

「宇宙は老化の加速モデル」ISS 滞在終えた古川さん、会見で体調変化語る

2024.05.02

国際宇宙ステーション（ISS）で6カ月半の滞在を終えた古川聡さん（60）が会見し、「民間の宇宙開発や、国際月探査の準備が進んでいると感じた」と振り返った。医師らしく、帰還後は自身の体調変化を X（旧ツイッター）に克明に投稿しており、会見でも「80 歳になったらこうなると想像するくらい体のバランス、首や背骨、股関節の柔軟性が落ちた。宇宙が老化の加速モデルだと実感した」と語った。



会見する古川さん＝米テキサス州（オンライン会見画面から）

日本実験棟「きぼう」で次世代水再生実証システムの水の試料を採取する古川さん＝昨年9月（JAXA、NASA 提供）

古川さんは日本時間3月12日に地上に帰還後、米航空宇宙局（NASA）ジョンソン宇宙センター（テキサス州）で重力に慣れるためのリハビリテーションを継続。会見を4月24日、オンライン中継で行った。

12年ぶり2回目となった今回の飛行では、前回のロシアの宇宙船「ソユーズ」ではなく米スペース X 社の「クルードラゴン」で往復。「（日本実験棟）『きぼう』で企業が参加する実験に関わったことも含め、民間の宇宙開発の進展が印象的」と語った。水再生システムの実証などを通じ、月探査に向けた動きも実感したという。

ISS には筋肉の萎縮や骨量の減少を抑えるための運動機器があり、それらの効果があったと説明。一方、帰還直後の体調について「下を向くと気分が悪くなり、靴下を履けなかった。ボウリングの球ほど重い頭を支えることで、後頸部の筋肉が痛くて疲れてしまった。椅子に座る部分のお尻が痛かった。年を取ったためか、背骨や股関節は、（前回より）今回の方が著明に硬くなったと感じた」などと具体的に挙げた。リハビリを重ね、ほぼ飛行前の体調に戻ったという。無重力で体液が上半身に多く供給されて起こる「体液シフト」による、身体の変化も説明。また宇宙特有の尿意や便意について「地上のように下にたまる感覚がなく、また感じた時は地上より蓄積していることが多い」などと解説した。宇宙航空研究開発機構（JAXA）は2022年11月、宇宙生活を地上で模擬する精神ストレスの研究で捏造（ねつぞう）や改竄（かいざん）などの不正が多数あったことを発表した。これを受け、実施責任者だった古川さんは今回、ISS で実験などの確認作業を強化した。古川さんは「実験や検証の手順書を読み込んで全体像をしっかりと把握し、イメージトレーニングをした。疑問は迷わず管制官に尋ね、ダブルチェックも行った。カメラで（作業の）映像を地上の仲間に見てもらった。チームワークで仕事ができ、コミュニケーションが大切だと感じた」と総括した。古川さんは日本時間昨年8月26日に地球を出発。ISS 滞在中は次世代水再生システムの実証、微小重力での固体材料の燃え方を調べる実験の関連作業、撮影ロボットの実証、細胞が重力を感じる仕組みを探る実験、微小重力で臓器を作ることを目指す実験の関連作業、超小型衛星の放出などを進めた。今回の宇宙飛行は199日。通算では366日となり、若田光一さん（60）の504日に次ぎ日本人2番目の長さとなっている。1964年、神奈川県生まれ。博士（医学）。消化器外科の臨床及び研究への従事を経て、99年に飛行士候補に選ばれた。2011年の初飛行では、ISS に5カ月半滞在。地上では JAXA の宇宙医学生物学研究グループ長を歴任するなど、宇宙医学を推進してきた。油井亀美也（ゆい・きみや）さん（54）、大西卓哉（たくや）さん（48）がそれぞれ、来年にも ISS に長期滞在することが決まっている。油井さんは未発表ながら、米ボーイング社の新型船「スターライナー」本格運用初号機に搭乗するとの期待が高まっている。

<https://sorae.info/ssn/20240503-chang-e-6-launch.html>

中国、月探査機「嫦娥 6 号」打ち上げ 月の裏側から世界初のサンプルリターン目指す

2024-05-03 [sorae 編集部 速報班](#)

中国は日本時間 2024 年 5 月 3 日に、月探査機「嫦娥 6 号 (Chang'e 6)」を搭載した「長征 5 号」ロケットの打ち上げを実施しました。中国国家航天局 (CNSA) は嫦娥 6 号を月遷移軌道へ投入することに成功したと発表しています。

打ち上げに関する情報は以下の通りです。

■打ち上げ情報：長征 5 号 (Chang'e 6)

ロケット：長征 5 号 (Long March 5)

打ち上げ日時：日本時間 2024 年 5 月 3 日 18 時 27 分【成功】

発射場：文昌衛星発射センター (中国)

ペイロード：嫦娥 6 号 (Chang'e 6)

嫦娥 6 号は CNSA による月探査ミッションの無人探査機です。地球からは直接見ることができない月の裏側に着陸し、約 2kg のサンプルを採取して地球へ持ち帰るサンプルリターンを目的としています。

日本時間 2024 年 5 月 3 日 18 時 27 分に海南省の文昌衛星発射センターから長征 5 号ロケットで打ち上げられた嫦娥 6 号は、発射約 37 分後に長征 5 号の 2 段目から分離され、月遷移軌道に投入されました。着陸目標地点は南極エイトケン盆地にあるアポロ・クレーター (Apollo、アポロ盆地とも。直径約 524km) の南部で、ミッション期間は約 53 日間とされています。ミッションが成功すれば、月の裏側からのサンプルリターンは世界初となります。嫦娥 6 号の機体は 2020 年 11 月～12 月にミッションが実施された同国の月探査機「嫦娥 5 号」と同様に、周回機・着陸機・上昇機・帰還機で構成されています。月周回軌道に到着してからは上昇機を乗せた着陸機が周回機から分離して月面へ着陸し、スコップやドリルを使って月の表面と地下からサンプルを採取。サンプルを収めた上昇機は月面を離れて月周回軌道に乗り、待機していた周回機とドッキングします。サンプルは上昇機から帰還機に移し替えられた後に地球へ持ち帰られます。また、嫦娥 6 号にはカメラの他にスウェーデンと欧州宇宙機関 (ESA) の月面負イオン検出器「NILS」、フランスのラドン検出器「DORN」、イタリアのレーザーリトロリフレクター (再帰反射器)「INRRI」、それにパキスタン宇宙技術研究所 (IST) の超小型衛星「ICUBE-Q」が搭載されています。ICUBE-Q は月面撮影用に独自のカメラを搭載しており、月周回軌道到着後に放出される予定です。

■打ち上げ関連画像・映像



【▲ 月探査機「嫦娥 6 号」を搭載して打ち上げられた「長征 5 号」ロケット

(Credit: 中国航天科技集团有限公司 (CASC))】

■打ち上げ関連リンク [直近のロケット打ち上げ情報](#)

[中国、月探査用の中継通信衛星「鵲橋 2 号」の打ち上げと月周回軌道投入に成功](#) (2024 年 4 月 2 日)

Source [CNSA](#) – 嫦娥六号发射任务圆满成功 开启月球背面采样返回之旅

[CASC](#) – 微博 [IST](#) – ICUBE-Q [NASA](#) – Chang'e 6 (NSSDCA) 文/sorae 編集部 速報班 編集/sorae 編集部

https://news.biglobe.ne.jp/international/0504/rec_240504_7924612562.html#google_vignette

「神舟 17 号」の宇宙飛行士が帰還、持ち帰った「宇宙特産品」は 31. 5 キロ—中国

2024 年 5 月 4 日（土）5 時 30 分 [Record China](#)



中国の有人宇宙船「神舟 17 号」の飛行士が持ち帰った「宇宙特産品」は 31. 5 キロに上ります。[写真を拡大](#)
中国宇宙ステーション第 6 陣宇宙科学実験サンプルが 4 月 30 日、宇宙船「神舟 17 号」と共に無事帰還しました。今回持ち帰られた科学実験サンプルは、ヒト骨芽細胞、骨髄間葉系幹細胞（MSC）、タンパク質結晶、生命由来の有機分子、種子など 32 種類の生命実験サンプルと、無容器材料や高温材料、船外曝露材料など 18 種類の材料サンプルを含む 23 件の科学実験プロジェクトに関連するもので、総重量は約 31. 5 キロでした。

5 月 1 日未明、生命類科学実験サンプルは先行して北京市にある中国科学院宇宙応用工程技術センターに移送されました。同センターは、持ち帰られた生命実験サンプルの基本的な状態を検査、確認した後、現場の科学者たちに引き渡されました。科学者は今後、持ち帰られた生命類細胞サンプルのトランスクリプトーム解析、プロテオーム解析などの生物学的分析を行い、微小重力環境における細胞生物学的メカニズムの研究を通じて関連疾患の予防と干渉に新たな手がかりを提供します。また、生命類タンパク質サンプルを分析し、より正確なタンパク質の三次元構造情報を取得することで、関連する医薬品やワクチンの開発に技術的支援を提供します。

材料類科学実験のサンプルは、宇宙船「神舟 17 号」の帰還モジュールと共に北京市に輸送され、科学者は地上と宇宙でのサンプルの組織形態、化学成分およびその分布の違いなどに関する試験や分析を行い、材料の成長、成分の偏析、凝固不良に与える重力の影響を研究し、重要な新材料の研究開発をサポートします。（提供/CRI）

<https://forbesjapan.com/articles/detail/70655>

2024.05.01

地球「第二の月」小惑星カモオアレワは月から生まれた



[Jamie Carter | Contributor](#)



月の裏側にあるジョルダーノ・ブルーノ（Giordano Bruno）衝突クレーター。NASA の無人月探査機ルナー・リコネサンス・オービターが撮影（NASA/Goddard/Arizona State University）

地球の「第 2 の月」の小惑星 Kamo' oalewa（カモオアレワ）は、月そのものから生まれたようだ。

コンピューターモデルを用いてこの結論を導き出した研究チームは、月の裏にある「ジョルダーノ・ブルーノ」と呼ばれる衝突クレーターがその発生源であることを明らかにした。

カモオアレワもその 1 つである地球接近小惑星（NEA、地球軌道に近づく軌道を持つ小惑星）は通常、火星と木星の軌道の間にある小惑星帯に起源を持つと考えられている。

カモオアレワとは

ハワイの言葉で「揺れ動く天体」を意味するカモオアレワ（仮符号 2016 HO3）は、直径が 40~100m で、自由

の女神ほどの大きさがある。2016年に米ハワイにあるパンスターズ望遠鏡群によって発見された。パンスターズは、NEAの発見と追跡観測を目的としている。NEAは現時点で約3万5000個発見されている。

カモオアレフは、地球の準衛星の1つとされている。実際は太陽を公転しているが、地球からは地球を周回しているように見えるためだ。地球と1:1の軌道共鳴にあり、同期して動いている。

ジョルダーノ・ブルーノ・クレーター

専門誌 Nature Astronomy に掲載された、今回の研究をまとめた論文によると、カモオアレフは、月の裏にあるジョルダーノ・ブルーノ・クレーターから生じたものだ。ジョルダーノ・ブルーノは、幅約22kmの衝突クレーターで、月面にある同規模以上のクレーターの中では形成年代が最も若いと考えられている。100万～1000万年前の間に、直径約1.6kmの小惑星が月に衝突して形成されたと、研究チームは説明している。

今回の研究では、数値シミュレーションを用いて、カモオアレフほどの大きさの塊が生成・放出される可能性のある月への小惑星衝突をモデル化した。科学誌 Science に掲載された解説記事によると、あらゆる可能性を調べるために、スーパーコンピュータで数週間にわたり計算を実行する必要があったという。

月の破片

カモオアレフが月から生じたことが示唆されたのは、今回の研究が初めてではない。2021年に米アリゾナ大学の天文学者チームが、同大などが運用する大型双眼望遠鏡（LBT）を用いた観測により、カモオアレフが月の大きな破片である可能性があることを示唆した。この研究結果は、カモオアレフの反射光のスペクトルが、他のNEAのどれにも似ていないという事実に基づくものだった。2023年には別の研究チームが、同様の結果を導いている。この研究では、過去数百万年間に衝突によって生じた月の破片が、可能性は低いとはいえ、カモオアレフの軌道に似た軌道に進入することがあり得ることを明らかにした。月は、隕石や小天体の衝突で形成されるクレーターに覆われているが、衝突によって放出される月の物質は通常、再び月面に落下する。

[次ページ > 中国が初の小惑星サンプルリターンミッションを打ち上げ予定](#)

中国のミッション

科学者らは間もなく、地球の「第2の月」についてより詳しく知ることができるだろう。2025年に、中国初の小惑星サンプルリターンミッションの天問2号（Tianwen-2）探査機が、カモオアレフに向けて打ち上げられる予定なのだ。これは、数十m級の大きさの小惑星を調査する初のミッションとなる。この種の小惑星は、最も多く見られるものの最も理解が進んでいない小天体だ。

カモオアレフは数百万年にわたり、地球の近傍を周回すると予測されている。

月の「ダークサイド」

ジョルダーノ・ブルーノ・クレーターは月の裏にあるが、月の裏側は「ダークサイド（暗闇の側）」と誤って呼ばれることが多い。ポップカルチャーで使われている用語だが、ダークサイドに厳密な意味があるわけではない。月は地球に対して潮汐ロックの状態にあるため、地球からは月の表側しか見えない。だが、月は地球を公転する間に、常に半分を太陽に照らされており、地球からの見え方が日夜変化しているにすぎない。これが月の満ち欠けであり、月の裏側が暗闇になるのは満月の時だけだ。（forbes.com 原文）翻訳＝河原稔

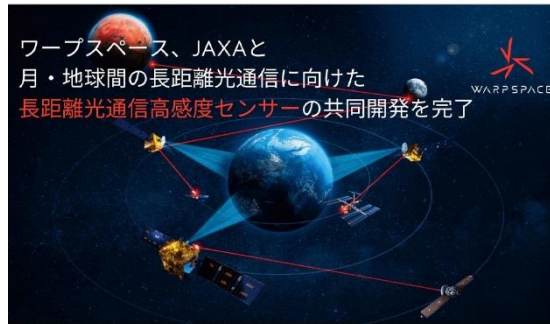
<https://forbesjapan.com/articles/detail/70603>

2024.05.02

月と地球の光通信技術を日本企業が開発 精度は1万分の1度



[Forbes JAPAN Web-News | Forbes JAPAN 編集部](#)



Getty image

有人月面基地の建設計画が進んでいるが、月と地球との間で光通信を行おうとすると、約 40 万キロメートル離れた地点の微小な光信号を受信する高感度に加え、常に位置関係が変化する条件下で正確に信号源を追尾する仕組みが必要となる。その精度は 1 万分の 1 度。そんな超高感度で超高精度の長距離光通信高感度センサーが開発された。40 万キロメートルの通信を支えるのは、きわめて繊細な技術だった。

開発したのは、民間では世界初となる人工衛星向けの光即応通信ネットワークサービス「WarpHub InterSat」（ワープハブ・インターサット）の開発を進めているワープスペース。JAXA の委託でこの技術を開発した。

この技術の画期的な要素は、感度と精度の 2 つ。まずは感度。光信号は、月から地球に届くまでに強度が大きく減衰する。そのためセンサーは超高感度でなければならないが、感度を高めれば、目的の信号以外の「ノイズ」も拾いやすくなる。しかも、受光素子の絶縁不良や結晶欠陥などにより流れる余計な電気（暗電流）によって、光をキャッチしなくてもノイズを拾ってしまうことになる。そこで、受光面を縮小して、受光素子をマイナス 20 度に冷却することでノイズと暗電流の低減を目指した。結果として、暗電流は約 97 パーセント抑えられ、さらに信号の補足追尾に必要な受信電力を約 90 パーセント低減できた。

もうひとつは追尾の精度だ。月面の一点から発せられる光信号を常に受信できるよう、受信センサーがそれを追尾しなければならない。角度が 1 万分の 1 度ずれてもダメという世界だ。それは、東京駅から富士山山頂のバスケットボールに、レーザーポインターの光を当て続けるようなものだという。今回の開発では、その追尾精度も達成された。40 万キロメートル離れた天体間の通信という壮大な計画は、こうした微細な技術が支えることになる。宇宙とは、大きくて小さいものだ。[プレスリリース](#) 文 = 金井哲夫

https://news.biglobe.ne.jp/entertainment/0429/spn_240429_9700833698.html

山崎直子さん 無重力空間を演出する意外すぎる物体「日の光を受けてキラキラ...す

ごく幻想的で」 2024 年 4 月 29 日（月）14 時 59 分 [スポーツニッポン](#)  [写真を拡大](#)

宇宙飛行士の山崎直子さん（53）が 29 日、TBS ラジオ「[パンサー](#) 向井の #ふらっと」（月～木曜前 8・30）にゲスト出演し、自身の宇宙体験について語った。

天体や「宇宙戦艦ヤマト」「銀河鉄道 999」などの SF 作品に触れ、中学生ごろから宇宙に興味を持つようになったという。東大大学院を卒業後、「宇宙工学というものを学んで、まず宇宙開発というものに携わりたいと思ったんです」と、現在の宇宙航空研究開発機構（JAXA）に入社。2010 年、スペースシャトル「ディスカバリー」に搭乗し、国際宇宙ステーションの組み立て補給ミッションに従事した。

宇宙へ向かう機内は、かなりの揺れや爆音が生じるという。「ロケットによるんですけど、スペースシャトルの場合、結構揺れるんですね。本当に振動を感じながら。周りで見ている方は、その音が重低音がおなかに響いてくるんですけど、私たちは逆にヘルメットを付けて、ヘッドセットを付けているので、ノイズキャンセラーで耳からの音は遮ってくれるんです。ただ、その振動が頭蓋骨とか、骨とかに響いてくるので、体全体が“あ、震えて

る〜”って感じですよ」と振り返った。

地上から宇宙までは約8分30秒と、意外に短時間で到着するという。「その最後の30秒ちょっとが3Gくらいの力がぐーっとかかっています」。ジェットコースターで急カーブを曲がる時の重力が3〜4G程度だといい、「あれがずーっと続いている。自分と同じ体重の人が3人、上に乗っているような。押される感じです。ほっぺたとか引っ張られるんですよ」と、例を挙げて説明した。宇宙好きのタレント滝沢カレンからは、「気絶しちゃう人はしちゃうんですか？」と問われた。山崎さんは「Gの方向がおなかから背中に抜けてくるので、ひたすら押されている感じで、気絶まではしないですよ」と返答。「頭から足の方に引っ張られると、血が頭から下がり、気絶しちゃう人が多いんですけど、お腹の方向であれば、深呼吸していれば大丈夫ですよ」と補足した。

宇宙の無重力を感じるのは、機体のエンジンが止まって、体がつんのめるような感覚になった時だという。「シートベルトを着けているので、動けはしないんですけど、その中でも浮こうとしている感じが伝わってきて、抑えられているという感じがしたり」。機内では思わぬものが無重力空間を“演出”してくれたという。「普段、床にたまっているほこりが一斉に舞い上がるので、それが日の光を受けてキラキラって輝くんですよ。それがすごい幻想的で」。すると、パーソナリティーの「パンサー」向井慧も「すごい！すごい！行った人しか分からない景色ですね」と大興奮していた。

https://news.biglobe.ne.jp/entertainment/0429/spn_240429_6976573141.html

山崎直子さん 宇宙滞在期間に日の出を見た日数「地球の周りを90分で1周...訳が

分からなく」 2024年4月29日（月）16時1分 [スポーツニッポン](#)  [写真を拡大](#)

宇宙飛行士の山崎直子さん（53）が29日、TBSラジオ「パンサー向井の#ふらっと」（月〜木曜前8・30）にゲスト出演し、宇宙滞在期間について語った。

天体や「宇宙戦艦ヤマト」「銀河鉄道999」などのSF作品に触れ、中学生ごろから宇宙に興味を持つようになったという。東大大学院を卒業後、「宇宙工学というものを学んで、まず宇宙開発というものに携わりたいと思ったんです」と、現在の宇宙航空研究開発機構（JAXA）に入社。2010年、スペースシャトル「ディスカバリー」に搭乗し、国際宇宙ステーションの組み立て補給ミッションに従事した。

山崎さんの滞在期間は15日間。「本当にあっという間だったので、もっと長くいたかったです」と振り返った。時差について聞かれると、「国際宇宙ステーションは地球の周りを90分で1周してしまうんですね、そもそも。90分ごとに日の出を見るので、1日に16回、日が昇る。訳が分からなくなるんです」と笑わせた。

時差ぼけならぬ“宇宙ぼけ”もあるという。「イギリスのグリニッジ標準時間に合わせて、宇宙船の中で過ごしているんですけど」。米テキサスに本部がある米航空宇宙局（NASA）とも時差が生じるといい、「戻ってくると時差ぼけを感じます」と話していた。15日間の宇宙滞在を「せわしなかったですね」と回想。「実験とかも何十個とか。5分単位くらいでスケジュールが組まれるので。でも夜ご飯はみんなで食べ終わった後、寝る前、10時に消灯なんですけど、その間1、2時間ある時が、ほっとする時間ですよ」と振り返った。

https://news.biglobe.ne.jp/entertainment/0429/spn_240429_0307621702.html

宇宙のにおいはグルメ？ 山崎直子さんの体験に滝沢カレンも仰天「魅力的ですねえ...」

2024年4月29日（月）16時25分 [スポーツニッポン](#)  [写真を拡大](#)

宇宙飛行士の山崎直子さん（53）が29日、TBSラジオ「パンサー向井の#ふらっと」（月〜木曜前8・30）にゲスト出演し、宇宙滞在中の活動について語った。

天体や「宇宙戦艦ヤマト」「銀河鉄道999」などのSF作品に触れ、中学生ごろから宇宙に興味を持つようにな

ったという。東大大学院を卒業後、「宇宙工学というものを学んで、まず宇宙開発というものに携わりたいなと思ったんです」と、現在の宇宙航空研究開発機構（JAXA）に入社した。

2010 年、スペースシャトル「ディスカバリー」に搭乗し、国際宇宙ステーション（ISS）へ向かった。従事したのは、ISS の組み立て補給ミッション。「私とアメリカ人のステファニー（・ウィルソン）さんという同僚とで、カナダ製のロボットアームを動かして、イタリアが作ったレオナルドという補給モジュールをロボットアームでつかんで、国際宇宙ステーションに取り付けて。取り付けた後はその中に入って、いろんな実験装置をみんなで組み立てて」と説明した。そのほか、数十にも及ぶ実験を行ったという。

宇宙大好きという滝沢カレンは「よく映画だと、外に出て作業されている映像があるじゃないですか？今回は外には出たんですか？」と尋ねた。すると山崎さんは「私は外には出られなくて、同僚がやっていました」と説明。それでも、宇宙の“香り”を感じることはできたという。「同僚の宇宙飛行士が外に出て戻ってくると、宇宙服にちょっと香りが、においが付着していて」。その香りをかぐことができたといい、「船長さんが呼んで、これが“スメル・オブ・スペース”、宇宙のにおいだと。ちょっとラズベリーっぽい、甘い…」と説明した。

意外すぎる宇宙のにおいに、「パンサー」向井慧は「え〜！！」と絶叫。滝沢は「そっちなんですね」と不思議がった。さらに、山崎さんは「ステーキをこがしたようなまじったにおいが、ほのかに漂ってくるんです。私もびっくりしました」とも明かした。ラズベリーのような香りについて、山崎さんは「宇宙空間にギ酸エチルという有機物が漂っていて、たぶんそのにおいが甘ずっぱいんですね。ラズベリーとかパイナップルに含まれていて」と説明。「焦げたにおいは、原子上の酸素とか。真空とはいえ、まだちょっと空気の粒が残っているので、そのあたりのにおいじゃないかって言われています」と解説していた。

「魅力的ですねえ…」（滝沢）、「香りまで想像したことなかった」（向井）と、あらためて宇宙の神秘に感激しきりの 2 人。山崎さんも「私も想像してなかったです。びっくりしました」と振り返っていた。

<https://news.mynavi.jp/techplus/article/20240502-2938696/>

北大など、リュウグウ試料の表面に初期太陽系の新たな磁気記録媒体を発見

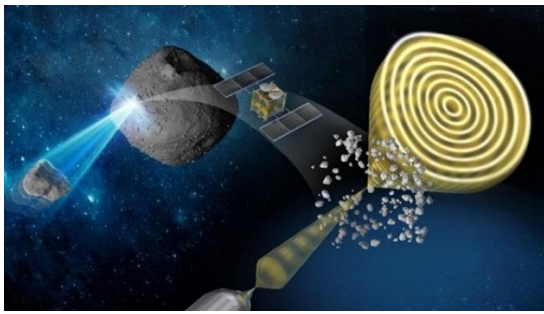
掲載日 2024/05/02 17:18 [著者：波留久泉](#)

北海道大学(北大)、ファインセラミックセンター(JFCC)、神戸大学、東北大学、東京大学(東大)、京都大学(京大)の 6 者は 4 月 30 日、小惑星探査機「はやぶさ 2」がリュウグウから回収した試料(以下、試料)の表面を詳細に調べたところ、「マグネタイト(磁鉄鉱)」(Fe_3O_4)粒子が還元して非磁性となった、似た構造の木苺状組織を発見し、「擬似マグネタイト」(擬似 Fe_3O_4)と命名したことを共同で発表した。

また、それを取り囲むように点在する渦状の磁区構造を持った多数の鉄ナノ粒子からなる新しい組織も同時に発見したと併せて発表した。同成果は、北大 低温科学研究所の木村勇氣教授、JFCC の加藤文晴主席研究員、同・穴田智史上級研究員、同・吉田竜視上級技師、同・山本和生主席研究員、日立製作所 研究開発グループの谷垣俊明主任研究員、神戸大大学院 人間発達環境学研究科の黒澤耕介准教授、東北大大学院 理学研究科の中村智樹教授、東大 理学系研究科の佐藤雅彦助教(現・東京理科大学 准教授)、同・橘省吾教授、京大大学院 理学研究科の野口高明教授、同・松本徹特定助教らの共同研究チームによるもの。今回の研究は、はやぶさ 2 の「初期分析チーム」の「石の物質分析チーム」による初期分析の一環として行われた。詳細は、[英オンライン科学誌「Nature Communications」に掲載された。](#)

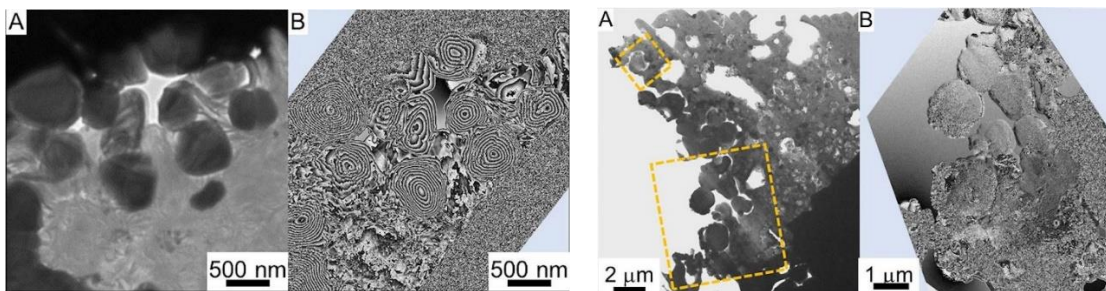
宇宙風化作用の痕跡を調べることで、天体表面の年代に関する情報など、惑星間プロセスを理解できると考えられている。これまでの試料の初期分析からも、その痕跡として、小惑星内部で水質変質により形成される主要鉱物の「層状ケイ酸塩」が、太陽風や宇宙塵の衝突によって部分的に脱水した組織であるということが確認されている。このように、層状ケイ酸塩に対する宇宙風化作用は徐々に解明されつつあるが、もう 1 つの重要な鉱物である Fe_3O_4 の宇宙風化作用に関する研究は限られていたという。そこで今回の研究では、宇宙風化作用を受けた

Fe₃O₄ をさらに詳細に分析することにしたとする。



宇宙塵がリュウグウに衝突した跡から、リュウグウ試料と、同試料に記録されていた磁場の渦を電子の波で観察したイメージ(出所:東大 Web サイト)

まず、集束イオンビーム加工装置を用いて試料の超薄切片が作製され、宇宙風化作用を受けている試料表面の Fe₃O₄ 粒子の磁束分布が、ナノスケールの磁場を可視化できる電子線ホログラフィ(EBH)専用電子顕微鏡(TEM)により直接観察が行われた。さらに、通常の TEM による微細組織観察、結晶構造解析、元素組成分析、電子エネルギー損失分光分析も実施された。

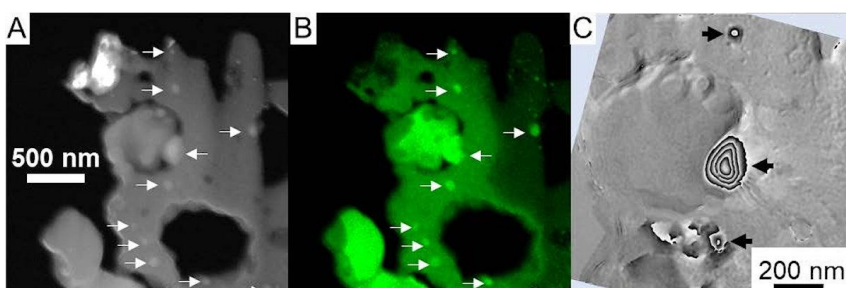


試料から切り出された Fe₃O₄ 粒子(丸い粒子)。(A)TEM 像。(B)EBH により得られた磁束分布像。粒子内にある同心円状の縞は磁力線に相当。これは渦状磁区構造と呼ばれ、一般的なハードディスクよりも安定で、46 億年以上にわたって磁場の記録を保持できる(出所:北大プレスリリース PDF)

超薄切片中の Fe₃O₄ 粒子の通常 TEM 像と対応する磁束分布像から、同粒子内には渦状の磁区構造を観察。同構造は非常に安定で、46 億年以上にわたって磁場を記録し続けることが可能だという。つまり、同粒子は初期太陽系の星雲磁場という重要な環境情報を記録している天然のハードディスクというわけである。

試料から切り出された超薄切片に含まれていた擬似 Fe₃O₄(丸い粒子)。(A)TEM 像。(B)大きな四角で示された領域を EBH で観察した結果得られた磁束分布像。粒子内に磁力線に相当する縞模様は見られず、磁区構造がないことがわかる。オレンジの点線の小さな四角の領域は、画像 4(C)に示されている(出所:北大プレスリリース PDF)

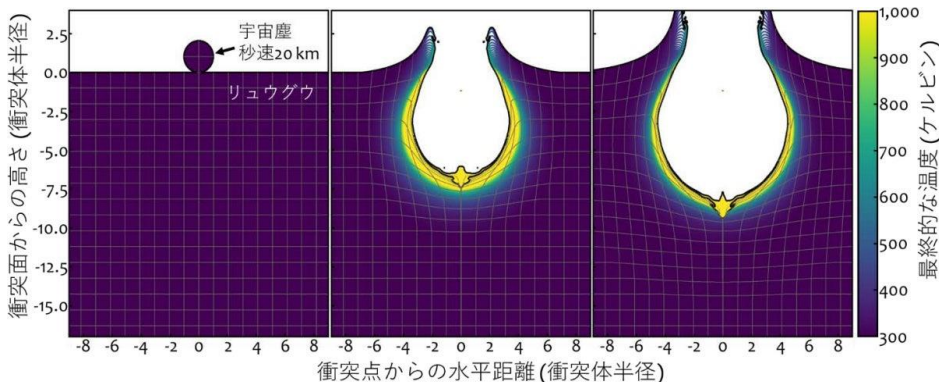
また、同じ試料の異なる領域から切り出された超薄切片の TEM 像と磁束分布像においても、同様の粒子(水質変質を経験した隕石によく見られる Fe₃O₄ 粒子から成る「木苺状組織」)が確認された。しかし、同粒子の磁場が計測されたところ、渦状構造では無く、のっぺりとした均質のコントラストが示されたという。つまり、同粒子は Fe₃O₄ に似た組織ではあるが、実際には Fe₃O₄ の特徴である磁石としての性質が失われていたのである。詳細な分析の結果、同粒子は Fe₃O₄ と、それが還元することで形成される「ウスタイト」(FeO)の両方の特徴を持っていることが判明。これまでに知られていないタイプの木苺状組織だったことから擬似 Fe₃O₄ と命名された。



擬似 Fe₃O₄ の周囲に分布している鉄ナノ粒子。(A)画像 3 の左上の領域を走査型 TEM で撮影した暗視野像(画像

3 とは白黒が反転)。(B)対応する鉄の分布像。矢印は鉄ナノ粒子。(C)(A)と(B)の中央領域(画像 3(A)の小さな四角の領域)の磁束分布像。擬似 Fe_3O_4 には磁力線が見られない一方、鉄粒子内には同心円状の渦状磁区構造が見られる(出所:北大プレスリリース PDF)

さらに、その周囲には鉄ナノ粒子が多数存在しており、その磁場も観察された。すると、 Fe_3O_4 同様の渦状磁区構造が示され、同ナノ粒子も長期間にわたって、その形成時の磁場情報を保持できることが示されているとされた。詳細な組織観察と元素分布から、擬似 Fe_3O_4 と鉄ナノ粒子は宇宙塵の衝突による加熱で形成されたこと、1 回の衝突で残留磁化計測が可能になる～1 万個ほどの同粒子が形成されることがわかったという。



宇宙塵がリュウグウ表面へ衝突する様子の一例(時間経過は左→右)。最終的な温度が色で示されている。黄色領域では Fe_3O_4 が熱で分解して還元される。衝突体の半径と同程度の厚みまで加熱されていることがわかる。国立天文台 天文シミュレーションプロジェクトの計算機を使用してシミュレーションが行われた(出所:北大プレスリリース PDF)

最後に、このような組織の形成条件について、把握済みの試料の正確な物性値を用いた詳細なシミュレーションが行われた。その結果、星雲磁場が消滅した後の時代にリュウグウの母天体に直径 2～20 マイクロメートルの非常に小さい宇宙塵が秒速 5km 以上の速度で衝突することで、同組織が形成されることが判明。これにより、同組織は、水質変質が終わった後の時代における太陽系の磁場情報を記録した新しい組織であると結論付けられた。今回発見された鉄ナノ粒子は、高い磁気安定性を示す渦状磁区構造を有しており、衝突時に形成された当時の磁場情報を記録している可能性があることから、今後、初期太陽系のより幅広い磁場環境の理解につながる事が期待されるとしている。

<https://news.mynavi.jp/techplus/article/20240502-2938748/>

東大、26 年かけた TAO 望遠鏡を擁する天文台が完成し宇宙観測も秒読みに

掲載日 2024/05/02 19:18 更新日 2024/05/03 04:15 著者：波留久泉

東京大学(東大)は 5 月 1 日、日米欧で運営される電波望遠鏡群であるアルマ望遠鏡の建設地として知られる南米チリのチャントール山の山頂(標高 5640m)に建設された、口径 6.5m の大型赤外線望遠鏡(TAO 望遠鏡)を擁する「東京大学アタカマ天文台」(TAO:The University of Tokyo Atacama Observatory)のエンクロージャ(望遠鏡など機械設備一式を格納した筐体)を含めた山頂施設が完成したことを発表した。



チャナントール山山頂にある TAO 天文台の観測ドーム。(c) 2024 東京大学 TAO プロジェクト(出所:東大 Web サイト)

TAO 天文台山頂施設の全景。(c) 2024 東京大学 TAO プロジェクト(出所:東大 TAO 計画 Web サイト)

TAO は、東大大学院 理学系研究科(理学部)の吉井讓名誉教授が代表となり、1998 年に立ち上げられた計画(吉井名誉教授は当時、東京大学院 理学系研究科/同科附属天文教育研究センター 教授)。2009 年に口径 1m の miniTAO 望遠鏡が設置されて天文台として活動を開始し、標高世界一の天文台としてギネス記録となった(ちなみに、すばる望遠鏡などがあるハワイ・マウナケア山山頂は 4207m、アルマ望遠鏡は約 5000m)。

本命の口径 6.5m の TAO 望遠鏡の本格的な製作は 2012 年に始まり、山頂の天文台施設の建設に向けた道路の本格的な工事(仮設道路は 2006 年に完成)が 2018 年にスタート、2020 年に山頂の施設の建設が始まった。そして 2023 年には観測運用棟が完成、2024 年にエンクロージャを含めた山頂施設が完成した。

TAO 望遠鏡の最大の武器は、標高 5640m という高さ。この高さで地理的な条件が相まって、赤外線での観測の妨げとなる水蒸気がほとんどないという。それにより、他の土地の望遠鏡では不可能な赤外線での鮮明な視界が確保されることとなった。また、気圧が地表の半分ほどしかないという大気の薄さも大きな武器。天文台スタッフにとっては高山病のリスクがある過酷な環境だが、2 つの武器により、これまでは軌道上の天文衛星でしか観測が不可能だった 0.9~2.5 μ m の近赤外線波長と、長波長の間赤外線のうちの 40 μ m 弱までがクリアに観測可能となっている。従来の地上望遠鏡でも近赤外線の波長域は観測可能だが、J、H、K バンドなど、「大気の窓」に分断されてしまっていたとのこと。TAO 望遠鏡では、それが連続的に観測可能となるほか、大半の赤外線天文衛星に搭載されている望遠鏡に比べ、圧倒的に大口径の 6.5m であり、高解像度の画像が期待されている。

TAO 望遠鏡の観測のメインテーマは 2 つあり、「銀河宇宙の起源」と「惑星物質の起源」。銀河がどのように形成されて進化してきたのかを探るには、初期の銀河を探ることが重要であるが、宇宙膨張により、遠方銀河からの光ほど赤方偏移するため、発した時は可視光線であっても地球に届くまでに赤外線にまで波長が引き伸ばされてしまう。そのため、「初代銀河」のようなビッグバンから数億年後に誕生したと予想される銀河を観測するには、赤外線での観測が必須だという。



チャナントール山。TAO は標高 5640 メートルのチャナントール山山頂に建設され、大気中の水蒸気が少ないことや大気の薄さから、他の天文台では観測が難しい波長の赤外線も観測可能なことを特徴としている(出所:東大 TAO 計画 Web サイト)

具体的なテーマとしては、初期の銀河が星の材料となるガスをどのようにして獲得したか、ガスから星へと変わる星形成活動と星質量蓄積史、また赤外線銀河やサブミリ波銀河といった遠方宇宙に見られる銀河種族に対する波長横断的な研究、そして TAO だからこそ遂行可能な近傍星形成銀河の Pa α 輝線観測などが考えられるとしている。一方の惑星物質の起源については、中間赤外線を用いることで、原始惑星系円盤のダストを直接観測することが可能。TAO 望遠鏡は 30 μ m 帯の中間赤外線を地上で初めて観測できることから、円盤の中で惑星たちが生まれる過程を明らかにできるとして期待されている。また TAO では、ダストの直接的な観測以外にも、ダスト供給に重要な役割を果たしているさまざまな進化段階の星を観測することで、宇宙での物質の輪廻の問題にアプローチできるとしている。そして TAO 望遠鏡に搭載されるのが、「SWIMS」と「MIMIZUKU」という、2 つの観測装置。SWIMS は、0.9~2.5 μ m の近赤外線において切れ目なく観測を行うことができるほか、9.6 分角と視野が広

く、2色同時観測が可能であることから、サーベイ能力が非常に高いことも特徴だとする。これは銀河進化や宇宙論観測、あるいは希少天体捜査などで大きな威力を発揮するという。

一方の MIMIZUKU は、2~38 μ m という非常に広い波長範囲をカバーしており、その中でも 26~38 μ m は、MIMIZUKU だけが地上で唯一観測できる新しい波長帯。さらに MIMIZUKU は 2 視野同時撮像といったユニークな機能も備えており、これまで中間赤外線観測では不可能であった時間変動の検出などでも威力を発揮すること。なお、TAO の科学観測は 2025 年開始の予定だとしている。

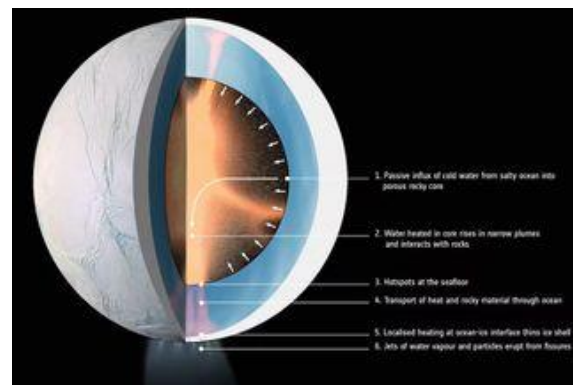
<https://www.space.com/enceladus-detecting-extraterrestrial-cells>

土星の海洋衛星エンケラドゥスは生命を維持することができます - 私の研究チーム

はそこで地球外細胞を検出する方法を研究中です

[ファビアン・クレナー](#) 著 出版された 2024 年 4 月 21 日

エンケラドゥスからの氷の粒を研究する惑星科学者であり宇宙生物学者として、私はこの氷の衛星や他の氷の衛星に生命が存在するかどうかに興味があります。また、私のような科学者がどのようにしてそれを検出できるのかも理解したいと思っています。



2017 年 4 月から 9 月にかけて最終軌道を周回中にエンケラドゥスの噴煙の中を飛行するカッシーニのスナップショット (画像提供: NASA/JPL-Caltech/Space Science Institute)

土星の衛星エンケラドゥスの内部。(画像クレジット: ESA)

この記事は元々 [The Conversation](#) に掲載されたものです。この出版物は、[Space.com](#) の Expert Voices: Op-Ed & Insights に記事を寄稿しました。

[ファビアン・クレナー](#)は、ワシントン大学 (UW) の惑星科学者および宇宙生物学者です。彼の研究の焦点は、太陽系の氷の衛星、特に土星の衛星エンケラドゥスと木星の衛星エウロパの探査にあります。

土星には[確認された衛星が 146 個あり、これは太陽系](#)の他のどの惑星よりも多いですが、エンケラドゥスと呼ばれる衛星が際立っています。人生に必要な成分が含まれているようです。

2004 年から 2017 年にかけて、[NASA](#)、[欧州宇宙機関](#)、イタリア宇宙機関の共同ミッションである[カッシーニ](#)は、土星、その環、衛星を調査しました。カッシーニは[素晴らしい発見](#)をもたらしました。直径わずか 504 キロメートルのエンケラドゥスには、月全体に広がる氷の地殻の下に液体の水の海があります。

月の南極の間欠泉は、海水から形成されたガスと氷の粒を[宇宙](#)に噴射します。

関連:[エンケラドゥスでの生活?ヨーロッパは土星の海洋衛星への宇宙生物学ミッションに注目](#)

[Space.com](#) のビデオをもっと見るには[ここをクリックしてください...](#)

[カッシーニの技術者たちは、エンケラドゥス](#)が活発に放出している氷の粒を分析することを予期していなかったものの、探査機に[塵分析装置](#)を搭載していました。この機器は放出された氷の粒を個別に測定し、研究者に地下海の組成について知らせました。

[エンケラドゥスからの氷の粒を研究する惑星科学者であり宇宙生物学者](#)として、私はこの氷の衛星や他の氷の衛星に生命が存在するかどうかに興味があります。また、私のような科学者がどのようにしてそれを検出できるのかも理解したいと思っています。

生活に必要な食材

[地球](#)の海と同じように、[エンケラドゥスの海には塩が含まれており](#)、そのほとんどは一般的に食塩として知られる塩化ナトリウムです。海洋にはさまざまな炭素ベースの化合物も含まれており、[月内](#)でエネルギーを生成する[潮汐加熱と呼ばれるプロセス](#)が存在します。液体の水、炭素ベースの化学物質、エネルギーはすべて生命にとって重要な要素です。2023 年、私と他の科学者は、エンケラドゥスの海に由来する氷粒の中に、[別の生命維持化合物であるリン酸塩を発見しました](#)。リンの一種であるリン酸塩は、地球上のすべての生命にとって不可欠です。DNA、細胞膜、骨の一部です。科学者たちが地球外の水の海でこの化合物を検出したのはこれが初めてでした。[エンケラドゥスの岩石の中心部は、熱水噴出孔](#)を通じて海と相互作用している可能性があります。これらの熱い間欠泉のような構造は海底から突き出ています。科学者たちは、同様の環境が[地球上の生命の誕生の地](#)であった可能性があるかと予測しています。

潜在的な寿命の検出

今のところ、地球外に生命体を発見した人は誰もいません。しかし科学者たちは、エンケラドゥスが生命を探すのに非常に有望な場所であることに同意している。では、どうやって調べればよいのでしょうか？

2024 年 3 月に発表された論文の中で、[同僚と私は](#)、宇宙船の粉塵分析機器が放出された氷粒の中の生命の痕跡を検出して識別できるかどうかをシミュレートする実験室テストを実施しました。

宇宙の粉塵分析装置が氷粒を記録する際の氷粒の検出をシミュレートするために、私たちは地球上の実験室のセットアップを使用しました。このセットアップを使用して、細菌細胞を含む小さな水ビームを真空中に注入すると、ビームは液滴に分解されました。理論上、各液滴には 1 つの細菌細胞が含まれています。

次に、個々の液滴にレーザーを照射すると、水と細胞化合物から荷電イオンが生成されました。[質量分析](#)と呼ばれる技術を使用して、荷電イオンを測定しました。これらの測定は、宇宙船上の粉塵分析機器が氷粒に含まれる細菌細胞に遭遇した場合にどのようなものを検出するかを予測するのに役立ちました。

私たちは、これらの機器が細胞物質を識別するのにうまく機能することを発見しました。単一の氷粒を分析するように設計された機器は、たとえエンケラドゥス型の間欠泉からの氷粒に単一細胞の構成成分が 0.01% しか含まれていないとしても、細菌細胞を識別できるはずです。

分析装置は、アミノ酸や脂肪酸などの細胞物質から多くの潜在的な兆候を検出できます。検出された[アミノ酸は](#)、細胞のタンパク質の断片または代謝産物のいずれかを表しており、これらは細胞内の化学反応に関与する小分子です。[脂肪酸は](#)、細胞膜を構成する脂質の断片です。

[私たちの実験では](#)、[Sphingopyxis alaskensis](#) という名前の細菌を使用しました。この培養物の細胞は非常に小さく、エンケラドゥスから放出される氷の粒に収まる可能性のある細胞と同じサイズです。サイズが小さいことに加えて、これらの細胞は寒い環境を好み、エンケラドゥスの海の条件に順応する生命の様子と同じように、生存と成長にわずかな栄養素しか必要としません。

カッシーニの特殊な塵分析装置には、氷粒内の細胞物質を特定する分析能力がありませんでした。しかし、科学者たちはすでに、将来のエンセラダスのミッションに向けて、はるかに優れた能力を備えた機器を設計しています。私たちの[実験結果は](#)、これらの機器の計画と設計に役立ちます。

今後のミッション

エンケラドゥスは、NASA と欧州宇宙機関による将来のミッションの主な目標の 1 つです。2022 年、NASA は次の大きなミッションを選ぶ際に[エンケラドゥスへのミッション](#)が 2 番目に優先度が高く、[天王星の](#)ミッションが最も高い優先度を持つと発表した。

[欧州機関は最近](#)、エンセラドゥスが次の大きなミッションの最上位目標であると発表した。このミッションには、

氷粒分析用の高性能ダスト分析装置が含まれる可能性があります。

液体の水の海がある衛星はエンケラドゥスだけではない。[木星の衛星エウロパ](#)にも、氷の地殻の下に月全体に広がる海があります。[エウロパ](#)の氷の粒は地表の上に浮き上がっており、一部の科学者は、エウロパには[粒を宇宙に飛ばす](#)エンケラドゥスのような間欠泉さえあるのではないかと考えています。私たちの研究は、エウロパの氷粒の研究にも役立ちます。

[NASA のヨーロッパクリッパーミッション](#)は、今後数年間にヨーロッパを訪問する予定です。クリッパーは 2024 年 10 月に打ち上げられ、[2030 年 4 月に木星](#)に到着する予定です。探査機に搭載された 2 台の質量分析計のうちの 1 台である[表面ダスト分析装置](#)は、単一の氷粒子の分析用に設計されています。



クリッパーに搭載された表面ダスト分析装置は、木星の衛星エウロパからの氷粒を分析します。(画像クレジット: NASA/CU Boulder/Glenn Asakawa)

[私たちの研究は](#)、この装置が、放出された氷粒の中に細菌細胞がほんの数個しか存在しない場合でも、細菌細胞のごく一部を見つけられることを示しています。

これらの宇宙機関の近い将来の計画と私たちの研究結果により、エンケラドゥスまたはエウロパを訪れる今後の宇宙ミッションの見通しは信じられないほどエキサイティングです。現在および将来の機器を使用すれば、科学者はこれらの衛星のいずれかに生命が存在するかどうかを調べるができるはずであることがわかっています。The Conversation で[元の記事](#)をお読みください。

[宇宙フォーラムに参加して](#)、最新のミッションや夜空などについて宇宙について語り続けましょう!ニュースのヒント、訂正、コメントがある場合は、community@space.com までお知らせください。



[ファビアン・クレナー](#) ワシントン大学地球宇宙科学博士研究員

ファビアン・クレナーは、ワシントン大学 (UW) の惑星科学者および宇宙生物学者です。彼の研究の焦点は、太陽系の氷の衛星、特に土星の衛星エンケラドゥスと木星の衛星エウロパの探査にあります。彼は、これらの衛星で起こっている地球化学のプロセスと、地球外の潜在的な生命体の検出に興味を持っています。

ファビアンは NASA のヨーロッパ クリッパー ミッションの一員であり、将来の可能性のあるエンセラドゥスミッションの計画と設計に携わっています。彼は、国際宇宙ステーションで実施される ESA 主導の実験である BioSigN の共同研究者です。ファビアンの研究は過去のカッシーニのミッションにも関連しており、彼は準惑星ケレスを探る潜在的なミッションである ESA の CALICO にも関わっている。彼は、ドイツ宇宙生物学協会の Ocean Worlds および Icy Moons 作業グループの共同リーダーを含む、さまざまな学術団体のメンバーです。2023 年にウィスコンシン大学で現在の職に就く前は、博士号を取得したのと同じ大学であるベルリン自由大学で博士研究員を務めていました。彼はハイデルベルク大学で地球科学を学びました (修士号および理学士号)。

<https://www.space.com/cosmic-glitch-gravity-challenges-general-relativity-einstein>

宇宙の重力の「不具合」はアルバート・アインシュタインの偉大な理論に疑問を投げ

かけるのでしょうか? [ロバート・リー](#) 著 出版された昨日

「宇宙規模に達すると、利用規約が適用されます。」



このジェームズ ウェッブ宇宙望遠鏡の深視野画像には、これまでに観察された最も初期の最も遠い銀河のいくつかが示されています。(画像クレジット: NASA、ESA、CSA、STScI) PLAY SOUND

アルバート・アインシュタインの 1915 年の重力理論、一般相対性理論の驚異的な予測力を否定することはできませんが、広大な距離に対する影響の計算となると、理論には依然として矛盾があります。そして、新しい研究は、これらの矛盾が重力そのものの「宇宙の不具合」の結果である可能性があることを示唆しています。

最初に定式化されてから 109 年間、[一般相対性理論](#)は、銀河規模での重力に関する最も優れた記述であり続けています。何度も実験によってその正確さが確認されています。この理論は、後に観測によって確認される宇宙の側面を予測するためにも使用されています。これには、[ビッグバン](#)、[ブラックホール](#)の存在、[光の重力レンズ](#)、[重力波](#)と呼ばれる時空の小さな波紋が含まれます。

しかし、ニュートンの重力理論を超えたように、一般相対性理論もこの謎めいた力の全体像を私たちに提供してくれるわけではないかもしれません。

ウォータールー大学の数理物理学オログラムのロビン・ウェン氏は声明で、「この重力モデルは、ビッグバンの理論化からブラックホールの写真撮影に至るまで、あらゆることに不可欠だった」と述べた。「しかし、宇宙規模、銀河団以上の規模で重力を理解しようとすると、一般相対性理論の予測との明らかな矛盾に遭遇します。」

関連: [「量子重力」はついに量子力学と一般相対性理論を統合するのに役立つ可能性がある](#)

[Space.com のビデオをもっと見るにはここをクリックしてください...](#)

「数十億光年の距離を扱うと、重力は約 1 パーセント弱くなる」とウェン教授は語った。「私たちはこの矛盾を『宇宙の不具合』と呼んでいます。まるで重力自体がアインシュタインの理論と完全に一致しなくなったかのようです。」研究チームが説明した宇宙の不具合は、重力定数と呼ばれる値の変更を必要とするだろう。この変化は、計算が「超地平線」、つまり宇宙の起源以来光が移動できた最大距離に近づくと発生すると考えられます。

情報を送信すると、[利用規約](#)と[プライバシー ポリシー](#)に同意し、16 歳以上であることになります。

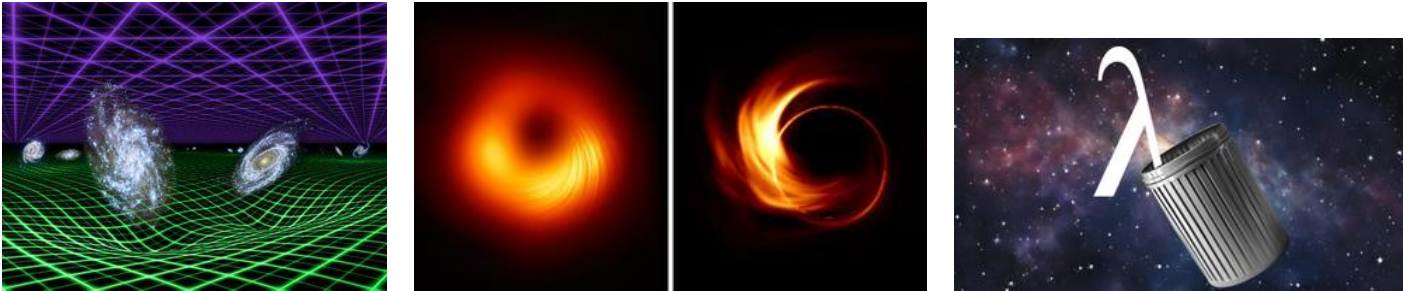
研究チームによると、この調整は、標準の宇宙論モデルに拡張機能を 1 つ追加するだけで実現できるという。このモデルは、ラムダ冷暗黒物質モデルとして知られています。この修正が完了すると、一般相対性理論の既存の成功した利用に影響を与えることなく、宇宙論的スケールでの測定の不一致が解消されるはずです。

一般相対性理論とは何ですか?それは間違っている可能性がありますか?

一般相対性理論の発見が非常に革命的だったのは、[重力](#)を神秘的な力として説明するのではなく、重力が「時空」と呼ばれる単一の実体として結合された時空の構造そのものの曲率から生じると仮定したためです。そして、この曲率は質量を持つ物体によって形作られることにアインシュタインは気づきました。

引き伸ばされたゴムシートの上に質量が増加するボールを置くことを想像してください。テニスボールは、ほとんど目に見えないほどの小さなへこみを引き起こします。クリケットのボールはより顕著なへこみを形成します。そして、ボウリングのボールは大きな曲線を描き、シート上の他のものをそこに引き寄せる可能性があります。

これは空間内の物体と同じ概念ですが、時空の曲率は 4 次元に存在するため、いくつかの重要な違いがあります。それでも、衛星は惑星よりも質量が小さく、惑星は星よりも小さく、恒星は銀河よりも小さいため、これらの天体の重力の影響はそれぞれ増加します。アインシュタインの重力理論はニュートン理論の後継のようなものでしたが、後者は依然として地球規模で十分に機能し、ロケットを月に到達させるのに十分な精度を持っています。しかし、アインシュタインの理論は、太陽の周りを回る水星の奇妙な軌道など、ニュートンの理論では説明できなかったことを説明できる可能性がある。ニュートンは重力について正確に間違っていたわけではありません。惑星、星、銀河のスケールについて正しくなかっただけです。



質量を持つ物体、この図では銀河は、時空の構造そのものを歪め、重力を生じさせます。(画像クレジット: NASA/JPL-Caltech)

(左) 偏光でのブラックホール M87* の観察 (右) 一般相対性理論を利用して作成したブラックホールのシミュレーション(画像クレジット: EHT コラボレーション)

宇宙定数 (ラムダ) が宇宙のゴミ箱から捨てられる (または救出される) 様子の図。(画像クレジット: ロバート・リー)

一般相対性理論は間違っているのでしょうか？

まあ、おそらくそうではありません。理論としては、私たちが知らなかった宇宙の側面を予測するのにあまりにも正確でした。たとえば、イベント ホライズン望遠鏡によって捉えられたブラック ホールの最初の画像は、2019 年 4 月に一般に公開されました。[超大質量ブラック ホール M87* の外観が一般相対性理論の予測と非常によく似ていたため、この画像はある意味衝撃的でした。](#)

しかし、科学者たちは、一般相対性理論には最終的に改訂が必要となる可能性のあるいくつかの問題があることを認識しています。たとえば、この理論は[量子力学](#)と統合されていません。これは、原子よりも小さい基本的なレベルの物理学について私たちが知ることができる最良の説明です。その主な理由は、現在、[重力を説明する量子論](#)が存在しないためです。したがって、ある段階で一般相対性理論を調整して、その到達範囲を宇宙の最も小さなスケール、そしてこのチームによると最も広大なスケールにまで「拡張」することは避けられないようだ。研究者たちは何十年にもわたって、一般相対性理論の矛盾を克服するのに役立つ数学モデルの作成を試みており、ウォータールー大学の応用数学者と天体物理学者はこの探求に深く取り組んできました。

一般相対性理論を変える？何！

一般相対性理論を改訂するという考えが異端に等しいと思われる場合は、それに関連する理論を調整する必要があるのは今回が初めてではないと考えてください。

アインシュタインがこの理論を初めて導入した直後、彼と他の人々はそれを拡張して、宇宙の状態を記述する方程式を開発しました。一般相対性理論の結果、この方程式は宇宙が変化しているはずであると予測しました。これに関する問題は、宇宙は静的であるという当時の科学的コンセンサスでした。そして、アインシュタインは現状を変化させることに慣れていましたが、偶然にもこの不変の宇宙像に同意していました。

一般相対性理論が静的な宇宙を確実に予測するために、アインシュタインは後に「最大の失敗」と述べた「ごまかし係数」を追加しました。これは[宇宙定数](#)として知られており、ギリシャ文字のラムダで表されます。エドウィン・ハッブルがアインシュタインに宇宙は静的ではないと説得したとき、定数は思考から取り除かれることになる。それは拡大している、と彼は主張した。そして今日私たちが知る限り、ハッブルは確かに正しかったので

す。しかし、ラムダは実際に復活するでしょう。20 世紀末には、[宇宙が膨張しているだけでなく、その膨張が加速していること](#)が天文学者によって発見され、別の役割を果たし始めます。

ウォータールー大学の天体物理学教授でペリメーター研究所の研究者でもあるニアエシュ・アフシャリド氏は声明で、「ほぼ 1 世紀前、天文学者らは宇宙が膨張していることを発見した」と述べた。「銀河は遠ければ遠いほど速くなり、アインシュタインの理論が許容する最大光速に近い速度で動いているように見えるほどです。私たちの発見は、まさにそのスケールでは、アインシュタインの理論も同様である可能性があることを示唆しています」不足してください。」ウォータールー大学チームの「宇宙のグリッチ」の提案は、理論を「覆す」ものではないものの、長距離で重力を変化させ、アインシュタインの数式を拡張してこれに取り組むものである。

「これはアインシュタインの理論の脚注のようなものだと考えてください」とウェン氏は語った。「宇宙規模に達すると、利用規約が適用されます。」

関連記事:

—[ブラックホールのような「グラヴァスター」はロシアのお茶人形のように積み重ねられる可能性がある](#)

—[これまでに撮影された最初のブラックホールの 2 番目の画像は、アインシュタインの一般相対性理論を裏付けています \(写真\)](#)

—[「波状の時空」は、重力が量子則に従わない理由を説明するかもしれない](#)

この宇宙グリッチ理論の背後にある研究者らは、[宇宙の大規模構造](#)と、ビッグバン直後に起こった現象からの[宇宙マイクロ波背景放射 \(CMB\)](#)と呼ばれる普遍的な「化石」放射線場の将来の観測によって、光が当たる可能性があることを示唆している。宇宙の重力の異常が現在の「[宇宙の緊張](#)」の原因であるかどうかについて。

これには、量子論が天体観測で示されるよりも 10^{121} (10 の後に 120 個のゼロが続く) という驚異的な係数であるラムダの値が与えられる理由が含まれている可能性があります (一部の物理学者がこれを「[人類史上最悪の理論的予測](#)」と呼ぶのも不思議ではありません)物理学!」)。

「この新しいモデルは、私たちが時空を超えて解き始めている宇宙のパズルの最初の手がかりにすぎないかもしれない」とアフショードィ氏は結論づけた。

チームの研究は、[Journal of Cosmology and Astroparticle Physics](#) に掲載されています。

[宇宙フォーラムに参加して](#)、最新のミッションや夜空などについて宇宙について語り続けましょう!ニュースのヒント、訂正、コメントがある場合は、community@space.com までお知らせください。



[ロバート・リー](#) シニアライター

Robert Lea は英国の科学ジャーナリストであり、Physics World、New Scientist、Astronomy Magazine、All About Space、Newsweek、ZME Science に記事を掲載しています。彼はまた、エルゼビアと欧州物理学ジャーナルで科学コミュニケーションについて執筆しています。ロブは、英国のオープン大学で物理学と天文学の理学士号を取得しています。Twitter @sciencef1rst で彼をフォローしてください。