

世界最小月面ロボ「LEV-2」(SORA-Q)は実際に月で動いていた。新たな画像解析で

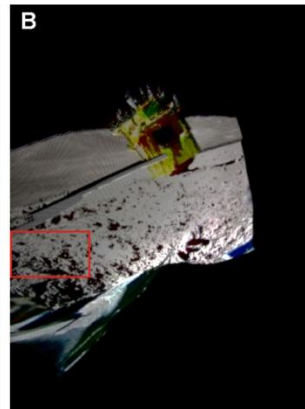
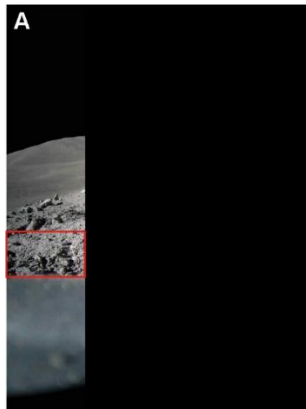
判明 掲載日 2026/06/18 14:10

目次 [この宇宙・航空ニュースのまとめ](#) [研究概要と背景](#) [今後の展開](#)

この宇宙・航空ニュースのまとめ

- LEV-2 が実際に月面を移動したことを裏付ける 2 枚目の月面画像を新たに公開
- 独自の形態変化の仕組みにより、手のひらサイズの超小型ローバでも月面を移動可能なことを明らかにした
- 地上からの遠隔操作に頼らず、自ら判断して移動・撮影・通信する自律制御技術を実証
- 低コスト・短期間で開発可能な超小型ロボットによる新しい宇宙探査の可能性を示した

2024 年 1 月に小型月着陸実証機「SLIM」から離れて月面に到達した、世界最小・最軽量の月面探査ロボット「LEV-2」(愛称: SORA-Q)。その研究成果をまとめた論文が、アメリカの国際学術誌「Science Robotics」(Vol 11, Issue 115)に掲載され、掲載号の表紙を飾った。



LEV-2 がフロントカメラで撮影した月面の画像。赤枠は月面で着陸機を検出した結果を示しており、画像処理アルゴリズムが月面でも正常に動作したことを裏付けている (C)[JAXA](#)/タカラトミー/[ソニー](#)グループ(株)/同志社大学 出所: JAXA ニュースリリース

(A)LEV-2 がリアカメラで撮影した月面の画像 (B)フロントカメラ画像(前出)をリアカメラ撮影時の視点に変更した投影画像。赤枠で示した範囲に共通する岩石が写っており、この情報をもとに LEV-2 の移動・旋回量を推定。A のデータ欠損部には、B のように着陸機が写っていた可能性が高いと考えられる (C)[JAXA](#)/タカラトミー/[ソニー](#)グループ(株)/同志社大学 出所: JAXA ニュースリリース

この研究では、手のひらサイズの LEV-2 が実際に月面を移動したことを裏付ける 2 枚目の画像を新たに公開し、LEV-2 自身の判断で動ける自律制御技術を実証。低コスト・短期間で開発可能な超小型ロボットによる新しい宇宙探査の可能性を示すものと説明している。宇宙航空研究開発機構(JAXA)、タカラトミー、ソニーグループ、同志社大学の共同開発によって生まれた LEV-2 に関する研究の詳細については、前出の通り Science Robotics に、6 月 10 日(日本時間 6 月 11 日午前 3 時)付で掲載されている。

研究概要と背景

LEV-2(Lunar Excursion Vehicle 2)は、直径 78mm の球体から自動で展開し、車輪で移動できる変形型月面ロボット(質量 228g)。地上から操作しなくても、自律的に周囲の撮影を行い、取得した画像を無線で送信できる点が大きな特徴だ。誤差 10m 以下のピンポイント着陸に成功した着陸機の様子をカメラに収め、地球へ送り届けたことで、大きな驚きと感動を人々にもたらしたことは記憶に新しい。

なお、SLIM には LEV-2 と共に「LEV-1」(Lunar Excursion Vehicle 1)という超小型月面探査ローバも搭載されており、2 機合わせて世界初の完全自律ロボットによる月面探査、世界初の複数ロボットによる同時月面探査も達成している。今回の研究では、小型ロボットで課題となる移動能力や処理能力の制約を克服するための機構設計と自律制御技術を提案し、月面でその有効性を実証したかたちだ。具体的な成果として大きく以下の3点を挙げ、あわせて新たな月面画像も公開している。

1. 完全自律による月面探査の実証
2. 変形機構・偏心車輪による移動機能の実証
3. 実環境での動作データと知見の獲得

1. 完全自律による月面探査の実証

LEV-2 は、着陸後に自ら起動・展開して姿勢を整え、着陸機から離れて移動しながら周囲を撮影。画像の中から重要なものを自ら選び、無線で送信するといった一連の動作を、すべて自律的に行った。これらの動作は、通信が限られる環境を前提として設計されており、地上からの遠隔操作に依存せず実施されたものだ。

この結果、月面上から2枚の画像を取得することに成功。各所で大きく取り上げられた画像はフロントカメラで撮影されたもので、通信途中でデータが途絶えたために一部が欠けた状態ながら、着陸機とその周囲の様子が明瞭に捉えられ、月面での着陸状況を示す貴重なデータとなった。

テレメトリデータの解析から、LEV-2 がオンボード画像処理により月面で着陸機を正しく認識していたことも確認。また、オフライン画像解析の結果、LEV-2 が着陸機から約 5.08m 離れた位置から撮影したと推定され、計画通りの動作シーケンスが適切に実行されていたことが示されたとしている。

今回新たに公開した2枚目の画像は、リアカメラで撮影されたもの。通信途絶によるデータ欠損のため、復元できたのは左側部分のみとなっているが、月面環境や移動の根拠を示す重要な情報が含まれているという。

画像解析により生成した投影画像(フロントカメラ画像をリアカメラ撮影時の視点に変換したもの)と比較すると、画像2枚目の欠損した中央部分には着陸機が写っていた可能性が高いことが分かった。

また、テレメトリデータの解析から、LEV-2 は月面で少なくとも約 108 分間動作し、その間にオンボード画像処理を 240 回実施したことも明らかになった。月面移動中には姿勢異常を検知し、姿勢を回復させる動作シーケンスが実行されたことも確認している。こうした解析の結果、超小型ロボットが厳しい通信制約下においても、自律的に判断して探査を実行し、その成果を取得・送信できることを実証した。

2. 変形機構・偏心車輪による移動機能の実証

LEV-2 は、球体形状から展開して走行形態へ変形する独自の仕組みと、月面でも埋もれないように車輪を偏心回転させる特殊な機構を備えている。今回取得された2枚の画像には、共通して写っている岩石があり、これを基準に画像解析を行った結果、2枚の画像を取得する間に LEV-2 が約 0.13m 移動し、約 180 度旋回していることを確認。LEV-2 が実際に月面上を移動・旋回したことが裏付けられたという。これにより、提案した変形機構および車輪の偏心回転が、実際の月面環境において有効に機能し、超小型ロボットでも走行できることも実証した。



LEV-2 の外観。左が収納状態で、右が展開状態 出所：JAXA ニュースリリース

3. 実環境での動作データと知見の獲得

月面での運用では、通信の途切れやデータの一部欠損といった課題がみられたものの、LEV-2 が備える異常検知機能や自己回復機能が実際に動作し、不具合に対して自律的に対応していたことも確認できたとのこと。

これらの結果から、実際の宇宙環境で小型ロボットを運用するための設計や地上試験に関する留意点、運用方法の改善点など、今後の探査ミッションに活用可能な具体的知見が得られたとしている。

今後の展開

今回の成果について JAXA ら 4 者は「小型ロボットによる宇宙探査の実現可能性を示す重要な一歩」とし、「この研究で得られた技術と知見は、将来の月・火星探査に加え、人類の宇宙活動の拡大に貢献することが期待される」とコメントしている。

また今後の展開としては、以下 4 点が期待されるとのこと。

- 複数の小型ロボットを同時に運用し、広範囲を効率的に探査する技術の発展
- 大型ローバと小型ロボットを組み合わせた柔軟な探査システムの実現
- 月や火星だけでなく、洞窟や急斜面などこれまで到達が難しかった環境への探査拡大
- 低コスト・短期間でのミッション実現による宇宙探査の加速

<https://forbesjapan.com/articles/detail/99324>

2026.06.18 16:00

地球の自転は減速し、1 日は長くなっている しかも過去 360 万年間に前例のない

ペースで



[Jamie Carter | Contributor](#)



米航空宇宙局（NASA）の有人月探査ミッション「アルテミス II」の宇宙飛行士が、ミッション 2 日目に宇宙船「オリオン」の窓から撮影した地球の姿。2026 年 4 月 2 日撮影（NASA）

現在、地球の自転は徐々に遅くなっている。これは気候変動によって氷河や極地の氷床が融解し、地球上の水の分布が変化しているためだ。それに伴って 1 日の長さも少しずつ延びているが、そのペースは少なくとも過去 360 万年に前例のないほど急速だということが、オーストリアのウィーン大学とスイスのチューリッヒ工科大学による最新研究で明らかになった。

米国人の過半数は、気候変動が人間の活動に起因していると信じていない。だがこの研究結果は、人間が引き起こす温暖化が地球システムにどれほど深刻な影響を与えているのかを示す新たな指標となるものだ。

重要な事実

地球における「1 日」は現在、100 年あたり約 1.33 ミリ秒（0.00133 秒）のペースで長くなっている。主な原因は気候変動に伴う海面上昇だ。変化の度合いはごくわずかだが、衛星測位システムや世界の標準時制度、宇宙ミッションなど、地球の自転に関する正確な情報を必要とする分野では問題が生じるおそれがある。

氷床や氷河が融解すると、水の質量が極地（陸上）から海洋へと移動する。この質量の再配分により、地球の自転は遅くなっている。

研究チームは、底生有孔虫という海底に生息する単細胞の小さな海洋原生動物の化石を用い、高度な機械学習技術と組み合わせて、360 万年前から現在までの 1 日の長さの変動を再構成した。

地球物理学の専門誌『Journal of Geophysical Research: Solid Earth』に掲載された論文によれば、過去 360 万年間のどの時期においても、気候に起因する 1 日の長さの増加率が 2000 年から 2020 年までの期間に観測された 100 年あたり約 1.33 ミリ秒というペースほど急速だったことはなかった。

英国物理学会によると、地球の自転速度に長期的な影響を及ぼしている最大の要因が月であることには変わらない。潮汐摩擦によって地球の自転は次第に遅くなっており、1 日も長くなっている。しかし、いくつかのシナリオでは、21 世紀末までに気候変動の影響が月による影響を上回る可能性があることが今回の研究でわかった。

[次ページ > 主な原因は人間の活動](#)

地球に刻まれた太古の時を読み解く

太古の時代から気候が地球の自転にどのような影響を及ぼしてきたのかを調べるため、研究チームは底生有孔虫に着目した。この微小な海洋生物の化石の殻には、古代の海面変動について知るための手がかりが記録されている。研究者らは殻の化学組成を分析し、約 360 万年前の鮮新世後期以降の 1 日の長さの変動を復元した。

この研究で最も注目すべき発見は、過去の変動の大きさではなく、現在の変化の速さである。21 世紀に入り、グリーンランドや南極の氷床、山岳氷河の融解が加速。海面の上昇が進むとともに、地球の両極から質量が移動した。その結果、地球は赤道付近がほんの少しばかり膨らんで扁平化し、自転速度がわずかに遅くなっている。

研究結果は、現代の気候変動が地球の自転に及ぼしている影響が過去 360 万年間で前例のないものであることを示唆している。チューリッヒ工科大学のベネディクト・ソヤ教授（宇宙測地学）は、「1 日の長さがこれほど急速に延びているという事実から示唆されるのは、現代の気候変動が、少なくとも 360 万年前の鮮新世後期以降には前例のないペースで進んでいるということだ」と指摘。「したがって、現在起こっている 1 日の長さの急速な増加は、主として人間活動の影響によるものだと考えられる」と述べている。

「史上最も短い 1 日」記録更新との兼ね合いは？

気候変動によって地球の自転速度が遅くなっているのであれば、なぜ地球の自転が加速したというニュースが最近報じられ、「観測史上最も短い 1 日」の記録が更新されているのだろうか。

SEE ALSO



[サイエンス > 宇宙](#) [地球の自転が加速中、「最も短い 1 日」に備えよう](#)

たしかに気候変動は地球の自転を長期的に減速させているが、自転速度に影響する要因はそれだけではないと科学者らは説明する。地球の外殻を構成する液体金属の動き、大気循環の変化、海流、地球の形状の微細な変化など、さまざまな要因が 1 日の長さを数ミリ秒単位で変化させる可能性があり、自転を一時的に速めたり遅らせたりしているのだ。地球上では 2020 年以降、近代観測史上最も短い 1 日の記録が何度か塗り替えられており、まだ研究で解明しきれていない機序が短期的に自転を加速させているとみられている。ただし、こうした変動ははるかに長期的な背景の中で生じている。それは月の引力が地球の自転を着実に減速させる一方、気候変動による氷床の融解がその減速ペースにますます拍車をかけているという状況だ。ウィーン大学とチューリッヒ工科大学の研究結果では、温室効果ガスの排出量が現状のまま推移した場合、気候変動が 1 日の長さに及ぼす影響は 21 世紀末までに月の影響を上回ると予想されている。（[forbes.com 原文](#)）翻訳・編集＝荻原藤緒

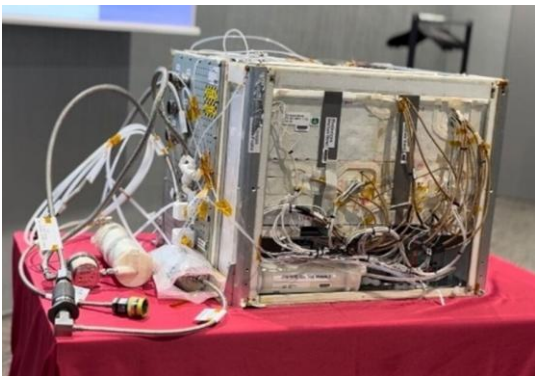
ISS で使われた「水再生システム」栗田工業が分解調査完了 「有益な知見得られた」

掲載日 2026/06/16 14:10

この宇宙・航空ニュースのまとめ

- 栗田工業、国際宇宙ステーション(ISS)上での実証を終えて地球へ帰還した「水再生技術実証システム」の分解調査・解析を完了
- 2019 年に打ち上げられ、2023 年まで約 4 年間の実証を終えたシステム。「想定どおりの性能を発揮し、微小重力環境下における水処理特性について多くの有益な知見得られた」(栗田工業)
- 設計・運用の両面で検討すべき課題が明らかに、宇宙における水回収・再生に係る技術開発などへ活用

栗田工業は、宇宙航空研究開発機構(JAXA)により実施された国際宇宙ステーション(ISS)での軌道上実証を完了し、地球へ帰還した「水再生技術実証システム」の分解調査と解析を実施。一連の作業を完了後、JAXA へ結果報告を行ったと 6 月 15 日に発表した。



ISS から帰還した、栗田工業の水再生システム

この実証は、栗田工業と JAXA が将来型水再生システムの検討に関する共同研究契約を 2011 年に締結してスタート。宇宙機内で発生する水分(尿)を回収して、飲用可能なレベルの水質へと再生処理するシステムの開発を栗田工業が受注し、2019 年に JAXA へ納品した。

同年打ち上げられたシステムは ISS「きぼう」日本実験棟に納められ、2023 年までの約 4 年間にわたり、栗田工業の地上からの技術支援のもと、JAXA による軌道上実証を実施。その後、実証終了後の装置内部の変化を今後の宇宙開発に活用するという JAXA と同社の意向を踏まえて、2025 年 5 月に地上に帰還し回収された。同社では「この装置は総重量 100kg を超え、JAXA の大型装置として初めて地上に帰還したものだ」としている。

栗田工業は、「同装置は想定どおりの性能を発揮し、微小重力環境下における水処理特性について有益な知見を多く得た」としており、装置の地球帰還後、はくりたグループの研究開発拠点「Kurita Innovation Hub」(東京・昭島市)において同社の開発担当者が、微小重力下での運転に伴う劣化や特性の変化などの確認を目的とする分解調査・解析を行った。その結果、微小重力環境では、システム内部で水や気泡が地上とは異なる独特の挙動を示していたことや、当初の想定を上回る 4 年超という長期間の軌道上運用による部品の劣化や周辺機器への影響など、設計と運用の両面から検討すべき課題が明らかになったとのこと。同社はこの実証で得られた知見を、宇宙における水回収・再生に係る技術開発などへ活かしていく方針だ。

リュウグウ試料などが地球上では急速に変化する - 広島大などが確認

掲載日 2026/06/15 14:22

[広島大学](#)、[京都大学](#)(京大)、[海洋研究開発機構](#)(JAMSTEC)、[分子科学研究所](#)(分子研)、[大阪公立大学](#)(大阪公大)、

国立極地研究所(極地研)の6者は6月12日、[探査機「はやぶさ2」](#)が小惑星リュウグウから持ち帰った粒子について、大気曝露実験と電子顕微鏡・放射光X線分光分析を行い、地球帰還後、数週間のうちに変質が始まり、数か月のうちに周囲の鉱物や有機物へ影響が広がることを明らかにしたと共同で発表した。

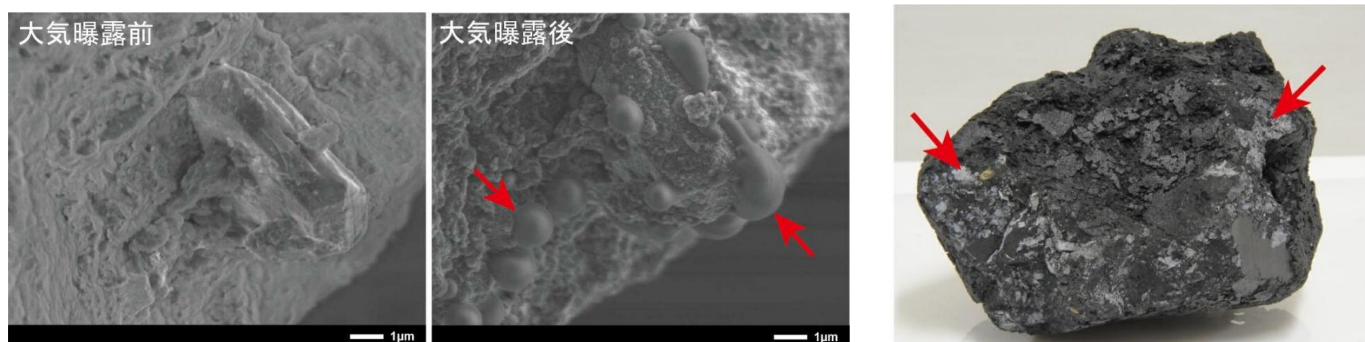
同成果は、広島大学大学院 先進理工系科学研究科の宮原正明准教授、京大 理学研究科の野口高明教授、同・松本徹特定助教(京大 白眉センター兼務)、JAMSTEC 物質地球科学研究部門 高知コア研究所の富岡尚敬上席研究員/研究所長代理(同・研究所 鉱物・地球化学研究グループ グループリーダー兼任)、分子研 極端紫外光研究施設の荒木暢主任研究員(研究当時)、京大 理学研究科の三宅亮教授、同・伊神洋平准教授、大阪公大大学院 理学研究科の瀬戸雄介准教授、極地研 先端研究推進系の山口亮准教授らの共同研究チームによるもの。詳細は、[英科学誌「Nature」系の旗艦オープンアクセスジャーナル「Nature Communications」](#)に掲載された。

「はやぶさ2」が持ち帰った試料からまた新たな成果

地球のように分厚い大気や気象変化を持つ惑星の岩石とは異なり、月や小惑星などの岩石は天体誕生時の条件を保存しているとされる。特に微小天体は「太陽系のタイムカプセル」などと称される。リュウグウから持ち帰られた試料に対する研究は進展し、さまざまなことが明らかにされてきた。同試料には含水鉱物や有機物などが含まれており、初期太陽系における水質変成や有機化学進化を解き明かす鍵になると考えられている。

こうした試料は、水や酸素が豊富な地球環境に対して非常に敏感であり、帰還後の保管・輸送・分析の過程で変質するリスクが常に存在する。しかし、どの鉱物が最初に変質し、その影響が周囲へどのように広がるのか、またその速度については未解明な点が多い。そこで研究チームは今回、リュウグウ粒子を載せた試料プレートを用い、温度20~23℃、相対湿度30~40%の条件で大気曝露実験を行うことにしたという。

今回の研究では、試料の追跡が数週間から数か月にわたって実施された。その後に、走査電子顕微鏡、透過電子顕微鏡、放射光X線吸収分光法を用いて、表面および内部の変化が詳細に調べられた。その結果、以下のことが判明したとする。まず、「数週間で磁硫鉄鉱の表面変質が始まる」という点だ。磁硫鉄鉱は、鉄と硫黄からなる硫化鉱物で、水との反応性が高く、地球大気中で酸化しやすいことを特徴とする。リュウグウ粒子中にも磁硫鉄鉱が含まれており、地球大気にさらされた結果、表面から酸化が始まり、鉄・酸素に富む、原子の配列に規則性のないアモルファスな変質層を形成することが確認された。



(左)リュウグウ試料中の磁硫鉄鉱の大気曝露前の電子顕微鏡像。(右)大気曝露後の画像。赤矢印は、磁硫鉄鉱の酸化によってできた鉄と酸素に富む変質物を示す。(出所:広島大プレスリリース PDF)

磁硫鉄鉱を含む炭素質コンドライト隕石の表面に、地球風化によって白色の生成物が生じている様子(極地研提供)。(出所:極地研 Web サイト)

次に、「数か月のうちに周囲の鉱物や有機物にも変質が広がる」ことが明らかにされた。まず磁硫鉄鉱が酸化することで、酸性・酸化的な環境が局所的に生じ、その結果として周囲にある「フィロケイ酸塩」(水の働きを調べる手がかりとされる、層状の結晶構造を持つケイ酸塩鉱物)が部分的にアモルファス化することが判明。さらに、有機物にもナノスケールのバブルや炭素・酸素に富む沈殿層が形成されたという。つまり、磁硫鉄鉱の酸化が起点となって、周囲の物質の連鎖的な変質が進んでいくことが突き止められたのである。

続いて、磁硫鉄鉱の変質層の厚さから、初期段階の変質速度の定量化が行われた。その結果、約 0.1nm/日と見積もられた。これは、地球帰還後の比較的短い時間スケールでも、重要な鉱物学的・化学的情報が失われ得ることが示唆される速度とした。さらに、乾燥空気中や窒素雰囲気下、室温付近での保管といった、一般的なキュレーション(試料を汚染や変質から守りながら保管・管理し、研究者に提供するための作業全般を指す)条件下でも、変質が進行し得ることが示された。これらの結果は、帰還試料の保管において、単に不活性ガスを使うだけでなく、低温・低酸素・低湿度を一体として管理する必要があることが示されている。特に、室温付近ではナノメートルスケールの変質が日単位で進み得るため、試料の保管や分析はできる限り低温・低酸素・低湿度で行う必要があるとした。研究チームは今後、より多くのリュウグウ粒子を対象に同様の解析を進め、鉱物の種類や粒子の細かな組成の違いによって、変質の進み方がどのように変化するのかを明らかにしていく方針だ。さらに、今回の研究で得られた知見を活かし、米国航空宇宙局(NASA)の探査機「OSIRIS-REx」(現「OSIRIS-APEX」)が持ち帰った小惑星ベヌの試料、宇宙航空研究開発機構(JAXA)主導で行われる火星衛星探査計画「MMX」で回収予定の衛星フォボスの試料、NASA や欧州宇宙機関(ESA)の連携で計画されている火星の試料など、複数のサンプルリターン試料について、より適切な保管・輸送・分析方法の確立に役立てることを考えているとした。

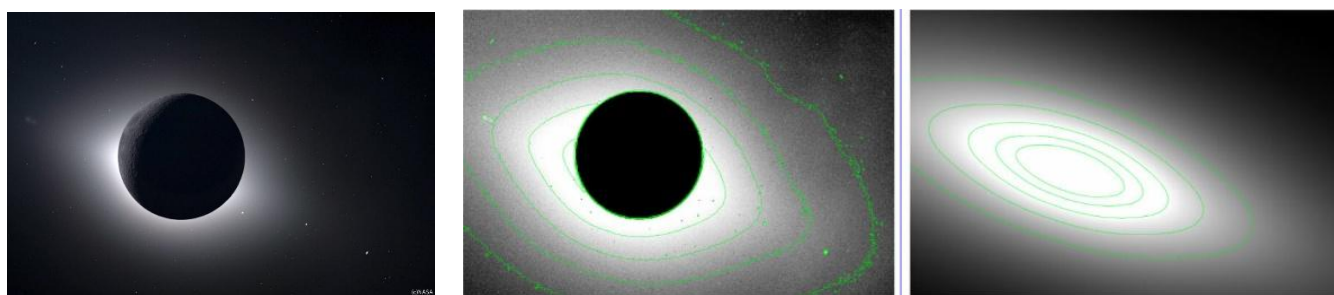
これまで、地球外物質が地球環境の中で変質してしまうことは、隕石研究においても長年の大きな課題だった。例えば、リュウグウ試料と比較される炭素質コンドライト隕石は、南極探査によって回収され、キュレーション施設で保管されている。しかし、これらの隕石にも磁硫鉄鉱が含まれており、その酸化によって変質が進み、岩石表面に白色の風化生成物が生じることがあるという。今回の研究により、施設で適切に保管されている試料であっても、条件によっては変質を完全には防げない可能性が示された。地球外試料が本来有していた重要な科学情報を守るためには、今後、さらに厳密な保管条件を検討していく必要があるとしている。

<https://news.mynavi.jp/techplus/article/20260614-4580928/>

宇宙飛行士が撮影した皆既日食画像から「F コロナ」の構造を解明！

掲載日 2026/06/14 17:13

東京都市大学(都市大)と国立天文台(NAOJ)の両者は6月9日、有人月周回ミッション「アルテミス II」の月フライバイ時に撮影された皆既日食画像を解析した結果、太陽の周囲を覆うコロナの1成分である「F コロナ」(太陽系内の微細な「惑星間塵」による散乱光)の広がりと構造を明らかにすることに成功したと共同で発表した。



アルテミス II のクルーが、月フライバイ中にオリオン宇宙船から撮影した皆既日食の画像。今回の研究では、この広報用に撮影された画像を解析することで、画像で隠されている太陽の近傍に広がる F コロナ(月の周囲に淡く広がる白い光)の詳細な構造が明らかにされた。(c)NASA(出所:NAOJ 石垣島天文台 Web サイト)

(左)アルテミス II のクルーが撮影した皆既日食の画像から得られた、F コロナの広がり。(右)従来の惑星間塵の分布モデルから予想される F コロナの広がり。観測された F コロナが、モデル予想よりも南北方向(画像内での左下-右上方向)に広がっていることがわかった。Tsumura & Arimatsu, 2026 より改変されたもの(出所:都市大 Web サイト)

同成果は、都市大 理工学部 自然科学科の津村耕司准教授と NAOJ 石垣島天文台の有松亘講師/天文台室長の共同研究チームによるもの。詳細は、[米国天文学会が刊行する、天体物理学の論文誌の速報版「The Astrophysical Journal Letters」に掲載された。](#)

宇宙飛行士による写真が新たな科学的研究成果に

皆既日食の際に月に隠された太陽の周囲に広がる淡い光が、太陽の大気である「コロナ」だ。このコロナは主に、高温のイオンが放つ輝線による「E コロナ」(Emission corona)と、自由電子による太陽光散乱で生じる「K コロナ」(Kontinuierlich corona)の 2 種類に分類される。

これらに加え、惑星間塵が散乱した太陽光による「F コロナ」(Fraunhofer corona)が存在する。実際には太陽の大気ではないものの、コロナのように見えることから、慣習的にそう呼ばれている。F コロナは厳密にはコロナの範疇には含まれないが、太陽近傍の惑星間塵の分布を知る手がかりとなるため、その観測は天文学的に重要な意味を持つ。しかし、F コロナは太陽本体に比べて極めて暗いため、皆既日食時や、特殊な装置を使わないと観測することが困難な点が課題だった。そうした中、2026 年 4 月 1 日にアポロ計画以来となる有人月周回ミッション「アルテミス II」が実施された。新型ロケット「SLS」によって打ち上げられた宇宙船「オリオン」には 4 名の宇宙飛行士が搭乗しており、月を周回して 4 月 11 日に地球に帰還した。その飛行中の 4 月 6 日、同宇宙船が月の裏側において月の影の中を航行した際、月が太陽を完全に隠す宇宙空間での皆既日食の画像が撮影された。米国航空宇宙局(NASA)はこの JPEG 画像を広報目的で即時公開した。

この画像には、地上からは観測が難しい F コロナが広い範囲にわたって撮影されており、通常の上観測では得られない貴重なものだった。そこで研究チームは今回、この画像を解析したという。

この画像の最大の特徴は、一般的な JPEG 画像だった点だ。同方式は圧縮や画像処理が施されているため、通常は精密な科学解析には適さない。しかし今回の研究では、画像内に写り込んだ恒星を利用した感度校正手法を用いることで、この制約を克服。圧縮された JPEG 画像からでも信頼できる輝度分布が復元された。

画像に写っていた F コロナは、黄道面(地球の公転面)に沿って扁平な構造を持ち、東西方向の分布は従来の観測と概ね一致する一方で、南北方向には惑星間塵の分布モデルからの予想よりも広がりを持つ構造が確認された。これは、太陽近傍における惑星間塵の分布をより詳細に制約するものであり、太陽系内物質の起源や進化を理解する上で重要な手がかりになるとした。

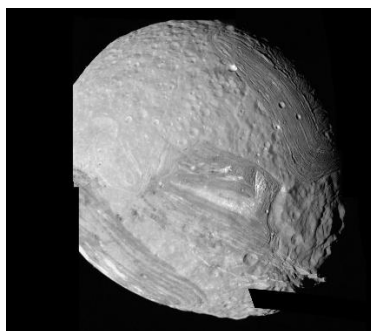
今回の研究は、宇宙で撮影された 1 枚の画像から宇宙の構造が解明されたという点で、科学と人類活動の新しい接点を示す成果とする。今後、[アルテミス計画](#)が進展することで、宇宙探査の現場で得られる 1 つ 1 つのデータが、天文学の発展に重要な役割を果たす可能性を強く示しているとした。

また、今回の画像は宇宙探査活動中に得られた「一般公開用の画像」からでも科学的成果を導けることを実証した点でも特筆すべき成果とする。これにより、将来の有人宇宙探査や観測ミッションにおいて、科学目的以外で取得されたデータの活用可能性が広がることが期待されるという。さらに、将来ミッションへの示唆として、月周回軌道からの継続的なコロナ観測ミッションの意義を裏付ける実例になったとしている。

<https://wired.jp/article/the-moons-of-uranus-may-hold-the-key-to-finding-missing-planets/> 2026.06.15

太陽系には巨大惑星がもっと存在した？ 天王星の衛星が握る鍵

かつて太陽系には、いまよりも多くの巨大惑星が存在し、その一部は太陽系の外へ弾き飛ばされたのかもしれない。その痕跡が天王星の衛星に残されている可能性を、最新のシミュレーション研究が示した。



Photograph: MARK GARLICK/SCIENCE PHOTO LIBRARY

太陽系で最も特異な衛星とされる天王星の衛星ミランダ。最新研究は、その奇妙な姿が“失われた巨大惑星”が存在した痕跡である可能性を指摘している。NASA

太陽系の誕生直後は、いまのように安定した世界ではなく、惑星同士が激しく影響し合う混沌とした環境だったと考えられている。ただ、その混乱がどれほど激しかったのかについては、いまま研究が続いている。

現在有力な理論モデルでは、巨大惑星は形成後のある時期に極めて不安定な状態となり、[天王星](#)や[海王星](#)ほどの大きさの天体が1個、あるいは2個、太陽系の外へ弾き飛ばされて恒星間空間へ放出された可能性があるという。もし本当にそうした出来事が起きていたなら、その痕跡は意外にも[木星](#)や、とりわけ天王星の衛星群に残されているかもしれない。

「生き残った」衛星の特徴

学術誌『Icarus』に最近掲載された[論文](#)では、太陽系が不安定化したと考えられる122通りのシナリオをシミュレーションし、木星や天王星など「生き残った」巨大惑星の衛星系が、それぞれどのような影響を受けるのかを分析した。その結果、天王星の衛星が現在示している特徴は、激しい不安定化を経験したと仮定しなければ説明することが極めて難しいことがわかった。さらに、そのような激しい不安定化が再現されたのは、太陽系にいまよりも多くの巨大惑星が存在していたとするモデルだけだった。

研究チームによると、天王星の衛星群は過去に少なくとも2度、大きく乱された可能性が高いという。1度目は天王星の自転軸を大きく傾けた巨大衝突、2度目は惑星系が不安定化した時期に起きた巨大惑星同士の接近が原因だったという。その後、その混乱はのちに太陽系から放出されることになる1個以上の巨大惑星の存在によってさらに激化し、天王星の衛星系はいったん破壊された後、現在の姿へと再形成された可能性が高いとしている。

巨大惑星は4つだけではなかった？

木星、[土星](#)、天王星、海王星は、誕生した当初から現在の位置にあったわけではない。惑星不安定化モデルによると、これらの巨大惑星はいまよりも太陽に近く、互いの距離ももっと接近した状態で形成されたと考えられている。その後、数百万年をかけて軌道を変えながら移動し、現在の位置に落ち着いた。惑星不安定化モデルとは、木星や土星、天王星、海王星が誕生後の重力相互作用によって軌道を大きく変え、現在の配置に落ち着いたとする理論だ。しかし、この惑星不安定化モデルには、観測結果とうまく一致しない点もある。例えば、現在の木星と土星の軌道は離心率が比較的大きい一方で、[カイパーベルト](#)のような構造の存在を考えると、海王星が現在の位置まで移動することは難しかったように見える。実際、シミュレーションでは惑星は現在の位置までたどり着かなかった。そこで浮上したのが、かつて太陽系には現在よりも多くの惑星が存在し、それらが「ほかの惑星を押し出した」という可能性だ。この仮説を採用すると、太陽系の謎はより整合的に説明できる。

問題は、もしそうした惑星が実在したとしても、すでに太陽系の外へ放出され、物理的な痕跡や破片を残していないことだ。そのため、“失われた惑星”はいまのところ仮説の域を出ておらず、その存在を裏づける十分な証拠が積み重なるのを待つほかない。

特異な衛星が握る太陽系の謎

今回『Icarus』に掲載された論文では、天王星の衛星を直接的な手がかりとして、“失われた惑星”仮説を検証した。

研究チームは太陽系の進化を再現した 122 通りのシミュレーションを実施。その結果、85%のシナリオで天王星の衛星系は崩壊した。一方、衛星が生き残ったのはごくわずかなケースだけで、そのすべてで、太陽系の外へ放出された惑星の存在を仮定するモデルが最もよく当てはまった。

論文が特に注目しているのが、天王星の主要衛星のなかで最も小さい「ミランダ」だ。天文学者の多くは、この衛星を太陽系で最も特異な衛星と考えている。その表面はまるで複数の破片を縫い合わせたかのようにまだら模様を呈し、その大きさから予想される以上に氷を豊富に含み、ほかの主要な天王星の衛星と比べても極めて小さい。さらに、現在も地質活動が続いていると考えられている。

天文学者たちは、ミランダはかつて存在したより大きな天体が砕け、その破片から再形成されたものだと考えている。今回の研究はその見方を補強するとともに、ミランダこそが惑星系の激しい不安定化が残した痕跡を最も明確に示す天体である可能性を示している。

今回の研究だけで“失われた惑星”の謎が解明されるわけではない。しかし、衛星が太陽系の混沌とした過去を物語る“証人”になりうることを示した点に大きな意味がある。こうした知見に加え、トロヤ群や木星周辺の小惑星群、さらにはオールトの雲といった特異な構造に関する独立した証拠が積み重なれば、もし本当にそうした惑星が存在したのなら、その行方がいつの日か明らかになるかもしれない。

一方で、[米航空宇宙局（NASA）](#)や[欧州宇宙機構（ESA）](#)が2040年代の実現を巡って検討を進めている天王星探査ミッションが実現すれば、ミランダが激動の時代を経て再形成された天体なのかどうかを確かめられる可能性がある。もしそれが事実なら、太陽系に実際にはいくつの惑星が存在していたのかという長年の謎を解く鍵は、衛星たちにあるのかもしれない。

(Originally published on [WIRED en Español](#), translated by Miki Anzai, edited by Mamiko Nakano)

https://news.mynavi.jp/techplus/article/astronomy_astrophysics-5/

第5回 [最新研究から読み解く 天文学・宇宙物理学の最前線](#)

ダークマターの地図を描く巨大望遠鏡 - ルービン天文台が挑む“0.1%の壁”

掲載日 2026/06/15 15:27

目次

- [ヴェラ・C・ルービン天文台が備える弱重力レンズ効果で進める LSST](#)
- [弱重力レンズ観測の鍵を握る PSF](#)
- [試験運用で見えてきた課題](#)
- [試験データで銀河団の弱重力レンズ信号を検出](#)

[宇宙](#)には、星や銀河のように光で見える物質だけでなく、光では直接見えない「ダークマター」が広く分布している。ダークマターは重力を通じて光の進路をわずかに曲げ、遠方銀河の像を微妙にゆがめる。この効果が「重力レンズ効果」である。[連載「最新研究から読み解く 天文学・宇宙物理学の最前線」](#)の過去回は[こちら](#)を参照。

[ヴェラ・C・ルービン天文台が備える弱重力レンズ効果で進める LSST](#)

なかでも、遠方銀河の形がごくわずかにゆがむ現象を「弱重力レンズ効果」という。個々の銀河を見ただけでは、その銀河がもともと楕円形なのか、重力レンズ効果でわずかにゆがんだのかは判別しにくい。しかし膨大な数の銀河を統計的に調べれば、宇宙に広がるダークマターの分布を浮かび上がらせることができる。

この弱重力レンズ効果を用いて、宇宙の大規模構造を精密に測ろうとしているのが、チリに建設されたヴェラ・C・ルービン天文台である。同天文台は「Legacy Survey of Space and Time(LSST)」と呼ばれる大規模観測計画を進める。



ヴェラ・C・ルービン天文台全景(出典元：NSF-DOE Rubin Observatory/NOIRLab/SLAC/AURA/P. Lago)

25 年の初期運用・試験観測で取得した画像。本格的な LSST サーベイ開始に先立ち、同天文台の広視野撮像能力を示す「First Look」画像として公開された(出典元：NSF-DOE Vera C. Rubin Observatory)

ここでいう Legacy とは、将来にわたって天文学・宇宙論の基盤となる観測データ資産という意味だ。口径 8.4m の大型望遠鏡と、9.6 平方度という広い視野を持つ 32 億画素の LSSTCam。世界最大のデジタルカメラとしてギネスにも登録されている。

南天全域の掃天を数晩ごとに繰り返すことが可能で、それにより時間とともに変化する宇宙の巨大な記録を作ることを目指している。このとき取得される宇宙画像データは一晚で約 20TB(テラバイト)。これは 15Mbps 程度に圧縮された 4K 動画なら約 3000 時間分、25Mbps でも約 1800 時間分となる。

つまり 2 カ月半流しっぱなしの 4K 動画に匹敵する膨大なものだ。宇宙を見る望遠鏡であると同時に、毎晩巨大なデータ資産を生み出す「宇宙データ工場」でもある。

弱重力レンズ観測の鍵を握る PSF

[今回紹介する論文「Commissioning of the Vera C. Rubin Observatory and Weak Gravitational Lensing」](#)は、このルービン天文台が本格観測に入る前の「コミッショニング」、すなわち試験運用・初期調整の段階で、弱重力レンズ観測に向けて何が確認され、どのような課題が見えてきたかを報告したものだ。

派手な新天体の発見ではない。しかし、宇宙論の最前線が巨大望遠鏡で遠くを見るだけの科学ではなく、望遠鏡・カメラ・大気・データ処理が生むごく小さな誤差との戦いであることをよく示している。

弱重力レンズ観測で重要になるのが「Point Spread Function(PSF)」、すなわち点像分布関数である。理想的には、星のような点源は画像上でも点として写るはずだ。しかし実際には大気の揺らぎ、望遠鏡の光学系、焦点ずれ、CCD センサの特性などによって、点は少し広がった像として記録される。この「点がどのように広がって写るか」を表すのが PSF である。弱重力レンズ効果で測りたいのは、遠方銀河の形のごくわずかなゆがみである。ところが、望遠鏡や大気も銀河像をわずかにゆがめてしまう。そのため、画像中の星を使って PSF モデルを構築し、観測画像に混入した装置由来・大気由来のにじみを補正しなければならない。論文では PSF サイズ残差、すなわち実際の星像から測った PSF サイズと、モデルが予測した PSF サイズの相対的なずれが詳しく調べられている。LSST の弱重力レンズ宇宙論では、この残差を Year 1 で 0.4%未満、Year 10 では 0.1%未満に抑えることが要求される。宇宙のゆがみを測るには望遠鏡自身が作るごく小さなゆがみを理解しなければならないのである。

試験運用で見えてきた課題

試験運用で見えてきた課題の 1 つが、CCD センサに由来する特徴的な構造である。ルービン天文台の主カメラ LSSTCam には、異なるメーカーの CCD センサが配置されている。そのうち ITL 製センサでは、PSF サイズ残差のマップに「blob」と呼ばれる斑点状の構造が現れた。論文では、この構造がセンサ表面の微妙な高さ分布と強く相関していることが示されている。さらに興味深いのは、この影響が目立った理由である。望遠鏡は 2025 年 12 月中旬まで最適焦点からわずかに外れており、そのためセンサ表面の形状が PSF サイズ残差として現れやすくなっていたという。焦点設定はその後に修正されたが、Data Preview 2(DP2)として公開予定のデータの多くは、やや焦点が外れた状態で取得されていた。つまり、宇宙のダークマター分布を測ろうとすると、まず CCD 表

面のわずかな凹凸や、望遠鏡の焦点ずれが見えてくるのである。一見すると地味な問題に思えるが、弱重力レンズ効果のような微小信号を扱う観測宇宙論では、こうした装置の癖を理解しなければ、宇宙由来の信号と装置由来の偽信号を取り違えてしまう。別の課題は、星が多い領域での空背景推定である。天の川銀河や大・小マゼラン雲の周辺では星密度が高く、空の明るさを正確に見積もることが難しくなる。背景推定にわずかな誤りがあると、星や銀河の広がり方の測定に偏りが入り、PSF モデルにも影響する。星が多ければ情報量が増えてよさそうに思える。しかしこのような精密な形状測定では、星が多いこと自体が解析を難しくする場合があるのである。さらに、天体の「色」による PSF の違いも無視できない。大気は波長によって光の曲げ方が異なるため、星や銀河の色が違えば、画像上での広がり方にも差が生じる。LSSTCam には大気分散補正装置がないため、この色依存性をデータ処理の中で明示的にモデル化する必要がある。論文では、恒星の色の情報を取り入れた PSF 補正が Rubin Observatory のデータ処理パイプラインに実装されたことも報告されている。

試験データで銀河団の弱重力レンズ信号を検出

こうした課題がある一方で、明るい成果も示されている。試験運用段階の LSSTCam データを用いて、既知の銀河団 PSZ2 G309.43-72.86 による弱重力レンズ信号が検出されたのだ。この銀河団は赤方偏移 0.35 にあり、スニヤエフ・ゼルドビッチ効果宇宙(背景放射が銀河団内のプラズマ電子により逆コンプトン散乱を受け、そのスペクトルを変化させる現象)から推定された質量は太陽の約 5.82×10^{14} 倍とされる。

解析により、銀河団の周囲の背景銀河には、銀河団の重力で期待される向き(接戦方向シア)のゆがみが見られた。一方、装置や解析の癖が混入していれば現れやすい別方向(クロスシア)の成分は、誤差の範囲でゼロとみなせた。ただし、これは直ちに LSST がダークエネルギーの性質を精密に測れる段階に達したという意味ではない。銀河団による弱重力レンズ信号は、宇宙全体に広がる微小な cosmic shear よりも信号が強く、要求される系統誤差制御も比較的緩い。ダークマター分布の成長史を通じてダークエネルギーの性質に迫るには、さらに厳密な PSF 補正とデータ処理が必要になる。

LSST の宇宙論解析では、銀河の形同士の相関、銀河の位置と背景銀河のゆがみの相関、銀河の位置同士の相関を組み合わせる「3×2pt 解析」も重要になる。これは、ダークマター分布、銀河分布、宇宙の構造成長を同時に調べるための統計的手法である。ルービン天文台が集める膨大な銀河データは、このような解析に大きな力を発揮すると期待されている。ダークマターの地図を描き、その先にダークエネルギーの性質へ迫るための第一歩は、CCD、焦点、大気、背景光、データ処理の一つひとつを精密に理解することなのである。

本格的な LSST が始まれば、ルービン天文台は宇宙の時間変化を記録する巨大なデータ資産を生み出していく。その成果は、新天体の発見だけでなく、宇宙の構造がどのように成長してきたのか、そして現在の宇宙膨張を支配するダークエネルギーとは何かという根本問題にも関わってくる。今回の試験運用報告は、その壮大な観測宇宙論に向けた、きわめて精密で現実的な出発点と言える。ルービン天文台は 2026 年 6 月現在、本格観測に向けた初期運用・調整を進めており、10 年間にわたる LSST も 2026 年中の開始が予定されている。



種市 孝 たねいち たかし サイエンスライター・エセ科学バスター。東北大学理学部化学科卒業、東京大学大学院理学系研究科物理学専攻博士課程単位取得。天文学・宇宙物理学を軸に、最前線の研究を専門家の視点から分かりやすく読み解く。超心理現象を理論物理学の研究対象として捉える「超心理物理学」を提唱し、その背後にある可能なメカニズムを探究、未解明の現象を物理学の枠組みから捉え直すことに取り組む。あわせて、スピリチュアルやオカルト、都市伝説、疑似科学をめぐる論点を整理し、事実と解釈を切り分けながら、科学的に考える姿勢の大切さを発信している。著書に『脳は心を創らない』(つむぎ書房、2023 年)などがある。