

理学部 ニュース

東京大学 **07** 月号 2023

未来へのとびら
博士から、
コピーライターへ。

理学の研究者図鑑
高前田 伸也

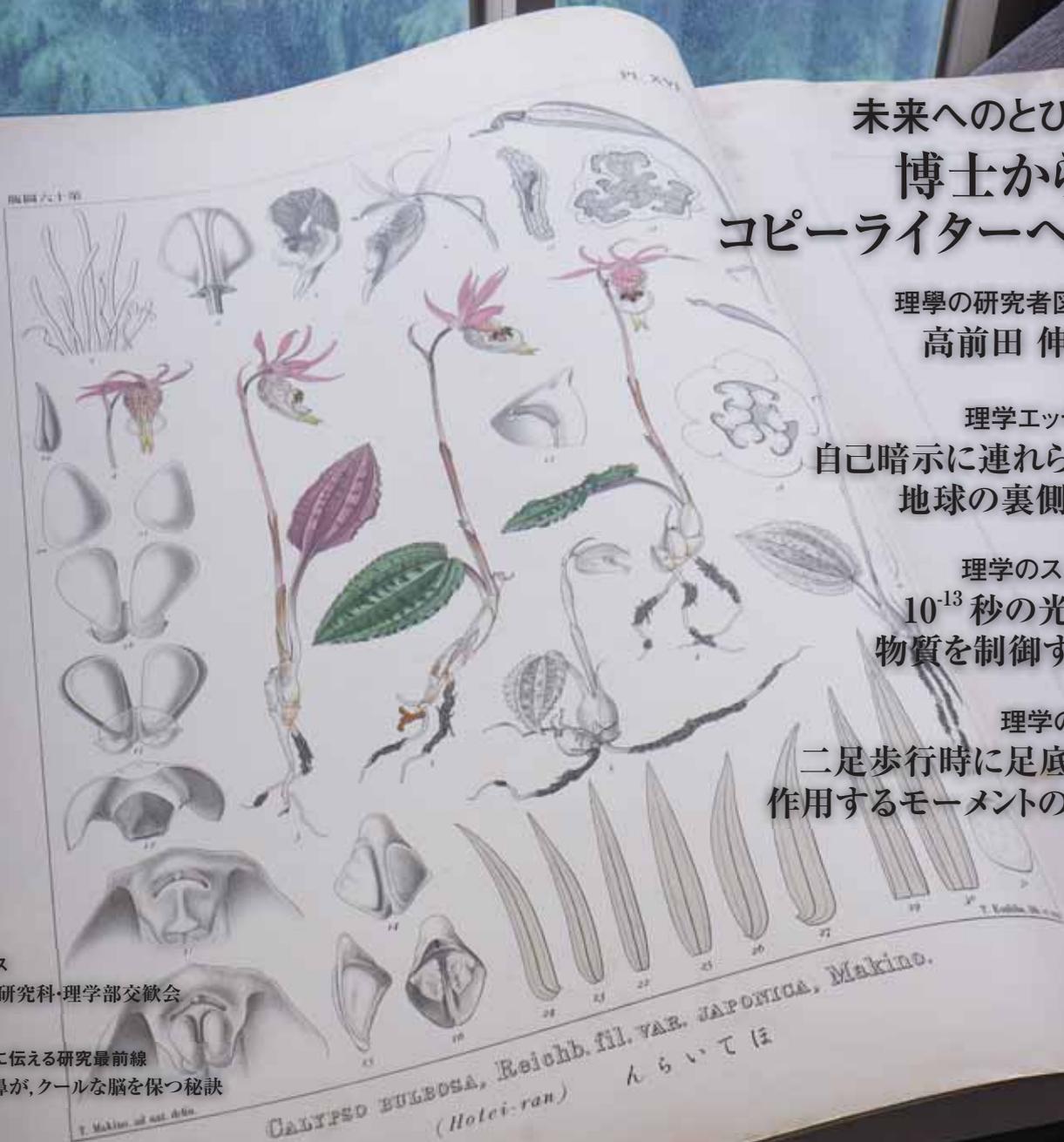
理学エッセイ
自己暗示に連れられ
地球の裏側へ

理学のススメ
 10^{-13} 秒の光で
物質を制御する

理学の謎
二足歩行時に足底に
作用するモーメントの謎

トピックス
理学系研究科・理学部交歓会

学部生に伝える研究最前線
大きな鼻が、クールな脳を保つ秘訣



CALYPSO BULBOSA, Reichb. fil. var. *JAPONICA*, Makino.
(Holei-ran) んらいてほ

07 理学部 ニュース 月号 2023

1911年に牧野富太郎によって執筆、編集された大日本植物志第1巻第4集収録「ホテイラン」。季節ごとの形態の変化や細かい解剖学的特徴を示す図が一枚の紙面に美しくまとめられている。



表紙・裏表紙 Photo Koji Okumura (Forward Stroke Inc)
P. 10 Photo 貝塚 純一

朝ドラ「らんまん」はご覧になっているでしょうか？私は観ていないのですが…。理学部1号館サイエンスギャラリーにちなんだ2023年度の表紙、7月号は牧野富太郎先生がテーマです。代表作である大日本植物志と、歴史的価値も高い日本植物志図篇を据えています。裏表紙右上のノジギクは「らんまん」オープニングに登場したそうですよ。さて、理学部ニュース、今月号は身近な話題が多いかもしれません。新企画「未来へのとびら」はコピーライターとしてご活躍の豊田さん。「理学の謎」は二足歩行、「研究最前線」には恐竜も出てきます。「エッセイ」では天文分野の大学院生の国際的な研究活動の様子が伝わります。そのほかの「研究最前線」と「理学のススメ」では、光を使ったさまざまな技術が、細胞内分子ネットワークや系外惑星、物性研究を舞台に大活躍！ぜひ今月号もお楽しみください。

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55巻2号 ISSN 2187-3070

発行日：2023年7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）
平沢 達矢（地球惑星科学専攻）
國友 博文（生物科学専攻）
奥山 香帆（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。



東京大学 理学部ニュース

検索

目次

理学エッセイ 第65回

03 自己暗示に連れられ地球の裏側へ
紅山 仁

学部生に伝える研究最前線

04 酵素の光操作技術を用いる細胞内分子ネットワーク解析
河村 玄気／小澤 岳昌

最新の光工学技術で太陽系外の惑星を写す
田村 元秀

大きな鼻が、クールな脳を保つ秘訣
多田 誠之郎／對比地 孝亘

理学のススメ 第14回

07 10^{-13} 秒の光で物質を制御する
小川 和馬

未来へのとびら 第2回

08 博士から、コピーライターへ。
豊田 文典

理学の謎 第21回

09 二足歩行時に足底に作用するモーメントの謎
荻原 直道

理學の研究者図鑑 第8回

11 コンピュータアーキテクチャ×○○な魔法戦士
高前田 伸也

トピックス

12 理学部ガイダンス 2023 開催報告
松尾 泰

理学系研究科・理学部交歓会
広報誌編集委員会

理学の本棚 第58回

12 「強光子場分子科学」
山内 薫

お知らせ

12 新任教員紹介
レーザー研究の泰斗 霜田光一名誉教授のご逝去を悼む
酒井 広文

東京大学理学部オープンキャンパス 2023 Online 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

理学部ニュース5月号(55巻1号)にて、以下の誤りがございました。
慎んでお詫び申し上げます。
博士学位取得者一覧：
P17 2023年3月1日付博士号取得の森田 悠介さんの所属
正しくは、物理になります。

Essay

自己暗示に連れられ
地球の裏側へ

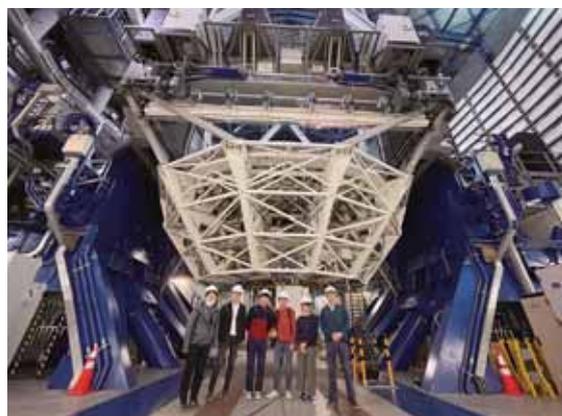
紅山 仁
(天文学専攻 博士課程3年生)

母校の国語教師は事あるごとに、「夢は口にしないと叶わない、夢を語ることは恥ずかしいことではない。」と言っていた。今とは違って純粋な青年であった私はその言葉を真に受けて、先生の話聞いたその日に、東京大学に入る、と宣言した。訳あって別の大学に入学することになったが、回り回って大学院で本学に進学して今このエッセイを書いている。

時同じくして、チャンピオンベルトを手にした格闘家の影響を受けた母親は、「夢は文字にしないと叶わない、息子たちよ、夢を書き出しなさい。」と言い出した。本当は大して格闘が好きではない母親の気迫に負け、母と兄と私の三人は、揃いも揃って夢を文字に起こし、それをよく目にする冷蔵庫前面に貼り付けた。私はここでも、東京大学に入る、と書き出した。結果、見事に親子三人の夢はすべて叶ったのであった。

話し言葉と書き言葉の差はあるものの、いわゆる「自己暗示」の存在を身に染みて感じたこの時期から、叶えたいことを口にするのが私の習慣になった。本学の天文学専攻に所属してからは、事あるごとに天文観測のメッカであるハワイ、チリに行きたいとつぶやいた。その甲斐あってか、「天文観測装置の解体作業」という条件付きではあるが、入学してたった二ヶ月で、自然科学研究機構国立天文台ハワイ観測所にあるすばる望遠鏡を訪れることができた。日中作業であったために一度も満天の星空をみることはできなかったが、口径8.2 mの大型望遠鏡を拝めたことは満足だった。

次回の出張を楽しみにしている最中に、新型コロナウイルスの感染が拡大して海外を訪れる機会はめっきり減ってしまった。気晴らしにフリマアプリでスペイン語の教科書を買って、来るべきチャンスに備えて、チリを頻りに訪れて



本学天文学専攻一行と口径8.2 m望遠鏡 Very Large Telescope。
巨大な鏡でさまざまな天体からの微弱な光を集める

いる教授たちにスペイン語で挨拶してみた。「オラ、コモエスタ？（こんにちは、調子はどう？）ムイビエン（最高だよ）」文字にすると少し偉そうな挨拶に思えなくもない。そうしているうちに、チリで行われる学術フォーラムで講演してみないか、との連絡をいただいた。ハワイの時とは違い、今度は研究発表のために海外に行けるのだ。またしても自己暗示のおかげ。パーフェクト（完璧）である。

第4回チリ日本学術フォーラム2022は、チリ南部の観光都市プエルトモンで開催された。天文分野を含む6つの研究会が2日間にわたり並行して行われ、最新の研究成果が報告された。ここで共同研究へのきっかけも得ることができ、ひじょうに充実したものとなった。なんと言っても、エクスカージョンで訪れた Paranal 天文台で目にした世界有数の大型望遠鏡 Very Large Telescope は、まさに「圧巻」の連続であった。標高 2700 m にある4台の口径8.2 m の巨大な望遠鏡、その補助望遠鏡も大きく、補助だというのに、日本でいつも目にしての望遠鏡の倍程の大きさもあったのだ。これに加えて、生まれて初めて目にする壮大な砂漠地形が、一瞬にして私の写真フォルダを占領した。真夜中の砂漠で見た星空は、間違いなく人生で一番の星空であった。

さて、博士課程3年になった私の次の自己暗示は、就職先に関するものかもしれない。すでに私の専門分野である太陽系小天体の研究が盛んな海外の研究機関に目をつけており、近々将来のポストに会って、わたしの熱意を自分の「言葉」で伝えてくることを予定している。どうしても叶えたい夢や目標がある時には、それをまずは言葉にする、そうして自己暗示の力を借りてみるのも悪くないのかもしれない。

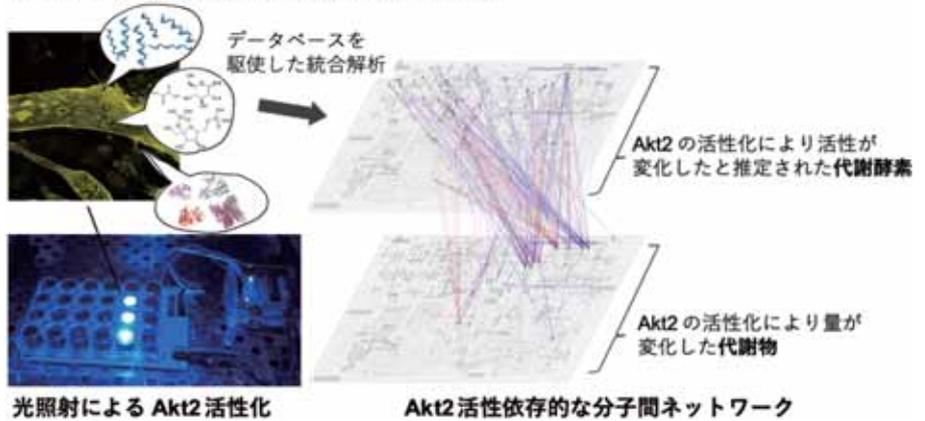
理学部ニュースではエッセイの原稿を募集しています。自費出版を問わず、ふるってご投稿ください。特に、学部生・大学院生の投稿を歓迎します。ただし、掲載の可否につきましては、広報誌編集委員会に一任させていただきます。ご投稿は mgaku-news@adm.s.u.tokyo.ac.jp まで。

CASE 1

細胞内分子ネットワーク解析
酵素の光操作技術を用いる

細胞は多数の生体分子から構成されており、それらが密接に連携して働くことで生命機能を維持している。たとえば、私たちが食事を取ることで摂取した栄養分は、多くの酵素が関わる代謝反応を経てエネルギー源や生体の構成物質として活用される。このように協奏的に働く酵素の中からある一つの酵素の働きだけを特定するためにはどうすればよいだろうか。私たちは、特定の酵素活性を意のままに操作する「光操作技術」を開発し、膨大な生体分子の測定データを用いたトランスオミクス解析を行うことで、特定の酵素が司る細胞内での役割を明らかにした。

Akt2が活性化した細胞内の生体分子の網羅的測定



私たち生命は、食事を取ることで外部から主にグルコース（ブドウ糖）からなる栄養分を摂取し、それらを細胞内でエネルギーや、核酸、タンパク質といった生体の構成要素に変換することで生命機能を維持している。この一連の働きは多種多様な代謝経路から成り立っている。同じ出発物質であっても代謝経路が異なれば別の物質に変換される。そのため細胞内には必要な代謝経路を選択して誘導するための情報伝達の仕組みが備わっている。この情報伝達に重要なタンパク質の一つに、タンパク質リン酸化酵素 Akt2 がある。

活性化した Akt2 は、細胞内シグナルを活性化し、さまざまな遺伝子発現を誘導する。その結果、代謝に関わる酵素の量および活性が変動し、代謝物の量に大きな変化が生じる。これまで、Akt2 の活性化が代謝経路の制御に必要であることは解明されてきた。しかし、産生される代謝物は別の酵素活性の調整も担うため（アロステリック効果）、代謝経路は複雑に絡み合っており、Akt2 が司る代謝ネットワーク全容の理解には至っていない。

そこで私たちは、光感受性を有する Akt2 を作製し、光照射依存的に細胞内の Akt2 を活性化する方法を開発した。この方法は、照射する光の強度を調節することで、Akt2 の活性を時空間制御

することが可能になる。また、Akt2 により制御される代謝経路を特定するために、代謝経路に関わる酵素やその代謝物など生体分子の大規模解析（トランスオミクス解析）^{注）}を行った。この解析では、生体分子の存在量変化の測定結果から Akt2 の活性化に応じて変化を示した分子を特定し、さらにデータベースを参照することで、変化を示した分子の間に存在する因果関係をネットワーク化することに特徴がある。ネットワークとして描画することで変化した代謝経路の特定が可能となり、Akt2 のみで十分に働く代謝経路と、Akt2 を必要とするものの Akt2 単独では十分に働かない代謝経路の存在が明らかとなった。

Akt2 に限らず、細胞内シグナルで要となる酵素は多数知られているが、特定の酵素とその酵素が引き起こす現象についての因果関係は多くの酵素について明らかではない。上記解析技術を他の特定酵素に適用すれば、その酵素が司る細胞内分子間ネットワークを解明することが可能となる。また、酵素を標的とした治療薬の効果の予測にも活用できるなど、今後の更なる研究の展開が期待される。

本研究は、G. Kawamura *et al.*, *Sci. Signal.*, **16**, eabn0782 (2023) に掲載された。

(2023年2月22日プレスリリース)

人工光感受性 Akt2 を培養細胞に導入し、Akt2 活性化をもたらした際に生じる生体分子の変化を大規模に測定し解析した。生体分子間の関係性をネットワーク化することで Akt2 の果たす役割を特定することができる

注) 物性がよく似た生体分子を網羅的に調べあげた大規模データ（オミクス層）を用い、複数のオミクス層を縦断的に統合して（トランスオミクス）生体分子間の相互作用を推定する解析手法

CASE 2

最新の光工学技術で
太陽系外の惑星を写す

地球や木星のような惑星は、宇宙にはありふれたものなのだろうか？ それとも、太陽系は特別な存在なのだろうか？ 太陽以外の恒星にも惑星が存在することを最初に実証した観測は、2019年のノーベル物理学賞の対象となった。その発見を契機に、太陽系の外に惑星をとらえる多彩な観測が花開いたが、遠くにある惑星そのものを捉える直接観測は難しく発見例は限られており、ほとんどが間接的な検出であった。次世代の超巨大望遠鏡で第二の地球を画像として写すために、あたかも地上望遠鏡を宇宙に打ち上げたように地球大気の影響をほぼ完全に除く技術が進みつつある。口径8メートルの日本の巨大望遠鏡すばるに、この技術を生かした超補償光学系を搭載し、新たな太陽系外惑星が直接に発見された。さらに、惑星の重力の影響で恒星がふらつく情報を加味することによって、直接観測による惑星の発見効率が向上し、惑星の質量もこれまでより精密に求まった。

これまで5000個を超える太陽系外惑星（以下、系外惑星）が発見されている。しかし、そのほとんどは間接観測によるものだ。つまり、惑星からの光を写真のように直接に画像としてとらえる直接観測ではなく、惑星の影響を受けている恒星の方を調べる方法に留まる。

2010年ごろにいくつかの系外惑星の直接撮像が成功したが、近年でもその発見例はあまり増えていなかった。それは、(1) 明るい恒星の光の影響を抑えるために、地球の大気揺らぎを極限まで直す必要があること、(2) 惑星を持つという有望な観測対象を絞りこむ良い手法が無く、多数の天体を観測してやみくもに探す手法がとられていたこと、という2つが主な理由である。

そこで、本研究ではこの従来の探査方法とは異なり、恒星の天球上での位置を精密に測定すること（アストロメトリ）ができるガイア衛星とヒッパルコス衛星のデータを利用して、恒星の天球上での位置をふらつかせる惑星の存在を示唆する間接証拠を先に得ておき、その影響がみられる有望天体のみを直接撮像するという手法をとった。

今回、われわれの国際研究チームは、すばる望遠鏡に搭載した超補償光学系 SCExAO（スケックスエーオー）とこのアストロメトリを組み合わせ

せる手法に基づき、新たな系外惑星 HIP 99770 b の発見に成功した（図）。超補償光学系とは、大気揺らぎによる星の像への影響をリアルタイムで測定し、表面の形状を変えることが可能な可変形鏡に星の光を反射させて、その波面を整形するシステムである。SCExAO は従来の補償光学系より約10倍の素子数を持ち、あたかもすばる望遠鏡を宇宙に打ち上げたのと同じようなシャープな星像を得ることができる。

この惑星は、アストロメトリと連携した直接撮像で発見された最初の惑星である。太陽の2倍程度の重さの恒星 HIP 99770 A を、太陽-地球間の距離の17倍離れた軌道を周回している。軌道の形はわずかに楕円のようなものである。

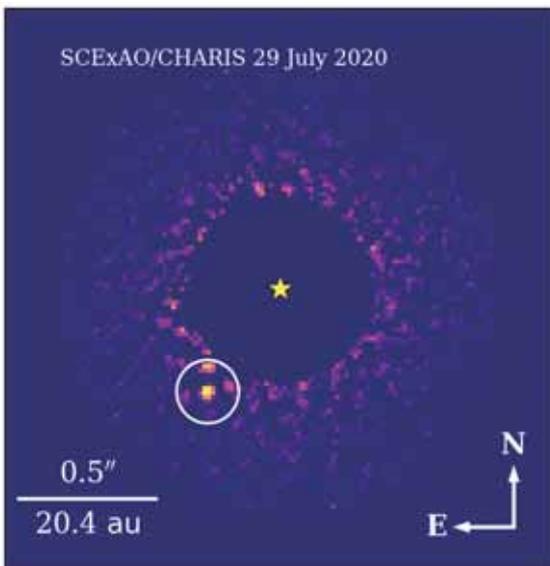
惑星の質量は木星の質量の約15倍と精密に求められた。通常の間接撮像観測では、画像上で測定された惑星の明るさをモデルと比較することによって惑星質量を推定するため、大きな誤差を伴う。今回は、恒星のふらつきの間接法のデータを加味した力学的質量と、直接撮像からの明るさに基づく質量の両方の情報から、わずか1木星質量程度の誤差で質量を精密に求めることができた。

アストロメトリ法から惑星存在を示す恒星は他にも多数あり、本研究の手法を展開することで、新たな系外惑星の直接撮像による発見が続くだろう。TMT（ティーエムティー：Thirty Meter Telescope）のような口径30m級の次世代望遠鏡と補償光学を用いた将来の観測では、同じ手法で「第二の地球」が撮影されると期待している。

本結果は、T. Currie, *et al. Science*, 380, 198 (2023) に掲載された。

(2023年4月14日プレスリリース)

2020年から2021年にかけてすばる望遠鏡で撮像されたHIP 99770 bの（アニメーション、WEB版のみ）画像。★印が恒星、○で囲まれたのが惑星である。恒星の周りに環状に広がるのは明るい恒星からの光に起因するノイズ（スペckルノイズ）である。惑星の位置が移動するのは惑星の公転運動のためである（クレジット：T. Currie/Subaru Telescope, UTSA）



CASE 3

大きな鼻が、 クールな脳を保つ秘訣

恐竜類は、外温性・内温性動物のいずれだったのだろうか？

その手掛かりとして、内温性動物だけが鼻の中にもつ「呼吸鼻甲介」という構造が目目されてきたが、その機能や内温性との関連は明らかでなかった。

本研究では、鼻甲介を持つ拡大した鼻腔の生理学的機能は、主に発達した脳の冷却である可能性を見出した。

さらに、獣脚類恐竜の鼻腔は子孫の鳥類ほど大きくなく、この機能はあまり発達していなかったようである。

このように鼻や脳に注目することで、恐竜から鳥類への進化で起きた生理学的機能と頭骨の変化を新たな角度から議論することができる。



CTデータを用いてデジタル3D復元したペロキラプトル (*Velociraptor mongoliensis*) の鼻腔 (オレンジ色)。鼻腔がある領域は周囲の骨のかたちと大きく関連することから、頭骨の形態進化を追跡することで鼻の進化過程も明らかにすることができる

代謝により高い体温を保つ内温性 (俗にいう温血) と、外気温に従って体温が変化する外温性 (冷血) の違いは、生物の生態や行動に大きな差をもたらすため、恐竜類がどのような代謝様式をとっていたか？ という問いは長い間注目を集めている。その手掛かりとして、現生の内温性動物である哺乳類と鳥類が鼻の中に持つ呼吸鼻甲介と呼ばれる渦巻き状の複雑な構造が着目されていたが、この構造の具体的な機能は明らかでなかった。

本研究では、多様な陸生脊椎動物の鼻を観察して鼻甲介と鼻腔の役割を検討した。まず、内温性動物では、頭骨に対する鼻腔の相対的なサイズが外温性動物よりも有意に大きいことが示された。一方で、体全体に対する鼻腔の相対的なサイズには内温性と外温性の間に有意差はなかった。この結果から、大きな鼻腔は、従来想定されていたような体全体ではなく、頭部内の構造に関連した生理学的機能を果たしていることが示唆された。

鼻腔には多くの血管が分布しており、体幹部からきた温かい血液が鼻腔内の空気中で冷やされて脳に向かうことで、脳を急激な温度上昇から守るとともに冷却する機構があることが明らかになっている。本研究では、鼻腔と鼻甲介が、これまで考えられていたように体全体の代謝調節機構に関わっているのではなく、内温性動物が特徴的に持つ大きな脳を効率的に冷やす装置として主に機能しているという仮説を提唱するにいたった。

さらに、脳の冷却という生理学的役割を念頭に、鳥類以前の恐竜において鼻の機能がどの程度発達していたかについて考察した。本研究では、比較的鳥類に近い獣脚類恐竜ペロキラプトル (*Velociraptor mongoliensis*) の化石標本のCTデータから鼻腔を3Dデジタル復元し、現生の動物のものと比較した。その結果、ペロキラプトルの鼻腔の相対的なサイズは内温性動物である鳥類と比べて小さく、鼻腔で行われる熱交換の機能もそれほど発達していなかったことが推測された。

では、獣脚類恐竜から鳥類への進化において、脳冷却の機能はいつ発達したのだろうか？ 本研究ではさらに、鼻腔を囲む顔の骨のかたちを基にその進化過程を推定した。獣脚類恐竜の鼻腔は、上顎骨という骨に下側を覆われ、全体的に細長い管状の形をしていたが、現生の鳥類に近づくにつれて上顎骨が相対的に小さくなり、それが大きな鼻腔を獲得した時期であると推測される。これは孔子鳥 (*Confuciusornis sanctus*) が出現したあたりで起きているようだ。つまり、鼻腔とその生理学的機能の発達は、恐竜から鳥類への進化において、「最古の鳥」として有名な始祖鳥 (*Archaeopteryx lithographica*) の出現よりも後に起きたと考えられる。1億5千万年前の始祖鳥には、現生の鳥類の特徴は揃いきっていなかったのだ。

本研究成果は S. Tada *et al.*, *Royal Society Open Science*, 10, 4 (2023) に掲載された。

(2022年4月12日ウェブ記事より)

理学のスヌメ

10⁻¹³ 秒の光で 物質を制御する



小川 和馬

Kazuma Ogawa

(物理学専攻 博士課程1年生)

Profile

出身地	神奈川県
出身高校	片山学園高等学校
出身学部	東京大学工学部

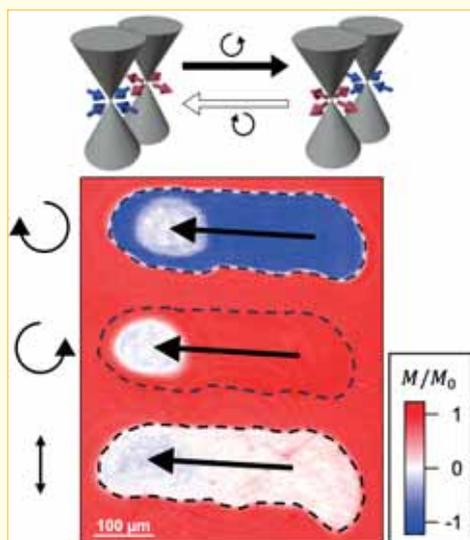
1秒のわずか10兆分の1という短い時間の光を用いて物質を超高速に制御できるのか？私が光物性物理の分野に興味を持ち始めたのは、このような高速性を追求した光を用いる世界が魅力的だと感じたからだ。光物性の分野では頻繁に「ポンプ・プローブ」と呼ばれる手法が用いられるが、これは光を照射して物質を励起（ポンプ）し、別の光でその状態を観測（プローブ）することを意味する。用いる光はレーザーから出射される光パルスであり、100 fs (10⁻¹³ s) 程度の時間の長さのものである。つまり、ポンプ・プローブ法は、目には見えない一瞬の速さの光で物質を駆動し、そのタイムスケールでの変化を測定できる優れた手法である。物質を触らずに遠隔で光を当てるだけで物性を制御/観測するこの技術に私は今でも感心している。

私が行う研究は磁性ワイル半金属を対象としたものだ。ワイル半金属とは、その特殊な電子状態によって、通常の金属や半導体とは異なる特有の電磁気応答が発現する。中でも磁性ワイル半金属は磁石のような何かしらの磁気秩序を保有しているワイル半金属のことであり、磁化と電磁気応答が特殊な相互作用を示すことが多い。例えば、永久磁石のような強磁性体に磁化と垂直な向きに電流を流すと、電流と磁化とは垂直に電界が生じる。これは異常ホール効果と呼ばれ、物性物理学でよく知られている。磁性ワイル半金属ではこの異常ホール効果が、その特殊な電子状態によって、桁違いに大きくなる傾向がある。私が研究に用いている

磁性ワイル半金属 Co₃Sn₂S₂ も物質最大級の異常ホール効果が報告されている。近年では、このような物質の省電力デバイスや量子コンピュータなどへの応用が期待されており、その特殊な物性を制御する研究が盛んに進められている。

そこで私の研究では、目では見えない中赤外光領域の円偏光の超短パルスを用いて磁性ワイル半金属 Co₃Sn₂S₂ の薄膜を光制御することを目指した。直線偏光では光の進行方向に対して垂直なある一方向に電場が振動し電磁波として伝搬する一方で、円偏光は電場の振動方向が、光の進行方向に対して垂直な面内で一定の速さで回転している光のことを言う。また、円偏光にはこの振動方向が回転する向きによって、右回り円偏光と左回り円偏光の2種類のヘリシティがある。Co₃Sn₂S₂ 薄膜は面直方向に磁化を持つ強磁性体であるが、中赤外光を照射すると、偏

光に応じて照射領域の磁化を制御できることが、磁気光学イメージングを通して判明した(図)。これは磁性ワイル半金属の磁化を光だけで不揮発的に制御した初めての実験例であり、その特殊な電子状態がもたらす特異な電気的あるいは磁気的特性を光で制御できることを意味している。現在は、この光技術を応用し、磁性ワイル半金属特有の性質を調べる研究に取り組んでいる。このような超高速な光を用いた物性物理の研究から、私たちの身の回りの自然科学の理解が進み、デバイスなどの応用につながるだろう。



光照射によって磁性ワイル半金属の電子状態を制御している模式図(上)と Co₃Sn₂S₂ 薄膜の磁化を照射する光の偏光によって制御したことを示す磁気光学像(下)。N. Yoshikawa, K. Ogawa *et al. Commun. Phys.*, **5**, 328 (2022) のデータから作成



博士から「コピーライター」へ。

私は本学で2012年に学位を取得後、広告会社の博報堂に入社し、以来11年にかけて主に「コピーライター」という肩書きで、企業や商品・サービスのブランディングに必要なさまざまな言葉や企画を生みだしてきた。

今回、僭越ながら「在学生在がキャリアパスを考えるきっかけとなる」文章をお届けすることになった。本稿には

字数制限があるので、私にとっての真実を語



豊田 文典

TOYOTA Takenori

株式会社博報堂 Copywriter/Director, Chief Reputation Manager
東京都出身

2007年 東京大学 理学部 地球惑星物理学科 卒業、2012年 同大学 大学院 理学系研究科 地球惑星科学専攻 博士課程修了 博士（理学）。

2012年4月 株式会社博報堂 入社。現在は Copywriter/Director, Chief Reputation Manager として、企業や商品・サービスのブランディングのために必要なさまざまな言葉や企画を生みだしている。

る事を誓うが、事実のすべては語りきれないことをご容赦いただきたい。

1) 人生の次のテーマをどう見つけたか

アカデミアを出るとなったら、具体的に何をすべきか。私は、自分の「欲望」を見つめ直した。「知の構造化」ならぬ、自分の「欲の構造化」を試みたのである。

三度の飯より研究が好き、という人が大学には実在するので忘れがちだが、欲望がそこまで純粋な人は少数派だ。

この先の人生を通じて幸せになるために、何をどういう優先順位で手に入れていきたいのかを、整理しなければならない。その中には、「何かを解き明かしたい」「何かに貢献したい」といった外聞の良い欲もあれば、「高いものを食べたい」「モテたい」といったあまり格好良くはない欲もあるだろう。それでも、自分のあらゆる欲を書き出し、客観的に見つめて、構造化してみたい。理学の教育を受けたあなたであれば、自分自身の欲望についても、新たな発見をすることが出来ると思う。そしてその欲こそが、これからの社会では、あなたの価値に直結する。

2) 「やりたいこと」の価値は上がり続ける

「やりたいこと」「出来ること」「求められていること」の3つの重なるところが「仕事」になるという。しかし今、「やりたいこと」の価値だけが異様に高まっている。知的労働者の「出来ること」の平均的なところは、AIがこなしてしまうだろう。「求められること」は急速に変化しすぎて、もはや一人の人間が予測できる範囲を超えつつある。

だからこそ、「やりたいこと」だけが私たちの寄り辺になる。平均は



たった一つの商品名やキャッチコピーを決めるために、こんなに大量の案を検証することもある。かつては紙に印刷して見比べていたが、現在ではさすがにペーパーレス化が進んでいる

評価されず、偏愛だけが価値になる。あなたが「これまで何をやってきたか」より、「これから何をやりたいか」という強いモチベーションが、あなたを際立たせる。

さて、私の欲望も色々あったわけであるが、要素を抽出すれば、生活スタイルとして「一つの拠点に長く留まってコミュニティをつくる」ことを望み、収入水準として「私費で気兼ねなくPCを買い替えられる」くらいを目指し、仕事を通じて「人が営む社会の構造を知り」「ものの存在意義や価値を考え」続けたいと思い、その手段として広告会社への就職を目指した。今のところ、自分の選択と、この12年で得られた成果に満足している。

選ぶことは、失うことだ。非アカデミアを選ぶことで、研究の喜びからは離れてしまうかもしれない。だがそのかわりに、研究の世界にはない喜びに出会うこともきっとある。あなたの進む路が、あなたの予想をこえた幸せにつながっていることを願う。

二足歩行時に足底に作用するモーメントの謎

萩原 直道

(生物科学専攻 教授)

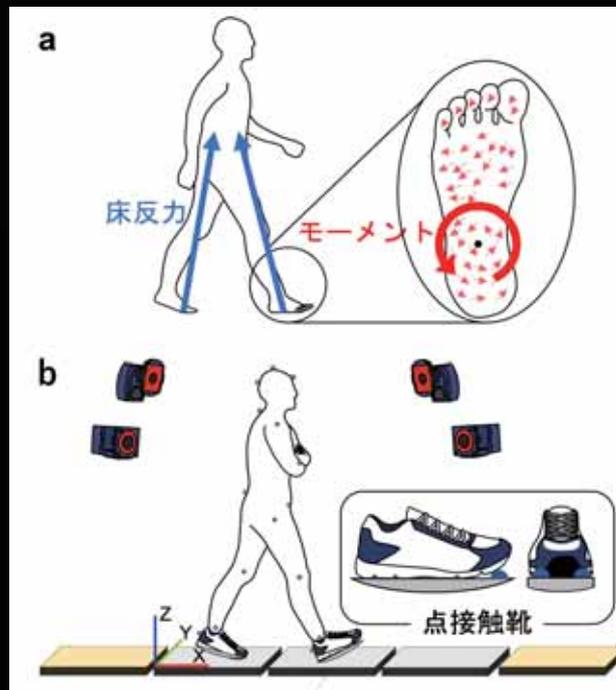
我々は、いともたやすく坂道でも砂地でも自由自在に二足で歩き走ることができる。しかし、これと同じことをロボットにやらせようとすると、これが実は極めて難しい問題であることに気づかされる。時々刻々と変化する環境の中を、ヒトはなぜ二足で転ばずに歩くように進化してきたのだろうか。

歩行は、足底が地面から受ける反力を適切にコントロールして、身体を空間のある位置から別の位置に移動させる力学現象である。したがって、二足歩行の成否は端的に言えば足底に床面から作用する反力（床反力）をいかに適切に作用させるかにかかっている。このため古くから、ヒトの二足歩行中の床反力を分析し、その運動原理を探る研究が、工学、医学、生物学などの分野で行われ、数多くの知見が蓄積されてきた。しかし二足歩行研究の長い歴史の中で、なぜか今までほとんど無視されてきたのが「足底に作用するモーメント」である。我々が歩くとき、足底は地面と面で接触するため、床反力は足底全体に分布して作用し、その水平方向成分によって足底には鉛直軸周りのモーメント（回転を生じさせる力）が作用する(図a)。しかし、ヒトの二足歩行においてこのモーメントは十分小さく無視できる、となぜか広く信じられており、それが二足歩行の力学・制御に与える影響を明らかにしようとする試みは全く行われてこなかった。

このモーメントは、二足歩行中の足底に水平方向の床反力が分布して作用することにより発生する。したがって、このモーメントが作用しないようにするためには、歩行中の足底が床面と点接触すれば良い。そこで我々のグループでは、運動靴の靴底に金属球面を接着させた「点接触靴」を製作し、通常の二足歩行と比較した(図b)。その結果、通常の二足歩行では胸郭と骨盤は体の鉛直軸まわりにそれぞれ反対向きに回旋するが、点接触靴では、同じ向きに回旋し、またその振幅が大きくなることが明らかとなった。胸郭と骨盤の逆相の回旋は、体幹節間の角運動量を打ち消すことで、

歩行効率の向上に寄与する。また胸郭と骨盤が大きく回旋することは、歩行が相対的に不安定であることを示している。したがって、足底に作用するモーメントは、安定かつ効率的な二足歩行を生成する上で、実は重要な役割を担っていることが明らかとなった。ただし、点接触靴による歩行でも、腕振りを行えば、体幹の回旋が逆相で振幅の小さい通常と同様な歩行が可能であった。すなわち、モーメントの作用は、腕振りを体幹の回旋運動の制御に使えない、上肢による物などの運搬を伴う二足歩行の安定化・効率化に特に寄与していることが明らかとなった。

ヒトの祖先がなぜ二足で歩くようになったのか、その理由は未だ明らかになっていないが、有力な仮説の一つに食物供給仮説がある。この説は、二足歩行によって空いた両手で食料を運搬し、パートナーのメスやその子供に食料を供給するオスに対して選択圧が作用したため、直立二足歩行が進化したと考える。今回の結果は、ヒトは運搬、特に食料の運搬を伴う二足歩行に適応して進化してきた可能性を強く示唆しており、本仮説を支持する。ヒトの直立二足歩行の起源と進化の謎の解明に、一石を投じることができればと期待している。



a. ヒトの二足歩行中に足底に作用する床反力（合力）とモーメント
b. アルミ球面（直径1000mm）を運動靴の靴底に接着させた点接触靴と、それを着用して行った二足歩行実験の様子。体の各部位の動きは、体表につけた反射マーカーの動きをモーションキャプチャーカメラで撮影して計測した

参考文献

T. Negishi, N. Ogihara *et al.*, Functional significance of vertical free moment for generation of human bipedal walking, *Sci Rep* 13, 6894 (2023) .



コンピュータアーキテクチャ×〇〇な魔法戦士

高前田 伸也

Shinya Takamaeda
情報理工学系研究科
／情報科学科兼任 准教授

2014年東京工業大学大学院情報理工学研究科博士課程修了。同年4月から2016年9月まで奈良先端科学技術大学院大学 助教。同年10月から2019年9月まで北海道大学 准教授。同年10月から現在、東京大学大学院情報理工学系研究科 准教授。2023年科学技術分野の文部科学大臣表彰・若手科学者賞受賞

子供の頃好きだった教科は？

算数と理科

暗記が苦手だったのですが、算数や理科は暗記が多くなく、理屈を理解してしまえば問題が解けるので好きでした。電気的なものが好きで、夏休みの自由工作では電気回路のおもちゃを作って提出したのを覚えています。

中高生の頃、どんなことに興味を持っていましたか？

シンガーソングライター

とあるバンドマンに憧れて、音楽作品を発表する人になりたいと思っていました。音楽的センスも熱量もなく、その道は諦めましたが、研究作品を発表する人にはなれたので、夢は叶ったと言っても過言ではないでしょう。

座右の銘は？

「なんとかなる」

そう思っていると、大体いつかは実際になんとかになっている気がします。同様に、楽しそうにしていると、そのうち楽しいことが起こると思っています。

趣味はなんですか？

ダウンナー系の邦楽ロックバンドのライブに行くこと

自分の弱い部分や駄目な部分を許してもらえるような気がするからです。ネガティブ×ネガティブ＝ポジティブ。

自分は運がいいと思う？

はい

これまでにさまざまなチャンスが突然に舞い込んできているので、運はいいに違いありません。自分にとって良い方向に進むかどうかの最後は、自分ではコントロールできない何かで決まるとしています。

インスピレーションの源は？

わいわい議論しているときと、ひとり静かに考えるとき

学生や他の研究者とわいわいと議論しているときに、ぼんやりとした新しい方策を思いつくことが多いです。それに対して、ひとり散歩しているときやお風呂に入っているときに、具体的な手法を思いつくことが多いです。

メッセージ

まだ明らかになっていない真理を一緒に探しましょう！



インタビュー記事 ▶

TOPICS

理学部ガイダンス2023開催報告

松尾 泰 (教務委員長/物理学専攻 教授)

20 23年5月1日、教養学部2年生に向けた理学部ガイダンスが開催された。5月7日にコロナ感染症が5類に移行することもあり、ここ数年続けられたオンラインからハイブリッドに開催形式が変更される記念すべき年であった。GW中であったが、会場となった900番教室に対面130名、オンライン120名で計約250名が参加し、例年と同じ規模となった。

冒頭、大越慎一研究科長・理学部長にご挨拶をいただいた。時空間のスケールを超え自然界の謎に迫る科学の魅力、小さな気づきにこだわり続けることにより社会に影響を与える大きな発見ができる科学の楽しさなどが語られた。また、男女共同参画の取り組みとして理学部で活躍している女性教員とその研究紹介、国際交流についての

説明があった。次に、筆者より理学部教育がどのように行われているかについて説明を行った。また、井出哲キャリア支援室長が、理学部進学がアカデミア以外の将来設計においても大いに役に立ち、就職活動が順調であることについて説明した。

続けて、理学部10学科の学科長の先生方により5分間ずつ学科紹介が行われた。短い持ち時間ではあったが、各学科の魅力を熱く語っていただき、学生たちは引き込まれるように話を聞いていた。また、5月2日以降、各学科個別のガイダンスも行われそちらも多くの学生が参加した。

今年度もぜひ多くの意欲の高い学生に理学部進学を希望してもらえることを願っている。



大越慎一研究科長・理学部長による挨拶

理学系研究科・理学部交歓会

広報誌編集委員会

理 学系研究科・理学部の定例行事となっている、学生と教職員の交歓会が2023年5月22日(月)午後3時から小石川植物園において開催された。当日の朝は小雨模様であったが、開催が近づくにつれて、うす曇の天候に変わっていった。各学科から参加した学生有志と職員との共同作業による準備のもと、園内には多くの学生・教職員が集まっていた。

この交歓会は1971年5月に行われた進学ガイダンスのあとに開催された植物園でのビアパーティに始まり、現在まで永く続いている企画であるが(「理学部広報」第3巻第5号より)、2019年から始まったコロナウイルス感染症によるパンデミック以降、4年ぶりの通常開催となった。

大越慎一研究科長・理学部長の開会の挨拶につづく乾杯の合図とともに宴が始まった。多くの参加者らは、テント内や大きな樹木の下で輪になって歓談している様子がうかがえた。学生や教職員らの多くの笑顔が園内をより賑やかにしていたように思う。少し肌寒い気候であったものの、春風と緑色に芽吹き始めた植物園の自然を満喫しながら、和気藹々とした楽しい交歓のひと時を過ごし、午後5時頃に散会した。

毎年の恒例行事となっている交歓会であるが、学生と教職員が、専攻や学科の垣根をこえて交流するこの会が、今後も続いていくことを願う。



上：大越慎一研究科長・理学部長

下：小石川での理学系研究科・理学部交歓会の様子

理学の本棚

「強光子場分子科学」

我々の身の回りのさまざまな色彩は物質の光の吸収に伴うものである。二酸化炭素分子は、赤外光を吸収したり放出したりする過程を通じて大気の温度を決定づけている。一方、我々にとってこのありふれた光は、その強度が高くなると、さまざまな特異な現象を誘起する。強い光の場(強光子場)においては、原子や分子のポテンシャルが歪み、トンネル効果によって電子が放出するトンネルイオン化が起きたり、原子や分子が光の場と強く結合したドレスト状態が形成されたりする。強光子場を適切にデザインすれば、光によって分子内の特定の化学結合の切断を誘起することも可能となる。また、イオン化過程に伴って、高次高調波の発生(元々の光の光子エネルギーの何倍ものエネルギーを持つ光子の生成)が誘起され、その結果として、アト秒領域(1アト秒は 10^{-18} 秒)の光パルスの生成が可能となり、アト秒パルスを用いたアト秒科学の領域が広がることとなった。さらに、電子が光電場の中で散乱される際に光子のエネルギーの整数倍のエネルギーを光の場から得たり

失ったりする現象の観測と応用、超高分解能分光学の開発、極端紫外域の微細レーザー加工技術の発展などの新しい展開が次々と生まれている。本書では、物理学、化学、レーザー工学にまたがる学際的で魅力的な分野として発展している「強光子場分子科学」の基礎とその研究フロンティアが平易な文章とともにまとめられている。私の研究室(化学専攻・量子フロンティア研究室)では、この強光子場分子科学分野の研究を理論と実験の両面から推進している。



山内 薫 (編著)
「強光子場分子科学」
朝倉書店 (2022年)
ISBN 978-4-254-14108-5

新任教員紹介

新しく理学系研究科教授会構成員となった教員を紹介します。

江草 芙実 EGUSA, Fumi

役職 准教授
所属 天文学教育研究センター
着任日 2023年6月1日
前任地 天文学教育研究センター
キーワード

電波天文学、渦巻銀河の力学と星形成

Message

私たちの住む天の川銀河は、宇宙に数多くある渦巻銀河のひとつです。そんな渦巻銀河がどうできたのか、その中で何が起きているのかを、観測データから明らかにしたいと思っています。



レーザー研究の泰斗 霜田光一名誉教授のご逝去を悼む

酒井 広文 (フォトンサイエンス研究機構/物理学専攻 教授)

本 理学学系研究科・理学部名誉教授の霜田光一先生が2023年5月29日にご逝去なさいました。享年102歳でした。衷心よりお悔やみ申し上げます。

霜田先生は、1943年9月に東京帝国大学理学部物理学科をご卒業後、1948年6月に東京大学理学部助教授にご就任、1959年5月に同教授にご昇任なさいました。その後、1981年3月のご退職以降も長年にわたり研究と教育にご尽力なさいました。2010年12月以降、日本学士院の会員であられました。

先生のご専門は実験物理学で、初期にはマイクロ波分光に取り組みられました。その後、1950年代から60年代にかけて、チャールズ・H. タウンズ博士 (Charles Hard Townes : 1964年ノーベル物理学賞) らとレーザーの基礎を築く研究に従事され、その業績が国際的に高く評価されています。その後も広く量子光学や二重共鳴分光法の開発など数多くの業績をあげられました。

霜田先生は、日本物理教育学会の会長を16年間お務めになられたことが象徴する様に、その広範な知識と卓越した創造性に

基づいて、学生に科学の魅力を伝えることに情熱を注がれました。講演会などで、自作の実験装置をご持参なさりデモ実験をしながら楽しそうにお話をなさる先生のお姿は多くの方の記憶に残っています。先生は多くの研究者や教育者を育成なさるとともに、「レーザー物理入門」など多くの優れた教科書も上梓なさいました。先生の教科書は、現在も学生や若手研究者に読み継がれています。

上記のような研究と教育に関する一連の業績が高く評価され、1980年に日本学士院賞を受賞、1990年に勲二等瑞宝章を受章、2008年に文化功労者に選出されるなど数多くの榮譽に輝かれています。海外でも1978年に米国光学会 (現在のOptica) フェローに選出され、1979年には同学会からC.E.K. Mees Medalを授与されています。

霜田先生の偉大な業績と優れた人格は永遠に記憶され、尊敬の念をもって語り継がれることでしょう。長きにわたる研究と教育へのご尽力、誠にありがとうございました。



在りし日の霜田光一先生 (2023年3月撮影)
霜田先生のご家族よりご提供いただきました

東京大学理学部オープンキャンパス2023 Online開催のお知らせ

広報委員会

東 京大学理学部オープンキャンパス2023 Onlineは「高校生のための東京大学オープンキャンパス2023」の一環としてオンラインで開催します。詳しくは理学部HPをご覧ください。みなさまのご参加をお待ちしております。

- 開催日程 2023年8月2日(水)、3日(木)
- 開催時間 10:00 開始 (両日とも)
- 開催場所 オンライン開催
- 詳しくは、理学部HPをご覧ください : <https://www.su-tokyo.ac.jp/ja/event/open-campus/2023/>



東京大学理学部オープンキャンパス2023 Online ポスター

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
2023年5月31日付 (02名)			
課程	天文	康 浩然	次世代ミリ波マルチビーム受信機に向けたフィードホーン及び光学系の研究 (※)
課程	生科	大角 健	RNA polymerase II による転写におけるヌクレオソームの構造動態の解析 (※)
2023年6月12日付 (3名)			
課程	物理	申 興秀	テレスコープアレイ実験のハイブリッドトリガーモードを用いた超高エネルギー宇宙線のエネルギースペクトルとシャワー最大発達深さの測定 (※)
課程	物理	的場 みつほ	広帯域テラヘルツラディアル偏光パルスを用いたモード選択励起とその検出手法の開発
課程	地惑	名取 幸花	燃烧起源の指標としての大気エアロゾル中金属元素の化学種および同位体比の有効性の評価 (※)

人事異動報告

異動年月日	所属	職名	氏名	異動事項	備考
2023.5.31	知の物理学	特任助教	秋山 進一郎	退職	筑波大学・助教へ
2023.6.1	地惑	教授	LUO JINGJIA	採用	
2023.6.1	天文研	准教授	江草 芙実	昇任	同施設・助教から
2023.6.16	化学	教授	SIMONOV ALEXANDR	採用	
2023.6.30	フォトン	特任助教	何 亜倫	退職	物質・材料研究機構・主任研究員へ
2023.6.30	生科	特任助教	大矢 恵代	退職	
2023.6.30	経理	経理課研究支援・外部資金チーム 上席係長	柴崎 啓子	退職	早期退職
2023.6.30	化学	機器分析・実習系分析測定・学生実験部門技術専門職員	坂本 和子	退職	
2023.7.1	学務	学務課学務系専攻チーム 上席係長	佐藤 貴一	配置換	工学系・情報理工学系等学務課専攻チーム(計数工学) 上席係長へ
2023.7.1	学務	学務課教務チーム 係長	高橋 麻美子	配置換	教養学部等教務課総合文化大学院チーム係長へ
2023.7.1	学務	学務課学務系専攻チーム 係長	西村 純子	在籍出向開始	政策研究大学院大学大学運営局教育支援課教育プログラム室主査へ
2023.7.1	総務	総務課総務チーム 係長	桐島 一彰	配置換	医学部附属病院人事労務課給与チーム係長から
2023.7.1	学務	学務課学務系専攻チーム 係長	齋藤 久美子	昇任	同チーム主任から

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

大越 慎一

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、自然の摂理を純粋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。

✚ 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る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。



(上左) 日本植物志図篇表紙 (上右) 日本植物志図篇第1巻第8集収録「ノジギク」と植物学教室講師室の牧野富太郎 (下) 植物学雑誌第7巻第80号収録「ムジナモ」