

2017 Issue

Science

Japanese Scientists in *Science* 2016

サイエンス誌に載った
日本人研究者



COSMO BIO CO., LTD.
Inspiration for Life Science

Science
AAAS

このJapanese Scientists in *Science* 2016では、2016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、2017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

2017 年 3 月

Science

Japanese Scientists in *Science* 2016

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 137 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。昨年 *Science* は新たな月刊の姉妹誌として *Science Immunology* と *Science Robotics* を創刊いたしました。前者はもはや医療と切り離せない学問領域となった免疫学、後者は社会でますます大きなインパクトを持つと考えられるロボット工学にフォーカスしたジャーナルです。既存の *Science Signaling*、*Science Translational Medicine* とともに、重要な科学的知見を発信しています。

「サイエンス誌に載った日本人研究者」は 2007 年に創刊され、本年記念すべき第 10 号を迎えることになりました。今回は *Science* に掲載された 54 件の日本人による研究の紹介に加え、*Science* が発表する 2016 年の最も顕著な 10 項目の科学的業績 (Breakthrough of the Year) から、いくつかのトピックを日本語訳で掲載しています。今回トップに選ばれたのは、LIGO 計画によるレーザー干渉計型検出器を用いた重力波の検出です。アルベルト・アインシュタインが 1915 年の一般相対性理論により重力波の存在を予測してから、まさに 100 年の時を経て直接検出に成功したことになります。今後も日本の KAGRA 計画を含め観測や研究が進むことにより、宇宙の新しい姿が明らかになっていくでしょう。その他、驚異的な進歩を遂げる人工知能や新たなシーケンシング技術についてもトピックに挙げられ、本誌の中で紹介しています。

2016 年は、東京工業大学の大隅良典氏がオートファジーの仕組みの解明によりノーベル生理学・医学賞を受賞されました。日本人としては前年の大村智氏、梶田隆章氏に続く快挙です。本誌ではこの快挙を記念して、大隅氏とも縁が深く、オートファジー研究の先駆者のひとりである東京大学の水島昇氏へのインタビューを掲載しています。本インタビューではオートファジー研究の動向に加えて、科学研究の面白さと今後への期待についてもお話を伺いました。大隅氏が受賞会見で語った科学研究への思いとあわせて、若い学生や研究者の方々への強いメッセージが感じられます。

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に立てただけ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 Breakthrough of the Year

時空のさざ波

The cosmos aquiver

Adrian Cho

時空のさざ波「重力波」の発見は、今年の科学界を揺るがした。アルベルト・アインシュタインによる100年前の予測を裏付けるこの発見は、40年にわたる小さなさざ波を探す旅を締めくくるものであった。しかし、話はこれで完結するわけではない。科学者らはこの発見を「重力波天文学」という新たな分野の誕生であるととらえている。

1915年にアインシュタインは、重力が生じるのは巨大な天体が空間と時間、つまり時空を歪めるからであり、その結果として、自由落下する物体は、投げたボールが描く円弧や太陽を周回する惑星が描く楕円軌道のような、曲線軌道を描くと説明した。さらにパーベル状に分布した質量がバトンのように旋回すると、時空にさざ波が発生し、光速で放射状に広がっていくはずだと予測した。これが重力波である。2月11日、「Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory (LIGO: レーザー干渉計重力波天文台)」という米国ワシントン州ハンフォードとルイジアナ州リビングストンに設置された一対の装置で研究を行う物理学者らが、アインシュタインが予測した通りの現象を確認したと発表した。13億光年の遠方で、2つのブラックホールが互いに渦を巻くように回転して衝突し、重力波バーストが発生していたのである。

この偉業は苦難の末に達成されたものだった。アインシュタイン自身も重力波が存在するかどうかについて数十年にわたり結論を出せないでいた。たとえ存在したとしても、アインシュタインが想像しえた唯一の発生源、つまり周回する2つの恒星では、発生する波が弱すぎて検出できなかっただろう。しかし1960年代終わりになると、天体物理学者の間で質量密度がはるかに高い存在が知られるようになった。中性子星の発見を経て、ブラックホール(巨大な恒星が崩壊して無くなったあとに残される超高重力場)の存在が考え出されたのである。こうした物体が互いに渦を巻くように回転すると、理論上観測可能な波が生じる。1972年、米国ケンブリッジにあるマサチューセッツ工科大学の物理学者Rainer Weissは、L字型の干渉計という光学機器で波を検出する計画を立て、後にLIGOとして実現される。LIGOの各干渉計には、全長4キロメートルのアームが2本あり、アームの片方の端には鏡がついて、巨大な真空室に格納されている。レーザー光を2つの鏡の間で反射させることで、アームの長さを陽子の

直径の1万分の1以下の精度で比較することができる。重力波が通過すると、たいていの場合、2本のアームの長さの伸び縮みに違いが生じる。LIGOの研究チームはこの違いを確認したのである。この最初のシグナルと計算によるモデルとがぴったり一致したことから、今回初めて、一般相対性理論として知られるアインシュタインの重力理論が実証された。

現在、物理学者は次に起こる出来事を心待ちにしている。重力波を利用すれば、まったく新しい方法で宇宙のぞき見ることが期待できるからだ。何よりもまず、彼らはさらに多くの出来事を確認したいと考えている。すでにLIGOは2番目となるブラックホールの合体と、3番目となる弱いシグナルを検出している。干渉計は先月再びデータを取り始めており、設計感度に達すれば、ゆくゆくはブラックホールの合体を平均1日1回確認できるようになるだろう。

その他の装置も、この探求にまもなく加わることになっている。イタリアでは改良された検出器「VIRGO」が来年早々に稼働する予定である。日本の物理学者は「Kamioka Gravitational Wave Detector (KAGRA: かぐら、神岡重力波検出器)」を建設中であり、LIGOの物理学者は2020年代前半にインドにも検出器を設置する計画を立てている。3つ以上の検出器を協働させることで、三角測量によって宇宙における発生源の位置をより正確に特定できるはずである。そうすれば複数の望遠鏡を使って1つのイベントに狙いを定め、そこから発せられる他のシグナルを検出できるかもしれない。たとえば、もし重力波検出器で2つの中性子星の合体を感知し、望遠鏡でそこから発せられる光やX線をとらえれば、それらのシグナルを総合することで、中性子星のエキゾチック物質に関する手掛かりが得られる可能性もあるのだ。

こうした検出器を使えば、ブラックホールに関するより大胆なアイデアの検証もできるだろう。量子論では、ブラックホールの中には目に見えない「ファイアウォール」が存在し、ブラックホールへ落ち込んだものをすべて消滅させるとされている。もしそうならば、合体しつつあるブラックホールでは重力波の反射が起こるはずだ、と一部の理論家は予測している。また他の理論家は、回転するブラックホールではアクションという仮説粒子が大量に発生し、そのアクションが一斉に互いを消滅させる結果として重力波が生じる、と推測している。

一方、別の方法で重力波を検出しようとしている天文学者もいる。大きな銀河の中心には、太陽質量の数億倍または数十億倍ある超大質量ブラックホールが潜んでいる。こうした怪物同士が合体すると、数光年の波長をもつ非常に強い波を放射する。LIGOなどの装置が検出できる数千倍の波長である。こうした波を確認するために、天文学者はミリ秒パルサーという宇宙の時計に注目している。

パルサー(自転する中性子星)は驚くほど規則正しい電波パルスを放射している。長い波長の重力波が地球に打ちつけられると、地球は波に押されて、あるパルサーには近づき、またあるパルサーからは遠ざかる。次にこの動きのために、パルサーが発するパルスの間隔が、ドップラー偏移到似た効果により、パルサーの方向によって短くなったり長くなったりする。その結果生じるパルサーのタイミングの違いと相関関係から、波長の長い重力波の不協和音が明らかになるはずであり、また波長の長短によるスペクトルから、宇宙の歴史を通じて銀河が形成と合体を行ってきたペースを追跡できるだろう。米国、ヨーロッパ、オーストラリアの各研究チームは、2、3年以内にシグナルを確認したいと考えている。しかし米国の取り組みは、現在使用している2つの電波望遠鏡への資金援助を全米科学財団が打ち切る予定のため、危機にさらされている。

今後、「Laser Interferometer Space Antenna (LISA: レーザー干渉計宇宙アンテナ)」の打ち上げも予定されている。LISAの3つの衛星は、車輪のように回転しながら共に太陽を周回しており、一辺が数百万キロメートルの三角形をした干渉計になるため、LISAは数百万から数十億キロメートルの波長をもつ重力波を感知することが可能になる。この波長は、LIGOの波長域である数千キロメートルとパルサーのタイミングである数光年との間になる。

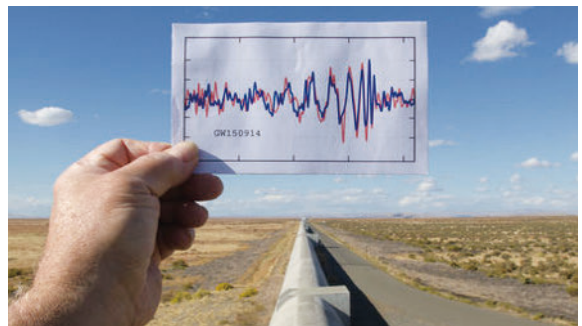
この波を利用して、LISAは比較的小さな超大質量ブラックホールの合体でも、パルサーのタイミングよりもはるかに高い精度で追跡することができる。LISAは、LIGOのような地上設置型装置が2つのブラックホールの最後の衝突

を確認するより前に、それら2つのブラックホールが互いに向かって渦を巻きながら時間をかけてゆっくりと巻き上げられていくのを確認できるはずだ。またLISAは、天の川銀河の中心で超大質量ブラックホールに落ち込んでいく恒星質量ブラックホールも検出できることから、物理学者はこの巨大モンスターをきわめて詳細に研究できるようになるだろう。

LISAはもともと数十年前にNASAと欧州宇宙機関(ESA)の合同ミッションとして計画されたが、米国は予算の制約を理由に2011年に撤退した。現在、NASAは計画の再開を望んでいる。ESA当局者は約15億ドルのミッションを2034年に開始したいと考えており、その頃に次世代の地上設置型の検出器を建設する予定もある。

マイクロ波望遠鏡で宇宙のマッピングが可能になれば、生まれたばかりの宇宙にさざ波を立てて現在は宇宙に広がっている、最も波長が長く最も古い重力波の痕跡さえ、間接的ではあるが見つかるかもしれない。原初の重力波は、ビッグバンの名残である宇宙マイクロ波背景放射に痕跡を残している可能性がある。それを見つければ、誕生間もない宇宙が膨張と呼ばれる指数関数的な急成長を遂げたことが裏付けられるだろう。

重力波の発見によって科学の地図が塗り替えられた。新たな科学が目前に迫っている。



米国ワシントン州(写真)とルイジアナ州にある一対の検出器LIGOが確認したシグナルは、非常によく似ている。© RICH FRISHMAN

読者の選択

Science ウェブサイトへの訪問者がBreakthrough of the Yearの候補リストに投票し、*Science*の編集者とライターがその選択結果を集計した。投票の第1段階では上位候補を5つに絞り、第2段階では約22万5,000件の投票結果から、最終的な「読者の選択」を決定した。ヒト胚を約2週間にわたり実験室で成長させることに成功した培養技術の革新が、*Science*が第1位に選んだ「重

力波の検出」を押しつける結果となった。

1. ヒト胚の培養 43 %
2. 重力波 32 %
3. ポータブル型DNA解析装置 13 %
4. AIが囲碁でプロ棋士を負かす 7 %
5. 老化細胞と加齢 5 %

マウスの卵をラボで作る

Mouse eggs made in the lab

Gretchen Vogel

2016年、日本の研究者らが「試験管ベビー」という言葉に新しい意味を与えた。彼らは、全行程を実験室のトレー上で成長させた卵細胞からマウスの仔を誕生させた。この長年の試みが達成されたことで、卵の発達について研究する新しい道が開かれ、遺伝子操作を施した細胞も含め、ほぼすべての種類の細胞からヒトの卵を実験室で作るという、さらに先の展望が開かれた。この可能性は、新しい不妊治療への希望をもたらしたが、同時にデザイナーベビーへの懸念を再燃させた。

2012年に、この同じ研究者らは最初の重要なステップを踏んだ。幹細胞から受精卵細胞を作ったのである。しかしその方法では、未成熟卵の発達を完了させるためには生きたマウスの胎内に戻す必要があった。今年になって、この研究者らは完全に実験室で卵を作る方法を発見した。マウスの胎内に戻す代わりに、研究者らは未成熟卵を胎仔マウスの卵巣から採取した細胞クラスターの中で培養した。次いで、実験室で成長させた卵をマウスの精子で受精させ、得られた胎仔を代理母マウスに移植した。健康な仔に生まれたのは3%だけであったが、これらのマウスは生殖能力のある、見たところ健康な成獣に育った。

その手の中にゲノムシーケンシング

Genome sequencing in the hand and bush

Elizabeth Pennisi

ゲノムシーケンシングは、今年になって広く利用できるようになった手のひらサイズの機器のおかげで、生物学の研究室でも、そしてさらに重要なことに現場でも用いられる、ユビキタスなツールになりつつある。すでに、多数の研究論文を生み出している。

この機器は、ナノボアシーケンシングと呼ばれる画期的技術を使用したものだ。DNA鎖が細孔を通過する際に、塩基が固有の形でイオン電流を変化させるのを利用して、DNAから直接塩基を読み取る技術である。従来のシーケンシングと比べた大きな利点は、ナノボアシーケンサーはスタートアップの費用が比較的低く、理論上、無限の長さのDNAを解読できることである。ゲノムを切り刻み、後からコンピュータによって配列をつなぎ合わせる必要はない。さらに、迅速かつ携帯可能で、数時間で配列を大量生

もし科学者たちが、ヒト幹細胞で同様の偉業を成し遂げられたとしたら、一部の女性不妊に対する新たな選択肢を提供できることになるだろう。さらには、男性由来の幹細胞を卵細胞に変化させることさえできるかもしれない。こうした可能性の実現はまだ遠いものではあるが、卵の発達をトレーの上で研究できるようになったことで、実験室で成長した卵からヒトの赤ちゃんが誕生するまでには長い道のりであるとしても、その前に治療を変えるような洞察が得られる可能性がある。



成長したiPS細胞由来のマウスが産んだ次世代のマウス

産できるため、バイオサーベイランス、臨床診断、疾患の集団発生の現地調査に使用できる可能性がある。

ナノボアシーケンシングは長年開発が続けられ、1年を超えるベータテストを経て、英国に拠点を置くオックスフォード・ナノボア・テクノロジーズ社が今年、最初の機器を市販した。この機器に基づく論文30報以上が、生物学のプレプリントサーバであるbioRxivにすでに収載されている。わずか数時間でエボラウイルスやその他のウイルスが同定され、腸内の微生物の配列が決定され、トウモロコシの真菌有害生物の5,300万塩基から成るゲノムが解読され、今月初めに報じられた通り、ヒトゲノムの配列が決定されている。国際宇宙ステーションの宇宙飛行士も、これを使って、土壤に生息する微生物の混合物の配列を決定した。この分野の古参の研究者は、これらの進歩にはピアレビューの雑誌から出版されているものが多いが、シーケンシングを用いたアプローチは、ゲノム解析が手の届くところにあると考えてもみなかった研究者の興味をかき立てており、今年がその転機になるとみている人々もいる。

人工知能、ゲームを制す

Artificial Intelligence ups its game

John Bohannon

今年、コンピュータプログラムAlphaGo(アルファ碁)が世界第2位の囲碁棋士に5番勝負で勝利した瞬間、人工知能(AI)はひとつの重要なマイルストーンに達した。AIがゲームの達人を打ち負かしたのはこれが最初ではない。もう20年も前に、IBMのDeep Blue(ディープブルー)がチェスの世界王者ガルリ・カスパロフを初めて倒し、その翌年には6番勝負を制してトップの座に君臨している。だが、20年前との共通点はここまでだ。

囲碁のルールはチェスよりシンプルである。碁盤の目の上に石を置き、相手の石を囲って陣地を取る。味方の石はどれも見た目は同じで、役割に違いはない。しかし、この単純明快さゆえに、起こりうる展開としてプレイヤーが読むべき指し手は膨大な数に及び、既知の宇宙に存在する原子の数をも遥かに凌ぐ。そのため、Deep Blueで採用されたような、チェスの専門家が編み出した戦略を手作

「心を読む」ことができるのは

ヒトだけではない

Mind-reading great apes

Virginia Morell

ヒトだけが完全に所有すると考えられていた心を読む技術が、今年、大型類人猿でも示された。心の理論として知られる、他者の要求、意図、知識を認識する能力のことである。われわれの近縁生物が、たとえば仲間のサルをだます、または他者の動機を認識するための十分な洞察力をもつことは、いくつかの試験によって示されていた。しかしこれまで、他者が誤った信念をもっているかどうかを判断する能力を必要とする課題では、つねに失敗していた。

古典的な誤信念実験では、ある人がチョコレートバーを箱の中に隠して、部屋を出ていくところを子どもに見せる。それから別の誰かが忍び込んで、そのお菓子を別の場所に隠す。最初の人物はどこを探すであろうか?「最初の箱の中」と推測する子が試験に合格する。心を読む技術に相当するものを通じて、子どもは最初の人物が誤った信念をもっていることを認識する。この技能は、だますこ

業でコードに起こし、考えうるすべての手を評価するような手法では、AIで囲碁の達人を倒すのは不可能であった。

そこで、AlphaGoでは別の手法が採用された。ロンドンを拠点とするGoogle子会社のDeepMindによって設計されたAlphaGoは、オンライン囲碁ゲームで人間同士が対局した数十万試合分の棋譜を、機械学習アルゴリズム用のデータとして使用し、学習した。そのうえでAlphaGoは、自分より正確には、バージョンがわずかに異なる自分を相手に対戦を繰り返し、深層強化学習と呼ばれる手法で自身の戦略を微調整していった。そのようにして生まれたAIが、単なる総当たりの計算ではなく、人間の本能にきわめてよく似た「何か」で、人間に勝ったのだ。

混み合った部屋の中を安全に横切る歩行ロボット、運転手不要の自動走行車、訪問客との簡単な会話—われわれがAIで実現しようとしていることの多くには、管理し切れないほど無数の「判断の可能性」がある。ハードコーディングされたルールでは、そのようなタスクに対応できない。このことだけを考えても、AlphaGoの成功は、深層強化学習がいかに有力であるかを如実に示している。

と、共感すること、教えること、そしておそらくは言葉を使うことにまで不可欠であると考えられる。

今年、チンパンジー、ボノボ、オランウータンを対象にして、この試験のひとつが実施された。キングコングがある男性から石を盗み、2つの箱の片方に隠す映像をサルに見せた。男性はこの行動を目撃するが、キングコングが威嚇すると逃げ出す。男性がいなくなったあいだに、キングコングは石を持って立ち去る。男性が戻ってきたとき、どこを探すであろうか?

研究者らは赤外線アイ・トラッキング技術を用いて、サルがどこに注意を向けるのかを調べた。石が隠されていると男性が誤って思い込んでいる箱を、ほぼすべてのサルが見ていた。まだ誰もが確信しているわけではないが、追跡調査研究が予定されているようである。対象は大型類人猿だけではない。アイ・トラッキング法は他の動物の顔にも適用できる。

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/2016

基礎研究の面白さ

— 大雑把さがオートファジーの魅力 — 水島 昇先生インタビューより

水島 昇

東京大学大学院医学系研究科 分子細胞生物学専攻
分子生物学分野 教授

<略歴>
1985年 武蔵高等学校卒業
1991年 東京医科歯科大学 医学部卒業
1996年 東京医科歯科大学大学院 医学研究科修士(医学)
1996年 日本学術振興会特別研究員(PD)
1998年 岡崎国立共同研究機構基礎生物学研究所 非常勤研究員
1999年 科学技術振興事業団さきがけ研究21 研究員(専任)
2002年 岡崎国立共同研究機構 基礎生物学研究所 助手
(1997年6月～2004年3月まではすべて大隅良典研究室で研究)
2004年 (財)東京都医学研究機構 東京都臨床医学総合研究所 室長
2006年 東京医科歯科大学 歯科学総合研究科 細胞生理学分野 教授
2012年 東京大学大学院医学系研究科 分子生物学分野 教授



オートファジー研究の発展

オートファジーは細胞の中で、タンパク質などのさまざまな物質を分解するための仕組みです。酵母などの単細胞生物から私たちヒトまで、ほとんどの真核生物に共通してみられる生命現象のひとつ。オートファジーは細胞内の物質を分解処理し、ときにそれを栄養に変えて細胞のコンディションを整えます。細胞の寿命を延ばし、単細胞生物から多細胞生物への進化にも重要な役割を果たしたのではないかと考えています。オートファジーという現象は50年以上前から確認されていたのですが、研究が活発になったのは1990年代にオートファジーに必須の遺伝子群が明らかになってからです。これらが発見したのは2016年のノーベル生理学・医学賞を受賞した大隅良典先生であ



り、オートファジーの重要性やその仕組みが急速に解明されていったのです。

オートファジーの研究はいま大きな注目を集めていますが、まだまだ未開拓の領域と言えます。もともと大隅先生の研究室を中心に、いわばガラパゴス諸島でひっそりと進められてきたような研究で、いまは観光地くらいにはなっているかもしれませんが、モダンサイエンスの研究領域として確立するには、さらに基盤を強固にすることが必要です。オートファジーは薬剤開発をはじめとする医療応用が期待されており、パーキンソン病や筋萎縮性側索硬化症(ALS)といった神経変性疾患などの治療法の開発につながる可能性があります。しかし現状は、その前提となる基礎研究でも、機能の解明だけでなく測定法の確立などのベーシックな部分ですら道半ばという状況であり、やるべきことは多く残されています。米国のように応用研究に突き進むという姿勢も理解はできますが、日本では基礎研究で先行していることの強みを活かして、世界をリードする役割を担っていくことも重要ではないかと思います。

基礎研究の進展に伴って、他領域の研究とのネットワークもこれから広がっていくでしょう。例えばオートファジーでは

オートファゴソームという分解する対象を包み込む膜ができるのですが(図)、物理学のアイデアを用いて、扁平な小胞がカップ状に伸びていき、最後に縁の部分の膜が閉じられる過程でどのような力を必要とするのかをモデリング、あるいは情報計算科学によって、細胞内成分のバランスや、それがオートファジーによる分解作用でどのように維持されているかを定量的に解析する。このようなコラボレーションによって生命の謎が明らかにされていくのではないかと期待しています。オートファジー研究はどうしても疾患や医療との関わりがクローズアップされてしまうのですが、このような研究を通じて、生物学全体が真理を追求する学問として改めて認識されるようになれば良いと思います。

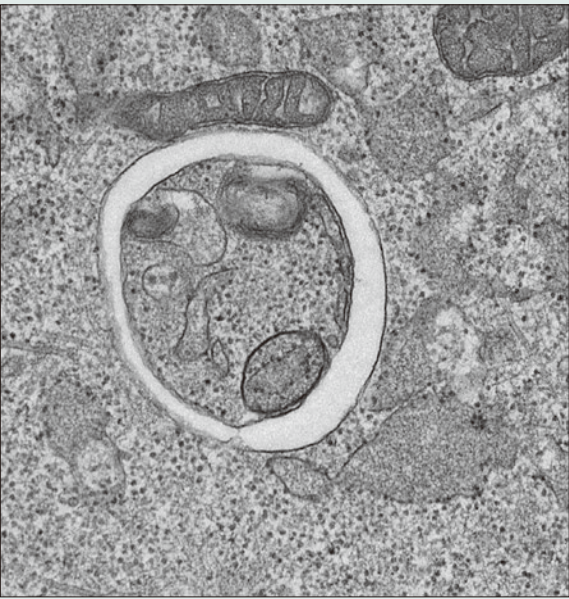
私たちは医学部でオートファジーの研究を行っていますが、医学部出身の研究者は多くはありません。しかし今は医学研究者のキャリアも多様化していますし、医学部は生物としてのヒトを研究できる唯一の場でもありますので、医師を目指す人だけでなく、多様な関心をもつ人々を受け入れられるようになってほしいと思います。それと同

知的好奇心と科学研究

私がオートファジーという仕組みを面白いと思うのは、ある意味で大雑把なところがあるからです。オートファゴソームは特定の侵入者や有害な物質を狙い定めて排除するという仕組みも持っていますが、大半の場合は、あたりにある物質を適当に飲み込んで分解します。温泉のお湯を垂れ流して浄化するようなもので、多少の無駄はあるかも知れませんが、手間を掛けずにお湯をそれなりにきれいにすることができます。生命を維持する仕組みは非常に複雑で精緻なメカニズムによって支えられているのですが、そんな中にオートファジーのようなある意味でいい加減なシステムがあるというのが、生命という現象の奥深さを表しているような気がします。

このようにオートファジーは有望な研究領域であると同時に、人間の「知りたい」という欲求をもかなえてくれる研究対象だと考えています。関心がなければ研究はうまく行きませんし、そして、重要なものに関心を持てるようになることが、研究者としてのセンスを高めていくことにつながると

時に、医学部以外の出身の方にも大勢参加していただき、さらなる多様性を生み出せたらと思っています。



図：飢餓条件下のマウス線維芽細胞にできたオートファゴソーム
写真提供：酒巻有里子氏(東京医科歯科大学 歯学研究支援センター)

思います。また、今後の科学研究は単に自分の専門分野だけ知っていればいいというのではなく、一見すると関係ないような他の領域にも関心を持って、自分の中で多分野横断性を持つことが必要で、そのことが研究をさらに面白くしていくはずです。知的好奇心に富んだ若い人々が、今後のオートファジー研究にいろいろな形で関わってくれることを願ってやみません。



Japanese Scientists in *Science* 2016

サイエンス誌に載った日本人研究者

2016 Breakthrough of the Year 2

基礎研究の面白さ

ー 大雑把さがオートファジーの魅力 水島 昇先生インタビューより 6

1月1日号
Report
温度 10 ケルビンの氷から脱離する水のオルソ・パラ比は統計比となる 14
Statistical ortho-to-para ratio of water desorbed from ice at 10 kelvin
北海道大学 低温科学研究所 助教 羽馬 哲也

1月8日号
Research Article
2015 年ネパール・ゴルカ地震による地盤災害に対する地形と地質の抑制 15
Geomorphic and geologic controls of geohazards induced by Nepal's 2015 Gorkha earthquake
名古屋大学大学院 環境学研究所 地球環境科学専攻 准教授 藤田 耕史
名古屋大学大学院 環境学研究所 地球環境科学専攻 研究員 坂井 亜規子

1月8日号
Report
胎生期肝臓における portal vessel 周囲の造血幹細胞ニッチ 16
Fetal liver hematopoietic stem cell niches associate with portal vessels
Ruth L. and David S. Gottesman Institute for Stem Cell and Regenerative Medicine Research. Albert Einstein College of Medicine
(現 九州大学大学院 医学研究院 応用幹細胞医科学部門 がん幹細胞医学分野 助教) 國崎 祐哉

1月22日号
Report
モデル触媒で解明した酸素還元反応に対する窒素ドーピング炭素材料の活性点 17
Active sites of nitrogen-doped carbon materials for oxygen reduction reaction clarified using model catalysts
筑波大学 数理物質系 物質工学科 教授 / 筑波大学 学際物質科学研究センターおよび数理物質融合科学センター 教授 中村 潤児
筑波大学 数理物質系 物質工学科 教授 / 筑波大学 学際物質科学研究センターおよび数理物質融合科学センター 准教授 近藤 剛弘

1月22日号
Report
有機分子の糸で織る共有結合性有機骨格構造 18
Weaving of organic threads into a crystalline covalent organic framework
産業技術総合研究所 無機機能材料研究部門 主任研究員 劉 崢
産業技術総合研究所 ナノ材料研究部門 首席研究員 末永 和知
ストックホルム大学 教授 / 上海科技大学 教授 寺崎 治

1月29日号
Research Article
5' 非翻訳領域からの翻訳が統合的ストレス応答に適応する 19
Translation from the 5' untranslated region shapes the integrated stress response
Scientist, Biologics, Department of Biochemistry and Biophysics, Howard Hughes Medical Institute, University of California, San Francisco
(現 NGM Biopharmaceuticals in South San Francisco, California, U.S.A.) Shelley R. Starck
千葉大学大学院 医学研究院 病原細菌制御学 准教授 八尋 錦之助

1月29日号
Report
プレート境界地震を誘発する東北沖の周期的スロースリップ 20
Periodic slow slip triggers megathrust zone earthquakes in northeastern Japan
東北大学大学院 理学研究科 地震・噴火予知研究観測センター 准教授 / (兼務) 東北大学 災害科学国際研究所 准教授 内田 直希
海洋研究開発機構 地震津波海域観測研究開発センター 研究員 飯沼 卓史
東北大学大学院 理学研究科 地震・噴火予知研究観測センター 教授 / (兼務) 東北大学 災害科学国際研究所 教授 日野 亮太

2月5日号
Report
ナノ粒子超格子のダイヤモンド系列 21
Diamond family of nanoparticle superlattices
名古屋大学大学院 工学研究科 マテリアル理工学専攻 材料工学分野 准教授
(現 名古屋大学 未来材料・システム研究所 未来エレクトロニクス集積研究センター 准教授) 田川 美穂

2月19日号
Report
細胞との相互作用制御のための、DNAを用いた動的コロイドナノ粒子系 22
DNA-controlled dynamic colloidal nanoparticle systems for mediating cellular interaction
東京大学大学院 医学系研究科 疾患生命工学センター 助教 太田 誠一

2月26日号
Report
金表面上でのグラフェンナノリボンの超潤滑 23
Superlubricity of graphene nanoribbons on gold surfaces
Senior Researcher, Department of Physics, University of Basel
科学技術振興機構 さきがけ(分子技術と新機能創出) / (現 物質・材料研究機構 主幹研究員) 川井 茂樹

2月26日号
Report
アマゾンの熱帯常緑林における光合成活動の季節変化は、
葉の成長と森林の葉齢構成によって説明できる 24
Leaf development and demography explain photosynthetic seasonality in Amazon evergreen forests
海洋研究開発機構 地球表層物質循環研究分野 主任研究員 小林 秀樹

COLUMN
宇宙から植物の蛍光をモニタリングする
～ 地球観測新時代の幕開け～ 25
海洋研究開発機構 地球表層物質循環研究分野 小林 秀樹

3月11日号
Report
ポリ(エチレンテレフタレート)を分解し、資化する細菌 26
A bacterium that degrades and assimilates poly (ethylene terephthalate)
慶応義塾大学 理工学部 生命情報学科 准教授 宮本 憲二
京都工芸繊維大学 繊維学部 名誉教授 小田 耕平

COLUMN
微生物は環境に対して柔軟に対応できる 27
慶応義塾大学 理工学部 生命情報学科 宮本 憲二

3月18日号
Report
陰イオン交換反応によって Cu₂O ナノ結晶から仮晶ナノケージを形成する 28
Formation of pseudomorphic nanocages from Cu₂O nanocrystals through anion exchange reactions
京都大学 化学研究所 研究員 呉 欣倫
京都大学 化学研究所 助教 佐藤 良太
京都大学 化学研究所 教授 寺西 利治

3月18日号
Report
酸水素化物中での純粋なヒドリドイオン伝導 29
Pure H⁻ conduction in oxyhydrides
分子科学研究所 協奏分子システム研究センター 特任准教授 / 科学技術振興機構 さきがけ「新物質科学と元素戦略」さきがけ研究者 小林 玄器
東京工業大学 物質理工学院 応用化学系 教授 菅野 了次

3月18日号
Report
プロスタグランジン E₂ は自然リンパ球 -IL-22 軸に働き、
全身的炎症を制御している 30
Prostaglandin E₂ constrains systemic inflammation through an innate lymphoid cell-IL-22 axis
京都大学大学院 医学研究科 次世代免疫制御を目指す創薬医学融合拠点 教授 成宮 周
MRC Center for Inflammation Research, Queen's Medical Research Institute, The University of Edinburgh 姚 成燦

3月25日号
Research Article
固体の密度汎関数理論計算における再現性 31
Reproducibility in density functional theory calculations of solids
東京大学 物性研究所 特任教授 尾崎 泰助

3月25日号
Report
磁気流体シミュレーションにおける高レイノルズ数での大規模磁場 32
Large-scale magnetic fields at high Reynolds numbers in magnetohydrodynamic simulations
千葉大学大学院 理学研究科 物理学コース 特任助教 堀田 英之
東京大学大学院 理学系研究科 地球惑星科学専攻 准教授 横山 央明

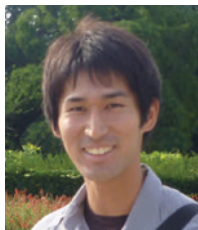
4月29日号
Report
bd 型酸化酵素の構造は膜内在性酸素還元酵素に共通な機構を示す 33
Structure of a bd oxidase indicates similar mechanisms for membrane-integrated oxygen reductases
九州工業大学大学院 情報工学研究院 生命情報工学研究系 教授 坂本 順司
九州工業大学大学院 情報工学研究院 生命情報工学研究系 技術職員 楠本 朋一郎
九州工業大学大学院 情報工学研究院 生命情報工学研究系 広瀬 太一郎

10月7日号 Report	メタン生成代謝に含まれるCO ₂ 還元／固定酵素は二機能性であり、46の[4Fe-4S]クラスターを含む The methanogenic CO ₂ reducing-and-fixing enzyme is bifunctional and contains 46 [4Fe-4S] clusters Max Planck Institute for Terrestrial Microbiology/ 科学技術振興機構 さきがけ 嶋 盛吾	53
10月7日号 Report	類人猿は他者が「誤信念」に基づいて行動すると予測できる Great apes anticipate that other individuals will act according to false beliefs 京都大学野生動物研究センター 熊本サクチュアリ コンソーシアム特定助教 狩野 文浩 京都大学野生動物研究センター 教授(兼務) 京都大学野生動物研究センター 熊本サクチュアリ 所長 平田 聡	54
COLUMN	類人猿のための映画作り 京都大学野生動物研究センター 熊本サクチュアリ 狩野 文浩	55
10月14日号 Report	ルビジウムイオンのペロブスカイト太陽電池への取り込みが太陽光発電性能を向上 Incorporation of rubidium cations into perovskite solar cells improves photovoltaic performance パナソニック株式会社 先端研究本部 材料分野 松井 太佑	56
10月14日号 Report	単独で石炭から直接メタンを生成するメタン生成菌の発見 Methane production from coal by a single methanogen 産業技術総合研究所 地質調査総合センター 地圏資源環境研究部門 / 地圏微生物研究グループ 研究グループ長 坂田 将 産業技術総合研究所 生命工学領域 研究戦略部長 鎌形 洋一 産業技術総合研究所 地質調査総合センター 地圏資源環境研究部門 / 地圏微生物研究グループ 研究員 眞弓 大介 産業技術総合研究所 地質調査総合センター 地圏資源環境研究部門 / 地圏微生物研究グループ 主任研究員 持丸 華子 産業技術総合研究所 生物プロセス研究部門 / 生物資源情報基盤研究グループ 主任研究員 玉木 秀幸	57
10月21日号 Report	シロイヌナズナ・クリプトクロム2の活性化および不活性化 Photoactivation and inactivation of <i>Arabidopsis</i> cryptochrome 2 Professor, Basic Forestry and Proteomics research Center, Fujian Agriculture and Forestry University 岡 義人 理化学研究所 環境資源科学研究センター バイオマス工学研究部門 上級研究員 吉積 毅 理化学研究所 環境資源科学研究センター バイオマス工学研究部門 部門長 松井 南	58
11月4日号 Report	2,000 ノード最適化問題のためのコヒーレントイジングマシン A coherent Ising machine for 2000-node optimization problems 日本電信電話株式会社 NTT 物性科学基礎研究所 主幹研究員 / 特別研究員 武居 弘樹 日本電信電話株式会社 NTT 物性科学基礎研究所 研究員 稲垣 卓弘 日本電信電話株式会社 NTT 物性科学基礎研究所 主任研究員 本庄 利守	59
11月4日号 Report	完全にプログラム可能な、全対全の結合をもつ100 スピンコヒーレントイジングマシン A fully programmable 100-spin coherent Ising machine with all-to-all connections 科学技術振興機構 革新的研究開発推進プログラム プログラム・マネージャー 山本 喜久 情報・システム研究機構 国立情報学研究所 情報学プリンシプル研究系 准教授 宇都宮 聖子	60
11月11日号 Report	ラットの体性感覚皮質におけるくすぐったさに関連する神経活動 Neural correlates of ticklishness in the rat somatosensory cortex Postdoc, Bernstein Center for Computational Neuroscience Berlin, Humboldt-Universität zu Berlin 石山 晋平 Professor, Bernstein Center for Computational Neuroscience Berlin, Humboldt-Universität zu Berlin NeuroCure Cluster of Excellence, Humboldt-Universität zu Berlin Michael Brecht	61
11月18日号 Report	阿蘇火山によって止められた2016年 M_w 7.1 熊本地震の破壊 Coseismic rupturing stopped by Aso volcano during the 2016 M_w 7.1 Kumamoto earthquake, Japan 京都大学大学院 理学研究科 地球惑星科学専攻 地球物理学教室 活構造学講座 教授 林 愛明	62

11月18日号 Report	巨大衝突クレーター内のピークリング形成 The formation of peak rings in large impact craters 東北大学 災害科学国際研究所 災害リスク研究部門 准教授 後藤 和久 海洋研究開発機構 JSPS 特別研究員 佐藤 峰南 海洋研究開発機構 主任技術研究員 富岡 尚敬 東邦大学 理学部化学科 准教授 / NASA Astrobiology Institute 山口 耕生	63
11月25日号 Report	ATG 結合系はオートファゴソーム内膜の分解に重要である The ATG conjugation systems are important for degradation of the inner autophagosomal membrane 東京大学大学院 医学系研究科 分子生物学分野 教授 水島 昇 東京大学大学院 医学系研究科 分子生物学分野 助教 小山-本田 郁子 東京大学大学院 新領域創成科学研究科 坪山 幸太郎	64
12月2日号 Report	<i>Tie2</i> ⁺ を発現する精製した造血幹細胞集団の自己複製機能はミトコンドリア クリアランスに依存している Self-renewal of a purified <i>Tie2</i> ⁺ hematopoietic stem cell population relies on mitochondrial clearance Assistant Professor of Cell Biology/Stem Cell Institute and Medicine, Albert Einstein College of Medicine 伊藤 圭介	65
12月9日号 Report	Mind the Gap : 鳥のさえずりの無音のリズムに刻まれた種の特異性を読み出す神経細胞群 Mind the gap: Neural coding of species identity in birdsong prosody 沖縄科学技術大学院大学 臨界期の神経メカニズム研究ユニット 准教授 矢崎-杉山 陽子 沖縄科学技術大学院大学 臨界期の神経メカニズム研究ユニット 研究員 荒木 亮 沖縄科学技術大学院大学 構造物性相関研究ユニット 准教授 Mahesh M. Bandi	66
12月9日号 Report	RNA 複製体の時限的な区画化は寄生体による絶滅を防ぐ Transient compartmentalization of RNA replicators prevents extinction due to parasites École Supérieure de Physique et de Chimie Industrielles de la Ville de Paris (ESPCI Paris) (現 富山大学大学院 理工学研究部 助教(テニュアトラック)) 松村 茂祥	67
12月16日号 Report	植物は細胞外の糖含量を減少させることで病原細菌の増殖を抑制する Regulation of sugar transporter activity for antibacterial defense in <i>Arabidopsis</i> 京都大学大学院 農学研究科 日本学術振興会特別研究員PD (現 徳島大学大学院 生物資源産業学研究部 特任助教) 山田 晃嗣 京都大学大学院 農学研究科 応用生物科学専攻 植物病理学分野 教授 高野 義孝	68
12月23日号 Research Article	バクテリオロドプシンの構造変化を捉えた3次元動画 A three-dimensional movie of structural changes in bacteriorhodopsin 理化学研究所 放射光科学総合研究センター SACLA 利用技術開拓グループ グループディレクター / 京都大学大学院 医学研究科 分子細胞情報学分野 教授 岩田 想 理化学研究所 放射光科学総合研究センター SACLA 利用技術開拓グループ 研究員 南後 恵理子 理化学研究所 放射光科学総合研究センター 城生体金属科学研究室 専任研究員 久保 稔	69
12月23日号 Report	超伝導量子ビットにおける緩和を準粒子ポンピングによって抑制する Suppressing relaxation in superconducting qubits by quasiparticle pumping 理化学研究所 創発物性科学研究センター チームリーダー / 東京大学 先端科学技術研究センター 教授 中村 泰信 理化学研究所 研究員 (現 情報通信研究機構 未来ICT研究所 主任研究員) 吉原 文樹	70
12月23日号 Report	皮質ニューロンの樹状突起による知覚の制御 Active cortical dendrites modulate perception Postdoctoral researcher, Institute for Biology, Neuronal Plasticity, Humboldt University of Berlin 高橋 直矢 Professor, Institute for Biology, Neuronal Plasticity, Humboldt University of Berlin Matthew Larkum	71
	Science 投稿について	72

温度10ケルビンの氷から脱離する水の オルソ・パラ比は統計比となる

Statistical ortho-to-para ratio of water desorbed from ice at 10 kelvin



羽馬 哲也 *Tetsuya Hama*

北海道大学 低温科学研究所 助教

香内 晃¹ 渡部 直樹¹

¹ 北海道大学 低温科学研究所

Contact

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

所在地: 060-0819 北海道札幌市北区北19条西8丁目

URL: http://www.lowtem.hokudai.ac.jp/astro/index.html

宇宙・太陽系の水の起源の定説を覆す

宇宙や彗星で観測される水(H₂O)のオルソ:パラ比は、量子力学で決まる統計比(オルソ:パラ=3:1)よりもパラH₂Oが多いことが知られている(オルソ:パラ=0.1~2.5:1)。天文学ではこのオルソ:パラ比から「宇宙でH₂O氷が生成したときの温度がわかる」、例えば「彗星の水は46億年前に-243℃(=30K)の環境で生成した」と考えられてきた(図1,2)。しかしこの仮説が正しいかどうかは、ハレー彗星での初観測からおよそ30年経つにもかかわらず全く不明であった。

そこで、宇宙でH₂Oができる化学反応を実験室内で忠実に再現し、できたH₂Oのオルソ:パラ比を直接測定する実験を行った。結果として、-263℃(=10K)でH₂Oを作ったにも関わらず、そのオルソ:パラ比は量子統計比(3:1)になり、オルソ:パラ比は従来考えられていたような「宇宙でH₂O氷ができた時の温度を示すもの」ではないことがわかった(図2)。

本研究は、宇宙や太陽系におけるH₂Oの起源に関する今までの定説を覆すものであり、過去の天体観測の結果をすべて解釈し直す必要があることを意味している。今後、本研究の結果を用いて、宇宙でどのようにしてH₂Oができ、太陽系の彗星や地球に運ばれてきたのかについて、飛躍的に理解が進むであろう。

Figure and Note

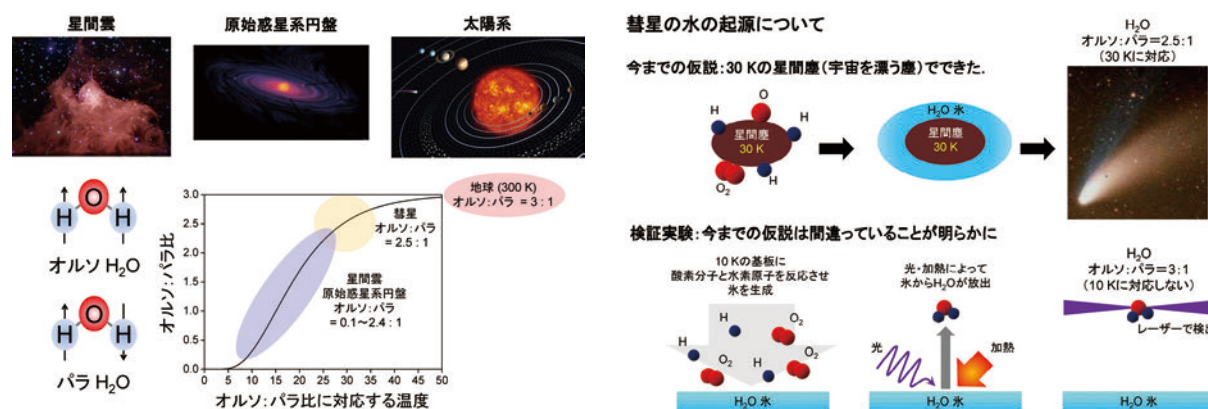


図1: 星間雲から太陽系にいたるまでの天体の物理的進化とH₂Oのオルソ:パラ比

H₂Oには、2つの水素原子核のスピンの向きがそろっているオルソと反対向きのパラの2種類がある。50K以下ではパラH₂Oが安定となり、オルソ:パラ比は3:1から変化する。宇宙のH₂Oのオルソ:パラ比も3:1と異なる。

彗星の水の起源について

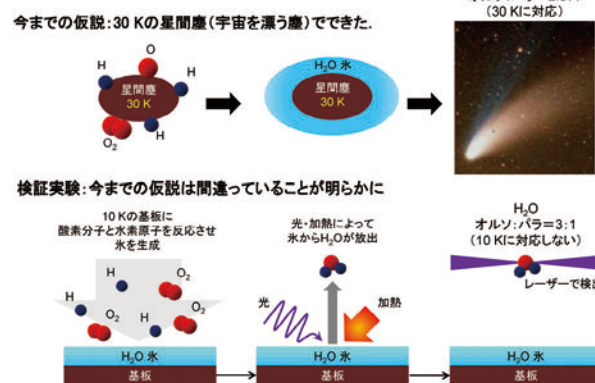


図2: 実験の模式図

-263℃(=10K)で氷を作り、その氷から放出されたH₂Oのオルソ:パラ比をレーザーを用いて計測した。その結果、オルソ:パラ比は氷生成時の温度に対応する比(0.3:1)ではなく、3:1になることがわかった。

宇宙の水をつくる

宇宙の研究というと望遠鏡による観測や理論・計算をイメージするかもしれませんが。しかし本研究では、目の前に宇宙を作って実験を行いました。

本研究の主役である水は、宇宙を漂う低温な塵の表面で酸素と水素が化学反応をおこすことで生成します。そこで超高真空容器(左写真)のなかに、-263℃まで冷却できる基板(塵のモデル)を設置し、この基板のうえで酸素と水素を反応させることで「宇宙の水」を作り上げることに成功しました。

科学を停滞させないためには、今までとは違った視点・手法で研究をすることが必須です。今後も本研究のような天文学者がやらない天文学、化学者がやらない化学を進めていきたいと思ひます。

2015年ネパール・ゴルカ地震による 地盤災害に対する地形と地質の抑制

Geomorphic and geologic controls of geohazards induced by Nepal's 2015 Gorkha earthquake



左から坂井 亜規子、藤田 耕史

藤田 耕史 *Koji Fujita*

名古屋大学大学院 環境学研究科 地球環境科学専攻 准教授

坂井 亜規子 *Akiko Sakai*

名古屋大学大学院 環境学研究科 地球環境科学専攻 研究員

Jeffrey S. Kargel¹ Gregory J. Leonard¹ Dan H. Shugar²

Umesh K. Haritashya³ et al.

¹ Department of Hydrology and Water Resources, University of Arizona

² School of Interdisciplinary Arts and Sciences, University of Washington

³ Department of Geology, University of Dayton

全著者リスト: http://science.sciencemag.org/content/351/6269/aac8353.abstract

Contact

藤田 耕史 E-mail: cozy@nagoya-u.jp

所在地: 464-8601 名古屋市千種区不老町

URL: http://www.cryoscience.net/

ゴルカ地震による地盤災害の分布を衛星データから明らかに

2015年4月25日に発生したゴルカ地震は、ネパールと周辺国に深刻な被害をもたらした。地震直後から9ヵ国50人余の研究者からなる「ボランティアグループ」が結成され、NASA主導による特別観測の衛星データの提供を受け、地震によって生じた地すべりと堰止め湖の判別を進め、救援、復旧を進める関係機関へ迅速な情報提供を行った。また、決壊が懸念された約500の水河湖について精査し、異常がなかったことを確認した。

同定された4,300余の地すべりの多くは、地震によって沈降した北部地域に分布し、沈降の際の加速がすべりのきっかけとなったと考えられた。地すべりは最大加速度0.6g以上、傾斜30°以上の地域に集中し、最大加速度と傾斜によって定義された影響度指標と良い一致を示した。広範囲に及んだ被害の中でも、首都カトマンズの北70kmに位置するランタン村の被害は特に深刻で、雪崩と突風によって村がほぼ壊滅し、350名以上の死者・行方不明者を出した。

我々名古屋大学・雪氷圏研究グループは、東部の800余の地すべりを判別するとともに、氷河湖のデータベースの提供と確認を行い、本研究に貢献した。

Figure and Note

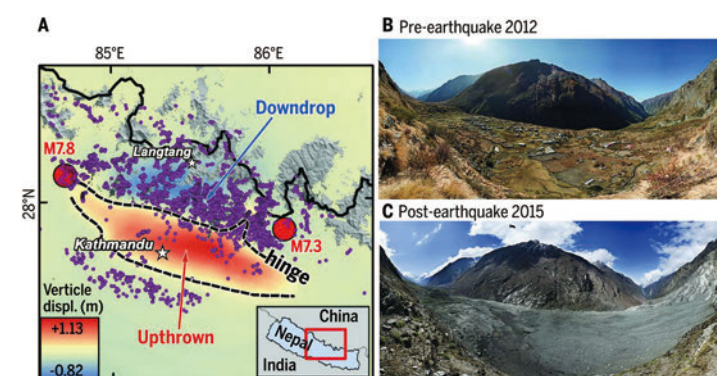


図: 地すべり分布とランタン村の被害状況

(A) 地すべり(紫の点)が北側の沈降領域に集中している。(B) 震災前(2012年2月21日)と(C) 震災直後(2015年5月2日)のランタン村(Breashears/GlacierWorks撮影)。

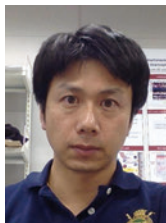
名古屋大学大学院 環境学研究科 雪氷圏研究室

私たちの研究室では、現地観測を中心に、リモートセンシング、数値計算などの様々な手法を用い、氷河変動と氷河湖決壊洪水、アイスコアによる古環境復元など、氷河、雪氷に関する多様な研究を行っています。ゴルカ地震に関しては、ランタン村で現地調査を行い、震災の原因についてより詳細な解明を進めています。

写真: 2016年10月、ヒマラヤで氷河の厚さを調査中。

胎生期肝臓における portal vessel 周囲の造血幹細胞ニッチ

Fetal liver hematopoietic stem cell niches associate with portal vessels



國崎 祐哉 Yuya Kunisaki

Ruth L. and David S. Gottesman Institute for Stem Cell and Regenerative Medicine Research. Albert Einstein College of Medicine

(現 九州大学大学院 医学研究院 応用幹細胞医科学部門 がん幹細胞医学分野 助教)

Jalal A. Khan^{1,2,5} Avital Mendelson^{1,2} Alexander Birbrair^{1,2} Yan Kou⁶

Anna Arnal-Estape^{1,2} Sandra Pinho^{1,2} Paul Ciero¹ 中原 史雄^{1,2} Avi Ma'ayan⁶

Aviv Bergman⁴ Miriam Merad⁵ Paul S. Frenette^{1,2,3}

¹ Ruth L. and David S. Gottesman Institute for Stem Cell and Regenerative Medicine Research. Albert Einstein College of Medicine

² Department of Cell Biology, Albert Einstein College of Medicine

³ Department of Medicine, Albert Einstein College of Medicine

⁴ Department of System and Computational Biology, Albert Einstein College of Medicine

⁵ Department of Oncological Sciences, Icahn School of Medicine at Mount Sinai

⁶ Department of Pharmacology and System Therapeutics, Icahn School of Medicine at Mount Sinai

Contact

E-mail : kunisaki@cancer.med.kyushu-u.ac.jp
所在地 : 812-8582 福岡県福岡市東区馬出3-1-1

胎生期造血幹細胞を支持する 門脈性ニッチ

骨髄における造血幹細胞ニッチ構成細胞は明らかになってきつつあるが、胎児肝臓におけるニッチの正体は不明であった。この研究において我々は、胎児肝臓においてNestin 及びNG2を発現する間葉系細胞が門脈系血管周囲に存在し、造血幹細胞の増殖を促進するニッチを構成していることを明らかにした。このNestin/NG2陽性細胞と造血幹細胞は、臍帯静脈の分枝である門脈系血管がフラクタルパターンに枝分かれしながら胎児肝臓内で発達するのに比例して増加する(図1)。生後、臍帯静脈からの血流の流入が閉ざされると、門脈系血管はNuropilin 陽性Ephrin-B2陽性の動脈型からEphrinB4陽性の静脈型にその表現系が変化する(図2)。この変化は、その周囲に存在するNestin/NG2陽性細胞の消失を引き起こし、その結果、造血幹細胞は、門脈より遠くへとその分布を変化させる。これらのデータは、造血幹細胞の数が、胎生期特異的な胎盤循環系を介してフラクタルパターンを示す門脈周囲血管ニッチによって規定される、という新しいニッチモデルを提唱するものである。



イメージングを用いた幹細胞研究

ニューヨーク、アルバートアインシュタイン医科大学のPaul S.Frenette研究室で主にイメージングを用いた造血幹細胞ニッチの研究を行って参りました。そこでは、骨髄だけでなく、様々な臓器をin vivo, ex vivoでマクロからミクロまで観察する技術を持ったエキスパートが研究を行っており、当時の仲間たちもスペイン、ドイツ、イギリスなど世界中で自分の研究室を主宰し、独自のイメージング技術を発展させ素晴らしい研究成果をあげています。私も九州大学大学院医学研究院 がん幹細胞医学分野で、最先端のイメージング技術をがん研究へ応用すべく日々研究を行っています。

Figure and Note

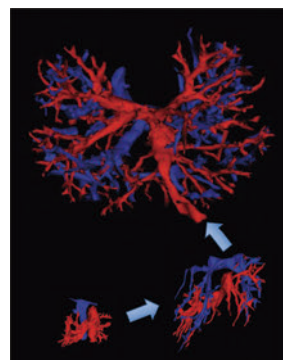


図1：胎児肝臓における流入(門脈系)、流出(静脈系)血管の3次元再構築

胎生12日、13日、14日の胎児肝において門脈血管(赤)は、フラクタルパターンに枝分かれしながら肝臓全体に広がる。造血幹細胞及びNestin/NG2陽性ニッチ細胞の数は、この広がりと同比例して増加する。

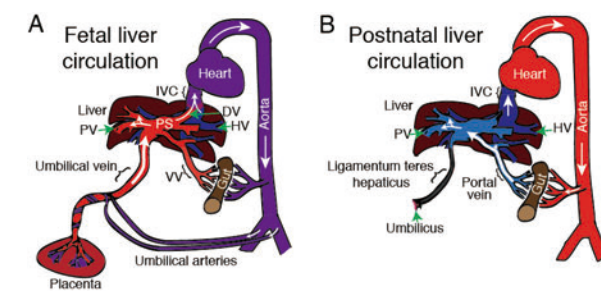
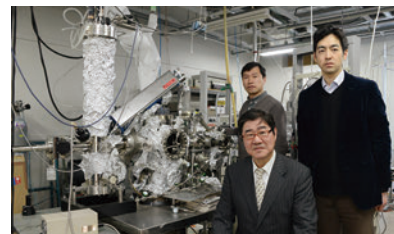


図2：胎児肝循環とその生後変化

胎生期、門脈血管には臍帯静脈からの酸素分圧の高い動脈血が流入している。生後臍帯静脈の閉塞に伴って門脈血管は、主に消化管からの栄養を吸収した血液を門脈管を介して受けるように変化する。

モデル触媒で解明した酸素還元反応に対する窒素ドーピング炭素材料の活性点

Active sites of nitrogen-doped carbon materials for oxygen reduction reaction clarified using model catalysts



手前：中村 潤児、後列左から郭 東輝、近藤 剛弘

中村 潤児 Junji Nakamura

筑波大学 数理物質系 物質工学科 教授

筑波大学 学際物質科学研究センターおよび数理物質融合科学センター 教授

近藤 剛弘 Takahiro Kondo

筑波大学 数理物質系 物質工学科 准教授

筑波大学 学際物質科学研究センターおよび数理物質融合科学センター 准教授

郭 東輝¹ 渋谷 陸² 秋葉 千聖² 佐治 俊輔²

¹ 筑波大学 数理物質系 物質工学科 ² 筑波大学大学院 数理物質科学研究科

Contact

中村 潤児 E-mail : nakamura@ims.tsukuba.ac.jp

所在地 : 305-8573 茨城県つくば市天王台1-1-1

U R L : http://www.ims.tsukuba.ac.jp/~nakamura_lab/

近藤 剛弘 E-mail : takahiro@ims.tsukuba.ac.jp

Figure and Note

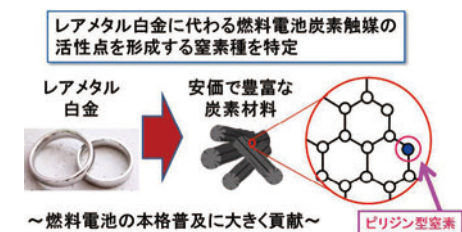


図1：レアメタル白金に代わる燃料電池炭素触媒の活性点を形成する窒素種を特定

現在、燃料電池のカソード電極触媒材料には高価で希少な白金が使用されている。白金の代替材料として窒素をドーピングしたグラファイト系炭素材料が有力な候補であるが、活性点を形成する窒素の種類が明らかとならずに議論となっていた。本研究によって触媒活性点を形成する窒素種がピリジン型窒素と呼ばれる窒素種であることが特定されたため、白金を代替する触媒開発の道が切り拓かれた。今後の燃料電池の本格的な普及に大きく貢献することが期待される。

レアメタル白金に代わる

燃料電池触媒開発への大きな発見

これまで窒素ドーピング炭素材料が、燃料電池のカソード電極反応である酸素還元反応に対して高い触媒性能を示すことは広く知られていたが、どの部位で触媒反応が起きているかという触媒活性点については様々な提案が出されており、明らかにされていなかった。本研究では特定の窒素種だけを持つモデル触媒を複数調製し、それらの触媒特性を比較・解析することにより、触媒活性点を形成する窒素種がピリジン型窒素と呼ばれる窒素種であることを特定した。また、ピリジン型窒素が炭素材料に導入されると、ピリジン型窒素の隣のπ共役系を形成している炭素原子に局在化した電子準位が形成され、これがルイス塩基として機能できるようになることが、二酸化炭素の吸着実験などから示された。以上の結果より、窒素ドーピング炭素材料の酸素還元反応に対する触媒活性点は、ピリジン型窒素の隣のルイス塩基となっている炭素原子であると結論付けられた。触媒特性をもたらし窒素種を特定したことで、安価で豊富なグラファイト系炭素材料を用いた燃料電池電極触媒の設計指針が明確になった。これは、高価で希少な白金を代替する触媒開発の道筋が切り拓かれたことを意味しており、今後の燃料電池の本格普及に大きく貢献することが期待される。

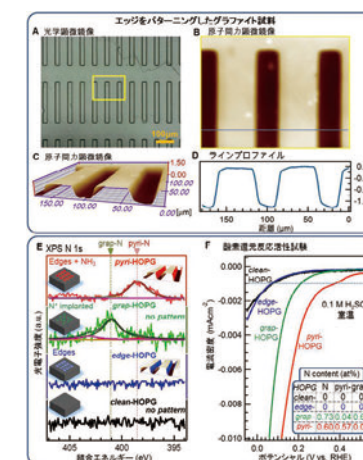
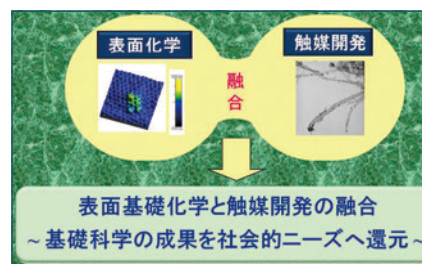


図2：窒素ドーピンググラファイトモデル触媒の構造と電子状態および酸素還元反応特性

(A) エッジパターンをしたグラファイトモデル触媒の光学電子顕微鏡像、(B) 原子間力顕微鏡像、(C) 3D表示図、(D) 断面形状、(E) X線光電子分光のN1sコアレベルスペクトル(pyridine-HOPG:ピリジン型窒素をエッジにドーピングしたグラファイト、edge-HOPG:グラファイト型窒素をドーピングしたグラファイト、clean-HOPG:エッジだけを導入したグラファイト、clean-HOPG:清浄なグラファイト)。(F) 酸素還元反応試験結果。



表面基礎化学と触媒開発の融合で社会に貢献

中村・近藤研究室では表面化学(科学)と触媒開発(技術)を融合し、社会的ニーズの高い環境エネルギー技術に貢献する研究を行っています。カーボンナノチューブやグラフェンなどの新しい炭素材料を用いて、二酸化炭素からメタノールに室温で変換する触媒の開発や固体高分子形燃料電池の白金代替触媒の開発に挑戦しています。表面化学においては、原子分解能での顕微鏡観察や電子分光計測など最先端計測を駆使して、炭素の化学的性質を原子レベルで調べています。これは新しい化学分野の開拓です。未来の環境に調和する社会に大きく役立つと考えています。

有機分子の糸で織る 共有結合性有機骨格構造

Weaving of organic threads into a crystalline covalent organic framework



劉 嶢 Zheng Liu

産業技術総合研究所 無機機能材料研究部門 主任研究員

末永 和知 Kazutomo Suenaga

産業技術総合研究所 ナノ材料研究部門 首席研究員

寺崎 治 Osamu Terasaki

ストックホルム大学 教授／上海科技大学 教授

Yuzhong Liu¹ Yanhang Ma² Yingbo Zhao¹ Xixi Sun¹ Felipe Gándara³ 古川 博康¹ Hanyu Zhu⁴
Chenhui Zhu⁵ Peter Oleynikov² Ahmad S. Alshammari⁶ Xiang Zhang^{4,7} Omar M. Yaghi^{1,6}

¹ Department of Chemistry, University of California, Berkeley, Materials Sciences Division, Lawrence Berkeley National Laboratory, and Kavli Energy NanoSciences Institute

² Department of Materials and Environmental Chemistry, Stockholm University

³ Department of New Architectures in Materials Chemistry, Materials Science Institute of Madrid, Consejo Superior de Investigaciones Científicas

⁴ NSF Nanoscale Science and Engineering Center (NSEC), University of California at Berkeley

⁵ Advanced Light Source, Lawrence Berkeley National Laboratory

⁶ King Abdulaziz City of Science and Technology

⁷ Material Sciences Division, Lawrence Berkeley, National Laboratory

Contact

劉 嶢

E-mail : liu-z@aist.go.jp

所在地 : 463-8560 愛知県名古屋市守山区志段味穴ヶ洞2266-98

寺崎 治

E-mail : terasaki@mmk.su.se

所在地 : SE-106 91 Stockholm, Sweden/393 Middle Huaxia Road, Pudong, Shanghai 201210, China

Figure and Note

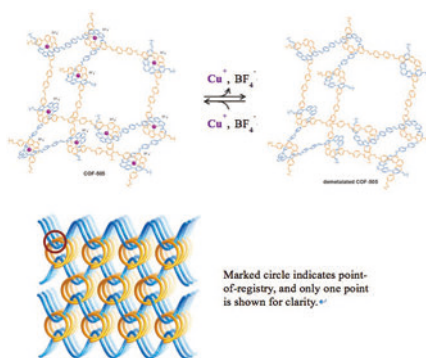


図1：骨格構造と銅イオンの位置関係

銅錯イオンの位置(茶色○印、1箇所のみ記す)で水色と黄色の螺旋状有機糸を周期的に交叉させる(織り込み)ことで三次元ダイヤモンドネットを形成(模式図)。一旦織り込むと骨格構造を壊さずに銅イオンの脱離、挿入が可能。

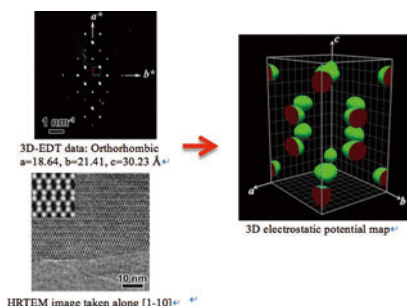


図2：3D-EDTおよびHRTEM像

3D-EDTと粉末X線回折図形解析から斜(直)方晶(単位胞 $a=18.64$, $b=21.41$, $c=30.23$ Å)と可能な空間群が求められ、高分解能電子顕微鏡像から単位胞当たり8個の銅原子位置が決められた。

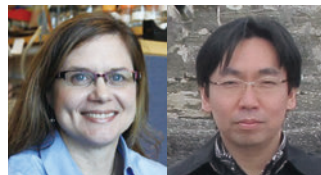


Concept for formation mechanism of COFs & MOFs

産総研(末永グループ)およびストックホルム大学(寺崎グループ)はこれまで電子線に弱い様々な結晶の構造とその物理・化学的特性の関係を解明すべく努力しています。この論文ではカリフォルニア大学(Omar M Yagi グループ)との共同で有機糸を織り込んだ共有結合有機骨格を有する結晶を初めて合成し、その構造を解くことに成功しました。今後、よりソフトで新規な共有結合有機骨格や金属-有機骨格構造体(MOF)について結晶度が低くても構造解析・評価が進められるよう手法の一層の展開を図り生成機構の理解に寄与したいと考えています。

5'非翻訳領域からの翻訳が 統合的ストレス応答に適応する

Translation from the 5' untranslated region shapes the integrated stress response



Shelley R. Starck

Scientist, Biologics, Department of Biochemistry and Biophysics, Howard Hughes Medical Institute, University of California, San Francisco (現 NGM Biopharmaceuticals in South San Francisco, California, U.S.A.)

八尋 錦之助 Kinnosuke Yahiro

千葉大学大学院 医学研究院 病原細菌制御学 准教授

Jordan C. Tsai¹ Keling Chen² Michael Shodiya² Lei Wang³ Manuela Martins-Green³
Nilabh Shastri² Peter Walter¹

¹ Department of Biochemistry and Biophysics, Howard Hughes Medical Institute, University of California, San Francisco

² Division of Immunology and Pathogenesis, Department of Molecular and Cell Biology, University of California, Berkeley

³ Department of Cell Biology and Neuroscience, University of California, Riverside

Contact

八尋 錦之助

E-mail : yahirok@faculty.chiba-u.jp

所在地 : 260-8670 千葉県千葉市中央区支鼻1-8-1

U R L : http://www.chiba-bacteria.jp

Shelley R. Starck

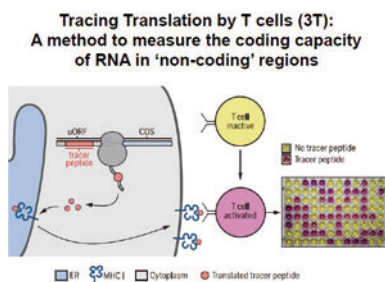
E-mail : sstarck@ngmbio.com

所在地 : NGM Biopharmaceuticals in South San Francisco, California, U.S.A.

統合的ストレス下での uORF 翻訳機構の新規検出法

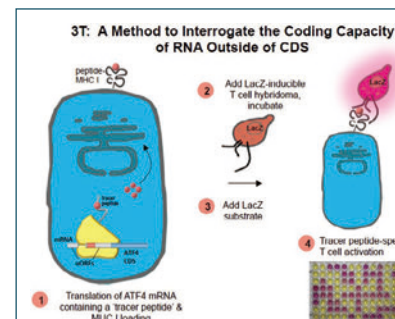
細胞は、新しくタンパク質を合成する過程に対するストレスを受けた際、このストレスを回避する手段として小胞体ストレスセンサータンパク質 PERK を介した翻訳開始因子 eIF2A による翻訳速度の減少、構造異常を受けたタンパク質の排除を行う。一方で、ストレス下でのみ選択的に発現するタンパク質(ATF4, BiP 等)の合成を促進し、恒常性の維持を保っている。これら選択的に発現が誘導されるタンパク質は、5'非翻訳領域(5'UTR)の上流に小さなオープンリーディングフレーム(uORFs)を持つことが知られている。しかし、この領域の重要性、制御機構は十分に解明されていない。本論文では、この領域に、トレイサーペプチドを挿入し、uORFの翻訳過程を検出する tracing translation by T cells(3T)系を新たに構築した。本手法を用いることで、小胞体ストレス誘導体(tunicamycin, SubAB 等)添加による統合ストレス下、シャペロンタンパク質BiPの発現亢進は、翻訳開始因子 eIF2A と5'UTR 配列中の non-AUG で開始される uORF 依存的な翻訳であることを示した。3T 検出法は、5'UTR、他の非翻訳RNA 中で予測される翻訳イベントの多くを性状解析可能にする有効な手段であると期待される。又、5'UTR の uORF 変異で引き起こされる様々な病気が有ることから、本結果は、下流のコード配列の翻訳制御を司る上流の5'UTR が重要な意味を持つと示唆している。

Figure and Note



図：tracing translation by T cells(3T)方法の原理

uORF中にトレイサーペプチドをコードする配列を挿入する。翻訳され、切断されたペプチド部分は小胞体に輸送後、MHC1に寄せられ、細胞表面に移動し、抗原提示する。T細胞が、この提示されたペプチドを認識し、複合体形成・活性化する。このT細胞は活性化するとLacZにコードされたβ-galactosidaseを発現する遺伝子が組み込まれている。この酵素の活性をchlorophenol red-β-D-galactopyranosideを基質として発色、検出することで、5'UTRのuORFからの翻訳の有無を明らかにする。



国際共同研究を通して

今回の領域を超えた国際共同研究は、1通のe-mailから始まり、興味深い結果を得ることが出来ました。3T方法は、ゲノム上の予測されない領域における隠れた翻訳領域を検出することが出来る手法です。ウイルス感染や腫瘍化の様なストレス下、注釈されたコーディング領域の外の非翻訳領域に由来する生成ペプチドが、適応免疫に機能する制御要素で有ることが明らかになっています。現在、Starck博士は米国カリフォルニア州南サンフランシスコにあるNGMバイオ医薬品社において、タンパク質を基盤にした治療薬の開発を目的とした研究室を主宰しています。

プレート境界地震を誘発する 東北沖の周期的スロースリップ

Periodic slow slip triggers megathrust zone earthquakes in northeastern Japan



左から内田 直希、飯沼 卓史、日野 亮太

内田 直希 Naoki Uchida

東北大学大学院 理学研究科 地震・噴火予知研究観測センター 准教授
(兼務) 東北大学 災害科学国際研究所 准教授

飯沼 卓史 Takeshi Iinuma

海洋研究開発機構 地震津波海域観測研究開発センター 研究員

日野 亮太 Ryota Hino

東北大学大学院 理学研究科 地震・噴火予知研究観測センター 教授
(兼務) 東北大学 災害科学国際研究所 教授

Robert M. Nadeau¹ Roland Bürgmann²

¹ Berkeley Seismological Laboratory and Berkeley Institute for Data Science, University of California, Berkeley

² Berkeley Seismological Laboratory and Department of Earth and Planetary Science, University of California, Berkeley

Contact

内田 直希

E-mail: naoki.uchida.b6@tohoku.ac.jp

所在地: 980-8578 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉6-6

U R L: http://www.aob.gp.tohoku.ac.jp/~uchida/

飯沼 卓史

E-mail: iinuma@jamstec.go.jp

所在地: 236-0001 神奈川県横浜市金沢区昭和町3173-25

U R L: http://www.jamstec.go.jp/souran/html/Takeshi_Iinuma003769-j.html

Figure and Note

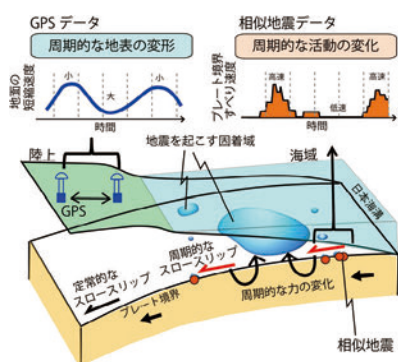


図1: 研究に用いた観測データおよび結果と大地震の発生との関係についての模式図
プレート境界の相似地震と陸上のGPSデータから、プレート境界の周期的なすべり速度変化を見出した。このスロースリップは、大規模な地震を起こす固着域に周期的な力の変化をもたらし、地震発生数を変調させていると考えられる。

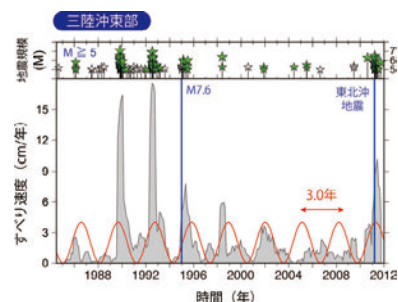


図2: 繰り返し地震データから推定した三陸沖東部でのプレート境界でのすべり(スロースリップ)速度の変化

赤線はすべり速度に当てはめた周期関数。それぞれの図上部の星は、マグニチュード5以上の地震の活動を示し、緑はそのうち、周期関数の位相が正(すべり速度が速い時期)に発生したものを示す。

東北大学 地震・噴火予知研究観測センター

私たちのセンターには、約60名の学生・職員が所属し、地震・噴火予知の基礎的研究を推進してきました。地震・火山噴火予知のためには、プレートの沈み込み過程や、それに伴って発生する地震や火山現象そのものをより深く理解することが必須です。そのためにセンターでは災害科学国際研究所とも協力し、沈み込み帯における地殻活動総合予測モデルを構築し、将来的にはプレート沈み込み帯の総合的研究の国際的な中核研究拠点となることを目指しています。

ナノ粒子超格子のダイヤモンド系列

Diamond family of nanoparticle superlattices



田川 美穂 Miho Tagawa

名古屋大学大学院 工学研究科 マテリアル理工学専攻 材料工学分野 准教授
(現 名古屋大学 未来材料・システム研究所 未来エレクトロニクス集積研究センター 准教授)

Wenyan Liu¹ Huolin L. Xin¹ Tong Wang² Hamed Emamy⁴ Huilin Li^{2,3}
Kevin G. Yager¹ Francis W. Starr⁴ Alexei V. Tkachenko¹ Oleg Gang¹

¹ Center for Functional Nanomaterials, Brookhaven National Laboratory

² Biology Department, Brookhaven National Laboratory

³ Department of Biochemistry and Cell Biology, Stony Brook University

⁴ Department of Physics, Wesleyan University

Contact

E-mail: mtagawa@numse.nagoya-u.ac.jp

所在地: 464-8603 愛知県名古屋市千種区不老町 工学研究科5号館6F 615号室

U R L: http://profs.provost.nagoya-u.ac.jp/view/html/100006436_ja.html

DNA オリガミケージを用いて ナノ粒子を結晶化し、超格子を作製する

ナノ粒子表面にDNAを結合させてコード化すると(DNA修飾ナノ粒子)、DNAの相補性により粒子間の相互作用が制御され、超格子を形成する。DNAの長さや配列、ナノ粒子の大きさを変えることで、ナノ粒子超格子の結晶構造を変えることができる。しかしこの方法ではDNAの結合手の数を制御するのが難しく、作製できる結晶構造に限りがある。例えばダイヤモンド構造のような充填率の低い構造は作製できなかった。

我々は、数本のDNAから成るDNAナノ構造体を介してDNA修飾ナノ粒子を結晶化し、超格子を作製する方法を考えた[O. Gang, F. Lu, M. Tagawa, US Patent, Serial No. 61/587,786]。DNAオリガミ法で作製した正四面体型DNAナノ構造体(DNAオリガミケージ)を用いると、正四面体の4つの頂点にDNA修飾ナノ粒子を配置させてFCC構造を作製できる(ルートA)。更に、DNAオリガミケージ内にもナノ粒子が配置されるようにDNA結合部を用意すると、ダイヤモンド構造が形成される(ルートB)(図1)。ケージ内のナノ粒子の大きさや個数を変えて閃亜鉛構造や'wandering'閃亜鉛構造を作製することにも成功した(図2)。三次元フォトニック結晶などの応用が期待される。

Figure and Note

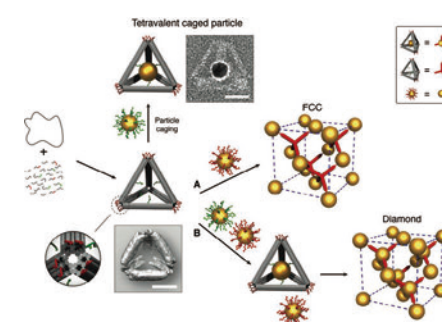


図1: DNA修飾ナノ粒子とDNAオリガミケージの結晶化

ルートA: 赤色のDNAが修飾されたナノ粒子は正四面体の頂点の相補鎖(赤色)に結合し、超格子はFCCとなる。ルートB: 更に緑色のDNAが修飾されたナノ粒子も添加すると、正四面体の各辺中央から出る相補鎖(緑色)に結合してDNAオリガミケージ内に入り、超格子はダイヤモンド構造となる。

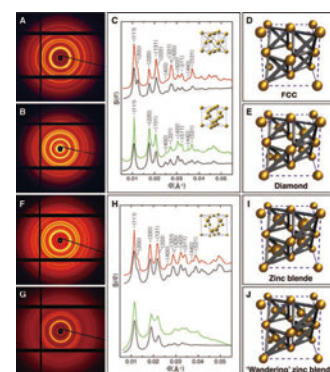


図2: 超格子の模式図とX線小角散乱結果

FCC(A, C上, D), ダイヤモンド(B, C下, E)、閃亜鉛(F, H上, I)、'wandering'閃亜鉛(G, H下, J)

多国籍チームワークが生み出した成果

ニューヨークの東に伸びるロングアイランドの中心に位置するブルックヘブン国立研究所は、野生の鹿や七面鳥が多く生息する緑豊かな研究所です。私が2009年～2011年まで滞在した機能性ナノ材料センターは、研究所の中では比較的新しいセンターでした。まず驚いたのは、ラボの造り。1階のフロアは全てガラス張りの共通実験室でした。所属グループに限らず、色々な研究者と話をすることができます。また、1週間に1回あるカフェの時間や頻繁に開かれるBBQパーティーなどで、多くの人と交流する機会があります。物理・化学・生物の融合分野が発展するのはこのような環境からなのだと納得しました。また、我々の研究は生まれも育ちも全く異なる多国籍チームで成し遂げた成果です。考え方もそれぞれ、拘る部分もそれぞれ、多様性があるからこそ生まれた成果だと思います。

細胞との相互作用制御のための、DNAを用いた動的コロイドナノ粒子系

DNA-controlled dynamic colloidal nanoparticle systems for mediating cellular interaction



太田 誠一 *Seiichi Ohta*

東京大学大学院 医学系研究科 疾患生命工学センター 助教

Dylan Glancy^{1,2} Warren C. W. Chan^{1,2,3,4}

¹ Institute of Biomaterials and Biomedical Engineering, Donnelly Center for Cellular and Biomolecular Research, University of Toronto

² Department of Chemistry, University of Toronto

³ Department of Chemical Engineering, University of Toronto

⁴ Department of Material Science and Engineering, University of Toronto

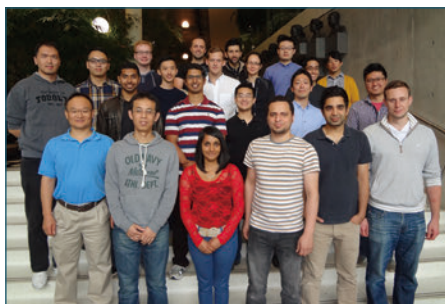
Contact

E-mail : s-ohta@m.u-tokyo.ac.jp

所在地 : 113-0033 東京都文京区本郷7-3-1

動的に変化する「形」でナノ粒子の機能や細胞との相互作用を制御

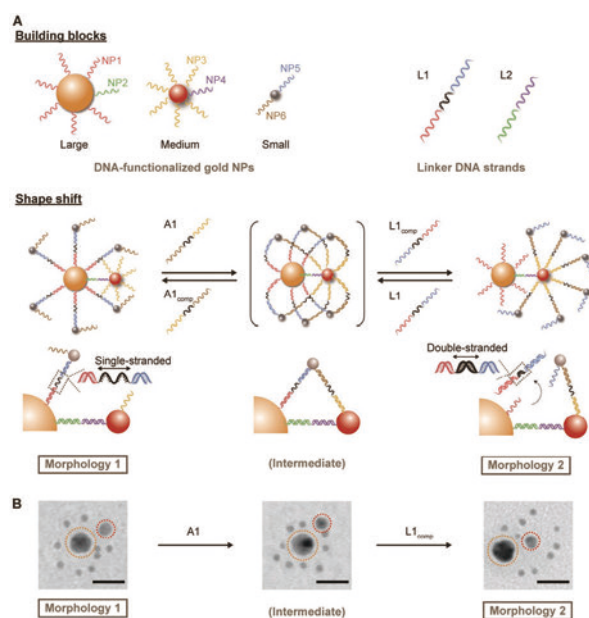
ナノメートルサイズの微粒子(ナノ粒子)は、画像診断や薬剤の患部への選択的な送達など、様々な医療用途で注目されている。ナノ粒子を体内に投与するとき、粒子は患部に到達するまでに、血流や細胞外マトリックスなど、様々なバリアを通過する必要がある。このような時々刻々と変化する環境に対応するために、生体内の物質は、動的にその性質を変化させることができる。例えばタンパク質は、環境に応じて立体構造(コンフォメーション)を変化させ、これによって機能を調節している。我々はこれに倣い、動的に形態を変化させることが可能な、ナノ粒子の集合体を開発した(図)。この衛星の様な形をした粒子集合体は、粒子表面に修飾された1本鎖DNA同士で2重らせん形成によって組み上げられており、ある特定のDNA配列と接触したときに、その形態を変化させるよう設計されている。我々はこれに蛍光分子やがんの標的分子を導入することで、形態の変化に応答して粒子の示す蛍光シグナルや、がんへの標的性を変化させることに成功した。今後、生体内で動的に形を変えながらその機能を制御し、疾患を治療する、新しい概念の医用ナノ粒子へと発展していくことが期待される。



トロント大学 IBME

トロント大学IBME(Institute of Biomaterials and Biomedical Engineering)のChan研究室には、化学、生物、医学など様々な専門性を持った研究者が一堂に会しています。また移民の街トロントらしく、メンバーの出身地は世界各国様々です。このような多様なバックグラウンドの中で、「ナノ粒子と生体はどう相互作用するか、どのような粒子設計が最適か」という共通の課題に対して、それぞれの意見を出し合いながら、切磋琢磨して取り組んでいます。

Figure and Note



図：DNAによって制御されたナノ粒子の集合体形成と形態変化

金ナノ粒子に修飾されたDNAの2重らせん形成によって、衛星状の粒子集合体(Morph.1)が形成される。これに特定のDNAを加えると、2重らせんの組み換えにより、形態変化が起こる(Morph.2)。

金表面上でのグラフェンナノリボンの超潤滑

Superlubricity of graphene nanoribbons on gold surfaces



川井 茂樹 *Shigeki Kawai*

Senior Researcher, Department of Physics, University of Basel

科学技術振興機構 さきがけ(分子技術と新機能創出)

(現 物質・材料研究機構 主幹研究員)

Andrea Benassi^{2,3} Enrico Gnecco^{4,5} Hajo Söde² Rémy Pawlak¹ Xinliang Feng⁶ Klaus Müllen⁷ Daniele Passerone² Carlo A. Pignedoli² Pascal Ruffieux² Roman Fasel^{2,8} Ernst Meyer¹

¹ Department of Physics, University of Basel

² nanotech@surfaces Laboratory, Empa, Swiss Federal Laboratories for Materials Science and Technology

³ Institute for Materials Science and Max Bergmann Center of Biomaterials, Technische Universität Dresden

⁴ Instituto Madrileño de Estudios Avanzados en Nanociencia

⁵ Otto Schott Institute of Materials Research, Friedrich Schiller University Jena

⁶ Department of Chemistry and Food Chemistry, Center for Advancing Electronics Dresden, Technische Universität Dresden

⁷ Max Planck Institute for Polymer Research

⁸ Department of Chemistry and Biochemistry, University of Bern

Contact

E-mail : KAWAI.Shigeki@nims.go.jp

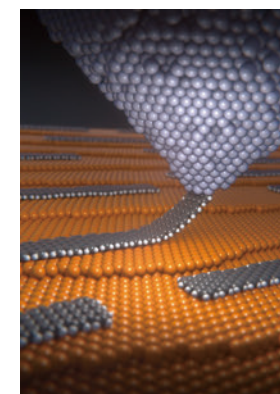
所在地 : 305-0047 茨城県つくば市並木1-1

URL : https://nanolino.unibas.ch/

グラフェンによる超潤滑現象の観察とメカニズム解明に成功

摩擦は、物質と物質の界面で起こる日常生活の中でもっとも身近な物理現象の一つである。摩擦現象の研究は様々なスケールで行われてきた。原子間力顕微鏡の開発によりナノメートル領域での摩擦現象を測定することが可能となり、ナノトライボロジーの研究が始まった。その中でも界面の構造に起因して摩擦が殆どなくなる「超潤滑現象」は、非常に興味深い現象である。本研究では、表面化学反応で前駆体分子から原子レベルで構造が決まったグラフェンナノリボンを生成し、それを清浄な金の表面上を滑らすことにより超潤滑現象の起源を解明した。実験では、長さ5~50ナノメートルのグラフェンナノリボンを僅か2~200ピコニュートンの力で動かせることを示した。また、単位長さ当たり(もしくはグラフェンナノリボンを構成する炭素原子一つ当たり)の摩擦力は、その全体の長さが長くなるのに伴い減少することを発見した。これは典型的な構造による超潤滑現象であり、その詳細な動きを分子動力学シミュレーションを用いて解明した。将来、グラフェンなどを用いた超薄膜で機械部品をコーティングすることにより、エネルギー損失が殆どない材料開発に繋がる可能性がある。

Figure and Note



図：超潤滑現象を測定する実験の概略図

金基板表面上で化学反応を利用して生成したグラフェンナノリボンを原子間力顕微鏡の探針で操作の様子。グラフェンと金の格子定数の違い(incommensurability)に起因して摩擦が殆ど消滅する。

自由な雰囲気と個人を尊重する研究環境

ドイツとフランスの国境に接してライン川が流れるスイスのバーゼル市内に位置するバーゼル大学物理学科Ernst Meyer教授グループでは、走査型プローブ顕微鏡を用いたナノスケールの物理や化学を研究してきました。自由な雰囲気や個人の判断が尊重される素晴らしい研究環境は、特筆ものです。本研究も、私が小さなカンファレンスで会ったRuffieux博士との雑談で始まりました。気軽に共同研究を行え、またそれを大いにサポートするMeyer研究室は素晴らしいところでした。

写真：バーゼル大学物理学科



アマゾンの熱帯常緑林における光合成活動の季節変化は、葉の成長と森林の葉齢構成によって説明できる

Leaf development and demography explain photosynthetic seasonality in Amazon evergreen forests



小林 秀樹 *Hideki Kobayashi*

海洋研究開発機構 地球表層物質循環研究分野 主任研究員

Jin Wu¹ Loren P. Albert¹ Aline P. Lopes² Natalia Restrepo-Coupe^{1,3} Matthew Hayek⁴ Kenia T. Wiedemann^{1,4} Kaiyu Guan^{5,6} Scott C. Stark⁷ Bradley Christoffersen^{1,8} Neill Prohaska¹ Julia V. Tavares² Suelen Marostica² Mauricio L. Ferreira^{9,10} Kleber Silva Campos¹¹ Rodrigo da Silva¹¹ Paulo M. Brandão^{12,13} Dennis G. Dye¹⁴ Travis E. Huxman¹⁵ Alfredo R. Huete³ Bruce W. Nelson² Scott R. Saleska¹

¹ Department of Ecology and Evolutionary Biology, University of Arizona

² Brazil's National Institute for Amazon Research

³ Plant Functional Biology and Climate Change Cluster, University of Technology Sydney

⁴ John A. Paulson School of Engineering and Applied Sciences, Harvard University

⁵ Department of Natural Resources and Environmental Science, University of Illinois at Urbana Champaign

⁶ Department of Earth System Science, Stanford University

⁷ Department of Forestry, Michigan State University

⁸ Earth and Environmental Sciences Division, Los Alamos National Lab

⁹ Centro de Energia Nuclear na Agricultura, University of Sao Paulo

¹⁰ Smart and Intelligent Cities Programme, University Nove de Julho

¹¹ Department of Environmental Physics, University of Western Para

¹² Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazonia

¹³ Woods Hole Research Center

¹⁴ Western Geographic Science Center, U.S. Geological Survey

¹⁵ Ecology and Evolutionary Biology and Center for Environmental Biology, University of California, Irvine

Contact

E-mail : hkoba@jamstec.go.jp

所在地 : 236-0001 神奈川県横浜市金沢区昭和町 3173 番 25

アマゾン熱帯林の光合成活動の季節変動要因が明らかに

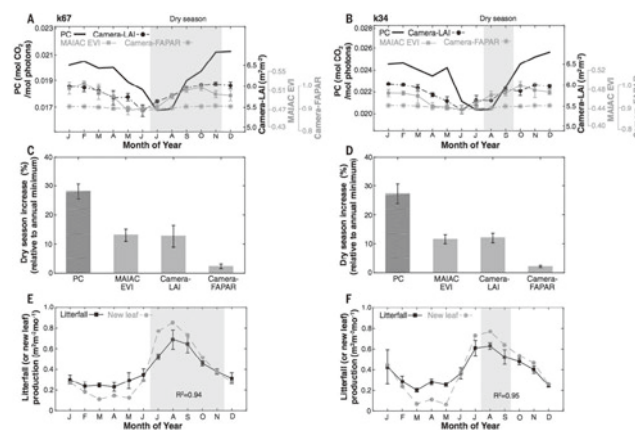
世界最大の熱帯林であるアマゾンの光合成活動の解明は、主要な温室効果ガスである二酸化炭素吸収・放出量の算出にとって重要な意味を持つ。しかし、アマゾン熱帯林の光合成の季節性について、広範囲な観測データに基づく要因分析はあまり行われてこなかった。本研究では、気象観測、大気と森林の間の二酸化炭素交換量観測、定点カメラによる生物季節の現場観測および人工衛星と航空機による森林の広域観測データを総合的に分析した。その結果、熱帯常緑樹林の「生物季節」が光合成活動の変動にもっとも影響を与えていることが明らかとなった。ここでの生物季節とは、乾季に光合成能力の低い古い葉が落葉し、かわりに新葉が芽吹き、成長して高い光合成能力を獲得する過程（葉齢構成の季節変化）である。本研究では、光合成活動の季節変化が、日射や降雨ではなく、この葉齢構成の変化に同期していることを明らかにした。本研究の成果は、気候変動下での熱帯林の長期的な応答や回復力の理解の一助になると期待される。



様々な角度から地球環境を眺める

アマゾン熱帯林の季節性や二酸化炭素の吸収・放出過程の研究には、1人の研究者では解決できない問題がたくさんあります。その解決には生物、物理、化学、工学にまたがる様々な分野の専門家が国境や分野の壁を取り払って研究を進めることが必要となります。2016年11月4日には日本も参加する温室効果ガス削減に関するパリ協定が発効しました。パリ協定を着実に進めるためにも、より正確な熱帯林の理解が必要であり、そのための国際共同研究が今後ますます重要になると考えられます。

Figure and Note



図：アマゾン熱帯林の光合成能力とその規定要因の分析

(A)と(B)：アマゾン熱帯林の光合成(PC)などの季節変化。

(C)と(D)：乾季の光合成などの上昇率。

(E)と(F)：落葉量(Litterfall)と新葉の増加量(New leaf)。

宇宙から植物の蛍光をモニタリングする ～地球観測新時代の幕開け～

海洋研究開発機構 地球表層物質循環研究分野 小林 秀樹

植物が光合成によって温室効果ガスの二酸化炭素(CO₂)を吸収することはよく知られた事実です。実験室で温度や光を変化させながら光合成によるCO₂吸収量を調べることは難しくありません。しかし、地球上の陸上植物のCO₂吸収量を調べるとなるとそう簡単ではありません。現在のところ、陸上植物の炭素吸収の総量は年間120ペタ(×10¹⁵)グラム程度と考えられていますが、その値は極めて不確かです。陸上植物のCO₂吸収量の見積もりには、植物の光合成反応モデルや様々な観測データとともに人工衛星データが利用されます。

人工衛星による地球環境の観測には40年以上の歴史があり、森林伐採や砂漠化、都市化など、土地の状態変化を記録してきました。近年、光合成活性を反映するクロロフィル蛍光が人工衛星で観測できるようになり、植物の光合成活動を宇宙から、より直接的に知ることができるようになりました。

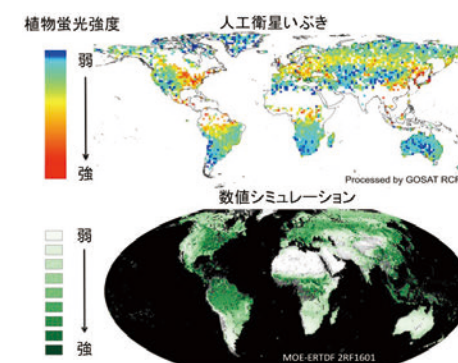
クロロフィル蛍光の衛星観測

クロロフィル蛍光は葉の内部に存在するクロロフィル色素の発光現象です。植物は太陽光エネルギーを利用して光合成を行います。光合成に利用されなかったエネルギーの一部(数%以内)を光として放出します。植物学の分野では、1980年代から光合成活性を調べるためにクロロフィル蛍光の計測が行われてきました。しかし、宇宙からの観測となると容易ではありません。クロロフィル蛍光は赤色や近赤外線をふくむ、様々な色(波長)の光の集合ですが、太陽光と比べて微弱で、葉の表面で反射される太陽光に埋もれてしまうからです。

ところが近年、フラウンホーファー線と呼ばれる、太陽光が太陽の上層や地球の大気中の元素によって吸収された波長の観測が可能になり、微弱なクロロフィル蛍光が人工衛星で検出できるようになりました。2010年代初頭に、ヨーロッパの人工衛星とともにこのクロロフィル蛍光の観測に初めて成功したのが、日本の温室効果ガス観測技術衛星「いぶき」です。

人工衛星による植物観測の行方

クロロフィル蛍光の観測は、CO₂収支を研究する科学者にとって朗報となるでしょうか？ おそらくその答えは今後10年で出るでしょう。最近の研究では、クロロフィル蛍光の衛星データから陸上植物のCO₂吸収量を推定しようとする試みが始まっています。一方で、現在運用中の人工衛星は観測の頻度がまばらであったり、雲に被覆されて観測が十分に行われていない地域があったりします。データの解釈を深めてどのようにクロロフィル蛍光情報を利用するか、また将来に向けてどのような観測を行っていくべきか、今後さらに議論する必要があります。2017年以降、クロロフィル蛍光以外にも、植物分布などを観測する日本の人工衛星GCOM-Cや、国際宇宙ステーションから森林の樹高を計測する日米の計画など、多くの地球観測が計画されています。こうした新時代の人工衛星の登場に備えて、私たち研究者は、地球環境問題解決のための活用方法に思いを巡らせています。



人工衛星で観測された植物蛍光(上、2009年～2014年夏平均)と数値モデルによるシミュレーション(下、2010年夏平均)の地図の例。人工衛星観測とシミュレーションを比較することで、一枚一枚の葉の蛍光がどのように森林全体の蛍光につながり、どのように宇宙から観測されるかを知ることができる。衛星データ提供：国立環境研究所 吉田幸生氏・押尾晴樹氏・野田響氏(NIES/GOSAT研究用計算設備による成果)

ポリ(エチレンテレフタレート)を分解し、 資化する細菌

A bacterium that degrades and assimilates poly (ethylene terephthalate)



宮本 憲二 Kenji Miyamoto
慶応義塾大学 理工学部 生命情報学科 准教授

小田 耕平 Kohei Oda
京都工芸繊維大学 繊維学部 名誉教授

吉田 昭介^{1,2} 平賀 和三¹ 竹花 稔彦³ 谷口 育雄⁴ 山地 広尚¹ 前田 康人⁵
豊原 清綱⁵ 木村 良晴⁴

¹ 京都工芸繊維大学 繊維学部 応用生物学科

² 慶応義塾大学理工学部 生命情報学科(現所属: 京都大学工学研究科 ERATO 秋吉プロジェクト研究員)

³ 株式会社 ADEKA ライフサイエンス材料研究所

⁴ 京都工芸繊維大学 繊維学部 高分子学科

⁵ 帝人株式会社 新事業推進本部

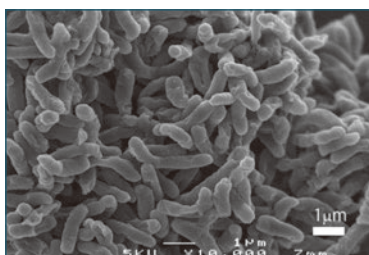
Contact

宮本 憲二 E-mail : kmiyamoto@bio.keio.ac.jp
所在地 : 223-8522 横浜市港北区日吉 3-14-1
U R L : http://www.bio.keio.ac.jp/labs/kmiyamoto/

小田 耕平 E-mail : bika@kit.ac.jp

PET 分解微生物の発見と その分解機構の解明

PET は、石油由来のテレフタル酸とエチレングリコールの縮重合した高分子化合物であり、ボトルや繊維などに汎用されている。これら PET 製品は化学的に非常に安定であるため、自然界では生物分解を受けないとされてきた。それ故、使用済み PET 製品の大部分は、焼却か埋め立て処理されている。我々は、PET を栄養源として生育する微生物を発見できれば、低エネルギー型・環境調和型の「PET バイオリサイクル」に応用できるのではないかと考えた。様々な環境サンプルを採取し探索を行った結果、大阪府堺市で採取したサンプルから新種の細菌 *Ideonella sakaiensis* 201-F6 株を分離することに成功した。この株は PET を分解するばかりか、PET を栄養源として増殖することができた。次に、この細菌のゲノム解読を行い、PET を加水分解しモノヒドロキシエチルテレフタレート (MHET) を生成する PETase と、MHET をテレフタル酸とエチレングリコールに分解する MHETase を見いだすことに成功した。生成したテレフタル酸とエチレングリコールは、本菌に取り込まれ更に代謝された。本研究を発端として高分子のバイオリサイクルという新たな手法の開発・発展が期待される。



スクリーニングの必要性

現代は、次世代シーケンサーの普及により遺伝子の配列情報が溢れている時代ですが、全く新奇な活性を持った酵素を発見するには、配列情報だけでは不十分であり、環境サンプル中からの探索が必要不可欠です。最初の酵素が発見できれば、バイオインフォマティクス手法により、それと似たものを探すのは容易になります。したがって、今回の論文のような古典的であっても新奇酵素が得られる研究は、今後も継続して行かなければならない重要な分野だと考えています。

写真：栄養培地で生育した *I. sakaiensis* の FE-SEM 観察像

Figure and Note

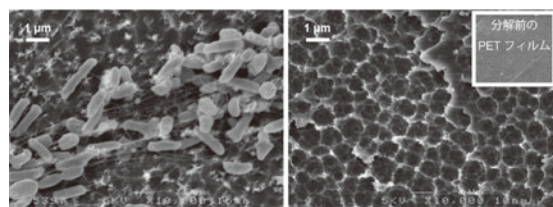


図1：微生物によるPETフィルムの分解
(左)PETフィルム上で生育する201-F6株。(右)フィルム表面を洗浄後、観察される分解痕。

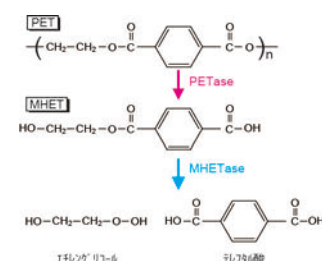


図2：PET 分解のメカニズム
PETase と MHETase により PET はモノマーにまで分解される。

微生物は環境に対して柔軟に対応できる

慶應義塾大学 理工学部 生命情報学科 宮本 憲二

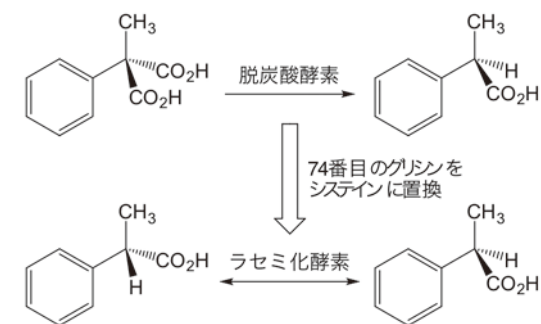
微生物の中に存在する酵素は、細胞内で化学反応が起こりやすくする触媒としての機能を持つタンパク質分子です。高校の生物や化学の教科書を見てみると、酵素の特徴として以下のようなことが書いてあります。

- ① 酵素は熱に弱い
- ② 酵素の特定の基質にしか作用しない(鍵と鍵穴説)

①について、例えばヒトの酵素は、体温付近でもっともよく働くように進化しているので、高温では酵素の構造が壊れて活性を失います。しかし、温泉や海底の熱水鉱床に生息する微生物が持つ酵素は、高温でよく働くように進化しています。グツグツ煮ても、全く平気な酵素も知られています。このように、全ての酵素が熱に弱いわけではなく、環境によってその性質は異なります。②については、確かに特定の化合物だけにしか作用しない酵素もたくさんあります。一つの酵素が細胞内で色々な化合物に作用してしまうと、細胞の精密な制御ができなくなるので当然かも知れません。しかし一方で、自然界にはそのような想像を超えるかなりルーズな酵素も知られています。例えば、油脂(トリグリセリド)をグリセリンと脂肪酸に加水分解するリパーゼという酵素です。リパーゼは、油脂のみならず人工合成された数百種類以上の非天然型エステルに作用することが報告されています。そして、この酵素は光学活性医薬品の中間体の合成等に汎用されています。以上のように、教科書に書かれていることと異なった特徴を持つ酵素が自然界には存在しているのです。

酵素の機能は人為的に変えることができる

遺伝子工学が発達したことで、酵素の任意の位置のアミノ酸を自由に変えることができるようになりました。また、酵素の複雑な立体構造が続々と明らかとなり、詳細な反応メカニズムもわかってきました。またその情報を基に、酵素の機能を合理的にデザインすることもできるようになってきました。そして、たった数個のアミノ酸を置換するだけで、熱安定性が向上した変異体や、基質特異性が大きく変化したものを作り出すことが可能となりました。我々の研究では、最小限の変異導入により、ある脱炭酸酵素を全く働きの異なるラセミ化酵素に改変したり、酵素活性を1万倍も向上したりすることに成功しています。これらの事実は、常に遺伝子に対して変異が起こりうる自然界でも、思ってもかけない進化が起こりうることを示しています。



PET 分解微生物はどのようにして誕生したのか？

PET は約 70 年前に人類によって化学合成された樹脂です。したがって、それ以前に PET を分解する酵素は、この世には存在しなかったはずです。では、我々が見いだした微生物は、どのようにして PET 分解能力を獲得したのでしょうか？ この疑問を解決するために、ゲノムが解読されている全ての微生物を対象に、PET 分解に関与する酵素 (PETase と MHETase) と、その生成物であるテレフタル酸の分解に関係する酵素 (2 種類のジオキシゲナーゼ) の遺伝子を調査しました。その結果、この 4 種類の遺伝子をすべて持っている微生物は、見つかりませんでした。しかし、MHETase と 2 種類のジオキシゲナーゼを持っている微生物は見つかりました。そこで、最初に MHET 分解菌が誕生し、そこへ弱いながらも PET を分解できる酵素の遺伝子が外部から移った (水平伝播) と考えました。そして、その遺伝子に変異が起こり PET の分解活性が強化されて、単独で PET を分解可能な能力を持った新たな微生物が誕生したと考えています。現在、我々の *Science* での発表を皮切りに、世界中で PET 分解微生物の探査が行われていると考えられます。我々の微生物と新しく発見されるものを比較することで、進化の過程が明らかになるかも知れません。

陰イオン交換反応によって Cu₂O ナノ結晶から仮晶ナノケージを形成する

Formation of pseudomorphic nanocages from Cu₂O nanocrystals through anion exchange reactions



左から呉 欣倫、佐藤 良太、寺西 利治

呉 欣倫 *Hsin-Lun Wu*
京都大学 化学研究所 研究員

佐藤 良太 *Ryota Sato*
京都大学 化学研究所 助教

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

山口 睦¹ 木村 仁士¹ 治田 充貴² 倉田 博基²

¹ 京都大学大学院 理学研究科 化学専攻

² 京都大学 化学研究所

Contact

寺西 利治

E-mail : teranisi@scl.kyoto-u.ac.jp

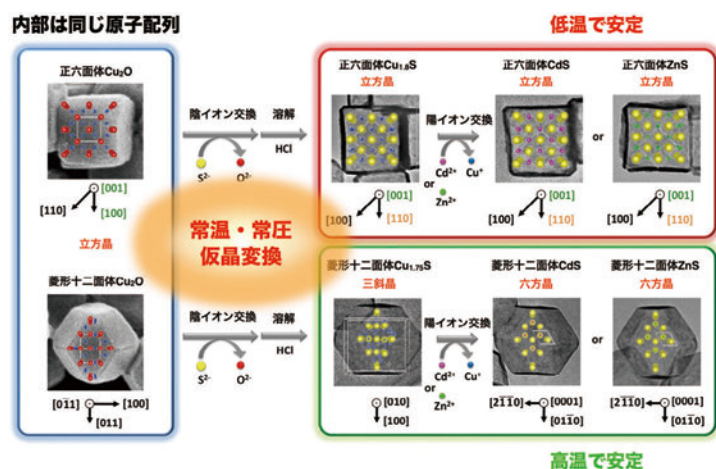
所在地 : 611-0011 京都府宇治市五ヶ丘

U R L : http://www.scl.kyoto-u.ac.jp/~teranisi/

常温・常圧でイオン性ナノ結晶の結晶系を制御

イオン性ナノ結晶は、半導体光触媒や光電変換材料などの光機能性材料として広く使われており、その多彩な特性は、構成元素・形態・結晶構造などにより決まる。なかでも、イオン性ナノ結晶の結晶構造は、相図に従い温度により安定相が決まっているため、高温で安定な結晶構造を化学合成で得ることは困難である。今回、京都大学化学研究所先端ビームナノ科学センターのグループと共同で、{100}面が露出した正六面体および{110}面が露出した菱形十二面体Cu₂Oナノ結晶を常温・常圧で陰イオン交換(O²⁻ → S²⁻)した生成物を詳細に解析した。その結果、表面に露出している結晶面の陰イオン骨格(対称性や積層様式)により、生成物の結晶系が決定されることを発見した。本手法を用いると、通常は高温でしか得られない六方晶ZnSなどの結晶構造でも、常温・常圧で形成可能であることを実証した。この構造変換手法は他のイオン性ナノ結晶にも適用可能であると考えられ、従来得ることが難しい結晶構造をもつイオン性ナノ結晶やイオン結晶薄膜を作製することで、新しい光エネルギー変換材料の開発につながるものと期待される。

Figure and Note

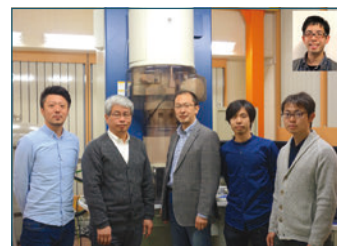


図：Cu₂Oナノ結晶の常温・常圧イオン交換による生成物の結晶系制御

酸素イオンがC₄対称の{100}面が露出した正六面体Cu₂Oナノ結晶(立方晶)を陰イオン交換(O²⁻ → S²⁻)すると立方晶Cu_{1.8}Sナノ結晶が得られるが、C₂対称の{110}面が露出した菱形十二面体Cu₂Oナノ結晶からは、三斜晶Cu_{1.75}Sナノ結晶が得られる。

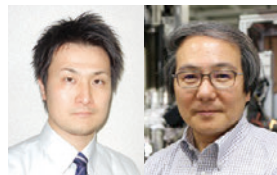
京都大学化学研究所発、「ナノ仮晶化学」

まさか、露出結晶面が異なるだけで、異なる結晶系の生成物が得られるとは夢にも思いませんでした。この発見を基に、「ナノ仮晶化学」という分野を開拓できそうです。詳細な観察と深い議論があれば、洞察力と想像力(創造力)が養われることを改めて実感しました。今回の成果は、京都大学化学研究所内の共同研究で得られたものです。これからの時代、国際共同研究ももちろん大切ですが、純粋な日本発の成果もいいものだと思います。さ〜て、次はどんなナノ結晶を創ろうか…。



酸水素化物中での純粋なヒドリドイオン伝導

Pure H⁻ conduction in oxyhydrides



左から小林 玄器、菅野 了次

小林 玄器 *Genki Kobayashi*

分子科学研究所 協奏分子システム研究センター 特任准教授
科学技術振興機構 さきがけ「新物質科学と元素戦略」さきがけ研究者

菅野 了次 *Ryoji Kanno*

東京工業大学 物質理工学院 応用化学系 教授

日沼 洋陽¹ 松岡 慎治² 渡邊 明尋^{2,3} Muhammad Iqbal² 平山 雅章⁴

米村 雅雄⁵ 神山 崇⁵ 田中 功¹

¹ 京都大学大学院 工学研究科 材料工学専攻

² 東京工業大学大学院 総合理工学研究科 物質電子化学専攻

³ 分子科学研究所 協奏分子システム研究センター

⁴ 東京工業大学 物質理工学院 応用化学系

⁵ 高エネルギー加速器研究機構 物質構造科学研究所

Contact

小林 玄器

E-mail : gkobayashi@ims.ac.jp

所在地 : 448-585 愛知県岡崎市明大寺町西郷中38番地 南実験棟303

U R L : https://www.ims.ac.jp/organization/kobayashi_g/

菅野 了次

E-mail : kanno@echem.titech.ac.jp

所在地 : 226-8502 神奈川県横浜市緑区長津田町4259 G1-1

東京工業大学 G1 棟 10F

U R L : http://www.kanno.chem.titech.ac.jp/

ヒドリドイオン伝導体の創成 ～水素を利用した革新的エネルギーデバイス開発の可能性～

イオン伝導体は、二次電池や燃料電池の基幹材料として電極や電解質に用いられ、プロトン(H⁺)やリチウム(Li⁺)を伝導する物質が実用材料として開発されている。ヒドリド(H⁻)は、イオン伝導に適したイオン半径と、Mgと同程度の卑な酸化還元電位(-2.25V vs. SHE)を持つことから、H⁻を電荷担体とするイオン伝導体を蓄電・発電反応に利用することができれば、高電位・高容量のエネルギーデバイスを実現できる可能性がある。しかし、化学的に安定であり、かつH⁻のみがイオン伝導する物質はこれまでに発見されておらず、H⁻をエネルギーデバイスに応用する試みは無かった。

我々は、H⁻が酸化物イオン(O²⁻)と共存する副格子をもつ酸水素化物と呼ばれる物質系に着目し、構成元素にHより電子供与性の強いリチウム(Li)、ストロンチウム(Sr)、ランタン(La)を採用して、Hからの電子供与を抑制することで効率1の純粋なH⁻伝導体であるLa_{2-x-y}Sr_{x-y}LiH_{1-x-y}O_{3-y}(LSLHO)を開発することに成功した。さらに、開発したLSLHOを固体電解質に用いて、H⁻を電荷担体とする全固体型の電気化学エネルギーデバイスが作動することを初めて見出し、H⁻電気化学デバイスの作動原理を実証した。この研究成果は、ヒドリドのイオン伝導を利用した電気化学デバイスの可能性を初めて示したものであり、水素のエネルギー利用に新たな可能性をもたらすとともに、既存の蓄電・発電デバイスの延長線上にない新しいエネルギーデバイスの開発に道を拓くものと期待される。

Figure and Note

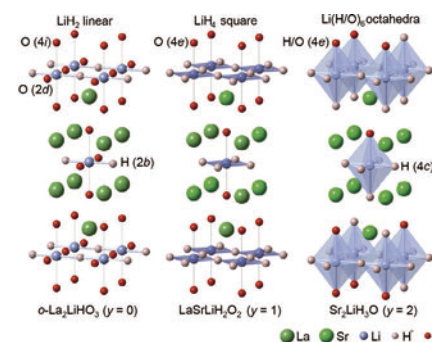


図1：La_{2-x-y}Sr_{x-y}LiH_{1-x-y}O_{3-y}の結晶構造

H⁻含有量の増加に伴い、LiX₆(X=H, O)八面体内の配位環境が変化する。La₂LiH₃O₃ではLiにH⁻が面内で2配位し、LaSrLiH₂O₂ではLiにH⁻が4配位してLiH₄平面が形成され、Sr₂LiH₃Oでは八面体の頂点位置の半分もH⁻で占有される。

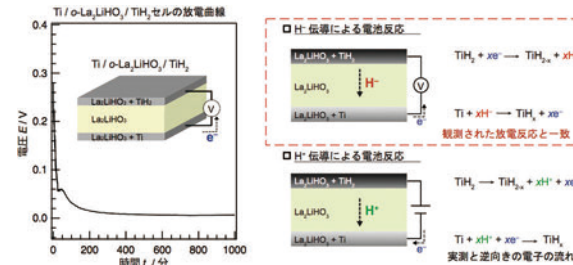
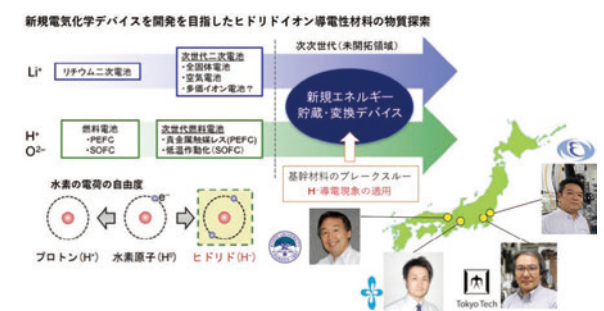


図2：作製した全固体電池Ti/La_{2-x-y}Sr_{x-y}LiH_{1-x-y}O_{3-y}/TiH₂の定電流放電測定の結果

全固体セルTi/LSLHO/TiH₂は正の起電力を示し、定電流放電によって放電容量が得られた。起電力と放電反応での流れる電流の向きから電荷担体がH⁻であることが証明できた。

次世代エネルギーデバイスの開発を目指して

本研究によって、H⁻が電荷担体として固体内をイオン伝導することが明らかになり、H⁻伝導体を固体電解質に利用した新しいエネルギーデバイスの開発が可能であることを初めて示しました。我々の研究チームは、今後、より伝導率の高いH⁻イオン伝導体の創成を目指して物質探索を進めると共に、H⁻の酸化還元電位を活かした電池反応の構築を目指します。本成果を通し、既存のエネルギーデバイスに用いられているLi⁺やH⁺、O²⁻、Mg²⁺などのイオン伝導種に新たにH⁻が加わったことが、次世代エネルギーデバイスの開発に向けた新たな潮流に繋がることを期待しています。



プロスタグランジン E₂ は自然リンパ球 -IL-22 軸に働き、全身的炎症を制御している

Prostaglandin E₂ constrains systemic inflammation through an innate lymphoid cell-IL-22 axis



成宮 周 Shuh Narumiya

京都大学大学院 医学研究科 次世代免疫制御を目指す創薬医学融合拠点 教授

姚 成燦 Chengcan Yao

MRC Center for Inflammation Research, Queen's Medical Research Institute, The University of Edinburgh

左から、Chengcan Yao、成宮 周
(2015年ブタベストで)

Rodger Duffin¹ Richard A. O'Connor¹ Siobhan Crittenden¹ Thorsten Forster² Cunjing Yu¹ Xiaozhong Zheng³
Danielle Smyth³ Calum T. Robb¹ Fiona Rossi⁴ Christos Skouras¹ Shaohui Tang⁵ James Richards¹
Antonella Pellicoro¹ Richard B. Weller¹ Richard M. Breyer^{6,7} Damian J. Mole¹ John P. Iredale¹ Stephen M. Anderton¹
Rick M. Maizels³ Peter Ghazal^{2,8} Sarah E. Howie¹ Adriano G. Rossi¹

¹ Medical Research Council (MRC) Centre for Inflammation Research, Queen's Medical Research Institute

² Division of Pathway Medicine, Edinburgh Infectious Diseases, The University of Edinburgh

³ Institute for Immunology and Infection Research, The University of Edinburgh

⁴ MRC Centre for Regenerative Medicine, The University of Edinburgh

⁵ Department of Gastroenterology, First Affiliated Hospital of Jinan University

⁶ Department of Veterans Affairs, Tennessee Valley Health Authority

⁷ Department of Medicine, Vanderbilt University Medical Center

⁸ Centre for Synthetic and Systems Biology (SynthSys), The University of Edinburgh

Contact

成宮 周 E-mail : snaru@mfour.med.kyoto-u.ac.jp
所在地 : 606-8501 京都府京都市左京区吉田近衛町
U R L : http://www.mic.med.kyoto-u.ac.jp/dddm/

Chengcan Yao E-mail : cyao@exceed.ed.ac.uk
所在地 : Edinburgh EH16 4TJ, UK

敗血症、腸管バリアー、プロスタグランジン

重篤な疾患末期には、往々にして局所の感染から全身性の炎症が起こり、多臓器不全を伴う敗血症となって、ショックから死に至る。米国では、年間75万人が敗血症を起こし20万人以上が死亡するとされているが、この全身性炎症が起こる機序も不明で有効な治療薬も無い。我々は、プロスタグランジン(PG)生合成を抑制して本来炎症を抑える非ステロイド性抗炎症薬(NSAID)が敗血症を増悪することから、PGの全身性炎症における役割を敗血症の患者さんの検体と菌体成分であるリポ・ポリサッカライド(LPS)を用いたマウスの敗血症モデルで検討した。その結果、まず、マウスモデルで、NSAIDでPG生合成を阻害するとLPSによる全身炎症が増悪するのみならず、腸内細菌の侵入を引き起こし敗血症を惹起すること、これは、正常状態ではマウスの腸でPGの一つ、PGE₂が3型自然リンパ球のEP4という受容体に働きインターロイキン(IL)-22を産生して腸のバリアー機能を保持しているが、この機能がNSAIDで抑制されるからであることが分かった。一方、敗血症の患者さんの臨床検体ではPGE₂合成低下と分解亢進が見られ、EP4受容体やIL-22が低下するなど、マウスの所見を裏付ける結果が得られた。これは、PGE₂分解を抑制することで腸管バリアーを亢進し全身炎症を抑制するという敗血症克服の新しい戦略を提示するものである。



日本のラボを Jumping Board に!

この論文の責任著者 Yaoさんは、国費留学生として2006年来日し、私の研究室の研究生になりました。最初は言葉もたどたどしく心配しましたが、以後5年半の間に筆頭著者として*Nat Med*と*Nat Comm*に1篇ずつ、共著として*Nat Med*1篇、PNAS2篇を著しました。筆頭著者の*Nat Med*の論文は2009年発表後、242回引用されています。これを跳躍板として2012年英国Edinburgh大学でPIとなり、この*Science*の論文はPIとしての最初の論文です。この仕事を見ると、彼が私のラボで修業時代 以後の研究を考える軸を作ったことがよく分かります。私は、いま、創薬医学講座という寄附講座で医学教育と研究に当たっていますが、日本の若者にも続いて欲しいと思うこと切であります。(Yaoさんが在籍時の教室写真、前列右端、2012年)

固体の密度汎関数理論計算における再現性

Reproducibility in density functional theory calculations of solids



尾崎 泰助 Taisuke Ozaki

東京大学 物性研究所 特任教授

Kurt Lejaeghere¹ Gustav Bihlmayer² Torbjörn Björkman^{3,4} Peter Blaha⁵ Stefan Blügel² et al.

¹ Center for Molecular Modeling, Ghent University

² Peter Grünberg Institute and Institute for Advanced Simulation

³ Department of Physics, Åbo Akademi

⁴ Centre of Excellence in Computational Nanoscience (COMP) and Department of Applied Physics, Aalto University School of Science

⁵ Institute of Materials Chemistry, Vienna University of Technology

全著者リスト : <http://science.sciencemag.org/content/351/6280/aad3000.abstract>

Contact

E-mail : t-ozaki@issp.u-tokyo.ac.jp
所在地 : 277-8581 千葉県柏市柏の葉5-1-5
U R L : <http://t-ozaki.issp.u-tokyo.ac.jp/>

Δゲージによる第一原理計算の精度評価

密度汎関数理論に基づく第一原理電子状態計算はその高い汎用性から、電子デバイス、触媒、磁石材料、構造材料等の多岐に渡る物質・材料の物性解明に広く用いられている。また近年、情報科学との連携による物質デザイン(マテリアルズインフォマティクス)が盛んに試みられており、ここでも第一原理電子状態計算が主要な役割を果たしている。第一原理電子状態計算のさらなる信頼性向上が物質デザインの成功の鍵の一つであるが、そのためには電子の多体効果を記述する高精度交換相関汎関数を開発すること、また基本方程式であるコーン・シャム方程式を数値的に高精度に解くことが必要である。本研究では、後者の課題に対して69名の第一原理電子状態計算プログラムの開発者が参画する国際連携により、第一原理電子状態計算プログラムの精度評価手法を確立した。固体の体積-エネルギー曲線から計算されるΔゲージを用いてプログラム間の精度評価が容易に実施できるようになった。Δゲージ法を15の主要プログラムに適用すると、プログラム間の差異が実験の誤差以下であることが確認された。本研究により、少なくとも単純固体に対してはコーン・シャム方程式の高精度数値解法が達成され、より本質的な問題である高精度交換相関汎関数の開発及びマテリアルズインフォマティクスに向けた第一原理電子状態計算のデータベース構築への足場が固まったと言える。



第一原理からの物質デザイン

量子力学の第一原理に基づくシミュレーションによって物質の性質が実験に先立って分かるかも知れない。100種類ほどの元素をどのような幾何構造で配置すれば、望みの性質を持った物質を作ることができるのか、物質の設計図にはその答えが書かれているはずだ。設計図を読み解くことは簡単ではありませんが、新しい独創的な計算手法を開発し、さらには超並列計算機を駆使して、私達はその設計図を詳細に読み解こうとしています。

Figure and Note

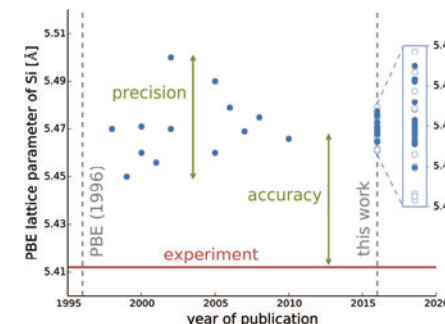


図1: シリコン固体の平衡格子定数に対する計算値の推移

Perdew-Burke-Ernzerhof (PBE)による一般化勾配近似の交換相関汎関数を用いて計算されたシリコン固体の平衡格子定数の推移。同一のPBE汎関数を用いた場合でも計算値には分散がある。本研究でテストされたプログラム間の分散は小さく、PBE汎関数の予測値は5.470Å程度であると考えられる。

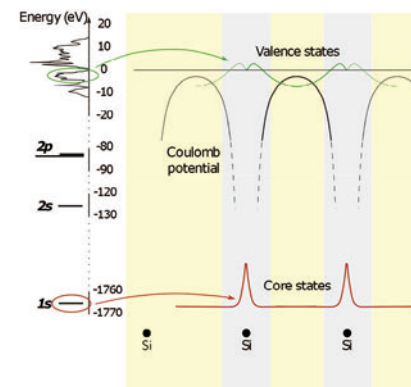
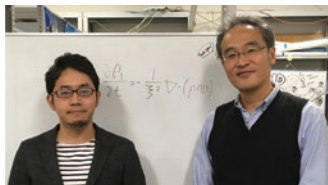


図2: シリコン固体の電子構造

シリコン固体の電子状態を計算するためにはエネルギー的に深い位置にある1s状態から、浅い位置にある3s及び3p状態を取り扱う必要がある。内殻電子と価電子の波動関数の局在性は大きく異なっており、コーン・シャム方程式の高精度計算を実施するために、全電子手法や擬ポテンシャル法が用いられる。

磁気流体シミュレーションにおける 高レイノルズ数での大規模磁場

Large-scale magnetic fields at high Reynolds numbers in magnetohydrodynamic simulations



左から堀田 英之, 横山 央明

堀田 英之 *Hideyuki Hotta*

千葉大学大学院 理学研究科 物理学コース 特任助教

横山 央明 *Takaaki Yokoyama*

東京大学大学院 理学系研究科 地球惑星科学専攻 准教授

Matthias Rempel¹

¹ High Altitude Observatory, National Center for Atmospheric Research (NCAR)

Contact

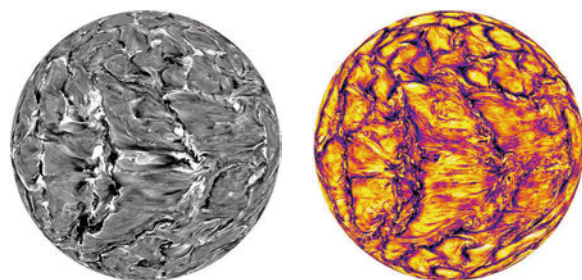
堀田 英之 E-mail : hotta@chiba-u.jp

所在地 : 263-8522 千葉市稲毛区弥生町 1-33

世界最大の数値計算で太陽大規模磁場の生成メカニズムを解明

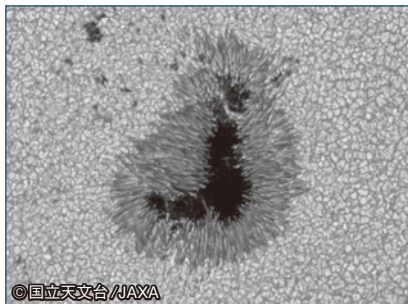
太陽には、黒点と呼ばれる強い磁場を持つ低温の領域がしばしば現れる。この黒点数はこれまで400年にわたる観測の歴史から11年の周期を持つことがわかっているが、それを維持する物理機構は未だ明らかになっていない。黒点はただ11年で変動しているだけでなく、いくつもの大局的な規則性に従って出現する。この事実は、太陽内部に大規模な磁場が存在するということを示唆している。太陽内部は中心での核融合反応により、お湯を沸かしたように熱対流で占められており、非常に乱流的になっている。このため、数値計算を行うと大規模な磁場はすぐに乱流によって壊されてしまい、太陽で観測される大規模な磁場がどのようにして形成されるのかは長らく謎であった。そこで、著者らのグループはスーパーコンピュータ「京」を使ってこれまでにない高解像度の太陽内部計算を行った。すると小スケールでの磁場生成が非常に効率的になり、その磁場による力で小スケールの乱流は強く抑制されることを発見した。その結果、乱流がひしめく状況下でも、大規模な磁場とその周期を再現することに成功した。

Figure and Note



図：太陽内部の熱対流と磁場の様子

大規模数値計算によって再現された熱対流(左)と磁場(右)の様子。磁場の影響によって、高解像度でありながら、小スケール乱流の多くが抑制され秩序だった流れとなっている。



© 国立天文台/JAXA

スーパーコンピュータで目指す太陽最後の謎の解決

私たちの地球にもっとも近くにある恒星で、もっともよく観測されている太陽ですが、磁気活動11年周期という非常に長い歴史を持った謎を残しています。一方で、太陽活動の地球への影響は重大だということがわかっています。太陽内部の乱流をできるだけ精密にスーパーコンピュータで分解することにより、この問題の理解が進むと考えられます。一刻も早い問題の解決のために、さらに研究を進めていきたいと思います。

bd 型酸化酵素の構造は 膜内在性酸素還元酵素に共通な機構を示す

Structure of a bd oxidase indicates similar mechanisms for membrane-integrated oxygen reductases



左から坂本 順司、楠本 朋一郎、広瀬 太一郎

坂本 順司 *Junshi Sakamoto*

九州工業大学大学院 情報工学研究院 生命情報工学研究系 教授

楠本 朋一郎 *Tomoichirou Kusumoto*

九州工業大学大学院 情報工学研究院 生命情報工学研究系 技術職員

広瀬 太一郎 *Taichiro Hirose*

九州工業大学大学院 情報工学研究院 生命情報工学研究系

Schara Safarian¹ Chitra Rajendran¹ Hannelore Müller¹ Julia Preu¹

Julian D. Langer¹ Sergey Ovchinnikov² Hartmut Michel¹

¹ Department of Molecular Membrane Biology, Max Planck Institute of Biophysics

² Department of Biochemistry, University of Washington

Contact

坂本 順司 E-mail : sakamoto@bio.kyutech.ac.jp

所在地 : 820-8502 福岡県飯塚市川津680-4

U R L : <http://www.bio.kyutech.ac.jp/~sakamoto/Welcome.shtml>

広瀬 太一郎 E-mail : p677217t@bio.kyutech.ac.jp

楠本 朋一郎 E-mail : t0kusumo@bio.kyutech.ac.jp

酸素呼吸のプランB：細菌型呼吸鎖オキシダーゼの3次元構造解明

高等動物はもちろん微生物の多くも、エネルギーの大半を酸素呼吸で得ている。気体酸素を利用する呼吸鎖末端のオキシダーゼには、3つのスーパーファミリーがある。そのうちヒトにもある「ヘム銅オキシダーゼ」は、20年前に結晶構造が解明された。植物や真菌・原虫などにある「シアン非感受性オキシダーゼ」の構造も2013年に解かれ、「シトクロムbd型オキシダーゼ」だけが残されていた。

このbdオキシダーゼは、大腸菌で発見された当初は特殊な菌の脇役的存在だと見なされたのに反し、我々がグラム陽性好熱菌で同定・単離したのを皮切りに、細菌と古細菌にまたがる多くの原核生物に分布していることがわかってきた。微生物ゲノム情報の蓄積に伴ってその数は上昇を続け、結核菌や黄色ブドウ球菌など幅広い病原菌にも見つかった。極低分圧の酸素を利用でき、従来「絶対嫌気性」とされていた菌でさえ持っていた。

我々は好熱菌でこの酵素の高発現株を構築し、今回ドイツのマックス-プランク生物物理学研究所のHartmut Michel研究室との共同研究で構造解明に成功した。これまでのオキシダーゼとも他のいずれのタンパク質とも異なるユニークな構造だった。グローバル化した現代では、開発途上国・先進国共に多剤耐性菌が猛威を振るっている。ヒトや家畜には存在しないbdオキシダーゼを分子標的にすれば、病原菌の「息の根を止める」新規な特異的抗菌薬を開発しうるだろう。

Figure and Note

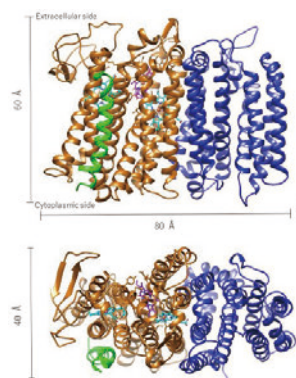


図1：好熱菌bdオキシダーゼの全体像

サブユニットIとIIの膜貫通ヘリックスは、膜面に垂直な2回回転軸をはさんで対称的に配置している。新しい第3のペプチドCydSの名付けは、ドイツ側Safarianと日本側Sakamotoの姓にちなむ。

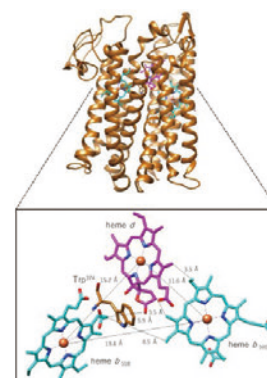


図2：bdオキシダーゼの活性中心
サブユニットIにある3つのヘムは、中心鉄原子がいずれも11Å以上離れており、二核中心をもつヘム銅オキシダーゼと大きく異なるが、O₂を一気に4電子還元して活性酸素分子種発生を避ける配置は共通している。



「膜生物学」を構想する坂本順司研究室のメンバー

坂本は学生時代、水溶性タンパク質と遺伝子DNAを中心に語られる生命像に違和感をもち、細胞以上の高次機能は膜タンパク質こそ主役だろうと感じました。その後イオンポンプ・チャネル・膜受容体・化学浸透共役膜などの研究分野を渡り歩きながら、8冊の単著書籍でも「膜生物学」を夢想してきました。Scienceは、20年前にN型電位依存性Caチャネルを脳から精製し分析したことを報告したとき以来で、感慨深いです。

抗マラリア薬であるアトバコンに耐性を獲得したとしても、そのマラリア原虫は蚊によって伝播することはない

Parasites resistant to the antimalarial atovaquone fail to transmit by mosquitoes



左から松岡 裕之、北 潔、松崎 素道

松岡 裕之 *Hiroyuki Matsuoka*

自治医科大学 医学部感染・免疫学講座 医動物学部門 教授
(現 長野県伊那保健福祉事務所 所長)

北 潔 *Kiyoshi Kita*

東京大学大学院 医学系研究科 国際保健学専攻 生物医化学教室 教授
(現 長崎大学大学院 熱帯医学・グローバルヘルス研究科 研究科長)

松崎 素道 *Motomichi Matsuzaki*

東京大学大学院 医学系研究科 国際保健学専攻 生物医化学教室 助教
(現 国立感染症研究所 寄生動物部 協力研究員)

Christopher D. Goodman¹ Josephine E. Siregar^{1,2,5} Vanessa Mollard¹ Joel Vega-Rodríguez³ Din Syafruddin^{2,4}
遠山 知子¹ Angelika Sturm¹ Anton Cozijnsen¹ Marcelo Jacobs-Lorena³ Sangkot Marzuki² Geoffrey I. McFadden¹

¹ School of BioSciences, University of Melbourne

² Eijkman Institute for Molecular Biology

³ Department of Molecular Microbiology and Immunology,
Johns Hopkins University Bloomberg School of Public Health

⁴ Department of Parasitology, Faculty of Medicine, Hasanuddin University

⁵ 東京大学大学院 医学系研究科 国際保健学専攻 生物医化学教室

Contact

松岡 裕之

E-mail: hiroyuki@jichi.ac.jp

所在地: 329-0498 栃木県下野市薬師寺 3311-1

U R L: http://www.jichi.ac.jp/idoubutsu/MedZool-home.html

北 潔

E-mail: kitak@nagasaki-u.ac.jp

所在地: 852-8523 長崎県長崎市坂本 1-12-4

U R L: http://www.tmgh.nagasaki-u.ac.jp/#firstPage

アトバコン耐性マラリア原虫は蚊によって媒介されない

マラリアの治療に用いられ、わが国でも販売されている薬剤アトバコンは、マラリア原虫のミトコンドリア呼吸鎖のシトクロム *b* に作用し、クロロキン耐性のマラリア原虫にも有効である。しかしマウスで実験するとシトクロム *b* に遺伝子変異が起きることで容易に薬剤耐性となるため、アトバコン耐性原虫の拡散が懸念されていた。アトバコン耐性原虫は、マウスやヒトの赤血球中ではアトバコンの影響を受けずに増殖するが、本研究ではハマダラカに吸血されたあと蚊の体内で発育できないことが示された。酸素の豊富な蚊の体内においては、変異型シトクロム *b* は酸素呼吸を担う酵素として十分に働かないため、耐性原虫は蚊の体内では生き延びることができないと考えられる。さらに野生型の原虫との交雑により伝播する可能性を検討したが、耐性原虫を野生型原虫と一緒に吸血させても、蚊の中で生き延びるのは野生型のみであった。これはシトクロム *b* 遺伝子が母性遺伝をするミトコンドリアDNAにコードされており、次世代は変異型か野生型のどちらか一方のシトクロム *b* しか持たないためである。以上より、アトバコン耐性原虫は蚊によって媒介されず、アトバコン耐性が拡散する可能性は極めて低いと考えられる。

志のないところに道は開けない

マラリアは単一疾患としては歴史的に最も多くの人命を奪ってきた疾病で、今でも発展途上国において毎年数十万人の命を奪っています。加えてマラリア原虫には生命体としての尽きない魅力があります。ヒトと原虫のせめぎ合いを見つめる中で、これまで知られていなかった生命現象がいくつも見つかってきました。マウスマラリア原虫の実験は自治医大および東大で行われましたが、研究のアイデアを発想したインドネシア・アイクマン研究所の Syafruddin 博士はこのテーマで日本において学位を取得した Siregar さん(写真左)をメルボルン大学に派遣し、ヒトマラリア原虫の実験を行いました。Siregar さんはすべてを巡って実験し、そのうえ出産・子育てをしている Super Lady です。遠山さん(写真右)は大阪大学で故田邊和桁博士のもとでマラリアの研究を開始し、留学中のメルボルン大学で参加した女性医師です。若い皆さんには、まず青雲の志(マラリアをこの世から根絶してみせるなど)を立てること、次いでその実現に最良の道は何なのか見極めたうえで走り始めて欲しいと思います。



Figure and Note

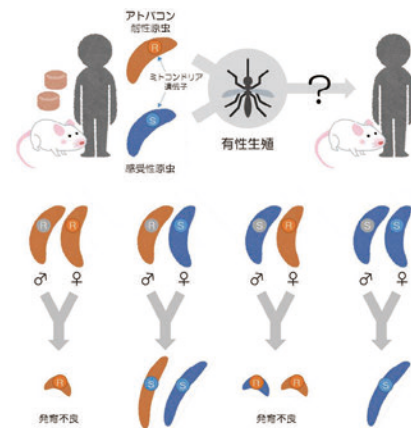


図: アトバコン耐性の遺伝様式

ミトコンドリアにアトバコン耐性遺伝子(R)を持つ原虫と感受性遺伝子(S)を持つ原虫が交配しても、雌性配偶体の遺伝子のみが遺伝する。媒介蚊内で発育可能な感受性遺伝子を持つ原虫のみが次の宿主へと伝播する。

若者の役割、先達の役割

自治医科大学 松岡 裕之

人類の敵マラリアと対峙する

私はマラリアで死ぬ人を減らしたいと思いマラリア研究の道を歩んできました。研究者になりたての研修医あがりの身で3ヶ月の熱帯病研修を受け、1年間JICAを通じてインドネシアに派遣されました。私をリクルートしたのは当時宮崎医科大学の石井明教授で、「生殖母体に着目するように」というヒントをくれました。マラリアの流行する村へ毎週3日間泊まりがけで出かけ、丁寧にマラリア患者を診察し血液を観察しました。するとマラリア原虫のうち生殖母体という、蚊の中で受精し次世代の増殖に関わる原虫濃度が、患者の年齢と逆相関していることを見つけました(図1)。発熱に関係する無性原虫のほうは年齢に関係なく、症状が重いほど原虫数が多く観察されました。野生蚊は最大1μLの血液を吸いますが、その中に100以上の生殖母体がいると蚊への伝播が成立します。この村では感染蚊の生産に関与しているのは15歳以下、ほとんどが10歳以下の人たちであることが分かりました。そこでこれらの人たちを中心に生殖母体を殺す薬であるプリマキンで治療したところ、翌年、蚊の増加するシーズンを過ぎてもマラリア患者は出ませんでした。小規模ながらマラリアの制御に成功したのです。

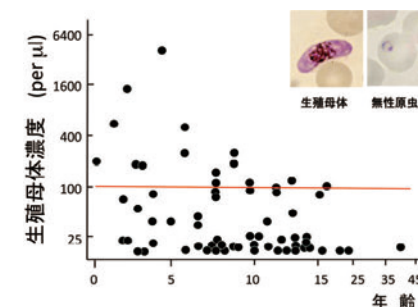


図1: 生殖母体保有者は10歳以下の子供に多い (Matsuoka et al. Jpn J Trop Med Hyg 1989 より一部改変)

多くの発見は若者によってなされる

マラリアが蚊で伝播されることが見つかったのは1897年。見つけたのはインドに派遣された若い軍医ロナルド・ロスで、彼はこの発見によりノーベル賞を受賞しました。しかし蚊によるマラリア伝播の仮説をロスに示唆していたのは、熱帯病の父バトリック・マンソンでした。ビギナーズ・ラックと呼ばれるこうした発見は科学の多くの分野で起きています。大切なのはチャレンジしようとする心がけを持ち自然を謙虚に観察できる若者、そして後進の意欲を潰さず伸ばしてゆこうという根気と寛大さを持った師の存在です。この両者がいないといふ研究成果は生まれません。先達といわれる人は上述のように、若者たちを見守り伸ばしてあげることが役割で、若者に張り合っ彼らの発見を妨げてはなりません。アカハラと呼ばれるこの現象は、科学界に計り知れない損失を与えています。

インドネシア共和国・アイクマン研究所

この研究所はビタミンを発見しノーベル賞を受けたアイクマン博士が、当時オランダ領であったこの地で研究成果を挙げたことを記念して開設されました。現在マラリアや肝炎の研究などをオランダのほか日本とも緊密に行っています。前頁論文の筆頭著者シレーガーさんはその研究員です。彼女は東大と自治医大で研究成果を挙げ、マラリアに関し3つの発見をして学位を取りました。2つの発見はすでに日本寄生虫学会の雑誌に掲載されました。3つ目の研究成果を論文にする前にメルボルン大学に留学し、ヒトマラリア原虫のアトバコン耐性も伝播されないことを加えて今回の論文に至りました。これは本人の努力に加え、彼女を見守った人たちの根気と寛大さが相まっの成果でしょう。



図2: アイクマン研究所のパーティーにて (2004年この研究を始めたころ 北、シャフルディン、マルズキ、松岡)

サブミリ秒の有機合成： 高速マイクロ混合によりフリース転位に勝つ

Submillisecond organic synthesis: Outpacing Fries rearrangement through microfluidic rapid mixing



左から金 熙珍、井上 圭太、吉田 潤一

金 熙珍 *Heejin Kim*

京都大学大学院 工学研究科 合成・生物化学専攻 特定助教

井上 圭太 *Keita Inoue*

京都大学大学院 工学研究科 合成・生物化学専攻 修士課程

吉田 潤一 *Jun-ichi Yoshida*

京都大学大学院 工学研究科 合成・生物化学専攻 教授

Kyoung-Ik Min¹ Do Jin Im² Dong-Pyo Kim¹

¹ Department of Chemical Engineering, POSTECH

² Department of Chemical Engineering, Pukyong National University

Contact

吉田 潤一 **E-mail** : yoshida@sbchem.kyoto-u.ac.jp

所在地 : 615-8510 京都市西京区京都大学桂

U R L : http://www.sbchem.kyoto-u.ac.jp/yoshida-lab/

金 熙珍 **E-mail** : kim.heejin.2u@kyoto-u.ac.jp

マイクロリアクターを用いて 超高速分子内転位反応を自在に制御

極めて寿命の短い反応中間体は、次の反応剤を加え混合する前に分解あるいは異性化するために、有機合成に利用できないことが多かった。そのような短寿命反応中間体を活用して目的とする化学反応を達成するためには、中間体を発生させ捕捉剤と混合・反応させる時間を中間体寿命より短く制御することが必要不可欠である。我々は、数値流体力学に基づき小さな流路の三次元構造を設計し、それを基に耐久性・耐熱性をもつ6つのポリイミドフィルムに特殊レーザーで細い溝を掘り接着する方法で、新規チップ型マイクロリアクターを製作した(CMR、図1)。今回とりあげた反応は、中間体が転位反応を起こして別の中間体に変化するアニオン性フリース転位反応である。製作したCMRを用いて中間体発生反応・混合時間を0.3ミリ秒にすると、転位する前の中間体由来の生成物のみが得られた(図2)。一方、今までのモジュール型マイクロリアクター(MMR)を用いて反応・混合時間を0.6秒にした場合、転位反応した中間体由来の生成物のみが選択的に得られた。このように秒からサブミリ秒オーダーの時間を精密に制御することにより、従来のフラスコでは実現困難な反応制御が達成できた。今回開発した手法は、今後有機合成において広く利用されるようになると期待される。

Figure and Note

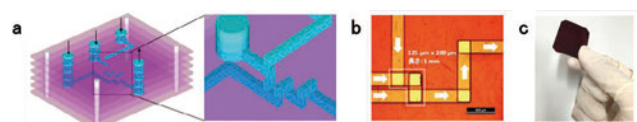


図1：サブミリ秒オーダーの反応制御のため新規製作したチップ型マイクロリアクター(CMR)

(a) 三次元ヘビ状構造を持つマイクロ流路のコンセプト図

(b) マイクロ流路の光学顕微鏡像(スケールバー：500 μm)

(c) 製作したチップ型マイクロリアクターの外観

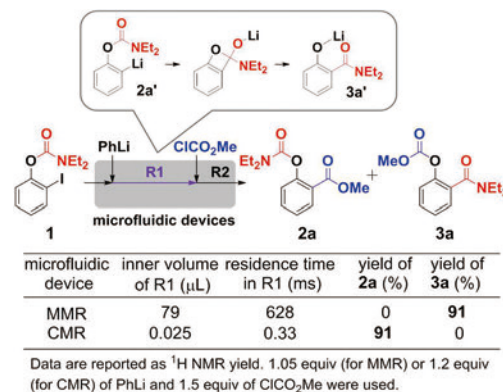


図2：新規マイクロリアクターを用いたアニオン性フリース転位反応の制御

新規マイクロリアクターを用いた反応時間をサブミリ秒オーダーにすることで、超高速分子内転位反応が制御できる。



分子を操るサイエンス&テクノロジー

— 有機合成化学の新しい原理の創出・体系化 —

私たちの研究室では、有機合成化学の新しい潮流をめざして、有機活性種化学・マイクロ空間合成化学・有機物質科学など有機化学および関連する幅広い分野での教育研究活動を行っています。本研究は韓国 POSTECH の Dong-Pyo Kim 教授、Pukyong National University の Do Jin Im 助教との共同研究の成果です。

ニュージーランドのヒ克蘭ギ沈み込み帯の 海溝付近のスロースリップ

Slow slip near the trench at the Hikurangi subduction zone, New Zealand



左から望月 公廣、伊藤 喜宏

伊藤 喜宏 *Yoshihiro Ito*

京都大学 防災研究所 准教授

望月 公廣 *Kimihiro Mochizuki*

東京大学 地震研究所 地震予知研究センター 准教授

Laura M. Wallace¹ Spahr C. Webb² 日野 亮太³ Stuart Henrys⁴
Susan Y. Schwartz⁵ Anne F. Sheehan⁶

¹ University of Texas Institute for Geophysics (UTIG)

² Lamont-Doherty Earth Observatory (LDEO), Columbia University

³ 東北大学大学院 理学研究科 地球物理学専攻

⁴ GNS Science

⁵ Department of Earth and Planetary Sciences, University of California-Santa Cruz

⁶ Cooperative Institute for Research in Environmental Sciences, University of Colorado-Boulder

Contact

伊藤 喜宏 **E-mail** : ito.yoshihiro.4w@kyoto-u.ac.jp

所在地 : 611-0011 京都府宇治市五ヶ庄

望月 公廣 **E-mail** : kimi@eri.u-tokyo.ac.jp

所在地 : 113-0032 東京都文京区弥生 1-1-1

沈み込み帯の海底下で発生する スロースリップを海底圧力計で観測

スロースリップはゆっくり地震の一種で、通常の地震と比べてゆっくりと破壊が進行する現象である。東北地方太平洋沖地震直前にもスロースリップは観測されており、スロースリップ域が本震時に再び大きくずれ動いたことが甚大な津波被害の一因にもなった。海底の下で発生するスロースリップの観測は陸上からの観測のみでは難しく、スロースリップの理解は不十分であった。我々はアメリカ・日本・ニュージーランドによる国際共同研究を、ニュージーランド北島の東方沖合のヒ克蘭ギ沈み込み帯で実施し、海底圧力計を用いた観測により2014年9月に発生したスロースリップの地殻変動の観測に成功した。解析の結果、スロースリップの発生域は、これまで陸上の観測網から推定されていたものよりも広範囲に広がり、一部は海側のプレートの沈み込み口付近まで到達していることがわかった。この結果は、従来、プレートの沈み込みにより歪みを蓄積しないと考えられていた沈み込み帯浅部のプレート境界においても、地震を起こしうる歪みが蓄積されている可能性を示すもので、今後、沈み込み帯沿岸部の地震発生ポテンシャルを再評価する上で重要な成果となった。

Figure and Note

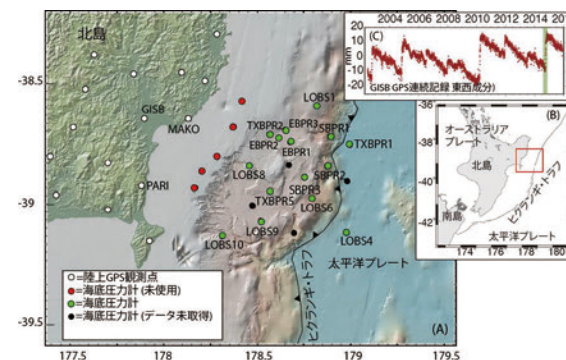


図1：ニュージーランドのヒ克蘭ギ沈み込み帯(B)に設置された海底圧力観測網(A)と陸上 GNSS 観測点で観測されたスロースリップによる地殻変動(C)

解析には緑色の位置に設置された海底圧力計の記録と陸上 GPS 観測点の記録を併せて用いた。

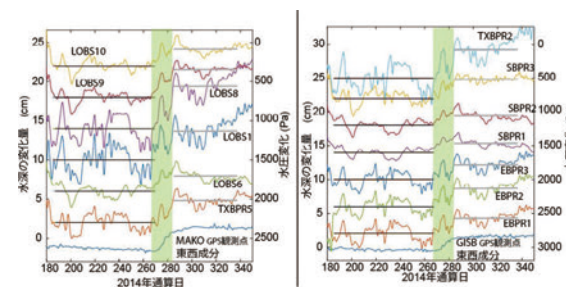


図2：海底圧力計で観測されたスロースリップイベントに伴う海底上下変動すべての海底圧力観測点で2週間弱の間に1.5～5.4cmの海底の隆起が観測された。



そうだ！海へ行こう！

今回の調査海域では2018年に掘削船舶を用いた海底掘削が行われます。掘削によりスロースリップの断層物質を直接取得することで、地下で発生するスロースリップの地質学・物質科学的理解を進める予定です。陸上および海底の地震・測地観測で得られる観測データと併せて、スロースリップの根底にあるメカニズムの理解を目指します。船に乗って海底観測をしてみたい学生、船はちょっと苦手だけどスロースリップについて調べてみたい学生諸君のプロジェクトへの積極的な参加を心よりお待ちしております。

写真：設置航海時(2014年航海)

宇宙における 磁力線再結合の電子スケール観測

Electron-scale measurements of magnetic reconnection in space



齋藤 義文 *Yoshifumi Saito*

宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所 准教授

J. L. Burch¹ R. B. Torbert^{1,2} T. D. Phan³ L.-J. Chen⁴ T. E. Moore⁵ R. E. Ergun⁶ et al.

¹ Southwest Research Institute ² University of New Hampshire ³ University of California, Berkeley

⁴ University of Maryland ⁵ NASA, Goddard Space Flight Center ⁶ University of Colorado LASP

全著者リスト: <http://science.sciencemag.org/content/352/6290/aaf2939.abstract>

Contact

E-mail: saito@stp.isas.jaxa.jp

所在地: 252-5210 神奈川県相模原市中央区由野台 3-1-1

URL: <http://www.isas.jaxa.jp>

地球磁気圏昼側磁気リコネクションの電子スケール構造を解明

2015年3月13日に打ち上げられた4機の編隊飛行衛星からなるMMS衛星の目的は地球磁気圏において重要な役割を担う磁気リコネクションのメカニズムを解明することである。電子拡散領域と呼ばれている磁気リコネクションの中心部分のサイズは数kmのオーダーであり、この部分が衛星に対して高速で動くことからこの部分の構造を理解するためには、高い時間分解能でプラズマ特に電子の分布を計測する必要がある。MMS衛星は、4機の衛星の衛星間距離をkmオーダーにして観測を行うことで、電子拡散領域の空間構造を観測できることに加え、時間分解能30ミリ秒と150ミリ秒で電子とイオンの3次元分布関数を計測できる観測装置FPI-DESとFPI-DISを搭載している。MMS衛星は、2015年10月6日に、磁気リコネクションの起きている地球磁気圏昼間側の磁気圏界面付近を飛行し、初めて電子拡散領域のその場観測に成功した。その結果、この領域では磁場のエネルギーがプラズマ粒子に変換されており、磁場のエネルギーを散逸させる電場と電流、磁場の束縛から解放されて加速され、電流を担う電子が初めて観測された。

Figure and Note

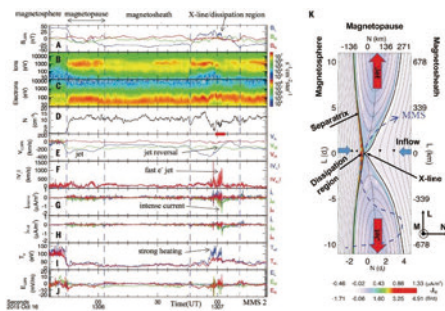


図1: MMS2が2016年10月6日に複数回に渡って観測した地球磁気圏界面の観測データ

左のパネルは、磁場ベクトル、イオンと電子のエネルギースペクトルなどのその場観測データである。右のパネルの水色の点線が、MMS衛星の磁気リコネクション領域近傍の飛行軌道を示している。

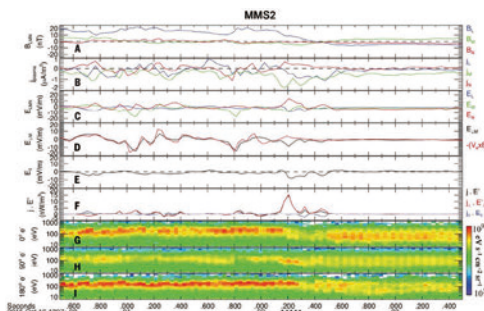
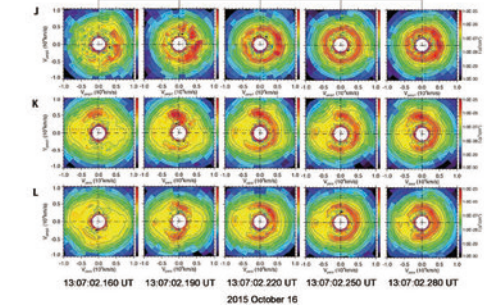


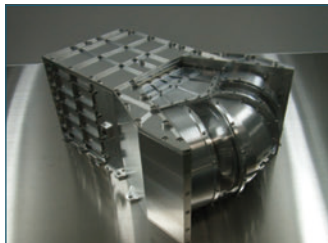
図2: MMS2が観測した電子拡散領域近傍のプラズマ粒子と電磁場のデータ

上の9つのパネルは、磁場ベクトル、電流、電場などのその場観測データで、下の3つのパネルは矢印で示された時刻の電子の分布関数を示している。



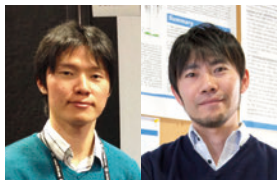
日本で製作してMMS衛星に搭載した イオン観測装置 FPI-DIS

MMS衛星に搭載されているイオンの観測装置FPI-DIS(左の写真)は宇宙科学研究所・太陽系科学研究所の私たちの研究室が中心となって、米国の研究者と共に開発した観測装置で、私たちの研究室で設計し日本で製作しました。MMSは4機の編隊飛行衛星で、1機の衛星に4台のFPI-DISが搭載されていますので、計16台の観測装置を製作して衛星に搭載したことになります。現在、この観測装置は米国で製作された電子の観測装置FPI-DESと共に、16台とも順調に観測を続けており、今後得られる成果が楽しみです。



ノンレム睡眠時における 感覚野へのトップダウン入力 は知覚記憶の定着に寄与する

Top-down cortical input during NREM sleep consolidates perceptual memory



左から宮本 大祐、村山 正宜

宮本 大祐 *Daisuke Miyamoto*

理化学研究所 脳科学総合研究センター 行動神経生理学研究チーム
客員研究員(日本学術振興会 特別研究員PD)

村山 正宜 *Masanori Murayama*

理化学研究所 脳科学総合研究センター 行動神経生理学研究チーム チームリーダー

平井 大地¹ Chi Chung Alan Fung² 犬束 歩³ 小田川 摩耶¹ 鈴木 崇之¹
Roman Boehringer⁴ Chinnakkaruppan Adaikkan⁴ 松原 智恵¹ 松木 則夫⁵
深井 朋樹² Thomas J McHugh⁴ 山中 章弘³

¹ 理化学研究所 脳科学総合研究センター 行動神経生理学研究チーム

² 理化学研究所 脳科学総合研究センター 脳回路機能理論研究チーム

³ 名古屋大学 環境医学研究所 ストレス受容・応答研究部門 神経系分野II

⁴ 理化学研究所 脳科学総合研究センター 神経回路・行動生理学研究チーム

⁵ 東京大学大学院 薬学系研究科 薬品作用学

Contact

村山 正宜 E-mail: masa_murayama@brain.riken.jp

所在地: 351-0198 埼玉県和光市広沢2番1号

寝不足でも脳刺激によって記憶力が向上

睡眠は知覚記憶を定着させる過程に重要であるが、その神経回路メカニズムは定かではない。我々はマウスを用いて、触覚受容時に活性化する一次体性感覚皮質(S1)と二次運動皮質(M2)が、触覚記憶の定着にも関与するかどうかを検討した。触覚刺激(肢への刺激)により活性化されたS1はM2を活性化させ、次にM2はS1を再活性化させる。S1(低次脳領域)からM2(高次脳領域)への情報の流れをボトムアップ経路、反対にM2からS1をトップダウン経路と呼ぶ。この2つの経路が睡眠時に果たす役割を検討するため、各経路の活動を操作する方法を構築した。同法を用いて、ノンレム睡眠時におけるM2からS1へのトップダウン経路は、S1を再活性化させ、そして触覚記憶の定着に寄与することを見出した。逆に、S1からM2へのボトムアップ経路は記憶の定着に関与していなかった。また、我々はノンレム睡眠時に観察される脳波リズム(睡眠徐波0.5-4Hz)を人工的に形成することにより、マウスにおいて記憶を向上させることができるかを検討した。その結果、ノンレム睡眠時にM2とS1とを同期的(2Hz)に刺激すると、知覚記憶の定着が向上した。さらに我々は、睡眠不足により記憶低下したマウスにおいてもその回復に成功した。

Figure and Note



図: 行動課題中のマウス

同じ物体を左右の床に置き、マウスがこの物体(オブジェクト)を探索する時間を計測した。1日目(学習期間)は、ツルツル(またはデコボコ)のみを床面とする。2日目(テスト期間)は、半分がツルツル、もう半分がデコボコの床面を用いた(写真は2日目の実験)。マウスはなじみのない新しい環境を好んで探索する性質(選好性)があるので、ツルツルの床面に置かれたオブジェクトよりも、初めて体験するデコボコの床面に置かれたオブジェクトをより長い時間探索するようになる。2日目に見られる、一方の質感の床面における滞在時間の偏りは、前日に経験した床面の質感を記憶し、その記憶に基づいた新しい質感の床面への選好性を示していると考えられ、知覚記憶の指標として用いた。学習直後のノンレム睡眠時にトップダウン経路を抑制すると、2日目では滞在時間の偏りが減少した。

皮膚感覚の知覚に関わる脳回路の動作原理の解明を目指す

皮膚感覚の知覚は、どのような神経回路メカニズムで成り立っているのでしょうか。これまでは、外部情報に基づくボトムアップ入力と、注意や予測などに起因するトップダウン入力とが脳のある領域で一緒になることで、皮膚感覚が知覚される、との仮説が支持されてきました。もし、これが正しいとすれば、ボトムアップ入力だけでは皮膚感覚は知覚できず、「注意しながら、予測しながら」ものに触らなければ何も感じない」ということになります。しかし、私たちは、そんな予測をしなくても皮膚感覚を知覚できています。つまりこの仮説では実験を説明できません。この疑問を明らかにするため、私たちは皮膚感覚の知覚に関わる神経回路とそのメカニズムの解明に取り組んでいます。



Hsp90-Cdc37-Cdk4の構造から明らかになったHsp90による未成熟なキナーゼ中間体の安定化機構

Atomic structure of Hsp90-Cdc37-Cdk4 reveals that Hsp90 traps and stabilizes an unfolded kinase



横山 茂之 *Shigeyuki Yokoyama*
理化学研究所 生命分子システム基盤研究領域
(現 理化学研究所 横山構造生物学研究室)

荒川 晶彦 *Akihiko Arakawa*
理化学研究所 生命分子システム基盤研究領域
(現 大日本住友製薬株式会社 研究本部 インシリコ創薬ラボ)

左から横山 茂之、荒川 晶彦

Kliment A. Verba¹ Ray Yu-Ruei Wang¹ Yanxin Liu¹ 白水 美香子^{2*} David A. Agard¹

¹ Howard Hughes Medical Institute (HHMI) and the Department of Biochemistry and Biophysics, University of California San Francisco

² 理化学研究所 生命分子システム基盤研究領域

* 現)理化学研究所 ライフサイエンス技術基盤研究センター 構造・合成生物学部門

Contact

横山 茂之
E-mail: yokoyama@riken.jp
所在地: 230-0045 神奈川県横浜市鶴見区末広町1-7-22

荒川 晶彦
E-mail: akihiko-arakawa@ds-pharma.co.jp
所在地: 554-0022 大阪市此花区春日出中3-1-98

Hsp90とCdc37によるキナーゼの成熟化メカニズムを解明

細胞内の多様なシグナル伝達に必須のリン酸化転移酵素(キナーゼ)のうち、過半数のキナーゼは分子シャペロンHsp90とその補助因子Cdc37により成熟化される。標的キナーゼが成熟化される際にHsp90とCdc37、キナーゼは複合体を形成することが知られているが、その詳細は明らかになっていない。本研究では、細胞増殖に必須のキナーゼCdk4とHsp90、Cdc37から成る複合体の立体構造を、クライオ電子顕微鏡法により分解能3.9Åで決定することに成功した(図)。注目すべき点として、活性時では相互作用しているCdk4のN-lobe領域とC-lobe領域が、複合体形成時では分断された状態にあった点が挙げられる。そして、Hsp90とCdc37はCdk4の両領域に相互作用して分断された状態を維持することにより、Cdk4の変性を回避していることが示唆された。本研究で決定された複合体構造と先行研究から、Hsp90とCdc37によるキナーゼ成熟化メカニズムの詳細が明らかとなった。

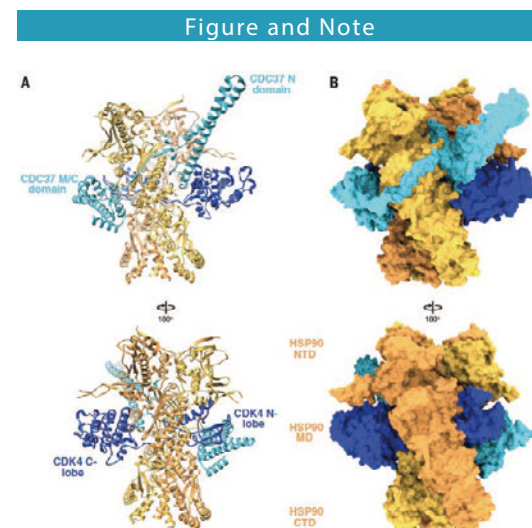


図: Hsp90・Cdc37・Cdk4複合体の立体構造
Hsp90・Cdc37・Cdk4複合体のリボンモデル(A)とサーフェスモデル(B)。

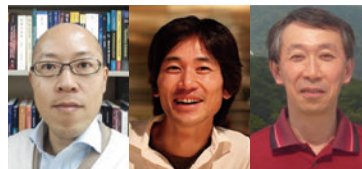


理化学研究所 横山構造生物学研究室

分子生物学のセントラルドグマの複製、転写、翻訳の過程において、全生物に共通な4種類の塩基と20種類のアミノ酸に対する極めて高い特異性が達成される仕組みを、タンパク質・核酸複合体の動的な立体構造に根ざして解明する構造生物学研究、さらに、立体構造に基づいて人工塩基および人工アミノ酸を組み込んだセントラルドグマを構築する合成生物学研究により、物理化学の法則に基づいて解明することを目指します。さらに、遺伝に人工塩基と人工アミノ酸を組み込むことで、タンパク質・核酸複合体や膜タンパク質複合体等の立体構造と機能についての基礎研究(X線結晶構造解析、低温電子顕微鏡等)、それらを標的とするバイオ医薬の開発等の応用研究に、新たな道を拓きます。

宇宙の再電離期における高赤方偏移銀河からの酸素輝線の検出

Detection of an oxygen emission line from a high-redshift galaxy in the reionization epoch



井上 昭雄 *Akio K. Inoue*
大阪産業大学 教養部 准教授

田村 陽一 *Yoichi Tamura*
東京大学大学院 理学系研究科 天文学教育研究センター 助教

松尾 宏 *Hiroshi Matsuo*
国立天文台 先端技術センター 准教授

左から井上 昭雄、田村 陽一、松尾 宏

馬渡 健¹ 清水 一紘² 澁谷 隆俊³ 太田 一陽^{4,5} 吉田 直紀^{6,7} Erik Zackrisson⁸ 柏川 伸成^{9,10} 河野 孝太郎¹¹
梅畑 豪紀^{11,12} 廿日出 文洋⁹ 家 正則⁹ 松田 有^{9,10} 岡本 崇¹³ 山口 裕貴¹¹

¹ 大阪産業大学 教養部

² 大阪大学大学院 理学研究科 宇宙地球科学専攻

³ 東京大学 宇宙線研究所

⁴ Kavli Institute for Cosmology, University of Cambridge

⁵ Cavendish Laboratory, University of Cambridge

⁶ 東京大学大学院 理学系研究科 物理学専攻

⁷ 東京大学 カブリ数物連携宇宙研究機構

⁸ Department of Physics and Astronomy, Uppsala University

⁹ 国立天文台

¹⁰ 総合研究大学院大学

¹¹ 東京大学大学院 理学系研究科 天文学教育研究センター

¹² European Southern Observatory

¹³ 北海道大学大学院 理学院 宇宙理学専攻

Contact

井上 昭雄 E-mail: akinoue@las.osaka-sandai.ac.jp
所在地: 574-8530 大阪府大東市中垣内3-1-1
U R L: http://www.las.osaka-sandai.ac.jp/~inoue/

宇宙年齢7億年に酸素を発見! 初期宇宙の星間物理学を切り拓く

ビッグバンで誕生した宇宙は、当初、完全電離状態であった。膨張により温度が低下し、宇宙年齢38万年ごろに、一旦、中性化する。その後、約1億年ごろから初代の天体や銀河が誕生し、強い紫外線を放射する。それにより銀河間空間の水素は電離され、宇宙年齢10億年ごろまでに再び完全電離状態となる。これを宇宙再電離と呼ぶ。2012年、この時代の一つの銀河がすばる望遠鏡で発見され、当時の観測史上最遠方記録を更新した。今回、アルマ望遠鏡でこの銀河を観測し、2階電離酸素イオンが出す波長88ミクロンの輝線の検出に成功した。観測史上最遠方、つまり、最も初期の宇宙にある酸素の発見となる。一方、検出が期待されていた1階電離炭素イオンの波長158ミクロン輝線は酸素輝線に比べると非常に弱く、また、星間塵の放射も検出されなかった。その他の観測結果も総合すると、この銀河の星間空間では中性の水素ガスが極端に少ないと考えられる。この銀河は、電離放射を銀河外にまで大量に放射する、宇宙再電離光源の典型例かもしれない。このようにして、私たちはアルマ望遠鏡による酸素88ミクロン輝線観測により、初期宇宙の銀河の星間物理学を新たに切り拓くことに成功した。

Figure and Note

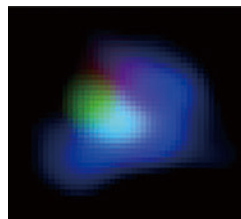


図1: 初期宇宙銀河SXDF-NB1006-2(疑似カラー画像)
緑: アルマ望遠鏡で観測した酸素の輝線、
青: すばる望遠鏡で観測した水素の輝線、
赤: 英国赤外線望遠鏡で観測した星団の光(Cresit 国立天文台)

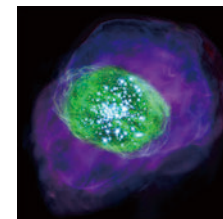


図2: SXDF-NB1006-2想像図
星団の周囲に酸素輝線で見える星雲があり、
水素輝線で見える星雲はより広がった分布を持っている。(Cresit 国立天文台)



アルマ望遠鏡で見る宇宙の夜明け

私たちが研究している宇宙再電離は、「宇宙の夜明け」によくたとえられます。宇宙の中性化以降、「光を失った」宇宙の中で初代の天体生まれ、再び光をもたらしたのです。私たちは、日米欧で共同建設運用しているアルマ望遠鏡を駆使して、世界の研究者との激しい競争の中、「宇宙の夜明け」の謎に迫ろうと日夜取り組んでいます。活力ある若い研究者の参入に期待しています。

写真: アルマ望遠鏡夜景、Cresit: ESO/B. Tafreshi

衛星による緊急被災図作成の世界的動向

Global trends in satellite-based emergency mapping



加来 一哉 *Kazuya Kaku*

宇宙航空研究開発機構 筑波宇宙センター 衛星利用運用センター

Stefan Voigt¹ Fabio Giulio-Tonolo² Josh Lyons³ Jan Kučera⁴ Brenda Jones⁵ Tobias Schneiderhan¹
Gabriel Platzcek⁶ Manzul Kumar Hazarika⁷ Lorant Czarán⁸ Suju Li⁹ Wendi Pedersen¹⁰ Godstime Kadiri James¹¹
Catherine Proy¹² Denis Macharia Muthike¹³ Jerome Bequignon¹⁴ Debarati Guha-Sapir¹⁵

¹ German Aerospace Center

² Information Technology for Humanitarian Assistance, Cooperation and Action

³ Human Rights Watch

⁴ European Commission - Joint Research Centre

⁵ U.S. Geological Survey

⁶ Gulich Institute - Córdoba National University/CONAE

⁷ Asian Institute of Technology

⁸ United Nations Office for Outer Space Affairs

⁹ National Disaster Reduction Center of China

¹⁰ Geneva International Centre for Humanitarian Demining

¹¹ National Space Research and Development Agency

¹² Centre National d'Études Spatiales

¹³ Regional Centre for Mapping of Resources for Development

¹⁴ European Space Agency

¹⁵ Université catholique de Louvain (UCL)

Contact

E-mail : kaku.kazuya@jaxa.jp

所在地 : 305-8505 茨城県つくば市千現2-1-1

U R L : <http://www.sapc.jaxa.jp/>

地球観測衛星により被災状況を早期把握し災害対応を支援する

地球観測衛星は、広域を繰り返し夜間・悪天候でも観測できるため、災害発生直後の状況把握手段として有用であり、図1に示す手順で衛星による緊急被災図作成(SEM)が行われる。2000年にSEMの活動が本格的に開始されてから、科学者と災害対応者が災害状況を迅速に評価するために地球観測衛星を利用することが増えている。本論文は、2000年から2014年にかけての15年間のSEMの世界的動向を、大規模災害の状況把握に衛星が使われた1,000以上の事例を分析することにより示した。世界中のSEMの取組みの空間的・時間的傾向を総合的に分析した結果、SEMがアジアとヨーロッパに最も集中的に展開されており、世界中の自然災害の地理的・時間的な分布とよく整合している。今後、観測側の進展(衛星コンステレーション、高分解能観測センサーなど)と地上側での進展(対応時間の短縮、大容量データの扱い、データ処理の自動化・迅速化、国際イニシアティブ間の協調など)が相俟って対応能力の向上が期待される。自然災害は人類が総力を挙げて取り組むべき課題であり、世界中の宇宙機関及び関係機関が協力して対応していくことが必要である。

宇宙航空研究開発機構(JAXA)衛星利用運用センター 国際防災担当

本論文の著者たちに象徴されますように、国際協働による取組みが進められています。私たちは、「国際災害チャータ」及び「センチネルアジア」を通じてSEM活動に貢献しています。前者は全世界を、後者はアジア太平洋地域を対象としています。JAXAは、現在、「だいち2号」(ALOS-2)が参加し、海外の災害の緊急対応を支援するとともに国内災害発生時は海外機関の衛星の支援を受けることができます。東日本大震災時は5,000シーン以上の画像を提供頂きました(図2参照)。



Figure and Note

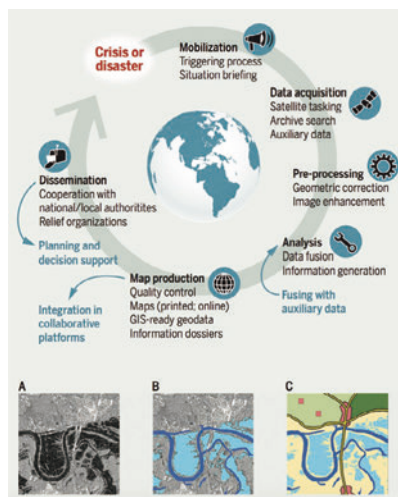


図1：衛星による緊急被災図作成(SEM)

(A) 発災後、ユーザの要求により地球観測衛星で被災地域を緊急観測し衛星画像を作成、(B) 衛星画像を解析し災害情報(被災域など)を抽出、(C) 地理情報を付加し被災図としてユーザに提供(同時にHPで公開)。

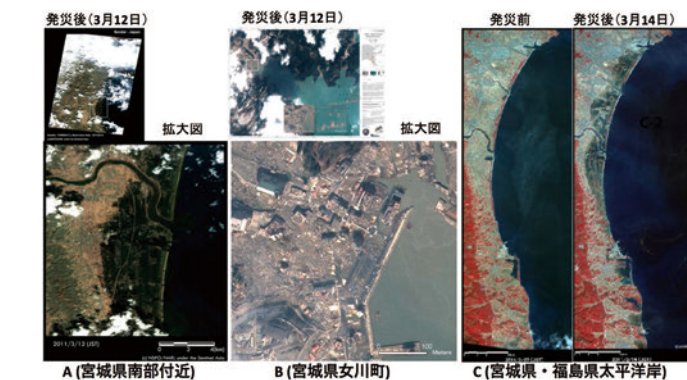
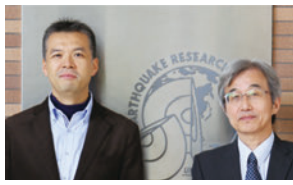


図2：国際協働による東日本大震災(2011年3月11日発生)時の緊急被災図(Int. J. Disaster Risk Reduct. 12, 134-153(2015)より)

(A) 13日提供の 広域被災状況(台湾宇宙機関観測)、(B) 13日提供の 詳細被災状況(独宇宙機関観測)、(C) 14日提供の広域被災状況(JAXA観測)で、A及びCの沿岸の黒い部分が津波冠水域を示す。

スロー地震の巨大地震との関連性

Connecting slow earthquakes to huge earthquakes



小原 一成 *Kazushige Obara*

東京大学 地震研究所 教授・所長

加藤 愛太郎 *Aitaro Kato*

東京大学 地震研究所 准教授

Contact

小原 一成 E-mail : obara@eri.u-tokyo.ac.jp

所在地 : 113-0032 東京都文京区弥生1-1-1

U R L : <http://www.eri.u-tokyo.ac.jp/>

加藤 愛太郎 E-mail : akato@eri.u-tokyo.ac.jp

スロー地震の発見とその意義

スロー地震は、断層破壊がゆっくりと進行する地震現象であり、強い揺れを生じない。しかし、スロー地震の多くは沈み込むプレート境界面上で巨大地震発生域に隣接することから両者の関連性が示唆され、約20年前に発見されて以降、世界中でスロー地震研究が盛んに行われてきた。その結果、スロー地震の巨大地震に対する役割は次の3つにまとめられる。一つ目は巨大地震の類似現象としての役割である。スロー地震の活動様式が巨大地震と似ており、高頻度で発生するスロー地震は、巨大地震を理解するヒントとなり得る。二つ目は巨大地震発生域に働きの力の状態の指標としての役割である。スロー地震は周囲の力の変化に敏感なため、巨大地震震源域における力の蓄積に応じて、隣接するスロー地震の活動パターンが変化する可能性がある。三つ目は、スロー地震が巨大地震を引き起こすという役割である。スロー地震の発生により周囲に力が配分され、隣接した巨大地震震源域の破壊を促進する可能性がある。従って、今後もスロー地震の活動を継続的に観測し、その活動様式や発生原因の解明を進めることにより、巨大地震の発生過程に関する理解の進展に繋がることが期待される。

Figure and Note

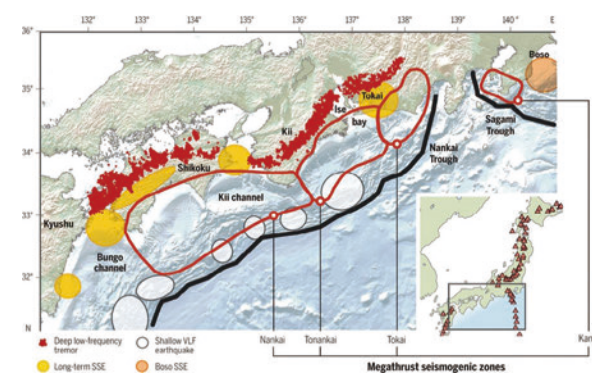


図1：西南日本で発見された様々なスロー地震

フィリピン海プレートの沈み込みに伴って発生が予想される巨大地震の震源域を取り囲むように、特定数の異なる数種類のスロー地震が検出され、スロー地震同士だけでなく、巨大地震との相互作用の可能性もある。

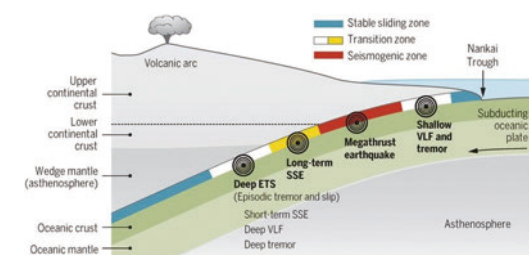


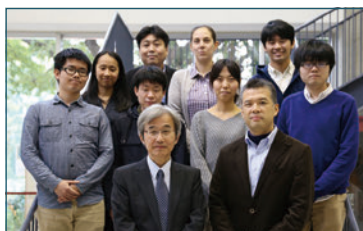
図2：沈み込みプレート境界に沿う様々なスロー特性

沈み込み帯のプレート境界に沿って、巨大地震を引き起こす震源域と定常的にすべっている領域との間に遷移領域が存在し、そこで特定数の異なるスロー地震が起きており、すべり特性が深さとともに変化している。

新たな現象を発見する醍醐味

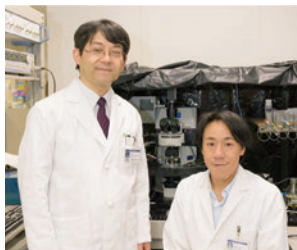
サイエンスの醍醐味のひとつは、新たな現象を発見し、原因を解き明かすことです。地球には、まだ知らないことがたくさんありますが、地球表面に展開した地震計の記録を根気強く観察し、多様な手法で解析・可視化することで、新たな発見が可能になります。地震学などの固体地球科学は、まさに発見の醍醐味を味わえる、とても身近な科学であり、若者たちの斬新な発想を大いに期待します。

写真：東京大学地震研究所 小原研究室メンバー。



シナプス形成分子複合体内での GluD 受容体統合の構造基盤

Structural basis for integration of GluD receptors within synaptic organizer complexes



左から柚崎 通介、掛川 渉

柚崎 通介 *Michisuke Yuzaki*
慶應義塾大学 医学部 生理学(神経生理) 教授

掛川 渉 *Wataru Kakegawa*
慶應義塾大学 医学部 生理学(神経生理) 准教授

Jonathan Elegheert¹ Jordan E. Clay¹ Natalie F. Shanks² Ester Behiels¹
松田 恵子³ 幸田 和久³ 三浦 会里子³ Maxim Rossmann⁴ Nikolaos Mitakidis¹
本橋 淳子³ Veronica T. Chang¹ Christian Siebold¹ Ingo H. Greger⁴
中川 輝良² A. Radu Aricescu¹

¹ Division of Structural Biology, Wellcome Trust Centre for Human Genetics, University of Oxford

² Department of Molecular Physiology and Biophysics, School of Medicine, Vanderbilt University

³ 慶應義塾大学 医学部 生理学(神経生理)

⁴ Neurobiology Division, MRC Laboratory of Molecular Biology

Contact

柚崎 通介 E-mail: myuzaki@keio.jp
所在地: 160-8582 東京都新宿区信濃町 35
U R L: <http://www.yuzaki-lab.org/>

掛川 渉 E-mail: wkake@keio.jp

シナプスに架ける橋

神経細胞どうしを結ぶ構造である「シナプス」は、記憶・学習の場であるとともに、種々の精神神経疾患の病態に密接に関与する。近年、シナプスの形成を担う数多くの分子が同定されているものの、それぞれの分子がどのように相互作用し、シナプス前部と後部のシグナルを統合しているかは十分に解明されていない。

これまでに当研究室では、小脳の顆粒細胞(シナプス前部)から分泌される Cbln1 が、シナプス前部に発現するニューレキシン(Nrxn)と、プルキンエ細胞(シナプス後部)に発現するデルタ2型グルタミン酸受容体(GluD2)に結合することによって、三者複合体を構築することを報告した。今回私たちは、その立体構造を世界に先駆けて決定することに成功し、同複合体がシナプスの架け橋となってシナプスの形成や機能を制御するメカニズムを明らかにした。GluD2、Cbln1、Nrxnのファミリー分子は、小脳以外の脳全域にも広く存在する。従って、今回の知見は、中枢シナプスの形成と動作の普遍的原理を知る大きな手がかりとなるとともに、将来、記憶・学習機構の理解や、様々な精神神経疾患への新しい治療開発につながるものと期待される。

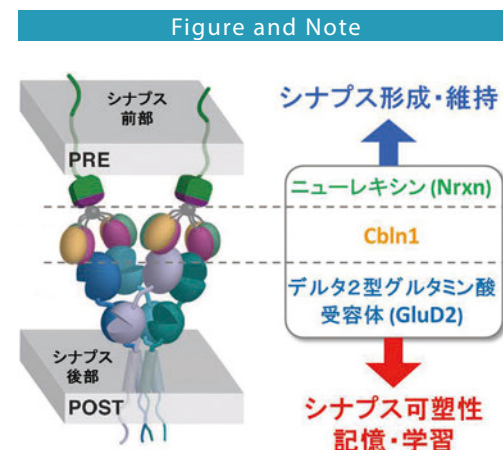


図: 神経細胞をつなぐ Nrxn-Cbln1-GluD2 複合体構造

シナプスに架かる Nrxn-Cbln1-GluD2 三者複合体は、シナプス前部および後部へと両方向性にシグナルを伝えることで、シナプス形成や記憶・学習の分子基盤とされるシナプス可塑性(シナプス伝達効率の可逆的変化)を制御する。

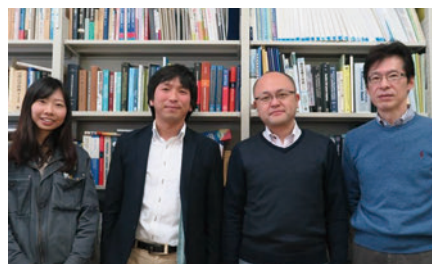


「脳」学問のすゝめ

慶應義塾大学医学部生理学教室(柚崎通介研究室)では、「記憶・学習がどのようなメカニズムによって引き起こされるのか?」という大きな問いに答えるため、日夜、研究に励んでいます。自身の脳の中で起こっている事象を、自身のアイデアと手を使って、世界中の誰よりも早く知れる楽しみは脳神経科学研究の醍醐味です。知的好奇心に満ち溢れた若者たちのパワーは計り知れません。皆さんの青春時代を研究に捧げてみませんか。尚、本研究は英国 Oxford 大学・Aricescu 研究室や米国 Vanderbilt 大学・中川研究室を含む構造生物学教室との国際共同研究によって得られた成果です。

マグネシウム系軽量形状記憶合金

A lightweight shape-memory magnesium alloy



左から小川 由希子、安藤 大輔、須藤 祐司、小池 淳一

小川 由希子 *Yukiko Ogawa*
東北大学大学院 工学研究科 知能デバイス材料学専攻

安藤 大輔 *Daisuke Ando*
東北大学大学院 工学研究科 知能デバイス材料学専攻 助教

須藤 祐司 *Yuji Sutou*
東北大学大学院 工学研究科 知能デバイス材料学専攻 准教授

小池 淳一 *Junichi Koike*
東北大学大学院 工学研究科 知能デバイス材料学専攻 教授

Contact

須藤 祐司 E-mail: ysutou@material.tohoku.ac.jp
所在地: 980-8579 仙台市青葉区荒巻字青葉 6-6-11
U R L: <http://www.koike-lab.jp/>

安藤 大輔 E-mail: dando@material.tohoku.ac.jp
小川 由希子 E-mail: ogaway@dc.tohoku.ac.jp
小池 淳一 E-mail: koikej@material.tohoku.ac.jp

形状記憶特性を発現する マグネシウム合金を世界で初めて実現

形状記憶合金は、変形後に加熱することで元に戻る形状記憶効果や変形を与えてもゴムのように元に戻る超弾性効果といった特異な現象を示す。それ故、眼鏡フレームや家電製品といった身近な物から、ステントといった医療器具まで幅広い分野で利用されている。近年では、ロケットや宇宙船などの振動吸収部品や自己展開フレームとして注目されている。これまでに、ニッケル-チタン系(ニチノール)、銅系、鉄系、ニッケル系、コバルト系およびチタン系など、様々な合金系において形状記憶特性が見出されてきたが、マグネシウムなどの軽い元素を主体とする軽量合金の報告はなかった。本グループは、マグネシウム(Mg)にスカンジウム(Sc)を添加した体心立方構造を有する Mg-Sc 合金が、マルテンサイト変態に伴い超弾性効果や形状記憶効果を発現することを発見した(図1)。この形状記憶マグネシウム合金は、実用ニチノール合金に比べて約70%軽く(図2)、航空・宇宙材料など軽量性が求められる工業製品への適用の他、Mgの生体分解性を利用した生体分解性超弾性マグネシウムステントといった新規高機能ステントへの可能性も広がる。

Figure and Note

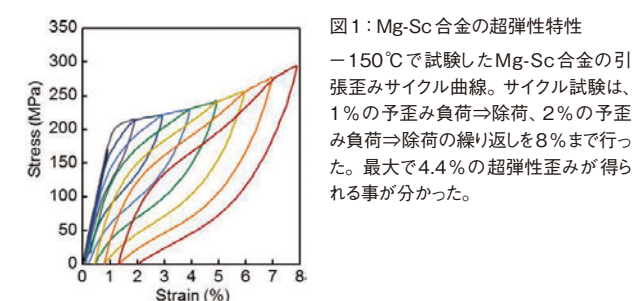


図1: Mg-Sc 合金の超弾性特性
— 150°C で試験した Mg-Sc 合金の引張歪みサイクル曲線。サイクル試験は、1%の予歪み負荷⇒除荷、2%の予歪み負荷⇒除荷の繰り返しを8%まで行った。最大で4.4%の超弾性歪みが得られる事が分かった。

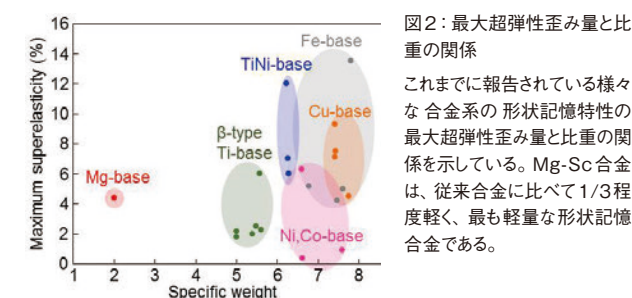
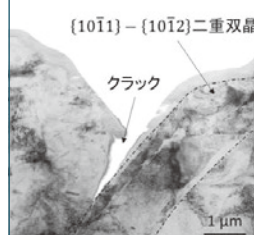


図2: 最大超弾性歪み量と比重の関係
これまでに報告されている様々な合金系の形状記憶特性の最大超弾性歪み量と比重の関係を示している。Mg-Sc 合金は、従来合金に比べて1/3程度軽く、最も軽量な形状記憶合金である。

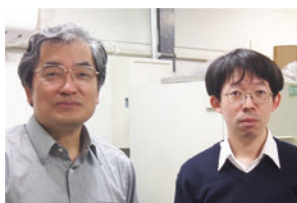


次世代マグネシウム合金研究

我々の研究室では、マグネシウム合金の変形破壊メカニズムを研究しています。マグネシウム合金は、その軽量さから様々な分野への実用が進められていますが、未だ多くの技術的課題を抱えています。その一つに加工性の悪さが挙げられます。その原因は、マグネシウム合金が持つ最密六方構造に由来して導入される変形双晶欠陥の早期破壊(左図)にあります。我々は、結晶構造を変えることにより、その解決を試みた結果、形状記憶特性を有するマグネシウム合金の発見に繋がりました。次世代材料と言われ続けてきたマグネシウム合金の新たな飛躍を目指します。

受精卵の父性ミトコンドリアは、 ミトコンドリア・エンドヌクレアーゼG介在的に破壊される

Mitochondrial endonuclease G mediates breakdown of paternal mitochondria upon fertilization



三谷 昌平 *Shohei Mitani*
東京女子医科大学 医学部 第二生理学教室 教授

末廣 勇司 *Yuji Suehiro*
東京女子医科大学 医学部 第二生理学教室 助教

Qinghua Zhou¹ Haimin Li¹ Hanzeng Li^{1,2} 中川 彰久¹ Jason L. J. Lin³
Eui-Seung Lee¹ Brian L. Harry^{1,4} Riley Robert Skeen-Gaar¹ Donna William⁵
Hanna S. Yuan³ Byung-Ho Kang⁶ Ding Xue¹

¹ Department of Molecular, Cellular, and Developmental Biology, University of Colorado, Boulder

² Department of Chemistry and Biochemistry, University of Colorado, Boulder

³ Institute of Molecular Biology, Academia Sinica

⁴ Medical Scientist Training Program, University of Colorado, Aurora

⁵ Department of Microbiology and Cell Science, University of Florida

⁶ School of Life Sciences, Centre for Cell and Developmental Biology and State Key Laboratory of Agrobiotechnology, Chinese University of Hong Kong

Contact

三谷 昌平 E-mail : mitani.shohei@twmu.ac.jp
所在地 : 162-8666 東京都新宿区河田町 8-1
U R L : <http://www.twmu.ac.jp/Basic/physiol2/>

父性ミトコンドリアの除去に エンドヌクレアーゼGが果たす役割

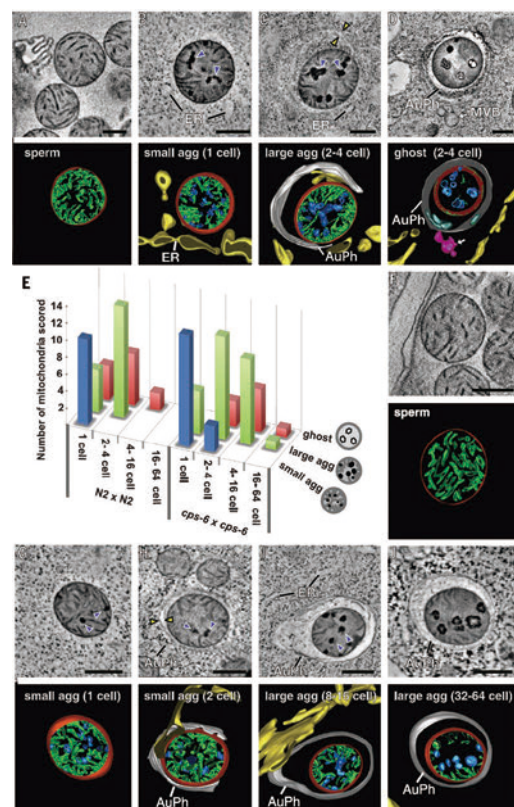
ミトコンドリアの母性遺伝は良く知られており、受精卵で父性ミトコンドリアがオートファジーによって除去されることで実行される。しかし、なぜ、父性ミトコンドリアが選択的にオートファジーの標的になるのかは良く分かっていない。電子顕微鏡で観察すると、受精卵の精子由来のミトコンドリアは丸く、卵子由来の細長いミトコンドリアと構造が異なる。精子由来のミトコンドリア内には、大小の塊が見え、クリステがなくなっているものもある。精子ミトコンドリアはオートファゴソーム膜で包まれて消化される前に既に内部崩壊を始めている。この内部崩壊に関わる因子を探すために、RNA 干渉でスクリーニングを行ったところ、*cps-6* 遺伝子(エンドヌクレアーゼGをコード)の抑制により父性ミトコンドリアDNAの分解が遅れることが分かった。この遺伝子の欠失変異体(*tm3222*)でも確認された。CPS6に対する抗体で免疫電顕を行うと、野生型精子のミトコンドリアでは、抗原はミトコンドリア膜に局在するが、受精卵では抗原はミトコンドリアのマトリックスに移動している。これが、ミトコンドリアDNAの分解とミトコンドリアの崩壊を誘導している。



単純なモデル動物を使ったシステムティックな遺伝子機能解析

東京女子医科大学医学部 第二生理学教室では、線虫というモデル生物を用いてシステムティックに遺伝子機能解析を行っています。今回は、コロラド大学等との共同研究で父性ミトコンドリアの崩壊メカニズムを示しました。当研究室では、線虫の変異体を網羅的に分離しており、表現型解析を行い易い線虫の遺伝子変異体株を使うことで、遺伝子の機能を効率良く解明していくことができます。

Figure and Note

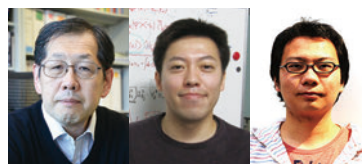


図：父性ミトコンドリアの内部崩壊は*cps-6* 遺伝子の機能欠損によって遅れる

野生型と*cps-6* (*tm3222*) 変異体の父性ミトコンドリアの種々の発生段階での電子顕微鏡断層撮影像、模式図とミトコンドリア形態の頻度のヒストグラム。変異体では、内部崩壊ミトコンドリアの出現が遅い。

多結晶ダイヤモンドにおける アト秒動的フランチ-ケルディッシュ効果

Attosecond dynamical Franz-Keldysh effect in polycrystalline diamond



左から矢花 一浩、篠原 康、佐藤 駿丞

矢花 一浩 *Kazuhiro Yabana*
筑波大学 計算科学研究センター 教授

篠原 康 *Yasushi Shinohara*
東京大学 工学系研究科附属量子科学研究センター 特任研究員

佐藤 駿丞 *Shunsuke Sato*
筑波大学 計算科学研究センター 学振特別研究員

Matteo Lucchini¹ André Ludwig¹ Jens Herrmann¹ Mikhail Volkov¹
Lamia Kasm¹ Lukas Gallmann^{1,2} Ursula Keller¹

¹ Department of Physics, ETH Zurich

² Institute of Applied Physics, University of Bern

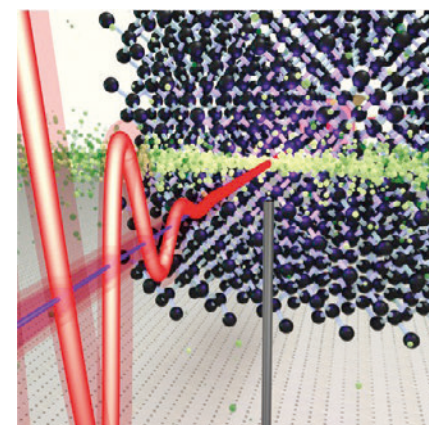
Contact

矢花 一浩 E-mail : yabana@nucl.ph.tsukuba.ac.jp
所在地 : 305-8577 茨城県つくば市天王台 1-1-1
U R L : <http://www.nucl.ph.tsukuba.ac.jp/~yabana/>

光の周期よりも短い時間で、電子の運動を操作する

光を物質に照射すると、物質内の電子は極めて短時間のうちに高速に運動する。本研究はパルス光を用いて、光の振動数であるペタヘルツ(1秒間に 10^{15} 回)で電子の運動を操作することを目指したものである。筑波大学計算科学研究センターのグループは、これまで20年間にわたり、第一原理計算に基づいて光と電子のダイナミクスを計算する方法を開発してきた。一方、チューリッヒ工科大学の実験グループは、非常に短いパルス光を用いる実験技術の開発を進めてきた。本研究は、そのような第一原理計算とアト秒光科学実験の密接な協力により、ダイヤモンドの光学的性質が光の1周期よりも短い時間スケールでどのように変化するか調べ、動的フランチ-ケルディッシュ効果と呼ばれるメカニズムで吸収率が超高速変化することを突き止めたものである。このような電子操作の方法は、ペタヘルツで動作する将来の革新的なエレクトロニクス技術に繋がるものとして期待されており、本研究はその実現に向けた重要な一歩となるものである。

Figure and Note



図：ダイヤモンドの薄膜に照射するレーザーパルス光フェムト秒とアト秒の時間幅をもつ2つのパルス光をダイヤモンド薄膜に照射するポンプ・プローブ測定を、実在の実験装置とともにスーパーコンピュータを用いた第一原理シミュレーションで遂行する。

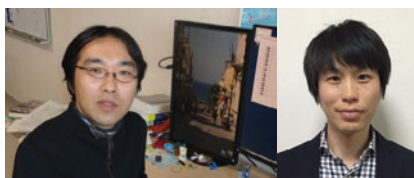


筑波大学計算科学研究センター

今日科学技術のあらゆる分野で、計算科学の方法は必須の手段となっています。スパコンをはじめとする計算機システムは著しい発展を遂げていますが、それを効果的に使いこなして研究を発展させるには、計算機を用いて科学を解明する「アプリ」研究者と、新しい計算機を創る「システム」研究者の密接な協力が重要です。筑波大学計算科学研究センターは、アプリ研究者とシステム研究者が密接に協力する場を提供し、計算科学の発展に取り組んでいます。

遠くの嵐が引き起こす脈動S波

Teleseismic S wave microseisms



左から西田 究、高木 涼太

西田 究 *Kiwamu Nishida*

東京大学 地震研究所 数理系研究部門 准教授

高木 涼太 *Ryota Takagi*

東北大学大学院 理学研究科 地震・噴火予知研究観測センター 助教

Contact

西田 究 E-mail: knishida@eri.u-tokyo.ac.jp

所在地: 113-0032 東京都文京区弥生 1-1-1

U R L: http://www.eri.u-tokyo.ac.jp/people/knishida/

高木 涼太 E-mail: ryota.takagi.c1@tohoku.ac.jp

所在地: 980-8578 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉 6-6

大西洋の爆弾低気圧によって励起された脈動実体波

2014年12月9日爆弾低気圧が大西洋で発生しイギリスやアイルランドに被害をもたらした。その際、海洋波浪により発生したP波は地球深部を伝播し日本にまで到達した。観測されたP波の振幅は0.1 μm と一見小さいが、同じ地域で起こったマグニチュード6の地震にも匹敵する。このような海洋波浪起源の地震波は、近年、地球内部構造を調べる上で注目されている。

我々は大西洋で爆弾低気圧が発生した時の日本の地震計記録を解析し、嵐がどのように地震波(P波・S波などの実体波)を励起しているかを明らかにした。特に爆弾低気圧によって励起された周期5-10秒の脈動S波の検出に初めて成功した。さらにその震源位置と強さを推定し、低気圧の移動にともない震源は海底の等深線に沿って移動していることを明らかにした。本研究は、遠く離れた嵐によって励起された地震波を使って嵐直下の地球内部構造を推定できる可能性を示している。地震、観測点ともに存在しない海洋直下の構造を推定できる可能性を意味し、地球内部構造に対して大きな知見を与える可能性がある。

Figure and Note

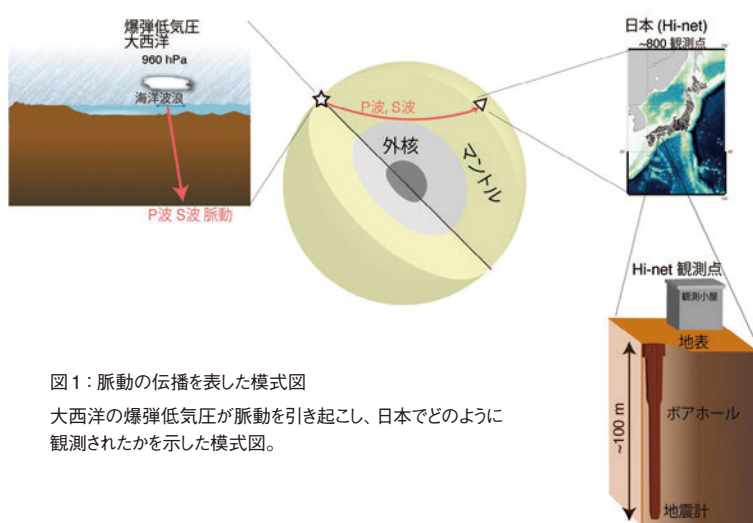


図1: 脈動の伝播を表した模式図

大西洋の爆弾低気圧が脈動を引き起こし、日本でどのように観測されたかを示した模式図。

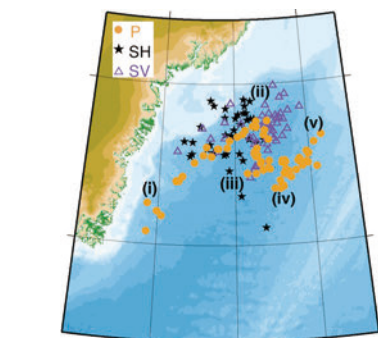
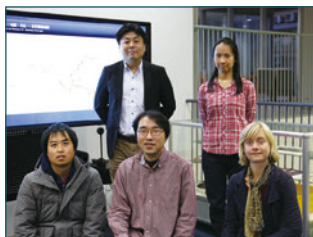


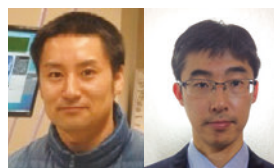
図2: 推定されたP波、SH波、SV波の震源位置

(i) 12月9日0時、(ii) 同12時、(iii) 12月10日0時、(iv) 同12時、(v) 12月11日0時でのP波の震源の位置を示している。地図の色は水深を示しており、震源が等深線に沿って移動している様子が見て取れる。



自由な研究議論の大切さ

この研究は、研究仲間とふと世間話をしているときに、「大西洋で爆弾低気圧が発生したってニュースになったね。地震計でみえないかな?」といった軽いやり取りから始まりました。このように、新しい研究の種を見つけるためには、研究室の垣根を超えて自由な環境で議論することが大切です。ここ数年、日頃のプロジェクから離れ、自由にアイデアを出す定期的な機会を意図的にとるようにしました。写真は、そんな議論に付き合ってくれる、研究仲間たちとの一コマです。

酸性水溶液中において
高活性かつ安定な $\text{IrO}_x/\text{SrIrO}_3$ 酸素発生触媒A highly active and stable $\text{IrO}_x/\text{SrIrO}_3$ catalyst for the oxygen evolution reaction

左から西尾 和記、疋田 育之

西尾 和記 *Kazunori Nishio*

Postdoctoral researcher, Stanford Institute for Materials and Energy Sciences, SLAC National Accelerator Laboratory, Geballe Laboratory for Advanced Materials, Stanford University

疋田 育之 *Yasuyuki Hikita*

Staff Scientist, Stanford Institute for Materials and Energy Sciences, SLAC National Accelerator Laboratory, Stanford University

Linsey C. Seitz¹ Colin F. Dickens^{1,2} Joseph Montoya² Andrew Doyle² Charlotte Kirk²
Aleksandra Vojvodic² Harold Y. Hwang^{3,4} Jens K. Nørskov^{1,2} Thomas F. Jaramillo^{1,2}¹ SUNCAT Center for Interface Science and Catalysis, Department of Chemical Engineering, Stanford University, Shriram Center² SUNCAT Center for Interface Science and Catalysis, SLAC National Accelerator Laboratory³ Stanford Institute for Materials and Energy Sciences, SLAC National Accelerator Laboratory⁴ Geballe Laboratory for Advanced Materials, Department of Applied Physics, Stanford University

Contact

西尾 和記 E-mail: kazunori@tagen.tohoku.ac.jp

所在地: 980-8577 仙台市青葉区片平二丁目1番1号 東北大学多元物質科学研究所南1号館

U R L: http://www2.tagen.tohoku.ac.jp

疋田 育之 E-mail: hikita@stanford.edu

所在地: 476 Lomita Mall, McCullough Building, 220 Stanford University, Stanford, California 94305-4045, USA

U R L: https://web.stanford.edu/group/hyhwang/index.html

酸性水溶液中において安定かつ高活性な酸素発生触媒を発見!

水の電気分解によって水素を製造するプロセスは、再生可能かつクリーンな燃料を得る有望な方法である。このプロセスには、分解反応を加速させる高効率かつ安定な触媒材料の開発が重要な課題である。とりわけ2電子反応である水素発生反応に対し、水から酸素を発生させる反応は4つの電子移動を伴う遅い反応であるため、触媒材料の高効率化が不可欠である。これまでアルカリ水溶液中で高活性な酸素発生触媒は数多報告されているが、より高い効率が望める固体高分子膜水分解で用いる酸性水溶液中で利用可能な触媒は、 IrO_2 と RuO_2 酸化物など屈指で数えるに留まっている。

今回我々はペロブスカイト構造を有する SrIrO_3 エピタキシャル単結晶薄膜をパルスレーザー堆積法によって合成し、酸性水溶液中で酸素発生反応初期に SrIrO_3 単結晶薄膜表面から溶液へSrが浸出した $\text{IrO}_x/\text{SrIrO}_3$ 構造がこれまでで最高の活性を示し、よい安定性を示すことを発見した。さらに、 IrO_x 触媒が水溶液と形成する界面構造を第一原理計算から理論的に予測することで、高活性な酸素発生触媒表面のモデル構造を提案した。触媒の活性と安定性が競合することはよく知られているが、今回の成果は触媒反応初期に高活性な表面変質相が形成される例として今後の酸素発生触媒開発に重要な知見をもたらすと期待される。

Figure and Note

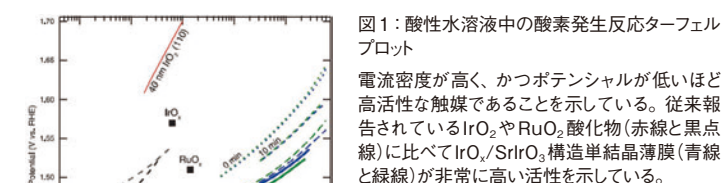


図1: 酸性水溶液中の酸素発生反応ターフェルプロット

電流密度が高く、かつポテンシャルが低いほど高活性な触媒であることを示している。従来報告されている IrO_2 や RuO_2 酸化物(赤線と黒点線)に比べて $\text{IrO}_x/\text{SrIrO}_3$ 構造単結晶薄膜(青線と緑線)が非常に高い活性を示している。

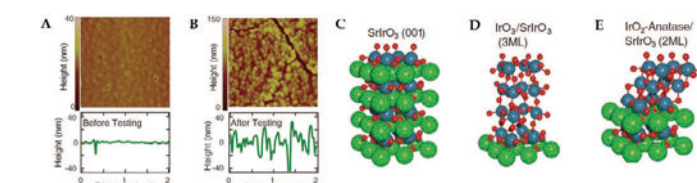


図2: 酸素発生試験前後の原子間力顕微鏡像と表面層の構造モデル図

酸素発生試験前(A)と後(B)の原子間力顕微鏡像。酸素発生試験前の SrIrO_3 構造(C)と、第一原理計算により提案された酸素発生試験後の高活性 $\text{IrO}_x/\text{SrIrO}_3$ 構造の候補(D, E)。

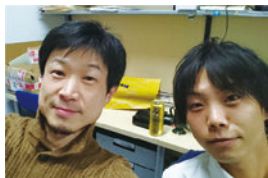


スタンフォード大学 Harold Y. Hwang 研究室

私はスタンフォード大学のHarold Y. Hwang研究室のポストドク研究員として研究に従事していました。Hwang研究室では、高品質な酸化物単結晶エピタキシャル薄膜やヘテロ構造作製をベースに、多岐に渡る分野の新奇物性研究、機能開発が行われています。大学内においても他グループとの交流が積極的であり、その中で、本研究はThomas F. Jaramillo研究室、Jens Nørskov研究室との共同研究の成果であります。スタンフォード大学では世界中から優秀な研究者が集結し、従来の研究分野を超えて様々な先端・独創的な研究が行われており、その雰囲気を経験できたのは非常に刺激になりました。

標的DNA塩基を直接書き換える技術： 原核生物と脊椎動物の獲得免疫機構の融合

Targeted nucleotide editing using hybrid prokaryotic and vertebrate adaptive immune systems



左から西田 敬二、荒添 貴之

西田 敬二 *Keiji Nishida*
神戸大学大学院 科学技術イノベーション研究科 特命准教授

荒添 貴之 *Takayuki Arazoe*
神戸大学大学院 科学技術イノベーション研究科 学術研究員

近藤 昭彦 *Akihiko Kondo*
神戸大学大学院 科学技術イノベーション研究科 教授
(兼務) 神戸大学大学院 工学部応用化学科 教授

谷内江 望^{1,2,3} 坂野 聡美⁴ 柿本 美香⁴ 田畑 麻由良⁴ 望月 正雄⁴ 宮部 綾⁴ 荒木 通啓⁴ 原 清孝⁵ 島谷 善平⁴

¹ 東京大学 先端科学技術研究センター 合成生物学分野 ⁴ 神戸大学大学院 科学技術イノベーション研究科
² 慶応義塾大学 先端生命科学研究所 ⁵ 静岡県立大学 食品栄養環境科学研究所、食品栄養科学部環境生命科学科(環境工学研究室)
³ 科学技術振興機構 さきがけ

Contact 西田 敬二 E-mail : keiji_nishida@people.kobe-u.ac.jp 荒添 貴之 E-mail : arazoe@port.kobe-u.ac.jp
所在地 : 657-8501 神戸市灘区六甲台町 1-1
近藤 昭彦 E-mail : akondo@kobe-u.ac.jp
U R L : http://www2.kobe-u.ac.jp/~akondo/index.html

細胞内でゲノムDNA塩基の 1文字変換を可能にする技術を開発

生命のゲノム情報を高度に改変することができるゲノム編集技術は近年、急速な進歩を遂げており、生命科学のアプローチを大きく変えようとしている。これまでの主なゲノム編集技術はDNA二重鎖を一度切断することによって改変するものであり、切断後のDNA配列変換の不確実性や、染色体切断による細胞毒性が伴う場合があったが、今回、我々はDNAを切らずに直接書き換える技術 Target-AIDを開発した。これは、ゲノム編集技術として用いられるCRISPR/Cas9システム(原核生物の獲得免疫機構に由来)の、DNAを切断するヌクレアーゼ酵素活性の代わりに、DNA塩基の脱アミノ化により塩基変換を誘導する酵素(デアミナーゼ：脊椎動物の獲得免疫機構に由来)を採用することによって、高効率に狙いの部位のDNA情報を書き換えることが出来る技術である。これにより微生物から動物に至るまでの幅広い生物材料で従来よりも大幅に毒性が低く、精密なゲノム情報の改変が可能になると期待される。



研究は知の冒険

ゲノム編集技術によってこれからの医療や農業も含めたバイオ分野は大きな転換期を迎える可能性があります。この研究を始めたのは3年ほど前ですが、ちょっとした巡り合わせと思いつきで、あっという間に大きな展開となっていきました。私たちは今回開発した技術を基盤としたベンチャービジネスを立ち上げ、技術の実用化と普及そして新たな産業の創出を目指します。研究キャリアは予測できないことも多いのですが、迷ったときはエキサイティングで面白い方向に賭けるほうが、やりがいがあると思います。

Figure and Note

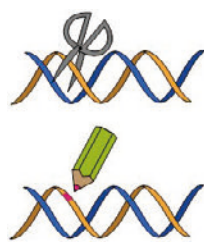


図1：切るゲノム編集と切らないゲノム編集
DNAを切って改変するはさみ(ヌクレアーゼ)に代わってDNAの文字を書き換える鉛筆(デアミナーゼ)を採用することで、DNA二重鎖を切断せずにゲノム情報を精密に変換する。

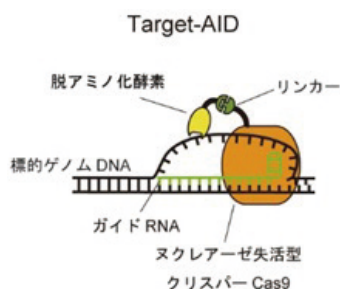


図2：切らないゲノム編集「Target-AID」の模式図
ヌクレアーゼ活性を失活させたクリスパー Cas9に脱アミノ化酵素(デアミナーゼ)を結合させてゲノムの狙った部位の文字を書き換える。

網羅的な遺伝的相互作用ネットワークは 細胞システムの機能的な配線図を示す

A global genetic interaction network maps a wiring diagram of cellular function



左から岡田 啓希、大矢 禎一

大矢 禎一 *Yoshikazu Ohya*
東京大学大学院 新領域創成科学研究科 教授

岡田 啓希 *Hiroki Okada*
東京大学大学院 新領域創成科学研究科 研究員

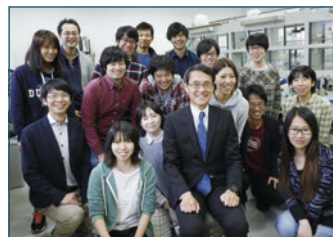
Michael Costanzo¹ Benjamin VanderSluis^{2,3} Elizabeth N. Koch² Anastasia Baryshnikova⁴ Carles Pons² Guihong Tan¹ Wen Wang² Matej Usaj¹ Julia Hanchard^{1,5} Susan D. Lee⁶ Vicent Pelechano⁷ Erin B. Styles^{1,5} Maximilian Billmann⁸ Jolanda van Leeuwen¹ Nydia van Dyk¹ Zhen-Yuan Lin⁹ Elena Kuzmin^{1,5} Justin Nelson^{2,10} Jeff S. Piotrowski^{1,11} Tharan Srikumar¹² Sonda Bahr¹ Yiqun Chen¹ Raamesh Deshpande² Christoph F. Kurat¹ Sheena C. Li^{1,11} Zhijian Li¹ Mojca Mattiazzi Usaj¹ Natasha Pascoe^{1,5} Bryan-Joseph San Luis¹ Sara Sharifpoor¹ Emira Shuteriqi¹ Scott W. Simpkins^{2,10} Jamie Snider¹ Harsha Garadi Suresh¹ Yizhao Tan¹ Hongwei Zhu¹ Noel Malod-Dognin¹³ Vuk Janjic¹⁴ Natasa Przulj^{13,15} Olga G. Troyanskaya^{3,4} Igor Stagljar^{1,5,16} Tian Xia^{2,17} Anne-Claude Gingras^{5,9} Brian Raught¹² Michael Boutros⁸ Lars M. Steinmetz^{1,16} Claire L. Moore⁵ Adam P. Rosebroc¹⁵ Amy A. Caudy^{1,5} Chad L. Myers^{2,10} Brenda Andrews^{1,5} Charles Boone^{1,5,11}

¹ The Donnelly Centre, University of Toronto
² Department of Computer Science and Engineering, University of Minnesota-Twin Cities
³ Simons Center for Data Analysis, Simons Foundation
⁴ Lewis-Sigler Institute for Integrative Genomics, Princeton University
⁵ Department of Molecular Genetics, University of Toronto
⁶ Department of Developmental, Molecular and Chemical Biology, Tufts University School of Medicine
⁷ European Molecular Biology Laboratory (EMBL), Genome Biology Unit
⁸ Division of Signaling and Functional Genomics, German Cancer Research Center (DKFZ) and Heidelberg University
⁹ Lunenfeld-Tanenbaum Research Institute, Mount Sinai Hospital
¹⁰ Program in Biomedical Informatics and Computational Biology, University of Minnesota-Twin Cities
¹¹ 理化学研究所 環境資源科学研究センター ケミカルゲノミクス研究グループ
¹² Princess Margaret Cancer Centre, University Health Network and Department of Medical Biophysics, University of Toronto
¹³ Computer Science Department, University College London
¹⁴ Department of Computing, Imperial College London
¹⁵ School of Computing (RAF), Union University
¹⁶ Department of Biochemistry, University of Toronto
¹⁷ School of Electronic Information and Communications, Huazhong University of Science and Technology
¹⁸ Department of Genetics, School of Medicine and Stanford Genome Technology Center, Stanford University

Contact 大矢 禎一 E-mail : ohya@k.u-tokyo.ac.jp
所在地 : 277-8581 千葉県柏市柏の葉 5-1-5
U R L : http://ps.k.u-tokyo.ac.jp/top.html

出芽酵母の遺伝的相互作用ネットワークの全体像

遺伝学における最大の問題の一つは、複数の遺伝子変異の組み合わせによる表現型が、単独の遺伝子変異から予測できないということである。これは遺伝子間に存在する遺伝的相互作用が原因であり、遺伝的相互作用そのものを調べる努力がこれまでに多くなされてきた。例えばaとb二つの変異をそれぞれ持つ変異体と、変異を同時にもつ二重変異体a bの増殖を比較することで、遺伝的相互作用が検出できる(図1)。今回の研究ではカナダ、アメリカ、ドイツ、イギリス、日本、中国の合同研究チームが、出芽酵母(図2)のほとんどの遺伝的相互作用情報を集めて、遺伝的相互作用ネットワークを網羅的に解析し、細胞機能の配線図を明らかにした。研究チームを率いるトロント大学のCharles M. Booneが開発したSGA(Synthetic Genetic Array)という手法によって出芽酵母に6,000ある遺伝子について二重変異株を片っ端から作成し、その増殖を調べた。全遺伝子の組み合わせは1,800万あるが、約9割にあたる遺伝的相互作用を解析し、55万の正の相互作用と35万の負の相互作用を同定した。特に増殖に必須な遺伝子の間には密な遺伝的相互作用ネットワークが存在し、細胞機能の重要なハブとして機能していることが明らかになった。遺伝的相互作用のプロファイルには遺伝子機能の情報が多く含まれており、負の遺伝的相互作用は同じ機能を持つ遺伝子間で、正の遺伝的相互作用はむしろ異なる制御系で働く遺伝子間で頻繁に見られることがわかった。今回の研究成果は、単に出芽酵母の分子レベルでの理解やシステムレベルでの理解につながるだけでなく、"Missing Heritability"を含めたヒトの遺伝学にも大きな貢献をすることが期待される。



モデル生物出芽酵母を使った先端生命科学

私たちの研究室は、出芽酵母を使って研究をしています。出芽酵母といえば2016年のノーベル生理学・医学賞を受賞された大隅良典先生のオートファジーの研究が有名ですが、大隅先生もおっしゃっているように、我々も「細胞の基本原理は酵母で解ける」と信じています。1996年に真核生物として初めてゲノム配列が明らかになって以来、出芽酵母の研究は今回の研究に代表されるように、網羅的な研究が盛んに行われてきました。全ての遺伝子を丸ごと扱う研究、細胞システム全体を理解しようとする研究です。現在は特に表現型を網羅的に調べる研究を中心に行っています。

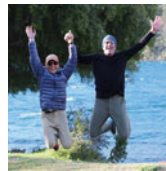


Figure and Note

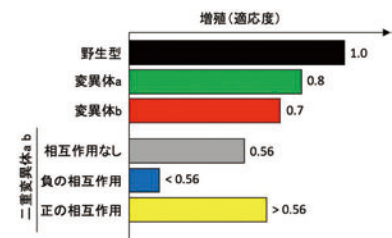


図1：正と負の遺伝的相互作用
aとb二つの変異体の増殖(適応度)が野生型に比べて0.8と0.7であり、二つの変異の間に遺伝学的相互作用がない場合(灰色)は、二重変異体a bの適応度は0.56となる。負の遺伝的相互作用がある場合(青色、合成致死とも呼ばれる)は、適応度が0.56より小さくなる。正の遺伝的相互作用がある場合(黄色、サプレッサーとも呼ばれる)は、0.56より大きくなる。

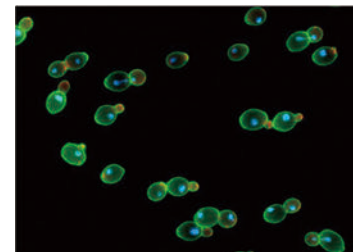
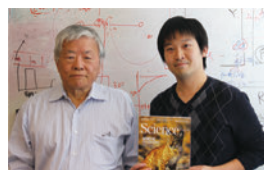


図2：出芽酵母の蛍光顕微鏡写真
細胞壁(緑色)、アクチン(赤色)、核DNA(青色)。

腹側海馬のCA1領域は社会的記憶に寄与する

Ventral CA1 neurons store social memory



左から利根川 進、奥山 輝大

利根川 進 *Susumu Tonegawa*

理研-MIT 神経回路遺伝学研究センター Laboratory Head

奥山 輝大 *Teruhiro Okuyama*

理研-MIT 神経回路遺伝学研究センター 研究員

北村 貴司¹ Dheeraj S. Roy¹ 糸原 重美²

¹ Picower Institute for Learning and Memory, Massachusetts Institute of Technology

² 理化学研究所 脳科学総合研究センター

Contact

利根川 進 E-mail : tonegawa@mit.edu

所在地 : 77 Massachusetts Ave. 46-5285 Cambridge, MA 02139. USA

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

奥山 輝大 E-mail : okuyama@mit.edu

「誰」という記憶を貯蔵するための神経メカニズム

記憶には「誰が、いつ、どこで、どうした」という情報が含まれているが、その中で「誰」という部分が脳内でどのように記述されているかについては、多くの事が未知だった。私たちは、記憶中枢である海馬の中で、これまであまり着目されてこなかった「腹側CA1」という小領域の神経細胞が、「誰」という記憶を貯蔵していることを発見した。その領域では、ある細胞集団はAさんについての記憶、別の細胞集団はBさんについての記憶というように、「細胞集団の組み合わせ」で特定の相手についての記憶を貯蔵していることが分かった。さらに、「Aさん記憶」を貯蔵している細胞集団を人工的に活性化することで、たとえAさんのことを忘れてしまった後だとしてもAさんのことを人工的に思い出させたり、「Aさん記憶」に恐怖や快感の感情を人工的に付加することにより、Aさんのことを人為的に嫌いにしたり、好きにしたりできるようになった。自閉症患者は社会的コミュニケーション能力と並んで、この他人を記憶する能力にも障害が認められているが、これらの能力は鶏と卵の関係にあると言える。今後、記憶という観点から自閉症の理解が進むことを期待している。

Figure and Note

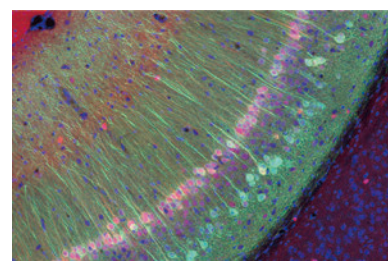


図1: 「誰」という記憶を貯蔵する神経細胞群

緑色の神経細胞が「誰」という記憶を貯蔵している。この緑色タンパク質はGCaMPという神経細胞の活動をモニタリングするための物質で、マウスが行動している最中にどの神経細胞がいつ活動したのかを検出できる。

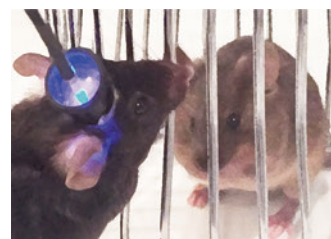


図2: 光遺伝学で記憶を直接操作する

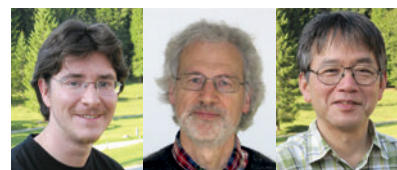
「Aさん記憶」を貯蔵している神経細胞を活性化させるために、私たちは光で神経細胞の活動を操作する光遺伝学という手法を用いている。記憶を操作している最中のマウスの行動を記録し、解析する。

マサチューセッツ工科大学・利根川ラボ

利根川ラボでは、「記憶」を司る神経メカニズムの解析を進めています。特に、私たちのグループでは「誰」という記憶(社会性記憶)に着目して、友人の事をどのように記憶し、どのように思い出すのか、更には、「ある相手への想いを人為的に操作できるのか」という魅力的な課題に挑戦しています。出来るかぎり面白いアイデアを皆でシェアし、ディスカッションしながら、より面白い次元へと高め、最先端の技術でクリアに証明することを目指しています。

メタン生成代謝に含まれるCO₂還元/固定酵素は二機能性であり、46の[4Fe-4S]クラスターを含む

The methanogenic CO₂ reducing-and-fixing enzyme is bifunctional and contains 46 [4Fe-4S] clusters



左からTristan Wagner、Ulrich Ermler、嶋 盛吾

嶋 盛吾 *Seigo Shima*

Max Planck Institute for Terrestrial Microbiology

科学技術振興機構 さきがけ

Tristan Wagner¹ Ulrich Ermler²

¹ Max Planck Institute for Terrestrial Microbiology

² Max Planck Institute of Biophysics

Contact

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

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

U R L : http://www.mpi-marburg.mpg.de/shima

メタン生成代謝のCO₂固定酵素の結晶構造

有機物の生物分解によって地球上で年間1ギガトンものメタンが生成している。ほとんどのメタン生成菌は、水素ガスからの電子を用いてCO₂を還元しメタンを生成する。このメタン生成代謝において、CO₂はフェレドキシンからの電子で還元され、C1キャリアであるメタノフランにホルミル基として結合する。この反応はホルミルメタノフラン脱水素酵素(Fwd)が触媒する。今回、Fwd複合体の結晶構造を明らかにした。タンゲステンを含むCO₂還元触媒部位と亜鉛を含むメタノフランとの縮合触媒部位が認められた。これらの金属活性部位はトンネルでつながっており、CO₂は先ずタンゲステンを含む活性部位で還元されギ酸が生成すると考えられた。生成したギ酸はトンネルを通じて第二の触媒部位に輸送され、メタノフランのアミノ基に結合すると考えられる(図1)。「砂時計」のような形態で4量体を形成している結晶が得られ、この構造では46個の鉄硫黄クラスターが4つのタンゲステン活性部位を電気的につないでいた(図2)。このような鉄硫黄クラスター鎖の機能として、タンゲステン活性部位への電子供給に加えて、活性部位の同調制御や電子貯蔵などが考えられた。

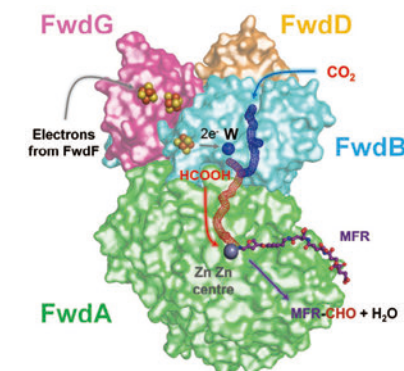


図1: 2つの触媒部位をつなぐFwd酵素のトンネル構造

タンゲステン(W)を含むCO₂還元部位と亜鉛(Zn)を含むアミドヒドロラーゼ部位がトンネル(赤色網目)でつながっている。青色網目はCO₂の供給トンネル。

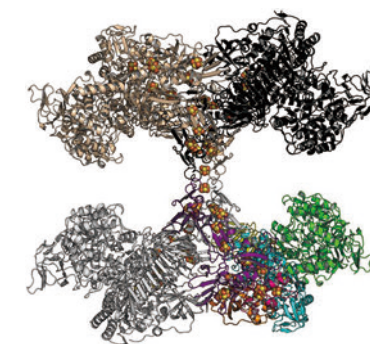
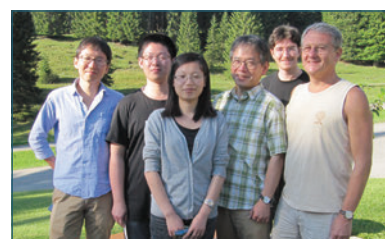


図2: 砂時計のような形状のFwd複合体には46個の鉄硫黄クラスターが存在。砂時計のようなFwd構造。鉄硫黄クラスターの鉄と硫黄はオレンジと黄色のボールで示した。

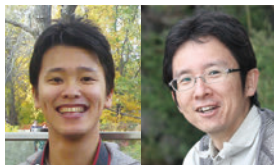


マックスプランク陸生微生物学研究所、嶋グループ

私たちの研究室ではメタン生成代謝に含まれる酵素の触媒機構を酵素タンパク質の結晶構造情報を基にして解明することを目指しています。今回は、この代謝でCO₂を固定する酵素の結晶構造解析に成功しました。この結果によりトンネルでつながった2つの活性部位で触媒反応が進行することが示されました。また、その4量体複合体構造には鎖状に連なった46個もの鉄硫黄クラスターが見出されました。このような予想外の結果に出合えることが研究の面白いところです。

類人猿は他者が「誤信念」に基づいて行動すると予測できる

Great apes anticipate that other individuals will act according to false beliefs



左から狩野 文浩、平田 聡

狩野 文浩 Fumihiro Kano

京都大学野生動物研究センター 熊本サクチュアリ コンソーシアム特定助教

平田 聡 Satoshi Hirata

京都大学野生動物研究センター 教授(兼務) 京都大学野生動物研究センター 熊本サクチュアリ 所長

Christopher Krupenye¹ Josep Call^{2,3} Michael Tomasello^{3,4}

¹ Department of Evolutionary Anthropology, Duke University

² School of Psychology and Neuroscience, University of St. Andrews

³ Department of Developmental and Comparative Psychology, Max Planck Institute for Evolutionary Anthropology

⁴ Department of Psychology and Neuroscience, Duke University

Contact

狩野 文浩 E-mail : fkanou@gmail.com

所在地 : 869-3201 熊本県宇城市三角町大田尾990

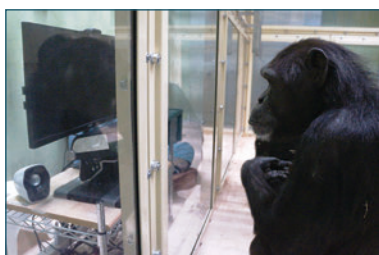
U R L : www.fumihirokano.com

平田 聡 E-mail : hirata.satoshi.8z@kyoto-u.ac.jp

所在地 : 606-8203 京都市左京区田中関田町2-24

類人猿も他者の思考を推し量る： アイ・トラッキングを用いた「誤信念」理解の研究

他者の意図や気持ちなど、「心」の状態を理解する能力は社会生活の基本である。ヒト以外の動物にも、他者の心のある程度推測する能力はあることが知られている。しかし、ヒト以外の動物が、他者が「誤信念」を持つとき、すなわち他者が現実とは異なる状況を信じているときのような、認知的により難しい状況で、他者の心を推論できることは知られていなかった。いくつかの先行研究はそれを実験的に証明しようとしたが、その試みはみな失敗に終わっていた。そこで今回、私たちはアイ・トラッキングという視線を記録する装置を使って、これまでと異なる新しい方法で類人猿の誤信念理解をテストした。研究は、京都大学熊本サクチュアリおよび独マックス・プランク研究所で行われた国際共同研究として行われた。結果、図に示すようなストーリー動画を見たとき、類人猿はヒトと同様に、役者の「誤信念」に基づき、役者の行為を予測的に注視することが明らかになった。類人猿にも、他者の誤信念が理解できることを示唆した初めての研究で、ヒトと類人猿との進化的なつながりがまた一つ明らかになった。Scienceの10大年間Breakthroughに選ばれた。



類人猿のアイ・トラッキング

今回の研究は、言ってみれば類人猿のための映画作りでした。どうすれば類人猿が動画に興味を持ってくれるか、数年越しの試行錯誤によって、今のストーリーができました。結果がついてきてくれて、うれしい限りです。今後も、ますます研究を進展させ、このユニークな方法で、類人猿の心を探求していきたいと思います。ご支援願えれば幸いです。

Figure and Note



図：2つの実験に使われた動画ストーリー

役者がドアの向こうにいった後、ターゲットが移動する。役者が戻って来たとき、動画を見た類人猿は、ターゲットの場所についての役者の「誤信念」に基づき、赤矢印で示した場所を予測的に注視した。

動画のリンク

実験1 : <http://y2u.be/qUkk0hSrT2Q>

実験2 : <http://y2u.be/kgYNSin3Sfc>

類人猿のための映画作り

京都大学野生動物研究センター 熊本サクチュアリ 狩野 文浩

紹介したScienceの研究は、一発で実験が成功したわけではなく、失敗もありました。問題は、類人猿が動画に対してあまり興味を示してくれないことでした。類人猿は(無論ある程度はヒトも)彼らにとって興味深い内容でないと、すぐに飽きて動画を見るのをやめてしまいます。誤信念課題の場合、実験の手続き上、1分近く集中して動画を見てもらう必要があります。はじめは、ヒトの幼児のために作られた動画を元にして類人猿用の動画を作っていましたが、類人猿にとっては退屈なものらしく、終わりまで集中して動画を見てくれませんでした。

では、どのような動画が類人猿の興味を惹くのでしょうか？これがはじめは分からず、長く研究は停滞していましたが、あるときブレイクスルーがありました。その研究を以下に紹介しましょう。実験では、類人猿が1日前に1度見た出来事を記憶して、その記憶を元に予測的に注視できるかが問われました。動画を見せて、その時の視線を記録します。動画の中で、動画を見ている類人猿にとって見慣れた背景の中に、見慣れた2人のヒト役者がいます(図)。その役者が2つのトンネルにそれぞれ近付いていきます。すると突然トンネルの上にランプが点灯し、すぐに2つのうち1つのトンネルから見たこともない怪しげな類人猿(コスチュームの役者)が飛び出てきます。このコスチューム類人猿は、トンネルの近くのヒト役者をたたいて逃げます。この動画を類人猿にまず1度見せました。動画を見た類人猿は、内容に大変興味を示し、興奮して目の前のプラスチックパネルを叩くものもありました。24時間あけて、もう1度同じ動画を類人猿に見せました。するとこの2度目で、動画を見た類人猿はコスチューム類人猿が飛び出てくるはずのトンネルを、実際に飛び出てくる前に予測的に注視しました。動画を見た類人猿は、コスチューム類人猿がどちらのトンネルから出てくるのかしっかり記憶していたのです。

この研究は雑誌Current Biologyに発表されました*。この研究での私たちにとっての何よりの成果は、類人猿が自然に興味を持ってくれる動画の作り方が分かったことです。その成果が、Scienceの研究につながりました。これらの研究では、動画刺激作りというより映画作りに近いことをやりました。いわば、類人猿という「観客」をいかに熱中させるかという仕事です。これまで類人猿と付き合ってきた自分の経験と感覚のすべてが生かされます。研究に怪しげな類人猿コスチュームを使ったのも、このような着ぐるみを着て類人猿たちの前に現れると彼らがとても興奮することを普段のやり取りの中で知っていたからですし、ケンカのようなアクションを取り入れたのも、社会的な闘争場面が類人猿の強い興味を惹きつけるということを、これまでの研究によって知っていたからです。結局、対象種の身になって実験をデザインすることが一番大事で、それを疎かにしては動物の研究がうまくいくはずがないのです。

実験1



2日目に動画を見た類人猿は、コスチューム類人猿が飛び出てくる場所(赤矢印)を予測的に注視した。

*Kano, F., Hirata, S. (2015). Great apes make anticipatory looks based on long-term memory of single events. *Current Biology*, 25(19), 2513-2517.

ルビジウムイオンのペロブスカイト太陽電池への 取り込みが太陽光発電性能を向上

Incorporation of rubidium cations into perovskite solar cells improves photovoltaic performance



松井 太佑 *Taisuke Matsui*

パナソニック株式会社 先端研究本部 材料分野

Michael Saliba¹ Konrad Domanski¹ Ji-Youn Seo¹ Amita Ummadisingu¹ Shaik M. Zakeeruddin¹
Juan-Pablo Correa-Baena² Wolfgang R. Tress¹ Antonio Abate¹ Anders Hagfeldt² Michael Grätzel¹

¹ Swiss Federal Institute of Technology (EPFL), Laboratory of Photonics and Interfaces

² Swiss Federal Institute of Technology (EPFL), Laboratory of Photomolecular Science

Contact

E-mail : matsui.taisuke@jp.panasonic.com

所在地 : 570-8501 大阪府守口市八雲3丁目1番1号 パナソニック株式会社 先端研究本部

U R L : <http://www.panasonic.com/jp/home.html>

Rb 取り込みによる再結合抑制で世界トップレベルの変換効率 21.6% 実現

ペロブスカイト太陽電池は、発見からわずか数年で変換効率が20%を超え、その類まれな変換効率の進歩が注目されている。また、変換効率のみならず、安価な低温・塗布プロセスで作製できることから、発電コスト低減が可能な、次世代太陽電池として大きな期待が寄せられている。我々は、ペロブスカイト発電材料にルビジウムイオンを取り込むことで、太陽電池の主なロスである再結合が抑制されることを見出し、世界トップレベルの変換効率21.6%を実現した。その再結合の少なさは、現在広く使われているシリコン太陽電池を上回るレベルであり、本ペロブスカイト材料の高いポテンシャルを示している。同時に、これまで実現が困難とされていた耐久性においても、85℃・太陽光照射条件において、500時間後も95%の維持率を示すことがわかり、ペロブスカイト太陽電池の実用化へ大きく近づいたと言える。

Figure and Note

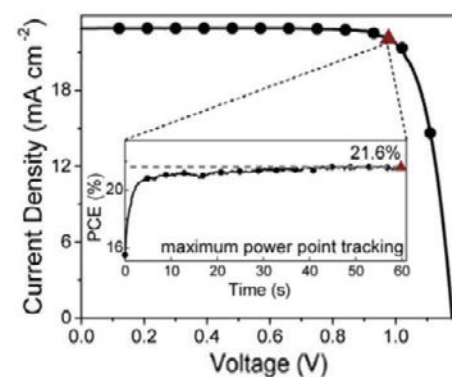


図1：太陽電池特性

変換効率21.6%は、論文掲載時(オンライン版、2016年9月)論文報告値として世界最高値。

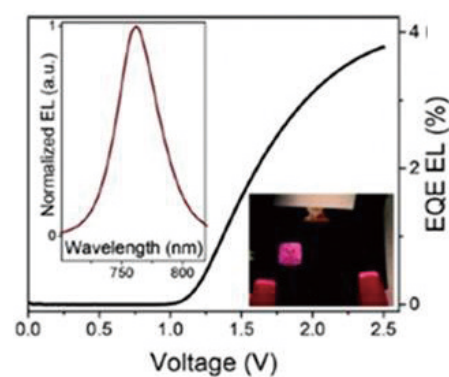


図2：発光効率の測定

再結合ロスの少ない太陽電池ほど、発光効率が良いという関係が知られている。従来のペロブスカイト材料やシリコン太陽電池は1%程度の発光効率を示すのに対して、ルビジウムを取り込んだペロブスカイト材料は4%近い発光効率を示した。



グローバルな視点で、刺激的な研究開発を！

本成果は、ローザンヌ工科大学(EPFL)との共同開発におけるものです。EPFLは当分野で世界をリードする研究機関の一つで、常に世界トップレベルであり続けるためのスピーディーな開発・情報交流が徹底されており、その中に身をおいて研究開発することに大きな刺激を受けました。機会があれば、臆することなく、世界をリードする研究機関へ飛び込んでみてはいかがでしょうか。

単独で石炭から直接メタンを生成する メタン生成菌の発見

Methane production from coal by a single methanogen



坂田 将 *Susumu Sakata*

産業技術総合研究所 地質調査総合センター 地圏資源環境研究部門 地圏微生物研究グループ 研究グループ長

鎌形 洋一 *Yoichi Kamagata*

産業技術総合研究所 生命工学領域 研究戦略部長

眞弓 大介 *Daisuke Mayumi*

産業技術総合研究所 地質調査総合センター 地圏資源環境研究部門 地圏微生物研究グループ 研究員

持丸 華子 *Hanako Mochimaru*

産業技術総合研究所 地質調査総合センター 地圏資源環境研究部門 地圏微生物研究グループ 主任研究員

玉木 秀幸 *Hideyuki Tamaki*

産業技術総合研究所 生物プロセス研究部門 生物資源情報基盤研究グループ 主任研究員

山本 京祐¹ 吉岡 秀佳² 鈴木 祐一郎²

¹ 産業技術総合研究所 生物プロセス研究部門 ² 産業技術総合研究所 地圏資源環境研究部門

Contact

坂田 将 E-mail : su-sakata@aist.go.jp

所在地 : 305-8567 茨城県つくば市東1-1-1 中央第7

U R L : <https://unit.aist.go.jp/georesenv/geomicrob/index.html>

鎌形 洋一 E-mail : y.kamagata@aist.go.jp

所在地 : 305-8566 茨城県つくば市東1-1-1 中央第6

U R L : <https://unit.aist.go.jp/bpri/bpri-gene/index.html>

眞弓 大介 E-mail : mayumi-daisuke@aist.go.jp

持丸 華子 E-mail : h-mochimaru@aist.go.jp

玉木 秀幸 E-mail : tamaki-hideyuki@aist.go.jp

第4のメタン生成経路の発見は 地下圏微生物生態学に新展開を生む

石炭層に内在するコールベッドメタンの中には微生物によって作られた生物起源のメタンも多く含まれているが、それがどのような微生物によって、石炭中のどのような有機物から生成されるのかについては全く不明であった。今回、我々産総研チームは石炭を構成するメキシコ芳香族化合物を直接利用できるメタン生成菌を発見し、実際に本菌が石炭を基質として単独でメタンを生成することを実証した。さらに、そのメタン生成代謝経路はこれまでに知られている1) 二酸化炭素還元経路、2) 酢酸分解経路、3) メチル化合物分解経路のいずれにも該当せず、二酸化炭素還元経路と酢酸分解経路が混合し、並列して進行する第4のメタン生成経路である可能性が明らかになった。メタン生成菌の発見から半世紀以上の間、完全に見落とされていたメキシコ芳香族化合物からのメタン生成経路の発見は、地下の天然ガス資源の形成メカニズムのみならず地球規模の炭素循環の解明に迫る大きな一歩となることが期待される。

Figure and Note

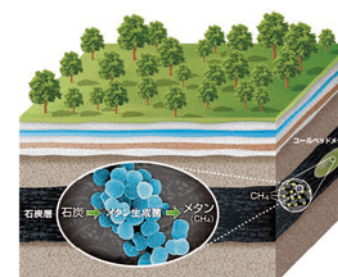


図1：コールベッドメタンの形成メカニズム

石炭層に賦存するコールベッドメタンは新しい天然ガス資源として注目されている。今回の研究では、石炭から直接メタンを生成するメタン生成菌がコールベッドメタンの形成に寄与していることが示唆された。

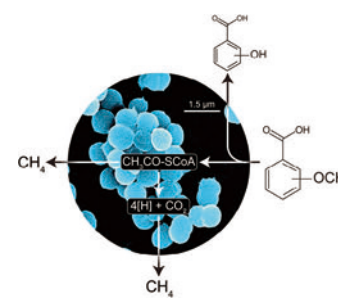
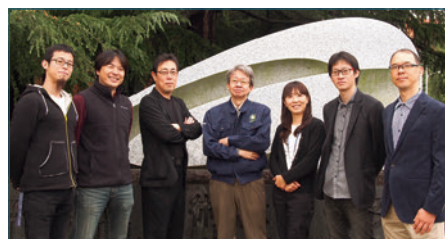


図2：メキシコ芳香族化合物からのメタン生成経路

今回発見したメタン生成菌は30種類以上のメキシコ芳香族化合物をメタン生成の基質として用い、アセチルCoAを介した酢酸分解経路と二酸化炭素還元経路によってメタンを生成することが明らかになった。



地下圏メタン生成微生物生態系を解き明かす産総研分野融合研究

産総研では、様々な専門分野を背景に持つ研究者が所属領域の垣根を越えて有機的に連携し、共通の課題に対し多角的にアプローチする分野融合研究を推進しています。今回の研究は地質調査総合センターと生命工学領域の研究者が連携し、それぞれ地球化学的および微生物学的手法を駆使することで、新たな地下圏メタン生成微生物生態系の存在を明らかにしました。

シロイヌナズナ・クリプトクロム2の活性化および不活性化

Photoactivation and inactivation of *Arabidopsis* cryptochrome 2



岡 義人 Yoshito Oka

Professor, Basic Forestry and Proteomics research Center,
Fujian Agriculture and Forestry University

吉積 毅 Takeshi Yoshizumi

理化学研究所 環境資源科学研究センター バイオマス工学研究部門 上級研究員

松井 南 Minami Matsui

理化学研究所 環境資源科学研究センター バイオマス工学研究部門 部門長

Qin Wang^{1,6} Zecheng Zu^{1,2} Xu Wang^{1,6} Lianfeng Gu¹ Zhaohe Yang¹ Liang Yang^{1,2} Qing Liu^{1,2,6} Wei Liu²
Yun-Jeong Han³ Jeong-Il Kim³ Bin Liu⁴ James A. Wohlschlegel⁵ Chentao Lin^{1,6}

¹ Basic Forestry and Proteomics Research Center, Fujian Agriculture and Forestry University

² College of Plant Science, Jilin University

³ Department of Biotechnology and Kumho Life Science Laboratory, Chonnam National University

⁴ Institute of Crop Sciences, Chinese Academy of Agricultural Sciences

⁵ Department of Biological Chemistry, University of California, Los Angeles

⁶ Department of Molecular, Cell & Developmental Biology, University of California, Los Angeles

Contact

岡 義人 E-mail: yoshitooka@fafu.edu.cn

所在地: 15 Shang Xia Dian Road, CangShan District, Fuzhou, Fujian, China, 350002

U R L: http://net.fafu.edu.cn/hist/5706/list.htm

松井 南 E-mail: minami@riken.jp

所在地: 230-0045 神奈川県横浜市鶴見区末広町1丁目7番22号 東研究棟8階 E820号室

U R L: http://www.csr.riken.jp/jp/labs/sgrt/index.html

植物が青色光環境に応答する仕組みの解明

植物にとって光は、光合成を行うための資源であるばかりでなく、周囲の光環境を知るための情報源でもある。青色光受容体であるクリプトクロムは、周囲の光環境に応じて、脱黄化、花芽形成など数多くの植物の生長や発達の過程を制御している。クリプトクロムは青色光を受容すると、特定の転写因子の活性を調節して様々な遺伝子の発現を制御していることが知られていた。しかし、クリプトクロムの青色光による活性化や、不活性化の機構は明らかになっていなかった。

私たちは、理化学研究所が独自に開発したシロイヌナズナの完全長cDNA 高発現システムを用いた遺伝学的スクリーニングにより青色光応答の変異体を単離し、クリプトクロムの情報伝達系を負に制御する *BIC1* 遺伝子を発見した。また、米国、中国、韓国のグループと共同で、クリプトクロム2(CRY2)が青色光に応じて二量体を形成することで活性化されることを明らかにした。さらに、*BIC1* がCRY2の二量体形成を阻害することも分かった。これらのことから、CRY2は二量体化のオン・オフにより下流の遺伝子発現を制御し、植物の青色光環境への適応を促していると考えられる。



やりたい研究ができる場所を求めて

今回の論文は、私が理化学研究所に所属していた時に *BIC1* 遺伝子を発見したことから始まりました。この発見は私の人生を大きく変えました。なんと、これがきっかけで、中国の研究機関から誘いを受けたのです。いろいろ不安はありましたが、自分の研究グループを持ち、好きな研究ができるのならと、中国で働くことを決めました。決断には当時の上司である松井南さんや同僚の吉積毅さんの後押しもありました。

来る前の心配は杞憂に終わり、中国ではとても楽しく研究生活を送っています。特に今回の論文発表を終えて、あの決断は正しかったと思います。一步を踏み出す勇気と情熱があれば、どこでも楽しい研究はできるはずです！

右上: 理化学研究所の研究グループ(研究当時)、右下: 福建農林大学の研究グループ



Figure and Note

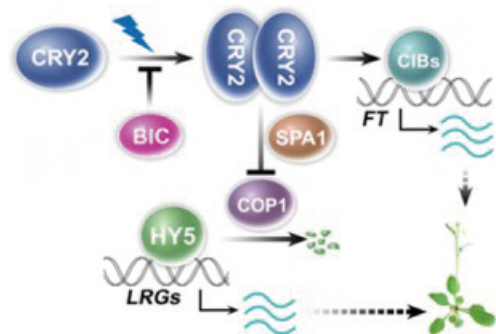


図: CRY2による青色光情報伝達機構のモデル

CRY2は青色光を受容すると二量体を形成することで活性化される。二量体化は種々の遺伝子の発現を調節することで花芽形成や脱黄化を促進する。一方、*BIC1* は二量体を阻害してCRY2を不活性化する。

2,000ノード最適化問題のための コヒーレントイジングマシン

A coherent Ising machine for 2000-node optimization problems



左から武居 弘樹、稲垣 卓弘、本庄 利守

武居 弘樹 Hiroki Takesue

日本電信電話株式会社 NTT 物性科学基礎研究所 主幹研究員 / 特別研究員

稲垣 卓弘 Takahiro Inagaki

日本電信電話株式会社 NTT 物性科学基礎研究所 研究員

本庄 利守 Toshimori Honjo

日本電信電話株式会社 NTT 物性科学基礎研究所 主任研究員

針原 佳貴^{1,2,3} 五十嵐 浩司⁴ 菌部 知大^{3,5} 玉手 修平³ Alireza Marandi⁶

Peter L. McMahon⁶ 梅木 毅伺⁷ 圓佛 晃次⁷ 忠永 修⁷ 竹ノ内 弘和⁷

合原 一幸^{1,2} 河原林 健一^{3,5} 井上 恭⁴ 宇都宮 聖子³

¹ 東京大学大学院 情報理工学系研究科 数理情報学専攻

² 東京大学 生産技術研究所

³ 国立情報学研究所

⁴ 大阪大学大学院 工学研究科 電気電子情報工学専攻

⁵ 科学技術振興機構 ERATO河原林巨大グラフプロジェクト

⁶ E. L. Ginzton Laboratory, Stanford University

⁷ 日本電信電話株式会社 NTT 先端集積デバイス研究所

Contact

武居 弘樹 E-mail: takesue.hiroki@lab.ntt.co.jp

所在地: 243-0198 神奈川県厚木市森の里若宮3-1

稲垣 卓弘 E-mail: inagaki.takahiro@lab.ntt.co.jp

本庄 利守 E-mail: honjo.toshimori@lab.ntt.co.jp

Figure and Note

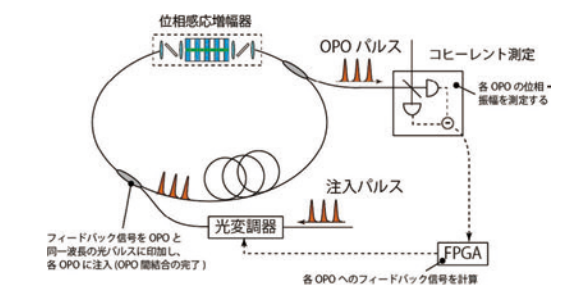


図1: コヒーレントイジングマシンの構成

光共振器中に位相感応増幅器を配置することでOPOパルス群を生成する。OPOパルス群を周囲毎に測定した結果を用いて生成した結合信号を、光パルスに重畳して各OPOに注入することで、OPO間結合を実現する。

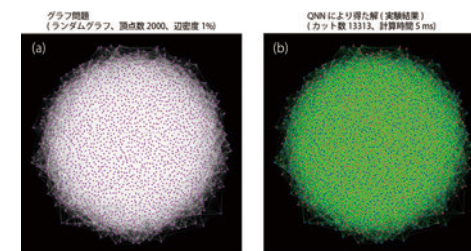


図2: 2,000ノード最大カット問題の解探索結果

(a) グラフ問題(ランダムグラフ)。ピンクの点が各ノードを、白線がエッジを表す。(b) CIMによる5msの計算時間で得た解。ノードの集合が赤と青のノード群に分割された結果、緑線が示すエッジを切ることができた。



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実現を目指して研究を行っています。

完全にプログラム可能な、全対全の結合をもつ 100 スピンコヒーレントイジングマシン

A fully programmable 100-spin coherent Ising machine with all-to-all connections



左から山本 喜久、宇都宮 聖子

Contact

山本 喜久
E-mail : yyamamoto@stanford.edu
所在地 : 102-0076 東京都千代田区五番町 7 K's五番町
U R L : http://www.jst.go.jp/impact/hp_yamamoto/index.html
宇都宮 聖子
E-mail : shoko@nii.ac.jp
所在地 : 101-8430 東京都千代田区一ツ橋2-1-2
U R L : <http://research.nii.ac.jp/coh>

測定フィードバック回路付 光パラメトリック発振器による量子計算

半導体集積回路(CMOS)の微細化技術に支えられて、これまでコンピュータの性能は18ヵ月毎に2倍になるという“指数的发展”を遂げてきた。このMooreの法則が終焉を迎えようとしている。新しいハードウェア技術を模索する研究開発が世界の有力企業・大学で始まっている。新しい潮流は、1)アナログコンピュータへ回帰する、2)自然(相転移)現象を利用する、3)脳をまねる、4)量子効果を取り入れる、の4つに大別される。私たちが今回開発したコヒーレント・イジングマシンは、このような流れに沿ったものの一つであり、脳をまねた量子発振器ネットワークの相転移を計算原理としている。図1に示すように、コヒーレント・イジングマシンでは、脳におけるニューロンは共振器長1kmの光パラメトリック発振器を周回する N 個の光パルスで置き換えられ、脳におけるシナプスは光ホモダイン検波器とFPGAと光変調器からなる測定フィードバック回路で置き換えられる。光パルスは相転移臨界点でスクイーズ真空場という最小不確定状態を自己形成して解の量子並列探索を可能にし、またこの光パルスが共振器を一周する間に $N(N-1)$ 個のシナプス結合がたった一つの測定フィードバック回路で実装できる点にこのマシンの特徴がある。図2に示すように、NP困難問題の一つである $N=16$ MAX-CUT-3全問題を解いたときの成功確率の実験値と理論値は良い相関を示し、このマシンが理論予測通りに動作していることが確認された。



量子と脳

コンピュータの将来像を模索する研究では、脳における情報処理メカニズムの正しい解明を抜きにしては前に進むことはできません。膨大な数のニューロンとシナプスからなる巨大ネットワークが、どのようにしてわずかな時間とエネルギーを用いてマクロな秩序状態を形成し、認識や決断という高度な情報処理を達成しているのか、を解明することは21世紀の重要な科学的挑戦であるばかりでなく、将来のコンピュータ・アーキテクチャーにも貴重なヒントを与えるはずで、ミクロな世界を支配する法則を発見する上で輝かしい成功を収めてきた量子力学が、脳というマクロな世界を支配する法則の発見にも寄与できるのか、できないのか、今回開発したコヒーレント・イジングマシンがその答えを探るtoy modelになることを期待しています。

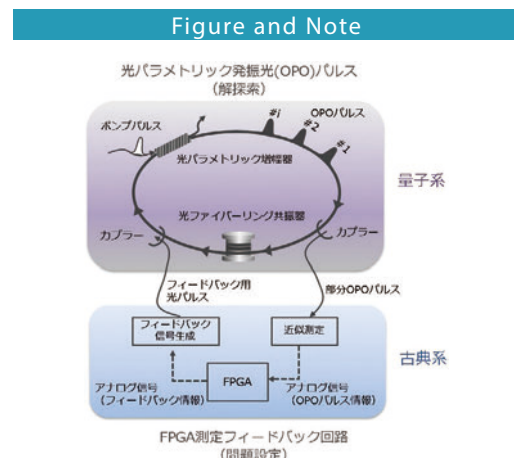


図1：量子ニューラルネットワークの基本構成
脳におけるニューロンは、(ファイバ)共振器長1km内を周回する N 個のOPOパルスで置き換えられ、解の量子並列探索を行う。脳におけるシナプスは、1つのFPGAフィードバック回路で置き換えられ、問題をマシンに設定する。

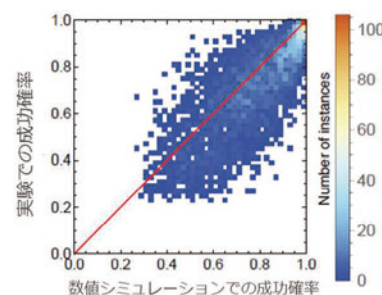


図2：量子ニューラルネットワークの成功確率の実験値対理論値
NP困難問題の一つであるMAX-CUT-3問題($N=16$ ノード)には、全部で4,020通りのインスタンス(グラフ)がある。その全てに対する計算の成功確率の実験値と理論値は良い相関を示している。

ラットの体性感覚皮質における くすぐったさに相関する神経活動

Neural correlates of ticklishness in the rat somatosensory cortex



左から石山 晋平、Michael Brecht

Contact

石山 晋平 E-mail : shimpei.ishiyama@bccn-berlin.de
所在地 : Bernstein Center, Philippstr. 13, House 6, 10115 Berlin, Germany
Michael Brecht E-mail : michael.brecht@bccn-berlin.de
U R L : <https://www.activetouch.de/>

くすぐったいという感覚が 脳でどのように起きているのかを解明

くすぐったいという感覚の謎は、2,000年以上前から語られてきた。ラットは人間にくすぐられると、50kHzの「笑い声」を発する習性がある。我々はラットの多くの体性感覚ニューロンがやさしく撫でられている時に比べ、くすぐられている時により活発に活動することを発見した。さらに体性感覚ニューロンは、くすぐられた後、人間の手を追いかけて遊んでいる時にも活発化した。体性感覚ニューロンは体表への物理的な刺激に反応するという従来の解釈とは異なる結果であり、くすぐりと遊びには、細胞レベルでのつながりがあることが示唆された。ラットを高い足場に置きライトを照らして不安な状態にくすぐると、笑い声および体性感覚ニューロンの活動は抑制された。体性感覚ニューロンの活動が気分により影響されるという報告はこれまでになく、はじめての発見であった。体性感覚ニューロンの活動自体がくすぐったいという感覚をもたらしているのか調べるため、ラットをくすぐらずに体性感覚ニューロンに局所的な電気刺激を与えたところ、ラットは笑い声を発した。これらの結果から、ラットの体性感覚皮質における神経活動が、くすぐったさと相関すると結論付けられた。

Figure and Note



図1：腹をくすぐられているラット
笑いの発生頻度に基づくと、ラットは腹が最もくすぐったい。

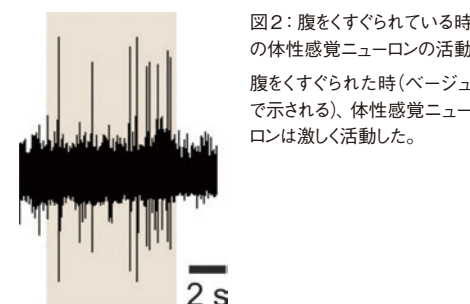


図2：腹をくすぐられている時の体性感覚ニューロンの活動
腹をくすぐられた時(ページで示される)、体性感覚ニューロンは激しく活動した。



ラットをくすぐるという仕事：ポジティブな感情の研究

現代の神経科学の研究は、うつ病、統合失調症、依存症、恐怖といったネガティブなテーマに偏重しております。言うまでもなくこれらは重要な研究ですが、一方で、楽しさ、幸福、笑い、遊びなどのポジティブなテーマは研究が遅れており、よく解っていない事ばかりです。しかしそういったポジティブな感情こそ、我々が求めているものであり、気分障害などの病気によって失われているものでもあります。そして何より、楽しさについて研究するのは楽しいことです。これからの神経科学におきましては、ポジティブな感情の仕組みについて研究することも、あるいは等しく重要であると信じております。

阿蘇火山によって止められた 2016年 M_w 7.1熊本地震の破壊

Coseismic rupturing stopped by Aso volcano during the 2016 M_w 7.1 Kumamoto earthquake, Japan



林 愛明 Aiming Lin

京都大学大学院 理学研究科 地球惑星科学専攻 地球物理学教室
活構造学講座 教授

佐津川 貴子¹ Maomao Wang¹ Zahra Mohammadi Asl¹ 笛田 凌史¹ 中島 史樹²

¹ 京都大学大学院 理学研究科 地球惑星科学専攻 地球物理学教室

² 株式会社 建設技研インターナショナル

Contact

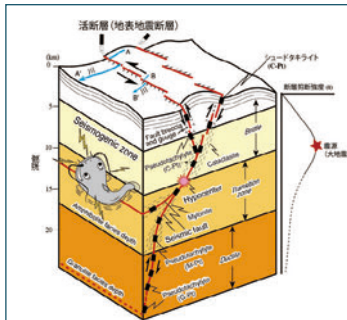
E-mail : slin@kugi.kyoto-u.ac.jp

所在地 : 606-8502 京都府京都市左京区北白川追分町
京都大学大学院 理学研究科1号館

U R L : <http://www-crus.kugi.kyoto-u.ac.jp/crus/>

活火山が大地震の断層破壊を妨げた

大地震はしばしば火山噴火と連動していることがよく知られているが、火山の存在が地震断層破壊にどのような影響を与えているのかという点は未だ明らかになっていない。そこで本研究では、2016年4月16日に発生したマグニチュード7.3熊本地震の断層変形構造の特徴と活断層との関係および阿蘇カルデラ周辺域の地殻構造との関連性について調査するため、地震の翌日から半年間、震源域周辺において現地調査を続けてきた。その結果、既存の日奈久―布田川断層および新発見の活断層沿いに、阿蘇カルデラを横切る全長約40キロの地表地震断層を発見した(図1)。更に、阿蘇カルデラ内の活断層と地表地震断層の分布特徴、および地震と地球物理学データの総合解析により、熊本地震断層の破壊は阿蘇火山のマグマだまりによって妨げられた可能性が高いことを明らかにした(図2)。また、2016年10月8日の阿蘇火山の再噴火の前に、本論文では熊本地震により阿蘇火山の噴火の危険性を再評価する必要があると提言していることが特筆すべき点である。



活断層・地震断層の破壊メカニズムの解明を目指して

京都大学大学院 理学研究科 地球物理学教室 活構造学研究室では、地殻浅部から深部までの地震断層運動メカニズムを解明する目的で、活断層・地震断層および震源断層の浅部～深部で形成された地震断層岩の調査・解析・地震断層岩の変形・高速摩擦溶融実験についての研究を行っています。大地震の長期的予測(活断層の活動履歴の究明)やある活断層から発生する地震規模・震源断層パラメータの推定などの研究も行っています。

Figure and Note

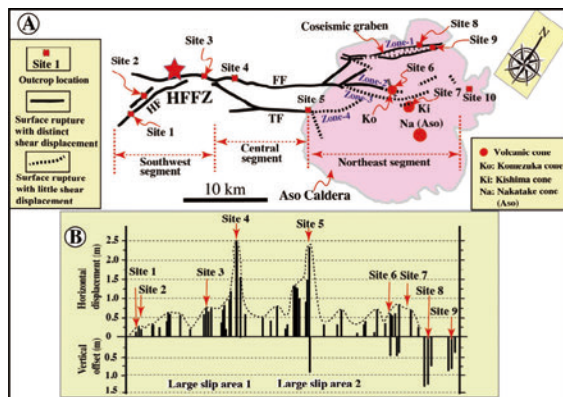


図1: 2016年熊本地震の地表地震断層(A)と変位量の分布特徴(B)
地表地震断層がほぼ既存の日奈久―布田川断層帯(HFFZ)と新発見の阿蘇カルデラを横切る活断層沿いに現れた。地震断層の横ずれ変位量は最大で2.5mに達している。

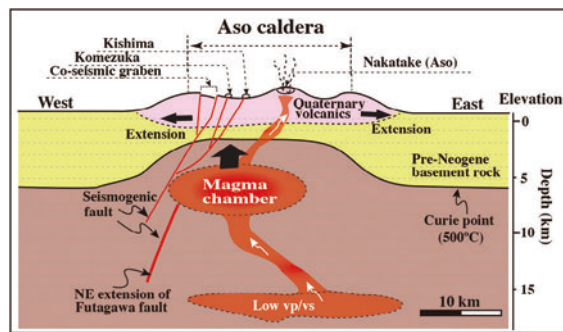


図2: 阿蘇カルデラ内における地震断層と地殻構造の関係を表した概念図
布田川断層の北東延長部はマグマだまりの存在により妨げられているが、地表地震断層はカルデラの表層部に現れている。

巨大衝突クレーター内のピークリング形成

The formation of peak rings in large impact craters



後藤 和久 Kazuhisa Goto

東北大学 災害科学国際研究所
災害リスク研究部門 准教授



佐藤 峰南 Honami Sato

海洋研究開発機構 JSPS特別研究員

富岡 尚敬 Naotaka Tomioka

海洋研究開発機構 主任技術研究員

山口 耕生 Kosei E. Yamaguchi

東邦大学 理学部化学科 准教授
NASA Astrobiology Institute

Joanna V. Morgan¹ Sean P.S. Gulick² Tim Bralower³ Elise Chenot⁴ Gail Christeson⁷ Philippe Claeys⁵ Charles Cockell⁶ Gareth Collins¹ Marco Coolen⁷ Ludovic Ferrière⁸ Catalina Gebhardt⁹ Heather Jones³ David Kring¹⁰ Erwan Le Ber¹¹ Johanna Lofi¹² Xiao Long¹³ Chris Lowery² Claire Mellet¹⁴ Rubén Ocampo-Torres¹⁵ Gordon Osinski^{16,17} Ligia Perez-Cruz¹⁸ Annemarie Pickersgill¹⁹ Michael Pöschel²⁰ Auriol Rae¹ Cornelia Rasmussen²¹ Mario Rebolledo-Vieyra²² Ulrich Riller²³ Doug Schmitt²⁴ Jan Smit²⁵ Sonia Tikoo-Schantz²⁶ Jaime Urrutia Fucugauchi¹⁸ Michael Whalen²⁷ Axel Wittmann²⁸ William Zylberman²⁹

¹ Department of Earth Science and Engineering, Imperial College London

² Institute for Geophysics, Jackson School of Geosciences, University of Texas at Austin

³ Department of Geosciences, Pennsylvania State University

⁴ Biogéosciences Laboratory UMR 6282 CNRS, Université de Bourgogne-Franche Comté

⁵ Analytical, Environmental and Geo-Chemistry, Vrije Universiteit Brussel

⁶ Centre for Astrobiology, School of Physics and Astronomy, University of Edinburgh

⁷ Department of Chemistry, WA-Organic and Isotope Geochemistry Centre (WA-OIGC), Curtin University, Bentley

⁸ Natural History Museum

⁹ Alfred Wegener Institute Helmholtz Centre of Polar and Marine Research

¹⁰ Lunar and Planetary Institute

¹¹ Department of Geology, University of Leicester

¹² Géosciences Montpellier, Université de Montpellier

¹³ China University of Geosciences (Wuhan), School of Earth Sciences, Planetary Science Institute

¹⁴ British Geological Survey, The Lyell Centre

¹⁵ Groupe de Physico-Chimie de l'Atmosphère, L'Institut de Chimie et Procédés pour l'Énergie,

¹⁶ L'Environnement et la Santé (ICPEES)

Contact

後藤 和久

E-mail : goto@irides.tohoku.ac.jp

所在地 : 980-0845 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉468-1 E303

U R L : <http://irides.tohoku.ac.jp/index.html>

富岡 尚敬

E-mail : tomioka@jamstec.go.jp

所在地 : 783-8502 高知県南国市物部乙200

U R L : <https://sites.google.com/site/ntomioka11/>

佐藤 峰南

E-mail : honamis@jamstec.go.jp

所在地 : 237-0061 横須賀市夏島町2-15

U R L : <https://www.jamstec.go.jp/shigen/j/index.html>

山口 耕生

E-mail : kosei@chem.sci.toho-u.ac.jp

所在地 : 274-8510 千葉県船橋市三山2-2-1

U R L : http://www.toho-u.ac.jp/sci/chem/lab/geochem_lab/yamaguchi.html

Figure and Note

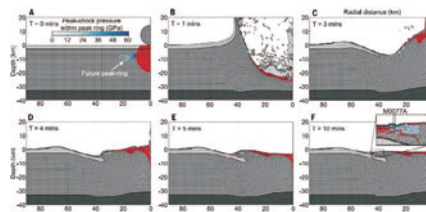


図1: 衝突過程を再現した数値計算

衝突のリバウンドで跳ね上がったクレーター中央部が崩壊する際、変形の波が伝播することで基盤岩(花崗岩)が当初より高い位置まで押し上げられ、ピークリングが形成される。MO077Aは掘削地点。



図2: 掘削コア中の花崗岩

深度約748mより下位からは、ピークリングを形成する基盤岩(花崗岩)が発見された。これにより、数値計算に大きな制約を与えることができた。

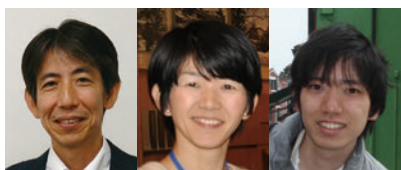
国際深海科学掘削計画 第364次研究航海

2016年4月から5月にかけて、「チチュルブ・クレーター掘削計画」が実施されました。掘削コアはドイツ・ブレーメン大学に輸送され、同年9月から10月にかけて本格的な記載・分析が行われました。恐竜の絶滅は生命史の中でも大きな事件ですが、今回の航海ではその原因となった天体衝突の現場を掘削しました。この天体衝突の跡はチチュルブ・クレーターとよばれ、海底下に存在しています。このクレーターを掘削し、衝突現場でどのようにクレーターが形成されたか、地表がどのように破壊されたのか、どのくらいの期間で環境が回復したのかなど、この破局事件の実態を解明する予定です。今回の成果は、その第一弾と言えます。写真はVDiekamp@ECORD_IODP提供。



ATG 結合系はオートファゴソーム内膜の分解に重要である

The ATG conjugation systems are important for degradation of the inner autophagosomal membrane



水島 昇 Noboru Mizushima

東京大学大学院 医学系研究科 分子生物学分野 教授

小山-本田 郁子 Ikuko Koyama-Honda

東京大学大学院 医学系研究科 分子生物学分野 助教

坪山 幸太郎 Kotaro Tsuboyama

東京大学大学院 新領域創成科学研究科

左から水島 昇、小山-本田 郁子、坪山 幸太郎

酒巻 有里子¹ 小池 正人² 森下 英晃³

¹ 東京医科歯科大学 歯歯学研究支援センター ² 順天堂大学大学院 医学研究科 神経機能構造学講座 ³ 東京大学大学院 医学系研究科 分子生物学分野

Contact

水島 昇 E-mail: nmizu@m.u-tokyo.ac.jp

小山-本田 郁子 E-mail: honikuko@m.u-tokyo.ac.jp

所在地: 113-0033 東京都文京区本郷7-3-1

U R L: http://square.umin.ac.jp/molbiol/index.html

坪山 幸太郎 E-mail: tsuboyama-ky@umin.ac.jp

所在地: 113-0032 東京都文京区弥生1-1-1

U R L: http://www.iam.u-tokyo.ac.jp/tomari/jp/

Figure and Note

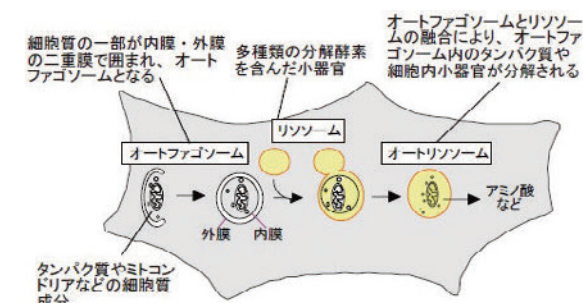


図1: オートファジーのしくみ

オートファジーが誘導されると、内膜・外膜から成る二重膜のオートファゴソームが細胞質成分を取り囲みながら形成される。続いてオートファゴソームはリソソームと融合し、オートファゴソームで囲まれた細胞質成分が分解される。細胞質成分の分解により生じたアミノ酸などの分解産物は再利用される。

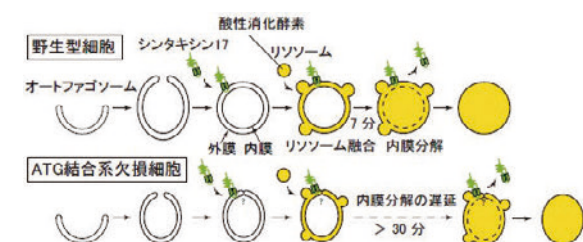


図2: ATG 結合系はオートファゴソーム内膜の分解に重要である

野生型(正常)細胞ではオートファゴソームがリソソームと融合してからオートファゴソームの内膜が分解されるまで約7分かかる。一方、ATG結合系欠損細胞においては、それが30分以上かかることが明らかになった。



まだまだ若いオートファジーの研究分野

2016年は、オートファジーのメカニズムを酵母細胞で発見された大隅良典博士がノーベル生理学・医学賞を受賞したことでオートファジーが一躍有名になりました。しかし、大隅先生ご自身もおっしゃるようにまだ謎の方が多くあります。オートファジーの分子機構(特に後半のステップ)の解明、より良い活性測定方法の開発、疾患の理解や制御への展開など、課題は山積しています。ノーベル賞をきっかけに、多くの若い研究者、異分野からの研究者がこの分野に参入することを期待しています。

Tie2⁺を発現する精製した造血幹細胞集団の自己複製機能はミトコンドリア クリアランスに依存している

Self-renewal of a purified *Tie2*⁺ hematopoietic stem cell population relies on mitochondrial clearance



伊藤 圭介 Keisuke Ito

Assistant Professor of Cell Biology/Stem Cell Institute and Medicine, Albert Einstein College of Medicine

伊藤 恭子^{1,2,3} Raphaël Turcotte⁴ Jinhua Cui^{1,5} Samuel E. Zimmerman^{1,6} Sandra Pinho^{1,5}

溝口 利英^{1,5} 新井 文用⁷ Judith M. Runnels⁴ Clemens Alt⁴ Julie Teruya-Feldstein⁸

Jessica C. Mar^{1,6,9} Rajat Singh^{2,10,11} 須田 年生^{7,12} Charles P. Lin⁴ Paul S. Frenette^{1,2,3,5}

¹ Ruth L. and David S. Gottesman Institute for Stem Cell and Regenerative Medicine Research,

Albert Einstein College of Medicine

² Department of Medicine, Albert Einstein College of Medicine

³ Albert Einstein Cancer Center, Albert Einstein College of Medicine

⁴ Center for Systems Biology, Advanced Microscopy Program, Wellman Center for Photomedicine,

Massachusetts General Hospital, Harvard Medical School

⁵ Departments of Cell Biology and Stem Cell Institute, Albert Einstein College of Medicine

⁶ Department of Systems and Computational Biology, Albert Einstein College of Medicine

⁷ 慶應義塾大学大学院 医学研究科 発生・分化生物学講座

⁸ Department of Pathology, Sloan Kettering Institute, Memorial Sloan Kettering Cancer Center

⁹ Department of Epidemiology and Population Health, Albert Einstein College of Medicine

¹⁰ Department of Molecular Pharmacology, Albert Einstein College of Medicine

¹¹ Diabetes Research Center, Albert Einstein College of Medicine

¹² Cancer Science Institute of Singapore, National University of Singapore

Contact

E-mail: keisuke.ito@einstein.yu.edu

所在地: 1300 Morris Park Avenue Bronx, NY 10461, USA

U R L: http://www.einstein.yu.edu/faculty/13155/keisuke-ito/

造血幹細胞のシングルセル解析とマイトファジー

マウスの造血幹細胞移植において、たった一細胞が全ての血液細胞を作ることが知られている。しかし、全骨髄再構築能を持った細胞は造血幹細胞分画にさへ僅かしか存在せず、詳細な性質の理解を困難にしていた。今回、単一細胞移植に適した精度の高い移植方法「ローカル・トランスプランテーション」を用いることによって、Tie2レポーターマウスと造血幹細胞同定に使用されていた抗体との組み合わせ分画が不均一性を最小限に抑えることを明らかにした。また、これまで報告されている造血幹細胞のほとんどが不均等分裂するのに対し、これらの細胞の分裂様式は多くが均等分裂で、この差が早期全骨髄再構築能に影響していることも見出した。これまで注目してきた造血幹細胞の脂質代謝の観点から研究を進めると、造血幹細胞はミトコンドリアのクオリティーコントロール能(マイトファジー)を高く有し、未分化性を維持していた。代謝経路の調節によって幹細胞の増殖を制御できるというアイデアが将来骨髄移植に役立つことを期待する。

Figure and Note

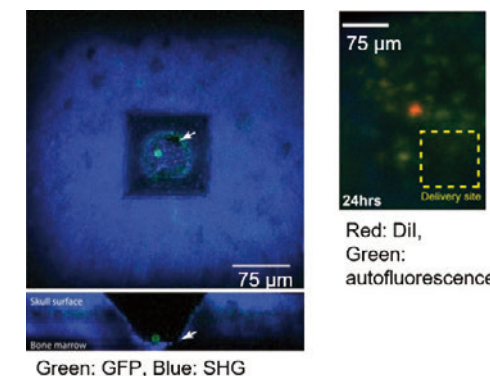


図: ローカル・トランスプランテーション

マウスから精製した1つのTie2-GFP⁺造血幹細胞の移植をマルチフォトンマイクロスコープを用いて行い、in vivoで追跡を行った。6ヵ月後の同レシビエントマウスにドナー細胞の全骨髄再構築が確認された。

大都会の隣にて。

NY州にあるAlbert Einstein医科大学の幹細胞研究チームでは、幹細胞研究に限定した毎週のセミナーや論文の抄読会、定期的なシンポジウムやリトリートもあり、アットホームな雰囲気ながらも、幹細胞研究にフォーカスして意見交換を行っています。

今回のプロジェクトはBoston MGHのグループとの共同研究で、技術的にも比較的難易度が高いSingle cellのin vivo解析に挑戦しました。マンハッタンの喧噪がすぐ近くに感じられながらも大学の敷地は緑が多く、心静かに"single cell"に向き合うことができました。

(写真上: リトリートでお揃いのTシャツを着て。ゲストにMITのRudolf Jaenisch先生を招いて。下: 研究棟)



Mind the Gap: 鳥のさえずりの無音のリズムに刻まれた種の特異性を読み出す神経細胞群

Mind the gap: Neural coding of species identity in birdsong prosody



左からMahash M. Bandi、矢崎-杉山 陽子、荒木 亮

矢崎-杉山 陽子 *Yoko Yazaki-Sugiyama*
沖縄科学技術大学院大学 臨界期の神経メカニズム研究ユニット 准教授
荒木 亮 *Makoto Araki*
沖縄科学技術大学院大学 臨界期の神経メカニズム研究ユニット 研究員

Mahesh M. Bandi
沖縄科学技術大学院大学 構造物性相関研究ユニット 准教授

Contact

矢崎-杉山 陽子
E-mail : yazaki-sugiyama@oist.jp
所在地 : 904-0495 沖縄県国頭郡恩納村字谷茶 1919-1

トリはどうやって自分の種の歌を学習するのだろうか?

歌を唄うトリ、ソングバードは発達期に成鳥の歌を聴いて真似することで歌を学習する。この際、雛鳥は様々な鳥の声が聴こえても自分の種の歌を選択的に学習することが知られているが、これの基となる神経基盤は明らかになっていなかった。

本研究においてソングバードの一種であるキンカチョウの雛鳥を別種のソングバードで、キジウシマツに育てさせたところ、キンカチョウのヒナはジュウシマツの歌の要素を学習したにも関わらず、歌のテンポ(歌の要素の間の空白の時間)は聴いたこともないキンカチョウの歌のものを維持していた。一方で、キンカチョウのヒナの脳内、第一次聴覚野に音と音の間の短い空白の時間を検出する神経細胞群があることを見出した。この神経細胞群はキンカチョウの歌に含まれる空白の時間の長さを最もよく検出するように生得的にプログラムされており、キンカチョウの歌には歌の要素を変更しても空白の長さを保っていれば良く反応するのにに対し、空白の長さを変えてしまうと反応しなくなってしまうこと、また他種のトリの歌には反応しないことが明らかになった。

キンカチョウは歌を学習する際、種の同一性を保つ一方で、自身に固有の歌を発達させなくてはならない。音の空白に「種」の同一性をコードし、これを保ちながら、歌の要素を学習することで多様性を得るという戦略によりこれを可能にしていることが示唆された。



臨界期にだけ、「聴く」経験から歌を学習できるキンカチョウ

赤ちゃんが大人の話す言葉を聴いて言語を発達させるように、ソングバードも成鳥の歌を聴いて真似することで歌を学習します。ソングバードの一種であるキンカチョウは、臨界期と呼ばれる発達期の特定の時期にのみ歌を学習できることが知られています。我々の研究室ではこのキンカチョウを用いて、成鳥の歌を「聴く」という経験がどの様に脳内の神経回路の発達に影響を及ぼすのか、どうしてキンカチョウは臨界期にしか歌を学習できないのか、その神経メカニズムを研究しています。

Figure and Note

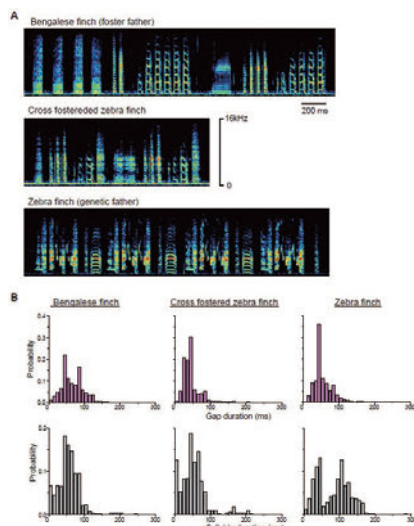


図1: ジュウシマツに育てられると音は学習するがテンポは学習しない

キンカチョウの歌、ジュウシマツの歌、ジュウシマツに育てられたキンカチョウの歌のソナグラム(A)とそれぞれの歌に含まれる歌の中の音の長さ、音と音の間の空白の長さの分布図(B)。

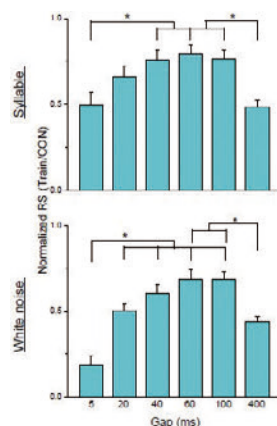


図2: 空白の時間を検出する神経細胞群

第一次聴覚野の神経細胞群から神経活動を記録しながらキンカチョウの歌の中の音の1つ、もしくはそれと同じ長さのノイズ音を繰り返し、間の空白の長さを変えて聴かせると空白の長さが20~100msの時に最もよく反応した。

RNA複製体の時限的な区画化は寄生体による絶滅を防ぐ

Transient compartmentalization of RNA replicators prevents extinction due to parasites



松村 茂祥 *Shigeyoshi Matsumura*

École Supérieure de Physique et de Chimie Industrielles de la Ville de Paris (ESPCI Paris)
(現 富山大学大学院 理工学研究部 助教(テニュアトラック))

Ádám Kun^{1,2} Michael Ryckelynck^{3,4} Faith Coldren³ András Szilágyi^{1,5} Fabrice Jossinet⁴
Christian Rick^{3,4} Philippe Nghe⁶ Eörs Szathmáry^{1,2,7,8} Andrew D. Griffiths^{3,6}

¹ Parmenides Center for the Conceptual Foundations of Science
² MTA-ELTE-MTM Ecology Research Group
³ Institut de Science et d'Ingénierie Supramoléculaires (ISIS), Université de Strasbourg
⁴ Architecture et Réactivité de l'ARN, Université de Strasbourg
⁵ MTA-ELTE Theoretical Biology and Evolutionary Ecology Research Group, Department of Plant Systematics, Ecology and Theoretical Biology
⁶ École Supérieure de Physique et de Chimie Industrielles de la Ville de Paris (ESPCI Paris)
⁷ Department of Plant Systematics, Ecology and Theoretical Biology, Institute of Biology, Eötvös University
⁸ Conflict and Cooperation in Evolutionary Systems Program, Institute of Advanced Studies

Contact

E-mail : smatsumu@sci.u-toyama.ac.jp
所在地 : 930-8555 富山県富山市五福 3190
U R L : http://www3.u-toyama.ac.jp/orgsyn3

細胞が出現する前でも、生命の進化は始まりうる

自己複製可能な高分子(レプリケーター)の出現と進化は、生命の起源において極めて重要な過程であったとされる。しかし、より複製効率の高い寄生体分子(パラサイト)が現れ優先的に自然選択されるため、元のレプリケーターは駆逐されてしまう。よって、生命が始まるためには、レプリケーターは原始細胞の中に区画化され、レプリケーターの複製と細胞の増殖が結びつく必要があると考えられてきた。今回我々は、液滴マイクロ流体システムという技術を用いてRNAレプリケーターの進化実験を行い、レプリケーターが一時的な区画化と再混合を繰り返すような、細胞出現よりさらに前の原始的な状況においても、パラサイトRNAによる乗取りが抑制され、レプリケーターが進化しうることを示した。また、この「時限的な」区画化により複数のレプリケーターの複製速度が同調し、かつパラサイト分子の多様性が自発的に増大する現象を見出した。この多様化したパラサイトは、次の新しい進化を引き起こす源泉になった可能性がある。すなわち、原始細胞が出現する以前でも、様々な自然現象がもたらしたであろう時限的な区画化現象によって、レプリケーターの初期進化が起こり、それが生命の誕生に繋がったかもしれない。

Figure and Note

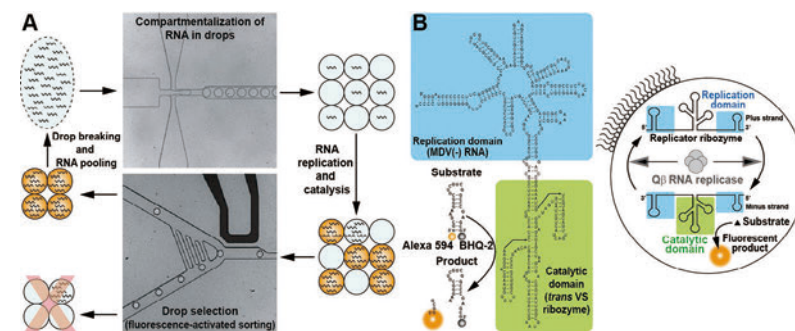


図: 区画化と再混合が繰り返される状況でのRNAレプリケーターの進化実験

(A) 液滴マイクロ流体システムによる、RNAの「時限的」区画化実験システム。(B) レプリケーター RNA (リボザイム)。液滴内でRNA複製酵素によって複製され、基質RNAを切断、橙色の蛍光を発する。

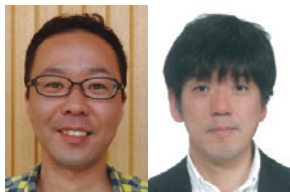
ESPCI Paris (パリ市立工業物理化学高等専門大学)

ESPCI Parisは、フランス、パリ5区カルチエ・ラタン地区にある、物理・化学・生物学・工学に特化した教育・研究機関です。一般の大学とは異なる、フランス独自の高等教育機関「グランゼコール」の一つであり、ノーベル賞を受賞したキュリー夫妻が放射能の研究を行った場所としても有名です。著者の所属していた研究室では、マイクロ流体システムのライフサイエンスへの応用をテーマに様々なプロジェクトが行われており、メンバーの専門分野も極めて多様で、日常的にラボ内で共同研究が行われているような状態でした。よい研究を行うためには、自分の強みとなる専門分野の深い知識をもちつつ、他の分野も理解できる幅広い見識が必要であることを痛感させられました。



植物は細胞外の糖含量を減少させることで病原細菌の増殖を抑制する

Regulation of sugar transporter activity for antibacterial defense in *Arabidopsis*



左から山田 晃嗣、高野 義孝

山田 晃嗣 Kohji Yamada

京都大学大学院 農学研究科 日本学術振興会特別研究員PD
(現 徳島大学大学院 生物資源産業学研究所 特任助教)

高野 義孝 Yoshitaka Takano

京都大学大学院 農学研究科 応用生物学専攻 植物病理学分野 教授

西條 雄介^{1,2} 中神 弘史³

¹ 奈良先端科学技術大学院大学 バイオサイエンス研究科

² 科学技術振興機構 さきがけ

³ 理化学研究所 環境資源科学研究センター

Contact

山田 晃嗣

E-mail : kohjiyamada226@gmail.com

所在地 : 770-8513 徳島県徳島市南常三島町2丁目1番地

高野 義孝

E-mail : ytakano@kais.kyoto-u.ac.jp

所在地 : 606-8502 京都市左京区北白川追分町

U R L : http://www.plant-pathology.kais.kyoto-u.ac.jp/index.html

植物は細胞外の糖を吸収して病原体の糖摂取を阻む

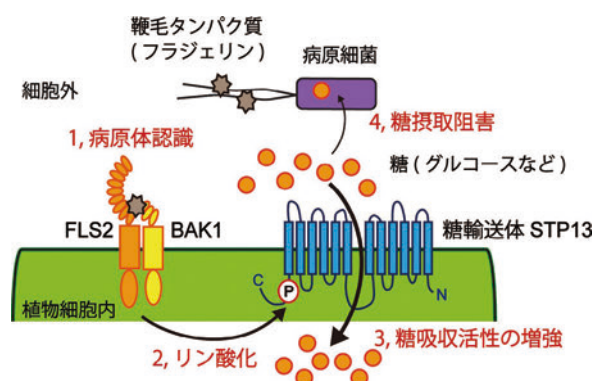
病原体は宿主より栄養を摂取することで増殖する。植物は光合成により糖を合成するため、植物病原体の多くは炭素源として糖を植物から摂取していることが知られている。しかしその一方で、植物が病原体の糖摂取に対抗する防御策を備えているかは不明であった。本研究では、植物が細胞外の糖を吸収し、病原体の糖へのアクセスを阻害していることを見出した。モデル植物・シロイヌナズナの糖輸送体STP13は、病原体認識受容体と相互作用しリン酸化修飾を受けることで糖吸収活性を増加させた。またSTP13の制御による細胞外の糖の減少は、炭素源を枯渇させて病原細菌の増殖を抑えるとともに、病原性因子の分泌を抑制し、結果として病原細菌の感染力の低下に繋がることを明らかにした。以上の結果より、糖輸送体の制御という植物防御応答を見出したとともに、宿主-病原体間相互作用のバランスの形成において糖が重要な役割を持つことが示された。



防御機構の新しい一面を探る

私たちは、植物を用いて、宿主-病原体間相互作用の解析を行っています。これまでの宿主における防御機構の研究は、動物・植物ともにシグナル伝達研究に主に焦点が当てられてきました。しかし今回の解析により、糖吸収といった栄養輸送に分類されるような応答も、防御機構に密接に関わっていることが明らかになりました。そこで、これまで防御機構の一部として考えられてこなかった応答も、防御機構の文脈として捉えなおすことで、新しい角度からの防御機構の理解に繋がるのではないかと考えています。

Figure and Note



図：病原体侵入時に植物細胞はリン酸化を介した糖輸送体STP13の活性化により細胞外の糖を減少させる

1) 病原細菌がFLS2受容体により認識される。2) 糖輸送体STP13がFLS2複合体によりリン酸化される。3) リン酸化を介してSTP13の糖吸収活性が強まることで細胞外の糖含量が減少し、4) 病原細菌の糖摂取が阻害される。

バクテリオロドプシンの構造変化を捉えた3次元動画

A three-dimensional movie of structural changes in bacteriorhodopsin



左から岩田 想、南後 恵理子、久保 稔

岩田 想 So Iwata

理化学研究所 放射光科学総合研究センター SACLA利用技術開拓グループ グループディレクター
京都大学大学院 医学研究科 分子細胞情報学分野 教授

南後 恵理子 Eriko Nango

理化学研究所 放射光科学総合研究センター SACLA利用技術開拓グループ 研究員

久保 稔 Minoru Kubo

理化学研究所 放射光科学総合研究センター 城生体金属科学研究室 専任研究員

Antoine Royant^{3,4} 中根 崇智⁶ Cecilia Wickstrand⁷ 木村 哲就^{1,8} 田中 智之¹ 登野 健介⁹ Changyong Song^{1,10} 田中 里枝¹ 有馬 登志¹ 山下 鮎美¹ 小林 淳¹ 保坂 俊彰¹¹ 満端 栄一¹² Przemyslaw Nogly¹³ 菅原 道泰¹ Daewoong Nam¹⁰ 野村 高志¹ 島村 達郎² Dohyun Im¹ 藤原 孝彰² 山中 保明² Byeonghyun Jeon¹⁰ 西澤 知宏^{5,6} 小田 和正⁶ 福田 昌弘⁶ Rebecka Andersson⁷ Petra Bath¹ Robert Dods¹ Jan Davidsson¹⁴ 松岡 茂¹⁵ 川竹 信史¹⁵ 村田 道雄¹⁵ 瀧木 理⁶ 大和田 成起¹ 亀島 敬⁹ 初井 宇記¹ 城地 保昌⁹ Gebhard Schertler^{13,16} 矢橋 牧名¹ Ana-Nicoleta Bondar¹⁷ Jörg Standfuss¹³ Richard Neutze⁷

¹ 理化学研究所 放射光科学総合研究センター

² 京都大学大学院 医学研究科 分子細胞情報学分野

³ Université Grenoble Alpes, CNRS, CEA, Institut de Biologie Structurale

⁴ European Synchrotron Radiation Facility

⁵ 科学技術振興機構 さきがけ

⁶ 東京大学大学院 理学系研究科 生物科学専攻

⁷ Department of Chemistry and Molecular Biology, University of Gothenburg

⁸ 神戸大学大学院 理学研究科 化学専攻

⁹ 高輝度光科学研究センター

¹⁰ Department of Physics, Pohang University of Science and Technology

¹¹ 理化学研究所 ライフサイエンス技術基盤研究センター 構造・合成生物学部門

¹² 大阪大学大学院 工学研究科 応用化学専攻

¹³ Division of Biology and Chemistry - Laboratory for Biomolecular Research, Paul Scherrer Institute

¹⁴ Department of Chemistry-Ångström Laboratory, Uppsala University

¹⁵ 大阪大学 JST-ERATO 村田脂質活性構造プロジェクト

¹⁶ Department of Biology, ETH Zurich

¹⁷ Theoretical Molecular Biophysics, Department of Physics, Freie Universität

Contact

岩田 想

E-mail : s.iwata@spring8.or.jp

南後 恵理子

E-mail : nango@spring8.or.jp

所在地 : 679-5148 兵庫県佐用郡佐用町光都1丁目1番1号

U R L : http://www1a.biglobe.ne.jp/sfxproject/

久保 稔

E-mail : minoru.kubo@riken.jp

タンパク質中の原子の動き、自由電子レーザーにより動画撮影に成功 — 光によって水素イオンを輸送する仕組みを解明

X線自由電子レーザー(XFEL)施設SACLAにおいて、膜タンパク質の構造変化を見ることに成功した。タンパク質は生命において重要な役割を果たしており、機能する瞬間にその形を変えることが知られている。従来のX線結晶構造解析法ではタンパク質が動いている状態の観測は困難であるうえ、測定中の放射線損傷によりタンパク質の動きに影響を及ぼしてしまうという課題があった。本実験に用いたXFELは、パルス幅が10フェムト秒以下と短く強度の高いX線で、タンパク質が壊れる前に瞬時にデータを取り、原子スケールの現象をコマ送りに撮影することが可能である。

古細菌のバクテリオロドプシンという膜タンパク質には、色素としてレチナールが含まれており、光が当たると構造が変化して、細胞膜の内側から外側へ水素イオンを運び出す。バクテリオロドプシンの微結晶に反応開始のために可視光レーザーを当て、一定時間が経過した後、XFELを当て反応途中の回折データを瞬時に取った。ナノ秒からミリ秒にかけて13の時点での3次元構造を再構成することで、反応過程の3次元動画を得ることに成功し、バクテリオロドプシンの構造変化が進むスピードを計測することが可能となった。

SACLAで膜タンパク質の構造変化を見た! 国際研究チーム

米国のスタンフォード大学にあるLCLSより数年遅れてスタートしたSACLAですが、世界中の研究者が集まってきました。バクテリオロドプシンの実験には、岩田の友人であるNeutze教授、スウェーデン、フランス、スイスや韓国の研究者が参加しました。また、理化学研究所、高輝度光科学研究センター、東京大学、京都大学や大阪大学の研究者たちが結集しました。SACLAの技術陣や研究支援の方々にも支えられています。



Figure and Note

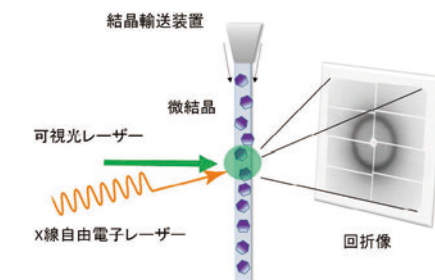


図1：時分割連続フェムト秒結晶構造解析法

微小結晶をXFEL照射領域に連続的に送り、可視光レーザーを照射して、光によるタンパク質の反応を開始させる。光照射後、ナノ秒からミリ秒後にかかるタンパク質の変化をXFELによる回折像を得ることによって、調べることができる。

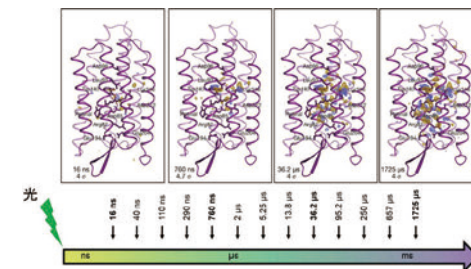
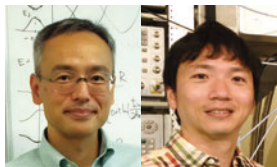


図2：光を受けてからナノ秒～ミリ秒後の変化を観測

紫色のリボンで描かれた部分はタンパク質の主鎖を示す。構造の内部の青と黄色の部分は動く前の構造と比べて変化が起きたことを示し、黄色の部分にあった原子が青色の部分に移動したことを意味する。

超伝導量子ビットにおける 緩和を準粒子ポンピングによって抑制する

Suppressing relaxation in superconducting qubits by quasiparticle pumping



中村 泰信 *Yasunobu Nakamura*

理化学研究所 創発物性科学研究センター チームリーダー
東京大学 先端科学技術研究センター 教授

吉原 文樹 *Fumiki Yoshihara*

理化学研究所 研究員 (現 情報通信研究機構 未来ICT研究所 主任研究員)

左から中村 泰信、吉原 文樹

Simon Gustavsson¹ Fei Yan¹ Gianluigi Catelani² Jonas Bylander³ Archana Kamal¹
Jeffrey Birenbaum⁴ David Hover⁴ Danna Rosenberg⁴ Gabriel Samach⁴ Adam P. Sears⁴ Steven J. Weber⁴
Jonilyn L. Yoder⁴ John Clarke⁵ Andrew J. Kerman⁴ Terry P. Orlando¹ William D. Oliver^{1,4,6}

¹ Research Laboratory of Electronics, Massachusetts Institute of Technology

² Forschungszentrum Jülich, Peter Grünberg Institut (PGI-2)

³ Microtechnology and Nanoscience, Chalmers University of Technology

⁴ Massachusetts Institute of Technology (MIT) Lincoln Laboratory

⁵ Department of Physics, University of California, Berkeley

⁶ Department of Physics, Massachusetts Institute of Technology

Contact

中村 泰信 E-mail : yasunobu.nakamura@riken.jp

所在地 : 351-0198 埼玉県和光市広沢2-1

U R L : <http://www.cems.riken.jp/jp/laboratory/sqert>

吉原 文樹 E-mail : fumiki@nict.go.jp

所在地 : 184-8795 東京都小金井市貫井北町4-2-1

U R L : <http://www.nict.go.jp/frontier/mqp/index.html>

Figure and Note

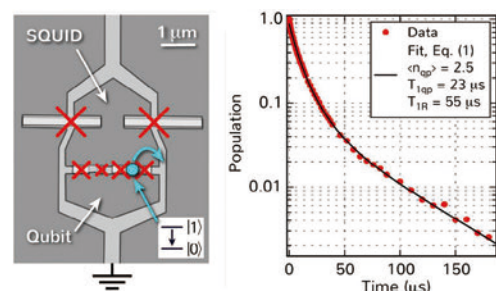


図1: 超伝導磁束量子ビットの模式図とエネルギー緩和

磁束量子ビット(左図下側)はジョセフソン接合(赤×印)を含む超伝導ループからなる。電極上の準粒子が接合をトンネルするとき量子ビットの緩和が有限確率で起こり、非指数関数的な速いエネルギー緩和を与える。

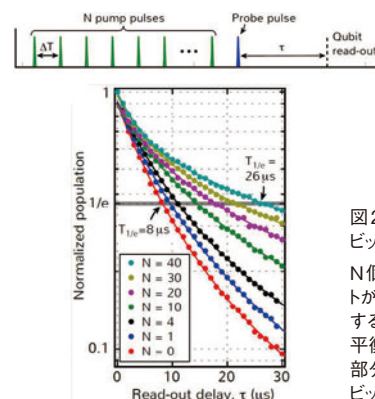


図2: 準粒子ポンピングによる量子ビット緩和とレート改善

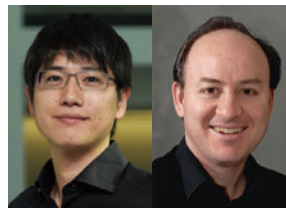
N個のパルス各々によって量子ビットが繰り返し励起され、それが緩和する際に、接合近傍に存在する非平衡準粒子が汲みだされ、離れた部分へ拡散する。その結果、量子ビットの緩和とレートが抑制される。

巨視的量子機械の実現を目指して

理化学研究所創発物性科学研究センター超伝導量子エレクトロニクス研究チームでは、超伝導回路を用いた量子情報処理技術の開発に取り組んでいます。ナノ加工技術を駆使して、集積化された量子ビット回路を作製し、低温低雑音環境下での評価を行います。巨視的なスケールで動作する量子機械の実現を目指して研究に励んでいます。

皮質ニューロンの樹状突起による知覚の制御

Active cortical dendrites modulate perception



高橋 直矢 *Naoya Takahashi*

Postdoctoral researcher, Institute for Biology, Neuronal Plasticity, Humboldt University of Berlin

Matthew Larkum

Professor, Institute for Biology, Neuronal Plasticity, Humboldt University of Berlin

Thomas G. Oertner¹ Peter Hegemann²

¹ Institute for Synaptic Physiology, University Medical Center Hamburg-Eppendorf

² Institute for Biology, Experimental Biophysics, Humboldt University of Berlin

左から高橋 直矢、Matthew Larkum

Contact

高橋 直矢 E-mail : n.takahashi0906@gmail.com

所在地 : Charitéplatz 1/Virchowweg 6, 10117, Berlin, Germany

Matthew Larkum E-mail : matthew.larkum@hu-berlin.de

知覚時に皮質ニューロンで生じる 樹状突起活動の解明

我々の知覚はどのようにして生じているのか? これまでの研究から、知覚の生成には皮質内でのフィードバック情報の統合が必要であることがわかっている。しかしながら、そうした情報が個々のニューロンにおいてどのように統合されているのかについては不明であった。そこで我々は、フィードバック投射を受ける皮質第5層ニューロンの樹状突起に注目し、統合メカニズムの探索を行った。その結果、樹状突起内で生じるスパイク活動がマウスの知覚反応の有無に応じて増減することを見出した。また樹状突起のスパイク活動を人工的に増減させることで、マウスの知覚閾値をコントロールすることにも成功した。これらの成果は、皮質ニューロンの樹状突起スパイクが感覚情報の統合メカニズムとして我々の知覚生成に大きく寄与することを示唆する。

Figure and Note

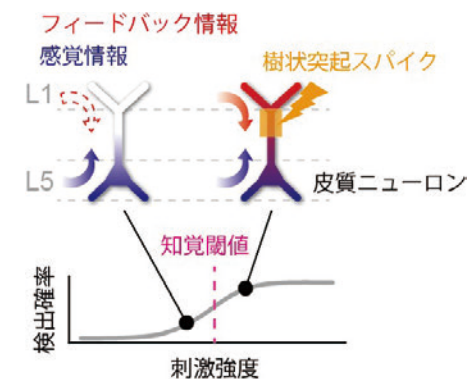


図: 樹状突起による知覚生成メカニズム

刺激強度が知覚閾値に達したとき、樹状突起スパイクによってフィードバック情報が統合され知覚が生じる。

世界を『見る』脳の内部を『見る』

我々の脳は外部の世界をどのように『見て』(知覚して)いるのか? これは現代の神経科学をもってしても完全に説明することのできない問いです。今回我々は最新のイメージング技術を用いて、動物が知覚行動をとる際の個々の神経細胞の活動を細部まで画像化することに成功しました。つまり、外部世界を『見る』脳の中で生じる現象を『見る』ことができたのです。今日、神経科学を支える技術やツールはすさまじいスピードでアップデートされています。そうした中、我々の研究も日々新しい発見と興奮に満ちています。今回の研究結果を足がかりとして、今後も我々の認知行動を支える神経メカニズムの解明に取り組んでいきます。

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%に満たません。

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で、最新の完全版を必ずご確認ください。

掲載される論文・記事の種類

査読論文

Research Articles：

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

Reports：

重要性、速報性の高い研究報告。2,500語以内もしくは誌上3頁まで。構成はアブストラクト、Introduction、図表(4点以内)、参考文献(30件程度)。Materials and Methodsや必要な情報はSupplementary Materialsに含めること。

Reviews：

科学研究の新たな展開についての総説。6,000語以内、図表は4～6点、参考文献は100件以内。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。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。2,000語程度。

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。

eLetters：

簡潔なオンラインのコメント。著者は規約に従う必要がある。

Technical Comments：

過去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(Initial Manuscript)と査読後の投稿(Revised Manuscript)とで異なります。詳細は以下のページを必ずご確認ください。

オンライン投稿システム：

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

Instructions for Preparing an Initial Manuscript：

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

Instructions 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を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(図表も含む)原稿全体を作成するのが望ましい。Supplementary Materials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 of 原稿は投稿不可。
- Supplementary Materialsに含めることのできない映像などのファイルは別途Auxiliary Supplementary Materialsとしてアップロードする。サイズ上限は25MBで10ファイル以内。
- 動画はmp4ファイルを推奨する。movファイルの場合は圧縮形式をh.264とすること。音声の場合ビットレートは160kb/s以上。

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いただけます。

論文の審査

投稿された論文は、該当する分野の知識を有する編集者が審査を担当します。大半の論文は、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。採用(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。

*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。投稿先の変更に同意された場合、投稿フォーマットの変更は必要なく、添付資料等も引き継がれ速やかに審査が行われます。

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

問い合わせ先

Science Contact Information

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

(44)-1223-326500 (UK)

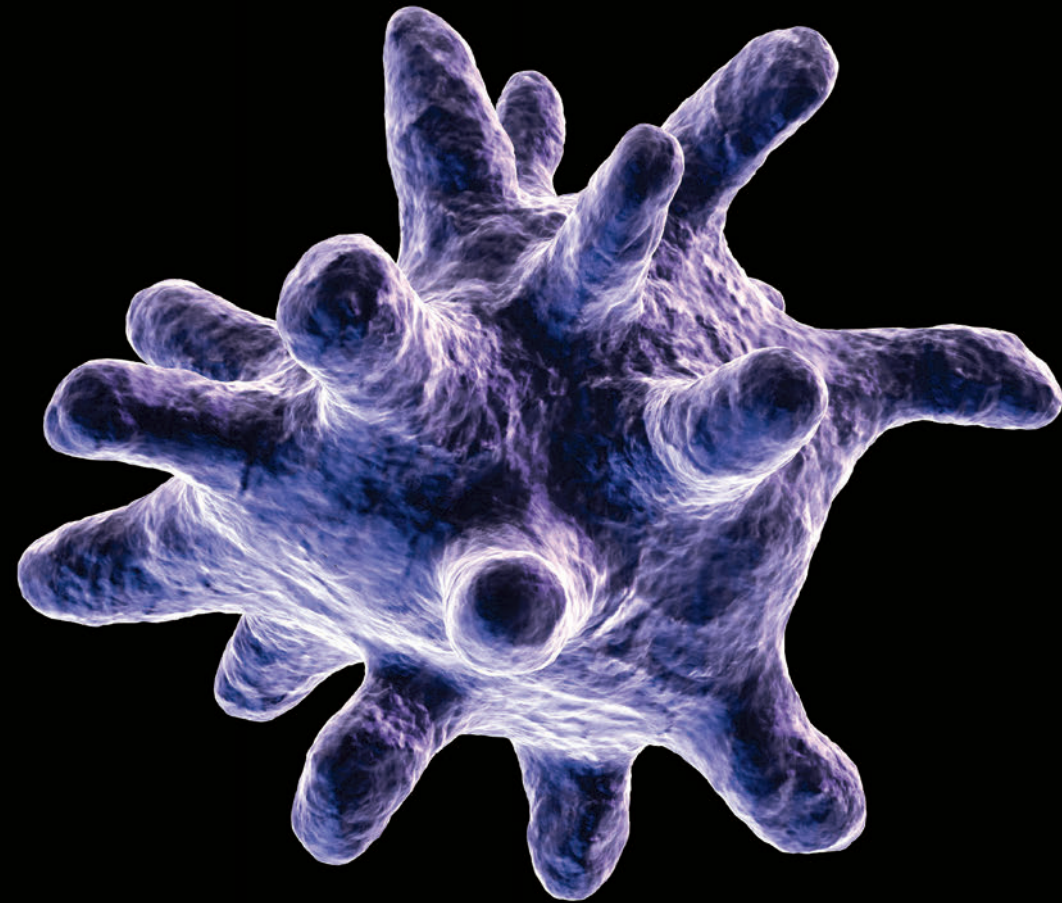
Fax: (1)-202-289-7562 (USA)

(44)-1223-326501 (UK)

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

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

Publish your research in
Science Immunology



— NOW ACCEPTING PAPERS —

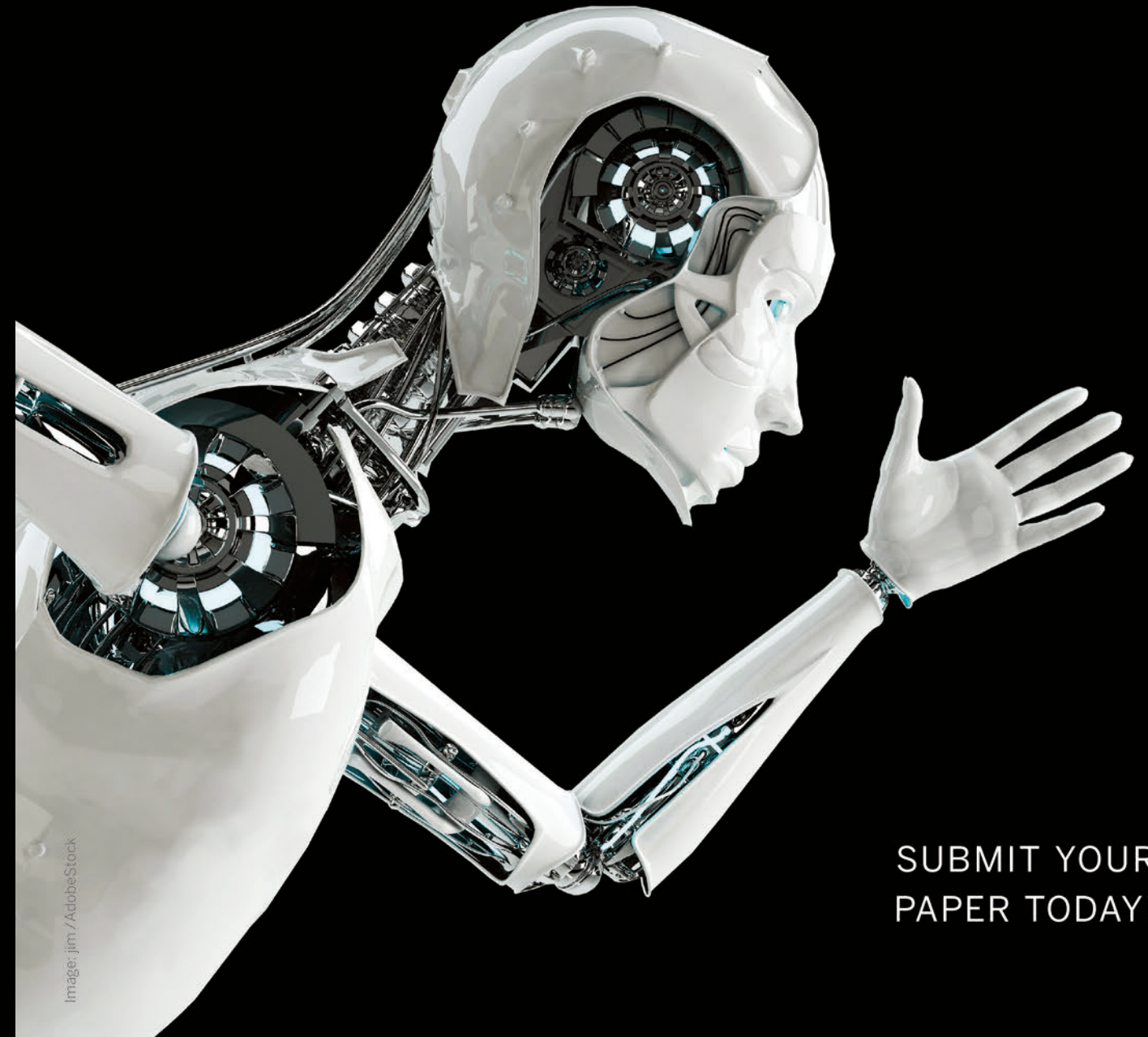
Science Immunology, the newest member in the *Science* family of journals, provides original, peer-reviewed research articles that report critical advances in all areas of immunological research, including studies that provide insight into the human immune response in health and disease. Share your research with *Science Immunology*'s global readership and submit your manuscript today!

What will your discovery be?

Submit your manuscript today at
ScienceImmunology.org

ScienceImmunology
AAAS

Publish your research in
the new *Science Robotics*



SUBMIT YOUR
PAPER TODAY!

Science Robotics is a unique journal created to help advance the research and development of robotics for all environments, with interest in hardware and software as well as social interactions and implications. *Science Robotics* provides a much-needed central forum to share the latest technological discoveries and to discuss the field's critical issues.

ScienceRobotics
AAAS

ScienceRobotics.org

ペプチド合成・抗体作製 受託サービス

国内
自社合成

Cosmo BIO - Made In Japan

ものづくり立国・日本であることの誇り

ペプチド合成

修飾品・合成難易度の高いペプチド合成

AQUA グレードペプチド合成

タンパク質絶対定量用途の安定同位体標識ペプチド合成

ファースト抗体

エピトープデザインからペプチド合成、免疫までを安価にトライ

カスタマイズ抗体

使用目的や実験条件に応じてカスタマイズしたプランをご提案

モノクローナル抗体作製

成果保証制、成果品の知財・権利はお客様へ譲渡



人と科学のステキな未来へ
コスモ・バイオ株式会社

TEL: (03)5632-9744
E-mail: peptide-ab@cosmobio.co.jp
URL: <http://www.cosmobio.co.jp/>

いい抗体、トリに行こう。

探してた抗体
みつけ！



人と科学のステキな未来へ
コスモ・バイオ株式会社



100万品目以上*トリ揃えております。*重複ターゲットに対する抗体を含む

抗体百科^{Web版}

国内最大級の抗体検索サイト

充実の
品ぞろえ

短納期

豊富な
在庫

100%
保証

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