

SCHOOL OF SCIENCE, THE UNIVERSITY OF TOKYO

The Rigakubu News

# 理学部ニュース

東京大学 **11** 月号 2022

理学の研究者図鑑  
山田 鉄兵

理学エッセイ  
国際天文学オリンピックに初の代表生徒派遣

1+1から∞の理学  
ものごとわり  
物の理を理解する

理学のススメ  
生命の進化・発生の過程を計算機で解く

トピックス  
理学のワンダーランド in ホームカミングデイ2022 online

学部生に伝える研究最前線  
幻の粒子が創る革新的スピントロニクス



# 11 理学部 ニュース 月号 2022

国立天文台三鷹キャンパスの太陽フレア望遠鏡。水素が発するH $\alpha$ 線のほか可視光3波長での撮像と赤外線偏光分光測定による磁場マッピングで太陽活動を監視している。



表紙・裏表紙 Photo Koji Okumura (Forward Stroke Inc)  
撮影協力：福満 翔 (天文学専攻 修士課程 2年生)  
森塚 章恵 (天文学専攻 修士課程 2年生)  
石川 遼太郎 (国立天文台 特任研究員)  
P. 09 Photo 貝塚 純一

理学部ニュース2022年11月号をお届けします。「理学エッセイ」では、10月に開催された国際天文学オリンピックについて紹介しています。天体という点で本号表紙とも関連深いです。今回の「学部生に伝える研究最前線」は、化学、物理学、生物科学に関する最新の研究成果の紹介です。「理学のススメ」では生命の進化・発生、「1+1から $\infty$ の理学」では理論物理学、「理学の本棚」では書籍「宇宙は数式でできている」についての興味深い解説・内容を紹介しています。「理學の研究者図鑑」は今年度からスタートして早くも4回目、今回は山田鉄兵先生の仕事術から趣味、哲学まで幅広くお伝えします。このほか、イベント開催などの報告等については「トピックス」「お知らせ」をご覧ください。11月となり読書の秋も本番、秋の夜長に「理学部ニュース」もぜひご一読ください。

田代 省平 (化学専攻 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4号 ISSN 2187-3070

発行日：2022年11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61回

- 03 国際天文学オリンピックに初の代表生徒派遣  
青沼 恵人

### 学部生に伝える研究最前線

- 04 量子コンピューターによるCO<sub>2</sub>の振動エネルギーの計算  
Lötstedt Erik / 山内 薫  
幻の粒子が創る革新的スピントロニクス  
中辻 知 / 肥後 友也  
機械学習で紐解くエビゲノムの書込み様式  
大矢 恵代 / 角谷 徹仁 / 稲垣 宗一

### 理学のススメ 第10回

- 07 生命の進化・発生の過程を計算機で解く  
今野 直輝

### 1+1 から $\infty$ の理学 第21回

- 08 物の理を理解する  
蘆田 祐人

### 理學の研究者図鑑 第4回

- 09 流行よりも自分で面白いと思うところを見つけて飛び込む  
山田 鉄兵

### トピックス

- 10 祝 2022年度秋季学位記授与式・卒業式  
広報誌編集委員会  
理学のワンダーランド in ホームカミングデイ 2022 online  
飯野 雄一  
【お知らせ】東大理学部高校生のための冬休み講座 2022online 開催告知

### 理学の本棚 第54回

- 12 「宇宙は数式でできている」  
須藤 靖

### お知らせ

- 12 高橋景一先生のご逝去を悼む  
上村 慎治  
博士学位記取得  
人事異動報告  
東大理学部基金

※11月号理学エッセイにおいて、国際天文学オリンピックの採点集計のミスによる一部変更があります。

東京大学 理学部ニュース

検索

## Essay

国際天文学オリピックに  
初の代表生徒派遣

青沼 恵人  
(地球惑星環境学科4年生)

2022年10月15日から10月24日にかけて、第26回国際天文学オリピック (XXVI IAO: II International Remote Astronomy Olympiad) がイタリア南部の都市マテラからオンライン開催され、日本選手団は東京大学木曾観測所からリモートで参加した。国際天文学オリピック (IAO) は中高生を対象とした天文学の知識・思考力・技能などを問う大会である。日本からは高校生3名、中学生2名を代表として派遣した。日本がIAOに代表生徒を派遣するのは初めてであったものの、代表生徒は銅メダル3個という良好な成績を修めた。

私は日本天文学オリピック (JAO) 委員会の委員として大会開催・運営に関わっており、現在は副代表を勤めている。日本には長らく天文分野の科学オリピック組織が存在せず、天文分野を志す中高生が世界規模の大会に参加する機会が乏しかった。このような状況から一歩踏み出すため、他科学オリピック経験者をはじめとした学生中心の有志が委員会を結成し、IAOへの代表派遣を行うこととなった。私は国際地学オリピック・国際地理オリピックへの出場経験があり、その経験を生かすべくJAO委員会に参加することとなった。

今年度のIAOでは17日に理論試験・18日にビジュアル(地図・画像)試験・19日に実技試験が行われた。

17日に行われた理論試験は一般的な天文学の問題を通じて各選手の思考力を評価する試験であり、理論的な内容を問う出題が多くなされた。続く翌18日に行われたビジュアル試験は観測試験の代替として行われたものである。天体の判別や天球上の位置に関する問題が出題され、天体観測の経験が豊富な生徒には比較的解答が容易だったようだ。最後の19日に行われた実技試験は実際の観測データを基に



105cm シュミット望遠鏡の建物前でIAOポーズをとる日本代表生徒(撮影:大平達也(JAO委員))

問題に解答する試験であり、天文学の研究に近い実践的な試験に苦労した生徒も多かったようである。

試験はIAO委員会が遠隔で監督する形式で行われた。現地イタリアとの意思疎通には問題はなかったものの、リモートプリントやwebカメラを用いた撮影などに伴う技術的な問題が多く発生することとなった。試験の遅延を招いたり現地委員会を待たせてしまったりした事案もあり、遠隔で試験を行うことの難しさを改めて認識する結果となった。

16日に行われた開会式では国際宇宙ステーション (ISS) からの中継が行われ、宇宙飛行士からのメッセージも会場に届けられた。24日に行われた閉会式・表彰式においては、各チームの生徒に対するインタビューが行われた。日本からは銅メダルを受賞した孫翰岳君(筑波大附属駒場高・3年)がインタビューを受け、大会に参加した感想や試験に対する所感を英語で述べた。

なお、今回はオンライン開催のためエキスカッションなどの国際交流の機会はIAOとしては設けられなかった。われわれJAO委員会では木曾観測所のご厚意の元、105cmシュミット望遠鏡をはじめとする観測所の各施設の見学を行わせていただいた。それ以外の時間にも、代表生徒は夜間の天体観察などを通じて親睦を深めていたようである。

先述したとおり、日本のIAOへの代表派遣は今年が初年度となった。委員会の立ち上げから大会参加に至るまで、多くの困難を乗り越えて初めてここに至ることができた。IAO委員会・JAO委員会・木曾観測所の皆様を始めとして、サポートしてくださったすべての皆様に、この場を借りて御礼を申し上げます。

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.su-tokyo.ac.jp](mailto:rigaku-news@adm.su-tokyo.ac.jp) まで。

## CASE 1

CO<sub>2</sub> 量子コンピューターによる  
の振動エネルギーの計算

量子コンピューターは量子2準位系である量子ビット(qubits)によって構成される。

$N$ 量子ビットからなる量子コンピューターを用いれば、 $2^N$ の状態の重ね合わせ状態を記述することができる。

そのため、量子コンピューターの分子の電子状態計算への応用に関心が寄せられてきた。

一方、分子の量子状態を記述する際には、分子の振動状態を記述することも必要となる。

我々は二酸化炭素分子(CO<sub>2</sub>)の振動準位(図(a))のエネルギーと振動波動関数の計算を

量子計算機*ibm\_kawasaki*<sup>1)</sup>を用いて行い、量子計算によって振動波動関数と振動準位のエネルギーを求めた<sup>2,3)</sup>。

我々は、温室効果ガスとしても知られている三原子分子CO<sub>2</sub>の振動準位エネルギーを計算するために、変分量子固有ソルバー (variational quantum eigensolver: VQE) 法<sup>4)</sup>を採用した。VQEでは、変分パラメーターに依存する波動関数を量子コンピューター上で記述し、古典コンピューターを用いた最適化アルゴリズムによって変分パラメーターを最適化させ、エネルギーが最小値となるようにエネルギーの近似値を得る。すなわち、量子コンピューターと古典コンピューターの両方を使うハイブリッド方式によって最適エネルギーを求めた。

図 (b,c) に量子計算によって得られたCO<sub>2</sub>のFermi二重項のうちのエネルギーの低い方の準位のエネルギーを示す。これは、VQE法を改良した縮小多準位縮約変分量子固有ソルバー (reduced multistate contracted variational quantum eigensolver: RMC-VQE) と呼ばれる方法<sup>3)</sup>によって得られたものである。このRMC-VQEでは、必要となる行列要素のみを量子コンピューターによって求め、それ以外の行列要素を古典コンピューターで求めている。このような方式をとるのは、現時点で利用可能な量子コンピューターを用いる場合、さまざまな種類のノイズのために量子演算の結果にエラーが含まれてしまうため、そのエラーの影響を軽減するためである。そして、量子コン

ピューターを用いて評価された行列要素の値についてはエラーを適切に補正する必要がある。

図 (b,c) に示したヒストグラムは、Hamiltonian行列を100回計算し、その都度、対角化して得られた結果を示したものである。行列要素の計算においては、それぞれの量子回路を8192回実行し、その平均値を求めている。この図に示されているように、RMC-VQE法によって得られた準位エネルギーの平均値は、エラー補正の前でも、古典コンピューターで求めたエラーの影響を含まない計算値からの隔たりは約0.2 cm<sup>-1</sup>と小さく、エラー補正後は、隔たりはさらに小さく約0.05 cm<sup>-1</sup>となっている。このことは、RMC-VQE法を用いた上でエラー補正を適切に行えば、量子コンピューターによって、CO<sub>2</sub>分子の振動準位のエネルギーを高い精度で求められることを示している。

本研究では、分子の電子状態の計算<sup>5)</sup>だけでなく、分子の振動状態の計算においても、量子計算が将来役立つ手法となることを示している。今後、よりサイズの大きな多原子分子の振動準位の計算に、量子コンピューターが活用されていくと期待される。

本研究はErik Lötstedt *et al.*, *AVS Quantum Science* 4, 036801 (2022) に掲載された。

(2022年7月14日プレスリリース)

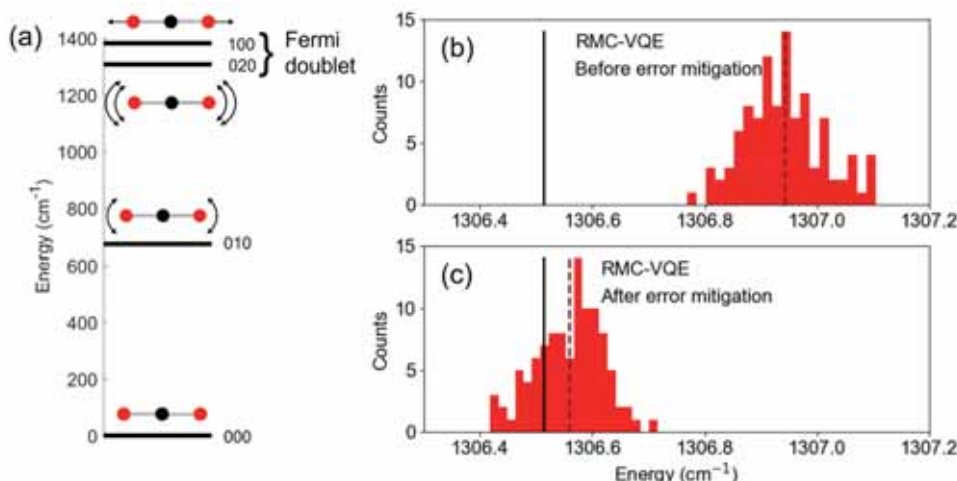


図:(a) CO<sub>2</sub>の振動エネルギー準位。(b,c) Fermi二重項のうちの低い方の準位のエネルギーのヒストグラム。RMC-VQE法によって得られたエラー補正無しの場合(b)と有りの場合(c)を比較している。垂直の実線は、古典コンピューターを用いて得られた準位エネルギーの厳密解を表す。垂直の破線は、RMC-VQE法によって得られた準位エネルギーの平均値を表す

## CASE 2

# 革命的スピントロニクス 幻の粒子が創る

ディラック方程式の質量ゼロの解, ワイル粒子。

一度はニュートリノを記述するかと思われたが幻に終わった。しかし, このワイル粒子が近年, 磁性体の中で見つか, 物性物理やスピントロニクスの世界で大きな注目を浴びている。

その理由はワイル粒子を電流で制御できるだけでなく, それが次世代の超高速・超低消費電力なメモリとして有用であることを室温で実証したからだ。その磁性体は反強磁性体と呼ばれ, 磁石として知られる強磁性体より2桁以上も高速で動作する可能性を秘める。

東京大学のチームは世界で初めてこの「ワイル反強磁性体」の電流による完全制御に成功した。



イギリスの物理学者ポール・ディラックが量子論を相対論へ拡張するためにディラック方程式を考案したのは1928年。その翌年に, ドイツの数学者ヘルマン・ワイルは質量を持たないディラック粒子の解を見出した。これはワイル粒子とも呼ばれ, 長らくニュートリノを記述する素粒子解として研究されてきた。しかし, 東京大学の研究チームによるスーパーカミオカンデでの実験を機にニュートリノは質量を持つことが発見され, ワイル粒子は実際には存在しない, 「幻の粒子」と思われてきた。そのワイル粒子が, 近年, やはり東京大学のチームによって磁性体の中で発見された。その磁性体の名前は「反強磁性体」。これは磁石として馴染み深い強磁性体とは全く異なる性質を持つ。例えば, 強磁性体は周りに磁力線を出すように磁化を持っているが, 反強磁性体は磁化を持たない。

強磁性体は紀元前から羅針盤として利用されてきた。また, 電磁誘導を利用したモータや発電に欠かせない物質である。最近では, スマートフォンのバッテリーを長持ちさせるための待機電力のいらない(不揮発性)メモリにも使われるようになってきている。一方で, 反強磁性体は磁化を持たないので, 誰もその存在に長らく気づかず, 人類が初めてその存在を確認したのは約70年前。しかし, 今, この反強磁性体が強磁性体よりも優秀なメモリ材料であるとして, 全世界の科学者の熱い視線を集めている。周りに漏れ磁場を出さないで, メモリの細密化にベストなだけでなく, その動作速度も強磁性体のメモリより2桁も早くなるという。

上述の磁性体で発見されたワイル粒子のおかげで, この磁化を持たない反強磁性状態は簡単に検出できるようになる。ワイル粒子は電子の持つ量子力学的位相の効果を巨視的に増強する性質を持ち, これが検出信号を通常よりも100倍から1000倍以上に大きくする。たとえば, 強磁性体でしか見られなかった異常ホール効果が最近, 反強磁性体でも検出できることが発見された。これはワイル粒子のおかげであるが, 19世紀の後半にホール効果が発見されて以来, 実に1世紀を経ての快挙である。

このワイル粒子を持つ反強磁性体「ワイル反強磁性体」をメモリに使うためには, 磁場でなく電流によって, 反強磁性状態が示す0と1の二値の信号を完全に制御可能にする必要がある。これを世界で初めて, かつ, 室温で実現したのが今回の成果である。電流で反強磁性状態の0と1の状態を完全に制御できることを示した本成果は, 将来, 10ピコ秒程度でワイル粒子を制御し, 情報演算を行うことが可能になることを意味している。

このように素粒子や宇宙分野の概念が物性物理で活躍し, 新しい物性分野を切り拓こうとしている。さらに, それは, 未来の応用技術の構築にもつながっている。

本研究成果は, T. Higo *et al.*, *Nature* 607, 474 (2022) に掲載された

(2022年7月21日プレスリリース)

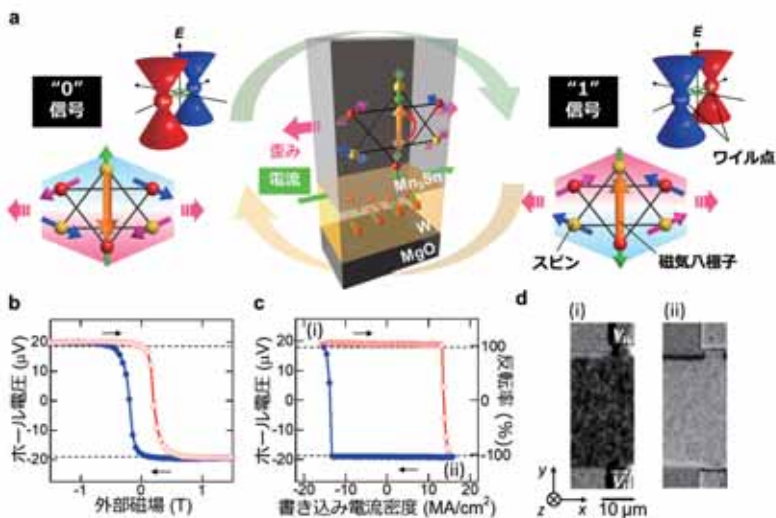


図: ワイル反強磁性体  $Mn_3Sn$  素子での電氣的書き込み実験の概要図

(a) ワイル反強磁性体  $Mn_3Sn$  と重金属  $W$  からなる反転素子における電流でのワイル粒子対の分布とその電流制御の概要図。書き込み電流の向きを変えることで,  $W$  中で発生するスピン流が作るトルクの向きも変わり,  $Mn_3Sn$  の反強磁性秩序とそれに対応したワイル粒子の対の向きが制御できる。その結果, ワイル粒子の作る0と1の情報に対応する検出信号を用いた書き込み・読み出しができる。(b)  $W/Mn_3Sn$  素子におけるホール電圧の磁場依存性。磁場依存性では外部磁場は膜面直方向に印加している。(c)  $W/Mn_3Sn$  素子におけるホール電圧の書き込み電流依存性。右側の縦軸が示す様に100%の反転率を示している。(d)  $W/Mn_3Sn$  素子の反転実験時の磁気光学カー効果顕微鏡像。 $x$ 方向に書き込み電流を流すことで磁気八極子偏極に対応して素子の全域が黒からグレーへと反転している。 $V_H$ はホール電圧の読み出し端子。(i)と(ii)は図(c)中の(i)と(ii)での素子の観察像に対応

# 研究最前線

## CASE 3

### エピゲノムの書き込み様式 機械学習で紐解く

生命の設計図としてはたらくゲノムには  
ところどころ付箋のように多様な化学修飾が  
付加されており、エピゲノム修飾と呼ばれる。  
このエピゲノム修飾は、細胞の分裂にともなって  
ゲノムが複製される過程や、  
生育環境の変化に応じて  
絶えず書き込まれたり消去されたりする。  
ゲノム中のどこにどのエピゲノム情報が  
書き込まれるかを決定している仕組みは  
よくわかっていない。  
われわれは、植物を使った実験と  
機械学習を用いた解析により  
その仕組みの一端を明らかにした。

あらゆる生物の設計図であるゲノムはDNAの4種類の塩基の並び順で記述されている。ゲノムは、その生物を構成するすべてのタンパク質の構造を網羅した辞書のようなものだ。多くの生物において、DNAの4塩基で書かれた辞書には、付箋や蛍光マーカーのような、エピゲノムと呼ばれる情報が付加されている。エピゲノムの分子的実体はDNA自体のメチル化や、DNAと結合しているタンパク質のメチル化、アセチル化等の多様な化学修飾である。ゲノムは長大で、必ずしも必要な情報ばかりではないので、必要な部分や不必要な部分にエピゲノムの付箋をつけることで、効率的にゲノム情報にアクセスできるというのがエピゲノムの役割の一つである。エピゲノムはゲノムと同様に細胞の分裂や個体が子孫を残すさいに引き継がれることもあるが、生育環境などの状況に応じて逐次貼り替えられることもある。エピゲノムは個体の発生に重要なだけでなく、ゲノム中の有害な遺伝子の働きを封じ込めたり、がんなどの病気に深く関わったりすることが知られているため、エピゲノムのはたらく仕組みや制御メカニズムの研究が盛んに行われている。

エピゲノムの研究分野における重要な課題として、どこにどのエピゲノム情報を書き込んだり消去したりするかがどのように決まっているのか？という疑問がある。つまり付箋が適切なところに付けられる仕組みというわけである。



私たちはこの仕組みを明らかにするために、動物植物を含む多くの生物に共通して存在するエピゲノム修飾を題材として研究をおこなった。修飾を書き込む酵素タンパク質は書き込み時には目的領域に接近するはずなので、それがゲノム中のどの領域に存在するかを調べれば、書き込みのルールが分かると予想された。そこで、書き込み酵素の存在パターンを実験的に調べ、その存在パターンがどのように決まっているかを、機械学習を用いて探索するというアプローチで研究を行った。その結果、同じエピゲノム修飾を書き込む酵素の中にも、別々のルールで書き込み場所が決まっているものが存在することが明らかになった。ある酵素は、遺伝子情報が読み取られる（転写される）さいにエピゲノムの書き込みをおこなっており、別の酵素は他のエピゲノム情報やDNA配列情報を手がかりとして働いていることが示唆された。つまりある酵素は遺伝子転写の「記録」としてエピゲノムを書き込んでおり、別の酵素はゲノムや他のエピゲノム情報を「解読」してエピゲノムを書き込んでいると考えられる（図）。またこの大別すると2つのエピゲノム書き込み様式は植物と動物という進化的に遠く離れた生物に共通して見られることも明らかになった。本研究で行われたように実験と解析を繰り返していくことによって、複雑なエピゲノム制御機構が紐解かれていくことが期待される。

本研究成果はS. Oya *et al.*, *Nature Communications* 13, 4521 (2022) に掲載された。

(2022年8月11日プレスリリース)

大矢 恵代  
(生物科学専攻 博士課程 (研究当時))

角谷 徹仁  
(生物科学専攻 教授)

稲垣 宗一  
(生物科学専攻 准教授)

図：本研究で注目したエピゲノム修飾（H3K4メチル化）を書き込む酵素は「記録型」と「解読型」に大別される。記録型酵素（SET1タイプ酵素）は遺伝子の転写装置（RNAポリメラーゼ複合体）とともに働き、この領域が転写されたことの記録として修飾を書き込む。解読型酵素（Trx/Trrタイプ酵素）はエピゲノム修飾の一種であるDNAが巻かれているヒストンタンパク質の修飾や、特徴的DNA配列を解読して、修飾を書き込む。特定のDNA配列に結合する転写因子タンパク質が解読を仲介していると考えられる。黒線はDNAを表し、灰色の丸はDNAを巻くヒストンタンパク質を表す。ヒストンタンパク質の化学修飾は主要なエピゲノム修飾の一つ

# 理学のススメ

## 生命の進化・発生の過程を計算機で解く



今野 直輝

Naoki Konno

(生物科学専攻 博士課程1年生)

### Profile

出身地 神奈川県  
出身高校 筑波大学附属駒場高校  
出身学部 東京大学理学部生物情報科学科

私たち生命は、沢山の細胞や遺伝子の機能から成るとも複雑なシステムだ。私は生き物が好きで中高の頃から生物学に興味を持ってきたが、生物学を学ぶにつれて、どうすればこんなによく出来たシステムが出来上がるのか？という問いに思いを馳せずにはいられなかった。この問いに答えるには第一に、生命が出来上がる過程、すなわち進化（1つの共通祖先から多様な生命が生まれる過程）や発生（1つの受精卵から多細胞の成体が出来上がる過程）の系譜を網羅的に明らかにすることが必要である。そこで私は、本学の理学部生物情報科学科で学びながら、進化や発生の系譜を調べる情報解析技術の研究を始めた。

生命の進化の系譜は進化系統樹、すなわち二分岐（種分化）を繰り返す木構造として表現できる（図1）。また発生の系譜は細胞系譜、こちらもやはり二分岐（細胞分裂）を繰り返す木構造として表現できる。これらの進化や発生の系譜情報は、実はどちらもDNA配列の情報から計算機を用いて推定することができる。例えば進化であれば、どの種とどの種のDNA配列がよく似ているのかを調べることで、種間の近縁度合いをもとに系譜の情報を推定できる。発生の過程も同様に、成体を構成する各

細胞のDNA配列を比較することで系譜を推定できるようになってきた。

しかし、この系譜を推定する計算には非常に長い時間がかかる。なぜなら、あり得る木構造の個数は、DNA配列数が多くなるにつれて爆発的に増大するからである。そのため従来の計算技術では約100万本を超える数のDNA配列に対しては系譜の推定が困難であり、進化・発生の過程の全体像を明らかにするための大きな障壁となっていた。

そこで私は、巨大な系統樹・細胞系譜情報を高速に推定できる計算技術、FRACTALを開発した。FRACTALは図2に示す計算サイクルを繰り返し、大量のDNA配列を次第に細かい近縁グループへと束ねていきながら、木構造を根本から末端に向かって決定していく（計算過程が「フラクタル」のようになる）。その際に、異なる配列グループたちを複数の計算機で同時並列に処理できることで計算の大幅な高速化を達成した。その結果、実際に2億3500万配列という、従来の限界の200倍以上の配列数からでも二日足らずで正確な系譜を推定することに成功し、主著論文として報告した（2022年1月7日プレスリリース：<https://www.s.u-tokyo.ac.jp/ja/press/2022/7702/>）。

でもどうだろう。もし系統樹・細胞系譜が網羅的に明らかになったとして、それだけで私たちは生命というシステムが出来上がる過程を理解した、という気持ちになれるだろうか？きっとなれない。なぜなら、その系譜は人間の頭で理解するには複雑すぎるからである。次に必要なのは、網羅的に明らかにした現象の背後に何か単純なルールを見つけ出すことだろう。そこで現在私は、明らかにされた進化の過程の中から、機械学習という計算技術を用いてパターンを見つけ出すという研究を行なっている。特に原核生物と呼ばれる微生物の進化に注目し、どんな遺伝子をどんな順番で獲得・欠失する傾向があるのか？を調べている。進化のルールがわかれば、未来の生命進化（例：薬剤耐性菌の出現など）の予測もできるかもしれない。その実現に向けて、日々研究を進めている。

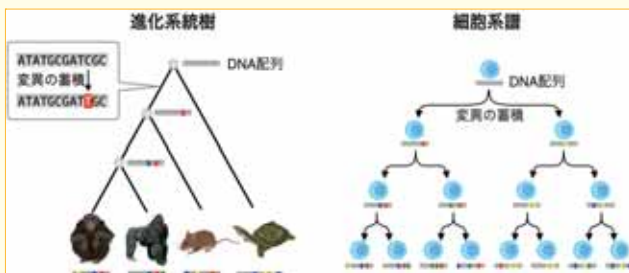


図1 (左) 進化系統樹と細胞系譜。生物のイラスト：© 2016DBCLS TogoTV / CC-BY-4.0

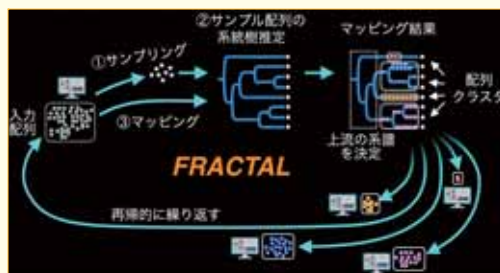


図2 (右) FRACTALのワークフロー。図に示す計算サイクルを繰り返しながら、配列を互いに近縁なグループへと徐々に細かく分けていき、同時に系譜が上流から決定される

蘆田 祐人  
(知の物理学研究センター  
／物理学専攻 准教授)

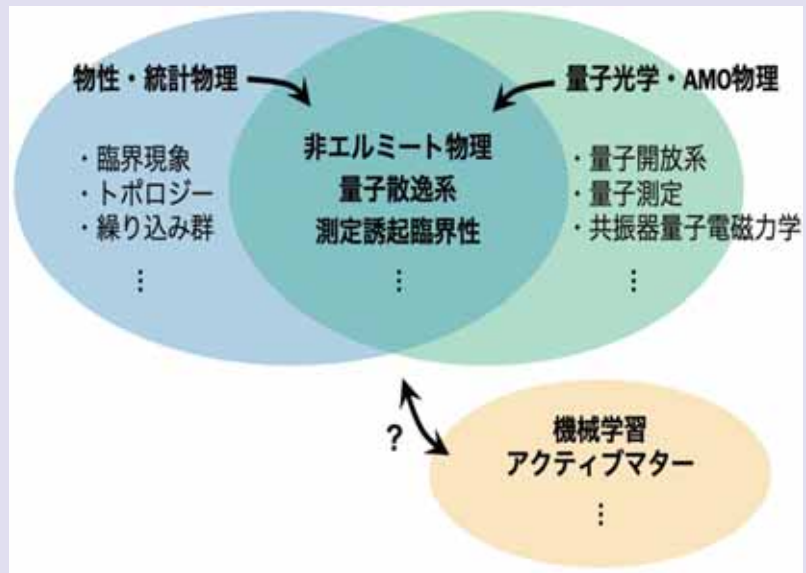
## 第21回

# ものことわり 物の理を理解する

「理論物理学とは、自然現象を記述する法則—ものことわり物の理—を明らかにし、実験で検証可能な予言を行う学問だ」。よく聞く説明だが、実際に理論物理の研究がどう行われているか知る人は少ないだろう。先日実験家の友人に「理論家はいいね、コーヒー飲んでいるだけで」と言われてしまった。まあ外から見るとそうかもしれないが(笑)頭の中では試行錯誤を繰り返し日々悶々としている。いずれにせよ、どう研究がなされているかイメージしづらいのだろう。

理論物理学という、一人でもって研究するイメージがあるかもしれない。しかし、自分の(多くない)経験では、むしろ多様な興味を持った人達と交わる中で、新しい着想を得て研究を進めることがほとんどだった。私が分野に無頓着で、色々な理論や手法を組み合わせるの好きなせいもあるだろう。しかし、この研究スタイルには注意も必要だ。きちんと意識しないといたずらに興味が発散し、路頭に迷ってしまう。自分の領域を軸にしつつ、先入観を持たずチャンスを探し、参入できるところを見きわめる必要がある。

抽象的な話ではイメージが湧かないので、記憶が新しい直近の研究例を紹介する。物性・統計物理学で、ジョセフソン接合の量子散逸相転移という問題がある。教科書にも載っている有名な話題だが、不勉強な私は博士3年のとき、たまたまベテランの先生に教えていただき知った。興味を惹かれたが、その時は他にやるべきテーマが沢山あり手をつけられなかった。転機は3年後、この話題に関心を持つ学部生と出会ったことだ。一緒に調べると、理論で予言された相転移が未だ観測されず、ちょっとした論争になっていた。



著者が行ってきた研究の概観

一般に理論物理学では、本質を抜き出した抽象化により現象の理解を試みる。この抜き出し方にセンスが問われる。モデルが難しすぎても解けないし、過度な単純化をすると実際の現象から離れてしまい、何より簡単すぎると面白くない。今回も基本に立ち返り、既存モデルの単純化を一つずつ精査した。すると曖昧な仮定が暗になされていることに気づいた。この点を正確に取り扱い、数値的繰り込み群による解析を行った。結果は驚くべきもので、教科書とは全く異なる相図が得られた。にわかには信じがたかったので、原子核理論の手法(汎関数繰り込み群)でも検証したが、やはり同じ結果となった(参照: *Phys. Rev. Lett.* **129**, 087001 (2022))。異なるアプローチから独立に同じ予言が導かれるのは、理論物理学のパワーを感じる瞬間であり醍醐味の一つでもある。

別の例を紹介する。臨界現象やトポロジカル現象は、物性・統計物理学で長年研究されてきた中心的話題だ。一方、量子開放系もまた、量子光学や原子分子光(AMO)物理学で着実に発展してきた重要なテーマだ。われわれは、これら異分野のアイデアの融合により、非エルミート物理学という研究フロンティアの開拓を目指した(参照: *Adv. Phys.* **69**, 3 (2020))。一見関係がない分野の間に隠された繋がりを見出すことが、しばしば革新的な進展に繋がる。

理論物理学はものことわりを明らかにする作法の学問であり、その対象は限りなく広い。前述の繰り込み群や非エルミート物理学の考え方も、最近では機械学習やアクティブマターなどにも波及しつつある。駒場生や理学に興味を持つ学生の皆さん、物理に進学して、分野の枠にとらわれない自由な研究をしてみませんか。



流行よりも  
自分で面白いと思うところを  
見つけて飛び込む



インタビュー記事▶

## 山田 鉄兵



**YAMADA Teppei**  
化学専攻 教授

2003年、東京大学大学院理学系研究科修士課程修了。三菱化学株式会社、九州大学大学院理学研究院助教、京都大学大学院理学研究科助教。2012年九州大学大学院工学研究院、分子システム科学センター准教授、2014年JST さきがけ研究員（兼任）を経て2020年より現職。2022年日本学術振興会賞を受賞。

趣味はなんですか？

### 将棋

6歳で親に教わってからずっと趣味として続けています。強くはありませんが、自分にしか指せない手を思いついたとき、自分の力を実感できるときの感動が好きです。藤井聡太五冠の将棋も良くチェックしています。

お気に入りのアイテムは？

### カウントダウンタイマー

ポモドーロメソッド用にタイマーを使っています。学生への講義でも30分を目処に2分程度の休憩を入れています。自分が学生だったときの事を考えると眠そうな学生に怒る気がないので。

学生さんにおすすめする本や教科書は？

### 「入門現代の量子力学 量子情報・量子測定を 中心として」<sup>1</sup>

僕は学生時代に量子力学に納得できませんでした。上記の本は非常に面白そうですが、恥ずかしながら未読です。ぜひどなたかに解説してほしいです。

### 「固体と表面の理論化学」<sup>2</sup>

物性物理と化学結合論とは、案外言葉が通じないくらい離れがちです。この二つの分野をつなぐ本として、ノーベル賞受賞者のホフマンによるこの本が最も優れていると思います。ただ絶版ですので図書館で探して下さい。

### 「有機化学美術館へようこそ」<sup>3</sup>

有機化学美術館というサイトを運営する方が書いた本で、有機化学と産業への深い理解と愛情が伝わる面白い本です。同著者による「炭素文明論」などの他の著書も含め、ネット時代の学生にお勧めです。

### 「ストレスフリーの仕事術」<sup>4</sup>

僕は事務仕事が大の苦手です。僕のような人間に役に立った2つのハウツーのうちの一つが本書のGTD法です。理学部っぽい？方におすすめします。もうひとつの役立つ仕事術は「ポモドーロメソッド」です。

宇宙人はいと思う？

### います

近年、これだけハビタブルゾーンに惑星が見つかる、生命が地球外に存在するのはもはや当たり前だと感じています。ところで空気が読めないタチで恐縮ですが「宇宙人」はタンパク質やDNAではなくても良いじゃないですか。宇宙の生命の定義はあいまいだと思います。もしシュレディンガーがというような負のエントロピー消費と、自分のコピーのようなものを増やすこと、の二つを定義とするのであれば、今のタンパク質やDNAの系とは全く異なる「生命」を考えることもできるはずですよ。たとえば恒星が超新星爆発を起こして新たに恒星を作るのであれば、恒星も「生命」の一種だと思います（地球の生命体が化学結合エネルギーを利用しているのに対し、これらは重力と核力を利用しているという違いに過ぎません）。同様に、太陽の中の乱流の渦にも「生命」と定義できるものがあるはずですし、海面の波も、波が別の波を創り出す因果関係がある（ありそう）ので、風の力を利用した「生命」の一種ではないかと思っています。このように地球上にだってエネルギーや材料の種類を変えた「生命」を考えることができると思います。無機化学の研究者としては、そのような自己複製に適した「生命」的な性質を持つ無機材料を考えてみたいですよ。

### メッセージ

自分でデザインした分子や性質を発表する感動を一緒に味わいましょう。

1. 堀田 昌寛 KS物理専門書 2. R. ホフマン (Roald Hoffmann) (著), 小林 宏 (翻訳), 榎 敬明 (翻訳), 海津 洋行 (翻訳) 丸善  
3. 佐藤 健太郎 技術評論社 4. デビッド アレン (David Allen) (著), 田口 元 (翻訳) 二見書房

# TOPICS

## 祝 2022年度秋季学位記授与式・卒業式

広報誌編集委員会

**2** 022年度の学位記授与式・卒業式が2022年9月22日（木）に安田講堂で実施された。理学系研究科・理学部からは星野真弘研究科長・学部長と、コロナ感染拡大防止の観点から、理学系研究科総代として楊泓（ヤン ホン）さん（物理

学専攻 博士）と王 昶欽（ワン チャンチン）さん（地球惑星科学専攻 修士）が壇上に立った。

また、理学部1号館小柴ホールにて、コロナ感染拡大防止の観点から、博士課程のみの学位記授与式が行われた。

卒業・修了されたみなさんに心からお祝いを申し上げます。みなさんが今後、世界の学術研究の進展に一層貢献することを期待いたします。



上：（左）総代の楊泓さん（博士）と（右）王昶欽さん（修士）／写真撮影：尾関裕士  
下：総代の楊泓さん（博士）と星野真弘研究科長（小柴ホール）



## 理学のワンダーランド in ホームカミングデイ2022 online

飯野 雄一 (広報室長/生物科学専攻 教授)

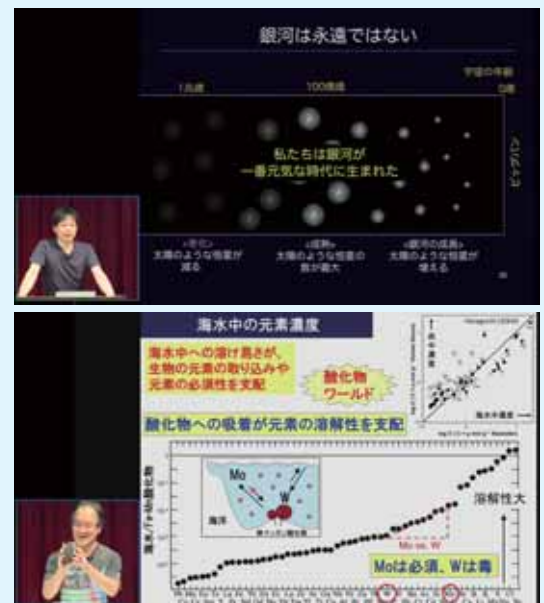
**理**学系研究科では、東京大学ホームカミングデイの機会に講演会「理学のワンダーランド」を開催している。卒業生にお子さんやお孫さんをお連れいただき、未来を担う子供たちに理学の面白さを味わってもらおうとの趣旨である。今回も一昨年、昨年に引き続きYouTube理学部チャンネルでのリアルタイム配信の形で10月15日(土)に開催した。小柴ホールから中継の形で配信し、2名の講師からのオンライン講演に続き、オンラインツール「Slido」を用い、補助の学生が視聴者からの質問を読み上げて講演者に伝える形で双方向の質疑応答を行った。また、視聴者から寄せられていた要望に答えて、講義内容の簡単なpdfを理学部ホームページ上にあらかじめ掲載した上で講演会を行った。

星野研究科長の挨拶のあと、天文学専攻の嶋作一准教授より「銀河の世界」とのタイトルで、銀河の進化の過程とそれを解き明かす研究についての講演があった。望遠鏡による観測を主体とする研究者ならで

はの美しい天体の画像が多数紹介され、天体の元素組成についての解説もなされた。視聴者はさまざまな興味をそそられたようで、最近のはやぶさ1, 2に絡んだ質問も寄せられた。次に地球惑星科学専攻の高橋嘉夫教授より「地球上の元素の旅」とのタイトルで、地球誕生から46億年の間に地球全体で元素がどう巡ってきたかについて、地殻、大気、海洋を含む大きな時空間スケールでの講演がなされた。視聴者は、生物由来の水の循環を「千の風」になぞらえた高橋教授のご説明に大いに興味をそそられたようで、関連した感想が多く寄せられた。

参加者は、ライブ配信で145家族、当日限りで公開したオンデマンド視聴を含めると229家族であった。アンケートによると、小学校高学年から一般の方まで幅広い参加があったことがわかり、講演について非常に面白かったと満足の声が多く寄せられていた。

参加された皆様、講師の先生方、開催の準備と当日開催をしていただいた皆様に深く感謝申し上げます。



(上) 嶋作准教授, (下) 高橋教授の講演の様子

## お知らせ |

### 東大理学部 高校生のための冬休み講座2022 Online開催のお知らせ

広報委員会

**東**京大学理学部では、世界をリードするTop Scientistsによる高校生のための特別授業を公開します。今回はオンライン中継のため、一般の方もご視聴が可能です。ぜひご参加ください。

- 開催日程：2022年12月26日(月)、27日(火)
- 開催時間：13:00~16:00 ※理学部1号館小柴ホールより中継
- 参加無料：※事前申し込みが必要です。一般の方のご参加も歓迎いたします。
- 対象：中学生、高校生向け講演です。
- 詳しくは、理学部HPをご覧ください：<https://www.s.u-tokyo.ac.jp/ja/event/7655>



# 理学の本棚

## 「宇宙は数式でできている」

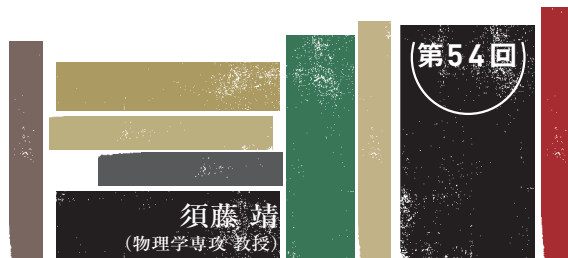
宇宙論で博士号を取得後、キャリアを変更し裁判官となつたかつての学生がいる。彼に依頼され、4年前に全国の裁判官の方々が集まる研修会で「lawの番人」というタイトルで、こんな話をした。

義務教育では「人々はlaw（法律）を遵守しなくてはならない」と学ぶのに、実際には守らない人がある。だからこそ、何が違法なのかを判断する法律の番人＝裁判官は不可欠だ。これに対して「世界はlaw（法則）にしたがっている」という事実を学校で教えられた記憶はないが、法則に矛盾する「違法」な現象は決して起きない。つまり、物理学者は法則の番人ではなく、法則とは何かを日々考える商売である。

我ながら、裁判官の方々を前に、よくもまあこんな意味不明の内容で2時間も喋ったものだ。しかし、物理屋にとっては自明の「世界は法則にしたがっている」は、必ずしも世間一般には共有されていない。「社会は必ずしも法律にしたがっていない」からだろうか。一方で、シュレーディンガー

方程式やアインシュタイン方程式を解いて得られた数学的解は、この世界で必ず実現していると信じて疑ったことがない純朴過ぎる学生も考えものかもしれない。

やや盛り気味の「宇宙は数式でできている」というタイトルの本書は、この両者に向けて、宇宙が法則にしたがっているのみならず、物理法則は微分方程式で書き下してしまう（らしい）という非自明な不思議さを布教すべく書いてみた。読んだ上で入信しない人も、決して不幸になる心配はない。安心して自分の頭で判断する材料として活用いただければ幸いである。



須藤 靖 著  
「宇宙は数式でできている」  
朝日新書（2022年）  
ISBN 978-4022951601

## おしらせ |

### 高橋景一先生のご逝去を悼む

上村 慎治（中央大学 教授）\*

**東** 京大学名誉教授の高橋景一先生（5.31.1931～10.20.2022）は、1953（昭和28）年3月に理学部生物学科を卒業され動物学専門課程の博士課程に進学、1956年に理学部助手に採用された後、1960年4月に理学博士の学位を取得されました。早くも1973年には動物学第一講座の教授になられ、1992年3月に定年退官され名誉教授の称号を得られた後、2001年まで国際基督教大学教授を務め退官されるまで、長きにわたり研究と教育に携わってこられました。学内外のさまざまな委員、学会役員、学術会議の開催にも尽力されて来られました。特記すべきものは、細胞生物学・動物生理学の分野でのユニークで先駆的な研究成果

です。能動的に、しかし省エネ的に力学的な特性を変える結合組織（キャッチ結合組織）を発見した研究（1966-67）、鞭毛・繊毛における滑り運動を見事に実験的に示した研究（Shingyojiら、1977）はその典型的なもので、国際的な評価も高いお仕事です。先を予見した斬新な発想に加え、技術者とうかがっている御父上の影響ではと想像する独自開発の実験装置などが、先生の研究を強く後押しして来たのではないかと想像しています。留学された英国の習慣に習って始められたティータイムがいまや懐かしく思い出されます。91歳にてご逝去された先生に心からの感謝を申し上げ、ご冥福をお祈りいたします。



2011年7月、ウィリアム・ワーズワス（William Wordsworth）のダヴ・コテージの庭園での高橋景一先生（©Richard Howell）

\* 1977年生物学科卒、1982年理学系研究科動物学専攻博士課程修了

# 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
<b>2022年9月5日付</b>			
課程	化学	飛田 郁也	酸化還元反応を指向した不均一系触媒の開発と連結型連続フロー系への応用 (※)
<b>2022年9月22日付 (29名)</b>			
課程	物理	青木 孝道	大強度イオンビームにおけるビーム形状発展の理論的研究
課程	物理	謝 秉樺	機械学習を用いた重力波信号の高速到来方向決定方法の開発 (※)
課程	物理	坂田 逸志	超高速分光のための力学系のデータ駆動的方法 (※)
課程	物理	谷川 輝	Belle II 実験における $B^0 \rightarrow K^0_s K^0_s K^0_s$ 崩壊過程の時間依存 CP 非対称度の測定 (※)
課程	物理	丹羽 宏彰	テラヘルツシリンドリカルベクトルビームの発生手法の開発とその分光学的応用に関する研究 (※)
課程	物理	劉 聖鵬	セレン化第一銅薄膜の成長と物理特性 (※)
課程	物理	仇 澤彬	磁場中のトポロジカルソリトンによる高密度バリオン物質研究 (※)
課程	物理	曾 師彦	ミュオン電気双極子能率による新物理探索
課程	物理	夏 君杰	スーパーカミオカンデの大気ニュートリノと T2K の加速器ニュートリノサンプルの統合解析によるニュートリノ振動パラメータの測定 (※)
課程	物理	楊 泓	整数スピンを持つ粒子の対称性に保護されたトポロジカル相 (※)
課程	天文	簡 明杰	晩期型星におけるヘリウム彩層吸収線の観測とヘリウム組成の測定 (※)
課程	天文	李 建鋒	高赤方偏移強電波活動銀河核とその母銀河の物理的性質 (※)
課程	天文	郭 康柔	大質量天体による摂動下での微惑星ダイナミクス (※)
課程	天文	李 秀珍	電波マグネターと巨大電波パルスの多周波数観測研究 (※)
課程	地惑	WALIA NEHPREET KAUR	ハイブリッドシミュレーションと衛星観測に基づく磁気再結合にともなう遅延衝撃波の研究 (※)
課程	化学	盧 方逾	水中で機能する耐久性が高く再使用可能な不斉スカンジウム触媒の開発 (※)
課程	化学	陳 昊	$\lambda$ -Ti <sub>3</sub> O <sub>5</sub> 単結晶薄膜の合成、電気輸送特性及び相安定性 (※)
課程	化学	GUPIT Caidric Indaya	モデル棒状高分子であるナフィオンと M13 ファージの分散液中での構造と運動に関する研究 (※)
課程	化学	韓 夢莹	多孔性超分子結晶における活性パラジウム中心の基質特異的オレフィン移動反応への触媒応用 (※)
課程	化学	HARMON Jeffrey Owen	クラミドモナスの複雑なミトコンドリア形態に基づく高スループット分取 (※)
課程	化学	胡 凌雲	イミダゾール骨格を有する新規金属錯体型 DNA 塩基対の創出と機能性核酸の活性制御への応用 (※)
課程	化学	KUNAL Kumar	多様な光学特性および磁気特性を有する擬ハロゲン化物錯体の開発 (※)
課程	化学	Jørgen Walker PETERSON	超高速スペクトル取得レートの広帯域 THz- 指紋領域ラマン分光法 (※)
課程	化学	周 雨奇	データ駆動型血小板生物学・医学のためのインテリジェント血小板形態測定法 (※)
課程	化学	朱 文超	合成キレーターと蛍光タンパク質を用いる化学遺伝学イオンセンサーの原型の開発 (※)
課程	生科	MABARDI Llian	線虫 <i>C. elegans</i> のグルタミン酸及び経験依存的な介在神経の応答は刺激の与え方によって変化する (※)
課程	生科	小林 格	日本近海におけるルソンヒトデ科の系統分類と保育習性の進化 (※)
課程	生科	梁 倬坤	トランスクリプトームによる進化的派生度の指標構築 (※)
課程	生科	王 幸慈	概日時計における Na <sup>+</sup> /Ca <sup>2+</sup> 交換輸送体および CaMKII の役割 (※)
<b>2022年10月17日付 (3名)</b>			
論文	生科	生田 達也	光依存性ロドプシンホスホジエステラーゼの構造解析 (※)
課程	物理	Le Minh Cristian	フロッケ平均エネルギー基底状態：フロッケ第一原理手法のための新たな基礎 (※)
課程	化学	林 良祐	超短レーザーパルスによって照射された金薄膜における超高速電子・フォノンダイナミクス (※)
<b>2022年10月31日付 (3名)</b>			
課程	天文	有馬 宣明	広視野 CMOS カメラ Tomo-e Gozen を用いた短時間の可視光突発天体の研究 (※)
課程	化学	VAN NEER Renier Herman Pieter	病原性 iPGM 相同分子種に対する高 Nメチル化環状ペプチドの発見 (※)
課程	化学	張 又源	強レーザー場において生成した窒素分子イオンの励起過程に関する理論 (※)

# 人事異動報告

異動年月日	所属	職名	氏名	異動事項	備考
2022.9.16	地惑	教授	POHL MARTIN KARL WILHELM	採用	
2022.9.16	原子核	助教	北村 徳隆	採用	
2022.9.30	物理	助教	大屋 瑤子	退職	京都大学・講師へ
2022.9.30	化学	助教	宮村 浩之	退職	産業技術総合研究所・主任研究員へ
2022.9.30	生科	助教	馬谷 千恵	退職	東京農工大学・助教へ
2022.9.30	化学	特任助教	相川 春夫	退職	同専攻・助教へ
2022.9.30	化学	特任助教	安川 知宏	退職	
2022.9.30	生科	特任助教	河西 通	退職	東京工業大学・助教へ
2022.9.30	ビッグバン	特任助教	茅根 裕司	退職	高エネルギー加速器研究機構・特任助教へ
2022.10.1	化学	助教	相川 春夫	採用	同専攻・特任助教から
2022.10.1	化学	特任助教	周 雨奇	採用	
2022.10.1	化学	特任助教	簾 智仁	採用	東京工業大学・特任助教から
2022.10.1	化学	特任助教	中山 亮	採用	東京工業大学・特任助教から
2022.10.1	化学	特任助教	PETERSON JORGEN WALKER	採用	
2022.10.1	生科	特任助教	難波 祐里香	採用	同専攻・特任研究員から
2022.10.1	生科	特任助教	山田 紘実	採用	同専攻・特任研究員から
2022.10.1	ビッグバン	特任助教	神野 隆介	採用	
2022.10.31	生科	特任助教	野崎 修平	退職	
2022.11.1	生科	特任助教	大矢 恵代	採用	同専攻・特任研究員から
2022.9.30	総務	総務課共同利用支援チーム係長	佐々木 守	退職	早期退職

## 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年受賞決定)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。

※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。



## 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、共同研究を行ういます。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。



## 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。



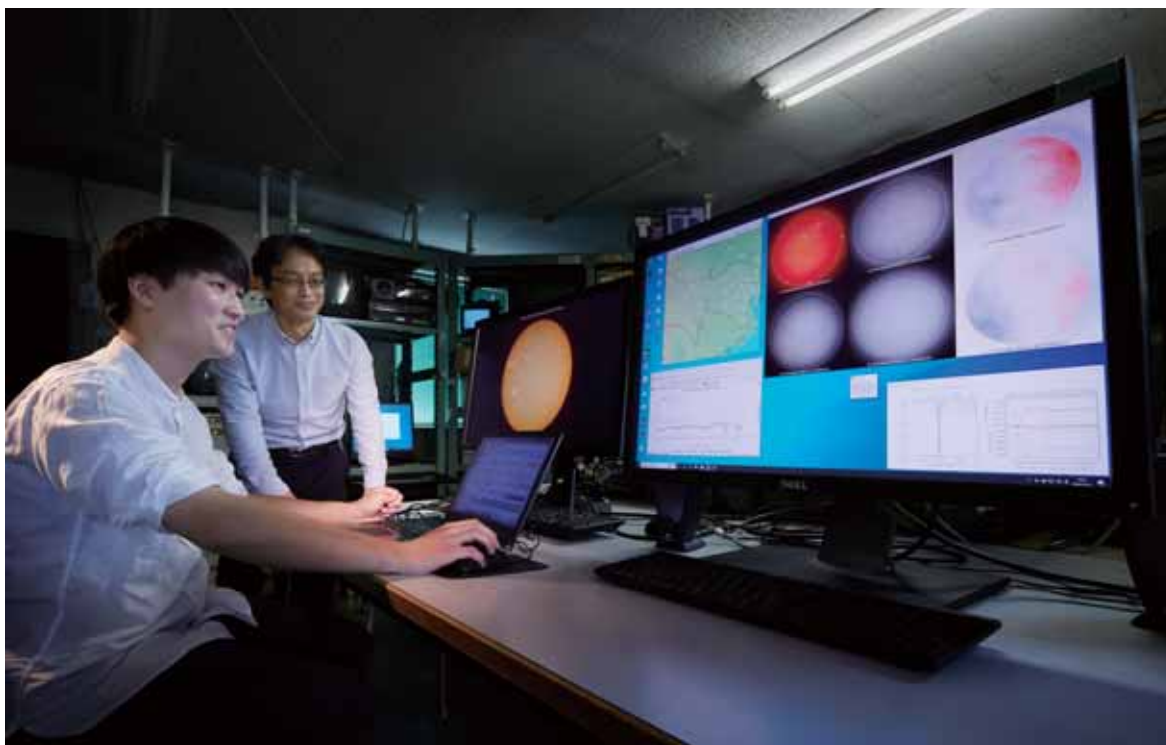
### 地球惑星の研究教育支援基金

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。



太陽フレア望遠鏡観測室での作業風景。モニターには、撮影したばかりの太陽画像が逐一表示される。天気を気かけながら、黒点の有無やその変化、フレアやプロミネンス噴出など突発現象の確認に目を凝らす