

FRIS news No.12

東北大学 学際科学フロンティア研究所ニュース 第12号 2021.12



Contents

Topics

- ・「若手研究者が自由に研究できるチャンスと環境を」 FRIS CoRE基金

Research Topics

- ・中嶋悠一朗助教（受賞時）が『令和3年度 科学技術分野の文部科学大臣表彰若手科学者賞』を受賞
- ・学際研助教39名に「東北大学プロミネントリサーチフェロー」の称号
- ・トーキン科学技術賞 最優秀賞

New Staff

Press Release

- ・三陸の砂に消えた過去の激しいマグマ活動
- ・『分子の吸着で磁石を創る』ことに世界で初めて成功
- ・妊娠中の運動で子供の肥満を防ぐ

- ・チタン酸バリウムの分極ナノドメインの電場応答を初めて可視化
- ・最期を迎えた超巨大ブラックホールの発見 3000光年寄り道した光が捉える超巨大ブラックホールの最期の輝き

Event Report

- ・学都「仙台・宮城」サイエンス・デイに初出展
- ・産学連携イベント「The 5th FRIS-TFC Collaboration Event」開催
- ・「第6回FRIS/DIARE Joint Workshop」開催
- ・「第24回学際研セミナー」開催
- ・「2021 FRIS/TI-FRIS 若手研究者学際融合領域研究会」開催

書籍紹介

編集後記



FRIS CoRE 基金

「若手研究者が自由に研究できるチャンスと環境を」

“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”を設置いたしました

学際研では若手の独立した研究および学際領域への挑戦を支援するため、FRIS CoRE 構想を推し進めています。昨年度までに整備した範囲で実験的にその運用を 2021 年 4 月 1 日より開始しています。徐々に実験室の利用者も増えていきます。また、FRIS CoRE サイエンスラウンジもコロナ禍に適したオンサイト / オンラインのハイブリッド会議などの場として活用されています。

一方で、FRIS CoRE の整備はまだ道半ばです。そこで、FRIS CoRE の完成をめざし、2021 年 8 月 1 日より学際科学若手研究者支援基金を開設しました。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。

岡本泰典（新領域創成研究部 / FRIS CoRE ワーキンググループ リーダー）



Research Topics

若手科学者賞

中嶋悠一朗助教(受賞時)が『令和3年度科学技術分野の文部科学大臣表彰若手科学者賞』を受賞



2021 年 6 月まで学際科学フロンティア研究所の先端学際基幹研究部に所属していた、中嶋悠一朗助教（生命・環境、現東京大学 講師）が、『令和 3 年度 科学技術分野の文部科学大臣表彰若手科学者賞』を受賞しました。

本賞は、萌芽的な研究、独創的視点に立った研究等、高度な研究開発能力を示す顕著な研究業績をあげた 40 歳未満の若手研究者に対して、文部科学大臣より授与されるものです。

中嶋悠一朗助教 の受賞対象の業績は、以下の通りです。

「上皮組織の動的恒常性維持と環境応答の仕組みの研究」

・こちらに業績内容を掲載しております。

<http://www.fris.tohoku.ac.jp/feature/topics/detail---id-908.html>

学際研助教39名に 「東北大学プロミネントリサーチフェロー」の称号

2021年7月に東北大学に所属する助教61名に「東北大学プロミネントリサーチフェロー」の称号が付与され、学際科学フロンティア研究所（学際研）からは39名が選ばれました。「東北大学プロミネントリサーチフェロー」制度は、東北大学の助教のうち、新領域を切り開く独創的な研究に挑戦する者に称号を付与するもので、今回新たに創設されました。プロミネントリサーチフェローの称号を付与された若手教員の活躍が、本学における教育研究の一層の推進及び社会への貢献に資することが期待されます。

学際研所属の称号付与者：

青木英恵、阿部博弥、飯浜賢志、石井琢郎、井田大貴、市川幸平、市之瀬敏晴、上野 裕、WENG YUEH HSUAN、遠藤晋平、奥村正樹、小原脩平、金田文寛、川面洋平、北嶋直弥、木野久志、NGUYEN TUAN HUNG、郭 媛元、楠

山讓二、齋藤勇士、佐藤伸一、佐藤佑介、塩見こずえ、鈴木勇輝、田原淳士、田村光平、張 俊、張 超亮、曹 洋、中安祐太、梨本裕司、韓 久慧、BERNARD CHRYSTELLE ANNA ROSE MARLENE、馬淵拓哉、安井浩太郎、山田将樹、山田 類、山根結太、常松友美（兼務：生命科学研究所）

東北大学：

「独創的な研究に挑戦する若手研究者『東北大学プロミネントリサーチフェロー』を発表しました」

<http://www.tohoku.ac.jp/japanese/2021/07/news20210701-99.html>

東北大学若手躍進イニシアティブ

<https://www.bureau.tohoku.ac.jp/yri/index.html>

鈴木一行（企画部）

トーキン科学技術賞 最優秀賞

郭 媛元 助教（新領域創成研究部）

この度、栄誉ある「トーキン科学技術賞 最優秀賞」を賜り大変光栄です。誇らしい気持ちよりも、恐縮な気持ちを抱いております。今回受賞対象となった研究成果が私一人のみの成果ではなく、研究活動をご支援くださった皆さまのおかげです。この場をお借りして、先ずもってご指導頂いております国内及び海外の諸先生方、及びご協力頂いておりますスタッフ、学生の皆様にあらためて御礼申し上げます。また、日頃よりご指導、ご支援を頂いております学際研の先生方及び事務の皆様にも心より感謝申し上げます。加えて、我々若手研究者のためにこのような賞を授与下さるトーキン科学技術振興財団の先生方、関係者の方々にも御礼申し上げます。

私の研究テーマは「脳機能の解明に向けた多機能ファイバ・センサの開発」ですが、私はこれを、博士課程在籍時

に着想し、研究を開始し、2018年に学際研の助教に採用されてから、実用化研究に、鋭意取り組んで参りました。この研究は、化学センサと多機能ファイバの複合化により海馬のような脳の深い部分の化学信号を画像化する事によって脳の仕組みを解明する事を目指しており、将来的には、脳神経疾患の病理を解明し、病理に基づく治療法の開発につながる事が期待されております。

今回頂きましたトーキン科学技術賞は、新しい発想とアイデアの実現に向け、今後も努力を惜しまず研究を続けるようにという、力強い応援を戴いたものと存じます。この栄誉を糧に、今後とも独創的な研究に全力を尽くす所存です。今後とも、ご指導、ご鞭撻を賜りますようお願い申し上げます。



受賞対象となった研究成果の発表



科学技術賞贈賞式

齋藤 勇士 助教 (新領域創成研究部) 宇宙推進工学、燃焼工学



太陽系科学分野の発展・新たな文明圏創出には、深宇宙探査より活発に行う必要があります。惑星探査を行う人工衛星が月以遠の深宇宙探査を行うために、宇宙推進システム(ロケット)が必要です。

短期間に所望ミッションを実現するためには化学ロケット

が必要になりますが、危険物を用いる液体・固体ロケットの取り扱いが困難です。ハイブリッドロケットは、固体と液体を組合せた推進剤を用いており、火薬類や危険物を用いないことから安全管理が安価なため、深宇宙探査をより活発にするための有力なロケットの一つです。

私は、マイクロ拡散火炎群によって成立する革新的ハイブリッドロケットの研究を進めております。また、当ハイブリッドロケットの燃焼機構を基礎燃焼学レベルで理解を進め、さらなる性能向上を目指しております。学際研究・産学/国際連携によって、当ハイブリッドロケットの宇宙実証を目指し、太陽系科学分野の発展・新たな文明圏創出に貢献します。



千葉 杏子 助教 (新領域創成研究部) 生化学

私達の生活はさまざまな物流システムによって支えられています。人を運ぶ電車、コンビニの荷物を運ぶトラック、石油を運ぶタンカー…。それらが緻密に入り組んで現代の生活は成り立っています。同じように私達の体の中にも荷物を運ぶ仕組みが存在します。私は細胞内輸送と呼ばれるこの仕組みについて研究を行っています。

私が着目しているキネシンというタンパク質は細胞内でミトコンドリアやシナプス小胞を運ぶタンパク質です。人間の世界では貨物トラックに相当します。キネシンはエネルギーの無駄遣いを防ぐために通常は車庫に入った状態(不活性化型)ですが、何らかのスイッチによりエンジンのかかった状態(活性化型)となり輸送を開始します。このスイッチングの仕組みはまだよく分かっていません。

私はキネシンの動きを直接観察できる一分子観察法を用いてキネシンが活性化する分子機構の解明に取り組みま

す。脂質などの生体因子を一分子観察に取り込むことで細胞内輸送をこれまでになく再現した *in vitro* 再構成系を構築します。

キネシンは神経変性疾患の原因です。治療法開発のためにはキネシンがどのように制御されているか明らかにする必要があります。本研究でキネシン活性化のメカニズムを明らかにすることで新たな治療法確立に繋がりたいと思っています。また病原微生物が細胞内に侵入した際は、微生物由来のタンパク質が内在タンパク質に代わり細胞内輸送をハイジャックします。このような乗っ取りが起こる理由も明らかにしたいと考えています。



波田野 悠夏 助教 (新領域創成研究部) 形質人類学、法医学、解剖



過去から現代までの現代人集団を対象とした形質人類学的研究を行っています。特に頭の骨格(頭蓋)や歯の形態分析を通して、医学・人類学・考古学などの領域を横断した応用研究に取り組んでいます。

1. 復顔を目的とした顔面形態の3次元解析

頭蓋の形に基づいて、生前の顔の形を復元する方法を復顔といいます。復顔の成果は過去の人々の姿を明らかにする手段として、博物館展示などで目にすることも多い一方、犯罪捜査や行方不明者の捜索に用いられるなど、社会的に重要な意義を持つ研究テーマです。復顔を行うためには、頭蓋の表面に筋肉や皮膚の厚みなどをどのくらい重ねるかのデータが必要です。本

研究では、医療画像に基づいた多数のデータを用いて現代日本人をはじめとした顔の形を分析し、Ai解析手法も取り入れながら歯の咬み合わせや全身の体型の影響を考慮した復顔に必要な正確なデータを得ることを目指します。

2. 歯の形態に基づく日本人の形成過程の解明

歯の大きさや形態は集団毎に少しずつ異なっていることが知られています。本研究は、縄文時代人以降の日本人について、遺跡から発掘された古人骨に残された歯の大きさや形を調査することで、集団ごとの身体特性を明らかにし、日本人集団の形成や移動を従来よりも高解像度で解き明かすことに挑戦しています。現在まで、日本人の歯の形の地域差や身分差の一端を明らかにし、日本人の形成過程に対する新しい知見を提供しています。

田原 淳士 助教 (新領域創成研究部) 有機金属化学、有機化学



天然ガスの主成分であるメタンや、石油に含まれる単純炭化水素類は化学的に極めて安定であり、工業的には高圧・高温といった過酷な条件下での分子変換がなされています。一方で、自然界に存在する酵素はこれら化学的に安定な小分子を常温・常圧にて活性化・分子変換することが可能です。エネルギーの観点からも、これら酵素反応で達成される強固な分子の変換を科学の力で再現する（またはそれ以上の反応を見出す）ことは、2050 年を迎える我々若手研究者に残された挑戦課題の一つといえます。

化学的に安定な化合物を分子変換するためには、より高活性

な触媒開発が鍵となります。各種分光学的手法や X 線構造解析といった分析技術の進化によって、酵素構造をはじめとした多くの自然科学の神秘が解明されてきましたが、真の活性種は分析化学的手法による観測が困難というジレンマも存在します。私はこれまで、実験科学に対し計算科学を積極的に導入し、本来実験的に捕捉不可能な活性種構造の可視化に成功してきました。学際研では、有機金属化学および有機化学を基盤として、理論と実験の融合により、計算先導型の触媒開発を実践し、その機能評価として種々の炭素資源の分子変換反応の開発を目指します。具体的には、上述したメタン等の単純炭化水素に加え、二酸化炭素やバイオマス化合物といった有機分子を標的とし、炭素循環を指向した反応開発に従事しています。

鈴木 博人 助教 (新領域創成研究部) 物性物理学、強相関電子系、放射光科学

固体中に存在する多数の電子は原子核が作る結晶格子の上に配置され、お互いにクーロン相互作用を及ぼしながら運動します。これらの電子たちの振る舞いは量子力学によって記述される多体問題であり、強相関電子系と呼ばれる物性物理学の難問の 1 つです。しかしこれらは同時に魅力的な集団的量子現象の宝庫でもあり、電気抵抗がゼロになる超伝導、磁石の起源となる強磁性体、トポロジカル量子現象、電子の磁気モーメントが揃わないスピン液体状態などが挙げられます。これらの量子現象の舞台となる固体試料群は量子物質 (Quantum Materials) と呼ばれ、純良結晶合成技術の向上に支えられ近年大きな進展を見せています。

私は量子物質における量子現象発現機構に分光学的観点からアプローチしています。現在東北大学青葉山キャンパスにおいて次世代高輝度放射光施設の建設が進められており、そ

こで新規に開発される最先端分光法を多角的に活用して量子現象を解明することを目指します。とりわけ、近年発展の著しい共鳴非弾性 X 線散乱 (RIXS) の広範な適用可能性を駆使し、量子物質において創発する素励起スペクトルの直接観測を行います。測定される素励起には素粒子論とのアナロジーが可能なものや、将来の量子計算の原理として期待されているものもあります。私は学際研の多様なバックグラウンドをもつ専門家と協力しながら量子物質の謎に迫りたいと思います。



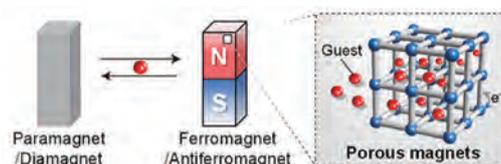
張 俊 助教 (新領域創成研究部) Coordination Chemistry, Porous Magnets, Gas Sorption



Metal-organic frameworks (MOFs) are a class of crystalline molecular materials constructed from metal ions and organic ligands. Through rational design and synthesis of novel frameworks, MOFs that combine two functions, the “porosity” and “magnetic ordering”, also referred to as porous magnets, have spurred immense interest

due to the potential applications such as magnetic sensors, switches, and separation media. The porosity enables the small molecules to enter the nano-sized pores of MOFs, which may provide electronic interactions or perturbations to the frameworks. On the other hand, the magnetic ordering stems from the coupling interactions of electron spins. Hence, it is promising to reversibly create or eliminate the magnetism of

a porous magnet when the adsorption and desorption of guest molecules affect the electronic distribution. While the common gases such as carbon dioxide (CO₂), nitrogen (N₂), and oxygen (O₂), are some of the most attractive targets for adsorption, a large magnetism variation responding to selective gas sorption has rarely been reported, mainly because the gas usually shows weak interaction with the host framework. My research interest focuses on my newly discovered mechanism, i.e. Electronic State Modulation (ESM) to directly manipulate the intrinsic spin states and magnetic correlations of porous magnets by guest sorption especially common gases.



藤原 英明 特任准教授 (企画部) リサーチアドミニストレーター



2021年5月に企画部に着任し、研究所の成果の収集や分析、広報活動、研究者育成支援、イベント等の企画・開催支援などを担当しています。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)のコーディネーターも務めています。

前職では地上や宇宙にある大型望遠鏡を使って惑星系の

生い立ちや材料物質の研究を進める傍ら、「すばる望遠鏡」の広報担当として、研究者・事務組織・政府・メディア・企業等のリエゾン役を務めながら、さまざまな手段やメディアを活用した情報発信やブランディングなどに携わってきました。

大型天文台には、研究者としてのスキルや経験を活かして他の研究者の成果を最大限に引き出す「サポートサイエンティスト」という専門職があり、私も自身の研究ではお世話になってきました。学際研の「サポートサイエンティスト」として、また、学際研を舞台に活躍する研究者の「伴走者」としてお役に立てるよう、精進して参ります。

Press Release

三陸の砂に消えた過去の激しいマグマ活動 ～日本列島は6回の大規模マグマ活動を通して成長した～

パストルガラン ダニエル 助教 (新領域創成研究部)

日本列島周辺はプレート沈み込み帯と呼ばれる地殻変動が激しく、地震や火山噴火を伴うマグマ活動が活発な地域として知られています。約7億年前の太平洋の誕生まで遡ることができる日本列島の歴史のなかで、約5億年前に現在の北米大西洋沿岸のような非活動的大陸縁から現在のようなプレート沈み込み帯(活動的大陸縁)に転じてと考えられています。しかしながら、古い時代のマグマ活動の痕跡は激しい地殻変動によって大部分が失われ、その記録の解読が十分に進んでいませんでした。

日本列島の地殻は、プレート沈み込み帯によって海溝に沿って成長した付加体と火山弧・火山帯直下のマグマ活動でできた花崗岩から構成されます。花崗岩は古い付加体に貫入することで地殻を成長・改変させてきました。ところが地表に露出した花崗岩のほとんどが白亜紀(約1億年前)より若いもので、それよりも古いマグマ活動の歴史を連続して紐解くことは容易ではありません。今回、東北大学学際科学フロンティア研究所のパストルガラン ダニエル助教(兼務 東北アジア研究センター/理学研究科地学専攻)と同東北アジア研究センター(兼務 理学研究科地学専攻)の辻森 樹教授らの国際研究チームは、東北地方(岩手県・宮城県)の北上山地南部から三陸海岸にかけて広く分布するシルル紀から白亜紀前期の浅い海に堆積した古い砂岩の地層や現世の砂浜海岸の砂に含まれるジルコンに着目することで、失われたマグマ活動の記録を読み解きました。クイーンズ大学(カナダ)のクリス・スペンサー助教及び、本学大学院理学研究科地学専攻博士課程前期の古川旦さんを含むパストルガラン助教・辻森教授の研究チームは、三陸の古い砂岩と砂から抽出した約2000粒のジルコン(注1)について、先端的な局所ウラン・鉛年代-ハフニウム同位体比同時分析(注2)をオーストラリアのカーティン大学で行い、約4.3、3.6、2.7、1.8、1.1億年前と約770万年前の6回の大規模マグマ活動を明らかにしました(図1)。ジルコンのハフニウム同位体比はジルコンを結晶化させたマグマの性質を反映します。同時分析によって、約2.7億年前のマグマ活動は最も激しく、それまでに存在した古日本列島の大陸地殻のほとんどが新しく生まれ変わったことが分かりました。

近年、ジルコンの局所ウラン・鉛年代測定技術の進歩によって、日本列島の地質学的な歴史が詳細に分かりつつあるなかで、シルル紀以降の古い砂岩から現世のまでの浅い海に堆積した砂岩を系統的に調べたことは画期的で、日本列島の地史の理解を大きく前進させるものです。これより、プレート沈み込み帯で

約5億年間長期にわたって続く日本列島の大規模マグマ活動の周期やそれがもたらす地殻進化のダイナミクスのより定量的な理解に期待されます。

【用語の説明】

(注1) ジルコン

ジルコニウムのケイ酸塩鉱物で $ZrSiO_4$ の化学組成をもつ。比較的にウランに富み、鉛に乏しく、ウラン・鉛法放射年代測定の対象鉱物となる。花崗岩や流紋岩をつくる珪長質のマグマから比較的にたくさん結晶化することが知られている。風化だけでなく、変成作用や二次的な火成作用に対しても化学的な強靱さを持ち、砂岩などの堆積岩にも砕屑粒子として含まれる。ハフニウムにも富む。

(注2) ジルコンのウラン・鉛年代-ハフニウム同位体比同時分析
ジルコンに細径(0.03 mm程度)に絞ったレーザーを当て、2台の質量分析装置を用いることで、ウラン・鉛年代と同時にハフニウム同位体比を測定する先端的な局所分析方法。ハフニウム同位体比からはジルコンが結晶化したときのマグマの性質を推定することができる。

【助成】

本研究は JSPS 科研費 JP15H05212、JP18H01299、JP19K04043 の助成・支援を受けたものです。

【論文情報】

雑誌名: Earth and Planetary Science Letters

論文タイトル: Evidence for crustal removal, tectonic erosion and flare ups from the Japanese evolving forearc sediment provenance
<https://doi.org/10.1016/j.epsl.2021.116893>

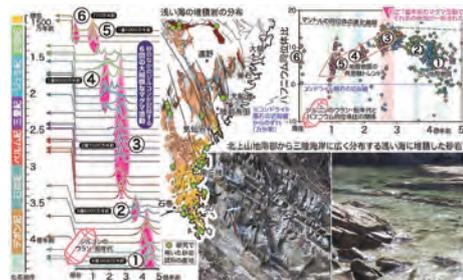


図1 三陸の浅い海に堆積した砂岩が記録する大規模マグマ活動。堆積岩の分布と研究で用いた試料産地も示した。ジルコンのウラン・鉛年代-ハフニウム同位体比同時分析によって約2.7億年前のマグマ活動でそれまでの地殻が一変したことが分かった。

『分子の吸着で磁石を創る』ことに世界で初めて成功

張 俊 助教 (新領域創成研究部)

磁石は、我々の身の周りの玩具からモーターなどの駆動系を有する大小さまざまな家電製品や機器、そしてスマートフォンから医療機器まで、様々なモノ・用途で使われており、快適な日常生活を送る上で必要不可欠な材料となっています。そのため、強力な磁力を持つ磁石の開発は、素子の小型化や安定化へと繋がるため、常に社会から要求される重要な課題の一つであることは周知の事実です。一方で、近年全く違った角度から“磁石の高機能化”が求められるようになってきました。それは、磁石としての本来の性能のみならず、付加的な機能や磁気発生と協奏的に振る舞う機能を発現する磁石、さらには磁石の ON/OFF 機能を併せ持つ磁石です。このような全く新しい磁石は、原子・分子のボトムアップの分子設計で作られ、“分子磁石”と呼ばれています。

今回開発された材料は多孔性分子材料の一種で、“多孔性分子磁石”と呼ぶこともできます。その化合物は、層状構造になっており、その層の間に有機小分子を出し入れできるのが特徴です。元々、この多孔性分子材料は磁石としての性質を持ちません。すなわち常磁性状態です。しかし、ベンゼンなどの有機小分子を吸着すると、フェリ磁性体や反強磁性体になることを確認しました(図1)。本現象は、小分子が分子格子の構造変位を起こして包摂状態を安定化させることにより、分子格子の電

子状態を変化させることにより生じます。そのため、変位する磁石の種類は、溶媒分子と包摂構造に依存します。本成果は、非磁性体に反磁性物質を吸着することで“磁石”を作った初めての例です(溶媒を除くことで可逆)。化学物質の持つ多様性が直接その物理特性に反映される、すなわち“物質による物性制御”を実現したという点で、基礎・応用の両面から大変意義深い結果だと考えられます。このような材料は、化学的刺激により駆動する新たな分子デバイス創製に繋がると期待されます。

本研究は、2021年4月14日付けで米オンライン科学誌「Journal of the American Chemical Society」にオンライン掲載され、Supplementary Cover としても選出されました。

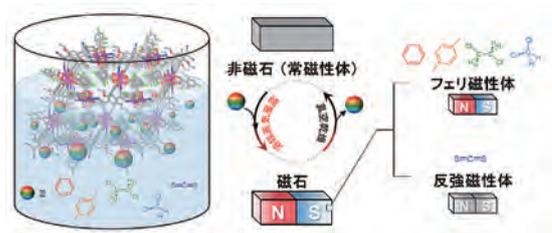


図1 本研究の概念図。有機小分子を吸着させることで、非磁石状態から磁石状態へと変換する

妊娠中の運動で子供の肥満を防ぐ

楠山 譲二 助教 (新領域創成研究部)

近年、妊娠中の生活習慣が、子の病気のなりやすさに大きく関わることが知られています。肥満や2型糖尿病はその代表的疾患です。胎児期に受けた影響による疾病リスクは、成長した子供が健康な食事や運動に努めても簡単には覆せないことが分かっています。そのため、肥満リスクは親から子へ世代をまたいで伝わってしまうことになります。この生活習慣病の次世代伝播を食い止める方法の確立が、私の研究テーマの大きな柱です。

我々はマウスによる研究で、母親が妊娠中に運動すると、子供は将来、太りにくくなることを明らかにしました(Kusuyama et al. Cell Metabolism 2021)。習慣的な運動は健康を保つ最も大事な要素の1つですが、健康の有益な効果は母親(現世代)のみならず、子(次世代)にも及んでいたのです。それではどのように運動効果は子供へ伝わるのでしょうか。鍵となる臓器は、妊娠中に母親から子へ栄養や酸素を送り届ける臓器である「胎盤」でした。妊娠中の運動によって、胎盤はSOD3(スーパーオキシドジスムターゼ3)と呼ばれるタンパク質を産生します。SOD3は臍帯(へその緒)を通じて子の肝臓に働きかけ、子に太りにくくなる体質を獲得させることが分かりました。ヒトの妊婦さん達に協力していただいた研究でも、毎日の活動量が多いほど血中や胎盤のSOD3量が多いことを確認でき、ヒトで同様の現象が起こっていると予想されます。また我々は、SOD3の産生にはビタミンDが重要な栄養素であることも見出しました。外で日光(ビタミンD合成を促します)を浴びながら運動をする健やかなライフスタイルは、本人のみならず子

供の健康増進にも大切なのです。

今後は、①なぜ運動をすると胎盤に刺激が伝わるのか(SOD3が分泌されるのか)、②最も効果的な妊娠中の運動プログラム(種類・時期・栄養)は何か、③胎盤の情報伝達器官としての機能の解明、といった点から、胎盤を中心とした新しい生物医学の創成にチャレンジしていきたいと思っています。

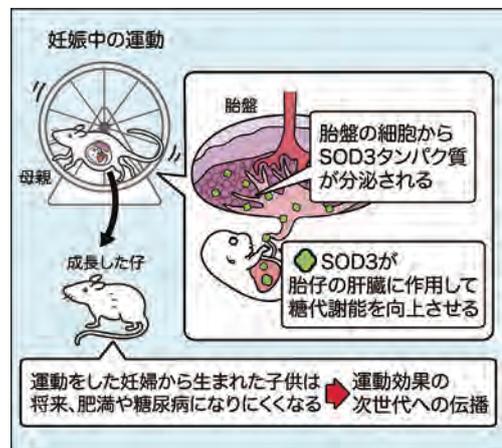


図 妊娠中の運動効果は胎盤由来のタンパク質を介して子供に伝わる。妊娠中に運動すると胎盤からSOD3と呼ばれるタンパク質が分泌されており、SOD3が母親の運動効果の子供へと伝える仲介物質として機能しています。母から子への運動効果の伝わり方が世界で初めて明らかとなりました。

チタン酸バリウムの分極ナノドメインの電場応答を初めて可視化

津田 健治 教授 (先端学際基幹研究部)

チタン酸バリウム (BaTiO₃) は代表的な強誘電体であり、スマートフォンや自動車用に欠かせない積層セラミックコンデンサーなど誘電体デバイスを支える主要な材料です。その誘電特性には、電場により反転可能なマイクロサイズの「分極ドメイン」のふるまいが深く関与していることが知られています。これに加えて、数ナノメートル程度のきわめて微小な「分極ナノドメイン」が内在していることが近年報告されました。しかしながらその電場応答を直接観察した例はありませんでした。今回、多元物質科学研究所の森川大輔助教と学際科学フロンティア研究所の津田健治教授のグループは、収束電子回折法を用いて分極ナノドメインを可視化し、その電場応答を直接観測することに成功しました。

分極ナノドメインを作る原子の位置変化はピコメートルのオーダーであり、通常の透過型電子顕微鏡像での検出は困難です。本研究で用いた収束電子回折法で得られる回折図形は、ピコメートル程度の原子変位による分極の存在を敏感に反映します。

電場印可その場観察実験を行うため、図1に示すように、集束イオン (FIB) 加工装置を用いて幅約6マイクロン、長さ約2.5マイクロン、厚さ約100ナノメートル程度の薄板を作製しました。1ナノメートル程度に収束した電子ビームを試料面上でスキャンし、各ビーム位置での収束電子回折図形を取得しました。

図2に電場印加による分極ナノドメイン分布の変化を示します。この分布は、収束電子図形の鏡映対称の破れを定量評価することで可視化されました。電場印可に伴ってナノスケールのドメイン分布の複雑な変化が観察されました。このふるまい

を説明する異なる分極方向を持つ分極ナノドメイン配列のモデルを提案しました。

本研究を踏まえて、分極ナノドメインの電場応答に関する知見は今後の新規強誘電材料探索や性能向上に寄与することが期待されます。この研究成果は、2021年8月3日 (米国東部時間) に、米国物理学協会 (AIP) の科学誌「Applied Physics Letters」にて公開されました。

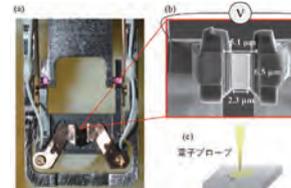


図1. (a) 電場印可その場観察用透過型電子顕微鏡試料ホルダーとチタン酸バリウム実験試料。(b) 試料およびPt電極部の走査型電子顕微鏡像。(c) 収束電子回折法の模式図。(Morikawa and Tsuda, *Appl. Phys. Lett.* 119, 052904 (2021); doi: 10.1063/5.0058977 の Fig. 1 より構成)

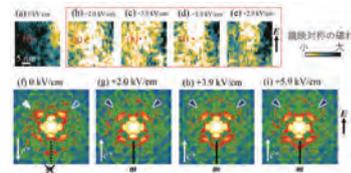


図2. (a)-(e) 電場印加下のチタン酸バリウムの分極ナノドメインの分布の変化。(f)-(i) 電場印加下の収束電子回折図形の変化。この図形の鏡映対称の破れを定量評価することで分極ナノドメイン分布 (a)-(e) を可視化した。(Morikawa and Tsuda, *Appl. Phys. Lett.* 119, 052904 (2021); doi: 10.1063/5.0058977 の Fig. 3 より構成)

最期を迎えた超巨大ブラックホールの発見 3000 光年寄り道した光が捉える超巨大ブラックホールの最期の輝き

市川 幸平 助教 (新領域創成研究部)

銀河の中心にある超巨大ブラックホールは、時に周りから落ちるガスを飲み込んで成長し、その際にガスの重力エネルギーが開放されて光で明るく輝き、この状態を活動銀河核といいます。その一方で、活動銀河核の終焉の現場は、長らく発見されてきませんでした。いままで発見されてきた超巨大ブラックホールの質量はせいぜい太陽の100億倍程度であることから、この活動はいつか終わりを迎えるはずですが、しかし、いったん活動をやめると超巨大ブラックホールの周辺は急激にその輝きを失い観測不可能となってしまうため、その現場を捉えるのは非常に困難でした。

そこで、私達は Arp 187 という天体に着目し、活動銀河核が作るおよそ3000光年にもおよぶ電離領域を「鏡」として利用することで、3000年ほど遅れて地球に届いた過

去の活動銀河核の光度を見積もりました (図1参照)。

さらに NASA の NuSTAR 衛星による X 線観測から得られた現在の光度との比較を行いました。その結果、活動銀河核の光度が、この3000年程度で1000分の1以下にまで暗くなったことが明らかになり、活動銀河核が死につく瞬間を捉えることに成功しました。

この研究では、アルマ望遠鏡と米国の電波干渉計 VLA の観測結果をもとに、Arp187の活動銀河核から噴き出すガスの広がりを測定しました。また、アルマ望遠鏡による観測で Arp187 中心核からの電波が検出されなかったことも、活動銀河核の活動が非常に弱まっていることを示す根拠となりました (図2参照)。

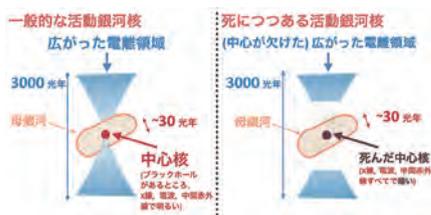


図1 (Fig1_FRISnews12_Ichikawa.jpg)
caption: 死につく活動銀河核のイメージ図。一般的な活動銀河核は広がった電離領域 (約3000光年) と中心核 (<30光年) の両方で明るく輝くが、死につく活動銀河核では中心核はすでに暗くなり、広がった電離領域のみが明るく輝いている。(クレジット: Ichikawa et al.)



図2 (Fig2_FRISnews12_Ichikawa.jpg)
caption: VLA 望遠鏡とアルマ望遠鏡の観測から得られた Arp 187 の電波画像 (VLA 4.86 GHz に青、VLA 8.44 GHz に緑、アルマ望遠鏡 133 GHz に赤を割り当てた擬似カラー画像)。2つの電波構造が見えるが、中心核 (画像中央部) は暗いことがわかる。(クレジット: ALMA (ESO/NAOJ/NRAO), Ichikawa et al.)

ハードカーボン内のNaイオン貯蔵メカニズムを解明 高性能Naイオン電池負極の実現に向けて

韓 久慧 助教 (新領域創成研究部)

Naイオン電池は、資源として豊富にある Na 元素を用いるため、リチウムイオン電池の低コスト代替品になると期待されているが、実用化へ向けた課題は高性能な電極の開発です。グラファイトのアモルファス同素体である「ハードカーボン」は、大容量で安価のため、Naイオン電池の負極材料として期待されています。しかし、アモルファスカーボン（無定形炭素）の無秩序な構造を制御して特性を明らかにすることが困難であるため、ハードカーボン内における Naイオンの基本的な貯蔵メカニズムが長い間の議論でした。

本研究では、原子レベルで構造を精密に制御できるアモルファスカーボンを低温脱合金法で開発しました（図1）。これを用いて、ハードカーボンの局所構造と Naイオンの貯蔵容量 / 電位との相関関係を定量的に調べました。その結果、3段階からなる Naイオンの挿入と吸着のメカニズムが分かりました（図2）。低電位の局所グラファイト領域での Naイオンの挿入 (I)、中電位のグラファイト領域の欠陥のある箇所での Naイオンの吸着 (II)、さらに全電位における完全にランダムな炭素内での Naイオンの吸着 (III) が起こるとする新しいモデルを示しました。

本研究は、ハードカーボン内の Naイオン貯蔵に関する重要な実験的証拠と新しい観点を示すものであることから、今後高性能ハードカーボン負極の設計と Naイオン電池の実用化を促進することが期待されます。この研究は日本学術振興会科学研究

費助成事業若手研究からの支援を受けて実施されたもので、米国科学誌「Nano Letters」に 2021 年 6 月 7 日に掲載されました。

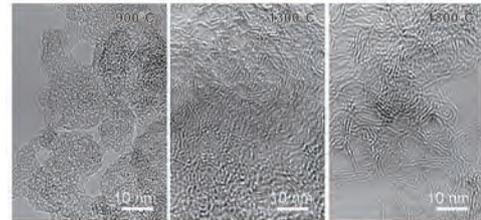


図1. アモルファスカーボンモデル材料の高分解能透過型電子顕微鏡像。アモルファスカーボンは脱合金法により合成され、その後の熱処理の温度に応じて種々の局所構造が生成された。

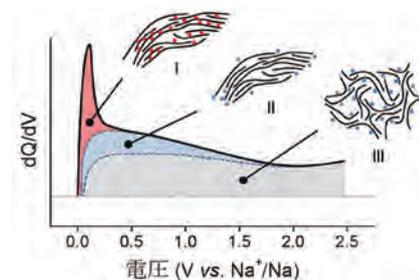


図2. 3段階からなる、ハードカーボンでの Naイオンの貯蔵メカニズム

Event Report

学都「仙台・宮城」サイエンス・デイに初出展

2021 年 7 月 18 日に開催された科学イベント・学都「仙台・宮城」サイエンス・デイ 2021 に、学際研として初めて出展しました。サイエンス・デイは「科学の“プロセス”を子どもから大人まで五感で感じられる日」をコンセプトに、2007 年から開催されているイベントです。今年オンラインでの開催でした。

学際研からは、ハワイにある「すばる望遠鏡」のデータを使って学際的な研究成果を出している當眞賢二准教授と、以前に「すばる望遠鏡」の運用現場にいた藤原が、「仙台発ハワイ経由、ダークマター探しの旅」というテーマでビデオ講演を行いました。また、鈴木一行特任准教授が全体の案内役を務め、学際研全体の紹介も行いました。

公開したビデオ講演は 300 名程度が視聴したと推定され、特設ウェブサイトには質問も寄せられました。初めての出展かつオンライン開催ということで、やや手探りでの準備でしたが、学際研での研究活動の一端に触れていただく機会になったかと

思います。

学際研究のワクワクをより多くの方にご紹介できるよう、対面イベント出展なども含め、今後もアウトリーチ活動を積極的に展開できればと考えています。

藤原英明 (企画部)



ビデオ講演のカットから。講演では宇宙に関するキレイな写真なども多数ご紹介しました。

産学連携イベント「The 5th FRIS-TFC Collaboration Event」開催

2021年7月15日に「Departing the Ivory Tower: A workshop on Entrepreneurial Research」というテーマで、The 5th FRIS-TFC Collaboration Eventをハイブリッドで開催しました。本ワークショップは、東北大学の三つの理念のうちの一つである「実学尊重」に基づく、大学での研究成果をいかに効果的に社会で実用化することができるか、について参加者の皆様と議論しました。今回、スイス École Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL) の Fabien Sorin 先生や本学産学連携先端材料研究開発センター (MaSC) の吉田栄吉副センター長にご講演いただきました。さらに、本学の3名の若手研究者も自身の(各々の or 各自の)研究について発表いただきました。

まずはじめに、スイス EPFL Sorin 先生に EPFL での最先端のファイバ・テキスタイルの研究開発とその実用化についてご講演いただきました。その後、本学でもファイバ・テキスタイルに関して多角的な視点から研究を進める研究者や留学生にも続いて発表頂きました。材料科学高等研究所 (AIMR) に所属している留学生 Sonia Mahmoudi さんにより、ファイバやテキスタイルの構造と機能の関連性について、数学の視点からの研究成果を紹介頂きました。また、EPFL Sorin 先生との共同研究を実施している環境科学研究科の岩間智紀さんには、ファイバの電気化学イメージングへの応用についての研究成果を発表頂きました。

その後、第二部として、本学の産学連携について詳しく知る

ため、企業の動向に詳しい先生方にもご講演頂きました。本学の吉田先生には「センダストに係る産学連携の変遷」というテーマで、東北大学の産学連携への取り組みについてご紹介頂きました。また、本研究所の起業家である阿部博弥先生には、現代社会での重要課題である持続可能なエネルギー問題の解決に貢献可能な高活性電極触媒の研究開発から社会実用までの経験を共有いただきました。

それぞれの発表後、参加者たちによる活発な議論が行われました。

本ワークショップは、産学連携への取り組みに関心がある学生・研究者・企業の多くの方々のご参加いただきました。学术界と産業界の研究者・技術者の方々が共に学び、交流を深める場及び若手研究者が活躍できる場を提供できたと思えます。

今回、コロナ禍の状況下、ハイブリッド開催で、さらに技術的にも運営面でも新たな試みが数多くあった中、TFC 運営事務局や学際研事務局のスタッフの皆さまの多大な努力により本ワークショップを成功裏に終えることができました。

郭 媛元 (新領域創成研究部)



「第6回 FRIS/DIARE Joint Workshop」開催

FRISの教員はDIAREの教育院生と連携し、ほぼ毎月FRISにて「全領域合同研究交流会」を開き、様々な分野の口頭発表・ポスター発表を題材に活発な議論を行っています。そして夏には「FRIS/DIARE Joint Workshop」として100名規模の大ポスター発表会を開き、学内で現在行われている様々な学際研究を網羅的に知り、交流を広げる活動を行っています。

今年度のJoint Workshopは昨年度と同様にオンライン形式とし、8月2日に開催しました。今回いくつかの新しい試みを行いました。まず事前に、参加者が各々の顔写真・研究概要・提供できる技術・求めている技術等をGoogleスプレッドシート上に書き込み、皆で共有することを行い、交流の準備期間を作りました。これはFRISの岡本泰典助教のアイデアです。そしてポスターセッションは、昨年度と同様に、甲斐洋行助教(材料科学高等研究所 AIMR)が作成し高評価を得ている、バーチャルポスターセッションを利用しました。今回は音声通話もできるように改良されました。チャットに議論内容が残る、第三者も後からそれを追うことができる点が対面会合にない良さです。33名の院生と17名の助教によるポスター発表があり、

約120名の参加者がありました。さらに、DIAREのOG・OBの林真貴子博士(New York University Langone Medical Center)と熊谷正吾助教(環境科学研究科)にZoomを使った招待講演を依頼しました。それぞれタイトル「七転八倒(起?)アメリカ研究生活記~学際経験を総動員し生き延びたこの1年~」と「ケミカルリサイクルのフロンティアを追い求めて~研究教育院生採択からの10年間~」の講演を行っていただきました。非常に好評であり、多くの参加者に刺激を与えるものとなったようです。最後にはZoomのブレイクアウトルームを使って、院生同士や院生と助教の情報交換、雑談の場を設けました。これはFRISの佐藤佑介助教が企画してくれました。異分野で学年も異なる院生同士の交流や助教によるキャリアパスやワークライフバランスの助言などがなされ、有意義な場となりました。事後のアンケートでは、各セッションについて概ね高評価をもらいましたが、いくつかの改善すべきポイントも指摘してもらいました。今後の企画に生かしたいと思います。

當真賢二 (先端学際基幹研究部)

「第24回学際研セミナー」開催

2021年8月23日に、オンラインミーティングにて第24回学際科学フロンティア研究所セミナー「What is Research Impact? / Creating a High Research Impact Plan」をTI-FRIS学術インパクト講座と兼ねて開催しました。本セミナーでは、東北大学 総長・プロボスト室から大野林太郎講師をお招きして、研究インパクトにはどのようなものが考えられるのか、そして研究インパクト向上のための方策について講演いただきました。開催の目的としては、研究計画の構築や研究における価値観の醸成・変容へのヒントを提供することとし、外国人研究者にも情報を提供するため、英語(部分的に日本語と英語)に

で行いました。今回は前半に入門編、後半に実践編とする2部構成として、入門編では研究インパクトの解説、実践編では参加者への事前課題に対するアドバイスを中心とした内容で講義いただき、参加者数は所内14名、所外13名の計27名となりました。

本セミナーは、学際研所属教員や研究プログラム実施教員、または企画部が特定テーマについて所内外に講師を依頼して企画するものです。今後も本学および本研究所の研究活動に資するセミナーの開催に努めたいと思います。

鈴木一行 (企画部)

「2021 FRIS/TI-FRIS 若手研究者学際融合領域研究会」開催

2021年8月3日に、オンラインとオンサイトのハイブリッド形式にて2021 FRIS/TI-FRIS 若手研究者学際融合領域研究会（FRIS/TI-FRIS リトリート）を開催しました。今回の当研究会では、FRIS および TI-FRIS フェローの研究者間の交流を通し、新たな研究者ネットワークの構築や研究の発展のきっかけとなる場となることを目的として企画しました。特に昨今のコロナ禍においては、若手教員間交流の機会が激減しており、互いの技術・知識を共有するための議論どころか、それ以前に若手教員同士が『知り合う』きっかけすら乏しい状況となっています。学際研究への展開には、互いの技術・知識を共有するための深い議論が必要です。本イベントでは、FRIS 教員および TI-FRIS フェロー間の交流のきっかけを提供し、個々の関係を深化させることで、学際研究への展開を加速する良好な関係性の構築を目指しました。

開催に先立って事前にチームコミュニケーションツール Slack を利用した自己紹介および研究紹介などで参加者の情報を共有し、当日はオンラインではリモートイベントツール REMO Conference、オンサイトでは学際研セミナー室、会議室および FRIS CoRE ラウンジにて、計 59 名（オンライン 39 名、オンサイト 20 名）の研究者が参加しました。今回は特定のテーマの講演などは設定せず、自己紹介とフリーディスカッションを中心としましたが、約 5 時間にわたって様々な話題に対して非常に活発な意見交換が行われました。

今後、このイベントで受けた刺激や行われた交流をもとに、各研究者がそれぞれの研究を進展させていくことが期待されます。

鈴木一行（企画部）



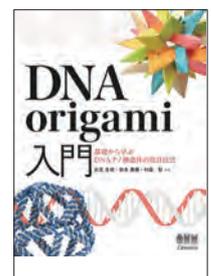
書籍紹介

DNA でつくろう！ ～分子工作へのいざない～

鈴木 勇輝 助教（新領域創成研究部）

「ナノマシン」や「ナノロボット」と聞くとサイエンスフィクション（SF）の映画やアニメを連想される方も多いでしょう。本書で詳しく解説している「DNA origami」は、そんな SF の世界をぐっと現実に近づけた技術といっても過言ではありません。DNA origami は多数の短い合成 DNA によって長い一本鎖 DNA を折りたたむことで、ナノメートル（ $= 10^{-9}$ m）オーダーの精度でさまざまな形状の人工物を創り出す技術です。この手法の利点は、ほぼ任意の形状を分子の自己集合で実現できることにあります。カプセルのような中空構造も、蝶番のような可動部をもつ機械要素も、配列設計した DNA を混ぜ合わせるだけで作製できます。さらに、作製した DNA origami の内部や表面には、タンパク質、金属粒子といった分子を並べることもできるため、アイデア次第でさまざまな機能や動作を実装することができます。

本書は、DNA origami を使ってみたい、作ってみたいと考える方の要望に応えることを目的としています。DNA 分子の基本的な性質や DNA ナノ構造の設計原理を解説したうえで、無償の DNA origami 設計ソフトウェア“caDNAAno”について、インストールから使い方まで順を追って説明しています。特別な予備知識がなくとも、PC が一台あれば、本格的な設計技術をマスターすることができると思います。ぜひ、本書を片手に、独自の DNA ナノ構造を設計してみてください！



編集後記

本年は 1 月以降に 6 名の助教を新たに迎えました。また、様々な変革や取り組みの拡大で業務量が増大する一方だった企画部にも待望の新戦力が加わりました。巣立っていった研究者の抜けた穴は小さくないものの、これからの研究所のアクティビティーが様々な面で一層強化されることは間違いありません。これまでに蓄積された多様な知見と新たな力でさらなる発展を目指していきたく思います。



公式 Twitter
はじめました。



学際科学フロンティア研究所の公式アカウントを開設しました。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

FRIS news No.12

2021.12 [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

