



Vol. 460 No. 7258
20 August 2009

バージェス頁岩という世紀の大発見：情報に富む頁岩層の発掘 SHALE OF THE CENTURY: Mining the rich seam of the Burgess Shale

古生物学という科学分野は、ちょうど 100 年前の今月、カナダのプリティッシュコロンビア州ユーホー国立公園の堆積岩でバージェス頁岩化石群が発見されたことに負うところが大きい。これは 5 億 500 万年前のカンブリア紀の海にいた多種多様な動物のすばらしい化石記録で、正しい評価を得て有名になり、S J Gould の『ワンドフル・ライフ』でさらによく知られるようになった。今週号では D Collins が、C D Walcott によるバージェス頁岩発見の物語を振り返っている。Walcott は、その当時の知識に基づいて自分の発見物の謎を解こうとして、手強い難問に直面することになった。誤った解釈もいくつかなされたし、これらの化石はその後数十年の間ほとんど忘れ去られていた。しかし、Walcott の功績は現在進行中の 100 年記念行事に十分値するものだ、と Collins は述べている。

Opinion p.952 参照

宇宙：LIGO で得られた背景重力波の上限

LIGO in the background

一般相対性理論では、加速しているあらゆる物体は電磁波に似た重力波を発生し、この重力波は、例えば降着を起こしているブラックホールのような、極度に質量の大きい天体で観測可能なはずだと予測している。このような重力波の存在は、間接的には推測されてきたが、物理学の重要な最終目標はその直接観測で、これに成功すれば、アインシュタインの理論を実証し、宇宙論の新たな領域が開かれると期待されている。今回、重力波探査を進めている複数の検出装置の 1 つ、LIGO (レーザー干渉計重力波検出器) の初期の観測結果から、宇宙論的起源の背景重力波の上限が導かれ、さらなる重力波探査に向けた出発点が得られた。このデータは、比較的大きな状態方程式パラメーターをもつ初期宇宙の進化モデルや、いくつかの弦理論モデルで支持されている比較的小さい張力をもつ (超) 弦理論モデルを除外するものだ。

Letter p.990, N&V p.964 参照

地球：インドの失われた水

India's lost water

水資源は、世界中の多くの場所で貴重なものとなっており、インドもその例にもれない。北西インドでは、地下水は自然に補充されるよりも速い速度で消失していることが、間接的な証拠から示されている。しかし、広域にわたる枯渇速度を地上観測から評価するのは難しい。今回、NASA の GRACE (Gravity Recovery and Climate Experiment) 衛星の重力観測データと土地表面モデルを組み合わせ、インドにおけ

る地下水貯留量の時系列変動が得られた。この分析によって、2002 年から 2008 年の間に、北西インドでは地下水の枯渇が徐々に深刻化しつつあることが明らかになった。ラジャスタン、パンジャブ、ハリヤナというインド北西部三州の地下水の平均枯渇速度は、1 年間に 4.0 センチメートルであった。この原因は、灌漑などの人為的用途による地下水消費にある可能性が最も高い、と著者たちは考えている。

Letter p.999 参照

物理：アト秒の世界を見る

Attosecond sight

強いレーザー場中で起こる電子とその親子イオンとの再結合によって生じる高次高調波放射光からは、再結合が起こっている系の構造と動力学的なスナップショットが得られる。今回 CO₂ 分子を使った実験で、高次高調波干渉法により高調波放射の位相と振幅を測定することで、こうした構造情報や動的な情報を取り出せることが示された。その結果得られた、この過程にかかわる複数の分子軌道の「指紋」を使って、イオン化時の電子再配置の動力学など、その基盤となっているアト秒の多電子動力学を解明できる。この系から放射される光には、移動する電子の画像が含まれ、これを加工して動画にすることができる。高次高調波干渉法が、再結合電子のド・ブロイ波長に起因するオングストローム以下の空間分解能と、再結合現象の時間スケールに起因するアト秒の時間分解能で、多電子動力学を解像する有効な方法であることが、この発見によって確かめられた。

Article p.972, N&V p.960 参照

医学：パンデミックを起こしたウイルスの特徴

Pandemic virus characterized

ブタを起源とする H1N1 インフルエンザウイルスの一連の臨床分離株の解析から、現在のパンデミックを引き起こしたウイルスが、マウスやフェレット、サルなどの哺乳類モデル系では、季節性の H1N1 株よりも重い症状を呈することが明らかにされた。このウイルスはブタにも感染するが、臨床的な徴候はみられない。タミフルなどの調べられた抗ウイルス薬のすべてが、細胞培養系でこの新型ウイルスに対して有効であった。このことは、今回のパンデミックに対する最初の防衛手段として、これらの化合物が役に立つことを裏付けている。

Letter p.1021, Abstracts p.932 参照

植物：SNORKEL で雨季に打ち勝つ

SNORKEL beats the monsoon

アジアでは、雨季の洪水が広範囲にわたって稲作を壊滅させることがある。一部のイネ系統は、茎を急速に伸長する能力を発達させることにより、このような環境ストレスに適応してきた。この種のイネは通常、高さ 1 メートルくらいまで成長するが、洪水が起こると茎は短時間で大幅に節間を伸長させ、水位によっては数メートルにまで成長することがある。服部洋子たちは、浮イネの節間伸長を引き起こす遺伝子 SNORKEL 1 と SNORKEL 2 を同定した。この 2 つの遺伝子は、気体の植物ホルモンであるエチレンのシグナル伝達を調節する転写因子をコードしている。これらの遺伝子を高収量栽培品種に導入することで、洪水の多い地域のコメ生産量を増加させることができるかもしれない。

Letter p.1026, N&V p.959,
Making the paper p.932 参照

細胞：小胞体での Atlastin の役割

Atlastin's role in ER

真核細胞の小胞体は、膜の生合成、小胞輸送、タンパク質分泌をはじめとする多くの細胞機能に不可欠な小器官で、管状構造が相互につながり合って細胞内全体に広がる網状構造を形成している。この独特の構造を維持する仕組みはまだわかっていないが、GTP 加水分解に依存して起こる同型の膜の融合が、小胞体の生合成と維持に極めて重要であることが知られている。今回ショウジョウバエを使った研究で、同型膜の融合、ひいては小胞体の形成に、Atlastin とよばれる GTP アーゼが必要になることが明らかになった。これは、遺伝性痙性対麻痺患者で変異のみられるヒトの atlastin 1 の相同体である。

Article p.978 参照



Vol. 460 No. 7259
27 August 2009

息を吸っても大丈夫：毎日数千個もの菌類胞子を吸い込んでも免疫反応が起こらないわけ

BREATHE EASY: Why the thousands of fungal spores you inhale every day don't provoke an immune reaction

我々は毎日、多種多様な菌類から生じる何千もの微小な胞子（分生子）を吸い込んでいる。こうした胞子には抗原やアレルギーが含まれているが、これらの吸入によって我々の自然免疫細胞が継続的に活性化されたり、炎症反応が起こったりすることはない。免疫学的、生化学的、および遺伝学的な一連の実験により、その理由が明らかにされた。分生子の表面を覆っている、小型の桿状（ロッドレット）タンパク質からなる疎水性の層によって、これら胞子の免疫認識が妨げられているのである。この層が取り除かれると、胞子は免疫系を活性化する。このような防御層を備えた病原性胞子は、発芽に適した条件になるまで宿主防御を回避して、休眠状態を維持するのかもしれない。このロッドレットタンパク質のロバストな性質を治療法に活かせば、体内の特定の場所を標的とする分子を詰め込んだり、徐放性を最適化したナノ粒子の作製に利用できたりする可能性がある。 [Letter p.1117 参照](#)

発生：γ-グロビン発現への切り替え

Throwing the γ-globin switch

脊椎動物の発生では胚から胎児への移行時に、血中のγ-グロビンをコードする遺伝子の発現の入れかわりが起こり、またマウスとヒトでは、グロビン遺伝子の発現が発生過程で調節される仕組みに差異がある。今回、ヒトのβ-グロビン遺伝子座をその周辺のDNA配列とともにマウスゲノムへ挿入した実験で、*BCL11A* 遺伝子がこうした違いの原因であることが示された。*BCL11A* タンパク質は、ヒトのγ-グロビンの発現抑制因子であることが、既に全ゲノム関連解析で同定済みである。進化の過程で起こった遺伝子発現変化のこの事例は、臨床的に重要なヒト胎児から成人へのヘモグロビンの入れかわり機構を解明する、新たな手がかりになると考えられる。 [Article p.1093 参照](#)

発生：個性的な脳を作り上げる

Shaping the individual brain

LINE（長い散在性反復配列）-1 とよばれるレトロトランスポズンは、*in vitro* の成体ラット神経前駆細胞（NPC）で、あるいは*in vivo* のマウス脳で、ゲノム全域にわたって移動できることが知られている。今回、ヒト胎児の脳から単離された NPC やヒト胚性幹細胞から誘導された NPC でも、改変されたヒト LINE-1 が *in vitro* でレトロ転位を起こせることが示された。成人の海馬などの脳領域における内在性 LINE-1 のコピー数は、同一個人の心臓や肝臓のゲノム DNA 中の内在性 LINE-1 のコピー数に比べて多くなっている。

この結果は、LINE-1 のレトロ転位が、個体の体細胞モザイク現象や脳での遺伝子発現の不均一性にかかわっている可能性を示唆している。 [Letter p.1127, N&V p.1087 参照](#)

細胞：p53 はがんと幹細胞性を関連付ける

p53 links cancer to stemness

転写因子 p53 は、がん抑制因子として機能することが知られており、p53 をコードする *TP53* 遺伝子にはヒトがんの 50% 以上で変異が認められている。今回 5 つの論文によって、p53 は誘導（人工）多能性幹（iPS）細胞を作出する障壁でもあることが示唆された。Hong たちは、iPS 細胞を作出するために一般的に用いられる 4 つの因子のうちの 1 つである Myc レトロウイルスがなく、また再プログラム化因子がゲノムに挿入されない方法を使った場合でも、p53 欠損細胞では多能性が誘導されることを示している。Li たちは、Rb 経路や p53 経路で使われる 3 つのがん抑制因子をコードする *Ink4/Arf* が、iPS 細胞への再プログラム化を律速しており、*Ink4/Arf* の抑制によって iPS 細胞の作出が促進されることを明らかにしている。彼らはまた、老化は *Ink4/Arf* の発現を上昇させ、老齢個体由来の細胞では、再プログラム化の効率が低下することも示している。川村晃久たちは、p53 をサイレンシングしておき、Oct4 および Sox2 の 2 つの因子のみを使って体細胞を再プログラム化した。p53 の過剰発現、あるいは p53 安定化因子の存在は、再プログラム化効率を低下させる。Utikal たちは、再プログラム化されない細胞で

p53 を欠失させると、iPS 細胞を作出する能力が回復し、また p53 を欠く不死化細胞株では、再プログラム化が高効率で起こることを示している。Marión たちは、p53 は、ある種の DNA 損傷をもつ細胞の再プログラム化防止に重要であることを明らかにした。DNA 損傷がある場合でも、p53 を除去すると効率のよい再プログラム化が可能となる。News & Views では、V Krizhanovsky と S Lowe が、これらの結果とこの非常に活発な分野で最近発表されたほかの論文を関連付け、がん細胞と iPS 細胞の薄気味の悪い類似性という問題に言及している。

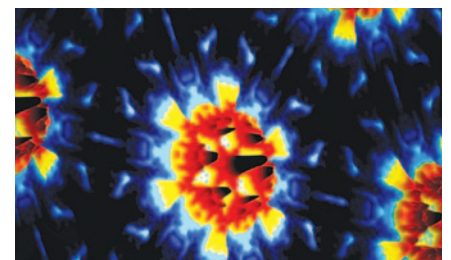
[Letters pp.1132, 1136, 1140, 1145, 1149, N&V p.1085 参照](#)

物理：人工グラフェンのもつスピン

Faux graphene takes a spin

トポロジカル絶縁体は、スピン - 軌道結合として知られる相対論的効果からバルクの絶縁性ギャップや、よく研究されている二次元カーボンシートであるグラフェンの相対論的粒子に似たディラック型の表面状態を生じる物質である。このような新しい二次元表面状態は、グラフェンの従来型ディラックフェルミオンとは対照的に、正味の固有角運動量あるいはスピンをもち、トポロジーから生じる散乱に対してこれらのスピンの保護されていることが理論によって示唆されている。これは、スピントロニクスや量子計算で強く求められていた特性である。今回 2 つの研究グループが、この予測の正しいことを報告している。Hsieh たちは、スピンと運動量を分解した分光画像化法を使って、ピスマス系トポロジカル絶縁体のグラフェン型の状態がスピン分極性であることを確かめ、これを化学操作によってトポロジカル輸送領域へと調整できることを実証した。また Roushan たちは、走査トンネル顕微鏡と角度分解光電子放出顕微鏡を使って、原子スケールの強い無秩序性があるにもかかわらず、反対の運動量と反対のスピンをもつ表面状態間に後方散乱がないことを証明した。これは、スピントロニクスや量子計算の応用に有用となる特性である。

[Letters pp.1101, 1106, N&V p.1090 参照](#)





Vol. 461 No. 7260
3 September 2009

心臓の発生と進化の関係：爬虫類の心臓の発生過程によって二心室への進化を説明する

HEART TO HEART: Reptiles' cardiac development explains evolution of the divided ventricle

鳥類、哺乳類、ワニ類は、心室が2つに分かれており、それぞれ肺循環系と体循環系に血液を送っている。両生類は1つの心室しかもたないが、ほとんどの爬虫類では、心室の中間形成ははっきりしていない。今回、トカゲ（グリーンアノール）とカメ（アカミミガメ）を用いた新たな発生学的研究により、祖先型の一心室から二心室への分割は、T-box 転写因子 *Tbx5* の発現と関連することが示された。鳥類や哺乳類の胚では、*Tbx5* の発現は左心室の前駆体細胞に限られている。カメやトカゲでは、*Tbx5* は初めは心室全体で発現しており、カメではその後、心室の左側に限局されるようになるが、トカゲではこれが起こらない。つまり、完全な中間をもつ心臓を形成するよう胚のパターン化を進化させることは、多くのエネルギーを必要とする陸上生活への重要な適応要因であり、その駆動力が *Tbx5* 発現の変化であった可能性が高い。*Tbx5* の機能を欠失、あるいは過剰にしたマウスではっきりとした独自性をもたない単一の心室が形成されるのは、この考えと一致する結果である。表紙は、カメとトカゲの心臓の三次元描画。

Letter p.95, Abstracts p.9 参照

細胞：がん形成を促進する抗酸化物質

Pro-cancer antioxidants

in vitro および動物での実験では、抗酸化物質ががんの発生を抑制することを示唆する結果が得られているが、その効果を臨床的に示す決定的な証拠はほとんどない。ところが、ちょっと意外なことに、ある条件下では抗酸化物質が、がん細胞の生存と増殖促進を助ける場合があることが明らかになった。正常な上皮細胞は、その構造を保持する細胞外マトリックスから離脱すると死んでしまうが、乳がんの場合は、腫瘍形成能をもつ離脱細胞に ERBB2 などの発がん遺伝子が生存シグナルを送ることができる。Schafer たちは、細胞の離脱はやはり代謝障害を引き起こすが、ERBB2 および抗酸化物質のどちらもが障害を救済できることを明らかにしている。これらは、脂肪酸酸化を介して細胞のエネルギーレベルを上げるように作用しているらしい。この知見は、マトリックス環境の変化の中で、がん細胞が自らの生存を促進するために利用していると思われる、これまで知られていなかった機序の存在を示している。

Letter p.109, N&V p.44 参照

複雑系：臨界点の手がかり

Tip-offs for tipping points

生態系から金融市場や気候に至る複雑系には、閾値あるいは臨界点があり、その前後で、ある安定な状態から全く異なる状態への移行が突然起こることがある。このような臨界点をそこに到達する前に予測するのは極めて難しいが、幅広い分野での研究成果から、臨界点が迫っていることを知らせる共通の初期警戒信号が、さまざまな系に存在することがわかってきた。Scheffer たちは、今回の総説で楽観的結論を下している。つまり、重大な移行が起こりそうな状況下では、警戒信号に共通する特性から、大きな事象が生じる確率が上昇しているかどうかについての貴重な情報が得られる可能性があるというのだ。

Review p.53 参照

生化学：転移 RNA をあるべき場所におく

Keeping tRNA in its place

転移 RNA (tRNA) は、核で転写とプロセシングが行われた後に、翻訳が起こる細胞質へと送り出される。tRNA は、輸送受容体 Xpot により核膜の孔を通して運ばれるのだが、今回、Xpot の単独状態の構造と、tRNA および輸送に必要なまた別の因子である RanGTP の両方が結合した状態の構造が決定された。Xpot への tRNA の結合は大きな構造変化を引き起こし、Xpot は tRNA を包み込んで、その 5' と 3' 末端の両方と相互

作用するようになる。これによって、成熟していない末端をもつ、プロセシングを受けていない tRNA が核から運び出されるのを防ぐ、タンパク質合成における品質管理の重要な機構が説明される。 Article p.60 参照

細胞：iPS 細胞由来のマウス

Mice from iPS cells

2006 年に iPS (誘導多能性幹) 細胞が登場して以来、その特性は、模倣の対象である本物の胚性幹細胞を基準として評価されてきた。最近、iPS 細胞から生存能力のある成体マウスを作出したことが続々と報告され、今週号にはそのうちの 2 つが掲載されている。こうしためざましい技術的成果によって、iPS 細胞が実際に、すべての組織や器官の細胞を作り出す能力という点で胚性幹細胞に極めて近いことが示される。Zhao たちは、四倍体胚補完法とよばれる技術を使っており、この方法では、四倍体胚に注入した多能性細胞からキメラマウスが作製され、その胚組織は注入細胞のみに由来する。また Boland たちは、マウス胚性繊維芽細胞の誘導性遺伝的再プログラム化によって作出された iPS 細胞だけに由来する、生殖能力のある成体マウスを作製した。こうしたマウスは、iPS 細胞由来組織の基礎研究にも細胞置換治療への応用研究にも使える、新しい研究素材となるだろう。

Letters pp.86, 91 参照

考古：握斧がヨーロッパに到来した時期を見直す

Taking an axe to Europe

技術の歴史における重要な移行の 1 つは、初めて石を利用した人類が用いた単純な石器 (チョッパー) のような道具から、もっと精巧に加工された握斧 (ハンドアックス) とよばれる両刃の石器への遷移である。握斧は、アフリカで登場した時期とヨーロッパ最古の記録との時間差が約 100 万年と極めて大きく、このことは長い間古人類学上の謎となっていた。一般に、ヨーロッパで最初に出現した握斧は、約 50 万年前のものと考えられている。G Scott と L Gibert は、握斧が出土したスペイン南部の旧石器遺跡 2 か所の測定年代を再評価し、La Solana del Zamborino および Estrecho del Quípar の岩窟住居遺跡について、それぞれ 76 万年前、90 万年前という年代を算出した。これは、アフリカとヨーロッパの握斧出現の時間差を大幅に短縮するものである。 Letter p.82 参照





Vol. 461 No. 7261
10 September 2009

データの共有：研究結果共有のあり方を探る

DATA — WHAT DATA?: Learning to share your results

データの共有はよいことだが、自分のデータの共有となると話は別だ。そうなると事態は複雑である。今週号には、この異論の多い問題に注目した一連の記事が掲載されている。B Nelson は、善意からすることの妨げとなりかねない文化的また技術的障害について報告している。また、今年5月にトロントで開催されたワークショップの参加者たちが、データの早期発表に関する最新の方針について、それぞれの考えを述べている。この会議の出席者は、ゲノミクスやプロテオミクスの主要なデータセットを論文掲載前に迅速に公開することを支持し、この方針を化学構造やメタボロミクス、RNAi、組織バンクなどほかのデータセットへも拡大すべきだという考えに賛同した。同じく5月に、マウスの研究者たちは、データや資源の研究者共同体による0共有について討論するための会議をローマで開催した。この会議の出席者たちの多くは、データや資源の寄託に関する既存の方針には、もっと実効性のある強制力をもたせるべきであり、研究費提供組織や学術誌、研究者は協同して、データ共有問題に関する対策や活動を展開する必要があると感じていた。

News Feature p.160, Opinion pp.168, 171, Editorial p.145 参照

が明らかになった。この新しい理論は、意思決定過程に迷いや自己修正といった活動を導入するものだ。

Letter p.263, Abstracts p.144 参照

免疫：アポトーシス細胞が除去の標的となる仕組み

Apoptosis: how cells become target

アポトーシスは、正常な発生や恒常性維持の一部として、基本的にすべての組織で起きている。しかし、細胞の代謝回転が速い組織でさえ、アポトーシス細胞がみられることはめったにない。これは、アポトーシス細胞が「find-me (私を見つけて)」シグナルを放出して自身の存在を広く知らせて食食細胞を集め、速やかな除去を開始させるからだと考えられている。しかし、アポトーシス細胞がどのような find-me シグナルを放出し、また食食細胞がどのようにしてそれらを検知するのかわかっていなかった。今回、アポトーシス細胞が ATP と UTP を放出し、それが find-me シグナルとして働き、P2Y₂ ATP/UTP 受容体を発現している食食細胞に対する誘引物質となることが明らかになった。

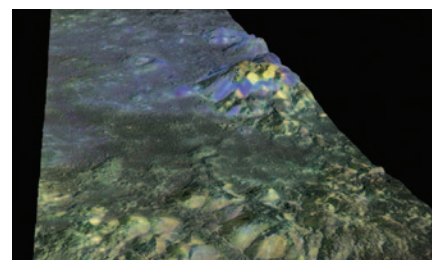
Letter p.282, N&V p.181 参照

宇宙：月で見つかった純粋な斜長岩

Pure lunar anorthosite

月の主要成分である斜長岩は、大部分が斜長石から構成されている火成岩である。その斜長岩の月サンプル分析から、月の高地の明るい色をした地殻は、斜長石が全球マグマオーシャンから結晶化し浮上してできたと考えられている。このような地殻ができた詳しいメカニズムについては、まだ決着がついていない。今回、日本の月探査計画セレーネの月周回衛星である「かぐや」からの分光分析データを使って、月の69か所における地殻組成が調べられた。得られたデータは、事実上純粋な、つまり斜長石が100%の斜長岩が広く分布していることを明らかにしている。これは、斜長石の体積分率が82~92%であるとした以前の推定値とは異なっており、月のマグマオーシャンの進化モデルに対して重要な制限を与えるものだ。

Letter p.236 参照



細胞：テロメア以外にもかわる TERT

Beyond the telomere

RNA を介した遺伝子サイレンシングの中には、一本鎖 RNA の二本鎖 (ds) RNA への変換によって生じる二次的な siRNA (低分子干渉 RNA) を必要とするものがある。この変換は、RNA 依存性 RNA ポリメラーゼ (RdRP) によって行われる。毎田佳子たちは、テロメラーゼの触媒サブユニット TERT が、ミトコンドリア RNA プロセシングエンドリボヌクレアーゼの RNA 成分 (RMRP) から dsRNA を生成できることを明らかにした。RMRP は、遺伝性の小人症である軟骨・毛髪低形成症で変異していることが明らかになっている。これは、哺乳類の RdRP 活性の初めての報告である。TERT が、テロメアを伸長する作用とは全く無関係に細胞生理に寄与していることを示す証拠が増えてきているが、今回の研究はその機序の1つを明らかにしている。

Article p.230 参照

化学：薄くなったゼオライト触媒

Zeolite: the thin of it

ゼオライトは、マイクロ孔をもつ結晶性アルミノケイ酸塩で、サイズ・形状選択的触媒として工業に広く用いられている。しかし、この触媒活性を実現するマイクロ孔自体が、拡散を制限する原因にもなっている。Choi たちは、二官能性界面活性剤の存在下でゼオライトを合成することによって、この問題を克服できることを示している。この界面活性剤

によって、マイクロ孔の形成が誘導されると同時に、ゼオライト結晶の成長が制限され、わずか1単位格子厚の「ナノシート」が得られる。この構造のために、超薄膜ゼオライトは、大きな有機分子の触媒変換に対して非常に高い活性を示すようになる。そして、メタノールからガソリンへの転換時のコーク析出と触媒不活性化が大幅に抑制されたことからわかるように、拡散の制限は最小限となる。

Letter p.246, N&V p.182,
Making the paper p.144 参照

脳科学：決断を変えるとき

Decisions, decisions

人はどのようにして気が変わるのだろうか。理論神経科学の研究領域では、「ノイズがあって」不明瞭なことの多い情報に基づいて脳が意思決定に至る仕組みをうまく説明できるモデルが、既に開発されている。しかしこうしたモデルは、いったん決定された意思が変わらないものだと思定している。今回、ノイズが入った視覚刺激を頼りに被験者がハンドルを2方向のどちらかに動かすという一連の実験が行われ、これをもとに、意思決定後にいつ、どのようにして、気が変わるのかを説明する新しいモデルが開発された。被験者が答えを選択する途中で気が変わった数少ない事例の解析により、脳は意思決定後でも、収集済みでまだ処理行程にある情報を処理し続け、最初の意思決定を覆したり、その正当性を確認したりしていること