



Vol. 462 No. 7271
19 November 2009

DARWIN 200 特集

危機にある生物多様性：「種の起源」から 150 年後の種の状況 BIODIVERSITY IN CRISIS: Species 150 years on from *The Origin*

ダーウィン生誕 200 周年を記念する 3 回の特集（第 1 回は 2008 年 11 月 20 日号、第 2 回は 2009 年 2 月 12 日号）の最終回にあたる今回のテーマは、生物多様性とその保全の企てについてである。ゴールデンライオンタマリンは、いまだに絶滅危惧種ではあるが、成功することがまれな保全という領域の成功例である。繁殖させた個体を自然へ帰す再導入と、生息地であるブラジル森林域の保存努力によって、この霊長類の個体数は一定に保たれている。1997 年に R Costanza たちが本誌に掲載された総説で例示した、生物多様性についてもその価値を値で示す生態系サービスの手法は、保全の促進に重要だと多くの人が考えており、その主要な提案者の 1 人である G Daily は楽観的である。Opinion の 1 つでは P Sukhdev が、環境サービスへの行政の投資の問題を、より大きな構想の一部として生物多様性に適切なコストをもたせることで説明している。分類学では、ミトコンドリアのシトクロム c オキシダーゼ遺伝子の一部が「DNA バーコード」として使われている。D Mishmar たちは、このバーコードが種の類縁関係を調べるのに有用であるばかりか、多様性の促進要因にもなっていると論じて、さらなる議論をよんでいる。コペンハーゲン会議の開催が迫っているが、W Turner、M Oppenheimer、D Wilcove は、自然生態系や生物多様性がどのように気候変動を緩和できるかを説明している。R Smith たちは、生物多様性の目標設定には NGO やよその来訪者よりも、地元の関係機関が重要であることを強調している。生物多様性についての最良のデータセットは、古生物学から得られるものだ。D Erwin は、物理学で使われている手法を応用することで、こうしたデータを使ってもっといろいろなことができるのではないかと考えている。

News Features pp.266–277, Opinions pp.277–285 ほか参照
DARWIN 200 オンライン特集 www.nature.com/darwin

宇宙： γ 線バーストによる相対性理論の検証

A gamma burst in space-time

遠方にある継続時間の短い γ 線バースト GRB 090510 を、フェルミ・ガンマ線宇宙望遠鏡によって観測した結果から、アインシュタインの相対性理論の中心的な予測であるローレンツ不変性を検証する機会が得られた。これは、真空中での光速度が、どんな観測者からみても、光子エネルギーによらず同一になるというものである。ローレンツ不変性の破れを検証するカギとなるのは、光子の速度がエネルギーによって変化している可能性を調べることだ。光子速度の変化がほんのわずかであっても、宇宙論的な時間をかけて到達した光で変化が累積されれば、例えば γ 線バーストの光度曲線の鋭い特性として観測できるはずである。GRB 090510 のスペクトルには、少なくともプランク長の 1.2 分の 1 の限界まで、ローレンツ不変性

の破れの証拠は見つからなかった。この結果は、時空の量子的性質によって光速度が光子エネルギーとともに変化するという、量子重力理論に反している。

Letter p.331, N&V p.291 参照

遺伝：ヒト DNA メチローム

Human DNA methylomes

DNA の「5 種類目の塩基」ともいえるメチル化シトシンは、哺乳類ゲノムに占める割合は小さいものの、遺伝子発現や発生などの細胞過程の調節に重要な役割を果たすエピジェネティック修飾の 1 つである。今回、哺乳類ゲノムにおいて、メチル化シトシンのゲノム規模での地図すなわち「メチローム」が、1 塩基という解像度で初めて作製された。地図はヒトの胚性幹細胞と胎児繊維芽細胞のもので、トランスクリプトーム、ヒストン修飾、および複数の調節因子の DNA- タン

パク質相互作用部位の解析とともに、今週号に掲載されている。この結果から、これら 2 種類の細胞間におけるメチル化パターンの重要な差異が明らかになり、多能性状態と分化状態では異なる遺伝子調節機構が働いている可能性が示唆される。

Article p.315, N&V p.296 参照

細胞：転写はここから始まる

New readers start here

RNA ポリメラーゼ II (Pol II) は、遺伝子転写の中心となる酵素で、真核細胞ですべてのメッセンジャー RNA を作っている。タンパク質をコードしている遺伝子の転写は、TFIIB を含む基本転写因子群と Pol II とにより開始される。Kostrewa たちは、完全な Pol II/TFIIB 複合体の結晶構造を決定した。この構造と反応機構に関する相補的なデータによって、転写開始部位が決まってから起こる RNA 伸長への移行を含む、6 段階からなる転写開始の機構が示唆された。

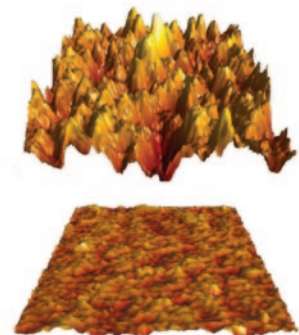
Article p.323, N&V p.292 参照

材料：超平坦なグラフェン

Graphene falls flat

グラフェンは、新奇な基本特性をもち、エレクトロニクスに応用できる可能性があるため、集中的に研究が行われている。グラフェンは本質的に二次元で、原子 1 個分の厚さの炭素原子層だが、実際は常にわずかにしわが寄っている。基板上にあっても宙づりになっていても常にリップル（さざ波状の構造）があり、グラフェンで観測された実に多様な特性は、このリップルで説明できると考えられている。今回、コロンビア大学の研究チームが、超平坦グラフェン作製法を開発した。炭素原子としっかり結合するマイカ（雲母）の、原子レベルで平坦な表面上にグラフェンを堆積させたのである。つまり、リップルの形成は、高品質グラフェンの本質的特徴ではないことになる。超平坦試料が得られたことで、リップルがグラフェンの物理的特性や電子的特性に及ぼす影響の研究が進みそうだ。

Letter p.339 参照





Vol. 462 No. 7272
26 November 2009

海流の衝突：塩分濃度の高いインド洋水塊が北大西洋に侵入 CLASH OF CURRENTS: Salty Indian Ocean waters invading the North Atlantic

大西洋南北鉛直循環（AMOC）が将来的に衰える可能性は、気候変動に関する議論の中心的な問題となっている。注目が集まっているのは、垂極北大西洋の塩分低下の影響であって、これは例えば、高緯度域での降水量と解氷の増加の結果として起こる可能性がある。高分解能海洋モデルを使った新しい研究から、北大西洋は既に、これとは逆の影響を南から受けつつあることが示された。人為起源の影響の結果と思われる偏西風の南への移動にตอบสนองして、暖かく塩分濃度の高いインド洋水塊のアフリカ先端周辺での輸送が強まりつつある。アガラス・リーケージとして知られるこの流れは、北大西洋での淡水の注入によって大西洋深層水に生じていると思われる循環低下を相殺するとみられ、メキシコ湾流を含む AMOC 系の安定に寄与していると考えられる。表紙は、全球海洋 / 海水モデルに組み込まれている高分解能の地域モデルでの水深 400 メートルにおける水温と水流を示している。

Letter p.495 参照

確率が高くなった。つまり、空気を当てたことで「b」が誤って「p」と聞き取られたのである。この研究は将来、聴覚障害者のための聴覚補助具や通信補助具の開発に役立つかもしれない。

Letter p.502, Abstracts p.388 参照

生理：膜の中の膜タンパク質

Membrane proteins *in situ*

多くの膜タンパク質で X 線結晶構造が決定されているが、本来の細胞膜環境中にあるタンパク質についての直接的な構造情報は極めて少ない。今回、中性子回折、固体核磁気共鳴分光法と分子動態シミュレーションを組み合わせた研究により、膜タンパク質が膜電位の変化を感知して応答するのに使われる S1-S4 電位感知ドメインを含む脂質二重膜の構造と、水和の詳細な様相が明らかになった。この極性をもつ電位センサーは膜を貫通するように配向し、周囲の非極性の脂質二重層に中程度の変形を引き起こしているのが観察される。この変形は、水分子が細胞膜と相互作用して電荷をもつ残基を水和し、膜貫通電場を形成するのに十分な大きさであり、その一方で、エネルギーと構造の乱れを最小限に保っている。

Article p.473, N&V p.420 参照

宇宙：球状星団は寄せ集め集団

Globular clusters a mixed bag

天の川銀河の周りを回る球状星団は、年齢が同じで同一な組成をもつ恒星の種族の最良の近似と見なされており、それらには銀河系誕生からの星の進化が記録されている。しかし、これらの星団のうち最も明るい ωケンタウリは、この傾向の例外であることが認められており、鉄の存在量と年齢が明らかに異なる複数の種族を含んでいる。今回 2 つの研究グループが、複数の種族が混在する球状星団がさらに発見されたことを報告している。Lee たちは、大質量の球状星団 M 22 が、彼らが観測したほかのいくつかの星団と同様、カルシウム存在量の異なる、はっきりと区別できる複数の種族を含んでいるのではないかと考えを確かめた。Ferraro たちは、銀河バルジ内にある球状星団に類似した系であるターザン 5 (Terzan 5) が、鉄の存在量と年齢の異なる 2 つの種族を含むことを報告している。これらの発見は、ωケンタウリ、M 22、ターザン 5 やこれらに似たほかの星団が、矮小銀河やほかの始原的な天体が最終的に合体して天の川銀河を形成していった名残であることを示唆するものだ。

Letters pp.480, 483, N&V p.421 参照

生理：発熱に関与する骨タンパク質

Bone protein link to fever

タンパク質 RANK (receptor activator of nuclear factor κB) およびそのリガンドである RANKL は必須の骨髄調節因子であり、RANKL に対する抗体は骨粗鬆症の治療薬として開発が進められている。RANKL と RANK は中枢神経系でも発現されるが、そこでの機能は不明であった。今回、ラットとマウスを用いた研究により、脳のアストロサイトが RANKL/RANK が発現されていることがわかった。意外にも、RANKL を投与された動物は重度の発熱を起こす一方、遺伝子操作によってアストロサイトが RANK を欠くマウスは、発熱に対して抵抗性を示した。その他のデータも、炎症時の中枢性熱応答および女性の体温制御の両方に、RANKL/RANK が関わっていることと一致している。また、RANK の変異に関連する骨粗鬆症を起こした小児 2 人の症状から、肺炎を発症しても熱が出ないことがわかった。RANKL/RANK は、閉経期の女性が経験することがある、一過性のほてりや顔面紅潮などに関与する因子である可能性がある。

Letter p.505, Making the paper p.388 参照

生態：根粒内での協力関係

In it together

マメ科植物は、大気中の窒素をアンモニアに還元する能力をもつリゾビウム科の窒素固定細菌と、共生関係を形成する。ホモクエン酸は、窒素固定に必要な酵素ニトロゲナーゼの重要な構成要素であるが、リゾビ

ウム属細菌の多くはホモクエン酸シンターゼの *NifV* 遺伝子をもたない。今回、箱山雅生 (農業生物資源研究所および愛知教育大学) たちは、マメ科モデル植物ミヤコグサ (*Lotus japonicas*) の中にあって、ホモクエン酸シンターゼをコードし、根粒内で発現する遺伝子 *FEN1* を同定した。つまり、根粒菌が窒素固定をするには宿主植物のホモクエン酸が不可欠であり、このことは共進化する共生生物どうしの相互依存関係を明確に示している。

Letter p.514 参照

認知：皮膚で聞く

Feel the noise

我々が誰かの話に耳を傾ける際には、複数の感覚を組み合わせて使っている。耳はもちろんのこと、目も話し手の表情を見るのに使われていて、子音の受容を変化させることがある。こうした組み合わせの中に触覚も入ることを示そうと実験が行われてきたが、これまで決定的な結果は得られていなかった。多くの言語では、空気を小さく破裂させるように吐き出して母音や子音を変化させる (破裂音という)。英語では「da」のような音と、マイクに息が当たるような「pa」の音を区別するのに破裂音が使われる。B Gick と D Derrick は、この「わずかな空気の吹きつけ」を出発点にして、触覚が「聞こえ方」にかかわるかどうかを研究した。被験者に一連の子音を聞かせながら、同時にその手が首の皮膚に、ごく少量で音が聞こえない程度に空気を吹きつけてみた。すると、被験者が破裂音を聞いたと感じる



Vol. 462 No. 7273
3 December 2009

耐えて生き残る：植物ストレスホルモン ABA が行うシグナル伝達の構造的基盤

STAYING ALIVE: Structural basis of ABA plant stress hormone signalling

アブシジン酸 (ABA) は主要な植物ホルモンで、乾燥や低温などのストレスから植物を守る働きをもち、気孔の開閉や種子の休眠といった日常的な応答の調節も行っている。ABA 経路で受容体として重要なのは PYR/PYL/RCAR ファミリーのタンパク質であり、シグナル伝達の負の調節を行うのは ABI1、ABI2、PP2C というタイプ 2 プロテインホスファターゼである。今回、3 組の研究グループが、ABA が結合していない状態の PYL、および PYL2-ABA-PP2C や PYL1-ABA-ABI1 など、さまざまな複合体の結晶構造を明らかにしている。構造から、疎水性のポケットを形成している PYL/ABA が PP2C および ABI1 と結合することがわかり、生化学研究の結果と合わせて ABA シグナル伝達の仕組みが示された。Fujii たちは、植物ホルモンとしては初めて *in vitro* で ABA シグナル伝達経路を再構築し、主要な観察結果を *in vivo* で検証している。News & Views で L Sheard と N Zheng が解説しているように、ABA の受容体の発見はずっと待たれていたものであり、ABA シグナル伝達の標的化には農芸化学的应用が期待される。表紙は、乾燥にうまく対処して頑張るマツヨイグサの中間の植物、デザートプリムローズである。

Articles pp.602, 609, Letter pp.660, 665, N&V p.575 参照

医学：軽く触れても痛い

A touch painful

外傷や炎症、日焼けの後には皮膚が知覚過敏となり、ごく軽く触ただけでも激しい痛みを感じることもある。この症状は普通すぐに消失するが、ずっと続いて消耗性の疼痛となる場合もあり、どの神経回路が関与しているかが突き止められていないこともあって、その治療は困難である。今回、この慢性疼痛症候群に新規なクラスの一次感覚ニューロンが関与していることが、明らかになった。特殊な小胞グルタミン酸輸送体 VGLUT3 を欠損する変異マウスでは、強い機械的疼痛刺激に対する感受性が低下し、外傷後の触覚刺激過敏性は消失する。脊髄後根神経節の VGLUT3⁺ ニューロンは、ヒトで快感を覚える触覚に関与するとされていた髄鞘をもたない低閾値機械受容器だが、外傷後の痛覚過敏時には痛みの感覚を伝達するらしい。このことは、研究や治療的介入に新たな道を開くと考えられる。

Letter p.651, N&V p.580 参照

宇宙：大質量星の死

A massive star's exit

太陽のような星は、白色矮星としてその一生を終える。太陽質量の 140 倍以上の質量をもつ星は天の川銀河にはないが、もし存在

するならば、それは太陽とは違う運命をたどることが理論的に予想されている。このような星が酸素からなるコアをもつ段階まで進化すると、圧力でコアを支えていた光子が電子-陽電子対に変わり、エネルギーを吸い込んでコア崩壊が起き、「対不安定」型超新星が生じる。近隣の矮小銀河内で生じた明るい超新星 (SN) 2007bi のスペクトルと光度曲線の解析によって、このような爆発の証拠が得られた。SN 2007bi の前駆天体は、太陽質量の 100 倍より重いコアをもっていたと推定されている。計算から、太陽質量の 3 倍を超える量の放射性ニッケル 56 が生成した爆発であることが示され、これは大質量の酸素コアからの予想と一致している。このことは、初期宇宙には多くあったであろうこうしたタイプの星を目の当たりにする機会を与えてくれる、非常に重い星が近傍宇宙に存在することを意味している。

Letter p.624, N&V p.579 参照

物理：磁場を模倣する

Magnetic mimic

原子ボーズ・アインシュタイン凝縮体 (BEC) は、超伝導のようなもっと複雑な系で起こる多体現象の研究に使うことができる。しかし、多くの興味ある現象は磁場中の荷電粒子の場合に起こり、BEC は中性である。こ

の欠点は、中性系を回転させて合成磁場を作り出せば回避できるが、このような磁場は強度に限界がある。Lin たちは、超冷中性原子に対して、回転法の制限を受けずに磁場を光学的に合成する方法を報告している。この方法は、量子ホール領域に到達するのに必要な強力な磁場を発生させることができ、トポロジカル量子計算の研究が可能になると思われる。

Letter p.628, N&V p.584 参照

気候：モンスーンに対する太陽の影響

Solar influence on monsoons

太陽放射や日射量の変化といった気候への外部からの影響は、地域によって異なる応答を引き起こす。高緯度域から低緯度域にわたっては豊富な記録が存在し、日射量と気候変動の関係を見積もることができる。しかし、熱帯域の記録はずっと少なく、モンスーン特有の雨季と乾季が交互に起こる気候を生む熱帯収束帯が通過する地域の記録は、なおのこと少ない。Verschuren たちは、キリマンジャロ山の斜面に存在する火口湖、チャラ湖の 2 万 5000 年にわたる堆積層序にそのような記録を発見し、水文変動の代理指標を分析した。そして、東アフリカのモンスーンに伴う降水は、約 1 万 1500 年周期で変動していることが明らかになり、この周期は、軌道運動によって制御される太陽放射強制力と同期していたことがわかった。

Letter p.637, Abstractions p.543 参照

医学：Foxa2 が肥満を防止する可能性

Foxa2's antiobesity potential

インスリンが、飢餓および摂食にตอบสนองして、代謝と行動を調節する新規な機構が発見された。神経ペプチドであるオレキシンや MCH (メラニン凝集ホルモン) は、絶食時に脳の古典的な「摂食中枢」である視床下部外側野で放出され、動機付けられた行動を誘発し、食物摂取を促進する。今回マウスを使った研究で、オレキシンや MCH の発現は、転写因子 Foxa2 による調節を受けていることが示された。摂食後には、インスリンシグナル伝達が Foxa2 の影響を無効にし、オレキシンや MCH の産生が止まる。Foxa2 が恒常的に「オン (活性型)」になっているマウスは、オレキシンや MCH の量が多く、摂食量も増え、身体の動きも活発で、インスリン感受性も改善されていた。肥満マウスで Foxa2 を「オン」にすると、除脂肪体重が増加し、脂肪量が減少する。したがって、Foxa2 のリン酸化の薬理的阻害は、身体活動のレベル上昇につながり、健康全般が改善される可能性がある。 Letter p.646 参照



Vol. 462 No. 7274
10 December 2009

グルタミン酸受容体：ニューロン間の連絡にかかわるイオンチャネルの構造

GLUTAMATE RECEPTOR: Structure of the ion channel that keeps neurons in touch

中枢神経系での興奮性神経伝達はニューロンどうしが「話す」ことを可能にする事象だが、そのほとんどは、グルタミン酸の結合により膜貫通イオンチャネルが開くことで作動する、イオンチャネル型グルタミン酸受容体により仲介されている。この受容体の全体構造に関してはほとんどわかっていなかったが、今回 E Gouaux たちが、競合的アンタゴニストと結合したラットの四量体 AMPA 型 GluA2 受容体サブタイプの X 線結晶構造を報告している。この構造によって、新規な対称性を示す配置が明らかになった。こうした配置をとるには、4 つのサブユニットのうちの 2 つが、ほかの 2 つと異なる形をとらなくてはならない。これは、グルタミン酸の結合とそれに続いて起こるチャネル開口が、すべてのサブユニットに同じ結果をもたらさないことを意味している。結晶構造学的データと部位特異的変異導入実験のデータから得られた構造から、カニン酸型や NMDA 型などのほかのグルタミン酸受容体分子の全体構造や対称性も、これと類似しているだろうと考えられる。イオンチャネルの活性化、脱感作、非競合的アンタゴニストやチャネル遮断薬による阻害の機序も、この構造から推測可能である。

Article p.745, N&V p.729 参照

葉でひとくりにするほど地味である。これは、雄が複数の雌に求愛し、雌が配偶相手を選り好みする種にイえることで、雌は子の養育に投資の大部分を注ぐのだから、そうなるのは当然である。しかし、雌雄で子の養育を分担する協同繁殖型の種ではどうだろうか。そのような種では、雌雄の見た目が似ている傾向がある。これは雄の装飾が地味になったためだというのが一般的な説明だが、必ずしもそうとは限らないことが、アフリカに生息するムクドリ類の雌雄の装飾の程度に関する研究によって、今回示された。この仲間のうち群れ生活を送る種では、雌が雄をひきつけるためにほかの雌と競争し、装飾が雄と同じくらい派手になっている。一方、群れで生活しない種では、雄の装飾が雌よりも派手である。

Letter p.786, Abstractions p.697 参照

発生：巻貝の巻型を逆転させる

Snails, on the other hand

巻貝の貝殻には右巻と左巻があり、これらは鏡像を重ね合わせることができないキララな関係にある。この巻型は単一遺伝子座により遺伝的に決定され、母性遺伝するが、これにかかわる遺伝子自体はまだ同定されていない。黒田玲子たちは今回、ヨーロッパモノアラガイ (*Lymnaea stagnalis*) で 8 細胞期胚の細胞に単純な操作を加えると、成体の巻型を逆転できることを見いだした。注目されるのは、細胞の配置変化によって、多くの動物種で左右非対称性にかかわる遺伝子 *nodal* の発現が左右逆転したことである。さらに、巻型を決定する単一あるいは複数の遺伝子と、優性型の割球配置を生み出す第 3 卵割期のキララな細胞骨格動態との間に、強い遺伝学的関連性があることも明らかになった。このような操作しやすい実験系が登場したことで、左右対称性の機構研究が行いやすくなるだろう。

Letter p.790, N&V p.727 参照



左巻 (左) と右巻 (右) のヨーロッパモノアラガイ。

地球：史上最大の洪水

Taken at the flood

地中海は約 560 万年前に世界の海から切り離され、メッシニアン塩分危機として知られるその後の時代には、水が蒸発したために海面が大幅に低下した。約 530 万年前に水は再び戻ってきたが、この地球史上最大の洪水の詳細は大雑把にしかわかっていない。孔井や地震波データ、数値モデルによる研究から、これが激変的な事件だったことが示唆された。最初は数千年間にわたって続きそうな小さな流れで始まったが、流れ込んだ水の 90% が 2 年に満たない期間で移動したのである。このような突然の洪水は、海面上昇速度のピークが 1 日当たり 10 メートル以上というものだった可能性がある。

Letter p.778, Making the paper p.697 参照

宇宙：γ線バーストを加速する磁場

A magnetic push for GRBs

γ線バースト (GRB) は、宇宙で最も高エネルギーの爆発現象として知られ、その性質は活発な議論の対象となっている。論点の 1 つは、膨張する火球から相対論的速度で放出される物質ジェットの加速に、バリオン物質により発生する圧力ではなく、磁場がどの程度まで関与しているのかということだ。そうした遠方の磁場を観測するのは困難だが、γ線バーストからの初期の可視光放射に偏光が

見つければ、磁場が関与しているとしてよいだろう。今回、2009 年 1 月 2 日にスイフト衛星によって発見された GRB 090102 の初期放射の観測結果から、10% 程度の広範囲の偏光が明らかになった。これは、大規模な磁場の存在を示唆している。

Letter p.767, N&V p.728 参照

材料：予想外の充填構造

A surprise package

正四面体は最も単純な形状の 1 つだが、理論、計算、実験の各方面で多大の努力がなされているにもかかわらず、最密充填配置がまだ明らかになっていない。S Glotzer たちは、系を高密度状態に向かって自然に進化させる熱力学コンピューターシミュレーションなどの新しい方法により、四面体をこれまでで最も高い密度で規則正しく充填した、充填率 0.8324 という配置を見いだした。意外にも、この構造は 12 回対称の準結晶であり、これは硬い粒子や非球形の構成要素から形成された準結晶の初の例である。

Letter p.773 参照

進化：雌がおしゃれになる場合

Plumage to impress

多くの鳥類では、雄の外見はカラフルで派手だが、雌はバードウォッチャーが LBJ (little brown jobs; 茶色くて地味な小鳥) という言