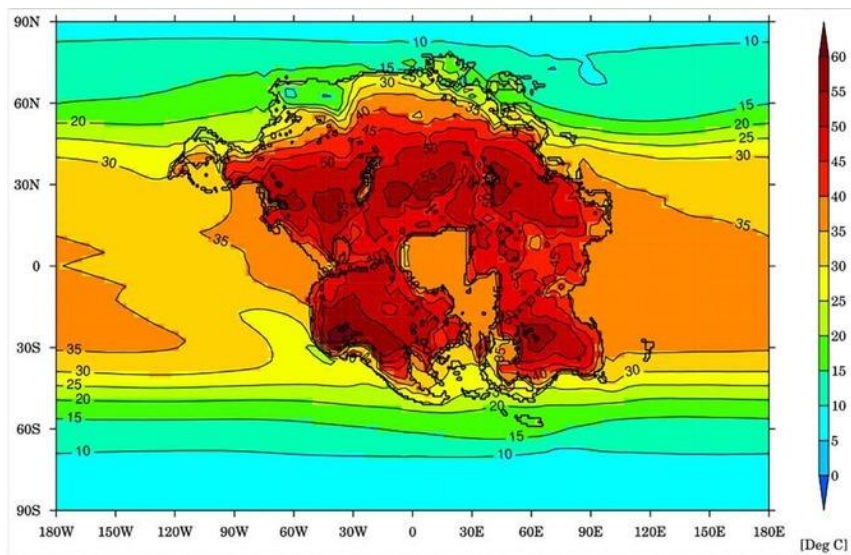


## 2億5000万年後の地球、新たな「超大陸」は人類の住めない世界か 新研究が示唆

2023.09.27 Wed posted at 12:18 JST

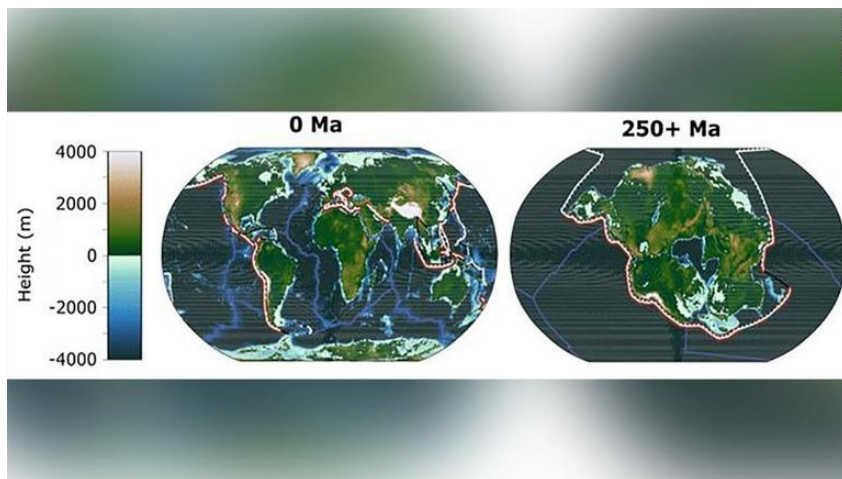


UNIVERSITY OF BRISTOL



超大陸と地球全体の最も暖かい月の平均気温を示したイメージ/University of Bristol

(CNN) 今から約2億5000万年後、新たな「超大陸」の形成に伴って人類をはじめとする哺乳類は地球上から姿を消す可能性がある。研究者らがこのほど、そのような予測を発表した。英ブリストル大学の科学者らが、スーパーコンピューターによる遠い未来の気候モデルを初めて活用。約2億5000万年の間に各大陸が1つの超大陸「パンゲア・ウルティマ」を形成した後、異常気象がどのように激化するのかを予測した。その結果、超大陸は極めて高温で乾燥が激しく、人類や他の哺乳類が事実上暮らせない環境になることが分かった。人類と他の哺乳類は、過度の高温下で長期間耐えられるような進化を遂げていない。研究では超大陸の気温や風雨、湿度の傾向をシミュレーションし、構造プレートの動きと海洋科学、生物学のモデルを駆使して二酸化炭素のレベルを計算した。それによれば、約2億5000万年後の地球はパンゲア・ウルティマの形成で火山の噴火が一段と常態化し二酸化炭素を大気中に放出、温暖化を引き起こす。加えて太陽も明るさを増し、より多くのエネルギーを発して地球温暖化に拍車をかけるとみられる。研究報告は25日刊行の学術誌ネイチャー・ジオサイエンスに掲載された。ブリストル大学の上級研究員のアレクサンダー・ファーンズワース氏は、40～50度の気温とそれを上回る異常高温を日々記録する地域が広がると指摘。人類は発汗の機能を通じてこの水準の高温には対処できないため、他の多くの種と共に姿を消すとの見方を示唆した。気温の上昇が作り出す環境下では、哺乳類にとっての餌や飲み水も存在しなくなる見通しだという。



現在の世界の地理と2億5000万年後の地球の地理/University of Bristol

現時点での将来予測は大幅な不確定要素を伴うものの、科学者らの想定する状況は「非常に暗い」のが実情のようだ。上記の超大陸の土地で、哺乳類が住めるのは全体のわずか8～16%程度だという。

大気中の二酸化炭素量は現状の2倍に達する可能性がある」と、研究報告は明らかにしている。ただしこの計算は人類が化石燃料の燃焼を今すぐ停止することを想定したものだ。燃焼を継続すれば現状の2倍には格段に早い時期に到達すると、報告の共著者を務めたリーズ大学のベンジャミン・ミルズ教授（地球システム進化学専攻）は報道向けの発表の中で指摘した。ブリストル大学で気候危機と健康を専攻する特別研究員、ユニー・ロー氏は「自分たちの予測は2億5000万年後に地球に人が住めなくなるという内容だが、我々は既に異常な高温が人々の健康を害する事態を経験している。だからこそ、可能な限り早く二酸化炭素排出量を実質ゼロにすることが極めて重要だ」と語った。気候変動の影響で人類や他の種が今後新たな環境に適応できなくなるとの見通しは、国連の支援で昨年公表された主要な報告書でも明らかになっていた。実現を回避するには、地球温暖化の進行を劇的に遅らせる必要があると同報告書は警告している。

<https://gendai.media/articles/-/116542>

2023.09.27

# [アインシュタイン](#) # [相対性理論](#)

## 国際宇宙ステーションと地上の時間は「1年で何秒ズレる」でしょう…？

120年ほど前にアインシュタインが発表した理論でわかります

[真貝 寿明](#) [大阪工業大学教授](#) [プロフィール](#)

アルベルト・アインシュタインによる論文『物体の慣性はその物体のエネルギーに依存するか？』が、1905年9月27日付の科学雑誌「Annalen der Physik」に掲載されました。この論文は「特殊相対性理論」の一翼となり、ここで有名な式「 $E=mc^2$ 」を発表しています。さらに、アインシュタインは、この特殊相対性理論を発展させた「一般相対性理論」を1915年から1916年にかけて発表し、ここでは万有引力・重力場を記述する場の方程式である「アインシュタイン方程式」を発表しています。両者を合わせて「一般相対論」とも呼ばれる彼の理論は、その後の物理学のさまざまな仮説の礎（いしずえ）となりましたが、そうした仮説のひとつが、アインシュタイン方程式をめぐる問題点について考察した「宇宙検閲官仮説」です。

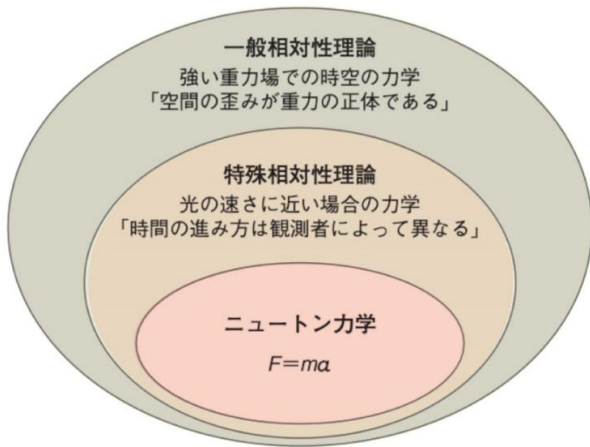
ここでは、この仮説の前提となる、一般相対論のうち、そのはじまりに立つ「特殊相対性理論」について、大阪工業大学教授の真貝寿明さんのわかりやすいご説明でお届けします。



（この記事は、真貝寿明『[宇宙検閲官仮説](#)』を抜粋・編集したものです）

### 特殊相対性理論

相対性理論は2つの理論からできています。特殊相対性理論（1905年）と、一般相対性理論（1915年）で、どちらもアインシュタインが一人で完成させたものです。ふつう、物理の理論は多くの物理学者が実験や観測の結果をもとに、さまざまな考えや予言を提示し、それらが淘汰されて完成へ向かいますが、相対性理論は別で、一人の物理学者が「もっとも簡単な数式で自然法則は記述されるはずだ」という信念のもとに導出したものです。相対性理論はニュートンが導いた力学を拡張した理論です（図「相対性理論は、ニュートン力学を拡張した理論」）。それぞれを順に紹介しましょう。



相対性理論は、ニュートン力学を拡張した理論 日常

の質量や速度では、相対性理論はニュートン力学に一致する

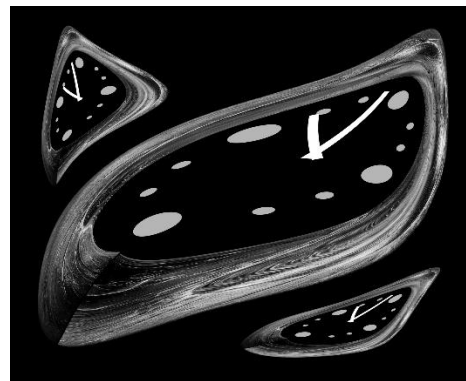
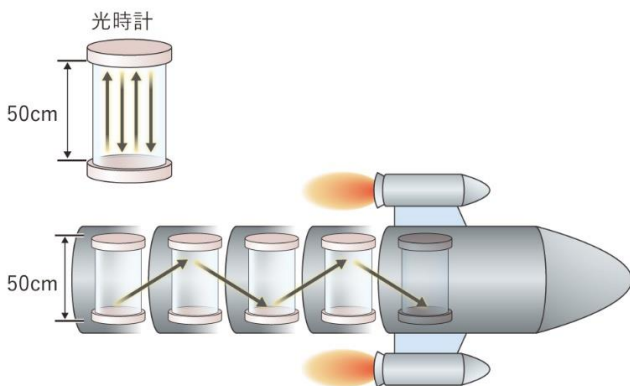
特殊相対性理論（発表当時は「相対性原理」）は、（光の速さに近いほどの）ものすごく速く運動する物体に対する物理法則です。それは、電磁気学の法則（マクスウェル方程式）に登場する光速はどの座標系から測った光速なのか、という当時の物理学の謎を解決するものでした。速度は「誰から測ったか」によって相対的に変わりますから、一般的な法則に登場するのは不思議なことなのです（加速度は、慣性座標系\*どうしても同じ値になりますから、一般的な法則に登場しても問題ないのです）。

\* 慣性座標系：慣性の法則が成り立つ座標系のことです。すなわち、力がはたらいしていない物体は等速直線運動していると観測できる座標系です

アインシュタインは「どの慣性座標系から測定しても、光速は同じ秒速 30 万 km であり、電磁気学の法則はどの座標系でも同じ形で成立する」と解釈しました。つまり、秒速 20 万 km で飛行しているロケットからも、光速は秒速 30 万 km と測定される、と考えたのです。どの座標系から見ても光速は同じであるとすれば、マクスウェル方程式に対する疑問は解消します。しかし、その代償として、「時間の進み方は座標系によって異なる（相対的である）」という結論を受け入れることになります。

### 1秒がゆっくり進む？

このことを「光時計」という思考実験\*\*で説明しましょう。図「光を往復させて時間を測る」のように、光を基準にして時間を測る装置を考えます。たとえば、0.5m の筒の上下に鏡を取りつけ、光を往復させます。光の速さは秒速 29 万 9792.458km ですから、光が筒を約 30 万回往復したら「1 秒」と判定する時計です。



光を往復させて時間を測る 光時計をロケットに載せて時間を測ると、地上よりも光が進まなければならない距離が長くなるので、1秒の刻みは遅くなる。ロケット内では光を基準に1秒を測るので、地上よりもロケット内の時間の進みは遅くなる

観測者の運動状態によって伸びたり縮んだりする photo by gettyimages

この時計を高速で飛ぶロケットに載せたとしましょう。ロケットが進むことにより、光の経路は実質的に長くなります。ところがどの座標系にいても、光の往復回数で時間を測ることにしていますので、ロケット内の1



秒は、地球での1秒にくらべてゆっくりと進むことになります。時間の進み方がゆっくりになるということは、その座標系にいる人は感じないはず。その座標系にいる人にとっての1秒は1秒だからです。

\*\* 思考実験：頭の中で実験することです。理論物理学者がよく使う言葉です。

### 時間の進み方は、伸びたり縮んだりする

ニュートンが力学の法則をつくって以降、「時間」はどこで誰がどう測定しても、同じように流れるものと考えられてきました。しかし、光速度を軸としてとらえなおすと、時間の進み方は観測者の運動状態によって伸びたり縮んだりすると考えざるをえないのです。私たちの身の回りの世界で、乗り物が到達できる最高速度は、国際宇宙ステーションの秒速8km程度にすぎません。光速とはほど遠く、特殊相対性理論によって予言される地上との時間の進み方の違いはまったく感じられません。ある慣性座標系1に対して、速さvで動くもう1つの慣性座標系2があるとしましょう。2つの座標系での時間座標をそれぞれt1、t2とします。それぞれの時計の進み方（1秒の長さ）を $\Delta t_1$ 、 $\Delta t_2$ とすれば、特殊相対性理論は、 $\Delta t_2 = \Delta t_1$ となることを予言します。国際宇宙ステーションと地表では、この差はわずかで、国際宇宙ステーションに1年間いても、0.008秒にしかありません。このように特殊相対性理論は、ニュートン力学を否定するものではなく、ニュートン力学を含んで拡張する理論です。

<https://natgeo.nikkeibp.co.jp/atcl/news/23/092600496/>

## 解説：小惑星ベンヌからのサンプルリターンに成功、NASA 探査機

7年かけて地球にカプセルを帰還させたオシリス・レックス、その意義とは 2023.09.26



大気圏に突入し、地球に帰還した NASA の探査機オシリス・レックスのサンプルリターン用カプセル。カプセルの中には、太陽系の惑星形成に関する手がかりを含む小惑星から採取した物質が入っている。

(ILLUSTRATION BY NASA'S GODDARD SPACE FLIGHT CENTER/CI LAB) [\[画像のクリックで別ページへ\]](#)

2016年9月8日木曜日、NASAの探査機オシリス・レックスを搭載して米フロリダのケープカナベラル空軍基地から離陸するユナイテッド・ローンチ・アライアンス社のアトラスVロケット。(PHOTOGRAPH BY SANDY JOSEPH AND TIM TERRY/NASA) [\[画像のクリックで別ページへ\]](#)

2023年8月29日火曜日、米国防総省のユタ試験訓練場にて、サンプルリターン用カプセルの回収に備えて現地リハーサルに参加する回収チーム。(PHOTOGRAPH BY KEEGAN BARBER, NASA)

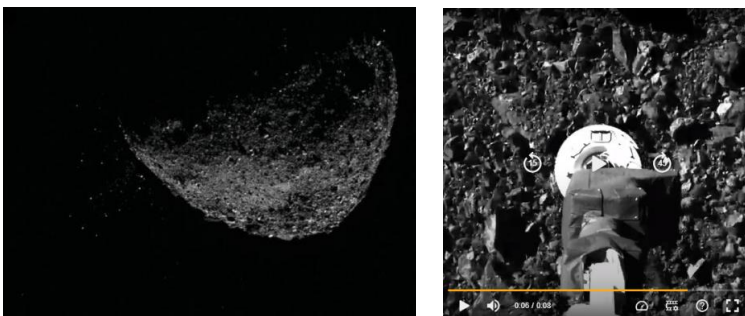
[\[画像のクリックで別ページへ\]](#)

現地時間24日午前8時52分（日本時間同午後11時52分）、小惑星ベンヌで採取された岩石サンプルが入ったミニ冷蔵庫サイズのカプセルが、米ソルトレイクシティの南西約140キロにある米陸軍ユタ試験訓練場にパラシュートで落下した。2572日間にわたって宇宙を漂っていたこのカプセルの帰還により、米国初の小惑星サンプル回収探査機オシリス・レックス（OSIRIS-REx）のミッションは終わりを迎えた。「まるで魔法のよう

です。20年前に呪文を唱えて、今こうして石を召喚できたのですから」と、米アリゾナ大学月惑星研究所の惑星科学者で、オシリス・レックスの主任研究者であるダンテ・ローレッタ氏は言う。地球の大気圏を時速約4万5000キロで降下し始める前、オシリス・レックスから放出されたカプセルは、4時間かけて宇宙空間を進んできた。米ユタ州に着陸した後、カプセルはすぐに、陸軍基地内に設置された特別なクリーンルームへと運ばれた。カプセルの貴重な中身はそこから、米ヒューストン郊外のジョンソン宇宙センターへと輸送された。

7年かけて持ち帰った岩石の量は、約250グラムと考えられている。これが事実なら、アポロミッション以降最大量の宇宙サンプルだ。英ロンドン自然史博物館の宇宙物理学者サラ・ラッセル氏によると、サンプルには太陽系の歴史と地球の生命の起源に関する分子レベルの手がかりが含まれている可能性があるという。（参考記事：[「NASA 探査機、小惑星ベンヌへ往復7年の旅」](#)）

「ひどく地味な見た目の岩を研究することによって、われわれの起源や太陽系の深い歴史について知ることができるというのは、実に魅力的なことだと感じます」と氏は言う。「まるで赤ちゃんに会うような気分です。どんな姿をしているのか、見るのが待ちきれません」ギャラリー：[小惑星ベンヌからのサンプルリターンに成功、NASA 探査機 画像と動画6点（画像クリックでギャラリーページへ）](#)



2019年1月6日に小惑星ベンヌがその表面から粒子を放出する様子。NASAの探査機オシリス・レックスに搭載されたカメラ「NavCam 1」が撮影した2つの画像を合成したもの。（PHOTOGRAPH BY NASA/GODDARD/UNIVERSITY OF ARIZONA/LOCKHEED MARTIN）[\[画像のクリックで別ページへ\]](#)

2020年10月20日、「タッチ・アンド・ゴー（TAG）」方式で行われたサンプル採取の様子を捉えた画像。探査機が小惑星ベンヌの表面に接近、接触するのがわかる。（PHOTOGRAPH BY NASA/GODDARD/UNIVERSITY OF ARIZONA）

### 小惑星の「当たり年」だった1999年

このミッションのルーツは1999年に遡る。その年、天文学者たちは、火星と木星の間にある小惑星帯に望遠鏡を向け、革新的な発見をもたらすような新しい小惑星をいくつも発見した。その一つがベンヌだった。

「あれは小惑星にとって素晴らしい年でした。ワインで言うところの当たり年というやつです」とローレッタ氏は言う。NASAはベンヌに興味を持ったが、天文学者らがこのエンパイア・ステート・ビルとほぼ同じの大きさの回転する岩をじっくりと観察できたのは、小惑星が再び地球に接近した2005年のことだった。地球近傍小惑星からサンプルを採取したいと考えていたNASAは、ベンヌがおあつらえ向きの候補であることに気がついた。[次ページ：サンプル採取の瞬間をとらえた動画](#)

ベンヌは見たところ炭素が豊富で、同じような小惑星には鉄、アルミニウム、プラチナなどの金属が多く含まれており、これは長距離の宇宙旅行をサポートするうえで非常に重要な可能性がある。ベンヌの一部を形成している粘土は、生命にとって不可欠とされる水を微量に含んでいるのではないかと考えられている。また、6年に1度地球のそばを通る軌道のおかげで、ベンヌに接近するのは、より長い軌道を持つほかの小惑星よりも簡単だった。ちなみに、ベンヌが地球に接近するという事は、いつか地球に衝突する可能性が、小さくともゼロではないことを意味している。いずれNASAがベンヌの通常の進路を逸らすために何らかの対策をとる可能性もある。（参考記事：[「小惑星ベンヌ、地球に衝突する確率が上昇、なぜ？」](#)）

遠隔から化学組成を分析したところ、ベンヌは約 46 億年前に太陽系を誕生させた大激変の名残であることが判明した。小さな岩石のかけらが、自らの重力によって合体し、ベンヌを始めとする多くの小惑星が形成されたのだ。宇宙の虚空を回転しながら進むこうした古代の岩石は、われわれが地球と呼ぶこの小さな天体の一部を形成した力と、そのプロセスの記録を運んでいると、米ジョンズ・ホプキンス大学応用物理学研究所の地球物理学者で、オシリス・レックスチームのメンバーであるオリビエ・バーナイン氏は言う。

「ああした小惑星はかなり原始的なものです。ほかの小惑星から衝突されることを除けば、この物質は太陽系が形成された最初の段階からほとんど変わっていません」と氏は言う。ギャラリー：小惑星ベンヌからのサンプルリターンに成功、NASA 探査機 画像と動画 6 点（画像クリックでギャラリーページへ）



2023 年 9 月 24 日、地球の大気圏に突入したオシリス・レックスのサンプルリターン用カプセル。

(PHOTOGRAPH BY NASA TV) [\[画像のクリックで別ページへ\]](#)

ギャラリー：小惑星、彗星 地球にぶつかったら大変な天体 12 点（写真クリックでギャラリーページへ）

チクシュルーブ衝突は一瞬にして地球上の多くの命を奪った。衝突は巨大なクレーターを生み出し、大量の岩石を蒸発させ、あるいは空に巻き上げ、多くの動植物が消えた。（ILLUSTRATION BY SCIENCE PHOTO LIBRARY, ALAMY STOCK PHOTO） [\[画像のクリックで別ページへ\]](#)

## 原始的な世界への飛行

オシリス・レックスは 2016 年 9 月 8 日（日本時間 9 日）に打ち上げられた。ロボットアームの先端には試料採取器が取り付けられ、これを使って小惑星の表面から物質を集めようという計画だった。ベンヌの表面は岩石の破片（レゴリス）から構成されていると科学者らは予想していたが、探査機が現地に接近するにつれ、懸念される状況が明らかになってきた。

「近づくにつれて、見えるのは大きな岩ばかりになっていったのです」とバーナイン氏は言う。これではサンプルを採取するのも、地球に持ち帰れる小さな破片を見つけることも容易ではない。

探査機が再調整を行い、適切な採取場所を見つけるまでに数カ月を要したものの、2020 年 10 月 20 日、オシリス・レックスはベンヌの柔らかい表面に接触した。圧縮空気の噴射を利用して、試料採取器がベンヌのレゴリスを容器めがけて吹き飛ばした後、探査機は後退して地球への帰還に備えた。（参考記事：[「NASA 探査機、小惑星ベンヌの岩石を採取」](#)）

サンプルの帰還はしかし、オシリス・プロジェクトの終わりを意味しているわけではない。カプセルを分離した 20 分後、探査機はスラスターを噴射し、新たなミッション「オシリス・エイペックス」をスタートさせた。このミッションでは、2029 年にもう一つ別の、やはり地球との衝突が懸念されている小惑星「アポフィス」とのランデブーを目指す。（参考記事：[「小惑星アポフィス、地球の近くを通過」](#)）

ローレッタ氏にとって、オシリス・レックスのサンプルリターンは半生をかけた仕事の集大成となる。氏の最初のタスクは、カプセルで帰還したサンプルの目録を作ることだ。サンプルのうちごく一部はカナダと日本の科学者に提供されるが、大部分は NASA で研究する資格のある科学者たちに提供されることになる。

「いわば宇宙岩石の公共図書館のようなものです」とローレッタ氏は言う。

文=CARRIE ARNOLD／訳=北村京子



## NASA が回収の小惑星サンプル 「数十年にわたり知見を提供」



[Jamie Carter | Contributor](#)



NASA の OSIRIS-REx ミッションの小惑星サンプルリターン容器。2023 年 9 月 24 日、米国防総省のユタ試験訓練場の砂漠にパラシュートで着地した直後に撮影 (NASA/Keegan Barber)

米航空宇宙局 (NASA) の探査機オシリス・レックス (OSIRIS-REx) は 24 日、原初の状態のままの小惑星のサンプルを収容したカプセルを、米ユタ州の砂漠にパラシュートで投下した。宇宙をめぐる最大級の謎の数々が解き明かされるとの期待が膨らんでいる。2020 年 10 月に小惑星ベンヌから採取された岩石サンプル約 250g が入ったカプセルは、24 日午前 10 時 52 分 (日本時間同午後 11 時 52 分) に着陸に成功。この 7 年に及んだ探査ミッションは、NASA 史上初の小惑星サンプルリターン (試料回収) の試みだ。回収されたサンプルは、米陸軍のダグウェイ実験場内の無菌室に搬入され、科学者 6 人からなるチームの手に渡る。チームは精巧な機器を使用し、太陽系と生命自体の起源に関する手掛かりを求め、サンプルを分析する。米アリゾナ大学に所属する OSIRIS-REx ミッション主任研究員のダンテ・ローレッタは、着陸後のサンプルリターン容器に最初に接触した人の 1 人だ。「本日は、OSIRIS-REx チームにとってだけでなく、科学全体にとっても極めて画期的な節目となる」とローレッタは述べている。「われわれはこのサンプルを分析し、太陽系の謎にさらに深く踏み込むための、かつてない機会を手に入れた」

### 隕石と小惑星の違い

小惑星は、惑星がまだ形成段階にあった最初期の太陽系の岩石でできており、今回のサンプルは原初の状態を非常によく保っている。太陽系で最古級の天体から採取した昔のままのサンプルを分析する予定の 6 人の科学者チームの 1 人で、豪カーティン大学地球惑星科学部准教授のニック・ティムズは「地球の大気や水、生物相などからすぐ汚染される可能性のある自然の隕石 (いんせき) 落下とは異なり、この岩石には汚染がない」と指摘する。「太陽系が塵 (ちり) とガスにすぎなかった時代に起きたことや、それらを寄せ集めて惑星を形成し、地球上の生命の構成要素を生み出したプロセスについて、非常に多くを語るようになるに違いない」と、ティムズは話している。



ヘリコプター輸送のため吊り下げネットまで運ばれる NASA の OSIRIS-REx ミッションの小惑

星サンプルリターン容器。2023年9月24日、米国防総省のユタ試験訓練場の砂漠に着地した直後に撮影  
(NASA/Keegan Barber)

[次ページ > 数十年にわたり新たな知見を提供へ](#)

## ベンヌの秘密を解き明かす

直径約500mのベンヌは、これよりずっと大型の小惑星が破壊された際に放出された大小さまざまな破片でできているラブルパイル（破碎集積）小惑星だ。科学者チームは今回のサンプルによって、ベンヌの過去の衝突に関する情報を探り出したり、化学組成を明らかにしたりすることができるはずだ。最初の分析結果は2024年の前半に発表される見通し。英ウォリック大学物理学部の博士研究員キム・ミンジェは電子メールで、ベンヌについて、「炭素に富む小惑星に分類され、40億年近く前の太陽系初期の時代までさかのぼる有機化合物を含んでいると考えられる」と説明した。「このような知見が得られるのは、ベンヌを含む少数の小惑星に限られるため、地球の生命の起源に関する手掛かりを得るために極めて重要な天体となっている」

今回のサンプルは少量ではあるが、この種のミッションで得られたものとしては過去最大量だ。

カーティン大宇宙科学技術センター所長で、同大のジョン・カーティン特別教授のフィル・ブランドは「この試料は、何十年にもわたって分析され、宇宙の起源に関する一連の新事実を明らかにしてくれる可能性がある」と述べている。「50年以上前にアポロ計画の宇宙飛行士が持ち帰ったサンプルから私たちが今もさまざまなことを学んでいるのと全く同じように、今後数十年にわたってベンヌの秘密を解き明かしていくことができるだろう」[NASA](#)によると、1969年～1972年に実施された6回のアポロミッションで、地球に持ち帰られた月面の岩石、コア試料、小石、砂や塵は382kgに上る。[\(forbes.com 原文\)](#)

<https://www.cnn.co.jp/fringe/35209505.html>

## クイーンのブライアン・メイ、宇宙物理学者としてNASAの小惑星試料採取に尽力

2023.09.26 Tue posted at 11:38 JST



クイーンのギタリスト、ブライアン・メイさんが宇宙物理学者として小惑星

「ベンヌ」の試料回収に尽力していたことがわかった/JMEnternational/Getty Images

(CNN) 英ロックバンド、クイーンのギタリストとして知られるブライアン・メイさん（76）が、米航空宇宙局（NASA）による小惑星「ベンヌ」の試料回収に尽力していたことを明らかにした。

宇宙物理学者でもあるメイさんは、ベンヌの試料を採集したチームの一員だったことを誇りに思うと話している。メイさんはNASAテレビで24日に放送された番組の中で、「こんにちは、NASAの皆さん、宇宙ファン、小惑星ファンの皆さん。クイーンのブライアン・メイです。と思われているでしょうが、同時に『オシリス・レックス』の一員であることを大変誇りに思います」と語った。

7年前に打ち上げられたNASAの探査機オシリス・レックスは、24日に地球に接近して、ベンヌで採取した試料の入ったカプセルを地球に投下した。メイさんはこのミッションで重要な役割を果たし、探査機のデータから立体画像を作成した。ダンテ・ローレッタさん率いる同チームはこのおかげで、探査機を安全に着陸させて試料を採取できる場所を特定することができた。番組では記念すべき時に一緒にいられなかったことをわび、「自分はクイーンのツアーのリハーサル中だったけれど、心はこの貴重な試料を回収する皆さんと一緒にいました」と説明。「試料の帰還おめでとう。このミッションのために信じられないほど懸命に取り組んできた皆さんに、中でも親愛なる友人のダンテにお祝いを」と祝意を伝えた。



## IHI が食品 3D プリンタの開発に挑戦、将来は宇宙ステーションでの調理も惣菜・

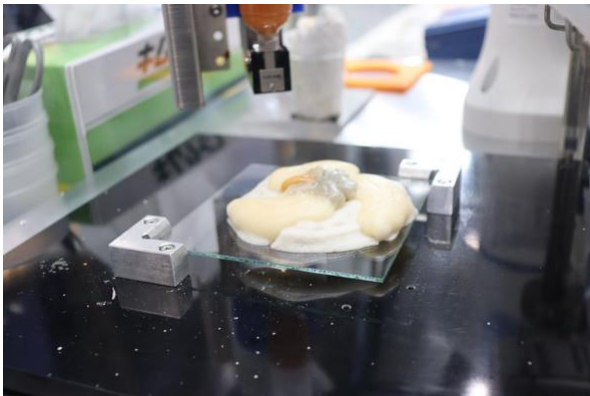
### デリカ JAPAN

IHI エアロスペースは「惣菜・デリカ JAPAN」において、協働ロボットを活用した食品 3D プリンタの技術紹介を初めて行った。将来的には宇宙ステーションでの調理器具としての利用を目指す。

2023 年 09 月 21 日 08 時 30 分 公開

[[長沢正博](#), MONOist]

IHI エアロスペースは「惣菜・デリカ JAPAN」（2023 年 9 月 20~22 日、東京ビッグサイト）において、協働ロボットを活用した食品 3D プリンタの技術紹介を初めて行った。将来的には宇宙ステーションでの調理器具としての利用も目指す。



造形中の煮物和風ジュレ [クリックで拡大]

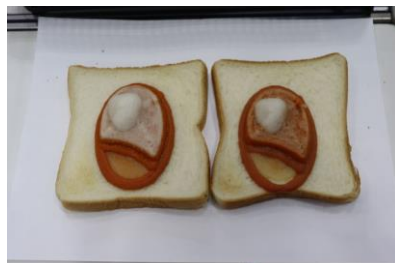
煮物和風ジュレのフードインク（左）と、完成品（右） [クリックで拡大]

会場のデモンストレーションでは Dobot の協働ロボットのハンド部分に、ノードソンのジェットディスペンサーを付けて、煮物和風ジュレやフルーツの盛り合わせなど 4 種類、100mm 角ほどのサンプルを 10 分ほどで造形した。約 70cc のシリンジには 4 種類のフードインク（食材）が層となって入っており、下から順番に吐出していくことで、さまざまなフードインクを使った造形が可能になっている。協働ロボットは、ディスペンサーの先端にフードインクが固まらないよう逐次拭く動作に加え、フードインクの種類が切り替わるタイミングでそれまでに造形した食品を固めるためにヒーターを動かして加熱も行っている。

会場で行った食品 3D プリンタのデモンストレーション。途中、ディスペンサーの先端を拭いたり、ヒーターを当てて加熱する動作も披露している [クリックで再生]

食材の開発には、十文字学園女子大学が協力した。食材は元となる食材のパウダーに、増粘多糖類やゲル化剤、水を混ぜ合わせた。各食材の硬さや付着性をそろえることで、同じシリンジに異なる食材を入れても混ざらないようになっている。今回は、いちごやブルーベリー、レモン、生クリーム、こんにゃく、里芋、人参など 16 種類用意した。IHI エアロスペースでは食品 3D プリンタの開発を 3 年ほど前に開始したという。同社では航空機エンジン部品の製造工程において、ロボットの先端にディスペンサーを付けた塗装を行っており、そのノウハウを活用した形だ。ディスペンサーの能力にはまだ余裕があり、ロボットのスペックによってはより高速に造形することもできるという。現在の装置の構想モデルは、装置寸法が幅 560×奥行 560×高さ 950mm で、調理可能食品サイズは幅 120×奥行 120×高さ 50mm。機内ではパラレルリンクロボットが 500ml のカードリッジを使って 10 分ほどで調理する予定だ。今後は食材の食感や味の向上にも取り組む。

同社では宇宙用ロケットや宇宙ステーション関連製品も開発しており、将来的には宇宙での調理も目指す。



食品 3D プリンタの特徴や今後の構想モデル [クリックで拡大] 出所 : IHI エアロスペース  
パンの上に造形してそのまま熱を加えたサンプル [クリックで拡大]  
会場で造形したさまざまなサンプル [クリックで拡大]

<https://www.cnn.co.jp/fringe/35209628.html>

## NASAのルビオ宇宙飛行士が1年ぶり帰還、トラブルで宇宙滞在記録更新

2023.09.28 Thu posted at 10:31 JST

NASAのルビオ宇宙飛行士、米国の宇宙滞在最長記録更新

(CNN) 国際宇宙ステーション (ISS) に1年以上滞在していた米航空宇宙局 (NASA) の宇宙飛行士 フランク・ルビオさんが27日、無事地球に帰還した。ルビオさんは、ロシア人宇宙飛行士セルゲイ・プロコピエフさん、ドミトリー・ペテリンさんと共にロシアの宇宙船「ソユーズMS-23」に搭乗し、現地時間の27日午後5時17分、パラシュートでカザフスタンに降下した。

ルビオさんは当初、ISSに半年間滞在する予定で出発した。しかしISSへの到達に使用した宇宙船でドッキングの際に冷却剤漏れが見つかるトラブルが発生。滞在期間が長引いて米国人宇宙飛行士としては最長の計371日間に及んだ。ISSで丸1年間過ごしたのも、米国人として初めてだった。4人の子どもをもつルビオさんは、CNNの直近のインタビューの中で、もしもISS滞在期間が当初予定の2倍になると最初から分かっていたら、多分断っていただろうと告白。「家族の大切なイベントを欠席しなければならないと分かっていたら、きっと『ありがとう、でも結構です』と言っていただろう」と語っていた。米国人宇宙飛行士の宇宙滞在期間は、NASAのマーク・バンデハイさんが2022年に達成した355日がこれまでの最長だった。宇宙滞在の世界最長記録は、ロシアの宇宙ステーション「ミール」に1994年1月～1995年3月まで437日間滞在したロシアの宇宙飛行士、故ワレリー・ポリャコフさんが保持している。

[https://news.biglobe.ne.jp/international/0928/rec\\_230928\\_1384099007.html](https://news.biglobe.ne.jp/international/0928/rec_230928_1384099007.html)

## 円環アレイ太陽電波イメージング望遠鏡が正式に完成—中国

2023年9月28日(木) 23時30分 [Record China](#)



円環アレイ太陽電波イメージング望遠鏡が27日にプロセステストに合格した。 [写真を拡大](#)

中国科学院によると、円環アレイ太陽電波イメージング望遠鏡が27日にプロセステストに合格した。同望遠鏡は国家重要科学技術インフラ宇宙環境地上総合モニタリングネットワーク（子午プロジェクト2期）のシンボリックな設備の一つで、中国の太陽物理と宇宙天気の研究に質の高い観測データを提供することになる。新華社が伝えた。四川省稻城県の標高3820mの開けた場所に、直径6mのパラボラアンテナ313基が均等に配置され、直径1kmの大円環を形成しており、遠くから見ると高原に置かれた真珠のネックレスのようだ。これが円環アレイ太陽電波イメージング望遠鏡で、現地の住民から「千眼天珠」と呼ばれている。

円環アレイ太陽電波イメージング望遠鏡プロジェクト責任者で、中国科学院国家宇宙科学センター研究員の閻敬業（イエン・ジンイエ）氏は、「太陽は『くしゃみをし』、地球は『風邪をひく』ことがある。太陽活動によって引き起こされる宇宙環境の短期的な変化は宇宙天気と呼ばれる。宇宙天気の質の高いモニタリングさらには予報は、宇宙や通信などのハイテクシステムの安定運営に対して重要な意義がある」と述べた。

円環アレイ太陽電波イメージング望遠鏡は現在、世界最大規模の総合開口電波望遠鏡で、太陽の各種爆発活動をモニタリングできる上、太陽嵐が惑星間空間に放出されるプロセスをモニタリングでき、太陽爆発のメカニズムと太陽嵐の地球への伝播の法則の理解に役立つ。それにより、太陽活動の地球への影響を予測できる。

プロジェクトチームは建設において、円環アレイ構造と中心測定の全体案を画期的に打ち出すとともに、一連の重要中核技術を確立し、望遠鏡の各種性能が優れているのを保証した。今回のプロセステストにより、円環アレイ太陽電波イメージング望遠鏡は最大視野が太陽の半径の10倍の連続的で安定的な太陽電波イメージングおよび周波数スペクトル観測能力を持ち、各種技術指標が設計要求を満たしているかそれよりも優れていることが分かった。閻氏は「太陽活動の観測の他にも、円環アレイ太陽電波イメージング望遠鏡はさらに『中国天眼』『中国複眼』や三垂非干渉性散乱レーダーなどと共同観測を行い、低周波電波スカイサーベイ、パルサー、高速電波バースト、惑星防御モニタリング・早期警報などの分野で重要な役割を果たす見通した」と述べた。（提供/人民網日本語版・編集/YF）

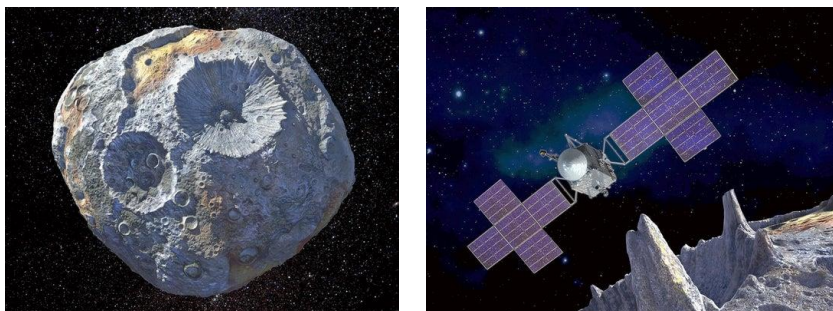
<https://www.yomiuri.co.jp/science/20230926-OYT1T50099/>

## 目指すは埋蔵価値「1000京ドル」の小惑星プシケ、NASAの探査機サイキ打ち上げへ

ち上げへ

2023/09/26 11:16

【ワシントン＝富山優介】米航空宇宙局（NASA）は10月5日、小惑星プシケに向かう探査機サイキを米フロリダ州のケネディ宇宙センターから打ち上げる。プシケは主に鉄やニッケルなどの金属で構成されていると考えられ、こうしたタイプの小惑星に接近して調べるのは世界初だという。



探査機サイキが目指す小惑星プシケのイメージ＝NASAなど提供

小惑星プシケに接近する探査機サイキのイメージ＝NASAなど提供

プシケは、火星と木星の軌道の間にある「小惑星帯」に存在する。楕円形で最大幅約280キロメートルと巨大な小惑星だ。地球や火星のような惑星の中心部分だけが残った状態だとされ、探査によって惑星の構造や形成過程の手がかりが得られると期待されている。



プシケには金も含まれているとみられ、米メディアによると、プシケの価値を金額に換算すると1000京ドル（京は兆の1万倍）になるという。15垓円（垓は京の1万倍）に相当する。

サイキは打ち上げ後、6年かけてプシケに到着。プシケを周回しながら2年2か月の間、表面の観測を行う。研究責任者を務める米アリゾナ州立大のリンディ・エルキンス教授（惑星科学）は「プシケを持ち帰れないので、我々が金持ちになるわけではないが、惑星と小惑星について多くのことを学べるはずだ」と話す。プシケはギリシャ神話に登場する女神の名前で、サイキはプシケの英語での読み方。

<https://sorae.info/space/20230928-chandrayaan-3.html>

## 長い夜が明けて着陸機と探査車は応答せず インド月探査「チャンドラヤーン3号」続報

2023-09-28 [sorae 編集部](#)

インド宇宙研究機関（ISRO）は現地時間9月22日、月探査ミッション「チャンドラヤーン3号（Chandrayaan-3）」のランダー（着陸機）とローバー（探査車）について、着陸地点の夜が明けた後に通信が確立できていないことを明らかにしました。【2023年9月27日11時】



Major Specifications of Lander		Major Specifications of Rover	
Mission life	: 1 Lunar day (14 Earth days)	Mission Life	: 1 Lunar day
Mass	: 1749.86 kg including Rover	Mass	: 26 kg
Power	: 738 W (Winter solstice)	Power	: 50 W
Payloads	: 3	Payloads	: 2
Dimensions (mm <sup>3</sup> )	: 2000 x 2000 x 1166	Dimensions (mm <sup>3</sup> )	: 917 x 750 x 397
Communication	: ISDN, Ch-2 Orbiter, Rover	Communication	: Lander
Landing site	: 69.367621 S, 32.348126 E		

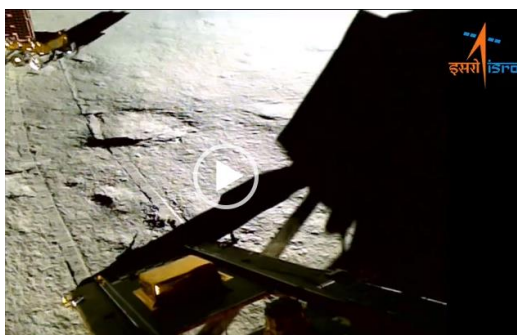
ISRO プレスリリースより

【▲ チャンドラヤーン3号のローバー「Pragyan」に搭載されているカメラで2023年8月30日に撮影されたランダー「Vikram」（Credit: ISRO）】

【▲ チャンドラヤーン3号のランダー（着陸機）とローバー（探査車）（Credit: ISRO）】

チャンドラヤーン3号はISROによる3回目の月探査ミッションです。探査機は月面に着陸するランダー「Vikram（ビクラム、ヴィクラム）」、ランダーに搭載されているローバー（探査車）「Pragyan（プラギャン）」、着陸前までの飛行を担う推進モジュールで構成されていて、ランダーには3基、ローバーには2基の観測装置が搭載されています。【[特集](#)】[インドの月探査ミッション「チャンドラヤーン3号」](#)】

2023年7月14日に打ち上げられたチャンドラヤーン3号は2023年8月5日に月周回軌道へ到達し、ランダーは日本時間2023年8月23日21時32分に月の南極点から約600km離れた地点（南緯約69度・東経約32度付近）へ着陸することに成功しました。インドとしては初めて、世界でも4か国目の月面着陸成功で、月の南極付近への着陸は世界初です。着陸から間もなくしてランダーからローバーが降ろされ、月面での探査活動が始まりました。ランダーやローバーに搭載されている観測装置を使って着陸地点の表面下数cmまでの温度や元素組成などが調べられた他に、将来のサンプルリターンや有人ミッションを見越して、ランダーを数十cmだけ再上昇させる“ホップ実験（hop experiment）”も実施されています。



The path retraced by the Chandrayaan-3 Rover on August 27, 2023, as viewed by Navigation Camera onboard Rover.

【▲ チンドラヤーン 3 号のランダーに搭載されていたローバーがランプ（傾斜路）を下りて月面を走行し始めた様子（Credit: ISRO）】

【▲ チンドラヤーン 3 号のローバー（探査車）に搭載されているカメラで 2023 年 8 月 27 日に撮影された月面。ローバーが付けた轍（わだち）が写っている（Credit: ISRO）】

太陽電池から電力を得るチンドラヤーン 3 号の月面でのミッション期間は、月での半日に相当する 14 日間です。ミッションを完了したランダーとローバーは、2023 年 9 月 4 日までにランダーの受信機をオンにしたままでスリープモードに入りました。ISRO によると、ランダーとローバーは着陸地点が夜明けを迎える 2023 年 9 月 22 日頃に目覚める可能性が期待されていましたが、その日を迎えても信号を受信することはできず、通信を再確立するための努力が続けられるということです。

月の表面温度は昼間は約 110°C まで上がりますが、夜間は約マイナス 170°C まで下がります。現地メディアのニューデリー・テレビジョン（NDTV）によると、当初から 14 日間のみ活動する予定だったチンドラヤーン 3 号のランダーとローバーに搭載されているバッテリーは、こうした極端な低温で動作するようには設計されていませんでした。ISRO からは日本時間 2023 年 9 月 27 日午前の時点でもチンドラヤーン 3 号に関する新たな情報は発表されておらず、ランダーとローバーは月の長い夜を越えられなかった可能性が考えられます。なお、月の夜は宇宙飛行士の長期的な滞在が想定される将来の月面基地建設でも課題の一つとなっていて、電力や熱源を確保するためにレゴリス（月の土壌）を蓄熱材として利用するアイデアが提案されている他に、“1 日”を通して温度が安定しているとみられる月の縦孔内部に注目した研究成果も発表されています。

関連

- ・ [できるだけ現地調達。持続的な有人探査を支えるために月面の「レゴリス」を活用](#)（2019 年 7 月 20 日）
- ・ [摂氏約 17 度。月の縦孔内部の日陰は比較的快適な温度が保たれている？](#)（2022 年 7 月 31 日）

Source Image Credit: ISRO [ISRO](#) - Chandrayaan-3 [ISRO](#) (X, fka Twitter)

[NDTV](#) - Explained: What Happens If Chandrayaan-3 Rover, Lander Don't Wake Up 文/sorae 編集部

<https://sorae.info/astromy/20230929-shackleton.html>

## 月の氷の埋蔵量は従来の予想よりも少ない可能性 将来の月面探査にも影響？

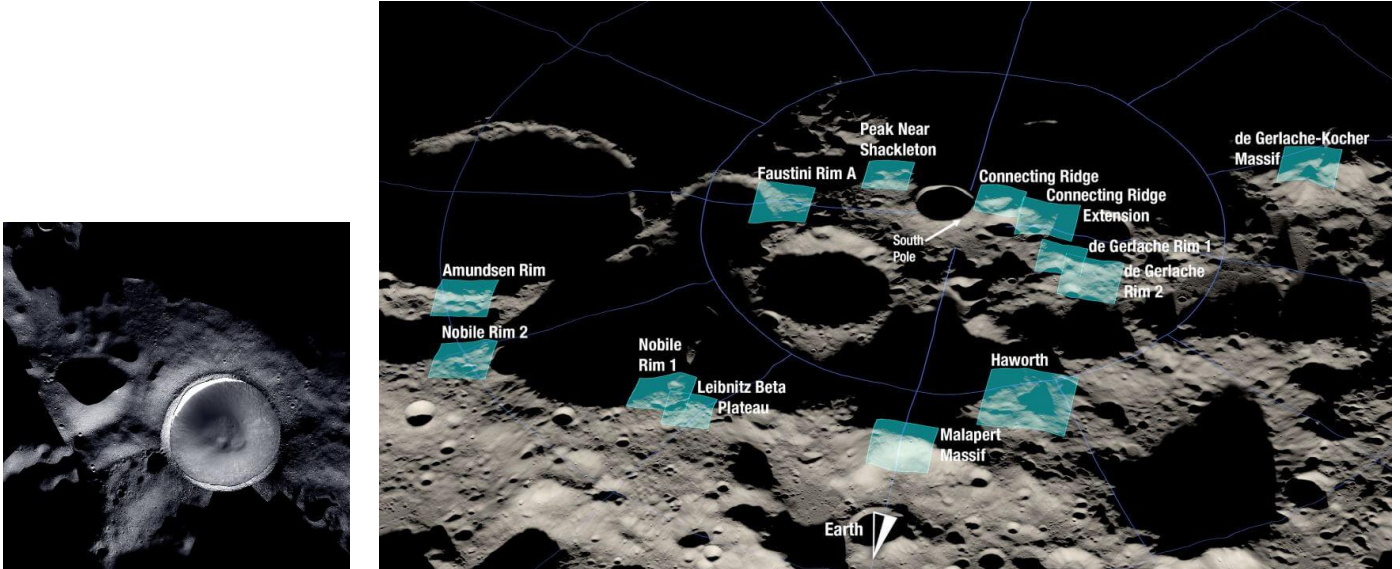
2023-09-29 [sorae 編集部](#)

こちらは月の南極にあるシャクルトン・クレーター（Shackleton、直径約 21km）とその周辺の様子です。アメリカ航空宇宙局（NASA）の月周回衛星「ルナー・リコネサンス・オービター（LRO）」に搭載されている光学観測装置「LROC」で取得した月面の画像と、韓国航空宇宙研究院（KARI）の月探査機「タヌリ（KPLO）」に搭載されている NASA の観測装置「ShadowCam」で取得したシャクルトン・クレーター内部の画像を組み合わせ作成されています。

NASA によると、ShadowCam の光感度は LROC と比べて 200 倍も高く、シャクルトン・クレーター内部のように永久影（太陽光が届かない範囲）が生じている月面の暗い領域の詳細な地形を捉えるのに適しています。



一方、太陽光に照らされる領域は ShadowCam で捉えるには眩しすぎるため、LROC で取得した画像と組み合わせることで、明暗双方の地形の特徴を包括した地図画像を作成できるのだといいます。



【▲ 月の南極にあるシャクルトン・クレーターとその周辺。アメリカ航空宇宙局（NASA）の月周回衛星「ルナー・リコネサンス・オービター（LRO）」に搭載されている光学観測装置「LROC」で取得した月面の画像と、韓国航空宇宙研究院（KARI）の月探査機「タヌリ（KPLO）」に搭載されている NASA の観測装置「ShadowCam」で取得したシャクルトン・クレーター内部の画像を組み合わせで作成（Credit: Mosaic created by LROC (Lunar Reconnaissance Orbiter) and ShadowCam teams with images provided by NASA/KARI/ASU) 】【

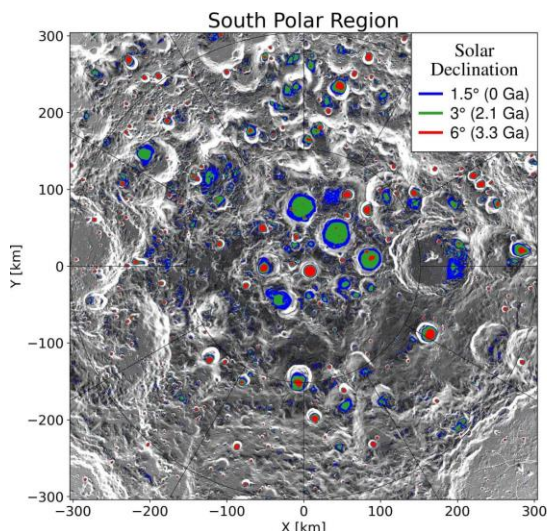
【▲ アルテミス 3 ミッションにおける 13 か所の着陸候補地（水色）を示した図（Credit: NASA) 】【  
これまでの観測結果や研究成果をもとに、月の極域のクレーター内に生じた永久影には水の氷が埋蔵されているとみられています。月面の水は月に衝突した小惑星や彗星によって運ばれたり、火山活動によって月の内部から放出されたりした他に、主に陽子（水素の原子核、水素イオン）からなる太陽風が月面に吹き付けられることで継続的に生成されているとも考えられています。

水は人間の生存に欠かせないだけでなく、電気分解すれば呼吸用の酸素やロケットエンジン用の推進剤も供給できることから、月の永久影に埋蔵されているとみられる水の氷は注目されています。NASA の月面探査計画「アルテミス（Artemis）」で最初に有人月面探査が行われる「アルテミス 3」ミッション（2025 年実施予定）でも、着陸地点の候補地はシャクルトン・クレーター付近に集中しています。将来の有人月面探査ミッションや恒久的な月面基地では月で採掘した水が使われることになるかもしれませんが、月の永久影に埋蔵されている水の氷の量は多く見積もられすぎている可能性もあるようです。米国惑星科学研究所（PSI）の Norbert Schoerghofer さんとサウスウエスト研究所（SwRI）の Raluca Rufu さんは、月の自転軸の傾きと公転軌道の傾斜角がどのように変化してきたのかをシミュレーションで分析した結果、永久影の大半は今から 22 億年以内に生じており、どんなに古くても 34 億年以内だとする研究成果を発表しました。月ではその歴史の初期に彗星の衝突や火山活動などが活発に起きていたものの、永久影が 34 億年前以降に生じ始めたのだとすれば古い時代にもたらされた水は揮発してしまい、永久影には残っていないことになるといいます。Schoerghofer さんと Rufu さんの研究成果をまとめた論文は Science Advances に掲載されています。

たとえば、NASA は 2009 年の LRO 打ち上げに相乗りする形で、月の南極近くにあるカベウス・クレーター（Cabeus、直径約 100km）に重量約 2 トンの物体（LRO の打ち上げに使われたロケットの一部、セントール上段）を衝突させ、舞い上がった物質を観測する実験「エルクロス（LCROSS）」を実施しました。この時に得られたデータは月に水が存在することを示す証拠となりましたが、Schoerghofer さんらの分析によればカベ



ウス・クレーターに永久影が生じ始めたのは今から約9億年前であり、エルクロスで検出された水は月の歴史全体からすれば比較的最近蓄積されたものだったことになります。



【▲ 今回の分析結果をもとに月の南極域における永久影の年齢を示した図（現在の地形で計算）。赤は33億年前、緑は21億年前、青は最近になってから永久影が生じ始めたと推定されている（Credit: Courtesy of Schörghofer/Rufu）】

Schoerghoferさんは「永久影の平均年齢は最大でも約18億年です。月に古代の水の氷は埋蔵されていません」「永久影の年齢は月の極地に埋蔵される可能性がある水の氷の量を左右します。月で水を探す今後の有人または無人の探査ミッションを計画する上で、永久影における水の氷の量に関する情報は特に重要です」とコメントしています。2024年には表面下の物質を採取するためのドリルを搭載したNASAの無人月探査車「バイパー（VIPER）」が打ち上げられて永久影を探査することになっており、月に埋蔵されている水の氷に関する今後の探査結果が注目されます。

Source

Image Credit: Mosaic created by LROC (Lunar Reconnaissance Orbiter) and ShadowCam teams with images provided by NASA/KARI/ASU, Courtesy of Schörghofer/Rufu

[NASA](#) - NASA Moon Camera Mosaic Sheds Light on Lunar South Pole

[PSI](#) - The Young Age of Lunar Permanently Shadowed Areas

[SwRI](#) - New findings suggest Moon may have less water than previously thought

[Schoerghofer and Rufu](#) - Past extent of lunar permanently shadowed areas (Science Advances)

文/sorae編集部

<https://forbesjapan.com/articles/detail/66333>

2023.09.29

## AI活用で火星の生命存在を「精度90%」で判別可能に



[Jamie Carter | Contributor](#)



NASAの火星探査車パーシビアランスが2021年9月10日、試料を採取した「ロケット」岩の前で撮影したセルフイー（自撮り）画像（NASA/JPL-Caltech/MSSS）

NASAの火星探査車パーシビアランスが、初めての試料採取のための準備で、火星の岩をドリルで掘削した穴。2021年8月6日撮影（NASA/JPL-Caltech）

人工知能（AI）の一種を利用して、過去や現在の生命体の痕跡の有無を調べることに成功したとの研究結果が発表された。生命の兆候を探す助けになるセンサーが、火星探査車に取り付けられる日も近いかもしれない。米国科学アカデミーの機関誌「Proceedings of the National Academy of Sciences」に25日付けで掲載された最新論文では、最新の機械学習技術（アルゴリズムによる問題解決）を用いて、試料が生物起源か非生物起源かを90%の精度で判別する試みについて説明している。今回の研究を共同で主導した、米カーネギー研究所のロバート・ヘイゼンは「この定型的な分析法は、地球外生命探査に大変革をもたらすとともに、地球最古の生命の起源と化学的性質の両方に関する理解を深める可能性がある」と指摘する。「これにより、無人宇宙船、着陸機、探査車の高性能センサーを使って、地球にサンプルを持ち帰る前に、生命の痕跡を探すことが可能になる」この技術が、米航空宇宙局（NASA）の火星探査車に搭載される機器の1つとして、火星表層で利用される日が間もなく来るかもしれない。ヘイゼンは「有機体の火星生物圏に由来する分子が、火星上にあるかどうかを突き止めるためのデータを、すでに手に入れている可能性がある」と述べたが、NASAの規約に合うように分析法を調整する作業が必要になると付け加えた。

### 生命探査への影響

AIは、生物的な性質（植物、動物、細菌）を持つ試料と、非生物的起源（水、土壌、大気）を持つ試料を識別できることを、研究チームは実証した。この最新の分析法は、試料の構成成分を同定し、それらの分子量を測定することで、試料の分子パターン（繰り返し現れる特徴的な構造）内のわずかな差異を検出できる。AIの訓練には、既知の生物および非生物試料134種のデータセットを用いた。

### [次ページ > 生命存在の可能性に光を当てる「贈り物」](#)

これにより、科学者が火星や太古の地球の試料を調査して、それがかつて生物だったかどうかを識別できるようになる日が来るかもしれない。さらにはそれだけでなく、生物由来の化学物質が、非生物的な有機化学物質と深いレベルで異なっていることが明らかになるわけだ。

研究チームの報告によると、下に挙げた項目に由来する試料を90%の精度で同定できたという。

- ・ 生物（現代の貝殻、歯、骨、昆虫、葉、コメ、人毛、細粒岩の中に保存されている細胞）
- ・ 地質学的作用で変化した古代生物の残骸（石炭、石油、琥珀、炭素に富む化石）
- ・ 非生物起源の試料（アミノ酸のような純粋な実験用化学物質など）

「この結果が意味するのは、別の惑星、別の生物圏の生命体を、たとえ地球上で知られている生物とは大きく異なっても見つけられる可能性があることだ」と、ヘイゼンは述べている。「そして、地球以外のどこかで生命の痕跡が実際に見つかった場合、地球の生命と他の惑星の生命は起源が共通なのか異なるのかを見分けることができる」

### 宇宙生物学者への贈り物

豪州の西オーストラリア州で発見された35億年前の黒い堆積岩の起源に関する新たな手がかりが、AIを活用したこの最新技術によって間もなく得られる可能性があるという期待されている。この堆積岩に地球最古級の微生物の化石が含まれているかどうかについては、まだ議論が分かれている。この技術は生物学、古生物学、考古学でも利用されるかもしれない。米ハーバード大学有機体進化生物学部のフィッシャー研究教授（博物学）および名誉研究教授（地球惑星科学）のアンドリュー・ノールは「学ぶべきことはまだまだたくさんあるが、次世代版のこのシステムが火星に送り込まれ、生命の可能性を火星上で評価する一方、地球向けの姉妹システムが地球の生命の古代の遺物に光を当てる日が来るだろう」と述べている。ノールはこの技術を「宇宙生物学者への贈り物」と呼んでいる。（[forbes.com 原文](#)）

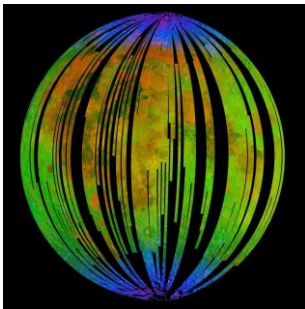
## 地球由来の高エネルギー電子が月面で水を生成？ 太陽風以外の主要な供給源である可能性

2023-09-30 [彩恵りり](#)

大気の無い「月」は非常に乾燥した天体ですが、表面には微量の「水」(※1)が存在することが分かっています、その主な起源は「太陽風」だと考えられています。しかし、太陽風が遮断される地磁気(地球磁気圏)の尾部を通過している時に水の蒸発が観測されていないことは、月面の水に関する大きな謎として残されていました。

※1...今回の研究で言う「水」には、通常の水分子である H<sub>2</sub>O だけでなく水酸化基(OH)も含まれます。

ハワイ大学マノア校の Shuai Li 氏などの研究チームは、ISRO(インド宇宙研究機関)が打ち上げた月探査機「チャンドラヤーン 1 号」の観測データから、太陽風が遮断される地磁気の尾部を通過中でも月面で水が生成されていることを突き止めました。この観測結果は、月面の水の主要な供給源に地球由来の高エネルギー電子が加わる可能性があることを意味しています。



【▲図 1: チャンドラヤーン 1 号によって観測された月の表側の物質の分布。青色が濃い場所ほど水が多いことを示しています (Credit: ISRO, NASA, JPL-Caltech, Brown Univ., USGS)】

### ■月面の水は太陽風が作っている

地球唯一の天然衛星である「月」は、地球と異なり大気が存在せず、表面が極度に乾燥した不毛の天体です。しかし、長年の探査の結果、月の表面にはわずかながらも固体の水(氷)が存在することが判明しています。水の氷は両極付近のクレーター内部に生じた永久影(※2)に豊富に存在することが知られていますが、その他の低緯度地域にも存在することがわかっています。その証拠として、太陽光が当たる場所で昇華して宇宙へと逃げた、極めて薄い水蒸気が観測されています。逃げ出すプロセスが働きながらも水が存在するという事は、月の表面では現在進行形で水が生成されていることとなります。

※2...月の自転や公転の角度の関係で、太陽光が半永久的に当たらない場所。

月の表面で水が生成されるプロセスとして、これまで強く支持されてきたのは「太陽風」です。太陽風は太陽表面から放出される荷電粒子(電気を帯びた粒子)の流れであり、主な成分は陽子(水素イオン)です。太陽風は高エネルギーであるため、月面を構成する岩石に衝突すると、鉱物の中に含まれる水酸化基(OH)が分離します。この水酸化基に太陽風の陽子が結合することで、水が生成されます。こうした高エネルギーな荷電粒子による化学反応は、月だけでなく大気が存在しない他の天体でも起こっていると推定されています。

ただし、この生成プロセスには一部に謎がありました。カギとなるのは「地磁気(地球の磁気圏)」の存在です。磁気は太陽風の進路を曲げる性質があるため、天体の磁気圏内部では太陽風が遮断されます。月の磁場は極めて弱いのでほとんど無視できますが、強い磁場である地磁気(地球の磁気圏)の存在は無視することができません。

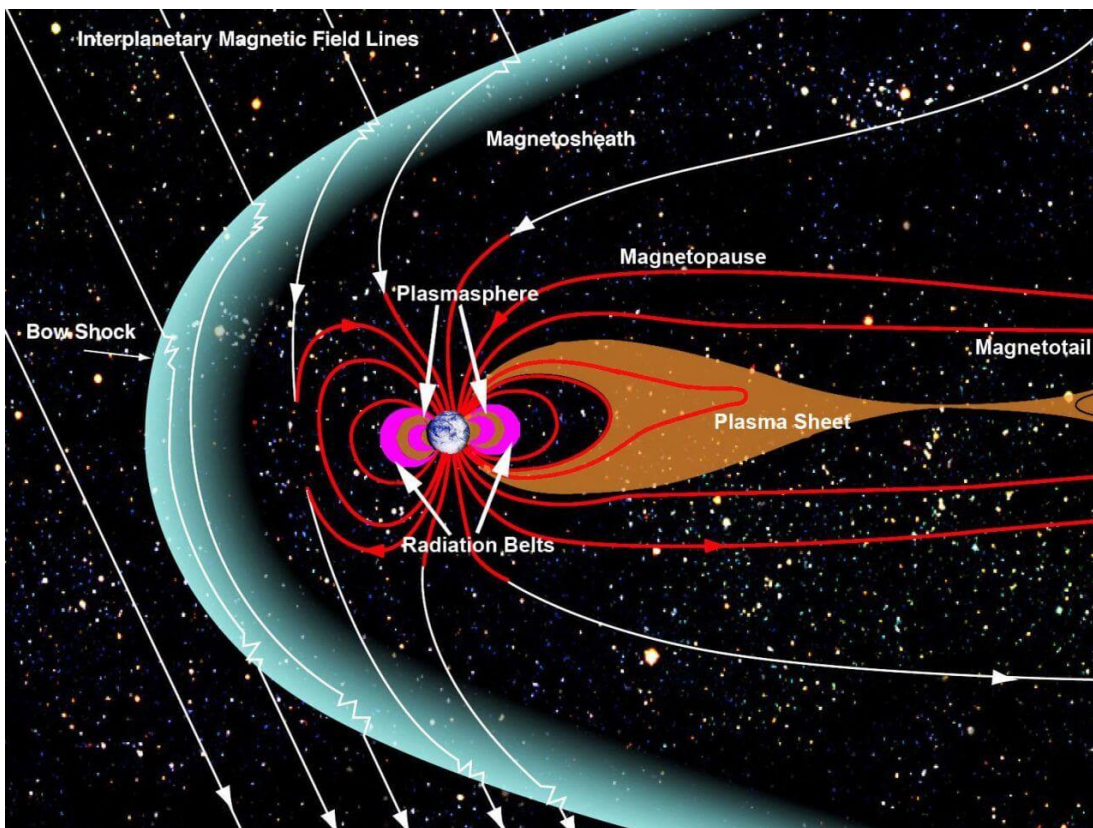
地磁気は太陽風との“押し合い”によって、まるで彗星の尾のように、太陽とは反対側に長く伸びます。月は地球の近くを公転しているので、伸びた地磁気の尾部に定期的に入り込むこととなります。すると、太陽風が約 99%も遮断される地磁気の中では太陽風による水生成プロセスが停止します。月面の水が太陽風によって生成



されているのであれば、この期間中は水が生成されずに蒸発する一方なので、月面の水の量は時間と共に減少するはずですが。しかし実際の観測では、太陽風が遮断されている時にも月面の水の量はほとんど変化していないことが分かってきています。太陽風が遮断される期間は月の日中の約27%に渡るため、太陽風に代わって水を生成しているのは何者であるのかが長年の謎となっていました。

#### ■地球由来の電子も月面の水を作っている？

Li氏などの研究チームは、太陽風が遮断されている期間に水を供給するプロセスを解明する研究を行いました。Li氏らは以前、月の表側（地球に向いている側）に酸化鉄が予想外に豊富に含まれていることを発見しており、鉄を酸化させている酸素の供給源が地球の上層大気であることを明らかにしています。この研究結果を踏まえると、地球から月へと流れ込む物質が、太陽風が遮断されている期間の水の生成にも関与している可能性は十分にあります。Li氏らは月探査機「チャンドラヤーン1号」の観測データを分析し、月が地磁気圏内を出入りしている時の月面の水の量の変化を調べました。チャンドラヤーン1号には「月面鉱物マッピング装置」と呼ばれるリモートセンシング装置が搭載されていて、月面に存在する水を高い感度で検出することができます。分析の結果、Li氏らは月面の水の量の変化と地磁気の尾部の出入りに関係性があることを発見しました。まず、月が地磁気圏内に入る時と出る時に、月面の水の量は増加していました。地磁気の境界近く（磁気圏シース）では磁気と太陽風の相互作用によって月面に届く高エネルギーの太陽風が増加し、水の生成量が一時的に増加することが期待されるため、この結果は予測通りです。



【▲図2: 地磁気構造。今回の研究により、地磁気によって形成されたプラズマシート (Plasma Sheet) に含まれる高エネルギーの電子が月面の水の供給源である可能性が示されました (Credit: NASA, Aaron Kaase)】  
しかし驚くべきことに、地磁気圏内にいる時にも月面の水の量はほとんど変化していないことが確かめられました。このことは、地磁気圏内でも太陽風に匹敵する水生成プロセスが働いていることを示しています。Li氏らは、地球を取り巻くプラズマシートに含まれる高エネルギーの電子が、太陽風の陽子と同様に鉱物を分解して水を生成する役割を果たしているのではないかと推定しています。プラズマシートは地磁気によって閉じ込められた荷電粒子で構成されており、その中には高エネルギーの電子が豊富に含まれています。これが正しい場合、地磁気とプラズマシートの新たな役割が解明されたこととなります。

## ■有人月探査ミッションにとっても重要な研究

今回の研究によって、地球由来の電子が月面で水の生成に関わっているという、これまで知られていなかった地球と月の新たな相互作用が発見された可能性があります。月面の水は将来の有人月探査ミッションで貴重な水の供給源となる可能性があり、その生成過程の詳細を知ることは効率的な水の取り出し方を考える上で重要です。

関連: [“レンジでチン” すれば取り出せる? 月の砂から効率良く水を得られることが判明](#) (2023年5月27日)  
Li氏はこの仮説が正しいかどうかを確かめるために、新たな月探査機による観測を提案しています。地磁気の出入りとプラズマや水の量をより詳細に確かめることで、月面の水生成プロセスがさらに詳しく理解されることでしょう。

Source

[S. Li, et al.](#) “Formation of lunar surface water associated with high-energy electrons in Earth’s magnetotail”. (Nature Astronomy)

[“Earth’s electrons may be forming water on the Moon”](#). (University of Hawai’i at Mānoa)

[Shuai Li, et al.](#) “Widespread hematite at high latitudes of the Moon”. (Science Advances)

[Marcie Grabowski.](#) “Has Earth’s oxygen rusted the Moon for billions of years?”. (University of Hawai’i at Mānoa)

文／彩恵りり

<https://www.bbc.com/japanese/66944157>

## 反物質も重力で「落下」する 国際研究チームが発見 2023年9月28日

パラブ・ゴーシュ、科学担当編集委員



画像提供, SAKKMESTERKE/SCIENCE PHOTO LIBRARY

画像提供, BBC NEWS 画像説明, 反物質を最低温度である絶対零度に近い摂氏マイナス 270 度に保つため、液体ヘリウムをシステムに加える技師たち

宇宙が始まったときに豊富に存在した謎の物質「反物質」が、物質と同じように重力に反応することが、国際研究チームによる最新研究で明らかになった。反物質は、惑星などを形成する物質とは反対の性質を持つ。

宇宙の始まりであるビッグバンでは、物質と反物質は同じ量が生成された。物質はあるゆところに存在する一方、反物質は現在では見つけるのが難しい。物理学者らは長年、宇宙がどのように発生したかを説明するため、物質と反物質の相違点と類似点を発見しようと躍起になってきた。もし反物質が重力への反応として、落下ではなく上昇するとなれば、我々が物理学について知っていることは吹き飛んでしまっていただろう。しかし、科学誌「ネイチャー」に掲載された今回の研究で初めて、反物質の原子が沈むことが明らかになった。これは科学的な行き詰まりどころか、新たな実験や理論への扉を開くことになる。たとえば、反物質は同じ速度で落下するのだろうか？ビッグバンの際、物質と反物質は結合して相殺され、光だけが残るはずだった。なぜそうならなかったのかは物理学の大きな謎の一つであり、両者の違いを明らかにすることが解決の鍵だ。

物質はどういうわけか、この宇宙創造の初期段階に反物質を抑えた。今回の研究のメンバーの一人、スイスの欧州原子核研究機構（CERN）所属のダニエル・ホッジキンソン博士は、反物質の重力への反応が鍵を握ってい



るかもしれないと指摘した。「我々は、どのように宇宙が物質にあふれる形になったかを知らない。これが実験の動機となった」と、ホッジキンソン博士は述べた。ほとんどの反物質は宇宙ではほんの一瞬、数秒しか存在しない。そのため、実験では反物質を安定して長持ちする形にする必要があった。

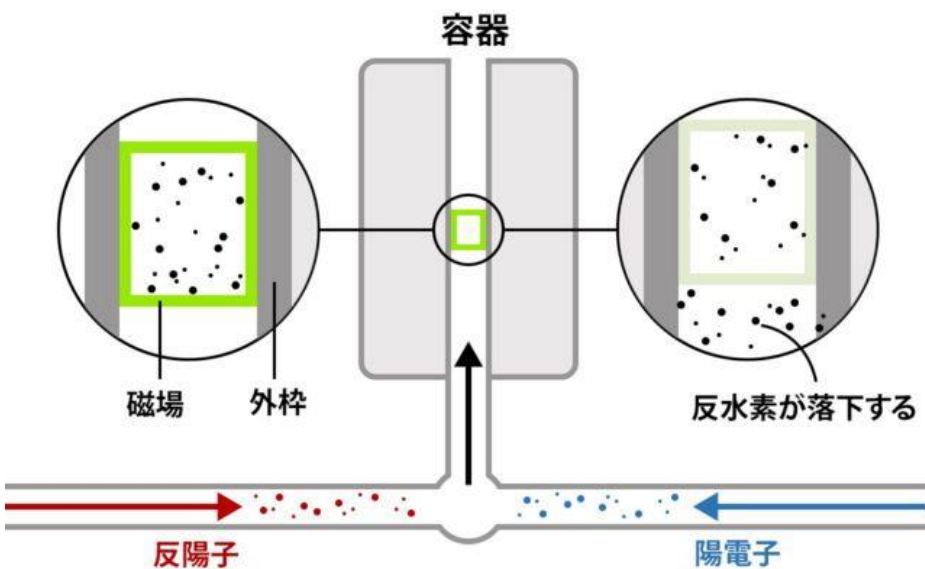
ジェフリー・ハングスト教授は30年をかけ、亜原子粒子から何千もの反物質の原子を丹念に作り、それを閉じ込めてから投下する施設を築いた。「反物質は考える限り最もクールで謎に満ちた物質だ」と、ハングスト教授は語った。「現在分かっている限りでは、私たちの宇宙と同じような、反物質だけでできた宇宙を作ることができる」「まさに感動的なことだ。この物質が何であり、どのように振る舞うかについて、最も基本的な未解決の疑問の一つだ」

### 反物質とは？

まずは物質の説明から始めよう。この世界のあらゆるものは、原子と呼ばれる小さな粒子でできている。最も簡単な形の原子は水素だ。太陽の大部分は水素でできている。水素原子では、プラスの電気を帯びた陽子が真ん中にあり、その周りをマイナスの電気を帯びた電子が回っている。反物質では、これが逆になる。CERNでの実験では、水素の反物質である「反水素」が使われた。マイナスの電気を帯びた反陽子が真ん中にあり、その周りをプラスの電気を帯びた陽電子が回っているものだ。

反陽子は、CERNの加速器で物質を衝突させて作られた。その後、光に近い速さでパイプを通り、反物質の研究室に送られる。だがこの時点では、速すぎて研究者には扱えない。研究の第一段階は、反陽子を遅くすることだ。反陽子を円環に送ってエネルギーを消費させると、制御しやすい速さになる。その後、反陽子と陽電子は巨大な磁石の中に入れられ、何千もの反水素を形成するように混ぜられる。この磁石は磁場を作って反水素を閉じ込める。反物質は我々の世界と接触できないため、容器の壁に当たると壊れてしまうからだ。この磁場を弱めると、反水素が解放される。その際、反水素が落下するのかが上昇するのかがセンサーで検知した。

- 1. 反陽子と陽電子が結合されて反水素ができる  
反水素は磁場に閉じ込められる
- 2. 磁場が弱められて粒子を解放すると、反水素は下方向に落下する



出典: 欧州原子核研究機構 (CERN)

BBC

一部の理論家は、反物質が上方に落下する可能性を予測していた。しかしほとんどの理論家、特に100年以上前のアルバート・アインシュタイン氏の『一般相対性理論』では、反物質は物質と同じように振る舞い、下方に落下するはずだと述べていた。

CERNの研究者たちは今回、アインシュタイン氏が正しかったことを、前例がないほどの確かさで確認した。しかし、反物質が上に落ちないからといって、物質とまったく同じ速度で下に落ちるわけではない。



研究の次の段階では、実験の精度を上げることで反物質の落下速度にわずかな違いがあるかどうかを見極めるという。もし落下速度が変わるなら、宇宙がどのようにして誕生したのかという最大の疑問の一つに答えられるかもしれない。（英語記事 [Scientists closer to solving mystery of antimatter](#)）

<https://natgeo.nikkeibp.co.jp/atcl/news/23/092700499/>

## 宇宙が膨張する速さ、新たな観測で謎深まる、理論に誤りか？

天文学者は何かを見逃しているのか、新たな測定方法による進展に期待も 2023.09.30



ハッブル宇宙望遠鏡によって撮影された渦巻銀河「NGC 4258」。その横幅は3万光年であり、地球から2300万光年の距離に位置している。その中に含まれる星の新たな測定結果は、宇宙の膨張速度が予想よりも速いことを示唆している。（PHOTOGRAPH BY ROBERT GENDLER, SCIENCE PHOTO LIBRARY）

[画像のクリックで拡大表示]

米航空宇宙局（NASA）のジェームズ・ウェッブ宇宙望遠鏡（JWST）から得られた新しいデータにより、宇宙がどの程度の速さで膨張しているかにまつわる謎が深まっている。今回の発見は、宇宙の膨張速度についての真相を解明するには、未知の物理学が必要となる可能性を示唆している。[論文](#)は査読前論文を投稿するサーバー「arXiv」で2023年7月28日に公開された。

約138億年前に誕生して以来、宇宙はあらゆる方向へ膨張を続けている。「ハッブル定数」と呼ばれる、現在の宇宙の膨張速度を分析することにより、研究者らは宇宙の年齢を推定できる。また、宇宙が永遠に膨張を続けるのか、自ら崩壊するのか、それとも裂けてしまうのかなど、その行く末を詳しく予測することができず。ハッブル定数を測定するうえで研究者が用いる戦略は主に2つある。ひとつは、超新星やケフェイド変光星（セファイド変光星）など、科学者がその性質をよく知っていて地球から比較的近い天体を利用し、それらがどの程度の速さでわれわれから遠ざかっているかを推定するというやり方だ。

もうひとつは、ビッグバンの名残である「宇宙マイクロ波背景放射（CMB）」を調べて、宇宙が初期以来どれだけの速さで膨張してきたのかを推定する方法だ。（参考記事：[「宇宙の始まりの光を求めて」](#)）

意外なことに、過去10年の間に、これらふたつの方法からは相反する結果が導かれている。欧州宇宙機関（ESA）のプランク宇宙望遠鏡による宇宙マイクロ波背景放射の観測結果は、宇宙は67.4キロメートル毎秒毎メガパーセク（1メガパーセクは約326万光年）で膨張していることを示唆している。それに対して、ハッブル宇宙望遠鏡を用いて近くの超新星やケフェイド変光星から得られたデータは、それよりも速い約73キロメートル毎秒毎メガパーセクという速度を示している。「ハッブル対立」と呼ばれるこの問題の解決は、宇宙の進化とその運命の解明につながる。考えられる対立の原因のひとつは、ハッブル定数を算出する方法が単純に間違っているというものだ。（参考記事：[「宇宙の膨張速度に新たな推定値、宇宙論モデルより8%速く」](#)）「この食い違いは単なる測定誤差で、すぐに消えてなくなるのではないかという希望的観測もありました」と、今回の論文の著者である米宇宙望遠鏡科学研究所（STScI）の天体物理学者アダム・リース氏は言う。氏は宇宙の膨張が加速しているという発見に貢献したことにより2011年にノーベル物理学賞を受賞した。今回の新たな

研究においてリース氏は、高い解像度を誇るウェッブ望遠鏡を用いて、地球から約 2300 万光年離れた「NGC 4258」と、約 7200 万光年離れた「NGC 5584」という 2 つの銀河にある 320 個以上のケフェイド変光星を分析した。（参考記事：[「紫のけむり、NGC 4258」](#)） これにより判明したのは、ウェッブ望遠鏡がハッブル宇宙望遠鏡に比べて、およそ 3 倍の精度向上を示したということだ。「20%程度の向上でも十分だと思っていましたから、3 倍というのはほんとうにすばらしい数字です」とリース氏は言う。しかし、新しい観測結果にもとづくハッブル定数の推定値は、ハッブル宇宙望遠鏡の観測結果にもとづくものとほぼ一致していた。

「以前の推定値が、ウェッブ望遠鏡による試験にパスしたわけです」と、米国立光学赤外線天文学研究所の天文学者ジョン・ブレイクスリー氏は言う。氏は今回の研究には関わっていない。「どこかの時点でこれは測定誤差ではないと認めなければなりません。そしてもし誤差でないのであれば、それは宇宙について非常に興味深いことを示しています」とリース氏は言う。「謎は深まるばかりですが、これはいい謎と言えるでしょう」

[次ページ：まだ知られざる宇宙の仕組みがある？](#)

### まだ知られざる宇宙の仕組みがある？

こうした新たな発見は、ハッブル対立の原因が、測定の不正確さよりさらに根本的なものである可能性を示唆している。もしどちらの数値も正しいのであれば、天文学者は、宇宙がどのように成長してきたかについて、何かを見逃していることになる。近くの超新星やケフェイド変光星から得られたデータは、宇宙マイクロ波背景放射の観測から導かれる若かった頃の宇宙の状態に基づいた予想と比べて、膨張がより加速していることを示している。これだけの加速は、研究者がダークエネルギーを用いて説明できる範囲を超えている。ダークエネルギーとは、宇宙の加速膨張を引き起こしていると考えられている理論上の存在だ。（参考記事：[「ダークエネルギーは一般相対性理論を書き換えるか」](#)）

「観測結果と最も有力な宇宙モデルの間には、明らかな齟齬があります」とフランス、パリ天文台のピエール・ケルベラ氏は言う。氏は今回の研究には関わっていない。「今や問題は観測ではなく、宇宙モデルにある可能性が高くなりつつあります。観測はかなり確かなものだからです」

考えられる説明のひとつは、「われわれが使っている重力理論、つまり一般相対性理論に問題がある」というものだ。ケルベラ氏は言う。宇宙マイクロ波背景放射から導かれるハッブル定数は、一般相対性理論に基づくモデルに依存していると氏は説明する。もうひとつの可能性として、以前は予想されていなかった形のダークエネルギーが、初期宇宙に存在していたことも考えられるとリース氏は言う。あるいは、宇宙が非常に若くコンパクトだった時代から古く大きくなった時代にかけて、時間の経過とともにダークエネルギーの性質が変化したのかもしれない。「仮説は山ほどあり、それぞれに長所と短所があります」とリース氏は言う。「現時点では、シンデレラが履いた靴のようにピタリと理屈に合うものは存在しません」

### 新たな測定方法も登場

科学者らは最近、ハッブル定数を測定するもうひとつ別の手法を開発した。それは重力波、つまり物体が加速するときに時空に生じる波紋を使った方法だ。

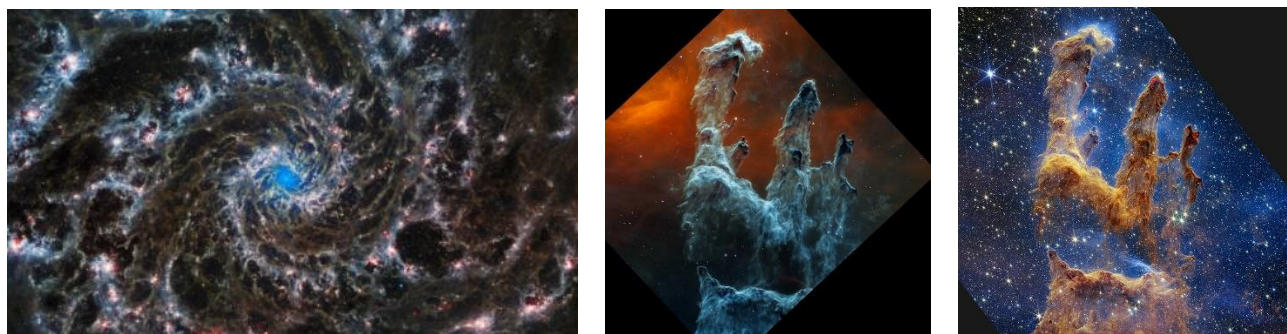
2017 年、科学者らは、中性子星同士の衝突から生じる重力波を検出した。こうした波紋は理論上、地球からその衝突までの距離を特定するために利用できる。また衝突で生じる光からは、その波紋が地球に向かってくる相対的な速度が明らかになる。これらのデータを使えば、ハッブル定数を算出できる。（参考記事：[「中性子星合体の重力波を初観測、貴金属を大量放出」](#)）

2017 年に学術誌「Nature」に発表された、この中性子星同士の衝突から生じる重力波を用いた予備的な[研究結果](#)は、ハッブル定数が約 70 キロメートル毎秒毎メガパーセクであることを示唆している。ほかの 2 つの方法のちょうど中間に位置する数値だ。2019 年に学術誌「Physical Review Letters」に掲載された[論文](#)によれば、今後 5 年から 10 年の間に検出できる 50 組ほどの中性子星の衝突を分析すれば、十分なデータをもとに、より確実な結果が得られるかもしれない。一方、ジェームズ・ウェッブ宇宙望遠鏡ではその間、さらに 10 以上の



銀河にあるケフェイド変光星までの距離が測定される予定だとブレイクスリー氏は言う。これにより、地球に比較的近い宇宙での測定結果をさらにしっかりと検証できるようになるだろう。

それでも、誰かがこの宇宙のパズルの足りないピースを見つけるまでは、ハッブル対立の謎はこのまま残されることになるだろう。ギャラリー：科学者さえも息をのむ、ジェームズ・ウェッブ宇宙望遠鏡の画像 9 点（画像クリックでギャラリーページへ）



ウェッブ望遠鏡が見た M74 の中心部。M74 は観測が難しく、幻の銀河とも呼ばれる。ウェッブ望遠鏡を使った赤外線観測により、銀河の中心部から外側に広がる壮大な渦巻き状の腕の中に、ガスや塵の繊細なフィラメントがあることがわかる。中心部にはガスがないため、ここにある星団を見ることができる。（IMAGE BY ESA/WEBB, NASA & CSA, J. LEE AND THE PHANGS-JWST TEAM） [\[画像のクリックで別ページへ\]](#)

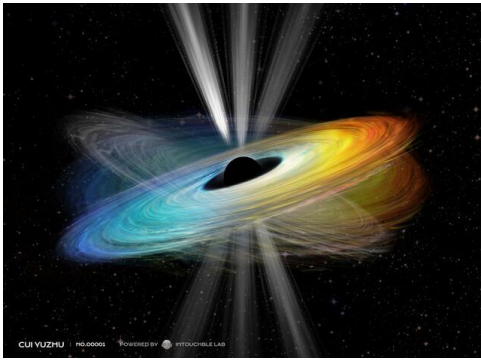


NASA（米航空宇宙局）のジェームズ・ウェッブ宇宙望遠鏡は、地球から 150 万キロメートル離れた宇宙から、塵のベールに隠された天体をのぞき込んでいる。打ち上げから 1 年、運用開始からはわずか半年だが、すでに驚くべき天体をいくつも見せてくれている。「そこには息をのむような光景が広がっています。信じられないような色合いの自然が見えてきます。想像を超えた美しさです」と、NASA の科学主任であるトーマス・ザーブチェン氏は言う。 文=CHARLES Q. CHOI／訳=北村京子

<https://news.yahoo.co.jp/articles/a24f927ef618bb91630389ed86d6ffd87a6d7948>

巨大ブラックホールが自転 噴出ガスが首振り運動、新証拠





[自転するブラックホールのイメージ \(Cui et al. \(2023\)、Intouchable Lab@Openverse、Zhejiang Lab 提供\)](#)

銀河の中心にある巨大[ブラックホール](#)が地球のように自転している新たな証拠を発見したと、国立天文台などの国際チームが27日付の英科学誌ネイチャー電子版に発表した。長期にわたる観測から、中心部から噴き出す「ジェット」と呼ばれるガスの方向が周期的に首振り運動していることが分かったという。銀河の形成や進化の歴史を解明する手がかりとなるとしている。[「反重力」の存在を否定 反物質、物質と同様に落下](#)

ジェットは、銀河の中のガスとぶつかって、星の誕生に影響していると言われている。ジェットが光速に近い速度で噴き出すためのエネルギーは、ブラックホールの自転がもたらしていると考えられている。これまでも自転を示唆する研究はあったが、確かな証拠を得るのが難しかった。チームは日本、中国、韓国などの電波望遠鏡13台を使い、2013~22年に計123回、地球から約5500万光年離れたM87銀河の巨大ブラックホールを観測。米国の望遠鏡が過去に集めた観測データと合わせてジェットの動きを分析すると、噴き出す向きが約11年周期で首振り運動をしているとの結果を得た。