

FRIS

Frontier Research Institute for Interdisciplinary Sciences,

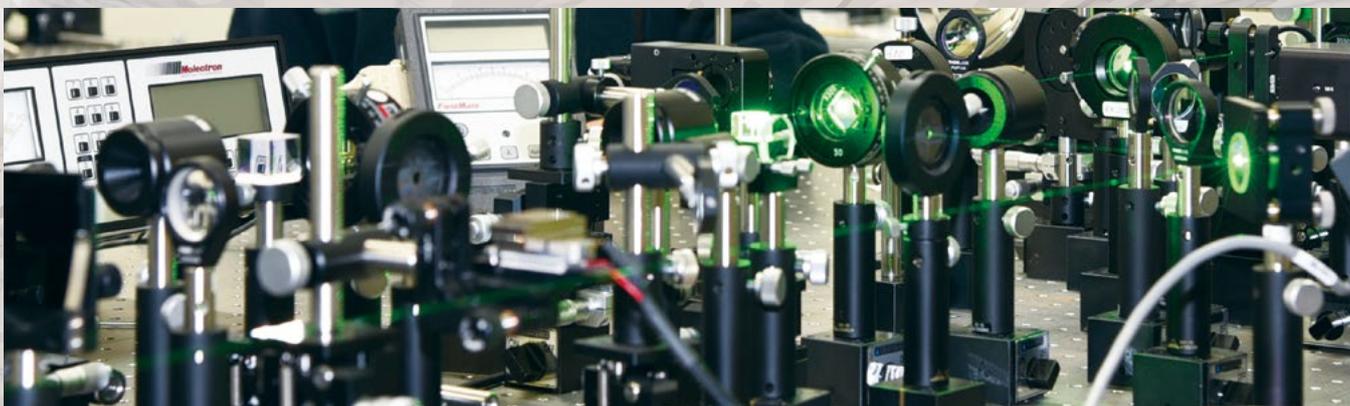
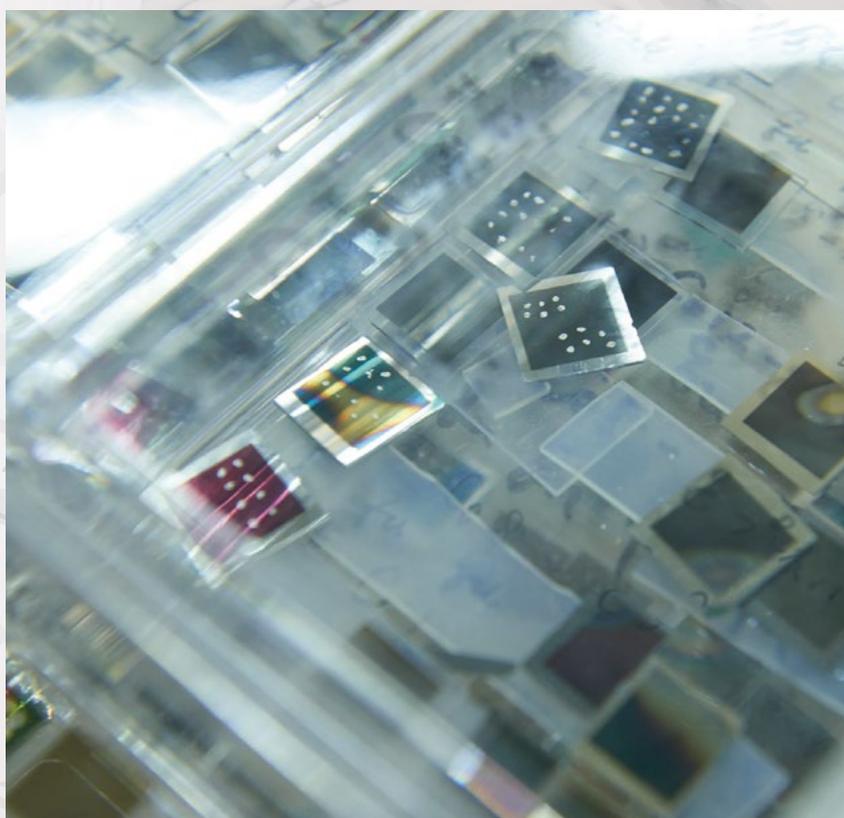
news [No.02]



TOHOKU
UNIVERSITY

2015. 03

東北大学 学際科学フロンティア研究所ニュース 第2号



【写真】

左上：スパッタ装置で成膜された薄膜サンプル（増本研究室）、右上：すばる望遠鏡により近赤外線で撮像した木星（津村耕司助教研究成果より）
©2014, National Astronomical Observatory of Japan、右中：トランスジェニックゼブラフィッシュの採卵（東海林研究室）、下：非線形フォトニクスのレーザー実験系（谷内研究室）

巻頭言

学際科学フロンティア研究所
所長 佐藤 正明



Contents

- 02
… 巻頭言
- 03-11
… 新任教員研究紹介
- 11-12
… プログラム採択研究
(平成 26 年度)
- 13
… 受賞
… 主な発表論文
- 14-15
… プレスリリース
… Events(開催実績)
- 15
… Information(お知らせ)

前号の「FRIS ニュース」第1号は、平成 26 年 3 月に発刊されましたが、その後、学内共同教育研究施設等の再編により平成 26 年 4 月から学際科学フロンティア研究所は独立した形により発展的に学際研究の推進と若手研究者支援を行うことになりました。本研究所は、使命として「異分野融合による学際的研究を開拓し、及び推進するとともに、各研究科、各附置研究所及び国際高等研究教育院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を創出し、より豊かな人類社会の発展に貢献することを目的とする。」を掲げております。この目的に沿って、次に示す3つの柱を設け、活動しております。

- ◇ 先端的学際研究の推進
- ◇ 学内学際研究の発掘
- ◇ 若手研究者の支援

本研究所は、企画部、先端学際基幹研究部、新領域創成研究部で構成されています。平成 26 年 4 月には、企画部に URA (特任准教授) 1 名、新領域創成研究部に准教授 1 名、助教 9 名を迎えました。また、平成 27 年 1 月には助教 6 名が新たに加わっております。

教員による研究成果には、国際学術誌 Nature, Science, Nature Communications などへの論文掲載や国内外の学会での受賞が多数見られます。研究所の活動の柱の1つである学内学際研究の発掘では、理学研究科 村上准教授の「プログラム研究」の成果が Nature Communications に掲載され、新聞等において大きく取り上げられました。

また、「学際研究支援プログラム」に採用されている薬学研究科 立川准教授におかれても平成 27 年度日本薬学会奨励賞を受賞されています。

この他、本研究所の若手教員と国際高等研究教育院の学生との間で全領域合同研究交流会、コロキウム、セミナー等多くの様々な催し物が企画され、活発な研究交流が行われています。

このような私共の研究成果、受賞、活動等はホームページ <http://www.fris.tohoku.ac.jp/fris/index.html> に随時掲載しておりますので、ぜひともアクセスしていただければ幸いです。

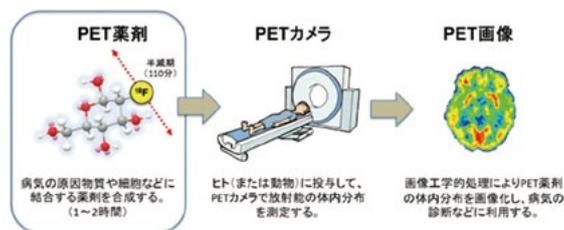
本研究所は、現在の形態を取り始めてやっと1年が経過しようとしております。今後とも皆様のご協力・ご支援を頂きますようよろしく申し上げます。

FRIS
Frontier Research Institute for Interdisciplinary Sciences,
news
[No.02]



古本 祥三 准教授

分子イメージング、
放射線医薬品学、核医学



新しいPET診断法につながる新規PET薬剤の開発

私は、陽電子放射断層撮影 (positron emission tomography: PET) による分子イメージング研究、特にトレーサーとして利用するポジトロン標識プローブの開発とその活用法に関する研究に取り組んでいます。PETによる研究は、(1) 独創的で実用性の高いPETプローブの創製 (放射性医薬品学)、(2) 高感度な画像化法及び高精度な解析手法の構築 (画像工学)、(3) 画像化と生命現象・疾患病態との生物学的・医学的関連性の検証 (核医学) について、各分野の専門家が協調して融合的に取り組む必要があります。すなわちPET研究は、薬学・工学・医学の領域が密接に連携する必要があり、まさしく学際的研究であるといえます (上図)。私自身は、

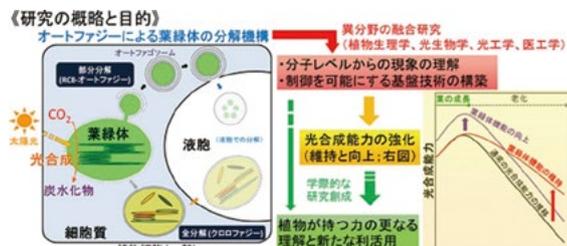
(1)のPETプローブ開発を専門としています。具体的には、PET分子イメージングによりアルツハイマー病 (AD) の脳内で起きている神経病理変化を非侵襲的に可視化するためのプローブ開発にとり組んでいます。これまでに重要な神経病理変化であるタウタンパク質の異常蓄積をPETで可視化するためのプローブ18F-THK-5117を開発し、その有用性を臨床研究で評価しています。また、がんの早期診断や治療評価に役立つPET用イメージング薬剤の開発研究にも精力的に取り組んでいます。最近、がんの糖代謝に着眼した18F-FDM (フロロデオキシマンノース) の実用的製造法を確立し、その薬剤を使って小動物PETでラットのがんを感度よくイ

メージングすることに成功しています。さらに新しいテーマとして、ミトコンドリア膜電位感受性プローブの開発研究にも着手し、すでに簡便で汎用性の高いフッ素18標識プローブの合成法を開発して数多くの誘導体合成を展開しています。将来的には、心筋血流イメージングやアポトーシスイメージング、褐色脂肪細胞イメージングなどへの応用を計画しています。このように、ポジトロン標識プローブの開発を通じて、生命現象を個体レベルで統合的に理解するための基礎研究はもちろんのこと、重要疾患の診断・治療評価技術の高度化につながる応用研究や社会的要請の強い新薬開発の加速化に資する研究を目指しています。



泉 正範 助教

植物生理学、細胞生物学



植物は、太陽光を利用し、CO₂と水から酸素と有機物を生産する光合成により成長します。そして我々ヒトを含む動物は、炭水化物のような光合成由来有機物を摂取することで栄養を得ます。また現代産業を支える化石燃料も、太古の光合成産物の地中堆積に由来するものです。つまり我々は、生命・健康を支える食料から、生活・産業を支えるエネルギーまで、植物とその光合成機能に依存して暮らしていると言えるのです。ゆえに植物がいかに生きるかを解明していくことは、我々の生活と密接に関わる重要な研究です。さらに近年では、世界人口の増大に伴う食糧危機、化石燃料の消費

に伴う大気CO₂濃度の上昇、という諸問題に対応するため、光合成を中心とする植物の能力を詳細に理解し、その強化を実現していくことが重要な研究課題となっています。

光合成反応は、「葉緑体」という植物特有の細胞内小器官で行われます。私達はこれまでの研究で、「オートファジー」と呼ばれる現象により葉緑体が分解されることを明らかにしてきました (上図を参照)。オートファジーは、隔離膜で取り囲んだ細胞質成分を、分解場所である液胞に輸送する機構です。さらに最近の私達の研究で、この分解が光合成能力の変動に直接関わることが分かってきています。

オートファジーを中心とする葉緑体分解機構を分子レベルから解明することで、その制御を可能にする技術を構築し、光合成能力の強化につなげていくことが私の研究の目的です。その実現のため、現在は、光工学や医工学分野と連携した植物の先駆的なイメージング解析や、新たな研究材料を確立する共同研究等、目的達成に近づく新発見を目指した解析を行っています。それだけでなく、異分野の様々な研究者とのネットワークを構築、駆使していくことによって、植物がもつ力を社会・産業に還元できる研究領域を創り出すことも一つの目的とし、研究活動を行っています。



畠山 裕康 助教

細胞生理学

細胞内における分子の動きは、あらゆる細胞機能の発現を司る決定因子の一つです。したがって、細胞機能を理解するためには、細胞内部で起こる分子の動きを可視化して正確に計測して定量化できる手法が求められます。近年のライブイメージング技術の発展により生きた細胞内で起こる分子集団の動きの可視化は比較的容易に行えるようになってきましたが、その一方でそれを正確に検出し定量化することはしばしば困難を極めます。この理由として、広く用いられる可視化法では多数の分子

集団で構成される平均的挙動を観察していることが挙げられます。

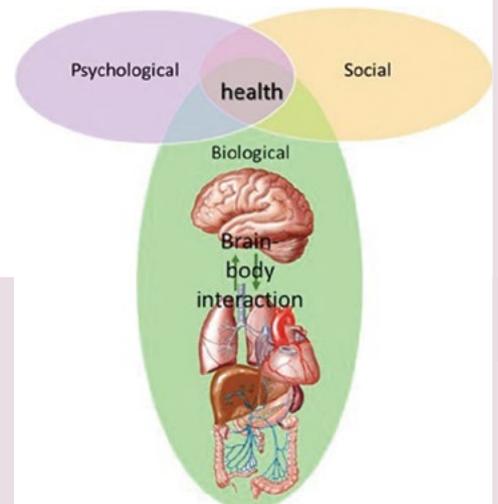
そこで私たちは最近、リサイクリングタンパク質の細胞内における一分子挙動を高精度にナノ計測し、それを総体的に解析した分子動態によって細胞機能とその障害とをシステムとして理解できる独自の計測系を確立しました。そしてこの計測を通じ、1) 細胞内における分子動態には、その時点で細胞が置かれた環境に適応した秩序構造が存在すること、2) 細胞応答は刺激等に伴う分子動態の遷移によって示されること、3) 分子動

態の秩序的な構築や遷移の攪乱は疾患と直結すること、を示唆する知見を得てきました。私は、この独自の技術をさらに発展させ、先進的光学計測技術を駆使しながら生理的・病態生理的に重要な分子群の動態計測を行うことによって、遺伝子発現や修飾等の「量の変動」によって理解されてきた従来の細胞生物学とは異なる「動態の変動」に基づいて生命機能を理解する新たな学問体系の構築を目指します。この過程において、情報処理・材料工学等の学問領域との学際研究を進めていきたいと考えています。



鹿野 理子 助教

心身医学



私の研究テーマはストレスの健康への影響、特に身体疾患への影響を検討し、ストレス関連疾患のメカニズムを解明、治療介入方法を確立することです。心身医学的アプローチであるBio-Psycho-Socialモデルにより、生物学的、医学的側面からだけでなく、心理社会的因子も含めたより大きな意味での生理現象として問題を捉えることを目指しており、学際的研究が有効な領域であります。

現在の主な研究プロジェクトとしては、ベルギー、ルーベン大学および、フランス、グレンブルの研究所との共同研究で、代表的なストレス関連疾患である、消化管機能障害、および慢性機能性疼痛障害の疾患群に共通する、中枢性の疼痛制御機構の検討を行って

おります。これらは一般的な検査で器質的異常を認めないものの、疼痛や不快感、消化器症状が持続する機能的疾患ですが、症状が出現する部位が異なるにも関わらず、共通の因子があると考えられます。研究プロジェクトでは、その共通基盤が脳での内臓感覚の制御機構の変化にあると仮説し、対象の4疾患群、各研究所で同一の研究プロトコルを用いて、中枢における共通神経基盤を明らかにすることを目的としています。マルチモダルな脳画像検査を行うと同時に、心理社会的因子の評価、末梢臓器の機能、自律神経系、内分泌反応に表されるストレスへの生理学的反応を検討し、疾患群に渡って見られる共通メカニズムを横断的に比較検討すると共に、中枢機能変化と身

体機能変化、および社会心理学的影響の関係を群内で比較検討することにより、多層的に現象を解明するプロジェクトです。

ストレス関連疾患の解明には、局所で起きている現象だけではなく、部分を統合して現象を把握し、ヒトを全体として理解する視点が不可欠と考えます。自然科学、人文科学の垣根を越えた学際研究により更なるストレス関連疾患の解明、治療法の確立を目指しています。



下権谷祐児 助教

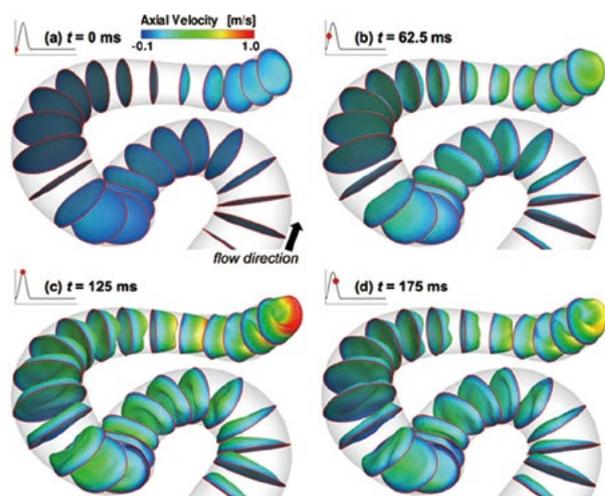
生体流体力学

脳動脈瘤（りゅう）とは脳の血管の一部が病的に膨らむ血管病です。その破裂によりクモ膜下出血が引き起こされ、多くの人命が失われていることから（日本で年間1万人以上）、脳動脈瘤の発生や破裂の問題は医学的に重要な研究課題となっています。

それらのメカニズムは未だよくわかっていませんが、これまでの研究により、「血流による血管壁への力学的負荷／刺激」が脳動脈瘤の発生に対して重要な役割を果たしていることが示唆されています。本研究では、血流による力学的負荷／刺激の時間的あるいは空間的な変動と脳動脈瘤発生との関連に注目しています。そ

うした時間的あるいは空間的な変動現象の詳細な評価を可能にするのが、医用画像処理と計算流体力学の融合技術です。前者はCTあるいはMRIなどの医用画像に基づいてその人自身の血管形状を仮想的に構築する技術であり、後者は血液の流れを流体力学の方程式に基づいて数値的にモ

デル化する技術です。これらの技術を融合することで、「その人自身の血行動態」を再現することができますようになります。我々はこのような技術および医学研究者／医療機関との密な連携を基盤として、脳動脈瘤の血行力学的危険因子の同定を目指した学際共同研究を行っています。



3次元拍動流計算の一例



木蔭 英恵 助教

高周波軟磁性薄膜、
機能性材料

近年、電力不足問題などから、新規なエネルギー回収技術への関心が高まっています。光や振動、熱、電磁波など、身の回りの小さな環境エネルギーを収穫して、我々が使用できる電気エネルギーの形に変換する技術は「エナジーハーベスティング」と呼ばれ、発電量は小さいながらも、近未来の自立式ユビキタス電源になりうる可能性を秘めています。その中でも、私は通信用途で使用されない余剰な電磁波エネルギーに着目し、それらを捕集、直流電流に変換する機能を有する「エナジーハーベスティング用アンテナ（レクテナ）」を研究テーマとして選びました。ウェアラブル端末やスマート電源への

無線給電技術への応用も期待されます。

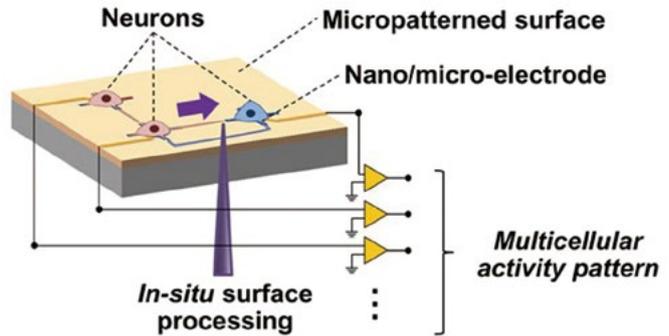
応用化に向けて、高効率に電磁波エネルギーを電気エネルギーに変換するには、何が必要でしょうか。ひとつとして、広い周波数帯域の電磁波に対応したアンテナ作製することが挙げられます。しかしながら、高周波帯域（MHz～GHz）の電磁波の波長長さに対応させて、アンテナ形状を設計する方法ではデバイスの大型化・低効率化が避けられません。電磁波は侵入する媒体材料の透磁率（ μ ）および誘電率（ ϵ ）が大きいと波長が短くなる性質があります。この性質を利用して、アンテナの媒質材料に、磁性材料（high- μ ）または誘電材料（high- ϵ ）を用いること

で、アンテナを小型化することができます。

これまで私は材料分野において、磁性ナノ粒子を誘電体中に分散させたナノヘテロ複相膜の創製を行ってきました。これらの high- μ 、high- ϵ 複相膜をアンテナ材料へ応用すれば、波長短縮効果からアンテナ素子の小型化が期待できます。今後は、ナノレベルの材料構造制御に加えて、デバイス分野の微細素子化に取り組み、新規エナジーハーベスティングデバイスの設計・開発を行ってまいります。異分野の知見を深めつつ、環境や医療などの幅広い分野へ学際的に展開して行きたいと考えております。



山本 英明 助教
ナノバイオ工学



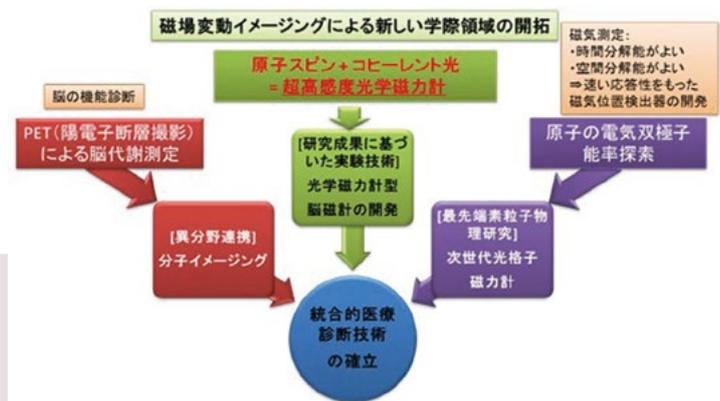
半導体集積回路の主要素子であるトランジスタは、微細化するほどその性能が向上します。そのためエレクトロニクス分野においては過去50年に渡って、材料をマイクロ、さらにはナノメートルスケールで加工するための技術が精力的に開発されてきました。一方、化学の分野では1980年代以降に、分子の自己組織化現象を応用してナノスケールの構造体を作製する方法が研究されました。

このようなナノ加工技術を生命科学研究に活用することにより、これまでに知られていなかった現象を発見したり、新しい医工学技術を開発したりすることが可能になります。私は特に、ナノ加工技術と神経細胞の培養技術とを融合させて、脳神経系が

どのようにして情報処理を行っているのか、その動作原理に工学の視点からアプローチしたいと考えています。



井上 壮志 助教
原子核物理、原子物理



磁場、及び磁場変動を感度よく測定する技術は基礎物理分野だけでなく、医学分野でも注目されています。基礎物理分野では磁場変動は物質を構成している基本粒子の内部自由度であるスピンの変移が要因の一つとなっており、その精密測定はスピンに付随する物理量により深い理解に繋がります。例えば、素粒子物理学の基礎となる標準模型を超える物理現象の発見に適した、素粒子の電気双極子モーメントを探索する際には、磁場変動を感度良く測定する必要があります。一方、医学分野に目を向けますと脳の電気的な活動により生じる極わずかな磁場、及び磁場変動を測定し、脳の機能障害等に関する知見を得る脳磁計に代表される生体磁気測定装置が活躍しています。現在、脳磁計に用いられている磁気セ

ンサーは超伝導量子干渉計 (SQUID) です。SQUID は超低領域の磁場、及び磁場変動が検出可能な磁気センサーですが、超伝導状態を利用した計測機構であるため、システムの維持・運転のコストが膨大になります。このように、磁場とその変動を高感度に検出可能な低コスト磁気センサーは基礎物理から医学まで幅広い応用が期待されます。

SQUID に代わる磁気センサーとして、原子スピンとコヒーレント光の相互作用に基づいた新たな現象・非線形磁気光学回転 (NMOR) 現象を用いた光学磁気センサーが注目されています。この NMOR 型光学磁気セ

ンサーは1) SQUID より1桁上の磁場、及び磁場変動が検出可能、2) 室温で動作が可能、3) 多数の磁気センサーを1台のレーザーで動作が可能、4) 対象となる原子をガラスに封入することでセンサーの小型化が可能という特徴があります。このような特徴を持つ NMOR 型磁気センサーをルビジウム原子を対象に開発し、基礎物理から医学にまたがる研究を展開していきたいと考えています。更には、センサーの対象としてレーザー冷却・捕獲された原子を用いることで更なる高感度な磁気センサーの開発にも取り組んでいきたいと考えています。



津村 耕司 助教
赤外線天文学



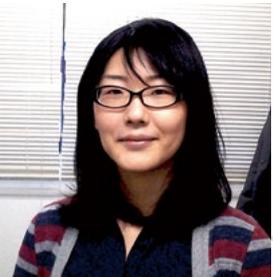
CIBER 4回目の打ち上げの様子
(2013年6月5日、NASA Wallops Flight Facilityにて)
撮影：新井俊明 (ISAS/JAXA)

宇宙で光を放っているのは、星や銀河など形のはっきりとした天体だけではありません。一見何も天体がないように見える空も、うっすらと光っているのです。何もない空の明るさ(面輝度)を近赤外線で見測した場合、それには(1)太陽系からの赤外線(黄道光)、(2)銀河系からの赤外線、(3)遠方宇宙からの赤外線(背景放射)の3成分が混じり合っています。私は、このような赤外線での面輝度観測を通して、近くの宇宙(太陽系)から遠くの宇宙(銀河系外)までの性質(何がどのような物理過程で赤外線に光っているか等)を併せて研究しています。

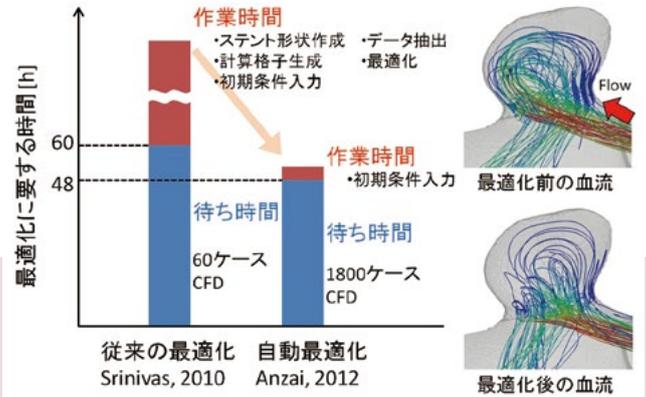
赤外線面輝度観測にとって、その何倍も明るい地球大気は大敵です。その為、宇宙からの天文観測が必要です。そこで、NASAの観測ロケットプログラムCIBERおよびCIBER-2を国際協力の下に進めています。CIBERでは専用の望遠鏡を独自に開発し、それをロケットに搭載して打ち上げ観測を実施します。CIBERは既に4回の打ち上げ観測に成功しており、現在はその発展型のCIBER-2を開発中です。他、赤外線天文衛星「あかり」のデータを用いた赤外線面輝度解析も進めています。また、ガリレオ衛星

食遮蔽法という新たな赤外線面輝度の観測手法を開発し、すばる望遠鏡、ハッブル宇宙望遠鏡、スピッツァー宇宙望遠鏡等を用いて観測を進めており、その副産物として木星の高層大気の研究も進めています。

この他、次期赤外線宇宙望遠鏡SPICA、次期小惑星探査機はやぶさ2搭載近赤外線分光器NIRS3、ソーラー電力セイルによる木星トロヤ群探査機搭載赤外線望遠鏡EXZITなどのJAXAの将来計画にも関わっています。



安西 眸 助教
デバイス・テクノロジー



デバイスの小型化・複雑化が進む現代において、シミュレーションの役割はますます大きくなっています。従来のデバイス開発では試作品を用いて実験を行い、得られた結果を基に改良のための試行錯誤が行われてきました。それに対して近年のデバイス開発では、実際に物を作って実験を行う代わりにコンピュータ上でシミュレーションを行うことによって、試作・実験の回数を減らし、開発効率の向上を図っています。さらにこの開発効率を向上させるためには、試行錯誤の回数を減らすことが重要になってきます。そのため、新しい設計に対し実験結果を正しく

フィードバックする必要があります。しかしながら特に複雑なデバイスでは、デバイスの精度や応答性、強度や耐久性、加工過程等の「考慮すべき点」が多数存在しており、またそれら全てを満足する必要があるため、そのフィードバックの方向性を定めることは難しいことが予想されます。このように複数の「制約」のもとで、複数の「目的」全てを満たす、より良い解を探すための手法として、最適化が注目を集めています。

本研究では、次世代に期待されるマルチスケール・マルチフェーズ・マルチフィジクスな応答を持つデバイスの設計支援のため、大規模最適化プラットフォームを確立することを目的とします。これにより、次世代デバイス開発が大幅に促進され、国民のニーズがあるデバイスの開発に即座に対応できる開発環境が提供できるものと考えます。



児島 征司 助教

微生物・植物の生化学

細胞表層は外環境と細胞内を隔てる境界として、様々な物質の流入出を制御したり、細胞形態の維持に必要な物理的強度を与えるなどして、細胞の生存・生育に必須の役割を果たします。

原核生物・グラム陰性細菌は細胞質膜と細胞壁のさらに外側に外膜を有する3重の表層構造を持っています。私はこれまで、外膜の安定性と機能に関する研究を行ってきました。博士課程在籍時には外膜の安定的維持に必要な、外膜-細胞壁ペプチドグリカン間の接着メカニズムについて研究を行いました (Kojima et al., 2010, 2011)。卒業後は博士研究員として渡米し、外膜の機能をより定量的に

理解することを目指して外膜を介した物質の流入出速度の測定に取り組みました (Kojima & Nikaido, 2013, 2014)。外膜の透過性や安定性は、細胞内への物質の出入りの速度を規定するので、細胞の生存・生育や外環境への応答に直接的かつ定量的に関連します。

本研究では、藍藻（酸素発生型光合成細菌でグラム陰性細菌の仲間）と葉緑体の表層膜が、どのようにして安定化されているかを解明したいと考えています。葉緑体は藍藻の始原真核細胞への共生によって生じましたが、独立して生きていた藍藻が細胞内小器官である葉緑体へと変換する過程で、

表層の安定化機構がどのように変化していったか、あるいは保存されているのかはわかっていません。本研究ではこれを明らかにすると共に、外膜の安定性、機能、及び細胞生育の3者間の関連性を定量的に結び付けて理解するための研究を進めていきたいと思っています。

【参考文献】

Kojima S, et al. (2010) J Bacteriol 192(22): 5953-5961
 Kojima S, et al. (2011) J Bacteriol 193(9):2347-2350
 Kojima S, Nikaido H (2013) Proc Natl Acad Sci U S A 110(28): E2629-E2634
 Kojima S, Nikaido H (2014) J Biol Chem 289(38): 26464-26473



下西 隆 助教

天文学、星間化学

私たちの住む地球や生命の材料となる物質は宇宙空間のどのような環境で生成され、どのような化学的進化を遂げ、そしてどのような多様性を持つのでしょうか。これは、アストロケミストリーと呼ばれる学際領域の分野における重要なテーマの一つです。

私たちの体を作る重元素（天文学では水素とヘリウム以外の全ての元素を指します）は、恒星内部の核融合反応によって生成され、超新星爆発や質量放出などの星の終末期に起こる現象によって星間空間へと供給されていきます。これはつまり、星の誕生と死のサイクルが多く繰り返される程、星間空間の重元素量（金属量とも呼ばれる）が増加していくということを意

味しており、宇宙の化学進化とは、第一次近似的には重元素量の進化(増加)であると捉えることができます。そのため、重元素量の低い環境下にある星・惑星形成領域の化学的性質を調べることは、より遠くの宇宙初期に近い銀河における星や惑星の材料物質の性質を知る手掛かりとなります。

私の研究では、赤外線から電波の波長域における最先端の観測装置を用いた天文観測、及び星間化学に関連する理論モデルを駆使して、分子ガス・ダスト（星間塵）・氷といった星・惑星形成の材料物質の化学的多様性を、銀河の重元素量をはじめとする環境的特徴と関連付けて調べています。特に、私たちが住む天の川銀河の近くに

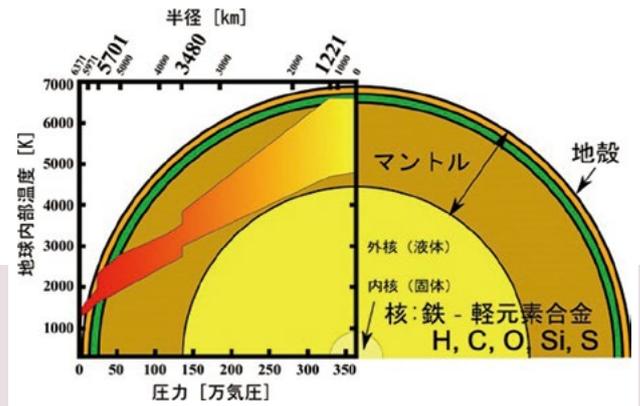
ある低重元素量銀河「マゼラン雲」などの銀河に存在する物質に着目し、過去の宇宙における分子進化の鍵となる、銀河の重元素量と星間・星周分子の化学的性質の関連性に迫る研究を行っています。これらの研究により、水や有機物といった生命の材料となる物質が過去の宇宙において生成可能であったのかを明らかにしていくことを目指しています。

このような研究分野の発展の為に、天文学だけでなく、物理学・化学・生物学などの様々な分野の研究者との協力が必要となります。前述の研究を軸として、異分野融合による研究を強力に推進し、新たな分野を開拓していきたいと考えております。



鎌田 誠司 助教

超高压超高温実験、
高压鉱物物理学、
実験岩石学、
地球内部科学、
放射光を用いた物質科学



地球内部は表層から大きく分けて地殻・マントル・核（図参照）となっています。地球内部を伝播する地震波を解析することで地球内部構造や密度分布が明らかにされています。手に取ることができる岩石はごく表層のもので、地球深部の物質は入手困難であるため化学的な情報を直接得ることができません。地球には過去から現在までに多数の隕石が降り注いでおり、地球は隕石が集まって形成されたと考えられており、隕石を調べることで地球の化学的組成を知ることができます。このように地球の内部について物理的・化学的に研究が行われてきました。

私の研究対象である地球核は135万気圧、3000K以上と高压高温の世界です。核は主に鉄からなり、その他に軽元素（水素、炭素、酸素、ケイ素、硫黄など）が含まれています。本研究では軽元素とし

て硫黄、炭素などに注目して、核条件においてどのような鉄合金、化合物が安定なのか、何度で融けるのか、核物質の弾性的特徴や電子状態などを調べています。核条件下において安定な相を調べ、融点を求めることで地球の外核や内核の温度構造や構成物質の結晶構造を推定します。さらに弾性的な特徴を調べることで核物質の地震波速度を求め、地球核と比較しその物質の妥当性を調べます。さらに、核物質中の鉄の電子状態を調べ、磁性的特徴を調べています。また、鉄系合金とケイ酸塩との反応実験により、核とマントルの反応の再現実験を行っています。さらに回収した試料をFE-SEMやTEMを用いたナノスケールでの分析を

行って化学的情報を得ます。以上のような実験データや回収試料を解析し、物理的・化学的な視点から地球核の物理的・化学的性質を明らかにします。

私が専門とする超高压実験では化学分析や物性測定を行うためには、試料が非常に小さいために放射光科学やナノテクノロジーとの融合が必要です。また物質の圧縮挙動や弾性的な性質を調べることも計画しており、高温高压下で合成される物質の材料特性の評価を行い、材料科学分野との融合的研究を行ってきたいです。高温高压実験を軸として幅広い分野との連携により新たな研究分野を開拓していきたいと思っております。



木野 久志 助教

半導体工学

半導体工学と生体工学を基盤とし、各々の工学が実現する機能を双方向的に統合することにより、従来の性能を大幅に凌駕する、または全く新しい機能を実現するデバイスの創成を目標として研究を行っています。半導体工学は現在の高度情報化社会をハードウェア面から支えており、人類の豊かな生活には必要不可欠な学問です。一方で自然界に生息する生き物の機能や仕組みを参考にし、新た

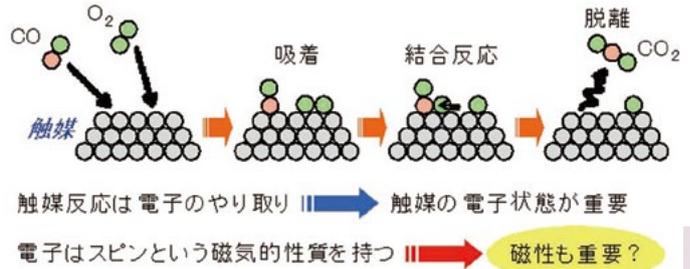
な技術開発や性能向上に結びつける生体工学に関する研究も活発に行われています。生体工学では生体の機能や仕組みを基に半導体工学で培った微細加工技術に代表される様々な技術や知見を応用することで研究開発が行われています。一方、生体工学によって得られた知見を半導体工学にフィードバックすることで新構造の半導体デバイスも作製されています。具体的にはヒトの目と同様の積層構

造を有するイメージセンサの研究が例に挙げられます。本研究ではスピントロニクス技術や新規機能性材料などの新技術、フナムシが有する動力を必要としない吸水システムなどの新機構を柔軟に取り入れ、半導体工学と生体工学間の技術的やり取りを双方向に行うことで更なる高次機能統合を実現し、今までには無い新機能デバイスの創成を目指します。



小嶋 隆幸 助教

固体触媒、磁性材料、
金属薄膜



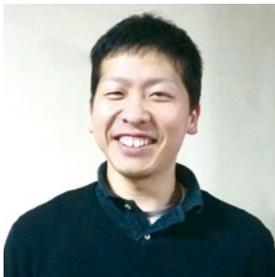
触媒とは、特定の化学反応を促進させる機能を持ち、それ自身は反応の前後で状態が変化しない物質のことを言います。例えば、一酸化炭素 (CO) と酸素 (O₂) を混ぜただけでは殆ど反応が起こらないため、しばしば一酸化炭素中毒事故が起こりますが、触媒の存在下では、吸着、結合、脱離といった段階を踏むことによりスムーズに反応し、無害な CO₂ になってくれます (図)。触媒は様々な化学工業プロセス、自動車排ガス浄化、燃料電池などに使用され、我々の社会に不可欠なものとなっております。

一方、触媒としては希少で高価な貴金属が大量に消費されています。先進国だけでなく、中国やインドなどの新興国の発展に伴い、貴金属の需要が今

後ますます増大することが確実であり、使用量の低減や代替材料の開発が求められています。しかしながら、触媒機能の起源が完全に理解されていないため、代替材料の開発は簡単ではありません。

化学反応は電子のやり取りであり、触媒反応の各プロセスにおいて電子をやり取りしているため、触媒機能は物質の電子状態に支配されていると考えられています。他方、電子は「スピン」という磁氣的性質を持っています。そのため、触媒物質の磁性も触媒機能に影響すると考えられますが、触媒と磁性の関係についての研究報

告は非常に少なく、よくわかっておりません。磁性材料を専門としてきた私はそこに着目し、触媒と磁性の関係を明らかにしようと考えました。「触媒化学」と「磁性学」の融合により、触媒設計に磁性という新たな自由度を与え、磁性の積極的な利用による新しい触媒機能の創出を目指します。これを将来の貴金属代替につなげたいと考えています。



山田 類 助教

非平衡材料学、
材料プロセス学、
粉末冶金学

近年材料科学の世界においては、結晶金属材料、酸化物材料、プラスチック (高分子) 材料に加えて金属ガラス (非結晶金属) という新たな材料が登場しようとしている。金属ガラスは、結晶金属が有する高強度特性とプラスチックが有する優れた成形性を兼ね備えており、革新的材料として今日精力的に研究が進められている。中でも、室温における優れた強度特性に着目して、マイクロギア等の機械的な駆動を担う微小部品への応用が大いに切望されている。しかしながら今現在、そのような金属

ガラスを原料とした微小機械部品の実用化は十分には達成されていない。その理由の一つとして、金属ガラスがほとんど塑性変形を示さずに最終破断に至ることが挙げられる。このような脆化挙動が金属ガラスの最大の欠点であり、構造材料・機能性材料としての応用を大きく妨げてきた要因である。

本研究では、ガラス構造に起因する破壊形態を原子レベルでの構造制御によって改善することを目指している。金属ガラスは内部に自由体積と呼ばれるわずかな空隙を内包して

おり、これが変形初期段階での挙動を支配していることが過去の研究で明らかとなっている。そこで、自由体積の制御によって強さとしなやかさという相反する特性をあわせ持つ金属ガラスの作製を試みる。そのために、(1)急冷等による多量の自由体積を内包した試料の作製及びその試料の多方面からの特性評価を主眼に研究を進め、最終的に、(2)脆化特性を改善した高強度、高機能特性を有する微小機械部品の創製することを目標としている。



リサーチ・アドミニストレーター
鈴木 一行
企画部 特任准教授 (URA)

部局所属の URA (リサーチアドミニストレーター) として、学際研究に携わる研究者に対して、意欲的な研究活動をサポートし、そして研究の幅を広げていただくために、次のような活動を行っております。

- 成果のとりまとめと広報活動：成果の収集、評価用資料の作成、HP 掲載記事の作成、広報誌・パンフレットの作成
 - 学際研究公募の運営事務、教員公募の運営事務
 - 異分野研究者交流の促進：各種セミナー・コロキウム、成果報告会の企画・開催・運営支援
 - 外部研究資金の獲得支援
- 着任以前は、主にエネルギー関連技術の要素研究や、研究プロジェクト管理に携わってきました。その中には、様々な実験装置を使用した研究開発から、プレス対応、調査・監査対応、民間企業への技術移転や営業活動支援に至るまで、多岐にわたる業務を経験しました。

学際研に集まる研究者の研究テーマは、実に多彩で、すべてを理解するのは困難ではありますが、それぞれの魅力は十分に伝わってきます。学際研究の発展には、研究者間ネットワークの充実化がカギになっていると思います。そのためには、柔軟な発想と情報収集、軽快なネットワークが必要ですが、それらは URA 活動にも共通するものであり、本研究所でこのポストが設定された意図はこのあたりにあるのだろうと考えています。自分の経験を活かして、そしてさらに多くを学び、学際研に関わる研究者の活動がより活発で多様なものとなるように心掛けていきたいと思っています。

FRIS プログラム採択研究 平成26年度

公募により各研究支援プログラムに採択されて、実施中の研究テーマを紹介します。本研究所には、学際性を指向した初期段階の研究向け、成熟過程の学際研究向け、世界を先導しようとする研究向けなど多様な支援プログラムがあります。

◆ 学際研究支援プログラム (平成26年度採択)

学内の複数の部局・機関の研究者が提案する課題を3年の期間で実施する学内公募プログラムです。

鈴木 誠 工学研究科・教授	やわらかさと溶媒効果が生み出す高次分子機能とエネルギー変換
石本 淳 流体科学研究所・教授	極低温マイクロ・ナノ固体粒子を用いた環境調和型洗浄法の開発と高密度水素貯蔵への展開
立川正憲 薬学研究科・准教授	プラズマ膜輸送ダイナミクスの解明と医用応用

◆ プログラム研究 (平成24年度採択)

現在の「学際研究支援プログラム」に相当するプログラムで、平成24年度に3件の研究テーマが採択されて、本年度末で終了予定です。平成25年度には、公募されませんでした。

村上元彦 理学研究科・准教授	超高压力条件下における複合物測定から読み解く地球型惑星の全溶解状態からの物質化学的進化過程
下谷秀和 理学研究科・准教授	電解キャリア制御による有機半導体レーザーの研究
千葉奈津子 加齢医学研究所・教授	新たな癌治療法の開発のための分裂期キナーゼ AURKA の BRCA1 関連分子制御機構の解明

◆ 領域創成研究プログラム (平成26年度採択)

「学際研究支援プログラム」および「学際研究促進プログラム」へ発展させるための先導的研究に位置づけられるものとして、学内公募されます (研究実施期間2年)。

小助川博之 流体科学研究所・助教	強誘電性高分子を用いた自己センシングするスマート CFRP の開発	物質材料・エネルギー
東海林亙 学際科学フロンティア研究所・准教授	数理解析による神経パターン形成機構の解明	生命・環境
船本健一 流体科学研究所・助教	3次元培養系を用いた細胞群の低酸素応答ダイナミクスの解明	生命・環境

川股隆行 工学研究科・助教	層状カルコゲナイド物質への電気化学的インターカレーションによる新超伝導物質創製	物質材料・エネルギー
谷口耕治 金属材料研究所・准教授	集積型遷移金属錯体を舞台にしたデバイス構造による電子・スピン物性制御	物質材料・エネルギー
泉 正範 学際科学フロンティア研究所・助教	対象生物種を越えた技術連携による新たな植物バイオイメージングの構築と展開	生命・環境
盛田伸一 理学研究科・准教授	若手異分野融合によるバイオ・ラマン研究の推進	生命・環境
木野久志 医工学研究科・助教 (現、学際科学フロンティア研究所・助教)	体内埋め込み型多機能集積脳信号記録デバイスの開発	デバイス・テクノロジー

学際研究促進プログラム (平成26年度採択)

先端学際基幹研究部専任教員が代表者となる研究組織において、新規でしかも発展性のある学際領域研究を開拓し、かつ同分野において次世代の重要な柱となることを目的とした研究課題 (研究実施期間3年)。

才田淳治 学際科学フロンティア研究所・教授	ランダム原子配列構造制御の基礎科学と新材料・新機能創成への融合展開
--------------------------	-----------------------------------

客員教員及び研究課題

本研究所では、先端学際基幹研究部の教員および学際研究支援プログラムの研究代表者が受入教員となり、客員教員をお迎えしております。

	研究課題	研究期間	受入教員
野瀬正照 教授 (富山大学芸術文化学部)	金属-誘電体ナノ複相構造薄膜の合成と電磁特性に関する研究	H26.4.1 ~ H27.3.31	増本博教授
大沼正人 教授 (北海道大学大学院工学研究科)	ランダム構造金属材料の変形と内部応力評価	H26.4.1 ~ H27.3.31	才田淳治教授
梅田 実 教授 (長岡技術科学大学工学部)	電気化学蓄電デバイスに関する研究	H26.4.1 ~ H27.3.31	伊藤隆准教授
松林伸幸 教授 (大阪大学基礎工学研究科)	分子集合系における物質の分配と輸送	H26.10.1 ~ H27.9.30	鈴木誠教授 (プログラム)
石田竜弘 教授 (徳島大学ヘルスバイオサイエンス研究部)	生体内動態評価を基礎としたリポソーム DDS の開発研究	H26.10.1 ~ H27.9.30	立川正憲教授 (プログラム)
大沼繁弘 客員教授 (公財)電磁材料研究所素形材開発グループ特任研究員)	複合機能性を有するナノヘテロ複相構造薄膜の合成と応用化の検討	H26.4.1 ~ H27.3.31	増本博教授
星宮 努 教授 (東北学院大学工学部)	光分光センシングに関する研究	H26.4.1 ~ H27.3.31	谷内哲夫教授

海外共同研究および発表支援プログラム

本研究所に所属する教育研究支援者、本研究所専任教員を指導教員として博士課程後期に在籍する学生、プログラム研究の専念教員となっている助教およびこれらに準じる若手研究者で、海外研究機関との共同研究を実施中または実施予定の方を対象とし、2週間以上、1ヵ月未満の期間、海外の大学や研究所等へ派遣する費用を支援するものです。

	派遣先会議名等 (開催地)	派遣期間
高橋佑磨 (FRIS・助教、新領域創成研究部)	Evolution of polymorphism enhances population performance through reduced sexual harassment (アメリカ・ニューヨーク)	H26 7.30 ~ 8.7
井上壮志 (FRIS・助教、新領域創成研究部)	The 5th International Conference on Hyperfine Interactions and Symposium on Nuclear Quadrupole Interaction (HFI/NQI2014) (オーストラリア・キャンベラ)	H26 9.20 ~ 9.27
木島英恵 (FRIS・助教、新領域創成研究部)	Energy Materials Nanotechnology (EMN) Open Access week (中国・四川)	H26 9.21 ~ 9.25
山本英明 (FRIS・助教、新領域創成研究部)	ユーリッヒ総合研究機構との共同研究 (ドイツ・ユーリッヒ)	H27 3.8 ~ 3.22
鬼沢直哉 (FRIS・助教、新領域創成研究部)	McGill 大学との共同研究 (カナダ・モントリオール)	H27 1.17 ~ 1.24
桜井美奈子 (医学系研究科・博士3年)	ENDO2015 (若手研究者育成プログラム、研究討論会参加) (USA・San Diego)	H27 3.2 ~ 3.11
山崎 馨 (理学研究科・博士3年)	T. Niehaus 教授との共同研究 (ドイツ・Regensburg 大学)	H27 3.1 ~ 3.30

佐野陽祐 (理学研究科・博士2年)	The 11th International Workshop on Positron and Positronium Chemistry (PPC-11) [国際会議発表] (インド・ゴア)	H26 11.8 ~ 11.15
増野いずみ (理学研究科・博士1年)	2014 AGU meeting [国際会議発表] (USA・San Francisco)	H26 12.14 ~ 12.21
山田 類 (FRIS・助教、新領域創成研究部)	BIT's 1st Annual World Congress - Smart Materials-2015 [招待講演] (韓国・釜山)	H27 3.23 ~ 3.25

受賞

島津武仁 [先端学際基幹研究部・教授]

「溶接学会マイクロ接合優秀研究賞」、および「日本磁気学会 2014 年度優秀研究賞」

立川正憲 [薬学研究科・准教授(2014-2016学際研究支援プログラム)]

「平成 27 年度日本薬学会奨励賞」

田中幹人 [新領域創成研究部・助教]

「平成 26 年度東北大学全学教育貢献賞」

泉 正範 [新領域創成研究部・助教]

Gordon Research Conference (GRC) on Chloroplast Biotechnology 「Best Poster Award」

津村耕司 [新領域創成研究部・助教]

NASA 「Group Achievement Award」

張 亦文 [新領域創成研究部・助教]

第 27 回日本セラミックス協会秋期シンポジウム「優秀賞」

高橋佑磨 [新領域創成研究部・助教]

「第 29 回個体群生態学会奨励賞」、および「第 32 回日本動物行動学会賞」

鬼沢直哉 [新領域創成研究部・助教]

Falling Walls Lab 2014 Sendai にて第 3 位入賞

鬼沢直哉 [新領域創成研究部・助教]

第 20 回 IEEE 非同期式回路とシステムに関する国際シンポジウム「Best Paper Finalist」、および「青葉工学会第 20 回青葉工学研究奨励賞」

當真賢二 [新領域創成研究部・助教]

「第 25 回日本天文学会研究奨励賞」、および「第 8 回日本物理学会若手奨励賞」

今 一恵 [島津研究室]

第 4 回 IEEE 3 次元集積化のための低温接合に関する国際ワークショップ「Best Presentation Award」、およびエレクトロニクス実装学会秋季大会「研究奨励賞」

曹 洋 [増本研究室]

第 27 回日本セラミックス協会秋期シンポジウム「優秀賞」、および平成 26 年度 日本セラミックス協会東北北海道支部研究発表会「優秀発表賞」

阿部英次郎 [三木研究室]

「日本機械学会東北支部独創研究学生賞」

主な発表論文

當真賢二 [新領域創成研究部・助教]

K. Wiersema, S. Covino, K. Toma *et al.*, "Circular polarization in the optical afterglow of GRB 121024A", *Nature* 509 (2014) 201-204, doi:10.1038/nature13237

津村耕司 [新領域創成研究部・助教]

K. Tsumura *et al.*, "Near-infrared Brightness of the Galilean Satellites Eclipsed in Jovian Shadow: A New Technique to Investigate Jovian Upper Atmosphere", *The Astrophysical Journal*, 789 (2014) 122, (6pp), doi:10.1088/0004-637X/789/2/122

津村耕司 [新領域創成研究部・助教]

M. Zemcov, K. Tsumura *et al.*, "On the Origin of Near-Infrared Extragalactic Background Light Anisotropy", *Science*, 346 (2014) 732-735, doi:10.1126/science.1258168

高橋佑磨 [新領域創成研究部・助教]

Y. Takahashi *et al.*, "Evolution of increased phenotypic diversity enhances population

performance by reducing sexual harassment in damselflies", *Nat. Commun.*, 5:4468 (2014), doi:10.1038/ncomms5468

増本 博 [先端学際基幹研究部・教授]

N. Kobayashi, H. Masumoto *et al.*, "Giant dielectric and magnetoelectric responses in insulating nanogranular films at room temperature", *Nat. Commun.*, 5:4417 (2014), doi:10.1038/ncomms5417

泉 正範 [新領域創成研究部・助教]

S. Takahashi, M. Teranishi, M. Izumi *et al.*, "Transport of rice cyclobutane pyrimidine dimer (CPD) photolyase into mitochondria relies on a targeting sequence located in its C-terminal internal region", *The Plant Journal*, 79 (2014) 951-963, doi:10.1111/tbj.12598

村上元彦 [理学研究科・准教授 (2012-2014 プログラム研究)]

M. Murakami *et al.*, "High-pressure radiative conductivity of dense silicate glasses with potential implications for dark magmas", *Nat. Commun.*, 5:5428 (2014), doi:10.1038/ncomms6428

プレスリリース

津村耕司 新領域創成研究部・助教

「ガリレオ衛星が「月食」中に謎の発光？ すばる望遠鏡とハッブル宇宙望遠鏡で観測」(2014年6月18日)

津村耕司 新領域創成研究部・助教

「宇宙の遠方から未知の光が届いている？ 赤外線宇宙背景放射線の大きな「ゆらぎ」を発見」(2014年11月7日)

高橋佑磨 新領域創成研究部・助教

「見た目の多様さが繁栄のカギ トンボの色彩の個体

差はハラスメントのリスクの分散を通じて集団を繁栄させる」(2014年7月18日)

増本 博 先端学際基幹研究部・教授

「大きな誘電率と磁気 - 誘電効果を示すナノグラニューラー材料の開発に成功」(2014年7月22日)

村上元彦 理学研究科・准教授 (2012-2014 プログラム研究)

「ダークマグマ：マントルの底のマグマは「暗かった」 - 巨大高温マントル上昇流発生機構解明に大きな手掛かり」(2014年11月12日)



Events (開催実績)

本研究所では、年間を通じてさまざまなイベントを企画し、所属教員とその研究室メンバー、各プログラム研究参加者、客員教員、国際高等研究教育院所属の大学院生など、研究所に関わる方々に、領域を越えた交流機会を提供しています。イベントの立案に制限はなく、誰でもが関与できるため、若手研究者が主体的に活動する機会が多いことも特徴のひとつです。

● 学際科学フロンティア研究所セミナー

第3回 平成26年5月26日(月) (15:30~17:00)
「ビジネスにおける意思決定～如何に共感を得て、相手に決めさせるか～」

講師：土岐大介先生

(東北大学特任教授、総長特別補佐<研究担当>、元ゴールドマン・サックス・アセット・マネジメント株式会社代表取締役社長)

会場：東北大学学際科学フロンティア研究所大セミナー室

第4回 平成26年7月9日(水) (15:00~16:00)
「エルニーニョ現象が5年ぶりに発生！？～エルニーニョ現象から見る気候変動研究の今～」

講師：杉本周作先生

(学際科学フロンティア研究所助教)

会場：東北大学学際科学フロンティア研究所 3F 交流スペース

第5回 平成26年11月11日(火) (15:00~16:00)
「アカデミックサイエンスユニット：革新的な医療・ヘルスケア機器開発の開発コンセプト策定のための学術医療機関におけるあたらしい役割の提案」

講師：中川敦寛先生

(東北大学病院臨床研究推進センターバイオデザイン部門副部門長・東北大学病院脳神経外科/高度救命救急センター院内講師)

会場：東北大学学際科学フロンティア研究所大セミナー室

第6回 平成27年2月27日(金) (15:00~16:30)

「今日的な異分野融合への問い：思想と実践のあいだ。」

講師：宮野公樹先生

(京都大学学際融合教育研究推進センター准教授)

会場：東北大学学際科学フロンティア研究所大セミナー室

● 平成26年度全領域合同研究交流会 (15:00~18:00)

会場：東北大学学際科学フロンティア研究所大セミナー室

第1回 平成26年10月21日(火)

第2回 平成26年11月14日(金)

第3回 平成26年11月27日(木)

第4回 平成26年12月8日(月)

第5回 平成26年12月16日(火)

第6回 平成27年1月8日(木)

第7回 平成27年1月26日(月)

第8回 平成27年2月3日(水)



● コロキウム

第4回 平成26年12月19日(金) (10:00~12:00)

※平成26年10月6日(月)より変更

「融合研究の楽しさ」

講演: 小谷元子先生 (AIMR 機構長)

会場: 東北大学学際科学フロンティア研究所大セミナー室

第5回 平成26年10月27日(月) (16:00~18:00)

「東日本大震災の被害実態と復興について - 学役割など」

講演: 今村文彦先生 (東北大学災害科学国際研究所所長)

会場: 東北大学学際科学フロンティア研究所大セミナー室

第6回 平成26年12月4日(木) (15:00~17:00)

「Research Integrity: 研究の公正さを保つために」

講演: 大隅典子先生 (東北大学医学系研究科教授)

会場: 東北大学学際研・研究教育棟 大セミナー室

● 国際高等研究教育院・学際科学フロンティア研究所共催 特別セミナー

平成26年7月14日(月) (15:00~17:00)

「研究活動に役立つ!! デザインの法則 伝わりやすい
プレゼン資料や申請書の作り方」

講師: 高橋佑磨 助教 (学際科学フロンティア研究所)

会場: 東北大学学際科学フロンティア研究所大セミナー室



全領域合同研究交流会で講演する中山准教授



Information (お知らせ)

【 成果報告会を開催いたします。】

当研究所では、毎年3月もしくは4月に「研究成果報告会」を実施しております。平成26年度については、平成27年3月5日に、研究所所属教員、各プログラム採択研究代表者による口頭発表、およびポスター発表が予定されております。研究内容、あるいは研究所の活動にご関心のある方の参加を歓迎いたします。

詳しくは、

学際科学フロンティア研究所企画部

電話: 022-795-4353

Eメール: kikaku@fris.tohoku.ac.jp

までお問い合わせください。



昨年度の様子

【 パンフレットを発行いたしました。】

当研究所のパンフレットが平成26年12月に発行されました。所属教員の増員等に伴い、今後も改訂を予定しておりますが、最新版を入手ご希望の際には、上記企画部までご連絡ください。

パンフレットの電子版につきましては、研究所のウェブページ

<http://www.fris.tohoku.ac.jp/fris/introduction/pamphlet.html>

からのダウンロードが可能です。



企画部 編集後記

本年度より担当者が変わり、第2号ではありますが、体裁を大きく変更しました。徐々にスタイルを確立していければと考えております。また、現在は年報ですが、前年春の情報は新鮮味がなくなるので、ゆくゆくは季報としたいと思っています。

研究所のテーマである「学際(的)」は、英語では"interdisciplinary" (形容詞)。分解すると、「際」が"inter-"に当たりますが、この場合、「複数の事物の間を取り持つ」というような意味になると思います。学際研究のテーマを見ていると、複数の研究分野の中間的なテーマであっても、どの既存分野からも異端で、どの学会のどのセッションで発表すべきかというものと、逆にいずれの既存分野にも目新しいテーマとして取り込まれやすいものがあるように感じられます。いずれにしても、ひとつの研究テーマ、少数の研究者から、新しい分野、新しい研究コミュニティへと成長する可能性を秘めていることが、学際研究の魅力です。

FRIS

Frontier Research Institute for Interdisciplinary Sciences,

news

(発行 / 東北大学学際科学フロンティア研究所 企画部)

第 2 号

2015 年 3 月発行



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 022-795-5757 FAX 022-795-5756 <http://www.fris.tohoku.ac.jp/>