

はじめに

CONTENTS

はじめに	3
数学専攻	
「一層」面白くなった形状最適化問題	
~二つの物質を組み合わせた棒の最適形状の探求~	4
水が描くかたち、数学で紐解く	
- ミクロから生命や都市まで	4
物理学専攻	
魚の群れにおける視覚運動の役割を解明	
一選択と集中によるダイナミックな群れの変形一	4
ガラスを破壊から守る原子の集団運動を発見	
	5
量子ダイナミクスの非線形性を解析できる新手法を開発	-
エ	5
	-
天文学専攻	
宇宙誕生期を過ぎても巨大ブラックホールが生まれたことを理論で解り	FI .
一銀河とブラックホール進化の関わりの理解に光一	6
遠方銀河の二層円盤構造の同定に初めて成功	
幅広い宇宙年代にわたって円盤銀河の発達過程が明らかに	6
新たな原子系「多価ミュオンイオン」の観測に成功	
一宇宙観測検出器が捉えるエキゾチック原子の世界一	7
地球物理学専攻	
2023 年以降、三陸沖での水温上昇は世界で過去最大	
~黒潮続流の異常進路が示す未来~	8
プレートから上昇する水が巨大地震の破壊拡大を止め、直下型地震を引き起こっ	ት ?
一 東日本太平洋側の地震帯の発見が示す地震のメカニズム 一	9
11. 24 to 14.	
化学専攻	
ミクロの藻は細胞中の巨大なアンテナで光エネルギーを集める 超高効率光合成の仕組みを解明	9
電気を流し、室温強磁性を示す希土類酸化物を発見 スピントロニクス材料としての応用に期待	10
スピンドローテス材料としてめ心用に知付	10
地学専攻	
地球温暖化が海洋プランクトンに及ぼす深刻な影響	
過去 100 年間のデータベースの解析で判明	11
太古の海底熱水活動が生命の必須元素リンの供給源だった!?	
~35億年前の熱水変質による海底玄武岩中のリン動態を解明~	11
生物学科/生命科学研究科	
海馬と内側前頭皮質を結ぶ新たな神経回路の発見	
~記憶と感情、自律神経をつなぐ脳内ネットワーク~	12
小鳥はさえずりの内容を目的に応じて柔軟に変えられる	
さえずり中の音をテキスト化するプログラム開発によって判明	13



東北大学理学部長・理学研究科長 都築 暢夫

思議や面白さを感じ、その根本的な原 理を知りたいと思うことはありません 興味を持っていますか?

理学は、私たちが持っている純粋な 好奇心や探究心に発する「自然の理(こ とわり)」の解明と、その体系化を通 して、人類共通の知的財産を未来へと 継承していく学問分野です。理学研究 では、先人達が明らかにしてきた自然 の理を理解し、その上に新たな解明を 加えていきます。

ありません。自由な発想のもとに研究 を進める過程は楽しくもありますが、

日々を過ごすことも少なくありませ ん。知力はもちろんのこと、気概をも か?どのような自然現象や数理現象に 求められる険しい道でもあります。だ からこそ、自然の理の一端を解き明か したときの達成感と喜びは格別です。 そして、次なる自然界の不思議が私た ちによる解明を待ち受けています。

東北大学理学研究科では、素粒子、 原子核、原子、分子等のミクロな世界、 生命、地球、宇宙等のマクロな世界、 数学および数理現象など、理学の幅広 い分野を対象にして、自然の理の探究 理学研究の道のりは決して平坦では を行っています。本冊子は、プレスリ の解明に向け、挑戦する日を楽しみに リース等を行った理学研究科の研究の 中から、皆さんに向けてピックアップ

皆さんは、自然現象や数理現象に不思い描いた通りに進まずに悶々としたしたものです。詳しく知りたい方や他 の研究を知りたい方は、理学研究科の Web ページをご覧ください。

> 東北大学理学部では、学部4年(学 科によっては3年後期)になると研 究室に配属され、大学院に進学すると 一段と本格的な研究を行います。皆さ んの先輩達がそうであったように、社 会のさまざまな分野で活躍するための 基盤となる科学的思考力と実践力が理 学研究を通して身につきます。

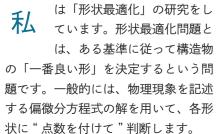
緑あふれる青葉山のキャンパスで、 若き皆さんとともに新たな「自然の理」 しています。

「一層」面白くなった形状最適化問題

~二つの物質を組み合わせた棒の最適形状の探求~

数学専攻 助教 CAVALLINA. Lorenzo





本記事では、棒のねじれに対する抵 抗を表す「ねじり剛性」を基準にして、 できるだけ丈夫な(つまり、ねじり剛

性が一番高くなるような)棒のかたち の研究を紹介します。均質媒質ででき た棒なら、断面が円いものがねじり剛 性を最大化します。

また、二つの物質を合わせて作った 棒の場合の解析は一段と難しくなりま す。特に、与えられた棒(芯)を別の物 質で覆って補強する問題に対しては、 全体の断面を円くするより、芯の形に 応じて最適な覆い方が存在します。

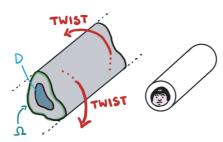


図 問題設定と金太郎飴

水が描くかたち、数学で紐解く

- ミクロから生命や都市まで -

数学専攻 教授 正宗淳

が流れると、そこに不思議な 「かたち」が牛まれます。た

とえば濡れた窓ガラスにでき る水の筋、地面にしみ込む雨、そして 土の中にできる細い「水脈」。これらは、 水が自分で道をつくりながら流れてい

く現象です。

また、水と空気の間には「表面張力」 と呼ばれる力が働き、水が丸くなった り、細い管を伝って上にのぼったりし ます。このように、水はただ流れるだ けでなく、まるで自ら「かたち」を選

んでいるかのように振る舞います。

私たちの研究は、こうした自然の振 る舞いを数学の目で読み解くことを目 指しています。

魚の群れにおける視覚運動の役割を解明

- 選択と集中によるダイナミックな群れの変形-

物理学専攻 准教授 内田 就也

は一般に広い角度の視野を持

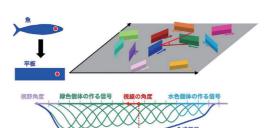
ち、群れの中では前後左右に いる多数の魚を見ていると考 えられています。しかし魚が行動を決 定する際には、近距離を高速で運動す る一部の魚だけに注目し、それらの魚 の運動に集中的に反応することが最近 の実験で明らかになってきました。一 方で、このような選択的な相互作用と 群れの運動の関係はよく分かっていま せんでした。

東北大学大学院理学研究科の伊藤将 大学院生と内田就也准教授は、魚の視 覚のメカニズムに基づき、視線の運動

を取り入れた新しい理論モデルを 提唱しました。これにより、2、 3匹の標的を追跡する魚の運動か ら、大きな群れが柔軟に形を変え る様子まで、魚の集団行動のさま ざまな特徴を再現することに成功 しました。

本研究の成果は、生物の視覚に基づ く選択的な意思決定と集団行動の関係 に新たな理解をもたらすものです。

本研究成果は2024年7月23日、 米国科学アカデミーの刊行する科学誌 PNAS Nexus に掲載されました。



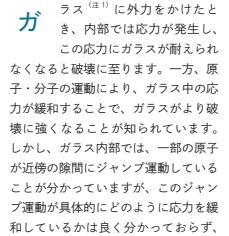
詳細はこちら

図 モデルの概要。各個体は平面 上を運動する平板で表され、他の 個体の像のサイズ(角直径)と速 度によって網膜トの各区画に信号 が生成される。すべての区画から の信号を合成した信号が最も強く なる方向に視線が誘導される。

ガラスを破壊から守る原子の集団運動を発見

より破壊に強いガラスの創製への貢献に期待

物理学真攻 准教授 齋藤 真器名



東北大学大学院理学研究科の齋藤真 器名准教授を中心とした研究グループ は、同大学大学院理学研究科の若林裕 助教授、京都大学複合原子力科学研究 所の瀬戸誠教授と同大学大学院理学研 究科の荒木武昭准教授、島根大学材料 エネルギー学部の尾原幸治教授、物 質・材料研究機構の小野寺陽平主任研

ガラス分野の重要な未解決問題の一つ

でした。

究員、公益財団法人高輝度光科学研究 センターの依田芳卓主幹研究員らと共 同で、ガラスのモデル系として知られ るイオンガラス中の原子構造と運動 を、放射光 (注2) 実験と計算機実験で 精密に調べました。その結果、原子の ジャンプ運動のほかに、ジャンプ運動 によりできたわずかな隙間を埋めるよ うに、周囲の数十個の原子集団がじわ じわ移動する、新しいタイプの原子運 動を発見しました。さらに、ナノ(10 億分の1) 秒からマイクロ(100万分 の1) 秒の間に原子がジャンプ運動と 集団運動を繰り返すことでガラスに加 えられた力が緩和し、ガラスが破壊か ら守られることが分かりました。今回 の発見は、破壊に強いガラスの創製に つながるなど、ガラス関連産業分野に 広く波及効果があります。

本研究成果は、2024年12月2日 に無機材料工学の分野の専門誌 Acta Materialia に掲載されました。



詳細はこちら

ガラス

図 ガラスの内部の応力の時間変 化と、原子構造の部分的な変化の 概念図。

用語解説

(注1) ガラス

結晶化を回避しながら液体を冷却していくと、粘度が 増大して、やがて事実上流動性がないとみなせる固体 となる。ガラスはこのような固体状態であり、原子・ 分子のつくる構造に長距離の規則性がないのが特徴と なっている。

(注 2) 放射光

電子を光速近くまで加速して曲げることで発生する、 明るく、指向性が高い(進行方向がそろった)X線。

量子ダイナミクスの非線形性を解析できる新手法を開発

一 新たな材料設計や量子デバイス開発などへの貢献に期待 一

物理学専攻 助教 小野淳

力(力や電磁場)と出力(物 理量の変化) の比例関係が崩 れる「非線形応答」が現れます。この 非線形応答を詳しく解析することは、 物質の動力学的・分光学的性質を深く 理解するために欠かせません。しかし 従来の手法では、複雑に入り混じった 非線形応答から必要な成分だけを取り

質に強い刺激を与えると、入

東北大学大学院理学研究科の小野淳 助教は、物理量の時系列データから非 線形応答関数 (注1) を抽出するための 新たな理論的枠組みを構築しました。 これは既存の任意の実時間シミュレー ション手法に適用可能であり、従来難

出すことは困難でした。

互作用や多くの自由度、 環境への散逸などを伴 応答を解析することが 可能になります。これ

により、非線形応答を活用した機能性 材料や量子デバイスの研究開発を加速 することが期待されます。

本研究の成果は、2025年7月9日 付で、米国物理学会が刊行する学術誌 Physical Review Letters にオープン アクセス論文として掲載されました。

図 (左) バネに繋がれたおもりの模 式図。力fを加えると、変位xが生じ る。(右) 力と変位の関係。通常、力 の大きさfとおもりの変位 x は比例す るが、力が大きくなると比例関係から のずれ(非線形応答)が生じる。

用語解説

(注 1) 非線形応答関数

外部から加えられる力に対して、物理量に生じる変化 量との関係を結びつける量を一般に応答関数という。 特に、力と変化量との間に比例関係が成り立たない場 合に非線形応答関数と呼ばれる。

宇宙誕生期を過ぎても巨大ブラックホールが 生まれたことを理論で解明

―銀河とブラックホール進化の関わりの理解に光―



天文学専攻 教授 大向一行

大質量ブラックホール (注1) の起源は、天文学の長年の謎 です。従来の理論では金属(注

2) を含まない特殊な環境下でのみ形成 可能とされ、それらの理論で説明でき るブラックホールの数に限界がありま

東北大学大学院理学研究科の鄭昇明 特任助教と大向一行教授らは、最新の シミュレーション技術を用いて、金属 を含む現実的な宇宙環境でも巨大ブ ラックホールが形成可能であることを 明らかにしました。多くの分裂が起こ りながらも、それらが合体することで

重いブラックホールが育つという新し い形成メカニズムを示す成果です。さ らに金属量が多い場合には星団が形成 されることを示し、ブラックホールと 球状星団 (注3) という一見異なる天体 が実は環境の違いによって分かれた 「兄弟」のような存在である可能性が 浮かび上がりました。宇宙における構 造形成の理解を大きく進めると期待さ れます。

本成果は2025年5月8日、学 術 誌 Monthly Notices of Royal Astronomical Society に掲載されま した。

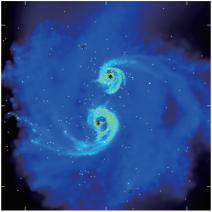


図 巨大ブラックホールを形成するガス雲の 密度分布。黒い星印はブラックホールに進化 する大質量星を表す。白い点は分裂によりで きた、質量の小さい星。金属を多く含む環境 下では、数多くの質量の小さな星が形成する が、やがて中心の大質量星と合体する。

用語解説

(注 1) 超大質量ブラックホール (Supermassive Black Hole SMBH)

太陽の 100 万~ 100 億倍という極めて大きな質量を 持つブラックホール。多くの銀河の中心に存在し、そ の重力によって銀河の構造や進化に影響を与える。

天文学における「金属」は、水素とヘリウムを除くす べての元素(炭素、酸素、鉄など)を指す。星やガス 雪の冷却を促進する重要な役割を果たす。

(注 3) 球状星団 (Globular Cluster)

数千から数百万個の星が密集して球状に存在する天休 構造。銀河の周囲に存在し、宇宙の初期に形成された と考えられている。

遠方銀河の二層円盤構造の同定に初めて成功

幅広い宇宙年代にわたって円盤銀河の発達過程が明らかに



在の宇宙にある多くの円盤銀 河は、若い星からなる薄い円 盤と年老いた星からなる厚い 円盤の「二層構造」を持っています。 しかし、これまでの二層構造の観測は 近くの銀河に限られており、その形成 過程は天文学上の大きな謎でした。

東北大学大学院理学研究科の津久井 崇史研究員を中心とする研究チーム は、ジェームズ・ウェッブ宇宙望遠鏡 1) の観測データを使い、最大 100 億 年前にさかのぼる広範な宇宙年代にわ たって存在した 44 個の銀河で二層構 造を同定しました。銀河の過去の姿を

直接捉えることで、銀河がまず厚い円 盤を形成し、その後、内側に薄い円盤 が形成することで二層構造となる進化 の道筋が明らかになりました。さらに、 薄い円盤の形成時期は、重い銀河ほど 早く、星の年齢から推定された私たち の住む天の川銀河(注2)とおおよそ一 致することが判明しました。本研究を 通じて、円盤銀河がどのように形作ら れてきたか、そして天の川銀河が宇宙 の歴史の中で普遍的な形成過程を辿っ てきたのか、という問いへの答えに近 づくことが期待されます。

本研究成果は、英国王立天文学会



の 学 術 誌 Monthly Notices of the Royal Astronomical Society 12, 2025年6月26日(英国時間)に掲 載されました。

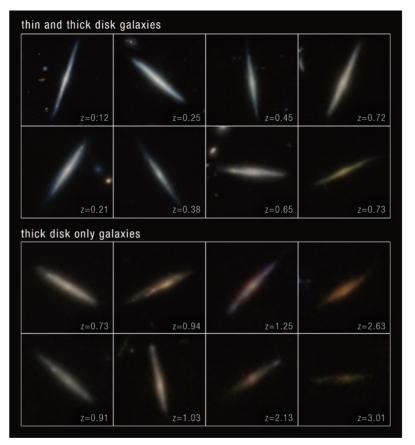


図 研究チームが発見した、二層円盤構造を持つ銀河 (thin and thick disk galaxies) と一層円盤構造の銀河 (thick disk only galaxies) の擬似カラー画像。宇 宙初期には厚い一層円盤構造を持った銀河が多く、宇宙後期には二層円盤構造を持っ た銀河が多くなる。右下には銀河の赤方偏移z(大きいほど遠方・過去の宇宙に相当 する) ^(注 3) を示している。

Credit: NASA, ESA, CSA, T. Tsukui (Australian National University).

用語解説-

(注 1) ジェイムズ・ウェッブ宇宙望遠鏡 (James Webb Space Telescope : JWST)

米航空宇宙局 (NASA) がハッブル宇宙望遠鏡の後継 機として 2022 年に運用を開始した宇宙望遠鏡。これ までの望遠鏡と比較し、およそ 10 倍の空間分解能、 100 倍の感度の観測が可能となりました。

(注2) 天の川銀河

渦巻き円盤銀河。地球が存在する銀河。1000 億個以 トの恒星が直径 10 万光年の円盤状に分布しています。

銀河までの距離を表す際に用いられる指標です。大 きいほど、遠方、過去の銀河に相当します。よく用 いられる宇宙膨張モデルを用いると (ハッブル定数 $H_0=70$ km/s/Mpc, $\Omega_m=0.3$, $\Omega_\Lambda=0.7$)、光が地球に 到達し検出されるまでに走った距離は、赤方偏移とは 対して以下のようになります。

z=0.12:約13億光年/z=0.25:約29億光年/ z=0.5:約50億光年/z=1:約77億光年/

z=2:約102億光年/z=3:約114億光年 ただし、宇宙は光が発せられてから現在に至るまで膨 張を続けているため、現在の地球とその銀河との実際 の距離はさらに遠くなります。

新たな原子系「多価ミュオンイオン」の観測に成功

一宇宙観測検出器が捉えるエキゾチック原子の世界一

化学専攻 教授 木野 康志、天文学専攻 准教授 野田 博文



京都立大学大学院理学研究 科化学専攻の奥村拓馬准教 授、理化学研究所開拓研究所

の東俊行主任研究員(高エネルギー加 速器研究機構量子場計測システム国際 拠点特任教授)、同開拓研究所の橋本 直理 ECL 研究チームリーダー(仁科 加速器科学研究センター理研 ECL 研 究チームリーダー)、高エネルギー加 速器研究機構量子場計測システム国際 拠点の早川亮大研究員、同物質構造科 学研究所の下村浩一郎特別教授、自然 科学研究機構核融合科学研究所研究部 プラズマ量子プロセスユニットの加藤 太治教授、東北大学大学院理学研究科 化学専攻の木野康志教授、同研究科天

文学専攻の野田博文准教授、立教大学 理学部物理学科の山田真也准教授、中 部大学の岡田信二教授、外山裕一特任 助教、東京大学国際高等研究所カブリ 数物連携宇宙研究機構の高橋忠幸特任 教授、筑波大学計算科学研究センター の Tong Xiao-Min 准教授らによる研 究グループは、最先端のX線検出器 である「超伝導転移端センサーマイ クロカロリメータ (Transition-Edge Sensor: TES)」^(注1) を駆使し、新た なエキゾチック原子 (注2) 系「多価ミュ オンイオン」の観測に成功しました。 多価ミュオンイオンは、1つの原子核 が少数の電子と負電荷を帯びた素粒子 「負ミュオン」(注3)を同時に束縛した

原子系です。これまで理論的には存在 が予測されていましたが、実験的に直 接観測されたのは今回が初めてです。 多価ミュオンイオンは、正電荷をもつ 原子核が異種の負電荷をもつ粒子を同 時に束縛するという、他に類のないユ ニークな系であり、新たな量子少数多 体系 (注4) としての関心に加え、負ミュ オンと原子・分子の相互作用を探る新 たなプローブとしての可能性も秘めて います。

本研究は、科学雑誌『Physical Review Letters』の Editors' Suggestion に選ばれ、オンライン版 (2025年6月16日付) に掲載され

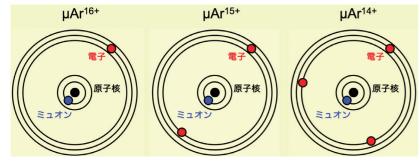


図 本研究で観測した多価ミュオンイオン (μ Ar¹⁶⁺, μ Ar¹⁵⁺, μ Ar¹⁴⁺)の模式図。μ Ar¹⁶⁺, μ Ar¹⁵⁺, μ Ar¹⁴⁺ は、 負ミュオンに加えて電子をそれぞれ1,2または3個束

用語解説

(注1) 超伝導転移端センサーマイクロカロリメータ (注2) エキゾチック原子 TES

マイクロカロリメータとは、X線のエネルギーを吸 収による温度ト昇として測定する装置であり、吸収 体と温度センサーから構成される。TES(Transition Edge Sensor)検出器は、この温度センサーに超伝導 体を用いたマイクロカロリメータである。超伝導体は、 超伝導転移温度付近において、電気抵抗がゼロから有 限値へ急激に変化するという性質を持つ。このため、 超伝導体を転移温度よりもわずかに低い温度で維持し 吸収体と熱的に接触させることで、X線吸収に伴うわ ずかな温度上昇を大きな電気抵抗変化として捉えるこ とが可能である。TES 検出器は、この超伝導体の鋭 触な温度応答性を活用することで、極めて高いエネル ギー分解能を実現している。

通常の原子は、陽子と中性子から成る原子核と、その 周囲を取り巻く電子から構成されている。これに対し、 原子を構成する粒子の一部を他の粒子で置き換えた 原子系は、「エキゾチック原子」と呼ばれている。た とえば、電子を負ミュオンで置き換えた原子はエキゾ チック原子の一種であり、「ミュオン原子」と称される。 本研究で観測に成功した「多価ミュオンイオン」は、 ミュオン原子から複数の電子が失われた高電荷状態の

(注3) 負ミュオン

ミュオンは第二世代のレプトンに分類される素粒子で あり、正の電荷を帯びた正ミュオンと負の電荷を帯び た負ミュオンが存在する。特に負ミュオンは電子と

非常によく似た性質を持つが、電子との主な違いは 質量にあり、その質量は電子の207倍である。また、 その寿命は 2.2 µs (マイクロ秒、100万分の 1 秒) であり、電子とニュートリノに崩壊する。

(注 4) 量子少数多体系

量子力学において複数の粒子から構成される系を量子 少数多体系と呼ぶ。複数の粒子が互いに力を及ぼし合 いながら強く作用し合い、理論的な取り扱いが極めて 難解となるため、量子力学における重要なトピックの 一つとされている。多価ミュオンイオンは、原子核と **負ミュオンに加え、さらに複数の電子が束縛された系** であり、通常の原子や分子には存在しない、負ミュオ ンと電子の特徴的な相関を示す量子少数多体系である。

2023年以降、三陸沖での水温上昇は世界で過去最大

~黒潮続流の異常進路が示す未来~

地球物理学専攻 准教授 杉本 周作

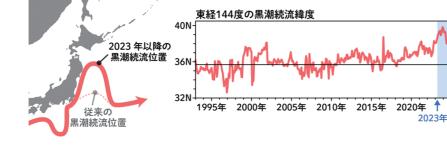
常、千葉県から東へ流れ去る



海流として知られる「黒潮続 流 (注1)」が、2022 年末に北 向きの進路を取り始め、2024年春に は青森県沖にまで達しました。この異 常な流路変更により、豊かな漁場とし て知られる三陸沖の海洋環境が大きく 変化し、地域の気候や水産業への影響

が懸念されています。

東北大学大学院理学研究科(東北大 学・海洋研究開発機構変動海洋エコシ ステム高等研究所(WPI-AIMEC)兼 務) の杉本周作准教授らの研究グルー プは、衛星観測データや気象庁が実施 した観測航海データなどを用いた三陸 沖の状況の分析によって、2023年以 降、三陸沖の海面水温が平年より約 6℃高い状態が続いていること、そし て、2024年5月には深さ400メー トル付近まで水温が 10℃以上も高い ことを発見しました。また、この異常 な水温上昇が、三陸沖の気温を上昇さ



せ、その影響は 2.000m 上空まで及 んでいたことを明らかにしました。

現在、三陸沖の水温上昇は世界の海 の中でも最も高い水準にあります。こ のため、三陸沖の環境を調査すること は、世界中の海で起こりうる環境変化 を予測し、適切な対策を講じるための 非常に重要な手がかりになり得ると考 えられます。

本研究成果は、日本海洋学会の英文 国際誌 Journal of Oceanography オ ンライン版にて 2025年2月13日に 早期公開されました。

図 従来の黒潮続流の流路(点線)と、 2023年以降の流路 (実線)。右側の時系 列は、東経 144 度での黒潮続流の緯度変 動を表す。

用語解説

(注1) 里潮結流

黒潮は、九州の南から四国沖を経て北上し、房総沖か ら東に流れる海流。この房総沖以東で列島から遠ざか る強い流れが黒潮続流と呼ばれる。

プレートから上昇する水が巨大地震の破壊拡大を止め、 直下型地震を引き起こす?



詳細はこちら

一 東日本太平洋側の地震帯の発見が示す地震のメカニズム 一

地球物理学専攻 大学院生 鈴木 琳大郎、准教授 内田 直希

れ、地表へと上昇する"水" が、巨大なプレート境界地震 の広がりを止める一方で、直下型地震 を引き起こす可能性があることを明ら かにしました。東北大学大学院理学研 究科の鈴木琳大郎大学院生(研究当 時) と内田直希准教授(研究当時。現 在東京大学地震研究所教授) らの研究 グループは、深層学習 (注1) モデルを 用いた大量の地震波形解析により、東 日本の太平洋沿岸海域〜関東地方下に 「前弧 (注2) 地震帯」を発見しました。 この地震帯は、従来よりも浅い場所で のプレートからの脱水を示し、そこか ら上昇する水の経路となっています。 深さ約35-75kmのプレートから出た 水は、その直上のプレート境界断層を 潤滑し、プレート境界巨大地震のすべ り域の拡大を抑制する一方、約35km より浅い地震を活性化させていると考

下深くでプレートから供給さ

と直下型地震の両方に深く関わる"水 みち"であり、将来発生するこれらの 地震の姿の予測に向けた重要な手がか りとなります。

本研究成果は、日本時間 2025 年 7月11日(金)午前4時に、科学雑 誌 Science のオンライン版に掲載さ れました。

(注 1) 深層学習

人間の知的活動をコンピュータによって実現する技術 が人工知能 (AI)。その中でデータ解析の結果から判 断材料となるルールを見つけ出す手法を機械学習、さ らに人間の脳が持つ神経回路の仕組みを取り入れた ニューラルネットワークを用いてデータ分類や認識の 基準をデータ自ら見つけ出す機械学習の手法を深層学

(注 2) 前弧

海溝から火山フロント (注3) までの領域。

海溝に平行に帯状に分布する火山の並びのうち、海溝 側の場所をつないだ線。

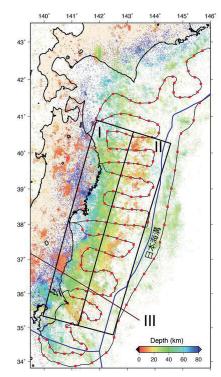


図 新しい地震カタログによる 2016-2020 年の地震の分布。赤四角およびそれをつなぐ 黒線は S-net 観測網を示す。色付きの点は 地震の震源、色は地震の深さを示す。Ⅰ、Ⅱ の矩形領域において、S-net を使用していな い気象庁によるカタログのそれぞれ、1.2倍、 5.9 倍の数の地震の震源を得た。

ミクロの藻は細胞中の巨大なアンテナで光エネルギーを集める

超高効率光合成の仕組みを解明

えられます。前弧地震帯は、巨大地震

化学専攻 准教授 柴田穰

合成生物は、動物が吐き出し どの程度の数のタンパク質が結合して た二酸化炭素を光エネルギー を使って糖に変換します。光

合成生物が効率よく光エネルギーを吸 収する什組みの解明は、地球温暖化の 緩和にもつながります。光合成での光 エネルギーを集める役割を扣っている のはアンテナタンパク質 (注1) と呼ば れるタンパク質です。光を効率よく吸 収するために、多数のアンテナタンパ ク質が結合して大きな塊となることが 知られていましたが、実際の細胞中で いるのかは分かっていませんでした。

東北大学大学院理学研究科の柴田穣 准教授を中心とした研究グループは、 独自に開発した顕微鏡 (注2) 技術によ り、藻の一種クラミドモナス (注3) (図 1) の細胞内でアンテナタンパク質が 約9個結合した塊となって働くこと を初めて明らかにしました。今回得ら れた知見は、今後、人工的な光合成を 実現する際のヒントにもなると期待さ れます。

本研究の成果は、2025年6月 18日に米国植物生理学会誌 Plant Physiology にオンラインで掲載され

詳細はこちら

詳細はこちら

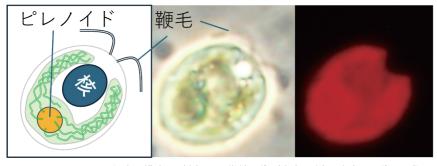


図1 クラミドモナス細胞の模式図(左)と顕微鏡画像(中央、右)。中央の画像には鞭毛 も見えています。一番右の赤く光っている部分が葉緑体。

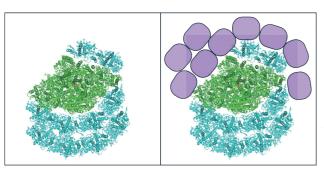


図2 電子顕微鏡によ り決定された光化学系 |の構造(左)と、今 回新たにその周囲に結 合することが示された アンテナタンパク質 (右図薄紫色)。

用語解説

(注1) アンテナタンパク質

光化学系 | や光化学系 || の反応中心へ光エネルギーを 伝達するタンパク質。図2のシアンで示された部分 が、従来分かっていたアンテナタンパク質にあたりま す。今回の研究で初めて分かったアンテナタンパク質 は、図2右に薄紫で示しています。多くのクロロフィ ルなどの色素分子を結合しており、それらの色素が吸 収する光エネルギーをバケツリレー式に運ぶことでア ンテナとしての機能が実現されます。

(注 2) 電子顕微鏡

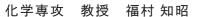
目的のタンパク質を含む薄い水の相を急速に冷却し て固めたサンプルで電子顕微鏡測定をすることによ り、そのタンパク質の詳細な構造を解明することがで きます。クライオ電子顕微鏡と呼ばれるこの技術は、 2017年のノーベル化学賞の対象となりました。

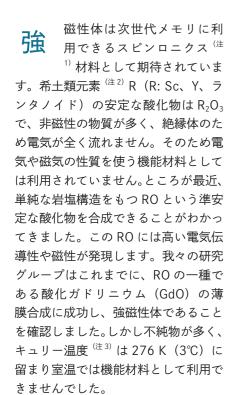
(注3) クラミドモナス

光合成をすることができる単細胞の藻の一種。2本の 鞭毛により遊泳する。鞭毛の研究にも利用されるなど、 多くの研究分野でモデル生物として扱われています。

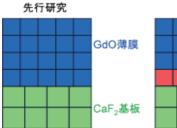
詳細はこちら

電気を流し、室温強磁性を示す希土類酸化物を発見 スピントロニクス材料としての応用に期待





東北大学大学院理学研究科の福村知 昭教授ら、東京都立大学大学院理学研 究科の岡大地准教授、東北大学大学 院工学研究科・材料科学高等研究所 (WPI-AIMR)・国際集積エレクトロニ クス研究開発センター・先端スピント





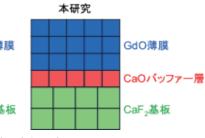


図 GdO 薄膜の断面構造。先行研究では CaF₂ 基板の上に直接 GdO 薄膜を成長して いたが、本研究では GdO 薄膜の直下に CaO バッファー層を形成して、薄膜と基板の結晶 格子のミスマッチを解消した。

ロニクス研究開発センター、東京大学 理学系研究科からなる研究グループ は、GdO の薄膜合成の際に、CaO を 薄膜成長の下地の層として用いること で、高純度の GdO 薄膜が得られ、電 気伝導性が向上し、キュリー温度も 303 K (30°C) まで上昇させること に成功しました。異常ホール効果 (注4) を示すため、磁化シグナルを電気的に 検出することが可能で、スピントロニ クス材料として期待できます。

本研究成果は、2024年5月10 日に科学雑誌 Journal of Materials Chemistry C に掲載されました。

用語解説

(注 1) スピントロニクス

従来の電子の電荷としての性質を利用するエレクトロ ニクスに電子が持つ磁石の性質(スピン)を取り入れ る技術のこと。

(注 2) 希+類元素

特殊な形状の 4f 軌道に電子が 0 個から 14 個まで満 たされていく元素群をランタノイド元素と呼ぶ。それ らにスカンジウム (Sc) とイットリウム (Y) を合わ せたものが希土類元素。レアアースとも呼ばれる。

(注3) キュリー温度

強磁性体が強磁性の性質を示す上限の温度。キュリー 温度以上の温度では、常磁性になり、磁石の性質は示

(注4) 異常ホール効果

ホール効果は、磁場中の物質に磁場と垂直方向に電流 を流すと、磁場と電流に直交する方向に起電力が生じ る現象である。起電力が磁場と電流の大きさに比例す るのが正常ホール効果で、磁場センサーに用いられる。 異常ホール効果は、磁場でなく物質の磁化に比例する 起電力が生じるため、起電力を測定することで磁化の 大きさがわかる。

地球温暖化が海洋プランクトンに及ぼす深刻な影響

過去 100 年間のデータベースの解析で判明

地学専攻 准教授 黒柳 あずみ

球温暖化により、私達に身近 な動植物の生息域の変化が、 既に世界中で多く報告されて います。

東北大学大学院理学研究科の黒柳 あずみ准教授らの国際研究チームは、 過去 100 年間の世界中の海洋プラン クトンのデータベースを解析し、そ の個体数が過去80年だけで約24% (24.24 ± 0.11%) 減少していること を明らかにしました (右図)。地球温 暖化に伴い、より低温の場所へ年10 キロ移動し、生息域を変化させていま すが、今後、特に熱帯域では、生息域 の変化だけでは絶滅を免れない種が出 ることが予想されます。

今回の成果の基となったデータベー スは、フランスの生物多様性研究財団 (FRB) の生物多様性統合解析センター (CESAB) のプロジェクト (FORCIS) により作成されました。海洋プランク トンは地球上の炭素循環にとっても重 要な生物です。データベースの作成に は、日本人研究者らの研究成果が大き く貢献しています。

本研究成果は2024年11月13日 (現地時間) に科学誌 Nature に掲載 されました。

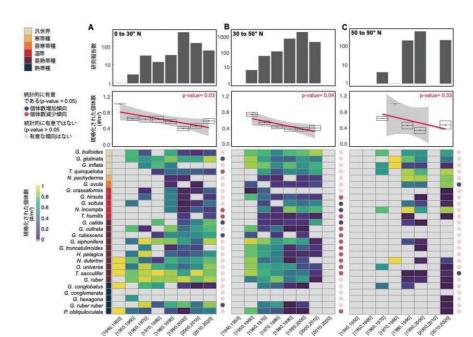


図 海洋プランクトンの80年間(1940~2020年)の熱帯(左)温帯(中)、寒帯(右) における変化。上段は時代ごとの研究報告数、中段は個体数、下段は種ごとの個体数。中段の 右下に延びた赤線より、地球のすべての地域で海洋プランクトン個体数が減少している傾向が わかる。下段の左から右に向かってそれぞれの種のマス目の色が暗くなっていることから、ほ とんどの種で個体数減少が見られることがわかる。グラフの間にある濃い赤の丸は、統計的に 有意に個体数減少が見られている種で、温帯で多く見られる。

太古の海底熱水活動が生命の必須元素リンの供給源だった!?

~ 35 億年前の熱水変質による海底玄武岩中のリン動態を解明~

地学専攻 大学院生 塚本 雄也

ンは DNA や RNA など生命 に不可欠な生体分子を構成す る元素です。これまで太古代 (注1) の海洋ではリンが極度に枯渇して

いたと考えられており、初期生命がな ぜリンを利用し始めたのかは未解明で した。

東北大学大学院理学研究科地学専攻 の塚本雄也大学院生 (研究当時)、掛 川武教授の研究グループは、西オース トラリアに産する約35億年前の海底 を構成した岩石のコア試料を用い、当 時の熱水活動により岩石からリンが著 しく溶脱していたことを明らかにしま した。さらに溶脱は高濃度の二酸化炭 素を含む熱水によることを突き止め、 当時の海底熱水活動 (注2) が海洋への 重要なリン供給源であった可能性を定 量的に示しました。本成果は、熱水活 動が初期生命にとって不可欠な元素の 循環に寄与していたことを示し、生命 起源と進化に関する研究に重要な情報 を提供するものです。

本研究成果は、2025年6月 18日に科学誌 Geochimica et Cosmochimica Acra のオンライン版

で公開されました。

用語解説

(注 1) 大古代

約40億年前から25億年前までの時代を指します。生 命の起源や初期の環境に関する研究の対象となります。

詳細はこちら

(注2) 海底埶水活動

海底の火山活動により、地中の熱で温められた水が海 底から噴き出す現象です。

11

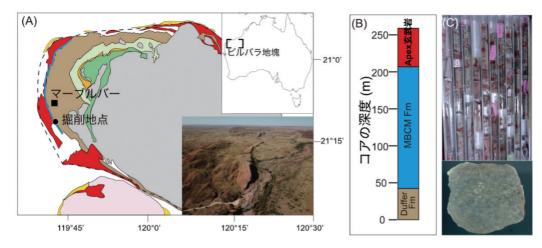
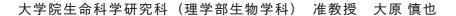


図 (A) 掘削地点周辺の風景と地質図。(B) 本研究で用いたコア試料の層序。(C) コア試料の写真。

海馬と内側前頭皮質を結ぶ新たな神経回路の発見

~記憶と感情、自律神経をつなぐ脳内ネットワーク~





詳細はこちら

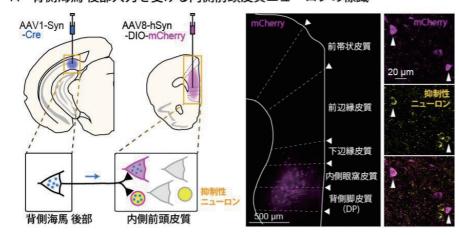
な記憶を思い出すと、胸が苦しくなったり冷や汗が出たりすることがあります。こうした「記憶」と「感情・自律神経」の連携は、危険を避けて生き延びるうえで重要なしくみです。

東北大学大学院生命科学研究科の大 原慎也准教授らの研究グループは、記 憶の中枢である海馬 (注1) と、意思決 定や感情の制御に関わる内側前頭皮 質(注2)とをつなぐ神経回路を、最先 端の神経科学的手法を用いて詳細に解 析しました。その結果、これまであま り注目されてこなかった背側海馬の後 部 (dcHPC) が、自律神経系や情動 の制御に関与する背側脚皮質 (DP) ^注 3)と強く結びついていることが明らか になりました。さらに、この神経回路 が多くの抑制性ニューロン (注4) に接 続していることも判明し、dcHPCが DP の活動を抑制的に調整している可 能性が示されました。

この発見は、記憶・感情・自律神経 が脳内でどのように連動しているのか を理解するうえで、重要な手がかりと なります。

本研究結果は、2025年5月28日に北米神経科学学会による学術誌 Journal of Neuroscience に掲載されました。

A 背側海馬 後部入力を受ける内側前頭皮質ニューロンの標識



B 海馬と内側前頭皮質を結ぶ神経回路

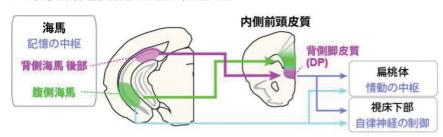


図 (A) 背側海馬後部(dcHPC)から内側前頭皮質への入力解析。ニューロンからニューロンへと伝播するアデノ随伴ウイルスベクター セロタイプ 1 (AAV1) を dcHPC に注入することで、dcHPC ニューロンと接続している内側前頭皮質ニューロンを赤色蛍光タンパク質 mCherry で標識(マゼンタ)。さらに、抑制性ニューロンを染色(黄色)することで、dcHPC 入力を受ける内側前頭皮質の抑制性ニューロンを特定した(右図の白矢印)。(B)本研究で明らかにした海馬と内側前頭皮質を結ぶ神経回路の模式図。背側海馬後部(dcHPC)は、感情の調節や自律神経の制御に関わる背側脚皮質(DP)と接続する。

用語解説-

主 1) 海馬

記憶の中枢である「海馬」は細長い形をした脳領域で、 齧歯類(ラット、マウス)では背腹軸に沿って展開しています。海馬の働きは背側部と腹側部で異なり、背側部は空間認識や記憶の正確さに関係し、腹側部は不安やストレスなどの感情や自律神経の働き(心拍や呼吸など)に関わっています。

(注 2) 内側前頭皮質

内側前頭皮質は、「考える」「選ぶ」「感情をコントロールする」といった高度な機能を担う脳領域です。この脳領域も、背側と腹側で役割が異なり、背側部は記憶や注意など認知的な働きをするのに対し、腹側部は感情の制御に関わります。

3) 背側脚皮質

内側前頭皮質を構成する亜領域のひとつで、最も腹側に位置します。扁桃体 (注5) や視床下部 (注6) とつながっており、感情や自律神経の制御に関わります。

(注 4) 抑制性ニューロン

GABAという神経伝達物質を使って、他のニューロンの興奮を抑え、情報をコントロールする役割を担っています。

(注 5) 扁桃体

恐怖や怒りなどの感情を引き起こす情動の中枢領域。

(注 6) 視床下部

体温、食欲、睡眠、ホルモンの分泌、心拍や血圧など、 体のバランスを保つ働きを担い、情動やストレスとも 深く関わっています。

小鳥はさえずりの内容を目的に応じて柔軟に変えられる

さえずり中の音をテキスト化するプログラム開発によって判明

大学院生命科学研究科(理学部生物学科) 教授 安部 健太郎



詳細はこちら

東北大学大学院生命科学研究科の河路琢図博士後期課程学生(研究当時)、藤林瑞季博士前期課程学生、安部健太郎教授(高等研究機構・言語 AI 研究センター兼任、理学部生物学科兼担)は、さえずりの内容を迅速に識別するコンピュータープログラムを作成しました。そしてこのプログラムを作成しました。そのが立ちを超過した場合にのみ、他の個体の様子を記録した動画を液晶モニター画面からフィードバックとして提示する実験を行いました。その結

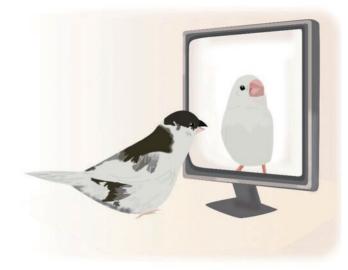


図 フィードバック実験のイメージ図本研究ではジュウシマツが発する音声の内容を迅速に解読し、内容に応じて他の個体の動画を液晶モニターに提示するという実験を行いました。

果、鳴禽類はさえずり中の音の並びを 意図的に変えられることを明らかにし ました。本研究は鳴禽類の音声コミュ ニケーションの特性を明らかにする重 要な成果です。

本研究成果は 2024 年 4 月 24 日に Nature Communications 誌 (電子版) に掲載されました。

12







東北大学理学部の研究力

編集・発行

東北大学理学部・理学研究科

〒 980-8578 仙台市青葉区荒巻字青葉 6-3

TEL: 022-795-6708

E-mail: sci-pr@mail.sci.tohoku.ac.jp Web: https://www.sci.tohoku.ac.jp/

2025年8月発行

冊子内の職階・所属表記は研究成果発信時のものになります。