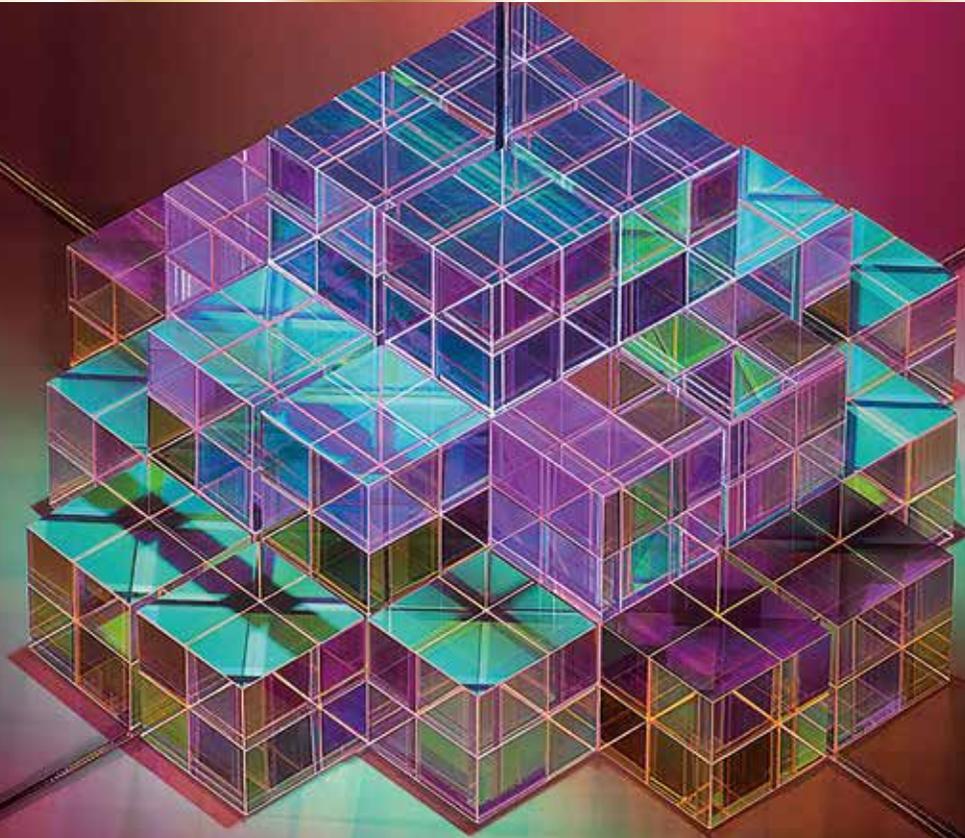


# FRIS news No.17

東北大学 学際科学フロンティア研究所ニュース 第17号

2024.02



© George Shorgi

## Contents

### 巻頭言

- ・学際科学フロンティア研究所の沿革概要

### Topics

- ・阿部助教と中安助教、MITテクノロジーレビュー「Innovators Under 35 Japan 2023」に選出

### Event Report

- ・4年ぶりの学際研芋煮会
- ・第5回 総長・FRIS若手研究者学際研究懇談会開催
- ・「第29回学際研セミナー」開催
- ・「The 7th FRIS-TFC Collaboration Event/Tohoku NeuroTech Symposium」開催
- ・「第8回 FRIS/DIARE Joint Workshop」開催 —4年ぶりに完全対面形式で開催
- ・東北大学附置研究所等一般公開「片平まつり2023」開催

### Press Release

- ・ハイブリッドスラスタ、軌道離脱に必要な長時間燃焼に成功
- ・尿道内排尿流のベクトル可視化を世界で初めて実現 - 排尿障害の個別局所治療に向けた新たな尿道機能評価を可能に

### Research Topics

- ・世界をさきがけるトリオ脳科学個性を創造する「世代間伝達」の仕組みの探究を開始

### Press Release

- ・Threefold enhancement of second harmonic generation in 2D Janus materials

### Research Topics

- ・ナノグラニューラー薄膜を用いた可変周波数フィルタの創製
- ・学際研究促進プログラム：  
原子拡散接合法を用いた室温接合技術による界面創成の新展開

### 海外渡航レポート

- ・東北大学若手リーダー海外派遣プログラム
- ・国際共同研究支援プログラム

### 学際科学フロンティア研究所「学際科学若手研究者支援基金」

### 編集後記



# 巻頭言

学際科学フロンティア研究所 所長 早瀬 敏幸

学際科学フロンティア研究所（学際研、Frontier Research Institute for Interdisciplinary Sciences、FRIS）は、「異分野融合による学際的研究を開拓、推進し、学内部局との連携を通じて若手研究者の研究を支援することにより新たな知と価値の創出、人類社会の発展に貢献すること」を目的としています。学際研では、「先端的学際研究の推進、若手研究者の育成、および学内学際研究の発掘」を3本柱として、「物質材料・エネルギー」、「生命・環境」、「情報・システム」、「デバイス・テクノロジー」、「人間・社会」、「先端基礎科学」の6領域を専門とする、教授5名、准教授4名、助教41名（令和6年1月1日現在）が学際研究教育活動を推進しています。

学際研は平成25年4月の設置から10周年を迎えました。学際研の特徴的な若手研究者育成プログラム「学際尚志プログラム」では、全領域を対象とした国際公募による助教採用、独立研究環境による世界トップレベル研究の推進、メンター制度によるPI育成サポート、定期的な異分野研究者交流、学際研テニュアトラック制度によるキャリアアップ支援などを行っています。また、学部学生研究ワーク体験 FRIS URO による教員の研究推進と学生の多様な研究経験・経済支援（令和4年



～）、協働的研究環境 FRIS CoRE による若手研究者のスタートアップと学際共同研究の援環境整備（令和3年～）、学際融合東北拠点 TI-FRIS による東北地域7大学の若手研究者の研究交流（令和2年～）などの活動を行っています。

FRIS ニュースは学際研の近況を学内外の皆様にお知らせします。本ニュースをご覧いただき、皆様からの忌憚のないご意見やご支援を賜れば幸いです。

## 学際科学フロンティア研究所の沿革概要

平成7年4月	文部省令第8号により学際科学研究センター発足（教授2、准教授1）
平成8年	研究棟完成（第1期工事、2500平方メートル）
平成14年	研究棟拡張（第2期工事、3200平方メートル）
平成15年4月	文部科学省令第26号により学際科学国際高等研究センターに改組・転換（教授4、准教授4）
平成25年4月	学内組織改組による先端融合シナジー研究所との統合によって国際高等研究教育機構内に学際科学フロンティア研究所発足（教授3、准教授4、助教14）
平成26年4月	学内組織改組により学際科学フロンティア研究所として独立（教授4、准教授5、助教29）
平成30年1月	学内組織改組により高等研究機構の研究組織として改編（教授4、准教授6、助教46）

※教員数は各年4月1日時点

# Topics

## 阿部助教と中安助教、MITテクノロジーレビュー「Innovators Under 35 Japan 2023」に選出

新領域創成研究部の阿部博弥助教と中安祐太助教がそれぞれ、MITテクノロジーレビュー [日本版] 主催のアワード「Innovators Under 35 Japan 2023」において、未来を創るイノベーターに選出されました。

阿部助教は、生物が持つ優れた構造からヒントを得て、安価で高性能な燃料電池触媒を開発するなど、「生物模倣工学」の確立を目指した研究を行っています。また自身が開発した燃料電池用生物模倣触媒を社会に活用するために起業し、商業規模での実用化に向けて研究開発を進めています。

中安助教は、真に「持続可能な」社会作りに向けた生活を

### 真に「持続可能な」社会作りとバイオマス由来炭素電極の開発

このたび、MITテクノロジーレビュー「Innovators Under 35 Japan 2023」に選出され、たいへん光栄に思います。テクノロジーを称える賞において、それ以外の文脈が評価されたこともたいへん嬉しく思っております。特に、社会に向けてのインパクトを本章は重要視しており、学術的な成果だけではなく、起業や仲間を巻き込む力など、総合的な活動全体を見ていただけたようでした。地域に根付いている技術は、地域の特性や資源が含まれていることが多いです。私は、地域の生態系の維持に資する工学を構築していくことを目標としています。それによって、一次産業も潤うような工学の仕組みづくりに貢献していきたいと思っております。今後も精進して取り組んでまいります。

中安祐太  
(新領域創成研究部)



自身でも実践し、起業を通じてその生活スタイルを広く発信しています。また、バイオマス由来炭素電極の開発によって、エネルギーの有効利用だけでなく、健全な森林環境を保全することも目指した学際的な研究を展開しています。

「Innovators Under 35」は、米国マサチューセッツ工科大学のメディア部門「MITテクノロジーレビュー」が主催する国際アワードで、世界的な課題解決に取り組み、向こう数十年間の未来を形作る、独創的で才能ある若きイノベーターの発掘を目的としています。その日本版である「Innovators Under 35 Japan」は今年で4回目の開催です。

### 生物からヒントを得た安価で高性能な燃料電池触媒

MITテクノロジーレビュー「Innovators Under 35 Japan 2023」に選出いただき、11月30日に授賞式および講演に参加しました。これまで私が取り組んできた生物模倣技術、燃料電池触媒開発、そして起業の内容が評価いただいたものと推察しております。受賞式では3分間でピッチの場を設けていただき、これまでの取り組みをアピールしてきました。Youtubeにも講演の動画が上がっているので興味のある方は是非ご覧ください。また、授賞式後の懇親会でもネットワーク構築の機会が設けられ、起業家や新事業や共同研究を模索する企業研究者などの多様な人物と交流を深めることができました。

阿部博弥  
(新領域創成研究部)



## Event Report

### 4年ぶりの学際研芋煮会

令和5年10月20日に学際研芋煮会が開催されました。以前は恒例の行事として開催されていましたが、コロナ禍による中断のため、4年ぶりの開催となりました。各研究室が持ち回りで幹事を担当することになっており、今年は増本研究室と丹羽研究室が担当でした。みなさん、このような行事が再開されるのを楽しみにしていたのでしょうか。なんと約80人(!)から参加の連絡がありました。しかし、いざ準備を始めると、3年間の中断により芋煮会のノウハウがほとんど失われていることに気がきました。以前はサークルなどで学生が芋煮を経験していてやり方を知っていたそうですが、学生たちに聞いてみても「やったことがない」「ほとんど覚えていない」と言います。私自身も東北出身ではないためやったことがありません。増本教授が持っていた過去の芋煮会の記録を掘り起こして手順を確認し、里芋の量、肉の量、調味料の量などを見積もりました。せっかくなので、今回は調理済



みではなく生の里芋を用いました。「芋煮だけではつまらない」ということで、山形風芋煮、仙台風芋煮に加えて、ちょうど出始めのセリを使ったセリ鍋や焼きリンゴ、焼きバナナなども準備しました。当日は暑くも寒くもないちよ

うど良い天気で、楽しい会となりました。

丹羽伸介 (先端学際基幹研究部)



## 第5回 総長・FRIS若手研究者学際研究懇談会開催

令和5年10月18日に学際研にて、大野総長、青木理事・副学長（企画戦略総括、プロボスト）、小谷理事・副学長（研究担当）の出席のもと、第5回総長・FRIS若手研究者学際研究懇談会が開催されました。若手研究者は19名が対面参加し、オンライン参加も含めてハイブリッド形式で行われました。これまで本懇談会では、FRIS若手研究者の研究紹介と質疑応答がありましたが、今回は国際卓越研究大学の選定に向けた東北大学の計画第一次案についての討論に内容を絞りました。総長、理事と若手研究者が「国際卓越研究大学の制度を利用し、日本の研究大学の新たな形を東北大学が創り出す」という同じ目標を見据え、質問と討論は時間一杯まで止まることなく続きました。

計画第一次案では、「研究ユニット主催者（PI）を中心とした機動的な研究体制の確立：本学が独自に実施してきた『学際科学フロンティア研究所・若手研究者モデル』を全学展開する」ということが戦略の柱の一つとなっています。そこで本懇談会では主として「若手PI」の定義や講座制についての討論としました。

まず討論の最初に、PIの定義として「スペース、技術支援、共有の装置群を背景として、一人で着任しても研究ができ、学生の指導ができる」ということを確認できました。その上でスペース確保の計画、グループによる研究推進の自由度や今後のテニユアトラック制度に関して質疑応答がありました。そして講座制の長所・短所についての討論が繰り広げられ、シニア教員と若手教員にある多様な考え方や、新たなシステムへの移行の仕方について意見交換が行われました。

PIや講座制についてだけでなく、計画第一次案で設定したさまざまなKPIや、研究者のライフワークバランスへの支援に関する質疑応答もあり、たいへん有意義な懇談会となりました。今後も学際研では、大学運営に関して若手研



究者を積極的に含めて議論を続け、本学と日本の大学全体の発展に寄与していきたいと思えます。

當真賢二（先端学際基幹研究部）

## 「第29回学際研セミナー」開催

令和5年11月17日に、第29回学際研セミナーを開催しました。Thomas R. Ward 教授 (University of Basel, Switzerland) をお招きし、「Artificial Metalloenzymes for in vivo Catalysis: Challenges and Opportunities」というタイトルで、最新の人工金属酵素 (Artificial metalloenzyme) の研究展開について講演頂きました。

人工金属酵素は、有機金属錯体をタンパク質の内部空間に導入することで構築されます。この人工金属酵素を用いることで、有機金属錯体単独では達成できない高い反応選択性の付与や触媒回転数の向上が可能となります。Ward 先生は、移動型水素添加反応、鈴木カップリング、オレフィンメタセシス、C-H 結合活性化など、非天然の触媒能を有する人工金属酵素を開発してきました。さらに、極めて困難とされていた人工金属酵素の in vivo directed evolution (実験室進化) を可能とした当該分野の第一人者です。オンサイト限定での開催でしたが、50名以上の方々に参加頂きました。また、セミナーの前後では参加者の方々との意見交換も行われました。

なお、本講演会は東北大学 統合化学国際共同大学院プロ

グラム (GP-Chem) および学際融合グローバル研究者育成東北イニシアティブ (TI-FRIS: Tohoku Initiative for Fostering Global Researchers for Interdisciplinary Sciences) の共催、学術変革領域研究 (B) SPEED: Superior Protein Engineering by Evolution and Design の後援により開催されました。

岡本泰典  
(新領域創成研究部)

The 29th FRIS Seminar

Artificial Metalloenzymes for *In vivo* Catalysis: Challenges and Opportunities

Prof. Dr. Thomas R. Ward  
Department of Chemistry, University of Basel, Switzerland

Prof. Ward is a professor at University of Basel and the director of the National Competence Center in Research "Molecular Systems Engineering". His research focuses on the development of artificial metalloenzymes composed of a synthetic metal complex and a protein scaffold. So far, he has developed various artificial metalloenzymes catalyzing hydrogenation, C-C activation, reductive, Suzuki cross-coupling, organosynthesis, chiral alkylation, and more. He also pioneered the directed evolution of artificial metalloenzymes and in vivo directed evolution. In this seminar, the current progress of artificial metalloenzymes will be presented.

2023.11.17 (Thu) 15:30-16:30  
Venue: Seminar room at FRIS  
Organized by FRIS, GP-Chem, Eng. Chem., Tohoku Univ.  
Co-organized: Translational Research Award (TRA) SP/RC  
Contact: Dr. Naoki Okamoto (naoki.okamoto@fris.u-tokyo.ac.jp)

FRIS TI-FRIS Chem SP

## Event Report

## 「The 7th FRIS-TFC Collaboration Event/Tohoku NeuroTech Symposium」開催

令和5年7月31日(水)～8月4日(金)に、共同主催である東北大学 研究推進・支援機構 知の創出センターおよび学際科学フロンティア研究所と学際融合グローバル研究者育成東北イニシアティブ (TI-FRIS) との共催で「The 7th FRIS-TFC Collaboration Event/Tohoku NeuroTech Symposium」を開催しました。東北大学片平キャンパス知の館にて行われ、75名以上が参加しました。

NeuroTech シンポジウムでは、未だ多くの謎に包まれている脳の働きを解明するという目的のもと、生命科学や工学などの様々な分野で活躍している国内外の研究者・技術者・経営者たちが一堂に集結しました。東京大学大学院の尾藤晴彦教授をはじめ、各分野の第一線で活躍している講演者らのご講演により、最新の研究成果と知識が共有され、最先端の脳科学とテクノロジーについて多角的な議論が展開されました。NeuroTech 技術の実用化には、学术界と産業界の緊密な連携が不可欠であり、倫理的側面や事業化の可能性についても議論が及び、脳工学 (NeuroTech) の健全な発展と社会貢献を目指す方向で一致しました。

同時開催した市民向けのアート展「NeuroTech Art」では、脳の美しさ、複雑さ、神秘性を探求する新たな試みとして、科学と芸術を融合させた様々な作品を展示しました。中

も場所や空間をアートとして表現するインスタレーション作品は、NeuroTech のテーマ性を持つ非現実的な空間を形成し、瞬時に参加者を引き込んでいました。

本イベントは、知の創出センター Junior Research Program から支援を受け、若手研究者が中心となって企画したもので、分野を超えた多様な関係者と一般市民が一堂に会し、新しい知識と視点を共有する貴重な機会となりました。このようなイベントを継続的に行うことで若手の研究者および経営者が成長し、将来的に影響を持つ存在になる可能性が高まると思います。 郭 媛元 (新領域創成研究部)



## 「第8回 FRIS/DIARE Joint Workshop」開催 — 4年ぶりに完全対面形式で開催

令和5年8月7日(月)に片平さくらホールにて、第8回 FRIS/DIARE Joint Workshop が開かれました。これはFRIS メンバーと DIARE (学際高等研究教育院) の教育院生による年に一度の大ポスター発表討論会です。2020年からオンライン形式での開催を余儀なくされてきましたが、前年度に人数制限を工夫して対面開催するなど、少しずつ以前の活動を取り戻しつつあります。そして今回、コロナ禍以前とほぼ同じ形式で開催することができました。

ポスター発表は、今回は主に博士教育院生によるもので、78件あり、午前と午後それぞれ1時間半ずつ行いました。事後アンケートを実施し、ポスター発表について6割程度の教育院生が回答してくれましたが、その8割以上が満足だったと答えました。「わからないことがあってもお互い緊張しないで話せる空気がよかった」というコメントもあり、このような「空気」を作り出すのはやはりオンライン形式ではできないことだと思いました。

以前行っていた DIARE の OB・OG による招待講演も今回実行できました。講演者は丸岡奈津美氏と鈴木朱羅氏で、彼らはともに現在日本学術振興会の PD として活躍されています。事後アンケートには、「博士課程終了後のビジョ



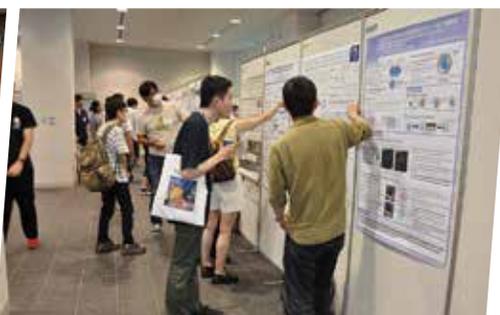
ンや海外での生活などについて具体的な事例を交えて伺えて貴重な機会になった」、「専門外の発表でしたがわかりやすかった。発表の仕方の勉強になった」というポジティブなものが並びました。

さらに今回、新たな試みとして、FRIS の若手教員4名と招待講演者をパネリストとして、学際研究とキャリアパスについて、教育院生から質問をもらいながらディスカッションするという機会を1時間設けました。これも好印象のコメントが多く、「いろいろなケースがあるので、多くの方の話を聞けてよかった」といったものがありました。一方で、ワークライフバランスなど別の話題もやってほ

しかった、もっと質問しやすいように工夫してほしい、などの意見もありました。改善して今後もやりたいと思います。

当真賢二

(先端学際基幹研究部)



## 東北大学附置研究所等一般公開「片平まつり 2023」開催

東北大学附置研究所等一般公開「片平まつり 2023」が令和5年10月7日に開催されました。学際研では「化学のちから、宇宙のすがた、材料のひみつ、せかいのふしぎを大冒険」というテーマで各企画を展開し、会場の学際研究棟には事前に申し込まれた約220名が来場しました。岡本泰典助教と田原淳士助教による企画「色の変化で見る酸素を運ぶタンパク質」では、参加者自らが行う実験でタンパク質のさまざまな機能を学びつつ、リアルな研究手法の一端を体験していただきました。

木村成生助教と津村耕司客員准教授による「4次元宇宙旅行体験で宇宙を感じよう!」では、アプリを使ってバーチャルな「宇宙旅行」をしながら、宇宙がどのような姿をしているのかを親しみやすい形で解説しました。

増本博教授と研究室メンバーによる「エネルギー変換材料を体験」では、温度差や振動で電気ができる装置などを実演しながら、材料と生活との関わりや、新機能材料の開発研究が目指す先をご紹介します。

特別企画として片平さくらホールで開催され、ライブ

配信もされた講演会では、波田野悠夏助教が「よみがえる顔立ち～人類学で探る!時代を彩った指導者たち～」と題し、骨や歯から得た情報を通じて歴史上の指導者の姿を探る研究の成果について講演しました。

片平まつりの企画を学際研究棟で実施するのは初の試みでしたが、学際研で行われている研究だけではなく、学際研の研究現場やそこに集う人々を地域の方々にご紹介する貴重な機会となりました。エントランスに施したサイエンスの装飾や、廊下を利用した Hub Meeting ポスターのギャラリー展示の前では、これらをきっかけとして来場者と学際研スタッフが和やかに対話をする様子も見られました。



学際研企画のダイジェスト動画や特別公演の様子は、「片平まつり 2023」ウェブサイトからご覧いただけます。



片平まつりウェブサイト

<https://www.katahira-f.tohoku.ac.jp>

## Press Release

### ハイブリッドスラスタ、軌道離脱に必要な長時間燃焼に成功

この度、株式会社 ElevationSpace との共同研究および多くの関係者の皆様のご協力のもと、ハイブリッドスラスタの軌道離脱に必要な長時間燃焼に成功いたしました。共同で開発を進めるハイブリッドスラスタは、宇宙空間上で限られた時間で地球に再突入するための小型衛星ミッションのために開発が進められています。

ハイブリッドスラスタの長時間燃焼の実現には技術的な課題がいくつか存在します。この技術的な課題に対して、私たちは、過去に行われた想定外の燃焼試験結果と複数回にわたる綿密な議論によって、ハイブリッドスラスタの長時間燃焼の実現に至りました。今回成功した燃焼時間は、私の知る限りでは学術文献に存在しない長時間であり、学術レベルでも大変意義深い成果です。今までの研究開発経緯を振り返りますと、株式会社 ElevationSpace との共同研究でしか成し得なかった成果になります。

最近では、宇宙空間で運用を終了した人工衛星などが軌道上に放置される「宇宙ゴミ(スペースデブリ)」の問題が深刻化しており、衛星自身が運用終了後に、速やかに軌道を離脱する性能を持つことが求められています。そもそも地球周回の人工衛星が地球に落ちてくることなく、地球の周りを回り続けていられ

るのは、地球が人工衛星を引っ張る「引力」と、人工衛星が地球周回を回る速度に応じて発生する「遠心力」の2つの力が釣り合っているためです。ここで、回転方向に対して逆方向に推力を発生させることで人工衛星は減速し、引力によって地球に再突入し燃え尽きて焼失するため宇宙ゴミを解消することができます。今回開発に成功したハイブリッドスラスタはこの宇宙ゴミを解消し、持続的な宇宙開発にも貢献が期待されます。

齋藤勇士 (新領域創成研究部)



## 尿道内排尿流のベクトル可視化を世界で初めて実現 — 排尿障害の個別局所治療に向けた新たな尿道機能評価を可能に

前立腺肥大など加齢に伴う尿道の変性は排尿症状の主要因の一つです。排尿症状の慢性化は患者のQOL低下に繋がるため、効果的な診断治療技術が必要とされていますが、尿道内腔状態が尿の排出に与える影響の詳細な評価法はこれまで存在しませんでした。今回、石井琢郎助教、山西友典教授（獨協医科大学病院排泄機能センター（当時））、Alfred Yu教授（ウォータールー大学）、西條芳文教授（大学院医工学研究科）の研究チームは、ハイフレーム超音波撮像技術を用いて、排尿中の尿道内の流路変形と内部の流れベクトル分布を1秒当たり1,000枚以上の高時間分解能で計測するイメージングシステムを開発し、前立腺肥大症などにより変性した尿道内部における詳細な流れの可視化を初めて実現しました。

本研究では、開発したイメージングシステムを用いて排尿症状を有する男性被験者に対する排尿流イメージングを実施し、排尿中の様々なフェーズにおける前立腺部尿道の臓器運動と内部流れの変動を観測しました（図）。特に、排尿終了期に約100ミリ秒で生じる外尿道括約筋の収縮伝搬による尿道内の逆流や、尿道内狭窄の周辺における渦流れは、開発した超音波システムの時空間分解能によって生体内での存在が初めて観察されました。

この新しいイメージング技術は、尿道の様々な形態や運動性状と尿道内排尿流の相互作用を詳細に観察し、患者固有の排尿症状メカニズムの解明を可能にすると期待されます。研究チームは、この技術によって得られるデータを応用し、尿道内流れの解析に基づいて排尿症状の要因となっている尿道の部位や因子を予測することで、患者個別に最適な薬剤選択や低侵襲治療などに重要な医療支援技術としての展開を目指していきます。

石井琢郎（新領域創成研究部）

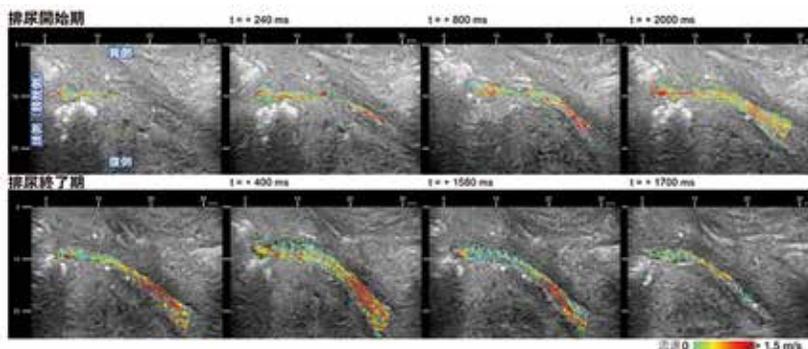


図 排尿開始期(上段)および排尿終了期(下段)の尿道運動と流れベクトルの可視化結果。いずれも3秒間の動画データから4フレームを抜き出して示している。排尿開始期では、膀胱側から尿の排出が始まり、流路が拡張して排尿流が発達していく様子、排尿終了期は、腹圧や外尿道括約筋による尿道と流れの変化が観察された。外尿道筋の収縮伝搬により、尿道内の尿は一部膀胱側に逆流していた。

## Research Topics

### 世界をさがけるトリオ脳科学個性を創造する「世代間伝達」の仕組みの探究を開始

「親子で性格が似ている」「親も子もうつ病になった」など、考え方の特徴や精神的な不調が、まるで連鎖するように親子で共通して見られることがあります。また、親が幼少期に虐待などの辛い体験をした場合、その影響は次世代の脳の発達や精神状態にも現れると言われています。親の性格や経験が次世代へ引き継がれているとも言うべきこれらの現象は「世代間伝達」と呼ばれています。

世代間伝達はどのようにして起こるのか、誰にでも起こるのか、ヒトの精神的健康における世代間伝達の役割とは何なのか、明確な答えは未だ得られていません。そこで、東北大学学際科学フロンティア研究所の松平泉助教、同大学医学系研究科の山口涼大学院生（日本学術振興会特別研究員）、同大学スマート・エイジング学際重点研究センターの瀧靖之教授の研究グループは、父・母・子（＝親子トリオ）を対象とした脳科学の研究プロジェクト『家族の脳科学（英語名：Transmit Radiant Individuality to Offspring [TRIO] study）』を開始しました。この研究では、世代間伝達とヒトの個性の関係性の深淵な理解を目的として、親子3名の脳画像・遺伝子・生育環境・性格・認知能力、などのデータを取得し、相互の関係性を詳細に分析します。

本研究は2021年にスタートし、地域にお住まいの皆様のご協力のもと、これまでに約200トリオのデータ取得を行いました。本研究の目的、デー

タ取得の方法、将来展望をまとめたプロトコル論文が、Frontiers in Psychiatry 誌に掲載されました。今後もサンプル数をさらに拡大し、ヒトの精神的健康の維持に貢献する新たな知見の創出を目指します。

松平泉（新領域創成研究部）

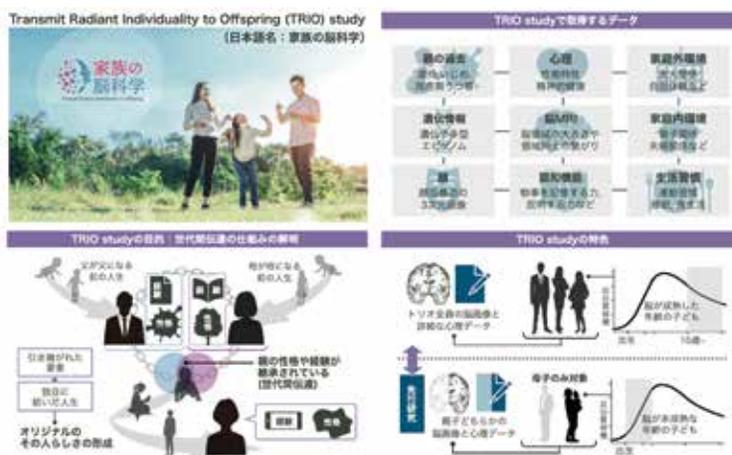


図 TRIO studyの概要。(左上) 研究参加者募集用のプロモーション画像。(左下) 世代間伝達をキーワードとして、ヒトの個性が形成される仕組みを探究することがTRIO studyの目的です。(右上) 研究参加者の皆様から脳画像を中心に遺伝子や生育環境などあらゆる情報を取得させて頂いています。(右下) 思春期以上の子とその父母のトリオを対象としている点が、国内外の他のコホートにはないTRIO studyの特色です。

## Threefold enhancement of second harmonic generation in 2D Janus materials

Laser technology has numerous applications in our daily lives. We can easily find lasers in laser pointers, laser scales, laser eye surgery, or laser scanners in retail stores to scan barcodes on products. Although commonly available lasers can generate only a few specific wavelengths, this is still sufficient for most purposes. For instance, most laser pointers emit red (630 nm to 670 nm) and green (520 nm to 532 nm) light. However, the semiconductor industry requires a wide range of laser wavelengths to probe new semiconductor materials. Second harmonic generation (SHG) is a promising technology that can control the laser wavelength in semiconductor devices. SHG is a nonlinear optical process in which two photons with the same frequency ( $\omega$ ) interact nonlinearly with the material, and as a result, a single photon with twice the frequency ( $2\omega$ ) (or half wavelength) is generated. Basically, it is a phenomenon where incoming light is converted into light with double the frequency or half wavelength. Therefore, searching for new SHG materials is a hot research topic in optoelectronics and lasers.

The materials capable of the SHG must have a symmetry that lacks spatial inversion. Therefore, the selection of SHG materials is limited. Transition metal dichalcogenides (TMDs) are a specific category of two-dimensional (2D) materials that consist of a transition metal, such as tungsten or molybdenum, between two chalcogen elements like sulfur, selenium, or tellurium. When the top and bottom chalcogen layers are made of different elements, the structure called Janus TMDs, named after the two-faced Roman god Janus, do not have inversion symmetry between two surfaces of thin material. This inherent asymmetry makes 2D Janus-TMD materials suitable for SHG, particularly when the two TMDs are hetero-stacked, as shown in the Figure.

A group of researchers from FRIS, Tohoku University, Massachusetts Institute of Technology (MIT), Rice University, Hanoi University of Science and Technology, Zhejiang University, and Oak Ridge National Laboratory have proposed a new mechanism to enhance short-wavelength light by SHG in the

2D Janus TMDs. This study was published in ACS Nano on Aug. 29th, 2023, and was also selected as the cover issue.

In this work, they calculate all possible geometry of the 2D Janus-TMD with AA stacking, in which atoms in the top layer directly overlap atoms in the bottom layer, and AB stacking, in which atoms in the top layer do not directly overlap atoms in the bottom layer. They found that the AA stacking gives the largest SHG due to the broken inversion symmetry. The present theoretical prediction is compared with the observed SHG spectra of the 2D Janus-TMD, in which the peak SHG intensity of the AA stacking becomes three times as large as the AB stacking. Furthermore, by applying in-plane strain up to 20%, which is possible for the 2D materials, the SHG can be significantly enhanced. The results of this study are significant in that we create a new group of materials that generate SHG by a flexible synthesis method of the 2D materials. The enhancement of SHG by the stacking order and strain can also be applied to other 2D Janus materials. Thus, their work introduced efficiency tools to optimize the SHG on the 2D materials.

Tuan Hung Nguyen (新領域創成研究部)

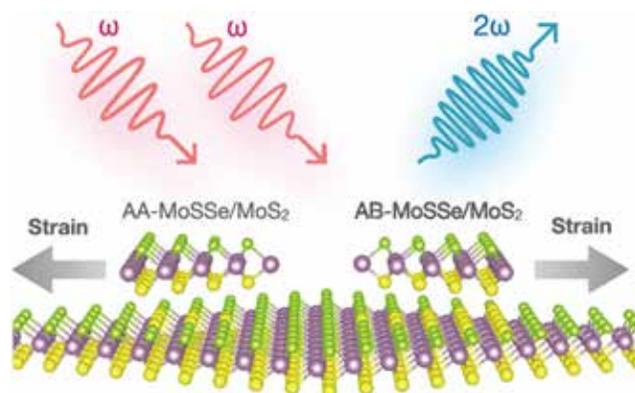


Figure : Second harmonic generation in 2D Janus TMD (MoSSe/MoS<sub>2</sub>).

## Research Topics

### ナノグラニューラー薄膜を用いた可変周波数フィルタの創製

Frequency filters are widely used in electronic applications such as telecommunication systems and signal processing systems. They transmit signals within a specific frequency band and block or suppress unwanted frequency bands. These filters utilize various technologies such as switched-capacitor networks, micro-electromechanical systems, ferroelectric materials, and ferromagnetic films to effectively adjust the frequencies in the passband. Additionally, tunable frequency filters can cover multiple frequencies and accommodate various scenarios in multiband operations.

The research group, consisting of Assistant Professor Yang Cao (currently at Hubei University, previously at Tohoku University, Frontier Research Institute for Interdisciplinary Sciences), Dr. Nobukiyo Kobayashi (Research Institute for Electromagnetic Materials), Dr. Cheng Wang (Tohoku University, Frontier Research Institute for Interdisciplinary Sciences), Professor Sadamichi Maekawa (RIKEN), Dr. Saburo Takahashi (Tohoku University, Institute for Materials Research), and Professor Hiroshi Masumoto (Tohoku University, Frontier Research Institute for Interdisciplinary Sciences), has developed a nanogranular thin film with magnetic nanoparticles dispersed

in an insulating matrix. This film marks the first reported instance of a relaxation frequency changing due to an electric field, and a new asymmetric charge tunneling model has been established to explain this phenomenon.

In this research, a new dielectric nanogranular material capable of controlling the dielectric relaxation frequency of alternating current transport responses with a direct current electric field was demonstrated. This material, which possesses electrically adjustable frequency characteristics, is expected to be applicable in simplifying and miniaturizing RF low-pass filters and antennas.

This research was published at Advanced Electronic Materials (Volume 9, Issue 6 June 2023) and was selected as Front Cover. Novel Dielectric Nanogranular Materials with an Electrically Tunable Frequency Response, Yang Cao, Nobukiyo Kobayashi, Cheng Wang, Saburo Takahashi, Sadamichi Maekawa, Hiroshi Masumoto, Adv. Electron. Mater. 2023, 2201218 DOI : 10.1002/aelm.202201218

増本博 (先端学際基幹研究部)

## 学際研究促進プログラム：

原子拡散接合法を用いた室温接合技術による界面創成の新展開  
(光透過性と電気絶縁性に優れた接合界面を有する室温・低温接合技術)

異種材料のウエハや基板の接合は、新しい電子デバイス、光デバイス等の形成に必要な技術です。一般的なウエハの接合技術では、温度を上げて接合する必要があり、熱膨張係数が異なる材質のウエハを接合すると、室温に冷却する際に割れや剥離・反りが生じてしまいます。また、温度に弱い電子デバイスが形成されたウエハ等も接合できません。そのため、室温で接合できることが必要です。一方、有機系の接着材は室温で接合できますが、有機汚染や耐食性等の問題があります。

原子拡散接合法 (Atomic Diffusion Bonding, ADB) は、接合するウエハや基板の表面にスパッタ法で薄膜を形成し、引き続き同一真空中で薄膜を相互に接触させることで、室温で接合する技術です (図1)。ADBの大きな利点は、接合するウエハや基板の材質を問わないことです。一般的なADBでは、金属や半導体の薄膜を用いることで、接触界面において室温で生じる原子の再配列現象と表面拡散性能を利用して接合しています。また、片側膜厚0.3~0.4 nmの薄膜を用いて接合することもできます。このような性能を活かし、既に一部の電子デバイスや光デバイスの量産にも使われており、現在では300 mm ウエハの接合装置も開発・販売されています。

しかし、片側膜厚が0.3~0.4 nmでも、接合に用いた薄膜は、金属の特性による僅かな光吸収や導電性を有しており、高周波帯域における電氣的浮遊容量や、高輝度光に対する耐光性等が課題となっていました。そこで私たちは、本プログラムの支援も受けながら、接合界面に酸化膜が形成される室温・低温接合技術について研究を行ってきました。そのなかでも、主に二種類の研究開発の内容を紹介します。

## (1) 下地酸化膜からの解離酸素を利用する手法

この手法は、接合するウエハや基板の表面に予め下地酸化膜を形成し、薄い金属薄膜を用いて室温で接合した後、300°C程度までの温度で熱処理する方法です。下地酸化膜から解離する酸素により、接合金属薄膜を完全に酸化させることができます。片側膜厚が1 nm以下のTi、Zr、Hf、Si、Al等の薄膜を用いて本手法で接合・熱処理することにより、優れた光透過特性と電氣的絶縁性を得ることに成功しています。例えば、本手法で試作したプリズム (図2) は、有機系接着剤では耐光性の得られない高輝度青色光に対しても、99.5%以上の優れた光透過特性と耐久性が得られます。

光学基板では、屈折率調整等のために酸化膜を表面に形成する機会が多いことから、下地酸化膜を併用するこの手法は有用です。熱処理が必要にはなりませんが、金属薄膜を用いた接合は接合性能が高いこと、バンドギャップが大きなSiO<sub>2</sub>膜等を接合界面に形成する

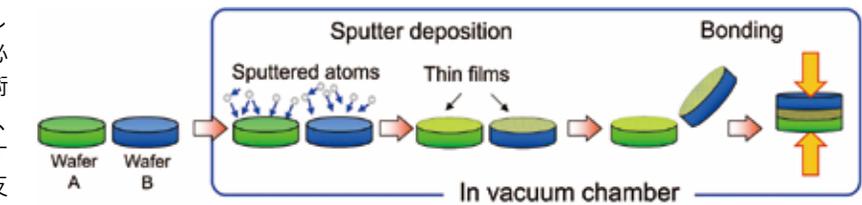


図1 原子拡散接合法の基本プロセス。

ことで高輝度レーザー等に対しても優れた耐光性が得られる等の利点があります。

## (2) アモルファス酸化膜を用いた室温接合

酸化膜の接触界面における原子拡散性能 (原子欠陥の移動にともなう原子移動度) は、金属薄膜を用いた場合に比較して小さいため、酸化膜を用いたADBによる室温接合は難しいと考えられてきました。しかし、私たちが行った研究の結果、アモルファス酸化膜中の欠陥や表面粗さを適切に制御することで、室温で接合界面を消失させ、強固に接合することができるようになりました。

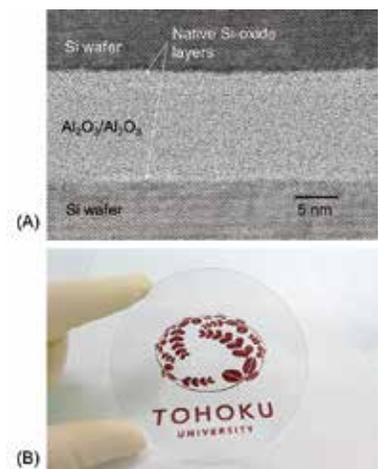
その一例として、図3 (A) には片側膜厚5 nmのAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>膜を用いてSiウエハを室温接合した断面TEM像と、(B) には同様に室温接合したサファイアウエハと合成石英ウエハの写真を示します。Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>膜の接合界面は完全に消失し、アモルファス膜が室温で一体化しています。この他、TiO<sub>2</sub>、Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、ZnO、ITO、Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、GeO<sub>2</sub>等の様々なアモルファス膜を用いた接合が可能です。しかし、今のところSiO<sub>2</sub>膜を用いた場合は例外的に大きな接合強度が得られていません。これは、アモルファス構造であっても、SiとO原子の間にダイヤモンド構造に似た強い共有結合が存在し、接合界面において室温で原子欠陥を移動させて接合させることが難しいためであると考えています。

酸化膜ADBは、優れた光透過性や電氣的絶縁性を持つ接合界面を有する接合を室温で実現できることから、今後、様々なデバイス形成に利用されることが期待されます。

島津武仁 (先端学際基幹研究部)



図2 試作した Polarized Beam Splitters (prism body)。

図3 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(片側5nm)を用いた室温接合。(A) Siウエハを接合した断面TEM像。(B) サファイアと合成石英ウエハの接合例。

## Establishing New Collaborative Research and International Academic Networks through Neurolinguistics

Kexin Xiong (新領域創成研究部)

派遣先：Harvard University / USA 期間：2022.4.15 – 2023.3.16

I would like to express my sincere gratitude to Tohoku University (2022 Researcher, Young Leaders Overseas Program; 2022 東北大学 若手リーダー海外派遣プログラム研究員) for providing the financial support that enabled me to embark on this invaluable experience. During my visit to the Cognitive Neuropsychology Laboratory at the Department of Psychology, Harvard University, I had the opportunity to collaborate with leading researchers at the field of cognitive neuroscience, and contribute to groundbreaking projects, which I will detail below. I believe that the knowledge and skills I acquired during my visit will significantly enhance my future research endeavors and contribute to the field of Neurolinguistics.

During my visit from April 15, 2022, to March 16, 2023, I rented a room about a 15-minute walk from the lab, a building built in 1894. Besides the landlord, there were also short-term tenants through Airbnb. In addition to Harvard University, this area also hosts numerous other prestigious institutions, such as MIT, Boston University, and Tufts University. Therefore, some tenants were there to experience the atmosphere of the famous universities, while others, like me, were international scholars visiting the United States for research. The duration of everyone's visit varied, and we often exchanged ideas about our research and cultural backgrounds. It was a wonderful experience and an unexpected gain from my study visit.

Despite the ongoing pandemic at that time, the lab members and I regularly came to the lab and exchanged updates over lunch. Besides the weekly lab meetings, I frequently engaged in one-on-one discussions with the host professor, Prof. Alfonso Caramazza. Although we agreed on a general research direction before my visit, many specifics were undecided. As a visiting scholar, I attended courses in the Department of Psychology on cognitive neuroscience, where I learned about the history, research logic, and practical methods of the field—essential knowledge for a researcher in cognitive neuroscience. I also participated in training at the Center for Brain Science, which grants me access to the MRI facilities at Harvard University. At the same time, through regular discussions with the professor, we eventually reached a consensus on the finer details of the research.

In this project, we investigate the neural representation of verbs and nouns that are crucial to communication when describing others' actions. In our daily lives, we often rely on the information around us to anticipate the behaviors and utterances of others. The ability to predict language usage can aid in language acquisition, while the capacity to forecast actions can help us avert danger. For this reason, researchers have extensively studied the mechanism of prediction in various domains, including neuroscience, linguistics, and computer

science. Previous studies have found that language prediction can occur at the lexical, semantic, and syntactic levels, and these processes are supported by several brain regions. Among these brain regions, the anterior region of the left occipitotemporal cortex, also known as the posterior middle temporal gyrus (pMTG) has been reported to play a crucial role in

representing verb meanings and grammatical properties related to verb. This is a multimodal region responds to action, motion, and auditory-related features.

Most studies have focused on verbs with sensory-motor features, such as action verbs, event verbs, and emission verbs, and nouns that refer to tangible entities like animals and places. However, little is known about how verbs and nouns with corresponding meanings are encoded in the pMTG. To address this research gap, our project employs physical event verbs/nouns and mental state verbs/nouns. These two concepts of physical and mental events are central to our social cognition, as we use physical verbs/nouns to depict others' actions and mental verbs/nouns to express why they do such actions (e.g., intention or mental states). Additionally, when used in sentences, both action/event verbs and mental state verbs can provide clues to infer a causal relationship between agents and patients, even if it is not explicitly stated (i.e., implicit causality). For example, in the sentence "John hates Peter because...", it is likely that the subsequent word would be "Peter", whereas in "John scared Peter because...", it is more probable that "John" is the cause. Previous studies suggest that mental state verbs tend to introduce a stronger implicit causality bias than action verbs. In this project, we also answer the question about the extent to which implicit causality contributes to the conceptual representation of verbs.

Our study is the first to use multivariate pattern analysis (MVPA) to uncover the neural encoding of mental and physical concepts depicted by verbs and nouns, which are essential to our daily communication and behaviors. After we finish the data collection and analyses, we will present our findings at leading journals in the field. This research will contribute to the understanding of the neural mechanisms underlying the processing of events and word types, and illuminate the role of implicit causality in the neural representation of event types.

In addition to starting an international interdisciplinary research project, my year-long interaction with lab members, participation in Harvard courses, and weekly seminars immersed me in the U.S. academic environment. This experience enhanced my understanding of diverse cultures and honed my skills in effective lab management as a PI. My academic journey began with a Bachelor's in Japanese Language in China, followed by a specialization in Japanese Language Education at Nagoya University, Japan. There, under my advisor's supervision, I conducted psycholinguistic research on bilingualism. After I earned my Ph.D. degree, I joined Tohoku University, start to try interdisciplinary neuroscience research with the help of my mentor. Until this project, my educational and research experiences, as well as academic connections, were confined to Asia, primarily in China and Japan. This was my first foray outside Asia, establishing an academic network beyond it. I believe this experience will not only benefit my future research but also help guide my students in broadening their perspectives and achieving their academic aspirations through my expanded network.



Figure 1 : Photo taken during the preparation for an fMRI experiment. During the experiment, participants were placed in the MRI, and brain images were recorded while they performed tasks.



Figure 2 : My host professor allocated me a research space in the lab, which offered a beautiful view.

## 海外渡航レポート：国際共同研究支援プログラム

川面 洋平（新領域創成研究部）

派遣先：University of Oxford / UK

期間：2023.8.2-8.21

この度、若手研究者国際共同研究支援プログラムのご支援を賜り、オックスフォード大学に2週間ほど滞在し、Rudolf Peierls Centre for Theoretical Physicsの理論プラズマ物理グループと共同研究を行ってきました。私はプラズマ物理の理論研究を専門としており、今回は降着円盤や太陽風のプラズマ乱流に関してAlexander Schekochihin教授をはじめ、ポスドクや大学院生と議論を行いました。具体的には、近年「Helicity Barrier」と呼ばれる物理過程が人工衛星による太陽風の観測結果を説明することができると期待されていますが、このHelicity Barrierの理論やシミュレーションは、プラズマの内部エネルギーが磁場のエネルギーに比べて小さい場合に限られていました。そこでAlexander Schekochihin教授と磁場エネルギーとプラズマの内部エネルギーが同程度の場合に関して検討を行い、そのような状況では別の興味深い現象が起こりそうだとこのことを掴みました。現在、帰国後に理論計算を進めているところです。またこれとは別に、プラズマの内部エネルギーが磁場エネルギーを大きく上回る場合、「Magneto-immutability」と呼ばれる効果が現れることが知られていますが、これを降着円盤に応用するとどうなるだろうかという議論を行いました。こちらも、現在さらなる理論検討を進めています。

Rudolf Peierls Centre for Theoretical Physicsの建物には、いたるところにコモンスペースがあります。私は滞在中デスクを割り当ててもらいましたが、基本的にそのデスクは使わず、コモンスペースで研究を進めていました。そうすると、通りかかったポスドクや大学院生が次々に来て議論を行いました。中には私の専門とはかなり遠い研究をしている人もいましたが、とても面白い学際的な議論が生まれました。また、オックスフォード大学のプラズマグループは、週に1回セミナーを行っていますが、毎回議論が白熱します。私が以前発表をしたときは、質疑応答を含め4時間超えました。今回も2週に渡ってセミナーに参加しましたが、やはり毎回数時間に及ぶ白熱した議論になりました。

私は今回、Alexander Schekochihin教授がfellowを努めているMerton Collegeというところに宿泊させていただきました。このCollegeという概念はOxford大学を語る上で欠かせないポイントです。Oxford大学とCambridge大学はCollege制度という他の大学とは全くことなる制度を持っています。Collegeは学部とは異なる組織で、全ての分野の学生・教員からなら小さな大学のようなものです。Oxford大学は39のCollegeが寄せ集まってできている大学です。Collegeでの活動は、学部での活動と同等以上に重要視されています。Merton Collegeにはハーポッターに出てくるようなダイニングホールがあり、学生や教員はそこで朝・昼・晩の食事を取ります。ダイニングホールには、学生が座る席と、High tableと呼ばれる教員のみが座ることが許される席があります。私も滞在中はHigh tableでのディナーに参加させていただきました。Collegeは全ての分野の専門家が来るので、ディナーでの会話はとても刺激です。ディナーの後、High tableのメンバーは第二ラウンドがあります。ダイニングホールの奥に怪しげな円

卓のあるSenior Common Roomと呼ばれる部屋があり、そこでワインやお菓子とともにさらに会話を弾ませます。今回の訪問は、ちょうどChat GPTが大きな話題になり始めたときだったので、参加者の中にAI研究の専門家がい



図1 滞在中のオフィス。

いて、大規模言語モデルの今後の可能性などを話しました。これを英語でやるので会話力はかなり鍛えられますが、やはりその後はドットと疲れがでます。また、Collegeには24時間オープンな図書館もありますので、夜は学生に混じって計算を進めました。

さて、話はそれますが、いつも私が海外の大学に行くとき、自分の力不足を感じるのがランチタイムです。ランチタイムは様々な時事問題の話になりますが、若い学生も非常に深い知識を持って会話に参加してきます。今回は、ちょうど海外でOppenheimerの映画が公開された時期で、その内容についての話で盛り上がりました。そのときは日本ではまだOppenheimerは公開されていなかったのが内容を知らないのは当然ですが、オックスフォードの皆さんは終戦時の日本の状況をととても詳しく知っていて、一方私は日本史には疎く、話についていくことが出来ませんでした。日本人でありながら恥ずかしい限りです。この他にも、AdmissionにおけるAffirmative actionの是非などが話題になりました。自分の専門以外も広く知識を持っているのは見習わなくては、と反省しました。

さらに話はそれるのですが、私はイギリスでの食事が大好きです。よくイギリスは料理がマズイと言われますが、それは完全な誤解です。確かにイギリスの郷土料理の中には、なかなか味を理解するのが難しいものが存在します。しかし、イギリスは世界で最も人種が多様な国です。ヨーロッパ、アフリカ、中東の様々な国から料理がやってきます。Oxfordでは毎週木曜日にCity centerで料理のマーケットが開催されるので、滞在中は毎週そこで日本では食べられない味を楽しんでいました。特に今回はチベット料理とエチオピア料理が美味しかったです。

最後になりますが、本プログラムの支援により実現できたこの共同研究で、新しい理論を構築する可能性を掴むことができました。心より感謝申し上げます。



図2 Rudolf Peierls Centre for Theoretical Physicsの建物。



図3 Merton CollegeのSenior Common Room。

## 学際科学フロンティア研究所「学際科学若手研究者支援基金」

### 若手研究者が自由に研究できるチャンスと環境を。

日本の学術の担い手である若手研究者の支援のため、皆様のご理解とご支援を心よりお願い申し上げます。

■ 本基金についての詳細はこちらから

東北大学基金 Webサイト  
「学際科学若手研究者支援基金」  
紹介ページ



■ 寄附申込



### 編集後記

東北大学が国際卓越研究大学の認定候補に選定されたことはニュース等で広く報道されましたが、その中で重要な目標の一つとして掲げられているのが本所の若手を中心とする初期キャリア研究者（Early Career Researcher: ECR）育成の機能拡張、あるいはその育成モデルの全学展開です。このことは、これまでの先導的な ECR 育成とそれに関連する本所の活動が学内外で広く評価されたことの証左と言えますし、同時に今後の取り組みに一層大きな期待が寄せられていることを示すものでもあります。そのような注目のもと、教員・研究者の活躍や本所の活動をこの FRIS ニュースでお伝えすることの重要性をますます実感する日々です。

（企画部 才田淳治）

# FRIS news No.17

〔2024. 02 発行 / 東北大学学際科学フロンティア研究所 企画部〕



## 東北大学 学際科学フロンティア研究所

〒980-8578 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉 6-3  
TEL 022-795-5755 FAX 022-795-5756 <https://www.fris.tohoku.ac.jp/>



### FRIS 公式 SNS

学際科学フロンティア研究所の公式アカウントです。ニュース、イベント、研究成果などをご紹介します。

日本語アカウント



@TohokuUniv\_FRIS

English account



@FRIS\_TohokuUniv

