

東北大学理学部の研究力



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
動く曲線を追いかけて 勾配流による等周不等式の証明	4
物理学専攻	
安定して存在するトポロジカルなキラル量子細線を発見 - 量子ビットや高効率太陽電池への応用に期待 -	5
魚は協調的な運動で省エネルギー遊泳を実現 －渦を介した尾ヒレの同期とエネルギー消費の関係を解明－	6
10 億分の 1 秒の原子運動を見る放射光技術を開発 －材料開発や生命現象の機構の理解に大きく貢献へ－	6
天文学専攻	
ついに解明！超巨大ブラックホールの成長メカニズムと銀河中心の物質循環	7
最先端のシミュレーションによって明らかになった中間質量ブラックホール形成過程	8
天の川銀河に予測を超えた多くの衛星銀河を発見！	8
地球物理学専攻	
短周期渦が世界一高温になるインドネシア多島海の性質を左右することを発見 太平洋とインド洋をつなぐ海流の実態に迫る	9
火星大気でホルムアルデヒド生成 - 太古の火星で生命材料分子が蓄積 -	10
化学専攻	
長年の謎だった植物の温度センサー分子を発見 「レインツリー」が雨で葉を閉じる仕組みを解明	10
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	11
地学専攻	
リュウグウの岩石試料が始原始的な隕石より黒いわけ 地球に飛来した隕石は大気と反応し「上書き保存」されて明るく変化した	12
機械学習の活用により地震に伴う大気中ラドン濃度の異常変動を客観的に検出 －地殻変動のリアルタイム検知の実現に期待－	12
生物学科／生命科学研究科	
アメリカザリガニはいかにして世界に拡大したか？ 寒冷環境への進出に関わる遺伝基盤を解明	13
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

はじめに



東北大学理学部長・理学研究科長
都築 暢夫

皆さんは、自然現象や数理現象に不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か？
どのような自然現象や数理現象に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。
理学研究の道のりは決して平坦ではありません。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、思い描いた通りに進まずに悶々とした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、気概をも求められる陰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を行っています。本冊子では、プレスリ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、社会の様々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」の解明に向け挑戦する日を楽しみにしています。

「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

私は「形状最適化」の研究をしています。形状最適化問題とは、ある基準に従って構造物の「一番良い形」を決定するという問題です。一般的には、物理現象を記述する偏微分方程式の解を用いて、各形状に“点数を付けて”判断します。

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。

動く曲線を追いかけて

勾配流による等周不等式の証明

数学専攻 准教授 岡部 真也

「長さ」が一定の単純閉曲線^(注1)の中で囲む面積が最大となる曲線はどのようなものか？」等周問題と呼ばれるこの問題は「ディドの問題」とも呼ばれます。それは、祖国を追われた王女が、漂流先の先住民との「牛一頭の皮で覆るだけの土地を与える」という約束のもと、牛の皮を細い紐状にして広大な土地を囲い、その土地の獲得が古代都市国家カルタゴの建国に繋がったと言われる伝説になぞらえたためです。等周問題の答えは円であり、その証明は既に様々に与えられていますが、本記事は、ある一般化された等周不等式の証明に関するものです。どのように証明するのか、ということに焦点を当てていきます。例えば、高いところから水を流すと水はより低いところへと流れていきます。つまり、一番低いところを探したいならば、高いところから水を流してみればよい、ということになります。特に、水は傾きが最も急に下がっている方向へと流れていくでしょう。一般に、傾きが最も急な方向へと流れていく様子を最急降下流や勾配流と呼びます。本記事で紹介する方法は、曲線に対して定まるある量に対して、それが適当な意味で最も効率よく減少する様子を記述する勾配流を構成し、その勾配流で曲線を動かしていくことで、曲線が行き着く先として等周不等式を証明しよう、というものです。ここで、曲線に対するどんな量を考えるのか、どういった意味の勾配流を考えるのか、というところが重要であり、この研究の本質とも言えます。



詳細はこちら

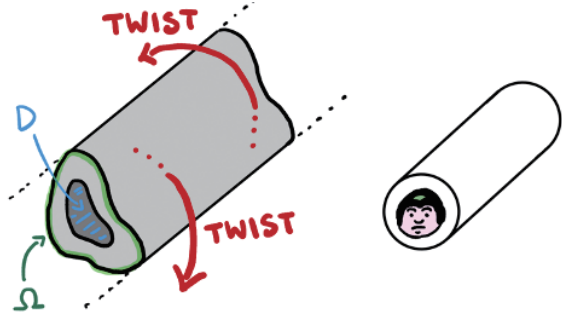


図 問題設定と金太郎飴。



詳細はこちら

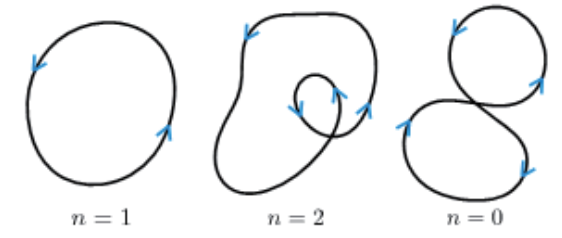


図 どちら向きに何周したかを数えます。
まず、等周不等式をもう少し具体的に説明しましょう。 γ を閉曲線とし、その長さを $L(\gamma)$ 、囲む面積を $A(\gamma)$ と表せば、等周不等式は $L(\gamma)^2 \geq 4\pi A(\gamma)$ と書くことができます。ディドの問題としては長さ $L(\gamma)$ を与えたときに面積 $A(\gamma)$ が最大となる γ を求めよという問題と見るわけですが、面積 $A(\gamma)$ を与えたときに長さ $L(\gamma)$ が最小となる γ を求めよ、と見ることもできます。その答えは円であり、様々な証明法が今では知られています（実際、半径 r の円の周長と面積を求めてみると等周不等式の等号が成り立つことがわかります）。本記事で扱う等周不等式は、これを回転数という概念を使って一般化したものです。回転数とは、非常に大雑把なことを言えば、反時計回りに1回りしたら1、時計回りに1回りしたら-1と数えて決まる整数のことです。例えば、反時計回りに向きを入れた円ならば回転数1、8の字は0、といった具合です。

用語解説

(注1) 単純閉曲線

自己交差しない閉曲線のこと。ジョルダン閉曲線という呼び方もある。

安定して存在するトポロジカルなキラル量子細線を発見

- 量子ビットや高効率太陽電池への応用に期待 -

物理学専攻 助教 中山 耕輔

金属、絶縁体、半導体に次ぐ固体の新しい状態であるトポロジカル絶縁体は、次世代の超低消費電力デバイスへの応用が期待されており、その基礎となる理論研究に2016年のノーベル物理学賞が授与されるなど、大きな注目を集めています。また、グラフェンの発見（2010年ノーベル物理学賞）を契機に、新しい機能性材料として、原子1個から数個分の厚さの薄膜や量子細線^(注1)の研究が世界中で進められています。究極的に小さな量子細線のトポロジカル絶縁体は、これら固体物理の重要テーマが交差する領域の興味深い研究対象であり、理論的には研究されていますが、安定して存在する理想的な物質が見つかっておらず、実際の物質での計測結果などをもとにした性質の理解は進んでいません。東北大学、大阪大学、京都産業大学、高エネルギー加速器研究機構、量子科学技術研究開発機構の共同研究グループは、ガスクラスターイオンビーム（GCIB）^(注2)と高輝度放射光^(注3)を用いた実験と理論計算により、テルルの量子細線が1次元トポロジカル絶縁体であることを明らかにしました。この成果は、バルク結晶（3次元）や薄膜（2次元）形状をした既存のトポロジカル絶縁体とは異なる性質が期待される1次元トポロジカル絶縁体の基礎研究の進展に加えて、量子ビット（量子コンピュータ）や高効率太陽電池などの実現に道を拓くものです。本研究成果は2024年6月6日、科学誌 Nature に掲載されました。



詳細はこちら

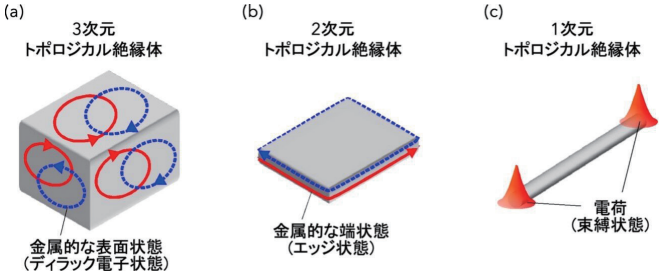


図 トポロジカル絶縁体の次元性による違いの概略図。
(a) バルク結晶（3次元）のトポロジカル絶縁体では、ディラック電子に由来する金属的な伝導が表面で起こります。赤い矢印と青い矢印は、スピン偏極^(注4)の異なる電子が逆向きに伝導する様子を表しています。
(b) 薄膜状（2次元）のトポロジカル絶縁体では、表面は絶縁体的な状態で、端に金属伝導（エッジ状態）が生じます。
(c) 細線状（1次元）のトポロジカル絶縁体では、細線の断面に点電荷（束縛状態）が現れると予測されています。

用語解説

注1) 量子細線

物質をナノメートル（ナノは10億分の1）スケールまで小さくすると、物質中の電子が量子力学に基づいた効果を顕著に表すようになります。量子効果を表す0次元の点状物質を量子ドット（量子箱）、1次元の線状物質を量子細線、2次元の面状物質を量子井戸と呼びます。

(注2) ガスクラスターイオンビーム（GCIB）

原子や分子の数千個程度の集合体（クラスター）をイオン化したビーム。物質表面にGCIBを照射した際、クラスターを構成する原子・分子と物質を構成する原子の多体衝突が起こり、それに付随して、表面を清浄かつ平坦にすることができます。

(注3) 放射光

円形の加速器内を周回運動する数GeV（ギガ電子ボルト）の高いエネルギーを持つ電子が、磁場によって軌道を曲げられたときに発生する指向性の高い電磁波を放射光と呼びます。赤外線から可視光（ヒトが見ることのできる光、動物種によって見ることの出来る光の波長は異なっています）、紫外線、X線、 γ 線に至るまでの、幅広い波長の電磁波が加速器から発生されます。そのため、放射光の用途も広く、材料科学、デバイス開発、環境科学、医学、生物学、考古学、科学鑑定など多くの分野で、物質、材料、化学物質、生物、食物などについて、原子や分子の構造や元素の状態の精密な分析が行われています。

(注4) スピン偏極

電子が持つ、自転に由来した磁石の性質をスピンと呼びます。自転軸の方向に対して、上向きと下向きの2種類のスピン状態があります。通常の金属や半導体では、上向きスピンと下向きスピンの電子は同じエネルギー状態をとります。一方、上向きと下向きの電子が異なるエネルギー状態をとる場合をスピン偏極状態と呼びます。スピン偏極状態に電流を流すことで、電子の電荷としての性質だけでなく、スピンの性質も利用することが可能になります。電子の上向き／下向き状態を、電気信号の「0」「1」に置き換えて信号処理を行うスピントロニクス技術は、既存のエレクトロニクス技術を超える機能性の実現に役立つことが期待されています。

魚は協調的な運動で省エネルギー遊泳を実現

—渦を介した尾ヒレの同期とエネルギー消費の関係を解明—

物理学専攻 准教授 内田 就也

魚は、他の魚が作る流れを利用することで効率よく泳ぐと考えられています。最近の実験により、2匹の魚の尾ヒレの運動の同期に伴ってエネルギー消費が低減されることが示されました。しかし、この現象を再現できる理論モデルは今までなく、協調的な遊泳とエネルギー消費間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、尾ヒレの運動によって発生する渦を利用して、後の魚が前の魚と尾ヒレの運動を同期させる様子を理論モデルで再現しました。このような協調的な遊泳によってエネルギー消費は顕著に低減されることが示された一方、より効率的に泳げる運動パターンが存在することが示唆されました。

本研究の成果は、多くの生物で見られる群れ形成や同期現象と、エネルギー消費の关系到新たな理解をもたらすものです。

本研究成果は2023年11月2日、米国AIP Publishingの刊行するPhysics of Fluids誌にFeatured Articleとして掲載され、同日AIP Publishingのハイライト記事（Scilight）でも紹介されました。

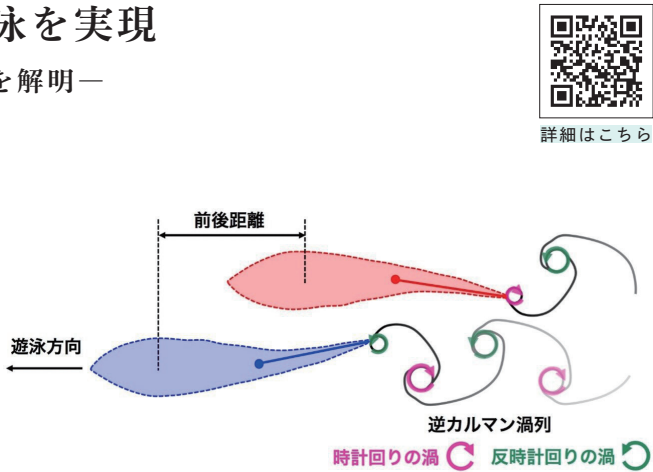


図 逆カルマン渦列^(注1)により相互作用する2匹の魚の概念図。

用語解説

(注1) 逆カルマン渦列

レイノルズ数 10^5 程度の乱流領域において、振動物体の下流に左右交互に生じる渦の列。より低いレイノルズ数において物体の下流に生じるカルマン渦列と比べて、渦の回転する向きが逆となっている。



詳細はこちら

10億分の1秒の原子運動を見る放射光技術を開発

—材料開発や生命現象の機構の理解に大きく貢献へ—

物理学専攻 准教授 齋藤 真器名

ナノ秒程度で起こる原子・分子の運動は、物質の硬さや壊れやすさなど、多様な物質の特性や生体機能の最も基本的な起源の1つです。分光型と呼ばれる従来の原子運動の測定装置では、運動を観測できる時間範囲は装置性能から決まるある1つの時間（時間分解能）の近辺に制限されてしまうことなどから、放射光ではナノ秒程度の原子運動の観測はこれまで大きな制限がありました。

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、理化学研究所の初井宇記 グループディレクターら、高輝度光科学研究センターの依田芳卓 主幹研究員ら、住友ゴム工業株式会社と共同で、従来は測定系に1つしかなかった時間分解能を2つもつ、原子運動の新しい放射光X線^(注1)分光型測定技術を作り出すことで、0.1ナノ～100ナノ秒の広い時間領域で原子・分子・ナノ構造体の運動を測定することを可能にしました。また、最新の2次元高速X線カメラCITIUS^(注2)を用いることで、動いているものの時間スケールだけでなく、空間的な大きさの同時測定も実現しました。本手法は、測定対象の制限が少なく、内部まで非破壊で観測でき、生体モデル系も含めた多くの対象に適用可能で、より優れた特性をもつ材料開発、生命現象の理解が大きく加速します。

本研究成果は、2024年6月18日に科学誌Physical Review Lettersに掲載されました。

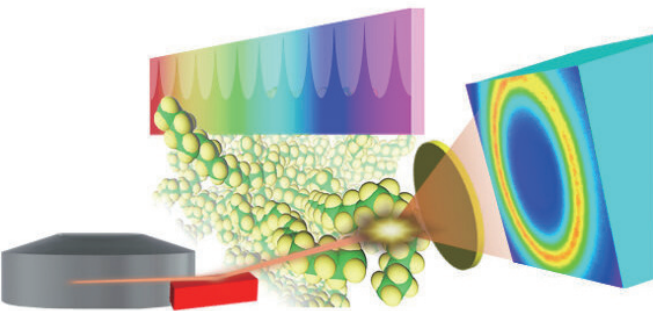


図 放射光で機型のスペクトル構造^(注3)を作り出し、原子・分子の運動を広い時間で観測。©Makina Saito

用語解説

(注1) 放射光X線

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。

(注2) 2次元高速X線カメラ CITIUS

理化学研究所が開発した、画素サイズ72.6マイクロメートル、フレームレート17.4kHzの高性能X線カメラ。

(注3) スペクトル構造

分析器（図の黄色い円盤）を通過させるX線エネルギーを変えながら、その後の検出器（図の水色立方体）でX線の強さを調べたもの。この構造変化を通じて原子運動の時間を決定できる。



詳細はこちら

ついに解明！超巨大ブラックホールの成長メカニズムと銀河中心の物質循環

天文学専攻 大学院生 松本 尚輝

国立天文台の泉拓磨 助教を中心とする国際研究チームは、アルマ望遠鏡^(注1)を用いて、近傍宇宙にあるコンパス座銀河を約1光年という非常に高い解像度で観測し、超巨大ブラックホール周辺わずか数光年の空間スケールでのガス流とその構造を、プラズマ・原子・分子の全ての相において定量的に測定することに世界で初めて成功しました。その結果、超巨大ブラックホールへ向かう降着流を明確にとらえ、降着流が「重力不安定」と呼ばれる物理機構により生じていることをも明らかにしました。さらに、降着流の大半はブラックホールの成長には使われず、原子ガスか分子ガスとして一度ブラックホール付近から噴き出た後に、ガス円盤に舞い戻って再びブラックホールへの降着流と化す、あたかも噴水のようなガスの循環が起きていることも分かりました。超巨大ブラックホールの成長メカニズムの包括的な理解に向けた重要な成果です。

用語解説

(注1) アルマ望遠鏡（アタカマ大型ミリ波サブミリ波干渉計、Atacama Large Millimeter/submillimeter Array: ALMA）

欧州南天天文台（ESO）、米国国立科学財団（NSF）、日本の自然科学研究機構（NINS）がチリ共和国と協力して運用する国際的な天文観測施設です。アルマ望遠鏡の建設・運用費は、ESOと、NSFおよびその協力機関であるカナダ国家研究会議（NRC）および台湾国家科学及技術委員会（NSTC）、NINSおよびその協力機関である台湾中央研究院（AS）と韓国天文学宇宙科学研究院（KASI）によって分担されます。アルマ望遠鏡の建設と運用は、ESOがその構成国を代表して、米国北東部大学連合（AUI）が管理する米国国立電波天文台が北米を代表して、日本の国立天文台が東アジアを代表して実施します。合同アルマ観測所（JAO）は、アルマ望遠鏡の建設、試験観測、運用の統一的な執行および管理を行うことを目的とします。

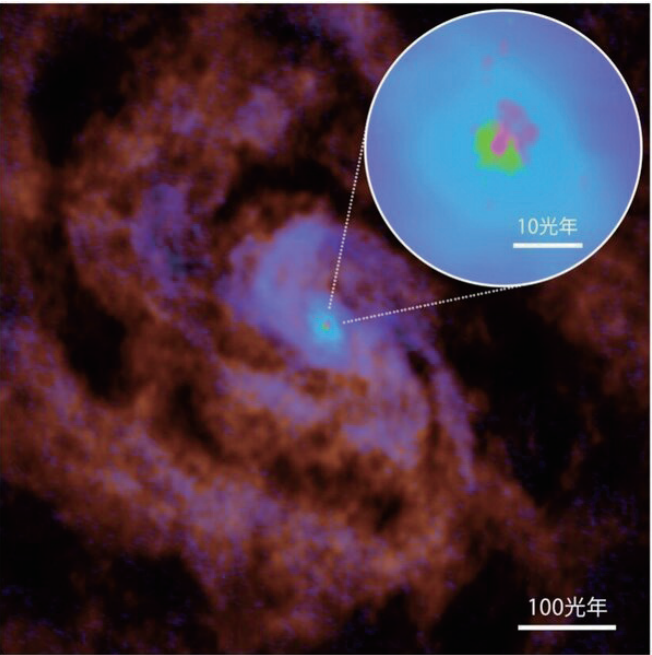


図 アルマ望遠鏡で観測したコンパス座銀河の中心部。中密度分子ガスを反映する一酸化炭素（CO）の分布を赤色、原子ガスを反映する炭素原子（C）の分布を青色、高密度分子ガスを反映するシアン化水素（HCN）の分布を緑色、プラズマガスを反映する水素再結合線（H36 α ）の分布をピンク色で示しています。図の中央には活動銀河核が存在します。この銀河は外側から内側にいくにつれて傾いた構造を持つことが知られており、中心部では高密度分子ガス円盤を横から見る形に近づきます。この高密度分子ガス円盤（図の中心部の緑色領域：右上のズームも参照）の大きさは直径約6光年程度で、アルマ望遠鏡の高い解像度で初めて明確に捉えることができました。プラズマ噴出流は、この高密度分子ガス円盤とほぼ直交する方向に出ています。Credit: ALMA (ESO/NAOJ/NRAO), T. Izumi et al.

最先端のシミュレーションによって明らかになった 中間質量ブラックホール形成過程

天文学専攻 特別研究員 平居 悠



詳細はこちら

東京大学大学院理学系研究科の藤井通子 准教授と、福井県立大学情報センターの谷川 准教授（研究当時：東京大学大学院総合文化研究科 助教）らによる研究グループは、球状星団^{（注1）}の形成過程で、星の合体から超大質量星^{（注2）}を経て中間質量ブラックホール^{（注3）}が形成されることを数値シミュレーションにより明らかにしました。

本研究では新規開発の計算手法により、世界で初めて球状星団の形成過程を星一つ一つまで数値シミュレーションで再現しました。その結果、形成中の球状星団の中で星が次々と合体することによって太陽の数千倍の質量を持つ超大質量星が形成されることがわかりました。さらに、星の進化の理論に基づいた計算によって、この超大質量星は後に太陽の数千倍の質量を持つ中間質量ブラックホールへと進化することを確かめました。これまでの観測から長年論争となっていた球状星団における中間質量ブラックホールの存在を理論的に強く支持する結果です。



図 球状星団の一つ、ケンタウルス座オメガ星団
中間質量ブラックホールの存在が観測から示唆されている球状星団の一つ。(クレジット :ESO)

用語解説

（注1）球状星団

数百万個以上の星が球状に分布し互いの重力によって束縛されている天体。

（注3）中間質量ブラックホール

太陽の100倍から1万倍の質量を持つブラックホール。

（注2）超大質量星

太陽の数百倍から1万倍もの質量を持つ星。まだその存在について観測的な証拠はない。

天の川銀河に予測を超えた多くの衛星銀河を発見！

天文学専攻 教授 千葉 証司



詳細はこちら

国立天文台、東北大学、法政大学、プリンストン大学などのメンバーからなる国際共同研究チームは、すばる望遠鏡の超広視野主焦点カメラが撮像した最新データの中から、私たちの住む銀河系に付随する衛星銀河を新たに2個発見しました。研究チームが以前に発見した衛星銀河も合わせると、天の川銀河の周りには、理論予測の倍以上の衛星銀河が存在することが明らかになりました。銀河の形成史とそれを左右するダークマターの性質に対して新たな問題を投げかける発見です。

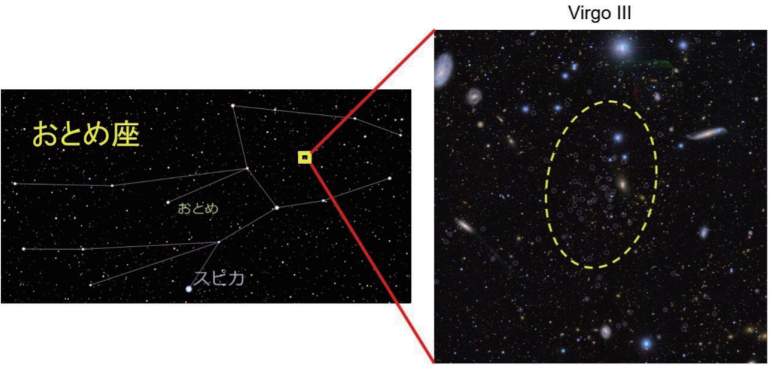


図 おとめ座の方向で見つかった矮小銀河^{（注1）}（Virgo III）の位置（左図）とその星々（右図；白丸で囲まれた天体）。矮小銀河には暗い星しかないため、星がまとまって存在している部分を探し出して、同定します。右図の破線の内側にメンバー星が集中しています。(クレジット:国立天文台／東北大学)

用語解説

（注1）矮小銀河

光度が暗く小さな銀河を矮小銀河と呼びます。

短周期渦が世界一高温になるインドネシア多島海の性質を左右することを発見

太平洋とインド洋をつなぐ海流の実態に迫る

地球物理学専攻 教授 須賀 利雄



詳細はこちら

海域全体で平均した月平均値が30℃を超えることもある世界で最も海面水温が高いインドネシア多島海は、世界の海を巡る流れの重要な経路にあたっています。この多島海を太平洋からインド洋に流れる海流であるインドネシア通過流の滞留時間と経路は、エルニーニョ^{（注1）}などの気候変動現象に影響を与える海面水温を決める要因となっています。

東北大学、海洋研究開発機構、九州大学、ハワイ大学マノア校、インドネシア国立研究革新庁の共同研究チームは、高解像度海洋大循環モデル^{（注2）}を用いて、短期間で変動する渦^{（注3）}の存在が、インドネシア通過流の経路と通過時間の決定に果たす役割を調べました。その結果、特定の海域で海水が長く滞留し、中層から表層までの湧昇を促進することを明らかにしました。

海洋熱波^{（注4）}を含む気候変動現象や生物多様性の保全にとって重要な、この海域の海水温の変動メカニズム解明に貢献する成果といえます。

本研究成果は、2023年5月14日に地球物理学分野の学術誌 Journal of Geophysical Research - Oceans で発表されました。

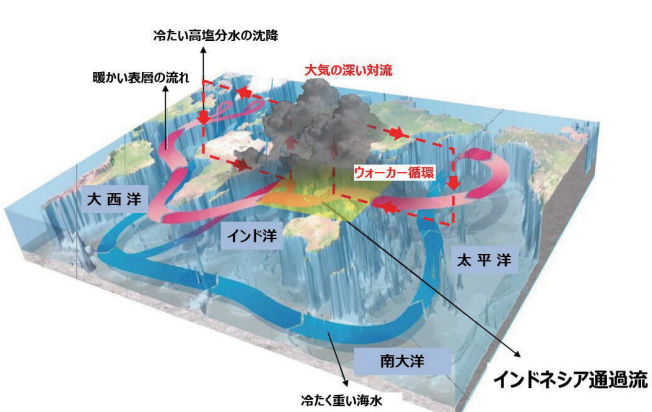


図 世界の海を巡る循環とインドネシア通過流の模式図。インドネシア多島海は世界で最も海面水温が高く、大気の深い対流活動の場となっている。

用語解説

（注1）エルニーニョ

太平洋赤道域の日付変更線付近から南米沿岸にかけて海面水温が平年より高くなり、その状態が1年程度続く現象です。数年おきに発生し、日本を含め世界中の異常な天候の要因となり得ると考えられています。

（注2）高解像度海洋大循環モデル

水温、塩分、海流の変化を物理方程式で表現し、海洋に配置した3次元の格子点上でコンピュータにより計算することで、それらの時間変化を求める一連のプログラムが海洋大循環モデルです。特に、直径数十キロメートル以下のスケールの渦を再現できるものを高解像度海洋大循環モデルと呼んでいます。

（注3）短周期の渦

流れが蛇行したり、地形にぶつかったり、風の影響を受けたりすることによって生じる短い周期の渦のことです。

（注4）海洋熱波

数日から数年にわたり急激に海水温が上昇する現象です。その発生頻度は過去100年間で大幅に増加しており、海洋生態系に与える影響が危惧されています。

火星大気でホルムアルデヒド生成

- 太古の火星で生命材料分子が蓄積 -

地球物理学専攻 大学院生 小山 俊吾



詳細はこちら

ホルムアルデヒドはアミノ酸や糖などの生命材料分子の原料となる重要な分子です。約38-36億年前の火星は、今の地球のように温暖で海が存在していた時代があったと考えられています。しかし、そのような環境でホルムアルデヒドがどの程度生成されるかは分かっていませんでした。

東北大学理学研究科地球物理学専攻の小山俊吾 大学院生と寺田直樹 教授らの研究グループ、地学専攻の古川善博 准教授は、大気の光化学モデル^(注1)を用いて太古の火星大気におけるホルムアルデヒドの生成量を推定し、ホルムアルデヒドが太古の火星の温暖な時代に継続的に生成されていたことを示しました。

本研究の成果によって、リボ核酸（RNA）を構成する要素の一つであるリボース^(注2)に代表される生命の材料分子である糖が、太古の火星の温暖な時代に継続的に生成されていた可能性が示唆されました（図）。

本研究成果は、2024年2月9日に科学誌 Scientific Reports に掲載されました。

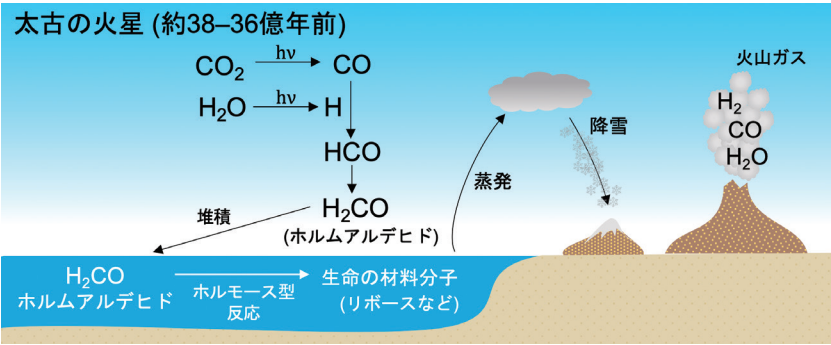


図 太古の温暖な火星でホルムアルデヒド（H₂CO）が大気中で生成され、海の中で生命の材料分子に変換されるプロセスの概念図（©Shungo Koyama）

用語解説

(注1) 大気の光化学モデル

大気中の化学物質の反応と変化を計算するモデル。

(注2) リボース

リボ核酸（RNA）の構成要素で五炭糖（5つの炭素原子を持つ単糖）の一つ。

長年の謎だった植物の温度センサー分子を発見 「レインツリー」が雨で葉を閉じる仕組みを解明

化学専攻 教授 上田 実



詳細はこちら

温度感覚は、すべての生物に必須の機能です。ヒトも含めた動物は、TRP^(注1)という分子（2021年度ノーベル生理学・医学賞の受賞対象）を使って温度を感知しています。しかし植物は、TRPのような温度センサー分子をもっていないため、植物が温度を感じる仕組みは謎でした。東北大学の上田実 教授、村岡勇樹 大学院生らの研究グループは、「レインツリー」の別名で知られるマメ科植物アメリカネムノキが降雨によって葉を閉じる現象に着目し、この運動の引き金は葉の温度低下であることを突き止め、葉の就眠運動を制御する分子（SPORK2）が温度センサーとしても機能することを解明しました（図）。これは、植物が温度を感知する仕組みの解明につながる発見です。本成果は、2023年11月28日（日本時間）に生物学の専門誌 Current Biology（電子版）に掲載されました。

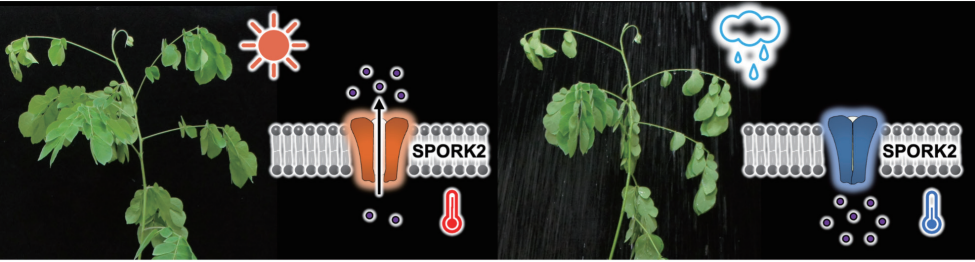


図 レインツリーの葉が降雨で閉じる現象から、植物の温度センサーを発見

用語解説

(注1) TRP（Transient Receptor Potential）

温度を感じるセンサーとして機能するタンパク質。様々なタイプが存在し、各々が異なる温度帯を感知している。植物を除き、ヒトや昆虫を含む動物、酵母やカビなどの真菌類に存在する。

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

化学専攻 教授 福村 知昭



詳細はこちら

強磁性体は次世代メモリに利用できるスピントロニクス^(注1)材料として期待されています。希土類元素^(注2) R（R: Sc、Y、ランタノイド）の安定な酸化物はR₂O₃で、非磁性の物質が多く、絶縁体のため電気が全く流れません。そのため電気や磁気の性質を使う機能材料としては利用されていません。ところが最近、単純な岩塩構造をもつROという準安定な酸化物を合成できることがわかってきました。このROには高い電気伝導性や磁性が発現します。我々の研究グループはこれまでに、ROの一種である酸化ガドリニウム（GdO）の薄膜合成に成功し、強磁性体であることを確認しました。しかし不純物が多く、キュリー温度^(注3)は276 K（3℃）に留まり室温では機能材料として利用できませんでした。

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℃）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、磁化シグナルを電氣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。

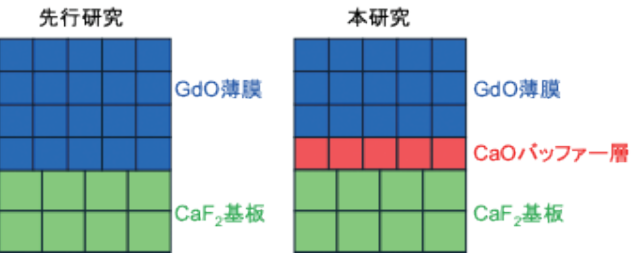


図 GdO 薄膜の断面構造。先行研究ではCaF₂基板の上に直接GdO薄膜を成長していたが、本研究ではGdO薄膜の直下にCaOバッファ層を形成して、薄膜と基板の結晶格子のミスマッチを解消した。

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) 希土類元素

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、磁石の性質は示さない。

(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。

リュウグウの岩石試料が始原的な隕石より黒いわけ 地球に飛来した隕石は大気と反応し「上書き保存」 されて明るく変化した

地学専攻 客員研究者 天野 香菜

小惑星回収試料や隕石の反射スペクトル^(注1)は、観測で得られる小惑星の反射スペクトルから小惑星の構成物質を特定するための手がかりとなります。東北大学大学院理学研究科地学専攻の天野香菜 大学院生（現、客員研究者）、中村智樹 教授、国立研究開発法人 産業技術総合研究所の松岡萌 研究員、東京大学大学院理学系研究科附属宇宙惑星科学機構・地球惑星科学専攻の橘省吾教授らの研究グループは、小惑星探査機はやぶさ2が小惑星リュウグウから回収した試料を地球大気と反応させないように工夫して反射スペクトルを測定しました。リュウグウ試料、リュウグウと同種の小惑星から飛来した隕石、および隕石を実験的に加熱した試料を比較し、隕石が地球大気の水や酸素と反応したことでその反射スペクトルが宇宙にあった状態よりも明るく変化したことを示しました。本成果を踏まえ、隕石の地上での変質によって反射スペクトルがどのように変化するかを考慮することで、観測によって小惑星の構成物質を特定する精度の向上が期待されます。

本成果は2023年12月7日に米国科学振興協会（AAAS）が発行する学術誌 Science Advances に掲載されました。

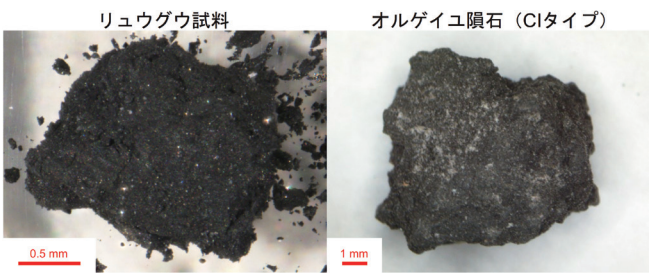


図 リュウグウ試料とオルゲイユ隕石（CIタイプ^(注2)）の写真。リュウグウ試料はオルゲイユ隕石に比べて暗い物質が大部分を占めている（左・JAXA、右・著者撮影）。

用語解説

(注1) 反射スペクトル

物質の表面に入射した光が反射される割合を波長ごとに分けて測ったデータのこと。小惑星の観測では太陽光がその光源となる。

(注2) CIタイプ隕石

他のタイプの隕石よりも揮発性成分に富み、化学的に最も始原的な隕石とも呼ばれる。代表的なものとして1864年にフランスに落下したオルゲイユ隕石が挙げられる。



詳細はこちら

機械学習の活用により地震に伴う大気中 ラドン濃度の異常変動を客観的に検出

—地殻変動のリアルタイム検知の実現に期待—

地学専攻 教授 武藤 潤

ラドンは地殻に含まれる元素のひとつで、これまで地震の発生を予測するため、大気中に放出されるラドンが注目されてきました。しかし大気中のラドン濃度は季節によって変動するため、その異常を検出するのは困難でした。

東北大学大学院理学研究科地学専攻 土谷真由 大学院生、武藤潤 教授らの研究チームは、機械学習を活用することで、地震直前の異常を客観的に評価できる方法を開発しました。

2011年東北沖地震前の8年間（2008年1月～2011年3月）の大気中ラドン濃度変動の時系列を解析したところ、2010年から2011年にかけて、実測された大気中ラドン濃度変動と予測モデルによる差が顕著に拡大することが明らかになりました。この時期は、観測地点近くの福島県沖でスロー地震が観測されるなど、東北地方太平洋沖地震前に東西での圧縮変形が弱まり、地下から大気へとラドンが出やすくなっていた可能性が指摘されています。

本手法を用いることで、将来的には全国のラジオアイソトープ実験施設^(注1)での大気中ラドン濃度のモニタリングを通じて、リアルタイムで地殻変動を追跡・予測することができるようになると期待されます。

本成果は2024年5月31日、科学誌 Scientific Reports に掲載されました。

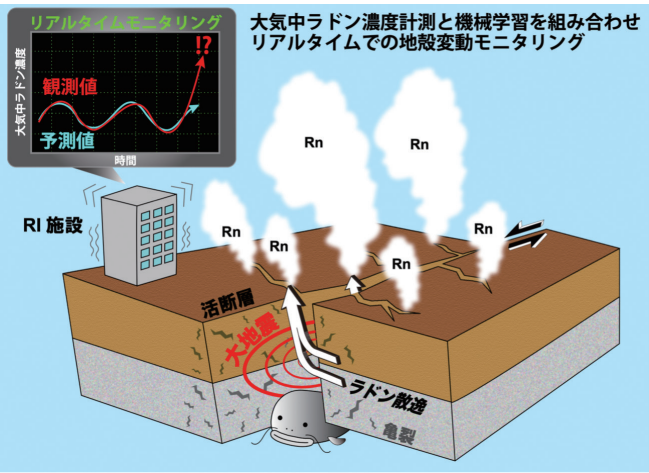


図 大気中ラドン濃度変動計測と機械学習を組み合わせた、リアルタイムでの地殻変動モニタリングの概念図。Rnはラドンを示す。

用語解説

(注1) ラジオアイソトープ実験施設

密封されていない放射性同位元素（RI）を取り扱う実験施設（RI実験施設）では、大量の空気を施設に給気し、施設から排気している。排気中に、万が一RIが混入した場合のために、排気中のRI量を常時監視している。この監視のための測定結果から、大気中のラドン濃度の変動を計測できる。



詳細はこちら

アメリカザリガニはいかにして世界に拡大したか？ 寒冷環境への進出に関わる遺伝基盤を解明

大学院生命科学研究科（理学部生物学科） 教授 牧野 能士

東北大学大学院生命科学研究科（理学部生物学科兼任）の牧野能士 教授は、千葉大学国際高等研究基幹・大学院理学研究院の佐藤大気 特任助教らと共同で、侵略的な外来種として知られるアメリカザリガニの寒冷環境への進出に関わる遺伝基盤を解明しました。本研究成果は、2023年7月3日に国際学術誌 iScience に掲載されたほか、本誌の特集号「Invasion Dynamics」に収録されました。

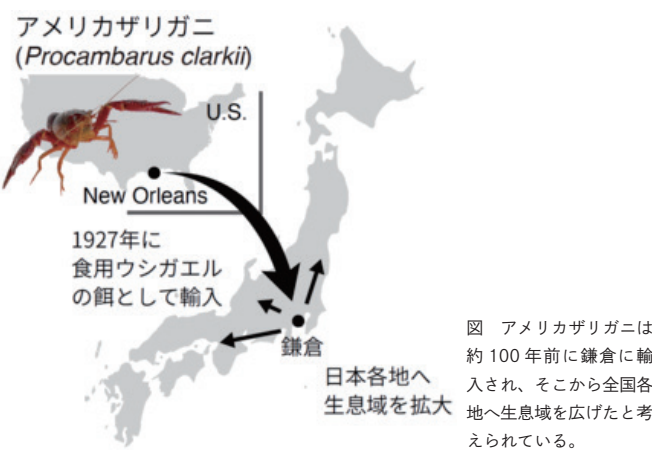


図 アメリカザリガニは約100年前に鎌倉に輸入され、そこから全国各地へ生息域を広げたと考えられている。



詳細はこちら

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

鳴禽類（スズメ亜目）は、さえずりや歌と呼ばれる音声を用いてコミュニケーションをとりますが、彼らがさえずり中の音の並びを意図的に変えられるのかどうかは分かっていませんでした。

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、理学部生物学科兼任）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用いてジュウシマツが発する自然なさえずりを解析し、さえずり中の繰り返し音が設定した数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。

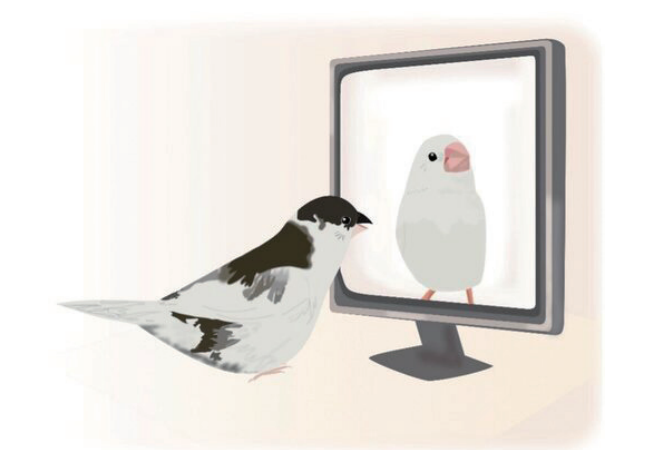


図 フィードバック実験のイメージ図

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。



詳細はこちら



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/>
 2024 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。



