



Volume 466  
Number 7307  
2010年8月5日号



## 進行中の化学反応：アト秒分光法で明らかにされた価電子のダイナミクス

**CHEMISTRY IN MOTION: Attosecond snapshots reveal dynamics of valence electrons**

化学反応は、分子軌道の価電子のダイナミクスによって引き起こされる。このような運動は、一般的にサブフェムト秒の時間スケールで進行し、リアルタイムで観測することは現在まで不可能だった。アト秒分光法（アト秒は  $10^{-18}$  秒）は当初、ある量子状態から別の量子状態への電子遷移を追跡するのに使われた手法だったが、今回この技術が拡張され、クリプトンイオンの原子価殻中の電子波束（結合を形成する電子）の超高速（サブフェムト秒）運動を追跡できるようになった。この初の原理実証実験では単純な系が用いられているが、このタイプのアト秒過渡吸収分光法によって、物理的、化学的、生物学的特性を左右する、分子や固体物質中の基本的な電子運動が、最終的には明らかになると期待される。

心核の観測では、広視野でこれまでの2倍の分解能が得られた。さらに、望遠鏡を1回指向させるだけで星団全体を調べられる可能性もある。新たに開発されたこのGLAOパッケージをより多くの、そしてもっと大きな望遠鏡に導入すれば、星形成機構に関する新たなデータがどんどん得られるようになるだろう。

## 進化：古代の南半球にいた「哺乳類」？

**The 'mammals' of the south**

白亜紀の全動物相の中で世間の関心を最も集めているのは恐竜で、大きく水をあけられてそれに続くのが哺乳類である。それよりさらに認知度は劣るものの、当時の南半球の Gondwana 大陸に存在したワニ類には、著明な適応放散が生じていた。ノトスクス類（「南のワニ類」の意味）は、ありとあらゆる奇妙な形を進化させた。特にその歯は、まるでワニらしくない。未分化の円錐状の牙が並んでいるのではなく、哺乳類に似た噛み切る歯と押しつぶす歯に分かれている場合が多いのだ。今回、タンザニア南西部のルクワ・リフト盆地の白亜紀堆積層で発見された新種の小型ワニ類の化石から、収斂的な形態進化を示すさらなる証拠が得られた。この化石ワニ類は、咀嚼の特徴である歯冠どうしの接触が可能な歯列をもち、「哺乳類的」と見なされる歯の特徴の多くが備わっている。さらに今回の発見は、この地域の陸上動物相に小型動物を1種加えることになっただけでなく、北半球の大陸では「哺乳類の世界」となった生態学的ニッチを、Gondwana 大陸ではノトスクス類が占めていたことを強く示唆している。



## 構造生物学：タンパク質構造予測をクラウドソーシング

**Think distributed thinking**

天然のポリペプチド鎖は数マイクロ秒で折りたたまれて本来の構造をもつタンパク質になるが、このような安定な三次元構造を、アミノ酸配列と物理学的第一原理から予測するのは非常に難しい計算課題である。S Cooper たちは、この作業にヒトの視覚能力や戦略的能力を動員しようと考え、自分たちのタンパク質構造予測アルゴリズムである Rosetta を多人数同時参加型オンラインゲームに変身させ、「Foldit」と名付けた。このゲームには数千人もの非専門家が参加し、競争したり協力したりしながら、タンパク質構造の精密化に用いる新しい多数のアルゴリズムや探索戦略を作成した。今回の研究は、複雑な計算を要する科学的問題であっても、対話型の多人数参加型ゲームにより効果的にクラウドソーシングできる、つまり、不特定多数の人々に仕事を委託できることを明らかにしている。

## 宇宙：星形成に狙いをつける

**Star formation in their sights**

我々の銀河系の中心近傍にある、若くて大質量の星からなる星団は、星形成



研究の最も重要な対象の1つである。現在、この目的に必要な高分解能と広視野を兼ね備えた赤外望遠鏡は、宇宙空間には存在しない。しかし理論的には、地上設置の望遠鏡でも、大気揺らぎの大きな部分を占める地表近傍の揺らぎのみ補正する高機能なグラウンドレイヤー補償光学系（GLAO）を備えれば、観測できるはずだ。今回、米国アリゾナ州ホプキンス山の MMT 天文台の研究者たちが、複数レーザーガイド星の使用などの改良を行い、このようなシステムを実現した。球状星団 M3 の中



Volume 466  
Number 7308  
2010年8月12日号



## 最古の石器使用跡：アウストラロピテクスは 340 万年前にこの骨から肉を切り取った？

THE FIRST CUT: Did *Australopithecus afarensis* carve meat from this bone 3.4 million years ago?

人類の祖先あるいはそれと近縁の生物が道具を使用したことを示すこれまでで最古の証拠は、エチオピアのアワッシュ渓谷に存在する 2 か所の遺跡から発掘されている。250 万年ほど前に作製された石器がゴナ遺跡で、切り跡がつけられたほぼ同年代の骨がミドルアワッシュで発見されたのだ。今回、ディキカの近くで 2 個の骨が見つかり、人類はもっと早くから道具を使用していたのではないかと考えられるようになった。骨の 1 つは切り跡や叩き跡がついた大型有蹄類動物のもので（表紙の写真）、これらの跡は肉を切り離したり骨髄を取り出したりするために石器を使ったことと一致する。こうした跡がつけられた骨は約 340 万年前のもので、痕跡はアウストラロピテクス・アファレンシスが



石器で傷つけられたとみられる跡がある骨の化石。

つけたものらしい。アウストラロピテクス・アファレンシスはこの時期にアワッシュ渓谷に存在したことが知られる唯一の人類であり、エチオピアのハダールで発見された「ルーシー」と、ディキカで発見された子どもの「セラム」が属することよく知られている。

## 細胞：マイクロ RNA はメッセンジャーを狙い撃つ

### MicroRNA shoots messenger

マイクロ RNA は広く存在する短い非コード RNA で、遺伝子の発現を調節しており、メッセンジャー RNA (mRNA) 量とタンパク質量の両方に影響を及ぼすことが知られている。しかし、タンパク質の産生は mRNA の存在に依存しているため、マイクロ RNA が mRNA 切断と翻訳抑制という 2 つの機序に、どのくらいの比率で関与しているのかを解明するのは、これまで困難であった。D Bartel たちは、この 2 種類の機序を分離し、予想に反して、マイクロ RNA が標的 mRNA の翻訳阻害というよりは、mRNA の不安定化によって主に作用していることを明らかにした。この結果は、これまでのさまざまな研究成果に対する再評価が必要であることを示唆している。

## 細胞：2 種類の細胞が作り出す幹細胞ニッチ

### A stem-cell niche for two

骨髄内で造血幹細胞のための微小環境（ニッチ）を形成する細胞の正体は、これまで不明だった。今回 P Frenette たちは、ネスチンを発現する間葉系幹

細胞がニッチ形成細胞であることを明らかにした。このような細胞は、造血幹細胞のごく近くに存在しており、幹細胞維持に関与する遺伝子を高レベルで発現している。また、この細胞群を除去すると、造血前駆細胞の骨髄へのホーミングが低下する。この研究から、骨髄内の幹細胞ニッチが、2 つの異なる体性幹細胞種間の連携によって形成されていることが明らかになった。

## 脳：不安の遺伝因子

### Genetic factors in anxiety

不安気質は、ヒトでもサルでも幼児期からみられ、その後に発症する精神疾患の重要なリスク因子であり、遺伝性があることが知られている。Oler たちは、画像化と遺伝解析を組み合わせた大規模な研究で、不安気質という形質に関連した神経回路と、その回路機能がどの程度の遺伝性をもつかを調べた。単一の血統に属する 200 頭以上のサルについて、軽度のストレス条件においた後、陽電子放射断層撮影を行った。すると、扁桃体と海馬の両方の活性化が不安気質の予兆となることがわかったが、海馬活動の遺伝性は扁桃体より大きかった。こ

のことは、不安気質に関するこの 2 つの脳領域の機能に遺伝子と環境が異なる影響を及ぼす可能性を示唆しており、不安障害やうつ病の遺伝的リスクについての新たな手がかりが得られる。

## 気候：雲をシミュレートする

### Reach for the clouds

雲のシミュレーションは、地域スケールから全球スケールの気候モデル化における最も困難な課題の 1 つである。多くの場合、観測される雲の動態を作り出している物理的機構がわかっていないために、雲の構造や振る舞いを忠実にシミュレートすることが難しくなる。Feingold たちは、衛星画像と数値モデルを用いて、降水をもたらす雲によって引き起こされる下降流が、雲の開放型セル状のパターンを形成する仕組みを明らかにしている。このような雲のパターンの特徴は、低い反射率で、異なる準安定状態の間を振動する。結果として生じる雲の構造は、新たな雲のパターンが出現すると古いパターンに取って代わるため、振動し自己組織化する雲の場を形成する。



Volume 466  
Number 7309  
2010年8月19日号



## 二重の打撃：双子の地震が2009年南太平洋津波を引き起こした

**DOUBLE STRIKE: Two linked earthquakes caused 2009 South Pacific tsunami**

2009年9月にサモア諸島とトンガ諸島北部を襲った津波では、それに先行して、太平洋プレートが沈み込み帯に入っていくにつれて折れ曲がる場所である海溝外側斜面で、マグニチュード8の地震が発生した。当初は、この地震が単独で津波を引き起こしたと考えられていたが、事態はもっと複雑だったことが明らかになってきた。今回2つの研究グループが、同じ場所ではほぼ同時に起きた「引き金双子地震」といえる2つの地震の発生について報告している。はっきりしないのは、どちらが引き金となったのかという点である。Beavanたちは、GPS観測点の変位解析と津波モデルを用いて、近隣のトンガ沈み込み帯でほぼ同時に起きた巨大逆断層地震が、おそらく海溝外縁隆起帯地震の引き金となったことを示している。Layたちは、入手可能な地震データの解析を行い、その結果、海溝外縁隆起帯地震が巨大逆断層運動の引き金となったことが示された。いずれにしても、これら2つの地震はこの地域で発生する巨大津波の生成機構を示唆している。

## 進化：協力と乱婚の関係

### Cooperation and promiscuity

動物には個体が協力的な社会集団内で生活する種があるが、それはなぜだろうか。多数の鳥類種を対象とした分析で、ある種が協力的となるか否かは、雌の性生活に左右されることが示された。協力的な傾向は、例えば雌が1羽の雄としか交尾しないなど、乱婚が少なく、援助者が援助対象を血縁者であるより強く確信できる場合に強くなる。乱婚が中程度に行われていると、血縁者と非血縁者とを識別する能力が生じやすいが、乱婚が多くなると、いかなる形式の協力的行動も生じにくい。

## 医学：結核のバイオマーカー

### A tuberculosis biomarker

結核菌 (*Mycobacterium tuberculosis*) に対する免疫応答は複雑で、その性質はまだ完全に解明されておらず、そのことが結核の新たな診断法、治療法およびワクチン開発を妨げている。今回、システム生物学の手法を用いて、活動性

および潜在性結核患者と健康な対照者の間で、発現される遺伝子の転写プロファイルの比較が行われた。活動性肺結核は、好中球で機動されるインターフェロン誘導性の遺伝子プロファイルと相関することが明らかになった。潜在性結核患者の約10%は、活動性結核へ進行する。今回の研究では、潜在性結核患者の10%が活動性結核でみられるのと同様の転写特性を示したことから、このバイオマーカーは予後および診断に役立つと考えられる。

## 細胞：トポイソメラーゼの阻害

### Topoisomerase inhibition

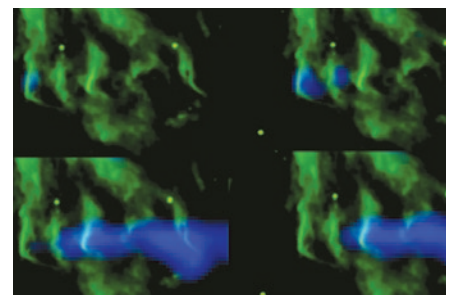
DNAポリメラーゼやRNAポリメラーゼなどのDNA鎖に沿って移動する酵素は、自分の動いていく先に超らせんを作り出すことが多い。これを抑制しないと、DNAが輪ゴムをねじったときのように、巻き過ぎ状態になってしまうことがある。トポイソメラーゼは、DNAをいったん切断してからつなぎ直すことで、このような変形を解消する。トポイソメラー

ゼの阻害剤は、抗菌薬や抗がん剤として使われている。こういう抗菌剤の一種であるキノロン類は1962年から臨床で使われているが、現在では多剤耐性菌の出現によって有効性が低下している。今回、黄色ブドウ球菌 (*Staphylococcus aureus*) 由来のDNAジャイレース (II型トポイソメラーゼ) が、DNAおよび広域抗生物質のGSK299423と複合体を形成した状態の結晶構造が決定された。この抗生物質は、フルオロキノロン類と同一の標的に結合するが、構造も作用機構も全く異なっていて、新しいタイプの抗生物質の一例といえる。この構造からフルオロキノロン耐性を回避する機構が明らかになり、臨床的に有効な標的に対する、別の阻害機構を開発する戦略への道が開かれた。

## 宇宙：オリオン星雲にみられる波状構造

### Orion nebula making waves

オリオン星雲の分子雲は、地球からほぼ414パーセクという、我々が大量星の形成を観測できる最も近い場所にある。星形成モデルからは、この過程で加熱、イオン化されたガスが、もともとあった分子雲に吹き付けられる際に波状構造を作り出すだろうと予想されている。今回、このような波が、オリオン星雲を電波で観測した新たな一連のマップに見つかった。この波は、密度と速度が異なる流体の間の界面でみられるケルビン-ヘルムホルツ不安定性に起因するものと考えられる。こうした周期構造をさらに観測することで、大量星の形成機構や、それが分子雲の周辺領域に及ぼす影響に関する手がかりが得られるだろう。



観測された波状構造をもつガス雲。



Volume 466  
Number 7310  
2010年8月26日号



## ソーシャルサービス：標準的な自然選択説によって真社会性の進化を説明する

**SOCIAL SERVICES: How standard natural selection explains the evolution of eusociality**

アリや多くのハチ類のような真社会性をもつ昆虫は、生殖能力をもつ女王と不妊のワーカーによって構成される階層的な社会集団を形成する。これは、一部の個体が自分の生殖能力を犠牲にして、他個体の子孫を養育することであり、ダーウィンはこの事実が進化理論上の難題であることを認めていた。この現象に関して最も広く受け入れられている説明は、包括適応度に基づく血縁選択理論に立脚しており、個体の適応度は、血縁個体の子孫の生存率を高めることによって増強されるというものである。本号では、M Nowak らが、包括適応度が標準的な自然選択の直接適応度の代替として有効であるのは明確に決められた一部の状況だけに限られ、一般化は不可能であることを数学的に実証している。集団構造の厳密なモデルという状況では、標準的な自然選択理論の方が簡明な説明を与えることができる。



## 生態：カオス的な生態に対処する

### Coping with chaotic ecology

生態系の多くは、カオスまたはカオスに近い動態を示す。そのような場合には、ノイズのためにモデルとの統計的な比較解析が不可能になり、データが特定のモデルに適合しているかどうかを検証するのが難しくなる。今回 S Wood は、生データから位相非感受性の要約統計量を抽出し、モデルからシミュレートされたデータと比較することに基づいた、そうした推論を行うための統計的方法を考案した。この方法は、よく知られている問題へ適用することで実証された。その問題とは、ヒツジキンバエ (*Lucilia cuprina*) の集団サイズに関する John Nicholson の古典的な生態学的実験で見られた周期の性質である。

## 医学：ALS のリスク遺伝子

### Genetic risk factors for ALS

ルー・ゲーリッグ病としても知られている筋萎縮性側索硬化症 (ALS) は、よくみられる成人発症型神経変性疾患の1つだが、その治療法は見つかっていない。大半の ALS は散発性であるが、患者の約 10% には家族性の要因があ

り、その中で最も一般的なものが SOD1 (superoxide dismutase) 遺伝子である。しかし、SOD1 の変異を原因とする患者は、全体の約 2% に過ぎないことから、これ以外の ALS リスク因子の探求が現在も続けられている。TDP-43 タンパク質は、未確定ながら、ALS の病因に関与していると考えられている。Elden たちは、動物および細胞のモデルでは、脊髄小脳失調症 2 型に認められる変異型ポリグルタミン (polyQ) タンパク質であるアタキシン 2 が、TDP-43 の毒性の強力な修飾因子であることを明らかにしている。915 人の DNA 解析から、ATXN2 は比較的広く存在する ALS 疾患感受性遺伝子であり、ALS 患者の最大で 4.7% がこれが原因であることがわかった。これらの知見は、TDP-43 とアタキシン 2 との相互作用が治療上の標的となる可能性を示している。

## 宇宙：早くから存在したブラックホール

### Black holes arrived early

超大質量ブラックホールの形成に関してこれまで提案されてきたモデルには、説明の難しい事実がある。遠方のクエーサーの観測によると、超大質量ブラック

ホールは、ビッグバン後 10 億年経たないうちに、既にその場所に存在したというのだ。今回、新たに行われた一連の数値シミュレーションによって、超大質量ブラックホールへ直接崩壊する条件が、この時間スケールで大質量原始銀河どうしの合体から自然に生じることが示唆された。複数のスケールをもつガスの流入で、大質量で不安定な中心核のガス円盤が生じ、これが膨張して 1 パーセク以下のスケールのガス雲をわずか 10 万年で形成する。この雲は重力崩壊して、大質量ブラックホールが形成されるのである。

## 海洋：海洋生物多様性の調査

### Marine biodiversity survey

10 年にわたる「海洋生物センサス」計画で得られた、動物プランクトン、植物、無脊椎動物、魚類および海洋哺乳類など 13 の異なる分類群に属する 1 万 1567 の海洋種の分布データの、全球的な解析が行われた。その結果、さまざまな分類群全体にわたって、水温が生物多様性の主要な相関要素の 1 つであり、概して水温が高い海域ほど多様性も高くなることが明らかになった。また、沿岸種は西太平洋で、外洋に生息する種は中緯度海域でそれぞれ多様性のピークを示した。このことは、生物多様性が熱帯地方でピークを示す陸上種の状況と対照的である。

## ||||||| ネイチャーからのご案内 |||

### nature video

Web: [www.youtube.com/NatureVideoChannel](http://www.youtube.com/NatureVideoChannel)

モバイル:

携帯電話で Nature Video チャンネルの科学関連動画を見ることができます。(一部の機種を除く)



### nature podcast

Web: [www.nature.com/nature/podcast](http://www.nature.com/nature/podcast)

モバイル:

Nature に掲載された研究成果をポッドキャストでチェックできます。(英語; iPhone™のみ対応)

