

nature ダイジェスト

07
2013

縄文土器が調理に使われていた

脳を透明化する革新的技術

土星の環から降る雨

Nature の新しい編集方針

銃社会と戦う研究者

「生きた化石」のゲノム解読

獣医療の幹細胞療法が
大ブーム

精神障害はひとつつながり

β細胞の増殖を促す
新規ホルモン発見

シミュレーションでは
干ばつを予想できない

FROM 日経サイエンス
プラズマメスの可能性
羽音でハチの健康診断

Nature Publishing Group の
メールマガジンは
発行日 * に最新の情報を
日本語でお届けします！



nature

毎週木曜日配信

今週のハイライト、今週号の目次を日本語で紹介します。同日メディアで見たニュースや気になる記事をすばやく見つけ、サイトにすぐにアクセスできます。その他、お得な情報、Nature以外のジャーナルの最新コンテンツ（日本語翻訳）もお届けします。役立つ情報満載のメールマガジンです。

**nature
ダイジェスト**

毎月 25 日配信

今月号の目次はもちろん、今月号の Hot topic、無料公開記事など紹介します。また、今年は Nature ダイジェスト創刊 10 周年の特別コンテンツを企画していますので、その最新情報も発信していきます。キャンペーン情報も見逃せません。

ご登録はたった 1 分、無料です。ぜひ、この機会にメールマガジンにご登録ください。

**SCIENTIFIC
REPORTS**

毎週火曜日配信

最新の論文、注目のハイライト、注目の論文を紹介。最新の論文は、「生物」、「化学」、「物理」、「地球、環境科学」、「医療」の分野にまとめられており、研究領域の論文に素早くアクセス可能です。毎日新しい論文が掲載される *Scientific Reports*、メールマガジンなら週 1 回まとめてチェックできます。

**nature
COMMUNICATIONS**

毎週水曜日配信

最新の論文、注目のハイライト、注目の論文に加え、毎月 1 本論文全文を無料公開しています。毎週発表される最新の論文には、日本語タイトルと要約を掲載し配信しているので、サイトにアクセスする前に、メールマガジンで内容をご覧いただけます。

**Scientific Reports*, *Nature Communications* はオンラインジャーナルのため、この通りではありません。

メールマガジン登録

nature.asia/jpn-register

nature publishing group npg



12

RAMIN RAHIMIAN/GETTY IMAGES FOR NATURE

銃と戦う男

表紙画像 : ISTOCKPHOTO/THINKSTOCK

NATURE NEWS

- 02 インスリン分泌細胞の増殖を促進する新規ホルモン発見
- 03 10億年以上地殻の中に閉じ込められた水を発見
- 04 洋ナシ型原子核が物理学の探求を後押しする
- 08 脳を透明化する革新的技術！
- 10 リサイクルされる古代の地殻
- 27 米国の大干ばつを予測できない「気候モデル」
- 28 過少報告されていた中国遠洋漁船団の漁獲量
- 29 RESEARCH HIGHLIGHT | 砂漠の植物は、CO₂増加の恩恵を受けない

TURNING POINT

- 創刊10周年特別企画インタビュー
- 07 網膜の再生研究との出会い
高橋政代・理化学研究所 PL

NEWS SCAN

- 06 プラズマメスの可能性
- 06 羽音でハチの健康診断

NEWS & VIEWS

- 32 土星の環から大気に雨が降っている

JAPANESE AUTHOR

- 20 脳の画像から、夢と心を読む
— 神谷 之康

EDITORIAL

- 34 オバマ政権は、証拠に基づいて歳出を決める政策へ
- 35 論文の内容を再現・再確認できるようにする新方針

HIGHLIGHTS

- 36 2013年5/2～5/30号

都合により、「英語でNature」は休載致します。

30 日本の縄文土器は、調理に使われていた！

新潟県十日町市で発掘された縄文土器片に脂質が付着しており、狩猟採集民が土器で調理をしていた最古の証拠が見つかった。



TOKAMACHI CITY MUSEUM

22 精神障害はひとつながり

診断の最新改訂版 DSM-5 では見送られたが、精神障害は、さまざまな病態が連なったスペクトラム症候群であるらしい。



18 獣医療の世界で幹細胞療法が大ブーム！

ウマやイヌ、さらにはトラまでが、治療効果が実証されていない幹細胞療法を受けている。ただ、行政の規制措置は微妙だ。



JESSICA CROSS/CORNELL UNIV.

09 「生きた化石」のゲノム解読

シーラカンスのゲノムが解読された。一部を除いて変化の速度は非常に遅く、それ自体、生きた化石といえることがわかった。



LAURENT BALLESTA/ANDROMÈDE COLLECTION

インスリン分泌細胞の増殖を促進する新規ホルモン発見

Liver hormone offers hope for diabetes treatment

CHRIS PALMER 2013年4月25日 オンライン掲載 (doi:10.1038/nature.2013.12878)

マウスにおいて、^{すいそう}脾臓のインスリン分泌細胞の増殖を促進する新規ホルモンが発見された。ここから糖尿病の新しい治療法が生まれる期待が高まっている。

ハーバード幹細胞研究所（米国マサチューセッツ州ケンブリッジ）の共同所長であるDouglas Meltonが率いる研究チームは、マウスにおいて、脾臓のインスリン分泌細胞（脾 β 細胞）の増殖を促進するベータトロフィンというホルモンを発見した。この結果は、2013年4月25日、*Cell*にオンライン掲載された¹。

Meltonの研究チームは、まず、インスリン受容体に結合してそのシグナル伝達を阻害するペプチドにより、インスリン抵抗性を誘導したマウスモデルを作製した。このマウスモデルでは、インスリン抵抗性を代償するために β 細胞の自己複製（増殖）が起こる。

研究チームは、このマウスモデルを用いて、 β 細胞の自己複製に関わっている遺伝子を探査し、主に肝臓から分泌されるベータトロフィンを同定した。8週

齢マウスの肝臓にベータトロフィンを発現させると、インスリンを分泌する脾 β 細胞の増殖が平均17倍上昇した。ベータトロフィンはヒトの肝臓にも発現していると、研究チームは言う。

「新しいホルモンが見つかるなんて、めったにありません。興味深いことに、このベータトロフィンは、非常に特異的で、 β 細胞にしか作用せず、しかも、非常に強力な作用を持っています」と、Meltonは言う。

脾 β 細胞は、マウスにおいてもヒトにおいても、胎生期および新生児期にのみ急速に増加し、成体期にはほとんど増加しない。2型糖尿病は世界中で3億人以上が罹患しているとされる代謝性疾患であるが、この主要な原因は、加齢とともに脾 β 細胞機能が低下することである。2型糖尿病と1型糖尿病（脾 β 細胞

への自己免疫攻撃によって引き起こされる）に直接関わる医療費は、米国だけでも、毎年1760億ドル（約17兆6000万円）にもなる。

治療への期待

Meltonは、ベータトロフィンを月1回、そしておそらくは年1回注射するだけでも、脾 β 細胞に十分な増殖活性を誘導でき、2型糖尿病患者にインスリンを毎日注射するのと同レベルの血糖調節が可能だろうと考えている。さらに重要なのは、ベータトロフィンを投与した場合、インスリンは体内で自己産生されると考えられるので、合併症が少なくなる可能性があることだ。Meltonはまた、このベータトロフィンが1型糖尿病患者にも役立つよう期待している。

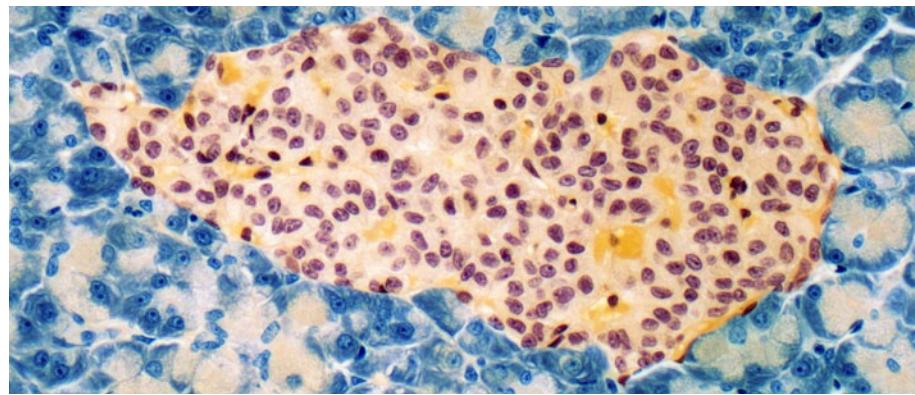
カリフォルニア大学サンフランシスコ校糖尿病センター（米国）長のMatthias Hebrokは、この研究が「大きな進歩であり、非常に興味深い」と言う。Hebrokは、この実験が、さらに高齢で、糖尿病になりつつあるマウスでも再現されるのかどうか、知りたがっている。「そうしたマウスでも、ベータトロフィン投与により、本当に脾 β 細胞の増殖能を高めることができるのでしょうか？」と話す。

デンマーク幹細胞センター（コペンハーゲン）長のHenrik Sembは、「マウス脾 β 細胞の増殖を効率的に促進する因子の同定は、非常に重要な発見です。ベータトロフィンの発見は、脾 β 細胞の増殖の基礎となる機構を解明する上で、すばらしい出発点になるでしょう」と言う。なぜなら、ヒトの体内で脾 β 細胞を増殖させることは、現時点でも難しいからだ。

Meltonは、ヒトで臨床試験を行うのに十分な量のベータトロフィンを产生するには、あと2年かかるだろうと言う。彼は、ベータトロフィンの受容体やその作用機構を明らかにするために研究を進めている。

（翻訳：三谷祐貴子）

1. Yi, P., Park, J.-S. & Melton, D. A. *Cell* <http://dx.doi.org/10.1016/j.cell.2013.04.008> (2013).



ベータトロフィンはマウスにおいて脾 β 細胞の増殖を引き起こす。このような増殖は、ラングルハンス島で見られる（写真）。



カナダ・オンタリオ州の深い鉱床から滲み出す水は、10億年以上も地殻の中に閉じ込められていた。その水からは、微生物を維持する栄養素を含んだガスが湧き立っている。

10億年以上地殻の中に閉じ込められた水を見つける

Reservoir deep under Ontario holds billion-year-old water

JESSICA MARSHALL 2013年5月15日 オンライン掲載 (doi:10.1038/nature.2013.12995)

地殻の内部に隔離された水から、微生物の活動を示す証拠が探索されている。

マンチェスター大学（英国）の地球化学者Chris Ballentineらの研究チームが、カナダの鉱山の地下2.4kmで、10億年以上も地殻の中に閉じ込められていた水を見ついた。その水の中で何らかの生命が生きているのかどうか、まだわからぬい。それはともかく、水にはメタンと水素が大量に含まれており、それらはまさに生命の維持に必要な物質だ。

数十億年前の鉱物の内部に1μm程度の空間があって、そこに鉱物が作られたときの水が閉じ込められていた例はある。しかし、割れ目や孔を自由に流れる水の供給なしに、地殻の中で数千万年以上にわたって隔離されていた水の例は、これまでない。

Ballentineは、「ひょっとしたら数千万

年、場合によっては数億年前の水かもしれないと期待していました」と明かす。研究チームは、ティミンズ（カナダ・オンタリオ州）に近い銅・亜鉛鉱山の27億年前の硫化物堆積層の割れ目から流れ出る水を、坑内の空気に触れないよう慎重に回収した。

研究チームは、その水の年代測定に3通りの方法を利用した。いずれも、水が含む希ガスの多様な同位体の相対的な量に基づくものだ。測定の結果、その水は、周囲の岩石が形成されてからまもない10億年以上昔、ことによると26億4000万年も前から、地球の大気に触れていない（つまり地殻の中に閉じ込められている）ことがわかった。この研究成果は5月16日号の*Nature*に掲載された¹。

「きわめて特異」

岩石学地球化学研究センター（フランス・ヴァンドゥーヴル・レ・ナンシー）の地球化学者Pete Burnardは、「試料の同位体構成はきわめて特異なもので、論文中の説明は最も確からしいものだと思います」と話す。「現時点では、地殻の中に15億年前の水が閉じ込められていると判断するほかはないでしょう」。

その水が生命を維持するのに必要な成分を含んでいることから、Ballentineは今回の発見を「二重の意味で興味深い」と考えている。その隔離された水が供給されることで、生命が発生したとも考えられる生態系「隔離バイオーム」が生まれる、と彼は言う。研究チームは現在、その水が実際に生命を含んでいるかどうかを確かめようとしているところだ。

Ballentineは、推論の域を出ないことを認めながらも、その発見が火星の生命に関わる可能性もあると考えている。かつて火星の表面には水が存在し、その岩石も化学的には地球のものと何ら変わりはないという。「同じような水の流れが火星にないと決めつけることはできないはずです」。

（翻訳：小林盛方）

1. Holland, G. et al. *Nature* **497**, 357-360 (2013).

洋ナシ型原子核が物理学の探求を後押しする

Pear-shaped nucleus boosts search for new physics

STEPHEN BATTERSBY 2013年5月8日 オンライン掲載 (doi:10.1038/nature.2013.12952)

ラジウム 224 原子核も洋ナシ型をしていることがわかった。

既知のラジウム 226 と合わせて、

すでに提案されているいろいろな原子核モデルが検証できるようになった。

今回、ラジウム 224 の原子核がずんぐりした洋ナシ型をしていることが明らかになり、その成果が、*Nature* 2013年5月9日号に掲載された¹。

原子核の形は、陽子間の静電反発力に対抗して作用する「強い核力」によって保たれている。しかし、これらの力の相互作用を第一原理から計算しようとすると話が複雑になってしまうので、理論家たちは、実験から得られたデータと計算を単純にする仮定に基づいて原子核の構造を説明するモデルをいくつか提案してきた。

ほとんどの原子核は球に近い形かラグビーボール型をしているが、理論モデルからは、洋ナシのように一端が盛り上がった形で安定している原子核もあることが示唆されている（その他に、バナナ型やピラミッド型の原子核もあると予想されている）。しかし、洋ナシ型をしていそうな原子核はどれかという問題になると、理論モデルの間で予想は一致していない。

これまで、実験により洋ナシ型であることがわかっている原子核は、1993年に確認されたラジウム 226 の1つしかなかった²。ラジウム 226 は寿命が長い（半減期 1600 年）ため、研究するのは比較的容易だった。洋ナシ型をしていると推定される原子核はほかにもあるが、いずれも非常に不安定で、取り扱いが困難である。

今回、ラジウム 226 以外の洋ナシ型原



物理学者のチームは、ガンマ線分光装置（写真）を用いて、ラジウム 224 の原子核が洋ナシのように一端が盛り上がった形をしていることを明らかにした。

子核を探すため、リバプール大学（英国）の物理学者 Peter Butler らは、スイスのジュネーブ近郊にある欧州原子核研究機構（CERN）の ISOLDE 同位体質量分離施設で炭化ウランに高エネルギーの陽子線を照射した。「標的に陽子を叩きつけると、多くの種類の同位元素が生成します」と Butler は言う。研究チームは、その中からラジウム 224 とラドン 220 という 2 つの核種を単離してビームにし、第二の標的に照射した。入射原子核の 1 つが標的原子核に接近すると、励起してスピンを始め、やがてこの余分なエネルギーをガンマ線として放出する。

この接近の際に原子核がどのくらい励起しやすいかは、その形状によって決まってくる。ガンマ線検出装置からのデータから、ラドン 220 が球に近い形と一端が盛り上がった形の間で振動しているのに対して、ラジウム 224 の方は洋ナシ型、それも、カンファレンス種のような細長い形ではなく、コミス種やアンジュー種のようなずんぐりした形で安定していることが示唆された (<http://nature.asia/14DN4Ps> のビデオ参照)。

原子核の果物かご

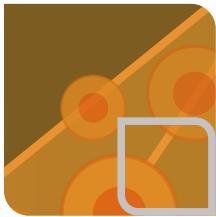
今回、洋ナシ型原子核が 2 種類になったことで、物理学者たちは既存の原子核理論モデルの検証に取りかかれるようになった。例えば、クラスターモデルでは、洋ナシ型原子核は、球体の横にヘリウム原子核がくっついたものとして扱われ、ラジウムの軽い同位体は重い同位体に比べ、よりはっきりとした洋ナシ型をしているはずだと予想される。けれども、最新の研究成果により、ラジウム 224 はラジウム 226 ほどいびつな形をしていないことが明らかとなり、クラスターモデルに疑問が投げかけられた。ほかにも平均場モデルと呼ばれるものがあるが、このモデルの予想は完全ではないものの、クラスターモデルに比べれば観測データとよく合致している。現時点の実験技術では、これらの原子核モデルを決定的に検証することはできないが、Butler らのチームは、2015 年に CERN の高エネルギー・高強度施設 HIE-ISOLDE がオープンしたときに検証したいと考えている。

マンチェスター大学（英国）の原子核物理学者で、Butler の研究チームのメンバーではない Gavin Smith は、「洋ナシ型原子核の存在は、今回の実験よりはるかに広い範囲に影響を及ぼすかもしれません。ひょっとすると標準モデルに制約を加える可能性もあると思います」と言う。

（翻訳：三枝小夜子、要約：編集部）

1. Gaffney, L. P. et al. *Nature* **497**, 199–204 (2013).

2. Wollersheim, H. J. et al. *Nucl. Phys. A* **556**, 261–280 (1993).



セルソーターは研究室に1台の時代へ

～パーソナル自動セルソーターがバイオ・ラッドから新発売 S3™セルソーター～



特長

- Jet-in-Airテクノロジーによる
高速・高純度ソーティング
- セルソーティング準備は
30分未満の簡単な
自動ソーティングセットアップ
- ベンチトップのコンパクトサイズ



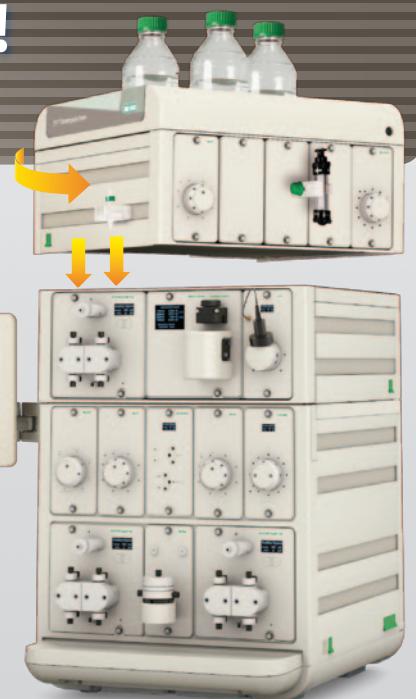
価格

¥16,000,000～¥19,000,000



タンパク質精製の次世代へ!

～誰でも簡単、NGCクロマトグラフィーシステム～



特長

- ソフトウェアの操作がとても簡単
- フロント配管でクロマトチャンバーでもらくらく操作
- ベイやモジュールの追加による高い拡張性

新機能



タッチスクリーンによる制御

本体の状況を表示するだけでなく、マニュアル操作もこのタッチスクリーンで簡単にできます。



LEDアシスト機能

チューブの接続時や流路の確認がわかりやすくなりました。



磁石式カラムホルダー

本体の前面、側面の金属部分に自由に配置可能です。

このシステムは、NGC Quest 10 システムに各種モジュール、拡張ベイを追加しています。

価格 ¥5,200,000～
本体+制御用PC+フラクションコレクター+付属品



バイオ・ラッド ラボラトリーズ株式会社
ライフサイエンス事業部 TEL:03-6361-7000

www.bio-rad.com

プラズマメスの可能性

無出血手術が可能で、治療効果も期待されている

医学でプラズマといえば、普通は血液の液体成分、血漿のこと^{けつしょう}を指す。だが最近は、第四の物質状態であるプラズマもしばしば登場するようになった。プラズマの出るブロートーチ（いわゆるバーナー）を作り、人体を切って無出血手術をする方法が研究されているのだ。

20世紀初めから、プラズマを使ってイボなどの切除は行われていた。20世紀後半になると、工業用プラズマカッターで金属を切断するように、プラズマジェットで人体を切り分ける方法が研究され始めた。プラズマメスは、切ったそばから組織を焼灼する。「スター・ウォーズのライトセーバー（光る剣）のようなものです」とワシントンの外科医Jerome Canadyは言う。彼は初期のプラズマメスの発明者だ。

内出血は時に致命的なので、その防止は救命につながる可能性がある。輸血が最小限ですむ点も重要で、戦場では特にそうだ。米国特殊作戦軍は2008年にプラズマメスの実地試験を行った。

プラズマメスはアルゴンなどのガスを加圧し、細い経路を通じて流す。ガスは経路で電荷を獲得し、時速2400km以上で噴出してプラズマの刃となる。メスに使われるプラズマは比較的低温で、直接に触れた組織は焼灼されるが、周囲の細胞の温度は36°Cほどにしか上がらない。また、外科用メスの刃よりも鋭いとCanadyは言う。従来のメスでは切り口から0.4～0.8mmが巻き添えになって傷つくが、プラズマメスなら0.1～0.2mmにとどまるという。

さらに、プラズマには治療効果があるらしいこともわかってきた。電気的に中性な空気中の酸素分子と窒素分子がプラズマによって電気を帯び、それらの分子がオゾンと窒素酸化物を形成して、細菌やがん細胞を死滅させるらしい。

ワシントンにあるジョージ・ワシントン・ナノテクノロジーリサーチ所長のプラズマ物理学者Michael Keidarらは、プラズマが人体に及ぼす影響を調べるために、5年間で44万5000ドルの研究費を得た。プラズマを生成するのに必要な電気パルスの周波数と電圧、波形を調整すると、生体組織への貫通深度が変わるとみている。

そうしたことがわかれれば、切断の精度が高まるほか、抗菌効果などを最適化できる可能性がある。「プラズマの医療応用について、これまで基礎研究がなされてきませんでした。プラズマの作用メカニズムを完全に理解することで、新たな門戸が開けると期待しています」とCanadyは言う。 ■

(翻訳協力：鐘田和彦)

羽音でハチの健康診断

巣箱に設置したセンサーで病気の兆候をつかめるかも

ミツバチの羽音は、人間の耳にはいつもブーンとしか聞こえない。だがある研究グループは、その音のわずかな変化を解読すれば世界中で進んでいるミツバチの激減を食い止められるかもしれないと考えている。

英国ノッティンガム・トレント大学を中心とする研究チームは、ハチの巣から聞こえる羽音の変化はハチの健康状態を反映しており、ハイテクを駆使してこれを聞き取れば、養蜂家に早期警報を出せると考えている。欧州連合(EU)から180万ドルの研究費を得て、フランス南東部地方の村にあるハチの巣箱20個の羽音を5年にわたって解析する実験が、今年の初春から始まった。

研究チームを率いるMartin Bencsikは、以前、加速度計^{ぶんぱく}というセンサーを使って、分封と呼ぶ現象の前に生じるハチの羽音の独特な変化を捉えた。分封とは、女王バチが多く働きバチを引き連れて巣を出て行き、新しい巣を作る現象だ。一方、今回の研究の目標は、世界でハチの群れを衰弱させている謎の蜂群崩壊症候群(CCD)など、ハチの病気に関連付けられるような羽音の変化を特定することにある。

これには、振動パターンのわずかな変化を検知できる工業用のセンサーを使う。小さな加速度センサーをハチの巣の壁に埋め込み、ハチの活動や羽音によって引き起こされた巣の振動を測定する。ちなみにハチには耳がなく、脚で振動を感じ取ることで相互の情報交換を行っていると考えられている。

いずれにせよ、巣から得られたデータをコンピューターで解析し、羽音(音の高低やパルスの間隔など)とハチの健康状態の間に隠された相関を見つけ出すのが目標だ。最終的には、加速度センサーが気がかりな変化をとらえたら、自動的に無線で養蜂家に警報を発して素早く対処できるようにしたいとBencsikは考えている。

問題は、殺虫剤が関係しているとする研究があるものの、蜂群崩壊症候群の原因がいまだに特定できていおらず、対処法を絞れないことだ。「対策はたくさん提案されていますが、有効であるという確証はどこにもないのです」と英国レディング大学で生物多様性と生態系サービスを研究しているSimon Pottsは言う。

ということは、将来、効果的な対策が可能になった時点で、Bencsikの診断ツールも完成していくほしい、というのが養蜂家の願いに違いない。 ■

(翻訳協力：粟木瑞穂)

Nature ダイジェスト 10 周年特別企画インタビュー

網膜の再生研究との出会い

高橋 政代

理化学研究所 発生・再生科学総合研究センター
網膜再生医療研究開発プロジェクト プロジェクトリーダー

進むべき道筋をしっかりと見定め、計画的に走り出す。それが高橋政代氏流のやり方だ。眼科医、妻、母親の三役も、そうしてこなしてきた。網膜の再生研究に巡り会ってからは、治療法の開発が目標に。現在、iPS細胞を用いた世界初の臨床研究を申請中だ。



京都大学医学部の卒業と同時に結婚されたのですね。

同級生と結婚しました。仕事に全力を注げるよう、結婚は就職する前に片付けてしまおうと思っていたのです(笑)。幸い、学生の間に相手を見つけることができました(笑)。仕事と結婚を両立させるための人生設計というか、このような計画は、高校時代から考えていましたね。

卒業後、私は眼科に、夫は脳外科に進みました。まずは研修医として修行しますが、2人とも忙しくて、すれ違ひ生活。手術室で偶然会うといった感じでした。



そもそも、いろいろな臨床科の中で眼科を選んだ理由は?

目の網膜は中枢神経であり、学問的に興味深い分野だと思いました。でも、そういったことの他に、仕事と結婚を両立しやすい科だと思えたことも、大きな理由です。特に、子育ての時期をどう乗り越えるかについてよく考えました。例えば、夜中に急に呼ばれることが多い臨床科は避けたかった。それから、眼科の教授が女性を特別視しなかったことや、出産を控えた女性医の仲間がいたことも心強く感じました。

とはいって、今から思えば、仕事と2人の娘の子育てを、よく頑張ったなと思います。8週間の産後休暇の後は、娘は保育園に預けて働きました。給料のほとんどが、ベビーシッターや家政婦さん代に消えましたね。主人も協力的でしたが、脳外科医はなにしろ忙しくて、あまり時

間がとれず、子どもの顔を見るのがやっとというところでした。

計画どおりに行かず、苦労したことはありますか?

娘がまだ授乳中だった時期の当直はたいへんでしたね。当時は産後の当直免除の制度がなかったのです。しかたなく、赤ちゃんをこっそり連れて当直をしていました。他の人に知られないように、エレベーターは使わず、赤ちゃんを抱いたまま8階まで階段を上って当直室へ直行。重たくて腕も痛くなりました(笑)。診察に呼ばれたときは、当直室のベッドに赤ちゃんを寝かしておきましたが、泣かないかとドキドキしたのを覚えています。

私自身が本当に泣きたくなるほどつらいと思った時期が、一度だけあります。後に病棟医長を任せられたときのことです。外来と手術・病棟勤務・研究に加え、増えてくる講演・執筆、さらに30人以上のスタッフのまとめ役となりました。仕事は多忙で責任は重い。毎朝が手術スケジュールなどを調整する怒声で始まり、戦場のようでもありました。さらに、娘の反抗期も重なったのです。この1年頑張ろうと思い、もう1年がんばってほしいと言われ、3年経った頃、日曜日などにふと訝もなく涙が出てくるのです。限界だと思い、異動を申し出て、病棟医長の任を解いていただきました。

脳の神経幹細胞研究の草分けのラボに留学をされていますね。

夫と子連れで、米国のソーグ研究所へ留学しました。病棟医長になる前のことですね。夫の先輩がゲージ博士の研究室に留学しており、夫がまずそこへ行くと決め、私も客員研究員で行くことになったのです。

私自身は、自分が研究にそれほど向いているとは思っていませんでしたので、夫のパーキンソン病研究の手伝いでもしようと思っていたのです。でも夫に反対され、自分自身のテーマとして網膜の再生を研究し始めました。そうしたら、実におもしろい。

脳の分野では幹細胞の研究が進んでいるのですが、そのデータや手法を網膜の分野に応用すると、次から次へと成果が挙がるようになったのです。

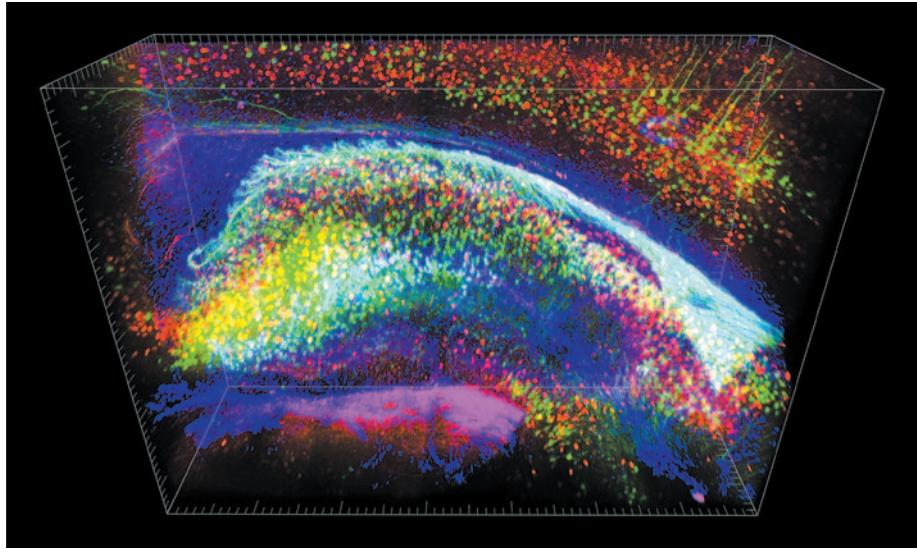


網膜の再生研究との出会いが研究活動に比重を移すきっかけに?

そうですね。留学先で神経幹細胞と出会い、「これを使えば網膜の病気の治療ができる、それをやるのは私だ」と思って興奮しました。そういうとき、私には10年後に治療法が完成したときの様子が頭の中に描け、まず先行して喜んじようんです。あとは、その大きなゴールに向かって、やるべき課題を見つけ、次々に解決していくだけ。

今は、申請中の臨床試験を進めることと、その治療を多くの人が利用できるようにする仕組みを作ることを、夢に思い描いています。

聞き手は藤川良子(サイエンスライター)。



CLARITYと蛍光標識を利用して可視化された、無傷状態のマウス海馬のニューロン。

脳を透明化する革新的技術！

See-through brains clarify connections

HELEN SHEN 2013年4月11日号 Vol. 496 (151)

重要なタンパク質などを残して、脳組織を透明化する技術が開発された。

この技術は、神経ネットワークの三次元可視化を可能にし、

しかも、ホルマリン中に保存されているヒト組織にも適用できるので、

脳内ネットワークの解明に大きく貢献するはずだ。

脳を丸ごと透明化する化学処理法が、スタンフォード大学（米国カリフォルニア州）のKarl Deisseroth率いる研究グループによって開発された。この技術は、「コネクトミクス」という、非常に複雑な脳内配線の地図を作ることを目的とした研究分野に弾みをつけるものになるだろう。研究チームは「CLARITY」と名付けたこの手法を用いて、ニューロンの大規模ネットワークをかつてないほど容易かつ正確に可視化することに成功した。CLARITYを使えば、患者や健常者ドナーから提供を受け保管されていた脳も、新しい研究に役立てることができる。

「神経解剖学にとって、CLARITYはこの数十年で最も重要な進歩の1つとい

えるでしょう」と、この研究の一部に資金提供した国立精神健康研究所（米国メリーランド州ベセスダ）のディレクターThomas Inselは話す。組織の薄い切片であれば、既存の技術を用いて、ニューロンやニューロン結合を顕微鏡レベルの細かさで見ることができる。しかし、三次元データを得たい場合、こうした薄い切片の画像をもとに再構成しなければならない。例えば、長距離投射するニューロンの地図を作るには、何百枚、何千枚もの画像データを調整する必要があり、時間と労力がかかるうえ、間違いも起こりやすい。したがって、脳全体をきめ細かく解析することは事実上不可能であった。これに対してCLARITYは、脳全体や

脳組織の塊を光学的に透明化する。したがって、「全体像を見失うことなく神経系の微細構造を知ることができます」とDeisserothは言う。彼は現在、ヒトの脳を丸ごと透明化することに取り組んでいるところだ。

CLARITYでは、脳の透明化にSDS（ドデシル硫酸ナトリウム）という界面活性剤を使用する。この薬品で、光の透過を妨げる脂質を剥ぎ取るのだ（*Nature* 2013年5月16日号332ページ、電子版4月10日掲載）。過去に、別の研究グループが脳の透明化を試みたことがある。しかし、脂質抽出過程で41%ものタンパク質が溶け出てしまい、ニューロンの種類を特定することが困難であった。

今回Deisserothのグループは、ヒドロゲルモノマー（アクリルアミドなど）とホルムアルデヒドと重合開始剤の3つを脳に注入することによって、この問題を解決した。ホルムアルデヒドは、タンパク質や核酸などの組織要素とヒドロゲルモノマーを結びつける役割を果たす。温めると、組織要素とつながったヒドロゲルモノマーが重合するので、組織全体にわたってヒドロゲルの網目構造が形成される。つまり、脳-ヒドロゲルハイブリッドができるが、この手法で特筆すべき点は、ホルムアルデヒドを介してヒドロゲルモノマーと結合しない脂質を、抽出処理によって網目構造から除去できることにある。SDSを用いて脂質抽出処理を行ったところ、失われたタンパク質はたったの8%であった。

Deisserothらは、CLARITYをマウスの全脳に適用し、脳の外層部である大脑皮質から視床などの深部構造に至る広い領域で、蛍光標識したニューロンを観察した。また、現行の画像化法に用いられる薄い切片よりも桁違いに分厚いホルマリン漬け標本（厚さ0.5mm）を使って、ヒト剖検脳の神経線維を追跡した。

「素晴らしい研究です。これほどの成果は、この分野のどの手法を用いても得られませんでした。CLARITYを利用すれば、従来の手法によるデータを補完で

き、それらを合わせると細胞レベルの詳細なデータが得られるでしょう」と話すのは、マサチューセッツ総合病院(米国ボストン)の神経科学者であり米国立衛生研究所(NIH)のヒト・コネクトーム・プロジェクト(HCP;脳のニューロン通信網の地図作製を目的としたプロジェクト)の主任研究員を務めるVan Wedeenだ。彼は共同研究者とともに、1200人の健常参加者を対象に、核磁気共鳴画像法を用いて大規模ニューロン経路の地図を作製してきた。

一方で、「脂質除去処理で脳組織の基礎構造に変化や損傷が生じていないかどうか、テストを重ねて確認する必要があります」とマクリーン病院のハーバード脳組織リソースセンター(米国マサチューセッツ州ベルモント)のディレクターFrancine Benesは指摘する。それでも彼女たちは、CLARITYが健康な脳の配線や脳障害を明らかにし、また老化の研究においても新たな道を切り開くものだと予想している。

例えば、CLARITYを利用して、亡くなった人から提供を受け保管されている脳組織を調べれば、神経疾患を患った人と健康な人の脳回路を比較できるであろう。こうした研究は生きた人を対象に行うことができない。ほとんどのニューロン追跡法は遺伝子操作や色素注入を必要とするからだ。また、これまで大きすぎて解析が困難であった多くのヒトの脳標本についても、CLARITYで再検討されることになるかもしれない。

CLARITYで形成されるヒドロゲル組織ハイブリッドは、未処理の組織より化学的にしっかりと固定されているため安定だ。したがって、難病・希少病患者の脳標本も再利用可能な研究材料になるかもしれない、とDeisseroth。いろいろな研究者がやって来て脳を借り、研究が終わると返却しに来る、そんな「脳のライブラリー」が誕生するかもしれない。

(翻訳：藤野正美)

「生きた化石」のゲノム解読

'Living fossil' genome unlocked

CHRIS WOOLSTON 2013年4月18日号 Vol. 496 (283)

古代から生き残る魚類シーラカンスの遺伝子は、遠い過去について、多くを語ってくれる。

1938年、南アフリカの1人の漁師が、原始時代にでもいそうな風貌の青い魚が網にかかっているのを見つけた。本人は気付かなかったが、この体長1.5mの魚こそ、20世紀の動物学における大発見だった。7000万年も前に絶滅したと思われていた魚類の一種、シーラカンスだったからである。

それ以降、アフリカで1種、インドネシアで1種、合わせて2種のシーラカンスが見つかった。この2種の現生シーラカンスは、葉のような形をした肉厚なヒレ(ここに骨と関節が存在する!)と、へらのような形をした丸い尾を持ち、驚くべきことに、恐竜が地上を歩き回っていた白亜紀に生息していたシーラカンス類そのままの姿をしているのだ。

今回、国際チームがアフリカシーラカンス(*Latimeria chalumnae*)のゲノム塩基配列を解読、解析して、その結果をNature 2013年4月18日号311ページで報告した。

シーラカンスは、現代まで生き残っているもう一種の総鱗類であるハイギョと同様、マグロやマスなどの条鱗類の魚よりも、ヒトを含めた哺乳類に近い魚類なのだ。古代の総鱗類は陸上に進出した最初の脊椎動物であり、そのゲノムからは四肢類の起源、すなわち両生類、爬虫類、鳥類、哺乳類へつながる進化系統の起源について多くのことが明らかになるはずだ。「シーラカンスは、四肢類の進化を解明するための重要な基盤です」と、ワシントン大学(米国シアトル)の生物学者で筆頭著者のChris Amemiyaは話す。

今回のシーラカンスゲノムの解析で、長く続いていた議論の1つに決着がついた。現生魚類の中で我々四肢類に最も近いのは、シーラカンスではなく、ハイギョだとわかったのだ。ただしハイギョのゲノムはシーラカンスよりもはるかに大きく複雑なので、当分解読される見込みはないとAmemiyaは付け加えている。

シーラカンスは「生きた化石」と言われることが多いが、実は時の流れの中で凍り付いていたわけではないと、共同著者でウプサラ大学(スウェーデン)の比較ゲノム学者Kerstin Lindblad-Tohは言う。シーラカンスのタンパク質コード遺伝子を軟骨魚類と比較したところ、シーラカンスでもDNAは着実に変化してきたことが明らかになった。

ただし、その変化の速度は並外れて遅い。この最新の解析結果が示すように、現生シーラカンスの遺伝子自体が「生きた化石」にほかなりない、とエール大学(米国コネチカット州ニューヘイブン)



の遺伝学者James Noonanは語る。

シーラカンスの進化の速度が非常に遅いという証拠は、これまでにも得られていた。2012年には、日本とタンザニアの研究者らがアフリカシーラカンスとインドネシアシーラカンスのDNAの比較研究を行っている。彼らが特に注目したのは、胚発生の際に位置決定を助けるHOX遺伝子群だ (K. Higasa *et al.* *Gene* 505, 324-332; 2012)。この2つの種が分かれたのは、ある推定によれば約600万年前なのだが、両者の遺伝子は驚くほど似ていた。特にHOX遺伝子群についていえば、2種のシーラカンスの違いは、600万～800万年前に分歧したとされるヒトとチンパンジーとの間に見られる違いに比べて、わずか11分の1程度であった。

変化の遅さ

確証はないが、シーラカンスの進化がゆっくりなのは自然選択圧がないからかもしれないとLindblad-Tohは言う。「現生シーラカンスも、祖先と同じように深

海に住んでいますが、そこはきわめて安定した生活環境です。つまり、変わらなければならぬ理由がほとんどなかつたのだと考えられます」。シーラカンスが古代の化石種と驚くほど似通っている理由は、遺伝子の変化の遅さで説明できる。

ただ今回の解析で、シーラカンスのゲノム全域の進化が遅いわけではないことも明らかになった。ゲノムには大量の転位因子（ゲノムに存在するタンパク質をコードしていない領域で、遺伝子の調節に重要な役割を持つ）が含まれていて、ゲノム中を比較的速い速度で動き回っている。Lindblad-Tohによれば、このような非コードDNAは、進化的変化の発生源として重要な可能性があるという。しかしAmemiyaは、非コードDNAが種分化に果たす役割については今のところ「推測」の域を出ないし、シーラカンスの進化に非コードDNAがどれほど重要かもはつきりしていないと述べている。

期待されたとおり、シーラカンスゲノムには、総鱗類の丸いヒレを四肢類の肢

へと変化させる原因となった遺伝的変化について、手がかりが隠されていたとAmemiyaは言う。例えば、シーラカンスと四肢類には肢の発生を助ける共通の調節遺伝子配列が存在することが、解析によって明らかになった。また、仰天するような発見が他にもいくつかあった。シーラカンスは、脊椎動物の免疫系に共通して見られるタンパク質、免疫グロブリンM (IgM) の遺伝子を持たない初めての脊椎動物であったのだ。その代わりにシーラカンスのゲノムには、IgMとはかなり異なるものの「明らかにその代役を務めている」免疫タンパク質の遺伝子が2個含まれているという。

ゲノム解析がさらに進めば、我々ヒトの遠い過去について多くのことがわかるはずだとNoonanは語る。「このゲノムを利用すれば、四肢類の進化を進めてきた遺伝的要因、つまり脊椎動物の陸への移行を引き起こした遺伝子やそれを調節する因子が同定できるでしょう」。 ■

(翻訳：宮下悦子)

リサイクルされる古代の地殻

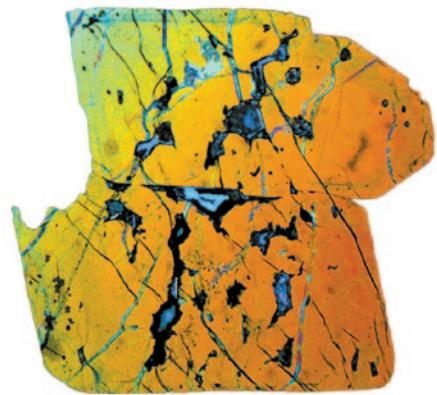
Ancient crust rises from the deep

SID PERKINS 2013年4月25日号 Vol. 496 (410)

かつて地表にあった岩石は、マントルの中に沈み込み、長い年月をかけて地球内部を循環した後、再び地表に浮上する。
今回、そのことを示す証拠が得られた。

地球は自らの物質を長い時間をかけてリサイクルしている。地球表面を覆う固いプレートが、沈み込み帯でマントル（地殻の下の溶融した岩石の層）中にもぐり込み、その一部が遠く離れた火山島で再浮上することがある。Nature 2013年4月25日号で発表された論文によると、このプロセスには20億年以上の時間がかかるかもしれないという¹。

研究者らは、南太平洋のある島で約2000万年前に噴出した火山岩を分析し、その岩石の成分が、最初に地表を離れて地球深部への旅を始めた時期に関する手がかりを発見した。カーネギー研究所（米国ワシントンD.C.）の地球化学者Steven Shireyによると、今回の知見は、地球深部で地殻がゆっくりとリサイクルされていることの「動かぬ証拠」であり、



J. M. D. DAY

カンラン石の結晶には、その起源の手がかりとなる化学物質が含まれている。

「否定するのは困難です」という。

この論文の共著者であるボストン大学（米国マサチューセッツ州）の地球化学者Rita Cabralによると、火山岩の研究から、地球のマントルの化学組成と同位体組成は、場所によって大きく異なることがわ

かっているという。一部の研究者は、このようなばらつきがあるのは、かつて地表にあった地殻の破片がマントルの一部に混入したからだと提案してきた^{2,3}。しかし、地殻のリサイクルのスピードを推定しようとしても、これまでコンピューター・モデルに頼らざるを得なかつたし、かつて地殻を構成していた物質が地球深部を通って再利用されていることを示す確実な証拠も存在しなかつた。

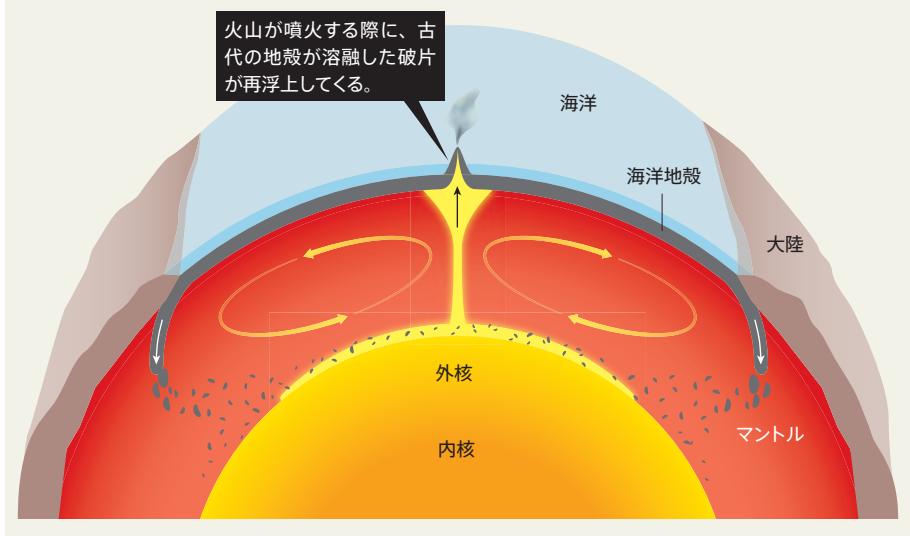
Cabral らは今回、地殻のリサイクルが実際に起きていることを裏づけ、そのプロセスにかかる時間を明らかにする、説得力ある証拠を手に入れた¹。研究チームは、ポリネシアのクック諸島の最南端に位置するマンガイア島から採取した岩石サンプルを分析した。その岩石は、約 2000 万年前の火山活動によって形成された後に、風化作用を受けている。しかし、火山から噴出する前に地下数 km のところで固化・形成されたカンラン石の中で、その結晶中に閉じ込められて風化を免れた硫化物があり、それが今日でも噴火前の組成を保持していると Cabral は言う。

その組成は、歴史を雄弁に物語る。Cabral によると、マンガイア島の岩石サンプルに含まれる各種の硫黄同位体の比率を典型的な地殻と比較すると、³³S の比率がかなり低いという。生物過程によって³³S の比率が低くなる場合、³⁴S の比率が異常に高くなるはずだが、マンガイア島の岩石サンプルにはそのような傾向が見られないのだ。

研究チームによると、³³S の比率が低い岩石の供給源として最も有力なのは、少なくとも 24 億 5000 万年前、すなわち、光合成生物が大気を酸素で満たす前の時代に、地表から沈み込んだり押し込まれたりした岩石を含むマントル物質であるという。大気中の酸素濃度が低かった時代には、³³S の比率が普通より低い硫化物が光化学反応で作られていたが、その後、大気中の酸素の増加によってオゾン層ができることで、この反応が抑制されるようになったと考えられるからだ。

核からの帰還

南太平洋の離島（図の中央部）で採取された約 2000 万年前の火山岩の分析から、24 億 5000 万年以上前にマントル深部に沈み込んだり押し込まれたりした地殻の名残りが含まれていることが明らかになった。



コア-マントル境界にある物質は、いつかは「ホットスポット」から浮上する、と Cabral は主張する。1970 年代に流行した「ラバランプ」というインテリア照明器具があるが、あの容器では、底の方からふわりとロウが浮かび上がる。それを巨大にしたようなものがホットスポットなのだ（「核からの帰還」参照）。³³S の比率が低いマントル物質は、このようにして地表に戻ってきたと考えられる。

Cabral によると、今回の知見は、地殻のリサイクル時間についてヒントを与えてくれるだけでなく、地球の深部で激しい混合プロセスがほとんど起きていないことも示唆しているという。³³S の比率が低い硫化物を含む古代の地殻の破片は、「マントルの中に沈んでいる間ずっと、あまり変化しなかったと考えられるからです」と彼女は言う。もしかすると、深部マントルは古代の地殻の墓場になっているのかもしれない。

Shirey は、今回の知見にもっと大きな意味を見いだしている。それは、少なくとも 24 億 5000 万年前に、今日と同じプレートテクトニクスが機能していたということだ。しかし、一部の研究者はこ

の見解に否定的で、若い地球の内部は高温すぎて、今日のように表面のプレートがマントル内部に沈み込むことはできなかつたはずだ、と主張する。

テキサス大学ダラス校（米国）の地球科学者 Robert Stern は、「これは非常に興味深い知見であり、古代の物質がリサイクルされていることは疑いようがありません」と言う。けれども彼は、³³S の比率の低い物質は、地表ではなく大陸地殻の下面で形成されたものがマントル内に「したたり落ちた」のかもしれないと指摘する。実際、地震探査によると、ある領域では、今日、そのようなプロセスが起きているように見える。

古代のプレートテクトニクスについての論争は、まだ決着がついていない。「プレートテクトニクスがいつ始まったのか、そして、それ以前にはどのようなことがあったのか、まだ明らかになっていないのです」と Stern は言う。

（翻訳：三枝小夜子）

1. Cabral, R. A. et al. *Nature* **496**, 490-493 (2013).
2. Hofmann, A. W. & White, W. M. *Earth Planet. Sci. Lett.* **57**, 421-436 (1982).
3. White, W. M. & Hofmann, A. W. *Nature* **296**, 821-825 (1982).

THE GUN FIGHTER

銃と戦う男



MEREDITH WADMAN

2013年4月25日号 Vol. 496 (412-415)

米国には人口とほぼ同数の銃がある。不幸なことに、この事実がもたらす結果について調べる研究者は、非常に少ない。銃の力が信じられている米国の常識に、敢然と立ち向かう1人の救急医がいる。

2013年3月、米国カリフォルニア州サンフランシスコで開かれていた小児科救急医療に関する学会で、パリッとした青いスーツに細縁眼鏡をかけて演壇に登ったGaren Wintemuteは、とうてい危険人物には見えなかつた。けれども、学会の主催者たちは、ハラハラしながら壇上の彼を見守っていた。

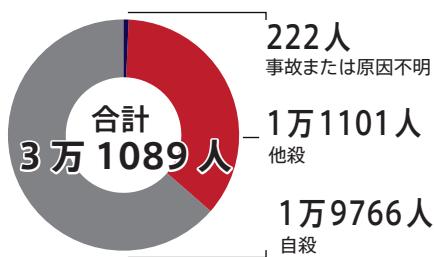
Wintemuteは、救急医としてよりも、カリフォルニア大学デービス校の暴力予防研究プログラムの責任者としてよく知られている。米国における銃の影響について、彼がこれまで発表してきた論文は数十本にのぼる。米国では、銃を所有することが一般的で、その規制もゆるやかであるため、犯罪者や潜在的に狂暴な人物であっても銃を容易に入手することができる。Wintemuteは、法の目をかいくぐって武器を購入する人々の様子を記録するため、隠しカメラを仕込んで銃の展示会に潜入するなど、ユニークな研究手法を用いている。彼はまた、カリフォルニア州議員と協力して銃規制を制定し、いくつかの銃器メーカーを廃業に追い込むのを手伝った。

学会に資金を出している米国保健社会福祉省(HHS)の一支局にとって、このような背景を持つWintemuteは、潜在的に危険な講演者だった。なぜならHHSは、銃規制を擁護または奨励するあらゆる活動に資金を提供することを、法律によって禁じられているからだ。学会の主催者はあらかじめWintemuteに、「事実だけを述べ、銃規制には触れないように」と注意してあった。しかし、2012年12月にコネチカット州ニュータウンの小学校で20人の児童と6人の教師が殺害された銃乱射事件が起り、国内がまだ動搖しているときにWintemuteが何を語るつもりなのか、学会の主催者は確信を持つことができなかつた。

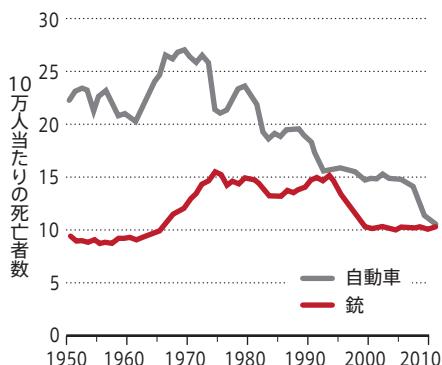
Wintemuteは事前に注意されていたとおり事実だけを述べたが、銃による暴力の研究の大半を不可能にする助成禁止について、自分がどのように感じているかを明確に伝えようとした。「我々には人手

銃による死者数

米国の2011年の統計によると、銃による死者は死者者全体の1.2%を占めていて、その中で最も大きな割合を占めていたのは自殺であった。



人口10万人当たりの自動車事故による死者数が減少傾向にあるのに対して、銃による死者数は横ばいである。銃に関する研究は制限されているため、このような傾向になる原因は解明されていない。



「ありません」と彼はその場に集まつた医師たちに言った。

実際、この法律により、米国の医学研究には顕著なアンバランスが生じている。2011年には、米国での銃による死者数は3万1000人を超えていた（「銃による死者数」参照）。しかし、銃による暴力を専門とする米国の学者は20人に満たず、その大半が、経済学者、犯罪学者、社会学者なのである。Wintemuteは、この分野を専門とする数少ない公衆衛生学者の1人であり、複数の助成金のほか、個人資産も100万ドル近く投じて、研究費をまかなっている。

銃の展示会に潜入するという手法をとったことで、Wintemuteは身の危険を感じるようになり、銃を所有する権利を擁護する人々の一部からは、「彼は研究者ではなく偏見に満ちた運動家だ」と非難されている。

けれども、Wintemuteとは反対のイデオロギーを持つ人々の中にも、彼の研究を称賛する者が少しがら存在している。銃所有者の権利を擁護するシンクタンクであるインデペンデンス研究所（コロラド州デンバー）の研究部長David Kopelは、「研究の腕前という点では、Garenはトップクラスの研究者です」と言う。

現在61歳のWintemuteは、自分の情熱についても研究手法についても言い訳はしない。「研究の自由は大切です。私は、心の底からそう信じています」と彼は言う。「なんの落ち度もない多くの人が銃によって命を落とし、ほとんどの米国人がこの問題に背を向けている今こそ、研究が必要なのです」。

銃で撃たれた患者の大半は救えない

Wintemuteはカリフォルニア州ロングビーチの家で育った。父親は第二次世界大戦で叙勲した退役軍人で、旧日本軍将校の銃剣付き歩兵銃、ワインチェスター・カービン銃、マーリン22口径ライフル銃を寝室の戸棚に保管していた。Wintemuteは射撃を覚え、狩猟に連れて行ってほしいと父にねだった。腕前を示すチャンスが訪れたのは、12歳くらいのときだった。父親から、会社の倉庫の垂木にいるスズメを追い払うのを手伝うように言われたのだ。

うまく狙いをつけられた、とWintemuteは回想する。「けれども、自分が撃ち落としたスズメを拾い集め、死んでゆく姿を見守り、冷たくなったのを感じたとき、もうこんなことはしないと決めたのです」。

彼は、エール大学（コネチカット州ニューヘイブン）の学部生時代に海洋学と神経科学に手を出したが、最終的には医師になることを決意した。そして、カ

リフォルニア大学デービス校の医学部を卒業し、同大学で家庭医療の研修を終えると、1981年にタイとの国境に近いカンボジアのノン・サメット難民キャンプに医療コーディネーターとして赴任した。難民キャンプはポル＝ポト派の支配から解放されたばかりの地域にあり、Wintemuteは毎日のように銃創の治療をした。地雷の破片による怪我は、さらに多かった。電気はなく、切断手術は局所麻酔薬を使って行われた。

「難民キャンプでは、全員が無事にそろっている家族はありませんでした」とWintemuteは回想する。「誰もが近親者を失っていました。そんな場所で日々を送るうちに、『自分は戦わなければならぬ。これ以上傍観者でいることはできない』と思うようになったのです」。

Wintemuteにとっての戦いは、銃を手にすることではない。まずは国際的な保健について大局的に見る必要があると考えた彼は、カンボジアを去り、ジョンズホプキンス大学（メリーランド州ボルチモア）の公衆衛生学の1年制修士課程に入学した。そこで最初にとった講座の1つは、元法廷弁護士のStephen Teretが講師をつとめるものだった。Teretは現在、ジョンズホプキンス大学法律・公衆衛生センターの所長である。

Teretは、1982年9月に、このクラスの学生たちが自己紹介をしたときのことよく覚えている。彼は、若きWintemuteのカリスマ性と雄弁さに目を見張り、「自分はこの青年と親しくなるだろうと思いました」と言う。実際、2人はすぐに友人となり、協力者になった。

それから数か月後の寒い冬の朝、Teretの友人夫妻が、1歳9か月の息子をベビーシッターの女性の家に送っていた。正午頃、ベビーシッターが幼児を寝かしつけて部屋を出ると、入れ替わりに彼女の4歳になる息子が入ってきて、近くの戸棚から父親の拳銃を取り出し、眠っている幼児に向けて引き金を引いた。拳銃には弾が込められていて、幼児は頭部を撃ち抜かれた。

この事件から数週間後、Teretは、自動車事故による負傷から銃による負傷へと、主要な研究テーマを切り替えた。銃による負傷は、公衆衛生研究がほとんど行われていない領域だった。WintemuteはTeretの研究を手伝うようになった。彼らの最初のプロジェクトは、銃による不慮の死を予防する安全技術を取り入れていない銃器メーカーを相手取って訴訟を起こすための法的戦略を紹介する法律レビュー論文だった¹。

Wintemuteは、銃による負傷の研究に集中するため、カリフォルニア大学デービス校に戻った。彼は、カンボジアとカリフォルニア州サクラメントの救急治療部で厳然たる事実を学んでいた。それは、医師である自分には、銃で撃たれた患者の多くを救うことができないという事実である。銃による死亡者の大半は、病院に到着する前に絶命していた。彼は、銃による死亡者数を減らしたいなら、銃が発砲されないようにする必要があると悟ったのだ。

『子どもが子どもを撃つとき』

ある日、サクラメント東部の丘陵地帯をジョギングしていたWintemuteは、ふと、「銃による負傷の問題を人々が無視できないようにするためにには、どのような事例を突きつければよいだろうか?」と考えた。ジョギングから戻ってきたとき、彼は、Teretの友人夫妻の人生をめちゃめちゃにした銃撃事件に焦点を合わせることを決意していた。

1987年6月、Wintemuteは『子どもが子どもを撃つとき：カリフォルニア州における88の意図せぬ死』という論文を発表した²。そして、これらの事例の36%で、銃を撃った子どもは、銃に弾が込められていないと思っていたか、本物ではないと思っていたか、こうした違いがわからないほど幼かったと報告した。また、銃による致命傷の40%は、子どもが自分で加えたものだった。その中には5歳と2歳の少年による2つのケースがあり、いずれも38口径のリボルバーを使用して

(銃はそれぞれ枕の下と両親の寝室に置かれていた)、自分の頭を撃ってしまった。

問題の1つの側面を例示するため、Wintemuteは銃撃に使われた銃をサクラメント市の検死官からいくつか借り受け、それらに対応するモデルガンを購入し、2つずつ並べてベニヤ板に貼り付けた。そして、論文を発表するときに記者会見を開いた。記者会見に参加した記者のうち、モデルガンと本物の銃を見分けることができた者はほとんどいなかった。Wintemuteのこの研究と、その年に起きたほかの事件がきっかけとなり、モデルガンに関する詳細な調査が行われた。1987年12月には、おもちゃの小売業者が、本物に酷似したモデルガンを店に陳列するのをやめるようになった。翌年には、カリフォルニア州がモデルガンの販売と製造を禁止した。

Wintemuteは、銃産業と銃がもたらす公衆衛生的結果とを結びつけることで、銃器の製造に圧力をかけ、望ましい変化を引き起こすことができると確信するようになった。その具体的な方法を考えているとき、*Wall Street Journal*に掲載された1つの記事が目にとまった。それは、ある一族がカリフォルニア州ロサンゼルス内外に所有する6社の銃器メーカーについての記事だった。彼らが製造する「サタデー・ナイト・スペシャル」と呼ばれる小口径の安価な拳銃は、作りが粗悪で、安全装置が不十分で、犯罪(特に青少年による犯罪)に利用される率が飛び抜けて高かった。

*Wall Street Journal*の記事には、6社を経営する一族に関する詳細な事実が記されていたが、Wintemuteは、さらに突っ込んで調査することにした。その成果が彼の*Ring of Fire*という書籍に結実し、1994年に出版された。内容は、1992年に米国製の拳銃の34%を製造していた6社の事業とその影響について解説するものだった。

弁護士のSayre Weaverによると、*Ring of Fire*はサタデー・ナイト・スペシャルの問題点を容赦なく暴き立て、「この書名

は地方自治体の立法活動を進める際のスローガンになりました」という。彼女はサタデー・ナイト・スペシャルの販売を禁止するウェストハリウッド市の条例づくりに協力し、ロサンゼルスの複数の地方自治体がこれに続いた。1999年にはカリフォルニア州議会も拳銃の製造と販売を禁止した。数年以内に、*Ring of Fire*の6社のうち5社が廃業に追い込まれたのだった。

全米ライフル協会のロビー活動

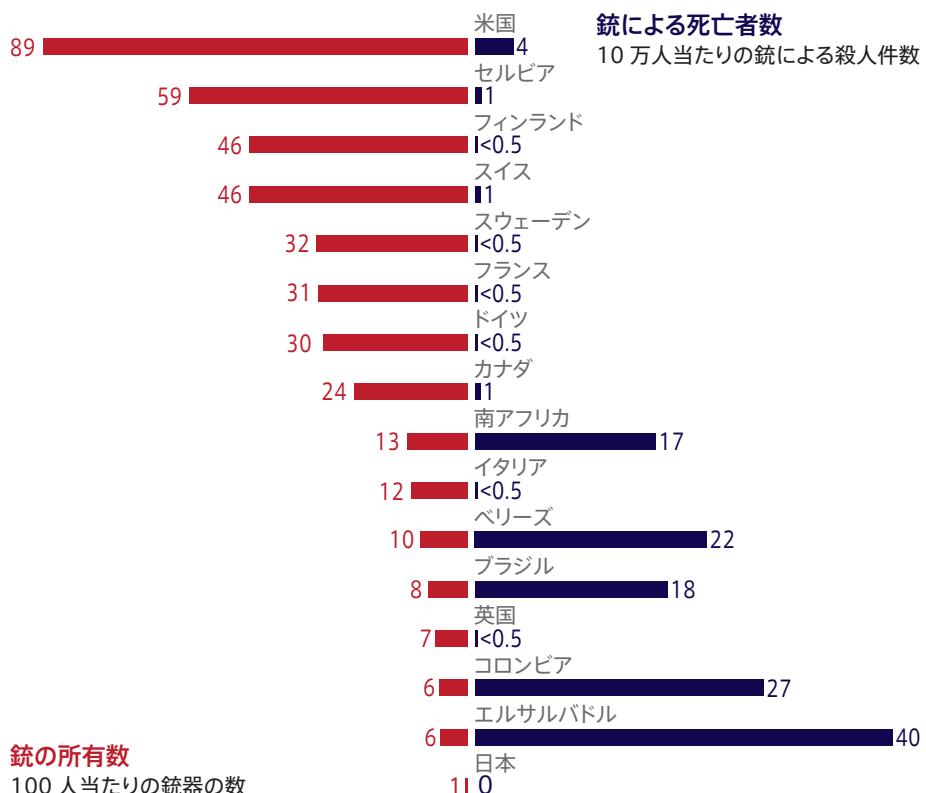
Wintemuteの著書は大きな影響を及ぼしたが、研究の方はまもなく暗礁に乗り上げてしまった。彼は当時、米国疾病管理予防センター（CDC、ジョージア州アトランタ）から研究助成金を受けて、過去に軽罪の有罪判決を受けたことのある拳銃購入者が新たな犯罪（特に、銃と暴力にかかる犯罪）を起こして告発される可能性が、犯罪歴のない拳銃購入者に比べて高いかどうかを調べる「後ろ向きコホート研究」を行っていた（米国の多くの州が、暴行などの軽罪で有罪判決を受けたことのある人物が拳銃を購入することを許可している）。

しかし、Wintemuteの研究が進むにつれて、助成金の出所であるCDCが全米ライフル協会（NRA）から攻撃されるようになった。NRAは、バージニア州フェアファックスに本部を置く強力なロビー団体で、銃の所有を支持している。NRAのリーダーたちは、CDCが、別の研究者の銃に関する研究に助成金を出したことに激怒していた。その研究により、自宅に銃を置いている人が殺害される可能性が、銃を置いていない人の2.7倍も高いことや³、自殺する可能性が4.8倍も高いことが明らかにされたからだ⁴。

1996年に、NRAはアーカンソー州選出の共和党下院議員Jay Dickeyを説得して、CDCが銃規制を擁護または奨励することを禁止する付帯条項を予算法案に追加させた（この付帯条項は、以後毎年付けられている）。「Dickey修正」と呼ばれるこの付帯条項により、CDCの1997

銃社会の現状

米国は100人あたりの銃器の数が最も多く、先進国の中では銃による殺人件数が最も多い。



年の助成金から260万ドルが取り上げられた。これは、CDCが前年に銃に関する研究に提供したのと同じ金額である。

Wintemuteは、1996年には、この研究のためにCDCから29万2000ドルの助成金を受けていたが、Dickey修正が付けられた後は、研究プログラムを終了させるための5万ドルしか受け取れなかった。

2012年には研究の規制が拡張されて、CDCの親機関である米国保健社会福祉省（HHS）の全体に及ぶようになった。その影響は大きかった。Mayors Against Illegal Gunsという団体がElsevier社のScopusデータベースの分析を行ったところ、米国の銃とその影響に関する研究論文の比率が、1996年から2010年にかけて60%も減少していることが明らかになつた。

米国の銃に関する論文の比率は減少したが、国民1人当たりの論文数は、他の国よりも多い。とはいっても、ほとんどの先進国での銃の所有率は米国よりもはるかに

低いため、こうした国々では銃に関する研究の優先順位が低いのかもしれない（「銃社会の現状」参照）。例えば英国では、1996年にスコットランドのダンブレーンの小学校で16人の児童と1人の教師が銃を持った男に射殺されるという事件を受けて、1998年に個人による拳銃の所有が禁止されている¹。

規制が課された後も銃の研究をあきらめなかつた点で、Wintemuteは珍しい存在だった。彼がCDCの代わりに頼ったのは、健康管理や健康教育に関する研究を支援するカリフォルニア健康財團（ウッドランドヒルズ）という大規模な民間慈善団体だった。財團は、彼が研究を進めるために必要な資金を提供した。Wintemuteは、許可を得て拳銃を購入した約6000人を追跡した（その多くが15年にわたって追跡された）。その結果、軽い暴力犯罪で複数回の有罪判決を受けていた拳銃購入者が、その後、重い暴力犯罪で告発される可能性は、犯罪歴のない

拳銃購入者の15倍も高いことが明らかになつた⁵。

今日、Wintemuteはカリフォルニア大学デービス校で暴力予防研究プログラムを4人体制で運営している。1年当たりの運営予算は約30万ドルで、連邦政府からの助成金はなく、カリフォルニア健康財團から5万ドルの助成金を受けている。2012年までは、カリフォルニア州司法省と米国司法省からもかなりの額の助成金を受けていた。2005年以降、彼は自分自身の貯金と株式の売却益から、このプログラムに94万5000ドルを寄付している。

2012年7月、同大学はWintemuteのプログラムを支援するため、彼に1年当たり7万5000ドルの教授職を2つ授与すると発表した。彼はすでに1つの教授職に就いていて、近いうちに、もう1つの暴力疫学の教授職にも就くことになっている。

Wintemuteに新たな教授職が提供された時期は、この分野の動きが活性化した時期と重なっている。2012年12月に発生した小学校での銃乱射事件を受けて、オバマ大統領はCDCに、銃による暴力の原因とその予防法についての研究を再開するように命じた。2013年4月10日に彼が議会に提出した2014会計年度概算要求では、この研究に1000万ドルを提供するよう求めている。Wintemuteは4月下旬にワシントンD.C.を訪れ、CDCに助言をするために組織された米国医学研究所のパネルに対して、この分野の研究の中で最も急を要する課題について説明した。

潜入調査でわかった驚くべき実態

1980年代に銃に関する研究を始めたとき、Wintemuteは、銃文化にどっぷりつかってみよう決意した。彼はNRAに入り、デービスのライフルとピストルの愛好会に入会して、屋内練習場で射撃の練習をした。1999年には、銃の展示会を訪れるようになった。そこは、人々が銃を購入する現場を観察するのに理想的な場所だった。「銃の展示会は、動物園

のような場所です」と彼は言う。「そこに行けば、多種多様な行動をまとめて観察することができるからです」。

最初に訪れたウィスコンシン州ミルウォーキーの展示会で彼の注意を引いたのは、銃の広告に使われる文言だった。そこでは、当局から認可を受けた小売業者が、ピストルグリップ仕様のモスバーグモデル500散弾銃の横に、「都会でのハンティングに最適」というポスターを貼っていた。サベージライフルの横のポスターには、「ゲットー狩りにうってつけ」と書かれていた。

Wintemuteは、銃を人殺しの道具として宣伝する露骨さに驚いたという。「それは明らかに世の中に広く知らしめるべき事実であり、私には証言する義務がありました。けれども私は、そのことを定量的、科学的に語る方法を考え出したかったです」。

彼が展示会での調査方法を考案し、自信を持ってデータの収集を始められるようになるまでには、数年間の試行錯誤が必要だった。彼は当時、腰まで届く長い髪をポニーテールにしていたが、人ごみの中で目立たないようにそれを切った。そして、小型カメラを購入し、側面にレンズと同じ大きさの孔を開けたパンダリコリス(甘草で風味をつけたキャンディー)の袋に入れた。ペンやメモ帳を持つて人と人目につくので、携帯電話からオフィスのボイスメールに長いメッセージを記録できるようにした。彼は後に、シャツのボタンのように見えるビデオカメラも追加した。

Wintemuteは何度か許可なく写真を撮影したことを咎められ、保安員に携帯電話を一時的に没収されたが、携帯電話を調べられても画像が発見されることはなかった。彼によると、そんなごたごたの後で、数人の男たちが展示会場の外でWintemuteを襲撃する計画を立てているのを同僚が漏れ聞いたこともあったという。そのときは会場からこっそり抜け出し、事なきを得たそうだ。

合計すると、彼は19の州で開催された

78の展示会に足を運び、携帯電話での通話に没頭しているふりをして会場をぶらついた。この調査に基づく論文の主な知見は、銃の展示会が厳しく規制されているカリフォルニア州では、他の州に比べて、違法な身代わり購入、すなわち、法律により銃の購入を禁じられている人のために別人が購入することが少ないという事実であった⁶。

2008年には、展示会場からWintemuteをつまみ出そうとする動きが出てきた。WarOnGunsというブログの執筆者のDavid Codreaは、「警戒！この顔を見たら、直ちに保安員に通報を」という言葉を添えて、インターネット上にWintemuteの写真を掲載した。そして、隠しカメラとレコーダーを持って展示会場をうろつく「銃反対派の自称研究者」と揶揄した。

けれどもWintemuteによると、その頃には銃文化について知りたいことはすべて学んでしまったので、展示会に足を運ぶ必要はなくなっていたという。

厳格な研究姿勢が眞実に迫る

2013年3月、Wintemuteがサンフランシスコで救急医療研究者に向けて講演を行った翌日、NRAは、銃を規制する法律が多い州ほど銃による死亡率が低いと報告する研究⁷を痛烈に批判するコメントを発表した。

NRAは、この論文を攻撃するために、意外な人物のコメントを引用した。この論文に対する反証を同じ学術誌に発表していたWintemuteのコメントである⁸。彼は、著者らが1つの州での銃の所有率を考慮すると、銃を規制する法律が多いほど銃による死者数が少ないという関係は消えてしまうと指摘した。つまり、銃を規制する法律により銃の所有率が抑制されることで人々の命が救われているのか、それとも、元から銃の所有率が低い州では銃を規制する法律の制定が容易であるのかを判断することができないというわけである。彼自身は、後者のほうが可能性が高いだろうと考えている。

Wintemuteに批判された論文の著者の1人であるボストン小児病院(米国マサチューセッツ州)の救急医Eric Fleeglerは、「銃に関連した殺人については、銃の所有率を考慮しても、銃を規制する法律が多い州ほど銃に関連した殺人は少なくなっています」と反論する。

論理的でないと思った論文をWintemuteが批判するのは、これが初めてではない。その論文が、彼自身が望ましいと考える方策を提案するものであっても容赦はしない。彼は、効果がないと考える方策に対しても手厳しい。銃の所有を制限しようとする方策であっても例外ではない。例えば彼は、1994年に制定された連邦攻撃武器規制法を繰り返し批判している。理由の1つは、この規制が容易にかいくぐれることにある。その代わりに、彼は研究により明らかになった3段階の方法を提唱する。第一に、米国内での銃の販売のすべてに身元調査を必要とすること、第二に、アルコール乱用者と軽い暴力犯罪で有罪判決を受けた人物による銃の購入を禁止すること、第三に、銃の所有に関する現行の連邦法による制限を改正して、精神障害者や自己または他者に暴力をふるう危険性がある人物を把握しやすくすることだ。

Wintemuteとは反対のイデオロギーを持つ人々の中には、彼の厳格さに敬意を表する者もいるが、彼の研究には、自衛のための銃の価値を矮小化するような方法で文献を都合よく引用するなど、銃反対派の偏見が現れていると批判する者もいる。

NRAのロビー活動部門である立法活動研究所(フェアファックス)の研究情報部長John Frazerは、「我々は、彼の研究を長年にわたって見つめてきました。銃賛成派の研究者は、同じだけ長く、彼の研究を批判してきました」と言う。

銃の展示会でのWintemuteの調査方法も批判されている。インデペンデンス研究所の研究者であるKopelは、Wintemuteの隠しカメラ作戦は「不真面目なやり方」だったと言う。「彼のよ

うに優秀な男なら、もっときちんとしめた方法でデータを見て、分析できるはずです」。

Wintemuteは、現在、新しいプロジェクトに集中している。彼は、カリフォルニア州で合法的に銃を購入した後に、暴力犯罪を起こしたり、家庭内暴力による禁止命令を受けたり、精神障害により暴力をふるう可能性があると判断されたりして銃を所有する権利を喪失した約2万人について調べるために、無作為化試験を計画している。他の州とは違い、カリフォルニア州当局は、こうした人々から銃を取り上げ始めている。彼は、速やかに銃を取り上げられた人々と、長期にわたって銃を持ち続けた人々の再犯率を比較することで、この規制の効果を検証したいと考えている。

Wintemute自身については、当面は、カリフォルニア州か民間助成団体から研究助成金を受けなければならないだろう。彼は、連邦議会がCDCの銃に関する研究助成金を速やかに承認するとは期待していない。連邦議会が助成金を承認するか否かにかかわらず、Wintemuteは30年前に始めた研究を今後も続けるだろう。彼にとって、人々の苦痛を取り除くことは、医師としての使命の1つである。「銃による暴力について1980年代初頭に言っていたことのすべてが、今日もまだ当てはまります」と彼は言う。「暴力は根本的に不当なものです。暴力を求める人はいません。暴力が人々に襲いかかってくるのです」。

(翻訳：三枝小夜子)

Meredith Wadmanは、ワシントンD.C.在住のNatureの記者。

- Teret, S. P. & Wintemute, G. J. *Hamline Law Rev.* **6**, 341-350 (1983).
- Wintemute, G. J., Teret, S. P., Kraus, J. F., Wright, M. A. & Bradburn, G. J. *Am. Med. Assoc.* **257**, 3107-3109 (1987).
- Kellermann, A. L. et al. *N. Engl. J. Med.* **329**, 1084-1091 (1993).
- Kellermann, A. L. et al. *N. Engl. J. Med.* **327**, 467-472 (1992).
- Wintemute, G. J., Drake, C. M., Beaumont, J. J., Wright, M. A. & Parham, C. A. *J. Am. Med. Assoc.* **280**, 2083-2087 (1998).
- Wintemute, G. J. *Inj. Prev.* **13**, 150-155 (2007).
- Fleegler, E. W., Lee, L. K., Monuteaux, M. C., Hemenway, D. & Mannix, R. *J. Am. Med. Assoc. Intern. Med.* <http://dx.doi.org/10.1001/jamainternmed.2013.1286> (2013).
- Wintemute, G. J. *J. Am. Med. Assoc. Intern. Med.* <http://dx.doi.org/10.1001/jamainternmed.2013.1292> (2013).

nature



nature.asia/nature-toc



THIS WEEK

1週間の出来事を簡潔な文章で



NEWS IN FOCUS

話題の研究や科学関連時事について分析



COMMENT

読者や専門家の意見を掲載



CAREERS

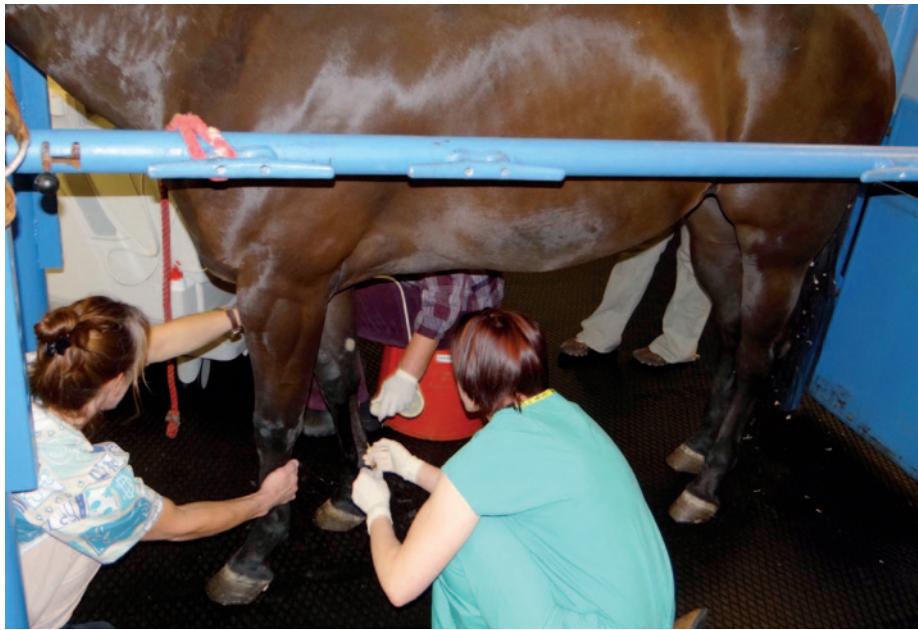
キャリアパス構築の指針となる
様々な分野を紹介



RESEARCH

論文や著者名などの情報をすぐに把握

nature publishing group npg



痛めた腱の治癒を促進させるため、ウマに幹細胞を注入しているところ。

獣医療の世界で 幹細胞療法が大ブーム！

Stem cells boom in vet clinics

DAVID CYRANOSKI 2013年4月11日号 Vol. 496 (148-149)

ウマやイヌ、さらにはトラまでもが、治療効果の実証されていない幹細胞療法を受けており、動物用医薬を統括する行政当局が規制措置を取ろうとしている。

米国では、治療効果の実証されていない幹細胞療法を患者が希望しても、行政上の規制に阻まれることが少なくない。しかし、米国ヴァージニア州ロバーツビルのVintage ‘Vinty’ Markが、痛めた足の腱を治療するために幹細胞療法を受けたときには、規制上の困難はまるでなかった。なぜなら Vinty は、競走馬だったからだ。足は劇的に回復し、Vinty は調教用の馬場に戻った。

しかし、米国食品医薬品局 (FDA) が新しい指針を出せば、獣医療での幹細胞使用はじきに規制される可能性がある。

米国ではこの10年で獣医療の幹細胞療法が大きく進んできたが、大半の療法は効果が実証されていないものだ。FDAは年内に幹細胞療法の指針の草案を公表する予定だが、多くの研究者や獣医師は、この指針が「先延ばしにされすぎている」と言っている。しかし一方で、FDAの介入は、動物とその飼い主に恩恵をもたらすような研究を妨げてしまうのではないかと心配する関係者もいる。

獣医療の幹細胞療法は、明確な法的規制がない中で急激に広まってきた。米国カリフォルニア州ボーウェイに本社を置

く Vet-Stem 社は、2004年に最初の患者となる動物を治療して以来、5000頭以上のウマ、4300匹のイヌ、120匹のネコに幹細胞療法を施してきた。MediVet America 社 (ケンタッキー州ニコラスビル) の販売する幹細胞療法キットは、2010年以降、1万頭を超えるウマに用いられている。大学の獣医学部も独立に、もしくはスピノフ会社を介して、数千匹以上の動物にそうしたサービスを提供してきた。獣医師たちは動物の組織標本を研究施設に送り、そこで細胞を抽出してもらっていたが、最近はしだいに、医院内で幹細胞を抽出できるキット類を使うようになってきている。

幹細胞療法の対象はほとんどがウマやイヌ、ネコだが、ベンガルトラの腰椎骨折やブタの関節炎への使用も試みられている。また、バンドウイルカの脂肪に含まれる幹細胞も見つかっており、ヒトの肝臓病や2型糖尿病に相当する海洋哺乳類の疾患を治療するのに役立つのではないかと期待が持たれている。「現在、大きな動物病院で幹細胞療法を行っていないところはありません」と、レキントン・ウマ外科&スポーツ医学診療所 (米国ケンタッキー州) の獣医師 Wesley Sutter は話す。「幹細胞療法でなら何でも治せると豪語する獣医師までいるくらいです」。

獣医師の多くは要求の多い顧客を満足するために、効果の実証されていない幹細胞療法を行っていると、カリフォルニア大学デービス校で獣医学研究をしている Dori Borjesson は言う。たとえ効用を裏付ける研究がない場合でも、「獣医師は治療せざるを得ないので」と彼女は話す。

獣医療の幹細胞療法も、大半はヒトでの幹細胞療法と同様、間葉系幹細胞 (MSC) を使用する。MSC は、骨や軟骨をはじめとする多様な種類の細胞に分化することができ、抗炎症作用などの有益な作用を持つことが明らかになっている。MSC は脂肪や骨髄から抽出され、培養や調整の手順を経て濃縮した状態で

患部に注入される。

FDAは、ヒトでのMSC使用に関しては明確な見解を出している。すなわち、MSCは医薬であり、したがって治療に使うには、特定の条件下でないかぎり安全で薬効があることを実証する必要がある、というものだ。これまでのところ、承認されたMSC療法はまだ1つもない。しかし、獣医療のMSC使用に対するFDAの規制はヒトの場合と異なっており、MSCに対する明確な規制はないのが現状である。つまりFDAは、獣医療での幹細胞療法をこれまで1件も承認していないが、一方でこうした療法を厳しく取り締まることもしていないのだ。これは、効果の実証されていないヒト幹細胞療法の実施者に対してFDAが見せる厳しい態度とは全く対照的である。ヒト幹細胞療法の場合、MSCを使って患者を治療したテキサス州シュガーランドのCelltex Therapeutics社などに対し、FDAは2012年9月に介入・指導している。

だからといってFDAが懸念を持っていないわけではない、と話すのは、FDAの動物用新薬評価局(ONADE；メリーランド州ロックビル)の獣医療担当者Lynne Boxerである。「どんな種類の医薬品にもリスクと利点があります。幹細胞を使うことで、病気の伝播や腫瘍形成の可能性が出てきます」とBoxerは言う。しかし彼女は、現行の幹細胞療法がFDAの規範に反するかどうかを明言することは避け、新たな指針の草案に何が含まれるかを詳しく説明することも控えた。

「獣医療に関するFDAの指針は空虚なもので、うんざりしてしまいます」と国際法律事務所スクワイア・サンダース(ワシントンDC)の弁護士Karl Nobertは嘆く。彼はFDAからの指示を仰ぐ複数の企業の代理人を務めている。彼が気をもんでいるのは仕事上のことだけではない。実は彼は以前、Vintyのオーナーだったのだ。彼はVintyの治癒過程で、「信じられないような回復ぶり」をその目で見たのだという。けがをしていた場所には瘢痕組織ではなく正常な腱繊維が

形成されていた。

獣医療での幹細胞療法の有効性はいくつかの適用例で裏付けられている。2007年に21匹のイヌで行われた二重盲検法による研究では、慢性の変形性関節炎がMSCによって軽減することが示された¹。2010年には12頭のウマで、MSCを豊富に含む組織の注入によって、損傷した足の骨の治癒が促されたことが報告された²。また2012年の研究では、腱を損傷した競走馬に骨髓由来のMSCを使うことが腱の再損傷の回避に役立つという報告がされた³が、これは獣医療関係者の間にかなりの論争を巻き起こした。

研究者はよくわかっていることだが、獣医療で行われる幹細胞療法研究の多くには大きな弱点がある。それは、対照群や盲検法による評価がないことだ。これらの方法は、対象とする療法が本当に効果があるかどうかを明らかにするのに不可欠である。「我々の主な患者はウマなのですが、オーナーや調教師がとにかく幹細胞療法をやってくれる施設を求めて来るため、盲検法を実施することが特に難しいのです」と、2010年の軟骨に関する研究の共著者であるコーネル大学(ニューヨーク州イサカ)の獣医師Lisa Fortierは説明する。

対照群を使った試験を実施しなければ、治療群と未治療群を比較することは難しい。治療に高いお金をかけるようなオーナーは、ウマに徹底的なりハビリをさせる傾向も高い。こうしたオーナーは急いでウマをレースに復帰させる傾向も高く、そのため、報告された回復までの時間(治療の有効性の尺度になる)が歪曲されることもあるだろう。また、プラセボ効果は飼い主のほうに強く出る場合がある。「私にはひどい状態に見えるネコでも、飼い主が『この子はすごく調子がよさそう。幹細胞に感謝するわ』と喜ぶこともあるんです」とBorjessonは苦笑する。

幹細胞療法の研究を、前臨床研究すなわち動物実験でよく使われるマウスではなく、生理学的にヒトに近い大型動物で言えば、ヒト医学研究の非常に有用なモ

デルになるだろうと多くの獣医師が考えている。もちろん、研究が正しく行われることが前提だが。Borjessonは現在、飼い犬のドライアイや夜盲症、炎症性腸疾患を対象とする幹細胞療法の研究(可能な限り「盲検法」で)を進めているところだ。また、ヒト再生医療の研究者との共同研究も行っており、そうすることで彼女の知見をヒト再生医療の実験的治療に役立てることができる。また、コロラド州立大学(フォートコリンズ)の獣医師David Frisbieは、動物の幹細胞療法を行う中で得た教訓や情報をヒトの関節損傷の治療に応用しようと、ヒトの医師らとともに研究を進めている。

FDAが現在検討中の指針の中で、動物の幹細胞は医薬であると明確に規定した場合、幹細胞療法を展開しようと考えている獣医師や企業はまず、臨床試験を行う必要が出てくるだろう。その費用は、Frisbieの見積もりでは1回当たり少なくとも500万ドル(約5億円)に上る。一方でNobertは、獣医療用の幹細胞療法に関わる企業や大学研究者は、「創造的な規制承認戦略を組み上げて、審査・承認プロセスを効率よく円滑に進める方法を見つければよい」だと樂観的である。こうした方法は回りまわって、ヒト幹細胞療法の規制プロセスにも影響を及ぼすことだろう。

それでも、Nobertには心配なことがある。細胞の特性解析法などについてFDAがあまりに厳しい規則を設ければ、「最終的な製品やサービスの価格が法外に高くなってしまう」可能性がある点だ。

ただ、そんなことはVintyには関係のないことだ。彼の幹細胞は抽出され、それを使って腱は治った。しかし、速く走れる状態には戻らず、レースへの復帰は叶わなかった。彼は今、子ども向けの乗馬教室で活躍している。■

(翻訳：船田晶子)

- Black, L. L. et al. *Vet. Ther.* **8**, 272-284 (2007).
- Fortier, L. A. et al. *J. Bone Joint. Surg. Am.* **18**, 1927-1937 (2010).
- Godwin, E. E., Young, N. J., Dudhia, J., Beamish, I. C. & Smith, R. K. W. *Equine Vet. J.* **44**, 25-32 (2012).

脳の画像から、夢と心を読む

人の心を fMRI 画像から読み解くという画期的な技術を開発し、世界を驚かせてくれた計算神経科学者、神谷之康氏。機械学習によるパターン認識というコンピューターの手法を神経科学に持ち込み、脳の解明に挑む。今回、眠っている人の夢の中身を fMRI 画像から解読することに成功した。



神谷 之康

—— Nature ダイジェスト：夢の内容がわかる技術を開発したそうですね¹。うっかり、うたた寝もできない（笑）。

神谷：現状では、fMRI（機能的磁気共鳴画像）装置の中で寝てもらう必要があるので、夢の内容を言い当てられる心配はありませんよ（笑）。それに、脳内の構造には指紋のように微妙な個人差があり、夢の解読には、あらかじめその人自身の脳活動データを収集しておくという準備も必要になりますしね。

—— 脳活動データとは？

fMRI画像データです。fMRIとは、脳活動に伴う血流の変化を測定する装置。物や風景の写真を見たときの脳が活動する様子を、あらかじめ fMRI 画像データとして収集しておきます。このデータを使って、夢解読コンピュータープログラム（デコーダー）を各被験者用に調整しておくことが必要なのです。

—— どこまで夢が読めるのですか？

睡眠中の被験者の脳 fMRI 画像データをコンピューターが自動的に解析し、その夢に登場した物の名前を挙げてくれます。残念ながら、それ以上の夢の内容、例えば物の色や形、動き、感情などはまだ解読できません。

夢を研究する

—— 脳のどこを撮影するのですか？

視覚野です。後頭部にあって、視覚情報を処理する部位ですが、夢を見ているときも、目で実際に物を見ているときと同じような脳の活動が生じていることを、今回の研究で確認できました。

—— なぜ夢の研究を……？

私は計算神経科学者として、視覚の研究にずっと携わってきましたが、もともと、脳と意識の関係に興味がありました。そして、夢は、目からの入力信号なしで、つまり外界からの刺激がなくても見える、自発的に生み出されるイメージです。ですから、脳と意識の関係を調べ

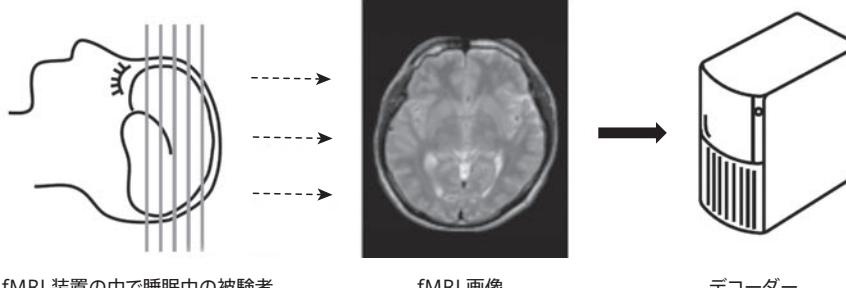
るうえでは、大変興味深い脳活動ではないかと思うのです。また、想像、幻覚などの解読にもつなげられると思います。

—— 今回の研究で苦労した点は？

夢を見ることはコントロールできないので、どのように実験を組み立てるか、試行錯誤でした。最終的には、夢で見た内容を、自由に言葉で報告してもらうという方法に落ち着きました。物体や風景を単語（名詞）で報告してもらうのです。その後、その名詞を上位のカテゴリーに分類整理します。例えば「A子さん」は「女性」、「ホテル」は「建物」といったように。

—— 夢を見ているときのデータを大量に得るのにも工夫したそうですね。

はい。入眠時の夢を計測することにしました。朝起きたときに覚えている夢は「レム睡眠」のときに起こっていることが多いのですが、たくさんの夢のデータを得るために、入眠時に見るイメージに注目しました。入眠時の脳波パターンは



fMRI 装置の中で睡眠中の被験者

fMRI 画像

デコーダー

book	building	car	character
commodity	computer-screen	covering	
dwelling	electronic-equipment		
female	food	furniture	male
mercantile-establishment		point	
region	representation	street	

夢に現れた内容の推定

神谷之康

図1 睡眠中の被験者の fMRI 画像をデコーダーが解読し、見ている夢の内容を単語とそのサイズで示す仕組み。その単語に関連した写真を Web 上から収集して表示することもできる。

「レム睡眠」と似ているのです。

脳波計は、頭皮の電位を測る装置で、その示す波形から、夢を見ているかどうかがある程度判断できるのです。被験者には、脳波計を頭に付けて、fMRI装置の中で眠ってもらいます。脳波計の表示から、夢を見ていると判断されたら、すぐに被験者を起こして、夢の内容を報告してもらいます。時間が経つと、忘れてしまうのでね。報告したら、また眠ってもらう。その繰り返しです。

脳波を読む作業は技術を要します。それを専門に研究してきた玉置應子さん(現・ブラウン大学)に研究員として来ていただきました。

脳活動をデコードする

——夢解読コンピュータープログラムについて教えてください。

基本的な仕組みは、2005年に考えつきました²。コンピューターの機械学習によるパターン認識と脳計測を組み合わせた技術です。

fMRI画像の画素1個1個のデータを解析するのではなく、多数の画素が作り出すパターンを解析するのが、パターン認識プログラム。機械学習とは、コンピューター自体が入力されたデータから学習していくプログラムのことです。今回の場合は、fMRI画像とそれに対応する見ている対象のデータを入力することによって、その対応関係をコンピューターが学習していきます。

こうした手法は脳科学の分野に応用されていませんでした。おかげさまで、*Scientific American*誌が選んだ2005年の「科学技術に貢献した50人」に選ばれました。

——この手法にはどんな利点があったのですか？

まず、解像度の問題を解決できることです。fMRI画像で測定できる解像度(画素のサイズ)は3~5 mm角の立体。これは神経細胞に比べるとずっと大きく、神経活動の微細な変化は読み取れない可

能性が高いわけです。

しかし、1個の画素ではなく、多数の画素が構成するパターンを解析することにより、解像度以下の微細な信号が抽出できる可能性があります。脳のfMRI画像の場合、それがうまくいったのです。

また、機械学習によって、fMRI画像と視覚対象のデータセットから、コンピューターにその対応関係を学習させることができます。脳の神経細胞や神経回路の仕組みがよくわからなくとも可能です。

この手法を使って私たちはこれまでに、例えば、被験者が見ている図形をそのときのfMRI画像から再構成することに成功しました³。何を見ているかを、そのときの脳画像からデコード(解読)できたわけです。

——デコードって難しそうですね……。脳の活動は、神経細胞のネットワークからなる回路の活動です。しかし、この回路の活動の仕組みが理解できなくても、そこに表現されている知覚の内容や運動についての情報が解読できればよいという考えです。

——脳をデコードするという発想は、どのような背景で思いつかれたのですか？

イメージングを学ぼうと思って、2005年に、プリンストン大学の友人の研究室に滞在していたときのことです。従来の脳のイメージング研究は、被験者が何かの課題を行ったときに、fMRI画像に有意差があったかどうかといった、そういう研究が主だと気が付きました。そして、それは大変もどかしく思えました。

私は、fMRI画像から得られる信号を解読し、そこから脳(心)の状態や内容を具体的に読み出す方法を考案しようと思いつきました。それが、先ほど説明した機械学習によるデコーディングという技術につながったのです。

——生物学や医学に重きを置く従来の神経科学者には、どのように受け止められていますか？

なかなか理解してもらえないときもありましたが、議論をすると、その後はたいへん良好な関係になります。新しく開発した技術が重要であるほど、従来の技術に大きなインパクトを与えるので、始めは抵抗があるものと思っていますが、今後もそのような技術の開発をめざしていくつもりです。

——心を読む方法が悪用される危険はありませんか？

我々の方法に限らず、脳の働きの研究では、悪用されるおそれはあると考えておいたほうがよいと思います。心の内を読むmind readingの研究では、そうした危険性の存在を、研究者側も常に考慮すべきでしょう。

——脳研究を見渡してどう思いますか？

脳研究は、我々の研究も含め、やっと定量的な予測や制御ができるような段階になりました。ようやく、きちんとしたサイエンスになっていくのだと思います。

私たちの研究についていえば、夢の解読から、心の働き、脳の仕組みについての理解を深められるでしょう。精神疾患の診断や、ブレインマシンインターフェースなどへの応用も期待されるところです。

——ありがとうございました。 ■

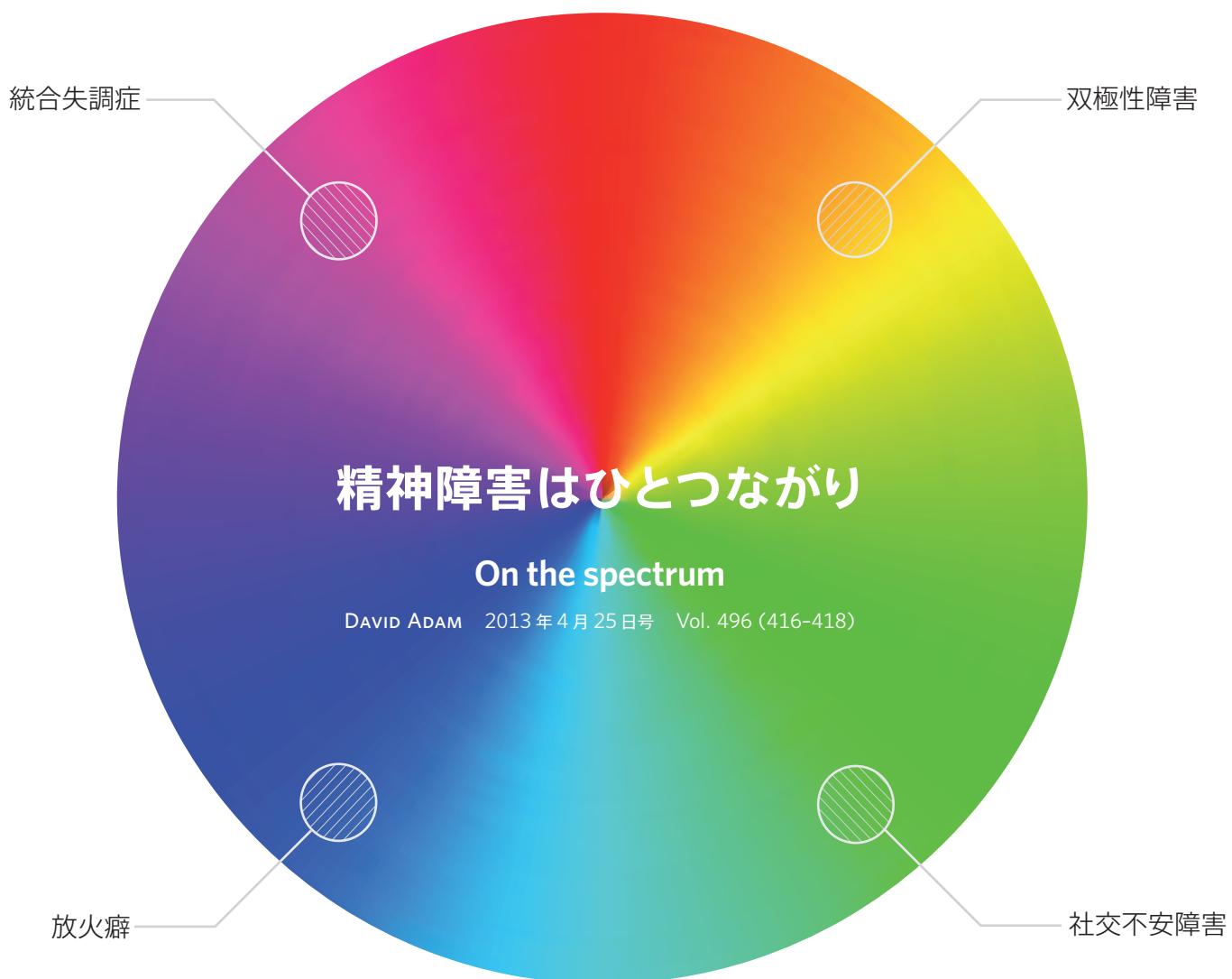
聞き手は藤川良子(サイエンスライター)。

- Horikawa, T., et al. *Science* **340**, 639–642 (2013).
- Kamitani, Y., & Tong, F. *Nature Neuroscience* **8**, 679–685 (2005).
- Miyawaki, Y., et al. *Neuron* **60**, 915–929 (2008).

AUTHOR PROFILE

神谷之康(かみたに ゆきやす)

ATR 脳情報研究所 神経情報学研究室室長。1995年東京大学大学院理学系研究科修士課程修了。2001年カリフォルニア工科大学大学院博士課程修了。2001年ハーバード大学医学系大学院研究員、2003年プリンストン大学客員スタッフ。2004年ATR 脳情報研究所研究員、主任研究員を経て、2008年より現職。第27回塚原仲晃記念賞受賞。



これまで病態に応じて区切られ分類されていた精神障害が、実は1つのスペクトラム、つまり、さまざまな病態が連なった1本の軸として表せることが、近年の研究によって示唆されている。しかし、精神障害診断の最新の改訂版 *DSM-5* では、その採用は時期尚早として見送られた。

ピッツバーグ大学(米国ペンシルベニア州)の精神科医David Kupferは、現代の精神医学界では異端である。彼はこの6年間、精神医学のバイブルと言われる『精神障害の診断と統計の手引き(DSM)』の改訂版の監修に取り組んできた。

*DSM*は、世界中の精神科医が患者を診断する際に基準とする「症状チェックリスト」である。今回の改訂作業で、Kupferの意見で大反対なしに通ったのは「版番号の表記をVから算用数字の5

に変えることだけ」だった。そんなところにも *DSM*の影響力の大きさが表れている。だがその改訂作業も、このほど最後の山場を迎える。来月(2013年5月)、この本の第5版(*DSM-5*)が米国精神医学会(APA)から出版されるのだ。

ただ、問題はまだ残っている。本の略称や、手引き内で使用する用語については何とか決着がついたのだが、第5版に暗雲をもたらした議論、つまり、精神障害を定義し診断するための最適な方法に

については、いまだに合意に至っていないのである。*DSM-5*でも、*DSM-III*や*DSM-IV*と同様に、大うつ病性障害、双極性障害、統合失調症、強迫性障害のように、障害を個別のカテゴリーに分類する。これらのカテゴリーは、主に数十年前に立てられた理論と患者の自覚症状をもとに設けられたもので、1980年代初頭以降の精神医学の指針となってきた。

この問題点は、遺伝学上もしくは神経科学上の証拠による裏付けが一切ない

ままに、複雑な精神障害が各カテゴリーに分類されてきたことにある。精神科医の多くはすでに、こうした既成のカテゴリーにとらわれなくなってきた。既成カテゴリーにきっちりと当てはまらない症状を示す患者を多数診てきたためだ。

最新版のDSM-5の改訂に当たり、Kupferや他の精神科医は当初、このカテゴリー方式から「ディメンション方式」に切り替えたいと考えた。ディメンション方式では、さまざまな精神障害を1つの軸上に並べて、重なり合つたひとつつながりの形(スペクトラム)として表す。この方式では、精神障害は、共通のリスク因子による産物と考える。動機付けや報酬予想などの動因の交わり方の違いで、さまざまな異常が生じるとみるわけだ。動因は測定可能なので、座標化して「ディメンション」として扱え、したがって測定結果を使って患者を各スペクトラムのどこかに位置付けることができる。ところが、ディメンション方式を導入しようとする試みは頓挫した。他の精神科医や心理学者たちが時期尚早だと反対したのだ。

研究の方でも、新方式の導入を助けるような成果はまだ出せていない。2010年、国立精神健康研究所(NIMH、米国メリーランド州ベセスダ)は「RDoC(Research Domain Criteria)プロジェクト」を発足させた。このプロジェクトは、ディメンション方式の変数(座標軸)を探すこと、精神障害に関する脳回路の解明を進めることなどが目的だ。プロジェクトのリーダーである臨床心理学者Bruce Cuthbertによれば、同プロジェクトは精神障害に対するこれまでの取り組みを「白紙に戻して一からやり直す」という。カテゴリー方式に代わって、「正常なプロセスにどんな調節異常が生じてこれらの障害が起こるのか、検討を始めが必要があるのです」と彼は話す。

RDoCプロジェクトの成果はDSM-5の発行には間に合わない。臨床診断基準の変更がいかに難しいかを痛感したと

Kupferは話す。「飛行機が空を飛んでいる状態で、その機体に手を加えなければならないわけですから」。

手引きの進化

APAがDSMの新版を発行する頻度は、ローマ法王の交代頻度よりも低い。DSM-I(1952年発行)とDSM-II(1968年発行)は、フロイト(Sigmund Freud)の「精神力動」という考え方を反映していた。つまり、精神障害は内的な動因どうしの葛藤の産物という概念だ。例えばDSM-Iには不安神経症という項目があるが、これは「パーソナリティーの内部に由来する(つまり対象物がない)、漠然としたおそれによって生み出される」ものとされた。当時、症状と診断はほとんど結びついていなかった。

1980年頃になると経験主義が強まってきた。米国で影響力の大きい精神科医団体の1つは、全く同一の症状の患者が異なる診断や治療を受けたという報告にショックを受けて、フロイトの説を捨てた。そして次の手本として、ドイツの精神医学者クレペリン(Emil Kraepelin)の考え方を導入した。クレペリンは、現在は統合失調症および双極性障害として知られている症状が別々の症候群で、またそれぞれ固有の一群の症状を伴い、おそらく原因もそれぞれに固有であると唱えたことで知られる。こうした考え方から、1980年に発行されたDSM-IIIでは、症状どうしをきっちりと区切る、現在のいわゆるカテゴリー方式に切り替えられた。また、1994年に発行されたDSM-IVでは、少数のカテゴリーの追加と削除がなされただけだった。

DSM-IVの発行以来、精神科の診療所では、心に悩みを抱えたあらゆる世代の人々が、DSMに掲載された不安障害、摂食障害、パーソナリティー障害などの病名で診断を受けた。それらの病名の大半は、DSM-5にも掲載されることになる。DSM-5の中身は、表向きは、5月18日からカリフォルニア州サンフランシスコで始まるAPA年次総会まで非公開とされた

が、APAは2012年にすでに原案をウェブサイト上で公開して意見を求めていたため、公然の秘密にすぎなくなっていた。

それはさておき、このような病態間の区切りは、APAの手引き書でははつきり固定されても、診療の現場ではないも同然である。ほとんどの患者に複数の症状が混合して見られることを精神科医はよくわかっているし、そうした患者はいくつかの障害を同時に持つと診断されることも多い。DSM-IVに記載された障害のうちの1つの基準を満たす人の中で、約5人に1人はさらに2つ以上の障害基準を満たしているのである。

「彼らは教科書どおりにいかない患者さんです」と話すのは、ブロード研究所(米国マサチューセッツ州ケンブリッジ)のスタンレー精神医学研究センターの所長Steve Hymanだ。彼らの症状は、時間経過につれて悪くなったりよくなったり変化するので、さまざまな診断が下されて、そのたびに動搖したりぬか喜びしたりすることになる。「問題のは、十分に研究されていない領域の診断にDSMが用いられていることだけでなく、それに対して何の疑問も持たれていたことがあります」と彼は話す。

複数の障害を同時に持つ患者を多く診てきた精神科医たちは、こうした病態の一部を説明するために新しいカテゴリーまで作り出した。例えば、古典的なクレペリン理論による統合失調症と双極性障害の区切りを超えて、実用に即した「統合失調性感情障害」という融合的な病名が長く使われている。この障害は、統合失調症と双極性障害の両方の症状を持つ場合を指し、DSM-IVで認められた。

一方、基礎研究からは、分類の手がかりはほとんど得られていない。数十年も前から研究が行われているにもかかわらず、心の病いに関する遺伝学的、代謝論的、細胞学的な特徴は、ほとんど謎のままである。皮肉なことに、カテゴリー方式がしっかりと根付いてしまったせいで、明確な診断を下すための科学的研究が妨げられているのだ。そうなった理由の一

部は、資金提供機関が往々にして標準的な病名の患者集団を扱う研究に肩入れすることにある。「数年前までは、複数の精神障害を対象にした研究で助成金を得るなんて、簡単にはできませんでした。つまり、双極性障害を研究するか、あるいは統合失調症を研究するかのどちらかであって、両方と一緒に研究することは論外だったのです」と、カーディフ大学MRC神経精神遺伝学・ゲノムセンター(英国)のNick Craddockは話す。

「旧来の縦割り方式にとらわれずに研究できるようにする必要があります。これらの障害をもう一度根本から分析し直すべきなのです」とHymanは言う。

ここ数年の間に、こうした難題に立ち向かう研究者が現れ、遺伝学的手法や脳画像化研究から、DSMに掲載された障害は互いに重なり合っているという考え方が裏付けられた。機能的磁気共鳴画像法を用いた研究によって、不安障害を持つ人と気分障害を持つ人では共通して、負の情動(おそれや悲しみ)や嫌悪感に対して脳の扁桃体^{へんとうたい}が活発に応答することが報告された¹。同様に、統合失調症患者と心的外傷後ストレス障害(PTSD)を持

つ人はどちらも、持続的な集中を要する課題の遂行に際して、脳の前頭前皮質に異常な活動が見られることもわかった¹。

また、マサチューセッツ総合病院(米国ボストン)のJordan Smoller率いる研究グループは、精神障害の遺伝的原因を突き止める目的で過去最大規模の研究を行った。5つの主要な精神障害を持つ3万3000人以上の人から得たゲノム情報をスクリーニングして、病態と関連するゲノム塩基配列を探したのだ²。そして2013年2月末に、いくつかの遺伝的リスク因子、なかでも4か所の染色体部位が、5つの主要な精神障害(自閉症、注意欠陥多動性障害、双極性障害、大うつ病、統合失調症)の全てと関連していることを報告した。「遺伝学で明らかになったことは、臨床現場で見られることを反映しています。現状を再考する必要があるでしょう」とHymanは言う。

迫り来る対抗馬

基礎研究と臨床診療の両面からの影響によって、カテゴリー方式の土台が崩れつつあるのと同時に、それに対抗するディメンション方式への支持が集まりつつあ

る。実際、この10年の間に、精神科医たちによっていくつかのディメンションが提案された。しかし、今のところ診療では使われていない。DSMが認めていない、というのがその理由の1つである。

例えば、統合失調症と強迫性障害は高頻度で共存して見られるため、統合失調－強迫性障害スペクトラム(schizo-obsessive spectrum)を考える精神科医が出てきた。この場合、患者が侵入思考を外部から来たと思うか内部から来たと思うかによって、スペクトラム上の位置付けを行う。また2010年には、CraddockがMichael Owenとともに、それまで最も革新的なものを提唱した³。この考え方では、5種類の精神障害を、单一の軸上に「精神遅滞－自閉症－統合失調症－統合失調性感情障害－双極性障害／単極性気分障害」の順に並べる(「追加されたディメンション」参照)。精神科医は、これらの障害で影響を受けている認知の異常や気分の乱れといった一連の形質の重症度を評価して、軸上のどこかに患者を位置付ける。これは大幅に単純化された方法だが、患者が自己報告する症状とよく符合するようだとCraddockは言う。例えば、精神遅滞と自閉症の両方の特徴を示す人は、精神遅滞とうつ病の両方を示す人よりも多い。

2007年に、Kupfer^{へんさん}がDSM-5編纂委員会を率いて作業を開始した当初、診断法をディメンション方式へと切り替えるのは可能だろうと楽観的に構えていた。「より新しく基礎的な科学的研究を前面に押し出しさえすれば、現状を開拓するのはそう難しくないと思っていた」とKupferは当時を振り返る。編纂委員会は次々と会合を開き、ディメンション方式を導入する方法について議論した。なかでも、パーソナリティー障害に関する既存の10種類の病態のうち半数を破棄し、そこへカテゴリーを横断する一連のディメンションを導入して、強迫性の程度などで患者の状態を定量化するという提案は画期的で、特に論争を巻き起こした。

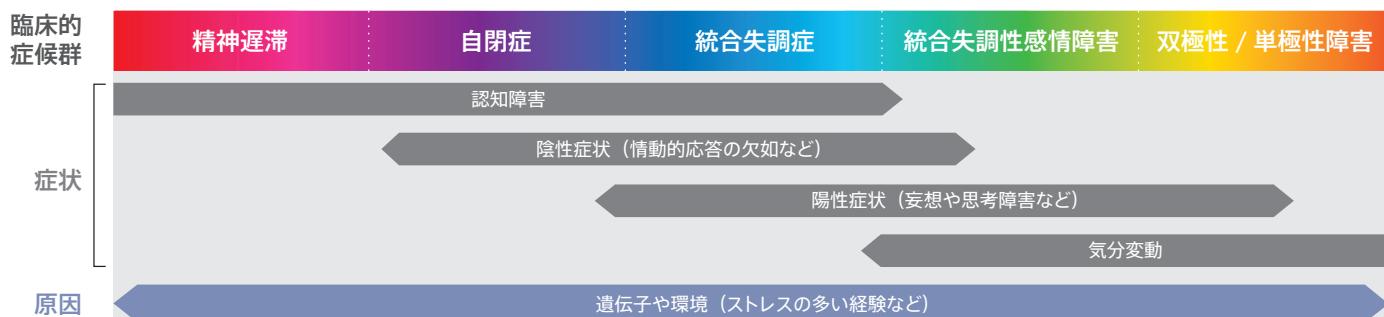
しかし、これを含むさまざまな提案は、



これまで精神障害はそれぞれ個別のカテゴリーに分類されてきたが、DSM-5でもその方針から大きな変更はない。

追加されたディメンション

精神医学のディメンション方式では、精神衛生状態をひとつながらのスペクトラム上に位置付ける。スペクトラム上では、原因と症状が部分的に重なり合うことになる（下の図を参照）。



痛烈な批判にさらされた。提案された「物差し」の論拠が弱く、また、精神科医はそうした物差しで患者を診断した経験がない、というのが批判派の主張だった。そのうえ、パーソナリティー障害のディメンションについて、2010～2012年にDSM草案の診断基準に基づいて実地試験を行い、患者の診断に用いたところ、大失敗に終わってしまった。ディメンション方式を試した精神科医たちの導き出した結論があまりにもバラバラだったので。「未完成なディメンション方式を早まってDSM-5に導入してしまうと、悪い風評を広げるようなマイナスの影響をもたらしかねず、将来、この方式が医療界で認められなくなるおそれがある」と、デューク大学（米国ノースカロライナ州ダラム）名誉教授で精神医学者のAllen FrancesがBritish Journal of Psychiatryに掲載された論文で述べた⁴。DSM-IV編纂の委員長を務めたFrancesは、DSM-5にディメンションの概念を導入しようという提案に對して最も強く反対した1人である。

ディメンション方式は、患者団体や慈善団体にも不評だった。そうした組織の多くは、さまざまなもの精神障害に明確な病名を付けて社会に認知してもらおうと、長年苦労してきた。それゆえ、統合失調症や双極性障害に別の名前を付けられたくはないのだ。

製薬会社の影響力や、精神科医と製薬業界との関係も裏にあるだろうと不満を

漏らす心理学者もいる。オフレコの話として、米国の健康保険制度では、既存のDSMカテゴリーに基づく治療法が支払い対象であるため、製薬会社も精神科医もそうしたカテゴリーから恩恵を受ける立場にあるという。どちらも本当のところは、カテゴリー方式を解消させる気がほとんどないわけだ。

方針変更

2011年の半ばになって、DSM-5編纂委員会は敗北を認めた。American Journal of Psychiatryの誌上で、Kupferと、DSM-5編纂委員会の副委員長でAPAの研究部長でもあるDarrel Regierは、自分たちがあまりに楽観的すぎたことを認めたのだ⁵。「新たに登場したこれらの診断法や治療法の発展が、精神障害の従来の診断や分類にいい影響を及ぼしてくれる」と期待しましたが、実際には、そういったものの進展は思ったほどではなく、実用化には時間がかかるとわかったのです。異論の多かったパーソナリティー障害のディメンションは、2012年12月の最終立案会議でAPA評議員会によって否決された。

APAによれば、DSM-5の決定稿は、DSM-IVを十分に発展させてカテゴリーとディメンションの両診断法を取り込んだ形になっているという。旧版では別々のカテゴリーだった物質乱用と物質依存は、物質使用障害（substance-use disorder）という新しい診断名に統合さ

れている。アスペルガー症候群は、関連するいくつかの病態とともに、自閉症スペクトラム障害（autism-spectrum disorder）という新カテゴリーに統合され、強迫性障害や髪の毛を抜く強迫症、その他の類似の障害はまとめて、強迫性障害とその関連障害（obsessive-compulsive and related disorders）のカテゴリーに入れられる。Regierによれば、後者2つの変更は、病態どうしの関連性を調べている研究者の助けになるはずだという。「カテゴリー変更は、おそらく治療にはさほど違いをもたらさないでしょうが、共通する脆弱性を研究するには役立つと考えています」と彼は話す。

前述したRDoCプロジェクトは、その種の研究事業の中でも最大のものだ。2012年、NIMHが承認した7件の研究予算は計500万ドル（約5億円）に上ったが、そこに同プロジェクトも含まれているのだ。この研究事業は「今後数年の間に、NIMHのトランスレーショナル研究の中で存在感を徐々に強めていくことでしょう」とCuthbertは話す。その目標は、新しいディメンションの変数を見つけ出すことと、その変数の臨床上の価値を評価して将来のDSM編纂に役立つ情報を提供することである。

NIMHが資金を提供するプロジェクトの1つに「無快感症の検証」がある。無快感症は、運動や性行為、社会的交流などの活動に喜びを感じられない状態のこ

とで、うつ病や統合失調症など多くの精神障害で見られる。

これを率いるローリエイト脳研究所 (LIBR、米国オクラホマ州タルサ) の Jerzy Bodurka のグループは現在、脳回路の機能異常によって免疫サイトカインの放出が促進され、このサイトカインが意欲や快楽を抑制することで無快感症が引き起こされるという説を検証中である。研究グループはこれらの関連性を探るために、遺伝子発現の解析や脳スキャン法を用いる予定でいる。無快感症になる仕組みがこれによって、もしくはほかの研究で特定できれば、DSMによる診断はどうであれ、理論上は、研究結果を用いて患者を調べて治療することができるといえる。

大きな難題の1つは、ある医薬の有効性を証明するにはDSMのカテゴリーを使うしかないと思っている医薬品規制当局に、ほかにも手段があるという考え方を共有してもらうことだとCuthbertは言う。彼によれば、医薬の原則に関する早期の話し合いではいい感触が得られており、また、実際に前例がいくつかあり、「痛みは障害ではないのですが、米国食品药品局(FDA)は痛みの管理に鎮痛剤を認可しています」と話す。

研究者の立場からすれば、白紙に戻してやり直すことは当然の成り行きだが、では、DSM-5はどうなるのだろうか。

ディメンションの扱いについては、多くの部外者が、DSM-5ではDSM-IVからほとんど変わらないと見なしている。KupferとRegierによれば、最終稿まで削除を免れて残ったディメンションに関する研究の多くは、さらなる議論と研究を促すことを目的とした手引き部分に掲載されるという。DSM-5は「生きた文書」をめざしており、オンラインで従来よりもずっと頻繁に更新できるようにするとKupferは言い添えた。版を表す末尾の数字をVから5に換えたのも、そうした理由からであり、5月に出版される版はDSM-5.0と表記される。NIMHのプロジェクトで直接的な結果が得られ、証拠

の基礎固めができれば、更新したDSM-5.1もしくはDSM-5.2にディメンション方式を含めることもおそらく可能だと彼らは話す。

ところで、関係者全員が一致する意見が1つある。それは、精神医学の進路の手本は今やフロイトやクレペリンではなく、「がん医学の世界で起こった遺伝学による革命」である、ということだ。がんの研究者と臨床医は、最近ではがんの増殖部位ではなく詳細な遺伝学的特性に基づいてがんを分類し、治療に臨むようになってきた。

精神障害の診断には、遺伝学と脳画像化技術が同様の役割を果たしてくれるだろうと、精神医学分野の研究者や臨床医は口にする。しかし、それには時間がかかるだろうし、カテゴリー方式が過去の歴史として扱われるようになるほどその方面の科学が十分に発達するまで、患者は中途半端な診断を受けるに違いない。

「双極性障害が疑われる患者さんに、適切な診断評価を下せるようになりたいですね。患者さんには、遺伝的リスクを調べるために血液検査を行い、また脳スキャン装置に入ってもらって、情動系を働かせるために何かちょっと悲しいことを考えてもらうのです」とCraddockは話す。その解析結果を使って、根底にある原因(脳内の化学シグナルの異常など)を追跡できるかもしれない。「原因が明らかになれば、生活習慣をアドバイスしたり治療したりできるでしょう。……でも、私自身が実際にそうした方法で診断を下すことはないでしょうね。当分先の話ですから、そうなる前に私はとっくに引退していますよ。■

(翻訳：船田晶子)

David Adamは、NatureのEditorialおよびColumnsの編集担当者。

- Dichter, G. S., Damiano, C. A. & Allen, J. A. *J. Neurodev. Disord.* **4**, 19 (2012).
- Cross-Diorder Group of the Psychiatric Genomics Consortium *Lancet* [http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736\(12\)62129-1](http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736(12)62129-1) (2013).
- Craddock, N. & Owen, M. J. *Br. J. Psychiatry* **196**, 92–95 (2010).
- Frances, A. *Br. J. Psychiatry* **195**, 391–392 (2009).
- Kupfer, D. J. & Regier, D. A. *Am. J. Psychiatry* **168**, 672–674 (2011).

nature ダイジェスト

この10年を振り返って

2004 2005 2006 2007 2008 2009 2010 2011 2012 2013

nature 2004年1月号より
セラミックラジカルの構造


2004年、Nature日本語版誕生として「Nature日本語版ダイジェスト」と題された。この年の記事を振り返るのも面白いかも。私が書いた方についての記事をまとめたり読んでいます。そのほかは、DSM-IVからせん弱性を規定したラジカル・クリップが発表されました。インテリジェンス・ガードの専門家たちが「ホーリー・フット・トリニティ」と呼ばれたことをもじりました。おおあせね。日本語版のページを作ったので、記憶にある方から読みやすくなっています。で、このノーベル賞の問題が結構印象的になってきました。サトウのアダムが解説されたのがこの年で、まだ私は、サム解説が嬉しい復習でいっぱいでした。

Editorial [\[編集部\]](#)

Nature日本語版は、読者層が、該当の科学分野による新しい発見や技術、最新を述べているとされています。新刊の開拓を記念してしまします。科学者と読者との距離を縮め、各分野の専門家が、全世界で同じ言語で、同じ情報に接する機会を提供します。2013年12月までの定期購読料アカウント登録料は、1年間で10%OFFになります。

「Nature」の特徴
サクセスストーリーの流れをさかじて [Free content](#)

アーティクル・クリップは、専門家が日常的に使うべきものでした。今、生物学の世界は、他の研究者をもとに、クリップがなぜかよく使われるようになりました。他の内閣がそれを譲り受けたり、他の内閣がそれを譲り受けたり。

それほど驚くべきではない実験結果を発見して [Free content](#)

2004年1月号では、自然摂取の微生物が作られる、ところが、その過程のために必要な酵素や人間が知らなかったときに、このままでは微生物が世界をリードするかもしれません。

創刊10周年

スペシャルページ!!

10th ANNIVERSARY
日本語でNature since 2004

nature.asia/ND10th

著者力に抜擢されるか?

この10年を振り返り、
話題になった出来事や
面白いニュースなどを紹介。

毎月、各年の「Editorial」より
記事を無料公開!

nature 10周年記念 キャンペーン
研究の道を目指すきっかけとなった
エピソードを伺うインタビュー記事
「Turning Point」もお見逃しなく!

どうぞ10周年コンテンツをお楽しみください!

nature publishing group npg

米国の大干ばつを予測できない「気候モデル」

Climate models fail to 'predict' US droughts

QUIRIN SCHIERMEIER 2013年4月18日号 Vol. 496 (284)

現時点での最高水準の気候モデルを使ったシミュレーションでも、過去の大干ばつを再現することはできたが、その時期までは再現できなかった。

テキサス西部の不毛な平野を眺めながら移民が言う。「水さえあれば、すばらしい土地だっただろうな」。苦々しげに農夫が答える。「地獄だってそうさ」。

この古いテキサスジョークは、同州が有史以来最も過酷な干ばつに見舞われた1950年代に生まれたのだろう。テキサス州は、2012年も雨に恵まれなかつた。科学者たちは、今後、気候変化が進むにつれて、北米南西部の全域でますます干ばつが起りやすくなると予想している¹。

未来のメガ干ばつ(大干ばつ)を高い信頼度で予想できれば、農業従事者にとっても水管理者にとっても非常にありがたい。しかし、2013年4月の欧洲地球科学連合(オーストリア・ウィーン)の年次総会で発表された論文は、現在の気候モデルでは、こうした予想はまだできないことを示している。

コロンビア大学ラモント・ドハティー地球観測研究所(ニューヨーク州パリセード)のSloan Coatsらは、現時点での最高水準の気候モデルを使って、過去1000年間に北米南西部で起きたことがわかっている干ばつを、シミュレーションできるかどうか検証してみた。このモデルでは、大気中の二酸化炭素濃度、日射量の変化、火山の噴火による火山灰など、気温と降水量に影響を及ぼす因子について、現実的な数字を使用している。

モデルでは、エルニーニョ・南方振動(ENSO)の変化も考慮されている。ENSOは、熱帯太平洋で繰り返し起こる温度異常で、米国西部や世界の多くの地域の天気に大きな影響を及ぼす(海水温が高く

なるエルニーニョは、しばしば豪雨や洪水を引き起こし、海水温が低くなるラニーニャは、干ばつを引き起こす傾向がある)。

研究チームは、このシミュレーションの結果を、樹木の年輪の幅に基づいて過去の干ばつを詳細に特定した「北米干ばつ地図」のデータと比較した。結果は、研究者らを困惑させた。シミュレーションから、数十年ずつ続く大きな干ばつがいくつか「予想」できたものの、既知のメガ干ばつの時期とは一致しなかったのだ。

実際、降水量に影響を及ぼす変数を現実的な数値にしたときと、対照実験として変数を非現実的に一定に保った条件で、シミュレーションをしてみた。すると両者共に、実際に干ばつが起るパターンとは全く一致しなかったのだ。ラモント・ドハティー地球観測研究所で歴史的な気候パターンを研究する科学者で、今回の研究に参加しているJason Smerdonは、「このモデルには、大きな干ばつを引き起こすダイナミクスの一部が欠けているようです」と言う。

研究チームは、他の気候モデルも試してみたが、結果は同じようなものだった。世界の気温が今日と同じくらい高かった西暦900年から1200年までの中世気候異常の時代に、今日の北米南西部で、数十年にわたって続く干ばつが繰り返し発生したのだが、それを再現することもできなかった。

最大の問題は、ENSOのエルニーニョ相とラニーニャ相の間の循環を、これらのモデルが再現できない点にあるのかもしれない。多くの科学者は、北米南西部

の干ばつの主要な原因是ラニーニャなのではないかと考えている。ENSOが東アフリカの降水量の変動に果たす役割²について研究したウッズホール海洋研究所(米国マサチューセッツ州)の気候科学者Jessica Tierneyは、「現実世界のENSOは、気候モデルよりもはるかに乱雑なふるまいをします」と言う。「ENSOが過去にどのように変化してきたのかは、よくわかつていません。また、気候変化に反応してどのように変化するかもわかりません。これは、私たちが直面する大きな不確実性の1つです」。

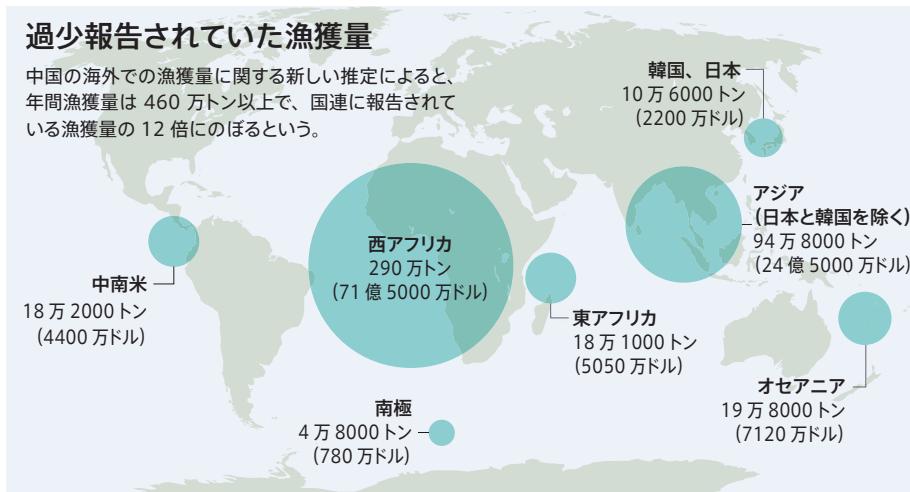
既存のモデルは、エルニーニョとラニーニャを再現できないだけでなく、降水量に影響を及ぼす雲や植生などの因子についても、十分には考慮されていない。ただ、降水を阻害し、干ばつを長びかせるような大気と海洋のダイナミクスは、本質的にランダムであるのかもしれません、その場合、予測はほとんど不可能になる、とSmerdonは付け加えた。

今回の知見は、「地球温暖化に伴う降水パターンの変化をどのように予測するか」という、より一般的な問題の難しさを示している。ある地域の気候がどの方向に変化するのか、複数のモデルの予想が食い違うことは珍しくない。例えば、コロラド州水保全協議会のために、同州の平均降水量が2050年までに増加するか減少するかについて複数の見積もりが行われたが、その予想は一致しなかった³。

それでも、このような不確実性が、より大きな描像を変えることないと科学者たちは言う。「気候モデルは完全ではありませんが、全体的な傾向は正しく予想することができます」とTierneyは言う。「今後、北米南西部の気温が上昇し、水不足が深刻化することは、かなり確実です」。

(翻訳：三枝小夜子)

- 1. Seager, R. et al. *Science* **316**, 1181-1184 (2007).
- 2. Tierney, J. E., Smerdon, J. E., Anchukaitis, K. J. & Seager, R. *Nature* **493**, 389-392 (2013).
- 3. Ray, A. J. et al. *Climate Change in Colorado: A Synthesis to Support Water Resources Management and Adaptation* (Colorado Water Conservation Board, 2008); available at go.nature.com/xs8471.



過少報告されていた 中国遠洋漁船団の漁獲量

Detective work uncovers under-reported overfishing

CHRISTOPHER PALA 2013年4月4日号 Vol. 496 (18)

中国の遠洋漁船による乱獲が、西アフリカの人々の生活と生態系を脅かしている。

しかも中国が国際機関へ報告している漁獲量は、
実際の10分の1以下という驚くべき研究が発表された。

いろいろな意味で、その漁獲量は桁はずれに大きい。2013年3月23日に発表された研究によると、中国は海外での漁獲量を1桁以上も過少に報告しているという¹。この問題は、西アフリカの豊かな漁場で特に深刻であり、中国による不透明な報告は、この水域の生態学的健康を評価する取り組みに悪影響を及ぼしている。

研究チームのリーダーであるブリティッシュ・コロンビア大学(カナダ・バンクーバー)の水産科学者Daniel Paulyは、「海から何が持ち去られているかがわからなければ、海の状態を評価することはできません」と主張する。彼によると、報告されなかつた漁獲量は、西アフリカの人々に食料を供給する現地の零細漁業に打撃を与えていているという。

水産学の専門家たちは、以前から、中国が国連食糧農業機関(FAO、ローマ)に報告する漁獲量は少なすぎるのではないかと疑っていた。2000～2011年に中国がFAOに報告した海外での年間漁獲量は平均36万8000トンだった。けれども、EUから助成金を受けて行われた今回の研究によると、世界最大の遠洋漁船団を擁していると主張する中国の漁獲量はもっと多いはずだという。Paulyらは、2000～2011年の中国の海外での年間漁獲量は、実際には平均460万トンだったと推定している。これは、中国が報告した数字の12倍以上である(「過少報告されていた漁獲量」参照)。そのうちの290万トンが、世界で最も豊かな漁場の1つである西アフリカ

で獲ったものだった。

中国水産局国際協力部長のLiu Xiaobingは、2012年6月にEUに対して行った演説の中で、同国海外での年間漁獲量は115万トンであると報告した。Paulyは、総漁獲量ではなく中国に持ち帰った量という意味なら、その数字は正確だろうと言う。この点についてコメントを求める電子メールに対して、Liuは返事をしなかった。

水産科学者は、今回の推定に驚愕している。モーリタニアとEUの漁業協定に関して助言を行う科学委員会のメンバーであるブルターニュ欧州大学(フランス・レンヌ)のDidier Gascuelは、「我々の魚が中国に行っていたとは!」と言う。彼らは、モーリタニアの海底に生息するタコ、ハタ、タイなどの個体数を増やそうと長年努力してきたにもかかわらず、個体数は一向に増えなかった。これは底引き網漁による乱獲の兆候である、とGascuelは言う。「我々は、中国の漁獲量がそんなに多いとは考えていませんでした。もちろん、我々のモデルでも考慮されていません」。

中国企業とアフリカ諸国との間で締結される漁業協定は秘密にされているため、Paulyらは、探偵のような調査によって中国の実際の漁獲量を見積もらなければならなかった。中国企業の漁船は、時に現地の国旗を掲げて操業することがあり、真相をさらに不明瞭にしている。そのため、10人以上の研究者が、現地での聞き取り調査、学術論文、新聞、14の言語でのオンライン報告書から得た手がかりを照合して、93の国と地域で何隻の中国漁船が操業しているかを推定した。その結果、中国が漁をしていると報告していない国々でも、多数の中国漁船が操業していることが明らかになった。これらの推定値の平均をとった研究チームは、中国には少なくとも900隻の遠洋漁船があり、そのうちの345隻が西アフリカで操業していて、さらにその256隻が底引き網漁船であるという結論に達した。

科学者たちは、各種の漁船の平均漁獲量を仮定し、それに基づいて各国の漁獲量を推定した。ダルハウジー大学（カナダ・ハリファックス）の海洋生態学者 Boris Worm は、「これらの数字は厳密なものではありませんが、問題の大きさを最初に指摘するには十分です」と言う。なお、彼はこの研究には関与していない。

Pauly らの見積もりに懐疑的な専門家もいる。FAO 水産養殖局の統計情報部長である Richard Grainger は、「今回の推定値は、大きすぎるよう見えます」と言う。彼によると、以前行われた研究では、(すべての国による) 西アフリカでの未報告の年間漁獲量は合計 30 万～56 万トンと推定されていたという²。その研究は、英語で発表された科学的研究を比較検討することにより、公式に報告された漁獲量に欠けているものを明らかにしようとするものだった。

新しい推定漁獲量の方が妥当であるなら、西アフリカ諸国との漁業協定の更新に影響を及ぼす可能性がある。EU の遠洋漁船団は、世論の高まりを受けて、モーリタニアとモロッコを除く西アフリカ沿岸のほとんどの水域での操業を 2000 年代から中止している。そんな状況で、主として大型の底引き網漁船からなる中国の遠洋漁船団がこの水域に進出して沿岸の禁漁水域で操業していることに、抗議の声があがっている。

Gascuel は、魚類の集団崩壊を回避するために許容される漁獲量の見極めに協力している。彼によると、現在、EU とモーリタニアの漁業協定により EU 諸国（主としてスペイン）に認められているタコと小エビの漁獲量は多くはないという。しかし、中国の実際の漁獲量を考慮

するなら、「スペイン漁船による漁獲を禁止せざるを得ないでしょう」と言う。

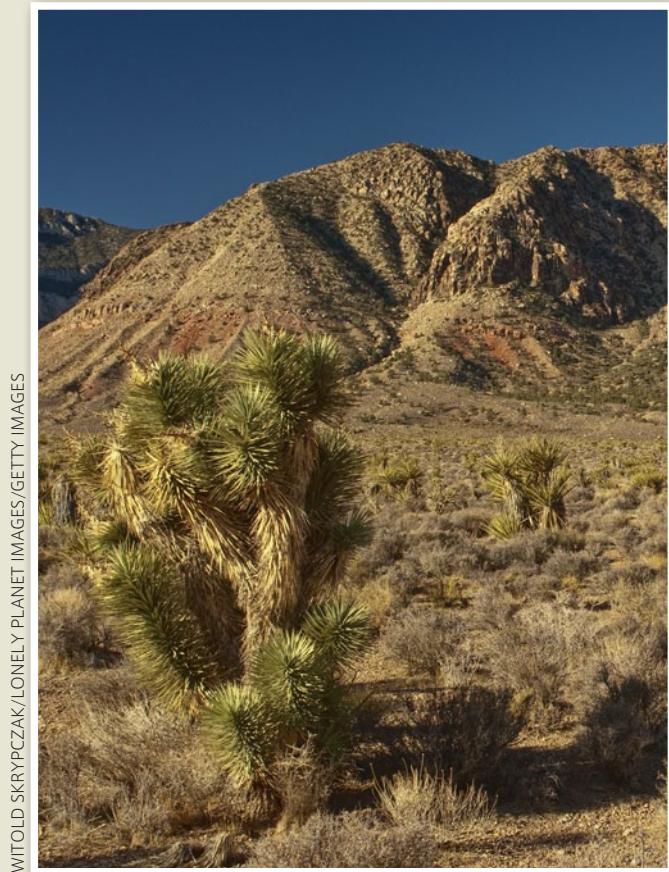
皮肉にも、中国が国内での漁獲量を 600 万トン以上水増しして報告していることを 12 年前に発見したのも Pauly のチームだった。Pauly によると、中国の中級官僚は自分たちの業績を誇張することが多いという³。

けれども、中国が遠洋漁業の漁獲量を過少報告していたことは、はるかに大きな問題だと彼は指摘する。「西アフリカでは多くの人々が海産物を主要なタンパク源としています。この水域の漁獲量は、彼らの資源をどれだけ略奪しているか、示しているのです」。

（翻訳：三枝小夜子）

1. Pauly, D. et al. *Fish Fish.* <http://dx.doi.org/10.1111/faf.12032> (2013).
2. Agnew, D. J. et al. *PLoS ONE* **4**, e4570 (2009).
3. Watson, R. & Pauly, D. *Nature* **414**, 534–536 (2001).

RESEARCH HIGHLIGHT



砂漠の植物は、CO₂ 増加の恩恵を受けない

Desert plants reap no rewards

2013 年 4 月 18 日号 Vol. 496 (272)

二酸化炭素濃度の高い大気は、一部の生態系で植物の生産力を高めることがわかっている。一方で米国南西部のモハーヴェ砂漠（写真）のように、乾燥のために植物の生育が遅れ、大きく生長するのが妨げられる環境もある。

ネバダ大学（米国ラスベガス）に所属していた Beth Newingham を中心とする研究チームは、10 年間にわたってモハーヴェ砂漠の実験区で二酸化炭素濃度の高い大気にさらされた植物について、地上部と地中部の生産力を測定した。

その結果によると、高濃度の二酸化炭素にさらされた低木および草本の優占種は、通常濃度の二酸化炭素にさらされた対照区の植物と比べて、多雨の年の光合成は多少活発化して重量がわずかに増加したが、その効果は干ばつ時には持続しなかった。

地球の地表面積の約 3 分の 1 を占める砂漠生態系を制限するのは、炭素よりも水なのかもしれない研究チームは考えている。

Glob. Change Biol. <http://dx.doi.org/10.1111/gcb.12177> (2013)

（翻訳：小林盛方）

考古学

日本の縄文土器は、調理に使われていた！

A potted history of Japan

SIMON KANER 2013年4月18日号 Vol. 496 (302-303)

縄文土器が調理に使われていたことを裏付ける最古の証拠が得られた。

土器片に脂質が付着していたのだ。

今回の発見は、土器の発明という人類史上最大級の技術革新について、新たな視点を提供している。

土器の発明は人類史上最大級の技術革新である。火を使えば軟らかい粘土から水の漏れない土器ができると知ったことで、人類の考え方は、物質とのかかわり方に関して大きく変わったに違いない¹。

最近まで、考古学者は、土器を農耕民に関係するものと考えるのが一般的だった。狩猟採集民による土器の使用は、どちらかといえば例外的なもので、直観に反するものと考えられてきた。約1万年前に始まった新石器時代は、地中海東部で農耕集落が出現するまで、その生活様式は移動型だった。そんな移動生活に割れやすい土器はそぐわないと考えられてきたのだ。

しかし今回、ヨーク大学（英国）の考古学者であるOliver E Craigらは、約1万5000～1万2000年前の更新世後期のものとされる縄文土器に脂質が付着していたことを明らかにし、この分析結果を*Nature* 4月18日号に発表した²。この発見は、狩猟採集民が土器を調理に使っていたことを示唆しており、同時に、歴史をひもとく上で科学がいかに重要であるかを物語っている。

研究チームは、古代の土器片の表面に張り付いた炭化沈着物（先史時代の食物の遺物）から、初めて脂質を回収し、それを分析した。その安定同位体分析から得られた結果は、現在の日本列島に住んでいた更新世後期の人々が、淡水魚と海水魚の別を問わず、魚を調理するの

に土器を使っていたことを示していた。東アジアの土器はそれよりもさらに古く、おそらくは2万年前までさかのぼると言われており³、脂質などを厳密に科学的に分析することは、土器が初めて製作・使用された当時の文化的状況を解明する上で、きわめて大きな意味を持っている。

更新世後期の土器という例は全く新しいわけではないが、それが何に使われたのかはほとんどわかつていなかった。1960年代後半、長崎県佐世保市の福井洞窟で小さな黒曜石の刃（細石器）とともに発掘された薄い土器片は、約1万2000年前のものとされた⁴。しかし、更新世後期の土器の存在をめぐる議論に火がついたのは、もっと最近のことだ。それは、大平山元^{おおだいやまもといち}1遺跡（青森県外ヶ浜町）で出土した小さな無文土器の破片の表面に付着していた炭化物に対して、加速器質量分析法を用いた新しい放射性炭素年代測定法が応用されたときだった⁵。ちなみにこの方法は、トリノの聖骸布の年代の再評価に使われて有名になった分析法だ。

福井洞窟などの遺跡で、土器が古い時期から使用されていたことが公表されたとき、日本の考古学者の多くはそれを受け入れたがらなかった。当時、日本の先史時代の年代の特定は、土器の様式の違いを識別して決めることが多かった。このような枠組みは戦前にその起源が

あり、8世紀に編まれた『古事記』と『日本書紀』の内容と衝突しないように、明確な年代の特定を避けていたのである。1930～40年代の軍国体制の下、記紀に異議を唱えることは許されなかつた。戦後になって放射性炭素に基づく年代測定法が一般化したが、しばらくの間、ヨーロッパと同様、日本の権威者たちも、旧来の方式による年代と新しい科学的年代をすり合わせることができなかつた^{6,7}。

さらに1990年代まで、現代日本人の多くは弥生時代（紀元前300～紀元300年頃）の稻作民族を祖先に持つ、と考えられてきた。水田による稻作の伝来が、それ以前に存在した縄文文化とその人々に大変革をもたらした、とされていたのだ。縄文の名前は縄目文様の土器（図1）にちなんで付けられた。縄文人は原始的な先住民であり、その後の日本文化の発展とは基本的に無関係とされてきたのだった⁸。

しかし、戦後のさまざまな考古学的新発見が、縄文社会のイメージを大きく変えていった。1990年代前半には、大平山元からわずか数km離れた場所で、縄文時代最大級の集落跡である三内丸山遺跡が発見・発掘された。そこからは建物や墓の遺物も見つかり、集落の空間計画が行われていたことが裏付けられまた、大量の土器片が見つかるなど豊かな物質文化が花開いていた証拠も得られた。放



図1 更新世後期の魚のスープ

更新世後期のものとされる土器の壺は、東アジア各地の遺跡で発見されている。久保寺南遺跡(新潟県十日町市)で発掘されたこの縄文時代草創期の土器は、約1万5000年前のものとされている。Craigらが土器を調べた結果、脂質が沈着していることがわかり、土器が魚の調理に使われていたらしいことがわかった²。

射性炭素年代測定法により、この遺跡には、途中の盛衰はあっても2000年近くにわたって人々が定着していたことが明らかになった⁹。

この発見がなされたのは、戦後から続いてきた日本の経済成長路線がちょうど終る頃であり、縄文文化は、日本列島における持続可能な地域生活の手本として、大衆の新たな想像力をかき立てたのだった。縄文時代は自然と調和して生きていた日本の原風景として受け入れられるようになった¹⁰。

しかしその直後、日本の考古学を危機が襲った。2000年、本州東部各地で「前期旧石器」遺跡の年代を次々にさかのぼらせた1980～90年代の発表が、すべてねつ造であることがわかったからだ¹¹。不正が明るみに出たことで考古学者に対する社会の信頼は損なわれた¹²。日本の

考古学は、戦前からの日本の古代史を書き直し、日本の新しい歴史の組み立てに取り組んできていたところだった¹²。

発掘物の脂肪酸分析技術の専門家もその不正に巻き込まれ、分析法自体の信頼性にも疑惑が投げかけられるようになった。そのような不幸な状況から、日本の考古学者は、科学的な情報に対しても批判的に評価する能力が必要であること、また、それは国際的な目で精査されるべきことを認識した。

今回のCraigらの分析結果は、考古学における脂質分析法の信頼を回復させるものであり、さらに、人類史の解明において日本の考古学が重要な資産を持っていることを改めて示すことにもなった。

日本、極東ロシア、中国東北部など東アジア各地では、更新世後期の狩猟採集民が、ほぼ間違いなく土器を作りて使用

していた。ということは、旧世界の狩猟採集民による土器の使用は、もはや例外的なものではないということだ。実際、農耕の伝来とは無関係に、ヨーロッパに土器をもたらした経路を示す証拠もあるらしい¹³。

しかしながら、土器が、なぜどのように発明されたのかについて、多くの疑問が残されている。例えば、発見されている最古の土器は容器ではなく、ドルニー・ヴィエストニツェ遺跡(チェコ共和国)の2万9000年前のものに代表される小立像の断片である¹⁴。最古の容器はおそらく調理に使われたと思われるが、この新技术の出発点に与えられるべき特別な意味は、決して見過ごしてはならない。

先史時代の狩猟採集民が食器洗いに厳密ではなかったという事実のおかげで、私たちは今、当時の食物の内容についてまで、ある程度分析することができた。これからは、なぜ土器が必要になったのかを解明するため、分析や評価を、当時の食物が持っていた文化的意味にまで広げていく必要がある¹⁵。

(翻訳：小林盛方)

Simon Kanerは、セインズベリー日本藝術研究所考古学・文化遺産センターおよびイーストアングリア大学日本学研究センターに所属。

1. Kobayashi, T. *Jōmon Reflections: Forager Life and Culture in the Prehistoric Japanese Archipelago* (eds Kaner, S. & Nakamura, O.) (Oxbow, 2004).
2. Craig, O. E. et al. *Nature* **496**, 351–354 (2013).
3. Wu, X. et al. *Science* **336**, 1696–1700 (2012).
4. Aikens, C. M. & Higuchi, T. in *Prehistory of Japan* 99–104 (Academic, 1982).
5. Odai Yamamoto I Site Excavation Team (eds) *Archaeological Research at the Odai Yamamoto I Site* (Kokugakuin Univ., Tokyo, 1999).
6. Barnes, G. L. *Antiquity* **64**, 929–940 (1990).
7. Renfrew, C. *Before Civilisation* (Penguin, 1973).
8. Morse, E. S. Traces of an early race in Japan. *Popular Sci. Mon.* **14**, 257–266 (1879).
9. Habu, J. *Antiquity* **82**, 571–584 (2008).
10. Hudson, M. J. in *Hunter-gatherers of the North Pacific Rim* (eds Habu, J., Savelle, J. M., Koyama, S. & Hongo, H.) 263–274 (*Seri Ethnol. Studies No. 63*) (2003).
11. *Inspection of the Early and Middle Palaeolithic Problem in Japan* (Japan Archaeol. Assoc., 2003).
12. Kaner, S. *Before Farming* **2**, 4 (2002).
13. Jordan, P. & Zvelebil, M. (eds) *Ceramics Before Farming: The Dispersal of Pottery Among Prehistoric Eurasian Hunter-gatherers* (Left Coast, 2010).
14. Vandiver, P. B., Sofer, O., Klíma, B. & Svoboda, J. *Science* **246**, 1002–1008 (1989).
15. Kaner, S. in *Ceramics Before Farming: The Dispersal of Pottery Among Prehistoric Eurasian Hunter-gatherers* (eds Jordan, P. & Zvelebil, M.) 93–120 (Left Coast, 2010).

太陽系

土星の環から大気に雨が降っている

Saturn's ring rain

JACK CONNERNEY 2013年4月11日号 Vol. 496 (178-179)

土星の大気には、その環の姿が投影されていることがわかった。

土星大気中のイオンの発光の分布を観測したところ、土星の環のすき間に対応するパターンが見つかったのだ。

水の氷でできた環から、電荷を帯びた氷が磁力線に沿って大気上層へと運ばれているためらしい。

土星の環の起源と進化の問題は、ここ数十年の惑星探査において、常に特別な難問であり続けてきた。それは、太陽系の形成とも明らかに関連している。土星の環の力学という点では、観測的にも理論的にも多くの進歩があったが、なお大きな疑問が未解決のまま残っている。それが「土星の環はいつどのようにしてできたのか」という根本の問題だ。

45億年前に原始惑星系円盤が凝縮して土星を形成したとき、同時に今よりずっと大きな環が形成され、その後生き残りとして現在の土星の環があるのだろうか¹。その一方で、環を拡散させ²、暗い色にし³、浸食する⁴⁻⁶メカニズムも提案されている。それをもとに考えると環の形成は比較的最近のことになり、例えば1億年ほど前という話になる。

英国のレスター大学物理・天文学科のJames O'Donoghueらは、今回、環の質量を吸い上げ、それを土星の上層大気に運ぶ電磁気的浸食メカニズムが働いていることを見いだした。観測は、口径10mのケックII望遠鏡(ハワイ島マウナケア山)⁷を使って行われ、その結果は*Nature* 2013年4月11日号193ページに報告された。このプロセスは、環構造の一部をうまく説明してくれる可能性がある⁴⁻⁶。

土星の環は、あらゆる大きさのほぼ純粋な水の氷からできており、総質量は直径500kmの氷の球に相当する。個々の氷の大きさは、1μm未満の粒子から、

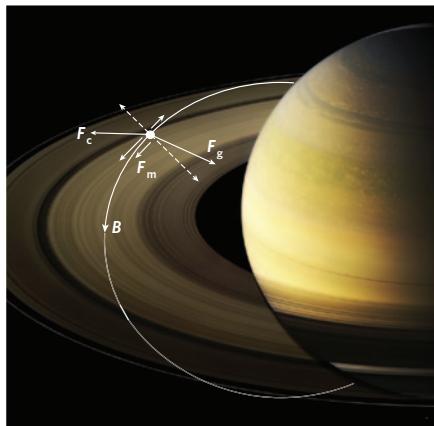


図1 土星の環と磁場

この図は、光学的に厚いB環を通して磁力線を示している。電荷を持った粒子は、重力(F_g)と遠心力(F_c)の磁場に平行な成分に応じて、また磁気鏡力(F_m)に応じて、磁場(B)に沿って動くよう強いられる。破線のベクトルは、 F_g と F_c の B に垂直な成分を表す。実線の短いベクトルは、 F_g と F_c の B に平行な成分を示す。O'Donoghueらの観測で、土星大気中の H_3^+ の発光が、環と磁力線でつながっている領域で減少していることがわかった⁷。これは、環から大気への磁力線に沿った水の輸送を示している。

環自体に埋め込まれた数km大の小衛星まである。しかし、その大部分は数cmから数mの大きさだ⁸。これらの氷塊は土星の周りのケプラー軌道にあり、その運動はニュートン力学(古典力学)でほぼ説明できる。

実際、環の興味深い特徴の多くは、中天体の周りの軌道にある薄い円盤に閉

じ込められた、互いに衝突する自己重力粒子集団の力学によって説明できる。その粒子集団は、粘性、温度、圧力で記述される高密度のガスとして振る舞う⁹。これほど多くの粒子の集団運動を記述するには、流体力学と重力を組み合わせたモデルと高速計算機が必要になるが、それでも、問題はあくまでも古典力学の範囲にとどまる。

対照的に、光イオン化や、微小隕石の衝突による高密度プラズマへの曝露によって、それらの粒子が十分な電荷を獲得するなら、小さな1μm未満の氷の粒子の運動は、全く別のものになる。電荷対質量比の高い粒子(水分子1000個当たり1電子電荷で十分である)は、磁場に垂直な方向に作用するローレンツ力によって磁力線の周りを回転する。

このような粒子の運動は、磁力線の周りの円運動と、案内中心(旋回中心)の磁場に沿った運動の組み合わせとして記述できる。結局、粒子は針金を通したビーズのように、磁場に沿って動くよう強いられる(図1)。こうした粒子は、重力と遠心力の磁場に平行な分力に応じて、また、磁場に平行で磁場の弱い方向を向く(磁気赤道に向かう)3番目の力、すなわち「磁気鏡力」に応じて、磁場に沿って滑ることになる。この3番目の力は、磁場に対する粒子の速度の単純な関数になっている。

磁場を持つほかの惑星の場合、こうし

た力によって、環の中の電荷を持つ小粒子は急速に拡散してしまう。しかし、土星は、磁場を持つ太陽系惑星の中で唯一、磁場が自転軸に関して軸対称となっている^{10,11}。互いに共役になる緯度が北半球と南半球にあり、環平面（環が作る平面）上の特定の半径のところに磁力線でつながっている。したがって、高い電荷対質量比を持つ粒子の形で環から引き出された質量は、環に戻って再吸収されない場合、必ず土星大気の特定の緯度（環平面共役緯度）に運ばれることになる¹²。土星大気上部への水の流入量の緯度による違いを測定できれば、質量浸食の現在の速度を、環平面での半径方向距離の関数として知ることができるかもしれない¹³。

O'Donoghue らは、水の流入量は測定しなかったが、その代わりになるものを観測した。それが H_3^+ イオンの発光だ。土星の上層大気に導入された水は、電荷交換によって主要な電離圏（上層大気）イオンの急速な化学的再結合を促す¹⁴。このため、 H_3^+ イオン密度を観測すれば、水の供給量が多い緯度ほどイオン密度が減少しているはずだ。一方、環のすき間には浸食されるべき環の材料がほとんどないので、水の供給源としては弱い。今回の観測で、環の隙間と磁力線でつながっている緯度では、イオンの発光が強いことがわかった。O'Donoghue らの測定結果は、環平面の至るところの供給源から、磁力線に沿って電離圏に水が供給されていることを明瞭に示している。この現象は、「環の雨」と呼ばれる。

O'Donoghue らの測定から、現在の環の浸食速度（半径方向距離の関数として）は、数千万年の進化の間に C 環・B 環境界⁴ と B 環内側の透明度^{5,6} を形作ったと考えられている浸食速度と異なることもわかった。水がイオンの形で運ばれるのか、あるいはより効率的に、電荷を帯びた $1\mu m$ 未満の粒子の形で運ばれるのかは、まだわかっていない。また、質量浸食速度を定量的に H_3^+ の発光強度から求めるためには、まだまだ多くの研究が必要だ。なぜなら、電離圏電子密度

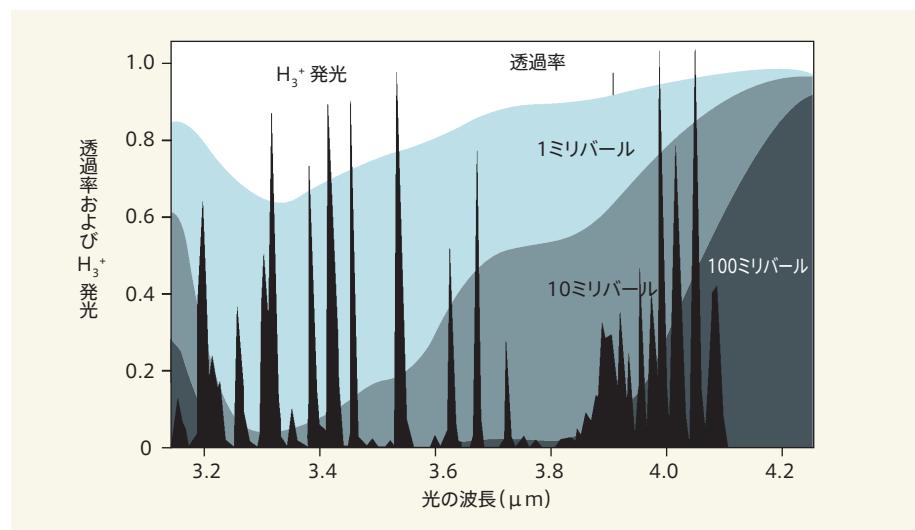


図 2 近赤外領域での土星大気の透過率と H_3^+ 輝線

透過率は、土星大気での深さに対応する、1、10、100 ミリバールの大気圧レベルでの値を示している。スペクトルのこの領域では、反射された太陽光を含む下からの光は、メタンによる吸収で大きく減衰するので、土星は一般に暗く見える。メタンが存在する高度よりもずっと上で起こる H_3^+ の発光は、減衰せずに届く。この結果、近赤外領域の H_3^+ 輝線は暗い惑星を背景にすることになり、 H_3^+ の発光を調べるには理想的だ。

の変動の観測結果^{15,16}と、大気への水の流入を考慮した理論モデル^{17,18}とを正確に調和させることは、これまで難しかったからだ。

今回の観測方法は、土星の環の電磁気浸食に関する私たちの理解を深めてくれる。その可能性はとてもエキサイティングだ。電磁波スペクトルの近赤外領域には、かなり広いメタン吸収バンドの中に、離散的な H_3^+ 輴線が数多くある（図 2）。輝線をうまく選べば、土星大気のより深いところにあるメタンの吸収によって暗く見える土星に対して、電離圏 H_3^+ の画像を高い信号対雑音比で得ることが可能なはずだ。必要なのは、大きな有効口径を持つ望遠鏡とデータを蓄積するための十分な観測時間だけだ。

今日観測される土星の環は、おそらく、できた当時の環とは大きく異なっているに違いない。土星の環は、太陽系よりも短い時間で、太陽系のように大きく進化した^{2,4,14}。環がいつ、どのようにできたのかを理解するためには、私たちが今日見ている環を形作ったプロセスを理解する必要がある。今回、そのプロセスの 1 つ

である電磁気浸食が、環のパターンを土星の上に投影していることがわかった⁷。電磁気浸食は、土星の環の中にも手がかりを残しているかもしれない^{4,6}。もしそうなら、それは、ニュートンとローレンツの言葉で語られる物語に違いない。 ■

（翻訳：新庄直樹）

Jack Connerney は、米国メリーランド州グリーンベルトの米航空宇宙局（NASA）ゴダード宇宙飛行センター惑星磁気圏研究所に所属。

1. Canup, R. M. *Nature* **468**, 943–946 (2010).
2. Salmon, J., Charnoz, S., Crida, A. & Brahic, A. *Icarus* **209**, 771–785 (2010).
3. Cuzzi, J. N. & Estrada, P. R. *Icarus* **132**, 1–35 (1998).
4. Northrop, T. G. & Connerney, J. E. P. *Icarus* **70**, 124–137 (1987).
5. Ip, W.-H. *J. Geophys. Res.* **88**, 819–822 (1983).
6. Northrop, T. G. & Hill, J. R. *J. Geophys. Res.* **88**, 6102–6108 (1983).
7. O'Donoghue, J. et al. *Nature* **496**, 193–195 (2013).
8. Tiscareno, M. S. et al. *Nature* **440**, 648–650 (2006).
9. Cuzzi, J. N. et al. *Science* **327**, 1470–1475 (2010).
10. Connerney, J. E. P., Ness, N. F. & Acuña, M. H. *Nature* **298**, 44–46 (1982).
11. Burton, M. E., Dougherty, M. K. & Russell, C. T. *Geophys. Res. Lett.* **37**, 24105 (2010).
12. Connerney, J. E. P. *Geophys. Res. Lett.* **13**, 773–776 (1986).
13. Prangé, R., Fouquet, T., Courtin, R., Connerney, J. E. P. & McConnell, J. C. *Icarus* **180**, 379–392 (2006).
14. Connerney, J. E. P. & Waite, J. H. *Nature* **312**, 136–138 (1984).
15. Kaiser, M. L., Desch, M. D. & Connerney, J. E. P. *Geophys. Res.* **89**, 2371–2376 (1984).
16. Fischer, G., Gurnett, D. A., Zarka, P., Moore, L. & Dyudina, U. A. *J. Geophys. Res.* **116**, A04315 (2011).
17. Moore, L. et al. *Geophys. Res. Lett.* **33**, L22202 (2006).
18. Moore, L. et al. *J. Geophys. Res.* **115**, A11317 (2010).

オバマ政権は、証拠に基づいて歳出を決める政策へ

Look after the pennies

2013年4月18日号 Vol. 496 (269)

米国では歳出超過が日常化し、財政赤字を大幅な歳出カットで克服しようとしている。

しかし、連邦政府予算をどこに使い、またどこを削減するかは、イデオロギーではなく、証拠に基づいて決定すべきである。

米国のように大きな歳出超過が日常化している場合、歳出の大幅カットで財政赤字を減らそうとするのは、最も愚かな対応策だ。ところが米国政府は、2013年の「強制歳出削減」で、この道を選んでしまった。より賢明な方法は、証拠に基づく医療(EBM)が開いた道をたどること、つまり、有効な事業に予算をつけ、そうでない事業の予算を削ることだ。オバマ大統領が4月10日に議会に提出した2014年度の予算教書では、まさにこの方法が追求されている(*Nature* 2013年4月18日号277ページ参照)。

マスコミ報道ではほとんど触れられていないが、オバマ政権は、予算教書の1つの章で、証拠に基づく意思決定を政府全体で実行するための青写真を示している。要するに、政策決定に科学的方法を取り入れようというのだ。

この改革努力はジョージ・W・ブッシュ前大統領の時代に始まり、現在、大きく加速している。予算を大幅に削減したうえで、これまでより相当に大きな成果を挙げる必要性が生じたためだ。米国行政管理予算局(OMB)は、2012年5月に活動の方向性を示した覚書を発し、各政府機関に対して、証拠に基づいた方法を業務全体に組み込むよう指示した。

この命令は、行政府の全機関に適用され、科学研究助成機関も含まれる。しかし、最優先されるべきなのが社会福祉部門の膨大な事業で、幼児期充実プロジェクトから高齢患者の在宅介護まで、多岐にわたる。いずれも真面目な意図

で創設されたものであるため、専門家査定や厳しい有効性評価が、ほとんど行われていない。

OMBの覚書には、こうした状況を変える方法が、いくつか示されている。その1つは、段階的に行われる臨床試験のように、社会事業も段階的に進めることだ。最も低い段階としては、実績はないが有望な構想がある。この場合、例えば計画書に、独立した調査者による厳格な成果評価が組み込まれていれば、政府機関は着手資金を配分することにすればよい。

次に高い段階に、もっと強力な証拠と評価プロトコルに裏付けられた事業計画があり、より高額の助成金が交付される。そして最も高い段階として、複数の比較試験によって裏付けられた数億円規模の事業計画がある。

連邦政府関係機関では、6つの事業計画(10代の妊娠防止、教育など)に対して、この段階的歳出モデルをすでに適用しており、2012年に総額で約10億ドル(約1000億円)となっている。今回の予算教書では、これを2014年に44%増額する提案がなされている。

OMBが提案したもう1つの戦略は、英国で開発された社会的インパクト債券(成功報酬債券)というモデルだ。慈善団体と民間企業が予防的サービスに対する助成を行い、こうしたサービスで税金が節約されたと政府による審査で判断されれば、政府から助成金の払い戻しが受けられる。実際、試験的に、小規模な職

業訓練プログラムや刑期を終えた受刑者の再犯を防ぐプロジェクトに適用されている。2014年度には住宅や教育の分野にも適用範囲を拡大し、最大1億9500万ドル(約195億円)を使う計画だ。

データに基づいた意思決定という戦略は、米国政府の効率と有効性を徹底的に向上させる可能性があり、議会の積極的な支持を受けるべきものだ。ただし、1つだけ注意点がある。それは、議会も大統領も「成功」の定義とその測定方法に関する研究を積極的に推進する必要があるということだ。これらの論点に関して、まだ大部分の政策領域で結論が出ていない。例えば、良質の教育とは共通試験で良い成績をとることだけではない、と大部分の親が認識しているが、無形の利益の定量化は簡単ではない。しかし、だからといって試さない理由とはならないのだ。

政府の有効性という構想には、誰もが賛同する。しかし、現在実施されている政府の事業ひとつひとつは、誰かの暮らしを支えている。もし何らかの指標によって事業が有効でないと判定され、廃止か整理統合が決まっても、激しい反対運動やロビー活動が行われる。政府関係者がその圧力に耐えることができれば、今必要とされているイデオロギーからプログラマティズムへの転換が、この「証拠に基づいた政策決定」によって実現できるかもしれない。

(翻訳：菊川要)

論文の内容を再現・再確認できるようにする新方針

Reducing our irreproducibility

2013年4月25日号 Vol. 496 (398)

生命科学論文の品質を高めるため、*Nature*は2013年5月から新しい編集方針を導入する。

まず、「研究の方法論」が詳細に記載されるよう改革する。

また、データをまとめたり解釈したりする「統計手法」が、明確に表現されるよう改革する。

この1年、*Nature*は、掲載論文の信頼性と再現性について、さまざまな問題を指摘する記事を掲載してきた(go.nature.com/huhbyr)。問題は実験室で起こっている。しかし、*Nature*のような論文誌が研究結果を十分にチェックしなかった場合、あるいは、結果を第三者が評価する際に必要な情報を十分に掲載していなかった場合、問題は、論文誌自身にはね返ってくることになる。

*Nature*と姉妹誌はこの問題と正面から向き合い、生命科学論文における研究報告の一貫性と品質を高めるため、2013年5月から新しい編集方針を導入する。読者が研究結果を容易に解釈できるように、また結果の信頼性がより高まるように、カギとなる「研究の方法論」が、より詳細に記載されるよう変更する。また、データをまとめたり解釈したりする際の基本である「統計手法」についても、きちんと表現されるよう改革する。さらに、生データの記述を加えるなどして、透明性を高めるよう著者に促していく。

新方針の中核となるのが投稿のチェックリストだ(go.nature.com/oloeip)。これを通じて、技術情報や統計情報を示すよう著者に促し、査読者に対しては、研究の再現性にとって重要な問題点を検討するよう要請することになる。このチェックリストは、米国立衛生研究所が開催したワークショップ(2012年)などにおいて、研究結果を再現不可能にする諸問題について研究者と議論を重ね、その結果として作成されたものだ。ここに

は*Nature*と姉妹誌の編集経験も反映されている。

ただし、このリストはすべてを網羅したものではない。むしろ、研究結果の解釈にとって非常に重要であるにもかかわらず、これまで十分には報告されてこなかった実験と解析に関する部分に、光を当てている。例えば、偏りを生じさせたり確かに影響を与えたる方法論的パラメータについては、きちんと説明する必要がある。また、細胞株や抗体など生物学的な違いを生じやすい研究対象については、厳密にその特徴を抽出する作業(キャラクタリゼーション)が必要で、それは著者の義務だ。

*Nature*としては、これまで以上に、統計について正確な記述を求める。一部については、編集者の判断と査読者の意見に基づいて、統計学者をコンサルタントに任命することもある。

実験的研究が单一の方法では行えないことは十分に認識している。また、探索的研究と仮説検証研究では、統計学的厳密さが異なるのは当然だ。さらに、実験室で得られた知見を臨床応用する場合、必要なレベルの検証手段を持つ大学の研究室が少ないと承知している。そうしたことが研究発展の障害となってしまっては本末転倒だ。研究の計画、実施、結果分析に関して十分な報告がなされ、査読者と読者が研究結果を十分に解釈し、次なる研究が展開されなくてはならない。

したがって、*Nature*をはじめとする参

加論文誌は、著者が自らの実験計画と実験方法に関して、必要に応じていくらでも詳細に記述できるよう、Methodsの項目に対する文字数制限を撤廃する。さらに、透明性を高めるため、グラフや図のもとになった数字データを提供するよう推奨する。*Nature*には特定の実験とその大型データについて、データ寄託の仕組みがあり、これはそれを一步進めたものだ。また*Nature*は、プロトコルをProtocol Exchangeに寄託して(www.nature.com/protocolexchange)、方法と試薬の内容に関する詳細な情報を著者間で共有するよう促し続ける。

成果の再現性と研究の透明性について、関係者が再認識してくれたとしたら一步前進だ。これらの底には、はるかに大きな問題が横たわっており、論文誌だけで解決できるものではない。統計学や定量的な観点について、十分な教育を受けている生物学者は非常に少ない。論文発表と助成金獲得への圧力が高まり続け、新たな成果が過去の結果と整合するのか矛盾するのか調べるような動機はほとんど働かない。すでに発表された研究報告の妥当性や非再現性について論文を書いても、論文誌からも研究助成機関からも歓迎されないので。

こうした問題への取り組みは、長期間にわたる可能性が高い。研究の再現性を向上させるため、*Nature*の新方針を支持していただきたい。

(翻訳：菊川要)



Volume 497
Number 7447
2013年5月2日号



特集：遺伝子組換え作物（GMO）：期待と現実



GMOs: The promise. The reality.

遺伝子組換え作物（GMO）は第二の「緑の革命」を起こすだろうと期待されていた。改良・強化された多くの作物は、飢えた人々には食べ物を、農業従事者には利益を、そして地球にはよりやさしい環境を提供すると考えられたのである。そうした革命は、多くの方面で起つたが、一方で挫折や失望も生み出した。この号ではこうした遺伝子組み換え作物について特集する。過去30年間の遺伝子組換え生物作製技術の展開状況を数字とグラフを使って総括し、現状について論じ、さらに次世代遺伝子組換え作物の基盤となると思われる技術の芽生えを探っている。

球形に成型することができる。この成果は、高性能監視カメラから小型内視鏡に至るまで、さまざまに応用できそうだ。

進化：離陸への助走、そして着地

Prepared for takeoff — and landing

J. Hutchinson らは、鳥類と、それに対する近縁度が段階的に異なるいくつかの恐竜種をデジタル技術で三次元的に復元することで、「恐竜」のボディープランがいつ、どのようにして典型的な「鳥類」のボディープランに変わったかを明らかにした。鳥類は、後肢を曲げて前かがみになった独特の姿勢を採用している。中国の化石鳥類やヴェロキラプトル、および始祖鳥を含む主竜類17種の全骨格や全身などを復元することにより、体をより前かがみにして肢を曲げた姿勢が、獸脚類進化のかなりの期間にわたって漸進的・段階的に獲得されたことが示され、一方のマニラプトル類（鳥類とそれに極めて近いディノニコサウルス類などを含む）では、こうした変化が速やかに起つたことが示された。骨格の変化は、胸部にある前肢の変化が体の力学的バランスの変化、つまり、二足歩行と飛翔という鳥類の2つの重要な行動の変容に重要であったことを示唆している。

がん：子宮がんの再分類

Reclassification of uterine carcinomas

350人以上の子宮内膜がん患者のがん検体について行われた詳細な全ゲノム解析の結果が、がんゲノムアトラス研究ネットワークによって報告された。研究グループは、DNAポリメラーゼ遺伝子POLEの新たに同定されたホットスポット変異や、DNA結合タンパク質であるARID5Bの新規変異などの一連のゲノム特性に基づいて、子宮内膜がんを4つの型に再分類することを提唱している。この再分類は、患者の臨床的な術後補助療法に直接関わるものだ。

間的軌跡に対応する発火が順序立って起こることを明らかにした。観察された順序立って起こる発火が、その後に起こす行動を予告することを示すこの結果は、ゴールに向かう航路選択機構を裏付けるように見える。

工学：昆虫からヒントを得たカメラ

Look around you: insect-inspired cameras

昆虫などの節足動物の眼は、カメラ設計者が模倣したくなる魅力的なモデルである。J. Rogers らは今回、ヒアリやキクイムシの眼から着想を得た半球形カメラを構築する新しい手法を報告した。この新しい撮像デバイスは、ほぼ完全な半球形で180個の撮像素子を持っており、160°の視野が得られる。このカメラは、弾性複眼光学素子と変形可能な薄膜シリコン光検出器アレイを組み合わせ、一体化して1枚のシートにしたもので、半

細胞：酵母の転写産物多様体の量の測定

Yeast transcription variants quantified

真核生物ゲノムの発現は複雑な問題であり、別個のタンパク質コード遺伝子が、それほど重要でないDNA領域によって隔てられているという古い考え方とは大きく異なっている。今回、L. Steinmetz らは、TIF-Seqと名付けた新規技術を用いて、約6000個のタンパク質コード遺伝子を含む酵母ゲノムが、188万個を超える、それぞれ異なる転写産物アイソフォーム（TIF）を作り出すことを明らかにした。これらのアイソフォームは、開始側（5')および終止側（3')のRNA配列の独自の組み合わせを特徴とする。この研究から、オーバーラップする転写産物アイソフォームの複雑性がこれまで非常に低く見積もられていたことが明らかになった。





Volume 497
Number 7448
2013年5月9日号



洋ナシ形になる：CERNで観測されたエキゾチックなラジウム 224 原子核

GOING PEAR-SHAPED: Exotic radium-224 atomic nuclei seen at CERN

ラジウム 224 原子核の形状が明らかになった。原子核は多体量子系であり、その形状は含まれる核子の数と核子間の相互作用によって決まる。さまざまな数の陽子と中性子を持つ数千種もの安定原子核と放射性原子核が知られているが、そのほとんどが球状かラグビー・ボール状である。しかし、一部の重い不安定核種は、八重極変形という現象によって歪むため洋ナシ形になるという状況証拠があった。CERN の REX-ISOLDE 施設では、こうした珍しい原子種のサンプルを光速の 8%まで加速できる。そして今回、短寿命同位体ラジウム 224 とラドン 220 のビームについてクーロン励起実験が行われ、ラジウム 224 で明確な八重極変形が示された。今回の結果は、八重極変形原子核についてのさまざまな理論モデルの見分けを可能にするばかりでなく、標準模型を超えて物理学を追求するためにも重要だ。

ATP 括抗阻害剤と結合したこの酵素の結晶構造が分解能 3.2 Å で得られたことで、これが本来的に活性型のキナーゼであることが明らかになり、またラバマイシン-FKBP12 複合体がキナーゼドメインへの基質供給を阻害する仕組みも説明される。

細菌学：身元を隠す病原性細菌

A pathogenic bacterium lies low

細菌は、一連の低分子 RNA を使って侵入してくる DNA を分解することで、プラスミドやファージ由来のありがたくない外来異物に対処している。これに関する系は CRISPR/Cas として知られており、他の機能もあると考えられてきた。今回、D. Weiss らは、真核生物宿主の細胞に侵入できる病原菌の *Francisella novicida* が、宿主の自然免疫系に異物と見なされるこの細菌自身のリポタンパク質の 1 つの産生を、CRISPR/Cas 系を使って抑制することを明らかにした。ナイセリアやカンピロバクターなどの他の科の病原体にも活性な CRISPR/Cas 系が存在するので、これが同じような抗免疫機能を持つのであれば、この系は抗菌剤治療でこれまで使われたことがない新規標的となるかもしれない。

細胞：死んだ細胞のシグナル伝達機能

A signalling function for dead cells

アポトーシス細胞死は、発生の際、また骨格筋などの健康な組織での恒常性維持の際に起こる。アポトーシスにより死んだ細胞は有用な役割は果たしていないとこれまで考えられていたが、新たな研究で、この説に疑問が投げかけられた。K. Ravichandran らは、マウスの骨格筋の分化の際に筋前駆細胞の一部がアポトーシスを起こし、これらの細胞が、ホスファチジルセリンという重要なシグナルを出して筋肉の発生を促進することを明らかにした。この結果は、細胞死は体にとって、単に不要な細胞を体から除去するためだけのものではなく、分化の調節にも必要なものかもしれないということを示しており、組織内細胞の代謝回転の新たな一面を明らかにするものだ。

神経科学：口と顔の動きを制御する親時計

A master clock for oral and facial control

齧歯類は、リズミカルに鼻をくんくんさせてにおいを嗅いだり、長いひげ（洞毛）を動かしたりして周囲を探索する。こうした行動の協調は、環境探索を効率よく行うために重要だが、今回、この協調に関わる神経系が明らかになった。D. Kleinfeld らは、延髄腹側部の一領域が洞毛のリズミカルな動きを作り出していくことを突き止め、この領域のニューロンが、呼吸パターンに関わる神経核からの入力によって制御されていることを明らかにした。呼吸パターン発生器は、洞毛の動きの親時計となるだけでなく、呼吸と協調する他の行動についても同様の機能を果たしている可能性がある。

部に注目して、老化の研究が行われた。

G. Zhang らは、マウス視床下部における IKK-β と NF-κB の活性化が、老化過程を加速し、寿命を縮めることを明らかにした。代謝性炎症の仲介因子である IKK-β と NF-κB を阻害すると、老化が遅れ、寿命が延長される。NF-κB を活性化すると、性腺刺激ホルモン放出ホルモン (GnRH) が減少し、神経新生が抑制された。GnRH を投与すると、老化で減少していた神経新生が回復し、老化速度が遅くなった。これらの結果は、NF-κB を介した GnRH の抑制が、生殖を停止させて種の質を確保すると同時に、全身の老化を開始させる可能性を示唆している。

構造生物学：mTOR キナーゼの構造

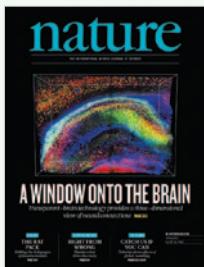
Structure of mTOR kinase

mTOR (mammalian target of rapamycin) 経路は、エネルギーや栄養、増殖因子などの環境シグナルに反応して起こる細胞増殖の重要な調節因子であり、がんや代謝性疾患ではこの経路の調節に誤りが生じている。今回、mTOR キナーゼの結晶構造が初めて報告された。正の調節因子、あるいは小分子の

老化：視床下部による老化過程の制御

Hypothalamic control of ageing processes

老化は栄養状態や炎症と密接に関係しており、線虫やショウジョウバエでは、特定のニューロンが老化に対する環境の影響を調節している可能性がある。今回、中枢神経系と末梢神経の間の神経内分泌相互作用に重要な脳領域である視床下



Volume 497
Number 7449
2013年5月16日号

脳をのぞく窓：脳を透明化する手法によって見られるようになった神経接続の三次元像

A WINDOW ONTO THE BRAIN: Transparent-brain technology provides a three-dimensional view of neural connections

生体組織の高分解能での画像化には切片化が必要だが、脳のような組織では長距離にわたる接続性が失われてしまう。今回、K. Deisseroth らは、無傷で完全な状態の器官を、光学的に透明で、巨大分子が透過可能な状態にする方法を開発した。この方法は、組織に基づく基礎構造をハイドロゲルを使って組織内に構築し、光を散乱する脂質成分を取り除くことで、脳を透明化する。「CLARITY」と名付けられたこの方法では、長期間ホルマリン保存されていたヒト臨床検体のような非切片化組織で、タンパク質の抗体標識を繰り返し行ったり、核酸の *in situ* ハイブリダイゼーションを行ったりすることが可能だ。表紙は、マウスの海馬を無傷状態で透明化したもの三次元画像で、YFP（緑）、パルプアルブミン（赤）とグリア纖維酸性タンパク質（青）を発現しているニューロンが見られる。

コヒーレント光を放出できる。光学的にポンピングされるポラリトンレーザーはすでに実証されているが、電気的にポンピングされるポラリトンレーザーの作製が待たれていた。今回 S. Höfling らがこれに成功した。重要なのは、観測されたレーザー発光が光と物質の混合した性質を示すという紛れもない証拠が提示されたことである。

材料：環境によりやさしい鉄鋼生産

A greener route to steel

金属製造は工業における最大の温室効果ガス排出源であり、その主な元凶は鉄鋼生産である。鉄鉱石から鉄を抽出する従来の方法には炭素系還元剤が必要であり、この過程で大量の CO₂ が発生する。溶融酸化物電気分解は、従来法に代わる有望な方法だが、これまでには、消耗しやすかったり、あるいは極めて高価だったりする材料がアノードに必要だった。今回、3 層構造（金属酸化物 / 混合酸化物 / 電解質）をとるため溶出しにくく、比較的安価な新しいクロム系アルミニウム合金電極が開発されたことが報告された。この技術は迅速にスケールアップして長期性能を評価すべきだ。

微生物学：バイオフィルムは「金持ちはさらに金持ちに」型の仕組みによって作られる

A 'rich-get-richer' mechanism for biofilm formation

バイオフィルム（細菌が自己組織化により形成する微小コロニー）形成に向けた第一段階の仕組みはほとんど解明されていない。今回、G. Wong らは、大量細胞同時追跡アルゴリズムを用いて、表面上で新たにコロニーを形成中の細胞 1 つ 1 つの運動履歴を調べた。この系によって、緑膿菌が自身の通った跡に細胞外多糖を沈着させ、この跡に遭遇した他の全ての細胞の運動性に影響を与えて、微小コロニー形成を細胞に指示する正のフィードバックが生じることが明らかになった。今回観察された正のフィードバックは、富の分配で観察される「金持ちはさらに金持ちに」という、べき乗則に似ている。

進化：系統発生解析に待ったをかける

Calling time on phylogenetic analysis

非常に古い年代にあまり間を置かずに起こった進化上の事象は、順序の解明が特に難しい。通常、できるだけ多くの遺伝情報を連結し、どのような系統樹が現れるかを見るという、少々強引なやり方を行うが、このような連結をするために使われるデータの信頼度はどの程度だろうか。今回、23 の酵母ゲノム由來の 1070 個の遺伝子データセットを使った実験で、この 1070 通りの遺伝子系統樹には、連結分析によって 100 % 支持された系統樹と完全に一致するものが 1 つもないことが見いだされた。不一致の程度は、ノード間の長さが短いものほど、また系統樹での位置が深くて根に近いものほど大きかった。またこの問題の解決には、分岐群の平均的支持度が高い遺伝子およびノード間に高い信頼度を与えることがわかった。

宇宙：天王星と海王星の気候は薄い層に閉じ込められている

Climate runs shallow on Uranus and Neptune

巨大惑星で大気循環と気候がどれだけ深部にまで広がっているかは、数十年來の

議論の的となっている。Y. Kaspi らは、ボイジャー 2 号とハッブル宇宙望遠鏡を使って天王星と海王星の風速を観測した結果と、重力場データと大気モデリングを組み合わせ、この 2 つの惑星の風が深さ 1000km 以下の薄い「天候層」に閉じ込められていることを計算で導きだした。この結果から、こうした風を支配している力学は、深い大気循環ではなく、浅い過程に由来することが示唆される。今回使われた方法論は、低い軌道を通過するジュノー探査機やカッシーニ探査機による観測から得られると期待される、木星や土星の詳細な重力場データにも応用できるはずだ。

工学：エネルギー効率の良い電気ポラリトンレーザー

An energy-efficient electrical polariton laser

ポラリトンレーザーは、コヒーレント光（光子）ビームに頼る従来の半導体レーザーよりもエネルギー効率を高くできる可能性がある。光共振器中で光と電子励起の混成状態が形成されると、半分は光で半分は物質の励起子ポラリトンが生成される。これを用いれば、従来のレーザーでは必要な反転分布が起こらなくても、



Volume 497
Number 7450
2013年5月23日号

キラリティーを映し出す：マイクロ波分光法を使って測定された分子の掌性

REFLECTING CHIRALITY: Molecular handedness measured by microwave spectroscopy

キラル分子は互いに重ね合わせることができない鏡像関係にあるエナンチオマーとして存在し、キラリティーは化学や生物学の多くの分野で重要な役割を果たしている。だが、キラリティーの検出や定量は、そのわずかな散乱強度の違いを捉えて測定する従来の分光法では難しかった。D. Patterson らは今回、マイクロ波分光法と電場の切り替えと組み合わせることで、電気双極子ラビ周波数の符号（分子のキラリティーに直接依存する変数）を、放出されたマイクロ波放射の位相にマッピングできることを示した。この効果を使えば、1,2-プロパンジオールの S および R エナンチオマーとそのラセミ混合物の例のように、低温気相分子のキラリティーが決定できる。この方法は、キラリティーの特徴を大きく明確に得ることができ、感度も高いうえ、化学種選択性もあることから、混合物中の複数の化学種のキラリティーを決定するための理想的で類のない手法となる可能性がある。表紙の赤と青の線は S1,2-プロパンジオールと R1,2-プロパンジオールのデジタル化シグナルをもとに描かれている。

いても、観測による裏付けはこれまで不十分であった。今回、河谷芳雄（海洋研究開発機構）と K. Hamilton は、1953～2012 年のラジオゾンデによる風のデータを解析し、QBO の振幅が過去 60 年間にわたって弱まっており、その原因がおそらく熱帯域下部成層圏における上昇流の増加であることを見いただしている。この上昇流の長期的な変化は、気候に関連する成層圏の化学的性質の変化の予測にも影響を与える可能性がある。

生理：骨のリモデリングに感覚神経が果たす役割

A role for sensory nerves in bone remodelling

セマフォリンは、神経系や器官および血管の発生だけでなく、免疫にもかかわる分泌性タンパク質である。また、骨芽細胞と破骨細胞でも、このファミリーのタンパク質が発現している。今回、福田亨（慶應義塾大学）らによって、セマフォリン 3A (Sema3A) が局所的な作用により骨のリモデリングを調節できることが示された。Sema3A が *in vivo* で感覚神経の発達を調整することで、間接的に骨のリモデリングを調節していたのだ。

発生：マイクロ RNA は、細胞分裂と栄養状態を結びつける

A microRNA links cell division and nutrition status

線虫の一齢幼虫は、栄養が不足しているときに孵化すると、後胚発生が開始されず、栄養状態がよくなるまで体細胞前駆細胞（芽細胞）の分裂が停止する。これまでの研究で、インスリン/IGF シグナル伝達経路が、この芽細胞の休眠状態を調節することがわかっている。今回、マイクロ RNA の miR-235 がインスリン/IGF シグナル伝達経路の下流で働いて、芽細胞の休眠を調整することが明らかになった。飢餓状態では、miR-235 はグリア細胞と皮下組織の両方で発現し、重複して働いて休眠状態を調節している。そして摂食が始まると、このシグナル伝達経路が活性化されて miR-235 発現が抑制され、芽細胞の再活性化が促進される。

老化：寿命と関係する MRP 遺伝子ファミリー

MRP gene family linked to longevity

寿命は動物によってさまざまだが、その理由はよくわかっていない。今回 J. Auwerx らは、マウスと線虫で、ミトコンドリアリボソームタンパク質の発現に見られる自然の変動がどのようにして寿命の延長に変換されるかを明らかにし、代謝の摂動が寿命に与える影響の背後には統一的な機構があることを示唆している。研究チームは、マウスの集団遺伝学的研究と線虫での RNA 干渉実験を併用して、Mrps5 をはじめとするミトコンドリアリボソームタンパク質が、代謝と寿命の調節因子であることを明らかにした。

細胞：保存された複雑な遺伝的かつエピジェネティックな機構

A conserved, complex genetic-epigenetic mechanism

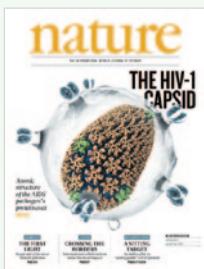
DNA ヘリカーゼの Pif1 ファミリーは、細菌からヒトまで高度に保存されている。今回 V. Zakian らは、ヒト PIF1 が

酵母においてもグアニン四重鎖として知られる 4 本鎖構造を巻き戻せることを示した。ヒト PIF1 はこうした巻き戻しによって、4 本鎖構造で生じるゲノム不安定性を抑制する。ヒト PIF1 にも酵母での機能を補う能力が備わっていることから、この活性の維持が進化の過程で不可欠であったとわかる。さらに、グアニン四重鎖で生じるゲノム不安定性は、これまで知られていなかった種類の複雑な遺伝的かつエピジェネティックな事象に関連していることも明らかになった。

気候：赤道上部の大気の風速の変化傾向

Equatorial upper atmospheric wind trends

高度 17km より上の空の熱帯大気の流れは、東風と西風が約 2 年おきに交代する準 2 年周期振動 (QBO) に支配されている。QBO は熱帯域の平均上昇流と関連していると考えられており、気候モデルでは、地球温暖化に応答して強まるはずであると示唆されている。QBO の変化と平均上昇流の変化のどちらにつ



Volume 497
Number 7451
2013年5月30日号



HIV-1 のキャプシドタンパク質：エイズ病原体のタンパク質外被の原子構造

THE HIV-1 CAPSID: Atomic structure of the AIDS pathogen's protein coat

ヒト免疫不全ウイルス HIV-1 は、ウイルス RNA ゲノムを取り囲む球状のキャプシドを持つ。このキャプシドは、レトロウイルスが成熟すると、キャプシドタンパク質 (CA) の自発的なオリゴマー化によって形成される。今回 G. Zhao らは、低温電子顕微鏡法と低温電子線トモグラフィー法に全原子大規模分子動力学シミュレーションを組み合わせて、HIV-1 キャプシドの完全な原子構造を決定した。得られた構造からは、キャプシド形成や安定性、ウイルスの感染性に不可欠な要素が明らかになった。特に興味深いのは、CA の C 末端ドメイン間のこれまでに知られていなかった 3 回軸界面に見られる、疎水性相互作用だ。この相互作用は、成熟したキャプシド特有の特徴と考えられており、以前に薬物標的候補にもなった。表紙は HIV-1 の原子モデルで、エンベロープ中に見えるのは六量体（金）および五量体（緑）の集合単位。

ネターのグリッチ発生時に見られたことがあるものとよく似ているので、この現象の起源は磁気圏ではなく星の内部にあると考えられる。このような挙動は、中性子星のスピンドダウンに関する現在のモデルでは予測されていなかった。

物性：グラフェン超格子に「ホフスタッターの蝶」現る

Hofstadter's butterfly emerges in graphene superlattices

1976 年ダグラス・ホフスタッターは、格子中の電子が静電場と磁場にさらされると、その電子は量子化をもたらす 2 つの場の相互作用によって特徴的なエネルギースペクトルを示すと予想した。そのスペクトルは、蝶形のモチーフが繰り返されることから「ホフスタッターの蝶」と言われる。この現象の実験での実現には、磁場と電場の長さスケールが真に競合し、しかも不規則性のない超格子が必要だが、そうした超格子の作製が難しく、実験的実現が困難であった。今回、2 つの研究グループがそれぞれ問題を克服して実現に成功した。L. Ponomarenko らは極めて清浄なグラフェンを、P. Kim らは 2 層グラフェンをそれぞれ六方晶窒化ホウ素基板上に配置し、窒化ホウ素に対するグラフェン膜の結晶学的角度を精密に調節することで、モアレ超格子を作製した。そのモアレ超格子の電子輸送測定により、ホフスタッタースペクトルが存在する明確な証拠を得た。

地球：地球と金星は異なるタイプの惑星である



Earth and Venus are different class

広く受け入れられている惑星形成論は、初期サイズと組成が同じ惑星は同じ初期冷却過程を経たと仮定する。しかし今回、濱野景子（東京大学）らは、初期の熱い溶融状態から固化する間の進化過程によって、地球型惑星が 2 つのタイプに分かれることを示した。中心星から特定の臨界距離よりも遠い所で形成される「タイプ I」惑星は、数百万年以内に固化するため水の大部分を保有でき、原始海洋を形成する。一方、臨界距離の内側で形成される「タイプ II」惑星は、マグマオーシャンが 1 億年間維持され、固化までに流体力学的散逸によって干からびる。地球はタイプ I 惑星に分類できるが、金星は臨界距離付近で形成され、その水のない地殻とマントルは、金星がタイプ II 惑星である可能性を示している。

ガ塩基と巨大で、そのサイズはモデル植物種のシロイヌナズナの 100 倍以上だが、両者の遺伝子数はほぼ同じである。トウヒのゲノムサイズが大きいのは、転移因子が蓄積した結果と考えられる。さらに、5 つの裸子植物ゲノムとの配列比較解析から、現存する針葉樹間で転移因子の多様性が共有されていることが示唆された。この配列データは、ConGenIE (<http://congenie.org/>) で見られる。

宇宙：減速するマグネターの「反グリッチ」

An 'anti-glitch' from a go-slow magnetar

マグネターは、強力な磁場を持つ中性子星で、X 線や γ 線を放射している。マグネターや電波パルサーの放射には多数のグリッチ（パルス間隔の変動）が観測されていて、これには突然起るスピンアップ（表面角運動量の増加）が関係している。こうしたグリッチは、固体である外殻と内殻の超流動成分との間で、角運動量がやりとりされる際に生じると考えられている。今回、マグネター 1E 2259+586 で「反グリッチ」、つまり突然のスピンドダウン現象が初めて観測された。この現象は、X 線フレアと X 線バーストと同時に起きており、それらはマグ

遺伝：針葉樹の巨大なゲノムの概要配列

Conifer genome looms large

裸子植物初のゲノム概要配列として、オウシュウトウヒの概要ゲノムが報告された。オウシュウトウヒのゲノムは 20 ギ

||||||| ネイチャーからのご案内 |||||

nature video

Web: 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事ができます。（一部の機種を除く）

nature podcast

Web: 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）

2013年12月24日までの期間に、Nature ダイジェストを新規購読お申し込みいただきますと、

抽選で毎月1名様に

Nature 年間購読を
プレゼントいたします！



で、
ますます科学が楽しくなる！

Nature ダイジェスト創刊10周年記念新規購読キャンペーンお申し込み
nature.asia/nd10

EDITOR'S NOTE

5月28日、中央防災会議が南海トラフ巨大地震対策について最終報告書を公表した。日本はようやく、「地震予知はできない」という前提に立って防災対策を進めることになる。革命的ともいえる変更であり、救われる人命は確実に増えるであろう。予知という妄想こそが非科学的で有害なドグマであることは、先の東日本大震災が明確に示しているし、そのことは一部の地震学者も指摘してきた。莫大な研究・対策資金が投じられてきた東海地震でさえ、なお予知できると言い切れる科学者などたぶんもういない。それでも、先例さえない「千年に一度の巨大地震」を持ち出し、34.4mの大津波が来ると平気で“お告げ”を出す神経は、理解不能だ。(YM)

*翻訳記事は、原則として原文に沿っております。一部、編集部によりわかりやすいように編集しております。

nature publishing group npg

ネイチャー・パブリッシング・グループ

〒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

©2013 Nature Japan K.K., trading as Nature Publishing Group.
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 : Antoine Bocquet

副発行人 : 峯村宏

編集 : 松田栄治、宇津木光代

デザイン/制作 : 村上武、中村創

広告 : 米山ケイト、藤原由紀

マーケティング : 池田三智世、池田恵子

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
(「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。



nature publishing group npg



 BRITISH AIRWAYS

自分だけの時間

ネイチャード・ダイジタル
7月号

受賞歴のあるビジネスクラス「クラブワールド」では、自分だけの時間をお楽しみいただけます。静かなラウンジ、そして機内では自分だけの快適な空間。お客様のスペース、プライバシーを大切にしたキャビンでは、お好きな時間に、お仕事、ご就寝、おくつろぎいただくことができます。

今すぐ、ba.comでご予約ください。



定価 680 円

本体 648 円
Printed in Japan

雑誌 07271-07

4910072710737
00648平成25年6月25日発行 第10巻 第7号
編集発行人: Antoine Bocquet発行所: ネイチャード・ジャパン株式会社
東京都新宿区市谷田町2-37 千代田ビル発売所: 日本出版貿易株式会社
ISSN: 1880-0556