



Vol. 462 No. 7275
17 December 2009

戦争の生態学：暴動やテロにみられる統計学的パターン

ECOLOGY OF WAR: Statistical patterns of insurgency and terrorism

一見ランダムあるいはカオス的にみえる人間活動の多くは、普遍的な統計学的パターンを示す。人間の間の紛争もその1つであり、戦争全体で総計した死傷者数のサイズ分布はほぼ、べき乗分布に従う。しかし、個々の戦争で起こるさまざまな事態についても共通のパターンがみられるのだろうか。N Johnson たちは、そうであることを明らかにした。アフガニスタン、イラク、コロンビアで起こったさまざまな紛争に関する詳細なデータセットを使って、反乱戦には互いに共通するパターンがあること、さらにそれは世界的テロ行為にも共通することを示し、破壊・暴力活動の規模や、それらが生じるタイミングを人間集団間の生態学的相互作用の観点から説明している。彼らのモデルは暴動に関する最近の仮説と整合しており、反乱での武力衝突やテロ行為と生態学との間の量的な関係を確立するものだ。また、このモデルと金融市場モデルとの類似性は、人間の暴力的行動と非暴力的行動との間の関連を示している。

Letter p.911, News p.836 参照

地球：海水準上昇に関するモデル

A model of rising sea levels

12万5000年前の最終間氷期には、現在よりも海面が高く、極域の気温も最大で5°C高かったため、この期間は人為起源の温暖化と似たところがあると見なすことができる。Kopp たちは、局地的な海面の高さ、つまり海水準の上昇の指標を集めて全球的なデータベースを作り、統計的手法を用いて最終間氷期における海水準を見積もった。全球の海水準は、現在の水準よりも8~9.4メートル高く、その上昇速度は100年当たり50センチメートルを超えていたことがわかった。これは、現在の氷床がかなり低いレベルの地球温暖化に対しても脆弱である可能性を示唆している。

Article p.863, N&V p.856 参照

細胞：SUMO と DNA 修復

SUMO and DNA repair

哺乳類のDNA損傷応答に、SUMO (small ubiquitin-like modifier) 化経路が重要な役割をもつことが確認された。SUMOタンパク質は、ほかのタンパク質に付加される小分子で、細胞周期やストレス応答などの多くの細胞過程に影響を与える。乳がん感受性遺伝子BRCA1の産物はDNA損傷応答に関与することが知られているが、Morris たちは、この産物のユビキチンリガーゼ活性がリガーゼであるPIASを介するSUMO修飾によって、DNA損傷後に活性化されることを明らかにしている。またGalanty たちは、PIAS1とPIAS4のという2つのリガーゼが、DNA二本鎖切断部位でさまざまな

DNA修復タンパク質にSUMOタンパク質を付加すること、またこのSUMO化は、これらの修復タンパク質の一部が続いてユビキチン修飾を受けるのに必要であることを示した。これらの研究は、SUMO修飾がDNA修復にかかわっているばかりでなく、がんの素因やがん発生にかかわる因子でもある可能性を示唆している。

Article p.886, Letter p.935, N&V p.857 参照

神経：記憶にかかわるシナプス構造

Synapse structure in memory

学習や記憶形成は、脳の回路の構造的変化に関連していると考えられている。この考えの実験的な証拠はこれまでなかなか得られなかったが、今回2つのグループが二光子励起画像法を使って、シナプス網の再編成が安定な記憶保持と密接に関連していることを示した。Xu たちは、餌に前肢を伸ばす課題でマウスを訓練すると、皮質ニューロンに構造的な反応、つまり新たな樹状突起棘の誘導が数時間以内に起こることを見いだした。異なる棘群、したがっておそらく異なるシナプスの複数のセットが、それぞれ別の運動技能を符号化しているらしい。また、学習の間に起こるニューロン間結合の再編成は、安定な記憶維持という背景の上に起こると考えられる。Yang たちは、マウス皮質でシナプス後の樹状突起棘を長時間観察し、学習に応じて棘の可塑性は進行しているにもかかわらず、2種類の安定な棘集団が記憶保持に寄与しているらしいことを見いだした。第一の集団は新たな体験によって作られるもので、その後ずっと選択的に

維持される。第二の集団は、出生後の脳発達初期に作られた大規模な集団に由来するものである。

Letters pp.915, 920, N&V p.859 参照

顕微鏡法：電子と光子を使う顕微鏡

Electrons in space and time

近接場光学顕微鏡は、微視の対象物のごく近傍の電磁場を測定することで光の回折限界を打ち破ることができるが、電子顕微鏡もつ原子スケールの分解能にはかなわない。今回Barwick たちは、これら2つの画像化方式を巧みに一体化した。つまり、こうしたエバネッセント電磁場に媒介されて増強された電子と光子の相互作用を超高速電子顕微鏡で検出し、空間的かつ時間的に十分高い分解能をもつエバネッセント電磁場の画像を生成する方法を示している。この研究は、光子誘起画像化法の一般的可能性や、特に界面における場のナノスケール研究向けの可能性を実証するものである。

Letter p.902, N&V p.861,

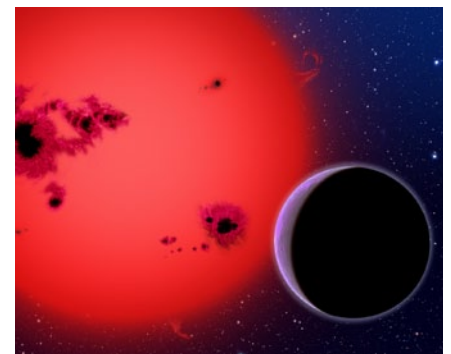
Making the paper p.824 参照

宇宙：注目すべき巨大地球型惑星

A super-Earth to study

「巨大地球型惑星」とは、地球の2~10倍程度の質量をもつ太陽系外惑星で、「木星型惑星」と見なすには小さすぎるものを指す。最終的には40センチメートルの望遠鏡8つを一組として使う予定のMEarthプロジェクトは、現在はそのうちの2つだけを使って観測を行っているが、太陽系近傍にある低質量星の前面を通過(トランジット)する巨大地球型惑星(GJ 1214b)を検出した。GJ 1214bは、地球の6.55倍の質量をもち、大きさは地球半径の2.68倍である。主星は小さく、13パーセントしか離れていないので、現在の観測法で惑星大気を直接調べることができる。

Letter p.891, N&V p.853 参照



地球から40光年の距離で赤色矮星の周りを回る巨大地球型惑星GJ 1214b (想像図)。



Vol. 462 No. 7276
24/31 December 2009

「今年の問題の人」 Steven Chu 氏：ノーベル賞受賞者から米国エネルギー省長官へ

NEWSMAKER OF THE YEAR: STEVEN CHU, Nobel prizewinner to US Energy Secretary

Nature が選ぶ 2009 年の「今年の問題の人」は、バラク・オバマ大統領によって米国エネルギー省の長官に起用された Steven Chu 氏である。ノーベル賞を受賞した物理学者である Chu 氏に与えられたのは、世界最大である米国経済とそのエネルギー関連分野を変革して、21 世紀の需要への対処を円滑に進めるといった仕事である。ローレンスバークレー国立研究所 (LBNL) で所長を務めた 4 年間で、この研究所を代替エネルギー研究のリーダーに作り替えた Chu 氏は、LBNL が創設時代にマンハッタン計画にかかわったころのような戦闘精神を奮い起こして、今回の新しい仕事に取り組んでいる。もし米国が自国の科学・技術資源を気候変動への取り組みに結集させようというなら、1940 年代に原子爆弾の初期の研究を推進させたときのような緊迫感が必要だろう、と彼は述べている。コペンハーゲン・サミットを前に、Eric Hand が Chu 氏の計画についてインタビューした。

[Newsmaker of the Year p.978](#), [Editorial p.957](#) 参照

工学：単一分子トランジスターをめざして

Now, that's small

究極の小型電子デバイスは、分子 1 個からなる回路素子だろう。分子の軌道エネルギーの静電的な変調を利用した単一分子トランジスターは、理論的に可能である。今回、そのようなデバイスを実現したことが報告された。これによって、分子レベルで設計される電子デバイスへの期待が高まりそうだ。

[Letter p.1039](#), [N&V p.994](#) 参照

宇宙：青色はぐれ星についての研究 2 つ

Two shades of blue straggler

「青色はぐれ星」は、すべての星がほとんど同年齢である星団内の大質量星で、その光度からすると巨星や白色矮星へと進化しているはずの星である。このような星は、伴星との間の質量輸送か、または 2 つの星の間での衝突や合体のどちらかによって質量を獲得した通常の主系列星であると考えられている。星密度の非常に高い星団 M30 の研究から、星団コアの重力収縮の際にこれら両方のメカニズムが働いていることが示唆された。M30 には、青色はぐれ星について、2 つのはっきりと異なる系列が並行して存在している。「より青い」集団は星どうしの直接的な衝突に由来するもので、「より赤い」集団は近接連星の進化に由来している。一方、古い散開星団 NGC 188 中には 21 個の青色はぐれ星の観測からは、16 個 (76 パーセント) が現在連星系であることがわかった。これは、通常の太陽型

の主系列星の間でみられる連星の頻度の 3 倍にあたる。NGC 188 にある青色はぐれ星の大部分は、同じ表面温度をもつ通常の主系列星よりも速く回転している

[Letters pp.1028, 1032](#), [N&V p.991](#) 参照

構造生物学：細菌の DNA 伝搬

Bacterial DNA transfer

細菌の個体どうしの接合による DNA の伝搬は、細菌の進化の主要な要因であり、抗生物質耐性や毒性遺伝子の交換機構として実際的な見地からも重要である。ヒトにみられる病原性細菌の多くはグラム陰性で、こういう DNA 伝搬は IV 型分泌系によって仲介される。この系では、3 つのタンパク質が内膜と外膜を貫く円筒状の構造 (コア) を作るように配置されている。今回、IV 型分泌系の外膜複合体の結晶構造が決定された。これは 0.6 メガダルトンという大きさで、構造が知られている外膜複合体中で最大のものである。この構造は DNA が細菌の細胞膜を通過する機構を示唆しており、これによって、抗生物質耐性や毒性遺伝子の拡散に対処するための、IV 型分泌系を標的とする薬剤の開発が一步進むと考えられる。

[Article p.1011](#), [N&V p.992](#) 参照

系統学：解読するゲノムの選び方

Choice genomes sequenced

これまでに塩基配列が明らかにされている細菌および古細菌のゲノムは、主に生理学的特性に基づいて選ばれて、塩基配列解読

が行われている。それはそれで結構だが、系統学的にみると、対象種に明らかな偏りが生じている。そこで今回、「細菌および古細菌のゲノム百科 (GEBA)」プロジェクトという、また別の切り口からの研究が発足した。このプロジェクトでは、系統樹中の細菌および古細菌の枝で塩基配列解読がなされていない空白部分を埋める目的で、系統学的位置に基づいて解読すべきゲノムを選ぶ。この方法が有用であることは、系統学的なカバー率が最大となるように選択された、培養可能な 56 種のゲノム塩基配列についての試験的研究によって実証された。これらのゲノム塩基配列の分析から、系統学、タンパク質機能、およびゲノムアノテーションに関する考察が得られる。 [Letter p.1056](#) 参照

生理：健康長寿と繁殖力のための食事

A diet for life

さまざまな生物種で食餌制限は、繁殖力の低下という犠牲を払って寿命を延長することが示されている。これは栄養素が生殖から体細胞維持へ再配分されるからであり、限りのある資源に対する競争の一例であると考えるのが普通だろう。Grandison たちは今回、ショウジョウバエ (*Drosophila*) では、食餌制限が栄養素の再配分を誘導していないことを明らかにした。寿命と繁殖力とは、制限しているアミノ酸が異なるのである。彼らは、長寿ハエの繁殖力低下が、メチオニンのみの添加で回復することを見いだした。したがって、食餌制限をしなくても、食餌中のアミノ酸の比率を調節してやれば、長寿命と高い繁殖力は同時に獲得できると考えられる。これらの知見は、食べる量を減らさなくても、食事の栄養素を調整することで、食事制限がもたらす恩恵を我々が享受できる可能性を示唆している。

[Letter p.1061](#), [N&V p.989](#) 参照

宇宙：X 線天文学の真打ち

Star performers

過去 10 年の間、X 線天文学では、周回軌道を回る 2 つの優れた X 線天文台、NASA のチャンドラ望遠鏡と欧州宇宙機関の XMM ニュートン望遠鏡により次々と得られる成果を享受してきた。今回の概説は、その成果の総括である。宇宙 X 線は、例えば中性子星やブラックホールの周囲にある重力場や磁場によって発生し、高エネルギーである。そして、チャンドラ望遠鏡や XMM ニュートン望遠鏡で得られたデータにより、宇宙 X 線のエネルギーを正確に測定し、すばらしい画像を作製することが可能になった。

[Review p.997](#) 参照



Vol. 463 No. 7277
7 January 2010

大昔の四肢動物：最古の陸生脊椎動物化石よりはるかに古い脊椎動物の足跡の発見

FOUR FEET IN THE PAST: Land vertebrate trackways millions of years older than earliest body fossils

約4億年前の陸生脊椎動物（四肢動物）が残した足跡の化石が発見されたことは、四肢動物の起源の再検討のきっかけとなりそうだ。P Ahlberg たちが報告しているこの発掘物は、ポーランドのホーリークロス山脈の Zachelmie 採石場で見つかったものである。足跡の中には、保存状態が極めて良好で足部の形態の詳細な検討が可能なものがあり、初期の原始的な四肢動物であるイクチオステガ (*Ichthyostega*) と類似していることがわかった。しかし、この足跡化石に関して重要なのは、その年代である。これは四肢動物の体化石の最古のものよりも1800万年古く、魚類から四肢動物への移行型と考えられているティクタアリク (*Tiktaalik*) やパンデリクティス (*Panderichthys*) などの最古のエルピストステグ類と比較しても1000万年古い。この発見から、我々の知っているエルピストステグ類は移行型ではなく、むしろ遅い時期に生き残っていた名残と考えられ、陸生脊椎動物の初期の歴史に関する我々の知識の不足がはっきりした。表紙は、採石場内の足跡が見つかった岩と、掘り出された指が4本の足跡（木炭で印を付けた）である。

Article p.43, N&V p.40 参照

ている白色矮星からの形成を予測することができないのだ。2つの白色矮星の合体によってこのような現象が起こるだろうことは、ずっと以前から推測されていたのだが、今回、最新の数値シミュレーションによって、この考えがさらに裏付けられた。もし、それぞれ太陽質量の約0.9倍の大きさの等質量の2つの白色矮星が合体して、1つの共通外層をもつ段階を経るとするならば、こうした合体で暗い爆発が生じるのである。

Letter p.61, N&V p.35 参照

物理：量子粒子のジグザグ運動

Quantum particles aquiver

1928年にポール・ディラックが相対論的量子粒子の振る舞いを記述するために提案したディラック方程式は、量子力学と特殊相対論を融合したものである。この方程式から、高速のジグザグ運動、つまり「ツイッターベヴェーグング」などの特異な効果が多数現れる。これは理論的にはしっかり確立されているが、現実の粒子での観測は難しい。C Roos たちは、自由な相対論的量子粒子として振る舞うようにした単一の捕捉イオンを使って、ディラック方程式の原理を証明する量子シミュレーションを開発した。この系の捕捉イオンの実験パラメーターを高いレベルで制御すると、ツイッターベヴェーグングなどの相対論的量子物理学の典型的な例をシミュレートすることが可能になる。

Letter p.68, N&V p.37 参照

工学：摩擦の詳細

The minutiae of friction

地震からハードディスクドライブに至る多様な系の挙動は、摩擦運動や摩擦の強さの影響を受けている。一見すると接触面間の連続的なすべり過程にみえるが、実際に起こっているのは、微視的スケールでの「すべり」と「固着」からなる一連の事象である。しかし、このレベルにおける摩擦強度の時間的変化の機構は、まだよくわかっていない。Ben-David たちは、すべり合う2つの物体 (PMMA プラスチックブロック) の間の局所的接触面積と界面運動の時間的変化を調べ、4つの段階が関与していることを見いだした。接触面積の減少は数マイクロ秒以内にすべて起こってしまう。次に、急速なすべりの段階が続いた後、ずっと遅いすべりへの急な遷移が起こり、「固着」段階に至って運動が停止する。数百マイクロ秒後、接触面積は再び増え始める。これらの結果から、技術的に重要な多くの状況において、この種の運動をよりよく理解するための基礎が得られる。

Letter p.76, Abstractions p.8 参照

ウイルス学：ゲノムに残ったウイルスの「化石」

Viral 'fossils' in the genome

内在性レトロウイルス由来のDNAは、哺乳類ゲノム中に広くみられる祖先由来の特徴である。これまで、ウイルスの仲間でのこの種の「化石記録」を残すことが知られているのは、レトロウイルスだけだった。今回、ヒト、非ヒト霊長類、げっ歯類、およびジリスの一種のゲノムで、内在性ボルナ様N (EBLN) エlementとよばれる塩基配列が見つかった。ボルナウイルスは非分節マイナス鎖RNAウイルスで、感染細胞の核内で複製する。霊長類では、このElementの起源は4000年以上前と非常に古いが、ジリスのEBLN配列は、もっと最近になって組み込まれたものである。霊長類のEBLNはオープンリーディングフレームが保存されており、mRNAとして発現していることから、宿主の遺伝的新奇性の供給源として機能している可能性が考えられる。

Letter p.84, N&V p.39 参照

臨床心理：恐怖の記憶を封印するには

Appointment with fear

ヒトの記憶には、再固定という自然の仕組みがある。再固定の際には、想起したときに得られる新しい情報を古い記憶中に組み込むことができる。再固定を薬理学的に阻害すると、恐怖の再生が阻止されることは、動物モデルで示されているが、こうした操作の多くはヒトに有害な化合物を使用する。今回 E

Phelps たちは、薬物を用いることなく恐怖記憶を書き換える非侵襲的な方法を報告している。この方法の土台になっているのは、安全な環境の中で、トラウマになった出来事を想起させる事柄に繰り返し直面させて、トラウマ記憶を「消去」という、既に確立された方法である。この方法にはある程度の効果があるが、記憶は消されたというより覆われた状態にあり、例えば時間の経過やストレスによって戻ってしまうことがある。新方法的改善点はタイミングにある。つまり、古い恐怖情報を再固定する際に「安全だ」という情報を導入することで、恐怖が再生されなくなる。この研究結果は、心的外傷後ストレス障害や不安障害に、新しい非侵襲的治療法が有効である可能性を示している。

Article p.49, N&V p.36, Making the paper p.8 参照

宇宙：やはり典型的だった超新星

Supernovae true to type

Ia型超新星は、宇宙論的距離の指標として非常に貴重な存在になる可能性がある。しかし、もしそれらが、宇宙の膨張史や暗黒エネルギーの本質に対して信頼性のある物差しになるとするならば、それらがおおむね均質なものであるという証拠がもっと必要となるだろう。しかし、Ia型超新星の下部分類にある「暗い1991bg様の」天体は、この点が疑わしいことがわかっていて。現在のモデルでは、超新星の先駆天体と考えられ



Vol. 463 No. 7278
14 January 2010

けんか売りのショウジョウバエ：ショウジョウバエで見つかった攻撃フェロモンとその受容体

SPOILING FOR A FIGHT: 'Aggression pheromone' and its receptors identified in *Drosophila*

攻撃性を制御するフェロモンは昆虫とマウスで見つかったが、これにかかわる神経回路の性質はまだ不明のままである。L Wang と D Anderson は、雄のショウジョウバエが産生する揮発性のフェロモン cVA (*cis*-vacccenyl acetate) が、cVA 受容体タンパク質 Or67d を発現する嗅覚ニューロンの活性化により、雄の間での攻撃を促進することを明らかにしている。この神経回路は、cVA が促進する攻撃性を介して、餌に対する雄の個体群密度を調節しているらしい。こうして雄の分散が起こると cVA 濃度が低下して、それにより攻撃性が減弱する。遺伝学の古典的モデルであるショウジョウバエを用いたこの研究は、*Nature* 2009 年 12 月 3 日号 p.562 で紹介されたマシンビジョン技術を使って行われた。これによって、攻撃行動の詳細な遺伝的操作や研究に道が開けるだろう。

Letter p.227 参照

する方法を開発した。アンキログラフィー (ankylography; 「湾曲した」を表すギリシャ語の *ankylos* と「書くこと」を表す *graphein* に由来する) と名付けられたこの新しい手法は、X 線回折顕微鏡法に類似している。つまり、X 線のコヒーレントなビームを球面からなる標的に当てると、二次元の回折像が完全な三次元構造として再構成されるのである。さらに開発が進み、検出器技術が進歩すれば、アンキログラフィーは物理学や生命科学の有用な手段となるかもしれない。

Letter p.214 参照

気候：山岳起源のモンスーン

Monsoon from the mountains

これまで、南アジアの夏のモンスーンを主に駆動しているのは、チベット高原から乾熱と水蒸気として放出される熱であると考えられてきた。しかし実際には、主に影響を与えているのは周辺の高山であることが新たな研究で示唆された。W Boos と Z Kuang は、大気モデルを用いて、チベット高原を平地にしても、ヒマラヤ山脈とそれを囲む山地に変化がないかぎり、モンスーンはほとんど影響を受けないことを明らかにしている。チベット高原は、その南端で局所的に降雨を増加させるが、大規模なモンスーン循環を駆動するのは、インド上空の暖かく湿った空気の蓄積であり、これがヒマラヤ山脈によって冷たく乾いた空気から隔離されているのだ。

Letter p.218, N&V p.163 参照

進化：最初のヒナが肝心

Best of the nest

托卵されて宿主（仮親）となる鳥種の多くは、学習によって托卵鳥の卵を排除するが、ひとたび卵が孵化してしまうと、たとえ大きさが自分のヒナととんでもなく違っていても、托卵鳥のヒナを排除することは非常に少ない。同一種内で托卵をするアメリカオオバンは、ヒナを排除する例の 1 つである。この鳥で行われた、巣内のヒナを入れ替える一連の実験から、仮親は同腹仔の中で最初に孵化したヒナを「参照用の鋳型」とし、それより後に孵化するヒナが「侵入者」かどうかをそれによって判別していることがわかった。この学習様式から、托卵鳥に対する仮親種の防衛手段として托卵鳥のヒナを見分けるといった方法が存在しないという謎が説明できるかもしれない。ほとんどの異種間托卵では通常、托卵鳥のヒナが先に孵化するため、そのヒナがうまく鋳型になってしまう可能性が高く、ヒナ識別は仮親側にとって非生産的なことと考えられる。

Letter p.223, N&V p.165 参照

遺伝：ダイズゲノムの解読

Soybean sequenced

ダイズ (*Glycine max*) はタンパク質と油の原料として重要な商品作物であり、窒素固定細菌と共生関係があるために、輪作農法にも有用な作物である。今回、このダイズのゲノム塩基配列が解読された。マメ科植物としては初めてであり、1.1 ギガ塩基対という大きさは、全ゲノム・ショットガン法によって配列解読された植物ゲノム中では最大でもある。ダイズの遺伝的経歴は華やかで、5900 万年前と 1300 万年前にゲノム重複が起こっており、その結果ゲノムは非常に重複の多いものとなり、遺伝子の 75 パーセント近くはコピーが複数ある形で存在する。ダイズの正確なゲノム塩基配列によって、改良品種の開発が促進されるだろう。 Article p.178 参照

遺伝：がんゲノムを比較する

Cancer genomes compared

今回発表された 2 種類のがんゲノム配列は、次世代シーケンシング技術によって、がんの発生にかかわる突然変異過程、修復経路、および遺伝子ネットワークに関してどのようなことがわかるかを明らかにしている。1 番目の論文は、小細胞肺癌患者の骨髄転移巣に由来する細胞株のゲノムに関するものである。このがんは喫煙によって誘発されるがんの典型で、その塩基配列には、タバコの煙に含まれる 60 を超える発がん物質のいくつかに特徴的な変異が含まれている。2 番目の論文は、1 人の患者の黒色腫細胞株の全ゲノム配列と、リンパ芽球様細胞株のそれとを比較したものだ。これは固形腫瘍の

完全な変異解析を行った初めての例であり、紫外線を浴びたことが原因の DNA 損傷を表す突然変異の主要な特徴が明らかである。

Articles pp.184, 191, Making the paper p.134 参照

構造生物学：Rubisco の再構築

Rebuilding Rubisco

自然界に最も大量に存在するタンパク質である Rubisco (リブロース-ビスリン酸カルボキシラーゼ) の form I は、多くの植物種やシアノバクテリアが行う光合成での大気中 CO₂ の吸収を触媒している。この酵素の低い触媒効率を改善できれば、改良種の作物を作出できる可能性があるため、これは生物工学での主要標的となっている。シアノバクテリアである *Synechococcus* 由来の Rubisco の *in vitro* 再構成と低温電子顕微鏡法による研究により、GroEL/GroES シャペロニンによるサブユニットの折りたたみが、「分子ホチキス針」として働くシャペロンタンパク質 RbcX₂ によって、サブユニットの集合と密接に共役して起こることが示された。このようにして Rubisco を再構成できれば、これはより効率の高い酵素を作出するための有用な手段となるだろう。

Article p.197, N&V p.164 参照

物理：加えられた次元

An added dimension

物体の像を三次元で生成するには、通常それを多数の視点から測定するか、断面ごとに走査しなくてはならない。今回 J Miao たちは、単色の入射ビームを使った 1 回の露光でナノスケールの三次元画像を作出