

nature DIGEST

日本語編集版

APRIL 2008

VOL. 05, NO. 4

4

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



コウモリは いつ飛んだ？

www.研究 補助依頼 .com



www.lab-recruit.com

研究補助依頼.comとは？

皆様の研究支援サポートをモットーに、研究職（ポスドク・マスター・テクニシャン・補助者）や秘書職（プロジェクト・英文・一般事務職）、技術職（SE・PG・web作成者）等の「研究」に特化した欲しい人材を、皆様に代わって探し出し・ご紹介するというシステムです。

人材派遣は勿論のこと、紹介予定派遣や人材紹介等も承っております。初めての方でも「分かり易く」を心掛け丁寧にご対応致しますので、お気軽にお問い合わせ下さい。

初めて依頼される方へ

採用

人選・面談・採用までの手間と費用が掛かりません。
勿論、募集費用等は無料です。

労務

勤怠管理等は不要です。
社会保険料支払い、年次有給休暇の付与も必要ありません。

人事

実務経験者や条件に合ったスキルを持つ方、即戦力をご紹介します。

もっと優秀な人材が欲しい…
人材が足りなくて困っている…

私達が人材探しのお手伝いをします！

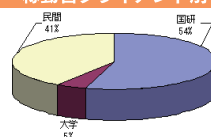


■主な取引先

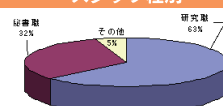
産業技術総合研究所／高エネルギー加速器研究機構
農業・食品産業技術総合研究機構／物質・材料研究機構
防災科学技術研究機構／気象研究所／建築研究所
国土地理院／情報通信研究機構／土木研究所
日本原子力研究開発機構／日本産業技術振興協会
日本食品科学工学会／農業環境技術研究所
農業生物資源研究所／放射線医学総合研究所
京都大学／大阪大学／神戸大学／大阪市立大学
株式会社クリタス／株式会社トクヤマ など

取扱実績

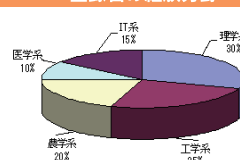
移動者クライアント別



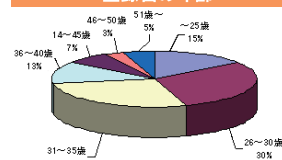
スタッフ種別



登録者の経験分野



登録者の年齢



詳しくはホームページをご覧ください。

サイエンス・アライアンス・ジャパン
研究開発
支援
www.science-japan.com

お問い合わせ → request@lab-recruit.com

www.研究補助依頼.com

検索



コウモリはいつ飛んだ？

表紙：AMERICAN MUSEUM OF NATURAL HISTORY

HIGHLIGHTS

- 02 vol. 451 no.7181, 7182
vol. 452 no.7183, 7184

EDITORIAL

- 06 女性が1人ではまだ不十分

NATURE NEWS

- 08 サンゴを死に追いやる日焼け止め
09 自然治癒するゴム

NEWS

- 10 がん増殖のかぎを握る「正常」遺伝子
Erika Check Hayden

SNAPSHOT

- 11 ヒッグス粒子の探索に取りかかる準備

NEWS

- 12 「ホビット」はクレチン症だった？
Rex Dalton

NEWS FEATURE

- 14 DARPAの今日的意義を考える
Sharon Weinberger

- 20 ナンバー登録による遺伝学
Monya Baker

- 25 誰が誰だかわからない
Jane Qiu

NEWS & VIEWS

- 28 コウモリはいつ飛んだ？
John Speakman

- 30 ナノワイヤーを利用した
ディスプレイの可能性
Hagen Klauk

JAPANESE AUTHOR

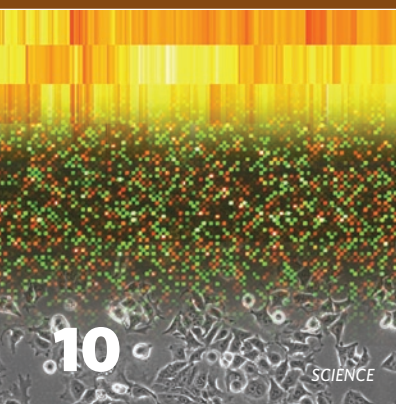
- 32 マントル遷移層が乾燥していたことを
発見！——芳野 極
坂元志歩

英語で NATURE

- 34 'Monogamous' vole in love-rat shock
「一夫一妻制」のお手本なのに
不貞を働くなんて！

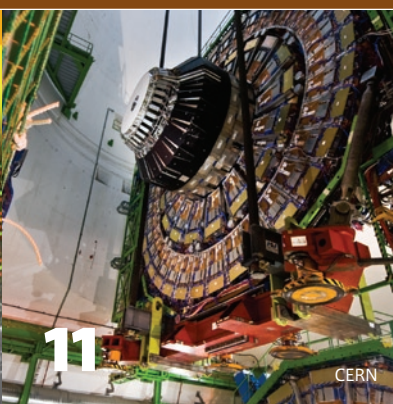
www.nature.com/naturedigest

© 2008 年 NPG Nature Asia-Pacific
掲載記事の無断転載を禁じます。



10

SCIENCE



11

CERN



14

G. BLEVINS/REUTERS



20

W. FERNANDES



火星での水の流れ：火星表面の地形を再現する

WATER FLOW ON MARS: Martian surface features recreated

火星表面で観測されている三角州や沖積扇状地が、どのような水の流れによって作られたのかを解明することは、惑星表面での水の歴史を理解するための基盤となる。流れの継続時間はとりわけ重要な情報であるが、今のところ、火星で起こった水文現象の継続時間に対する見積もりは、数十年から数百万年までと一致していない。今回、ユトレヒト大学のユーロタンク施設内で行われた砂の移動に関する一連の水路実験で、火星の特徴的な地形である階段状またはテラス状の三角州が再現された。この結果は、階段状の扇状地が降水現象ではなく、地下の貯水層から急激に放出された水流によってできたことを示唆している。火星表面にみられる環境では、この地形は数十年かけて起こった1回の堆積盆地形成現象として矛盾せず、この地形を作るためにはミシシッピ川程度の大河川によって放出されるのと同じくらいの水量を必要とした可能性がある。表紙は、ユーロタンク施設内の実験で作られたクレーターの4 mm/ピクセルデジタル地形モデルの合成写真である。

Letter p.973 参照

次の新興感染症はどこで？

The next new disease

新興感染症は健康に対する大きな脅威であり、最近の例としては、AIDS、SARS、薬剤耐性細菌、およびエボラウイルスなどが挙げられる。新興感染症の「ホットスポット」を見つけ出せば、健康リスクを初期段階で見分け、それを封じ込める戦略を整えることができるだろうと考えられる。1940年から2004年の間に発生した300例を超える新興感染症に関する分析から、これらのホットスポットについて、社会経済的、環境的、生態的要因に基づいて詳しい地図を作れることが明らかになった。データは、監視活動や現在使われている研究費の多くが先進国に集中していることを明らかにしているが、リスク地図は開発途上国のほうが新興感染症発生の可能性がずっと高いことを示している。

Letter p.990, N&V p.898 参照

切れてもくっつくゴム

Self-mending rubber

ゴムバンドは切れてしまったら、それでおしまい。もう1本用意しなくてはならない。ところが、今週号に報告されている画期的な新材料は、ずいぶん異なる性質を示す。多重水素結合を形成する3種の官能基をもつ分子の会合により、鎖状部と架橋部の両方をもつ「超分子ゴム」が形成される。この超分子ゴムは、ゴム特有の性質、つまり元の長さの数倍に引き伸ばされても回復可能な伸長性を示す。だがこの系は、巨大分子からなる従来のゴムとは異なり、破断されたり切断されたりしても、室温で破断面どうしを合わせると自己修復が可能なのだ。この新材料は、脂肪酸と尿素という簡

単な原料から合成でき、合成後は容易に再処理・再加工される。今回作られた超分子ゴムは、ひずみ回復が遅く、応力を受け続けると「変形（クリープ）」するが、出発原料を調節することによってさまざまな特性が実現できる。

Letter p.977, N&V p.895 参照

太陽系外惑星で見つかった高速の水素

Hydrogen at speed

太陽系外惑星 HD 209458b は原子状水素の巨大な雲に取り巻かれていて、この雲は恒星円盤よりも広い領域を覆っている。この惑星が親星の前面を通過するときに観測されたスペクトル線によって、惑星から遠く離れた位置で高速運動する原子状水素の存在が明らかになり、惑星の外気圏から水素原子が散逸し親星の輻射圧で加速されているものと説明されていた。Holmström たちは、太陽系では太陽風の高エネルギーイオンが中性の惑星大気にぶつかる場所ではどこでも高エネルギー中性原子がみられるという事実に基づいて、この説明とは別のモデルを提案している。このモデルでは、恒星風の粒子が外気圏の中性水素から電子を奪い、高エネルギー中性原子が生まれるとしている。

Letter p.970 参照

由緒ある細胞小器官

An organelle with history

アピコンプレクサは動物に寄生する原生動物類で、マラリアやトキソプラズマ症などのヒト病原体が含まれる。そのほとんどが葉緑体の名残で色素のない「アピコプラスト」をもっており、この寄生虫の生存にはこれが不可欠である。光合成遺伝子は細胞小器官の進化の過程で失われたと考えられてい

るが、「光合成を行うアピコンプレクサ」の子孫で光合成色素を含む色素体をもつものは知られていなかった。このほどシドニー港のイシサンゴから単離された生物は、こうした要件をほぼ満たしている。この藻類はサンゴと共に生息しているが、自由生活性生物として培養可能で、系統学的にはアピコンプレクサに近縁である。その葉緑体は遺伝学的に目新しい性質を備えており、光合成関連遺伝子の存在に加えて、トリプトファンが UGA コドンによってコードされている。UGA コドンの使用はアピコプラストの特徴である。

Article p. 959, N&V p. 896 参照

飛翔の進化を見直す

A new angle on flight

化石鳥類や現生鳥類の研究により鳥類の飛翔の起源を解明しようとする試みから、2つの仮説が生まれた。初期鳥類は地上から飛び上がったと考える説と、飛翔は樹や崖から飛び降りることから始まったとする説である。鳥の翼の動きは鳥がそのとき何をしているかによって大きく変わるので、飛翔している鳥類の観察はこれまであまり役に立ってこなかった。今回 Dial たちは、イワシャコ（ウズラに似た地上性鳥類）の動きを撮影することで、飛翔の起源に関する混乱は見方の違いに起因することを明らかにしている。脊柱の線を基準座標系とすれば、翼は特定の行動に従って運動しているようにみえる。しかし、翼が地面（重力）となす角度のほうを考察すると、この角度は、体部が何をしているかに関係なく狭い範囲に限られることがわかった。したがって飛翔運動は、特定の角度での羽ばたきを学習するという問題であって、原始鳥類が地上から飛び上がったのか、高いところから飛び降りたのかとは関係ないということになる。

Letter p.985 参照

神経幹細胞と学習

Neural stem cells in learning

ニューロンの新生は成体脳でも起きており、それは学習や運動やストレスなどの外的刺激によって影響を受けるようにみえる。しかし、この過程の調節の仕組みや、脳機能に重要かどうかはよくわかっていない。神経幹細胞で発現するオーファン核受容体 TLX を欠くノックアウトマウスを用いた新たな研究により、成体でのニューロン新生が学習と記憶に重要な役割を果たしていることが示唆された。このノックアウトマウスでは幹細胞の増殖が減り、空間学習が著しく低下した。しかし、恐怖条件づけなどのほかの行動には影響がなかったことからすると、新生ニューロンはいくつかの脳機能に選択的に寄与しているらしい。

Letter p.1004 参照



必殺の一撃：10 億ドルでマラリアを根絶できるか？

KILLER BLOW: Can a billion dollars defeat malaria?

まだ主要な死因の 1 つであり、特にアフリカでは猛威を振るっているマラリアとの闘いは、長いこと資金不足に陥っていたが、ゲイツ財団などの努力によって投資金が増大した。今週号の *Nature* ではその進展の見通しについて特集する。現在のところマラリアのワクチンはない。B Maher がその理由を説明し、ワクチン開発に非常な努力がなされている状況を報告している。ザンビアはマラリアによって大打撃を受けている国の 1 つで、2005 年にはマラリア罹患率を 2008 年までに 75 パーセント削減する計画が立てられた。M Hopkin は、国内活動を支え、他国へ専門知識を広げる中核センターとして Macha に設立されたマラリア研究所の活動について報告している。Commentary では疫学者の M Grabowsky が、「新たな資金」を例えば監視網などの適切な目的に使うことの重要性を強調している。M Kemp は、マラリア伝播の仕組みを明らかにしたロナルド・ロスが残したノート「Memoir」を読んで、マラリアと蚊を結びつけた発見にとどまらず、彼が小説、詩作、スケッチなどにもすぐれた才能を発揮していたことを述べている。

News Features pp.1042, 1047, Commentary p.1051

Books & Arts p.1056, Editorial p.1030 参照

ゴミを入れれば、すべてが解決

Garbage in, all sorts out

オートファジー、すなわち細胞の自食作用は、当初は細胞内の不要物廃棄システムの一部だと考えられていた。しかし現在では、発生の過程で起こる細胞タンパク質や細胞小器官の分解だけでなく、環境条件の変化に対する適応の過程で起こる分解にもオートファジーがかかわることが知られている。オートファジーについては、多くの興味深い疑問がまだ解決されていない。例えば、同じオートファジー経路が細胞保護と細胞死の両方に関与できるのは、どのような仕組みによるのだろうか。また、オートファジーとヒトの病気、あるいは老化とを結びつけているのは何なのだろうか。水島昇たちが、この分野の最近の進歩について考察している。

Review Article p.1069 参照

BRCA2 変異がんが治療耐性を獲得する仕組み

Resistance in BRCA2 cancers

シスプラチンやカルボプラチンなどの白金製剤による化学療法は、BRCA2 に変異をもつ卵巣がん患者に対して臨床的に使用されている。当初の反応は一般に良好であるが、大半の卵巣がんは最終的に治療に耐性を示すようになる。この耐性の原因が、BRCA2 遺伝子のさらなる変異であるらしいことを 2 つの研究が明らかにしている。BRCA2 の変異は、家族性の乳がんと卵巣がんに関係づけられている。BRCA2 の機能喪失は相同的組み換えによる DNA 修復を損ない、細胞のシスプラチンに対する感受性を特に高め、PARP (ポリ(ADP リボース)ポリメラー

ゼ) 阻害薬に対する感受性も高める。2 次的な「耐性」変異は、野生型の BRCA2 のリーディングフレームを回復させる作用をもつ。

Letters pp.1111, 1116, N&V p.1066 参照

性の正反対

The opposite of sex

ある種の植物は、一部の動物にみられる単為生殖の植物版に相当するアポミクシスとよばれる無性生殖過程によって、遺伝的に同一な種子をつくる。アポミクシスの第一段階は「アポマイオシス」で、遺伝的に同一な雌性配偶子が形成される。今回、有性植物であるシロイヌナズナを用いて行われた研究で、単一の遺伝子の変化によってアポマイオシスが起きようになり、これはアポミクシスの進化の初期段階に似ていることがわかった。今回の知見は植物の生殖の基本機構の解明に重要であり、また、アポミクシスを行える作物が開発できれば高収量のハイブリッド種子の生産に極めて望ましいことから、植物の育種法にとっても大きな意味をもつ。

Letter p.1121, N&V p.1063 参照

ずる賢いごまかし

Cheating but cleverly

単細胞生物から多細胞生物への移行では、協力の進化が重要な役割を果たしている。他者の協力によって恩恵を受けながら何も見返りを提供しないという「ごまかし」を行う変異体細胞は、協力を徐々に損なうとみなされている。しかし、社会性粘菌であるキイロタマホコリカビ (*Dictyostelium discoideum*) の研究は、この見方に疑問を投じている。ゲノム全体にわたって調べた

結果、ごまかしを可能にする変異が 100 種類以上見つかった。これらの多くは、独特で賢いごまかしで、他者を条件的にごまかす一方で、ごまかし屋どうしは協力し合い、一般と同じ成長をする。今回の知見は、ごまかしは協力関係の存在を脅かすとする見方を疑問視するものだ。このキイロタマホコリカビの系では条件のごまかし屋が優勢になるが、彼らは協力関係を保ったまま集団内で勢力を拡大できるのである。

Letter p.1107 参照

多発性硬化症の薬物標的を突き止める

Multiple sclerosis targets

多発性硬化症 (MS) のさまざまな疾患段階の病変部から得られた組織検体の大規模なプロテオーム解析により、異なる疾患段階の脳損傷に特異的に存在するタンパク質が同定され、新たな治療標的が複数見つかった。特にそのうちの 2 つは、この疾患の慢性進行期損傷のサインを示す。1 つは組織因子とよばれる血液凝固の開始に関与するものであり、もう 1 つはプロテイン C インヒビターで、抗炎症経路にかかわっている。また、多発性硬化症のモデルマウスに活性化プロテイン C または抗凝固薬ヒルジンを投与すると疾患の進行が遅くなったことから、凝固カスケードが MS の病因にこれまで知られていなかった役割を担っていると考えられる。

Article p.1076 参照

ベーツ型擬態のパラドックスを解消

Growing apart

捕食者にとって「おいしく食べられる」種の多くは、警告色をもった「まずい」有毒な種 (モデル) に似るように進化する。こうした「ベーツ型擬態者」は危険なモデルに自らを似せることで利益を得るので、理論的には、モデルが存在しない地域では捕食者は危険な種もしくはそれに似た種を避けるような選択にさらされないため、擬態者は生じないと予測される。しかし、この理論と一見矛盾するようにみえるが、多くの擬態者の地理的分布はそのモデルの分布域よりもずっと広い。無毒なスカーレットキングヘビがその一例である。この種は、そのモデルである有毒なハーレクインサンゴヘビの分布域から数百キロメートルも離れたところで見つかることがある。G Harper と D Pfennig は、この見かけ上のパラドックスを理論の基盤を損なわずに説明できることを明らかにした。初期にはキングヘビとサンゴヘビの両方が生息する地域から雄キングヘビが分散するために、サンゴヘビがいない地域で擬態者である無毒なキングヘビが見つかる。サンゴヘビの分布域から外れてしまうと、キングヘビにはモデルと似ない方向に進化を促進させる自然選択が働くことが、遺伝解析からわかった。

Letter p.1103 参照



ぜいたくか貧困か：予想が不可能なミーヴァトン湖ユスリカ個体群動態

FEAST OR FAMINE: The unpredictability of the Lake Myvatn midges

アイスランドにあるミーヴァトン湖の生態系は、単一種が優占しているという点で注目すべきものである。ミーヴァトンとは「ユスリカの湖」という意味であり、優占種はユスリカ、*Tanytarsus gracilentus* で、湖の2次生産力の3分の2を占めている。ユスリカの個体数には6桁近い大変動がみられ、その周期は4～7年と不規則である。25年間にわたって個体群を追跡した新しい調査により、この現象は生息地に供給される食物の少量の上乗せによって変動の振幅が決まる、交替型の動的状態によって説明されることが明らかになった。人為的な攪乱によって餌の供給量がわずかに減少することで、最近のユスリカ数変動の拡大を説明できる可能性がある。つまり、環境保全という見地からすると、ユスリカ個体群の動態は本来的に予測不能であり、湖内の小規模な攪乱に対して予想された以上に脆弱であることになる。ミーヴァトン湖のユスリカは、自然の生態系の根本的複雑さと生態系管理のむずかしさの実例であるといえる。表紙は、雌の飛来を待ち構える雄のユスリカの交尾群飛である。

Letter p.84, Author page 参照

周期的に起こる DNA メチル化

DNA changes tack

今週号では2本の論文が、遺伝子プロモーターにある CpG ジヌクレオチドのメチル化と脱メチル化の周期について報告している。DNA メチル化は、特定の遺伝子発現パターンを有糸分裂を経て娘細胞に伝える安定なエピジェネティック「標識」であると広く考えられているが、今回の2つの結果はこれとは大きく異なっている。Métivier たちは、エストロゲンによって活性化された *pS2* 遺伝子プロモーターの DNA メチル化 / 脱メチル化周期は、DNA メチルトランスフェラーゼとその他の因子の周期的変化を伴うことを見いだした。また Kangaspeka たちは、*pS2* 遺伝子とエストロゲン受容体 α などの5つの活性プロモーターで周期的な DNA メチル化が起こっていることを報告している。

Article p.45, Letter p.112 参照

酵素の亜鉛をカドミウムで代用

Cadmium fills a niche

大気から深海への炭素輸送の大部分は海洋性植物プランクトンによって行われており、それに用いられるのは、二酸化炭素の可逆的水和を触媒するカルボニックアンヒドラーゼである。この酵素の活性部位には触媒金属原子として普通は亜鉛が含まれるが、一部の珪藻は、毒性のある元素と一般に考えられているカドミウムを代わりに使っている。珪藻 *Thalassiosira weissflogii* のこの酵素について、カドミウム結合同型、亜鉛結合同型、金属非含有型、および酢酸塩結合同型の4つのX線結晶構造が今回決定された。この酵素では触媒中心金属が容易に置換可能であり、海洋性珪藻は亜鉛が乏しいとカドミウム

を使っていると考えられる。こうした酵素は、海洋という金属が乏しい環境では競争上、大いに有利となる。

Article p.56 参照

プラズマ圏のコーラスライン

Plasmaspheric chorus line

プラズマ圏ヒス (hiss) は、地球を取り巻く高密度プラズマ領域であるプラズマ圏でみられる電磁波の一種だ。このヒスは、ヴァンアレン放射帯の二重帯構造を支配する主要因子であり、プラズマ圏からやってくる高エネルギー電子を取り去るため、宇宙空間での人体や人工衛星に対する放射線障害を減らす中心的役割を果たしている。ヒスの起源を説明するため多くの理論が提案されてきたが、時が経っても生き残っているものは1つもない。Bortnik たちは、CRRES 衛星のデータを使って、コーラス (chorus) とよばれる別の種類の電磁波からヒスが生じるとする新しいモデルを考案した。コーラスは、これまでヒスとは関係ないと考えられていたが、プラズマ圏の中へ伝播した後ヒスに変化する可能性がある。

Letter p.62, N&V p.41 参照

精神障害に関係する複合体

Psychosis complex isolated

オランザピンやリスベリドンなどの新世代の抗精神病薬は、セロトニン 2A 受容体 (セロトニン 2AR) を介する神経伝達を遮断することにより効力を発揮し、LSD のような幻覚剤もこれらの受容体を介して作用する。また、興奮性神経伝達物質であるグルタミン酸がその受容体である mGluR2 へ及ぼす作用を模倣した薬物も、強力な抗精神病薬となる。このような根拠に基づいて、統合失調症患者

者の脳では、セロトニンとグルタミン酸が神経伝達物質として働く系の機能が異常を来していることが示唆されている。今回、培養細胞およびマウスでの、受容体であるセロトニン 2AR と mGluR2 を含む機能的複合体が幻覚誘発性化学物質に特有の作用に関与しているという意外な発見により、統合失調症に関するこの説が実証されたようだ。統合失調症患者の脳では、これら2つの受容体のバランスが崩れていることから、この複合体が精神障害の治療標的として有望な候補であることも考えられる。

Letter p.93, N&V p.38 参照

クールな低温度量子科学

Cool quantum science

近年、光共振器内部に集積させることによって光と強く結合するマイクロメカニカルデバイスが開発されている。主な目標は、このデバイスをオプトメカニカルに冷却してすべての熱振動を凍結させ、その物体の運動が最終的には量子力学ゆらぎで制限されるようにすることである。これによって、機械的な物体の量子挙動の新しい領域の研究が可能になる。Thompson たちは、このような系を2枚の剛性で高品質な鏡の間に挟んだ可動膜からなる構造に改良した結果を報告している。これまでの構造では、鏡の一方が微小共振器としての役目も演じる必要があった。今回の新しいデバイスでは、室温から 6.8 mK までという大幅な冷却が可能になる。この系ならば、最終的には量子限界基底状態に達することが可能かもしれない。

Letter p.72 参照

共生菌のゲノム

A symbiont genome

地上にオオキツネタケとよばれる子実体を作る担子菌の一種 *Laccaria bicolor* は、樹木の根に共生する。この菌のゲノム塩基配列が解読され、転写産物の分析によってゲノムの重要な特性が明らかにされた。この研究は、植物の根と土壌菌との共生関係で、植物の生産力に極めて重要である「菌根共生」の仕組みの解明を進めるものだ。また、この結果は長い時間をかけてゲノムを形作ってきた植物と菌類の相互作用の解明にもつながるため、進化生物学者、植物学者にとっても非常に興味深いものとなるだろう。

Letter p.88, N&V p.42, Author page 参照



DVARELLES



上昇する熱：メキシコ湾流の影響は大西洋上 10 キロメートルの高さにまで及んでいる

RISING HEAT: The Gulf Stream's influence extends 10 km above the Atlantic

メキシコ湾流は大西洋の暖流で、熱を北方へ運び、それによってヨーロッパ西部の冬は北アメリカの冬よりもかなり温暖に保たれる。メキシコ湾流は海面の風や低気圧の発生など短期的な気象現象に影響することが知られているが、より長期的な気候や大気の上部に与える影響はあまり解明されていない。今回、気象解析と衛星データおよび大気大循環モデルを組み合わせることで、メキシコ湾流の影響は海面近くの大気よりもずっと上空にまで及んでいることが明らかになった。この海流は、上昇して対流圏上部へ広がる大気の高い壁を停留させ、厚い雨雲を維持する。これが、メキシコ湾流が局所的な気候と、おそらくはプラネタリー波の伝播への働きを介して遠隔地域の気候にも影響を及ぼす仕組みとなっている。表紙は、北アメリカ大陸東岸の地形に沿って、表面の海流速度を青・白の等値線（白が最速）で、上向きの風速を黄・赤（赤いほうが風が強い）で示した図。

Letter p.206 参照

SATB1 の標的 Cancer target

正常の乳腺上皮細胞とがん化した乳腺上皮細胞についての研究から、悪性乳がん細胞ではクロマチン形成因子であるタンパク質 SATB1 が発現しているが、正常細胞では発現していないことが示された。SATB1 は乳腺腫瘍で過剰発現していることが多く、予後不良と相関がある。SATB1 はまた、腫瘍発生や転移の促進にかかわっている多数の遺伝子の発現を変化させる。したがって、SATB1 は乳がんの増殖と転移を促進するゲノムオーガナイザーとして働いているらしく、有用な治療標的となるかもしれない。

Article p.187 参照

Clostridium difficile がとったラジカルな解決法

C. difficile's radical solution

世界中で院内感染の一般的原因となっている *Clostridium difficile* は、ヒトの腸管内では L-ロイシンを酸化体および還元体の両方として使っている。発酵には、鉄・硫黄クラスター含有デヒドラターゼによって触媒される、化学的に非常に起こりにくい脱水段階が含まれており、この段階にはケチルラジカルが関与すると考えられている。今回、反応産物に関連のあるアリルケチルラジカルがデヒドラターゼに結合した状態で見つかり、この説が確認された。これまで報告されているラジカル酵素には、補酵素 B12、S-アデノシルメチオニンあるいは酸素などのラジカル発生体が必要だったが、*C. difficile* の 2'-ヒドロキシアシル CoA デヒドラターゼはこのような助けを必要とせず、これは生化学分野で前例のないものといえる。嫌氣的に生育するほかの細菌でも、同じような酵素が発見されるかもしれない。

Letter p.239, N&V p.163 参照

新型の駆虫薬

A new class of anthelmintic

家畜に病原性を示す線虫を駆除する薬剤の使用は、現代の重要な家畜管理手段だが、現在利用可能な 3 種の駆虫薬すべてに対する多剤耐性が広がったことで、有効に機能しなくなっている。過去 25 年間、市場に参入した新しい型の駆虫薬はシクロデブシペプチド系薬剤だけで、しかも適用対象は家畜ではなくネコである。今回、Kaminsky たちは、線虫に特異的に存在するアセチルコリン受容体を介して作用すると思われる新型の駆虫薬の発見について報告している。この駆虫薬はアミノアセトリル誘導体で、さまざまな家畜病原体に対して有効である。また、もし動物で有効なら、同じように薬剤耐性が増加しているヒトの寄生虫にも代替薬として使用できるかもしれない。

Article p.176, N&V p.157 参照

がん細胞の代謝とワールブルク効果

The Warburg effect

胎児の組織や腫瘍のような急速に増殖する組織の細胞の代謝調節は、成体のほとんどの正常組織とは異なっており、多くの腫瘍細胞では解糖系酵素のピルビン酸キナーゼ (PKM2) について、成体のもつ M1 型アイソフォームではなく、M2 (胎仔) 型が発現することが知られている。今週号には、腫瘍細胞の PKM2 の役割に注目した 2 本の関連する論文が掲載されている。最初の論文は、プロテオミクスによるスクリーニングを行い、PKM2 がホスホチロシン結合タンパク質であることを突き止めている。内在性 PKM2 をホスホチロシンと結合できない点変異体に置換すると、培養がん細胞の増殖が遅くなり、これはがん細胞の増殖にホスホチロシン結合を介した PKM2 の制御が不可欠であることを示している。もう 1 つの論文

では、PKM2 が腫瘍形成を促進し、細胞の代謝を切り替えて、乳酸生成を増加させて酸素消費を低下させることを明らかにしている。このパターンは、1930 年代にオットー・ワールブルクが提唱したワールブルク効果の特徴、つまり多くのがん細胞は、ミトコンドリアによるピルビン酸の酸化ではなく、細胞質での乳酸発酵とそれに続く解糖系によってエネルギーを産生するという観察結果によく似ている。

Article p.181, Letter p.230 参照

新しい惑星の兆し

Early signs of new planets

地球型惑星の形成は、直径わずか 1 マイクロメートルの星間微粒子が凝集して、ミリメートルサイズ（砂粒くらい）、センチメートルサイズ（小石くらい）、そしてメートルサイズ（礫くらい）の天体へと、割合急速に成長していくことで始まると考えられている。このような小さい天体を原始惑星円盤に観測できる見込みはありそうもないのだが、食を起こす連星系 KH 15D では、ダスト円盤と連星系がなす偶然の位置関係のおかげで、反射率の分光観測からこの成長過程の間接的な知見が得られた。円盤で反射された光のスペクトルは、親星の地球型惑星形成領域に、ほぼミリメートルサイズかそれ以上に成長した砂粒子があるとするのに一致する。

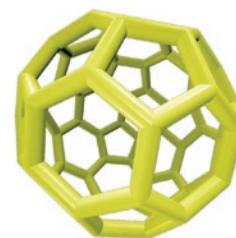
Letter p.194, Author page 参照

DNA ブロックで作る超分子構造

Supramolecular structures

DNA 分子がプログラム可能であることを利用して分子間相互作用を制御する方法により、さまざまなパターン化された材料やナノ構造体が DNA から作製されてきた。しかし、現在の作製方法でもっと大きくて複雑な 3 次元構造を作るには、違った形の DNA 鎖が何百と必要になり、これは実用的ではない。しかし解決まではあと一息である。パデュー大学の研究チームが、DNA 版組み立てブロックのようなモジュール式組み立て法を開発したのだ。この方法では、数種類の DNA 分子を、折りたたみにより基本構造ユニットを形成するようにプログラムしておく、反応条件に応じて構造ユニットが 4 個、20 個または 60 個集まって、それぞれ四面体、十二面体、バッキーボール（サッカーボール型多面体）が作られる。この手法を使えば、ほかの複雑な構造体も作製できると考えられる。

Letter p.198 参照



女性が1人ではまだ不十分

One woman is still not enough

Nature Vol. 451 (865) / 21 February 2008

日本の科学は、これまで以上に女性研究者を必要としている。では、なぜ女性研究者は相応の扱いを受けていないのか。

生物物理学者である郷通子が、所属していた名古屋大学の生物科学部会での不愉快な経験を *Nature* に語ったのは7年前のことである (*Nature* 410, 404–406; 2001 参照)。部会に欠員が生じたため、研究者らが1人の女性志願者について検討していたところ、ある男性メンバーがこういったのだ。「郷さんの前でこんなことをいうのは申し訳ないけれど、女性は1人で十分ですよ」。

郷はこの記事にかかわったことで厳しい注意を受けるだろうと思った（そして思った通り「大学の名誉を傷つけた」として非難された、と話す）が、退職を控えていたこともあり、多少過激な発言をすべき時期が来たのではないかと感じていた。

しかし時代は変わった。退職どころか、今、郷は東京にあるお茶の水女子大学の学長であり、また、内閣総理大臣を議長とする国内で最も権威のある総合科学技術会議のメンバーでもある。郷やほかのメンバーは政府に対して女性支援策の拡充を訴え、文部科学省もそれに答えてきた。

例えば、補助金に関する規定では現在、産休を延長した女性研究者が補助金を受け取る資格を失うのではなく延期できるようになっている。しかし、最も大きな変化は、科学分野への女性進出を促すための予算が2006年に新しく設けられたことだ。そしてその額は、2006年の6億6500万円から2008年には18億円へと大幅に増えた。これらの予算は、女子高校生が科学分野に進むことを促すプログラムの支援に使われる。また、出産後に研究現場へ復帰する女性研究者を対象とした80名枠の特別助成金も含まれている。

予算の最大部分は「女性研究者支援モデル育成」にあてられている。文部科学省は女性研究者を支援するこの包括的プログラム育成のために、2006年から毎年新た

に、10の研究機関に対して年間5000万円もの資金援助を行ってきた。2008年2月にはお茶の水女子大学で、全国から集まった女性たちと何名かの男性が支援プログラムの進展状況について話し合った（女性研究者支援モデル育成事業等合同シンポジウム——女性研究者等の活躍促進のために）。秋篠宮妃殿下も出席され、会場はなごやかな雰囲気包まれた。ポスターには「Girls, be cheered! (少女よ、元気を出そう!)」などのフレーズが散りばめられ、ハードルを跳ぶ女性をデザインしたロゴもあった。「変化は画期的なものだった」と郷は語る。

しかし、こうした取り組みが形だけにとどまって進んでいないものもある。日本の国立大学87校のうち学長が女性なのは、お茶の水女子大学だけである。女性の副学長も4校にしかない。科学技術政策会議のメンバーは15名だが、そのうち女性メンバーは郷も含めて2名である。ここ数年でわずかながら進展がみられたのは女性研究者の割合で、全体の12.4パーセントを占めるまでになった。しかし、この数字は先進国の中でも最低レベルであり、日本は韓国と最下位を競っていて、EUや米国の平均30パーセントという数字には遠く及ばない。

数字の問題だけではない。日本の多くの研究所や学会を訪れて気がつくのは、往々にして女性の影が薄いことだ。彼女たちが意見を求められることはあるのだろうか。その創造的エネルギーの行き場はあるのだろうか。これに関する数値データはないが、答えはまず間違いなく「ノー」だろう。

日本は現在、かつてないほど女性を必要としている。大学では定員割れが起り、学生には数学離れや科学離れの傾向がみられる。社会の高齢化は進み、思い切った外国人労働者の受け入れに関してはいまだ消極的である。

多くの問題が日本の女性研究者に影響を及ぼしてお

り、男性研究者に対しても同様である。女性研究者がオリジナルのアイデアをまともに受け止めてもらえる見込みは低い。ただし、一般的には若手研究者らも、斬新な（創造的ともいえる）アイデアを生み出すために間違いを起こすようなリスクを冒さぬよう指導される。また、子どもをもつ女性研究者への経済的支援がたとえどんなにあっても、子どもを迎えに行くために午後の5時か6時に職場を出る母親に対して、周囲の者が嫌な顔をしたたり嫌みをいったり、言葉には出さなくとも冷たい態度を取ったりするならば、女性が研究生活を続けることはむずかしくなる。女性を科学研究の生きた戦力にするとい

うことは、つまり仕事と生活のバランスを全般的に再考することである。

モデルプログラムの一環として、郷はお茶の水女子大学の研究者全員に対し、9時から5時までの勤務を奨励している。そのために郷は、大学の規定や教授会のスケジュールを変更した。これは決して革命などではないが、日本のもてる科学的創造力のおよそ半分（すなわち女性の力）を封じ込めてきた文化の壁を取り払う一歩にはなりそうである。しかし、このような変革がよりスピーディーに起こらないことは残念でならない。

■



お茶の水女子大学

現お茶の水女子大学学長の郷通子。

news feature

'One woman is enough...'

Few women reach the uppermost rungs of Japan's scientific hierarchy. But some are now starting to challenge the system and attitudes that frustrate their career progress, as David Cyranoski discovered.



Miki Go, a full professor of biology at Nagoya University, is one of the few women who have seen few should the way in which senior university appointments are handed out in Japan. For Go, it was not a pretty sight. A few years ago, when the members of her Division of Biological Science discussed a female applicant for a vacant chair, one professor, now retired, said "You seem to have to say this in front of Dr. Go, but one woman is enough." At the time, Go felt unable to reply "No one would have stood by me," she says.

This incident is symptomatic of the discrimination — both overt and covert — that many Japanese women scientists say they experience. According to a poll conducted in November 1999 by Mariko Kato, an associate professor of anatomy at Keio University, 42% of women scientists in Japan have experienced sexual harassment and about half of those claim to have "refused emotionally or physically." But these cases rarely make it into the newspapers or the television, because Japanese women fear adverse effects on their careers, embarrassment and a general lack of support.

Given this background, it is no surprise that few women make it to the most senior positions in Japanese science. Women make up more than 40% of the country's overall workforce, but only 19% of the research community. Universities, with 14.4%

women among their research staff, have a better record than government labs (14.4%) and industry (13.1%). But even here they are overwhelmingly concentrated in the most junior positions. They may account for up to half of graduate students, postdocs and technicians, but a woman full professor is a rare sight indeed (see charts, overleaf).

Many Japanese men feel more comfortable without women as colleagues.



Miki Go has seen sex discrimination in action.

Although the numbers remain bleak, some women scientists such as Go and Kato are now speaking out against these inequalities. And others are battling the odds and taking their cases to court. Last year, in a landmark decision, sociologist Kumiho Ogihara won a lawsuit against Nara Medical University for the harassment she faced after she set up an association of research associates — the lowest rung on the ladder of permanent academic positions — to examine the academic research system (see Nature 407, 935, 2006).

Although Ogihara was awarded only ¥180,000, the recognition is a sort of law that harassment occurs in academia set an important precedent.

Another pending case is highlighting the plight of women scientists in temporary research posts, who often lack the security of a written contract. In 1997, a woman researcher on a three-year appointment at the National Institute for Empirical Science in Aichi, failed to receive a permanent position that she believed she had been promised on taking the job. The court eventually ruled in her favor — male — researcher at the same institution. The plaintiff is now suing the government and her former boss for breach of promise and for harassment.

At the heart of the culture of discrimination, according to many women scientists, lies the 'fixed system', which places huge power in the hands of full professors. In Japanese universities, professors have almost complete control over funding and hiring decisions under their chair. Many of them are men with traditionalist attitudes — which mean that women face entrenched, but largely hidden, barriers to advancement.



お茶の水女子大学の郷通子



7年前にNatureのNews Featureセクションに掲載された記事。タイトルには「女性は1人で十分」とある。

2月にお茶の水女子大学で行われた女性研究者支援モデル育成事業等合同シンポジウムのようす。

nature

サンゴを死に追いやる日焼け止め

Sunscreen wipes out corals

日焼け止めの成分がサンゴの共生藻類を死滅させる仕組みが明らかになった。

doi:10.1038/news.2008.537 / 29 January 2008

Susan Brown

日焼け止めがサンゴ礁の白化を招く可能性があることが報告された。サンゴは共生している藻類から栄養分の供給を受けているが、日焼け止めに含まれる紫外線吸収成分が、こうした共生藻類に潜伏感染しているウイルスを活性化させてしまうのだという。

既に多くのダイバーたちに対して、サンゴの近くに潜る場合は日焼け止めを塗らないよう呼びかけがなされているが、それは、海に本来存在しない化学物質をもち込むのは望ましくないという漠然とした理由からである。今回の研究は、こうした予防的な取り組みの後押しとなるような科学的証拠を示したことになる。

メキシコのリゾート管理者たちが最初に異常に気づいたのは、ユカタン海岸にあるセノーテとよばれる天然の井戸が遊泳・潜水スポットとして人気になったところだった。「彼らはあらゆる生き物の死亡率が高まったことに気づいたのです」と、マルケエ芸大学（イタリア、アンコーナ）の海洋生物学者である Roberto Danovaro はいう。日焼け止めがその原因ではないかという懸念から、いくつかのリゾート地では、セノーテや近くのサンゴ礁でシュノーケリングやダイビングを行う人たちに日焼け止めの使用を禁止した。

Danovaro は同僚たちと、日焼け止めと生物大量死の結びつきを証明できるかどうか、調べてみた。彼らは、熱帯域に散在するサンゴ礁からサンゴの小さい塊を採集した。採集場所は、メキシコ沖のカリブ海、タイ沖のインド洋、エジプト沖の紅海、インドネシア近海の太平洋である。採集したサンゴを、1 リットルあたりわずか 10 マイクロリットルの日焼け止めを入れた海水で飼育したところ、4 日以内にサンゴの白化が

起こった。普通の海水中で飼育した対照用のサンゴは健康なままであり、この結果を研究チームは *Environmental Health Perspectives* 誌に報告した¹。

ウイルスの攻撃

日焼け止め添加後 18 ～ 48 時間で採取した海水試料は、サンゴの塊から脱落した共生藻類でいっぱいだった。この遊離した藻類は、健康時の茶色がかかった緑色ではなく、白っぽくなるか透明になり、穴だらけになっていた。試料中にはウイルス粒子も多かったことから、共生藻類もしくはサンゴに潜伏感染していたウイルスが、日焼け止めに含まれる何らかの化学物質によって活性化されたのだと考えられた。「我々が驚いたのは、同じ潜伏感染が世界中のこれほど多くの場所〔から採取されたサンゴ〕でみられたことです」と Danovaro はいう。

さらに Danovaro たちは、日焼け止めに含まれる数種類の化学物質についてサンゴ試料で調べ、3 種類の紫外線吸収成分（ケイ皮酸、ベンゾフェノン、ショウノウ誘導体）と防腐剤のブチルパラベンが、ウイルス粒子の放出を引き起こしてサンゴを白化させることを見つけた。日焼け止めクリームに含まれていて今回調べたほかの成分は、影響を及ぼさなかった。

「ウイルスは白化過程の全体に関与していると強く確信しています」と、ビッグロー海洋科学研究所（米国メイン州ブースベイハーバー）で海洋ウイルスを研究している William Wilson はいう。彼は Danovaro たちの今回の研究にはかかわっていない。Wilson は最近同僚たちと、紫外光そのものが日焼け止めと同じようにウイルスの攻撃を引き起こす可能性があることを実証



ダイバーには日焼け止めを使わないことをお勧めする。

した²。「サンゴの白化はどうやら、サンゴがストレスを受けた場合に起こるようです」と彼は語り、弱った宿主を攻撃するのは「ウイルスの常套手段です」と付け加えた。

現時点で日焼け止めの影響の解明にまで研究を拡大すべきかどうか、疑問視する生物学者もいる。世界のサンゴ礁のおよそ 10 パーセントにしか訪れない行楽客よりも、海水温の上昇や海水の酸化のほうが、サンゴにとって明らかに脅威となるからだ。また、日焼け止めによる脅威は対策が最も容易だと反論する研究者もいる。「私は、日焼けすべきだといっているわけではなく、紫外線を散乱させる二酸化チタンなどの成分の入った日焼け止めを使うか、もしくは T シャツを着て、物理的に紫外線をさえぎればよいだろうと考えています」と Danovaro は話す。 ■

1. Danovaro, R. et al. *Environ. Health Perspect.* doi:10.1289/ehp.10966 (2008).

2. Lohr, J., Munn, C. B. & Wilson, W. H. *Appl. Environ. Microbiol.* **73**, 2976-2981 (2007). doi:10.1128/AEM.02449-06

自然治癒するゴム

Self-healing rubber bounces back

切れても自然につながるゴムが開発された。

doi:10.1038/news.2008.611 / 20 February 2008

Katharine Sanderson

この伸縮性のあるゴムを2つに切っても、くっつけた状態で置いておけば、再びつながって伸縮性のあるゴムになる。この材料には不気味な「自然治癒」能力があり、何度でも切ったりつなげたりすることができ、伸縮性を失うこともない。

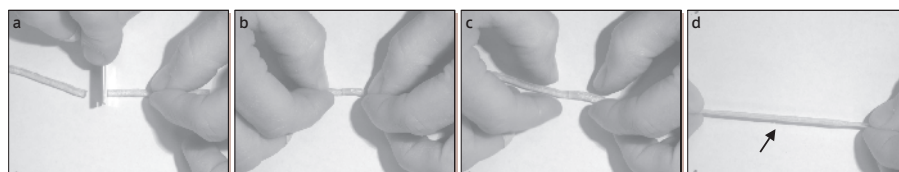
自然治癒するゴムは、パリ市立工業物理化学高等学院（フランス）のLudwik Leiblerの研究室で開発された。Leiblerらは、脂肪酸と尿素（つまり、植物油と尿の成分）という単純な材料から、このゴムを作り出した。

できあがった材料は、シリパテ（丸めてボールにすると弾ませることのできる玩具用のシリコンゴム粘土）とゴムボールの合いの子である。この材料は伸ばすことができ、2つに切っても、くっつけて置いておくだけで、元どおりにつながってしまう。研究チームはまだ、この材料を丸めてボールにしてみたことがないので、それがどのくらい弾むのかはわからない。けれどもLeiblerは、「この材料についての知見を考え合わせると、おそらく弾むと思われます」と付け加える。この研究は*Nature*にて発表された¹。

「この材料は、おもしろいだけではありません」と、東京大学の化学者相田卓三はいう。「この発見は、商業化に非常に近いところにあるのです」。自然治癒するゴムの用途としては、接着剤から自転車のタイヤまで、あらゆるものが考えられる。

伸縮性

従来のゴムは、連続的で伸縮性のある単一の分子からできている。この分子は、共有結合という強い化学結合によってまとめ上げられている。材料が切断されて、この結合が切れてしまえば、



今回開発されたゴムを切って (a)、切断面どうしを接触させ (b)、気温20℃でそのままにしておく (c)。1時間後には、また元どおりにつながり、十分に伸ばすことができる (d)。

ゴムを元に戻すことはできない。

Leiblerは今回、植物油に由来する脂肪酸という小さな分子を使用した。これらの分子を2段階の過程を経て尿素と反応させると、脂肪酸の末端に、窒素を含む化学基（アミドとイミダゾリドン）が付着する。脂肪酸は、水素結合により互いに連結されていく。水素結合とは、水素原子が別の原子と引き合って作る結合であり、水分子を互いに結びつけているのもこの結合である。

こうして生じる分子系は、極めて不均一である。ある脂肪酸は3つの突出した化学基をもち、別の脂肪酸は2つの突出した化学基をもっている。ゆえに、この化合物が結晶化して、硬い、粉砕可能な材料になることは不可能である。この材料は、元の長さの5倍まで引き伸ばすことができ、その状態から元に戻ることができる。ただし、元に戻る速さは輪ゴムよりも遅く、1分程度かかる。

粘着性

ゴムを切ると、脂肪酸の末端の化学基が露出し、隣接する化学基との間の水素結合が壊れる。アミド基には、結合するための相手を探し出す性質があり、切断面どうしを接触させると、この性質により水素結合が再形成される。切断面を長い間接触させれば、それだけ多くの水素結合が形成され、ゴムはより完全に元どおりになる。

切ったばかりのサンプルどうしを接触

させると速やかにつながっていき、わずか15分後には、元の長さの2倍まで引き伸ばせるようになる。しかし、まだ完全にはつながっていない。「治癒」してから十分な時間が経っていないゴムは、元の「傷」の位置で再び切れてしまうことがある。

切れたゴム片は、その相手のゴム片とだけつなぐことができる。すぐにつながり必要はない。切ってから18時間経過したゴムでも、十分速やかに回復することができる。

単純性

「これは極めて単純な概念です。そして、再生可能な資源を用いるのは、とてもよいことです」と、ケンブリッジ大学（英国）の化学者Oren Schermanはいう。彼は、ニューオリンズで開催される米国化学会で、自然治癒する材料に関する会合を開くことになっている。「何かを壊し、それを元どおりにできるのは、よい徴候です」。

Leiblerは、フランスの化学会社Arkemaとの間で、この材料を開発し、商品化する契約を結んでいる。Leiblerは、このゴムが玩具に使われるのを望んでいる。「子どもはものを壊すのが好きです。もしそれが元どおりになれば、とてもすてきですね」。

1. Cordier, P., Tournilhac, F., Soulie-Ziakovic, C. & Leibler, L. *Nature* **451**, 977-980 (2008).

‘Normal’ genes key to cancer growth

がん増殖のかぎを握る「正常」遺伝子

Nature Vol.451 (615) / 7 February 2008

Erika Check Hayden

普通に存在する遺伝子でありながら、特定のがんの増殖と生存に重要と考えられるものが発見されている。ヒト細胞の「機能ゲノミクス」によるふり分けで得られたこの発見からは、腫瘍を叩くための新薬の標的が浮かび上がるかもしれない。

腫瘍遺伝子（正常細胞を腫瘍に変える悪玉遺伝子）を探すための新しい取り組みのなかで、米国の2組の研究チームが今週、「非腫瘍遺伝子への依存」という考え方に対する支持を表明した。

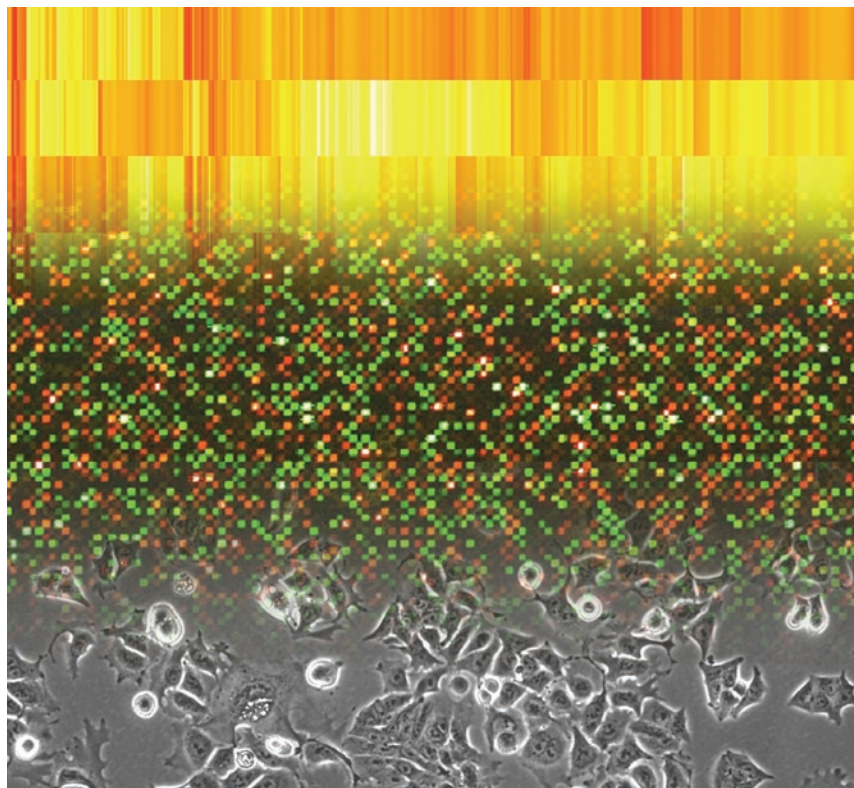
それは、ある種の正常な細胞経路に腫瘍が強く依存していて、そのような経路の遺伝子産物を働かなくさせる薬物ががんにとっては致命的だろうという考え方である。ブリガム・アンド・ウィメンズ病院（マサチューセッツ州ボストン）のStephen Elledge、コールド・スプリング・ハーバー研究所（ニューヨーク）のGreg Hannonそれぞれが率いる研究チームは、何千という遺伝子を比較的低コストで迅速にノックダウンする方法を考え出した。

その方法で使われるのは「短いヘアピン RNA」(shRNA) という RNA のかけらで、特定の遺伝子をねらって働きを止めるようにデザインすることができるものである。両研究チームは2本の論文^{1,2}の中で、正常遺伝子をねらう何千もの shRNA を、結腸がん細胞、乳がん細胞、それに健常乳房細胞に導入した研究を発表している。その shRNA のうち数十個はがん細胞の増殖を遅らせたり止めたりしたが、健常細胞には影響がなく、新しい抗がん剤の標的をめざすための道筋が示されたと考えられる。

Elledge は「どれが最高の標的なのかを選び出すには、時間もコストもかかりますが、大事なのはそれが見つけられつつあるということなのです」と話す。

腫瘍専門医によれば、ノバルティス社のグリベック(イマチニブ)やジェネンテック社のタルセバ(エルロチニブ)など、腫瘍遺伝子産物に対する薬剤は、がん患者にとって歓迎すべき進歩だったという。しかし、薬剤への耐性を示すようになる患者が多く、治療薬とはいえ、とスローン・ケタリング記念がんセンター（ニューヨーク）の Gary Schwartz は語る。「誰もが次のグリベックを待ち望んでいますが、これまでそのような薬は、すぐれたものでも期待されたほどの圧倒的なインパクトがなかったのです」と Schwartz は話し、正常な細胞周期の経路を阻害する薬剤の臨床試験に向けた資金調達に取り組んでいる³。その薬剤に関する初期の臨床試験では、健常細胞よりもがん細胞に対して強い毒性を

SCIENCE



がん細胞の生存（下段）の多遺伝子解析（中段）によって遺伝子シグネチャー（上段）が得られる。

示す「治療域」で最も有効に作用する可能性が示されているという。

Elledge と Hannon は、自分たちの研究について、ある種の血液がんや肺がんに関与する変異をねらうグリベックやタルセバのような薬剤をもっと開発しようとする 2 つの大きなプロジェクトを補完するものだ話す。どちらのプロジェクトも、がん細胞のゲノム配列を解読して新たな腫瘍遺伝子を見つけ出し、がんの生物学的理解に役立てようとするものである。その 1 つ、がんゲノムアトラスは、2005 年 12 月に発足し、9 年間で 13 億 5000 万ドルのコストが見込まれている。もう一方は、ウェルカム・トラスト・サンガー研究所（英国ケンブリッジ）の科学者が主導している。

Elledge も Hannon も、配列解読研究は効率が低いと主張し続けてきた。

極めてコストがかかり、山ほど引っかかってくる変異の中からがんを促進するものを選び出すための詳細な追跡試験が必要となるからである。それに対して両チームの研究は、1 つの研究所が十分単独でできるほど低コストで簡単である。そして、ある誘因に応答したがん細胞のふるまいに注目するという自分たちの「機能的」方法は、新薬への近道なのだという。

Elledge と Hannon の主張への支持は拡大しており、それは配列解読による方法をとる科学者にまで広がっている。ジョンズ・ホプキンス大学ルードウィグセンター（米国メリーランド州ボルチモア）の役員である Bert Vogelstein は、機能ゲノミクス研究にがんアトラスが資金を提供する必要性を自らの研究が浮き彫りにしているという。「がん

ゲノムアトラスを開始して明らかになったのは、変異のシグネチャーの複雑性と不均一性で、それはこれから多くのがんに見いだされるでしょう」と語る Vogelstein は、そうした複雑性を乳がんや結腸直腸がんに関する 2006 年の研究で示している⁴。

「塩基配列の解読は簡単な仕事になりました。むずかしくて時間がかかるのは、機能研究でその意味をすべて明らかにすることなのです」と Vogelstein はいう。「進歩するためには、その 2 つの方法をうまく組み合わせるのがいちばんの近道だと思います」。

Erika Check Hayden

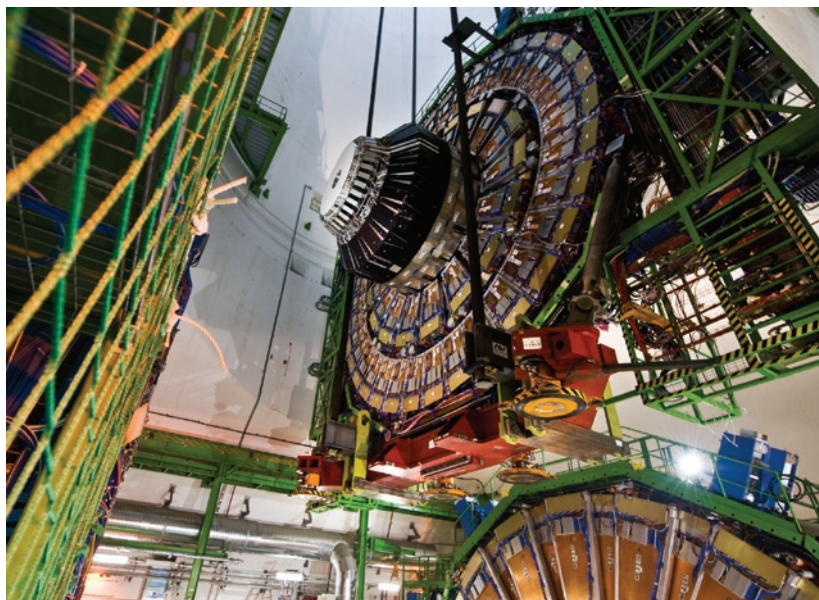
1. Schlabach, M. R. et al. *Science* **319**, 620-624 (2008).
2. Silva, J. M. et al. *Science* **319**, 617-620 (2008).
3. Fournier, M. N. et al. *Clin. Cancer Res.* **13**, 5841-5846 (2007).
4. Sjöblom, T. et al. *Science* **314**, 268-274 (2006).

SNAPSHOT

Search for Higgs primed to start

ヒッグス粒子の探索に取りかかる準備

Nature Vol.451(507)/31 January 2008



ヨーロッパの粒子物理学研究機関 CERN（スイス、ジュネーブ）で、コンパクトミュオンソレノイド（CMS）検出器の最後の部品が所定の位置へと静かに下ろされている。この検出器は、CERN の次世代型粒子加速器「大ハドロン衝突器」で起こるプロトンの高エネルギー衝突の中に「標準モデル」を超える物理学を見つけ出そうとしている。

1 月 22 日、1430 トンもある検出器の最後の部品が、地下 100 メートルにある空間で設置された。現地では、研究者たちがそれをほかの 14 個の部品と組み合わせて検出器を完成させる。CMS は、ほかのすべての粒子に質量を与えると考えられている「ヒッグス粒子」の探索を導くのに役立つと考えられている。順調であれば、今年の後半には最初のデータが取れる予定である。

Geoff Brumfield

Hobbit was 'a cretin'

「ホビット」はクレチン症だった？

Nature Vol.452 (12) / 6 March 2008

Rex Dalton

フロレス原人とされている「ホビット」が実はクレチン症だったのではないかとする見解を、オーストラリアの研究チームが発表した。しかし、インドネシアのフロレス島で見つかったこの小柄な人骨をめぐって騒動が続く中で投げられた、今回の最新の意見に対しては、もうすでに異論が出されている。その理由として特に、このオーストラリアの研究チームが、頭蓋内の空間（頭蓋腔）の鋳型（雄型）であるキャストの画像しか使っておらず、人骨の実物を一度も調べていない点が指摘されている。また、これらの人骨のキャストを作製した3人の研究者によれば、オーストラリアのチームは非常に重要な頭骨要素の1つを誤って解釈しているという。

RMIT大学（オーストラリア、メルボルン）のPeter Obendorfたちは、この頭蓋内キャストには、鼻部後方の頭蓋基部にある肥大した下垂体の印象（下垂体窩；下垂体のあった空間部分）がみられると述べている¹。彼らによると、これはこの人骨がホモ・フロレシエンシス（*Homo floresiensis*）という新種の人類ではなく、クレチン症を患っていたホモ・サピエンス（*H. sapiens*）のものであることを示す証拠だという。クレチン症は先天性の甲状腺機能低下症であり、治療しないと患者は多くの場合、重度の発育不全となり、脳は小さく、脳下垂体は肥大する。

オーストラリアの研究チームは今回発表した説を「試験的仮説」としているものの、自分たちは「間違っていない」と思っているとObendorfは話す。彼らは現在、オリジナルの標本を調べる機

会を得ようと模索しているところだ。

しかし、フロリダ州立大学（米国タラハシー）の人類学者で、この頭蓋内キャストを最初に解析した論文²の筆頭著者であるDean Falkは、問題の下垂体窩は小さいと語る。「どうやっても彼ら（オーストラリアのチーム）の出した結論にはたどり着けない」と彼女は主張する。また、コロンビア大学（米国ニューヨーク州）の神経解剖学者でオリジナルの頭蓋のデータから作製したキャストを保有しているRalph Hollowayは、自身のキャストでも下垂体は小さいと述べている。

こうした意見の相違から、しばしば批判を受ける慣例的手法の存在が浮き彫りになる。人類学では、二次的資料を検証して対立意見を報告することが慣例的に行われており、そうした意見が多数出されると、検証可能な結果に至る道筋がよく見えなくなる。

2003年にホモ・フロレシエンシスの頭骨と部分骨格が発見³されて以来、その特徴を説明するために人類学の世界ではさまざまな説が出されてきた。1万8000年前に生きていた身長わずか1メートル余りのこの人類は、脳のサイズが現代人の4分の1で、もっと古い人類のものに近い原始的な骨格の特徴を備えている。これらが発見されたのと同じ洞窟では、石器も見つかっている。

インドネシアにおいて古人類学の第一人者であるTeuku Jacobは、当時籍を置いていたガジャマダ大学（ジョクジャカルタ）で、同僚たちと最初にこれらの人骨を分析し、この「ホビット」として知られる人類は実際は、頭部が通常

よりも小さくなる小頭症という発育障害だったと判定した⁴。

ニューイングランド大学（オーストラリア、アーミデイル）に籍を置く古人類学者のPeter Brownと考古学者Michael Morwoodは、この人骨が新種だとする自分たちの提案を固持している。Morwoodの指摘によると、元のリアンブア洞窟では12体のホビット由来の人骨が出土したが、これまでのところ頭骨は1個しか見つかっていない。Brownは、クレチン症説に対して批判的である。「私は、下垂体窩の左側部分を見たことのある地球上で唯一の人間だ」と彼はいい切り、「その部分は極めて保存状態が悪く、有意な測定を行うことは不可能だ」と語った。

2007年にはイスラエルの研究チーム⁵が、ホビットはラロン症候群とよばれる発育障害だとする論文を発表している。この研究チームもオリジナルの人骨を一度も調べておらず、その論文はFalkによって「冗談」の烙印を押された。Falkは現在、4月9～12日に米国オハイオ州コロンバスで開催される米国自然人類学会（AAPA）の年次総会で発表する反証を準備中である。

たった1個の頭骨について、その持ち主が先天性の障害をもっていたのか、それとも新種の人類なのかをめぐるとこの騒動は、おそらくもうしばらく続くだろう。■

1. Obendorf, P. et al. *Proc. R. Soc. B* doi:10.1098/rspb.2007.1488 (2008).
2. Falk, D. et al. *Science* **308**, 242-245 (2005).
3. Brown, P. et al. *Nature* **431**, 1055-1061 (2004).
4. Jacob, T. et al. *Proc. Natl Acad. Sci. USA* **103**, 13421-13426 (2006).
5. Hershkovitz, I., Kornreich, L. & Laron, Z. *Am. J. Phys. Anthropol.* **134**, 198-208 (2007).

History of the journal **nature**



THEN

NOW

and everything in between

The history of *Nature* spans more than 14 decades, and in this time the journal has been privileged to publish many of the most ground-breaking discoveries in modern science.

This website explores the history of this leading scientific publication and features interactive timelines, videos and specially commissioned essays.

Timed to coincide with the online publication of the *Nature* archive: 1869-1949 in late 2007, the History of the journal *Nature* website is a story of scientific discovery and a celebration of the completion of this unique online archive.

Still in the lead?

DARPAの今日的意義を考える

Nature Vol. 451 (390-393) / 24 January 2008

創設から半世紀を経た米国国防総省の国防高等研究計画局（DARPA）は、政府による技術革新の模範と考えられている。しかし、これが今日的にも重要な機関なのかどうかについては、一部から疑問の声が上がっている。Sharon Weinberger が報告する。

昨年8月にカリフォルニア州のとあるホテルで開催された『DARPA Tech』会議は、同州のディズニーランドホテルを会場とするのが似つかわしかったかもしれない。米国国防総省の研究部門である国防高等研究計画局（DARPA）が主催したこの会議は、他の追随を許さないDARPAの技術革新の数々を集めて、宣伝することを目的としていた。映画『トイ・ストーリー』に登場するバズ・ライトイヤーがもっている光線銃アストロブラスターや、バーチャル・リアリティ技術を駆使した数々の精巧なアトラクションで人気を博しているディズニーランドの隣で開催された『DARPA Tech』は、「軍事技術とSFの出会い」というDARPAのメッセージを、極めてシュールに体現していた。

『DARPA Tech』では、でこぼこな地形を走行できるロボット犬や、将来的には脳での制御をめざしている高度な義

肢などが展示されていた。講演者の1人は、幼虫に微小機械システムを組み込んで昆虫のサイボーグを作り出す話をし、DARPAのAnthony Tether長官（右写真で、チェッカーフラッグをもっている人物）は、開催日が迫ったロボット自動車レースについて盛んに宣伝していた。『Urban Challenge』と名づけられたこの自動車レースは、総延長97キロメートルに及ぶむずかしい市街地コースを最も速く走り抜けたチームに200万米ドル（約2億円）の賞金を与えるというものだった。また、会議の運営スタッフたちは、DARPAのスローガンで飾られたチョコレートを配布し、同じホテルの別の場所で開かれている宝石店Cookie Leeの会議に参加しているピンクずくめのセールスウーマンたちと、あちこちでぶつかっていた。

『DARPA Tech』は、初期のおかたしいDARPAとは著しい対照をなしてい

る。DARPAは、1958年の創設以来、米国の国家安全保障が直面する科学的・技術的課題への取り組みにおいて大きな役割を果たしてきた。冷戦中には、DARPAの専門家が、宇宙開発競争からベトナム戦争まで、ありとあらゆる課題に対応していた。なかでも有名なのは、今日のインターネットの前身である「ARPANET（アーパネット）」の構築である。各種の連邦政府機関が民間にならうことを論じている今日にあって、DARPAは唯一の成功モデルと考えられている。1970年代に国防総省防衛研究工学局長（DARPAを監督する役職）を務めたWilliam Perry元国防長官は、「DARPAは国防総省の誇りなのです」と話す。

けれども今、創設から50年が経過したDARPAにかつてほどの重要性があるのか、という声が上がってきている。米国政府の他の部門が、情報活動から





DARPA が主催するロボット自動車レース『Grand Challenge 2005』でチェッカーフラッグを振る Anthony Tether。

G. BLEVINS/REUTERS

国土安全保障やエネルギーに至るさまざまな分野で DARPA 的な機関の設置をめざしていることを考えると、これは極めて緊急性の高い問題である（コラム「DARPA に続け！」参照）。

野心的な機関

職員数わずか 250 名で、そのほとんどの任期が 4 ～ 6 年という DARPA は、スリムで、革新的で、ダイナミックな組織であり、連邦政府の官僚体制のアンチテーゼとなっている。約 30 億米ドル（約 3000 億円）の予算は、国防総省に技術革新をもたらすことを目的とするハイリスクのプロジェクトに当てられている。DARPA のプロジェクトは、陸・海・空軍のプロジェクトとは違い、特定のニーズと結びついている必要がない。また、全米科学財団などの資金提供団体のプロジェクトとも違い、専門家による評価（ピアレビュー）を経ることなく

リスクの高い研究構想に資金を提供することができる。このハイリスクなアプローチが、ハイリターンにつながることもある。衛星航法、無人航空機、レーダー回避航空機は、DARPA の主要な成果である。もちろん失敗もあった。レーザー兵器はまだ完成しておらず、10 年がかりの戦略的コンピュータープロジェクトは、人工知能というゴールに到達していない。

DARPA は、設立当初から、その目的と正当性を求めて闘ってきた。この機関は、ソビエト連邦がスプートニクの打ち上げに成功した（1957 年）ことに危機感を抱いたドワイト D. アイゼンハワー大統領によって、1958 年に設立された〔注：設立当初の名称は高等研究計画局（ARPA）であり、その後 3 度の改称を経て現在の国防高等研究計画局（DARPA）に落ち着いている。本稿では DARPA で統一する〕。当初の目

的は、競合し、重複する人工衛星技術を開発していた陸・海・空軍間の伝統的なライバル関係を飛び越えて、宇宙計画を推進させることにあった。ところが DARPA は、設立から 1 年もたたないうちに、その主要な使命を失うことになった。アイゼンハワー大統領が、軍とは無関係に宇宙計画を進めるために米国航空宇宙局（NASA）を設立したからである。国防総省はその後、残った軍関係の宇宙計画を徐々に陸・海・空軍に戻していった。

しかし DARPA は、すぐに別の防衛計画にニッチを見いだすようになった。1959 年から 1960 年代にかけて進められた『Project Vela』では、外国が行う核実験の爆発を探知するための地震計と人工衛星が開発された。これらの技術は、中国が行った初期の核実験の監視に重要な役割を果たしたほか、米国とソビエト連邦の間で兵器の実験

に関する条約を締結することも可能にした。また、1960年代の弾道弾迎撃ミサイル防衛プログラム『Defender』の成果をみた国防総省は、陸軍が開発したシステムではなく、DARPA がサポートする技術を採用した。

軍のお偉方が問題解決のヒントを求めて駆け込む場所としての DARPA の役割は、ベトナム戦争によってさらに明確化した。1960年代を通じてベトナムに対する米国の軍事的関与が強まるにつれ、DARPA は対ゲリラ活動の中心拠点となっていった。『Project Agile』と名づけられたこのプロジェクトは、しごくまじめなもの（米軍によって広く用いられた、悪名高き枯れ葉剤）から、今にして思うとバカげた技術（戦場で兵士を前進させるためのジェットベルト）まで、幅広い研究活動と実験技術に取り組んでいた。

1961～1963年に DARPA 長官をつとめた Jack Ruina は、『Project

Agile』を「ギミックとガジェット」とよび、どうしても好きになれなかったという。しかし、1965～1967年に同長官を務めた Charles Herzfeld は、ベトナムでの DARPA の使命を喜んで受け入れたと話す。対ゲリラ活動における DARPA の「システムアプローチ」には、ベトナムでのトンネルの検知方法、中東の家族間関係の追跡調査、イランの国境線監視用レーダーの開発などが含まれていた。

活動範囲の拡大

DARPA は、軍事技術だけでなく、コンピュータや材料科学といった分野へも進出している。また、大学の長期的研究に対する資金提供や JASON（国家安全保障に関する助言を行うグループであり、メンバーの大部分を大学の研究者が占めている）の後援を通じて、大学との関係も強化してきた。とはいえ DARPA は、JASON のメンバー選任権をめぐるごたごたにより、2002年に JASON の支援からは手を引いている。その後は、防衛研究工学局長が JASON の後援を引き継いでいる（Nature2002年3月28日号353ページ参照）。

歴代の DARPA 長官は、DARPA と大学や産業界との協力関係を積極的に推進してきた。彼らは全員、エンジニアか物理学者であり、その多くが学界との太いパイプをもっていた。長官には、特定のプログラムに対する資金提供やプログラムの中止を単独で決定できる裁量権が与えられているため、DARPA の方向性を決める大きな権力がある。Tether 長官は、スタンフォード大学（米国カリフォルニア州）で博士号を取得した電気工学者であり、そのキャリアのほとんどを、国防総省にとってトップクラスの外注先の1つである Science Applications International Corporation 社（米国カリフォルニア州サンディエゴ）などの民間の防衛関連企業で過ごしてきた。

Tether 長官によると、DARPA の

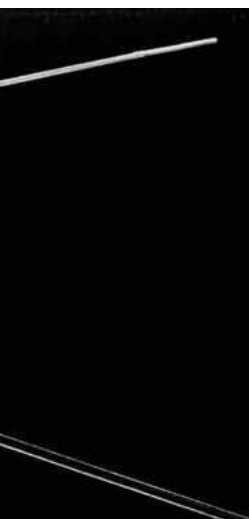


舵取りのかぎとなるのは、「自由な発想をもち、時にはデータを無視することもある」創造的なプログラムマネージャーを採用して、研究プログラムを指揮させることであるという。彼はさらに、「DARPA で最高のプログラムマネージャーになれるのは、SF作家になりたいと願っているような人物だと思います」と話し、「H. G. ウェルズは、この仕事に向いていたでしょうね」と付け加える。

Tether 長官は、このアプローチは成功していると考えている。「今日の DARPA は、全組織をあげて、極めて革新的なアイデアを追求しています。『DARPA Tech 2007』に出席した人なら誰もが同じ意見をもつでしょう」と彼はいう。しかし、それが『DARPA Tech』に効果的に反映されていたかという点については、疑わしく感じている人々もいる。隙なくお膳立てされた『DARPA Tech』では、聴衆からの質問は一切受けつけられず、進行中の研究プログラムの詳細についてもほとんど触れられていなかったからである。1971～1975年に DARPA 長官をつとめた Stephen Lukasik は、『DARPA Tech』の中身が薄くなったことを懸念している。「かつての『DARPA Tech』は、プログラムマネージャーと出席者が特定の技術について学習し、討論するための技術会議だった

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。

ミサイル発射の探知に対する DARPA の熱意は、やや薄れてしまった。



DARPA 設立のきっかけとなったスプートニク1号。1957年、ソビエト連邦が人類初の人工衛星として打ち上げに成功した。

たのです」と彼は語る。

『DARPA Tech』がハリウッド風のファンタジーに傾倒していることには、ベトナム戦争時代の DARPA と現在の DARPA との違いも反映されている。ベトナム戦争の時代には、国防総省は対ゲリラ活動の研究を DARPA に任せていた。しかし、イラク戦争の時代になって暴力行為が凶悪化すると、国防総省は対ゲリラ活動の研究を他の機関に分担させるようになった。その一例が、イラク各地で見られる手製爆弾を無効化させる技術への資金提供を目的に新設された統合即製爆発物対策機関 (JIEDDO) である。今日の DARPA で、ベトナム戦争時代の『Project Agile』に最も近いのは、センサーからのデータを統合してゲリラの動向を追跡調査する POSSE というソフトウェアシステムである。イラクではこのほかに、無人航空機、翻訳装置、狙撃防止システムなどの DARPA の技術が使われている。

曲がり角に立つ DARPA

脚光を浴びた DARPA のテロ対策は、政治的大失敗に終わった。2001 年に DARPA 長官に就任した Tether は、同じ年の 9 月 11 日に起きた同時多発テロ事件の後に情報認知局 (IAO) を新設し、その責任者に John Poindexter を任命した。Poindexter は、レーガ

ン政権時代の国家安全保障問題担当大統領補佐官であり、1980 年代のイラン・コントラ事件で話題になった人物である。Poindexter と IAO は、予想以上に評価の分かれる存在となった。IAO の『Total Information Awareness』プログラム (後に『Terrorism Information Awareness』と改称) は、膨大なデータを洗ってテロリストを探知し、その動向を追跡調査するシステムの開発をめざすものであったが、プライバシーを根拠に批判され、議会はその廃止を決めるに至った。もとの防衛研究工学局長であり、現在はテキサス大学オースチン校に所属する Hans Mark は、「これは DARPA の不正な悪用でした」と指摘する。DARPA 自体も IAO の設置に慎重さが足りなかったことは認めているが、適切な技術を用いていれば同時多発テロ事件は防げたはずであり、データマイニングによって同様の事件を未然に防ぐことができるという Tether 長官の見解も発表した。

DARPA の元長官たちや国防総省の高官たちは、DARPA が今でも革新的な存在であるという点では意見が一致しているものの、国防総省にとってかつてと同じくらい重要な存在であるのかという問題については意見が分かれている。最初の重要な変化は 1969 年末に起きていた。ベトナム問題のアナリストの執務スペースを作るために、DARPA

は国防総省ビルから退去させられたのである。DARPA のオフィスは、現在、バージニア州アーリントンにある。Herzfeld は、国防総省の上級幹部との直接的な結びつきを失われたこの引越は、DARPA にとって非常に大きな損失だったと指摘する。

1970 年代前半には、それまで大統領が指示するテーマに取り組んできた DARPA が、自ら選んだプロジェクトに取り組むようになるという変化も起きた。DARPA の創設時の幹部だった Herb York は、こうした変化の原因は、DARPA の役割が変質したことではなく、時代が変わったことにあると指摘する。「DARPA がホワイトハウスから離れていったのは、DARPA が何かをしでかしたからではありません。単に、DARPA を取り巻く状況が変わってしまったからなのです」。

初期の DARPA 長官経験者の中には、近年の長官は手がたいプロジェクトを選ぶことが多くなったと考えている。このようなプロジェクトでは、インパクトのある成果は得られない。George Heilmeier が長官だった頃の DARPA は、レーダー回避航空機や潜水艦の音波探知などのプロジェクトに力を入れていた。ステルス航空機の開発も DARPA の管理と資金提供によって進められ、その 1 号機の初飛行は、1977 年の Heilmeier 長官の最後の執務日



空飛ぶ幽霊：1970 年代のステルス研究から生まれた B-2 爆撃機。

に行われた。「その後、状況は大きく変わりました」と Heilmeier 元長官はいう。「ハイテク企業に比べて給与面での魅力に欠け、国防長官との緊密なつながりも失った DARPA は、新規の技術主導型イニシアチブの選択において保守性を強めていきました。多くの人が、DARPA から情熱と興奮が失われつつあり、官僚主義の方向へ進んできていると見ています」。

大胆な研究に挑戦しようとしなくなった DARPA の姿勢を疑問視する Heilmeier のような論者もいれば、DARPA が大学での基礎研究に対する支援から手を引こうとしていると非難す

る論者もいる。2005 年に DARPA は議会の公聴会によばれて、大学への長期的支援、特に、コンピューターサイエンス分野への支援を削減しているという懸念が出ていることへの説明を求められた。Tether 長官は、「それはまったくの誤解です」といい、学際的研究を優先するように方針転換はしたものの、支援そのものは削減していないと証言した。DARPA の支援を受けている研究者の 1 人は、この変化の原因は、長官のマネジメントスタイルにあると考えている。

現在の DARPA 長官は、DARPA が衰退の道をたどっているという見方には賛同しない。Tether 長官は、1980

年代以降に計画された数多くのプロジェクトを列挙する。そこには、無人航空機のほか、それほど有名ではないが、暗視ゴーグルの製作を可能にした固体フォトン検出装置に関する研究や、今日の携帯電話の開発に役立った集積回路に関する研究などが含まれている。彼はまた、全地球測位システム用小型レーザーや、半導体に使用するガリウム砒素の研究に対する資金援助にも触れ、特に後者は、リスクが高すぎるとして民間企業が尻込みしていた時期での援助であったことを強調する。現在では、ナノテクノロジーが重要な研究分野になっているという。

DARPA に続け!

米国ワシントン D.C. のボーリング空軍基地にある Steven Nixon のオフィスには、『The First 90 Days: Critical Success Strategies for New Leaders at All Levels (ハーバード・ビジネス式マネジメント: 最初の 90 日で成果を出す技術)』や『The Innovator's Solution: Creating and Sustaining Successful Growth(イノベーションへの解: 収益ある成長に向けて)』などのマネジメント理論の本が数多く置かれている。米国国家情報局 (ODNI) の科学技術担当局長である Nixon は、多くの人から無理だといわれている計画の一環として、経営文化について勉強しているのである。その無理な計画とは、国防高等研究計画局 (DARPA) の成功にたった組織を局内に設置することである。

Nixon は、「情報高等研究計画局 (IARPA)」創設の準備作業として、歴代の DARPA 長官や DARPA の元局長や元

プログラムマネージャーに助言を求めた。IARPA を成功に導くかぎは、DARPA のマネジメント体制、特に、職員の契約期間を 4 ~ 6 年に限定することを模倣する点にあると Nixon は考えている。「これを取り入れることが重要なのです」。

IARPA は、2002 年以降に設立が提案されたり新設されたりした 3 つの高等研究計画局 (ARPA) の 1 つである。残りの 2 つは、「国土安全保障高等研究計画局 (HSARPA)」と、最近承認を受けたがまだ設立はされていない「エネルギー高等研究計画局 (ARPA-E)」である。いずれの機関も、DARPA がもたらしたような画期的なブレイクスルーをそれぞれの分野にもたらすことを目的としている。しかし、それぞれのケースで本当に技術的な解決策が必要とされているのかどうかは不透明である。IARPA の設置に関して相談を受けた元 DARPA 長官の Stephen Lukasik は、冗談

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。

半分に、DARPA に似た機関を新設するなら、小惑星が地球に衝突する危険が迫っているような事態を想定するのが最もふさわしいと話す。「つまり、壊滅的な影響が広範に及び、科学的に困難であると、誰もが理解できるような事態です」。

ところが、最も早く設立された HSARPA は、既に当初の DARPA モデルから若干逸脱してきている。HSARPA の Roger McGinnis 長官が指摘するように、HSARPA のプログラムマネージャーはたしかに任期制になっているが、DARPA には数多い学術機関出身のプログラムマネージャーが、これまでのところ 1 人もいない。HSARPA と DARPA の最大の違いは、支援するプロジェクトの性格にあ

る。HSARPA が支援するプロジェクトは、財務省検察局や運輸保安局などの顧客が主導権を握っているのである。「顧客が依頼してきたら、我々が予算を見て、顧客と一緒にプロジェクトを選ぶわけです」と McGinnis はいう。このことは、HSARPA が個別的な技術、例えば、ハンディタイプの装置に組み込むために生物センサーや化学センサーを小型化する技術などに集中しやすくなることを意味している。HSARPA と DARPA には、もう 1 つ重要な違いがある。HSARPA の年間予算が 6000 万ドル (約 60 億円) であるのに対して、DARPA の年間予算は 30 億ドル (約 3000 億円) なのである。

新設 ARPA は、それぞれ

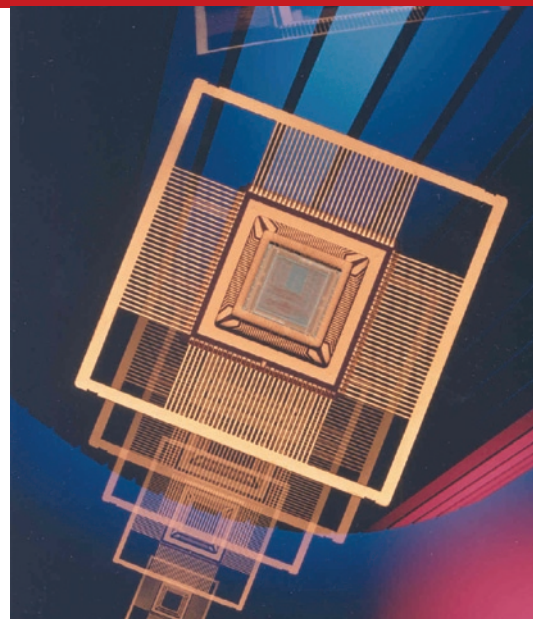
Lukasik や Herzfeld などの元長官たちも、Tether 長官が『Grand Challenge』というロボット自動車レースをスタートさせたことは評価している。これは、若手研究者やエンジニアにロボット自動車の開発を競わせるレースであり、優勝チームには賞金が出る。第1回と第2回のレースはカリフォルニア州の砂漠で開催されたが、2007年11月に開催された第3回のレースは市街地が舞台とされ、交通規則を守り、衝突を避けながら走行することが要求された。

Lukasik は、この実績を賞賛する一方で、大統領から出される課題がない

と、DARPA が、技術的には興味深いが、国家にとっては重要でない問題ばかりに取り組んでしまうおそれがある点を警告している。「いったん、この方向に進み始めると、細かい点にのめり込むようになります。そうなれば、DARPA の存在意義が失われるおそれがあります。DARPA が生き残れるかどうかは、卓越した技術力を示せたり、重要な問題を解決できたりすることではなく、政治的に抜け目なく立ち回れるかどうかにかかっているのです」。

シャロン・ワインバーガーは、米国ワシントン D.C. で活動するフリーランスのライターである。

NORTHROP GRUMMAN



軍用機に使用される超高速集積回路。

の分野における重要なリーダーとの間に十分なパイプをもつという課題を抱えている。DARPA の現長官である Anthony Tether は、「ある組織が DARPA のような成功を収めるチャンスを得るためには、組織のトップに直属している必要があります」と指摘する。しかし、IARPA と HSARPA は、そのような組織にはなっていない。DARPA の元長官である George Heilmeier は、「長官が組織の長に直属し、重要な意思決定を行うだけの柔軟性をもち、大胆で新しい技術主導型イニシアチブを実施できることがどれほど重要なことであるかを関係者が理解していないように思われます」と付言する。

新設 ARPA が抱えるもう1つの問題は、何に対して資金を提供するのかということである。この点は機密事項に触れるため、Nixon とは大まかな話しかできなかったが、情報機関にとっての重要テーマとして、彼は、サイバースペースと生物学、特に、合成生物学とバイオメトリクスを例に挙げた。「これらの分野は、今後、科

学を変質させていくことが予想されます。情報活動に対しても、どのような影響であるかはわかりませんが、非常に大きな影響を与えるはずですよ」と彼はいう。「とはいえ、情報活動関連のブレイクスルーが成し遂げられたとしても、しばらくの間は誰にも気づかれずにいられることが私の希望なのですが」。

Nixon はまた、IARPA が学界にとっての新たな資金提供源となり、基礎研究分野はそれを待ち望んでいるとも指摘する。もちろん、それがどのくらいの金額になるかを明らかにするわけにはいかない。米国の情報関連予算の大半がそうであるように、IARPA の予算も機密事項だからである。米国国家安全保障公文書館(ワシントン D.C.) のフェローであり、情報機関での科学技術プログラムを長年専門に研究してきた Jeffrey Richelson は、「数億ドルの規模だと考えられます」という。学界が IARPA をどのように見ているかを現時点で判断するのは時期尚早かもしれないが、学界との連携促進をめざす IARPA は、メリー

ランド大学カレッジパーク校から施設の提供を受けることが決まっている。今年の1月には、NASA の高官で、物理学者として評価が高い Lisa Porter が IARPA の初代長官に任命された。

エネルギー高等研究計画局 (ARPA-E) は、新設 ARPA の中で最も評価が分かれている (Nature 2007 年 5 月 10 日号 130 ページ参照)。ARPA-E を設置する法律によれば、その目的は「ハイリスク・ハイリターン画期的な変革型エネルギー研究を支援すること」にあるとされているが、ARPA-E には明白な顧客が見当たらない。DARPA には国防総省があり、IARPA には情報機関があるが、ARPA-E は民間の各業界の複雑な迷路に立ち向かわなければならないのである。

ARPA-E の構想は米国科学アカデミーの報告書から生まれ、昨年、議会の支持を得て、ARPA-E 設置法案が通過した。けれども、ブッシュ政権はこの法案を支持しておらず、エネルギー長官 Samuel Bodman

も、官僚主義の拡大と基礎研究からの資金流出に対する懸念を表明した。ARPA-E の設立資金はまだ計上されておらず、どの予算に計上するののかも不透明なままである。エネルギー省科学局の元局長である Martha Krebs は、この法案に強い疑念をもっている。「国防モデルはエネルギーにも適用でき、うまく機能するはずだという誤解から生まれたのが ARPA-E なのだと私は考えています」。

新設 ARPA は、技術でなく政治によってだめになる可能性がある。もとの防衛研究工務局長である John Foster は、「DARPA は、スプートニクをめぐる異常な雰囲気の中で生まれました。けれども、2001 年 9 月 11 日のテロ攻撃から 6 年が経過した今、官僚主義が忍び寄ってきています」と指摘する。「大事なのは、DARPA が創設され、50 年間存続してきた理由を認識することです。このような状況が、エネルギー、情報活動、国土安全保障にあるでしょうか? 答えはノーです」。

S.W.

Genetics by numbers

ナンバー登録による遺伝学

Nature Vol.451 (516-518) / 31 January 2008

全ゲノム相関解析によって、信頼性の高い疾患マーカーが次々と見つかった。その現況とこの先待ち受けていることがらについて、Monya Baker が取材報告する。

人の将来の健康を車のナンバープレート・リストと同じように読み取れるなどとは、かつて誰も思わなかっただろう。昨年、一連の研究¹⁻³によって、心疾患を発症する確率の上昇と、rs10757274 や rs1333040 といった一見意味不明の番号との相関性が明らかにされた。これらの番号はそれぞれが、専門用語でいう塩基多型 (SNP; スニップ) にあたるもので、第9染色体上の互いに近い位置にある。これらの SNP が実際にどのような作用を及ぼしているのかはわからない。しかし、このうちのどれかを2コピーもつ人は、心疾患を発症する確率が、タバコを1日10本吸う人と同じくらいになる。その影響は糖尿病やタバコの吸い過ぎが原因のものよりは少ないものの、これ

までの全ゲノム相関解析で見つかった最強のリスクの1つであることは確かである。全ゲノム相関解析 (genomewide association study) とは、あるヒト集団において別のヒト集団よりも高い頻度で存在する遺伝子多型を見つけ出すとする研究である。

rs10757274 や rs1333040 と心疾患の相関性は非常に堅固なものであり、心血管疾患についてより詳細な全ゲノム相関解析を行う際のポジティブコントロールとして既に用いられている。「もしこの SNP と心疾患の相関性が認められない場合、解析過程で何かが間違っているといえます」とオタワ大学心臓研究所 (カナダ) の Ruth McPherson は語る。McPherson は、2007年5月、ゲノム相関解析結果について最初に報告さ

れた2報のうちの1つ¹の論文筆頭著者でもある。もう1本の論文²は、アイスランドのレイキャビクにある deCODE Genetics 社の研究チームによるものだ。これらの「悪い」SNP のどれかを1コピーもっているとリスクは約40%上昇し、2コピーもっているとその人が生涯で心臓発作を起こす確率は倍加する。

しかし、相関性が強くても、その意味を見つけ出すことはむずかしい。全ゲノム相関解析から、集団内のゲノムに高頻度で塩基1個が変化している SNP がみついているが、それらは近隣 DNA のほかの多型とも相関している可能性がある。SNP は必ずしも疾患の原因となる変異ではない。SNP は、遺伝子のタンパク質コード領域にも発現調節領域にも存在していない可能性があり、そ



の場合は間接的にでも疾患のリスクに寄与しているとは考えられない。心疾患リスクと相関する SNP からわかるのは、疾患原因の「容疑者」SNP が第9染色体短腕上の 9p21.3 とよばれる長い領域内に位置していることだけである。この領域内にはタンパク質をコードする遺伝子は見つかっておらず、また近隣の2つの遺伝子（どちらも腫瘍抑制因子）解析からも説明がつかない。

番号の意味を理解する

全ゲノム相関解析に熱心な人々は今も、rs10757274 と rs1333040 のような謎解きのキーワードをもっと見つけ出そうとしている。1つの疾患もしくは症状に関して何十万個もの SNP を精査することで、数十例の相関を見つげ出すこと

ができる。初期の解析では、そうした相関には再現性が認められず偽陽性（誤検出）が多数見つかるとして、芳しくない評判が立った。しかし、統計学的知識が積み重ねられ、より大規模な集団でより多くの SNP が解析されたことで、状況は変わりつつある。2007年には再現研究から、2型糖尿病やクローン病、心血管疾患などの「ありふれた疾患」と相関する遺伝子座が突き止められ⁴（コラム「SNPと疾患の一例」を参照）、この年は全ゲノム相関解析の年とよぶべきものになった。複数の研究チームが、詳細情報がなければ意味のない非常に多数のナンバープレートのような SNP と、遺伝子領域とを相関させた緻密なリストを提示したからである。2008年と2009年はどうなるかと研究者に問えば、さらに膨大なリストについて大いに語ってくれることだろう。より多くの SNP についてより大きな集団を精査すれば、もっと高い再現性で、さらに多くの疾患と関連づけられるはずだと。

だが、この数字と文字から成る長くてまぎらわしい番号が、薬剤の探索や疾患の説明、患者それぞれに合わせた治療法の推奨などの目的に、いったいいつごろ使用できるようになるかを問われれば、まだ数年の研究を待たねばならないというのが妥当な回答だろう。研究者らは、SNP 精査解析では、環境要因や遺伝子の過剰コピーのような疾患の重要な関与因子を見つけることはできないことを、あっさり認めている。しかも、見つかった多型（対立遺伝子）は、全リスクのごくごく一部にしか関与していない。それでも、全ゲノムを精査することで、相関解析は遺伝子と疾患の思いもよらない結びつきを明らかにできる。「疾患の原因の可能性のある SNP を見つけることは、疾患の基盤にある生物学的特性を見つけ出すことと同じではありませんが、疾患解明と治療法開発へ向けた大きな一歩にはなりません」と、ブロード研究所（米国マサチューセッツ州ケンブリッジ）の人類遺伝学者 David Altshuler は語る。

いくつかの企業は、疾患と相関する遺伝子多型の検査試薬を企画したり、既に販売したりしている。2007年11月、deCODE社は医師向けに、個人の9p21.3に心疾患発症リスクのある対立遺伝子が何コピーあるかを調べる検査試薬を販売し始めた。この種の検査試薬に懸念を表しているのが、疾病対策センター公衆衛生ゲノミクス局（NOPHG；米国ジョージア州アトランタ）の局長 Muin Khoury である。彼は、この問題に対する警告を含んだコメントをいくつか書いており、「たとえ相関性が多数の研究で再現されたとしても、情報としてはまだ脆弱です」と話す。現状では、家族歴解析のほうが、疾患に対する予測能が高いのである。Khoury によれば、遺伝子検査の結果によって人々がもっと健康なライフスタイルをとるようになるという証拠はなく、逆にそうした検査により、自分には疾患のリスクがないと誤った期待を生み出す可能性さえある。発症リスクのある対立遺伝子がそうした検査で見つからなかった人でも、まだ見つかっていないだけであって、実際にはリスクのある多型をもっている可能性があるからである。これらの検査試薬の有効性を実証するには、まだ時間がかかりそうである。Khoury によれば、「民間企業はこの種の研究をしようとはしていないし、今のところ民間企業がそれをすべきだという意見もない」という。

連携が解決のカギ

こうした現状にもかかわらず、疾患の解明がさらに進むことを期待して、新たな相関を探し出そうと研究が進められている。最終的には、非常に重要な遺伝子すべてで高頻度に見られる多型は、疾患との相関においてあまり影響しないということになるだろう。そして、そうした多型の発見は、データをふるい分けするのに十分な検体数があるかどうかにかかってくる。全ゲノム相関解析には多額の費用がかかる。費用は以前に比べかなり下がったものの、数十万個の

SNP の遺伝子型の解析に、まだ 1 人当たり数百ドル（およそ数万円）もかかり、しかも患者データの収集と管理という費用のかかる込み入った作業は計算に含まれていない。「費用に関しては標本サイズ（解析対象とする集団などの大きさ）が大きな障壁となっており、この問題を解決できる最良の方法はデータを共有することです」と、ワシントン大学（米国シアトル）の統計遺伝学者である Lon Cardon は話す。

標本サイズを拡大するために、ウエルカムトラストは自らケースコントロール・コンソーシアム（WTCCC）を立ち上げ、数種の疾患それぞれについて 2000 例の患者と 3000 例の遺伝的対照群（健康な人）について調査し、合計およそ 1 万 9000 のデータを集めた。この手法は、診断確定済みの集団と診断未確定の集団で SNP を比較することによ

て、遺伝的リスクとの相関がみえてくるはずだという根拠に基づいている。

見落としのおそれ

英国レスター大学で心臓病学研究に携わり、WTCCC と共同で冠状動脈性心疾患を担当する 2 名の研究者の 1 人、Nilesh Samani は、たとえ大きい標本サイズで解析したとしても、疾患に対する影響が小さい多型は見逃されてしまうだろうと述べている。彼によると、仮に 1 つのゲノム内に 1 個につき発症確率を 20% 上げる遺伝子座が 10 個あるとして、2000 件の症例と 2000 件の対照例を解析した場合、統計学的にみて、10 個の遺伝子座のうちおよそ 3 個で見つかるだろうという。同様の標本サイズの独立した別の集団でも、2 個か 3 個の疾患に影響を与える遺伝子座が見つかるかもしれないが、それらは違う遺伝子座である可能性があり、また偽陽性のために結論が出なくなるかもしれない。「これらの解析結果をすべて 1 つにまとめてプールして初めて、原因となる遺伝子座を網羅することが現実的に可能になるでしょう」と Samani はいう。

WTCCC が提供するデータは主として、遺伝子型、年齢、性別、疾患の有無に限られている。このデータは一部の研究にとっては非常に貴重であることは確かだが、コレステロール値や血圧といった特定形質に遺伝子多型がどう影響するのかを見つけ出すには、もっと情報量の豊富なデータが必要である。それを満たす、特に情報の豊富な「鉦脈」の 1 つは、フラミンガムの SHARe（SNP Health Association Resources）というデータベースである。これはフラミンガム心臓研究に参加した 9000 人を超える被験者を対象に、55 万個の SNP の遺伝子型を解析したデータである。

米国立心臓血液研究所（メリーランド州ベセスダ）による資金提供の下、「60 歳フラミンガム研究」とよばれる調査で、マサチューセッツ州の 3 世代の人々が追跡調査された。そこから得られた

データから、喫煙と高コレステロールが心疾患のリスクであることが確実にになった。このデータセットには、すべての被験者についてすべての表現型データが存在しているわけではないが、血液分析から血管造影、ライフスタイル調査までの数千の臨床的変数が含まれており、場合によっては同一個人から数年間にわたって得られたデータもある。このデータベースの構築にあたっては、古い医療記録や刊行物の考古学的な調査をフラミンガム市に要請する必要があったが、完成したデータベースは SHARe という頭字語が意味するように、現在ほかの研究者も利用可能になっている。

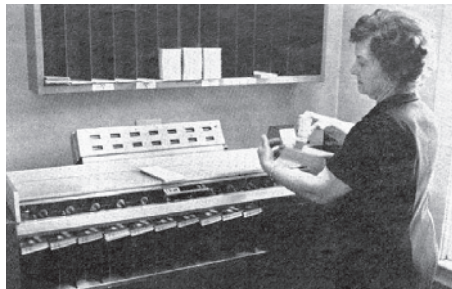
2008 年 1 月 25 日現在、米国立衛生研究所（NIH）を介して資金提供を受けているすべての全ゲノム相関解析は、そのデータを遺伝子型・表現型データベース（dbGaP）におさめて保管するよう通達を受けている。データを収集した研究者は少なくとも 9 か月間、自身の解析結果を独占的に公表する権利を有するが、プライバシー保護の遵守を約束した研究者は、ほかの研究者のデータにいち早くアクセスすることができるようになる。SHARe も同様の猶予期間を設定している。

こうしたやり方はすでにゲノム解析研究では標準になっている。それにもかかわらず、なかには懸念を抱いている人々もいる。新たな興味深い問題を解明するためにはデータが必要だが、もしデータをダウンロードした研究者がそれを解析して結果を発表できるというなら、データ収集の動機づけがほとんどなくなるのではないかと、というのである。また、研究者がダウンロードで得たデータを不適切に扱うことも考えられる。ワシントン大学（米国シアトル）の心臓学者で疫学者の Bruce Psaty は、2 つの大規模解析から入手可能なデータを、研究者たちがどのように利用したかを調査した。すると、一部の研究者はオリジナル研究の承諾の範囲を超えてだけでなく、自身の解析において、オリジナル研究の意図するところから逸脱して

FRAMINGHAM HEART STUDY



FRAMINGHAM HEART STUDY



William Kannel（上）は、手間ひまのかかるフラミンガム心臓研究（下）の第二ディレクターだった。

いるものがあることがわかった。例えば、患者の初回心臓発作の予測因子を探す解析研究なのに、すでに心臓発作を起こしたことがある患者を除外していないものがあった⁵。大規模な疫学調査の解析が不十分だと、本当の相関が見落とされたり、誤った相関を見つけたりする可能性があるということだ。どちらにしても、情報資源が無駄になってしまう。

もちよって公平に分ける

もし研究者たちが慎重であって審査する側も厳正である場合、より多くのデータに、より多くの研究者がアクセスするようになれば、今よりも少ない費用でよりすぐれた研究ができるようになるはずだと Altshuler はいう。「これほど大規模なデータセットを、1つの研究グループだけですべて利用し尽くすことはできません。このデータを集めたグループの独創性よりも、世界全体に内在する独創性のほうがはるかに大きいはずですから」。deCODE Genetics 社の最高責任者である Kári Stefánsson によれば、研究者たちは既に共同研究の相手をうまく見つけ出しているというが、NIH 権能の彼いわく、旧ソビエトのような「支配体質」には憤りを感じるという。「私は NIH に命令されたから、皆とデータを共有しようと思っているわけではありません。自らそうすべきだと考えるから、データを共有しようと思うのです」。

米国立ヒトゲノム研究所の集団ゲノミクス局（メリーランド州ベセスダ）で局長を務める Teri Manolio は、そうした懸念があることを認めつつも、科学は適応していくものだと言語。WTCCC も、遺伝子相関情報ネットワーク（WTCCC と同じような目標をもつ米国の官民共同研究組織）も、ヒトゲノム解読計画から生まれたものである。この「ビッグサイエンス」計画が軌道に乗り始めた当時も、自分のデータをウェブ上に載せてしまうと研究者としてのキャリアが終わってしまうのではないかという「大きな懸念の声」が上がったと、Manolio は回想する。だが、それは杞

憂に終わった。「塩基配列データを掲載するだけでは論文発表にならないことや、データの共有が実際に人々に危害を及ぼすようなこともないことがすぐに明白になったからです」と Manolio はいう。そして実際、dbGaP への最初のデータ提供者の中には、データ共有によってさらに共同研究者を得たり認知度が得られたりした研究者もあり、現在もいくつかの学術機関研究グループや企業研究グループが、要請されていないにもかかわらずデータを提供する予定でいる、と彼女は付け加えた。

大規模データの必要性も偽陽性の危険性も現在広く認識されていることを受けて、Cardon は、興味深く説得力のある解析に必要なことをするために、研究者たちが互いに信頼できるようになってほしいと考えている。「dbGaP へデータを上げることは本当に役立つことだと思いますが、だからといってこれがデータを集めた人たちの共同研究の代わりになるわけではありません。データをダウンロードするだけや単独研究よりも、共同研究のほうがずっと威力があるのは確かです」と彼はいう。

数の上での強み

多数のデータが集まった場合、結果は明白なものになる。糖尿病遺伝学イニシアチブのデータを使って調べている研究グループは、血中脂質濃度との相関について 2758 人の数十万個の SNP を探索したのち、196 個の SNP を詳しく解析することを決めた。すると、6058 人で SNP と血中脂質濃度を測定した別の 2 つの研究データを保有する研究グループから問い合わせを受けた。

2 つの研究グループはデータを共有することで、さらに詳細に解析すべき SNP をより多く見つけ出すことができ、どちらの研究グループからも研究報告がなされた^{6,7}。その共同研究で見つかった、第 1 染色体短腕上にある rs599839 という SNP⁷ は、低密度リポタンパク質コレステロールの値が低いことと関連していることがわかり、さらに詳しい解析か

SNP と疾患の例

RS10811661

糖尿病

rs10811661 と糖尿病の相関は、32500 を超える人から得た試料を使って最初に見つけ出し確認されたもので、2007 年に初めて発表された⁹。rs10811661 は第 9 染色体上のある遺伝子の近くで見つかり、マウスの研究では、この遺伝子が過剰に発現すると膵島細胞の再生を妨げることが明らかになっている¹⁰。その後の研究で、このリスク SNP を保有する人たちは、グルコースを摂取したときのインスリン放出量が正常な人に比べて少ないことがわかった¹¹。

RS2241880

クローン病

第 2 染色体長腕上にある rs2241880 という SNP は、クローン病に関するいくつかの全ゲノム相関解析¹²⁻¹³で浮かび上がってきたが、潰瘍性大腸炎などほかの炎症性腸疾患とは相関がみられなかった。この SNP は、腸内壁で発現して細胞内細菌を分解処理するのを助ける遺伝子のコード領域内にある。培養細胞では、この遺伝子を発現しない細胞はサルモネラ菌感染を防御する能力が劣っていた。

8Q24

がん

複数の研究¹⁴⁻¹⁵から、第 8 染色体長腕上の 8q24 とよばれる、遺伝子のほとんどない領域で SNP 群が見つかった。これらには、乳がん、結腸直腸がん、前立腺がんとの相関がみられた。その 1 つである rs16901979 は、アイスランド集団で最初に見つかり、次に、アフリカ系米国人男性で見つかった。病態の根源にあるメカニズムは何もわかっていないが、この領域はやみくもに相関を探さなければおそらく見つからなかっただろう。

ら、肝臓で3つの遺伝子の発現が増大して、そのうち1つの遺伝子がグルコース取り込みに関与していることが明らかになった。おもしろいことにそのSNPは、わずか数か月前に、9p21.3の心疾患リスクを実証した研究³においても、心疾患と関連づけられていた。

SNPの影響を解明しようとする研究では、もっと情報の豊富な表現型を追跡して、最終的に実験によって機能を確認することになる。最近、deCODE社によって、心疾患と関連づけられた9p21.3領域上にあるSNP群は、脳や腹部の動脈瘤とも関連していることが明らかになった⁸。McPhersonの研究チームは、この遺伝子座が動脈疾患と関連することを見だし、この領域には血管壁の保全に関与する「何か」があることを示唆した。それにもかかわらず、基盤となるメカニズムの解明は、どちらの研究チームにとってもいまだ手探り状態にある。「私たちはこの領域の塩基配列を徹底的に解析していますが、何も

新しいことは見つけ出せていません」とStefánssonはいう。McPhersonは現在、遺伝子発現に影響を及ぼす可能性のあるRNA塩基配列を探しているところだが、その領域は長く、原因となる配列を探し出せたとしても、そのメカニズムまでは明らかにならないかもしれないと、考えている。

たとえ見つかった1つの多型の影響が小さいものであっても、新しいメカニズムを見つけ出す重要性はとても大きいだろうし、全ゲノム関連解析によって、誰もそこにあるとは思えないようなゲノム内の場所に目的の配列が見つかる可能性もある。多くの研究者が最も待ち望んでいるのは、「予期せぬ驚き」である。「この20年間というもの、心血管生物学においては、従来からいわれるリスク因子の研究がすべてだった」と、リューベック大学（独）の心臓専門医Heribert Schunkertはいう。彼はSamaniとともに、9p21.3領域が心疾患と関連することを実証した³。現在見つかった

多くの遺伝子座は、これらのリスク因子と結びつかない。「わくわくしますね。これはつまり、我々が本当の心血管生物学というものをほとんどつかめていないということですから」と彼は語った。 ■

Monya Baker は、Nature Reports Stem Cells の編集長。サンフランシスコ発の Nature の記事を執筆している。

1. McPherson, R. *et al. Science* **316**, 1488-1491 (2007).
2. Helgadóttir, A. *et al. Science* **316**, 1491-1493 (2007).
3. Samani, N. J. *et al. N. Engl. J. Med.* **357**, 443-453 (2007).
4. The Wellcome Trust Case Control Consortium *Nature* **447**, 661-678 (2007).
5. Psaty, B. M., Arnett, D. & Burke, G. *J. Am. Med. Assoc.* **298**, 2060-2062 (2007).
6. Willer, C. J. *et al. Nature Genet.* doi:10.1038/ng.76 (2008).
7. Kathiresan, S. *et al. Nature Genet.* doi:10.1038/ng.75 (2008).
8. Helgadóttir, A. *et al. Nature Genet.* doi:10.1038/ng.72 (2008).
9. Diabetes Genetics Initiative of Broad Institute of Harvard and MIT *et al. Science* **316**, 1331-1336 (2007).
10. Krishnamurthy, J. *et al. Nature* **443**, 453-457 (2006).
11. Grarup, N. *et al. Diabetes* **56**, 3105-3111 (2007).
12. Hampe, J. *et al. Nature Genet.* **39**, 207-11 (2007).
13. Rioux, J. D. *et al. Nature Genet.* **39**, 596-604 (2007).
14. Amundadóttir, L. T. *et al. Nature Genet.* **38**, 652-658 (2006).
15. Freedman, M. L. *et al. Proc. Natl Acad. Sci. USA* **103**, 14068-14073 (2006).



知ってることは載っていない

nature

www.naturejpn.com

 nature asia-pacific



Jia Wei の研究室に所属する 3 人の「Wang」。彼女たちの名前は左から順に Xiao-yan、Xiao-rong、Xiao-xue（中国語表記は写真上方）だが、英文論文ではすべて「X. Wang」と表記される。

Identity crisis

誰が誰だかわからない

Nature Vol.451 (766-767) / 14 February 2008

中国人著者の研究論文がますます増えてきているが、彼らはその研究功績を正しく認められ、正当な認知を得ているだろうか。英文表記の際に名前が混同されるという事態によって、そうはいかなくなる可能性がある、Jane Qiu が報告する。

LIHOU-KAI

上海交通大学薬学部の副学部長である Jia Wei は、代謝経路なら数百だって暗誦できるが、大学院生の研究論文となると混乱を起こす。というのも、彼の研究室に所属する Wang Xiao-yan、Wang Xiao-rong、Wang Xiao-xue（上の写真で Jia と一緒に写っている）という、それぞれ違う漢字 2 文字の名前

をもつ 3 人が、論文著者名の英文表記ではまったく同じ「X. Wang」に略されてしまうからだ。「どの学生がどの論文を書いたのかを区別するのに本当に苦労させられます」と Jia はため息をつく。

これと似た混乱は、同じ研究室に所属する John Roberts と Jane Roberts が共同研究に参加し、その論文で「J.

Roberts」と表記されたときにも起こりうる。しかし、中国人氏名の識別については、英文論文に記載する際の漢字の音訳の問題や、増加を続ける人口に対し、一般によくみられる苗字の種類がわずかしかない、などの問題が絡み合っている。中国公安部によれば、わずか 129 種類の苗字を全人口の約 85 パー

セントに当たる 11 億人以上の人々が名乗っていると推定されている。それに加えて、略称の使用、姓名の表記順序、さらには、表記のルールが論文誌によって異なることが、混乱に拍車をかけている。

英文論文誌に論文発表する中国人研究者は、ローマ字化システム（ピンイン）を使って、中国語での発音をアルファベット化して姓名を表記する。ところが、この方法は双方向に一意的ではない。例えば、中国人の苗字である「Wang」に当てはまる漢字は 2 種類考えられる。さらに、苗字だけでなくイニシャルも同じ中国人研究者の数が非常に多いことが、問題を複雑化させている。米国国立医学図書館が監修する生物医学文献データベース PubMed を使って、著者「Wang X」の論文を検索すると、8904 件がヒットし、この数はほぼ毎日のように増えている。

これは中国人に固有の問題ではない。「日本人や韓国人の英文論文でも同じ問題があります」。こう語るのは、フランス・ストラスブールに本部があり、国際的な生命科学研究を推進しているヒューマン・フロンティア・サイエンス・プログラム（HFSP）の伊藤正男会長である。検索エンジンや出版物データベースを利用する研究者や編集者は、アジア人著者の識別むずかしいと感じている。「その結果、アジア人研究者は、共同研究プロジェクトへの参加や査読の依頼を受ける機会が少なくなっているのです」と伊藤は話す。

アジア人の姓名表記に関する出版社のルールがまちまちなのも問題を悪化させる原因の 1 つだ。例えば、複数の文節で構成されるアジア人の氏名の略称についての取扱いが、論文誌によって異なっている。もし、論文誌が、名前の漢字 1 文字ずつに略称を用いることにすれば、研究者の論文を見分けるうえで役に立つ、と Jia はいう（この方法であれば、略称は単に X ではなく、Xiao-rong は X. R. に、Xiao-xue は X. X. になる）。「研究者の業績を評価する場合やヘッド

ハンティングの際に、これが大きな問題となっているのです」と Jia は語る。

また、名前→苗字の順序を固守する論文誌がある一方で、各国の慣習による表記法で著者名を記載させる論文誌もある。例えば清華大学（北京）でナノカーボン技術の研究を行っていた 2 人の研究者、Yang Wei と Wei Yang のケースがあった（コラム「漢字にまつわる混乱」参照）。現在は浙江大学（杭州）に所属する Yang Wei によれば、清華大学には、彼と同姓同名の研究者が何人かいたばかりでなく、同じナノカーボンの研究者に同一イニシャルの Yang が複数いたというのだ。「目当ての研究者を見つけ出せるのはラッキーなことなのです」と Yang Wei は話す。

幅広く蔓延するこの問題を逆にとり、名前にまつわるあいまいさを利用した研究者もいる。外科医の Liu Hui は、苗字が同じでイニシャルも同じ他人の研究論文を使って履歴書の水増しを行ない、名門清華大学の学部長補佐にのし上がった。しかし、経歴詐称が後日発覚し、2006 年 3 月に同大学から解任された。

アジア人でさえ自国出身の研究者を見分けられなくなれば、欧米人にとってはさらにむずかしい話だと語るのは、米国物理学会の機関論文誌の編集長 Gene Sprouse である。「アジアの査読者の数が非常に少ない理由をウチの編集者に尋ねたところ、同じ苗字とイニシャルのアジア人研究者がとても多いために、適切な人材を正確に特定することがむずかしいという答えだった」と Sprouse は話す。そして、今後、アジア人研究者による論文が増えていけば、この問題は悪化の一途をたどるだろうという。

近年、中国、日本、韓国からの研究発表が急増し、2006 年には、トムソンサイエンティフィック社のサイエンス・サイテーション・インデックス（SCI）に掲載された科学文献の 5 分の 1 を占めるまでになった。これは、米国の約 3 分の 2 に匹敵する（L. Leydesdorff

and C. Wagner 著 *Scientometrics*、近刊）。中国大陆の著者による SCI 掲載論文数の伸びが特に大きく、1996 年に 2.3 パーセントだったものが、2006 年には 8.4 パーセントになっている。

解決への試み

こうした動向に対応するため、米国物理学会では、英語音訳した氏名の表記に加えて、中国語、日本語、韓国語による表記を併用できるオプションを論文著者に提供するという、独自の措置に踏み切った。「これは単なる出版上の問題ではない。個人の名前は大切なもので、この新措置は、我々がアジア人研究者を尊重しており、我々の論文誌への投稿を歓迎しているというメッセージだ」と Sprouse は話す。米国物理学会は、この措置の対象をアラビア語などほかの言語に拡張することも考えているという。

この動きを歓迎する人たちが多くいる一方で、同じ方法をとる出版社が急増するかについては疑問視する向きもある。数種類の外国語活字を使った印刷となると、印刷所はそのすべてのフォントとコードを組み込む必要があり、コスト増につながる。また、この措置自体がどれほど有益なのか、という声もある。「（この措置が）本当に役立つようになるのは、それらを出版物データベースにも取り込み、アジア人著者の検索を著者の母国語でもできるようにしてからのことだと思います」と伊藤は話す。

このような懸念は、PubMed のような文献データベースではまだ感じられていないようだ。米国国立医学図書館索引課長 James Marcetich は、アジア人著者の索引検索に伴う問題は把握していないという。多くの場合、ユーザーは、キーワードや著者の所属を打ち込むことで検索を絞り込むことができるからだ。しかし、数年ごとに所属が変わったり、複数の研究分野にまたがって研究に取り組んだりする研究者は多い。このため、絞り込みの過程には困難が伴い、時間がかかる場合がある。

「効率がすべてなのです。目当ての著者を15分で見つけ出せるのか、6時間かかるのか、という問題です」。科学技術出版企業エルゼビア社（オランダ）の北京事務所マネージャー、Sun Xiaopeng は語る。Sun は、著者の母国語を使って行なう検索の実用度については懐疑的である。研究者にとって、なじみのない言語で検索するのは極めてむずかしいことだからだ。エルゼビア社には著者識別機能「Scopus」などのツールがあり、それらを使えば、よくある苗字のアジア人著者、あるいは欧米人著者の特定に使える、と Sun は話す。

2006 年から提供が開始された著者識別機能では、「Scopus」データベースがカバーする1万5000種の論文誌に論文を発表した約200万人の著者ひとりひとりに対して、固有の番号がつけられている。そして、氏名が同一か類似している著者について、アルゴリズムを使って、所属機関や論文発表歴、研究分野、共同著者などから識別を行なう。「Scopus」は、収録するデータの95パーセントについて、99パーセントの精度で識別ができたと宣伝されており、作成された著者ひとりひとりのウェブページに個人データの概略を表示し、著者自身が内容を修正できるようにしている。「これは、研究者がどこへ移動しても必ずついていく、いわゆる著者パスポートのようなものです」と Sun は話す。

このような商品を提供しているのはエルゼビア社だけではない。今年1月、トムソンサイエンティフィック社（米国フィラデルフィア）は、同社独自の「ResearcherID」を発表した。研究者はこれを使って個人IDを作成し、自身の論文の被引用度を管理できる。登録は1回限りで、研究者には、ソフトウェアによって番号が付与される。「ResearcherID」は、発表論文にまつわるあいまいさを解消し、ネット上で模索される研究の協力関係にとって安全な空間を提供します」とトムソン社の製品開発担当副社長 Jim Pringle は話す。

現在、約3500人の招待ユーザーがこのサービスを利用している。

共同戦線

ジョンズ・ホプキンス大学応用物理学研究所（米国メリーランド州ローレル）の図書館司書 Susan Fingerman は、エルゼビア社が宣伝している著者識別の精度は「おそらく誇大表示」だと考えている。また、いずれにせよ、上述のいろいろな方法は解決法の一部でしかないとも話す。この著者識別問題の原因は、出版のかなり上流の部分、つまり、論文誌がアジア人の姓名表記に関して一貫したルールをもっていない点にあるからだ。出版各社が一体となって姓名表記についての統一的方法を決めるべきだ、と彼女は主張する。「それができて初めて、著者識別システムが本当に便利なものになるのだと思います」。

しかし、現在市販されている製品では、すべてのデータベースで共通に使える識別子が提供されていない。この点については、エルゼビアやネイチャー・パブリッシング・グループなど2046の学術出版社の連合体である CrossRef に1つの解決法があるかもしれない。CrossRef は、電子コンテンツに使われている（論文識別用の）デジタルオブジェクト識別子（DOI）に似た「Contributor ID」の導入をめざしている。「CrossRef は、かねてから普遍的な著者版 DOI 登録制度の構想を検討していました」と CrossRef の戦略的イニシアチブ担当ディレクター Geoffrey Bilder は話す。アルゴリズムも、ユーザー自身が作成するシステムも記載の誤りが生じやすいのに対し、CrossRef では、記載内容の裏づけ・認証を行なうシステムを提供できるという。識別子を本格的に使えるものにするには、この認証システムが不可欠だと Bilder は話す。

今年の後半、CrossRef は、書籍や学術論文の著者などを対象に、その著作の登録をよびかけて、試作版の実用化試験を実施する予定にしている。著者

漢字にまつわる混乱

役に立たない略称の問題（25ページの画像参照）のほかに、中国人の姓名を英語で表記する際に生じる2種類の問題。

黎燕

Li Yan

李彦

Li Yan

音訳による混乱

この2人の研究者の場合には、中国名が異なっている、英語に音訳すると、まったく同じ「Li Yan」になってしまう。

魏洋

Wei Yang

杨卫

Yang Wei

順番に関する混乱

姓名表記の順番についてのルールが論文誌によって異なっていると、2人の研究者、Yang WeiとWei Yangが混同されることがある。

別にリスト化された書籍や論文については、各出版社のウェブサイトとリンクすることで、記載内容の裏づけが行われる。

「普遍的な著者識別システムができれば、混乱した状況の解消に役立つかもしれませんが」と Wang Xiao-yan はいう。中国には、同じ Wang 姓を名乗る人が約9300万人もあり、略称が同じ「X. Wang」の研究者と共同研究を行なう、あるいは同じ研究分野の同僚となる可能性は高い。人違いの可能性によって欧米の研究者と対等な競争ができなくなることを彼女は心配する。「私のキャリアの障害になりかねませんから」と彼女は話している。 ■

Jane Qiu が北京から Nature に寄稿した。

A first for bats

コウモリはいつ飛んだ？

John Speakman

コウモリは進化の過程で、飛翔と反響定位のどちらを先に獲得したのだろうか。新たに発見された化石は、飛翔が先という説に有利な証拠となるものだ。ただしこの場合、夜間飛行のためには、何か別の方法を身につけていたと考えられる。

Nature Vol.451 (774-775) / 14 February 2008

現在みられるようなコウモリ類が進化した過程については、長年にわたって論争が続いている。このほど、米国ワイオミング州のグリーンリバー累層で注目すべきコウモリの化石が発見され、この論争に新たな展開をもたらしている。この化石コウモリは、Simmons たちにより、新属新種として *Nature* 2月14日号に報告された¹。系統発生解析や、同じ累層やドイツのメッセル累層で出土したほかの化石コウモリとの比較によって、今回見つかった化石コウモリは、今まで発見されたものの中で最も原始的なコウモリ種であることが示唆された。

コウモリの進化を解明するという問題は、少なくともチャールズ・ダーウィンまでさかのぼる。彼は著書『種の起原』の中で、自然選択による進化論では解釈できない例をいくつか挙げていた。特に頻りに論じられているのは目の起源であるが、コウモリが地上性の祖先動物からどのように派生したのかという難問についても触れている。50年ほど前にコウモリの反響定位（発した超音波の反響で対象物の位置や自分の位置を特定すること）が発見され²、コウモリの初期進化の謎にまた1つ新たな問題が加わった。反響定位と飛翔のどちらが先に進化したのか^{3,4}という、大きな疑問が生まれたのである。

長い間、「反響定位先行」説のほうが優勢だった。コウモリの前段階の祖先動物は、地上または樹上で生活する反響定位能力をもった小型動物で、空中を通り過ぎる昆虫を反響定位によって感知し、すばやく捕獲していたとする仮説がある⁴。反響定位先行説では、こうした能力を備えたことで、獲物捕獲を容易にするために腕や指が伸長する方向に働き、おそらくそれに伴って指の間に飛膜が発達したのだとしてい

る。そして最終的には、飛び上がって昆虫を捕獲するようになり、着地点への誘導法として反響定位を用い、伸ばした腕や指を翼のように用いるようになったのだろう。この時点から、コウモリの祖先は樹上などで待ち伏せし獲物めがけて飛ぶ捕獲法（perch hunting）をとるようになり、最終的には完全な動力飛行（飛びながら獲物を追いかける捕獲法 [aerial hawking]；図1）を発達させたと考えられる。

反響定位先行説を支持する研究者たちは、一部のトガリネズミ類など、原始的な反響定位システムを備えている地上性動物が存在していることを指摘している。また、原始的な現生コウモリ類の大半は樹上から飛ぶ捕獲法を用いることが多く、蹴爪（下記参照）とよばれる特徴的な構造をもたないことも理由の1つに挙げられる。大昔の化石コウモリ類の大部分も、蹴爪をもっていなかったのである。（蹴爪は、後肢の足首付近から突き出ている軟骨性の突起で、後肢と尾の間に張られた飛膜 [尾膜という] の縁に沿って伸びている。）しかしそれ以上に、コウモリが暗闇の中で自分の位置を確認できるようになる前に飛翔能力を進化させたという考え方は、まったく見当違いのように思われた。

しかし1980年代末ごろになって、私自身の研究チームが報告した成果を含め、「飛翔先行」説に有利な証拠が次々と集まってきた。ある論文⁵で、逆さまにぶら下がった休息時のコウモリにとって、反響定位は非常に多くのエネルギーを消費することが明らかにされた。このエネルギー消費の多さは、コウモリが使っているような本格的な反響定位システムを進化させた地上性哺乳類がほかにいない理由の説明の1つとなるだろう。しかし2つ目の論文⁶では、コウモリが飛翔するときには反響定位のエネルギー消費は

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。

図1 現在のコウモリの飛翔。これは飛びながら獲物を追いかける種類のトビイロホオヒゲコウモリで、米国オレゴン州のローグリーパー国有林で夜間に飛んでいるところを撮影したもの。

MICHAEL DURHAM/MINDEN PICTURES/NATURE PRODUCTION

少ないことが明らかにされた。これは、翼の羽ばたきと、肺の換気および反響定位パルスの発生とを驚異的に連動させているためである⁷。コウモリが場所を動かずにぶら下がって反響定位を行うときには、息を強く吐き出すために筋肉を特別に収縮させなければならない、そこには多大なエネルギーの消費が発生する。コウモリが飛翔しているときには、これらの筋肉は既に収縮しており、そのため飛翔中の反響定位は実質的に静止時よりも消費エネルギーが少なくすむ。

だが、コウモリが自分の居場所を定位できるようになる以前に暗闇の中を飛べたのか、という問題についてはどうだろうか。私が賛同するの⁸は、コウモリの最古の祖先動物は日中に活動する昼行性で視覚を用いて定位していたが、6500万年ほど前に恐竜類が絶滅してまもなく鳥類の捕食者が出現したため、夜行性にならざるを得なかったのだらうという説である。やがて、そのうち一部のものが反響定位を進化させ、その他のものは視覚に頼る夜行性になったと考えられる。

Simmons たち¹の化石標本が発見されるまでは、コウモリの進化に関するこうした問題を解明するうえで、化石記録はほとんど役に立っていなかった。知られるうちで最古の化石コウモリは、5000万年ほど前の始新世堆積層で見つかったもので、現生コウモリによく似た完全な形のコウモリである^{9,10}。これらのコウモリの内耳にある蝸牛のサイズを調べると、いずれも反響定位の能力を既にもっていたことが明らかになった。反響定位を行う動物では、蝸牛が非常に大型化しているのである。これまでに報告された化石コウモリはすべて、飛翔能力と反響定位能力の両方を備えているものだった^{11,12}。

Simmons たち¹が今回報告したコウモリは、およそ5250万年前の化石2体で、その1つは論文掲載号の表紙を飾った。このコウモリの翼の形態は、指に鉤爪があることを除けば、現生種のものと同様に似ている。また、ほかのすべての点から考え、これが動

力飛行能力をもったコウモリであることは明白である。これまでに発見されたほかの原始的な化石コウモリ類と違って、この種には蹴爪もある。これは、蹴爪をもたないこと、それゆえおそらく樹上から獲物めがけて飛ぶ習性のないことが、祖先動物の特徴ではないことを物語っている。しかし、この化石によって得られた本当に重要なことは、大型化した蝸牛をもっていないという驚くべき発見である。つまり、このコウモリは反響定位の能力を備えておらず、このことは飛翔先行説を裏づける最初の直接的な証拠となる。さらにこのコウモリの四肢の比率を測定したところ、反響定位先行説と飛翔先行説のどちらの支持者も予想していたように、樹上生活をしていた可能性が高いことが示唆された。

残る疑問の1つは、このコウモリが夜行性と昼行性のどちらなのかということだ。夜行性で反響定位をしない動物では一般に目が大きく、眼窩も大型化しているため、眼窩のサイズ測定が疑問を解く手がかりになりそうである。残念ながら、Simmons たちが報告した2体の化石標本ではこの疑問を解くことができない。頭骨の上部が押しつぶされていて、眼窩を復元できないからだ。しかしそこまで期待するのは、欲張りすぎというものだろう。とにかく、これらのすばらしい化石がコウモリの進化の解明を大きく前進させたことは確かである。 ■

John Speakman、アバディーン大学 (英)

1. Simmons, N. B., Seymour, K. L., Habersetzer, J. & Gunnell, G. F. *Nature* **451**, 818–821 (2008).
2. Griffin, D. R. *Listening in the Dark: The Acoustic Orientation of Bats and Men* (Yale Univ. Press, New Haven, CT, 1958).
3. Teeling, E. C. *et al.* *Nature* **403**, 188–192 (2000).
4. Jones, G. & Teeling, E. C. *Trends Ecol. Evol.* **21**, 149–156 (2006).
5. Speakman, J. R., Anderson, M. E. & Racey, P. A. *J. Comp. Physiol. A* **165**, 679–685 (1989).
6. Speakman, J. R. & Racey, P. A. *Nature* **350**, 421–423 (1991).
7. Suthers, R. A., Thomas, S. P. & Suthers, B. J. *J. Exp. Biol.* **56**, 37–48 (1972).
8. Speakman, J. R. *Mamm. Rev.* **31**, 111–130 (2001).
9. Jepsen, G. L. *Science* **154**, 1333–1339 (1966).
10. Gunnell, G. F. & Simmons, N. B. *J. Mamm. Evol.* **12**, 209–246 (2005).
11. Habersetzer, J. & Storch, G. *Naturwissenschaften* **79**, 462–466 (1992).
12. Novacek, M. J. *Nature* **315**, 140–141 (1985).

Nanowires' display of potential

ナノワイヤーを利用したディスプレイの可能性

Hagen Klauk

ビデオディスプレイの未来は、柔軟かつ透明である。小型で、屈曲性があり、透明な付随的電子機器を製作するための材料を見つけることはむずかしい。けれども、有望な候補が現れ始めている。

Nature Vol.451 (533-534) / 31 January 2008

半導体ナノワイヤーは非常に小さな半導体結晶であり、一般的な長さは数 μm 、直径はわずか 20 ~ 80nm しかない。これが、極小のマイクロプロセッサやテラビット級のメモリチップなど、次世代の集積回路の基礎となる可能性がある。専門家らは、ナノワイヤーの小ささを利用してシリコン基板上に 1cm^2 あたり 2000 億個ものナノワイヤー・トランジスタを詰め込むことで、こうした素子をそこそこのコストで製造できるようになることを期待している。そのためには、トランジスタが従来の平面的なレイアウトから脱却することも必要となるだろう¹。

ゴールはまだまだ先であるが、ナノワイヤー・トランジスタはすでに、集積密度やスイッチング速度の要求水準がもっと低い分野への応用において、独自のニッチを切り開きつつある。その一例として Ju ら² は、ナノワイヤー・トランジスタの特殊な性質が、アクティブマトリックス式有機発光ダイオード (OLED) ディスプレイでの使用に適していることを *Nano Letters* 誌にて示している。

こうしたディスプレイの個々の画素には、OLED のほかに、いくつかのトランジスタを入れなければならない。トランジスタを入れるのは、フルモーションでのビデオ再生の際に画像が高速で変化しているときにも、すべての画素が必要な色を必要な明るさで発せられるようにするためである。ディスプレイの単位面積当たりのトランジスタの個数は比較的少ないため (1cm^2 あたり 1 万個前後)、個々のトランジスタが占める面積は、メモリチップやマイクロプロセッサチップの場合ほど重要ではない。

実用面では、OLED ディスプレイ中のトランジスタに、アモルファスシリコン^{3,4} や共役オリゴマー² のよ

うな電荷担体の移動度が比較的低い半導体を使用できるという意味がある。移動度が小さいということは、十分な電荷担体を輸送し、必要な電流 (1 画素につき約 10^{-5} アンペア) を駆動できるだけの大きさ (つまり幅の広さ) がトランジスタになければならないということである。これらの半導体材料には、柔軟かつ透明なポリマー基板を使用できるだけの低温で処理できるという大きな長所がある。

しかし実際には、ディスプレイ中のトランジスタは、好きなだけ大きくできるわけではない。画素中でトランジスタが占める空間が広くなるほど、光を発するために使える空間が狭くなるからである。ディスプレイ開発の重要な目標は、開口率 (画素中で光を発するために使用できる領域全体の割合) を大きくすることにある。アモルファスシリコン、または有機トランジスタで画素の大きさが 300 ~ 500 μm であれば、40 ~ 50% の開口率が可能である³⁻⁵。

最初に大量生産されたアクティブマトリックス式 OLED ディスプレイ⁶ では、開口率を高めるために、多結晶シリコンを原料とするトランジスタが用いられている。アモルファスシリコンまたは有機半導体と比べると、この半導体の電荷担体の移動度ははるかに大きいため、トランジスタを細くして、開口率を大きくすることができる。しかし、多結晶シリコントランジスタは、より高い処理温度を必要とするため、ポリマー基板と一緒に多結晶シリコンを用いることはむずかしい。

そこで半導体ナノワイヤーの出番となる。半導体ナノワイヤーは単結晶からできているため、電荷担体の移動度は大きい。Ju らの報告² によると、彼らが酸化インジウム (In_2O_3) を使って作製したナノワイヤーでの値は $250\text{cm}^2\text{V}^{-1}\text{S}^{-1}$ であったという。こう

して、少数のナノワイヤーをうまく整列させたものは、多結晶シリコントランジスタと同じ駆動電流を出力でできることになる。

Ju らは、パルスレーザーアブレーションによってナノワイヤーを作製した (図 1)。これは、レーザーを使ってバルクの固体標的から材料を蒸発させたものを、懸濁液中からディスプレイ基板上へと移す方法である。ナノワイヤーがディスプレイ基板上に載ったら、標準的なフォトリソグラフィー技術により、これをトランジスタと画素回路につなぐ。余分なナノワイヤーは、超音波を使ってバス中で振り落とす。

ソース接点 (トランジスタの中を流れる電流の入口) とドレイン接点 (同じく出口)、および、その電流の大きさを制御するゲート電極に光学的に透明な導体を用いることにより、透明ディスプレイに使えるトランジスタが得られた。これは、車のフロントガラスなどに使えるはずである。ゲート電極は、絶縁層によってナノワイヤーから分離しなければならない。そのために著者らは、きわめて少ない欠陥と大きな電気容量をもつ、非常に薄い分子誘電体を使用した (図 1a)。電気容量が大きいということは、ナノワイヤー中に十分な数の電荷担体を誘導するために必要とされるゲート電圧が比較的小さく (約 4 ボルト)、ディスプレイの電力消費を最小限に抑えられることを意味している。

ナノワイヤーをディスプレイ上で作らずに、あらかじめ作っておいたナノワイヤーを基板に移すという方法をとることにより、半導体を作製するためのサーマルバジェットは、トランジスタを作製するためのサーマルバジェットから切り離される。ゆえに、十分な電荷担体移動度をもつナノワイヤーを作製するためには高エネルギーまたは高温が必要であるが、ディスプレイは低温のポリマー基板上で作製することができるのである。著者らのトランジスタ製作過程での最高温度は約 100°C であり、これはフォトリソグラフィーのための温度であった。一方、高移動度の多結晶シリコン薄膜を用いるトランジスタは、約 500°C での炉アニールか、時間のかかるレーザー結晶化を必要とする。Ju ら²はさらに、ナノワイヤーと室温で作製できる有機ゲート誘電体との相性が非常によいことも示している。これに対して、アモルファスおよび多結晶シリコンは、通常、約 200°C で堆積させる無機誘電体を必要とする。

画素の大きさが $54\mu\text{m} \times 176\mu\text{m}$ と比較的小さい上に、特別なナノワイヤー配置方法がなく、トランジスタ領域の小さな部分しか電子輸送に利用できないことを考えると、著者らが報告するディスプレイの 46% という開口率は、かなりの値である (図 1b)。

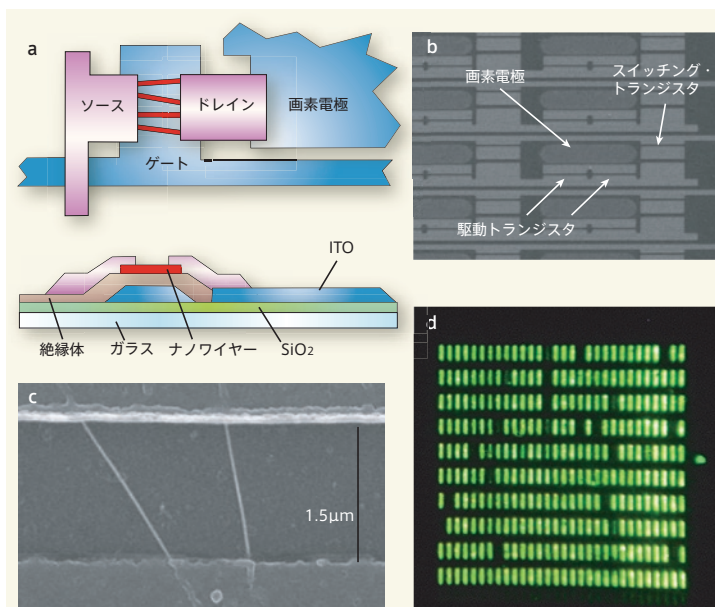


図 1 小型で、柔軟で、透明なディスプレイをめざして。a、このほど Ju らが開発したアクティブマトリックス式有機発光ダイオード (OLED) ディスプレイ用トランジスタ素子²の中核部分では、トランジスタのソースとドレインの間を酸化インジウム製のナノワイヤーがつないでいる。トランジスタは酸化インジウムスズ (ITO) という透明な導体でできている。ナノワイヤーとトランジスタのゲート電極は薄い分子絶縁体によって分離されているため、トランジスタは小さい電圧で制御することができる。b、ガラス基板上に二酸化ケイ素 (SiO_2) 層が載っている構造は、ディスプレイの OLED から失われる領域を最小限に抑えることができる。 $54\mu\text{m} \times 176\mu\text{m}$ の画素のいくつかを上から見たこの画像では、丸みを帯びた菱形が、利用可能な領域の約 46% (ディスプレイの開口率) を占める OLED 電極である。c、素子の内部にあるナノワイヤー (斜線) の走査型電子顕微鏡画像。d、トランジスタ動作電圧が 3V、OLED 駆動電圧が 5V で動作している $2\text{mm} \times 2\text{mm}$ ディスプレイ (図は参考文献 2 より引用)。

現段階では、このディスプレイはフルカラーではなくモノクロである。また、その応答は、ビデオレート of マトリックス・アドレッシングではなく、静的な画素演算である。それでも、ナノワイヤートランジスタを使ったアクティブマトリックス式 OLED ディスプレイの実証には大きな意義がある。我々に足りないのは、効率のよいナノワイヤー配置方法 (そしておそらく OLED の効率と寿命のもう少しの改善) だけである。これさえ手に入れば、高品質の柔軟なディスプレイが現実のものとなるかもしれないのだ。 ■

Hagen Klauk, マックス・プランク固体研究所 (独)

1. Rustagi, S. C. et al. *IEEE Electr. Device Lett.* **28**, 1021-1024 (2007).
2. Ju, S. et al. *Nano Lett.* advance online publication doi:10.1021/nl072538+ (2008).
3. Long, K. et al. *IEEE Trans. Electr. Devices* **53**, 1789-1796 (2006).
4. Kumar, A., Nathan, A. & Jabbour, G. E. *IEEE Trans. Electr. Devices* **52**, 2386-2394 (2005).
5. Zhou, L. et al. *Appl. Phys. Lett.* **88**, 083502 (2006).
6. www.sony.jp/products/Consumer/oel

マントル遷移層が乾燥していたことを発見！

芳野 極

岡山大学地球物質科学研究センターの芳野極准教授らは、地球電磁気学的に観測された値と、地球内部の高温高圧状態を再現した実験値の比較から、地球のマントル遷移層にはほぼ水分がないという結果を導き出した。地球内部に水がどのくらい存在するかは、地球の進化やマントル対流などにかかわる重要な問題である。詳細は *Nature* 1 月 17 日号で発表された¹。芳野准教授に研究の経緯や意義、今後の展望について聞いた。

「マントル遷移層」は水を含むポテンシャルがある

Nature Digest — なぜ地球内部の水を調べようと思われたのですか？

芳野 — ここ 10 年くらいは、マントルと水に関する研究が数多く報告されていました。水があったら、どのくらい地震波速度が下がるとか、岩石の融点がどのくらい下がるとか、マントルを構成する鉱物にどのくらい水が入りうるかなど、さまざまな角度の研究が行われています。しかし、水の存在自体はきちんと検証されていませんでした。この研究も、これまでの説のようにマントル中に水がたくさん含まれているのならば、それはどのくらいなのかを定量してみようという動機から始めたのです。蓋を開けてみれば、反対にマントルはとても乾燥していました。

ND — 岩石であるマントルと水には、どのような関係があるのでしょうか？

芳野 — 90 年代の初め頃からマントルの鉱物にどのくらい水が入りうるのかという研究が始まり、90 年代の半ばには「マントル遷移層」部分を構成する鉱物の水を含むポテンシャルが、ほかの地球内部の部分に比べてとても高いということがわかってきたのです。地球内部に水があるとするならば、マントル遷移層だろう、そう考えられてきました。地球内部の構造を分類すると、外側から地殻、上部マントル、下部マントル、外核、内核に分けられます（図 1）。それぞれの部分で地震波の伝わり方や速さが異なるのです。その中でマントルは、地表から 30km くらいから 2900 km までの岩石でできている

部分を指します。それより深いところは金属から成るコア（核）とよばれる部分です。組成がほぼ同じであると考えられているマントルでも、地震波の伝わり方が大きく変わる場所が 3 か所知られています。地表から 410km、520km、660km です。この地震波速度がジャンプするかのように速くなる、410km ~ 660km の間をマントル遷移層とよんでいます。

ND — そうした地震波速度の変化は、なぜ起こるのでしょうか？

芳野 — マントルは岩石から成り、岩石は鉱物からなります。マントルは主にかんらん石という鉱物（8 月の誕生石ペリドット）からできていると考えられています。地震波速度が急激に変化するところでは、鉱物の結晶構造が変わるのです。地球深部に進むほど、圧力と温度は高くなります。地表から 410km ですと、かかる圧力は約 14GPa、温度は約 1400℃。ここにかんらん石の結晶構造が不安定になり、ワズレアイトという鉱物になります。520km では約 18GPa で約 1500℃、この状態で今度はワズレアイトがリングウッドイトに変化します。ちょうど石墨が同素体のダイヤモンドに変化するのと同じようなものです。さらに 660km では、リングウッドイトが分解して 2 層の別の鉱物に変化します。ここが上部マントルと下部マントルの分かれ目となっています。

ND — これらの 2 つの鉱物に水が入りやすいということですか？

芳野 — 水といっても、地球深部の水はいわゆる水分子ではありません。基本的にマントルを構成する鉱物をいちばん単純な化学組成式で書くと水は入りません。ワズレアイトとリン

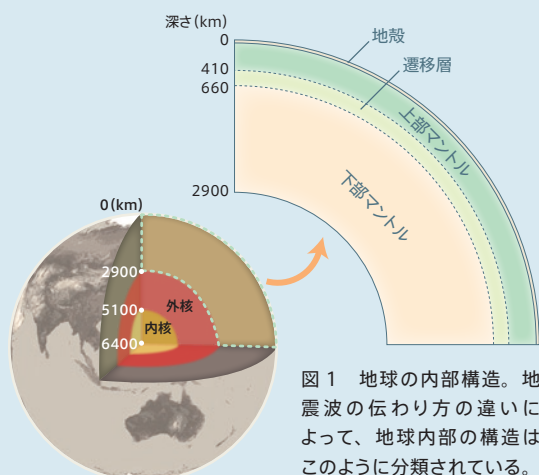


図 1 地球の内部構造。地震波の伝わり方の違いによって、地球内部の構造はこのように分類されている。

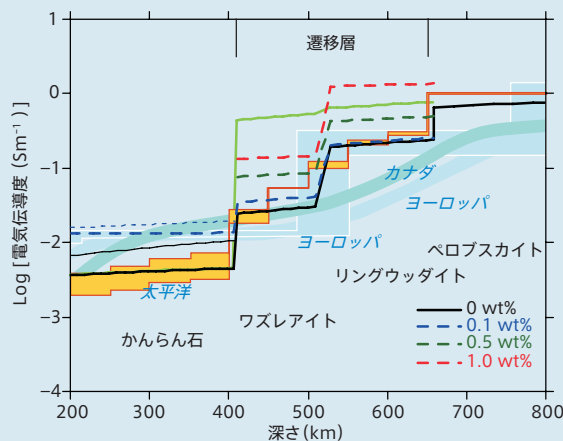


図 2 マントル遷移層の電気伝導度
オレンジ色の帯は太平洋で実際に得られた、広域のマントル遷移層の電気伝導度を、水色の帯はヨーロッパやカナダなどで得られた局所的な値を示している。実線と点線は、実験から得られた電気伝導度。水が 0%（黒い線）のときに、広域の観測値とよく一致していることがわかる。

T. Yoshino et al., *Nature* 451, 326–329 (2008)

グウッドライトは、マグネシウムと鉄、シリコン、酸素からできているのですが、水素はマグネシウムやシリコンを置き換えて結晶構造中に入ることができます。鉱物結晶中の水素を地球物理学では鉱物中の「水」とよんでいます。ワズレアイトとリングウッドライトは、他の地球深部の物質に比べて水素の入るポテンシャルが高いということです。

磁気嵐を利用した観測値

ND — 今回の発見にも地震波速度が使われたのでしょうか？

芳野 — 地震波速度は水が入ると遅くなるという傾向はありますが、水のない鉱物とある鉱物を測っても2～3%という違いしかみられません。地震波速度の観測で水の量を決めることはかなりむずかしいわけです。そこで私たちが注目したのが電気伝導度です。電気伝導度は、水の存在にとても敏感で桁で変化します。さらに、かなり信用度の高いデータが手に入ります。日本とアメリカ間の1万kmに及ぶ海底ケーブルを利用したものです。太陽からの磁気嵐が地球にやってくるときに、この海底ケーブルを側線として、地球の電気伝導度を測ります。この非常に広域なマントル遷移層の電気伝導度と、後述の高圧実験で求めた値を比較することで水の量を決めることができます。ほかの場所でも地球内部の電気伝導度を調べたデータはありますがいずれも局所的なものであるため、我々はこの太平洋の海底ケーブルを用いたデータを最も信用しています。

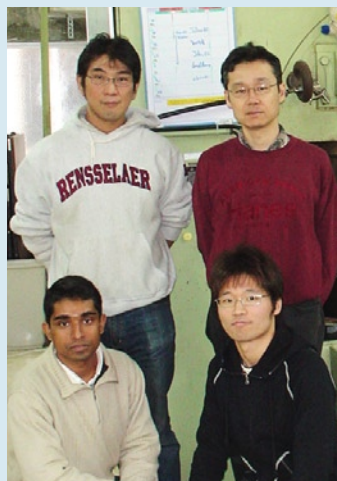
ND — これまでに電気伝導度を利用したマントル遷移層の研究はなかったのでしょうか？

芳野 — あります²。ただこれまでの研究では、マントル鉱物に2種類現れる電気伝導度を区別して測っていませんでした。水の量を決定するためには、小さなポーラロン伝導とプロトン伝導という2種類の電気伝導度メカニズムを区別する必要があります。地球内部では深さによって温度が変わりますが、この温度変化によって、マントル遷移層では2種類の電気伝導度のどちらが卓越するかが決まってくるのです。温度の低い方ではプロトン伝導が卓越します。

ND — その2つの電気伝導度とはどういうものですか？

芳野 — ワズレアイトとリングウッドライトの中には、必ず鉄が含まれます。この鉄には価数が2価のものと3価のものがあります。3価の場合、結晶中の電荷の中性を保つために、正孔（ホール）という電子の不足でできた孔が必要となります。正孔は電荷の中性を保つためにあたかも電荷をもっている状態となり、高温になるとこの正孔が動き始めるのです。動き回ることによって電気が流れます。これがポーラロン伝導です。プロトン伝導は、鉱物の結晶格子中にある水素によるものです。結晶中で水素はイオン化してプロトン（陽子）になります。水素原子は小さいために、結晶格子中を移動します。水が多いというのは、つまり水素が多いということですから、プロトンが増えてより多くの電気が流れるようになります。

ND — 高圧実験で求めた2種の電気伝導度と太平洋での観測値を照らし合わせたら、水のない場合と一致した……。



芳野 極（よしの・たかし）／岡山大学地球物質科学研究センター准教授。理学博士。1970年、東京都生まれ。1993年、静岡大学理学部地球科学科卒業。1998年、東京大学大学院理学系研究科博士課程修了。1999年、東京大学地震研究所研究員、2001年、岡山大学地球物質科学研究センターCOE研究員などを経て、2008年2月より現職。

博士課程を修了するまでは、ヒマラヤ周辺で、隆起して露出した地殻の深い部分のフィールド調査を行ってきた。東京大学地震研究所に入ってから実験に目覚め、地球深部の再現を行っている。地球という複雑なシステムを、単純化した実験で再現することが可能かを判断するときに、学生時代のフィールド観察で養った感覚がとても役立っている。地球深部を再現する高圧実験機を用いて、これまでNatureに3本の論文を発表している。

今回の論文著者の芳野極准教授（左上）、桂智男教授（右上）、ギート・マンティラケ博士課程学生（左下）、松崎琢也技術研究員（右下）。

芳野 — はい。私たちはワズレアイトとリングウッドライトで、水の量が違う試料をたくさん作り、それらの電気伝導度を測って水の量の関数として電気伝導度を求めました。この値と先ほどお話しした太平洋の広域で得られた電気伝導度の値を比べると、水の量が0%の値と怖いくらい一致したのです（図2）。もし水が1%でも入っていれば、まったく観測値と合わないことがわかりました。こうした結果から一般的なマントルはかなり乾いているのではないかということがわかりました。ということは、問題となるプレート境界部で海洋プレートとともに沈み込んだ水のほとんどは、深さ200km程度より浅いところで脱水して、火山活動などを通じて地表に戻っている可能性が高いものと思われます。

地球のより“極地”を目指して

ND — 地球科学に興味をもたれたきっかけはなんですか？

芳野 — 父が地球高層物理の研究者で、南極越冬隊にも参加していました。私の名前の「極」という漢字は、南極から取ったもののようです。また、父は研究で海外に赴き帰宅すると、よく家族を集めてスライドショーを始めました。こうした家庭環境で洗脳されたのかもしれませんが（笑）。

ND — 今後の課題は？

芳野 — より高圧の下部マントルで安定な鉱物、例えばアルミナを含むケイ酸塩ペロブスカイトは水を含むことが知られており、その電気伝導度への水の影響を調査することが必要かもしれません。下部マントルは地球の体積の半分以上を占めているので重要です。この圧力領域での電気伝導度測定はまだむずかしい課題です。ある意味、極地をめざすようなものですね。

ND — ありがとうございます。 ■

聞き手は坂元志歩（サイエンスライター）。

1. T. Yoshino et al., *Nature*, **451**, 326-329 (2008)
2. X. Huang et al., *Nature*, **434**, 746-749 (2005)

哺乳類では非常に珍しく、プレーリーハタネズミは一夫一婦制をとるものとばかり思われていました。ところが今回、社会的には夫婦としての体裁を保ちつつも、実は、性的にはかなり奔放であることが暴かれたのです。

内容が内容なだけに、口語的でユーモアのある英語表現が多用されています。まずは Word and phrases を参考にしながら全体に目を通し、科学用語を復習してみましょう。

NEWS

語数 : 415 words 分野 : 動物行動

Published online 6 February 2008 | *Nature* **451**, 617 (2008) | doi:10.1038/451617a

'Monogamous' vole in love-rat shock

Randy rodent revels in raunchy romps.

<http://www.nature.com/news/2008/080206/full/451617a.html>

Heidi Ledford



プレーリーハタネズミ

1. By traditionalist standards, prairie-vole couples may enjoy the ideal relationship: the rodents form lifelong partnerships — a highly unusual practice in mammals. Males help raise the children; females help build the nest. As for their sex life, **let's just say** it far exceeds the efforts required for **procreation**.
2. But the **respectable** public behaviour of North American prairie voles (*Microtus ochrogaster*) may hide a **bed-hopping** double life. **Paternity tests** published last week indicate that the animals **touted as paragons** of monogamy frequently cheat on their partners (A. G. Ophir *et al.* *Anim. Behav.* doi:10.1016/j.anbehav.2007.09.022; 2008). "Ironically", the study's authors conclude, "the **dissociation** of social and sexual **fidelity** leads us to suggest that prairie voles are even better models of human attachment than has been appreciated."
3. Studies on prairie voles have led scientists to look at the role of **hormones** such as **vasopressin** and **oxytocin** in strengthening human relationships. Revelations of **infidelity** in the creatures will not change the significance of that research, but may make the voles a little less popular among **political agitators** for **sexual abstinence**. (Eric Keroack, who headed a government family-planning committee in the United States, even used the monogamous voles as evidence to support his view that people who have **extramarital sex** damage their oxytocin **signalling mechanisms**.)
4. Over the past few decades researchers have learned to distinguish between 'social monogamy' — in which a pair lives and **tends their young** together — and 'sexual monogamy', in which a couple mates exclusively with each other. "You may have a partner you come home to every night," says Alexander Ophir, a biologist at the University of Florida in Gainesville, "but that's not necessarily the one that you're mating with."
5. Ophir and his colleagues found that infidelity had no effect on reproductive success: a cheating vole was just as likely to reproduce as a faithful one, so long as the cheater maintained a socially monogamous relationship. Sue Carter, a biologist at the University of Illinois at Chicago, says that these findings highlight the importance of social bonding. "Humans want to believe in sexual monogamy," says Carter. That focus may have distracted people from the relative importance of social monogamy, she says.
6. Carter has observed **philandering** voles in her own lab, and notes that the infidelity did not disrupt pre-existing partnerships. When a female initiates contact with an outside male, for example, the relationship remains strictly sexual. "She mated with him," says Carter, "and then she attacked him, ran him off and went back to her established partner."

Topics ハタネズミ類 (vole) とは？

ハタネズミ類 (vole) は、短い尾と四肢、小さな目と耳が特徴のネズミである。なかでも最も繁栄しているのが、体長 10 ~ 25 cm、ふさふさした長い毛で、ずんぐりした体系が特徴の *Microtus* (ハタネズミ属) である。草食性で、繁殖力が強く、しばしば大発生して農作物に被害を与えることがある。日本名「畑ねずみ」が示すように、北米およびユーラシア大陸の平地から標高 1200 m くらいまでの草原、農地、明るい林に広く生息しており、50 種近くが存在する。繁殖形式は種によって異なり、アメリカハタネズミ (*Microtus pennsylvanicus*; Meadow Vole) は乱婚制 (下記参照) をとるが、今回述べているプレーリーハタネズミ (*Microtus ochrogaster*; North American prairie voles) は一夫一婦制 (下記参照) をとると考えられていた。



プレーリーハタネズミ (雄と雌)

Science key words

タイトル **monogamous**: 一夫一婦制の (名詞形は monogamy)

1 匹の雄と 1 匹の雌がペアを作り、さらには雄が子育てに参加する繁殖形態。これに対し、1 匹の雄が複数の雌と交尾する一夫多妻制や、雄も雌も複数の相手と交尾する乱婚制がある。生物によって繁殖形式は異なるが、哺乳類では一夫一婦制は 3% 以下といわれている。

リード **rodent**: げっ歯類

哺乳類の一種。ネズミやリスが含まれる。最大の特徴は、門歯 (いわゆる前歯) を上下 2 本ずつもち、犬歯をもたないことである。門歯には歯根がなく一生伸び続けるが、その名のとおり (げっ歯とは「かじる歯」の意味)、物をかじることですりへり、とがった歯になる。哺乳類の中で最も繁栄しており、全哺乳類の 50% を占める。

2. **paternity tests**: 父子鑑定

どの雄が遺伝学的に父親であるか、DNA 鑑定を利用して、親子関係を調べること。

3. **hormones**: ホルモン

生体内の特定の部位において生合成され、直接体液中に分泌されて、体内の別の場所にある標的細胞の活動に影響を及ぼす生理活性物質のこと。標的細胞には、それぞれのホルモンに特異的な受容体が存在する。ごく少量で効能を発揮する。脊椎動物のホルモンは、ペプチド系、ステロイド系、アミノ酸誘導体系に分けられる。

3. **vasopressin**: バソプレッシン

脳下垂体後葉から分泌される 9 アミノ酸から成るペプチドホルモン。腎臓での水の再吸収を促進させるため抗利尿ホルモン、また末梢動脈を収縮させることで血圧を上昇させるので血圧上昇ホルモンともよばれる。このほかにもさまざまな効果があり、脳内では神経伝達にも機能し、記憶促進作用もあるといわれる。

3. **oxytocin**: オキシトシン

脳下垂体後葉から分泌される、バソプレッシンとよく似た 9 アミノ酸から成るペプチドホルモン。出産時の子宮収縮作用、乳汁射出を促進する作用があり、陣痛促進剤としても用いられている。また、オキシトシン欠損マウスでは他に対する個体認識能力の低下 (社会的健忘症) や、雌では育児に障害が出るなど、家族関係の構築、社会行動などにおいても機能しているのではと考えられる。

3. **signalling mechanisms**: シグナル伝達機構 (一般的には signal transduction という)

多細胞生物の体全体の恒常性を保つには、個々の細胞が互いに密接に連絡を取り合い、秩序のある機能が必要である。この仕組みをシグナル伝達機構という。細胞は、ほかの細胞から放出されたホルモンや神経伝達物質などのシグナル伝達物質を、それぞれの物質に特異的な受容体で受け取り、細胞内のさまざまなタンパク質を介して正確に処理・応答する。

Words and phrases

タイトル **in love-rat shock**: 「ショックを受けている」という意味の in shock と、「不貞な人」「浮気者」という意味の love-rat を組み合わせ、記事の見出しにしている。

リード **randy**: 「好色な」「性的に興奮した」

リード **revels in**: 「(～を) 大いに楽しむ」「(～に) ふける、酔いしれる」

リード **raunchy romp(s)**: 「行きずりのセックス」

raunchy (「わいせつな、むわいな、淫らな」と romp (「浮かれ騒ぎ、大はしゃぎ」) を組み合わせたもの。romp の意味には幅があるので、raunchy でその性質が決まる。

1. **let's just say** ~: 「とりあえず～といっておこう」

ある事柄について、何らかの理由で、その場では、はっきりと言いたくないために、内容をぼかした発言で切り抜けようとする際の表現。

1. **procreation**: 「生殖」「子作り」

2. **respectable**: 「尊敬すべき」「立派な」

2. **bed-hopping**: 「不特定多数の異性と性的関係を結ぶ」

文字どおり、ベッドからベッドへ飛び移るところからきている。

2. **tout(ed) as** ~: 「(～)もてはやされている」「(～)うたわれている」

2. **paragon(s)**: 「手本」「模範」

2. **dissociation**: 「乖離^{かいり}」「分裂」

分子レベルの話なら「解離」であることが多い。

2. **fidelity**: 「貞節」

「忠誠」「忠実」という意味もある。⇨ 3. の infidelity (「不貞」「背信」)。

3. **political agitators**: 「政治運動家」

3. **sexual abstinence**: 「性的禁欲」

abstinence には、ぜいたく、快楽、より具体的には肉食、飲酒、セックスなどを断つという意味がある。

3. **extramarital sex**: 「婚外 (性) 交渉」

extra- は「外の」「範囲外の」という意味の接頭辞。marital は「結婚の」「婚姻の」という意味。

4. **tends their young**: 「子どもの面倒をみる」

6. **philandering**: 「異性を追いかける」「不倫をする」

結婚を前提とせずに多数の異性と付き合うなどの意味がある。

NEWS

参考訳

Published online 6 February 2008 | *Nature* **451**, 617 (2008) | doi:10.1038/451617a

「一夫一妻制」のお手本なのに不貞を働くなんて！

好色なハタネズミは行きずりのセックスを大いに楽しんでいる。

<http://www.nature.com/news/2008/080206/full/451617a.html>

ハイジ・レッドフォード



プレーリーハタネズミ

1. 伝統主義者の価値観からすれば、プレーリーハタネズミのカップルは理想的な関係にあるのかもしれない。哺乳類には非常に珍しく、プレーリーハタネズミのカップルの関係は一生にわたって続くのである。雄は子育てを手伝い、雌は巣作りを手伝う。その性生活については、「子作りに必要な程度をはるかに超えている」とだけいっておこう。
2. しかし、北米に生息するプレーリーハタネズミ (*Microtus ochrogaster*) は、表向きは品行方正にふるまいながら、不特定多数の異性と性的関係を結ぶという二重生活を隠している可能性がある。先週発表された父子鑑定の結果は、一夫一妻制の手本とうたわれたプレーリーハタネズミが、配偶者をしばしば裏切っていることを示唆していたのである (A. G. Ophir et al. *Anim. Behav.* doi:10.1016/j.anbehav.2007.09.022; 2008)。この論文の著者たちは、「社会的貞節と性的貞節の乖離という事実が判明したことで、プレーリーハタネズミが、これまで以上にヒトの愛着心のモデルにふさわしいと考えられるようになったのは皮肉なことだ」と結論づけている。
3. プレーリーハタネズミに関するこれまでの研究は、バソプレッシンやオキシトシンといったホルモンが人間関係を強化するうえで果たす役割に科学者たちの目を向けさせるきっかけを作った。今回、プレーリーハタネズミの不貞行為が明らかになったからといって、こうした研究の重要性が損なわれることはないが、性的禁欲主義を政治運動として推進しようとする人々の間では、ハタネズミのウケが少しばかり悪くなるかもしれない (米国政府の家族計画委員会の前委員長 Eric Keroack は、婚
- 外性交渉がオキシトシンのシグナル伝達機構を損傷するという自説の根拠として、一夫一妻のプレーリーハタネズミを引き合いに出したほどである)。
4. ここ数十年の間に、カップルが共同生活をして一緒に子どもの世話をする「社会的一夫一妻」と、カップルになった相手とだけ交尾をする「性的一夫一妻」は区別されるようになった。「毎晩、巣に戻るとパートナーが待っているかもしれませんが、それが交尾相手とは限らないのです」と、フロリダ大学 (米国ゲインズビル) に所属する生物学者 Alexander Ophir はいう。
5. Ophir たちは、不貞が繁殖の成否に影響を与えないことを見いだした。不貞なハタネズミであっても、社会的一夫一妻関係さえ維持していれば、貞節なハタネズミと同様に繁殖には成功するというのである。イリノイ大学シカゴ校 (米国) に所属する生物学者 Sue Carter は、今回の研究成果は社会的なつながりの重要性を浮き彫りにするものである、と指摘する。「人々は、性的一夫一妻を信じたいのです」と Carter はいう。「性的一夫一妻を重視するあまり、社会的一夫一妻の相対的な重要性が目に入らなかったのかもしれない」。
6. Carter は、自らの研究室で、異性を追いかけるプレーリーハタネズミを観察し、不貞行為があっても、それまでのパートナー関係は壊れないことに気づいた。例えば、ある雌がパートナー以外の雄と付き合い始めた場合には、その関係はセックスに限定されるのである。「雌は、パートナー以外の雄と交尾をした後、この雄を攻撃して追い払い、本来のパートナーのところに帰っていったのです」。

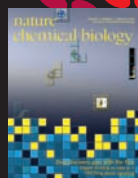
Nature Publishing Group Covering the spectrum in the physical sciences



Impact factor:
26,681*



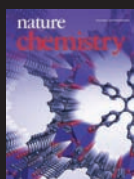
Impact factor:
19,194*



Impact factor:
12,409*



Impact factor:
12,040*



Launched in
January 2008

Launching 2009

最新技術は nature で知る

- 1869年 *Nature* 創刊
- 1896年 X線の発見 *Röntgen*
- 1908年 テレビジョンを発案 *Swinton*
- 1939年 核分裂の初めての説明 *Meitner & Frisch*
- 1948年 ホログラフィの発明 *Gabor*
- 1960年 最初のレーザー *Maiman*
- 1985年 オゾンホールが発見 *Farman*ら
- 1990年 固体のC₆₀ (フラーレン)の合成 *Krättschmer*ら
- 1996年 火星からの隕石により他の惑星上に生命が存在する可能性が指摘される

*Journal Citation Reports, Thomson, 2007

www.naturejpn.com

 nature asia-pacific

nature geoscience



地球に優しいNature Geoscience

- 表紙に使用している紙の75%は再生紙、25%は植林と伐採が管理されていることを国際機関に認証されたパルプからできています。
- 中面ページに使用している紙は、100%再生紙です。
- 印刷には、植物原料のインクを使用しています。

www.naturejpn.com/ngeo

 nature asia-pacific

日本語で **nature** を読む

Nature Digest は、Nature を日本の皆様により身近に感じていただくために全ページ日本語で編集された科学情報誌です。英国本社で作成された Nature 本誌、Nature オンラインニュースに掲載されている最新の科学ニュースや科学論説などの記事はもとより、日本オリジナルの企画編集記事も加わり充実した1冊となっています。

Nature 翻訳・編集記事



日本オリジナル編集記事



2008年1月号より **8ページ**増量!!



Nature Digest 定期購読お申込みはこちらから

www.naturejpn.com/digest-f08