

2022 Issue

Science

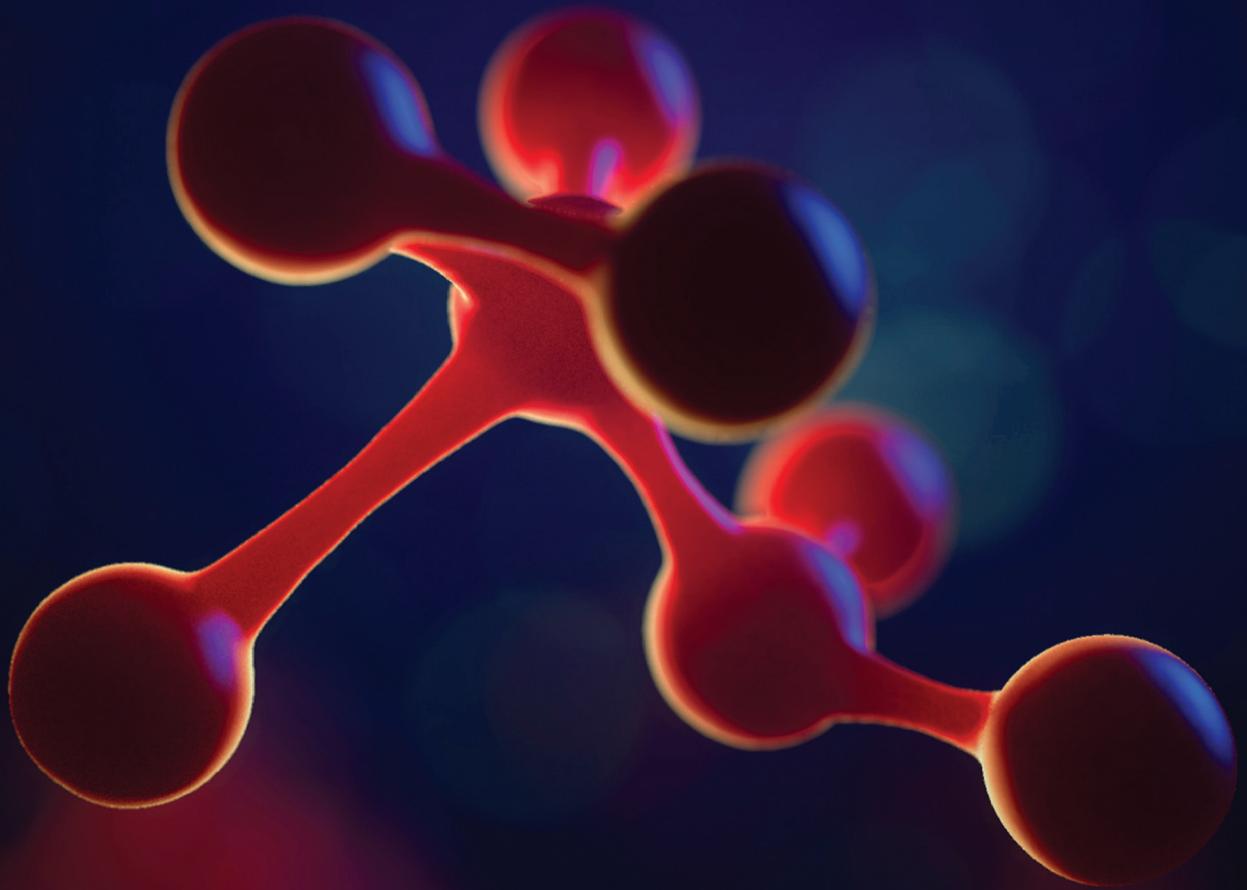
Japanese Scientists in *Science* 2021

サイエンス誌に載った
日本人研究者



COSMO BIO Co., LTD.
Inspiration for Life Science

Science
AAAS



Publish your research in the *Science* family of journals

The *Science* family of journals (*Science*, *Science Advances*, *Science Immunology*, *Science Robotics*, *Science Signaling*, and *Science Translational Medicine*) are among the most highly-regarded journals in the world for quality and selectivity. Our peer-reviewed journals are committed to publishing cutting-edge research, incisive scientific commentary, and insights on what's important to the scientific world at the highest standards.

Submit your research today!

Learn more at [Science.org/journals](https://www.science.org/journals)

Science
JOURNALS 

SOMETIMES THE GRASS REALLY IS GREENER SOMEPLACE NEW.

 Find your next job at [ScienceCareers.org](https://www.sciencecareers.org)

There's scientific proof that when you're happy with what you do, you're better at what you do. Access career opportunities, see who's hiring and take advantage of our proprietary career-search tools. Get tailored job alerts, post your resume and manage your applications all in one place. Start here: [sciencecareers.org](https://www.sciencecareers.org)

ScienceCareers

FROM THE JOURNAL SCIENCE  AAAS

Science

Japanese Scientists in *Science* 2021

サイエンス誌に載った日本人研究者

ご挨拶

米国科学振興協会(AAAS)の公式刊行物である*Science*は、1880年に米国で創刊され、以来140年にわたりもっとも権威ある科学学術誌のひとつとしてあらゆる分野の科学研究をリードしてきました。オンラインの姉妹誌である*Science Signaling*および*Science Translational Medicine*、さらに2016年に創刊された*Science Immunology*と*Science Robotics*、*Science Advances*とともに、近年重要性を増す研究領域にフォーカスしながら、学問の新たな地平を切り拓く科学的知見を発信しています。

この「サイエンス誌に載った日本人研究者」は2007年に創刊され、*Science*に掲載された日本人による研究を選び取り上げています。今号では32件の研究の紹介に加え、*Science*が発表する2021年の最も顕著な10の科学的業績(Breakthrough of the Year)を日本語訳で掲載しています。

2021年の注目すべきトピックは「たんぱく質の構造の解明」です。1972年にノーベル化学賞を受賞したChristian Anfinsenがその可能性を予測し、ほぼ50年を経て実現したのですから、科学の進歩の快挙と言えます。2020年は、COVID-19のワクチン開発の研究の成果が大きく取り上げられましたが、今回はCOVID-19の治療薬のめざましい開発について紹介されています。その他、COVID-19パンデミックをめぐる、研究者たちが攻撃的にされたという悲しい記事も衝撃的です。

15年以上続くこのプロジェクトですが、年々多様な大学や研究機関から新しい研究が紹介されるようになり、海外に住む、または海外との共同研究をする日本人研究者が多くを占めるようになりました。メンバーの写真を含む、ラボ紹介もとても興味深く、読み応えがあります。

また、*Science*に掲載された著者によるコラムを2本掲載しています。日本を襲う新たなパンデミック、そして巨大化する望遠鏡について、ドキドキ、ワクワクする内容が紹介されています。

本誌は大学等研究機関図書館のほか、国内のスーパーサイエンスハイスクールに配布されています。未来の日本の科学界を担う学生・生徒の教育にも活用していただく目的です。若い人たちに科学をもっと身近に感じてもらうこと、またこの読者の中から未来の「サイエンス誌に載った日本人研究者」が登場することを願ってやみません。

最後に、本誌の制作にあたり、ご多忙の中、ご協力いただきました日本人研究者の皆様にご心より御礼申し上げます。そして、多大なるご支援を賜りましたコスモ・バイオ株式会社様に深く感謝を申し上げます。

2022年3月
編集チーム一同

サイエンス誌に載った日本人研究者 2021 に寄せて

米国の建築家で思想家でもあったバックミンスター・フラーは、今から50年以上も前に『宇宙船地球号操縦マニュアル(Operating Manual for Spaceship Earth)』を出版し、数十億年をかけて地球に蓄積されてきた資源が、わずか100年足らずで人類によって加速度的に消費されつつあることに警鐘を鳴らしました。それから半世紀を超える時間が過ぎた今、人々はようやく地球温暖化対策に取り掛かるために重い腰を上げようとしています。スウェーデンの若い環境活動家グレタ・トゥーンベリ氏らが身を粉にして訴え続けたことや、合衆国で政権が交代したことも後押ししたかもしれません。新型コロナウイルスによるパンデミックも地球規模での危機意識を高めています。それでも、異常気象が頻発する事実と地球温暖化との因果関係は科学的ではない、という非科学的な人々の巨大な力は消えていません。資源の利権をめぐる争いは絶えず、化石資源の大量消費も高い水準で続いています。人類の知恵が試されているかのようです。

2021年のノーベル物理学賞が「地球温暖化理論」の事実上の提唱者である真鍋淑郎氏に授与されたことは、多くの知識人が「宇宙船地球号」の進路に危惧を抱いていることを象徴しています。カーボンニュートラルへの施策が議論され、化石資源の消費を避けるためのルールが共有されるようになってきました。化石資源の利用を加速した18世紀後半から起った「産業革命」に対して、カーボンニュートラルの考え方は、まるで対極にあります。とはいえ、近代以前の生活に戻るのではなく、現代の過剰な便利さを抑えてでも、永続する豊かな社会を求める道を探らなければなりません。小さなきっかけからでも「化石資源利用の効果的な削減」や「本質的な温暖化対策を探る」深堀へと展開出来るでしょうか。相互に関係し合う様々な要素の総体としての「宇宙船地球号」が、豊かな未来を目指す天体であり続けて欲しいと思います。

宇宙から見た地球の写真は、印象深い構図を示しています。漆黒の空間に浮かぶ青い地球。この星が、閉ざされた小さな存在に過ぎないという事実を突きつけてきます。白い雲、青い海、そして緑や砂色が織りなす陸地。そのわずかな薄い表層の大気圏にしがみついて生きる生命の、如何にも心もとない存在を思うと、人々が目先の利権や理想をめぐる争う意味などありません。科学に携わる者は、科学的な合理性を説き広め、人類の知恵を未来に活かしていく責任があります。

*Science*は、「科学振興を通じて社会に貢献する(advance science and serve society)」ことを目的とした米国科学振興協会(AAAS)が発信する最先端の学術誌として、世界に対して最高水準の情報提供を続けています。私どもコスモ・バイオは、様々な分野の最新の学術情報を提供する*Science*から、特に「日本人研究者」が活躍する姿をご紹介することで、次の世代を担う若い研究者の仲間が増えることを期待して、この冊子「サイエンス誌に載った日本人研究者」の制作に協賛しています。これからも、生命科学の基礎研究をお手伝いすることを通して、疾患やその後遺症に苦しむ方々、医療介護に従事する方々に寄り添う事業を継続してまいります。

コスモ・バイオ株式会社
代表取締役社長 櫻井 治久

2021 Breakthrough of the Year

すべてのタンパク質の構造を明らかに Protein structures for all

AIを用いた予測が、タンパク質の形状の秘密を明らかにする。

AI-powered predictions show proteins finding their shapes

Robert F. Service

1972年にノーベル化学賞を受賞した米国の生化学者 Christian Anfinsen は、その受賞スピーチの中で、一つのビジョンを示した。やがて、あらゆるタンパク質の3次元構造について、その構成要素であるアミノ酸の配列だけから予測することが可能になるだろう。ヒトの体内だけでも何十万ものタンパク質が存在するため、そのような進歩によって幅広い応用が可能となり、基礎生物学に多くの洞察をもたらす、有望な新規の薬物標的を明らかにしてくれるであろう、と。現在ほぼ50年の歳月を経て、研究者らは、人工知能(AI)駆動型ソフトウェアが、何千というタンパク質の正確な構造を明らかにすることを示している。この進歩は Anfinsen の夢を実現するものであり、2021年の *Science's* Breakthrough of the Year に選ばれた。

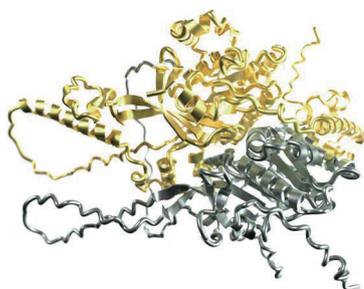
かつては、タンパク質の構造は実験室での骨の折れる分析によってのみ決定することができた。しかし今や、数万ものタンパク質や相互作用するタンパク質の複合体について、それらの構造をすばやく計算することができる。「これは構造生物学における大転換である」と、レンセラー工科大学の構造生物学者である Gaetano Montelione は述べている。ワシントン大学(シアトル)の David Baker は、そうした予測プロジェクトの一つを率いた計算生化学者であるが、こう付け加えた。数多くのタ

ンパク質の構造が容易に利用できるようになったおかげで、「計算生物学と分子生物学のあらゆる領域に変化がもたらされることになる」。

タンパク質は生物学の主要な担い手である。筋肉を収縮させ、食物を細胞のエネルギーに変換し、血液中の酸素を運搬し、侵入した微生物と戦う。しかし、その多彩な才能にかかわらず、タンパク質はすべて同じ基本的な形式に基づいている。タンパク質の基本単位は、最大20種類のアミノ酸から成る直鎖で、われわれのDNAにコードされた配列に従って連なっている。それぞれの鎖は、リボソームと呼ばれる細胞内の工場で組み立てられた後、独特かつ精巧で複雑な3次元の形状に折り畳まれる。その形状により、タンパク質が他の分子とどのように相互作用するかが決定され、細胞内での役割が決まる。

Anfinsenらの研究では、アミノ酸どうしの相互作用がタンパク質の最終的な形状を決定することが示唆された。しかし、鎖を形成する個々の結合と他のすべての結合との間にある相互作用の数がきわめて多いことを考えると、通常の大きさのタンパク質であっても、そのとりうる形状の数は天文学的なものになる可能性がある。1969年、米国の分子生物学者 Cyrus Levinthal は、タンパク質の鎖において一つひとつの結合を一めぐりするには、超高速であっても、一つの宇宙の寿命よりも長い時間がかかるかと計算した。しかし自然界では、一つひとつのタンパク質は通常、瞬く間に折り畳まれて、確実に特定の形状をとる。

1950年代に研究者らは、タンパク質の3次元構造について、X線がどのようにタンパク質分子内の原子で反射されたかの分析によりマッピングを開始した。この技術はX線結晶構造解析として知られるが、まもなく中心的なアプローチとなった。現在、この分野の中心的なリポジトリであるタンパク質構造データベース(Protein Data Bank:PDB)には、実験的に解明された約185,000の構造が登録されている。しかし、構造のマッピングには何年もかかる可能性があり、一つのタンパク質につき数十万ドルの費用を要する。この過程を迅速化するために、科学者らは1970年代に、特定のタンパク質がどのように折り畳まれるの



Credit: (ILLUSTRATION) V. ALTOUNIAN/SCIENCE; (DATA) I. R. HUMPHREYS ET AL., *SCIENCE* 374, EABM4805 (2021); DOI: 10.1126/SCIENCE.ABM4805

人工知能は、2つのタンパク質がどのようにして、酵母菌のDNA修復に関与する複合体を形成するかを予測した。

かを予測するためのコンピュータモデルの作成に取りかかった。

最初は、予測可能だったのは小さなタンパク質または大きなタンパク質の短い断片についてのみであった。しかし、1994年までにコンピュータモデルの性能が向上し、2年ごとに行われるタンパク質構造予測の「コンテスト」として、タンパク質構造予測精密評価 (Critical Assessment of protein Structure Prediction: CASP) が開始された。主催者らはモデル作成者らに対して、数十のタンパク質のアミノ酸配列を提示する。コンテストの終了時に、モデル作成者らが提出した結果は、X線結晶構造解析や、核磁気共鳴スペクトル測定法やクライオ電子顕微鏡法 (クライオEM) などの最新技術から得られた最新の実験データと比較判定される。判定スコアが90点を超えれば、実験により解読された構造と同等であると考えられた。

初期の成績はそれほどではなく、判定スコアの中央値は60点未満であった。しかし、コンテストの回を重ねるごとに、モデル作成者らは構造計算を改善するためのコツを学んだ。例えば、2つのタンパク質に共通するアミノ酸の鎖は、同じように折り畳まれることが多い。未知の構造をもつタンパク質が、例えばそのアミノ酸配列の50%が、既知の構造をもつタンパク質と共通である場合、このタンパク質の配列はコンピュータモデルを作成するための「テンプレート」として用いることができる。

もう一つの大きな知見は進化の視点によるものである。研究者らは、密接な類縁関係をもつ生物どうし、例えばチンパンジーとヒトなどに共通するタンパク質の中で一つのアミノ酸が変化した場合、そのタンパク質の形状と機能が維持されるためには、折り畳まれた分子内でその近くに位置するアミノ酸も変化する必要があることに気付いた。つまり、研究者らは共進化するアミノ酸を探すことで、タンパク質の形状を絞り込めることになる。折り畳まれていない鎖の上では離れたアミノ酸であったとしても、それらは最終的な3次元構造では隣接する可能性がある。

2018年まで、モデル作成者らが受けた判定スコアは多くが70点台の半ばであった。そこに、AI駆動型のソフトウェアプログラムであるAlphaFoldが登場した。Googleの関連企業であるDeepMind社が開発したこのプログラムは、実験的に解読された構造のデータベースに基づいて自らを訓練する。初参加したCASPコンテストでは、そのスコア中央値は80点近くであり、他のアルゴリズムとの90件の比較のうち43件で勝った。2020年、その2代目であるAlphaFold2はさらに成績をあげた。AlphaFold2は、機械学習用に最適化された182のプロセッサからなるネットワークを利用しており、スコア中央値は92.4点にまで上がり、実験的な解読結果と同等であった。

当時、メリーランド大学 (シェイディーグローブ) の構造生物学者であり、CASPの共同設立者であるJohn Moultは、「一生のうちにこれを目にするとは思わなかった」と述べていた。

本年、AIによる予測はいちだんとスピードアップした。7月中旬、Bakerらは、そのAIプログラムRoseTTAFoldが、すべて一般的な薬物標的のクラスに属する数百のタンパク質の構造を解明したと報告した。その1週間後、DeepMind社の研究者らは、ヒトにおける既知の全タンパク質の44%に相当する、ヒトの体内に存在する350,000のタンパク質について構造を明らかにしたと報告した。同社の研究者らは、今後数ヶ月のうちに、そのデータベースは、存在すると考えられているタンパク質のほぼ半数にのぼる、すべての生物種にわたる1億のタンパク質にまで拡張するだろうと予想している。

次の段階は、これらのタンパク質のうち、どれとどれが協調して働き、どのように相互作用するかを予測することである。DeepMind社はすでにそれに着手している。10月に発表されたプレプリントで、同社の研究者らは4,433のタンパク質複合体の構造を解明し、どのタンパク質がどのタンパク質と結合するのか、どのように結合するのかを明らかにした。RoseTTAFoldは11月、さらに912のタンパク質複合体の構造を明らかにした。

AlphaFold2とRoseTTAFoldによるアミノ酸コードは現在公開されており、他の研究者らにとって同じ研究に取り組む助けとなっている。11月、ドイツと米国の研究者らは、AlphaFold2とクライオEMを用いて核膜孔複合体の構造をマッピングした。核膜孔複合体は、細胞核へのアクセスを制御する30のタンパク質から成る集合体である。8月、中国の研究者らはAlphaFold2を用いて、DNAに結合する約200のタンパク質の構造をマッピングした。これらのタンパク質は、DNAの修復から遺伝子発現に至るまで、あらゆる過程に関与している可能性がある。先月、Google社の親会社であるAlphabet社は、予測から得られたタンパク質構造を利用して新規薬剤候補をデザインする新しいベンチャーを立ち上げた。そしてBakerらは、そのソフトウェアを使って、折り畳まれると安定な構造をとる新しいタンパク質配列を考案している。この進歩は、新しい抗ウイルス薬や触媒につながる可能性がある。

現在でも、SARS-CoV-2を研究する科学者たちは、AlphaFold2を用いて、オミクロン変異株のスパイクタンパク質における変異の影響に関するモデル作成に取り組んでいる。大きなアミノ酸をタンパク質に挿入すると、変異株の形状が変化して、おそらくは抗体との結合は妨げられても、ウイルスを中和するのに十分となる。

すべきことはまだ多く残っている。タンパク質の構造は固定したものではなく、その役割を果たしながら曲がりたりねじれたりしており、こうした変化のモデリングは依然として課題である。細胞内で数えきれない働きをしている巨大な多重タンパク質複合体のほとんどは、可視化することが依然として難しい課題である。しかしAIによる本年の爆発的な進歩は、これまで目にしたことのない生命の躍動する姿を見せてくれており、この光景はこれからも生物学と医学を変えていくことになろう。

古代の土壌DNAが日の目をみる Ancient soil DNA comes of age

Elizabeth Pennisi

化石から抽出されたDNAは、未知の類縁関係を解明し、初期の移動を追跡し、また古代の種間交配を明らかにすることを可能にして、ヒトや動物の進化についての研究を一変させた。しかし、ヒトに関して言えば、この分野は18人のネアンデルタール人を含む、わずか23人の古代人ゲノムに依存している。研究者らは最近、洞窟の床面からはるかに大量の古代ゲノムを見つけ出した。本年になって初めて、洞窟の土壌からかつてヒト細胞の核に含まれていたDNAが採取され、研究者らは「土壌DNA」を用いて、世界各地の洞窟の居住者たちを同定し、再構築した。

この新しい取組みは、現生種から構成される環境DNAの研究にヒトを得たものだ。湖、森林やその他さまざまな場所でのどのような生物が生息しているのかを知るために、研究者らは生物が大气、水、土壌の中に放出した浮遊DNAを収集する。2003年には進化遺伝学者らは、廃棄されたDNAが何千年間も存続する可能性があることを示した。2015年、研究者らは廃棄DNAを利用して、化石がない場合でも古代の全生態系を再構築した。

しかしそうしたDNAの多くは、遺伝物質のごく小さな断片を保有する、細胞の「発電所」であるミトコンドリアに由来するもの

だ。新しい技術によって、今では古代の土壌から核DNAを抽出することが可能になった。核DNAには生命の全遺伝情報が蓄えられている。

研究者らは本年、核DNAを利用して、3つの洞窟におけるヒトや動物の居住状況を図示した。スペインのエスタトゥアス(Estatuas)洞窟では、核DNAによって80,000~113,000年前に居住していたヒトの遺伝的同一性と性別が明らかになった。そして、10万年前に終わった氷河期の後、ネアンデルタール人のある系統が別のいくつかの系統に置き換わったことも示された。グルジアのサツルブリア(Satsurblia)洞窟の25,000年前の土壌からは、未知の系統のネアンデルタール人の女性のヒトゲノムに加え、パイソンや絶滅したオオカミの遺伝的痕跡も発見された。さらに、メキシコのチキウイテ(Chiquihuite)洞窟から採取された12,000年前のツキノワグマのDNAを現生のクマと比較したところ、最終氷河期後にこの洞窟のクマの子孫が北は遠くアラスカまで移住していたことがわかった。

古代の土壌から核DNAを抽出し、シーケンシングを行う技術は、いまなお改良が加えられつつある。それに伴って、研究者は古代種の興亡に関してさらに多くの疑問に答えていきたいと考えている。

太陽の核融合が実現する日? Fusion's day in the Sun?

Daniel Clery

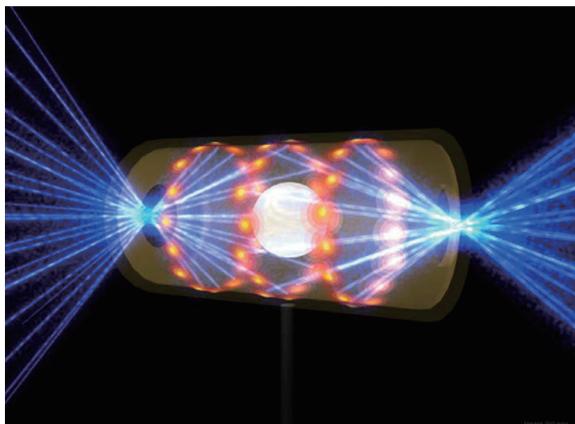
核融合エネルギーは、素晴らしい成果が約束されながら、決して結果を出さない分野であるとの評判を、いまや克服しようとしているのだろうか。研究者ら自身を驚かせた本年8月の成果において、米国国立点火施設(NIF)は、正式な「臨界」に届きそうで届かなかったものの核融合反応を実現した。ここでいう「臨界」とは、核融合反応を促進するために必要とされるエネ

ルギーが、核融合反応によってレーザーエネルギーよりも多く生成されるポイントである。

核融合は太陽などの恒星にエネルギーを供給しており、地球のエネルギー問題にとって解決策になるとこれまで考えられてきた。しかし、よく知られていることであるが、必要とされる圧力と温度(太陽核の10倍の温度)を達成することは困難である。多くの取組みでは、超高温プラズマを磁場中に閉じ込める試みを行っている。NIFでは、水素同位体である重水素および三重水素から成るコショウの実ほどの大きさのカプセルを圧縮するために、世界最高のエネルギーレーザーによるパルスを用いている。本年初頭、この方法により、1ショット当たり170キロジュールの核融合エネルギーが生成されたが、レーザーの入力である1.9メガジュールには遠く及ばなかった。

しかし、8月8日のショットでは、出力が1.35メガジュールにまで大幅に上昇した。研究者らは、これは燃焼プラズマによる結果であると考えており、これはつまり、この核融合反応によって、圧縮された燃料全体に炎のように広がるだけの十分な熱が生成されたことを意味している。この結果は、査読学術誌によるレビューは受けていないが、11月に開催された米国物理学学会のプラズマ物理分科会で発表されている。

現在NIFのチームは、このショットの高出力量について理解し、より大きなあるいはより安定した燃料カプセルを、またより均一な冷凍燃料層あるいはより高品質のレーザーパルスを用いて、開始条件を微調整する方法を編みだし、より優れた成果を得



Credit: LAWRENCE LIVERMORE NATIONAL LABORATORY

NIFの核融合ショットでは、192本のレーザービームが極小の燃料ペレットの周囲に収束される。

米国ローレンス・リバモア国立研究所

ようとしている。チームはまた、このショットの再現も試みている。その結果、10月に行われた試行では430キロジュールを達成し、11月の試行では700キロジュールが達成されている。2022年にも引き続き試行が予定されている。

NIFが臨界に向かってじわじわと歩を進める一方、民間の核融合プロジェクトもペースを上げている。核融合実験炉ITERは250億ドルの公的資金を受けている磁気核融合の取り組みであるが、この実験炉よりはるかに早く民間の核融合プロジェクトがエネルギーの生成に成功するとの予測が成されている。

Commonwealth Fusion Systems社およびTokamak Energy社は本年、高温超伝導磁石の開発に進展があったと報告した。また、ピストンと粒子ビームを使用するGeneral Fusion社およびTAE Technologies社はそれぞれ、エネルギー生成実証発電所を計画しており、2025年には稼働すると述べている。

いずれの取り組みが最初にエネルギー獲得を達成するとしても、核融合が動力源として実用化されるまでには、材料科学・工学にとって困難な課題が山積している。

有力な薬がCOVID-19に対する装備を増強する Potent pills boost COVID-19 arsenal

Jennifer Couzin-Frankel

COVID-19との戦いでは、ワクチンが花形の役割を果たしてきたが、新たな役者がこの舞台に登場することになった。感染初期に服用すれば発症や死亡を予防する抗ウイルス薬である。

本年秋に、製薬会社のPfizer社とMerck社が、プレスリリースで良好な臨床試験結果を公にした。複数の抗ウイルス薬の試験が別に行われており、既存のジェネリック薬も、強迫症治療薬フルボキサミンなどを含め有用な可能性がある。Merck社の抗ウイルス薬モルヌピラビルは、リスクの高いワクチン未接種者においてCOVID-19による入院または死亡のリスクを30%低下させることが、規制当局に提出された最終データで示されている(この数値は中間解析で得られた50%という数値より低い)。Pfizer社の抗ウイルス薬PF-07321332は、発症から3日以内に使用すれば入院を89%低下させる。英国では11月にモルヌピラビルが承認され、米国食品医薬品局の諮問機関はモルヌピラビルについて限定承認勧告を行った。規制当局はPfizer社の治療薬も検討している。

科学者らは、抗ウイルス薬が直ちにワクチンの代わりにはならないことを強調した。しかし、抗ウイルス薬は依然としてきわめて重要であり、新しいオミクロン株によってブレークスルー感染が急増した場合にはさらに重要になる可能性がある。Pfizer社はワクチン接種済みの人を含む集団を対象とした別のPF-07321332試験を実施中であり、Merck社とPfizer社は、この薬剤がウイルスに最近曝露された人で発症を防げるかどうか試験を行っている。

しかし、疑問は山積みである。抗ウイルス薬は感染者からの伝播を抑えるのか？ 低所得国は必要な供給量を得ることができるのか？ (両社とも、低所得国内の地域で薬剤を大幅に値引きして販売することを約束している。) 臨床試験で認められていない副作用はあるのか？ 不確実性はあるものの、科学者と医師らは今回の結果に勇気付けられ、複数の治療法が利用できることを喜んでいる。これは、ウイルスがいずれかの薬剤に対して耐性を獲得しないために有用と考えられる。

幻覚剤を用いたPTSD治療 A psychedelic PTSD remedy

Kelly Servick

意識体験の変容をもたらす幻覚剤は、様々な精神疾患の症状を改善させる効果があると期待されている。しかし、厳格な検証を行って幻覚剤の効果を示した大規模試験はほとんどない。本年、この分野で大きな成果をもたらされた。多施設共同無作為対照試験により、MDMA(3,4-メチレンジオキシメタンフェタミン、一般的にはエクスタシーと呼ばれる)が心的外傷後ストレス障害(PTSD)の症状を有意に改善することが示された。

この試験は本年の*Nature Medicine*誌5月号に掲載され、MDMA投与をトークセラピーと併用した強化療法により、幸福感や共感性がもたらされ、これがトラウマ体験を受け止める助けとなった。この試験には患者76例が参加し、監督下での8時間の治療セッション3回に加えて、実薬(MDMA)かプラセボ剤の併用に割り付けられた。治療の前後には、セラピストによる「準備」セッションと「統合」セッションが行われた。2ヵ月後、MDMA投与を受けた患者の67%がPTSD診断基準を満たさない状態にまで改善した。他方で、プラセボ群でそうした改

善がみられた患者は32%であった。

この結果は興奮をもって受け止められたが、慎重であるべきだとの議論もあった。トロント大学の神経科医Matthew Burkeと精神科医Daniel Blumbergerは、*Nature Medicine*誌の10月号で、「こうした研究は盲検化とプラセボ効果というゴルディアスの結び目(解決困難な難問)を伴っている」と警告を発している。なぜなら、患者にとってMDMAの向精神作用は明らかであり、したがって治療効果への患者の期待に影響し、さらには改善率にも影響を及ぼす可能性がある(研究後の参加者の追跡調査では、90%もの参加者が、自身が実薬とプラセボのどちらに割り付けられたか正しく推測していたことが示されている)。そして、そのような期待が治療の一部であることを単純に認めるのであれば、「精神医学における治療効果の評価方法を全面的に見直す必要があるだろう」と、両氏は述べている。

それでも、幻覚剤を用いた研究は盛んに行われている。研究機関や製薬企業が、MDMAやその他の幻覚剤が、うつ病、

不安、依存といった病態を改善させる可能性を探索しているからである。11月、ロンドンに拠点をおくメンタルヘルスケア企業であるCOMPASS Pathways社は、患者233例が参加した臨床試験で、シロシピン(いわゆる「マジックマッシュルーム」に含まれる幻覚作用のある物質)が、治療抵抗性のうつ病患者に有効であったと報告している。同社は現在、さらに大規模な

試験を計画している。現在進行中の追跡調査研究により有効性が確認されれば、スポンサーである非営利団体の幻覚剤学際研究学会(Multidisciplinary Association for Psychedelic Studies)は、2023年初頭にも米国食品医薬品局に薬事承認を申請する予定である。

人工抗体が感染症を制御する Artificial antibodies tame infectious diseases

Jon Cohen

モノクローナルと呼ばれる人工の抗体は、一部のがんや自己免疫疾患の治療に革命をもたらしてきたが、感染症に対してはほとんど成功していない。モノクローナル抗体(mAb)が、SARS-CoV-2や、その他のRSウイルス(RSV)、HIV、マラリア原虫など生命を脅かす病原体を射程に入れたことで、その状況は本年になって変化した。

mAbを作製するため、研究者らは実験動物やヒトから最も強力な抗体を分離し、それらを大量に複製する。医薬品として、そのほとんどは免疫応答を抑制したり、腫瘍細胞に破壊の対象としての目印を付けるために使用される。米国で感染症に対して承認されているmAbはすべてまれな疾患、例えばエボラ、肺炎疽、再発性クロストリジウム・ディフィシル(*Clostridium difficile*)感染、高リスク乳児におけるRSウイルス感染、すべての薬剤が無効であった人のHIVなどに限られている。インドでは狂犬病に対するmAbが承認されている。

クローニング、動物モデル、X線結晶構造解析の進歩により研究者らは、今やこれまで以上に多くのmAbを作製してスク

リーニングできるようになり、研究が簡素化されている。SARS-CoV-2に対するmAbは2020年に臨床試験で有望な結果を示し、米国食品医薬品局は今年後半までに、COVID-19の治療や、場合によっては感染予防のために、3つのmAbの緊急使用を承認した。

インフルエンザウイルス、ジカウイルス、サイトメガロウイルスに対するモノクローナル抗体も開発中である。すべての乳児においてRSウイルス感染を予防する目的で作製された2つの候補mAbに、高い期待が寄せられている。また1件のHIV予防試験では、全体としては失敗に終わったものの、候補mAbは一部のウイルス株に対する有効性が示された。

費用が高額であり病院での点滴投与が必要であることから、多くの患者にとってmAbは手の届かないものとなっている。しかし、価格が大幅に下がり、点滴の代わりに注射が可能になり、より強力なmAbが販売されることになれば、それらは感染症と闘うための標準的な武器となる可能性がある。

NASAの探査機が火星の内部を解明 NASA lander uncovers the Red Planet's core

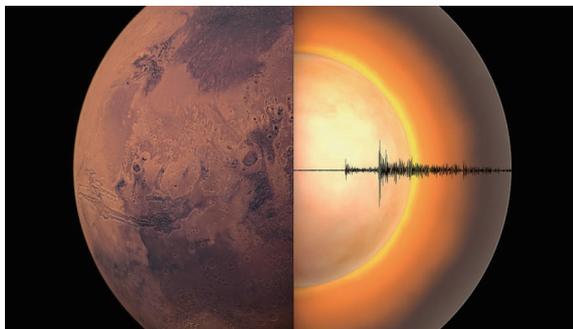
Paul Voosen

岩石惑星の内部は、一種のタイムマシンである。高密度の核、粘性のマントル、硬化した地殻を調べれば、その惑星がいつどのように合体し、変動し、現在の姿に落ち着いたかがわかる。本年に至るまで、科学者らがアクセスできたタイムカプセルはわずか2つだけだった。それは地球と、アポロ計画で一時的

にアクセスした月である。そして今回初めて、NASAの火星探査機インサイトを搭載された機器が、火星の内部に焦点を当てることになった。

2018年にインサイトが火星に到着した当初、火星は埋もれた秘密を暴かれたくない様子だった。インサイトは熱プローブを地面に打ち込もうと何回も試みたものの、予想外に粘性の高い火星堆積物のせいで失敗に終わった。また、インサイトに搭載された超高感度の地震計は、火星内部の把握に役立つ地鳴りを観測するためのものであったが、それが作動するほど大きな火星地震は発生しなかった。さらに、インサイトの太陽電池パネルには砂塵が積もり、発電量が徐々に減少していった。

しかし、インサイトは1年のうちに小規模地震を数回検知し、そのなかには、1,600キロメートル離れたケルベロス地溝帯という亀裂で発生した地震も含まれていた。こうして得られた測定値を内部組成の推定値と組み合わせると、火星深部の構造を明らかにすることに成功した。地震波の偏差から、火星の地殻は層状になっており、地球の大陸地殻よりも薄く、厚さが40キロメートル未満であることが明らかになった。これほど地殻が薄ければ、火星初期の内部熱は急速に放出されたに違いない。



Credit: C. BICKEL/SCIENCE

火星の地震波から、この惑星には薄い地殻、薄いマントル、不釣り合いなほど大きな液体核があることが判明した。

さらに深部を調べたところ、火星のマントルには、地球でみられるような断熱性の高い下層がないことがわかった。そしてマントル層も薄く、地殻と、火星の直径の半分以上を占める大きな液体核とに挟まれていた。火星の質量を考慮すると、核の密度は低く、また硫黄などの軽元素の混合物が塩のように凍結を防ぐ働きをすることで、火星は急速に熱を失ったにもかかわらず、核内の鉄やニッケルは液体の状態に保たれているのだろうと結論付けられた。本年、この研究成果は *Science* 誌に発表された。

今回得られた新しいデータにより、科学者らは今後何年間にもわたり火星の歴史について頭を悩ませることだろう。残された

疑問として、火星にはかつてプレートテクトニクスのようなものが存在したのか、いつ液体核の攪拌が止まって、当時存在していた磁場が失われたのか、などがある。

インサイトは、まだ語られていない物語を持っているかもしれない。例えば、8月と9月には、これまでで最大規模の火星地震を経験している。しかし、その太陽電池パネルに赤い砂塵が積もり続けているため、残り時間はどんどん少なくなっており、2022年末には発電が止まると推測される。

そのときがくるまで、インサイトは待機して、耳をすまし続けるだろう。

ついに、素粒子物理学の標準理論にほころびか？

At last, a crack in particle physics' standard model?

Adrian Cho

20年前に初めて観測された奇妙な現象が、ここ数年で最大の成果によって再確認されたのは、素粒子物理学者が何か新しいものを切望していることの表れだろうか。ミューオンという粒子(電子の兄弟分のような粒子で、電子より重くて不安定)を測定したところ、素粒子と力に関する一般的な理論に基づく予測値よりも、わずかに磁力が強かったというのだ。4月に報告されたこの2.5ppbのずれは、高エネルギーの地平線のすぐ向こうに、新しい粒子が潜んでいる可能性を示唆している。

1960年代から70年代にかけて確立された現行の理論は、標準理論(標準模型、標準モデルとも)として知られ、電磁気力、強い核力、そして弱い核力という3つの力と、20種近い素粒子を説明するものである。しかし、重力と暗黒物質(宇宙にある通常の物質よりも重いとされる謎の物質)を除外しているため、自然界を記述する究極の理論とは言えない。とはいえ、これまでのところ標準理論は、高エネルギー粒子加速器による衝突で一瞬だけ出現した素粒子を、すべて説明できている。

ミューオンの磁力を手掛かりにして、新たな未発見の粒子を間接的に探索することが可能である。量子の不確定性により、ミューオンの周りの何も無い空間では、直接観測できないほどの速さで、粒子反粒子対が「仮想的な」生成と消滅を繰り返す。その結果、標準理論では、ミューオンの磁力がある決まった量だけ増加する。新しい粒子が存在するならば、この計算結果が予測できない仕方と変わることになるのだ。

ミューオンの磁力を測定するには、ミューオンビームを磁場に発射すればよい。するとミューオンは、その磁力の強さに応じた速度で、方位磁石の針のように回転する。まさにこうした実験が物理学者らにより、1997年から2001年にかけてニューヨーク州のブルックヘブン国立研究所で行われ、そこで初めて異常値が検出された。2003年には、より純粋なミューオンビームを得るために、同研究所の直径15メートルの磁石がイリノイ州のフェルミ国立加速器研究所に移設された。そして本年、前回の結果が偶然でないことが証明された。

しかし、適切な比較ができるか否かは、標準理論による予測の精度にかかっている。この実験結果が発表された同日、理論物理学者らのあるチームが計算の結果を発表し、標準理論による予測の精度を上げれば、観測値とのずれは縮まると主張した。また別の物理学者らは、理論上の一貫性を守るとすれば、ミューオンの磁力が予測以上に強いということになる、と述べている。

ここで問題となるのは、その根拠である。標準理論の予測値とのわずかなずれを別の方法で調べれば、待望の新しい物理学への手掛かりが得られるかもしれない。あるいは、運がよければ、世界最大の原子粉砕機である欧州の大型ハドロン衝突型加速器(LHC)が、3年間の改良工事を経て来春に再稼働した際に、衝突によって何らかの新しい粒子が物理学者らの前に出現することになるかもしれない。

CRISPRは体内で遺伝子を修復する CRISPR fixes genes inside the body

Jocelyn Kaiser

遺伝子編集ツールであるCRISPRが臨床において初の勝利を取めたのは2020年のことで、鎌状赤血球症とベータサラセミアという2つの遺伝性血液疾患の患者に治癒をもたらすことが示された。これらの治療は、実験室の培養皿の上で行われた。研究者らは、欠陥のある血液幹細胞を患者の体内から除去し、それらの細胞を編集したうえで患者に再注入したのである。本年、研究者らはさらに一歩踏み込み、CRISPRを

直接体内に注入した。複数の小規模研究では、この戦略により毒性肝タンパク質が減少し、遺伝性失明患者の視力がわずかに改善した。

遺伝子編集は、この処理を受けた細胞を器官や血流の中に注入することができれば、さらに多くの疾患に対処できる可能性がある。しかし、CRISPRを患者の体内、すなわち *in vivo* で機能させるには、大きな課題がある。CRISPRの分子構成

要素が特定の遺伝子を正しく修飾するためには、まずそれらを適切な細胞に適切な量で安全に輸送しなければならない。

ミスフォールドトランスサイレチン(TTR)タンパク質が蓄積して神経と心臓に損傷を与える疾患である遺伝性トランスサイレチン(TTR)アミロイドーシスと闘うため、Intellia Therapeutics社とRegeneron Pharmaceuticals社の研究者らは、6人の患者の体内に、ガイドRNAと、CRISPRに対するゲノム切断酵素のRNA指令を封入した微小脂肪球を注入した。研究チームは、患者自身の肝細胞がこれらの粒子を取り込み、CRISPR成分を産生して、TTR遺伝子上でDNAの両鎖を切断することを期待した。細胞の修復システムは切断を不完全に修復し、遺伝子を機能不全にする。この治療は有効であった。研究者らは、4週間後に血中TTRの平均濃度が用量依存性に52%または87%低下した、と6月に*New England Journal of Medicine*誌で報告した。

TTRの低下が症状を緩和するかどうかを知るには、何ヶ月もかかる。この1回だけの治療が、3週ごとの注射を要するRNAベースの薬剤と比べて、優れてはいなくとも同程度に有効であることが期待される。

別の研究では、Editas Medicine社の研究者らが、レーバー先天性黒内障10型と呼ばれる遺伝性視覚障害をもつ6人の成人の眼に、CRISPR DNAを保有する無害なウイルスを注入した。研究者らは、変異した眼の遺伝子を破壊する余分なDNAを切断し、細胞が失われたタンパク質を作り出すことを期待した。3~6ヵ月後、ほぼ完全に失明していた2人の患者はそれまでより多くの光を感じられるようになり、1人は薄暗い照明の中で障害物のあるコースをつまづかずに進むことができた、と研究者らは9月に報告した。同研究者らは、成人患者でもより高用量のCRISPRを投与された場合や、若年患者ではさらなる視力の改善が得られることを期待している。

胚の「畜産飼育」が初期発生への窓を開く

Embryo 'husbandry' opens windows into early development

Mitch Leslie

初期胚発生に関する洞察は、科学者が流産や先天性欠損について理解し、体外受精(IVF)のプロトコールに磨きをかけるのに役立つ可能性がある。しかし、法的、実用的、倫理的な限界により、ヒト胚を用いた研究には制約がある。本年、科学者らは代役の候補を明らかにした。それは、これまでよりはるかに長く培養されたマウス胚と、ヒト幹細胞または再プログラムされた成体細胞から作製された胚のレプリカである。

科学者らは、マウス胚を母マウスの体外で3~4日よりはるかに長期間培養しようと苦勞してきた。しかし3月に、ある研究チームが培養を11日間に延長する方法を報告した。同研究者らによれば、鍵となるステップは、胚を入れた広口瓶を、ミニチュアの観覧車のような装置で回転させることであった。これにより、胚を浸すニュートリエントブロス絶えず混合し、酸素濃度と大気圧が適切な状態に保たれる。胚は細胞再編成という重要な段階を経て、器官を成長させ、後肢を発芽させた。

他の科学者らは、胚盤胞として知られる、きわめて重要な胚

発生段階の代替物を考案した。わずか数百個の細胞を含む中空の球である胚盤胞は、子宮内に着床し、特殊化細胞を決定付ける胚発生の第一段階となる。また、胚盤胞は多くのIVFクリニックで、子供を望む母親に移植される。

ある研究チームは、ヒト胚性幹細胞と人工多能性幹細胞(iPS細胞:成体の特殊化細胞から再プログラムされた幹細胞)から、胚盤胞のレプリカを作製した。また別の研究チームは、iPS細胞に移行させた皮膚細胞が胚盤胞様の構造を作り出すことを明らかにした。これらの人工の胚盤胞は本物の胚ではないが、その中には、有益で、議論の余地が少ない代替物となりうるものもある。

5月にはこの分野にさらなる後押しがあった。幹細胞研究のガイドラインを策定する国際機関は、ヒト胚を実験室で14日間を超えて培養することを長年にわたって禁止してきたが、これを緩和したため、科学者らはそれ以降に発生する胚イベントを調べることができるようになった。

気候目標達成への希望がかすむ Hope dims for climate target

Paul Voosen

世界の国々は11月上旬、英国のグラスゴーで開催された国連気候変動会議に集まり、地球温暖化に対して産業革命以前のレベルからの上昇を1.5℃以内に抑えるという希望を保持し続けた。世界の温度上昇はすでに1.2℃に達しており、世界経済は今もなお圧倒的に化石燃料に依存しているため、これは野心的な目標である。2週間の議論を経て明らかになったのは、急速な変化が始まっていて、1.5℃という目標は瀕死の状態にあるということであった。

最近における再生可能エネルギーの急速な導入により、10年

前に予測されていた温暖化が4℃以上の上昇に至るという最悪のシナリオは回避されたようである。各国がグラスゴー合意を守る限りの話であるが、温暖化による温度上昇を2℃未満に抑えるという道筋が初めて示された。しかし、1.5℃という目標を達成するためには、現在の排出量を10年以内に半減させるという、はるかに野心的な行動が必要である。

グラスゴーで得られたその他の進捗としては、炭素市場のルールや排出量の報告に関する取り決めなどがあった。しかし、国連の合意が拘束力を持たないことを考えると、炭素排出

の真の行く先は国家レベルでの行動にかかってくる。

各国に対するこうしたプレッシャーを維持するために、今や国連のメッセージは、各国に対して、2022年11月にエジプトの

シャルム・エル・シェイクで開催予定の次回会議時も含め、排出量削減の誓約を毎年見直すよう促すものとなっている。

アルツハイマー病治療薬が憤激を引き起こす Alzheimer's drug prompts outrage

Kelly Servick

通常の場合であれば、アルツハイマー病の基礎にある生物学的過程を妨げることを目的とした最初の薬剤が米国で承認されることは、祝福に値するであろう。しかし、本年6月に米国食品医薬品局(FDA)によって承認されたアデュカヌマブ(aducanumab)は、多くの研究者らが期待していた薬剤ではなかった。その市場への奇妙な導入経路は科学者間の分断を煽り、医師や患者の間に混乱をまき散らし、多くの人に米国の医薬品規制システムの公正性に対する疑問を抱かせた。

この薬剤は、Biogen社が開発し、アデュヘルム(Aduhelm)の名で上市された静注抗体薬であり、アルツハイマー病患者の脳内で損傷を引き起こすと考えられているβアミロイド蛋白の粘性性プラークを除去する。しかし、2件の大規模臨床試験のうち、プラセボよりも認知機能低下を遅らせる効果が高いことが示されたのは1試験のみであった(考えうる説明の一つは、アミロイドプラークを除去しても、アルツハイマー病の症状発現までに脳内ですでに進行している一連の有害な変化を回復させるには不十分であるということだ)。

2020年11月、FDAの独立諮問委員会は、この薬剤を承認しないよう圧倒的多数の判定で勧告した。しかし7ヵ月後、当局は迅速承認経路の下にアデュカヌマブの使用を認め、科学者を驚かせた。この過程は、臨床的利益の証明ではなく、「代用エンドポイント」(この場合はβアミロイドの減少)に基づくものである。

反応は速かった。諮問委員会の委員10名中3名が6月に辞任した。その一人であるハーバード大学医学部のAaron Kesselheimは、この動きを「近年の米国史上おそらく最悪の薬剤承認決定」だと非難した。ジャーナリストたちは、Biogen社の幹部とFDA当局者との密接な関係を探り出し、裏ルートでのやりとりや非公式の会合について報じた。現在、この承認過程について、米国保健福祉省の監察長官と米国下院の2つの委員会による調査が進行中である。

一部の医師はこの薬剤を処方しないと述べており、クリーブランドクリニックやマウントサイナイなどの医療機関はこの薬剤を投与しないと発表している。Biogen社は9月に、年間56,000ドルの売り上げが見込まれたこの薬剤について、予想よりも売り上げが伸びていないと投資家たちに説明した。同社は11月に、アデュカヌマブを服用し、既知の副作用である脳腫脹が発現した75歳の女性の死亡について調査中であると発表した。

この薬剤の支持者でさえ、販売に至るこのような混乱した状況が現場に悪影響をもたらすと述べている。同薬の承認を支持したアルツハイマー病協会(Alzheimer's Association)の最高科学責任者であるMaria Carrilloは、先月行われた会議で、「これらの出来事すべてが、この破壊的で致命的な病気に直面している人びとや家族に混乱と恐怖をもたらしている」と述べた。

攻撃的にされる科学者たち Scientists under fire

Cathleen O'Grady

科学者らはその研究に対して長年にわたって攻撃を受けてきた。しかし本年、COVID-19パンデミックをめぐる政治的な対立が、一般市民の間に科学者に対するかつてない敵意を引き起こし、オンラインやオフラインでの脅し、抗議、さらには殺害の脅迫などがみられた。

公衆衛生に従事する科学者らは、最もひどいハラスメントを受けた。例えば、米国国立アレルギー・感染症研究所(NIAID)の所長であるAnthony Fauciには、すでに2020年4月の時点で常勤の警護特務部隊が必要になっていた。イングランドの主任医務官であるChris Whittyは、政府が警護対策を講じる前には、公の場でハラスメントを受け、自宅の前でも定期的にデモ活動を起こされていた。世界中の医療従事者や保健当局者からは、身体への攻撃やオンライン上での攻撃を受けたとの報告があがっており、その結果、多くの人が職務を退いた。

効果が実証されていないCOVID-19の治療法を批判した研究者らも嫌がらせにあった。ブラジルのマナウスで大規模試験

を主導した臨床研究者Marcus Lacerdaは、高用量クロロキンに効果を認めなかったことで殺害の脅迫を受けた。科学的研究の公正性に関するコンサルタントであるElisabeth Bikは、フランスの微生物学者Didier Raoultによるヒドロキシクロロキンの研究について倫理的および方法論的問題に懸念があると指摘したことで、オンライン上で脅迫を受け、さらに法的制裁を受けると脅された。

こういった脅迫は科学者らを萎縮させる結果となった。今回のパンデミックに関してメディアで発言した321人の研究者を対象に行ったNature誌の調査では、半数以上が自身の信用性に対して攻撃され、15%が殺害の脅迫を受けていたことが判明した。多くの研究者は、このような体験から今後公に発言する意欲が失せたと述べている。

訂正、12月16日午後2時：最初の原文記事ではブラジルの研究で使用された薬剤に誤りがあった。

Japanese Scientists in *Science* 2021

サイエンス誌に載った日本人研究者

サイエンス誌に載った日本人研究者 2021 に寄せて	3	
<i>2021 Breakthrough of the Year</i>	4	
1月15日号 Report	中性子過剰な低密度核物質における アルファ・クラスターの形成..... 18	
	Formation of α clusters in dilute neutron-rich matter	
	理化学研究所 仁科加速器科学研究センター 特別研究員 田中 純貴	
	大阪大学 核物理研究センター 特別研究員 楊 再宏	
	理化学研究所 仁科加速器科学研究センター 室長 上坂 友洋	
	京都大学大学院 理学研究科 准教授 銭廣 十三	
1月21日号 Research Article	Gタンパク質共役型受容体による G _{αi} とβアレスチンの非典型的な足場機能..... 19	
	Noncanonical scaffolding of G _{αi} and β-arrestin by G protein-coupled receptors	
	東北大学大学院 薬学研究科 准教授 井上 飛鳥	
2月19日号 Report	ミトコンドリアにおける膜に連結したタンパク質合成メカニズム	20
	Mechanism of membrane-tethered mitochondrial protein synthesis	
	ストックホルム大学 Department of Biochemistry and Biophysics, Researcher	
	(現 東京大学大学院 理学系研究科 生物科学専攻 准教授) 伊藤 弓弦	
3月12日号 Review	日本海溝の巨大地震・津波	21
	Investigating a tsunamigenic megathrust earthquake in the Japan Trench	
	海洋研究開発機構 海域地震火山部門 部門長 小平 秀一	
	海洋研究開発機構 海域地震火山部門 グループリーダー 飯沼 卓史	
	海洋研究開発機構 海域地震火山部門 グループリーダー代理 今井 健太郎	
3月18日号 Report	超伝導体におけるゲート制御2次元BCS-BECクロスオーバー	22
	Gate-controlled BCS-BEC crossover in a two-dimensional superconductor	
	東京大学大学院 工学系研究科 博士課程(研究当時) 中川 裕治	
	東京大学大学院 工学系研究科 量子相エレクトロニクス研究センター・物理工学専攻 教授	
	理化学研究所 創発物性科学研究センター チームリーダー 岩佐 義宏	

<div style="background-color: #002060; color: white; padding: 2px; text-align: center; font-weight: bold;">4月2日号</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; text-align: center; font-weight: bold;">Report</div>	<p>面内分極と自発的光起電力効果を生み出す ファンデルワールス界面 23</p> <p>A van der Waals interface that creates in-plane polarization and a spontaneous photovoltaic effect</p> <p>東京大学大学院 工学系研究科 修士課程(研究当時) 赤松 孝俊 東京大学大学院 工学系研究科 助教 井手上 敏也 東京大学大学院 工学系研究科 博士課程 董 禹 東京大学大学院 工学系研究科 量子相エレクトロニクス研究センター・物理工学専攻 教授 理化学研究所 創発物性科学研究センター チームリーダー 岩佐 義宏</p>
<div style="background-color: #002060; color: white; padding: 2px; text-align: center; font-weight: bold;">4月9日号</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; text-align: center; font-weight: bold;">Report</div>	<p>ゼブラフィッシュにおける 心筋再生の核心的転写制御因子 Klf1 24</p> <p>Krüppel-like factor 1 is a core cardiomyogenic trigger in zebrafish</p> <p>国立循環器病研究センター研究所 再生医療部 部長 菊地 和</p>
<div style="background-color: #002060; color: white; padding: 2px; text-align: center; font-weight: bold;">COLUMN</div>	<p>近未来の危機：心不全パンデミック 25</p> <p>国立循環器病研究センター研究所 再生医療部 部長 菊地 和</p>
<div style="background-color: #002060; color: white; padding: 2px; text-align: center; font-weight: bold;">4月9日号</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; text-align: center; font-weight: bold;">Report</div>	<p>かにパルサーからの巨大電波パルスに同期したX線の増光 26</p> <p>Enhanced x-ray emission coinciding with giant radio pulses from the Crab Pulsar</p> <p>理化学研究所 開拓研究本部 理研白眉研究チームリーダー 榎戸 輝揚 東京大学 名誉教授 寺澤 敏夫 広島大学大学院 先進理工系科学研究科 助教 木坂 将大</p>
<div style="background-color: #002060; color: white; padding: 2px; text-align: center; font-weight: bold;">4月16日号</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; text-align: center; font-weight: bold;">Review</div>	<p>量子計算ハードウェアに向けた材料科学の挑戦と好機 27</p> <p>Materials challenges and opportunities for quantum computing hardware</p> <p>慶應義塾大学 塾長 伊藤 公平</p>
<div style="background-color: #002060; color: white; padding: 2px; text-align: center; font-weight: bold;">4月16日号</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; text-align: center; font-weight: bold;">Research Article</div>	<p>PCDH19関連症候群のモデルマウスにおける メス特異的なシナプス機能異常と認知障害 28</p> <p>Female-specific synaptic dysfunction and cognitive impairment in a mouse model of <i>PCDH19</i> disorder</p> <p>ハーバード大学 ボストン小児病院 リサーチフェロー 星名 直祐 ハーバード大学医学部 ボストン小児病院 教授 梅森 久視</p>
<div style="background-color: #002060; color: white; padding: 2px; text-align: center; font-weight: bold;">4月30日号</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; text-align: center; font-weight: bold;">Report</div>	<p>マルチフェロイックらせん磁性体における 自然光学活性の電場制御 29</p> <p>Electric field control of natural optical activity in a multiferroic helimagnet</p> <p>東京大学大学院 工学系研究科 准教授 高橋 陽太郎 東京大学大学院 工学系研究科 博士課程(現 キオクシア) 増田 亮二</p>

<div style="background-color: #003366; color: white; padding: 2px; text-align: center; font-weight: bold;">5月20日号</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; text-align: center; font-weight: bold;">Report</div>	<p>120億年以上前の激しい星形成が行われている 円盤銀河に渦巻き構造 30</p> <p>Spiral morphology in an intensely star-forming disk galaxy more than 12 billion years ago</p> <p>自然科学研究機構国立天文台 教授 / 総合研究大学院大学 併任教授 井口 聖</p> <p>総合研究大学院大学 物理科学研究科 天文科学専攻 大学院生 自然科学研究機構国立天文台 ジュニアフェロー 津久井 崇史</p>
<div style="background-color: #003366; color: white; padding: 2px; text-align: center; font-weight: bold;">COLUMN</div>	<p>巨大化する望遠鏡、そして国際協力 31</p> <p>自然科学研究機構国立天文台 教授 総合研究大学院大学 併任教授 井口 聖</p>
<div style="background-color: #003366; color: white; padding: 2px; text-align: center; font-weight: bold;">5月27日号</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; text-align: center; font-weight: bold;">Report</div>	<p>積層制御した二層窒化ホウ素における強誘電性 32</p> <p>Stacking-engineered ferroelectricity in bilayer boron nitride</p> <p>Postdoctoral Associate, Department of Physics, Massachusetts Institute of Technology 安田 憲司</p> <p>Cecil and Ida Green Professor, Department of Physics, Massachusetts Institute of Technology Pablo Jarillo-Herrero</p>
<div style="background-color: #003366; color: white; padding: 2px; text-align: center; font-weight: bold;">6月4日号</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; text-align: center; font-weight: bold;">Report</div>	<p>引っ張ると頑丈になる自己補強ゲル 33</p> <p>Tough hydrogels with rapid self-reinforcement</p> <p>東京大学 物性研究所 附属中性子科学研究施設 准教授 眞弓 皓一</p> <p>東京大学大学院 新領域創成科学研究科 物質系専攻 教授 伊藤 耕三</p>
<div style="background-color: #003366; color: white; padding: 2px; text-align: center; font-weight: bold;">6月11日号</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; text-align: center; font-weight: bold;">Report</div>	<p>細菌タンパクを用いたウイルス様構造とパッケージング機構の進化 34</p> <p>Evolution of a virus-like architecture and packaging mechanism in a repurposed bacterial protein</p> <p>東京大学大学院 理学系研究科 化学専攻 特任助教 寺坂 尚紘</p> <p>Professor, Laboratory of Organic Chemistry, ETH Zurich Donald Hilvert</p>
<div style="background-color: #003366; color: white; padding: 2px; text-align: center; font-weight: bold;">7月2日号</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; text-align: center; font-weight: bold;">Report</div>	<p>マイクロ電子ボルト分解能をもつ単分子レーザーナノ分光法 35</p> <p>Single-molecule laser nanospectroscopy with micro-electron volt energy resolution</p> <p>理化学研究所 開拓研究本部 上級研究員 今田 裕</p> <p>理化学研究所 開拓研究本部 特別研究員 今井 みやび</p> <p>理化学研究所 開拓研究本部 主任研究員 金 有洙</p>
<div style="background-color: #003366; color: white; padding: 2px; text-align: center; font-weight: bold;">7月9日号</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; text-align: center; font-weight: bold;">Report</div>	<p>祖先の甘味感覚獲得がもたらした鳴禽類の繁栄 36</p> <p>Early origin of sweet perception in the songbird radiation</p> <p>明治大学 農学部 特任講師 戸田 安香</p> <p>明治大学 農学部 助教 中北 智哉</p> <p>北海道大学大学院 地球環境科学研究院 助教 早川 卓志</p> <p>明治大学 農学部 准教授 石丸 喜朗</p> <p>東京大学大学院 農学生命科学研究科 准教授 三坂 巧</p> <p>岐阜大学 応用生物科学部 教授 松村 秀一</p>

<div style="background-color: #1a3d4d; color: white; padding: 2px 5px; font-weight: bold;">7月16日号</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px 5px; font-weight: bold;">Report</div>	<p>カチオン交換反応における イオン性ナノ結晶の結晶構造変化の決定因子 37</p> <p>Determinants of crystal structure transformation of ionic nanocrystals in cation exchange reactions</p> <p>京都大学 化学研究所 特定助教 猿山 雅亮 京都大学大学院 理学研究科 学振特別研究員 李 展召 京都大学 化学研究所 教授 寺西 利治</p>
<div style="background-color: #1a3d4d; color: white; padding: 2px 5px; font-weight: bold;">7月23日号</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px 5px; font-weight: bold;">Report</div>	<p>単層半導体の非発光ロスをあらゆるエキシトン密度で低減 38</p> <p>Inhibited nonradiative decay at all exciton densities in monolayer semiconductors</p> <p>Postdoctoral Fellow, Electrical Engineering and Computer Sciences, University of California at Berkeley 東垂水 直樹 Postdoctoral Fellow, Electrical Engineering and Computer Sciences, University of California at Berkeley (現 Postdoctoral Fellow, Department of Chemistry, Stanford University) Hyungjin Kim Graduate Research Assistant, Electrical Engineering and Computer Sciences, University of California at Berkeley Shiekh Zia Uddin Professor, Electrical Engineering and Computer Sciences, University of California at Berkeley Ali Javey</p>
<div style="background-color: #1a3d4d; color: white; padding: 2px 5px; font-weight: bold;">7月30日号</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px 5px; font-weight: bold;">Research Article</div>	<p>TSLPは皮脂分泌の亢進により脂肪組織を減少させる 39</p> <p>Thymic stromal lymphopoietin induces adipose loss through sebum hypersecretion</p> <p>Associate Professor, Department of Pathology and Laboratory Medicine, Perelman School of Medicine at the University of Pennsylvania 上林 拓</p>
<div style="background-color: #1a3d4d; color: white; padding: 2px 5px; font-weight: bold;">7月30日号</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px 5px; font-weight: bold;">Research Article</div>	<p>水平伝播した寄生蜂致死因子が宿主昆虫を寄生蜂から防御する 40</p> <p>Horizontally transmitted parasitoid killing factor shapes insect defense to parasitoids</p> <p>東京農工大学 教授 仲井 まどか 森林総合研究所 主任研究員 高務 淳</p>
<div style="background-color: #1a3d4d; color: white; padding: 2px 5px; font-weight: bold;">7月30日号</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px 5px; font-weight: bold;">Report</div>	<p>キタエフ物質候補α-RuCl₃における半整数量子異常熱ホール効果 41</p> <p>Half-integer quantized anomalous thermal Hall effect in the Kitaev material candidate α-RuCl₃</p> <p>京都大学大学院 理学研究科 教授 松田 祐司 京都大学大学院 理学研究科 准教授 笠原 裕一</p>
<div style="background-color: #1a3d4d; color: white; padding: 2px 5px; font-weight: bold;">8月13日号</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px 5px; font-weight: bold;">Report</div>	<p>ヒトの一生を通してみた1日あたりのエネルギー消費量 42</p> <p>Daily energy expenditure through the human life course</p> <p>国立研究開発法人 医薬基盤・健康・栄養研究所 身体活動研究部 特別研究員 京都先端科学大学 アクティブヘルス支援機構 客員研究員 山田 陽介 筑波大学 体育系 助教 下山 寛之 国立研究開発法人 医薬基盤・健康・栄養研究所 身体活動研究部 研究員 吉田 司 京都先端科学大学 健康医療学部 教授 (現 同志社女子大学 看護学部 特任教授) 木村 みさか</p>

<div style="background-color: #1a3d4d; color: white; padding: 2px; text-align: center; font-weight: bold;">9月1日号</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; text-align: center; font-weight: bold;">Report</div>	<p>メタン生成代謝に含まれる電子分岐酵素および 二酸化炭素固定酵素からなる3メガダルトン複合体 43</p> <p>Three-megadalton complex of methanogenic electron-bifurcating and CO₂-fixing enzymes</p> <p>Postdoctoral Fellow, Max Planck Institute for Terrestrial Microbiology (現 北海道大学 低温科学研究所 助教) 渡邊友浩</p> <p>Research Group Leader, Max Planck Institute for Terrestrial Microbiology 嶋盛吾</p> <p>PhD student, Max Planck Institute of Biophysics Olivia Pfeil-Gardiner</p> <p>Research Group Leader, Max Planck Institute of Biophysics Bonnie J. Murphy</p>
<div style="background-color: #1a3d4d; color: white; padding: 2px; text-align: center; font-weight: bold;">9月1日号</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; text-align: center; font-weight: bold;">Report</div>	<p>鉄系超伝導体における メズスコピックネマチック波の発見 44</p> <p>Discovery of mesoscopic nematicity wave in iron-based superconductors</p> <p>理化学研究所 研究員 下志万 貴博</p> <p>東京大学 特別教授 辛 埴</p>
<div style="background-color: #1a3d4d; color: white; padding: 2px; text-align: center; font-weight: bold;">9月9日号</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; text-align: center; font-weight: bold;">Report</div>	<p>ペンデル干渉を用いた中性子電荷半径、 結晶格子ダイナミクスの精密測定と、未知相互作用の探索 45</p> <p>Pendellösung interferometry probes the neutron charge radius, lattice dynamics, and fifth forces</p> <p>名古屋大学 理学研究科 博士後期課程</p> <p>理化学研究所 光量子工学研究センター JRA 藤家 拓大</p> <p>理化学研究所 光量子工学研究センター 研究員 細島 拓也</p> <p>名古屋大学 素粒子宇宙起源研究所 准教授</p> <p>名古屋大学 理学研究科 准教授 北口 雅暁</p> <p>名古屋大学 理学研究科 教授 清水 裕彦</p> <p>理化学研究所 光量子工学研究センター テクニカルスタッフ 竹田 真宏</p> <p>理化学研究所 光量子工学研究センター チームリーダー 山形 豊</p>
<div style="background-color: #1a3d4d; color: white; padding: 2px; text-align: center; font-weight: bold;">9月23日号</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; text-align: center; font-weight: bold;">Review</div>	<p>がんエコシステムにおける ゲノムおよびエピゲノムの進化 46</p> <p>Mapping genomic and epigenomic evolution in cancer ecosystems</p> <p>国立がん研究センター研究所 エピゲノム解析分野 分野長 牛島 俊和</p> <p>Head and Professor, Epigenetics Research Laboratory, Garvan Institute of Medical Research Susan J. Clark</p> <p>Professor, Duke-NUS Medical School Singapore Patrick Tan</p>
<div style="background-color: #1a3d4d; color: white; padding: 2px; text-align: center; font-weight: bold;">10月14日号</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; text-align: center; font-weight: bold;">Research Article</div>	<p>器用な運動の遂行における 触覚のフィードバックの調節 47</p> <p>Modulation of tactile feedback for the execution of dexterous movement</p> <p>Postdoctoral Fellow, Molecular Neurobiology Laboratory, Salk Institute for Biological Studies(研究当時) 五十嵐 正和</p>

<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: fit-content;">10月14日号</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: fit-content; margin-top: 2px;">Report</div>	<p>黒潮とメキシコ湾流は同期している 48</p> <p>The Gulf Stream and Kuroshio Current are synchronized</p> <p>お茶の水女子大学 基幹研究院自然科学系 助教 神山 翼</p> <p>東京大学 大気海洋研究所 特任研究員</p> <p>(現 海洋研究開発機構 環境変動予測研究センター ポストドクトラル研究員) 山上 遥航</p> <p>東京大学大学院 理学系研究科 准教授 三浦 裕亮</p> <p>海洋研究開発機構 アプリケーションラボ ポストドクトラル研究員 木戸 晶一郎</p> <p>海洋研究開発機構 環境変動予測研究センター 主任研究員 建部 洋晶</p> <p>東京大学 大気海洋研究所 教授 渡部 雅浩</p>
<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: fit-content;">10月14日号</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: fit-content; margin-top: 2px;">Report</div>	<p>機械的な力に応じた生体電気シグナル伝達は 心臓弁となる細胞の運命を制御する 49</p> <p>Bioelectric signaling and the control of cardiac cell identity in response to mechanical forces</p> <p>USIAS Fellow, Institut de Génétique et de Biologie Moléculaire et Cellulaire (IGBMC)</p> <p>(現 国立循環器病研究センター研究所 室長) 福井 一</p>
<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: fit-content;">11月11日号</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: fit-content; margin-top: 2px;">Research Article</div>	<p>脳内各所での段階的なシナプス可塑性が 記憶固定化の初期に必要な 50</p> <p>Stepwise synaptic plasticity events drive the early phase of memory consolidation</p> <p>京都大学大学院 医学研究科 システム神経薬理 助教 後藤 明弘</p> <p>京都大学大学院 医学研究科 システム神経薬理 教授 林 康紀</p>
<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: fit-content;">11月19日号</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: fit-content; margin-top: 2px;">Research Article</div>	<p>カニクイザルの発生における X染色体遺伝子量補正プログラム 51</p> <p>The X chromosome dosage compensation program during the development of cynomolgus monkeys</p> <p>京都大学 高等研究院 ヒト生物学高等研究拠点 特定講師 岡本 郁弘</p> <p>京都大学 高等研究院 ヒト生物学高等研究拠点 拠点長</p> <p>京都大学大学院 医学研究科 生体構造医学講座 機能微細形態学 教授</p> <p>京都大学 iPS細胞研究所 連携主任研究者 齋藤 通紀</p>
<p><i>Science</i> 投稿について 52</p>	

中性子過剰な低密度核物質における アルファ・クラスターの形成

Formation of α clusters in dilute neutron-rich matter



左から田中 純貴、楊 再宏、上坂 友洋、銭廣 十三

田中 純貴 *Junki Tanaka*

理化学研究所 仁科加速器科学研究センター 特別研究員

楊 再宏 *Zaihong Yang*

大阪大学 核物理研究センター 特別研究員

上坂 友洋 *Tomohiro Uesaka*

理化学研究所 仁科加速器科学研究センター 室長

銭廣 十三 *Juzo Zenihiro*

京都大学大学院 理学研究科 准教授

Junki Tanaka^{1,2,3} Zaihong Yang^{3,4} Stefan Typel^{1,2} Satoshi Adachi⁴ Shiwei Bai⁵ Patrik van Beek¹ Didier Beaumel⁵ Yuki Fujikawa⁷ Jiaying Han⁵ Sebastian Heil¹ Siwei Huang⁵ Azusa Inoue⁴ Ying Jiang⁵ Marco Knösel¹ Nobuyuki Kobayashi⁴ Yuki Kubota³ Wei Liu⁵ Jianling Lou⁵ Yukie Maeda⁶ Yohei Matsuda⁹ Kenjiro Miki¹⁰ Shoken Nakamura⁴ Kazuyuki Ogata^{4,11} Valerii Panin³ Heiko Scheit¹ Fabia Schindler¹ Philipp Schrock¹² Dmytro Symochko¹ Atsushi Tamii⁴ Tomohiro Uesaka³ Vadim Wagner¹ Kazuki Yoshida¹³ Juzo Zenihiro^{3,7} Thomas Aumann^{1,2,14}

¹ Technische Universität Darmstadt, Fachbereich Physik, Institut für Kernphysik

² GSI Helmholtz Center for Heavy Ion Research GmbH

³ RIKEN Nishina Center for Accelerator-Based Science

⁴ Research Center for Nuclear Physics, Osaka University

⁵ State Key Laboratory of Nuclear Physics and Technology, School of Physics, Peking University

⁶ Université Paris-Saclay, CNRS/IN2P3, IJCLab

⁷ Department of Physics, Kyoto University

⁸ Faculty of Engineering, University of Miyazaki

⁹ Cyclotron and Radioisotope Center, Tohoku University

¹⁰ Department of Physics, Tohoku University

¹¹ Department of Physics, Osaka City University

¹² Center for Nuclear Study, The University of Tokyo

¹³ Advanced Science Research Center, Japan Atomic Energy Agency

¹⁴ Helmholtz Research Academy Hesse for FAIR

全著者リスト: <https://www.science.org/doi/10.1126/science.abe4688>

Contact

田中 純貴 E-mail: junki.tanaka@riken.jp

URL: https://www.riken.jp/research/labs/rnc/spin_isospin/index.html

錫原子核の表面で アルファ・クラスターを発見

「重い原子核にアルファ・クラスターがあるのか」という問いは原子核物理の黎明期から現在まで多くの研究者を悩ませてきた。従来の原子核モデルでは受け入れ難いが、科学の教科書にはアルファ崩壊の説明に原子核内部にあらかじめ存在するアルファ粒子「プレフォームド・アルファ粒子」が紹介され、その存在が当然のように扱われてきた。われわれは、このような重い原子核基底状態のアルファ・クラスターを半ば疑いながらも、アルファ・ノックアウト反応と世界最高性能の双腕スペクトロメータを駆使して、その検出に挑んだ。その結果、錫同位体からアルファ・クラスターを叩き出すことに成功し、その同位体依存性が理論予想と見事に一致することを見出した。この研究成果は、アルファ崩壊の謎を解く鍵である原子核内のアルファ・クラスター形成に大きなヒントを与え、アルファ崩壊の完全理解につながると期待している。また従来の重い原子核の描像に変更を提案するものであり、中性子スキン厚を介して中性子星の質量や大きさを決定する重要なパラメータの抽出に影響するため、中性子星構造の研究にも影響を与える。

Figure and Note

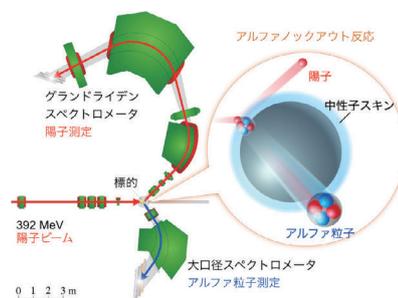


図1: グランドライデン・スペクトロメータと大口径スペクトロメータを用いたアルファ・ノックアウト反応測定。アルファ・クラスターが原子核の表面に存在することを証明するために用いた実験のセットアップである。左側から陽子ビームを入射し、標的に入射する。吹き出しのように核表面にあるアルファ・クラスターを陽子が叩き出し、叩き出されたアルファ粒子と散乱した陽子のエネルギーを双腕スペクトロメータで分析し、アルファ・ノックアウト反応が起こったことを突き止める。

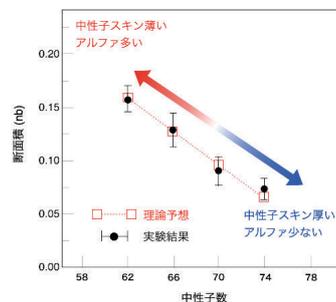


図2: ノックアウト反応断面積の錫同位体の中性子数依存性。実験結果を示すものであり、中性子数が多くなるにつれて核表面のアルファ・クラスター数が減少し、アルファ・ノックアウト反応が起こる確率が小さくなることが分かった。この結果は、アルファ・クラスター形成を考慮した新しい原子核モデルとよく一致するため、中性子スキン(膜)の厚さとアルファ・クラスターの形成数の間に密接な相関があることが明らかになった。



大型加速器を駆使して核力が支配する原子核物質の世界へ!

加速器と呼ばれる実験施設を使うことで、分子や原子よりもっと小さな原子核の世界を見ることが出来ます。現在日本には、理化学研究所・仁科加速器科学研究センターのR1ビームファクトリーなど原子核分野で世界を牽引する多くの加速器が存在しており、世界中の研究仲間とともに最先端の研究を行うことができます。左の写真はこの論文の成果を出した大阪大学核物理研究センター(RCNP)の実験装置の前で撮った集合写真です。

Gタンパク質共役型受容体による G_{αi}とβアレスチンの非典型的な足場機能

Noncanonical scaffolding of G_{αi} and β-arrestin by G protein-coupled receptors



井上 飛鳥 Asuka Inoue
東北大学大学院 薬学研究科 准教授

Jeffrey S. Smith^{1,2} Thomas F. Pack^{3,4} Asuka Inoue⁵ Claudia Lee² Kevin Zheng² Issac Choi² Dylan S. Eiger²
Anmol Warman² Xinyu Xiong² Zhiyuan Ma² Gayathri Viswanathan² Ian M. Levitan³ Lauren K. Rochelle^{3,6}
Dean P. Staus² Joshua C. Snyder^{3,6} Alem W. Kahsai² Marc G. Caron^{1,3,7} Sudarshan Rajagopal^{1,2}

¹ Department of Medicine, Duke University Medical Center

² Department of Biochemistry, Duke University Medical Center

³ Department of Cell Biology, Duke University Medical Center

⁴ Department of Pharmacology and Cancer Biology, Duke University Medical Center

⁵ Department of Pharmaceutical Sciences, Tohoku University

⁶ Department of Surgery, Duke University Medical Center

⁷ Department of Neurobiology, Duke University Medical Center

全著者リスト: <https://www.science.org/doi/10.1126/science.aay1833>

Contact

E-mail: iaska@tohoku.ac.jp

所在地: 980-8578 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉 6-3

URL: <http://www.pharm.tohoku.ac.jp/~seika/2020/index.html>

GPCRの新たなシグナル因子複合体

Gタンパク質共役型受容体(GPCR)は細胞膜に存在する情報伝達センサーであり、細胞外からのリガンドを受け取ると、三量体Gタンパク質やβアレスチンを介して細胞内へシグナル伝達を誘導する。三量体Gタンパク質を構成するサブユニットのうち、G_{αi}には多数のサブタイプが存在し、これらはGPCRと選択的に結合して特定のシグナル伝達を担う。一方、βアレスチンは三量体Gタンパク質と競合してGPCRと結合すると考えられていた。

本研究において、スプリットルシフェラーゼと生物発光共鳴エネルギー移動(BRET)を組み合わせることで3種類のタンパク質の近接を検出する手法を開発し、G_{αi}の1種であるG_{αi1}がリガンド刺激依存的にGPCRおよびβアレスチンと複合体を形成することを見出した(図1、2)。さらに、この複合体はMAPキナーゼのERKを呼び寄せること、G_{αi}シグナル伝達活性の弱いGPCRにおいても生じることがわかった。アンジオテンシン受容体に対するβアレスチンバイアスリガンドを処置すると、G_{αi}やβアレスチンを介した細胞遊走が促進された。今後は、バイアスリガンド開発によるGPCR-G_{αi}-βアレスチンの複合体の自在な調節が期待される。

Figure and Note

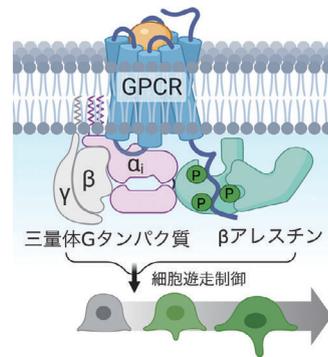


図1: GPCR-G_{αi}-βアレスチンのシグナル複合体形成とその機能

今回の研究で見出したシグナル複合体形成の結合モデル図。G_{αi}とβアレスチンの相互制御により、適切な細胞遊走が可能となる。

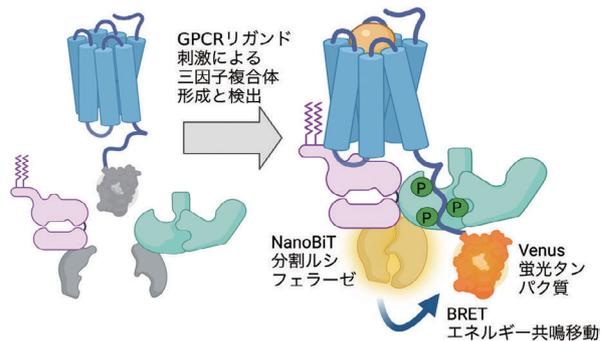


図2: 開発した三者複合体の検出手法

分割ルシフェラーゼ由来の2つの断片と蛍光タンパク質をそれぞれのタンパク質に融合し、培養細胞に発現させる。GPCRリガンド刺激により形成されるシグナル複合体をBRETシグナルとして検出できる。

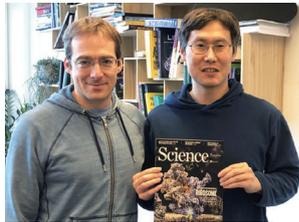


GPCRシグナル読解から創薬へ

GPCRは様々なシグナル伝達因子を介して細胞応答を制御します。GPCRごと・リガンドごとにシグナルパターンが異なりますが、選択性が生じる機構の理解は不十分です。私たちは細胞レベルでのシグナル伝達解析技術の強みを活かしつつ、構造計算、精製タンパク質、遺伝子改変動物など幅広い階層の研究手法を駆使して、GPCRシグナルの多様性を解読し、その原理を探究しています。この知見は、薬効に関わるシグナル伝達のみを誘導する「バイアス型作用薬」として、副作用リスクの少ない薬剤の開発に貢献します。

ミトコンドリアにおける 膜に連結したタンパク質合成メカニズム

Mechanism of membrane-tethered mitochondrial protein synthesis



左から Alexey Amunts、伊藤 弓弦

伊藤 弓弦 *Yuzuru Itoh*

ストックホルム大学 Department of Biochemistry and Biophysics, Researcher
(現 東京大学大学院 理学系研究科 生物科学専攻 准教授)

Yuzuru Itoh^{1,2} Juni Andréll^{1,2} Austin Choi³ Uwe Richter^{4,5,6} Priyanka Maiti³ Robert B. Best⁷
Antoni Barrientos³ Brendan J. Battersby⁴ Alexey Amunts^{1,2}

¹ Science for Life Laboratory, Department of Biochemistry and Biophysics, Stockholm University

² Department of Medical Biochemistry and Biophysics, Karolinska Institutet

³ Department of Neurology, University of Miami Miller School of Medicine

⁴ Institute of Biotechnology, University of Helsinki

⁵ Faculty of Biological and Environmental Sciences, University of Helsinki

⁶ Wellcome Centre for Mitochondrial Research, Biosciences Institute, Newcastle University

⁷ Laboratory of Chemical Physics, National Institute of Diabetes and Digestive and Kidney Diseases, National Institutes of Health

全著者リスト: <https://www.science.org/doi/10.1126/science.abe0763>

Contact

伊藤 弓弦 E-mail: yuzuru.itoh@bs.s.u-tokyo.ac.jp
所在地: 113-0033 東京都文京区本郷 7-3-1
URL: <http://www.nurekilab.net/index.php/ja?Member>

ミトコンドリアのタンパク質合成と 膜への組み込み機構を解析

動物、植物などの細胞にはミトコンドリアという小器官が存在し、エネルギー通貨の合成など重要な機能を担っている。ミトコンドリアの起源は太古に共生した細菌であるとされ、独自のDNAやリボソームを持っている。細菌は数千個のタンパク質遺伝子をそのDNAに持つが、ミトコンドリアでは進化の過程で遺伝子が細胞核のDNAに移行しており、ミトコンドリアDNAに遺伝子が残っているタンパク質はヒトの場合13個しかない。そのすべてがミトコンドリア内膜に存在し、他のミトコンドリア構成タンパク質は外から運ばれてくる。タンパク質合成工場であるリボソームは、ヒトミトコンドリアでは13個のみ扱うため極めて特化しているが、機能メカニズムは不明な点が多い。今回、低温電子顕微鏡(cryo-EM)を用いて、機能中のリボソームの立体構造を観察した。合成中のタンパク質のペプチド鎖がリボソーム内のトンネルを通る過程で出口付近の構造が大きく変化し、この変化がトンネルの出口を内膜に接触させることが明らかになった。また出口にはOXA1Lという膜組み込みタンパク質が独特な方法でリボソームに結合しており、一連の膜組み込み機構の一端が解明された。

Figure and Note

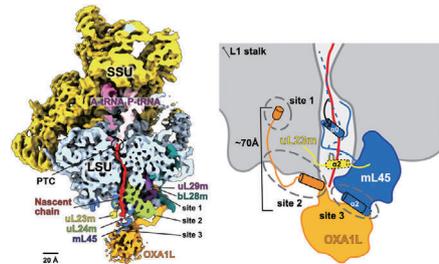


図1: 機能中リボソームの全容と模式図

(左) cryo-EM マップの断面。PTCを起点に伸長する新生ペプチド鎖(赤)がトンネル内にあり、出口でOXA1L(橙)に達する。(右) 模式図。OXA1Lの末端が伸び、出口から離れた場所に結合している。

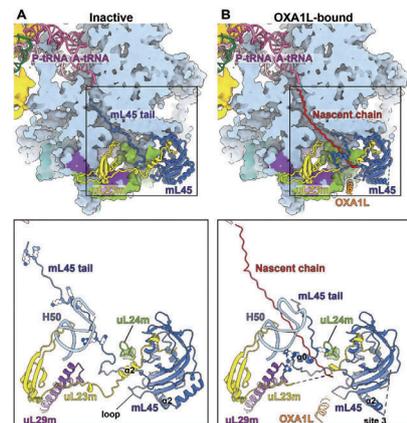


図2: 機能状態に伴う構造変化

表面モデルの断面。待機状態(A)ではリボソームタンパク質mL45の末端が伸びてトンネルに収まっているが、機能状態(B)ではmL45が大きく構造変化してトンネルが開き、内膜に接し、OXA1Lを結合する。



百聞は一見に如かず

例えばどんなに観察対象が小さく複雑でも、その姿を見てみたいものです。「構造生物学」はX線結晶解析からクライオ電顕、構造予測の発展と激動の最中にあり、細胞の内外を大小の分子が動き回る姿を鮮明に捉えられる日は少しずつですが確実に近づいています。そしてアカデミアが民間かを問わず、長い研究者人生では好奇心を失わず楽しく研究することが大切です。本稿をご覧になり少しでも構造に興味を持っていただければ幸いです。この壮大な目標に向かって、切磋琢磨していきましょう。

日本海溝の巨大地震・津波

Investigating a tsunamigenic megathrust earthquake in the Japan Trench



左から小平 秀一、飯沼 卓史、今井 健太郎

小平 秀一 *Shuichi Kodaira*

海洋研究開発機構 海域地震火山部門 部門長

飯沼 卓史 *Takeshi Inuma*

海洋研究開発機構 海域地震火山部門 グループリーダー

今井 健太郎 *Kentaro Imai*

海洋研究開発機構 海域地震火山部門 グループリーダー代理

Shuichi Kodaira Takeshi Inuma Kentaro Imai

Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology (JAMSTEC)

全著者リスト: <https://www.science.org/doi/10.1126/science.abe1169>

Contact

小平 秀一 **E-mail**: kodaira@jamstec.go.jp
所在地: 236-0001 神奈川県横浜市金沢区昭和町 3173-25
URL: <http://www.jamstec.go.jp/rimg/j/>

飯沼 卓史 **E-mail**: iinuma@jamstec.go.jp
所在地: 236-0001 神奈川県横浜市金沢区昭和町 3173-25
URL: <http://www.jamstec.go.jp/rimg/j/>

今井 健太郎 **E-mail**: imaik@jamstec.go.jp
所在地: 236-0001 神奈川県横浜市金沢区昭和町 3173-25
URL: <http://www.jamstec.go.jp/rimg/j/>

海域観測から見てきた 2011年東北沖地震の実態

太平洋プレートの沈み込みに伴う地震と津波が繰り返し発生している日本海溝で東北地方太平洋沖地震が発生してから10年が経過した。本総説では、この10年間で明らかにされてきた、この巨大地震の実態を海域観測による研究成果を中心に報告した。この巨大地震による地震動、地殻変動、津波は世界でも高密度に展開された地震・測地・津波観測網によって克明に記録され、特に、海底観測は巨大地震の実態を明らかにするための決定的なデータを示した。海底地殻変動や海底地形調査からは、地震時の断層運動はプレート境界断層のごく浅部まで到達し海底に50mを超える大きな変位を及ぼしたこと、さらに、この巨大断層運動は宮城沖から三陸沖に集中していたことが明らかになった。また、海底掘削と地下構造探査は巨大断層運動の原因となった地質学的要因を明らかにした。地震発生から10年が経過した今でも、東北地方内陸から日本海溝にかけてはプレート境界断層上の余効すべりとマンツルの粘弾性緩和の相互作用による活発な地殻変動が継続している。近い将来、日本海溝の浅い部分で超巨大地震が発生する確率は非常に低いと報告されている一方で、日本海溝の海側の海洋プレートでの大きな正断層地震の発生が懸念されている。

Figure and Note

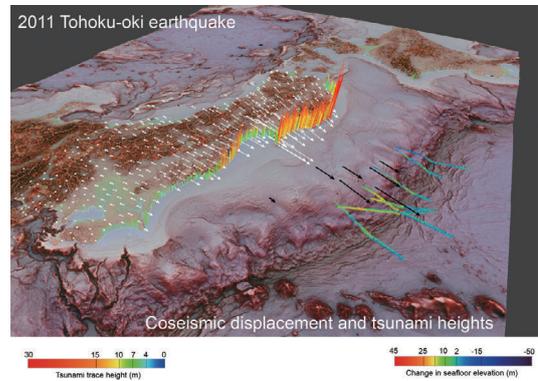


図: 2011年東北地方太平洋沖地震による地殻変動、海底地形変動および津波の高さ

東北日本-日本海溝域の地形図に地震時地殻変動(黒と白)、海底地形変動(カラー帯)、津波の高さ(カラー縦線)を重ねる。地殻変動は陸域(白)と海域(黒)のスケールの違い(陸域は海底の変位の5倍)に注意。



海洋研究開発機構海域地震火山部門

海洋研究開発機構(JAMSTEC)海域地震火山部門では、巨大地震や火山噴火が危惧されている南海トラフ、日本海溝、千島海溝、伊豆小笠原海溝など日本周辺海域や西太平洋域において、JAMSTECの所有する研究船や海上・海底・海底下観測機器などを用いた大規模観測を実施し、地震、火山活動の実態解明を進めています。さらに、新たな解析手法の開発による観測データの最大活用や、大規模数値シミュレーションにより地震、火山活動の推移予測・将来予測を目指しています。

超伝導体における ゲート制御2次元BCS-BECクロスオーバー

Gate-controlled BCS-BEC crossover in a two-dimensional superconductor



左から中川 裕治、岩佐 義宏

中川 裕治 *Yuji Nakagawa*
東京大学大学院 工学系研究科 博士課程 (研究当時)

岩佐 義宏 *Yoshihiro Iwasa*
東京大学大学院 工学系研究科 量子相エレクトロニクス研究センター・物理工学専攻 教授
理化学研究所 創発物性科学研究センター チームリーダー

Yuji Nakagawa^{1,2} Yuichi Kasahara³ Takuya Nomoto¹ Ryotaro Arita^{1,4} Tsutomu Nojima⁵
Yoshihiro Iwasa^{1,2,4}

¹ Department of Applied Physics, The University of Tokyo ⁴ RIKEN Center for Emergent Matter Science
² Quantum-Phase Electronics Center, The University of Tokyo ⁵ Institute for Materials Research, Tohoku University
³ Department of Physics, Kyoto University

全著者リスト: <https://www.science.org/doi/10.1126/science.abb9860>

Contact

中川 裕治 E-mail: nakagawa@15.alumni.u-tokyo.ac.jp
所在地: 113-8656 東京都文京区本郷7-3-1
U R L: <http://iwasa.t.u-tokyo.ac.jp/>

岩佐 義宏 E-mail: iwasa@ap.t.u-tokyo.ac.jp
所在地: 113-8656 東京都文京区本郷7-3-1
U R L: <http://iwasa.t.u-tokyo.ac.jp/>

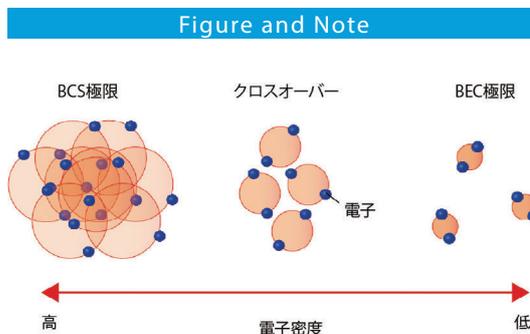


図1: 超伝導状態の移り変わりの模式図
電子数が減るにつれ、電子対が無数に重なり合った状態から、孤立した状態へと移り変わっていく。

電気化学デバイスで切り拓く超低電子密度の超伝導状態

電気抵抗がゼロになることで知られる超伝導は、物質中の電子が対を組むことで引き起こされる。通常の超伝導(BCS超伝導)は、電子が高密度に存在する物質で生じ、電子対が無数に重なり合った状態になる。電子の密度が小さくなるにつれ、電子対の重なりがなくなり、異なる機構の超伝導(BEC超伝導)が生じると考えられてきた。これら2種の超伝導の間の移り変わり(クロスオーバー)において、大きな超伝導揺らぎと高い超伝導転移温度などが期待されているが、このBCS-BECクロスオーバーを実現することは大変困難であった。本研究では、2次元的な超伝導を示すことで知られる層状物質ZrNClの電子数を、ゲート電圧により精密に制御するデバイスを作製し、超低電子密度での超伝導を実現するとともに、BCS-BECクロスオーバー領域に到達したことを実証した。BCS超伝導状態では、電子は対を作ると同時に超伝導になる。電子密度を小さくするにつれ、まず電子が対を形成しても超伝導にならない擬ギャップ状態が現れ、より温度を冷却して初めて抵抗がゼロの超伝導に転移することが明らかになった。今回の研究によって、超伝導状態を高電子密度から超低電子密度まで、統一的理解するための道筋が示された。

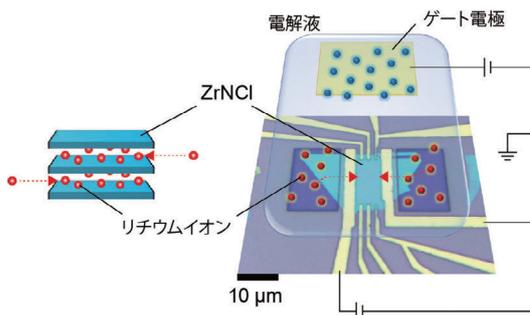


図2: ZrNClを用いたゲート制御デバイス
層状物質ZrNClに挿入するリチウムイオン数を電圧で制御し、電子密度を変化させることができる。



デバイスを用いて物質の新しい量子状態を実現する

ナノテク電子デバイスは言うまでもなく現代ICT社会を支える基盤ですが、これは今や、物質の量子状態を制御する非常に強力な手法となっています。東京大学の量子相エレクトロニクス研究センターでは、この考えに基づき、2次元物質やそのファンデルワールスヘテロ接合物質を用いた新しい量子物性の開拓を行っています。今回の研究は、大学院生の中川君の粘り強いチャレンジ精神の賜物です。最先端研究においても心の持ちようが非常に大事であることを示す一例です。

面内分極と自発的光起電力効果を生み出す ファンデルワールス界面

A van der Waals interface that creates in-plane polarization and a spontaneous photovoltaic effect



左から赤松 孝俊、井手上 敏也、董 禹、岩佐 義宏

赤松 孝俊 *Takatoshi Akamatsu*
東京大学大学院 工学系研究科 修士課程 (研究当時)

井手上 敏也 *Toshiya Ideue*
東京大学大学院 工学系研究科 助教

董 禹 *Yu Dong*
東京大学大学院 工学系研究科 博士課程

岩佐 義宏 *Yoshihiro Iwasa*
東京大学大学院 工学系研究科
量子相エレクトロニクス研究センター・物理工学専攻 教授
理化学研究所 創発物性科学研究センター チームリーダー

Takatoshi Akamatsu¹ Toshiya Ideue¹ Ling Zhou² Yu Dong¹ Sota Kitamura¹ Kenji Watanabe⁵ Takashi Taniguchi⁶ Joseph Laurienzo⁷ Junwei Huang² Ziliang Ye^{3,4} Mao Yoshii¹ Dongyang Yang^{3,4} Masaru Onga¹ Yuji Nakagawa^{1,8} Takahiro Morimoto¹ Hongtao Yuan² Yoshihiro Iwasa^{1,8}

¹ Quantum-Phase Electronics Center (QPEC) and Department of Applied Physics, The University of Tokyo

² College of Engineering and Applied Sciences and National Laboratory of Solid-State Microstructures, Nanjing University

³ Department of Physics and Astronomy, The University of British Columbia

⁴ Quantum Matter Institute, The University of British Columbia

⁵ Research Center for Functional Materials, National Institute for Materials Science

⁶ International Center for Materials Nanoarchitectonics, National Institute for Materials Science

⁷ Department of Physics, Case Western Reserve University

⁸ RIKEN Center for Emergent Matter Science (CEMS)

全著者リスト: <https://www.science.org/doi/10.1126/science.aaz9146>

Contact

井手上 敏也 E-mail: ideue@ap.t.u-tokyo.ac.jp
所在地: 113-8656 東京都文京区本郷7-3-1
URL: <http://iwasa.t.u-tokyo.ac.jp/>

岩佐 義宏 E-mail: iwasa@ap.t.u-tokyo.ac.jp
所在地: 113-8656 東京都文京区本郷7-3-1
URL: <http://iwasa.t.u-tokyo.ac.jp/>

極性を持たない2次元物質を組み合わせ 分極と光発電機能を実現

層状物質から剥離した、原子層1枚、あるいは数枚だけからなる2次元物質は、元の3次元物質とはまったく異なる性質を示すことに加え、剥離した2次元物質同士を自由に重ねて界面を作製することで、おのおの2次元結晶さえないような新しい物性や機能性の開拓が可能になる。今回われわれは、分極を持たない2次元物質であるWSe₂と黒リンを重ねて作製した界面において、面内電気分極とそれを反映した巨大な光起電力応答を実現することに成功した。さらに、観測された光起電力効果が、電子の波束の重心位置が照射によって空間的に変化するという量子力学的な描像によって説明できることを見出した。本成果は、2次元物質界面の新たな制御性と物性・機能性開拓の指針を与えるものである。さらに、周期性が失われた複雑な2次元系における電気分極や光応答といった、まだ理解が進んでいない現象への重要な知見を与えるものと考えられる。今後は、2次元物質の組み合わせやデバイス構造の最適化による光発電効率のさらなる向上が望まれる。また、2次元物質界面における、光起電力応答に限らない様々な新現象の発見と理解の進展が大いに期待される。

Figure and Note

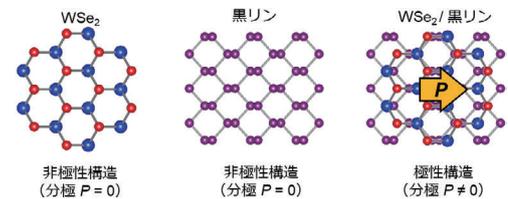


図1: WSe₂、黒リンおよびWSe₂/黒リン界面の模式図

2次元物質であるWSe₂と黒リンはどちらも分極を持たないが、それらをはり合わせた界面では対称性が低下し、分極の発現が期待される。

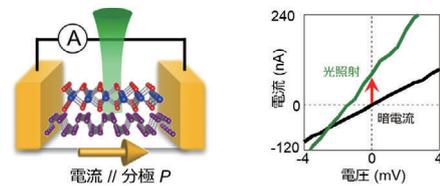


図2: WSe₂/黒リン界面における光起電力効果の模式図および照射下での電流-電圧特性

分極を持つ物質では、従来のpn接合で生じるものとは本質的に異なる、分極を反映した光電流の発現が期待される。実際、WSe₂/黒リン界面において、照射下で面内に大きなゼロバイアス光電流が流れることが観測された。



ナノ物質の対称性と機能性を自在に制御する

東京大学工学系研究科岩佐研究室では、層状物質の剥離・転写法やデバイス化、電気化学的手法による電界印加などの手法を駆使することによって、2次元物質やそのナノ構造(ナノチューブやヘテロ界面など)の対称性を自在に制御し、新しい固体物性や機能性の探索に取り組んでいます。ナノ物質特有の電気伝導特性や超伝導物性、光学特性の発見と理解によって、ナノ物質科学のフロンティアを開拓しています。

ゼブラフィッシュにおける 心筋再生の核心的転写制御因子 Klf1

Krüppel-like factor 1 is a core cardiomyogenic trigger in zebrafish



菊地 和 *Kazu Kikuchi*

国立循環器病研究センター研究所 再生医療部 部長

Masahito Ogawa^{1,2} Fan-Suo Geng^{3,4} David T. Humphreys^{4,5} Esther Kristianto⁶ Delicia Z. Sheng¹ Subhra P. Hui¹
Yuxi Zhang⁷ Kotaro Sugimoto¹ Maki Nakayama¹ Dawei Zheng¹ Daniel Hesselton^{4,7,8,9} Mark P. Hodson^{6,10}
Ozren Bogdanovic^{3,11} Kazu Kikuchi^{1,2,4}

¹ Developmental and Stem Cell Biology Division, Victor Chang Cardiac Research Institute

² Department of Regenerative Medicine and Tissue Engineering, National Cerebral and Cardiovascular Center Research Institute

³ Genomics and Epigenetics Division, Garvan Institute of Medical Research

⁴ St. Vincent's Clinical School, University of New South Wales Sydney

⁵ Molecular, Structural, and Computational Biology Division, Victor Chang Cardiac Research Institute

⁶ Freedman Foundation Metabolomics Facility, Victor Chang Cardiac Research Institute

⁷ Diabetes and Metabolism Division, Garvan Institute of Medical Research

⁸ Centenary Institute, The University of Sydney

⁹ Faculty of Medicine and Health, The University of Sydney

¹⁰ School of Pharmacy, University of Queensland

¹¹ School of Biotechnology and Biomolecular Sciences, University of New South Wales Sydney

全著者リスト: <https://www.science.org/doi/epdf/10.1126/science.abe2762>

Contact E-mail: kikuchi@ncvc.go.jp
所在地: 564-8565 大阪府吹田市岸部新町6番1号
U R L: <https://www.reg-bio.com>

心筋細胞の「若返り」の仕組みを理解し、 心臓の再生を誘導する

ほ乳類と異なり、ゼブラフィッシュは損傷した心臓をほぼ完全に再生する。この再生機序では、残存心筋細胞が損傷に应答して未分化様に変化する、いわば「若返り」を経て、増殖期に再進入することが必須である。マウスやブタなどのほ乳類も、生後数日の間は同様の機序で心臓を再生することが知られている。本報告では、先天性貧血の原因遺伝子として知られていた転写因子 Klf1 が、これまでまったく報告のない心臓再生機能を持ち、心筋細胞の若返りと増殖誘導機序の中心的な転写制御因子であることを解明した。ゼブラフィッシュの心臓において、Klf1 は損傷により心筋特異的に発現し、ゲノム編集による発現抑制は、未分化マーカー発現と増殖レベルを減じ、再生不全を引き起こした。逆に、非損傷心臓における Klf1 の強制発現は、広範に未分化様変化を誘導し、心筋細胞数を顕著に増加させる (図1)。この分子機序として、Klf1 は心筋特異的転写因子ネットワークを抑制し、直接未分化様変化を誘導すること (図2)、細胞周期・代謝制御遺伝子の発現を調節することがわかっている。本研究結果から、心筋再生機序のさらなる解明と新たな心臓再生医療の開発が進むと期待される。

Figure and Note

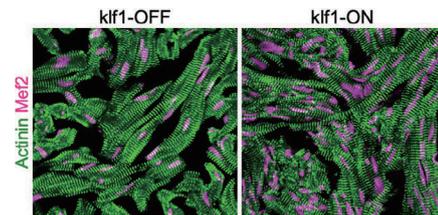


図1: Klf1 による心筋細胞の増殖促進

心筋特異的に Klf1 の活性化を7日間誘導し (ON)、30日後の心臓。対照 (OFF) に比し、正常なサルコメア (Actinin) を有する心筋細胞 (Mef2) が約5倍に増加する。

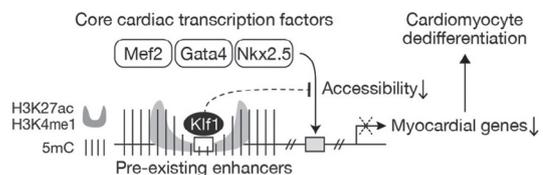


図2: Klf1 による心筋細胞の若返り機序

Klf1 は恒常的に活性化傾向を示す心筋細胞エンハンサーに結合、クロマチン構造を変化させ、心筋分化を司る遺伝子ネットワークを抑制し、若返り (dedifferentiation) を誘導する。



再生生物学に興味のある方、ぜひご連絡ください

私たちの研究室は国立循環器病研究センターの移転・新築に合わせて、2019年にオーストラリアから移動した新しい研究室です。循環器病センターでは様々なイメージング機器を始めとする最先端実験機器類や国内最高レベルの動物実験施設が誰でも自由に使用できます。この恵まれた環境で、一緒に新しい再生医療技術の萌芽を探る基礎研究に取り組みませんか。

近未来の危機：心不全パンデミック

国立循環器病研究センター研究所 再生医療部 部長 菊地 和

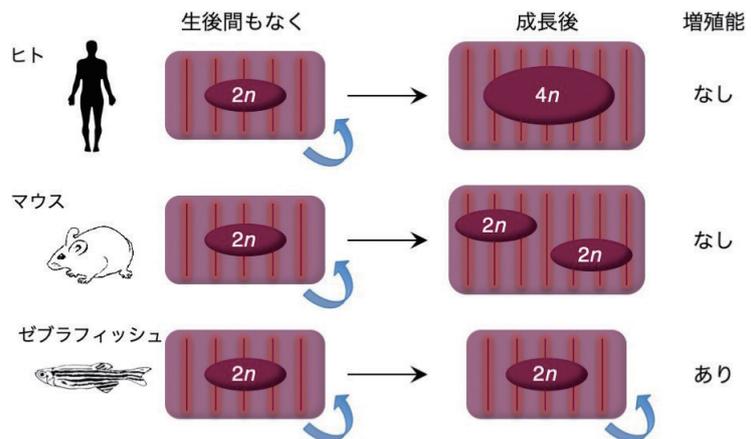
日本を襲う新たなパンデミック

新型コロナウイルスの流行でパンデミックという言葉を目にした方も多いのではないのでしょうか。この言葉は感染症などの病気が爆発的に広がる様子を表現しますが、近未来の日本で心不全という大変重い心臓病の「パンデミック」が起こるかもしれないと危惧されていることをご存知でしょうか？心不全は様々な原因により心臓全体が弱り、最終的に全身の臓器に十分な血液が届かなくなる病気です。主な原因の一つに心臓の血管が詰まり、筋肉が死んでしまう心筋梗塞があります。血管が詰まりやすくなるような変化は年齢とともに増加するため、世界に類を見ないスピードで社会高齢化が進む日本では、今後心不全が急増するのではないかと恐れられています。また、心不全を発症すると良くならないまま長期にわたり入院を繰り返すことになるので、医療体制の圧迫が持続化する危険性も十分にあるのです。

再生医療が心不全パンデミックを救う？

なぜ心不全のような心臓の病気が治療が困難なのでしょう？その主な理由として、ほ乳類の心臓は再生しないことが挙げられます。ポンプ機能の重要な担い手である心筋細胞は失われると二度と回復せず、心臓は十分な血液を送り出すことができなくなります。現在、失われた心筋を補充する目的で、試験管内で培養した心筋細胞を移植する細胞治療の研究が盛んに進められています。一方、自然界を見渡すと尻尾が再生するトカゲに象徴されるように、失われた組織を自在に再生する動物はめずらしくありません。中でも、

ある種の両生類や魚類は心臓の筋肉をほぼ完全に再生することが知られてきました。この再生では、心臓の発生に関わる幹細胞が再び筋肉を作るのではなく、心筋細胞自身が「若返り」を経て再び分裂することで新しい筋肉を作ります。近年、ほ乳類の心臓も生後数日の間は心筋細胞の若返りと分裂により新しい心筋を再生できることがわかっており、この動物が元々持っている再生の仕組みに着目した新しい心筋再生療法の可能性が注目されています(図)。



図：動物種で異なる心筋細胞の増殖能

ほ乳類の心筋細胞は成長後染色体の倍化(4n)や二核化を生じ増殖能を失うが、若返りの仕組みを操作することでゼブラフィッシュのような心筋細胞増殖を誘導できる可能性が期待される。

心筋細胞の若返りと分裂を操作する再生医療

本誌では心筋細胞の若返りと分裂を制御する新たなスイッチ機序を紹介しました。今回紹介したメカニズムを操作することで、将来的にヒトの心筋細胞においても若返りと分裂を誘導し、自分の心筋から新しい心筋を作ることができるようになるかもしれません。実際に、ごく最近サイエンス誌に報告された論文では(Chen, Y., et al. *Science* 373:1537-1540, 2021)、成長したマウスの心筋細胞においても若返りを強制誘導することで再生能が上昇することが示されました。心不全は5年後の生存率ががんに比肩されるほど重い病気ですが、根本的な治療法は心臓移植に限られるのが現状です。心不全パンデミックへの備えとして、自由な発想に基づく様々な心臓再生医療の開発が期待されています。

かにパルサーからの 巨大電波パルスに同期したX線の増光

Enhanced x-ray emission coinciding with giant radio pulses from the Crab Pulsar



左から榎戸 輝揚、寺澤 敏夫、木坂 将大

榎戸 輝揚 *Teruaki Enoto*

理化学研究所 開拓研究本部 理研白眉研究チームリーダー

寺澤 敏夫 *Toshio Terasawa*

東京大学 名誉教授

木坂 将大 *Shota Kisaka*

広島大学大学院 先進理工系科学研究科 助教

Teruaki Enoto¹ Toshio Terasawa^{2,3,4} Shota Kisaka^{5,6,7} Chin-Ping Hu^{8,9} Sebastien Guillot¹⁰ Natalia Lewandowska¹¹ Christian Malacaria^{12,13} Paul S. Ray¹⁴ Wynn C. G. Ho^{15,16} Alice K. Harding^{16,17} Takashi Okajima¹⁸ Zaven Arzoumanian¹⁸ Keith C. Gendreau¹⁸ Zorawar Wadiasingh^{16,18} Craig B. Markwardt¹⁶ Yang Soong¹⁶ Steve Kenyon¹⁶ Slavko Bogdanov¹⁹ Walid A. Majid^{20,21} Tolga Güver²² Gaurava K. Jaiswal²³ Rick Foster²⁴ Yasuhiro Murata^{25,26,27} Hiroshi Takeuchi^{25,27} Kazuhiro Takefuji^{28,29} Mamoru Sekido²⁸ Yoshinori Yonekura²⁹ Hiroaki Misawa³⁰ Fuminori Tsuchiya³⁰ Takahiko Aoki³¹ et al.

¹ Cluster for Pioneering Research, RIKEN
² Institute for Cosmic Ray Research, The University of Tokyo
³ Mizusawa VLBI Observatory, National Astronomical Observatory of Japan
⁴ Interdisciplinary Theoretical Science Research Group, RIKEN
⁵ Frontier Research Institute for Interdisciplinary Sciences, Tohoku University
⁶ Astronomical Institute, Tohoku University
⁷ Department of Physical Science, Hiroshima University
⁸ Department of Physics, National Chinghua University of Education
⁹ Department of Astronomy, Kyoto University
¹⁰ Institut de Recherche en Astrophysique
¹¹ Department of Physics and Astronomy, Haverford College
¹² NASA Marshall Space Flight Center, National Space Science and Technology Center
¹³ Universities Space Research Association, Science and Technology Institute
¹⁴ US Naval Research Laboratory
¹⁵ Mathematical Sciences and STAG Research Centre, University of Southampton
¹⁶ NASA Goddard Space Flight Center
¹⁷ Theoretical Division, Los Alamos National Laboratory

¹⁸ Universities Space Research Association
¹⁹ Columbia Astrophysics Laboratory, Columbia University
²⁰ Jet Propulsion Laboratory, California Institute of Technology
²¹ California Institute of Technology
²² Istanbul University, Science Faculty, Department of Astronomy and Space Sciences
²³ National Space Institute, Technical University of Denmark
²⁴ Massachusetts Institute of Technology Kavli Institute for Astrophysics and Space Research
²⁵ Institute of Space and Astronautical Science, Japan Aerospace Exploration Agency
²⁶ Usuda Deep Space Center, Japan Aerospace Exploration Agency
²⁷ Department of Space and Astronautical Science, SOKENDAI (The Graduate University for Advanced Studies)
²⁸ Kashima Space Technology Center, National Institute of Information and Communications Technology
²⁹ Center for Astronomy, Ibaraki University
³⁰ Planetary Plasma and Atmospheric Research Center, Tohoku University
³¹ The Research Institute for Time Studies, Yamaguchi University

全著者リスト : <https://science.sciencemag.org/content/372/6538/187>

Contact

榎戸 輝揚 E-mail : teruaki.enoto@a.riken.jp
所在地 : 351-0198 埼玉県和光市広沢2-1
U R L : <http://enotolab.com>
寺澤 敏夫 E-mail : terasawa@icrr.u-tokyo.ac.jp
所在地 : 277-8582 千葉県柏市柏の葉5-1-5
木坂 将大 E-mail : kisaka@hiroshima-u.ac.jp
所在地 : 739-8526 広島県東広島市鏡山1-3-1
U R L : <https://home.hiroshima-u.ac.jp/kisaka/>

宇宙の灯台に隠されていたX線の きらめきを発見

周期的に明滅を繰り返す宇宙の灯台「かにパルサー」は、回転する中性子星で、ときおり劇的に明るい巨大電波パルスを起こす。このようなパルスの増光は電波でしか起こらないと長らく考えられてきた。しかし、2003年に巨大電波パルスに同期して可視光のパルスもわずかに増光する現象が発見され、よりエネルギーの高いX線やガンマ線でも同様の現象が起こるのかに、大きな関心が寄せられていた。この研究では、国際宇宙ステーションに搭載されたX線望遠鏡NICER(ナイサー)と日本の2つの電波望遠鏡を連携させ、2017年からX線と電波の同時観測を続けた結果、巨大電波パルスが発生する瞬間にX線パルスも4%ほど増光することが突き止められた。X線は電波よりエネルギーが高いため、これまで考えられていたよりもはるかに大きなエネルギーが巨大電波パルスで解放されることが明らかになった。これは、20年にわたり複数のグループが挑戦してもなし得なかったものであり、最近大きく注目されている宇宙遠方で発生する謎の現象「高速電波バースト」の起源や発生メカニズムの解明にも貢献する。

Figure and Note

かにパルサーを見るNICERと臼田・鹿島さん NICER, Usuda, and Kashima are watching the Crab Pulsar



図1 : 本研究の4コマ漫画
X線望遠鏡ナイサーと鹿島および臼田の電波望遠鏡の同時観測の漫画表現 (credit : ひぐすたん)

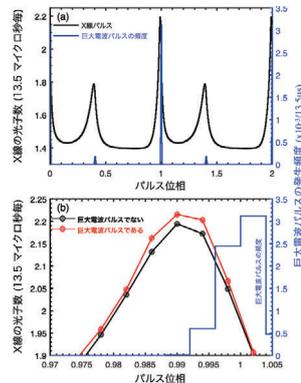


図2 : かにパルサーのパルス波形と検出されたX線増光

(a)かにパルサーのX線パルス波形(黒)と巨大電波パルスの位相(青)。メインパルス(パルス位相が1.0)とインターパルス(0.4)がある。(b)拡大図で、通常時(黒線)に対し巨大電波パルスが起きた時のX線(赤線)が明るい。



国際連携で実現した多波長の天文観測

この研究は、NASAのX線望遠鏡NICER(ナイサー)と、宇宙航空研究開発機構の臼田64m電波望遠鏡(長野県佐久市)、情報通信研究機構の鹿島34m電波望遠鏡(茨城県鹿嶋市)を使った国際連携での多波長の天文観測で成し遂げられました。鹿島34m電波望遠鏡は、2019年の台風15号により甚大な被害を受け運用を終了したため、その最後の貴重な成果の一つとなりました。



量子計算ハードウェアに向けた 材料科学の挑戦と好機

Materials challenges and opportunities for quantum computing hardware



伊藤 公平 *Kohei M. Itoh*

慶應義塾大学 塾長

Nathalie P. de Leon¹ Kohei M. Itoh² Dohun Kim³ Karan K. Mehta⁴ Tracy E. Northup⁵ Hanhee Paik⁶ B. S. Palmer^{7,8}
N. Samarth⁹ Sorawis Sangtawasin¹⁰ D. W. Steuerman¹¹

¹ Department of Electrical Engineering, Princeton University

² School of Fundamental Science and Technology, Keio University

³ Department of Physics and Astronomy and Institute of Applied Physics, Seoul National University

⁴ Department of Physics, Institute for Quantum Electronics, ETH Zürich

⁵ Institut für Experimentalphysik, Universität Innsbruck

⁶ IBM Quantum, IBM T. J. Watson Research Center

⁷ Laboratory for Physical Sciences, University of Maryland

⁸ Quantum Materials Center, University of Maryland

⁹ Department of Physics, The Pennsylvania State University

¹⁰ School of Physics and Center of Excellence in Advanced Functional Materials, Suranaree University of Technology

¹¹ Kavli Foundation

全著者リスト: <https://www.science.org/doi/10.1126/science.abb2823>

Contact

E-mail: kito@appi.keio.ac.jp

所在地: 108-8345 東京都港区三田2-15-45 慶應義塾大学

U R L: <https://www.keio.ac.jp/ja/>

量子コンピュータ実現に必要とされる 材料科学の挑戦を解説

量子コンピュータのハードウェア実装技術は最近の20年ほどで一気に進歩し、古典コンピュータでは不可能とされる計算の一部が量子コンピュータによって実行できる可能性が高まってきた。量子コンピュータでは、量子力学的な重ね合わせ状態を量子ビットに保ち、その量子ビット状態を量子力学的にコヒーレントに操作することで計算を進める。実用化に向けて、1) 超伝導回路、2) 半導体量子ドット、3) 絶縁体中の色中心、4) 真空中に捕獲されたイオン、5) トポロジカル物質などに基づく量子ビットを作製して集積化する道筋が有望視されているが、いずれの場合でも、的確な材料の選択、良質な材料の合成、正確な微細加工の実施が揃うことによって、大規模量子コンピュータとしてのシステム化が実現する。本解説論文では、上記5種類の量子コンピュータ手法に関する材料科学、材料工学、材料ナノ加工技術の最先端を紹介し、そのうえで、よりよい量子コンピュータの開発につなげるために解決すべき課題を明示した。本論文が量子コンピュータ開発に参加する材料科学者や工学者の指針になることを期待する。

Figure and Note

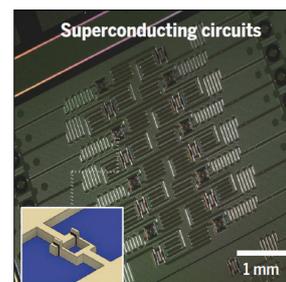


図1: 超伝導量子回路

超伝導量子回路の顕微鏡写真と量子ビット構造模式図(左下挿入図)。

Credit: IBM IMAGE, CC BY-ND 2.0

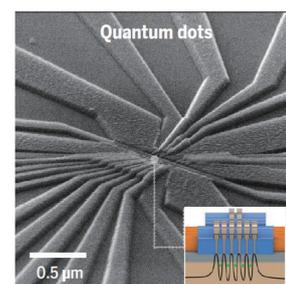
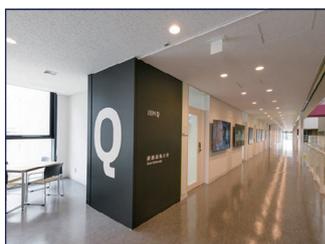


図2: 半導体量子回路

半導体量子回路の顕微鏡写真と量子ビット構造模式図(右下挿入図)。

Credit: SEM IMAGE COURTESY OF S. NEYENS AND M. A. ERIKSSON



慶應義塾大学 量子コンピューティングセンター

慶應義塾大学では理工学部、環境情報学部、医学部、経済学部などの教員と学生が力を合わせて、量子コンピュータで科学と社会を変革させる世界最先端の量子コンピューティングセンターを運営しています。

様々な参加企業とともに世界最先端のIBM量子コンピュータを自由自在に使いこなし、AIやスパコンとの融合を図りながら世界最高峰の計算機性能を切り拓くことで科学と社会の発展に寄与します。

PCDH19関連症候群のモデルマウスにおけるメス特異的なシナプス機能異常と認知障害

Female-specific synaptic dysfunction and cognitive impairment in a mouse model of *PCDH19* disorder



左から星名 直祐、梅森 久視

星名 直祐 *Naosuke Hoshina*

ハーバード大学 ボストン小児病院 リサーチフェロー

梅森 久視 *Hisashi Umemori*

ハーバード大学医学部 ボストン小児病院 教授

Naosuke Hoshina Erin M. Johnson-Venkatesh Miyuki Hoshina Hisashi Umemori

Department of Neurology, F. M. Kirby Neurobiology Center, Boston Children's Hospital, Harvard Medical School

全著者リスト: <https://www.science.org/doi/10.1126/science.aaz3893>

Contact

星名 直祐 E-mail: Naosuke.Hoshina@childrens.harvard.edu

梅森 久視 E-mail: Hisashi.Umemori@childrens.harvard.edu

所在地: 3 Blackfan Circle, Boston, MA 02115, USA

U R L: <https://umemorilab.wordpress.com/>

女性だけに発症する 遺伝性神経疾患の原因を解明

*PCDH19*関連症候群は、てんかんおよび知的障害の症状が女性のみに見られる遺伝性神経疾患であり、X染色体遺伝子*PCDH19*の変異によって起こる。X連鎖性疾患は、多くは女性より男性に発症するが、この疾患では逆に、女性だけに発症し男性では症状が見られない。女性のヘテロ変異型では、ランダムなX染色体の不活性化により、正常型と変異型の*PCDH19*を発現する細胞がモザイク状となり、これが発症に関係すると考えられている。私たちは、その原因を詳細に解明するため、*Pcdh19*遺伝子を変異させた疾患モデルマウスを樹立した。メスのヘテロ変異体では、シナプス機能異常とそれに伴う認知障害が起きるが、オスのヘミ変異体は正常であることを見出した。さらに、このメス特異的な表現型を説明するため、*PCDH19*とNカドヘリンのシナプス接着分子としての機能に着目した。正常型とオスのヘミ変異体では、細胞間の「マッチング」により正常なシナプス制御を行うが、メスのヘテロ変異体では細胞間の「ミスマッチング」によりシナプス機能異常を起こすというモデルを提唱した。本結果は、女性だけに発症する遺伝性神経疾患の原因を解明し、さらに提唱モデルに基づく治療戦略の道筋を示した。

Figure and Note

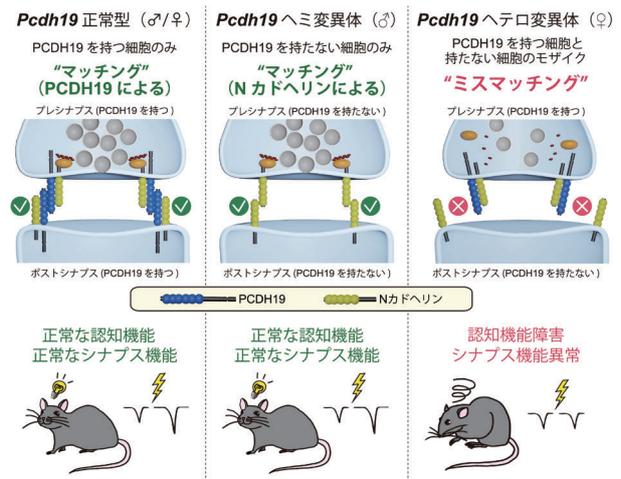


図: *PCDH19*関連症候群モデルマウスにおけるメス特異的な表現型の基盤となるメカニズム

正常型およびオスの変異体では、*PCDH19*あるいはNカドヘリンによる「マッチング」を介してシナプス機能制御を行う。メスの変異体では、細胞間で「ミスマッチング」が起き、シナプス機能異常や認知障害をもたらす。



機能的な脳神経回路形成とその異常による神経精神疾患の解明

私たちは、ボストンのハーバード大学医学部にて、われわれの脳がどのように高次機能を担える機能的な神経回路として形成されるのかを分子的に解明し、神経回路異常による神経精神疾患の病因の解明や治療につなげようとしています。ハーバード大学では多くの研究者との交流が非常に盛んで、みんながどんどんアイデアを交換し協力合って、活気のある研究が進められています。いろいろな意味で研究がとても刺激的で面白いところです。また、ボストンは文化的な町で、暮らしやすく楽しいところです。アメリカでの研究に興味のある人はもちろん、ない人でもどうぞ気軽に寄ってみてください。

マルチフェロイックらせん磁性体における自然光学活性の電場制御

Electric field control of natural optical activity in a multiferroic helimagnet



左から高橋 陽太郎、増田 亮二

高橋 陽太郎 *Youtarou Takahashi*

東京大学大学院 工学系研究科 准教授

増田 亮二 *Ryoji Masuda*

東京大学大学院 工学系研究科 博士課程(現 キオクシア)

Ryoji Masuda¹ Yoshio Kaneko² Yoshinori Tokura^{1,2,3} Youtarou Takahashi^{1,2}

¹ Department of Applied Physics and Quantum Phase Electronics Center (QPEC), The University of Tokyo

² RIKEN Center for Emergent Matter Science (CEMS)

³ Tokyo College, The University of Tokyo

全著者リスト: <https://science.sciencemag.org/content/372/6541/496>

Contact	高橋 陽太郎	E-mail: youarou-takahashi@ap.t.u-tokyo.ac.jp
		所在地: 113-8656 東京都文京区本郷7-3-1
		U R L: https://www.qpec.t.u-tokyo.ac.jp/takahashi_lab/index.html
	増田 亮二	所在地: 113-8656 東京都文京区本郷7-3-1
		U R L: https://www.qpec.t.u-tokyo.ac.jp/takahashi_lab/index.html

磁石のカイラリティを利用した自然旋光性の電場制御に成功

カイラリティとは、右手と左手のように鏡像が重ならないという対称性の破れを表す自然科学の重要な概念のひとつである。自然旋光性は、カイラリティを持つ物質中を進む光の偏光が右手系と左手系で逆向きに回転する現象である。細菌学者としても有名なパスツールは、自然旋光性を使うことで初めて光学分割と呼ばれる右手系と左手系のより分けを実現している。通常の物質のカイラリティは原子の空間配列から生じるが、ここでは磁石の源であるスピンの配列が作るカイラリティの性質を研究した。らせん型に配列したスピンはカイラリティを有する。自然旋光性を検出するために「らせん磁性体」のテラヘルツ帯での偏光を測定した。その結果、右巻きと左巻きのスピン配列が、それぞれ逆向きの偏光回転を示す、つまり自然旋光性を生じさせることを発見した。さらに、電圧によって右巻きと左巻きのスピン配列を入れ替えることで、自然旋光性の電圧制御の実現に成功した。今回の成果は、カイラリティを持つスピン配列を使うと、電圧で光を制御できることを示している。また、スピン配列由来のカイラリティを用いることで、例えば電圧書き込み光読み取りを利用した新しい低消費電力メモリなどのカイラルトロンクスが発展が期待できる。

Figure and Note

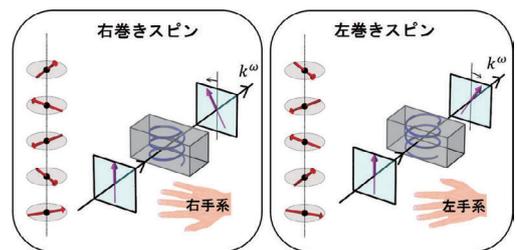


図1: スピン秩序から生じるカイラリティと自然旋光性
らせん型に配列したスピン秩序はカイラリティを持つ。例えば、右巻きのらせん型に配列したスピンは右手系となる。このため、物質全体が右巻らせんのスピン秩序を持つ物質は、自然旋光性を示す。

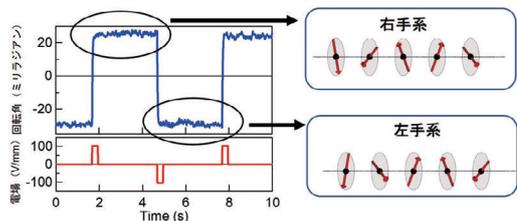


図2: 自然旋光性の電場制御
スピン秩序の高い制御性を利用すると、物質に電場を印加することで自然旋光性とカイラリティの制御が可能となる。電場パルスを印加し、不揮発的なカイラリティのスイッチングを実証している。

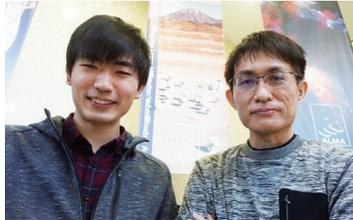


原子・電子・スピンの秩序から多彩な光応答を引き出す

私たちの研究室では、物質(固体)と光の間の新しい相互作用を開拓する研究を行っています。物質の性質は、様々な元素やスピンのような秩序で配列するかによって決まります。その中でも、今回の研究で着目した磁石(スピン)の秩序によって様々な光学応答が生じることが最近の研究で明らかになってきています。私たちは、様々な帯域の光を用いた装置開発を進めつつ、新奇な物質から生じる光学現象の研究を行っています。

120億年以上前の激しい星形成が行われている 円盤銀河に渦巻き構造

Spiral morphology in an intensely star-forming disk galaxy more than 12 billion years ago



左から津久井 崇文、井口 聖

井口 聖 *Satoru Iguchi*

自然科学研究機構国立天文台 教授
総合研究大学院大学 併任教授

津久井 崇史 *Takafumi Tsukui*

総合研究大学院大学 物理科学研究科 天文科学専攻 大学院生
自然科学研究機構国立天文台 ジュニアフェロー

Takafumi Tsukui^{1,2} Satoru Iguchi^{1,2}

¹ Department of Astronomical Science, SOKENDAI (The Graduate University for Advanced Studies)

² National Astronomical Observatory of Japan, National Institute of Natural Sciences

全著者リスト: <https://www.science.org/doi/10.1126/science.abe9680>

Contact

井口 聖 E-mail: s.iguchi@nao.ac.jp
所在地: 181-8588 東京都三鷹市大沢 2-21-1
U R L: <https://guas-astronomy.jp/Supervisors/s-iguchi.html>

津久井 崇史 E-mail: tsukuitk23@gmail.com
所在地: 181-8588 東京都三鷹市大沢 2-21-1
U R L: <https://sites.google.com/view/takafumitk/home?authuser=0>

1階電離炭素イオンを用いた銀河動力学による 渦巻き構造の形成史

現在の宇宙には様々な構造を持つ銀河が存在し、代表的な銀河の1つに渦巻銀河がある。その構造は中心から順に、巨大ブラックホール、星が楕円体状に分布したバルジ構造、回転運動する星やガスでできた円盤、そして外縁に広く伸びている渦巻きの腕がある。これらの構造がどのように形成され進化してきたのかは、天文学の古典的な謎の1つである。アルマ望遠鏡により、爆発的に星の形成が進む124億年前の銀河 BRI 1335-0417からの1階電離された炭素イオンが放つ電波を観測したところ、この銀河には中心部にバルジのようなコンパクトな構造、秒速約180 kmで回転する円盤、そして渦巻きのような構造がすでに形成されていることがわかった。さらに銀河の外側では星間物質が重力に対して不安定になっており、星間物質の雲が重力によって収縮して星ができやすい状況になっていた。仮説として、銀河にガスが活発に降り注いでいる、もしくは小さな銀河がこの銀河に衝突したことにより、銀河円盤に波が立つようにして渦巻き構造ができた可能性が示唆される。本研究によって、膨張宇宙史における銀河の形状の変遷への理解の糸口が見えだすことが期待される。

Figure and Note

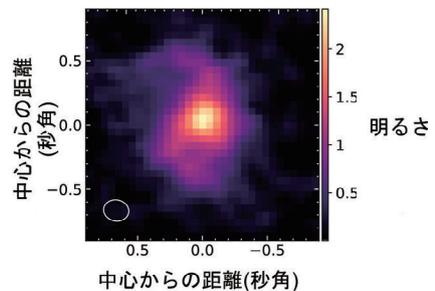


図1: BRI 1335-0417に存在する1階電離炭素イオンの輝度分布

中心が最も明るく、そこから2本の渦状腕が北と南に伸びている。左下の楕円は、望遠鏡の空間分解能を示している。

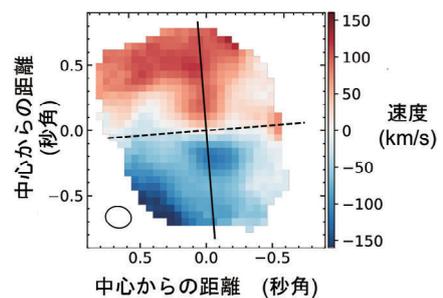


図2: BRI 1335-0417に存在する1階電離炭素イオンの速度分布

1階電離炭素イオンの周波数と、その観測された周波数との差から、その運動速度がわかる。正の速度は地球から遠ざかり、負の速度は地球に近づいている運動を示す。



探求と挑戦、そして国際舞台への飛躍

自然科学研究機構国立天文台は日本を代表し、米国と欧州にある天文学研究機関とともに、チリ共和国にアルマ望遠鏡を建設しました。私(井口)はプロジェクトマネージャとして長らく建設と運用に携わり、このたびは私の研究室の大学院生である津久井さんが筆頭著者として、本研究成果を発表するに至りました。アルマ望遠鏡は大学院生の皆さんにも、このような成果を得る機会を与えてくれます。アルマ望遠鏡は銀河の誕生と進化の解明に加え、惑星の誕生とその多様性の解明、そして生命関連分子の探査にも挑戦しています(<https://alma-telescope.jp/>)。国際舞台で活躍を夢み、志高く、意欲のある学生、大学院生、若手研究者の皆さんの参加をお待ちしております。

巨大化する望遠鏡、そして国際協力

自然科学研究機構国立天文台 教授 / 総合研究大学院大学 併任教授 井口 聖

広大な宇宙、そして微弱な信号

宇宙から来る微弱な光や信号を受信するためには、集光力の大きい望遠鏡が求められる。はるかな距離にある天体の構造をより詳細に描き出すためには、解像度の高い望遠鏡が求められる。大集光力かつ高解像度の望遠鏡を実現するため、巨大な鏡を製作する、分割鏡を並べて1つの巨大な鏡を構成する、干渉計技術を用いて多数の望遠鏡を組み合わせるなど、様々な創意工夫が行われている。

巨大化する望遠鏡

国立天文台は、米国のハワイ島のマウナケア山頂に、口径8.2mの1枚鏡を持つ大型光学赤外線望遠鏡「すばる望遠鏡」を建設し、1999年に観測を開始した。その後、現在の主力装置である超広視野主焦点カメラ(HSC、図1)を搭載して2014年から観測運用を開始し、これまでダークマターの研究で世界をけん引してきた。HSCの開発は、日本が主導しつつ多くの国も参加し国際協力として推進してきた。さらなる集光力と解像度を求めて光学赤外線望遠鏡「TMT」を建設する計画が、日本をはじめ米国やカナダなどを含む国際協力事業として推し進められており、六角形の分割鏡492枚を並べて口径30mの実現を目指す。2030年代には、「TMT」により、太陽系外惑星の直接撮像やその惑星大気分光観測といった、新しい天文学の開拓が期待されている。

また、ミリ波サブミリ波を観測する「アルマ(ALMA)望遠鏡」が日米欧などの22の国と地域の参画により、チリ共和国の標高5,000mのチャナトル高原に建設された。アルマ望遠鏡は、口径12mが54台、口径7mが12台の計66台のアンテナで構成された電波干渉計であり、2011年より観測を開始した。アンテナは最大16kmの範囲に展開され(図2)、その比類なき大集光力・高解像度により、星が活発に形成される領域にある若い星の周囲の原始惑星系円盤を観測し、惑星の形成過程の解明に挑戦している。さらに生命関連物質の材料となり得る複雑な有機分子の検出と、その生成過程の解明にも挑戦している。銀河進化の研究も含めこれまで数多くの成果が発表されており、本誌に掲載されたわれわれの成果もその一つである。

「アルマ望遠鏡」の成功にも大きな刺激を受けて、2030年代以降の新しい天文学の開拓を目指し、解像度0.01秒角を目指す望遠鏡計画が続々と立案・検討されている。地上では次世代大型センチ波電波干渉計が、宇宙では次世代大型紫外可視光近赤外線望遠鏡があり、それぞれ実現に向けて検討が進められている。一方、138億年という大きな時間スケールを持つ宇宙ではあるが、人間が感知できる時間スケールで変化する天体や天体現象は数多くあり、この変化を追跡し未解明の宇宙物理に挑む「時間軸天文学」の夜明けもまた、今後の天文学の展望を決める重要な要素となってきた。

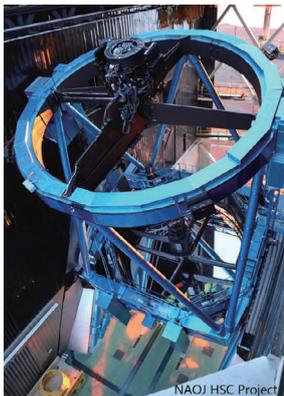


図1：すばる望遠鏡と、超広視野主焦点カメラHyper Suprime-Cam (HSC)

超広視野主焦点カメラが、すばる望遠鏡の主焦点に搭載された写真。HSCには116個のCCD素子が配置され、計8億7000万画素を持つ巨大なデジタルカメラである。



図2：アルマ望遠鏡の空撮写真

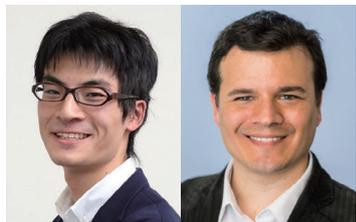
アルマ望遠鏡のアンテナが標高5,000mのチャナトル高原に立ち並ぶ空撮写真。中心に口径7mのアンテナが、そして口径12mのアンテナが広がって配置されている。

変わりゆく天文学、そして求められる人材

巨大化する望遠鏡であるが、1つの巨大な望遠鏡から生み出される天文研究成果は多様化し、その汎用性から、より多くの天文学者が参画しやすくなった。技術の進展によって様々な波長の電磁波観測が可能になった現在、単に未開拓の波長帯の観測を目指すだけでなく、新発見が約束されるわけではなく、新機軸のアイデアが求められる。また研究の分業化は進み、天文研究を推し進める人材と観測装置を開発する人材の両方が必要となっている。高度化が進む時代に活躍できる人材とは何か、ぜひ若い世代には国際的な視点で自身を見つめ、その活躍の場を広げて頂きたい。

積層制御した二層窒化ホウ素における強誘電性

Stacking-engineered ferroelectricity in bilayer boron nitride



左から安田 憲司、Pablo Jarillo-Herrero

安田 憲司 *Kenji Yasuda*

Postdoctoral Associate, Department of Physics, Massachusetts Institute of Technology

Pablo Jarillo-Herrero

Cecil and Ida Green Professor, Department of Physics, Massachusetts Institute of Technology

Kenji Yasuda¹ Xirui Wang¹ Kenji Watanabe² Takashi Taniguchi² Pablo Jarillo-Herrero¹

¹ Department of Physics, Massachusetts Institute of Technology

² National Institute for Materials Science

全著者リスト: <https://www.science.org/doi/10.1126/science.abd3230>

Contact

安田 憲司

E-mail: yasuda@mit.edu

所在地: Department of Physics, Massachusetts Institute of Technology, 77 Massachusetts Avenue, Bldg. 13-2041, Cambridge, MA 02139, USA

URL: <http://sites.google.com/view/kenjiyasuda/>

Pablo Jarillo-Herrero

E-mail: pjarillo@mit.edu

所在地: Department of Physics, Massachusetts Institute of Technology, 77 Massachusetts Avenue, Bldg. 13-2017, Cambridge, MA 02139, USA

URL: <http://jarilloherrero.mit.edu/>

ナノメートル以下の極薄強誘電体を実現

極薄の強誘電体は、電場によって書き換え可能な電気分極を有するため、メモリへの応用の観点から重要である。しかしながら、一般には強誘電体を薄くすると、その電気分極が失われてしまうため、極薄の強誘電体を実現することは困難であった。これに対しわれわれは、強誘電性を持たない原子層物質同士を重ね合わせることで新たに強誘電性を付与でき、極薄の強誘電体が得られることを発見した。ファンデルワールス積層技術と呼ばれる手法を用い、人工的に2枚の窒化ホウ素のシートを平行に積層したところ、堅牢な強誘電体が室温まで保持されることがわかった。実際に電場を窒化ホウ素に印加したところ、電場に応答して電気分極の方向が反転し、メモリとして利用できることが実証できた。この強誘電体の性質を詳しく調べたところ、2枚の窒化ホウ素が互いに滑るという新たなメカニズムによって電気分極が反転することが明らかになった。さらに、2枚の窒化ホウ素を平行から微小な角度で捻って積層することで周期的に電気分極が配置したモアレ強誘電体というこれまでにない強誘電体を得られた。これらの特異な物性から、今後の研究によるさらなる機能性の開拓が期待できる。

Figure and Note

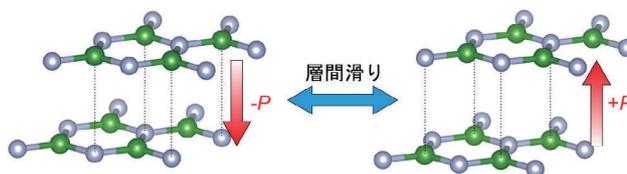


図1: 窒化ホウ素の強誘電性

平行に積層した2枚の窒化ホウ素間で層間滑りが起こることで面直方向の電気分極Pが反転する。

図はVESTAを用いて作成 [J. Appl. Crystallogr., 44, 1272-1276(2011).]

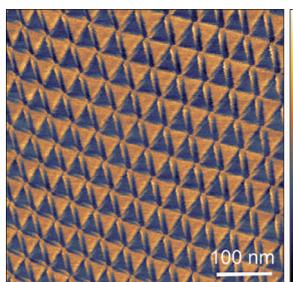
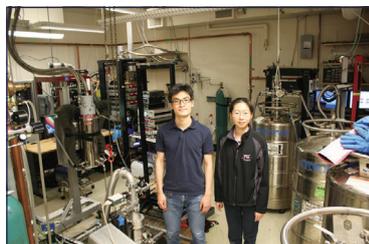


図2: モアレ強誘電体の圧電応答顕微鏡像

2枚の窒化ホウ素を微小な角度で捻って積層することで三角形上に周期的に電気分極が配置したモアレ強誘電体を得られた。



積層により新たな物質を作り出す

ファンデルワールス結合からなる層状物質群では、機械的な剥離によって原子層一層の薄片を得ることができます。さらに、近年の技術の発展によって、これらの薄片を物理的に積層することで、原子層物質からなる積層構造を人工的に作成できるようになってきました。例えば、2枚のグラフェンを捻って重ねることにより、絶縁体や超伝導、磁性といった元々のグラフェンにはない性質が得られます。本研究室ではこれらのファンデルワールス積層構造の基礎物性や応用を研究しています。

引っ張ると頑丈になる自己補強ゲル

Tough hydrogels with rapid self-reinforcement



左から眞弓 皓一、伊藤 耕三

眞弓 皓一 Kohichi Mayumi

東京大学 物性研究所 附属中性子科学研究施設 准教授

伊藤 耕三 Kohzo Ito

東京大学大学院 新領域創成科学研究科 物質系専攻 教授

Chang Liu¹ Naoya Morimoto¹ Lan Jiang¹ Sohei Kawahara¹ Takako Noritomi¹
Hideaki Yokoyama¹ Koichi Mayumi^{1,2,3} Kohzo Ito¹

¹ Material Innovation Research Center (MIRC) and Department of Advanced Materials Science, Graduate School of Frontier Sciences, The University of Tokyo

² AIST-U Tokyo Advanced Operando-Measurement Technology Open Innovation Laboratory (OPERANDO-OIL), National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST)

³ The Institute for Solid State Physics (ISSP), The University of Tokyo

全著者リスト: <https://www.science.org/doi/10.1126/science.aaz6694>

Contact

眞弓 皓一 E-mail: kmayumi@issp.u-tokyo.ac.jp
所在地: 277-8581 千葉県柏市柏の葉5-1-5 物性研究所 A523
U R L: <https://kmayumi.issp.u-tokyo.ac.jp/>

伊藤 耕三 E-mail: kohzo@edu.k.u-tokyo.ac.jp
所在地: 277-8561 千葉県柏市柏の葉5-1-5 基盤棟 603
U R L: <http://www.molle.k.u-tokyo.ac.jp/access/index.html>

Figure and Note

引っ張ると結晶化することで強靱化する高分子ゲルを開発

溶媒を水とするハイドロゲルは、高い生体適合性を有していることから、人体に埋め込む生体材料への応用が期待されながらも、脆弱な力学強度が問題となっていた。われわれは、環状ゲルと呼ばれる環状分子で高分子鎖が架橋されたハイドロゲルにおいて、適切に構造を制御すると、ゲルを引っ張ることで高分子鎖が結晶化(伸長誘起結晶化)する現象を発見した。環状ゲルを伸長すると、ゲル内部の高分子鎖が均一に引き伸ばされて結晶化することで、高分子鎖の破断を免れることができる(自己補強効果)。また、一度形成された結晶は、力を取り除くことで即座に消失することから、繰り返し変形下においても高い即時復元性を示す。溶媒を含む高分子ゲルにおいて可逆な伸長誘起結晶化が発見されたのは本研究が初めてであり、繰り返し大きな負荷がかかっても一定の力学応答を示すという特性から、自己補強ゲルは人工靱帯・関節などの人工運動器への応用が期待される。

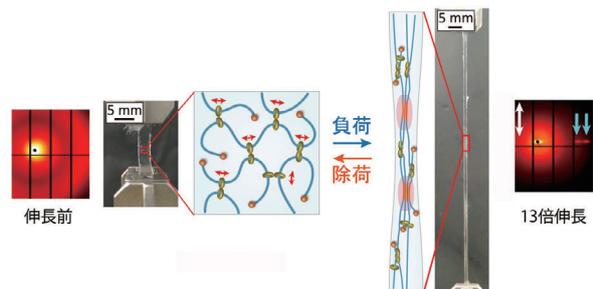


図1: 引っ張ると結晶化する自己補強ゲル

環状分子で架橋された高分子ゲルを伸長すると、高分子鎖が均一に引き伸ばされて結晶化し、力を緩めると即座に結晶は消失する。

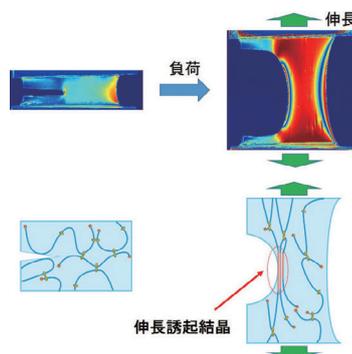
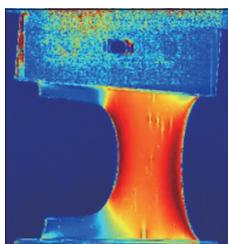


図2: 亀裂を導入した自己補強ゲルの偏光カメラ像

自己補強ゲルに切れ目を入れて大きく伸ばすと、亀裂周辺で高分子鎖が結晶化することにより補強され、亀裂が進まない。写真の色は高分子鎖の配向度と対応している。

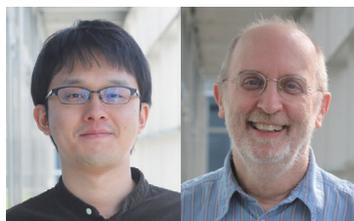


強靱な高分子材料が拓く未来

これまで脆弱な材料だと思われていた高分子ゲルですが、材料設計を工夫することで強靱化できるという報告が2000年頃からされるようになりました。本研究は、伸長誘起結晶化という新規メカニズムによって強靱性と復元性というこれまで相反していた特性を両立させた世界初の発見です。高分子材料の強靱化を実現することで、生体・医療材料、ソフトロボット、車・飛行機用の構造材料などへの応用を目指しています。

細菌タンパクを用いたウイルス様構造と パッケージング機構の進化

Evolution of a virus-like architecture and packaging mechanism in a repurposed bacterial protein



左から寺坂 尚紘、Donald Hilvert

寺坂 尚紘 *Naohiro Terasaka*

東京大学大学院 理学系研究科 化学専攻 特任助教

Donald Hilvert

Professor, Laboratory of Organic Chemistry, ETH Zurich

Stephan Tetter¹ Naohiro Terasaka¹ Angela Steinauer¹ Richard J. Bingham² Sam Clark²
Andrew J. P. Scott³ Nikesh Patel³ Marc Leibundgut⁴ Emma Wroblewski³ Nenad Ban⁴
Peter G. Stockley³ Reidun Twarock² Donald Hilvert¹

¹ Laboratory of Organic Chemistry, ETH Zurich

² Departments of Mathematics and Biology, University of York

³ Astbury Centre for Structural Molecular Biology, University of Leeds

⁴ Institute of Molecular Biology and Biophysics, ETH Zurich

全著者リスト: <https://www.science.org/doi/10.1126/science.abg2822>

実験室内進化で、 ウイルスの初期進化を再現する

ウイルスはRNAまたはDNAゲノムをタンパク質カプセルに内包したヌクレオカプシドを形成しており、その形成機構は長年の進化の過程で高度に最適化されている。このようなウイルス様構造を人工的に作ることは、ウイルスの起源や進化の過程を解明することにつながるとともに、ウイルスを代替するテクノロジーの開発としても期待される。本研究では、原始生命において宿主細胞のタンパク質がゲノムを内包することがウイルスの起源であるという仮説に基づいて、細菌のタンパク質酵素をウイルス様ヌクレオカプシドに人工的に進化させた。クライオ電子顕微鏡を用いた単粒子解析およびX線フットプリンティング法による内包RNA構造解析により、進化した人工ヌクレオカプシドは、カプシドの表面の穴を埋めるようにタンパク質構造が変化して240量体を形成し、mRNA上に複数の内包シグナルが出現したことが判明した(図)。その結果、人工ヌクレオカプシドは複数のmRNAを内包して、RNA分解酵素にも耐性を持つようになった。ウイルス粒子の形成には、タンパク質とRNAの協奏的な進化が重要であることが示唆された。

Contact

寺坂 尚紘

E-mail: n_terasaka@chem.s.u-tokyo.ac.jp

所在地: 113-0033 東京都文京区本郷7-3-1

U R L: <https://researchmap.jp/tnaohiro>

Donald Hilvert

E-mail: donald.hilvert@org.chem.ethz.ch

所在地: 8093 Vladimir-Prelog-Weg 1-5/10, Zurich, Switzerland

U R L: <https://protein.ethz.ch/>

Figure and Note

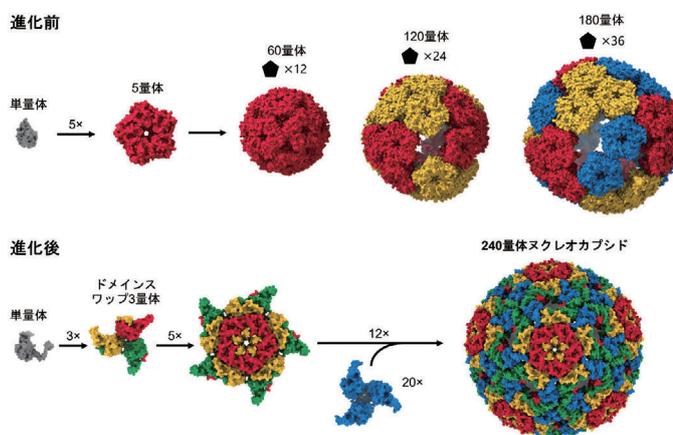


図: 分子進化によるヌクレオカプシドの構造変化

進化前は5量体を形成したタンパク質が、進化後にはドメインスワッピングにより3量体・15量体を介して、240量体ヌクレオカプシドを形成した。



クレイジーと言われる研究を

本研究を進めている間、研究室のメンバーからクレイジーなアイデアだと何回も言われました。楽観的な自分は褒め言葉と受け取りましたが、諦めずに試行錯誤を続けた結果、研究が実を結びました。突飛な思い付きでもまずはやってみるという姿勢を大切に、これからもクレイジーな研究を続けていきたいと思っています。

マイクロ電子ボルト分解能をもつ 単分子レーザーナノ分光法

Single-molecule laser nanospectroscopy with micro-electron volt energy resolution



左から今田 裕、今井 みやび、金 有洙

今田 裕 *Hiroshi Imada*

理化学研究所 開拓研究本部 上級研究員

今井 みやび *Miyabi Imai-Imada*

理化学研究所 開拓研究本部 特別研究員

金 有洙 *Yousoo Kim*

理化学研究所 開拓研究本部 主任研究員

Hiroshi Imada^{1,2} Miyabi Imai-Imada¹ Kuniyuki Miwa^{1,3} Hidemasa Yamane⁴ Takeshi Iwasa^{2,5,6} Yusuke Tanaka^{7,8} Naoyuki Toriumi⁸ Kensuke Kimura¹ Nobuhiko Yokoshi¹ Atsuya Muranaka^{7,8} Masanobu Uchiyama^{7,8} Tetsuya Taketsugu^{5,6} Yuichiro K. Kato^{9,10} Hajime Ishihara^{4,11,12} Yousoo Kim¹

¹ Surface and Interface Science Laboratory, RIKEN

² PRESTO, Japan Science and Technology Agency (JST)

³ Institute for Molecular Science

⁴ Department of Physics and Electronics, Osaka Prefecture University

⁵ Department of Chemistry, Faculty of Science, Hokkaido University

⁶ Institute for Chemical Reaction Design and Discovery (WPI-ICReDD), Hokkaido University

⁷ Graduate School of Pharmaceutical Sciences, The University of Tokyo

⁸ Advanced Elements Chemistry Laboratory, RIKEN

⁹ Nanoscale Quantum Photonics Laboratory, RIKEN

¹⁰ Quantum Optoelectronics Research Team, RIKEN Center for Advanced Photonics

¹¹ Department of Materials Engineering Science, Osaka University

¹² Center for Quantum Information and Quantum Biology, Osaka University

全著者リスト: <https://www.science.org/doi/10.1126/science.abg8790>

Contact

今田 裕 E-mail: himada@riken.jp

所在地: 351-0198 埼玉県和光市広沢2-1

U R L: <http://www2.riken.jp/Kimlab/>

金 有洙 E-mail: ykim@riken.jp

所在地: 351-0198 埼玉県和光市広沢2-1

U R L: <http://www2.riken.jp/Kimlab/>

単一分子の構造と物性を 同時に精密評価する新手法

物質の構造を観察し、その性質を評価することは物性科学において基本的な方法である。しかし、対象物質が小さくナノメートル(10^9 m)スケールになると、構造観察と物性評価のそれぞれが技術的に困難になり、それらを高いレベルで両立し、観察している物質の性質をその場で直接評価することはさらに困難を極める。本研究では、原子レベルの空間分解能を持つ走査トンネル顕微鏡 (STM) をベースとして、顕微鏡観察している単一分子の性質を高いエネルギー分解能と空間分解能で直接に調べる手法を開発した。STMでの物質観察には先端を尖らせた金属探針を用いるが、その探針先端に局在する近接場光 (ナノスケールの光) を外部から照射する狭線幅の波長可変レーザーで駆動して、単色のナノ光源として用いることで、物質観察と分光計測による物性評価の両立を実現した。本研究成果は、エネルギーの高効率利用に向け、ナノスケールの分子系で生じるエネルギー変換や物質変換の機構解明に貢献するものと期待される。

Figure and Note

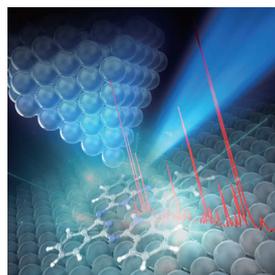


図1: 開発した精密ナノ分光のイメージ

STM探針の先端に局在する近接場光をレーザー光で駆動して、ナノスケールの単色光源を創り出し、単一分子の精密分光を実現した。

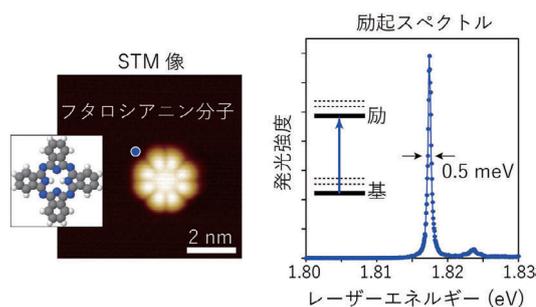


図2: 単一分子のSTM像と励起スペクトル

開発した手法では、単一分子を原子分解能のSTM像で観察し、観察した分子の電子状態や振動状態のスペクトルをその場で計測することができる。大きなピークは電子遷移、小さなピークは振電遷移に対応する。



手作りの装置で新しい世界のドアを開く

自由なアイデアを実現するために、日々装置開発を行っています。われわれの装置では、「見る」と「測る」が両立できるだけでなく、分子一つひとつを「動かす」「反応させる」ができつつあります。これらすべてを用いると、原子・分子を構成要素として原子精度で組み合わせ、まったく新しい物質系を作り上げそれを「駆動させる」ことができるようになります。独創的な物質デザインで新しい物質機能を創出することを目指しています。

祖先の甘味感覚獲得がもたらした 鳴禽類の繁栄

Early origin of sweet perception in the songbird radiation



戸田 安香 *Yasuka Toda*
明治大学 農学部 特任講師

中北 智哉 *Tomoya Nakagita*
明治大学 農学部 助教

早川 卓志 *Takashi Hayakawa*
北海道大学大学院 地球環境科学研究院 助教

石丸 喜朗 *Yoshiro Ishimaru*
明治大学 農学部 准教授

三坂 巧 *Takumi Misaka*
東京大学大学院 農学生命科学研究科 准教授

松村 秀一 *Shuichi Matsumura*
岐阜大学 応用生物科学部 教授

Yasuka Toda^{1,2,3} Meng-Ching Ko⁴ Qiaoyi Liang⁴ Eliot T. Miller⁵ Alejandro Rico-Guevara^{6,7} Tomoya Nakagita⁸ Ayano Sakakibara⁹ Kana Uemura⁹ Timothy Sackton¹⁰ Takashi Hayakawa^{11,12} Simon Yung Wa Sin^{13,14} Yoshiro Ishimaru² Takumi Misaka¹ Pablo Oteiza¹⁵ James Crall^{14,16} Scott V. Edwards¹⁴ William Buttemer^{17,18} Shuichi Matsumura⁹ Maude W. Baldwin^{4,14}

¹ Department of Applied Biological Chemistry, Graduate School of Agricultural and Life Sciences, The University of Tokyo

² Department of Agricultural Chemistry, School of Agriculture, Meiji University

³ Japan Society for the Promotion of Science

⁴ Evolution of Sensory Systems Research Group, Max Planck Institute for Ornithology

⁵ Macaulay Library, Cornell Lab of Ornithology

⁶ Department of Biology, University of Washington

⁷ Burke Museum of Natural History and Culture, University of Washington

⁸ Proteo-Science Center, Ehime University

⁹ Faculty of Applied Biological Sciences, Gifu University

¹⁰ Informatics Group, Harvard University

¹¹ Faculty of Environmental Earth Science, Hokkaido University

¹² Japan Monkey Centre

¹³ School of Biological Sciences, The University of Hong Kong

¹⁴ Department of Organismic and Evolutionary Biology and the Museum of Comparative Zoology, Harvard University

¹⁵ Flow Sensing Research Group, Max Planck Institute for Ornithology

¹⁶ Department of Entomology, University of Wisconsin-Madison

¹⁷ Centre for Integrative Ecology, Deakin University

¹⁸ School of Earth, Atmospheric and Life Sciences, University of Wollongong

全著者リスト: <https://www.science.org/doi/10.1126/science.abf6505>

Contact

戸田 安香 E-mail: yasuka.toda.320@gmail.com
所在地: 214-8571 神奈川県川崎市多摩区東三田 1-1-1
明治大学農学部第一校舎 5号館 603A
URL: https://meiji-agrichem.jp/professor/p_ishimaru/

鳴禽類の共通祖先の旨味受容体は 糖受容能を獲得していた

口腔内に存在する味センサー(味覚受容体)のレパートリーや機能は動物の食性と深い結びつきがある。例えば、肉食恐竜を祖先とする鳥類は、甘味受容体を失っている。一方、筆者らは、花の蜜を主食とするハチドリでは、旨味受容体が糖の味を感知するセンサーとして機能していることを明らかにした(Baldwin MW, Toda Y, et al., *Science*, 2014)。しかし、ハチドリ以外の鳥類が花蜜の味をどう感知しているかは不明だった。

そこで本研究では、鳥類最大の種数を誇るスズメ目を対象に解析を行った。その結果、鳴禽類(スズメ亜目)ではミツスイ(花蜜食)、メジロ(雑食)、ヒヨドリ(果実食)、カナリア(穀物食)など多様な食性の鳥類が花蜜を重要な食糧源として利用しており、これらの鳥類の旨味受容体が糖に応答することが示された。さらに、祖先型の旨味受容体を復元することで、鳴禽類の祖先の旨味受容体がハチドリとは異なる分子機構で糖受容能を獲得したことが示された。祖先に生じた旨味受容体の遺伝子変異が花蜜の利用を促し、長距離移動(渡り)時や主食の不足する季節を乗り越えるのに貢献し、鳴禽類の大繁栄を支えてきたのであろう。

Figure and Note



図1: 桜の蜜を食すヒヨドリ(鳴禽類)

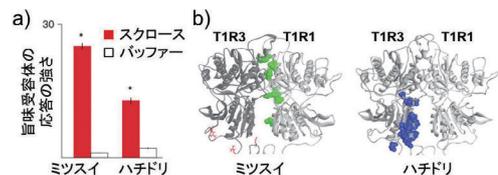
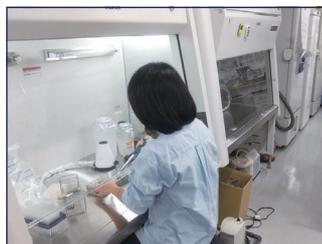


図2: 鳥類T1R1/T1R3における糖受容能獲得

a) 花蜜食鳥類の旨味受容体は糖に応答する。
b) 旨味受容体のホモロジーモデル。重要なアミノ酸変異が、ミツスイではT1R1の細胞外領域(黄緑色)、ハチドリではT1R3の細胞外領域(青色)に同定された。



明治大学農学部農芸化学科 食品機能化学研究室

私たちの研究室では「食と健康」に貢献すべく、「味覚」と「免疫」という2つの柱で研究に取り組んでいます。味覚グループでは、国内外の研究機関と共同で、魚類から哺乳類に至る様々な脊椎動物を対象とした味覚受容体の発現・機能解析を行っています。ヒトやマウスといったモデル実験動物に限らない生物を対象に研究を進展させることで、「味を感じる」とはなにかを追究しています。

カチオン交換反応における イオン性ナノ結晶の結晶構造変化の決定因子

Determinants of crystal structure transformation of ionic nanocrystals in cation exchange reactions



猿山 雅亮 Masaki Saruyama
京都大学 化学研究所 特定助教

李 展召 Zhanzhao Li
京都大学大学院 理学研究科 学振特別研究員

寺西 利治 Toshiharu Teranishi
京都大学 化学研究所 教授

左から猿山 雅亮、李 展召、寺西 利治

Zhanzhao Li¹ Masaki Saruyama² Toru Asaka³ Yasutomi Tatetsu⁴ Toshiharu Teranishi²

¹ Department of Chemistry, Graduate School of Science, Kyoto University

² Institute for Chemical Research, Kyoto University

³ Division of Advanced Ceramics and Frontier Research Institute for Materials Science, Nagoya Institute of Technology

⁴ University Center for Liberal Arts Education, Meio University

全著者リスト: <https://www.science.org/doi/10.1126/science.abh2741>

Contact

猿山 雅亮 E-mail: saruyama@scl.kyoto-u.ac.jp
所在地: 611-0011 京都府宇治市五ヶ庄

寺西 利治 E-mail: teranisi@scl.kyoto-u.ac.jp
所在地: 611-0011 京都府宇治市五ヶ庄

イオン性ナノ結晶の形状と 結晶構造変化の相関を発見

カチオンとアニオンで構成されるイオン性ナノ結晶は光機能性材料として広く研究され、その特性を決める組成や結晶構造の制御は重要な研究テーマである。カチオン交換反応は、温和な条件でイオン性ナノ結晶の組成を幅広く制御できる手法として有用であるが、大きく動きにくいアニオンで作られる骨格は頑丈なため、母体の結晶構造を自在に変化させて制御することは困難とされてきた。本論文では、母体のイオン性ナノ結晶の「形状」が、カチオン交換中の結晶構造変化の起こりやすさに影響しうることを報告している。様々な幅と高さをもつ六角柱形状の六方晶系 $\text{Cu}_{1.8}\text{S}$ ナノ結晶を合成し、それぞれ Co^{2+} とカチオン交換すると、「高さ」が約10nm以下のときは六方晶 (CoS) が維持され、それ以上では立方晶 (Co_9S_8) に結晶構造が変化することを発見した。第一原理計算により、六角柱形状の六方晶系 CoS は底面よりも側面の表面エネルギーが大きいことが分かり、高さが大きいと側面の広い露出を避けようとして立方晶系 Co_9S_8 へ構造変化することが示唆された。 Co^{2+} 以外のカチオンでは異なる傾向が見られ、物質固有の構造安定性もこの現象に重要な役割をもつことが分かった。この知見は、物質中のイオンの配列を簡便に制御する技術につながると期待される。

Figure and Note

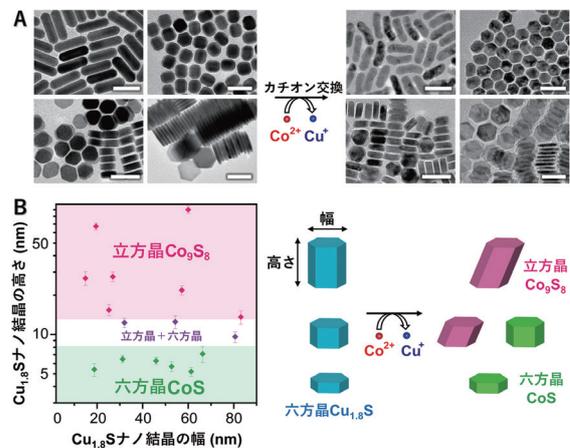


図: 様々な六角柱型 $\text{Cu}_{1.8}\text{S}$ ナノ結晶の Co^{2+} カチオン交換

(A) 代表的な $\text{Cu}_{1.8}\text{S}$ ナノ結晶のカチオン交換前後のTEM像(スケールバー: 50nm)。全体の形状はおおむね維持されている。

(B) $\text{Cu}_{1.8}\text{S}$ ナノ結晶の形状とカチオン交換後の結晶構造の関係。高さ約10nmを境に結晶構造が切り替わる。

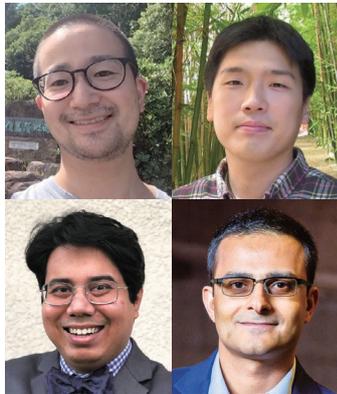


元素置換で新しいナノ物質を創る

京都大学化学研究所 寺西研究室では、無機ナノ物質の液相精密構造制御とエネルギー材料への応用に取り組んでいます。特に、熱力学的に安定なナノ物質の元素を選択的に置換することで、予想もしなかった構造を創り上げ、新しい物性・機能の開拓を目指しています。詳細な観察と深い議論を重ねて、誰も知らない物質を創り、未踏分野を開拓するのは、やっぱりワクワクしますね。次は、ずば抜けた機能をもつナノ物質でも創ろうか…。

単層半導体の非発光ロスをあらゆるエキシトン密度で低減

Inhibited nonradiative decay at all exciton densities in monolayer semiconductors



上段左から東垂水 直樹、Hyungjin Kim
下段左からShiekh Zia Uddin、Ali Javey

東垂水 直樹 Naoki Higashitarumizu

Postdoctoral Fellow, Electrical Engineering and Computer Sciences,
University of California at Berkeley

Hyungjin Kim

Postdoctoral Fellow, Electrical Engineering and Computer Sciences,
University of California at Berkeley

(現 Postdoctoral Fellow, Department of Chemistry, Stanford University)

Shiekh Zia Uddin

Graduate Research Assistant, Electrical Engineering and Computer Sciences,
University of California at Berkeley

Ali Javey

Professor, Electrical Engineering and Computer Sciences,
University of California at Berkeley

Hyungjin Kim^{1,2} Shiekh Zia Uddin^{1,2} Naoki Higashitarumizu^{1,2} Eran Rabani^{2,3,4} Ali Javey^{1,2}

¹ Electrical Engineering and Computer Sciences, University of California, Berkeley

² Materials Sciences Division, Lawrence Berkeley National Laboratory

³ Department of Chemistry, University of California, Berkeley

⁴ The Raymond and Beverly Sackler Center of Computational Molecular and Materials Science, Tel Aviv University

全著者リスト: <https://www.science.org/doi/10.1126/science.abi9193>

Contact

東垂水 直樹 E-mail: taru@berkeley.edu

Ali Javey E-mail: ajavey@berkeley.edu

所在地: Electrical Engineering and Computer Sciences,
University of California, Berkeley, CA 94720, USA

URL: <http://nano.eecs.berkeley.edu/>

Figure and Note

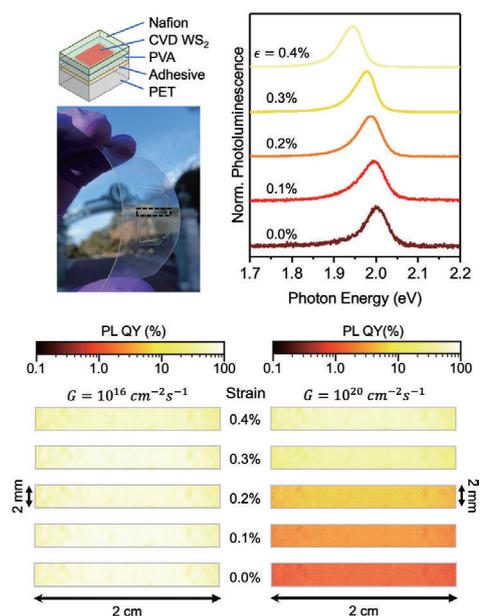


図: ひずみによる単層材料の発光増強
1 ナノメートルに満たない厚さの単層半導体にひずみを加えることにより強励起でも高い発光効率を実現。

LED材料をわずかに伸縮させることで発光ロスを低減

身の回りにはスマートフォンやタブレットのディスプレイを明るくしたとき、電池の減りが異常に速くなった経験はないだろうか。これは、発光素子に電気エネルギーをより多く注ぎ込むと発光効率が低下するためである。発光強度を上げていくとエネルギーの多くは光ではなく熱に変換され、余計に電力を消費してしまうのだ。この高輝度時の効率低下(ロールオフ)を低減することで、電子デバイスのパフォーマンスや寿命を改善できると期待される。

本研究では、ロールオフ特性を改善しあらゆる明るさで発光効率を100%近くまで高める手法を見出した。用いた材料は遷移金属ダイカルコゲナイドと呼ばれるわずか3原子層分の厚さをもつ単層半導体。通常、単層中のエキシトン(電子・ホールペア)の発光は、エキシトン密度が高くなるとエキシトン同士が衝突し合い、光を放出せずに再結合するexciton-exciton annihilation (EEA)が支配的となる。ここに、化学・電氣的ドーピングとともに0.4%ほどのわずかなひずみを加えることで、バンド構造を制御しEEAを抑制した。EEAは本材料に限らず、エキシトン系のあらゆる有機材料や多くの無機材料で観察される一般的な現象であり、発光素子や太陽電池などで問題となっていることから、今回の成果は光デバイスの高性能化に向けて重要な発見と言える。

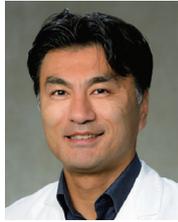


エジソンの理論と試行錯誤

UC Berkeley Javey 研における単層発光デバイスの一連の研究は、5年以上前に当時博士研究員だった桐谷乃輔先生(現 大阪府立大学准教授)らの研究[Science 350, 1065(2015)]から始まったものであり、本研究はその集大成ともいえるものです。デバイス作製の難しさから何度も諦めかけたテーマでしたが、筆頭著者のHyungjin KimとShiekh Zia Uddinを中心にありとあらゆるプロセスを試した結果、実証に至りました。研究は時に(ほとんど?) 泥臭い失敗の連続ですが、私たちの研究室ではそれをEdisonian approachと呼んで楽しむ雰囲気があります。写真は年末に実験が失敗したあととシェイクと二人で。

TSLPは皮脂分泌の亢進により 脂肪組織を減少させる

Thymic stromal lymphopoietin induces adipose loss through sebum hypersecretion



上林 拓 *Taku Kambayashi*

Associate Professor, Department of Pathology and Laboratory Medicine,
Perelman School of Medicine at the University of Pennsylvania

Ruth Choa¹ Junichiro Tohyama¹ Shogo Wada² Hu Meng³ Jian Hu⁴ Mariko Okumura¹ Rebecca M. May⁵
Tanner F. Robertson^{1,6} Ruth-Anne Langan Pai¹ Arben Nace⁷ Christian Hopkins⁷ Elizabeth A. Jacobsen⁸
Malay Halder¹ Garret A. FitzGerald⁹ Edward M. Behrens⁹ Andy J. Minn¹⁰ Patrick Seale¹¹ George Cotsarelis⁷
Brian Kim^{12,13,14,15} John T. Seykora⁷ Mingyao Li⁴ Zoltan Arany² Taku Kambayashi¹

¹ Department of Pathology and Laboratory Medicine,
Perelman School of Medicine at the University of Pennsylvania

² Cardiovascular Institute and the Department of Medicine,
Perelman School of Medicine at the University of Pennsylvania

³ Institute for Translational Medicine and Therapeutics,
Perelman School of Medicine at the University of Pennsylvania

⁴ Department of Biostatistics, Epidemiology and Informatics,
Perelman School of Medicine at the University of Pennsylvania

⁵ Arkana Laboratories

⁶ Department of Pathology and Laboratory Medicine, Children's Hospital of Philadelphia

⁷ Department of Dermatology, Perelman School of Medicine at the University of Pennsylvania

⁸ Division of Allergy, Asthma and Clinical Immunology, Mayo Clinic Arizona

⁹ Division of Rheumatology, Children's Hospital of Philadelphia

¹⁰ Department of Radiation Oncology, Perelman School of Medicine at the University of Pennsylvania

¹¹ Institute for Diabetes, Obesity, and Metabolism,

Perelman School of Medicine at the University of Pennsylvania

¹² Division of Dermatology, Department of Medicine, Washington University School of Medicine

¹³ Department of Anesthesiology, Washington University School of Medicine

¹⁴ Department of Pathology and Immunology, Washington University School of Medicine

¹⁵ Center for the Study of Itch and Sensory Disorders, Washington University School of Medicine

全著者リスト: <https://www.science.org/doi/10.1126/science.abd2893>

Contact

E-mail: kambayat@pennmedicine.upenn.edu

所在地: 288 John Morgan Building, 3620 Hamilton Walk,
Philadelphia, PA 19104, USA

URL: <https://kambayashilab.com/>

TSLP 刺激された T 細胞は 皮脂腺から脂質分を放出させる

肥満症は取り込みと放出エネルギーのアンバランスで引き起こされる深刻な健康問題である。これまで免疫細胞は、熱発生で放出エネルギーを上昇させ、脂肪代謝を促せられることが知られていた。しかし本研究で免疫細胞は、異なる機序でも体内脂肪を減少させることができるとわかった。高脂肪食で太らせたマウスの TSLP というサイトカインを上昇させるとマウスは痩せていったが、熱発生増加や食事摂取量の低下は見られなかった。予期せぬことに、TSLP によって痩せたマウスの毛がベトベトな状態になることに気づいた。毛についての物質は皮脂だと判明した。皮脂は皮脂腺から分泌される皮膚バリア機能を向上させる高カロリー物質である。皮脂腺発達障害マウスでは TSLP による体重減少が見られなかったため、皮脂腺から脂質分の放出を促すことが体内脂肪の減少に繋がるという結論を出した。TSLP は皮脂腺を直接刺激するのではなく、T 細胞に働きかけ皮脂腺に移行させ、皮脂分泌機能を促進させるということがわかった。ヒトにおいても、皮膚の TSLP 発現量と皮脂腺遺伝子の発現が有意差を持って比例した。結果、この仕組みは脂肪代謝や皮膚バリア機能の向上に繋がると思われる。

Figure and Note

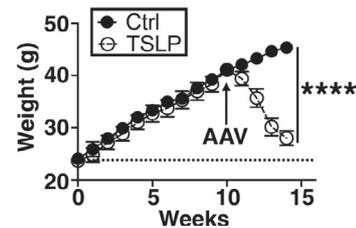


図1: TSLP は肥満を解消する

高脂肪食を10週間摂取させて肥満になった野生型マウスに TSLP またはコントロールベクター (AAV) を投与し、体重を週ごとに測定した。**** $p < 0.0001$.

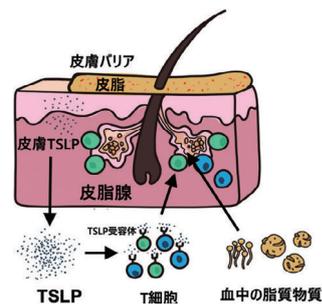
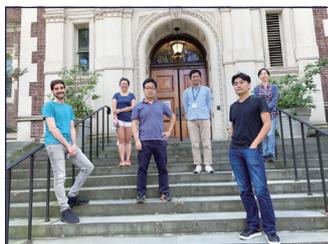


図2: TSLP が与える皮脂腺と脂質への影響

皮膚で発現される TSLP は末梢の T 細胞を刺激し、T 細胞の皮脂腺への移動を誘導する。皮脂腺に移動した T 細胞は皮脂分泌を促し、皮脂に使われる脂質分が血中から取り除かれる。



Collaborative Science is Key

予期せぬ発見で、今回はたくさんの分野を跨ぐような研究となりました。皮膚や代謝の専門家との共同研究なしでは、免疫学者の私の方だけでメカニズムを解明することは難しかったと思います。これからの Science はさらに多様化していき、ますますコラボレーションが必要となるでしょう。私の拠点は米国ですが、日本の研究者や世界中の科学者と協力し合い、今後の科学の進歩に携わってほしいと思います。

水平伝播した寄生蜂致死因子が 宿主昆虫を寄生蜂から防御する

Horizontally transmitted parasitoid killing factor shapes insect defense to parasitoids



左から仲井 まどか、高務 淳

仲井 まどか *Madoka Nakai*

東京農工大学 教授

高務 淳 *Jun Takatsuka*

森林総合研究所 主任研究員

Laila Gasm^{1,2} Edyta Sieminska³ Shohei Okuno^{1,4} Rie Ohta¹ Cathy Coutu⁵
 Mohammad Vatanparast⁶ Stephanie Harris⁵ Doug Baldwin⁵ Dwayne D. Hegedus⁵
 David A. Theilmann⁷ Aki Kida^{1,8} Mio Kawabata¹ Shiori Sagawa¹ Jun Takatsuka⁹ Ken Tateishi¹⁰
 Kazuyo Watanabe¹⁰ Maki N. Inoue¹ Yasuhisa Kunimi¹ Yonggyun Kim⁶ Martin A. Erlandson^{3,5}
 Salvador Herrero² Madoka Nakai¹

¹ Tokyo University of Agriculture and Technology
² Department of Genetics and Institute of Biotechnology and Biomedicine (BIOTECMED), Universitat de València
³ Department of Biology, University of Saskatchewan
⁴ Arysta Life Science Corporation
⁵ Agriculture and Agri-Food Canada, Saskatoon Research and Development Centre
⁶ Department of Plant Medicals, Andong National University

⁷ Agriculture and Agri-Food Canada, Summerland Research and Development Centre
⁸ Kumiai Chemical Industry Co., Ltd.
⁹ Forestry and Forest Products Research Institute, Forest Research and Management Organization
¹⁰ National Agriculture and Food Research Organization

全著者リスト: <https://www.science.org/doi/epdf/10.1126/science.abb6396>

Contact

仲井まどか E-mail: madoka@cc.tuat.ac.jp
 所在地: 183-8509 東京都府中市幸町3-5-8
 U R L: <https://web.tuat.ac.jp/~biological-control/>
 高務 淳 E-mail: junsan@affrc.go.jp
 所在地: 305-8687 茨城県つくば市松の里1
 U R L: <https://www.ffpri.affrc.go.jp/>

寄生蜂という天敵に対抗する 新しい昆虫免疫機構の発見

昆虫は、一般的に多産多死であるが、その死亡要因の1つに天敵がある。寄生蜂とウイルスは、チョウ目昆虫の主要な天敵である。ウイルスに感染した宿主昆虫(イモムシ)に寄生蜂が同時に寄生すると、ウイルスと寄生蜂はイモムシという資源を取り合う競争関係になるが、昆虫ボックスウイルス(EPV)に感染したイモムシに寄生したコマユバチ科の寄生蜂はイモムシ体内で死ぬという現象が報告されていた。本研究では、EPVのゲノムに寄生蜂を殺すタンパク質(PKF)の遺伝子がコードされていること、寄生蜂はアポトーシスにより致死することを発見した。さらに、PKF 遺伝子は、昆虫を宿主とする様々なDNAウイルス間や、ウイルスと昆虫との間で水平伝播し、複数種のウイルスと昆虫に分布していた。これまで昆虫は細胞性の免疫機構によって寄生蜂に対抗していると考えられてきたが、体液中に分泌されるエフェクターが寄生蜂への防御機構として働くことが初めて明らかになった。また、天敵(寄生蜂やウイルス)と昆虫の進化的軍拡競争には、それぞれの天敵が単独で関わっているだけでなく、天敵同士の競争排除の関係が共進化の原動力となっている、という新しい仮説が提唱された。

Figure and Note

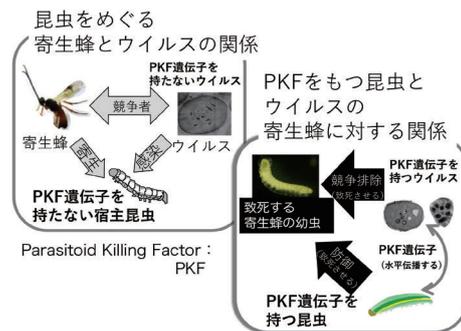


図1: ウイルスと寄生蜂とイモムシの関係
 寄生蜂とウイルスが、同じイモムシに寄生あるいは感染すると資源をめぐる競争関係となる(左上)。Parasitoid Killing Factor(PKF)遺伝子をゲノムにもつウイルスやイモムシは、それぞれ共通の敵である寄生蜂に対抗できる(右下)。

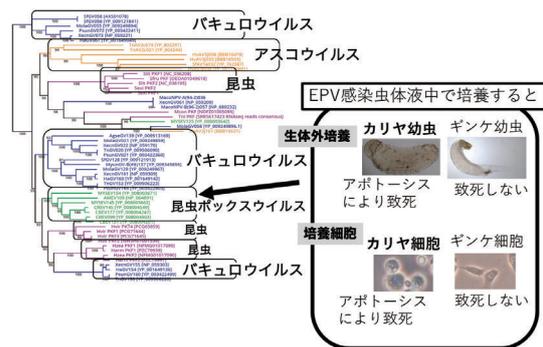


図2: ウイルスと昆虫由来のParasitoid Killing Factor (PKF)の系統関係
 昆虫に感染するDNAウイルス(昆虫ボックスウイルス、アスコウイルス、バキュロウイルス)やヤガ科の昆虫において、PKF 遺伝子の水平伝播が複数回起きたことが示された。昆虫ボックスウイルス(EPV)体液を添加した培地中で、ギンケハラソコムバチ(ギンケ)幼虫と細胞は致死しないが、カリヤコムバチ(カリヤ)幼虫と細胞はアポトーシスにより致死する。



東京農工大学と昆虫科学

本研究は、スペイン(バレンシア大学)とカナダ(サスカチュワン大学)と韓国(安東大学)との国際共同研究ですが、日本側の共著者は卒業生も含めて東京農工大学の出身です。東京農工大学は、歴史的には養蚕と繊維業の振興を機軸にした大学ですが、現在も昆虫科学の研究者が多く、分子生物学やゲノム編集などの基礎科学から植物保護や養蚕に関する応用研究まで幅広い研究を行っています。昆虫科学の分野には、まだ未解明のおもしろい現象が多くあります。昆虫科学に興味を持つ学生がもっと増えて、一緒に研究ができればと思います。

キタエフ物質候補 α - RuCl_3 における 半整数量子異常熱ホール効果

Half-integer quantized anomalous thermal Hall effect in the Kitaev material candidate α - RuCl_3



左から松田 祐司、笠原 裕一

松田 祐司 *Yuji Matsuda*
京都大学大学院 理学研究科 教授

笠原 裕一 *Yuichi Kasahara*
京都大学大学院 理学研究科 准教授

T. Yokoi¹ S. Ma¹ Y. Kasahara¹ S. Kasahara¹ T. Shibauchi² N. Kurita³ H. Tanaka³ J. Nasu⁴
Y. Motome⁵ C. Hickey⁶ S. Trebst⁶ Y. Matsuda¹

¹ Department of Physics, Kyoto University

² Department of Advanced Materials Science, The University of Tokyo

³ Department of Physics, Tokyo Institute of Technology

⁴ Department of Physics, Yokohama National University

⁵ Department of Applied Physics, The University of Tokyo

⁶ Institute for Theoretical Physics, University of Cologne

全著者リスト : <https://www.science.org/doi/abs/10.1126/science.aay5551>

Contact

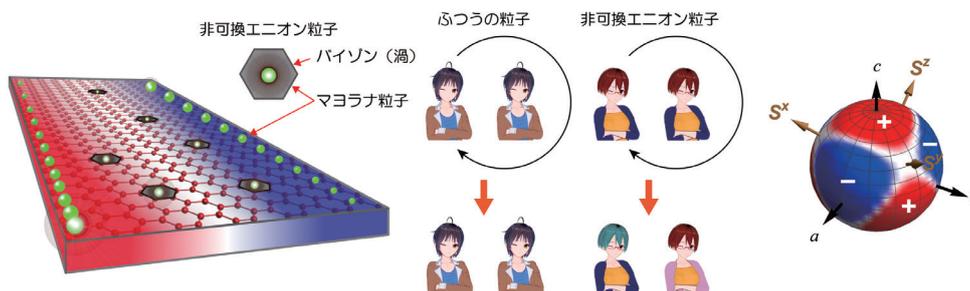
松田 祐司 E-mail : matsuda@scphys.kyoto-u.ac.jp
所在地 : 606-8502 京都府京都市左京区北白川追分町
U R L : <http://kotai2.scphys.kyoto-u.ac.jp/index.php>

笠原 裕一 E-mail : ykasahara@scphys.kyoto-u.ac.jp
所在地 : 606-8502 京都府京都市左京区北白川追分町
U R L : <http://kotai2.scphys.kyoto-u.ac.jp/index.php>

量子コンピューターの基本粒子となる非可換エニオン粒子の解明

われわれの住む3次元世界では、同種粒子を2回入れ替えると必ず元の状態に戻ってしまう。これに対し2次元世界のエニオン粒子は2回入れ替えても元には戻らないという奇妙な性質をもつ。さらに非可換エニオン粒子は交換順序に依存して終状態が変化し、トポロジカル量子コンピューターと呼ばれる環境ノイズに強い量子コンピューターの動作を可能にする基本粒子である。蜂の巣状の平面構造をもつ磁性絶縁体 α - RuCl_3 においては、非可換エニオン粒子が存在することを示唆する「半整数熱量子ホール効果」が観測されていた。非可換エニオンは、自身が反粒子と同一であるマヨラナ粒子で構成され、熱量子ホール効果の符号はマヨラナ粒子の動きが右ひねりと左ひねりのメブスの輪のどちらに対応するか、というようなトポロジーにより決まるが、トポロジーの詳細は明らかではなかった。本研究では、半整数熱量子ホール効果の符号が磁場の方向により逆転する現象を発見し、半整数熱量子ホール効果が現れる磁場方向を特定することで、非可換エニオン粒子のトポロジーを決定することに成功した。本研究により明らかとなったトポロジーは理論模型とよい一致を示し、非可換エニオン粒子が物質中に安定して存在することが明らかとなった。

Figure and Note



図：磁性絶縁体中の非可換エニオン粒子とそのトポロジー

(左) 非可換エニオン粒子は試料内部に存在し、マヨラナ粒子が試料の端に沿って流れている。(中央) 2つの同種粒子を2回交換した際の状態変化の模式図。(右) 明らかになった非可換エニオン粒子のトポロジー。

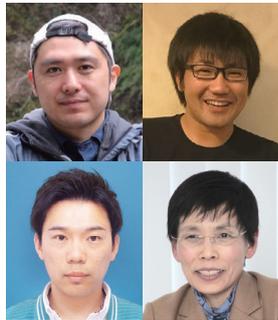


量子力学的多体効果により実現される新しい凝縮状態

われわれの研究室では、強く相互作用する電子系の示す多彩なふるまいを研究しています。特に物質が極低温で示す超伝導、相転移、スピン液体などの量子力学的な多体問題に興味を持っています。これらの研究対象は物理学の他分野とも関連した現代物理学の基本的問題と強くつながっており、最先端応用技術とも密接な関係をもっています。様々な実験手法を駆使して新奇な現象や状態を開拓・解明することに挑戦しています。

ヒトの一生を通してみた 1日あたりのエネルギー消費量

Daily energy expenditure through the human life course



上段左から山田 陽介、下山 寛之
下段左から吉田 司、木村 みさか

山田 陽介 *Yosuke Yamada*

国立研究開発法人 医薬基盤・健康・栄養研究所 身体活動研究部 特別研究員
京都先端科学大学 アクティブヘルス支援機構 客員研究員

下山 寛之 *Hiroyuki Sagayama*

筑波大学 体育系 助教

吉田 司 *Tsukasa Yoshida*

国立研究開発法人 医薬基盤・健康・栄養研究所 身体活動研究部 研究員

木村 みさか *Misaka Kimura*

京都先端科学大学 健康医療学部 教授(現 同志社女子大学 看護学部 特任教授)

Herman Pontzer^{1,2} Yosuke Yamada^{3,4} Hiroyuki Sagayama⁵ Philip N. Ainslie⁶ Lene F. Andersen⁷ Liam J. Anderson^{8,9}
Lenore Arab³ Issaad Baddou¹⁰ Kweku Bedu-Addo¹¹ Ellen E. Blaak¹² Stephane Blanc^{13,14} Alberto G. Bonomi¹⁵
Carlijn V. C. Bouten¹² Pascal Bovet¹⁶ Maciej S. Buchowski¹⁷ Nancy F. Butte¹⁸ Stefan G. Camps¹² Graeme L. Close⁶
Jamie A. Cooper¹³ Richard Cooper¹⁹ Sai Krupa Das²⁰ Lara R. Dugas¹⁹ Ulf Ekelund²¹ Sonja Entringer^{22,23} Terrence Forrester²⁴
Barry W. Fudge²⁵ Annelies H. Goris¹² Misaka Kimura³ Tsukasa Yoshida⁴ IAEA DLW Database Consortium et al.

¹ Department of Evolutionary Anthropology, Duke University
² Duke Global Health Institute, Duke University
³ Institute for Active Health, Kyoto University of Advanced Science
⁴ National Institute of Health and Nutrition, National Institutes of Biomedical Innovation, Health and Nutrition
⁵ Faculty of Health and Sport Sciences, University of Tsukuba
⁶ Research Institute for Sport and Exercise Sciences, Liverpool John Moores University
⁷ Department of Nutrition, Institute of Basic Medical Sciences, University of Oslo
⁸ Crewe Alexandra Football Club
⁹ David Geffen School of Medicine, University of California, Los Angeles
¹⁰ Unité Mixte de Recherche en Nutrition et Alimentation, CNESTEN-Université Ibn Tofail URAC33,
Regional Designated Center of Nutrition Associated with AFRA/IAEA
¹¹ Department of Physiology, Kwame Nkrumah University of Science and Technology
¹² Maastricht University
¹³ Department of Nutritional Sciences, University of Wisconsin
¹⁴ Institut Pluridisciplinaire Hubert Curien, CNRS Université de Strasbourg

¹⁵ Phillips Research
¹⁶ Institute of Social and Preventive Medicine, Lausanne University Hospital
¹⁷ Division of Gastroenterology, Hepatology, and Nutrition, Department of Medicine, Vanderbilt University
¹⁸ Department of Pediatrics, Baylor College of Medicine, USDA/ARS Children's Nutrition Research Center
¹⁹ Department of Public Health Sciences, Parkinson School of Health Sciences and Public Health, Loyola University
²⁰ Jean Mayer USDA Human Nutrition Research Center on Aging at Tufts University
²¹ Department of Sport Medicine, Norwegian School of Sport Sciences
²² Charité-Universitätsmedizin Berlin, corporate member of Freie Universität Berlin, Humboldt-Universität zu Berlin, and Berlin Institute of Health (BIH), Institute of Medical Psychology
²³ School of Medicine, University of California Irvine
²⁴ Solutions for Developing Countries, University of the West Indies
²⁵ Department of Biomedical and Life Sciences, University of Glasgow

全著者リスト: <https://www.science.org/doi/10.1126/science.abe5017>

Contact

山田 陽介 **E-mail**: yamaday@nibiohn.go.jp / yyamada831@gmail.com
所在地: 162-8636 新宿区戸山1-23-1 (2022年8月まで) 566-0002 大阪府摂津市千里丘新町3-17 (2022年8月以降)
URL: <https://researchmap.jp/y.yamada>

下山 寛之 **E-mail**: sagayama.hiroyuki.ka@u.tsukuba.ac.jp
所在地: 305-8574 つくば市天王台1-1-1 筑波大学総合研究棟D508
URL: <https://sites.google.com/view/tsukuba-exercise-nutrition/sagayama-lab?authuser=0>

1日に必要なエネルギーは 加齢に伴いダイナミックに変動する

日常生活環境下の総エネルギー消費量は二重標識水法という技術で測定が可能である。われわれは、世界29か国の生後8日から95歳までの6,600人以上の二重標識水法のデータベースを構築し、ヒトの生涯にわたる1日当たりの総エネルギー消費量について分析した。総エネルギー消費量の絶対値としては、10代後半で最も高く、その後わずかに低下したのち、60代までは一定の値を示していた。体格調整した総エネルギー消費量は、乳児が最も高い代謝率を有していた。総エネルギー消費量は生後12ヵ月の間に急増し、1歳の誕生日には、大人に比べて50%も速くエネルギーを消費していた。すなわち、乳児は体格から予想されるよりはるかに多くのエネルギーを必要とし、この時期に十分に食べることができないと生存することが難しい理由を説明している。また、25~60歳の間には代謝は変化していないことが明らかになった。これは中年太りのことを考えると予想外の現象であった。一方で90代の方は、中年の人よりも1日当たりに必要なエネルギーが26%少なくなっていた。これらの結果は、ヒトの生涯における細胞・組織の代謝が加齢にもなってダイナミックに変動することを示しており、そのメカニズムを調べる研究が今後期待される。

Figure and Note

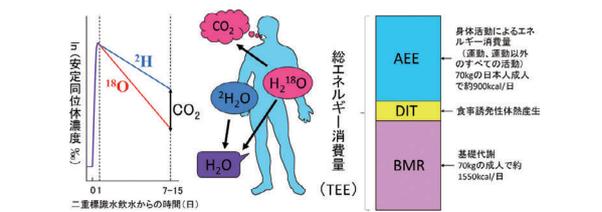


図1: 本研究に用いた実験手法
二重標識水法の原理。水素と酸素の安定同位体で標識された水を経口投与し、尿中における同位体の上昇率と減衰率を求めることで、総エネルギー消費量が測定できる。

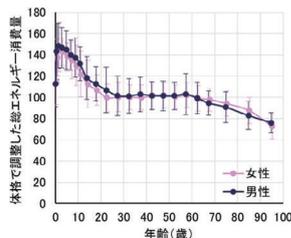


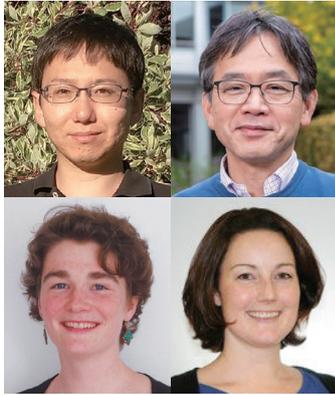
図2: 本研究で得られた結果
生後8日から95歳までの日常生活環境下における1日当たりの総エネルギー消費量(体格調整後)。

運動(身体活動・スポーツ)と栄養を科学する

私たちのチームは、運動(身体活動・スポーツ)科学と栄養学に関する研究を日々行っています。どうすれば、中年期のメタボリックシンドロームや高齢期のフレイルなどの生活習慣病を予防できるのか、どんな身体活動や栄養が健康によいか、スポーツ選手に必要な食事やトレーニングはどのようなものかなどを、子どもから高齢者までを対象に幅広く研究しています。私たちの研究テーマの魅力は、身近な事柄を科学的に検証することにあります。興味のある方はぜひご連絡ください。

メタン生成代謝に含まれる電子分岐酵素および二酸化炭素固定酵素からなる3メガダルトン複合体

Three-megadalton complex of methanogenic electron-bifurcating and CO₂-fixing enzymes



上段左から渡邊 友浩、嶋 盛吾
下段左から Olivia Pfeil-Gardiner、
Bonnie J. Murphy

渡邊 友浩 *Tomohiro Watanabe*

Postdoctoral Fellow, Max Planck Institute for Terrestrial Microbiology
(現 北海道大学 低温科学研究所 助教)

嶋 盛吾 *Seigo Shima*

Research Group Leader, Max Planck Institute for Terrestrial Microbiology

Olivia Pfeil-Gardiner

PhD student, Max Planck Institute of Biophysics

Bonnie J. Murphy

Research Group Leader, Max Planck Institute of Biophysics

Tomohiro Watanabe¹ Olivia Pfeil-Gardiner² Jörg Kahnt³ Jürgen Koch¹ Seigo Shima¹
Bonnie J. Murphy²

¹ Microbial Protein Structure Group, Max Planck Institute for Terrestrial Microbiology

² Redox and Metalloprotein Research Group, Max Planck Institute of Biophysics

³ Core Facility for Mass Spectrometry and Proteomics, Max Planck Institute for Terrestrial Microbiology

全著者リスト: <https://www.science.org/doi/10.1126/science.abg5550>

Contact

渡邊 友浩

E-mail: watanabe1986@lowtem.hokudai.ac.jp

所在地: 060-0819 北海道札幌市北区北 19 条西 8 丁目 21-1

U R L: <http://www.lowtem.hokudai.ac.jp/micro-ecol/index.html>

嶋 盛吾

E-mail: shima@mpi-marburg.mpg.de

所在地: Karl-von-Frisch Straße 10, 35043 Marburg, Germany

U R L: <https://www.mpi-marburg.mpg.de/shima>

電子を活性化して炭酸ガスを還元する巨大酵素複合体の発見

メタンは強力な温室効果ガスであり、大気中メタンの気候変動への影響が心配されている。一方で、メタンは再生可能な燃料としても注目されている。私たちは水素ガスと炭酸ガスを原料としたメタン生成代謝を研究する過程で、ある種のメタン生産微生物のゲノムには、ヒドロゲナーゼ酵素の1つが欠けている点に注目した。このヒドロゲナーゼはヘテロジスルフィド還元酵素(Hdr)と複合体を形成し、水素ガスからの電子をHdrに供給する酵素である。この失われたヒドロゲナーゼを探索するため、メタン菌を培養し生化学的研究を行った。当初、新規ヒドロゲナーゼの存在を予想していたのだが、実は別の酵素がF₄₂₀と呼ばれる物質を通してHdrに電子を供給することがわかった。新しい代謝反応の存在に驚いたのだが、さらにこの酵素複合体は炭酸ガス固定を触媒する酵素と超複合体を形成し、Hdrが活性化した電子を効率的に炭酸ガス固定に供給することを示す実験結果が得られた。驚きはさらに続き、クライオ電子顕微鏡解析により、この酵素超複合体がリボゾームの大きさに匹敵する巨大なリング状構造を形成していることが判明した。



若者たちへのメッセージ

今回の研究は、本来あるはずの遺伝子がない微生物のゲノムから着想を得ました。このような未開拓の生命現象を司る遺伝子は他にもたくさんあります。著者の1人である渡邊は、北海道大学低温科学研究所の微生物生態学グループで、このような遺伝子を自然環境中の微生物から新たに探索し、その機能の解明を目指しています。天然の微生物を研究する醍醐味のひとつは、今回の発見のように予想外な結果に出会えることです。一緒に未開拓領域に挑戦する熱意ある若者を幅広い分野から歓迎いたします。

Figure and Note

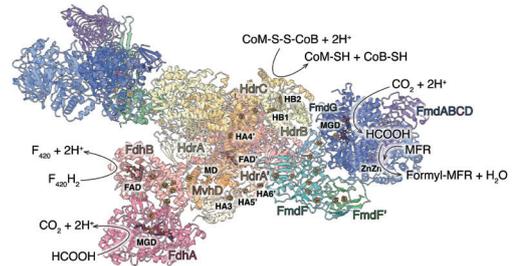


図1: 発見した酵素超複合体の2量体構造

F₄₂₀とギ酸の両方を電子供与体として使用する。電子は活性化され、炭酸ガス固定反応に使われる。

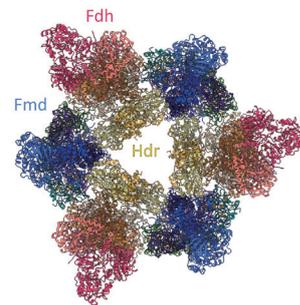


図2: 酵素超複合体の6量体リング状構造

鉄系超伝導体における メゾスコピックネマチック波の発見

Discovery of mesoscopic nematicity wave in iron-based superconductors



左から下志万 貴博、辛 埴

下志万 貴博 *Takahiro Shimojima*

理化学研究所 研究員

辛 埴 *Shik Shin*

東京大学 特別教授

T. Shimojima¹ Y. Motoyui² T. Taniuchi^{2,3} C. Bareille^{2,3} S. Onari⁴ H. Kontani⁴ M. Nakajima⁵
S. Kasahara⁶ T. Shibauchi⁷ Y. Matsuda⁶ S. Shin^{2,3,8}

¹RIKEN Center for Emergent Matter Science (CEMS)

²Institute for Solid State Physics (ISSP), The University of Tokyo

³Material Innovation Research Center (MIRC), The University of Tokyo

⁴Department of Physics, Nagoya University

⁵Department of Physics, Osaka University

⁶Department of Physics, Kyoto University

⁷Department of Advanced Materials Science, The University of Tokyo

⁸Office of University Professor, The University of Tokyo

全著者リスト: <https://www.science.org/doi/10.1126/science.abd6701>

Contact

下志万 貴博

E-mail: takahiro.shimojima@riken.jp

所在地: 351-0198 埼玉県和光市広沢2-1

U R L: <https://cems.riken.jp/jp/laboratory/esprt>

辛 埴

E-mail: shin@issp.u-tokyo.ac.jp

所在地: 277-8581 千葉県柏市柏の葉5-1-5

U R L: <https://www.u-tokyo.ac.jp/focus/ja/people/people001188.html>

レーザー光電子顕微鏡で可視化した ナノスケールで整列する電子

固体中の電子が互いの運動に強い影響を及ぼす強相関電子系と呼ばれる物質群では、電子が不思議な模様で整列することがある。この電子の模様を調べることは、電子間に働く力の起源を知ることに繋がるため、固体物理学における重要な課題である。近年、電子の集団がある一方向に揃おうとする「電子液晶」状態(ネマチック秩序)が、強相関電子系である鉄系超伝導体で実現していることが指摘されている。本研究では、鉄系超伝導体 $\text{BaFe}_2(\text{As}_{0.87}\text{P}_{0.13})_2$ と FeSe に対して空間分解能に優れたレーザー光電子顕微鏡を用いて、電子の空間分布をナノメートルの精度で調べた。その結果、線二色性イメージングにより波長500nm程度の正弦波で表される電子のうねりが存在することを発見した(図)。一般に、固体は電子と結晶格子から構成される。従来の物性理論では、電子と結晶格子が同じ空間スケールの整列パターンを示すと考えられてきた。しかし、観測されたうねりは結晶格子のスケール(数nm)より100倍程度大きな周期であり、結晶格子とは独立した電子の波であると考えられる。本結果から、電子と結晶格子が異なる整列パターンをとることを可能にする、電子間にだけ働く未知の力が存在すると考えられる。

Figure and Note

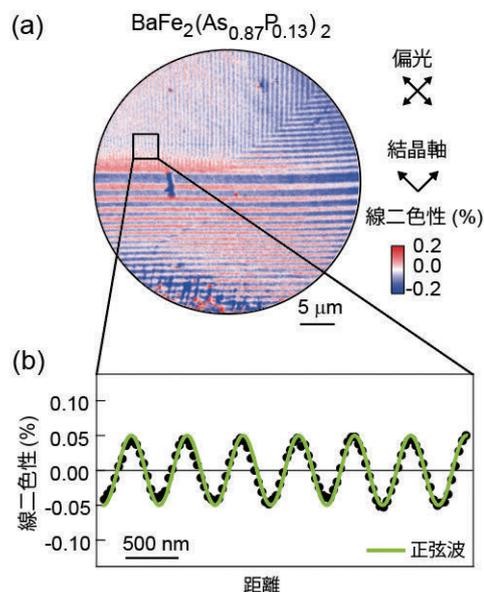
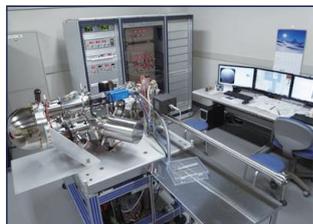


図: レーザー光電子顕微鏡によるネマチック波の可視化

(a) $\text{BaFe}_2(\text{As}_{0.87}\text{P}_{0.13})_2$ の線二色性イメージング。

(b) aの矩形領域における信号。約500nmの周期をもつ正弦波状のネマチック波の存在が示された。



レーザー光電子顕微鏡

光電子顕微鏡は、仕事関数以上のエネルギーを持った光を照射したときに試料から放出される光電子を拡大・結像する電子投影型の顕微鏡です。われわれは、より微細な物質の構造や物性を明らかにするため、紫外レーザーと光電子顕微鏡とを組み合わせたまったく新しい顕微鏡装置を開発しました。現在までに2.6nmという世界最高の空間分解能を達成しています。本装置を用いると、レーザーの偏光性を利用して固体中の電子のスピンや軌道の空間分布に関する情報が得られます。

ペンデル干渉を用いた中性子電荷半径、結晶格子ダイナミクスの精密測定と、未知相互作用の探索

Pendellösung interferometry probes the neutron charge radius, lattice dynamics, and fifth forces



上段左から藤家 拓大、細島 拓也、北口 雅暁
下段左から清水 裕彦、竹田 真宏、山形 豊

藤家 拓大 *Takuhiro Fujiie*
名古屋大学 理学研究科 博士後期課程
理化学研究所 光量子工学研究センター JRA

細島 拓也 *Takuya Hosobata*
理化学研究所 光量子工学研究センター 研究員

北口 雅暁 *Masaaki Kitaguchi*
名古屋大学 素粒子宇宙起源研究所 准教授 / 名古屋大学 理学研究科 准教授

清水 裕彦 *Hirohiko Shimizu*
名古屋大学 理学研究科 教授

竹田 真宏 *Masahiro Takeda*
理化学研究所 光量子工学研究センター テクニカルスタッフ

山形 豊 *Yutaka Yamagata*
理化学研究所 光量子工学研究センター チームリーダー

Benjamin Heacock^{1,2,3} Takuhiro Fujiie^{4,5} Robert W. Haun^{6,7} Albert Henins¹ Katsuya Hirota^{4,8} Takuya Hosobata⁵ Michael G. Huber¹ Masaaki Kitaguchi^{4,9} Dmitry A. Pushin^{10,11} Hirohiko Shimizu⁴ Masahiro Takeda⁵ Robert Valdillez^{2,3} Yutaka Yamagata⁵ Albert R. Young^{2,3}

¹ National Institute of Standards and Technology
² Department of Physics, North Carolina State University
³ Triangle Universities Nuclear Laboratory
⁴ Department of Physics, Nagoya University
⁵ RIKEN Center for Advanced Photonics, RIKEN
⁶ Institute for Physical Science and Technology, University of Maryland
⁷ Department of Physics and Engineering Physics, Tulane University

⁸ High Energy Accelerator Research Organization
⁹ Kobayashi-Maskawa Institute, Nagoya University
¹⁰ Institute for Quantum Computing, University of Waterloo
¹¹ Department of Physics and Astronomy, University of Waterloo

全著者リスト: <https://www.science.org/doi/10.1126/science.abc2794>

Contact

藤家 拓大
E-mail: fujie@phi.phys.nagoya-u.ac.jp
所在地: 464-8602 愛知県名古屋市千種区不老町
U R L: <https://www.phi.phys.nagoya-u.ac.jp/index.html>

山形 豊
E-mail: yamagata@riken.jp
所在地: 351-0198 埼玉県和光市広沢2-1
U R L: https://www.riken.jp/research/labs/rap/ultrahigh_precis_opt/

中性子の定在波が 結晶内部の相互作用を解き明かす

中性子や電子、X線などの量子力学的波動は、特定の条件下で単結晶試料に入射すると、結晶内における原子の周期的なポテンシャルを反映した干渉模様を観測できる。これをペンデル干渉と呼び、その原理は50年以上前に実証された。入射粒子に透過力の高い中性子を用いることで結晶の内部まで観察することができるが、その測定精度は結晶の品質や試料の形状精度に依存することから精密測定が困難であった。

本研究では高純度シリコン単結晶試料に超精密加工を施し、中性子干渉計を用いた測定を組み合わせることで、結晶構造因子の不確かさを4倍向上させることに成功した。中性子の運動量移行に対する依存性から、結晶構造の温度ゆらぎに新たな実験値を与えた。同様に、中性子内部の電荷分布についても求めることができた。ペンデル干渉の精密な測定は、中性子と原子の間に働く未知の相互作用を探索する実験にも利用できる。宇宙の加速膨張の起源などは現代物理学の4つの基本相互作用では説明できず、未知の力の存在が提案されている。今回の測定で未知力の正体を掴むには至らなかったが、その存在のパラメータ領域を先行研究の10倍以上制限することに成功した。



小規模実験の楽しさ

本研究では小規模な基礎物理実験に最先端の超精密加工技術を取り入れることで、大規模実験に対して遜色ない実験結果を得ることができました。この成果は、小規模実験が新物理を切り拓く第一歩であり、今後の物理学を先導する実験を行う鍵となると考えています。少人数で実験と議論を繰り返し、自らの手で未知の世界にアプローチできるのは非常に魅力的です。

Figure and Note

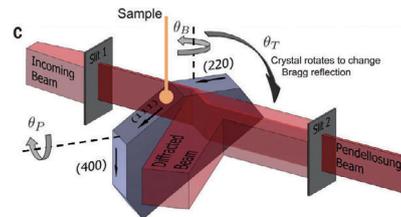


図1: ペンデル干渉の測定体系

中性子を単結晶試料にBragg条件を満たすよう入射する。結晶を θ_T 軸方向に回転させることで中性子の透過厚を変化させ、干渉縞を測定する。

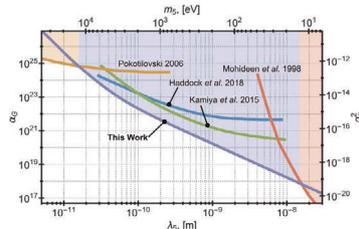


図2: 未知相互作用の存在制限範囲

本研究と過去の研究において排除された未知力の存在範囲を網掛けで示した。未知の力は湯川型を仮定しており、横軸は到達距離、縦軸はその結合強さを表す。左下にいくほど未知力の存在に強い制限を与える。

がんエコシステムにおける ゲノムおよびエピゲノムの進化

Mapping genomic and epigenomic evolution in cancer ecosystems



左から牛島 俊和、Susan J. Clark、Patrick Tan

牛島 俊和 *Toshikazu Ushijima*

国立がん研究センター研究所 エピゲノム解析分野 分野長

Susan J. Clark

Head and Professor, Epigenetics Research Laboratory,
Garvan Institute of Medical Research

Patrick Tan

Professor, Duke-NUS Medical School Singapore

Toshikazu Ushijima¹ Susan J. Clark^{2,3} Patrick Tan^{4,5,6,7}

¹ Division of Epigenomics, National Cancer Center Research Institute
² Epigenetics Research Laboratory, Genomics and Epigenetics Theme, Garvan Institute of Medical Research
³ St. Vincent's Clinical School, Faculty of Medicine, University of New South Wales Sydney
⁴ Cancer and Stem Cell Biology, Duke-NUS Medical School Singapore
⁵ Epigenomic and Epitranscriptomic Regulation, Genome Institute of Singapore
⁶ Cancer Science Institute of Singapore, National University of Singapore
⁷ Department of Physiology, Yong Loo Lin School of Medicine, National University of Singapore
全著者リスト: <https://www.science.org/doi/10.1126/science.abh1645>

Contact

牛島 俊和 E-mail: tushijim@ncc.go.jp
所在地: 104-0045 東京都中央区築地 5-1-1

多種類・多層・多時点解析により がんの起始から進化までを知る

多くのがんは長い人生の間に、加齢・喫煙・感染などの影響を受けながら徐々に発生してくる。これまで、できあがったがんについて、ゲノム解析が徹底的に行われ、多くのがん関連遺伝子が解明されてきた。最近では、がんが発生する以前の「正常な」組織の解析、臨床がんが発生・転移・治療抵抗性となるまでの経時的な解析、がん組織に存在するがん細胞以外の免疫細胞や線維芽細胞も含めたシングルセル解析が行われるようになった。そのお蔭で、「正常な」細胞にもエピゲノム変化やゲノム変化がすでに蓄積しており、周囲の細胞や状態(エコシステム)に適応したクローンや細胞群が選ばれながら進化する様子が見えてきた。多様な細胞がゲノム・エピゲノム変化により創出され、同一の遺伝子異常をもつ細胞でもエコシステムによっては生存に有利だったり、逆に淘汰されたりする。エピゲノム変化は非常に誘発されやすく、クローナル増殖をしていないエコシステムの各種細胞の性質変化にも重要である。複数時点の多種類細胞の多層オミクスのデータを、薬剤感受性や予後などの有用な情報とどう結びつけていくのか、ほぼ必ず起こる偽陽性を避けながらの効率的なアプローチがますます重要となる。

Figure and Note

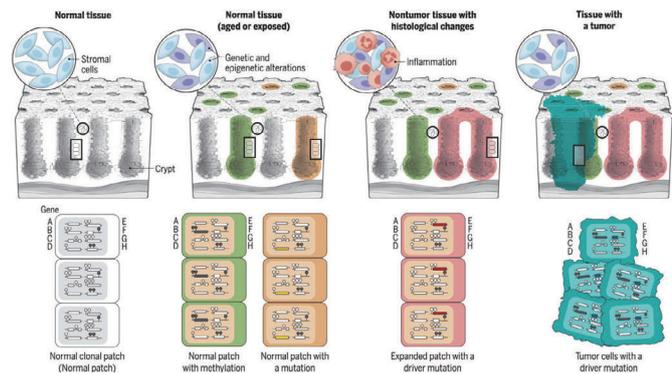


図1: 一見正常な組織でのエピゲノム異常・ゲノム異常

加齢に伴いエピゲノム・ゲノム変化をもつ幹細胞が増加するが、多くの変化は直接がん化に関与するものではない。炎症など特定の条件下のみで増殖を促したり、次の異常が細胞死につながらない環境を作る変化もある。

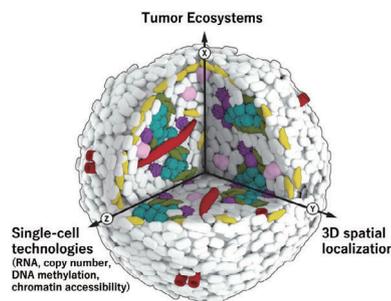


図2: エコシステムの複雑性

がん組織では様々な細胞が特定の位置で相互作用している。それぞれの細胞に、RNA、塩基配列、DNAメチル化、クロマチンなど、多層的な情報がゲノムワイドに存在する。さらに、時間軸もあり、効率的な解析が必須である。



共著者達との想い出

Susan Clark 博士とは、世界にエピジェネティクス研究者が数十人と言われた1996年からの知り合いで、写真(右)は2013年のオーストラリアエピゲノム研究会に招待してもらったときのexcursionです。Patrick Tan 博士とは、2009年にシンガポール胃がんコンソーシアムに科学アドバイザーとして招待された際に初めて会いました(写真左)。会うたびに「次は何が大事?」「Fundingはどう?」などと話しているうちに、すっかり友人になりました。

器用な運動の遂行における 触覚のフィードバックの調節

Modulation of tactile feedback for the execution of dexterous movement



五十嵐 正和 Masakazu Igarashi

Postdoctoral Fellow, Molecular Neurobiology Laboratory, Salk Institute for Biological Studies (研究当時)

James M. Conner Andrew Bohannon Masakazu Igarashi James Taniguchi Nicholas Baltar Eiman Azim

Molecular Neurobiology Laboratory, Salk Institute for Biological Studies

全著者リスト: <https://www.science.org/doi/10.1126/science.abh1123>

Contact

E-mail: masakazu.igarashi@outlook.jp

新たな運動解析システムを用いて、 マウスの技巧運動における 「触覚」の重要性に迫る

熟練した手の動きは、中枢神経からの動作の命令のみならず、常に感覚情報のフィードバックに依存している。しかしながら、手からの触覚フィードバックがどのように制御され、運動に影響を及ぼしているのかについては、依然として不明な点が多く残されている。われわれは、マウスの触覚を中継する脳幹の楔状束核(cuneate nucleus)のニューロンの活動が、局所抑制性ニューロンによって抑制または脱抑制されることにより制御されていることを明らかにした。この抑制性ニューロンを操作することによって、マウスのロープ引き運動や触覚指向性課題の遂行の正確さに影響を与えることが明らかとなった。さらには、一次体性感覚野(primary somatosensory cortex)のニューロンは楔状束核の中心領域を制御し、一方で吻側感覚運動野(rostral sensorimotor cortex)は、楔状束核を囲うようにある抑制性神経を介してフィードフォワード抑制を行うことも明らかになった。今後、器用な運動の効果的な実行を可能にするための触覚フィードバック調節の回路基盤について、さらなる解明が期待される。

Figure and Note

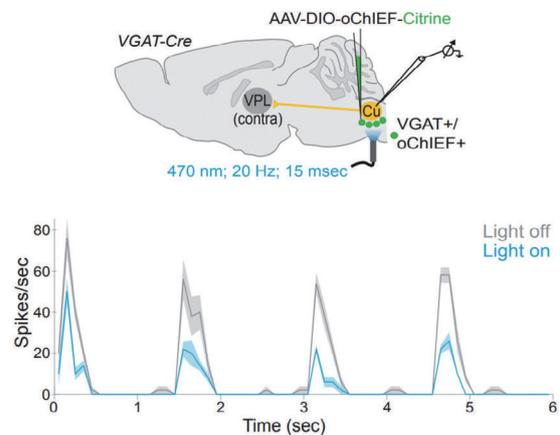


図1: 局所抑制性回路が触覚入力の反応を制御する

楔状束核周辺の抑制性入力を活性化させたところ、手の刺激による神経活動の発火(下図灰色線)頻度が低下し(下図水色)、楔状束核を介した触覚入力抑制回路により制御されていることが示された。

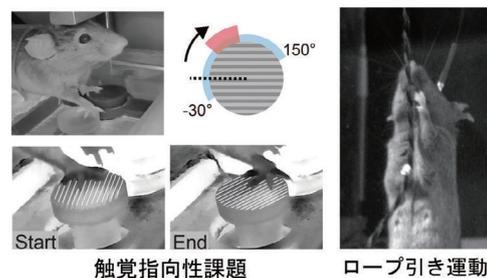


図2: 触覚フィードバックが器用な動作の遂行を支えている

触覚指向性課題は、円盤の角度を手で感覚で読み取り、目標の角度へと回転させる課題である。ロープ引きはマウスの本能的な動作をAIで追跡・定量した。楔状束核を抑制することにより、どちらの行動の遂行も効率も低下した。



マウス・ラットはわれわれが考えている以上に技巧派である

この論文は、光遺伝学や電気生理学などの手法を応用しつつも、マウスの「ロープを引く」という本能を応用し、深層学習で定量した行動テストや、表面に指向性のある円盤をマウスに読み取らせて回転させる課題など、今までにない行動テストを盛り込んだ挑戦的な論文です。このようなチャレンジングな科学に興味のある人は、ぜひ Eiman Azim Lab の門をたたいてみてください。写真はソーク研究所です。

黒潮とメキシコ湾流は同期している

The Gulf Stream and Kuroshio Current are synchronized



上段左から神山 翼、山上 遥航、三浦 裕亮
下段左から木戸 晶一郎、建部 洋晶、渡部 雅浩

神山 翼 Tsubasa Kohyama

お茶の水女子大学 基幹研究院自然科学系 助教

山上 遥航 Yoko Yamagami

東京大学 大気海洋研究所 特任研究員
(現 海洋研究開発機構 環境変動予測研究センター ポストドクトラル研究員)

三浦 裕亮 Hiroaki Miura

東京大学大学院 理学系研究科 准教授

木戸 晶一郎 Shoichiro Kido

海洋研究開発機構 アプリケーションラボ ポストドクトラル研究員

建部 洋晶 Hiroaki Tatebe

海洋研究開発機構 環境変動予測研究センター 主任研究員

渡部 雅浩 Masahiro Watanabe

東京大学 大気海洋研究所 教授

Tsubasa Kohyama¹ Yoko Yamagami² Hiroaki Miura³ Shoichiro Kido⁴ Hiroaki Tatebe⁵ Masahiro Watanabe²

¹ Department of Information Sciences, Ochanomizu University

² Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo

³ Department of Earth and Planetary Sciences, The University of Tokyo

⁴ Application Laboratory (APL), Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

⁵ Research Center for Environmental Modeling and Application (CEMA), Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

全著者リスト: <https://www.science.org/doi/10.1126/science.abh3295>

Contact 神山 翼
E-mail: tsubasa@is.ocha.ac.jp
所在地: 112-8610 東京都文京区大塚2-1-1
URL: <https://sites.google.com/site/tsubasakohyama/>

三浦 裕亮
E-mail: h_miura@eps.s.u-tokyo.ac.jp
所在地: 113-0033 東京都文京区本郷7-3-1
URL: <https://www-aos.eps.s.u-tokyo.ac.jp/~miura/>

黒潮とメキシコ湾流の同期現象を発見

黒潮とメキシコ湾流は、それぞれ太平洋と大西洋の西側に位置する北半球最強の暖流で、西岸境界流と呼ばれる。西岸境界流は、熱帯から中緯度帯へ熱を運び、沿岸都市部の地域気象や気候に影響を与えるほか、古気候学や人為起源の気候変動や水産業にも幅広く意味を持つ。

黒潮とメキシコ湾流の気候科学的な共通点は多いが、北米大陸を挟んで遠く離れているため、その変動の同時性に着目した研究はこれまでほとんどなかった。一方、高解像度衛星観測や、高解像度気候モデルの実現によって、西岸境界流の気候系における役割は従来よりも詳細に調査できるようになりつつある。

本研究では、黒潮とメキシコ湾流の変動にともない、日本東方沖とアメリカ東海岸沖の海面水温が同時に暖かくなったり冷たくなったりを繰り返す現象を発見し、「境界流同期」と名付けた。これらの暖流は、中緯度地域の上空に一年中存在する強い西風である「偏西風ジェット気流」の南北移動を介して、互いの海流の強さや流路の変動の情報が交換され、水温を同期させることが明らかとなった。本現象に起因する、北半球中緯度域の大都市圏を狙い撃ちするような猛暑の分布は、1994年や2018年などに繰り返し観測されている。

Figure and Note



図1: 境界流同期の概念図

黒潮とメキシコ湾流が、「偏西風ジェット気流」の南北移動を介して同期し、地表付近の気温が変動する。地図の赤と青の濃淡は、黒潮とメキシコ湾流がともに暖かくなった際に観測されやすくなる地表または海面付近の気温分布を示す。

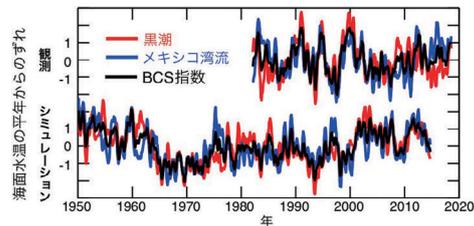


図2: 衛星観測(上段)と高解像度シミュレーション(下段)における海面水温の年平均からのずれ。黒潮(赤線)とメキシコ湾流(青線)の下流域の海面水温を、1標準偏差で割った年平均からのずれで示した。黒線は、それらの平均で定義した境界流同期(boundary current synchronization, BCS)指数である。



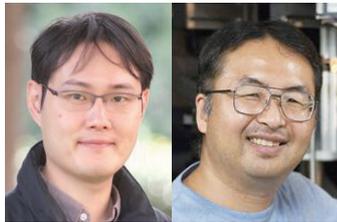
百年後の科学を作る

本研究の主著者が主宰する神山研究室では、気象学に関する多様な研究に取り組んでいます。気象学の研究は主に、熱力学や流体力学を基礎とする「理論」、統計学や画像処理を基礎とする「データ解析」、計算機科学を基礎とする「シミュレーション」の3本柱で、これらは応用数学や情報科学の上に成立します。どれも簡単ではありませんが、自然の不思議を解き明かすには欠かせない道具です。

写真: お茶の水女子大学 神山研究室

脳内各所での段階的なシナプス可塑性が記憶固定化の初期に必要な

Stepwise synaptic plasticity events drive the early phase of memory consolidation



左から後藤 明弘、林 康紀

後藤 明弘 Akihiro Goto

京都大学大学院 医学研究科 システム神経薬理 助教

林 康紀 Yasunori Hayashi

京都大学大学院 医学研究科 システム神経薬理 教授

Akihiro Goto^{1,2} Ayaka Bota^{1,2,3} Ken Miya^{2,4,5} Jingbo Wang¹ Suzune Tsukamoto¹ Xinzhi Jiang¹ Daichi Hirai² Masanori Murayama^{2,6} Tomoki Matsuda⁷ Thomas J. McHugh^{2,6} Takeharu Nagai⁷ Yasunori Hayashi^{1,2,8}

¹ Department of Pharmacology, Kyoto University Graduate School of Medicine

² RIKEN Brain Science Institute

³ Graduate School of Science and Engineering, Saitama University

⁴ Department of Molecular Neurobiology, Faculty of Medicine, University of Tsukuba

⁵ Graduate School of Comprehensive Human Sciences, University of Tsukuba

⁶ RIKEN Center for Brain Science

⁷ SANKEN (The Institute of Scientific and Industrial Research), Osaka University

⁸ Brain and Body System Science Institute, Saitama University

全著者リスト : <https://www.science.org/doi/10.1126/science.abj9195>

Contact

後藤 明弘 E-mail : goto.akihiro.5r@kyoto-u.ac.jp

所在地 : 606-8501 京都市左京区吉田近衛町

U R L : <https://researchmap.jp/7000017647?lang=jp>

林 康紀 E-mail : yhayashi-ky@umin.ac.jp

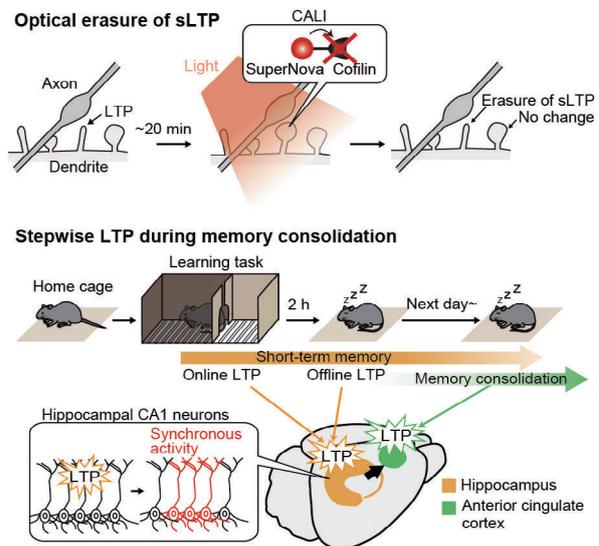
所在地 : 606-8501 京都市左京区吉田近衛町

U R L : <http://glutamate.med.kyoto-u.ac.jp>

新規光遺伝学による記憶固定化中のシナプス可塑性の時空間解析

記憶は海馬で形成されるが、時間が経つと次第にその他の脳領域に移行していく。この現象は記憶の固定化と呼ばれるが、その詳細な過程は不明であった。われわれは、この過程に睡眠中のシナプス長期増強現象 (LTP) が重要であると考えた。これを実証するため、まず LTP に重要な cofilin という分子を chromophore assisted light inactivation (CALI) で不活化する手法を開発した。この方法で cofilin を光不活化すると、20 分以内に誘導された LTP のみを消去できることを見出した。この手法を用いることで LTP の時空間解析を行った結果、海馬では学習直後と直後の睡眠において 2 段階の LTP が起きていた。また、学習直後の LTP によって海馬細胞は学習した空間文脈に対して発火しやすくなり、その後の睡眠中の LTP によってそれらの細胞が同期して発火するようになることも明らかにした。一方、前帯状皮質では学習の同日ではなく、翌日の睡眠中に LTP が誘導されていることを明らかにした。以上により、記憶固定化の初期段階における LTP の時空間情報を明らかにした。またこの光遺伝学的手法は、LTP を介した幅広い記憶現象に応用することができるため、今後の記憶研究に大きく貢献すると期待される。

Figure and Note



図：光によるシナプス長期増強現象 (LTP) 解除法 (上) と記憶の固定化における多段階的な LTP (下)

(上) LTP の誘導から 20 分以内に光を照射するとスパインが縮小し LTP が消去される。(下) 海馬と前帯状皮質での LTP が生じる時間軸。海馬では 2 段階の LTP により細胞の同期発火が形成される。



シナプス研究の最前線 - 分子から行動まで

本研究を進めるうえでサポートいただきました京都大学 林康紀研究室、大阪大学 永井健治研究室、理化学研究所 Thomas McHugh 研究室および村山正宜研究室の共同研究者の方々にこの場を借りて感謝申し上げます。京都大学大学院医学研究科システム神経薬理 (林研) では、シナプス可塑性による記憶・学習のメカニズムを解明することを目指しています。ともに研究をする意欲ある学生・大学院生・若手研究者の参加を歓迎します。

カニクイザルの発生における X 染色体遺伝子量補正プログラム

The X chromosome dosage compensation program during the development of cynomolgus monkeys



左から岡本 郁弘、齋藤 通紀

岡本 郁弘 *Ikuhiro Okamoto*

京都大学 高等研究院 ヒト生物学高等研究拠点 特定講師

齋藤 通紀 *Mitinori Saitou*

京都大学 高等研究院 ヒト生物学高等研究拠点 拠点長

京都大学大学院 医学研究科 生体構造医学講座 機能微細形態学 教授

京都大学 iPS 細胞研究所 連携主任研究者

Ikuhiro Okamoto^{1,2} Tomonori Nakamura^{1,2,3} Kotaro Sasaki² Yukihiko Yabuta^{1,2} Chizuru Iwatani⁴ Hideaki Tsuchiya⁴ Shin-ichiro Nakamura⁴ Masatsugu Ema^{1,4} Takuya Yamamoto^{1,5,6,7} Mitinori Saitou^{1,2,5}

¹ Institute for the Advanced Study of Human Biology (ASHBi), Kyoto University

² Department of Anatomy and Cell Biology, Graduate School of Medicine, Kyoto University

³ Hakubi Center for Advanced Research, Kyoto University

⁴ Research Center for Animal Life Science, Shiga University of Medical Science

⁵ Center for iPS Cell Research and Application (CiRA), Kyoto University

⁶ AMED-CREST, AMED

⁷ Medical-Risk Avoidance Based on iPS Cells Team, RIKEN Center for Advanced Intelligence Project (AIP)

全著者リスト: <https://www.science.org/doi/10.1126/science.abd8887>

Contact

岡本 郁弘 E-mail: iokamoto@anat2.med.kyoto-u.ac.jp
所在地: 606-8501 京都府京都市左京区吉田近衛町
U R L: <http://anat.cell.med.kyoto-u.ac.jp/index.html>
齋藤 通紀 E-mail: saitou@anat2.med.kyoto-u.ac.jp
所在地: 606-8501 京都府京都市左京区吉田近衛町
U R L: <http://anat.cell.med.kyoto-u.ac.jp/index.html>

Figure and Note

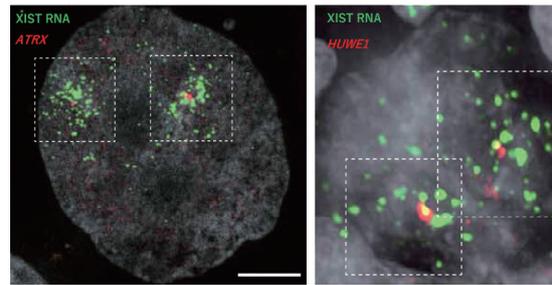


図1: 胚齢8日の胚盤胞の栄養外胚葉細胞(左)、胚齢57日の始原生殖細胞(右) XIST RNA (緑)とX連鎖遺伝子 (赤)を蛍光 in situ ハイブリダイゼーションにより可視化し、不活性化の進行度合いを検証。

霊長類における X 染色体遺伝子量補正プログラムを明らかにする

哺乳類の性染色体構成は、雌はXX、雄はXYであるため、雌雄間でX連鎖遺伝子産物量の差を補正するために、雌では2本のX染色体のうち1本を一括して不活性化する「X染色体不活性化」が存在する。また、2本ある常染色体との差を補正するためにX連鎖遺伝子の発現量を2倍化する「X連鎖遺伝子の発現亢進」が存在する。これらX染色体遺伝子量補正プログラムは胚発生初期に起こるため、ヒトを含む霊長類では、その仕組みは長らく不明であった。本研究は、霊長類のモデル動物であるカニクイザルを用いて、X染色体不活性化に必須のXIST遺伝子に着目し、胚発生過程におけるその作用機序の詳細な解析を行うことで、霊長類では、いつどのようにX染色体遺伝子量補正が起こるのかを初めて明らかにしたものである。X染色体不活性化とX連鎖遺伝子発現亢進が胚齢9日から20日にかけて組織特異的に起こり、X染色体の再活性化は胚齢17日の分化初期の始原生殖細胞から起こることが明らかになった。

本成果は、長らく不明であった霊長類の胚発生初期に起こるX染色体遺伝子量補正プログラムの仕組みを明らかとしたものである。この成果は、ヒト多能性幹細胞から卵母細胞を誘導する研究、および着床前後胚培養法の技術開発促進などに役立つと期待される。

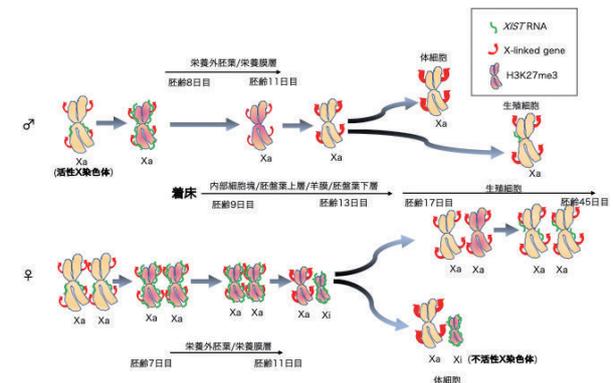


図2: カニクイザル初期発生過程と始原生殖細胞の分化過程におけるX染色体遺伝子量補正プログラム
胚齢9日目以降、XISTの発現が片方のX染色体から低下した栄養膜細胞で不活性化が開始し、胚齢17日にかけて起こる。発現亢進は胚齢6日から胚齢20日にかけて起こる。再活性化は始原生殖細胞の分化初期の胚齢17日から開始する。



ASHBi (Advanced Study of Human Biology)

ヒト生物学高等研究拠点 (ASHBi) 「世界トップレベル研究拠点プログラム (WPI)」では、生物学と数理学、生物学と人文社会科学それぞれの分野横断的な融合研究を推進し、ヒトに付与された特性の獲得機構とその破綻による病態発症の原理究明を目指しています。本拠点では体系的な研究支援、若手研究者の相互交流・支援体制を構築しており、国際色豊かな研究環境で研究が進められています。多くの若い研究者の方々に参加されることを願っています。

Science 投稿について

*Science*は、最先端の研究成果を報告する独創的な科学論文や、そうした研究の論評や分析を掲載する週刊の科学専門誌です。1880年の創刊以来、世界をリードする科学誌として、科学研究に大きなインパクトを与える論文やニュースを発信しています。

*Science*では科学に関するあらゆる分野からの投稿を受け付けています。

以下に日本の読者の皆様のために、*Science Information for Authors* (投稿規定)の簡易日本語版を掲載します。ただし、あくまでこの記事は抜粋版であり、すべての規定を網羅しているわけではないことをご了承ください。投稿前には、後述のウェブサイトで、最新の完全版を必ずご確認ください。

掲載される論文・記事の種類

査読論文

Research Articles :

画期的な研究成果を発表する原著論文。4,500語以内、誌上5頁まで。構成はアブストラクト、Introduction、図表(6点以内)、本文(セクションごとに短い見出しを付ける)、参考文献(40件程度)。Materials and Methodsや論文の結論を補足するために必要な情報はSupplementary Materialsに含めること。

Reports :

重要性、速報性の高い研究報告。2,500語以内、誌上3頁まで。構成はアブストラクト、Introduction、図表(4点以内)、参考文献(30件程度)。Materials and Methodsや論文の結論を補足するために必要な情報はSupplementary Materialsに含めること。

Reviews :

科学研究の新たな展開についての総説。6,000語以内、図表は4~6点、参考文献は100件以内。Supplementary Materialsは不可。構成はアブストラクト、要点をまとめたIntroduction、簡潔な見出し、重要な未解決の問題に関するアウトライン。オンライン版で全文が公開され、print版にenhanced abstract(550~600語)が掲載される。主に編集者からの寄稿依頼によるが、自発的な投稿も受け付ける。

Commentary

科学に関連するトピックについての科学者や専門家による分析で以下の種類がある。Letters、eLetters、Technical Comments以外は主に編集者からの寄稿依頼によるが、自発的な投稿も受け付ける。

Perspectives :

最新の研究の進展について第三者の視点から分析する記事。1,000語以内、図1点。

Books or Media Reviews :

最新の書籍、マルチメディア、展示会、映画等の論評。800語以内。

Policy Forums :

科学政策に関連する記事。

1,000~2,000語、図1~2点、参考文献15件以内。

Letters :

過去3ヵ月以内に*Science*に掲載された論文または一般的な関心を集めるテーマについての意見。300語以内。査読を行う場合あり。誌面掲載不可の場合も、オンラインでeLettersとして掲載される可能性がある。

eLetters :

簡潔なオンラインのコメント。著者は規約に従う必要がある。

Technical Comments :

過去3ヵ月以内の研究論文の結果および方法論についての議論。1,000語以内、図表2点以内、参考文献15件以内。Supplementary Materialsは不可。オンライン版で全文が公開され、print版のLettersに簡潔なアブストラクト(60語以内)が掲載される。

原稿の作成

*Science*では、オンラインのみで投稿を受け付けています。原稿のフォーマットを含む規定は、初回投稿(Initial Manuscript)と査読後の投稿(Revised Manuscript)とで異なります。詳細は以下のページを必ずご確認ください。

オンライン投稿システム :

<https://cts.sciencemag.org/>

Information for Authors :

<https://www.science.org/content/page/science-information-authors#ContentTop>

Instructions for Preparing an Initial Manuscript :

<https://www.science.org/content/page/instructions-preparing-initial-manuscript>

Instructions for Preparing a Revised Manuscript :

<https://www.science.org/content/page/instructions-preparing-revised-manuscript>

原稿の投稿

初めて*Science*に投稿される場合は、オンライン投稿システム(<https://cts.sciencemag.org/>)でアカウントを作成してください。

Scienceに論文を投稿する著者は、規約ならびにポリシーに合意する必要があります。詳細は下記のページを投稿前に必ずご確認ください。

Editorial policies :

<https://www.science.org/content/page/science-journals-editorial-policies>

投稿時の画面では、タブを切り替えて順番に以下のフォームにご記入をお願いします。

1. ジャーナルと原稿の種類

2. 利用規約への同意

3. 原稿のアップロード

- Word 原稿
(Science誌のWordテンプレートを用いて作成)
- PDF 原稿
(本文すべて、図表、Supplementary Materialsを含む)

4. 関連ドキュメントのアップロード

- カバーレター
- Supplementary Materials
Supplementary MaterialsはWord (.docx)またはPDFの1ファイルで別途提出する。25MBを超えるサイズの原稿およびSupplementary Materialsは投稿不可。
- Auxiliary Supplementary Materials or Movies
Supplementary Materialsに含めることのできない映像などのファイルは別途 Auxiliary Supplementary Materials or Moviesとしてアップロードする。サイズ上限は25MBで10ファイル以内。動画はmp4ファイルを推奨する。movファイルの場合は圧縮形式をh.264とすること。音声の場合ビットレートは160kb/s以上。

5. 著者情報

すべての著者の所属、氏名、e-mailアドレスおよびORCID。Corresponding authorを1名選ぶ。

6. 原稿の情報

- タイトル
- アブストラクト
- 資金提供者
- ショートタイトル
- 希望する担当編集者
- 希望する査読者 / 希望しない査読者 (各5名まで)の氏名、e-mailアドレス

上記内容を十分に確認の上投稿してください(確認がなされていない原稿は受領できません)。投稿した原稿のステータスは、オンライン投稿システム上でご確認いただけます。

論文の審査

投稿された論文は、該当する分野の知識を有する編集者が審査を担当します。大半の論文は、査読編集委員会メンバーが適合性を評価します。編集者は同委員会の意見を考慮して詳細な査読を行う論文を選択します。査読対象に選ばれなかった論文の著者には概ね2週間以内に電子メールで通知されます。米国科学振興協会(AAAS)の会員であるかどうかは論文の選考基準にはなりません。

Scienceに投稿された論文が掲載に至らなかった場合にも、Science Signaling、Science Translational Medicine、Science Immunology、Science RoboticsまたはScience Advancesでの掲載をお薦めする場合があります。投稿先の変更に同意された場合、投稿フォーマットの変更は必要なく、添付資料等も引き継がれ速やかに審査が行われます。

大半の論文は、採用後4~8週間で掲載されます。一部の論文は採用後速やかにFirst Releaseにオンライン掲載されます。

問い合わせ先

Science Contact Information

Phone: (1)-202-326-6550 (USA)

(44)-1223-326-500 (Europe)

E-mail: science_editors@aaas.org

(編集に関する全般的な問い合わせ)

submit_help@aaas.org

(投稿プロセスに関する問い合わせ)

このJapanese Scientists in *Science* 2021では、2021年の1年間に *Science*に論文が掲載された日本人研究者・グループを紹介しています。誌面の都合上、または著者本人のご意向により、すべての日本人著者を紹介しているわけではありませんが、その旨ご了承ください。

所属名、共著者名、本文から図表の選定まで、すべて著者の皆様からご提供いただいたものです。特に、掲載論文については、日本語で分かりやすくご解説いただいておりますので、*Science*に掲載された図表とは異なるものを使用している場合があります。また、記載の所属先やメールアドレス、URLなど一切の情報は、2022年1月時点のものになります。

内容については細心の注意を払っていますが、情報の正確性、専門性について発行者はいかなる責任を負うものではありません。正確な情報は、必ず原文にてご確認ください。

発行元

American Association for the Advancement of Science (AAAS)
1200 New York Avenue, NW
Washington, DC 20005
USA

協 賛

コスモ・バイオ株式会社
〒135-0016 東京都江東区東陽2-2-20 東陽駅前ビル
TEL: 03-5632-9610 FAX: 03-5632-9619
<http://www.cosmobio.co.jp>



企画・翻訳・編集

株式会社アスカコーポレーション (Science Japan Customer Service Office)
〒541-0046 大阪府中央区平野町1丁目8-13 平野町八千代ビル
TEL: 06-6202-6272 FAX: 06-6202-6271
<http://www.asca-co.com>



表紙デザイン

株式会社 大伸社コミュニケーションデザイン
〒150-0001 東京都渋谷区神宮前2-4-11 Daiwa 神宮前ビル 1F・2F
TEL: 03-6863-3500 FAX: 03-6682-4375
<https://www.daishinsha-cd.jp/>

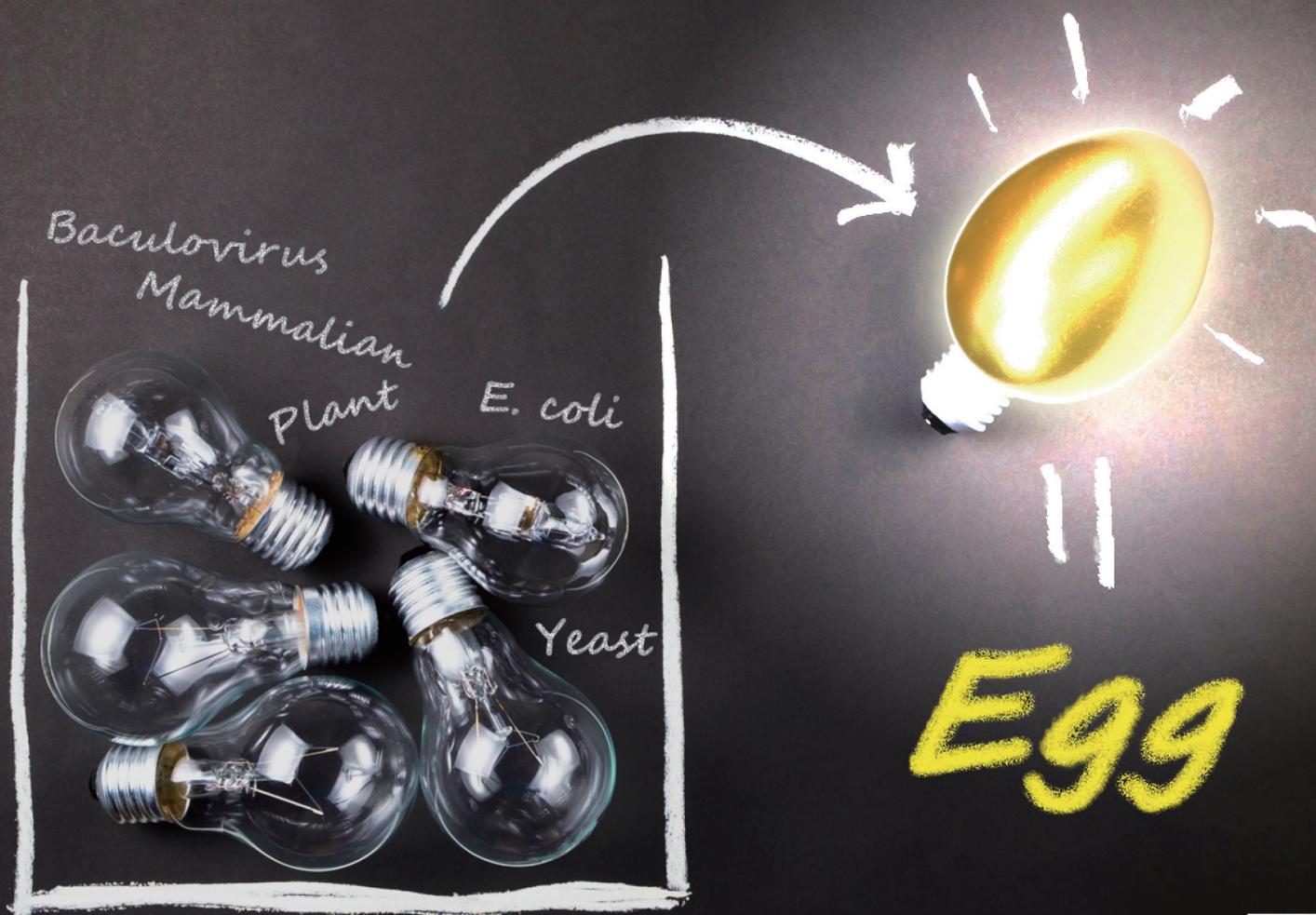


発行日

2022年3月

Kg スケールでも対応が可能です。

鶏卵バイオリアクターを用いた 組換えタンパク質大量生産受託サービス



※本事業は、国立研究開発法人 産業技術総合研究所、国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構、C4U 株式会社からライセンスを受けて実施しております。



人と科学のステキな未来へ
コスモ・バイオ株式会社

お問い合わせ
事業開発部 E-mail: tamago@cosmobio.co.jp
URL : <https://www.cosmobio.co.jp/>



君の未来応援団！

コスモ・バイオは、「ライフサイエンスの進歩・発展に貢献する」ことを第一の会社理念に掲げ、人々に信頼される企業づくりを目指しています。

Tools for school 公開講座応援団

生物ロボットコンテスト (iGEM) 応援団

の活動を通して、次の世代を担う " 明日の科学者 " に、ライフサイエンスの面白さと楽しさを伝えるお手伝いをしてまいります。

🔍 コスモ・バイオ 応援団



人と科学のステキな未来へ

コスモ・バイオ株式会社

科学は生命がつむぐ
この惑星の伝説
ほし

人と科学のステキな未来へ



人と科学のステキな未来へ
コスモ・バイオ株式会社