

2016 Issue

Science

Japanese Scientists in *Science* 2015

サイエンス誌に載った
日本人研究者



COSMO BIO CO., LTD.
Inspiration for Life Science



このJapanese Scientists in *Science* 2015では、2015年の1年間にサイエンス誌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、サイエンス誌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、2016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 大阪市中央区平野町 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 東京本社
〒151-0051 東京都渋谷区千駄ヶ谷 2-9-9
TEL: 03-3405-0603 FAX: 03-3405-0653
<http://www.daishinsha.co.jp/>

発行日

2016年3月

© 2016 American Association for the Advancement of Science (AAAS). All Rights Reserved.

Science

Japanese Scientists in *Science* 2015

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、創刊から136年を迎える今も、科学学術誌としてあらゆる分野の研究をリードしています。姉妹誌である*Science Signaling*、*Science Translational Medicine*とともに、重要な科学的知見を毎週発信しています。

「サイエンス誌に載った日本人研究者」は2007年に創刊され、本年が通算第9号です。今回は*Science*に掲載された55件の日本人による研究の紹介に加え、*Science*が発表する最も顕著な10項目の科学的業績(Breakthrough of the Year)の2015年版から、いくつかのトピックを日本語訳で掲載しています。トップ記事には、DNA編集技術であるCRISPRが選ばれました。CRISPRは酵素の機能を利用し、DNA二本鎖の任意の箇所を編集できるという画期的な技術で、同時に利用の簡便さからも急速に普及が進んでいます。また、一般読者からの投票で上位に選出された、探査機ニュー・ホライズンズによる冥王星の調査も大きな関心を集めました。

2015年は大村智氏が生理学・医学賞、梶田隆章氏が物理学賞と、2人の科学者が同時に別領域でノーベル賞を受賞するという大きな栄誉に浴した年でした。本年は、特別記事として1987年のノーベル生理学・医学賞受賞者である利根川進氏へのインタビューを掲載しています。利根川氏は近年理化学研究所BSIと米国マサチューセッツ工科大学をベースに先進的な脳科学の研究に取り組んでおられます。本インタビューでは、いまだ謎に満ちた器官である「脳」について、*Science*掲載論文を含む最新の知見と、医学を始めとするさまざまな分野での応用に関し、若い研究者へのメッセージも交えてお話を伺いました。

本誌は大学等研究機関のほか、国内のスーパーサイエンスハイスクールに配布され、未来の日本の科学界を担う学生・生徒の教育にも活用されています。専門的な研究内容をわかりやすく紹介する*Science*の著者によるコラムも引き続き掲載しています。本誌を日本の科学新興のためお役立ていただけることを祈念しております。

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。

2016年3月
編集チーム一同

2015 Breakthrough of the Year

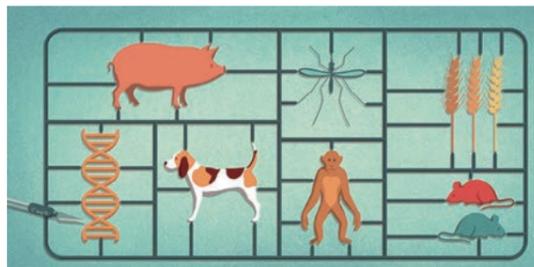
DNA切断技術の中から 一歩抜けだしたCRISPR

Making the cut
John Travis

2007年、あるヨーグルト会社が、自社の細菌から予想外のウイルス撃退という防御機構を見つけ出したことが始まりだった。初めて発表されたのは2012年、翌2013年に決定的な第一歩が踏み出され、そして昨年、爆発的に大きな発展を遂げた。ゲノム編集法CRISPR(クリスパー)は、今や驚異的な分子生物学的技術にまで育ち、生物学者だけでなく世界中の人々に注目され、*Science*の2015 Break-through of the Yearに選ばれた。

CRISPRはこれまでに2度、2012年と2013年に、Break-through of the Yearのファイナリストに選ばれたが、いずれも他のゲノム編集技術との共同による栄誉であった。しかし、今年は遂に技術連携から抜け出し、素晴らしい成果を挙げることで単独の真の実力を明示した。特筆すべき2つの事例は、害虫や害虫媒介による疾患を撲滅できる待望の「遺伝子ドライブ」を創出したこと、および、初めてヒト胚DNAを人為的に編集したことである。これらは初めてヘッドラインを飾ると共に懸念を引き起こした。いずれの発表も、科学政策界を揺るがせた。ヒト胚の研究(不妊治療専門病院から入手した生育不能の胚を用いて中国で実施された)は、今月開催された国際サミットにおいてヒトの遺伝子編集における倫理的問題を議論する契機にもなった。このサミットが直面したのは、ヒトの精子、卵子、または初期胚に手を加えて、疾患遺伝子を修正するまたは「改良」という、危険だが新たに現実味を帯びてきた可能性である。議論の中で、ある遺伝カウンセラーが辛辣に言ったように、「できなかったときに、すべきでないと言うのは簡単だった」。

では、CRISPRは他と何が違うのか? 競争相手であるジンクフィンガーヌクレアーゼと呼ばれるデザイナータンパク



CRISPRのDNA編集能により、さまざまな遺伝子組換え生物を製作することが可能になった。

ILLUSTRATION: DAVIDE BONAZZI/SALZMANART

質やTALENも、選択したDNA配列を正確に改変する。すでに数社が、これらを利用し、治療を目的とした臨床試験を実施している。しかし、CRISPRはとても簡単で安価だと分かったので、ジンクフィンガーヌクレアーゼの開発を先導したユタ大学(ソルトレイクシティ)のDana Carrollの言葉を借りると、CRISPRは「遺伝子ターゲティングの民主化」をもたらしたようだ。ニューヨーカーの最新号では、生命倫理学者であるスタンフォード大学(バロアルト、カリフォルニア州)のHank Greelyが、CRISPRをT型フォードに例えている。T型フォードは、決して最初の自動車ではないが、製造が簡単で、信頼性があり、また値段が手ごろであったため、社会が一変することになった。「いかなる分子生物学研究室でもCRISPRを行うことは可能だ。」と語るのには、ハーバード大学のGeorge Churchである。Church研究室は、CRISPRがヒトや他の真核細胞を効率よく編集することを示した最初の研究室である。

すでに、非営利団体Addgeneは、約50,000種のプラスミド(小さな環状DNA)を頒布している。これらのプラスミドは、CRISPRの2つの基本的な要素、特定のDNA配列を標的位置へと案内する「ガイドRNA」とDNA切断酵素、すなわちヌクレアーゼ(通常はCas9と呼ばれるヌクレアーゼ)をコードする配列を含んでいる。「CRISPRはPCRのようになります。いつも工具箱に入っている工具のように。」とカリフォルニア大学(バークレー)のJennifer Doudnaは言う。Doudna研究グループは、Emmanuelle Charpentier(現在マックスプランク感染生物学研究所、ベルリン)のグループと協力して、CRISPRがDNA標的を特異的に切断できることを初めて報告した。

この共同研究は、細菌が感染したウイルスを記憶できるという思いがけない観察結果から生まれた。メカニズムを探索する過程で、過去の感染に由来するウイルス遺伝子断片が、細菌DNAの奇妙な反復配列に挟まれていることを見つけたのだ。この配列「clustered regularly interspaced short palindromic repeats」がCRISPRの名前の由来である。ウイルスの断片が感染メモリアンクとして用いられる。細菌は、それらの断片から、再感染したウイルスDNAを捜しだす「ガイドRNA」を生成し、ヌクレアーゼによりウイルス遺伝子を切り刻む。このメカニズムが明らかになるとすぐに、DoudnaとCharpentierは、他のグループとともに、CRISPRを高等生物のDNA編集に応用することに突き進んだ。

その後、次々に応用されていった。そのひとつが、ゲノム編集技術の威力と潜在的リスクの事例研究「CRISPRを利用した遺伝子ドライブ」である。2003年にインペリアル・カレッジ・ロンドンの進化生物学者Austin Burtが考えたのは、染色体のある部位から別の部位まで自己コピーできる「利己的な」DNAエレメントに、望ましい形質の遺伝子

を付加することである。そうすると、その形質を子孫に受け継いでいくようバイアスがかかり、集団全体に急速に広まることになる。今年に入って、米国のチームがCRISPRをまさにその目的に応用し、元の予想を大きく超えた成功を収めた。

米国チームは「mutagenic chain reaction(突然変異促進性の連鎖反応)」という不気味な呼び名の方法を用いて、研究室で育てているショウジョウバエの次世代に、97%の効率で色素沈着形質を伝えることができた。さらに別の研究グループと協力して遺伝子ドライブを創出し、研究室の蚊の集団に放ち、マラリア原虫の体内潜伏を阻害する遺伝子をその集団に広めた。数週間後、Burtらは、マラリアを媒介する別種の蚊を用いた研究で、同一の結果を報告した。雌を不妊にする遺伝子を用いて集団を急速に全滅させることができたのだ。野外にそのような昆虫を放つことの利点と生態学的リスクについて、現在議論が湧き起こっている。また、遺伝子ドライブがコイやヒキガエルなどの外来種を阻止することもできるのか、さらに他の動物媒介性の病原体、例えばライム病を引き起こす病原体を撲滅できるのか、についても議論が噴出している。

他の研究室でも、この技術を利用して多種多様な遺伝子改変動物や植物が次々に作製されている。筋肉隆々のビーグル犬、数種のウイルスに抵抗性を持つブタ、遍在する真菌に耐性を持つ小麦、などである。より長持ちするトマト、アレレルゲンフリーのピーナッツ、生物燃料に適したポプラなども計画段階にある。用いる方法によっては、初期の遺伝的改変技術とは異なり、いかなる外来DNAも残さずにCRISPRを実行することができる。これまでは、残存する外来DNAによる制御が難題であった。

まだまだある。科学者らは、DNA切断能を削除した「dead(デッド)」型Cas9を作製することで、CRISPRの切断活性

を失くしたものの配列検索能は維持した応用ツールへと発展させた。Cas9に分子を付加すれば、CRISPRはただちに汎用性のある正確な輸送手段になる。いくつかの研究グループは、例えば、さまざまな制御因子をデッドCas9に装備させることにより、ほぼ全ての遺伝子のオン・オフを切り替えることや、活性レベルを微妙に調整することを可能にした。本年実施された実験のひとつでは、CRISPRの先駆者の一人であるブロード研究所*(ケンブリッジ、マサチューセッツ州)のFeng Zhangの率いるチームが、メラノーマ治療薬の耐性に関与する遺伝子を同定するため、約20,000個の既知ヒト遺伝子をターゲットとし、細胞集団において遺伝子をひとつずつオンにした。

CRISPRの生物医学的応用は、まさに始まったばかりである。臨床研究者らは、癌や他の疾患に対して組織をベースとした治療法を確立するために、CRISPRをすでに利用しつつある。CRISPRは、動物の臓器をヒトに移植するという、消滅しかかっていた考えを復活させるかもしれない。動物のゲノムに潜むレトロウイルスが移植レシピエントに障害を与える可能性について多くの人々は恐れるが、本年、ある研究チームが、ブタ・ゲノムに散在する62コピーのレトロウイルスDNAを一網打尽に除去している。また、国際サミットでは、もし社会が勇気をもって常識的な倫理の限界を越え、ヒト生殖細胞系列を改変する場合には、ヒト胚における遺伝子異常の修復にCRISPRが有望であるという議論が多く見られた。

要するに、次のように言っても、それほど大げさではないだろう。もし科学者が遺伝子操作を夢見るなら、CRISPRが今やそれを実現する、と。ヒト遺伝子編集サミットにおいて、CharpentierはCRISPRの将来性を「スリリング(mind-blowing)」だと語った。そのとおりだ。良かれ悪しかれ、われわれ全人類は、現在CRISPRの世界に住んでいる。

読者の選択

*Science*ウェブサイトへの訪問者が10項目のBreakthrough of the Yearファイナリストに投票した。

上位は以下のとおり:

1. 冥王星 35%
2. CRISPR 20%
3. 中枢神経系内のリンパ系 15%
4. エボラ・ワクチン 10%
5. (同点)心理学実験の再現性/量子もつれ 6%

昨年に引き続き今年も、読者はインターネットを通して今年1番の発見に投票した。一方、Breakthroughチームも議論して独自に選択した。リストの上位では、読者の結果と*Science*スタッフの検討結果がよく似ていた。注目を集めた会議や雑誌の記事がゲノム編集技術に関

する人々の関心に焦点を合わせていたため、CRISPRは早々にリードを奪った。探査機New Horizonsが航行途中で接近・通過した冥王星は、7月にメディアで盛んに報道され第2位であったが、第1位とは差を付けられていた。

しかし、New Horizonsの科学者が、twitterを用いて投票推進ツイートを拡散すると、この準惑星は多数の票を集めることになった。最終結果が判明したとき、一般読者投票では、冥王星がCRISPRを優に上回っていた。リストの下位では、古代の骨にとって本年は不運な年になった。*Homo naledi*(ヒトの新種!)は第7位に終わり、ケネウィック人(最近DNA配列が決定された古代の北米先住民)は最下位だった。来年の健闘を期待したい。

小さな世界の大きな1年

A big year for small worlds

Eric Hand

今年準惑星の年だった。2機のNASA探査機によるフライバイ(接近通過)および軌道周回によって、NASA探査機の眼前で詳細が明らかになった。2015年3月には、NASA探査機「ドーン」が、小惑星帯の中で最大の天体である準惑星ケレスの周回軌道に入った。2015年7月には、NASA探査機「New Horizons」が、カイパーベルトの中で最大の天体の一つで、準惑星である冥王星に接近して通過した。

冥王星は冷却されて、その表面が破裂する。公転周期約248年の楕円軌道がもたらす過酷な四季によって、最近刻まれた場所および数十億年前に刻まれた場所の両方を科学者らが発見した。冥王星では薄い大気が膨張および崩壊を繰り返すが、窒素の霜の表面にあるうろこ状の構造から、昇華および凝結のパターンが証明された。漂流する氷山のように、太古のテクトニクス力によって柔らかな窒素の氷の海を突き進められたかのごとく、氷水の山々が滑らかな平野の上で混在して高く聳えている。2つの山の中腹には深い穴があり、温かな内部から氷を噴出していた「極低温火山(cryovolcano)」であった可能性がある。

準惑星ケレスは、冥王星よりも太陽に近いことで、様々な力により形成された。その表面はアスファルトのように黒く、衝撃に耐えてきたことを物語っている。ある衝突クレーターの不思議な明るい地点の上では、塵および水蒸気が霞のように漂っており、末期の彗星のように、ケレスが「揮発性物質の放出(outgassing)」を行っていることが示唆された。ドーンによって、その表面物質には彗星にとって典

型的なアンモニアも含まれていることが発見され、ケレスが実際には揮発性物質がほぼ枯渇した彗星の巨大な残骸であり、冥王星に近い太陽系外縁部において誕生したことの証拠が追加された。2015年12月、ドーンは最後の軌道が最も低い高度まで下げられ、ケレス表面から380km以下の高度になった。

第3の小天体が控えており、2014MU69と呼ばれるカイパーベルト天体との2019年のランデブーに向けて、New Horizonsが宇宙航行中である。New Horizonsは、このランデブー後も宇宙航行を続け、数十年後には太陽系を離れるが、ドーンは、数世紀以上にわたってケレスを周回する予定である。



凍った窒素の広大な平原の上に氷水の山々の聳えていることを明らかにした冥王星の近接画像

PHOTO: NASA/JOHNS HOPKINS UNIVERSITY APPLIED PHYSICS LABORATORY/SOUTHWEST RESEARCH INSTITUTE

めに新たな学術出版・査読モデルを生み出したのである。

2013年に最初に発表された再現率は、悪くない内容だった。13件の実験のうち10件で、オリジナル研究と同じ結果が得られた。しかし昨年、規模を拡大し、世界中の100名近い研究者が出版済みの心理学実験27件について再現実験を行ったところ、惨憺たる結果となった。追跡研究の約3分の1で再現性が確認できなかっただけでなく、原著論文の著者のなかには、再現実験の対象にされたことを不当な扱いと感じる者もいた。

この結果にひるむことなく、今年、心理学者らはさらに規模を拡大して再現実験をやり直した。8月にScience誌に掲載されたレポートによれば、心理学者270名が、3大学術誌に掲載された研究100件について組織的に再現実

験を行った。残念なことに、再現性が確認された研究は39%のみであった。しかし今回、再現実験プロセスがきわめて円滑に行われたことから、心理学術誌の編集者らは、このような直接的再現実験の公開をルーティンにすべきだと発表した。

だが、他の科学分野に最も大きな影響を与えうる革新的側面は、再現実験の取組みのデザインにあるといえる。再

リンパ管：巧妙に隠されていた脳の秘密

Lymphatic vessels: The brain's well-hidden secret

Hanae Armitage

人体のシステムをすみずみまで調べ上げたと思っていた解剖学者にとって、今夏の発見は、眼前に新大陸が現れたようなものだった。これまで大半の科学者は、リンパ系(体内の老廃物の排除と免疫細胞の輸送を助ける脈管網)は頸部で行き止まりになっていると考えていたが、予期せぬ発見から、リンパ系が脳にまで広がっていることが明らかになった。

2世紀以上前、イタリアの医師パオロ・マスカーニは、脳にも体の他の部分と同じようにリンパ管が配されていると提唱した。彼の主張はほぼ無視されたが、今年、マウス脳内における免疫細胞の役割を探っていた研究者らは、

現実験に参加した研究者らは、事前登録(preregistration)と呼ばれる手順に従い、実験を行う前に各研究の方法と理論的根拠を発表した。そのうえで、どのような結果であろうと、実験結果と統計解析を報告した。ポジティブな結果のみを報告し、ネガティブな結果を発表せずにおくといったことを防ぐためである。全員がこのプロトコルに従えば、偽陽性の結果は学術誌からほとんど消えてなくなることだろう。

やけに組織化された一揃いのT細胞を脳の外層に見出した。近傍にある脈管がT細胞を導いているらしく、パイオマーカーは、その謎の脈管がマウスのリンパ系から伸びていることを示した。それ以降、組織学的エビデンスによって、ヒト脳にも同様の脈管が潜んでいることが示唆されている。

最外層で脳を覆う髄膜の中にしまい込まれ、巧妙に隠されていたこの脈管は、免疫系と脳の相互作用のあり方について、洞察を与えてくれる可能性がある。科学者らは、脳には脳独自の自己完結型免疫防御があり、体の他の部分とは切り離されていると考えていた。この物理的なつながりの発見—もしくは再発見—によって、アルツハイマー病、多発性硬化症、髄膜炎などの神経変性疾患および神経炎症性疾患の探索に新たな道が開ける可能性がある。しかし、研究者らは言う、「当面は、新たに発見されたネットワークの基本構造と機能を探るのが先決である」と。

エボラワクチン

A vaccine against Ebola

Martin Enserink

エボラの流行と闘う治療薬・ワクチンを開発するため、前例のない規模のキャンペーンが張られたが、これまで明確な結果は失望するほど僅かしか得られなかった。しかし、今後の集団発生において状況を変える可能性のあるものが一つ、2015年に出現した。カナダ公衆衛生庁の科学者らによって開発されたエボラワクチン(サルに有効であることが知られ、昨年の流行の真ただ中に製薬会社メルクによって採用された)が、世界保健機関(WHO)主導のギニアでの臨床試験において、著しく有効であることが証明された。

この試験は、流行が縮小し始めてから開始されたため、異例の取り組みとして、ワクチン(エボラ表面タンパク質が

縫い合わされた無害の家畜ウイルス)の効果が検出される可能性を最大限に高める、リングワクチン接種戦略を用いて検討された。この賭けが功を奏した。7月31日にThe Lancetオンライン版に掲載された論文で、メルク社のワクチンは75%から100%の防御効果をもつことが示された。グラクソ・スミスクライン社によって開発された、もう一つの有力候補ワクチンは、従来の設定で試験され、症例が不足し、有効性が示されなかった。

欧州医薬品庁(EMA)などの規制当局から、このワクチンが承認を得るためには、さらなるデータが必要となる。しかし、エボラは2~3年おきに再燃しており、正式な承認がなくとも、次の集団発生時には、実験的に予防接種が展開される可能性がある。そのような予防接種は、西アフリカの悲劇が二度と起こらないようにするために役立つと考えられる。

その他のトピックの日本語版もウェブサイトで紹介していますので、ぜひご覧ください。http://sciencemag.jp/breakthrough/2015

Japanese Scientists in *Science* 2015

サイエンス誌に載った日本人研究者

2015 Breakthrough of the Year 2

脳科学への招待 — 利根川 進氏インタビューより 12

1月9日号
Report
XRCC4とXLFのパラログであるPAXXはKuタンパクと相互作用してDNA二本鎖切断の修復を促進する 14
PAXX, a paralog of XRCC4 and XLF, interacts with Ku to promote DNA double-strand break repair
Research Associate, Department of Biochemistry, University of Cambridge 越智 崇

1月23日号
Report
無ストレスニューロンにおける26Sプロテアソームの分子全数調査 15
A molecular census of 26S proteasomes in intact neurons
Postdoctoral fellow, Department of Molecular Structural Biology, Max Planck Institute of Biochemistry 福田 善之
PhD Student, Department of Molecular Structural Biology, Max Planck Institute of Biochemistry
(現 Postdoctoral Associate, Synthetic Neurobiology Group, MIT Media Lab) 浅野 翔

2月6日号
Report
超分子ポリマーの連鎖重合を実現するための基本戦略 16
A rational strategy for the realization of chain-growth supramolecular polymerization
理化学研究所 創発物性科学研究センター 創発ソフトマター機能研究グループ 基礎科学特別研究員 宮島 大吾
東京大学大学院 工学系研究科 化学生命工学専攻 博士課程 姜 志亨
東京大学大学院 工学系研究科 化学生命工学専攻 教授/理化学研究所 創発物性科学研究センター 副センター長
創発ソフトマター機能研究グループ グループディレクター 相田 卓三

COLUMN
生体内分子機械で薬をピンポイントで患部に運ぶ 17
東京大学大学院 工学系研究科 相田 卓三
理化学研究所 創発物性科学研究センター 宮島 大吾

2月6日号
Report
チタンの劇的な酸素固溶強化の起源 ~材料欠陥の直接観察と計算科学~ 18
Origin of dramatic oxygen solute strengthening effect in titanium
日本原子力研究開発機構 原子力基礎工学研究センター 燃料・材料工学ディビジョン 照射材料工学研究グループ 研究副主幹 都留 智仁

2月13日号
Report
光応答性電気二重層を用いた光誘起超伝導 19
Light-induced superconductivity using a photoactive electric double layer
分子科学研究所 (CIMoS) 協奏分子システム研究センター 機能分子システム創成研究部門 教授/理化学研究所 山本 浩史
分子科学研究所 (CIMoS) 協奏分子システム研究センター 機能分子システム創成研究部門 助教/理化学研究所 須田 理行

2月20日号
Research Article
メラニン誘導体の化学励起はUV曝露長時間後にDNA光生成物を誘導する 20
Chemexcitation of melanin derivatives induces DNA photoproducts long after UV exposure
藤田保健衛生大学医療科学部 化学教室 教授 若松 一雅

2月27日号
Report
強い衝撃波で自発的に生じる乱流リコネクションによる電子の統計加速 21
Stochastic electron acceleration during spontaneous turbulent reconnection in a strong shock wave
千葉大学大学院 理学研究科 宇宙物理学研究室 特任助教 松本 洋介

2月27日号
Reporte
二孔チャネルはエボラウイルスの宿主細胞侵入を制御し、治療標的となりうる 22
Two-pore channels control Ebola virus host cell entry and are drug targets for disease treatment
Department of Virology and Immunology, Texas Biomedical Research Institute 櫻井 康晃

2月27日号
Report
哺乳類細胞の遷移過程において、エンハンサー活性の変化は一連の協調的な転写に先行する 23
Transcribed enhancers lead waves of coordinated transcription in transitioning mammalian cells
理化学研究所 ライフサイエンス技術基盤研究センター 分子ネットワーク制御ゲノムユニット ユニトリリーダー Erik Arner
理化学研究所 予防医療・診断技術開発プログラム プログラムディレクター 林崎 良英

3月20日号
Report
CH₅⁺カチオンの基底状態におけるコンビネーションディファレンス 24
Experimental ground-state combination differences of CH₅⁺
産業技術総合研究所 客員研究員 山田 耕一

3月20日号
Report
StiripentolアナログによるLDH阻害はてんかんに改善させる 25
Targeting LDH enzymes with a stiripentol analog to treat epilepsy
岡山大学大学院 歯薬学総合研究科 生体物理化学研究室 准教授 井上 剛
岡山大学大学院 歯薬学総合研究科 生体物理化学研究室 特任助教 佐田 渚

3月27日号
Report
イジング量子磁石における結晶化 26
Crystallization in Ising quantum magnets
Max-Planck-Institut für Quantenoptik (現 理化学研究所 創発物性科学研究センター 量子多体ダイナミクス研究ユニット ユニトリリーダー) 福原 武

4月17日号
Report
人と犬の絆は「見つめ合い」とオキシトシン分泌の相互作用を通して進化してきた 27
Oxytocin-gaze positive loop and the coevolution of human-dog bonds
麻布大学獣医学部 動物応用科学科 伴侶動物学研究室 教授 菊水 健史
自治医科大学医学部 生理学講座 神経脳生理学部門 永澤 美保

4月24日号
Report
微生物起源メタンにおける炭素・水素二重置換同位体比の非平衡状態 28
Nonequilibrium clumped isotope signals in microbial methane
Associate Professor of Geochemistry, Department of Earth, Atmospheric, and Planetary Sciences, Massachusetts Institute of Technology 小野 周平

5月1日号
Review
結晶学を越えて：コヒーレントX線光源を用いた回折イメージング 29
Beyond crystallography: Diffractive imaging using coherent x-ray light sources
理化学研究所 放射光科学総合研究センター センター長 石川 哲也

5月1日号
Report
水中での塩橋の強さは近接する疎水表面で大きく変わる 30
Subnanoscale hydrophobic modulation of salt bridges in aqueous media
東京大学大学院 工学系研究科 化学生命工学専攻 助教 伊藤 喜光
東京大学大学院 工学系研究科 化学生命工学専攻 研究員 陳 碩
東京大学大学院 工学系研究科 化学生命工学専攻 教授/理化学研究所 創発物性科学研究センター 副センター長 相田 卓三

5月1日号
Report
CRISPR-Cmr複合体の構造はRNA標的のポジショニングの仕方を明らかにする 31
Structures of the CRISPR-Cmr complex reveal mode of RNA target positioning
理化学研究所 横山構造生物学研究室 前任研究員 新海 暁男

5月1日号
Report
生後初期に発生する制御性T細胞は自己寛容維持において際だった役割を持つ 32
Regulatory T cells generated early in life play a distinct role in maintaining self-tolerance
Division of Immunology, Department of Microbiology and Immunobiology, Harvard Medical School
(現 日本イーライリリー株式会社 研究開発・医学科学本部) 藤門 範行

5月8日号
Report
グラフェンに電子のささやき回廊モードを生成しプローブする 33
Creating and probing electron whispering-gallery modes in graphene
物質・材料研究機構 先端の共通技術部門 先端材料プロセスユニット 超高压グループ グループリーダー 谷口 尚
物質・材料研究機構 環境・エネルギー材料部門 光・電子材料ユニット 光・電子機能グループ 主席研究員 渡邊 賢司

5月8日号
Report
九州南部沖のプレート境界浅部で発生するスロースリップを裏付ける移動を伴う微動 34
Migrating tremor off southern Kyushu as evidence for slow slip of a shallow subduction interface
九州大学大学院 理学研究院附属 地震火山観測研究センター JSPS 特別研究員
(現 京都大学 防災研究所附属 地震予知研究センター 宮崎観測所 助教) 山下 裕亮
東京大学 地震研究所 所長 小原 一成

5月8日号 Report	ペロブスカイト型太陽電池の微細構造が局所的キャリア寿命に与える影響 35 Impact of microstructure on local carrier lifetime in perovskite solar cells Department of Chemistry, University of Washington / (現 JNC 石油化学株式会社 市原研究所 研究第4センター 先端技術探索2グループ) 長岡 宏一
5月22日号 Research Article	全地球規模海洋マイクロバイオームの構造と機能 36 Structure and function of the global ocean microbiome Staff Scientist, Structural and Computational Biology, European Molecular Biology Laboratory 砂川 伸一 京都大学 化学研究所 バイオインフォマティクスセンター 教授 緒方 博之
5月22日号 Report	陸域CO ₂ 吸収のトレンドと年変動における半乾燥地生態系の主要な役割 37 The dominant role of semi-arid ecosystems in the trend and variability of the land CO ₂ sink エネルギー総合工学研究所 プロジェクト試験研究部 地球環境グループ 主任研究員 加藤 悦史
5月29日号 Research Article	植物PSI-LHCI超分子複合体におけるエネルギー伝達経路の構造的基盤 38 Structural basis for energy transfer pathways in the plant PSI-LHCI supercomplex 岡山大学大学院 自然科学研究科 助教 菅 倫寛 岡山大学大学院 自然科学研究科 教授 沈 建仁
5月29日号 Report	逆行性健忘状態のマウスでも記憶はengram細胞に保持されている..... 39 Engram cells retain memory under retrograde amnesia 理化学研究所 脳科学総合研究センター (RIKEN BSI) センター長 / Picower Professor of Biology and Neuroscience / Director, RIKEN-MIT Center for Neural Circuit Genetics / Director, RIKEN Brain Science Institute / Principal Investigator, Tonegawa Lab at MIT 利根川 進
5月29日号 Report	統合的ストレス応答を調節する低分子化合物は翻訳開始因子を標的にする 40 Mutations in a translation initiation factor identify the target of a memory-enhancing compound University of Cambridge, Cambridge Institute for Medical Research (CIMR), the Wellcome Trust MRC Institute of Metabolic Science and NIHR Cambridge Biomedical Research Centre 関根 悠介
6月5日号 Report	マルチフェロイックTbMnO ₃ における電気磁気ドメイン制御 41 Magnetoelectric domain control in multiferroic TbMnO ₃ 東北大学大学院 理学研究科 物理学専攻 准教授 松原 正和 青山学院大学理工学部 物理・数理学科 准教授 / JST さきがけ研究者 (兼任) 望月 維人 大阪大学大学院 基礎工学研究科 物質創成専攻 教授 木村 剛
6月5日号 Report	並外れた長距離構造完全性を有する有機薄膜の合理的合成 42 Rational synthesis of organic thin films with exceptional long-range structural integrity 東京工業大学 資源化学研究所 教授 福島 孝典
7月17日号 Report	生産性と植物種数の間にある単峰型の関係の世界的な証拠 43 Worldwide evidence of a unimodal relationship between productivity and plant species richness 弘前大学農学生命科学部 生物学科 教授 杉山 修一
7月17日号 Report	生物時計が「24時間」の遅さを生み出す仕組みを原子スケールで解明 44 Atomic-scale origins of slowness in the cyanobacterial circadian clock 分子科学研究所 協奏分子システム研究センター 博士研究員 阿部 淳 分子科学研究所 協奏分子システム研究センター 助教 / 総合研究大学院大学 物理科学研究科 向山 厚 名古屋大学大学院 理学研究科 博士研究員 孫 世泳 分子科学研究所 理論・計算分子科学研究領域 助教 / 総合研究大学院大学 物理科学研究科 森 俊文
7月17日号 Report	<i>foxl3</i> はメダカにおける精子／卵子の運命決定に関与する生殖細胞内在性の因子である ... 45 <i>foxl3</i> is a germ cell-intrinsic factor involved in sperm-egg fate decision in medaka 自然科学研究機構 基礎生物研究所 生殖遺伝学研究室 NIBBリサーチアソシエイト 西村 俊哉 自然科学研究機構 基礎生物研究所 生殖遺伝学研究室 / SOKENDAI (総合研究大学院大学) 准教授 田中 実

7月24日号 Report	強磁性マグノンと超伝導量子ビット間のコヒーレント結合 46 Coherent coupling between a ferromagnetic magnon and a superconducting qubit 東京大学 先端科学技術研究センター 日本学術振興会特別研究員 田淵 豊 東京大学 先端科学技術研究センター 教授 / 理化学研究所 創発物性科学研究センター 中村 泰信
7月24日号 Report	海底下約2.5kmまでの石炭を含む堆積物に深部生命を探る 47 Exploring deep microbial life in coal-bearing sediment down to ~2.5 km below the ocean floor 海洋研究開発機構 高知コア研究所 地球深部生命研究グループ 所長代理・グループリーダー (兼務)同機構 海底資源研究開発センター 地球生命工学研究グループ グループリーダー 稲垣 史生 Professor, MARUM Center for Marine Environmental Sciences, University of Bremen Kai-Uwe Hinrichs
7月31日号 Report	磁気臨界性を伴わない異常な金属相の発見 48 Strange metal without magnetic criticality 東京大学 物性研究所 新物質科学研究部門 研究員 (元 日本大学文理学部 物理学科 助教) 富田 崇弘 東京大学 物性研究所 新物質科学研究部門 准教授 / 科学技術振興機構 (JST) さきがけ 中辻 知
7月31日号 Report	原子レベルでシャープな界面をもった単層WSe ₂ -MoS ₂ の層状pn接合のエピタキシャル成長 ... 49 Epitaxial growth of a monolayer WSe ₂ -MoS ₂ lateral p-n junction with an atomically sharp interface 産業技術総合研究所 ナノチューブ応用研究センター 首席研究員 末永 和知 産業技術総合研究所 ナノチューブ応用研究センター研究員 林 永昌
7月31日号 Report	ストリゴラクトン認識の収束進化が寄生植物における宿主探知を可能とした 50 Convergent evolution of strigolactone perception enabled host detection in parasitic plants 理化学研究所 環境資源科学研究センター 植物免疫研究グループ グループディレクター 白須 賢 理化学研究所 環境資源科学研究センター 植物免疫研究グループ 上級研究員 吉田 聡子
8月7日号 Research Article	両染色体に <i>RORC</i> 遺伝子変異を有するヒトでのカンジダ菌と抗酸菌に対する免疫不全 ... 51 Impairment of immunity to <i>Candida</i> and <i>Mycobacterium</i> in humans with bi-allelic <i>RORC</i> mutations St. Giles Laboratory of Human Genetics of Infectious Diseases, The Rockefeller University (現 広島大学大学院 医歯薬保健学研究科 統合健康科学部門 小児科学研究室 講師) 岡田 賢 Professor, St. Giles Laboratory of Human Genetics of Infectious Diseases, The Rockefeller University Laboratory of Human Genetics of Infectious Diseases, Necker Branch, INSERM UMR 1163 Jean-Laurent Casanova
8月14日号 Research Article	ユニバーサル線形光学 52 Universal linear optics 日本電信電話(株) NTT 物性科学基礎研究所 研究主任 松田 信幸 日本電信電話(株) NTT 先端集積デバイス研究所 主任研究員 小熊 学 日本電信電話(株) NTT 先端集積デバイス研究所 主幹研究員 井藤 幹隆 日本電信電話(株) NTT 先端集積デバイス研究所 主幹研究員 橋本 俊和
8月21日号 Report	蛍光分子を用いたストライガのストリゴラクトン受容体の同定 53 Probing strigolactone receptors in <i>Striga hermonthica</i> with fluorescence 名古屋大学 トランスフォーマティブ生命分子研究所 特任准教授 土屋 雄一郎 名古屋大学 トランスフォーマティブ生命分子研究所 特任准教授 萩原 伸也 名古屋大学大学院 理学研究科 吉村 柁彦
8月28日号 Report	グリセロリン脂質は脊髄において感覚の種類に特異的な軸索誘導を制御する 54 Glycerophospholipid regulation of modality-specific sensory axon guidance in the spinal cord 理化学研究所 脳科学総合研究センター 神経成長機構研究チーム シニア・チームリーダー 上口 裕之 理化学研究所 脳科学総合研究センター 神経膜機能研究チーム シニア・チームリーダー 平林 義雄 理化学研究所 脳科学総合研究センター 神経成長機構研究チーム 研究員 Adam T. Guy
8月28日号 Report	リコンビナーゼRad51/RecAファミリーによる塩基トリプレット歩進 55 Base triplet stepping by the Rad51/RecA family of recombinases Department of Biochemistry and Molecular Biophysics, Columbia University / 京都大学大学院 理学研究科 生物科学専攻 寺川 剛

9月11日号 Report	内部セントロメア-シュゴシンネットワークは 染色体不安定性を防止する 56 The inner centromere-shugoshin network prevents chromosomal instability 東京大学 分子細胞生物学研究所 染色体動態研究分野 教授 渡邊 嘉典 東京大学 分子細胞生物学研究所 染色体動態研究分野 助教 丹野 悠司
COLUMN	染色体分配の守り神シュゴシン 57 東京大学 分子細胞生物学研究所 渡邊 嘉典
9月11日号 Report	cGAMPを封入したウイルス粒子が自然免疫シグナルを伝達する 58 Transmission of innate immune signaling by packaging of cGAMP in viral particles INSERM U932, Immunity and Cancer Unit, Institut Curie (現 東京大学 医科学研究所 システム免疫学社会連携研究部門 特任准教授) 佐藤 毅史
9月25日号 Report	作動するミトコンドリアタンパク質搬入口の分子構造 59 Molecular architecture of the active mitochondrial protein gate 京都産業大学 総合生命科学部 教授 遠藤 斗志也 Biomedicine Discovery Institute and Department of Microbiology, Monash University 塩田 拓也
10月2日号 Report	側坐核は脊髄損傷後の運動機能回復に関与している 60 Function of the nucleus accumbens in motor control during recovery after spinal cord injury 生理学研究所 認知行動発達機構研究部門 准教授/総合研究大学院大学 生理科学専攻 准教授/科学技術振興機構さきがけ 西村 幸男 生理学研究所 認知行動発達機構研究部門 特別共同研究員/京都大学 医学部 脳神経外科(現 滋賀県立成人病センター) 澤田 眞寛
10月9日号 Report	シロイヌナズナの二次細胞壁でのセルロース合成酵素の可視化 61 Visualization of cellulose synthases in <i>Arabidopsis</i> secondary cell walls 奈良先端科学技術大学院大学 バイオサイエンス研究科 植物代謝制御研究室 教授 出村 拓
10月9日号 Report	構造機能解析により ストライガの高感度ストリゴラクトン受容体が同定された 62 Structure-function analysis identifies highly sensitive strigolactone receptors in <i>Striga</i> Postdoctoral fellow, Cell and Systems Biology, University of Toronto 藤 茂雄 名古屋大学 トランスフォーマティブ生命分子研究所 (WPI-ITbM) 特任准教授 土屋 雄一郎
10月23日号 Report	イオンゲートにより電界誘起された2次元超伝導体における 金属的基底状態 63 Metallic ground state in an ion-gated two-dimensional superconductor 東京大学大学院 工学系研究科 物理工学専攻 博士課程 斎藤 優 京都大学大学院 理学研究科 物理学専攻 准教授 笠原 裕一 東京大学大学院 工学系研究科 附属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 岩佐 義宏 東北大学 金属材料研究所 准教授 野島 勉
10月23日号 Report	マウスの生殖能力に必須な精子カルシニューリンは 男性避妊薬の標的となりうる 64 Sperm calcineurin inhibition prevents mouse fertility with implications for male contraceptive 大阪大学 微生物病研究所 遺伝子機能解析分野 助教 宮田 治彦 大阪大学 微生物病研究所 遺伝子機能解析分野 教授 伊川 正人
11月6日号 Report	カゴメ・ハイゼンベルグ反強磁性体における ギャップをもったスピン液体基底状態の証拠 65 Evidence for a gapped spin-liquid ground state in a kagome Heisenberg antiferromagnet Professor, Department of Physics & Astronomy, McMaster University / Senior Fellow, Canadian Institute for Advanced Research 今井 卓

11月6日号 (1) Research Article (2) Research Article	(1) 火星探査計画 MAVENにより太陽からの惑星間コロナ質量放出に対する 火星大気の応答を観測した 66 MAVEN observations of the response of Mars to an interplanetary coronal mass ejection
	(2) 火星探査計画 MAVEN のディープ・ディップ・キャンペーンにより、 火星の熱圏と電離圏における変動現象を明らかにした 66 Early MAVEN Deep Dip campaign reveals thermosphere and ionosphere variability 東京大学大学院 理学系研究科 地球惑星科学専攻 教授 関 華奈子
COLUMN	二酸化炭素はどこに消えた? ~火星気候変動のなぞ 67 東京大学大学院 理学系研究科 関 華奈子
11月6日号 Report	ヒト赤血球バンド3の陰イオン交換ドメインの結晶構造 68 Crystal structure of the anion exchanger domain of human erythrocyte band 3 京都大学大学院 医学研究科 分子生体統御学講座 分子細胞情報学分野 准教授 小林 拓也 長崎国際大学薬学部 臨床検査学研究室 客員教授 濱崎 直孝 京都大学大学院 医学研究科 分子生体統御学講座 分子細胞情報学分野 教授 岩田 想
11月20日号 Report	YBa ₂ Cu ₃ O _{6.67} における強磁場下電荷密度波の3次元化 69 Three-dimensional charge density wave order in YBa ₂ Cu ₃ O _{6.67} at high magnetic fields 東北大学 金属材料研究所 磁気物理学研究部門 教授 野尻 浩之
11月20日号 Report	発生起源が同一である神経細胞がマウスにおいて レム/ノンレム睡眠および覚醒を制御している 70 Cells of a common developmental origin regulate REM/non-REM sleep and wakefulness in mice 筑波大学 国際統合睡眠医科学研究機構 准教授/科学技術振興機構さきがけ 研究員 林 悠 理化学研究所 脳科学総合研究センター 行動遺伝学技術開発チーム チームリーダー 糸原 重美
12月18日号 Report	分子軌道による電荷移動と結合した集団励起モードを直接観測する 71 Direct observation of collective modes coupled to molecular-orbital driven charge transfer 東京工業大学大学院 理工学研究科 物質科学専攻 助教 石川 忠彦 東京工業大学大学院 理工学研究科 物質科学専攻 教授/CREST, JST 腰原 伸也 Max Planck Institute for the Structure and Dynamics of Matter, Center for Free Electron Laser Science 東京工業大学 応用セラミックス研究所/ PRESTO, JST(分子技術と新機能創出)/(現 岡山大学大学院 自然科学研究科 助教) 羽田 真毅
	Science 投稿について 72

脳科学への招待 — 利根川 進氏インタビューより

利根川 進

理化学研究所 脳科学総合研究センター センター長
MIT ビカワ学習・記憶研究所 教授

〈略歴〉 1939年 愛知県生まれ
1963年 京都大学理学部卒業
1968年 カリフォルニア大学サンディエゴ校博士課程修了(Ph.D.)
1969年 ソーク研究所(ボストク)
1971年 パーゼル研究所 主任研究員
1981年 マサチューセッツ工科大学(MIT) 教授
1988年 ハワード・ヒューズ医学研究所 研究者
1998年 理研-MIT 脳科学研究センター センター長
2002年 MIT ビカワ研究所 所長
2007年 理研フェロー/理研 脳科学総合研究センター 特別顧問
2008年 理研-MIT 神経回路遺伝学研究中心 センター長
2009年 理研 脳科学総合研究センター センター長
〈業績〉 1984年 文化勲章
1987年 ノーベル生理学・医学賞 受賞



明らかになりつつある記憶のメカニズム

記憶が脳に蓄積されるという考えは、それほど目新しいものではないかもしれませんが。私たちが engram theory と呼ぶ、この理論の源流はすでにギリシャ時代には存在していましたが、科学的にそれが解明されてきたのはごく最近になってのことです。

記憶は形成された初期には曖昧で不安定なものです、固定化というプロセスを経ることによって長期的に保持されることがわかっています。2015年に *Science* で発表した私たちの研究¹では、この記憶の固定化と保持をシナプス増強という現象が担っているという仮説を覆し、記憶自体は engram と呼ばれる神経細胞群に蓄えられていることを示しました。海馬から扁桃体に至る engram の情報伝達機能(connectivity)が記憶の保持という現象に深く関与しているのではないかと、というのが私たちが提起した次

の仮説です。では一方で、シナプス増強の役割は何かというと、記憶を engram から取り出すための引き金としてプロセスに関わっているのではないかと私たちは考えています。この機能が明らかになってくれば、記憶を効率的に引き出したり、逆に封じ込めたりできるようになるかもしれません。私たちは現在、うつ病やアルツハイマー病、PTSDなどの記憶に関わる疾患の解明や治療にこのアイデアを生かせるのではないかとさらなる研究を進めているところです。

私たちの2013年の研究²では、マウスでニセの記憶を人為的に作ることを示しました。もともと記憶というのは誤り得るものです。米国のデータでは、冤罪であったとされる事件のうち実に75%が、誤った記憶に基づく目撃証言であったことが判明しました。しかし、こうした誤り(過誤記憶)が物理化学的にどのような現象として起こっているのかはわかっていなかったのです。私たちはマウスにブルーライトによる光刺激を与えることで、ある箱の中で与えた恐怖の記憶を、別の箱のなかで思い出させることに成功しました(図)。すなわち、本来別々の場所で得た記憶を関連付けさせ、記憶の再構築を操作できたこととなります。

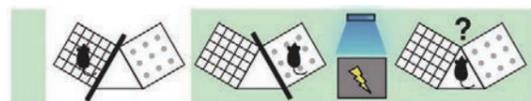


図: 受動回避試験の模式図。ブルーライトの照射により、別の部屋で得た記憶を意図的に誤って想起させた。

この手法は「optogenetics(光遺伝学)」と呼ばれていますが、記憶の研究の進歩に大きく寄与しています。生物の体内に存在するタンパク質の一部には光活性化タンパク質と呼ばれ、光情報を受容できるものがあります。光刺激のオン/オフによって神経細胞の活動を制御できることが近年の研究でわかり、この発見を契機にして記憶の研究と技術革新は急速に進み、私たちの研究でも活用されています。

記憶と学習は、脳機能の中でもヒトと動物で共通したものです。実際にマウスの記憶や学習能力は一般に考えられているよりも優れたものであり、動物の研究から多くの知見を導き出すことが可能です。私たちは動物モデルの研



究からメカニズムを解き明かし、医学などの実践的な研究に結びつけていくことが使命だと考えています。

脳科学の魅力

私たちの研究は理化学研究所とマサチューセッツ工科大学(MIT)が連携して設けた「理研-MIT 神経回路遺伝学研究中心」で進められています。この研究センターはMIT内にあるのですが、そこには理化学研究所から送られた日本人研究員を含め、世界中から若い研究者が集まっています。これと並行して、私は埼玉県のと光市にある理化学研究所 脳科学総合研究センター(理研BSI)の所長も勤めています。そこでは、30~60歳代の研究者が、それぞれ独立した約40の研究室を率いて、世界の第一線で脳研究に励んでいます。理研BSIと理研-MITセンターでは、*Science*や*Nature*等のいわゆるhigh-profile journalsと呼ばれる有力誌での論文発表がこの数年飛躍的に増加しています。

脳については近年になって様々なことが明らかになってきましたが、依然として未知の事柄が多い領域です。私が脳科学研究に取り組み始めた頃、脳はまだブラックボックスのような存在でしたが、そこにこそ魅力を感じたものです。私がいま関心を寄せている「記憶」は、誰もが毎日生活する上でよりどころとする非常に重要な機能ですが、同時に「心」の現象でもあります。医学をはじめ、科学は肉体の現象について多くのことを解き明かしてきましたが、これからは心の問題に取り組む局面に来たと言えます。今も、この脳における心の現象を解明すべく、気鋭の科学者たちが最新のテクノロジーを駆使して、日夜、興味深い研究を進めています。

最後に、科学者にとって大事なことは楽しいことに一途に取り組むことだと考えています。脳科学に限らず、科学者は自分の研究テーマにいわばfall-in-loveし、取り組んでいる研究を心から面白いと感じること、またオプティミストであることも良いscientistになるためには重要です。予想していた結果と違うときにも落胆することなく、一夜明けたら改めて前向きな気持ちでデータをにらみ熟考することです。

日本国内にとどまらず世界を目指し、決意したら脇目も振らず邁進する、そのような熱意にあふれる若い研究者が多く現れることを願っています。海外でも友人や仲間を持ち、日々切磋琢磨することを楽しみ、本当に面白いことをやってほしいというのが、私から若い方々への切なるメッセージです。



¹ T. J. Ryan et al., *Science* 348, 1007-1013 (2015).

² S. Ramirez et al., *Science* 341, 387-391 (2013).

XRCC4とXLFのパラログであるPAXXはKuタンパクと相互作用してDNA二本鎖切断の修復を促進する

PAXX, a paralog of XRCC4 and XLF, interacts with Ku to promote DNA double-strand break repair



越智 崇 Takashi Ochi

Research Associate, Department of Biochemistry, University of Cambridge

Andrew N. Blackford² Julia Coates² Satpal Jhujh² Shahid Mehmood³
Naoka Tamura⁴ Jon Travers² Qian Wu¹ Viji M. Draviam⁴ Carol V. Robinson³
Tom L. Blundell¹ Stephen P. Jackson^{1,2,5}

¹ Department of Biochemistry, University of Cambridge

² Wellcome Trust/Cancer Research UK Gurdon Institute, University of Cambridge

³ Physical and Theoretical Chemistry Laboratory, University of Oxford

⁴ Department of Genetics, University of Cambridge

⁵ Wellcome Trust Sanger Institute

Contact E-mail : to237@cam.ac.uk
所在地 : 80 Tennis Court Road, Cambridge CB2 1GA, UK
URL : http://structure.bioc.cam.ac.uk/groups/blundell

機能未同定タンパク質PAXXがNHEJを促進することの発見

DNAに記号化された遺伝子情報を正確に保存することは、細胞のがん化などの異常性を阻止するために最も重要である。DNAは紫外線などによって日常的に損傷を受けるため、細胞内にはそれを修復する機能が備わっている。様々なDNA損傷の中で最も危険とされているDNA二本鎖切断は、姉妹染色体が存在しないとき、非相同末端結合(non homologous end joining: NHEJ)によって修復される。またDNA二本鎖切断は抗体遺伝子の組替えの中間体として生成され、NHEJはそれを繋ぎ合わせる役割も担っている。従って、遺伝子の保護と免疫の形成メカニズムを理解する上でNHEJを理解することは重要だが、それが分子レベルでどう機能するのか未だ解明されていない。私達は今回、タンパク質の立体構造を元に、今まで知られていなかったNHEJに重要なタンパク質(C9orf142)を同定し、PAXX(Paralog of XRCC4 and XLFの下線部のアルファベットを繋げて)と命名した(図A)。PAXXはNHEJの中心タンパク質であるKu70とKu80から成る複合体と相互作用を行うことで、NHEJを促進することを発見した(図BとC)。

Figure and Note

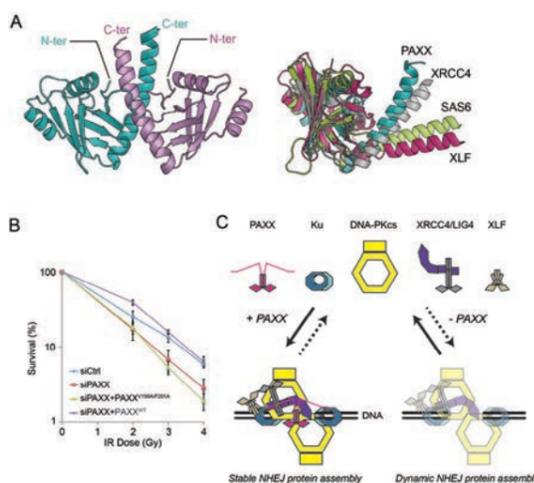


図: PAXXの立体構造とNHEJにおける重要性
(A) X線立体構造解析によって、PAXXが二量体を形成し、NHEJの主要タンパク質であるXRCC4、XLF、また中心体タンパク質のSAS6とパラログの関係にあることがわかった。(B) PAXXをノックダウンしたヒトの細胞では、放射線感受性が高くなり、それは野生型のPAXXをプラスミドを用いて細胞内で発現することで救出できるが、Kuと相互作用できない変異型のPAXXでは救出できないことがわかった。(C) PAXXがNHEJで他のNHEJタンパク質をDNA二本鎖切断部位で安定化させるモデル図。



ケンブリッジ大学の自然科学を研究する環境

約800年前に創立されたケンブリッジ大学は、ニュートンを始めとする近代科学の祖を輩出し、今もなお世界の科学界を牽引しています。それを可能とする一因に、世界中から科学者が集結し、好奇心を追求することができ、分野を超えて自由に議論できる環境を築けることができます。今回の成果は、構造生物学を元にした私の偶然的発見を、隣にあるSteve Jackson研究室と議論し、共同研究することで得ることができました。情報を共有し、共通の問題に対して異なるアプローチを取ることで新しい発見ができると思っています。

写真: 左からTom Blundell, 越智 崇, Stephen Jackson, Andrew Blackford

無ストレスニューロンにおける26Sプロテアソームの分子全数調査

A molecular census of 26S proteasomes in intact neurons



福田 善之 Yoshiyuki Fukuda

Postdoctoral fellow, Department of Molecular Structural Biology, Max Planck Institute of Biochemistry

浅野 翔 Shoh Asano

PhD Student, Department of Molecular Structural Biology, Max Planck Institute of Biochemistry

(現 Postdoctoral Associate, Synthetic Neurobiology Group, MIT Media Lab)

Florian Beck¹ Antje Aufderheide¹ Friedrich Förster¹ Radostin Danev¹
Wolfgang Baumeister¹

¹ Department of Molecular Structural Biology, Max Planck Institute of Biochemistry

Contact 福田 善之 E-mail : fukuda@biochem.mpg.de
所在地 : Am Klopferspitz 18, D-82152 Martinsried, Germany
URL : http://www.biochem.mpg.de/en/rd/baumeister

浅野 翔 E-mail : shoh@mit.edu
所在地 : 20 Ames St., Cambridge, MA 02139, USA
URL : http://www.syntheticneurobiology.org/

神経細胞内における「その場」でのタンパク質構造解析

これまで、生化学的手法により精製したタンパク質の構造解析は、その機能に関して多くの知見をもたらしてきた。しかしながら、生命現象における分子メカニズムは、十分に解明されたとは言えない。そのため、タンパク質を、その分子が機能している「その場」で定量的に構造解析することは、生命現象の更なる理解のために重要であると考えられる。通常のクライオ電子線トモグラフィーでは、細胞内のタンパク質を可視化することは困難だが、我々はボルタ位相板を用いることで、神経細胞内における26Sプロテアソーム分子の可視化に成功した。そして、得られた分子の平均化及び、構造の差異に基づいた分類により、各分子が「基底状態」と「基質処理状態」に分類された。これらは以前に報告されている26Sプロテアソームの各機能状態と高い類似性を示した。「その場」での構造解析は、生化学的方法と異なり、構造解析後も各分子の細胞内における局在を示すことが可能である。この方法により、従来の生化学的手法では精製が困難である、壊れやすい、もしくは動的であるタンパク質複合体の細胞内環境における定量的な解析により、生命機能の更なる解明に貢献することが期待される。

Figure and Note

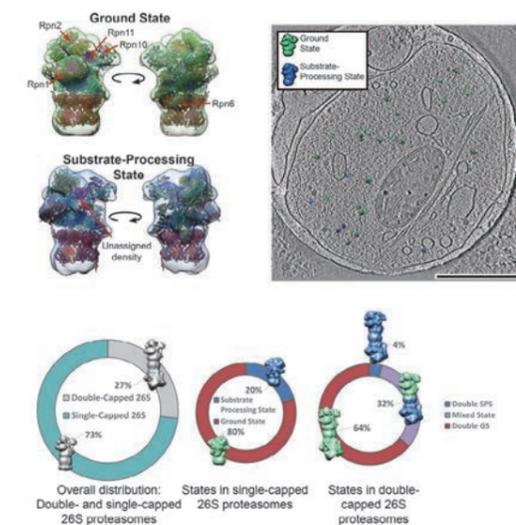


図: 26Sプロテアソームの「その場」でのビジュアルプロテオミクス
左上: 「その場」で構造解析した26Sプロテアソーム像と酵母より精製した高分解能像との比較、右上: 26Sプロテアソームの細胞内局在の可視化、下: 「その場」で構造解析した26Sプロテアソーム分子の統計解析。

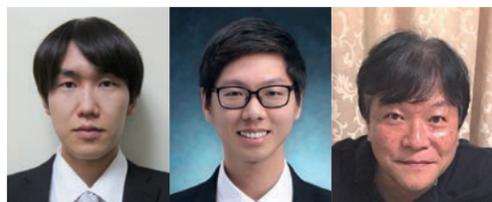


マックスプランク生化学研究所 分子構造生物学部門

マックスプランク生化学研究所分子構造生物学部門では、主に単粒子解析法や電子線トモグラフィーを用いて、タンパク質の構造解析や細胞、組織の形態解析を行っています。また、透過電子顕微鏡用の試料作製法や得られたデータの解析法などの方法開発も行っております。今後も、生命を構成している、タンパク質の構造・形態の観点から、生命機能の謎を解明していきたいと考えています。

超分子ポリマーの連鎖重合を実現するための基本戦略

A rational strategy for the realization of chain-growth supramolecular polymerization



左から宮島 大吾、姜 志亨、相田 卓三

Contact

宮島 大吾 E-mail: daigo.miyajima@riken.jp
所在地: 351-0198 埼玉県和光市広沢2-1

相田 卓三 E-mail: aida@macro.t.u-tokyo.ac.jp
所在地: 113-8656 東京都文京区本郷7-3-1
URL: http://macro.chem.t.u-tokyo.ac.jp/AIDA_LABORATORY/TOP.html

高分子物質を誰もが容易に精密合成できるようになった

日常生活に欠かせないプラスチックやゴムなどは、高分子(ポリマー)という鎖状分子が絡み合ったものである。ポリマーは個々の目的に合わせて設計されているが、精密合成には、高度な専門知識、熟練、反応条件の精密制御のための設備が必要となる。一方、本研究で対象とした「超分子ポリマー」は、適切な条件下、原料(モノマー)が非共有結合で結びつき自発的に組み上がる点が特色である。但し、そのような合成の容易さと引き換えに、材料物性と深く関わる「鎖の長さ(分子量)やその均一性の制御」が原理的に不可能とされ、用途が限定的といった懸念が指摘されてきた。本研究では、通常のポリマー合成反応にならない、反応開始剤を添加しなければ勝手に連結していかない特別なモノマーを開拓し、「原理的に不可能」とされてきた超分子ポリマーの鎖の長さ(分子量)やその均一性の制御が可能になることを実証した。超分子ポリマーのもつ基本的な長所はすべて維持されており、開始剤とモノマーを適切な溶媒に溶かすだけで誰もが目的の長さの超分子ポリマーを容易に得ることができ、超分子ポリマーは完璧にリサイクルできる。本研究によりその用途が飛躍的に拡張されるだろう。

宮島 大吾 Daigo Miyajima
理化学研究所 創発物性科学研究センター 創発ソフトマター機能研究グループ 基礎科学特別研究員

姜 志亨 Jiheong Kang
東京大学大学院 工学系研究科 化学生命工学専攻 博士課程

相田 卓三 Takuzo Aida
東京大学大学院 工学系研究科 化学生命工学専攻 教授
理化学研究所 創発物性科学研究センター 副センター長
創発ソフトマター機能研究グループ グループディレクター

森 直¹ 井上 佳久¹ 伊藤 喜光²
¹ 大阪大学大学院 工学系研究科 応用化学専攻
² 東京大学大学院 工学系研究科 化学生命工学専攻

Figure and Note

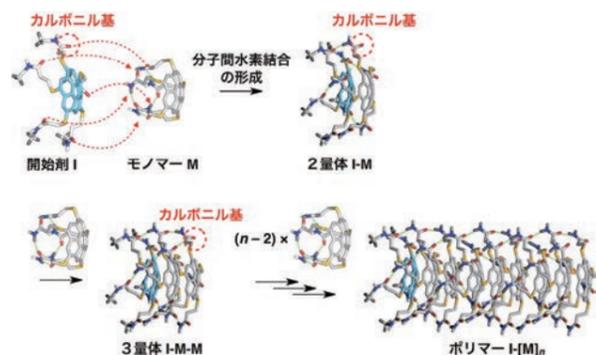


図1: 反応開始剤を加えることではじめて進行する超分子重合(連鎖重合)の原理
お椀形状のため、モノマーは分子内で水素結合を形成し、そのままでは重合しないが、適切な開始剤を加えると水素結合が分子間にスイッチし、超分子重合が始まる。モノマーと開始剤の比でポリマーの長さを調節できる。

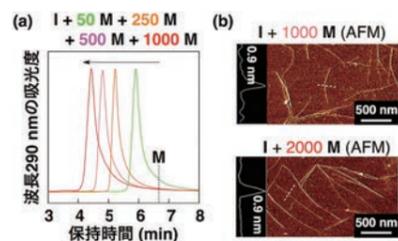


図2: (a) サイズ排除限界クロマトグラフィーと(b) 原子間力顕微鏡による超分子ポリマーの解析結果。

[(a)の破線はモノマー M の保持時間を示す]
モノマーと開始剤の比で超分子ポリマーの鎖長を自在に調節できることを実証している。完全な不斉選択性により、立体規則性の制御も完璧にできる。

新しい知の創発を目指して

理化学研究所 創発物性科学研究センター・創発ソフトマター機能研究グループでは、超分子化学をキーワードに持続可能社会の実現に向け、新しい材料開発に取り組んでいます。国際色豊かなメンバーが集まり、「挑戦」という言葉をキーワードに、個々の要素からは予測できない、新しい現象・機能の創発に取り組んでいます。本研究は大阪大学大学院 工学系研究科 応用化学専攻井上佳久教授、森直准教授との協同研究の成果です。



生体内分子機械で薬をピンポイントで患部に運ぶ

東京大学大学院 工学系研究科 相田 卓三
理化学研究所 創発物性科学研究センター 宮島 大吾

今から50年ほど前、「ミクロの決死圏」というSF映画(1966年、米国)が公開されました。物質を1時間だけマイクロ化できる技術に関する映画で、医療チームを乗せた潜航艇がこの技術でマイクロ化され、乗組員が体内に入り病気を治療するというストーリーにわくわくしたものでした。マイクロ化という人類の夢は50年後の今も残念ながら達成されていませんが、体内でロボットのように機能し、薬を運搬するナノカプセルが開発されつつあります。

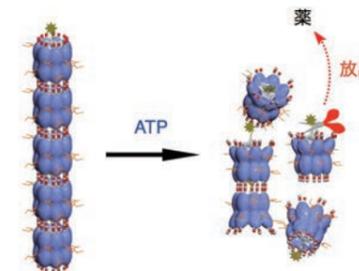
ATPを燃料として働く分子機械

がんにかかった組織では、アデノシン三リン酸(ATP)という物質が正常な組織の10,000倍以上も多く産み出されています。もし、ATPの量の違いを厳密に識別し、がんにかかった組織でのみ薬を放出するナノカプセルが誕生すれば、がん治療が大きく進歩することになります。ATPの濃度を厳密に識別するそんな都合の良いカプセルがこの世に存在するのでしょうか? 生体内には「分子機械」と呼ばれる一群のタンパク質が存在し、私たちが生きていく上で大変重要な役割を演じています。分子機械という名前から想像できるように、これらは実際に機械のように歩いてものを一方向に運んだり、回転しながら物質を製造したり、といった生命活動をしています。実社会の機械と同じように、分子機械が動くには燃料が必要ですが、その燃料の一つがATPです。ATPが分子機械に結合するとADP(アデノシン二リン酸)に変化し、その時に発生するエネルギーが分子機械を構成しているタンパク質の変形を引き起こします。その結果として分子機械が動きます。この働きを利用して、ATPの濃度を識別できるのではないかと私たちは考えました。

自分たちが小さくなるわけではありませんが、私たちは映画で目にしたサイバーな世界の実現を目指し、シャペロニンGroELと名付けられた中空のタンパク質に着目しました。生体内では多くのタンパク質が活躍していますが、過酷な条件にさらされると人間と同様に萎縮します。シャペロニンGroELは自分自身もタンパク質ですが、頑丈にできており、他のタンパク質を助ける役割を演じています。即ち、生体内をパトロールしながら他の萎縮したタンパク質をみつけては自分の内部空間に取り込み、やさしく癒やします。萎縮したタンパク質は十数秒で元の状態に回復します。回復したタンパク質がシャペロニンGroELの孔からはき出され、戦列に復帰する時にATPが必要なのです。ATPが結合すると、分子機械としてシャペロニンGroELはチューリップの花が開くような動きをし、タンパク質を放出します。

患部で自動的に薬を放出するナノチューブ

私たちは、このシャペロニンGroELを多数繋ぎ、中が空洞のナノチューブを作りました。ナノチューブは安定性が高く、バラバラに切れない限り内部に閉じ込めている薬が外に漏れることはありません。これは、副作用の大きな抗がん剤があちこちにばらまかれないという点で重要な性質です。あとはチューブががん組織に到着したタイミングで、チューブ外に薬が放出されるようにするだけです。シャペロニンGroELにATPが結合すると、チューリップが開くような運動が起こることを述べましたが、私たちはこの働きを利用して、がん患部でATPを取り込む際の開花運動によってナノチューブが切断されるような分子ロボットを作り、実際に患部で薬が放出されることを確認しました(図)。ナノチューブの中には、薬以外にも、その居場所を知らせる物質や外部から磁石で誘導するための物質などを貨物列車のように複数詰め込むことができるため、さまざまな用途で応用できます。「ミクロの決死圏」にはまだ開きがありますが、私たち科学者のアイデアと情熱が、人類の夢までの距離を縮めています。



チタンの劇的な酸素固溶強化の起源 ～材料欠陥の直接観察と計算科学～

Origin of dramatic oxygen solute strengthening effect in titanium



都留 智仁 Tomohito Tsuru

日本原子力研究開発機構 原子力基礎工学研究センター 燃料・材料工学ディビジョン 照射材料工学研究グループ 研究副主幹

Qian Yu^{1,2} Liang Qi¹ Rachel Traylor¹ David Rugg³ J. W. Morris Jr.¹ Mark Asta¹
D. C. Chrzan¹ Andrew M. Minor^{1,2}

¹ Department of Materials Science and Engineering, University of California, Berkeley

² National Center for Electron Microscopy, Molecular Foundry, Lawrence Berkeley National Laboratory

³ Rolls Royce

Contact

E-mail : tsuru.tomohito@jaea.go.jp
所在地 : 319-1195 茨城県那珂郡東海村大字白方2-4
U R L : http://nsec.jaea.go.jp/

電子顕微鏡観察と 電子構造計算からの材料強度

金属材料の内部には転位と呼ばれる結晶欠陥が存在しており、それらの運動の仕方が材料の強度を決める重要なファクターとなる。合金に含まれる溶質原子は転位の運動を阻害する作用があるが、溶質原子1個の影響はこれまでそれほど大きくないと考えられてきた。本研究では、米国カリフォルニア大学バークレー校、ローレンスバークレー国立研究所のグループと共同でこれまでの予測が当てはまらないチタン中の酸素に着目し、実験と計算で連携しながら変形メカニズムの検討を行った。最新の電子顕微鏡はこれらの転位の構造を原子レベルで直接観察することが可能であり、酸素含有量のわずかな違いで強度が大きく変化することを発見した。さらに、スーパーコンピュータを用いて電子構造に基づく計算から、格子間に存在する溶質酸素が転位芯と短距離ながら非常に強い斥力を生じることを明らかにした。これらの成果は、元素毎の化学的な相互作用が変形特性に大きく影響することを示しており、今後の材料設計への幅広い応用につながるかと期待できる。

Figure and Note

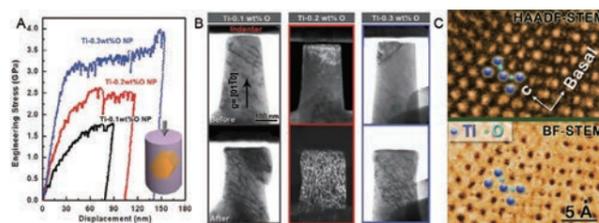


図1: TEM内圧縮試験による構造変化のその場観察
A. 酸素含有量のわずかな違いにより材料強度が劇的に変化する。B. サブミクロンレベルの欠陥組織観察とC. ナノレベルのチタン中の酸素の原子像から、酸素によって変形時の転位の運動が異なることが観察される。

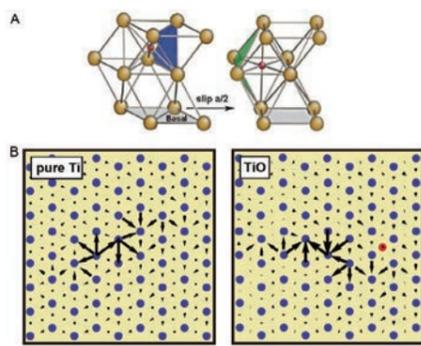


図2: 電子シミュレーションによる直接解析
A. 変形過程の酸素原子の安定位置の違いによるシャッフル挙動。
B. 酸素原子周りで転位が強力な斥力を受ける。

ローレンスバークレー国立研究所の 電子顕微鏡センター

ローレンスバークレー国立研究所の電子顕微鏡センター(NCEM)は、現在9個の電子顕微鏡を所有しています。変形その場観察が可能な装置を備え、米国内外の多くの研究者が、材料欠陥やナノ構造材料に対する最先端の材料研究に取り組んでいます。



ローレンスバークレー国立研究所の電子顕微鏡センター at LBNL 原子力機構のスーパーコンピュータ at JAEA

原子力機構のスーパーコンピュータ

原子力機構では、原子力研究開発における計算科学の推進のためスーパーコンピュータが活用されています。私達は、新たに導入されたSGI ICE Xを用いて、欠陥の電子構造解析からダイナミクスなどの大規模計算を行っています。

光応答性電気二重層を用いた光誘起超伝導

Light-induced superconductivity using a photoactive electric double layer



山本 浩史 Hiroshi Yamamoto

分子科学研究所(CIMoS)協奏分子システム研究センター 機能分子システム創成研究部門 教授
理化学研究所

須田 理行 Masayuki Suda

分子科学研究所(CIMoS)協奏分子システム研究センター 機能分子システム創成研究部門 助教授
理化学研究所

加藤 礼三¹

¹ 理化学研究所

左から山本 浩史、須田 理行

Contact

山本 浩史 E-mail : yhiroshi@ims.ac.jp 所在地 : 444-8585 岡崎市明大寺町字西郷中38
須田 理行 E-mail : msuda@ims.ac.jp U R L : http://yamamoto-tokyo.jp/ims/index.html

光による超伝導スイッチングを 有機物で実現

常伝導状態と超伝導状態をスイッチする「超伝導トランジスタ」は、高速かつ省エネルギーな超伝導エレクトロニクスの基盤技術として期待されている。近年、イオン液体を用いた「電気二重層トランジスタ」の開発により、超伝導トランジスタが数多く報告されるようになったが、極低温ではイオン液体の凍結により動作しなくなるため、超伝導状態を直接スイッチすることは実現されていなかった。

そこで我々は、スピロピラン誘導体からなる有機単分子膜の光照射に伴う電気的分極を「光誘起電気二重層」として利用するという手法により、光を駆動力とした新しい電気二重層トランジスタを開発した。この手法を用いることでスピロピラン単分子膜上の有機モット絶縁体: κ -(BEDT-TTF)₂Cu[N(CN)₂]Brにおいて、紫外光の照射による電荷(ホール)の注入とこれに伴う超伝導転移を、極低温において連続的に観測することに成功した(図)。本研究結果は、「極低温での動作が可能で外部電源が不要」、「遠隔で操作が可能」など、超伝導トランジスタ開発に新たな可能性をもたらすものと期待される。

Figure and Note

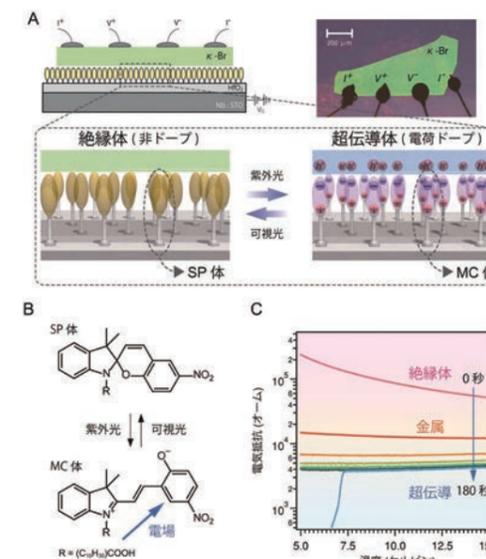


図: 光誘起電気二重層を用いた超伝導トランジスタ
(A) 作製したデバイスの模式図。スピロピランがSP体からMC体へと異性化するに伴い、 κ -(BEDT-TTF)₂Cu[N(CN)₂]Br(κ -Br: BEDT-TTF=bis(ethylenedithio)tetrathiafulvalene)に電荷(ホール)が注入され、超伝導体へと転移する。
(B) スピロピラン分子の光化学反応。紫外光の照射により、SP体からMC体へと構造変化し、双性イオンを生成する。この双性イオンが内部電場を作り出す。
(C) 電気抵抗測定による超伝導転移の観測。初期状態は絶縁体であるが、紫外光の照射に伴い電気抵抗が減少し、180秒後には転移温度: 7.3Kで超伝導体へと転移する。

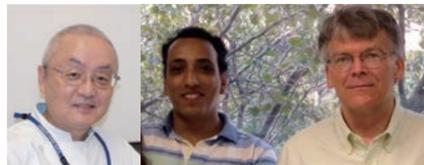
分子科学研究所 協奏分子システム研究センター 山本グループ

私たちの研究室では、既存のシリコンエレクトロニクスに代わる、有機物質の π 電子を利用した新しいエレクトロニクスの創成を目指して研究を行っています。特に、「強相関電子」と呼ばれる電子系の相転移を利用した相転移型トランジスタの開発を精力的に行っています。最近では、有機物質では初の超伝導トランジスタや歪み制御型トランジスタなど、これまでにない独創的なデバイスの提案を行っています。



メラニン誘導体の化学励起は UV 曝露長時間後に DNA 光生成物を誘導する

Chemiexcitation of melanin derivatives induces DNA photoproducts long after UV exposure



左から若松 一雅、Sanjay Premi、Douglas E. Brash

若松 一雅 Kazumasa Wakamatsu

藤田保健衛生大学医療科学部 化学教室 教授

Sanjay Premi¹ Silvia Wallisch¹ Camila M. Mano^{1,2}
Adam B. Weiner¹ Antonella Bacchicocchi³ Etelvino J. H. Bechara^{2,4}
Ruth Halaban^{3,5} Thierry Douki⁶ Douglas E. Brash^{1,5}

¹ Department of Therapeutic Radiology, Yale University School of Medicine

² Departamento de Bioquímica, Instituto de Química, Universidade de São Paulo

³ Department of Dermatology, Yale University School of Medicine

⁴ Departamento de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal de São Paulo

⁵ Yale Comprehensive Cancer Center, Yale University School of Medicine

⁶ INAC/LCIB UMR-E3 CEA-UJF/Commissariat à l'Énergie Atomique (CEA)

Contact

E-mail : kwaka@fujita-hu.ac.jp
所在地 : 470-1192 豊明市香掛町田楽ケ窪 1-98

Dark CPDと光発がんに関与するメラニンの役割が解明された

メラニン色素は、黒色～黒褐色のユーメラニンと赤褐色～黄色のフェオメラニンからなる高分子化合物である。一般に、ユーメラニンは抗酸化剤として、フリーラジカル捕捉剤としての性質があり、光保護することが知られているが、フェオメラニンはユーメラニンに比べて紫外線の遮断能力が弱く、さらに紫外線により誘導される活性酸素種の産生を増幅し、DNA 傷害、悪性黒色腫(メラノーマ)の発症に関与することが知られている。メラニンを含む細胞に、UVB(290-320nm)またはUVA(320-400nm)を照射すると、即時型のシクロブタンピリミジンダイマー(CPD)が生成し、UV照射が終わった後も少なくとも3時間の間、CPD生成が続くことが明らかになった。この紫外線照射のない状態で生成したCPDをdark CPDと呼ぶ。このDNAの光生成物でありメラノーマを誘発するdark CPDの生成メカニズムは、紫外線照射により生成したスーパーオキシドと一酸化窒素により生成する過酸化亜硝酸がメラニン分解生成物と反応して、不安定な四員環のジオキセタンを生成し、その熱分解に伴って生成する励起状態の三重項カルボニルがDNAのピリミジン塩基にエネルギーを転移させ、2+2シクロ付加反応によりdark CPDが生成するというものであり、このdark CPD生成には化学励起したメラニン分解生成物が必要であることが示された。また、紫外線の非照射下でも過酸化亜硝酸とユーメラニン前駆体から三重項カルボニル種の生成を確認した。以上の研究は、特にヒト皮膚において、光発がんのリスクと防止につながるメラニンの役割をさらに詳細に理解するためのmilestoneになるものと思われる。

Figure and Note

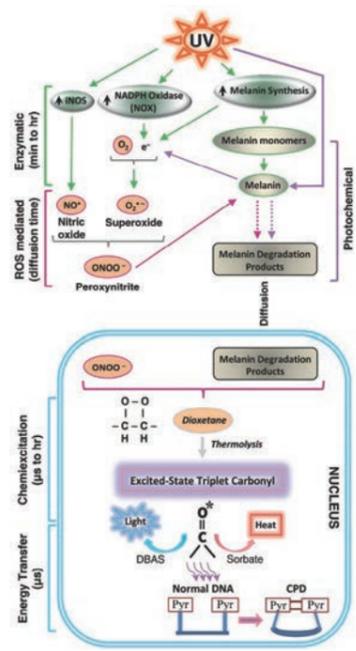


図: dark CPD生成におけるメラニンの役割
UVにより分解を受けたメラニンモノマーと、UV照射で生成したスーパーオキシドと一酸化窒素から生成する過酸化亜硝酸が反応後、メラニンの励起三重項カルボニルが生成する。そのエネルギーをDNAに与え、CPDが生成する。

メラニンの化学の新しい展開

メラニン色素の機能は、その複雑な構造により、カモフラージュ、光の吸収と発散、エネルギー調節、熱の保持、半導体の機能など多様な特徴を持つことが知られており、当研究室では、これまでにメラニンの簡便な化学分解法を開発し、哺乳動物、魚類、鳥類、爬虫類、両生類また化石中のメラニン含量を測定し、メラニンと生体との役割を、これまで、Nature、Scienceなどの一流科学雑誌に報告してきました。メラニン色素の機能を分子構造の面からとらえることにより、メラニンに関係する様々な生命現象がこれからも解明されることを期待しております。

写真: 当研究室のある豊明校地



強い衝撃波で自発的に生じる乱流リコネクションによる電子の統計加速

Stochastic electron acceleration during spontaneous turbulent reconnection in a strong shock wave



左から松本 洋介、天野 孝伸、加藤 恒彦、星野 真弘

松本 洋介 Yosuke Matsumoto

千葉大学大学院 理学研究科 宇宙物理学研究室 特任助教

天野 孝伸¹ 加藤 恒彦² 星野 真弘¹

¹ 東京大学大学院 理学系研究科 地球惑星科学専攻

² 国立天文台 天文シミュレーションプロジェクト

Contact

E-mail : ymatumot@chiba-u.jp
所在地 : 263-8522 千葉市稲毛区弥生町 1-33
URL : http://www.astro.phys.s.chiba-u.ac.jp/

天体衝撃波における高エネルギー電子加速機構の新理論

超新星爆発の名残である超新星残骸やブラックホールから飛び出すジェットなどの天体における爆発現象は、電波からX線・ガンマ線にわたる様々な波長の電磁波で明るく輝いている。これらの電磁波は、ほぼ光速で動きまわる電子によって放射されていると考えられているが、この相対論的なエネルギーを持つ電子がどのようにして作られたかは、宇宙物理学の謎の一つとして残されている。

今回、スーパーコンピュータ「京」を用いて超新星残骸衝撃波を始めとする天体衝撃波の高解像度シミュレーションを行ったところ、衝撃波面で磁気リコネクションと呼ばれるプラズマ過程が起きることで、電子が効率的に加速されることを発見した。磁気リコネクションによる爆発現象があらちちで起きることで、ランダムに運動する磁場の塊が多数現れる。この磁場の塊と電子が繰り返し衝突することで、高エネルギーの電子が作られることが明らかになった。

粒子が散乱体と衝突を繰り返しながらエネルギーを獲得するメカニズムは、現在ではフェルミ加速として知られている。今回の研究ではこのフェルミ加速のメカニズムが、衝撃波では磁気リコネクションを介して極めて有効に働くことを、大規模シミュレーションによって初めて見出した。

Figure and Note

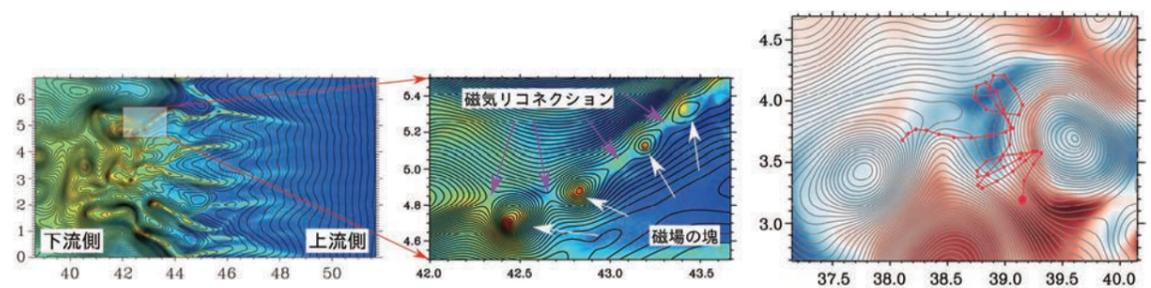


図: 衝撃波面近傍の構造と電子加速
(左) 衝撃波の構造。色は電子密度、線は磁力線を表す。(中央) 一部領域の拡大図。(右) 電子が磁場の塊(灰色線)に衝突しながらエネルギーを獲得する様子(赤線)。背景色は磁場の紙面に垂直な成分の大きさを表す。



スーパーコンピュータ「京」を使って宇宙の謎を探る

宇宙の多種多様な謎の解明に私達は取り組んでいます。取り扱う物理現象はプラズマの集団現象がもたらす強い非線形なシステムとなっており、その解明は容易ではありません。そこで、しばしばスーパーコンピュータの高い計算能力が強力な武器となります。スーパーコンピュータ「京」は運用開始から3年経って尚、世界第4位の計算能力を誇り(2015年12月現在)、その能力を活かすことで今回の成果を得ることができました。「京」のような大規模なシステムを使いこなすためには、並列計算、計算機ハードウェアについての知識が求められますが、それを身につければ、新しい物理の世界を見ることができます。

二孔チャネルはエボラウイルスの宿主細胞侵入を制御し、治療標的となりうる

Two-pore channels control Ebola virus host cell entry and are drug targets for disease treatment



櫻井 康晃 Yasuteru Sakurai
Department of Virology and Immunology, Texas Biomedical Research Institute
Andrey A. Kolokoltsov² Cheng-Chang Chen³ Michael W. Tidwell⁴ William E. Bauta⁴
Norbert Klugbauer⁵ Christian Grimm³ Christian Wahl-Schott³ Martin Biel³ Robert A. Davey¹
¹ Texas Biomedical Research Institute
² The University of Texas Medical Branch
³ Center for Integrated Protein Science Munich (CIPSM) at the Department of Pharmacy-Center for Drug Research, Ludwig-Maximilians-Universität München
⁴ Southwest Research Institute
⁵ Institute for Experimental and Clinical Pharmacology and Toxicology, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg

Contact E-mail : ysakurai@txbiomed.org
所在地 : San Antonio, TX, 78227-5301, USA

治療標的となりうるエボラウイルス感染の宿主因子を同定

エボラウイルスは人やその他の霊長類に感染し、致死率の高い重篤な病気を引き起こす。それに関わらず、現在承認されている治療法やワクチンは存在しない。我々はウイルスの宿主細胞侵入を宿主因子との相互作用という点から解析し、侵入阻害剤の開発を行ってきた。

本研究では、細胞内カルシウムチャネルであるTwo-pore channels (TPC)がエボラウイルス感染に必須であることが示された。それらの発現あるいは機能が抑制された細胞では、ウイルスの細胞侵入が強く阻害され、ウイルス粒子の局在に変化が認められたことから、TPCはエンドソームによるウイルス粒子の輸送過程を制御していることがわかった。さらに、現在臨床使用されているカルシウム拮抗薬の幾つかは、TPCの機能を阻害することでエボラウイルスの感染を強く抑制した。特に、アジア原産ハーブ由来のテラントリンは、*in vivo*で主な感染標的となるヒトのマクロファージへのウイルス感染を抑制し、さらにマウスモデルにおいて治療効果を示した。以上のことは、TPCがエボラウイルスの宿主細胞侵入における重要な宿主因子であり、それらを標的とする薬剤は抗ウイルス薬の候補となりうることを示している。

Figure and Note

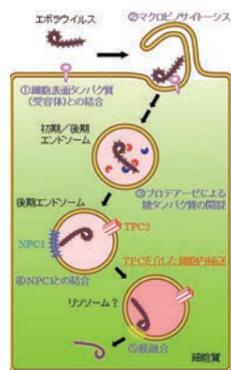


図1: エボラウイルス宿主細胞侵入のモデル図
エボラウイルスは細胞内に侵入後、エンドソーム小胞に包まれて移動する。TPCは、膜融合直前の小胞輸送過程を制御している。

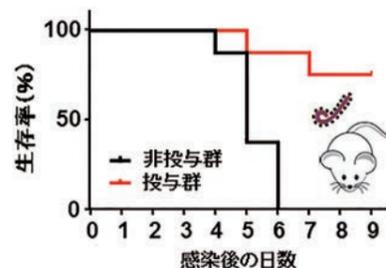
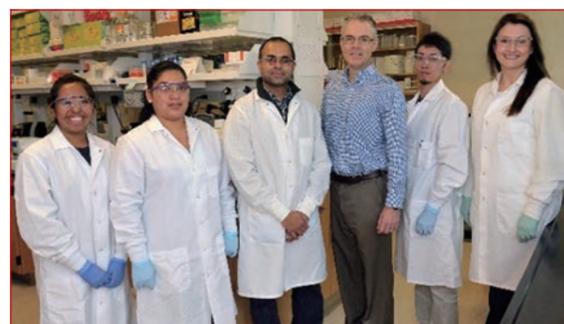


図2: テラントリンのマウスにおける治療効果
マウスにエボラウイルスを感染させ、同日、翌日、その後2日毎に1週間テラントリンを投与したところ、非投与群に比べて生存率の上昇が認められた。



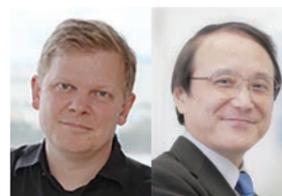
高病原性ウイルスに挑む

エボラウイルスを扱うには、Biosafety Level 4 (BSL4)と呼ばれる特殊な実験施設が必要になります。我々は、本研究所が有するBSL4を使用し、高病原性ウイルスに対する治療法の開発を行っています。エボラウイルスだけでなく、マールブルグウイルス、ラッサウイルス、クリミア・コンゴ出血熱ウイルス等、致死率が高いにも関わらず治療法の確立していない病気を引き起こすウイルスも研究しています。本研究室では、自動顕微鏡技術や3D画像解析技術といった最新技術を駆使し、高病原性ウイルスの感染過程の詳細な解明も目指しています。

写真: Davey研究室のメンバー

哺乳類細胞の遷移過程において、エンハンサー活性の変化は一連の協調的な転写に先行する

Transcribed enhancers lead waves of coordinated transcription in transitioning mammalian cells



Erik Arner
理化学研究所 ライフサイエンス技術基盤研究センター 分子ネットワーク制御ゲノムユニット ユニットリーダー
林崎 良英 Yoshihide Hayashizaki
理化学研究所 予防医療・診断技術開発プログラム プログラムディレクター
FANTOM consortium
全著者リスト: <http://www.sciencemag.org/content/347/6225/1010.abstract>

左からErik Arner, 林崎 良英

Contact

林崎 良英 E-mail : yoshihide.hayashizaki@riken.jp 所在地 : 351-0198 埼玉県和光市広沢2-1 U R L : www.pmi.riken.jp/
Erik Arner E-mail : erik.arner@riken.jp 所在地 : 230-0045 横浜市鶴見区末広町1-7-22 U R L : www.clst.riken.jp/en/science/labs/strat/molnet/mncg/

遺伝子制御部位の活性はエンハンサーが先行

細胞の分化や外界からの刺激応答の際には、発現する遺伝子が大きく変化する。これを制御するのが、遺伝子の転写開始点近傍にある「プロモーター」やゲノム配列上もっと遠位部にある「エンハンサー」と呼ばれる遺伝子の転写制御部位である。しかし、シグナルがどんな順番で転写制御部位に伝達するか、その制御メカニズムは詳しく分かっていない。国際研究コンソーシアムFANTOMは、細胞ごとに決まっているゲノム上のプロモーターとエンハンサーなどの遺伝子制御部位とその個々の制御関係を解明した遺伝子制御百科事典を作成してきた。今回の論文では、培養細胞が外界の刺激に反応して分化する過程などを対象に、遺伝子制御部位の活性を計測する独自技術「CAGE法」を用いて、数時間から数十日にわたって経時的にプロモーターとエンハンサーの活性を測定した。その結果、エンハンサーの活性化が最も初期に起きる事象であり、続いて初期転写因子の発現に関わるプロモーターが活性化し、その後転写因子以外の発現に関わるプロモーターの活性が徐々に優勢になるという順番が明らかになった。これは、生命現象の根源的な理解に向けた手がかりとなる成果である。

Figure and Note

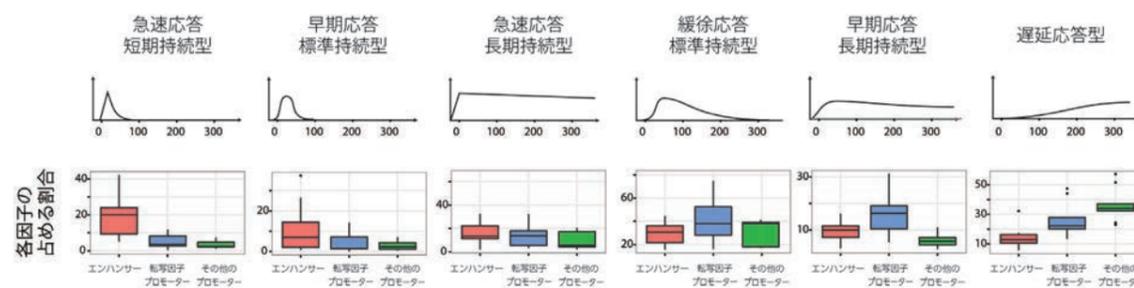


図: エンハンサーおよびプロモーター発現の経時変化

細胞の変化に伴うエンハンサーとプロモーターの活性の6つのパターン(上)に含まれるエンハンサー、転写因子のプロモーター、転写因子以外のプロモーターの割合を調べたところ、細胞変化の過程の初期にピークを迎えるパターンにはエンハンサーが多く含まれ、その後、転写因子のプロモーター、転写因子以外のプロモーターの順に活性が上昇することが分かった(下)。



FANTOM コンソーシアム

FANTOM (Functional Annotation of Mammalian Genome) コンソーシアムは、20カ国、114の研究機関が参加する国際研究コンソーシアムです。理研のプロジェクトで収集された完全長cDNAの機能注釈(アノテーション)を行うことを目的に、2000年に結成され、その後、トランスクリプトーム解析を軸に発展・拡大してきました。FANTOM データベースは、多くの分野で活用されていますが、今後、特に医療への応用の基礎となることを目指しています。これから、新しい技術を活用して革新的な医療にチャレンジしたい方、ぜひ参加してください。

CH₅⁺ カチオンの基底状態における コンビネーションディファレンス

Experimental ground-state combination differences of CH₅⁺



山田 耕一 Koichi M. T. Yamada

産業技術総合研究所 客員研究員

Oskar Asvany¹ Sandra Brünken¹ Alexey Potapov¹ Stephan Schlemmer¹

¹ I. Physikalisches Institut, Universität zu Köln

Contact

E-mail : kmt.yamada@aist.go.jp

所在地 : 305-8569 茨城県つくば市小野川16-1 AISTつくば西

URL : http://www.aist.go.jp

リュードベリ・リッツの結合原理で CH₅⁺ イオンの解明へ前進

ノーベル化学賞受賞者 G. A. Olah が岡 武史に、CH₅⁺ イオンの赤外スペクトルの測定を示唆したとき [T. Oka, *Science* 347, 1313 (2015).], このイオンがアンファンテリブルであることを知っていたらどうか。1990年代に Oka は、メタンを含むガスの放電プラズマの赤外線スペクトルを測定し、1万本以上の吸収線のうち、約900本を CH₅⁺ によるものと判定した。しかし、スペクトルに規則的構造は見られず、吸収線の帰属はできなかった。以来、このイオンのスペクトルは大きな謎として世界で注目されてきた。今回、CH₅⁺ イオンをイオントラップに捕捉し、レーザー照射による化学反応やクラスター形成の変化を信号として、赤外作用スペクトルを測定した。極低温に冷却して測定したが、予期に反して吸収線の本数は異常に多く、またスペクトルから規則的構造は見出せなかった。解析に適用できる分子ハミルトニアンが不明の現状では、リュードベリ・リッツの結合原理が唯一の解析手段である。この原理を温度4Kと10Kでのスペクトルに適用して、基底状態のエネルギー準位の間隔に関する定量的な情報を得ることができた。このイオンのスペクトル構造の解明への一里塚といえる成果だ。

Figure and Note

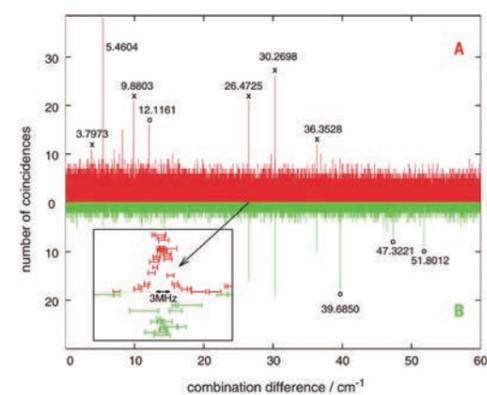
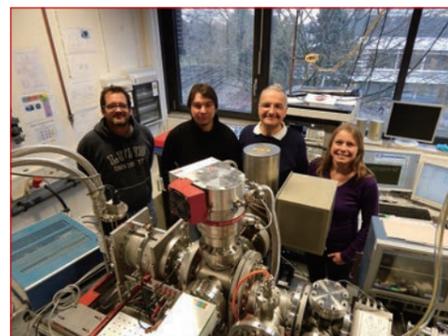


図: CH₅⁺ の CoDiff スペクトル

同一の波数差を持つ測定線の組の数を示した、結合波数差 (CoDiff) スペクトル。A (赤) は 10K で測定されたもの、B (黄緑) はそのうち高い波数の線が 4K で観測されているものに限定。B が基底状態の準位間隔を示すスペクトルになる。



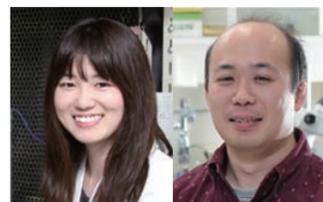
ケルン大学のイオン分光グループ

ケルン大学では S. Schlemmer の指導の下、イオントラップを用いて高分解能・高感度・高精度分光器の開発を進めています。質量選別された数千個の分子イオンを捕捉して、作用分光法を適用し、天文学的に興味を持たれる H₂D⁺ や HD₂⁺ のスペクトルを測定し、成果を出しています。さらに 4K まで冷却できるイオントラップ分光装置を開発し、さまざまな分子イオンのスペクトルが続々と測定されています。なかには、CH₅⁺ 同様に現在の分光学の知識では手に負えないように見えるスペクトルもあり、興味はつきません。写真はケルン大学の CH₅⁺ イオン研究チームとイオントラップ分光装置です。

(写真提供: O. Asvany)

Stiripentol アナログによる LDH 阻害はてんかんに改善させる

Targeting LDH enzymes with a stiripentol analog to treat epilepsy



井上 剛 Tsuyoshi Inoue

岡山大学大学院 医歯薬学総合研究科 生体物理化学研究室 准教授

佐田 渚 Nagisa Sada

岡山大学大学院 医歯薬学総合研究科 生体物理化学研究室 特任助教

李 順姫¹ 勝 孝² 大槻 剛巳¹

¹ 川崎医科大学 衛生学教室

² 岡山大学大学院 医歯薬学総合研究科 生体物理化学研究室

左から佐田 渚、井上 剛

Contact

井上 剛 E-mail : tinoue@pharm.okayama-u.ac.jp

所在地 : 700-8530 岡山市北区津島中1-1-1

代謝酵素を狙う 「新概念のてんかん創薬」を提唱

てんかんは、脳神経活動の過剰興奮によって生じるため、てんかん治療薬は「電気を発生するタンパク質(イオンチャネルなど)」に作用し、神経活動を抑制する。しかし、てんかん患者の約3割には、これらの治療薬が有効でない。注目すべきは、この難治性てんかんに「ケトン食療法」と呼ばれる食事療法が有効なことである。そこで今回、我々はケトン食の作用機構を調べ、脳のグリア細胞から神経細胞へと乳酸を運ぶ「アストロサイト-ニューロン乳酸シャトル」が、ケトン食による抗てんかん作用の鍵であることを発見した。実際に、この乳酸シャトル上の乳酸脱水素酵素 (lactate dehydrogenase: LDH) を阻害すると、神経細胞は過分極し、マウスモデルのてんかん発作は抑えられた。さらに我々は、乳酸脱水素酵素を阻害する化合物として、既存薬「stiripentol」を見出し、その化学構造を改変することで強力な抗てんかん剤も見出した。従来のもてんかん創薬の標的である「電気制御分子」でなく、「代謝酵素」を標的とするてんかん創薬を提唱した我々の研究は、新概念のてんかん治療薬の誕生に繋がる成果といえる。

Figure and Note

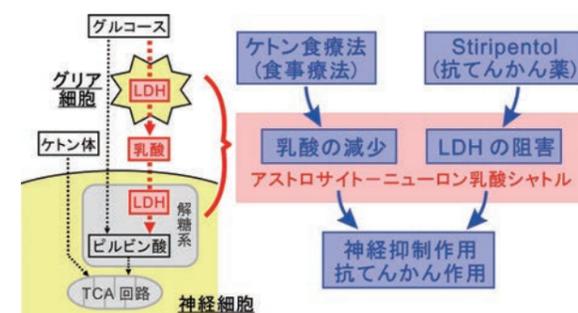


図: 代謝酵素を標的としたてんかん制御

脳内の代謝経路「アストロサイト-ニューロン乳酸シャトル(赤色)」が、ケトン食による抗てんかん作用の鍵となる。この代謝経路上に位置する「乳酸脱水素酵素 (LDH)」を阻害することで、てんかん発作を制御できる。



医療に繋がる基礎研究 — 電気生理学から神経創薬へ —

脳は電気を発生し、その電気信号で脳は機能します。その電気信号を測ることができる「電気生理学」という分野は、脳の機能を知るための基礎研究に位置づけられます。我々は、電気生理学がもたらす新たな可能性を模索し、「電気生理学を用いた神経創薬研究」を展開しています。電気生理学という基礎研究が起点となり、治療薬のない難治性脳疾患に効く「新薬」を誕生させるべく、日々研究に取り組んでいます。

イジング量子磁石における結晶化

Crystallization in Ising quantum magnets



福原 武 Takeshi Fukuhara

Max-Planck-Institut für Quantenoptik
(現 理学研究所 創発物性科学研究センター 量子多体ダイナミクス研究ユニット ユニットリーダー)

P. Schauß¹ J. Zeiher¹ S. Hild¹ M. Cheneau² T. Macrì³ T. Pohl³ I. Bloch^{1,4} C. Gross¹

¹ Max-Planck-Institut für Quantenoptik

² Laboratoire Charles Fabry, Institut d'Optique Graduate School, CNRS, Université Paris Sud

³ Max-Planck-Institut für Physik Komplexer Systeme

⁴ Ludwig-Maximilians-Universität, Fakultät für Physik

Contact

E-mail: takeshi.fukuhara@riken.jp

所在地: 351-0198 埼玉県和光市広沢2-1

URL: http://www.riken.jp/research/labs/cems/crossdiv_mater/qtm_mbody_dyn/

量子的な磁石において結晶状態を実現

身の回りの物質の中には、原子や分子が周期的に並んで構成されたものがあり、これを結晶と呼ぶ。例えば、構成粒子の間に斥力相互作用が働いている場合には、粒子がお互いに避けあうことで規則正しい構造が実現される。このような自発形成される結晶状態を量子的な磁石において実現し、その空間構造を直接観測した。

量子的な磁石とは量子スピン系と呼ばれるものであり、この実験においては人工的に原子を配置することで作り出した。具体的には、原子の電子基底状態をスピンの下向き(磁石の一方の向き)、電子が原子核から離れた軌道をとるリユードベリ状態をスピンの上向きとみなすことで構成できる。リユードベリ状態の原子間には大きな相互作用が働き、それ以外の組み合わせの原子間では相互作用が無視できるため、上向きのスピン間のみ反発する力が働く。この実験では、初めに全ての原子を電子基底状態(下向きのスピン)に用意し、レーザー光を照射することで原子をリユードベリ状態(上向きスピン)に変化させた。上向きのスピン間には反発力が働いているので、実現される上向きスピンの数や配置はシステムの形状やサイズによって決定される。これらをリユードベリ状態にある原子を空間的に測定することで調べ、結晶状態が実現されていることを直接確認することができた。このように、原子を制御下において、多体の量子的な現象を探索する新たな研究が開かれつつある。

Figure and Note

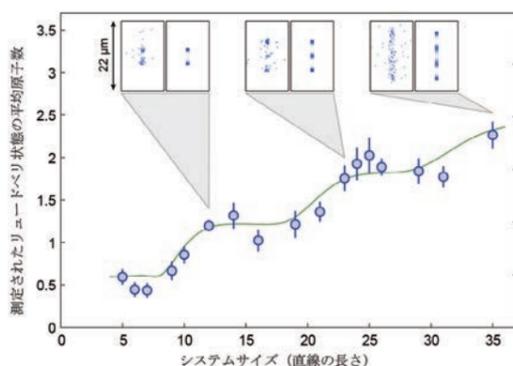


図1: システムサイズを変えた時のリユードベリ状態の原子

直線状のシステムにおける実験結果。直線が長くなるとリユードベリ状態の原子も階段状に増える。理論計算(緑の線)とも一致。図上部の挿入図はそれぞれのサイズで測定された原子の分布(左が実験、右が理論)。

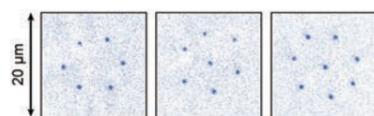


図2: 2次元における結晶状態の直接観測

2次元のディスク状のシステムにおける実験結果。反発力を最小にするため、リユードベリ状態の原子は距離を置いて整列し、結晶構造をとる様子が見てとれる。



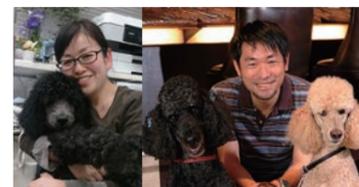
マックス・プランク量子光学研究所

ドイツには「量子論の父」とも呼ばれるマックス・プランクの名にちなんだ研究所が幅広い分野にわたり80ヶ所ほど存在します。その中で、量子光学にフォーカスした研究所はミュンヘンの郊外にあり、主にレーザー技術を駆使し、量子現象の解明や量子技術の開発に取り組んでいます。著者の所属していた研究室では、レーザー冷却などにより極低温まで冷却された原子気体を用い、多体系の量子現象の理解・解明を目指した世界最先端の研究が行われています。

写真: グループのメンバーとの写真、マックス・プランク量子光学研究所にて撮影。

人と犬の絆は「見つめ合い」とオキシトシン分泌の相互作用を通して進化してきた

Oxytocin-gaze positive loop and the coevolution of human-dog bonds



左から永澤 美保、菊水 健史

菊水 健史 Takefumi Kikusui

麻布大学獣医学部 動物応用科学科 伴侶動物学研究室 教授

永澤 美保 Miho Nagasawa

自治医科大学医学部 生理学講座 神経脳生理学部門

三井 正平¹ 圓 史緒理¹ 大谷 伸代¹ 太田 光明¹ 佐久間 康夫² 尾仲 達史³ 茂木 一孝¹

¹ 麻布大学獣医学部 ² 東京医療学院大学 ³ 自治医科大学医学部

Contact

菊水 健史 E-mail: kikusui@azabu-u.ac.jp

所在地: 252-5201 相模原市中央区淵野辺1-17-71

URL: http://azabu.carazabu.com/car/

ヒトとイヌの共生の歴史が生み出した2者間の絆形成の生物学的基盤が明らかに

ヒトとイヌの共生は1万5千年から3万年前に始まるとされている。近年、比較認知科学においてイヌの特異的な能力が注目されるようになってきた。戦略的知能は類人猿であるチンパンジーのほうが優れているが、「心のつながり」がヒトに近いのはむしろイヌであることが、最新の研究によって明らかになりつつある。たとえばヒトが示す協力的シグナルの理解は、イヌのほうがチンパンジーやイヌと共通の祖先種を持つオオカミよりも優れている。そのような高い親和的関係を構築してきた両者間の絆形成に関しては、逸話的に語られてきたものの、生物学的基盤は不明であった。今回、両者の関係性が哺乳類の母子間に認められるような、オキシトシンと視線を主としたアタッチメント行動とのポジティブ・ループによって促進されるものであることを明らかにした。このポジティブ・ループはオオカミと飼い主の間では認められなかったことから、進化の過程でイヌが特異的に獲得したものであることも明らかとなった。

このようなヒトとイヌの異種間における生理学的な絆形成の存在は、イヌの優れた社会的能力を示すものであるとともに、イヌと生活環境を共有するヒトの社会の成り立ちの理解の手がかりになることが期待される。

Figure and Note

イヌの注視行動が社会的シグナルとして相互やりとりを促進、双方の尿中オキシトシン濃度を上昇させた

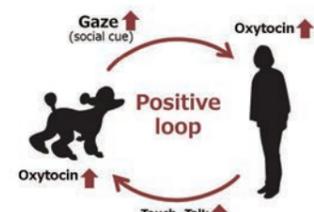


図1: イヌと飼い主のオキシトシンを介したポジティブ・ループ

イヌが視線を飼い主に向け、その結果、飼い主のオキシトシンが上昇する。上昇したオキシトシンは飼い主からイヌへの関わりを促進させ、その結果イヌのオキシトシンが上昇。このポジティブ・ループはイヌ特異的であり、祖先種を共有するオオカミでは認められなかった。

ヒトとイヌの収斂進化仮説

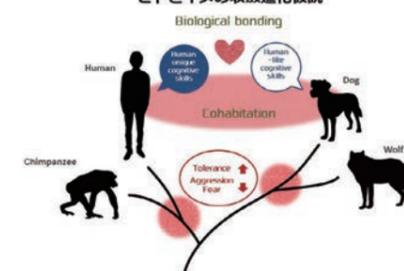


図2: ヒトとイヌの収斂進化とそれを基盤とした絆形成の仮説

イヌは祖先種を共にするオオカミから社会的な寛容性を高め、攻撃性が低下したことで分岐したと考えられている。一方、ヒトも祖先種を共にするチンパンジーとは、社会的な寛容性の高さで異なる種といえる。お互いに同様の社会的な寛容性を手にしたヒトとイヌが社会的なニッチを共有し、オキシトシンと視線を介したポジティブ・ループを獲得するに至ったと考えられる。

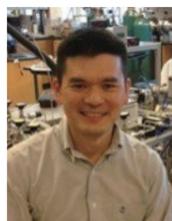


大学内交流会「研究三昧」のあとの集合写真

本研究は、菊水が麻布大学に異動し、ラボを立ち上げたばかりのテーマです。足掛け7年どころかここまで到達できた。学部生が主体の研究室で、授業実習で多くの時間を割くことになり、さでどう研究を進展させるべきかをよく考えました。今回の研究に関しては、当時他の研究室で大学院生だった永澤美保さんの思いがこもったものです。彼女が漠然としたヒトとイヌの関係性を生物学に落としこむ作業をコツコツと重ねて、ここまで来ることができました。どうしても明らかにしたいというチャレンジの心を持ち続けられるかどうか、最終的には結果の差を生むように思います。近年、研究評価が数年で行われることを思うと、時間のかかる研究を試みるのが難しくなります。また論文になりやすいテーマに飛びつきがちでしょう。それは果たして本当の科学の進歩なのか、というのは、時折立ち止まって考える必要を感じます。若いチャレンジ精神いっぱい学生さんが、努力と知恵を振り絞る環境を作ることも教員の使命であると思う日々です。

微生物起源メタンにおける 炭素・水素二重置換同位体比の非平衡状態

Nonequilibrium clumped isotope signals in microbial methane



小野 周平 *Shuhei Ono*

Associate Professor of Geochemistry, Department of Earth, Atmospheric, and Planetary Sciences, Massachusetts Institute of Technology

David T. Wang^{1,2} Danielle S. Gruen^{1,2} Barbara Sherwood Lollar³ Kai-Uwe Hinrichs⁴ Lucy C. Stewart⁵ James F. Holden⁵ Alexander N. Hristov⁵ John W. Pohlman⁷ Penny L. Morrill⁸ Martin Könnike⁴ Kyle B. Delwiche⁹ Eoghan P. Reeves¹ Chelsea N. Sutcliffe³ Daniel J. Ritter¹⁰ Jeffrey S. Seewald² Jennifer C. McIntosh¹⁰ Harold F. Hemond⁹ Michael D. Kubo¹¹ Dawn Cardace¹² Tori M. Hoehler¹¹

¹ Department of Earth, Atmospheric and Planetary Sciences, Massachusetts Institute of Technology

² Marine Chemistry and Geochemistry Department, Woods Hole Oceanographic Institution

³ Department of Earth Sciences, University of Toronto

⁴ MARUM Center for Marine Environmental Sciences and Department of Geosciences, University of Bremen

⁵ Department of Microbiology, University of Massachusetts

⁶ Department of Animal Science, Pennsylvania State University

⁷ U.S. Geological Survey (USGS), Woods Hole Coastal and Marine Science Center

⁸ Department of Earth Sciences, Memorial University of Newfoundland

⁹ Department of Civil and Environmental Engineering, Massachusetts Institute of Technology

¹⁰ Department of Hydrology and Water Resources, University of Arizona

¹¹ NASA Ames Research Center

¹² Department of Geosciences, University of Rhode Island

Contact

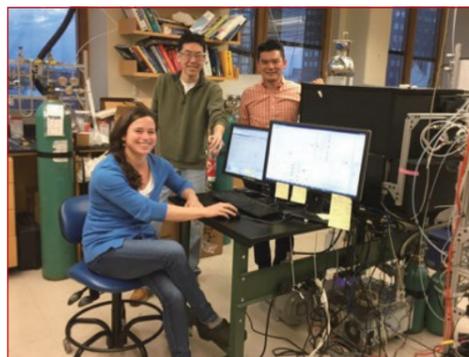
E-mail : sono@mit.edu

所在地 : E25-641, 77 Massachusetts Avenue, Cambridge, MA 02139-4307, USA

U R L : https://ono.mit.edu

微生物起源のメタンガスの非平衡な分子同位体比

メタンガス(CH₄)は、不可欠な資源であると同時に、重要な地球温暖化ガスでもある。メタンは主に沼地や牛の胃の中の微生物によるもの、地下深部で有機物の熱分解によってできるもの、または、岩石と熱水の化学反応によってできるものがある。地球上にあるメタンの起源を知ることは、資源開発および地球温暖化対策にとって非常に重要である。メタンの炭素の原子質量は基本的には12(¹²C)であるが、少量の質量13の炭素(¹³C)が含まれる。また、水素の質量は1(¹H)であるが、少量の質量2の水素(²HまたはD)がある。これら、¹³CまたDの割合を正確に測定することは、メタンのなかの炭素と水素の起源を調べるのに役立つ。今回の研究では、レーザー赤外線吸収を応用し、¹³CとD両方を含むごくまれな同位体分子(¹³CH₃D)を正確に測定した。これにより、メタンの化学結合の起源をさらに正確に特定することが可能になった。そして、質量分析機を用いた測定結果を確認するのみならず、微生物起源のメタンは特徴的な非平衡のシグナルを示すことが明らかになった。この新たな分析方法を用いて、これまで起源がわからなかった多様なメタンの起源を明らかにすることが可能になる。



Ono laboratory for stable isotope geochemistry at MIT

我々の研究室では、新たな同位体分子の測定方法の開発とその環境化学および地球化学における応用を中心に研究を行っています。特に、赤外線レーザーの応用により、これまでは難しかった分子を測定することが可能になりました。

MITは全米でも有数の工科大学ですが、教授陣の約半数は日本人も含めた外国人で構成されています。こんなところにアメリカの懐の深さを感じます。日本からも骨のある学生が来るのを期待しています。

写真 : Shuhei Ono, David Wang, and Danielle Gruen (from right) and tunable infrared laser direct absorption spectroscopy instrument at MIT.

Figure and Note



図 : メタンガスの起源

牛などの家畜類はメタンガスの重要なソースである。成長した牛は1日に200から500Lのメタンガスを排出するといわれる。今回の研究では、これらの微生物起源のメタンが特徴的な同位体分子比を示すことが明らかになった。このシグナルを使うことにより、メタンガスの起源と行き先が明らかになる。

結晶学を越えて： コヒーレントX線光源を用いた回折イメージング

Beyond crystallography: Diffractive imaging using coherent x-ray light sources



石川 哲也 *Tetsuya Ishikawa*

理化学研究所 放射光科学総合研究センター センター長

Jianwei Miao¹ Ian K. Robinson^{2,3} Margaret M. Murnane⁴

¹ Department of Physics and Astronomy and California NanoSystems Institute, University of California, Los Angeles

² London Center for Nanotechnology, University College London

³ Research Complex at Harwell, Harwell Campus

⁴ JLA, University of Colorado, and National Institute of Standards and Technology (NIST), Boulder

Contact

E-mail : ishikawa@spring8.or.jp

所在地 : 679-5148 兵庫県佐用郡佐用町光都1-1-1

U R L : http://rsc.riken.jp

コヒーレントX線が可能にした新しいナノ領域観察手法

コヒーレントX線源の出現により、周期性を持たない物質をナノレベル分解能でイメージングすることが可能になってきた。著者は大型放射光施設SPRing-8を利用してそのようなイメージング法の方法開発に取り組むとともに、世界で二例目となる硬X線領域での自由電子レーザー、SACLAの建設を主導し、2012年から共用運転に供してきた。コヒーレントX線での散乱は、散乱体内の電荷密度のフーリエ変換で与えられる散乱場を与えるが、検出器では位相情報の消えた散乱強度のみが記録される。ところが、いくつかの実験条件が満足される場合、散乱強度情報から散乱位相情報を引き出すことが可能となり、散乱場自体が求まる。これから逆フーリエ変換によって散乱体内の電荷密度分布を求めると、コヒーレント回折イメージング法である。この方法は原理的には使用するX線の波長程度まで空間分解能を高めることが可能であり、比較的容易にナノメートル分解能に到達する。しかもX線結晶構造解析とは異なり、試料内部の周期性を必要としないため、動的に変化する分子などの観察に適している。最近ではコヒーレントX線に加えて、コヒーレント電子線や、レーザー高次高調波軟X線を線源とする研究も進められている。SACLAでは、X線パルス幅がフェムト秒と非常に短いことを利用して、生きている状態での細胞の高分解能観察等が行われている。

Figure and Note

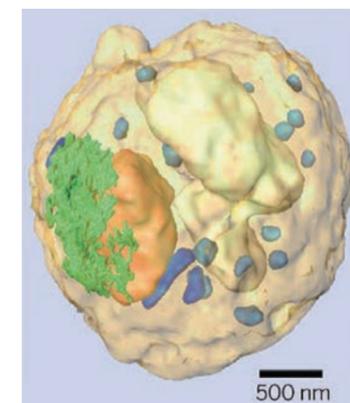


図 : コヒーレントX線による回折イメージングの生体試料への応用例

無染色イースト菌胞子細胞の三次元質量密度分布。細胞核(オレンジ色)、小胞体(緑色)、液胞(白色)、ミトコンドリア(濃青色)、微小体(淡青色)が示されている。



RIKEN SPring-8 Center

当センターは国立研究開発法人理化学研究所の播磨事業所にあり、日本が世界に誇る大型放射光施設SPring-8とX線自由電子レーザー施設SACLAの運営とこれらに関連する研究開発を行っており、X線領域の高エネルギー光科学で世界を牽引する研究所の一つです。これらの施設は、公益財団法人高輝度光科学研究センターを通じて、内外の研究者の共同利用に供されるとともに、国内産業界からも広く利用されています。

水中での塩橋の強さは 近接する疎水表面で大きく変わる

Subnanoscale hydrophobic modulation of salt bridges in aqueous media



左から伊藤 喜光、陳 碩、相田 卓三

伊藤 喜光 Yoshimitsu Itoh

東京大学大学院 工学系研究科 化学生命工学専攻 助教

陳 碩 Shuo Chen

東京大学大学院 工学系研究科 化学生命工学専攻 研究員

相田 卓三 Takuzo Aida

東京大学大学院 工学系研究科 化学生命工学専攻 教授
理化学研究所 創発物性科学研究センター 副センター長

増田 卓也¹ 清水 青史² Jun Zhao³ Jing Ma³ 中村 周吾⁴ 大黒 耕⁵ 野口 秀典¹ 魚崎 浩平¹

¹ 物質材料研究機構

² Department of Chemistry, University of York

³ School of Chemistry and Chemical Engineering, Nanjing University

⁴ 東京大学大学院 農学生命科学研究科 応用生命工学専攻

⁵ 東京大学大学院 工学系研究科 化学生命工学専攻

Contact

伊藤 喜光 E-mail: itoh@macro.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://macro.chem.t.u-tokyo.ac.jp/Group_Leaders_and_Postdocs_JP/Yoshimitsu_ITOH_JP.html

相田 卓三 E-mail: aida@macro.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://macro.chem.t.u-tokyo.ac.jp/AIDA_LABORATORY_JP/TOP_JP.html

疎水表面近くではイオン結合は強くなる!

タンパク質が生体分子と相互作用するとき、必ずイオニックな相互作用が働く。タンパク質表面の75%は疎水性のアミノ酸で構成されていることを考えると、このような水中におけるイオン結合の近くには多くの場合疎水表面が存在していることになる。しかしながら、イオン結合が疎水表面から受ける影響に関しては、60年以上前に予言された理論があるのみであり、実験的な検証はなされていなかった。

我々は、自己組織化単分子膜を利用することで、イオン結合の強さが近傍に存在する疎水表面によって増強される事を初めて実験的に明らかにした。この単分子膜は上端に陰イオンを有しており、水中の陽イオンと結合することができる。陰イオンの下部にはアルキル鎖で構成される疎水性の膜がデザインされており、厚さの異なる膜を用いる事によってイオン結合点から疎水表面までの距離を変えることができる。我々は、イオン結合点と疎水表面との距離を1.2nmから0.2nmに変えると、イオン結合の強さが約3.9kcal/mol増大することを見出した。このエネルギーは、水中における水分子の水素結合に換算して約2個分に相当する。このような効果は、疎水表面上の水の誘電率が低下しているためであると考えている。

本研究で初めて実証された古典的な理論は、これまで考えられてきたイオン結合に関する常識を一変させ、生体材料や表面材料の新しい分子設計指針を与えること期待される。

Figure and Note

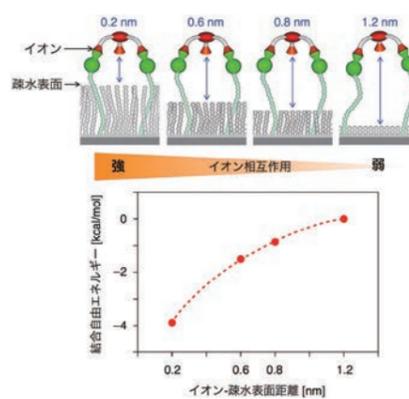


図: イオン結合の強さと疎水表面との距離の関係

イオン結合の強さは、酸による滴定で評価した。その結果、イオン-疎水表面間の距離が0.2nmの時のイオン結合の耐酸性は、その距離が1.2nmのものと比較すると、プロトン濃度に関して100倍近く強くなっていることが明らかとなった。



研究も国際化時代

この研究成果は日本人だけによるものではありません。研究分野と国境を越えた協力があってこそ成し遂げられた成果です。言葉・文化の違いを乗り越え、協力し合うことで大きな一歩が踏み出せます。



CRISPR-Cmr複合体の構造は RNA 標的のポジショニングの仕方を明らかにする

Structures of the CRISPR-Cmr complex reveal mode of RNA target positioning



新海 暁男 Akeo Shinkai

理化学研究所 横山構造生物学研究室 前任研究員

David W. Taylor^{1,2} Yifan Zhu³ Raymond H.J. Staals³ Jack E. Kornfeld¹

John van der Oost³ Eva Nogales^{1,2,4,5} Jennifer A. Doudna^{1,2,4,6,7}

¹ Howard Hughes Medical Institute, University of California, Berkeley

² California Institute for Quantitative Biosciences, University of California, Berkeley

³ Laboratory of Microbiology, Department of Agrotechnology and Food Sciences, Wageningen University

⁴ Department of Molecular and Cell Biology, University of California, Berkeley

⁵ Life Sciences Division, Lawrence Berkeley National Laboratory

⁶ Department of Chemistry, University of California, Berkeley

⁷ Physical Biosciences Division, Lawrence Berkeley National Laboratory

Contact

E-mail: akeo.shinkai@riken.jp

所在地: 230-0045 横浜市鶴見区末広町1-7-22

細菌の獲得免疫システムのメカニズムに迫る

CRISPR-Casシステムは多くの細菌が持つ獲得免疫システムである。これは細菌に侵入してきたDNAやRNAを分解するシステムで、特徴的なDNA配列であるCRISPRと、その近傍にコードされているCasタンパク質とから構成されている。CRISPR-Casの種類や数は細菌毎に異なる。高度好熱菌 *Thermus thermophilus* 株は比較的多種類のCRISPR-Casを持っているので、一つの細菌における獲得免疫システムを体系的に理解するための格好のモデル生物である。本細菌におけるCRISPR-Casシステムの一つであるCmr複合体は6種類のCmrタンパク質(Cmr1~6)とCRISPR由来の低分子RNA(crRNA)から構成されており、一本鎖RNAを6塩基毎に切断する。その機構を解明するために本複合体の立体構造を低温電子顕微鏡法で解析した。その結果、RNA分解活性を持つ4分子のCmr4サブユニットが分子の中央部に螺旋状に位置しており、そこに、crRNAと標的RNAから成る二本鎖RNAが巻き付いていた(図1)。そして、4つのCmr4由来の突出したβ-ヘアピン構造が6塩基毎に二本鎖RNAにインターカレーションしているためにその部分の二本鎖がほどこけており、近傍にはCmr4の活性残基が位置していた(図2)。この仕組みで標的RNAが切断されると考えられる。

Figure and Note

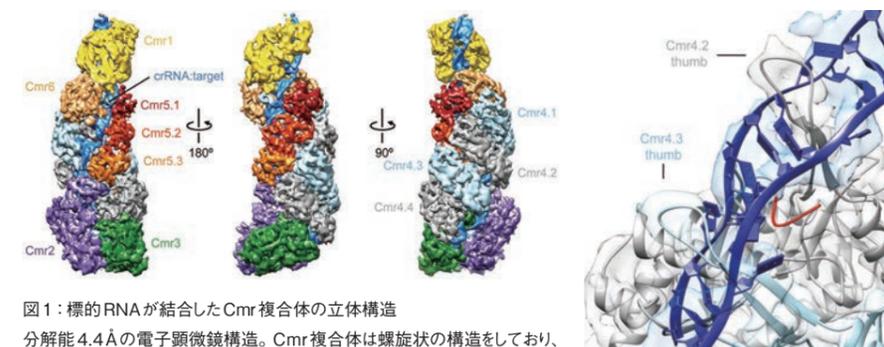


図1: 標的RNAが結合したCmr複合体の立体構造

分解能4.4Åの電子顕微鏡構造。Cmr複合体は螺旋状の構造をしており、中央部には4分子のCmr4と3分子のCmr5が位置している。そこに二本鎖RNA[crRNA:標的RNA]が巻き付いている。

図2: Cmr4とRNAの相互作用
電子顕微鏡構造に立体構造のモデルを当てはめたもの。Cmr4由来のβ-ヘアピン構造(thumb)が二本鎖RNAにインターカレーションしている。近傍には活性残基のあるループ構造(赤色)が位置している。



CRISPRに出会った頃と今

2005年頃、私は高度好熱菌の転写因子を研究している過程でゲノム上の奇妙な反復配列(後にこれがCRISPRと判明)に遭遇したのがきっかけでCRISPR-Casの研究を始めました。当時はCRISPRの知名度は低かったですが、2007年、これが細菌の獲得免疫システムであることが証明されて以来、研究者の関心は一気に高まり研究が急速に進展しました。今日では、このシステムの一つであるCas9が様々な生物で利用可能なゲノム編集のための優れたツールとして脚光を浴び、ノーベル賞候補と囁かれるまでとなりました。

写真: CRISPRの黎明期に開催され、本共同研究のきっかけにもなったCRISPR meeting 2010の参加メンバー

生後初期に発生する制御性T細胞は自己寛容維持において際だった役割を持つ

Regulatory T cells generated early in life play a distinct role in maintaining self-tolerance



藤門 範行 *Noriyuki Fujikado*

Division of Immunology, Department of Microbiology and Immunobiology, Harvard Medical School (現 日本イーライリリー株式会社 研究開発・医学科学本部)

Siyoung Yang^{1,2} Dmitriy Kolodin¹ Christophe Benoist^{1,3} Diane Mathis^{1,3}

¹ Division of Immunology, Department of Microbiology and Immunobiology, Harvard Medical School

² Aging Intervention Research Center, Korea Research Institute of Bioscience and Biotechnology

³ Evergrande Center for Immunologic Diseases, Harvard Medical School and Brigham and Women's Hospital

Contact

E-mail : fujikado_noriyuki@lilly.com

所在地 : 107-0052 東京都港区赤坂 4-15-1 赤坂ガーデンシティ 13F

生後間もなく発生する制御性T細胞が自己免疫疾患を抑制する

免疫学の進歩によって、生体防御システムである免疫系の持つ本来の意義が明らかとなってきている。免疫系の持つ本来の意義、それは自己・非自己を認識することである。免疫系は地球上に存在しない物質に対しても反応できるほど、無限に近い膨大なレパートリーを用意し、その無限のレパートリーの中から自己反応性を除去することによって生体の恒常性を維持している。この状態を免疫寛容というが、免疫寛容の破綻、すなわち免疫系が何らかの原因で自己の組織を攻撃するようになると、自己免疫疾患が発症する。胸腺に発現する自己免疫制御因子であるAireは、この自己反応性の除去、すなわち免疫寛容の誘導に非常に重要な役割を持つ分子である。我々は、時期特異的制御性T細胞(Treg)の除去や細胞系譜追跡システム等を利用し、Treg移入実験、網羅的遺伝子発現解析を駆使して、生後間もない時期に発生するAire依存性のTregが、成体で発生するTregとは異なる細胞集団であり、自己免疫の制御に必須であることを証明した。さらに、Aireレポーターマウスを用いた胸腺髄質上皮細胞の転写物レポーターの解析、単一細胞シーケンシングによるT細胞受容体レポーターの解析などによって時期特異的な自己抗原提示機構が存在することを発見し、多様性に富む新生仔型のTregが発生する分子細胞生物学的機構を明らかにした。

Figure and Note

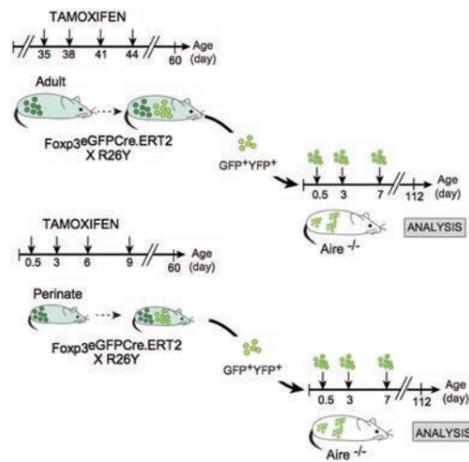


図1: 細胞系譜追跡システムを用いた時期特異的Tregの機能解析

特定の時期に発生したTregを半永久的に追跡可能なマウスを用いて、新生仔期(生後0~10日)あるいは成体期(生後35~45日)に発生したTregを生後60日目に回収し、Aire欠損マウスに移入して自己免疫発症への影響を解析した。

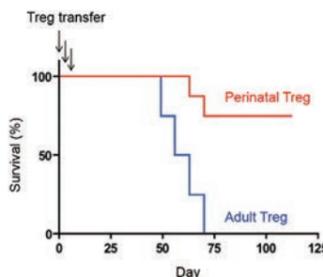


図2: 新生仔期に発生したTregは成体まで維持され、自己免疫寛容を誘導する

時期特異的Treg移入実験の結果、成体で発生したTregを移入した場合にはAire欠損マウスの自己免疫発症に影響がないのに対し、新生仔期に発生したTregを移入した場合には自己免疫の発症が顕著に抑制され、生存率が向上した。



Harvard Medical School, CBDM Laboratory

CBDM Labは免疫学分野のリーダーであるDiane Mathis, Christophe Benoist両教授が運営するいわゆる“ビッグラボ”です。研究室はハーバードメディカルスクールの免疫学部門に属し、米国ボストンのロングウッドメディカルエリアにあります。世界中から留学してきた優秀な研究員、学生などで構成され、多様性に富んだ国際的な環境で研究が進められています。ボストンエリアには多くの著名な研究者が集まっており、日々のセミナーやディスカッションで刺激を受けることも多く、最適な研究環境といえます。CBDM Labのメンバーはみな協力的で、毎年多くのトップジャーナルに研究成果が報告されています。自己免疫に関心のある方は門戸を叩いてみてはいかがでしょうか?

グラフェンに電子のささやき回廊モードを生成しプローブする

Creating and probing electron whispering-gallery modes in graphene



左から谷口 尚、渡邊 賢司

谷口 尚 *Takashi Taniguchi*

物質・材料研究機構 先端の共通技術部門 先端材料プロセスユニット 超高圧グループ グループリーダー

渡邊 賢司 *Kenji Watanabe*

物質・材料研究機構 環境・エネルギー材料部門 光・電子材料ユニット 光・電子機能グループ 主席研究員

Yue Zhao^{1,2} Jonathan Wyrick¹ Fabian D. Natterer¹

Joaquin F. Rodriguez-Nieva³ Cyprian Lewandowski⁴ Leonid S. Levitov³

Nikolai B. Zhitenev¹ Joseph A. Stroscio¹

¹ Center for Nanoscale Science and Technology, National Institute of Standards and Technology

² Maryland Nano Center, University of Maryland

³ Department of Physics, Massachusetts Institute of Technology

⁴ Department of Physics, Imperial College London

Contact

谷口 尚 E-mail : TANIGUCHI.Takashi@nims.go.jp

所在地 : 305-0044 茨城県つくば市並木 1-1

渡邊 賢司 E-mail : WATANABE.Kenji.AML@nims.go.jp

URL : http://www.nims.go.jp/personal/BN_research/index-j_BNR.html

グラフェンの電子をあやつる

ロンドンのセントポール大聖堂ドームでは、ごく小さなささやき声でもドームの壁に沿って伝搬され、反対側にいる人にもよく聞こえるそうである。これは、ささやきの回廊 (whispering gallery : WG) として知られる現象である。この現象において伝搬する音波のパターンをささやきの回廊モード (whispering gallery mode : WGM) という。本研究では、電子におけるナノメートルサイズ (1ナノメートルは1メートルの10億分の1) のWGMを走査型トンネル顕微鏡の金属探針によりグラフェン上に生成し、それを観測することに成功した (図A, B)。

この電子のWGMは量子力学的な干渉現象であり、その生成には均一な電子分布を実現することが必要である。わたしたちの研究チームで作製した原子層平面を持つ高純度六方晶窒化ホウ素単結晶薄膜の上にグラフェンを載せることでグラフェン上の電子分布の揺らぎを抑え、はじめてWGMの観測が可能となった。

このWGMはゲート電圧およびグラフェン原子層と探針との電位差 (バイアス電圧) などの条件により自由に制御することができるので、新しい量子干渉現象の発見や高密度超高速電子デバイスへの応用などが期待される。

Figure and Note

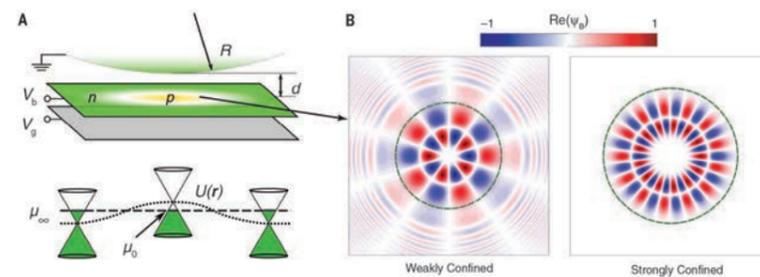
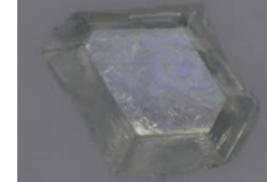
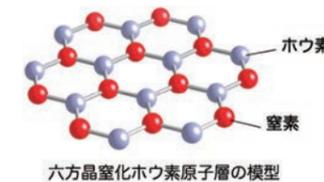


図: 電子のWGモードが生成される仕組み

(A) ゲート電圧 V_g により一様にグラフェンに生成された電子に、曲率 R をもつ走査トンネル顕微鏡金属探針の先端 (バイアス電圧 V_b) を近づけると n 型領域中に p 型領域が形成される。電子はこの領域の境界で散乱され (B) に示されるようなささやきの回廊モード (WGM) を生成する。

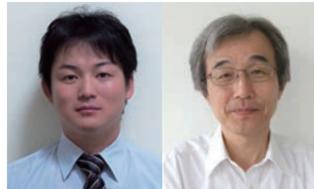
グラフェンと六方晶窒化ホウ素

グラファイトの原子層はグラフェンと呼ばれ、炭素の sp^2 結合からなる2次元平面結晶構造を持ち、極めて高いキャリア移動度を示すなど非常に興味深い物性を示すことで知られています。しかし、理想的な2次元平面原子層を実現するのは、それほど容易なことではありません。六方晶窒化ホウ素単結晶はグラファイトと類似の2次元原子層面を持つ絶縁体であり、グラフェン同様に剥離法にて原子層膜を得ることができます。わたしたちの研究チームでは高純度の六方晶窒化ホウ素の合成に世界に先駆け成功しました (右写真)。これをグラフェンの支持基板として用いることにより、グラフェンのほぼ理想的な2次元構造が実現できることから、私たちの単結晶試料は2次元電子系の新しい物理を研究するために広く用いられています。



九州南部沖のプレート境界浅部で発生するスロースリップを裏付ける移動を伴う微動

Migrating tremor off southern Kyushu as evidence for slow slip of a shallow subduction interface



山下 裕亮 Yusuke Yamashita

九州大学大学院 理学研究院附属 地震火山観測研究センター JSPS 特別研究員
(現 京都大学 防災研究所附属 地震予知研究センター 宮崎観測所 助教)

小原 一成 Kazushige Obara

東京大学 地震研究所 所長

八木原 寛¹ 浅野 陽一² 清水 洋³ 内田 和也³ 平野 舟一郎¹ 馬越 孝道⁴
宮町 宏樹¹ 中元 真美³ 福井 海世³ 神菌 めぐみ³ 兼原 壽生⁵ 山田 知朗⁶ 篠原 雅尚⁶

左から山下 裕亮、小原 一成

¹ 鹿児島大学大学院 理工学研究科附属 南西島弧地震火山観測所
² 防災科学技術研究所 観測・予測研究領域 地震・火山防災研究ユニット
³ 九州大学大学院 理学研究院附属 地震火山観測研究センター

⁴ 長崎大学大学院 水産・環境科学総合研究科
⁵ 長崎大学水産学部 練習船長崎丸
⁶ 東京大学 地震研究所

Contact 山下 裕亮 E-mail : yamac@rcep.dpri.kyoto-u.ac.jp URL : http://www.rcep.dpri.kyoto-u.ac.jp/~yamac/index.html
所在地 : 889-2161 宮崎県宮崎市加江田3884

海底地震観測で解明された浅部低周波微動の活動特性

南海トラフの巨大地震震源域周辺では、「スロー地震」と呼ばれる、通常の地震に比べ断層がゆっくりとずれ動く現象が発生している。我々は、南海トラフに隣接する九州東方・日向灘のプレート境界浅部(深さ約10km前後)でスロー地震の1つである「浅部低周波微動」を観測することに成功した。浅部低周波微動は、陸上からはほとんど活動の詳細が分からないほど微弱な震動現象であるが、海底に設置した地震計での直上観測により、南北に約200km、東西に約80kmの範囲で南から北へ移動していたことを明らかにした。移動現象を含む活動様式は、深さが30km近く異なるプレート境界深部で発生するスロー地震の活動様式とよく似ていることも分かった。スロー地震の移動現象は、プレート境界が数週間かけてゆっくりと広範囲でずれ動く「スロースリップ」によって生じていると考えられており、移動する浅部低周波微動の発見はプレート境界浅部においてもスロースリップが存在していることを間接的に証明するものだ。今回の発見は、巨大地震を引き起こす沈み込み帯の多様性や、巨大地震発生に至る準備過程の理解につながり、理学的側面だけでなく、長い目で見ると防災など社会的側面からも重要な知見である。今後は、普遍性と地域性の理解と共に、蓄積されたひずみの解放量を海底の地殻変動観測から定量的に明らかにする必要がある。

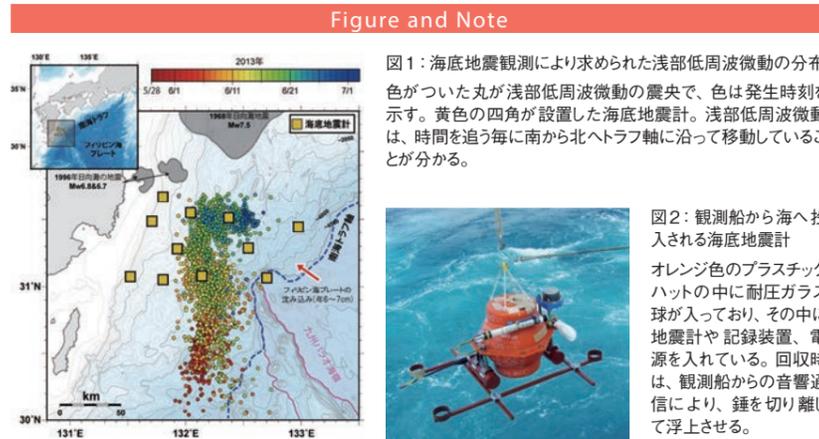


Figure and Note

図1: 海底地震観測により求められた浅部低周波微動の分布色がついた丸が浅部低周波微動の震央で、色は発生時刻を示す。黄色の四角が設置した海底地震計。浅部低周波微動は、時間を追う毎に南から北へトラフ軸に沿って移動していることが分かる。

図2: 観測船から海へ投入される海底地震計
オレンジ色のプラスチックハットの中に耐圧ガラス球が入っており、その中に地震計や記録装置、電源を入れている。回収時は、観測船からの音響通信により、錘を切り離して浮上させる。

海域観測へのお誘い

観測船に乗り込んで行う海域観測は、陸に比べ不自由な生活に加え、船酔いなど苦勞が絶えません。しかし、苦しい思いをしてまで得られたデータは、「現場」に行かないと得られないオリジナルデータであり、苦勞の分だけ愛着が湧くものです。日本で発生する地震の多くは海域で起こっていますが、海域観測は十分とは言えません。裏を返せば、海域にはまだまだ解明されていない現象や問題が多く眠っているのです。自身で苦勞して取得したデータで、新たな現象の発見・問題の解明を目指して一緒に研究してみませんか?

写真: 大学共同観測を終えて下船後の集合写真。我々の海域観測の現場では、船員や研究者だけでなく、学生も重要な役割を担っています。

ペロブスカイト型太陽電池の微細構造が局所的キャリア寿命に与える影響

Impact of microstructure on local carrier lifetime in perovskite solar cells



左から長岡 宏一、Dane W. de Quillettes、David S. Ginger、Sarah M. Vorpahl、Mark E. Ziffer

長岡 宏一 Hirokazu Nagaoka

Department of Chemistry, University of Washington
(現 JNC 石油化学株式会社 市原研究所 研究第4センター 先端技術探索2グループ)

Dane W. de Quillettes¹ Sarah M. Vorpahl¹
Samuel D. Stranks^{2,*} Giles E. Eperon² Mark E. Ziffer¹
Henry J. Snaith² David S. Ginger¹

¹ Department of Chemistry, University of Washington

² Clarendon Laboratory, University of Oxford

* 現 Research Laboratory of Electronics, Massachusetts Institute of Technology

Contact E-mail : h.nagaoka@jnc-corp.co.jp
所在地 : 290-8551 千葉県市原市五井海岸5-1
URL : http://www.jnc-corp.co.jp/

より高エネルギー変換効率の太陽電池を設計するための新たな発見

ここ数年、太陽電池の研究において、最も急成長しているのがハイブリッド型ペロブスカイト太陽電池である。有機無機複合化合物であるペロブスカイト結晶(CH₃NH₃PbX, X=Cl, Br, I)は優れた光吸収能を持つため、太陽光を電気に変換する効率がとても優れており、低コスト化が実現できる将来性のある材料である。本研究は共焦点蛍光寿命測定イメージング装置を用いて、ハイブリッドペロブスカイト膜の物性を測定した。驚いたことに、一見、均一に見えるペロブスカイト薄膜(高エネルギー変換効率の太陽電池)も、微細な構造を見ると場所によって大きく物性が異なることを初めて見出した。またペロブスカイト膜の微細構造の制御によって、エネルギー変換効率が更に向上する余地があることを示したものである。

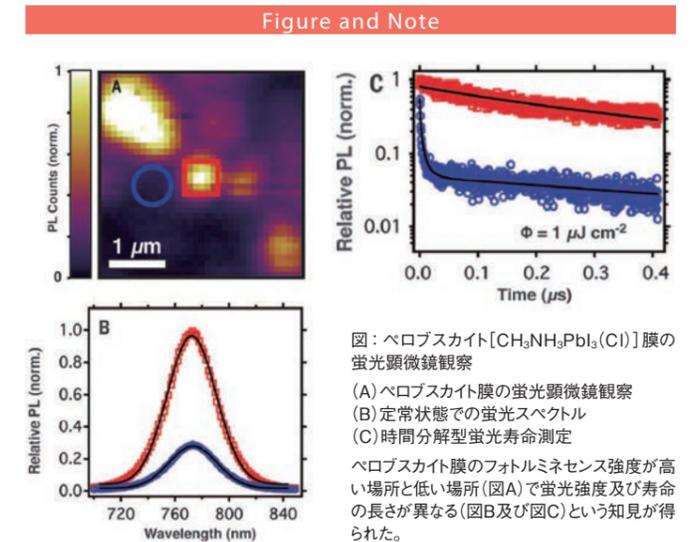
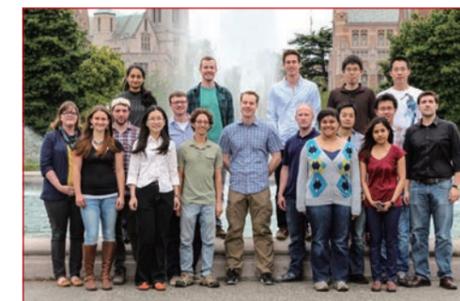


Figure and Note

図: ペロブスカイト[CH₃NH₃PbI₂(Cl)]膜の蛍光顕微鏡観察
(A) ペロブスカイト膜の蛍光顕微鏡観察
(B) 定常状態での蛍光スペクトル
(C) 時間分解型蛍光寿命測定
ペロブスカイト膜のフォトルミネセンス強度が高い場所と低い場所(図A)で蛍光強度及び寿命の長さが異なる(図B及び図C)という知見が得られた。



Ginger研究室のメンバー達と機会を与えてくれた会社に感謝

Ginger先生とその研究室のメンバー達と世界トップレベルの研究と一緒に出来たことは貴重な経験でした。この成果の要因としては、皆が目標に向かって深い議論をし、粘り強く行動した結果だと思います。また他大学との連携や他分野の方々との交流など、研究のネットワーク作りも大切だと感じました。最後に、このような貴重な機会を作ってくださった会社及び同時期にGinger研究室で共に仕事をした日本人である松元 深様(大阪市立工業研究所)、辨天 宏明助教(京都大学)、Dr. Keiko Munechika(aBeam Technologies, Inc.)により感謝申し上げます。

全地球規模海洋マイクロバイオームの構造と機能

Structure and function of the global ocean microbiome



左から砂川 伸一、緒方 博之

砂川 伸一 *Shinichi Sunagawa*
Staff Scientist, Structural and Computational Biology, European Molecular Biology Laboratory

緒方 博之 *Hiroyuki Ogata*
京都大学 化学研究所 バイオインフォマティクスセンター 教授

Luis Pedro Coelho¹ Samuel Chaffron² Jeroen Raes²
Silvia Acinas³ Peer Bork¹ et al.

¹ Structural and Computational Biology, European Molecular Biology Laboratory

² Department of Microbiology and Immunology, Rega Institute

³ Department of Marine Biology and Oceanography, Institute of Marine Sciences

全著者リスト: <http://www.sciencemag.org/content/348/6237/1261359.abstract>

Contact

砂川 伸一 E-mail: sunagawa@embl.de
所在地: Meyerhofstraße 1, 69117 Heidelberg, Germany
URL: <http://www.sunagawa.de>

緒方 博之 E-mail: ogata@kuicr.kyoto-u.ac.jp
所在地: 611-0011 京都府宇治市五ヶ庄
URL: http://cls.kuicr.kyoto-u.ac.jp/index_j.html

地球温暖化がもたらす微生物への影響

海洋環境には微生物が無数に存在する。微生物は、より高次の生命活動を支え、海洋・大気圏間の物質循環の原動力として温暖化などの環境問題とも密接に関わっている。しかし、広大な海に生息する多様な微生物群(マイクロバイオーム)が、環境因子と互いに相互作用しているかは明らかではない。今回、我々は世界の海域68地点で、3μm以下の微生物群を、太陽光が届く表層付近から、太陽光の届かない中深層(水深約600m)域で採取した。遺伝学的解析の結果、7兆塩基対におよぶ微生物DNA情報を獲得し、既存の遺伝子データと合わせ、4千万遺伝子からなる海洋微生物遺伝子カタログを新規作成した。このうち80%は今回の探査でその存在が初めて明らかになった遺伝子である。また、大規模統計解析を行い、太陽光が到達可能な深さでは、様々な環境因子(塩濃度、酸素濃度、栄養源など)のうち、温度が微生物の群集組成を決める最重要因子であることを明らかにした。水温に依存して、微生物群集の組成が大きく変化するのである。海洋微生物遺伝子カタログは、微生物と地球環境の関係を解明するうえで、今後重要な基盤データとなると期待されている。

5月22日号 Special Issue に掲載されたその他の記事:
Science 22 May 2015; Vol. 348 no. 6237 DOI: 10.1126/science.1261447
アガラスリングではその特殊環境が海洋間プランクトン輸送に大きく影響する
Environmental characteristics of Agulhas rings affect interoceanic plankton transport

Science 22 May 2015; Vol. 348 no. 6237 DOI: 10.1126/science.1261498
海洋ウイルスの群集構造パターン形成とその生態学的要因
Patterns and ecological drivers of ocean viral communities

Science 22 May 2015; Vol. 348 no. 6237 DOI: 10.1126/science.1261605
海洋有光層での真核生物プランクトンの多様性
Eukaryotic plankton diversity in the sunlit ocean

Science 22 May 2015; Vol. 348 no. 6237 DOI: 10.1126/science.1262073
全地球規模プランクトンインタラクティブからみた群集構造の決定要因
Determinants of community structure in the global plankton interactome



生命の神秘を計算機で解き明かす

緒方研究室では、大規模生命データを通して、分子から地球環境までの視点で、生命の多様性・生物機能の発現と進化を解明するための理論的・計算機科学的研究を行っています。ウイルスのゲノム機能・進化、海洋微生物生態系と環境変動との関係、ゲノム資源の生命科学・産業への応用を目指した情報技術開発を中心に研究を進めています。タラ・オーシャンズ海洋探査国際プロジェクトにも参加しています。

Figure and Note



図1: 帆船タラ号

タラ・オーシャンズ海洋探査国際プロジェクトで利用した帆船。地中海、インド洋、大西洋、太平洋、南極海、北極海で海洋微生物を採取した。

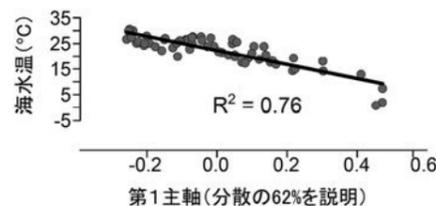


図2: 水温と微生物組成の強い相関

微生物の組成を主成分分析により解析した結果、第1主軸(グラフの横軸)が海水温度(グラフの縦軸)と強く相関していることが判明した。微生物組成は、他の物理化学的環境因子よりも温度に強く影響されている。

陸域CO₂吸収のトレンドと年変動における半乾燥地生態系の主要な役割

The dominant role of semi-arid ecosystems in the trend and variability of the land CO₂ sink



加藤 悦史 *Etsushi Kato*
エネルギー総合工学研究所 プロジェクト試験研究部 地球環境グループ 主任研究員

Anders Ahlström^{1,2} Michael R. Raupach³ Guy Schurgers⁴ Benjamin Smith¹ Almut Arneth⁵ Martin Jung⁶
Markus Reichstein⁶ Josep G. Canadell⁷ Pierre Friedlingstein⁸ Atul K. Jain⁹ Benjamin Poulter¹⁰ Stephen Sitch¹¹
Benjamin D. Stocker^{12,13} Nicolas Viovy¹⁴ Ying Ping Wang¹⁵ Andy Wiltshire¹⁶ Sönke Zaehle⁶ Ning Zeng¹⁷

¹ Department of Physical Geography and Ecosystem Science, Lund University

² Department of Earth System Science, School of Earth, Energy and Environmental Sciences, Stanford University

³ Climate Change Institute, Australian National University

⁴ Department of Geosciences and Natural Resource Management, University of Copenhagen

⁵ Institute for Meteorology and Climate Research-Atmospheric Environmental Research, Karlsruhe Institute of Technology

⁶ Biogeochemical Intergration Department, Max Planck Institute for Biogeochemistry

⁷ Global Carbon Project, CSIRO Oceans and Atmospheric Flagship

⁸ College of Engineering, Mathematics and Physical Sciences, University of Exeter

⁹ Department of Atmospheric Sciences, University of Illinois at Urbana-Champaign

¹⁰ Institute on Ecosystems and the Department of Ecology, Montana State University

¹¹ College of Life and Environmental Sciences, University of Exeter

¹² Department of Life Sciences, Imperial College.

¹³ Climate and Environmental Physics, Physics Institute and Oeschger Centre for Climate Change Research, University of Bern

¹⁴ Laboratoire des sciences du climat et de l'environnement, CEA Saclay

¹⁵ CSIRO Ocean and Atmosphere Flagship

¹⁶ Met Office Hadley Centre

¹⁷ Department of Atmospheric and Oceanic Science and Earth System Science Interdisciplinary Center, University of Maryland

Contact E-mail: e-kato@iae.or.jp
所在地: 105-0003 東京都港区西新橋1-14-2新橋SYビル

半乾燥地が陸域CO₂吸収の主要な変動要因であることを解明

CO₂は大気中に自然に存在する気体であるが、温室効果を持ち、その濃度は人類の活動によって産業化以降増加の一途をたどっている。地球上の植生は人為的なCO₂排出のうち4分の1程度を吸収し、その大気中濃度の増加を抑える効果を持っている。この植生によるCO₂吸収は、植物の光合成によるCO₂吸収と生活プロセスにおける呼吸および植生火災による放出のバランスによって大きく決まっている。20世紀後半以降、そのバランスは正味で吸収側となり、温室効果ガスの大気中濃度の増加を抑えるという重要な生態系サービスを担っていることになる。本研究は、国際的グループによるモデル研究により、サバンナや灌木林などの半乾燥地生態系が、陸域によるCO₂吸収をコントロールする非常に重要な役割を担っていることを明らかにした。熱帯雨林は非常に生産性が高く多くの炭素を蓄えているが、そのため蓄積の年間の増加速度は大きくはない。また、その生産性は降水量の変動に対し比較的影響を受けないことが明らかになった。一方、半乾燥地の生態系では、低温かつ多雨な年において生産性が非常に高く、逆に高温で乾燥した年ではCO₂を多く放出する傾向があり、陸域のCO₂吸収の年変動の多くを支配していた。さらに近年の陸域によるCO₂吸収の増加傾向のうち、約半分を半乾燥地生態系による炭素収支により説明できることを示した。気候変動下での半乾燥地生態系の動向に対する観測およびモデルによる予測が、将来の大気中CO₂濃度の変化予測において一層重要であるといえる。

Figure and Note

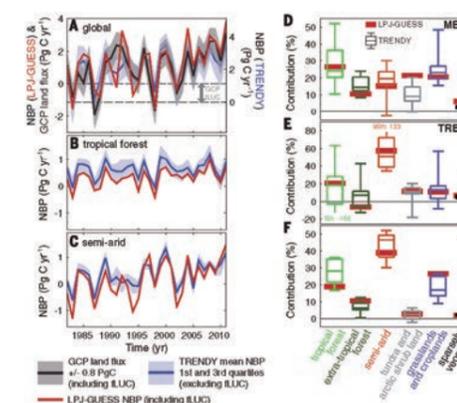


図: 全球および生態系ごとの正味炭素吸収量(NBP)平均、傾向、および年変動
A、B、C: 植生によるNBPの年変化(1982-2011)。D、E、F: NBPの平均、傾向、年変動に対する各生態系の寄与度。

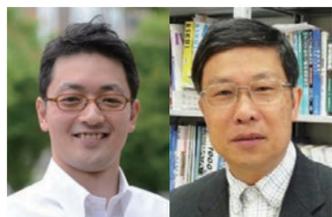
グローバルな炭素循環・気候変化研究

地球規模の炭素循環および気候変化に関する研究では、研究所レベルを超えた国際的な研究が多数行われています。この研究も、グローバル・カーボン・プロジェクト(<http://www.global-carbonproject.org/>)という、国際的な研究者によるコミュニティによりコーディネートされ、ボランティアに進められたものです。私が所属するエネルギー総合工学研究所でも、そのような国際的な研究に参加し、自然科学による知見を、気候変動・エネルギーなどの政策決定者に向け提供しています。



植物PSI-LHCI超分子複合体におけるエネルギー伝達経路の構造的基盤

Structural basis for energy transfer pathways in the plant PSI-LHCI supercomplex



菅 倫寛 *Michihiro Suga*
岡山大学大学院 自然科学研究科 助教

沈 建仁 *Jian-Ren Shen*
岡山大学大学院 自然科学研究科 教授

Xiaochun Qin^{1,2} Tingyun Kuang²

¹ 岡山大学大学院 自然科学研究科

² Photosynthesis Research Center, Key Laboratory of Photobiology, Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences

左から菅 倫寛、沈 建仁

Contact 菅 倫寛 E-mail: msuga@okayama-u.ac.jp
所在地: 700-8530 岡山市北区津島中3-1-1

沈 建仁 E-mail: shen@cc.okayama-u.ac.jp
所在地: 700-8530 岡山市北区津島中3-1-1

光合成光化学系I複合体の3次元構造を解明：光エネルギーの高効率利用に前進

私達が呼吸により消費する酸素は光合成によって作り出されたものであり、様々な活動に必要なエネルギーもやはり光合成によって光エネルギーから変換されたものである。酸素発生型光合成ではふたつの光化学系が効率よく機能しており、そのうち、光化学系II(PSII)は太陽からの光エネルギーを利用して水分子を酸素、プロトン及び電子へ分解し、光化学系I(PSI)は糖を生産するのに必要な還元力であるNADPHを生み出している。

植物のPSIは集光性アンテナタンパク質I(LHCI)と巨大な超複合体を形成し、様々な機能を獲得している。例えば、雨の日のように弱い光では100%に近い高い量子変換効率を保持しつつ、灼熱の太陽光のもとではタンパク質を損傷から守るために過剰な光エネルギーを捨てる仕組みを備えている。この複合体は13個の膜貫通サブユニットと3個の表在性サブユニット、そして200個を超える補欠因子によって構成され、総分子量が600kDaを超える巨大なものであるが、我々はその立体構造を原子レベルで解明することに成功し、これらの機能が発揮されるために必要な構造的基盤を明らかにすることができた。

これらの結果は光合成における光エネルギーの高効率吸収・利用の仕組みを明らかにしただけでなく、私達が直面しているエネルギー問題や環境問題を解決するためのアプローチのひとつである人工光合成における、光エネルギー利用効率の向上にも重要な知見を提供したと言える。



光合成や他の植物関連タンパク質の機能解明を目指して

岡山大学大学院自然科学研究科の沈建仁教授・菅倫寛助教のグループでは光合成や植物の物質輸送に関与する膜タンパク質やその複合体の構造と機能を原子レベルで解明することを目指しています。主な研究手法は膜タンパク質の結晶化とX線自由電子レーザーや放射光施設を用いた結晶構造解析で、これまで光化学系II複合体の構造を世界最高レベルで解析し、*Science*誌の2011年十大成果の一つにも選ばれました。岡山大学はSPRING-8へのアクセスも容易であるので、当研究室に興味を持たれた大学院生・若手研究者の方は御連絡ください。

Figure and Note

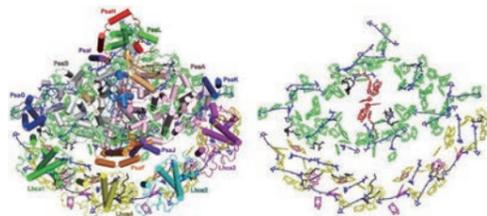


図1: 高等植物光化学系I-集光性アンテナタンパク質I(PSI-LHCI)超複合体の結晶構造
超複合体の全体構造を示す。左図はタンパク質と補欠因子を両方示した。タンパク質のサブユニットごとに色分けしている。右図は超複合体中の補欠因子のみを示した。

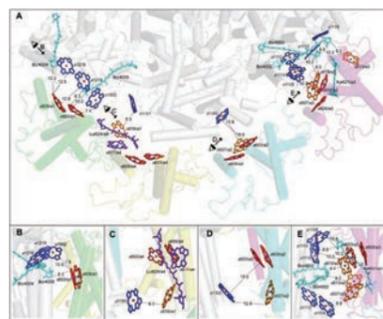


図2: 集光性アンテナタンパク質I(LHCI)から光化学系I(PSI)への光エネルギーの伝達経路

集光性アンテナタンパク質Iから光化学系Iへのエネルギー伝達経路を示した。Aはチラコイド膜をストロマ側から見た全体図。BからEはチラコイド膜に対し水平方向から見たエネルギー伝達経路。各数字はエネルギー伝達に関わる補欠因子の距離をオングストローム単位で表している。

逆行性健忘状態のマウスでも記憶はengram細胞に保持されている

Engram cells retain memory under retrograde amnesia



利根川 進 *Susumu Tonegawa*

理化学研究所 脳科学総合研究センター(RIKEN BSI) センター長
Picower Professor of Biology and Neuroscience
Director, RIKEN-MIT Center for Neural Circuit Genetics
Director, RIKEN Brain Science Institute
Principal Investigator, Tonegawa Lab at MIT

Tomás J. Ryan^{1,2} Dheeraj S. Roy¹ Michele Pignatelli¹ Autumn Arons^{1,2}

¹ RIKEN-MIT Center for Neural Circuit Genetics at the Picower Institute for Learning and Memory, Department of Biology and Department of Brain and Cognitive Sciences, Massachusetts Institute of Technology
² Howard Hughes Medical Institute, Massachusetts Institute of Technology

Contact E-mail: tonegawa@mit.edu U R L: http://www.brain.riken.jp/
所在地: 351-0198 埼玉県和光市広沢2-1 http://tonegawalab.org/

記憶の長期保持のメカニズムを司るのはengram細胞の情報伝達(connectivity)

長期的な記憶の保持には、記憶の固定化(consolidation)というプロセスが必要である。この記憶の固定化には海馬におけるシナプスの電気生理学的変化(シナプス増強)が関与していることが知られているが、その記憶が保存される、engram細胞と呼ばれる神経細胞でいかなる変化が起こっているのかは明らかにされていなかった。今回われわれは、長期化された記憶がengram細胞と増強されたシナプスのどちらに蓄えられるのかを、光遺伝学(optogenetics)の手法を用いて物理化学的所見に基づいて調べた。

マウスを実験前日に小箱に入れ、電気刺激による恐怖体験を記憶させた。翌日に再度小箱に入れた際に、マウスが前日の恐怖を想起しているかどうかを海馬歯状回(DG)のengram標識およびすくみの発生により確認した。実験では一部のマウスに対し、恐怖体験の直後にアニソマイシンを用いてシナプス増強を阻害した。翌日小箱にマウスを入れると、シナプス増強を阻害しなかったマウスのみで恐怖によるすくみが発現された。シナプス増強を阻害したマウスでは、標識したDG engramに変化はなく、すくみはみられなかったことから、記憶を喪失していると考えられた。しかし、その後、ブルーライトの照射により光遺伝学的刺激を与えDG engramを活性化させたところ、シナプス増強を阻害したマウスでも同様にすくみが発現した。すなわち、恐怖の記憶自体はシナプス増強が次の日まで維持されなかったマウスでも保持されているが、想起されなかったことが示唆された。

この結果から導き出されるのは、シナプス増強は記憶の符号化過程には強く関与しているが、記憶の保持に関するメカニズムではないということである。われわれの研究では、engramへの光刺激においてDGから下流にある海馬CA3領域への情報伝達が不可欠であることが示されており、機能的な伝達(connectivity)が記憶保持のメカニズムの基盤になっている可能性がある。また一方で、シナプス増強保持の役割は、記憶を効率的に想起する、すなわちengramにアクセスするための手がかり(cue)を提供することであると考えられる。

Figure and Note

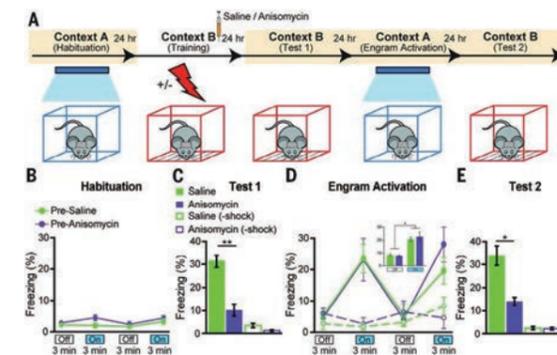


図: 光遺伝学的刺激による記憶のレスタ(復元)

マウスに前日に恐怖を体験させた後、一部のマウスのシナプス増強を薬剤で阻害した。翌日同じ状況に置いたところ、シナプス増強を阻害しなかったマウス(緑色バー)は、阻害したマウス(青色バー)よりも恐怖によるすくみ反応を示す割合が高かった(パネルC)。しかし、光遺伝学的刺激で人工的にengramを活性化させると、シナプス増強を阻害したマウス(青色線)も阻害しなかったマウス(緑色線)も同様の割合ですくみ反応を示し(パネルD)、シナプス増強保持の有無によらず恐怖の記憶は保持されていることが示唆された。



理化学研究所 脳科学総合研究センター(RIKEN BSI)

2017年に創立20周年を迎える当センターは、国内外から優れた研究者が集集し、設立以来、世界をリードする脳科学研究の拠点として活動しています。工学、計算理論、心理学までも含めた学際的かつ融合的学問分野を背景に、脳内の分子構造と神経回路の解明、認知・記憶・学習のしくみの理解、脳回路の数学的理解、脳疾患の発症機序の解明等々を研究対象とします。また、脳研究の進展に必要不可欠である新技術開発や革新的手法の採用を推進しています。

統合的ストレス応答を調節する低分子化合物は翻訳開始因子を標的にする

Mutations in a translation initiation factor identify the target of a memory-enhancing compound



関根 悠介 Yusuke Sekine

University of Cambridge, Cambridge Institute for Medical Research (CIMR), the Wellcome Trust MRC Institute of Metabolic Science and NIHR Cambridge Biomedical Research Centre

Alisa Zyryanova¹ Ana Crespiello-Casado¹ Peter M. Fischer²
Heather P. Harding¹ David Ron¹

¹ University of Cambridge, Cambridge Institute for Medical Research (CIMR), the Wellcome Trust MRC Institute of Metabolic Science and NIHR Cambridge Biomedical Research Centre

² Division of Medicinal Chemistry and Structural Biology, School of Pharmacy, Centre for Biomolecular Sciences, University of Nottingham

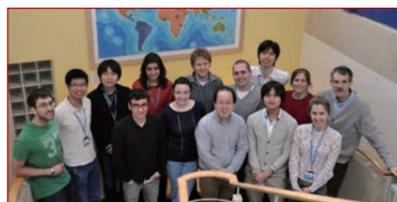
Contact

E-mail : ys412@cam.ac.uk
所在地 : Cambridge Biomedical Campus, Hills Road, Cambridge CB2 0XY, UK

薬剤耐性変異細胞のスクリーニングから薬の標的分子を同定した

細胞はさまざまなストレスに対処するため、ストレスの種類ごとに特異的なストレス応答を誘導する。一方、統合的ストレス応答は、幅広いストレスによって共通に惹起される反応で、翻訳開始因子 eIF2 と eIF2B の制御を介して mRNA の翻訳レベルを調節する。この応答は、免疫反応、代謝調節、記憶形成など多くの生理的な場面で重要なだけでなく、さまざまな疾患の病態にも関与する。

最近発見された ISRIB という化合物は、統合的ストレス応答を阻害することで、培養細胞や実験動物においてさまざまな薬効を示すことが分かっていたが、その詳細な薬の作用メカニズムは不明であった。本研究では、ISRIB に対する薬剤耐性細胞を単離することによって、ISRIB の標的分子の同定を試みた。スクリーニングから得られた複数の薬剤耐性細胞株を解析した結果、これらの細胞は翻訳開始因子 eIF2B のあるひとつの領域にアミノ酸変異を持つことが分かった。さらに生化学的な実験から、ISRIB は eIF2B の Guanin-nucleotide exchange factor としての分子活性を亢進させることが明らかとなった。よって、ISRIB は eIF2B に作用して、統合的ストレス応答を調節することが示唆された。



国際色豊かな環境でサイエンスに集中する

私は現在、ケンブリッジ大学の David Ron 研究室にて細胞のストレス応答に関する研究を行っています。ケンブリッジはイギリスの伝統ある街ですが、世界中から研究者やそれを志す学生が集まり、とても国際色豊かです。まわりから様々な刺激をうけながら、ティータイムもそこそこ(?) 日々実験に動んでいます。日本を離れて相対的な視点を持つことで初めて気がつくことも多く、研究に限らずとても貴重な経験になっていると感じます。

Figure and Note

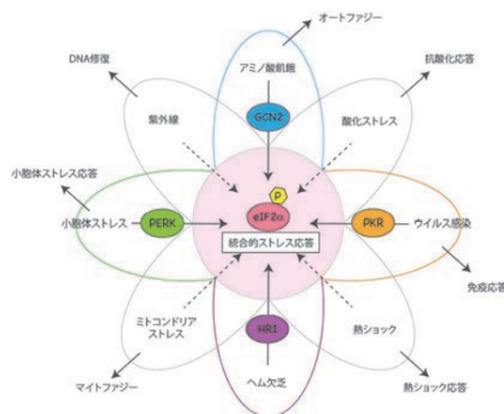


図1: 統合的ストレス応答の概念図

ストレスに曝された細胞は、それぞれのストレスに特異的な反応を誘導すると同時に、共通して翻訳開始因子 eIF2 のリン酸化を介した mRNA の翻訳制御(統合的ストレス応答)を行う。

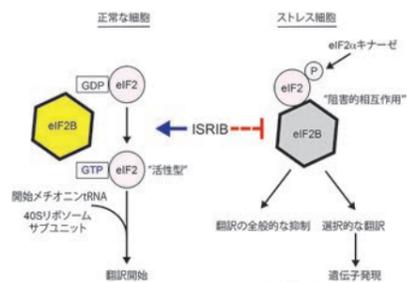


図2: 翻訳開始因子 eIF2 と eIF2B の関係と ISRIB の作用

eIF2B は eIF2 を活性型へと変換して翻訳を開始させる。ストレス細胞では eIF2B の機能が阻害され、統合的ストレス応答が誘導される。ISRIB は eIF2B を活性化することでこの応答を抑制する。

マルチフェロイック TbMnO₃ における電気磁気ドメイン制御

Magnetoelectric domain control in multiferroic TbMnO₃



松原 正和 Masakazu Matsubara

東北大学大学院 理学研究科 物理学専攻 准教授

望月 維人 Masahito Mochizuki

青山学院大学理工学部 物理・数理学科 准教授 / JST さきがけ研究者(兼任)

木村 剛 Tsuyoshi Kimura

大阪大学大学院 基礎工学研究科 物質創成専攻 教授

左から松原 正和、望月 維人、木村 剛

Sebastian Manz¹ Teresa Kubacka² 井山 彩人³ Nadir Aliouane⁴ Steven L. Johnson² Dennis Meier¹ Manfred Fiebig¹

¹ Department of Materials, ETH Zurich

³ 大阪大学大学院 基礎工学研究科 物質創成専攻

² Department of Physics, ETH Zurich

⁴ Laboratory for Neutron Scattering and Imaging, Paul Scherrer Institute

Contact

松原 正和 E-mail : m-matsubara@m.tohoku.ac.jp
所在地 : 980-8578 仙台市青葉区荒巻字青葉6-3
U R L : http://sspp.phys.tohoku.ac.jp/matsubara/
望月 維人 E-mail : mochizuki@phys.aoyama.ac.jp
所在地 : 252-5258 相模原市中央区淵野辺5-10-1
U R L : http://www.phys.aoyama.ac.jp/~mochizuki/index.html

木村 剛 E-mail : kimura@mp.es.osaka-u.ac.jp
所在地 : 560-8531 大阪府豊中市待兼山町1-3
U R L : http://www.crystal.mp.es.osaka-u.ac.jp/index.html

マルチフェロイック物質の磁気強誘電ドメインを直接観察

世の中には磁気を帯びる「磁性」や、電気を蓄える「誘電性」などの特徴的な性質を持つ物質があり、前者はハードディスクや磁気テープ、後者は強誘電体メモリなど、現代の情報社会を支える記憶・演算デバイスの素材として活用されている。これら両者の性質を兼ね備える物質は、マルチフェロイック物質と呼ばれ、近年、注目を集めている。このような物質では、「電気磁気効果」と呼ばれる通常では不可能な「磁場による誘電性の制御」や「電場による磁性の制御」が可能になり、技術的な応用が期待されている。TbMnO₃ はその典型例で、電子スピンの磁化が螺旋状に秩序化することで、強誘電分極が発現している。この物質に電場や磁場を印加すると、螺旋磁性面と強誘電分極が同時に90度回転することに起因して電気磁気効果が現れることが知られていたが、それがどのように起こっているかは、ミクロスケールの観測手段がなく謎であった。我々はスイスの研究グループと協力しながら、レーザー光の第二高調波発生という現象を利用した観測手法を開発し、実験と理論の協力によりその謎を解明することに成功した。

Figure and Note

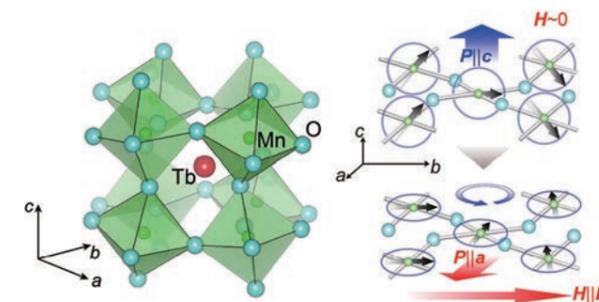


図1: 螺旋磁性マルチフェロイック物質 TbMnO₃。TbMnO₃ では螺旋的な磁化秩序が強誘電分極 P を誘起している。磁場のある方向に印加すると、螺旋磁性面と強誘電分極が同時に90度フリップする。

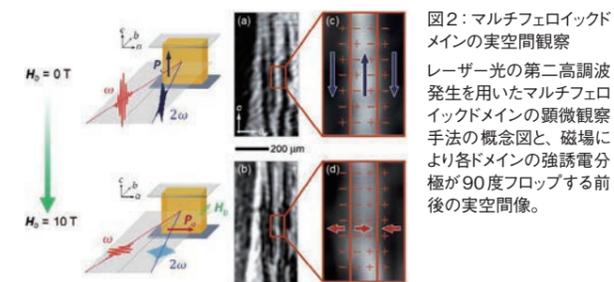
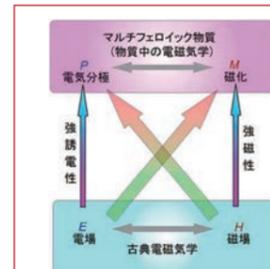


図2: マルチフェロイックドメインの実空間観察。レーザー光の第二高調波発生を用いたマルチフェロイックドメインの顕微鏡観察手法の概念図と、磁場により各ドメインの強誘電分極が90度フリップする前後の実空間像。



科学研究の進め方と研究者になるためには

マルチフェロイック物質における電気と磁気の交差相関応答現象は、世界中の研究者により精力的に研究されています。今回の成果は、光実験や理論計算、物質合成の専門家の共同研究によって成し遂げられました。科学の研究は多くの場合、様々な技術や知識を持った研究者が協力しながら進めていきます。ここでは、人より一つ秀でたものを持ち、情熱を持って研究に取り組める人が活躍します。苦手なことが100あっても、たった一つの得意なことを磨き、他者と協働することで、その先に新しい発見の扉が開けます。

並外れた長距離構造完全性を有する有機薄膜の合理的合成

Rational synthesis of organic thin films with exceptional long-range structural integrity



左から石割 文崇、庄子 良晃、清木 規矢、梶谷 孝、小阪 敦子、福島 孝典

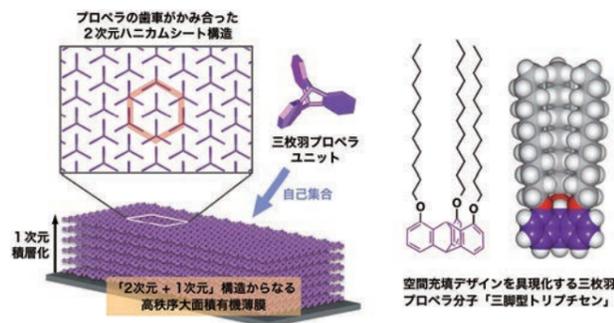
福島 孝典 *Takanori Fukushima*
東京工業大学 資源化学研究所 教授
清木 規矢¹ 庄子 良晃¹ 梶谷 孝^{1,2} 石割 文崇¹
小阪 敦子^{1,2} 引間 孝明³ 高田 昌樹^{3,†} 染谷 隆夫²
¹ 東京工業大学 資源化学研究所
² JST ERATO 生体調和エレクトロニクスプロジェクト
³ 理化学研究所 放射光科学総合研究センター
[†] 現 東北大学 多元物質科学研究所

Contact E-mail : fukushima@res.titech.ac.jp
所在地 : 226-8503 横浜市緑区長津田町 4259
URL : http://fuku.res.titech.ac.jp

構造秩序の長距離伝搬を可能にする分子集合体の空間充填デザイン

有機材料の薄膜化は多くの応用用途において重要である。材料本来の性能を発揮させるにはドメイン境界を含まない均一な構造形成が鍵となるが、これを有機薄膜で実現することは困難であった。我々は、高秩序な有機薄膜を実現するためのモチーフとして、3枚羽プロペラユニットが相互に噛み合った入れ子状ハニカムシート構造と、その積層化による「2次元 + 1次元」の空間充填デザインを考案した。これを具現化する分子として設計した三脚型トリブチセンの自己集合によって、センチメートル規模の大面積でドメイン境界のない薄膜を形成することに成功した。例えるならば、1畳の畳をユーラシア大陸一面にずれなく敷き詰めた状態を達成したことになる。放射光X線を用いた解析により、トリブチセンの集合化において、通常の核生成・成長過程に加えて、いったん生成したドメインが融合することで構造秩序が長距離伝搬するという、興味深い薄膜形成過程が示唆された。この薄膜は真空蒸着やスピコートなどの簡便な操作で形成できるため、電子素子の高性能化、新規分子デバイス創出など多様な応用展開が期待できる。本成果は「分子薄膜工学」という、有機機能材料開発の新しい視点を与えるものと考えている。

Figure and Note



図：高秩序大面積有機薄膜を実現する物質設計戦略
3枚羽プロペラユニットに基づいた、構造秩序の長距離伝搬を可能にする「2次元+1次元」の空間充填デザイン(左)。空間充填デザインを具現化する三脚型トリブチセンの分子構造(右)。

分野横断的アプローチによる有機・高分子物質が織りなす新現象・新機能の探求

福島研究室では、様々な物性を有する分子群の創製と、精密な分子集積化を可能にする手法の開発を通じ、有機・高分子からなるソフトマテリアルの革新的機能を開拓しています。昨年度に発足した新学術領域「π造形科学」(http://pi-figuration.jp)に参画している多様な研究分野のスペシャリストとも協働し、π電子系物質の新現象・新機能探求に取り組んでいます。



生産性と植物種数の間にある単峰型の関係の世界的な証拠

Worldwide evidence of a unimodal relationship between productivity and plant species richness



杉山 修一 *Shuichi Sugiyama*
弘前大学農学生命科学部 生物学科 教授
Lauchlan H. Fraser¹ Jason Pither² Anke Jentsch³ Marcelo Sternberg⁴ Martin Zobel⁵ et al.
¹ Department of Natural Resource Sciences, Thompson Rivers University
² Department of Biology, University of British Columbia, Okanagan campus
³ Department of Disturbance Ecology, BayCEER, University of Bayreuth
⁴ Department of Molecular Biology and Ecology of Plants, Tel Aviv University
⁵ Department of Botany, Institute of Ecology and Earth Sciences, University of Tartu
全著者リスト : http://www.sciencemag.org/content/349/6245/302.abstract

Contact E-mail : sugi@hirosaki-u.ac.jp
所在地 : 036-8560 青森県弘前市文京町3
URL : http://nature.cc.hirosaki-u.ac.jp/lab/3/ecology/

6大陸にわたるメタ実験が植物群集の規則性を解明

地理的、歴史的、生物的要因の複合的影響を受けて地域に形成される生物群集に一般的な規則性が存在するかどうかは、生態学の古くて新しい未解決の問題である。植物群集に特有の規則性として、種数と生産性の間の単峰型関係がある。植物群集の種数は生産性が中程度のところでピークに達し、それ以下でもそれ以上でも土地面積あたりに維持できる種数が低下するというものである。生物多様性の保全政策にも影響するこの規則性が実際に成立しているかどうかはこれまでScienceでも論争となってきたが、調査方法の不統一や群集タイプの偏りなどデータの信頼性に問題が出され、結論はでていなかった。そこで、6大陸、19カ国にわたる世界的な共同研究チームを編成し、草本植物群集を対象に統一基準を設定して植物群集の生産性と種数の関係性を検証するメタ実験を行った。その結果、解析に用いた28調査地の全データ(9631の1m²方形区)で(黒線、図2)、また28調査地中19の調査地(赤線、図2)で統計的に有意な上に凸の2次回帰が検証され、生産性と種数の間の単峰型関係の存在が実証された。これらの結果は今後の種の多様性を制御するメカニズムの解明に向かう道を開く。

Figure and Note

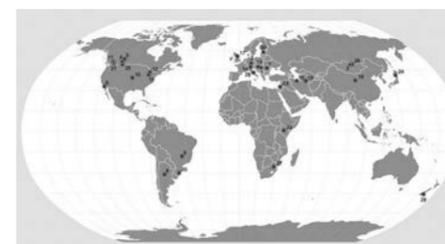


図1：19カ国にわたる調査地マップ
6大陸にわたる19カ国の計30の調査地でそれぞれ生産性の異なる3サイトが調査された。

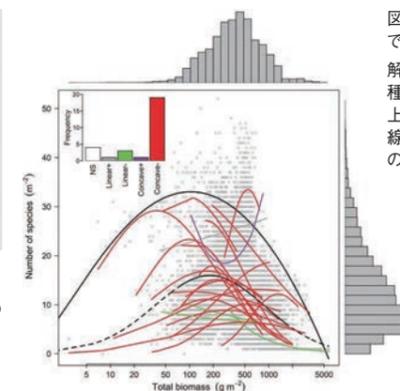


図2：種数は土地あたりの生産性の関数である
解析に用いた28調査地における生産性-種数の関係(点は9631の1m²方形区)は上に凸の2次曲線(P<0.001)を示した(黒線)。28サイト中19の調査地でも上に凸の曲線が適合した(赤線)。

化学肥料・農薬に代わり生物多様性を利用する新しい農業技術をつくる

「奇跡のリンゴ」で有名な弘前市在住の木村秋則氏のリンゴ園は30年以上無肥料・無農薬でも慣行栽培に匹敵する収量を安定的に達成しています。当研究室では、外部からの資源の投与無しに持続的な生産を可能とする農業システムの成立メカニズムについて研究しており、園地の土壌微生物や植物マイクロバイオーム、昆虫天敵などの活性化が肥料や農薬に依存しない農業生産システムを可能にしていることが分かってきました。現在、生物多様性を活用した革新的農業システムの実用化を目指しています。



生物時計が「24時間」の遅さを生み出す仕組みを原子スケールで解明

Atomic-scale origins of slowness in the cyanobacterial circadian clock



左から阿部 淳、向山 厚、孫 世泳、森 俊文

阿部 淳 Jun Abe
分子科学研究所 協奏分子システム研究センター 博士研究員

向山 厚 Atsushi Mukaiyama
分子科学研究所 協奏分子システム研究センター 助教
総合研究大学院大学 物理科学研究科

孫 世泳 Seyoung Son
名古屋大学大学院 理学研究科 博士研究員

森 俊文 Toshifumi Mori
分子科学研究所 理論・計算分子科学研究領域 助教
総合研究大学院大学 物理科学研究科

楢山 卓也¹ 齊藤 真司^{1,2,3} 大迫 政人⁴ Julie Wolanin^{1,5} 山下 栄樹⁶ 近藤 孝男⁴ 秋山 修志^{1,2}
¹ 分子科学研究所 協奏分子システム研究センター ³ 分子科学研究所 理論・計算分子科学研究領域 ⁵ PSL Research University, Chimie Paris Tech
² 総合研究大学院大学 物理科学研究科 ⁴ 名古屋大学大学院 理学研究科 ⁶ 大阪大学 蛋白質研究所

Contact
阿部 淳 E-mail: jabe@ims.ac.jp
所在地: 444-8585 岡崎市明大寺町字西郷中38
URL: http://bms.ims.ac.jp/AkiyamaG/
Seyoung Son E-mail: sonseyoung@chungbuk.ac.kr
所在地: 410 Seongbong-ro, Heungdeok-gu, Cheongju, Chungbuk, 361-763, Republic of Korea

向山 厚 E-mail: amukai@ims.ac.jp
所在地: 444-8585 岡崎市明大寺町字西郷中38
URL: http://bms.ims.ac.jp/AkiyamaG/
森 俊文 E-mail: mori@ims.ac.jp
所在地: 444-8585 岡崎市明大寺町字西郷中38
URL: https://www.ims.ac.jp/research/group/saito/

タンパク質が 化学反応を積極的に遅くする仕組み

地球上に生息する多くの生物は地球の自転周期に伴った環境変化に適応するため、自らの生理機能を約24時間周期で変調させる仕組み(生物時計)を持っている。動物の睡眠パターンやアサガオの開花のタイミングなど、生物時計が関わる生命現象は私たちの身近に存在するが、どのようにして「24時間」という極めて遅い反応が実現されるのかは大きな謎だった。今回、私たちは藍色細菌であるシアノバクテリアの生物時計を用い、構造生物学、生化学、計算科学的手法を駆使することで生物時計の遅さの起源を原子スケールで明らかにした。

シアノバクテリアの生物時計は3種類のタンパク質(KaiA、KaiB、KaiC)から構成されている。私たちはKaiCに24時間の振動を生み出す根拠が備わっていることを実証した。またKaiCの非常に遅いアデノシン三リン酸(ATP)を分解する反応(ATPase)が生物時計の周期を規定していることを突き止めた。そこでATPaseの反応機構の詳細を明らかにするために、X線結晶構造解析を行ったところ、KaiCが自らのATPaseの反応速度を生物時計の時間スケールにまで低減させる構造的要因を同定することに成功した(図)。



生物時計の源振(動)に迫る

分子科学研究所 協奏分子システム研究センター 秋山グループでは、タンパク質の精緻な化学反応が階層を越えて細胞内における生物時計の機能発現へとつなげるロジックの解明を目指しています。地球の自転周期に適応するための仕組みである生物時計の解明に向けて、24時間の昼夜のサイクルに時に逆らいつつ、研究を進めています。

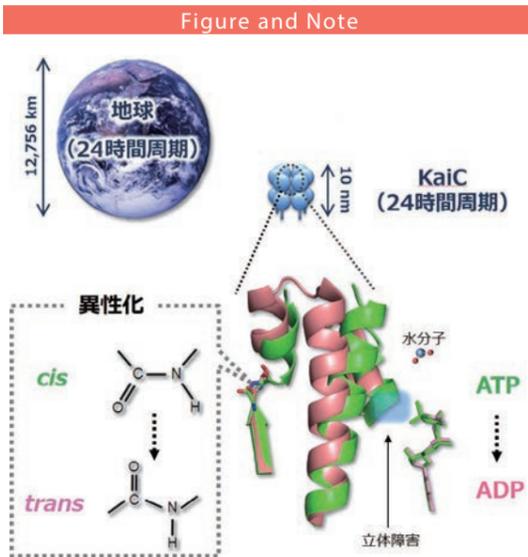


図: 24時間の遅さがデザインされたKaiC
ATPの加水分解には水分子との反応が必須であるが、KaiCに結合したATPの近傍には水分子の接近を阻む障害が設けられていた。さらに、その障害が容易に解消されないようポリペプチド鎖の異性化反応によって抑制されていた。

foxl3はメダカにおける精子/卵子の運命決定に関与する生殖細胞内在性の因子である

foxl3 is a germ cell-intrinsic factor involved in sperm-egg fate decision in medaka



左から西村 俊哉、田中 実

西村 俊哉 Toshiya Nishimura
自然科学研究機構 基礎生物研究所 生殖遺伝学研究室 NIBB リサーチアソシエイト

田中 実 Minoru Tanaka
自然科学研究機構 基礎生物研究所 生殖遺伝学研究室
SOKENDAI(総合研究大学院大学) 准教授

佐藤 哲也² 山本 耕裕¹ 渡我部 育子¹ 大川 恭行³ 須山 幹太² 小林 悟^{4,5,6}
¹ 自然科学研究機構 基礎生物学研究所 生殖遺伝学研究室
² 九州大学 生体防御医学研究所
³ 九州大学大学院 医学研究院 先端医療医学部門
⁴ 現 筑波大学生命領域学際研究センター
⁵ 自然科学研究機構 基礎生物学研究所 発生遺伝学研究室
⁶ SOKENDA(総合研究大学院大学)

Contact
田中 実 E-mail: mtanaka@nibb.ac.jp
所在地: 444-8787 岡崎市明大寺町字東山5-1
URL: www.nibb.ac.jp/reprogenetics
西村 俊哉 E-mail: tnishi@nibb.ac.jp
所在地: 444-8787 岡崎市明大寺町字東山5-1
URL: www.nibb.ac.jp/reprogenetics

卵になるか? 精子になるか? — 生殖細胞の性決定遺伝子の発見

多くの動物では、受精時の性染色体の組み合わせで雌か雄のどちらかになることが決まる。しかし受精卵に性差があるわけではなく、身体がある程度構築されるまでは細胞や組織に性差は生じない。最初に性差が現れる細胞は将来卵巣や精巣になる生殖腺の細胞である。生殖腺には卵と精子の両方に分化できる生殖細胞と、生殖腺自体を形作る体細胞が存在するが、性はそのうちの体細胞でまず決まる。一方の生殖細胞は体細胞の性に影響され卵あるいは精子になると考えられていたが、生殖細胞の中でどのような仕組みが働いて卵あるいは精子になるのかはまったく明らかではなかった。

我々はfoxl3遺伝子が、卵あるいは精子のいずれかになるためのスイッチを担うことを見出した。foxl3は雌の生殖細胞でのみ発現が続き、生殖細胞が精子に分化を開始することを抑制する。この遺伝子が働かないと雌のメダカは卵巣の中で精子を作ることになる。この精子は受精でき、次世代を作れる機能的な精子であることも判明した。

この結果は生殖細胞に自身の性を決める分子機構が存在することを脊椎動物で初めて示した。それは減数分裂や生殖幹細胞分化といった機構とは区別される、配偶子形成に必須の新たな機構の存在を示すものであった。foxl3の機能を失わせることにより、体細胞と生殖細胞の性を生体内で違えることが初めて可能となり、性の機構は単に雌雄を作るだけでなく、生殖に関連した他のさまざまな現象をも制御していることが新たに見え始めた。

Figure and Note



図1: 野生型雌メダカ(左)とfoxl3ホモ変異体雌メダカ(右)の外見
二匹ともY染色体を持たない雌。外見は通常の雌である。ところがfoxl3ホモ変異体では遺伝子が働かず、この雌は機能的精子を体内に持つ。

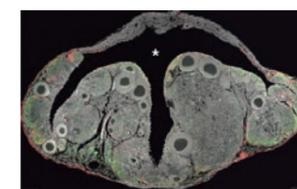


図2: foxl3ホモ変異体雌メダカの卵巣の横断面像
foxl3遺伝子が働かない雌のメダカ変異体は卵巣をもつ。この卵巣は遺伝子発現からも組織構造からも正常卵巣だが、その内部は機能的精子で満たされている。生殖細胞の性のみが雄となっている。



性と生殖のメカニズムを明らかにする

性決定遺伝子は動物によってさまざま。我々は性決定遺伝子によらない性のコアメカニズムを、メダカを用いて明らかにしてきました。さらにこの性のコアメカニズムを変化させることで、生殖の他のさまざまな未解明現象が運動して動くことも見え始め、メカニズムとしての性が生体にとって如何に重要であるかが明らかになりつつあります。研究室では幅広く発生や生殖の現象を見据えながら、分子細胞レベルで詳細な解析を行うことで性や生殖現象の謎の解明に挑んでいます。

強磁性マグノンと超伝導量子ビット間の コヒーレント結合

Coherent coupling between a ferromagnetic magnon and a superconducting qubit



左から石野 誠一郎、田淵 豊、中村 泰信

田淵 豊 *Yutaka Tabuchi*
東京大学 先端科学技術研究センター 日本学術振興会特別研究員

中村 泰信 *Yasunobu Nakamura*
東京大学 先端科学技術研究センター 教授
理化学研究所 創発物性科学研究センター

石野 誠一郎 野口 篤史 石川 豊史 山崎 歴舟 宇佐見 康二
東京大学 先端科学技術研究センター

Contact 田淵 豊 E-mail: tabuchi@qc.rcast.u-tokyo.ac.jp
所在地: 153-8904 東京都目黒区駒場4-6-1
URL: http://www.qc.rcast.u-tokyo.ac.jp/

磁石の単一磁化ゆらぎを超伝導量子回路を用いて探る

冷蔵庫のマグネット、方位磁石の針、ハードディスク中の磁気記憶素子。身の回りに溢れている磁石の磁化が実はゆらゆら揺れ動いているをご存知だろうか。これは磁性体が磁石となりうるために自発的対称性を破り、発現した巨視的な磁化に伴う磁化揺らぎである。磁石の温度が絶対零度に近くなると、その揺らぎも小さくなる。適当な磁場の下で、磁化の揺らぎの大きさは飛び飛びの大きさをとるようになり、0個、1個、2個と数えられる磁化揺らぎの量子となる。この磁化揺らぎの量子はとても小さく、その量子力学的な性質の観測はとても難しいものであった。私達は超伝導体による人工的に設計された電気回路が、強磁性体中の磁化揺らぎを「量子力学的に制御する」最も良い素子だと考えている。私達は空洞共振器と呼ばれる電磁波を閉じ込める箱を用いて、アンテナ構造をもつ量子回路と強磁性体との結合に成功した(図1)。世界で初めて観測された量子回路の共振周波数の分裂は、まさに磁化揺らぎの単一量子と量子回路との結合を示している(図2)。本研究は磁化揺らぎ量子の量子操作を通して、強磁性体のミクロな現象解明や磁化を情報担体とした量子通信の研究に通じる。

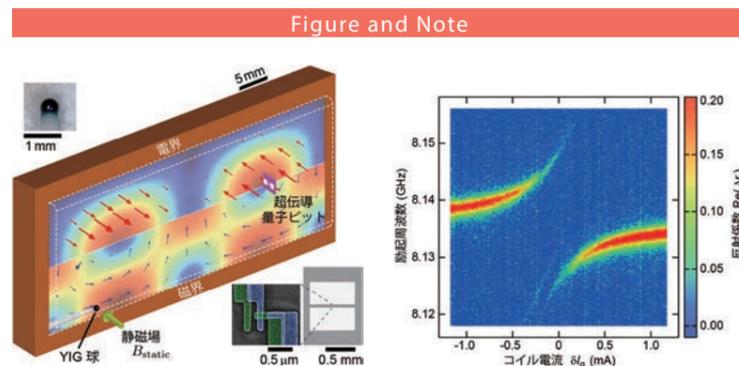


図1: 空洞共振器モードを介した量子ビットと強磁性体磁化揺らぎの結合
マイクロ波共振器中の電磁界分布: 電界(上部)と磁界(下部)。超伝導量子ビット(右下)は電界に結合し、イットリウム鉄ガーネット(YIG)球の磁化揺らぎは磁界に結合する。両者は共振器を通じて相互作用する。

図2: 強磁性体磁化揺らぎとの結合による超伝導量子回路の共振周波数分裂
量子回路中の共振周波数(8.135GHz)を横切るように、コイル電流を掃引して磁化揺らぎ周波数を変化させることにより、量子回路の共振周波数スペクトルにコヒーレントな結合を示す反交差が観測される。



巨視的自由度を量子的に制御する、新奇量子技術集団

超伝導電気回路中のプラズモン励起(自由電子の集団励起)、強磁性体中の磁化揺らぎ(磁化のミクロな描像であるスピンの集団励起)や薄膜振動子中の音子(固体を構成する原子の変位の集団励起)等、私たちは大きさが1mmを超える固体の振る舞いに興味を持ち研究を進めています。普段の生活では感じることのない揺らぎの量子を希釈冷凍機やレーザー冷却を用いて極低温下まで冷却し、量子力学的な振る舞いが支配する極限での操作を楽しんでいます。

海底下約2.5kmまでの石炭を含む 堆積物に深部生命を探る

Exploring deep microbial life in coal-bearing sediment down to ~2.5 km below the ocean floor



左から稲垣 史生、Kai-Uwe Hinrichs

稲垣 史生 *Fumio Inagaki*
海洋研究開発機構 高知コア研究所 地球深部生命研究グループ 所長代理・グループリーダー
(兼務)同機構 海底資源研究開発センター 地球生命工学研究グループ グループリーダー

Kai-Uwe Hinrichs
Professor, MARUM Center for Marine Environmental Sciences, University of Bremen
久保 雄介^{1,10} 星野 辰彦^{2,3} 井尻 暁^{2,3} 井町 寛之^{3,4} 伊藤 元雄^{2,3} 金子 雅紀^{3,5} 森田 澄人⁶
諸野 祐樹^{2,3} 谷川 亘^{2,3} 堀 知行⁷ 村山 雅史⁸ 大河内 直彦^{3,5} 小野 周平⁹ 真田 佳典^{1,10}
高野 淑識^{3,5} 田角 栄二⁴ 寺田 武志¹¹ 戸丸 仁¹² 山田 泰広^{10,13} et al.

¹ 海洋研究開発機構 地球深部探査センター
² 海洋研究開発機構 高知コア研究所
³ 海洋研究開発機構 海底資源研究開発センター
⁴ 海洋研究開発機構 深海・地殻内生物圏研究分野
⁵ 海洋研究開発機構 生物地球化学研究分野
⁶ 産業技術総合研究所 地圏資源環境研究部門
⁷ 産業技術総合研究所 環境管理研究部門
⁸ 高知大学 海洋コア総合研究センター
⁹ マサチューセッツ工科大学
¹⁰ 海洋研究開発機構 海洋掘削科学研究開発センター
全著者リスト: http://www.sciencemag.org/content/349/6246/420.abstract

Contact 稲垣 史生 E-mail: inagaki@jamstec.go.jp
所在地: 783-8502 高知県南国市物部乙200
URL: https://www.jamstec.go.jp

Kai-Uwe Hinrichs E-mail: khinrichs@uni.bremen.de
所在地: D-28359 Bremen, Germany
URL: https://www.marum.de/en/

海底下深部の炭素循環と 生命圏の限界に迫る

地球表層の約7割を占める海洋底の下には、 2.9×10^{20} 個の微生物細胞が息する広大な生命圏が存在する。一般的に、その細胞密度は深さに対して対数的に減少する傾向があるが、大陸沿岸の堆積物環境における生命圏の限界や炭素循環への影響は不明であった。2012年、我々は地球深部探査船「ちきゅう」を用いて国際深海掘削計画(IODP)第337次研究航海「下北八戸沖石炭層生命圏探査」(共同首席研究者: 稲垣 史生、Kai-Uwe Hinrichs)を実施した。その結果、世界最高掘削深度を更新する海底下2,466mまでの全ての堆積物環境に微生物を検出したが、深度1.2km付近から堆積物1cm³あたり100細胞以下となる急激な細胞密度の減少が確認され、世界で初めて生命圏の限界域に達したことが示唆された。過去約2,000万年前に形成された石炭層を含む深部環境には、地質形成当時の湿原や森林土壌に由来すると推察される陸域微生物が検出された。また、それらの微生物生態系が現場で有機物を分解し、最終的にCO₂還元による天然ガス(メタン)生成に寄与している複数の証拠を得た(図1)。さらに、リアクター装置を用いて、海底下約2kmの石炭層から世界最深の嫌気性メタン生成微生物群集の集積培養に成功した(図2)。

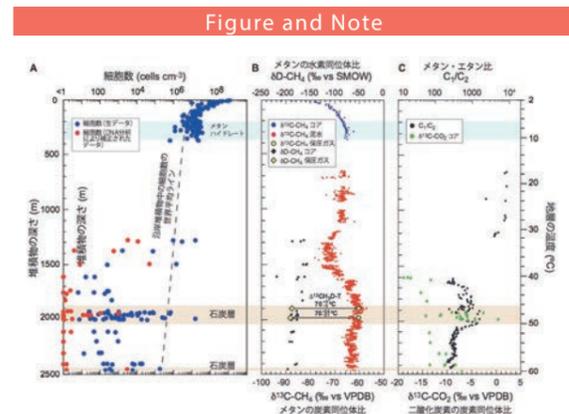


図1: 青森県八戸沖の海底から「ちきゅう」のライザー掘削により採取された微生物学・生物地球化学的な深度プロファイル

(A)微生物細胞の密度、(B)メタンの炭素・水素同位体組成とクラプト同位体(¹³CH₃D)によるメタン生成温度指標値、(C)天然ガスの化学組成(C₁/C₂比)とCO₂の炭素同位体組成。海底下約2.5kmまでの堆積物に微生物が存在し、現場地層でCO₂還元型のメタン生成が起きていることを示している。



図2: 海底下約2kmの石炭層からリアクターを用いて培養されたメタン生成微生物群集の走査型電子顕微鏡写真
現場温度に近い40℃で約1ヵ月間リアクターを稼働させたところ、石炭を栄養源とする嫌気性微生物の増殖とメタン生成が確認された。右下のスケールは5μmを示す。



「ちきゅう」と最先端科学で海底下深部の生命圏フロンティアを切り拓く

海洋研究開発機構 高知コア研究所 地球深部生命研究グループでは、海底下深部を地球深部探査船「ちきゅう」などを用いて掘削し、地球に残された最後の生命圏フロンティアの実態解明に挑んでいます。同研究所の同位体地球化学グループ、断層物理特性グループや科学支援グループと連携した分野横断型の研究体制により、地球科学と生命科学を融合した最先端の研究手法を確立し、地球内部の地質環境に生息する微生物を検出・分取し、その遺伝子や元素組成などから深部生命の進化や生態系機能の解明を目指しています。

磁気臨界性を伴わない異常な金属相の発見

Strange metal without magnetic criticality



左から富田 崇弘、中辻 知

富田 崇弘 *Takahiro Tomita*
東京大学 物性研究所 新物質科学研究部門 研究員
(元 日本大学文理学部 物理学科 助教)

中辻 知 *Satoru Nakatsuji*
東京大学 物性研究所 新物質科学研究部門 准教授
科学技術振興機構 (JST) さきがけ

久我 健太郎^{1*} 上床 美也¹ Piers Coleman^{2,3}

¹ 東京大学 物性研究所

² Center for Materials Theory, Department of Physics and Astronomy, Rutgers University

³ Department of Physics, Royal Holloway, University of London

*現) 理化学研究所 量子状態可視化研究チーム

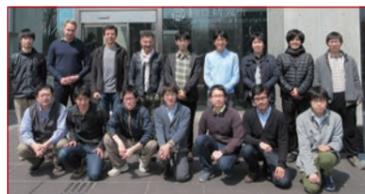
Contact 中辻 知 E-mail: satoru@issp.u-tokyo.ac.jp
所在地: 277-8581 千葉県柏市柏の葉5-1-5
URL: http://satoru.issp.u-tokyo.ac.jp/index.html

量子臨界「点」ではなく「相」として振舞う不思議な金属状態

磁性金属を低温に冷やすと、量子揺らぎの増大とともに磁石の性質を持つ状態から持たない状態(相)へ連続的な変化が見られる。特に絶対零度では、これらの相と相との境界を量子臨界点と呼び、その近傍においては、特異な量子揺らぎを反映した物理量の発散等が観測される。興味深いことに、高温超伝導体や、重い電子系などの、電子同士の相関が重要な系においては、ほぼすべての超伝導が、この不安定な量子臨界点近傍において見出されてきた。それ故、この量子臨界点で特異的に発達するスピン揺らぎが、これらの磁性相と隣接して現れる超伝導の発現において重要であると考えられてきた。

私たちは、本研究で希土類化合物超伝導体β-YbAlB₄の絶対零度近傍で、幅広い範囲で示す“異常金属相”と呼ばれる新しい相を世界で初めて観測した(図1)。従来は、量子臨界点と呼ばれる不安定な「点」でのみ観測されてきた異常金属状態が、この物質においては、安定な新しい「相」として存在することを実験的に明らかにした。このことは、従来の金属相とは全く異なる新しい第2の金属相が存在することを強く示唆する。さらに、この不思議な金属相と同時に現れる超伝導相も、磁性相と隣接せず孤立して存在するため、従来のスピン揺らぎではなく、電子状態の特異なトポロジーや価数揺らぎなどの新しい機構により発現していると考えられる(図2)。

今後、この異常金属相と超伝導との関係を明らかにすることは、新しい超伝導体、並びに新規物性・機能の開発に重要な知見をもたらすと期待される。



東京大学物性研究所 新物質科学研究部門 中辻研究室メンバー

私たちの研究室では、強相関電子系における新しい量子状態や機能の発見を目指して、新物質開発及び多彩な精密物性測定を行っています。最近では、新しいトポジカル量子相の創出並びにその室温でのデバイス応用に至るまで、幅広い分野において実験研究を進めています。

Figure and Note

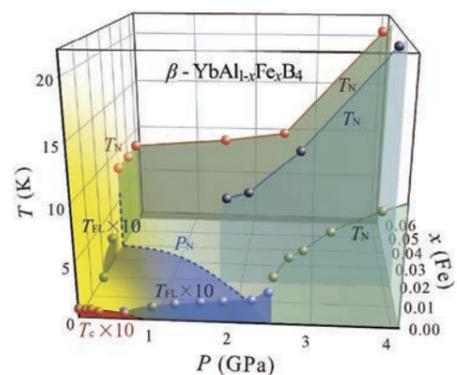


図1: 量子臨界相付近での磁場・温度・圧力の相図

私たちが発見したイッテルビウム化合物の量子臨界状態の様子。異常金属状態が、従来型と異なり磁気秩序相(緑)と接していないばかりか、量子臨界「点」ではなく「相」(黄色)として存在している。

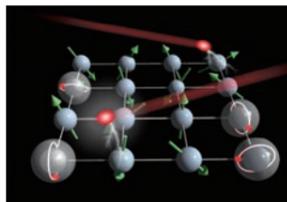
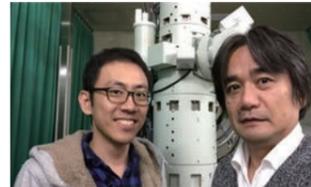


図2: 価数揺らぎとスピン揺らぎが織りなす異常金属相の概念図。イッテルビウム原子の格子上の4f電子によるスピン(緑の矢印)と伝導電子(赤)による電子相関の様子。

原子レベルでシャープな界面をもった 単層 WSe₂-MoS₂ の層状 pn 接合のエピタキシャル成長

Epitaxial growth of a monolayer WSe₂-MoS₂ lateral p-n junction with an atomically sharp interface



左から林 永昌、末永 和知

末永 和知 *Kazutomo Suenaga*
産業技術総合研究所 ナノチューブ応用研究センター 首席研究員

林 永昌 *Yung-Chang Lin*
産業技術総合研究所 ナノチューブ応用研究センター 研究員

Ming-Yang Li^{1,2} Yumeng Shi¹ Chia-Chin Cheng^{2,3} Li-Syuan Lu⁴
Hao-Lin Tang¹ Meng-Lin Tsai⁵ Chih-Wei Chu² Kung-Hwa Wei³
Jr-Hau He⁵ Wen-Hao Chang^{4,6} Lain-Jong Li¹

¹ Physical Sciences and Engineering Division, King Abdullah University of Science and Technology

² Research Center for Applied Sciences, Academia Sinica

³ Department of Material Science and Engineering, National Chiao Tung University

⁴ Department of Electrophysics, National Chiao Tung University

⁵ Computer, Electrical and Mathematical Sciences and Engineering Division, King Abdullah University of Science and Technology

⁶ Taiwan Consortium of Emergent Crystalline Materials (TCECM), Ministry of Science and Technology

世界最薄のダイオード開発

p型とn型の半導体を接合してダイオードを作る際に重要なのは、いかにしてシャープな界面を形成させるかという点である。ダイオード中のキャリア移動を阻害する欠乏層の生成を抑えるには、界面の急峻性がいかに効果的だからである。このReportでは、サウジアラビアのアブドラ国王科学技術大学(KAUST)と日本の産業技術総合研究所(AIST)の共同研究により、単原子層の厚みしかない二次元半導体において、世界で初めて原子レベルでシャープな界面形成と安定なpn接合を実現したことを報告した。

研究グループは、二種類の異なる性質を持つ二次元半導体(WSe₂-MoS₂)を順次エピタキシャル成長させることで、単原子層ヘテロ構造をもつダイオードデバイスの作成に成功した。最先端の高分解能電子顕微鏡を用いた観察により、形成されたpn接合界面が極めて急峻であることがわかった。実際にこのデバイスの光起電力を測定したところ十分な整流効果が認められた。今後はこの技術を用いて、世界最薄のトランジスタ、LED、太陽電池などの開発に拍車がかかるものと思われる。

Contact

末永 和知
E-mail: suenaga-kazu@aist.go.jp
所在地: 305-8565 つくば市東1-1-1 つくば中央第5
URL: https://staff.aist.go.jp/suenaga-kazu/

Figure and Note

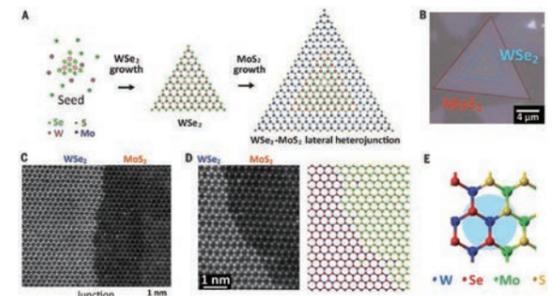


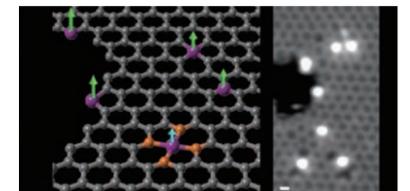
図: 1原子層厚みをもつ世界最薄ダイオードの形成

(A) 1原子層半導体(WSe₂-MoS₂)における面内ヘテロ構造の成長法。(B) 形成されたヘテロ接合の光学顕微鏡像。WSe₂領域とMoS₂領域が順次に成長している。(CとD) 1原子層半導体ヘテロ接合部の高分解能電子顕微鏡像。(E) 電子顕微鏡像から明らかになった界面原子構造。



世界最高性能の電子顕微鏡開発

産業技術総合研究所では、分子・原子ひとつひとつの観察や分析を行うことのできる世界でも最先端の電子顕微鏡開発を目指しています。近年では、デバイスの構成要素がナノスケールもしくは原子スケールにまで小さくなり、構造や物性を原子レベルで測定する手法の確立がますます急がれています。当研究室では科学技術振興機構の支援を受けて、物質・材料研究機構や日本電子株式会社の研究者たちと共同で、世界中の多くの研究機関からのニーズに応えながら、原子レベル分析を可能にする世界最高性能の電子顕微鏡開発を行っています。



ストリゴラクトン認識の収束進化が寄生植物における宿主探知を可能とした

Convergent evolution of strigolactone perception enabled host detection in parasitic plants



左から白須 賢、吉田 聡子

白須 賢 Ken Shirasu

理化学研究所 環境資源科学研究センター 植物免疫研究グループ グループディレクター

吉田 聡子 Satoko Yoshida

理化学研究所 環境資源科学研究センター 植物免疫研究グループ 上級研究員

Caitlin E. Conn¹ Rohan Bythell-Douglas² Drexel Neumann¹ Bryan Whittington³
James H. Westwood³ Charles S. Bond² Kelly A. Dyer¹ David C. Nelson¹

¹ Department of Genetics, University of Georgia

² School of Chemistry and Biochemistry, The University of Western Australia

³ Department of Plant Pathology, Physiology, and Weed Science, Virginia Tech

Contact

白須 賢 E-mail: ken.shirasu@riken.jp

所在地: 230-0045 神奈川県鶴見区末広町1-7-22

URL: http://plantimmunity.riken.jp/index.ja.html

ストリゴラクトン受容体遺伝子の進化がもたらした寄生雑草の特殊な発芽戦略

ストライガやオロバンキなどのハマウツボ科の絶対寄生植物は、穀物や野菜類に寄生しその栄養を奪うため、農業上の脅威となっている。これら寄生雑草の種子は、宿主植物が分泌するストリゴラクトンを感じ、効率的に宿主根の近傍で発芽できる。ストリゴラクトンの受容には、シロイヌナズナではD14タンパク質がはたらくことが分かっていたが、寄生植物のストリゴラクトン受容の仕組みはわかっていなかった。一方で、シロイヌナズナではD14遺伝子と相同性をもつKAI2遺伝子が一つ存在し、煙に含まれる発芽誘導物質であるカリキンを認識することが知られていた。

私たちは、米国ジョージア大のデビット・ネルソン教授と共同して、寄生植物のゲノム中でKAI2タンパク質をコードする遺伝子の数が増えていることを発見した。寄生植物のKAI2遺伝子は他の寄生しない植物とは別のクレードをつくっており、進化速度が速いことも分かった。また、タンパク質の構造解析と表現型の相補試験から、寄生植物のKAI2タンパク質がストリゴラクトンを受容することが示唆された。コケなどの原始的な植物はKAI2遺伝子しか持っていないため、D14遺伝子も原始的なKAI2遺伝子の進化によって生じたと考えられる。寄生植物のKAI2遺伝子群はシロイヌナズナのD14遺伝子とは独立して進化して、つまり収斂進化によってストリゴラクトン受容体の機能を獲得したと考えられる。

Figure and Note



図1: 寄生雑草ストライガ
ストライガの被害を受けたスーダンのソルガム畑。ピンクの花がストライガ。

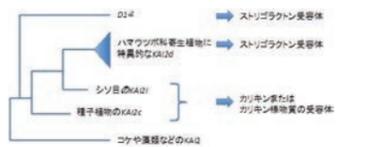
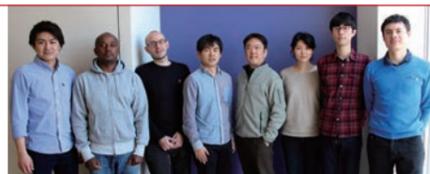


図2: ストリゴラクトン受容体遺伝子の収斂進化
ハマウツボ科寄生植物に特異的なKAI2遺伝子はD14とは独立して原始的植物のKAI2から生じたが、どちらもストリゴラクトン受容体をコードする。

植物と共に生きる生物たちの生き方を探る!

私たちの研究室は、植物とそれを取り巻く他の生物がどのようにして共に生きているのかをテーマに研究をしています。例えば、植物の病原体である微生物や寄生植物は、宿主である植物との攻防を繰り返しながら、共に生きています。この攻防の歴史はそれぞれのゲノムに刻み込まれているはず。歴史書を読むようにゲノムを読んで、その攻防戦を想像するとわくわくします。また、それぞれの武器の設計図や戦略も書いてあるはずですから、その青写真を見ながら、軍師として対抗策を講じるのも一興です。また、病原体ではないものの、植物と生を共にする生物も多く存在します。何のために一緒に生きているのか、どうやってそれを可能にしているのかなど、「共」や「生」への興味は尽きません。

写真: 本研究室で寄生植物を研究するメンバー



両染色体にRORC遺伝子変異を有するヒトでのカンジダ菌と抗酸菌に対する免疫不全

Impairment of immunity to *Candida* and *Mycobacterium* in humans with bi-allelic RORC mutations



左からJean-Laurent Casanova、岡田 賢

岡田 賢 Satoshi Okada

St. Giles Laboratory of Human Genetics of Infectious Diseases, The Rockefeller University (現 広島大学大学院 医歯薬保健学研究科 統合健康科学部門 小児科学研究室 講師)

Jean-Laurent Casanova

Professor, St. Giles Laboratory of Human Genetics of Infectious Diseases, The Rockefeller University Laboratory of Human Genetics of Infectious Diseases, Necker Branch, INSERM UMR 1163

Janet G. Markle¹ Elissa K. Deenick² Federico Mele³ 岡田 千鶴¹ 小林 正夫⁴
Anne Puel^{1,5,6} Federica Sallusto³ Jacinta Bustamante^{1,5,6,7} Stuart G. Tangye² et al.

¹ St. Giles Laboratory of Human Genetics of Infectious Diseases, The Rockefeller University

² Immunology Division, Garvan Institute of Medical Research

³ Institute for Research in Biomedicine, Università della Svizzera Italiana

⁴ 広島大学大学院 医歯薬保健学研究科 統合健康科学部門 小児科学研究室

全著者リスト: http://www.sciencemag.org/content/349/6248/606.abstract

⁵ Laboratory of Human Genetics of Infectious Diseases, Necker Branch, INSERM UMR 1163

⁶ Paris Descartes University, Imagine Institute

⁷ Center for the Study of Primary Immunodeficiencies, AP-HP, Necker Hospital for Sick Children

Contact

岡田 賢 E-mail: sokada@hiroshima-u.ac.jp

所在地: 734-8553 広島市南区霞1-2-3

URL: https://www.hiroshima-u.ac.jp/hosp/syonika/p_5bfa90.html

RORC遺伝子の機能欠損は、マイコバクテリアとカンジダに易感染性を示す原発性免疫不全症を引き起こす

慢性皮膚粘膜カンジダ症(CMCD)は、皮膚粘膜に慢性、反復性のカンジダ感染を呈する原発性免疫不全症である。カンジダに対する粘膜免疫にはTh17細胞が産生するIL-17が重要で、この経路の障害でCMCDが発症する。メンデル遺伝型マイコバクテリア易感染症(MSMD)は、抗酸菌などの細胞内寄生菌に易感染性を示す原発性免疫不全症である。宿主の抗酸菌排除にIFN-γが必須で、IFN-γの障害によりMSMDを発症する。我々はCMCDとMSMDを合併し、Th17細胞のマスター転写因子RORγTをコードするRORC遺伝子の機能欠損を持つ3家系7症例を同定した。患者は、Th17細胞の著減によりCMCDを発症した。一方、MSMDの原因は当初からの疑問点であった。研究の末、患者の末梢血単核球では抗酸菌刺激に対するIFN-γの産生能が障害されており、MSMD発症に至ることを見出した。今回の発見で、ヒトRORC遺伝子がIL-17産生を介したカンジダに対する粘膜免疫と、IFN-γ産生を介した抗酸菌に対する全身反応に重要であることが明らかになった。

Figure and Note

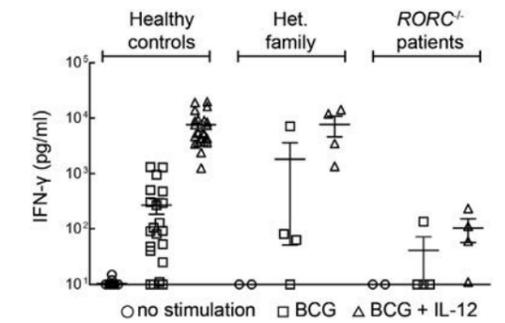


図1: 全血を用いたBCG刺激後のIFN-γ産生能の検討
RORC欠損症患者の全血で、BCG刺激による反応性のIFN-γ産生能の低下を認めた。

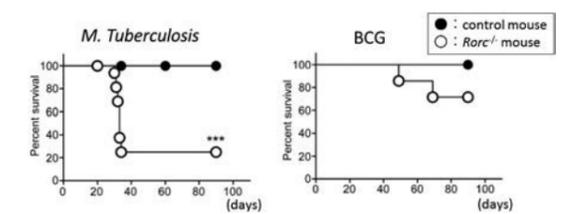


図2: Rorc欠損マウスを用いた抗酸菌感染実験
抗酸菌に対する易感染性はRorc欠損マウスでも確認された。

研究室の慰安旅行

留学先で師事したJean-Laurent Casanova教授は、米国ロックフェラー大学とフランスのイマジン研究所にラボを持つHHMI研究者で、原発性免疫不全症の病態解明、責任遺伝子の同定をテーマに研究を行っています。成人期に発症する疾患は、複数の遺伝的要因、環境要因が絡み合い発症するのに対して、小児期に発症する先天性疾患は単一遺伝子の異常による遺伝性疾患が多く、小児科医という背景を持つCasanova教授は、そういった小児患者の病態を明らかとすることで治療へつなげる研究に取り組んでいます。ラボは色々な国から来た研究者が協力して研究を行っており、日々新しい発見があるエキサイティングな場所でした。

写真: 研究室の慰安旅行で、スイスアルプスでハイキングをしました。



ユニバーサル線形光学

Universal linear optics



左から橋本 俊和、小熊 学、松田 信幸、井藤 幹隆

松田 信幸 Nobuyuki Matsuda
日本電信電話(株) NTT 物性科学基礎研究所 研究主任

小熊 学 Manabu Oguma
日本電信電話(株) NTT 先端集積デバイス研究所 主任研究員

井藤 幹隆 Mikitaka Itoh
日本電信電話(株) NTT 先端集積デバイス研究所 主幹研究員

橋本 俊和 Toshikazu Hashimoto
日本電信電話(株) NTT 先端集積デバイス研究所 主幹研究員

Jacques Carolan¹ Christopher Harrold¹ Chris Sparrow^{1,2} Enrique Martín-López³ Nicholas J. Russell¹ Joshua W. Silverstone¹ Peter J. Shadbolt² Graham D. Marshall¹ Mark G. Thompson¹ Jonathan C. F. Matthews¹ Jeremy L. O'Brien¹ Anthony Laing¹

¹ Centre for Quantum Photonics, H. H. Wills Physics Laboratory, and Department of Electrical and Electronic Engineering, University of Bristol

² Department of Physics, Imperial College London

³ Nokia Technologies

Contact 松田 信幸 E-mail: m.nobuyuki@lab.ntt.co.jp
橋本 俊和 E-mail: hashimoto.toshikazu@lab.ntt.co.jp
所在地: 243-0198 神奈川県厚木市森の里若宮3-1

一つのデバイスで様々な量子情報処理の実験が可能になる“ユニバーサルな”光チップを初めて実現

光子は環境との相互作用が極めて小さい量子であるため、光子の偏光などに符号化した量子状態は壊れにくいという性質がある。またその量子状態は、市販の線形光学素子(波長板、ハーフミラー等)で精度良く操作可能である。これらのことから、光子を用いた量子情報処理の研究が盛んに行われている。しかし、そのための光学実験系の構築には、光学実験・設計の専門スキルや、数日から数週間の準備期間が必要であった。

今回我々が実現したユニバーサル線形光学回路(図1)は、線形光学素子によって実現可能なあらゆる光学系(ユニタリー変換回路)をプログラマブルに実装可能な光チップである。回路構成の切替えは外部からの電気的な制御のみで数秒のうちに行うことができるため、実験の準備にかかる時間は大幅に短縮され、また特殊な光学実験技術も不要である。本回路のプラットフォームには、光通信デバイスに広く用いられている石英系平面光波回路(PLC)を採用している。光通信回路開発で培った回路設計・作製技術を生かし、低損失かつ高精度動作可能な光回路の作製に成功した。一つのチップ上に量子論理ゲートや量子もつれフィルタなどの様々な素子を自由に再配置可能な本デバイスの実現により、光子を用いた量子情報研究の飛躍的な加速が期待される。



NTT 物性科学基礎研究所 量子光制御研究グループ

光・電子・原子のもつ量子力学的な性質を理論的および実験的に調べています。量子暗号に代表される光子の量子状態の通信への応用、光子対や光子と物質の間の量子もつれ状態の実現・制御等を行い、情報通信技術にブレイクスルーをもたらす革新的基盤技術の提案を目指して研究を行っています。

NTT 先端集積デバイス研究所 光電子複合機能集積研究グループ

将来の通信ネットワーク技術に貢献すべく光信号や電気信号を処理するデバイス技術の研究開発に取り組んでいます。電子や光子の振る舞いを信号処理技術と組み合わせる思い通りに操り、超高速通信や従来ないセンシング技術の実現を目指しています。

Figure and Note

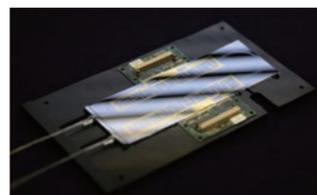


図1: ユニバーサル線形光学回路チップ
光回路写真。この光回路は、それぞれ6本の光子入出力ポート間を接続する、要素干渉計(図2)のネットワークによって構成される。

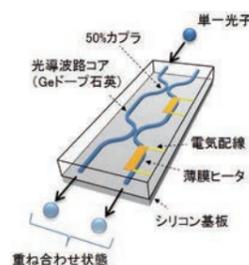


図2: 回路を構成する要素干渉計
薄膜ヒータに印加する電圧を変化させることで熱光学効果を通じて光の波としての干渉を操作し、単一光子がそれぞれの経路に存在する「重ね合わせ状態」を制御する。この重ね合わせ状態を「量子ビット」等に用いることができる。図1のチップにはこの要素干渉計が合計15個配置されている。

蛍光分子を用いた ストライガのストリゴラクトン受容体の同定

Probing strigolactone receptors in *Striga hermonthica* with fluorescence



左から萩原 伸也、吉村 柗彦、土屋 雄一郎

土屋 雄一郎 Yuichiro Tsuchiya
名古屋大学 トランスフォーマティブ生命分子研究所 特任准教授

萩原 伸也 Shinya Hagihara
名古屋大学 トランスフォーマティブ生命分子研究所 特任准教授

吉村 柗彦 Masahiko Yoshimura
名古屋大学大学院 理学研究科

佐藤 良勝¹ 桑田 啓子¹ 篠 茂雄² Duncan Holbrook-Smith² Hua Zhang¹ Peter McCourt² 伊丹 健一郎^{1,3} 木下 俊則¹

¹ 名古屋大学 トランスフォーマティブ生命分子研究所
² Department of Cell & Systems Biology, University of Toronto
³ JST ERATO 伊丹分子ナノカーボンプロジェクト

Contact 土屋 雄一郎 E-mail: yuichiro@itbm.nagoya-u.ac.jp
所在地: 464-8601 名古屋市千種区不老町
URL: http://www.itbm.nagoya-u.ac.jp/

萩原 伸也 E-mail: hagi@itbm.nagoya-u.ac.jp
所在地: 464-8601 名古屋市千種区不老町
URL: http://synth.chem.nagoya-u.ac.jp/wordpress/

アフリカを寄生植物ストライガの被害から救うために

私たちが普段目にする植物とは異なり、他の植物から栄養を吸い取って生きる寄生植物の存在が知られている。そういった寄生植物の一種であるストライガは、穀物に寄生することで田畑一帯を全滅させてしまうことから、別名「魔女の雑草」とも呼ばれている。現在、ストライガによる被害は、アフリカを中心に年間1兆円を超えるとも言われ、世界で最も大きな食糧問題の一つと考えられている。田畑に落ちたストライガの種は、宿主植物が根から放出するストリゴラクトンと呼ばれる植物ホルモンを感知して発芽し、寄生することが知られているが、その機構はこれまで全くわかっていなかった。今回、私たちはストリゴラクトン受容体に結合することで蛍光がオンになる分子「ヨシムラクトン」を開発した。これを利用して、 α/β ヒドロラーゼ様タンパク質 ShHTLs と呼ばれる一群のタンパク質がストリゴラクトンを受容し、発芽を誘起することを明らかにした。さらに、ストリゴラクトンの受容が、まず根の先端で起こり、波の様に種全体に広まっていく様子を観察することにも成功した。この発見をもとに、ストライガの発芽を制御する薬剤の開発を通して、アフリカの食糧問題の解決に貢献できると期待している。

Figure and Note

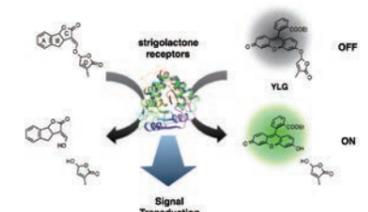


図1: 蛍光 turn-on 分子 ヨシムラクトングリーン
ストリゴラクトン受容体が、受容とともにリガンドを加水分解する特性を利用し、受容とともに蛍光を発する分子「ヨシムラクトングリーン」を開発した。

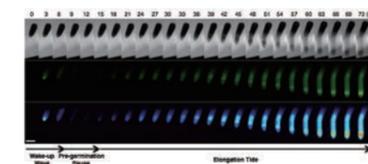
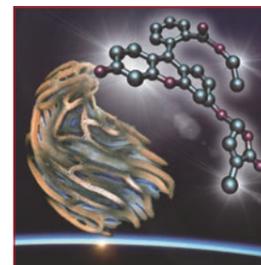


図2: ストリゴラクトン受容のダイナミクス
ヨシムラクトングリーンを使ったタイムラプスムービーより、ストリゴラクトンの受容は、根の先端から波の様に種全体に拡散するダイナミックなものであることが明らかとなった。



名古屋大学 トランスフォーマティブ生命分子研究所 (WPI-ITbM)

私たちの研究所では、分子設計により生命現象を理解・制御することを目標に、化学・生物・理論のコラボが様々なレベルで推進されています。私は、ストライガの被害からアフリカを救う、という大きな目標を掲げて日々研究を進めておりますが、例えばヨシムラクトンは、ある中華料理屋で始まったランチディスカッションから生まれたものであったりします。役割分担という共同研究のあり方はもちろんアリですが、一つの問題を解決するために、異分野の研究者がアイデアを出し、学ぶ共同研究は、人を育てるものだとも痛感する今日この頃です。

グリセロリン脂質は脊髄において 感覚の種類に特異的な軸索誘導を制御する

Glycerophospholipid regulation of modality-specific sensory axon guidance in the spinal cord



左から上口 裕之、平林 義雄、Adam T. Guy

上口 裕之 *Hiroyuki Kamiguchi*
理化学研究所 脳科学総合研究センター 神経成長機構研究チーム シニア・チームリーダー

平林 義雄 *Yoshio Hirabayashi*
理化学研究所 脳科学総合研究センター 神経膜機能研究チーム シニア・チームリーダー

Adam T. Guy
理化学研究所 脳科学総合研究センター 神経成長機構研究チーム 研究員

長塚 靖子¹ 大芦 典子² 井上 真理子² 仲田 明日香² Peter Greimel³
井上 飛鳥⁴ 鍋谷 卓司¹ 村山 晃歩⁵ 太田 邦史⁵ 伊藤 幸成⁶ 青木 淳賢⁴

¹ 理化学研究所 脳科学総合研究センター 神経膜機能研究チーム
² 理化学研究所 脳科学総合研究センター 神経成長機構研究チーム
³ 理化学研究所 小脳脂質生物学研究室

⁴ 東北大学大学院 薬学研究科 機能解析薬学講座 分子細胞生化学分野
⁵ 東京大学大学院 総合文化研究科 広域科学専攻 生命環境科学系
⁶ 理化学研究所 伊藤細胞制御化学研究室

Contact

上口 裕之 E-mail : kamiguchi@brain.riken.jp
所在地 : 351-0198 埼玉県和光市広沢2-1
URL : http://www.brain.riken.jp/jp/faculty/details/21

平林 義雄 E-mail : hirabayashi@riken.jp
所在地 : 351-0198 埼玉県和光市広沢2-1
URL : http://www.brain.riken.jp/jp/faculty/details/15

Figure and Note

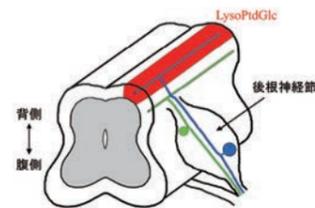


図1: 脊髄でのLysoPtdGlcの局在と感覚神経の走行
後根神経節の感覚神経細胞は軸索を脊髄へ送りこむ。痛覚神経軸索(緑)は脊髄後索原基(赤)に存在する脂質LysoPtdGlcに反発され、固有感覚神経軸索(青)から分離して脊髄背外側部を走行する。

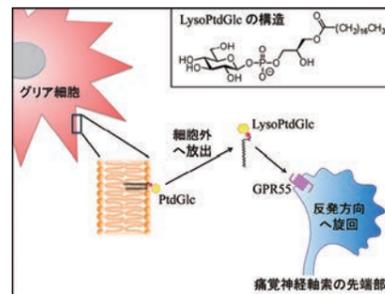


図2: 脂質による軸索誘導
脊髄後索原基のグリア細胞は形質膜の脂質PtdGlcを加水分解してLysoPtdGlcとして細胞外へ放出し、細胞外を拡散したLysoPtdGlcは受容体GPR55を介して痛覚神経軸索を反発する。

分子の働きから脳の神経回路を探る

神経細胞から伸びる軸索は、数10cmもの距離を正確に辿ることができ、最終標的とシナプスを作ります。神経成長機構研究チーム(上口裕之リーダー; 左写真はチームメンバー)は、顕微鏡下での分子機能操作から動物個体での神経回路解析にいたる各階層を貫く研究を展開し、脳脊髄の発生再生過程での回路構築の仕組みを分子レベルで解いてきました。脳重量の約3分の2を占める脂質を研究対象とすることで、タンパク質の働きのみでは説明不可能な回路機能の解明に挑戦しています。



リコンビナーゼ Rad51/RecA ファミリーによる 塩基トリプレット歩進

Base triplet stepping by the Rad51/RecA family of recombinases



寺川 剛 *Tsuyoshi Terakawa*
Department of Biochemistry and Molecular Biophysics, Columbia University
京都大学大学院 理学研究科 生物科学専攻

Ja Yil Lee¹ Zhi Qi¹ Justin B. Steinfeld¹ Sy Redding² YoungHo Kwon³
William A. Gaines³ Weixing Zhao³ Patrick Sung³ Eric Greene^{1,4}

¹ Department of Biochemistry and Molecular Biophysics, Columbia University
² Department of Chemistry, Columbia University
³ Department of Molecular Biophysics and Biochemistry, Yale University School of Medicine
⁴ Haward Hughes Medical Institute, Columbia University

Contact

E-mail : tt2541@cumc.columbia.edu
所在地 : 650 West 168th St. William Black Building Room 536 New York, NY 10032, USA
URL : http://www.thegreenelab.com

DNA 相同組換えの分子メカニズム: 3塩基ずつ比較する

DNAの相同組換えは全ての生物において重要な役割を果たす。例えば人間では父と母のゲノムDNAの相同組換えによって子供のDNAが作られる。また、子供は2本のゲノムDNAを持っていて、一方に損傷が起きた場合、もう一方のゲノムDNAとの相同組換えによってそれを修復する。この相同組換え反応は、RecA、Rad51、DMC1と呼ばれるタンパク質によって触媒される。この反応では、これらのタンパク質が一方のDNAに結合し、もう一方のDNA上の類似した配列を探索・認識して配列を交換する。我々の疑問は、約30億塩基対のゲノムDNAからどのようにして類似した配列を探索・認識するのかということであった。このメカニズムを明らかにするために、我々はDNA上の分子を1分子レベルで観察する最新の顕微鏡技術と、コンピュータ・シミュレーションを用いた。その結果、類似した配列の探索のための配列比較は3塩基ずつ行われていることが明らかになった。また、このメカニズムが実験の対象となったすべての生物で保存されていることが明らかになった。現在、このメカニズムの利点を探るために更に研究を重ねている。

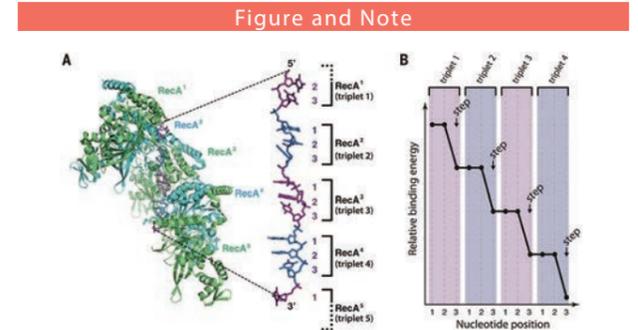


図1: RecAフィラメントの構造と作業仮説
(A) RecAフィラメントの構造。1本鎖DNAに複数のRecAが結合している。RecAフィラメントが相同配列を探索・認識する。(B) 3塩基ずつ比較すると仮定した時に予想されるエネルギー地形。

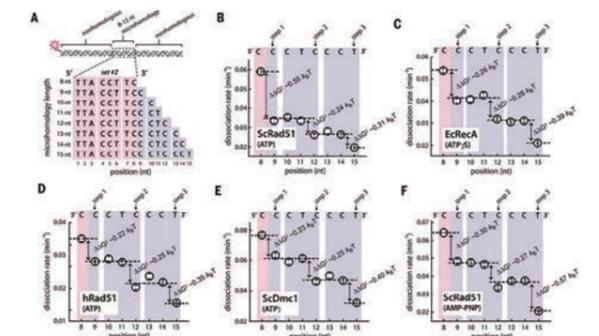


図2: 実験で得られた自由エネルギー地形
(A) 実験に使用した2本鎖DNAの配列。(B-F) 実験で得られたエネルギー地形。図1Bと一致することから、3塩基ずつ比較するという作業仮説が正しいことが明らかになった。それぞれのプロットは別の生物種のタンパク質を用いて得られた結果である。



Soldiers in the Greene lab

コロンビア大学のEric Greene研究室では、光学顕微鏡を用いてタンパク質とDNAの相互作用を1分子レベルで観察しています。私達の目標は、遺伝情報のキャリアとして重要なDNAの修復・維持メカニズムを1分子レベルで明らかにすることです。この目標に向けて、生化学、生物物理学、遺伝学、ナノテクノロジー、コンピュータの専門家が協力して「戦って」います。

内部セントロメア—シュゴシンネットワークは染色体不安定性を防止する

The inner centromere–shugoshin network prevents chromosomal instability



渡邊 嘉典 Yoshinori Watanabe
東京大学 分子細胞生物学研究所 染色体動態研究分野 教授

丹野 悠司 Yuji Tanno
東京大学 分子細胞生物学研究所 染色体動態研究分野 助教

進 寛明¹ 川村 美雪¹ 梶村 春彦² 本田 貴史¹

¹ 東京大学 分子細胞生物学研究所 染色体動態研究分野

² 浜松医科大学 病理学第一講座

左から丹野 悠司、渡邊 嘉典

Contact

渡邊 嘉典 E-mail: ywatanab@iam.u-tokyo.ac.jp
所在地: 113-0032 東京都文京区弥生 1-1-1
URL: http://www.iam.u-tokyo.ac.jp/watanabe-lab/watanabe_lab/Home.html

細胞のがん化につながる染色体不安定性の分子メカニズムの解明

ヒトの正常細胞では46本の染色体が安定に維持されているのに対して、がん化した細胞では染色体の異数性が頻繁に見られることが知られている。細胞分裂のときの染色体分配の異常は、染色体数およびゲノムの不安定性を誘発し、細胞のがん化およびその悪性化を促進すると考えられている。この染色体の分配異常を引き起こす分子機構については、種々の可能性が指摘されていたが、その主要な分子機構は分かっていなかった。私たちの研究グループは、染色体分配異常を示すがん組織由来の細胞株の多くで、染色体のセントロメアの特異的な制御機構インナーセントロメア・シュゴシン(ICS)ネットワークが不安定になっていることを見出した。重要なことに、それらのがん細胞株の多く(9株中7株)でICSネットワークの安定性を人工的に回復させたところ、染色体分配の間違いが抑圧されることが実験的に証明された。本研究は、細胞のがん化の鍵となるゲノムの不安定性を引き起こす普遍的な分子機構を明らかにした可能性が高く、制がん剤の開発に新たな方向性を与える成果といえる。

Figure and Note

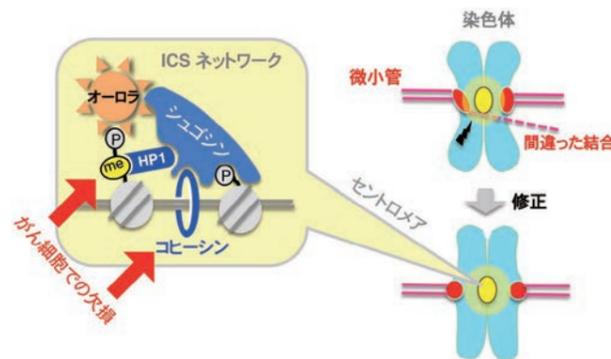


図: ICSネットワーク
コヒーシンと(ヒストンH3K9のメチル化に結合して局在する)HP1が、直接シュゴシンと結合してICSネットワークの安定性を支えている。がん細胞株の多くで、これらの安定化経路に欠損が見られる。

基礎研究からヒトの病気の原因解明

東京大学 分子細胞生物学研究所 染色体動態研究分野では、真核生物の染色体分配の基本原則(実に多くのおもしろい基本原則があるので、そこには!)を分子レベルで解き明かすことを目的として研究を進めています。研究材料は、分裂酵母、マウス、ヒト培養細胞を用いています。私たちの基礎研究の成果は、ヒトのダウン症の原因解明およびがん細胞の発生のメカニズムの解明に大きく貢献しています。



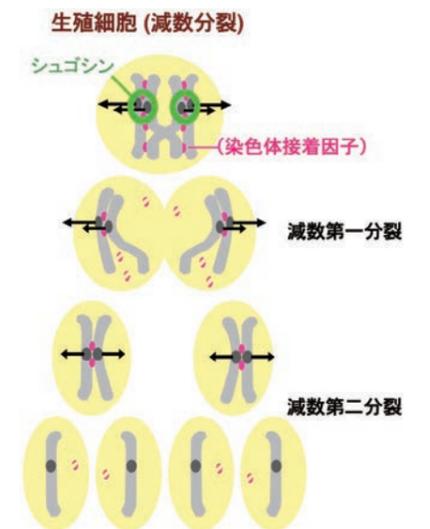
染色体分配の守り神シュゴシン

東京大学 分子細胞生物学研究所 渡邊 嘉典

生物の遺伝情報(ゲノム)は細胞内に存在する染色体の中に収められています。細胞分裂の際はこの染色体が受け継がれていくことで、自分の体もしくは子孫に遺伝情報が伝えられます。自分の体の細胞(体細胞)の分裂過程では、複製した染色体(姉妹染色分体)を均等に同じ数だけ娘細胞に分配します。一方、子孫を残すための生殖細胞では、染色体を半数に減らすことにより精子や卵子といった配偶子が作られ、配偶子が受精により合体することで、完全な数の染色体をもつ子孫が生まれます。染色体を正確に半分減らす過程は減数分裂と呼ばれます。

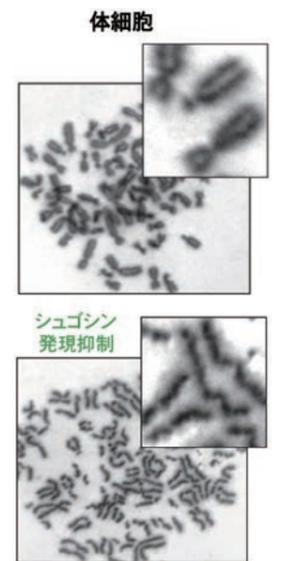
減数分裂とシュゴシン

減数分裂は2回の連続する核分裂からなり、体細胞分裂に比べて、父親と母親由来の対応する染色体(相同染色体)を分離する過程(還元分裂)が1回多く行われ、続く2回目の分裂で姉妹染色分体が分けられ半数の染色体をもつ配偶子が作られます。減数分裂が正常に行われるためには、1回目の分裂で姉妹染色分体が離れないように染色体の中心部分(セントロメア)の接着を守ることが重要であることが知られていました。2004年に、私たちのグループは、酵母を用いた研究により生殖細胞でこの染色体のセントロメアが離れないように守るタンパク質、シュゴシン(守護神)を発見しました¹。このタンパク質に損傷があると、減数分裂の1回目の分裂で動原体の接着が離れてしまい、2回目の分裂の染色体分配がでたらめになってしまいます。減数分裂の染色体分配様式がすべての生き物の生殖細胞で保存されていることから、シュゴシンの発見およびその解析結果は、酵母のみならずヒトにもあてはまることが判明しました。ヒトの生殖細胞でのシュゴシンの欠損は異常な減数分裂を引き起こし、不妊症あるいはダウン症などを誘起する可能性が考えられます。



シュゴシンの先祖

また、増殖分裂する体細胞においてもシュゴシン類似タンパク質(シュゴシンの先祖)があることが分かり、体細胞においても染色体分配を間違いなく行うために、シュゴシンが染色体のセントロメアで重要な働きを持っていることが分かりました。ヒトの細胞では、分裂時に染色体が高度に凝縮する過程で、染色体の腕部が分離し、セントロメアでは接着が維持されます。すなわち、染色体がXの形になりますが、この染色体のセントロメアでの接着を維持するのがシュゴシンだったというわけです。実際、体細胞でシュゴシンを不活性化すると染色体がバラバラに分かれてしまい、紡錘体(スピンドル)上で整列することなく細胞は死滅してしまいます。さらに私たちの研究から、シュゴシンは、セントロメアの接着を保護する機能以外に、スピンドル微小管と染色体の結合を調整するオーロラキナーゼをセントロメアに集める役割を持っていることが明らかになりました。この真核生物に保存されたセントロメアにおける染色体分配制御の中核機構を、インナーセントロメア・シュゴシン(ICS)ネットワークと名付けました²。そして、今回の研究から、細胞のがん化の鍵となるゲノムの不安定性を引き起こす普遍的な分子機構として、ICSネットワークの欠損がクローズアップされました。



¹ TS. Kitajima et al., *Nature* 427, 510-517 (2004). ² Y. Watanabe, *Nat. Rev. Mol. Cell Biol.* 13, 370-382 (2012).

cGAMPを封入したウイルス粒子が自然免疫シグナルを伝達する

Transmission of innate immune signaling by packaging of cGAMP in viral particles



佐藤 毅史 Takeshi Satoh

INSERM U932, Immunity and Cancer Unit, Institut Curie
(現 東京大学 医科学研究所 システム免疫学社会連携研究部門 特任准教授)

Matteo Gentili¹ Joanna Kowal¹ Mercedes Tkach¹ Xavier Lahaye¹ Cécile Conrad¹
Marilyn Boyron² Bérangère Lombard³ Sylvère Durand⁴ Guido Kroemer⁴ Damarys Loew³
Marc Dalod² Clotilde Théry^{1,5} Nicolas Manel^{1,5,6}

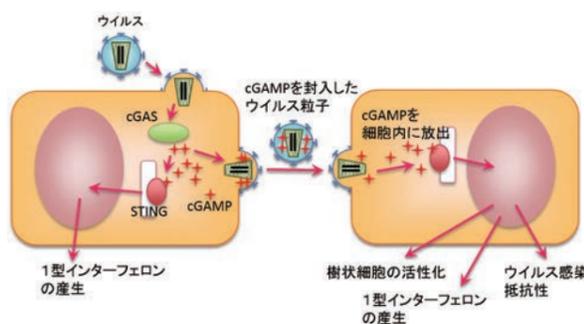
¹ INSERM U932, Immunity and Cancer Unit, Institut Curie
² Centre d'Immunologie de Marseille-Luminy, Aix Marseille Université UM2, INSERM U1104, CNRS UMR7280
³ Laboratoire de Spectrométrie de Masse Protéomique, Institut Curie
⁴ Metabolomics and Cell Biology Platforms, Gustave Roussy Comprehensive Cancer Institute
⁵ Labex Dendritic Cell Biology (DCBIOL)
⁶ Labex Vaccin Research Institute (VRI)

Contact E-mail : tsatoh@ims.u-tokyo.ac.jp
所在地 : 108-8639 東京都港区白金台4-6-1
URL : http://www.ims.u-tokyo.ac.jp/sysimm/index.html

免疫シグナルがウイルス粒子をハイジャック

動物の体はウイルス等の病原体から身を守るために様々な自然免疫受容体を駆使して病原体の侵入を監視している。cGASは細胞内DNAセンサーの一つで、感染したHIV由来のcDNAやDNAウイルスのゲノムDNAを認識し、セカンドメッセンジャー 2'3'-cyclic GMP-AMP (cGAMP)を合成する。cGASにより合成されたcGAMPはSTINGに結合し、1型インターフェロンの産生を誘導し、周囲の細胞をウイルス感染に対し抵抗できる状態へと変化させる。このように他の細胞に免疫シグナルを伝達する物質として1型インターフェロンのようなサイトカインが知られていたが、今回の発見では、cGAS発現細胞にウイルスが感染すると、cGAMPの合成が誘導され、ウイルス複製時にcGAMPを封入したウイルス粒子が形成されることが明らかになった。このように形成されたウイルス粒子は、他の未感染細胞に感染すると細胞内にcGAMPを放出し、1型インターフェロンの産生やウイルス感染抵抗性を誘導する。この現象は宿主の免疫系が感染してきたウイルスをハイジャックしウイルス感染を抑える新たな免疫シグナル伝達機構であり、新たな治療法やワクチンの開発にも繋がると考えられる。

Figure and Note



図：ウイルス粒子を介したcGAMP伝達モデル
ウイルス感染後、cGASにより合成されたcGAMPは複製されたウイルス内に封入される。ウイルス粒子によりcGAMPが他の細胞に運ばれ、細胞内に放出された後、1型インターフェロンの産生や樹状細胞の活性化、ウイルス感染抵抗性を誘導する。



Human Innate Immunity group, INSERM U932, Institut Curie

Institut Curieはパリ中心部、5区のパリ第1大学やCollège de Franceが集まる「カルチュ・ラタン」とも呼ばれる学生街に位置し、細胞生物学やがん研究など基礎研究からトランスレーショナルリサーチまで様々な分野の研究が行われています。Nicolas Manel博士を中心とするHuman Innate Immunity groupでは、HIVを始めとするウイルスがヒトの免疫システムをどのように活性化するかをヒトの細胞を利用し解析を進めています。研究所内でのコラボレーションも活発に行われ、異分野との融合による新たな発見を身近に体験することができます。

作動するミトコンドリアタンパク質搬入口の分子構造

Molecular architecture of the active mitochondrial protein gate



左から遠藤 斗志也、塩田 拓也

遠藤 斗志也 Toshiya Endo

京都産業大学 総合生命科学部 教授

塩田 拓也 Takuya Shiota

Biomedicine Discovery Institute and Department of Microbiology, Monash University

今井 賢一郎¹ Jian Qiu² Victoria L. Hewitt³ Khershing Tan³ Hsin-Hui Shen³ 崎山 則征¹
深沢 嘉紀¹ Sikander Hayat⁴ 神谷 恵⁵ Arne Elofsson⁴ 富井 健太郎¹ Paul Horton¹
Nils Wiedemann^{2,6} Nikolaus Pfanner^{2,6} Trevor Lithgow³

¹ 産業技術総合研究所 創薬基盤研究部門
² Institut für Biochemie und Molekularbiologie, ZBMZ, Universität Freiburg
³ Biomedicine Discovery Institute, Department of Microbiology, Monash University
⁴ Department of Biochemistry and Biophysics and Science for Life Laboratory, Stockholm University
⁵ 名古屋大学大学院 理学研究科
⁶ BIOS Centre for Biological Signalling Studies, Universität Freiburg

Contact 遠藤 斗志也 E-mail : tendo@cc.kyoto-su.ac.jp
所在地 : 603-8555 京都市北区上賀茂本山
URL : http://endolab.jp/wp/

ミトコンドリアタンパク質の膜透過装置の構造をマッピング

ミトコンドリア外膜のTOM複合体は、約1,000種類ものミトコンドリアタンパク質の入り口として機能する「タンパク質専用の外膜透過装置」である。今回、*in silico*の構造予測と*in vivo*部位特異的光架橋法を組み合わせて、TOM複合体のサブユニット間相互作用をマッピングし、複合体の全体構造を明らかにした。複合体の中心サブユニットTom40がつくる円筒構造の内側は、前駆体タンパク質が外膜を透過するための通り道として機能し、プレ配列を持つ親水性前駆体およびプレ配列を持たない疎水性前駆体用に、別々に最適化された通り道が用意されていた。Tom40のN末端領域は円筒構造内を貫通して膜間部側でシャペロンタンパク質を集め、疎水性前駆体を効率良く受け渡していた。さらにTOM複合体には3分子のTom40から成る完成型と、2分子のTom40から成る準備型の2つの状態があり、それらを可逆的に変換することで新しいTom40を古いTom40と入れ替え、完全な機能をもつ複合体を維持していることが示唆された。こうして、TOM複合体が多様な前駆体タンパク質を効率よく取り込むための膜透過装置として働く構造的基盤がはじめて明らかになった。

Figure and Note

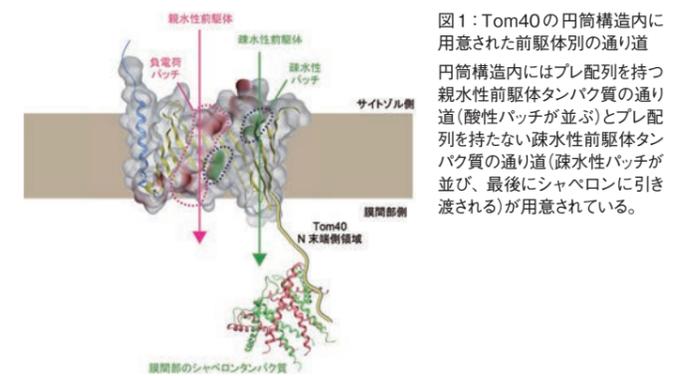


図1：Tom40の円筒構造内に用意された前駆体別の通り道
円筒構造内にはプレ配列を持つ親水性前駆体タンパク質の通り道(酸性パッチが並ぶ)とプレ配列を持たない疎水性前駆体タンパク質の通り道(疎水性パッチが並び、最後にシャペロンに引き渡される)が用意されている。

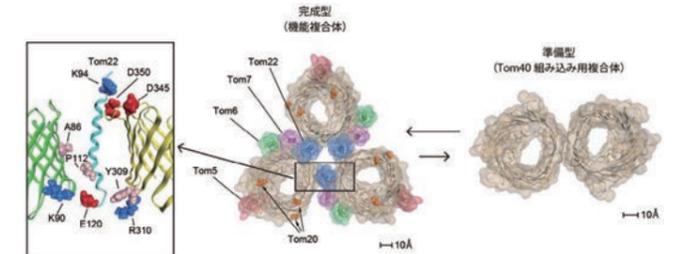


図2：TOM複合体は完成型と準備型の間を変換する
Tom40は相互作用するサブユニットを変化させて、二量体の準備型(右)と三量体の完成型(中)の二つの状態を可逆的に変換する。三量体における詳細なTom40-Tom22間相互作用マッピング(左)も示す。

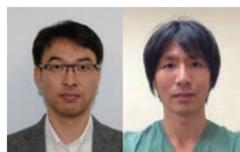
ミトコンドリアをタンパク質と脂質から自在に作り出したい

ミトコンドリアは細胞内でゼロからは作られず、既存のミトコンドリアが拡大・分裂することで増えます。そのプロトコルは、DNAの遺伝情報には直接書き込まれていません。ミトコンドリアという構造そのものが鋳型として機能していると言えるでしょう。京産大の遠藤研究室では、ミトコンドリアという構造体がタンパク質と脂質からどのように作られるか、その手順と仕組みの解明をめざしています。その先には健康なミトコンドリアを自在に増やすことで細胞を元気にさせる道が開けるかもしれません。

写真：日本科学未来館でのオープンラボ活動

側坐核は 脊髄損傷後の運動機能回復に 関与している

Function of the nucleus accumbens in motor control during recovery after spinal cord injury



左から西村 幸男、澤田 眞寛

西村 幸男 Yukio Nishimura
生理学研究所 認知行動発達機構研究部門 准教授
総合研究大学院大学 生理科学専攻 准教授
科学技術振興機構さきがけ

澤田 眞寛 Masahiro Sawada
生理学研究所 認知行動発達機構研究部門 特別共同研究員
京都大学 医学部 脳神経外科
(現 滋賀県立成人病センター)

加藤 健治^{1,2} 國枝 武治³ 三國 信啓⁴ 宮本 享³ 尾上 博隆⁵ 伊佐 正^{1,2}

¹ 生理学研究所 認知行動発達機構研究部門

² 総合研究大学院大学

³ 京都大学医学部 脳神経外科

⁴ 札幌医科大学 脳神経外科

⁵ 理化学研究所 ライフサイエンス技術基盤研究センター 生体機能評価研究チーム

Contact

西村 幸男 E-mail: yukio@nips.ac.jp
所在地: 444-8585 岡崎市明大寺町字西郷中38
U R L: http://www.nips.ac.jp/hbfp/

澤田 眞寛 E-mail: masahirosawada1@gmail.com

脊髄損傷のサルで、 機能回復に重要な役割を果たす脳部位を発見

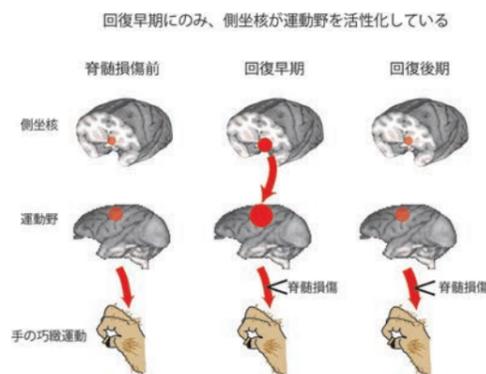
意欲を高く持つことで中枢神経損傷後のリハビリテーションの効果が上がることは臨床の現場では知られているが、その神経機序は明らかではない。これまで意欲を制御するといわれている側坐核は、四肢の運動機能に直接の関係はないと思われてきた。この研究では、脊髄を損傷したサルにおいて、運動機能の回復の途中に側坐核から四肢の運動を制御する大脳皮質の運動野へ活動の伝達があることをつきとめた。さらに、その側坐核から運動野への信号伝達の役割を明らかにするために、薬理的に側坐核を不活性化したところ、損傷からの回復の早期において、いったん回復していた手指の巧緻な運動が障害され、運動野における神経活動が減弱することがわかった。これらのことから、脊髄の損傷からの回復の早期においては、側坐核は運動野における高い周波数帯域の電気的な活動を促進することにより手指の運動を制御し、機能の回復に貢献していることが明らかにされた。脳梗塞を経験したある神経内科医は脳梗塞後の運動には「意思の力」を高めることが必要になると記述しており、これらのことから脳脊髄損傷後のリハビリテーションには、心理学的なサポートも重要であると考えられる。



身体運動の巧みさを探るためのアプローチ

私たちの研究チームは高等な動物特有の「精緻な身体運動の制御機構」を解明することを目指して、脳脊髄損傷の機能回復機序、ブレインコンピュータインターフェイス技術を利用した人工神経接続による機能再建、心と身体運動を繋ぐ神経基盤の解明、それに加えて実際に自分でスポーツして巧みさを実感することにより、神経回路と行動を繋ぐ因果関係を証明することに挑戦しています。

Figure and Note



図：回復早期に、側坐核が運動野を活性化する
脊髄損傷前や脊髄損傷から完全回復した後では、手の運動を実行するために、側坐核の活動は必要とされていない。ところが、脊髄損傷の機能回復早期では側坐核によって活性化された運動野の活動が、手の運動機能回復を支えている。

シロイヌナズナの二次細胞壁での セルロース合成酵素の可視化

Visualization of cellulose synthases in *Arabidopsis* secondary cell walls



出村 拓 Taku Demura

奈良先端科学技術大学院大学 バイオサイエンス研究科 植物代謝制御研究室 教授

Yoichiro Watanabe^{1,2} Miranda J. Meents^{1,2} Lisa M. McDonnell² Sarah Barkwill² Arum Sampathkumar³ Heather N. Cartwright⁴ David W. Ehrhardt^{4,5} Anne L. Samuels¹ Shawn D. Mansfield²

¹ Department of Botany, University of British Columbia

² Department of Wood Science, University of British Columbia

³ Division of Biology and Biological Engineering, California Institute of Technology

⁴ Department of Plant Biology, Carnegie Institution for Science

⁵ Department of Biological Sciences, Stanford University

Contact

E-mail: demura@bs.naist.jp
所在地: 630-0192 奈良県生駒市高山町8916-5
U R L: http://bsw3.naist.jp/demura/

足の速いセルロース合成酵素が 木質バイオマスをつくる

植物の細胞壁の主要な成分であるセルロースは、細胞表面を動き回るセルロース合成酵素によってつくられる。セルロースは木材や紙・パルプなどの木質バイオマス、そして、綿繊維として利用されているが、なかでも木質バイオマスのセルロースは地球上の存在量が多いことから、将来のバイオ燃料としての注目度も高い。木質バイオマスのセルロースの生合成は、通常の植物では体の内側にある木部でおこるために詳細な解析が難しく、その生合成のしくみについての理解は遅れているのが現状である。本研究では、筆者らが開発した「木質バイオマスセルロースの生合成を植物の表面(表皮細胞)で人為的におこす技術」と共同研究者であるカナダ国プリティッシュコロンビア大学と米国カーネギー研究所が開発した「セルロース合成酵素を可視化する技術」を組み合わせることで、木質バイオマスのセルロース合成の動きを詳細に解析した。これにより、木部細胞においては、他の細胞よりも、セルロース合成酵素の密度が高く、その動き(足)が速いことが判明した。植物が進化の過程で、このような盛んなセルロース合成の能力を手に入れたことが植物の地上での繁栄につながったと推測される。

Figure and Note

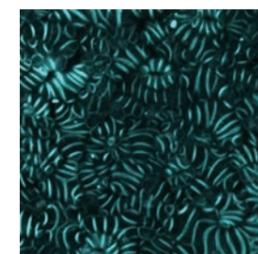


図1:シロイヌナズナの子葉表皮細胞で人為的に合成された木質バイオマス

筆者らはこれまでに、木質細胞の分化のマスター遺伝子として植物特有のNAC型転写因子であるVND7を見出している。この遺伝子を利用して、シロイヌナズナなどの様々な植物の表皮細胞で人為的に木質細胞の分化をおこすことができる。

(写真: 奈良先端科学技術大学院大学・竹中悠人氏提供)

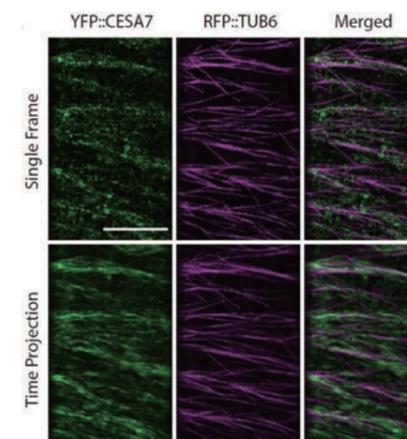


図2: 木質バイオマスのセルロース合成酵素の可視化

人為的な木質細胞分化の過程で発見させたセルロース合成酵素CESA7と蛍光タンパク質YFPの融合タンパク質を観察したところ、その密度と速度が他の細胞よりも速いことが判明した。

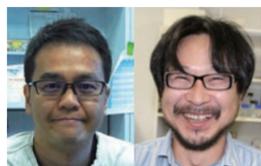
国際共同研究が生み出した成果

奈良先端科学技術大学院大学 バイオサイエンス研究科 植物代謝制御研究室では、2011年から文部科学省運営交付金特別経費のプロジェクト「国際共同研究と連動したバイオ・ナノ・IT分野大学院教育の国際展開イニシアティブ」の支援を受けて、カナダのプリティッシュコロンビア大学と「植物細胞壁生合成メカニズムの解明」に向けた共同研究を進めてきました。これまでに、延べ40人以上の双方の学生や教員が両大学を訪問してのセミナーやワークショップによる交流や長期滞在での研究活動の実績を積み重ねました。本論文の第一著者であるYoichiro Watanabe氏はカナダ生まれの日系カナダ人でプリティッシュコロンビア大学のSamuels教授とMansfield教授の大学院生ですが、2012年の秋に1ヵ月間、本学に滞在して著者らの研究技術を学んだことが今回の研究成果につながりました。今後もこういった国際共同研究から素晴らしい成果が生まれてくると期待しています。



構造機能解析によりストライガの高感度ストリゴラクトン受容体が同定された

Structure-function analysis identifies highly sensitive strigolactone receptors in *Striga*



藤 茂雄 Shigeo Toh
Postdoctoral fellow, Cell and Systems Biology, University of Toronto
土屋 雄一郎 Yuichiro Tsuchiya
名古屋大学トランスフォーマティブ生命分子研究所 (WPI-ITbM) 特任准教授
Duncan Holbrook-Smith¹ Peter J. Stogios^{2,3} Olena Onopriyenko² Shelley Lumba¹
Alexei Savchenko² Peter McCourt¹

左から藤 茂雄、土屋 雄一郎

¹ Cell and Systems Biology, University of Toronto
² Department of Chemical Engineering and Applied Chemistry, Banting and Best Department of Medical Research, University of Toronto
³ Center for Structural Genomics of Infectious Diseases, contracted by National Institute of Allergy and Infectious Diseases, National Institutes of Health

Contact 藤 茂雄
E-mail: s.toh@utoronto.ca
所在地: 25 Willcocks Street, Toronto M5S 3B2, Canada
U R L: http://www.mccourtlab.com

土屋 雄一郎
E-mail: yuichiro@itbm.nagoya-u.ac.jp
所在地: 464-8602 名古屋市中種区不老町
U R L: http://www.itbm.nagoya-u.ac.jp/ja/members/y-tsuchiya/

根寄生植物ストライガのストリゴラクトン受容体を同定

ストリゴラクトン (SL) は内生の植物ホルモンであり、分化、菌類との相互作用、そして根寄生植物が宿主植物を認識し、発芽を決定するのに重要なはたらきを担う。アフリカで猛威を振るうストライガとよばれる根寄生雑草による農業被害は年間1兆円に及ぶとされている。その発芽の機構を明らかにするため、ストライガのもつSL受容体11個の遺伝子を、モデル植物のシロイヌナズナに導入し、その生理活性を調べた。その結果、非寄生植物の1万倍に相当する高感受性の1つを含む、4つの重要なSL受容体の同定に成功した。さらに、受容体タンパク質の結晶構造を解析した結果、ストライガのもつSL受容体はSLの結合するポケットのサイズが大きく形も異なっており、これにより宿主によって異なる様々なSLに応答できるよう進化した可能性が考えられた。さらに、この超高感受性のストライガのSL受容体を用いて、SLの簡易的なバイオアッセイ系の開発にも成功した。この研究成果は、ストライガのもつSL受容体についての理解を促進し、将来的には、ストライガの発芽を制御する化合物の開発や耐性をもつ品種の育種への応用が考えられ、アフリカにおける食糧問題の解決への貢献が期待される。

Figure and Note

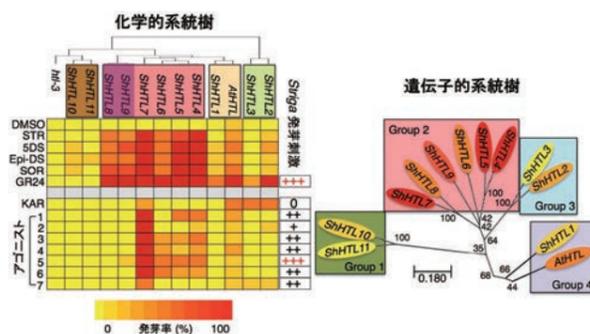


図1: ストライガのSL受容体の機能解析
ストライガの11個のSL受容体(横軸)。赤いところがそれぞれの化合物(縦軸)によく応答していることを表している。化学的な反応と遺伝子の類似性が似ていることが明らかになった。

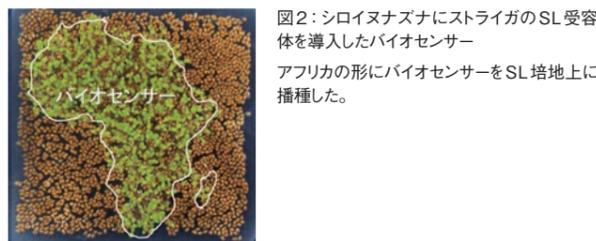


図2: シロイヌナズナにストライガのSL受容体を導入したバイオセンサー
アフリカの形にバイオセンサーをSL培地上に播種した。



ストライガの防除は世界を救う?

ストライガの発芽を誘導する化合物(ストリゴラクトン)の研究は1966年にC. E. Cookらによって *Science* に報告されました。それから49年後の2015年にストライガのストリゴラクトン受容体に関する論文が3報立て続けに同じく *Science* に報告されました。このように連続と続く研究の一部に自分も少しでも貢献できて光栄です。この冊子の読者の皆さんの中にこの先を引き継ぐ人がいるかもしれません。いつの日か、よろしく願います。最後に、カナダのトロントは安全で住みやすいところ(寒さを除けば...)。まずは夏に遊びに来てみてください! 英語の壁は若さと笑顔で乗りきれ!

写真: トロント大学のキャンパスからみたCNタワー

イオンゲートにより電界誘起された2次元超伝導体における金属的基底状態

Metallic ground state in an ion-gated two-dimensional superconductor



左から齋藤 優、笠原 裕一、岩佐 義宏、野島 勉

齋藤 優 Yu Saito
東京大学大学院 工学系研究科 物理工学専攻 博士課程
笠原 裕一 Yuichi Kasahara
京都大学大学院 理学研究科 物理学専攻 准教授
岩佐 義宏 Yoshihiro Iwasa
東京大学大学院 工学系研究科
附属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
野島 勉 Tsutomu Nojima
東北大学 金属材料研究所 准教授
Jianting Ye
Zernike Institute for Advanced Materials, University of Groningen

Contact
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/
野島 勉
E-mail: nojima@imr.tohoku.ac.jp
所在地: 980-8577 仙台市青葉区片平2-1-1
U R L: http://itsd.imr.tohoku.ac.jp/

極めて薄くきれいな超伝導体の不思議な性質

電気抵抗がゼロになる超伝導は、高度に量子力学的な現象であるとともに、電力消費なく電気を流すことができるため、基礎から応用にわたる広い範囲で研究が続けられている。さらに、次世代の量子デバイス実現へ向け、超伝導薄膜の物性を解明することが求められている。しかし、従来の手法では、不純物や欠陥といった乱れを避けられず、理想的な2次元超伝導体の本質には追えない状況が長く続いていた。ところが今世紀に入ると、MBE、CVD、機械的剝離法、異種材料界面形成などの方法によって原子層レベルの厚みしかない単結晶超伝導体が次々に合成されるようになってきた。本研究グループは、高品質単結晶表面に電界効果によって超伝導を誘起するという手法を用いて、初めて乱れのない極薄膜超伝導体の物性にアプローチした。その結果、きれいな2次元超伝導体では、非常に大きな量子揺らぎのため、磁場中でゼロ抵抗を維持することができなくなってしまうことが分かった。つまり、今回の研究で、超伝導体をきれいにすればするほどゼロ抵抗になりにくくなるという、2次元超伝導体特有の不思議な性質が初めて明らかになった。

Figure and Note

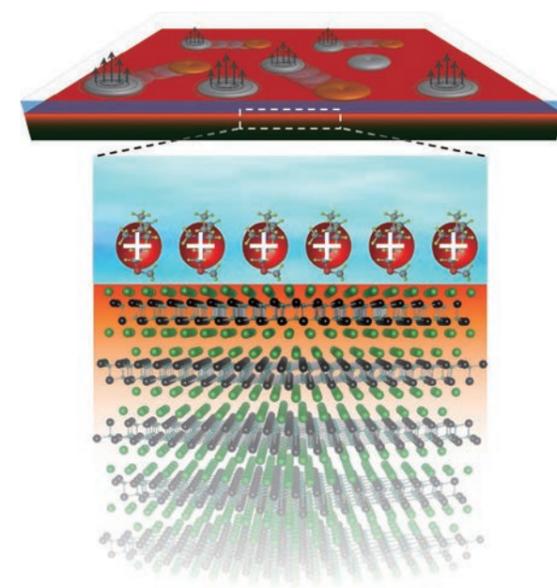


図: 電界誘起超伝導の模式図
イオン液体を高品質単結晶表面の上にのせた、電気二重層トランジスタ構造の様子。表面1-2層(約1ナノメートル)に電荷がたまり、低温で超伝導状態になる。磁場中では量子化された磁束が量子揺らぎにより運動する。

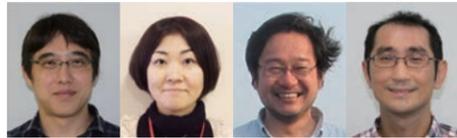
異なる専門グループの融合から新たなブレイクスルーを目指す

新物質の発見は、必ずしも物質合成の専売特許ではありません。例えば、フラーレンの発見者は星間分子の専門家、カーボンナノチューブの発見者は電子顕微鏡の専門家で、日常的に物質合成を行っている研究者ではありませんでした。同じように新しい現象の発見は、その道の専門家だけに限られたものではありません。異なる分野の意外なコラボレーションが、新しいブレイクスルーのきっかけになることが多々あります。我々のグループは、多様な物質、デバイス構造、界面などを組み合わせた物質・機能の開拓を目指して研究しています。現在は、リチウムイオン電池の基礎である電気化学の原理を用いた物性物理の開拓、特に2次元物質の新機能開発に取り組んでいます。



マウスの生殖能力に必須な精子カルシニューリンは男性避妊薬の標的となりうる

Sperm calcineurin inhibition prevents mouse fertility with implications for male contraceptive



左から宮田 治彦、柴 小菊、稲葉 一男、伊川 正人

宮田 治彦 Haruhiko Miyata
大阪大学 微生物病研究所 遺伝子機能解析分野 助教

伊川 正人 Masahito Ikawa
大阪大学 微生物病研究所 遺伝子機能解析分野 教授

佐藤 裕公¹ 増子 大輔^{1,2} 武藤 真長^{1,3} 野澤 香織^{1,2} 柴 小菊⁴
藤原 祥高¹ 磯谷 綾子⁵ 稲葉 一男⁴

¹ 大阪大学 微生物病研究所 ⁴ 筑波大学 下田臨海実験センター
² 大阪大学大学院 医学系研究科 ⁵ 大阪大学 免疫学フロンティア研究センター
³ 大阪大学大学院 薬学研究科

Contact

宮田 治彦 E-mail : hmiya003@biken.osaka-u.ac.jp
所在地 : 565-0871 大阪府吹田市山田丘 3-1
U R L : http://www.egr.biken.osaka-u.ac.jp/

伊川 正人 E-mail : ikawa@biken.osaka-u.ac.jp

精子の鞭毛運動のわずかな異常が不妊につながる

シクロスポリン A (CsA) と FK506 は臓器移植後の拒絶を抑える免疫抑制剤として広く用いられている。これら薬剤は脱リン酸化酵素であるカルシニューリンを阻害することによって免疫機能を抑制しているが、マウスやラットを用いた毒性実験では、オスの生殖能力も低下することが知られていた。我々は、免疫細胞で機能するカルシニューリンとは異なる、精子特異的に存在するカルシニューリンを同定し、精子カルシニューリンと命名した。精子カルシニューリンを欠損したマウスを作製すると、オスマウスは精子尻尾の一部(中片部)が屈曲できないために不妊になった(図1)。精子運動の様子をスロー再生ビデオで見ても違いに気づく人はいないほどのわずかな異常である。また CsA や FK506 を正常な雄マウスに2週間投与しても、KO マウスと同様に精子中片部が屈曲できずに不妊になった(図2)。投与を中止すると1週間で生殖能力は回復した。これらのことから免疫抑制剤を投与すると精子カルシニューリンが阻害されることがオスの生殖能力が低下する一因であることが分かった。免疫抑制剤の観点から考えるとオスの生殖能力低下は副作用だが、もし精子カルシニューリンを特異的に阻害できれば、短期間で効果があり可逆的な男性避妊薬の開発に繋がる可能性がある。

Figure and Note

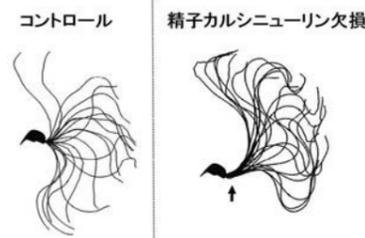


図1: 運動中の精子尻尾の経時的変化
精子カルシニューリンを欠損した精子では、中片部(矢印)だけが屈曲しなくなる。

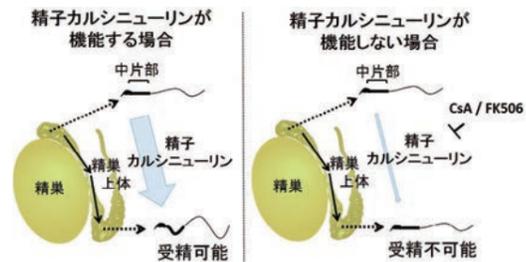


図2: 精子カルシニューリンの機能
精子カルシニューリンが機能する場合: 精巣上体移行中に精子中片部が屈曲可能になる。精子カルシニューリンが機能しない場合: 精子中片部が屈曲可能にならず、精子は卵子と受精できない。



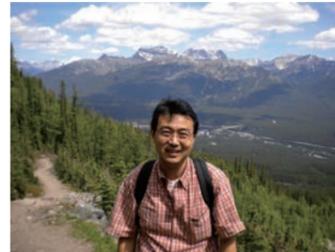
個体レベルでの遺伝子機能解析

疾患の発症機構を理解するためには、試験管内や培養細胞を用いた研究だけでなく、個体レベルで高次生命現象を理解する必要があります。精巣で特異的に発現しているにもかかわらず欠損しても不妊にならない遺伝子が数多く存在します。その一方で、今回の論文のように生殖能力に必須な遺伝子も存在します。そのような遺伝子を見つけるために遺伝子改変動物を日々作製中です。ゲノム編集技術や発生工学を駆使した新しい遺伝子機能解析ツールの開発も行っています。

写真: 大阪大学 微生物病研究所 遺伝子機能解析分野研究室 (2015年7月)

カゴメ・ハイゼンベルグ反強磁性体におけるギャップをもったスピン液体基底状態の証拠

Evidence for a gapped spin-liquid ground state in a kagome Heisenberg antiferromagnet



今井 卓 Takashi Imai
Professor, Department of Physics & Astronomy, McMaster University
Senior Fellow, Canadian Institute for Advanced Research

Mingxuan Fu¹ Tian-Heng Han^{2,3} Young S. Lee^{4,5}

¹ Department of Physics and Astronomy, McMaster University
² James Franck Institute and Department of Physics, University of Chicago
³ Materials Science Division, Argonne National Laboratory
⁴ Department of Physics, Massachusetts Institute of Technology
⁵ Department of Applied Physics and Department of Photon Science, Stanford University and SLAC National Accelerator Laboratory

Contact

E-mail : imai@mcmaster.ca
所在地 : 1280 Main Street West, Hamilton, Ontario L8S 4M1, Canada
U R L : http://www.physics.mcmaster.ca/~imai/

カゴメ格子ハイゼンベルグ反強磁性体のギャップをもったスピン液体基底状態

水を摂氏零度以下に冷却すると液体から固体への相転移が起きると同様に、超交換超相互作用が働いている反強磁性体を低温に冷却すると一般に「ネール状態」への磁気相転移が発生する。一旦、ネール状態に転移するとスピンの揺らぎは抑制され、スピンの方向が確定した状態になる。ネール状態への転移を起さず、低温でもスピンの揺らぎ続けるサラサラとした「量子スピン液体」と呼ばれる状態の存在は古くから理論的に予言され、この数十年間その存在の確認が実験的に追求されてきた。局在電子スピンの正三角形の角に規則的に並んだ「カゴメ格子」は低エネルギー磁気状態に強い縮退があるため、量子スピン液体状態が発生する可能性が高いと永年信じられてきた。我々は核磁気共鳴法を用いてハーバートスミスサイトと呼ばれるカゴメ格子物質の磁気帯磁率の測定に成功し、全スピンの量子スピン液体状態が基底状態であることを証明した。また、基底状態と励起状態の間には有限のエネルギーギャップが存在することも発見した。

Figure and Note

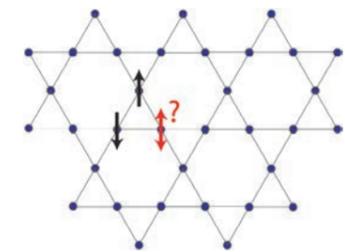


図1: 局在電子スピンの規則的に配列したカゴメ格子
超交換超相互作用は電子スピンを反平行にする傾向がある。正三角形の角にある3個のスピンを同時にすべて互いに反平行にはできないため、カゴメ格子上のスピンは低温でも揺らぎ続ける。

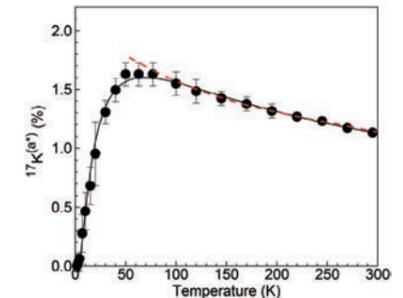
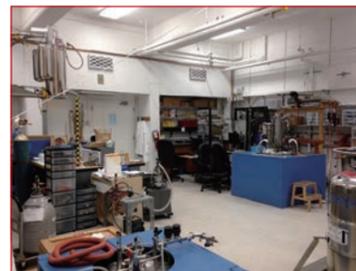


図2: カゴメ格子ハイゼンベルグ反強磁性体の磁気帯磁率
核磁気共鳴法で測定したカゴメ格子上に配列された電子スピン1/2の磁気帯磁率。低温でゼロに漸近する帯磁率は、ギャップを持つ全スピンゼロの量子スピン液体基底状態の存在を示す。



マクマスター大学 低温物性 核磁気共鳴 研究室

フォノンやマグノンの測定を可能にした非弾性中性子散乱法の開発で1994年にノーベル物理学賞を受賞したブロックハウス教授以来、マクマスター大学は固体物理の研究に伝統のある大学です。五大湖のひとつであるオンタリオ湖畔にあってのんびりしており、あまり他国ではやらない、狙った研究をきっちり腰を落ち着けて実行するのに向いています。大学院生の数と比べて装置が常時余っているので、訪問研究者も歓迎します。

(1) 火星探査計画 MAVEN により太陽からの惑星間コロナ質量放出に対する火星大気の応答を観測した

MAVEN observations of the response of Mars to an interplanetary coronal mass ejection

(2) 火星探査計画 MAVEN のディープ・ディップ・キャンペーンにより、火星の熱圏と電離圏における変動現象を明らかにした

Early MAVEN Deep Dip campaign reveals thermosphere and ionosphere variability



関 華奈子 Kanako Seki

東京大学大学院 理学系研究科 地球惑星科学専攻 教授

(1) B. M. Jakosky¹ J. M. Grebowsky² J. G. Luhmann³ et al.

¹ Laboratory for Atmospheric and Space Physics, University of Colorado, Boulder

² NASA/Goddard Space Flight Center

³ University of California at Berkeley

全著者リスト: <http://www.sciencemag.org/content/350/6261/aad0210.abstract>

(2) S. Bougher¹ B. Jakosky² J. Halekas³ et al.

¹ CLaSP Department, University of Michigan

² Laboratory for Atmospheric and Space Physics, University of Colorado, Boulder

³ Department of Physics and Astronomy, University of Iowa

全著者リスト: <http://www.sciencemag.org/content/350/6261/aad0459.abstract>

Contact

E-mail: k.seki@eps.s.u-tokyo.ac.jp

所在地: 113-0033 東京都文京区本郷7-3-1

URL: http://www.s.u-tokyo.ac.jp/ja/lp/seki_kanako/

(1) 太陽からのコロナ質量放出が大気流出を大きく増加させることを発見

火星には過去に海が存在し、地球型生命の生存に適した温暖湿潤な気候を持っていたことが、近年の火星探査により明らかになりつつある。一方で、現在の火星は海を持たず寒冷乾燥した気候の惑星であり、この劇的な気候変動を引き起こしたメカニズムの理解は、地球型惑星が生命居住可能な表層環境を持つ条件を理解する上で重要な課題となっている。このような気候変動を引き起こすには、温室効果ガス(二酸化炭素)を大量に宇宙に逃がす必要があるが、それを実現する物理メカニズムはよくわかっていない。理論的には様々な仮説が提案されてきたが、どれも一長一短で、確実に大量の二酸化炭素を流出させられるメカニズムは不明なのが現状である。

2015年3月、太陽面爆発に起因する惑星間空間へのコロナ質量放出(ICME)に伴った高速・高密度の太陽風が火星に到達した。火星探査機 MAVEN は、この ICME 通過時の火星大気流出を詳細に観測し、流出量が通常時よりも10倍以上に増加することを発見した。今よりも活発だった過去の太陽活動を考え合わせると、この結果は、火星における劇的な気候変動を理解するために、太陽風変動への応答を調べることが不可欠であることを示している。

(2) 火星超高層大気のダイナミックな変動

火星探査機 MAVEN の近火点が太陽直下点付近にくるのに合わせ、高度125kmまで観測高度を下げるキャンペーン観測を行い、火星の超高層大気の様子を捉えることに成功した。予想以上に変動に富む観測結果は火星大気の上層結合の重要性を示しており(図)、今後、下層大気が大気流出に与える影響の研究が進むと期待される。上述の温室効果ガスの流出メカニズム解明に関連しては、上層大気において高度の低いところに留まっていた逃げにくい二酸化炭素を上空に輸送する効果がある可能性を示唆しており、今後のデータ蓄積による定量的調査が待たれる。



Frontiers of Space Physics

人類のフロンティアの一つである宇宙空間はどのような世界なのだろうか? 惑星に探査範囲を拡げることで見てきた、惑星環境の普遍性と多様性はどのようなメカニズムでつくり出されているのだろうか? こうした問いを追求する Space Physics は宇宙時代の幕開けとともに急速に発展した学問分野であり、私達の研究グループでは、宇宙に普遍的なプラズマ現象の理解、宇宙天気現象の研究、地球型惑星からの大気流出とハビタブル環境に与える影響の研究を重点的に行っています。このために、ジオスペース探査計画 ERG、水星探査計画 BepiColombo、火星探査計画 MAVEN、宇宙プラズマ探査計画 MMS などの宇宙科学ミッションに参画して、国際共同研究を進めています。写真: MAVEN チーム写真(打ち上げ前日にロケットとともに米国ケープカナベラル空軍基地にて)。

Figure and Note

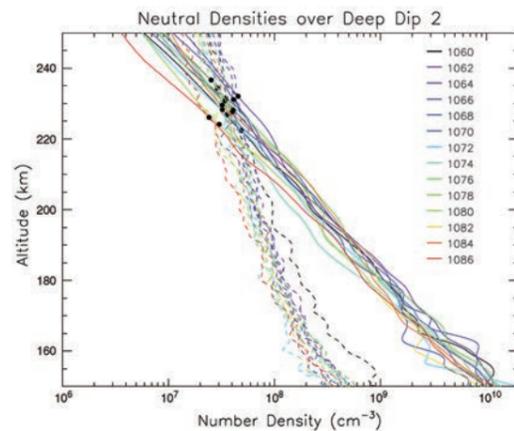


図: MAVEN が観測した密度高度分布の変動

高度150~250kmの火星熱圏における酸素(点線)と二酸化炭素(実線)の密度高度分布。各色が MAVEN の一周回に対応しており、周囲毎に変動するとともに、特に低高度部分で大気波動を示唆する波状変動が捉えられている。

二酸化炭素はどこに消えた? ~火星気候変動のなぜ

東京大学大学院 理学系研究科 関 華奈子

私達の住む太陽系には4つの地球型惑星があります。太陽に近い4惑星、すなわち水星、金星、地球、火星です。このうち、水星を除く3惑星には大気がありますが、その性質によって惑星の環境は大きく異なります。地球は表面の約70%を海に覆われた水惑星であり、適度な大気圧と温室効果ガスを含む大気が、温暖湿潤で地球型生命が生存可能な(ハビタブルな)環境に保っています。これに対し、地球とほぼ同じ大きさを持つ金星の表面大気圧は約90気圧、大気成分は二酸化炭素(CO₂)で、表面気温が400℃を超える灼熱の世界です。一方、火星は金星と同じCO₂大気を持ちながら大気圧は地球の1%以下で、火星表面には寒冷で乾燥した世界が広がっています。

このように、現在は全く異なる表層環境を持つ金星、地球、火星ですが、進化の過程でいつどのように異なる道を進むことになったのかは、よくわかっていません。ハビタブルな環境の指標として一般に用いられるのは、液体の水が長期間安定して存在できるかどうかということです。じつは、金星は最近(約2億年前)までハビタブルな環境を持っていた可能性が理論的に指摘されています。また、火星も約40億年前には、表層に海をたたえた温暖湿潤な気候を持っていたことが探査によりわかりつつあります。



約40億年前の火星表層環境の想像図(上図)と現在(下図)の比較。現在の寒冷で乾燥した気候とは対照的に、火星は過去には1気圧以上のCO₂大気と温暖湿潤な気候を持っていたと考えられている。

消えた二酸化炭素

2015年9月、米航空宇宙局(NASA)は、現在の火星表層に液体の水が流れている証拠を確認したと発表しました。水と長期間の接触がないと生成されない含水鉱物の発見や、流水があったことを示す地形など、近年の多角的な火星探査によって、火星には約40億年前には「海」があり、現在も地下にまだかなりの量のH₂O(氷または水)が残っていることがわかってきました。その一方で、過去の温暖湿潤な気候を維持するのに不可欠であったと考えられている大量の温室効果ガス(CO₂)の行方はよくわかっていません。地球では、かつて大気中にあった大量のCO₂は、炭酸塩の岩石として存在しています。しかし、これまでの火星探査の結果、火星の地表付近には十分な量の炭酸塩は見つかりませんでした。地下に貯蔵できないのであれば、もう一つの可能性は、宇宙空間に逃がすことです。しかし、CO₂は分子量が比較的大きく、上層大気では高度の低いところに留まっているので、宇宙空間に大量に逃がすのは簡単なことではありません。これまでの理論は一長一短で、専門家の意見が一致するような、たしかにCO₂を大量に散逸させられたらというメカニズムは解明されていません。

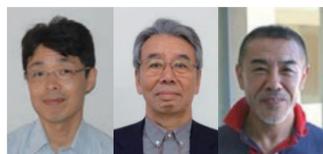
惑星がハビタブルかどうかを予測する

2015年11月、火星探査機 MAVEN は、CME(coronal mass ejection)と呼ばれる太陽からの大量の質量放出(通常とは違う太陽風の変動)に伴って、流出する大気イオンの量が大きく変動することを初めて観測しました。このことから、謎であったCO₂の散逸メカニズムを解明できるかも知れないという道筋が見えつつあります。太陽光によってイオン化された電離大気の散逸は、太陽風磁場や惑星磁場の影響も大きく受けます。過去の火星の劇的な気候変動の時期が、火星のグローバルな固有磁場喪失の後にあたることも、今のところ因果関係は示されていませんが、面白い一致です。

近年、多くの太陽系外惑星が発見され、地球型惑星も見つかっています。発見された惑星の表層環境がハビタブルかどうかを知るには、その大気の組成や循環を知ることが重要です。火星は風化作用が弱いので、過去の気候変動の地質学的痕跡と照らしあわせながら、大気散逸と惑星環境変動の関係を探ることができそうです。火星で得られつつある知見は、将来、系外惑星の表層環境を予測する手がかりを与えてくれることでしょう。

ヒト赤血球バンド3の陰イオン交換ドメインの結晶構造

Crystal structure of the anion exchanger domain of human erythrocyte band 3



左から小林 拓也、濱崎 直孝、岩田 想

小林 拓也 *Takuya Kobayashi*

京都大学大学院 医学研究科 分子生体統御学講座 分子細胞情報学分野 准教授

濱崎 直孝 *Naotaka Hamasaki*

長崎国際大学薬学部 臨床検査学研究室 客員教授

岩田 想 *So Iwata*

京都大学大学院 医学研究科 分子生体統御学講座 分子細胞情報学分野 教授

荒川 孝俊¹ 小林(万木) 貴美¹ Yilmaz Alguet² 岩成 宏子³ 波多江 日成子⁴ 岩田 茂美² 阿部 義人⁵ 日野 智也¹
寿野 千代¹ 隈 博幸⁴ 康 東天⁶ 村田 武士¹ 浜窪 隆雄³ Alexander D. Cameron²

¹ 京都大学大学院 医学研究科

² Division of Molecular Biosciences, Membrane Protein Crystallography group, Imperial College London

³ 東京大学 先端科学技術研究センター

⁴ 長崎国際大学薬学部

⁵ 九州大学大学院 薬学研究院

⁶ 九州大学医学部 臨床検査医

Contact

小林 拓也 E-mail : t-coba@mfour.med.kyoto-u.ac.jp
所在地 : 606-8501 京都市左京区吉田近衛町
U R L : http://cell.mfour.med.kyoto-u.ac.jp/

酸素センサーとして働く

赤血球の膜タンパク質の立体構造を解明

ヒトの血液に含まれる赤血球は、酸素を肺から体内(組織)に運ぶという生命の維持に重要な役割を担っている。赤血球のヘモグロビンという色素は、酸素の多い肺で酸素と結合し(二酸化炭素を放出)、酸素が少ない組織で酸素を放出する。このように、赤血球が酸素を必要としている組織に効率的に酸素を運搬するためには、赤血球が血液中の酸素濃度を的確に感知する必要がある。これを感知するのが赤血球の「バンド3」という膜タンパク質である。バンド3は、赤血球の膜タンパク質の3分の1を占め、その量からも重要性は推測できる。血液中に放出された二酸化炭素は、赤血球の膜を透過し、赤血球中の炭酸脱水酵素によって重炭酸イオン(HCO₃⁻)と水素イオン(H⁺)に変換される(図1)。次いで、バンド3は、この重炭酸イオン(電荷を持ったイオンは直接膜を透過できない)を外に放出し、血液中の塩素イオン(Cl⁻)を取り込む「交換輸送」を行う。その結果、赤血球内ではpHが下がり、ヘモグロビンに酸素の放出を促す。即ち、赤血球はバンド3を介して、二酸化炭素の多い組織で重点的に酸素を供給することができる。今回、我々は抗体技術を活用して、バンド3の三次元構造を解明することに成功した(図2)。



2004年、インペリアル大学ロンドンの岩田研究室に留学したばかりの小林(万木) 貴美(左)と小林拓也(右)

1997年、九州大学臨床検査医学講座のメンバー、下段左から康東天、濱崎直孝、隈博幸(4番目)

Figure and Note

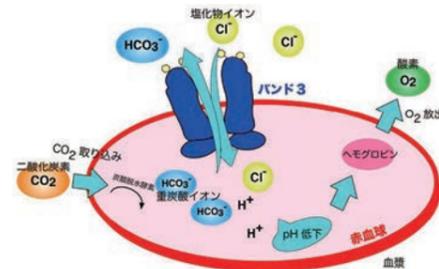


図1: 赤血球におけるバンド3の生理機能

赤血球バンド3は二酸化炭素から変換された重炭酸イオンを介して酸素の少ない場所では酸素を放出する酸素センサーとして働く。また、赤血球の形態変化にも関与しており、複数の機能を兼ね備える。

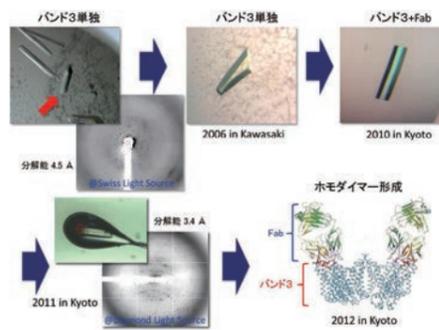


図2: ヒト赤血球陰イオントランスポーター(バンド3)の構造解析に向けた変遷
英国でスタートしたバンド3の結晶化は分解能が上がらず、抗バンド3抗体(Fabフラグメント)を結合させたバンド3の結晶化を開始する。その後、重原子同位置換(SIRAS)法により位相を決定する。

研究は一期一会、先人の思いを次世代へと繋げる醍醐味

1974年、濱崎らは、解糖系の中間体で高エネルギー化合物ホスホエノールピルビン酸(PEP)が、赤血球膜に存在するバンド3を介して輸送されるという(それまでの常識を覆す)現象に出会い、バンド3の構造解析を目指しました。2004年にGPCRの構造解析を目指して岩田研(当時インペリアル大学ロンドン)で研究を始めた私と家内は、バンド3の結晶化をスタートしました。2015年、ようやく見えてきたバンド3の構造も新たな課題を生み、次の世代へとその難問は受け継がれます。

YBa₂Cu₃O_{6.67}における強磁場下電荷密度波の3次元化

Three-dimensional charge density wave order in YBa₂Cu₃O_{6.67} at high magnetic fields



左から野尻 浩之、松澤 智、安村 光正

野尻 浩之 *Hiroyuki Nojiri*

東北大学 金属材料研究所 磁気物理学研究部門 教授

S. Gerber¹ H. Jang² 松澤 智³ 安村 光正³ D. A. Bonn^{4,5} R. Liang^{4,5}
W. N. Hardy^{4,5} Z. Islam⁶ A. Mehta² S. Song⁷ M. Sikorski⁷ D. Stefanescu⁷
Y. Feng⁷ S. A. Kivelson⁸ T. P. Devereaux¹ Z.-X. Shen^{1,8} C.-C. Kao⁹
W.-S. Lee¹ D. Zhu⁷ J.-S. Lee²

¹ Stanford Institute for Materials and Energy Science,

SLAC National Accelerator Laboratory and Stanford University

² Stanford Synchrotron Radiation Lightsource,

SLAC National Accelerator Laboratory

³ 東北大学 金属材料研究所

⁴ Department of Physics & Astronomy, University of British Columbia

⁵ Canadian Institute for Advanced Research, Toronto

⁶ The Advanced Photon Source, Argonne National Laboratory

⁷ Linac Coherent Light Source, SLAC National Accelerator Laboratory

⁸ Geballe Laboratory for Advanced Materials,

Departments of Physics and Applied Physics, Stanford University

⁹ SLAC National Accelerator Laboratory

Contact

E-mail : nojiri@imr.tohoku.ac.jp
所在地 : 980-8577 宮城県仙台市青葉区片平2-1-1
U R L : http://www.hfpm.imr.tohoku.ac.jp

超強磁場により

高温超伝導体の電子が3次元的に固まる

液体空素で動く高温超伝導体は、エネルギー伝達への応用、医療機器や加速器の超伝導磁石の置き換えを目指して、開発競争が続けられている。超伝導状態では、物質中の電子は電気抵抗を受けず、するすると物質中を動き回りますが、2012年、Y系高温超伝導体において、電子が動けない静的に固化した電荷の波(電荷密度波)を作り、それが磁場でより強固になることが見出されて以来、その起源に多くの研究者が頭を悩ませてきた。金属材料研究所のグループは、独自開発した医療用MRIの数倍の強磁場を発生する超小型のパルス磁場発生装置を用いて、超伝導体に超強力な磁場を短時間加えて超伝導状態を抑制し、瞬間的に強度を増す電荷密度波の信号を、磁場と同期した超高輝度のX線自由電子レーザーで、直接捉えることに成功した。その結果、これまで予想されていたのとは異なり、電荷秩序の波が3次元に固化することを発見した。この全く予想外の新現象は、これまで報告された高温超伝導体における電子の局在に関する様々な実験の間での不一致を解消することでその全貌の解明に指針を与えるものである。

Figure and Note

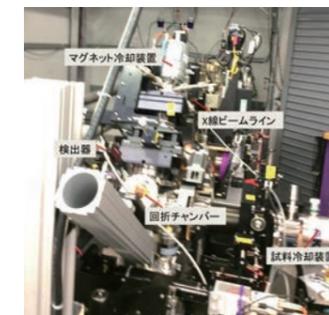


図1: 超強磁場X線自由電子レーザー回折装置
スタンフォード研究所におけるパルス磁場ーパルスX線レーザー回折装置。図右上から入射した超強力なX線が、中央にあるチャンバーに入射され、それと同期してパルス磁場が超伝導体に印可される。

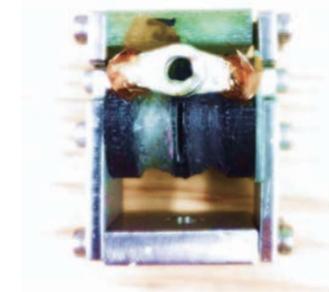
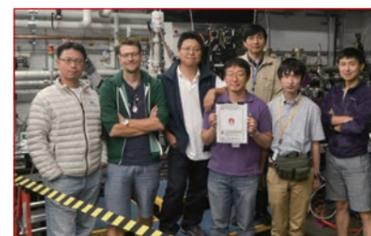


図2: 超小型強力パルス磁石
東北大学が開発した、X線自由電子レーザー用のパルス磁場コイル。小型化することで、X線レーザー装置への組み込みを可能にした。X線は、中央のスリットからコイル中心に入射される。

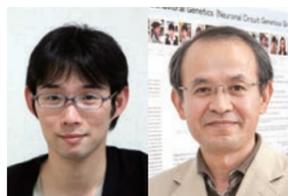
空飛ぶマグネット、電源、そして研究室

新しい飛躍は、未知の技術と人の出会いからはじまります。強磁場による超伝導や磁性研究、超強力なX線、中性子線、テラヘルツ波利用研究は、それぞれ長い歴史をもっています。我々は、この2つを融合させて、新しい実験科学の地平を拓いています。そのために、世界最先端のビーム施設で使える強磁場装置を開発し、世界中の研究者と協力してきました。我々のマグネット、電源、そして研究室は、今日も世界中を飛んでいます。



発生起源が同一である神経細胞がマウスにおいてレム/ノンレム睡眠および覚醒を制御している

Cells of a common developmental origin regulate REM/non-REM sleep and wakefulness in mice



左から林 悠、糸原 重美

林 悠 Yu Hayashi

筑波大学 国際統合睡眠医科学研究機構 准教授
科学技術振興機構さきがけ 研究員

糸原 重美 Shigeyoshi Itohara

理化学研究所 脳科学総合研究センター 行動遺伝学技術開発チーム チームリーダー

柏木 光昭¹ 安田 光佑² 安藤 れい子² 鹿糠 実香¹ 酒井 一弥³

¹ 筑波大学 国際統合睡眠医科学研究機構

² 理化学研究所 脳科学総合研究センター 行動遺伝学技術開発チーム

³ Integrative Physiology of the Brain Arousal System, Lyon Neuroscience Research Center, INSERM U1028-CNRS UMR5292, School of Medicine, Claude Bernard University Lyon 1

Contact

林 悠 E-mail: hayashi.yu.fp@u.tsukuba.ac.jp
所在地: 305-8575 茨城県つくば市天王台 1-1-1
URL: http://hayashi.wpi-iis.tsukuba.ac.jp/index.html

糸原 重美 E-mail: sitohara@brain.riken.jp
所在地: 351-0198 埼玉県和光市広沢 2-1
URL: http://bgshige.brain.riken.jp/indexj.html

発生的アプローチによりレム睡眠の仕組みと意義を発見

哺乳類の睡眠は、レム睡眠とノンレム睡眠という2つの異なるステージから成る。夢を生じるレム睡眠は、その役割が脳科学の最大の謎の一つであった。また、レム睡眠とノンレム睡眠の間を切り替えるメカニズムについてもよく分かっていなかった。今回私たちは、マウス胎児の、特定の細胞系譜を遺伝学的に標識し、生後にその神経活動を操作するという新規のアプローチにより、レム睡眠からノンレム睡眠への切り替えを担うニューロンを同定した。また、同じ細胞系譜から生じ、隣接する位置へ配置されるニューロンが、睡眠から覚醒への切り替えを担うことも明らかにした。さらに、本発見を活かし、外部からの刺激によらないレム睡眠の操作法を確立した。その結果、レム睡眠には、徐波とよばれる、記憶の形成や脳の機能の回復において重要な神経活動を、ノンレム睡眠中に誘発する役割があることも明らかとなった。この作用を介して、レム睡眠が脳の発達や学習に貢献している可能性が示唆された。

Figure and Note

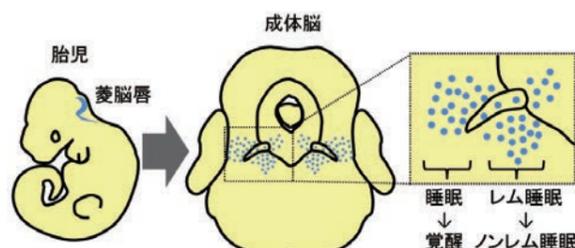


図1: レム睡眠からノンレム睡眠への切り替えを司る神経細胞の同定
胎生期に菱脳脊と呼ばれる部位で生まれた神経細胞が、レム睡眠からノンレム睡眠への切り替えを担うことを見出した。さらに、菱脳脊からは、覚醒を誘導する神経細胞も生まれることが判明した。

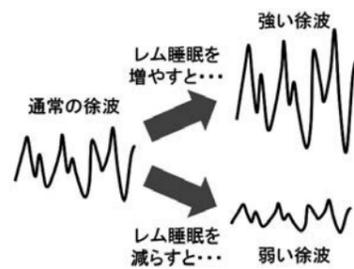


図2: レム睡眠はノンレム睡眠中の徐波を促進
レム睡眠を人為的に操作する実験から、レム睡眠の意義の一端が明らかとなった。



「夢」の力で病気の治療に挑む

レム睡眠中は、脳の場所によっては、覚醒時よりも血流や神経活動の量が上昇し、鮮明な夢を生じます。また、レム睡眠は新生児期に多く現れます。さらに、レム睡眠がノンレム睡眠の徐波を高めると今回の私たちの発見を踏まえすと、レム睡眠は、睡眠の質ひいては脳の状態を若く健康に保つ効果があると期待されます。レム睡眠の操作が可能となったことで、今後はレム睡眠による神経疾患等の治療効果を検証したいと思えます。

分子軌道による電荷移動と結合した集団励起モードを直接観測する

Direct observation of collective modes coupled to molecular-orbital driven charge transfer



左から石川 忠彦、腰原 伸也、羽田 真毅

石川 忠彦 Tadahiko Ishikawa

東京工業大学大学院 理工学研究科 物質科学専攻 助教

腰原 伸也 Shin-ya Koshihara

東京工業大学大学院 理工学研究科 物質科学専攻 教授
CREST, JST

羽田 真毅 Masaki Hada

Max Planck Institute for the Structure and Dynamics of Matter, Center for Free Electron Laser Science
東京工業大学 応用セラミックス研究所
PRESTO, JST(分子技術と新機能創出)
(現 岡山大学大学院 自然科学研究科 助教)

Stuart A. Hayes^{1,2} Sercan Keskin^{1,2} Gastón Corthey^{1,2} Kostyantyn Pichugin¹ Alexander Marx^{1,2}
Julian Hirscht^{1,2} 塩沼 健太³ 恩田 健⁴ 沖本 洋一³ 山本 貴⁵ Hengbo Cui⁶ 野村 光城⁶ 大島 勇吾⁶
Majed Abdel-Jawad⁶ 加藤 礼三⁶ R. J. Dwayne Miller^{1,2,7}

¹ Max Planck Institute for the Structure and Dynamics of Matter, ⁴ JST-PRESTO

² Center for Free Electron Laser Science

³ Hamburg Centre for Ultrafast Imaging, University of Hamburg

⁵ 愛媛大学大学院 理工学研究科

⁶ 理化学研究所 分子物性研究室

⁷ Departments of Chemistry and Physics, University of Toronto

Contact

石川 忠彦 E-mail: tishi@chem.titech.ac.jp
所在地: 152-8551 東京都目黒区大岡山 2-12-1-H-61
URL: www.cms.titech.ac.jp/~koshihara/member/ishikawa/

分子が変形する様子を2兆分の1秒刻みでコマ撮り撮影

光を当てる事で、色や電気の流れやすさなど物質自体の特性を変化させれば、光の速さかつ非接触での情報伝達記録や遠隔機器操作など、様々な応用が期待できる。そのような物質候補として、局所的な構造変化により電気の流れやすさが変わる分子性結晶を取り上げ、その動作機構の解明を目指している。このために、光照射後、どのような速さ、かつ順番で状態変化が進むかを、スローモーション再生のように、特に原子分子が物質中で動く速さであるピコ秒(10⁻¹²秒)の時間分解能で見ることが重要である。超高速光スペクトル測定により、状態変化の途中経過の観察に成功したが、そのスペクトル変化の意味を理解する事は難しく、結晶中での原子分子の位置変化(構造変化)を直接見たいと考えた。そこで、ミラー教授グループとの共同研究により、ピコ秒よりも短い時間幅を持つパルス電子線源を用いた高速度電子線回折測定(コマ撮り撮影)を行った。この結果から「分子動画」を作成、結晶中での原子分子の動きを「直接」見ることに成功した。これにより、光スペクトル変化で得た電気の流れるメカニズムの変化と、「分子動画」で見た構造変化の密接な関連性が明瞭になり、また、そこで起きている分子の動きは、少数の特徴的な動き方で代表される事もわかった。

Figure and Note

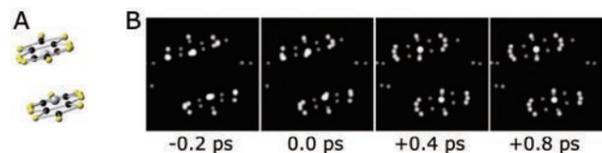


図: パルス電子線回折測定から得られた「分子動画」
A: 光励起前のPt(dmit)₂分子の並び方の模式図。B: 電子線回折像を解析して作成した、各遅延時間におけるPt(dmit)₂分子の並び方。Aの模式図と同じ方向から見ており、白い球体が各原子を表す。各遅延時間で原子位置が異なり、分子が動いている様子が見てとれる。



光で、高速に物質の状態を変える、調べる

今回は、「分子動画」を作成し、結晶中での原子分子の動きの可視化に成功しました。光スペクトル測定の結果と「分子動画」との見事な一致具合は、測定解析した我々自身が驚く程で、今回用いた手法の確かさと可能性を示しています。しかし、観測された現象の意味は、まだ完全に理解できていません。同様の測定を様々な物質について行う事で、光で効率良く状態を変えたり、新しい状態を作り出す為の指針を得ることを目指しています。
本論文の電子線回折測定は国際共同研究でしたが、共著の一人である羽田が現在日本国内で同様の性能の装置を立ち上げ稼働しています(左図)。

Science 投稿について

Scienceは、最先端の研究成果を記載した独創的な科学論文や、その論評と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。しかし掲載されるのは、幅広い関心を集め革新的な概念を提示する真に重要な論文のみで、掲載率は10%に落ちません。

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、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語以内もしくは誌上5頁まで。構成はアブストラクト、Introduction、図表(6点以下)、本文(セクションごとに短い見出しを付ける)、参考文献(40件以内)。Materials and Methodsに相当する部分や、他の情報をSupplementary Material(SOM)に含めることも可。

Reports: 重要性、速報性の高い研究報告。2,500語以内もしくは誌上3頁まで。構成はアブストラクト、Introduction、図表(4点以下)、参考文献(30件以内)。Materials and Methodsに相当する部分や、他の情報をSupplementary Material(SOM)に含めることも可。

Reviews: 科学研究の新たな展開についての総説。6,000語以内で図表は4~6点、参考文献は100件以内。構成はアブストラクトと要点をまとめたIntroduction、簡潔な見出しと未解決の問題に関するアウトラインから構成される。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。LetterとComment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点可)。アブストラクトを別途含めること。

Books or Media Review: 最新の書籍、マルチメディア、展示会、映画の論評。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)。

Education Forum: 大学進学前~大学院における科学教育に関する記事。約2,000語。

Letter: 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、オンラインでコメントとして掲載される可能性がある。

Comments: Science掲載記事に対するコメント。その記事の掲載直後にのみ投稿を受け付ける。該当記事(full-text)のページから投稿し、受理されたものはそのページ内に表示される。コメントの投稿時には次の規約に従う必要がある:
<http://comments.sciencemag.org/terms>

Technical Comments: 過去6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)。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程は、初回投稿(New 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/>

Guidelines for Preparing a New Manuscript:

<http://www.sciencemag.org/authors/instructions-preparing-initial-manuscript>

Guidelines for Preparing a Revised Manuscript:

<http://www.sciencemag.org/authors/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下さい。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必ず投稿前にご確認ください。

Editorial policies: <http://www.sciencemag.org/authors/science-editorial-policies>

投稿時の画面では、タブを切り替えることにより以下のフォームにご記入をお願いします。

1. 著者名: すべての著者の氏名、電話番号、E-mailアドレス。Corresponding authorを1名選ぶ。

2. 原稿の情報:

- 原稿の種類
- 記事のタイトル(96字以内)
- カバーレター
- 希望する担当編集者
- 資金提供者

3. 査読者: 希望する査読者の氏名、所属機関、E-mailアドレス/希望しない査読者(5名まで)

4. 原稿のアップロード:

- 初回投稿では、Microsoft Wordの1ファイルで(図表も含め)原稿全体を作成するのが望ましい。SOMはWordまたはPDFの1ファイルで添付する。25MBを超えるサイズの前稿は投稿不可。

- SOM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としてアップロードする。これも上限は25 MB。

- 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。

- その他必要に応じて次の関連資料をアップロードすること(その場合、カバーレターに記載): 査読に必要な資料やデータ、図表の使用許可、物質移動合意書(MTA)。

上記内容を十分に確認の上投稿して下さい(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ください。

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、審査担当の編集委員会が掲載するかどうかを評価します。編集者は同委員会の意見を考慮します。受理(accept)に至ら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。

編集委員会の評価を通過した論文は、2名以上の匿名外部査読者により詳細な査読(peer review)を受けます。査読者には論文送付前に連絡をとり、2週間以内の返却を求めています。迅速な評価が必要な論文の場合には、審査の過程を大幅に短縮することもあります。採用された論文は、精度や明解さの向上、または長さの調整のため必要に応じて

編集されます。関心度の低さ、あるいは有益性の乏しさを理由に不採用となった場合、再投稿は受け付けておりません。

投稿および査読のプロセスは完全に電子化されています。投稿はオンライン投稿システム(前述)経由で行われ、Eメールや郵送による投稿は受け付けておりません。審査の進捗状況もオンラインでご確認いただけます。投稿された論文は秘密情報として取り扱われます。審査プロセスも秘密情報の扱いとなるため、査読者の情報などは開示されません。

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、またはScience Advancesでの掲載をお薦めする場合があります。投稿先の変更にも同意された場合、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(<http://science.sciencemag.org/content/early/recent>)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)-1223-326500 (UK)

Fax: (1)-202-289-7562 (USA)

(44)-1223-326501 (UK)

E-mail: science_editors@aaas.org (USA)

science@science-int.co.uk (Europe)



Join AAAS. Get instant access to *Science*. Support all of the sciences.

When you subscribe to *Science*, you become part of the American Association for the Advancement of Science (AAAS), a nonprofit community of more than 120,000 members worldwide who believe in the power of science to make the world a better place. AAAS is hard at work promoting science in government, schools, and in the public commons around the globe.

AAAS's award-winning journal *Science* offers the top peer-reviewed research across multiple disciplines. With your subscription, you'll get:

- 51 weeks of home delivery of *Science*
- Instant online retrieval of every *Science* article ever published, dating back to 1880
- Full access to the *Science* mobile site and apps
- Career advice, webinars, blogs and fascinating features from <http://membercentral.aaas.org/>
- Members-only newsletters, and much more

With increasing public skepticism about science—and public funding for research more uncertain than ever—our work has never been more important. Join hands with us today!

Visit promo.aaas.org/joinaaas. Together we can make a difference.

Science
AAAS

Open access. Open for discovery.



Science Advances, the new open-access journal from AAAS, is now available online. Featuring innovative, multidisciplinary articles, *Science Advances* offers the high quality, peer-reviewed research you expect from the publishers of *Science*—in an open, digital-only format. Read the latest findings and submit your research at scienceadvances.org.

Science Advances
AAAS

ゲノム編集ハンドブック 第二版

ゲノム編集の隅々まで解説、大好評配布中



ゲノム編集ハンドブック

冒頭の広島大学大学院 山本 卓先生のゲノム編集総説をはじめ、大注目の CRISPR/Cas9 システム概論、弊社取扱い製品のプロトコルや FAQ など、今まさに研究者がほしいゲノム編集情報を 1冊にまとめたハンドブックです。

ゲノム編集は「PCRのように多くの研究室で幅広く使われる基盤技術になるだろう」と言われています。



電気泳動
ハンドブック



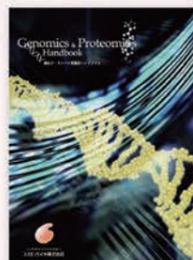
受託サービス
ハンドブック



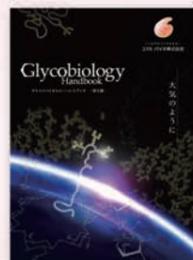
シグナル伝達
ハンドブック



細胞・生体試料
ハンドブック【第2版】

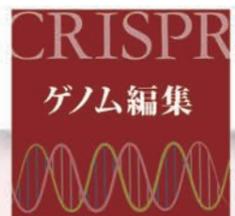


遺伝子・タンパク質操作
ハンドブック



グライコバイオロジー
ハンドブック

ハンドブックのご請求は、弊社 Web サイト「カタログ請求」または、弊社商品取扱い販売店へお願い致します。

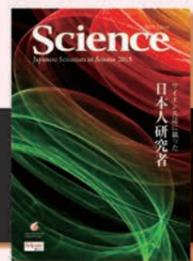


Web サイトにも、「ゲノム編集」の情報がございます！

← コスモ・バイオのトップページ、このアイコンをクリック！



サイエンス誌は、2015 年の「ブレークスルー・オブ・ザ・イヤー」にゲノム編集技術 CRISPR を選定しました。本誌の巻頭に掲載しておりますので、こちらもぜひご覧ください（2 ページ参照）。



人と科学のステキな未来へ
コスモ・バイオ株式会社

化け猫抗体は
ニヤイか・・・

「抗体ひゃっか」
で探すニヤ 

100 万品目以上も抗体があるので、化け猫抗体だってあるかもしれません・・・

抗体百科 Web版

国内最大級の抗体検索サイト

🦋 充実した品揃え！

国内外の抗体供給メーカーから
100 万品目以上の抗体を販売しております。

🦋 圧倒的な国内在庫量で納期短縮！

主要なヒトターゲット約 14,000 種類を在庫しております。

🦋 あなたの抗体も「抗体百科」にエントリー！

お手持ちの抗体を共同販売ブランド「CAC (CosmoBio Antibody Collection)」に
エントリーしませんか？

コスモ・バイオは大学や研究機関由来の抗体製品化もお手伝いしています。

詳しくは…

コスモ 抗体ブランド 

お問い合わせ TEL: (03)5632-9610
URL : <http://www.cosmobio.co.jp/>

人と科学のステキな未来へ
コスモ・バイオ株式会社

コスモ・バイオの抗体百科に Go! www.cosmobio.co.jp

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

www.cosmobio.co.jp