

日本語で読む世界の最新科学ニュース

進まぬ除染対策

# nature ダイジェスト

セディバ猿人は人類の祖先か

極薄電子皮膚

トラウマを記憶する海馬

11  
2011

## チンパンジーにも文化

iPS 細胞は絶滅危惧種の  
救世主となるか

無料で使える  
論文評価ツールが出た

広がる海底地震観測ネットワーク

深海では水素はごちそう

分かち合いが芽生えるとき

遺族が承諾していない研究論文

定価 680 円



naturevideo



Nature Video では、Nature 掲載論文に関連した動画をはじめとする最新の科学動画をお届けしています。

[www.youtube.com/NatureVideoChannel](http://www.youtube.com/NatureVideoChannel)

**福島原発事故から半年**



福島第一原子力発電所の原子炉3機におけるメルトダウンを発端とした原発事故により、日本では現在も危機的状況が続いている。原子炉の安定化作業、また日本および世界中の原子力発電に危機を与えたこの事故の影響に関し、Nature Video が最新情報をお届けする。

<http://nature.asia/nvideo13>

オンライン特集：<http://nature.asia/fukushima-e> (英語)  
<http://nature.asia/fukushima-j> (日本語)

**チョウの擬態と超遺伝子**



南米の森林に広く生息するヌマドクチョウは、捕食者から身を守るために、別の亜科の有毒なチョウの翅のパターンを擬態している。ミューラー型擬態の例として知られるこの擬態は、1つの単位として遺伝する強固な遺伝子集団(超遺伝子)の制御下にあることがわかった。

<http://nature.asia/nvideo12>

関連記事：Nature 9月8日号(2011) 203-206

**The Pan Africa Great Ape Program**



アフリカ全域にわたって大型類人猿の個体数調査を行う Pan Africa Great Ape Program の一環として、マックス・プランク進化人類学研究所のチームは、ビデオとマイクの自動記録装置を設置して、絶滅の危機に瀕している野生チンパンジーの行動や生態の調査を進めている。

<http://nature.asia/nvideo11>

関連記事：Nature 8月18日号(2011) 266-269

**僻地でも手軽に行える臨床検査法**



経済的で使いやすく、クレジットカード程度の大きさの感染症検査用「mChip」アッセイが開発され、ルワンダで行われた血液サンプル検査で HIV と梅毒の診断に優れた性能を発揮した。医療資源の限られた辺鄙な地域でも、感染症の早期発見を可能にする技術である。

<http://nature.asia/nvideo10>

関連記事：Nature Medicine Vol.17 (2011年8月号) 1015-1019

**スペースシャトル：30年の歴史**



NASAの最後のスペースシャトル「アトランティス」が7月21日、ケネディ宇宙センターに帰還し、30年間にわたる歴史に幕を閉じた。ハッブル宇宙望遠鏡をはじめとする多くの衛星を打ち上げ、国際宇宙ステーションの建設にも貢献したが、一方では、2度の事故で犠牲者も出した。135回のすべてのミッションを映像で振り返る。

<http://nature.asia/nvideo9>

Web：<http://www.nature.com/spaceshuttle>

※ 動画はすべて英語で、日本語の字幕はありません。

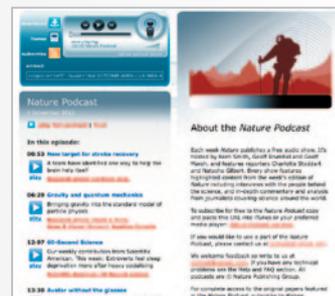
naturepodcast

[www.nature.com/nature/podcast](http://www.nature.com/nature/podcast)



(iPhone™ の方はこちら)

Nature Podcast では Nature に掲載された研究成果をはじめ、インタビューなど様々なコンテンツを配信しています。



※ PODCAST はすべて英語です。

npg nature asia-pacific



KRISTIN MOSHER / DANITADELIMONT.COM  
"DANITA DELIMONT PHOTOGRAPHY" / NEWS.COM

## チンパンジーも文化を持つ

# 06

写真：アフロ

野生のチンパンジーが石を使って木の実を割ったり、小枝を使ってアリを獲ったりすることは知られている。こうした行動は群れによって異なる。

### NATURE NEWS

- 02 「電子皮膚」で健康をモニター
- 14 無料で使える科学論文の評価指標ツール
- 16 「問題がある」論文が撤回されない理由

### NEWS & VIEWS

- 11 人類は、三つ子のときから共同的
- 20 お風呂にする？ それとも H<sub>2</sub> ?
- 22 宇宙のモンスターの目覚め

### JAPANESE AUTHOR

- 18 トラウマ記憶は、海馬のシナプスで「AMPA 受容体」が増えるために起こる！ — 高橋 琢哉

### EDITORIAL

- 27 戦争生態学という悩ましい研究分野
- 28 自前のポストク供給をめざす中国

### HIGHLIGHTS

- 29 2011年9/1～9/29号

### 英語で Nature

- 34 細菌を利用してデング熱を予防する

## 03 セディバ猿人は 人類の祖先か

3年前に南アフリカで発見されたセディバ猿人には、現代人と猿人の両方の特徴が見られる。



Brett Eloff 撮影 / Lee Berger およびウィットウォーターズランド大学提供

## 04 iPS 細胞は 絶滅危惧種を救えるか？

絶滅危惧種のキタシロサイとドリルから iPS 細胞が作製された。ここから生殖細胞ができれば、種の保存に役立つかもしれない。



ISTOCKPHOTO

## 12 福島原発事故から 半年

事故以来、東電と政府は迷走し、さらに官僚主義が追い打ちをかけ、放射線の影響の迅速な評価が進んでいない。



LARS NICOLAYSEN/DPA/PICTURE-ALLIANCE/NEWS.COM

## 24 関心が高まる 海底地震観測網

陸地から離れた海底断層で起こる巨大地震。東北地方太平洋沖地震をきっかけに、海底地震観測網の整備が急がれている。



写真：アフロ

# 「電子皮膚」で健康をモニター

## 'Electronic skin' could replace bulky electrodes

Ed YONG 2011年8月11日 オンライン掲載

www.nature.com/news/2011/110811/full/news.2011.473.html

皮膚に貼れる超小型センサーが開発され、健康状態のモニタリング、音声の増幅、医療用人工装具の制御に役立つことが期待される。

現在、心臓の拍動、脳の活動、筋肉の収縮などを記録する際には、かさばる電極が使用されている。このほど、従来の電極に匹敵する精度でこれらを記録することができる、人間の髪の毛ほどの厚みしかない「電子皮膚」が開発された<sup>1</sup>。

イリノイ大学アーバナ・シャンペーン校（米国）の材料科学者 John Rogers らによって開発された電子皮膚のパッチは、センサーを搭載した回路が柔軟性と伸縮性のある格子状に編み込まれている。また、タトゥー（入れ墨）シールのように皮膚に貼りつけたり剥がしたりすることができ、接着剤は不要である。

現時点では、一度皮膚に貼りつけたパッチは数日しか使用することができないが、技術が進歩すれば、医師は、ワイヤーやかさばる装置を使うことなく、患者の健康状態を長期にわたってモニタリングできるようになるだろう。

電子皮膚は、従来の医用センサーではできなかったことも可能にする。例えば、これを喉に貼れば、喉が発する音声を感知して、単純なコンピューターゲームを制御することができるのだ。「我々が喉に注目したのは、『表皮電子装置』は、人体の中で特に敏感な部位に貼っても違和感なく使えるという点を強調するためでした」と Rogers は言う。

電子皮膚は、喉頭疾患の人々のコミュニケーションを補助したり、未熟児をモニターしたり、医療用人工装具の制御を強化したりできるかもしれない。さらに Rogers は、理学療法士とともに、電子

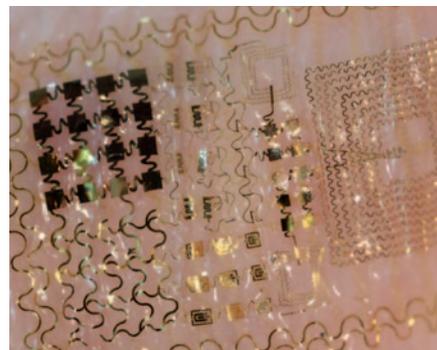
皮膚を利用して変性した筋肉の収縮を誘発する共同研究も行っている。

ケンブリッジ大学（英国）の工学者 Stéphanie Lacour は、これはエキサイティングな研究であると言う。「生体組織を力学的に模倣すると同時に、確実に機能する、高性能の電子装置を設計できることが実証されたのです。今後、装着していても気にならない、高性能のウェアラブル・システムの設計に役立つでしょう」。

### 薄さがもたらす強み

この電子皮膚は、センサー、アンテナ、発光ダイオード（LED）などからなり、サンドイッチのように2枚の保護層に挟まれている。電力は、装置に組み込まれた太陽電池か、ワイヤレスで電流を生成できる誘導コイルにより供給される。そしてこのサンドイッチは、皮膚の物理的特性に合わせて作られた、伸縮性のあるポリエステルシートの上に乗っている。「私が知るかぎり、これは、複雑で機能的な電子回路を載せる基板として最も柔軟なものです」と Lacour は言う。

たいていの電子装置に使われているシリコンチップは、厚さが1mmほどで、非常に薄い。これに対して、電子皮膚と基板を合わせた厚みは40μm 足らずで、はるかに柔軟である。「ほかのスケールではもちろん、このスケールでは完全に柔軟になるのです。だから、シリコン製の硬い微小部品を使っているシステムでも、生体組織のように振る舞わせる



伸縮性と柔軟性があり、人間の髪の毛ほどの厚みしかないセンサーパッチ。

ことができるのです」と、Rogers は説明する。

電子皮膚は非常に薄く、接着剤を使わなくても、ファンデルワールス力（分子を凝集させる、互いに接近した物体間に作用する力）だけで皮膚に貼りつけることができる。このため、皮膚から引き離そうとする場合、厚さ1mmのシリコンチップの1000万分の1の力ですむ。また、回路はS字型のフィラメントの網の形になっているので、壊れることなく伸縮できる。

研究チームは現在、体の動きで駆動される圧電素子、バッテリー、データやコマンドをアップロードするための無線通信装置など、新しい構成要素を追加することに取り組んでいる。

一方、この電子皮膚の大きな欠点は、皮膚細胞が絶えず剥がれ落ちているため、皮膚に貼ってから数日で剥がれてしまうことである。研究チームは、今、一度貼ったら数か月続けて使用できるようにする方法を模索している。

製作コストが高いという欠点もある。しかし Rogers は、将来的には大量生産できるようになるだろうと考えている。「我々はこのパッチを、ゼロからではなく既存の技術をもとにして製作しました。ですから、商業ベースの製造での技術的ハードルは、皆さんが思われるほど高くはないはずですよ」。

（翻訳：三枝小夜子）

1. Kim, D.-H. et al. *Science* **333**, 838-843 (2011).

# セディバ猿人は人類の祖先か

## Fossils raise questions about human ancestry

EWEN CALLAWAY 2011年9月8日 オンライン掲載  
www.nature.com/news/2011/110908/full/news.2011.527.html

セディバ猿人には、現代人と猿人の両方の形質が見られる。

セディバ猿人（アウストラロピテクス・セディバ：*Australopithecus sediba*）の頭蓋、骨盤、手、および足に関して、ウィットウォーターズランド大学（南アフリカ・ヨハネスブルク）のLee Bergerらにより興味深い報告があった<sup>1,2,3,4,5</sup>。一部には類人猿や初期のアウストラロピテクス属の化石の特徴が見られる一方で、ホモ・エレクトゥス（*Homo erectus*：200万年ほど前にアフリカ東部に出現してヨーロッパとアジアに移動した、背が高く骨の細い人類）などの、現生人類を含むホモ属に特有な形質も持ち合わせていたのだ。この発表により、ヒト系統の進化の過程でのセディバ猿人の位置付けに議論が起こっている。

### 幸先よい発見

セディバ猿人の最初の化石は、2008年8月、Bergerの9歳の息子が偶然発見した。当時父子は、南アフリカの人類化石遺跡群であるスタークフォンテン、スワートクランズの両遺跡に近いマラパの崩れた洞穴を調べていた。そこからは、最初に見つかった鎖骨の化石以外に、幼児、未成年者、成人を含む少なくとも5体の骨が、220点以上発見された。

これらの化石の小さな脳と四肢の比率はアウストラロピテクス属の特徴を示しており、アウストラロピテクス・セディバ（セディバは現地地のソト語で泉を表す）と名付けられた<sup>6</sup>。ところが、手や骨盤などには現生人類的な特徴が見られ、ホモ属に分類すべきだったと主張する古人類学者が今でも半数近くもいる。

Bergerは、「こうした主張の対立は、真の移行型を発見したときに起こることです」と言う。

### 複雑なメッセージ

セディバ猿人の脳は約420cm<sup>3</sup>で、ほかのアウストラロピテクスやチンパンジーと同じレベルだ。しかし、頭蓋を高解像度のシンクロトロン解析にかけ、内部に残された脳の痕跡を調べると、前頭領域が大きいことがわかった。これは通常ヒトに見られる特徴で、高度な認知能力と関連している。

骨盤もほかのアウストラロピテクス種と比べて広く、ヒトの骨盤の形が脳の大きな赤ん坊に対応して進化したという仮説に疑問を投げかけている。「ヒトらしい骨盤を形作る要因が何なのかはわかりませんが、少なくとも大きな脳ではないということです」とBergerは説明する。

さらに、脚とかかとの骨の向きからは、セディバ猿人は直立歩行していたと考えられ、かかとはヒトにそっくりなのに、長い腕、足とすねの骨の特徴の一部は、チンパンジーに似ている。つまり、セディバ猿人は二足歩行と樹上生活のどちらにも適応していたと考えられるのだ。

また腕にはヒトのような手が付いており、力強い親指は何かを握るのに最適だった。「ホモ・サピエンス（*Homo sapiens*）やネアンデルタール人以外で、これまでに発見された最もヒトらしい手です」とBergerは言う。セディバ猿人のそばから石器は見つかっていないが、Bergerは石器を製作して使うことがで



*Australopithecus sediba* の頭蓋には、現生人類およびその祖先と共通の形質が見られる。

きたと考えている。

こうした形質のモザイクは、セディバ猿人がホモ・エレクトゥスの直接の祖先であることを示唆している、とBergerは話す。あるいは、今回の新しい化石は、長く存続しながら最終的に絶滅したアウストラロピテクス種のものかもしれない、とも語る。

### 冷たい反応

一方、フロリダ州立大学（米国タラハシー）と先端研究学院（米国ニューメキシコ州サンタフェ）に所属する神経解剖学者Dean Falkは、「これがすばらしい化石であるのは間違いありませんが、初期のホモ属の祖先としてBergerたちが描いた全体像を容認するには、慎重を期する必要があります」と話す。Falkは、ほかの多くのアウストラロピテクス種とも同様に比較することが先決だという。

アリゾナ州立大学（米国テンピ）の古人類学者Donald Johansonも、ホモ・ハビリス（*Homo habilis*）など初期のホモ種をはじめ、ほかの古代人類の化石とセディバ猿人を徹底的に比較したいと考えている。セディバ猿人は「進化の系統

樹にある別の枝かもしれません」と Johanson は指摘する。

ジョージ・ワシントン大学（米国ワシントン D.C.）の古人類学者、Bernard Wood も疑問を投げかける。「セディア猿人がホモ属の祖先というのは、ただの可能性です。皆さんはどう思いますか？ 私は違うと思います」。

ただし Wood は、ほかに例のないセディア猿人の特徴、特に足の構造が猿人と現生人類の特徴を併せ持っていることを見るにつけ、どんな化石であれ、ヒトの直接の祖先なのか、それともヒトの形質を少しだけ持った進化上の行き止まりなのかを決定するのは難しいと考えている。Wood は、「これまででは、『人類の形態と行動はきわめて特別であり、おそらくそんな進化が2回も3回も起こったはずはないだろう』と無条件に考えていたのだと思います」と語り、今回の論文により「今後の人類祖先の研究は、かつてなかったほど難しくなるでしょう」と付け加える。

Berger の研究チームはマラパの発掘を続けており、別の個体の化石も解析しようとしている。また、一部の化石については周囲からも材料が回収されており、この年代の人類化石では見つかっていない皮膚や軟部組織の残存物である可能性がある。Berger らは、それが本当に皮膚なのかどうか、もしそうなら、古代人類について何がわかるのかについて、ほかの研究者に公然と教えを求めている。このプロジェクトは始まったばかりだが、Berger は正式な発表の前に、作業と結論の詳細をウェブ上で明らかにするつもりだと語っている。

■  
(翻訳：小林盛方)

1. Carlson, K. J. *et al. Science* **333**, 1402-1407 (2011).
2. Kibii, J. M. *et al. Science* **333**, 1407-1411 (2011).
3. Kivell, T. L., Kibii, J. M., Churchill, S. E., Schmid, P. & Berger, L. R. *Science* **333**, 1411-1417 (2011).
4. Zipfel, B. *et al. Science* **333**, 1417-1420 (2011).
5. Pickering, R. *et al. Science* **333**, 1421-1423 (2011).
6. Berger, L. R. *et al. Science* **328**, 195-204 (2010).



キタシロサイの Fatu (右) の細胞から iPS 細胞が作り出されて保存されている。

## iPS 細胞は絶滅危惧種を救えるか？

### Could stem cells rescue an endangered species?

EWEN CALLAWAY 2011年9月4日 オンライン掲載  
www.nature.com/news/2011/110904/full/news.2011.517.html

絶滅の危機に瀕しているキタシロサイとドリルの細胞から、再プログラム化法によって人工多能性幹細胞が作られた。

シロサイの亜種キタシロサイ (*Ceratotherium simum cottoni*) は現在、世界中に7頭しか残っていない。そのうちの1頭で、ケニアの保護区に暮らす「Fatu」という名の雌の細胞から、人工的に、発生初期の胚にある胚性幹細胞と似た幹細胞 (iPS 細胞：人工多能性幹細胞) が作り出された。Fatu の数百万個の iPS 細胞は、今、米国カリフォルニア州の冷凍庫に保存されている。いつの日か、個体数を増やすために役立つかもしれない。

今回の研究では、キタシロサイのほかにも、もう1つの絶滅危惧動物であるドリル (*Mandrillus leucophaeus*：マンドリルに近いサル) の細胞から、iPS 細胞が

作り出された。これは、絶滅危惧動物では初めての成果だ。作製された iPS 細胞は、細胞系列として、培養して増殖させることができ、保存も可能である。iPS 細胞の最大の特徴は、原理的に体のどの組織でも作り出すことができることだ。つまり、飼育下で繁殖させる際に使う精細胞も作り出せるということだ。この研究成果は2011年9月4日に *Nature Methods* のオンライン版で発表された<sup>1</sup>。

5年ほど前、スクリプス研究所 (米国カリフォルニア州ラホヤ) の幹細胞生物学者 Jeanne Loring のもとに、近くにあるサンディエゴ動物園 (米国) の研究者 Oliver Ryder から問い合わせがあった。絶滅危惧動物の幹細胞を入手したいとい

うのだ。もちろん、絶滅危惧動物の受精済みの胚を1個犠牲にして幹細胞を入手するなんてことは論外であり、Loringはほかの入手法をいろいろと考えてみた。けれども、どれもうまくいきそうにはなかった。「サイから骨髄幹細胞を採取できる見込みは、ほぼありませんでした」。

その2年後の2007年、京都大学の研究チームとウィスコンシン大学マディソン校(米国)の研究チームが相次いで、ヒト成人の結合組織由来の繊維芽細胞(つまり体細胞)で、細胞の再プログラム化にかかわる一連の遺伝子を活性化することによって、胚性幹細胞に酷似した状態に誘導できることを報告した<sup>2,3</sup>。Ryderらは、「冷凍動物園(Frozen Zoo)」と呼ばれるプロジェクトの一環として、1970年代から絶滅危惧動物の繊維芽細胞を保存してきた。そのため、この細胞再プログラム化は、絶滅危惧動物に由来する幹細胞を作り出すのについてつけのように思えたと、Loringは振り返る。

原理証明の実験のために、RyderはLoringに、Fatuから採取した細胞と、飼育されていた雄ドリルの「Loon」(その後死亡)から採取した細胞を託した。野生のドリルは現在、アフリカ西部のごく狭い地域でしか見られず、生息域の減少や野生動物の肉の違法な売買のために、その個体数は徐々に減っている。

当初、Loringと同僚のInbar Friedrich Ben-Nunは、ヒトの再プログラム化遺伝子ではサイやドリルの繊維芽細胞を幹細胞へ転換できないだろうと考え、ドリルの細胞には別種のサル(アカゲザル)の遺伝子群で、また、Fatuの繊維芽細胞にはウマの遺伝子群で、それぞれ再プログラム化を試みた。だが、どちらの実験も失敗に終わった。

### 再プログラム化の成功

ところが、ヒトの再プログラム化遺伝子群を使ってみたところ、どちらの動物の細胞も、iPS細胞へと変換させることができた。これにはLoringも驚い

た。さらに研究チームは、双方のiPS細胞から、体のあらゆる組織を作り出す3種類の単純な組織(外胚葉、中胚葉、内胚葉)を形成させることにも成功し、これらのiPS細胞に分化多能性があることを証明した。

Loringは、FatuやLoonのiPS細胞からクローン個体を作製しようとは考えていない。iPS細胞から生殖細胞を作り出し、それを生殖補助法に利用することで、絶滅危惧種の遺伝子プールの多様化に役立てられるのではないかと思っているのだ。また、すでに、iPS細胞から作り出した生殖細胞で健康なマウスが誕生していることから<sup>4</sup>、いずれこの手法はマウス以外の動物でも成功するだろうとも考えている。「すべて順調にいけば、新しい個体を作り出す道が開けます」とLoringは話す。

「これは実に画期的な成果だと思います」。Advanced Cell Technology社(米国カリフォルニア州サンタモニカに本社)の科学主任Robert Lanzaは、こう話す。Lanzaたちは、2000年に絶滅危惧動物のクローン作製を初めて成功させた研究の一端を担った<sup>5</sup>。その動物はガウルと呼ばれる野牛で、「Noah」という名の個体が使われた。ヒトiPS細胞が初めて報告されたとき、Lanzaは*Science*のLetter<sup>6</sup>の中で、絶滅危惧種保全へのiPS細胞利用の可能性を大きく取り上げている。しかも彼は、iPS細胞か



ドリルからもiPS細胞が作製された。

ら絶滅危惧動物のクローンを作製する技術の特許まで取っている。彼によると、この技術の特許使用料は生物保全のために無料にするつもりだという。

### 一時しのぎの解決法などない

ロンドン動物学協会の生殖生物学者William Holtは、「冷凍箱舟(Frozen Ark)」と呼ばれる共同研究にかかわっている。この研究の本拠地はノッティンガム大学(英国)にあり、絶滅危惧動物からDNAや細胞を収集している。Holtは、キタシロサイのようにすでに絶滅寸前の状態にある絶滅危惧種をiPS細胞が救ってくれる、という見方に疑念を抱いている。「はつきり言って、それはもう離れ業の領域ですよ」とHoltは言う。生殖補助法を支援するには、その動物の生殖生物学の情報が必要だが、絶滅危惧動物についてはそうした情報がほとんどないのだ。「しかも、生き残っている個体数があまりに少ないため、もう今以上の情報を得ることができないのです」と彼は話す。

Loringも、iPS細胞が種の救済に役立つところまで行くには、解決すべき技術的問題が多々あることを認めている。「サイに多めに排卵させる方法がまずわからないのです」。絶滅危惧動物の細胞から作られたiPS細胞は「小手先だけの解決策」にすぎないとする意見もあるが、Loringはそれを退ける。たとえ現在、iPS細胞を生殖補助法に使うための技術が十分発達していなくても、これらの細胞は、動物個体が死んだ後もその遺伝的多様性を後世まで残しておくための手段となるからだ。

いずれにせよ、研究の進展を待つてはられない。Fatuは今年1月に、「Suni」という名の雄と交配を始めている。■

(翻訳: 船田晶子)

1. Friedrich Ben-Nun, I. et al. *Nature Methods* <http://dx.doi.org/10.1038/NMETH.1706> (2011).
2. Takahashi, K. et al. *Cell* **131**, 861-872 (2007).
3. Yu, J. et al. *Science* **318**, 1917-1920 (2007).
4. Hayashi, K., Ohta, H., Kurimoto, K., Aramaki, S. & Saitou, M. *Cell* **146**, 519-532 (2011).
5. Lanza, R. et al. *Cloning* **2**, 79-90 (2000).
6. Lanza, R. *Science* **318**, 1865 (2007).

# チンパンジーも文化を持つ

## The cultured chimpanzees

GAYATHRI VAIDYANATHAN 2011年8月18日号 Vol. 476 (266-269)

チンパンジーにも「伝統」があるのだろうか。

野生チンパンジーの個体数が減少の一途をたどる中、研究者たちは競い合うようにその研究を進めている。

ゴーン！ ゴーン！ ゴーン！ — リベリアの熱帯雨林に、何かを強く打ちつける音が響き渡った。これを聞いた研究チームは、身動きを止め、耳を澄ませた。チームメンバーの1人、Vera Leinertは、無言でガイド役のリベリア森林開発庁の森林警備隊員 Jefferson ‘Bola’ Skinnah に調べてくるよう指示した。彼は、自分の立てる音とそのゴーン、ゴーンという音でうまくかき消されるようにしながら、忍び足で前進していった。

やがて Skinnah は、森が開けて太陽の光が差し込んでいる場所で、体の大きい1頭の大人のチンパンジーが大きい石を何かに打ちつけているのを見つけた。チンパンジーは、木の実の殻が割れると中身を口に入れ、すぐに別の木の実を割るために石を打ちつけるという行為を繰り返していた。Skinnah がさらに近づこうとすると、チンパンジーは木々の間に姿を消してしまった。Leinert たちがその場所にたどり着いたときには、とっくにいなかった。

Leinert はこの1年間、チンパンジーの個体数調査のために、リベリアの最初にして唯一の自然保護区であるサボ国立公園を歩き回ってきた。彼女はマックス・プランク進化人類学研究所 (EVA: ドイツ・ライプチヒ) の学生ボランティアで、この人間に対して警戒心の強い動物をまだ一度も実際に見たことはなかった。が、この保護区に棲むチンパンジーの何頭かについては、隠し撮りされた映像を通じてよく知っていた。ある活動的な太鼓腹の若い雄は、体を支えるために若木を

しっかりつかみながら、堅い木の実に石を激しく打ちつける。また、もっと力が強く、1個の木の実を3回叩くだけで割ることのできる大人のチンパンジーもいる。一方、調査地点を、赤ん坊を連れて通り抜ける母親たちもいる。こうしたようすは、サボ保護区全体に戦略的に設置したビデオカメラでとらえられた。

野生チンパンジーの調査が難しいことはよく知られている。それは、彼らが人間に近寄らないからだ。これはもっともな話だ。肉が目的の密猟やヒトの呼吸



リベリアでは、若いチンパンジーのようすを調べるのにカメラトラップ法が役立っている。写真は木の実を割っているところ。

器疾患の伝染によってチンパンジー個体数が減少し<sup>1</sup>、また、森林伐採や資源採掘事業によってその生息域が奪われてきたからである。このため、個体数が激減している。しかし、大型類人猿が生息しているほとんどの国では、チンパンジーの適正な調査がこれまで一度も行われておらず、正確な生息数はわかっていないのが実情である。

こうした状況は、アフリカ全域の大型類人猿個体数調査に初めて取り組む「汎アフリカ大型類人猿プログラム (Pan Africa Great Ape Program)」によって、変わるかもしれない。このプロジェクトに参加する研究者たちは、チンパンジー個体数調査 (8 ページ図参照) に加えて、チンパンジーの群れがいる 15 か国 40 か所の調査地点にビデオとマイクの自動記録装置を設置する計画を立てている。この大型類人猿プログラムは、EVA の霊長類学部門主任の Christophe Boesch と、同じく EVA の Hjalmar Kühl の 2 人が率いており、アフリカ各地に棲むチンパンジーの行動 (木の実割りから発声まで) が地域によってどう異なっているかを把握することを目的とし、最終的には、チンパンジーの「文化」と呼べるものの起源や程度を明らかにすることをめざしている。

ごく最近まで、文化、すなわち社会的に継承される行動は、ヒトだけのものだと考えられていた。しかし現在では、多くの動物が何らかの文化を持っているという認識が広まりつつある。特に、遺伝子の 98% がヒトと共通しているチン



タンザニアのゴンベにいるカサケラ集団の雌チンパンジーが、小枝を道具として使ってアリ塚からシロアリを捕獲するやり方を、子どもに見せているところ。

A. SHAH/NATUREPL.COM

パンジーは、動物界の中でも最も幅広い行動の差異が報告されている。ヒトとほかの動物を区別する境界線は薄れつつある、という研究者もいる。「白か黒かという単純なものではないのです」。Leinertの指導教官 Kuhl は、こう語る。

古い考え方に基づけば「ヒトだけが文化を持っている」ことになる、とエール大学人類学科（米国コネチカット州ニューヘイヴン）の生物地理学者 Jason Kamilar は話す。「だとすると文化は、ヒトらしさを定義する特徴であり、ヒトがチンパンジーと分かれた後、どこかの時期に進化したこととなります。しかし、チンパンジーに文化があるならば、おそらくチンパンジーとヒトの最終共通祖先も文化を持っていたこととなります」。

### 行動の分布地図を作る

チンパンジーの中には、にわか雨が降り始めると、ゆったりとダンスをするものがある。また、軍隊アリを捕獲するのに

長い小枝を使うのもいれば、短い小枝を使うものもいる。西アフリカでは、いくつかのチンパンジー集団が木の実を割るために石や木片で叩く行動をする。しかし、コートジボワールを流れるンゾ川-ササンドラ川の東側では、木の实割り行動が観察されているのは1つの集団のみである。

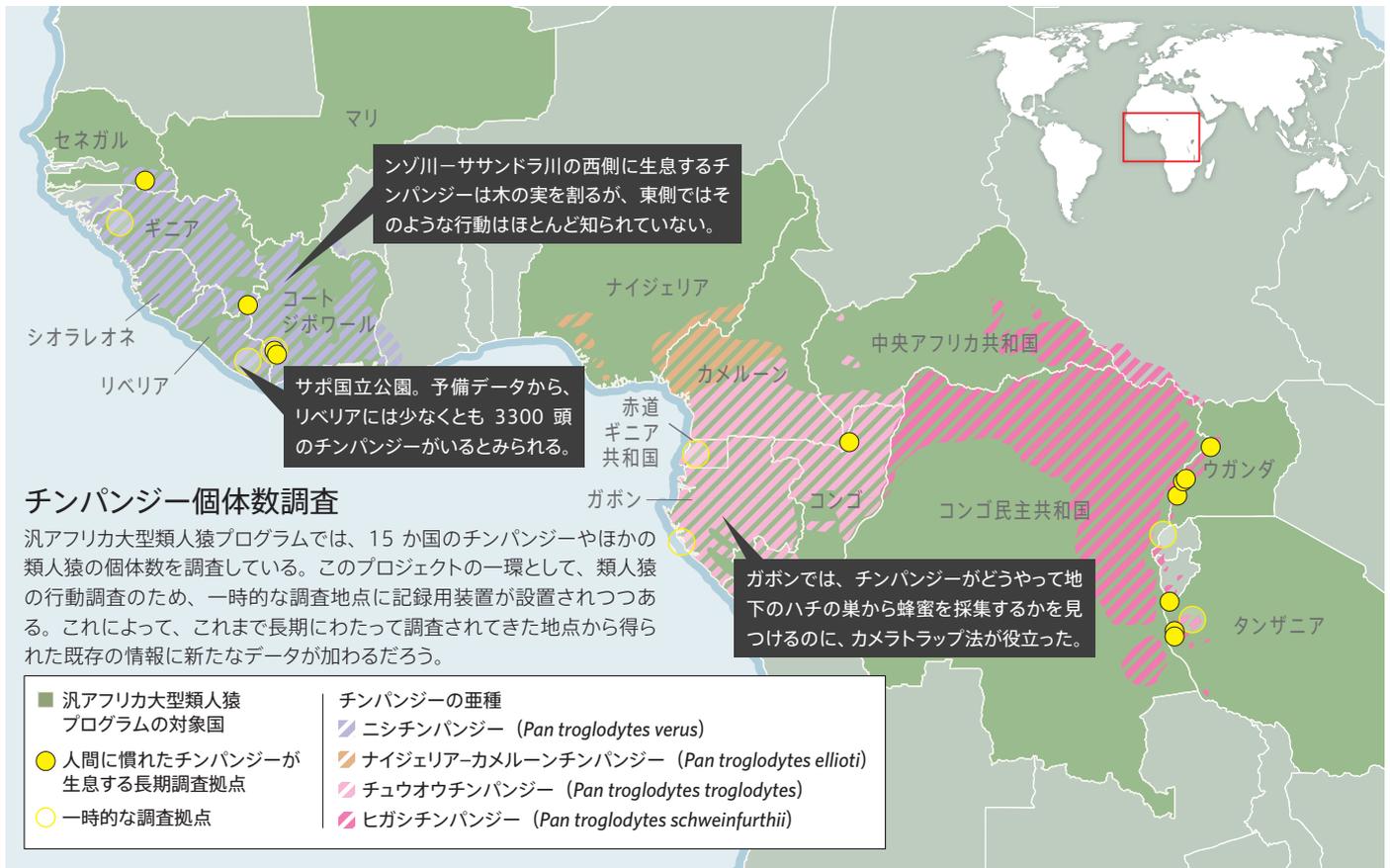
これまで、こうした行動の差異は、研究のために慎重に人間に慣れさせたチンパンジー集団を、何年にもわたって調査する中で観察されてきた。だが、アフリカにはそうした調査集団が12しかない（8ページ図参照）。そのうちで最も有名なのが、霊長類学者ジェーン・グドールのタンザニア・ゴンベ川国立公園内の調査集団である。

1999年、セントアンドリュース大学（英国）の進化心理学者 Andrew Whiten の研究チームは、これらの調査集団のうち7つの集団で見られる行動のリストをまとめ、チンパンジーは暮らしている

地域によって独自の伝統を持っていることを示した<sup>2</sup>。同チームは、リストの65種類の行動のうち、特に理由がないのに集団間で異なっている行動が少なくとも39種類あることを突き止めたのだ。

ヒトの場合、文化は個体から個体へと受け継がれる。また、実験室での研究から、チンパンジーも学習した習慣を受け継ぐ能力を持つことがわかっている。Whiten のチームが行ったある実験では、2頭のチンパンジーに、箱から餌を入手するための複雑な一連の手順を教え込み、元の集団へ戻したところ、すぐに集団内のすべてのチンパンジーが、この手順で餌を手に入れるようになった<sup>3</sup>。しかし、そうした社会的学習が野生状態でも起こるのかどうかははっきりしない。ゴリラやボノボも、実験室では道具の使用を覚えさせることができるが、自然の生息環境ではめったに道具を使うことはないのだ<sup>4</sup>。

野生状態で文化を解明することは難し



### チンパンジー個体数調査

汎アフリカ大型類人猿プログラムでは、15 国ものチンパンジーやほかの類人猿の個体数を調査している。このプロジェクトの一環として、類人猿の行動調査のため、一時的な調査地点に記録用装置が設置されつつある。これによって、これまで長期にわたって調査されてきた地点から得られた既存の情報に新たなデータが加わるだろう。

い。なぜなら、集団間の行動の違いに、遺伝的条件や環境条件の差異など、ほかの原因がないことをはっきりさせねばならないからだ。「チンパンジーがすべて同じ行動をとらないのはなぜか。その1つの答えは、集団間にある目に見えない生態の違いによるものです」と、ハーバード大学（米国マサチューセッツ州ケンブリッジ）の霊長類学者 Richard Wrangham は言う。彼によれば、1種類の行動は、降雨量や、チンパンジーが利用できる樹木の種類、生息域にいる捕食者の種類といったいくつもの可変要素と結びついている可能性がある。

こうした要素の影響は得てして気付きにくいものだが、ある事例が、どうやってチンパンジーが小枝を使って軍隊アリの捕獲するのかを調べている際に見つかっている。ギニアに棲むチンパンジーは、時には短い小枝を使い、時にはその2倍もの長さの小枝を使う。その理由は、

Humle が解明するまでわからなかった。彼女は、アリの中には脚が長く顎も大きい攻撃的なものがいて、そういうアリは小枝を駆け上がる速度が速く、噛む力も強いことを見つけたのだ<sup>5</sup>。アフリカのほかの場所に棲むチンパンジーも同様に、道具の長さをいろいろ変えてアリの捕らえるが、同様の理由からだろう。

しかし、アリの捕獲に関係したほかの差異については、はっきりした理由がまだ見つかっていない。コートジボワールに棲むチンパンジーは、小枝に付いたアリのぬぐって手のひらに載せてから食べる。そこから 320 km ほどしか離れていないギニアでは、アリが付いたままの小枝を自分の口に直接差し込む。どちらの場所も、生息するアリの種類は同じなのである。

遺伝的な影響の排除もやはり困難である。今年、EVA の分子生態学者 Kevin Langergraber の研究チームは、9つのチンパンジー集団の遺伝データと行動

データを比較解析した。すると、ミトコンドリア DNA の重なり合いが大きい集団ほど、行動の類似性も大きかった<sup>6</sup>。「現在言えることは、遺伝による説明付けもまだ排除できないということです」と Langergraber は話す。

現在アフリカには、20万～30万頭のチンパンジーがいると考えられているが、Whiten によれば、研究者がこれまで調査したのは、人間に慣れた群れのいる12地点の計700～1000頭にすぎないという。この程度の集団数から得られる情報では、遺伝子と環境が行動の差異にどのように影響しているかを解明するには少なすぎる。Kühl はこの状況を、世界各地に散らばるほんの一握りの数の村を調べて、ヒトの文化を定義する儀式のすべてについて基本的な結論を引き出すようなものだと言っている。

Whiten のチームは現在、人間に慣れたチンパンジーのいる調査地点すべてで、チンパンジーの行動と生態をさらに

詳しく比較解析している。研究チームが今使っているこのデータは、50年という月日をかけて、辛抱強く観察し、研究して得られたものだ。

しかし今後は、Leinertのチームがリベリアで行っているように、要所要所に隠しカメラを設置して撮影するという方法をとるべきかもしれない。この方法は有効なことがすでに実証されている。Boeschの研究チームは2年前にガボンで、地面にランダムに空いた小さい穴を見つけて不思議に思った。そこで隠しカメラを仕掛けたところ、チンパンジーが穴を掘って地下のハチの巣から蜂蜜を取り出しているところが、記録されていた<sup>7</sup>。こうした行動は、それまで誰も観察したことがなかった。「このカメラトラップ法は、野生のチンパンジー集団の、今まで知られていなかった複雑で技術的な行動を明らかにするのに、強力な方法であることが証明されつつあります」とWhitenは話す。

### 行動を現場で自動撮影

話を最初に戻そう。サポ保護区の調査地点ではチンパンジーはすでに去ってしまっていたが、Leinertは手袋を着けて、チンパンジーがゴニア産プラム(*Parinari excelsa*)の種を割るのに使った石を手に取り、計測した。その石はかなり大きく、重さは880gもあった。彼女は今後の解析のために木の実を採集

し、遺伝学研究のために体毛や糞便の試料も集めた。さらにLeinertは、木の実割り行動に関するデータをもっと収集するために、後日、その場所にビデオカメラを1台設置しようと考えている。カメラは充電式で、小さな箱に入れて、チンパンジーの肩ほどの高さの木の幹に仕掛ける。赤外線動作感知器が付いており、感知範囲で何か動くとき、カメラが1分間作動する仕組みだ。

木の実割りが行われるこの場所の近くでは、すでに、太陽電池を使ったマイクで森の中の音を記録し続けている。チンパンジーはさまざまな鳴き声を発する。例えば、短い高音のフーホーフーホーという鳴き声(「パントフート」と呼ばれる)は個体ごとに独特である。そこで、研究者は鳴き声をもとに個体を特定したり、群れの大きさを見積もったりする。鳴き声は、ヒト言語の方言に似た、一種の音声文化なのかもしれない<sup>8</sup>。

汎アフリカ大型類人猿プログラムでは今後5年かけて、アフリカ各地にこれと同様の記録基地を設ける予定である。「このデータから、きっと2、3年で、40の個体群から行動の違いが見つかるでしょう。ご存知のように、この個体群の数は現在調査している個体群の4倍以上になります」とBoeschは言う。

こうしたデータは、木の実割りなどの行動の分布や拡散に、遺伝子や生態環境、社会的伝承がどう影響しているかを調べ

るためのコンピューターモデルの設計に役立つのではないかと、Kühlは考えている。1つの可能性として、チンパンジーの雌が性的に成熟して新しい集団へ移動するときに、生まれ育った群れで学習した行動も一緒に持ち込むことが考えられる。別の可能性としては、各集団で独自の行動がいくつか生み出され、そのうちの一部が集団内で流行して文化になることも考えられる。また、1つの慣習が一部の集団では廃れ、ほかの集団では存続することもありうる。あるいは、チンパンジー集団の中には、新規参入してきた個体から新しいやり方を取り込むことを拒む集団もあるかもしれない。いくつかの集団で同じような行動が見られる一方で、そうでない集団がある理由は、これで説明できそうである。

Kühlたちがモデル化研究を行うためには、ビデオカメラやマイクで得た記録を今よりも速く解析できる方法を開発する必要がある。この種の記録は毎月、数百時間分が蓄積されているからだ。現在、学生たちが記録を解析しているが、Kühlによれば、1時間のビデオを解析するのに10時間もかかる場合があるという。そこで、Digital Media Technology社 フラウンホーファー研究所(ドイツ・イルメナウ)の技術者たちが、チンパンジーの顔パターンや目の下のしわなど個別の特徴から個体を識別するための、コンピューターアルゴリズムを開発した。このソフトウェアを動物園のチンパンジーでテストしたところ、83%の確率で個体を正しく識別でき、また、人間の10倍の速度で記録を解析処理できた。

ただし、大人のチンパンジーが縄張り内をどう巡回するのか、また、広域的な行動については、ビデオカメラでは明らかにできない。これではチンパンジー社会にある伝統の全体像まではつかめないだろう。そのうえ、自動撮影による記録法では、軍隊アリの顎の大きさや脚の長さといった、最終的に特定の行動を説明付ける可能性がある、生態環境の細かい情報は決してとらえられないだろう。



Hjalmar Kühl(左写真のいちばん手前)と研究員たちが、チンパンジー個体数を数えるために、リベリアのサポ国立公園を調査している。この公園内に仕掛けたマイク(右写真)とカメラで、チンパンジーの行動を記録する。

## チンパンジーは何頭残っている？

個体数を調べるために、研究者たちは 15 か国を渡り歩いている。

2 歳になるチンパンジーの Jacob は、1 日のほとんどを、自分と大して変わらない大きさの木の箱の中で過ごしている。リベリアのサボ国立公園で生まれた彼は、密猟者の腕に死んだ母親とともに抱かれているところを、森林警備隊員に見つけられて保護された。

こんな話はアフリカではちっとも珍しくはない。ナイジェリアでは野生動物の肉が貴重なタンパク質源の 1 つであり、死んだチンパンジーが 1 頭 200 ドル（約 1 万 5000 円）で売れる。野生のチンパンジーがいったい何頭いるのか、誰も正確に把握していない。2003 年に国際自然保護連合 (IUCN) が非常に大雑把な計算で、17 万 2700 ~ 29 万 9700 頭と見積もった。しかし、野生チンパンジーの個体数は急速に減少しつつあり、多くの集団は今後数十年のうちに消滅する可能性が高い。2008 年の調査では、コート

ジボワールのチンパンジー個体数は 17 年で 90% 減少したことがわかっている。

こうしたデータ不足を受けて、2010 年にマックス・プランク進化人類学研究所 (EVA: ドイツ・ライプチヒ) は、EVA に本部を置く「野生チンパンジー基金」と米国バージニア州アーリントンに本部を置く「コンサベーション・インターナショナル (CI)」と協力して、汎アフリカ大型類人猿プログラムを発足させた。彼らがめざすのは、アフリカ 15 か国で全国規模の調査を行って、アフリカ大陸に何頭のチンパンジーが残っているかを見積もることだ。プログラムに関係する研究者たちは、その予算を開示しようとしなが、調査費用が高額になることや、必要な資金をまだすべて確保できていないことは認めている。

この調査の一環として、EVA の大学院生 Jessica Junker は、リベリアの大学

院生やリベリア農林開発庁から派遣された森林警備隊員らとともに、リベリアを格子状に 68 の四角い区画に分けて生態調査を行うため、約 400 km を踏破している。彼らは徒歩で灌木やシダが生い茂る中を分け入り、ぬかるんだ深い谷を進み、チンパンジーの営巣場所を探した。チンパンジーは普通、1 頭ごとに毎日新しい巣を作るので、巣の崩れ具合から作製時期が推定できる。また、その区域にいる個体数がどれくらいかもわかる。Junker たちのこれまでの知見から、リベリアには少なくとも 3300 頭のチンパンジーがいるとみられる。

シエラレオネでも同様の手法で調査が行われた。2008 ~ 10 年の「タクガマ全国チンパンジー個体数調査」では、同国内に 5500 頭以上が生息しているという算定結果が出た。この数字は 1981 年の 2500 頭という算定数よりかなり多いが、

これはおそらく、古い調査ではあまり系統的な調査法が使われなかったためだろう。

汎アフリカ大型類人猿プログラムの共同運営者である EVA の Christophe Boesch は、同プログラムのおかげで保護活動を最良の形に持っていけると言っている。しかし、各国の大型類人猿の正確な個体数をつかむにはそれなりの労働力が必要なため、かなりの費用がかかる。

また、一部の保護活動家はむしろ、密猟を取り締まる法律の強化に資金を投入したほうがいいと考えている。「負け戦だと知るために国家規模の調査をする必要はないでしょう」と、環境保全団体 WWF のアフリカ大型類人猿プログラム (African Great Apes Program) のまとめ役をしている David Greer は話す。「もっと毅然と、もっと攻めの姿勢で、いろいろな介入策を講じてチンパンジーの個体数減少を止めようとするべきです」。

**G.V.**

こうした情報は、研究者が現場に出向かなければ手に入れることができないのだ。さらに、どのようにしてチンパンジー個体が文化の推進役として互いに伝統を継承していくかを知るためには、長期の行動調査が必要となる。

しかしながら、Leinert がサボ国立公園内に設置した 30 台のカメラからすでに、かすかなてがかりがいくつかもたらされている。Leinert が最も興味を引かれているのは、「Janosch」と彼女が名付けた活発な若い雄だ。「彼の太鼓腹と、木

の実を割るための石の打ちつけ方」は彼女のお気に入りとなっている。Janosch は、見るものを楽しませてくれるだけでなく、時には打ちつける石を持ち運ぶことがある。これは、サボ国立公園に棲むほかの多くのチンパンジーでは見られない行動で、集団内のほかの個体にもまだ流行していないと考えられる。もしそうなら、Leinert は、文化の差異が生じていく現場を、森に仕掛けたビデオカメラを通して目撃できるかもしれない。

(翻訳: 船田晶子)

Gayathri Vaidyanathan は、*Nature* に在籍する国際開発研究センター (IDRI) 研究員。

1. Köndgen, S. et al. *Curr. Biol.* **18**, 260-264 (2008).
2. Whiten, A. et al. *Nature* **399**, 682-685 (1999).
3. Whiten, A., Horner, V. & de Waal, F. B. M. *Nature* **437**, 737-740 (2005).
4. McGrew, W. C. *Science* **328**, 579-580 (2010).
5. Schöning, C., Humle, T., Möbius, Y. & McGrew, W. C. *J. Hum. Evol.* **55**, 48-59 (2008).
6. Langergraber, K. E. et al. *Proc. R. Soc. B* **278**, 408-416 (2011).
7. Boesch, C., Head, J. & Robbins, M. M. *J. Hum. Evol.* **56**, 560-569 (2009).
8. Mitani, J. C., Hasegawa, T., Gros-Louis, J., Marler, P. & Byrne, R. *Am. J. Primatol.* **27**, 233-243 (1992).

## 心理学

## 人類は、三つ子のときから共同的

## When it's fair to share

SADAF SHADAN 2011年8月18日号 Vol. 476 (289)

人類には、誇るべき特徴が少なくとも2つある。ほかの大型類人猿よりも、共同的であることと、気前がいいことだ。Nature 8月18日号の328ページでは、Katharina Hamannらがこの2つの特徴の関係を調べている (K. Hamann et al. Nature 476, 328–331; 2011)。

人間が分かち合いの性向を示し始める年齢については、多くの研究がなされてきた。3～5歳児は、思いがけず手に入ったものは公平には分配せず、労せずして得たものをだいたい独り占めしようとする。しかし成長すると、そうした「たなぼた」は平等に分かち合うようになっていく。

Hamannらは、共同作業による成果物になった場合、幼児たちの振る舞いに変化するのかどうか知りたいと考えた。そこで研究チームは、2～3歳児のペアを対象として、一方の子どもがお目当てのもの(4つのおもちゃのうち3つ)を手にしやすい状況を作り、相棒とそれを分かち合うかどうか決められる場面を設定して、実験を行った。おもちゃを手にするまでの経過には3通りある。2人の共同作業による場合、どちらも労せずして自由に手に取れる場合、単独での作業による場合だ。

実験の結果、3歳児(2歳児ではダメだった)が選択権を持った場合、分かち合いの頻度は、並行的な作業(約25%)よりも共同作業(約75%)のほうが高かった。つまり、幼児は「労働の対価としての報酬」の感覚を獲得していなくても、資源は獲得の経緯に応じて分配すべきだということを理解していたのだ。

協力と公平性とこの関係は、人



ISTOCKPHOTO

間に特有のものなのだろうか。ほかの霊長類がヒトほど協力的に価値を見いださないとすれば、「どうやって自分のものにしたかによってモノを配分する」という考え方には興味を示さないはずだ。この仮説の検証に取り組んだHamannらは、有利な立場にあるチンパンジーが分かち合いを行う場合はあるものの、それは、餌が共同作業によって得られたのか、それともたまたま手に入ったのか、ということとは無関係であることを発見した。

こうしたチンパンジーの行動については、ヒトと違って食物の調達を共同作業に依存していないためだ、という説明が成り立つと思われる。言い換えれば、人間は、生存のために共同作業が重要であることを認識しているため、獲得済みの資源を共有することによって、将来の共同作業の仲間に入れてもらうための投資をしているのだ。幸運にも我々は、このことをごく幼いうちから身につけるらしい。

(翻訳：小林盛方)

世界とつながる

nature





南相馬市の幼稚園にて。幼稚園・保育所・学校は優先的に除染を行う必要がある。

## 福島原発事故から半年

### Fukushima impact is still hazy

DAVID CYRANOSKI, GEOFF BRUMFIEL 2011年9月8日号 Vol. 477 (139-140)  
[www.nature.com/news/2011/110907/full/477139a.html](http://www.nature.com/news/2011/110907/full/477139a.html)

事故以来続く政府と東京電力の混乱、そして官僚主義のために、  
 放射線の影響の迅速な評価が阻まれている。

2011年7月27日、東京大学アイソトープ総合センター長の<sup>こだまつひこ</sup>児玉龍彦は、衆議院厚生労働委員会に参考人として出席し、福島第一原子力発電所事故に関して自分が知っている事実を話した。彼はよく通る声で、3機の原子炉がメルトダウンを起こしてから数日後に同センターで高い放射線量が検出されたことを、毅然と指摘した。だが、自分が知らされていない事実の話が及ぶと、その口調に怒りがにじみ始めた。「今回の福島第一原発事故によりどれだけの量の放射性物質が漏れ出したのか、東京電力からも政府からも、明確な報告が全くないのです!」。彼はそう叫んだ。

この児玉の熱のこもった陳述の様子は、7月末にYouTubeに投稿され、9月下旬には再生回数が60万回を超えた。児玉は、日本政府の批判者として一躍有

名になった。しかし、政府の原発事故対応に不満を持つ研究者は児玉だけではない。ある研究者によると、地震と津波がメルトダウンを誘発してから約半年が過ぎた今でも、この危機的状況をしっかり把握するための肝要なデータがまだ不足しているという。さらに、官僚主義と研究資金獲得に時間がかかりすぎるのが、データ収集を妨げているのだ。一部の研究者は、もっと協調して取り組まなければ、除染は遅れ、チェルノブイリ以来最悪の原発事故の影響を測定する機会は永久に失われてしまうと警告している。業を煮やした児玉をはじめ、日本人研究者の中には、情報収集と除染のスピードアップのための草の根運動を始めた者もいる。

原発事故の発生以来、東京電力と政府は広く放射線モニタリングを行い、膨大

な量のデータを収集しているが、福島の放射性降下物の全体像が明らかになり始めたのはつい最近のことである。文部科学省は、8月30日ようやく、原発から100km圏内の汚染状況を示す地図を発表した。2200か所で測定を行った結果、セシウム137の汚染レベルが1m<sup>2</sup>当たり1000キロボクレル(kBq)を超えていると思われる地域が、原発から北西方向に約35kmにわたって帯状に伸びていることがわかった。ちなみに、1986年のウクライナ・チェルノブイリ原発事故では、1m<sup>2</sup>当たり1480kBq以上だった地域は、ソ連当局によって居住禁止区域とされた。日本では、事故直後より原発から半径20km圏内に避難指示が出されていたが、4月中旬、20km圏内は強制力の伴う警戒区域として立ち入りが禁止された。また、20km圏外でも年間の積算放射線量が20ミリシーベルト(mSv)に達する可能性のある区域は、計画的避難区域として避難が求められている。しかし、計画的避難区域は強制避難ではないため、依然として居住している人々がいる。

#### 被曝量の推定

原子力安全・保安院も、原発事故により漏出した放射線の総量の新しい推定値を発表した。推定には、原子炉の損傷に関して明らかになっている測定値を組み合わせたモデルが用いられている。6月に日本政府が国際原子力機関(IAEA)に報告した最新の数字によれば、今回の事故により空气中に漏出したセシウム137の量は、チェルノブイリの事故の17%に当たると考えられる(次ページの図参照)。また、漏出した放射線の総量は、政府の見積もりでは、チェルノブイリの事故の5~6%に当たる $7.7 \times 10^{17}$ Bqとされている。

しかし、ドイツ連邦放射線防護庁の物理学者Gerald Kirchnerは、「回答は明確であったが、それ以上に依然として多くの疑問が残されている」と言う。溶融した炉心の放射線量は非常に高いため、

その損傷を直接測定することは不可能だ。おそらく、最大の不確定要素は、事故発生から10日間の停電により測定ができなかった期間に、どれだけの放射能が漏出したかという点である。このデータを当時の気象情報と組み合わせてプルームのモデルを作れば、住民の被曝量について、より正確な予測ができるはずだからだ。

数種類の測定により、一部の避難者の被曝線量が非常に高いことがわかっている。弘前大学の放射線医学研究者の床次眞司らは、3月16日、4月12日、4月25日の3回にわたって、弘前市から福島市まで数百kmを車で走行し、大気中の放射線量を測定した。そのデータから、予想年間被曝量の最大は、福島県浪江町の計画的避難区域である赤宇木小阿久登から避難してきた人々の68mSvと見積もられた (<http://dx.doi.org/10.1038/srep00087>)。これは、政府が定めた年間被曝量の上限の3倍以上である。だが、床次は、この被曝量ならまだ大丈夫だと言う。また、インペリアル・カレッジ・ロンドン（英国）の放射線医学研究者 Gerry Thomas も、福島の原発事故による周辺住民の被曝量は、チェルノブイリ

の事故での被曝量に比べてはるかに少ないと言う。「個人的には、この被曝量なら健康に影響が出ることはないと思います」と Thomas。ただし、「集団の心理的健康には影響が出るかもしれません」と付け加える。

けれども児玉は、日本政府が緊急時迅速放射能影響予測ネットワークシステム (SPEEDI) を使った放射性プルームの拡散予測を早期に発表していたら、浪江町をはじめとする警戒区域内や計画的避難区域の市町村の被曝量をもっと少なくできたはずだと言う。こうした批判に対し、当局は、予測の基礎となる入力データが十分でなかったため、発表を控えたとコメントしている。

### ホットスポット

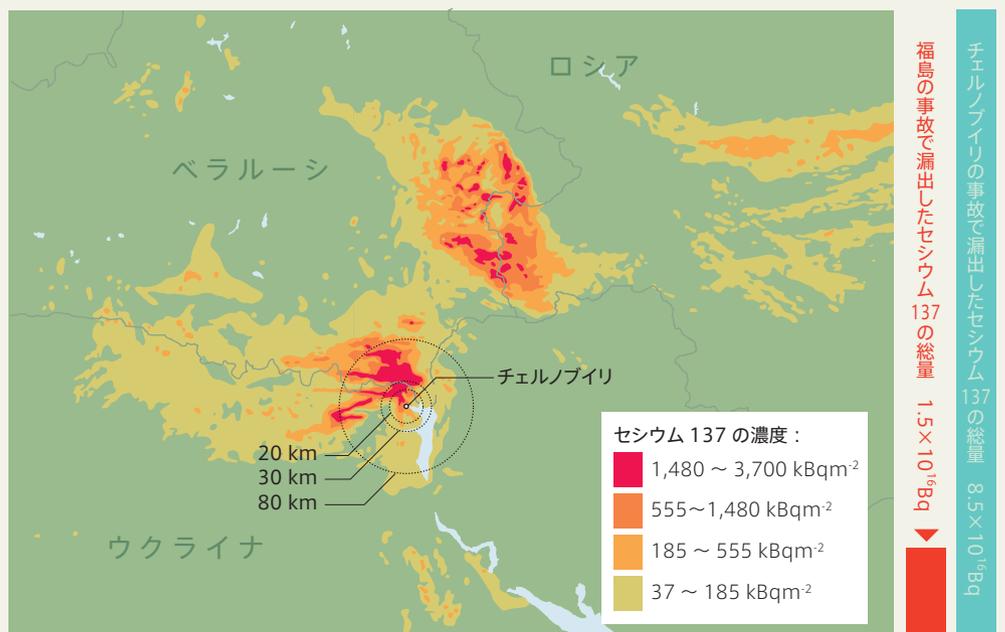
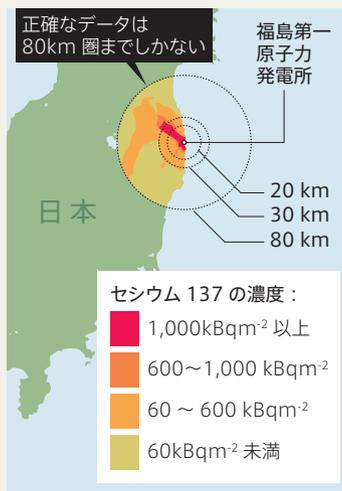
現在環境中に存在する放射能についても、多くの疑問が残っている。サウスカロライナ大学（米国コロンビア）の生態学者で、最近、福島に赴いて環境調査を行った Timothy Mousseau は、原発の周囲は丘陵が広がっているため、放射性降下物が雨水で洗い流されて特定の地点に集まり、いわゆるホットスポットになっていると言う。また、ウッズホール

海洋研究所（米国マサチューセッツ州）の海洋学者 Ken Buesseler は、太平洋に面した福島第一原子力発電所は、海に放射性核種を垂れ流し続けていると付け加える。Buesseler の調査チームは、7月中旬、原発から600km以上離れた海域で低濃度の放射性物質を検出した。陸上と同じように、海洋でも海流が放射性降下物を集めてホットスポットを形成するが、海洋生物への影響を推定するのは困難である。

研究者は皆、さらなるデータ収集がどれだけたいへんであるかを語る。床次は、ただでさえ無理を強いられている地元当局は、これ以上仕事が増えることを危惧し、彼らの現地調査の受け入れに消極的だと言う。一方、Buesseler と Mousseau は、悪名高い日本の官僚主義が、海外の研究者の調査を困難にしていると言う。研究資金の問題もある。Buesseler は、調査船の航海をやり遂げるため、Gordon and Betty Moore 財団から350万ドル（約2億7000万円）の資金提供を受けた。Mousseau も、福島での調査にはバイオ企業の支援を受け、その後は Samuel Freeman 公益信託から資金援助を受けている。

## 放射性降下物の比較

福島の原発事故に関する新しいデータによれば、セシウム137の濃度がチェルノブイリ事故のときに近づいていることを示している。ただし、放出された範囲ははるかに狭い。



一部の日本の研究者は政府の対応の遅さにしびれを切らし、市民と協力してデータを収集し、除染を始めようと動き出している。豊橋技術科学大学のコンピューター科学者、相田慎<sup>あいだしん</sup>は、狭い範囲でも場所によって線量が大きく違っていることがあるのに、国が発表した最新の線量地図は粗すぎて地元の人々には役に立たないと指摘する。相田は、「ユーザー参加型センシング」という方法で、より詳細な地図を作成することを提唱している。相田は、ピア・ツー・ピア型被災者支援サイト 311Help (<http://311help.com>) を用い、人々に自分の家や畑からサンプルを採取して放射能測定センターへ送ってもらい、その結果を地図上にプロットしていくことを計画している。

一方、児玉は、南相馬市に対してアドバイスを行っている。南相馬市は警戒区域にまたがる海岸の都市で、放射性降下物対策費として9億6000万円を計上しており、9月1日に除染対策室を設置した。その責任者の1人である南相馬市教育委員会の横田美明<sup>よこたよしあき</sup>は、「我々は、最も効率よく、効果的にリスクを低減できる方法を調べることから始めなければなりません」と言う。彼らの最初の仕事は、学校の校庭の表土を削って埋めることだ。住民は、土を埋める前に、セシウムを吸着する性質を持つゼオライトを内側に塗布したビニールシートに土を包んで、セシウムが地下水に染み出さないようにする指導を受けている。

さらに北西に離れた伊達市では、除染活動は学校から近隣の桃畑へと移行しつつある。8月31日には、15人ほどの専門家が、桃の木の根を傷つけないように、畑の表土をスコップや吸引器で除去し始めた。伊達市では、この作業により畑の線量を下げ、来年は桃を市場に出荷したいとしている。

日本政府もようやく重い腰を上げた。2種類の除染モデル事業を始めると発表したのだ。1つは、年間積算放射線量の平均値は20mSv未満だが若干のホットスポットがある、南相馬市のような市町

村を対象とするものである。もう1つは、年間積算放射線量が20mSv以上になる12市町村を対象とするものである。

研究者たちは、原発事故直後の混沌とした状況が一刻も早く終息して、放射性降下物とその影響が、よりはっきりと見えてくることを期待している。チェルノブイリの事故後に多くの調査を行った「原子放射線の影響に関する国連科学委員会 (UNSCEAR)」は、日本の関係機関と協力して、事故発生時から収集されてきた大量のデータを照合する作業を進めている。UNSCEARは、原発事故が環境に及ぼす影響や、原発作業員や避難者の被曝量も調べて、来年の夏には中間

報告を行いたいとしている。

最優先事項が除染であることは明らかだ。しかし、チェルノブイリで精力的に研究を行ってきた Mousseau は、今回の事故が非常に貴重な研究機会であることも忘れてはならないと言う。チェルノブイリでは、ソ連の秘密主義のため、研究者はウクライナの危機を検証するカギとなる時期に調査を行うことができなかった。「日本は我々の調査を直ちに受け入れてくれ、本当に深い理解を示してくれています」と、Mousseau は語っている。

(翻訳：三枝小夜子)

## 無料で使える科学論文の評価指標ツール

### Computing giants launch free science metrics

DECLAN BUTLER 2011年8月4日号 Vol. 476 (18)  
[www.nature.com/news/2011/110802/full/476018a.html](http://www.nature.com/news/2011/110802/full/476018a.html)

巨大IT企業グーグルとマイクロソフトの新サービスは、論文引用データやその評価指標を無料で提供する。

科学全体の見取り図を、より簡単に把握できる日が近づいている。グーグル社とマイクロソフト社が、引用文献データツールを無償で提供し始めたからだ。

有料の評価指標プラットフォームとしては、すでに、トムソン・ロイター社の Web of Knowledge やエルゼビア社の Scopus データベースがある。しかし、グーグル社とマイクロソフト社のツールは無料なので、使用料が支払えない（あるいは支払いたくない）科学者や研究機関にとって、まさに朗報となるはずだ。

グーグル社の Google Scholar は、2004年に学術出版物の検索エンジンとしてスタートし、2011年7月から GSC

(Google Scholar Citations) が加わった。これによって、研究者は、Google Scholar データベースに登録された自身のすべての論文を表示した、個人プロフィールを作成することができる ([go.nature.com/7wkpea](http://go.nature.com/7wkpea))。このプロフィールには、これらの論文の被引用回数の推移を示したグラフをはじめ、科学者の生産性やその論文が与える全体的影響を測定するための引用評価指標（例えば、高い人気を誇る  $h$  指数）が示されている。現在、このサービスは、招待者のみが利用できるベータテスト段階にあるが、最終的には、すべての研究者が利用できるようにする計画だ。

一方、2009年に始動したMAS (Microsoft Academic Search) にも、GSCとよく似たツールが付いており、この数か月の間に、引用評価指標をベースとした新しいツールがいくつか加わった (go.nature.com/u1ouut)。これらのツールを使うと、引用ネットワーク (右図参照)、出版物のトレンド、各分野の一流研究者のランキングが手に入る。

機能の数としては、マイクロソフト社のプラットフォームのほうがずっと多い。しかし、現在のところ、Google Scholarの規模の優位性が非常に大きく、そちらの評価指標のほうがはるかに正確で信頼性が高い、と研究者は話す。Google Scholarに登録されている文献の数は、マイクロソフト社はもちろん、Web of KnowledgeやScopusよりもはるかに多い。これに対して、MASに表示される著者の出版物はほんの一部にとどまることが多く、そのため、引用評価指標が「異様に低い」値になっている、とハワイ大学 (米国ホノルル) の情報科学者 Péter Jacsó は話す。

「MASは、商品としてはまだ生まれてたてなのです」と Microsoft Research Connections社の教育・学術コミュニケーション担当ディレクター Lee Dirks は遅れを認める。ただ、MASへの登録文献は、2011年3月から6月の間に1570万点から2710万点に急増し、今後もこのペースを維持するそうだ。「MASには大きな潜在力がある」とメルボルン大学 (オーストラリア) の Anne-Wil Harzing は話す。彼女は Google Scholar から引用評価指標を抽出するツールを開発した人物だ。

一方で、こうした手法自体に疑問を投げかける研究者もいる。人手によるデータの整理・確認作業を行わずに、本当に、純粋に計算的な手法によって信頼性の高い書誌データベースと引用評価指標を生み出せるのか、という疑問だ。Jacsó は、MASとGSCで用いられているテキストマイニングソフトウェアが、出版物から誤った書誌情報を抽出することが時々

起こる点を指摘する。例えば、著者名や所属機関の誤認などだ (P. Jacsó *Online Inform. Rev.* 34, 175–191; 2010)。

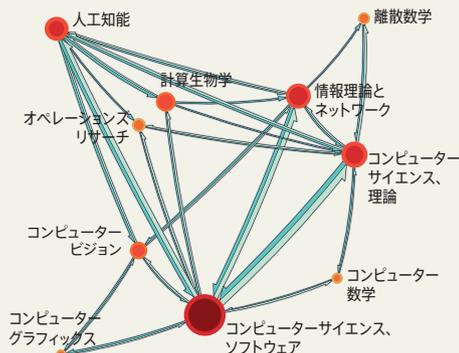
Google Scholar やその新しい評価指標システムの開発に携わったグーグル社の Anurag Acharya は、これに反論する。同社はこうした問題に長い間取り組んできており、最近の一連の改良により、同社のシステムの性能は「ますます向上している」と話す。また Harzing は、批判的な論者がこうした極端な書誌的誤りをことさら強調することが多い、とも付言する。彼女は、Google Scholar における全体的な誤りのレベルはかなり低く、*h* 指数など、もっとエラーに強い評価指標の計算精度には大きな影響は与えないと推測している。

Google Scholar は、社会科学と人文科学の分野で特に重要な研究成果である書籍や、コンピューターサイエンスや工学分野の重要な成果物である会議要旨録 (proceedings) を広範にカバーしている。この点でも有料データベースより優位性がある。「こうした文献までカバーしていることは、正確な評価指標を作り出すうえで非常に重要です」とライデン大学科学技術研究センター (オランダ) に所属する書誌計量学の専門家 Ton van Raan は言う。トムソン・ロイター社の商品開発担当ディレクター Joel Hammond は、Web of Knowledge もすでに会議要旨録の文献登録を始めており、今秋には書籍についても始めると言っている。Scopus にも類似の計画がある。

ただし、MASとGSCのいずれも、自分たちが Web of Knowledge や Scopus と直接競合するとは考えていない。「これは、他社と競争するという話ではありません。学術研究のためのオープンプラットフォームを提供しようという問題なのです」と Dirks は話す。また、インド生まれの Acharya は、これまではお金持ちの研究機関だけが利用できたサービスを、誰もが利用できるようにするという人道的な目標が動機となって行動している、と語る。実際、Google

## 科学の構造を視覚的に示す

Microsoft Academic Search 社のデータに含まれる170万点のコンピューターサイエンス関連の出版物について、被引用回数を分析した結果、各研究分野の相対的重要性と研究分野間の引用の流れが視覚化された。



Scholarのサーバーのログには、貧困国の研究者が幅広く利用していることが示されており、Acharyaはこれに満足していると話す。

守る側の Hammond は、「トムソン・ロイター社は、無料サービスと比べて、登録する出版物の選定管理をより厳密に実施しており、それが、同社の評価指標計算の信頼性を高めている」と主張する。Scopusも同様の方針をとっている。しかし、ほかの論者は、最終的には、GSCとMASが多くのユーザーにとって十分な内容を備えることになるだろう、と話している。「GSCとMASには、誰でも無料という決定的な強みがあり、今後開発が継続されれば、有料製品の本格的な競争相手になると思います」。こう話すのは、ワシントン大学 (米国シアトル) の生物学者で、引用データの解析で Microsoft Research Connections 社、トムソン・ロイター社の両社と共同研究を行ったことのある Carl Bergstrom だ。

van Raanもこれと同じ考えで、「文献引用インデックスを提供する営利企業が、今後ますますこうした無料アクセスサイトの蚕食を受けるのは明白です」と話している。

■ (翻訳：菊川 要)

# 「問題がある」論文が撤回されない理由

## 'Flawed' infant death papers not retracted

Jo MARCHANT 2011年8月18日号 Vol. 476 (263-264)

www.nature.com/news/2011/110816/full/476263a.html

10年前、遺族の承諾を得ない病理解剖が英国で問題になり、  
政府の調査報告書は「問題あり」との結論を出した。  
しかし、それに関連した論文は、今なお取り下げられていない。

2001年1月に英国で公表された調査報告書は、数百人の子どもの遺体の一部を親の承諾なしに摘出して研究材料にした論文10本に対して、「根本的に問題あり」という結論を下した。それから10年以上が経過したが、*Nature*が調べたかぎり、これらの論文のうち、きちんと削除されたものは1つしかない。正否は明快と思われる事例にもかかわらず何らの対応も見られないのは、論文の著者が事態を静観している状態では、研究機関や学術誌の編集部がそれを削除するのは容易ではないことを示している。

英国政府や警察、医療審議会（GMC）による一連の調査で、英国内の病理学者たちは、1990年代末まで、慣例的に、小児の遺体から臓器などの検体を親の承諾を得ずに摘出してきたことが明らかになった。この事実は英国全土にショックと不信感をもたらし、ヒト組織の取り扱いに関する法律の全面的な見直しにつながった。

スキャンダルの舞台は、リバプールにあるアルダー・ヘイ小児病院だった。政府の委託で弁護士 Michael Redfern が議長を務めて作成された報告書では、オランダ人病理学者 Dick van Velzen が、日常的に、同小児病院で検死した小児の遺体からさまざまな臓器や組織を摘出し、それらを研究用に保存していたという結論が下された。しかも、van Velzen は適切な検死解剖をしなかったケースが多く、解剖診断書は、不完全で

あったり完全なねつ造であったりした。

van Velzen は、これらの組織標本を研究材料にして、自身が籍を置くリバプール大学の研究者とともに数本の論文を発表した。その大部分は、乳幼児突然死症候群（SIDS）の原因究明のため、SIDS で死亡した乳幼児とほかの原因で死んだ乳幼児とを比較分析したものだ。

「Redfern 報告書」によれば、van Velzen の死体解剖はずさんなもので、実際に死亡した乳幼児が、SIDS 死亡群と対照群のどちらに入っていたのかを確定できなかったとしている。ほかの問題とも照らし合わせ、同報告書では、学術誌の査読を受けた10本の論文<sup>1-10</sup>について「根本的に問題あり」という結論に達した。GMC はその後、van Velzen がこの件で重大な職権乱用を犯したとして、彼の英国での医療行為を禁止した。しかし、van Velzen の論文の共著者に対しては、いかなる措置も取られなかった。なお、*Nature* は van Velzen とは接触できていない。

2009年、アルスター大学の神経科学者 Christian Holscher は、これらの論文がその後どうなったかを知りたいと考えた。アルダー・ヘイ小児病院の van Velzen のかつての同僚で、10本の論文すべての共著者でもある Vyvyan Howard が、その時まで Holscher と同じ部門で働いていたからだ。Holscher は調べて驚いた。どの論文も取り下げられていないのだ。「これらの論文が今な

お一般公開されているのはよくありません。背景を知らない人は、これらが適正な結果を出した科学研究だと思ってしまうからです。

Holscher は、いくつかの学術誌の編集長に、これらの論文が撤回されずにいる理由を問いただした。*Pediatric Pulmonology* の Victor Chernick は、その後まもなく該当論文<sup>3</sup>を撤回した。しかし、今までのところ、10本の論文のうち取り下げられたのはこの1本だけである。*Early Human Development* の Elia Maalouf も該当論文<sup>5</sup>を撤回するつもりだと返信してきたが、まだ実行されていない。*Pediatric and Developmental Pathology* の Miguel Reyes-Múgica は、該当論文<sup>4</sup>を取り下げる必要性は感じていないと答えている。

Reyes-Múgica はさらに、*Nature* に対して、「Redfern 報告書」の調査結果がどうであれ、論文が無効かどうかを判断するのは自分ではない、と回答した。「編集者の仕事は、司法上の問題にかかわるべきではない」とも付け加えている。

10本の論文のうちの5本は、現在も PubMed で閲覧可能である<sup>2,4-7</sup>。また3本はアルスター大学のオンライン文献データベース上にも置かれている<sup>2,4,5</sup>。これらの論文はさほど引用されていないが、発育遅延の胎児では腎臓があまり発達しないことを示した論文<sup>7</sup>は、PubMed で時おり引用されており、2010年以降でも6回引用されている。

### 臨床への寄与

Howard によれば、「Redfern 報告書」が発表された後、彼と共著者たちは、該当する複数の論文を取り下げるべきかどうか検討したという。そして最終的に、自分たちの研究はいずれも正当性を失っていないと判断したのだそうだ。「我々の研究は、この分野に貢献したと思っています。あの研究結果は、臨床診療にも影響を及ぼしているのです」と Howard は語る。彼の話によると、現在では、生存率を高めるために、発育遅延

の胎児はできるだけ早い段階で出産させているという。

彼やほかの共著者は、報告書を作った Redfern たちが自分たちの研究について誤解していると主張する。Howard と、批判されている論文のうち 7 本の共著者であり、現在ノースウィック・パーク医学研究所（英国ハロー）の手術部長を務める Paul Sibbons は、「数本の論文は、SIDS 症例と SIDS でない症例の比較に頼ったものではないので、適正な診断がされなくても研究の結論には影響しないでしょう」と言っている。さらに Sibbons は、たとえ両者の比較に基づいた研究であっても、自分の組織標本分析で出された診断は、研究として十分なものだったと付け加えた。さらに彼は、「Redfern 報告書」に書かれた「あまりに多くの誤り」という表現を見て、「あきれてしまいました」と言っている。そして、自分の研究は「問題あり」という分類に入れられるべきでなかったと付け加えた。

一方の Redfern は、「私の出した調査結果は、11 年間、揺るぎない事実のままです」と語り、批判された論文を取り下げない著者たちの判断については、コメントを控えた。「それは彼らの選択ですから。結論を出すべきなのは、あなたたち（Nature および科学論文誌）だと思いますよ」。

Holscher は、「Redfern 報告書は細かくて正確です」と評している。そのうえで、リバプール大学はこれらの論文撤回を著者任せにせず、学術誌に対して撤回を要請すべきだ、と主張する。「学術誌の編集者は、論文が無効となった場合、それをどう扱うべきか何のアイデアも持っていないことが多いです。大学の責務はそれを編集部に言うことであって、著者の利益のために動くことはありません」。

リバプール大学の広報担当者は声明で、同校には厳然とした指針と研究の完全性に関する基準があると述べている。「Redfern 報告書の発表を受けて、我が校は調査対象となった標本に基づく研

究成果を、それ以上発表できないようにしました」。広報担当者はさらに、同校の研究管理委員会が現在、撤回されなかった論文について検討しているところだとも語った。「不適切とされた場合、これらの論文の撤回を要請することになります」。

アルスター大学のオンラインデータベース上に現在ある 3 つの論文は、「スタッフの一員によって正規の形で公表された論文です」と、同校の研究 / 技術革新担当部門の副責任者 Norman Black は言う。「アルダー・ヘイの調査によって当大学が論文撤回の要請もしくは勧告を受けた覚えはありません」と彼は話す。

### てんでんばらばらな対応

米国の科学ジャーナリストで「Retraction Watch（論文撤回ウォッチ）」というブログを運営している Ivan Oransky は、著者かその所属機関のどちらかに論文撤回をゆだねるという考え方に疑問を抱いており、どちらも撤回に消極的になりがちだと指摘する。彼は例としてハーバード大学（米国マサチューセッツ州ケンブリッジ）の心理学者 Marc Hauser の件を引き合いに出した。大学の内部調査が行われ、Hauser は先月辞任したが、その調査結果は公開されていない。ハーバード大学によると、Hauser は 3 本の論文に関連して科学的な不正行為を 8 つ犯したという（Nature 466, 908-909; 2010 を参照）。「その論文のうち 1 本だけが撤回されました。ハーバードはこの調査に 3 年かけましたが、その結果はまだ公開されていません」と Oransky は言う。

論文著者や研究機関に任せるのではなく、学術誌の編集部がもっと積極的な役割を果たすべきだと、彼は主張する。「編集者は自分たちが出版したものに対して、確固たる姿勢を見せるべきです」と言う。彼は各誌編集部の姿勢が「てんでんばらばら」だと不満を訴えているが、建設的な例として、Anesthesia & Analgesia の編集長 Steven Shafer の名を挙げた。Shafer は、ドイツの麻酔専

門医 Joachim Boldt が倫理的に適切な承諾を得ずに行った研究の論文を掲載したことがわかった後、影響を受けた 11 誌の編集長を束ねて動いたのである。各誌が協力し合い、やがて Boldt の論文のうち約 90 本を撤回した。

自身も学術誌 *Comparative Clinical Pathology* の編集長である Sibbons は、こうした場合に論文を取り下げるべきかどうかを編集者が適切に判断するには、過去にさかのぼった査読プロセスが必要となり、これはコストに見合いそうにないと言った。彼の主張によれば、研究の正当性をチェックする仕組みの 1 つは追跡実験だという。「普通は、実験をなぞって再現することで、おかしな点が明らかになります。論文を撤回すると、それができなくなります」と彼は話す。

しかし Oransky は、学術誌編集者からなる「論文発表の倫理に関する委員会（Committee on Publication Ethics）」が公開している指針によれば、調査で問題があるとわかった論文の撤回は、掲載誌の編集長の権限に含まれていると指摘する。

著者が撤回に同意しないときは、編集長が著者に反証を求め、それを撤回公告（retraction notice）の一部として印刷したらどうかと Oransky は提案する。完全に撤回されない場合は、ほかの人々に注意を呼びかける「警告ラベル」を付けるのもいいだろうと彼は言う。狙いは、透明性を高めること、そして、科学を結果でなく過程としてとらえることだと言っている。

（翻訳：船田晶子）

1. Ansari, T. et al. *Eur. J. Morphol.* **33**, 294-298 (1995).
2. Beech, D. J., Howard, C. V., Reed, M. G., Sibbons, P. D. & van Velzen, D. *J. Microsc.* **197**, 36-45 (2000).
3. Beech, D. J., Sibbons, P. D., Howard, C. V. & van Velzen, D. *Pediatr. Pulmonol.* **31**, 339-343 (2001).
4. Beech, D. J., Sibbons, P. D., Howard, C. V. & van Velzen, D. *Pediatr. Dev. Pathol.* **3**, 450-454 (2000).
5. Beech, D. J., Sibbons, P. D., Howard, C. V. & van Velzen, D. *Early Hum. Dev.* **59**, 193-200 (2000).
6. Hinchliffe, S. A. et al. *Pediatr. Pathol.* **13**, 333-343 (1993).
7. Hinchliffe, S. A., Lynch, M. R., Sargent, P. H., Howard, C. V. & van Velzen, D. *Br. J. Obstet. Gynaecol.* **99**, 296-301 (1992).
8. Howard, C. V. et al. *Zool. Studies* **34**, 109-110 (1995).
9. Ricketts, S. A. et al. *J. Cell. Pathol.* **3**, 17-26 (1998).
10. Sibbons, P. D., Ricketts, S. A. & van Velzen, D. *J. Cell. Pathol.* **1**, 153-160 (1996).

# トラウマ記憶は、海馬のシナプスで「AMPA 受容体」が増えるために起こる!

私たちの身の周りには、多くの危険が潜んでいる。恐怖を感じ、怖い体験を忘れずに記憶しておくのは、これらの危険から身を守るためともいえる。一方で、東日本大震災のように、生死にかかわる出来事が病的なトラウマとなって脳に刻まれてしまうこともある。横浜市立大学先端医科学研究センターの高橋琢哉教授らは、場所と関連して受けた恐怖体験の記憶が作られる仕組みを、分子レベルで明らかにした。



高橋 琢哉

—— Nature ダイジェスト：トラウマというのは、どう定義されているのでしょうか？

高橋：日常的には、怖い思いや体験をすると「トラウマになりそう」などと言いますが、米国精神医学会による『精神障害の分類と診断の手引き (DSM-IV)』では、「実際に（あるいは危うく）死ぬような出来事、重症を負うような出来事、自分や他人の体の保全に迫る危険を体験、目撃、あるいはそのような状況に直面したことで、強い恐怖、無力感、または戦慄を感じる」と定義されています。今回の東日本大震災、特に巨大津波の襲来は、きわめて多くの人々にトラウマを残したと思います。

—— これまで、トラウマについてどんなことがわかっていたのでしょうか？

実は、定義付けはされているものの、病態についてはあまりわかっていませんでした。トラウマは脳に「恐怖記憶」として記録され、うつ状態、過呼吸、パニック障害などを引き起こすことがあります。私自身は、PTSD や境界性人格障害の多くが、恐怖記憶と関連していると考えています。

どんな体験がトラウマになるかは、個人によって大きく異なります。多くの人々が怖いと感じるような体験をしてもトラウマにならない人もいますし、逆に恐怖はないと思われる体験でトラウマになる人もいます。ただし、トラウマになりやすい人には「ストレスに対する耐性が

弱い」という共通点があります。幼少期に虐待を受けていたなど、育った環境が過酷な場合が多く見られます。一般に、ストレスに対する耐性が弱いと、うつ病、双極性障害、境界性人格障害などの難治性の精神疾患になりやすいと考えられています。

とはいっても、恐怖記憶の仕組みが全くないと、生物としての生存自体があやうくなります。轟音のする巨大な滝のそばで恐怖を感じて足がすくむのは、身を守るための正しい防御反応ともいえるわけです。脊椎動物の多くで、その種なりの恐怖記憶が形成されていると思われます。

## トラウマ記憶の分子メカニズム

—— 今回は、トラウマ記憶の分子メカニズムの解明に取り組まれたわけですね。精神疾患の病態と脳内の分子動態をつなぐ研究は非常に難しいのですが、音と関連した恐怖記憶が作られる過程では、脳の扁桃体におけるシナプスで、AMPA 受容体が移動することが重要であるという報告がなされていました<sup>1</sup>。動物に音を聞かせて電気ショックを与える経験を繰り返すと、音を聞かせるだけで震えるなどの恐怖反応が引き起こされるようになります。これは、扁桃体に「この音がすると電気ショックが来る」という恐怖記憶の回路が形成されたからです。

私たちの日常を考えると、音と関連する恐怖記憶よりも、「特定の場所」と関連して作られる恐怖記憶のほうが、断然

多いと思われます。そうした記憶の1つに、「8月3日に、4丁目の交差点で事故を目撃した」というような日時や場所を関連させたエピソード記憶があります。このエピソード記憶は、扁桃体以外に海馬と呼ばれる別の部位もかかわっていることがわかっていました。

以上のことから、私は、場所と関連して作られる恐怖記憶の形成には、海馬シナプスにおける AMPA 受容体の挙動が関連するかもしれないと考えて、調べてみたのです。

—— AMPA 受容体について、もう少し詳しく説明してください。

脳の機能は、膨大な数のニューロンが互いに情報をやりとりすることで発揮されます。ニューロンとニューロンのつなぎ目はシナプスと呼ばれ、そこでの情報伝達は、ドーパミン、セロトニン、グルタミン酸などの神経伝達物質が担っています。このような神経伝達物質を実際に受け取るのは、シナプスの膜表面（シナプス後膜）に局在する受容体です。AMPA 受容体はグルタミン酸受容体の1つで、グルタミン酸を受容することで活性化され、ナトリウムイオンやカリウムイオンを透過させるようにします。こうしたイオンの流入は「シナプス応答」と呼ばれ、AMPA 受容体を持つシナプスの応答こそが、学習や記憶といった高次脳機能の中心的な役割を担っていると考えられています。

シナプスにおける AMPA 受容体の数が増えれば、シナプス応答は大きくなり

まず、実際に私は、ラットなどの実験動物が新しいことを経験して学習や記憶を行う過程で、AMPA 受容体がシナプス後膜に移動し、シナプスにおける受容体の数が増えることを突き止めました<sup>2,3</sup>。1970年代に、ある刺激を与え続けるとシナプスの応答レベルが連続して上がるという「シナプス長期増強」の現象が発見されましたが、現在では、「AMPA 受容体のシナプス移行」も、シナプス長期増強発現において中心的な役割を果たしていることがわかっています。

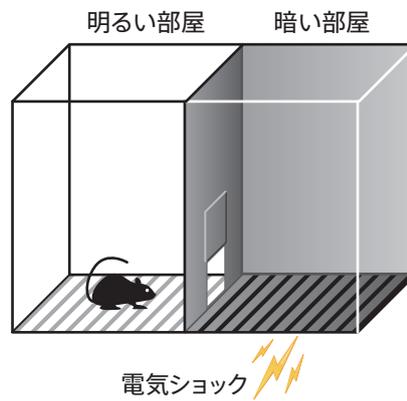


図1. 恐怖記憶の条件付けに利用した装置。

### トラウマでも、AMPA 受容体がシナプスに移行する

——今回、トラウマが記憶される際にも、AMPA 受容体のシナプスへの移行が起きていることを突き止められたわけですね。そのとおりです。まず、小さな穴で行き来できる明るい部屋と暗い部屋を用意し、ラットが暗い部屋に入ったときに電気ショックを与えました（本来、ラットは暗い部屋を好む）。しばらくすると、ラットは暗い部屋を避けるようになり、恐怖記憶が成立します（図1）。このようなラットのシナプスを電気生理学的手法によって解析したところ、AMPA 受容体が海馬のシナプスに移行していることがわかりました（図2）。

次に、遺伝子操作により AMPA 受容体のシナプスへの移行を阻害してみたところ、ラットは暗い部屋で電気ショックを与えられても暗い部屋に入り続けました。

以上のことから、特定の場所に関連して作られる恐怖記憶は海馬に依存しており、記憶の成立には AMPA 受容体が海馬シナプスに移行することが必要だと結論付けました<sup>4</sup>。これまでに、AMPA 受容体遺伝子のノックアウトマウスを使った研究によって、AMPA 受容体が海馬に依存的な場所記憶に関連していることは示唆されていましたが、「AMPA 受容体のシナプスへの移行」がカギを握っていることは、今回、初めて明らかになったのです。この点が大きなインパクトだったと思っています。

### 治療との関連性を追う

——ヒトのトラウマに対しては、どのような知見が得られたとお考えでしょうか？  
トラウマ形成の機構は、ヒトにもあるだろうと考えています。実験では、ラットが暗い部屋に入っても電気ショックを与えないようにすると、再び部屋に入るのを好むようになるのですが、これは恐怖記憶を忘れたからではなく、「この場所は安全だ」という新たな記憶が形成されたためと考えることができます。私は、この過程でも、AMPA 受容体のシナプスへの移行が起きていると考えています。

つまり、トラウマ記憶で苦しんでいる患者さんの脳でも、AMPA 受容体のシナプスへの移行を促進できれば、「今は大丈夫」という新たな記憶を作り直すことができ、治療効果が得られるのではないかと思います。新たなトラウマとなるような環境に置かないなどの配慮をしたうえで、薬物で脳の可塑性を高め、さらに行動療法などを行えば、治療効果が劇的に上がると期待できるのです。すでに私はそのような薬物の開発をめざし、企業との創業にも着手しています。一方で、「AMPA 受容体のシナプスへの移行障害」と呼べる病態を確立すべく、脳のイメージングを利用した診断方法などの開発も始めています。

——東日本大震災の被災者への対応についてはいかがでしょうか。

AMPA 受容体は細胞体で作られ、樹状突起を経て、シナプスを形成する構造体（スパイン）の近くに移動する。その後、学習時に、スパイン周辺から細胞外に出て、そこからさらにシナプス後膜へと移動する。

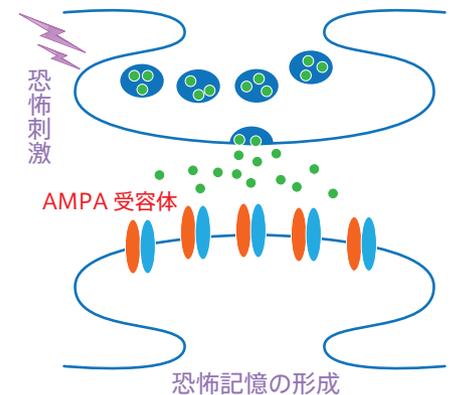


図2. 恐怖記憶の形成時に見られる AMPA 受容体のシナプスへの移行。

「1000年に一度」とされる災害に遭われたわけですので、深い心の傷を負った方々がたくさんいるのは当然です。心の傷のケアは容易ではありませんが、地震や津波に伴う悲劇的な出来事を想起させない環境に身を置くこと、さらに、「今は安全である」という経験によって、恐怖記憶の上にポジティブな記憶を上書きすることも考えられると思います。いずれにしても、精神科や心療内科の医療チームを充実させることが大事だと思います。

——ありがとうございました。

聞き手は西村尚子（サイエンスライター）

- 1 Rumpel S. et al. *Science* **308**: 83-88 (2005)
- 2 Takahashi T. et al. *Science* **299**: 1585-1588 (2003)
- 3 Jitsuki S. et al. *Neuron* **69**: 780-792 (2011)
- 4 Mitsushima D. et al. *PNAS* **108**: 12503-12508 (2011)

### AUTHOR PROFILE

高橋 琢哉（たかはし・たくや）

横浜市立大学先端医科学研究センター生理学教室教授。1995年慶応大学医学部卒業。2000年、エール大学大学院博士課程修了。同年12月よりコールドスプリングハーバー研究所博士研究員。2006年8月より現職。

## 深海微生物学

お風呂にする？ それとも H<sub>2</sub> ?

## Hydrogen for dinner

VICTORIA J. ORPHAN &amp; TORI M. HOEHLER 2011年8月11日号 Vol. 476 (154-155)

深海の熱水噴出孔には、微生物と動物との多様な共生関係が存在するが、そうした関係にエネルギーを供給する物質は2つだけだと考えられていた。今回、第三のエネルギー源が発見された。

近年、水素をエネルギー源として開発するための研究が推進されている。その1つが、水素を代謝する微生物の活性を利用する方法だ。だが人類に先んじて、そうした戦略をすでに利用している動物がいた。Nature 2011年8月11日号の176ページに掲載されたJillian Petersenらの論文によると、海床の熱水噴出孔では、水素を多く含む海水中に存在するイガイ類が、体内に水素を消費する細菌を生息させ、その代謝を利用して生育しているというのだ<sup>1</sup>。

かくして水素は、微生物と動物との共生関係の中で25年ぶりに発見された新たな化学的エネルギー供給源となり、硫化水素とメタンに次いで、熱水噴出孔で利用される数少ない物質の仲間となった。

数十億年にわたる光合成活動により、地球上では、化学的に還元状態にある大量の岩石の上に、高度に酸化された物質の薄い層が形成された。つまり、地球が実質的に1つの電池となっているのだ。熱水循環はこの電池をつなぐ役割を持っており、海床の地殻を通して循環する流体が還元状態の（電子を多く持つ）物質を含んで海洋の酸化性環境にジェットとして噴き出る。こうした巨大な還元状態の岩盤（アノード）から海洋（カソード）への物質の輸送により、電子の流れが形成される。そして、この電子の流れは、普通の電池と同じように利用可能なエネルギーの源となっている。

熱水噴出孔の流体化学によって運ばれるエネルギーは、微生物と動物のコミュニティーを繁栄させる。このため、噴出孔付近は、生物がまばらな海床にあって、高密度に生物が存在する生命のオアシスとなっている（図1）。しかし、噴出孔で最も豊富で際立っている動物は、食物を食べるための口もなければ、噴出する化学物質を直接代謝する能力も持っていない。その代わりに、そうした能力を持つ微生物との特筆すべき共生関係に依存している。このような微生物と動物との特異な協力関係に関する研究は、30年前、ガラパゴスハオリムシ（*Riftia pachyptila*）と硫化水素ガス（H<sub>2</sub>S）を酸化する細菌との共生関係についての論文<sup>2,3</sup>から始まった。それ以来、熱水噴出孔に生息する共生動物の例は、数多く発表されてきたが、そのいずれもが、メタンか硫化水素のどちらかを代謝することによるものだった<sup>4</sup>。

熱水噴出孔系の微生物と動物との共生関係では、食べ物は限られているように見えるが、実は、いろいろな物質がエネルギー源として利用されており、本当に驚かされる。水素、アンモニウム、金属、およびそのほかのさまざまな還元物質は、メタンや硫化水素とともに、噴出孔の海水に豊富に含まれると考えられ、付近ではこうした物質の多くを摂取して消費する自由生活性の（共生していない）微生物が発見されている<sup>5</sup>。特に水素は、水と海洋地殻性岩石との反応で生成されるごくありふれた産物であり、多くの噴



図1 熱水の中で

写真のイガイと、それに伴う動物相は、大西洋中央海嶺のワイドアウエイク噴出孔域の熱水中に存在する。写真は、深海潜水艇 MARUM-QUEST の遠隔操作で撮影。

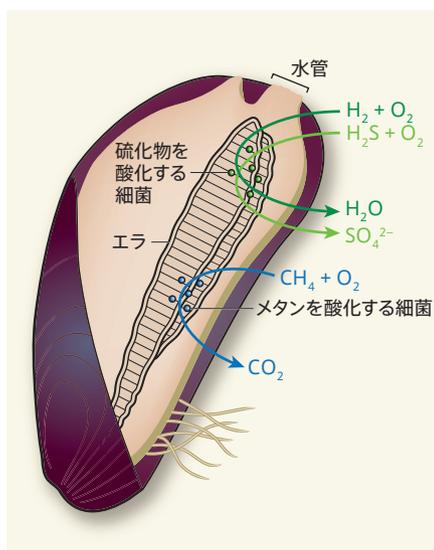


図2 水素を消費する共生細菌

イガイの一種、*Bathymodiolus puteoserpentis* は、深海の熱水噴出孔に生息する。ここでは、水素、メタン (CH<sub>4</sub>) および硫化水素 (H<sub>2</sub>S) など、いろいろな物質が放出されている。このイガイは水管から海水を吸入し、共生細菌が生息する大きなエラに送る。共生細菌には、メタンを二酸化炭素に酸化して (青色の矢印) エネルギーを利用するものもいれば、硫化水素を硫酸 (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) に酸化して (淡緑色の矢印) エネルギーを利用するものもある。Petersen ら<sup>1</sup> は、硫化水素を酸化する細菌がエネルギー源として水素も利用し、水素を水へと酸化している (暗緑色の矢印) ことを明らかにした。



深海の熱水噴出孔

SPL/PPS

出孔の海水に大量に含まれている。例えば、かんらん岩 (マントル様の岩石) が主成分の噴出孔系では、水素がメタンや硫化水素よりも大量に存在し、微生物の代謝に利用可能なエネルギーを多く貯蔵している<sup>6</sup>。

熱水噴出孔系の微生物と動物との相利共生では、宿主動物の生理学的な限界によって、化学的基盤に制限があるように思われる<sup>7</sup>。しかし、発見から34年を経てもいまだに熱水噴出孔系の解明が進んでいないために、制限されているように見えるのかもしれない。Petersen ら<sup>1</sup> は今回、この共生関係が、現実には従来考えられてきた以上に、代謝的に汎用性を持っていることを明らかにした。

水素の利用をはじめ、深海の熱水噴出孔系の生物学的、地球化学的なプロセスに関する研究には、噴出孔ならではの困難がある。平均水深が2kmを超えるような遠隔地に存在し、物理的、化学的条件が一様でなくきわめて変わりやすい (それが噴出孔の特徴となっている場合が多い) からだ。そうした環境に近づくには、有人/無人の潜水艇が必要だが、ようやく手に入れた動物標本、生態学的観察結果、および船上での地球化学的な分析結果からは、この種の動的な生態系のごく一部を切り取っただけの断片的な情報しか得られない。Petersen ら

は、こうした船上での個別の測定に頼らずに、深海の現場で使用可能な質量分析装置を投入し<sup>8</sup>、噴出孔系内の物質の分布を直接明らかにした。すると、イガイが高密度で生息する海床では水素とメタンが共に消費されている、という興味深い結果が得られた。

研究チームが現場で得た地球化学的データは、イガイの生息する海床で活発な水素代謝が行われていることを示唆している。しかし、イガイのエラに生息する既知の2つの共生細菌 (一方は硫化水素を、もう一方はメタンを代謝している: 図2) と水素代謝とを直接結びつけるには、もう一歩進んだ証拠が必要だった。そこで Petersen らは、水素を吹き込んだ海水中で共生細菌を含むエラの組織を培養し、その細菌が二酸化炭素を固定する速度を測定した。その結果、硫化水素に浸した組織の固定速度と同程度であることがわかり、硫化物を酸化する共生細菌とメタンを酸化する共生細菌のうち少なくとも一方は、イガイの水素消費にも関わっていることが指摘された。

研究チームはさらに、エラ組織中の共生細菌のメタゲノム解析を行い、水素の酸化に重要な遺伝子 *hupL* (水素を酸化する酵素、[NiFe] ヒドロゲナーゼの一部をコードする) が硫化物酸化遺伝子と同じ DNA 断片上に存在することを明ら

かにした。このことは、硫化物を代謝する共生細菌が水素の消費にかかわっていることを強く示唆している。これを明確にするため、Petersen らは、共生細菌の *hupL* 遺伝子とヒドロゲナーゼタンパク質を標的とする蛍光プローブを利用した。すると、エラで硫化物を酸化する共生細菌は *hupL* プローブによる光を発したが、近くにいるメタンを酸化する共生細菌は光を発しなかった。これらの結果から、古くから知られている細菌とイガイとの共生関係は、未知の代謝によって成り立っていることが強力に支持された。

このイガイの硫化物酸化共生細菌の近縁生物が関与する共生関係は、還元性環境に広く存在している。したがって、エネルギー源として水素をも利用する共生関係は、今後ほかにも発見されるだろう。実際、Petersen らは、噴出孔に生息するフレツノナシオハラエビ (*Rimicaris exoculata*) の共生微生物が *hupL* を持っていることを発見した<sup>1</sup>。つまり、甲殻類も共生によって水素をエネルギー源として利用している可能性が、遺伝的に示唆されたのだ。今後の追跡研究では、共生生物による水素利用の全貌を明らかにするとともに、化学合成的生態系で水素が利用される時期と場所に影響する環境的、生物学的要因も特定する必要がある。

Petersen らの研究は、生物科学の世界で生じている技術主導的な革命を示す、よい例である。ますます強力で特異的なものとなる分子ツールが次から次へと開発されて、分類学的な同一性と遺伝子が代謝の潜在能力や活性と関連付けられ、可視化されて実際に目で観察できるようになってきている。さらに、こうした技術と、熱水噴出孔のように遠く離れた極端な環境であっても、現場で物理化

学的パラメーターを解析できる新たな装置とを一体化していくことにより、生物学者は、制限のある人工的環境のモデル生物に依存した研究から解放される。生物学的事象に関する我々の理解は、より環境的、生態学的に正しい状況に位置付けられるようになっており、これまで知られていなかった生命を支える活動が新たに発見されるだろう。 ■

(翻訳：小林盛方)

Victoria J. Orphan, カリフォルニア工科大学地質惑星科学部門 (米国)。

Tori M. Hoehler, NASA エイムズ研究センター (米国)。

1. Petersen, J. M. et al. *Nature* **476**, 176–180 (2011).
2. Cavanaugh, C. M., Gardiner, S. L., Jones, M. L., Jannasch, H. W. & Waterbury, J. B. *Science* **213**, 340–342 (1981).
3. Felbeck, H. *Science* **213**, 336–338 (1981).
4. Dubilier, N., Bergin, C. & Lott, C. *Nature Rev. Microbiol.* **6**, 725–740 (2008).
5. Jannasch, H. W. & Mottl, M. *J. Science* **229**, 717–725 (1985).
6. Amend, J. P., McCollom, T. M., Hentscher, M. & Bach, W. *Geochim. Cosmochim. Acta* (in the press).
7. Childress, J. J. & Girguis, P. R. *J. Exp. Biol.* **214**, 312–325 (2011).
8. Wankel, S. D. et al. *Nature Geosci.* **4**, 461–468 (2011).

## 宇宙物理学

# 宇宙のモンスターの目覚め

## The awakening of a cosmic monster

DAVIDE LAZZATI 2011年8月25日号 Vol. 476 (405–406)

多くの銀河の中心部には巨大なブラックホールがある。  
 静かなブラックホールがある一方で、大量の放射線を出しているものもある。  
 今回、「ブラックホールの目覚め」ともいえる現象が初めて観測された。  
 静かなブラックホールが、近くの星をばらばらに壊して飲み込み、  
 突然、大量の放射線を出すブラックホールへと変身したのだ。

2011年3月28日、米国航空宇宙局(NASA)の宇宙望遠鏡スウィフト(SWIFT)を使って観測を進めていた天文学者チームは、警戒態勢に入った。新しいガンマ線源が天球の北半球に現れたからだ。スウィフトは、ガンマ線バースト、つまり、高速で自転する大質量星が死を迎えるときに起こすすさまじい一時的放射現象を探すために、設計されていた。今回の現象は当初、スウィフトにとってはさほど大きなニュースではなかった。しかし、観測を続けるうちに、何か全く新しいことが起こっていることが明らかになった。

ガンマ線バーストは普通、明るい時期が長続きせず、なだらかに減衰していく。ところが、ペンシルベニア州立大学(米国ユニバーシティパーク)天文・宇宙物

理学科のD.N.Burrowsらが観測した放射源は、きわめて高い光度を1か月以上にもわたって維持し、変動も大きかった。Burrowsらは観測結果を*Nature* 2011年8月25日号421ページに報告した<sup>1</sup>。

さらに、ハーバード・スミソニアン宇宙物理学センター(米国マサチューセッツ州)のB.A.Zaudererらは、電波波長帯で追跡観測を行い、この新たな放射源が、自然界で許される最高速度である光速に近い速度で拡大していたことを見つけ、同号425ページに報告した<sup>2</sup>。また、光学望遠鏡による観測で、この放射源が遠方の銀河の中心にあることがわかり、ガンマ線バーストであるという当初の見方とは全く異なる現象であることが明らかになった<sup>3</sup>。

この新しい放射源は「Swift J164449.3+573451」と名付けられた。現在、これは銀河の中心にある大質量ブラックホールが星の潮汐破壊を引き起こし、そこで起こった現象から出る電磁波が見えているのだ、と考えられている。その解釈が正しければ、このブラックホールは太陽の約100万倍の質量を持っていることになる<sup>1,2</sup>。この質量は、私たちの天の川銀河の中心にあるブラックホールの質量に匹敵する<sup>4</sup>。しかし、太陽の10億倍以上の質量を持つブラックホールもあり、そうしたものに比べれば比較的軽い。

大質量ブラックホールの潮汐力によって星が破壊される現象は、理論的に予言されている<sup>5-7</sup>。また、その現象が起こった結果とみられるものも、過去にいくつ

か観測されている<sup>8-10</sup>。しかし、この現象がまさに始まるところが観測されたことは、これまでなかった。今回の観測では、予測よりも1万倍も明るいX線と、予想よりずっと高い振動数の光子が観測され、観測者も理論研究者も驚いた。予想外の現象がもたらされた原因は、星破壊プロセスの動力学と、星を作っていた物質のブラックホールへの降着にある。

ある星が大質量ブラックホールに接近すると、星のブラックホールに近い側に働く力は、遠い側に働く力よりもずっと大きくなる。その結果、地球における海の潮汐とよく似たプロセスによって、星が引き伸ばされる。そして、星がブラックホールに近づきすぎると、この作用は非常に強くなり、星自身が破壊されてしまうのだ。星を構成していた物質は大きな角運動量を持っているので、ブラックホールに雨のように降り注ぐことはできず、ブラックホールの上にゆっくりと降着する円盤ができる。このゆっくりした降着が大量の電磁放射を引き起こす。これが「ブラックホールの目覚め」なのだ。

この降着プロセスにより、高速の（相対論的な）ジェットができることがBurrowsら<sup>1</sup>とZaudererら<sup>2</sup>の観測で明らかになったが、ブラックホールによる星の潮汐破壊に関する理論モデルでは、それが考慮されていなかったのだ<sup>5-7</sup>。相対論的ジェットは、宇宙物理学においてはきわめてありふれた現象である<sup>11,12</sup>。それは、粒子や電磁場、あるいはその両方の噴出現象で、ブラックホールの回転軸に沿う方向に集中している（図1）。

Swift J164449.3+573451の場合、幸運なことに、地球にいる私たちはジェットの軸方向から系を観測することができた。地球方向を向いている相対論的ジェットは、光子の相対論的コリメーション（平行化）のために、視線方向に垂直なジェットよりずっと明るく見える。さらに、ドップラー効果のために、地球に向いているジェットは向いていないジェットよりも高い振動数で輝く。Swift J164449.3+573451の場合、



図1 相対論的ジェットの想像図

相対論的ジェットは粒子と電磁放射の噴出現象で、回転するブラックホールにガスや星が落ち込むときに形成される。Burrowsら<sup>1</sup>とZaudererら<sup>2</sup>は、超大質量ブラックホールを擁する銀河の中心での相対論的ジェットの誕生を観測した。

ジェットは光速の99.5%の速度で運動していると見積もられた<sup>2</sup>。だから、予測されていたのは可視光波長での比較的低光度の一時的現象だったが<sup>5-7</sup>、実際に観測されたのは、電波波長からガンマ線光子までにわたる、すべての波長域での極端に明るい電磁放射だったのだ。

しかし、BurrowsらとZaudererらの観測結果は、宇宙物理学者たちを単に驚かせているだけではない。今回の観測結果は、銀河の中心のようすとそこで活動している物理プロセスの解明にも役立つかもしれない。すでに述べたように、軌道を回る人工衛星と地球上の望遠鏡が、Swift J164449.3+573451を複数の波長で観測し、スペクトルの変化や時間的変化を追っている。今回のガンマ線の噴出が潮汐力で破壊された星によって生じたのなら、星を作っていた物質のすべてがブラックホールに飲み込まれれば、放射源はやがて衰えるはずだ。

さらに、今後の観測でこの種の噴出現象がさらに見つかる可能性が高い。それが起こる比率がわかれば、大質量ブラッ

クホールを持っている銀河の比率、ブラックホールの性質、銀河の中心部にある星の密度について知ることができよう。相対論的ジェットの誕生と初期の進化を観測することで、ジェット形成プロセスそのものについて、また、ジェットが銀河の星間物質中に噴き出す際に周囲の物質とどのような相互作用をするのかについて、たくさんの情報がもたらされるはずだ。

（翻訳：新庄直樹）

Daive Lazzati、ノースカロライナ州立大学物理学科（米国）。

1. Burrows, D. N. *et al. Nature* **476**, 421-424 (2011).
2. Zauderer, B. A. *et al. Nature* **476**, 425-428 (2011).
3. Levan, A. J. *et al. Science* **333**, 199-202 (2011).
4. Ghez, A. M., Klein, B. L., Morris, M. & Becklin, E. E. *Astrophys. J.* **509**, 678-686 (1998).
5. Rees, M. J. *Nature* **333**, 523-528 (1988).
6. Evans, C. R. & Kochanek, C. S. *Astrophys. J.* **346**, L13-L16 (1989).
7. Strubbe, L. E. & Quataert, E. *Mon. Not. R. Astron. Soc.* **400**, 2070-2084 (2009).
8. Esquej, P. *et al. Astron. Astrophys.* **462**, L49-L52 (2007).
9. Gezari, S. *et al. Astrophys. J.* **676**, 944-969 (2008).
10. Maksym, W. P., Ulmer, M. P. & Eracleous, M. A. *Astrophys. J.* **722**, 1035-1050 (2010).
11. Bridle, A. H. & Perley, R. A. *Annu. Rev. Astron. Astrophys.* **22**, 319-358 (1984).
12. Mirabel, I. F. & Rodríguez, L. F. *Nature* **371**, 46-48 (1994).

# 関心が高まる海底地震観測網

## Danger Zones

NAOMI LUBICK 2011年8月25日号 Vol. 476 (391-392)

巨大地震の一部は、陸地から遠く離れた沖合の海底断層で発生する。

地球物理学者たちは今、この危険な断層を監視するために、海底にセンサー網を設置しつつある。

日本の地震学者たちは、何年も前から1つの海底断層のことを心配している。それは、日本の東海沖から四国沖にかけての海底に走る、「南海トラフ」と呼ばれる細長くぼみである。日本の歴史上最大級の地震のいくつかは南海トラフで発生していて、次の巨大地震が発生する時期は近いと考えられている。そこで研究者らは、2011年の初頭に海洋調査船「かいよう」に乗り込んで、この領域の海底に地震観測装置を設置してきた。

その目的には、海底断層に関する知識を得ることのほかに、この領域で次に大地震が発生したときに、陸上の観測点よりも数秒早くそれを検知し、防災に役立てることも含まれていた。ところが、3月に「かいよう」が一連の観測装置を設置していたちょうどそのとき、南海トラフから北東に800kmも離れた東北沖で断層が破壊され、巨大地震が発生した。断層の破壊は巨大な津波を引き起こし、太平洋沿岸の市町村に壊滅的な被害をもたらした。

地震学者たちは、東北沖の日本海溝が、これほど巨大な地震を引き起こせるとは考えたこともなかった。そうした無思考状態を生むことになった遠因の1つは、応力の蓄積の兆候をとらえられるだけの観測装置が海底に設置されていなかったことだ。2枚のプレートが衝突し、一方が他方の下にもぐり込んでいる場所では、どこでも同じようなデータ不足が問題となっている。

このような場所は「沈み込み帯」と呼ばれ、地球の歴史上最大級の地震を発生

させてきた。1960年にチリ沖で発生したマグニチュード9.5の巨大地震はその1つで、これまでに記録された地震としては最大のものである。2004年には、インドネシアのスマトラ島沖の沈み込み帯で起きた地震でも大津波が発生し、23万人以上の死者を出す大惨事となった。また、米国北西部の海岸線に沿った沈み込み帯は、来世紀中にマグニチュード9クラスの巨大地震を引き起こすと予測されている。

地震学者たちを悩ませているのは、これらの巨大な断層が、陸地から数百kmも離れた、水深数千mの海底にあるという現実だ。そうした場所に、断層の構造を明らかにしたり、地殻の曲がりなどの変化を検出したりするための地震計やGPSユニットなどの観測装置を設置し、観測点として維持していくのは容易ではない。

現在、日本の陸上には8700以上の観測点があるのに対して、海底断層を監視するための沖合の観測点はわずか50しかない。ほかの国々の備えはさらに貧弱で、沈み込み帯の中で最も危険な領域がある海底にも、センサーはほとんど設置されていない。研究者たちは陸上の観測点で得られる観測データに頼らざるを得ないが、震源から遠く離れた観測点に届く信号は弱く、いわば、心臓専門医が患者の靴の上に聴診器をあてて、心臓の状態を探っているような状況でしかないのだ。

研究者たちは今、もっと近くで海底断層の活動を観察しようと動き出している。南海トラフに海底ケーブルネット

ワーク型観測システムを構築しようとする日本の取り組みは、最も野心的なプロジェクトだ。米国とカナダには、米国のカリフォルニア州北部からカナダのブリティッシュ・コロンビア州にかけての「カスカディア沈み込み帯」を監視する計画がある（次ページの図「海底のセンサー群」参照）。地球物理学者たちは、これまでよりも質の高いデータが得られれば、沈み込み帯の活動の仕組みをよりよく理解し、差し迫った地震の兆候を特定できるかもしれないと考えている。

シンガポール地球観測所の測地学者で、インドネシア沖の地震のリスクの研究をしているEmma Hillは、「海底で観測しないかぎり、私たちが行っているのは単なる推測でしかないのです」と言う。

### 南海トラフの監視

地球の地殻を構成する巨大な海洋プレートと大陸プレートの動きを記述するプレートテクトニクス理論において、沈み込み帯はリサイクルセンターのような位置付けにある。2枚のプレートが衝突すると、低温で密度の高い海洋地殻が下にもぐり込み、浮力が大きい大陸地殻のほうが上に乗る。しかし、ベルトコンベヤーに乗った板状の海洋地殻がシート状の大陸地殻の下にもぐり込んでいくというモデルは、いわば漫画のようなもので簡略化されすぎている。「私たちはまだ、両者の境界をきれいで滑らかな平面としてモデル化していますが、いずれ、もっと複雑なものになっていくでしょう」とHillは言う。

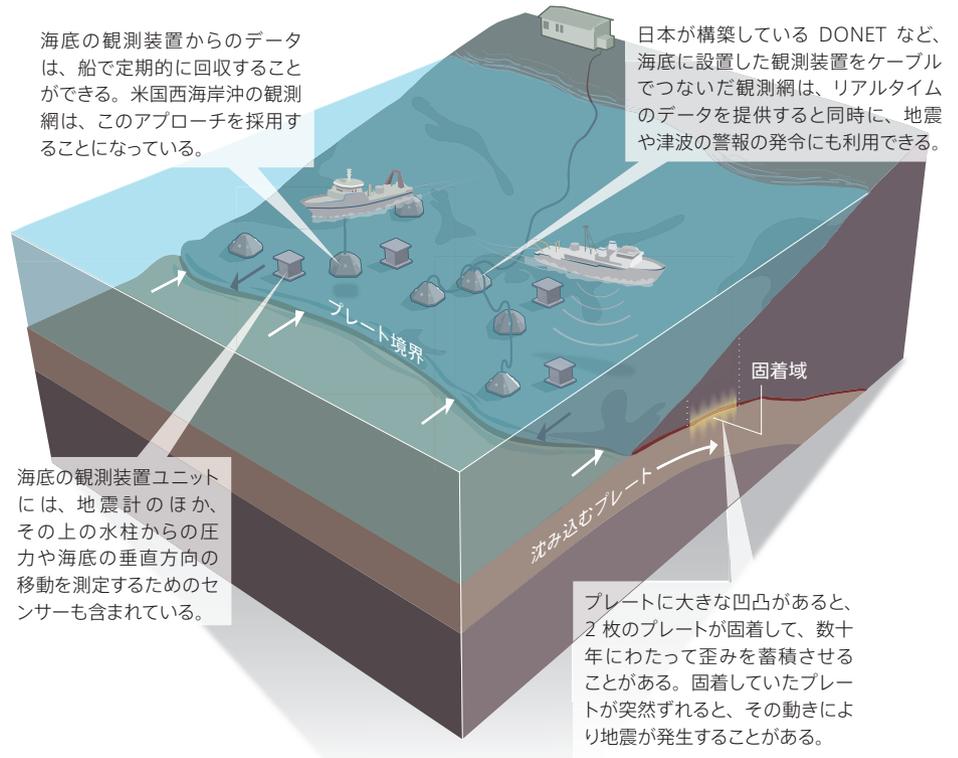
地球物理学者たちは、2枚のプレートがこすれ合う場所で起きていることを、より詳細に知りたがっている。彼らは、2枚のプレートが何らかの方法で固着しているのではないかと考えている。おそらく、沈み込むほうのプレートの上にある海山などの構造が、その上に乗り上げるほうのプレートの下面に引っかかるのだろう。数十年後か数百年後、2枚のプレートが固着していた部分が突然ずれて、巨大地震を引き起こす。2011年3月に日本で発生した巨大地震について言えば、研究者らは、2枚のプレートの間に固着域があるかもしれないと感じてはいたものの、その危険を十分に評価することができなかった。なぜなら、その沈み込み帯の構造や、そこに応力が蓄積する仕組みに関する知識がなかったからである。

彼らはむしろ南海トラフのほうを心配していた。日本政府による公式なハザード予測では、南海トラフで今後30年以内にマグニチュード8クラスの地震が発生する確率は70%とされている。日本の地球物理学者たちは、地震・津波観測監視システム（DONET）の一環として、南海トラフの中の地震が発生すると考えられている領域に、20基の海底観測装置からなるネットワークを構築しようとしている。2006年に始まったDONETプロジェクトは、年内にシステムが完成する予定である。その費用はすでに、船舶使用時間を除いて、約63億円かかっている。

海底の観測システムには、沈み込み帯の内部で発生した地震動だけでなく、地球上のあらゆる場所で発生した地震動を観測する地震計も含まれている。これらの地震動は、上下のプレートの境界の形状を明らかにするのに役立つはずだ。圧力センサーは、その上の水柱の重さの変化を測定することにより、地殻の曲がりを追跡する。海底の観測装置は電気通信ケーブルで地上の観測局とつながっていて、研究者はセンサーのデータにリアルタイムにアクセスできる。

## 海底のセンサー群

1枚のプレートが別のプレートの下にもぐり込む「沈み込み帯」は、巨大地震の震源となりうる領域である。こうした領域についてもっと知るため、地球物理学者たちは海底にモニター装置を設置している。



沈み込み帯では、応力が蓄積し、巨大地震により解放され、再び応力が蓄積していく「地震サイクル」が繰り返されている。海洋研究開発機構のDONETプロジェクトを率いる金田義行<sup>かねだ よしゆき</sup>はこの観測システムで地震サイクルの全貌<sup>ぜんぼう</sup>をとらえることをめざしている。研究者らは、大地震がどのようにして始まるか、それに先立ってどのような活動が見られるか、といった問題を明らかにしたいと考えている。

南海トラフで大地震が発生すると、震源の近くにあるDONETの観測装置は陸上の観測局よりも数秒早く地震波を検知することができる。そのため、その分だけ早く大阪や東京などの都市に住む人々に緊急地震速報を出せることになる。圧力センサーは、沿岸地域に向かっていく津波に関する速報を出すことも可能にする。

## カスカディア沈み込み帯

米国の研究者たちは、自国の地震についても心配している。彼らが注目しているのは、カスカディア地域である。ここは過去に大地震と津波に見舞われたことのある地域だが、前回の大地震からすでに300年以上経過しているのだ。コロンビア大学（ニューヨーク）のラモント・ドハティー地球観測所のMaya Tolstoyは、「カスカディア沈み込み帯の地震は、深刻な被害をもたらすはずですよ」と言う。

カスカディア・イニシアチブは、沖合の巨大な断層の挙動を明らかにするために、観測装置を臨時に設置する4年間の研究プログラムだ。Tolstoyはその主任研究員の1人である。2011年7月、研究チームは、陸上の既存の観測網を補強するため、60基の観測装置を海底に設置する作業に取りかかった。

このプロジェクトは、米国国立科学財団からの支援のほかに、2009年米国復興・再投資法による500万ドル（約3億8000万円）の資金提供も受けた。

海底に設置された観測装置は1基当たり6万～8万ドル（約460万～610万円）で、圧力計とスープ缶程度の大きさの地震計を、水平調整装置付きの耐圧容器の中に格納し、さらに鋼鉄製の覆いをかぶせて潮流や漁具から保護するようになっている。ただ、海底の観測装置はケーブルで本土と接続されていないので、研究者らは1年に一度、センサーを1基ずつ回収してデータをダウンロードし、新しい観測点に移動させることになる。カリフォルニア大学バークレー校（米国）のRichard Allenによると、カスカディア・イニシアチブのデータは、沈み込み帯のどこで地震が発生しているかを正確に突き止めて、プレートどうしの境界の位置や構造、例えば、プレートの凹凸の大きさや、どの部分が固着しているかなどを明らかにしてくれるだろうという。

海底での観測は、カスカディア地域の陸上の地震計で記録された異常な地震信号を解明するうえでも役立つはずだ。この地域の陸上のセンサーは、約12～14か月ごとに群発する微小な地震動を検知している（N. I. Gershenzon *et al. Geophys. Res. Lett.* **38**, L01309; 2011）。また、非常にゆっくりした揺れなので人間には感じることができないが、かなりの量のエネルギーを解放している地震イベントも検知している。研究者たちは、これらの信号は沈み込み帯の内部の活動を反映しているのではないかと考えている。例えば、プレートの内部の層が別々の動きをしているのかもしれないし、深部で液体が移動しているのかもしれない。研究者らは、沖合のセンサーの記録から、これらの異常な信号を説明するヒントが得られることを期待している。センサーは、沈み込み帯の固着域の変化も検出できるかもしれない。

米国は、カナダと協力して、カスカディア地域の海底を長期にわたって監

視する観測システムも構築しようとしている。これは、生物、海洋、地震データを広く収集して、基礎研究だけでなく、有害藻類の異常発生や地震などの災害に関する警報の発令にも役立てようという「ネプチューン計画」の一環として実施される。カナダはこのプロジェクトに1億4300万カナダドル（約110億円）を投じており、2010年には、3か所の地震観測局、5台の海底圧力記録計およびその他の観測装置からなるシステムの設置を完了した。これらは長さ800kmのケーブルでループ状に接続され、陸上の観測局に情報を送っている。

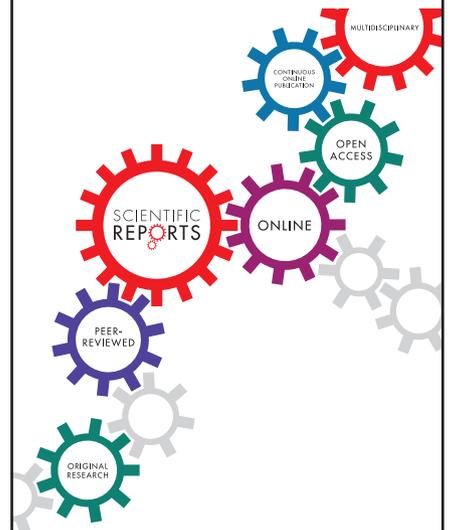
一方、米国側の作業は予算の問題で遅れているが、2011年の夏にケーブルの敷設を開始し、数年後には観測システムを完成させる予定になっている。数百kmもの光ファイバーケーブルを敷設するには莫大な費用がかかるため、米国の研究者らは、自律的に航行し、データを収集することができるロボットを開発しようとして取り組んでいる。提案されているプロジェクトの中には、リキッド・ロボティクス社（米国カリフォルニア州サニーバール）が開発した波力を利用して航行するロボットを、独立型の海底センサーと組み合わせるといったものもある。

研究者らは、沖合のさまざまなセンサー網からデータが入ってくるようになれば、沈み込み帯と、それに関連する危険について、より深く理解できるようになると期待する。このような海底観測が、「これから数年間の話題の中心になりそうです」とHillは言う。プロジェクトの中には以前から進められていたものもあるが、2011年3月に発生した東北地方太平洋沖地震は、沈み込み帯の研究の緊急性をにわか高めた。「日本の震災がきっかけになって、今、この研究に大きな注目が集まっています」とHillは明かした。

（翻訳：三枝小夜子）

Naomi Lubick は、ストックホルム（スウェーデン）在住のフリーライター。

NEW FROM NATURE PUBLISHING GROUP :



**Scientific Report  
2011年6月刊!**

SCIENTIFIC  
REPORTS

Scientific Reports 論文募集

創刊記念

オープンアクセス論文掲載料

**20% OFF!**

2011年12月31日まで

Scientific Reports は、自然科学（生物学、化学、物理学、地球科学）のあらゆる領域を対象とした一次研究論文を扱う、オープンアクセスの電子ジャーナルです。

皆様の論文投稿をお待ちしています。

[www.naturejpn.com/srep](http://www.naturejpn.com/srep)

Scientific Reports 注目の論文

日本語で、  
毎月4～6本の  
論文アブストラクトを  
ご紹介しています。  
ぜひ、アクセス  
ください。



[www.naturejpn.com/srep/highlights/](http://www.naturejpn.com/srep/highlights/)

npg nature asia-pacific

# 戦争生態学という悩ましい研究分野

## Spoils of war

2011年8月25日号 Vol. 476 (371)

戦争が起こると、陸にも海にも被害が及ぶ。天然資源が失われ、それがさらなる暴力を呼ぶ。

戦争生態学は、戦争と環境が相互に及ぼす影響を研究する学問であり、平和の確保に役立つ側面も持っている。

ビエクス島（プエルトリコ）では、住民のがん罹患率が周辺のカリブ海諸国よりも高い。また、スロベニアの土壌には、有毒な水銀が帯状に分布している。いずれの場合も戦争が原因だ。ビエクス島沖では、米国海軍の訓練演習の際に有害な軍用品が大量に投棄され、これがさまざまな病気につながっている。スロベニアの水銀は、第一次世界大戦の最前線となったソチャ渓谷で展開された弾幕砲火の化学的な痕跡だ。

戦場となった地域では、景観全体が激しい戦闘で燃え尽くされ、破壊される。そして、戦争を取り巻く混沌から、さらに大きな被害が生じる。法律や規律が実効性を失い、天然資源が略奪され、密猟も広まるのだ。アフガニスタンでは、紛争の頻発によって森林破壊率が急上昇し、パキスタンでは「木材マフィア」が貴重な木材を収奪した。

こうした場面に登場するのが戦争生態学だ。戦争生態学は、戦争が環境に及ぼす影響と環境が戦争に与える影響を調べて、天然資源の危機から暴力へとつながる筋道を断ち切ることをめざしている。Nature 2011年8月25日号438ページには、エルニーニョが関係する気象事象と内戦の関係についての論文が掲載されており、両者の間に強い関連性が見られることを明らかにしている。

21世紀初頭においてもなお、人類は、地球の管理よりも暴力紛争に長けている。

米国防総省の予算は、米国国立科学財団の100倍もある。戦争生態学に対しては、多額の軍事予算を利用しただけの研究だという批判が必然的に起きている。

戦争生態学者は、どうすれば、この冷ややかな見方を変えることができるのだろうか。生態系と国際援助活動の関係を調べたり、難民キャンプにソーラーパネルを設置して、生活を向上させ治安をよくするような技術的提案もその1つだ。戦争が終わった後、きれいな水や食料生産など、平和の継続に必要な生態系サービスを復活させる方法を提示するのも大事な仕事であろう。それに、「平和公園」の推進もあると思われる。平和公園とは国境線沿いの自然保護区域であり、地方政府と中央政府の利害を共通化させて、観光事業を通じたビジネス・チャンスを生み出そうというものだ。

しかし、戦争生態学には悩ましい側面がいくつもある。アフガニスタンで平和公園の建設に参加した経験を持つリッチモンド大学（米国バージニア州）の生物学者 Peter Smallwood は、人心をつかみたい兵士がこうした平和公園プロジェクトを熱烈に支援するため、民生的活動と軍事的活動の区別があいまいになってしまった、と指摘する。

一方で、戦争が生態系と希少な生物種に恩恵をもたらしている面がある。この事実には、はっきり言って居心地の悪さがある。交戦地帯、軍事基地、兵器研究

施設は、すべて事実上の保護区域となっており、現在、その多くが、生物多様性を念頭に置いて管理されているのだ。北朝鮮と韓国の間非武装地帯は、タンチョウヅル (*Grus japonensis*) などの絶滅危惧種にとって安息の地となっている。また、コロンビアのゲリラ戦士に占拠されたジャングル地帯では、開発の心配をしないですんでいる。

だからといって、戦争生態学が戦争状態の継続を望まねばならない理由などない。平和構築のための準備作業を進めておけば、交戦地帯が解放されたときにそれを生かすことができるであろう。現在、米国は厳しい財政事情にあり、聖域とされてきた国防省予算でさえ厳しく削減されている。こうした生態学や自然保護の研究が真っ先にカットされるのは目に見えている。しかし、こうした緊縮財政のもとでも、戦争生態学研究は継続されるべきであろう。

戦争生態学にはグレーな面がつきまとう。宣伝活動と平和創出活動の中間に位置付けられ、また、危害を緩和する活動と暴力を広報によって糊塗する活動の中間に置かれているからだ。それでも、ヒトと環境の交わりに関する研究は、社会にとって大きな意味を持つ。戦争は、恋愛、音楽、果てしない好奇心とともに、人類の最も特徴的な活動であるからだ。

■  
(翻訳：菊川要)

# 自前のポストク供給をめざす中国

## Staying at home

2011年8月4日号 Vol. 476 (5)

中国の最も優れた若手科学者は、今は海外の研究所で活動している。

この現状を変え、優れたポストクを本国で育成し、彼らが国内でポストを得られるようにするための努力が始まっている。

ポストクは、世界中の研究所でいちばんの働き手であり、各国の研究代表者は、十分な学歴を有する勤勉な中国人ポストクを頼りにしている。その一方で、中国国内で活躍する年配の科学者、特に海外での研究経験のある生物系科学者は、ポストクが不足する現状をなげいている。

PhDを取得したばかりのトップクラスの中国人若手科学者は、現時点では、ほとんど全員が外国で独立したキャリアを形成する道を選んでいる。また、中国国内での就職を選ぶ中国人ポストクの多くは、学界を見捨てて、バイオテクノロジー、製薬業界、受託研究といった高収入のキャリアに進んでいる。その結果、中国の大学に所属する科学者は、新たに入学する大学院生の教育訓練を繰り返して人材不足を補わないと、研究が継続できないという事態に追い込まれている。

中国人研究者は、勤勉で、研究に長時間を費やすという定評があり、中国政府も科学への投資を増やしている。にもかかわらず、国際基準に照らすときわめて生産性が低いように見える原因の1つとして、こうした国内事情があることはほぼ間違いない (*Nature* 2011年8月4日号 22 ページ News Feature 参照)。この現状を、ある中国人科学者は「野心的な国家が二度墓穴を掘っている」と評している。つまり、まず学生の教育訓練に時間と資源を費やし、そのうえ、卒業

生は海外に飛び出して、競争相手のために働いているからだ。

しかし、現在の制度下では、才能あるポストクは、国を離れる以外にほとんど選択肢がないといえる。海外の定評ある研究所のほうが、質の高い論文を生み出すチャンスと成功の可能性は高いし、仕事を確保するうえでも有利だからだ。設備面でも中国国内の研究機関より優れていることが多く、給与も、国内のベテランの研究代表者と同等かそれ以上ある。

しかも、中国の大学や研究機関の幹部は、有能なポストクを見つけるのはほとんど不可能だと思っている一方で、常勤ポストが空席になると、海外での研究経験のある研究者が選ばれてしまうことが非常に多いこともよく知っている。国内での研究で充実した内容の論文を発表した研究者であっても、業績は平凡だが米国やその他の国での職歴がある研究者に勝てない事例が何度も起こっている (*Nature* 2009年1月29日号 522 ページ参照)。そこから得られる教訓ははっきりしている。中国で研究者として成功したければ、海外の研究所で研鑽を積むしかない、ということだ。

しかし、流れは変わりつつあるかもしれない。上海の神経科学研究所 (*Nature* 2011年8月4日号 22 ページ参照) が、北京の生命科学研究所、中国科学院生物物理研究所、清華大学、北京大学などと

力を合わせて、「臨界質量」に近づける努力を始めているからだ。つまり、国内の優良研究機関の連合体を形成して、これまで海外で活動せざるを得なかった学生が、国内で独自に質の高いキャリア形成を始められる機会を提供し始めているのだ。

今後数年間で、非常に大きな成果が得られるかもしれない。米国経済が傾く一方で、中国国内では、ポストクの給与引き上げを検討している一流の研究所がすでに現れており、中国での教育訓練が優位になる可能性が生まれている。中国で新たに設置されている研究機関は、欧米と同等かそれ以上の設備を備えており、このほかにも魅力的な点がいくつもある。霊長類の研究がしやすいのもその1つであろう。中国の研究環境が海外と同じようなレベルに達するのは、もう夢ではない。

新たに PhD を取得する中国人研究者にとって、国内の研究機関を自らのキャリアの出発点として検討することは、賢明な選択肢と考えられる。中国国内の研究機関も、海外から戻ってくる研究者ではなく、国内で教育訓練を受けた才能ある研究者を真剣に探すべきである。意識の変化が生じ始めれば、問題解決は早まる。1つの研究室で4~5人のポストクを確保できれば、生産性も急速に上昇するはずだ。

(翻訳: 菊川要)



Volume 477  
Number 7362  
2011年9月1日号



## トゥルカナの石器：アフリカの古い人類遺跡で見つかった、従来よりもさらに古いアシュール文化

Turkana tools: Earliest date yet for Acheulian culture at classic African hominin site

人類最古の石器はオールドヴァイ式石器と呼ばれており、石核から粗く削り落とした単純な薄片にすぎない。それに続くのがアシュール文化で、葉形の両面加工石器である握斧（表紙）が特徴である。アシュール式石器は、ホモ・エレクトゥスの特徴的な技術と見なされている。しかし、140 万年以上前の遺跡で年代がわかっているものはほとんどなく、アシュール文化の出現時期は今なお不明である。今回、西トゥルカナ（ケニア）の Kokiselei 遺跡で行われた層序学的研究で、オールドヴァイ、アシュールの両方の型式の石器が出土し、176 万年前のものと考えられる世界最古のアシュール式石器が見つかった。これは、従来の最古記録より 35 万年も古い。アフリカ以外の場所での最古の人類記録には、石器を伴わないか、伴ってもオールドヴァイ式の石器しか見られない。そのため、今回の発見は、アフリカを離れた最初のユーラシア人類がアシュール文化を持ち出さなかった可能性を示唆している。表紙の写真は、大型の荒削りな握斧（KS4-203）で、平らな響岩の塊を硬い槌で割って作ったもの。（P.-J. Texier/MPK/WTAP）

## 医学：血液中の因子が老化した脳に影響を与える

Blood-borne factors affect the ageing brain

ニューロンの再生能力と認知機能は、老化に伴って低下する。年齢の異なるマウスの並体結合実験、つまり、外科的手術によって若齢マウスと老齢マウスの血液供給系を共有させる実験によって、血液で体全体に運ばれる因子群が、老齢マウスの成体において、ニューロン新生を阻害したり促進したりすることが明らかになった。次に、普通に老化したマウスと並体結合マウスを比較し、ニューロン新生の低下と相関する血漿中のシグナル伝達タンパク質群を、プロテオームスクリーニングによって同定した。このタンパク質群は、ニューロン前駆細胞の数を減少させ、神経分化を抑えたが、この中に、従来は免疫応答にかかわる因子とされてきた CCL11（別名エオタキシン）と  $\beta 2$  ミクログロブリンが含まれていた。

## 宇宙：月試料の意外な年代

Surprise date for lunar sample

アポロ 16 号機の着陸地点付近で採集された月岩石の年代決定が新たに行われ、意外にも 43 億 6000 万年という若い年代が示された。この年代を説明するには、次のいずれかが必要になる。第一は、月の固化が、多くの月形成モデルが想定しているよりもずっと新しく、太陽系形成の約 2 億年後に起こったとすること。第二は、月が原初の全球的マグマオーシャン過程を経たとする説を改訂すること。もし後者とすれば、月地殻の大部分は、連続的な火成活動のような非マグマオーシャン的な過程で生じた可能性が出てくる。

## 宇宙：銀河ハローの中の原始星

A primitive star in the Galactic halo

金属量（水素とヘリウム以外の元素量）の少ない星は、宇宙には存在しないように見える。この事実と理論的な理由から、低質量星は、星間媒質の金属量（Z）が、

ある臨界値を超えるまでは形成できず、その値は  $1.5 \times 10^{-8}$  から  $1.5 \times 10^{-6}$  の間にあると推定されてきた。Caffau たちは今回、原初の組成を持つ星を見つけ、低質量でも長寿命の星が実際に形成されることを示した。この星は銀河ハローの中にあり、金属量が非常に少なく（ $6.9 \times 10^{-7}$  以下）、炭素、窒素、酸素もまだ少ない。その化学組成から、最初の星がどのように形成されたかを知ることができると考えられる。

## 環境：岩石が作る大気中窒素

Rock-generated atmospheric nitrogen

自然生態系では、窒素が植物の生育を制限しているケースが多い。人がいない場合、この必須栄養素は、細菌が大気から取り込んで供給していると考えられる。今回 Morford たちは、岩石、土壌、植物の葉における窒素濃度と同位体組成を測定し、米国西部の森林では、これまで見過ごされてきた岩石が、窒素のもう 1 つの主要供給源となっていることを明らかにした。また、窒素の豊富な地質の森林では、窒素が少ない地質の森林に比べて、炭素の貯蔵量がかなり多いこともわかった。この新しい関係は、普遍的なものかもしれないと Morford たちは考えている。

## 生態：タラは戻るか

Will cod make a comeback?

北西大西洋のタラの漁獲量は、20 年ほど前に激減した。その後、タラ漁は禁止されたが、現在まで目立った回復は見られていない。Frank たちは今回、その個体数崩壊の仕組みとそれが長期化している理由を検討した。長期化の理由としてわかったのは、かつては被食者だった餌用魚が、生態系の中で暴走的に個体数の増減を繰り返していることだった。しかし現在、これらの魚種の餌となる動物プランクトンが減少しつつあり、それに代わって大型の動物プランクトンが増加する傾向を見せ、かつての生態系へと徐々に戻る可能性が見えてきた。この結論は、崩壊したほかの漁場にとっても朗報といえる。



Volume 477  
Number 7363  
2011年9月8日号



### 持ち札を切り混ぜる：擬態の達人であるチョウが「超遺伝子」を使って複数の翅のパターンを切り替える仕組み

SHUFFLING THE PACK: How a master of disguise uses a supergene to switch between an array of wing patterns

南米の森林に広く生息する有毒なヌマタドクチョウ (*Heliconius numata*) は、捕食者から効果的に身を守るために、別の亜科の有毒なチョウ (*Melinaea* 属) が持つ複数種の翅のパターンを擬態している。これは「ミューラー擬態」の一例で、典型的な「超遺伝子」、つまり通常は1つの単位として遺伝する強固な遺伝子集団の制御下にある。ヌマタドクチョウはとりわけ擬態がうまく、7種類もの翅のパターンを模倣できる。この個々の翅のパターンの変異型 (モルフ) に関する研究から、別の近縁種では自由に組み換えが生じる遺伝子座間の遺伝的連鎖が、単一の超遺伝子座 *P* に生じたさまざまなゲノム再配列によって強固になっていることがわかった。こうしてできた超遺伝子は、シンプルなスイッチとして作動し、一度スイッチが入ると、このチョウが示す一連の複雑な適応表現型の1つが選ばれる。表紙は、フランス領ギアナで撮影されたヌマタドクチョウ (左上) と *Melinaea mneme* (右下)。

発され、複雑に絡み合った2つのニューロン群を選択的に制御することが可能になり、仮説の検証に一步近づいた。新開発のオプシンを使って、マウスの前頭前皮質で興奮のほうを相対的に高めてやると、社会行動や学習行動に障害が生じることがわかった。これは「興奮/抑制バランス仮説」を裏付ける結果である。

### 宇宙：銀河中心のセファイド変光星

Galactic Centre cepheids

セファイド変光星は、光度と脈動周期の間に強い相関があるため、天文学で星間距離を決定するための標準光源として使われている。古典的セファイド変光星は、年老いたものほど脈動周期が短いので、それらの周期分布を使うことによって星の形成史を探ることができる。最近、天の川銀河中心付近の近赤外線観測により、中心バルジ内に3つの古典的セファイド変光星があることが明らかになった。発見された変光星の特徴から、2500万年ほど前に星形成が活発になった時期があったことが示唆される。この時間スケールは、銀河中心部について予想されている周期的なガス降着の時間スケールと同程度である。

### 遺伝：タラは免疫で我が道を行く

Cod goes its own way on immunity

タイセイヨウマダラのゲノム塩基配列が解読され、ゲノム解析により、その免疫系がほかの脊椎動物と大きく異なっていることが明らかになった。主要組織適合複合体 (MHC) II が失われており、MHC II 機能に不可欠なほかの遺伝子もいくつか失われているのだ。しかし、MHC I 遺伝子の数は大きく増えており、また Toll 様受容体ファミリーは特有の構成になっている。このように適応免疫と自然免疫の両方に代償的な変化が見られることから、タラの疾患感受性はほかのほとんどの脊椎動物と同程度だと考えられる。これらの知見は、現在の脊椎動物の免疫進化モデルに疑問を投げかける。また、水産養殖用ワクチンの開発に結びつく可能性もある。

### 物性：電荷ストライプ秩序と超伝導

Charge-stripe order and superconductivity

高温銅酸化物超伝導体  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_y$  の核磁気共鳴測定結果から、高磁場によって、スピン秩序を生じることなく、この物質の  $\text{CuO}_2$  面に電荷秩序が誘起されることが実証されている。観測された電荷秩序は、ストライプ秩序を持つ銅酸化物と似た特徴を持っており、こうした銅酸化物では電子電荷が自発的に組織化して「ストライプ」状になる。この電荷秩序は、超伝導が消失しつつあるときにのみ生じる。この研究結果は、銅酸化物ではストライプが予想されていたよりも広く見られることを示唆している。ストライプは超伝導と競合するようだが、ストライプを形成する傾向は高温超伝導に必須の要因かもしれない。

### 宇宙：電波ジェットとブラックホールの関係

The relationship between radio jet and black hole

電波ジェットは M87 などの活動銀河核

で見られるが、そのエネルギーは、大質量ブラックホールへの物質の降着によって供給されていると考えられている。この「中心エンジン」と、ジェットの基部となる明るい電波核との相対的な位置関係については、依然として推測の域を出ていない。今回、M87 の新たな観測が6通りの周波数で行われ、その結果から、電波核の位置がおおよそ20マイクロ秒角の精度で決定された。このデータから、中心エンジンは電波核の近傍にあり、43 GHz の測定ではシュワルツシルト半径の14~23倍の範囲内に位置することが明らかになった。

### 脳：自閉症に見られる脳のバランスの乱れ

Brain imbalance in autism

自閉症や統合失調症などで見られる社会性障害や情緒障害は、あるモデルによると、原因は細胞レベルにあって、特定の神経系で興奮性活動と抑制性活動が不均衡を起こすからだとされている。これまで、この考えを直接検証する手段はなかったが、今回、光学特性と時間特性の異なる2つの光遺伝学手法が開



Volume 477  
Number 7364  
2011年9月15日号



## これは故殺なのか? : 地震リスクの評価の問題で刑事責任を問われるイタリアの地震学研究者

**MANSLAUGHTER?: Italian seismologists in court over earthquake risk assessment**

2009年4月6日、イタリア中部をマグニチュード6.3の地震が襲った。300人以上が死亡、1500人が負傷し、6万5000人が家を失って避難生活を余儀なくされた。今年になって、この地震の発生リスクの評価と周知を怠ったとして、科学者6人と官僚1人が故殺（故意の殺人）の疑いで起訴された。彼らは9月20日にラクイラで裁判にかけられる。今週号のNews Featureで、当地の人々が科学に裏切られたと感じるようになった経緯を論じる。



## 遺伝 : マウスゲノムに見られる差異

### Variation in the mouse genome

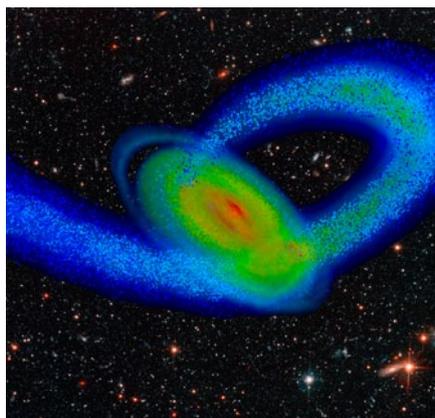
実験用マウスは生物医学研究に広く使われてきた。マウス参照ゲノムの概要塩基配列は2002年に発表されたが、その差異に関する研究はまだ少ない。今週号の2本の論文は、こうした空白部分を埋める第一歩だ。1つ目の論文では、一般に使用されているほとんどの近交系マウス系統とそれらの祖先系統を含む主要な17系統のマウスゲノムについて、塩基配列を解読および解析した結果が報告されている。これにより、広範な遺伝的差異の存在が明らかになり、実験用マウスの系統関係とともに、機能的変異の分子的特徴を知ることがかりが得られた。このデータは、ゲノム機能解析の新時代に向けて重要な情報源となるだろう。2つ目の論文では、従来から広く使われてきたマウス近交系13系統と野生種由来の近交系4系統のゲノムに見られる構造的変異の全容を記述し、それらの変異の多くを塩基対レベルの分解能でマッピングしている。それによると、構造的変異は広く存在するにもかかわらず、表現型の差異に及ぼす影響は比較的小さいことが明らかになった。

## 宇宙 : 天の川銀河の形成を見直す

### Reshaping the Galaxy

いて矮小銀河 (Sgr) は天の川銀河

の伴銀河で10年以上前に発見され、それ以来、多くの銀河合体（それ自体は宇宙の至るところで見られる）とよく似た現象が近傍で起きたもの、と見なされてきた。また、Sgrは銀河円盤には無視できる程度の擾乱しか及ぼさないと考えられている。だが今回、Sgrの落下に対する天の川銀河の応答の新たなシミュレーションが行われ、従来とは逆に、Sgrは銀河円盤の形を決めるうえで重要な役割を果たしてきたことがわかった。過去の衝突が、渦巻き構造の形成のきっかけとなり、棒構造の進化に影響を与えたのだ。



## 化学 : 意外に強い長い炭素-炭素結合

### Strength at length in carbon-carbon bonds

非常に長い炭素-炭素 (C-C) 結合を含み、アルカン (メタン系炭化水素)

としては今までで最長の分子が合成された。一般に、長いC-C結合は短いC-C結合より弱いが、今回合成された新しいアルカンは、予想外に安定であり、200℃以上にならないと分解しない。量子力学計算からは、意外にも、これらの化合物は長いC-C結合の両端にある「かさ高い基」の引力相互作用によって安定化していることが明らかになった。このような知識が、引力分散相互作用を利用した新材料開発に結びつく可能性もある。

## 地球 : 大規模火山活動の地質学

### The geology of large-scale volcanism

シベリア・トラップは、2億年以上前に大規模な火山噴火により形成された火山岩からなる広大な領域であり、巨大火山岩岩石区 (LIP) の最も重要な例である。Sobolevたちは、シベリア・トラップ形成の原因となったプリューム頂部に、密度の高い再循環した海洋地殻が大量に存在する岩石学的証拠を見つけた。この地域ではマグマ噴出前の隆起やリソスフェアの伸張が見られないが、彼らは、そうした観測結果を予測する熱力学的モデルも開発した。このモデルによると、プリュームからの大量のCO<sub>2</sub>とHClの脱ガスは、それだけで大量絶滅の引き金となりうることを示しており、また、それが主要な火山活動の前に起きると予測している。

## 進化 : 自信過剰はそれなりに理由がある?

### A sound basis for overconfidence?

自信過剰は意思決定の誤りや政策の失敗といった手痛い結果をもたらすにもかかわらず、なぜか、ヒトの判断や決断において、相変わらず広く見られている。ヒト以外の動物でも、争い行動に際した事例では自信過剰になりがちのようだ。JohnsonとFowlerは、ゲーム理論を使って自信過剰が有利に働く状況をモデル化し、そうした状況がパラメータ空間の大きな部分を占めることを見いだした。また、資源の利用可能性の増大とともに、自信過剰が強まり、争いが増える傾向も明らかになった。



Volume 477  
Number 7365  
2011年9月22日号



## 破壊兵器を越えて：軍－科学研究複合体の内部を探る

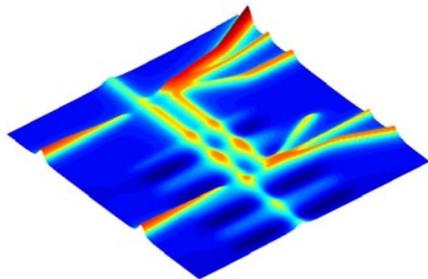
### BEYOND THE BOMB: A look inside the military-science complex

長い間、軍は科学研究に対する最大の投資家の1つだった。その投資の成果は、かつてないほど高度な攻撃用あるいは防衛用の兵器を見れば明らかである。一方で、軍事研究を基盤にした数多くの進歩は日常生活にも応用されており、平和的に使われている。今週号の News Feature では、軍事研究のあらゆる面にわたり、その成果、欠点、倫理を検証する。

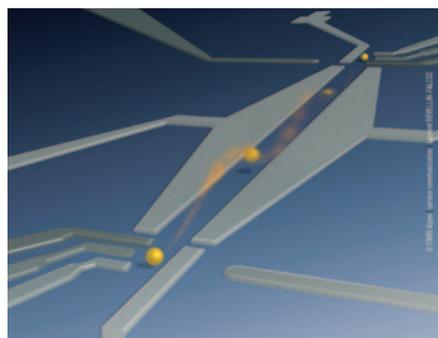
## 物理：表面音波に波乗りする電子

### Electrons surfing on a sound wave

固体中の電子はほかの電子や環境と強く相互作用するため、量子光学実験の単一光子のような形で単一電子を分離・検出するのは、非常に難しい。しかし今回、Hermelin たちと McNeil たちはそれぞれ全く独立に、1 個の量子ドットから放出した単一電子が、数  $\mu\text{m}$  にわたる長寿命の伝播の後に、別の量子ドットで高い効率で再び検出できることを実証した。単一電子は、一次元チャンネル中へ送られるとほかの電子から切り離され、マイクロ波照射で励起された表面



ROBERT MCNEIL



LAURENT REVELLIN,  
SERVICE COMMUNICATION CNRS-ALPES

音波にとらえられて運ばれる。McNeil たちはまた、同じ電子を最高 60 回、総距離 0.25mm まで往復移動できることを示した。つまり、ナノ構造の中を長い距離にわたって単一量子を輸送する新しい方法が実証されたわけだ。ここから、さまざまな量子光学実験や、単一電子を使う量子情報回路への道が開かれる可能性は高い。

## 宇宙：対になったブラックホール

### A brace of black holes

互いの間の距離が銀河の直径よりも短い大質量ブラックホールまたはクエーサーの対は、銀河の形成と成長のほとんどのモデルで予想されているが、見つかった例はわずかしかない。今回チャンドラ X 線観測衛星の画像から、ほぼ 130 パーセク、つまり約 430 光年しか離れていない活動的なブラックホール対が、近傍の渦巻銀河 NGC 3393 中で見つかった。この銀河の規則的な渦巻形態と、銀河核近傍の星の大部分が古い種族であること、そしてバルジに埋もれたブラックホールどうしが近接していることから、これらが小規模の合体現象によって生じた可能性が示唆される。

## 材料：たいていのものは寄せつけない表面

The surface that hates almost everything  
食虫植物のウツボカズラは、水性分泌

液できわめて滑りやすくなった面を持っていて、この罠に餌となる昆虫を滑り落とす。Aizenberg たちは、これにヒントを得て、高圧下でも機能する自己修復性オムニフォビック (omniphobic) 表面を作り出した。この SLIPS (slippery liquid-infused porous surface: 液体を含浸させた滑りやすい多孔質表面) は、極性液体、有機液体、複合液体に対してほぼ完璧な滑り性を示す。SLIPS は極端な条件下でも機能し、安価な材料から容易に作製でき、適切な基板と潤滑剤を選択することによって高い光透過性などの有用な特性を付与できる。この種の「超滑りやすい」表面は、生物医学的流体の操作、燃料輸送、防汚、凍結防止、光画像化などへと応用可能かもしれない。

## 医学：現在のコレラ流行はどこから始まったのか

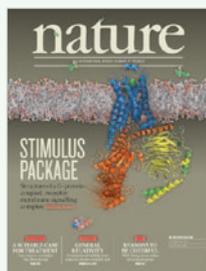
### Source of current cholera epidemic

コレラは何世紀にもわたって人類を悩ませてきた。そして、その原因であるコレラ菌 (*Vibrio cholerae*) には依然として、毎年数百万人が感染している。今回、全ゲノム系統発生的研究により、現在続いている第七次の世界的流行は 1950 年代にベンガル湾から始まり、3 回の独立した波状の流行によって世界に広まったことがわかった。

## 遺伝：部分合成酵母ゲノム

### A part-synthetic yeast genome

合成 DNA 断片を人為的に再編成して作られたゲノムを持ち、生存能力のある細菌の作製は 2010 年に実現したが、これは生物学における画期的な出来事の一つである。今回 Boeke たちは、世界で初めて真核生物の染色体腕を作製したことを報告している。これは、Sc2.0 と呼ばれるプロジェクトの第一段階で、このプロジェクトは、出芽酵母 (*Saccharomyces cerevisiae*) ゲノムの完全合成版の設計・構築を目標としている。この第一段階では、特別に設計した 2 つの合成染色体腕が酵母ゲノムに組み込まれ、本来の染色体腕配列と置き換えられた。



Volume 477  
Number 7366  
2011年9月29日号

### そそられる複合体：Gタンパク質共役受容体が膜で作るシグナル伝達複合体の構造

**STIMULUSPACKAGE: Structure of a G-proteincoupled-receptor membrane signaling complex**

Gタンパク質共役受容体（GPCR）は、ホルモンや神経伝達物質、また視覚や嗅覚、味覚といった感覚への細胞応答の多くを仲介している。このため、GPCRは、ヒト体内の薬剤標的のうち、おそらく最も重要なグループとなっている。GPCRは膜を7回貫通して、細胞膜にしっかり埋め込まれているため、これらが作る複合体の構造決定は特に難しかった。GPCR膜貫通型シグナル伝達複合体のX線結晶構造は、今回 Kobilka のグループにより決定され、その最終結果が今週号に掲載されている。明らかにされたのは、アデニル酸シクラーゼ刺激性 Gタンパク質の Gs と複合体を形成した  $\beta_2$  アドレナリン受容体の、アゴニストが結合した単量体の構造である。

### 宇宙：一般相対性理論を宇宙論的規模で検証する

#### Cosmic-scale test for general relativity

宇宙という大規模スケールでの一般相対性理論の検証は、現代宇宙論の基本的な難問であり続けている。宇宙論の理論的枠組みは重力によって定まり、この重力を記述する現在のモデルが一般相対性理論である。Wojtak たちは今回、一般相対性理論の古典的な検証方法、つまり重力ポテンシャル井戸から外へと伝播する光子が受ける重力赤方偏移によって、宇宙論のいかんによらず、数メガパーセクのスケールで重力を検証する直接的手段が得られることを示している。銀河団中の銀河からやってくる光の重力赤方偏移の観測結果は、信頼水準 99% で一般相対性理論の予測と一致し、暗黒物質を取り入れていない複数の代替モデルとは一致しない。

### 宇宙：矮ケフェイドで見つかった星震

#### Starquakes on a dwarf Cepheid

矮ケフェイドとも呼ばれる  $\delta$  Sct（たて座  $\delta$  型星）は、ヘリウムの電離の度合いによって明るさが変わる。 $\delta$  Sct 星では、太陽上で観測されている振動とよく似た「星震」を引き起こす外層対流が生じると予想されている。しかし、今ま

で、それらを観測することはできなかった。Antoci たちは今回、たて座  $\delta$  型星 HD 187547 で太陽と同じような振動を検出した。これは、太陽質量の 2 倍程度の星でも外層対流が効率的に働くことを意味している。

### 遺伝：爬虫類のゲノム塩基配列を初解読

#### First reptile genome sequenced

非鳥類型爬虫類のゲノム塩基配列が初めて解読された。対象となったのは、北米に生息するトカゲのグリーンアノール (*Anolis carolinensis*)。このアノールトカゲは、適応放散や収斂進化を研究するための新しいモデルとなっている。そのゲノムには、これまで知られていなかった X 染色体が含まれており、これには既知の有羊膜類の性染色体との相性は見られない。また、鳥類と起源が共通のマイクロ染色体も存在するが、鳥類にあるような意外な特徴はこれらの染色体には見られない。

### 生理：SUMO1 の量と心不全とのつながり

#### SUMO1 level linked to heart failure

SERCA2a は、興奮収縮連関の際にカルシウム再取り込みを担う ATP アーゼである。心不全では SERCA2a の量および活性が低下することから、心不全

に陥った心臓に SERCA2a を送達する遺伝子治療の臨床試験が進行中である。Hajjar たちは、SERCA2a の安定性および活性維持には SUMO（small ubiquitin-related modifier）タンパク質の結合が不可欠であり、心不全を起こした心臓では SUMO1 の量が低下していることを明らかにしている。さらに心不全のモデルマウスを用いた実験から、SUMO1 の遺伝子送達が発現が SERCA2a の遺伝子送達と同じ程度に心機能を回復させることがわかり、SUMO1 が心不全の治療法候補であることが示された。

### 細胞：自然免疫における病原体特異性

#### Pathogen specificity in innate immunity

インフラマソームは、自然免疫に関与する多タンパク質複合体で、プロテアーゼであるカスパーゼ 1 を活性化することで病原微生物に対する免疫応答を誘導する。NAIP（NLR family, apoptosis inhibitory protein）という細胞内受容体はこれまで、微生物タンパク質の認識に補助的な役割を担っていると考えられていたが、実際にはこの過程で中心的な役割を果たしていることが示された。NAIP ファミリーに属するさまざまな因子は、細菌のフラジェリンや細菌 III 型分泌系の保存されたロッドタンパク質など、多様な細菌リガンドに結合する。

### ||||||| ネイチャーからのご案内 |||||

nature video

Web: [www.youtube.com/NatureVideoChannel](http://www.youtube.com/NatureVideoChannel)

モバイル:



携帯電話で Nature Video チャンネルの科学関連動画を見ることができます。（一部の機種を除く）

nature podcast

Web: [www.nature.com/nature/podcast](http://www.nature.com/nature/podcast)

モバイル:



Nature に掲載された研究成果をポッドキャストでチェックできます。（英語；iPhone™のみ対応）

朝晩、すっかり冷え込んできましたが、夏の間は、蚊に刺された方も多いのではないのでしょうか。蚊が媒介する病気は多く、日本では日本脳炎が有名です。熱帯地域ではマラリアが問題となっていますが、もう 1 つ重要な疾患がデング熱です。デング熱には、予防薬もワクチンもありません。今回、環境にやさしい画期的なデングウイルス駆除法が考案されました。この方法が、マラリアなどのほかの疾患にも応用できたらいいですね。



デング熱を媒介するネタイシマカ

### nature news

語数：501 words 分野：医学・感染症学・疫学

Published online 24 August 2011 | Nature | doi:10.1038/news.2011.503

<http://www.nature.com/news/2011/110824/full/news.2011.503.html>

## Bacterium offers way to control dengue fever

*Wolbachia* strain halts virus in mosquitoes.

Natasha Gilbert

1. A common bacterium that infects mosquitoes is showing promise as a way to control the spread of dengue fever.
2. Transmitted by the mosquito *Aedes aegypti*, dengue fever kills around 12,500 people a year. Unlike for malaria, bed nets are not effective in combating dengue as *A. aegypti* is active during the day. And concerns about rising resistance to insecticides has spurred the search for alternatives.
3. A team led by Scott O'Neill, Dean of Science at Monash University in Melbourne, Australia, believe they may have the answer. In work published in Nature<sup>1,2</sup> today, they reveal a strain of the bacterium *Wolbachia pipiensis* that can stop the dengue virus from replicating in its mosquito host. They go on to show that this bacterium can rapidly spread through wild *A. aegypti* populations, suggesting it could be a viable control mechanism for dengue fever.
4. "The presence of *Wolbachia* in mosquitoes completely blocks the ability of the dengue virus to grow in mosquitoes," O'Neill says.
5. In previous work, O'Neill and his colleagues showed that infecting female mosquitoes with the *Wolbachia* strain wMelPop-CLA could cut their lifespan by half. The aim was to fight dengue fever by killing infected mosquitoes early, before the virus could mature enough to be passed on to people. But this approach, which also reduces infected mosquitoes' rate of reproduction by 56%, is problematic, as it also limits infected mosquitoes' ability to pass the bacterium on.
6. The solution, the group reports today, could lie in wMel. In caged field experiments, mosquitoes infected with this strain had lifespans, reproductive rates and offspring viability similar to that of uninfected controls.
7. Further, the team did not find virus in the saliva of wMel-infected females, suggesting that the bacterium could block transmission of the disease. And, because it does not harm mosquitoes, the bacterium is more likely than its predecessor to spread successfully through wild populations.
8. "It's an environmentally friendly approach that does not affect the mosquitoes, just the virus," says Flaminia Catteruccia, a molecular entomologist at Imperial College London, whose work has focused on controlling the malaria-carrying mosquitoes *Anopheles gambiae*.
9. How wMel stops the virus from replicating is "not fully understood", says O'Neill. But he says mounting evidence suggests that the bacteria "compete for limited sub-cellular resources required by the virus for replication".

### Into the wild

10. In an open field trial in two relatively remote areas in Australia, the team released more than 300,000 adult mosquitoes infected with the wMel *Wolbachia* strain into wild *A. aegypti* populations over a period of 9-10 weeks. Five weeks later, nearly all the wild mosquitoes tested were infected.
11. "This is the first case where wild insect populations have been transformed to reduce their ability to act as vectors of human disease agents," the authors write. They now plan to run large trials over the next 2-3 years to test the approach in countries where dengue fever is endemic. If the trials go well, their method could be implemented as a control mechanism "immediately afterwards", says O'Neill.

### Reference

1. Walker, T. et al. Nature <http://dx.doi.org/10.1038/nature10355> (2011).
2. Hoffmann, A. A. et al. Nature. <http://dx.doi.org/10.1038/nature10356> (2011).

## TOPICS

## デング熱 (dengue fever)

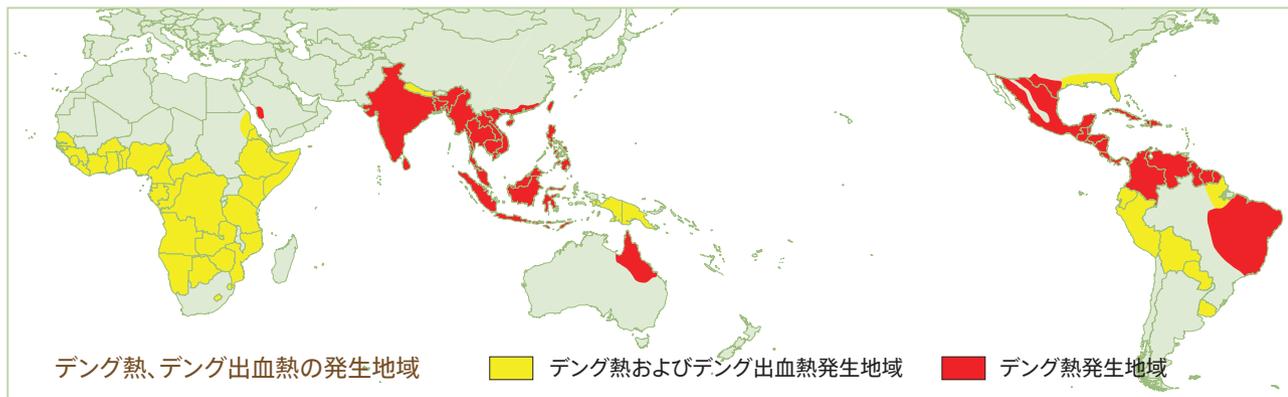
ネッタイシマカやヒトスジシマカによってデングウイルスが媒介されて感染する疾患。熱帯・亜熱帯地域を中心に、世界で年間約1億人が発症している。4つの血清型があり、例えば1型に感染した場合、1型に対しては終生免疫を獲得するが、ほかの型に対する免疫は数か月で失われる。別の型に再感染すると、重篤なデング出血熱を引き起こす確率が高い。

潜伏期間は4～7日。突然高熱を出し、頭痛、筋肉痛、関節痛のほか、食欲不振、腹痛、便秘を伴うこともある。発熱には二相性が見られ、約3日で37℃程度まで下がるが、1日お

いて再び39℃くらいまで上昇し、2日程度で低下する。後期の発熱時には、胸部から発疹が発症し、四肢や顔面へと広がることもある。

デング熱を発症した患者の一部では、血漿漏出、血小板減少、皮下出血、鼻血、消化管出血を生じ、デング出血熱となる。患者は不安・興奮状態となり、胸水や腹水がたまり、適切な治療を行わないと死に至る。

予防薬もワクチンもなく、現状、蚊に刺されないようにするという原始的な方法が最も効果的な予防法となっている。



## SCIENCE KEY WORDS

タイトル **bacterium**: (真正) 細菌

大きさ0.1～10μm程度の微生物。球状、桿状、らせん状の形状で、核膜を持たず、有糸分裂を行わない。ペプチドグリカン主成分とする細胞膜を持つ。

リード **strain**: 株

微生物や細胞などで、継代培養でもその性質や特徴を維持できる、遺伝的に同質なクローン。

リード **virus**: ウイルス

タンパク質の殻の中にDNAまたはRNAを持つ。細菌や真核生物などの細胞に感染し、宿主のDNA複製機構やタンパク質合成機構を利用して増殖する。

2. **Aedes aegypti**: ネッタイシマカ

デング熱、黄熱、チングニア熱のウイルスを媒介する蚊。熱帯地方や亜熱帯地方に生息する昼間吸血性の蚊。

2. **malaria**: マラリア

ハマダラカが媒介するマラリア原虫による感染症。特に熱帯熱マラリアは、迅速かつ適切に治療しないと重症化し、死に至る。

3. **Wolbachia pipientis**: ボルバキア

昆虫などの節足動物やフィラリアに、共生あるいは寄生する細菌。感染により、宿主の雄を選択的に殺したり、雌

化したりするほか、雌が単為生殖するようになる。また、感染雄と非感染雌の交配による卵は発生しない。

3. **host**: 宿主

細菌やウイルス、寄生虫や菌類が、感染、寄生または共生する相手の生物のこと。

6. **lifespan**: 寿命7. **saliva**: 唾液8. **entomologist**: 昆虫学者8. **Anopheles gambiae**: ガンビエハマダラカ

主に悪性の熱帯熱マラリアを媒介する蚊。

9. **sub-cellular**: 細胞内の11. **transform to**: ～に形質転換する

外部から導入されたDNAにより、細胞がその遺伝的性質を変えることを形質転換という。

11. **vector**: ベクター

目的の外來遺伝子を、目的の細胞に導入し、宿主細胞内で維持・増殖し、発現できるようにするための媒体核酸。

11. **endemic**: 風土病、固有種

特定の地方だけに見られる病気や生物種。その地方特有の環境や気候、生活様式の影響が大きい。

## WORDS AND PHRASES

2. **transmit**: 「媒介する」、「伝える」

2. **bed net**: 「蚊帳」

2. **insecticide**: 「殺虫剤」

2. **spur**: 「～に拍車をかける」、「～を促進させる」

2. **alternative**: 「代替物」、「代替的な方法」

3. **viable**: 「有効な」

5. **pass on to**: 「～に伝播する」

6. **reproductive rate**: 「繁殖率」

6. **offspring viability**: 「子孫生存力」

7. **predecessor**: 「以前あったもの」、「先行したもの」

9. **mounting**: 「高まる」、「増大する」

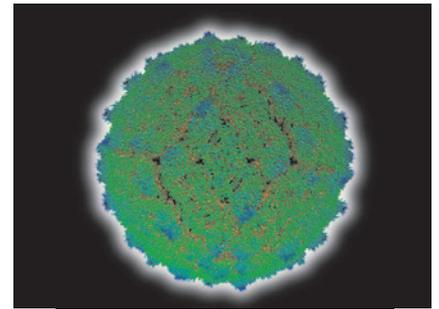
11. **implement**: 「実施する」

## 参考訳

細菌を利用してデング熱を  
予防する

ボルバキアという細菌のある菌株が、蚊の体内でのデングウイルスの増殖を止める。

ナターシャ・ギルバート



デングウイルスの 3D モデル

- 蚊に感染するありふれた細菌が、デング熱の広がりを抑制する手段として有望視されている。
  - デング熱は、ネッタイシマカ (*Aedes aegypti*) によって媒介される感染症で、年間およそ 1 万 2500 人が命を落としている。(夜行性のハマダラカが媒介する) マラリアの予防には蚊帳が有効だが、ネッタイシマカは日中に活動するため、デング熱との戦いには蚊帳は効果がない。それに加えて、殺虫剤に対する耐性が生じることへの懸念もあるため、これらとは別の防除法の探索が急務となっている。
  - モナッシュ大学 (オーストラリア・メルボルン) の Scott O'Neill 理学部長をリーダーとする研究グループは、その方法を見つけたかもしれないと考えている。本日発行の *Nature* に掲載される彼らの論文<sup>1,2</sup>によれば、ボルバキア *Wolbachia pipientis* という細菌のある菌株は、デングウイルスが宿主である蚊の体内で増殖するのを阻止することができるという。O'Neill たちはさらに、この菌株はネッタイシマカの野生型個体群の間に急速に広がることができ、デング熱の制御機構として有望であることも示した。
  - 「蚊の体内にこのボルバキア菌株が存在していると、デングウイルスの増殖能力が完全に阻害されるのです」と O'Neill は話す。
- 基本原則**
- O'Neill たちは、これまでの研究で、雌の蚊にボルバキアの wMelPop-CLA という菌株を感染させると、蚊の寿命を半分に短縮できることを明らかにしていた。その研究の目的は、デングウイルスが蚊の体内で成熟してヒトに伝染するようになる前に蚊を死なせるという方法でデング熱を予防することにあった。しかし、この方法には、デングウイルスに感染した蚊の繁殖率を 56% も低下させてしまい、蚊の間でこのボルバキア菌株を広める能力も低下させてしまうという問題があった。
  - O'Neill たちの論文によると、この問題は、ボルバキアの wMel という菌株により解決できるかもしれない。野外ケージの実験
- では、wMel を感染させた蚊の寿命、繁殖率、その子孫の生存力は、wMel に感染していない対照群と同程度だった。
- さらに、wMel に感染した雌の蚊の唾液からはデングウイルスが発見されず、この菌株がデング熱の伝播を阻止しうることが示唆された。また、wMelPop-CLA とは異なり、wMel は蚊に害を及ぼさないので、野生型個体群の間によく広まる可能性が高い。
  - 「これは、蚊に害を及ぼすことなくウイルスのみを抑制する、環境にやさしい方法です」。こう話すのは、マラリアを媒介するガンビエハマダラカ *Anopheles gambiae* の防除に関する研究を中心に行ってきたインペリアル・カレッジ・ロンドン (英国) の分子昆虫学者 Flaminia Catteruccia だ。
  - wMel がデングウイルスの複製を阻止する機序は「十分には解明されていない」が、「デングウイルスが複製に必要な細胞内資源をめぐって競合関係にある」ことを示唆する証拠がそろいつつあると O'Neill は言う。
- 細菌感染させた蚊を放つ**
- O'Neill の研究グループは、オーストラリア国内の 2 か所の比較的辺りな場所でオープンフィールド実験を行い、9 ~ 10 週間にわたり、ネッタイシマカの野生型個体群の中に、ボルバキア wMel 菌株に感染させた 30 万匹以上の成体の蚊を放った。5 週間後、彼らが調べた野生型ネッタイシマカのほとんどすべてが wMel に感染していた。
  - O'Neill たちの論文には、「これは、ヒトの病原体を媒介する昆虫の野生型個体群について、媒介動物としての能力が低下するように形質転換させた最初の事例である」と記されている。彼らは今後 2 ~ 3 年かけて、デング熱の流行が見られる国々で大規模な試験を行うことを計画している。試験の結果がよければ、「その直後から」自分たちの防除法が実施される可能性がある、と O'Neill は話している。

(翻訳：菊川 要)

定期購読を  
始めたいな!



Fujisan.co.jp  
雑誌のオンライン書店

当社サイト、Fujisanなら  
バックナンバーの購入、  
定期購読も可能です。

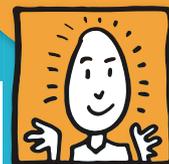
帰りに  
買いたい!



全国の書店・生協

全国の書店、生協で  
扱っています。

いつも  
利用している  
Amazonで!



amazon.co.jp

Amazon.comで  
最新号の予約購読も

\*詳しくは、www.naturejpn.com/bookstores をご覧ください。 AmazonおよびAmazonのロゴは、Amazon.com, Inc. またはその関連会社の商標です。

弊社のサイトからのお申し込みはこちらから

[www.naturejpn.com/nd-sub](http://www.naturejpn.com/nd-sub)

npg nature asia-pacific

EDITOR'S NOTE

撤回されない論文の一件（16 ページ）は、科学の本質的にかかわるテーマです。10 年前に英国の小児病院で、病理サンプルを遺族の承諾なしに手に入れた行為が不適切とされたわけですが、50 年前、100 年前、戦争中はどうだったのでしょうか。もちろん、今回の話には何か別の理由があると思われそうですが、科学は実証可能なので、Sibbons 氏の指摘のように、時間を飛び越えた安易な判断はすべきではありません。米国初のノーベル物理学賞受賞者ミリカンによる、都合のよいデータのみを選択した不正行為はいまや公知の事実です。でも、だから 100 年前の論文を却下・撤回しないでよかったのです。唯一絶対神の上から目線こそ、科学の力を奪うものであることを知るべきです (YM)。

\*翻訳記事は、原則として原文に沿っております。一部、Nature ダイジェスト編集部でよりわかりやすいように編集しております。



npg nature asia-pacific

NPG ネイチャー アジア・パシフィック  
〒162-0843  
東京都新宿区市谷田町 2-37 千代田ビル  
Tel. 03-3267-8751 (代表)  
Fax. 03-3267-8754  
www.naturejpn.com

©2011 Nature Japan K.K., trading as NPG Nature Asia-Pacific.  
All rights reserved. 掲載記事の無断転載を禁じます。

広告のお問い合わせ  
Tel. 03-3267-8765 (広告部)  
Email : advertising@natureasia.com

編集発行人: David Swinbanks  
副発行人: 中村康一  
編集: 田中明美  
デザイン/制作: 村上武、中村創  
広告/マーケティング: 米山ケイト、池田恵子  
藤原由紀  
編集協力: 白日社

「Natureダイジェスト」へのご意見やご感想、  
ご要望をメールでお寄せください。

宛先: [naturedigest@natureasia.com](mailto:naturedigest@natureasia.com)  
(「Nature ダイジェスト」ご意見係)

掲載内容についてのご意見・ご感想は、  
掲載号や記事のタイトルを明記してくださ  
い。今後の編集に活用させていただきます。  
皆様のメールをお待ちしております。

応募資格

国内の大学または研究機関に所属する若手研究者(45歳以下)

応募対象

環境・エネルギー、健康・医療、安心・安全のいずれかの分野における応用志向型の研究

賞金

最優秀賞(1件) **400万円** 優秀賞(1件) **200万円**  
奨励賞(3件) **100万円**

副賞

ドイツの研究機関に最長2カ月間研究滞在するための助成金

応募締切日 **2011年12月15日**(木曜日) 必着  
提出書類の使用言語 英語

[www.german-innovation-award.jp](http://www.german-innovation-award.jp)

German Innovation Award – Gottfried Wagener Prize 2012

# ドイツ・イノベーション・アワード

「ゴットフリート・ワグネル賞2012」募集

主催

ドイツ 科学・イノベーション フォーラム 東京  
在日ドイツ商工会議所

共催

ドイツ企業10社

特別協力

ドイツ学術交流会  
ドイツ研究振興協会

協力

フラウンホーファー研究機構  
ドイツ語圏日本学術振興会研究者同窓会

後援

ドイツ外務省/ドイツ連邦教育研究大臣  
独立行政法人 科学技術振興機構/独立行政法人 日本学術振興会



BOSCH DAIMLER



定価 680 円

本体 648 円  
Printed in Japan

雑誌 07271-11



4910072711116  
00648