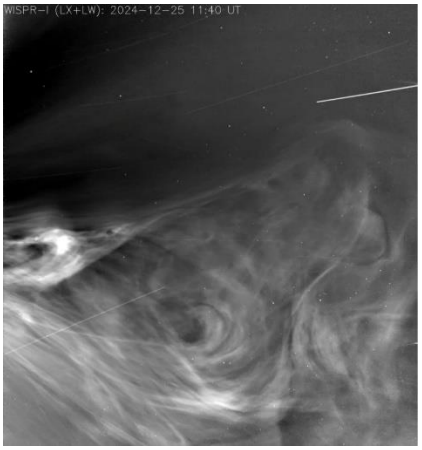
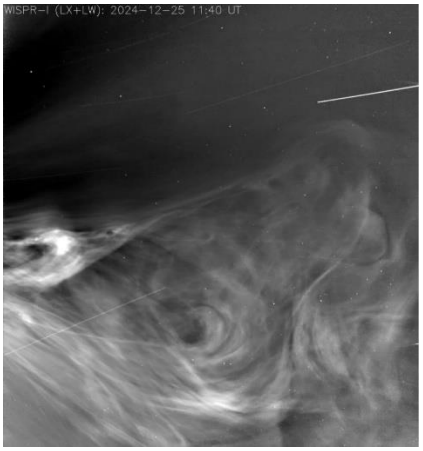
https://sorae.info/astronomy/20250718-psp.html

# 太陽表面から約 600 万 km　NASA 探査機が観測した太陽コロナと太陽風

2025-07-182025-07-18　ソラノサキ



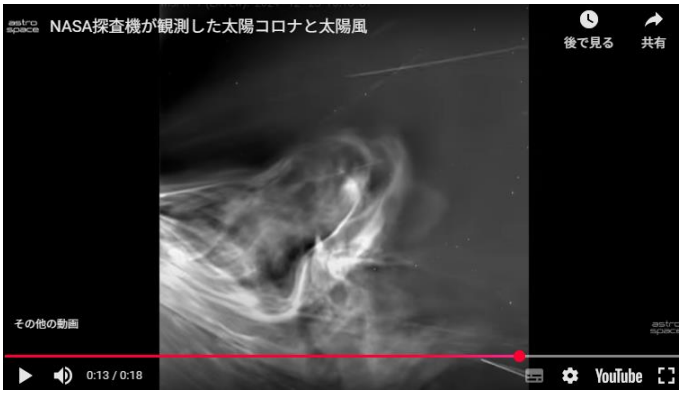



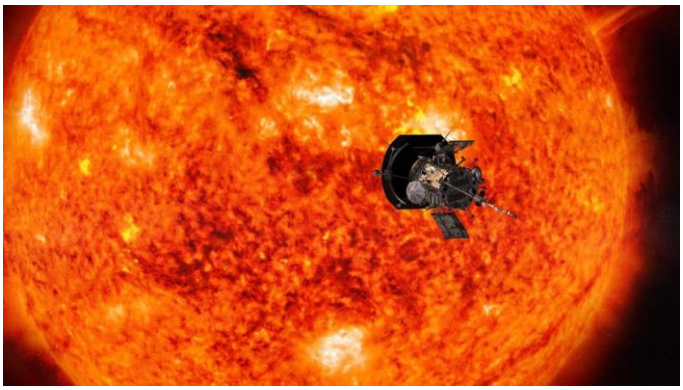
こちらは、NASA＝アメリカ航空宇宙局の太陽探査機「Parker Solar Probe（パーカー・ソーラー・プローブ）」の広視野カメラ「WISPR」で取得した画像。日本時間 2024 年 12 月 25 日 20 時 40 分、パーカー・ソーラー・プローブが太陽の表面から約 600 万 km（※）まで接近する飛行を行った時に取得されたものの 1 枚です。

※…太陽の直径（約 139 万 km）の約 4.3 倍、太陽から地球までの距離（約 1 億 5000 万 km）の約 4%。

【▲ 太陽探査機「Parker Solar Probe（パーカー・ソーラー・プローブ）」の広視野カメラ「WISPR」で観測した太陽コロナと太陽風（Credit: NASA/Johns Hopkins APL/Naval Research Lab）】

視野にただよう白い煙のようなものは、太陽の上層大気である太陽コロナと、そこから放出されたプラズマの流れである太陽風。NASA によると、史上最も太陽に接近したこの時の観測では、大量のプラズマが塊状に放出されるコロナ質量放出（Coronal Mass Ejection: CME)が複数、互いに衝突する様子が初めて高解像度で捉えられました。次の動画は、日本時間 2024 年 12 月 25 日 17 時 10 分から翌 26 日 0 時 33 分にかけて WISPR で取得した画像を使って作成された、5 秒間のアニメーションです（繰り返して合計 3 回再生）。コロナから放出された太陽風の動きを捉えていることがわかります。



【▲ 太陽探査機「Parker Solar Probe（パーカー・ソーラー・プローブ）」の広視野カメラ「WISPR」で観測した太陽コロナと太陽風のアニメーションバージョン（Credit: NASA/Johns Hopkins APL/Naval Research Lab; Edit: sorae 編集部(繰り返し再生の処理)）】

【▲ 太陽に接近する NASA の太陽探査機「Parker Solar Probe（パーカー・ソーラー・プローブ）」の想像図（Credit: NASA/Johns Hopkins APL/Steve Gribben）】

11 年周期の活動が極大期を迎えている太陽の表面では、数多くの黒点が現れ、太陽フレアが頻繁に発生しています。こうした太陽活動のなかでも大規模なコロナ質量放出は、地球に到達すると磁気嵐を発生させ、人工衛星、通信網、電力網などに被害をもたらす可能性があります。

情報化社会にとって通信と電力は極めて重要なインフラであり、太陽活動によって文明の存続にも関わる事態が引き起こされる可能性もゼロではないのです。

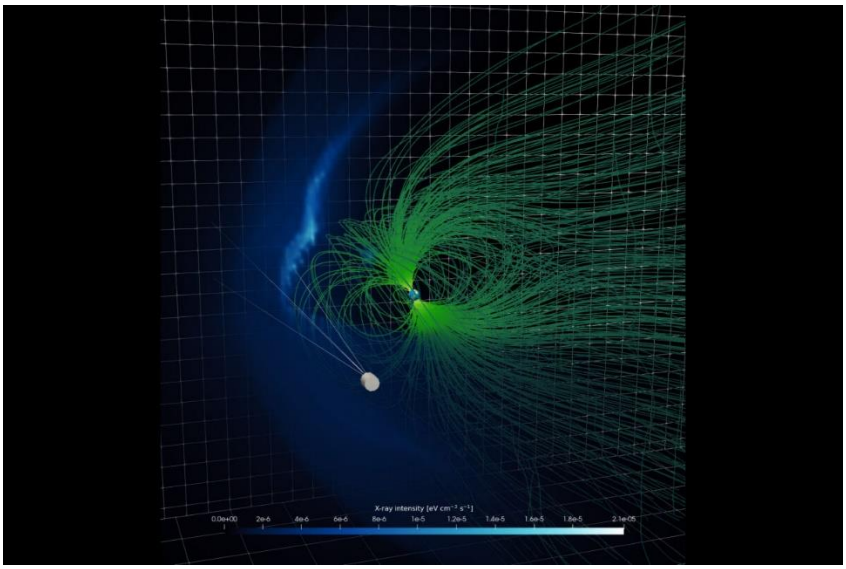
研究者は、パーカー・ソーラー・プローブが捉えたコロナ質量放出の衝突・合体過程を分析することは、宇宙

天気（太陽活動による宇宙環境の変動、宇宙嵐とも）を理解する上で非常に重要だと指摘しています。
文／ソラノサキ　編集／sorae 編集部
関連記事　太陽コロナの内側から見た景色。史上初めて到達した NASA 探査機が撮影
史上初！ 金星表面を宇宙から可視光線の波長で観測、NASA 太陽探査機の思いがけない成果
参考文献・出典　NASA - NASA's Parker Solar Probe Snaps Closest-Ever Images to Sun

https://news.mynavi.jp/techplus/article/20250718-3382850/

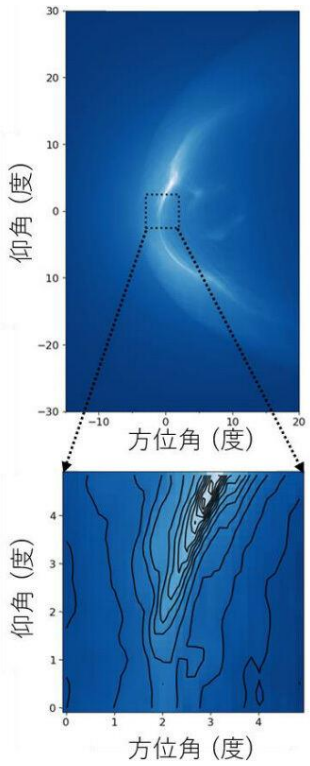
## 太陽風と地球磁気圏が激突する最前線で X 線が強く輝く！ 千葉大など発見

掲載日 2025/07/18 11:50
千葉大学と名古屋大学の両者は、地球の磁気バリアが、太陽から吹き付ける高速のプラズマ流「太陽風」によって剥がされる様子を X 線で可視化する新手法を開発したと、7 月 15 日に共同発表した。



モデル計算による X 線発光強度分布(色)と地球磁場(線)。画像中心に位置する水色の球体が地球で、図左手が太陽側。地球から離れた位置に仮想的に配置された X 線撮像衛星による疑似的な観測の様子が表されている(出所:共同ニュースリリース PDF)
同成果は、千葉大大学院 融合理工学府の百瀬遼太大学院生(研究当時)、千葉大 国際高等研究基幹の松本洋介准教授、名大 宇宙地球環境研究所の三好由純教授らの共同研究チームによるもの。詳細は、米国地球物理学連合が刊行する地球科学を扱う学術誌「Geophysical Research Letters」に掲載された。
ヒトの目には見えないが、宇宙空間は放射線や荷電粒子などが絶え間なく行き交う、極めて過酷な環境だ。太陽風は、太陽から吹き出す電子や陽子などの荷電粒子の流れであり、これが惑星の大気に直撃すると、少しずつ剥ぎ取っていく。実際、火星ではその結果、地球の約 100 分の 1 という薄い大気になったとされる。
そのようなプラズマの暴風から地球の大気を守るのが、地球の固有磁場が作り出す「地球磁気圏」だ。しかし、太陽側の磁気圏境界は「磁気リコネクション」というプロセスによって剥がされることも珍しくない。つまり、地球の磁気バリアは太陽風に対して完璧ではない、ということだ。
磁気バリアが破れると、太陽風エネルギーの一部が磁気圏内に流入する。その結果、地球近傍の宇宙空間であるジオスペースが激しく変動し、極地上空にオーロラが発生する。現代文明は各種人工衛星に依存するため、ジオスペースの乱れやそれに伴う衛星の故障は望ましくない事態だ。そのため、近年は太陽の状況を把握する宇宙天気予報が重要視されている。また磁気リコネクションは、プラズマ実験装置からブラックホールまで、さまざまなスケールの爆発現象の根源的プロセスだ。その理解は、核融合発電における高温プラズマの安定的かつ長期的な閉じ込め技術の向上や、高エネルギー宇宙線の起源解明などにもつながる。
このような太陽と地球の目に見えない攻防に関する研究の中で、近年、太陽風中に微量に含まれる高階電離した(原子から多量の電子が引き剥がされた状態)酸素や炭素などのイオンが、地球近傍の水素原子と「太陽風電荷交換反応」を起こすことで、X 線が放射されることがわかってきた。
研究チームは今回、太陽風-地球磁気圏相互作用モデルと太陽風電荷交換反応による X 線放射モデルを組み合

わせ、ジオスペースにおける X 線強度分布に関する調査を行うことにした。今回の研究では、スーパーコンピュータ「富岳」を用いた大規模シミュレーションにより、X 線強度分布を計算。その結果、激しい太陽風が到来したときに、太陽側磁気圏境界で発生する磁気リコネクション領域において、X 線が特に明るく放射されることが判明した。そこで、モデル内に仮想的な X 線撮像衛星を配置して疑似的に観測することで、磁気リコネクション領域の X 線画像作成が試みられた。月と同程度の遠方から撮像した結果、明るい領域は尖った特徴的形状を呈し、磁気リコネクションが進行する磁場の形状を反映していることが明らかにされた。




(上)モデル内での X 線疑似観測の全体画像。色は白いほど X 線強度が強い。(下)打ち上げ予定の X 線撮像衛星 GEO-X で想定される視野・角度分解能をもとにした磁気リコネクション領域の拡大図。等高線の尖り具合が磁気リコネクションを反映している(出所:共同ニュースリリース PDF)

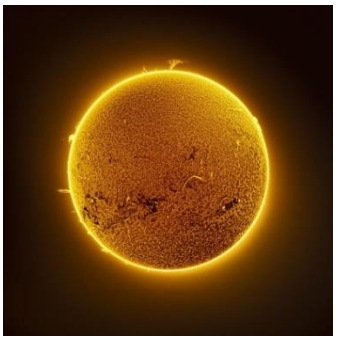
磁気バリアがどの程度の効率で剥がされているのかを示す値に、「リコネクション率」がある。これは、磁場からプラズマへのエネルギー変換割合を表す量でもあり、磁気リコネクションによるエネルギー解放を理解する上で重要な値だ。限定的な状況下ではあるが、これまでレーザー実験や太陽コロナ領域の観測などでリコネクション率の実験的な推定が試みられ、その値が 10%程度であることが報告されていた。

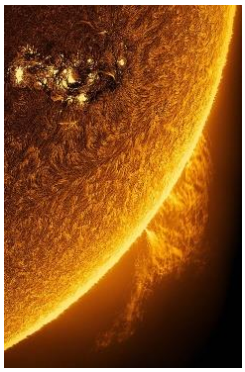
それに対し今回の研究では、磁気圏境界の X 線で明るい領域の尖り具合とリコネクション率の間に良好な相関があることが示され、新たなリコネクション率推定方法として提案がなされた。この手法で推定されたリコネクション率は約 13%であり、これまでの報告と矛盾しない結果だった。今回の手法を用いれば、磁気圏内への太陽風エネルギーの流入率の推定が可能となり、宇宙天気予報のための新たな診断ツールとなりうることが示された。現在、日本では、太陽風電荷交換反応による X 線放射を捉える地球磁気圏 X 線撮像衛星「GEO-X」の開発が、2027 年以降の打ち上げスケジュールで進められている。同様に、欧州宇宙機関(ESA)と中国科学院の共同ミッション「SMILE」も、近年中の打ち上げが予定されている。これらの X 線撮像衛星による協調観測と、既存の人工衛星による「その場」での観測を組み合わせることで、地球の磁気バリアの破れが多面的に理解されることが見込まれる。また、磁気リコネクションが持つ多スケール構造を観測的に解明することで、核融合プラズマの閉じ込め技術の向上や宇宙線加速機構の解明への寄与が期待されるとのこと。

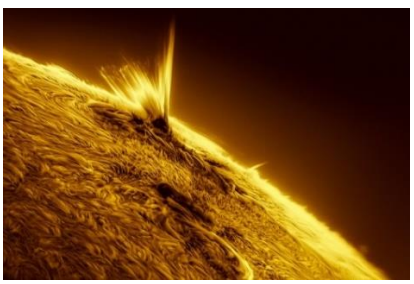
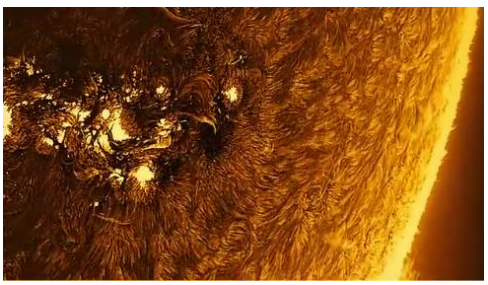
https://natgeo.nikkeibp.co.jp/atcl/news/25/071700393/

## 【動画】大迫力の「太陽竜巻」、天体写真家が撮影に成功

**過去 20 数年で最も激しい太陽嵐を起こしたときの映像も**　2025.07.17


プロミネンス（紅炎）のタイムラプス映像。プラズマの竜巻をとらえている。2025 年 4 月 24 日に撮影。（VIDEO BY MIGUEL CLARO）
2024 年 9 月 2 日に撮影された太陽の全景。太陽活動の美しさをかつてない詳しさと奥行きであらわにしている。（COMPOSITE PHOTOGRAPH BY MIGUEL CLARO）［画像のクリックで別ページへ］
ギャラリー：美しくて神秘的でダイナミックな太陽　写真 5 点（写真クリックでギャラリーページへ）
ポルトガルのアルケバ星空保護区で、天体写真家のミゲル・クラロ氏は数年前から太陽の大気層のうちオレンジ色から赤色に輝く太陽の彩層を撮影してきた。　太陽は核融合というプロセスによって、その中心部でエネルギーを生み出している。そのエネルギーが外側の大気層に伝わり、太陽竜巻やプロミネンス（紅炎）などの現象を伴う複雑でダイナミックな環境をつくり出している。「太陽の撮影は大変ですが、最高の体験でもあります」とクラロ氏は言う。「太陽はいつも新しいもの、1 日前にはなかったものを見せてくれます」
　2025 年 4 月 24 日に撮影されたタイムラプス映像は、太陽の竜巻を捉えている。太陽竜巻は、糸状のプラズマ（荷電ガス）が大気中に噴出し、太陽の磁場によって回転しながら移動する現象だ。
　NASA の太陽観測衛星ソーラー・ダイナミクス・オブザーバトリーによれば、太陽竜巻は時速約 30 万キロで回転する　（地球の竜巻は最大時速 500 キロ弱だ）。太陽の表面では常に最大 1 万 1000 個の竜巻が発生していると推定されている。（参考記事：「巨大な“太陽竜巻”、SDO が観測」）



2022 年 4 月 30 日、ポルトガルのアルケバ星空保護区で太陽フレアが観測された。太陽と地球の環境の情報を提供するサイト「spaceweather.com」によれば、「この爆発によって、大西洋中部とヨーロッパで短波通信の大規模障害を引き起こすほどの放射線が発生した」（PHOTOGRAPH BY MIGUEL CLARO）
［画像のクリックで別ページへ］
2024 年 5 月 10 日に撮影した太陽の彩層。過去 20 年で最も激しい磁気嵐が発生し、北半球全域でオーロラが見られた。（PHOTOGRAPH BY MIGUEL CLARO）［画像のクリックで別ページへ］
2025 年 4 月 24 日に撮影した大規模なプロミネンス。（PHOTOGRAPH BY MIGUEL CLARO）
［画像のクリックで別ページへ］



太陽の磁場が絡み合うことで発生するプラズマ噴出。2025 年 6 月 15 日に撮影。クラロ氏はこの現象を「髪の

三つ編み」に例えている。（PHOTOGRAPH BY MIGUEL CLARO）［画像のクリックで別ページへ］
この太陽嵐により、北半球全域でオーロラが発生し、米国南部のテキサス州やアリゾナ州でも観測された。（VIDEO BY MIGUEL CLARO）

2024 年 5 月 10 日、過去 20 数年で最も激しい太陽嵐が地球を襲った。太陽嵐は、太陽風の荷電粒子が地球の大気に衝突すると発生する。これは、オーロラという美しい現象を引き起こすだけでなく、電力網や人工衛星に甚大な被害をもたらすこともある。（参考記事：「太陽嵐の危険度、場所により 100 倍も差、米国」）
ギャラリー：太陽嵐の衝撃　写真 15 点（写真クリックでギャラリーページへ）
2011 年 7 月 21 日　米国航空宇宙局（NASA）の太陽観測衛星（SDO）が撮影した太陽の極紫外線画像。色は、異なる光の波長を識別するために NASA によって付けられている。磁気活動の活発な領域の間に発生するコロナ・ループ（環状のガスの流れ）は明るく輝き、磁場に浮かぶフィラメント（プラズマの塊）は相対的に温度が低く、暗い。 Photograph by NASA Solar Dynamics Observatory (SDO)［画像のクリックで別ページへ］
文＝Paola Rosa-Aquino／訳＝米井香織

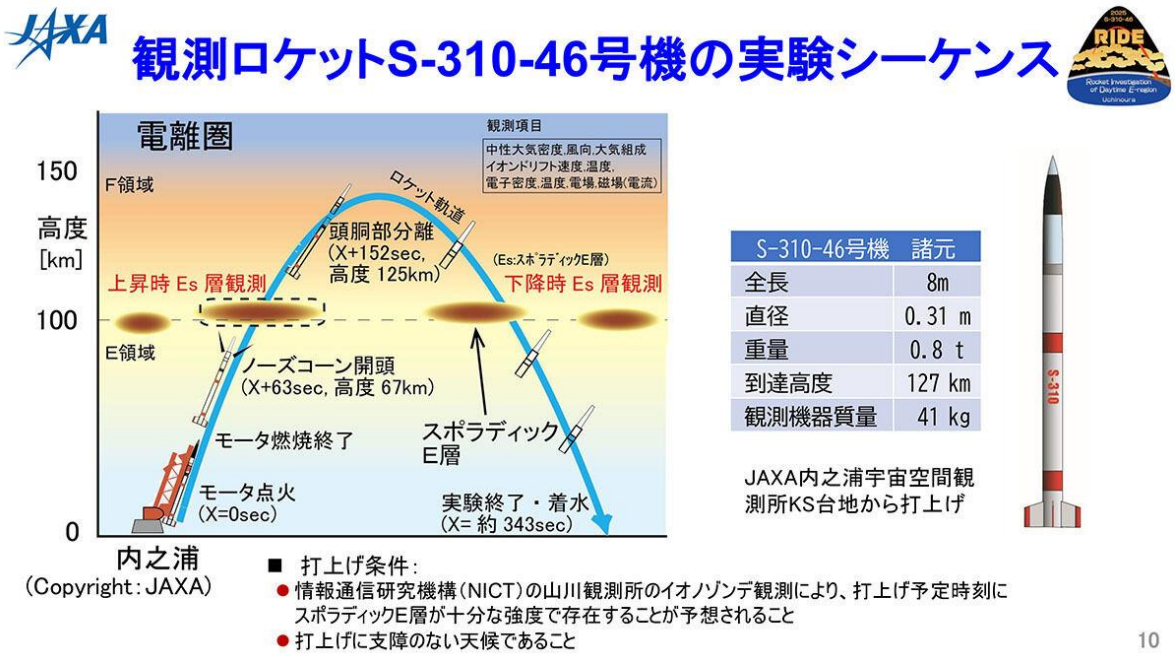
https://news.mynavi.jp/techplus/article/20250716-3381285/

## スポラディック E 層形成の謎に迫る、JAXA の観測ロケット打ち上げ成功

掲載日 2025/07/16 17:15
宇宙航空研究開発機構(JAXA)は、電波利用に影響を及ぼす「スポラディック E 層」がどのようにできるか調べる観測ロケットを、内之浦宇宙空間観測所(鹿児島・肝付町)から 7 月 15 日 12 時に打ち上げた。ロケットは正常に飛行し、内之浦南東海上に落下。搭載した実験機器で取得したデータの確認・評価を今後行う。

観測ロケット「S-310-46 号機」の打ち上げ(C)JAXA

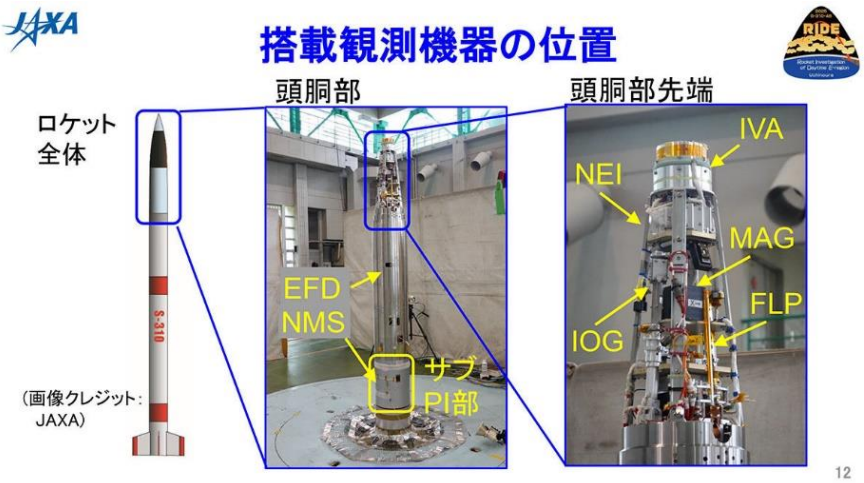
JAXA が今回打ち上げたのは、磁場や電場などを調べる観測機器を搭載した小型ロケット「S-310-46 号機」。上空 100km 付近(中緯度域電離圏)に突発的に現れる、スポラディック E 層と呼ばれる“金属イオンの雲”を観測し、その形成過程を解明することが今回のミッションだ。



S-310-46 号機の実験シーケンス(C)JAXA

ロケットの大きさは全長 8m、直径 0.31m で、重量は 0.8t。頭胴部の先端部をはじめ各所に、磁場計測器や電場観測機器のほか、大気やイオン、電子の状態を調べる機器など、計 7 つの観測機器を取り付けており、いずれもスポラディック E 層内部と周辺においてデータ取得に成功したとのこと。

当初、S-310-46 号機は 7 月 8 日に打ち上げ予定だったが、「打ち上げ条件が整わない」として同月 15 日に延期していた。なお打ち上げ条件は、情報通信研究機構(NICT)の山川観測所のイオノゾンデ観測により、打ち上げ予定時刻にスポラディック E 層が十分な強度で存在することが予想され、また打ち上げに支障をきたさない天候であることの 2 点だった。



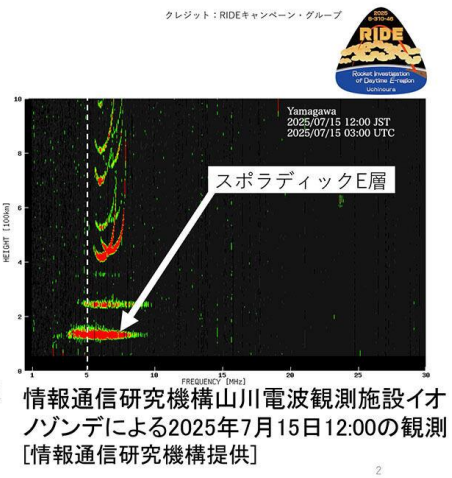

S-310-46 号機に取り付けられた観測機器の位置(C)JAXA

S-310-46号機 搭載観測機器

| 搭載観測機器 | 観測項目 | | 担当機関 |
|---|---|---|---|
| 磁場計測器(MAG) | 磁場 | (ベクトル) | 京都大学、JAXA |
| 電場観測装置(EFD) | 電場 | (ベクトル) | 富山県立大学 |
| 中性大気質量分析器(NMS) | 中性大気 | 組成 | JAXA、東京大学、大阪大学、京都大学 |
| 中性大気密度・風計測装置(IOG) | | 密度、中性風 | 神戸大学、JAXA |
| イオン速度測定器(IVA) | イオン | ドリフト速度・密度・温度 | JAXA、京都大学 |
| インピーダンスプローブ(NEI) | 電子 | 密度 | 東北大学 |
| 高速ラングミュアプローブ(FLP) | | 温度・密度 | JAXA、京都大学 |

11

S-310-46 号機の搭載観測機器の一覧(C)JAXA




- 情報通信研究機構山川電波観測施設イオノゾンデ(鹿児島県指宿市)の観測によってスポラディックE(Es)層の発生を確認し、S-310-46号機打上げを実施した。
- S-310-46号機搭載のインピーダンスプローブによる電子密度測定によって、高度100km付近においてEs層を観測した。
- 他の6つの搭載機器もEs層内部と周辺においてデータ取得に成功した。
- 今後、取得したデータを解析し、地上観測、数値モデルとあわせて、Es層がどのようにして作られるのかを解明する。

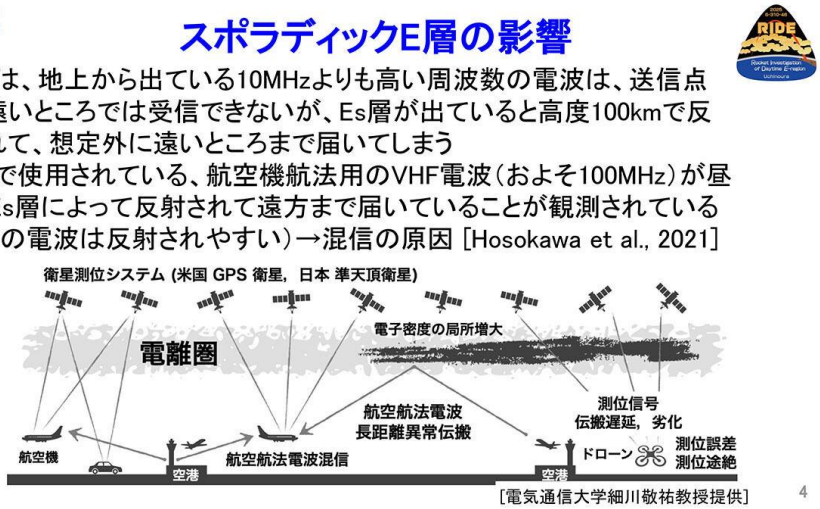
情報通信研究機構山川電波観測施設イオノゾンデによる2025年7月15日12:00の観測
[情報通信研究機構提供]

2

NICT 山川観測所のイオノゾンデによ

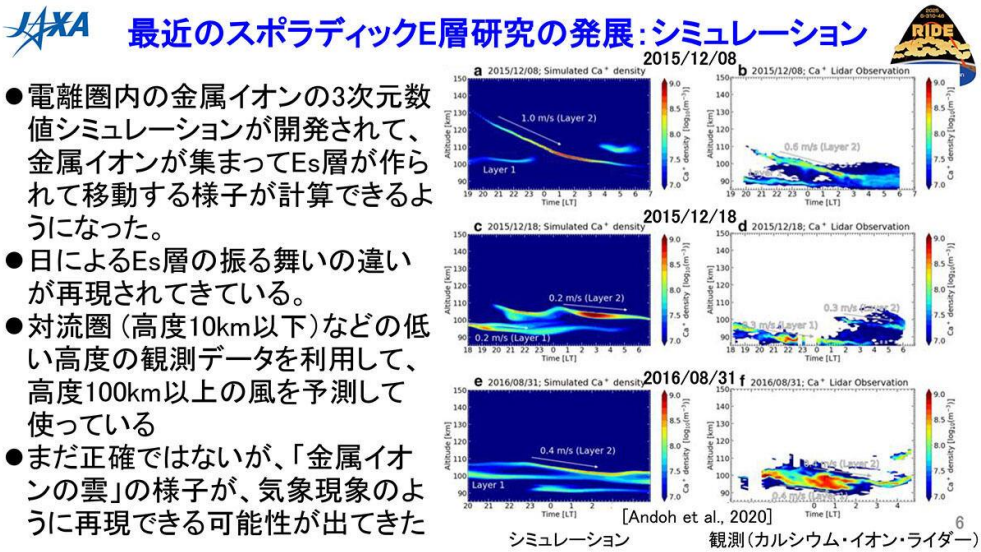
る、打ち上げ当日(7 月 15 日 12 時)のスポラディック E 層の観測結果　(C)JAXA

一般的に、スポラディック E 層が発生すると、本来は受信できないはずの遠方の FM ラジオの電波が受信できたり、逆に混信によって音声などに乱れが生じる(妨害される)といった影響が知られている。スポラディック E 層という単語は、「散発的な」という意味の sporadic と、高度 100km 付近の電離層である E 層からなる。

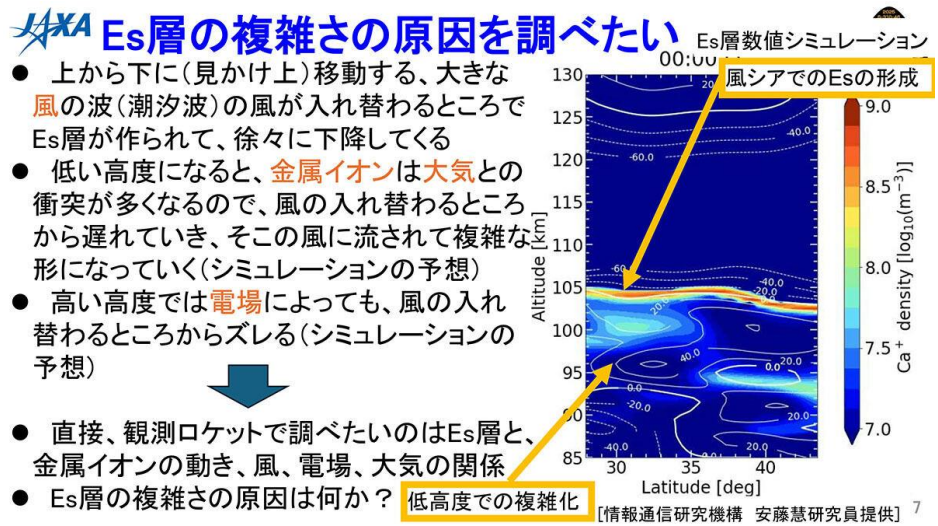



スポラディック E 層の影響(C)JAXA

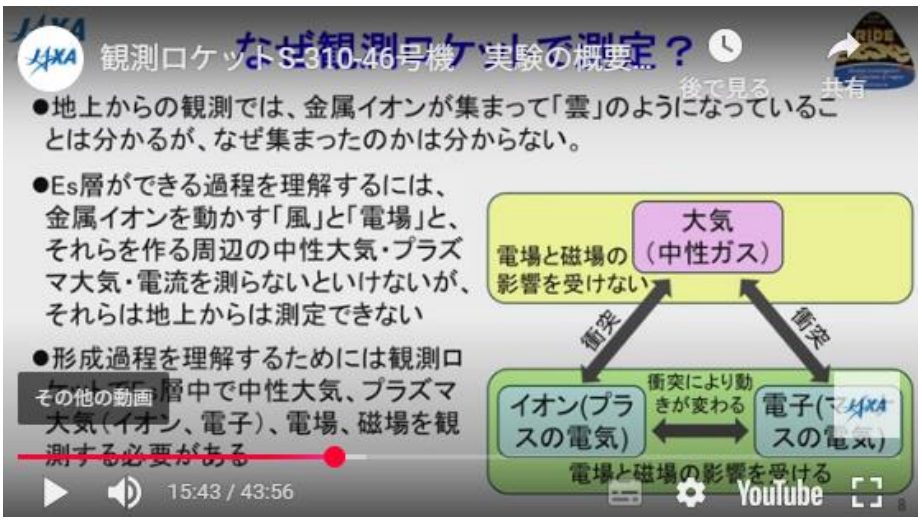
その正体は高度 100km 付近に急に現れる、鉄など金属でできた雲のようなかたまり。もとになる金属は流星が燃え尽きて放出されたものと考えられていて、大部分が、原子イオンと電子に分かれたプラズマ状態になっている。現れたり、消えたりを繰り返すが、その原因は未解明。ただし、流星の量とは直接関係していないとも考えられている。通常の“水の雲”は光を反射するので目に見えるが、“金属イオンの雲”であるスポラディック E 層は目には見えない。その代わりに電波を反射するので、発生すると地上からの電波を跳ね返すという特性を持つ。このため、航空機やドローンなどの位置情報(測位信号)などへ障害を及ぼすほか、ラジオなど無線の混信の原因にもなるとされる。スポラディック E 層は、電波利用の観点から予報・警報が重要とされ、情報通信研究機構の宇宙天気予報にも項目として含まれている。特に、夏の東アジア域で多く発生することが傾向として知られているものの、気象の予報のような物理過程を理解した予報ではなく、発生の傾向からしか予報ができていないとのこと。近年の研究では、日によるスポラディック E 層の振る舞いの違いをシミュレーション上で再現できるようになってきたという。JAXA では、地上からは測定できないスポラディック E 層と金属イオンの動き、風、電場、大気の関係を観測ロケットで直接調べることで、その複雑さの原因を突き止め、スポラディック E 層が作られる過程を解明することをめざす。

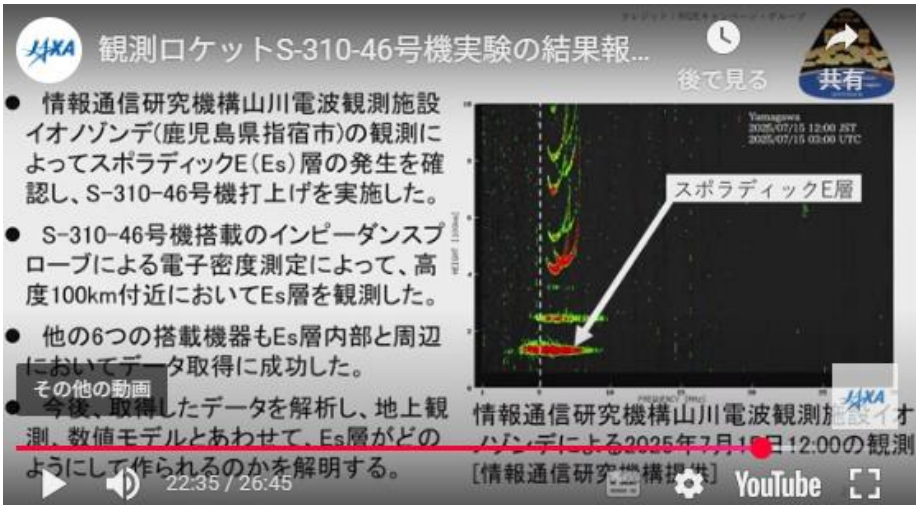



近年のスポラディック E 層研究の事例(C)JAXA




スポラディック E 層の調査目的(C)JAXA




https://sorae.info/astronomy/20250713-hip67522b.html

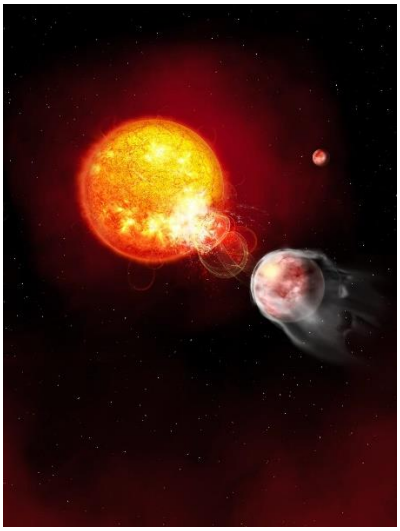
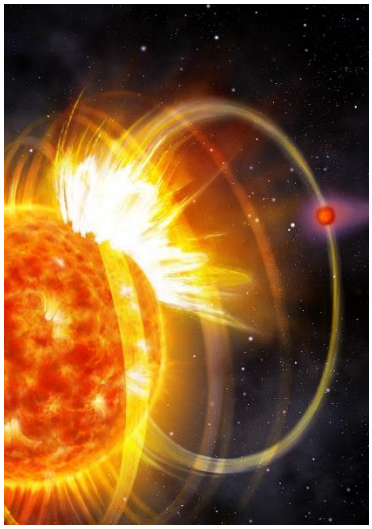
## あと 1 億年で海王星サイズに縮小？ 太陽系外惑星「HIP 67522 b」は主星のフレアを誘発している可能性

2025-07-132025-07-13 ソラノサキ

太陽系外惑星が主星である恒星の活動に影響をおよぼし、発生したフレア（恒星表面の爆発現象）によって大気を失っていく。そんな相互作用を捉えたとする研究成果を、オランダの研究者らのチームが発表しました。

**若い星を公転する木星サイズの低密度な惑星「HIP 67522 b」**

研究チームが観測したのは、ケンタウルス座の方向約 406 光年先の恒星「HIP 67522」です。
形成されてからまだ 1700 万年程度の若い HIP 67522 では、「HIP 67522 b」および「HIP 67522 c」という 2 つの太陽系外惑星が見つかっています。このうち HIP 67522 b（以下、惑星 b）は、主星から約 0.07 天文単位しか離れていない軌道を約 6.96 日周期で公転。質量は木星の 0.05 倍以下と推定されていますが、主星に強く加熱されているため、直径は木星と同程度まで膨張しています。

【▲ 恒星「HIP 67522」と太陽系外惑星「HIP 67522 b」（右手前）の想像図。主星のフレアによって HIP 67522 b から大気が散逸していく様子を描いている（Credit: Janine Fohlmeister (Leibniz Institute for Astrophysics Potsdam)）】
【▲ 磁力線を通じて主星「HIP 67522」（左）と相互作用し、フレアを誘発する太陽系外惑星「HIP 67522 b」（右）のイメージイラスト（Credit: Danielle Futselaar (https://www.artsource.nl/)）】

**HIP 67522 b は磁力線を介して主星のフレアを誘発している？**

ESA＝ヨーロッパ宇宙機関の系外惑星観測衛星「Cheops（ケオプス）」で HIP 67522 を観測したところ、地球から見て惑星 b が主星の手前を横切るタイミングで、主星のフレアが地球の方向（つまり惑星の方向）へ発生していることを確認。データを分析した研究チームは、公転する惑星 b が主星 HIP 67522 の磁場を乱すことで生じた波が、磁力線に沿って主星の表面に達することでフレアの発生を誘発していると考えています。
惑星 b が受ける主星からの放射は、この磁気的な相互作用が無い場合と比べて実に 6 倍ほど。今後 1 億年の間に、惑星 b は大気散逸によって木星サイズから海王星サイズまで小さくなる可能性があります。
ESA によると、恒星と惑星が相互作用する可能性は 1990 年代から指摘されていたものの、今回観測されたフレアのエネルギーは予測のおよそ 100 倍に達するといいます。
HIP 67522 に似た惑星系をより多く観測・研究することで、このような相互作用についての理解が深まることが期待されます。 文／ソラノサキ　編集／sorae 編集部

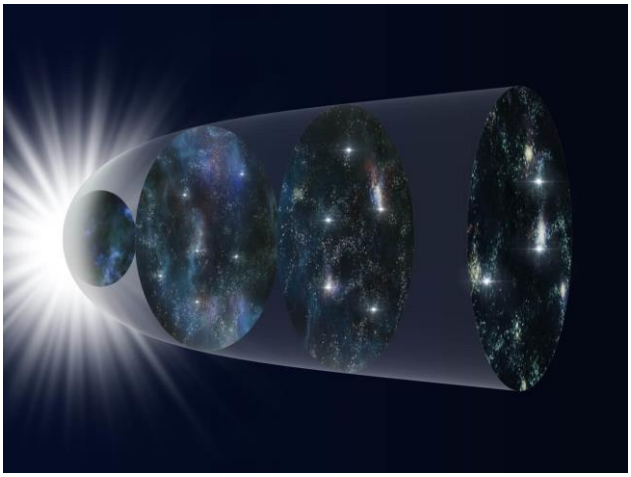
関連記事　惑星「HAT-P-67b」は直径 30 万 6000km　既知で最大かつ理論的な限界に近い惑星
約 40 光年先に地球サイズの太陽系外惑星を発見　地球と金星の違いを探るヒントが得られるかも？
「WASP-76b」では珍しい大気現象「光輪」が発生している？　確認されれば太陽系外惑星では初

参考文献・出典　ESA - Clingy planets can trigger own doom, suspect Cheops and TESS
Ilin et al. - Close-in planet induces flares on its host star (Nature)
Ilin et al. - Close-in planet induces flares on its host star (arXiv)
Ilin et al. - Searching for planet-induced radio signals from the young close-in planet host star HIP 67522 (Astronomy & Astrophysics)

https://sorae.info/astronomy/20250716-dark-energy.html

## 暗黒エネルギーは弱くなっている？　宇宙を膨張させる不思議な力の最新事情

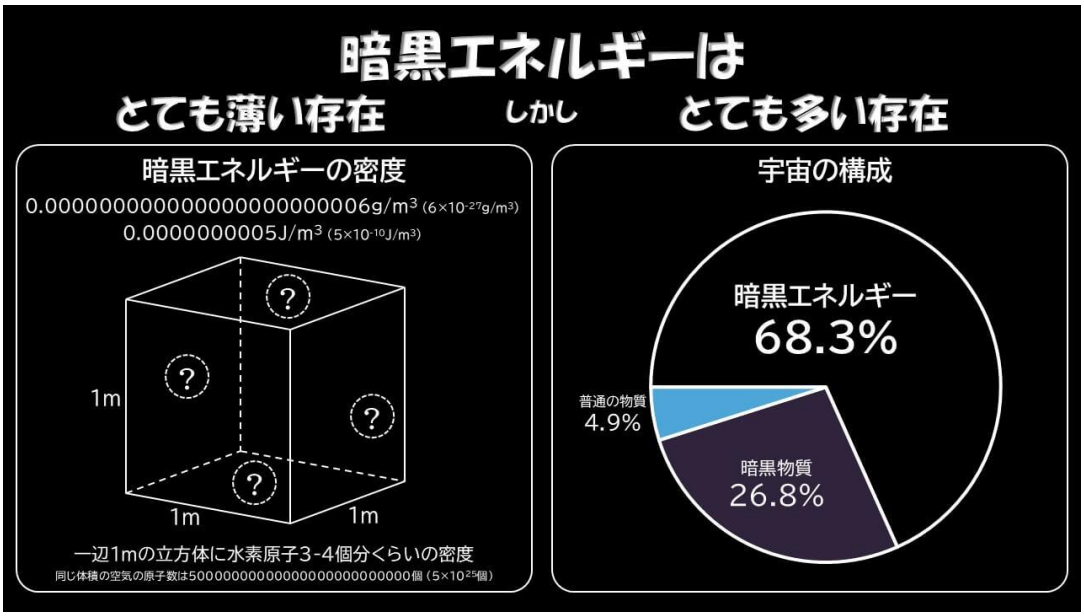
2025-07-162025-07-18　彩恵りり



私たちの宇宙は現在膨張しており、膨張速度も速くなっていると考えられています。宇宙の膨張を加速させている原動力の正体や性質はほとんどわかっていませんが、これを「暗黒エネルギー（ダークエネルギー）」と呼んでいます。暗黒エネルギーが発見されたのは 1998 年ですが、それから 30 年ほど経った現在、暗黒エネルギーのよく知られた性質に疑問符が付き始めています。そこでこの記事では、暗黒エネルギーの概要と最新の研究成果について解説していきます。

**暗黒エネルギーの奇妙な性質**

暗黒エネルギーという名前には、何か SF やオカルト的背景のありそうなスゴい意味がありそうに思えますが、実際には「正体不明」という意味の「暗黒（ダーク）」であり、この名前自体に特別な意味はありません。しかし、その性質は相当奇妙であることが分かっており、正体もまた相当奇妙なことが予測されている点で、スゴそうなモノというイメージは部分的に当たっているかもしれません。



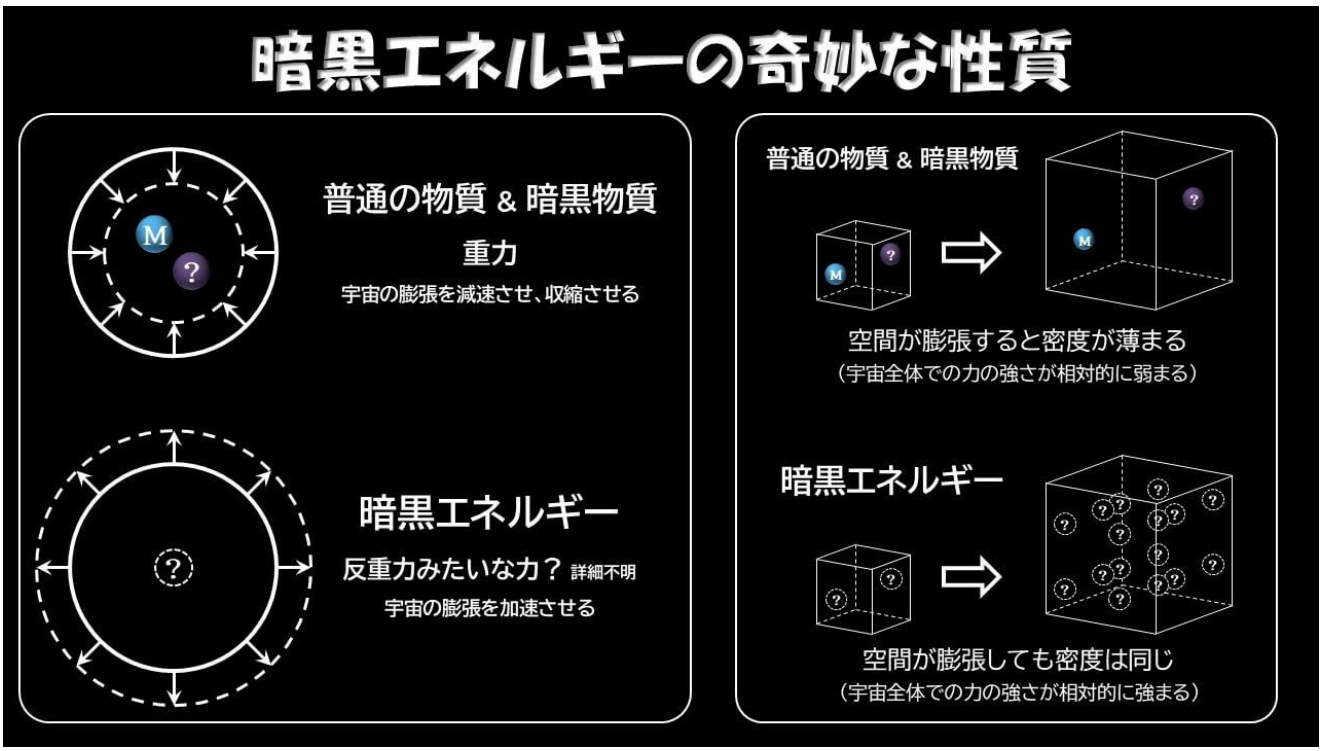

【▲ 図 1: 暗黒エネルギーの密度は、一辺 1m の立方体に水素原子 3〜4 個程度しかないほどの低密度です。しかし、暗黒エネルギーは宇宙の約 7 割を占めるほど膨大です。（Credit: 彩恵りり / クリックで拡大）】

暗黒エネルギーについて唯一はっきりと分かっているのは、宇宙空間における濃度が相当薄いということだけです。一辺 1m の立方体に含まれる暗黒エネルギーは 0.000000000000000000000006g（6×10^-27g）、または 0.0000000005J（5×10^-10J）であり、これは水素原子 3〜4 個分にしかなりません（※1）。同じ体積中に、空気には 500000000000000000000000 個（5×10^25 個）もの原子が含まれていることと比較すれば、とてつもなく希薄なことが分かるかと思います。しかし、暗黒エネルギーは宇宙のあらゆる場所に広がっていることから、現在の宇宙の 68.3%は暗黒エネルギーでできていると考えられています。

※1…有名な式「E=mc^2」があるように、質量とエネルギーは等価であるため、暗黒“エネルギー”を質量で表すこともできます。

宇宙には暗黒エネルギーの他に、水素やヘリウムのような普通の物質と、重力でのみその存在を知ることがで

きる「暗黒物質（ダークマター）」があります。これらはどちらも重力を持ち、宇宙の膨張を引き留める働きをします。しかし、薄いながらも大量にある暗黒エネルギーは、どうやら「宇宙の膨張を手助けする力」として働いているようです。まるで“反重力”であるかのように見えますが、実際にはさらに奇妙な性質を持っているため、単純に反重力と呼ぶのも語弊があります。

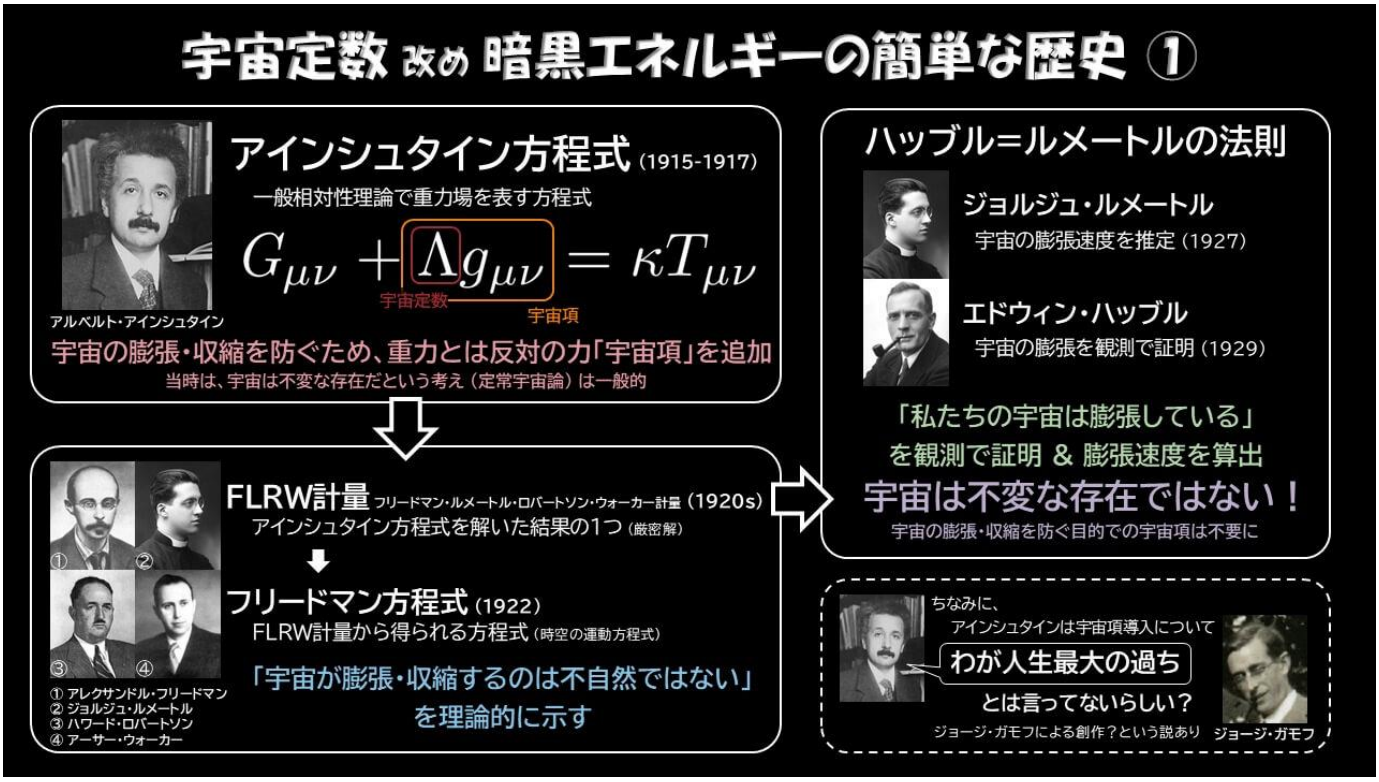



【▲ 図 2: 普通の物質と異なり、暗黒エネルギーは宇宙の膨張を加速させます。また、暗黒エネルギーは空間が膨張しても密度が一緒であるという性質もあります。（Credit: 彩恵りり / クリックで拡大）】

その奇妙な性質とは、「宇宙が膨張しても暗黒エネルギーの力は弱くならないらしい」という点です。これは後述する通り理論的な背景がありますが、直感的には受け入れがたい性質でしょう。普通の力……例えば重力は、宇宙の膨張で空間体積が増えると、力の源である物質（普通の物質と暗黒物質）の濃度が薄まるため、同じ空間体積あたりの力の強さは弱くなっていきます。一方で暗黒エネルギーは、どういうわけか同じ空間体積あたりの力の強さは変わらないらしいことが、理論的に推定されています。宇宙の膨張は空間体積を増やすため、宇宙全体での暗黒エネルギーの力が強くなることと同じ意味となります。実際、宇宙の膨張速度を観察してみると、生まれてからしばらくは膨張速度が減速しているようです。減速が止まって加速に転じるのは、今から約 40 億年前（宇宙誕生から約 98 億年前）からだったようです。これは、宇宙の膨張に伴って暗黒エネルギーの力が増したとする考えと一致します。このような奇妙な性質から、暗黒エネルギーの力は、重力や電磁気力のような普通の力と見なすことはできないかもしれません。この記事で暗黒エネルギーを“反重力”と二重引用符付きで書いているのは、本当の意味で重力と反対の力であるかどうかが分からないためです。いずれにしても、暗黒エネルギーの量は膨大であり、しかも宇宙が膨張するにつれてどんどん増え続けることになります。この考えに従えば、宇宙は永遠に膨張し、決して潰れることがないことになります。

**軽く振り返り: 暗黒エネルギーの理論史**

ところで、明らかに直感に反するにも関わらず、暗黒エネルギーは宇宙が膨張しても薄まることがないのでしょうか？この考えの背景には、暗黒エネルギーが理論的に提唱されるようになった研究の歴史があります。

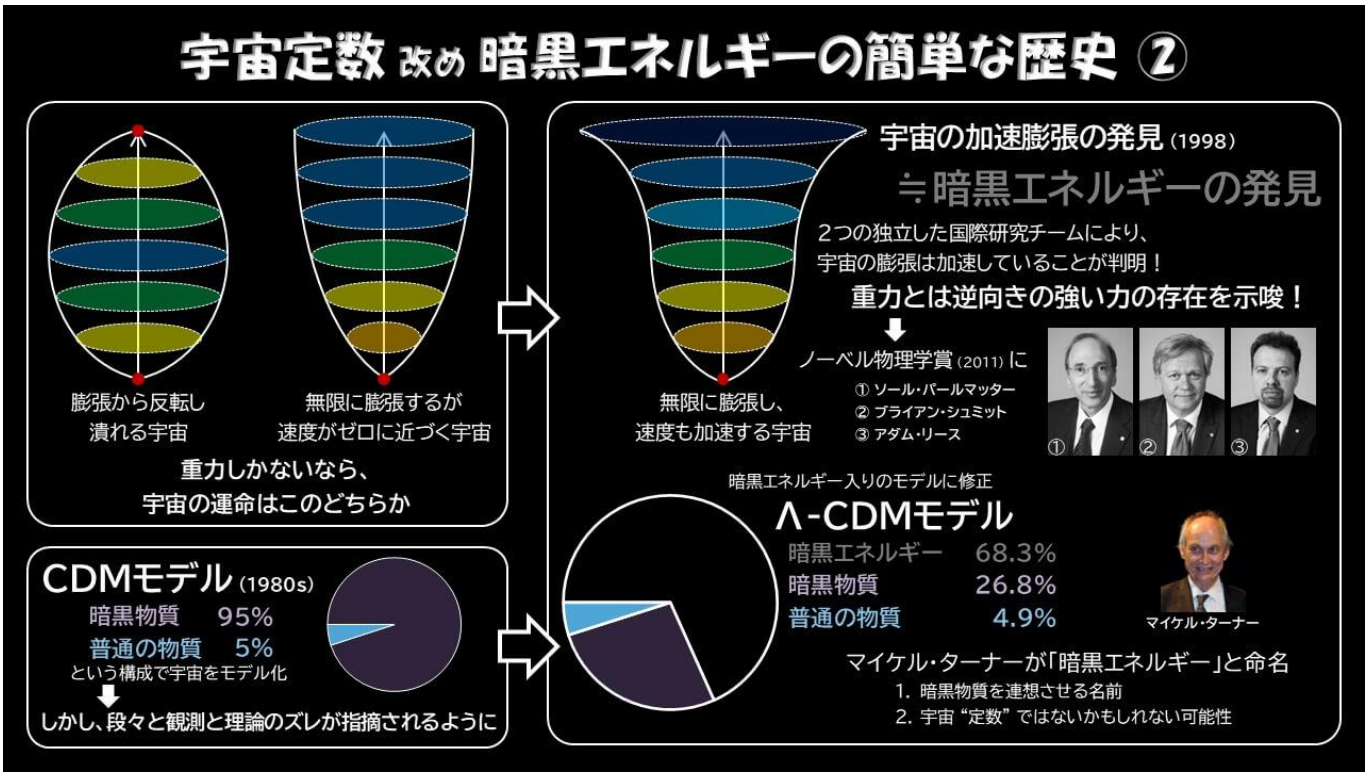



【▲ 図 3: 宇宙を膨張させる力として提唱された宇宙定数ですが、その導入経緯は「宇宙は変化しない」という当時の考えを満たすためのものでした。（Credit: 彩恵りり / クリックで拡大 / 各画像の出典は記事末尾に）】

およそ 100 年前まで、多くの人々は、宇宙は決して膨張も収縮もしない不変な存在であると考えていました。アルベルト・アインシュタインは、宇宙が不変であると考えた科学者の 1 人でした。しかし、アインシュタイン自身が 1915 年から 1916 年にかけて発表した「一般相対性理論」は、宇宙は変化する存在であることが理論的に示されるという、自らの考えに反する宇宙を予言していました。

宇宙が変化する可能性は、一般相対性理論で重力を表す「アインシュタイン方程式」という式を解くことで示すことができます。しかし宇宙が変化することに否定的だったアインシュタインは、1917 年に「宇宙項」と呼ばれる、重力とは反対向きの力を表す項を方程式に加えることで、宇宙の変化を防ぐことを試みました。この力の強さは一定の値（定数）を取るため、宇宙項に加えられる数は「宇宙定数」とも呼ばれます。

しかし、アレクサンドル・フリードマン、ジョルジュ・ルメートル、エドウィン・ハッブルなど、数多くの科学者が理論と観測の両面で検証を行ったところ、宇宙が変化することは理論的には不自然ではないこと、そして実際に私たちの宇宙が膨張していることが 1929 年までに証明されました。実際の宇宙が変化している以上、宇宙の変化を防ぐという理由で宇宙項を加える必要はなくなりました。この発見は、私たちの長年の宇宙観を変える大きな出来事となりました。なお、アインシュタインは宇宙項の導入について「わが人生最大の過ち」と話した、という逸話があったことが知られています。しかし、この発言を聞いたとするジョージ・ガモフの記述以外に発言の証拠がないため、実際にはこの発言はガモフの創作であると言う説があります。今のところ、本当にアインシュタインがこの発言をしたのかははっきりしていません。




【▲ 図 4: 宇宙の加速膨張の発見という形で、宇宙定数は思わぬ復活を遂げ、暗黒エネルギーと命名されました。（Credit: 彩恵りり / クリックで拡大 / 各画像の出典は記事末尾に）】

もしも宇宙定数のように、重力に逆らう力がない場合、宇宙の膨張は段々と減速します。最終的に膨張速度がゼロに近づくか、収縮へと反転するでしょう（※2）。しかし 1980 年代後半には、当時使われていた宇宙を表す理論モデルである「CDM モデル」について、実際の観測結果と合わない問題が指摘されていました。これは、CDM モデルには存在しない、何か別のものが必要なことを示唆しています。※2…実際には、宇宙の曲率（宇宙の“形”）によっては、重力に逆らって膨張し続ける宇宙を考えることもできます。しかし、当時から現在に至るまで宇宙の曲率は計測不能なほど小さいため、今のところ、宇宙の曲率は膨張速度に関わっていないことが予測されています。そして 1998 年になると、2 つの独立した国際研究チームによって、宇宙の膨張は減速するどころか途中から加速していることが示されました。つまり宇宙には、重力に逆らう上に、重力よりもずっと強い力があることが示されたのです。この発見は、2011 年に代表者 3 名の研究者に与えられたノーベル物理学賞の授与の理由にもなりました。宇宙定数は、宇宙を変化させないためのの力から、宇宙を変化させる力として思わぬ復活を遂げたわけですが、現在では“宇宙定数”という名前はあまり使われていません。現在よく使われる暗黒エネルギーという名前は、1998 年にマイケル・S・ターナーによって名付けられました。これは、暗黒物質を連想させる名前として名付けられたこともありますが、同時に暗黒エネルギーの力が一定ではない、つまり宇宙“定数”ではない可能性もありうることからの命名でもあります。

**暗黒エネルギーは少しずつ弱くなっているかも？**

【▲ 図 5: 長年、暗黒エネルギーは一定の値を持つと考えられてきました。しかし近年、暗黒エネルギーが少しずつ弱くなっている可能性が示されています。（Credit: 彩恵りり / クリックで拡大 / 各画像の出典は記事末尾に）】

現在、宇宙全体を記述する理論モデルは「Λ-CDM（ラムダ-CDM）モデル」と呼ばれています。Λ が宇宙項=暗黒エネルギーを表すため、簡単に言えば暗黒エネルギー入りの宇宙モデルと言うことになります。そして、Λ-CDM モデルは元を辿れば一般相対性理論に行きつくため、一般相対性理論の堅牢さと Λ-CDM モデルの正しさは密接に関連しています。しかし、発見からもうすぐ 30 年になる近年では、暗黒エネルギーの認識は変わりつつあります。30 年前の暗黒エネルギーが発見される前後では、暗黒エネルギーによる力の強さが一定であると仮定しても、理論モデルと観測結果に矛盾がないため、大きな問題とはなっていませんでした。

ところが、それから 30 年ほど経って宇宙を詳細に観測できるようになると、理論モデルと観測結果にズレが生じるようになってきました。暗黒エネルギーによる力の強さは、無数の銀河が作り出す宇宙の大規模構造を見ることで推定できます。しかし、暗黒エネルギーを組み込んだ宇宙モデルで描かれる宇宙の構造と、実際の宇宙の構造を比較してみると、古い時代になればなるほどズレが大きくなることが分かってきました。つまり、暗黒エネルギーは時間と共に変化する可能性がある、ということが予測されるようになったのです。

この謎に関する最新の研究成果は、「暗黒エネルギー分光装置（DESI; Dark Energy Spectroscopic Instrument）」を用いた国際研究チームによって、2025 年 3 月 19 日に発表されています。DESI は、アメリカ・アリゾナ州のキットピーク国立天文台にある口径 4m の「ニコラス・U・メイヨール望遠鏡」に付けられた装置であり、名前の通り暗黒エネルギーの性質を探ることを目的としています。

DESI による 2025 年 3 月の発表では、今から約 45 億年前（宇宙誕生から約 93 億年後）の宇宙と比較すると、現在の暗黒エネルギーの量は約 10%も減少しているらしいことが示されました。この結果は、暗黒エネルギーは決して不変な存在ではないこと、宇宙を膨張させる力が少しずつ弱くなっていることを示唆しています。また、直近では 2025 年 6 月 25 日に「南極点望遠鏡」の観測結果が DESI の観測結果と比較され、やはり暗黒エネルギーが変化している可能性が示されています。もしも暗黒エネルギーの強さが変化するならば、それは基盤となる一般相対性理論に修正が必要になることを示しています。これは 100 年以上検証に耐えてきた一般相対性理論で見つかった、初めてのほころびとなるかもしれません。ただし、暗黒エネルギーが弱くなっているかどうかは、現時点ではまだ確定的に言えないことには注意が必要です。DESI による観測は 2021 年 5 月に始まったばかりであり、まだ少ないデータで主張を行っているからです。簡単に言えば、データが不足しているため、今はまだ確定的に “暗黒エネルギーが弱くなっている証拠を発見” とは言えない段階にあると言えます（※3）。※3…標準偏差で言えば、今回の研究のように大量のデータを処理する分野では、少なくとも 5σ を満たす必要がありますが、2025 年 3 月の DESI による結果は 2.8〜4.2σ に留まります。

この結果がどうなるかは、今後の DESI による観測結果次第です。観測データが蓄積されれば、結果はより確定的になるでしょう。そして今のところは「暗黒エネルギーは徐々に変化する」という結果と、「暗黒エネルギーは決して変化しない」という結果のどちらにも転ぶ可能性があります。暗黒エネルギーの性質を書き換えるべきかどうかの判断は、まだもう少し時間がかかりそうです。

**ひとことコメント**　提唱から 100 年以上、発見から 30 年ほど。今は暗黒エネルギーの常識が覆される転換期かもしれないよ（筆者）

画像の出典

図 3: Paul Ehrenfest（アルベルト・アインシュタイン） / 撮影者不明（アレクサンドル・フリードマン） / 撮影者不明（ジョルジュ・ルメートル） / 撮影者不明（ハワード・ロバートソン） / 撮影者不明（アーサー・ウォーカー） / Johan Hagemeyer（エドウィン・ハッブル） / 撮影者不明（ジョージ・ガモフ）

図 4: The Nobel Foundation（Photo: U. Montan）（ソール・パールマッター、ブライアン・シュミット、アダム・リース） / Philipp Weigell（マイケル・ターナー）

図 5: Lawrence Berkeley National Lab, KPNO, NOIRLab, NSF & AURA（ニコラス・U・メイヨール望遠鏡） / Claire Lamman & DESI collaboration（DESI による宇宙の地図） / Nicholas Huang（南極点望遠鏡）

【更新：2025 年 7 月 18 日 13 時 01 分】本文を一部修正しました。（編集部）

文／彩恵りり　編集／sorae 編集部

関連記事

入れ子グラバスター「ネスター」を理論的に発見　重力理論の“マトリョーシカ人形”（2024 年 10 月 13 日）

「反物質」に働く重力は「反重力」ではないと確認　直接測定の実験は世界初（2023 年 10 月 4 日）

暗黒エネルギーの源はブラックホール？　初の観測的証拠を示した研究成果（2023 年 3 月 2 日）

宇宙の膨張率「ハッブル定数」は時代と共に変化？物理法則の見直しが迫られる可能性も（2021 年 5 月 19 日）

宇宙の膨張速度は時代だけでなく方向によっても異なる可能性（2020 年 4 月 10 日）

参考文献・出典

Chelsea Gohd. “Dark Energy”.（NASA）

Louise Lerner. “Dark energy, explained”.（The University of Chicago）

“ダークエネルギー”.（国立天文台）

“ダークエネルギー”.（日本天文学会）

Lauren Biron. “First Results from DESI Make the Most Precise Measurement of Our Expanding Universe”.（Lawrence Berkeley National Laboratory）

Lauren Biron. “New DESI Results Strengthen Hints That Dark Energy May Evolve”.（Lawrence Berkeley National Laboratory）

Christian Reichardt. “Growing evidence for evolving dark energy could inspire a new model of the Universe”.（University of Melbourne）

https://www.cnn.co.jp/fringe/35235637.html

## 世界最大の火星の隕石、７．９億円で落札　重さ２４．５キロ

2025.07.17 Thu posted at 17:00 JST

５３０万ドル（約７億９０００万円）で落札された「ＮＷＡ　１６７８８」/Sotheby's

クローズアップした隕石の表面/Sotheby's

（ＣＮＮ） 地球上で最大とされる火星の隕石（いんせき）が１６日、米ニューヨークで開催された競売会社サザビーズのオークションで、税・手数料込み５３０万ドル（約７億９０００万円）で落札された。落札した人の身元は公表されていない。サザビーズは今月８日の声明で、「ＮＷＡ　１６７８８」と呼ばれるこの隕石の重さは２４．５キロで、他の火星の隕石と比べ巨大だと述べた。火星の隕石は小さな破片であることが多い。
隕石とは、彗星（すいせい）、小惑星、あるいは流星体が地球の大気圏を通過した後に残されたものを指す。
サザビーズによると、２０２３年１１月に西アフリカ・ニジェールのアガデス州で発見されたＮＷＡ　１６７８８は、「記念碑的な標本」で、地球上でこれまでに発見された火星の破片の中で２番目に大きいものより約７０％も大きいという。また、この隕石は極めて希少なものでもある。地球上で発見された火星隕石はわずか４００個程度にとどまる。
サザビーズの科学・自然史担当副会長、カサンドラ・ハットン氏は声明で「時空を旅したことでの変化、巨大さと紛れもない赤色が、この隕石を一世代に一度の発見と言わしめる。この驚くべき隕石は、長きにわたり人類の想像力をかき立ててきた、私たちの天の隣人である赤い惑星との確かなつながりを示している」と述べた。
隕石の内部組成を分析した結果、この隕石は火星の地表から宇宙空間へと吹き飛ばされた可能性が高いことが明らかになった。その衝撃は非常に強力で、隕石の一部はガラス状になったという。
隕石の表面には、地球の大気圏を猛スピードで通過する際に形成されたガラス質の地殻も見られる。一方で、この隕石が科学界に寄贈されるのではなくオークションに出品されたという事実に懸念を示す人もいる。
英スコットランドのエディンバラ大学で古生物学および進化学を教えるスティーブ・ブルサット教授は、オークションに先立ち、ＣＮＮの取材にこたえ、「もしこれがオリガルヒ（新興財閥）の金庫に消えてしまうとしたら残念だ。これは博物館で収蔵・研究され、子どもや家族、そして一般の人々に広く楽しまれるべきものだ」と語った。しかし、英レスター大学宇宙研究所／物理天文学部の惑星科学者で独立研究員のジュリア・カートライト氏は、このバランスを取る必要があると考えている。カートライト氏は今月９日、ＣＮＮに「究極的には、隕石の探索・収集・販売の市場がなければ、私たちのコレクションがこれほど多くなることはなかっただろう。つまり、これが科学を推進する」と語り、研究者と収集家との「共生関係」を説明した。
「標本が発見されなければ、研究対象はこれほど多くなかっただろうし、今ほど多くの知識を得ることもできなかっただろう」（カートライト氏）

https://www.cnn.co.jp/fringe/35235524.html

## サハラ砂漠で見つかった二つの隕石、水星から飛来か

2025.07.15 Tue posted at 19:12 JST

２０２３年にサハラ砂漠で発見された隕石「クサール・ギラーヌ０２２」/Jared Collins
（ＣＮＮ） 研究者らは、２０２３年にサハラ砂漠で発見された二つの隕石（いんせき）が、水星由来のものではないかと推測している。もしそうであれば、これらの隕石は初めて確認される水星の破片ということになる。
太陽系の岩石惑星の中で最も研究が進んでおらず、謎に包まれている水星は太陽に非常に近いため、探査機でさえ調査は難しい。これまでに水星を訪れた無人探査機は、１９７３年に打ち上げられたマリナー１０号と、２００４年に打ち上げられたメッセンジャーの２機のみ。３機目のベピコロンボは現在航行中で、２６年後半には水星の周回軌道に乗る見通しだ。水星の地質や組成についてはほとんど何も分かっておらず、隕石として地球に落下した水星の破片を研究できたことはこれまで一度もない。
「月と火星の隕石の量に基づくと、力学モデルによれば、水星隕石は１０個程度あるはずだ」と、ベン・ライダーストークス氏は指摘する。同氏は英オープン大学のエイコンドライト隕石の研究者で、６月に科学誌イカロスに掲載されたサハラ砂漠の隕石に関する研究の筆頭著者を務める。一方で、ライダーストークス氏は「水星は太陽に非常に近いため、水星から放出されたものは太陽の重力を逃れて地球に到達する必要がある。力学

的には可能だが、はるかに困難だ。今のところ、水星からの隕石を確実に特定した人はいない」と話す。これまで水星から物理的な試料を持ち帰ることのできたミッションは存在しないという。
２３年に発見された二つの隕石（北西アフリカ１５９１５とクサール・ギラーヌ０２２と命名されている）について水星起源であることが確認されれば、水星への理解は大きく深まる。しかし、ライダーストークス氏らは、これらの隕石と、水星について知られていることにはいくつかの矛盾があると強調している。
最大の問題は、これらの破片が水星の表面よりも５億年ほど前に形成されたように見えることだ。ただし、ライダーストークス氏によると、この発見は不正確な推定に基づいている可能性があり、明確な評価は難しい。一方で、これらの隕石の組成には、水星との関連を示唆する手がかりも複数ある。

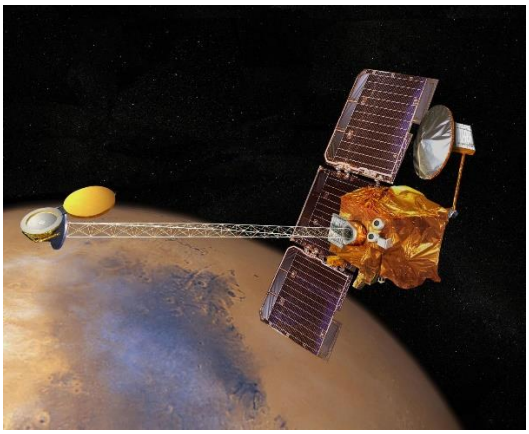
**水星起源の兆候**

既知の隕石が水星と関連付けられるのは今回が初めてではない。これまで最も有力視されていたのは、１２年初頭にモロッコ南部で発見されたとされる「北西アフリカ７３２５」と呼ばれる破片だった。しかし、のちの分析で、この隕石はクロムの含有量が多く、予測される水星の表面組成とは矛盾することが明らかになった。
最近では、１８３６年にフランス・オーブルに落下した小さな隕石に由来する「オーブライト」と呼ばれる分類の隕石が水星のマントルから飛来した可能性を示唆している。しかし、これらの隕石は、水星の表面について知られている化学的性質と適合性がない。ライダーストークス氏はそう指摘する。「私たちが研究した試料の非常に興味深い点はまさに、水星の見本と言えるほど完璧な化学的性質を持っているところだ」
今回の研究でライダーストークス氏が電子顕微鏡を含む複数の機器を用いて分析した二つの隕石には２種類の鉱物、カンラン石と輝石が含まれている。これらの鉱物は米航空宇宙局（ＮＡＳＡ）のメッセンジャー探査機によって水星に存在することが確認されている。しかし最大の不確実性は、依然として隕石の年代だ。隕石は約４５億年前のものである一方、水星の表面の大部分は約４０億年前のものだ。つまり５億年の差がある。
ライダーストークス氏は、この食い違いについて、隕石が水星起源であることを否定する十分な根拠にはならないと考えている。水星表層の年代推定にも利用されているメッセンジャーのデータの信頼性が限定的であるためだ。欧州宇宙機関（ＥＳＡ）の探査機ベピコロンボは、２０２７年初頭に水星の探査を開始する見通し。より近代的な機器が利用できるようになったことで、水星の形成場所や水の有無など、長年の疑問が解明されるかもしれない。ライダーストークス氏は、物質が他の惑星由来であることが確認されることは、初期太陽系の構成要素の性質を理解するのに役立つと語る。水星から試料を採取して持ち帰るミッションは非常に困難で費用もかかるため、水星の破片を特定することは特に重要だと指摘した。

https://wired.jp/article/nasa-mars-odyssey-spectacular-views/ 2025.07.15

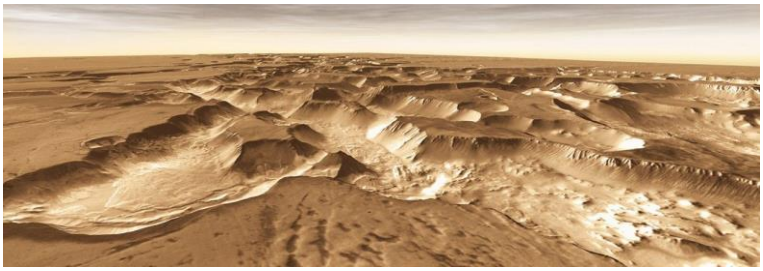
## 巨大な火山から峡谷まで。NASA の探査機が見た火星の絶景の数々

米航空宇宙局（NASA）の火星探査機「2001 マーズ・オデッセイ」が撮影した最新の画像が公開された。この画像を交えながら、探査機が撮影してきた火星の巨大な火山や峡谷などの絶景の数々を紹介していこう。



火星全体の様子。中央に走っている巨大な亀裂がマリネリス峡谷で、左上の端にはタルシス三山が見えている。この画像は 1970 年代にバイキング宇宙船が撮影した 100 枚以上の画像を合成したもの。PHOTOGRAPH: NASA
米航空宇宙局（NASA）が運用する火星探査機「2001 マーズ・オデッセイ」は 2001 年 4 月に打ち上げられ、

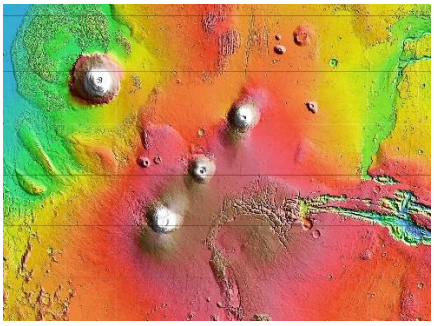
いまも火星の軌道を周回しながら探査を続けている。さまざまな惑星探査機のなかでも、最も長命なもののひとつだ。
火星を探査する「2001 マーズ・オデッセイ」の想像図。2001 年 4 月に NASA によって打ち上げられ、01 年 10 月に火星に到達した。いまも火星を周回しながら探査を続けている。ミッションは火星の地表を構成する化学的な成分と鉱物をマッピングすることで、熱放射撮像カメラ（THEMIS）やガンマ線分光計（GRS）など 3 つの観測装置を搭載している。 ILLUSTRATION: NASA
このほど 2001 マーズ・オデッセイの運用チームが、この探査機が熱放射撮像カメラ（THEMIS）を使って撮影した最新の画像を公開した。この最新の画像を交えながら、これまで 2001 マーズ・オデッセイが撮影してきた火星の絶景の数々を紹介していこう。



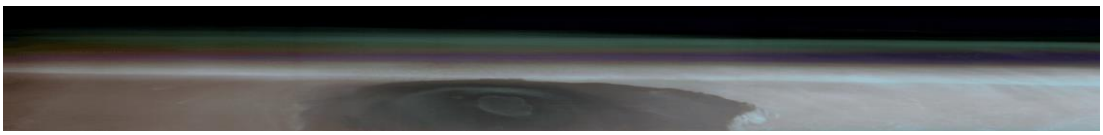
「ノクティス迷路」の画像。タルシス地域とマリネリス峡谷の間に位置する迷路状の地形で、火星の地殻が伸びたことでひび割れて形成されたと考えられている。この画像は 2003 年 4 月から 05 年 9 月にかけて 2001 マーズ・オデッセイが THEMIS を使って撮影した画像を組み合わせたもの。
PHOTOGRAPH: NASA/JPL-CALTECH/ASU

**太陽系で屈指の火山と最大規模の峡谷**

火星の赤道に位置する広大な高地が、タルシス地域だ。ここにはオリンポス山やタルシス三山など、太陽系屈指の火山が集中している。

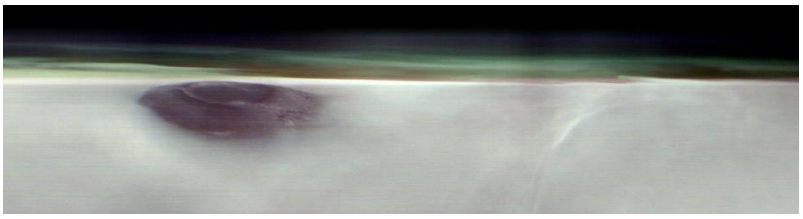


タルシス地域の画像。左上に見えている楯状の火山は、太陽系最大の火山であるオリンポス山だ。中央に 3 つ並んで見えている楯状の火山群はタルシス三山である。右下のほうには、太陽系最大規模の峡谷であるマリネリス峡谷が見えている。 PHOTOGRAPH: NASA/JPL-CALTECH
まず、2001 マーズ・オデッセイが撮影したオリンポス山から見ていこう。オリンポス山は太陽系最大の火山で、その高さは 27km（27,000m）ほど。エベレストのおよそ 3 倍の高さを誇る。



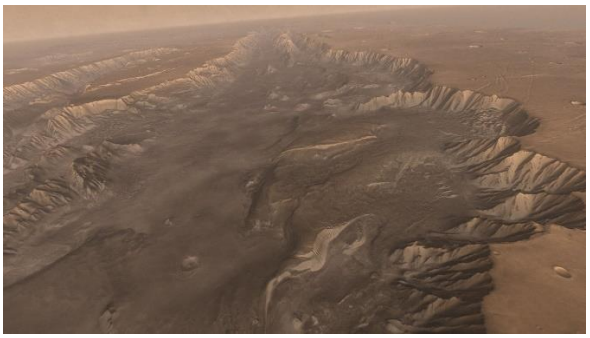
太陽系最大の火山であるオリンポス山。2024 年 3 月に 2001 マーズ・オデッセイが THEMIS を使って撮影した。撮影した高度は国際宇宙ステーション（ISS）が周回している高度とほぼ同じだという。
PHOTOGRAPH: NASA/JPL-CALTECH/ASU
ところで、この画像はおもしろいアングルで撮影されていることにお気づきだろうか。2001 マーズ・オデッセイのミッションは、火星の地表を探査することだ。このため THEMIS は通常は地表面を向いている。そこで、NASA は 2001 マーズ・オデッセイを 90°回転させ、THEMIS を地平線に向けることで、このアングルの画像を撮影したという。このようなアングルの画像を撮影することで研究者たちは、水の氷の雲の層やちりの層など、火星の大気におけるさまざまな層を研究できるようになるという。また、このような画像を時期を変えて撮影することで、火星の大気の季節的な変化も研究できる。

続いては、タルシス三山のひとつであるアルシア山だ。3 つ並んだタルシス三山のうち、いちばん南に位置する。その高さは 20km（20,000m）ほどにもなるという。なお、タルシス三山は写真の上からアスクレウス山、パヴォニス山、アルシア山の 3 つの火山で構成されている。



タルシス三山のひとつであるアルシア山。米航空宇宙局（NASA）の火星探査機「2001 マーズ・オデッセイ」の運用チームが公開した最新の画像で、2025 年 5 月に THEMIS を用いて撮影した。夜明け直前に雲から山頂をのぞかせた様子だが、タルシス三山は特に早朝にこのように水の氷の雲に覆われることが多いという。撮影した高度は ISS が周回している高度とほぼ同じだ。 PHOTOGRAPH: NASA/JPL-CALTECH/ASU

アルシア山は、タルシス三山のなかでも最も雲が多い山だ。特に火星が太陽から最も遠く離れた位置にある遠日点で多くなる。ただ、この時期に赤道地域で雲が多いのはアルシア山だけではない。この時期の赤道付近はベルト状に雲で覆われており、これは遠日点雲帯と呼ばれる。これらの写真のように、2001 マーズ・オデッセイを 90°回転させて THEMIS を地平線に向けて撮影したものは、本来は火星の上層大気を研究するためのものだ。しかし、2001 マーズ・オデッセイの運用チームは遊び心も忘れていない。興味をかき立てるような地形が同時に写り込むように努めているのだ。「今回、わたしたちは早朝の雲から山頂がのぞいている姿を撮れるのではないかと期待しながら、アリシア山を選びました。そして、期待通りのシーンを撮れたのです」と、アリゾナ州立大学の研究者で THEMIS の運用責任者であるジョナソン・ヒルは興奮を隠さない。最後はマリネリス峡谷をご覧いただこう。マリネリス峡谷は火星の赤道にある太陽系最大規模の峡谷で、長さ 4,000km ほど、深さ 7km ほど幅は最大 200km ほどにもなる。その規模は米国のグランドキャニオンの 10 倍ほどにもなるという。



2001 マーズ・オデッセイが撮影したマリネリス峡谷。 PHOTOGRAPH: NASA/JPL-CALTECH

古代の火星には大量の液体の水が存在したと考えられているが、マリネリス峡谷はこのような液体の水によって火星の大地に刻み込まれた可能性が指摘されている。

**火星の衛星「フォボス」**

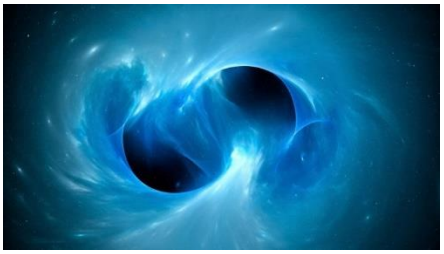
これまで 2001 マーズ・オデッセイが撮影してきたのは、火星自体の絶景だけではない。その衛星も撮影してきた。例えばフォボスだ。火星の衛星「フォボス」。火星には、フォボスと「ダイモス」という 2 つの衛星がある。フォボスの直径は 22km ほど、ダイモスの直径は 12km ほどで、フォボスのほうがダイモスよりもやや大きい。これらの衛星の起源については、火星の引力によって捕獲された小惑星なのか、それとも巨大な天体の衝突によって飛び散った火星の破片から形成されたものなのか、決着がついていない。この画像は 2017 年 9 月に 2001 マーズ・オデッセイが THEMIS を使って撮影した。PHOTOGRAPH: NASA/JPL-CALTECH/ASU/SSI

2001 マーズ・オデッセイが撮影したこのフォボスの画像は、これまでにないアングルと照明条件によるユニークなものだ。このため、フォボスの化学的な組成と物理的な特性について、新たな洞察を与えるものとされている。 （Edited by Daisuke Takimoto)

https://www.cnn.co.jp/fringe/35235705.html

## 観測史上最大のブラックホール同士が衝突、国際チームが重力波を観測

2025.07.19 Sat posted at 05:00 JST



ブラックホールが合体するイメージ図/Sakkmesterke/Science Photo Library RF/Getty Images
（ＣＮＮ） 太陽百個分以上の質量を持つブラックホール同士の衝突と合体が観測されたとの研究結果を、国際研究チームが発表した。観測史上最大規模の合体とされる。
今回の観測に用いられたＬＩＧＯの二つの観測装置のひとつ。ルイジアナ州リビングストンにある/Xinhua/Shutterstock
米国のレーザー干渉計重力波天文台（ＬＩＧＯ）がルイジアナ州リビングストンとワシントン州ハンフォードで運用する一対の観測装置が、二つのブラックホールの衝突で生じた重力波を検出した。この現象は「ＧＷ２３１１２３」と名付けられた。アインシュタインは１９１５年に相対性理論の中で重力波の存在を予測したが、重力波は極めて微弱なため人間の技術では直接観測できないと考えていた。だが２０１６年にＬＩＧＯが初めてブラックホールの衝突による重力波を観測。貢献した科学者３人は翌年、ノーベル物理学賞を受賞した。
それ以来、ＬＩＧＯとイタリアの重力波観測装置Ｖｉｒｇｏ、日本の同ＫＡＧＲＡが、計約３００件に上るブラックホールの合体を観測してきた。そのなかでもＧＷ２３１１２３は型破りな例だ。観測史上最大規模というだけの理由ではない。研究結果は１４日、オープンアクセス（ＯＡ）データベース「ａｒＸｉｖ（アーカイブ）」で公開された。研究に参加した国際研究グループ「ＬＩＧＯ科学コラボレーション」のメンバー、英ポーツマス大学のチャーリー・ホイ研究員によると、まずそれぞれのブラックホールは、恒星の死とともに形成されるブラックホールの質量とみられる範囲から外れている。また、どちらのブラックホールも物理学上の限界に近い猛烈な速さで回転していた。「ＧＷ２３１１２３はブラックホールの形成に関する私たちの理解に真の挑戦を突き付けている」と、ホイ氏は語る。

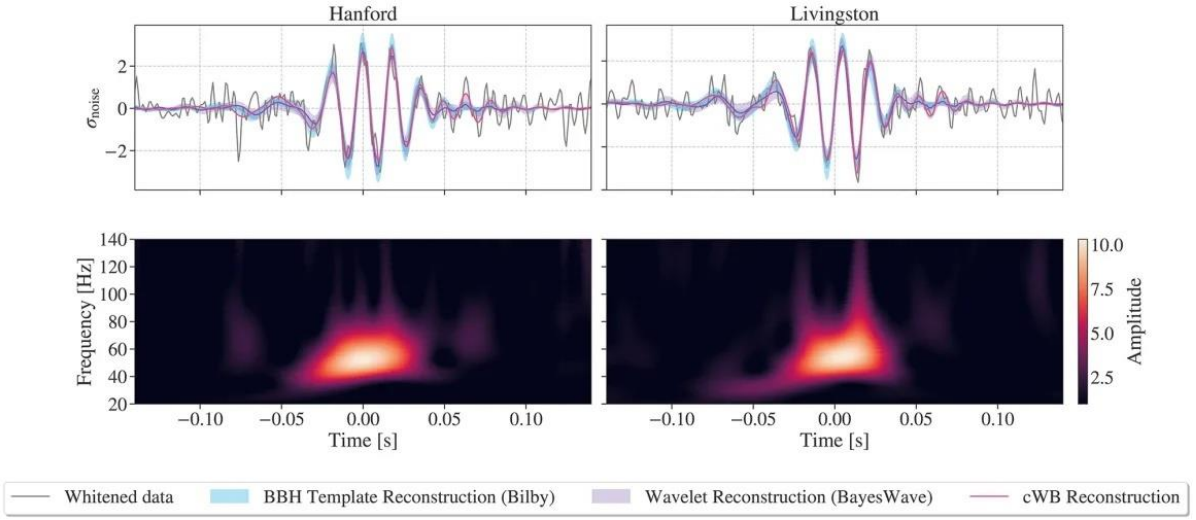
**「質量ギャップ」の領域**

重力波は、二つのブラックホールが互いの周りを公転する「ブラックホール連星」における衝突を観測できる唯一の手段だ。ＬＩＧＯ科学コラボレーションに所属する英カーディフ大学重力探査研究所（ＧＥＩ）のマーク・ハンナム氏は、「重力波による観測が始まる前はブラックホール連星の存在さえ疑問視されていた」と指摘。「ブラックホールは光などの電磁放射線を出さないため、通常の望遠鏡では観測できない」と説明する。
アインシュタインの一般相対性理論によると、重力の正体は時空のゆがみとされ、そのゆがみに沿って物体が移動する。高速回転するブラックホールのように物体が激しく運動すると、時空のゆがみは波紋のように外へ広がる。これが重力波だ。ハンナム氏によれば、重力波は「とんでもなく微弱」で、そこから得られる情報には限界がある。例えば、ＧＷ２３１１２３の地球からの距離は最大１２０億光年とされるが、正確には分からない。ただし、二つのブラックホールの質量は太陽の約１００倍と約１４０倍でほぼ間違いないと思われる。
ハンナム氏らによると、恒星の崩壊で生まれるブラックホールが太陽の約６０～１３０倍の質量を持つことは、理論上あり得ない。この空白の領域は「質量ギャップ」と呼ばれるが、直接観測された結果ではなく理論上の数値で、正確な幅は定かでないという。ただ、ＧＷ２３１１２３の各ブラックホールが実際にこの領域内に入る質量だったとすると、恒星の崩壊以外の何か別の過程で形成された可能性が高い。
ハンナム氏らは、二つのブラックホールがそれぞれ恒星の崩壊ではなく、過去の合体で生じたとすれば、質量ギャップのなぞが説明できるとの考えを示した。ブラックホール合体の連鎖が起きたというシナリオだ。
本研究には関与していない専門家、米スタンフォード大学カブリ素粒子天文物理学・宇宙論研究所（ＫＩＰＡＣ）のダン・ウィルキンス研究員は、こう語る。「重力波天文学が誕生するまでは、物質を取り込み、強い光を放ちながら成長しているブラックホールしか観測できなかった。重力波がわれわれに示しているのは、それとは別に、互いに合体することで成長するブラックホールの存在だ」

**超高速の回転**

ＧＷ２３１１２３のもう一つの特徴は、猛烈な回転速度だ。
「私たちがこれまでに重力波で観測したブラックホールのほとんどは、比較的ゆっくり回転していた」と、ホイ氏は語る。「ＧＷ２３１１２３はこれまで観測された合体とは違うメカニズムで形成された可能性がある。あ

るいは、私たちのモデルを修正する必要があるのかもしれない」

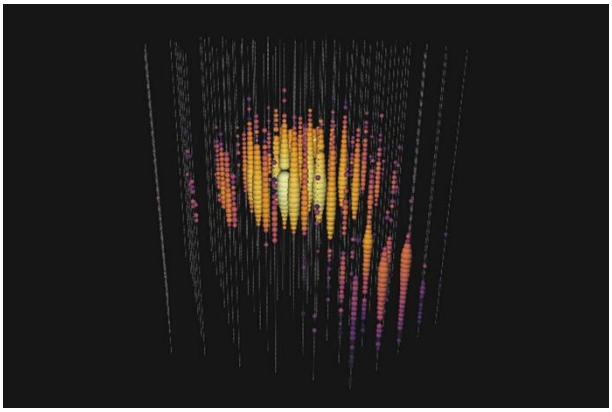



ＬＩＧＯの二つの観測装置によって捉えられた「ＧＷ２３１１２３」/LIGO-Virgo-KAGRA Collaboration
ハンナム氏によると、これほど高速の回転は、それぞれのブラックホールが過去にも合体を経験していたという説の裏付けになる。合体を経たブラックホールは、回転が速くなると考えられているからだ。
過去に記録された最大のブラックホール合体は「ＧＷ１９０５２１」だが、その規模はＧＷ２３１１２３の６０％にすぎなかった。ハンナム氏は、将来さらに大規模な合体現象が見つかるかもしれないと話す。今後２０年ほどのうちに、米国のコズミック・エクスプローラー（ＣＥ）や欧州のアインシュタイン望遠鏡（ＥＴ）など次世代の重力波観測プロジェクトにより、さらに正確な装置で衝突、合体を観測できるようになるかもしれない。今回の大規模な合体は１回限りの例外か、あるいは巨大な氷山の一角なのか。それは今後の観測で明らかになると、専門家らは期待している。

https://news.mynavi.jp/techplus/article/20250715-3380407/

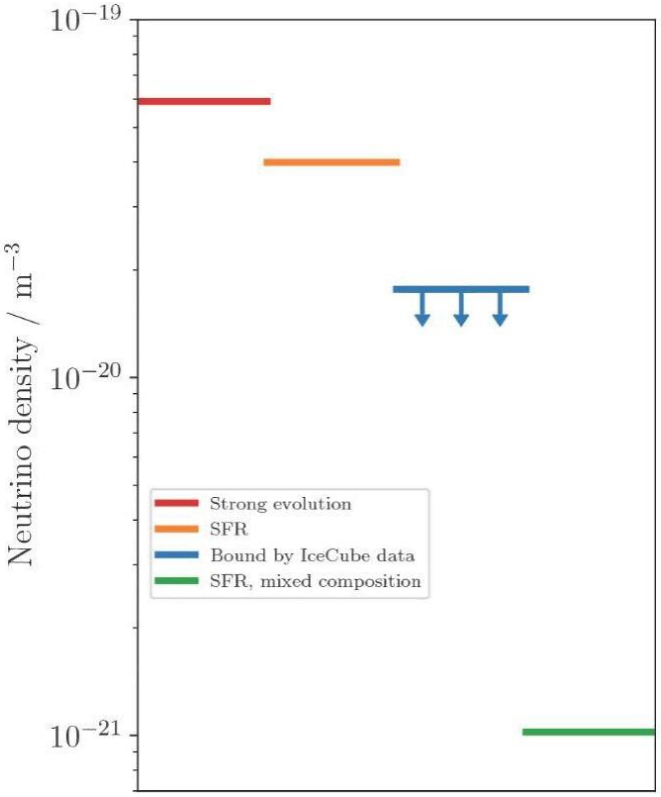
## 40 年来の論争に決着。超高エネルギー宇宙線の主成分、千葉大などが解明

掲載日 2025/07/15 19:00
千葉大学と IceCube Collaboration の両者は、世界最大のニュートリノ検出装置「IceCube」が検出した約 13 年分のデータを用いて、「超高エネルギー宇宙線」に由来するニュートリノを詳しく調査。その量が予想を大幅に下回ることが判明し、同宇宙線の主成分は陽子よりも重い原子核だと示されたことで、40 年来の議論に終止符が打たれたと 7 月 11 日に共同発表した。



南極点に建つ IceCube 観測所　(画像提供:Johannes Werthebach, IceCube/NSF)
(出所:千葉大 ICEHAP Web サイト)
2019 年 3 月に検出されたニュートリノ事象。その推定エネルギーは約 10PeV だ
(出所:千葉大 ICEHAP Web サイト)
同成果は、千葉大 ハドロン宇宙国際研究センター(ICEHAP)のマキシミリアン・マイヤー助教、米・メリーランド大学のブライアン・クラーク助教らを中心とする国際共同研究チーム IceCube Collaboration によるもの。

詳細は、米国物理学会が刊行する機関学術誌「Physical Review Letters」に掲載された。
宇宙線は、生成場所やエネルギーの規模により、太陽宇宙線、銀河宇宙線、そして超高エネルギー宇宙線の 3 種類に大別される。中でも、天の川銀河外から到来する超高エネルギー宇宙線は、数が極めて少ないものの、10^20(1 垓)eV 超という莫大なエネルギーを秘めており、その生成メカニズムは未解明のままだ。
起源候補としては、超大質量ブラックホールの重力エネルギーを運動エネルギーに変換しているとされる活動銀河核や、大質量星の超新星爆発で生じるガンマ線バーストなどが挙げられている。しかし、他の実験でも観測が進められてきたが、その主成分については結論が出ていなかった。仮に超高エネルギー宇宙線の主成分が陽子だとすると、天の川銀河に飛来する途中で、ビッグバンの名残である「宇宙マイクロ波背景放射」(CMB)と衝突し、極めて高エネルギーの「宇宙生成ニュートリノ」を生成する。もし起源天体の大多数が遠方宇宙に存在するのなら、このニュートリノの生成量は増加するはずだ。IceCube 実験でこのニュートリノを観測し、超高エネルギーニュートリノ存在量の上限値を求めた結果、起源天体は比較的近傍、つまりビッグバン後 100 億年以上が経過した現在の宇宙に多く存在する可能性が示された。超高エネルギー宇宙線は、その莫大なエネルギー故、宇宙空間を長距離伝搬できない。つまり、地球に届く宇宙線は、比較的、天の川銀河近傍の天体からのものに限られる。もし起源が遠方宇宙にあれば、その痕跡を宇宙線で捉えることはできず、たとえ観測できてもその情報は近傍宇宙からの宇宙線によるものに限られ、その解釈にバイアスが生じてしまうとする。
直接宇宙線を観測しないニュートリノ観測は、そうした制約がない点が特徴だ。つまり、超高エネルギー宇宙線の起源を探る上で、極めて重要な観測手段となる。ニュートリノは宇宙線の生成過程で生じ、相互作用の理論的不確かさが比較的小さく、電磁場や物質の影響をほぼ受けずに宇宙の最果てから地球まで直進可能であり、観測に敵している。研究チームは今回、2010 年 6 月から約 13 年間にわたる観測データを用い、前回発表時の約 3 倍の感度で超高エネルギー宇宙ニュートリノの探索を行うことにした。探索の結果、最大で約 10PeV(可視光の 10^16(1 京)乗倍)のニュートリノが同定されたものの、宇宙生成ニュートリノとしてはエネルギーが低すぎた。また、100PeV 以上は未検出だった。つまり、宇宙生成ニュートリノの量がこれまでの理論予想よりも大幅に下回ることが示されたのである。これは、超高エネルギー宇宙線の主成分が陽子ではなく、より重い原子核である可能性を強く示唆するものだという。原子核も CMB との衝突によりニュートリノを生成するが、その生成数は陽子より圧倒的に少なく、そのエネルギーも低くなるためだ。



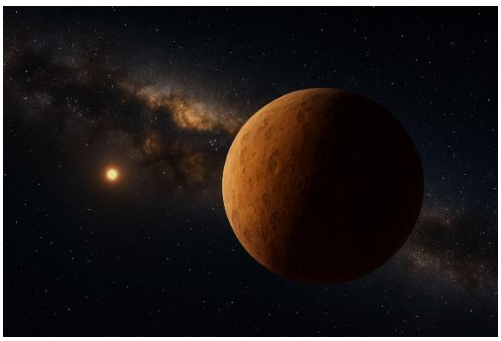

宇宙生成ニュートリノの、1 立方メートルあたりの数。矢印が、今回の研究成果による上限値。赤と橙は、陽子が主成分の場合の 2 通りの予想。緑は、原子核が主成分の場合の予想　(出所:千葉大ニュースリリース PDF)
こうして超高エネルギー宇宙線の主成分は重い原子核であることが判明したが、新たな謎も浮上してきた。宇宙の全物質のおよそ 4 分の 3 を占める陽子ではなく、少数派である原子核が加速される仕組みは未解明だ。原

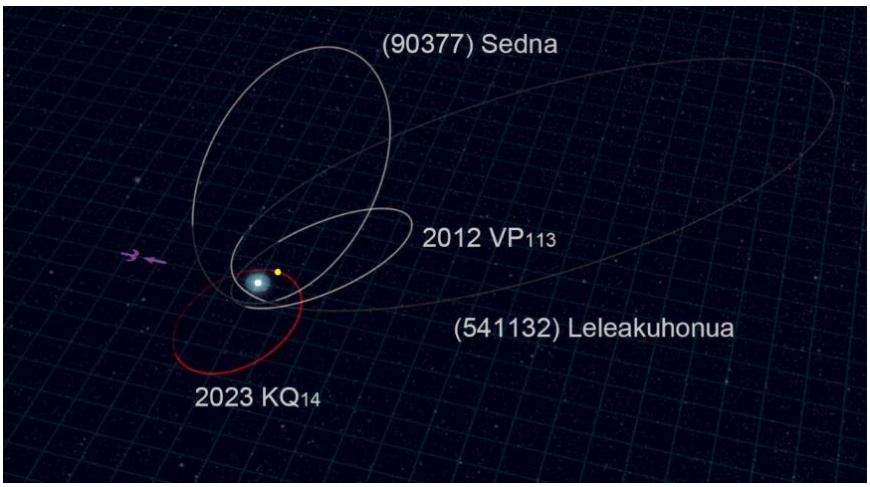
子核は壊れやすいため、激しい環境下での生成・加速は難しいとされる。このことから、超高エネルギー宇宙線は比較的静かな環境で作られている可能性や、未知の物理機構が関与する可能性も考えられるとした。
IceCube では、超高エネルギー宇宙線の謎に迫るため、感度を 8 倍に高めた次世代計画「IceCube-Gen2」を進行中だ。千葉大は、IceCube-Gen2 用ニュートリノ望遠鏡の主要検出器の開発と製造を担う。
IceCube-Gen2 による高感度・高統計の観測が実現すれば、ニュートリノを起点としたマルチメッセンジャー観測により、起源天体の直接観測を実現できる可能性があるとする。これにより、宇宙の加速現象と高エネルギー原子核の生成に関する理解が、飛躍的に進むと期待されるとのこと。

https://news.mynavi.jp/techplus/article/20250716-3381207/

## すばる望遠鏡、未知の“第 9 惑星”の存在にも迫る、太陽系外縁の新天体発見

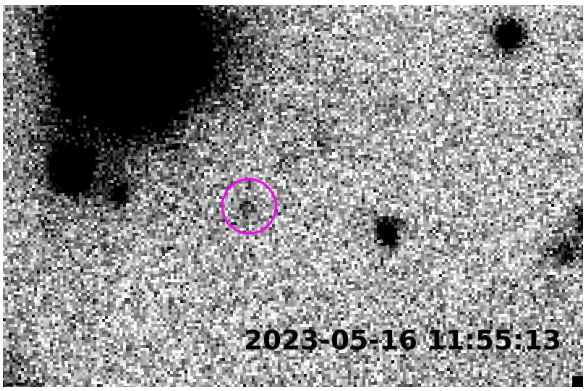
掲載日 2025/07/16 18:00
すばる望遠鏡を用いた観測で、太陽系外縁の特異な軌道で公転する小天体群「セドノイド」に属する新天体「2023 KQ14」(通称：アンモナイト)を発見したと、国立天文台、台湾中央研究院 天文及天文物理研究所(ASIAA)、近畿大学、千葉工業大学、神戸大学、日本スペースガード協会の 6 者が 7 月 15 日に共同発表した。






4 番目のセドノイドとして発見された新天体「2023 KQ14」(通称アンモナイト)のイメージ
(C)AI-generated illustration by Ying-Tung Chen (ASIAA)　(出所:すばる望遠鏡 Web サイト)
新天体アンモナイトの軌道(赤線)と、他の 3 つのセドノイドの軌道(白線)。アンモナイトは近日点に近い、太陽からの距離が 71 天文単位(太陽～地球間平均距離の 71 倍)の位置で発見された。黄色の点は 2025 年 7 月時点での位置　(C)国立天文台　(出所:すばる望遠鏡 Web サイト)
また、アンモナイトは太陽系形成初期から安定した軌道を持つことが数値シミュレーションで示されたことで、未知の第 9 惑星の存在を確かめるための手がかりとなる可能性も併せて発表された。同成果は、産業医科大学 医学部 医科物理学の吉田二美准教授(千葉工大 惑星探査研究センター 客員上席研究員兼任)、ASIAA のイントン・チェン氏、近大 総合社会学部 総合社会学科 マスメディア系専攻のパトリック・ソフィア・リカフィカ准教授、国立天文台 天文シミュレーションプロジェクトのユウクン・ホワン特任研究員らの国際共同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。
**“太陽系の化石を見つけ出す”プロジェクト「FOSSIL」**
すばる望遠鏡の超広視野主焦点カメラ「HyperSuprime-Cam」を用いた探査プロジェクト「FOSSIL」は、2020 年に日本と台湾を中心とする国大共同研究チームによって開始された。このプロジェクトは、太陽系形成初期にできた微惑星の痕跡を留める小天体を観測し、太陽系の歴史を探ることが目的で、太陽系外縁部の氷の世界がターゲットだ。プロジェクト名の FOSSIL は、英語で「化石」の意味を意味し、「太陽系の化石を見つけ出す」との思いが込められている。アンモナイトは 2023 年 3 月、5 月、8 月のすばる望遠鏡による観測で発見された。その後、2024 年 7 月にすばる望遠鏡と同じマウナケア天文台群に位置するカナダ・フランス・ハワイ望遠鏡による追観測が行われ、詳細な軌道が判明した。さらに、データアーカイブの過去画像も調査された。その結果、2021 年と 2014 年にはチリ北部にあるセロ・トロロ汎米天文台に設置されているビクター・M・ブランコ 4m 望遠鏡に搭載されたダークエネルギーカメラ「DECam」が、2005 年には米・アリゾナ州のキットピ

ーク国立天文台が、それぞれアンモナイトを撮影していたことが判明。これらにより 19 年にわたる観測データが揃い、アンモナイトの軌道の正確性を大幅に高めることに成功した。




すばる望遠鏡の HSC で撮影されたアンモナイトの移動の様子を示すアニメーション。観測時の明るさから、アンモナイトの直径は 220〜380km と推定されている　(C)NAOJ/ASIAA　(出所:すばる望遠鏡 Web サイト)

**新天体「アンモナイト」の軌道は 45 億年も安定。“第 9 惑星”への影響は?**

アンモナイトは、準惑星候補の 1 つであるセドナを代表とする、太陽系外縁部を特異な軌道で公転する小天体群セドノイドの 4 番目のメンバーだ。セドナは、 太陽に最も近づく近日点が約 75 天文単位、最も遠ざかる遠日点が 1000 天文単位弱と、きわめて太陽から遠い軌道を公転する天体だ(海王星は約 30 天文単位)。またセドノイドの中には、既知の太陽系天体として屈指の遠日点(2000 天文単位以上)を持つ「レレアクホヌア」(通称：ゴブリン)も含まれる。今回の研究では、国立天文台が運用する計算サーバーなどを用いて、アンモナイトの軌道進化に関する数値シミュレーションも実施された。その結果、アンモナイトは少なくとも 45 億年間、安定した軌道を維持していることが判明。加えて、現在は他のセドノイドとは異なる軌道を持っているものの、約 42 億年前は非常によく似た軌道だったことも示唆された。

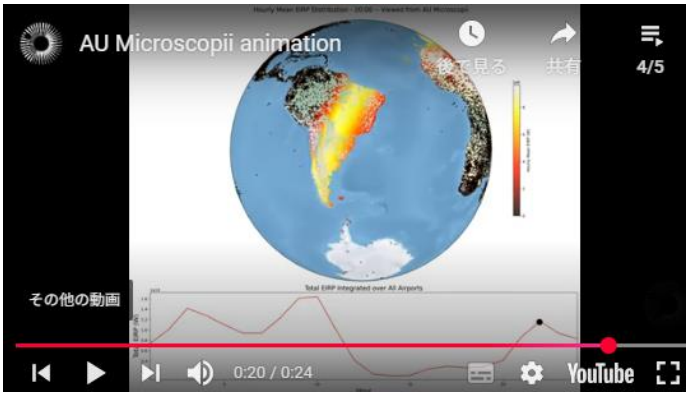
現在のアンモナイトが他のセドノイドと異なる軌道を持つ事実は､太陽系外縁部が従来考えられていた以上に、多様で複雑であることを示唆するという。加えて、近年存在が取り沙汰されている未知の第 9 惑星「プラネット・ナイン」にも、新たな制限を与えるという。今回の数値シミュレーションは、もしプラネット・ナインが存在すると仮定した場合、その軌道は従来の予測よりもさらに外側にあるべきことを示唆しているとする。アンモナイトの現在の軌道が他の 3 つのセドノイドと一致していないが、それはプラネット・ナインが存在する可能性が低いことを示唆するものだ。また、アンモナイトが他のセドノイドと軌道が分離した原因は、かつて太陽系から放り出されてしまった惑星の影響があるかも知れないとしている。

アンモナイトの軌道は、海王星の重力の影響がほぼ及ばないほど遠方にある。それにもかかわらず、大きな近日点距離を持つ楕円軌道で公転する天体が存在することは、その形成時期に何か特異なイベントが生じたことを示唆しているという。アンモナイトのような特異な太陽系外縁天体を発見し、その軌道の変遷を解明することは、第 9 惑星の存在や、太陽系形成史の全貌を明らかにする上できわめて重要としている。

https://forbesjapan.com/articles/detail/80608　2025.07.17 10:30

## 人類は見張られている？ 地球上の空港レーダー、200 光年先から検知可能　英研究結果

Jamie Carter | Contributor




空港監視レーダーと航空機（Shutterstock.com）　全ての画像を見る

**私たち人類は監視されているのだろうか？**

世界の主要空港のレーダーシステムは、航空機の安全な運航を支える以上の役割を果たしている可能性があるとする研究結果が、英ダラムで開催された英国王立天文学会（RAS）の全国天文学会議（NAM）において発表された。地球外生命体の築いた知的文明が、人類の存在を見張るために利用されているかもしれないというのだ。英マンチェスター大学の研究チームによると、民間空港と軍事空港のレーダーから発せられる強力な電波は、もしも地球に現存する電波望遠鏡と同等の観測設備を有する異星人がいれば、200 光年先の宇宙からでも検出できるという。

**知的生命探査のカギ**

この研究の筆頭著者でマンチェスター大学の博士課程に在籍するラミロ・ケス・サイデは、「高度な技術と複雑な航空システムを持つ惑星から意図せず発信されるレーダー信号が、知的生命体の存在を示唆する普遍的な兆候として機能する可能性があることを示す研究結果だ」と述べている。

研究チームは、英ロンドンのヒースロー空港とガトウィック空港、米ニューヨークのジョン・F・ケネディ国際空港に設置された空港レーダーや軍事用レーダーの発する信号が、宇宙空間をどのように伝播するかをシミュレーションでモデル化。地球近傍にある次の 6 つの恒星系から、検出できる電波信号の強さを計算した。

・バーナード星（6 光年先）
・けんびきょう座 AU 星（32 光年先）
・HD 48948（55 光年先）
・HD 40307（42 光年先）
・HD 216520（64 光年先）
・LHS 475（41 光年先）

研究の結果、世界の主要空港のレーダーが発する電波の合計出力は、2×10 の 15 乗ワットに上ることがわかった。これは、米ウェストバージニア州にあるグリーンバンク望遠鏡（GBT）のような電波望遠鏡を使えば、200 光年先からでも検出可能な強度だ。さらに、灯台の光のようにより指向性の強い掃引信号を発する軍事用レーダーの場合、ピーク出力は 1×10 の 14 乗ワットに達していた。「これらの軍事信号は、宇宙のどこに観測地点があるかによって、最大 100 倍も強く検出される可能性がある」とサイデは指摘。「強力な電波望遠鏡を使った観測なら、恒星間距離をものともせず、人工的な信号だとはっきりわかるだろう」と語った。

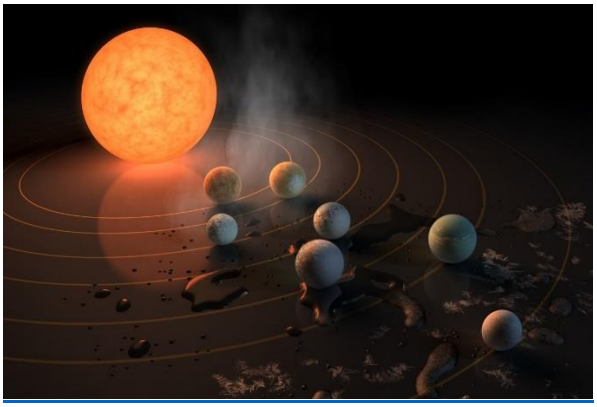
次ページ ＞「テクノシグネチャー」を探せ

**技術文明の存在指標「テクノシグネチャー」を探せ**

現代文明が遠く離れた宇宙から発見される可能性をめぐっては近年、太陽系外の恒星系にある惑星が注目されている。研究者らが探しているのは、高度な技術文明が存在するか、過去に存在したことを科学的に証明する指標「テクノシグネチャー」だ。微生物などの生命が存在する可能性を示す「バイオシグネチャー（生命存在指標）」よりも、検出が容易だと考えられている。

2024 年 10 月、太陽系から 41 光年の距離にある恒星系トラピスト 1（Trappist-1）を対象としたテクノシグネチャーの探査が、米カリフォルニア州のラッセン国立森林公園内にあるアレン電波干渉計（ATA）を用いて行われた。トラピスト 1 は主星の周りを 7 つの地球型惑星が公転していることから「太陽系 2.0」と呼ばれているが、このときの調査では何も発見できなかった。

SEE　ALSO



サイエンス ＞ 宇宙　41 光年先の「太陽系 2.0」で地球外文明探し、惑星間通信の電波信号を探索

南アフリカに建設中の国際電波望遠鏡プロジェクト SKA（スクエア・キロメートル・アレイ）のアンテナ（SKAO/Max Alexander）

**「宇宙人を探す」以上の意義**

レーダー信号に関する今回の研究結果は、地球外生命の探査手法の高度化にもつながる。人工的な信号が宇宙からどのように検出され得るかを理解すれば、他の恒星系が発する同様の兆候を探知しやすくなる。それだけでなく、この研究には、どこかにいるかもしれない宇宙人を探す以上の幅広い意義がある。共同研究者であるマンチェスター大学のマイケル・ギャレット教授は、「こうした弱い信号をモデル化・検出するために開発された手法は、天文学やプラネタリーディフェンス（惑星防衛）、ひいては人類の技術が宇宙環境に及ぼす影響の監視にも活用できる」と説明。「人類の発する信号が宇宙をどのように伝播するかを知ることで、通信用電波のスペクトルを保護し、今後のレーダーシステムを設計するための貴重な知見を得られる」と述べた。

**電波天文学の革命**

天体が発する電波を観測することによって天体を研究する電波天文学には、まもなく革命が起きようとしている。近く完成予定の国際電波望遠鏡プロジェクト SKA（Square Kilometer Array：スクエア・キロメートル・アレイ）は、テクノシグネチャー検出に貢献すると期待されている。

22 億ドル（約 3270 億円）を投じて建設中の SKA は、大規模かつ複雑な 2 つの電波望遠鏡ネットワークで構成される電波観測所だ。南アフリカ北ケープ州カルーに「ディッシュ」と呼ばれるパラボラアンテナ 197 基が、オーストラリア西部のマーチソン電波天文台に 13 万 1072 基の低周波アンテナが設置中で、完成すれば 2 大陸にまたがる集光面積は 1 平方 km に及び、非常に微弱な電波信号でも検出できるようになる。

（forbes.com 原文）翻訳・編集＝荻原藤緒