

ISSN 1348-8449

nature

月刊 **ダイジェスト**

www.naturejpn.com

日本語編集版

vol.01, no.08 | August 2004



東アジアに広がる
ブルーな気分

outlook 特集：日本のいま

アテネオリンピック：ドーピング検査の行方

トップクォークの質量測定

Sponsored by



Agilent Technologies

nature

月刊ダイジェスト

vol. 1, no. 8

8

月号 目次
August 2004
www.naturejpn.com

editorial

- 2 それほど順風満帆ではない
深海掘削研究船「ちきゅう」の前途

news feature

- 3 アジアの憂鬱

Carina Dennis

commentary

- 6 フェアプレーに向けた戦い

John W. Honour

books and arts

- 8 ペンはカメラより強い

Martin Kemp

essay concepts

- 9 人の絆を解明する

Melvin Konner

news and views

- 10 細菌の概日時計

Carl Hirschie Johnson

- 12 トップクォークの質量測定

Georg Weiglein

outlook

- 14 南の楽園で最先端研究は花開くか

David Cyranoski

- 16 世界の研究者を集める

David Cyranoski

- 16 人間に学ぶロボットたち

I-han Chou

Publisher: Antoine E. Bocquet
Editor: Junko Tsuda, Sara Harris
Production: Takeshi Murakami
Advertising Sales: Rinoko Asami
Marketing: Peter Yoshihara

ネイチャー・ジャパン株式会社

〒162-0841

東京都新宿区払方町 19-1

エムジー市ヶ谷ビル 5 階

Tel. 03-3267-8751

Fax. 03-3267-8746

© 2004 年 ネイチャー・ジャパン

掲載記事の無断転載を禁じます。

Nature 7000号へ

1869 年(明治 2 年)11 月 4 日に初号を発刊した *Nature* はこの 8 月 5 日号でついに 7000 号を迎えました。創刊以来およそ 135 年間、2 つの世界大戦も乗り越え 1 冊の休刊も無く今日を迎えられたのは、世界中の読者の支援あってのものです。

現在では、科学を抜きに語れる話はないといっても過言ではないでしょう。だから過信するのではなく、そんな時代にジャーナリズムとしての役割を担うこと。そして創刊の目標を再認識して、*Nature* は前進を続けます。

「第一に、科学研究や科学発見のすばらしい成果が、一般の人々の目に触れるようにすること。そして、教育や日常生活において科学に対する一般の認識がさらに高まることを、推し進めること」

“FIRST, to place before the general public the grand results of Scientific Work and Scientific Discovery; and to urge the claims of Science to a more general recognition in Education and in Daily Life;”

cover stories

(ページ数は当該号の数です)



17 June 2004 Vol. 429/Issue no. 6993

量子テレポーテーションは、2 個の粒子が物理的性質を共有して相関を持った、量子からみ合いの原理を利用する。これまで、からみ合った光子対を使って多くの実証がなされているが、いずれも確率的なやり方によるものであった。この方法では、事後推定に頼らざるを得ない部分があった。すなわち、一度対になった光子が検出された時だけテレポートされたと判断する。今週号では、2 つのグループが、原子(1 つのグループはトラップされた $^{40}\text{Ca}^+$ イオン、もう 1 つのグループは $^9\text{Be}^+$ イオン)を使った事後推定不要な「決定論的な」テレポーテーションを報告している。テレポートする原子の素性は量子測定によっていったん破壊され、その素性(原子自体ではない)は対を組んだもう一方の原子に再現される。この成果は量子計算や量子通信に向けた重要なステップになる。表紙は $^{40}\text{Ca}^+$ の実験を示している。[Letters, p.734, 737; News and views, p. 712]



24 June 2004 Vol. 429/Issue no. 6994

サンゴ礁生態系の新しくより優れた保護管理方法が今週号の review article で提案されている。現在、こうした方法の必要性は切実なものとなっている。漁業における乱獲、陸上からもたらされる汚染や気候変動といったものすべてが、サンゴ礁の世界規模の減少に関与している。Bellwood たちは、人間によるサンゴ礁攪乱の実状をまとめ、サンゴ礁の回復力を支える役目をする魚類やサンゴの重要な機能的分類を行った。サンゴ礁を残したいなら、我々はサンゴ礁の利用可能な資源だけでなく回復力をも保護管理せねばならない。保護対策としてあげられているのは、「手をふれない」海域の拡大、ヒトが生態系の重要な部分を占める広範な海域でのサンゴ礁回復力の局所的保護、そして、保全に重要な魚種やサンゴ種の利用の報奨金等による防止などである。表紙は比較的手つかずの生態系で生き延びているグレートバリアリーフのサンゴ。(写真: K Anthony) [Review Article, p. 827]



1 July 2004 Vol. 429/Issue no. 6995

睡眠の機能は未だ謎の域を出ないが、新たな情報を記憶に固定するのに睡眠が役かっている可能性がでてきた。これは、手と目を協調させる簡単なコンピューターゲームを睡眠前に練習した被験者の脳の電気シグナルの測定から引き出された結論である。ゲームを練習してから寝た被験者の脳の右頭頂葉では、睡眠中に生じる脳の「徐波」活動が増大した。つまり、学習に関与するこの脳内領域は他の領域より深く眠っていたことになる。どうやら、睡眠は脳の活動に応じて、重要な「ハウスキーピング」的役割を果たしているらしい。睡眠は、細胞が休息を潜在的に必要としていることを反映しているのかもしれない。表紙写真の赤色の点は深い睡眠を記録した電極を示し、黄色の点は実験で影響を受けなかった電極を示している。[Letters, p.78, News and Views, p.27]



8 July 2004 Vol. 429/Issue no. 6996

動物や植物はすべて、先天的に備わる受容体を用いて病原体を認識する。脊椎動物はもっと多様な受容体をこれに加えてきた。これが「適応」免疫系で、サメを始めとする有顎脊椎動物はこれを共有している。ヤツメウナギ(表紙)に代表される無顎脊椎動物(無顎類)は、ヒトの免疫系の進化の起源を探る鍵を握っているかもしれない。無顎類にも適応免疫応答が見られるが、有顎類のような組換えによってつくられる抗原受容体は持っていない。今回、ヤツメウナギで脊椎動物の免疫系の原型を探す研究が行われ、リンパ球に似た細胞で今まで知られていなかった可変性の受容体が同定された。受容体の多様性は、異例な遺伝子再編成過程によって生じている。このことは、脊椎動物の先祖がいくつかの戦略を試行錯誤して、適応免疫系が生み出されてきたことを示している。[Article, p.174; News and Views, p.157]

nature

それほど順風満帆ではない 深海掘削研究船「ちきゅう」の前途

現在日本では、高性能の深海掘削船が作られている。ところが、その運用のために必要な資金や人材が積極的に供給されていないように思われる。このままでは関連分野の研究で世界をリードするチャンスを逃すことになるだろう。

原文：Not quite shipshape

Nature Vol.429(789)/24 June 2004; www.naturejpn.com/digest

史 上最大かつ最高性能の掘削研究船「ちきゅう」が日本で建造されている。実際に研究用掘削に使えるのは早くとも2006年後半のことなのだが、既に世界中の研究者が「ちきゅう」を利用した研究を計画している。日本政府は、この船の建造費として600億円という多額の資金を捻出した。さらに年間60億円の維持・運営費が必要になると試算されている。

地底のマントルに達する深い穴を掘るといふ計画に研究者は心躍らせている。しかし日本政府は、海底の予備的地震探査という地味な作業について軽く考えているようだ。「ちきゅう」などの掘削船による研究用掘削航海の日程を決める統合国際深海掘削計画(IODP)の科学計画委員会と運用委員会は、この地震探査結果の提出を必須条件としている。この探査データは、委員会に提案された研究用掘削計画の科学的価値や環境への影響、安全性を判断するために用いられる。6月14～17日にIODP科学計画委員会の会議が日本で開催され、2005～6年に実施されるプロジェクトの優先順位について討議された(Nature Vol. 429, 795, 6994; 2004 参照)。委員の目は節穴ではない。探査データを端折ろうとすれば、見逃されはしないだろう。

それよりも深刻なのが、人材についても軽く考えられている点だ。日本は、2003年10月にIODPの日米の対等なパートナーとなり、掘削航海に参加できる日本人研究者の枠は年間

でそれまでの12人からほぼ100人にまで拡大された。ところが、このチャンスを活用するために必要な大学教員の増員や学生向け奨学金制度の拡充はまったく行われていない。IODPの意思決定の中核をなす各種委員会において日本人に割り当てられた委員ポストには空席が生じ始めている。日本で唯一の海洋に関する学術研究機関である東京大学海洋研究所では、最近になって教員数5人分にあたる予算が削減されてしまった。

今回の科学計画委員会の会議では、日本の研究者による掘削計画に高い優先順位がつけられた。南海トラフを研究するための2つのIODPプロジェクトは、それぞれ2位と3位を獲得した。この2つのプロジェクトは数年をかけて立案計画されたもので、予備的地震探査も既に実施されている。言わば、「じっくりと練り上げられた」プロジェクトなのだ。しかし今後の掘削航海計画には、このようにしっかりした「基礎」が欠けている点を研究者たちは不安視している。

掘削業界では、総掘削費の約15%が現場調査に使われる。これをもとに考えると、日本では最低でも約11億円の年間運用費が必要となる。IODPの対等のパートナーである米国では、少なくともこれと同額の予算が組み立てられ、IODPのさまざまな活動に対する年間助成金は約33億円を超えると試算もある。

ところが日本では、海洋研究開発機構の運営予算はあっても、予備的地震探査のための

予算は、現在のところ組まれていないのだ。一部の研究者によって、米国のような助成金制度の創設が提案されているが、それが実現するまでの間、地震探査費を得ようとする研究者は、一般的な競争的研究補助金による資金調達を目指さなければならない。それぞれの地震探査には5億5,000万円ほどの資金が必要となるが、そのような高額な一般補助金は存在しない。

日本政府には、原子間力顕微鏡などのような高価な機器を購入しておいて、それを効果的に活用するために必要な技術者に対する予算を組まないという「歴史」がある。研究所の所長や官僚たちは、人に自慢できるような機器の購入に多額の予算をつけることには熱心だが、それを使った研究を確実に行うためのフォローをしてくれない、と現状に不満を感じている研究者は語る。かなりの場合、高価な機器は何もせず放置されている。

「ちきゅう」は、放っておかれるようなことにはならないだろう。「ちきゅう」による探査を行おうと米国、欧州連合、中国やその他の国々の研究者が先を争っているからだ。今回の科学計画委員会の決定に見られるように、準備作業をすませて計画書を提出した研究者のプロジェクトに優先順位がつく。この分野では日本の研究者が主導的な役割を果たすのがふさわしく、そのために日本政府は何かして研究活動に対する万全のサポート体制を整備する必要があるのだ。

アジアの憂鬱

精神疾患、特にうつ病は、東アジア全体で増える傾向にあるようだ。原因はどこにあるのだろうか。

精神科医や製薬業界は手を携えて、この傾向を押しとどめることができるだろうか。

Carina Dennisが報告する。

原文: Asia's tigers get the blues

Nature Vol.429(696-698)/17 June 2004; www.naturejpn.com/digest

中国では、高齢者の自殺が空前の比率で増えている。急激な経済発展によって家族や地域社会の構造が変化してきたことに伴い、かつて敬愛の対象であった老人たちの心は不安にさいなまされている。多くの老人が希望を失い、農業を口にして自らの命を絶つ。「アジアの高齢者の自殺率は目を覆うほどに高い」と香港中文大学のHelen Chiuは語る。

日本に目を転じると、約100万人の若者が社会に背を向けている。なかには、自室に閉じこもり、昼に寝て夜はコンピューターゲームをしながら過ごす者もいる。「ひきこもり」と呼ばれる、このような社会恐怖症は、社会経済的な不確実さと折り合いをつけられない若い世代の日本人に広がる症状の1つとしてみられるものである。数十年に及ぶ日本の経済発展がスランプに陥り、職をもたない下層階級が現れつつある。

こうした憂うべき現象は、東アジア全体でみられる精神疾患発症率の全般的な上昇傾向の1つの側面に過ぎない。この原因説明は一部に、同地域の多くの国々における経済発展による、地域全体の急速な社会構造の変化に求められる。しかし最近の研究から、心の病を道徳的なもろさ(moral weakness)のあらわれであると伝統的にみなす傾向のある社会で軽視されてきた、精神衛生に関する積年の問題が露わになりつつあるのだと主張する専門家もいる。

いずれの原因であれ、多くのアジアの国々は今日、精神疾患に苦しむ患者の社会復帰に必要な、専門家による治療を提供する備えが十分にできていない。東アジアの人々はまた、西洋人に向けて当初開発された抗うつ剤や抗精神病薬に対して、西洋人とは大きく異なる反応をする遺伝的特徴をもつ傾向もある。精神衛生に関する同地域の問題に取り組む精神

科医、遺伝学者、製薬業界のいずれにとって必要な仕事は多い。

統合失調症や他の精神病などの重度精神疾患は、比較的容易に認められ、また世界的に同等の比率で発症すると考えられている。しかし、1950年代にアジアに最初に目を向けた精神科医たちは、西洋社会では多くみられる、さほど目立たない気分障害がアジアにはほとんど存在しないと結論づけた^{1,2}。

世界保健機関に集められ、今年6月に発表された最新データでさえ、中国と日本では、うつ病および関連疾患の患者数が西洋諸国より少ないと報告されている。しかし、専門家のなかには、このような見方は、問題の真の規模を正確に反映していないと主張する者もある。アジアは、世界の中で自殺率が極めて高い地域であるためだ(次ページの図を参照)。「自殺を、うつ病や他の気分障害の極端な結末とみなせば、精神障害に関する問題が西洋諸国より少ないとはいえない」と香港中文大学の精神科医Sing Leeは述べている。

毎年、30万近くの中国人が自らの命を絶つ。その多くは農村地域で起きている⁴。また中国は、自殺を企てる女性の数が男性を上回る数少ない国の1つでもある。自ら命を絶とうとする中国人女性は、世界中の女性自殺者総数の実に半数以上にのぼる⁵。回龍観病院に併設された北京自殺研究予防センターの精神科医Michael Phillipsは、中国人の高い自殺率は、西洋と比較して、企てられた自殺の成功する確率が高いことが理由の1つではないかと疑っている。「自殺をしようとしたすべての人が、本当に命を絶ちたいと考えているのではないと思います」とPhillipsは語る。むしろ、中国の農村地域で広く使用されている毒性の高い農薬が自殺に使われること、そして蘇生装置の整った施設の不足が、高い死亡率を招いているのではないかとPhillipsは考えてい

る。他の国であれば自殺未遂におわり、助けを呼びきっかけだったと判断できることもあるのかもしれない。

家族の崩壊

Chiuは、自殺率の表面的な上昇を、東アジア全体における社会経済的な環境の変化に結びつけている。こうした変化は、家計や社会的地位の安定性を損ないつつあり、失業率を押し上げ、家族や地域の昔ながらのつながりに亀裂を生じさせている。昔は固い絆で結びついていた大家族は今日、職を得るために生まれ故郷からはるか離れた都市部へ移り住み、核家族の形へ変容している。また中国では、1979年に人口増加を抑制するために導入された「一人っ子政策」の結果として、家族間で支えあうというつながりの崩壊が加速しているのかもしれない。

同時に、精神疾患と結びつくことの多い薬物乱用も拡大の一途をたどっている。また、かつては西洋社会にしかみられないと考えられていた摂食障害は、今日では香港、北京、上海といった都市で認められるようになった。「15年ほど前までは拒食症の患者など一人も診断しませんでした。今では年に数百人の若い中国人女性がやってきます」と、香港で摂食障害クリニックを開くLeeは語る。

しかし、うつ病は今日でも過小に報告されている。「中国の精神疾患患者の大多数は、診断が下されることなく治療も行われていません」と、ハーバード大学医学部の精神科医で、中国における精神疾患の調査を20年以上にわたって続けているArthur Kleinmanは語る。

理由の1つには、精神衛生領域の教育を受けた医師の不足にある。10億人以上の人口を抱える中国に、適切な資格をもつ医師は現在1万5000人ほどしかいない。また多くの中国人にとって、うつ病の診断に用いられる標準

的な手法は縁遠いものだ。「都心部で、うつ病について西洋の先進社会で用いられてきた質問をすれば、基本的には理解してもらえるでしょう」とPhillipsは語る。「でも、都心部から離れた地域で同じ質問を投げかけても、そもそも何を言っているのか理解されないと思います」

衰弱する神経

さらに一般的に東アジアの患者たちは、自分たちの心の問題を身体症状の言葉で訴える傾向がある。「米国の患者であれば『うつ症状です』と言ったり、『自殺したい気分です』と言ったりするところが、アジアの患者の場合、胸の痛みや頭痛、疲労感について訴える場合が多いといえます」とChiuは指摘する。

これは、中国で、文字通り「弱い神経」の意味で広く診断されている症状を指す「神経衰弱」という概念で例示できるだろう。1980年代の初頭にKleinmanは、神経衰弱患者の大多数に、うつ病の基準に適合する症状がみられ、また患者の症状は抗うつ剤の投与によって改善したと報告した⁶。

患者を神経衰弱であると診断することは珍しくない。というのは、このように診断することで、精神を病んでいるという汚名を免れるからだ。「精神疾患はアジアでは一般に、治療可能な病気とは考えられておらず、むしろ道徳的なもろさや、育て方の失敗の結果であると捉えられています」とChiuは語る。「精神疾患であることは、当人と家族にとって、大きな恥と罪の意識に結びつけられるのです」

中国における精神衛生問題から、東アジア

全体にみられる増加傾向が伺われる一方で、専門家は、東アジア全域を十把一絡げに扱わないように注意を呼びかけている。例えば同じ国内であっても、精神疾患の臨床症状は場所によって異なる場合がある⁷。また、アジア諸国間の文化的な違いによって、精神疾患は非常に異なる方法で表現される。重度の不安はその代表例だ。中国で「シェンクイ(Shenkui)」と呼ばれる症候群は、射精によって「陽」のエネルギーを失う恐怖に基づくパニック症状を示す。またマレーシアで見られる「コロー(Koro)」は、ペニスが体内にもぐり込んで最終的に死に至ると考えられている、突然訪れる激しい不安である。

また、精神科治療の設備は、国ごとに大きく異なる。例えば貧しいラオスでは、国中探してたった2人の精神科医しかいない。しかし一般的に言えることは、東アジアの国々では、重度の精神疾患患者を入院させる傾向があるということである。これは、西洋諸国で良好な結果が得られた地域療法を施すこととは対照的である⁸。また精神科は従来から、専門分野として低くみられており、医学教育のなかで軽視されてきた。

精神衛生を取り巻く問題について、一部のアジアの国々は現在、精神科の置かれた状況の改善や、西洋型の地域療法の導入を試みている。しかし、これは容易な移行とはいかないだろう。「最優先課題は、効率的で公平な医療体制の確立です」と語るのはメルボルン大学のHarry Minasだ。Minasは、ハーバード大学の医師たちと共同で、東アジアの精神科医を訓練するためのプログラムを実施している。

薬剤の標的

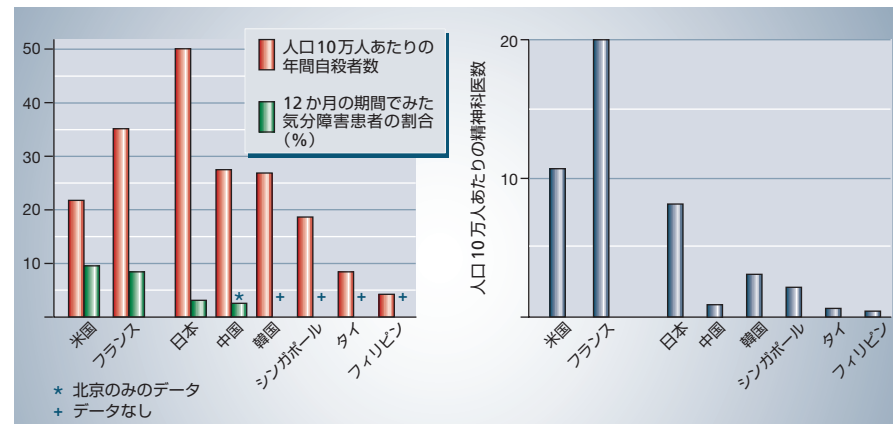
今年で3年目となる同プログラムには、年に10人ほどの精神科医が参加している。参加者は12か月の間、インドネシアから韓国に及び医療改革を試みている地域ネットワークに身を置く。またメルボルンで4週間かけて、訓練目的のセミナーに参加し、地元の精神医療ケアセンターを訪問する。過去の受講者の1人は、こうした経験をふまえてベトナムで最初の地域精神衛生センターをハノイに開設した。

しかし当面、多忙な毎日を送る東アジアの精神科医の多くは、抗うつ剤の使用に必然的に頼ることになるだろう。ちなみに使用される薬剤は多くの場合、欧米では旧式と見なされているものだ。新製品を売り込む巨大な市場になると推定されることから、多国籍製薬企業は現在、うつ病や不安障害、その他の精神疾患に対する意識をアジアで高めようと努めている。しかし、当初西洋人向けに開発された抗うつ剤をアジア人患者用に合わせるためには、遺伝学に関する研究が必要である。

「一般に多くのアジア人患者は、白人と比較して低用量の向精神薬に反応します」と、台北にある国家衛生研究院の精神衛生・薬物乱用研究部門を率いるKeh-Ming Linは語る。状況によっては、用量が半分で済むこともありうる。

Linは、精神疾患の治療に使用される薬剤が、民族間で異なる作用をもたらすことに早くから気づいていた精神科医の1人だ。15年以上前にカリフォルニア大学ロサンゼルス校で研究に従事していたLinは、アジア人患者が、統合失調症の治療に広く使用されているハロペリドールを、白人と比べて緩やかに代謝することを示す証拠を得た⁹。またアジア人患者は、向精神薬が投与された場合に重い副作用を生じる傾向が強い¹⁰。

メルボルン大学の精神科医 Chee Ng による未発表の研究では、抗うつ剤についても同様の傾向が認められることが示唆されている。Ngは、中国系の患者が低用量の抗うつ剤サートラリンに反応することを明らかにしている。そして、このような患者は臨床試験から脱落する可能性も高かった。「規定量の服用でも多くの副作用のふることがあり、そのため、薬剤が決められた通りに服用





医 Nor Hayati Ali は語る。「今日でも、祈禱師のもとにまず向かう患者は少なくありません」

変わる文化

異なる集団で、さまざまな薬剤に対してどのように反応するかを理解することは、アジアで精神疾患に取り組む研究者の課題の1つに過ぎない。文化が異なれば、心理療法や行動療法など他の治療法に対する反応が異なる可能性も高い。このため精神科医

は、アジアのさまざまな国で効果的に作用させるために、こうした治療法をどのように組み合わせるかを探る必要がある。

研究者はまた、同地域におけ

る精神疾患の有病率に関して、一層適切な推定を行う必要がある。これまでの疫学研究では、使用されている診断基準がバラバラであったために、その実施が阻まれてきた。状況を好転させるためには、アジアの多様な文化のなかで、さまざまな状況で現れる精神疾患を的確に診断する方法を開発する必要がある。

アジアの精神疾患問題は手強いが、Phillips などの精神科医は、自分たちが現状を変えられる存在であるという考えを振りどころにしている。カナダ生まれの Phillips が、友人と最初に中国を訪れたのは 1976 年のことであった。当時、医師免許を得たばかりの Phillips は、ニュージーランドの病院で働いていた。

数か月後 Phillips は、政府によるプロパガンダが公衆衛生問題の理解にどのように用いられているのかを調べ、他の発展途上国に応用することを目的とした研究に対する奨学金を得て、再び中国へ渡った。結果的に中国当局によりこの研究は進められることがなかったが、Phillips は滞在を続けて中国語をマスターした。2 年もたたないうちに彼は中国文化に魅せられ、また自分が社会を変えられるという考えにとりつかれた。

米国に移って精神医学、疫学、人類学を学んだ後の 1985 年に Phillips は北京に腰を落ちつけた。当初は、周囲から疑惑の目で見られた。「スパイではないのかと疑われていました」しかし今日、Phillips は、外国人であることの利点をかみしめている。つまり、メディアに対して、同僚の中国人たちより思い切った

言動が許されるのだ。「外国人であることで、メッセージを出しやすいのです」と Phillips は語っている。

彼のメッセージは、徐々に受け入れられつつある。中国当局は今日では彼の研究を支援している。あるプロジェクトで Phillips は、自殺と結びつく不名誉感の根底にある因子を明らかにするために、一般から 1,000 人を選び、インタビューを行った。「考え方を改めてもらうためには、現在の思考法を知る必要

があります」と彼は語る。また

「中国の都市部と農村部では、精神疾患の診断に異なる方法が求められている」

別の研究で Phillips の研究チームは、過去に自殺を企てた農村在住の人々を対象に追跡調査を行い、彼らに対して、精神衛生上の問題の原因となりかね

ない家族の崩壊を食い止めるためなどの社会的支援を行っている。目標は、中国の農村地域における自殺予防モデルを作ることにある。

「自殺は、中国の若者における死因の第 1 位です。そして 10 年前までは、対策は何ら講じられていませんでした」と Phillips は語る。今日では、数多くのホットラインが設けられ、予防プログラムが始められている。Phillips は言う。「中国は、まさに急激に変わりつつあります。それを目撃し、なお関わりをもてることは素晴らしい体験です」 ■

Carina Dennis はネイチャーのオーストラレーシア担当記者。

1. Lin, K.-M. & Cheung, F. *Psychiatr. Serv.* **50**, 774–780 (1999).
2. Kleinman, A. *Social Origins of Distress and Disease: Depression, Neurasthenia, and Pain in Modern China* (Yale Univ. Press, New Haven, Connecticut, 1986).
3. The WHO World Mental Health Survey Consortium. *J. Am. Med. Assoc.* **291**, 2581–2590 (2004).
4. Phillips, M. R., Li, X. & Zhang, Y. *Lancet* **359**, 835–840 (2002).
5. Phillips, M. R., Liu, H. Q. & Zhang, Y. P. *Cult. Med. Psychiatr.* **23**, 25–50 (1999).
6. Kleinman, A. *Cult. Med. Psychiatr.* **6**, 117–189 (1982).
7. *Report on the WHO Collaborative Study on Standardized Assessment of Depressive Disorders* (WHO, Geneva, 1983).
8. *The World Health Report 2001* (WHO, Geneva, 2001).
9. Lin, K.-M. et al. *J. Clin. Psychopharmacol.* **8**, 195–201 (1988).
10. Lin, K.-M. & Poland, R. E. in *Psychopharmacology: The Fourth Generation of Progress* (eds Bloom, F. E. & Kupfer, D. J.) 1907–1917 (Raven, New York, 1995).

▶ されない恐れがあるのです」と Ng は考えている。

こうした現象はおそらく、薬剤を代謝して体外へ排出する酵素の活性を変化させる遺伝子レベルの差に基づくのであろう。最も顕著な例は、肝臓に含まれるシトクロム P450 酵素 (特に CYP2D6 と呼ばれる酵素) である。「精神科領域で使用される薬剤のほぼ半数は CYP2D6 によって代謝されます」と Lin は語る。そしてアジア人の最大 70% に、この酵素の活性を弱める小さな変異があることも指摘している。

アジア人患者にみられる対薬剤反応をひとまとめに扱うのではなく、さまざまな集団を対象に個々の薬剤について遺伝子構成と薬剤反応の関係を見極めるためには、さらに詳しい研究が必要であると遺伝学者たちは主張している。実際に検討する際には、薬剤に対する個人の反応に影響を及ぼす恐れのある食事や喫煙、アルコール摂取などの環境因子を考慮することが重要になるだろう。

もうひとつの鍵となる変数は、患者が、他の薬剤の代謝に干渉する恐れのある漢方などによる代替療法を、正規の薬剤服用と併用していないかどうかという点である。多くのアジア文化のなかでは、西洋医学に目を向ける前に、民間療法を試してみることは一般的である。「私たち精神科医は第 1 の選択肢ではないのです」とクアラルンプール病院の精神科

フェアプレーに向けた戦い

あらゆる摂取薬物の責任を選手に負わせることはできるか。

原文：The fight for fair play

Nature Vol.430(143-144)/8 July 2004; www.nature.com/nature

John W. Honour

今年の8月にアテネで行われるもうひとつの隠れた戦いは、ドーピング検査と薬物不正使用とのつばぜり合いである。アナボリックステロイドやテストステロン、成長ホルモン、エリスロポエチンなどのホルモン類が新聞の見出しにおどることとなるであろう。しかし、そうした薬物の検査陽性は、禁止薬物ではなく一般医薬品や栄養サプリメントが原因となっている場合がある。これはテニス選手に散見された事例であり、そのひとりであるイギリスのスター選手グレッグ・ルセドスキーは昨年、禁止ステロイドのナンドロロンが陽性とされた。ルセドスキーは、男子プロテニス協会(ATP)から提供された電解質サプリメントを、不純物を含有していると知らずに摂取したと主張し、今年3月に身の潔白が認められた。オリンピックの新たな監視機関である世界アンチ・ドーピング機構(WADA)は、薬物検査陽性に適用する確固たる基準の必要性を訴えている。しかしナンドロロンの事例が示すように、故意に不正をはたらいた者の把握と、きわめて困難な基準設定とをうまく両立させるのは並大抵の苦勞ではない。

WADAは1999年に国際オリンピック委員会が設立した機構で、スポーツ界での薬物との戦いに関する調整と標準化を目的としている。今年のはじめにWADAが完成させた包括的なアンチ・ドーピング規程は、今年開かれるアテネ五輪に先立って全競技団体が受け入れることを義務づけられている。規程では禁止物質と具体的罰則のリストが定められており、禁止物質が検査陽性となった全選手に対しては最低2年間の出場禁止などとなっている。国際的なスポーツを支配する規制の泥沼から統一規程を立ち上げるのは有意義な作業である。しかし薬物検査の現実、陽性・陰性の結果が示すようなはっきりしたものとは限らない。栄養サプリメントがもたらした問題がよい例である。

栄養サプリメントは、WADAなどによる使用自粛勧告にもかかわらず、選手の間で広く使用されている。サプリメントを使用すれば、練習後や移動中に、タンパク質やアミノ酸、糖質、ビタミン、ミネラル、塩類の血液化学的レベルを正常に維持する手助けとなる。しかしサプリメントの効果に関する科学的根拠は希薄で、明らかにリスクがある。最近、あるドーピング検査室で非ホルモン性の栄養サプリメント約640点を検査したところ、94点からアナボリックステロイド11種類が少量検出された¹。

五輪では、身体能力を向上させる可能性のある禁止物質群を検査するため、多くの選手が尿検体の提出を求められるであろう。ドーピング管理が初めて導入されたのは1968年のことで、スポーツ界で不正使用されていた薬物約20種類の使用を見出して抑止するのが目的であった。現在検査が必要な薬物は約150種類にのぼり、毎年なお増加し続けている²。1976年、ステロイドなどのホルモンの検査が導入され、薬物が体内に存在したことの証拠として薬物の分解産物(代謝物)が調べられるようになり、尿検体に故意に化学物質を添加することによる偽陽性作りがしにくくなった。ナンドロロンなどもともと体内にあるステロイドの不正使用が疑われる場合は、異常に高い代謝物量が示される必要がある。この種の物質について適切な数値を設定するのは、人工的な薬物の存在を検出するよりも複雑な問題である。

禁止物質が増えるにつれて、一般医薬品に禁止物質が含まれていないことを確かめるのが選手にとって容易なことではなくなっている。エフェドリンやブソイドエフェドリンを含む咳止めは、薬物検査陽性の原因となることで有名だ。現在は、薬物検査を受ける可能性のある人に対しての使用上の注意が記されている製品がいくつかある。しかし、一般名が同じでも国によって成分が異なる薬

物が多い。あらゆる薬物を商品名と一般名で収載した国際的データベースは存在しないが、国内の競技連盟ではそのような情報を電話やインターネットで提供しているところがある³。選手は、薬剤師にでもならない限り、薬物の使用の可否を決めるためにそのような情報を入手しなければならない。

栄養サプリメントは、成分が不詳かつ不定の天然物を含んでおり、またそうした天然物そのものである場合も多いが、薬物と同じ規制は現在設けられていない。特定の不純物(ただしWADAリストに収載の150種類ではない)が分析済みのサプリメントは現在市販されており、各不純物の含量は50ppbのレベルである。しかし、この情報を得たところで選手がドーピングの責めを免れるとは限らない。スポーツ運営団体は、体内のあらゆる物質について選手に責任を負わせる厳格な責務規定で選手を押さえつけており、誤って摂取してしまったという言い訳はできない。

身体能力向上にどれだけの量の物質を摂取することが必要であるかを考慮し、それに沿った尿中基準値を含む規則の改定を行うのがしるべき方向性であろう。あるステロイドをわずか1~10μg含むサプリメントを摂取した場合、それから12時間内で採取される尿検体は、ナンドロロン代謝物量が薬物検査失格の基準値2ng/mlを超える場合のあることが研究で示されている⁴。こうして経口摂取したステロイドの量は、「プロの身体能力向上にも不十分」であると表現されている。それを『非合法ステロイドハンドブック』(Underground Steroid Handbook)推奨の1日または1週間用量である200mgと比較してみる。そのような高用量が直接筋肉内注射されると、50ng/mlを超える代謝物量が何ヶ月間も記録されるのだ。ドーピング検査は、基準値を低く設定することで大会期間外に行われる不正を捉えようとしているが、そのような不正行為は、現在WADAが求めているように、大会期間外に

▶ 頻繁に検査を行うことで検出して抑止するのが妥当である。

ナンドロロン検査に関しては厳格な責務規定によってさまざまな罰則が設定されており、資格剥奪はイギリスの短距離走者リンフォード・クリスティーが課された2年間で最大である。WADAは、厳格な責務基準と拘束力について、国際法と人権に関する一般原則の枠組み内での公正なものであると主張している。しかし、ナンドロロン代謝物検査陽性となった選手はいずれも検査の前後数週間においては検査陰性とされていた。これは筋肉内注射した場合に特徴的な経時変化とは異なると考えられる。注射したナンドロロンは何ヵ月間も体内に留まるが、サプリメントであれば48時間で排出される。テストステロンの不正使用が疑われる場合は、ドーピング違反の発表に先立ち秘密裡に一定期間観察できることが定められている。ナンドロロンのドーピング管理も同じようなプロセスをとるべきである。現行の規則は尿中代謝物の基準値に基づいているが、これでは故意の不正使用と不注意による摂取とを区別することができない。基準値を用いたあらゆる薬物検査がこの難題に直面している。

競技団体は栄養サプリメント製造者を非難するが、身体能力向上物質の規制に徹しているわけではない。クレアチンサプリメントは代謝活性化を目的として練習終了時に摂取される。これは、組織へのグルコース輸送を回復させる目的での練習後のインスリン摂取や損傷の回復を促進するためのステロイド摂取と同じ方法である。クレアチンがWADAの禁止物質リストに載っていないのに、なぜインスリンは載っているのだろうか。高地トレーニングや低酸素室睡眠は、エリスロポエチンなどの造血促進剤によるドーピングと同じ効果をもたらすにもかかわらず容認されており、おそらくドーピング検査で検出することもできない。このような不合理は混然としたメッセージを選手に送っている。

政府や産業界は栄養サプリメントの品質と表示の改善を試みたが、薬物と比べて法律ははるかに甘いものとなっている。新たな規制ではドーピング検査陽性を回避するのに必要な純度を強制することができないと考えられる。この種の物質に関する検査で陽性とされ裁定に異議を唱える選手は後を絶たないであ

ろう。現行の規則と手続きでは、ナンドロロン絡みの事例は個別に調べられることが必要とされている。WADAは薬物不正使用に関して設定した基準値を再考し、検査手続きを改善することが必要である。たとえば、炭素同位元素分析を用いれば、テストステロン代謝物が内因性であるか人工物由来であるかが区別可能であるが、この検査法は高コストであり一般的に利用可能なものではない。

薬物の種類や検出件数の点でアテネ五輪のドーピング事件が過去五輪と異なるものになるかどうか興味もたれる。新種のステロイド『テトラハイドログエストリノン』(THG)の検査法がこの2年間で開発された⁵。THGの発見は、その検査に陽性を示したイギリスのドウェイン・チェンバースらの資格剥奪に発展し、いまだに波紋を生じている。アメリカのケリー・ホワイトがモダフィニル検査陽性となって行われた調査で、ホワイトは検出不能のステロイドと造血ホルモンを使用していたことを認めたが、いずれの物質についても陽性反応は得られなかった。ホワイトは2年間の資格剥奪を受け入れてアテネ五輪に出場不可能となり、現在は調査に協力している。ほかに薬物検査で陽性となったことのない選手が疑惑をもたれるようになってきている。エリスロポエチンなどの造血促進剤やヒト成長ホルモンをはじめとする筋肉増強剤の新検査法の開発に科学者が精力を傾けており、妥当性の確認がアテネ五輪に間に合えば大きな影響の生ずる可能性がある。

尿検査でできることには限りがあり、インスリンやエリスロポエチンなどもともと体内にあるホルモンに関しては血液検査が導入されている。自転車競技では現在、エリスロポエチンのスクリーニング検査としてヘマトクリット(血液中に占める赤血球容積の比率)が測定されている。尿検査で用いられる精密な化学分析法とは異なり、血液検体のタンパク質分析には免疫学的検査が必要であり、妥当性が完全には確認されていない。尿検体から血液や組織検体採取へという流れは、特に選手による理解など、ドーピング管理に関して新たな問題を引き起こし、なかには採血を嫌がる選手も出てくるであろう。

禁止タンパク質の摂取に利用されているホルモン製剤には、小さいながらプリオン病のリスクをもたらすものがある。故意に行う不正

正使用では、リスクが伴おうとも身体能力向上のためにはほとんどどんなものでも試そうとしているように思われる。スポーツ界で遺伝子療法が利用されるようになるまでのくらの時間が残されているであろうか。検査法を開発しているのは、そのような不正行為を発見するためのWADAの委託研究においてである。WADAはまた、新たな問題である成長ホルモン分泌刺激タンパク質グレリンの不正使用も発見しようとしている。ドーピング管理は、天然物であれ人工物であれ、禁止物質の増加に対応して検査項目も増え、コストの増大に見舞われるであろう。ドーピング検査には新たな分析技術が必要となる。

ドーピング管理の支持者は、たびたび不正使用される薬物を特に対象とした検査を行わずとも、検査には不正使用を抑止する効果があると主張している。一方、それでは選手による不正使用の抜け道探しを煽ることになるという人もいる。また批評家は、検査陽性の頻度に35年間変化がなかったと言っている。禁止物質と検査が増えているため検出率は上昇することが期待されてもよいはずである。加えて、検査陽性の多くは新手の天然物質ではなく在来的人工的薬物に対して出ている。

薬物検査が抑止力として機能するのは、検査が的確に行われ抜け穴が存在しないことがあまねく信じられている場合に限られるが、ナンドロロンに関してはそうっていない。オーストリアのボート選手3人が昨年8月にナンドロロン検査陽性となったが、同国ボート連盟の下した処分は6ヵ月間の資格剥奪にとどまり、アテネ五輪に出場できる可能性が残されている。WADAの考え通りに進めるとすれば、この先検査陽性とされた選手はみな2年間の資格剥奪となるが、罰則をそこまで厳格に適用するには明瞭な検査法が必要である。ナンドロロンに関しては、真の不正使用を把握し、少数の不運な選手の経歴に傷を付けることを避けようとするのであれば、規則を考え直すのが至当と考えられる。■

筆者の John W. Honour は、ロンドン大学病院に所属している。

1. Geyer, H. *et al.* *Int. J. Sports Med.* **25**, 124–129 (2004).
2. World Anti-Doping Agency *List of Prohibited Substances and Methods* online at <http://www.wadaama.org/en/t3.asp?p=41627&pp=41626>
3. Abbott, A. *Nature* **429**, 689 (2004).
4. Catlin, D. H. *et al.* *JAMA* **284**, 2618–2621 (2000).
5. Knight, J. *Nature* **426**, 114–115 (2003).

Science in culture

ペンはカメラより強し

英国美術院(ロンドン)の夏の展覧会に出品されている外科医のスケッチが、展覧会に新たな次元を作り出している。

原文: *The pen is mightier than the camera*

Nature Vol.430(19)/1 July 2004; www.naturejpn.com/digest

Martin Kemp

なぜ科学に携わる人が手書きのスケッチに頼る必要があるのだろうか。現代はデジタルカメラの時代だ。高解像度の画像が得られ、加工も自由自在にできる。それに電子顕微鏡のような装置だって使える。間違いを犯す可能性のある人間が関与しなくても、対象物を観察し、画像化することが可能なのだ。それなのに、なぜ時代遅れと思われるような手法を用いるのだろうか？

それは、正確にスケッチするという行為が今でも、描き手が対象物を鋭く観察できるようにするための最良の方法だからなのだ。それに、見る人々に情報を伝達するという観点で言えば、スケッチほど対象物をシャープに捉え、直接的で、動きを伝える視覚的言語が他にはないからというのが、もう1つの理由だ。スケッチは、他の静止画像ではできない方法で時間的制約を克服できる。スケッチを使えば、1つの過程や外科的処置の各段階におけるデータを重ね合わせることができ、なおかつ各段階を明確に示すことができる。スケッチが出来上がっていく様子を見ていれば、そこに示されているものを順を追って見ていくことができるのだ。

絵を描く行為は最大級の視覚的集中力を伴うが、この点を画家、そして似顔絵や肖像画のモデルになったことのある人に対して改めて指摘する必要はないだろう。かつて英国美術院の初代院長 Joshua Reynolds は、絵を描くことは「対象物を見るということを学ぶ」方法の1つだと語った。今年の英国美術院の夏の展覧会では、1960年代に「恐るべき子供たち(enfants terribles)」と称された David Hockney と Allen Jones が絵画部門のまとめ役を託されたが、一部の展示物を美術以外の分野から選定したのは、いかにも彼らしい決定だった。



もっとも反響が大きく、賞まで受けたのが、パプワース病院(英国ケンブリッジ)の心臓外科医 Francis Wells のスケッチだった。その一例が上のスケッチで、心筋梗塞後心室中隔欠損症の修復手術の様子をあらわしている。Wells は、このスケッチに示されている事柄を次のように説明する。「左心室腔に到達するための左心室の切開、乳頭筋と房室弁の裏側との関係、病変部(この症例では中隔の欠損孔)、欠損孔をふさぐためのパッチを固定するための縫合、固定されたパッチ、そして切開部を閉じるために必要な縫合が、ここには示されている。」

このスケッチの衝動的な描線は、スケッチが描かれた当時の状況を物語っている。手術を終えた Wells は、コーヒーをすすりながら、執務室に集まった見学者や研修生の外科医に対して、外科的処置を説明した。その際に描かれたのが、このスケッチなのだ。描線のスピード感と重量感、そして部分的な網掛けは、情報を熱心に伝達する際に不可欠で、ここでは重要度の高い事項のみが選び出され、写真やビデオに見られる視覚的「雑音」は排除されている。このスケッチが実際に描

かれた様子を見ていない人でも Wells の思考の流れに沿った手の動きをはっきりと感知することができる。それは Hockney や Jones が手早く描き出すスケッチと何ら変わるところがない。確かに、Wells のスケッチは、Hockney の特に 1960 年代の作品と著しく類似しているのだ。

情報を伝達するためにスケッチを描く行為に特別な時空間的性質があることは、Wells 自身も十分に認識している。「手術を終えた直後に自分の考えをスケッ

チにしていると、目と手の相互作用によって手術の続きが行われているように感じる。」このことは、「スケッチが他のいかなる視覚的記録手段よりもすぐれていることを意味する。スケッチを描く行為は、自分たちが使っている装置に伴う限界などの制約条件なしに、自分の考え方や発想を頭の中で組み立てたそのままの形で伝達するプロセスだからなのだ。」

科学や技術を伝授する場にスケッチを再び導入する動きが見られるのは興味深い。Wells も言っているように、スケッチは「強力な教授法であり、より効果的な説明ができるようになる。描線を使って、動きを実演することができるからだ。これは画家が対象物を認知する過程にとっても似ていると思う。画家は、紙の上に線を描き始めるまでに対象物を何度も何度も見返している。」

Wells のスケッチが展示されている英国美術院(ロンドン)の夏の展覧会は8月16日まで開催される。

Martin Kemp は、オックスフォード大学教授(美術史専攻)で、ウォーレス・ケンプ・アルタクトの共同ディレクターでもある。

人の絆を解明する

愛着：人間の絆がどのようなものかが、科学的に解明されつつある。

原文：The ties that bind

Nature Vol.429/(705)/17 June 2004; www.naturejpn.com/digest

Melvin Konner

人と人の絆を、私たちは愛着と呼ぶ。それは、人類が時を刻みはじめて以来、歌や物語の中心的なテーマだった。だが、それが科学的な研究対象になったのはごく最近のことである。フロイト(Sigmund Freud)も「心」が「愛着」をどう扱うのか、いろいろと述べているが、「心理学でとりあえず用いられているアイディアは、やがて、生命有機体の基礎構造から説明されるようになるだろう」と認めていた。いま、私たちは、その基礎構造を知るかすかな光を感じている。

John Bowlby は、最も基本的な愛着、すなわち、一番面倒をみてくれる人に対する幼児の愛着を強調した。Bowlbyの愛着モデルは進化論がもとになっている。すなわち、非常に長い年月の淘汰によって、母親と幼児はお互いの腕で抱き合うようになったというのである。他の点では相容れない敵同志だったフロイトとスキナー(B F Skinner)が共に唱えた、幼児は飢餓衝動の強化を通じて愛着を示すようになるという説は、完全に間違っていた。Harry Harlow が、「サルの子の愛」がそんなに単純なものではないことを立証したからだ。サルの子の愛着を巡って、おいしい乳を与える金網製のサルの代理母は、温もりと接触の慰めだけを与えたもう一つの無生物の代理母に勝てなかったのである。この実験と他の観察結果から、Bowlbyは、愛着は幼児に生まれつき備わっているもので、予め決められた段取りで現れるようにプログラムされているのだと推論した。人類学上の証拠も、この一般モデルを裏付けている。あらゆる文化で、愛着行動——たとえば、困って一番の養護者を頼り、しがみつき、優先的に悩みを鎮めてくれるその人物を特別視するなど——は、生後半期(7～12ヶ月)になると非常に強くなる。

乳児期のこの段階で、大脳辺縁系の主な経

路がミエリンで覆われてくるのも、おそらく偶然ではない。これにより、情動を処理する皮質下回路およびそこから前頭・帯状皮質へのつながり具合が向上する。直接的な証拠はないが、このことが幼児の側からの絆を促進すると仮定してもよいだろう。

もう一方の側からの結びつきのためには、人間以外の多くの哺乳類ではオキシトシンが極めて重要だ。このペプチド・ホルモンはまた、母乳分泌や子宮収縮にもかかわっており、産後の母親を回復させ、幼児に向かって正常に反応させるようにはたらく。オキシトシン・ノックアウトマウスには、妙な社会的健忘症が発現する。そして、強い母性行動を示すハタネズミ種は、母性行動が弱い近縁の種と比べて、脳のオキシトシン受容体の分布が異なっており、より分布密度が高くなっている。Sue Carter は、この脳のパターンが母性の領域だけでなく、他の形態の親和行動にも関係していることを明らかにした。

しかし、雄に子や配偶者への愛着を感じさせるには、Thomas Insel が示したように異なるホルモンが関係してくる。バソプレシンは、水分バランスに欠かせないものとして、生理学者によく知られており、オキシトシンと同じように、バソプレシンも脳の神経伝達物質である。両方とも、ホルモンのバソトシンから一つのアミノ酸の置換により進化したものだ。バソトシンは、海カメのような爬虫類では、巣作りや産卵の際に働く。哺乳類の親の行動は、もっと複雑なので、より精巧なシステムが必要になるわけだが。

プレーリー(大草原)のハタネズミの雄は、父系の一雌一雄タイプだが、山地のハタネズミの雄には多くの交配相手があり、子の世話に雌に任せてしまう。プレーリーのハタネズミの献身的な行動の原因は、雄の脳全体に戦略的に配置されたバソプレシンの受容器、特

にV1a受容器である。6月17日号のNatureでは、Larry Youngの研究室のMiranda Limたちが、CarterとInselの研究を基にした成果を発表している(Nature 429, 754, 6993; 2004 参照)。草地のハタネズミは、普通は乱交タイプなのだが、一つの遺伝子でガラリとふるまいが変わる。前脳部に届くウィルス性ベクター中に、プレーリー・ハタネズミのV1aを導入すると、草地のハタネズミは生涯同じ雌の伴侶と生活を共にするようになる。プレーリーのハタネズミに見られるように、遺伝子を改変された草地のハタネズミは、バソプレシンにより活性化されたドーパミン作用性の報酬回路を持つという。このことは、彼らが、たてまえでなく、つがいの絆を好んでいることを示している。この考えは、同号でEvan Balabanによってさらに詳しく論じられている(Nature 429, 711, 6993; 2004 参照)。同じ仕組みで、人間以外の霊長類、ましてや人間の男性の愛着まで説明できるかどうかは定かでないが、いつの日か、ある種の男性に薬剤が与えられるかもしれない可能性を考えることは面白い。

私たちは、終世の伴侶を誓う錠剤の構想には手が届かないが、ロマンスの神経学には、かなり近づいている。最近の研究では、愛に首ったけの被験者たちでは、前帯状皮質や脳の島や尾状核が異常に活性化されていることがわかった。また、こうした被験者たちの血小板中のセロトニン輸送物質が低濃度であることもわかった。(当然のことながら、おそらくセロトニンに関する限り、強迫神経症患者の測定値は恋に盲目になった人たちの測定値によく似ていることだろう)

だが、多くの疑問が残っている。もし、恋慕の情が長期的な関係になったとしたら、いったい何が起きるのだろうか？ プレーリーのハタネズミの絆を強めるオキシトシンやバソプ

➤

▶ レシンといった神経化学作用の働き者が、人間にも通用するだろうか？ 親と幼児も、お互いに好きになるとき、成熟した幸薄き恋人たちと同じ回路を使っているのか？ 見合い結婚をしてから、「お互いに愛することを学ぶ」とき——この世がはじまって以来ほとんどの人がそうだったわけだが——それは神経学的にみて、ロマンチックな興奮状態の爆発から徐々に静かな愛の絆へと移行した場合と似ているのだろうか？

もっと現実的な疑問もある。米国の新しい大規模な研究結果は、質の悪いデイクアサーピスが、幼児の愛着とコルチゾール・パターンを変えてしまう可能性を示している。この影響は、その幼児が形成する人格への悪い兆しなのか、それとも、成人期へ適応していく途中の異なる経路にすぎないのか？ その対極にあるのが、たとえばルーマニアの孤児のように、非常に恵まれない幼児たちが「反応性愛着障害」と呼ばれる症候群に罹ることがあることだ。この症状は、後々の人間関係での異常性へとつながる。脳撮像と神経薬理学によって、こうした障害の治療法が発見され、自閉症スペクトル障害にさえ役立つかもしれない。愛着は、物理学者にとっては統一感のない現象に見えるかもしれないが、実は、人間の幸福の最も重要な決定要因の一つであり、科学的な焦点を当てるべきなのである。 ■

筆者の **Melvin Konner** は、エモリー大学の人類学科に所属している。*The Tangled Wing: Biological Constraints on the Human Spirit* (改訂版) の著者。

FURTHER READING

Bowlby, J. *Attachment and Loss* (3 vols) (Hogarth Press, London, 1969–1977).
Cassidy, J. & Shaver, P. R. (eds) *Handbook of Attachment: Theory, Research, and Clinical Applications* (Guilford, New York, 1999).
Konner, M. in *Hunter–Gatherer Childhood* (eds Hewlett, B. & Lamb, M.) (Aldine, New York, in the press).
Insel, T. R. *Rev. Gen. Psych.* **4**, 176–185 (2000).
Fisher, H. E., Aron, A., Mashek, D., Li, H. & Brown, L. L. *Arch. Sexual Behav.* **31**, 413–419 (2002).
Bartels, A. & Zeki, S. *NeuroImage* **21**, 1155–1166 (2004).

細菌の概日時計

Carl Hirschie Johnson

細胞集団はきわめて正確かつ安定な概日振動を示すことができる。

しかし細胞間の連絡がない単独の細胞でもこういう正確なリズムを発振できるのだろうか。

藍色細菌では、どうやらそれが可能らしい。

原文: *As time glows by in bacteria* Nature Vol.430(23-24)/1 July 2004; www.naturejpn.com/digest

細菌にも時差ボケがあるのだろうか。そんな質問はばかげていると思われるかもしれない。20年前には専門家たちもそう思っていた。約24時間周期で見られる遺伝子発現や生理状態、行動のリズム(概日リズムという)を調節するのに必要な体内時計(生物時計ともいう)を装備するには、細菌はあまりにも「単純」すぎると考えられたからだ¹。しかし、この20年間の進歩は大きかった。今では、藍色細菌(シアノバクテリアまたは藍藻類ともいう)にもしっかりした概日時計が備わっていて、体内の全遺伝子の発現を制御していることがわかっている。実際、藍色細菌は体内時計研究における最先端領域の研究材料となっており、とりわけ、体内時計タンパク質の構造研究や進化における概日リズムの重要性を探るために役立っている。藍色細菌は今後も活躍しそうな勢いである。

Nature 7/1 号 p. 81 の Mihalcescu たち²の報告で、単細胞の概日リズムを解析するための新しいモデル系として藍色細菌にスポットライトが当てられたからだ。

1 個の細胞でも概日時計機構を持てることは、哺乳類の体内に散在する神経細胞はもちろんのこと、単細胞種である *Acetabularia*^{3,4} や *Paramecium*⁵ などの細菌以外の生物(真核生物)の研究からわかっている。しかし、この種の細胞の 1 個 1 個は少々「いい加減」な 1 日単位の振動をしていて³⁻⁶、こうした細胞の集団の概日リズムは、定常環境下で時間が経つにつれて減衰する傾向が見られる。この減衰現象からみて、集団内の個々の細胞の振動周期にはノイズや変動性があるために細胞の時計が非同期化したと考えられる。

それでも長年の認識として、多細胞生体系では 1 個の細胞から別の細胞へ位相情報の連

絡があり、それが個々のノイズのある細胞の振動を連動させ、正確に振動する 1 つのネットワークを作りあげているのだと考えられてきた⁷。その例えとして聴衆の拍手があげられる。人々が集団で同時に拍手するほうが、ひとりひとりでたく拍手よりもリズムが正確に刻まれる⁸。別な例えとして、いっせいに足を振り上げるラインダンスを思い浮かべてみよう。拍子をとる音楽がない状態で足を上げる場合、大勢でやるラインダンスでは全員で足をそろえるというフィードバックが働くため、ダンサーが 1 人きりの場合よりもリズムが正確になると予想される。

実際、定常環境に置かれた藍色細菌集団の遺伝子発現に見られる概日リズムは、感嘆するほど安定していて正確である^{1,9}。藍色細菌の概日リズムを調べている筆者らは、この細菌は細胞どうしが互いに連絡し合っているの、こんなに正確にリズムを刻むのだと考えていた。そうだとすれば、単独の細菌細胞の振動は、集団の細胞の振動に比べて結構「いい加減」なはずである。

E Mihalcescu たち²は、我々の抱いたような先入観に惑わされなかった。彼らが使ったのは、概日時計が作動すると遺伝子調節領域(*psbAI* プロモーター領域)にスイッチが入って発光する、自己発光型の藍色細菌株¹⁰だ(図 1)。そして超高感度の自動顕微鏡画像化装置で、これらの細胞の発光リズムを観察した。1 個の細菌細胞が発する弱々しい光の点を検出する技術は、遠く離れた星のかすかな光を検出する技術に近く、それぞれの目的で使われるカメラもよく似ている。

こうして得られた結果は劇的なものだった。単独の細菌の発光リズムは、集団が刻むリズムに比べても遜色なく正確に刻まれたの

だ。しかも、細菌が分裂したとき、娘細胞の発光リズムは互いに驚くほど同期したままだった。発光リズムは、細胞分裂にもあまり乱されなかったのだ。つまり、この概日時計は独立した時間調節機構であって、細胞が分裂で被る大きな変化をも超越して安定に作動するのである。概日時計が細胞分裂に影響されないことは、藍色細菌の集団についてはすでにわかっている^{11,12}。

ところで娘細胞はどうやって、こんなに同期を保てるのだろうか。また、時計の周期をどうやってこれほど正確にできるのだろうか。個々の細菌に備わる特性なのか、それとも個々の「いい加減」な細胞の振動を連動させるおかげなのか。真核生物の藻類の研究からは、細胞どうしで周期の位相情報を連絡し合っているとする説が支持されていた¹³。Mihalcescuたちは、藍色細菌にかかわるこの

問題についても技術面の腕前を発揮し、時計の周期が違う位相で開始した2つの微小コロニーが互いに合流したとき何が起るかを観察した。

Mihalcescuたちが特に追跡したのは、集団が合流する際の個々の細菌とその娘細胞の発光リズムである。もし、細菌が互いに位相情報を連絡し合っていたなら、合流した集団の細胞はリズムの「合意」に至るだろうと思われる。12時間の暗条件を1回経ると、集団内のすべての藍色細胞はすぐに同期するようになる。それゆえ、これらの細胞は実際には時計をすばやくリセットすることができる。では、位相の違うコロニーが合流するとどうなるだろうか。その結果は意外なもので、1個の細菌はたとえ位相の違う細胞と接触していても、少なくとも3日間は自分固有の位相を維持している。

Mihalcescuたちの研究結果は、1つの集団内で細胞どうしに弱い連動作用がある可能性をまったく消し去るものではない。もう1つの解決すべき問題は、発光画像法(2時間ごとに30分)に必要な暗条件の繰り返し処理が、振動数の減衰によって、細菌時計に本来備わる正確さを増大させてしまった可能性がないかどうか、という点である。とはいえ、細胞間に位相情報に関する強力な連絡機構がある見込みは、今回得られた結果から確実に消える。結果としていえるのは、これらの「単純」な細菌にも概日リズム機構が備わっていて、この機構は、コロニーが増殖する際に生じる細胞分裂や細胞内ノイズ、変化する代謝条件にも乱されず安定だということである。言ってみれば、藍色細菌の体内時計は「1人だけでも正確なリズムで踊れる」のだ。

概日時計を裏で支える生化学機構には感服せざるをえない。この機構は、温度補償性があって温度変化に乱されず、高度の正確さで常に24時間を刻むだけでなく、ノイズにもほとんど邪魔されず、また、1個の細胞レベルで発現し、細菌にさえも備わっていることが、今ではわかったのだ。細菌に時差ボケはあるのか。こうなるとは、そうばかげた質問ともいえまい。

著者の Carl Hirsch Johnson はバンダービルト大学生命科学学科 (the Department of Biological Sciences, Vanderbilt University, Nashville, Tennessee 37235, USA) に所属している。
e-mail: carl.h.johnson@vanderbilt.edu

1. Johnson, C. H. *Curr. Issues Mol. Biol.* **6**, 103–110 (2004).
2. Mihalcescu, I., Hsing, W. & Leibler, S. *Nature* **430**, 81–85 (2004).
3. Karakashian, M. W. & Schweiger, H. G. *Exp. Cell Res.* **97**, 366–377 (1976).
4. Woolum, J. C. *J. Biol. Rhythms* **6**, 129–136 (1991).
5. Miwa, I., Nagatoshi, H. & Horie, T. *J. Biol. Rhythms* **2**, 57–64 (1987).
6. Welsh, D. K., Logothetis, D. E., Meister, N. & Reppert, S. M. *Neuron* **14**, 697–706 (1995).
7. Enright, J. T. *Science* **209**, 1542–1545 (1980).
8. Neda, Z., Ravasz, E., Brechet, Y., Vicsek, T. & Barabasi, A.-L. *Nature* **403**, 849–850 (2000).
9. Kondo, T. *et al. Science* **266**, 1233–1236 (1994).
10. Katayama, M., Tsinores, N. F., Kondo, T. & Golden, S. S. *J. Bacteriol.* **181**, 3516–3524 (1999).
11. Mori, T., Binder, B. & Johnson, C. H. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* **93**, 10183–10188 (1996).
12. Kondo, T. *et al. Science* **275**, 224–227 (1997).
13. Broda, H., Brugge, D., Homma, K. & Hastings, J. W. *Cell Biophys.* **8**, 47–67 (1985).

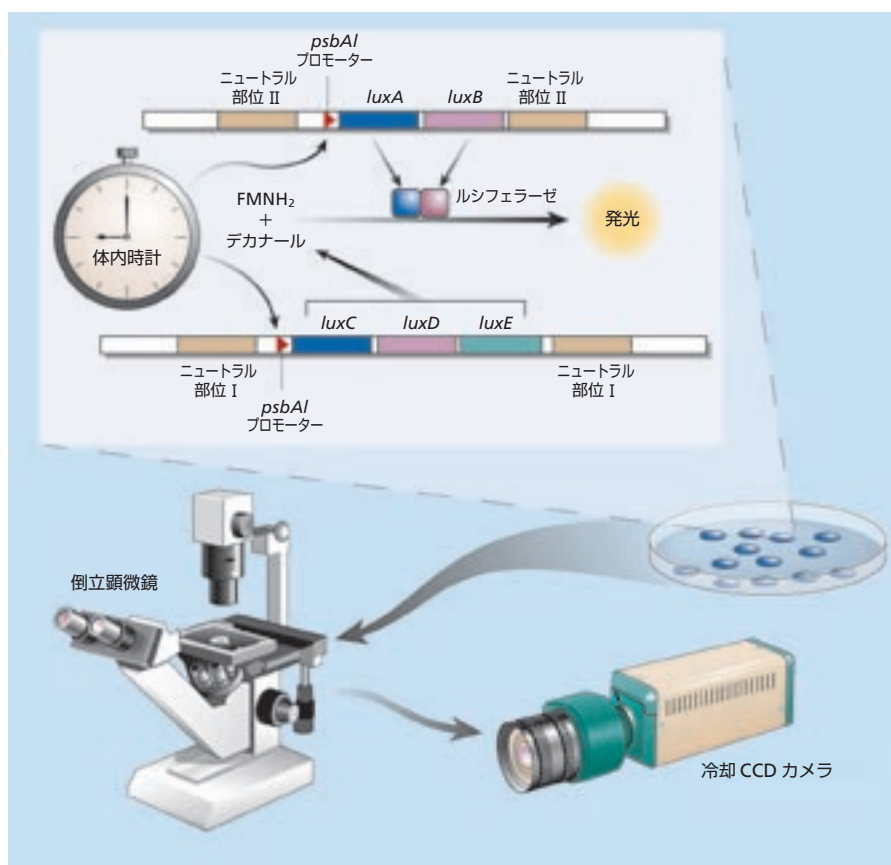


図1 自己発光型藍色細菌¹⁰の概日リズムの観察。遺伝子操作で、細菌自身の *psbAI* プロモーター領域の制御下におかれるよう、*luxA-luxE* 遺伝子を細菌に組み込む。このプロモーター領域は細胞の概日時計に支配されている。概日時計は周期的に *luxA* と *luxB* の発現を作用させ、両者が一緒になってルシフェラーゼ酵素を産生する。*luxC* や *luxD* や *luxE* 遺伝子も発現され、デカナルを作る酵素類を産生する。次にルシフェラーゼは、基質としてデカナルと細菌自身の FMNH₂ (還元型フラビンモノヌクレオチド) を使って、発光反応を触媒する。Mihalcescu たち²はこの機構に組み合わせて、超高感度の顕微鏡画像化装置を使い、1個の単離した細胞や微小コロニー内の細胞からの発光を解析した。

トップクォークの質量測定

Georg Weiglein

トップクォークは今まで知られている中で抜きんで重い素粒子である。

その質量を正確に測定することは、自然界の基本的な相互作用を解明するのに意味ある問題である。

原文: From the top ...

Nature Vol.429(613-615) 10 June 2004; <http://www.naturejpn.com/digest>

物質の基本的な構成要素は、私たちが知る限りにおいて、クォークとレプトン、およびこれらの粒子間の相互作用の媒体となる「力を媒介する粒子」からなる。クォークとレプトン(後者には電子が含まれる)は3つの世代に分類される。第2および第3世代の粒子は質量がかなり大きいことをのぞけば第1世代の粒子の完璧なコピーのように見える。トップクォークはすべてのクォークとレプトンの中で最も重く、素粒子物理学におけるいくつかの最も差し迫った問題の中心となっている。例えば、第3世代に属するトップクォークは第1世代に属する電子の30万倍も重いのはなぜか。非常に異なる質量をもつ以外全く同じ性質を持つクォークが2つ別に存在するのはなぜか。そして、質量自身の起源は何かなどである。

トップクォークの質量と相互作用についての正確な情報は、実験データと比較して理論を検証するうえで解決の鍵となる材料である。Nature 6/10号 p.638¹で、DØ共同研究体はシカゴ近郊にあるフェルミ国立加速器研究所のテバトロン陽子反陽子衝突型加速器で得られたデータを用いたトップクォーク質量の、より正確な測定結果を報告している。この実験結果とDØ共同研究体および姉妹関係にある実験装置CDFによって以前に得られた測定結果とを合わせると、トップクォークの新しい世界平均²は $178.0 \pm 4.3 \text{ GeV}/c^2$ となった。ここで、 c は光の速度であり、この単位で表したときの陽子の質量は約 $1 \text{ GeV}/c^2$ である。以前の世界平均³と比べると、質量の代表値は約 $4 \text{ GeV}/c^2$ 高くなっている。実験誤差は約15%減少し、基本的な物理的性質がよりはっきりと見えるようになった。

自然の基本的な原則を解明する上で、トップクォークの果たす役割には2つの面がある。ひとつには、これまで理解されていなかったといってもよい新しい物理学の探求におい

て、トップクォークは質量が大きいために最も重要な対象となっている。例えば、長い間仮説のままであるヒッグスボソンは、素粒子物理学の標準模型において未だに見つからない最後の要素であり、他の粒子とその粒子の重さに比例した強さで相互作用すると予測されている。したがって、重いトップクォークの物理的性質はヒッグスボソンとの相互作用に大きく影響されると思われる。また、トップクォークの質量は多くの観測できる物理量を予測する上で鍵となるパラメーターである。測定結果と予測の小さなずれが新しい物理学のきっかけとなり得るので、トップクォーク質量の実験誤差に起因する予測の不確かさが大きいと、新しい物理学を実験によって見つけることが難しくなる。

いくつかの精密に測定された物理量の値は、標準模型が予測するように、トップクォークの質量 M_t の2乗に比例する。これらの依存関係はかなり弱く、ヒッグスボソンの質量は未知のままである(これまでのところでは、 $114.4 \text{ GeV}/c^2$ より低い質量の値は実験によって除外されている⁴)。それゆえ、すべての入手可能なデータに対する標準模型の予測に、いわゆるグローバルフィットを用いると、 M_t について情報はより明確になり、ヒッグスボソン質量のありそうな値がより狭い範囲に制限される。実際、 M_t の代表値が $4 \text{ GeV}/c^2$ 変わったことによって、ヒッグスボソンの質量上限値は $30 \text{ GeV}/c^2$ 以上変化し、(信頼水準95%で) $251 \text{ GeV}/c^2$ に上がった。この上限値は、現存するあるいは将来作られる衝突型加速器によるヒッグス粒子探索の実験戦略に大きな影響を与える。

ヒッグスボソンが予測された範囲内に見つかれば、トップクォークの発見と同様に、標準模型にとって新たな成功となるだろう。歴史的には、トップクォークの質量は電子-陽電子衝突型加速器LEP(ジュネーブのCERN)と

電子-陽電子衝突型加速器SLC(スタンフォードのSLAC)で得られた豊富な精密測定の結果に対するグローバルフィットによって予測された。トップクォークは1995年にテバトロンで発見され、その質量は予測された範囲に完璧に一致していた。

標準模型は多くの実験検証に合格しているといっても、基本的な相互作用の究極理論にはなり得ない。これは標準模型が既知の4つの相互作用のうち、重力相互作用以外の3つ、つまり電磁相互作用、弱い相互作用、強い相互作用しか記述していないという事実から明らかである。また、標準理論には理論的に不十分な点がいくつかあり、未回答の問題が多く残っている。おそらく、標準模型を拡張する最も注目される枠組みは超対称性である。超対称性理論はすべての既知の粒子にパートナーが存在すると予測する。超対称性によって拡張された標準模型は、重力を無矛盾に含み、すべての基本的な力を統一的に記述するであろう、より基本的な高エネルギー理論の低エネルギー側の極限になるかもしれない。標準模型の超対称性による最小限の拡張である「MSSM」は各々のクォークとレプトンに対応する超対称パートナー粒子の対、力を媒介する粒子に対応する超対称パートナー粒子、そして5つのヒッグスボソンからなる。

超対称模型では、対称性がより高いため、最も軽いヒッグスボソンの質量は直接予測できる(対照的に、標準模型ではヒッグス質量は自由なパラメーターであり、グローバルフィットを介して間接的に決められるだけである)。予測される質量はトップクォークの質量に非常に敏感で、 M_t^4 の関数になるという、標準模型の場合よりもさらにはっきりとした M_t に対する依存性をもつ。図1にMSSMにおける最も軽いヒッグスボソンの質量の予測^{5,6}を示す。トップクォークの質量が $178.0 \pm 4.3 \text{ GeV}/c^2$ に変わった影響が明らかに見てとれる。ヒッ

- ▶ グスボソンが直接実験によって検出されれば、1%程度よりよい正確さで質量を測定できるようになるだろう。現在得られるよりもさらに正確な M_t についての精密な情報は超対称性によって拡張された標準模型におけるヒッグス物理に極めて重要である⁷。

ヒッグス物理に対する大きな影響に加えて、トップクォークの質量はMSSMの他の多くの予言、例えばトップクォークの超対称パートナー粒子の質量と両者間の相互作用の強さに影響を及ぼす。MSSMや他の標準モデルの拡張とより高いエネルギースケールの基本理論とを結びつけることが最終的な目標である。この結果、自然界のすべての力を単一の基本的な相互作用に統合する根拠が得られるかもしれない。衝突型加速器による実験で我々が直接利用できるエネルギースケールで得られる測定結果はさらに高いエネルギースケールに外挿できるが、このためには M_t の精密な情報が信頼できるものであることが極めて重要である。外挿が十分に精密であれば、統一された力自身の構造に関する手がかりさえ得られるかもしれない。

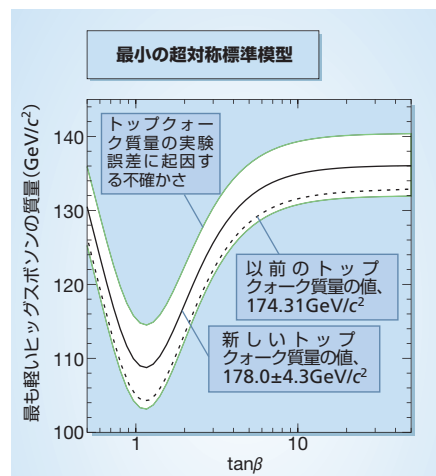


図1 最小の超対称標準模型(MSSM)における最も軽いヒッグスボソンの質量。予測された値^{5,6}をパラメーター $\tan \beta$ の関数として示す。 $\tan \beta$ はMSSMにおける異なるヒッグスボソン間の関係を表している。(他のMSSMパラメーターは結果として生じるヒッグス質量を最大にするように選んだ。)予測されるヒッグス質量は計算に使われるトップクォーク質量の値に敏感である。実線はDØ共同研究体¹によるトップクォーク質量の新しい測定結果を用いた予測を示す。白いバンドはトップクォーク質量の実験誤差に起因する予測の不確かさを示す。波線は新しい測定がされる前の状況を示す(以前の実験誤差 $\pm 5.1 \text{ GeV}/c^2$ は示されていない)。トップクォーク質量の新しい値に基づいて、最も軽いMSSMヒッグスボソンの質量の上限は約 $140 \text{ GeV}/c^2$ となった。

さらなる進歩には新しい実験データ、つまりヒッグスボソンや超対称パートナー粒子のような新しい粒子の発見と、根元的な理論に対する感度の高い検証を可能にする観測可能な物理量の精密な測定の両者が必要になるだろう。これらの中でも、トップクォーク質量測定の正確さを向上させることは最も重要であり続けると思われる。テバトロン現在の運用フェーズ(「Run II」として知られている)で取得されるデータによって、 M_t の実験誤差は $2 \sim 3 \text{ GeV}/c^2$ に減少するであろう。また、CERNで建設中の大型ハドロン衝突型加速器⁸では、この正確さは誤差 $1 \sim 2 \text{ GeV}/c^2$ にまで向上すると思われる。

しかしながら、 M_t の最も精密な値は線形電子-陽電子衝突型加速器で得られるだろう。このような装置は目下のところ計画段階にあり、次の十年間の中頃に運用に入るかもしれない。線形衝突型加速器によって得られるデータによってトップクォーク質量の正確さは十倍向上する可能性がある。その時になって初めて、トップクォーク質量の実験誤差に起因する不確かさは十分によく掌握され、ヒッグスボソン、超対称パートナー粒子、その他の新しい物理について次の十年間にLHCで集められたデータが完全に活用されることになるだろう。

Georg Weigleinはダーラム大学素粒子物理現象学研究所 (the Institute for Particle Physics Phenomenology, Department of Physics, University of Durham, Durham DH1 3LE, UK) に所属している。
e-mail: georg.weiglein@durham.ac.uk

1. The DØ Collaboration *Nature* **429**, 638–642 (2004).
2. The CDF Collaboration, the DØ Collaboration and the Tevatron Electroweak Working Group. Preprint at <http://arxiv.org/abs/hep-ex/0404010> (2004).
3. Hagiwara, K. *et al. Phys. Rev. D* **66**, 010001, 271–433 (2002).
4. The ALEPH, DELPHI, L3 and OPAL Collaborations and the LEP Working Group for Higgs Boson Searches *Phys. Lett. B* **565**, 61–75 (2003).
5. Heinemeyer, S., Hollik, W. & Weiglein, G. *Comput. Phys. Commun.* **124**, 76–89 (2000).
6. www.feynhiggs.de
7. Heinemeyer, S., Kraml, S., Porod, W. & Weiglein, G. *J. High Energy Phys.* JHEP09(2003)075 (2003).
8. Beneke, M. *et al. in Standard Model Physics (and More) at the LHC* (eds Altarelli, G. & Mangano, M.) 419–529 (CERN, Geneva, 1999).
9. Heuer, R.-D. *et al.* Preprint at <http://arxiv.org/abs/hep-ph/0106315> (2001).
10. Abe, T. *et al.* Preprint at <http://arxiv.org/abs/hep-ex/0106056> (2001).
11. ACFA Linear Collider Working Group. Preprint at <http://arxiv.org/abs/hep-ph/0109166> (2001).

Nature Publishing Group makes an IMPACT



インパクトがある雑誌は、

Nature です。

2002年度、*Nature* のインパクト・ファクターは30.432でした。

もちろんmulti-disciplinaryジャーナルのナンバー1です。

nature publishing group **npg**

南の楽園で最先端研究は花開くか

原文: *Will creativity thrive in an island paradise?*

Nature Vol.429(220-221)/13 May 2004; www.naturejpn.com/digest

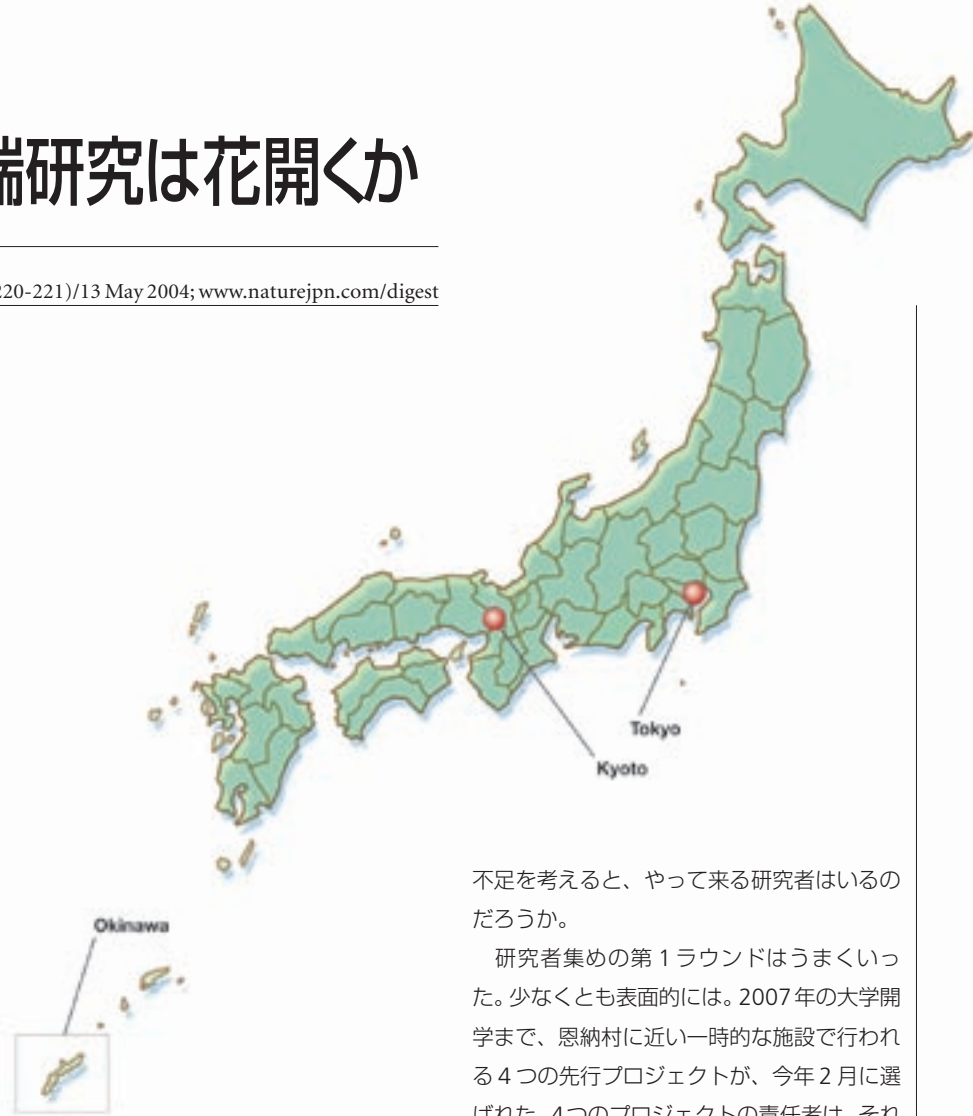
David Cyranoski

沖縄は、米国の軍事基地やスキューバダイビング、特産のゴーヤなどでよく知られる、日本の本土から遠く離れた島。このため、最先端研究を行う研究所をゼロから建設するような場所には思えないかもしれない。しかし、沖縄島の西海岸にある恩納村というリゾート地に建設される新しい大学、「沖縄科学技術大学院大学」(OIST)に、日本政府はこの2年間で33億円をつぎ込んだ。この計画に関わっている者も含め、日本の研究者たちには、この大学の成功の見通しに懐疑的な者が多い。しかし、もしこの大学が成功すれば、日本の停滞している大学システムに新たなモデルを示すことにもなるかもしれない。

沖縄科学技術大学院大学は、科学技術政策担当であるだけでなく、沖縄担当でもある大臣にとっては、まるで「政略結婚」のようなものだった。とはいえ、この大学は、完全に成熟した研究大学に成長することを意図して設置された。また、日本では大学システムを修復する取り組みが進んでいる。この大学は、そうした取り組みが成功するための指針となるものだ。

この大学を支持する人たちは、ほかの大学を押さえつけてきた日本の行政機構の中心地から距離があることが、かえってこの大学のもっとも大きな財産なのかもしれない、と言う。新井賢一・東京都臨床医学総合研究所研究統括顧問は「沖縄には開放的な南の文化があり、労働力の面でも、ものの考え方の面でも日本の本土と離れている。この大学は、地理的にも文化的にも、シンガポールなど他国の研究者との架け橋となるだろう」と期待する。

考え方の違いは、海外の科学者を学長に選ぶという、前例のないやり方にも表れている。



不足を考えると、やって来る研究者はいるのだろうか。

研究者集めの第1ラウンドはうまくいった。少なくとも表面的には。2007年の大学開学まで、恩納村に近い一時的な施設で行われる4つの先行プロジェクトが、今年2月に選ばれた。4つのプロジェクトの責任者は、それぞれが各研究分野のリーダーだ。

外村彰は、現在は日立製作所基礎研究所(埼玉県鳩山町)の研究者で理化学研究所のグループディレクターでもある。彼は電子顕微鏡に取り組む。京都大学の柳田充弘教授は、酵母の細胞増殖に関係している遺伝子を調べるグループを統括する。国際電気通信基礎技術研究所(ATR、京都府精華町)の銅谷賢治・計算神経生物学研究室長は、「心の分子機構」をコンピューターを使って調べる。理化学研究所脳科学総合研究センター(埼玉県和光市)の遠藤昌吾・ユニットリーダーは、学習と記憶の生物学的基礎を研究する。

この大学に加わる研究者たちは、独創的な研究に取り組む機会を得た興奮と同時に、この大学が世界最高の科学者たちを引き寄せることができるのだろうか、そして、政府は高額の研究予算を維持できるのだろうか、という疑念も感じている。

科学技術政策担当大臣は、ノーベル賞受賞者のシドニー・ブレンナー(Sydney Brenner)を個人的に訪問し、学長就任を打診した。しかし、ブレンナーは取材に対し、学長任命はまだ正式なものではないとしたうえで、大学立ち上げの道のりはまだ遠いことを認めた。「彼らは、教育機能をもつ現代的な研究機関作りの経験がほとんどない」とブレンナーは話す。

すべてが計画どおり進めば、この研究所は英語を第一言語とし、海外の科学者と密接な関係を保つことになる。研究者の半数は海外から招かれ、日本の従来の大学とは違って、産業界との共同研究を盛んに行い、若い研究者やベテラン研究者が業績第一主義の中で研究経験を積むことになる。

しかし、主要都市からの距離とインフラの



外村彰は研究プロジェクトのひとつを率いる。

たとえば、外村彰のプロジェクトはすでに困難にぶつかっている。外村は超伝導体中の磁束量子の電子線による観察で知られている。彼は沖縄に300キロボルトの電子顕微鏡を設置しようと計画している。しかし、外村は、敏感な装置を設置できるほど地盤が安定ではないと心配している。米軍機はごう音をたてて通り過ぎるし、高圧電線も測定の間になるかもしれない。

電磁場シールドなど、どのような対策がどこせるかを調べる調査が現地で行われている。外村のプロジェクトのスタートは4月に予定されていたが、延期された。延期は、場合によっては1年間におよぶかもしれない。

外村は、沖縄でまったく新しい研究分野を切り開くことをも夢見ている。彼が思い描く顕微鏡は、電子線の焦点を個々の原子や局所化された電磁場や量子現象に合わせることができ、その分解能はオングストローム未満のもの。「このような超高圧電子顕微鏡を使えば、カーボンナノチューブでも原子の1個1個がどこにあるかをきちんと見れるだろう」と外村は話す。

このような顕微鏡を開発するプロジェクトでは、レンズを改良した高電圧の電子顕微鏡が必要となる。実現を思いとどまってきたのは「努力が足らなかったにすぎない」と外村は話す。しかし、大きな障害がひとつある。この顕微鏡の開発には、50億円の費用と5年間の時間を必要とするだろう。

柳田も、まったく新しいことを始めるチャンスを楽しみにしている。しかし、「沖縄での

新しい研究の計画は、まだ『ぼんやり』としてい」という。柳田の研究グループは、分裂酵母の染色体分離の研究で知られる。分裂酵母は、栄養分がないときにはじっと時機を待ち、栄養分があると分裂する。酵母がどうやってこれを決めているかを、柳田の研究グループは沖縄で調べることになるだろう。この決定に関係している遺伝子を解明することは、たとえば、なぜ、脳細胞は増殖しないのに、肝細胞は生涯にわたって増殖し続けるのかといった問題の理解に役立つはずだ。「酵母はこうした問題の研究にぴったりのシステムだ」と柳田は話す。

柳田は、京都大学で25人の研究者を抱える研究室を引き続き率いる。京都大学での彼のプロジェクトの研究助成金はあと2年継続することになっており、これを沖縄に移すことはできない。当分の間、彼は京都と沖縄の両グループの指揮をとり、沖縄のグループは1カ月に一度訪れることにしている。

柳田は、彼のポジションがあいまいであるにもかかわらず、沖縄科学技術大学院大学の成功に貢献したいと考えている。「私たちが沖縄で研究できることをみせたら、若い研究者たちも沖縄に行こうという気になるだろう」と彼は話す。

解決しなければならない問題はほかにもある。この大学の性格として、基礎研究に集中するのか、副産物として得られる技術の開発にも力を入れるのか、計画書には、矛盾する両方の考えが共存したままだ。

ただし、この大学を本物の国際的な研究大

学にするという決意は明確だ。柳田は、62歳にして研究助成金の応募を初めて英語で書くという機会を楽しんだ、という。「いい経験だった」と彼は話す。しかし、この大学がトップクラスの国際的科学家を集めることができるのかに関しては、多くの人が疑いを抱いたままだ。「日本の若い研究者が沖縄へ行くには勇気がある」と柳田は話す。

銅谷は、もっと楽観的だ。銅谷は、人間の行動学習研究におけるリーダーの一人だが、今回、研究対象を初めて動物(ラット)に移すことになるだろう。動物が水や交尾相手を見つけるなどの行動を行う際に、適応学習がドーパミンによってどのように脳に植えつけられるかを解明したいと銅谷は考えている。彼はさらに、その結果得られた知見をロボットに移したいと考えている。「こういうフレキシブルな学習には、どんな分子、どんな要素が必要なのかを解明しなければならない」と彼は話す。

銅谷は、科学コミュニティが沖縄で発展するのを楽しみにしている。彼の職場は、設立から10年で急速に発展した関西文化学術研究都市にある。沖縄のインフラも発展するに違いないと彼は考えている。

銅谷は、ウィンドサーフィンとスキューバダイビングに関心をもつ。ほかの研究者もこうしたスポーツが好きなら、新しい大学の欠員を埋めるのに困ることはないはずだ。「沖縄は私にとって理想の場所だ」と彼は話した。■

David Cyranoskiはネイチャーのアジア・太平洋担当記者。

世界の研究者を集める

今 年 1 月、メキシコの物理学者 Mauricio Terrones (写真右) は、茨城県つくば市にある物質・材料研究機構 (NIMS) にやってきた。そこで出会ったのは、インド人化学者 Vinu Ajayan と、ロシア人材料科学者 Dmitri Golberg。3 人とも、ナノスケールの穴がある炭素材料に興味を持っていた。

Terrones の 2 カ月半の滞在中に、3 人は Ajayan が日本で開発していたホウ素材料と Terrones がメキシコから持ってきたホウ素材料をまったく新しい構造に変化させた。Terrones によれば、この新種の材料は、少なくとも 3 つの論文のもとになり、燃料電池からバイオセンサーにいたるまで、応用の可能性がある分野もいくつかあるという。

このような国際的な共同研究は、カリフォルニアなどではごくふつうのことかもしれない。しかし、このようなスピードとスマートさで進むプロジェクトは、日本が長い間追い求め、そしてめったになし得なかったもの。日本に来る外国人研究者は比較的少なく、思い切って日本に来たとしても、官僚的形式主義やそのほかの障害によって身動きとれなくなってしまうことが多い。

このグループの共同研究が実現したのは、研究所に設けられた「若手国際研究拠点」という新組織のおかげだ。材料科学者で、このセンターを作った板東義雄センター長は、過去 10 年間に博士号を取得した科学者約 20 人を世界中から集め、豊富な研究資金 (常勤研究員には 700 万円の給与と 500 万円の研究助成金) を与え、独自の研究計画を作らせた。研究分野は、生体適合性物質の医学応用から電子素子のナノスケール設計にまでわたる。

日本で行われる国際化のための試みの多くは、高額な研究助成金で研究者を勧誘するものの、日本に来てからは、大きな研究部門の中で外国人研究者を孤立させてしまうことが多かった。言語の壁は深刻な問題だ。「ポストドクで、しかもただ一人の外国人だったら、かなり難しい状況に追い込まれると思います」と Terrones は言う。しかし、5 年計画のうち約 1 年しか経過していないのに、このセンターが抱える特別研究員の出身国はすでに 15 カ国にのぼっている。研究者のうち日本人は 1 人だけ。すべての文書と会議は英語だ。



D. CYRANOSKI

5 年計画が終わっても、このプロジェクトが更新、継続されることを板東は望んでいる。しかし、いずれにしてもこのプロジェクトが及ぼす影響は持続するかもしれない。板東は、このセンターのメンバーから NIMS の常勤研究員に 10 人採用することを計画しているからだ。Terrones のような短期間しか滞在しない人たちも、国際協力の持続に貢献するだろう。

国際協力や若手科学者の育成という難しい目標に取り組んでいる、各大学やほかの研究所にとっても、このセンターはモデルになるだろう。「私たちがうまくやれば、多くが後に続くはず」と板東は話している。

David Cyranoski:

Nature 429, 217, 6998; 2004 参照。

人間に学ぶロボットたち

ロ ボットが近い将来、犬の散歩をし、販売員として働き、楽しい会話ができる魅力的なヒューマノイド (人間型ロボット) になる可能性は高い。本田技研工業、ソニー、トヨタ自動車などの日本企業は、もっとも優秀な人間型ロボットを作り出す激しい競争を繰り広げている。こうした企業の「小さな代表」となったロボットたちは、カメラの前でその能力を見せびらかし、外国の高官と握手し、新幹線の新駅開業を祝い、オーケストラの指揮までする。

ホンダの「アシモ (ASIMO)」のようなロボットの安定して滑らかな足どりは印象的で、ロボット技術がどれほど前進したかのよいデモンストレーションだ。この点では多くの研究者の意見は一致しているが、予測できない状況や地形を通り抜けることができるようになるまでにはまだ遠いことも彼らは指摘する。ロボット工学者の國吉康夫・東京大助教授は「これまでのロボットは、どんなにすぐれたものでもきわめて限定された状況でしか作動しない。少しのつまづきで失敗してしまう」と話す。國吉などの少数の研究者が主張する解決方法は、身近にある



適応性と知能についてのもっともよいモデル、人間に注目することだ。

こうした研究動向のリーダーの一人が、国際電気通信基礎技術研究所 (ATR) の川人光男・脳情報研究所長だ。川人は過去 15 年間、脳機能の計算理論を研究し、それをロボットで試してきた。川人の研究グループは、「強化」など動物が用いている学習タイプを使って、等身大の人間型ロボット DB (Dynamic Brain の略。写真) にジャグリングやエアホッケー遊

びなど、30 を超える作業を教えた。「神経科学とロボット工学を融合することは、双方の分野に新たな地平を切り開く。従来の神経科学のテクニックは情報処理の理解には役に立たないし、生物学なしのロボット工学は単なる工学にすぎない」と川人は話す。

浅田稔・大阪大学教授も同じ意見だ。浅田は、人工声帯を持つロボットが人間の世話人とのやりとりを通じて、どのようにして話せるようになるのかを研究している。國吉も適応模倣行動を研究し

ているが、彼の場合は、ロボットが自身の行動に関する重要な原理を導き出すことによって、うつぶせの姿勢から立つといった問題をどのようにして解決するのかを重点的に研究している。

ソニーコンピュータサイエンス研究所副所長で科学技術振興機構北野共生システムプロジェクト総括責任者である北野宏明は「彼らは脳科学とロボット工学の最前線にいる。ほかの研究者は演技をさせるためにロボットを開発しているが、彼らはロボットを人間の知性を理解するための媒体としている」と言う。

このような研究方法は日本企業の注意をひいた。理化学研究所脳科学総合研究センターの谷淳・チームリーダーはソニー、ライフ・ダイナミクス研究所準備室の伊藤真人・リサーチャーと協力し、ソニーのロボット「キュリオ (QRIO)」が人間の行動をまねるうちに、どのような新しい行動が現れるかを調べている。ソニーは歩行技術を発展させるため、川人の研究グループとも協力している。

人間型ロボットは大衆の想像力をかきたてている。「日本以外の国では、人間型ロボットは自分の創造者を滅ぼしたフランケンシュタインのような邪悪な人工物とみなされることが多い」と川人は話す。日本ではそのような問題はない。「知能とあたたかい心を持ったロボットを実現することは日本人の夢なのだ」と谷は話す。

I-han Chou:

Nature 429, 219, 6998; 2004 参照。