動研究部門</b>	
高速反応流研究分野	47～48
伝熱制御研究分野	49～50
先進流体機械システム研究分野	51～52
複雑衝撃波研究分野	53～54
計算流体物理研究分野	55～56
<b>ナノ流動研究部門</b>	
分子熱流動研究分野	57～58
量子ナノ流動システム研究分野	59～60
生体ナノ反応流研究分野	61～62
分子複合系流動研究分野	63～64
<b>共同研究部門</b>	
先端車輻基盤技術研究（日立Astemo）Ⅲ	65～66
<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	67～68
地殻環境エネルギー研究分野	69～70
エネルギー動態研究分野	71～72
システムエネルギー保全研究分野	73～74
混相流動エネルギー研究分野	75～76
次世代電池ナノ流動制御研究分野	77～78
<b>リヨンセンター（材料・流体科学融合拠点）</b>	
流動システム評価研究分野	79～80
<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研究分野	81～82
技術室	83
共通施設	84
出版物	85
案内	86

## Contents

Introduction	2
Principle and History	4
Organization	
Organization	5
Staffs • Expenses and Building	6
Research Divisions and Research Centers	7 ~ 9
VISION2030 and Research Clusters	10 ~ 12
Advanced Flow Experimental Research Center (AFX)	13 ~ 14
Advanced Fluid Information Research Center (AFI)	15
Lyon Center (LyC), Aircraft Computational Science Center (ACS)	16
Activities	
Research Activities	17
Awards, Press Release	18 ~ 19
International Flow Dynamics Webinar	20
Fluid Science Global Research and Education Hub	20 ~ 21
Core-to-Core Program	22
International Exchange	23 ~ 25
Education	26 ~ 27
Industry-University Cooperation, Contribution to Society	28 ~ 30
Laboratories • Faculty	32
Creative Flow Research Division	
Electromagnetic Functional Flow Dynamics Laboratory	33 ~ 34
Integrated Simulation Biomedical Engineering Laboratory	35 ~ 36
Biomedical Flow Dynamics Laboratory	37 ~ 38
Aerospace Fluid Engineering Laboratory	39 ~ 40
Spacecraft Thermal and Fluids Systems Laboratory	41 ~ 42
Design of Structure and Flow in the Earth Laboratory	43 ~ 44
Fluids Engineering with Data Science Laboratory	45 ~ 46
Complex Flow Research Division	
High Speed Reacting Flow Laboratory	47 ~ 48
Heat Transfer Control Laboratory	49 ~ 50
Advanced Fluid Machinery Systems Laboratory	51 ~ 52
Complex Shock Wave Laboratory	53 ~ 54
Computational Fluid Physics Laboratory	55 ~ 56
Nanoscale Flow Research Division	
Molecular Heat Transfer Laboratory	57 ~ 58
Quantum Nanoscale Flow Systems Laboratory	59 ~ 60
Biological Nanoscale Reactive Flow Laboratory	61 ~ 62
Molecular Composite Flow Laboratory	63 ~ 64
Collaborative Research Division	
Fundamental Research of Advanced Vehicle Technology (Hitachi Astemo) III	65 ~ 66
Innovative Energy Research Center	
Green Nanotechnology Laboratory	67 ~ 68
Energy Resources Geomechanics Laboratory	69 ~ 70
Energy Dynamics Laboratory	71 ~ 72
System Energy Maintenance Laboratory	73 ~ 74
Multiphase Flow Energy Laboratory	75 ~ 76
Novel Battery Nanoscale Flow Concurrent Laboratory	77 ~ 78
Lyon Center (LyC)	
Mechanical Systems Evaluation Laboratory	79 ~ 80
Division for the Establishment of Frontier Sciences of the Organization for Advanced Studies	
Multi-Physics Design Laboratory	81 ~ 82
Technical Services Division	83
Common Facilities	84
Publications	85
Information	86



## はじめに

東北大学流体科学研究所

所長 丸田 薫

本研究所は、高速力学研究所として1943年（昭和18年）に創設され、1989年（平成元年）に当時の神山新一所長の下で改組転換され「流体科学研究所」となり今日に至っています。流体科学研究所は、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、および重点科学技術分野への応用に関する世界最高水準の研究を推進すること、また研究を通じて社会課題の解決に貢献すること、さらに国際水準の次世代研究者および技術者を育成することを使命と目標に掲げております。流体科学は、気体・液体・固体の流れを連続体の流動として扱うマクロな視点と、分子・原子・荷電粒子の流動として扱うミクロな視点の双方から、物質の流れのみならず熱・エネルギー、情報などのあらゆる流れを解明する学問領域です。研究対象を応用分野と関連づけると、エネルギー・環境、航空宇宙・機械、医工学、新デバイス、高機能材料・物質科学、流体システム等のキーワードが挙がり、また対象となる空間的・時間的スケールは広範囲におよびます。

本研究所は現在、流動創成研究部門、複雑流動研究部門、ナノ流動研究部門の3研究部門、および附属未到エネルギー研究センター、附属リヨンセンター（材料・流体科学融合拠点）、さらに共同研究部門先端車輛基盤技術研究Ⅲを加えた32の研究分野、さらに研究設備に関する実務全般を支える技術室を有しています。また本研究所は文部科学省に認定された流体科学の共同利用・共同研究拠点となっており、各教員が独自に行う共同研究の他に、この同事業により年間100件を越える内外機関との共同研究を本研究所がサポートし実施しております。

多様な研究活動を推進するため、研究所独自のスパコンを運用する未来流体情報創造センター、風洞・衝撃波関連施設を運用する次世代流動実験研究センター、国際交流を支援・促進する国際研究教育センター、航空宇宙関連の研究教育を推進する航空機計算科学センターの4センターを擁しております。このうち未来流体情報創造センター、次世代流動実験研究センターは大型研究設備に関するセンターである一方、国際研究教育センターは本研究所が長年に渡り構築してきた、リエゾンオフィスなどの海外拠点や国際ネットワーク活動による研究や教育を統合・発展したセンターです。また2018年開設のリヨンセンターは近い将来、本所の欧州研究拠点となることを目指しています。2021年度からは、ゼロカーボン実現に貢献する、アンモニア燃焼・材料国際研究交流拠点事業も開始しています。

本研究所は2015年に、VISION2030を採択しています。流体科学研究所が構築した世界の共同研究ネットワークを活用しながら、2030年までに「流体科学における世界拠点」となり、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ものです。2021年度には改定を行い、学術基盤としての統合流動科学を鍛え上げながら、ゼロカーボンや高度デジタル社会実現への貢献、SDGsを意識した研究教育活動を実施してまいります。

2021年は、前年から続く新型コロナウイルス感染症が世界で猛威を振るい続けています。また感染症に限らず、現在の社会課題はより複雑で広域に跨がり、その解決には異分野連携や国際協力が必須です。物質やエネルギーの輸送・移動を含む事象を研究対象とする「流体科学」の特性を活かしながら、基礎研究、内外の多くの共同研究パートナーとの協働を通じて、流体研構成員が一丸となって研究・教育・社会貢献を進めていく所存でございます。2004年から毎年継続して主催している国際会議ICFDも2020年に続き、オンライン開催となりましたが内外から多数の研究者にご参加いただきました。今後ともご関係各位のお力添え、ご指導ご鞭撻を賜りますよう、心よりよろしくお願ひ申し上げます。

令和3年12月



# Introduction

Institute of Fluid Science

Director **Kaoru Maruta**

Institute of Fluid Science, IFS, was originally founded in 1943 as an Institute of High-Speed Mechanics, and was reorganized under the director Shinichi Kamiyama in 1989 to become the "Institute of Fluid Science" to this day. The mission and goals of Institute of Fluid Science, IFS, are to promote world-class researches merging with advanced fields based on fluid science, and to apply them to priority technology fields, as well as to solve various social problems. IFS encourages to foster next-generation researchers and engineers of international standards through our research activities.

Fluid science deals not only with the flow of matter, but also with heat, energy and the like from both a macroscopic perspective that treats gas, liquid and solid flows as continuum flows, and a microscopic perspective that treats molecules, atoms and charged particles. Even the flow of information is in our scope. Keywords of our research activities cover, e.g., energy & environment, aerospace & machinery, medical engineering, new electric devices, high-performance materials & materials science, fluid systems and so forth. We treat wide ranges of multiscale physics in both temporally and spatially.

IFS currently has three research divisions: Creative Flow Research Division, Complex Flow Research Division and Nanoscale Flow Research Division, and two research centers: Innovative Energy Research Center and Lyon Center. In total, IFS has thirty two research laboratories including the collaborative research division of Advanced Vehicle Technology Research. IFS has been assigned as one of the Joint Usage / Research Center for fluid science, which is accredited by MEXT, Japan. More than 100 collaborative research projects with domestic and overseas collaborators were supported by IFS every year in addition to the joint researches conducted by individual research funds.

To strengthen and promote research activities, a high-performance supercomputer is operated by Advanced Fluid Information Research Center (AFI) in IFS. Several wind tunnels and shock tubes were operated in the Advanced Flow Experimental Research Center (AFX). IFS also opened the Global Collaborative Research and Education Center (GCORE) to support international exchange. Aircraft Computational Science Center (ACS) that promotes research and education related to aerospace were organized and has been operated. The Lyon Center focusing on fusion of material and fluid science research was found in 2018 with the aim of becoming a European research center of IFS in the near future. From FY2021, we also started a JSPS Core-to-Core project of an international research exchange for ammonia combustion and materials that will contribute to the realization of Zero Carbon.

In 2015, IFS VISION2030 was established. By utilizing the global joint research networks, IFS aims to be a global research center in fluid science by 2030. In 2021, we made a small revision of VISION2030. Under the VISION, IFS will continue to strengthen the Integrated Flow Science as an fundamental academic basis and to conduct research and educational activities toward realization of sustainable, advanced society.

In 2021, the new coronavirus infections from the previous year has been continuing to rage around the world. Not only this, but current social issues have become more extensive and complex, making it difficult for any single researcher to solve them alone. It requires interdisciplinary and international cooperation. IFS will make continuous effort to contribute solving those issues with collaboration partners. Although the International Conference on Flow Dynamics, ICFD, was held online again in 2021, many researchers from Japan and abroad participated in the conference. We look forward to the continued support and guidance of all concerned parties.

December, 2021

## 理念

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します。

## 使命

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します。

- 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

## おいたち

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なっています。

### 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附属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附属研究センターが発足 「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、1附属研究センター(27分野)が発足
平成25年	4月1日	次世代流動実験研究センター設置
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27年	5月13日	国際研究教育センター設置
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	リヨン大学との連携研究を目的として「附属リヨンセンター—材料・流体科学融合拠点—」を発足



## Principle

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

## Mission

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 Carry out basic research in Fluid Science
  - ② Promote interdisciplinary collaboration with other advanced fields using basic research results
  - 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

## History

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.

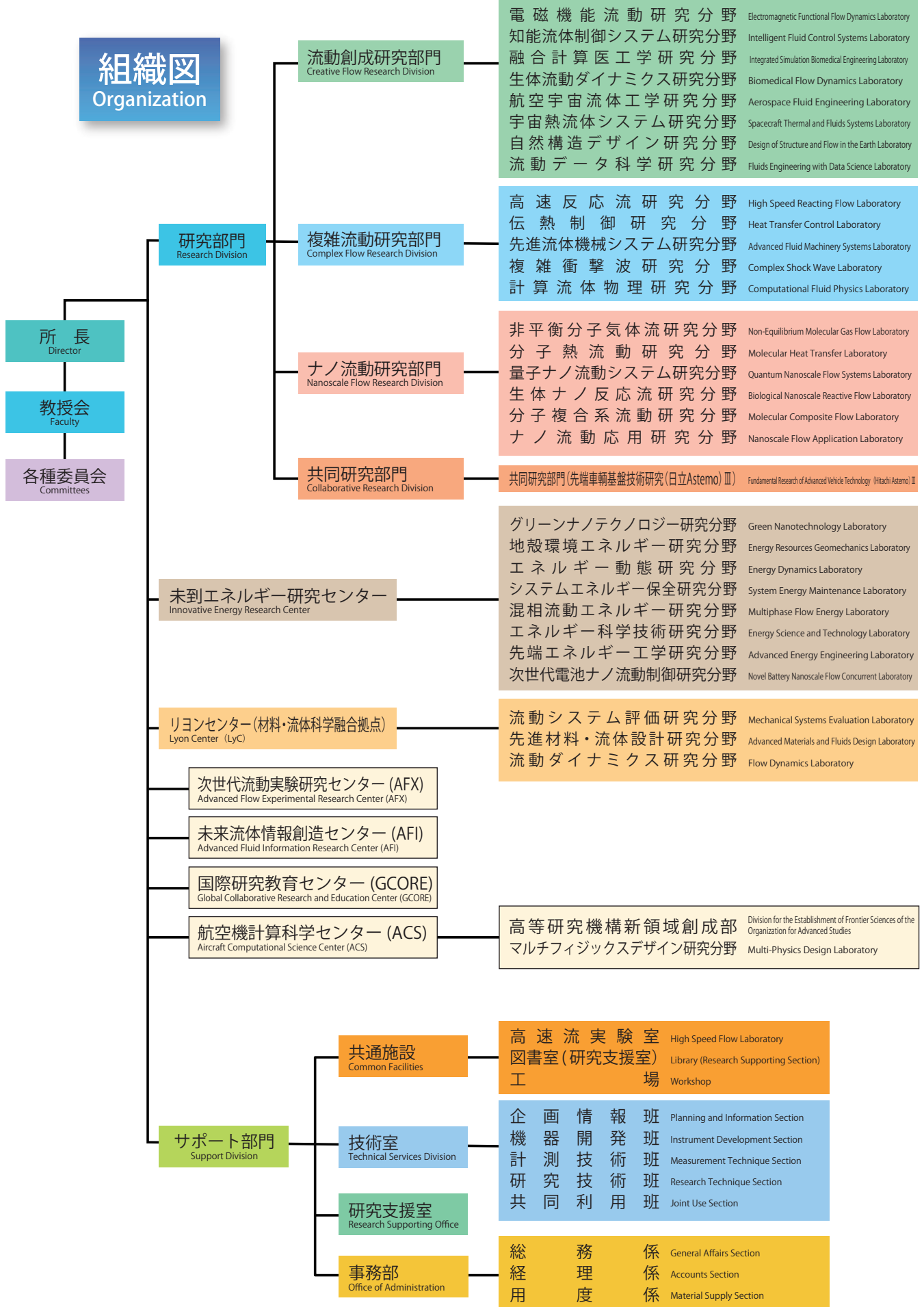
### Institute of High-Speed Mechanics

- |               |  |
|---------------|--|
| 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 attached 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 super-computer  |
| 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 attached research center with twenty-seven laboratories                |
| Apr. 1, 2013  | Establishment of “Advanced Flow Experiment Research Center”  |
| Apr. 1, 2015  | Opening of Fundamental Research of Advanced Vehicle Technology (KEIHIN)  |
| May 13, 2015  | Establishment of “Global Collaborative Research and Education Center”  |
| Apr. 1, 2017  | Opening of Aircraft Computational Science Center for promoting aviation industry in Japan  |
| Apr. 1, 2018  | Opening of attached Lyon Center (LyC) for promoting international joint research with Université de Lyon   |

# 組織図 Organization





## 教職員数・経費及び建物 Staffs・Expenses and Building

常勤職員数 (令和3年5月1日)

Number of Full-Time Staffs (May 1, 2021)

(単位：人)

教授 Professors	准教授 Associate Professors	助教 Assistant Professors	特任教授 Specially Appointed Professors	特任准教授 Specially Appointed Associate Professors	特任助教 Specially Appointed Assistant Professors	事務職員 Administrative Staffs	技術職員 Technical Staffs	限定正職員 Limited Regular Staffs	合計 Total
15 (1)	12 (3)	12 (3)	1 (0)	3 (0)	3 (1)	9 (3)	13 (0)	9 (8)	77 (19)

※ ( )内全て内数で女性を示す

※ Numbers in parenthesis represent the number of females, and are included in the totals

学生数 (令和3年5月1日)

Number of Students (May 1, 2021)

(単位：人)

B3	B4	M1	M2	D1	D2	D3	合計 Total
3 (0)	38 (6)	56 (4)	68 (5)	16 (2)	16 (1)	14 (1)	217 (21)

※ ( )内全て内数で女性を示す

※ Numbers in parenthesis represent the number of females, and are included in the totals

経費 (令和2年度)

Expenses (FY2020)

(単位：百万円)

(Units:Million yen)

運営費交付金 Operation Grants		外部資金 External Funding					
1,795		679					
人件費 Personnel Expenses	物件費 Operation Expenses	科学研究費 Grants-in-Aid for Scientific Research	受託研究費 Sponsored Research Fund	共同研究費 Joint Research Expenses	受託事業費 Sponsored Project Fund	補助金 Grants	奨学寄付金 Scholarship Donations
710	1,085	160	366	117	18	5	13

外部資金

Outside Research Grants

(単位：百万円)

(Units:Million yen)

費目 Category	平成27年度 2015	平成28年度* 2016	平成29年度* 2017	平成30年度* 2018	令和元年度* 2019	令和2年度* 2020
科学研究費 Scientific Research	105	160	187	189	155	160
受託研究費 Contract Research	261	329	375	374	238	366
共同研究費 Joint Research	143	132	179	143	152	117
受託事業費 Sponsored Project Fund	—	—	24	7	34	18
預り補助金 Other Grants	55	17	9	7	2	5
寄附金 Donations	14	14	11	11	9	13
合計 Total	578	652	785	731	590	679

\*間接経費を含む

建物

Building

建物延べ面積 Total Building Area	13,167㎡
-------------------------------	---------

## 研究部門と研究センター Research Divisions and Research Centers

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 附属研究センター (未刈エネルギー研究センター、リヨンセンター) から成り立っています。

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

### 部門とセンターの概要 Outline of Research Divisions and Research Centers

#### 【流動創成研究部門】



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
- 次世代知的流体制御デバイス・システムの創成
- 計測融合シミュレーションによる医療工学研究
- 生体器官内の流動ダイナミクスの解明
- 航空宇宙システムの革新、安全、ものづくりの研究
- 次世代宇宙機の革新的熱・流体制御システムの創成
- 自然と調和するエネルギーシステムの設計
- 流体機械システムの最適化・強靱化・知的化

#### 【Creative Flow Research Division】

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 next-generation intelligent fluid control devices and systems
- Development of advanced medical devices based on measurement-integrated simulation
- Clarification of flow dynamics in a living body
- Innovation, safety, and manufacturing of aerospace systems
- Creation of innovative thermal and fluids control systems for next generation spacecraft
- Harmonic design of energy systems with nature
- Creation of optimal, robust, and intelligent fluid machinery systems

#### 【複雑流動研究部門】



複雑流動研究部門は、流体科学の基盤となる、幅広い時空間スケールの多様な物理・化学過程に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、乱流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
- 固気液媒体中の衝撃波複雑伝播挙動の解明と学際的応用研究
- 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

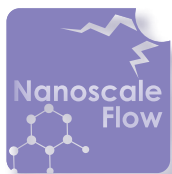
#### 【Complex Flow Research Division】

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, turbulent flows 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
- Study on elucidation of complex propagation phenomena in gas-liquid-solid three-phase and its interdisciplinary application
- Theoretical modeling for universal and specific complex flow phenomena



## 【ナノ流動研究部門】



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）

## 【Nanoscale Flow Research Division】

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 interfacial phenomena

## 【共同研究部門】



共同研究部門は、日立 Astemo 株式会社と共同で「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～）第二期（2018年4月～）に続き、第三期として、低炭素社会の実現に向けた将来の車輛電動化に対し、モータを駆動する次世代インバータの超小型・軽量・高出力として期待される基盤技術の研究を推進いたします。このような次世代技術の研究をもとにした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。

- 次世代インバータ向け新たな冷却システム構築と要素技術研究
- レーザー溶融接合技術の数値解明
- はんだボイド発生予測技術の解明
- 新冷却技術、レーザー溶融技術の最適化手法の構築

## 【Collaborative Research Division】

The Institute of Fluid Science, Tohoku University, and Hitachi Astemo, Ltd. have established a joint research department and have been able to obtain results in the first and second phases. In the third phase, as “Fundamental research of advanced vehicle technology (Hitachi Astemo) III”, the next-generation inverter that drives the motor will be ultra-compact, lightweight, and high-performance for future vehicle electrification toward the realization of a low-carbon society. We will promote the fundamental research to realize those kinds of basic technologies. The research conducted by the Collaborative research division is related mostly to the enhancement and the application of the simulation technology based on computational fluid dynamics and experimental verification. By conducting collaborative research between Hitachi Astemo, Ltd. and Institute of Fluid Science, Tohoku University, aims to create new value directly connected to development of appealing products with excellent environmental performance based on the research of such next-generation technology.

- New cooling system construction and element technology research for next-generation inverter
- Numerical elucidation of laser fusion bonding technology
- Elucidation of solder void generation prediction technology
- Construction of an optimization method for new cooling technology and laser melting technology

## 【未到エネルギー研究センター】



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

## 【Innovative Energy Research Center】

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

## 【リヨンセンター — 材料・流体科学融合拠点—】



リヨンセンターは、フランス・リヨン大学 (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ヨ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
- 情報処理流体力学と材料分析との融合による知的材料流体システムの設計
- 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

## 【Lyon Center (LyC)】

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 system
- Design of smart materials and fluids system
- Spatiotemporal multiscale clarification of flow dynamic



## VISION2030と研究クラスター VISION2030 and Research Clusters

流体科学研究所は、2015年に策定したVISION2030のもと、これまで蓄積してきた研究や技術、国際研究ネットワークを礎として、様々な社会課題の解決に向けて世界の研究者が集う流体科学分野の世界拠点形成を目指し活動してきました。

2021年9月、近年の社会情勢の急激な変化を踏まえ、研究所が目指す方向を今一度見つめ直し、VISION2030を改定しました。新たなビジョンにおいて、社会・産業界への貢献を組織的に行うために、研究所独自の分野横断型研究グループ「環境・エネルギー」、「ナノ・マイクロ」、「健康・福祉・医療（ライフサイエンス）」、「宇宙航空」の4研究クラスターおよび緊急性の高い社会課題に取り組むための研究チーム「社会課題解決タスクフォース」を組織しています。

今後、これらクラスター等の活動を通して、快適で豊かな社会構築に貢献する新しい学術基盤「統合流動科学」を創成、展開してまいります。

The Institute of Fluid Science (IFS) has followed the VISION2030 it adopted in 2015, building on the research, technology, and international research network it has built up so far, as it works to form a global center for the field of fluid science. This center will bring together the world's researchers to push towards solutions for various social issues.

In September 2021, the Institute reviewed its forward direction in light of the tumultuous changes in social conditions in recent years, and amended its VISION2030. Under this new vision, it has reorganized into four research clusters, which are unique interdisciplinary research groups in the fields of "environment and energy", "nano-micro", "health, welfare, and medical cares (life science)", and "aerospace", and the Social Issue Solutions Task Force, a research team to tackle pressing social issues. This structure will allow the Institute to make organized contributions to society and industry.

From now on, the work of these clusters will form and advance a new academic foundation of integrated flow science, to contribute to the building of a comfortable and affluent society.



## 環境・エネルギークラスター Environment and energy cluster

環境・エネルギー

### 脱炭素社会を実現し、新たなエネルギー体系を創造する統合流動科学の開拓を目指します

COP26「グラスゴー気候合意」によって全世界が地球温暖化対策に具体的数値目標をもって取り組むことが再確認され、温室効果ガス排出抑制や新たなエネルギー源の創出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・向上させながらこれらの喫緊課題を解決していくためには、新たな低環境負荷エネルギー源の確保、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、グリーン成長戦略を意識し入口から出口までの各々の知の創出を紡いだ取組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、人間の活動や持続的発展に必要な「エネルギー」の変換や創成について再考し、基盤技術から応用技術まで、広範な時空間における環境・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。

### We aim to develop integrated flow science to realize a decarbonized society and create a new energy system

The COP26 "Glasgow Climate Pact" reaffirmed the need for the entire world to tackle global warming issues with specific numerical goals, and the need to control greenhouse gas emissions and create new energy sources have become urgent issues. In order to solve these urgent issues while maintaining and improving industrial activities and quality of life, to weave together the creation of knowledge from entrance to exit are required, along with an awareness of green growth strategies. It is essential to secure new sources of energy with low environmental impact, promote the introduction of self-sufficient renewable energy, further develop energy-saving technologies, and so on. With the environment and energy cluster, we will rethink the conversion and creation of energy, which is essential for human activities and sustainable development, and promote a wide range of research and development, from basic to applied technologies, to solve environmental and energy problems in a wide range of time and space.

## ナノ・マイクロクラスター Nano-micro cluster

ナノ・マイクロ

### ナノ・マイクロスケールで発現する現象を解明し、あらゆる分野の技術開発への応用を目的とした統合流動科学の構築を目指します

近年の科学技術の発達により、ナノ・マイクロスケールの構造を有する機器の設計・製作が可能になり、またその加工技術の高精度化、微細化が進むにつれ、これらのスケールで発現する機能を応用した新しいタイプのデバイスの構築があらゆる分野で盛んに行われています。ナノ・マイクロクラスターではこのようなナノ・マイクロスケールの現象をスーパーコンピュータや大規模実験設備を用いた解析技術により解析し、流動科学の視点から包括的に理解する学術分野の構築を目的として研究を推進します。またこれらの現象を利用した革新的デバイスや加工技術を開発し、様々な産業分野における機器の多機能化・高性能化にも取り組みます。

### We aim to build an integrated flow science in which we analyze the phenomena that arise on a nano-micro scale and apply them to technological development in all fields

Recent developments in science and technology have made it possible to design and manufacture equipment with nano and micro-scale structures. Moreover, owing to the increased precision and miniaturization of the processing technology, new types of devices which apply functions which arise on these scales are being built actively in all fields. The purpose of nano-micro cluster is to analyze such nano-micro scale phenomena using supercomputers and large-scale experimental facilities, and to build an academic field that comprehensively understands them from the perspective of fluid science. We will also develop innovative devices and processing technologies that utilize these phenomena to improve the function and performance of equipment in various industrial fields.

## 健康・福祉・医療クラスター Health, welfare and medical cares cluster

健康・福祉・医療

### 統合流動科学により、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

少子・高齢化社会が急速に進み、社会環境が大きく変化しています。将来に渡って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、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、統合流動科学の新しい学理の構築を目指します。具体的には、ヒトに関わる診断・予測・計測・モデル化手法の創成、生活環境と健康に関するデータ駆動型予測と保全、ヒトの機能の回復や付加、生体模擬環境の開発による脳卒中や心臓疾患治療への応用、感染症やガンなどに関わる予防・治療や診断・予測、プラズマ医療、再生医療を促進するタンパク質や細胞の処理技術の開発などの研究に取り組みます。

### We aim to realize a healthy and comfortable society through integrated flow science

The social environment is changing drastically due to the rapidly aging society and declining birthrate. The creation of advanced health, welfare, and medical technologies is necessary in order to realize and keep a healthy, secure, and affluent life. This cluster aims to construct new theories of integrated fluid science by clarifying transport phenomena in living organisms and interaction phenomena between living organisms and physical stimuli. Specifically, we aim to develop methods for diagnosis, prediction, measurement, and modeling related to humans; data-driven prediction and conservation related to the living environment and health; recovery and addition of human functions; application to the treatment of stroke and heart disease through the development of biomodels; prevention, treatment, diagnosis, and prediction related to infectious diseases and cancer; plasma medicine; and regenerative medicine. We are also working on the development of protein and cell processing technologies.

## 宇宙航空クラスター Aerospace cluster

宇宙航空

### 統合流動科学により、宇宙機・航空機に関連する流れ場における現象を解明し、宇宙航空分野の発展に寄与することを目指します

次世代の革新的な宇宙機・航空機の開発には、高温・高圧や極低温、希薄大気などの極限環境の流れ、相変化を伴う混相流やプラズマ・燃焼などの化学反応を伴う流れ、ナノ・マイクロ・マクロスケールの時空間における流れなど、多種多様な流れ場の理解が必要とされます。またカーボンニュートラルな国際社会を目指す上で必要なグリーン成長戦略からは高効率な機体およびエンジンの開発を行う必要があり、宇宙機・航空機に関わる流れ場を高精度に制御しなければなりません。宇宙航空クラスターでは、宇宙機・航空機周りやそれらのエンジンシステムに関連する流れ場における現象の解明とその制御のために、風洞やスーパーコンピュータなどを利用した流れ場解析、数理的・データ科学アプローチなどの統合流動科学の視点から包括的に理解する学術分野の構築を目的として研究を推進します。

### We aim to contribute to the development of the aerospace field by clarifying the phenomena in the flow field related to spacecrafts and aircrafts through integrated flow science

The development of innovative spacecrafts and aircrafts for the next generation requires an understanding of a wide variety of flow fields, including flows in extreme environments such as high-temperature, high-pressure, cryogenic temperature, and rarefied atmosphere, multi-phase flow with phase change and plasmas/combustion flow with chemical reactions, and nano/micro/macroscale spatiotemporal flow. In addition, the development of highly efficient airframes and engines is necessary for green growth strategies to achieve a carbon-neutral international society, and the flow fields associated with spacecrafts and aircrafts must be controlled with high precision. Aerospace cluster aims to establish an academic field that comprehensively understands the phenomena from the viewpoint of integrated flow science, including flow field analysis using wind tunnels and supercomputers and mathematical and data science approaches.



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



(兼) 教授  
**永井 大樹**  
Concurrent  
Professor  
**Hiroki  
Nagai**



特任准教授  
**大谷 清伸**  
Specially Appointed  
Associate Professor  
**Kiyonobu  
Ohtani**



シニアフェロー  
**小西 康郁**  
Senior Fellow  
**Yasufumi  
Konishi**

東北大学流体科学研究所には世界トップクラスの大型実験設備が設置されており、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まいりました。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及び運用管理を行い、これらの施設の学術利用及び産業利用に供する目的として、平成25年4月に設置されました。

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ます。

The Tohoku University Institute of Fluid Science 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 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 Advance Flow Experimental Research center 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

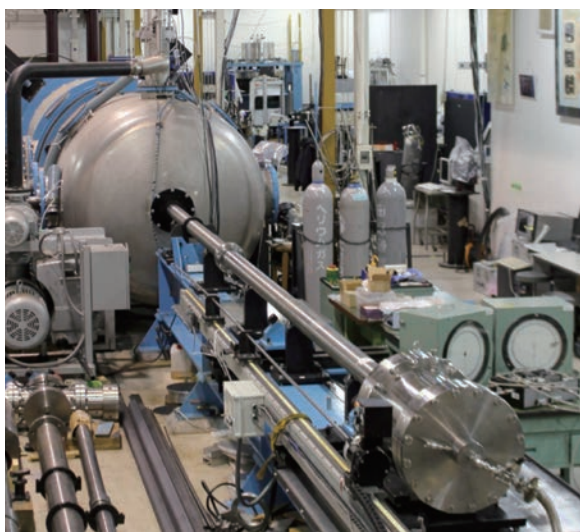
低乱風洞実験施設は、低乱熱伝達風洞、小型低乱風洞、低騒音風洞からなる実験施設です。主となる低乱熱伝達風洞は、流体関係の基礎および応用研究を目的として、昭和50年3月に設置された単路回流式の低速風洞です。本風洞は低乱れ、低騒音、優れた気流の一様性を示すように設計されており、密閉型測定部の断面は対辺1mの正八角形をしており、最大風速70m/s、開放型測定部の断面は対辺0.8mの正八角形で、最大80m/sの一様性の高い流れを作ることが可能です。特に、密閉型測定部では気流の乱れ強さは0.02%以下と極めて低く、世界的にも優れた風洞設備です。これらの性能を生かして、層流から乱流への遷移といった乱れが低い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



低乱熱伝達風洞の開放型測定部  
Open test section of the low turbulence wind tunnel

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.

## 衝撃波関連施設 Shock Wave Research Facilities



バリステックレンジ全景  
Panoramic view of the ballistic range

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です。

弾道飛行装置とは、高速で飛翔体を射出する装置です。東北大学流体科学研究所に平成14年に設置した本装置は、飛翔体射出速度が100m/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です。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ます。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です。

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が行えます。

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, 100m/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.

## 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）が整備されました。この装置は模型を磁気力で気流中に支持すると共に、模型が気流から受ける力も計測できる装置です。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ります。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す。本装置は、対辺距離が1m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です。



6軸制御による浮揚するAGARD-B模型  
AGARD-B model suspended by 6-axis control of MSBS

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.



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

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ます。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ます。

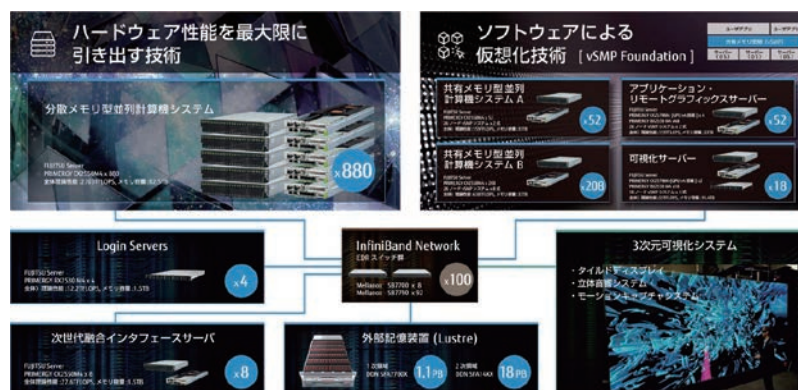
The Advanced Fluid Information Research Center is managed under the leadership of the Director, with the Research and Development Division to operate the integrated supercomputing system for supercomputing, interface with experiments and advanced visualization. In addition, there are the Selection and 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

2018年8月に稼働を開始した現在の「次世代融合研究システム(AFI-NITY)」は、スーパーコンピューティングを行う計算サーバー群、計算結果の画像解析のための3次元可視化サーバー、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ーを中核として、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)を有し、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ます。

計算サーバー群は、分散メモリ型並列計算システムとして FUJITSU、共有メモリ型並列計算システムとして vSMP による、理論演算性能合計 3.7PFLOPS・主記憶容量合計 192TB(最大共有メモリ 16TB)の計算機能を提供します。サーバー群と利用者をつなぐネットワークは 40Gbit Ethernet をバックボーンとして整備され、研究所内において高速なデータ交換や画像処理を含むクライアント作業を可能にしています。

The "Integrated Supercomputation System," which currently consists of the distributed memory type parallel computing system, the shared memory vSMP parallel computing system, the Three-dimensional Visualization System for visualization of computation results, and the Measurement Integration Interface Server to link the supercomputer and experimental measurement system, started operation in November 2005 and was updated in May 2011, May 2014, and August 2018. 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, Fujitsu servers based on Primergy are used as the distributed memory type parallel computing system and the shared memory vSMP parallel computing system, providing a total peak performance of 3.7 PFLOPS and total memory of 192 TB (maximum shared memory 16 TB). The network which connects the servers and users has a 40 Gbit Ethernet as the backbone, and facilitates clients' work, including high-speed data transfer and image processing at each laboratory in the Institute of Fluid Science (IFS).



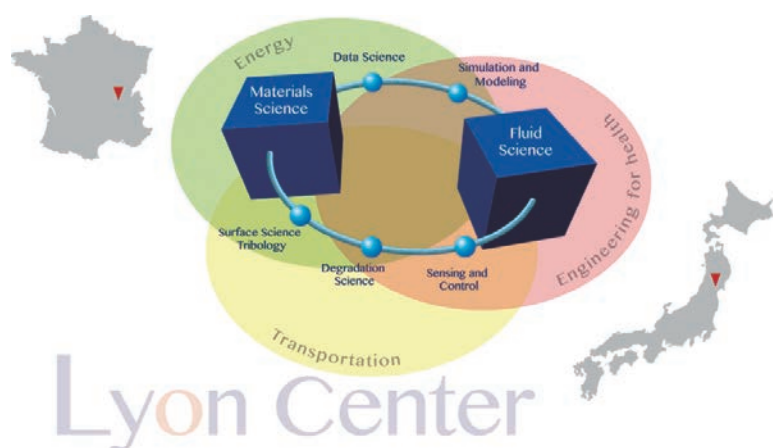


## リヨンセンター (LyC) Lyon Center

2018年4月に東北大学流体科学研究所は、リヨンセンターをリヨン大学のINSA-Lyon (国立応用科学院リヨン校) と Ecole Centrale de Lyon (エコール・セントラル リヨン校、ECL) 内に創設いたしました。本センターでは、本研究所および国内の流体科学分野の研究者とリヨン大学を中心とした材料科学分野の研究者が共同研究を行うとともに、この共同研究活動を通して若手研究者と学生を育成します。流体科学研究所は流体科学を基盤に異分野の学術領域が融合する新しい課題解決型学問領域を開拓し、エネルギー、次世代輸送システム、医工学の応用分野で社会的な課題に挑戦してきました。さらなる進化と発展のために、欧州有数の材料科学研究拠点であり、有数の産学連携拠点であるリヨン大学 (Université de Lyon) に拠点を設置し、海外研究ユニットの運営、双方の強みを活かした共同研究、世界をリードする人材育成に取り組んでいます。

The Lyon Center was established in Université de Lyon in April 2018 by Tohoku University's Institute of Fluid Science. At this center, fluid science researchers from the IFS and other Japanese institutions will conduct collaborative research projects with materials science researchers mainly from Université de Lyon. Through these collaborative research activities, we will also educate young researchers and students.

The IFS is pioneering a new type of problem-solving academic program, a combination of different academic fields with fluid science as its base, and is addressing social problems related to energy, next-generation transport systems and medical engineering. To encourage further progress and developments we established its base at Université de Lyon, a center for Europe's materials science research and academia-industry cooperation. From here we will operate an international research unit, do collaborative research utilizing the strengths of each party, and promote world-leading human resources development.



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

当センターでは、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、複合材時代の理想機体開発を実現するためのCAE技術、空力と構造およ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技術の開発を目指します。

To maintain and expand the international competitiveness of the aerospace industry, the center aims to develop CAE technology to realize the ideal aircraft structure in the age of composite materials, and CAE technology that seamlessly integrates aerodynamics, structure, and strength analysis to enable multi-objective optimal design at a high level from the initial design stage through industry-academia collaborative research.

## 研究活動 Research Activities

### 研究論文の件数 Number of Published Papers

項目 Type	平成28年 (2016)	平成29年 (2017)	平成30年 (2018)	令和元年 (2019)	令和2年 (2020)
オリジナル論文 *1 (英語) Original articles *1 (English)	261	245	188	217	166
オリジナル論文 (英語以外) Original articles (others)	14	2	6	5	9
国際会議での発表 *2 Presentations at international conferences *2	303	323	349	388	299
国内会議での発表 Presentations at Japanese conferences	316	281	273	261	255
合計 Total	894	851	816	871	729

\*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 communications 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 included above.

### 国際共同研究の件数 Number of International Joint Research

項目 Item	平成28年度 (2016)	平成29年度 (2017)	平成30年度 (2018)	令和元年度 (2019)	令和2年度 (2020)
個別共同研究 Individual collaborative research	59	62	58	60	53
公募共同研究 IFS collaborative research project	30	39	41	56	60
リーダーシップ共同研究 Discretionary collaborative research project	13	7	6	3	5
合計 Total	102	108	105	119	118

### 国内共同研究の件数 Number of Domestic Collaborative Research Projects

項目 Item	平成28年度 (2016)	平成29年度 (2017)	平成30年度 (2018)	令和元年度 (2019)	令和2年度 (2020)
民間等との共同研究 *1 Research collaborations with private industry *1	50	57	48	58	65
受託研究 *2 Funded research *2	41	43	32	30	36
寄附金 *3 Donations *3	15	13	13	12	13
個別共同研究 *4 Individual collaborative research *4	141	140	135	134	133
公募共同研究 IFS collaborative research project	49	43	47	50	44
リーダーシップ共同研究 Discretionary collaborative research project	15	24	21	16	17
合計 Total	311	320	296	300	308

\*1 国立大学法人東北大学共同研究取扱規程に基づいて、民間機関等から研究者（共同研究）および研究経費等を受け入れて行った研究。

\*2 国立大学法人東北大学受託研究取扱規程等に基づき、他の公官庁または会社等から委託を受けて行った研究。

\*3 国立大学法人東北大学寄附金事務取扱要項による寄附金。

\*4 上記3項に該当しない研究で研究費或いは研究者の受け入れがあるか、または共著論文（講演論文集等を含む）のある共同研究。公募共同研究およびリーダーシップ共同研究を除く。

\*1 Research performed in collaboration with researchers from private organizations (collaborative research), or conducted using funds provided by private organizations, in accordance with the guidelines of Tohoku University governing the management of joint research.

\*2 Research performed under contract with other government agencies or private businesses, in accordance with the guidelines of Tohoku University governing the management of joint research.

\*3 Grants received in accordance with Tohoku University guidelines governing the acceptance of donated funds.

\*4 Joint research projects not covered in items 1-3 above, involving the receipt of research funds or use of outside researchers, or resulting in publication of articles with joint authorship (including proceedings, etc.), excepting for IFS collaborative research project and Discretionary collaborative research project.

## 褒章・受賞 Awards

### 褒章 Medals of Honor

氏名 Name	受賞名(機関・団体) Name of Award (Agency/Body)	受賞内容 Research	受賞年月日 Date of Award
南部 健一 Kenichi Nanbu	紫綬褒章(日本政府) Purple Ribbon Medal (Japanese Government)	ボルツマン方程式の厳密な確率解法やプランク方程式の一般解法を導いた Derivation of an exact stochastic solution of the Boltzmann equation and a general solution of the Planck equation	H20.4.29 Apr. 29, 2008
圓山 重直 Shigenao Maruyama	紫綬褒章(日本政府) Purple Ribbon Medal (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臓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 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 Apr. 29, 2012

### 科学技術分野の文部科学大臣表彰 The Commendation for Science and Technology by the Minister of Education, Culture, Sports, Science and Technology

氏名 Name	受賞名 Name of Award	受賞対象の研究 Research	受賞年月日 Date of Award
丸田 薫 Kaoru Maruta	平成27年度・科学技術賞(研究部門) Awards for Science and Technology (Research Category), 2015	マイクロ燃焼の科学と熱技術および燃焼反応力学の研究 Study on microcombustion for fundamentals, thermal application and chemical kinetics of combustion	H27.4.15 Apr. 15, 2015
早瀬 敏幸 Toshiyuki Hayase	平成28年度・科学技術賞(研究部門) Awards for Science and Technology (Research Category), 2016	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 Study of integrated methodology of flow measurement and numerical flow analysis and its applications	H28.4.20 Apr. 20, 2016
中村 寿 Hisashi Nakamura	平成28年度・若手科学者賞 The Young Scientists' Award, 2016	火炎クロマトグラフ法による燃焼反応機構の研究 Study on combustion reaction mechanism by flame chromatography	H28.4.20 Apr. 20, 2016
小林 秀昭 Hideaki Kobayashi	平成29年度・科学技術賞(研究部門) Awards for Science and Technology (Research Category), 2017	極限環境条件における燃焼現象解明の研究 Investigations of combustion phenomena under extreme environmental conditions	H29.4.19 Apr. 19, 2017
菊川 豪太 Gota Kikugawa	平成30年度・若手科学者賞 The Young Scientists' Award, 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 Study on conyrol of interfacial heat transport based on molecular-scale structure of organic surface modification	H30.4.17 Apr. 17, 2018
太田 信 Makoto Ohta	平成31年度・科学技術賞(研究部門) Awards for Science and Technology (Research Category), 2019	生体組織モデル開発と医療機器の評価への応用に関する研究 Development of Biomodel and study of application to mechanical testing of medical devices	H31.4.17 Apr. 17, 2019
船本 健一 Kenichi Funamoto	平成31年度・若手科学者賞 The Young Scientists' Award, 2019	流体情報学に基づく生体恒常性維持機構の解明に関する研究 Study for clarification of homeostasis mechanisms based on fluid informatics	H31.4.17 Apr. 17, 2019
椋平 祐輔 Yusuke Mukuhira	令和2年度・若手科学者賞 The Young Scientists' Award, 2020	地下開発時の誘発地震の発生機構解明と抑制技術に関する研究 Understanding and controlling the induced seismicity associated with subsurface resource development	R2.4.7 Apr. 7, 2020
手塚 卓也 Takuya Tezuka	令和2年度・研究支援賞 Outstanding Support for Research Award, 2020	温度分布制御マイクロリアクタによる反応動力学研究への貢献	R2.4.7 Apr. 7, 2020
岡島 淳之介 Junnosuke Okajima	令和3年度・若手科学者賞 The Young Scientists' Award, 2021	微細管内の相変化熱流体現象による冷却機構とその応用の研究 Study on cooling mechanism of thermal fluid phenomena with phase change in microchannel and its application	R3.4.14 Apr. 14, 2021

### その他 Others

氏名 Name	受賞名 Name of Award	受賞対象の研究 Research	受賞年月日 Date of Award
伊賀 由佳 Yuka Iga	日本機械学会奨励賞(論文) The Japan Society of Mechanical Engineers, Medal for Outstanding Paper	温水キャビテーションにおける熱力学的効果の発現に関する実験的研究 Experimental study of appearance of thermodynamic effect on cavitation in hot water	H31.4.18 Apr. 18, 2019
小原 拓 Taku Ohara 菊川 豪太 Gota Kikugawa 松原 裕樹 Hiroki Matsubara	2018年度日本伝熱学会学術賞 Outstanding Achievement Award, 2018, Heat Transfer Society of Japan	分子スケール熱伝搬解析に基づく液体の熱伝導メカニズムと分子構造との関係の解明 Analysis of molecular-scale thermal energy transfer in liquids: Mechanism of heat conduction and its correlation with molecular-scale structure	R1.5.30 May 30, 2019
Surblys Donatas	2019年度日本伝熱学会学術賞 Outstanding Achievement Award, 2019, Heat Transfer Society of Japan	分子動力学解析を介したミクロな力学と熱力学の統合による濡れの物理の解明	R2.6.4 June 4, 2020
小林 秀昭 Hideaki Kobayashi 早川 晃弘 Akihiro Hayakawa	2020年度日本燃焼学会論文賞 Best Paper Award 2020 (Combustion Society of Japan)	Development of a wide range-operatable, rich-lean low-Nox combustor for NH <sub>3</sub> fuel gas-turbine power generation	R2.12.3 Dec. 3, 2020



## プレスリリース Press Release

氏名 Name	プレスリリース Press Release	年月日 Date
岡島 淳之介 Junnosuke Okajima	レーザーによる高速水ジェット発生メカニズムを解明 ～より安全なレーザー治療の実現にむけて～	R2.10.2 Oct. 2, 2020
高奈 秀匡 Hidemasa Takana	夢の新素材セルロースナノファイバーを原料とした革新的セルロース単繊維創製法を開発 ―電場と流れ場による繊維配向制御で高強度化に成功―	R2.10.5 Oct. 5, 2020
寒川誠二 Seiji Samukawa	2nm世代向けの新構造トランジスタの開発 ―高速情報処理を低消費電力で行える大規模集積回路実現へ新たな一歩―	R2.12.5 Dec. 5, 2020
小林 秀昭 Hideaki Kobayashi 早川 晃弘 Akihiro Hayakawa	液体アンモニアを燃料とする噴霧火炎の安定化に成功 ―アンモニアガスタービン発電の実用化に向けて前進―	R2.12.17 Dec. 17, 2020
森井 雄飛 Youhi Morii	熱効率向上の弊害、ノッキングの定量予測に世界で初めて成功 ～スパコンによる直接数値計算で実験との定量的な一致を実現～	R3.1.19 Jan. 19, 2021
安西 眸 Hitomi Anzai	ディープラーニングで血流場を予測 ～形状データから3次元的な流れ場を1秒で予測する技術を開発～	R3.2.9 Feb. 9, 2021
阿部 圭晃 Yoshiaki Abe	短い円柱の空気抵抗は円板に近づく ―磁力浮遊させる風洞実験により超低細長比円柱の空力特性を解明―	R3.6.15 June 15, 2021
小宮 敦樹 Atsuki Komiya	わずかなエネルギーで熱の移動量を大幅に促進 低エネルギーでの伝熱機器冷却効率向上に期待	R3.7.6 July 6, 2021
永井 大樹 Hiroki Nagai	スパースモデリングを用いた高精度ノイズ除去法の開発に成功	R3.7.12 July 12, 2021
森井 雄飛 Youhi Morii	ロケット・エンジンの数値計算と実験の定量比較を可能とする手法の開発 ～CFD結果と実験で得られるOH*発光を比較可能とする手法の開発～	R3.8.24 Aug. 24, 2021
船本 健一 Kenichi Funamoto	酸素を求めて動く細胞 細胞性粘菌の酸素に対する集団的な走性を解明	R3.9.7 Sep. 7, 2021
焼野 藍子 Aiko Yakeno	世界初！旅客機主翼の流れの遷移メカニズムを解明 後退翼の層流化により空気抵抗の大幅減へ前進	R3.9.14 Sep. 14, 2021
鈴木 杏奈 Anna Suzuki	複雑な構造の"かたち"から"ながれ"を直接予測 岩石内の流体流動をトポロジーによって読み解く	R3.9.22 Sep. 22, 2021
内一 哲哉 Tetsuya Uchimoto	見えない"閉じたき裂"を冷却し超音波で映像化 ―橋梁・発電プラント・航空機エンジンなどの非破壊評価に新手法―	R3.10.28 Oct. 28, 2021
太田 信 Makoto Ohta	Sars cov-2等新興呼吸器感染症の飛沫感染を予測する「咳」発生診断・予測・予防システムの発明 ―AI体表面映像三次元解析を用いた「咳」飛沫感染ブロックシステム―	R3.11.2 Nov. 2, 2021
石本 淳 Jun Ishimoto	水素エネルギーシステムの統合型安全管理技術を開発 ―水素エネルギーリスク科学の新展開―	R3.12.1 Dec. 1, 2021
中村 寿 Hisahi Nakamura	リチウムイオン電池の電解液主成分の着火反応を解明 ～発火しない電池の開発に前進～	R3.12.1 Dec. 1, 2021

## 国際流動科学ウェビナー International Flow Dynamics Webinar

新型コロナウイルスにより国際交流が停滞する中、流体科学に関する新しい情報発信、情報交換、研究交流の場を世界に対して提供する国際流動科学ウェビナー (International Flow Dynamics Webinar) を立ち上げ、流体科学の国際拠点化を促進します。

While international exchange is stagnant due to the COVID-19, we will launch an International Flow Dynamics Webinar that provides the world with a forum for new information dissemination, information exchange, and research exchange on fluid science, and promote the establishment of an international hub for fluid science.

第1回国際流動科学ウェビナーは、295名の研究者および学生が参加し、2020年10月9日にオンライン (Zoom) で開催されました。

講演題目：燃焼科学の進歩とエネルギー・航空宇宙推進への応用

講師：Sebastien Candel 教授

(パリ大学名誉教授、フランス科学アカデミー前総裁)

The First International Flow Dynamics Webinar was held online (Zoom) on October 9, 2020. The number of participations was 295.

Lecture Title: Progress in Combustion Science and Application to Energy and Aerospace Propulsion

Speaker: Prof. Sebastien Candel

(Emeritus Professor at CentraleSupélec, University Paris-Saclay,

Former President of the French Academy of Sciences)

## 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年度より流体科学分野の共同利用・共同研究拠点として文部科学省に認定され、平成29年度には、同拠点「流体科学国際研究教育拠点」として認定更新されています。所外研究者と本研究所の教員とが協力して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ます。

Since April 2010, the Institute of Fluid Science has been acknowledged as the Joint Usage/Research Center, by the Japanese Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology. In 2017, 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.

## 「流動ダイナミクスに関する国際会議・ICFD」の開催と拠点形成 International Conference on Flow Dynamics (ICFD)

「流動ダイナミクスに関する国際会議・ICFD(International Conference on Flow Dynamics)」は、流動ダイナミクス分野では「世界最大級」の国際学会として2004年から毎年仙台で開催されています。

本会議では、流動ダイナミクスに関する学際的な学術交流だけでなく、世界的に著名な研究者による基調講演、専門分野別オーガナイズドセッションが行われています。独自の特色としては、流体科学研究所公募共同研究フォーラム、リエゾンオフィス会議や学生が自主運営する学生セッションがあります。

また、ICFDでは世界各国の研究者で構成される国際科学委員会を組織し、本国際会議の方向性を議論して、流動ダイナミクスの全世界的な研究拠点として確立しています。

International Conference on Flow Dynamics (ICFD) is held in Sendai in annual series since 2004. The ICFD is now recognized by world researchers as one of the biggest and most important international conferences in the field of Flow Dynamics.

The objectives of this conference are to explore new horizons in science by discussing and exchanging information related to the most advanced scientific fields in Flow Dynamics. This conference, which is very unique, is composed of plenary lectures and disciplinary organized sessions including "IFS Collaborative Research Forum", "Liaison Office Session" and "Student Session" which is organized by students.

The ICFD organizes an International Scientific Committee (ISC) by researchers from around the world discussing the direction of further growth of ICFD in the future. It is established as a global center in the field of Flow Dynamics.



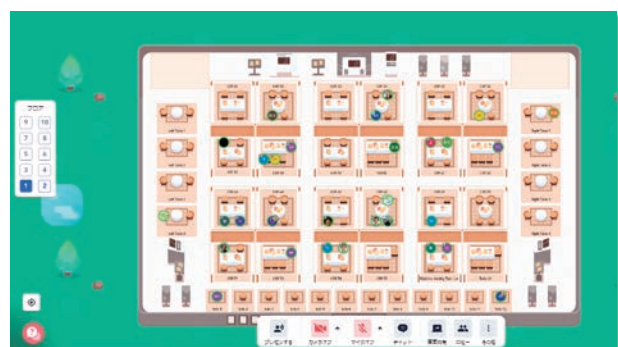
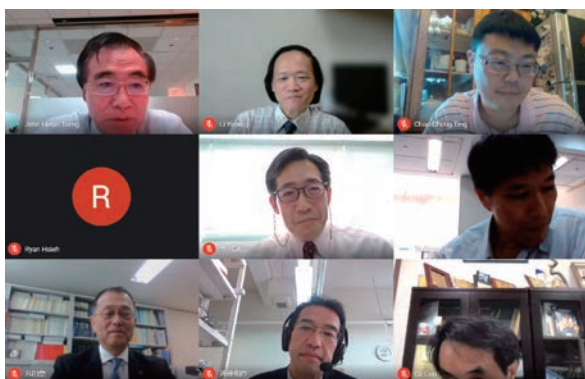
第17回流動ダイナミクスに関する国際会議 (ICFD2020) は、24カ国494名の研究者および学生が参加し、10月28日から30日にかけて、オンラインにて開催されました。

Seventeenth International Conference on Flow Dynamics (ICFD2020) was held on October 28 - 30, 2020 as an online conference. The number of participations was 494 which were from 24 countries.

## 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、低乱流伝達風洞、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ます。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ます。

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 (AFI), which it also hosts, in order to present the results of collaborative research and exchange between researchers.



## 研究拠点形成事業 Core-to-Core Program

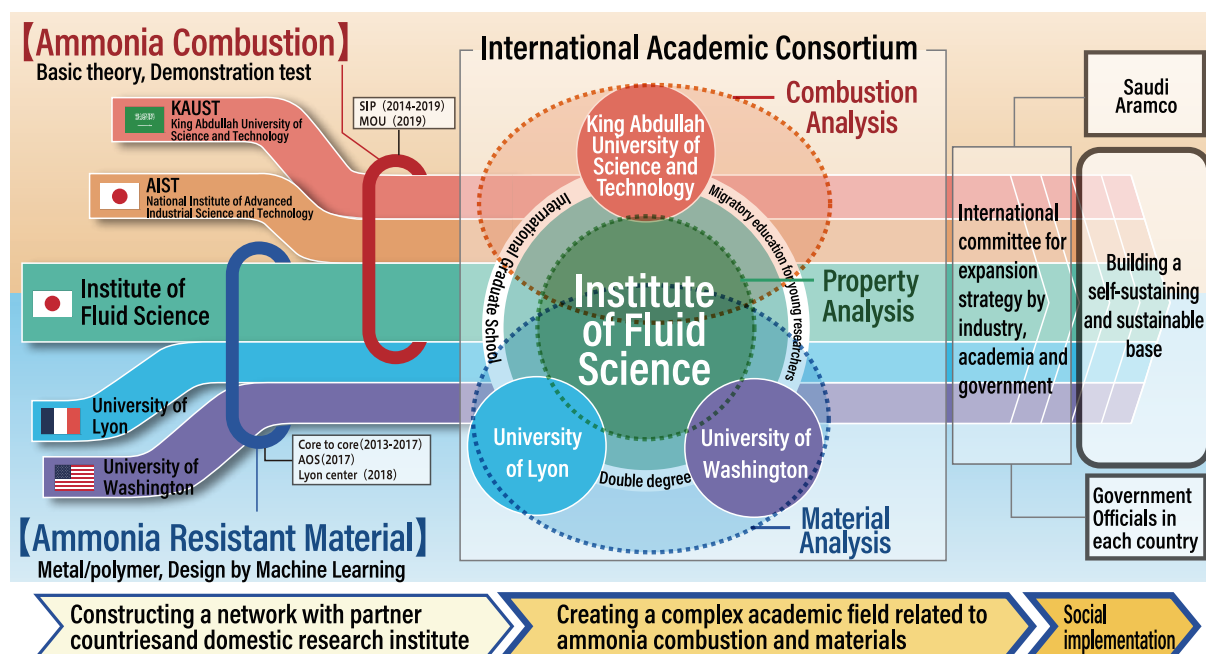
### 低炭素社会の実現に向けたアンモニア燃焼・材料国際研究交流拠点の構築

#### Construction of an International Research Exchange Center for Ammonia Combustion and Materials toward the Realization of a Low-Carbon Society

世界的なゼロカーボン社会の達成に向けて、その解決方策の重要な技術の1つである「アンモニア燃焼技術」の学理構築および社会実装を目指します。特に、「燃焼」「材料」「物性」の観点からシステムを構成する機器の性能を評価する新たな学術領域を構築します。このために、東北大学を中心とする日本チーム、リヨン大学を中心とするフランスの研究チーム、ワシントン大学を中心とするアメリカの研究チーム、アブドラ王立科学技術大学を中心とするサウジアラビアの研究チームからなる研究組織を構成することにより、研究を加速させます。

To achieve zero-carbon society in the world, we aim to make the theory and the social implementation of “ammonia combustion technology”, which is one of the important technologies to achieve the society. In particular, we will construct a new academic field to evaluate the performance of the equipment of the ammonia combustion system from the perspectives of “combustion”, “material” and “property”. To achieve this aim, researches are accelerated by organizing the international research network consisting of Japanese team centered on Tohoku University, French team centered on University of Lyon, American team centered on University of Washington and Saudi Arabian team centered on King Abdullah University of Science and Technology.

### Construction of ammonia combustion/material research center



Core-to-Core プログラム「低炭素社会の実現に向けたアンモニア燃焼・材料国際研究交流拠点の構築」の概要  
Overview of the Core-to-Core Program “Construction of an international research exchange center for ammonia combustion and materials toward the realization of a low-carbon society”



## 国際連携 International Exchange

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ます。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ます。また、東北大学の理念である「門戸開放」を実践し、流体科学研究所の教職員・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ます。

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 (GCORE) Global Collaborative Research and Education Center (GCORE)

国際学術交流の活動方針は、以下の4点です。

- (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します。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・若手研究者を育成します。
  - (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・人的交流を促進します。
  - (3) 国際交流活動の指針を提示すると共に、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します。
  - (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、流体科学研究世界拠点形成事業の財源の持続的な予算化に努めます。
- (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).

### リエゾンオフィス Liaison Offices



フランス France  
リヨン大学  
Université  
de Lyon



韓国 Korea  
韓国科学技術院  
Korea Advanced  
Institute of  
Science and Technology



ロシア Russia  
モスクワ国立大学  
Moscow State  
University



米国 U.S.A  
シラキュース大学  
Syracuse University



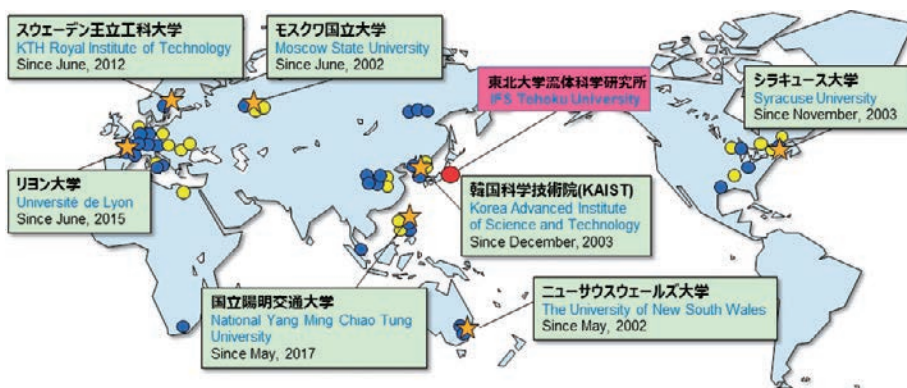
オーストラリア Australia  
ニューサウスウェールズ大学  
The University of  
New South Wales



スウェーデン Sweden  
王立工科大学  
KTH Royal Institute of  
Technology



台湾 Taiwan  
国立陽明交通大学  
National Yang Ming  
Chiao Tung University



- ★リエゾンオフィス (7)  
Liaison Offices
- 大学間交流協定 (31)  
University Level Agreements
- 部局間交流協定 (20)  
Department Level Agreements

流体科学研究所の国際共同研究拠点  
—世界トップレベルの研究機関との共同研究により最先端の研究を推進—  
-Promoting cutting edge research through collaborative efforts  
with the leading research organizations in the world-

## 大学間協定 University Level Agreements

アジア Asia	韓国 Korea	韓国科学技術院 (KAIST) Korea Advanced Institute of Science and Technology 成均館大学校 Sungkyunkwan University
	シンガポール Singapore	シンガポール国立大学 National University of Singapore
	台湾 Taiwan	国立中央大学 National Central University 国立陽明交通大学 National Yang Ming Chiao Tung University
	中国 China	清華大学 Tsinghua University
		南京航空航天大学 Nanjing University of Aeronautics and Astronautics
西安交通大学 Xi'an Jiaotong University 上海交通大学 Shanghai Jiao Tong University		
アフリカ Africa	南アフリカ South Africa	ヨハネスブルグ大学 University of Johannesburg
オセアニア Oceania	オーストラリア Australia	シドニー大学 The University of Sydney ニューサウスウェールズ大学 The University of New South Wales
北米 North America	アメリカ合衆国 U.S.A.	シラキュース大学 Syracuse University
		ミシガン州立大学 Michigan State University
		パーデュー大学 Purdue University
		ライス大学 Rice University
ヨーロッパ Europe	イタリア Italy	ナポリ大学 University of NAPLES FEDERICO II

ヨーロッパ Europe	イタリア Italy	ミラノ工科大学 Politecnico di Milano	
	スイス Switzerland	スイス連邦工科大学ローザンヌ校 Ecole Polytechnique Federale de Lausanne	
	スウェーデン Sweden	スウェーデン王立工科大学 KTH Royal Institute of Technology	
	ドイツ Germany		カールスルーエ工科大学 Karlsruhe Institute of Technology
			アーヘン工科大学 University of Technology Aachen
			ザールラント大学 Saarland University
			ドイツ航空宇宙センター Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR)
	フランス France		国立中央理工科学校 (リヨン、パリ、リール、ナント、マルセイユ) The Ecole Central Group (Ecole Centrale de Lyon, Ecole Centrale Paris, Ecole Centrale de Lille, Ecole Centrale de Nantes, Ecole Centrale Marseille (EGIM))
			国立応用科学院リヨン校 Institute National des Sciences Appliquees de Lyon (INSA-Lyon)
			リヨン大学 Université de Lyon
	ロシア Russia		ロシア科学アカデミーシベリア支部 Siberian Branch of Russian Academy of Sciences
			モスクワ国立大学 Moscow State University
極東連邦大学 Far Eastern Federal University			
ロシア科学アカデミー極東支部 Far Eastern Branch, Russian Academy of Sciences (FEB-RAS)			

## 部局間協定 Department Level Agreements

アジア Asia	韓国 Korea	漢陽大学校工学部 College of Engineering Science, Hanyang University ソウル大学校航空宇宙学科 Department of Aerospace Engineering, Seoul National University	
	台湾 Taiwan	長庚大学工学部 College of Engineering, Chang Gung University 国立応用研究所・台湾半導体研究所 Taiwan Semiconductor Research Institute (TSRI), National Applied Research Laboratories	
	中国 China	長慶理工大学車両工学部 College of Vehicle Engineering, Chongqing University of Technology 中国科学院物理研究所 Institute of Physics, Chinese Academy of Sciences	
アフリカ Africa	エジプト Egypt	アレクサンドリア大学スムーハ救命救急病院 Smouha Emergency and Accident Hospital (SEAH), Alexandria University	
北米 North America	アメリカ合衆国 U.S.A.	ケンタッキー大学工学部 College of Engineering, University of Kentucky	
		ノースイースタン大学工学部 College of Engineering, Northeastern University	
シラキュース大学計算科学・工学部 College of Engineering and Computer Science, Syracuse University			
ミシガン大学工学部 College of Engineering, University of Michigan			
	カナダ Canada	トロント大学航空宇宙研究所 University of Toronto Institute for Aerospace Studies (UTIAS)	
ヨーロッパ Europe	イタリア Italy	トリエステ大学建築工学部 Department of Engineering and Architecture, University of Trieste	
	チェコ Czech	チェコ科学アカデミープラズマ物理研究所 Institute of Plasma Physics, Academy of Sciences of the Czech Republic	
	ドイツ Germany	フラウンホーファ研究機構非破壊検査研究所 Fraunhofer Institute for Nondestructive Testing	
	ハンガリー Hungary		ハンガリー科学アカデミー物理材料技術研究所 Research Institute for Technical Physics and Materials Science of the Hungarian Academy of Sciences
			センメルワイス大学医学部 Faculty of Medicine, Semmelweis University
	ポーランド Poland	ヴロツワフ工科大学 Wroclaw University of Technology	
ロシア Russia		ロシア科学アカデミーレベデフ物理学研究所 P. N. Lebedev Physical Institute, Russian Academy of Sciences	
		モスクワ国立大学物理学部 Faculty of Physics, M. V. Lomonosov Moscow State University	

(令和3年4月1日現在)  
(As of April 1, 2021)

## 教育 Education

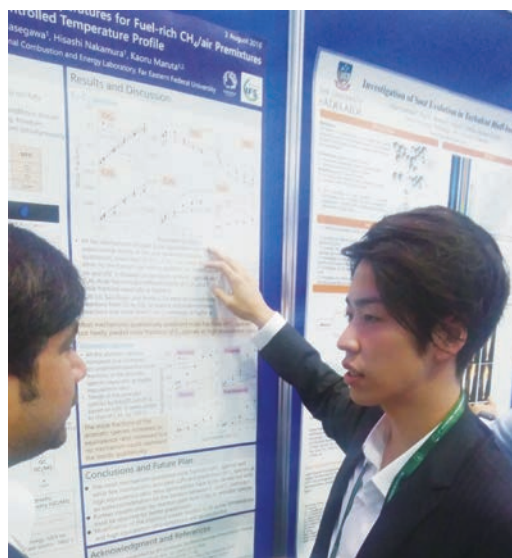
流体科学研究所は約70名の学部学生と約160名の大学院生が所属しています。流体科学研究所の多くの教員が大学院工学研究科機械系の協力講座として大学院教育・学部教育を行っています。また、情報科学研究科、環境科学研究科、医工学研究科にも協力講座として大学院教育を行っています。

About 70 undergraduates and 160 graduate students belong to the Institute of Fluid Science (IFS). Many of our Faculty members teach both graduate and undergraduate students through cooperative courses with the Graduate School of Mechanical Engineering. We also provide graduate level education through cooperative courses with the Graduate school of Information Science, Environmental Science, and Biomedical Engineering.

### 博士前期課程学生海外発表促進プログラム Graduate Student Overseas Presentation Promotion Program

流体科学研究所は流体科学に関わる国際研究教育拠点として、流動ダイナミクスに関連して世界的に活躍できる若手人材の育成を推進しています。この方針にもとづき、博士前期課程の学生が国際的な場で発表する経験と実績を積む機会を与えるために、発表のための渡航を支援しています。

Institute of Fluid Science, which is an international research and education center in the field of fluid science, is actively involved in the training of talented young people who can play an active role internationally in the field of fluid science. To this end, master degree students are given the chance and encouraged to participate in international conferences in order build up their record of practical experience with the support of IFS.



#### 博士前期課程学生海外発表促進プログラム渡航者実績

	平成27年度 (2015)	平成28年度 (2016)	平成29年度 (2017)	平成30年度 (2018)	令和元年度 (2019)	令和2年度 (2020)
渡航者数 Number of Participants	6	10	10	10	13	0*

\*新型コロナウイルス感染症の感染拡大により派遣は実施していない。

\*Due to the spread of the COVID-19 infection, no dispatch has been conducted.



## ボーイング高等教育プログラム Boeing Higher Education Program

米国 The Boeing Company の Grant を受け、学生主体の様々なプロジェクトを実施しており、2020-21年度は研究プロジェクト1件とものづくりプロジェクト4件を支援しています。また、毎年 Boeing Externship Program としてインターネット経由で Boeing 社の技術者から英語で授業を受け、世界の将来を担うべき優れた科学者・エンジニアの育成を目指しています。



With a grant from The Boeing Company, U.S.A., various student-led projects are carried out. In 2020-2021, we support one research project and four development projects. Moreover, students receive classes in English from technicians of The Boeing Company over the Internet, through the Boeing Externship Program each year. We seek to train gifted scientists and engineers who will bear the future of the world.

## 国際宇宙大学派遣制度 International Space University –Space Studies Program–

流体科学研究所は流体科学に関わる国際研究教育拠点として、世界的に活躍できる若手人材育成を推進しています。毎年世界30カ国から第一線級の若手研究者や学生が100人ほど参加する国際宇宙大学 SSP は独自の教育プログラムを有し、本研究所の若手人材育成の目的に沿った教育理念を掲げています。流体科学研究所からは、1990年より継続して、多数の学生を派遣しております。



As a base of an international research education, the Institute of Fluid Science has promoted the development of human resources by training young people to play an active role in the world. Approximately 100 leading young researchers and students from 30 countries around the world participate in the International Space University's original educational program, SSP, which has the same educational concept in line with the purpose of this research institute to develop young human resources. The Institute of Fluid Science has been dispatching many students to this program since 1990.

## 学術交流協定を利用した学生交流推進プログラム Graduate Student Exchange Program based on the Academic Exchange Agreement

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.

## 産学連携 Industry-University Cooperation

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・教育を行ってきました。研究成果を広く社会に還元すると共に、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ます。流体科学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ます。

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.

### 共同研究の例 Examples of Cooperative Research

#### 東北大学／台湾国立陽明交通大学国際ジョイントラボラトリーと国際産学連携活動

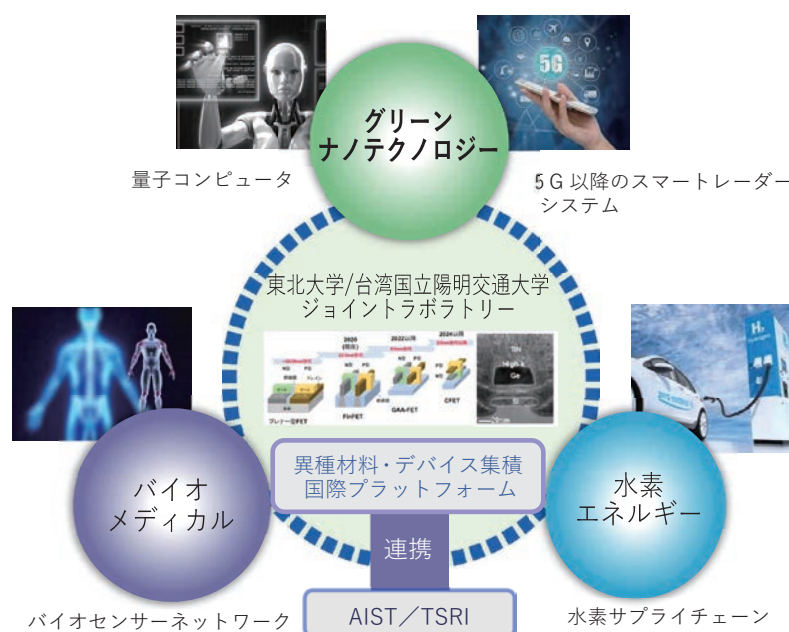
東北大学／台湾国立陽明交通大学国際ジョイントラボラトリー、産業技術総合研究所 (AIST)、國研院台湾半導體研究中心 (TSRI) の国際共同研究により、新構造トランジスタの開発に世界で初めて成功しました。

今後は、本連携を基盤として、自立型水素エネルギーシステム、グリーンナノテクノロジー、バイオメディカルセンサーネットワーク分野における国際産学連携活動、国際研究教育活動を通じ、社会課題解決に貢献します。

#### Joint Laboratory by Tohoku University and National Yang Ming Chiao Tung University, and International Industry-Academia Collaborations

International joint research by the joint laboratory by Tohoku University and National Yang Ming Chiao Tung University, the National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST), and the Taiwan Semiconductor Research Institute (TSRI) has delivered a world-first success in developing transistors with a new structure.

In future, we will use this partnership as the basis for developing international industry-academia collaborations and international research and education activities in the fields of independent hydrogen energy systems, green nanotechnology, and biomedical sensor networks to contribute to solutions for social issues.



## アンモニア燃焼の共同研究

アンモニアは、2050年カーボンニュートラルに向けたCO<sub>2</sub>フリー燃料として重要な役割を果たすことが期待されている。アンモニア燃焼には低燃焼性、Fuel NO<sub>x</sub>生成、低輻射性などの課題があったが、2014年から5年間に渡り実施されたSIPエネルギーキャリアプロジェクトにおける研究開発により、旋回流によるアンモニア火炎の安定化、過濃-希薄二段燃焼による低NO<sub>x</sub>化が達成され、特に発電部門、工業部門でのアンモニア燃焼の可能性が明らかになった。本共同研究では、SIPプロジェクトの成果を発展させ、アンモニアガスタービンにおいてエネルギー効率や出力調整の面でメリットが大きい、アンモニアを液体のまま加圧し高圧燃焼器内に直接噴射する液体アンモニア噴霧燃焼の研究開発をIHI、産総研と共同で実施している。液体アンモニアの蒸発潜熱は炭化水素燃料に比較して格段に大きいため、蒸発直後に温度が急激に低下する問題があった。そこで、供給空気を予熱し強い旋回流を与えることにより大気圧下で純アンモニア噴霧燃焼の安定化に成功し(図1)、さらに、液体アンモニアの噴霧蒸発挙動(図2)の研究も進めている。これらは、ガスタービン発電において現在の主燃料である天然ガスをアンモニア混焼、アンモニア専焼に置き換えていくために不可欠な基盤研究である。

## Collaboration Research on Ammonia Combustion

Ammonia is expected to play an important role as a CO<sub>2</sub>-free fuel toward carbon neutrality in 2050. Research and development in the SIP Energy Carrier Project, which was conducted for five years from 2014, has achieved stabilization of ammonia flame by swirling flow, and low NO<sub>x</sub> emission by Rich-Lean two-staged combustion. From the project, and the potential of ammonia combustion, especially in the power generation and industrial sectors, has been clarified. In collaboration with IHI and AIST, we are extending the outcome of the SIP project and conducting R&D on liquid ammonia spray combustion, in which ammonia is pressurized in liquid form and injected directly into a high-pressure combustor. Liquid ammonia spray combustion has significant advantages in terms of energy efficiency and power regulation in ammonia gas turbines. Since the latent heat of evaporation of liquid ammonia is much higher than that of hydrocarbon fuels, there has been a problem of a sudden drop in temperature immediately after evaporation. To solve this problem, we have succeeded in stabilizing pure ammonia spray combustion under atmospheric pressure by preheating the supply air and providing a strong swirl flow (Fig. 1). We are also studying the spray evaporation behavior of liquid ammonia (Fig. 2). These studies are indispensable for replacing natural gas, which is the current main fuel for gas turbine power generation, with ammonia co-firing and single ammonia combustion.

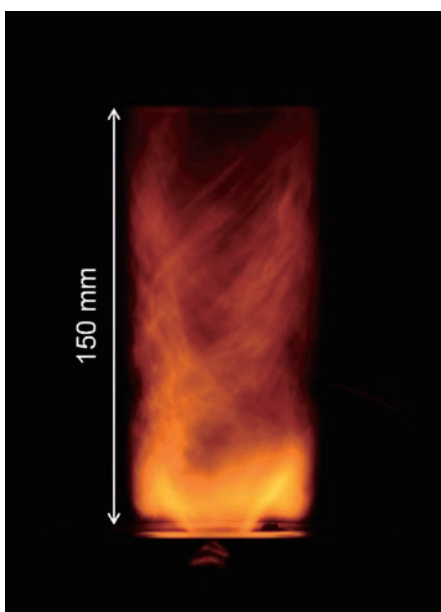


図1 500 Kに予熱された高温旋回流中に安定化された純アンモニア噴霧火炎  
Fig.1 Pure ammonia spray flame stabilized in a high-swirl air-flow preheated at 500 K



図2 大気圧下における液体アンモニア噴霧のバックライト画像  
Fig.2 A back lit image of liquid ammonia spray at atmospheric pressure



## 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ます。また、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、社会に貢献しています。

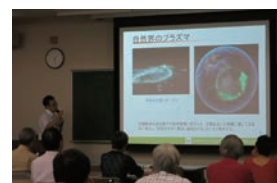
As a member of the community, we make our research efforts available to a wide spectrum of the general public from elementary school students to adults. And also, we contribute to society by solving various problems through the world-class fluid science researches, which are necessary to recovery from the earthquake.

#### みやぎ県民大学

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

#### Open Lecture for Citizens of Miyagi Prefecture

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



#### 研究所一般公開 (片平まつり)

一般市民を対象としたオープンキャンパスで、片平地区の研究所の一員として積極的に参加しています。

#### Research Facilities Open House (Katahira Festival)

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



#### ペットボトル出前授業

小・中学校へ出向いての授業を行っています。これはペットボトルロケットを作って飛ばしてみる授業です。

#### PET Bottle Rocket School for Kids

We go to elementary and middle schools and give lessons to the children, in which they make PET bottle rockets and get to launch them.



#### 宇宙少年団 (仙台たなばた分団)

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子供たちと一緒に作り、実験を行いました。

#### Young Astronauts Club (Sendai branch)

The members of the branch provide education of space technology and natural science for the children. The children made a handmade robot arm and star chart with the members, and they were able to experiment by using theirs.



#### 鳥人間コンテストで優勝した機体

学生が設計・制作、運転までを担当し、滋賀県の琵琶湖で行われる競技でチーム通算5度目の優勝を果たしております。

#### The team won the Japan International Bird-man Rally for the 5th time of sum total

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



#### サイエンスデイ

地域の子供たちを対象にした科学教育イベント「サイエンスデイ」に出展し、空気の力を体験してもらうためにホバークラフトの工作を行いました。

#### Science Day

We participated in Science Day which is the science education event for children, and we provided children a lecture of hovercraft to experience science of fluid.



# 研究分野・教員一覧

(令和3年11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*	高奈秀匡	
知能流体制御システム研究分野	丸田 薫*		
融合計算医工学研究分野	太田 信*	船本健一	
生体流動ダイナミクス研究分野	太田 信	小助川博之**	安西 眸
航空宇宙流体工学研究分野	大林 茂		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*	鈴木杏奈	
流動データ科学研究分野	大林 茂*	下山幸治	
<b>複雑流動研究部門</b>			
高速反応流研究分野	小林秀昭 古谷博秀(客員)	早川晃弘	Sophie COLSON
伝熱制御研究分野	小宮敦樹		神田雄貴 Yingxue HU
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	永井大樹*	大谷清伸*	
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*		
分子熱流動研究分野	小原 拓		SURBLYS Donatas 松原裕樹
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		劉 思維
分子複合系流動研究分野	小原 拓*	菊川豪太	
ナノ流動応用研究分野	(客員)		
<b>共同研究部門</b>			
先端車輛基盤技術研究(日立Astemo)Ⅲ	石本 淳*		
<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		大堀大介
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	内一哲哉*	三木寛之	
混相流動エネルギー研究分野	石本 淳		大島逸平
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*		
<b>リヨンセンター</b>			
流動システム評価研究分野	内一哲哉		武田 翔
先進材料・流体設計研究分野	Jean-Yves CAVAILLE (客員)	湯瀬かおり** Joly-Pottuz LUCILE** Carole FRINDEL**	
流動ダイナミクス研究分野	太田 信* 小宮敦樹*	高奈秀匡*	焼野藍子* Sophie COLSON*
高等研究機構新領域創成部 マルチフィジックスデザイン研究分野	大林 茂* 岡部朋永(工学研究科)*	松崎亮介(客員)	阿部圭晃

\*兼務教員  
\*\*クロスアポイントメント

## Laboratories • Faculty

(November 1, 2021)

	Professor	Associate Professor	Assistant Professor
Creative Flow Research Division			
Electromagnetic Functional Flow Dynamics Laboratory	Taku Ohara*	Hidemasa Takana	
Intelligent Fluid Control Systems Laboratory	Kaoru Maruta*		
Integrated Simulation Biomedical Engineering Laboratory	Makoto Ohta*	Kenichi Funamoto	
Biomedical Flow Dynamics Laboratory	Makoto Ohta	Hiroyuki Kosukegawa**	Hitomi Anzai
Aerospace Fluid Engineering Laboratory	Shigeru Obayashi		Aiko Yakeno
Spacecraft Thermal and Fluids Systems Laboratory	Hiroki Nagai		Koji Fujita
Design of Structure and Flow in the Earth Laboratory	Takatoshi Ito*	Anna Suzuki	
Fluids Engineering with Data Science Laboratory	Shigeru Obayashi*	Koji Shimoyama	
Complex Flow Research Division			
High Speed Reacting Flow Laboratory	Hideaki Kobayashi Hirohide Furutani (Visiting Prof.)	Akihiro Hayakawa	Sophie COLSON
Heat Transfer Control Laboratory	Atsuki Komiya		Yuki Kanda Yingxue HU
Advanced Fluid Machinery Systems Laboratory	Yuka Iga	Junnosuke Okajima	
Complex Shock Wave Laboratory	Hiroki Nagai*	Kiyonobu Ohtani*	
Computational Fluid Physics Laboratory	Yuji Hattori	Makoto Hirota	
Nanoscale Flow Research Division			
Non-Equilibrium Molecular Gas Flow Laboratory	Taku Ohara*		
Molecular Heat Transfer Laboratory	Taku Ohara		Donatas SURBLYS Hiroki Matsubara
Quantum Nanoscale Flow Systems Laboratory	Takashi Tokumasu		
Biological Nanoscale Reactive Flow Laboratory	Takehiko Sato		Siwei LIU
Molecular Composite Flow Laboratory	Taku Ohara*	Gota Kikugawa	
Nanoscale Flow Application Laboratory	(Visiting Professor)		
Collaborative Research Division			
Fundamental Research of Advanced Vehicle Technology(Hitachi Astemo) III	Jun Ishimoto*		
Innovative Energy Research Center			
Green Nanotechnology Laboratory	Seiji Samukawa		Daisuke Ohori
Energy Resources Geomechanics Laboratory	Takatoshi Ito		Yusuke Mukuhira
Energy Dynamics Laboratory	Kaoru Maruta	Hisashi Nakamura	Youhi Morii
System Energy Maintenance Laboratory	Tetsuya Uchimoto*	Hiroyuki Miki	
Multiphase Flow Energy Laboratory	Jun Ishimoto		Ippei Oshima
Energy Science and Technology Laboratory	(Visiting Professor)		
Advanced Energy Engineering Laboratory	(Foreign Visiting Professor)		
Novel Battery Nanoscale Flow Concurrent Laboratory	Takashi Tokumasu*		
Lyon Center			
Mechanical Systems Evaluation Laboratory	Tetsuya Uchimoto		Sho Takeda
Advanced Materials and Fluids Design Laboratory	Jean-Yves CAVAILLE (Visiting Prof.)	Kaori Yuse** Joly-Pottuz LUCILE** Carole FRINDEL**	
Flow Dynamics Laboratory	Makoto Ohta* Atsuki Komiya*	Hidemasa Takana*	Aiko Yakeno* Sophie COLSON*
Division for the Establishment of Frontier Sciences of the Organization for Advanced Studies Multi-Physics Design Laboratory	Shigeru Obayashi* Tomonaga Okabe*	Ryosuke Matsuzaki (Visiting Assoc. Prof.)	Yoshiaki Abe

 \*Concurrent  
 \*\* Cross-Appointment



# 電磁機能流動研究分野

## Electromagnetic Functional Flow Dynamics Laboratory



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



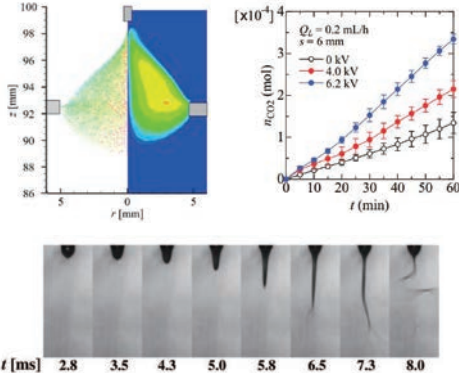
准教授  
**高奈 秀匡**  
Associate Professor  
**Hidemasa Takana**

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



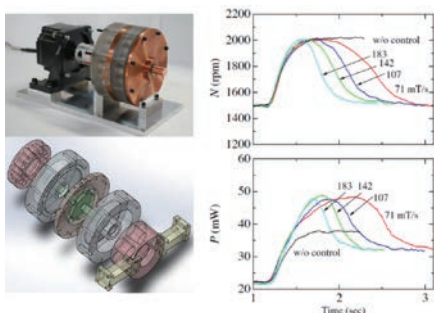
イオン液体静電噴霧による二酸化炭素分離・吸収の高性能化  
Improvement of CO<sub>2</sub> absorption by ionic liquid electro-spray

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「常温熔融塩」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.

### 自然エネルギー高度利用を目指した電磁制御装置の開発と高性能化

#### Development of Electromagnetic Energy Conversion Device for Advanced Utilization of Wind Energy

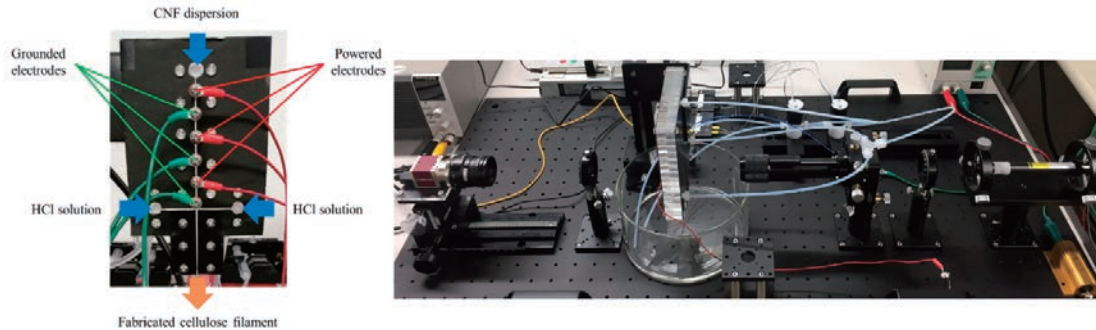


開発した同軸型エネルギー変換装置と回転数の定値制御および発電特性  
The developed co-axial energy conversion device and its control characteristics of rotational speed with power generation

本研究では、余剰風力からのエネルギー回収による風力エネルギーのさらなる高度利用を目指し、電磁相互作用により液体金属中に生じるローレンツ力を利用した軸回転トルク制御機構を新規に開発し、その性能特性を評価しています。本装置を風車軸に直結することにより、余剰風力エネルギーを電気エネルギーに変換しつつ、軸回転数もしくは軸トルクを一定に保つことが可能となります。

In this study, aiming at energy recovery from excessive wind energy for advanced wind turbine, an innovative torque control device was developed utilizing the Lorentz force induced by electro-magnetic interaction in the liquid metal. This device enables to keep the constant rotational speed or torque with converting excessive wind energy into electric energy.

## 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



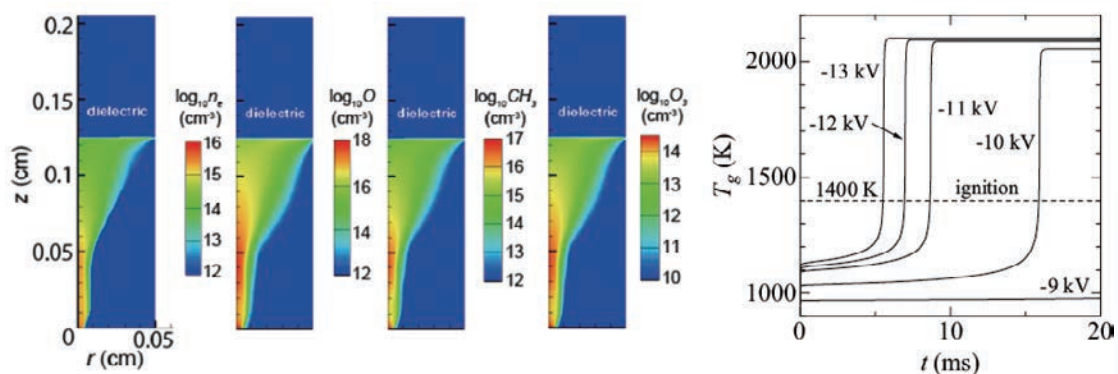
セルロース単繊維創製用電場印加型フローチャンネルと配向度計測のための光学系

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数十nm、長さ数 $\mu\text{m}$ の高アスペクト比を有する高結晶性微細繊維であり、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、高強度のセルロース単繊維創製を目指しています。

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  $\sim 138\text{ GPa}$ ) 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 nanosecond 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は、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.



# 融合計算医工学研究分野 Integrated Simulation Biomedical Engineering Laboratory



(兼) 教授  
太田 信  
Concurrent Professor  
Makoto  
Ohta



准教授  
船本 健一  
Associate Professor  
Kenichi  
Funamoto

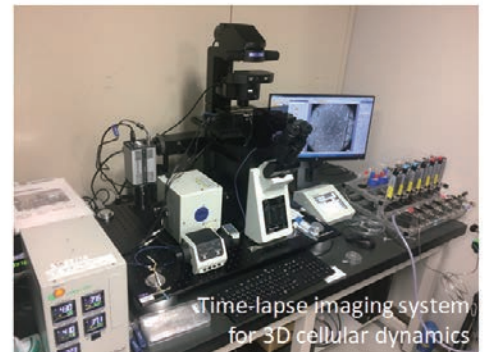
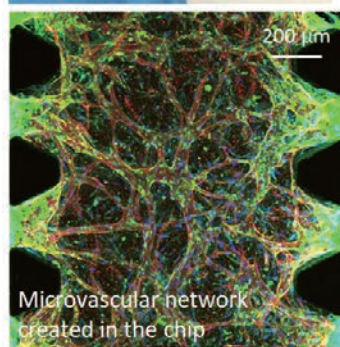
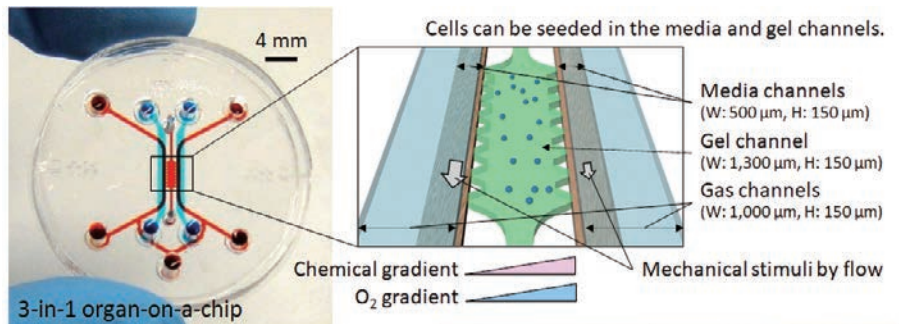
疾患の治療・予防技術の革新には、生体恒常性の維持と疾患の発症・進展を招く生体内現象のメカニズムの解明が必要不可欠です。私たちの研究室では、流体工学を基盤として生体工学や細胞生物学を融合した学際的な研究に取り組んでいます。生体内の微小環境を生体外で再現するマイクロ流体デバイス「生体模擬チップ」医療計測と数値解析を融合した計測融合シミュレーションにより、時間的・空間的に変化する生体内環境における個々の細胞の応答や、細胞-細胞と細胞-周囲組織との相互作用、生体組織の変化のメカニズムについて研究しています。

For technical innovation of treatment and prevention for diseases, it is essential to elucidate mechanisms for homeostasis and *in vivo* phenomena related to development and progression of the diseases. We perform interdisciplinary research based on fluid engineering, integrating biomedical engineering and cell biology. Changes of an individual cell response, cell-cell and cell-extracellular matrix interactions, and tissues are investigated by reproducing *in vivo* microenvironments with microfluidic devices "organ-on-chips" and measurement-integrated simulation.

## マイクロ流体デバイスによる生体内微小環境の再現 Reproduction of *in vivo* Microenvironments Using Microfluidic Devices

生体内の細胞は、運動や血流による力学的な刺激と、化学物質による化学的な刺激を感知して応答します。細胞の正常な応答は、分化・形態形成・生体恒常性の維持にとって必要不可欠であり、万が一それらの機能が破綻した場合には、疾患の発症や様々なダメージを引き起こします。私たちの研究室では、酸素分圧・力学的刺激・化学的刺激的の3つの因子を制御し、生理的状態と病的状態の生体内微小環境の両方を再現するマイクロ流体デバイス「3-in-1 生体模擬チップ」を開発しています。本チップは生体内微小環境における現象解明への貢献と、ドラッグスクリーニングなど創薬の基盤としての応用が期待されています。

Cells respond to mechanical stimuli caused by motion and blood flow and chemical stimuli by chemicals, and failures of such cellular functions possibly result in diseases or damages. In order to reproduce physiological and pathological *in vivo* microenvironments, we develop "3-in-1 organ-on-a-chip" which simultaneously controls oxygen tension and mechanical and chemical stimuli to cultured cells. The chip contributes to elucidation of phenomena in *in vivo* microenvironment, and is useful as a platform for drug discovery for diseases.

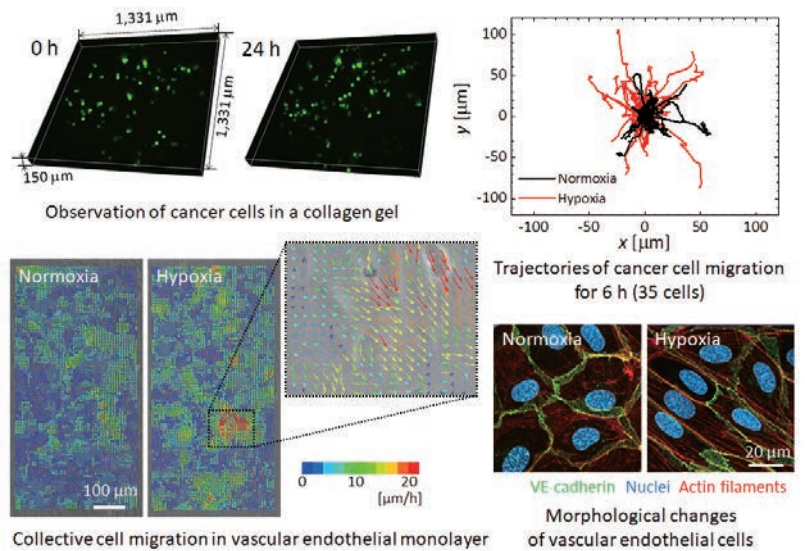


3-in-1 生体模擬チップ (上図) とチップ内に形成した微小血管網の顕微鏡画像 (左下図)、細胞群の3次元動態のタイムラプス観察システム (右図)

## 細胞群の低酸素応答の解明と制御 Elucidation and Control of Cellular Responses to Hypoxic Stresses

生体組織内部の酸素濃度は大気中と比較して低く、時間的にも空間的にも変化し、細胞活動に影響を与えます。例えば、がん組織内部（がん微小環境）では、細胞の過剰な増殖と未熟な血管網の形成により、酸素濃度の不均一な分布（空間変化）や急性の低酸素負荷と再酸素化（時間変化）が生じています。酸素濃度の時間空間変化は、がん細胞の遊走と血管新生を活性化させてがんの成長と転移を促します。本研究では、がん細胞の遊走や血管内皮細胞単層の物質透過性など、酸素濃度に応じた細胞動態や特性の変化を明らかにし、それらを制御する研究に取り組んでいます。

An *in vivo* oxygen tension is lower than the atmospheric one and has spatial and temporal variations, affecting cell activity. In a tumor microenvironment, heterogeneous oxygen concentration is observed due to hyperproliferation of the cells and formation of immature vascular network. Such temporal and spatial variations of oxygen concentration activate migration of cancer cells and angiogenesis by vascular endothelial cells, leading to cancer progression and metastasis. We elucidate oxygen-dependent cellular dynamics and characteristics, e.g., cancer cell migration and vascular endothelial permeability, and investigate to control them.

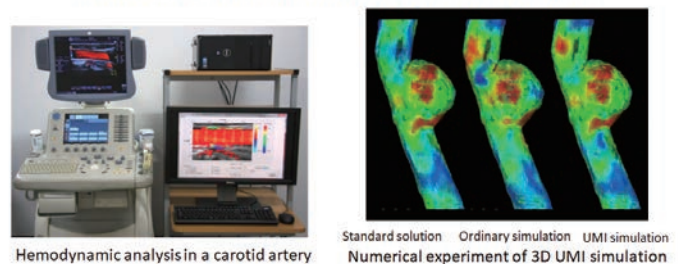
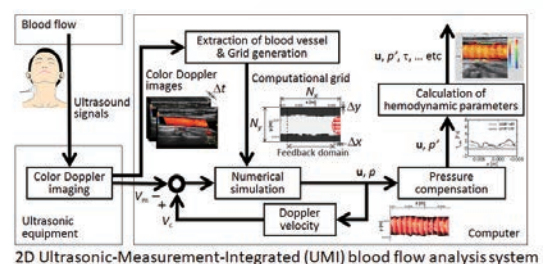


低酸素環境におけるがん細胞の増殖の様子（左上図）、酸素条件によるがん細胞の遊走（右上図）および血管内皮細胞の遊走（左下図）の計測結果、酸素条件による血管内皮細胞の形態変化（右下図）

## 医療計測と数値解析の融合による血行力学解析 Hemodynamic Analysis by Integration of Medical Measurement and Numerical Simulation

生命の維持に不可欠な血流を障害する循環器系疾患は、健康な社会の実現のために克服すべき重要な問題です。近年飛躍的に進歩した医療機器によっても生体内の血流の情報を計測により完全に把握することは困難です。また、高性能のスーパーコンピュータによって超高速計算（実時間計算）が可能になったとしても、現実には正確な計算条件が未知であるため、生体内の血流を完全に再現することは原理的に困難です。本研究では、計測と計算を一体化した計測融合シミュレーションにより、生体内の複雑な血流を解明し、高度医療を実現するための研究を行っています。

Accurate diagnosis of circulatory diseases is a critical issue to realize a healthy society. Even a state-of-the-art medical equipment is not sufficient to measure the complete information on hemodynamics. The fastest super-computer may perform an ultra-high speed computation (real-time computation), but is inherently incapable to reproduce the real blood flows due to the lack of the exact computational condition for the relevant flows. We are doing a research to realize an advanced medical care by understanding complex hemodynamics through measurement-integrated simulation of blood flows.



2次元超音波計測融合血流解析システムの解析フロー（上図）と構築したシステムの写真（左下図）、3次元超音波計測融合血流解析による壁せん断応力分布の再現の数値実験結果（右下図）



# 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



特任准教授  
小助川 博之  
Specially Appointed  
Associate Professor  
Hiroyuki  
Kosugekawa



助教  
安西 眸  
Assistant Professor  
Hitomi  
Anzai

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。

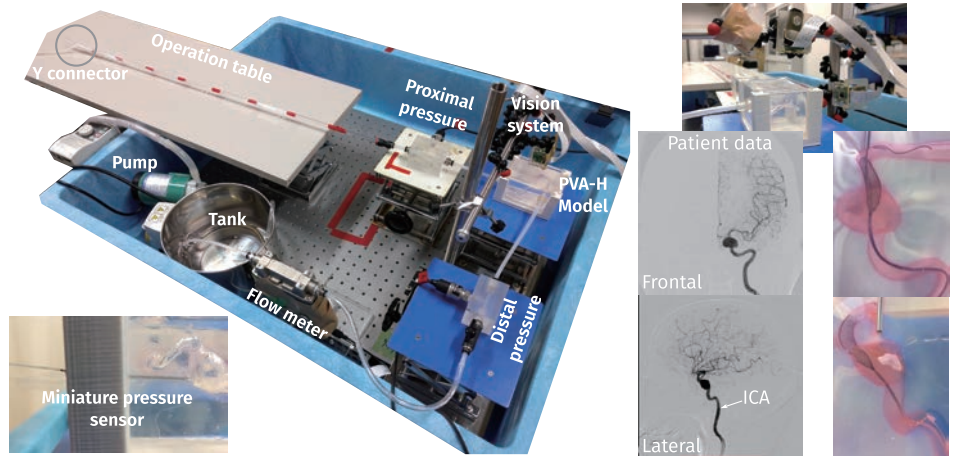
The focus of the biomedical flow dynamics laboratory is to develop new concept of implant especially based on flow and to establish new methods for evaluating the implants. For example, when you treat a cerebral aneurysm with endovascular treatment, you should know the effects of medical devices on controls 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.

## ディープラーニングによる血流動態予測 Prediction of 3D Hemodynamics by Deep Learning Technique

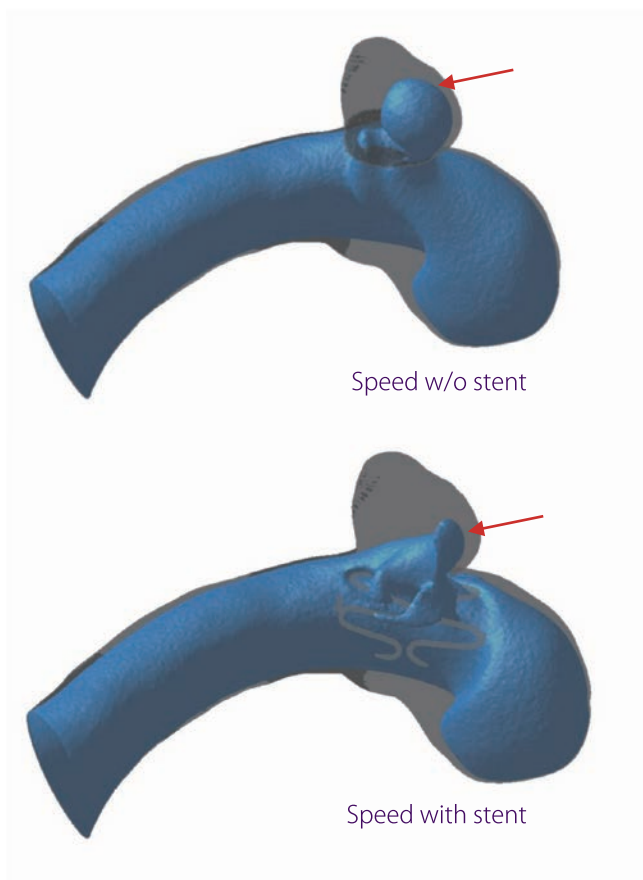
治療は、工学的に観れば、生体を制御し、自然回復を促していくことといえます。例えば、血管内治療は血管、血液、血流をステントなどの医療デバイスを用いて制御します。これまで血管内の流れ場を知るため、これまでは侵襲的/非侵襲的な血流計測や、コンピュータを用いた数値流体力学 (CFD) 解析が行われてきました。しかし、計測における詳細な流れ場を知るための解像度の不十分性や、CFD解析に要する長い計算時間が問題でした。そこで本研究では、CFD解析に代わる方法としてディープラーニング技術を用い、医療用画像から

構築した血管形状に対して流れ場を瞬時に推定する技術を開発しています。CFD解析では約10分を要していたのに対し、ディープラーニングでは約1秒で血流場を得ることができ、大幅な解析時間の短縮が可能となりました。

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 using biomaterials or computational simulations. Hemodynamics measurement and computational fluid dynamics (CFD) have been performed under invasive/non-invasive techniques. However, still it is challenging to obtain detailed flow field within a second by measurement nor CFD. Then, we developed deep learning technique to predict 3D hemodynamics on cardiovascular system. This deep learning network can allow to obtain CFD-like results within a second, which needs 10 min in conventional CFD.



Biomodel for evaluation of medical device and Intracranial stent



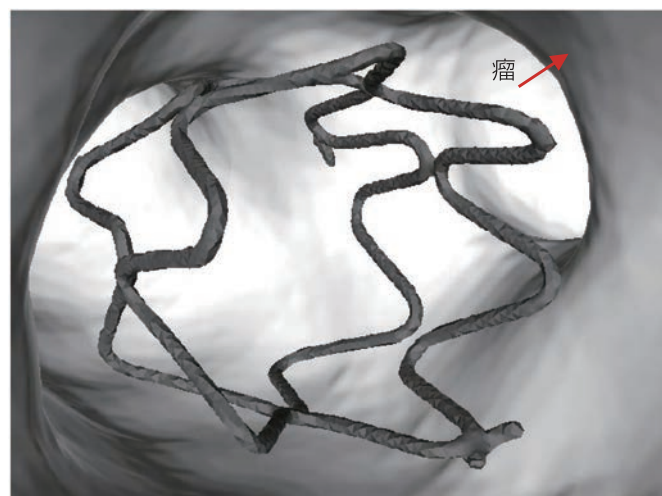
Speed w/o stent

Speed with stent

瘤への流入の様子

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外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 VISC (2006).



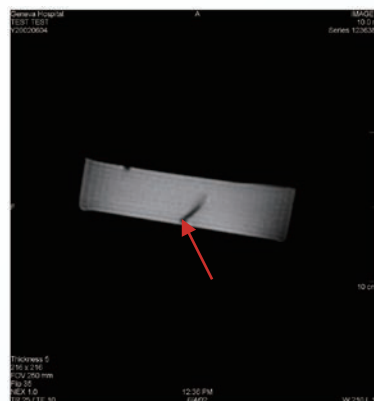
仮想的にステントを留置した様子

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 equipments 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

# 航空宇宙流体工学研究分野 Aerospace Fluid Engineering Laboratory



教授  
大林 茂  
Professor  
Shigeru  
Obayashi



助教  
焼野 藍子  
Assistant Professor  
Aiko  
Yakeno

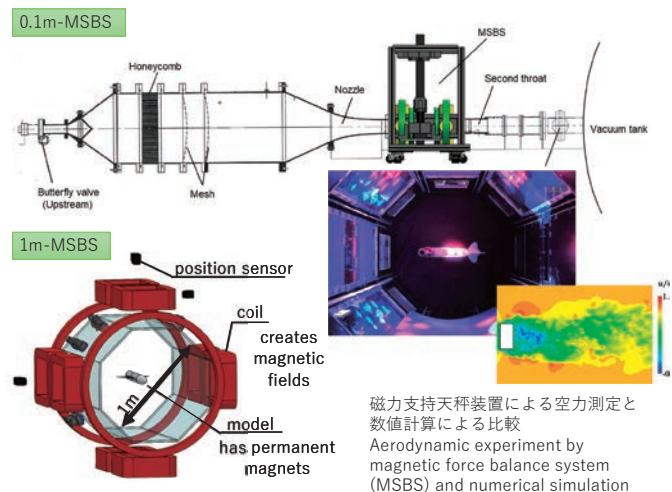
数値流体力学 (CFD) とは、ある対象物体の内部あるいは周囲で運動する流体の様子をコンピュータで再現し、現象を解明したり、流体機器を設計したりする学問です。コンピュータの性能向上に伴って CFD の技術は精度や利便性が日々進化しています。本研究室では、CFD 技術のさらなる利用展開のため、CFD 技術と他の科学技術の融合研究を積極的に推進しています。この一環として、航空宇宙流体で問題となる、流体の非線形現象に関連する種々の未解決問題の解明、航空機空力設計のための流体情報抽出技術、データ同化など、スーパーコンピュータ、風洞実験、最新のデータ科学を駆使した航空宇宙流体工学のさらなる革新を目指しています。

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 trans-disciplinary researches, which is 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, fluid information extraction technology for aircraft aerodynamic design, data assimilation, by applying supercomputers, wind tunnel experiments, and the latest data science, aiming for further innovation in aerospace fluid engineering.

## 磁力支持天秤装置を用いた空力実験・高解像非定常数値計算による流体場の詳細解析 Wind Tunnel Experiments with the Magnetic Suspension and Balance System (MSBS) • Flow Investigation by Highly-Resolved Unsteady Numerical Simulation

本研究室では、磁気力によって風洞内に模型を浮上し、姿勢制御可能な磁力支持天秤装置 (MSBS) の開発を行ってきました。これまでに、振動を抑え安定に支持でき、即応性が高く、非定常な運動を制御する技術、細長比の低い試供体を支持する技術を開発しました。さらに、スーパーコンピュータを用いた大規模並列計算による高精度な非定常数値計算を実施し、低細長比円柱の空気力学特性との比較を行うなど、流体物理の新しい知見の取得、そして実験と数値計算の融合による革新的な設計技術の構築を目指した研究開発を行っています。

We have been developing a magnetic suspension and balance system (MSBS), which is capable to support a model in the wind tunnel and to control its attitude by the magnetic force. Currently, we are working on improving the measurement techniques to support without noise, to respond quickly, to control and measure the unsteady aerodynamic force, and to support very low-finesse ratio models. We have successfully compared the experimental results with those obtained from a huge parallel computation. We try to research for new knowledge of fluid physics and building innovative design technologies by fusing on integration of experiments and numerical calculations.





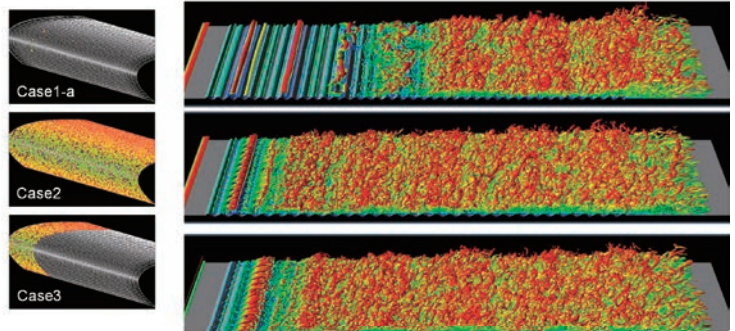
## 航空宇宙流体の現象解明とデータ科学を駆使した先進的数値計算工学に関する研究 Aerospace Fluid Phenomena and Advanced Computational Fluid Dynamics Using Data Science

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ます。そこで私たちは、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り、後退翼周りで発生する遷移現象の壁面粗さによる影響など詳細を調べ、優れた層流翼を実現するための研究を行っています。そのほか、流体場の特徴構造抽出法の一つである動的モード展開に着目した、亜音速ジェット噴流から発生する音の発生機構の解明や、構造強度を考慮した航空機胴体の最適化も実施しています。

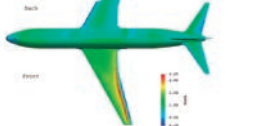
Friction drag due to the viscosity of air is considerable when an aircraft operates, which is almost half of the total drag. If we delay a laminar-turbulence transition and cover the wing surface with laminar flow, we can reduce the viscous drag effectively. We are carrying on huge direct numerical simulations by a supercomputer around an attachment line of a swept wing for the flow stability analysis to clarify the three-dimensional transition mechanism in detail, depending on the surface roughness, to develop the superior laminar swept wing. In addition, we study jet sound generation mechanism using the extraction of characteristic flow structure by focusing on dynamic mode decomposition, and optimal design of aircraft body considering structural strength.

後退翼層流化を目指した前縁部受容性と粗さに関する研究

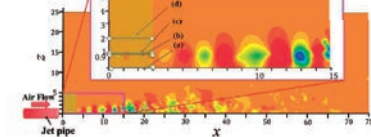
Attachment-line receptivity analysis and roughness effect for wing laminarization



構造強度を考慮した航空機胴体の最適設計



動的モードに着目した亜音速ジェットの騒音解析

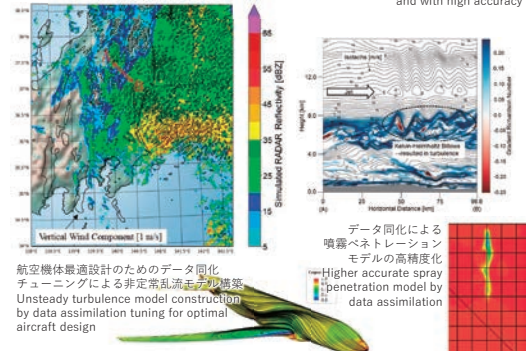


## 低次元化モデルと観測値を用いた流体計算の高速化・高精度化に関する研究 Improvement of Time and Accuracy of Flow Computation by the Reduced Order Modeling and the Observation

本研究室ではこれまで、流体の数値計算の課題である高速化・高精度化を達成するため、実験や観測により得られた疎情報を再現するように、数値モデル計算の初期値を修正する、データ同化手法に関する研究を実施してきました。現在は、実際に航空機事故の発生した事例解析を実施して、晴天乱気流の発生予測に取り組んでいます。また、航空機体の最適設計のためには高速かつ高精度な数値モデルが必要です。本研究室では、データ同化によるパラメータチューニングによる、最新の非定常乱流モデルの構築にも取り組んでいます。さらに、データ同化を利用した、燃焼器内の噴霧ペネトレーションモデルの高精度化も実施しています。

We develop the data-assimilation method that corrects the initial value of a numerical simulation model so as to reproduce sparse information obtained by experiments and observations, in order to achieve fast and accurate flow simulation. Currently, we are working to predict clear air turbulence (CAT), by conducting case analysis of an actual aircraft accident. In addition, a high-speed and highly accurate numerical model is required for the optimum design of the aircraft body. In our laboratory, we are also working on the construction of the latest unsteady turbulence model by parameter tuning with data assimilation. In addition, we are improving the accuracy of the spray penetration model in the combustor using data assimilation too.

晴天乱気流による航空機揺動を高速かつ高精度に予測する技術の開発  
Technology development to predict aircraft shaking due to 'clear-air turbulence' fast and with high accuracy





# 宇宙熱流体システム研究分野 Spacecraft Thermal and Fluids 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。

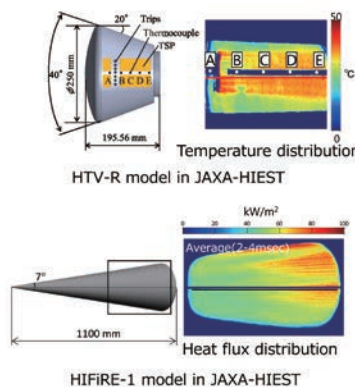
また極限熱環境下で長期間に亙るミッションを行う次世代の宇宙機には、限られた電力、重力のリソースで内部機器の排熱が可能な熱制御システムが不可欠である。そこで本研究室では、この要求に応えるべく、高熱輸送能力、軽量・省スペースな非電力熱輸送デバイスとしてループヒートパイプ（LHP）や自励振動ヒートパイプ（OHP）等の研究開発を行い、次世代宇宙機ミッションの実現にブレークスルーをもたらすことを目指している。

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℃ 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.

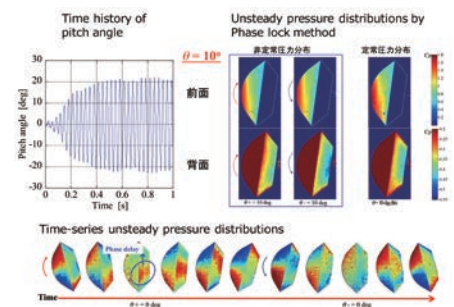
## 宇宙機が惑星大気に突入する際の空力特性・空力加熱現象の解明 Understanding of Aerodynamic Characteristics and Aerodynamic Heating Phenomenon

宇宙機が惑星大気に突入する際に、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.

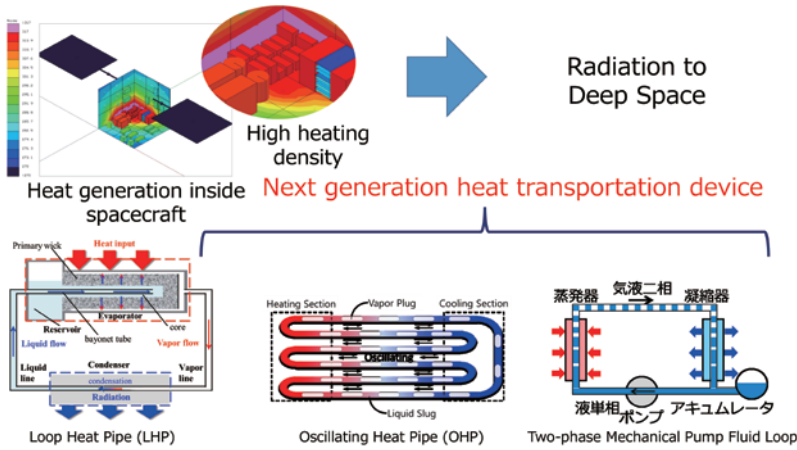


極超音速飛行体の空力加熱計測  
Aerodynamic heating of  
Hypersonic airplane



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

## 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



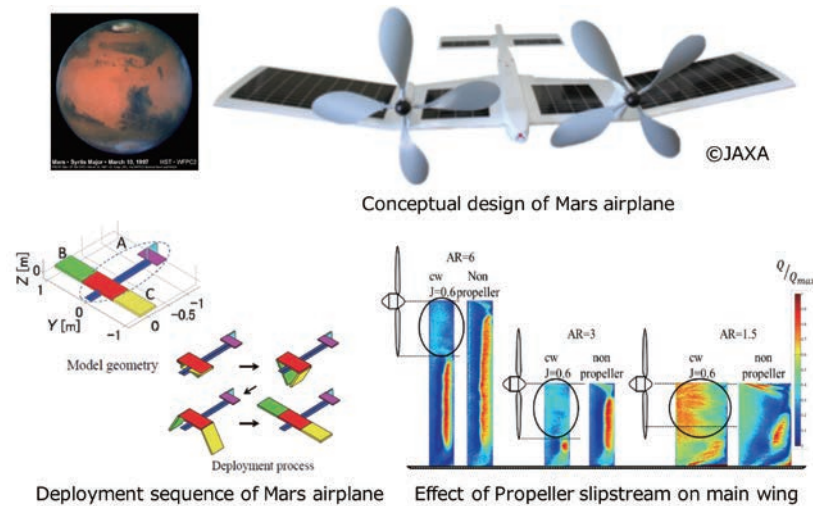
宇宙機における熱問題と気液二相流熱制御デバイス  
Thermal problem for spacecraft and vapor-liquid two-phase thermal control device

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

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注目しているのは、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。



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

We propose a usage of aircraft (airplane/ rotorcraft) for exploration of the planet Mars. Especially our group has been focusing on a development of ultra-high-performance airfoils in a low Reynolds number flow, flow analysis around the wings, and flight dynamics analysis (mid-air deployment of wings, etc.). Through these researches, we aim to provide a new aeronautical exploration system that can be used on all planets with an atmosphere in the solar system.



# 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



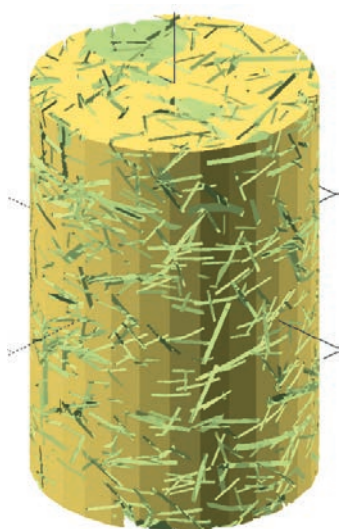
准教授  
鈴木 杏奈  
Associated Professor  
Anna  
Suzuki

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」を理解することを目的として、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に関する研究を行いながら、人間と自然が共生できる社会を目指しています。

To understand “structures” formed by the Earth and the “flow” in the system, we pursue research on transport phenomena in heterogeneous fractured rocks and design of sustainable energy systems for forging mutually beneficial relationship between human beings and nature.

### 3D プリンタを活用したき裂岩石内の流れのモデリング

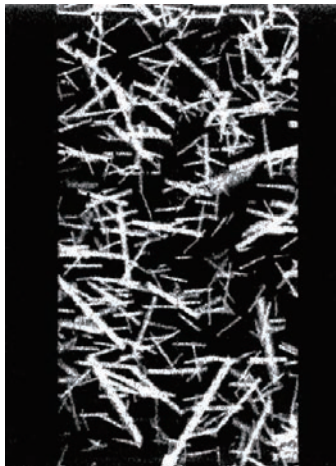
#### 3D Printer-Based Approach to Modeling of Flow in Fractured Media



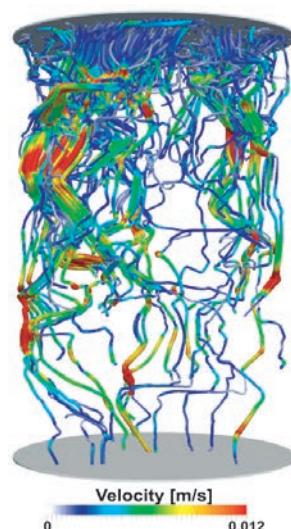
き裂ネットワークモデルの  
デザイン  
Design of 3D fracture network



3D プリンタで印刷された  
サンプル  
3D printing sample



サンプル内のCT画像  
CT scan image

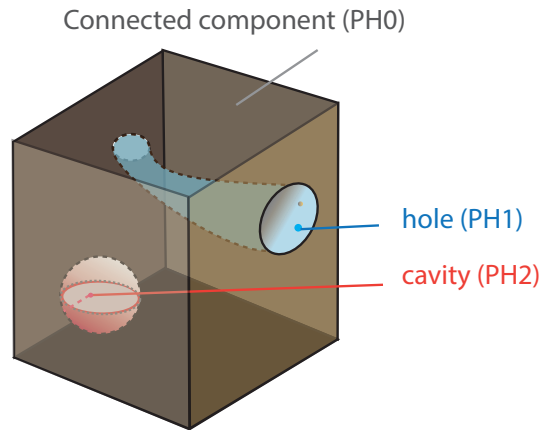


直接シミュレーションによる  
流れ場の結果  
Simulation result of flow

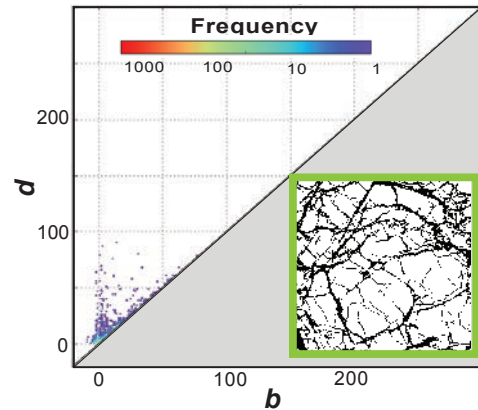
き裂性岩石は不均質性が非常に高く、同じコアサンプルを取得することが困難です。本研究では、3D プリンタにより、様々な形状の複雑なき裂岩石を作成し、作成したモデルを用いて流動実験を実施します。同じ形状ファイルに基づいた流動シミュレーション結果との比較を行いながら、現象を解明することによって、数値計算と実験との橋渡しとなる新たなアプローチを提案します。

Fractures in rocks are very heterogeneous, and it is difficult to obtain same structures even in same core sample. In this research, we create various complex fracture networks using a 3D printer and conduct flow experiments using the created models. By comparing the flow simulation results based on the same shape file and elucidating the phenomena, we propose a new approach to bridge numerical simulation and experiments.

## パーシステントホモロジーに基づく岩石構造の定量化 Quantification of Fracture Structures Based on Persistent Homology



パーシステントホモロジーによる幾何学構造の表現  
Schematic image of topological features captured by persist homology

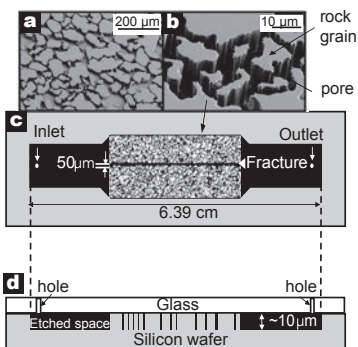


パーシステンス図による岩石構造の定量化  
Quantification of rock structures using persistence diagram

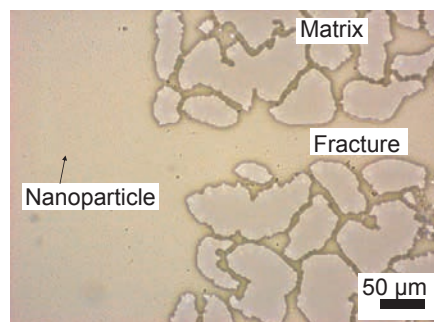
トポロジカルデータ分析の一つの手法であるパーシステントホモロジーは、単純なパターンマッチングでは見つけることが困難なような複雑な構造体から、複雑かつ大量のデータから関連する特徴量を推測し、幾何学的情報を提供します。私たちは、流動特性とき裂構造の関係を理解するためにき裂壊ネットワークパターンにパーシステントホモロジーを適用し、パーシステントホモロジーで表現される幾何学的情報によって、どんな流れ場の情報を表現できるのか、また、流れの計測データを用いて内部構造を推定することができるのか、を明らかにしています。

Persistent homology, an analysis method of topological data analysis, can infer related features of complex structures that are difficult to find by simple pattern matching from complex and large amounts of dataset. Persistent homology is applied to analyze fracture network patterns to understand the relationship between flow characteristics and fracture structures.

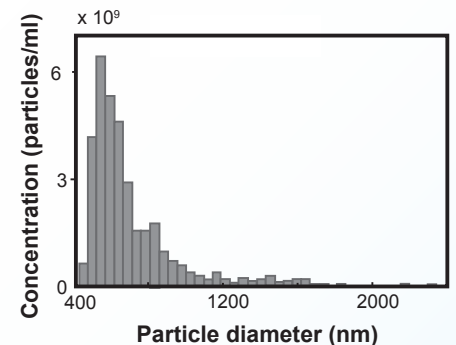
## マイクロ流路を用いた岩石内の流動挙動評価 Evaluation of Flow Phenomena in Micro Pore Structures



岩石構造を模擬したマイクロ流路  
Micromodel simulating rock structures



マイクロ流路内の粒子の流れの可視化  
Visualization of particle movement in micromodel



電気抵抗による粒径計測  
Particle size measurement by electrical resistivity

従来、地下の流れを調べるために行われているトレーサー試験では、井戸間のつながりや流速といった情報しかわかりませんでした。ナノ・マイクロ粒子トレーサーを使うことによって、これまで得られなかったような地下構造の情報を取得できる可能性があります。岩石のポア構造を模擬したマイクロ流路を用いて顕微鏡化で、流動実験を実施しています。

Nano-/microparticles would provide rock characteristics in underground, which can not be provided by conventional tracer tests. We conduct flow experiment using microfluidics under a microscope and examine flow behavior of particles in complex rock structures.



# 流動データ科学研究分野 Fluids Engineering with Data Science Laboratory



(兼) 教授  
大林 茂  
Concurrent Professor  
Shigeru  
Obayashi

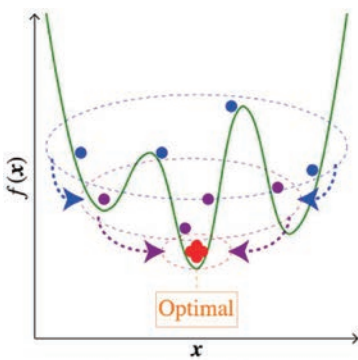


准教授  
下山 幸治  
Associate Professor  
Koji  
Shimoyama

これまでの工学設計・開発は主に、人間の知識や経験、勘を頼りに行われてきました。しかし昨今では、コンピュータがその役割を担うことで、設計者の技量に依ることなく、多種多様な工学機械の「ものづくり」を支援しています。そこで当研究室では、流体解析に数理的・データ科学的アプローチを融合させることで、家電などの小型のものから、自動車・航空機などの大型のものまでを対象として、流体機械とそのシステムの最適化・強靱化・知的化に貢献する研究に取り組んでいます。

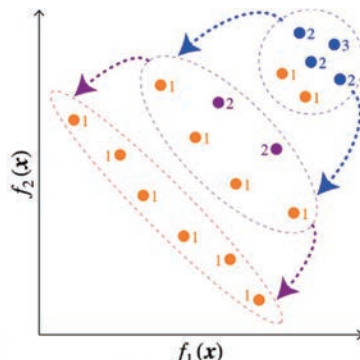
So far, engineering design and development have been primarily carried out based on human knowledge, experience, and intuition. Today, however, computers play an important role in assisting the design and manufacture of various engineering machinery, independent of a designer's skill. Therefore, our laboratory studies fluid analysis techniques integrated with mathematical and data-scientific approaches to create optimal, robust, and intelligent fluid machinery and their systems; from small devices such as household appliances to large systems such as automobiles and aircraft.

## 流体機械の多目的設計最適化 Multi-Objective Design Optimization of Fluid Machinery



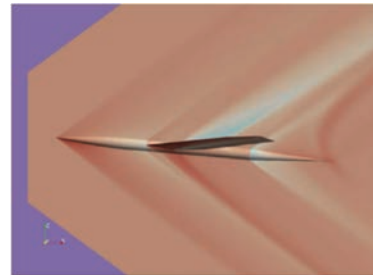
単目的問題

Single-objective problem



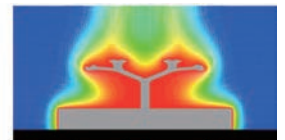
多目的問題

Multi-objective problem



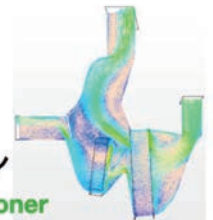
超音速旅客機

Supersonic transport



ヒートシンク

Heat sink



カーエアコン

Car air-conditioner

進化計算による解探索

Evolutionary computation for solution search

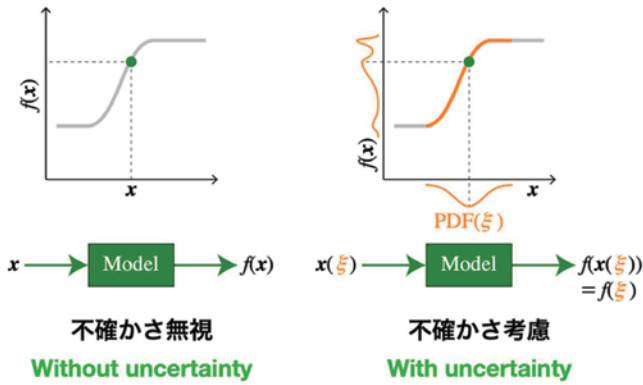
多目的設計最適化の実施例

Examples of multi-objective design optimization

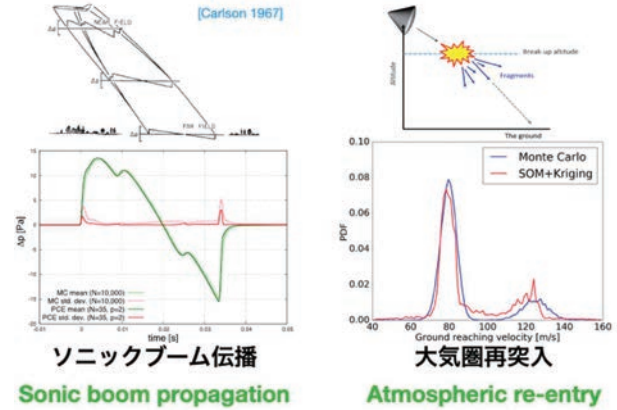
革新的な工学設計を創出する方法として、「進化計算」をコア技術とした多目的最適化手法を開発し、流体機械の設計事例への応用に取り組んでいます。相反する設計目的の下に存在する様々な最適設計案を見つけ出し、それらに潜在する特徴的な情報を機械的に抽出することで、新たな設計知識の発見に役立てています。

We are developing a multi-objective optimization method, in which "evolutionary computation" is used as the core technology, as an approach to create innovative engineering design, and applying this approach to the design of fluid machinery. This approach is useful for the discovery of new design knowledge, by finding various optimal design candidates and extracting characteristic information from the candidates.

# 流体解析・設計における不確かさ評価 Uncertainty Quantification in Fluid Analysis and Design



解析モデル  
Analysis models

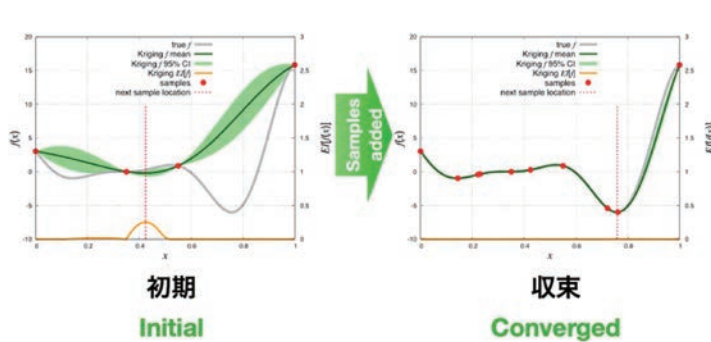


不確かさ評価の実施例  
Examples of uncertainty quantification

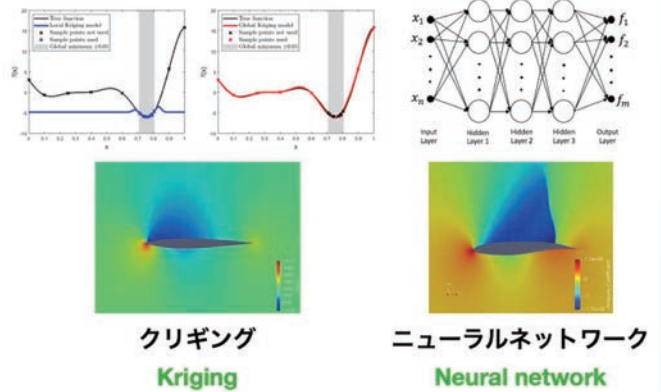
実世界に見られる流体现象は、無数の「不確かな」物理要因が複雑に絡み合っ発生します。流体现象の再現を目的とした数値解析は通常、こういった不確かさの存在を無視して単純化されることが多く、その結果は実現象とかけ離れたものとなります。そこで本研究では、流体解析の中で不確かさに対する物理量の挙動を定量的に評価することで、流体现象の正しい再現や流体機械の信頼性設計に役立てています。

Real-world flow phenomena are caused by various “uncertain” physical factors. Numerical analyses used to simulate flow phenomena are often simplified without considering such uncertainties, and these results often disagree with the real-world phenomena. Hence, we quantify the behavior of physical quantities against uncertainty in fluid analysis, for accurate simulation of flow phenomena and reliable design of fluid machinery.

# 代替モデリングによる流体解析・設計の高効率化 Surrogate Modeling for Efficient Fluid Analysis and Design



代替モデルを用いた最適化  
Surrogate-based optimization



代替モデルを用いた設計最適化の実施例  
Examples of surrogate-based design optimization

工学設計の現場では、与えられた設計要求を満足する設計案が得られるまでのターンアラウンドタイムの短縮が望まれています。そこで本研究では、設計案の形状変化に対する性能の複雑な応答を数学式として記述する「代替（サロゲート）モデル」を開発しています。これにより、形状の異なる任意の設計案についてその性能を瞬時に推定できるようになり、流体解析および設計の時間短縮に役立てています。

In actual engineering design, it is desirable to reduce the turn-around time needed to obtain a design candidate satisfying pre-specified requirements. We, therefore, develop a “surrogate model,” which represents a complex response relating performance to the change in the shape of a design candidate through a mathematical form. This model can estimate the performance for any design candidate with a different shape promptly, and thus it can reduce the time for fluid analysis and design.

# 高速反応流研究分野

## High Speed Reacting Flow Laboratory



教授  
小林 秀昭  
Professor  
Hideaki  
Kobayashi



准教授  
早川 晃弘  
Associate Professor  
Akihiro  
Hayakawa



特任助教  
Specially Appointed  
Assistant Professor  
Sophie COLSON

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、超音速燃焼の基礎現象解明と制御法の開発に積極的に取り組んでいます。

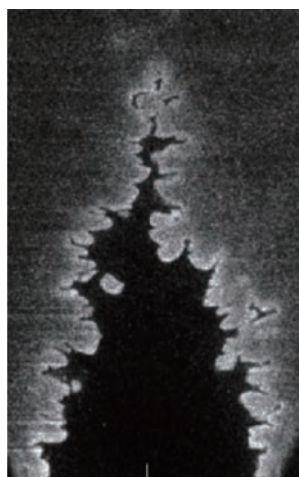
Combustion is a complex phenomenon composed of multi-dimensional dynamics of temperature, concentration, velocity, and chemical reactions. And also advanced combustion technologies are essential for solving the environmental and energy problems. Our laboratory focuses on investigation of combustion phenomena, 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

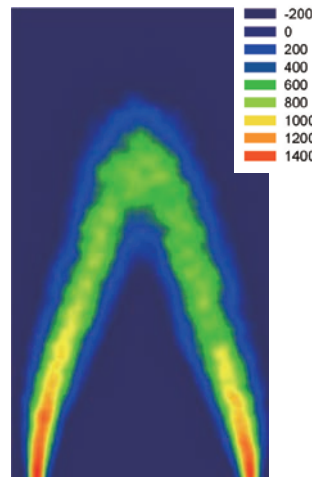
### Combustion Science and Highly Efficient Energy Technology



Direct photo



OH-PLIF image



Flame surface density

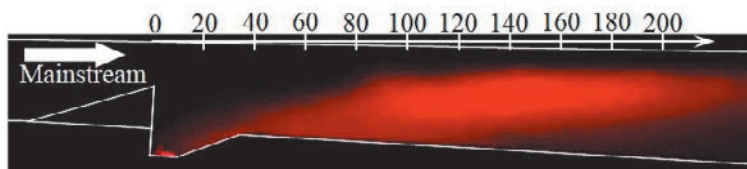
高圧下の CO/H<sub>2</sub>/air 乱流予混合火炎  
CO/H<sub>2</sub>/air turbulent premixed flame at high pressure

現代のエネルギー技術の中核にある燃焼技術は、反応性気体力学の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料開発や燃焼システムの一層の高効率化が求められています。ガスタービンシステムへのアンモニアや次世代バイオ燃料利用を想定した高温高圧下の乱流燃料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。

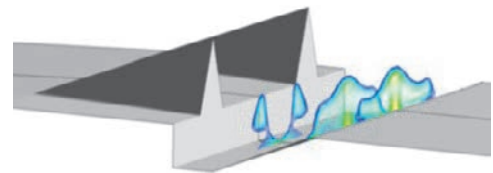
Combustion as a core of energy technologies today requires development of new fuels and further increase in thermal efficiency as well as deep understandings of aerothermochemistry. Turbulent combustion mechanism in a high pressure and high temperature environment for highly efficient energy systems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



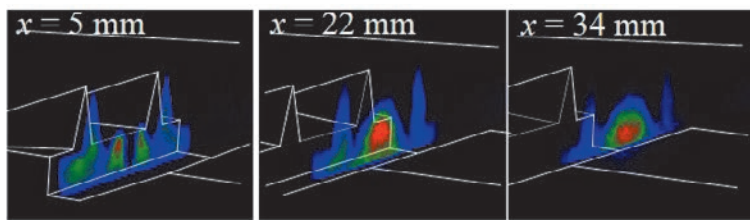
## 超音速燃焼における火炎構造解明 Flame Structure in Supersonic Combustion



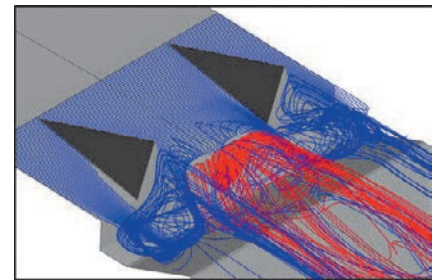
Experiment (Direct Photo)



Simulation (OH concentration)



Experiment (OH-PLIF)

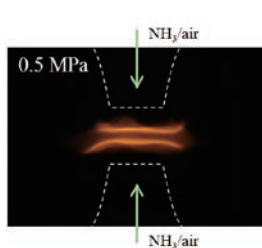


Simulation (Streamline)

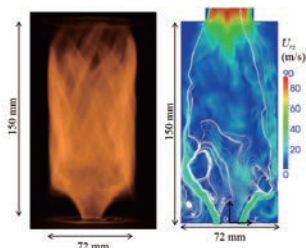
超音速流における混合・燃焼・衝撃波干渉現象は、次世代推進系開発の基礎であると同時に、極限環境下における高速反応流です。本研究では、OHレーザー誘起蛍光法(OH-PLIF)による燃焼領域の可視化実験を行うと同時に、スーパーコンピュータを用いた数値計算結果を考慮し、超音速流中のキャビティー保炎器に形成されている火炎の火炎構造や安定メカニズムを明らかにする事を目的として研究を行っています。

Mixing, combustion and interaction of shock wave in supersonic flow are representative high speed reacting flow, and essential study for the development of a scramjet engine. In our laboratory, flame observation using planar laser induced fluorescence for OH (OH-PLIF) and numerical simulation are performed in order to investigate the flame structure and flame holding mechanisms in cavity flame holder in supersonic flow.

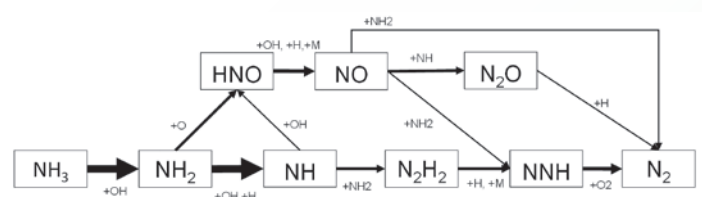
## アンモニア燃焼の基礎特性解明と実用燃焼器への適用 Investigation of Fundamental Characteristics of Ammonia Combustion



アンモニア火炎  
Ammonia flame



旋回流燃焼器に定在したアンモニア火炎  
実験と数値計算  
Ammonia flame stabilized in a swirl burner  
Experiment and numerical simulation



アンモニア/空気予混合火炎の反応経路  
Reaction flow of ammonia/air premixed flame

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



教授  
小宮 敦樹  
Professor  
Atsuki  
Komiya



助教  
神田 雄貴  
Assistant Professor  
Yuki  
Kanda



特任助教  
Yingxue HU  
Specially Appointed  
Assistant Professor

通常は直接目で観ることのできない熱・物質移動現象をレーザー光を使って“可視化”し、生体内や無重力環境といった極限環境下における熱・物質輸送現象を研究しています。光の干渉を利用した干渉法と呼ばれる技術を用いて、サブミクロン領域で起こる輸送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、信頼性の高い可視化技術を確立し、気液界面でのガス吸収過程やタンパク質の非定常拡散場、または沸騰・凝縮などの相変化現象といった熱・物質輸送現象を可視化しています。併せて、薄膜コーティングにおけるナノスケールの膜厚分布計測も、この高精度可視化システムを使ってチャレンジしています。これら光を使った技術で、複雑系物質輸送過程を定量的に評価し、さらにはそれら輸送現象を能動的に制御する技術開発を進めています。

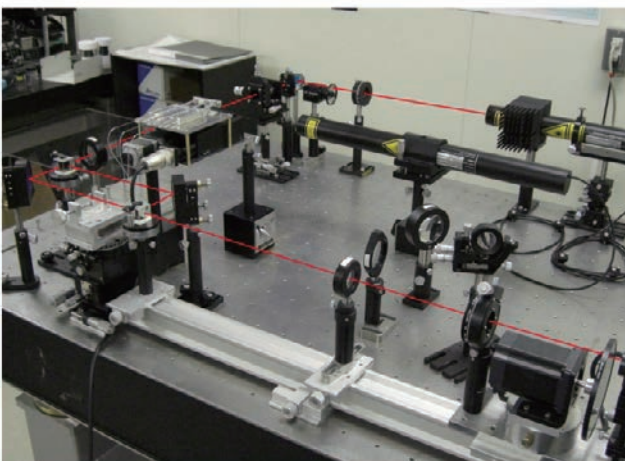
Precise and active controls of heat and mass transfer under extreme conditions such as micro/nano scale and micro-gravity environments are important for future engineering science and technology. This laboratory has been conducting research on the fundamentals of micro/nano scale heat and mass transfer controls using advanced optical systems such as a laser interferometry and ellipsometry, and applying them to the several engineering systems such as low emission energy system, advanced heat transfer enhancement system, measurement system of precursor film thickness, and mass transfer control system for pure protein crystallization.

### 革新的光学干渉法による複雑系物質輸送過程の可視化

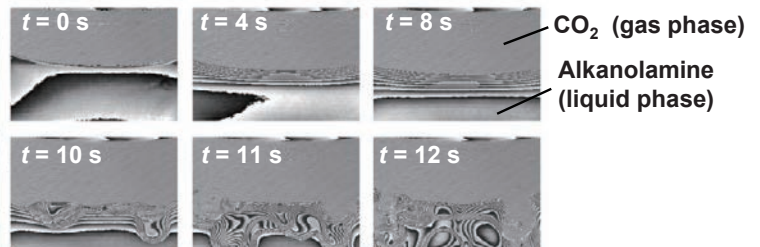
#### Precise Visualization of Complex Mass Transport Phenomena by Modified Interferometer

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.

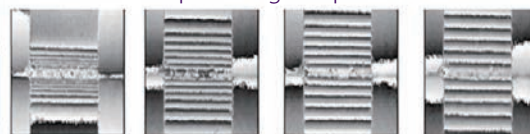


位相シフト干渉計 Phase shifting interferometer



気液界面でのガス吸収

Gas absorption at gas-liquid interface



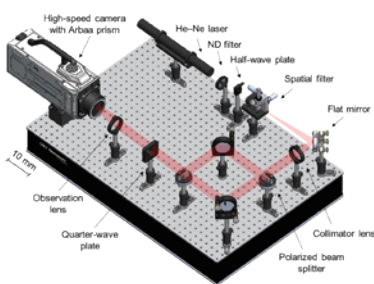
タンパク質の拡散現象 Diffusion of proteins

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

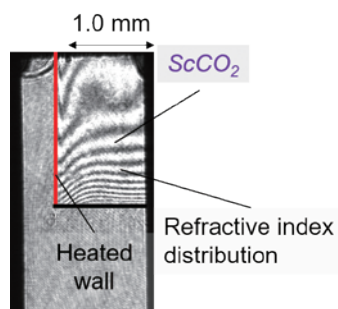
## 高速位相シフト干渉計を用いた非定常熱・物質輸送現象の評価 Evaluation of Transient Heat and Mass Transfer Using High-Speed Phase-Shifting Interferometer

特殊なプリズムと高速度カメラを光学干渉計に応用し、ミリ秒以下の高速な熱・物質輸送現象を可視化するシステムを開発しています。このシステムを使って、非定常な熱・物質輸送現象を観察し、物質の分解や溶解現象を明らかにする研究を進めています。本研究室では、ガスハイドレート分解現象や、超臨界流体中における有機物の溶解現象について調べています。

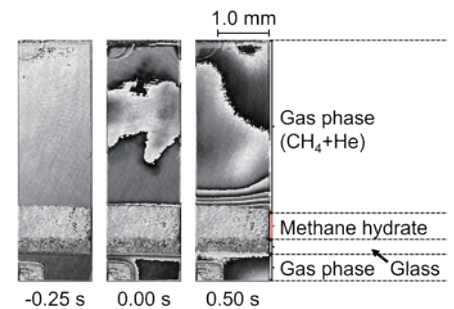
High temporal visualization system for transient heat and mass transfer phenomena in milliseconds or less are developed by applying our special prism and a high-speed camera to the interferometer. Applying this system, the decomposition and dissolution phenomena of substances are evaluated by measurement of transient heat and mass transfer phenomena. In our laboratory, gas hydrate decomposition and dissolution phenomena of organic substances in supercritical fluid have been studied.



高速位相シフト干渉計  
High-Speed Phase-Shifting Interferometer



超臨界二酸化炭素中における熱輸送現象の可視化  
Visualization of heat transfer phenomenon in carbon dioxide under supercritical condition ( $\text{ScCO}_2$ )

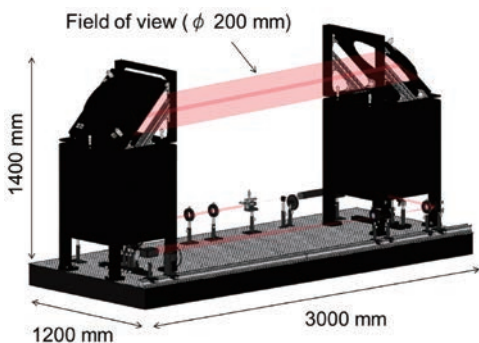


メタンハイドレート分解における固気界面近傍の輸送現象の可視化  
Visualization of transfer phenomena near the solid-gas interface during methane hydrate decomposition

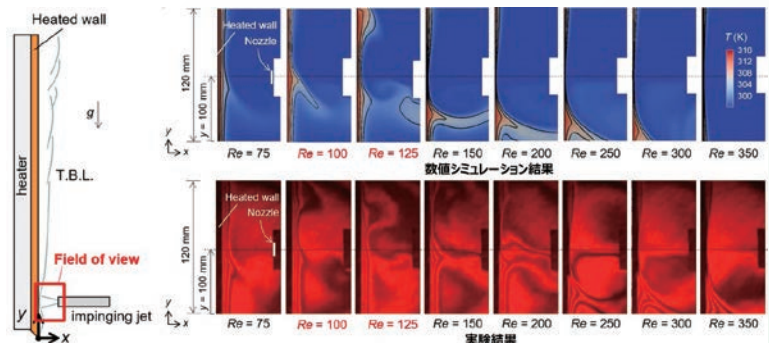
## 大型干渉計を用いた流動場における熱・物質輸送の評価 Evaluation of Convective Heat and Mass Transfer Using Large-Scale Interferometer

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を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。

High temporal visualization system for transient heat and mass transfer phenomena in milliseconds or less are developed by applying our special prism and a high-speed camera to the interferometer. Applying this system, the decomposition and dissolution phenomena of substances are evaluated by measurement of transient heat and mass transfer phenomena. In our laboratory, gas hydrate decomposition and dissolution phenomena of organic substances in supercritical fluid have been studied.



大型干渉計外観  
Exterior of large-scale interferometer



自然対流温度境界層の実験的/数値解析的可視化

Experimental/numerical visualizations of thermal boundary layer of natural convection

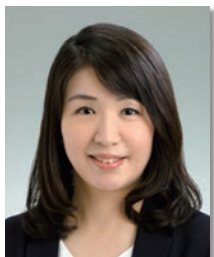
大型干渉計システムと可視化例

Measurement system of large-scale interferometer and visualization examples



# 先進流体機械システム研究分野

## Advanced Fluid Machinery Systems Laboratory



教授  
伊賀 由佳  
Professor  
Yuka  
Iga



准教授  
岡島 淳之介  
Associate 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。

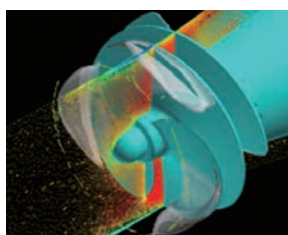


©JAXA

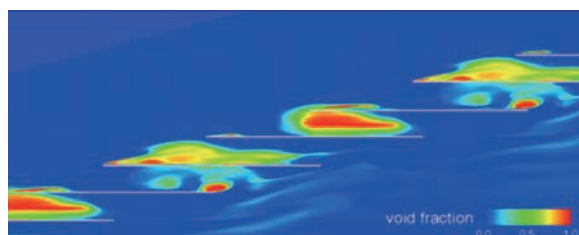
In an axial-flow pump which is called inducer in liquid-propellant rocket turbopump, undesirable oscillation phenomenon is caused by cavitation. It is called cavitation instabilities; rotating cavitation causes asynchronous axial vibration of the turbopump and cavitation surge brings pulsation of working 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

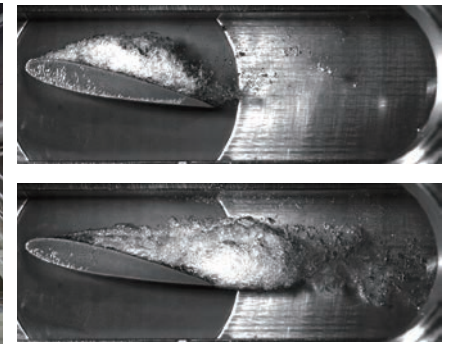


超同期旋回キャビテーション  
Super-synchronous  
rotating cavitation



## キャビテーションの熱力学的抑制効果の解明 Clarification of Thermodynamic Suppression Effect of Cavitation

ロケットの推進剤である液体水素、液体酸素で発生するキャビテーションでは、蒸発潜熱による温度低下の影響で、その体積が抑制されることが知られていますが、実際にどの程度抑制されるかを予測することは難しいため、ロケットポンプの設計に抑制効果を有効に利用できていません。そこで本研究室では、推進剤と同程度の熱力学的抑制効果を有する高温水のキャビテーション実験におけるキャビティ内部温度の高精度計測や、独自に開発した熱的モデルを用いた極低温キャビテーションの数値解析における乱流熱伝達の評価を通じて、キャビテーションの熱力学的抑制効果の解明を試みています。



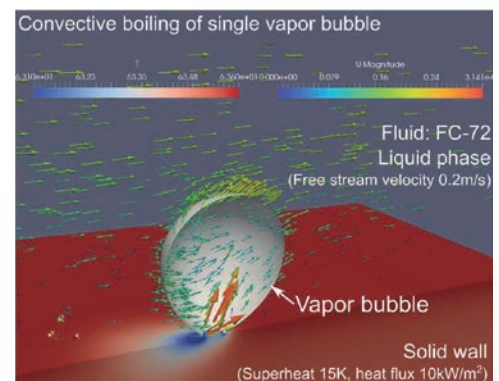
高温水キャビテーショントンネル実験設備とNACA0015翼形まわりのキャビテーションの様相 (140°C)  
Hot water cavitation tunnel facility and the aspects of cavitation around NACA0015 hydrofoil (140°C)

It is known that the volume of cavitation is suppressed due to decrease of temperature associated with latent heat of evaporation in liquid hydrogen and oxygen which are propellants of liquid rocket. But the actual degree of suppression of cavity volume cannot be predicted, then the suppression effect is not utilized in the design of the present rocket pumps. In this laboratory, in order to clarify the thermodynamic suppression effect, high-accuracy temperature measurement inside the cavity is done in hot water tunnel experiment in which the thermodynamic effect is same degree with that in the propellant and estimation of turbulent heat transfer is done in numerical simulation of cryogenic cavitation by using in-house thermal model.

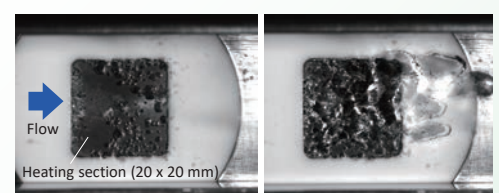
## 相変化を伴う気液二相流における熱輸送現象の解明とその応用 Thermal Transport in Two-Phase Flow with Phase Change and Its Application

気液二相流であるキャビテーションや沸騰では、気液界面での熱移動が蒸発・凝縮に重要な役割を担い、流れ場に大きな影響を与えます。また、流体が接する固体壁面上では、固気液接触領域が形成され、材料の特性や濡れ性の違いで熱・物質の流れは変化します。このような現象が絡み合うため、沸騰現象の素過程である壁面上の単一気泡の蒸発過程は数値モデリングおよび数値シミュレーションでの再現が十分な状況ではありません。本研究室では、このような界面を通じた熱輸送現象の理解のために、動的接触線まわりの熱流動解析やそれを利用した沸騰現象の数値シミュレーション、高速流動場のサブクール沸騰実験などを行っております。さらにこれらの熱輸送機構の高度化を通じて、次世代冷却システムへの貢献を目指しております。

In cavitation or boiling flow, phase change such as evaporation and condensation occurs with heat transfer through a liquid-vapor interface. Additionally, thermal interaction between the two-phase fluid and the solid wall is affected by material properties and wettability. Because of such complex thermal transport in two-phase, the mathematical modeling and reproduction by numerical simulation of the evaporation process around moving contact line, numerical simulation of boiling phenomena, and experiment of subcooled boiling in high-speed flow field are being conducted. We aim to contribute to the next-generation cooling system through the sophistication of these thermal transport mechanisms.



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



高速流動場中の非定常サブクール沸騰  
Unsteady subcooled boiling flow in high-speed flow field

# 複雑衝撃波研究分野

## Complex Shock Wave Laboratory



(兼) 教授  
永井 大樹  
Concurrent Professor  
Hiroki Nagai



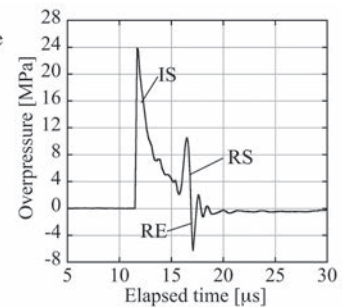
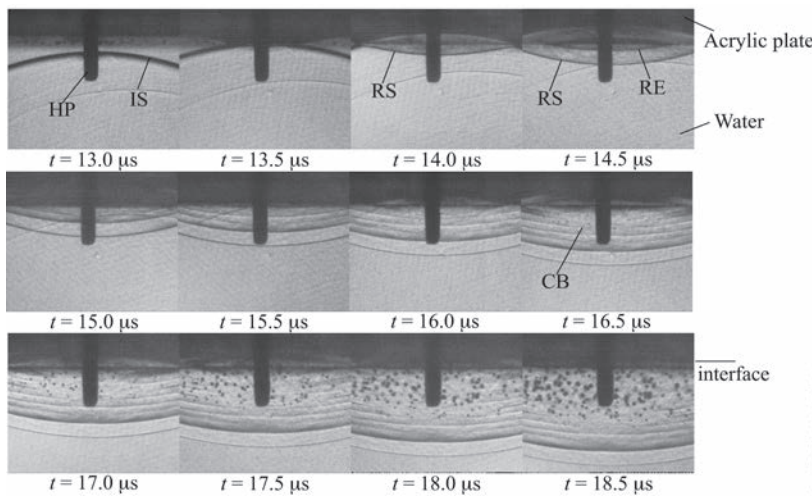
(兼) 特任准教授  
大谷 清伸  
Concurrent Specially Appointed Associate Professor  
Kiyonobu Ohtani

衝撃波現象は航空宇宙をはじめ材料工学、医療、地球物理と様々な分野に関わり、重要な研究課題です。複雑衝撃波研究分野では、固気液三相の全て媒体内で伝播する複雑な衝撃波挙動の基礎現象の解明およびその学際応用について研究を行っています。

Shock wave phenomena associated with various research field such as aerospace engineering, material engineering, medical and biomedical engineering, and geophysics, is significant problem. The complex shock wave laboratory investigates complex propagation phenomena of shock wave in gas-liquid-solid three-phase for understanding a fundamental mechanism and its interdisciplinary application.

### 生体内における衝撃波伝播挙動の解明

### Study on Shock Wave Propagation Phenomena for Human Body Tissue Protection



Pressure history near the interface

IS: Incident Shock Wave  
RS: Reflected Shock Wave  
RE: Reflected Expansion Wave  
CB: Cavitation Bubble  
HP: Hydrophone

音響インピーダンスを考慮した生体模擬材料中の衝撃波伝播挙動

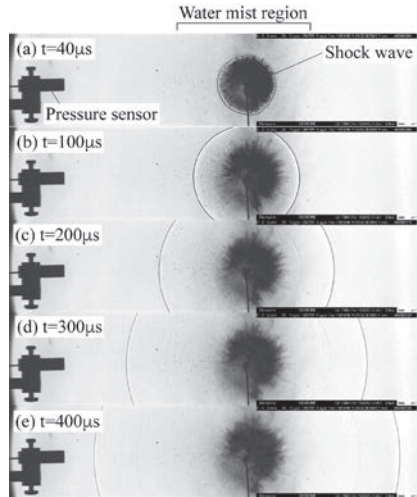
Shock wave propagation phenomena in simulated biological model in consideration of acoustic impedance

生体を構成する物質に近い水中の衝撃波および膨張波現象の解明は衝撃波医療応用において重要な研究課題である。本研究では音響学における透過・反射で重要なパラメータである音響インピーダンス（媒体の密度と音速の積）に着目し、音響インピーダンスを考慮した生体模擬物質を用いたモデル実験で生体内の衝撃波の伝播、干渉挙動を調べ、局所的な高圧と気泡生成につながる負圧領域の発生を確認することで衝撃波による生体損傷の機序解明を行い、その発展としてその防御方法の確立を目指します。

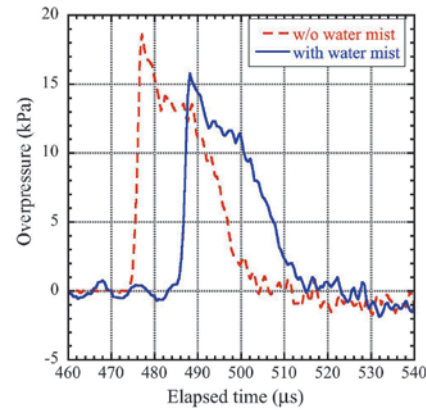
Shock wave propagation in water similar to material for forming tissue of living and expansion wave phenomena are an important area of research for shock wave medical and biomedical application. We focus on acoustic impedance value, obtained for the product of the density and sound speed in substance, investigates to shock wave propagation and interaction phenomena in simulated biological model in consideration of acoustic impedance for understanding of shock wave tissue damage mechanism. We aim establishment of human body tissue protection method from shock wave by using the obtained knowledge about shock wave propagation phenomena such as local elevation of pressure and negative-pressure region related to cavitation bubble generation.



## 衝撃波圧力の制御に関する研究 Establishment of Shock Wave Pressure Active Control Method



Sequential shadowgraph image



Pressures history

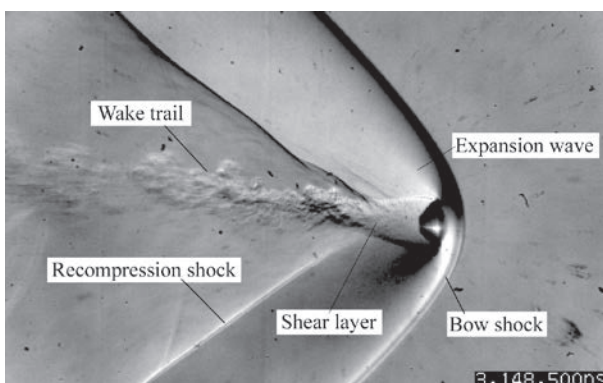
水粒子干渉による衝撃波圧力の低減

Shock wave pressure reduction by shock wave interaction with water mist

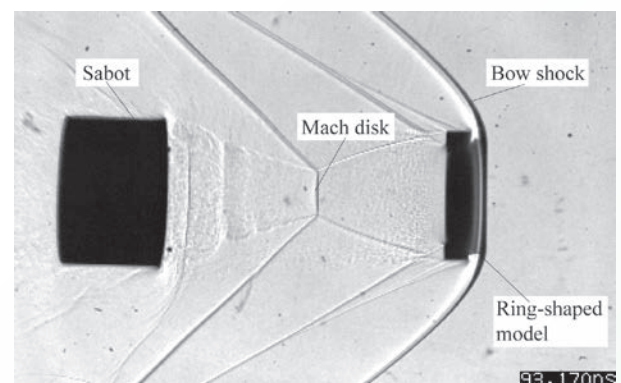
衝撃波の干渉、回折現象等による衝撃波の圧力低減効果、閉空間を利用した衝撃波の圧力増幅効果に関して実験的、数値解析的に解明を進めている。これら方法の確立は、人工構造物や人体への衝撃波の破壊的な影響を緩和し、一方で衝撃波圧力を用いた新たな産業応用デバイスの開発に繋がることが期待できる。

We aim establishment of shock wave pressure active control method by using shock wave attenuation phenomena due to shock wave interaction and diffraction, and shock wave enhancement phenomena due to shock wave reflection and focusing. These achievements are expected to mitigate serious effects caused by shock wave to artificial construction and human body, to develop new device for industrial application by using shock wave pressure.

## 超音速自由飛行体の空気力学的の解明 Study on Supersonic Free-flight Projectile for Aerodynamics



火星大気模擬気体中の超音速自由飛行するカプセル形状模型  
Supersonic free-flight of capsule model in CO<sub>2</sub> gas



様々な形状模型の高速射出技術開発 (超音速自由飛行するリング模型)  
Development of new supersonic model launching method (Supersonic free-flight ring shaped model)

超音速旅客機のソニックブーム低減技術や火星探査用カプセル開発等に関わる超音速自由飛行体の空気力学的特性、機体発生衝撃波と機体周りの流れ場について弾道飛行装置を用いた超音速自由飛行実験で解明を進めています。また様々な形状模型の超音速射出技術とその定性的、定量的評価のための新たな計測技術の開発も取り組んでいます。

We investigate experimentally aerodynamic properties for supersonic free-flight model, its generated shock wave and flow fields regarding development of the silent supersonic transport and Mars entry capsule by using ballistic range. And we focus on a development of supersonic launching method for various complex shaped models and their quantitative and qualitative new measurement.



# 計算流体物理研究分野

## Computational Fluid Physics Laboratory



教授  
服部 裕司  
Professor  
Yuji  
Hattori



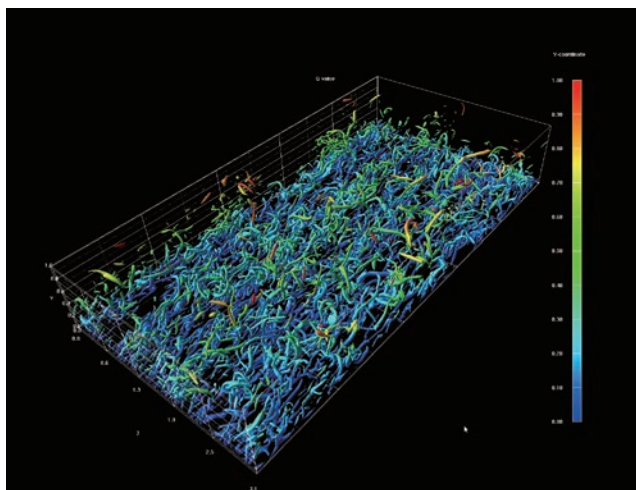
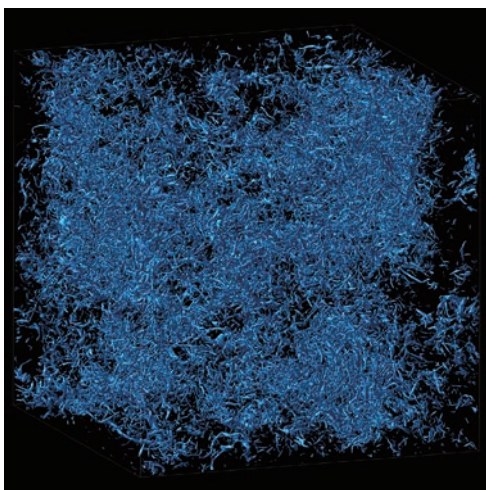
准教授  
廣田 真  
Associate Professor  
Makoto  
Hirota

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



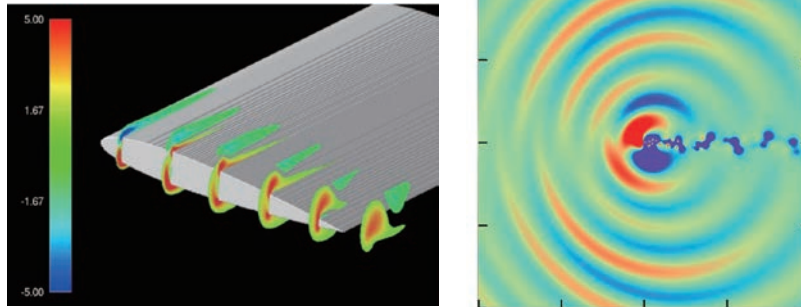
乱流現象の直接数値シミュレーション例  
Direct numerical simulation of turbulent flows

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



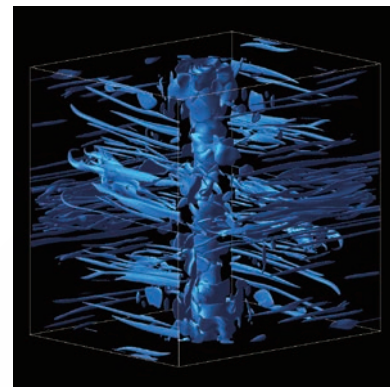
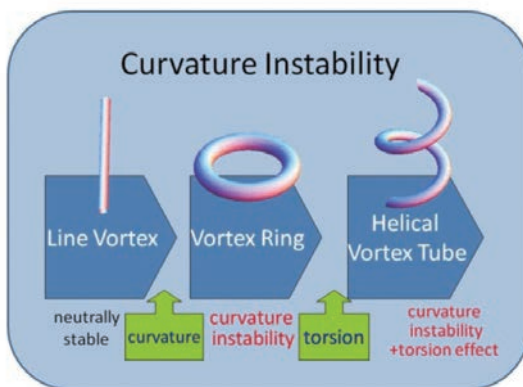
Penalization 法による数値シミュレーション  
Numerical Simulation by Penalization Method

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

流動現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.

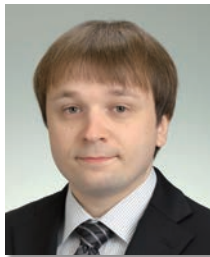


# 分子熱流動研究分野

## Molecular Heat Transfer Laboratory



教授  
小原 拓  
Professor  
Taku  
Ohara



助教  
Donatas  
SURBLYS  
Assistant  
Professor



特任助教  
松原 裕樹  
Specially  
Appointed  
Assistant Professor  
Hiroki  
Matsubara

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/ナノフルイディクスとして、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ミメティクス流体機械の展開につながります。

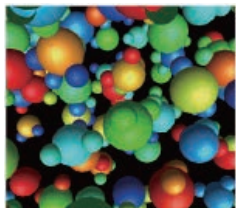
分子熱流動研究分野では、分子から MEMS/NEMS のスケールにおける熱流体現象の理解を深め、その応用を探ることを目的として、研究を進めています。

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.

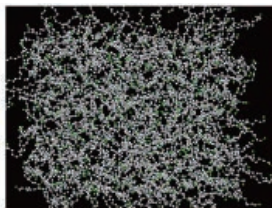
The molecular heat transfer laboratory is engaged in the research to analyze micro/nanoscale thermal and fluid phenomena, from the molecular scale to the MEMS/NEMS scale, and pursue the application of it.

### 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

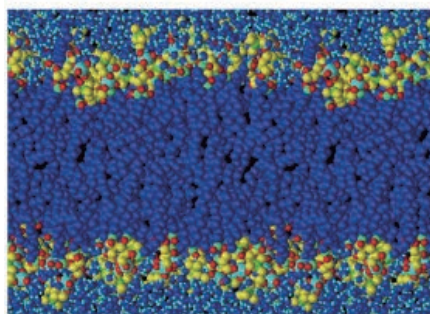


Bulk liquid water



Bulk liquid n-tetracosane

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。



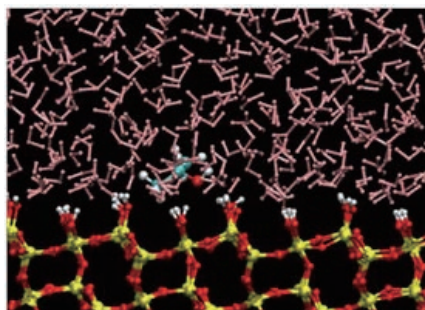
Lipid bilayer membrane in water

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.

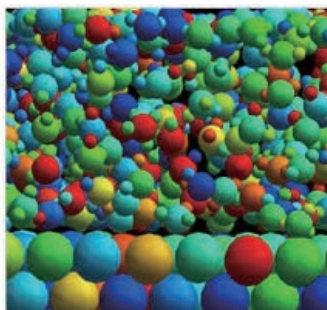


## 固液界面における熱・物質輸送特性

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



IPA (alcohol) molecule in liquid water on a  $\text{SiO}_2$  solid surface



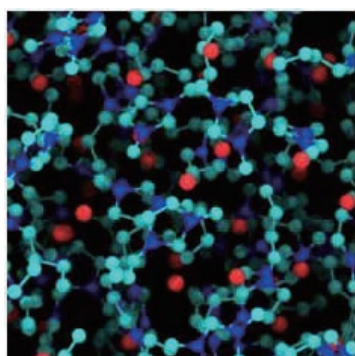
Liquid water-Solid platinum

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。

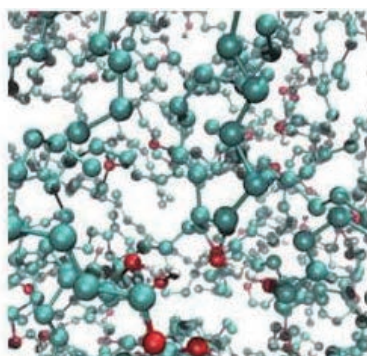
Heat and mass transfer at interfaces where solids and liquids contact governs overall characteristics of nano-structured systems such as NEMS and porous materials. The phenomena are utilized in nano-fabrication process such as the wet process for semiconductor devices. Molecular dynamics simulation analyzes 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.

# 量子ナノ流動システム研究分野

## Quantum Nanoscale Flow Systems Laboratory



教授  
徳増 崇  
Professor  
Takashi  
Tokumasu



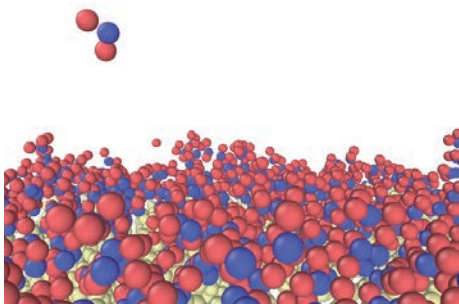
(兼) 助教  
馬淵 拓哉  
Concurrent  
Assistant Professor  
Takuya  
Mabuchi

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あります。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。

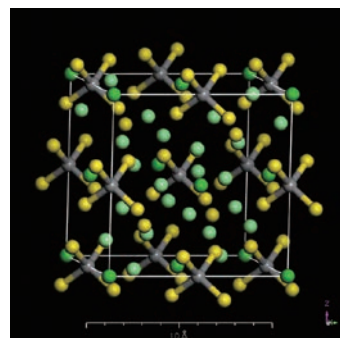
In the flow phenomena of fluid, it is often seen that the “chemical reaction” which occurs at the atomic/molecular scale affects much on the macroscopic “diffusion phenomena” of fluids. Moreover, very light atoms, such as hydrogen, cannot be regarded as a mass point and its effect sometimes appears at 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. This 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.

### 流体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

#### Quantum/Molecular Dynamics Studies of the Effect of Quantum Characteristics of Fluids on Its Flow Characteristics



反応性分子動力学法によるCVD成膜シミュレーション  
CVD simulation by reactive force-field molecular dynamics methods



固体電解質内Liイオン拡散の量子・分子動力学シミュレーション  
Quantum molecular dynamics simulation of Li ion diffusion in the solid electrolyte

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、そのため不確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れた挙動を示します。また化学反応を伴う流れは半導体製造プロセスなど、工業的によく見られますが、このような流れ場では化学反応に伴うエネルギー変化が流動現象に多大な影響を与えます。このような流れ場に対し、流体の量子性を考慮し、そ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。

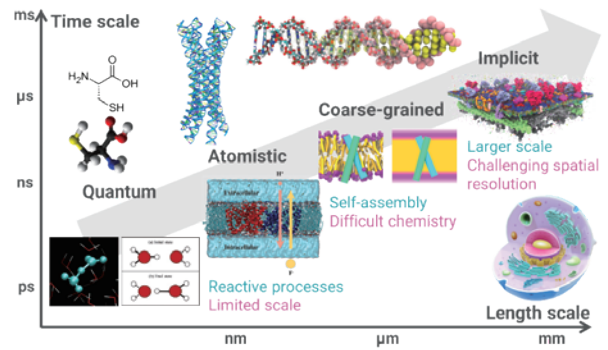
Hydrogen molecule has a light mass compared with conventional diatomic molecules such as nitrogen or oxygen, and therefore the position of hydrogen molecule cannot be determined by uncertainty principle. Due to the quantum effect of hydrogen molecule, the thermodynamic properties of liquid hydrogen is not consistent with the principle of corresponding state. Moreover, flow phenomena with chemical reaction are often seen in industrial situations, such as semiconductor fabrication process. In these flow field energy change following chemical reactions affects much on flow phenomena. We analyze the mechanism by which the quantum characteristics of molecules affect on the macroscopic flow phenomena of fluids using methods in which the quantum characteristics of fluids are considered.





## 生体分子システム内におけるタンパク質の液液相分離構造形成現象および選択的イオン透過現象に関する研究 Molecular Study for Controlling Intracellular Protein Function Using Artificial Phase-Separated Structures and Selective Transmembrane Ion Channels

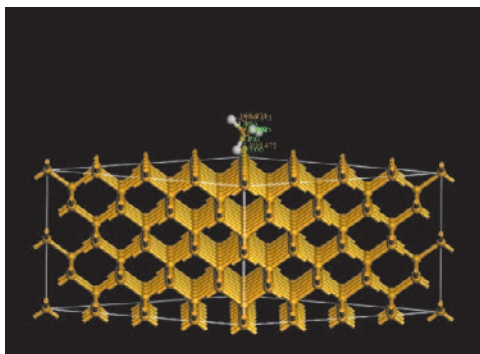
小さな分子、特にイオンが複雑に入り組んだ構造の中を輸送するとき、どのような経路を輸送し、どのくらいの速さで(伝導・拡散)することができるのか? ナノスケールの世界で起きているイオン輸送現象は、生体分子(生命科学)で重要な役割を担っています。本研究では、こういった実験では見ることの難しい時空間スケールの現象を理論(分子シミュレーション)を用いて解明し、高活性・高選択性などの高機能な人工分子の理論設計を行うことで、創薬への展開を目指しています。理論・計算化学の手法、特に分子動力学(MD: Molecular Dynamics)法を基盤として研究を行っています。生体分子システムで起きている幅広い時空間スケールの動的性質(ダイナミクス)を解析するためには、時空間スケールの異なる計算手法を組み合わせたマルチスケールシミュレーション技術が重要です。量子化学計算や反応MDを用いたnmスケールの化学反応およびイオン輸送現象から粗視化MDを用いた $\mu\text{m}$ スケールのタンパク質高次構造(液液相分離構造)形成現象までマルチスケールの動的現象に興味を持っています。



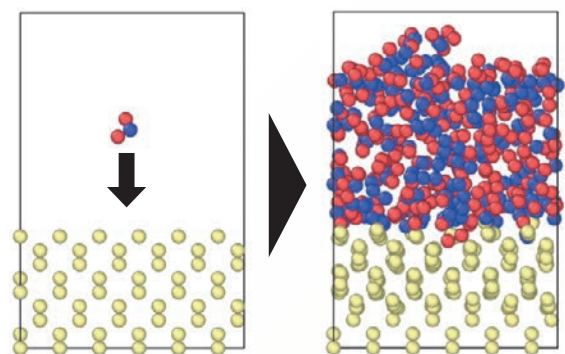
生体分子のマルチスケールシミュレーション  
Multiscale modeling and simulation for biomolecular systems

The research involves theoretical and computer simulation studies of biomolecular systems. Current research activities span both development of new computational methods and theoretical characterization of proton transport and protein phase behavior in biomolecular systems at multiple length scales. For example, to probe complex transport phenomena of protons, a reactive model has been developed within the simplicity of the theoretical framework of classical molecular dynamics (MD) simulations. Proton transport through complex structure such as transmembrane ion channels are one of our research interests. Protein phase behavior (i.e. aggregation, self-assembly, and liquid-liquid phase separation) in aqueous solutions are also of our research interest. Computational studies can assist in the challenge of designing the artificial ion channels. Our research is thus often carried out in close collaboration with leading experimentalists and is integrated in a feedback loop with experiments.

## 原子層堆積法および化学気相堆積法における成膜メカニズムの分子動力学的研究 Molecular Dynamics Study of Deposition Mechanism on the Atomic Layer Deposition and Chemical Vapor Deposition Methods



量子化学計算による構造最適化およびエネルギー計算  
Structure optimization and energy calculation by quantum chemistry calculations



CVD成膜シミュレーション(SiH<sub>2</sub>のみ供給)  
CVD simulation (Supply only SiH<sub>2</sub>)

半導体製造プロセスには成膜、エッチング、洗浄など、複数のプロセスが存在しますが、中でも成膜プロセスに対してはウェーハ上において膜厚誤差 $\pm 0.5\text{\AA}$ という原子層レベルの制御が求められています。このような最先端の需要を実現可能な成膜手法として化学気相堆積(CVD: Chemical Vapor Deposition)法および原子層堆積(ALD: Atomic Layer Deposition)法が広く利用されています。ただし、それらの成膜現象は拡散現象および反応現象が複雑に絡み合っており詳細に理解することが困難です。そのため本研究では、両者を融合した反応性力場分子動力学シミュレーションを実施し、成膜メカニズムの普遍的理解を目指しています。

In the semiconductor manufacturing process, there are some processes such as thin film formation, etching, cleaning etc. Especially in the thin film formation process, The thickness of a film on a wafer have to be controlled with the accuracy of  $\pm 0.5\text{\AA}$ , which is the order of the layer of atoms. The chemical vapor deposition (CVD) and atomic layer deposition (ALD) are widely used as thin film formation methods for realizing such a state-of-the-art demand. However, these thin film formation phenomena are a complex combination of diffusion phenomena and reaction phenomena, and it is difficult to understand in detail. Therefore, we carry out reactive force field molecular dynamics (ReaxFF MD) simulations and aim at a universal understanding of the deposition mechanism in this research.



# 生体ナノ反応流研究分野

## Biological Nanoscale Reactive Flow Laboratory



教授  
佐藤 岳彦  
Professor  
Takehiko  
Sato



助教  
劉 思維  
Assistant Professor  
Siwei  
LIU

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。

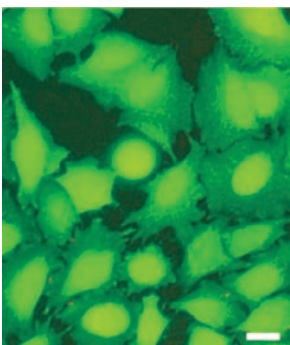
As a low-temperature plasma flow at atmospheric pressure is easily capable of generating heat, light, chemical species, charged particles, shock wave, etc., recently, a research on a sterilization and a plasma treatment has started using those physical features. The biological nanoscale reactive flow 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

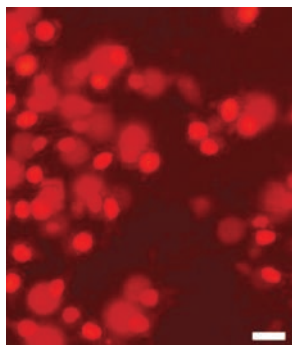
プラズマが生成する化学種が細胞にどのような影響を与えているのかを解明し、プラズマ医療の基礎学理と応用を目指します。現在は、プラズマ流の制御による細胞の活性化や不活性化、ならびにその機構の解明を目指しています。具体的には、細胞応答の誘導法の確立に向けて、DNA マイクロアレイを利用した遺伝子群応答を解析し、プラズマにより生成された過酸化水素が不活化因子であることや、プラズマ特有の細胞活性化作用があることを明らかにしています。また、活性化の機序を明らかにするために、プラズマによる電流パルスが細胞挙動に与える影響を蛍光顕微鏡を用いて解析しています。

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. Furthermore, electric current effect on activation of cell motion is analyzed by a fluorescent microscope.



がん細胞

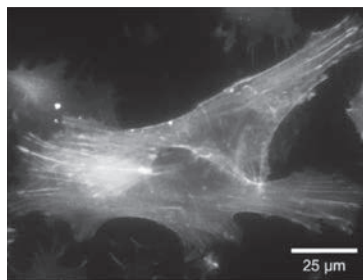
Fluorescence image of HeLa cells. Before exposure to plasma-treated culture medium (Left).



プラズマ照射後に死滅したがん細胞

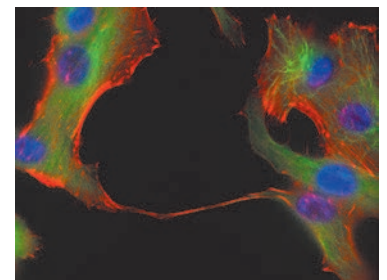
Cell death with necrosis after exposure (Right).

The scale bar is 20  $\mu$  m.



ナノ秒パルス電流によるアクチンフィラメント形成の様子

Formation of actin filament by exposure to nanosecond pulsed currents.



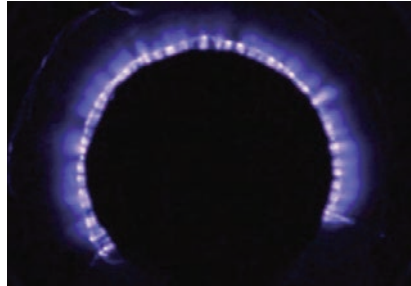
ナノ秒パルス電流刺激によりがん細胞が伸長している様子

Elongation of cancer cells by exposure to nano-second pulsed current.

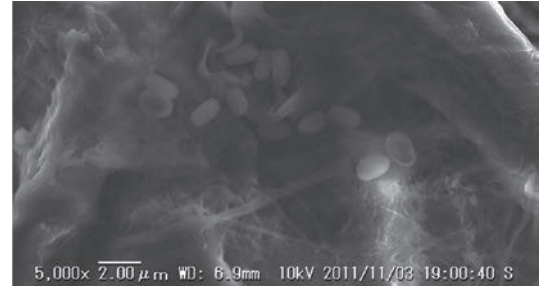
## プラズマ殺菌装置の開発 Development of Plasma Sterilization Device



コンタクトレンズ殺菌装置  
Photograph of sterilization device



殺菌用プラズマ発生の様子  
Plasma emission for sterilization



プラズマ照射による芽胞菌の滅菌、芽胞菌に孔が形成された様子  
Sterilization of bacterial spores by plasma irradiation, formation of pores in the bacterial spores

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.

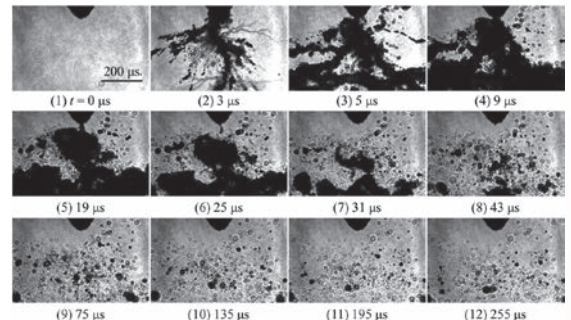
## 水中プラズマ流の放電機構とプラズマ気泡挙動の解析 Discharge Mechanism of Plasma in Water and Analysis of Plasma Bubble Behavior

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を明らかにしました。また、進展中の負極性水中ストリーマの微弱圧力波を観察することで詳細な進展過程を明らかにしました。生成されたストリーマガスチャネルの崩壊時に微細気泡を生成することも明らかにしています。

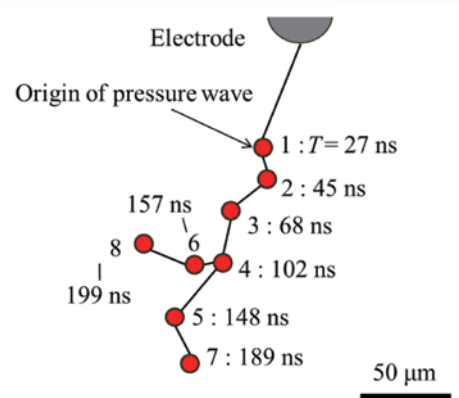
また、レーザーやスパークなどの高温プラズマによるキャビテーション気泡の挙動において長年論じられていた気泡中の不凝縮ガスの存在について、EPFL (スイス) と共同研究により水素ガスが含まれていることを明らかにしました。

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. Furthermore, propagation process of negative streamers was clarified by visualization of weak pressure waves. We also clarified that the fine bubbles are generated at the collapse of the generated streamer gas channel.

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.



水中プラズマによる微細気泡の生成  
Generation of fine bubbles by underwater plasma



ストリーマ進展過程の詳細解析  
Analysis of underwater streamer



# 分子複合系流動研究分野

## Molecular Composite Flow Laboratory



(兼) 教授  
小原 拓  
Concurrent Professor  
Taku  
Ohara



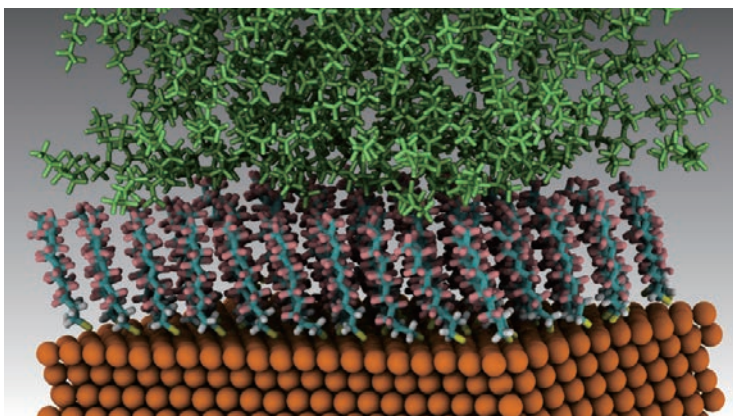
准教授  
菊川 豪太  
Associate Professor  
Gota  
Kikugawa

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



Self-assembled monolayer facing with organic solvent

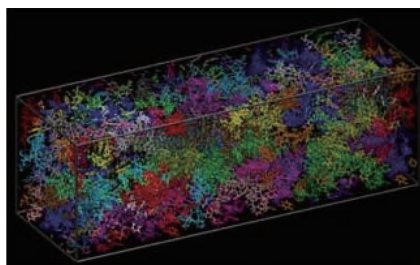
自己組織化単分子膜 (self-assembled monolayer, SAM) をはじめとした分子スケールの表面修飾技術は、固体表面の物理化学的特性を制御する技術として、種々のプロセスやデバイスへの応用が進んでいます。特に、有機分子の自己組織化や薄膜状態での自発的構造形成を利用してボトムアップにより表面修飾を行う技術は、柔軟かつ適応性の広い方法として期待されています。これら有機分子膜の構造形成や界面親和性、界面を介した熱・物質輸送特性は、工学応用上極めて重要であり、その輸送機構を明らかにすることを目的に研究を行っています。

Novel surface modification techniques at the molecular level such as the self-assembled monolayer (SAM)

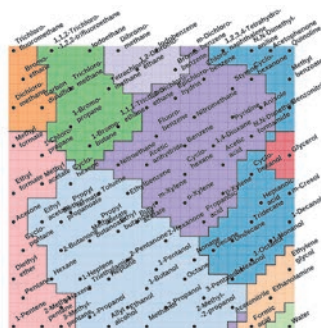
have drawn attention as the technique to control the physical and chemical properties on solid surfaces. In particular, the bottom-up processes, i.e., surface modification by utilizing the self-assembly of organic molecules or spontaneous structuring in organic thin films, have future possibilities due 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



Clustering of thermophysical properties of liquids

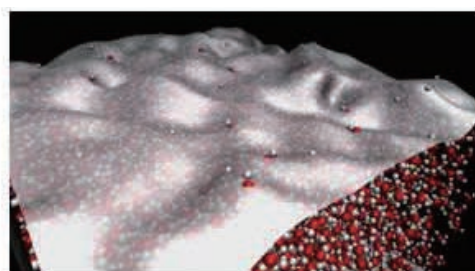
産業的にも広く利用が進んでいる高分子材料の開発には、内部の分子スケール構造や相分離構造の制御によって、力学的・化学的特性のみならず熱流動特性を設計することが必要とされています。例えば、高温等の極限状態で利用される架橋構造を有するポリマー樹脂は、宇宙往還機表面に使われるアブレーション材料など、分子の内部構造の変化・崩壊に伴う機械的・熱的特性の変化を予測することが極めて重要な課題となっています。分子スケールからマクロスケールに至るスケール複合的な解析手法やデータ科学の技術を利用して、有用な熱流動特性や機械特性を有する高分子材料の探索・設計を目指しています。

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.

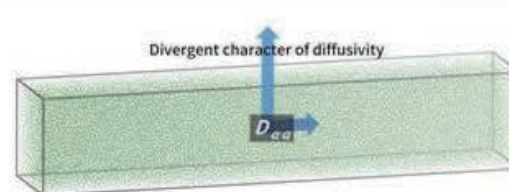
## 不均質媒体 / 制限空間内の流体における輸送現象 Transport Phenomena in Heterogeneous Media and Confined Liquids

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.



Instantaneous structure of water surface



Anomalous diffusivity of liquids in the periodic rectangular parallelepiped system

# 先端車輻基盤技術研究 (日立 Astemo) III

## Fundamental Research of Advanced Vehicle Technology (Hitachi Astemo) III



教授  
石本 淳  
Professor  
Jun  
Ishimoto



教授  
永井 大樹  
Professor  
Hiroki  
Nagai



准教授  
下山 幸治  
Associate Professor  
Koji  
Shimoyama



助教  
大島 逸平  
Assistant Professor  
Ippei  
Oshima



アドバイザーフェロー  
仲野 是克  
Advisory Fellow  
Yoshikatsu  
Nakano



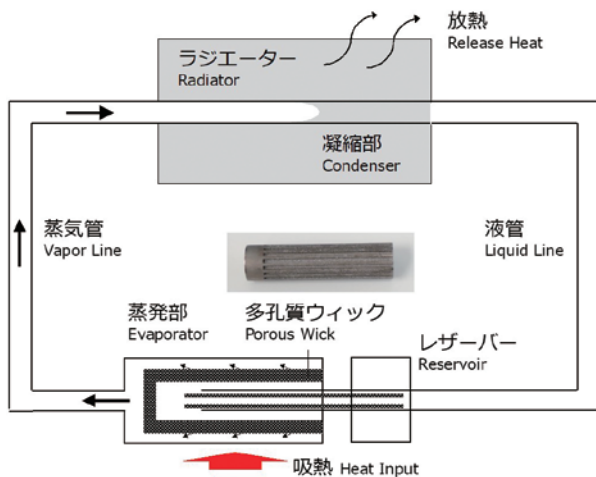
特任准教授 (客員)  
相澤 秀幸  
Specially Appointed  
Associate Professor  
Hideyuki  
Aizawa

東北大学流体科学研究所と日立 Astemo 株式会社は、共同研究部門を開設し、第一期、第二期と成果を得ることができました。第三期は、「先端車輻基盤技術研究 (日立 Astemo) III」として、低炭素社会の実現に向けた将来の車輻電動化に対し、モータを駆動する次世代インバータの超小型・軽量・高出力として期待される基盤技術の研究を推進いたします。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、日立 Astemo 株式会社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 Hitachi Astemo, Ltd. have established a joint research department and have been able to obtain results in the first and second phases. In the third phase, as "Fundamental research of advanced vehicle technology (Hitachi Astemo) III", the next-generation inverter that drives the motor will be ultra-compact, lightweight, and high-performance for future vehicle electrification toward the realization of a low-carbon society. We will promote the fundamental research to realize those kinds of basic technologies. The research conducted by the Collaborative research division is related mostly to the enhancement and the application of the simulation technology based on computational fluid dynamics and experimental verification. By conducting collaborative research between Hitachi Astemo, Ltd and Institute of Fluid Science, Tohoku University, aims to create new value directly connected to development of appealing products with excellent environmental performance based on the research of such next-generation technology.

### 次世代インバータ向け新たな冷却システム構築と要素技術研究

#### New Cooling System Construction and Element Technology Research for Next-Generation Inverter

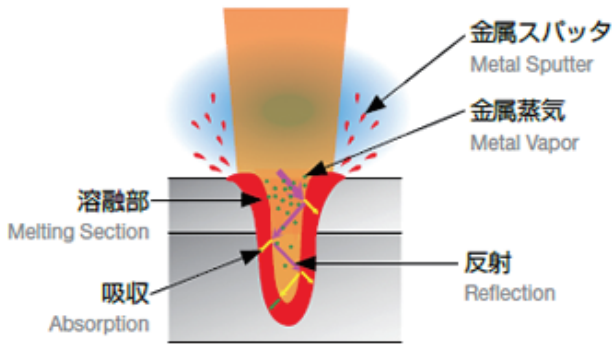


Loop Heat Pipe (LHP)

次世代インバータの超小型化を実現するために、気液二相流による伝熱促進技術を習得し、新たな冷却システムの確立を目指します。

We aim to establish a new cooling system using heat transfer enhancement technology by vapor-liquid two-phase flow to realize ultra-compact next-generation inverters.

## レーザー溶融接合技術の数値解明 Numerical Elucidation of Laser Fusion Bonding Technology

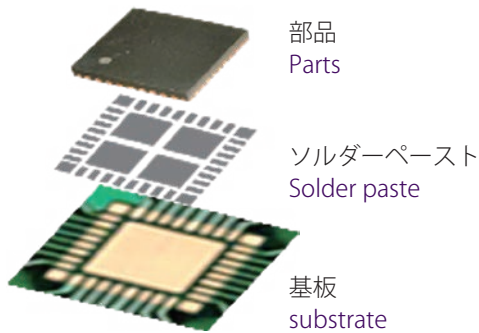


レーザー接合  
Laser junction

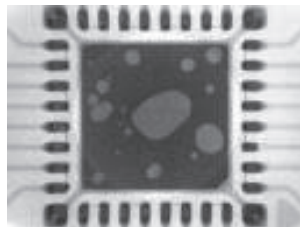
次世代インバータ銅配線の小型化と短時間接合を実現するために、レーザーによる固相から液相への数値解明による溶融接合技術の確立を目指します。

In order to realize miniaturization and short-time bonding of next-generation inverter copper wiring, we aim to establish the advanced bonding technology by using supercomputing of laser melting and bonding process with considering the material phase change.

## はんだボイド発生予測技術の解明 Elucidation of Solder Void Generation Prediction Technology



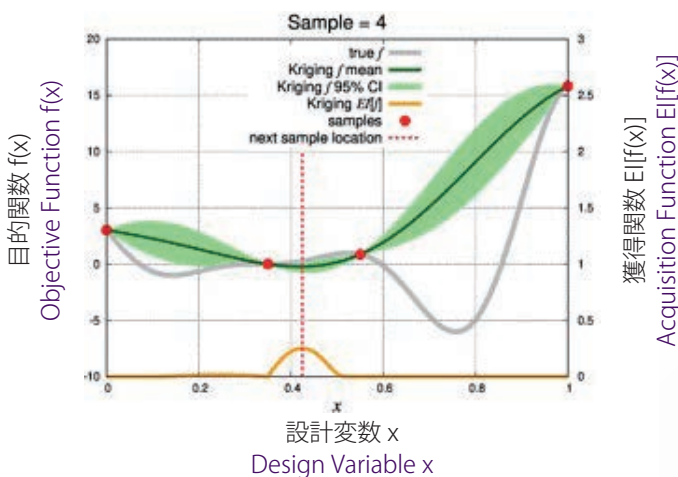
ボイドのX線画像  
Void X-ray image



次世代インバータの超小型化を実現するために、はんだ接合部信頼性向上に向け、はんだボイドの発生メカニズムの解明と予測技術の構築を目指します。

In order to realize ultra-miniaturization of next-generation inverters, we aim to elucidate the mechanism of solder void generation and develop prediction technology to improve the reliability of solder joints.

## 新冷却技術、レーザー溶融技術の最適化手法の構築 Construction of an Optimization Method for New Cooling Technology and Laser Melting Technology



超小型で信頼性の高い次世代インバータ実現のため、新冷却技術とレーザー溶融技術の最適化手法の構築を目指します。

We aim to build an optimization method for new cooling technology and laser melting technology to realize an ultra-compact and highly reliable next-generation inverter.



# グリーンナノテクノロジー研究分野

## Green Nanotechnology Laboratory



教授  
寒川 誠二  
Distinguished Professor  
Seiji  
Samukawa

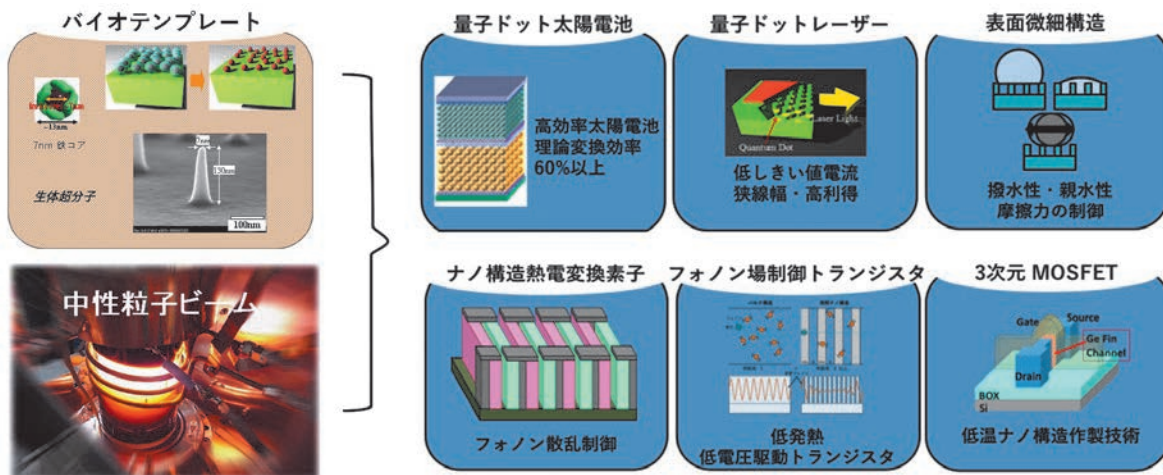


特任助教  
大堀 大介  
Specially Appointed  
Assistant Professor  
Daisuke  
Ohori

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、熱電変換素子など）、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, thermoelectric devices), low power consumption devices (such as quantum-dot lasers, Ge 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 Damage-Free Processes

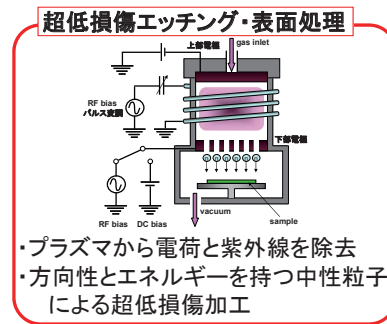
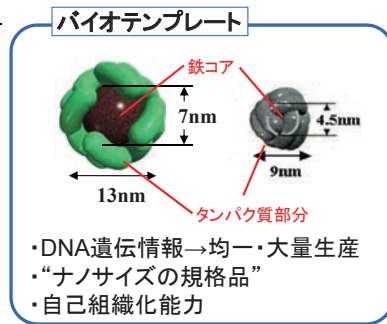


我々が開発した中性粒子ビームにより世界に先駆けた原子・分子レベルの低損傷・超高精度ナノ加工技術、高機能薄膜材料形成技術、あるいは各種表面処理技術の開発を行い、「グリーンナノデバイス」の実現を目指しています。さらに、これらの技術とバイオテクノロジーの融合による新機能デバイス（量子ドット太陽電池やレーザー、熱電変換素子、脳型処理デバイスなど）の開発や、三次元構造トランジスタ・燃料電池電極の開発などの次世代デバイスの研究を行っています。

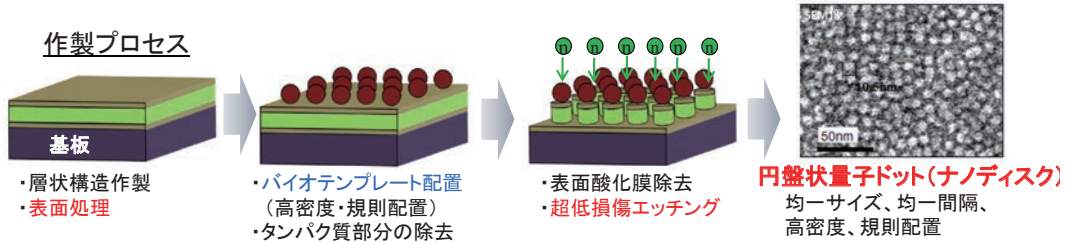
Based on neutral beam technology (invented by Prof. Samukawa), ultra-precise nanofabrication are developed with excellent performance of ultra-low damage, including etching, deposition, surface modification, etc.. Our goal is to realize "Green Nanotechnology". Furthermore, we combine bio-technology with 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 catalytic electrodes, 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

## 基盤技術



## 作製プロセス



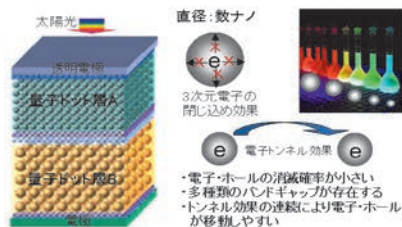
バイオテンプレートと中性粒子ビームを組み合わせることで、全く新しい量子ナノ構造作製法を確立しました。蛋白質は生体中でDNA 遺伝情報に基づき合成されるため、原子レベルで均一で、かつ安価に大量に得られます。また、自己組織化能力を持ち規則的に配置させることができます。これをテンプレートとして用い、中性粒子ビームを用いて所望の材料をエッチング加工することで、サイズ可変・均一・高密度で規則配置した量子ドット配列を得ることができます。

Entirely new process has been established by combining bio-template 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.

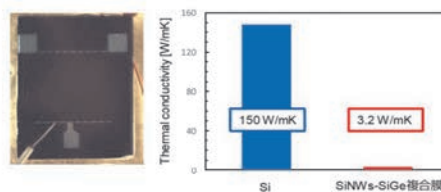
## 様々なデバイスへの展開

### Energy Devices Realized by Neutral Beam Technique

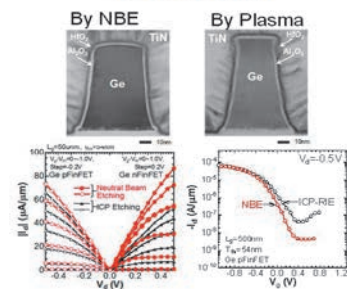
#### 量子ドット太陽電池(シリコン)



#### 熱電変換素子



#### Ge FIN FET



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プロセス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。この手法は量子ドット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注目されています。

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

# 地殻環境エネルギー研究分野

## Energy Resources Geomechanics Laboratory



教授  
伊藤 高敏  
Professor  
Takatoshi  
Ito



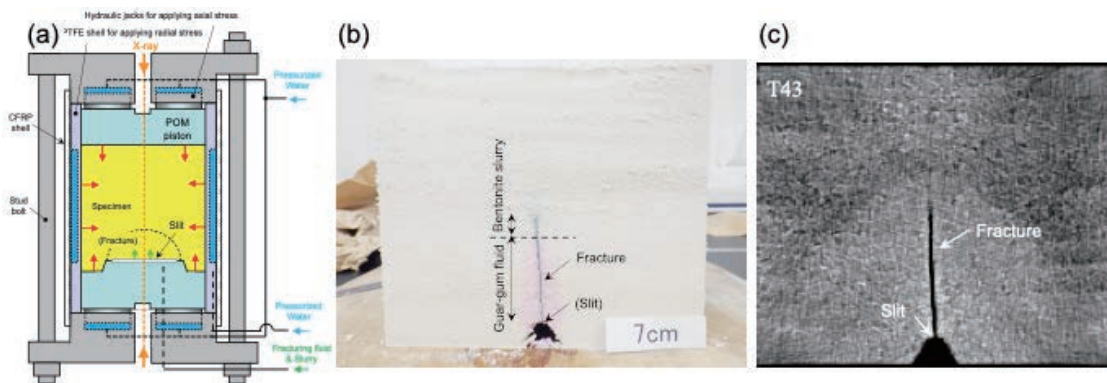
助教  
椋平 祐輔  
Assistant Professor  
Yusuke  
Mukuhira

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は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) 未固結地層内のフラクチャリング挙動を可視化するために独自に作成した実験装置, (b) フラクチャリング実験結果, (c) フラクチャリング実験のリアルタイムCT可視化画像  
(a) Originally designed apparatus for unconsolidated rock hydraulic fracturing experiment. (b) An example of experiment result. (c) CT scan image of experiment taken in realtime.

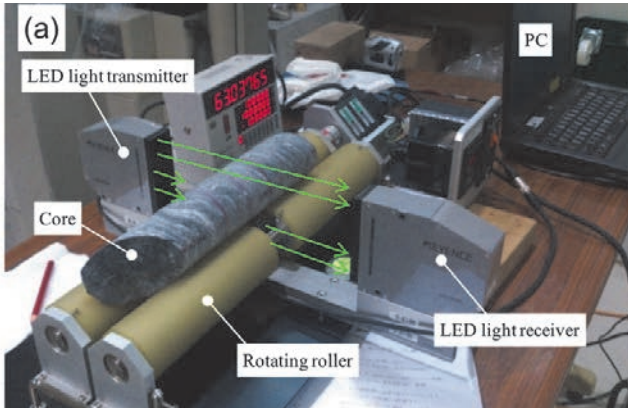
フラクチャリング法は、比較的固い地層にある坑井と貯留層の間に導通性の良い流路を確保し、石油・ガスの生産性を向上させる技術として開発されました。一方、近年の石油産業は、重質油やメタンハイドレートなど、在来型の資源に比べて浅く未固結あるいは弱く固結した地層中の資源を開発の対象としつつあります。しかし、未固結地層でのフラクチャリング挙動は未解明であり、新たな理論を構築する必要があります。本研究室では、独自に開発した実験装置を駆使し独創的な実験的研究とシミュレーションとの両面から研究を行っています。

The technique of hydraulic fracturing has been originally developed, assuming cohesive rocks. On the other hand, recent trends of petroleum industry are directed toward unconventional resources such as heavy oil and methane hydrate in weakly-consolidated to unconsolidated sands. However, the hydraulic fracturing behavior in unconsolidated formation has not been fully understood. To achieve this goal, we are conducting a study to establish the theory of hydraulic fracturing in unconsolidated formation with both experimental and numerical approaches.

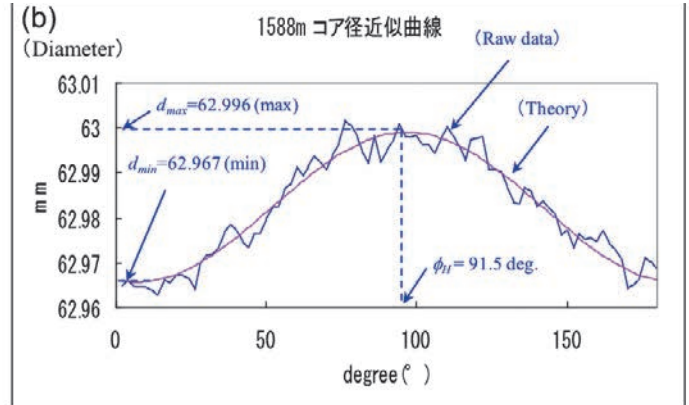


## コア変形法による地殻応力測定

### Diametrical Core Deformation Analysis (DCDA) for In-Situ Stress Measurements



特別に開発したコア変形測定装置  
A newly developed apparatus for measuring circumferential distribution of core diameter.



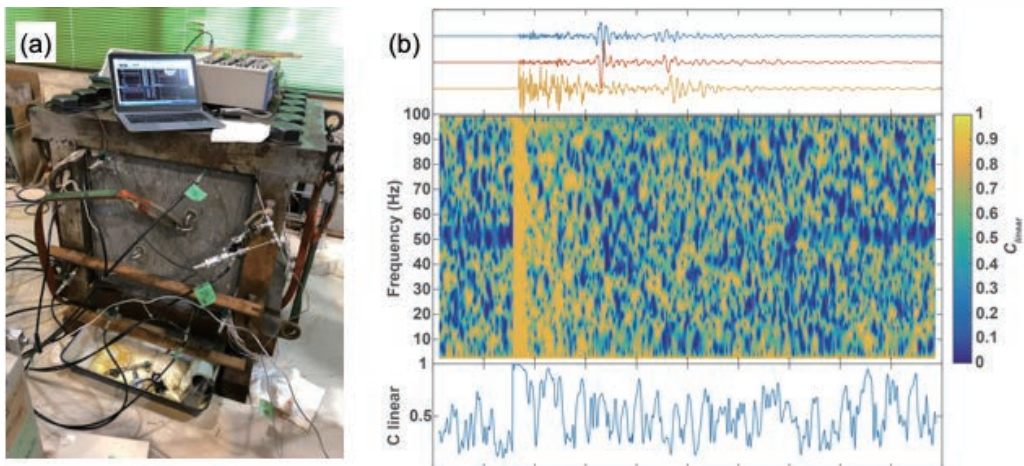
10マイクロメートル精度で測定したコアの変形(青線)と近似曲線(ピンク)  
Circumferential diameter distributions of the core samples in 10 micrometer order (red) and fitted sign curve (pink).

地熱や非在来型石油・ガス資源の開発では、地下の対象地層にかかっている地殻応力が、流体資源の生産性を決定する重要なパラメータとなります。対象深部地下岩体のボーリングで回収される地下岩石片(コア)の変形を高精度に測定することで、従来は困難であった地殻応力を直接推定する手法の開発を行っています。

Measurement of in-situ rock stress is a critical parameter for the effective production of geothermal or unconventional hydrocarbon resources. We propose a new method of diametrical core deformation analysis (DCDA) for evaluating the in-situ stress of rocks from an elliptical deformation of boring cores. DCDA is game-changing method since we can directly estimate the magnitude of in-situ stress from simple core diameter measurement.

## 様々な地下開発時の地震リスク低減

### Mitigation of Seismic Hazard Risk Associated with Broad Subsurface Development



(a) 注水時の地震を模擬した岩石実験装置, (b) 3成分時微小地震計から求めた粒子軌跡の直線性評価結果

(a) Apparatus for shear slip experiment at fluid injection. (b) 3C waveforms of microseismicity from an anonymous field. Blue and red are horizontal components, and yellow is the vertical component. Linearity distribution in time and frequency. Linearity averaged over 20–40 Hz.

国外の地熱や非在来型石油・ガス資源の開発時に稀に地震が発生し地上の設備に被害を与える事例があります。エネルギー開発のリスク低減の為に、岩石実験や実データ解析を通して、地殻応力、水と地震発生の関係性の解明を目指し、研究を行っています。

At the various subsurface development associated with fluid injection, we experienced some felt size earthquake which possibly caused structural damage. To mitigate this seismic hazard risk of those anthropological earthquakes, we investigate the mechanism of those earthquakes and its causality to human activity.

# エネルギー動態研究分野

## Energy Dynamics Laboratory



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、新コンセプト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。

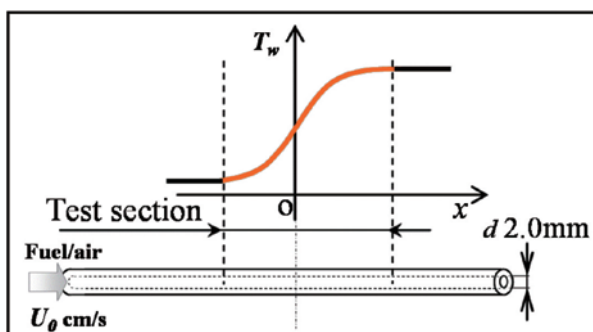
- ・マイクロ・マイルド・マイクログラビティ燃焼
- ・温度分布制御マイクロフローリアクタによる多段酸化反応
- ・代替燃料・バイオマス・合成燃料・アンモニア・バッテリー電解液・冷媒の燃焼
- ・自動車用ガソリンエンジンの超希薄燃焼・ノック抑制
- ・高温酸素燃焼

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.

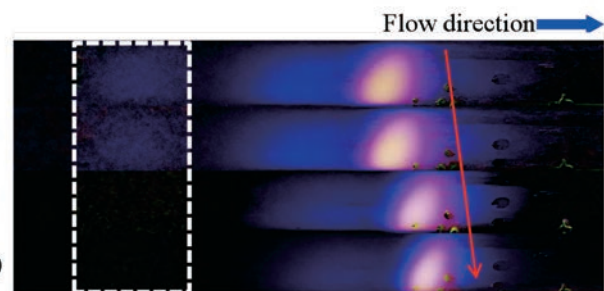
- ・ Micro-, Mild and Microgravity combustions
- ・ Multi-stage oxidation by micro flow reactor with prescribed temperature profile
- ・ Combustion with surrogate fuels, biomass, synthetic fuels, and ammonia, battery electrolytes, and refrigerants
- ・ Super lean burn and knock suppression for automotive gasoline engines
- ・ High-temperature oxy-fuel combustion

## マイクロリアクタによる着火・多段反応解析

### Study on Ignition and Multi-Stage Reactions by Micro Reactor



PRF0  
PRF20  
PRF50  
PRF100



温度分布制御マイクロフローリアクタによる定常多段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・アンモニア・バッテリー電解液・冷媒の多段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, biofuels, ammonia, battery electrolytes, and refrigerants 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.

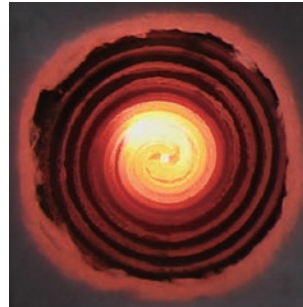


## 熱源用スイスロールマイクロコンバスタ Swissroll Microcombustors for Heat Sources

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。最小サイズは一元玉(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.



運転中のスイスロール型マイクロコンバスタ  
(直径：64 mm)  
Swissroll microcombustor in operation  
(Diameter: 64 mm)

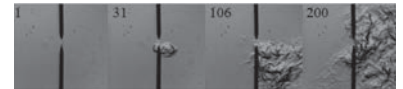


コインサイズコンバスタ  
(直径：20 mm)  
Coin size combustor  
(Diameter: 20 mm)

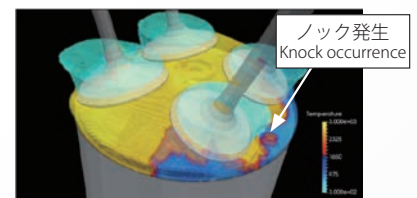
## 自動車用ガソリンエンジンの超希薄燃焼・ノック抑制の実現 Super Lean Burn and Knock Suppression for Automotive Gasoline Engines

自動車用ガソリンエンジンにおいて50%以上の熱効率を達成するために、超希薄燃焼が注目されています。しかし、超希薄燃焼では着火から火炎伝播への遷移が困難であり、従来とは異なる点火方法が必要となります。そこで、我々は非平衡プラズマを用いた新しい点火方法であるナノ秒パルス放電プラズマ(NRPD)に着目しました。NRPDの利用により、通常では火炎伝播への遷移が困難な状況下でも火炎伝播させることに成功しました。また、実機開発において問題となるノックについて数値解析を用いた研究を行っています。ノックの発生条件を調べ、ノック抑制手法の確立を目指しています。

Super lean burn is attracting attention to achieve more than 50% thermal efficiency in automotive gasoline engines. However, in super lean burn conditions, a transition from ignition to flame propagation is usually difficult. Therefore, NRPD was used as a new ignition system, and we succeeded in the transition under the conditions where it is usually difficult. Also, numerical analysis of engine knock is conducted to establish the way to suppress the knock by examining the conditions under which the knock occurs.



NRPDを用いた高乱流条件下における火炎伝播への遷移  
Transition to flame propagation under intense turbulent condition using NRPD

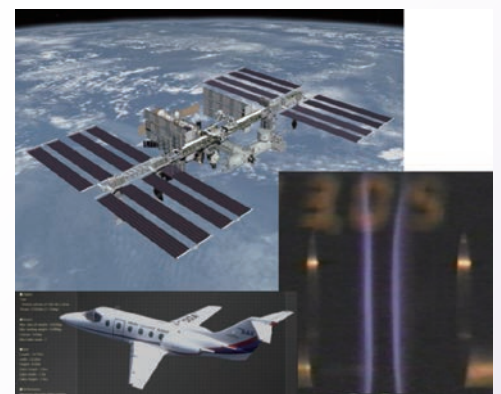


ノック発生時の温度場  
Temperature field at the time of knock occurrence

## 「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



# システムエネルギー保全研究分野 System Energy Maintenance Laboratory



(兼) 教授  
内一 哲哉  
Concurrent Professor  
Tetsuya  
Uchimoto



准教授  
三木 寛之  
Associate Professor  
Hiroyuki  
Miki

本研究室では材料の機能性を高めることによって、システムとしての信頼性と安定性を向上させる研究を進めています。材料プロセスの省エネルギー化やセンシング技術、材料評価技術等を用いた省エネルギーかつ高効率な機械システムの実現を目指しています。

具体的には、①動的な粒界制御技術を用いた高性能・多機能材料の創成、②中低温塑性プロセスによる高機能材料成形技術の開発、③センサ・アクチュエータの高度化のための電磁機能性材料の開発④電磁センシングによる水素脆性メカニズムの解明に関する研究を行っています。

In this laboratory, we are conducting research to improve the reliability and stability of the system by improving the functionality of each machine component. Aiming to improve the potential of the system and to realize an energy-saving and highly efficient mechanical system, we are engaged in research for the design of high-performance machines. The main research topics are as follows; ① Development of high-performance, multi-functional materials using a dynamic grain boundary control technique, ② Development of highly functional materials consolidating techniques using plastic deformation in the mid-low temperature region, ③ Development of electromagnetic functional materials for "sensing and actuators", ④ Clarification of hydrogen embrittlement mechanism by electromagnetic sensing.

## 長寿命・高信頼性機械のための材料開発と応用

### Material Development and Application for Long Life, High Reliability Machine

#### ～圧縮せん断プロセスによる高性能・高機能材料の創成～

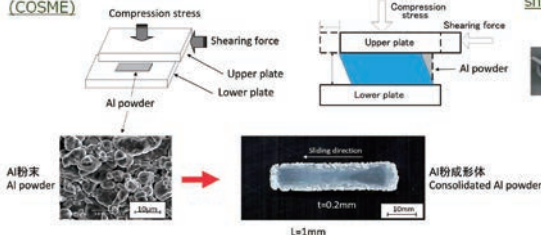
#### Development of High Performance and High Functional Materials by Compression Shearing Method (COSME).

##### 動的な粒界制御技術を用いた高性能・多機能材料の創成

[Development of high-performance, multi-functional materials using a dynamic grain boundary control technique](#)

##### 圧縮せん断法による材料開発

Material development by the compression shear method (COSME)

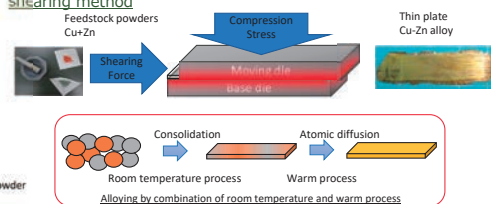


##### 中低温塑性プロセスによる高機能材料成形技術の開発

[Development of highly functional materials consolidating techniques using plastic deformation in the mid-low temperature region](#)

##### 温間圧縮せん断法によるCu/Zn混合粉末の成形

Consolidating of Cu / Zn mixed powder by warm compression shearing method



#### 粉末の動的結晶化技術/ Dynamic consolidation technique of powder materials

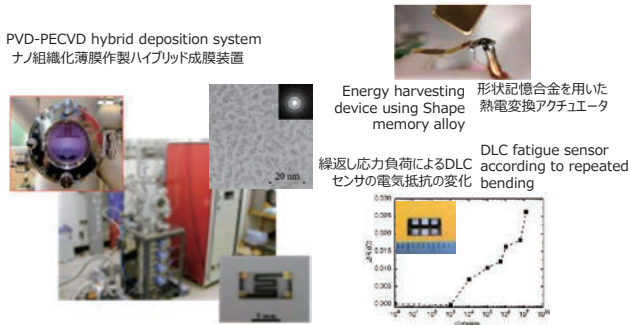
圧縮せん断プロセスとは常温～300℃の温度範囲で粉末原料の固化成形が可能となる新しい技術です。この手法ではリサイクルを困難にするバインダーや添加剤を必要とせず、融点以下の温度範囲で材料の固化成形が可能であり、従来の粉末冶金では固化が難しかった材料系への適用や新材料開発の可能性を開く画期的な技術です。将来的には材料接合や材料コーティングへの応用を目指しており、基礎と応用の両面での研究を推進しています。

The compression shearing process is a new technology that enables consolidating of powder materials at temperatures ranging from room temperature to about 300°C. This method can consolidate raw powder to bulk material at temperatures below the melting point without binders or additives that make materials difficult to recycle. It is an innovative technology that has the potential to be applied to materials that were difficult to consolidate using conventional powder metallurgy methods and a new concept material process. We are actively working on this research on both basics and applications and would like to apply this technology to material bonding and material coating in the future.

## センサ・アクチュエータの高度化のための電磁機能性材料の開発 Development of Electromagnetic Functional Materials for "Sensing and Actuators"

### 物理・化学的な手法を用いて強度や電磁機能性に優れた材料や、それらを用いた複合材料を開発する

To Develop materials and composite with excellent strength and electromagnetic functionality using physical and chemical methods



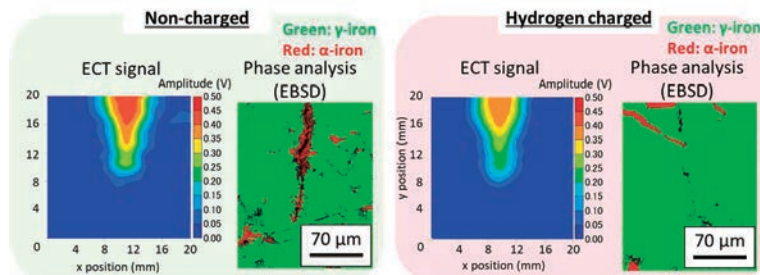
高温や腐食雰囲気などの極限環境下において用いられる構造物のヘルスマonitoringのために、耐腐食性、耐熱性、耐摩耗性を有するセンサやそれらのセンサシステムを駆動する発電素子が必要とされています。本研究室では材料強度や電磁機能性に優れた材料を複合化することによって、高い導電性や特異的な疲労特性を有する薄膜センサや小型で高出力な環境発電素子の開発を行なっています。

For health monitoring of structures used in extreme environments such as high temperatures and corrosive atmospheres, corrosion-resistant, heat-resistant, and wear-resistant sensors and power generation devices that drive these sensor systems are required. In our laboratory, thin film sensors with high conductivity and specific fatigue characteristics and compact, high-output energy harvesting elements have been developed by combining materials with excellent material strength and electromagnetic functionality.

## 電磁センシングによる水素脆性メカニズムの解明 Mechanism Study of Hydrogen Embrittlement Mechanism by Electromagnetic Sensing

### 水素チャージしたオーステナイト系ステンレス鋼疲労試験片を対象とし、渦電流試験を用いた相分析により水素脆性メカニズムを明らかにする。

Hydrogen embrittlement mechanism of austenitic stainless steels has been investigated by a phase analysis using an eddy current testing (ECT) on hydrogen-charged fatigue test specimens.



- ✓ 水素チャージの有無により疲労亀裂周りの渦電流信号が変化  
ECT signal around fatigue crack is changed depending on the with or without hydrogen charge.
- ✓ EBSDによる相分析結果と一致  
The ECT results consistent with those of the phase analyses by electron backscatter diffraction (EBSD).

近年、従来の化石燃料に代わる新しいエネルギーキャリアとして水素は注目を集めていますが、その普及への障害として関連機器の水素脆化の問題があります。我々は、未解明の部分の多い水素脆化に対し、電磁非破壊試験法を用いて材料組織変化のモニタリングに取り組んでおり、水素脆化のメカニズム解明に貢献したいと考えています。

Recently, hydrogen is focused on as a new energy carrier alternated to conventional fossil fuels. However, there is a barrier: hydrogen embrittlement of hydrogen components. In order to elucidate fracture process by hydrogen embrittlement which is not fully understood in detail yet, we have tried to monitor of microstructural change by using an electromagnetic nondestructive testing method. We would like to contribute the mechanism study of hydrogen embrittlement.

# 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  
大島 逸平  
Assistant Professor  
Ippei  
Oshima

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。

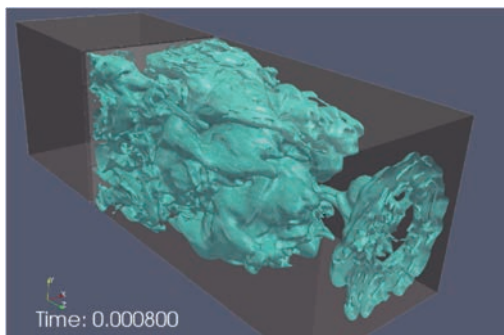
特に、サブミクロン・ナノオーダー極低温微細粒子の有する高機能性に着目し、ヘリウムを使用しない新型の一成分ラバルノズル方式によって生成される超音速極低温微細粒子噴霧の活用による環境調和型ナノクリーニング技術の創成、ならびに太陽電池・タッチパネル用ITO膜（酸化インジウムスズ）のはく離技術に関し、異分野融合型の研究開発を行っている。また、メガソニック洗浄における粒子除去メカニズムの解明のため、メガソニック場中の複数気泡ダイナミクスの大規模数値解析を行っている。

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。

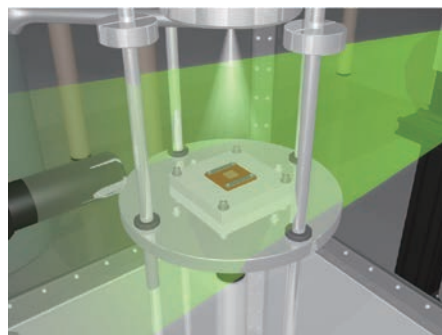
Our laboratory is focusing in the development of innovative multiphase fluid dynamic methods based on the multiscale integration of massively parallel supercomputing and advanced measurements, and research related to creation of environmentally conscious energy systems. Furthermore, we promote basic 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



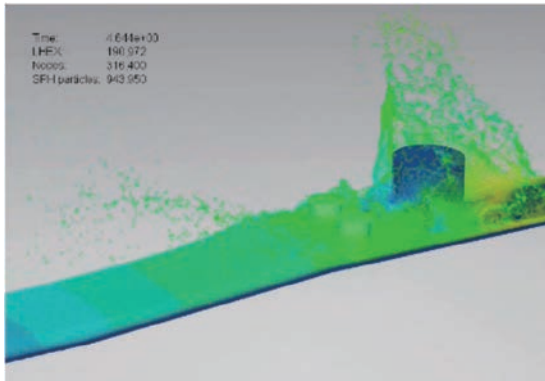
極低温ファイン固体粒子噴霧を用いたナノデバイスクリーニング  
Nano device cleaning using cryogenic fine solid particulate spray

水素の高エネルギー密度化に着目し、高密度・低容積水素貯蔵・輸送システムならびにレジリエントな水素安全管理技術の開発を目的とした、混相流体力学、破壊力学、材料力学、燃焼工学を基盤とした異分野融合型研究を推進している。

Focusing on high energy density of hydrogen concentration, based on multi-phase fluid mechanics, fracture mechanics, material mechanics and combustion engineering for the development of high density, low volume hydrogen storage and transport system, we promote the resilient hydrogen safety management technology by interdisciplinary research.



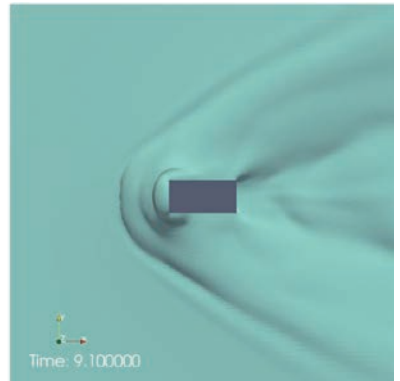
## 津波・洪水等による自然災害ダメージ軽減に対する混相流体力学的アプローチ Multiphase Fluid Dynamic Approach for Natural Disaster Damage Mitigation due to Tsunami or Flooding



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



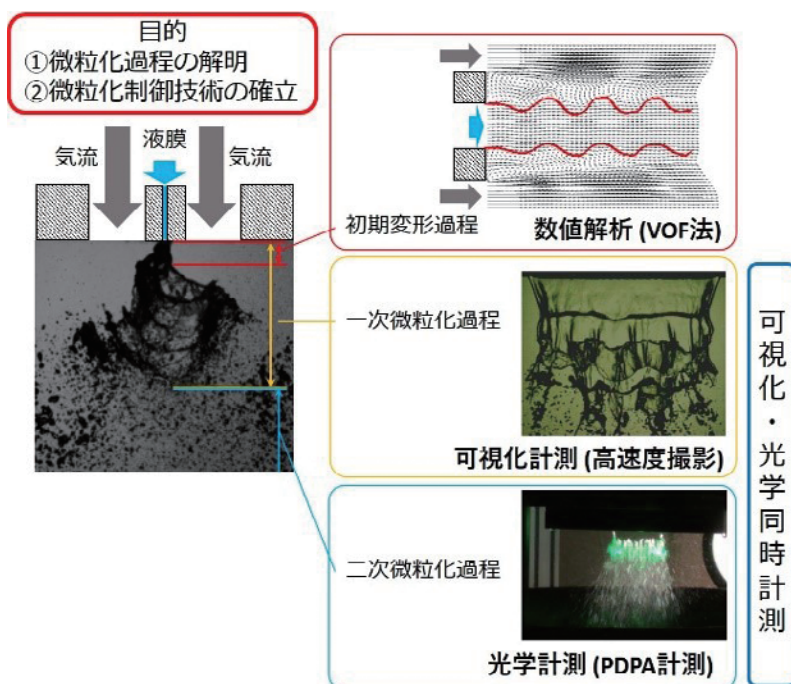
橋脚に衝突する洪水流の流体力予測に関するスーパーコンピューティング  
Supercomputing of hydrodynamic behavior of supercritical floodwater impingement to bridge girder



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.

## ガスタービンの革新的燃料噴射技術の開発 Development of Innovative Fuel Injection Technology for Gas Turbines



微粒化過程の素過程と各過程の相互作用に着目し、数値解析、可視化計測、光学計測や理論解析を協調して行うことで、気流による液膜微粒化過程の解明と微粒化制御技術の確立を目指している。

By focusing on the elementary processes of the atomization process and the interaction of each process, we aim to elucidate the liquid film atomization process by airflow and to establish atomization control technology by coordinating numerical analysis, visualization measurement, optical measurement and theoretical analysis.

平面液膜式燃料噴射弁による液膜微粒化過程  
Atomization process of a liquid film by planar air-blast atomizer

# 次世代電池ナノ流動制御研究分野 Novel Battery Nanoscale Flow Concurrent Laboratory

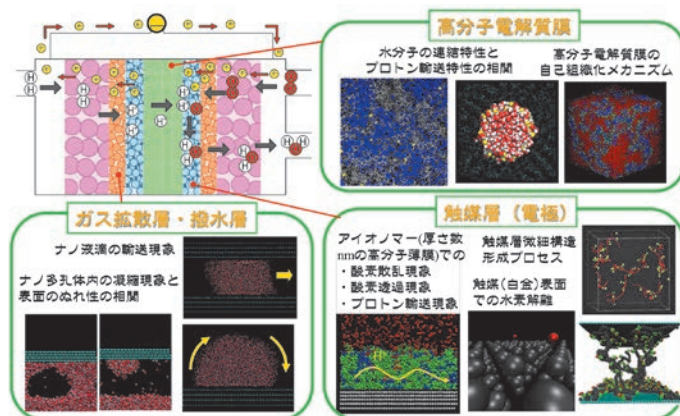


(兼) 教授  
徳増 崇  
Concurrent Professor  
Takashi  
Tokumasu

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.

## 固体高分子形燃料電池内部の物質輸送・構造特性の連成解析 Coupled Analyses of Mass Transport – Structure Characteristics of Polymer Electrolyte Fuel Cell



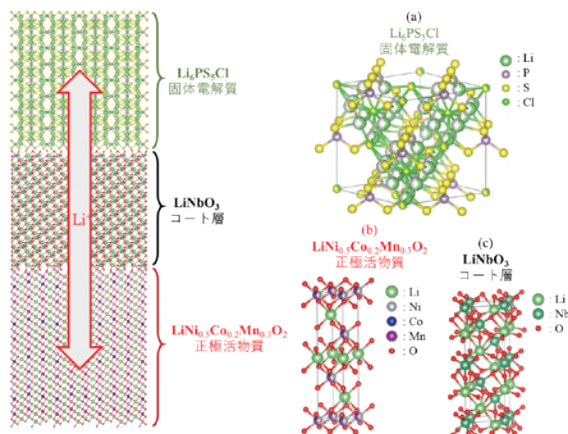
固体高分子形燃料電池内部の物質輸送特性・構造特性シミュレーション  
Simulations of mass transport and structure characteristics in polymer electrolyte fuel cell

固体高分子形燃料電池の性能向上のためには、反応物質であるプロトンや酸素を速やかに触媒に輸送し、生成物である水を速やかに排出する必要があります。その特性を解析するには数値シミュレーションが非常に有効な手法になりますが、燃料電池内部の構造体の特性長はナノスケールのオーダーであり、通常連続体理論では解析を行うことができません。本研究では、分子論的な手法を用いてこの燃料電池の材料の構造特性と流動特性の相関を解析し、次世代の燃料電池開発に応用しています。

To improve the efficiency of polymer electrolyte fuel cell (PEFC), protons and oxygen molecules as reactant materials can reach faster to catalyst surface and water molecules as product material can exhaust faster. Numerical simulations are effective methods to analyze the characteristics. However, the characteristic length of the flow fields in PEFC is the order of nanometer and therefore conventional computational flow dynamics cannot be applied to the analysis of the flow phenomena. In this study, the relation between structure characteristics and flow characteristics in PEFC are analyzed by molecular simulations and the results are applied to the development of next generation fuel cells.



## 全固体Liイオン電池内部のLiイオン輸送現象の分子論的解析 Molecular Study of Transport Phenomena of Li Ion in All Solid State Li Ion Battery

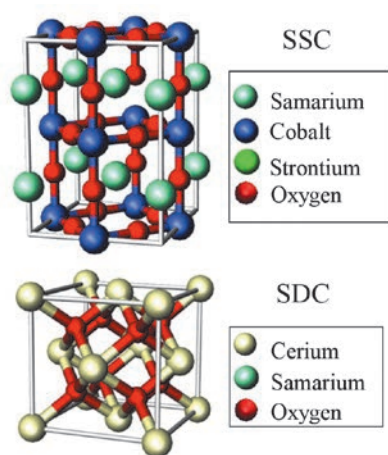


固体界面でのLiイオン輸送現象シミュレーション ((a) 固体電解質、(b) 正極活物質、(c) コート材料の単位格子)  
Simulation for transport phenomenon of Li ions at solid interfaces (Unitcell of (a) solid electrolyte, (b) active material of cathode, and (c) coating material)

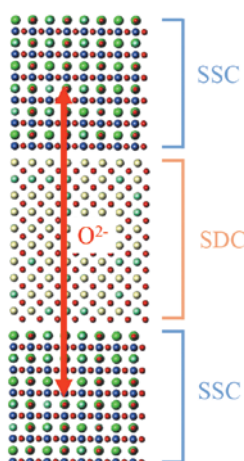
All solid state Li ion batteries, in which liquid electrolyte of current Li ion batteries is replaced by solid electrolytes, are expected as next-generation secondary batteries. The Li conduction characteristics in the solid electrolytes, in the active material where Li ions are stored, and at the interface between them, are very important factors that determine the performance of the all solid state battery. In this research, we aim to capture the characteristics of nanoscale structures inside the materials of high ionic conductivity, and to investigate the transport phenomenon of Li ions in the solid electrolytes, in the active materials, and at solid interfaces by quantum chemical calculation and molecular dynamics simulations.

現在のLiイオン電池の電解液を固体電解質に置き換えた全固体Liイオン電池は、次世代の二次電池として期待されています。この全固体電池を構成する固体電解質やLiイオンを蓄える活物質内部、またその界面におけるLi伝導特性は全固体電池の性能を決定する非常に重要な指標です。本研究では、イオン伝導性の高い材料のナノスケール構造の特徴を捉えることを目的として、固体電解質内部や活物質内部、固体界面でのLiイオンの輸送現象を量子化学計算や分子動力学シミュレーションにより解析しています。

## 固体酸化物型燃料電池用セラミック複合材内部の酸素イオン輸送現象の分子論的解析 Molecular Study of Transport Phenomena of Oxygen Ion in Ceramic Composite Material for Solid Oxide Fuel Cell



SSC (上) と SDC (下) の単位格子  
Unit cell of SSC (upper) and SDC (lower)



SSC/SDC 複合材内部の酸素イオン輸送特性の分子シミュレーション  
Molecular simulation of transport phenomena of oxygen ion in SSC/SDC composite material

Solid Oxide Fuel Cell is a high performance fuel cell operated at higher temperature (800 °C ~ 1000 °C). This fuel cell generates electricity by transferring oxygen ion from cathode to anode through a ceramic material. As the ceramic material, composite material of Strontium-doped Samarium Cobaltite (SSC) ( $\text{Sm}_{1-x}\text{Sr}_x\text{CoO}_3$ ) and Samarium-doped Ceria (SDC) ( $\text{Sm}_x\text{Ce}_{1-x}\text{O}_2$ ) is a representative material. In this study transport phenomena of oxygen ion in the ceramic composite material is analyzed by molecular simulations. Especially, we analyze the transport resistance of oxygen ion through the grain boundary between SSC and SDC.

固体酸化物型燃料電池は高温(800℃～1000℃)で作動し、非常に高効率な燃料電池です。この燃料電池では、酸素イオンがセラミック内部を移動して発電します。このセラミックに用いられる代表的な部材として、Strontium-doped Samarium Cobaltite (SSC) ( $\text{Sm}_{1-x}\text{Sr}_x\text{CoO}_3$ ) と Samarium-doped Ceria (SDC) ( $\text{Sm}_x\text{Ce}_{1-x}\text{O}_2$ ) の複合材があります。本研究ではこの複合材内部の酸素イオンの輸送現象を分子論的に解析し、酸素イオンの輸送抵抗、主にSSCとSDCの界面抵抗が生じる原因について解明を行っています。



# 流動システム評価研究分野

## Mechanical Systems Evaluation Laboratory



教授  
内一 哲哉  
Professor  
Tetsuya  
Uchimoto



助教  
武田 翔  
Assistant Professor  
Sho  
Takeda

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。

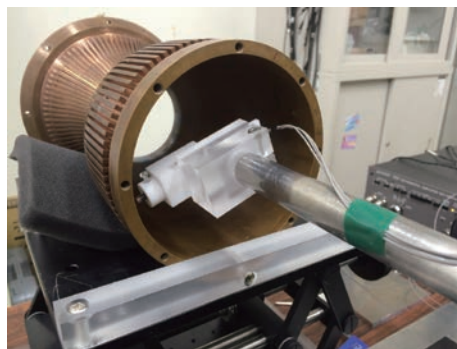
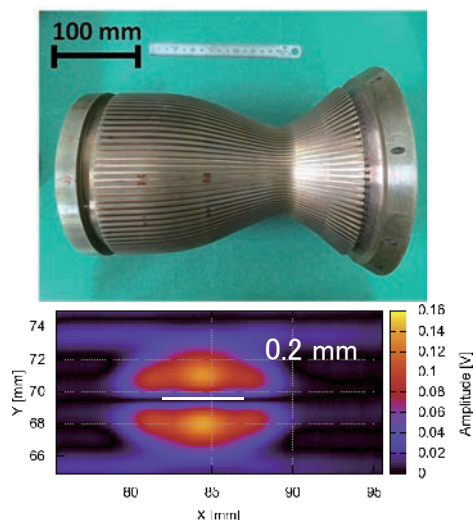
In lifecycle management of next-generation transportation systems and energy plants, evaluation of degradation and damage of structural materials induced by flow is one of key issues. Our laboratory is conducting research on sensing and monitoring that increase reliability and safety of these systems. 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

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.



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

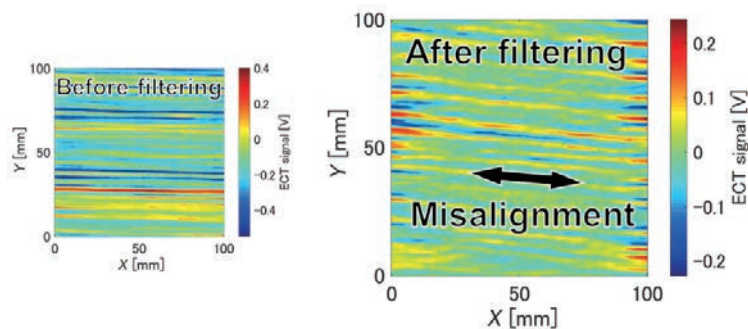
## 炭素繊維強化プラスチック (Carbon Fiber Reinforced Plastics: CFRP) の非破壊評価 Nondestructive Evaluation of Degradation of Carbon Fiber Reinforced Plastic

先進複合材料として航空機などでも使用されているCFRPの安全性と信頼性を保証するための診断技術の開発を行っています。CFRPに生じる欠陥のうち、炭素繊維に生じる欠陥は電磁非破壊評価法により検出することが可能です。特に、繊維ミスマライメントや繊維破断を渦電流試験によって評価するためのプローブと信号処理法の検討を行っています。

CFRP is used in aircraft and other applications as an advanced composite material. We are developing diagnostic technologies to guarantee reliability and safety of CFRP. Among the defects that occur in CFRP, carbon fiber defects can be detected by electromagnetic nondestructive evaluation methods. In particular, we are investigating probe and signal processing method to evaluate misalignment of fiber orientation and fiber breaking by eddy current testing.



CFRP に対する ECT 試験  
ECT for CFRP



CFRP におけるミスマライメント層の抽出  
Extraction of misalignment layer in CFRP

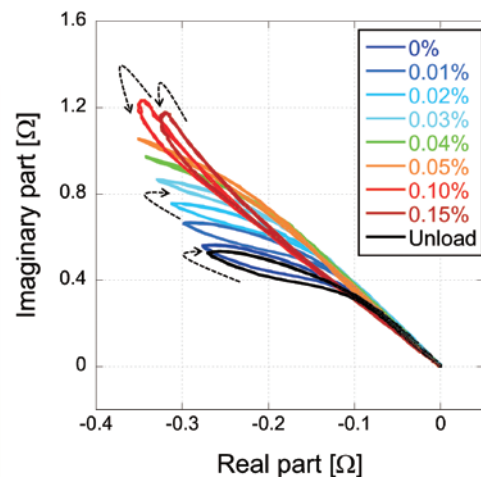
## 電磁非破壊評価を用いた構造材の劣化診断 Nondestructive Evaluation of Degradation of Structural Materials Using Electromagnetic Testing

クリープ劣化、塑性ひずみ、残留応力などの材料劣化を非破壊的に評価できれば、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つである渦電流磁気指紋法を適用するとともに、劣化と磁気特性との関係について、メカニズム解明を含めた検討を行っています。

Nondestructive evaluation of materials degradation such as creep, fatigue, plastic strain and residual stress can be one of effective tools for lifecycle managements of structural components. Our laboratory has been developing electromagnetic testing methods to evaluate material degradation. In particular, we have been developing the eddy current magnetic signature (ECMS) method, which is one of the electromagnetic testing methods, and investigating the relationship between deterioration of materials and material magnetic properties, and its mechanism.



in-situ ECMS 試験  
in-situ ECMS experiment



弾性ひずみと渦電流磁気指紋信号の変化  
ECMS signal changes according to the amount of elastic strains

# マルチフィジックスデザイン研究分野

## Multi-Physics Design Laboratory



(兼) 教授  
大林 茂  
Concurrent Professor  
Shigeru  
Obayashi

(兼) 教授  
岡部 朋永  
Concurrent Professor  
Tomonaga  
Okabe



助 教  
阿部 圭晃  
Assistant Professor  
Yoshiaki  
Abe

本研究分野では、現代工学の基幹分野である流体科学・材料科学・設計学・計算機科学の融合による新たな融合領域「マルチフィジックスデザイン」の創成を目的とし、航空工学への適用を端緒として、航空機設計開発に関連するマルチフィジックス諸問題を数値解析技術により解決する、次世代航空工学の創出を目指します。

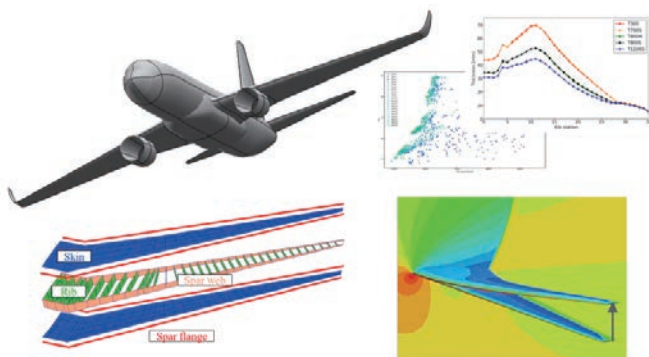
This laboratory aims at developing a new interdisciplinary research field named as “mutiphysics design” spanning across the fluid science, material science, design engineering, and computer science to tackle multiphysics problems on research and development for aircraft design. This research field is expected to glue existing engineering fields in a more seamless way and lead to a next-generation aeronautical engineering field.

### 異なる物理を繋ぐデータ駆動型の連成数値解析と最適設計

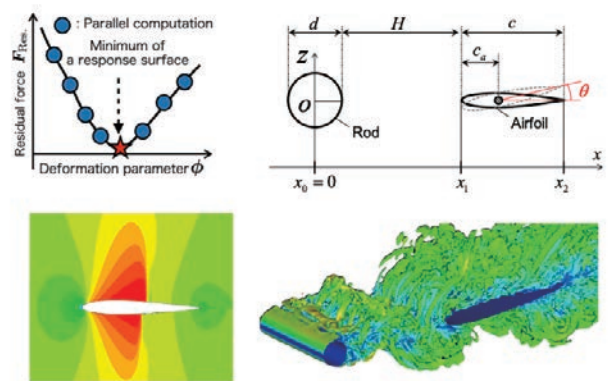
#### Optimal Design Using Data-Driven Method for Solving Multiphysics Problems

支配方程式の異なる物理現象が組み合わさった時、その数値解析においても個々の分野で確立された解析手法を組み合わせる（連成解析）必要があり、個々の手法に比した計算効率の低下やアルゴリズムの複雑化が問題となります。本研究では、応答曲面法と分離解法等を併用した新たな連成解析手法の開発に取り組み、従来にない高並列化効率と実装の容易さを両立することを目指し、複合材航空機の空力構造最適設計を中心とした流体構造連成問題への適用・実証を進めています。

Numerical simulations of a multiphysics problem which involves multiple physics governed by different governing equations require to combine numerical methodologies developed in various research fields. This often leads to more complicated algorithms and thus degrades a computational efficiency. Our research group aims at developing a new multiphysics interaction method based on a response surface and partitioned approaches so that both computational efficiency and implementation are facilitated. The proposed method is applied to several fluid-structure interaction problems such as an optimal design of CFRP aircrafts, flutter analysis, and wake-induced-vibration analysis.



炭素繊維複合材を用いた航空機機体の最適設計  
Optimal design of CFRP aircrafts



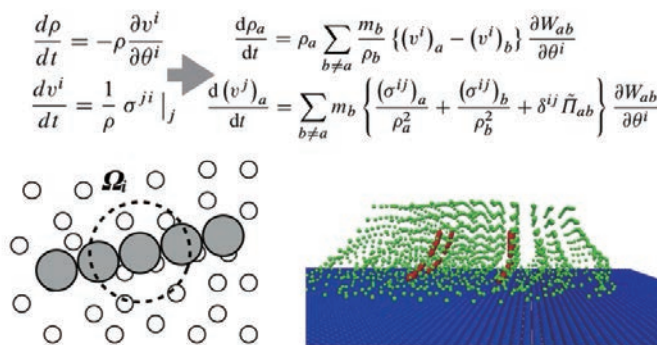
データ駆動型並列解法を用いた流体構造連成解析  
Flutter and wake-induced-vibration analysis by a data-driven  
fluid-structure interaction method



## 一般座標 SPH を用いた航空機材料と製造に関する数値解析 Numerical Study of Aircraft Manufacturing Process Using a Generalized SPH

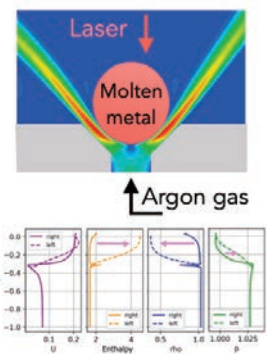
近年、3D プリンターを用いた構造成形が注目されており、特に炭素繊維複合材の 3D 造型の実現に向けて航空分野でも盛んに研究がなされています。本研究では、一般化座標 SPH による繊維入り樹脂の造型シミュレーションや、熔融金属の熱物性測定を目的とした浮遊液滴法の流体構造連成解析を行い、航空機構造の製造プロセスにおけるマルチフィジックス問題の解決に取り組んでいます。

A 3D printer is one of the promising technologies to facilitate a manufacturing process of aircrafts particularly for the use of CFRP as primary aerostructures. Our research group performs a generalized SPH (Smoothed Particle Hydrodynamics) to simulate a FDM-type 3D printer with fibers, and also conduct a fluid-structure interaction analysis to understand the mechanism of a gas-jet levitation method used for a thermophysical property measurement of molten metal.



一般座標 SPH による繊維入り 3D プリンターの解析

Numerical simulation of fiber-reinforced 3D printing technology using a generalized SPH



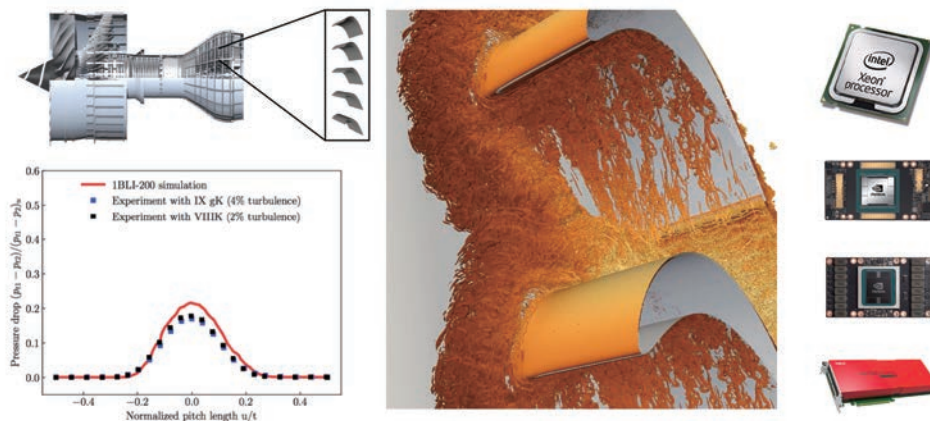
液滴浮遊法の流体構造連成解析

Fluid-structure interaction analysis of a gas-jet levitation method

## Modern Hardware と高並列計算機を用いた高精度非定常空力解析 High-Fidelity Aerodynamic Simulation Using Parallel Modern Hardwares

航空機の離着陸時を含めた非巡航状態の空力解析には、高精度非定常流体ソルバーが必須となります。本項目では、近年飛躍的に進歩しつつあるアクセラレータを代表とした Modern Hardware を用いた高次精度非構造流体解析手法の研究を進めています。特に流束再構築法 (FR 法) に基づいて異なる計算アーキを横断的に利用する高精度解析を中心とし、ジェットエンジン内部流れやモーフィングフラップなどの流体制御デバイスの研究を行っています。

High-fidelity turbulent simulation is essential for simulating non-cruise conditions of aircraft such as take-off and landing phases. This research proceeds the study of high-order unstructured scheme for compressible flows using modern hardwares such as GPU accelerator. In specific, our group is using the high-order flux-reconstruction (FR) scheme to perform high-fidelity simulations of compressible flows inside jet engines and around fluid control devices.



高並列 GPU 計算機を用いたジェットエンジン内部流れの高次精度空力解析  
High-fidelity aerodynamic simulation of turbine blade using modern hardwares

## 技術室 Technical Services Division

流体科学研究所技術室は、流体科学研究所の研究推進に必要な機器等の開発および製作、データ処理やネットワークシステム保守管理等の技術支援を行っています。

Technical Services Division provides technical support such as development and manufacturing of equipment necessary for research promotion of IFS, and data processing and network system maintenance.

### 企画情報班 Planning Information Section

#### ◆企画運営係 Planning and Management Group

研究計画に対する技術支援や技術開発のプロジェクト研究等の企画・調整を行っています。

Planning and coordinating technical support for research plans and project research for technological development.

#### ◆コンピュータネットワーク係 Computer Network Group

ネットワークシステムの管理運用やコンピュータ関連技術の支援を行っています。

Supports network system management and computer-related technology.

### 機器開発班 Instrument Development Section

#### ◆機械加工技術係 Machining Engineer Group

実験装置の開発設計や実験用機器の加工・試作を行っています。

Development and design of experimental equipment and processing/prototyping of experimental equipment.

#### ◆精密加工技術係 Precision Processing Engineer Group

実験用精密機器の加工・調整や供試体の開発設計・試作を行っています。

Machining and adjusting experimental precision equipment and developing, designing and prototyping specimens.

### 計測技術班 Measurement Technique Section

#### ◆流体・制御計測係 Fluid/Control Measurement Group

流動現象の制御計測技術の開発および計測機器の保守管理や計測技術の開発・性能評価を行っています。

Development of control and measurement technology for flow phenomena, maintenance management of measuring equipment, development of measurement technology, and performance evaluation.

#### ◆熱・エネルギー計測係 Heat/Energy Measurement Group

熱・エネルギー現象の測定法の開発および計測機器の保守管理や性能評価を行っています。

Develop methods for measuring thermal and energy phenomena, maintenance and management of measuring equipment, and evaluate performance.

### 研究技術班 Research Technique Section

#### ◆実験技術支援係 Laboratory Technology Support Group

実験装置の調整・運転およびデータ処理や実験技術の開発・評価および精度向上の技術開発を行っています。

Adjusting and operating experimental equipment, processing data, developing and evaluating experimental technology, and developing technology to improve accuracy.

#### ◆解析技術支援係 Analysis Technical Support Group

実験および解析データの可視化処理・動画作成の支援や解析技術の開発・評価および精度向上の技術開発を行っています。

Supports visualization processing of experimental and analysis data, video creation, development and evaluation of analysis technology, and technical development of accuracy improvement.

### 共同利用班 Joint Use Section

#### ◆共同利用係 Joint Use Group

外部利用の実験技術支援や実験装置の運転・保守管理を行っています。

Provide experimental technical support for external use, as well as operation and maintenance management of experimental equipment.

## 共通施設

### Common Facilities

#### 図書館 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.



#### 流体科学研究所の展示スペース IFS Exhibition Space



#### 沼知文庫 Numachi Library





## 主な出版物 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 Advanced Fluid Information

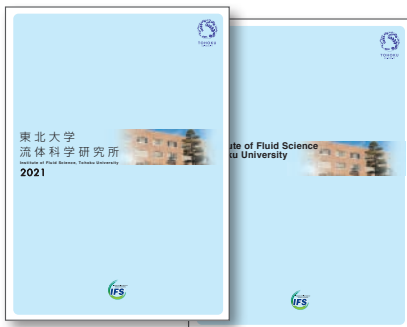


次世代融合研究システム(スーパーコンピュータ)  
利用研究成果報告書  
Use Reports of Integrated Supercomputation  
System i.e. Supercomputer



技術室報告  
Report of Technical Services Division

### ■ パンフレット Leaflet/Catalog



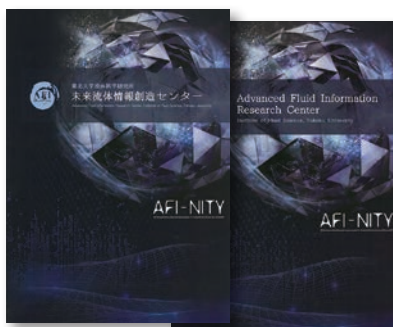
流体科学研究所概要パンフレット (日本語・英語)  
Institute of Fluid Science Leaflet (Japanese・English)



流体科学研究所要覧  
Institute of Fluid Science Catalog



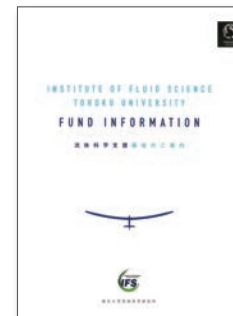
未到エネルギーセンター (日本語・英語)  
Innovative Energy Research Center (Japanese・English)



未来流体情報創造センター (日本語・英語)  
Advanced Fluid Information Research Center (Japanese・English)



次世代流動実験研究センター  
Advanced Flow Experimental  
Research Center



流体科学支援基金  
Institute of Fluid Science  
Fund

東北大学の位置 Location of Tohoku University

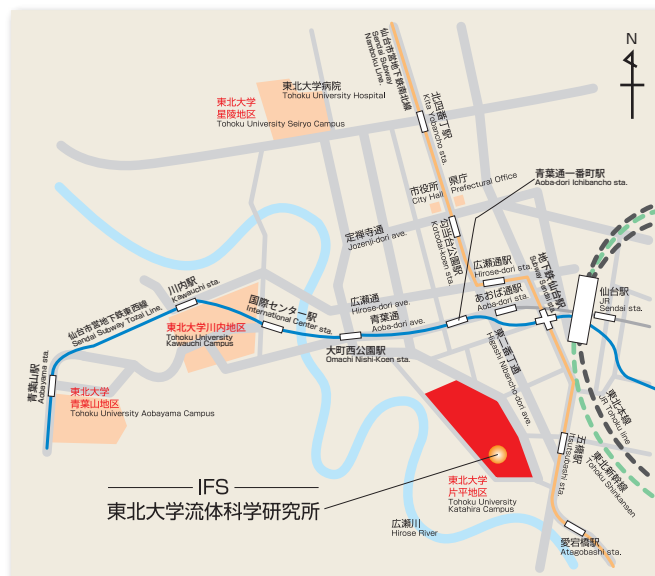


仙台市の人口 (2021年12月現在)

Population of Sendai City (As of Dec. 2021)

1,096,993

- 東京からの距離 350 km
- Distance from Tokyo : 350 km



アクセス

Access

JR 仙台駅より徒歩 20 分。仙台空港から JR 仙台駅まで鉄道で 25 分。  
20 mins on foot from JR Sendai Station to the Institute of Fluid Science,  
Tohoku University, Katahira, Sendai.  
25 mins by train from Sendai Airport to JR Sendai Station.



- |  |   |
|--|---|
| ① 1号館<br>Building No.1                             | ⑧ 超音速燃焼実験棟<br>Supersonic Combustion<br>Experiment Building              |
| ② 2号館<br>Building No.2                             | ⑨ 低乱風洞実験棟<br>Low Turbulence Wind<br>Tunnel Building                     |
| ③ 3号館<br>Building No.3                             | ⑩ 未来流体情報創造センター<br>Advance Fluid Information<br>Research Center Building |
| ④ 流動ダイナミクス棟<br>Flow Dynamics Building              | ⑪ 衝撃波学際応用実験棟<br>Interdisciplinary Shock Wave<br>Research Building       |
| ⑤ ジョイントラボ棟<br>Joint Laboratory<br>Building         |   |
| ⑥ 高速流実験棟<br>High Speed Flow<br>Experiment Building |   |
| ⑦ 流体制御実験棟<br>Fluid Control Experiment<br>Building  |   |

流体科学研究所公式キャラクター  
Official Mascot Character of IFS

りゅーたん  
Ryu-tan





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

〒980-8577 宮城県仙台市青葉区片平 2-1-1  
2-1-1 Katahira Aoba-ku Sendai, 980-8577

TEL : 022-217-5302 / FAX : 022-217-5311

<http://www.ifs.tohoku.ac.jp>