

## 「明月記」と古い樹木から見つかった、800 年前の太陽プロトン現象

鎌倉時代の日記「明月記」と、古い樹木に含まれる炭素の分析から、西暦 1200 年ごろに太陽プロトン現象が発生していたことが特定された。太陽活動の記録のない時代における太陽の振る舞いの理解につながる成果だ。

【2026 年 4 月 20 日 [沖縄科学技術大学院大学](#)】

太陽活動が極めて活発な時期には、[太陽フレア](#)の影響で強い磁気嵐が発生し、北海道や本州など低い緯度でもオーロラが観測されることがある。こうした太陽表面の爆発現象はときに、高エネルギー粒子が高速で地球に向かって放出される「[太陽プロトン現象](#)」を引き起こすことがある。太陽プロトン現象は人工衛星や有人宇宙活動に深刻な影響を及ぼす可能性が高く、「[アルテミス計画](#)」などを進めていくうえにおいても、この現象の解明は重要な課題の一つだ。



昨年 11 月北海道で撮影された低緯度オーロラ（撮影：[GlaxFox さん](#)）

沖縄科学技術大学院大学の宮原ひろ子さんたち研究チームは過去の太陽プロトン現象を調べるため、まず歴史文献から分析対象の年代を絞り込んだ。手がかりとしたのは、鎌倉時代の歌人・藤原定家の日記「[明月記](#)」だ。定家は 1204 年 2 月、京都で「赤い光（低緯度オーロラ）」を目撃したと記している。プロトン現象自体がオーロラを起こすわけではないが、両者はしばしば付随して発生するため、オーロラの記録は調査年代を絞る有力な指標となる。

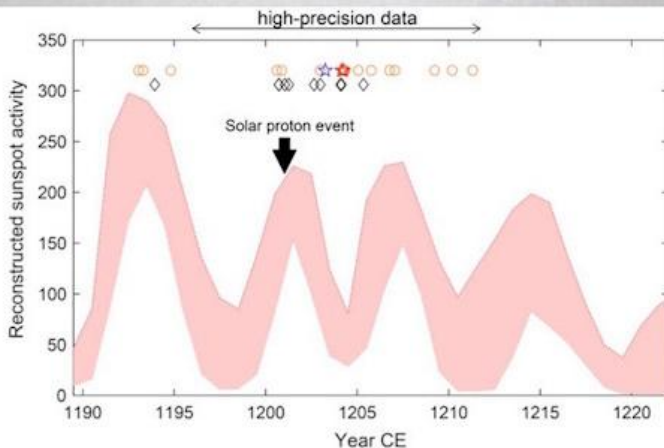


（左）江戸時代に描かれた藤原定家の肖像。（右）明月記の江戸期の写本。右側のページに北の空に赤い光が見えたという記述が確認できる（提供：（左）[菊池与斎](#)（パブリックドメイン）、（右）[国立公文書館](#)（パブリックドメイン））

次いで宮原さんたちは、明月記の記述をもとに、[青森県](#)で発掘されたアスナロの埋没樹木の年輪を調査した。[太陽プロトン現象](#)で放出される陽子の多くは地球磁場でそらされるが、とくに強い現象の発生時などには地球大気と衝突することがあり、この過程で「炭素 14」が生成される。炭素 14 は有機物に取り込まれるので、樹木の年輪に含まれる濃度を測定すれば、[プロトン現象の年代を推定できる](#)のだ。

調査の結果、[大規模な太陽プロトン現象を示唆する炭素 14 の急増が確認された](#)。その規模は、1956 年に人類が

直接観測した最大級のプロトン現象の 10 倍以上だった。さらに、地域の気候に関連した年輪成長パターンの比較に基づく年代決定法（年輪年代学）により、この事象が西暦 1200 年冬から 1201 年春の間に起こったことが示された。この年代は、中国で観測された赤い低緯度オーロラの記録とも一致するものだ。これらのデータから、当時の太陽活動周期が現在の約 11 年より短い 7~8 年だったことや、今回見つかった太陽プロトン現象がその太陽活動周期がピークを迎えた年代に発生したものであることが明らかになった。



（上）青森県の下北半島で出土したアスナロの試料。（下）炭素 14 の記録に基づいて再構築された太陽周期と歴史的記録。（黒い矢印）西暦 1200 年の冬から 1201 年の春までの間に起こった太陽プロトン現象、（オレンジ色の円）オーロラ、（青と赤の星印）明月記などに記されていた数日にわたる低緯度オーロラ、（黒のひし形）大きな黒点の出現（提供：（上）東北大学、宮原ひろ子、（下）[Miyahara et al.](#)）

「歴史文献と年輪年代学を組み合わせることで、太陽プロトン現象と、記録された黒点やオーロラとの直接的な比較が可能になりました。この手法は、検出が難しい現象を効率的にとらえる基盤となります」（宮原さん）。

[https://www.astroarts.co.jp/article/hl/a/14474\\_particles](https://www.astroarts.co.jp/article/hl/a/14474_particles)

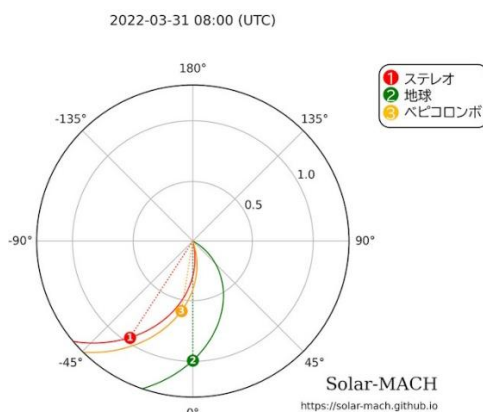
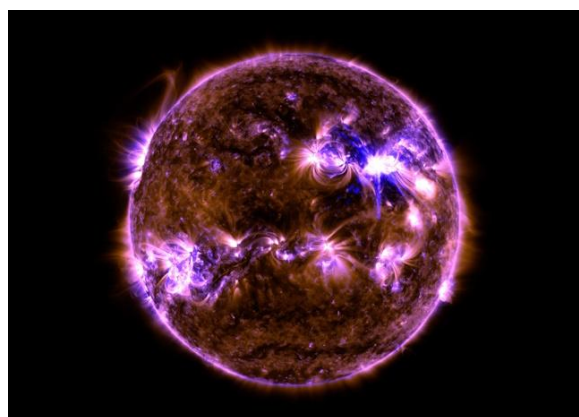
## 太陽から吹き出す放射線粒子の振る舞いを複数の探査機で観測

複数の宇宙探査機の観測データとシミュレーションを組み合わせることで、太陽フレアで放出された放射線粒子が太陽系内を伝わる様子がとらえられた。

【2026 年 4 月 17 日 [海洋研究開発機構](#)】

太陽では、「フレア」や「コロナ質量放出」と呼ばれる突発現象によって、高エネルギーの電子や原子核（太陽放射線）が放出されることがある。惑星間空間には、渦を巻いた放射状の磁力線が太陽から外へと広がっていて、太陽からの荷電粒子はこの磁場に沿って太陽系の中を伝わり、ときには地球にも到達して人工衛星や人間の宇宙

活動などに脅威をもたらす。こうした現象を予測する「宇宙天気予報」にとって、太陽放射線の振る舞いを理解することは重要だ。

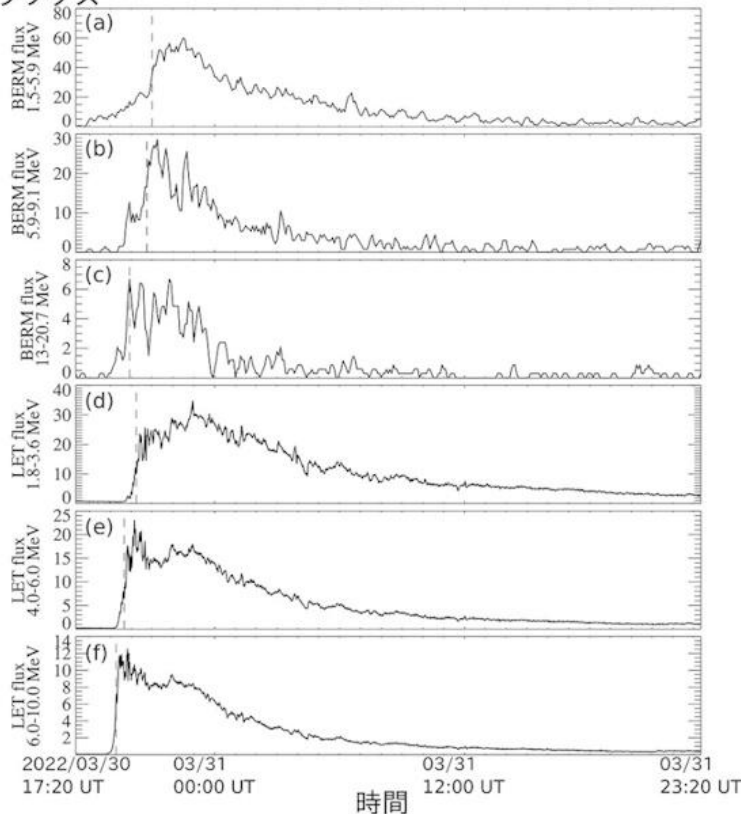


2022年3月30日にNASAの太陽観測衛星「SDO」がとらえたクラスX1.3の太陽フレア（太陽面の右上方）の極紫外線画像。太陽フレアはX線の強さに応じて、下からA、B、C、M、Xの5つのクラスに分けられる（提供：[NASA/GSFC/SDO](https://www.nasa.gov/gsfcdsdo)）

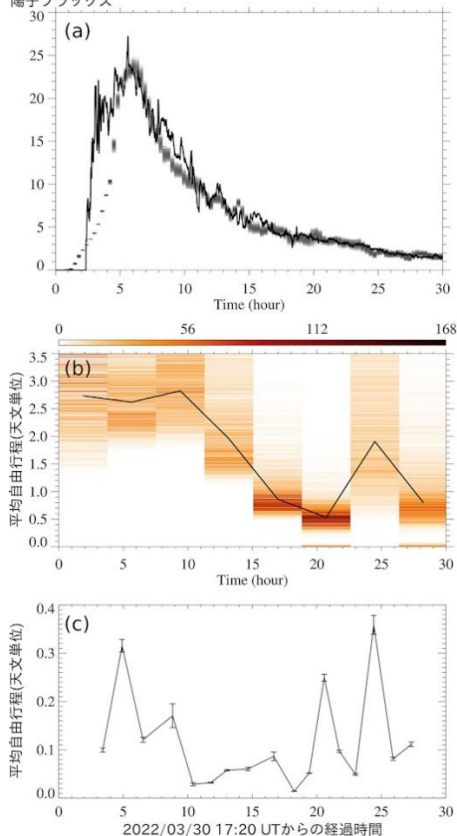
現象当時のSTEREO-A(1)、地球(2)、ベピコロンボ(3)の位置。中心に太陽があり、北から見た図。（提供：海洋研究開発機構リリース）

### 陽子微分

#### フラックス



#### ステレオ衛星での陽子フラックス



ベピコロンボ (a, b, c) と STEREO-A (d, e, f) で観測された太陽放射線の陽子の量の時間変化

(a) STEREO-A の位置で観測された陽子の量の時間変化をシミュレーションしたもの（灰色）と実際の観測データ（黒の実線）。(b) データ同化の手法で推定された、粒子の平均自由行程の時間変動。(c) STEREO-A の磁場観測から間接的に推定された、平均自由行程の時間変動

惑星間空間で太陽放射線をとらえるには、太陽から飛来する粒子の経路、つまり磁力線上に探査機や天文衛星がいる必要があるが、1機の宇宙機だけでは得られる情報はあまり多くない。ただし、近年ではたくさんの探査機

が惑星間空間で活動しているため、これらを利用すれば1つの現象を多角的にとらえられると期待できる。JAMSTEC 数理科学・先端技術研究開発センターの簗島敬さんたちの研究チームは、2機の探査機の観測データとシミュレーションを組み合わせる手法を使い、2022年3月30日に発生した太陽高エネルギー粒子の放出現象を解析した。この現象の発生時には、太陽から約9000万km（約0.6天文単位）の距離に日欧の水星探査機「ベピコロンボ」が、また地球の公転軌道上（太陽から約1億5000万km）にはNASAの太陽観測衛星「STEREO-A」があり、両機はほぼ同じ磁力線上に位置していたため、放出された太陽放射線粒子をほぼ同時に観測できた。両機のうち、太陽からより遠いSTEREO-Aでは、粒子数が短時間で変動する時間（先行成分）が1時間ほど続いた後、多くの放射線粒子が検出される時間（主成分）がみられた。一方、太陽に近いベピコロンボでは主成分しか観測されなかったが、その変動の様子はSTEREO-Aのデータとよく一致していた。ベピコロンボでは、探査機の視野などが原因で先行成分を観測できなかったようだ。

簗島さんたちがこれらのデータをさらに詳しく解析したところ、現象の前半では太陽の近くで生成された粒子が周囲の影響を受けずにそのまま伝わったと解釈できる一方で、現象の後半については、ベピコロンボからSTEREO-Aまで粒子が到達するのにかかった時間が単純なモデルよりも遅れていることがわかった。

そこで簗島さんたちは、シミュレーションの途中に実際の観測データを埋め込むことでシミュレーションの精度を上げる「データ同化」という手法を使い、ベピコロンボの位置で観測された太陽放射線粒子のデータを使ってシミュレーションを補正しながら、STEREO-Aの位置で観測される粒子の時間変動の様子を予測し、実際のSTEREO-Aの観測データと比較した。

その結果、粒子が検出され始めた最初の4時間を除き、STEREO-Aの位置で実際に観測された粒子数の変化をシミュレーションでほぼ再現することに成功した。

また、このシミュレーションを使って粒子の「平均自由行程」（粒子が散乱されずに直進できる平均距離）という量の時間変化を推定したところ、現象が進むとともに平均自由行程が短くなることが明らかになった。これは、ベピコロンボを通過した粒子が次第に周囲の影響を受けながらSTEREO-Aに到達したことを示唆している。

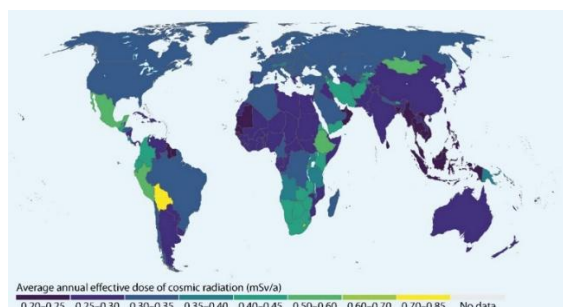
将来、人類の活動範囲が地球磁気圏の外へと広がれば、太陽活動で放出される高エネルギー粒子が人間に与える影響はさらに大きくなる。このような粒子が「いつ・どこに・どの程度」到達するかを予測することは重要な課題だ。今回の成果は、複数の宇宙機で得た観測データとシミュレーションをデータ同化で組み合わせる手法が、こうした精密な宇宙天気予報を実現する上での基礎になりうることを示すものだ。

<https://news.mynavi.jp/techplus/article/20260420-4364995/>

## QSTなどが世界の宇宙線被ばく線量を再評価 - 国連報告書の改定に貢献

掲載日 2026/04/20 13:19 著者：波留久泉

量子科学技術研究開発機構(QST)と日本原子力研究開発機構(JAEA)の両者は4月13日、原子放射線の影響に関する国連科学委員会(UNSCEAR)が2026年2月12日に公表した最新の「UNSCEAR 2024年報告書(Volume.2)」において、JAEAが開発した宇宙線挙動解析モデル「PARMA」が採用され、QSTがこのモデルを用いて世界の宇宙線被ばく線量の全面的な再評価を行い、宇宙線による公衆被ばく線量値の改定に貢献したと発表した。



JAEA の PARMA モデルを用いて QST が作成した「世界の宇宙線被ばく線量地図」。国別の年間平均値が示されており、屋内滞在率 80%や、住居などによる遮へい率 90%などの実態が反映されている(UNSCEAR 2024 年報告書より引用された図)。(出所:JAEA Web サイト)

放射線は短時間に多量に浴びれば生命を脅かすが、微量であれば健康を脅かすようなことはない。人体内にも微量ながら放射性核種は存在しており、中でも影響が顕著なのがカリウムの放射性同位体「<sup>40</sup>K」である。カリウムは神経伝達や筋肉収縮に不可欠なため、生体内で必要とされる総量が多く、バナナなどの食品から摂取した際、天然存在比が約 0.012%の <sup>40</sup>K は必ず含まれる。しかし、その結果として健康を害するようなことはまず起きることはない。それ以外にも、あらゆる環境に放射性核種は微量ながら存在しているし、宇宙からも宇宙線として降り注いでいる。人々は内部および周囲の環境から日常的に放射線を浴びて生活しているのが実態だ。

しかし、通常は健康を害するほどの多量な放射線を自然に浴びることはないものの、地域によって環境中の線量は異なり、リスクが皆無とはいえない。そのため、どの程度の被ばくがあるかを正確に把握することが、放射線リスクを適切に判断する上での大前提となる。

UNSCEAR は、放射線の人体への影響や環境レベルを科学的に評価し、国連総会へ報告する役割を担う委員会だ。その報告書は、国際原子力機関(IAEA)の安全基準や各国の放射線防護規制の基礎となる権威ある文書である。同委員会は自然放射線による被ばく線量を重要な基礎データと位置づけ、最新の知見に基づいた定期的な見直しを実施しており、2026 年 2 月 12 日には最新版となる「UNSCEAR 2024 年報告書(Volume.2)」を公開した。

自然放射線による被ばくは、空気や食品由来の核種による「内部被ばく」と、地表や宇宙からの放射線による「外部被ばく」に大別される。このうち、宇宙からの放射線(宇宙線)が地表に到達する量は、標高や緯度(地磁気の影響)、さらには太陽活動の影響を受けて大きく変動するのが特徴だ。

これまでの UNSCEAR 報告書(2000 年、2008 年など)では、緯度帯ごとの代表的な宇宙線強度と人口割合、高度補正係数を組み合わせて推定する手法が用いられてきた。しかし、この手法では居住高度を仮過大に見積もる傾向があり、宇宙線による世界平均実効線量が実態より高く評価されるという課題を抱えていた。

こうした課題に対し、JAEA が開発した「PARMA モデル」が大きな役割を果たした。同モデルは大気圏内における宇宙線の挙動を物理学的に精緻にシミュレーションし、あらゆる条件下での線量を解析的な数式で算出できることを特徴とする。今回、UNSCEAR は PARMA モデルを「現在利用可能な最も信頼性の高いモデル」として正式に採用した。

PARMA モデルは、JAEA が中心となって開発している粒子・重イオン輸送計算コード「PHITS」を用いて実施した、大気圏内での宇宙線挙動解析結果に基づいて構築された解析モデルである。地球上の任意の地点の高度、緯度・経度、日付などを指定するだけで、宇宙線強度や被ばく線量を瞬時に導出することが可能だ。QST は今回、同モデルを活用し、居住域をカバーする 1km 四方のグリッド約 3000 万地点において、宇宙線被ばく線量を詳細に計算したという。従来の UNSCEAR の手法では、宇宙線の高度による変化を実測データや過去の計算結果に基づく経験的な解析式で求めていた。それに対し今回は、1km 四方のグリッドごとに高度を求め、それに応じた宇宙線被ばく線量が計算された。さらに、欧州委員会共同研究センターが整備した「GHS 人口グリッド(約 1km<sup>2</sup> 解像度)」を組み合わせ、人口重み付けを行った世界各地の居住環境における宇宙線線量が詳細に再評価された。その結果、精度を飛躍的に高めた「世界の宇宙線被ばく線量地図」が完成。これが報告書の数値的根拠として全面的に採用されたことで、宇宙線による世界平均の年間実効線量は、従来の推定値の 0.38mSv/年から、より実態に近い 0.30mSv/年(屋内外・遮蔽を考慮した全世界平均)として改定されるに至った。

最新の UNSCEAR 2024 年 報告書(Volume.2)によれば、自然放射線源からの世界平均年間実効線量は約 3.0mSv と推定されている。最大の要因は、ラドン・トロン及びその壊変生成物の吸入が 1.8mSv と最大で、次いで食品経由の天然放射性核種の摂取(0.5mSv)、地殻ガンマ線(0.4mSv)、そして今回改定された宇宙線(0.3mSv)と続く。報告書では、自然放射線が依然として公衆被ばくの主要な源であることを再確認するものだが、その中でも変動

要因の大きい宇宙線による被ばく線量評価において、日本の技術がグローバル・スタンダードとして活用されたことは、放射線科学分野における日本の国際的なプレゼンスを実証する極めて重要な成果としている。

<https://news.mynavi.jp/techplus/article/20260424-4375406/>

## 「アルテミス II」 ミッションは成功、では次は？ 有人月着陸への道筋を徹底解説

掲載日 2026/04/24 13:00 著者：鳥嶋真也

目次 [大きく変わったアルテミス計画](#) [これまでのアルテミス計画の概要](#)

[有人月着陸は「IV」へ先送り、ゲートウェイは一時停止に](#)

[月面基地への注力で浮上する課題、日本への影響は？](#) [有人月探査の新方針に潜む課題](#)

地球と月を往復する約 10 日間の飛行を終え、日本時間 2026 年 4 月 11 日、米国航空宇宙局(NASA)の「アルテミス II」ミッションが地球に帰還した。巨大月ロケット「スペース・ローンチ・システム」(SLS)と新型有人宇宙船「オライオン」に 4 人の宇宙飛行士を乗せた初のミッションは、大きなトラブルもなく無事に終わりを迎えた。そして、それは新しいミッションの始まりでもある。2027 年には月着陸に必要な技術を試験する「アルテミス III」が行われ、その先の 2028 年前半には「アルテミス IV」で宇宙飛行士が月面に降り立つことになっている。だが、そこへ至るまでには多くの課題が残っている。



地球に帰還したアルテミス II (C)NASA/Bill Ingalls ゲートウェイの想像図 (C)NASA

### これまでのアルテミス計画の概要

[アルテミス計画](#)は、米国航空宇宙局が中心となり、欧州、カナダ、日本などと共同で進める有人[月探査](#)計画だ。これが実現すれば、人類が月面に立つのはアポロ計画以来およそ半世紀ぶりとなる。

ただ、アルテミス計画の目的は、単に人を月へ送り返すことではない。月で継続して活動し、その技術や経験を将来の有人火星探査へつなげることにある。

この計画を実現するため、地球を離れて月へ向かうための巨大ロケット SLS、宇宙飛行士が乗るオライオン宇宙船の開発や試験が進んでいる。さらに、月周回軌道から月面へ降りる月着陸船や、月面で活動するための新しい宇宙服の開発は、民間企業が挑んでいる。無人で機器や実験装置を運ぶ月着陸機も民間企業が積極的に参画しており、すでに複数機が打ち上げられ、月面着陸に臨んでいる。

アルテミス計画は、まず 2022 年に、無人試験飛行の「アルテミス I」が行われ、SLS とオライオンの基本性能が確かめられた。続いて 2026 年 4 月にはアルテミス II が実施され、4 人の宇宙飛行士が月をフライバイし、地球へ帰還した。従来の計画では、2028 年に「アルテミス III」で 2 人の宇宙飛行士が月の南極付近に降り立ち、その一方で月を回る宇宙ステーション「ゲートウェイ」の建造も進め、「アルテミス IV」以降はゲートウェイを拠点に宇宙船と月着陸船の乗り換えや科学探査の準備などを行い、継続的に月面探査を行う予定だった。

### 有人月着陸は「IV」へ先送り、ゲートウェイは一時停止に

ところが、この計画の進め方は 2026 年 2 月に発表されたアルテミス計画のアップデート、そして 3 月に発表された「Ignition」によって大きく見直された。まず、2027 年に新たにミッションを追加し、その後は少なくとも毎年 1 回の月面着陸をめざす方針を示した。この見直しで、アルテミス III と IV の役割は大きく変わった。

新しい計画でのアルテミス III は、月面着陸ではなく、地球低軌道での技術実証を目的としたミッションとなった。宇宙飛行士はオライオンで地球を回る軌道へ入り、民間企業が開発した月着陸船との間でランデヴーやドッキングを試す。相手はスペース X、ブルー・オリジンの月着陸船のうち 1 機、または 2 機になる可能性がある。このミッションにより、オライオンと月着陸船を安全に近づけて結合できるか、結合した状態で運用できるかといった、月面着陸に欠かせない基本能力を実証する。新計画におけるアルテミス III は、月面着陸ではなく、地球低軌道での技術実証を目的とするミッションになった。宇宙飛行士はオライオンで地球を回る軌道に入り、民間企業が開発する月着陸船とランデヴーやドッキングを行う。月着陸船は、スペース X が開発している「スターシップ HLS」、ブルー・オリジンが開発している「ブルー・ムーン MK2」のうち 1 機、または 2 機になる可能性がある。この飛行では、オライオンと月着陸船を安全に近づけて結合できるか、生命維持や通信、推進などに問題がないかといった確認を行い、新しい船外活動服の機能なども確かめる。月面着陸の本番に臨む前に、欠かせない基本能力をリハーサルする目的がある。そして、アルテミス計画にとって最初の有人月着陸を担う役目はアルテミス IV へ移った。打ち上げは 2028 年前半を目標としており、4 人の宇宙飛行士がオライオンで月周回軌道へ向かい、あらかじめ月軌道に投入された月着陸船とドッキングし、2 人が乗り移って月の南極付近へ降下する。月面では約 1 週間にわたり、試料採取や観測、科学実験を行ったあと、ふたたび月周回軌道へ戻って残る 2 人と合流し、地球へ帰還する。どの着陸船が使われるかは準備状況によって決まる見通しだ。

NASA は、あくまで計画見直しであり、月面着陸の延期ではないとしている。実際、最初の月面着陸の目標時期は引き続き 2028 年前半とされている。また、SLS の開発、運用方針にも変更がある。現在の SLS は、「ブロック 1」と呼ばれる暫定的な仕様で、上段に「暫定極低温推進段」(ICPS)を使っている。従来はアルテミス IV から、より能力の高い「ブロック 1B」へ移行する予定だった。ブロック 1B の最大の違いは、上段を新しい「エクスプロレーション・アッパー・ステージ」(EUS)に置き換える点にある。EUS は ICPS より大きく、燃料搭載量と推力は約 4 倍に増え、RL10C-3 エンジン を 4 基備える。その結果、ブロック 1 では月へ向かう軌道に 27t の打ち上げ能力だったのに対し、ブロック 1B は 38t を送れるようになる予定だった。しかし、見直しによって、NASA は SLS 用の新しい第 2 段を用意し、その構成で標準化する一方、EUS の開発は取りやめとした。また同時に、これまでは新しい移動発射台「ML2」も建造する予定だったが、これも中止となった。



SLS ブロック 1B の想像図 (C)NASA

月面基地の想像図 (C)NASA

こうした新しい施策により、アルテミス IV 以降、毎年少なくとも 1 回の月面着陸の実施するほか、さらに、有人月着陸船や月面への補給・輸送の仕組みに、民間企業の力と繰り返し使える宇宙機をこれまで以上に取り入れ、まずは 6 か月ごとの有人月着陸をめざす方針を示した。さらに、ゲートウェイについても建造を一時停止し、月面基地の建設に注力する方針を示した。ただし、ゲートウェイのために開発が進められてきたハードウェアや、日本や欧州などパートナーからの貢献は、可能な限り再利用するとしている。

月面基地の建設は、3 段階で進める方針で、まず第 1 段階では民間企業による商業月面輸送サービスや月面車を活用して活動の回数を増やし、第 2 段階では半居住型の設備と定期補給を整え、そして第 3 段階では貨物も運べる有人月着陸船でより重い設備を運び込み、継続的な人の滞在へつなげるとしている。

(次ページにつづく) [次へ：月面基地への注力で浮上する…](#)

## 有人月探査の新方針に潜む課題

この新しい方針は、基本的には筋が通っている。もともとゲートウェイは、持続可能な有人月探査を実現するために必要とされていた。だが、人が月面で活動するという目標から見ると、その前段階として月を回る軌道に宇宙ステーションを建造するのは、ある意味では回り道でもあり、批判的な声は根強かった。

とくに、中国も有人月探査を進めており、米中のあいだでは月面着陸をめぐる競争が強く意識されていた。しかも中国は、ゲートウェイのような宇宙ステーションを経由せず、アポロ計画のように月面へ向かう計画を立てている。そのため、従来のアルテミス計画では、月面着陸競争で後れを取るのではないかという懸念もあった。

その意味で、ゲートウェイをいったん止め、地球低軌道での実証を経て、月面着陸と月面基地の建設へ進む新しい方針は、中国よりも先に宇宙飛行士を月面に送り、そのうえで月面で人が繰り返し活動し、やがて連続的に滞在できる体制を築くという目標に、よりまっすぐ向かう形になったといえる。しかし、実現のハードルが高い点は変わっていない。とくに、民間企業が開発する月着陸船は、前述のようにスペースXとブルー・オリジンが開発に挑んでいるが、スペースXのスターシップ HLS については、原型となる「スターシップ」の飛行試験がまだ道半ばで、月への飛行に必要な軌道上での推進薬補給の技術も実証されていない。ブルー・オリジンのブルー・ムーン MK2 に至っては、まだ飛行していない。これから約1年でどこまで開発が進むか、そして2027年にアルテミス III、2028年にアルテミス IV を予定どおり実施できるかは、かなり厳しい日程だ。



スペースXが開発しているスターシップ HLS の想像図 (C)SpaceX

ブルー・オリジンが開発しているブルー・ムーン MK2 の想像図 (C)Blue Origin

さらに、計画変更にともない、新たな課題が増えている。月面基地を築くには、正確で安全な着陸、電力の発生と蓄電、月面と地球を結ぶ通信、位置や時刻を把握する仕組み、水や酸素などの補給や物流、長期間の滞在を支える居住設備、さらに無人の期間も設備を維持して動かす運用など、新たに整えなければならない要素が多い。一部には、国際宇宙ステーション(ISS)で培われた技術を生かせる部分もあるが、南極域の厳しい温度差や、レゴリス(月の塵)が人体や機器に与える影響など、月面ならではの難しさもある。とりわけ難しいのは、NASA がこの新しい体制を高い頻度で回そうとしている点だ。NASA はアルテミス V 以降について、民間企業のサービスと、繰り返し使える宇宙機をこれまで以上に取り入れ、まずは6カ月ごとの有人月着陸をめざすとしている。また、将来は年間に何十回もの商業打ち上げで月面基地ミッションを支える考えも示している。つまり、宇宙飛行士や補給物資、機材などを一定のテンポで運び続ける必要があるということだ。問われるのは技術だけではない。そうした体制を支える政治的な後押しと予算を、長く維持できるかどうかも課題となる。

## 日本の役割はどう変わる？ 計画変更の影響と今後の展望

国際協力の形も大きく変わる。NASA は、ゲートウェイを現在の形でいったん止める一方、使える技術や機材は転用し、国際パートナーとの協力の枠組みも生かすとしている。しかし、ゲートウェイの建造や運用を前提にしていた各国は、構想の見直しが必要になる。たとえば、日本は国際居住棟(I-Hab)に環境制御・生命維持装置(ECLSS)などを提供する計画だった。また、新型宇宙ステーション補給機(HTV-X)を活用して、ゲートウェイへ物資を補給する構想もあった。こうした日本側の構想は、今回の見直しによって再検討を迫られることになる。一方で、月面基地の運用においては、日本が開発中の有人圧ローバー「ルナクルーザー」を使用することが名指しされている。ルナクルーザーは、2024年に署名された日米の実施取決めにより、日本がローバーを提供し、

その見返りとして日本人宇宙飛行士 2 人に月面活動の機会が与えられることが定められている。月面での活動に軸足が移っても、日本の役割が小さくならないことを示している。

今後の日本は、まず、ゲートウェイ中心で考えてきた貢献を、そのまま守ろうとするだけでは不十分だろう。月面基地が主戦場になる以上、日本がめざすべきなのは、ルナクルーザーだけにとどまらず、月面活動を支える実務の担い手として、何を担えるのかを前面に出すことだ。そうすることで、日本の立場もよりはっきりする。

NASA が月面基地で重視しているのは、移動だけではない。電力、通信、補給、無人時の遠隔運用、長期滞在を支える設備がそろって、初めて基地になる。日本が本気で月面基地に関わるなら、ローバー以外に何を出せるのかを整理し、必要なら新しい取り決めを提案する姿勢が求められる。



月面基地の想像図 (C)NASA

さらに、今後の計画変更にも備えておく必要がある。米国の宇宙計画は、政権交代や情勢の変化に応じて見直されてきた。今後も、大きな流れが変わる可能性はあるし、今回のゲートウェイの停止のような個別の修正も起こりうる。有人月探査のような巨大プロジェクトには国際協力が欠かせず、米国が主導する形になるのは自然だ。しかし、日本としては、米国の方針変更には振り回されすぎないように、独自に進められる探査や技術実証の選択肢も持っておくことが重要だろう。そうした備えは、将来の計画変更に対応しやすくするだけでなく、国際協力の中で日本の発言力を高めることにもつながる。米国の新しい計画は、アルテミス計画がただ月へ行くだけでなく、月面で人が暮らし続けることをめざす計画であることを、これまで以上にはっきり示したものだ。これを契機に、日本は月で何をするのか、何をしたいのかを、あらためて考える必要がある。

#### 参考文献

- [NASA Welcomes Record-Setting Artemis II Moonfarers Back to Earth](#)
- [NASA Adds Mission to Artemis Lunar Program, Updates Architecture](#)
- [NASA Unveils Initiatives to Achieve America's National Space Policy](#)
- [SLS Block 1B Fact Sheet\(PDF\)](#)

鳥嶋真也 とりしましんや

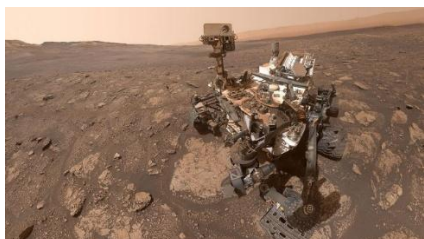
<https://news.mynavi.jp/techplus/article/20260422-4374306/>

## 火星岩石から初検出含む 21 種の有機分子、NASA 探査車「キュリオシティ」が発見

掲載日 2026/04/22 17:00 著者：マイナビニュース TECH+編集部

目次 [今回の研究成果](#) [今後の課題・展望](#) [今回の試料分析で分かったこと](#)  
[キュリオシティの“ミニラボ”の仕組み。ローバーの現状と今後は？](#)

火星探査車「キュリオシティ」が採取した岩石サンプルから、火星でこれまでに発見された中で最も多様な有機分子が含まれていることが判明したと、米国航空宇宙局 ジェット推進研究所(NASA JPL)が現地時間 4 月 21 日に発表。今回初めて検出された有機分子もあり、NASA では「古代の火星に生命を支えるのに適した化学的環境が存在したことを改めて裏付ける成果」と説明している。



火星探査車「キュリオシティ」(Curiosity)。「メアリー・アニング」と名付けられた地点で撮影されたセルフイー画像だ (C)NASA/JPL-Caltech/MSSS

キュリオシティのカメラが捉えた、シャープ山の一部(2019年2月3日撮影)。この地域には、数十億年前に湖や川が存在していたとされ、その時期に形成された粘土質岩石が多数見ついている (C)NASA/JPL-Caltech/MSSS

2020年10月にキュリオシティが、「メアリー・アニング」という愛称で呼ばれる地点の火星の岩石に穿った3つの穴の拡大写真(注釈付き)。今回多様な有機分子が発見されたサンプルは、「メアリー・アニング3」から採取された(なお、近くにある「メアリー・アニング2」という愛称の地点は使われなかった) (C)NASA/JPL-Caltech/MSSS

この成果は、現在も運用中の火星探査車「キュリオシティ」(Curiosity)によるもの。詳細は学術誌「Nature Communications」に現地時間4月21日付で掲載されている。

キュリオシティはロボットアームの先端に装着したドリルで火星の岩石サンプルを採取し、自身に搭載されている装置を用いて岩石の組成を分析する仕組みを備えている。今回は、2020年に掘削し解析したサンプルから有機分子を発見した。

岩石サンプルには、これまでに発見された中で最も多様な有機分子の集合体が含まれていることが判明。この試料から特定された21種類の炭素含有分子のうち、7種類は火星で初めて検出されたものだという。

JPLではそれらがどこから来たのか、つまり生物学的プロセスまたは地質学的プロセスのいずれによって作られたのかを知る術が現状存在せず、どちらの可能性もある、と説明している。いずれにしても、これらの有機分子は火星上で数十億年にわたる放射線被曝にさらされた後も、岩石の中に保存されていたことになる。

#### 今回の研究成果

- 火星探査車「キュリオシティ」が2020年に掘削・解析した岩石から、新たな有機分子を発見
- この有機分子は生命の起源に関わるもので、火星で初めて見つかったものもあった
- 火星にかつて生命を支えるのに適した化学的環境が存在したことを改めて裏付ける成果

#### 今後の課題・展望

- 発見された有機分子の生成過程は分かっていない
- これらの有機分子が、生物学的プロセスまたは地質学的プロセスのいずれによって作られたのかを知る手段がない(どちらの可能性もある)

#### 今回の試料分析で分かったこと

今回分析された岩石サンプルは、数十億年前は湖や小川に覆われた“オアシス”だった、シャープ山の一部から採取されたもの。イギリスの化石収集家であり、古生物学者でもあったメアリー・アニング(Mary Anning)にちなんで「メアリー・アニング3」と名付けられている。

岩石サンプルが見つかった一帯では、太古の昔に何度も水量の増減を繰り返し、最終的には粘土鉱物をこの地域に豊富に蓄積させたと見られている。粘土鉱物は特に有機化合物を保存するのに優れた鉱物だ。炭素を含む有機化合物は生命の構成要素であり、太陽系全体に存在している。

今回、新たに同定された分子の中には、窒素を含む炭素原子の環である“窒素複素環”が含まれている。この種の分子構造は、遺伝情報のカギとなるふたつの核酸、RNAとDNAの前身であると考えられている。

論文の筆頭著者であるフロリダ大学のエイミー・ウィリアムズ(Amy Williams)氏は、次のように述べている。

「この検出は非常に意義深い。なぜならこれらの構造は、より複雑な窒素含有分子の化学的前駆体となり得るからだ。窒素含有複素環は、これまで火星の地表では発見されたことがなく、火星隕石内でも確認されたことはない」(エイミー・ウィリアムズ氏)

もうひとつの注目すべき発見は、炭素と硫黄を含む分子であるベンゾチオフェンの存在だという。これは多くの隕石で見つまっている分子で、一部の科学者はこれらの隕石と、その中に含まれる有機分子が、初期の太陽系全体に生命誕生前の化学反応の種をまいた、と考えている。

なお、今回の論文は、2025年に火星で見つかった“史上最大”の有機分子である長鎖炭化水素(デカン、ウンデカン、ドデカンを含む)の発見を補完するものでもあるとのこと。

### キュリオシティの“ミニラボ”の仕組み。ローバーの現状と今後は？

今回の発見は、キュリオシティの腹部に搭載された“高度なミニラボ”、「Sample Analysis at Mars」(SAM)によって行われた。調査の流れは、ローバーのロボットアームの先端にあるドリルで岩石サンプルを粉碎して粉末にし、その試料をSAMに流し込んで高温オーブンで加熱。放出されたガスを分析機器で調べて、岩石の組成を明らかにする、というものだ。さらに、SAMは湿式化学分析(“wet chemistry”)も実行でき、溶媒が入った小さなカップに試料を投入して生じる反応によって、他の方法では検出や同定が難しい“大きな分子”を分解できるという。

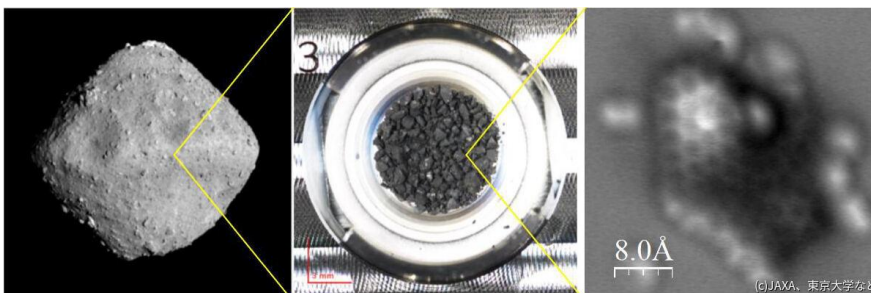
複数あるカップの中で、最も価値の高い試料のために取っておかれた強力な溶液として、テトラメチルアンモニウム水酸化物(TMAH)を含むカップをふたつ搭載しており、今回のメアリー・アニング3の試料は、TMAHにさらされた最初の試料になったとのこと。キュリオシティは、2011年11月に打ち上げられた火星探査機「マーズ・サイエンス・ラボラトリー」(Mars Science Laboratory)によって運ばれ、2012年8月にゲール・クレーター(Gale Crater)へ軟着陸。火星の地質・環境の変遷や居住可能性、メタンの起源など、火星の初期環境と現在の気候変動を解明するための調査を継続している。NASAによればローバーの状態は良好で、現在は第5回拡張ミッション(2025年~2028年)を遂行しており、引き続き科学的データを取得し続ける計画だ。

<https://news.mynavi.jp/techplus/article/20260420-4365956/>

## 東大など、ベンゼン環の数100超の巨大有機分子をリュウグウ試料から発見

掲載日 2026/04/20 17:47 著者：波留久泉

東京大学(東大)、北海道大学(北大)、広島大学の3者は4月14日、原子間力顕微鏡(AFM)を用いて、探査機「はやぶさ2」が持ち帰った小惑星リュウグウ試料に含まれる有機分子を単一分子レベルで直接観察することに成功し、従来の分析手法では見逃されていた100環を超える巨大な有機分子を確認したほか、5員環や7員環、さらには8員環といった多様な環構造を含み、それらの分子が平面ではなく立体的な構造を持つことを明らかにしたと共同で発表した。

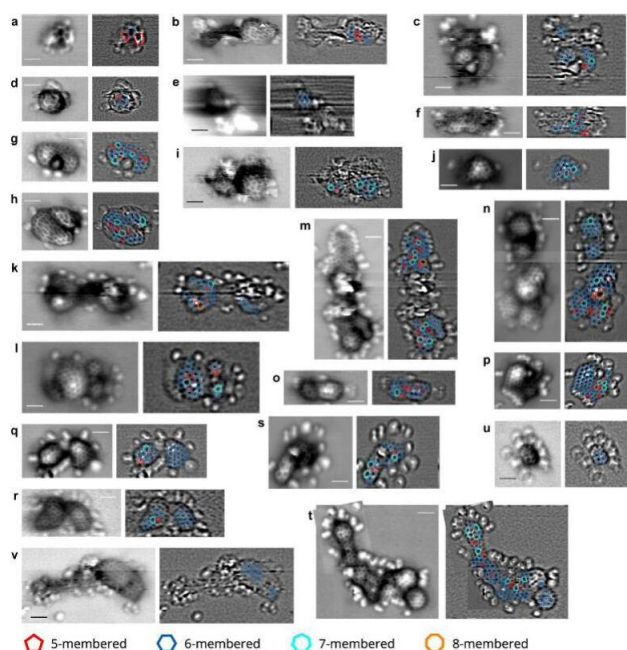


AFMによって直接確認されたリュウグウ試料(中央)に含まれる有機分子が確認された有機分子(右)。(c)JAXA、東京大学など(出所:東大プレスリリース PDF)

同成果は、東大大学院 新領域創成科学研究科の岩田孝太特任研究員(研究当時)、同・杉本宜昭教授、北大 低温科学研究所の大場康弘准教授、九大大学院 理学研究院の奈良岡浩教授、広島大大学院 先進理工系科学研究科の藪田ひかる教授、東大大学院 理学系研究科の橋省吾教授らの共同研究チームによるもの。詳細は、[英科学誌「Nature」系のオンライン科学誌「Nature Communications」に掲載された。](#)

### 観察されたのは従来の常識を覆す立体構造？

原子から単純な分子へ、そして巨大分子へと至る宇宙の化学進化は、星間塵の表面で極めて長い時間をかけて進行し、生命の材料となるような有機分子を形成することが明らかにされつつある。宇宙空間ではすでに多彩な有機分子が発見されており、これらは太陽系形成時の化学的な情報を保持していると考えられている。誕生直後の地球は全球が溶融したマグマオーシャン状態だったため、有機分子が存在し続けるのは困難だったと考えられる。よって、地表が十分に冷えた後、小惑星や彗星などによって地球にもたらされた分子が、生命の誕生に寄与したと推測される。そのため、宇宙由来の有機分子がどのような構造を持ち、いかなるプロセスを経て形成されたのかを解明することは、現代の宇宙化学における最重要テーマの1つとなっている。



リュウグウに存在した多様な有機分子の AFM 像。それぞれの分子について、AFM 像(左)そのものと、構造モデルを重ねた像(右)が並べられている。構造モデルの赤、青、水色、オレンジはそれぞれ 5 員環、6 員環、7 員環、8 員環を表す。全画像のスケールバーは 1nm を示す。(原論文の図を改変したものが使用している)(出所:東大プレスリリース PDF)

リュウグウ試料はこれまで世界中の研究者に配分され、質量分析を中心とした研究の結果、数万種類もの有機分子が確認されてきた。その中には、DNA や RNA を構成する 5 種類の拡散塩基など、生命にとって重要な分子も含まれる。また、ベンゼン環がいくつも連なった分子「多環芳香族炭化水素」も、宇宙における炭素の行方を握る物質として注目されている。多環芳香族炭化水素に関する従来の研究では、ピレンやフルオランテンなど、環の数が 4 つ程度の比較的小さな分子が主に存在すると報告されてきた。しかし、化学的な抽出や質量分析には限界があり、極めて巨大な分子や、溶媒に溶けにくい不溶性有機物のような成分は、その詳細な構造を特定することが困難な点が課題となっていた。そこで研究チームは今回、個々の分子の形状を直接 AFM で観察し、リュウグウ試料に含まれる有機分子の実体に迫ったという。今回の研究では、リュウグウ試料から抽出した有機分子を銅の単結晶基板上に蒸着させ、絶対温度 5K(約-268℃)という極低温かつ超高真空の環境下で AFM 観察が実施された。AFM とは、鋭い針(探針)を観察対象に近づけ、探針先端の原子と試料表面の原子との間に働く力を測定することで、試料表面を観察する顕微鏡だ。試料の導電性を問わず利用できる点が特徴で、探針の先端に一酸化炭

素分子を付着させることで、分子内の原子間の結合までも可視化できるという優れた解像度を備える。実際に観察された 22 種類の分子のうち、多くの分子がこれまでの予想を遥かに上回る巨大な構造を持っていることが確認された。最大のものでは環の数が 100 を超え、見積もられる分子量は 3000 以上に達するという。これは、従来の質量分析で主に検出されていた分子量 200~500 程度の分子とは異なる、新たな有機分子を可視化したことを意味するとした。これらは、従来の定義で不溶性有機物に相当するサイズでありながら、巨大な 1 つの芳香族骨格として存在していることが初めて直接証明された。さらに内部構造を詳細に解析したところ、主要な 6 員環に加えて、5 員環や 7 員環、稀に 8 員環が含まれていることが判明。これら特殊な環状構造が存在することで、分子は平坦ではなく、立体的にゆがんだ複雑な三次元構造であることも明らかにされた。今回の成果は、太陽系形成以前の星間分子雲から小惑星へと受け継がれた有機分子の進化過程を解明するための極めて重要な手がかりになるとする。また今回の研究により、地球外試料に対して高分解能 AFM を用いた分子構造の直接観察が極めて有効であることが実証された。質量分析などの従来手法では観察が困難だった巨大で複雑な有機分子に対し、AFM は「個々の分子の形を直接可視化する」という強力かつ相補的な情報を提供するとした。今後は、この革新的な手法をより広範な地球外試料に応用していくことで、宇宙における有機分子の化学進化の過程、さらには太陽系の形成や地球生命の起源へとつながる物質進化の全容解明に向けた研究が飛躍的に進展することが期待されるとしている。

<https://news.mynavi.jp/techplus/article/20260420-4365994/>

## 金星の濃硫酸雲の下にある微粒子層の正体は宇宙塵起源だった？ - 東北大の研究

掲載日 2026/04/20 17:59 著者：波留久泉

東北大学は 4 月 14 日、金星の高度約 47km 以下に存在する「下層ヘイズ」の構成微粒子の組成や起源は 50 年来の謎とされてきたが、独自に開発した雲微物理モデルを用いて同層の生成に関するシミュレーションを実施した結果、同惑星の大気へと絶えず降り注ぐ宇宙塵が、観測された下層ヘイズの性質を説明可能であることを突き止めたと発表した。同成果は、東北大学院 理学研究科 地球物理学専攻の狩生宏喜大学院生(現・東京科学大学研究員)、同・黒田剛史助教、同・寺田直樹教授を中心に、ベルギー王立宇宙航空研究所などの研究者も参加した国際研究チームによるもの。詳細は、英科学誌「Nature」系の天文学術誌「Nature Astronomy」に掲載された。

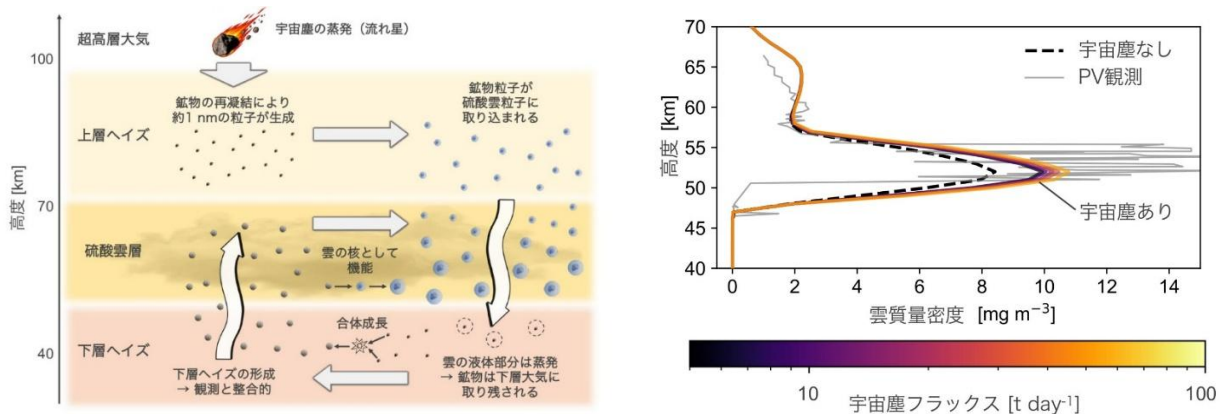
### 金星が抱える 50 年の謎に新たな説

金星は、直径が地球の約 0.95 倍、質量は約 0.82 倍、重力は約 0.9G と、地球の「双子星」と称される惑星だ。しかし、分厚い二酸化炭素の大気に覆われた地表は約 90 気圧もあり、気温は 460℃に達し、サイズは酷似しつつも環境は地球とは正反対の過酷な世界として知られている。金星を覆う分厚い硫酸雲は高度約 47~70km に広がるが、その下層にあたる高度約 47km 以下の領域には、「下層ヘイズ」と呼ばれる微粒子の浮遊層が存在することが過去の探査で判明していた。高度 50~60km を中心に降る濃硫酸の雨は、高温の大気によって地表へ届く前に蒸発する。このため、下層ヘイズは硫酸以外の蒸発しにくい物質で構成されていると考えられてきた。

これまで下層ヘイズの微粒子の正体については、火山灰や地表の塵、硫黄結晶など、さまざまな説が提案されてきたものの、いずれも観測データを十分に説明できず、その起源は 50 年間にわたり未解明のままだった。そこで研究チームは今回、金星の雲形成プロセスをナノメートルスケールから再現可能な独自開発の雲微物理モデルに、新たに「宇宙塵」の流入プロセスを組み込んでシミュレーションを行ったという。

宇宙塵(惑星間塵)は惑星間を漂う微粒子であり、条件がよければ地上からも「黄道光」として観測できる。これらは、地球や金星などの惑星に絶えず降り注いでおり、大気圏突入時の空力加熱で一度蒸発した後、再凝縮することでナノメートルサイズの微細な鉱物粒子へと変化することがわかっている。シミュレーションの結果、上層で生成された鉱物粒子が硫酸雲に取り込まれて緩やかに降下し、雲底で硫酸が蒸発した後に残留することで、下

層ヘイズが形成されるメカニズムが解明された。この過程で形成される粒子のサイズや分布は、1970年代のソ連の探査機「ヴェネラ」や、米国航空宇宙局(NASA)の「パイオニア・ヴィーナス(PV)」による観測データと極めて良好に一致したという。また、この下層ヘイズは40km付近で形成された後、大気循環により再び雲層へ輸送されて雲核となり、金星の雲生成を20~30%ほど促進させる役割を担うことも示された。



今回解明された下層ヘイズの形成メカニズム。上空から流入した宇宙塵が硫酸雲に取り込まれ、雲底での硫酸蒸発に伴って大気中に残留。それらが合体・成長することで下層ヘイズが形成される。(出所:東北大プレスリリース PDF)

計算された雲の質量密度分布。実線が今回のシミュレーション結果、点線は過去の探査機パイオニア・ヴィーナス(PV)による観測値を示す。宇宙塵の影響を考慮することで観測結果が精度よく再現された。(出所:東北大プレスリリース PDF)

また、金星には未解明の謎が数多く残されているが、その1つが大気中で紫外線を強く吸収する“未知の吸収体”の存在だ。従来、その候補として鉄化合物や硫黄などが挙げられてきたが、いまだに特定には至っていない。研究チームは今回の研究において、宇宙塵が鉄などの金属成分を含む点に着目し、これが未知の吸収体の正体である可能性を提唱。宇宙塵は単なる“流れ星の燃えかす”ではなく、太陽エネルギーの吸収や雲生成を介して金星の気候システムを制御する、重要な構成要素であるとの見方が示された形だ。

今回の成果は、今後の金星探査ミッションによる最新の観測データでの検証が期待されるとする。また、宇宙塵による同様のプロセスは木星や土星などの巨大ガス惑星、さらには太陽系外惑星でも起こり得るといふ。宇宙からの物質供給が惑星の気候を左右するという新視点は、多様な惑星の気候形成を理解する上での重要な要素として位置付けられることが期待されるとしている。

<https://www.newsweekjapan.jp/articles/-/320080>

## 小惑星が地球の重力で歪む...数千年に一度の最接近、人類史上初の観測チャンス

小惑星「アポフィス」の最接近は「極めて稀」なイベントと NASA は位置付ける

### NASA Tracks Asteroid Set To Make 'Very Rare' Closest Approach to Earth

2026年04月20日(月) 21時00分 スー・キム



## [全ての写真・動画を見る](#)

アメリカ航空宇宙局（NASA）が地球に接近する小惑星の観測を続けている。今回の接近は、数千年に一度しか起こらない「極めて稀な」出来事になる見通しだ。

小惑星「アポフィス」の平均直径は約 340 メートル、最も長い部分は 450 メートル。あとわずか 3 年で地球に最接近する。「地球近傍小惑星アポフィスは潜在的に危険な小惑星で、2029 年 4 月 13 日に地球近くを安全に通過する」と NASA は解説し、この大きさの小惑星としては、事前に発見された中では最も地球に近づくと指摘した。アポフィスは地球の表面から約 3 万 2000 キロにまで接近する。この距離について NASA は「静止軌道上にある多くの人工衛星（約 3 万 6000 キロ）よりも近い」「この大きさの小惑星が地球にこれほど接近するのは非常に稀」としている。これほど大きい小惑星が地球にこれほど接近することは、平均すると数千年に一度しかなく、「人類史上、一度も起きたことがない出来事」になる可能性があるとして NASA は指摘している。「人類が観測技術を持つ時代にそれが起きるのは、間違いなく初めて」とも付け加えた。

アポフィスは「潜在的に危険な」小惑星に分類されるものの、地球に差し迫った危険が及ぶことはないといい、科学者にとってはアポフィスをさらに詳しく研究できるチャンスになる。

## [次のページ 地球衝突の可能性は？](#)

アポフィスは 2004 年に発見された時点で、2029 年から 2036 年、または 2068 年に地球に衝突する可能性があるとしてされた。しかし NASA は観測を続けた結果、少なくとも今後 100 年は地球に衝突する危険はないと判断した。「地球や地球上の人および生物、宇宙にいる宇宙飛行士や人工衛星にとって危険はない。だがこの出来事は、アポフィスや同様の地球近傍小惑星について理解を深める絶好のチャンスになる」（NASA）

Backward Skip 10s Play Video Forward Skip 10s

2029 年 4 月 13 日、それぞれ太陽の周りを公転するアポフィスと地球は、それぞれの軌道で太陽の周りを周回しているアポフィスと地球は、互いからわずか約 3 万 2000 キロの距離を通過する。

NASA によると、アポフィスは「通過中、地球の重力によって引き寄せられ、歪められ、引き伸ばされ、圧迫される。それが起きるのは非常に近くまで接近した時のみ」

この重力の影響で、アポフィスの軌道はわずかに拡大し、公転周期も長くなる見通しだ。歪みの影響で自転速度が加速または減速して、向きが変化する可能性もある。伸縮や圧迫によって「小惑星表面の物質の小さな地滑りなどの動きが引き起こされる可能性もある。急な斜面がある場所でそうなる可能性が大きい」

「そうした乱れにアポフィスがどう反応するかは、内部構造と物質の構成による。そうした反応を観測して測定することで、小惑星の内部で起きていることをさかのぼって解明できる」と NASA は期待を寄せている。

[https://sorae.info/space/20260421-voyager.html#google\\_vignette](https://sorae.info/space/20260421-voyager.html#google_vignette)

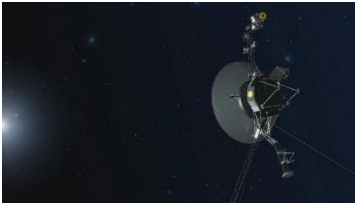
## NASA が惑星探査機「ボイジャー1号」の科学装置をまた 1 つ停止 大がかりな延

### 命対策も準備中

2026-04-21 2026-04-21

[ソラノサキ](#)

NASA（アメリカ航空宇宙局）は 2026 年 4 月 17 日付で、惑星探査機「ボイジャー1号（Voyager 1）」に搭載されている科学装置のひとつ「LECP（Low-Energy Charged Particles＝低エネルギー荷電粒子観測装置）」を停止したと発表しました。2026 年 9 月で打ち上げから 49 年、電力不足に直面しているボイジャーのミッションを可能な限り継続するための努力が続けられています。



【▲ 深宇宙を飛行する惑星探査機ボイジャーの想像図（Credit: NASA/JPL-Caltech）】

## 太陽要らずの電源を搭載も発電量は年々低下

2026年4月20日時点でボイジャー1号は地球から約254億km（約170天文単位）離れたところを飛行しており、通信には片道だけでも約23時間30分を要します。これほど遠く離れた場所では、太陽電池は使えません。それなのにボイジャーが半世紀近くも稼働し続けているのは、動力源としてプルトニウム238の崩壊熱を利用する放射性同位体熱電気転換器（RTG: Radioisotope Thermoelectric Generator、原子力電池の一種）を搭載しているからです。しかし、ボイジャーのRTGの発電量は時間が経つとともに低下しており、NASAによれば毎年約4ワットずつ減少しています。JPL（NASAジェット推進研究所）のボイジャー運用チームは、太陽圏や星間空間の観測をなるべく長期間行うために、もともと10基搭載されている科学装置のうち重要だと判断したもの以外を停止させるとともに、飛行に不可欠ではないヒーターなどの装置をオフにしたり電圧の監視方法を変更したりすることで、科学機器に供給する電力を確保し続けています。

2025年3月の時点で稼働していた科学装置は、ボイジャー1号がLECP・MAG（Magnetometer＝磁力計）・PWS（Plasma Wave Subsystem＝プラズマ波サブシステム）の3基。同型機の「ボイジャー2号（Voyager 2）」はCRS（Cosmic Ray Subsystem＝宇宙線サブシステム）・MAG・PWSの3基となっていました。

## 予期せぬ電力低下を受け停止を決断

NASAによると、2026年2月27日にボイジャー1号の定期的な姿勢制御（ロール操作）を行ったところ、予期せぬ電力低下が発生しました。もしもさらなる電力低下が起これば保護システムが作動して、各機器が自動停止する可能性があります。復旧には時間がかかりますし、それ自体がリスクを伴う作業です。

そこで運用チームは、電力を確保するために先手を打つことを決め、LECPの停止に踏み切りました。ボイジャー1号のLECPを2026年に停止することは2025年3月の時点ですでに決まっていたましたが、今回の電力低下が停止のタイミングを決定する形となりました。

## 新たなミッション延命対策「ビッグバン」

綱渡りのような運用が続くボイジャーですが、運用チームは今後の状況改善を見据えてLECPを完全には停止させず、センサーを回転させるためのモーター（消費電力0.5ワット）は意図的にオンのまま残してあるといいます。実は、運用チームはボイジャーの運用期間を延長するための新たな省電力化計画を準備しています。「ビッグバン（the Big Bang）」と呼ばれるこの対策は、複数の機器をオフにして消費電力がより低い機器に切り替えることで、科学装置の稼働や保温に回せる電力を確保しようというものです。この“省エネ対策”がうまくいけば、今回停止したLECPを再稼働できる可能性さえあるといいます。

ビッグバンはまず電力に比較的余裕があるボイジャー2号で2026年5月から6月にかけてテストされる予定で、良い結果が得られれば7月以降にボイジャー1号でも試みられるということです。星間空間の貴重な観測を行い続けるボイジャーの旅は、まだしばらく続きそうです。 文／ソラノサキ 編集／sorae編集部

## 関連記事

- [現在の距離を確認：ボイジャー／パイオニア／ニュー・ホライズズは今どこにいる？](#)
- [ボイジャー1号が打ち上げ13日後に撮影した「地球と月」（1977年9月18日）](#)
- [ボイジャー1号「星間空間」到達発表から12年（2013年9月13日）](#)

## 参考文献・出典

- [NASA - NASA Shuts Off Instrument on Voyager 1 to Keep Spacecraft Operating](#)

## ロシア、「ソユーズ 2.1b」でロシア国防省向け軍事衛星を複数機打ち上げ

2026-04-202026-04-20

[sorae 編集部 速報班](#)

ロシア航空宇宙軍は日本時間 2026 年 4 月 17 日、プレセツク宇宙基地から「Soyuz 2.1b (ソユーズ 2.1b)」ロケットを打ち上げ、ロシア国防省向けの軍事衛星複数機を所定の軌道へ投入しました。ロシア国防省は打ち上げの成功を発表し、衛星が地上管制施設によって管制下に置かれたと報告しています。

打ち上げに関する情報は以下の通りです。

### 打ち上げ情報：Soyuz 2.1b / Volga (Unknown Payload)

- ・ロケット：Soyuz 2.1b / Volga (ソユーズ 2.1b / ヴォルガ)
- ・打ち上げ日時：日本時間 2026 年 4 月 17 日 8 時 17 分
- ・発射場：プレセツク宇宙基地 (ロシア)
- ・ペイロード：ロシア国防省向け軍事衛星 (複数機・詳細非公開)

ロシアの宇宙情報サイト「RussianSpaceWeb.com」の報告によると、今回はソユーズ 2.1b ロケットに小型上段「Volga (ヴォルガ)」を組み合わせた構成が使用されました。打ち上げ映像に映ったフェアリングの形状が、ヴォルガ上段使用時に特徴的なものと一致していると指摘されており、ヴォルガ上段が軌道面を変更する噴射を実施したうえで、複数回にわたって衛星を分離したとみられます。ペイロードの詳細について、ロシア国防省は衛星の名称や用途を公表していません。ロシアの軍事衛星には慣例的に「Kosmos (コスモス)」の名称と連番が付与されますが、今回の打ち上げに対応する正式番号は本稿執筆時点で未確認です。



【▲ 2026 年 4 月 17 日に打ち上げられた「ソユーズ 2.1b」ロケット。ロシア連邦

国防省のビデオからのキャプチャ (Credit: Defence of the Russian Federation / Militarnyi)】

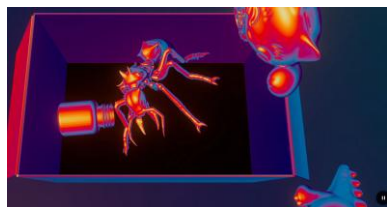
文 / sorae 編集部 速報班 編集 / sorae 編集部

### 関連記事

- ・ [ロシア、ソユーズ 2.1a で軍民両用の通信衛星を打ち上げ モルニヤ軌道へ投入](#)
- ・ [ロシアが ISS への補給船「プログレス MS-33」を打ち上げ 手動ドッキングを実施](#)
- ・ [ロシアが「プロトン M」ロケットを約 3 年ぶりに打ち上げ 気象衛星「Elektro-L 5 号機」を搭載](#)

## あらゆるものになる可能性を秘めた「無」——零点エネルギーの謎

どんな箱の中身も完全に空にすることはできない。なぜか？ 何もないところにも「エネルギー」があるからだ。



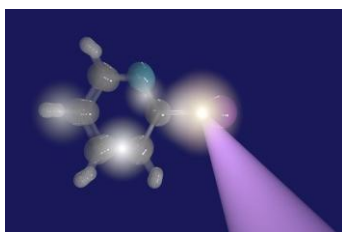
目の前にある箱を空っぽにしたいと想像してみよう。本当に何もない空っぽにしたい。目に見えるものすべてを取り出し、気体も吸い出し、少し SF チックになるが、暗黒物質のような目に見えない物質もすべて排除する。量子力学の観点からすれば、箱の中には何が残っているだろうか？

これは引っかけ問題に聞こえるかもしれない。そして量子力学では、答えもまた引っかけであることが多い。箱の中にはまだエネルギーが満ちており、どれだけ空にしようとしても、エネルギー量はほとんど変わらないのだ。この避けがたい残留エネルギーは、基底状態エネルギーあるいは零点エネルギーと呼ばれている。これには基本的にふたつの形態がある。ひとつは、この箱の例のように電磁場などの「場」に関係するもので、もうひとつは原子や分子のような個々の「物体」に関係するものだ。

場の振動を抑えることはできても、その存在の痕跡をすべて消し去ることはできない。また、原子や分子は、絶対零度に限りなく近づけたとしてもエネルギーを保持し続ける。いずれの場合も、根底にある物理学は同じだ。零点エネルギーは、分子内の電場にとらわれた原子のように、少なくとも部分的に閉じ込められているあらゆる物質構造や物体に必ず生じる。この状況は、谷底に落ちて静止したボールにたとえられる。ボールの全エネルギーは、(位置に関連する)ポテンシャルエネルギーと(運動に関連する)運動エネルギーの和で求められる。両方をゼロにするには、位置と速度の両方に正確な値を与えなければならないが、それはハイゼンベルクの不確定性原理によって禁じられている。

零点エネルギーの存在がより深いレベルで何を意味するかは、量子力学のどの解釈を採用するかによって異なる。ただひとつ確実に言えるのは、多数の粒子を最もエネルギーの低い状態に置き、その位置や速度を測定すると、観測される値にばらつきが生じるということだ。

エネルギーを奪われているにもかかわらず、粒子はまるで揺れ動いているかのように見える。量子力学の解釈によっては、実際に揺れているとみなされる。だが別の解釈では、その動きのように見えるものは古典物理学時代から続く誤解にすぎず、実際にそこで何が起きているのかを直感的に描写する方法は存在しないとされる。



**【特集】WIRED QUANTUM 来たるべき“量子時代”に備えよ！** 『WIRED』の量子特集は[こちらから](#)。

アルバート・アインシュタインとマックス・プランク。1931年11月、ベルリンにて。

**原子が繰り広げる“永遠のダンス”、その動きを観測することに初めて成功** By Ritsuko Kawai

Photograph: Linda Hall Library of Science/Engineering and Technology

### 零点エネルギーの認知

1911年、マックス・プランクが零点エネルギーを最初に提唱した。ロチェスター大学の理論物理学者で量子真空を研究するピーター・ミロンニは、プランクの提唱後に「零点エネルギーを初めて真剣に受け止めたのはアインシュタインだと考えられる」と指摘する。

アインシュタインらは、最低エネルギー状態でも起こる分子や結晶格子の微細な振動や、通常の圧力下では絶対零度に近い温度でも液体ヘリウムが固体にならない現象など、さまざまな現象の説明に零点エネルギーを用いた。2025年、ドイツ・ハンブルク郊外の欧州 X 線自由電子レーザー施設 (E-XFEL) の研究チームが論文を発表した。研究者らは 11 個の原子からなる有機分子「ヨードピリジン」を絶対零度近くまで冷やし、レーザーパルスで原子結合を切断した。すると、解放された原子の動きに相関関係が見つかった。

つまり、ヨードピリジン分子は冷却状態にありながらも振動していたのだ。「それを見つけることは実験の目的ではありませんでした」と、同施設の実験物理学者レベッカ・ボルは言う。「要するに、たまたま見つかったので

す」場の零点エネルギーの作用として最もよく知られているのは、カシミール効果だろう。ヘンドリック・カシミールが1948年に予言し、58年に初めてそれらしいものが観測され、97年に最終的に確認された。電荷をもたない2枚の板—カシミールは平行な金属板を想定したが、形状や素材は問わない—は互いに力を及ぼし合う。カシミールの説では、板は電磁場に対して「ギロチン」のような役割を果たし、長い波長の振動を遮断するため、零点エネルギーのバランスが崩れる。最も広く受け入れられている説明によれば、板の外側のエネルギーが内側のそれよりも高くなり、その差によって2枚の板が引き寄せられる。

量子場理論では、場は無数の振動子の集合体として定義され、それぞれが固有の零点エネルギーをもつとされている。場の中の振動子の数は無限であるため、場は無限の零点エネルギーを含むことになる。

30年代から40年代にかけてこれに気づいた物理学者たちは、最初は理論のほうを疑ったが、やがてこの無限という考え方を受け入れるようになった。物理学では、少なくともその大部分において重要なのはエネルギーの差であり、注意深く計算するかぎり、ある無限から別の無限を引いて残りを求めることができるのだ。

だが、これは重力にはあてはまらない。早くも46年の時点で、ヴォルフガング・パウリが、無限あるいは少なくとも膨大な量の零点エネルギーが、宇宙を吹き飛ばすほど強力な重力場を生み出すはずだと気づいていた。

「エネルギーのどの形態も重力と結びついています」と、ジョンズ・ホプキンス大学の物理学者シヨーン・キヤロルは言う。「真空エネルギーも例外ではないので、無視するわけにはいきません」。なぜこのエネルギーが重力的に沈黙を続けるのか、物理学者たちはいまも頭を抱えている。

### あらゆるものになりうる「無」の存在

量子物理学において、真空の零点エネルギーは答えの見つからない難題であり、箱を完全に空にできない理由でもある。だが、それだけではない。何もなければ場所には何かがあるのではなく、あらゆるものになりうる可能性を秘めた「無」がそこに存在している。「真空の興味深いところは、すべての場が、したがってすべての粒子が、何らかのかたちで表現されていることです」とミロンニは言う。電子が1個も存在していないにもかかわらず、真空には「電子性」が宿っている。真空の零点エネルギーとは、わたしたちがまだ発見していないものも含めた、あらゆる形態の物質がもたらす複合的な効果だと言える。

※本記事は、サイモンズ財団が運営する『Quanta Magazine』（編集については同財団から独立）から許可を得て、転載されたオリジナルストーリーである。同財団は、数学および物理・生命科学の研究開発と動向を取り上げることによって、科学に対する一般の理解を深めることを使命としている。

(Originally published on Quanta Magazine, translated by Kei Hasegawa/LIBER, edited by Nobuko Igari)

<https://www.newsweekjapan.jp/articles/-/320631>

## 小惑星 1 万 1000 個を一挙に発見、地球に接近の 33 個も...惑星防衛に期待の天文台

**が威力発揮** ルービン天文台の観測で「前例のない規模の発見」が可能に

**11,000 Asteroids Spotted in 'Unprecedented' Haul—With 33 Near-Earth Objects**

2026 年 04 月 25 日 (土) 10 時 00 分 スー・キム



宇宙空間には無数の小惑星が存在する（写真はイメージです） NASA Hubble Space Telescope-Unsplash  
アメリカ国立科学財団（NSF）ヴェラ・C・ルービン天文台の観測で、新たに1万1000個の小惑星が一挙に発見された。海王星の軌道の向こうにある「遠い世界」の数百個のほか、未知の地球近傍天体も33個あった。同天文台とエネルギー省の研究チームは「前例のない規模の小惑星発見」と位置付けて、国際天文学連合の小惑星センターに報告している。小惑星が一度にまとめて発見された規模としては、この一年で最大だった。研究チームは新しい小惑星約1万1000個と既知の小惑星8万個あまりについて、1カ月半の間に約100万回の観測を行った。国立科学財団によると、中には過去に発見されていたが軌道が予測できずに「見失っていた」小惑星も複数あった。新たに発見された33個の地球近傍天体は、「太陽への最接近距離が、地球と太陽の距離の1.3倍にも満たない」とされる。小惑星は約46億年前の太陽系の誕生時に残った小さな岩石の塊で、火星と木星の軌道の間にある小惑星帯に集中している。このうち、太陽から約1億9000万キロメートル以内の軌道上にある小惑星が地球近傍天体と呼ばれる。今回新しく発見された近傍天体は、いずれも地球を脅かす恐れはないとされる。直径は最も大きいもので約500メートルだった。直径140メートルを超す天体は、もし地球に衝突すれば「局地的に甚大な被害」が出る可能性があることから嚴重な監視の対象となる。しかしそうした中型の地球近傍天体のうち、これまでに見つかっているのは40%程度にとどまるという。

### 次のページ [想像を超えた発見への扉](#)

ワシントン大学の天文学者マリオ・ジュリックは今回の発見を「ルービン天文台初観測後、初めての大規模提出」と形容し、「これは氷山の一角にすぎず、観測態勢が整ったことの表れ」と位置付ける。

「かつては何年も何十年もかかって発見していたものを、ルービン天文台は数カ月で発見できる。太陽系の天体記録を根本から塗り替え、我々が想像もしなかった発見への扉を開くというルービン天文台の約束は実現し始めている」ルービン天文台の観測では、いずれ地球近傍天体が新たに約9万個見つかる見通しで、その一部は「潜在的に危険な」天体かもしれない。140メートルを超す地球近傍天体の数は、ほぼ倍に増える見通しだ。

「そうした天体の早期発見と継続的な監視を実現することで、ルービンは惑星防衛の強力なツールになる」と国立科学財団は期待を寄せている。

<https://prtimes.jp/main/html/rd/p/000000046.000033615.html>

## 月・火星移住を可能にする条件——太陽フレア・放射線などの環境リスクにどう備

えるか【Sphear #8】6月5日開催 [クーガー株式会社](#) 2026年4月24日 12時31分



クーガー株式会社（本社：東京都渋谷区、代表取締役：石井 敦）は、人類の宇宙移住にAIの力で貢献することを目指したコミュニティ「Sphear（スフィア）」のリアルイベント「月・火星移住を可能にする条件——太陽フレア・放射線などの環境リスクにどう備えるか【Sphear #8】」を、2026年6月5日（金）19:00より、東京・渋谷にて開催いたします。本イベントでは、NASAを中心に進められる月・火星の開発において、人類が宇宙での環境リスクにどう備えるのかを具体的に探ります。人類は、ついに宇宙に「住む」フェーズに入ろうとしている。

その一步は、厳しい条件の上に成り立つ。クーガーCEO 石井敦は、宇宙移住を成立させるための環境リスクと技術要件の全体像を提示する。さらに京都大学准教授 野上大作が、太陽フレアをはじめとする宇宙環境の構造と影響を紐解き、居住・運用における本質的な制約を明らかにする。

宇宙に暮らす時代は、どのような前提のもとに成立するのか。

## ■ Sphear#8 イベント概要

- 日時 | 2026年6月5日(金) 19:00~22:00 (開場 18:45)
- 会場 | シアターギルド代官山 (東京都渋谷区猿楽町 11-6)
- 参加費 | 1,000円 (事前決済)
- 定員 | 30名 (先着順・要申込)

※会場開催のみ(オンライン配信なし) お申し込みページ <https://sphear-008.peatix.com/>

## ■ タイムテーブル

- 18:45 開場 (受付開始)
- 19:00-19:10 オープニング
- 19:10-19:30 宇宙移住の条件とは——宇宙環境リスクの全体像  
石井 敦 (クーガーCEO)
- 19:30-20:30 太陽フレアの構造と影響——宇宙居住・運用における前提条件  
野上 大作 (京都大学 理学研究科 准教授)
- 20:30-21:00 パネルディスカッション  
石井 敦、野上 大作、天野真梨花 (進行役)
- 21:00-22:00 懇親会 (軽食・ドリンク付き)

## ■ 登壇者



**野上 大作 | Daisaku Nogami** 京都大学 理学研究科 准教授 京都大学理学部卒業後、同大学院にて博士(理学)を取得。日本学術振興会特別研究員、ドイツ・ゲッティンゲン大学ポスドク研究員を経て、2000年より京都大学に着任し、助手・助教を経て2014年より現職。専門は恒星物理学。激変星やX線連星、ガンマ線バースト、恒星フレアなど宇宙における突発的現象の観測研究に取り組んでいる。国際的な観測ネットワークや大型望遠鏡プロジェクトにも関わり、恒星活動の解明と宇宙現象の理解に貢献している。

**石井 敦 | Atsushi Ishii** クーガー株式会社 CEO 日本 IBM を経て、楽天やライコスの大規模検索エンジン開発を担当。その後、日米韓を横断したオンラインゲーム開発の統括、Amazon Robotics Challenge 上位チームへの技術支援、ホンダへのAI学習シミュレーター提供、NEDO クラウドロボティクス開発統括などを務める。現在、人型AIプラットフォーム「LUDENS」の開発を進めている。スタンフォード大学2018年AI特別講義の講師。電気通信大学 元客員研究員。Enterprise Ethereum Alliance 日本支部代表。

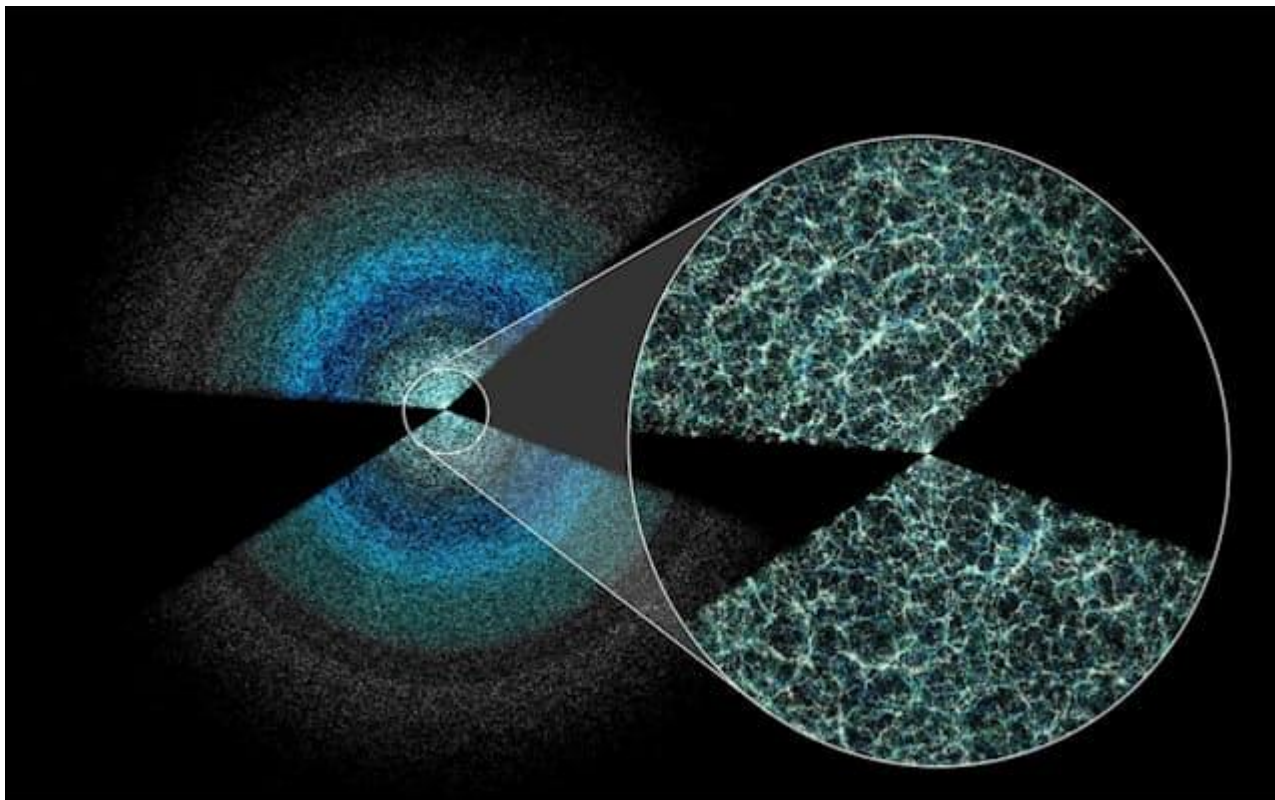
**■司会 天野 真梨花 | Marika Amano** 報道記者として自然災害や事件、政治分野等の現場取材に従事し、その後はディレクター・ニュースデスクとして報道番組の制作に携わる。現在はこれまでの経験を基盤に、宇宙と社会をつなぐコミュニケーションの在り方を探求している。

<https://www.nikkei.com/article/DGXZQOSG211E00R20C26A4000000/>

## 宇宙の 3 次元地図が完成、「暗黒エネルギー」の正体解明へ 国際研究

サイエンス 2026 年 4 月 26 日 2:00

米ローレンス・バークレー国立研究所などの国際研究グループは、過去最大の宇宙の 3 次元地図を作成したと発表した。この地図を使って過去と現在の銀河の分布を比べれば、宇宙の膨張を加速させている謎の「ダークエネルギー（暗黒エネルギー）」の正体に迫れる可能性がある。



DESI による宇宙の 3 次元地図の一部。中心に地球がある=Claire Lamman/DESI collaboration 提供

米アリゾナ州のキットピーク国立天文台にある口径 4 メートルの望遠鏡に搭載された観測装置を使った国際研究プロジェクト「暗黒エネルギー分光装置 (DESI)」の研究成果だ。5000 本の光ファイバーを用い、一度に膨大な数の天体を観測できる。各天体の地球からの距離を割り出し、宇宙のどこに分布しているのかを立体的に描き出す。

このプロジェクトは 5 年間かけて約 3400 万個の銀河や「クエーサー」と呼ばれる明るい天体のデータを収集することを目標にしていた。実際には 4700 万個以上の銀河やクエーサーに加え、天の川銀河の研究に用いられる 2000 万個以上の近傍の恒星を捉えることに成功した。

DESI 所長のマイケル・レヴィ氏は「観測機器は予想以上の性能を発揮し、得られた結果は信じられないほど刺激的なものだ」とコメントした。

研究グループは今後、作成した宇宙地図や得られた観測データを基に、宇宙の約 70% を占める暗黒エネルギーの性質の解明に挑む。観測期間を 2028 年まで延ばし、さらに広い領域と暗い天体の調査も進める。

DESI の解析では、暗黒エネルギーが時間とともに変化している可能性が示唆された。この現象をもし裏付けられたら、これまで一定の力を仮定してきた標準的な宇宙論のモデルを修正する必要がある。