

鳥の季節移動に「宇宙天気」が混乱をもたらす恐れ 人工照明も一因に



[Bruce Dorminey | Contributor](#)



日没時に渡り移動中のムクドリの群れを撮影している男性 (Getty Images)

ポルチモアムクドリモドキ (学名: *Icterus galbula*)。北米東部で繁殖し、フロリダやメキシコ、南米北部で越冬する渡り鳥 (Getty Images)

毎年の春と秋には、無数の鳴き鳥が、北米の中央飛来経路を北と南へ季節移動する。渡り鳥は、空にある目標と地球を南北に走る磁力線の両方を、飛行の手がかりとして利用している。

空が雲に覆われると、渡り鳥は生まれつき備わっている自身の磁気受容体に頼り、地磁気のコンパスに従って進まなければならない。コンパスは鳥の目の中にあると考えられており、一部の鳥は実際に地球の磁力線を視覚で感じている証拠がある。だが、宇宙天気と太陽フレアがこの磁力線をめちやくちやに乱すと、事態が間違った方向に進む恐れがある。時には、人間が作り出した障害物、例えば鳥が自然と引き寄せられる人工照明などでさえも、10月初めに米シカゴで起きたような悲惨な結果を引き起こす場合もある。約 1000 羽の鳴き鳥が命を落としたのは、ミシガン湖上空を飛行中、荒天のせいで正しい進路から外れ、シカゴのマコーミック・プレイス・コンベンションセンターの窓の照明に引き寄せられた結果だ。

高層ビル、灯台、通信塔などが鳥に及ぼす脅威については、よく知られている。特定の種類の鳥が持つナビゲーション能力を地磁気がどの程度混乱させるかは、全体的に不明な部分が多いままだ。米ミシガン大学アナーバー校の鳥類学・進化生物学専攻の博士課程学生、エリック・ガルソン・カスティージョは電話取材に応じ、地磁気が乱れている (地磁気擾乱) 間に鳥のナビゲーション能力が通常より低下するのを、研究チームは実際に確認しており、夜空の星が使えない場合に磁気コンパスがより重要になることの証拠があると語った。

予測不可能なことで知られる宇宙天気

ガルソン・カスティージョによると、磁場は、完全に安定しているわけではなく、太陽からの爆発的なエネルギー放出によってたびたび乱され、不安定になることで、ナビゲーションのための信頼性が低下するのだという。ガルソン・カスティージョが筆頭執筆者として今回の研究をまとめた論文は、米国科学アカデミーの機関誌『Proceedings of the National Academy of Sciences』に 9 日付けで掲載されている。

[次ページ > 地磁気の乱れと鳥の季節移動の関連性を調査](#)

迷鳥と呼ばれる、通常の渡りの範囲からかなり外れたところに現れ、道に迷って方向がわからなくなっているように見える鳥を、研究者らが確認することがあるのはそのせいだ。

ガルソン・カスティージョと研究チームは今回の研究のために、ドップラー気象観測レーダー基地と (局所磁場の強さを測定する) 地上の磁気観測所のネットワークで収集されたデータセットを用いて、地磁気の擾乱と夜行性の鳥の渡り行動の混乱とが関連している可能性を調べたと、ミシガン大は説明している。

ガルソン・カスティージョによると、春と秋の期間にわたり、鳥の渡り個体数が 10~17% 減少したことを、研究チームは発見した。地磁気擾乱が強い状況では、渡りをする鳥の数がより少なくなるという。

研究チームのデータの期間は、3~6 月と 8~11 月中旬となっている。

各レーダーのサンプリングを行うために、研究チームは、渡り移動量 (群れに含まれる鳥の数) と移動の速度および方向の鉛直プロファイル (分布) を、地上 100~3000m までの 100m 間隔で作成した。このプロファイルの作成には、半径 100km におよぶ範囲のデータを使用した。また、調査対象エリアを含む中緯度地域では、大規

模な磁気嵐が磁場強度の局所的な低下を引き起こすと、研究チームは論文に記している。

ミシガン大によると、今回の研究では、秋に 170 万回、春に 140 万回実施したレーダースキャンの結果と、米国の西部と中西部の大平原グレートプレーンズ全域の鳥の渡りに関する 23 年分のデータセットを用いている。レーダー画像は、テキサス州からノースダコタ州まで 1600km 以上におよぶ中央飛来経路に位置する 37 カ所の NEXRAD 気象レーダー基地で収集した。

夜に紛れて飛行する

渡り鳥の大半は、夜間にしか移動しないと、ガルソン・カスティージョは指摘する。タカ類などの注目すべき例外はあるが、小型の鳴き鳥の大半は夜間のみ移動するという。それはなぜか。

夜間の方が熱的に効率が高い、つまり昼間ほどオーバーヒートしないからだと言われている。また、タカのような捕食動物に見つかる可能性も低い。風の抵抗が小さく、大気が穏やかなため、夜間に飛行する方がエネルギー的に効率が良いことを、鳥たちはわかっていると、ガルソン・カスティージョは話す。

[次ページ > 渡り鳥に悪影響を与える地磁気変化の閾値が判明](#)

ミシガン大学によると、この地域で夜間に渡り移動をする鳥は、大半がツグミやアメリカムシクイなどのスズメ目と、次いでイソシギやチドリなどの渉禽（しょうきん）類で、あとは少数派のカモ、ガン、ハクチョウなどのカモ目だという。研究チームは各レーダー基地について、どの時点でも各基地で磁場がどのくらい乱れているかがわかるように、固有の擾乱指数を作成した。次にこのデータを、局地的な渡り鳥の移動量と、鳥の飛行高度に関連づけた。鳥の種類を区別することはできないが、基本的には夜間にレーダー基地上空を渡り移動している何らかの鳥類からの信号を受け取っていると、ガルソン・カスティージョは話した。

研究の主な要点

渡り鳥に悪影響がおよぶ地磁気変化の閾値は 500nT（ナノテスラ）前後であることを、研究チームは明らかにした。これは大規模な地磁気擾乱と考えられる。

「今回の研究ではさらに、11 年の太陽活動周期といった地球の磁場への長期的な影響もまた、鳥の渡り行動に影響を与えるかもしれないことが示唆されている。太陽周期は、地磁気擾乱の発生頻度に影響する」と論文の執筆者らは記している。だが、すべての鳥が飛行できなくなる状況は一度もなかった。すなわち、渡りをする鳥は依然として存在していたと、ガルソン・カスティージョは指摘した。とても小さな鳴き鳥のナビゲーション能力が、宇宙天気や太陽活動に影響されるという事実、人間は地磁気を生理的に感知する能力がないのだからとりわけ、ガルソン・カスティージョは非常に驚嘆している。私たち人間が感知できない何かが、大陸規模で鳥に影響を及ぼしているのは驚くべきことだとガルソン・カスティージョは話している。（[forbes.com 原文](#)）翻訳＝河原稔

https://forbesjapan.com/articles/detail/66708?module=toppage_new

2023.10.18

1.4 万年前に地球を襲った「超巨大な太陽嵐」を示す古代樹木の年輪



[David Bressan | Contributor](#)



Getty Images

古代樹木の年輪分析から、1 万 4300 年前の地球で放射性炭素濃度の劇的な増加があったことを、国際研究チームが明らかにした。この放射性炭素のスパイクは、これまで知られているかぎり最大規模という、巨大な太陽嵐によって引き起こされたものだ。

コレージュ・ド・フランス、フランスの研究所 CEREGE と IMBE、エクス＝マルセイユ大学、英リーズ大学の共同研究チームは、フランス南部アルプス地方の都市ギャップ近郊を流れるドゥゼ川の侵食された土手から見つかった、古代の樹木の放射性炭素濃度を測定した。

研究チームは、[年輪の 1 つ 1 つに注目](#)することで、[木が生きていたほぼすべての年に生じた環境的・化学的変化](#)

[を再構築することに成功](#)した。さらにチームは、複数の木の断面を重ね合わせることで、数千年にわたる年輪の記録を構築した。これらの半化石（化石化のプロセスが完了していない、生物の遺物）の木々はまず、年輪1つ分の薄さにまでスライスされた。これらの薄片サンプルを分析した結果、[1万4300年前に前例のない規模の放射性炭素の濃度が急増したことが判明した](#)。研究チームはこの放射性炭素スパイクを、[グリーンランドの氷床コアから見つかったベリリウム同位体](#)の測定結果と照合した。その結果、このスパイクが巨大な太陽嵐にともなう地球大気圏へのエネルギー粒子の大量放出によって生じたと結論づけた。

[コロナ質量放出](#)、またはフレアと呼ばれる事象においては、電荷を帯びた粒子が大量に放出され、[太陽風に乗って地球に到達する](#)。フレアが地球に到達すると、太陽嵐によって地球の磁気圏が攪乱され、荷電粒子が地球の大気と衝突することによって新たな同位体がつくられる。そのなかに、ベリリウム 10 および炭素 14（放射性炭素）といった放射性元素がある。樹木は成長するなかで、空気中の同位体を取り込み、組織に蓄積する。

今回の研究論文の筆頭著者である[エドゥアール・バール教授](#)は、こう説明する。「放射性炭素は、宇宙線を端緒とする連鎖反応によって、上層大気の内側で常に生成されている。科学者たちは近年、太陽フレアやコロナ質量放出といった太陽の異常活動に、短期的なエネルギー粒子の放出がともない、その記録は放射性炭素生成量の急増というかたちで残されることを発見した」バール教授は、コレージュ・ド・フランスおよび CEREGE に所属する研究者で、気候・海洋進化を専門にしている。科学者たちは、こうした太陽嵐が過去にどの程度の頻度で生じたのかを解明し、将来のリスクをより正確に推定しようとしている。

論文共著者である、リーズ大学数学研究科の[ティム・ヒートン教授](#)（専門は応用統計学）は、こう指摘する。「巨大な規模の太陽嵐は、地球に甚大な影響を与え得る。こうしたスーパーストームにより、電力グリッドの変圧器に修復不能な損傷が生じ、大規模かつ広範囲な停電が数カ月にもわたって続くかもしれない。また、ナビゲーションや遠距離コミュニケーションの要である人工衛星にも、修復不能のダメージが生じ、利用できなくなる可能性がある。加えて、宇宙飛行士には重大な放射線リスクとなる」

[次ページ >過去 1万 5000 年の間に巨大な太陽嵐が少なくとも 9 回起こった](#)

木の年輪と氷床コアの記録から、過去 1万 5000 年の間にこうした巨大な太陽嵐が、少なくとも 9 回起こったことが判明している（こうした過去の巨大な太陽嵐は、日本の研究者三宅美沙にちなんで[ミヤケ・イベント](#)と呼ばれている）。直近のミヤケ・イベントは、1030 年前および 1250 年前に生じた。だが、今回新たに特定された 1万 4300 年前の太陽嵐は、これまで確認されたなかで最大であり、直近の 2 回と比べると約 2 倍の規模だった。ミヤケ・イベントの実態の解明は、まだほとんど進んでいない。測定機器を使って直接的に観察されたことがないためだ。太陽活動について、そして太陽が地球上の人間社会にもたらし得る危険については、まだ我々の知らないことだらけなのだ。巨大な太陽嵐の発生原因は何か、発生頻度はどの程度なのか、発生予測は可能なのかといった疑問は、いずれも未解決のまま。直接観測されたなかで最大規模の太陽嵐は、1859 年に発生したもので、[キャリントン・イベント](#)と呼ばれている。英国の天文学者リチャード・クリストファー・キャリントンは同年 9 月、太陽表面からの大規模な光の放出を観測。ほぼ同時刻に、天文台の磁気センサーでも障害が報告された。その後の数週間にわたり、オーロラが日中に、赤道までの全世界で観測された。

キャリントン・イベントは、現代のような無線コミュニケーションや電子機器の日常利用が実現するはるか以前のときであったため、このとき損傷を受けたのは、幸い電信線だけだった。今回の論文でまとめられた、半化石の樹木に記録されていた 1万 4300 年前の太陽嵐は、このキャリントン・イベントと比べて 10 倍から 100 倍の規模だったと推定されている。

[米国海洋大気庁 \(NOAA\) の宇宙気象予測センター](#)は現在、太陽活動とインフラへの影響の監視を行っている。電磁シールドのない電子機器は、依然として干渉や受信妨害を受けるリスクが高い状態にあり、同様の極大事件が今発生すれば、我々のテクノロジー依存社会は壊滅的な打撃を受けるおそれがある。

「[A radiocarbon spike at 14,300 cal yr BP in subfossil trees provides the impulse response function of the global carbon cycle during the Late Glacial](#) (半化石樹木に見られた 1万 4300 万年前の放射性炭素スパイクが提示する、最終氷期における全球的炭素周期のインパルス応答関数)」と題した今回の研究論文は、学術誌『Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical Physical and Engineering Sciences』に、2023 年 10 月 9 日付で掲載された。追加資料およびインタビューの提供は、[リーズ大学の厚意](#)による。（[forbes.com 原文](#)）

<https://forbesjapan.com/articles/detail/66779>

2023.10.21

ISS 宇宙食は 1 日 30 万円、滞在費は 2 週間で 45 億円？



Shutterstock.com [全ての画像を見る](#)

アクシオム社の Ax-1 ミッションにて、ISS にドッキングした宇宙船クルードラゴン (Axiom Space / NASA) いまや 45 万ドル (6750 万円/1 ドル 150 円換算) を支払えば宇宙旅行ができる時代になった。米国の 2 社による宇宙観光打ち上げサービスでは、宇宙船はかろうじて宇宙に到達し、放物線を描きながらそのまま地表に落ちてくるが、その間、数分間の無重力体験ができる。

しかし、こうした日帰りツアーではなく、もっと本格的に宇宙を満喫したいのであれば、国際宇宙ステーション (ISS) に宿泊することも可能だ。その場合は 1 人数十億円のコストがかかるが、過去には延べ 20 人のビリオネアがプライベートマネーによる ISS 滞在旅行を実現している。

NASA が公開している ISS 宿泊時の費用リスト

2023 年 9 月、米国のアクシオム・スペース社 (以下、アクシオム社) が、民間人による新たな ISS 滞在計画「Ax-3」を発表した。この計画では 2024 年 1 月までに 4 名の民間人が最長 14 日間に渡って ISS に滞在する。

2022 年に始まった Ax ミッションは今回で 3 回目。搭乗するのはスペース X 社の宇宙船クルードラゴンで、そのチャーター機をファルコン 9 ロケットによってケネディ宇宙センターから打ち上げる。

過去の Ax ミッションではビリオネアによる宇宙観光旅行も行われたが、今回の Ax-3 は商業宇宙飛行士のための訓練と位置づけられている。つまり彼らは国家資本で雇われた公務員としてではなく、民間資本による商業クルーとして宇宙飛行士デビューを果たすために ISS へ旅立つ。

同ミッションの費用は公表されていないが、これら民間人を ISS に受け入れる際の料金を NASA は 2019 年から公開しており、ISS へ個人旅行をする際にもこのガイドラインが適用される。以下はその料金表の一部だ (以下、すべて 1 ドル 150 円換算)。

- ・ベースライン 無料 生命維持装置、宇宙船への電源供給、乗組員用 PC、テーブル、データダウンリンク (1 人 1 日最大 12GB)
 - ・食料 1 人 1 日 2000 ドル (30 万円) NASA が提供する食事と飲み物 (増量、ゴミ廃棄は別途料金)
 - ・供給品 1 人 1 日 40~1500 ドル (6000~22 万 5000 円)
衣料品、衛生用品、事務用品、寝袋、その他の推定料金 (増量、ゴミ廃棄は別途料金)
 - ・積載物・廃棄物 1 人 1 日 8 万 8000~16 万 4000 ドル (1320~2460 万円)
- ISS での食料と乗組員の事前準備および NASA 関連の機体の事前準備品の処分の推定料金。
- ・統合と基本サービス 1 ミッション 480 万ドル (7 億 2000 万円)
NASA の統合、ミッションの計画と実行、有人宇宙飛行通信と追跡ネットワークのサポートおよび NASA が訪問する宇宙船をサポートするための機器提供の推定料金
 - ・ISS クルー人件費 1 ミッション 520 万ドル (7 億 8000 万円)

民間宇宙飛行士の搭乗宇宙船の運用、後方支援および軌道上でのサポートするための ISS 乗組員の基本コスト上記料金は、ISS で人員を受け入れる NASA に対して支払われるギャラでしかない。実際に ISS に渡航するには、これに宇宙船クルードラゴンのチャーター、ファルコン 9 による打ち上げ、その管制、海上でのリカバリーのほか、渡航者の訓練プログラムに対する料金、そしてアクシオム社に対するコミッションなどがプラスされることになる。

[次ページ >ISS 宿泊料金は、2 週間で 45 億円？ ISS 宿泊料金は、2 週間で 45 億円？](#)

世界で初めて私費による ISS 滞在旅行を実現したのは米国のデニス・チトー氏。彼は 2001 年に宇宙旅行代理店スペース・アドベンチャーズ社 (米国企業) を介してロシアのソユーズ TM-32 (往路) と TM31 (復路) の座席

を購入し、約1週間に渡ってISSに滞在した。彼はそもそもNASAの一機関であるJPL（ジェット推進研究所）に所属し、史上初めて火星に到達したマリナー4号（1964年打ち上げ）などの軌道計算を行った人物である。退職後はその技量を活かして投資コンサル会社を立ち上げ、莫大な財を成した。彼がISS滞在のために支払った総額は、当時の2000万ドル（24億2000万円/1ドル121円換算、2001年平均レート）と言われている。



自費によるISS滞在旅行へ2度行ったチャールズ・シモニー氏（NASA）

史上初のISSロケを敢行した商業映画「ザ・チャレンジ」（Central Partnership）

前澤友作氏によるISS滞在旅行のドキュメンタリー映画「僕が宇宙に行った理由」（©2023「僕が宇宙に行った理由」製作委員会）

自費でのISS滞在を唯一2度実行したチャールズ・シモニー氏は、2007年と2009年にISSに滞在している。ハンガリー人である彼は、カリフォルニア大学バークレー校で数学を学んだ後、マイクロソフト社でExcelやWordを開発した人物だ。彼はISSの渡航費に関して、1度目は2500万ドル（29億5000万円/1ドル118円換算、2007年平均レート）、2度目は3500万ドル（41億3000万円/1ドル118円換算、2009年平均レート）と公表している。当時、ISSへの滞在サービスは、財政難に陥ったロシアによって外貨獲得のために行われていた。しかし、そのサービスは2021年の前澤友作氏、平野陽三氏の2名によるISS滞在以降、行われていない。それは当然ながらウクライナ戦争の影響でもある。

前澤氏は12日間にわたるその旅費を公表していないが、報道された限りでは1名45億円という価格がもっとも信憑性が高い。つまり前述したチトー氏の2001年当時と比べると、ISS宿泊費は20年間で約2倍に跳ね上がったことになる。ISSは、機首側の米国区画と、後部のロシア区画に分かれているが、かつてロシアが行っていたISSサービスでは、渡航者はソユーズに搭乗し、ロシア区画のプライベートエリアが提供された。

しかし、そのサービスが途絶え、NASA、スペースX社、アクシオム社の3組織による新たなISS旅行サービスが始まった現在、渡航者は米国区間の個室に滞在することになる。つまり、ウクライナ戦争と前後して、ISS宿泊ツアーのプロバイダーはロシアから米国にシフトしている。

[次ページ > 宇宙映画がフィクションでなくなる](#) 宇宙映画がフィクションでなくなる

アクシオム社の2回目のミッションAx-2には、実はトム・クルーズ氏と映画監督の2名が搭乗する予定だった。

『ミッション:インポッシブル』の最新作のために、史上初の宇宙ロケをISSで行うためだ。しかし、アクシオム社のツアーが遅延している間に、ロシアの宇宙船ソユーズMS-20が打ち上げられた。そこに搭乗していたのはロシアの人気女優ユリア・ベレシルドと、映画監督のクリム・シペンコ氏。彼らがISS滞在中に撮影されたフィルムは『The Challenge』というタイトルで、2023年4月にロシアとその友好国で公開された。

ISSでは過去にドキュメンタリー映画が撮影されたことはあるが、商業映画として一般公開されたのはこれが史上初の作品である。結果、トム・クルーズ氏のISSツアーはキャンセルされている。

そして2023年12月29日には、前澤友作氏のISS旅行の様子を記録したドキュメンタリー映画が公開される。タイトルは「僕が宇宙に行った理由」、監督は彼とISS旅行をともにした平野陽三氏。その特報映像は前澤氏の[公式YouTubeチャンネル](#)で公開されている。

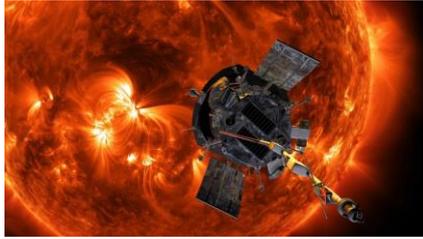
前澤氏はISS旅行に先立って、月旅行の予約も入れている。スペースX社が開発中の史上最大の打ち上げシステム「スペースシップ」の全9席を買い取った前澤氏は、一般公募したアーティスト8名とともに史上初の民間人による月周回旅行に赴く予定だ。当初の予定では、その打ち上げは2023年が予定されていたが、その計画は少々遅延している。そして、その2機目の座席を、史上はじめてISSへの自費個人旅行を果たしたデニス・チトー氏も購入済み。パートナーである章子さんとともに月へ旅立つ予定だ。

ISSは2031年1月に南太平洋に廃棄される予定だが、それと並行して米国では現在、その後継機として4機の宇宙ステーションの製造、または基礎設計を進めている。それら民間ステーションの運用が始まれば、地球周回軌道への定期便が生まれ、宇宙旅行がより身近なものになるかもしれない。さらにスターシップが実用化されれば、イーロン・マスク氏によって月旅行の定期便も就航するだろう。編集=安井克至

NASA の太陽探査機、人類史上最速の物体に-これまでの最速は時速何 km だった？

2023.10.20 13:16 [塚本直樹](#)

米航空宇宙局（NASA）の太陽探査機「Parker Solar Probe」が9月27日、金星からの重力アシストを受け、時速63万5266kmという記録的なスピードに到達した。



出典：NASA/Johns Hopkins APL/Steve Gribben

Parker Solar Probe は2018年8月に打ち上げられた探査機で、太陽コロナの直接観測を目的としている。金星の重力を利用した複数のフライバイにより、太陽表面から616万kmへの接近を予定している。

今回のフライバイでは、Parker Solar Probe は太陽表面から726万km以内にまで接近した。また2021年11月に実施されたフライバイでは、時速58万6863kmという従来の最速記録を樹立していた。

今回達成した時速63万5266kmという速度は、旅客機の約700倍、地球低軌道（LEO）衛星の軌道速度の約22倍、地球の太陽に対する公転速度の約6倍という速さで、光速の0.035%に相当する。

Parker Solar Probe は7年間のミッションを予定している。同探査機は2024年後半に太陽に最接近し、今後の飛行ではさらに速い速度に到達する予定だ。

<https://www.fnn.jp/articles/-/601401>

夜空に輝く「ピンク色の光の輪」 金環日食観測中に太陽フレアも メキシコ、アメリ

リカなど世界各地で天体ショー

2023年10月16日 月曜 午後6:31

観測用の眼鏡をかけた人々が待ちわびていたのは、黄金色に輝く光のリング。

地球と太陽の間に月が重なる「金環日食」。

メキシコに現れた光の輪は、きれいなピンク色。

アメリカ西部の街では、数千人もの人々が熱気球と一緒に天体ショーを楽しんだ。

この金環日食中、普段肉眼では見えない現象も観測されている。

それは、太陽フレア。

太陽の表面で起こる爆発のことで、小さく見えるが、大きさは1万kmから10万km。

水爆10万個から1億個のエネルギーに匹敵する。

この金環日食、7年後の2030年には北海道で見られるという。



【画像】「世界最小の植物」が宇宙飛行士の食料として有望視

2023.10.18 11:47 [塚本直樹](#)

タイのマヒドン大学の科学者は、世界最小の植物「マンカイ（ウォルフィア）」の宇宙空間での活用方法を模索している。



出典：ESA

マンカイはアジアの湖や池に浮いている野菜だ。光合成によって酸素を生産できるだけでなく、良質なタンパク質源にもなる。タイでは、スープの具やサラダの一部として食べられているようだ。

科学者たちはオランダにある欧州宇宙機関（ESA）の技術センターで、マンカイを遠心分離機で回転させる実験を行っている。その目的は、重力の変化がマンカイの成長と発育に与える影響を観測することにある。

マヒドン大学で同研究を率いる Tatpong Tulyananda 氏は、「これまでのところ、模擬微小重力下でのマンカイの成長にほとんど違いは見られなかった。我々はあらゆる重力環境において植物がどのように反応し、適応するのかを知るために、観測を拡大したいと考えている」と述べている。

<https://sorae.info/ssn/20231014-psyche.html>

スペース X、NASA 小惑星探査ミッション「Psyche」探査機打ち上げ成功

2023-10-14 [sorae 編集部](#) [速報班](#)

スペース X は日本時間 2023 年 10 月 13 日に、「ファルコン・ヘビー」ロケットの打ち上げを実施しました。搭載されていたアメリカ航空宇宙局（NASA）の小惑星探査ミッション「Psyche（サイキ）」の探査機はロケットから正常に分離されたことを、スペース X と NASA が SNS や公式サイトにて報告しています。

打ち上げに関する情報は以下の通りです。

■打ち上げ情報：ファルコン・ヘビー（Psyche）

ロケット：ファルコン・ヘビー 打ち上げ日時：日本時間 2023 年 10 月 13 日 23 時 19 分【成功】

発射場：ケネディ宇宙センター（アメリカ） ペイロード：小惑星探査ミッション「Psyche（サイキ）」探査機

Psyche は火星と木星の間に広がる小惑星帯を公転する最大幅 280km の小惑星「16 Psyche（プシケ）」の周回探査を目的としており、低コスト・高効率な探査を目指す NASA の「ディスカバリー計画」14 番目のミッションとして 2017 年に選定されました。Psyche 探査機は 2029 年 8 月にプシケに到着し、26 か月間に渡って周回探査を実施する予定です。

プシケは鉄やニッケルといった金属を豊富に含む「M 型小惑星」に分類されていて、その正体は初期の太陽系で形成された原始惑星のコア（核）ではないかと予想されてきました。過去に探査機が接近して観測した小惑星や彗星は主に岩石や氷でできていたため、Psyche は金属質の小惑星を間近で観測する初のミッションとなります。地球のコアを直接調べることはできませんが、原始惑星のコアだった可能性があるプシケの観測を通して、地球のような惑星の形成についての貴重な情報が得られると期待されています。



【▲ 小惑星探査ミッション「Psyche」の探査機を搭載してケネディ宇宙センター39A 射点から発射された「フ

「アルコンヘビー」ロケット。アメリカ航空宇宙局（NASA）のライブ配信から引用（Credit: NASA）】

■打ち上げ関連画像・映像



【▲ ファルコンヘビーの2段目から分離され遠ざかっていく Psyche 探査機。アメリカ航空宇宙局（NASA）のライブ配信から引用（Credit: NASA）】

NASA JPL  [@NASAJPL](https://twitter.com/NASAJPL)

Separation confirmed!  The [@SpaceX](https://twitter.com/SpaceX) rocket has demonstrated its ability to withstand the extreme conditions of launch. Our next big milestone will be to acquire [#MissionToPsyche](https://twitter.com/MissionToPsyche)'s signal and confirm the spacecraft is in good health, which could take up to 2 hours.



投稿者: [NASA](https://www.youtube.com/channel/UC9PqE9o69cVc9j0Z825V60g)

■打ち上げ関連リンク

[直近のロケット打ち上げ情報リスト](#)

Source [SpaceX](#) - Psyche Mission [NASA](#) - Psyche Mission (NASA Blogs)

文/sorae 編集部 速報班

NASA、小惑星プシケへ向かう探査機サイキ打ち上げ...内部に金?「1000京ドル」の価値

2023/10/13 23:41

【ワシントン=富山優介】米航空宇宙局（NASA）は13日午前10時20分（日本時間13日午後11時20分）頃小惑星プシケへ向かう探査機サイキを米フロリダ州のケネディ宇宙センターから打ち上げた。プシケは鉄やニッケルなどで構成されているとみられこうした金属質の小惑星に接近して調べる世界初の探査となる。



小惑星プシケへ向かう米航空宇宙局（NASA）の探査機サイキのイメージ=NASAなど提供の動画から

プシケは楕円形で、最大幅約280キロメートルの巨大小惑星。火星と木星の軌道の間にある「小惑星帯」に位置し、約5年かけて周回している。内部には金も含むと考えられ、米メディアによると、プシケの価値は1000京ドル（京は兆の1万倍）になるという。日本円では15垓円（垓は京の1万倍）に相当する。

米航空宇宙局（NASA）の探査機サイキを搭載して打ち上げられるロケット「ファルコンヘビー」（日本時間13日午後11時20分頃、米フロリダ州のケネディ宇宙センターで）=NASAの中継動画から

今回は資源獲得ではなく、地球のような惑星の中心部分と同質とみられるプシケを調べ、惑星の形成過程などの手がかりを得ることが目的だ。サイキは2029年にプシケへ到着し、周囲を飛行しながら2年2か月、表面観測を続ける。NASAのビル・ネルソン長官は「探査でプシケについて多くを学び、そしてダイヤモンドやルビーも見つけるかもしれない」と冗談を交えて期待を示した。

プシケはギリシャ神話に登場する女神の名前で、サイキはプシケの英語での読み方

https://scienceportal.jst.go.jp/gateway/clip/20231016_g01/

史上初「金属の世界」へ 米小惑星探査機サイキ打ち上げ成功

2023.10.16 草下健夫 / サイエンスポータル編集部

史上初めて金属タイプの小惑星へと向かう米探査機「サイキ」が日本時間13日深夜、米スペースX社の大型ロケットにより打ち上げに成功した。行き先は、火星と木星の間の小惑星帯にある「プシケ」。地球の中心部にも鉄などの金属があることから、探査により、惑星形成の謎の解明が進むと期待されている。

「科学の宝箱を開ける」



サイキを搭載し打ち上げられるファルコンヘビーロケット=日本時間13日深夜、

米フロリダ州ケープカナベラル（NASA テレビから）

サイキの想像図（NASA、米カリフォルニア工科大学、米アリゾナ州立大学、米スペースシステムズ・ロラール社、ピーター・ルビン氏提供）

サイキは同日午後11時19分、フロリダ州ケープカナベラルの米航空宇宙局（NASA）ケネディ宇宙センターから同社の「ファルコンヘビー」ロケットで打ち上げられた。約1時間2分後、所定の軌道に投入され打ち上

げは成功した。NASAのニコラ・フォックス科学担当局長は打ち上げ後、「サイキが科学の宝箱を開けるのが楽しみだ。プシケを研究することで宇宙と、私たちのいる場所について、より深く理解したい」とした。

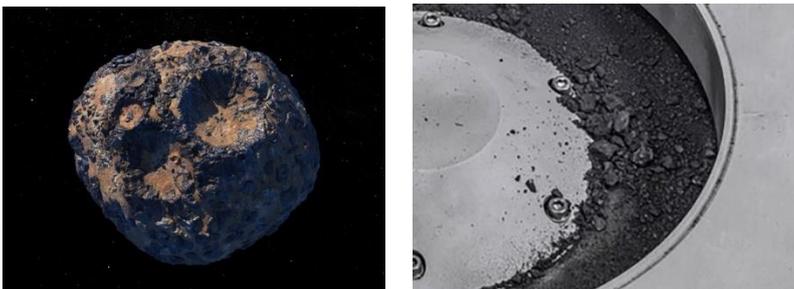
サイキは米アリゾナ州立大学が主導し、NASAが全体管理や運用を担当する探査計画。機体は、太陽電池パネルを開いた幅がテニスコートほどの約25メートル、打ち上げ時の重さが約2.7トン。今後、2026年5月に火星の引力を利用して加速するなどして航行する。29年8月にプシケに到着し、2年ほどかけて探査する計画だ。日本の「はやぶさ」のような試料回収はしない。17年、効率の高い太陽系探査を低予算で実現するNASAの「ディスカバリー計画」の一環で計画が決まった。開発費は打ち上げ費用を含み、約12億米ドル。昨年8月にも打ち上げる予定だったが、機体の試験に関連する問題により延期されていた。

プシケは、大小数百万個もの小惑星からなる小惑星帯の外縁部にあり、太陽からの距離は4億～5億キロ（地球と太陽の間は約1億5000万キロ）。太陽の周りを5年かけて公転している。ジャガイモのようないびつな形とみられ、最大直径は約280キロと、小惑星の中では極めて大きい。1852年にイタリアの天文学者により、16番目の小惑星として発見された。名前はギリシャ神話で、愛の神エロスに愛された美女の名に由来する。

「地球の中心への旅」

プシケの最大の特徴は、金属が多いタイプの星であることだ。はやぶさが訪れた「イトカワ」が岩石質、「はやぶさ2」の「リュウグウ」が炭素質に分類されるが、これらとは大きく異なる。これまでの観測により岩石と、鉄とニッケルの混じった星で、体積の30～60%が金属。密度は1立方メートルあたり3.4～4.1トンと推定されている。初期の太陽系では、地球などの惑星が小さな天体と衝突を繰り返した。そのエネルギーなどで温度が上昇。岩石が溶けてマグマの海ができ、密度の大きい鉄などの金属が落ちる形で中心に集まり核ができたと言われる。この過程で衝突によって外側がはぎ取られ、中心の金属がむき出しになった小天体が、プシケのような金属タイプの小惑星になったようだ。こうしたプシケの探査を、NASAは「地球の中心への旅」と例える。直接には観察できない地球中心部の理解につながると期待されているためだ。なおプシケはこの仕組みではなく、太陽系のどこかで金属が豊富な物質から作られた可能性もあるという。

サイキが搭載した観測機器はカメラと、星の表面の元素を特定するガンマ線・中性子分光計、過去に磁場があったかを探るための磁力計。また通信を駆使して星の回転や質量、重力場を把握し、内部の組成や構造を探る。



プシケの想像図（NASA、米カリフォルニア工科大学、米アリゾナ州立大学提供）

NASAが11日公開したベンヌの試料の画像（NASA、エリカ・ブルーメンフェルド氏、ジョセフ・エバーソルド氏提供）

プシケもサイキも、英語のつづりは同じ「Psyche」で本来は同名だ。一方、日本語では少なからぬ天体名がラテン語に沿って読まれる一方、探査機や計画の名は当該国の言語による発音に沿うことが多い。悩ましいがサイキ、プシケと書き分ける例がみられる。

小惑星探査、日米が積極的

小惑星探査は日米が積極的だ。主なものとしてまず2000～01年、米「ニア・シューメーカー」が小惑星「エロス」を探査し、軟着陸にも成功。10年代には米「ドーン」が小惑星「ベスタ」と準惑星「ケレス」を探査した。小惑星の試料の地球回収は、2010年にははやぶさが史上初めて成し遂げ、20年にははやぶさ2が成功。先月24日には米「オシリス・レックス」が小惑星「ベンヌ」の試料を持ち帰った。NASAは今日11日、この試料に炭素と水が含まれ「地球生命の構成要素が岩石の中に見つかる可能性がある」との初期分析結果を発表した。はやぶさ2とオシリス・レックス（オシリス・アペックスに改名）はそれぞれ、第2の探査先となる小惑星に向かっているが、地球に再帰はしない。

今後は、2021年に打ち上げられ航行中の米「ルーシー」が、25～33年に8つの小惑星を調べる。日本には小惑星「フェイトン」を探査する技術実証機「デスティニープラス」を打ち上げる計画がある。

太陽系探査は一見、われわれの暮らしから遠い世界の話のようでありながら、調べるほどに地球や生命の探究につながり、足元や自分を見つめる活動であることが面白い。火星や木星といった惑星だけでなく、小惑星のよ

うな小さな天体が理解の鍵を秘めている。探査や研究の積み重ねを通じ、これから 20 年、30 年...人類の宇宙観はどう変わっていくのだろう。

関連リンク 米アリゾナ州立大学「[Psyche \(サイキ\)](#)」 (英文) NASA「[Psyche \(サイキ\)](#)」 (英文)

NASA「[Asteroid Psyche \(小惑星プシケ\)](#)」 (英文)

NASA「[NASA's Benu Asteroid Sample Contains Carbon, Water](#)」 (英文)

<https://wired.jp/article/nasas-psyche-mission-is-off-to-test-a-space-laser-for-communications/> 2023.10.14

宇宙とレーザー光による高速通信を実現へ。打ち上げに成功した探査機「サイキ」が担うミッションの重要度

NASA が打ち上げに成功した探査機「サイキ」は、大部分が金属でできた小惑星プシケに迫る前に重大なミッションを担っている。それは、何億キロメートルも離れた地球との間でレーザーによる高速データ通信を実現するという実験だ。



ILLUSTRATION: CHARIS MORGAN; GETTY IMAGES; PHOTOGRAPH: NASA/JPL-CALTECH

“金属の小惑星”の謎を解き明かせるか？ 探査機「サイキ」が打ち上げ前の最終調整へ BY RAMIN SKIBBA

米航空宇宙局 (NASA) の小惑星探査機「[サイキ \(Psyche の英語読み\)](#)」が、その名の由来となった小惑星「[プシケ \(Psyche\)](#)」に向けて 10 月 13 日の午前 (米国時間) に打ち上げられた。プシケは、大部分が金属でできた小惑星である。

探査機サイキの打ち上げは長らく延期されていたが、今後は多くの科学調査機器を用いて小惑星プシケを調査することになる。その目的とは、プシケは完全に惑星に成長することがなかった原始惑星の核であるという説を検証することだ。しかし、探査機サイキの任務はそれだけではなく、もうひとつ重要な実験が予定されている。深宇宙光通信 (DSOC) と呼ばれるプロジェクトで、大容量のデータを地球とはるか彼方の探査機との間でレーザー技術を用いて転送するという、次世代通信技術のテストだ。

電波を用いた通信と比べて、DSOC の通信容量は 10 倍から 100 倍に大きく向上するとみられている。宇宙で信号を送受信する方法は現時点では電波が唯一だが、宇宙船がより遠くを目指すようになったことで送受信が必要なデータ量が増加しており、今後は電波では対応しきれなくなる。

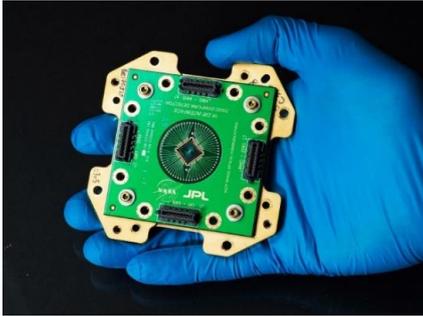
DSOC の実験が成功すれば、次世代のミッションに革命をもたらす可能性がある。今後、探査機から地球に向けて高解像度の画像を転送したり、宇宙飛行士が火星から地球に向けて映像を送信したりできるようになる可能性があるからだ。NASA がカリフォルニア州パサデナに構えるジェット推進研究所 (JPL) で DSOC プロジェクトの技術者を務めるアビ・ビスワスは、次のように説明する。「わたしたちは地球と火星ほどの距離で、極めて高いデータレートでデータを転送できる可能性を示そうとしています。それが可能であれば、火星のマッピングデータのような従来を超える解像度のデータを処理できるようになります。また、大きな関心が寄せられている有人火星探査でも、高帯域幅でのデータ転送が必要になります」

DSOC の近赤外線レーザー送受信機は、探査機サイキのひとつの面から突き出しているチューブ状の日よけに格納されている。4W のレーザーによる高速なデータ送信と、光子計数型カメラによる地球からの低速なデータ受信に対応するように設計されており、いずれの信号も口径 8.6 インチ (約 21.4cm) の望遠鏡を介してやり取りされることになる。

レーザーを用いた高速通信の実現を目指す

技術者によるこのシステムのテストは、打ち上げから約 20 日後に始まる。だが、あくまで技術デモンストレーションであり、サイキのミッションのデータは従来からある電波による通信で転送される。

DSOCは1週間に1回ほどのペースでレーザー信号を送受信する予定だ。サイキが6年近くかけてプシケを目指すなか、こうして技術者は最初の2年ほどをかけてデータ送信機と検出器のテストを進めることになる。これまで類似の技術は、欧州宇宙機関（ESA）の静止軌道上の衛星との通信や、NASAの月周回衛星との通信に使われてきた。しかし、今回は2億から3億マイル（約3億2,000万から4億8,000万km）という距離でテストが実施されることになる。月よりはるかに遠いこの距離では、こうした技術のテストは今回が初めてだ。



1ケルビン（マイナス272.15℃）に保たれた超伝導ナノワイヤー検出器が、探査機サイキから送られてくる信号を受信する。PHOTOGRAPH: NASA/JPL-CALTECH

サンディエゴ郡にあるカリフォルニア工科大学パロマー天文台のハール望遠鏡が、探査機サイキから送られてくるデータを受信する。PHOTOGRAPH: CALTECH/PALOMAR OBSERVATORY

DSOCの実験では、いくつかの困難なステップを克服する必要がある。まず、探査機サイキが細いレーザービームを確実に地球の受信基地に向けられるようにしなければならない。「1マイル（約1.6km）先のコインにレーザーを当てるようなものです。それも動いているコインにね」と、NASAのビスワスと言う。

また信号の強度も、送信機と受信機との距離の2乗に反比例するかたちで減衰してしまう。地球に届くころには光子で数個という非常に微弱なものになっているので、地上では高感度の検出器が必要になる。そこで用いられるのは、超伝導ナノワイヤー光子検出器と呼ばれる機器だ。この機器は1ケルビン（マイナス272.15℃）という超低温に保たれている。そこに光子がやってくると、ナノワイヤーが超伝導状態と常伝導状態の間を行き来する。これによって電気パルスが発生する仕組みだ。ビスワスらのチームは高速な電子機器を用いてこうしたパルス进行处理し、信号に含まれる情報を取り出すことになる。DSOCが期待通りの性能を発揮すれば、毎秒数メガバイトのデータ送信が可能になる。電波でのデータ転送は毎秒数キロバイトなので、大きな飛躍だ。

電波を用いたシステムも向上しているが、データの転送レートを上げるには機器自体のサイズも大きくする必要がある。すると、機器の質量も消費電力も大きくなる。だが、サイズや質量、そして消費電力は、無限に大きくできるものではない。数億マイル（約数億キロメートル）の距離で電波で通信するには、つくれる限界をはるかに超えるような大きさの電波アンテナが必要になるのだ。

光を用いる通信の“弱点”

NASAは世界中の電波アンテナをつないだ「ディープ・スペース・ネットワーク（DSN）」というシステムを利用している。しかし、このシステムはデータ通信量が限界に達している。

例えば、昨年から本格的に動き始めた月面探査ミッション「[アルテミス](#)」や、このときに同時に打ち上げられた相乗りの衛星は特に通信量が多かった。その結果、その他の科学プロジェクトで使えるDSNの時間枠が、約1,600時間も削られることになってしまったのである。

光学レーザーを受信できるアンテナネットワークは、まだ存在していない。このためNASAは、専用のインフラを地上に用意しなければならない。「このプロジェクト特有の点として、探査機側だけでなく地上システムも用意しなければなりません」と、DSOCの地上システムで機材の手配とオペレーションの責任者を務めるミーラ・スリニヴァサンは、9月20日に開催されたNASAの記者会見で語っている。「この機器を開発した人が（探査機サイキのミッションで）これを利用し、実験できることを楽しみにしています」

その地上システムには、JPLの北のテーブルマウンテンに位置する光通信望遠鏡研究所（OCTL）のハイパワーの5kWのレーザー送信機が参加する。この送信機が送るビーコン信号を頼りに、探査機サイキは地球に向けて姿勢を調整するのだ。また、この送信機からは低速のアップリンクデータも送信される。サイキからのダウンリンクの高速データの受信には、NASAはサンディエゴ郡に位置するカリフォルニア州工科大学の200インチ（約5.1m）のハール望遠鏡を使うことになる。ハール望遠鏡は、JPLの南にある山の頂に設置されている。超伝導ナノワイヤー光子検出器が使用されることになるのは、この望遠鏡だ。

こうしたレーザーには多くの利点があるが、光による通信にはひとつ厄介な問題がある。それは雲だ。望遠鏡が

位置するカリフォルニア州南部はめったに厚い雲に覆われることはないが、雲、煙、もやによって信号がブロックされ、望遠鏡に届かない事態も発生することになる。

いずれの山頂の展望台でも上空が晴れていないと、このシステムは機能しない。このため今回テストされる光学レーザーは、深宇宙との通信の第一手段にはならないかもしれないと、NASA のビスワスは言う。光学レーザーを使用する今後のミッションでも、雲にさえぎられない電波通信を依然として併用することになる可能性が高い。探査機サイキの打ち上げに先立ち、9月には小惑星「ベンヌ（Bennu、ベヌー）」から探査機「OSIRIS-REx（オシリス・レックス、オサイリス・レックス）」がサンプルを持ち帰るなど、NASA が「小惑星の秋」と呼ぶにふさわしい成果が続いている。こうしたなか、NASA はベンヌから持ち帰った表土のごく一部の予備的な[分析結果を発表した](#)。発表によると、組成は炭素を多く含む鉱物で、水や有機物も含まれている。11月には探査機「ルーシー」のミッションが小惑星「ディンキネシュ」で接近通過（フライバイ）を実施し、複数の画像を撮影する予定だ。OSIRIS-REx の成果を発表したとき、NASA の惑星科学部門を率いるローリー・グレイズはサイキのミッションにも言及し、目指す小惑星プシケはとても珍しいものだと言っている。「探査機サイキは独特の小惑星に向かいます。この小惑星は金属が極めて豊富で、具体的には鉄とニッケルが極めて豊富であると考えられています。小惑星は数百万個ほど存在すると考えていますが、このような特徴をもつ小惑星はたった9個しかないとみられています」（[WIRED US](#)/Edit by Daisuke Takimoto）

<https://uchubiz.com/article/new30255/>

クイーンのブライアン・メイ氏、小惑星ベンヌの解析に協力 2023.10.20 13:21

塚本直樹

ロックバンドのQueen でギタリストを務めた Brian May（ブライアン・メイ）氏が、米航空宇宙局（NASA）の小惑星探査機「OSIRIS-REx」のサンプル分析に協力する。



出典：NASA/Goddard/University of Arizona

OSIRIS-REx は2016年に打ち上げられた探査機で、小惑星「Bennu（ベンヌ）」で塵や岩石を採取し、[2023年9月にサンプルを地球へと届けた](#)。同探査機は新たなミッション「[OSIRIS-APEX](#)」として、小惑星「Apophis」の調査に出発している。May氏はミュージシャンとしての才能だけでなく、天文学に関する博士号を持つほか、立体写真の専門家でもある。今回 May氏と共同研究者は、OSIRIS-REx が撮影したベンヌの表面の画像から、2D画像に3Dによる立体感と奥行きを与える作業を担当する。May氏は「我々は少し離れた視点から撮影された、Bennuの表面画像のペアを探した」と述べている。Bennuを構成する岩石は、約46億年前の太陽系の形成時に存在していた物質だと見られている。これを解析することで、太陽系の成り立ちの解明に貢献することが期待されている。

<https://soraie.info/space/20231015-bennu.html>

小惑星ベンヌで採取されたサンプルを NASA が初公開 小惑星探査 OSIRIS-REx ミッション

2023-10-15 [soraie 編集部](#)

アメリカ航空宇宙局（NASA）は現地時間2023年10月11日、小惑星探査ミッション「OSIRIS-REx（オシリス・レックス、オサイリス・レックス）」で地球に持ち帰られた小惑星「101955 Bennu（ベンヌ、ベヌー）」のサンプルをジョンソン宇宙センターからのライブ配信を通して初公開しました。【2023年10月13日10時】



【▲ サンプル保管容器から取り出された小惑星探査ミッション「OSIRIS-REx」探査機のサンプル採取装置「TAGSAM」。サンプルの大部分はまだ採取装置の中にある（Credit: NASA/Erika Blumenfeld & Joseph Abersold）】

【▲ OSIRIS-REx のカメラ「SamCam」で撮影されたサンプル採取前後 5 分間の画像から作成されたアニメーション（Credit: NASA/Goddard/University of Arizona）】

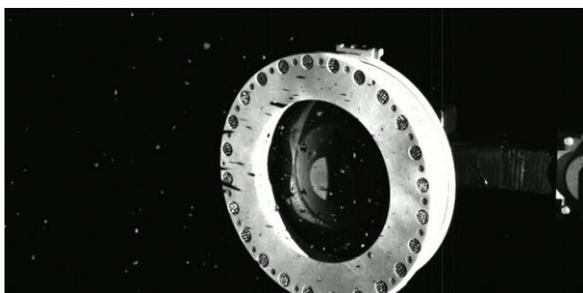
サンプルの公開にあわせて NASA からリリースされたこちらの画像、大きく写っている円筒形の物体は OSIRIS-REx 探査機のロボットアーム先端に取り付けられていたサンプル採取装置「TAGSAM（Touch-And-Go Sample Acquisition Mechanism）」です。中央の開口部に見えている砕けた炭のような物質が、ベンヌの表面から採取された砂や小石サイズのサンプルです。

2016 年 9 月に打ち上げられた OSIRIS-REx 探査機は 2018 年 12 月にベンヌに到着。周回軌道上からの観測を重ねた後の日本時間 2020 年 10 月 21 日に表面からのサンプル採取を実施し、2021 年 5 月にベンヌを出発しました。サンプルを収めた回収カプセルは日本時間 2023 年 9 月 24 日に探査機本体から分離されて地球の大気圏に再突入し、日本時間同日 23 時 52 分に米国ユタ州のユタ試験訓練場へ着陸することに成功していました。

サンプルの採取当日、探査機はロボットアームを伸ばしてベンヌの表面へと降下。先端の採取装置が接触すると同時に窒素ガスを噴射させることで、表面から舞い上がった物質を採取装置の内部に捉えました。採取装置は 2020 年 10 月 30 日にロボットアームから切り離され、回収カプセル内部のサンプル容器に収容。2023 年 9 月 26 日にジョンソン宇宙センターで開封作業が行われるまで、採取装置は 3 年近くサンプル容器に保管されていました。

関連：[NASA 小惑星探査 OSIRIS-REx ミッションのサンプル容器開封進む 黒いダスト現る](#)（2023 年 9 月 29 日）

NASA によると、サンプル容器の開封から 2 週間以内に行われた最初の分析の結果、ベンヌのサンプルに豊富な炭素と水が含まれている証拠が得られました。OSIRIS-REx ミッションの主任研究員を務めるアリゾナ大学の Dante Lauretta さんは、豊富な炭素を含む物質や水を含む豊富な粘土鉱物の存在は宇宙という氷山の一角に過ぎず、ベンヌのサンプルは近隣の天体のみならず生命の起源をも理解する旅へと私たちを駆り立てるとコメントしています。



【▲ 小惑星 Bennu（ベンヌ）からのサンプル採取後に撮影された OSIRIS-REx（オシリス・レックス）探査機のサンプル採取装置「TAGSAM」の連続画像。採取された粒子の一部とみられる物質が漂っていた（Credit: NASA）】

【▲ ジョンソン宇宙センターの専用クリーンルームに設置されたグローブボックスでサンプル容器から採取装置が取り外された時の様子。2023 年 10 月 4 日撮影（Credit: NASA）】

OSIRIS-REx ミッションでは少なくとも 60 グラムのサンプルをベンヌで採取し地球に持ち帰ることが計画されていましたが、NASA によれば実際に採取されたサンプルは約 250 グラムと予測されています（サンプル採取前後のロボットアームの動きを比較して推定）。正確に何グラムが手に入ったのかは 2023 年 10 月 11 日の時点でもまだ判明していませんが、Lauretta さんは大量のサンプルを前に私たちは興奮しているとコメントしています。

なお、取り出されたベンヌのサンプルは世界各国の研究者に配分されて分析が進められることとなります。日本

は宇宙航空研究開発機構（JAXA）の小惑星探査機「はやぶさ2」のミッションで採取・回収された小惑星「162173 Ryugu（リュウグウ）」のサンプルの一部とベンヌのサンプルの一部をそれぞれ提供し合う交換協定を結んでおり、ベンヌのサンプルは日本の研究チームにも配分されることとなります。また、サンプルのうち 70 パーセントは将来の研究者へ託すために保存されるということです。

Source [NASA](#) - NASA's Bennu Asteroid Sample Contains Carbon, Water 文/sorae 編集部

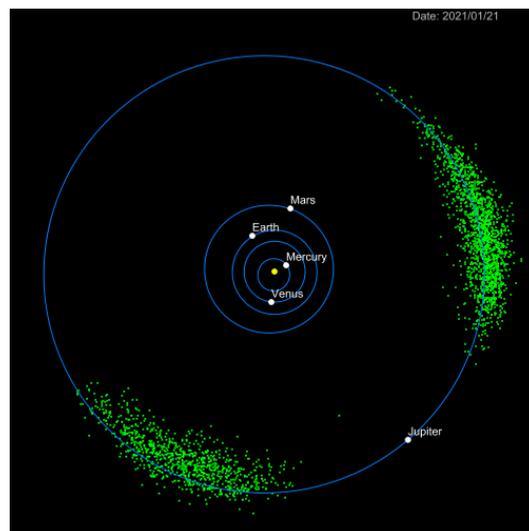
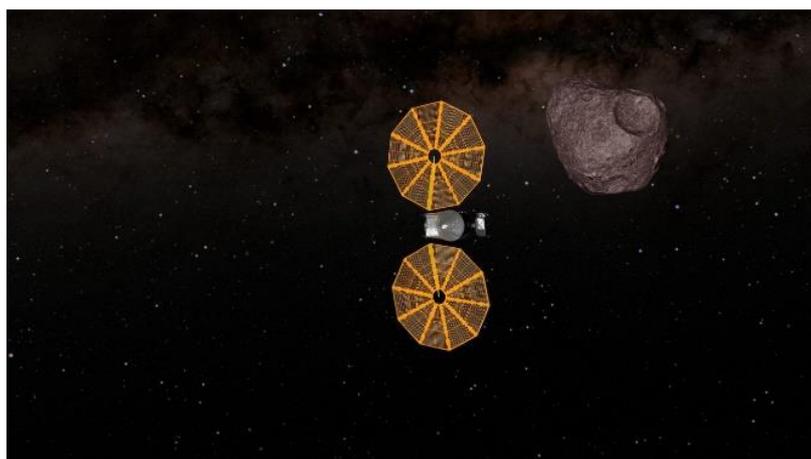
<https://sorae.info/space/20231020-lucy.html>

NASA 小惑星探査機「Lucy」最初の探査対象に接近中 11月2日未明に最接近

2023-10-20 [sorae 編集部](#)

12年間に渡るミッションで合計10個の小惑星を探査するアメリカ航空宇宙局（NASA）の小惑星探査機「Lucy（ルーシー）」が、いよいよ最初の探査対象となる小惑星「Dinkinesh（ディンキネシュ）」に近付いています。Lucyは日本時間2023年11月2日未明にDinkineshへ最接近し、今後10年間の探査で使用される装置やシステムのテストを行う予定です。【2023年10月20日10時】

日本時間2021年10月16日に探査機が打ち上げられたLucyは、「木星のトロヤ群」に属する小惑星の探査を主な目的としたミッションです。複数の小惑星を訪問することから、ミッションの期間は2021年から2033年までの12年間で予定されています。木星のトロヤ群とは太陽を周回する小惑星のグループのひとつで、太陽と木星の重力や天体にかかる遠心力が均衡するラグランジュ点のうち、木星の公転軌道にあるL4点付近（公転する木星の前方）とL5点付近（同・後方）に分かれて小惑星が分布しています。木星のトロヤ群小惑星は初期の太陽系における惑星の形成・進化に関する情報が残された「化石」のような天体とみなされています。これらの天体を間近で探査することから、ミッションと探査機の名前はエチオピアで見つかった有名な化石人骨の「ルーシー」（約320万年前に生息していたアウストラロピテクス・アファレンシスの一体）にちなんで名付けられました。

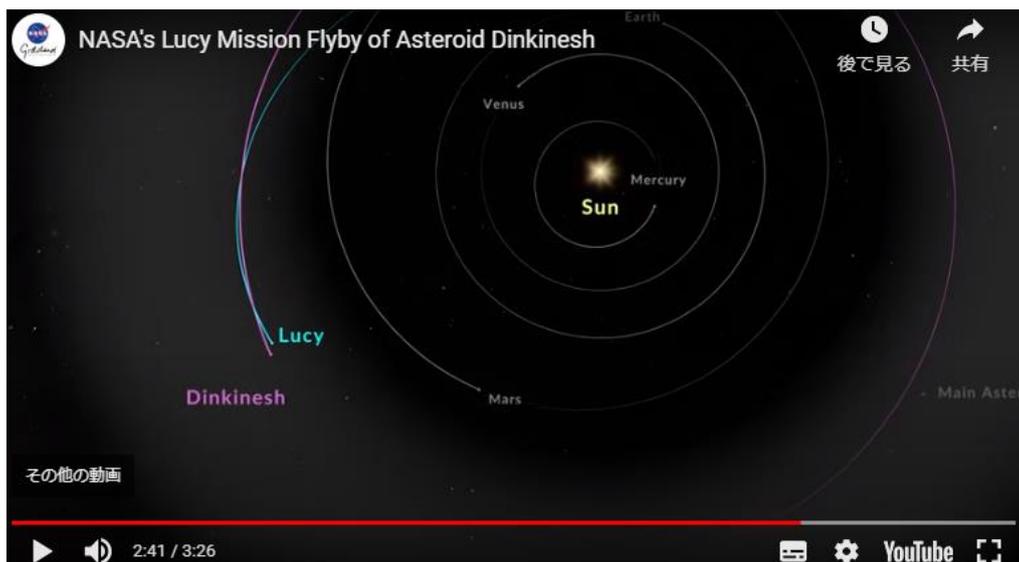


【▲ 小惑星「Dinkinesh（ディンキネシュ）」をフライバイ探査するアメリカ航空宇宙局（NASA）の小惑星探査機「Lucy（ルーシー）」の想像図（Credit: NASA's Goddard Space Flight Center）】

【▲ Lucyのミッション期間における水星～木星までの惑星（白）と木星のトロヤ群小惑星（緑）の位置を示したアニメーション。トロヤ群小惑星は木星（Jupiter）に先行するグループと後続するグループに分かれている（Credit: Astronomical Institute of CAS/Petr Scheirich (used with permission)）】

今回Lucyが初めて観測を行うDinkineshは幅約700mのS型小惑星です。打ち上げ時点での探査対象リストには含まれていませんでしたが、打ち上げ後に小惑星帯で正確な軌道が判明している50万個の小惑星を詳しく調べたところ、Dinkineshの近くを通過することが判明したために探査対象として追加されました。追加が発表された2023年1月の時点ではまだ仮符号の「1999 VD57」と呼ばれていましたが、運用チームが化石人骨であるルーシーのエチオピア名にちなんだ名前を提案し、国際天文学連合（IAU）に承認されたことで正式にDinkineshと命名されています。幾つもの小惑星を一度のミッションで観測するために、Lucyは小惑星を周回する軌道には入らずに通過しながら観測するフライバイ探査を行います。Dinkineshの探査は前述の通り観測装置のテストと位置付けられていて、自律的に小惑星の位置を特定しながら観測装置の視野内に収め続けるための自動追尾シ

システムがテストされます。「私たちは Lucy が何をすべきか知っていますが、Lucy は地球からの電波が届くまでに約 30 分もかかるほど遠くを飛行しているので、小惑星との遭遇を対話的に指示することはできません。その代わりに、私たちはあらゆる科学観測を事前にプログラムしておくのです」（Mark Effertz さん、ロッキード・マーティン・スペースの Lucy 主任技術者）



【▲ NASA が公開している Lucy による Dinkinesh のフライバイ探査を解説した動画（英語）】

（Credit: NASA's Goddard Space Flight Center）

NASA によると、Lucy は日本時間 2023 年 11 月 2 日 1 時 54 分に Dinkinesh から 430km 以内の最接近点を通過します。観測装置を搭載した架台は最接近の 2 時間前に所定の位置へ移動し、望遠カメラ「L' LORRI」と熱放射分光器「L'TES」による観測を開始。最接近の 1 時間前には Lucy の追跡システムによる小惑星の追跡が始まり、最接近の 8 分前からは可視光カラーカメラ「MVIC」と赤外線撮像分光器「LEISA」で構成される「L'Ralph」による観測も行われます。最接近後も 1 時間に渡って Dinkinesh の撮影が続けられ、その後も 4 日間は L' LORRI による Dinkinesh の撮影が定期的に行われるということです。

Dinkinesh のフライバイ探査を終えた Lucy は 2024 年 12 月に地球フライバイを行って軌道を修正し、2025 年には 2 つ目の探査対象である小惑星帯の小惑星「Donaldjohanson（ドナルドジョハンソン）」のフライバイ探査を行います。その後は 2027 年の「Eurybates（エウリュバテス）」とその衛星「Queta（ケータ）」をはじめ、ミッションの主目標である木星のトロヤ群の小惑星探査が行われる予定です。

Source [NASA](#) - NASA' s Lucy Spacecraft Preparing for its First Asteroid Flyby

[NASA](#) - NASA' s Lucy Spacecraft Continues Approach to Asteroid Dinkinesh

[NASA](#) - NASA' s Lucy Asteroid Target Gets a Name

文／soraie 編集部

<https://wired.jp/article/scientists-say-youre-looking-for-alien-civilizations-all-wrong/>

2023.10.15

地球外生命体の探査は“人間中心の考え方”にとらわれている：研究者たちが報告

これまで、地球外文明の探査に活用できる膨大な観測データが蓄積されてきた。これら为先入観にとらわれず、機械学習などの新たな方法で調査するべきだと主張する報告書が、8 月末に発表された。地球外生命体の存在の兆候を示すデータが埋もれているかもしれないというのだ。



[地球外生命体](#)の社会が存在する兆候を探すため、新たな宇宙の探査方法を提唱している研究者たちがいる。彼らによると、現在の探査方法は“人間中心の考え方”にとらわれているという。テクノシグネチャー（地球外生命の技術が存在する証拠となりうる物や現象）を見つけるために、そろそろデータや機械学習をより多く活用すべきだと言うのだ。関連記事：[大気汚染という「テクノシグネチャー」が地球外文明探査の新たな可能性を拓く](#)

このグループのメンバーは影響力のある科学者を含む [22 人](#)。2019 年にカリフォルニア州パサディナにある CALTECH のケック宇宙研究所で行われた大規模なワークショップで始まり、以来大きくなっていったプロジェクトのメンバーだ。カリフォルニア工科大（CALTECH）と NASA のジェット推進研究会の天文学者と惑星科学者を中心に、ペンシルバニア州立大学「系外惑星と居住可能世界センター」のジェイソン・ライトや、非人類言語に詳しいイルカのコミュニケーションの専門家デニス・ハーズィングら数人を加えたものだ。

彼らが 8 月 30 日に発表した[報告書](#)のなかで主張するのは、望遠鏡を使ったこれまでの観測から得られた膨大なデータと、見過ごされてきた可能性のある天体物理学上の異変をデータから掘り起こすためのアルゴリズムをもっと活用すべきだということだ。もしかすると、データにみられる異変が、自然界にない物体や現象—すなわち地球外のもの—につながるかもしれない。例えば、地球の大気に含まれるフロンや窒素酸化物が、スモッグのような産業汚染の印である可能性が高いように。あるいは、ダイソン球（卵の殻のように恒星を覆って熱を温存するために地球外生命体の文明がつくるかもしれないとされている、仮説の巨大人工構造物）から出る排熱の兆候を、科学者たちが検知できる日が来るかもしれない。「わたしたちはすでに、あらゆる波長で、何度も何度も、何度も宇宙を観測した膨大なデータを手にしています」と語るのは、CALTECH の天文学者で、今回の報告書の主要筆者のひとりジョージ・ジョーゴフスキだ。「宇宙に関して、これほどの量の情報を手にしたことは、（歴史上）かつてありません。そして、それを調査するためのツールもあるのです。とくに機械学習が重要です。目立たなくても色や動きが時々違っているような、存在を示すようなものを探し出すチャンスが得られるかもしれません」。例えば、ある波長でのみチカチカするものや非常に明るいもの、または異様な速さで動くものや、説明できない軌道で回るものなどを探し出せるかもしれないのだ。

結果がどうあろうと、そこには必ず学びがある

ほとんどのデータの外れ値は、「機器のエラー」といったつまらない説明で解決する。珍しい発見につながることもあるが、変光星やクエーサー（準星）、あるいは誰も見たことのない超新星爆発といった天体物理学の領域のものだ。それこそが、まさに今回のアプローチのメリットだと研究者たちは言う。結果がどうあろうと、そこには必ず学びがある。今回の報告書には、ダイソン球を提唱した天文学者フリーマン・ダイソンの言葉が引用してある。「地球外生命体の文明探査はすべて、面白い結果を出すように計画されなければならない。たとえエイリアンが見つからないとしても」地球外生命体のテクノシグネチャーを探すことと宇宙生物学に関係はあるが、ふたつは違うものだ。宇宙生物学は広い意味で生命体が存在する可能性のある惑星の探査を意味することが多く、実際に生存しているかどうかは問題ではない。宇宙生物学者は、わたしたちが考える意味での生命が維持されるのに必要な要素—例えば地表に液体の水があるとか、大気中に酸素や二酸化炭素、メタン、あるいはオゾンといった化学物質の痕跡があるか—を探す。そして通常、バクテリアや藻類、あるいはクマムシといった単純生物の痕跡を探す。NASA のジェイムズ・ウェッブ宇宙望遠鏡は分光器を使い、メタンと二酸化炭素が存在する [K2-18b](#) や、水蒸気があると思しき [グリーゼ 486b](#) といった星に光を当てることによって、この分野で天文学者を大きく手助けしている。また、テクノシグネチャーの搜索は、交信目的であれ事故であれ、洗練された地球外生命体による文明が発した可能性のある電波信号を探すことともまた違う。SETI（地球外知的生命体探査のこと。Search for Extra Terrestrial Intelligence の略）として知られる地球外知性の探査は、この目的に特化したアレン・テレスコプ・アレイのような電波望遠鏡や、一定の周波数の域内で宇宙の一部をスキャンするグリーンバンク望遠鏡を使ってなされている。

地球外生命体が信号を発したいとは限らない

しかし、ジョーゴフスキと仲間たちは、こうした従来の探査が先入観に毒されていると懸念する。つまり、地球外生命体はどんなもので、どんな技術を開発してきたか、あるいは惑星をどんな風に植民地化してきたか、そして地球外生命体の文明がどんな種類の信号を発しているのか、といったことについて先入観があると言うのだ。地球外生命の組成は炭素と水を基本にしていなくてもいいかもしれないし、わたしたちが知っているのとはまったく違う技術を使っているかもしれないのに。

「これまで、地球外知性の探査は信号に注目してきました。そもそも、わたしは個人的にこの点に疑問を持っています。なぜなら、このやり方は、発達した文明は信号を発したがっていて、しかも、そのために 20 世紀半ば

の地球の技術を使うと想定しているからです。地球外生命体がわたしたちに理解できる技術を使うと想定しているのです」。ジャーゴフスキは言う。例えば、20世紀はじめ、H・G・ウェルズの『宇宙戦争』をはじめとするSFが火星に対する想像をかきたてた頃、交流機器の基礎となる回転磁場を考案したニコラ・テスラや発明王トーマス・エジソン、無線を開発したグリエルキ・マルコーニといった発明家たちが、火星からの信号を検知したと発表した。実際には、地球の大気に入ってくるこのできない低周波の電波ノイズだったのだが。

SETIの研究に対して楽観的な人たちもいる。従来の研究は、新しいデータ中心のアプローチのライバルというよりも、補完するものと考えた人たちだ。例えば、今回の報告書の共著者であり、カリフォルニア州マウンテンビューにあるSETI研究所の天文学者であるソフィア・シークは言う。「従来の研究にもまだ重要な役割があるとわたしは思います。宇宙は広いですから。どこを探せばいいかの精度が上がるだけでもチャンスは大きくなります。それだけでも十分です」シークは、この報告書が「研究者たちが共通のゴールに向かって進むのを助けてくれる、有益な資源」になると位置づける。だから、研究者たちは未知のデータにどうやって飛び込もうか考えるにあたって車輪を改造する必要はないし、異変を検知するための独自のアルゴリズムをつくる必要もないと言う。この十年、シークと同僚たちはNASAのケプラー望遠鏡、その400倍の面積を観測できるTESS宇宙望遠鏡、ヨーロッパ宇宙機関の位置天文衛星ガイア、あるいはアメリカ国立科学財団の支援を受けたツビッキー・トランジェント天体探査装置の光学および赤外線データを活用してきた。そして今、チリ北部に建設中の[ベラ・ルービン天文台](#)が、銀河系100億の星と何百万もの太陽系の星のデータを集めるのを心待ちにしている。

同じ場所を繰り返し観測し、変化をみる

過去の天体観測は、天空を網羅すると同時に、どんなささいなものも捉えようとしてきた。だが近年は、「時間領域（タイムドメイン）観測」と呼ばれるものへの移行が進んでいる。時間領域観測では、天文学者たちが天空の同じ場所を何度も観測することによって、時間の経過に応じた変化を見る。「望遠鏡で同じ場所を覗くと、空とは固定されたものでないことがわかります。宇宙は静的ではなく、脈打ったり、ピクピクしたり、振動したりするのです」と語るのは、今回の報告書には関わっていないワシントン大学の天文学者ジェームズ・ダベンポート。だからこそ、繰り返し同じところを観測することで重要なデータが得られるのだ、とも。「1分ごと、1時間ごと、1年ごとに変化していくものは多いのです」ダベンポートは報告書の提言に共感する。つまり、宇宙を繰り返し観測して得られるデータをはじめとするデータドリブンな技術は、「宇宙的干し草の中の針1本」に相当するような、「知的生命体が支配する別の惑星」を探す時に有効であるだろうと。こうした技術の中には、遠くの目標の光度曲線が予想外の動きをしていないか調べることや、太陽系の中を飛び交うものの中に外来のものがある可能性に備えて軌道パラメーターを調べるといった研究が含まれるかもしれない。機械学習の中には、「無監督学習」もある。星や準星の明るさを一定の波長で測った数値を、人が関与することなく、コンピュータ・アルゴリズムが分析するといったものだ。こうした分析で統計的な外れ値を見つけ出すことができる。

過去のデータから重要な“外れ値”発見も？

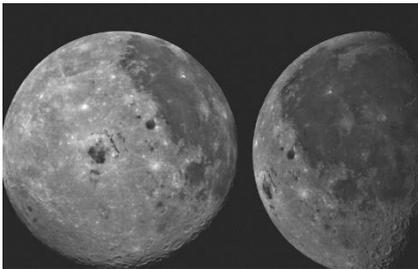
いったいどんな「異常値」が面白い発見につながるか、あるいは、地球外生命体の技術の兆候を露見させるのかを予測するのは難しい。例えば、2017年には、のちに「オウムアムア（ハワイ語で『遠方から来た初めての使者』）」と呼ばれるようになる恒星間天体が太陽系を通過した。当初、小惑星か彗星と思われたが、ハーバード大学の宇宙物理学者アブラハム・ローブが、妙な加速をする軌道は“地球外生命体の宇宙船”のものだと考えれば説明がつくと言い出したことで論争を招いた。今年3月に発表された研究で、結局、侵入者は彗星であったことが明らかにされた。尻尾がなく、水素の放出で加速する、ちょっと変わった彗星だった。オウムアムアは確かに興味深い科学につながる外れ値だった。データ中心の研究は、さらなるオウムアムアの発見をもたらすかもしれない。今回のテクノシグネチャーに関する報告書は、探究の方向転換を示すというよりは、これまでとは違う視点や専門性を持った科学者の参画を促すものだといえる。そう語るのは、今回の報告書に関わっていないジョージメイソン大学の計算社会学者アナマリア・ベレアだ。面白い外れ値を見つけるために、新たなツールを使って過去にほかの目的で収集されたデータを探索するのは、試す価値があると言う。「10年、20年前には、今のよう人工知能とコンピュータ技術の爆発はありませんでした。今ならこれをアーカイブされたデータに応用することができるのです」テクノシグネチャーは人気のある研究テーマではあるが、まだマイナーであり、恒常的な資金流入はない。地球外生命体のものではない外れ値から学ぶデータ中心の手法によって、研究界が活性化し、より正当性が増すことをベレアは期待している。一方、報告書に参加したメンバーたちは、人類の最も深遠な問いへの答えを探し続ける。果たして、この宇宙に存在するのはわたしたちだけなのか？

([WIRED US](#)/Translation by Akiko Kusaoi, Edit by Mamiko Nakano)

月の誕生直後に起きた「小天体爆撃」をめぐる謎



[Bruce Dorminey | Contributor](#)



米航空宇宙局（NASA）の木星探査機ガリレオが1990年12月に撮影した月。右の画像の左下の端近くにオリエンタル盆地がある。左の画像では、右の画像の月が自転し、オリエンタル盆地が画像のほぼ中央にきている（NASA/JPL）地球から見ると、太陽系の内側（内太陽系）の惑星は、時計のように規則正しく動いているように見える。水星、金星、地球と月、火星は全て、太陽を非常に規則正しく公転している。だが、常にそうだったというわけではない。

原始太陽系には、惑星の原材料（微惑星）が無数に存在し、まるで狂乱状態のビリヤードの球のように跳ね飛び回っていた。月は、太陽系の最初の1億年間に起きた、火星サイズの天体と地球とのすさまじい衝突の結果として生成されたものだ。衝突によって生じた両天体の破片が、地球周回軌道上で合体し、天然衛星としては異常に大きい月が約44億年前に形成された。控え目に言っても、私たちが地球に存在しているのは幸運だ。

学術誌「Icarus」に掲載された、太陽系初期の「爆撃」（多数の小天体の衝突）に関する包括的な論文の共同執筆者で、米サウスウェスト研究所の惑星科学者のウィリアム・ポットクは筆者の取材に、地球と月や内太陽系の惑星への初期の爆撃の大半は、地球や火星、金星などの地球型惑星の形成で残された微惑星によるものだったと説明した。爆撃は時間の経過とともに減少したものの、長期間持続し、地球と月に対する比較的後期の大規模な天体衝突を引き起こしたという。地球は、歴史の初期の少なくとも10億年間にわたり、非常に大規模な天体衝突を受け続けた。一方で、初期の月で起きたと考えられる爆撃の記録は部分的に欠如している。

ポットクによると、これを説明するためには、月の最初期の歴史が何らかのプロセスによって消去されたと考えなければならない。これは、クレーターと盆地（大型クレーター）がどちらも月の起源まではさかのぼらないか、もしくは、多くの学者が主張しているよりも後の年代に月が形成されたことを意味するという。

研究チームは、内太陽系にある衝突天体の主な供給源（微惑星、小惑星と彗星）を全て考慮した、正確な力学モデルを開発。それぞれの衝突天体の個数は、クレーター記録を用いずに、独立した手段によって調整した。

論文によると、太陽系の最初の11億年間に月へ衝突した天体で最も多かったのは微惑星だった。月にある盆地約50カ所が、43億6000万年～44億1000万年前に形成された。

[次ページ > 惑星系初期の小天体爆撃と生命発生の可能性](#)

今回の研究は何が違うのか？

論文の共同執筆者で、サウスウェスト研究所の惑星科学者シモーネ・マルキは電子メールによる取材に対し、今回の研究では地球の形成をシミュレーションする最先端の数値計算モデルの1つを採用し、太陽系の進化を通じて地球と月の天体衝突史がどのようになるかを推測したと述べた。このレベルの詳細な計算を、首尾一貫した、単一のシミュレーションで実行したのは今回が初めてだという。マルキによると、従来のモデルでは、月にある大型の衝突盆地の数や、それらのおよその形成年代などの一部を適切に説明することができなかった。研究チームはどうやってシミュレーションを実行したのか。モデル実行のための十分な統計データを得るために、米航空宇宙局（NASA）のスーパーコンピューター「プレアデス」を使用した。これが、今回の研究に大きく貢献したとポットクは述べている。他の惑星系も同じように初期の激しい爆撃を経験したのだろうか。問題はその期間だと、ポットクは言う。初期の爆撃は、地球上の複雑な生命の誕生を長期間妨げた可能性も、逆に興味深いニッチ（生物の生息に適した環境）を作ることにより何らかの形で生命誕生を促進した可能性もある。だがポットクによれば、天体が衝突すると反応性ガスが生成され、初期に存在した大気中の低濃度の酸素がそのガスによって消費される。よって、地球上の酸素の量が増えたのは、初期の爆撃がほぼ終わった後だった可能性があるという。

太陽系外での生命誕生は

ボットクによると、他の恒星系にも、惑星形成中とその後に初期の爆撃の期間があった可能性が高い。太陽系にはそうした爆撃の後に生命が存在しているという事実が、他の恒星系で生命が出現する可能性があることを意味しているという。(forbes.com 原文) 翻訳=河原稔・編集=遠藤宗生

<https://sorae.info/space/20231015-perseverance.html>

あの帽子っぽい形をした火星の岩 NASA 火星探査車 Perseverance が撮影

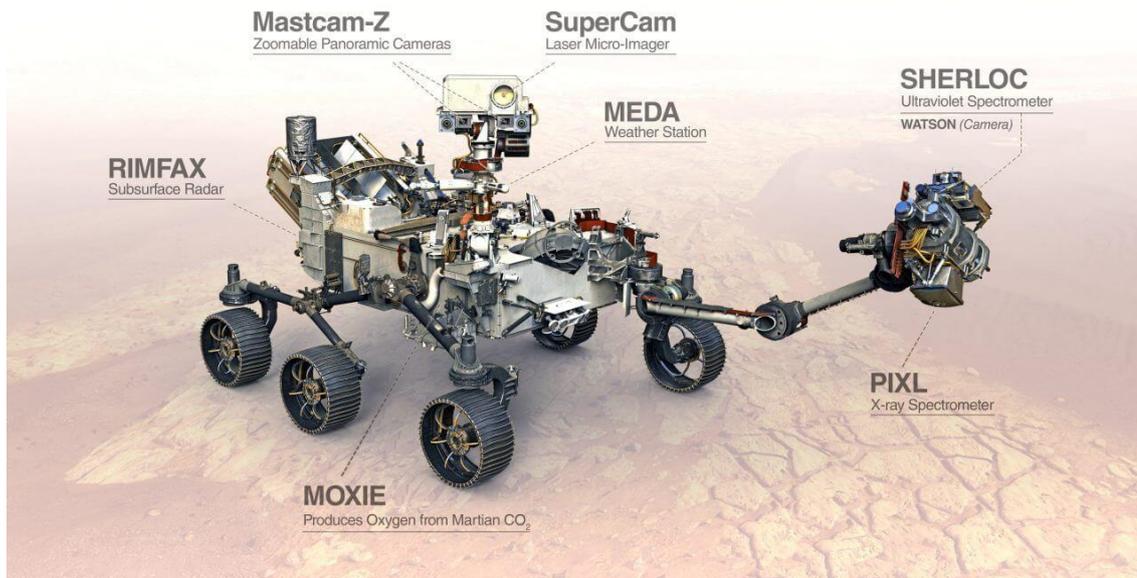
2023-10-15 [sorae 編集部](#)

こちらはアメリカ航空宇宙局 (NASA) の火星探査車「Perseverance (パーシビアランス)」のカメラ「Mastcam-Z」で撮影された岩の画像です。科学的な話はひとまず脇に置いて、読者の皆さんはこの岩の形から何を連想しましたか？



【▲ 火星探査車 Perseverance の Mastcam-Z を使って火星のジェゼロ・クレーターで撮影された岩。名前は「ミドル・マウンテン」、愛称は「ソムブレロ・ロック」。2023 年 9 月 8 日撮影 (Credit: NASA/JPL-Caltech/ASU)】

【▲ 火星探査車 Perseverance の Mastcam-Z を使って火星のジェゼロ・クレーターで撮影された岩。硬化した表面を残して内部から先に侵食作用を受けたとみられている。2023 年 7 月 27 日撮影 (Credit: NASA/JPL-Caltech/ASU)】



【▲ 火星探査車 Perseverance に搭載されている観測装置の位置を示した図。Mastcam-Z と SuperCam はどちらも Perseverance のマスト、通称“ヘッド(頭)”と呼ばれる部分に搭載されている (Credit: NASA/JPL-Caltech)】
Perseverance を運用する NASA のジェット推進研究所 (JPL) のブログによると、この岩は「ソムブレロ・ロック (Sombrero rock)」の愛称で呼ばれています。メキシコの伝統的な帽子「ソムブレロ」の広いつばを思わせる岩の形にピッタリのネーミングです。ちなみに岩の正式な名前は「ミドル・マウンテン (Middle Mountain)」といい、おそらくシエラネバダ山脈にある山のひとつにちなんで名付けられたと思われます。JPLによれば、岩の表面が内部に対して相対的に硬化し、内部のほうから優先的に侵食作用を受けた結果として、このような形の岩が形成されたと考えられています。Perseverance はソムブレロ・ロックの他にも同様のプロセスで形成されたとみられる岩を撮影しています。JPLによると、岩の表面が硬化するプロセスの多くは水と岩の相互作用と密

接に関連していることから、過去の火星の気候や表面の水について興味深い推測ができるかもしれないといえます。ソンプレロ・ロックの中心部分と外縁部分の組成に違いがあるのかどうかを調査し、岩の形成プロセスを通してこの地域の地質学的な歴史をより深く理解するために、レーザーを使って岩石の組成を遠隔で分析する「SuperCam（スーパーカム）」と Mastcam-Z による観察が行われたということです。

ソンプレロ・ロックの画像は JPL のブログにて 2023 年 9 月 25 日付で紹介されています。

Source [NASA/JPL](https://www.nasa.gov/jpl/20230925-sombrero-rock) - "Sombrero Rock": A Case of Case-Hardening? 文/sorae 編集部

<https://sorae.info/astrometry/20231019-axion.html>

中性子星が「アクシオン」で“光る”可能性を探索

2023-10-19 [彩恵りり](#)

私たちの宇宙には、普通の物質の 5 倍もの「暗黒物質（ダークマター）」が存在するとされていますが、その正体は現在でもよくわかっていません。有力候補として長年挙げられている未知の素粒子「アクシオン（Axion / アキシオン）」は、もし見つければ暗黒物質の正体を明らかにするだけでなく、現在の素粒子物理学を書き換える大発見となりますが、未だに見つかっていません。アムステルダム大学の Dion Noordhuis 氏などの研究チームは、「中性子星」の周りでアクシオンに由来する光がないかどうかを、中性子星の観測結果とシミュレーション計算を比較することで解析しました。結果としてはアクシオンの兆候はなかったものの、これまでとは異なる方法でアクシオンが存在する範囲の絞り込みを行うことができました。



【▲ 図: 中性子星の想像図 (Credit: ESO, L. Calçada)】

■未知の素粒子「アクシオン」は暗黒物質の有力候補

私たちの宇宙に存在する物質の量は、物質によって発生する重力の影響（銀河の回転速度など）を測定することで推定できます。しかし、重力に関する観測結果から推定される物質の総量は、可視光線などの電磁波で観測可能な“普通の”物質だけの量と比べて約 5 倍もあります。この大幅なズレは、電磁波で観測可能な物質とは別に、重力では観測できるものの電磁波では観測できない正体不明の物質が存在すると考えなければ説明できません。「暗黒物質」とは、この正体不明の物質を指す言葉であり、その正体を探ることは天文学における最大の課題の 1 つです。暗黒物質の正体として長年有力候補に挙げられ続けているのが、未知の素粒子「アクシオン」です。アクシオンは物理学上の未解決問題である「強い CP 問題」(※1)の解決のために予言された素粒子であり、現代の素粒子物理学の基礎となっている「標準模型」では予言されていない素粒子です。アクシオンが実在するかしないかは、物理学での大きな関心事となっています。

※1...原子核を安定化させる「強い相互作用」に存在する未解決問題。詳細は割愛しますが、強い CP 問題を解決する最もシンプルな解決策に伴って出現する素粒子がアクシオンです。

理論的に予測されるアクシオンの性質は、暗黒物質の性質の多くの条件を満たしています。まず、アクシオンは非常に小さいながらも質量を持つため、大量に集まれば重力源となります。また、アクシオンは他の物質とほとんど相互作用をせず、特に可視光線を含む電磁波とは相互作用しないため、暗黒物質が電磁波で観測できないことも整合します。さらに、暗黒物質の研究が進むにつれ、暗黒物質は「冷たい暗黒物質（コールド・ダークマター）」(※2)である可能性が高いと考えられていますが、アクシオンは冷たい暗黒物質の性質を満たします。このため、アクシオンが存在する場合、暗黒物質と強い CP 問題という物理学上の大きな未解決問題を一気に進展させる可能性があります。

※2...暗黒物質が何らかの粒子できている場合、それは激しく運動している場合もあれば、ほとんど運動していない場合もあるでしょう。通常の物質では温度が上昇するほど粒子の運動も激しくなることから、これになぞ

らえ、暗黒物質を構成している粒子が激しく運動している場合を「熱い暗黒物質」、ほとんど運動していない場合を「冷たい暗黒物質」と呼びます。近年の研究の多くは冷たい暗黒物質を支持しています。

■中性子星はアクシオンで“光る”かもしれない

アクシオンそのものの検出は極めて難しいとされていますが、一方でアクシオンは強い磁場の下で光子（電磁波の素粒子）に変換されることが予想されています。強い磁場の下でアクシオンから変化した光子を検出できる可能性はあるため、アクシオン探索実験ではこの手法が使用されています。

残念ながら、地球の観測装置ではアクシオン由来の光子の検出には失敗していますが、別の方法ならばアクシオン由来の光子の観測が可能かもしれません。それは「中性子星」の周辺です。中性子星は太陽の8倍以上の恒星の中心核が潰れて生じる、非常に小さく高密度な天体です。中性子星の周辺には非常に強力な磁場が存在し、人類が生み出せるよりもずっと強力な磁力を継続的に放出しています。このことから、中性子星は“宇宙最強の電磁石”とも例えられます。アクシオンは強力な磁場が存在する環境では大量に生成され、その一部が光子に変換されます。典型的な中性子星は毎秒約10の50乗個（100極個=100兆×1兆×1兆×1兆個）ものアクシオンを生成するため、光子に変換されるアクシオンの数も相当であると予想されます。この場合、実際の中性子星から放たれる電磁波の量は、アクシオンを考慮しない従来の物理学の理論で予想される電磁波の量よりも多くなるはずで、簡単に言えば、中性子星はアクシオンによって“光る”ため、これまでの予測よりも明るく見えるはずで、

■中性子星周辺の磁場を詳細に検討

Noordhuis 氏らの研究チームは、中性子星から放射される光の中に、アクシオンから変化した光子が含まれている可能性があるかどうかを、中性子星の観測結果とシミュレーションを組み合わせて調べました。

この研究には前提として、中性子星の観測結果という点で大きな壁があります。アクシオンから発生する電磁波は、アクシオン以外の理由で放出される電磁波と比べて極めてわずかなため、中性子星から放出される電磁波の量が正確に観測できていなければ、アクシオン由来の電磁波を捉えることは困難です。

一方で、中性子星が放射している電磁波は電波からガンマ線まで様々な波長に及びますが、私たちが観測できているのはほとんどが電波であり、それ以外の放射は極めてわずかしか捉えられていません。元々観測されている電磁波の量が少ないため、ここから中性子星の実際の電磁波の総量を推定することは困難です。

今回の研究では、中性子星でアクシオンがどのように生成されて中性子星の重力を逃れるのかを厳密にシミュレーションしました。そのためには中性子星の周りに存在する磁場の正確な理解が欠かせません。このため Noordhuis 氏らは、中性子星の磁場の研究のために開発されたシミュレーションに、アクシオンの生成についての項目を追加して研究を行いました。こうすることで、アクシオンの生成と光子への崩壊についての詳細が理解されました。このシミュレーション結果を、非常に詳細な観測データが得られている27個の中性子星の観測データと比較しました。もし観測データとシミュレーション結果に大きな逸脱がある場合、それはアクシオンが光子に変換されたものである可能性があります。

■アクシオン由来の光は見つからず

しかし、今回の研究では中性子星周辺でアクシオンから変換された光子の観測証拠を見つけることができませんでした。とはいえ全く成果がなかったわけではありません。例えば今回の結果からすると、アクシオンの質量は電子の1000億分の1から100兆分の1（10のマイナス8乗～10のマイナス5乗 eV）に絞り込まれることになります。これは今までの手法で推定されたアクシオンの質量とほぼ一致します。また、今までの手法のいくつかはアクシオンが暗黒物質であるという仮定の下で質量を算出していましたが、今回の研究ではアクシオンが暗黒物質であるかどうかに関係なく質量の推定が行えました。この前提の違いは重要です。

様々なアプローチからアクシオンの探索を行う実験や研究は、アクシオンが見つからなかったとしても、アクシオンが存在する範囲を狭めることに繋がります。アクシオンは見つからなくても、それ自体が新しい物理学の理論を構築するための重要な情報となるため、このような研究はこれからも続けられるでしょう。

Source

[Dion Noordhuis, et al.](#) “Novel Constraints on Axions Produced in Pulsar Polar-Cap Cascades”. (Physical Review Letters)

[“Pulsars may make dark matter glow”](#). (University of Amsterdam)

文／彩恵りり

<https://sorae.info/astromy/20231016-planet-nine.html>

「修正ニュートン力学」は「プラネット・ナイン」を否定する？ 短距離での修正

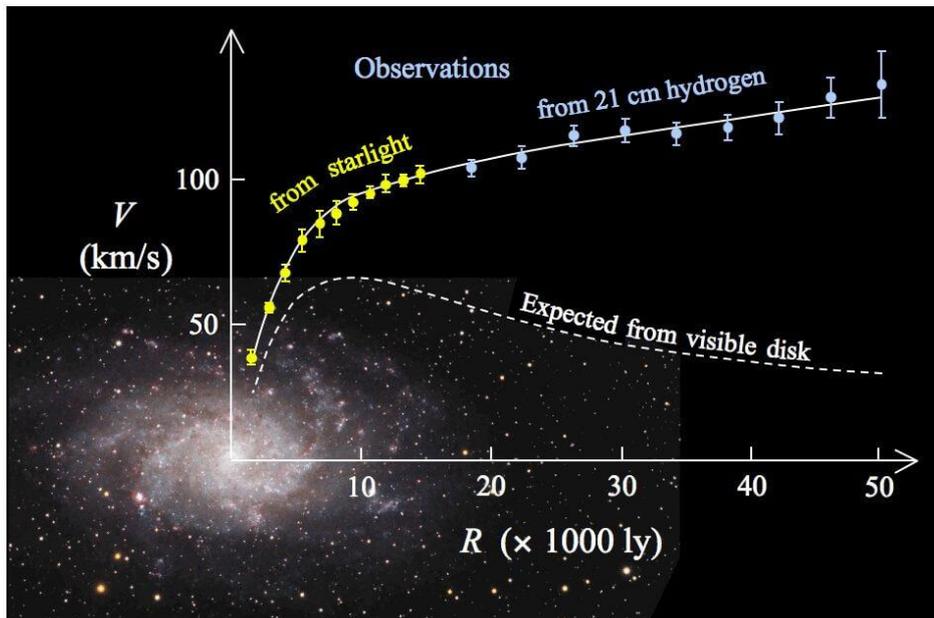
正体不明の「暗黒物質（ダークマター）」を仮定せずに宇宙の重力の謎を説明できるとされる「修正ニュートン力学」は興味深い仮説ですが、あまり多くの支持を受けてはいません。特に、恒星や銀河程度のスケールと比べて距離が短い太陽系程度のスケールにおける修正ニュートン力学の効果は、これまでに説明されたことがありませんでした。ハミルトン大学の Katherine Brown 氏とケース・ウェスタン・リザーブ大学の Harsh Mathur 氏の研究チームは、修正ニュートン力学の下で太陽系外縁天体の公転軌道のシミュレーションを行った結果、軌道に偏りが生じたことを明らかにしました。これは、短い距離における修正ニュートン力学の効果を示した初めての事例であるとともに、太陽系外縁部に未知の惑星があるとする「プラネット・ナイン」仮説を否定するものです。ただし、結果の前提となるデータ量の限界から、この結果が偶然生じたものである可能性は排除できず、容易に覆るかもしれないことも Brown 氏と Mathur 氏は自ら警告しています。



【▲図 1: プラネット・ナインの想像図 (Credit: Caltech, R. Hurt (IPAC))】

■「暗黒物質」を否定する「修正ニュートン力学」

私たちの宇宙に存在する物質の量は、銀河の回転速度などの物質によって発生する重力の影響を測定することで推定できます。しかし、重力に関する観測結果から推定される物質の総量は、可視光線などの電磁波で観測可能な“普通の”物質だけの量と比べて約 5 倍もあります。この大幅なズレは、電磁波で観測可能な物質とは別に、重力では観測できるものの電磁波では観測できない正体不明の物質が存在すると考えなければ説明できません。「暗黒物質」はこの正体不明の物質を指す言葉であり、その正体を探ることは天文学における最大の課題の 1 つです。



【▲図 2: さんかく座銀河における理論的な回転速度 (下側の曲線) と実際に観測された回転速度 (上側の曲線)。主流な説ではこのズレを暗黒物質の存在を仮定して説明しますが、修正ニュートン力学で説明する試みもあります (Credit: Stefania.deluca)】

しかし、長年に渡って研究や観測実験が行われてきたにも関わらず、暗黒物質の正体は判明しておらず、検出はおろか候補の絞り込みにも苦労しているのが実情です。

大多数の科学者は、暗黒物質の正体が何であれ現在広く認められている物理学の理論を大幅に修正しなければな

らないと考えています。そのため、少数の科学者は「そもそも暗黒物質は存在しないのではないか？」と考えています。この場合、修正すべきなのは重力理論ということになります。

提案されている修正重力理論の1つに「修正ニュートン力学」があります。修正ニュートン力学では、物体の運動を記述するニュートンの運動方程式に修正を加えることで、「重力は距離の2乗に反比例して弱くなる」という逆2乗則は厳密には正しくなく、遠距離では1乗の反比例に遷移していくと仮定しています。修正ニュートン力学が正しい場合、暗黒物質の存在を考慮する必要はなくなります。しかし、修正ニュートン力学は厳しい検証に耐えてきた一般相対性理論を否定するものであり、あまり多くの支持を集めているとは言えません。また、修正ニュートン力学は数百億 km 程度の距離……つまり太陽系の内部程度の範囲では逆2乗則が成り立っているように見えるため、検証は困難を極めます。

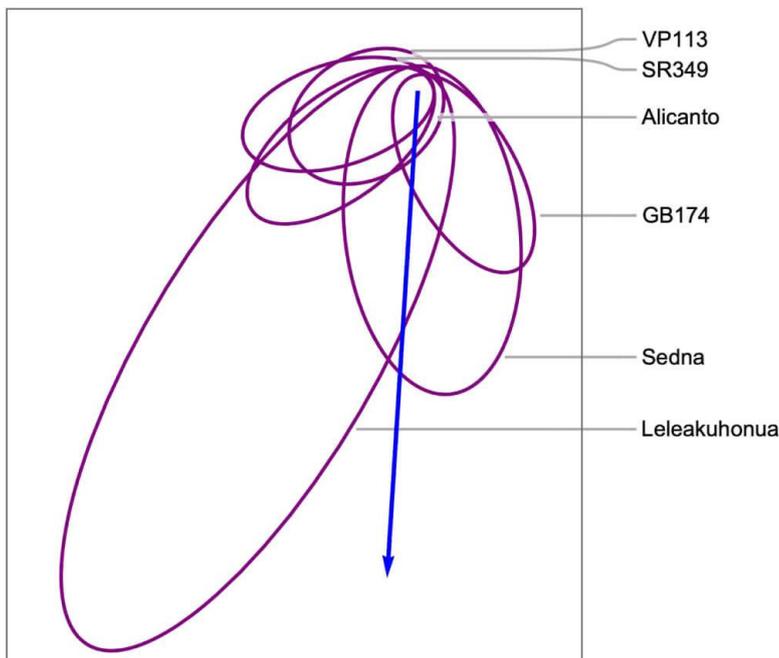
■修正ニュートン力学は「プラネット・ナイン」も否定する？

Brown 氏と Mathur 氏の研究チームは、修正ニュートン力学が太陽系外縁部にまつわる別の謎である「プラネット・ナイン」仮説と矛盾しているのではないかと考え、シミュレーション研究を行いました。

太陽系の8つの惑星のうち最も外側を公転している海王星の公転軌道のさらに外側には「太陽系外縁天体」と呼ばれる天体が無数にあります。これらの公転軌道を調べてみると、本来であれば全方向に等しく天体が分布しているはずなのに、実際には特定の方向に分布しているという偏りが生じていることが指摘されています。

このことは、太陽系外縁部にまだ見つかっていない大きな質量を持つ天体が存在していて、太陽系外縁天体の公転軌道を重力を介して乱しているからではないか、と考えれば説明できます。推定される質量および周囲の天体を一掃しているという性質は、2006年に決議された太陽系の惑星の定義を満たすため、この惑星は未知の9番目の惑星「プラネット・ナイン」と呼ばれています。しかし、今のところプラネット・ナインは発見されておらず、実際には存在しないと考える研究者もいます。

Brown 氏と Mathur 氏は、このプラネット・ナイン仮説が修正ニュートン力学と矛盾しているのではないかと考え、太陽系外縁天体の公転軌道の変化を修正ニュートン力学による重力場の仮定の下でシミュレーションし、その結果を実際の観測結果と比較しました。



【▲図 3: 6つの太陽系外縁天体の公転軌道(紫色の楕円)の長軸は、天の川銀河の中心方向(青色矢印)に向いています。今回の研究結果は、この偏りの原因がプラネット・ナインの重力場の影響ではなく、修正ニュートン力学における天の川銀河の重力場の影響であると結論付けています (Credit: Brown & Mathur)】

シミュレーションの結果、太陽系外縁天体は天の川銀河の重力場の影響を受けて、楕円軌道の長軸(長い方の軸)が天の川銀河の中心方向に向くことが示されました。そしてこの結果は、90377番小惑星「セドナ」のように、楕円形をしていることが高精度で判明している6つの太陽系外縁天体の実際の公転軌道とよく一致しました。これは、太陽系の内部という短距離でも修正ニュートン力学が働いていることを示した初めての結果であり、修正ニュートン力学にもとづけばプラネット・ナインは存在しない可能性があることを示しています。

■容易に覆るかもしれない予備的な研究結果

ただし、この研究結果を以て修正ニュートン力学が正しいとは言えません。今回の研究で用いられた公転軌道の

データは検証に使えるほどには精度が高くなく、単にシミュレーション結果が現実と偶然一致しただけの可能性を排除できません。そして修正ニュートン力学自体も、他の方法での検証でも厳しい立場にさらされているため、修正ニュートン力学そのものが否定される可能性も大いにあります。従って、今回の結果は容易に覆るかもしれません。また、プラネット・ナインの存在は修正ニュートン力学を仮定せずとも否定することができるかもしれません。太陽系外縁天体は文字通り外縁部という遠方にあるため、観測が極めて困難です。プラネット・ナインの存在の根拠となっている公転軌道の偏りは、太陽系外縁天体の観測数が少ないことに起因する観測バイアスで生じていることも十分に考えられます。暗黒物質、修正ニュートン力学、プラネット・ナインといった各問題に答えを出すには、さらなる天体観測が必須と言えます。

Source

[Katherine Brown & Harsh Mathur](#). "Modified Newtonian Dynamics as an Alternative to the Planet Nine Hypothesis". (Astronomical Journal)

["Plot thickens in hunt for ninth planet"](#). (Case Western Reserve University) 文／彩恵りり

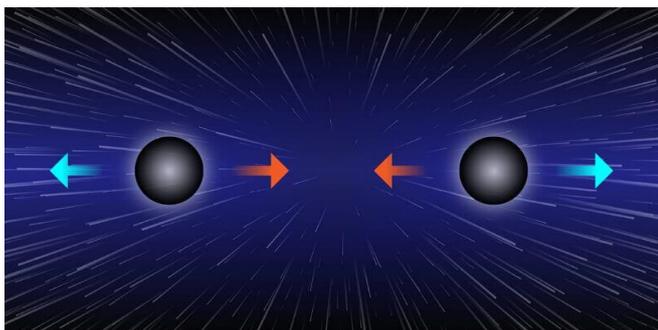
<https://sorae.info/astromy/20231017-black-hole.html>

膨張している宇宙ではブラックホールの個数が不明な場合があることを数値解析で証明

2023-10-17 [彩恵りり](#)

「ブラックホール」は質量・電荷・角運動量（自転）の3つのパラメーターだけで表されるため、3つとも値が同じブラックホールは区別することができません。これを「ブラックホール無毛定理（脱毛定理）」と呼びます。この定理は、ブラックホールを記述する「アインシュタイン方程式」は、パラメーターを固定すると1つの答えしか出さないことを意味する「ブラックホール唯一性定理」にも繋がります。ただし、唯一性定理には例外があることも知られています。

サウサンプトン大学の Óscar J. C. Dias 氏などの研究チームは、宇宙の膨張を考慮した場合、同じ質量を持つ2つのブラックホールはお互いに同じ距離を保ったまま静止すること、その状態を遠くから見ると1つのブラックホールを見ているようにも見えるためにブラックホールが1つなのか2つなのか区別がつかないことを示しました。これは質量のパラメーターを固定した場合に唯一性定理が成り立たないことを示した初めての研究であり、ブラックホールは無毛定理が示すほど単純ではないことを示唆する結果です。



【▲ 図1: 宇宙の膨張による分離と、重力による接近が釣り合っている場合、2つのブラックホールは距離を保ったまま動かなくなります。今回の研究はそのような状況が理論的に存在すること、この釣り合いが取れた2つのブラックホールを遠くから見ると、1つのブラックホールのようにも見えることを明らかにしました (Credit: APS, Alan Stonebraker)】

■ブラックホールには“毛が3本しかない”

太陽のような恒星は、重力によって潰れる力と、中心部の核融合で生じる圧力が拮抗することで星としての形を保っています。しかし、核融合の燃料が尽きてしまうと重力に抵抗する力が無くなってしまいうため、中心部が潰れてしまう「重力崩壊」が発生します。この先の運命は恒星の質量によって異なり、太陽よりずっと重い恒星の場合、他のどんな力も重力に抵抗できずに無限に潰れてしまいます。こうして生じる天体が「ブラックホール」です。普通の恒星や惑星の場合、構成元素・大きさ・質量・形・色・温度など、無数のパラメーターが存在します。これに対し、ブラックホールは質量・電荷・角運動量の3つのパラメーターだけで全てを表すことができるほどに性質が単純なことで知られています。恒星が重力崩壊するとパラメーターのほとんどが失われてしまうことを、物理学者のジョン・ホイーラーが「ブラックホールには毛が（3本しか）ない」と喩えたことから、これは「ブラックホール無毛定理」と呼ばれています。

ブラックホール同士の合体で生じる重力波の観測により、ブラックホールの性質は無毛定理と矛盾しないことが明らかにされているため、無毛定理は正しいと考えられています。このことは、質量・電荷・角運動量の3つのパラメーターが同じである場合、2つのブラックホールは区別できないことを意味します(※)。このことから、ブラックホールに関するもう1つの定理である「ブラックホール唯一性定理」も導かれます。

※…より正確に言えば、ブラックホールには三次元空間での位置や運動方向といったパラメーターも存在します。しかしこれは基準を適切に設定すればゼロとして扱えることから、無毛定理や唯一性定理に影響を与えません。ブラックホールは元々、時空を表す一般相対性理論の方程式である「アインシュタイン方程式」を解くことで予言された天体です。唯一性定理が正しい場合、質量・電荷・角運動量の値を固定して方程式を解くと、アインシュタイン方程式は1つの答えだけを出すということに繋がります。この前提は、ブラックホールの性質を探る上で重要です。

■ブラックホールが単純すぎることで生じる問題

ブラックホールを表すパラメーターが少ないことは、ブラックホールに落下した物体が持つパラメーターも大部分が失われてしまうことを意味します。ブラックホールは光でさえも抜け出せないため、物体のパラメーターという「情報」はこの宇宙から消失してしまふことになりませんが、情報の消失を禁じている物理学の基本原則とは矛盾します。仮にブラックホールの中に情報が保存されていると考える場合でも、理論的に様々な困難が存在することも分かっています。「ブラックホールに落ち込んだ情報はどうなっているのか?」という疑問は物理学上の重要な未解決問題であり、これは「ブラックホール情報パラドックス」と呼ばれます。

ブラックホールの性質、特に情報パラドックスの解決に関する理論的研究では「無毛定理や唯一性定理が示唆するほど、ブラックホールは本当に単純なのか?」という疑問についての研究も行われています。よく知られている例として、エネルギーが運ばれる「場」を仮定すると、唯一性定理が崩れることがあります。

例えばブラックホールには電荷のパラメーターがあります。プラスとマイナスの電気は互いに反発するというよく知られた性質から、2つのブラックホールが異なる極性の電荷を帯びていると、重力という引力と、電荷によって反発する斥力が釣り合い、接近も分離もせず停止した状態となる場合もあることが予測されます。この状態となったブラックホールを遠くから見ると、2つのブラックホールの電荷と質量を足した値を持つブラックホールが1つだけあるように見えるでしょう。つまり、ブラックホールが実際にはいくつあるのかを区別できないということになります。これは、質量と電荷のパラメーターを固定した場合にアインシュタイン方程式を解いても、答えが1つであるとは限らないという例となります。

上記とある程度関連する別の試みとして、ブラックホールに新たな“毛”を定義する試みがいくつかあります。この場合も場が仮定されますが、これは現代物理学の欠陥を埋めるための拡張理論とセットになっているため、現時点では意見の一致を見ているとは言えません。

関連: [ブラックホールの“4本目の毛”？「過度」を持つ可能性が示される](#) (2022年9月17日)

■膨張している宇宙で釣り合いの取れた二重ブラックホールがあることを証明

Dias 氏らの研究チームは、唯一性定理が成立するための前提条件である「時空は漸次的に平坦」という仮定を現実の宇宙に沿うように変更すると、唯一性定理が成り立たない別の違反(破れ)事例が存在することを発見しました。時空は漸次的に平坦とは、簡単に言えば、宇宙は膨張も収縮もしないことを意味します。しかし実際の宇宙は加速膨張をしていることが観測によって証明されているため、実際の宇宙ではこの仮定は成り立ちません。宇宙の膨張は天体間の距離を引き離す斥力のように振る舞います。このような場合、先述の電荷の例と同じく、2つのブラックホールに働く引力と宇宙の膨張という斥力が釣り合う場合には静止した状態となること、それを遠くから見ると1つのブラックホールと区別できなくなることが予測されます。また電荷などの例とは異なり、この釣り合った状態を作り出すのにエネルギーを運ぶ場を仮定する必要がないという別の性質もあります。

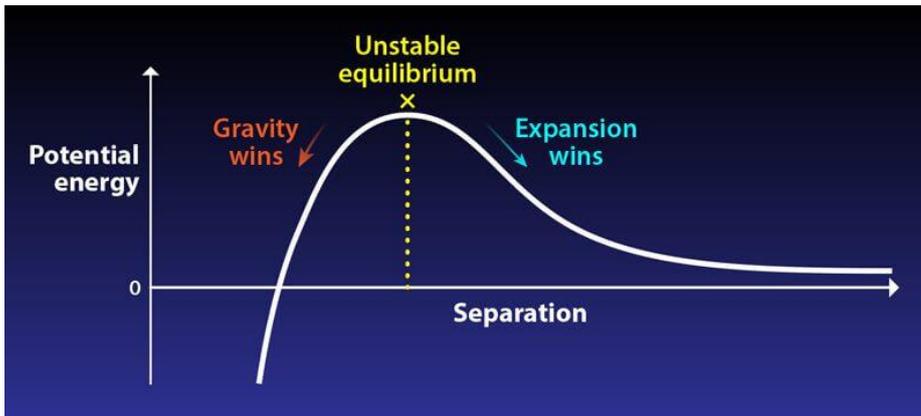
しかし、宇宙の膨張による斥力と重力による引力の釣り合いを頭の中で想像するのは簡単ですが、これまでそのような答えが示されたことはありませんでした。アインシュタイン方程式はブラックホールが1つの場合には解を導くことが可能ですが、2つある場合に解を導くことは不可能であることが2つの定理によって数学的に示されているためです。このため Dias 氏らは、自身が専門とする数値解析の手法を使い、このような前提でのブラックホールの振る舞いを計算しました。

その結果、2つのブラックホールによる宇宙の膨張と重力による引力の釣り合いが実際に起こること、それを遠くから観察すると1つのブラックホールと区別できないことが数学的に示されました。これは、質量のみのパラメーターを固定してもアインシュタイン方程式の解が1つに定まらない、唯一性定理の初めての違反の例です。今回の研究を適用すると、太陽程度の質量を持つ2つのブラックホールは、数百光年離れた距離にある場合に互

いに静止していることを示しています。

一見するとこれは、解を導くことが不可能であるという以前の定理と矛盾しているように見えるかもしれませんが。しかし Dias 氏らは、1つの定理には証明の中に論理的矛盾があることと、もう1つの定理には制限的な仮定があり、今回の研究結果がその定理に縛られないことを示しました。

■釣り合いの取れた二重ブラックホールは存在するか？



【▲ 図2: 今回示された釣り合っている二重ブラックホールの状態は、山の頂上の1点に置かれたボールに例えられます。山の頂上に置かれたボールが簡単に転がり落ちるように、ブラックホール同士の距離が少しでも変わると、ブラックホールは分離するか接近するため、釣り合いは簡単に崩れてしまいます (Credit: APS, Alan Stonebraker)】

今回の結果は、ブラックホールはそれほど単純ではないことを示す新たな研究となりました。このような唯一性定理の違反の具体例は、ブラックホールの性質を探る研究にとって重要な情報となります。

しかし Dias 氏らは、実際の宇宙にこのような状態の二重ブラックホールは存在しないと考えています。宇宙の膨張による斥力と重力による引力の釣り合いがとれるのは、2つのブラックホールが正確な距離に配置された場合のみです。山の頂上にボールを置くと、少しでも位置がズレれば転がり落ちてしまうのと同じように、少しでもブラックホールが動いて互いの距離が変われば、ブラックホール同士は接近するか分離するかのどちらかの運命をたどります。ブラックホール自身の運動に加え、他の天体からの重力によっても、ブラックホール同士の距離は変化するでしょう。ただし、ブラックホール同士が自転している場合、あるいは強い電荷を持っている場合には、ブラックホール同士の距離を安定させる別の状況が生まれ、釣り合いの取れた二重ブラックホールが存在する可能性が上がります。宇宙にある実際のブラックホールが強い電荷を持つ可能性は低いと考えられていますが、高速で自転していることは知られており、その場合での関係性もまた変化する可能性があります。Dias 氏は自転しているブラックホール同士での数値解析を次の目標としています。

Source [Óscar J. C. Dias, et al.](#) “Static Black Binaries in de Sitter Space” . (Physical Review Letters)

[Toby Wiseman.](#) “Two Black Holes Masquerading as One” . (Physics)

文／彩恵りり

<https://forbesjapan.com/articles/detail/66703>

2023.10.17

「太陽系 2.0」トラピスト 1 の岩石惑星 ウェブ望遠鏡による観測結果



[Jamie Carter | Contributor](#)



みずがめ座にある恒星系トラピスト 1 にある惑星「トラピスト 1f」の表面の様子を描いた想像図

(NASA/JPL-Caltech) [全ての画像を見る](#)

「太陽系 2.0」とのニックネームがつけられている恒星系「トラピスト 1 (Trappist-1)」は、惑星科学者たちを魅了している。この恒星系では、地球からわずか 39 光年の距離にある 1 つの恒星を、7 つの惑星が公転。太陽系とあらゆる点で同じというわけではなく、主星は太陽よりはるかに温度が低い赤色矮星（わいせい）だが、7 つの惑星は全てが岩石質、地球サイズと、少なくともいくつかの点で地球に類似している。

米航空宇宙局 (NASA) は 2017 年、スピッツァー赤外線宇宙望遠鏡でトラピスト 1 を観測した結果、単一の星のハビタブルゾーン (生命生存可能領域) 内で最も多くの地球サイズの惑星が見つかったと発表した。

惑星のどれもが実際に地球に似ているかどうかは不明だが、系外惑星研究者らは、ジェームズ・ウェッブ宇宙望遠鏡 (JWST) によって、これらの惑星を取り巻く大気が存在するかどうかを判明するのを待っていた。最も調査しやすい惑星は、主星に最も近く、最も高温で明るい「トラピスト 1b」だ。

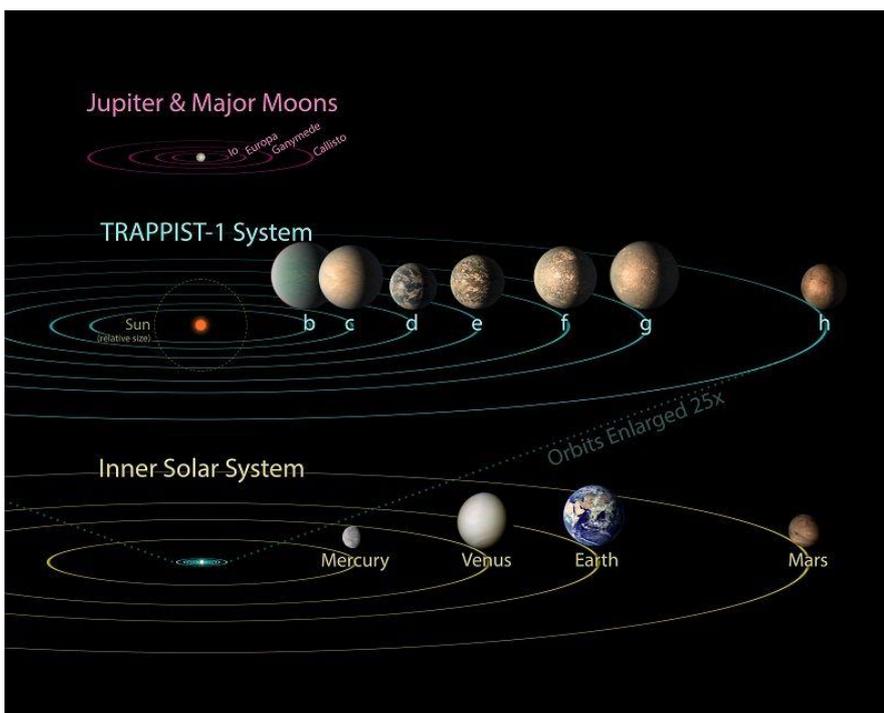
今年 5 月には、JWST に搭載の MIRI (中赤外線観測装置) を使ったトラピスト 1b の調査が実施されていた。そしてこの度、JWST の NIRISS (近赤外撮像分光器) を用いた調査結果が発表された。NIRISS は、恒星からの白色光を虹のような色成分に分解する装置だ。

大気は確認されず

学術誌 The Astrophysical Journal Letters に掲載された[論文](#)によると、トラピスト 1b に大気が存在することを示すものは確認されなかった。米ミシガン大学の天文学者で、NASA セーガン・フェローのライアン・マクドナルドはプレスリリースで「これによりトラピスト 1b は、大気のない岩石か、大気圏の高い位置に雲があるか、あるいは、大気が二酸化炭素のように非常に重い分子でできていて、希薄すぎて検出できないかの可能性があることがわかる」と述べている。「だが、実際に断定できるのは、間違いなく主星が今回の観測結果を左右する最大の影響を及ぼしており、この系の他の惑星にも全く同じ影響が及ぶことだ」

[次ページ > 検出された「大気の信号」は「ゴースト」だった](#)

これは良い知らせではないが、特に悪いというわけでもない。39 光年先からの大気の信号を見つけるのは簡単ではないため、初期の研究では、トラピスト 1 系にある惑星の観測に主星がどのような影響を及ぼすかを知ることによって重点を置いている。「今のうちに主星の取り扱い方法を考えておかなければ、ハビタブルゾーンにある惑星のトラピスト 1d、e、f を調査する際に、大気の信号を確認するのが非常に難しくなる」と、マクドナルドは指摘する。恒星のハビタブルゾーンは理論上、惑星の表面に液体の水が存在できる範囲とされる。



トラピスト 1 恒星系 (中央) と太陽系 (下)、木星とその大型衛星 (上) との比較イラスト。太陽よりはるかに小さい赤色矮星トラピスト 1 を公転する 7 惑星の軌道は、水星の軌道内に容易に収まる (NASA/JPL-Caltech) 「ゴースト信号」

トラピスト 1 を公転する惑星の存在は、惑星が主星の前を横切る際にしか確認できない。今回の研究では、透過分光法と呼ばれる技術を使用し、トラピスト 1b の大気を通過した主星の光を JWST の NIRISS で分解した。こ

の光には、惑星の大気中に含まれる分子や原子の痕跡があった。

だが、この痕跡は実際には、星の光に見られる多数の「ゴースト信号」だった。これは主星自体の黒点や白斑（はくはん）に由来するものと思われた。このデータは、今後の研究で、トラピスト 1 系の惑星の大気中に特定の分子を検出したと早合点するのを防ぐことに役立つかもしれない。

フレア現象

トラピスト 1 系と太陽系との大きな違いは、その主星だろう。トラピスト 1 は、太陽類似星よりもはるかに一般的な恒星である赤色矮星だ。トラピスト 1b は、地球が太陽から受ける放射の 4 倍のエネルギーを受けており、表面温度が 120~220 度に達していることを、研究チームは明らかにした。なので、ハビタブルゾーン内には存在していない。赤色矮星は、太陽に比べて挙動が予測しにくく、このことが生命体に影響を与えることも考えられる。研究を主導した、カナダ・モントリオール大学トロティエ太陽系外惑星研究所のオリビア・リムは「今回の観測では、恒星フレアが確認された。これは予測不可能な現象で、発生時には主星が数分から数時間の間、増光するように見える」と話す。「フレアは、惑星によって遮られる光の量の測定に影響を及ぼした。データの正しい解釈を確実にするには、フレアの影響を考慮する必要がある」

[次ページ > 希薄な大気が存在する可能性も](#)

希薄な大気が存在？

トラピスト 1b では大気を検出されなかったが、今回の研究では、おそらく水、二酸化炭素やメタンでできたと考えられる薄い大気が存在する可能性を排除できなかった。さらに、土星の巨大衛星タイタンに似た大気がある可能性も排除できなかった。タイタンは太陽系で唯一、分厚い大気を持つ衛星で、大気圧は地球の約 1.5 倍だ。

トラピスト 1 について

最初に発見されたのは 1999 年だが、2016 年に 3 つの惑星を発見した科学者らが使用したチリのラ・シヤ天文台にある望遠鏡「TRAPPIST (TRANSiting Planets and Planetesimals Small Telescope)」にちなみ、トラピスト 1 系と命名された。翌 17 年には、スピッツァー宇宙望遠鏡による 1000 時間以上の観測が実施され、惑星 7 つとその質量、半径、密度が明らかになった。惑星は全て岩石質で、地球サイズの天体だった。

(forbes.com 原文) 翻訳=河原稔

<https://uchubiz.com/article/new29886/>

宇宙線で生じる「空気シャワー」の可視化に成功—標高 4200m のすばる望遠鏡活用

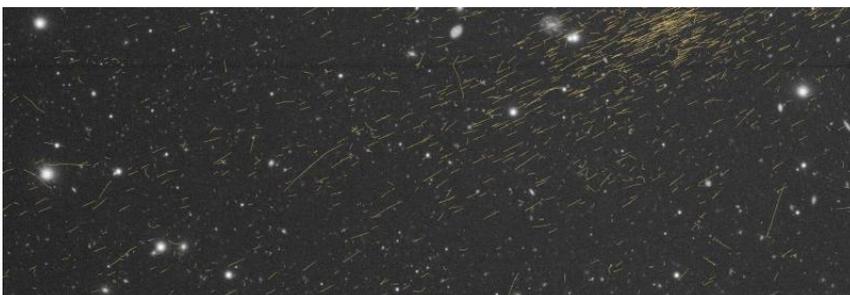
2023.10.16 15:38 [佐藤信彦](#)

[国立天文台 \(NAOJ\)](#) と大阪公立大学、千葉工業大学などによる研究グループは、ハワイ観測所「すばる望遠鏡」で得た観測画像を解析し、宇宙線の影響で生じる「空気シャワー」を可視化することに成功した。

地球には、宇宙から高エネルギーの放射線（宇宙線）が絶えず降り注いでいる。宇宙線は地球の大気と相互作用し、大量の電子や陽電子、ミュオンなどの高エネルギー粒子群である空気シャワーとなって地表に到達する。

空気シャワーの粒子が天体望遠鏡の撮像素子を通ると、その飛跡が画像に写り込む。天体観測の場合、こうした軌跡はノイズとなってしまうため、通常はデータ処理の過程で除去される。

研究グループは、すばる望遠鏡で撮影された約 1 万 7000 枚の画像を調べ、宇宙線の飛跡を解析した。その結果、13 枚の画像に通常の飛跡数をはるかに上回る空気シャワーの粒子群が捉えられていたことを確認できた。これら空気シャワーは飛跡が同じ方向を向いていることから、非常にエネルギーの高い 1 つの宇宙線から生成された 2 次粒子群であると考えている。

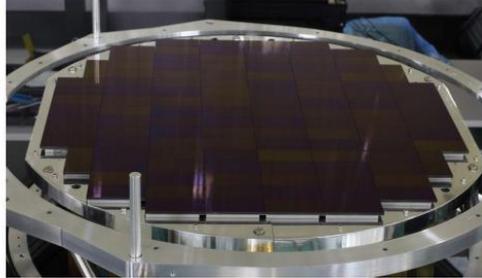
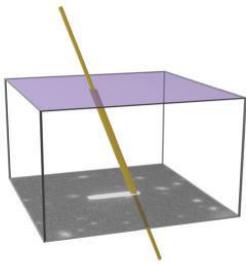


黄色で示された線が空気シャワーの飛跡（出典：NAOJ/HSC Collaboration）

空気シャワーは、広がってしまう前の高山でないと検出できない。また、検出器の厚みが十分でないと、長い

軌跡が記録できない。すばる望遠鏡は標高 4200m のハワイ島マウナケア山頂にあり、超広視野主焦点カメラ「Hyper Suprime-Cam (HSC)」の撮像素子は空乏層の厚い電荷結合素子 (Charge Coupled Device : CCD) を採用していることから、空気シャワーの検出が可能だった。

HSC の CCD を使えば、従来の宇宙線検出器だと区別できなかった電子とミュオンを、飛跡の形状から個別に判断できる可能性があるという。



(左) CCD を通過する宇宙線が残す飛跡の概念図、(右) すばる望遠鏡の撮像素子 (出典 : 大阪公立大学/HSC Project)

この新しい検出手法を発展させれば、粒子種の解明やダークマター探査への応用が考えられ、反物質がほとんど消え去った現在の「物質優勢」宇宙の解明につながる期待もあるとしている。

天体画像では補正対象である宇宙線だが、「今回のような長期間の観測データを解析することで、元々の観測目的ではなかった科学の領域まで有効な情報を引き出せる可能性を示すことができた」と説明。「高エネルギー粒子の観測手法についての知見はもちろん、一様な品質が保証されたデータアーカイブの重要性についての示唆も与える結果であった」と意義を解説している。

天体画像では補正対象である宇宙線だが、「今回のような長期間の観測データを解析することで、元々の観測目的ではなかった科学の領域まで有効な情報を引き出せる可能性を示すことができた」と説明。「高エネルギー粒子の観測手法についての知見はもちろん、一様な品質が保証されたデータアーカイブの重要性についての示唆も与える結果であった」と意義を解説している。

関連リンク [国立天文台ハワイ観測所\(すばる望遠鏡\)プレスリリース](#)

[大阪公立大学プレスリリース](#) [千葉工業大学プレスリリース](#)

<https://sorae.info/astrometry/20231017-ngc6822.html>

150 万光年先の銀河で輝く無数の星々 ウェブ宇宙望遠鏡で観測した矮小不規則

銀河「NGC 6822」

2023-10-17 [sorae 編集部](#)

こちらは「いて座」(射手座)の方向約 150 万光年先の矮小不規則銀河「NGC 6822」の中央付近です。矮小銀河は数十億個以下の恒星からなる小さな銀河で、規模は天の川銀河の 100 分の 1 程度。矮小不規則銀河は、そんな矮小銀河のなかでも星やガスが不規則に分布しているものを指します。



【▲ ジェイムズ・ウェブ宇宙望遠鏡の近赤外線カメラ (NIRCam) で観測された矮小不規則銀河「NGC 6822」の中央付近 (Credit: ESA/Webb, NASA & CSA, M. Meixner)】

【▲ 参考画像 : チリのラ・シヤ天文台にある MPG/ESO 2.2m 望遠鏡で撮影された矮小不規則銀河「NGC 6822」 (Credit: ESO)】

NGC 6822 は私たちが住む天の川銀河と同じ「局部銀河群 (局所銀河群)」に属しており、1884 年にアメリカの天文学者エドワード・エマーソン・バーナード (Edward Emerson Barnard) によって発見されたことから「Barnard's Galaxy (バーナードの銀河)」とも呼ばれています。

この画像は「ジェイムズ・ウェブ宇宙望遠鏡 (James Webb Space Telescope : JWST)」の「近赤外線カメラ (NIRCam)」で取得したデータをもとに作成されました。ウェブ宇宙望遠鏡は人の目で捉えることができない赤外線の波長で主に観測を行うため、公開されている画像の色は取得時に使用されたフィルターに応じて着色されています (※)。

※...冒頭の画像では 1.15 μ m を青、2.0 μ m をシアン、3.56 μ m を黄、4.44 μ m を赤で着色しています。

欧州宇宙機関（ESA）によると、明るい星々は淡い青やシアンで示されていますが、実際には可視光線の赤よりも波長の長い近赤外線で見え隠れしています。赤外線は塵に遮られにくい性質があるため、豊富な塵を含んだ雲の向こうに隠されていて可視光線では見えない星々を観測するのに適しているといわれています。画像の中央付近には NGC 6822 に広がるガスが淡く暗い赤色で示されています。

この宇宙が誕生したばかりの頃には、水素、ヘリウム、それにわずかな比率のリチウムしか存在していなかったと考えられています。天文学で「金属」と総称されるヘリウムよりも重い元素のほとんどは、恒星内部の核融合反応によって生成されてから外部へ放出されたり、重い恒星が起こす超新星爆発などの激しい現象にともなって生成されたとみられています。言い換えれば、宇宙の金属量は恒星の世代交代が進むとともに増えてきたこととなります。ただ、銀河の金属量はどれも同じというわけではありません。ESA によれば NGC 6822 は金属量が少なく、初期の宇宙における星の形成や塵の進化を理解する上で興味深い対象であることから、ウェブ宇宙望遠鏡による観測が行われたということです。

冒頭の画像は“ウェブ宇宙望遠鏡の今月の画像”として、ESA から 2023 年 9 月 27 日付で公開されています。

Source [ESA/Webb](#) - NIRCam's view of NGC 6822 文/sorae 編集部

<https://sorae.info/astrometry/20231018-ic5332.html>

南天で輝く渦巻銀河「IC 5332」 ハッブル宇宙望遠鏡で撮影

2023-10-18 [sorae 編集部](#)

こちらは「ちょうこくしつ座」（彫刻室座）の方向約 3000 万光年先の渦巻銀河「IC 5332」です。欧州宇宙機関（ESA）によれば、IC 5332 は渦巻腕（渦状腕）に囲まれた中心部分に棒状構造がある「棒渦巻銀河」と、棒状構造がない「渦巻銀河」の中間的な性質を持つ銀河（Intermediate Spiral Galaxy、中間渦巻銀河とも）に分類されています。



【▲ ハッブル宇宙望遠鏡で撮影された渦巻銀河「IC 5332」(Credit: ESA/Hubble & NASA, R. Chandar, J. Lee and the PHANGS-HST team)】

IC 5332 は地球に対して正面を向けた位置関係にある、いわゆる「フェイスオン（face-on）銀河」のひとつ。画像では明るい中心部から広がっていく青い渦巻腕（渦状腕）の様子がよくわかります。渦巻腕のあちこちに見える赤い部分は、若い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が光を放っている HII（エイチツー）領域です。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。

この画像は「ハッブル宇宙望遠鏡（Hubble Space Telescope : HST）」の「広視野カメラ 3（WFC3）」で取得したデータ（近紫外線・可視光線・近赤外線のフィルターを使用）をもとに作成されています。ハッブル宇宙望遠鏡による今回の IC 5332 の観測は、若い星の材料である低温ガスと銀河の関係の調査を目的とした観測プロジェクト「PHANGS」（Physics at High Angular resolution in Nearby GalaxieS）の一環として 2020 年 6 月に実施されました。

冒頭の画像は“ハッブル宇宙望遠鏡の今週の画像”として ESA から 2023 年 10 月 16 日付で公開されています。

Source [ESA/Hubble](#) - 'S' is for 'Spiral', 'AB' is for ... 'Weakly Barred' 文/sorae 編集部

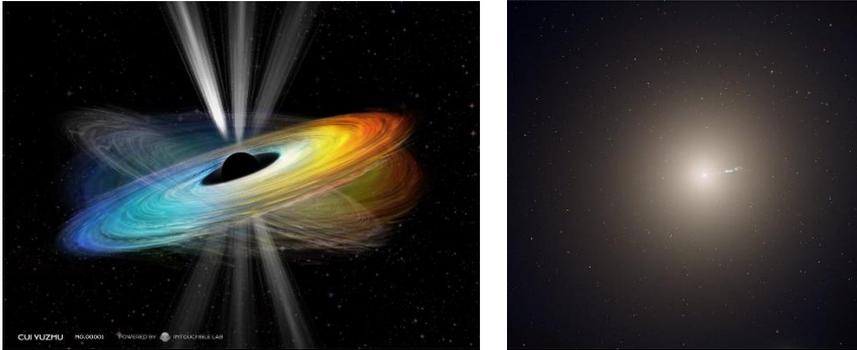
<https://sorae.info/astrometry/20231019-m87.html>

巨大なブラックホールが自転している証拠を発見か M87 から噴き出すジェットのもの

観測データを分析

2023-10-19 [soraie 編集部](#)

中国の之江実験室 (Zhejiang laboratory) の研究員・崔玉竹 (ツェイ・ユズ) さんを筆頭に、日本の国立天文台 (NAOJ) の研究者らも参加した国際研究チームは、楕円銀河「M87」の中心から噴出しているジェット (細く絞られた高速なガスの流れ) の方向が約 11 年周期で変化していることを発見したとする研究成果を発表しました。



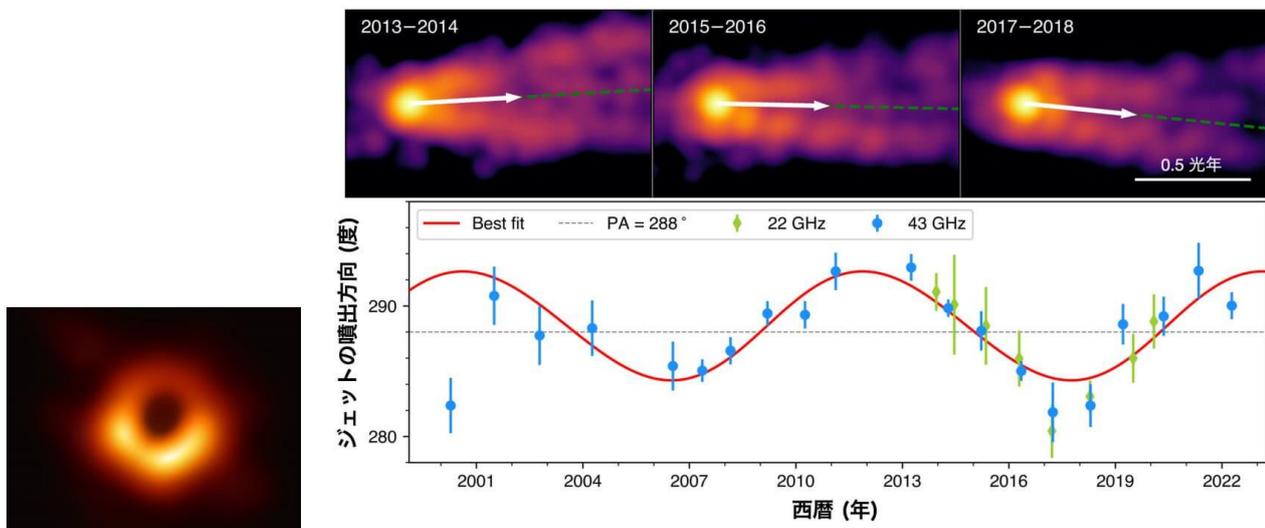
【▲ 自転する超大質量ブラックホールの周囲で歳差運動する降着円盤とジェットの想像図 (Credit: Cui et al. (2023), Intouchable Lab@Openverse, Zhejiang Lab.)】

【▲ 参考: ハubble宇宙望遠鏡が撮影した楕円銀河「M87 (Messier 87)」 (Credit: NASA, ESA, and the Hubble Heritage Team (STScI/AURA); Acknowledgment: P. Cote (Herzberg Institute of Astrophysics) and E. Baltz (Stanford University))】

「おとめ座」(乙女座)の方向約 5500 万光年先にある M87 (Messier 87) は、中心からジェットを噴出する活動銀河のひとつであることが知られています。こうしたジェットの噴出には銀河の中心に存在するとみられる超大質量ブラックホールが関わっていて、ブラックホールを高速で周回しながら落下していくガスの一部がブラックホールの両極方向に高速で放出されていると考えられています。

2019 年 4 月には国際研究グループ「イベント・ホライズン・テレスコープ (Event Horizon Telescope : EHT)」が M87 中心の超大質量ブラックホール周辺を電波で観測することに成功したと発表し、その画像を公開しました。4 年後の 2023 年 4 月には、同じブラックホールを取り囲む降着円盤 (周回しながら落下していく物質で形成されたリング状構造) とジェットの根元を同時に観測できたとする成果も発表されています。M87 の超大質量ブラックホールの質量は太陽約 65 億個分と推定されています。

関連: [超巨大ブラックホール周辺の構造とジェットの根元を初めて同時に捉えることに成功](#) (2023 年 4 月 27 日)

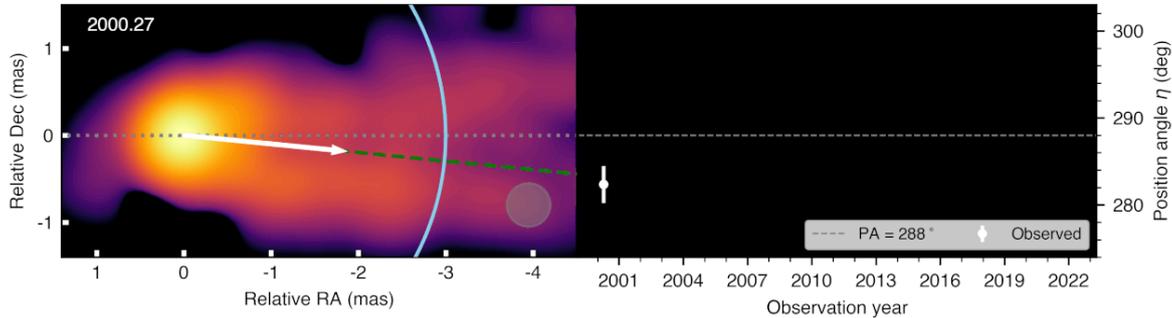


【▲ 参考: 2019 年 4 月に EHT が公開した楕円銀河「M87」中心にある超大質量ブラックホールのシャドウ (Credit: EHT Collaboration)】

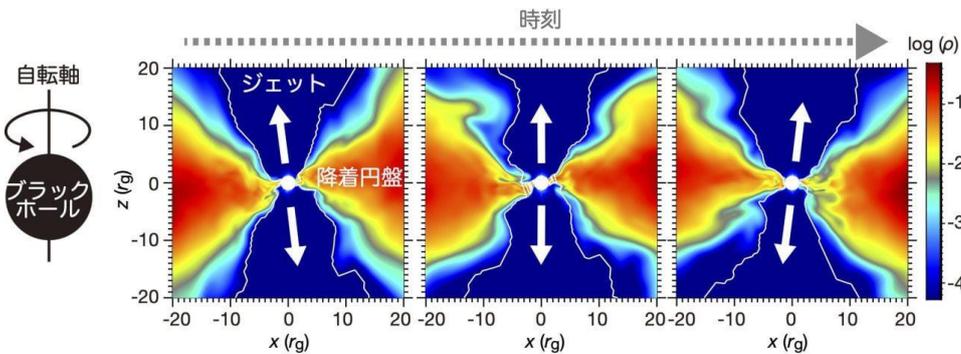
【▲ 上段: 電波観測で得られた M87 ジェットの画像の例。下段: 2000 年~2022 年の間で測定されたジェットの向きの変化。赤の曲線は観測結果に最もよく一致する 11 年周期の歳差運動のモデルを示す (Credit: Cui et al. (2023))】

今回、崔さんたちはジェットの形状が変化する様子を詳しく調べるために、20年以上に渡る M87 の電波観測で得られた 170 枚のジェットの画像を分析。その結果、ジェットの噴出方向が約 11 年周期で変化していることがわかったといえます。

EHT の日本グループ「EHT-Japan」によると、M87 のジェットが噴出方向に対して横方向に振れていることは過去の研究でも示唆されていたものの、原因や周期があるかどうかはわかっていなかったといえます。崔さんは「この発見をした時は身震いしました」と振り返るとともに、20 年以上の観測で得られた膨大な量のデータを丁寧に分析したことが今回の発見につながったとコメントしています。



【▲ ジェットの噴出方向が時間とともに変化する様子を示したアニメーション画像 (Credit: Cui et al. (2023))】
この周期的な変化の原因を探るために研究チームが国立天文台の天文学専用スーパーコンピューター「アテルイ II」を用いてシミュレーションを行ったところ、自転するブラックホールが周囲の時空間を引きずることで生じる降着円盤の歳差運動 (※1) として説明できることがわかりました。歳差運動とは回転する物体の回転軸が傾きながら円を描くような運動のことで、首振り運動とも呼ばれます。この運動は軸が傾いたまま回転し続けるコマ (独楽) の動きに似ています。



【▲ 国立天文台のスーパーコンピューター「アテルイ II」によるシミュレーションで示された降着円盤およびジェットの歳差運動の様子 (Credit: 川島朋尚 (東京大学宇宙線研究所))】

今回の成果は、M87 の中心にある超大質量ブラックホール (超巨大ブラックホール) が自転していることや、ジェットの発生にブラックホールの自転が関わっている (※2) ことを裏付けるものだとされています。研究チームは引き続き M87 のジェットの観測に取り組んでおり、研究に参加した国立天文台水沢 VLBI 観測所所長の本間希樹教授は「今後は得られたジェットの形状変化を EHT で得られるブラックホールの動画とも比較することで、ブラックホールとジェットのつながりや自転の速度までより正確に導き出したい」とコメントしています。

■脚注

- ※1...自転する天体に引きずられて周囲の時空間が回転する相対論的効果を「レンズーシリング (Lense-Thirring) 効果」と呼び、この効果によって生じる歳差運動であることから「レンズーシリング歳差」と呼ばれています。
- ※2...EHT-Japan によると、光速の 99 パーセント以上にまで加速されるジェットがどのような機構で放出されているのかはまだわかっておらず、磁場を介してブラックホールの自転のエネルギーが引き抜かれているとする機構 (ブランドフォード・ズナエック機構) が最有力候補とされています。今回の研究はブラックホールが自転していることを示唆するレンズーシリング歳差の証拠をつかむことで、この機構が起きている可能性が高いことを裏付けた形となりました。

Source

[NAOJ](#) - 歳差運動する M87 ジェットの噴出口—巨大ブラックホールの「自転」を示す新たな証拠—

[EHT-Japan](#) - 歳差運動する M87 ジェットの噴出口 ~巨大ブラックホールの「自転」を示す新たな証拠~

<https://sorae.info/astromy/20231020-ngc612.html>

ハッブル宇宙望遠鏡が撮影した“ちょうこくしつ座”の活動的なレンズ状銀河

2023-10-20 [sorae 編集部](#)

こちらは「ちょうこくしつ座」（彫刻室座）の方向約4億光年先のレンズ状銀河「NGC 612」です。明るく輝く中心部分を塵と低温の水素ガスでできた暗い雲の連なりが取り囲んでいる様子を、私たちはNGC 612の横方向から観測しています。



【▲ ハッブル宇宙望遠鏡で撮影されたレンズ状銀河「NGC 612」(Credit: NASA's Hubble Space Telescope, ESA, A. Barth (University of California - Irvine), and B. Boizelle (Brigham Young University) ; Processing: Gladys Kober (NASA/Catholic University of America))】

レンズ状銀河は渦巻銀河と楕円銀河の中間にあたる形態の銀河です。渦巻銀河と同じように中央部分の膨らみや円盤構造を持つものの、渦巻銀河の特徴である渦巻腕（渦状腕）は持たないとされています。一般的なレンズ状銀河には楕円銀河と同じように古い星が多く、星形成活動もほとんどみられないとされていますが、アメリカ航空宇宙局（NASA）によればNGC 612の星は例外的に若く、観測されている星々の年齢は4000万年～1億年という若さだといいます。

この画像は「ハッブル宇宙望遠鏡（Hubble Space Telescope : HST）」で取得したデータ（可視光線と近赤外線フィルターの使用）をもとに作成されています。NASAによると、NGC 612の中心部には狭い領域から強い電磁波を放射する活動銀河核（AGN）があることが知られており、NGC 612は活動銀河の一種であるセIFAート銀河（セIFAート2型）に分類されています。

活動銀河核の原動力は超大質量ブラックホール（超巨大ブラックホール）だと考えられています。周回しながら落下していくガスで形成された降着円盤と呼ばれるリング状構造が超大質量ブラックホールの周囲にある場合、ガスが落下する過程で解放されたエネルギーによって降着円盤が高温になり、そこから様々な波長の電磁波が放射されることで活動銀河核として観測されていると考えられています。

また、NGC 612はレンズ状銀河では5つしか知られていない電波銀河（強い電波を出している銀河）の1つでもあるといい、過去に別の渦巻銀河と相互作用したことなどが電波放射の原因ではないかと推定されています。研究者はNGC 612の画像を取得することで、この銀河が強い電波を出している理由をより深く理解したいと考えているということです。

冒頭の画像はNASAから2023年10月2日付で公開されています。

Source [NASA](#) - Hubble Records Rare Radio Galaxy

文/sorae 編集部

<https://sorae.info/astromy/20231021-asassn21qj.html>

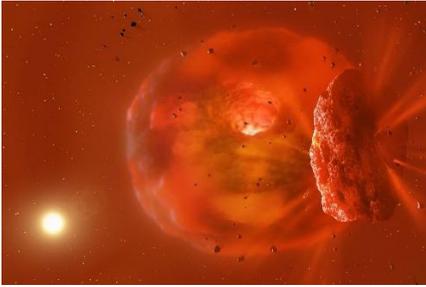
恒星「ASASSN-21qj」で2つの巨大氷惑星が衝突した瞬間を観測？

2023-10-21 [彩恵りり](#)

惑星に別の巨大な天体が衝突する出来事は、惑星の誕生直後には頻りに起きていたと考えられています。しかし、その直接の観測事例はこれまでありませんでした。

ライデン大学のMatthew Kenworthy氏などの研究チームは、恒星「ASASSN-21qj」の明るさの長期的な変化を

観察し、ASASSN-21qj の周りで惑星同士の衝突が発生したと主張しました。この主張が正しい場合、地球の数倍～数十倍の重さを持つ2つの惑星が衝突した様子を観測によって捉えたと考えられます。



【▲ 図 1: 2つの巨大氷惑星が衝突した ASASSN-21qj の想像図 (Credit: Mark Garlick)】

■惑星は頻繁に巨大衝突をしている？

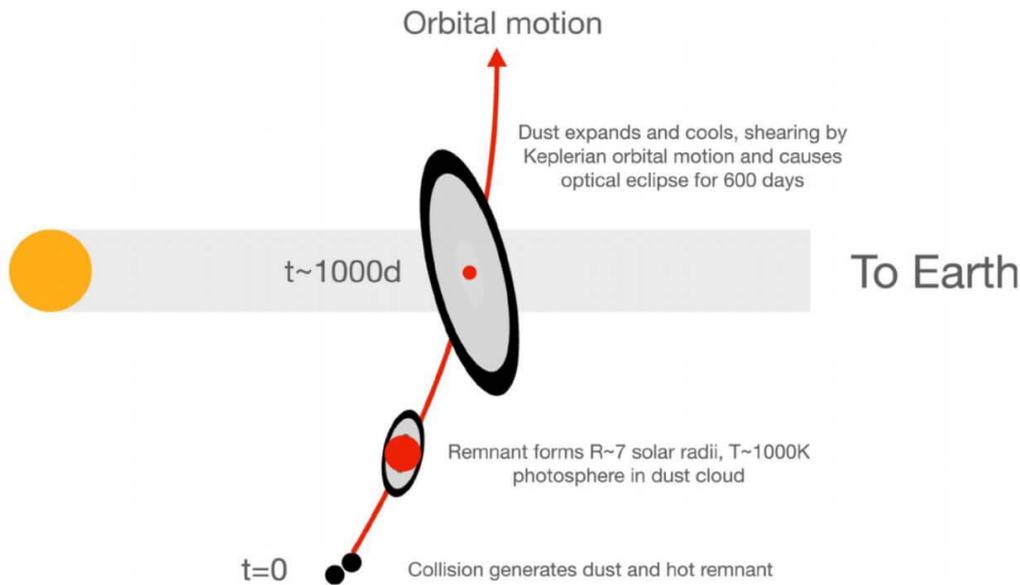
恒星が新しく誕生する現場では、恒星の周囲に塵とガスでできた「原始惑星系円盤」が存在します。原始惑星系円盤の内部では塵が集まって惑星が誕生すると考えられています。

塵の円盤は、やがて恒星の放射によって少しずつ消えていくとされています。この段階になると、惑星の公転軌道が変化し、時にはお互いが衝突することもあると考えられています。例えば地球の場合、誕生直後に火星程度の大きさの天体が衝突したと考えられています。この時に生じた破片はやがて集まって月が形成されたと考えられており、これは「ジャイアントインパクト仮説」と呼ばれています。同じような大衝突は珍しくなく、太陽系内では他にも冥王星の衛星のカロンを形成したり、天王星を横倒しにしたりと、地球以外の天体でも発生したと考えられています。しかし、いずれも太古の大衝突のため証拠がほとんど残されておらず、今のところ仮説の域を出ません。太陽以外の恒星を観察すると、誕生直後の惑星系が見つかることがあります。他の惑星系を観察することは、過去の太陽系をタイムマシンで行くのと同じような状況であると言えるため、年代の若い惑星系の様子はしばしば興味深い観測対象となっています。もし惑星同士の衝突のような激しい現象があった場合、衝突に由来する塵の変化を赤外線望遠鏡で観測できると考えられます。

例えば NASA (アメリカ航空宇宙局) の赤外線望遠鏡「スピッツァー」は、NGC 2354-ID8、HD 166191、ペルセウス座 V488 星で、顕著な塵の変化を観測しています。しかし、これらの観測結果が惑星同士の衝突によるものかどうかは決定的ではありませんでした。

■「ASASSN-21qj」で巨大惑星同士の衝突を捉える！

Kenworthy 氏らの研究チームは、地球から「とも座」の方向に約 1800 光年離れた位置にある恒星「2MASS J08152329-3859234」に関するソーシャルメディア上の投稿をきっかけに、この恒星に注目しました。この恒星の明るさは 2021 年 12 月から約 500 日に渡って暗くなりましたが、それ以前の約 1000 日間は赤外線でも 2 倍も明るくなっていました。この明るさの変化は、超新星の検索を行う「超新星全天自動調査 (ASASSN; All Sky Automated Survey for SuperNovae)」によって検出されたため、2MASS J08152329-3859234 は「ASASSN-21qj」と再命名され、論文でもこちらの名が採用されています。ASASSN-21qj の明るさの変化について、過去の観測データや暗くなった後に実施された追加の観測データを使用し分析を行ったところ、意外なことが判明しました。まず、約 500 日もの間暗くなった理由は、巨大な塵の雲が恒星の光を遮ることによって発生したと考えられます。一方で、暗くなる前の約 1000 日間の明るい期間については、すぐに理由が判明しませんでした。しかし、観測データの分析から温度が 1000K (約 700°C) 程度であること、恒星の放射全体に対してかなりの割合 (約 4%) を占める光の量であることから、かなりの高エネルギー現象であることが徐々に明らかとなってきました。



【▲ 図 2: 今回の研究により、ASASSN-21qj では 2 つの巨大氷惑星が衝突し、大量の熱と塵の雲が発生するシナリオが起きた可能性が高いと突き止められました (Credit: Kenworthy, et al.)】

Kenworthy 氏らはシミュレーション結果も組み合わせて分析を行った結果、約 1000 日間の赤外線放射は、惑星同士の衝突で発生した膨大な熱に由来すると結論付けました。観測結果をよく説明するのは、恒星から 2~16 天文単位 (3 億~24 億 km) の距離で地球の数倍~数十倍の 2 つの巨大氷惑星 (天王星や海王星のような惑星) が衝突したというシナリオです。衝突によって膨大な熱が発生するだけでなく、衝突で生じた塵の雲は公転運動によって長く引き伸ばされるため、約 1000 日間の明るい期間と、その後が発生する約 500 日の暗い期間の両方をうまく説明することができます。特に約 500 日の暗い期間は明るさの変化が複雑であり、これは公転運動によって塵の雲が分断された結果として説明することができます。

■他の恒星での観測も注目

今回 Kenworthy 氏らが結論付けたシナリオが正しい場合、ASASSN-21qj では誕生から 3 億年後に 2 つの巨大氷惑星が衝突したということになります。これは恒星の放射によって原始惑星系円盤の塵が消滅し、惑星同士が衝突しやすくなるという従来の予測と一致します。

ASASSN-21qj は、惑星同士が衝突するという惑星形成論で予測されていたできごとについて、初の詳細な観測事例となるかもしれません。衝突した ASASSN-21qj の惑星の残骸の運命はよくわかっていませんが、おそらく塵の一部が再度集合し、小さな惑星やその周りを公転する衛星となるかもしれません。この段階の進行はかなり遅いため、ずっと観測し続けることはできないと思われます。しかし、他の恒星で同様の現象を観測すれば、別の段階のスナップショットを見ることができるでしょう。

Source

[Matthew Kenworthy, et al.](#) "A planetary collision afterglow and transit of the resultant debris cloud". (Nature)

["Researchers capture first-ever afterglow of huge planetary collision in outer space"](#). (University of Bristol)

文／彩恵りり