

わずか 8 時間で回避成功！ESA の衛星、スペースデブリの衝突をギリギリでかわす

2022.07.26 23:00

Passant Rabie - Gizmodo US [\[原文\]](#) (たもり)



Illustration: ESA



まさに危機一髪。

先月、欧州宇宙機関（ESA）の人工衛星にぶつかりそうなスペースデブリが見つかり、大急ぎで衛星を移動させるという出来事がありました。このデブリは衝突まで 8 時間というタイミングで発見されたため、宇宙ゴミへの対策を練るには十分とはいええない時間でしたが、ESA の管制チームはなんとか衝突を回避しました。

ESA の地磁気観測衛星「Swarm（スウォーム）」は 2013 年に打ち上げられ、[地球磁気圏](#)の謎を解明するために活用されています。このミッションは Alpha、Bravo、Charlie と名付けられた衛星 3 基を連携させて地球のコア、地殻、海、大気からの磁気信号を観測するものです。

4 時間で回避アクションを策定

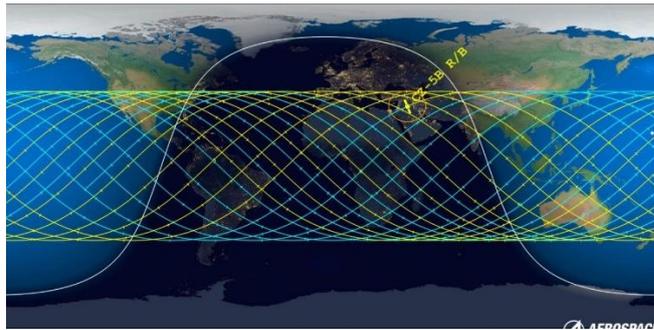
6 月 30 日、ESA のミッション・コントロールは Alpha に向かってきそうな軌道にある小さな宇宙ごみを検知。計算に基づいて、ちょうど 8 時間後には Alpha に衝突するだろうとチームは予測を立てました。「Alpha は一刻も早くそこから離れる必要があったほど、衝突のリスクは高かった」と ESA の[プレスリリース](#)には書いてありました。チームはたった 4 時間で求められた回避アクションを計画したのです。

ESA いわく、「ESA のスペース・デブリ・オフィスは、米国の宇宙監視ネットワークからのデータを分析して ESA のフライト・コントロールとフライト・ダイナミクスチームに衝突可能性の警告を発しています。通常はデブリが衛星に最接近する 24 時間以上前に発します」とのこと。回避アクションが取られ、Alpha は危険な場所から抜け出せましたが、管制チームはデブリ発見前の予定では行なうことになっていたマヌーバを延期せざるを得なくなってしまったのです。このマヌーバというのが、10 週間にわたって実行中の 25 のマヌーバの 1 つで、衛星を太陽の影響から遠ざけるため高い軌道へと動かすというもの。太陽の活動には、最大級に活発になってから落ち着くという 11 年間の活動周期があります。そして今は強い太陽活動が地球の上層大気の密度を高めてしまうため、人工衛星は燃料を多く使わないと軌道上の位置に留まれない状況です。Alpha と Charlie は高度を上げることで、大気抵抗の影響から逃れようとしていたのです。幸いにもチームは Alpha のマヌーバを 24 時間以内にリスケできたので、同衛星が Charlie の方へ流され、2 つの衛星の軌道が交差することになるという事態は避けられました。このトラブルで、ESA の Swarm ミッションは危ないところでした。地上コントロールは衛星をどかしてから他の衛星と衝突するリスクにさらすことのない軌道へと動かすことを強いられ、その後は消費燃料を最小限に留めつつ、貴重な科学データを失わずに Alpha を軌道に戻す最善の方法を計算しなくてはならなかったのです。たった 8 時間の猶予にもかかわらず、Alpha は無傷のまま地球周回を続行できてるなんてすごいですよ。地球の軌道上に送られるロケットや人工衛星が増えていくにつれて、各国の宇宙機関や民間企業はスペースデブリへの懸念を高めています。現在、アメリカ国防総省の宇宙監視ネットワークが[追跡](#)している軌道上のデブリは 2 万 7000 個以上で、検知されないまま漂っている小さなデブリもさらにたくさん存在しているのです。

source: [ESA](#), [NASA](#),

中国のロケット「長征 5 号 B」のコアステージ、7 月 31 日頃に再突入する可能性

2022-07-29 [松村武宏](#)



【▲ 実験モジュール「問天」を搭載して打ち上げられた「長征 5 号 B」ロケット (Credit: CNSA)】

【▲ 米エアロスペース社による再突入地点予測 (7 月 28 日 3 時 20 分時点)。日本時間 2022 年 7 月 31 日 9 時 24 分の再突入予想地点は中東上空 (円で囲まれた範囲) で、それよりも早くなった場合は青い線の場所、遅くなった場合は黄色い線の場所のどこかで再突入する可能性がある (Credit: Aerospace Corporation)】

既報の通り、中国は 7 月 24 日、同国が独自に建設を進めている宇宙ステーション「天宮 (Tiangong)」の実験モジュール「問天 (Wentian)」を打ち上げました。問天は打ち上げ翌日の 7 月 25 日に、天宮のコアモジュール「天和 (Tianhe)」へのドッキングに成功しています。

関連：[中国が実験モジュール「問天」打ち上げ、独自の宇宙ステーション完成へ一歩前進](#)

この打ち上げに使われた「長征 5 号 B」ロケットのコアステージ (第 1 段) は地球低軌道に残されていて、7 月 31 日前後に制御されない状態で大気圏へ再突入する可能性が報じられています。

宇宙物体 (人間が宇宙に打ち上げた物体) の再突入予測を行っている米企業のアロスペース・コーポレーションによると、コアステージの再突入ウィンドウは日本時間 2022 年 7 月 31 日 9 時 24 分前後 16 時間 (7 月 30 日 17 時 24 分～8 月 1 日 1 時 24 分) と予想されています。計算上、ウィンドウのちょうど中間のタイミングであれば中東上空で再突入する可能性がありますが、同社は下図で示されている水色と黄色の線の真下に位置する場所なら、どこでも再突入する可能性があるとして注記しています。なお、この落下予測は日本時間 2022 年 7 月 28 日 3 時 20 分時点でのデータがもとになっていますが、再突入が近づくにつれて不確実性は低くなり、情報が刻々と更新されていくため、本稿が掲載された時点での最新予測とは再突入の時刻や場所が異なっている可能性があります。また、軌道上物体に詳しい天体物理学者の Jonathan McDowell さんによると、7 月 29 日午前の時点でコアステージは近地点 170km・遠地点 231km の軌道を周回している模様です。問天モジュール打ち上げ直後の遠地点高度は 300km 付近だったことから、遠地点高度は 4 日半で 70km ほど下がったこととなります。

【▲ 長征 5 号 B コアステージの高度に関する情報をシェアした McDowell さんのツイート】

ロケットの一部が大気圏に再突入するのはめずらしいことではありませんが、一般的なロケットではサイズが大きな第 1 段やロケットブースターなどは打ち上げの早い段階で切り離されて落下するため、地球を周回する軌道に残されるのはサイズが小さく軽い第 2 段以降のステージとなります。いっぽう、長征 5 号 B は全長約 33m・直径 5m のコアステージと、4 本のロケットブースターのみで構成されていて、ペイロード (衛星や宇宙船などの搭載物) はコアステージが軌道に投入します。そのため、ペイロードを分離したコアステージが軌道に残り、やがて大気圏へ再突入することになるのです。エアロスペース・コーポレーションによると、長征 5 号 B のコアステージが再突入すると、地表には 5~9t の燃え残った部分が落下する可能性があるといえます。

■長征 5 号 B だけではない、使い捨てロケットのリスク

長征 5 号 B は今回が 3 回目の打ち上げですが、過去に実施された 2 回の打ち上げでもコアステージが制御されない状態で大気圏に再突入して、燃え残った部分が地上へ落下したとみられています。2020 年 5 月の打ち上げでは燃え残った部品 (長さ 12m のパイプなど) がコートジボワールに落下して、地上の建物に被害が生じまし

た。2021年5月の打ち上げでは、インド洋のモルディブ諸島付近に落下したとみられています。

関連 ・ [中国の「長征5号B」コアステージはインド洋に落下。ロケットの打ち上げに求められる「責任ある対策」](#) (2021年5月)

・ [長征5号Bのコアステージは大西洋上で再突入、破片が地上に落下した可能性](#) (2020年5月)

2022年7月に「ネイチャー・アストロノミー」に掲載された Michael Byers さん（ブリティッシュコロンビア大学）を筆頭とする研究チームの論文では、制御されずに大気圏へ再突入するロケットのステージに関するリスクが評価されています。長征5号Bのコアステージは18t（論文より）もあるため、毎回特に注目を集めますが、地上へ落下して被害をもたらす可能性があるのは中国のロケットだけとは限りません。

論文によると、使い捨てられた後に軌道を外れたステージは過去30年間（1992年5月4日～2022年5月5日）で1500基以上あり、その7割以上は制御されない状態で軌道を離れたと推定されています。1回の再突入によって地上で死傷者が発生し得る範囲を平均10×10m（100平方m）と仮定した場合、1人以上の死傷者が生じる確率は約14パーセントだったといいます。実際に死傷者が生じたという事例は報告されていないものの、無視できるほど小さなリスクではないことを、算出された確率は示していると研究チームは指摘しています。また研究チームは、過去に国連で採択された宇宙活動に関するガイドラインについて、制御されないまま再突入する宇宙物体のリスクにどう対処すべきかが明確化されていないなどの問題点にも言及しています。

論文では、ロケットのステージがどの緯度で再突入しやすいのかも推定されています。特にリスクが高いのは赤道付近で、ジャカルタ、ダッカ、メキシコシティ、ボゴタ、ラゴスといった都市がある低緯度では、ワシントンD.C.、北京、モスクワといった都市があるより高い緯度と比べて3倍の確率で再突入する可能性があるといい、先進国の活動にともなうリスクを発展途上国が背負う構図になっていると研究チームは分析しています。ちなみに、長征5号Bのコアステージが落下したとされるコートジボワールやモルディブ諸島は、どちらも赤道付近に位置しています。いっぽう、打ち上げ後に軌道を周回するステージは、ステージ自体やその破片がスペースデブリ（宇宙ゴミ）となって、運用中の人工衛星や宇宙船にリスクをもたらす可能性もあります。たとえば国際宇宙ステーション（ISS）はデブリとの衝突を避けるための軌道変更（デブリ回避マヌーバ）を度々行っていますが、2020年9月に回避したデブリは日本の「H-IIA」ロケット40号機（2018年10月打ち上げ）に由来する可能性が指摘されています。また、2021年12月には、四半世紀前に打ち上げられたアメリカの「ペガサス」ロケットの破片との衝突を回避するための軌道変更が行われました。

関連

・ [国際宇宙ステーションが軌道変更を実施、25年前に生成されたデブリとの衝突リスク回避](#) (2021年12月)

・ [国際宇宙ステーション、接近するデブリを回避するため緊急の軌道変更を実施](#) (2020年9月)

近年では、運用中の人工衛星や地上に被害をもたらすかもしれないロケットのステージなどをただ使い捨てるのではなく、人口密集地から離れた海域へ制御落下させる運用も行われています。また、スペースXの「ファルコン9」のように、一部のステージが回収・再利用されるロケットも実用化されています。ただ、制御落下やステージの回収は、世界中すべての打ち上げで実施されているわけではありません。日本も含め、宇宙開発を推進するすべての国や組織による一層の対策が求められます。

Source Image Credit: CNSA, Aerospace Corporation [Aerospace Corporation](#) - CZ-5B R/B (ID 53240)

[Aerospace Corporation](#) - Another Uncontrolled Chinese Rocket Body is Plummeting to Earth. Any Questions?

[Byers et al.](#) - Unnecessary risks created by uncontrolled rocket reentries

文／松村武宏

<https://www.nikkan-gendai.com/articles/view/life/309035>

アメリカ連邦航空局が UFO の報告書を公開！ 米政府も「極めて信憑性が高い」

公開日：2022/07/30 06:00 更新日：2022/07/30 06:00



(インスタグラムから) 拡大する



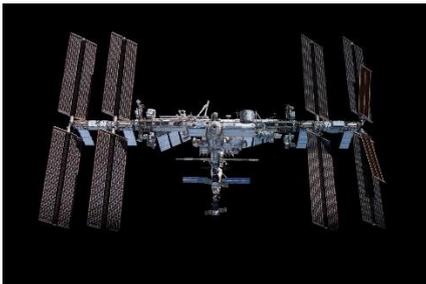
世界中で UFO (未確認飛行物体) の目撃情報は後を絶たないが、いまだに「まゆつばもの」と思われている方もいるだろう。だが、米運輸省の下部機関である連邦航空局 (FAA) がこのほど、過去 14 年分の 80 件以上に及ぶ UFO の目撃情報を報告書としてまとめて公表した。公開された UFO との遭遇リストの多くは、民間航空機のパイロットからの情報で、米政府は極めて信憑性が高いとしている。ただ、未確認であることに違いはなく、一般人が飛ばしたドローンなども含まれている可能性はある。それでも飛行物体を見慣れているパイロットが「これは UFO である」とする画像がほとんどであるため、否定できないところまできているようだ。

2020 年 7 月に報告された飛行物体は尾翼も補助翼もない葉巻型で、低空で非常に速く移動し、銀色と白色に輝いていたという。UFO 研究家のカイル・ワーフェル氏は「毎年何十万件もの目撃情報があり、無視できないものも多い」と述べている。

<https://sorae.info/space/20220728-roscosmos-iss.html>

ロシア宇宙機関、国際宇宙ステーションから 2024 年以降に撤退する方針

2022-07-28 [松村武宏](#)



【▲ 国際宇宙ステーション (ISS) の外観。2021 年 12 月撮影 (Credit: NASA)】

ロシアの国営宇宙企業ロスコスモスのユーリ・ボリソフ CEO は 7 月 26 日、2024 年以降に国際宇宙ステーション (ISS) から撤退する方針を、会合の席上でウラジーミル・プーチン大統領に伝えました。ロスコスモスが同日付で明らかにしています。1998 年から建設が始まり、2011 年に主な構成要素の組み立てが完了した ISS は、国際的な協力体制の下で運用が続けられています。アメリカは ISS を 2030 年まで運用する方針で、民間が主導する滞在ミッションも行われるようになりました。また、太陽電池の経年劣化にともなう発電能力の低下を補うために、新型の太陽電池アレイ「iROSA」を追加する作業も進められています。

関連 ・ [初の民間主導 ISS 滞在ミッション「Ax-1」参加した 4 名が地球に無事帰還](#)

・ [国際宇宙ステーションの新型太陽電池アレイ「iROSA」2 基目の展開も完了](#)

いっぽう、ロシアは独自の宇宙ステーション「ROSS」(Russian Orbital Service Station、直訳すれば「ロシア軌道サービスステーション」)の建設準備を進めていて、ロシア国営のタス通信によれば 2024 年までに建設が始まる予定とされています。ROSS の運用が始まる前に ISS から撤退すれば空白期間が生じることになるため、建設状況に応じてタイミングを調整できるように、2024 年「以降」という形で撤退時期が示された可能性もあります。

Российская орбитальная служебная станция



Второй этап развёртывания.

📍 Космодром Восточный



Экипаж	2–4 чел.
Количество внешних рабочих мест	48 шт.
Кораблей посещения (пилотируемых / грузовых)	1–2 / 1–3 шт.
Объёмы гермоотсеков	667 м ³
Объёмы для научного оборудования	до 49 м ³

© Роскосмос. 2022

Источник: РКК «Энергия»

【▲ ロシアが建設準備を進めている独自の宇宙ステーション「ROSS」(Credit: Roscosmos)】

ニューヨーク・タイムズは7月26日付の記事で、米国家安全保障会議のジョン・カービー報道官の言葉として「2024年以降実際にロシアが撤退する場合に備えて、潜在的な影響を軽減する方法を検討している」と伝えています。その一環として2022年6月には、ノースロップ・グラマンの無人補給船「シグナス」のエンジンを使ったISSのリブースト（軌道上昇）が実施されています。ISSの姿勢変更や軌道修正は、2011年以降は主にロシアのモジュールや無人補給船のエンジンを使って行われてきました。

関連：[ISSのリブーストも実施した無人補給船「シグナス」運用17号機のミッションが終了](#)

ロシアがISSから撤退するのはまだ先であり、それまではISSの共同運用が継続される模様です。ロイターは7月27日付の記事で、NASA 有人宇宙飛行部門のキャシー・リーダーズ局長の言葉として、ROSSの運用が始まるまではISSのパートナーシップを維持したいとする意向がロシア当局からNASAに伝えられたと報じています。なお、7月15日にはロスコスモスとアメリカ航空宇宙局（NASA）の間で新たなクルー交換（座席交換）の協定が結ばれたことが発表されていて、米口の宇宙飛行士が2022年秋にそれぞれ相手国の有人宇宙船を使ってISSに向かう予定です。関連：[ロシア宇宙機関が米口飛行士の新たなクルー交換とトップの交代を発表](#)

Source Image Credit: NASA, Roscosmos [Roscosmos \(Telegram\)](#)

[TASS](#) - From international to national: Russia to leave ISS project after 2024

[The New York Times](#) - Russia Says It Will Quit the International Space Station After 2024

[Reuters](#) - Russia tells NASA space station pullout less imminent than indicated earlier 文／松村武宏

<https://news.mynavi.jp/techplus/article/20220725-2407733/>

天翔ける電子レンジが人を月へ導く！ NASAの超小型探査機「CAPSTONE」の挑戦

2022/07/25 14:51 著者：鳥嶋真也

目次 [1 半世紀ぶりの有人月探査、その実現を支える特殊な軌道「NRHO」への第一歩](#)

[アルテミス計画とゲートウェイ CAPSTONE](#) [2 月到着は約4か月後 今後のアルテミス計画](#)

1969年7月20日、人類で初めて月を歩いたニール・アームストロング宇宙飛行士は、「これは一人の人間にとっては小さな一歩だが、人類にとっては大きな一歩である」という言葉を残した。

そしていま、米国航空宇宙局(NASA)は半世紀ぶりとなる有人月着陸を目指し「アルテミス(Artemis)」計画を進め

ている。わずか 12 人のみが降り立ち、そして打ち切りとなったアポロ計画とは違い、アルテミス計画には女性や日本人の宇宙飛行士も参加し、そして人が月に滞在して探査し続けることを目指している。

その準備として、NASA は 2022 年 6 月 28 日、「CAPSTONE(キャップストーン)」という月探査機を打ち上げた。質量わずか 27kg、電子レンジほどの小さな機体ながら、アポロ計画よりも人類にとって大きな一歩のため、さまざまな技術実証に挑む。



超小型の月探査機「CAPSTONE」の想像図 (C) NASA/Daniel Rutter

月周回有人拠点「ゲートウェイ」の想像図 (C) NASA

アルテミス計画とゲートウェイ

現在 NASA が進めているアルテミス計画では、今年 8 月以降にロケットと宇宙船の技術実証を行う「アルテミス I」、2024 年に有人での月飛行ミッション「アルテミス II」を経て、2025 年に 2 人の宇宙飛行士が月の南極に降り立つ「アルテミス III」を行うことを目指している。その後も、アルテミス IV、V……と続き、月を継続的に探査することになっている。

12 人の米国人の男性のみが月を探査し、そしてわずか 3 年で終わったアポロ計画とは異なり、アルテミス計画では女性や日本、欧州の宇宙飛行士も参加するなど、性別や国籍の垣根が取っ払われるとともに、宇宙飛行士が交代で常に月に滞在し、探査し続けることを目指している。このアルテミス計画の実現にとってかなめとなるのが、月周回有人拠点「ゲートウェイ」である。ゲートウェイはいわば月を回る宇宙ステーションで、地球からやってきた宇宙飛行士はまずゲートウェイを訪れ、そこで月着陸船に乗り換え、月面に降りる。月面での探査を終えたあとも、一度ゲートウェイを経由し、地球へ帰る宇宙船に乗り換える。これにより、宇宙飛行士の肉体的、精神的な負担を軽減できたり、月を探査するために入念な準備ができたり、さらに地球とゲートウェイ、ゲートウェイと月面を往復する宇宙船をそれぞれ別に用意することで運用の最適化、効率化ができたりと、さまざまなメリットがあると期待されている。さらに、月で宇宙ステーションを組み立て、運用し、宇宙飛行士が滞在し続けることで得られる技術や実績、ノウハウは、将来の有人火星探査にも役立つ。

ここで重要になるのが、ゲートウェイをどんな軌道に造るかである。ただ月を東西、あるいは南北に回るだけの軌道に造ってしまうと、ゲートウェイが月の裏側に入ったときに地球と通信ができなくなる。また、地球と月のそれぞれの重力の影響で軌道が不安定になるため、定期的に軌道を修正する必要もある。そこでゲートウェイは、「Near Rectilinear Halo Orbit(NRHO)」と呼ばれる、特殊な軌道に建設される。NRHO は月を南北に、それも北側は高度約 1600km、南側は 7 万 km という極端に細長い楕円で回る軌道で、その細長さからあたかも直線のように見えることから“Near Rectilinear”(ほとんど直線)という名前がついている。NRHO は軌道面がつねに地球を向いているため、常時通信可能であり、また月の南極上空に長く滞空できるため、南極で活動する宇宙飛行士や探査機なども長時間通信できる。さらに軌道の安定性も優れており、地球から到達するのに必要なエネルギーも少なく、くわえて月面への所要時間や必要な推進剤量も少ないなど、さまざまな利点をもっている。

ただ、これまでに NRHO へ探査機を投入したり、運用したりした例はない。そこで、その実現可能性や運用上の課題などを探るため、NASA は「CAPSTONE」を送り込むことになった。

CAPSTONE

CAPSTONE にはまた、もうひとつ大きな役割もある。

それは名前にも現れており、CAPSTONE とは「Cislunar Autonomous Positioning System Technology Operations and Navigation Experiment」の略で、直訳すると「月周辺における自律的な測位システム技術の運用航法実験」という意味になる。従来、月探査機が自分の位置を決定する際には、地上からの追跡情報に多くを依存している。しかし、トラブルなどで通信が途切れるとそれが難しくなり、とくに宇宙飛行士が乗ったゲートウェイでそうした事態が起こると命に関わる問題になるかもしれない。さらに、国際宇宙ステーション(ISS)やその後継となる宇宙ステーションに加え、ゲートウェイも運用するとなると、地上の人員や施設・設備の負担も大きくなるという課題もある。そこで CAPSTONE には、現在月を周回中の NASA の探査機「ルナ・リコネサンス・オービター」との間の距離や、その距離の変化を把握するためのシステムが搭載されている。他の探査機、宇宙機を利用することで、地球からの追跡に頼らずに自分の位置を決定できる「自律航法」を行おうというのが狙いである。さらに、CAPSTONE にとって特筆すべきはその小ささである。CAPSTONE は寸法 34cm×34cm×61cm の、12U サイズと呼ばれるキューブサットで、ちょうど電子レンジほどの小ささしかない。打ち上げ時の質量も約 27kg という、超小型の月探査機である。これまでの月探査機は、大きなものは約 2t、小さなものでも数百 kg あるのが普通だったが、近年の技術革新により、わずか数十 kg の衛星でも可能になりつつある。ちなみに NASA は 2018 年に、火星に向けて「マーズ・キューブ・ワン」という質量 13.5kg の超小型衛星を飛ばし、通信やカメラによる撮影などといったミッションをこなした実績がある。

CAPSTONE の計画は NASA エイムズ研究センターが管轄しているが、実質的な運用や管理は、コロラド州の民間企業アドヴァンスト・スペース(Advanced Space)が担っている。民間企業が主体となることで、コストの低減、効率化、宇宙ビジネスの振興が図られている。



月を回る CAPSTONE の想像図 (C) NASA/Daniel Rutter

CAPSTONE を搭載したエレクトロンの打ち上げの様子 (C) Rocket Lab

title=月への到着は約 4 か月後、今夏には巨大ロケットと有人宇宙船の試験飛行も

月到着は約 4 か月後

CAPSTONE の打ち上げには、商業調達により米国のロケット企業「ロケット・ラボ」の「エレクトロン」ロケットが選ばれた。CAPSTONE も超小型ならエレクトロンも超小型であり、超小型ロケットで超小型探査機を月へ送り込むことができるかどうか実証テーマのひとつとなっている。

エレクトロンは本来、超小型衛星を地球周回軌道へ送り込むためのロケットであることから、月への飛行のために、「ルナー・フォトン(Lunar Photon)」と名付けられた新型の上段ロケットが開発された。これまでもフォトンという上段が衛星の精密な軌道投入などに使われていたが、それを月への飛行用に改造。CAPSTONE を打ち上げるとともに、ルナー・フォトン自身も月探査機として月をフライバイし、写真の撮影などを行う予定となっている。CAPSTONE を搭載したエレクトロンは、日本時間 6 月 28 日 18 時 55 分 52 秒、ニュージーランドのマヒア半島にある同社の発射場から離昇した。ロケットは順調に飛行し、地球低軌道に乗った。

その後、ルナー・フォトンは 6 日間かけて、6 回に分けてエンジンを噴射し、地球低軌道から離脱。そして CAPSTONE を分離した。その直後の 7 月 5 日には、CAPSTONE との通信ができなくなるというトラブルが発生したが、翌 6 日には通信が再確立され、その後は順調に航行を続けている。

CAPSTONE は現在、「弾道的月遷移(BLT:Ballistic Lunar Transfer)トラジェクトリー」という特殊な弾道トラジェクトリーに乗っている。通常、月探査機の打ち上げにおいては、ホーマン遷移軌道という最短 3 日で月へ到達できる軌道に乗せることが多い。一方、BLT トラジェクトリーでは 4 か月もかかるが、月へ到達するのに必要な燃料を劇的に節約することができる。この飛行経路を使った月への飛行もまた、重要な技術実証のひとつである。CAPSTONE は今後、自身のスラスターと太陽の重力を利用し、月の軌道をはるかに超えて、地球から約 150 万 km(地球と月の距離の 3 倍以上)も離れたところまで到達。その後、月周辺へと引き戻され、そして 11 月 13 日に月に追いつくように接近し、目標の NRHO に入る予定となっている。

今後のアルテミス計画

一方、現在地球では、アルテミス計画で宇宙飛行士を打ち上げる巨大ロケット「スペース・ローンチ・システム(SLS)」と、有人宇宙船「オライオン(Orion)」の無人での試験飛行ミッションであるアルテミス I の準備が進んでいる。すでに 6 月下旬には打ち上げのリハーサルが行われ、24 日に完了。現在はフロリダ州の NASA ケネディ宇宙センターのロケット組立棟で、打ち上げに向けた最後の準備が進んでいる。

予定では 8 月下旬にも打ち上げられる予定で、オライオンはまだ月からはるか遠くにいる CAPSTONE を尻目に月の周回軌道に入り、約 3 週間ほど滞在したのち地球へ帰還することになっている。

アルテミス I が無事成功すれば、2024 年以降にはアルテミス II を実施。オライオンに実際に宇宙飛行士が乗り、SLS で月へ向かって飛行し、そして月の裏側を回って地球へ帰還する。

また、同じ 2024 年には、ゲートウェイの最初のモジュールの打ち上げも計画されており、CAPSTONE が実証する NRHO に投入する。また、ゲートウェイから月の南極へ降り立つための月着陸船の打ち上げも行われる。

そして 2025 年以降、アルテミス III ミッションで、4 人の宇宙飛行士が乗ったオライオンが SLS で打ち上げられ、ゲートウェイを経由し、有人月探査が行われることになる。

英単語の Capstone は、もともとピラミッドの頂上部に置かれる四角錐型の石という意味で、転じて物事の総仕上げという意味もある。まさに、ゲートウェイ建設、そしてアポロ計画以来となる有人月着陸に向けた準備の総仕上げとなる CAPSTONE ミッション。人類の新たな大きな一歩のため、小さな探査機の冒険が始まった。



アルテミス計画で月を探査する宇宙飛行士の想像図 (C) NASA

参考文献 ・ [CAPSTONE Launches to Test New Orbit for NASA's Artemis Moon Missions | NASA](#)

- ・ [CAPSTONE | Advanced Space](#)
- ・ [Follow CAPSTONE's Four-Month Journey to the Moon in Real Time | NASA](#)
- ・ [A unique halo orbit is the road less traveled around the Moon | NASA](#)
- ・ [Rocket Lab Moon Mission for NASA a Success | Rocket Lab](#)

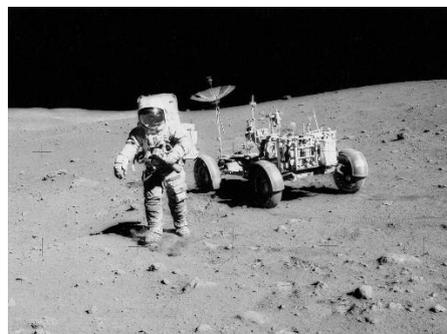
鳥嶋真也 とりしましんや

<https://wired.jp/article/nasa-1972-moon-buggy/>

2022.07.20

いまから 50 年前の「月面車」の乗り心地は？ アポロ 16 号の宇宙飛行士に聞いてみた

いまから約 50 年前に人類が月探査に用いていた月面車は、小型軽量で頑丈な充電できない電気自動車 (EV) だった。その操作性や乗り心地は、いかなるものだったのか？ 「アポロ 16 号」の宇宙飛行士として月面車による探査を担ったチャールズ・デュークに訊いた。



アポロ 17 号の任務で月面車を運転するユージン・A・サーナン。PHOTOGRAPH: NASA/GETTY IMAGES

1972 年 4 月 21 日、アポロ 16 号の月着陸船パイロットで宇宙飛行士のチャールズ・デュークが月での任務の初の船外活動中、デカルト高地の着陸地点にある米国旗に敬礼している様子

PHOTOGRAPH: NASA/UNDERWOOD ARCHIVES/GETTY IMAGES

NASA によるアポロ 15 号の月面着陸任務で、船外活動中のジェームズ・アーウィンと月面車（1971 年）

PHOTOGRAPH: SPACE FRONTIERS/GETTY IMAGES

新しいガジェットが登場するペースは非常に早く、そのすべてをタイムリーに紹介することは難しい。それでも重要な製品は必ず紹介するので、そこは安心してもらいたい。

とはいえ当然のことながら、ほかより少しレビューに時間が必要な製品もある。今回のレビューで紹介する製品は、なんと 50 年も遅れてしまったのだ。大変長らくお待たせしてしまったことは認めるが、あの米航空宇宙局（NASA）の有名な月面車（LRV、「ムーン・バギー」としても知られている）のレビューを書いたので、遅れたことは大目に見てもらいたい。今回の大幅な遅れは、月面で LRV に乗った 6 人の 1 人である元宇宙飛行士のチャールズ・デュークが、当然ながら連絡のとりづらい人物であることに起因している。だが、ようやく 86 歳の元宇宙飛行士で月着陸船のパイロットに会う機会に恵まれた。1972 年 4 月に実施されたアポロ 16 号の任務では、この電気で動く特徴的な乗り物はどのように機能したのか。デュークに詳しく訊いた。

バッテリーに充電できない超軽量の EV

[LRV](#) はボーイングとゼネラルモーターズがアポロ計画の最後の 3 つの任務のために開発した電気自動車（EV）である。この LRV は、現代の EV と比べると非常に軽量だ。

地上での重量はわずか 460 ポンド（210kg）で、これは月面では 77 ポンド（35kg）に相当する。最大積載量は 1,080 ポンド（490kg）であり、これには宇宙飛行士 2 人と機材、月面のサンプルも含まれる。

最近の EV の最高速度は非常に速くて当たり前になっている。だが、1970 年代につくられた LRV は荒々しい月面を走行するので、最高速度が時速 8 マイル（同約 13km）を超えないように設計されていた。とはいえ、1972 年末の最後の任務であるアポロ 17 号のミッションでは、時速 11.2 マイル（同約 18km）を達成している。

この LRV は酸化銀電池を 2 つ搭載しており、これらは電解質溶液に水酸化カリウムを用いた充電できない 36 ボルトのバッテリーだ。容量は 121Ah（合計 242Ah、Ah はアンペア時間の意味）で、最大航続距離はわずか 57 マイル（約 92km）となる。

この距離は、サンフランシスコのゴールデンゲート・ブリッジからサンノゼまでの区間に相当する。そしてこのバッテリーを使い切ると、LRV は使い物にならなくなるのだ。

また、アポロ 15 号、16 号、17 号のために製造された 4 台の月面車（1 台は予備の部品として使用された）にかかった最終的な費用は 3,800 万ドル（約 52 億 4,000 万円）で、[現在の価値](#)にすると 2 億 6,280 万ドル（約 362 億 6,000 万円）という法外な額になる。つまり、LRV は使いきりのあらゆる製品のなかで最も財布に打撃を与えるもの、ということなのだ。比較対象があると、わかりやすいかもしれない。これだけのお金があればテスラの EV「モデル 3」を 6,655 台買っても、まだお釣りが来る。あるいは、イーロン・マスクが宇宙に打ち上げた[個人所有のスポーツカー](#)と同じテスラ「ロードスター」の導入記念モデル「Founders Series」を 1,051 台買うことだってできる（実際に発売されればの話だ）。しかも、これらの EV は充電可能なのだ。WATCH

元 NASA 宇宙飛行士だけど質問ある？ | Tech Support

しかし、テスラ車を含むどんな EV にもできないことが、LRV にはできる。地球から約 23 万 8,900 マイル（約 38 万 4,000km）離れた地上の重力の 6 分の 1 しかないほぼ真空状態の場所で、2 人の宇宙飛行士と科学機器、月の土や岩のサンプルを載せて約 78 時間も連続走行できるのだ。

しかも宇宙服は開発に 60 カ月もかかったが、LRV はわずか 17 カ月半で白紙の状態から NASA に納品されたことも忘れてはならない。たかだか数千万ドルでとやかく言うのはやめよう。

「思った以上に跳ねた」月面での走行

平坦な舗装路のない月面において、LRV は死火山や天体衝突などでできたクレーター、溶岩流に覆われた地形に対処できなければならない。そのことを NASA は理解していた。

月の地形はあまりにでこぼこしているので、NASA はアポロの宇宙飛行士たちに時速 10 マイル（時速約 16km）以上で走行しないよう注意していたほどである。そうしなければ、走行時間の 35% は地表から浮いた状態になると予想されていたのだ。そんな事情もあって、乗組員の安全を守るために、LRV の操縦性は極限まで高める必要があった。こうして LRV は、静止状態から両方の前輪を地表に接触させたまま、高さ 1 フィート（約 30cm）ある段差のような障害物を乗り越えられるよう設計された。また 28 インチ（約 71cm）のクレバスを、両方の前輪がクレバスをまたいだ静止状態からでも越えられる。さらに傾斜が 25 度の斜面を登り降りでき、35 度の斜面でもパーキングブレーキで車体を止められる。

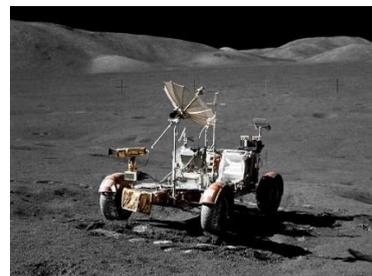
「思った以上に跳ねていましたよ」と、チャールズ・デュークは振り返る。「本当によく弾むのです」公式の最高時速 8 マイル（時速 13km）という点で、デュークは限界に挑戦している。「それよりずっと速く走っているように感じました」と、デュークは語る。「速度計の上限は時速 17km で、それ以上にはなりません。でも、山を下りるときはその上限を超えていたと思います。どのくらいの速度が出ていたかはわかりません。少なくとも時速 17km です。それに跳ねながら坂を下りますが、転がりそうになる感じはしませんでした」アルミ合金製のチューブでできた細身の車体にかかわらず、LRV は驚くほど丈夫で、車体の 2 倍以上の重量を運ぶことができる。ちなみにフォードのパワフルなピックアップトラック「F-150」は、車体の重量のおよそ半分から 3 分の 2 の重さまでしか運べない。また、LRV の地上高は満載時で 14 インチ（約 36cm）、無積載時で 17 インチ（約 42cm）であることも、ごつごつした地表を走行する上で役立っていた。



PHOTOGRAPH: NASA



PHOTOGRAPH: NASA



PHOTOGRAPH: NASA

活躍したオメガ「スピードマスター」

月面でのナビゲーションという点において、NASA もボーイングもゼネラルモーターズも、EV の中央パネルに表示される方位、方角、距離、航続距離の指示器の予備を用意する必要はないと考えていたことは驚きだ。宇宙空間における初期のナビゲーションシステムとして、宇宙飛行士たちはこうした指示器のデータと [オメガの時計「スピードマスター」](#) のストップウォッチ機能を併用し、予定をこなしていたのである。

「地図には方角と距離、時間が書いてありました。つまり、10 分運転して止まり、[プラムクレーター](#)を探するというわけです」と、デュークは説明する。「最初の目的地まで運転し、そこでの作業時間は 40 分と決まっています。ですからストップウォッチがいちばん便利でした。正確で簡単に読み取れ、予定通りに行動する上で役立ったのです」だが、もし最悪の事態が発生して、LRV が完全に壊れてしまったらどうするのだろうか？

「その場合は放棄するしかないでしょうね。でも、帰る方向はわかります。月着陸船まで轍（わだち）の跡をた

どれますから」と、デュークは語る。「ヤング（アポロ 16 号船長のジョン・ヤング）とわたしは遠心分離機を使って、6 分の 1 の重力でどこまで歩いて戻れるかを何回か試しています。ふたりとも 8km が限界だと感じていました。しかも、月の地表は平坦ではありません。起伏が激しく砂ぼこりが多いので、1km でも歩いて帰るのは大変だったでしょうね。幸いなことにクルマの信頼性が高く、故障は起きませんでした」

月面を疾走するタイヤというイノベーション

月面車の開発で最も重要かつ解決が困難だった課題は、車輪の開発である。その主な理由は、走行する地表にある。月の表面はレゴリスと呼ばれる岩石でできた層で覆われている。レゴリスの厚みはそれぞれ 5~10m ほどあり、灰色の細かい土や塵、岩石片などが混ざってできたものだ。その密度は 1.5g/立方センチメートルほどである。純水の密度が 1g/立方センチメートルであることを考えると、なぜ特殊なタイヤが必要だったのか理由がわかるだろう。また、LRV の月面走行用の車輪が、蒸気自動車の開発者である英国のトーマス・リケットが 1857 年に考えた設計に基づいていることを多くの人は知らないはずだ。当時、機関車の車輪を制作していたリケットは、蒸気自動車という小型の乗り物を開発しようと考えていた。その構想の途中で思いついたのが、メッシュ状の「弾力のある金属製のタイヤ」だったのだ。NASA はこの斬新な設計に可能性を見出した。月の超微細な地表にタイヤをとられることなく、滑らかに走行するために必要なものだと判断したのである。しかし、問題がひとつあった。リケットはメッシュのタイヤの作り方を記録していなかったのだ。

最終的にゼネラルモーターズの開発者は、タングステンでコーティングした直径 84 ミクロン（髪の毛の太さくらい）のワイヤーにたどり着く。ところが、ワイヤーをメッシュ状にする機械がなかったため、NASA はバスケット織りの職人にタイヤの製作を依頼した。その職人がタイヤを 1 本編むには 8 時間かかったという。

「タイヤがつぶれないように、ワイヤーのタイヤの内側には小さなスチール製のバンドがついていて、それが弾力性を高めています。何かにぶつかっても跳ね返るのです」と、デュークは説明する。このバンドが内側の枠となり、衝撃を受け止めている。大きな衝撃があったときも、メッシュが過度にゆがまないようにしているというわけだ。また、ワイヤーをメッシュ状にした車輪は地面との摩擦を高めるため、接地面積の 50% を覆うように金属板がくさび形に配置されている。LRV の車輪は、それぞれ個別の電気モーターで動作する。トラクションドライブ（一方のローラーから別のローラーに動力を伝達する方法）のシステムから切り離すことで、動力の伝わらないフリーホイールにもできる。また、フロントとリアのステアリングの機構はそれぞれ独立している。つまり、宇宙飛行士は 4 輪でも、片側の 2 輪だけでも LRV を動かせるのだ。ステアリングに不具合が発生した場合、片側の車輪の連結を外して、使えるほうのステアリングの機構だけで任務を続行できるのである。この機能は実際に役に立ったという。「あるとき、片方のステアリングが故障したので、ヤングが無効にしています」と、デュークは説明する。「それでフロントのステアリングだけで運転したのです。とはいえ、1 時間後に再び電源を入れたら直りました」もうひとつ、タイヤ周りで重要だったのは泥除けである。「粉塵を防ぐためにフェンダーが付いていました。右後方のフェンダーを間違っ外してしまったのか、ヤングが外したのかは覚えていませんが、ふたりとも戻すことを考えなかったのです」と、デュークは語る。「これは大きな間違いでしたね。走行によって舞い上がった砂ぼこりをかぶることになったからです。宇宙服が砂まみれになってしまいました」

月探査に革命

「充電については、電力不足になる心配は少しもありませんでした。25km 走っても問題なかったのです」と、デュークは振り返る。「それに、わたしたちが離陸する様子をテレビで見られるように、（月面を去る際に）バッテリーを起動した状態でクルマを置いてきましたから」

デュークが乗った LRV の最大の難点は、扉がないにもかかわらず乗り降りが大変だったことだという。「座席に背中を向けて腰を下ろし、足を車体に入れることができないのです」と、デュークは説明する。「そこで手を伸ばして車体につかまり、何回か飛び跳ねて体を引き上げ、座席に着地する方法を思いつきました」

次の月面着陸プロジェクトに向けて、デュークはこの問題点を解決しようと取り組んでいる。彼は NASA の新型 LRV に入札する企業の相談役を務めているのだ。「できるだけ操作が楽で、簡単に乗り降りできるようにしたい

ですね」デュークの話を知りただけで、彼が50年経ったいまでもLRVに強い愛着をもっていることが伝わってきた。「当時の最先端技術でした。美しい機械で、月探査に革命をもたらしたのです」と、デュークは言う。「本当に楽しい時間を過ごせましたよ」実のところ、LRVでレースをするなどして楽しんでたという。「グランプリを開催しました」と、デュークは振り返る。「50mほど離れたところにカメラを設置して、ヤングが200mほど走ってから曲がり、1周するのです。5周くらいしたと思います。10分ほどかかりました。砂ぼこりがそこら中に舞い、わたしは『地面から浮いているよ!』と叫んでいましたね」

デュークに『WIRED』の評価システムに基づいてLRVの点数を聞いてみた。すると彼は、はっきりと「10点」と即答した。これまで『WIRED』では製品レビューで満点の評価をほとんど与えていない。とはいえ、法外な価格で充電ができず、航続距離が限られているといった欠点はあるものの、元宇宙飛行士で米空軍将校、テストパイロットという栄誉ある人物に反論するわけにはいかない。デュークが10点と言うなら10点なのだ。

最後にもうひとつ質問をしてみた。宇宙船の乗組員たちがクレーターを飛び越え、月の山を駆け下りているときに、運転しているクルマは世界で最も高価なEVで、しかも最終的に月に置き去りにすることを認識していたのだろうか? 「ええ、もちろんです。『バッテリー切れでも何千万ドルもするクルマが欲しいなら、どこで手に入るのか教えてあげるよ』と周りによく言っていました。予備のバッテリーをもっていく必要がありますけれどね」

◎「WIRED」な点

地球外用のEV! 予想をはるかに超えるバッテリー効率。荒れた月面でも優れたハンドル操作。正確で信頼性の高いナビゲーションシステム。軽くて強靱。金属製のタイヤ。運転が非常に楽しい。

△「TIRED」な点

天文学的な価格。バッテリーは充電不可。航続距離はたったの57マイル(約91km)。屋根のない設計なので月の砂ぼこりが入ってしまうことがある。フェンダーに難あり(運転手のせいかもしれない)。乗り降りがしにくい。(WIRED US/Translation by Nozomi Okuma)

<https://news.yahoo.co.jp/articles/89f4ddc6d84da46f0826323e9323497c00cb4044>

アポロ11号月面着陸オールドリン氏の船内服、3億7000万円で落札

7/27(水) 14:04 配信   



[270万ドル\(約3億7000万円\)で落札されたアポロ11号のバズ・オールドリン飛行士が着用した船内服。米ニューヨークのサザビーズで\(2022年7月21日撮影\)。](#)【翻訳編集】 AFPBB News

【AFP=時事】1969年に人類初の月面着陸を果たしたアポロ11号(Apollo 11)の乗組員、[バズ・オールドリン\(Buzz Aldrin\)](#)飛行士が着用した船内服が26日、270万ドル(約3億7000万円)で落札された。競売大手サザビーズ(Sotheby's)が明らかにした。[【写真】3.7億円で落札されたアポロ11号の船内服](#) 落札された白い船内服には、米国旗と米航空宇宙局(NASA)のロゴとアポロ11号ミッションのワッペン、「E. ALDRIN」の名札が付いている。サザビーズは「この極めて希少な服には複数の入札があった。10分ほど競り合った後、電話で参加の入札者が落札した」と発表した。オークション前にオールドリン氏は、「多くの人にとっては歴史的瞬間を象徴するものだが、私にとっては科学と探検に捧げた人生の個人的な思い出の品。これらの品々を世界と

分かち合うのにふさわしい時が来たと思った」と述べていた。同ミッションの乗組員3人のうち、存命なのはオルドリン氏のみ。同氏はまた、この船内服は月面歩行時に着用した宇宙服とは別物と説明。「このカバーオールは（中略）、歴史的な月面旅行と帰還というアポロ11号のミッション中、司令船コロンビア（Command Module Columbia）の中で着用した」と語った。今回のオークションでは出品された69点のうち68点が落札された。落札価格は飛行計画書の81万9000ドル（約1億1100万円）を含め、総額820万ドル（約11億円）に上った。【翻訳編集】 [AFPBB News](#)

<https://sorae.info/astromy/20220723-jupiter-rings-saturn.html>

土星のような環を木星が持たないのはなぜか、その理由に迫った研究成果

2022-07-23 [松村武宏](#)



【▲ ハッブル宇宙望遠鏡が撮影した木星。2021年9月4日撮影（Credit: NASA, ESA, A. Simon (Goddard Space Flight Center), and M.H. Wong (University of California, Berkeley) and the OPAL team)】

【▲ 巨大な環を持つ木星の想像図（Credit: Stephen Kane/UCR)】

太陽系最大の惑星「木星」と、その次に大きな惑星「土星」。木星と土星はどちらも水素やヘリウムを主成分とした巨大ガス惑星ですが、土星は水の氷が主成分の巨大な環を持っています。木星にも塵を主成分とする環がありますが、土星の環と比べて非常に薄くて暗いため、1979年に「ボイジャー1号」が木星を接近観測するまで発見されることはありませんでした。

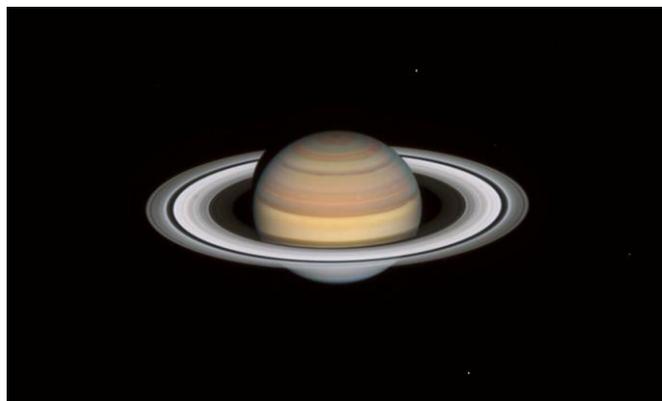
■巨大なガリレオ衛星が巨大な環の形成を妨げた可能性

今回、カリフォルニア大学リバーサイド校の天体物理学者 Stephen Kane さんと同大学の大学院生 Zhexing Li さんは、木星が現在のような姿になった理由を理解するために、木星の巨大な4つの衛星「イオ」「エウロパ」「ガニメデ」「カリスト」（いわゆる「ガリレオ衛星」）の軌道や木星自身の軌道、形成された環の存続期間などに関するコンピューターシミュレーションを実行しました。

「私は長年気になっていました、なぜ木星にはもっと素晴らしい環がないのでしょうか？」（Kane さん）

シミュレーションの結果、質量が十分大きな衛星の影響によって環の材料となる氷の軌道が変化して、木星周辺から投げ出されたり衛星と衝突したりすることで、環の形成が妨げられる可能性が示されたといいます。Kane さんたちによれば、衛星の公転周期がガリレオ衛星のような軌道共鳴（※）の状態になっていると、特に環の形成が妨げられやすいようです。

※...ある天体を周回する2つの天体が重力を介して相互作用した結果、公転周期の比が「2:1」や「3:2」といった単純な整数比に近づく現象。ガリレオ衛星ではイオ・エウロパ・ガニメデの公転周期の比が1:2:4の整数比に近い。3つ以上の天体に関わる場合は「ラプラス共鳴」とも呼ばれる。



【▲ 木星のガリレオ衛星。イオ(左上)、エウロパ(右上)、ガニメデ(左下)、カリスト(右下) (Credit: NASA/JPL)】

【▲ ハッブル宇宙望遠鏡が撮影した土星。2021年9月12日撮影 (Credit: NASA, ESA, A. Simon (Goddard Space Flight Center), and M.H. Wong (University of California, Berkeley) and the OPAL team)】

また、土星の環は永続的なものではなく一時的な存在で、あと1億年ほどで消滅するかもしれないと考えられています。現在は巨大な環を持たない木星も、過去の一時期には土星のような環を持っていたのではないかと予想できますが、KaneさんとLiさんの分析によれば、過去のいかなる時点でも木星には巨大な環が存在しなかった可能性が高いようです。「巨大な惑星に巨大な衛星が形成されると、がっしりとした環の形成が結果的に妨げられます」(Kaneさん)

ちなみに惑星の環は、木星や土星だけでなく天王星や海王星でも見つかっています。なかでも公転軌道に対して自転軸がほとんど横倒し(約98度)になっている天王星は、過去に起きた巨大衝突によって自転軸が傾いたのではないかと考えられていて、天王星の環は衝突の痕跡である可能性もあるといえます。

Kaneさんは惑星の巨大な環を“事件現場に残された痕跡”にたとえて、環を構成する物質がそこに置かれることになった壊滅的な出来事の証拠だと語っています。今後、Kaneさんは天王星に関するシミュレーションを行って、環の存続期間を確認する計画を立てているとのこと。

関連：[土星で観測された異常なオーロラは未知の機構によって発生した！？](#)

Source Image Credit: NASA, ESA, A. Simon (Goddard Space Flight Center), and M.H. Wong (University of California, Berkeley) and the OPAL team

[カリフォルニア大学リバーサイド校](#) - Why Jupiter doesn't have rings like Saturn

[Kane & Li](#) - The Dynamical Viability of an Extended Jupiter Ring System (arXiv) 文／松村武宏

<https://www.gizmodo.jp/2022/07/mars-sample-return-update.html>

火星サンプル回収ミッションに小型ヘリコプター。欧州ローバーはキャンセルに

2022.07.29 16:00 たもり



Image: NASA/JPL-Caltech

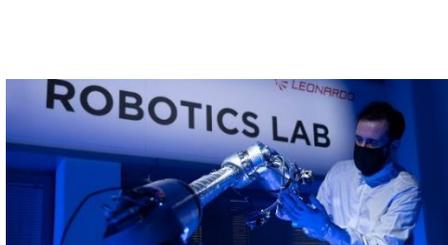


Image: Leonardo



Image: NASA/JPL-Caltech/ASU/MSSS

回収ローバーはキャンセルに。

火星の岩石や土壌を地球に持ち帰るといふ NASA と欧州宇宙機関 (ESA) の共同ミッションの新展開。[BBC](#) に

より報じられ、NASA から発表がありました。

火星では現在、探査車「パーサヴィアランス」がマーズ・サンプル・リターン・ミッション（MSR）で持ち帰るための地表サンプル採取と保存に取り組んでいます。そしてサンプルの回収には、Airbus（エアバス）社が開発を進めている「[フェッチ・ローバー](#)」が投入されることになっていました。

しかし、NASA と ESA が MSR の計画を見直した結果、プロセスの簡略化とリスク&コスト削減のため、サンプル回収を行なうフェッチ・ローバーの代わりにロボットアームやヘリコプターが活用されることになりそうです。ESA の David Parker 博士は「火星にはパーサヴィアランスが居て非常に有能だ。信頼性解析はパーサヴィアランスが動き続けられることと示唆している。それによって我々はプログラムを簡素化できフェッチ・ローバーを外せるようになり、新たな（リスクある）着陸の必要性を排除できる」と BBC に語っていました。順調に稼働しているパーサヴィアランスならば回収作業も行えるだろうと踏んだようですね。

高性能ロボットアーム

そして ESA はサンプル回収の新たな手段のために、先日イギリスで開催されたフーンボロー国際航空ショーで、イタリアの航空宇宙企業「Leonardo S.p.A.（レオナルド）」と契約を締結。同社は、MSR でサンプルチューブを回収するためのロボットアーム「[Sample Transfer Arm](#)」の設計や開発などを担うことになります。

「サンプルを運ぶ腕」を意味する Sample Transfer Arm は“肩”、“肘”、“手首”で人間の腕を模した最新鋭ロボットアームで、ESA の [プレスリリース](#) いわく「“見て”“感じて”、自律的な意思決定ができる」そう。長さは 2.5m、コンピュータやカメラ、センサー類を搭載していて 7 自由度での幅広い動作を行なえるとのこと。また、嵐や気温(-130°C/+70°C)など火星の過酷な環境も踏まえて開発されます。

ESA のプレスリリースでは、「アームはとても器用なのでチューブを探査車から取り出したり、火星の地表から拾いあげたり、容器に入れて火星を離陸する前に蓋を閉じることができる」と説明されていました。2025 年 11 月までに NASA に届けると BBC は報じています。

ヘリコプターの活用

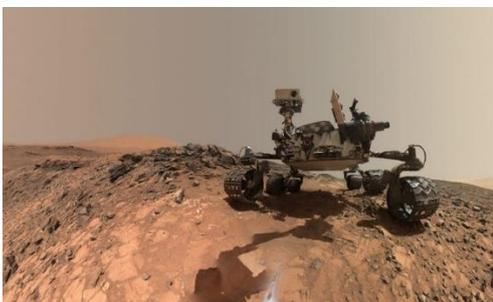
また「もしかしたら、小型ヘリを 1 機や 2 機を保険として使えるかも」と Parker 博士がコメントしていた通り、サンプルを空輸できるヘリコプターが 2 機投入されそうです。パーサヴィアランスが壊れてしまった場合、小型ヘリコプターが代役を務めます。

火星でヘリと言えば、期待をはるかに上回る活躍を見せている「[インジェニュイティ](#)」が思い浮かびますが、そう遠くはない未来、複数のヘリコプターが火星を飛行するようになるのでしょうか。だとしたら、まさに宇宙探査新時代の幕開けですね。小型ヘリコプター、アーム、帰還用ロケットは 2028 年中までに打ち上げられる予定で、サンプルが地球に届くのは 2033 年の予定です。Source: [BBC](#), [leonardo](#), [ESA](#), [NASA](#),

<https://sorae.info/astromy/20220727-explosive-volcanic-eruption.html>

火星でも爆発的な噴火があった！？湖底堆積物に見られる鱗珪石から推定

2022-07-27  [彩恵りり](#)



【▲ 図 1: 2015 年 7 月 30 日に撮影されたキュリオシティの“自撮り”。写真下部に見える白っぽいラインは、図 2 で示されるサンプル採取の痕跡です。(Credit Image: NASA, JPL-Caltech, MSSS)】

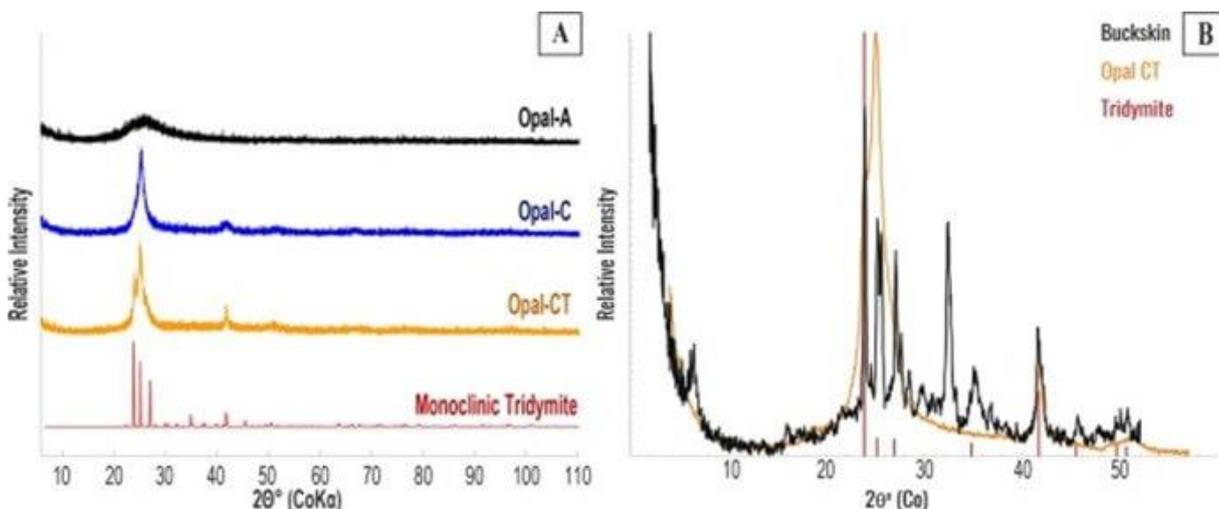
【▲ 図 2: キュリオシティがゲールクレーターのサンプルを採取した跡。このサンプルから、今回の研究の主役である鱗珪石が見つかりました。(Credit Image: NASA, JPL-Caltech, MSSS)】

火星は今でこそ不毛の惑星ですが、生まれてからしばらくの間は地球とよく似た環境を維持していたと考えられています。かつて火星の表面にはかなりの量の液体の水があり、火山活動も活発だったと考えられています。今では水も火山も、その痕跡を表面に残すのみではありますが、表面の物質を分析してかつての環境を推定する研究が続けられています。アメリカ航空宇宙局 (NASA) の火星探査車キュリオシティは、火星探査を高精度で行う、まさに“走る実験室”です。キュリオシティは 2012 年 8 月 6 日に、火星のエリシウム平原にあるゲールと呼ばれるクレーターに着陸しました。ゲールクレーターは 38 億年前に形成された後、しばらくの間は水を湛えた湖であったと考えられています。火星が液体の水を持っていた時代の地質学的証拠があると推定される事から、キュリオシティの着陸地点として選ばれました。ライス大学によると、ゲールクレーターには 10 億年前まで液体の水があったらしいという証拠をキュリオシティが発見しています。そして 2015 年に、ゲールクレーターの堆積物を掘り起こし、どのような鉱物が含まれているのかを分析しました。すると、堆積物には鱗珪石 (りんけいせき、Tridymite) と呼ばれる鉱物が、最大で 15.6w% (重量パーセント) という高濃度で含まれている事が分かり、科学者たちを驚かせました。鱗珪石は二酸化ケイ素の鉱物であり、岩石で一般的な石英 (綺麗な結晶は水晶とも呼ばれる) と同じ組成ですが、生成環境が異なる鉱物です。科学者が驚いたのは、鱗珪石の生成環境が火星では想定外であったためでした。鱗珪石の生成環境は 870°C から 1470°C という高温が必要で、また珪長質マグマというケイ酸塩に富んだマグマも必要です。珪長質マグマの火山は地球ではセント・ヘレンズ山や薩摩硫黄島など、爆発的な噴火と火山灰の噴出を伴う火山として知られています。ただし、鱗珪石は高温でのみ安定して存在する鉱物であり、ゆっくり冷えると石英に変化してしまいます。このため、鱗珪石が地上で観られる条件は限られており、地球では日本、イタリア、グリーンランドなど、限られた場所でしか見つかりません。一方、火星で見ついている岩石のほとんどは玄武岩質マグマというケイ酸塩に乏しいマグマが由来となっており、珪長質マグマ由来の岩石は非常に乏しいです。玄武岩質マグマの火山はキラウエアや伊豆大島など、火山灰をほとんど噴出せず、マグマを静かに流す事が特徴です。ゲールクレーターで見つかった鱗珪石は堆積物の 1 つの層に集中しているため、状況的に最もあり得るのは火山灰が鱗珪石の由来だった可能性です。しかし、火星にそのような火山がある証拠は今のところ見つかっておりません。また、二酸化ケイ素と水との長年の相互作用や、隕石衝突で一時的に生じる高温高圧は、マグマ以外の源から鱗珪石を生じさせる事がありますので、これらと区別する必要もあります。ゲールクレーターは、まさにそのような環境だからです。

ノーザン・アリゾナ大学の V. Payré 氏らは、ゲールクレーターの鱗珪石が火山灰に由来するのかどうかを様々な角度から調べました。Payré 氏らはまず、鱗珪石の結晶構造がどの程度しっかりしているのかを、鉱物の同定に用いられるキュリオシティの X 線回折装置「XRD」のデータから解析しました。その結果、ゲールクレーターの鱗珪石の結晶構造は非常にしっかりとしており、結晶度の低い部分がほとんどない事が分かりました。これは、オパールのような非常に結晶度の低い二酸化ケイ素では説明できないものです。この点から、鱗珪石が水との相互作用で生じた可能性が排除されます。

また、ゲールクレーターの鱗珪石は、単斜晶系という結晶構造を持っている事も分かりました。これは鱗珪石が高温で生成された後、急速に冷却された事を示しています。このような環境は、爆発的な噴火で火山灰になるまで岩石が破碎されるか、隕石衝突のような環境でしか存在しない事が、地球で見つかる単斜晶系の鱗珪石の研究で判明しています。ここまで絞れたところで、次に調べるのは鱗珪石以外の成分です。ゲールクレーターで鱗珪石が見つかった堆積物サンプルの半分以上はケイ素に富むアモルファス成分 (結晶度が非常に低いか全く無い物質) ですが、残りは灰長石、正長石、鱗珪石、磁鉄鉱、クリストバス石、無水石膏で構成されている事が分かりました。また、元素の濃度を調べると、ケイ素の量に対してアルミニウムが少なく、チタンが比較的多めである

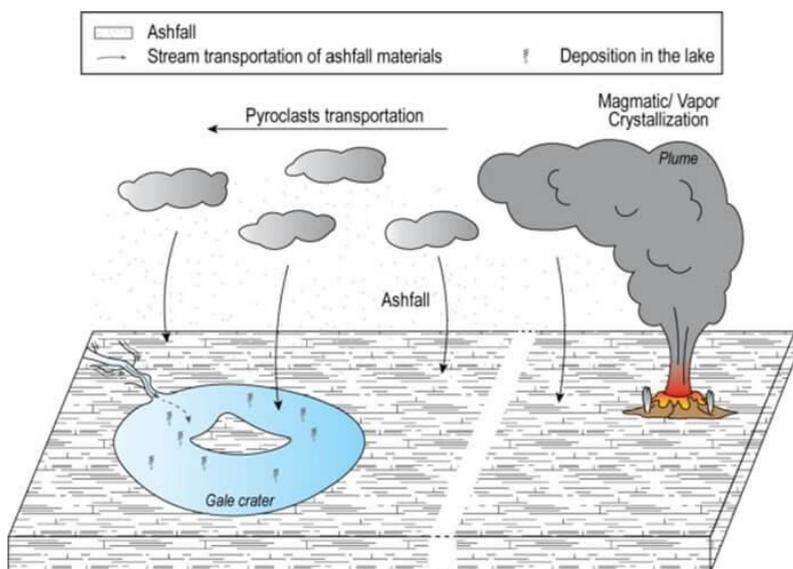
事も分かりました。これらの成分は、流紋岩質マグマ（珪長質マグマの1種）と比較的一致します。ただし、比較的と評したように、それだけでは全てを説明できるわけではありません。



【▲ 図 3: XRD による鱗珪石の分析結果。鱗珪石（赤）を表すピークは非常にはっきりしており、結晶度の低いアモルファス成分（黒）や、鱗珪石と似た結晶構造を持つオパール CT（黄）とは明らかに違う事が分かります。(Credit: Payré, et.al.)】

ここで、ゲールクレーターにかつて存在していたと考えられている湖が、不一致な部分を埋めてくれます。水は火山灰に化学的風化を生じさせるからです。ケイ素に伴いやすい元素であるアルミニウムは水に溶けだしやすく、アルミニウムの濃度の低さは、水に溶け出してしまったからであると考えたと説明がつきます。

また、水との相互作用では、結晶度の低い二酸化ケイ素は水に溶けてしましますが、結晶度の高い二酸化ケイ素は水にほとんど溶けません。これにより、結晶度の低いオパール質の二酸化ケイ素は水に溶けてしまった一方で、結晶度の高い鱗珪石が高濃度で湖底に沈殿したと考えれば、分析した堆積物の状態を説明できます。現場の状況は隕石衝突ではなく、珪長質マグマの火山灰が最も理にかなっている事を示しています。



【▲ 図 4: 今回の研究で想定されたシナリオ。30 億年以上前、数千 km 離れた場所に珪長質マグマの火山があり、爆発的な噴火で大量の火山灰を発生させました。火山灰はやがてゲールクレーターを満たしていた湖へと落下し、堆積しました。(Credit: Payré, et.al.)】

以上から、かつての火星で起きた噴火について、以下のようなストーリーが考えられます。かつての火星には流紋岩に近い成分を持つ珪長質マグマを抱えた火山がありました。火山はゲールクレーターから数千 km 離れた場所にあったと推定されます。この火山のマグマだまりの中で、マグマに溶けたままの成分と、マグマに溶けきれず結晶化した成分に分かれる分別結晶作用という現象が起きました。この分別結晶作用は少な

くとも2回起こり、1回は正長石を、もう1回は鱗珪石と灰長石を生じたと考えられます。

そして37億年前から32億年前のヘスペリアン期のどこかの時代で、この火山は爆発的な噴火を起こしました。この時、マグマから生成された火山灰の中に、鱗珪石も含まれていました。この火山灰がゲールクレーターを満たしていた湖に降り注いで堆積し、その後ゲールクレーターから水が干上がるまでの間に化学成分の変化が起こり、現在観察される堆積物が生じた、と考えられます。

火星では玄武岩質マグマの証拠は十分にありますが、珪長質マグマの証拠はほとんどありません。しかしながら今回の、ゲールクレーターで見つかった鱗珪石に関する研究は、過去の火星で少なくとも1回、珪長質マグマを伴う火山の爆発的な噴火が起きた事を示しています。また、鱗珪石以外の成分の割合は、噴火の前にマグマの成分が大きく変化する現象が起きていた事を示しています。これは火星表面の地質学的・化学的変化を示しており、火星の惑星科学的な進化を測る上で非常に興味深いものです。過去の火星探査車は、近赤外線による成分分析に留まり、透明度の高い珪長質マグマの成分を見逃していた恐れがあります。これに対し、キュリオシティはX線で分析するXRDを搭載している事から、今回の発見に繋がったのかもしれませんが。2021年2月にジェゼロクレーターへ着陸したNASAの火星探査車パーサヴィアランスも同様の機器を搭載しており、新たな証拠が見つかるかもしれません。これからの火星探査や研究にも目が離せません。

関連：[生物由来の可能性も？火星探査車「キュリオシティ」のサンプルが示す炭素同位体比](#)

Source Image Credit: NASA/JPL-Caltech/MSSS; Payré et.al.

[V. Payré, et.al.](#) - Tridymite in a lacustrine mudstone in Gale Crater, Mars: Evidence for an explosive silicic eruption during the Hesperian (Earth and Planetary Science Letters)

[Rice University](#) - Study: Explosive volcanic eruption produced rare mineral on Mars

[Kazuhide KAWAI, et.al.](#) - The first finding of monoclinic tridymite in terrestrial volcanic rocks (Mineralogical Journal)

[Richard V. Morris, et.al.](#) - Silicic volcanism on Mars evidenced by tridymite in high-SiO₂ sedimentary rock at Gale crater (Proceedings of the National Academy of Sciences) 文／彩恵りり

<https://sorae.info/astronomy/20220725-jwst.html>

ジェームズ・ウェッブ宇宙望遠鏡が早くも約135億年前の天体を観測！

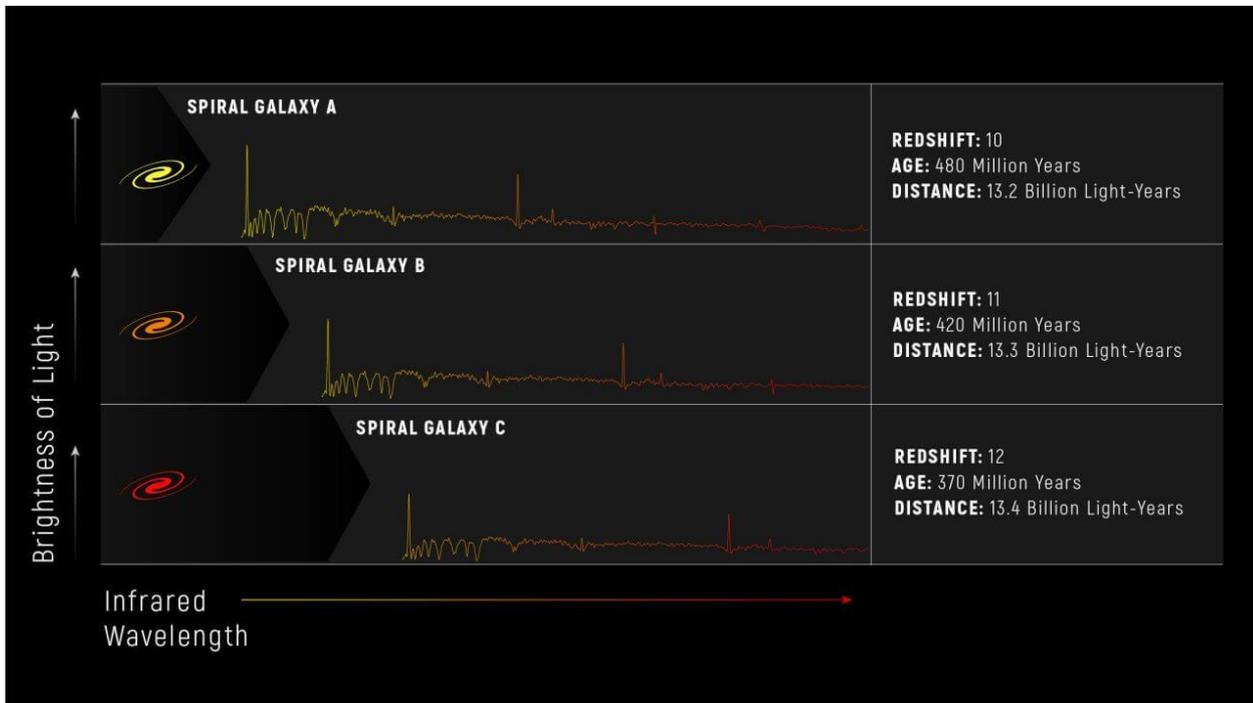
2022-07-25  [彩恵りり](#)

この宇宙では、光の速さはあらゆる速度の上限です。私たちが観ている天体の光もこの制限を受けるため、今この瞬間観ている天体の姿は、実際には光の進んだ時間の分だけ昔を観ている事になります。このため、宇宙のより遠くを見ようという行為は、より古い時代を観ている事と同等であり、それだけ宇宙誕生の瞬間に近づけます。では最も遠い天体、つまり最も古い時代に存在した天体は何でしょうか。

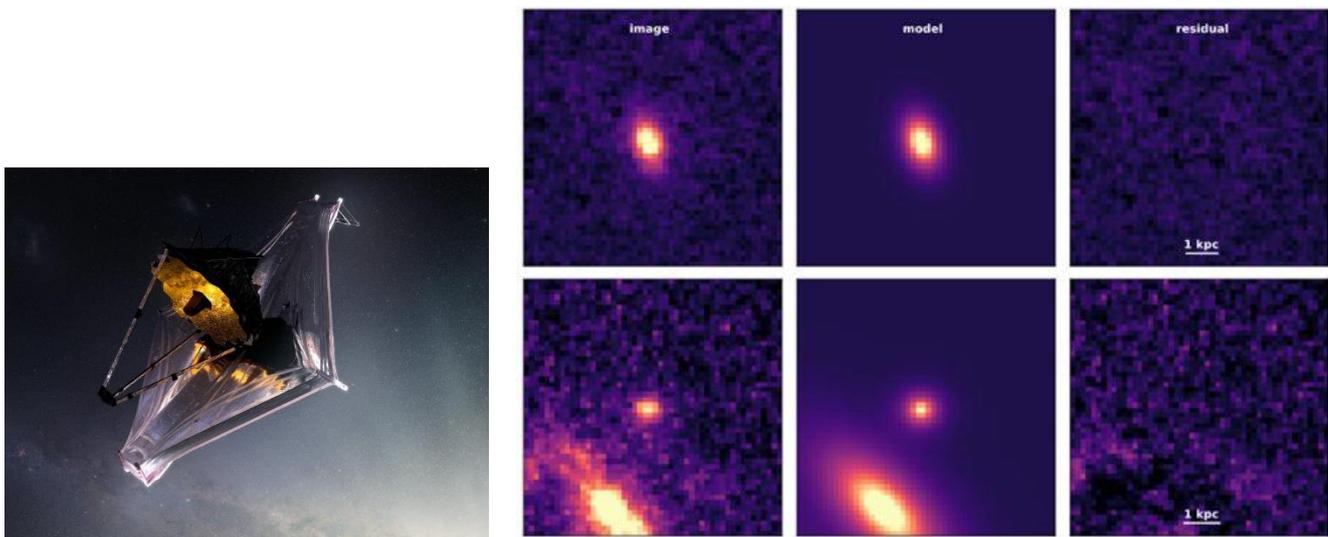
本題に入る前に、そもそも遠方の天体の距離の測り方について少し説明します。

皆さんは救急車やパトカーのサイレンが、近づいている時には音が高くなり、遠ざかると音が低くなる、という経験があるかと思います。これは、音という波の波長が、発せられる物体の運動の影響を受けて、縮んだり伸びたりするからです。これをドップラー効果と呼びます。

光も波であるため、ドップラー効果の影響を受けます。宇宙は膨張しているため、遠くにある天体は、私たちが見れば遠ざかる方向に運動して見えます。天体から発せられる光は、天体が遠ざかる速度の分だけ伸ばされ、波長が長くなります。ドップラー効果によって光の波長はより長い赤色に近づく事から、これを赤方偏移と呼びます。宇宙では遠くにある天体ほど遠ざかる速度が増すため、ドップラー効果は強くなります。スペクトル（電磁波の波長ごとの強さ）からドップラー効果による波長の伸び具合を測る事で、天体までの距離を逆算することができるのです。



【▲ 図 1: 遠くにある天体は、宇宙の膨張と共に遠ざかるため、光の波長が引き延ばされるドップラー効果が発生します。色は赤色に近づくため、これを赤方偏移と呼びます。(Credit: IMAGE: NASA, ESA, CSA, Andi James (STScI))】



【▲ 図 2: ジェイムズ・ウェッブ宇宙望遠鏡は、つい先日正式に稼働したばかりです。(Credit: IMAGE: NASA-GSFC, Adriana M. Gutierrez (CI Lab))】

【▲ 図 3: 上側 3 枚が GL-z11、下側 3 枚が GL-z13。左から、元の画像、モデル、残差を表します。(Credit: Naidu et al.)】

さて、ここまでの内容を踏まえた上で今回お話する論文は、非常に注目に値します (※1)。厳密には、これは論文ではなく、査読制度のある論文誌に投稿する前のプレプリントであり、いわば下書きの状態ですが、それでも注目を集めています。

ハーバード・スミソニアン天体物理学センターの Rohan P. Naidu 氏らは、ジェイムズ・ウェッブ宇宙望遠鏡の観測データから、天文学史上 2 番目に遠い天体を発見したかもしれない、というプレプリントを発表しました。ジェイムズ・ウェッブ宇宙望遠鏡と言え、ハッブル宇宙望遠鏡の次世代と目され、1996 年の開発開始から、25 年の歳月と 1 兆円の費用をかけようやく打ち上げられた宇宙望遠鏡として話題となりましたね。そして 2022 年 7 月 11 日から 13 日にかけて、ジェイムズ・ウェッブ宇宙望遠鏡のフルスペックの画像が公開された件は直近の

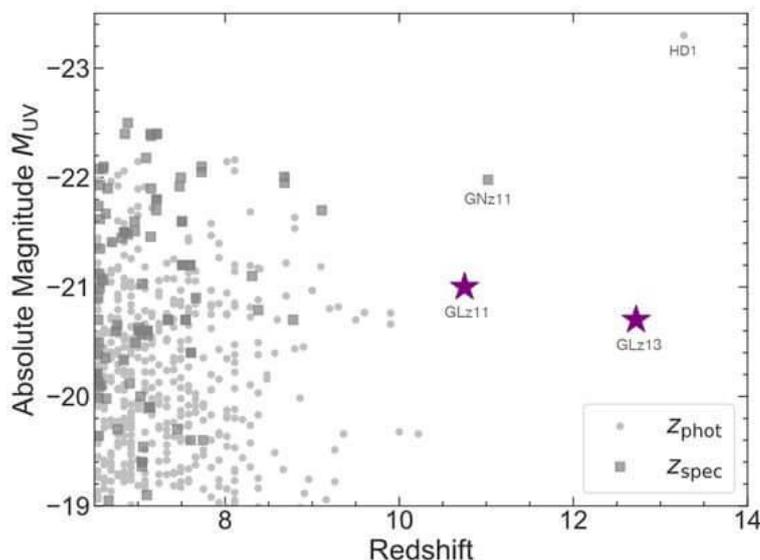
話題として記憶に新しいかと思えます。

関連 ・ [ついに公開！ ジェイムズ・ウェッブ宇宙望遠鏡の高解像度画像と観測データの数々](#)

・ [宇宙望遠鏡「ジェイムズ・ウェッブ」科学観測で取得された画像の1つが公開された！](#)

可視光線がメインのハッブル宇宙望遠鏡と違い、ジェイムズ・ウェッブ宇宙望遠鏡は赤外線望遠鏡として設計されました。その理由はいくつかありますが、重要な理由の1つは遠い宇宙を撮影するためです。先ほど、遠い天体の光は赤方偏移をしているというお話をしましたが、極端に遠い宇宙ではこの赤方偏移が重大な問題となります。誕生したばかりの宇宙に存在する天体は強い光を放っており、周りのガスを加熱します。そのガスは紫外線を放ちます。しかし私たちからそれを見ると、赤方偏移により赤外線になるまで引き延ばされてしまうのです。ハッブル宇宙望遠鏡は赤外線も観測可能ですが、あまり得意ではありません。また、単純に遠くにあるため、光そのものが非常に弱いという問題もあります。ハッブル宇宙望遠鏡よりも大きな主鏡を備え、赤外線の観測に特化しているジェイムズ・ウェッブ宇宙望遠鏡は、極めて遠くにある天体が放つと思われる赤外線の波長を捉えるのに特化しているという特徴があります。しかしながら、ジェイムズ・ウェッブ宇宙望遠鏡の性能は想像以上に優秀であったようです。フルスペックの画像として公開された画像の他にもいくつかのデータが既に揃っており、今回の論文もそれを基に書かれました。遠方の天体が見つかったのは2枚の画像で、波長2~5 μm を捉える近赤外線カメラ「NIRCam」によって撮影されました。2つの天体はそれぞれ赤方偏移の値から、GL-z13 (GLASS-z13) と GL-z11 (GLASS-z11) と名付けられました。

GL-z13は333.1億光年かなたに存在する134.8億年前の天体、GL-z11は320.9億光年かなたにある133.8億年前の天体です。これはそれぞれ宇宙誕生から3~4億年前と言う非常に若い時に存在した天体と言う事になります。ここで注意していただきたいのは、遠方の宇宙に存在する天体では、時代と距離に大きな開きが生じる事です。GL-z13は134.8億年前の銀河ですが、地球までの現在の距離は134.8億光年ではありません。宇宙は膨張して広がっているため、遠方の天体であるほど距離の引き延ばしの影響を受けるからです。それを補正した数字が333.1億光年という値です。このように、宇宙の膨張による引き延ばしを考慮した距離は共動距離と呼ばれています。一方、光が天体を発してから私たちに観測されるまでに進んだ距離は光路距離(光行距離)と呼ばれていて、この距離を用いることもあります。GL-z13までの距離を光路距離で表すと、134.8億光年という値になります。一般向けにも分かりやすいので光路距離が一般的に“距離”として使われる一方で、実際の距離は共動距離が正しくなります。GL-z11は300億光年以上の距離にある直径約2000光年(0.7kpc)の円盤銀河と良く一致する見た目の大きさをしています。一方でGL-z13はかなり小さく、推定直径は1600光年(0.5kpc)です。



【▲ 図4: GL-z13やGL-z11は、これまで見つかった遠方の天体の中でも記録的に遠いものです。(Credit: Naidu et al.)】

GL-z13は、現時点で見つかっている中で2番目に遠い天体となります。ただ、GL-z13の記録だけでは、そのス

ゴさはピンと来ないでしょう。ここでいくつかの記録を振り返ってみましょう。

最も遠い銀河として記録されているのは、2016年に発見されたGN-z11と呼ばれる銀河です(※2)。GN-z11は分光観測によって正体が銀河であると特定されており、多くの観測データが揃っているものとしては最も遠い天体です。その距離は326.8億光年であり、133.9億年前の宇宙に存在します。これより遠い天体は全て何かしらのデータが不完全であり、正体がはっきりしていません。

関連：[約134億光年先の天体「GN-z11」が観測史上最遠の銀河だと確定](#)

一方で、正体は銀河であると推定されるものの、まだはっきりと定まっていないものとしては、2022年に発見されたHD1とHD2と呼ばれる天体があります(※3)。HD1はGL-z13が見つかった現在でも最も遠い天体です。HD1は334.0億光年かなたにある、134.8億年前の宇宙に存在する天体です。HD2は若干HD1より近く、329.0億光年かなたにある134.5億年前の天体です。

関連：[約135億光年先に存在する銀河の候補を発見。観測史上最遠の可能性](#)

他に2011年から2012年にかけて発見されたUDFj-39546284とUDF12-3954-6284がありますが(※4)、この2つは距離の根拠となるデータの疑わしさや不確かさが問題となっており、これらが最遠の天体にカウントされる事はあまりありません。

名称	距離	時代	赤方偏移	備考
HD1	334.0億光年	134.8億年前	13.27 _(best fit)	最も遠い天体
GLASS-z13	333.1億光年	134.8億年前	13.1 ^{+0.8} _{-0.7}	
HD2	239.0億光年	134.5億年前	12.3 _(best fit)	
UDFj-39546284	326.8億光年	134.3億年前	11.9 ^{+0.3} _{-0.5}	データが疑わしい
UDF12-3954-6284	326.8億光年	134.3億年前	11.9 ^{+0.3} _{-0.5}	データが疑わしい
GN-z11	322.1億光年	133.9億年前	11.09 ^{+0.08} _{-0.12}	詳細観測されている
GLASS-z11	320.9億光年	133.8億年前	10.9 ^{+0.5} _{-0.4}	

【▲ 表1: これまでに発見された超遠方の天体の一覧。GL-z13(GLASS-z13)は現時点で2番目に遠い天体となります。(Credit: sorae)】

今回のGL-z13の発見には2つの注目すべき点があります。1つは、これまでの記録上2番目に遠い天体を発見した事です。私たちの現在の技術で見つかるという事は、それなりに明るく大きな天体である必要があるため、宇宙誕生から天体が生成されるまでの時間がより短くなったことを意味します。この事は、例えば宇宙誕生の瞬間に物質の量や密度のゆらぎがどの程度あれば、そのような大きな天体が短い時間でできるのか、という疑問の答えにもなるはずですが、ただし、より多くのことを語るには、GL-z13の詳細なデータを更に得る必要があります。現在では赤方偏移の値は不確かさが大きく、スペクトルデータなど様々な観測値も揃っていません。より多くの観測データが揃えば、GL-z13の正体や本当の距離、そして初期宇宙の環境についてより多くのことが分かるはずですが、もう1つは、最初の画像公開からわずか1週間後にこのプレプリントが発表されたスピード感です。ジェームズ・ウェッブ宇宙望遠鏡の運用は始まったばかりであり、まだまだ観測されていない領域は無数にあります。それにも関わらず、いきなり極めて遠い天体を見つけるというブルズアイ(大当たり)を射抜いた成果は、これからの観測にも期待が持たれます。例えばHD1は、すばる望遠鏡やスピッツァー宇宙望遠鏡など複数の天文台の観測データ、合計1200時間分を解析して見つけたものです。これに対しGL-z13は、ジェームズ・ウェッブ宇宙望遠鏡の単独観測で、露光時間も十数時間程度です。どちらが研究しやすいかは明らかでしょう。ジェームズ・ウェッブ宇宙望遠鏡が同じ領域を長期間観測し続ける、あるいは多くの領域を多数観測すれば、GL-z13のような遠くにある天体を発見するという成果は珍しくない話になるかもしれません。そしてニュースバリューが無くなるほどの観測数が揃えば、初期宇宙をより深く理解する助けになるはずですが。

今回の成果は、ジェームズ・ウェッブ宇宙望遠鏡が極めて優秀である事を示した一例となるでしょう。また、こ

れはまだまだ始まりに過ぎず、より多くの遠い天体が見つかる可能性は大いにあります。これからの成果が非常に期待されるところです。

Source [STScI](#) - Galaxies' Spectra: Detailed Information Delivered by Light

[STScI](#) - James Webb Space Telescope Artist Conception

※1: [Rohan P. Naidu, et al.](#) - Two Remarkably Luminous Galaxy Candidates at $z \approx 11-13$ Revealed by JWST (arXiv)

※2: [P. A. Oesch, et al.](#) - A Remarkably Luminous Galaxy at $z=11.1$ Measured with Hubble Space Telescope Grism Spectroscopy (The Astrophysical Journal)

※3: [Yuichi Harikane, et al.](#) - A Search for H-Dropout Lyman Break Galaxies at $z \sim 12-16$ (The Astrophysical Journal)

※4: [Richard S Ellis, et al.](#) - The Abundance of Star-Forming Galaxies in the Redshift Range 8.5 to 12: New Results from the 2012 Hubble Ultra Deep Field Campaign (The Astrophysical Journal Letters) 文／彩恵りり

<https://forbesjapan.com/articles/detail/49252>

2022/07/30 10:30

ハレー彗星が 100 億ドルのウェブ宇宙望遠鏡を破損させる可能性



Getty Images

今後 2 年の間に、ジェームズ・ウェブ宇宙望遠鏡は、ハレー彗星が太陽系に残した宇宙の塵とデブリの中を通過する。科学者たちは、2022 年 5 月に 100 億ドル（約 1 兆 3000 万円）の宇宙望遠鏡が流星塵によって損傷を受けた事故を繰り返さないよう緩和策を検討している。

ご心配なく、ハレー彗星そのものがウェブ望遠鏡に衝突することはない。

ハレー彗星の大きさは約 15 キロメートル×8 キロメートルで、約 75 年周期で太陽を周回しているが、太陽系に戻って地球の比較的近くを通過する（そして最も明るい星、シリウスのように輝く）ことは 2061 年までない。ウェブ宇宙望遠鏡は 2040 年代の初頭まで人類の貴重な宇宙観測所として存続することが期待されているが、おそらくその頃には役目を終えているだろう。

彗星は塵、岩石、氷などでできており、太陽に近づくと溶けて物質を撒き散らす。太陽系に入るときとそこから出ていくとき、彗星は太陽の周囲を回る前後にも、砂粒大の塵からなる軌跡を残す。

ウェブの技術者らは、1 カ月に 1 回程度の流星衝突を予測しているが、望遠鏡が流星群の中を通過する際には、その数をはるかに多くなる可能性がある。ネイチャーによると、アラバマ州ハンツビルのマーシャル宇宙飛行センターにある、NASA（航空宇宙局）の流星環境室では、現在ウェブの技術者のために、流星群予測の計算をしている。これはウェブ宇宙望遠鏡が、飛んでくる粒子群から逃れるように操作され、ミラーに粒子が衝突するのを防ごうとしているとも考えられる。つまり、軌道運動の方向を見る時間を最小限にすることを意味している。このシナリオは、2023 年 5 月と 2024 年 5 月の 2 度、ウェブ宇宙望遠鏡がハレー彗星の流星群の中を通過するとき問題になる可能性がある。ハレー彗星の流星群は、地球で観測された 2 つの著名な流星群、5 月のみずがめ座 η （イータ）流星群と 10 月のオリオン座流星群の主要因になっている。どちらも 1 時間当たり約 20 個の「流れ星」を生みだし、微小な宇宙塵が地球の大気圏に衝突し、エネルギーを光として放つ。ウェブの巨大な 6.5 メートルの主鏡は 18 個の金メッキされたベリリウム製の六角形セグメントから成り、深宇宙に対して完

全に露出している。セグメントの1つ、C3は2022年5月23日から25日の間に流星塵の衝突を受けた。衝突は修復不可能な永久的損傷を起こしたが、観測の画像品質に影響がないことが期待されている。

望遠鏡の主鏡もより小さいが測定可能な流星塵4個の衝突を受けたが、すべて予想の範囲内だった。

流星塵の衝突は、宇宙で作業する上で避けられない事象だが、現在ウェブの技術者らは、主鏡がどの程度の頻度で衝突を受けるか、それに対して何ができるのかを再評価している。

ウェブ宇宙望遠鏡は地球から約160万キロメートルのL2点を周回している。

ハレー彗星が太陽系で最後に観測されたのは1986年で、翌年には同彗星が太陽に向かって戻る前に地球から最も遠い地点で観測された。現在の距離は約35AU（太陽と地球間の距離の35倍）で、これはほぼ地球から準惑星の冥王星までの距離だ。現在はうみへび座の中、こいぬ座の輝星、プロキオンに近くにいる。

肉眼で見える彗星で人の一生に2回現れるのはこれだけだ。ハレー彗星は紀元前240年以来75年ごとに観測されているが、同じ輝ける物体が繰り返し夜空に帰ってくることがわかったのは、1705年に英国の天文学者エドモンド・ハレーが発見した時だった。ハレーは1758年の登場を待たずに亡くなったが、彼はその時期を正確に予測していた。 晴れた空と大きな瞳に願いを込めて。 翻訳＝高橋信夫

<https://sorae.info/astrometry/20220724-cataclysmic-variable.html>

太陽系外惑星を探す新たな手法は変光星の一種「激変星」がターゲット

2022-07-24 [松村武宏](#)



【▲ 公転する系外惑星から見た激変星の想像図（Credit: Departamento de Imagen y Difusion FIME-UANL/ Lic. Debahni Selene Lopez Morales D.R. 2022）】

ヌエボ・レオン自治大学（UANL）の Carlos Chavez 博士を筆頭とする研究チームは、太陽系外惑星を発見する新たな手法に関する研究成果を発表しました。研究チームが着目したのは、明るさが激しく変化することで知られる変光星の一種、白色矮星と恒星からなる「激変星」と呼ばれる連星系です。

■激変星の明るさの変化をもとに系外惑星や褐色矮星を検出できる可能性

白色矮星とは、太陽のように比較的軽い恒星（太陽の8倍以下の質量）が赤色巨星へと進化した後、ガスを失ってコア（核）だけが残った天体のこと。直径は地球と同じくらいですが、質量は太陽の4分の3程度もあるとされている高密度な天体です。

激変星では白色矮星と恒星が互いに接近した軌道を公転していて、恒星から流れ出たガスが白色矮星に落下しているとみられています。このガスが暴走的な熱核反応に至ると、白色矮星の表層が吹き飛ぶ「新星」（Nova、古典新星）という現象が起こります。また、ガスが降り積もり続けて白色矮星の質量が太陽の約1.4倍（チャンドラセカール限界）に達すると、「超新星」（Supernova）の一種である「Ia型超新星」が起きると考えられています。ただし、ガスはまっすぐ白色矮星に向かうのではなく、らせんを描きながら落下することで、白色矮星の周囲に「降着円盤」と呼ばれる薄い円盤構造を形成するとされています。降着円盤の温度は非常に高く、その明るさは白色矮星や恒星の明るさを圧倒するほどで、激変星からの光のほとんどは降着円盤から発せられているのだといいます。ちなみに、新星よりも小規模な爆発が繰り返される「矮新星」（Dwarf nova）は、白色矮星を取り囲

む降着円盤の状態が変化することで生じると考えられています。



【▲ 白色矮星と恒星からなる連星の想像図（動画）】（Credit: ESO/M. Kornmesser）

仮に、この激変星を惑星や褐色矮星（※）が公転していたとしても、一般的な恒星を公転する惑星などと同様に、直接発見するのは難しいでしょう。しかし、激変星を公転する惑星などの「第3の天体」は、恒星から流れ出て白色矮星の周囲に降着円盤を作り出すガスに対して重力を介して影響を及ぼすことで、激変星の明るさを変化させている可能性が考えられるといます。この明るさの変化を捉えることができれば、激変星を公転する“第3の天体”を間接的に検出することができるかもしれません。

※...恒星と惑星の間にあたる天体、質量は下限が木星の13~15倍・上限は木星の75~80倍程度と考えられている

そこで Chavez さんたちは、激変星の明るさの変化をもとに惑星のような暗い天体を検出する手法を検証するために、4つの激変星の観測データを分析しました。その結果、「きりん座 LU 星 (LU Camelopardalis)」「へび座 QZ 星 (QZ Serpentis)」「やまねこ座 BK 星 (BK Lyncis)」の3つについて、比較的質量が軽い“第3の天体”が公転している可能性が示されたといいます。3つの激変星のうち、「へび座 QZ 星」を公転する天体の推定質量は木星の0.63倍（地球の約200倍）で、惑星の範囲に収まっています。いっぽう、「きりん座 LU 星」と「やまねこ座 BK 星」を公転する天体の推定質量は木星の90倍前後で、褐色矮星の上限をやや上回っている可能性があるようです。1992年にパルサーを公転する太陽系外惑星が発見されてから今年で30年、既知の系外惑星の数は2022年7月18日の時点で5063個に達しています（アメリカ航空宇宙局（NASA）の太陽系外惑星データベースより）。研究チームは今回用いた新たな手法について、連星を公転する系外惑星を捜索する上で有望だと確信しているとのこと。

関連：[史上初めて太陽系外惑星が見つかったパルサー、実はレアな存在かも？](#)

Source

Image Credit: Departamento de Imagen y Difusion FIME-UANL/ Lic. Debahni Selene Lopez Morales D.R. 2022

[王立天文学会](#) - A New Method to Detect Exoplanets

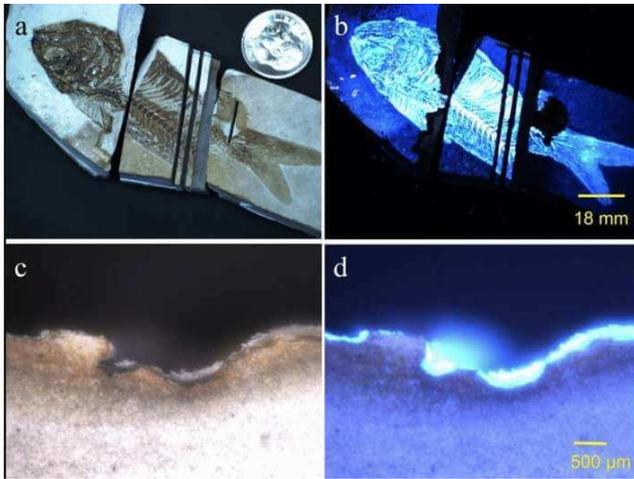
[Chavez et al.](#) - Testing the third-body hypothesis in the cataclysmic variables LU Camelopardalis, QZ Serpentis, V1007 Herculis and BK Lyncis

文／松村武宏

<https://sora.info/astronomy/20220726-compact-color-biofinder.html>

地球内外で古代生命の痕跡を検出する革新的な機器。ハワイ大学が開発

2022-07-26 [吉田 哲郎](#)



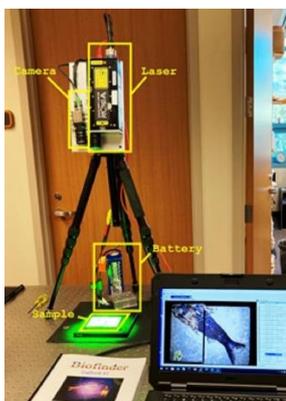
【▲ グリーンリバー累層から発見された魚の化石に含まれる生物学的残留物のバイオフィンダーによる検出。(a)白色光画像(b)蛍光画像(c)化石断面のクローズアップ白色光画像(d) 強い生物蛍光を示す蛍光画像 (Credit : Misra, et al.)】

過去に存在していた、あるいは今も存在するかもしれない地球外生命の痕跡（残留物）を見つけることは、惑星探査における大きな目標の一つです。ハワイ大学マノア校の Anupam Misra 氏を筆頭とする研究チームによって開発された革新的な科学機器は、その目標を前進させる可能性があるとして期待されています。Misra 氏らの研究成果は、2022年6月17日付けで「Nature Scientific Reports」誌に掲載されました。

その機器は「コンパクト・カラー・バイオフィンダー (Compact Color Biofinder)」と呼ばれています。バッテリー駆動でノートパソコンから操作できるポータブルな装置であるバイオフィンダーは、特殊なカメラを使って広い範囲をスキャンし、アミノ酸、化石、堆積岩、植物、微生物、タンパク質、脂質といった、生体物質の蛍光シグナルを検出できるとされています。

研究チームによると、米国コロラド州・ワイオミング州・ユタ州にまたがる 5600 万～3400 万年前（古第三紀始新世）のグリーンリバー累層から産出した魚の化石に含まれていた生物学的残留物（生命の痕跡）を、この装置は検出することに成功したと述べています。

装置の開発責任者である Misra 氏は「岩石に付着した微量の生物学的残留物を昼間でも検出できる装置は、今のところ他にありません。さらに、バイオフィンダーの強みは、数メートルの距離から動作し、ビデオを撮影し、広い領域をすばやくスキャンできることです」「もしもバイオフィンダーが火星や他の惑星を探索するローバー（探査車）に搭載されていれば、たとえ何百万年も前に死んだ目に見えないほど小さな生物だったとしても、その痕跡を検出するために広範囲を迅速にスキャンすることができます」と述べています。



【▲バイオフィンダーによる化石サンプルの観察 (Credit : A. Misra)】

Misra 氏は、地球外生命探査を目的としたアメリカ航空宇宙局 (NASA) の将来のミッションでは、バイオフィンダーで用いられている蛍光イメージングが重要な手段になると期待しています。Misra 氏たちは実際に、将来のミッションでバイオフィンダーを送り込む機会を NASA に申請しているそうです。

また、論文の共著者で生物学者の Sonia J. Rowley 氏は、バイオフィンダーの能力について、「地球に出入りする微生物や地球外でバイオハザード（生物学的災害）を引き起こす汚染物を正確かつ非侵襲的に検出するために、NASA の惑星保護（※）プログラムにおいて極めて重要になるでしょう」と語っています。

※...探査対象の天体を地球の生物で汚染したり、反対に探査対象の天体に由来する生物を地球へ持ち込んだりしないようにする取り組みのこと。

Source Image Credit: Misra, et al., A. Misra

[University of Hawaii](#) - UH-developed tool can detect ancient life on Earth and beyond

[Nature Scientific Reports](#) - Biofinder detects biological remains in Green River fish fossils from Eocene epoch at video speed

文／吉田哲郎

<https://sorae.info/astrometry/20220726-sdss-galaxy-zoo.html>

ちらりと見える背後の銀河。ハッブルが撮影した“ヘルクレス座”の3つの銀河

2022-07-26 [松村武宏](#)



【▲ ヘルクレス座の方向に見える「LEDA 58109」など3つの銀河（Credit: ESA/Hubble & NASA, W. Keel）
「ヘルクレス座」の一角を捉えたこちらの画像、一見すると2つの銀河が写っているように思えますが、実は違います。右上に写っているのは、「LEDA 58109」と呼ばれている単一の銀河です。いっぽう、左下の銀河は「SDSS J162558.14+435746.4」と呼ばれていますが、その中心から右側に飛び出したピンク色の構造のように見えるのは、背後にある別の銀河「SDSS J162557.25+435743.5」の一部なのです。

左下に写っている2つの銀河の名前はとてもよく似ていますが、これは地上の望遠鏡による掃天観測プロジェクト「スローンデジタルスカイサーベイ（SDSS）」のカタログに記載されていることを示す「SDSS」と、天球のどこに見えるのかを示した座標（赤経と赤緯）をもとに付けられています。重なり合っているほど近い位置にあるため、座標の値もかなり近いというわけです。ちなみに右上の銀河の「LEDA 58109」は、1983年にリヨン天文台が作成した「リヨン-ムードン銀河系外データベース（Lyon-Meudon Extragalactic Database）」での名前であり、SDSSのカタログでは「SDSS J162551.50+435747.5」と呼ばれています。

この画像に写っている銀河は、市民参加型の天文学プロジェクト「Galaxy Zoo」で実施された投票で選ばれた銀河の一部です。10万人以上のボランティアが参加した Galaxy Zoo では、未調査の銀河90万個が分類されました。プロの天文学者が何年も費やした可能性がある作業を、ボランティアたちはわずか175日間で達成したといえます。ESAによれば、Galaxy Zoo プロジェクトでは相互作用銀河をはじめ、風変わりな素晴らしいタイプの銀河が幾つも見つかり、その一部はこれまで研究されることがなかったといえます。そこで、Galaxy Zoo は「ハッブル」宇宙望遠鏡による追加観測の対象を選ぶための投票を2018年に実施。一般市民から約1万8000票が投じられた結果、冒頭の画像のように重なり合っている銀河をはじめ、合体銀河やリング状構造を持つ銀河など、全部で300個の銀河が観測対象に選ばれました。

冒頭の画像はハッブル宇宙望遠鏡に搭載されているカメラ「掃天観測用高性能カメラ（ACS）」、ゼロ・トロロ汎

米天文台のブランコ 4m 望遠鏡に設置されている「ダークエネルギーカメラ (DECam)」、スローンデジタルスカイサーベイ (SDSS) による光学観測データをもとに作成されたもので、ESA から 2022 年 7 月 25 日付で公開されています。 関連: [炎のようにゆがんで見える“うしかい座”の銀河](#)

Source Image Credit: ESA/Hubble & NASA, W. Keel [ESA/Hubble](#) - Follow the LEDA 文/松村武宏

<https://news.mynavi.jp/techplus/article/20220725-2407982/>

信州大など、クェーサー周辺の銀河間ガスの電離レベルが偏っている理由を解明

2022/07/25 19:34 著者: [波留久泉](#)

目次 [1](#) [2](#)

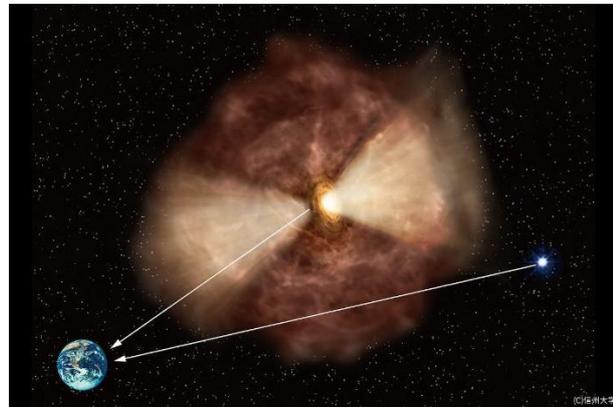
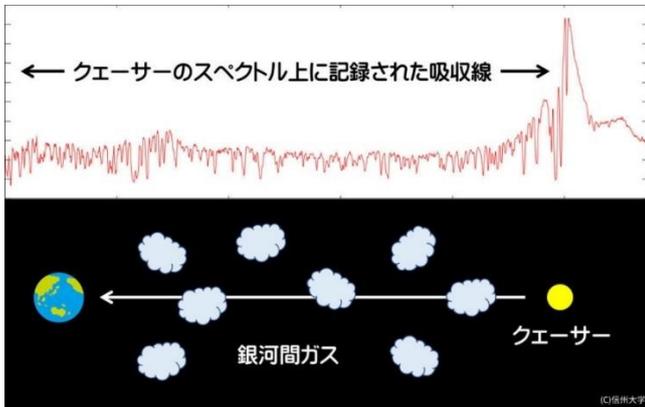
信州大学、東京大学(東大)、東京理科大学(理科大)の3者は7月21日、クェーサーの属する銀河周辺の水素ガスの電離レベルが偏っている理由を調べるため、水素ガスを電離させる紫外線の放射方向がある程度推測できる特殊な「BAL クェーサー」をすばる望遠鏡で観測したところ、クェーサー内部に存在するドーナツ状の遮蔽構造であるダストトラス(降着円盤)が、電離レベルの非等方性を引き起こしている可能性が高いことを突き止めたと発表した。同成果は、信州大 全学教育機構の三澤透教授、東大大学院 理学系研究科 天文学専攻の石本梨花子大学院生、信州大 大学院総合医理工学研究科の古布諭大学院生、東大大学院 理学系研究科 天文学専攻の柏川伸成教授、東京理科大学 教養教育研究院の大越克也教授、信州大 全学教育機構の登口暁 PD、埼玉大学大学院 理工学研究科 天文学研究室の Malte Schramm 特任助教(研究当時)、信州大 大学院総合理工学研究科の劉強大学院生らの共同研究チームによるもの。[詳細は、米天体物理学専門誌「The Astrophysical Journal」に掲載された。](#)

銀河中心の大質量ブラックホールの周囲には落ち込んできた物質やガスなどによる降着円盤が存在し、それが破壊的に強烈な紫外線を放射することで、周囲の水素ガスを電離することが知られている。それは銀河内だけではなく、銀河から遠く離れた銀河間ガスでも見られるという。とりわけ活動が激しい銀河核(≒大質量ブラックホール)がクェーサーと呼ばれているが、その紫外線放射は本来なら全方向に対して等方的なはずだが、これまでの観測から偏りがあることがわかっており、その原因として、クェーサーの発光領域を取り囲むダストトラス、つまり大質量ブラックホールの赤道上に構築される降着円盤の存在が考えられてきた。

過去に観測されたクェーサーが、いずれも降着円盤をほぼ正面(円盤面の全体が見える方向)から見た位置関係にあったとすると、紫外線放射がダストトラスに遮られる接線方向(横方向)は紫外線が照射されないため、電離レベルは下がるはずである。この仮説を検証するためには、見えている角度が90度異なる、降着円盤を横(円盤の厚みが見える方向)から見る角度でクェーサーを観測する必要があったことから、今回、研究チームは「BAL クェーサー」を観測対象として選択したという。

BAL とはスペクトル上の特殊な吸収構造のことで、その起源は降着円盤の表面から噴き出す、外向きのガス流である「アウトフロー」にあるとされている。このガス流は、降着円盤に近い角度で放出されることが理論的に予想されていることから、BAL を示すクェーサーは、降着円盤を横から見ている可能性が高いと考えられている。そのため、接線方向はダストトラスで覆われなくなるために電離レベルが上がり、吸収線が減少することが予想されたためとする。具体的には、現在世界最大の銀河サーベイとして知られる、約75万天体を含むスローン・デジタル・スカイ・サーベイ(SDSS)のクェーサーカタログから、さまざまな条件を課し、12個の理想的なBAL クェーサーを選出し、すばる望遠鏡を用いてそれらの詳細な観測が行われたという。

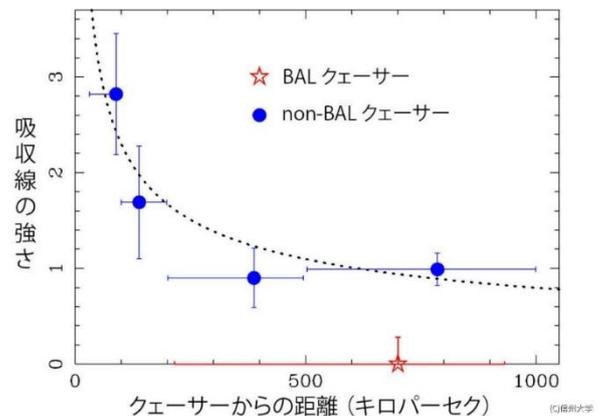
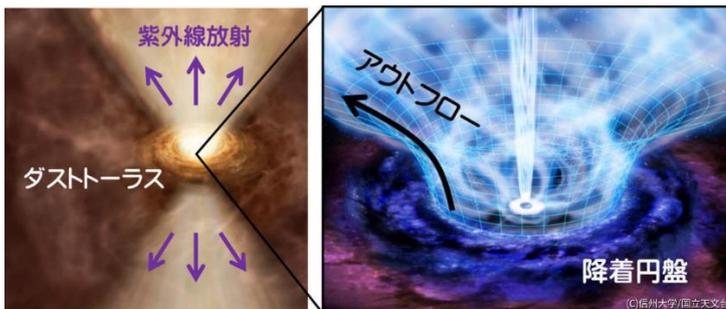
その結果、BAL クェーサーの接線方向の吸収は弱く、BAL を持たない通常のクェーサー(non-BAL クェーサー)周辺の吸収強度の1/4程度未満という結果が得られたという。この結果は、(1)BAL クェーサーの接線方向にある銀河間ガスの電離レベルが高い(すなわち大量の紫外線を浴びている)こと、(2)その原因がダストトラスによる非等方的な紫外線放射で説明できること、の2点を示唆するという。



(上)クェーサーのスペクトル上に記録された銀河間ガスによる吸収線。(下)各天体の位置関係のイメージ (C)信州大学 (出所:信州大プレスリリース PDF)

ダストフローと電離したガス(電離レベルは明暗差で表現)も描かれたクェーサーのイメージ。(A)クェーサー自身のスペクトルを用いると、その手前に存在する(視線方向の)ガスの電離レベルを調べられる。(B)背後にある別のクェーサーのスペクトルを用いると、手前のクェーサーの接線(横)方向のガスの電離レベルを調べられる。手前が BAL クェーサーなら、接線方向の電離レベルの上昇が期待される (C)信州大学 (出所:信州大プレスリリース PDF)

宇宙に分布する銀河間ガスは、クェーサーや銀河から放出される紫外線によって少しずつ電離されてきた。クェーサーからの紫外線放射が「非等方的」であることは、宇宙の電離の歴史を詳細に探る上で大変重要な情報となると研究チームでは説明するほか、今回の研究は、標準的なクェーサーのモデルにおいて不可欠な構造とされる「ダストトーラス」の存在を間接的に確認した点も、クェーサーの内部構造を探る上で重要な成果としている。



クェーサー中心部の想像図。(左)クェーサーの発光領域はダストトーラスで覆われているため、中心部からの紫外線放射は指向性を持つと推測されている。(右)銀河中心の大質量ブラックホールの周囲に明るく輝く降着円盤が存在し、そこからメッシュ構造に沿う向き(降着円盤に近い角度)にアウトフローと呼ばれるガスが放出されると考えられている (C)信州大学/国立天文台(出所:信州大プレスリリース PDF)

BAL クェーサー(星型の赤印)と non-BAL クェーサー(丸い青印)の接線方向で検出される吸収線の強さ(縦軸)と、クェーサーからの距離(横軸)の関係。1 キロパーセクは約 3260 光年。点線は青印に対するモデルフィット (C)信州大学(出所:信州大プレスリリース PDF)

なお、今回は 12 天体という比較的小さいサンプル数に基づいて行われたが、より強固な議論を行うためにはサンプルの増加が不可欠だとしており、すばる望遠鏡において、2024 年から運用が始まる新しい観測装置「超広視野多天体分光器(PFS)」を用いれば、暗い天体のスペクトルを一度に大量に取得できるため、今回の研究においても大きな進展が見込めるとしている。

ガンマ線バーストを使って約 132 億光年先まで測距できる方法、国立天文台が発見

2022/07/25 22:21

著者：波留久泉

目次 [1](#) [2](#)

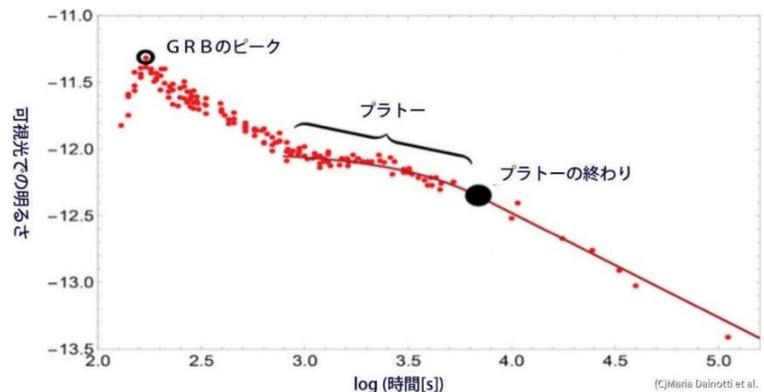
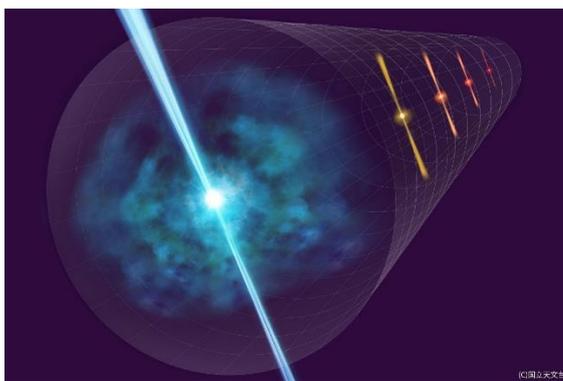
国立天文台(NAOJ)は7月22日、すばる望遠鏡などによるアーカイブデータを解析することで、宇宙で最もエネルギーの高い爆発現象の1つであるガンマ線バーストを“宇宙のものさし”として、132億光年先まで宇宙の距離を測定できる可能性がある方法を発見したと発表した。

同成果は、NAOJ および総合研究大学院大学のマリア・G・ダイノッティ助教を中心とした国際共同研究チームによるもの。[詳細は、米天体物理学専門誌「The Astrophysical Journal Supplement Series」に掲載された。](#)

Ia型超新星は、常に同じ条件で爆発し、明るさが一定であることから(近年、明るさが一定でない可能性があることも議論されている)、その見かけの明るさと実際の明るさを比較することで、どれだけ地球から離れているのかを導き出す「標準光源」、つまり“宇宙のものさし”として利用されている。

ただし、Ia型超新星は110億光年までしか利用できず、初期銀河といった130億光年以上彼方の天体には利用できなかった(現在、そうした最遠の天体については、宇宙膨張で天体が地球から見て遠ざかる関係で生じる光の波長が引き伸ばされる赤方偏移が主に利用されている)。

そこで、より遠方まで利用できる標準光源として、研究チームが着目したのが、ガンマ線が突発的に放出される「ガンマ線バースト(GRB)」だという。GRBは宇宙で最も明るい天体現象であり、同天体現象を標準光源として用いることができれば、132億光年彼方まで測定できる可能性があるという。ビッグバンまでわずか6億光年という初期宇宙にまで迫れるかもしれないという。



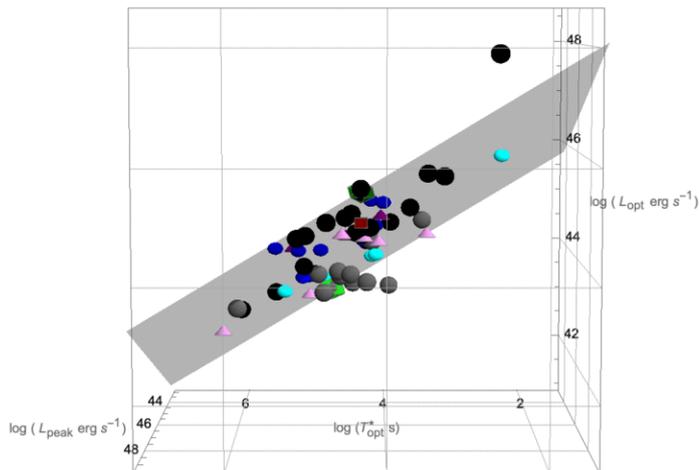
ガンマ線バースト(ジェットを噴き出している光点)を用いて、宇宙の膨張を測定する、今回の研究のイメージ (C) 国立天文台(出所:すばる望遠鏡 Web サイト)

GRBの光度曲線(明るさの時間変化)の一例。今回の研究では、残光の明るさがほぼ一定の「プラトー」の期間を持つ179天体が注目され、「GRBのピーク時の明るさ」、「プラトーの継続時間」、「プラトーが終了したときの明るさ」の3つのパラメータの関係が調べられた (C)Maria Dainotti et al.(出所:すばる望遠鏡 Web サイト)

GRBは天体現象としては突発的かつ短時間で終息する部類に含まれるが、その発生後は、数日にわたって「残り火」ともいえる残光を観測することが可能とされている。そこで研究チームは今回、すばる望遠鏡などにより観測された500個のGRBの可視光データを解析し、その光度曲線の特徴を調べることにしたという。その結果、「プラトー」と呼ばれる、残光の明るさがほぼ一定の部分を持つ179個のGRBが標準光源となることが示されたとする。

ちなみに研究チームは2016年に、X線観測でも同様の法則を発見済みだという。今回の、可視光観測で得られた関連性も合わせることで、より正確な距離の測定が可能になるとするほか、可視光観測で得られた関連性を利用することで、宇宙の膨張率など、宇宙論パラメータをより高い精度で求められることがシミュレーションから

判明したという。



「GRB のピーク時の明るさ」、「プラトートの継続時間」、「プラトートが終了したときの明るさ」を 3 軸に取ったときの GRB の分布のアニメーション GIF 画像。今回の研究により、179 個の GRB がある平面上に分布することが示された。この 3 軸の相関関係を利用して、これらの GRB の絶対光度を求めることが可能になるとしている (C)Maria Dainotti et al.(出所:すばる望遠鏡 Web サイト)

また、X 線と可視光の両データを用いた解析から、GRB の物理メカニズムについても新たな知見が得られたとする。波長依存性が調べられたところ、プラトートを示す 179 個の GRB は、高速回転する中性子星で、宇宙最大の磁力を持つ天体「マグネター」に由来する可能性が高いと結論付けられたという。

ダイノッティ助教は、「今回、可視光で初めて発見された 3 次元的な相関関係は、選択バイアスや赤方偏移によらない本質的なものです。そのため、これらの特徴を示す 179 個の GRB に共通する放射メカニズムを特定することができます。将来的には、高い精度で宇宙論パラメータを求められる、宇宙論的な標準光源として利用できると考えられます」と、今回の研究の意義をコメントしている。

<https://news.mynavi.jp/techplus/article/20220726-2408692/>

ダークマター観測の国際共同最新実験「XENONnT」、初観測結果を報告

2022/07/26 17:33 著者：波留久泉

目次 [1](#) [2](#)

XENON 実験国際共同研究グループ、東京大学(東大)、名古屋大学(名大)、神戸大学の 4 者は 7 月 25 日、ダークマターの正体解明を主目的としたプロジェクトの最新実験「XENONnT」における最初の観測結果として、前身の「XENON1T 実験」において 2020 年に観測された「低エネルギーでの電子反跳事象の超過現象」は有意に確認されず、未知の物理現象に関する強い制限を得たと発表した。

同成果は、日米欧 12 か国 27 機関の約 180 人の研究者が参加する XENON 実験国際共同研究グループによるも

ので、日本からは東京大学国際高等研究所カブリ数物連携宇宙研究機構(Kavli IPMU)のカイ・マルテンス准教授、同・山下雅樹特任准教授、同・カイ・ブイ特任研究員、名大 素粒子宇宙起源研究所(KMI)/宇宙地球環境研究所(ISEE)/高等研究院の伊藤好孝教授、KMIの風間慎吾准教授、ISEEの小林雅俊 日本学術振興会特別研究員、神戸大大学院 理学研究科の身内賢太郎准教授、同・水越慧太大学院生(研究当時)らが参加している。詳細は日本時間7月22日に、[オーストリア・ウィーンで開催されたダークマター探査に関する国際会議「14th International Conference on Identification of Dark Matter」にて発表され](#)、論文は米国物理学会が刊行する機関学術誌「Physical Review Letters」に掲載される予定だという。

XENONnTは、ダークマターの正体を明らかにすることを主目的とした実験。ダークマターは通常物質とは重力以外ではほぼ相互作用しないが、極めて希ながら通常物質の原子核に衝突すると考えられている。XENON実験国際共同研究グループでは、キセノンを用いてダークマターの衝突を観測する実験を行っており、XENONnT実験はその最新の実験となる。2020年春から2021年春にかけて試運転が行われ、最初の本格的な観測は2021年7月6日から11月10日にかけて100日弱にわたって実施された。

検出器は有感体積としておよそ6トンの高純度キセノンが利用されており、キセノンと入射粒子との相互作用により生じた光や電子を観測する仕組み。実験はイタリア・グランサッソ国立研究所の地下施設において行われ、検出器は宇宙線ミュオンや中性子といった外部からの環境放射線による影響を抑えるため、700トンの純水容器中に収められている。このようにほかの粒子による影響への対策が施されているが、ダークマターの検出には極限まで観測を妨害するノイズを減らす必要がある。キセノン内部や検出器の部材、外部からの放射線が背景ノイズ源となり得るが、中でも特に削減が難しいのがラドンで、XENONnT実験が目指す感度達成を阻む最大の関門となっていたという。そこでXENONnT実験では、キセノン中に含まれるラドンを常時除去するキセノン蒸留システムを新たに開発したほか、検出器部材が、ラドンの発生源となる放射性不純物を極力含まないように、徹底的な部材選定も行うことで、検出器中のラドンをこれまでになく低いレベルにまで抑えることに成功。背景ノイズを、前身のXENON1T実験の検出器の1/5にまで低減することができたとする。



XENONnT 実験装置の底部光電子増倍管アレイの組み立てが行われている様子。背後に組み立て済みの TPC 検出器の一部が見える (C)Luigi Di Carlo for the XENON collaboration (出所:名大 KMI Web サイト)

その XENON1T 実験は2020年に低エネルギー電子反跳事象の超過を観測したことを発表。この超過は、太陽アクシオン、ニュートリノの異常磁気モーメント、アクシオン型粒子、暗黒光子など、さまざまな新物理現象に由来する可能性が考えられたことから、多くの科学者により活発な議論が行われてきたという。

しかし、今回の XENONnT 実験の初観測では、低エネルギー電子反跳事象の有意な超過は観測されなかったとする。このことから、2020年の事象超過は、仮説の1つとして当時も考えられていた、検出器中の残留トリチウムの可能性が高いことが示唆されたという。結果として、上述した電子反跳を起こす新物理現象に対して、非常に強い制限を与えることになったとしている。なお、今回取得された初期データは、1トンの液体キセノンを1年間観測したことに相当する統計量を上回り、ブラインド解析によって得られた今回の結果をもって、XENONnT 実験はそのデビューを飾ったと研究チームでは説明している。

現在、研究チームでは、今回のデータを用いて、ダークマターの最有力候補の1つである、“冷たい暗黒物質”こと「WIMPs(Weakly Massive Interactive Particles)」に対する解析が進められているとしている。XENONnT 実験は、今後数年間をかけてさらなるデータを取得し、より高い感度で新たな物理現象の探索を行う計画だという。

超新星爆発で放り出された星「へびつかい座ゼータ星」が生み出す衝撃波

2022-07-28 [松村武宏](#)



【▲ 「へびつかい座ゼータ星」とバウショック（弧状衝撃波）（Credit: X-ray: NASA/CXC/Dublin Inst. Advanced Studies/S. Green et al.; Infrared: NASA/JPL/Spitzer)】

【▲ チャンドラを使って取得された X 線放射だけを示した画像（Credit: NASA/CXC/Dublin Inst. Advanced Studies/S. Green et al.）】

こちらは、地球から約 440 光年離れた恒星「へびつかい座ゼータ星 (Zeta Ophiuchi)」とその周辺の様子です。人間には見えない赤外線と X 線の波長で取得された画像が使われていて、色は波長に応じて擬似的に着色されています（赤外線：赤・緑・青、X 線：濃い青）。元になった画像はアメリカ航空宇宙局 (NASA) が運用していた赤外線宇宙望遠鏡「スピッツァー」(2020 年 1 月運用終了) と、運用中の X 線観測衛星「チャンドラ」を使って取得されました。画像中央で明るく輝くへびつかい座ゼータ星は、太陽の約 20 倍の質量がある重い星。その左隣でアーチ状に伸びた赤と緑の繊細な構造は、へびつかい座ゼータ星の恒星風と星間物質が衝突することで生じた弧状衝撃波です。航行する船の前方に立つ波のようであることから「バウショック」(bow shock) と呼ばれています。スミソニアン天体物理観測所のチャンドラ X 線センターによると、へびつかい座ゼータ星はかつて別の星と連星をなしていたものの、その星が超新星爆発を起こした時に放り出されたと考えられています。現在、へびつかい座ゼータ星は秒速約 38km (局所静止基準に対する速度、Green et al. 2022) で移動していると推定されており、弧状衝撃波はへびつかい座ゼータ星の移動方向に生じています。

ダブリン高等研究所の Samuel Green さんを筆頭とする研究チームは、この弧状衝撃波の詳細なコンピューターモデルを構築して、X 線・可視光線・赤外線・電波といった様々な波長で実際に取得されたデータを説明できるか確かめました。チャンドラ X 線センターによれば、チャンドラは衝撃波の影響で数千万度に加熱されたガスから放射された X 線を捉えています。研究チームが構築した 3 種類のコンピューターモデルのうち 2 つは、X 線放射が衝撃波に近いほど強くなることを示していたといいますが、実際に検出された X 線は星の近くで最も強かったようです。研究チームは今後、より複雑なモデルを使って X 線のデータを説明できるか確かめる計画を立てているとのこと。冒頭の画像はチャンドラ X 線センターから 2022 年 7 月 25 日付で公開されています。

関連：[NASA の観測衛星「チャンドラ」が天王星から放射された X 線を初めて検出](#)

Source

Image Credit: X-ray: NASA/CXC/Dublin Inst. Advanced Studies/S. Green et al.; Infrared: NASA/JPL/Spitzer

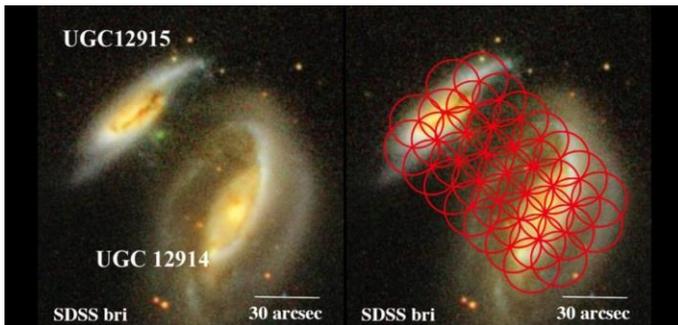
[チャンドラ X 線センター](#) - Zeta Ophiuchi: Embracing a Rejected Star

[Green et al.](#) - Thermal emission from bow shocks II: 3D magnetohydrodynamic models of Zeta Ophiuchi

文／松村武宏

「タフィー橋」で繰り広げられている星形成をめぐる戦い

2022-07-29 [吉田 哲郎](#)



【▲左の画像はスローン・デジタル・スカイ・サーベイ（SDSS）によって捉えられた「タフィー銀河」。右の画像の赤い丸はアルマ望遠鏡による新たな観測箇所（Credit : The Astrophysical Journal）】

銀河と銀河が衝突したときに、新たな星を生み出す星形成活動は促進されるのでしょうか、それとも抑制されるのでしょうか？ 「ペガスス座」の方向約2億光年先にある「タフィー銀河（Taffy galaxies）」は、この疑問を解明するための格好の舞台となっているようです。

タフィー銀河の正体は、相互作用する2つの銀河「UGC 12914」と「UGC 12915」です。現在観測されている2つの銀河は、正面衝突してから2500万～3000万年が経っていると考えられています。正面衝突の結果、2つの銀河の間に広がるガスの乱流によって「橋」のような構造が形成されました。

カリフォルニア工科大学のフィリップ・アップルトン（Philip Appleton）教授らの研究チームは、この相互作用する銀河のペアを調べるために、チリの電波望遠鏡群「アルマ望遠鏡（ALMA）」による観測を実施しました。冒頭の画像の右側に赤い丸で示されているのが、今回新たにアルマ望遠鏡による観測が実施された部分です。

アルマ望遠鏡による一酸化炭素ガスの観測から、2つの銀河をつなぐ「橋」の中にあるフィラメント状（ひも状）や塊状の部分は、重力によって束縛されていない可能性が高いと考えられています。そのため、このような星が形成される可能性のある場所は外部からの圧力がなければ急速に散逸し、200万～500万年以内に消滅してしまう可能性があるとのこと。それにもかかわらず、孤立した領域では星形成が進んでいるということです。

つまり、2つの銀河にまたがる「タフィー橋」では、星形成をめぐる戦いが繰り広げられているというイメージでしょうか。冒頭の画像は「The Astrophysical Journal」誌に掲載された論文を元にして、AAS Novaに「Featured Image : The Battle for Star Formation at Taffy Bridge（注目の画像：タフィー橋での星形成の戦い）」として2022年6月27日付けで紹介されました。

Source Image Credit : The Astrophysical Journal

[AAS Nova](#) - Featured Image: The Battle for Star Formation at Taffy Bridge

[The Astrophysical Journal](#) - The CO Emission in the Taffy Galaxies (UGC 12914/15) at 60 pc Resolution. I. The Battle for Star Formation in the Turbulent Taffy Bridge

文／吉田哲郎

幼い星を育む真紅のゆりかご。“さそり座”の輝線星雲「RCW 120」

2022-07-30 [松村武宏](#)



【▲ 輝線星雲「RCW 120」(Credit: CTIO/NOIRLab/NSF/AURA/T.A. Rector (University of Alaska Anchorage/NSF's NOIRLab); Image processing: T.A. Rector (University of Alaska Anchorage/NSF's NOIRLab), M. Zamani (NSF's NOIRLab) & D. de Martin (NSF's NOIRLab))】

こちらは「さそり座」の方向約4300光年先にある輝線星雲「RCW 120」(または「Sh 2-3」)の姿。星雲を燃え盛る炎のように見せている印象的な赤い光は、若く高温な大質量星から放射された紫外線によって電離した水素ガスから放たれています。電離した水素ガスが光を放つこのような領域は、HII(エイチツー)領域と呼ばれています。HII領域はガスと塵を材料に星が形成される星形成領域でもあり、新たな星が誕生する現場であることから「星のゆりかご」と呼ばれることもあります。画像を公開した米国科学財団(NSF)の国立光学・赤外天文学研究所(NOIRLab)によると、RCW 120では天の川銀河で最も明るい星の1つになるかもしれない生まれたばかりの星が発見されているといます。この星は欧州宇宙機関(ESA)の宇宙望遠鏡「ハーシェル」の観測で見つかったもので、発見時点ですでに太陽の8~10倍の質量があると推定されており、周囲に存在するガスや塵(質量は太陽の2000倍ほど)を取り込むことで、今後数十万年かけてさらに成長する可能性があるようです。冒頭の画像はセロ・トロロ汎米天文台(CTIO)のSMARTS 0.9m望遠鏡を使って撮影されたもので、米国科学財団(NSF)の国立光学・赤外天文学研究所(NOIRLab)から2022年7月27日付で公開されています。

関連：[電波&赤外線で観測された大マゼラン雲の「タランチュラ星雲」](#)

Source

Image Credit: CTIO/NOIRLab/NSF/AURA/T.A. Rector (University of Alaska Anchorage/NSF's NOIRLab); Image processing: T.A. Rector (University of Alaska Anchorage/NSF's NOIRLab), M. Zamani (NSF's NOIRLab) & D. de Martin (NSF's NOIRLab) [NOIRLab](#) - A Crimson Nursery [ESA](#) - Herschel reveals the hidden side of star birth
文/松村武宏