

理学部ニュース

東京大学 01 月号 2023

理学の研究者図鑑
杉田 精司, 橋 省吾

理学エッセイ
釣りと「てんぷら」

理学の謎
眠りを奪われたネズミはなぜ死んだ?

理学のススメ
磁場の「竜巻」が太陽コロナを加熱する

トピックス
駒場1年生向け理学部ガイダンス報告

学部生に伝える研究最前線
繊維の網を作って脱水ストレスから細胞を守る

01 理学部 ニュース 月号 2023

世界中の企業や研究者が利用するIBM量子コンピュータの実機が初めて大学に設置された。クラウドで利用してきた実機を目の前に配線やエレクトロニクスを操作して量子ビットからの生の信号を観測できる。



表紙・裏表紙 Photo Koji Okumura (Forward Stroke Inc)
撮影協力：山下恵理香（物理学専攻 修士課程2年生）
上曾山健介（物理学専攻 修士課程1年生）
稲田聡明（素粒子物理国際研究センター 特任助教）
P. 08-09 Photo 貝塚 純一

理学部ニュース2023年1月号をお届けします。
今月号も、わかりやすく魅力的な記事が目白押し。釣りと超新星研究の共通点とは…？気になる方は「理学エッセイ」をぜひ。営業再開した「かどや山上亭」にも行きたくなります。大学院生による「理学のススメ」、太陽コロナをめぐる熱い語り口に愛を感じます。「理学の謎」は睡眠について。誰にでも（特に正月は？）身近な睡眠に潜む謎、今後の研究がとても気になります。そして「理学の研究者図鑑」は、はやぶさ2特集！リガクルでも揃ってご登場いただいた杉田先生と橘先生のお二人を取材しました。QRコードからリガクル記事もぜひご覧ください。「研究最前線」は、生物科学・物理学・天文学の3本立てです。胸躍る研究成果を読んでリフレッシュ。2023年も、勉学に研究に、素晴らしい1年にしていきましょう！

竹内 一将（物理学専攻 准教授）

東京大学大学院理学系研究科・理学部ニュース

第54巻5号 ISSN 2187-3070

発行日：2023年1月20日

発行：東京大学大学院理学系研究科・理学部

〒113-0033 東京都文京区本郷7-3-1

編集：理学系研究科広報委員会所属 広報誌編集委員会
rigaku-news@adm.s.u-tokyo.ac.jp

安東 正樹（物理学専攻）
竹内 一将（物理学専攻）
田代 省平（化学専攻）
池田 昌之（地球惑星科学専攻）
稲垣 宗一（生物科学専攻）
大澤 均（総務チーム）
武田加奈子（広報室）
印刷：三鈴印刷株式会社

理学部ニュース発刊の
お知らせメール配信中。
くわしくは理学部HPで
ご確認ください。



目次

理学エッセイ 第62回

03 釣りと「てんぷら」
土居 守

学部生に伝える研究最前線

04 繊維の網を作って脱水ストレスから細胞を守る
國枝 武和

極低温で励起子のボース・アインシュタイン凝縮体の可視化に成功
森田 悠介／吉岡 孝高／五神 真

「ちり」に隠されたブラックホールをとらえる
水越 翔一郎／峰崎 岳夫

理学のススメ 第11回

07 磁場の「竜巻」が太陽コロナを加熱する
国吉 秀鷹

理学の研究者図鑑 第5回

08 すべての惑星を探査する
杉田 精司
惑星がなぜカラフルなのかを知りたい！
橘 省吾

理学の謎 第19回

10 眠りを奪われたネズミはなぜ死んだ？
林 悠

トピックス

11 はばたけ、理学部人材！ キャリアシンボ報告
高橋嘉夫

駒場1年生向け理学部ガイダンス報告
川北 篤

東大理学部 高校生のための冬休み講座 2022 Online
飯野 雄一

理学の本棚 第55回

12 「実験データ分析入門」
小澤 岳昌

お知らせ

12 第35回東京大学理学部公開講演会開催のお知らせ
博士学位記取得
人事異動報告
東大理学部基金

Essay

釣りとは「てんぷら」



土居 守
(天文学教育研究センター教授)

子供の頃は毎週のように釣りに行った。餌をつけて糸をたれ、青い海に向かう。じっと待っていると、トントン、とアタリがきて、サッとあわせてググッと引き上げる。魚が見えてくるまで、一体どんな魚だろう、とワクワクする。小学校5年のときだったか、小さなメバルやベラを狙って1mほどの深さしかない岸壁で真下に釣り糸をたれていたら、ガツンとアタリがあり、25cmくらいの鯛が釣れたことがあった。「デカー！」と友達が叫んだのを覚えている。

東京にでてきてから釣りはお休みになり、天体観測に励むようになった。すばる望遠鏡の完成後、宇宙膨張測定のための超新星観測を始めた。超新星は、めったに見つからない。うんと広い範囲の天体写真を撮って、増光している天体を計算機を使って探し、数日後にスペクトル観測を行う。雑音に埋もれていたスペクトルが出てくるまで、どんな天体かわからず、魚釣りと同じワクワク感がある。時には大物にも出くわす。2016年に当時博士課程1年のジャン・ジアン(Jiang Jian)さんがすばる望遠鏡で見つけた超新星は、炭素と酸素からなる高密度の核をヘリウムガスの薄皮が囲んだ星で、最初薄皮で起きた核爆発がきっかけで星全体が爆発したことがわかった。もともと狙った成果とは違ったが、爆発メカニズムがわかった希な例としてNature本誌で報告することができた。小メバルを狙って釣れた鯛である。

新型コロナ禍の「巣ごもり」が一段落していたこの夏、家族で三浦半島に釣りに行った。海原を見ながら潮風にあたって糸をたれるのは実に気持ち良かった。もちろん大



図：皮でんぷら(右)と身でんぷら

物をめざしたが、釣れたのは10cmに満たない小魚ばかりだった。身が少ないので妻が素揚げにしたが、薄いピンク色をした小魚が、なんともおいしい。ネットで名前を調べたところ、ホタルジャコだった。私の生まれ育った愛媛県・宇和島ではハランボとよばれ、名物のじゃこ天の主材料である。小魚だったが、これがハランボか、と思わぬ出会いに感動した。思うに、理学系でやっている研究の多くは釣りなのかもしれない。

地元宇和島ではじゃこ天とは呼ばない。「てんぷら」と呼ぶ。2種類あり、色が濃いのが「皮でんぷら」、薄いのが「身でんぷら」だ。本郷でも宇和島のてんぷらを食することができる。東大病院の地下にある「かどやテラス」で「宇和島じゃこ天うどん」を注文すると、うどんに皮でんぷらが1枚分のってきて、噛むほどにハランボの味がしみだしておいしい。ちなみにかまぼこも入っているが、宇和島のかまぼこはエソのすり身と卵の白身で作られていて薄くても歯ごたえがある。新型コロナで休業していた山上会館地下の「かどや山上亭」も2022年10月からまた営業を始めた。こちらでは皮でんぷら1枚が単品で提供されているが、少し値の張る「宇和島鯛めし豪華膳」を頼むと身でんぷらも一切れ食べられる。ちなみに「かどや食堂」はもともとJR宇和島駅のすぐ近くにあり、小さいころにたまに家族で行った。ただ、楽しみにしていたのはてんぷらや鯛めしではなく、メロンクリームソーダである。

理学部ニュースではエッセイの原稿を募集しています。自薦他薦を問わず、ふるってご投稿ください。特に、学部生・大学院生の投稿を歓迎します。ただし、掲載の可否につきましては、広報誌編集委員会に一任させていただきます。ご投稿は rigaku-news@adm.s.u-tokyo.ac.jp まで。

CASE 1

脱水ストレスから細胞を守る 繊維の網を作って

水は生体の中で最大の重量を占め、生命活動を維持する上で欠くべからざる物質である。陸上に進出した生物にとって水の確保は生き延びるための最優先課題の1つであるが、いくつかの生物種は体内の水をほぼ完全に失っても死ぬことなく、再び水を獲得することで生命活動を再開することができる。こうした脱水耐性に関わる分子はいくつか同定されてきているものの、メカニズムには不明な点が多い。極限的な脱水ストレスに耐性を示すクマムシ類の研究から、これまで想定されていなかったまったく新しい耐性メカニズムの一端が明らかになってきた。



クマムシは、外界の乾燥に伴って水を喪失し、最終的にはほぼ完全に脱水した乾眠(anhydrobiosis)と呼ばれる状態になる。この乾眠状態では代謝反応の場となる水が存在しないため基本的に生命活動は停止しており、動きのない単なる物質の塊と捉えることもできる。単なる物質と違うのは、水を加えると数十分で生命活動を再開させることができる点である。つまり、「生命のような動的な状態」と「物質のような静的な状態」を自在に行き来できることを意味しており、乾眠したクマムシは「本来動的な生命」を「静的な物質」として扱うことができる極めて稀な機会を提供する。また、乾眠している間は生命の時間が止まっており、乾眠期間の長短と関係なく活動状態の時間の総和が寿命に達する

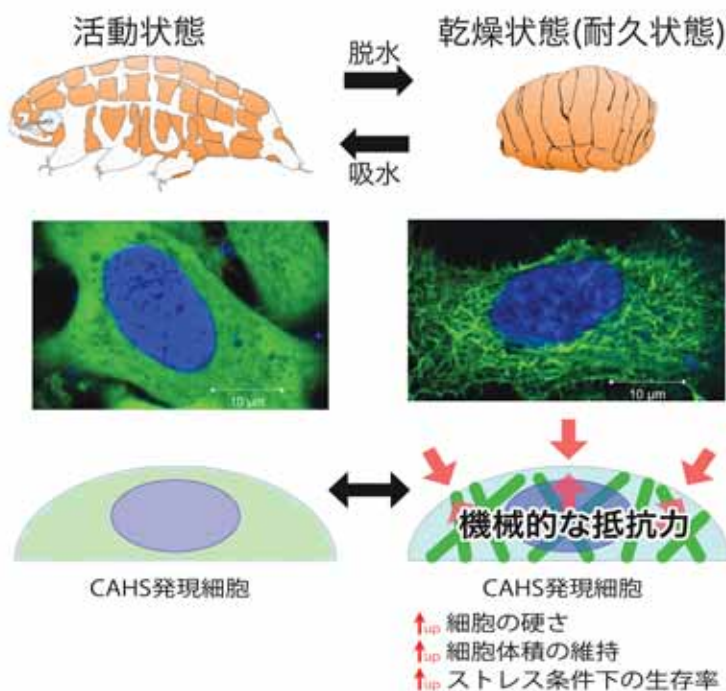
と死に至る。脱水耐性は水の喪失への適応というだけでなく、生命そのものやその時間進行についても示唆に富む現象といえよう。

このようなクマムシの脱水耐性には、クマムシ類だけが持つ特殊な非構造性タンパク質^註が関与することが分かっていたが、それらがどのように耐性に寄与するのかが謎のままだった。今回、私達は新たな耐性タンパク質を探す目的で、クマムシの中から脱水時に集合するものを探索したところ、期せずして以前私達が見つけていたカーズ(CAHS)という耐性タンパク質群を再発見した。このカーズタンパク質をヒト培養細胞に導入すると細胞の中に一様に拡散したが、細胞を高浸透圧ストレスに晒して緩やかな脱水を引き起こしたところカーズタンパク質が速やかに集合し多数の繊維からなるネットワーク状の構造体を構築することが明らかになった(図)。このような繊維ネットワークが形成された細胞は通常の細胞と比べて固くなり、細胞を収縮させる力への抵抗性が増していた。高浸透圧ストレスにさらされた細胞では、細胞内の水が緩やかに奪われることで体積が減少し生存率も低下していくが、カーズタンパク質を導入した細胞では体積の減少が抑制され細胞の生存も改善した。この繊維ネットワークの形成は可逆的でストレスを除くと元の一様な状態に分散したことから、カーズタンパク質は普段は細胞内をふらふらと漂っていて、必要が生じた場合のみ繊維ネットワークを形成して細胞を物理的に強化しストレスから守るという新しいメカニズムで耐性に寄与していることが分かった。クマムシの脱水耐性のメカニズムの解析を進めることで、将来的には任意の細胞を任意の時に乾燥して保存できるようになることが期待される。

本研究は A. Tanaka *et al.*, *PLOS Biology* 20, e3001780 (2022) に掲載された。

(2022年9月7日プレスリリース)

図：クマムシの乾燥耐性(上段)とカーズタンパク質によるストレス依存の繊維ネットワーク形成(中下段)。中段は細胞内におけるカーズタンパク質(緑)の分布形態の写真で、脱水依存に細胞内に多数の繊維ネットワークを形成することが分かる(右)。青はDNA。下段は繊維ネットワーク形成とその役割についての模式図を示す



注：通常、タンパク質は特定の構造を取ることによって機能を発揮するが、逆に決まった構造をとらずに機能するタンパク質群が見いだされ、非構造性タンパク質と呼ばれる

CASE 2

シユタイン凝縮体の可視化に成功

極低温で励起子のボース・アイン

森田 悠介
(物理学専攻 助教)

吉岡 孝高
(工学系研究科 准教授)

五神 真
(物理学専攻 教授)

粒子と波動の二重性や、ノーベル賞の対象ともなった非局所相関など量子力学は時に日常感覚と異質な現象を示す。ボソンと呼ばれる粒子が、低温高密度で互いに識別出来なくなり、同じ状態に凝集してマクロな量子性を示す、ボース・アインシュタイン凝縮 (BEC) はその代表例である。複数の粒子から構成される物質粒子も複合ボソンとして BEC を示す。半導体中の励起子も、励起電子とその抜け穴の正孔が対をなす準粒子の複合ボソンであり、長年 BEC 実現の有力候補とされてきた。しかしそれを確認する実験手段がなかった。今回我々は新たな実験手法を開発し、凝縮体を可視化することに成功した。

励起子はボース・アインシュタイン凝縮する一。この理論予測がなされたのが1962年のことであった。励起子は半導体中の電子を光励起することで生じる伝導帯の電子と価電子帯の抜け穴である正孔で構成される準粒子である。1970年代後半、レーザーを用いて励起子 BEC を探る実験が世界各地で活発に行われた。励起子は質量が軽く、液体 ^4He 温度 (4 K) 程度での BEC 転移が期待されていた。一方で準粒子で寿命の短い励起子は、冷却時間を確保できないという障壁があった。亜酸化銅結晶中の励起子は発光を伴う対消滅過程が強く抑制され、 μs に及ぶ例外的に長い寿命を有し、BEC 実現の有力候補となった。しかしその後、励起子同士の非弾性衝突の頻度が高く 4 K で BEC 転移密度を維持できないことが実験的に判明し、多くの研究者が撤退した。その中で、我々は BEC 転移密度 (10^{17}cm^{-3}) を下げて非弾性衝突によるロスを抑える戦略をとることで研究を本格化した。BEC 転移密度は温度の 1.5 乗に比例して低下する。まず我々は ^3He 冷凍機に切り替え、800 mK で歪誘起 3 次元トラップ中の BEC 転移を捉えることに成功した。しかし凝縮体は密度上昇による非弾性衝突によって直ちに崩壊した^{注1}。

そこで希釈冷凍機の導入を決意し、結晶を 40 mK まで冷却して密度 10^{15}cm^{-3} での凝縮体観測を目指した。しかし幾多の困難を克服する必要があった。励起子はフォノン (結晶の格子振動) 放出を介して冷却される。ところが 1 K を切ると励起子は冷却に作用するフォノンを放出できなくなり、冷却が止まることを見出した。そこで強い歪み場中で、通常と異なる格子振動モードとの相互作用が活性化されることに着目し、より結晶温度に近づく冷却を目指し、励起子温度としては前人未到の 100 mK という極低温を実現した^{注2}。

極低温の励起子観察は通常発光を用いる。しかし励起子の運動量が更に小さくなると、光子に運動量を渡すことができず、光らなくなることが判明した。簡便で高感度な検出手法が、凝縮体観測には適用できないのである。

そこで我々は新たに中赤外吸収イメージング法を開発した。これは励起子の 1s 状態から 2p 状態への内部遷移に伴う光吸収過程を利用した手法で、励起子密度を正確に決定できる。しかし遷移波長が室温の黒体輻射のピークと重なるため、希釈冷凍機に中赤外光を透す窓を取り付けると、外界の熱線が大量に流入する。これは極低温実験の常道に反する。我々は光学窓材を工夫して熱線の流入を極力防ぎ、結晶温度 64 mK でのイメージングを実現した。この時励起子温度は 170 mK まで到達し、励起子のド・ブロイ波長が励起子ボア半径 (0.7 nm) の約 100 倍もの広がりになり、3 次元調和ポテンシャルの底で励起子凝縮体が発見される様子を遂に観測した。凝縮体は $10\ \mu\text{m}$ 程度の大きさで、 6×10^6 個の励起子が凝縮している。

この成果は、60 年来の理論予想を検証し懸案が解決しただけでなく、非平衡開放系における新たな量子凝縮体の発見でもある。その自発的量子コヒーレンスの形成と散逸の物理的理解を飛躍的に深める契機になると期待している。

本研究成果は、Y. Morita *et al.*, *Nature Communications* 13, 5388 (2022) に掲載された

(2022年9月16日プレスリリース)

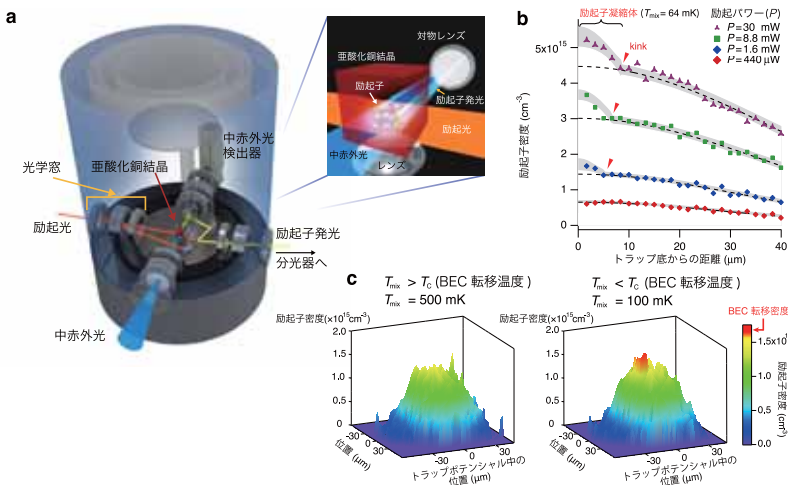


図: (a) 希釈冷凍機へ中赤外光を導入して実現した、中赤外吸収イメージングの様子。サンプルステージ温度 64 mK を実現した。結晶に入射した励起光 (橙色の線) によって作られた励起子が、プローブ光である中赤外光 (青色の線) を吸収することによって、励起子の密度が検出される。右図は結晶中の励起子に関する光学過程を模式的に表している。(b) 本手法によって検出された励起子密度空間分布。励起子パワーが 1.6 mW を越えたところで、ポテンシャル底に凝縮体信号が現れている。(c) 励起子密度空間分布。温度が 400 mK 以下まで下がると (右図) BEC 転移密度を超えたところで、高密度に凝縮した励起子凝縮体の信号 (赤色) が現れる

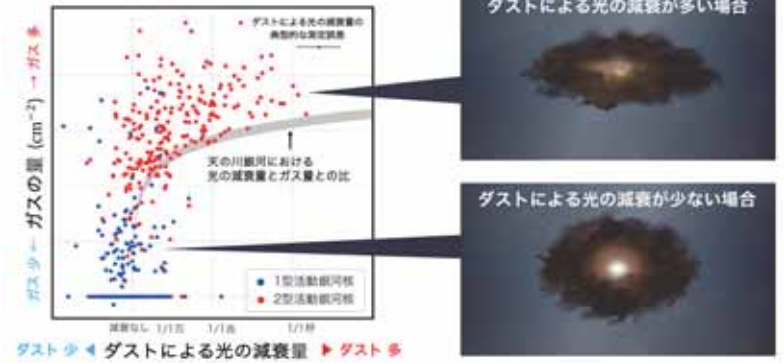
注1) K. Yoshioka *et al.*, *Nat. Commun.* 2, 328 (2011).

注2) K. Yoshioka *et al.*, *Phys. Rev. B* 88, 041201(R) (2013).

CASE 3

「ちり」に隠された ブラックホールをとらえる

銀河の中心には太陽の百万倍以上重いブラックホールが存在している。この巨大ブラックホールはどのように成長してきたのか？ また銀河の進化とどう関係があるのか？ この謎を解く鍵が「活動銀河核」と呼ばれる現象である。活動銀河核は巨大ブラックホールに物が吸い込まれることでその近傍が明るく輝く現象であり、中心のブラックホールを囲むように「ちり」のできた構造を持つ。今回、われわれは赤外線の変光現象に着目した新たな手法により、活動銀河核における「ちり」の分布を調査した。



図：左側：今回測定した光の減衰量と、先行研究の X 線観測で得られた視線上のガス量との比較を示した図。青点は 1 型活動銀河核のデータ、赤点は 2 型活動銀河核のデータ、灰色の帯は天の川銀河におけるダストによる光の減衰量とガス量との標準的な関係から予想される図上の位置である。右側：ダストによる光の減衰量が多い場合、少ない場合それぞれにおける活動銀河核の見え方の違いを示した想像図

2022 年 5 月、国際的な電波観測プロジェクト EHT(イベント・ホライズン・テレスコープ)により、われわれの天の川銀河中心にある巨大ブラックホールの姿が捉えられ話題となった。このようにわれわれの身近になり始めた巨大ブラックホールであるが、それがどのように成長してきたのか、銀河の成長とどう関係するのかはまだわかっていない。

活動銀河核は巨大ブラックホールに物質が吸い込まれている最中であり、ブラックホールがまさに成長している現場である。他方、活動銀河核はその空間スケールが銀河の約 10 桁も小さいにも関わらず銀河全体に匹敵する強烈な光を放つ。すると、この強烈な光が活動銀河核周囲の物質を銀河へと吹き飛ばし、結果的に銀河の環境変化を引き起こす。このように活動銀河核は巨大ブラックホールと銀河の成長を探る上で鍵となる現象なのである。

活動銀河核には、中心のブラックホールを囲むように「ちり」(天文学ではダストと呼ぶ)を含むガスのできた構造が存在し、中心部を覆い隠している。このダスト構造による光の減衰量は見る角度によって変化し、ダスト構造の性質を調査する上で重要な情報である。これまでには主に可視光観測からこの光の減衰量が推定されてきた。しかし、可視光はダストによって効率的に減衰されるためダストに深く隠れた活動銀河核ではその値が推定できなかった。

そこでわれわれは、可視光よりもダストによる減衰を受けにくい近赤外線を用いて光の減衰量を調べる新たな手法を確立した。ダストによる光の減衰量は波長が長いほど小さいため、ダストが多いほど届く光は暗く、「赤く」なる。したがって、観測された光がどれだけ「赤く」なったかを測定すればダストによる光の減衰量を推定できる。ここで厄介なのが、活動銀河核が存在する銀河内の星が発する放射の混入である。本手法では、活動銀河核に特有の放射の時間変動現象の変光幅に着目することでこれを解決した。

可視光で減衰がほとんどない天体と減衰がある天体(それぞれ 1 型、2 型活動銀河核という)の両方を含む 463 天体の活動銀河核にこの手法を適用した結果、2 型活動銀河核の光の減衰量は幅広い範囲に分布し、最大で約 24 桁(1 桁分の 1 = 1 兆分の 1 の 1 兆分の 1)も可視光が減衰される天体が存在することを示した。また X 線観測から推定された視線上のガス(水素が主成分)の量と光の減衰量との比較から、これらの天体では天の川銀河と比べてダストに対するガスの量が多いことを従来よりも多くの天体について示した。今後、この手法をより多くの天体に適用することで活動銀河核の詳細な構造の理解、活動銀河核と銀河の成長の理解に迫りたいと考えている。

本研究成果は S. Mizukoshi *et al.*, *MNRAS*, 516, 2876 (2022) に掲載された。

(2022 年 9 月 16 日プレスリリース)

理学のススメ

磁場の「竜巻」が太陽コロナを加熱する



国吉 秀鷹

Hidetaka Kuniyoshi

(地球惑星科学専攻 博士課程1年生)

Profile

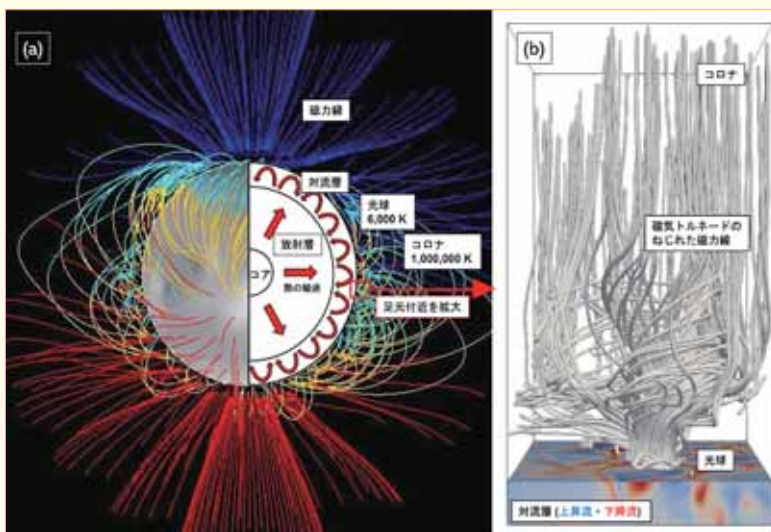
出身地 沖縄県
出身高校 昭和薬科大学附属高校
出身学部 東京大学理学部地球惑星物理学科

生命が居住可能な条件の重要項目として惑星大気存在が挙げられる。惑星が大気を維持できるか否かを調べるには、ホストとなる恒星からのX線及び紫外線(XUV)放射を正しく見積もる必要がある。XUV放射は高温な恒星大気、中でも最外層のコロナから放射されている。コロナの温度は百万度以上であり、これは恒星表面(光球)に比べて数百倍高温である。この事実は一見奇妙である。なぜなら太陽の熱源は中心(コア)で生じている核融合反応であるためコアから離れるほど温度は低くなるはずだからである。したがってコロナ加熱メカニズムの理解が生命居住可能性の研究には必要不可欠である。恒星の中でも私の研究対象である太陽コロナ加熱研究は特に盛んに行われている。これは他の恒星が点としてしか観測できないのに対し、太陽は空間分解した詳細な観測ができる唯一の恒星であるためだ。

太陽大気は電離したガスであるプラズマと呼ばれる状態にあり磁場の影響を強く受ける。光球プラズマはお湯に火をかけた時のような熱対流運動をしていることが観測されている。この対流運動と太陽磁場との相互作用により生じた磁気エネルギーがコロナまで伝播することで加熱に繋がると考えられているが、エネルギー輸送システムの詳細はこれまでよくわかっていなかった。しかし近年観測技術の進歩により光球では対流により生じた小サイズの渦が遍在しており、この渦が駆動する磁気トルネードと呼ばれるエネルギー輸送システムの存在が発見された。磁気トルネードとは、太陽磁場の足元に位置する渦が光球からコロナまでを貫くように磁場をねじることにより、竜巻のようなプラズマ流の発生を伴いながらエネルギーが伝播する現象のことである。磁気トルネード研究の課題として、エネルギーの効率的輸送を可

能にする理由がこれまでよくわかっていなかった。そこで私は太陽大気中の磁気トルネード発生をスーパーコンピュータで再現し、観測データのみでは得ることのできない3次元構造を詳細に解析することで上記の仕組みの解明に現在進行形で挑戦している。これまで得られた成果として、磁気トルネードがコロナ到達前までのエネルギー散逸を抑制し、その結果コロナまでの効率的エネルギー輸送を実現することを発見した。ただ解明すべきことはまだまだ山積みである。例えば磁気トルネードが太陽のいたる所で支配的なエネルギー輸送システムであるのか否か、またトルネードがコロナまで運んだ磁気エネルギーを熱に変換する仕組みは何かなど上げればきりが無い。

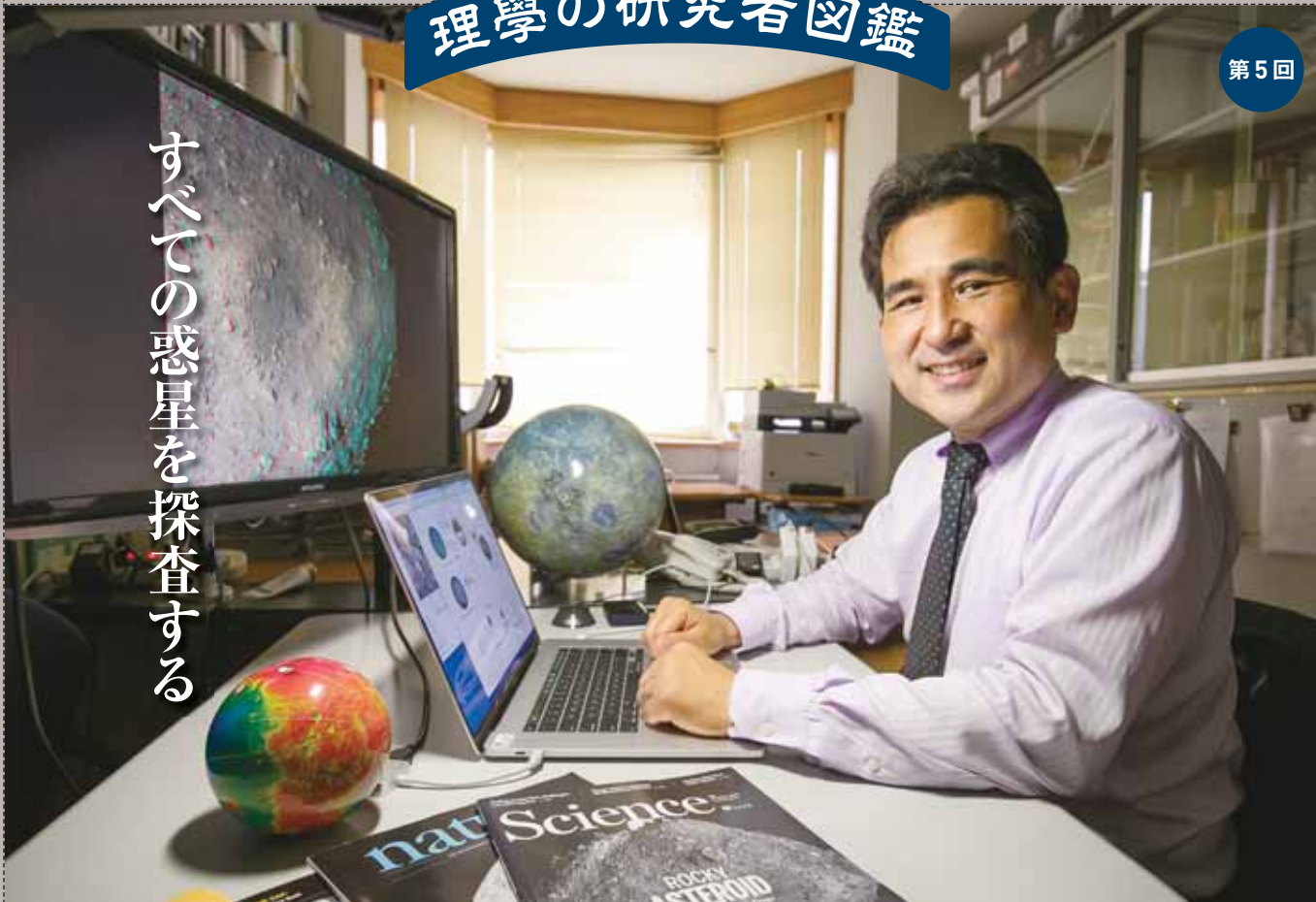
私が太陽物理学を志したのは直感に従った結果である。他の天体現象には感じない美に魅了されて研究を進めていくにつれ、自分の研究の原動力が愛であることに気づいた。損得や常識に捕らわれず愛に導かれるまま研究に没頭している時間は創造的で最も自由を感じる。世界中に同じように太陽愛にあふれた同士がたくさん存在しており、彼らとの協力が研究生活においては欠かせない。国際的な活動の敷居が低いことも分野の魅力だと感じている。



図：(a) 太陽大気中の磁場分布(© H. Tsujimura)と太陽内部及び大気構造の概略図。コアで生じた熱は放射と対流により光球まで運ばれる。大気中では磁場による加熱が生じ、その結果コロナ温度は光球の数百倍ほど熱くなる

(b) 磁気トルネード発生時の磁力線。足元は光球に根差しており、コロナまでを貫くようにねじられた磁場が形成される

すべての惑星を探查する



杉田 精司



Seiji Sugita
地球惑星科学専攻

1992年、東京大学大学院理学系研究科修士課程修了。米国ブラウン大学(Brown University)地球科学科博士課程修了(Ph.D.)、東京大学理学系研究科助教、米国航空宇宙局エイムズ研究センター(Ames Research Center)招聘研究員、東京大学新領域創成科学研究科准教授のち2009年教授を経て、2014年より現職。

子供の頃好きだった教科は？

図画工作

教科書を読まされて覚えてテストを受けるものが多い中で、図画工作だけは全く自由にできるように感じたからでした。

東大理学部の良いところはここ！

さん付けで呼び合う フラットな人間関係

肩書きでなく、発言内容で議論を進めようとする精神の表れだから。

座右の銘は？

NASAエイムズ研究センターにて
惑星大気実験で師事した
ビジュン・カレー(Bishun N. Khare)
博士の言葉

“Do not think a difficult
thing as stress. Then it
becomes stressful.
Think it as a challenge.
Then it becomes something
to look forward to” .
彼はカール・セイガン(Carl Sagan)
の右腕と言われた研究者でした。

最初に聞いたときには「そんなふうに考えられれば誰も苦労しないよ。何言っているんだろう？」と思いました。ですが、彼の生き様であることがわかったときに、言葉の意味が分かった気がしました。

趣味はなんですか？

水泳とサイクリング

頭ばかり使った1日の最後に体を動かすことは、何よりも心地よいです。

インスピレーションの源は？

研究のインスピレーションは
朝のコーヒーの後の
ひとときに来ます。

でも健康な生活をしてないと、コーヒーだけ飲んでも何も浮かびません。

宇宙人はいらと思う？

いるに決まっている

宇宙には膨大な数の惑星が存在していて、その少なからぬ割合が温暖湿潤な環境を持っている条件を満たす地球型の惑星であることまで判明しています。そこに生命が生まれない方がおかしいです。

メッセージ

宇宙は広く、無限の多様性
をもった惑星が存在します

惑星がなぜカラフル
なのかわかりたい！



橘 省吾



Shogo Tachibana
地球惑星科学専攻

2000年大阪大学理学研究科博士後期課程修了。東京大学大学院理学系研究科助手・助教、北海道大学大学院理学研究院講師・准教授を経て、2017年より現職。

子供の頃好きだった教科は？

夏の体育以外は 全般に好きでした

田舎で育ったせいか、日常的に触れる情報が少なく、学校で習うことはどれも新鮮で楽しかったように思います。ただ、水泳が苦手だったので、夏の体育の授業は本当に嫌でした。

学生さんにおすすめする本や教科書は？

宮沢賢治の童話

自然を理解するというのとはこういうことなんだと感じます。

中高生の頃、どんなことに
興味を持っていましたか？

ボイジャー2号の惑星探査

学生のころ、ボイジャー2号は天王星を探査し、高校生のころに海王星に到達しました。天王星や海王星の姿がどんなものなのか、楽しみに待っていました。理学部っぽく書くとこんな感じですが、普段は、週刊少年ジャンプの続きとプロ野球の結果を気にしていました。

趣味はなんですか？

読書

研究の妄想が趣味に近いと思いますが、それ以外では読書になるのかもしれませんが、ここ数年は、青空文庫で小説を読んでいます。

自分は運がいいと思う？

はい

周囲の方々や機会にめぐまれて、ここまでやってこれることができました。

宇宙人はいと思う？

はい

「人」をどう定義するのはわかりませんが、生命体と呼べるものはいると思います。

メッセージ

答えが見当たらないことを
楽しみましょう

インタビュー記事 ▶

小惑星サンプルリターンプロジェクト「はやぶさ2」に関わるお二人を取材した記事です。



眠りを奪われたネズミはなぜ死んだ？

林 悠

(生物科学専攻 教授)

耐え難い疲労感に苛まれた際に、短時間の仮眠をとるだけで驚くほどの爽快感を感じた経験のある方は少なくないことと思う。しかしながら意外にも、睡眠が身体の回復をもたらす仕組みはまだよく分かっていない。

睡眠の役割を解明しようと、さまざまな動物種で「断眠実験」、すなわち動物が眠りに落ちた瞬間に強制的に起こすことで睡眠を剥奪する実験が行われてきた。しかしながら、こうした実験は解釈に注意が必要である。睡眠を奪われ続けることで眠くて仕方がない状態となった動物は、ちょっとした刺激では起きることはない。すなわち「断眠実験」は長期間続けるほど、起こすために与える刺激も強めることとなり、刺激そのものの影響も無視できなくなる。1983年に*Science*誌で発表された研究では、こうした点を考慮し、大型のネズミであるラットを用いた実験で「断眠個体」が眠るたびに、その「断眠個体」およびケージの壁をはさんで反対側に飼われている「対照個体」の双方に、同じ刺激が与えられるよう実験装置をデザインした。これにより双方とも同じ刺激を与えられたが「断眠個体」は睡眠量が10%程度まで減少したのに対し、一方の「対照個体」は70%程度までの減少にとどまった。

ではこの実験を続けた結果「断眠個体」と「対照個体」にはどのような違いが生じたのだろうか。「断眠個体」のみが2～3週間で死んだのである。また「断眠個体」では終盤に摂食量が著しく増えたにもかかわらず、体重が減少し、体温も低下した。すなわち、エネルギー消費が大きく増加したと考えられる。さらに、毛で覆われていない部分の皮膚の損傷が見られた。意外にも、ストレスの指標となるコルチコステロイドというホルモンには差はなかった。では、エネルギー消費の増加や体温の喪失が「断眠個体」を死へと追いやったのだろうか？ エネルギー消費は甲状腺という臓器によってコントロールされる。そこで「断眠個体」の甲状腺の機能を低下させたところ、エネルギー消費が下がり、体温低下がさらに進んだが、死期には影響がなかった。逆に甲状腺の機能を亢進させたところ、体温低下を防止することができたが、死期はむしろ早まった。従って、エネルギー消費や体温低下と断眠による死には直接



関係がない可能性がある。その後「断眠個体」の血液やいくつかの臓器から通常検出されない量の細菌感染がみられることが判明し、免疫力が低下した結果、腸内細菌などの常在菌が異常増殖・浸出した可能性が指摘されたが「断眠個体」に抗生剤のカクテルを与えることで、菌の繁殖を抑え込んでも死期に影響がないことも明らかとなった。従って、ウイルスなどの別の病原体の関与は否定できないものの、感染が死の原因であることの直接の証拠もない。最初にこの断眠実験が行われてからすでに40年ほどが経とうとしているが、断眠ラットの死因は依然として不明である。

ラットもヒトも、レム睡眠とノンレム睡眠という2種類の睡眠をとる。レム睡眠中に起こされたヒトは「夢を見ていた」と報告することから、レム睡眠は夢を見る睡眠として良く知られる。一方、ノンレム睡眠中に成長ホルモンの分泌が上昇するなど、身体の回復には一般的にノンレム睡眠が重要とされる。しかしながら近年、ヒトにおいて、レム睡眠が少ないことは循環器疾患やあらゆる死因による死亡のリスクであることが判明するなど、レム睡眠もまた重要である可能性が浮上した。私たちの研究室では、レム睡眠がほぼなくなった遺伝子組換えハツカネズミの作出に成功しており、このユニークな材料を利用した研究から、睡眠の謎に迫りたいと考えている。

図：気持ちよさそうに仲間同士で寄り添って眠るハツカネズミ。この時、体内ではどのような変化が起きているのだろうか？

TOPICS

はばたけ、理学部人材！ キャリアシンポ報告

高橋 嘉夫 (キャリア支援室長／地球惑星科学専攻 教授)

20 22年11月17日(木)に恒例の理学系OB・OGによる「理学部生のためのキャリアシンポジウム: 理学部の進学と就職ガイダンス2022 Online」を開催した。今年、生物化学、物理学、地球惑星科学の博士あるいは修士課程を修了され民間・国家公務員に進まれたOB・OGに、下記のタイトルでご講演をいただいた。

1. 齊藤 健 (2013年生物化学専攻博士課程修了・博士(理学): 現Astellas Pharma Global Development, Director, Bioinformatics)
「4-D analysis of research environment: Academia-Industry-Japan-USA」
2. 西村 美紀 (2018年物理学専攻博士課程修了・博士(理学): 現京都フュージョニアリング株式会社経営企画部マネージャー)「いつでも新しい世界へ!」
3. 後藤 裕 (2014年地球惑星科学専攻 修士課

程修了: 現文部科学省大臣官房総務課専門官)「科学技術と社会の間で」

現在米国でお仕事なさっている齊藤さんからは、米国で就職する場合の博士号取得の重要性を述べていただいた。西村さんからは、ポストドクからコンサルタント企業、さらにスタートアップ企業へキャリアを進まれた体験を紹介いただいた。また、後藤さんからは、修士から国家公務員に進むという道を選択された理由についてお話しいただいた。いずれも例年にも増して、理学系学生のキャリア選択についてとても参考となるアドバイスであった。このシンポジウムは、学生に限らず多くの貴重な話が聞ける場である。来年度以降もぜひ多くの方にご参加いただければと願っている。最後に、本シンポジウムの開催にご協力いただいた各専攻・学科の先生、ありがとうございました。



キャリアシンポジウムオンライン2022ポスター

駒場1年生向け理学部ガイダンス報告

川北 篤 (教務委員長／生物科学専攻 教授)

20 22年11月29日(火) 18:45~21:00に駒場1年生向け進学ガイダンス「理学部ガイダンス~なぜ私は理学を選んだか~」を開催した。コロナ禍が始まって以来、理学部のガイダンスはオンラインのみで行ってきたが、今回3年ぶりに駒場の講堂(900番教室)にて対面で行い、前半部分はオンラインでも配信するハイブリッド形式で開催した。

冒頭で星野真弘理学部長から挨拶をいただいた。理学が純粋な知的好奇心に根ざした基礎科学であると同時に、人類社会に貢献する学問であるというお話があった。次に、筆者から理学部の教育の特色、国際化への取り組み、学生支援、進学・就職状況などについて説明した。その後、各学科を代表する10名の学部生・大学院生がそれぞれ3分間で学科の魅力や特色を紹介した。

パネルディスカッションでは、進学選択で他学部と迷うこともあったが、基礎学問である理学に惹かれた、と学生が口を揃えていたのが印象的だった。

後半は学科ごとに分かれ、教員や学生との懇談会を行った。どの学科も会場が閉まる21時まで多くの学生が残って話を続けており、やはりガイダンスは対面が良いと実感した。

今年は会場で約200名、オンラインでも最大160名の学生の参加があり、オンラインのみだった昨年の参加者数(約270名)を大きく上回った。本ガイダンスをきっかけに、多くの学生が理学部を志望してくれることを願っている。



パネルディスカッションの様子

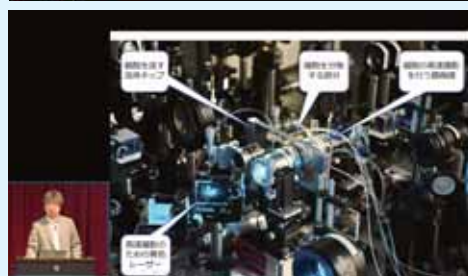
東大理学部 高校生のための冬休み講座2022 Online

飯野 雄一 (広報室長/生物科学専攻 教授)

例 年冬休みの時期に行っている高校生向けの講演会を2022年12月26日(月)と27日(火)に開催した。オンラインでの開催はこれで3度目となる。いまやコロナ禍における定例方式となったが、小柴ホールより理学部YouTubeチャンネルに配信し、slidoによりリアルタイムで視聴者から質問を受けつけ、補助の大学院学生が質疑応答を仲介する形式で行った。今回、一部の講師は補助の学生をつけず自身でslidoより質問を受けていた。

初日は、数学科 岩木耕平准教授による「 $\sqrt{1}$ はいつでも1か」、物理学科 高三和晃助教による「非平衡状態で物質の“限界”を超える」、生物化学科 難波祐里香特任助教による「小さなRNA vs 動く遺伝子! ~ 遺伝情報をめぐるミクロの闘い~」、2日目は、天文学科 戸谷友則教授による「宇宙に生命はどこだけあるのか?」、化学科 磯崎瑛宏特任准

教授による「細胞の個性を見るために」、生物情報科学科 浅野吉政助教による「ウイルスに打ち勝つパワー~自然免疫におけるmicroRNAのはたらき~」の6講演を配信した。今回は各分野の講演の中で生命に関する題材が多く取り上げられており、生命科学が分野をまたがった広がりを見せているようにも感じられた。一方で、ややオーバーラップ感が多く、多様な高校生の興味を捉えることができたかは今後の分析が必要かもしれない。視聴者からはさまざまな観点の質問が寄せられ、講演を楽しんでもらえたことが伺えた。特に、ウイルスに関する話題には質問が集中し、質問時間をやや延長して対応することとなった。撮影配信と進行は広報室と情報システムチームが協力して行なった。視聴いただいた皆様と、さまざまご助力いただいた皆様に深く感謝したい。



(上) 高三和晃助教 (下) 磯崎瑛宏特任准教授の講演の様子

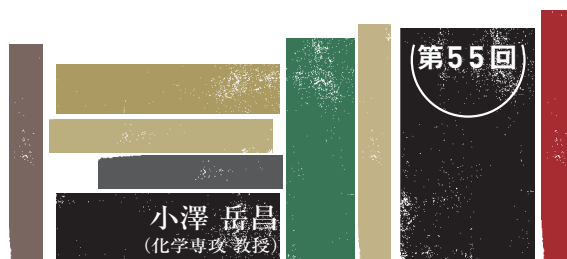
理学の本棚

「実験データ分析入門」

大学に入学すると、多くの学部で学生実験が始まり、データを取得し解析する方法を学修する。実験と合わせ、統計学の基礎を学ぶことであろう。一方、学部後半あるいは大学院から研究室に所属すると、研究プロジェクトで答えの無い実験が始まる。どのようなデータをどの程度取得し解析するか、データの科学的な振る舞いを分析する必要性が生じる。得られたデータにどの程度の不確かさがあるか、二つの結果に有意差があるか、複数の母集団の中に優位差のある集団が存在するかなど、直感ではなく科学的にデータを分析し報告する場面に直面する。

本書は Dr. Graham Currell が作成した化学、生命科学、物理学、環境科学などで用いられる統計学の教材をもとに、データ分析の実践的な方法を、事例を交えながら解説した入門書である。統計学の教科書に掲載される複雑な式変形にはふれず数式を紹介するに留め、実際にデータ分析

をする上で必要な「統計解析ソフト」をどのように使うかを紹介している。第一部では基本的な統計的概念を解説し、Excelのコマンドを用いた統計量の求め方を紹介する。第二部では実際にデータが手元にあり分析を行う、あるいは実験計画を決めるためにデータ分析方法をあらかじめ検討するような状況を想定し、統計解析ソフト SPSS と minitab を用いて実践応用を解説する。実験研究者の入門書として本棚に置いておく役立つかもしれない一冊である。



Graham Currell 著 小澤 岳昌 訳
「実験データ分析入門」
東京化学同人 (2022年)
ISBN 978-4807909919

第35回 東京大学理学部公開講演会

広報委員会

第35回東京大学理学部公開講演会では、「理学が照らす世界」と題してみなさんにお届けします。人間の知的好奇心によって掻き立てられた理学の研究が達成する不思議な現象の謎をとくということ。今回は化学・生物・宇宙物理学のそれぞれの分野から、その営みを感じられるような研究の一端をお伝えします。詳しくは理学部HPをご覧ください。皆様のご参加をお待ちしています。

- 開催日程：2023年3月10日（金）
- 開催時間：14：00 開始（開場13：30）
- 開催場所：東京大学本郷キャンパス理学部1号館 小柴ホールおよびオンライン開催
- 参加無料：現地会場へのご入場には事前申し込みが必要です
- 詳しくは、理学部HPをご覧ください： <https://www.s.u-tokyo.ac.jp/ja/event/8234/>

博士学位取得者一覧 |

(※) は原題が英語 (和訳した題名を掲載)

種別	専攻	取得者名	論文題名
2022年12月12日付			
課程	生科	王 徳璋	免疫チェックポイント分子 PD-L1 を介した細胞老化の免疫監視機構の解明 (※)

人事異動報告 |

異動年月日	所属	職名	氏名	異動事項	備考
2022.11.30	天文	教授	DEBATTISTA VICTOR	退職	
2022.11.30	化学	特任准教授	寺井 琢也	退職	同専攻・准教授へ
2022.12.1	化学	准教授	寺井 琢也	採用	同専攻・特任准教授から
2022.12.1	化学	特任助教	KUNAL KUMAR	採用	
2022.12.1	フォトン	特任助教	何 亜倫	採用	工学系研究科・助教から
2022.12.31	天文研	准教授	峰崎 岳夫	退職	同施設・特任教授へ
2022.12.31	地惑	助教	佐藤 雅彦	退職	同専攻・特任助教へ
2022.12.31	物理	助教	小高 裕和	退職	大阪大学・准教授へ
2022.12.31	化学	助教	XIAO TINGHUI	退職	
2022.12.31	遺伝子	助教	大野 聡	退職	東京医科歯科大学・講師へ
2022.12.31	物理	特任助教	見波 将	退職	京都大学・助教へ
2023.1.1	天文研	特任教授	峰崎 岳夫	採用	同施設・准教授から
2023.1.1	物理	助教	萩野 浩一	採用	
2023.1.1	物理	特任助教	鎌田 翔	採用	

東大理学部基金

**限界を突破し、科学を進め、社会に貢献する。
理学部の若手人材の育成にご支援ください。**

ご支援への感謝としての特典

(1月から12月までの、1年間のご寄付の合計金額)

3,000円以上：理学部カレンダー(非売品)・クリアファイルのご送付



東京大学大学院理学系研究科長・理学部長

星野 真弘

理学系研究科・理学部の歴史は、東京大学創設の1877年(明治10年)までさかのぼり、昔も今も、自然の摂理を純粹に追及するプロフェッショナル集団として、日本のみならず、世界の理学研究・教育の中心として、多くの成果と人材を輩出しております。

理学の研究によって、われわれは自然の摂理をより深く理解し、またそこから科学技術へ応用できるシーズを得て人類社会を発展させてきました。近年、ノーベル賞を受賞した梶田隆章先生(2015年)、大隅良典先生(2016年)、真鍋淑郎博士(2021年)の研究はいずれも人類の「知」の地平を拡大する画期的な成果となり、まさに理学の神髄というべきものでした。

一方、「自然」はもっと深淵で、手ごわく、時としてわれわれの慢心や驕りに強い警鐘を鳴らします。現在、人類社会は多くの地球規模の難問、たとえば資源の枯渇、自然災害、環境破壊、気候変動などに直面しています。これらの問題の解決策についても、多様な切り口を持ち、事象を深く理解する理学への期待がさらに高まっています。理学系研究科・理学部は、これからも最先端の「知」を創造し、その期待に応えていきます。

そのためには皆様の力が必要です。理学系研究科・理学部は人類社会の持続的・平和的發展に向けて、皆様と一緒に、大いに貢献していきたいと切に願っております。皆様の力強いご支援を賜りたくお願い申し上げます。

ご支援でできること

寄付の活用

新たな財源の獲得による多様化が求められるなか、東京大学では、教育研究の発展に寄与する以下の取り組みを充実させるため、安定的な寄付金の獲得を目指しています。

- ・経済的な理由による進学断念をなくす
- ・若手研究者を安定的に雇用し、研究に専念できる環境を整備する
- ・学生の海外体験を推奨し、これを支援する
- ・旧型の機器・装置を更新し、最先端の研究を進める環境を整える
- ・老朽化した施設の建て替え・補修を行う
- ・民間企業の研究者と本学の教員が共通の課題について共同研究を行う

共同研究

民間企業の研究者と本学の教員が共通の課題について共同して研究を行います。

社会連携

公共性の高い共通の課題について、企業出資のもと、講座を設置し、共同研究を行います。また、共同研究の一環として設置され、民間機関と連携し、教育研究の進展と充実を図り、人材育成をより活発化させ、学術の推進及び社会の発展に寄与いたします。

寄附講座

大学と企業等が協議して研究テーマを設定し、講座を立ち上げ、数年にわたり継続して講座を開設し、教育・研究を行います。

※税法上の優遇措置について:個人からのご寄附のうち2,000円を超える部分について、当該年所得の40%を限度に所得控除対象となります。

理学系研究科・理学部関連基金のご紹介



Life in Green Project

「小石川植物園」と「日光植物園」を世界に誇る植物多様性の研究施設として整備し、社会に開かれた植物園へと発展させるプロジェクトです。



マリン・フロンティア・サイエンス・プロジェクト

幅広い分野で活躍する研究者と、ビジネス・産業の専門家を三崎に結集させ、三崎の海にすむ生き物を用いた基礎研究の成果を宝石の原石として、そこから三崎ならではの革新的なビジネスと産業を創出し、「イノベーションを産む奇跡の海、世界のMISAKI」として、東大三崎臨海実験所から世界に情報発信することを目的としたプロジェクトです。



知の物理学研究センター支援基金

これまでの既存の物理学研究の枠を超えた新たな挑戦として、現在世界的に関心を集めている「説明可能な AI (Explainable AI = XAI)」を物理学の基礎原理に基づいて構築し、原因から結果に至る因果関係を演繹的にモデル化するなど、物理学と AI が融合する新しい学問領域の創出を目指します。



地球惑星の研究教育支援基金

地球・惑星・環境などを理学的に展開する基礎科学でありながら、太陽系や、生命の誕生と進化などの「夢」を追求し、環境・災害・資源などの「社会や人間の役に立つこと (貢献)」への研究をします。



変革を駆動する先端物理・数学プログラム (FoPM) 支援基金

FoPM は、世界トップレベルの教育研究体制の強みを活かした、専門外の分野や人類社会にもインパクトを与えられる基礎科学の専門人材を育成する修士・博士一貫プログラムです。





浅野キャンパス内に設置された日本で初めてのIBM量子システム・テストベッド。希釈冷凍機内のIBM製量子チップへマイクロ波を入力して量子ビット状態の制御や非破壊測定を行う。実機の量子コンピュータを用いて、極低温デバイスの性能を調べる企業研究や学生実験にも利用されている