

# nature DIGEST

日本語編集版  
NOVEMBER 2006  
VOL. 03, NO. 11

# 11

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



ドードーの実像に迫る

# online 校閲

研究論文の英文校閲を支援します!

## オンライン校閲.com

ご依頼から納品まですべてをWebで!



お客様

**巧い!**

直接質問! 疑問を即解決!

**早い!**

直接発注! 直接納品!

**安心!**

安心のモニタリング!

**安い!**

約20%割安。(当社従来比)



校閲者

★★★★

9分野の中から

ライフサイエンス

ナノテク・材料

環境

IT・情報通信

社会基盤

フロンティア

医薬

特許・契約書

人文・社会

校閲者は★の数で  
ランキングされています!

[www.オンライン校閲.com](http://www.オンライン校閲.com)

# ドードーの実像に迫る

表紙：月本佳代美

## HIGHLIGHTS

02 vol. 443 no. 7109, 7110, 7111, 7112

## EDITORIAL

04 さようならも簡潔に

## NEWS@NATURE.COM

05 RNA干渉の若手研究者が見つかったノーベル医学生理学賞

06 宇宙のゆらぎを検出してノーベル物理学賞

07 転写酵素の結晶構造解析でノーベル化学賞

08 目に見えない年輪をあぶり出す

09 「アレルギーフリー」のペット

## NEWS FEATURE

10 眠ってやせる

Helen Pearson

14 ドードーの実像に迫る

Henry Nicholls

## NEWS &amp; VIEWS

19 スウィフト衛星がとらえた衝撃の瞬間

Timothy R. Young

## JAPANESE AUTHOR

22 マリアナ海域で起こった大規模な海底火山の噴火を確認 — 田村芳彦

財部恵子

24 ありふれた皮膚の体細胞から多能性幹細胞を作り出す — 山中伸弥

西村尚子

## 英語でNATURE

26 Flickers of consciousness

揺らめく意識



## nature DIGEST

11

volume 3 no.11  
November  
www.nature.com/naturedigest

© 2006 年 NPG Nature Asia-Pacific  
掲載記事の無断転載を禁じます。

発行人：デービッド・スウィンバックス  
編集：北原逸美  
デザイン/制作：村上武  
広告：米山ケイト  
マーケティング：吉原聖豪

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 Fax. 03-3267-8754

## 肥満のルーツ

### The roots of obesity

肥満が増えていることから、摂食量と体重をコントロールする中枢神経系の情報処理過程の性質に関心が集まっている。体脂肪量の低下に応じて、食物を見つけようとする意欲と食事の量は（満腹の知覚を介して）、エネルギー貯蔵量が再び満杯になるまで増加する。この神経過程に影響を及ぼす突然変異は、動物モデルやヒトで重度の肥満を引き起こす。理論上、レプチンなど肥満に関連するリガンドの神経受容体を標的とする薬物は、抗肥満薬となる可能性があるが、待ち望まれている治療への突破口はまだ見いだされていない。Mortonらは、この分野における最新の研究を概観し、エネルギー恒常性の正常状態と異常状態の差異はわずかであることを強調している。

21 September 2006 Vol.443 / Issue 7109

Review Article p.289 参照

## GRACE が告げるグリーンランドの氷量減少

### GRACE notes

Gravity Recovery and Climate Experiment (GRACE) 衛星から得られた重力場の変動を用いた、グリーンランド氷床に関する最新の研究から、氷量減少速度が著しく加速していることがわかってきた。2004年5月～2006年4月の氷量の減少速度は、その前の2年間と比較して2倍以上に増加しており、この加速は主に氷床の南部で起こっていた。これらの発見は、GRACEからのデータの別の分析結果や、氷床は気候の変動に対してこれまでに考えられていたよりも、より敏速に応答するという最近の考え方とも一致する。

21 September 2006 Vol.443 / Issue 7109

Letter p.329, N&V p.277 参照

## 330 万年前の子ども：エチオピアの Dikika で見つけたアファール猿人の幼児個体

### A CHILD OF HER TIME:

#### Juvenile *Australopithecus afarensis* skeleton from Dikika, Ethiopia

我々をヒトたらしめるものの多くは子ども時代に見いだされる。ヒト属の祖先にあたると思われるアウストラロピテクス属の幼少期の成長状況については、現在のところほとんどわかっていない。しかし今回、エチオピアの Dikika で 330 万年前のアファール猿人 (*Australopithecus afarensis*) の子どもの部分的な骨格化石が見つかったことで、この状況が変わりそうだ。3歳ほどの女の子のものと思われる頭

骨は、アファール猿人（有名な「ルーシー」もこの種に属する）と判定する際の手がかりとなる特徴の大部分が幼若個体の段階にも存在することを示している。足や膝といった残りの骨格部分からは、この化石人類はかなりの時間を二本足で地上に立って過ごしていたものと考えられる。ただし、ゴリラのような肩甲骨や、長く湾曲した手の指骨から、アファール猿人とその祖先における木登りの重要性について議論が再燃すると思われる。また、最新の web focus はヒト科動物の成長に関するもので、この重要な化石に関する動画も見ることができる。

21 September 2006 Vol.443 / Issue 7109

Article p.296, Letter p.332, N&V p.278 参照

## 非圧縮性の破れ

### Go without the flow

気体や液体の流れを長年にわたって首尾よく説明してきた流体力学には重要な仮定があり、流体は非圧縮性であると見なされている。このことは、流速が音速に近づくまでは、ほとんどの系に当てはまると考えられていた。しかし今回、粘性の密度依存性を考慮に入れると、単純な剪断流であっても非圧縮性状態が破られることがあるのが示された。この結果は、金属ガラスや地球のマントルといった非常に粘性の高い液体にみられるシアバンド形成効果などの、低レイノルズ数における液体の力学的不安定性に関するさまざまな現象の解明に役立つかもしれない。

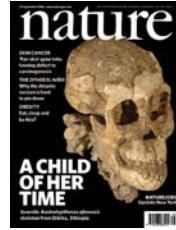
28 September 2006 Vol.443 / Issue 7110

Letter p.434 参照

## 幹細胞の老化

### Stem cell ageing

今週号では、3つの研究グループが幹細胞特異的に老化を調節するタンパク質の発見について報告している。これは、哺乳類の前駆細胞が分裂して新しい細胞を生み出す能力を加齢に伴って徐々に失うのはなぜなのかという、基本的な疑問を解明するのに役立つ。N Sharpless たちは、細胞周期の制御に関与し、加齢に伴って発現が増えることが知られているタンパク質、p16<sup>INK4a</sup> 腫瘍抑制因子を欠損するノックアウトマウスを作製した。3つのグループが別々に行った、血液、脾臓、および脳の再生における p16<sup>INK4a</sup> の役割の研究から、p16<sup>INK4a</sup> がバ



イオマーカーであるだけでなく、老化のエフェクターでもあることがわかった。マウスで p16<sup>INK4a</sup> の発現の上昇あるいは低下の影響を比較することで、p16<sup>INK4a</sup> が、老齢マウスにおいてのみ幹細胞の増殖を停止させることがわかった。総合するとこれらの研究は、p16<sup>INK4a</sup> がその腫瘍抑制因子としての機能を介してがんの発生を減少させるが、それと同時に、幹細胞機能を減退させて老化に寄与していることを示唆している。これらの研究からは、2型糖尿病が脾臓の再生不全と関連している可能性や、特定の組織でこのタンパク質の働きを阻害することによって加齢による影響の一部を抑えられる可能性がみえてくる。

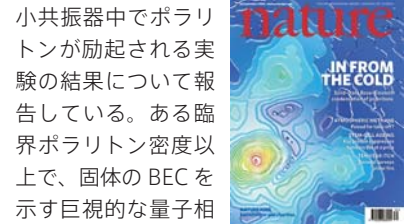
28 September 2006 Vol.443 / Issue 7110

Article p.421, Letters pp.448, 453, N&V p.404 参照

## 超低温から室温へ：固体で起こるポラリトンのボーズ-アインシュタイン凝縮

### IN FROM THE COLD: Solid-state Bose-Einstein condensation of polaritons

ボーズ-アインシュタイン凝縮体は、1924年に初めてその存在が仮定された物質の一形態であり、よく知られているように極低温の希薄原子気体で実証されている。現在、ボーズ-アインシュタイン凝縮 (BEC) が起こる固体系を探索する研究は多数行われている。理論的には、光子が半導体微小共振器中に閉じ込められて電子励起と結合し、その結果ポラリトン生成が起これば、標準的な低温において BEC が可能であると考えられる。今週号で Kasprzak たちは、このような微小共振器中でポラリトンが励起される実験の結果について報告している。ある臨界ポラリトン密度以上で、固体の BEC を示す巨視的な量子相の自発的な生成が起こる。光と固体励起との結合が十分強ければ、BEC はより高い温度でも可能なはずである。Demokritov たちはまさにこれを実現し、一種の磁気励起であるマグノンの気体において室温で BEC を起こした。



今週号では、3つの研究グループが幹細胞特異的に老化を調節するタンパク質の発見について報告している。これは、哺乳類の前駆細胞が分裂して新しい細胞を生み出す能力を加齢に伴って徐々に失うのはなぜなのかという、基本的な疑問を解明するのに役立つ。N Sharpless たちは、細胞周期の制御に関与し、加齢に伴って発現が増えることが知られているタンパク質、p16<sup>INK4a</sup> 腫瘍抑制因子を欠損するノックアウトマウスを作製した。3つのグループが別々に行った、血液、脾臓、および脳の再生における p16<sup>INK4a</sup> の役割の研究から、p16<sup>INK4a</sup> がバ

28 September 2006 Vol.443 / Issue 7110

Article p.409, Letter p.430, N&V p.403 参照

## 強力な毒素の働き方

### A powerful toxin in action

サチラーゼ細胞毒素は、1998年にサウスオーストラリア州で志賀毒素産生性大腸菌

※「今週号」とは当該号を示します。

(STEC) の強毒株から初めて単離され、それ以来、ほかのいくつかの STEC 株で見いだされている。STEC は、生命を脅かす胃腸疾患を引き起こすこともあるヒト病原体である。サチラーゼ細胞毒素が培養細胞に対して極めて強い毒性を示す機序が、今回明らかにされた。この毒素は、細胞に必須な小胞体シャペロンタンパク質 BiP を切断するのである。シャペロン機能の欠損は小胞体ストレス応答に影響を及ぼし、現在は細胞老化や、白内障、パーキンソン病、アルツハイマー病などの変性疾患と強く関係づけられているので、今回得られた知見は注目に値する。この毒素は特異的に BiP 機能を破壊できることから、これらの疾患の発病のメカニズムを *in vitro* でモデル化するための新たな細胞生物学的手段となる。

5 October 2006 Vol.443 / Issue 7111

Article p.548, N&amp;V p.511 参照

### ゲノム修復の達人

#### Pull yourself together

*Deinococcus radiodurans* は 1950 年代、大量の放射線照射による殺菌を受けたにもかかわらず腐った肉の缶詰から単離された菌で、放射線照射による DNA 損傷のためにゲノムが完全にばらばらになっても立ち直ることができる。ではいったい、どうやってこのような離れ業をやっているのだろうか。この菌はゲノムのコピーを複数個もち、効果的に迅速に働く DNA 修復機構を備えていることが知られている。まず相補的な配列をもつ DNA 断片どうしが互いを見つけ出し、次いで DNA ポリメラーゼが合成を開始して、この断片の末端に長い一本鎖を作ることが新たな研究でわかった。その次に、相補的な一本鎖尾部どうしが対になって長い二本鎖 DNA 分子が再生され、これが処理を受けて元の環状ゲノムができるようだ。

5 October 2006 Vol.443 / Issue 7111

Letter p.569, N&amp;V p.517 参照

### 環境保護という恐怖：科学に背を向ける過激な環境保護主義者たち

#### GREEN SCARE: How radical environmentalists turned against science

過激な環境保護活動は「国内テロリズム」とよばれてきており、FBI は国家に対する深刻な脅威と見なしている。「地球解放戦線」(Earth Liberation Front, ELF) や動物解放前線 (Animal Liberation Front, ALF) などはよく知られているが、このような「動物の権利擁護」を唱える「過激派」や環境テロリストは、この 15 年間で米国全土で

の 1000 件を超える犯罪行為に責任があるとされている。最も過激な例では、研究施設に爆弾が投げ込まれたり、放火されたりした。いったい何が、環境活動家をしてこのような過激な手段に訴えさせるのだろうか。今週号の News Feature では、Emma Marris が環境保護運動の過激な科学排撃勢力を取材報告し、彼らの「環境保護への激しい情熱」が生じる原因を探る。表紙の写真は、2002 年 2 月にオレゴン州ポートランドで、デモ行進する抗議者たち。その中には、ELF の支援者として参加している者もみられる。

5 October 2006 Vol.443 / Issue 7111

News Feature p.498, Editorial p.481 参照

### 酸素増大が遅れた訳

#### Waiting for oxygen

地球大気中の酸素レベルが最初に大幅に上昇した「大酸化」は、酸素発生型光合成の出現の後、少なくとも 3 億年たってから起こったと考えられているが、このような遅れが生じた理由ははっきりしていない。Goldblatt たちは、全球的な酸化還元系に対する新しい概念モデルを用いて、酸素発生型光合成の出現後には、大気中の酸素レベルは高い状態あるいは低い状態のいずれでも安定化できたことを示している。大酸化は、これらの状態を切り替える、比較的小さな環境変化によって作動するスイッチの結果だった可能性がある。このモデルは、酸素発生型光合成だけでは酸素に富む大気が生じる原因としては不十分であることを示している。したがって、さらにほかの要因がからまなかったら、地球大気中の酸素は、我々が恩恵を受けている 21 パーセントという濃度ではなく、ほんの数 ppm の濃度にしかならなかった可能性もある。同様に、酸素発生型光合成は大気中の酸素レベルが低い惑星上でも進化したかもしれない。

12 October 2006 Vol.443 / Issue 7112

Letter p.683, N&amp;V p.643 参照

### 複眼の構造変換

#### An eye for an eye

リチャード・ドーキンスは、自然選択を視野も見通しもない「盲目の時計職人」になぞらえた。この「時計職人」が工作中的姿をみられる機会はそうない、と K Moses は News and Views で述べてい

る。Moses がここで言う「仕事」にあたるのが、先祖型のアエヤ現在のハチや甲虫など一部の昆虫にみられる複眼構造から、ショウジョウバエやイエバエの眼でみられる複眼構造への転換である。前者では光感受細胞、すなわち感桿分体が互いに融合して 1 つの単位として機能するが、後者では感桿分体が独立に働くため、個々の個眼は 1 つの点ではなく 7 つの点で光を感知する。Zelhof たちは、感桿分体の集合にかかわる 3 つの遺伝子を同定した。そのうちの 1 つである *spacemaker* という遺伝子が欠失すると、ショウジョウバエの開放型の構造が閉鎖型 (融合型) の構造へと変換される。

12 October 2006 Vol.443 / Issue 7112

Letter p.696, N&amp;V p.638 参照

### 絶滅寸前のエチオピアオオカミ：

#### 病気によって絶滅の危機に瀕している種をワクチン戦略で救えるか

#### A WOLF AT BAY: Vaccination strategies to rescue disease-threatened species

エチオピアオオカミ (*Canis simensis*) は、エチオピアの隔離された 7 か所の山岳地帯だけにみられる食肉哺乳類で、ネズミ類を捕食している。彼らは複雑な社会組織をもつ血族集団で暮らしている。バレ山脈では 1992 年と 2003 年に狂犬病が猛威をふるい、エチオピアオオカミの個体群が大幅に縮小したため、現在の生息数は 500 個体に満たない。エチオピアオオカミ保護計画 (<http://www.ethiopianwolf.org>) の一環として同地で行われた調査研究には、ほかの保護プロジェクトの貴重なモデルとなりそうなワクチン接種策の開発も含まれていた。その目的は、狭い範囲でワクチン接種を施すことで、サブ個体群間をつなぐ「生息域の回廊」を介した感染拡大を抑制することだ。この方策によって狂犬病流行の範囲が狭まり、個体群の長期存続の可能性が大幅に高まると期待される。

12 October 2006 Vol.443 / Issue 7112

Letter p.692 参照

### Nature Digest に一部誤りがありました。お詫びして訂正いたします。

2006 年 10 月号 p.21 「追悼 江橋節郎氏」の本文、右カラム上から 15 行め、

東京大学薬学部の教授 → 東京大学の薬学の教授



# さようならも簡潔に

## The brief goodbye

Nature Vol.443(246)/21 September 2006



投稿論文にみられる諸傾向を考慮し、*Nature* の Brief Communications は本年末で終了することが決まった。

Editorial のページでは、*Nature* のセクション創設やリサーチ誌の創刊があるたび、そのことを誇らしげに発表してきたが、終了や廃刊の報告を行うことはこれまで実に稀だった。今回、2006年の最終号をもって『Brief Communications』のセクションを閉じることを発表するにあたり、私たちは複雑な思いを抱いている。しかし、重要な点として、オンライン限定の『Brief Communications Arising』(*Nature* に掲載された研究論文に関する批判的議論を掲載するセクション)を私たちが改めて全面支援していく旨を、ここに表明したい。

Brief Communications セクションは、*Nature* 中のジャーナリスティックな記事や著者が独自の主張を展開するセクション、そしてレビュー論文や本格的な研究論文への橋渡しをしてきた。その目的は、両者もつ知的興奮や魅力をともし取り込むことにあり、それは読者層とメディアに十分なインパクトを与えるうえで意味あることだった。

ラットのロボット、新石器時代のヌードル、ナノサイズのウシ、クローンネコ（悪名高きクローンイヌに加えて）、月の北極での諸現象、女王の発する母音、はたまた、靴ひもを最もうまく結ぶ方法を見つけるためのモデルに関する論文——。このほかにも数々のテーマが取り上げられ、Brief Communications に掲載されてきた。論文の長さは通常1ページ以下だが、それぞれ、最新の科学ニュースを垣間見せてくれるものもあった。例えば、インドネシアの大地震、SARS、鳥インフルエンザ、そして2001年9月11日のテロ攻撃後の3日間、旅客機が運行を停止したことによる気候に対する意外な影響といったもの。すべての論文は、厳しい査読に支えられてきた。Brief Communications の成功は、*Nature* の水準を下げることなく、しかしこのセクションにしばしばみられた風変わりさにも合わせてくれた、査読者の力に負うところが大きい。

Brief Communications には批判もあった。冷静な科学者は、Brief Communications というはかない光を放つろうそくによって、自分の履歴書に記された *Nature* の文字がもつキラ星のごとき輝きが損なわれることを恐れた。Brief Communications は査読が行われていないというデマが流れ

たのも、一度や二度の話ではない。しかし *Nature* は、この短い傑作論文の数々を、その風変わりさを含めて支えてきた。

ならば、なぜ人気が高く、かつ今でも紙幅を大きく上回る量の論文が投稿されているセクションを廃止しなければならないのか。私たちは、今回の廃止決定は、投稿論文に最近顕著にみられるようになった諸傾向に対する適切な対応であり、結果として誌面をより有効に利用できるものと考えている。Brief Communications に投稿される論文には、一定の基準に達しているものの数が減ってきている。おそらくは短編論文という形式、そしてオンライン上に掲載できる補足資料も限定されるといった制約によるのだろう。ここ最近、内容的に軽すぎる論文、技術的すぎる論文、長すぎる論文、あるいは研究の蓄積が不足した論文が数多くみられるようになってきた。

また、今日特有のプレッシャーによって、科学研究は従来に比べ、まじめで専門性の高いものとならざるを得ず、その成果発表においても内容的により詳細であることが求められているのかもしれない。DNA の構造に関するワトソンとクリックの論文が、Brief Communications に掲載される論文の長さだったことは、もはや過去の話なのだ。

*Nature* の Brief Communications の廃止は、各 *Nature* リサーチ誌における Brief Communications には影響を与えない。より専門性の高い読者に向けた短編論文の居場所は、依然として残るのである。しかし *Nature* では今後、むしろ Brief Communications Arising の支援に注力していく。このセクションでは、*Nature* に掲載された論文に対する批判的な見解が展開されており、さらにそれらに対して、通常は原論文の著者による回答も寄せられている。

最後に、Brief Communications のもつもう1つのよき特徴である「簡潔さ」について、私たちはこれからも意識していく。論文の質は、広大なウェブ空間によって高めることができるといわれており、論文の長さはそれほど問題ではなくなった。*Nature* は引き続き、簡潔さを擁護し続けていく。論文著者はこの点に留意してほしい。そして、読者の皆さんにおいては、この点はこれからも安心されたい。■

# RNA干渉の若手研究者がつかんだノーベル医学生理学賞

## Youthful duo snags a swift Nobel for RNA control of genes

RNAによる遺伝子発現抑制効果の発見からわずか8年でのスピード受賞。

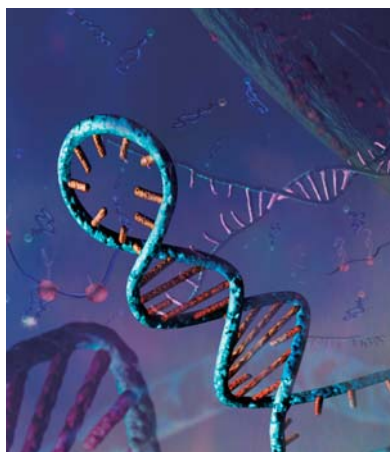
Nature Vol.443(488)/5 October 2006

Alison Abbott

今年のノーベル医学生理学賞を受賞したのは、アンドルー・ファイヤーとクレイグ・メローの2人。ともに40歳代の研究者だ。受賞理由となった発見は、生物学研究を一変させた。そして将来的には、病気の治療においても有益なものとなる可能性を秘めている。

RNA干渉 (RNAi)。これが彼らの発見だった。遺伝子が発現する時、遺伝子から細胞のタンパク質合成機構に指令が送られる。その仲介を行うのは、その遺伝子の構造と相補的な構造をもつメッセンジャー RNA (mRNA) だ。1998年に *Nature* に発表された画期的な論文の中で、ファイヤーとメローらは、特異的な二本鎖 RNA を使い、標的とした mRNA を破壊できることを実証した。

mRNA と相補的な配列を有する人工 RNA 分子を「アンチセンス」RNA というが、これを細胞に導入すると特定の遺伝子の発現を抑制できることは、その時点ですでに知られていた。しかし、その抑制効果はあまり大きくなく、一貫性にも欠け、おまけに「センス」RNA でも同じ効果がみられたことから、論点がわかりにくくなっていった。



生物は RNAi によって、体内の遺伝子発現を制御している。

ファイヤーとメローは、線虫の筋遺伝子を使った一連の単純かつエレガントな実験を行い、強力で一貫性のある遺伝子発現抑制効果を得るためには、センス RNA とアンチセンス RNA が互いに結合した二本鎖 RNA を使う必要があることを明らかにした。二本鎖 RNA を注入された線虫は、まるで筋遺伝子の欠如した変異型線虫のように、ぎこちなくぴくぴくと動いた。また彼らは、mRNA は一部の研究者がそれまで考えていたように隠蔽されたわけではなく、二本鎖 RNA によって破壊されたことも明らかにした。さらに、二本鎖 RNA はそれ自体の複製を誘発し、細胞の間で広まり、子孫にも受け継がれることを示した。

論文中で2人は、生物はこの機構を使って体内の遺伝子発現を制御しているのではないかという推論を示したが、まもなくその正当性は実証された。RNAi は、ゲノムのいたるところで自らを挿入して遺伝子の機能を阻害する「ジャンピング遺伝子」を制御するための重要な方法だったのだ。また、少なくとも単純な生物においては、RNAi がウイルス感染の予防にも役立っていると考えられている。その後、RNAi 経路については十分な解明が進み、これがすべての遺伝子、そして線虫だけでなく、ほとんどすべての生物種に当てはまることが明らかになった。

「研究対象である遺伝子の発現を抑制する際に RNAi のツールを使わない研究室はほとんどありません」。こう語るのは、2人の発見直後から RNAi 研究の精鋭陣に加わったロックフェラー大学の Tom Tuschl だ。RNAi 試薬はこれまでに、老化からがんまで、ありとあらゆるものに関与する遺伝子の同定に使われてきた。臨床研究では現在、RNAi を使って病気の原因遺伝子の活性を低下させる方法が模索されている。



スタンフォード大学 (米) のアンドルー・ファイヤー教授 (左、47 歳) とマサチューセッツ大学医学部 (米) のクレイグ・メロー教授 (右、45 歳)。

ノーベル賞は、受賞理由となる発見から長い年月を経て授与される場合がほとんどだ。論文発表からわずか8年での今回の受賞は、1993年にノーベル化学賞を受賞した Kary Mullis を思い起こさせる。このときは、彼が1985年に発明したポリメラーゼ連鎖反応が受賞理由だった。遺伝子を増幅させるこの方法は、まさに RNAi 法と同じように急速かつ広範に研究現場に普及した。

以前ファイヤーと一緒に研究したことがあるユトレヒト大学の Ronald Plasterk は、彼がそのうちノーベル賞を受賞することは確信していたものの、これほど早くだとは思っていなかったと語る。今年の発表の朝、Plasterk は冗談のつもりで、研究室のポスドクにファイヤーに電話してみよう、なんて話をしていたという。「ところが彼が本当に受賞したことがわかったので、ジョークは立ち消えになってしまった」。

受賞の知らせを聞いてから間もなく行われたインタビューで、メローは当惑しているようすでコメントしていた。「受賞するには若すぎるように思えます。発見から受賞までが、異様に短くはないでしょうか」。

# 宇宙のゆらぎを検出してノーベル物理学賞

## Cosmic ripples net physics prize

宇宙論を精密科学へと引き上げるきっかけとなった観測。

Nature Vol.443(489)/5 October 2006  
Katharine Sanderson and Jenny Hogan

NASA

今年のノーベル物理学賞を受賞したのは、実証的な科学ではないとやゆされていた宇宙論を、ようやく「自然科学」へと導いた発見だった。ジョン・マザーとジョージ・スムートが宇宙背景放射観測衛星（COBE）を使って行った最も初期の宇宙の測定は、後に広大な研究分野を切り開くことになり、世界中の研究者の関心を引きつけた。

マサチューセッツ工科大学の宇宙論研究者 Max Tegmark は、「かつて宇宙論は嘲笑の対象だった。現実離れた、まるで哲学みたいな分野だといってからかわれたものだ。しかし、今では宇宙論は精密科学になった」と話す。

COBE の目標は、宇宙の始まりであるビッグバンから現在までずっと残っている熱を測定することだった。この残光は「宇宙マイクロ波背景放射」とよばれ、1940年代に予測され、1960年代の測定で確認されていた。

今回のノーベル賞は2つの発見に対して与えられた。まず、マザー率いるチームが行ったマイクロ波背景放射のスペクトル測定が受賞対象となった。測定の結果、放射は黒体放射のエネルギー分布をしていることが確かめられ

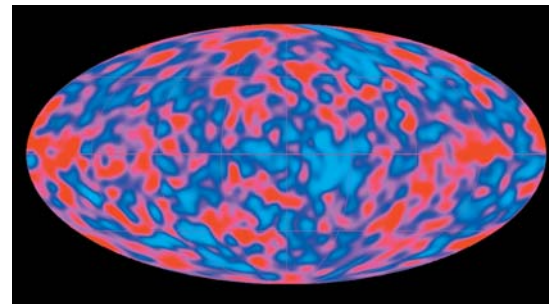
た。黒体放射とは特定の温度の物体が出す電磁放射のことで、この場合、現在よりも数千度高かった時期の宇宙が出す放射のことをいう。

この測定は、こうした放射の特性から宇宙の起源に関する理論を検証できることを示した最初のものだった。マザーが1990年1月の会議で成果を披露すると、参加者らは立ち上がり拍手を送った。COBE のデータを使った研究を行っていたダラム大学（英国）の宇宙論研究者 Carlos Frenk は、「これまでの私の研究キャリアの中で、スタンディング・オベーションに立ち会ったのはこのとき限りだ」と振り返る。

もう一方の受賞者であるスムートは、マイクロ波背景放射の温度の方向によるわずかなゆらぎを見つける研究に取り組んでいた。温度のゆらぎとは、宇宙の初期構造、つまり、今日の銀河や星の種を形成した物質の凝集の痕跡を示すものである。研究者の中には、この異方性（方向によって異なること）を検出するにはCOBEの感度では足りないと考える者もいたが、スムートはやり遂げた。

1992年にスムートが温度のゆらぎを見つけたことを公表すると、世界中の研究者が拍手喝采した。一連の観測結果は、ビッグバンが実際に起こったことを示す、この時点で最も強力な証拠となった。ケンブリッジ大学の Anthony Lasenby は、「異方性を検出することは、化石を調べ、その正体を初めて明らかにするような作業だ」と話す。

スムートがこの成果を公表したころ、Lasenbyもまた、同様の結果を見出す寸前だったという。「私たちは、テネリフェ島（アフリカ北西部カナリア諸島）での観測に取り組んでいた。温度ゆらぎの初めての兆候を示しつつあったが、もっと時間が必要だった」。

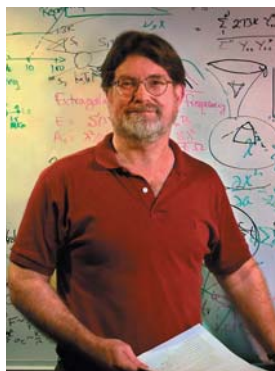


ビッグバンのなごり、宇宙マイクロ波背景放射。

後にCOBEは、「ウィルキンソンマイクロ波異方性観測衛星」(WMAP)によって引き継がれた。WMAPは、COBE計画の準備に尽力し、2002年に亡くなった David Wilkinson の名をとって名づけられた。もし彼が生きていたら、今回のノーベル賞を共同受賞しただろうという声は多い。詳細に背景放射を調べてきたWMAPも、2008年には欧州宇宙機関 (ESA) の観測衛星「プランク」によって引き継がれる。

しかし、COBEの観測結果の衝撃に匹敵するものは今のところない。物理学者 Stephen Hawking は、1992年にスムートの観測結果について、「有史以来最も偉大というわけではないとしても、今世紀最大の、偉大な発見だ」と述べて、科学界の興奮を表した。また、「観測結果を調べることは、神の顔をのぞき込むようなものだ」というスムートの発言が論争を招いたこともあった。「科学に神をもち込むのは、必ずしもよいことではない」と Frenk は語る。

ケンブリッジ大学の天文学者 George Efstathiou によると、マザーとスムートは不仲となり、異方性の結果の発表方法についても衝突したという。「しかし、これで2人の名前はノーベル賞の共同受賞者として永遠に共にあることになる。おそらく、彼らの不和も解決するのではないか」と Efstathiou は話す。 ■



NASA ゴダード宇宙飛行センターのジョン・マザー（左、60歳）とカリフォルニア大学バークレー校（米）のジョージ・スムート教授（右、61歳）。

ROY KALTSCHMIDT/UPI NEWSPICTURES/NEWS.COM  
UPI NEWSPICTURES/NEWS.COM



# 転写酵素の結晶構造解析でノーベル化学賞

## Crystallography grabs chemistry Nobel

RNA ポリメラーゼIIの構造決定が細胞の謎を解く。

doi:10.1038/news061002-7/4 October 2006

Katharine Sanderson

ロジャー・コーンバークは19歳で、父のアーサー・コーンバークやポール・バークを含む数人の研究者との共同論文に名を連ねた。「結晶性酵母シトクロム b2 に関連するデオキシリボ核酸の不均質性について」と題するこの論文はあまり有名とはいえないが、執筆者のうち3人がノーベル賞を受賞したという、驚くべき由緒をもつ。父のアーサーは1959年にDNAとRNAの合成機構発見でノーベル医学生理学賞を、ポール・バークは1980年に同化学賞を受賞。そして今回、息子のロジャーがノーベル化学賞を受賞することになった。

今回の受賞は、転写の詳細を分子レベルで解読したことに対するものだ。転写によってDNAからRNAへと遺伝情報が伝達されて初めて、細胞でのタンパク質の合成機構が機能する。

スタンフォード大学の構造生物学教授であるコーンバーク（父アーサーも、同大学で名誉教授として活躍中）は2001年、RNAポリメラーゼII（メッセンジャーRNAがDNAから情報を受け取るのを助ける酵素）の構造を解明するという大きな成果を挙げた。酵母から抽出したポリメラーゼの結晶にX線ビームを照射し、苦労の末、ついにポリメラーゼの構造決定に成功したのだ。

このことにより、RNAポリメラーゼIIの原子レベルの働きや細胞内での作用のしくみが明らかになってきた。「タンパク質だけからなる構造として、これまでに明らかにされた中で最大の大きさをもつ」と語るのは、1993～96年にコーンバークのもとでポストドク研究員を務め、現在は英国がん研究所で遺伝子転写を研究するJesper Svejstrupだ。「このように大きな分子の構造解析は、本当にたいへんな仕事なのとSvejstrupは話す。

転写の研究を専門とするケンブリッジ大学のSteve Jacksonは、コーンバークの網羅的取り組みを讃える。「彼のアプローチは、生化学、構造生物学、分子遺伝学にさらに機能的研究を組み合わせたものだ」。また、哺乳類の細胞よりも扱いやすい酵母を細胞機構の研究対象として選んだ点でも、彼は賢明だったとJacksonはいう。

Jacksonによれば、RNAポリメラーゼIIがほかのタンパク質とどのように相互作用するのかを理解することで、非常に多くの知見が得られる。「細胞の働きをコード化するDNAという考え方はよく浸透しているが、DNAは単なる青写真にすぎない。青写真を使って実際にタンパク質の製造を開始させるのは、RNAポリメラーゼなのだ」。

コーンバークの経歴には、あちこちにノーベル賞との関係が漂う。博士課程終了後、彼はケンブリッジ大学へ赴き、ノーベル賞受賞者のAaron KlugとFrancis Crickのもとで、クロマチン（真核細胞の核内DNAとタンパク質の複合体）の研究を行なっている。

幼いころから、コーンバークは科学への情熱を燃やしていた。12歳のクリスマスに何が欲しいかと聞かれた彼が、「実験室で1週間過ごしたい」と父に答えた、というエピソードをSvejstrupは思い出す。

グラム大学の化学学科長で結晶学者

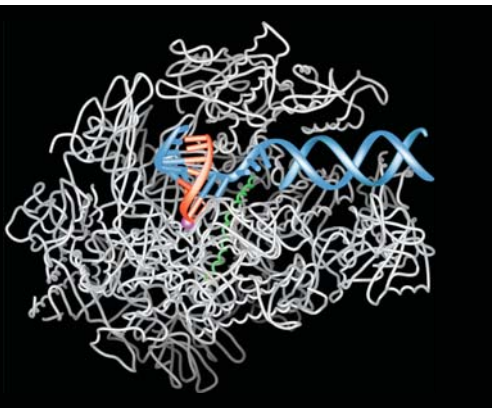


スタンフォード大学（米）のロジャー・コーンバーク教授（左、59歳）と、その父親で同大学名誉教授のアーサー・コーンバーク（右、88歳）。

でもあるJudith Howardは、今回の受賞に感激してこう語る。「生体内作用がどのように機能しているかを理解するために、この美しく、そして静的な情報を集めるという彼の研究が認められたことは、本当に素晴らしいことだ」。

化学と生物学との境界の仕事に対して贈られることになった今回のノーベル化学賞について、「学際的研究の好例だ」とHowardは話す。X線解析学研究者に対して化学賞が与えられたことが過去にもあったが、こうした研究は、化学の境界領域のものだととらえられることもある。1964年、Dorothy Hodgkinの生化学的構造の解明に対して授与された化学賞が、まさにそうした例だった。科学の領域の境界がどんどんあいまいになってきている、とHowardもいう。

Svejstrupは「コーンバークには父と同様、ノーベル医学生理学賞が与えられてもよかったのではないかとという考えにも一理ある」という。しかし、コーンバークの化学賞単独受賞は、彼が解明した構造情報がいかに重要であったかを強調するものだ。「根本のところではこれは化学なのだ」とは、英国がん研究所のRichard Treismanの弁である。 ■



受賞対象となったRNAポリメラーゼ：でも、それって化学？

JUSTIN SULLIVAN / GETTY / NEWS.COM

ROYAL SWEDISH ACADEMY OF SCIENCES

## 目に見えない年輪をあぶり出す

## Bright sparks reveal invisible tree rings

樹木に含まれるカルシウム量を調べることで、熱帯における気候変動が解明されるかもしれない。

doi:10.1038/news060911-15/15 September 2006

Quirin Schiermeier

年輪を数えれば樹齢がわかることは、子どもでも知っている。木の年輪は、季節の変化によって刻まれる。しかし、熱帯では時の経過を知らせる夏や冬といった季節がないため、熱帯のほとんどの木には年輪がみられない。研究者たちは今回、そのような熱帯の木についても簡単な方法で、樹齢を知る方法を見つけた。そして今後、この方法が正確であると認められれば、気候学や熱帯雨林生態学の研究者も、その恩恵を受けることになるかもしれない。

温帯の木の年輪の幅などの情報は、過去 1000 年ほどの気候を知る際の詳細な記録として使われている。一方、熱帯では、目で見てわかるほどの年輪ができるのは、チークなど限られた種類の木だけだ。ほとんどの木では、乾期と雨期の違いが小さいために、はっきりとした印ができない。これまでこうした木のサンプルからその年齢を決めるには、酸素と炭素の同位体測定を、時間をかけて行うしか方法がなかった。

熱帯の気候記録を調べる手段としては、ほかに、サンゴや湖の堆積物を使う方法がある。しかし、サンゴに残されている記録からは数百年しかさかのぼることができず、また、堆積物からは年ごとの変化を知ることはできない。これに比べて、熱帯の大木を使えば、過去 1000 年間の年ごとの記録を得られる可能性があるのだ。

**X線ビームで**

そして今回、プリンストン大学(米国ニュージャージー州)の地球化学者 Pascale Poussart たちは、一見したところ年輪がないように見える *Miliusa velutina* (パンレイシの仲間) というタイの木にも年輪があることを示した。実はこの年輪、目には見えないだけの話なのだ。

研究チームは、木のサンプル中に含まれるカルシウム量を調べるために、ブルックヘブン国立研究所(米国)のシンクロトロン光源の X 線ビームを使った。カルシウムは、木がよく成長する季節に吸収する無機物である。その結果、年ごとにみられるカルシウム含有量のピークを、1909 年の分までさかのぼることができた。この成果は、*Geophysical Research Letters* 誌に報告されている<sup>1</sup>。

研究者たちによると、カルシウムを使った今回の測定結果は、炭素同位体を使った今回の測定結果ともよく一致したという。しかも、より短時間でできた。「シンクロトロンで過ごしたのはせいぜい半日程度だった。同位体を使って同じデータを得ようとすると、4 か月がかかる」と Poussart は話す。

ウッズホール海洋生物学研究所(米国マサチューセッツ州)の上級研究者で、熱帯の気候記録の専門家である Paul Colinvaux は、「カルシウム含有量から乾期を見分けることができるなら、極めてありがたい進歩だ。熱帯で目に見える年輪ができる木はわずかしかないが、カルシウム含有量を利用できるなら、間違いなくより多くの種から記録を得られるチャンスがある」と評価する。

**高まる期待**

季節ごとのカルシウム含有量の増減サイクルがありふれたものなのか、あるいは少数の木だけにみられる現象なのかは、研究チームもまだ確かめていない。また、干ばつや、熱帯の一部の地域にみられるような、それほど厳しくない途切れ途切れの乾期の際にも識別可能な記録が残るのかどうかはまだわかっていない。

こうしたことを調べるため、Poussart は、スミソニアン熱帯研究所熱帯森林科



この木は何歳？熱帯の木には年輪がみられない。

学センターの科学者たちとの共同研究を計画している。同センターは、アフリカやアジア、ラテンアメリカで長期の森林監視プログラムを行っている。

ハーバード大学(米国マサチューセッツ州ケンブリッジ)の気候学者 Dan Schrag は、「熱帯の木が気候研究にどれほど役立つかは未知数だ。しかし、本当に役立つとなれば、この分野では大きな前進だ」という。

熱帯の生態系については、まだ多くの謎が残されている。「熱帯の木が実際にどれほどの速度で成長するのかさえ、生態学者たちはまだつかめていない。だからこそ、時間の計測に役立つものであればどのようなものでも、熱帯の森林のダイナミクスを理解するのに大きく貢献するだろう」と Schrag は話している。■

1. Poussart P.M., Myneni S.C.B., Lanzirotti A., et al. *Geophys. Res. Lett.*, **3**, L17711 (2006)

# 「アレルギーフリー」のペット

## Allergy-free pets surprisingly simple

アレルギーを起こしにくいネコが発売されるが、これは実は自然の賜物である。

doi:10.1038/news060925-5/26 September 2006

Michael Hopkin

一部の動物愛好家が喝采するようなニュースが流れた。かなり前から話題になっていた、ネコアレルギーを起こしにくい「アレルギーフリー」のペット用ネコが、近く発売されることになったのだ。このかわいい子ネコ、実は相当なローテクの産物で、この点は意外に受け止められるかもしれない。4000ドル（約48万円）近い値段と聞けば、なおさらのことだろう。

このネコを発売するのはAllerca社（米国カリフォルニア州サンディエゴ）で、現在、来年の販売に向けて予約注文を受け付けている。同社の創業者Simon Brodieの話によると、遺伝子操作によって低アレルギー性のネコを作ろうと研究に取りかかったところ、試験段階の初期において、生まれながらに飼い主の鼻をぐずぐずさせないネコが、偶然にも見つかったのだという。「まったくの自然の産物であるこれらのネコに出会えたことは、ラッキーだったといっていだろう」。

この成果のおかげで、Allerca社はペット市場で高収益が予想されるこの分野に先頭を切って参入し、遺伝子組み換えで低アレルギー性のネコを作り出そうとしている他社をリードしている。

### 極秘データ

Allerca社は当初、RNA干渉法という遺伝子発現抑制技術を使って、ネコアレルギー患者を刺激するタンパク質であるFeld1の遺伝子発現を抑制する計画だった。このタンパク質に過剰反応する抗体をもつ人々には、腫れ、呼吸障害、じんま疹、そして場合によってはアナフィラキシーショック（急激な血圧の低下を伴うショック症状。重い場合は意識障害を引き起こし、生命にかかわることもある）といった症状がみられることがある。

ところが、目的の遺伝子が正しく抑制されたことを確認するために使う遺伝子診断ツールを研究チームがテストしていたところ、通常型のFeld1とはわずかに異なっていてネコアレルギー患者を刺激しない型のFeld1を作るネコが、3匹見つかったのだ。その確率は5万分の1だったとBrodieは説明する。

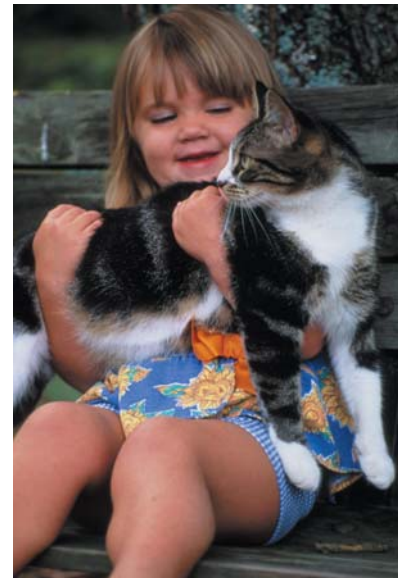
これらのネコの低アレルギー性を鑑定するため、その血統の第2世代にあたるネコ（「ジョシュア」と命名された）が詳細に調べられた。臨床アレルギー学を専門に研究するSheldon Spector（カリフォルニア大学ロサンゼルス校）は、ネコアレルギー患者のボランティアを10名募集し、目隠しをしたうえで、ジョシュア、普通のネコ、あるいは毛のふさふさしたネコのぬいぐるみに触れてもらった。その後ボランティアたちにみられた症状の記録からは、普通のネコよりジョシュアのほうがネコアレルギー患者にやさしいことが示された。

この実験データはいまだに学術専門誌に発表されていない。この研究に要した費用はAllerca社が負担した、とSpectorは話す。

### ネコをめぐる大論争

この研究成果が発表されると、ライバル会社の1つが大いに懐疑的な見方を示した。「遺伝子組み換えを使わずに、低アレルギー性のネコを得られるとは思えない」。こう語るのは、Felix Pets社（米国コロラド州デンバー）の創業者であるDavid Avnerだ。同社は、遺伝子組み換えで低アレルギー性のペットを作り出す研究を行っている。

Allerca社は、問題のネコの皮膚や体毛に由来するタンパク質が試験管内でヒトの抗体と実際に結合しないのかどうか、つまりアレルギー反応の基本過



そのかわいいネコは「アレルギーフリー」?

程が起らないかどうかを示したデータを公表すべきだ、とAvnerはいう。

これに対してBrodieは、実体験に代わるものはなく、ボランティアによる試験で既に高い成績を上げている、と反論する。「試験管内でこのような検証を行うのも結構だが、私たちは、できるだけ現実に近づけて検証を行いたい。まだ手元にデータはないが、このネコでうまくいくことはわかっている」。

Allerca社が自信をもって送り出す今回の商品には、あらゆる予防接種を済ませた子ネコに、飼い主の住居の既存アレルギーを調べるための補完的検査キットが同梱されている。

予約注文は2008年の分までに達しており、6000ドル（約72万円）を払っても順番を繰り上げてほしいという客もいる、とBrodieは話している。■



# Sleep it off

## 眠ってやせる

Nature Vol.443 (261-263)/21 September 2006

肥満の増加を食い止めるには、食事量を減らして運動量を増やせばよいといわれてきた。しかし、睡眠時間を増やすことも肥満防止に有効なのではないだろうか。Helen Pearson が報告する。

D.SIMONDS

栄養学の研究者 Arne Astrup は、疲れ気味で太りすぎの1人の少女のことを考えていた。彼女は12歳で標準体重を20キロオーバーしていたが、明朗快活で、普通の子どもより活動的だった。遺伝的な面や生活スタイルについては特に問題がないようにみえた。彼女の両親はほっそりしており、我が子のために栄養価の高い弁当を持たせて学校へ送り出し、家庭では彼女に健康的な食事をとらせようとする手だてを尽くしていた。ただし、この少女には夜更かしの傾向がみられた。夜遅くまで本を読んだりテレビを見たりするのが大好きで、睡眠時間が7時間に満たなかったのだ。

Astrup は、睡眠不足のパターンと食欲との関連性を指摘する研究が報告さ

れつつあることを知っていた。彼はこの可能性について少女の一家と話し合い、彼女の睡眠時間を9~10時間に増やすことにした。すると、この試みを開始してから1か月も経たないうちに少女の体重は減り始め、ジャンクフードも以前ほど欲しがらなくなった。

この少女の例をはじめとする複数の事例に立ち会って、この研究領域に対する自分の関心が一層高まった、とAstrupは振り返る。「睡眠をめぐる話はとても興味深い。極めて基本的なことだと思えるからです」。彼は現在、睡眠不足の被験者がピュッフェ式の食事で食べる量が増えるかどうかを調べる研究を計画している。

Astrup は、増加する肥満と睡眠不足を関連づける話に引きつけられ、両者が

いかに密接に結びついているかについて強い関心を寄せる数多くの医学研究者のうちの1人である。睡眠と摂食は人間の基本的欲求のうちの2つである。しかし欧米社会では、睡眠も摂食もコントロールが効かなくなりつつある。人々は睡眠不足に悩まされ、満腹になるまで食べてしまいがちだ。今日、多くの生物学者は、睡眠を軽視する風潮が太りすぎ増加の原因の少なくとも一端を担っているのではないかと考えている。

この説はあながち根拠のないことではない。というのは、この説を説明できそうな、大まかではあるが説得力のある生物学的機構が見つまっているからである。睡眠を制御する脳内機構と食欲を調節する脳内機構には、重なり合う部

分があることがわかってきている。この2つの機構は、人類進化の過程で、飢餓をうまくかわすために不可欠であったと考えられる。現在、多くの研究グループが、この2つの回路がどのように相互接続しているかを突き止めようとしている。米国立衛生研究所(NIH)は今年、この領域の研究に200万ドル(約240億円)を投じる計画だ。

### 睡眠でダイエット

米国メリーランド州ベセスダにあるNIHでは、臨床試験で薬剤の場合と同じように睡眠時間を増減させて調べようとしている。この試験では、疲労感を覚える肥満の被験者が、睡眠時間を一晩に1時間30分増やすだけで体重を減らせるか否かが検証される予定だ。「これは、喜びさえ伴うような肥満管理法となりそうです」とアラバマ大学(米国バーミングハム)で肥満の研究を行うDavid Allisonは語る。「多くの人々は、『寝る時間を少し増やせだって? ぜひやりたいね』というでしょう」。

一部の研究者は、肥満対策における関心や研究費が、悪い食生活と運動不足に集中しすぎていることに疑問を抱いている。彼らの主張によれば、睡眠を十分にとることは良好な健康状態を保つ上で不可欠であり、理想的には全人生の約3分の1が睡眠に費やされるべきだという。この考えが正しいとすれば、単に睡眠不足になるだけで、多くの人々は減量への道を自ら閉ざしていることになる。「睡眠を肥満防止のための3つ目の方策に加える必要があります」とノースウェスタン大学(イリノイ州エバンストン)で生物の概日リズムを研究しているFred Turekは語る。

肥満に関する斬新な考え方が求められているのは明らかだ。米国人の3分の2が、また世界中で約10億人が太りすぎ、もしくは病的肥満の状態にある。太りすぎの医学上の定義は、体格指数(もしくは肥満度指数; BMI)が $25 \text{ kg m}^{-2}$ 以上であるが、これより低い値でも健康上のリスクは徐々に大きくなると考えられ

ている。例えば、世界保健機関(WHO)の『世界保健報告 2002 年度版』では、糖尿病の約58%、虚血性心疾患の21%、一部のがんの8~42%が $21 \text{ kg m}^{-2}$ を超えるBMIに起因するとされた。

これまで研究者たちは、肥満原因の大半が、遺伝子構成やカロリーの過剰摂取、極端な運動不足にあるとみなしてきた。しかし、遺伝子を変えることは今のところできないし、人々に食事や運動に関する生活習慣を改めてもらおうとする試みは、これまでのところ、ほとんど効果が出ていない。

肥満の蔓延と並行して睡眠時間が減っているという事実は、睡眠パターンと肥満との関連性をうかがわせる最初のヒントとなった。米国人の1日の睡眠時間は、1960年には8~9時間だったが、現在では7時間未満に短縮している。同様の傾向は、ほとんどの先進国で生じていると考えられる。睡眠不足の元凶として主にやり玉にあがるのは、テレビやパソコン、終夜営業のスーパーである。また一部の国では、眠る暇があったら勉強や仕事や遊びのために、もっと有効に使ったほうがいとする風潮がみられる。

### 夜ふかしの影響

睡眠不足と肥満との事例的な相関は、疫学調査から浮かび上がってきた。世界各地から寄せられた小児と成人の両方を対象とする少なくとも10件ほどの調査報告で、睡眠時間の短い被験者に体重に関する問題が多いことが一貫して認められたのである。

コロンビア大学(ニューヨーク)のJames Gangwischの研究チームが行った有名な研究<sup>1</sup>では、1982~1992年に全米の9500人以上から集められた睡眠習慣の自己申告内容とBMIがつき合わされた。その結果、一晩に5時間しか眠らない32~49歳の人たちは、7時間以上眠る人たちと比べて肥満となる確率が60%以上高くなることが判明した。この相関性は、肥満と明らかに関連する教育、年齢、運動量、喫煙と

いった他の要因について補正した後でも変わらなかった。また、英国の小児を成長とともに追跡した調査では、7歳時の肥満傾向を推定する上で、両親の太りすぎやテレビの長時間視聴といった確認ずみのリスク要因とともに、3歳時の睡眠不足が重要な予測要因の1つとなることが判明した<sup>2</sup>。

もちろん、多くのありきたりの説明によって、睡眠不足の人々が太りすぎになる傾向があるという観察結果を説明できるかもしれない。第1の可能性として、肥満の人々は太っていて不健康なために眠りが浅くなりがちである。第2の可能性として、長時間起きている人は食べ物に手を伸ばせる時間が単純に長くなる。第3の可能性として、疲れてイライラしている人たちは、ヘルシーな食事をとったりリズムに通ったりしようという気にならない。つまりGangwischがいうには、「こういう人たちは、もういいや、ポテトチップスでも1袋食べよう、といいかねない」。現時点では、これらの説明のいくつかは否定することができず、これらの要因が肥満と睡眠の相互接続に少なくとも部分的な役割を果たしている可能性が高い。

しかし、ヒトや動物の研究で得られた別系統の証拠から、睡眠と肥満の結びつきはこの予想よりも根深いと考えられている。そうした証拠から、睡眠が食欲を増進させる生物学的機構の存在が明らかになったからだ。「この研究領域で権威のある著名な研究者たちは、睡眠と肥満には関連性があると述べています」とハーバード大学医学系大学院(マサチューセッツ州ボストン)の神経科学者で、自身もこの関連性に関する研究を始めているCliff Saperは語る。

そうした著名な研究者の1人が、シカゴ大学(イリノイ州)のEve Van Cauterだ。彼女の研究室からは、睡眠不足が代謝やホルモンにいかにか影響するかを示す結果が相次いで報告されている。ある研究<sup>3</sup>では、12人の若い男性を被験者にして、一晩あたりにとれる睡眠時間をわずか4時間として

2晩続けた。そして、レプチンとグレリンとよばれる2種類のホルモンの濃度を調べた。レプチンは脂肪細胞から放出されて満腹を知らせ、グレリンは胃で産生されて空腹を知らせる。Van Cauter たちは、4時間睡眠の場合と、2晩続けて9時間眠った場合とで、睡眠後のホルモン濃度を比較した。

### 同調不能

2日連続で睡眠不足の夜を過ごした男性たちの血中レプチン濃度は、9時間睡眠の場合よりも平均で18%低くなり、グレリン濃度は28%高くなった。同時に、寝不足で目のショボショボした被験者たちは空腹感が強く、タンパク質性食品や果物、野菜類よりも、ケーキやビスケット、ポテトチップス、パンといった炭水化物に富む食品を特に食べたがった。

ヒトで確認されたこれらの知見は、疲労したマウスの実験で得られた結果に酷似していた。一般に、ヒトの睡眠不足の状態をマウスやラットで再現するのはむずかしい。なぜなら、動物を覚醒状態に保つために無理矢理水中に突っ込むよ

うな方法は、動物にとってはストレスが大きかったり余分な運動が必要になったりするからだ。そのため、睡眠時間が削られたラットは、餌を多く食べる傾向はあっても体重は減ってしまう。

しかし、体内時計が異常をきたしたマウスの研究では、睡眠パターンと肥満との関連性がはっきり浮かび上がる。Turek は、Clock とよばれるタンパク質の機能が発揮されないように遺伝子操作を施したマウスを調べた。Clock は、身体の24時間のリズムを調節する視交叉上核とよばれる脳領域で活性が高いことがわかっている。視交叉上核は、睡眠や食欲をはじめとする無意識下の多くの身体機能を制御する、視床下部とよばれる脳の一部である。

Clock を欠損したマウスは、睡眠、摂食、運動のパターンが正常でなくなり、また Turek たちが明らかにしたように<sup>4</sup>、誕生から数週間後には太り始め、2~3か月後でメタボリック症候群の徴候を示すようになる。これは高血糖、高コレステロール、低インスリンといった病態が並ぶ症候群で、ヒトでは糖尿病や心疾患の前兆となる場合が多い。

Van Cauter たちと Turek たちの実験結果を総合すると、睡眠不足は食欲を調節する正常な生体機構を急速に壊して、ヒトや動物を肥満になりやすくさせることがうかがわれる。この2つの系を互いに結びつける一連の細胞および分子レベルの反応の詳細は不明であり、こうした問題を解明することは NIH の200万ドル拠出の目的でもある。「探しているのは、関連性を決定づけるような一片の証拠なのです」と Allison は語る。

脳内の睡眠調節系と食欲調節系の間に重なり合う部分があることは、研究者たちにもわかっている。視床下部にある細胞集団と、これらの細胞が産生する2種類のタンパク質には多くの注目が集まっている。これらのタンパク質は、オレキシンあるいはヒポクレチンという名前で知られ、1998年に2つの研究グループによって同時期に発見され、命名された。また同時に、オレキシンをラットの脳内に注入すると、摂食が促進されることが明らかにされ、このタンパク質が食欲調節に関与することが示された。

その後、他の複数の研究チームによって、この系がナルコレプシーとよばれる疾患では損なわれていることが確認された。ナルコレプシーは、眠るべきでないときに突然睡魔に襲われて眠り込んでしまう睡眠障害である。興味深いことに、ナルコレプシー患者も太りすぎていることが多い。研究者たちは現在、動物ではオレキシンを含有するニューロン(オレキシンニューロン)が覚醒、摂食、探索行動を高めると考えている。

### 蔓延を食い止める

睡眠不足と肥満の話にオレキシンがどのように関与しているかは、今のところ不明である。1つの仮説は、睡眠不足が視床下部の正常な概日活動(ほぼ24時間周期の活動)に干渉して、オレキシンニューロンの活性を高めるといったものである。このことがエネルギー消費と摂食に直接影響を及ぼしている可能性があり、また、レプチンやグレリン、そしておそらく他の食欲調節ホルモンの産



Fred Turek は、体内時計の異常が引き起こすマウスの睡眠パターンの乱れが、肥満と関連することを突き止めた。

生も変化させている可能性がある。しかしこれは、考えられるいくつかの機構の1つにすぎない。「不協和音で合奏するようなものです」と Van Cauter は解説する。「睡眠はヒトの全身の生理に影響を及ぼし、睡眠不足はあらゆる生理段階で悪影響をもたらすはずだ」。

進化の観点からいえば、食欲と覚醒の連携は生存に不可欠である。マウスは生き延びるために食べなければならず、餌を探すために覚醒していなければならない。そこで、エネルギー供給量の低下を認識することができて、食物を見つけ出すために個体を覚醒させる機構が必要となる。ヒトにも同様の制御機構があると考えられる。ヒトの祖先が飢餓と闘っていたころ、生きるために不可欠な食物を探しに行ったのは、こうした制御機構のなせるわざだったのだ。しかし現在、我々を通常よりも長時間覚醒させるあらゆるものが、どういう経緯でか、この回路を浸食してしまっており、そのせいで我々は、もはや燃焼されることのない過剰なカロリーを得るべく冷蔵庫内をあさることになる。

エール大学の Tamas Horvath と Xiao-Bing Gao の研究<sup>5</sup>では、オレキシンニューロンが活性化するための閾値が低いことが判明した。一晩食べないことで、ニューロンを興奮させる新しいシナプスの形成が促される。これによっておそらく、餌探しや摂食が促されるのだろう。Horvath は、これらのニューロンが、例えば仕事上のストレスや悩みによっても極めて容易に活性化されることを示唆している。食べることは「覚醒をもたらす不幸な副産物なわけです」と Horvath は語る。

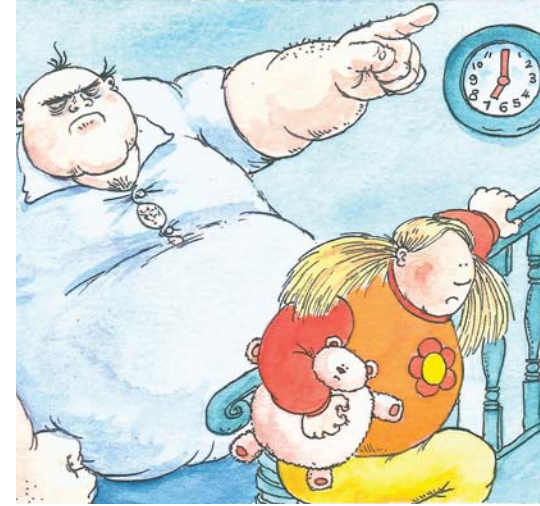
公衆衛生の面から緊急に解明すべき問題の1つは、肥満と睡眠パターンとの関連性を肥満対策に活かせるかどうかだ。米国立糖尿病・消化器・腎疾患研究所（メリーランド州ベセスダ）の Giovanni Cizza は、同研究所から資金提供を受けた臨床試験で、この問題を決着させたいと考えている。Cizza は現在、毎晩6時間以下しか眠らず、疲れ

気味で肥満した人々を150名募集している。被験者の一部には、睡眠時間を7時間30分に増やすように指示する（そして少額の奨励金が支払われる）予定である。研究チームは、睡眠を増やすことで体重、体脂肪、血中のレプチン濃度およびグレリン濃度に影響が出るか否かを、1年がかりで調べることにしている。仮に睡眠のおかげで余分な体重をわずかでも減らすことができれば、国民全体の健康に大きな影響を与えるだろうと Cizza は語る。

以上の論理に従えば、睡眠薬はダイエット薬としても使える可能性が出てくる。Van Cauter は、この可能性について、ある製薬会社から問い合わせを受けたと語る。広く使われている睡眠薬アンピエンを製造販売する Sanofi-Aventis 社（本社パリ）は、計画中の臨床試験はないと回答した。また、薬剤で睡眠相のパターンを完全に再現できない場合は、正常な夜間の睡眠がもたらすような有益な効果は望めないかもしれない。

米国防総省は、覚醒状態を維持する目的でパイロットが使用しているモダフィニルとよばれる抗疲労薬が、空軍の退役軍人の肥満増加に関係しているか否かを調査する4年間に及ぶ研究に、200万ドルを拠出している。モダフィニルはナルコレプシーや一部の睡眠障害にも処方されており、興奮性作用の一部をオレキシン作動系に対して発揮していると考えられている。

自然な睡眠であれ、薬剤の力を借りた睡眠であれ、睡眠時間を延長するだけで減量できるとする単純な考えに、首をかしげる専門家も少なくない。いったん太りすぎてしまうと、睡眠不足と抑制の外れた食欲とが悪循環に陥るのかもしれない。つまり、肥満のせいで睡眠が十分とれなくなり、睡眠不足のせいで体重がなかなか減らなくなるというわけである。「すべての人が一晩に8時間か9時間眠ったからといって、米国の肥満問題が解決するわけではない」と Turek は指摘する。



むしろ研究者たちが切望するのは、問題の発生を未然に防ぐために、「高リスク」の睡眠パターンをもつ人々を見つけ出すことだ。Van Cauter は、2～3時間の睡眠時間で問題なく暮らしている、一見すると恵まれた人々を熱心に探している。（睡眠をめぐる数ある謎の1つは、毎晩9時間眠る人がいる一方で、4時間の睡眠ですむ人もいることだ。）こうした人々は自分自身が短い睡眠時間で問題なく過ごせると考えているけれども、睡眠不足が長期的に健康に及ぼす作用に知らないうちに冒されている恐れがある。そこで、レプチン濃度変化などを「早期警戒信号」として使えば、本人が自覚している以上に体が睡眠不足の影響を受けていることを医師が把握できるかもしれない。

一部の研究者がいうように、最も有効な手だては、十分な睡眠時間を確保していない子どもを見つけ出し、そうした睡眠習慣が身につく前に、親に改善を促すことかもしれない。「毎晩もう30分長く眠らせることで本当に子どもがあまり太らなくなるなら、公衆衛生に計り知れないほどの影響を与えるだろう」と Saper は語る。 ■

Helen Pearson は、ニューヨークを拠点とする Nature のレポーター。

1. Gangwisch, J. E., Malaspina, D., Boden-Albala, B. & Heymsfield S. B. *Sleep* **28**, 1289-1296 (2005).
2. Reilly, J. J. et al. *Br. Med. J.* **330**, 1357 (2005).
3. Spiegel, K., Tasali, E., Penev, P. & Van Cauter, E. *Ann. Intern. Med.* **141**, 846-850 (2004).
4. Turek, F. W. et al. *Science* **308**, 1043-1045 (2005).
5. Horvath, T. L. & Gao, X.-B. *Cell Metabolism* **1**, 279-286 (2005).

# DIGGING FOR DODO

## ドーダーの実像に迫る

Nature Vol. 443 (138-140)/ 14 September 2006



月本桂代美

ドーダーが姿を消して350年がたつというのに、この絶滅鳥類に関する突飛な推理は消えることなく続いている。モーリシャス島で近年行われている発掘作業で、この生き物の実像が明らかになるだろうか。Henry Nichollsが取材報告する。

ドーダーはおそらく絶滅の象徴として最も有名な動物だが、絶滅に至った正確な時期や経緯については誰も知らない。実際、この飛べない鳥について多くのことを知る者は、現在のところ皆無である。16世紀初頭、ポルトガルやオランダの水夫たちが初めて目撃情報を伝えた時期の直後まで、ドーダーはインド洋のモーリシャス島に生息していた。世間に広がったイメージから、ドーダー（モーリシャスドーダー、*Raphus cucullatus*）はずんぐりとした鳥（ハトの仲間）で、巨大なくちばしをもち、鼻孔が大きく目はギョロリとしていたという見方が定着している。

しかし不格好なこの姿は、人づてに聞いた話や保存状態の悪い剥製標本から生み出されたまったく架空のドーダー像なのかもしれない（コラム「架空のドーダー像」参照）。ドーダーの骨は数千個あり、ドーダーの研究も数百件あり、ドーダーを大好きな人々は数えきれないほどいるが、ドーダーが実際にどのように暮らして死んでいったかを解明する助けにはなっていない。「我々は事実上、まだドーダーについてまったく何も知らないのです」と、ロンドン自然史博物館の鳥類古生物学者である Julian Hume はいう。

しかし、こうした状況も、モーリシャス島の Mare aux Songes（地図参照）

とよばれる沼地で行われている新しい発掘調査のおかげで、まもなく変わりそうだ。オランダの地質学者 Kenneth Rijdsdijk が率いる調査チームは、ドーダーの骨の発掘に最も重要と思われる遺跡をすでに2年連続で訪れている。この場所は数十年間にわたって手つかずの荒れた状態だったが、今後数年でこの遺跡の泥から、これまで発見されているドーダーの骨の数を1桁上回るほど大量の骨が見つかる可能性がある。また、この遺跡には細菌からゾウガメに至る完全な生態系が封じ込まれており、ドーダーの遺骸化石といっしょに保存されている。総合すると、この発掘調査に



よって、謎に包まれたこの鳥の生と死を知るための貴重な手がかりが、まず確実につかめるだろう。そしておそらく、滅んで久しいドーダーの忠実な復元像も初めて見せてくれることだろう。

意外に思えるかもしれないが、学者たちの意見は、ドーダーを実際に絶滅に追いやった原因を含め、非常に多くの基本的事実に関して一致していない。現在、次のようなさまざまな可能性があげられている。島にやってきた水夫たちがドーダーを大量に捕まえて食べたために、ドーダーの個体群を崩壊させてしまったのかもしれない。あるいはひょっとすると、水夫たちがドーダーの生息地を取り返しがつかないほど破壊してしまったか、島の生態系を壊すような哺乳類（特にネズミやブタ、ヤギ）を持ち込んだのかもしれない。または、熱帯低気圧などによる自然災害がドーダーをほとんど絶滅に近い状態まで追い込み、その後水夫たちが上陸したのかもしれない。専門家が推すのはネズミ持ち込み説だが、この時代までタイムトラベルでもしない限り確認するのは不可能である。

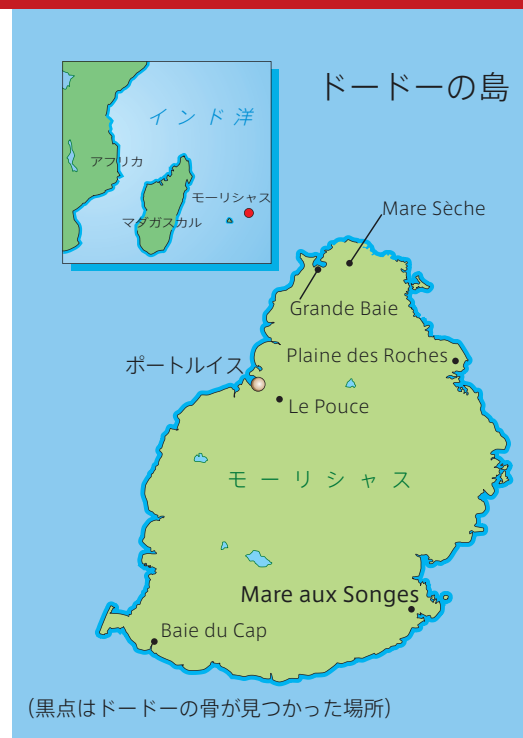
ドーダーが最終的に姿を消した年についても、見解は分かれている<sup>1</sup>。Humeは*Nature*誌上で、モーリシャスの首長の1人による詳しい狩猟記録から、彼の家来たちが1685～1688年の間に少なくとも1ダースのドーダーを仕留めたことがある、と主張した<sup>2</sup>。これに異議を唱える者もあり、その1人はHumeの友人であり同僚でもあって、英国鳥学会による1970年代のモーリシャス調査旅行の隊長を務めたAnthony Chekeである。Chekeによれば、首長の狩猟記録にある「dodaersen」という言葉は、モーリシャス島にいた別の飛べない鳥であるモーリシャスクイナ (*Aphanapteryx bonasia*) を指す表現として、1660年代まで使われた言葉だという<sup>3,4</sup>。Chekeの主張によると、信頼できるドーダーの最後の目撃情報は、1662年に難破した水夫の団がモーリシャス島から水の中を歩いて小島まで行き、「ガチョウより大きい」数羽の鳥を追い詰めたものだという。

### 標本焼失

姿を消した時期や経緯がどうであれ、ドーダーに関する物があまり残っていないことは事実である。水夫たちが国に持ち帰ったのは、話やスケッチ、剥製にした鳥だった。生きたままヨーロッパに持ち帰られたことがわかっているのは、1羽だけである。英国オックスフォードにあるアシュモリアン博物館に収蔵された骨格標本は、この持ち帰られた唯一のドーダーだったのかもしれない。しかし残念なことに、この貴重な標本の頭部と脚1本を除くすべての部分は1755年に焼失してしまった。この話には、1人の勇敢な学芸員がかかわっている。彼は炎の中に飛び込んで、標本の一部を切り取り、完全焼失から標本を救ったのである。世間に広く流布している話によると、実はこの火事は偶発的なものではなく、保存状態の悪化した標本を破棄する目的で、故意に火がつけられたものだという。このとき救出された体の部分は、1世紀以上にわたって、世界で最も重要なドーダーの遺物として扱われた。

やがて1865年、モーリシャス島の東海岸ではMare aux Songesのそばを走る鉄道線路を敷くために、技師たちが土地を切り開いていた。その地元の学校教師だったGeorge Clarkは、敷設用の掘削中に露出したドーダーの骨を偶然にも発見し、さらなる骨を見つけようと、現地労働者たちを指揮して近くの沼地を手探りで進ませた。

Clarkは結局、ドーダーの骨のある貴重な場所を見つけ出し、それらの骨をロンドン自然史博物館に売り渡した。ドーダーに関して現在わかっている解剖学情報の大部分は、19世紀末までにMare aux Songesで見つかったClarkの手による骨やその他の骨（合計200～300個の骨）である。しかし、Clarkの下で作業した人々の技量が未熟で粗雑だったために、Mare aux Songesから1羽分の完全骨格が出ることはなかった。世界各地の博物館で展示されているドーダーの骨格標本のほとんどすべては、Clarkやその後継者たちがこの沼地から掘り出した数羽分の遺骸を継ぎは



ぎして、1羽のドーダーの形に何とかまとめたものである。

ただし例外が1つある。それはモーリシャスの首都ポートルイスにあるモーリシャス研究所が所蔵する標本で、6フィート(180cm余り)のガラスケースの中に立っている。この標本は、理容師でドーダー好きのLouis Etienne Thiriouxが1890年代に見つけたもので、唯一の関節のつながった骨格標本である。これはおそらく、ポートルイスの南に位置するLe Pouceの洞窟で出土したものだだろう、とHumeはいう。しかし、Thiriouxはどうやら正確な出土場所を秘密のままにしていたようで、その後、2、3人がわざわざ彼の足取りをたどったが何も見つけられなかった。この渓谷は現在、雑草が生い茂って人が通れない状態になっている。

### 乏しい遺物

モーリシャス島内の別の場所で、ドーダーの遺物を探し続けた人々もいる。1974年に、Mare Sècheのボーリング孔から一握りのドーダーの骨が見つかったが、その土地所有者は古生物学者たちが発掘するのを許可してくれなかった。「ほかの場所でも骨は見つけられるが、数が非常に限られている」と、鳥類学者でモー



解明の鍵となるか？ Julian Hume(右)が持ち上げているのは、モーリシャス島の沼地で得られた土壌試料(左)から見つかった多数のドードーの骨のうちの1つ。

リシャス国立文化財基金の顧問でもある Anwar Janoo がいる。例えば、Janoo は島の南端にある Baie du Cap の崖に開口した洞窟で、いくつかのドードーの骨破片を見つけている。彼の話によると、脱走した奴隷や囚人がこれらの洞窟を隠れ家として使ったことがあり、見つかった骨はおそらく脱走者たちが捕まえて食べたドードーのものだろうという。Janoo はまた、北にある Plaine des Roches の崩れた溶岩トンネルの底で、骨をいくつか見つけている<sup>5</sup>。

Janoo は、北部にあるもう1つのドードー遺跡を知っていると公言している。そこは、フランス人古生物学者で映画製作者でもある Didier Dutheil が1999年にドードーの頭骨後部を掘り出した場所である。だが、Janoo も Dutheil も正確なありかを口外していない。その秘密主義にはイライラさせられると、Cheke はいう。「彼らがその場所に戻らず、もしくは少なくともその場所をだれにも教えていないということには感心するばかりだ」。

Mare aux Songes で見つかった200～300個の骨、Thirioux の見つけた骨格、Janoo の骨の破片を合わせても、今後の研究のためには明らかに数が少ない。しかし、Mare aux Songes で最近、発掘調査が行われるようになったのは、標本をさらに増やす必要性に迫られたからではない。ユトレヒトにあるオ

ランダ応用地球科学研究所に本拠地を置く Rijdsdijk と彼の同僚である Frans Bunnik が2005年10月にその場所に赴いたのは、むしろ偶然が積み重なったおかげである。彼らはドードーを探していたわけではなく、1638年にモーリシャス島にオランダ人が定住する以前の同島の植生や気候を再現するのに役立つような花粉サンプルを探していたのだった。

Rijdsdijk と Bunnik は興味深い地点をいくつか特定したが、それらの場所の1つが当時より140年前に Clark が発掘した沼地であることに、2人とも気づいていなかった。そこは海からそう遠くなく、サトウキビ畑に囲まれたジメジメとした低地だった。1940年代のこと、当時の英国当局は、この島の蚊とマラリアの蔓延に対処するため、Mare aux Songes を火山角れきで埋めるよう命令を出した。Rijdsdijk と Bunnik は、現地の地主に教えられて、自分たちのいる場所がどんどこか気づいた。その話によると、日本からやってきたドードー好きの人物の依頼で、1992年にこの沼地に5つのボーリング孔が掘られたのだという。その作業を依頼した人物は掘り出した掘削コアをまったく要求しなかったため、このオランダ人科学者2人がコアを見た最初の人間となった。

彼らは掘削コアの内容の豊かさに呆然とした。「コアにはさまざまな種類の堆積物が交互に詰まっていて、自分

たちの扱おうとしている題材が本当にダイナミックな環境に置かれていたことをまざまざと知らされたのです」と Rijdsdijk は語る。しかし、小さいながらも問題が1つだけあった。それは、これらのコアの本来あった場所を突き止める必要のあることだ。ボーリング技師の作成した大ざっぱな図には、海、1本の道、4本のヤシの木、そして5つのボーリング孔が描かれていたが、縮尺も方位も記入されていなかった。「まるで宝探しの地図だった」と彼は語る。

### ドードー探し

彼らは見込みのある1か所の位置を決めると、仮のコア掘削を始めた。「岩じりの石ころの層を80センチ突き進むのに1時間半もかかった」と Rijdsdijk はいう。だが、その下に彼らはドードーの骨を数十個見つけたのだった。

調査チームは2006年の7月、最も期待できる区画を定位するためのレーダーや、石だらけの最上層を取り除くための掘削機、8メートルほどの深さまで泥炭地を掘削するためのドリルを携えて、発掘現場に戻ってきた。回収された掘削コアには微生物や植物性物質がびっちり詰まっており、トカゲやゾウガメ、オウム、フクロウ、コウモリの骨もいっしょだった。これらの堆積物の年代は、放射性炭素を使った測定年代でもまもなく突き止められるだろ

うが、得られたコアには外来種がまったく含まれていなかった。つまり、得られたコアは、人間がモーリシャス島に到来する前のドードーの世界を見せてくれることになる。「これは、この（人間到来前のドードーの）世界を再現するまたとない機会を我々にもたらしてくれるでしょう」と Rijdsdijk はいう。

実際のところ、Mare aux Songes の遺跡によって把握できるのは、ドードーの一生のうちの瞬間だけではなく、もっと多くの部分に及ぶのではないかと、ニューヨーク州にあるフォーダム大学の古生態学者 David Burney はいう。「私は、得られるのは単なるスナップショットではないと予想している。動画のように、多少連続的に過去に戻る形で、景観の標本抽出ができるのではないかと彼は述べている。Burney は

ハワイで研究しており、ポリネシア人の到来によってハワイの生態系がどう変化したかを調べている。同様に、モーリシャス島に関するこの調査から、自然の力や人類の定住が島の生態系に及ぼす影響が明らかになるかもしれない。

今夏の発掘調査は、小部屋ほどの大きさの沼地エリアに集中した。そこからは約 4000 個の骨が見つかり、そのうち 200 ~ 300 個はドードーのものであった。この調査の初期結果は、2006 年 9 月後半にロンドンで開催される会議で発表されることになっている。Mare aux Songes には、古生物学的見地から出土が期待できる堆積盆地が合計で 3 つある。これらはおよそ 5 ヘクタールの範囲にわたり、ドードーの骨を数万個含んでいる可能性がある、Rijdsdijk はいう。

このように豊かな発掘物が得られれば、科学者たちの知識の空白部分が一部なりとも埋まるかもしれない。ドードーの雌雄は大きさが違っていただろうか？ 雄は、大きな形のくちばし、もしくは異性を引きつけるための別の形質を誇示していたのだろうか？

ドードーの卵の大きさはどれくらいか？ そして、Mare aux Songes のこれほど興味深い過去の遺物はどんな形で結末に至るのか？ それは自然災害だったのだろうか？ もしそうなら、人間の到来以前にドードーはほぼ絶滅状態に陥っていたとする説の信憑性が高まることになるだろう。

一方、この沼地からはドードーの DNA も得られるのではないかと期待している人々もいる。こうした研究のもつ潜在的な可能性は、オックスフォー

## 架空のドードー像

ドードーを取り上げた読み物は世の中に多数あるが、人づてに聞いた話だったり話が矛盾していたりするために、ドードーの本当の姿についてさまざまな誤解を招いてしまった<sup>7</sup>。

**体色** 目撃談はすべて、ドードーは灰色または黒っぽい色だったとしているが、17 世紀にオランダでドードーに似た白い鳥の絵が描かれ、これらが混乱を招いてしまった。これらの絵のうち一部は、すぐ隣にあるレユニオン島からやってきて現在は絶滅してしまったトキの仲間 (*Threskiornis solitarius*) を描いたものである可能性がある。他の絵は、アルビノのドードーを描いたものである可能性があり、おそらく体色が珍しいために特別扱われたのだろう。

**体形** ずんぐりして足が短く不格好な動物というドードーの一般的イメージは、おそらくフラマン人の画家 Roelandt Savery が 1626 年ごろに描いた 1 枚の絵に由来するものだろうと、ドードー専門家の Julian Hume はいう。それより以前の絵では、脚は長くて力強く、もっと直立した姿勢をしている。しかし、Savery の絵の複製はすぐに出回ってしまった。「1638 年以降のドードーの絵は、どれも本当の姿を描いたものとはいえない」と Hume は話す。

**鼻孔** 多くの絵でドードーの鼻孔は大きく開いて描かれている。これはおそらく、絵描きたちのほぼ全員が死んだ剥製標本をもとに絵を描いたせいだろうと Hume はいう。「皮膚が乾くと鼻孔は開く」とい



うのだ。生きている状態が死んだばかりのドードーをもとに描いたことが明らかな、上の 1601 年のスケッチに限ると、鼻孔はほとんど見えない。

**食餌** ドードーが食べていた物に関する情報はないに等しく、推測ばかりがひとり歩きしてきた。1973 年に提唱されたある説によれば、タンバラコクという木の種子はドードーの消化管を通り抜けずに発芽できず、ドードーがいなくなってタンバラコクは減少の一途をたどっているという。しかし最近、モーリシャス島でタンバラコクの若木が再発見されて、この説は一蹴された。

**食用に適するか** ドードーはおそらく伝えられているほどにはまづくなかっただろうと、Hume はいう。最古の説明書きの 1 つによれば、この鳥は「良質の食用肉」となるが、水夫たちが好んで食べたのはハト類やオウム類だったとしており、その理由はドードーが「忌まわしく不快な鳥」だったからだという。Hume は、この表現が誤解されたのではないかと考えている。彼が思うに、ドードーは美味だったが、こってりとして脂っこかったので、水夫たちはすぐうんざりしたのだろう。

H.N.

ドのドードー標本の足から抽出された DNA を材料とする既存の遺伝学研究でよく示されている。このときの解析から、ドードーに最も近縁な現生祖先種はミノバト (*Caloenas nicobarica*) であることや、ドードーとミノバトが 3000 万年以上前に分岐したことが示唆されたのだ<sup>6</sup>。しかし、この年代値は、火山性のモーリシャス島が海中から出現した年代よりかなり古い。新たな研究調査は、両種に分岐と島出現の関係性の解明に役立つかもしれない、新情報も得られるかもしれない、古代 DNA の専門家であるオックスフォード大学の Beth Shapiro はいう。「長期の地質年代にわたるドードーの大量標本から古代 DNA を採取することができたなら、絶滅に近づくにつれて個体群サイズがどう変化していったかを知ることができるかもしれない」と彼は話す。

ただし、Mare aux Songes の暑い気候と酸性の土壌条件は DNA の保存にはまったく向いていない。泥の初期解析から、数種の植物の DNA 配列が得られたが、ドードーのものと思われるような DNA はこれまでのところ皆無である。「我々はまだあきらめていません」と Shapiro は話す。

しかし、ドードーは DNA がなくてもショーの主演であり続けるだろう。最後のドードーがモーリシャス島のやぶの中をのんびり歩いていた時代からおおよそ 350 年、この鳥に関する認識は変化し続けている。「ドードーはある意味では死んでいるが、ある意味では元気に生きているのです」と Rijdsdijk はいう。

ドードーのもつ集金力は、今なお健在である。Rijdsdijk は非営利のドードー研究基金を創設し、来年 Mare aux

Songes への調査旅行に資金を供給したいと考えている。彼は、今夏使ったような破壊的な機械技術を使わずに、丁寧な発掘調査をするつもりでいる。来年以降になれば、箱にいっぱい詰まった研究用ドードーの骨にお目にかかるかもしれない。そしてもしかすると、この鳥にまつわる多くの作り話を一掃できるだけの材料がそろつかも说不定。■

Henry Nicholls はロンドン在住のフリーランスライター。

1. Roberts, D. L. & Solow, A. R. *Nature* **426**, 245 (2003).
2. Hume, J. P., Martill, D. M., & Dewdney, C. *Nature* **429**, doi:10.1038/nature02688 (2004).
3. Cheke, A. S. in *Studies of Mascarene Island Birds* (ed. Diamond, A. W.) 5-89 (Cambridge Univ. Press, Cambridge, 1987).
4. Cheke, A. S. *Ibis* **148**, 155-158 (2006).
5. Janoo, A. *Ann. Paleontol.* **91**, 167-180 (2005).
6. Shapiro, B. et al. *Science* **295**, 1683 (2002).
7. Hume, J. P. *Hist. Biol.* **18**, 65-89 (2006).

## ドードーの名を世界中に広めた物語

ドードーは、児童文学『不思議の国のアリス』の登場人物として描かれ有名になった。著者は英国の作家ルイス・キャロル (1832-1898)。刊行は 1865 年で、その後、世界中で翻訳されて多くの読者に愛された。日本語へも 1908 年 (明治 41 年) に、最初の翻訳が行われている。

物語は、アリスという名前の少女が白ウサギの縦穴に落ちて、人間の言葉をしゃべる動物などが住む不思議の世界へ迷い込むという内容。いろいろなユニークなキャラクターが登場するが、ドードーもその 1 つで、第 3 章の「コーカス・レースと長いお話」に出てくる。ドードーは、アリスや動物たちが涙の池でぬれてしまった体を乾かすために、コーカス・レースを提案する。このレースは、円形のコー

スをどっちにどれだけ走ってもよい競走で、服が乾いたところで終了となり、全員優勝、みんな賞品がもらえるというものだ。物語中で、ドードーは何か的外れなことをいう「デブでグズな鳥」というイメージで描かれており、著者のキャロル自身がモデルといわれている。彼はどもり気味で、しばしば本名の姓ドジソンを「ドー、ドー、ドジソン」と発音したという。

キャロルは英国のダーズベリ生まれで、オックスフォード大学卒業後、母校で数学と論理学の講師をしていた。あるとき、友人とともに学長の 3 人の娘たちを連れて、ピクニックに出かけた。そこで当時 10 歳のアリスにせがまれ、アリスを主人公とした即興のおとぎ話を話してみせる。その話が『不思議の国のアリス』のもとになった。

では、キャロルはどこでドードーを知ったのだろうか？ 彼の勤務先オックスフォード大学のアシュモレアン博物館には当時、ドードーの骨格標本と油絵

(Roelandt Savery 画) が展示されていた。時おり、ここを訪れていたことがきっかけとなり、物語にドードーを登場させようと思ったのかもしれない。 I.K.

著作権等の理由により画像を掲載することができません。

ジョン・テニエルによる挿絵。コーカス・レースの終了後、ドードーが賞品として指めきをアリスに与える場面。

# Shock breakout caught on camera

## スウィフト衛星がとらえた衝撃の瞬間

Timothy R. Young

宇宙で起こるガンマ線バーストと超新星爆発は、正確にはどういう関係にあるのだろうか。両者はとても密接な関係にあるらしく、ともに強い磁場をもつ中性子星が原因かもしれない。

Nature Vol.442 (992-994)/31 August 2006

宇宙で注目すべき現象が起き、その初めての観測結果が *Nature* 8月31日号の4論文<sup>1-4</sup>に報告されている。非常に活発なガンマ線バーストが、一人前の超新星爆発へと発展したのだ。ガンマ線バーストと超新星爆発が1つの観測機器で観測されたのは今回が初めてで、NASA（米航空宇宙局）のガンマ線バースト観測衛星「スウィフト」によってもたらされた。そして、この2現象が共通の原因で起こるらしいと示唆されたことは、非常に興味深い。

通常、成熟した星が自身の重力を支えるのに十分なエネルギーを熱核融合で作れなくなったときに超新星が起こる。続いて壊滅的で爆発的な崩壊が起こり、星の上層物質が内側に落下する。これが外側へ跳ね返る衝撃波を生み、その衝撃波はおそらく内部の磁場や回転からエネルギーを供給される。そして、「衝撃波の突破」つまり崩壊する星の表面から衝撃波が現れるときにそのエネルギーが解放され、数日間から数か月間にわたってあらゆる周波数の電磁波放射として宇宙空間に送り出される。これが超新星の典型的な特徴である。

比較的短くて急激なガンマ線バースト（GRB）は、ある種の超新星の早期警戒信号だという考えがかなり前からあり、ここ7年でGRBと超新星の組み合わせの候補が3つ見つかった<sup>5-8</sup>。しかし、GRBと超新星の関係について、決着をつける証拠

は得られていなかった。つまり、GRBから、超新星であることを示すあらゆる周波数の電磁波放射へと発展するようすはまだ目撃されていない。実際のところ、超新星の衝撃波の突破の瞬間を観測した例はこれまでなかった。

今回、2006年2月18日に突然現れた天体（超新星SN2006ajともガンマ線バーストGRB060218ともよばれている）がいくつかの波長で観測され<sup>1-4</sup>、こうした状況が変化した。この爆発する天体が、超新星に典型的なわずかに球面からずれた衝撃波と、GRBの特徴であるジェットのような物質の流れの両方を出したことを、4編の論文すべてが述べている。

Campanaたち<sup>1</sup>はX線データを使って、Pianたち<sup>2</sup>は可視光の光度曲線を使って、この星はコンパクトな状態で爆発した「ウォルフ・ライエ星」で、水素やヘリウムは含まれていなかったことを示した。この同定結果は、Mazzaliたち<sup>3</sup>が報告したコンピューターモデルによって支持された。X線データに基づき、200万度のガスの殻の広がり方を推定した結果、母天体の半径は1200万キロに絞り込まれた。これは、典型的な爆発する星の半径よりもかなり小さい<sup>1</sup>。可視光の光度曲線とスペクトルは、炭素と酸素からなる裸の中心核の爆発に特有なものだった<sup>2</sup>。

Campanaたち<sup>1</sup>によると、今回の現象のX線スペクトルには2つの異なる成分があった。1つはわ

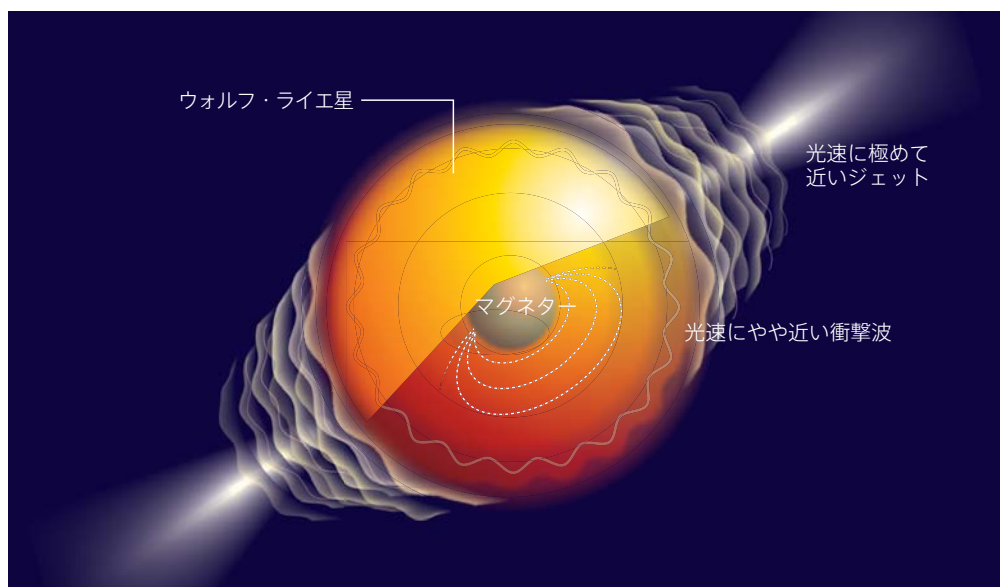


図1：ガンマ線バーストと超新星の関係。SN2006aj あるいは GRB060218 とよばれる天体を NASA のガンマ線バースト観測衛星「スウィフト」と地上から追跡観測した結果、ガンマ線バーストと超新星の原因は共通で、崩壊していくウォルフ・ライエ星と考えられる<sup>1-4</sup>。この天体は、マグネターとよばれる強い磁場をもつコンパクトな天体がその中心部にあり、光速に極めて近いジェット（GRB）と光速にやや近い速度で広がる衝撃波の両方を作る磁気的エネルギーを供給しているのかもしれない。より速く進展するガンマ線バーストのわずかに後に、つぶれていく星の表面を衝撃波が突破するとき、超新星爆発の典型的な特徴である、あらゆる周波数の電磁波放射が生まれる。

ずかに球面からずれた熱的成分で、これは超新星の衝撃波が星の外部へ出るときの加熱効果によって説明できる可能性が高い。もう1つは、鋭い指向性をもつ非熱的X線ジェットだ。Campanaたちは、このジェットはGRBの標準的なメカニズムによるものとみなすことができると考えている。すなわち、GRBは、光速よりほんの1000分の1パーセント遅い速度で運動する極めて光速に近いガスが発する電磁波放射である、というものだ。この放射は、爆発する星の回転軸に沿って起こる可能性が高い。

一方、Pianたち<sup>2</sup>とSoderbergたち<sup>4</sup>の観測によると、GRB060218のX線フラックスのエネルギー・ピークは5キロ電子ボルト（keV）で、これはX線スペクトルの低エネルギー端であった。標準的で活発なGRBによる放射エネルギーのピークは、250keV付近である。だから、観測された事象は低エネルギーの「X線フラッシュ」と分類され、標準的なGRBモデルとは矛盾するかもしれない。

興味深いことにSoderbergたち<sup>4</sup>も、観測した無線周波数のデータの中に、光速に極めて近いジェットによるものではなく、光速の90%というやや相対論的

な速度で広がる残骸が原因とみられる特徴を見いだした。これもまた、おそらく超新星衝撃波の特徴である。X線データからわかるジェットのエネルギーは、GRB060218が通常よりも全体としては弱かったことを示した<sup>1</sup>。しかし、衝撃波のエネルギー<sup>4</sup>は、超新星は通常よりも明るかったことを意味するようだ。もし、今回の現象が地球からもっと遠かったら気づかれないままだっただろう。実際、今回のGRBはこれまでに観測された中で2番目に地球に近いものだった。それゆえ、Soderbergたち<sup>4</sup>とPianたち<sup>2</sup>は両者とも、弱い超新星と関係している弱いGRBは、これまで考えられていたよりも頻繁に発生しているが、単に見落とされているだけなのだと推測している。

GRBと超新星は関連しているものの、今まで気づかれなかったという主張の別の証拠は、GRB060218の可視光の光度である。現れてから約2日後、バーストの可視光の残光がおさまったところ、全体の光度が再び目を見張るほど上昇し始めた。この追加の発光は超新星に特有のもので、最初の爆発で作られた放射性のニッケル56原子核がコバルト56原子核に崩壊して起こる。このプロセスは物質を再加熱し、可視

光の周波数で輝かせる。光度曲線におけるこうした一時的な増光は、GRBでも稀なことではない。距離がわかっている21個のGRBの可視光残光の研究では、うち9個が大きく増光したことがわかっている<sup>9</sup>。おそらく、これらはGRBに伴って起こる超新星が、GRBの残光をかるうじて上回った例なのだろう。

爆発で飛び散る星の残がいからは、残がいができるメカニズムについて豊富な情報が得られるが、3日後、地上にある光学望遠鏡も超新星爆発の残がいを検出した。光のスペクトルに水素とヘリウムが存在する形跡がなかったことから、この超新星はIc型と分類され、標準的な爆発よりも飛び散った質量は少ないと分析された<sup>2,4,10</sup>。

このため今回の観測<sup>1-4</sup>は、GRBを起こすことができる星のタイプを、より質量が少ない星へも広げることになりそうだ。そして、GRBジェットを作ることができる代わりにのメカニズムも必要となるかもしれない。これまで、GRBジェットの原因は、ブラックホールへの降着とされてきた。しかし、初期質量がより小さな星はブラックホールを作らず、タイプの異なる極端に小さな天体、すなわち中性子星を作ると考えられている。

Soderbergたち<sup>4</sup>は、「マグネター」とよばれる磁場の強い中性子星が今回観測された爆発の原因ではないかと提案している(図1)。マグネターによる説明は、非熱的X線の観測結果がGRBの通常メカニズムでは説明できないという問題を解決するだろう<sup>2-4</sup>。しかし実際、このX線フラックスは典型的なGRB残光にみられるのと似た2成分のべき乗減衰に従うことが観測され<sup>1,10,11</sup>、特別なメカニズムの必要性には疑問も残る。非熱的成分にエネルギーを与えているのはマグネターであるかもしれないが、それではいったいどんな方法なのだろうか。GRB060218の光度が小さいことから、ジェットが弱く細いものであることか、ジェットが相互作用する残がいほとんどないこと、あるいはその両方であることが示唆される。であれば、より低エネルギーに規模を縮小した従来のGRBのジェットモデルで完全にうまく説明できる。

爆発する星の中で作られる衝撃波の詳細な形状や力学については、疑問がまだ残っている。GRB060218の場合、ジェットが弱かったからこそ、隠れていた超新星が明らかになったようだ<sup>12</sup>。一

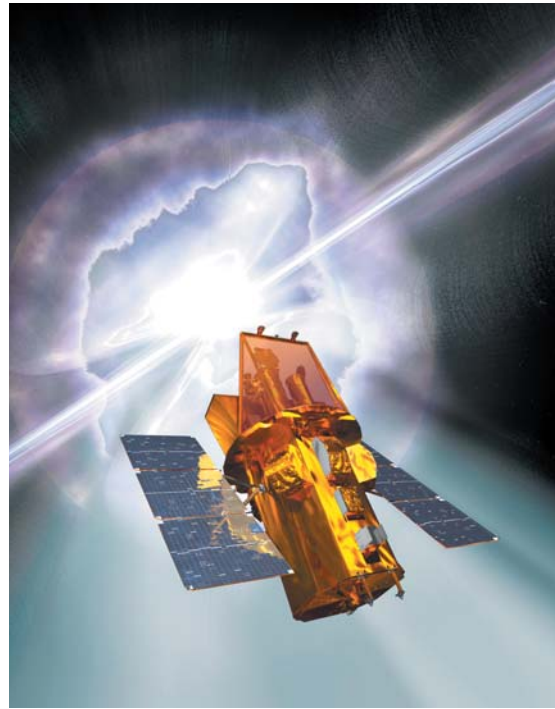


図2: ガンマ線バースト観測衛星「スウィフト」のイメージイラスト。

般的にいえば、光速に近いジェットが優勢なら、超新星はGRBの可視光残光の中に埋もれてしまうだろう。あるいは、この星の資源がジェットにエネルギーを与えるために使い果たされたら、超新星は起こらないのかもしれない。その場合、放出された物質のほとんどは、中心の動力源から2つの円すい形で噴き出すのが見られるだろう。これは標準的なGRBである。一方、(ほぼ)球形の衝撃波が優勢なら、超新星が見られる。

今はっきりしていることは、少なくともGRBの一部は、巨大な星の爆発が迫っていることを警告するために発せられた警報だということだ。それは、私たちが宇宙で最も大きな爆発についてさらに知るためには、望遠鏡をどちらに向ければよいかを教えてください。■

Timothy R. Young、ノースダコタ大学 (米)

1. Campana, S. et al. *Nature* **442**, 1008-1010 (2006).
2. Pian, E. et al. *Nature* **442**, 1011-1013 (2006).
3. Mazzali, P. A. et al. *Nature* **442**, 1018-1020 (2006).
4. Soderberg, A. M. et al. *Nature* **442**, 1014-1017 (2006).
5. Galama, T. J. et al. *Nature* **395**, 670-672 (1998).
6. Hjorth, J. et al. *Nature* **423**, 847-850 (2003).
7. Stanek, K. Z. et al. *Astrophys. J.* **591**, L17-L20 (2003).
8. Malesani, D. et al. *Astrophys. J.* **609**, L5-L8 (2004).
9. Zeh, A., Klose, S. & Hartman, D. H. *Astrophys. J.* **609**, 952-961 (2004).
10. Tagliaferri, G. et al. *Nature* **436**, 985-988 (2005).
11. O'Brien, P. T. et al. preprint available at [www.arxiv.org/astro-ph/0603530](http://www.arxiv.org/astro-ph/0603530) (2006).
12. Modjaz, M. et al. *Astrophys. J.* **645**, L21-L24 (2006).

# マリアナ海域で起こった大規模な海底火山の噴火を確認

田村芳彦

海洋研究開発機構・地球内部変動研究センターの田村芳彦グループリーダーらは、マリアナ海底の火山調査を米国海洋大気局（NOAA）などと共同で実施し、海面下で起こる大規模な海底火山噴火の撮影に世界で初めて成功した。この成果は、2003～2004年のNOAAによる成果と合わせて、*Nature* 5月25日号で発表された。

## 静穏な海の下で激しい火山噴火を目撃

**Nature Digest** — 今回の噴火は、どのような経緯で発見されたのですか？

**田村** — 噴火が確認されたのは、マリアナ諸島のロタ島の沖合い北西約60キロにある「NW ロター 1」とよばれる海底火山です<sup>1</sup>。マリアナ海域の海底火山については、NOAAが2003年から調査しており、2004年3月に「NW ロター 1」が噴火しているのを確認しています。「NW ロター 1」は、フィリピン海プレートの下に太平洋プレートが沈み込む「沈み込み帯」にできる海洋性島弧<sup>\*1</sup>の火山の1つですが、この海洋性島弧はマリアナから北へ小笠原を経て伊豆半島まで続いています。私たちは、2002年より伊豆小笠原の海底火山を調査していますが、アメリカの研究者にマリアナもやらないかと誘われる形で、2005年10月に共同で調査し、噴火が続いていることがわかったのです。

**ND** — 海面からは、異変は見られなかったのですか？

**田村** — 海面はとても静かで、変色域も見当たりませんでした。そもそも、変色域のある場所には潜航しません。われわれの仕事は安全が第一ですから。それに、火山の噴火は1か月とか2か月、早いものでは2週間ぐらいで終わることもあります。前回NOAAが噴火を確認してから1年半以上たっていたので、まだ噴火が続いているとは思っていませんでした。ところが、潜ってみたらすごいことになっていた…。

**ND** — 噴火はどんなようすでしたか？

**田村** — 水深500メートルの水圧が爆発を制御していて安全ではあったものの、やはり想像を絶するものがありました。マグマと海水が接触することで、不連続的に爆発が起こり、火山灰とスコリア<sup>\*2</sup>が激しく噴き上げられていました（写真1参照）。火砕流が斜面をどっと駆け下りていくようすや、噴煙といっしょに液体の二酸化炭素と思われる泡が大量に放出されるようすも観察できました。奥の方に一瞬、赤い溶岩も見え、マグマがすぐそこまで来ているのだと実感しました。

私たちは調査船「なつしま」のコントロールルームにいて、そこに無人探査機「ハイパードルフィン」が撮った映像が直接送られてくるようになっていました。「ハイパードルフィン」は「なつしま」とケーブルでつながっているので、映像といっしょに船も揺れるのです。まるで直接噴火を見ているようで、その迫力に腰が抜けるくらいびっくりしました。

**ND** — 海底火山の噴火を間近で観察することに成功しました。その意義はなんでしょう？

**田村** — 海底火山の噴火によってできた地層は世界中に分布していますが、それがどうやってできたのか、これまで誰も見たことがありませんでした。今回、直接目で見て確認できたことは大きな意義があると思います。もともと海底だったところが、マグマによって地殻がしだいに厚くなり、陸地へと成長していきます。海底で起こっている現象を見るということは、地殻の成長のいちばん最初の段階を見ていることになるのです。今回の映像を見て、マグマの成因や大陸地殻の成因に興味をもってくれる人がいたら、さらにうれしいですね。

## 採取した岩石からマグマ生成のメカニズムを探る

**ND** — 沈み込み帯の火山を調べることで、地殻の成長過程がわかるのですね。

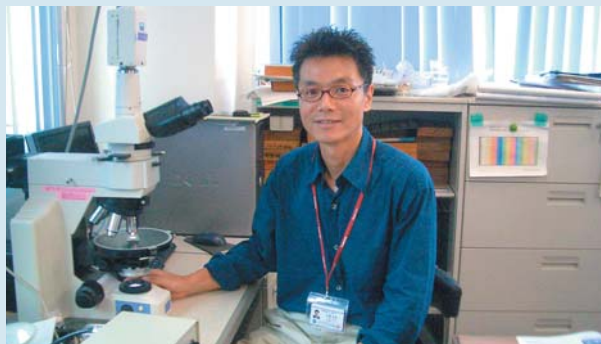
**田村** — 大陸地殻の平均組成は安山岩<sup>\*3</sup>です。一方、海洋地殻は玄武岩<sup>\*4</sup>できていて、安山岩は見られません。ただ、沈み込み帯の島弧の火山の地下には、安山岩組成の地層が存在していることがわかっています。大陸地殻は沈み込み帯で生成されているのです。ただ、不思議なことに、噴火している火山自体は玄武岩組成の溶岩が多いのです。「NW ロター 1」の溶岩も玄武岩組成ですが、その地下には少しずつ安山岩ができています。玄武岩溶岩と大陸地殻をつくる安山岩は、いったいどんな関係にあるのか？「NW ロター 1」の岩石を分析することで、その謎を解明したいと思っています。

田村芳彦  
海洋研究開発機構



写真1：「NW ロター 1」の爆発的な噴火の連続写真。水深は533メートル。約50気圧の水圧で抑えられているにもかかわらず、脈を打つように激しく噴石を放出している。また、液体二酸化炭素と思われる大量のガスが放出されている。白く濁った海水には細かい火山ガラスが含まれている。





**ND** — 682 キロモの岩石試料を採取したと聞きます。どんなことがわかりましたか？

**田村** — 頂上から採取した溶岩とふもとの溶岩とでは、化学組成やマグマの中に含まれる水の量に違いがあることがわかりました。1つの火山で、2種類のマグマが共存しているのです。水はマグマの成因に深い関わりがあります。プレートが沈み込むとき、マントルに水が供給されます。水が入り込むことでマントルの融点が下がり、固体であるマントルが部分的に溶けてマグマができると考えられているのです。このとき、1つの火山の下で、ある場所ではマントルに水がかなり入り込んでウェットなマグマができ、別の場所では水の影響をあまり受けずにドライなマグマができるというように、不均一性があるのではないかと考えています<sup>2</sup>。この不均一性が火山の下のマントルで普遍的に見られれば、沈み込み帯のマグマがどうやってできるのかを解明する糸口になると思っています。

**ND** — 伊豆小笠原とマリアナとは、何か違いがありましたか？

**田村** — 両者を比較してみると、出てくるマグマに明瞭な違いがみられました。カリウムの量がマリアナの方が高いのです。そのほかの元素はかなり似ているのですが、明瞭に違う元素があるのはなぜなのか？ 1つの仮説ですが、プレートが沈み込むときに、水だけでなく、堆積物が溶けてマントルの中に入り込むとカリウムの多いマグマができるのではないかと考えています。岩石については今、まさに研究しているところです。その成果をこれから発表していく予定です。

### 大陸の成長過程を明らかにしたい

**ND** — 地球内部のことを調べるために、海で調査を行うのはなぜでしょう？

**田村** — 海は陸地に比べて地殻が薄く、マントルに近いからです。マグマは地殻を通る間に高熱で周りの地殻を溶かし、マグマ自体が地殻で汚染されていきます。ですから、地殻が数十キロもあると、マグマのもつ情報のどれがマントル由来の情報で、どれが地殻由来の情報なのかわからなくなってしまいます。海洋性の島弧のような、できたばかりの沈み込み帯の火山を調べれば、地殻が薄いですから、マントルからのピュアな情報を手に入れることができるのです。

**ND** — マグマの研究に携わるようになったきっかけは？

**田村** — もともと石が好きでしたし、溶岩は偏光顕微鏡で見る

田村芳彦（たむら・よしひこ）／海洋研究開発機構地球内部変動研究センター・地球内部物質循環研究プログラムグループリーダー。理学博士。1961年、石川県生まれ。1986年、東京大学理学部地学科卒業。1991年、同大学大学院理学系研究科地質学専攻博士課程修了。1997年に金沢大学理学部助手、2001年に地球フロンティア研究システムグループリーダー、固体地球統合フロンティア研究システムグループリーダーを経て、2004年7月より現職。

伊豆小笠原の海底火山を中心に、マグマの成因とそのメカニズムについて研究している。また、東北日本の火山分布と地下の地震波構造を結びつけることで、マントル内の高温領域が、より深部から地表に向かって指状に伸びていることを明らかにし、それがプレート沈み込み帯における火山及び火山帯形成の原因であることを見いだした<sup>3</sup>。

ととてもきれいです。硬くてきれいな石がどうやってできたのか、という興味がありました。実際にマグマの成因を研究してみると、奥が深くて、なかなか一筋縄ではいきません。私たちが調べられるのは固まった溶岩ですから、それが地下深くでマグマだったときにどんな状態だったのか、どこでどのようにしてできたのかは、想像力で補わなければなりません。パズルははずれているところがいくつもあって、全体像を想像しながら作業をする。そういうところが研究上の楽しみでもあります。

**ND** — 今後の計画をお聞かせください。

**田村** — 伊豆小笠原マリアナの海底火山で、海洋性島弧からどのようにして大陸ができていくのか、その過程を明らかにしたいと思っています。今、「ちきゅう<sup>\*5</sup>」という掘削船を使って、伊豆小笠原の海底掘削を行う計画を立てているところです。海底火山の地下に安山岩が存在するというのは、実は地震波の観測から出された間接的なデータにすぎません。実際に海底を掘り抜いて、その岩石を手にとって見てみたいという思いがあります。実物をこの目で見て、大陸地殻の成長の過程を解明したいですね。是非、成功させたいと思います。

**ND** — ありがとうございます。 ■

### 聞き手は財部恵子（サイエンスエディター）。

\*1 海洋性島弧

海洋においてプレートの境界に位置し、プレートの沈み込みに伴う火山活動によって形成される弧状の海山列。伊豆小笠原マリアナ弧は典型的な海洋性島弧で、火山島や海底火山が弧を描くように多数形成されている。

\*2 スコリア

火山噴出物の一種で、塊状で多孔質のものうち暗色のものを指す。岩滓ともいう。

\*3 安山岩

マグマが急激に冷えて固まった火山岩の一種で、二酸化ケイ素（SiO<sub>2</sub>）の含有率が53-63%の中性岩。大陸地殻の平均組成は二酸化ケイ素が約60%で、安山岩である。また、日本列島のような沈み込み帯の火山で特徴的な岩石である（磐梯山、白山、大山など）。安山岩マグマの成因については、まだはっきりわかっていない。

\*4 玄武岩

マグマが急激に冷えて固まった火山岩の一種で、二酸化ケイ素の含有率が53%以下の塩基性岩。地球上で最も多く見られる岩石で、地球表面の70%を占める海洋地殻を構成している。日本でも玄武岩マグマは多く噴火している（富士山、大島、三宅島など）。地下のマントルが部分的に熔融することによって生成される。

\*5 ちきゅう

地球深部探査船。世界で初めて海底下7000メートルを掘り抜く能力を備えた掘削船で、マントルや巨大地震発生域への到達が可能である。国際的な海洋科学掘削計画である統合国際深海掘削計画（IODP）の主力船として、地球内部の探査を行う。

1. Robert W. Embley et al, *Nature*, **441**, 494-497 (2006)

2. Tamura, Y. et al, *Journal of Petrology* **46**, 1769-1803 (2005)

3. Tamura, Y. et al, *Earth and Planetary Science letters* **197**, 105-106 (2002)

# ありふれた皮膚の体細胞から多能性幹細胞を作り出す

山中伸弥

京都大学再生医学研究所の山中伸弥教授たちは、皮膚などにあるありふれた線維芽細胞にいくつかの遺伝子を導入することで、胚性幹細胞によく似た人工的多能性幹細胞を作り出すことに成功し、Cell誌に発表した<sup>1</sup>。この成果は世界中の幹細胞研究者が待ちわびていたもので、Nature誌のErika Check記者は「山中はホームランを打ったようだ」とのコメントを出した。その山中教授に研究の経緯や今後の課題などについて、話をうかがった。

## ありふれた細胞をES細胞のように変える

**Nature Digest** — 今回、皮膚の細胞から胚性幹 (ES) 細胞<sup>\*1</sup>のような多能性幹細胞を作り出すことに成功されましたが、なぜこのような研究をされたのですか？

**山中** — 脊髄を損傷したり、重度の糖尿病に陥った場合、そこに新たな神経細胞やインスリン産生細胞を供給できれば、高い治療効果がもたらされると期待されています。いわゆる再生医療です。現在、そのような細胞の供給源として「ES細胞を分化させたもの」が期待されています。しかし、ヒトの胚から樹立するES細胞の利用には慎重な運用が求められていますし、仮に使えるようになったとしても、他人のES細胞を用いることによる拒絶反応の問題などが残ります。そこで私たちは、入手しやすいありふれた細胞に遺伝子操作を加えることで、ES細胞のように多能性と無限増殖能をもつ細胞を作り出せないかと考え、一連の研究を始めました。

**ND** — 具体的にどのようなことをされたのですか？

**山中** — 今回の研究では、細胞はすべてマウスのものを使用しました。私たちは「体細胞に多能性を誘導する因子」は、「ES細胞の多能性を維持する因子」でもあるだろうと考え、1999年に、その因子の探索を始めました。ES細胞における遺伝子発現と体細胞における遺伝子発現とを網羅的に比較し、2005年までに24個の候補遺伝子を選び出しました<sup>2</sup>。これらの遺伝子産物はさまざまな機能をもっており、ES細胞でのみ特異的に発現しているものや、発現は特異的でなくてもES細胞で重要な機能を果たすものなどが含まれていると考えられました。ただし24個に絞ったのは「まずはこのくらいから始めたらよいだろう」という程度の気持ちからで、確固たる根拠があったわけではありません。

**ND** — 次に、どのような操作を行ったのですか？

**山中** — 「ある細工」をしたマウスの線維芽細胞に、候補遺伝子を人工的に導入し、その細胞がES細胞のような多能性を獲得できるかどうかを確かめました。「ある細工」とは、候補遺伝子の1つでES細胞でのみ特異的に発現する*Fbx15*を、特殊な薬剤の耐性遺伝子と置き換えた遺伝子改変マウスを作ったことです。このマウスから取り出した細胞が、ES細胞のような多能性細胞になれば*Fbx15*の代わりに薬剤耐性遺伝子が発現するため、薬剤を加えても死にませんが、体細胞のままであれば薬剤耐性をもたないため、死に至ります。つまり、遺

伝子導入後に培養し続けて生き残った細胞は、すべてES細胞様の多能性細胞である可能性が高いということになります。

## 本当に必要だったのはわずか4遺伝子

**ND** — どのようにして、候補遺伝子を導入したのですか？

**山中** — 私たちはレトロウイルスベクター<sup>\*2</sup>を用いて、24個の候補遺伝子を1つずつ導入する実験と、24個すべてをランダムに導入する実験を並行して行いました。すると、1遺伝子ずつ入れた細胞はすべて死んでしまいましたが、24遺伝子をランダムに入れたものは「50万～100万細胞あたり数十個」という少ない確率ながらも、生き残る細胞があり、コロニーを形成しました。これらを2週間培養したところ、いずれも、ES細胞のように小さく丸い形状に変化し、増殖能や遺伝子発現もES細胞によく似たものであることがわかりました。さらに、ES細胞はヌードマウス<sup>\*3</sup>に移植すると奇形腫を形成しますが、私たちが樹立した細胞にも同様の性質がありました。

**ND** — 24個の遺伝子がすべて必要だったのですか？

**山中** — 24遺伝子をランダムに入れてみるというのは、高橋和利特任助手のアイデアだったのですが、実際にはそのうちの数個が入ればよいほうだろうと考えていました。ところが、コロニーの細胞を調べてみると、どれも20個以上の遺伝子が入っていました。遺伝子が20個も必要だとは思えなかったので、やはり高橋特任助手のアイデアで、今度は24遺伝子のうちから1つずつ減らして導入する実験を行いました。すると、特定の4遺伝子 (*Oct3/4*, *Sox2*, *c-Myc*, *KLF4*) のうちの1つでも抜いた場合には、ES細胞様の多能性細胞を樹立できないことがわかりました。このうち、*Oct3/4*と*Sox2*はES細胞でのみ特異的に発現する、幹細胞研究者の間ではおなじみの遺伝子です。*c-Myc*は自己複製を促進するがん遺伝子として知られています。盲点だったのは4番目の*KLF4*でした。これはES細胞に特異的というわけではなく、細胞の増殖促進にも抑制にもかかわるというユニークな遺伝子です<sup>3</sup>。私たちは、コロニーの細胞を「人工多能性幹 (iPS: induced pluripotent stem) 細胞」と名づけました (写真1参照)。

## 再生医療への応用に向けて

**ND** — ヒトでもiPS細胞を作り出し、再生医療に使えるようになるのでしょうか？



山中伸弥（やまなか・しんや）/ 京都大学再生医学研究所再生誘導研究分野教授。医学博士。1962年、大阪府生まれ。1987年、神戸大学医学部卒業。1993～1996年、カルフォルニア大学サンフランシスコ校に留学。1999年、奈良先端科学技術大学院大学遺伝子教育研究センター助教授に就任。2005年に研究室ごと京都大学再生医学研究所に移り、現職の再生誘導研究分野教授に就任した。

医学部卒業後、整形外科医を目指したが、基礎研究に方向転換し、発生工学を学ぶ。アメリカ留学から帰国後にES細胞の研究を始める。多能性を維持するための重要因子の探索を始め、2003年に*Nanog*を同定。2005年までに、重要因子の候補を24種選び出すなど、数多くの成果をあげている。

写真1

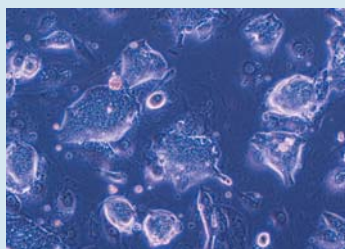


写真2

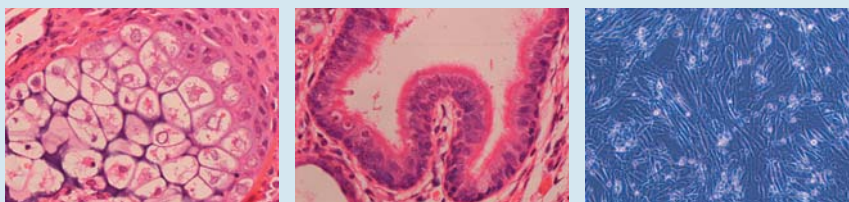


写真1は線維芽細胞から誘導されたiPS細胞。ES細胞のように小さく丸い形状をもつ。写真2はiPS細胞から分化誘導した細胞で、左から軟骨、腸管、皮膚の細胞。

**山中** — ヒトで同じ結果が得られるかどうかは、今のところまったくわかりません。ヒトの線維芽細胞も容易に採取できますが、マウス細胞に施したような細工がヒト細胞ではむずかしく、実験系を作るのに苦労している状態です。また、ヒト細胞ではレトロウイルスベクターの導入率がかなり低いことも問題となります。

もちろん、ヒトへの応用を目指していますが、まだ先は長いと思います。当面はヒトの線維芽細胞でiPS細胞を作ることが目標です。がん遺伝子である*c-Myc*をヒトの体内に導入してよいのかという問題や、染色体に取り込まれる部位によってはがんを発症するレトロウイルスベクターを用いてよいのかといった問題もあります。安全性の点では、極めて大きな課題があるといわざるを得ませんが、問題ははっきりしているので、いずれ解決への道が開かれるのではないかと考えています。

**ND** — iPS細胞は特定の体細胞に分化できたのでしょうか？

**山中** — iPS細胞は軟骨細胞、腸管細胞、皮膚細胞などに分化させることができました（写真2参照）。ただし、ES細胞は生殖細胞にも分化させることができますが、iPS細胞を生殖細胞に分化させることは成功していません。その理由はよくわかっていないのですが、再生医療に用いる場合には、生殖細胞に分化させると倫理的な問題が発生するおそれもあるので、必ずしも完全なES細胞状態に誘導できなくてもよいと思っています。

一方、創薬において、化合物の効果を検証するためにiPS細胞由来の細胞を使うことはむずかしくないと考えています。例えば、アルツハイマー病やパーキンソン病の患者さんからiPS細胞を採取し、そこから神経系の細胞をたくさん作って、治療薬の候補化合物をスクリーニングすることなどが可能だと思います。

**ND** — 日本はヒトES細胞の使用基準がとても厳しいですが、その点をどのようにお考えですか？

**山中** — 日本はヒトES細胞を樹立した国のなかで、最も使用条件が厳しい国になっています。ヒトES細胞の利用は基礎研究に限られていますが、それでも使用申請後、許可が下りるまでに1年もかかっています。新たなES細胞株の樹立はきわめて慎重に行われるべきですが、すでにあるヒトES細胞については、存分に研究に使われるべきだと思います。

私たちの成果によって、ヒトES細胞が必要とされなくなるのではないかとという声もありましたが、それは正しくありません。ES細胞とはどういう細胞なのか、多能性や無限増殖能のメカニズムがどうなっているのかなど、残された謎は多く、まだまだ研究されるべきことが山積みです。同時に、私たちのような研究成果も、ヒトES細胞研究で得られた知見によって十分に検証される必要があると思っています。

**ND** — 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 胚性幹 (ES) 細胞

生殖細胞を含むあらゆる細胞に分化することができ、無限の増殖能をもつ樹立細胞株。再生医療の切り札としての期待が大きい反面、生命の萌芽である受精卵を利用して作られることから、その利用に際しては課題も多い。

#### \*2 レトロウイルスベクター

レトロウイルスはその粒子内にインテグラーゼという組み込み酵素をもっており、その働きによって遺伝子が高効率に宿主染色体に組み込まれる。この性質を利用して開発されたベクター。

#### \*3 ノドマウス

モデルマウスの系統の1つで、体毛がないためにノドマウスとよばれる。胸腺がないので免疫性が著しく乏しい。ヒト由来のがん組織を移植して、抗がん剤の効果などを研究するのに用いられる。

1. Takahashi, K. & Yamanaka, S. *Cell* **126**, 663-76 (2006).

2. Mitsui, K. et al. *Cell* **113**, 631-42 (2003).

3. Rowland, B. D. & Peeper, D. S. *Nature Reviews Cancer* **6**, 11-23 (2005).

脳に損傷を負って意識が戻らないまま身体は生き続けている状態を、一般に「植物状態 (vegetative state)」とよんでいます。しかし最近、「植物状態」と診断されていても外部からの刺激に対して脳内活動を示す患者がいることが、脳スキャンを使った研究で示されたため、その定義や基準が揺らいでいます。

Nature では、この話題を 2006 年 9 月 14 日号の論説記事および News で取り上げました。以下の論説記事を読んで、研究の内容をより詳しく知りたい場合には、News (Michael Hopkin, *Nature* 443, 132–133) にも挑戦してみましょう。

## Editorial

語数 : 528 words 分野 : 神経・医療倫理

*Nature* 443, 121–122 | doi: 10.1038/443121b; Published online 13 September 2006

### Flickers of consciousness

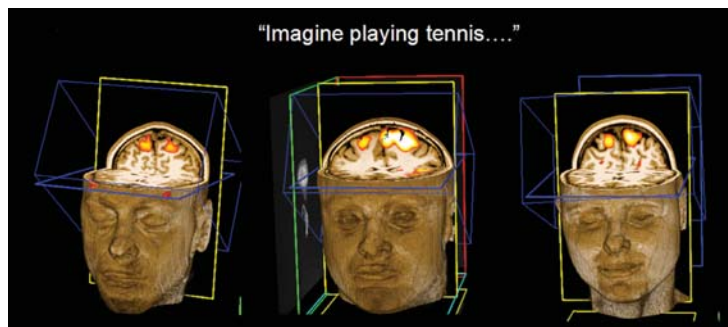
<http://www.nature.com/nature/journal/v443/n7108/full/443121b.html>

Brain scans are forcing researchers to reconsider the state of outwardly unresponsive patients.



1. The news that a patient in a **vegetative state** has shown signs of awareness of the outside world, and an ability to perform **mental tasks** on request, **marks a turning point** in the investigation of these **enigmatic** medical conditions. It also means that neuroscientists have some serious thinking to do.
2. The evaluation of vegetative states, in which patients are often 'awake' but show no outward sign that they are aware of themselves or their environment, has always been difficult, simply because of the huge variability in the nature and severity of the brain injuries that **underpin** them. What is often so heartbreaking for friends and relatives is that the patient's mental quality of life is unknowable.
3. **In the wake of** the latest research (A. M. Owen *et al. Science* 313, 1402; 2006), the inevitable calls for all 'vegetative' patients to be considered internally conscious should not **be heeded**. This case **has little bearing on** ethical questions over whether or not the most severe cases should be denied treatment and allowed to die. Clearly, for those with the **bleakest prognosis** — those who have shown no improvement over a period of at least 12 months and are categorized as being in a 'permanent vegetative state' — the chances of finding any sign of awareness are negligible.
4. But when considering those at the less severe end of the spectrum, such as the British patient at the heart of the latest research, the new discovery presents a **conundrum**. Loved ones of similar patients will **clamour for** a chance to see whether they, too, are capable of similar feats. Clinical neuroscientists should stress that no two vegetative patients are alike, and that this remarkable case may be a **one-off**.
5. Unique or not, the discovery blurs the distinction between a vegetative patient and those classed as 'minimally conscious' — showing limited or intermittent interaction with their surroundings. As the patient has reportedly improved since the study was carried out, it is entirely possible that the brain scans simply reflected early signs of her recovery. But with brain scanning of vegetative patients becoming more common (although far from routine), the medical criteria for diagnosing a vegetative condition will have to **be scrutinized**.
6. A patient is currently classed as vegetative if there are no outward signs of genuine awareness, rather than simple **reflex responses** to stimuli such as pain. But although this patient remained **inscrutable** throughout the study, her brain scans suggested she was picturing herself **scampering** across a tennis court, or roaming around her home. If such rich internal mental processes are seen in other outwardly vegetative patients, then clinicians should revise their opinion on whether or not these patients are really vegetative at all.

7. Some clinicians **take issue with** the use of the word 'vegetative' and the unpleasant imagery it evokes. Replacing it with the term 'outwardly unresponsive' would help to eliminate any confusion over whether internal awareness should be factored into a diagnosis. But the ultimate impact of this discovery will **hinge on** whether more patients are found to have this sort of inner responsiveness. Then, the issue of what constitutes consciousness in these patients — a question that transcends mere brain imaging — will come alive.



交通事故で植物状態になり5か月が経過した23歳の女性と、対照となる12人の健康な被験者に「テニスをしているところを想像してください」とそれぞれ指示したところ、どの人でも大脳前頭葉にある補足運動野（SMA）が同じように活性化した。

A.M. OWEN

### Topics vegetative state (植物状態) とは？

#### 定義

植物状態とは、自分自身および自分の環境をまったく認識していないが、睡眠覚醒サイクルは存在しており、視床下部および脳幹の自律機能が全面的または部分的に維持されている臨床状態を指す。

#### 診断基準

植物状態の診断は、以下の基準を使って行うことができる。

植物状態にある患者には、以下の徴候がみられる。

- 自分自身または環境を認識していることを示す証拠がなく、他者との相互作用ができないこと
  - 視覚刺激、聴覚刺激、触覚刺激または侵害刺激に対する持続性、再現性、目的性または随意性のある行動反応の存在を示す証拠がないこと
  - 言語理解または言語表現ができることを示す証拠がないこと
  - 断続的な覚醒がみられ、睡眠覚醒サイクルの存在が認められること
  - 視床下部および脳幹の自律機能が十分に維持されており、医療と看護による生存が可能なこと
  - 腸失禁と膀胱失禁があること
  - 保持されている脳神経（瞳孔、眼球回頭、角膜、前庭眼球、咽頭）反射と脊髄反射の程度にばらつきがみられること
- (American Academy of Neurology)

### Science key words

リード **brain scans**: 「脳スキャン」

CTやMRIに代表される脳撮像 (brain imaging) 技術を意味する。この記事で紹介されている研究では、fMRI (functional magnetic resonance imaging、機能的磁気共鳴画像法) を用いて、所定のタスク (作業、課題) を課した被験者の脳を走査して、脳の活動状態を撮像している。

1. **mental tasks**: ここでは、「テニスをしているところを想像してください」といった精神的なタスクのこと。
6. **reflex responses**: 「反射応答」  
意識の存在が確認できる動物において、特定の刺激に対して規則的かつ無意識に起こる反応のこと。

### Words and phrases

タイトル **flickers of ...**: 「かすかな〜」「わずかな〜」

flicker は「ちらつき」「(炎の) ゆらめき」といった意味。

リード **outwardly unresponsive**: 外面的に (outwardly) 無反応な状態 (unresponsive)、つまり「体を動かす」「言葉を発する」といった反応がない状態を意味する。「植物状態」という用語が一部で嫌悪されていることもあり、植物状態より具体的な表現で、今回の研究で示された「精神的には応答している」ケースが含まれるようになっている。

1. **marks a turning point**: 「転機を迎える」  
turning point 「転換点、転機」に mark 「印をつける」という意味。
1. **enigmatic**: 「謎めいた、不思議な」「得体の知れない」  
名詞の enigma は、わざとわかりにくい比喩を使って読み手や聞き手の知力を試した散文や韻文のことで、そこから転じて「謎」という意味が引き出された。
2. **underpin**: 「根拠となる、実証する」  
もともとは「建造物などを下から支えて補強する」という意味。
3. **in the wake of ...**: 「〜を受けて」「〜をきっかけに」  
wake とは「(船が残した) 波の跡」のことで、そこから in the wake of ... は「〜のすぐ後に続いて」「〜にならって」という意味となった。
3. **be heeded**: 「注意を払う」「聞き入れる」
3. **has little bearing on ...**: 「〜とはほとんど関係がない」
3. **bleakest prognosis**: 「最も見込みのない予後」  
prognosis とは「予後」、すなわち病気の経過や結果についての見通しのこと。この語にかかる形容詞 (good, bad など) によってその程度を表すが、ここでは bleak 「暗い、希望のない」の最上級を用いて、希望の持てない状態を強調している。
4. **conundrum**: 「難解な問題」  
もともとは、「語呂合わせの入ったなぞなぞ」という意味。
4. **clamour for ...**: 「〜を強く要求する」  
clamour は「叫んだり、わめいたりすること」。特に強い主張や不満、反対の意思を示すための叫びを意味することが多くなった。
4. **one-off**: 「1 回限りの事物」
5. **be scrutinized**: 「注意深く調べられる」「じろじろと観察される」
6. **inscrutable**: 「調べても解明できない」
6. **scampering**: 「機敏に動き回ること」
7. **take issue with ...**: 「〜と反対の立場に立つこと」「〜に反論すること」
7. **hinge on ...**: 「〜にかかっている」「〜に左右される」  
名詞 hinge は「(ドアなどの) ちょうつがい」「関節」の意味。広義には物事の要となる点のことを意味し、その具合によって物事のよし悪しが決まることが連想される。depend on ... とほぼ同じ意味で使われる。

## Editorial

## 参考訳

Nature 443, 121-122 | doi: 10.1038/443121b; Published online 13 September 2006

### 揺らめく意識

<http://www.nature.com/nature/journal/v443/n7108/full/443121b.html>

脳スキャンによって、研究者は、外面的に無反応な患者の状態を再考することを迫られている。



- ある植物状態の患者が外界を認識していることを示す徴候がみられ、その患者は、求めに応じて精神的作業を行う能力を有している、とする研究報告があり、この謎めいた病状の研究が転機を迎えている。またこの研究は、神経科学者が、この論点のある程度真剣に考える必要があることも意味している。
- 植物状態の患者は「覚醒」していることが多いが、自らあるいは自らの環境を認識していることを示す外面的徴候はみられない。植物状態の根本原因である脳損傷の性質と程度が極めて多様だという単純な理由のため、この状態を評価することには、絶えず困難が付きまわっている。患者の精神生活の質を知りえないために、患者の親戚や友人が心を痛めることも多い。
- 最新の研究報告 (A. M. Owen *et al.* *Science* **313**, 1402; 2006) を受けて、すべての「植物状態の」患者は内面的には認識能力があると考えべきだと主張されることは避けられないが、それに耳を傾けるべきではないだろう。この研究で取り上げられた症例は、最も重症の症例において治療を拒否して患者を死なせるべきかどうかという倫理的問題とは、ほとんど関係がない。予後に最も見込みのない症例、すなわち 12 か月以上にわたって症状の改善がみられず、「永久的植物状態」と分類された症例については、認識の徴候が見つかる確率はごくわずかなことは明白なのである。
- しかし、今回の研究の焦点となった英国の患者のように比較的軽度な症例を考えると、この研究での新発見は 1 つの難問を提起したといえる。これと同じような症状の患者の家族が、それぞれの患者に際立った能力があるかどうかを調べる機会を与えてほしいと強く求めてくるのが予想されるのである。臨床神経科学者は、植物状態の患者に 2 人として同じ症状の患者はおらず、今回の研究で示された特筆すべき症例は、この患者にしか当てはまらないかもしれないことを強調すべきだろう。
- この患者だけなのかどうかはさておき、今回の発見は、植物状態の患者と「最小意識状態」と分類される患者（周囲との相互作用が限定的あるいは断続的な患者）の区別を不明瞭なものにしている。今回の研究では、患者の症状が検査実施後に改善したことが報告されていることから、脳スキャンの結果は単に病状回復の初期徴候だったと考える余地も十分にある。しかし植物状態の患者に対する脳スキャンが（日常的というにはほど遠いが）従来よりも頻繁に行われるようになってきているため、植物状態の医学的診断基準を詳細に検討する必要があるだろう。
- 現在の分類によれば、痛みなどの刺激に対する単純な反射応答ではなく、本当の認識があることを示す外面的徴候がない患者は植物状態とされる。今回の研究が行われている間、患者の病状は解明されなかったが、患者の脳スキャンの結果からは、テニスコート上を俊敏に走り回り、あるいは家の周りを動き回る姿を思い描いているようすが示唆された。もしこのように豊かな心的過程がほかの外面的植物状態の患者にもみられるのであれば、臨床医はこれらの患者が本当に植物状態にあるのかどうかについての見解を変えるべきだろう。
- 一部の臨床医は、「植物状態」という用語の使用とそれによって連想される好ましくないイメージに異を唱えている。「植物状態」の代わりに「外面的無反応」という用語を使うことは、内面的認識を診断の際に考慮すべきかどうかをめぐる混乱をなくすうえで役立つかもしれない。しかし、今回の新発見が究極的に影響力をもてるかどうかは、この種の内面的反応を示す患者が今後も見つかるかどうかにかかっている。もしそうなれば、植物状態の患者の意識は何によって構成されているのかという論点が、単なる脳撮像の問題を超越して活発に議論されるようになるだろう。

# 日本語で読む nature

Nature Digest は、Nature に掲載された社説、ニュース、最新研究の論説を日本語で編集した月刊誌です。さらに、世界的にインパクトを与えた発表の特集記事や日本人科学者へのインタビュー、科学英語に親しむためのコーナーなど日本オリジナルの企画編集記事も充実しており、「仕事や勉強に役立つ。」と多くの方から支持を受けています。

**Nature Digest Online誕生!** ※ 2006年8月号 **コンテンツ無料公開中!**

Nature Digest のコンテンツが、nature.com に新しく加わりました。すべてのコンテンツが PDF でダウンロードできます。



## ■ Nature Digest対象分野

数学、物理、天体・宇宙・天文学、化学、地球科学、環境、医学、生命科学、バイオテクノロジー、コンピューター、工学 など。

## ■ Nature Digest目次

Highlight	—————	[論文ハイライト抜粋]
Editorial	—————	[社説]
news@nature.com	———	[Natureオンラインニュース]
News	—————	[科学ニュース]
Special Report	—————	[特集]
News Feature	—————	[科学ニュース読み物]
Japan News Feature	———	[日本の科学ニュース]*
News and Views	—————	[科学論説]
Business News	—————	[ビジネスニュース]
Japanese Author	—————	[日本人科学者へのインタビュー]*
英語でNature	—————	[科学英語トレーニング]*
Nature Gallery	—————	[自然の写真]*

\*は日本オリジナルの企画編集記事です。

## 2006年7月 ※ Nature Digest Online 誕生!

### ■ Nature Digest (プリント版+オンライン) 購読価格

口座引落 670円【月々】

郵便振込/クレジットカード 7,980円【1年】

### ■ Nature Digest Online購読価格

クレジットカード 550円【月々】、6,000円【1年】、10,800円【2年】

ご購入はこちらから

[www.naturejpn.com/digest-f2](http://www.naturejpn.com/digest-f2)

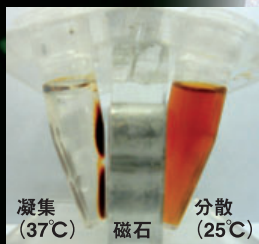
ナノテクを用いた磁気ビーズの革命

# Therma-Max<sup>®</sup>

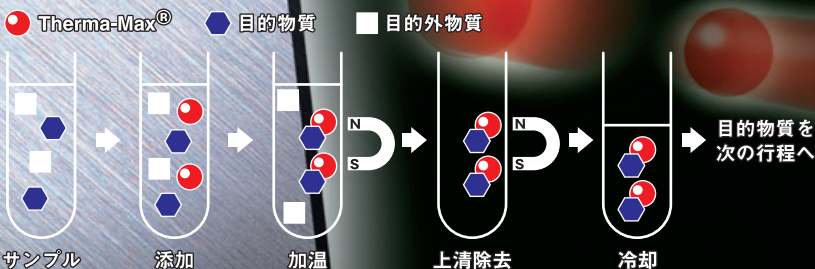
サーマ・マックス

## 今までとは違う結果があなたを待っています。

Therma-Max<sup>®</sup>の  
凝集後の磁気回収及び分散



Therma-Max<sup>®</sup>を用いた分離精製プロトコール



Therma-Max<sup>®</sup> 製品一覧

《研究用試薬及び分離用磁石》

商品名	包装	希望納入価
Therma-Max-LA Avidin	1ml	¥39,800
Therma-Max-LC Carboxylic acid	1ml	¥19,800
Therma-Max-LA Avidin (30)	1ml	¥39,800
Therma-Max-LAm Amine	1ml	¥19,800
Therma-Max-LPA Protein A	1ml	¥19,800
※Therma-Max-LPG Protein G	1ml	¥19,800
Magna-Stand 6 1.5mlまたは2.0mlチューブ6本用の磁気スタンド	1台	¥16,800

※予約注文品  
●金額に消費税は含まれません。

**高速処理**  
タンパクの認識時間が数分、  
磁気回収が数十秒と高速。

**高い結合性**  
ミクロンサイズの磁気ビーズの約10倍。

**高い特異性**  
親水性高分子の二重構造。

**高い分散性**  
水溶液中で均一分散。

製造・販売

 **Magnabeat Inc.**

**マグナビート株式会社**

〒290-8551  
千葉県市原市五井海岸5番地の1  
チッソ石油化学株式会社 五井研究所内

【製品に関するお問い合わせ】

TEL 0436-21-5127

FAX 0436-23-0381

http://www.magnabeat.com/


国内販売元

 **Wako**

**和光純薬工業株式会社**

本社 〒540-8605  
大阪市中央区道修町三丁目1番2号  
TEL 06-6203-3741 (代表)

支店 〒103-0023  
東京都中央区日本橋本町四丁目5番13号  
TEL 03-3270-8571 (代表)

 フリーダイヤル 0120-052-099  
フリーファックス 0120-052-806

E-mail: labchem-tec@wako-chem.co.jp  
URL: http://www.wako-chem.co.jp