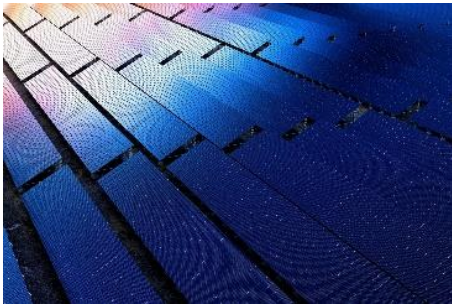


宇宙太陽光発電を実現する、安全で費用対効果の高い方法

宇宙から太陽のエネルギーをビームで送る——以前なら SF で描かれた世界の話だった構想が、かつてないほど現実に近い。だが、残る課題もまだ多い。その実現性、安全性、経済性のリアルに迫る。



Photograph: OsakaWayne Studios/Getty Images

[スペース X「スターシップ」計画の“失敗を恐れない”開発のこれから](#) By Ramin Skibba

宇宙太陽光発電は、コストが高くリスクの大きい絵空事か、それとも、気候変動と戦うための現実的な手段なのか——。太陽光で発電した電力を宇宙から地球へビームで送るとなれば、最終的には数ギガワットを送電することになる。だが意外なことに、安全で費用対効果の高い方法で行なえる可能性がある、と Space Solar 社や[欧州宇宙機関 \(ESA\)](#)、グラスゴー大学の専門家は話している。ただし、実現の可能性を高めたいなら、[ハードウェアを実証](#)する段階から大きく前進し、技術的な難題をいくつも乗り越えなければならない。

宇宙太陽光発電を設計する

太陽のエネルギーを宇宙から送るというアイデアは新しいものではない。[通信衛星](#)が太陽光発電でマイクロ波の信号を地球に送り始めたのは、1960 年代のことだ。とはいえ、実用的な役に立つ量の電力を送るとなれば、話はまったく違ってくる。「このアイデアは、100 年と少し前からありました」。ESA の深宇宙探査学者であるニコール・カプリンは、ポッドキャスト「[Physics World](#)」でそう話している。「最初の構想は、確かに SF 小説で生まれました。ルーツは SF にある感じですが、以来、関心が高まってはまた落ち着くということを繰り返してきました」現在、研究者らは、宇宙太陽光発電について複数の手法を検討している。グラスゴー大学の宇宙システム工学上級講師であるマッテオ・チェリオッティは、学術系ニュースサイト「[The Conversation](#)」に、数多くの方式が提案されてきたと書いている。ESA で Solaris（ソラリス）構想を率いるサンジェイ・ヴィジェンドランによると、Solaris 構想では、可能性のあるふたつの技術を検討している。ひとつは、静止軌道上の発電所から地球上の受信施設にマイクロ波で送電する方法。もうひとつは、それより低軌道にある巨大な鏡で太陽光を反射して、ソーラーファームに送る方法だ。どちらのソリューションにも可能性があるというヴィジェンドランは考えている。広く関心を集めているのはマイクロ波技術のほうで、こうしたインタビューでもそちらが話題の中心になっていた。高周波の電波も使える可能性はあるが、マイクロ波の可能性は計り知れない。「まさに 24 時間 365 日、クリーンなエネルギーを宇宙から得られるのです」とヴィジェンドランは語る。こうしたマイクロ波の周波数なら、気象条件に関係なく送電が可能だ。「宇宙に 1 ギガワット (GW) の発電所をつくるとなると、地上の 5 大ソーラーファームに匹敵しますね。容量 1GW の発電所で、だいたい 87 万 5,000 世帯が 1 年間に使う電力をまかなえます」とポッドキャスト「Physics World」のホストであるアンドリュー・グレスターは説明する。

だが、こうした発電所を配備できる段階にはまだほど遠い。「大変な技術的挑戦になるでしょう」とカプリンは話す。宇宙に太陽光発電所を建設できるようになるには、物理的なハードルがいくつも存在するのだ。

『[Nature](#)』のシニアリポーターであるエリザベス・ギブニーは、マイクロ波技術を使う場合、軌道上の発電所で 1GW 発電するには、1 平方キロメートルを超えるサイズのソーラーアレイが必要だと伝えている。「つまり、[ISS \(国際宇宙ステーション\)](#) の 100 倍を超えるサイズであり、ISS の建設には 10 年を要している」。また、軌道上

の施設は無人なので、組み立て作業にはロボットを使わなければならない。

太陽電池には、宇宙放射線やデブリに対する耐久性が求められる。そのうえ上、効率性が高く軽量で、一般的なシリコン系太陽電池の 50 倍にのぼるパワーウェイトレシオ（出力重量比）にする必要がある、とギブニーは書いている。こうした電池のコスト抑制も、エンジニアが考慮しなければならない要素のひとつだ。送電中のロスを減らすことも難しい課題だとギブニーは書く。ESA によると、エネルギー変換効率を 10~15%にまで引き上げる必要があるという。これには技術の進歩が不可欠だ。一方、Space Solar は、「CASSIOPeIA」（カシオペア）と名づけた衛星の構想に取り組んでいる。「Physics World」では、その姿を次のように説明している。「らせん階段に似ており、ソーラーパネルが“ステップ”で、棒状の双極子であるマイクロ波送信機が、これをつなぐ“蹴込み板”にあたる」。つまり、可動部品のないらせん形状だ。「わたしたちのシステムは、ディナープレート大の同じパワーモジュール数十万個で構成されています。各モジュールに PV〔編註：太陽電池〕を備え、それが太陽エネルギーを直流の電気に変換します」と、Space Solar の CEO サム・アドレンは説明する。

「この直流の電力で送電用エレクトロニクスを駆動し……ダイポールアンテナから地球へ送るのです。この電力を宇宙で（マイクロ波に）変換して、コヒーレントビームとして地球に放射します。地球ではこれを整流機能付きアンテナで受信して、再び電気に変換し、送電網に供給します」軌道上の組み立て作業など、宇宙での利用を想定したロボット技術は、急速に進歩しつつあるとアドレンは話す。チェリオッティは、別の構想「SPS-ALPHA」も紹介している。この構想で用いる大型のソーラー集光装置は、多数のヘリオスタットで構成されている。ヘリオスタットは、個別に動ける小型の反射鏡モジュールだ。それで別の発電モジュールに太陽光を集め、その電力をまた別のモジュールで地球に送る。

宇宙太陽光発電の安全性

こうした計画では、マイクロ波や高周波が大量に放射される。しかし、宇宙太陽光発電は比較的安全だ。宇宙空間の施設からマイクロ波を放射した場合、「その周波数帯が人体や生物に与える影響として知られているのは、細胞組織の加熱だけです」とヴィジェンドランは話す。「この出力レベルのビームの中に立ったとしても……太陽を浴びて立っているような感じがする程度です」。カプリンは、それでもこうしたマイクロ波が人体や動植物、衛星、インフラ、電離圏に与える影響について、もっと研究する必要があると話す。研究が進んでも、一般人の理解を得るのが難しいことに変わりはないかもしれない。「人々が抱くイメージの問題は、取り組むべき課題として残ります。市場への投入に成功するためには、強力な支持が必要になるでしょう」とアドレンは言う話す。宇宙太陽光発電を使った軍事攻撃への不安も広がる恐れがある。だが、宇宙太陽光発電所が軍事的な理由で乗っ取られたとしても、ハードウェアが制約になって、ビームは安全な範囲を超える強さにはならないので、地上の人間や生態系に危害をおよぼすことはできない、とチェリオッティは話す。環境の問題以外にも、実用化の前に解決すべき懸念材料がある。通信で使われる信号への干渉も潜在的リスクのひとつだ。ただし、ビームの周波数帯なら航空機の通信を妨害することはない、とギブニーは書いている。ほかにも考慮すべき重要な物理的リスクがある。ヴィジェンドランの話では、隕石や宇宙ゴミといった軌道上のデブリが発電設備に当たって損傷を与える可能性があるという。衝突で太陽光発電設備からデブリが発生したら、そのデブリも問題を引き起こす原因になりかねない。ハードウェア自体も、寿命が来たら軌道から外す必要がある。「ESA には、クリーンスペース・イニシアチブがあります。宇宙へ送るものはすべて、揺りかごから墓場まで、ライフサイクル全体について考える必要があります」とカプリンは語る。最後の問題として、どのプロジェクトでもやはり環境への負荷を伴う。太陽光発電用ハードウェアの軌道投入や設備の構築、その制御によって、汚染物質が発生し、相当な量の燃料を使うことになるとチェリオッティは書いている。打ち上げが数百回必要になる可能性もある。

打ち上げの経済的側面

環境への負荷だけでなく、打ち上げには費用もかかる。これまでは、宇宙太陽光発電所の建設で最大の障壁はコストだった、とカプリンは言う。「その様相が変わり始め、宇宙へ送るコスト全般が低下してきたので、再び俎上に載せることができるのです。『金は力なり』です。わたしたちは、費用便益分析に関するふたつの独立調査から

助言を受けていますが、いずれも、成功の見込みがあるという結論でした」

チェリオッティによれば、宇宙太陽光発電の費用には、製造コスト、メンテナンスコスト、打ち上げコストなどがある。「今後、コストは下がると見込んでいます」とヴィジェンドラン。「現在、原子力発電に払っているのと同様のところからスタートできます。……1メガワット時（MWh）あたり 100～200 ドル（約 15,000～30,000 円）です。……これは、太陽光や風力といった間欠性の再エネよりは高額ですが、信頼性が高く、24 時間 365 日利用できるのですから、果たすべき役割はあります」最終的には、地上の太陽光発電や風力発電に対抗できるところまで、宇宙太陽光発電のコストは下がるだろうとヴィジェンドランは話す。それは、1MWh あたり 50 ドル（約 7,500 円）を下回ることを意味する。米国のエネルギー情報局の [2022 年の発表](#)によれば、21 年の太陽光と陸上風力の 1MWh あたりの発電コストは、およそ 20～45 ドル（約 3,000～7,000 円）だった。アドレンのコスト予想は大幅に低く、原子力発電の 4 分の 1 程度だ。スペース X とブルーオリジンは、重量物を運搬できる打ち上げ機を開発している、とチェリオッティは書いている。こうした打ち上げ機は部品の再利用ができる。大容量で再利用可能な打ち上げ機によって、構築コストの一部は 90% 下がる可能性がある。

将来に目を向けたとき、宇宙太陽光発電の開発の次のステップは何だろうか。ヴィジェンドランによると、ESA は来年、無人宇宙ステーション開発の目標について決断を下す予定だという。ただし、ヨーロッパの一部の国からの資金援助が不足しているため、このプロセスは減速している。「最初の大きな決定時期は……2030 年前後に打ち上げる、宇宙での小規模デモミッションの実施についてでしょう」とヴィジェンドランは話している。

ESA のほかにも、カリフォルニア工科大学が軽量のプロトタイプの [実証を行ない](#)、太陽光を高周波電力に変換して、ビームとして伝送することに成功している。カリフォルニア工科大学が研究しているのは、モジュラー型で展開式の超軽量の宇宙太陽光発電装置だ。「コネクティビティの分野が有線から無線に移行したのと同じように、電力の分野も似た方向に移行するとわたしは見ています」とアドレンは話す。こういったプロジェクトが前進した場合、国際的な協力が、宇宙太陽光発電所誕生の鍵を握るだろう。

キャット・フリードリッヒ | KAT FRIEDRICH

元機械エンジニア。ウィスコンシン大学マディソン校で応用数学工学物理コースを専攻し、科学・環境ジャーナリズムで大学院の学位を取得。これまでに 7 つのニュースメディアで編集に携わり、そのうちふたつは共同創刊者。現在、エネルギー関連誌『Solar Today』の編集長を務めている。

(Originally published on [Ars Technica](#), translated by Megumi Kinoshita/LIBER, edited by Michiaki Matsushima)

※『WIRED』による[太陽光発電の関連記事はこちら](#)。

<https://forbesjapan.com/articles/detail/72473>

2024.10.31 15:15

ワシントン DC・東京間 1 分、史上最速「時速 69 万キロ」の探査機 NASA から



Forbes JAPAN 編集部



Wonderful Engineering

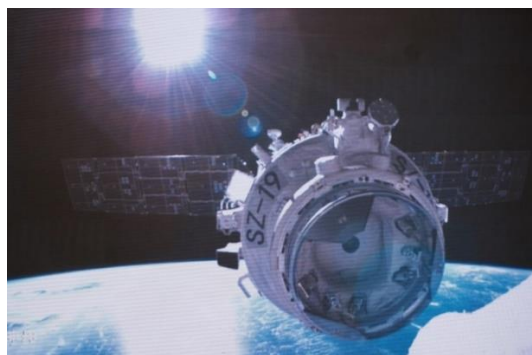
NASA のパーカー・ソーラー・プローブが再び記録を更新し、人類史上最速の物体としての地位をさらに強固にした。この探査機は驚異的な時速 63 万 5266 キロ（39 万 4736 マイル）で走行することが記録された。この速度は音速の約 500 倍に相当し、これまでの速度記録と並ぶ、人類が作り出した史上最速の物体と確認された。

そして、これは旅のピークではない。探査機のミッションが続く中、2025年に太陽に最も接近する際には、時速約69万2000キロ（時速43万マイル）に達すると予想されている。この速度は、ワシントンDCから東京まで1分以内に移動できるほどの驚異的な速さだ。この驚異的な速度を達成するためには、正確なタイミングと運動量が必要だ。パーカー・ソーラー・プローブは、金星の引力を利用して太陽に接近するフライバイを繰り返し、この重力アシスト技術により探査機は記録的なスピードに到達するために必要な勢いを得ている。パーカー・ソーラー・プローブの主な目的は、太陽の外側コロナ（太陽を取り囲む超高温プラズマ層）を研究することだ。2021年4月、探査機は初めて太陽に「接触」し、プラズマのサンプルを採取し、磁場の変化を測定することで歴史を塗り替えた。このデータは科学者にとって非常に貴重で、地球からは得られない知見を提供してくれる。最近、探査機は太陽への20回目の接近を完了し、恒星の表面まで726万kmまで接近した。今後の接近ではさらに近づき、612万キロメートルまで接近する予定だ。太陽付近の極限状態に耐えるため、パーカー・ソーラー・プローブは11.4センチ（4.5インチ）の炭素複合シールドを装備しており、摂氏1371度（華氏2500度）近い温度に耐えることができるようになっている。パーカー・ソーラー・プローブが達成した人類最速の物体は、すぐに追い越されることはないだろう。最終的に記録が破られるとしても、それはスピードの限界に挑戦する別の宇宙船である可能性が高い。歴史的に最速の物体は、地下の爆発に続いて推定時速24万キロ（時速15万マイル）で宇宙に向かって打ち上げられた核実験孔の蓋だと考えられている。（本稿は英国のテクノロジー特化メディア「[Wonderfulengineering.com](https://www.wonderfulengineering.com)」の7月17日の記事から翻訳転載したものである）

<https://sorae.info/ssn/20241030-shenzhou19.html>

中国が有人宇宙船「神舟19号」打ち上げ 6時間半後に宇宙ステーション到着

2024-10-30 2024-10-30 [sorae編集部 速報班](#)



中国は日本時間2024年10月30日に「長征2号F」ロケットの打ち上げを実施しました。搭載されていた宇宙船「神舟19号」は予定されていた軌道へ無事投入され、中国宇宙ステーション（CSS）「天宮」へのドッキングにも成功したことを、中国載人航天工程弁公室（CMSA、中国有人宇宙プロジェクト弁公室）や中国メディアが伝えています。【▲ 有人宇宙船「神舟19号」を搭載して打ち上げられた「長征2号F」ロケット（Credit: CMSA）】打ち上げに関する情報は以下の通りです。

打ち上げ情報：長征2号F遥19 ロケット：長征2号F（Long March 2F/G）

打ち上げ日時：日本時間2024年10月30日5時27分 発射場：酒泉衛星発射センター（中国）

ペイロード：神舟19号（Shenzhou 19）

神舟19号のクルーは蔡旭哲（さい・きよくてつ）宇宙飛行士、宋令東（そう・れいとう）宇宙飛行士、王浩沢（おう・こうたく）宇宙飛行士の3名です。日本時間2024年10月30日5時27分に酒泉衛星発射センターから打ち上げられた神舟19号は発射から約6時間半後の同日12時0分にCSSとのドッキングに成功し、3名は2024年4月からCSSに滞在している「神舟18号」のクルー3名と合流しました。約5日間を6名で過ごした後、神舟18号のクルーはCSSでのミッションを終えて地球に帰還する予定です。



【▲ ドッキングを行うため中国宇宙ステーション（CSS）に接近する有人宇宙船「神舟 19 号」（Credit: CMSA）】

【▲ 中国宇宙ステーション（CSS）で合流した神舟 18 号と神舟 19 号のクルー（Credit: CMSA）】

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](#)

[中国の宇宙船「神舟 18 号」が中国宇宙ステーションに到着 ゼブラフィッシュも宇宙へ](#)（2024 年 5 月 2 日）

Source [CMSA](#) - 神舟十九号载人飞船发射取得圆满成功

[CMSA](#) - 神舟十九号载人飞船与空间站组合体完成自主快速交会对接

[CMSA](#) - 神舟十九号 3 名航天员顺利进驻中国空间站

文／soraе 編集部 速報班 編集／soraе 編集部

<https://www.space.com/alien-signal-mars-decoded-esa-exomars>

火星から送られた「エイリアン信号」を父娘チームが解読

ブレット・ティングリー 2024.11.1

2023 年に火星から地球に向けて送信された信号が、米国の父と娘のチームによってついに解読された。



昨年、ESA のエクソマーズ トレース ガス オービターが地球に送信した無線信号には、5 つのアミノ酸を示すこの画像が含まれていました。市民科学者のケン チャフィン氏とケリ チャフィン氏は、無線データからこの画像を初めて解読しました。（画像提供：ケン チャフィン氏とケリ チャフィン氏）

2023 年に ESA の ExoMars Trace Gas Orbiter から地球に送信された無線信号に描かれたアミノ酸。（画像提供：ESA/ケン・チャフィン、ケリ・チャフィン）

2023 年、火星から地球に向けて暗号化されたメッセージが送信されました。1 年以上経って、この模擬地球外信号はついに解読されました。欧州宇宙機関（ESA）の火星探査機[エクソマーズ微量ガス探査機は、カリフォルニア州](#)マウンテンビューの SETI 研究所とウェストバージニア州グリーンバンク天文台のアーティスト・イン・レジデンスであるダニエラ・デ・パウリスが率いる数週間にわたるアートプロジェクト「A Sign in Space」の一環として、2023 年 5 月に信号を地球に向けて送信した。このプロジェクトは、SETI（地球外知的生命体探査）活動の一環として検出される可能性のある信号を解読するためにどのような技術が役立つかをテストする実験として意図されていた。1 年以上を経て、父娘のチームがその信号を解読した。ESA の[声明](#)によると、ケン・チャフィン氏とケリ・チャフィン氏は「直感に従い、何時間も何日もシミュレーションを実行」した後、メッセージを解読することができたという。

シミュレーションされたエイリアンの信号を解読する前に、まず生の無線信号データから信号を抽出する必要があります。約 5,000 人の市民科学者のグループのおかげで、この作業はわずか 10 日で完了しました。しかし、これは簡単な作業でした。



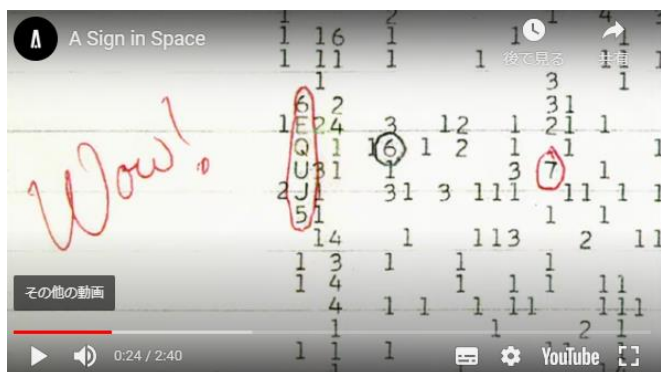
あなたも好きかもしれません [宇宙からの奇妙な信号:「宇宙の最も深い秘密」の調査 \(ビデオ\)](#)

[SETI チームが 94 光年離れた恒星からの謎の信号を調査](#)

関連:[地球外生命体の探索](#)

チャフィンズ博士らが信号を解読するのに 1 年以上かかった。彼らは最終的に、信号に「動きが含まれている」ことを発見したと ESA は声明で述べ、細胞の形成や生命に関する情報が隠されている可能性を示唆した。しかし、信号を解読したからといって、必ずしも理解できるというわけではない。謎めいたメッセージが解読された今、チャフィン夫妻のような市民科学者は、その内容を解釈し、そこに意味があるのかを探る試みを始めなければならない。そして、それが「A Sign in Space」プロジェクトの全体的な目標だ。「[地球外文明からのメッセージを受け取ることは、全人類にとって大きな変革をもたらす経験となるだろう](#)」とデ・パウリス氏は 2023 年に同プロジェクトを説明する[声明](#) で述べた。

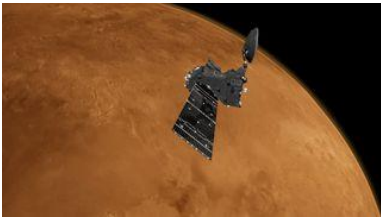
「『A Sign in Space』は、世界的な協力を通じてこのシナリオを具体的にリハーサルし準備する前例のない機会を提供し、あらゆる文化や分野にわたる意味の自由な探求を促進します。」



宇宙のサイン – YouTube [視聴する](#)

しかし、もし本当に宇宙人由来のメッセージが届いたとしても、それを解釈するのははるかに困難であることが

判明するだろう。エクソマーズ・[トレース・ガス・オービター](#)から地球に送信されたような模擬メッセージは人間が作成したものであり、したがって、私たちが[宇宙](#)をどう捉え、宇宙の経験をどのように伝えているかを具体化することになる。



火星の周りで作業中のヨーロッパのトレースガスオービターを描いた芸術家の描写。(画像提供: ESA/ATG medialab)

言語、データ、情報、コミュニケーションに関する私たちの考えはすべて、地球上で物理学がどのように機能するか、人間の感覚器官が周囲の世界をどのように認識するか、人間の言語がどのように進化したかなどに根ざしています。生命を宿す[太陽系](#)外惑星でこれらの同じプロセスがどのように機能するかを想像するのは、私たちがまだそのような惑星を発見したり体験したりしたことがないというだけの理由で困難です。

私たちが知る限り、宇宙人のコミュニケーションは、私たちが言語として認識しているものよりも、匂いの集まりや風に舞う葉の山の動きに似ているかもしれない。

関連記事: — [SETI テストで火星から地球に「エイリアン」信号が送信された](#)

— [SETI は新たなエイリアン探索戦略をテストしているが、TRAPPIST-1 惑星は沈黙したまま](#)

— [SETI は未踏の無線周波数を使って 1,000 以上の銀河で地球外生命体を探索している](#)

それでも、どこかで探索を始めなければなりません。

「A Sign in Space」のようなプロジェクトは、真のエイリアンの無線信号が検出された場合にどう対応するかを計画するための有用な思考実験を提供します。そして、この信号が市民科学者によって解読されたという事実は、私たちがその信号を受信したときに必要となるであろう、まさに独創的な思考のタイプを示しています。

「ET との交信には天文学以上に幅広い知識が必要になる」と、北カリフォルニアにある SETI 研究所のアレン望遠鏡アレイのプロジェクト科学者、ワエル・ファラー氏[は言う](#)。「『A Sign in Space』によって、コミュニティを結集してこの課題に取り組むための第一歩を踏み出せると期待している」

[ブレット・ティングリー](#) Space.com 編集長

ブレットは、新興の航空宇宙技術、代替打ち上げコンセプト、軍事宇宙開発、無人航空機システムに興味を持っています。ブレットの作品は、Scientific American、The War Zone、Popular Science、History Channel、Science Discovery などに掲載されています。ブレットは、クレムソン大学とノースカロライナ大学シャーロット校で英語の学位を取得しています。ブレットは、余暇には、アパラチア山脈の暗い空で星空観察を楽しんでいます。

https://news.biglobe.ne.jp/trend/1029/toc_241029_8265498478.html

地球外生命体は惑星を必要としない？ “宇宙空間を漂う生命体” の可能性

2024 年 10 月 28 日（月）18 時 0 分 [tocana](#)



[写真を拡大](#)

地球外生命体の探索といえば、地球のように生命を育む条件が揃った惑星に焦点を当てるのが一般的だった。

しかし、米カリフォルニア大学サンタクルーズ校などの研究チームが学術誌「アストロバイオロジー」に発表した最新の研究では、従来の常識を覆す驚くべき可能性が示唆されている。

なんと、地球外生命体は惑星を必要とせずに、宇宙空間を漂いながら生存しているかもしれないというのだ。生命の条件に惑星は必須ではない？ 地球は、重力、厚い大気、炭素や酸素といった豊富な化学元素、そして太陽からのエネルギー供給など、生命を維持するための理想的な条件を備えている。そのため、これまで地球外生命体の探索は、地球に似た環境を持つ惑星に焦点を当てられてきた。しかし、今回の研究者たちは、生命は全く異なる環境、つまり宇宙空間を自由に漂いながら存在する可能性もあると主張している。突飛な考えのように思えるかもしれないが、国際宇宙ステーション（ISS）の宇宙飛行士たちは、地球からの資源供給を受けているとはいえ宇宙空間で生存している。より単純な生命体であれば、自力で宇宙空間で生き延びることができるかもしれない。実際、微生物であるクマムシは、真空の宇宙空間でも生存できることが確認されている。

宇宙空間で生命体が生き延びるための条件

宇宙空間を漂う生命体のコミュニティは、独自の課題を克服する必要がある。

まず、宇宙空間の真空状態に対抗して内部の圧力を維持する方法が必要となる。地球上の多くの生物は、すでに保護膜や殻を形成することで、この課題を解決している。次に、液体の水を維持することも不可欠である。地球の大気は、自然に断熱材の役割を果たしているが、宇宙空間では大気のない状態で温室効果を生み出す必要がある。地球上には、内部の温度を調節することで、この効果を模倣できる生物も存在する。さらに、宇宙コロニー、重力によって惑星が通常保持している軽元素の損失に対処する必要がある。炭素や酸素などの必須元素を蓄え、資源を節約するための閉鎖ループ型リサイクルシステムに頼ることになるだろう。また、可能な限り多くの光を得るために、恒星のハビタブルゾーン（生命居住可能領域）内に位置する必要がある。

未来の宇宙探査：バイオコロニーの可能性

このような宇宙バイオコロニーは、最大で 100 メートルの規模に達し、薄くて透明な殻で覆われる可能性がある。この殻は、内部の水と温度を安定させ、必要な圧力を維持し、温室効果を促進することで、生命を維持する役割を果たす。このような生命体が実際に存在するかどうかは、もちろんまだわかっていない。しかし、この研究は、宇宙探査の未来に新たな可能性を示唆するものである。将来の宇宙ステーションやコロニーは、地球の資源に頼る金属製の居住空間ではなく、バイオエンジニアリングによって作られた材料を用いて、生物のように自己維持可能な生態系を構築することができるかもしれない。宇宙における生命の存在条件は、私たちが考えているよりも多様なのだろうか。参考：AnomalienCom

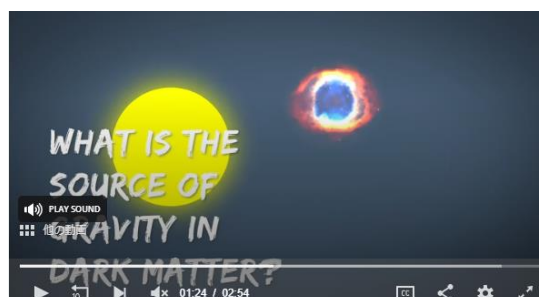
<https://www.space.com/dark-matter-day-suspects-axions-black-holes>

ダークマターデーおめでとう！宇宙の謎を解く、いつもの、そして珍しい容疑者たち

ちをご紹介します

[ロバート・リー](#) 著 2024.10.31

暗黒物質は宇宙の物質の 85% を占めていますが、科学者たちはそれが何なのか全くわかりません。あなたはこの事件を解決できますか？



暗黒物質の有力な容疑者とそれ以外の候補のイラスト（画像提供：Robert Lea（Canva で作成））

[暗黒物質はなぜそれほど問題なのでしょう？ WIMPs に会う アクシオンはどうですか？](#)

[あと一つだけ: マッチョ。 太古の昔から存在する小さなブラックホール](#)

[私たちの重力理論は間違っているのでしょうか？](#)

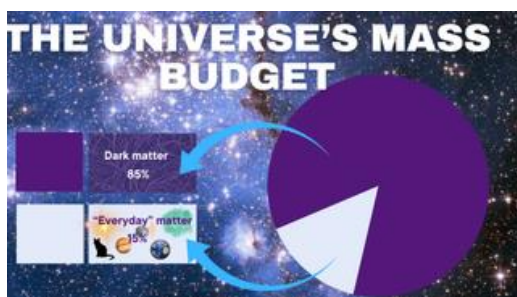
今日、ハロウィーンが注目を集めるのは間違いないが、祝う価値のあるもう一つの不気味なイベントがある。木曜日（10 月 31 日）は、科学者たちが宇宙で最も神秘的な物質の探求を祝う今年のダークマターデーでもある。この日は 2017 年から祝われており、今年は[暗黒物質](#)の謎を一般の人々に知ってもらうことを目的とした世界規模、地域規模、地方規模のイベントが 350 以上開催される予定だ。

[Space.com がダークマターデーを祝うには、現在のダークマターの容疑者](#)を集めるのが一番です。それでは始めましょう。宇宙のラインナップに進む前に、なぜ暗黒物質が科学者たちが必死に解明しようとしている大きな謎を構成しているのかを正確に判断するために、「犯罪現場」を調べることは価値があります。

あなたも好きかもしれません [暗黒物質は恒星の死骸の周りの濃いもやの中に存在するかもしれないある意味、Space.com とダークユニバースは共に成長してきた](#)

暗黒物質はなぜそれほど問題なのでしょう？

日々、あなたの周りで目にするすべてのものを考えてみてください。ベッド、蛇口から流れる水、テレビ、朝食、通勤途中に見るすべての車やバス、同僚、机やコンピューター、家に帰ったときに使う肘掛け椅子やウィングラス、隣の家の猫と、その猫が庭に残していった望まない「プレゼント」、そしてあなた自身さえも。これらすべては原子からなる物質でできており、原子自体は陽子、中性子、電子といった重粒子からできています。では、さらに遠くへ行きましょう。[地球](#)を離れます(ちなみに、地球もバリオン物質でできています)。月も、私たちが話してきたのと同じ種類の物質でできています。他の惑星も同様です。[火星と木星の惑星の間には、主小惑星帯](#)にある小惑星があります。それらはバリオン物質でできています。太陽系の外縁にある[カイパーベルトにある氷の彗星は？ そう、バリオン物質です](#)。太陽は燃える性質を持っていますが、太陽系外のあらゆる恒星や太陽系外惑星も、こうした重粒子の構成要素で構成されています。[白色矮星](#)や[中性子星](#)などの異質で死んだ恒星や、パルサーや放浪惑星もこれに含まれます。実際、これらすべての物質の間を漂うガスや塵も重粒子の構成要素です。さて、考えてみてください。バリオン物質は宇宙の全物質のわずか 15% を占めています。残りは暗黒物質です。そして、暗黒物質が何であるかは私たちには分かりません。



この図は、星、惑星、惑星を構成する「日常的な」物質に対する暗黒物質の割合を示しています。(画像提供: Robert Lea (Canva で作成))

弾丸銀河団は、天文学者に暗黒物質の存在の証拠を提供した 2 つの衝突する銀河団です。(画像クレジット: NASA/CXC/M. Markevitch et al/STScI/Magellan/U. Arizona/D. Clowe et al/ESO WFI)

私たちが上記のすべてのものを観察できるのは、構成原子を構成する重粒子が、光の粒子、つまり[光子](#)と、また重粒子同士と強く相互作用するからです。暗黒物質は違います。それは、暗黒物質が日常の物質や光子と相互作用しないか、あるいは相互作用しても検出できないほど弱く稀な方法であるためです。したがって、暗黒物質は事実上私たちには見えません。しかし、暗黒物質が存在することは推測できるため、私たちは暗黒物質が存在するに違いないことを知っています。これは、暗黒物質が光子によって運ばれる電磁力とは相互作用しないにもか

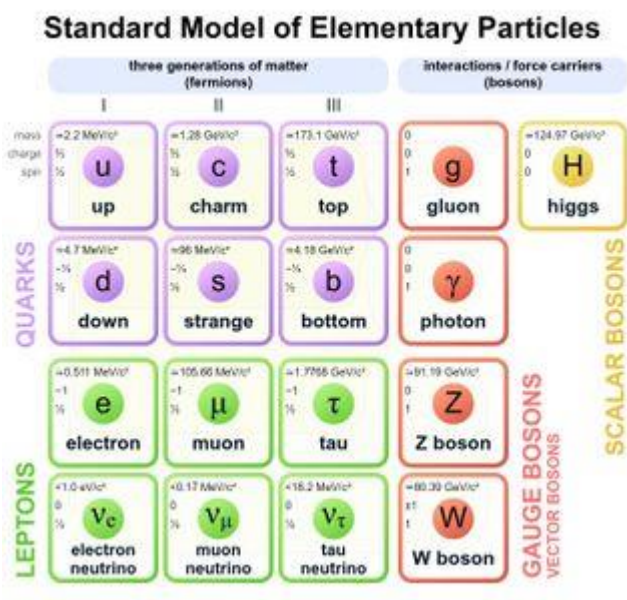
かわらず、[重力](#)とは相互作用するためです。この相互作用は、暗黒物質が光や日常の物質に与える影響を通じて観察できます。[実際、科学者たちは、宇宙は、物質が宇宙の網の目にある暗黒物質の糸に沿って流れ、その糸が交わる接合部に集まったときに形成されたと理論づけています。](#)今日、[銀河は非常に速く渦巻いている](#)ため、周囲にある目に見えない暗黒物質の重力の影響がなければ、銀河は崩壊してしまうでしょう。

さて、暗黒物質の主要容疑者を構成する怪しい人物たちを調べてみましょう。

WIMPs に会う

[素粒子物理学の標準モデル](#)（宇宙の粒子とその相互作用を最もよく説明するモデル）に完全に適合する粒子は、暗黒物質の性質には適合しない。このため、物理学者は、潜在的な暗黒物質候補を含む可能性がある[標準モデルの拡張](#)を探し始めました。1つの潜在的な枠組みは、「[超対称性](#)」または「SUSY」と呼ばれています。この考え方は、標準モデルのすべての粒子には、異なる「スピン」値を持つパートナーが存在することを示唆しています。スピン値は、角運動量の[量子形式です](#)。暗黒物質を説明できる SUSY 粒子の 1 つの広範なクラスは、「[WIMP](#)」または「弱い相互作用をする巨大粒子」です。WIMP が何であるかの厳密な定義はありませんが、ほとんどのモデルでは、これらは電氣的に中性で、重く動きが遅い、つまり「冷たい」非バリオン粒子であると示唆されています。この重い性質により、WIMP は[銀河や銀河団が成長する](#)場所で密集することができますが、これは軽く動きが速い暗黒物質粒子では不可能です。

[WIMP の仮説的な例としては、標準的なニュートリノ](#)(物質との相互作用が弱いため「ゴースト粒子」と呼ばれることが多い) よりも重い第 4 世代ニュートリノ、カルツァ・クライン粒子、ニュートラリーノなどがあります。



素粒子物理学の標準モデルは、宇宙の質量と力を構成する粒子を説明します。(画像提供: MissMJ/WikimediaCommons)

このイラストは、暗黒物質に光を当てる可能性がある仮想のアクシオン星を示しています。(画像提供: Robert Lea (Canva で作成))

標準モデルを超える物理学を熱心に探求する実験の一つが、フランスとスイスの国境の地下に位置し、欧州原子核研究機構（CERN）が運営する世界最強の粒子加速器、[大型ハドロン衝突型加速器](#)（LHC）です。

「標準モデルだけでは暗黒物質を説明できません。多くの理論では、科学者は最も軽い超対称粒子が安定しており、電氣的に中性で、標準モデルの粒子と弱く相互作用すると予測しています」と CERN は[ウェブサイト](#)で説明しています。「これらはまさに暗黒物質に必要な特性です。」しかし、これまでのところ、標準モデルを超える粒子の証拠は LHC で検出されていません。同様に、これらの弱い相互作用をする粒子は、近くの銀河や銀河団から地球に降り注ぐ宇宙線と呼ばれる荷電粒子の流れの中に現れていません。これは WIMP 仮説にいくらか疑問を投げかけていますが、暗黒物質の探偵たちは彼らに町を離れないようにと間違いなく助言するでしょう。

アクシオンはどうか？

[アクシオン](#)は WIMP よりも軽い仮想粒子ですが、それでも暗黒物質の候補となる性質を持っています。特に、アクシオンが存在する場合、光子と相互作用しないため、暗黒物質のように「目に見えない」ものになります。興味深いことに、アクシオンは最初、暗黒物質の候補として仮説されたわけではありません。これらの粒子も未検出のままですが、1978 年に物理学者のフランク・ウィルチェックと[スティーブン・ワインバーグ](#)によって独立に提案されました。アクシオンの目的は、標準モデルの問題、つまり「強い CP 問題」と呼ばれる非対称性を軽減することでした。強い CP 問題は、ここで詳しく説明するにはあまりにも複雑すぎます。

アクシオンが冷たい暗黒物質の潜在的な候補として示唆されたのは、後になってからでした。実際、現在ではアクシオンが暗黒物質事件の最有力容疑者だと考えられています。「アクシオンは暗黒物質の有力候補の一つだ」と、キングス・カレッジ・ロンドンの研究員マルコム・フェアバーンは[今年初めの声明](#)で述べた。「アクシオンを発見できれば、1 世紀以上もの間考えられてきた科学最大の疑問の一つを解決し、[初期宇宙](#)の歴史を明らかにするのに役立つだろう。」アクシオンは軽量であるため、暗黒物質を説明するには、アクシオンが大量に存在する必要があります。つまり、アクシオンは密集した集合体の中に詰め込まれている必要があります。これが事実であれば、銀河の中心など、暗黒物質の濃度が高い領域では、アクシオンが集まって、いわゆる「[アクシオン星](#)」を形成する可能性があります。暗黒物質の謎の第一容疑者であるにもかかわらず、科学者たちはこれまでアクシオンの証拠を発見できていない。さらに、現在の実験では、ウィルチェックとワインバーグが最初に提唱した質量とエネルギーの範囲ではアクシオンは存在しないとされている。しかし、多くの科学者は、自分たちがこれらの冷たい暗黒物質の候補を追っていると確信している。「我々は、アクシオンが[超新星](#)や[普通の恒星](#)と同じように、密集して集まった後に宇宙を熱する能力を持っていることを発見した」と[フェアバーン氏は言う](#)。「この知識があれば、我々は現場でアクシオンを見つけるために我々の機器をどこに向ければよいかをはるかに確実に知ることができる」暗黒物質として考えられるのは、明らかに、上記のような粒子物理学の標準モデルに当てはまらない粒子です。しかし、最も優れた謎のすべてと同様に、疑いを逃れたと考える犯人が現れる余地があるはずだ。

あと一つだけ: マッチョ。

暗黒物質について、新しい粒子や標準モデルの拡張を必要としない説明として考えられるのは、「MACHO」または「Massive Compact Halo Objects」です。これは、放射線をほとんどまたはまったく放出せず、星間空間のみを漂う天体であり、つまり、目に見えないほど暗いということです。

MACHO については聞いたことがないかもしれませんが、このカテゴリに該当すると提案されている天体のいくつかについては、おそらくご存知でしょう。これらには、低温の[赤色矮星](#)、"失敗した星"である[褐色矮星](#)、白色矮星や中性子星などの恒星残骸が含まれます。一部の科学者は、孤立した恒星質量の[ブラックホール](#)も MACHO の可能性があると考えています。



「死んだ」中性子星の 2 つの側面。(画像提供: Carl Knox/OzGrav)

MACHO は、オッカムの剃刀、つまり「節約の原則」の概念によく当てはまるようです。つまり、追加する必要のあるエンティティが最も少ない仮説が正しい可能性が高いということです。被害者の胸に銃弾の穴があった場合、犯人はおそらく、証拠となる銃を持っている容疑者です。

しかし、それにもかかわらず、これらの天体はダークマターハンターの間では大抵不評となっている。その理由の 1 つは、たとえ MACHO がダークマターを説明できたとしても、これらの天体の数がダークマターのすべてを説明できるほど十分ではないからだ。現在の推定では、MACHO とされる天体すべてを合わせてもダークマター

の 20%しか説明できないとされている。つまり、残りの 80% の暗黒物質を説明するには、いずれにしても追加の実体を提示する必要があるということです。MACHO が暗黒物質であるという支持が減少した理由を、ロンドン大学キングス・カレッジの理論物理学者ジョン・エリス氏以上に簡潔に説明するのは難しい。

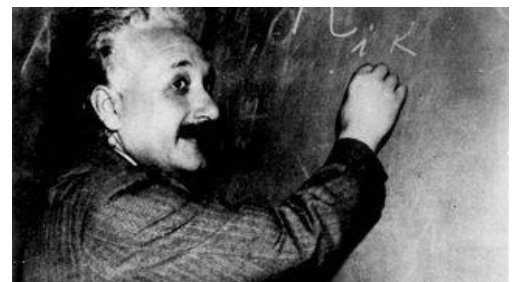
[2016 年のネイチャー誌の記事](#)で、エリスはただ「マッチョは死んだ」と述べた。

太古の昔から存在する小さなブラックホール

一部の科学者が暗黒物質の特異な候補として指摘しているのは、[ビッグバン](#)直後、つまり宇宙の最も初期の瞬間から残された[原始ブラックホール](#)だ。

すべての巨大銀河の中心にある[超大質量ブラックホールの質量は太陽の数百万倍、時には数十億倍にもなり、大質量の恒星が崩壊して生まれる恒星質量ブラックホールの質量は太陽の数十倍から数百倍にもなる。しかし、原始ブラックホールはそれほど巨大ではないと考えられている。](#)

原始ブラックホールの質量は、惑星から平均的な小惑星までの範囲であると提案されています。つまり、死にゆく星の重力崩壊によってブラックホールが形成されることはありません。それほど小さい星は存在しません。科学者たちは、[初期宇宙における初期の密度変動](#)によって原始ブラックホールが形成された可能性があるとし唆しています。原始ブラックホールの質量が比較的小さいため、サイズも小さい。原始ブラックホールの質量が地球と同程度であれば、幅は 10 セント硬貨以下だろう。原始ブラックホールの質量が小惑星と同程度であれば、陽子よりも小さいだろう。これらのブラックホールが存在するとしても、これまで検出されなかったのも不思議ではない。



超大質量ブラックホールと仮説上の原始ブラックホールの規模の大きな違いを示す図。(画像提供: Robert Lea (Canva で作成)) 歴史上最も有名な物理学者は重力について誤解していたのでしょうか?(画像提供: NASA)

[原始ブラックホールは、他のブラックホールと同様に、「事象の地平線」と呼ばれる一方向の光捕捉面によって境界が定められているため、暗黒物質に適している可能性がある。](#)つまり、これらのブラックホールは、暗黒物質と同様に、光を放射も反射もしないということだ。しかし、「原始ブラックホールは暗黒物質である」という仮説には大きな欠陥がある。[スティーブン・ホーキングは、](#)ブラックホールが熱放射の一種を「漏らす」と提唱し、後に「[ホーキング放射](#)」と名付けられた。このため、ブラックホールは最終的に蒸発し、爆発して消滅するはずである。しかし、ブラックホールの温度は質量に反比例するため、ブラックホールが大きいほど、温度は下がり、「漏らす」速度は遅くなる。つまり、超大質量ブラックホールや恒星質量ブラックホールのような、本当に巨大なブラックホールは、[宇宙](#)自体の寿命よりも長い期間で蒸発することになる。しかし、原始的な小さなブラックホールの場合はそうではありません。原始的なブラックホールは非常に高温であるため、熱放射を冷たい宇宙空間に漏らすのに非常に効率的です。ホーキング放射が正しいとすれば、これらの小さなブラックホールはずっと前に「熱の噴出」で消えているはずです。つまり、暗黒物質を説明するには、現在ブラックホールは存在していないはずです。

まさにアリバイですね。

しかし、だからといって、すべての暗黒物質研究者が原始ブラックホールの調査を諦めたわけではない。科学者の中には、146 億歳の宇宙で原始ブラックホールが長生きできるようにする救済メカニズムをいくつか提案した者もいる。そのため、少なくとも今のところは、原始ブラックホールは暗黒物質の候補として残っている。

私たちの重力理論は間違っているのでしょうか？

暗黒物質を説明するもう一つの可能性は、説明すべき暗黒物質がまったく存在しないというものである。

1982 年にイスラエルの物理学者モルデハイ・ミルグロムによって開発された[修正ニュートン力学 \(MOND\)](#) は、暗黒物質はそもそも存在しないことを示唆しています。MOND は、代わりに[アイザック・ニュートンの運動の第二法則](#)(物体の運動量の変化率は、変化を引き起こした力の大きさと方向と等しいという法則) を調整することで暗黒物質が存在しないことを示唆しています。この調整は、渦巻く銀河の円盤の端にある星が感じる程度の小さな加速の場合に適用される。これにより、銀河をつなぎとめるための「接着剤」は不要になるため、暗黒物質が存在する必要性が本質的になくなる。犯罪が行われなければ、犯罪を解決することはできません。

MOND の大きな問題は、[ヴェラ・ルビンの](#)ような天文学者がそもそも暗黒物質の存在を仮定するに至った特定の側面、つまり銀河が高速で回転しているにもかかわらずままとまっているという事実しか説明できないことです。それ以降に発見された、銀河の周囲の光の逸れが銀河の可視物質によるものよりも大きいなど、暗黒物質の存在を示唆する他の現象は、MOND では完全にはカバーされていない。[MOND はまた、宇宙マイクロ波背景放射 \(CMB\)](#)に見られる「バリオン振動」と呼ばれる変動を説明するのに苦労している。CMB は、宇宙全体に浸透し、ビッグバン直後に発生した[イベント](#)の名残である「宇宙の化石」放射線場である。さらに、MOND はアインシュタインの一般相対性理論と[特殊相対性理論](#)に基づく理論ではないため、ニュートンの法則のこれらの適応では、1 世紀以上にわたって確立されてきたこれらの理論を検証するために使用されてきたすべての現象を説明する必要がある。その結果、ほとんどの科学者はニュートンの重力理論を修正するという概念を放棄し、少数の熱心な天体物理学者だけが依然としてそれに固執している。

関連記事: [—暗黒物質が「目に見えない」のであれば、それが存在することをどうやって知るのでしょうか？](#)

[—暗黒物質が何であるかはまだわかっていないが、それが何ではないかはわかっている](#)

[—宇宙線はどこから来るのでしょうか？](#)

もちろん、MOND が、上で挙げた他の容疑者とともに、暗黒物質の謎に対する真の答えとして最終的に明らかになる可能性はまだ残っています。実際、2025 年の次のダークマターデーまでに、新たな証拠が集められ、アクシオンに代わって新たな容疑者が先頭に立つことになるかもしれない。おそらくそれまでに WIMP と MACHO が復活するか、あるいは原始ブラックホールのアリバイがついに完全に崩れ去るだろう。

それが未解決の謎の美しさです。

[ロバート・リー](#) シニアライター

Robert Lea は英国の科学ジャーナリストで、Physics World、New Scientist、Astronomy Magazine、All About Space、Newsweek、ZME Science に記事を掲載しています。また、Elsevier や European Journal of Physics で科学コミュニケーションに関する記事も執筆しています。Rob は英国の Open University で物理学と天文学の理学士号を取得しています。Twitter で @sciencef1rst をフォローしてください。

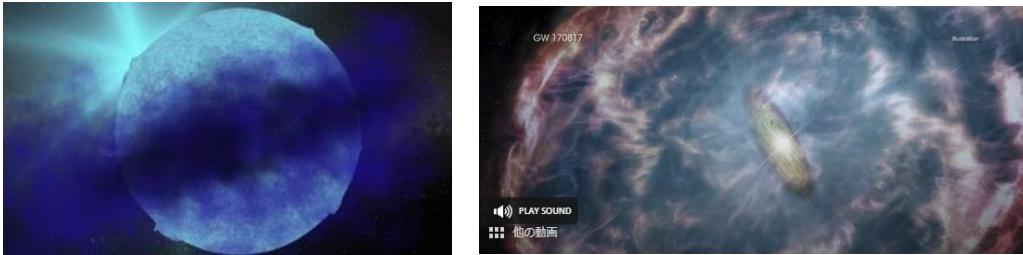
<https://www.space.com/neutron-stars-axions-dark-matter>

暗黒物質は恒星の死骸の周りの濃いもやの中に存在するかもしれない

[ロバート・リー](#) 著 2024.10.31

「アクシオン雲、そしてアクシオンが発見されれば、これは暗黒物質問題の解決に向けた大きな一歩となるだろう。」 科学者たちは、「アクシオン」と呼ばれる仮想粒子の覆いが、「中性子星」と呼ばれる極端に死んだ星を取

り困んでいる可能性があると考えている。これが本当であれば、暗黒物質の謎の解明に一步近づくことになるかもしれない。これは、アムステルダム大学のディオン・ノールドフイス率いる研究チームが出した結論だ。



暗黒物質に覆われた中性子星のイラスト。(画像提供: Robert Lea (Canva で作成))

同チームは以前、[中性子星から逃れた「アクシオン」](#)と呼ばれる特定の暗黒物質候補に何が起こるかを調査した。この非常に軽量の粒子は仮説上のもので、実際に検出されたことはないが、暗黒物質とよく一致する。なぜなら、もし存在するとしても、「通常の」物質や光と非常に弱い相互作用をするからである。これが暗黒物質を事実上目に見えないものになっている側面である。ノールドハウス氏とその同僚たちは現在、この大胆な脱出の後に残されたであろうアクシオンに注目しており、これらの粒子が死んだ星の異常な性質の結果として中性子星の周りの濃い雲に集まる可能性があることを発見した。「もしアクシオン雲、そしてアクシオンが発見されれば、これは[暗黒物質問題の](#)解決に向けた大きな一歩となるだろう」とノールドハウス氏は Space.com に語った。「問題は、なぜ中性子星がアクシオン雲を生成するのに適した天体なのかということだ」しかし、アクシオン雲の集まりはどのようにして起こるのか、そしてなぜブラックホールではなく中性子星がこれらのアクシオン雲を集めるのに理想的な天体なのか？それは、暗黒物質、そしてアクシオンが重力と相互作用するという事実から始まる。そして中性子星はこの状況の「ちょうど良い」存在であり、重力の影響は十分だが、大きすぎない。

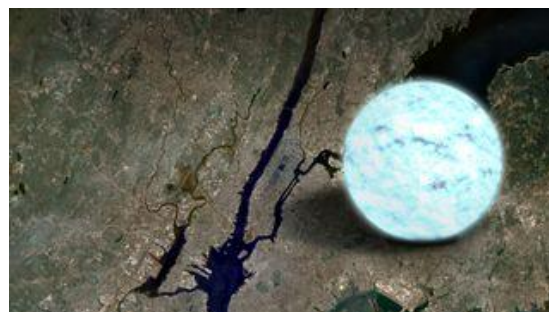
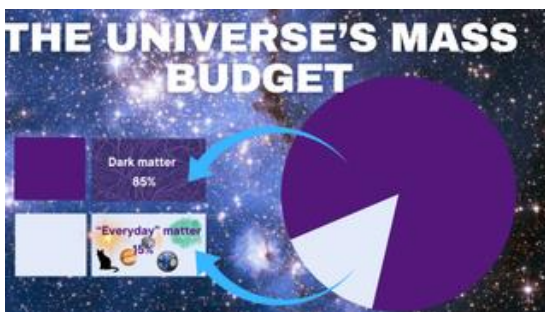
あなたも好きかもしれません

[ビッグバン後に爆発した「アクシオン星」が暗黒物質の解明につながるかもしれない](#)

[急速に回転する死んだ星が暗黒物質の秘密を明らかにするかもしれない](#)

アクシオン雲を通して暗黒物質をより鮮明に見る

[科学者にとって暗黒物質](#)がなぜそれほど難しいのかを理解するには、私たちの周りにあるすべてのもの（星、惑星、月、人間、コーヒーテーブル、猫まで）に含まれる物質は、宇宙の物質のわずか 15% に過ぎないことを考えてみてください。残りの 85% である暗黒物質は、光と相互作用しない（または、少なくとも非常に弱い相互作用をする）ため、実質的に目に見えません。[アクシオンは現在、暗黒物質粒子](#)の主な容疑者であり、研究チームは巧妙な技術により、現在の望遠鏡で中性子星の「トラップ」と呼ばれるもの、つまりこれらの星が作り出す時空の構造の井戸の周囲にある暗黒物質の覆いを観測できる可能性がある」と理論づけている。



図は、星、惑星、猫を構成する「日常的な」物質に対する暗黒物質の割合を示しています(画像提供: Robert Lea (Canva で作成))

マンハッタンと比較した中性子星のイラスト。(画像提供：NASA ゴダード宇宙飛行センター)

研究チームは、アクシオンが現在の理論モデルが支持する一定の範囲内の質量を持つ場合、中性子星はこれらの暗黒物質粒子の雲に囲まれているはずだと推論している。

研究者によると、驚くべき発見の 1 つは、この雲の集まりが「一般的」であるということ、つまり、特定の性質を持つ中性子星だけに限定されないということだ。つまり、アクシオン雲は、自転速度が速く、極から光を放射する「[パルサー](#)」と呼ばれる若い中性子星だけでなく、速度が遅くなり、回転する宇宙の灯台のような働きをしなくなった古い中性子星の周りにも集まる可能性がある。さらに、雲の形成は、すべてのタイプのアクシオンで発生するはずである。ノールドハウス氏と彼の同僚は、アクシオン雲が非常に高密度で、中性子星の寿命の長い期間にわたって、局所的な暗黒物質の密度を 20 桁以上超える可能性があることを発見しました。この密度が重要なのは、アクシオンと光や物質の相互作用は弱く、したがって稀であるにもかかわらず、これらの粒子が十分に密集している領域では、実際に検出可能な「増幅された信号」が発生する可能性があるためです。

[彼は、仮定されているアクシオンと光の粒子](#)、つまり光子の間の相互作用の強さは非常に小さく、現在の望遠鏡技術で探査できるよりもはるかに弱いだろうと付け加えた。しかし、アクシオンが何百万年もかけて中性子星の周りの濃い雲に集まると、状況は変わる可能性がある。望遠鏡はそれらの雲を捉えることができるはずだ。

「アクシオン雲が十分に形成されると、大量のアクシオンが光粒子に変換され、電波の形で強力な観測シグネチャが生成される可能性がある」とノールドハウス氏は述べた。

中性子星が高密度のアクシオン雲を集めるのに理想的な天体である理由を知るには、その極端な特性がどこから来るのかを探る価値があります。

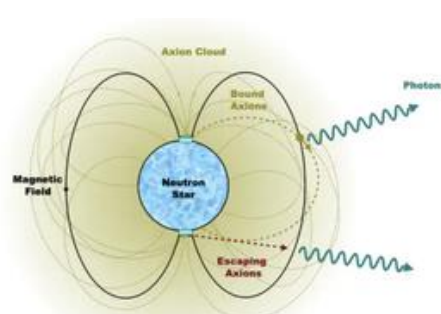
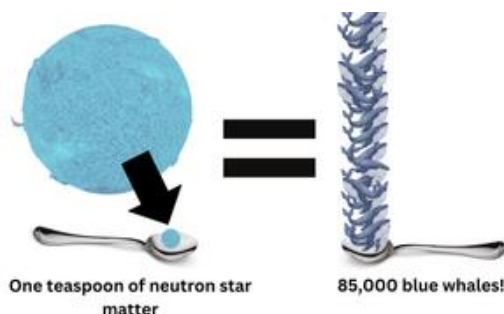
なぜ中性子星なのか？

[中性子星は、太陽](#)の少なくとも 8 倍の質量を持つ恒星が、中心部での核融合に必要な燃料供給の枯渇に達したときに誕生します。これにより、恒星の一生を通じて恒星自身の重力による内向きの圧力に対抗して支えてきた外向きのエネルギー、つまり「放射圧」も遮断されます。

これにより、巨大な星の中心核が完全に重力崩壊します。この星の崩壊により衝撃波が星の上層部に波及し、星の質量のほとんどを吹き飛ばす大規模な[超新星爆発を引き起こします](#)。

その結果、太陽の 1~2 倍の質量を持つ天体が、マンハッタンの境界線内に収まる幅約 12 マイル（20 キロメートル）の天体に押しつぶされる。それが中性子星だ。中性子星が地球上の平均的な都市の市域内に収まるからといって、それを家に引きずり込むのは得策ではない（仮にそんなことが可能だとしても）。

巨大な星の中心核の重力崩壊により、中性子（通常は原子核内の陽子とともに存在する粒子）を豊富に含む物質の海が作られる。これらの中性粒子が持つ「中性子縮退」と呼ばれる[量子物理学](#)の特性により、中性子星はそれ以上の崩壊を防ぐことができる。この現象は、星の中心核に十分な質量があれば克服でき、完全な重力崩壊が起こり、[ブラックホール](#)が形成される。中性子星を構成する中性子を多く含む物質は、宇宙で最も密度の高い物質として知られています。密度が非常に高いため、中性子星の「物質」を小さじ一杯分だけ地球に持ち帰った場合、その重量は 1,000 万トンになります。これは、小さじ一杯にシロナガスクジラ 85,000 頭を積み上げたのと同じ重さです。これにより、非常に強力な重力場が生じ、これらの死んだ星は理想的なアクシオントラップになります。「中性子星は、その巨大な重力場により、生成されたアクシオンの一部を捕らえるのに適した天体です」とノールドハウス氏は言う。「ブラックホールもアクシオンを効率的に捕らえる天体ですが、より効率的にアクシオンを吸収する天体でもあります。また、現時点では、ブラックホールの周囲でも同じようにアクシオンが生成されるかどうかはまったく明らかではありません。」



小さじ一杯の中性子星物質は、シロナガスクジラ約 85,000 頭に相当します。(画像提供: Robert Lea (Canva で作成))

図はアクシオンに覆われた中性子星を示しており、これは暗黒物質の解決策となる可能性がある。(画像提供: D. Noordhuis 他、Physical Review X)

中性子星の周囲の巨大な重力は、これらの恒星残骸がアクシオンの密集した雲を集めるのに役立つ唯一の性質ではありません。中性子星になる恒星の中心核が崩壊すると、その恒星の磁力線が押しつぶされます。磁力線が近づくほど、磁場は強くなります。その結果、[中性子星は既知の宇宙で最も強い磁場を持ちます](#)。その結果、中性子星はプラズマと呼ばれる荷電粒子で構成された閉じ込められたイオン化ガスに囲まれています。「中性子星は磁気圏と呼ばれるプラズマに囲まれており、磁気圏によって中性子星の極の上方に振動する電磁場が存在し、アクシオンを生成できる」とノールドフィス氏は説明する。「中性子星は宇宙で最も強い磁場を擁しており、アクシオンと光子の相互作用を強めている。」「これは、中性子星の周囲でアクシオンが生成されるだけでなく、大量のこれらの粒子が生成される可能性があることを意味します。」アクシオンは個別には光子と弱くしか相互作用しないかもしれないが、密集した雲に集まると、このアクシオンと光の相互作用を追跡できる可能性がある。

サインをください

研究チームは、アクシオン雲の存在を示す 2 つの信号を特定しました。1 つ目は、中性子星の寿命の大部分にわたって放出される連続信号です。この信号は、中性子星が放出する固有の光の上に現れる余分な成分を表します。2 つ目は、中性子星の寿命の終わりに放出される一時的な信号です。この瞬間、中性子星は、回転しながらその極から放出される 2 つの光線の生成を停止します。この光線は宇宙を席卷し、高速で回転する中性子星、つまり「パルサー」の「[灯台](#)」効果を生み出します。「この一時的な信号は、中性子星の『死』と同時に中性子星の環境が劇的に変化した結果です」とノールドハウス氏は続けた。「これらの両方の特徴は、既存の[電波望遠鏡のインフラストラクチャ](#)を使用しても、現在の限界を超えてアクシオンと光子の結合を調査する可能性があります。」もちろん、この研究はまだ初期段階であり、アクシオンが検出されたとしても、暗黒物質を説明できない可能性があります。さらに、アクシオンは、現時点では[重力との相互作用によってのみ推測できるこの謎の物質を構成する唯一の粒子ではない可能性があります](#)。

「このタイプのアクシオン雲が議論されたのは今回が初めてなので、当然ながら、やるべきことはまだまだたくさんあります」とノールドハウス氏は言う。「これらの束縛アクシオンが中性子星自体の力学をどのように変えることができるかに焦点を当てた追跡研究はすでに行われています。例えば、アクシオンとこれらのシステムにおける電気力学との重要な相互作用に関するこの方向でのさらなる研究も、きっと続くでしょう。」

関連記事: [— 天の川銀河の暗黒物質ハローに何か「怪しい」ことが起こっている](#)

[— 大型ハドロン衝突型加速器の後継機が暗黒宇宙を探索する方法](#)

[— 暗黒物質のない巨大銀河は宇宙の謎である](#)

天体物理学から素粒子物理学まで幅広い科学分野にまたがる理論の場合、暗黒物質、アクシオン、中性子星の間の潜在的なつながりを完全に調査するには、分野間の多大な協力が必要になることは驚くことではありません。

[「アクシオン雲を完全に理解するには、素粒子天体物理学、プラズマ物理学、観測電波天文学など、物理学の複数の分野からの相補的な取り組みが必要になる」とノールドハウス氏は述べた。「この研究は、将来の研究に多くの機会をもたらす新しい学際的な分野を切り開くことになる」](#)

チームの研究は 10 月 17 日に [Physical Review X 誌に掲載された](#)。

[ロバート・リー](#) シニアライター

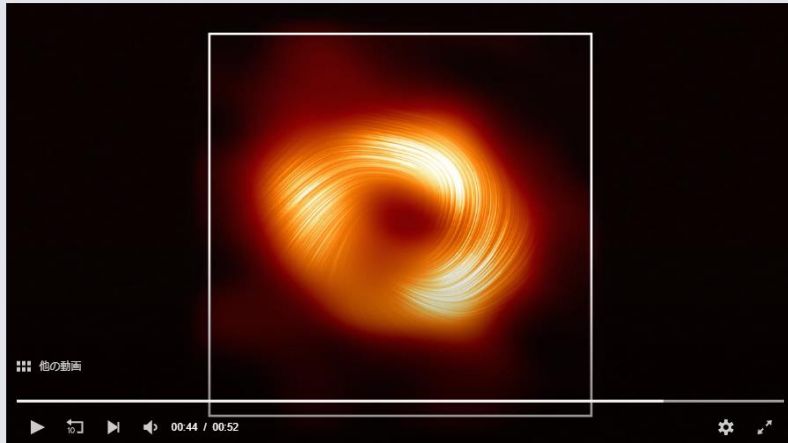
Robert Lea は英国の科学ジャーナリストで、Physics World、New Scientist、Astronomy Magazine、All About Space、Newsweek、ZME Science に記事を掲載しています。また、Elsevier や European Journal of Physics で科学コミュニケーションに関する記事も執筆しています。Rob は英国の Open University で物理学と天文学の理学士号を取得しています。Twitter で @sciencefirst をフォローしてください。

「逆ビッグバン再生」で形成されるブラックホールはダークエネルギーを説明できるかもしれない

ロバート・リー著 2024.11.3

「これは、ダークエネルギーの真の性質の発見に近づく可能性が非常に高い。おそらく、ブラックホールの真の性質の理解にも近づくだろう」

天の川銀河のいて座A*ブラックホールにズームイン！イベント・ホライズン・テレスコープの新しい画像 52秒



他の動画

ビデオを保存

超大質量ブラックホールいて座A* (Sgr A*) の新しい画像。ESOによると、イベント・ホライズン・テレスコープ (EHT) コラボレーションによるもので、「その縁から渦巻く強力な組織化された磁場が発見された」とのこと。ここで画像を拡大できます。



JWST が撮影した、110 億年前の原始星団 PHz G191.24+62.04 誕生時の画像。この領域ではブラックホールも急速に誕生している。(画像クレジット: NASA、ESA、CSA、Maria Polletta (INAF)、Hervé Dole (パリ)、Brenda Frye (UofA)、Jordan CJ D'Silva (UWA)、Anton M. Koekemoer (STScI)、Jake Summers (ASU)、ロジャー・ウィンドホースト (ASU))

科学者たちは、ダークエネルギーとブラックホールの潜在的なつながりを強めている。新たな研究によると、146 億年前の宇宙で「リトル・ビッグバン逆再生」によりブラックホールがさらに誕生し、ダークエネルギーの力が支配的になり、今日まで変化し続けているという。[ダークエネルギー](#)とは、現在の宇宙の膨張を加速させている謎の力に付けられた仮の名前です。科学者たちはダークエネルギーが何なのか全く分かっていないのに、ダークエネルギーは宇宙を支配しており、宇宙の[物質/エネルギー予算](#)の約 70% を占めているため、困ったものです。しかし、常にそうだったわけではありません。ダークエネルギーが支配的な時代以前は、物質と[重力](#)が宇宙を支配し、[ビッグバンによって引き起こされた初期の膨張をほぼ停止するまで減速させることに成功していました。](#)[その後、ダークエネルギーは約 50 億年前に宇宙のクーデターを起こし、宇宙の膨張を再び加速させました。](#)[問題は、それがどこから来たのか、物質からダークエネルギーへの切り替えがどのように起こったのか誰も知らないことです。](#)この謎を解明するため、科学者チームは、現代の宇宙のどこで宇宙の始まりと同じくらい重力が強いのかを自問してきた。その答えは、[ブラックホール](#)の中心にしかない。そのため、チームはブラックホールがダークエネルギーと「宇宙的に結合」している可能性がある」と結論付けた。

[「宇宙論的結合仮説](#)によれば、ブラックホールは膨張する宇宙と結合しており、宇宙の膨張とともに増大する暗黒エネルギーで満たされている」と、チームメンバーでミシガン大学の物理学教授グレゴリー・タルレ氏はSpace.com に語った。「この新たな発見は、宇宙論的に結合したブラックホールがまさに宇宙の暗黒エネルギーである可能性を裏付ける証拠となる。」

あなたも好きかもしれません

[暗黒物質は超大質量ブラックホールの「仲人」の役割を果たす可能性がある](#)

[ブラックホールの端にある奇妙な物理現象が、長引く「ハッブル問題」の解決に役立つかもしれない](#)

タルレ氏は、これは別のブラックホールの死と重力崩壊の間にブラックホールが形成されるとき、それがビッグバンを逆にたどったようなものであるためかもしれないと述べている。このプロセスの間、ブラックホールを生み出す巨大な星の物質は、完全な重力崩壊の間にダークエネルギーになるだろう。

[ブラックホールにダークエネルギーが含まれている](#) 場合、それが宇宙の構造と結合して加速膨張を引き起こす可能性がある」と研究チームは理論づけている。これがどのように起こっているのかはまだ詳しくわかっていないが、実際に起こっているという証拠は得られている。

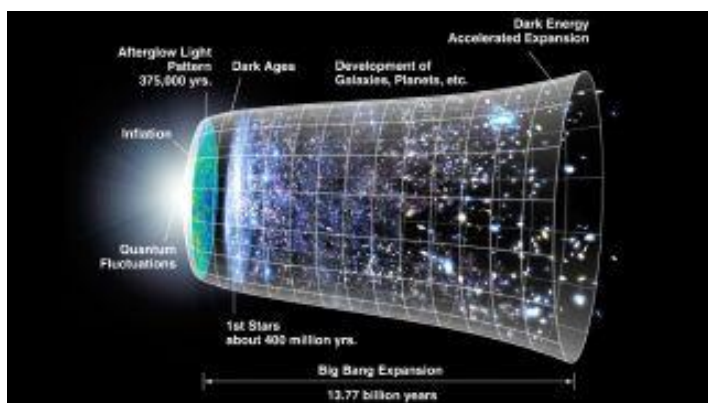
「この新たな発見は、宇宙論的に結合したブラックホールが宇宙の暗黒エネルギーである可能性を裏付ける証拠を提供している」とタルレ氏は語った。「これにより、我々は暗黒エネルギーの真の性質の発見に一歩近づくことになるだろう。おそらく、[ブラックホールの真の性質](#)の理解にも一歩近づくことになるだろう。」

謎の核心はブラックホールの中心にある

同チームがブラックホールとダークエネルギーの宇宙論的結合に焦点を当てた研究を発表するのは今回が 2 度目となる。「2024 年 2 月に発表した最初の研究は、受動的に進化する楕円銀河における超大質量ブラックホールの成長に対する膨張宇宙の影響を示した」とタルレ氏は述べた。「すべてのブラックホールがこのような成長すれば、今日の宇宙における暗黒エネルギーの密度を総合的に説明できるだろう。」

この新たな調査のために、彼らは[ダークエネルギー分光装置 \(DESI\)](#) のデータを活用しました。これはキットピーク国立天文台のメイオール望遠鏡に搭載された 5,000 個のロボットの目で構成されています。DESI は数千万の銀河とクエーサーを調査し、110 億光年の距離に及ぶ宇宙の [3D マップを作成します](#)。

[DESI は](#)、5 年間のプログラムからの最初の年のデータで、宇宙の暗黒エネルギーの密度が変化していることを示唆し、大きな話題を呼んだ。「ダークエネルギーは空間の特性であり、したがって密度は均一で一定であるとして一般に信じられています。DESI は、ダークエネルギーの密度は一定ではなく、時間とともに変化しているという興味深い証拠を提供しました」とタルレ氏は述べました。「この結合理論は、この変化の可能性がある物理的メカニズムを示しています。」研究チームは、暗黒エネルギーの変化に関する DESI データと、宇宙の歴史を通じて巨大な星が死ぬ際に生まれたブラックホールの数を比較した。その結果、[ブラックホールが作られる](#)につれて、宇宙の暗黒エネルギーの量もそれに伴って増加していることがわかった。これは、暗黒エネルギーとブラックホールのつながりが少なくともあり得ることを示唆している。



ビッグバンの始まりから現代までの宇宙の進化の図。(画像提供: NASA/WMAP 科学チーム)

暗黒エネルギーとブラックホールの結合は、遠方の銀河 M87 の中心でイベント・ホライズン・テレスコープによって撮影されたこのブラックホールの中心に何があるのかを説明できるかもしれない。(画像提供: EHT Collaboration)

DESI の初年度のデータから、星形成のピーク時に重い星から生成されるブラックホールによって説明できる暗

黒エネルギーの密度の変化が示唆されたことを示すことにより、研究チームは自らの理論をある程度実験的に検証した。「暗黒エネルギー密度の増加が膨張宇宙におけるブラックホールの生成と成長にどのように追従するかを示すことは、ブラックホールの成長と宇宙の膨張の観測を補完する独立した観測である」とタルレ氏は続けた。ミシガン大学の研究者とその同僚たちは、ダークエネルギーとダークマターがどのように関連しているかをまだ説明する準備ができていないが、タルレ氏は Space.com のために推測する準備ができています。「宇宙のごく初期、重力が非常に強かったとき、ある種のダークエネルギーが宇宙を急激に膨張させました。何らかの未知のプロセスを経て、このエネルギーが今日の宇宙の物質に変換されました」とタルレ氏は説明した。「現在の宇宙で唯一、インフレーションのときと同じくらい重力が強い場所であるブラックホールの中心では、逆のプロセスによって物質がダークエネルギーに変換されると考えられます。」[タルレ氏は、この理論の素晴らしさは、暗黒エネルギーとその発生源を説明するだけでなく、ブラックホール科学における長引く問題を解決するのにも役立つことだと語った。](#)現在、ブラックホールの中心には、少なくとも理論上は、[特異点が存在します。特異点とは、アインシュタインの重力理論と一般相対性理論の方程式が無限大になり、すべての物理学が破綻する点です。](#)ダークエネルギーとブラックホールの宇宙論的結合により、この特異点は解消されます。「我々の理論には、中心特異点を回避できるメカニズムを提供するという付加的な利点がある」とタルレ氏は付け加えた。「アインシュタインはブラックホールの中心に特異点があるとは決して信じず、これが彼の理論の失敗を表すと考えていた。」

関連記事: [—宇宙の膨張率には謎があり、ハッブル宇宙望遠鏡がその謎を解明しようとしている](#)

[—驚き！宇宙の膨張率は場所によって異なる可能性があります](#)

[—天文学者が宇宙の年齢を再評価](#)

タルレ氏は、この研究はさまざまな方向に発展する可能性がある」と説明した。同氏は、チームが取るべき「次のステップ」はたくさんあると付け加えた。その1つは、数ヶ月以内に発表されると予想される DESI の今後3年間のデータが公開されたときに、研究結果が妥当かどうかを見ることだ。研究者らはまた、宇宙における宇宙論的に結合したブラックホールの分布を理解し、宇宙論的に結合したブラックホールの「内部解」の研究に取り組む予定である。「基本的に、ブラックホールが暗黒エネルギーであり、それが存在する宇宙と結びついているかどうかは、もはや単なる理論上の疑問ではなくなった」とタルレ氏は結論付けた。「これは今や実験的な疑問だ」チームの研究は月曜日（10月28日）に「[Journal of Cosmology and Astroparticle Physics](#)」に掲載された。

[ロバート・リー](#) シニアライター Robert Lea は英国の科学ジャーナリストで、Physics World、New Scientist、Astronomy Magazine、All About Space、Newsweek、ZME Science に記事を掲載しています。また、Elsevier や European Journal of Physics で科学コミュニケーションに関する記事も執筆しています。Rob は英国の Open University で物理学と天文学の理学士号を取得しています。Twitter で @sciencef1rst をフォローしてください。

https://news.biglobe.ne.jp/trend/1029/kpa_241029_9913063470.html

初期宇宙に孤立した超大質量ブラックホールを発見(ジェイムズ・ウェッブ宇宙望遠鏡)

2024年10月29日(火) 20時0分 [カラパイア](#)



Photo by:iStock

ジェイムズ・ウェッブ宇宙望遠鏡が観測した宇宙初期に存在するクエーサー。その中心には超大質量ブラックホ

ールがあるとされる/Image credit: Christina Eilers/EIGER team

ジェイムズ・ウェッブ宇宙望遠鏡で 130 億年前の宇宙を覗き込んだ天文学者たちは、驚くべきことに空っぽの空間で孤立したクエーサーを発見したそうだ。クエーサーは超大質量ブラックホールを中心に宿した活動銀河核だと考えられているが、問題はそんな怪物のような存在が誕生まもない宇宙に存在していることだ。しかもその周辺に成長をうながすエサが見当たらないのだ。成長までに時間がかかるはずの超大質量ブラックホールが、なぜ初期宇宙に存在するのか？この謎を解明するヒントを期待していた天文学者たちだが、最新の観測結果のおかげでいっそう難解な謎を突きつけられてしまったようだ。

初期宇宙に超大質量ブラックホールが存在する謎

マサチューセッツ工科大学をはじめとする国際的チームによる今回の研究では、ジェイムズ・ウェッブ宇宙望遠鏡（JWST）により、誕生から 6~7 億年しか経っていない古い宇宙で形成された複数の「クエーサー」が観察された。宇宙最初期のものと思われるクエーサーは全部で 5 つ。それらの観察から明らかになったのは、そうしたクエーサー周囲の環境が驚くほど多種多様だったということだ。

あるものの周囲は想像していた通り物質が密集した空間だったが、またあるものは何もない空っぽの空間に孤立して存在していた。問題は、そうした空っぽの環境で、どうやって怪物のような超大質量ブラックホールが誕生できたのかということだ。エサなどどこにもないのに、怪物はどうやって成長できたのだろうか？

天文学者を悩ませる謎がさらに難解なものに

クエーサー [https://karapaia.com/archives/52329729.html] とは、あまりにも明るくて星のように見える遠方の天体のことだ。星のように見えるが、その正体は中心に「超大質量ブラックホール」が鎮座する活動銀河の核（活動銀河核）だと考えられている。一般にブラックホールと呼ばれるものは、太陽の 5~数十倍の重さの星が崩壊することで誕生する天体のことだ。一方、超大質量ブラックホールは太陽の数百万倍から数十億倍もの質量がある。崩壊してこれほどのブラックホールになれる恒星など存在しないため、この怪物のようなブラックホールはまた別の方法で誕生しているはずだ。では別の方法とはどのようなものなのか？

もっとも有力な仮説は、ブラックホール同士の合体を通じてだんだんと大きくなったものが超大質量ブラックホールであるとするものだ。だが、このプロセスには 10 億年以上かかるとされている。

それならば、なぜビッグバンから 6~7 億というごく初期の宇宙に超大質量ブラックホールが存在するのか？これは天文学者にも説明できない宇宙の大きな謎だ。



超大質量ブラックホールのエネルギーで輝くクエーサーのイメージ/Image credit: NASA/JPL-Caltech

コズミック・ウェブのイメージ image by adobe firefly

Photo by:iStock

しかも今回のクエーサー（とその中にあるだろう超大質量ブラックホール）の中には、周囲にほとんど何もない空っぽの空間で孤立したものまである。超大質量ブラックホールが合体によって成長するのならば、それすらできない環境にあるものはどうやって巨大化できたのだろうか？つまり、今回の研究によって、天文学者を悩ませてきた問題はますます難問になってしまったのだ。

銀河全体の形成理論すらくつがえす可能性

今回の研究チームは 2022 年 8 月から 2023 年 6 月にかけて JWST が観測した画像をつなぎ合わせて、5 つのクエーサーの周辺環境を調査した。その際には、画像に映る多様な波長の光を処理することでクエーサーの近隣銀河からやってきた光を特定し、その銀河とクエーサーとの距離が測定された。マサチューセッツ工科大学

の物理学者アンナ・クリスティーナ・アイラーズ氏は、「5つのクエーサーの唯一の違いは、その環境がバラバラであること」だったとプレスリリース [https://news.mit.edu/2024/astronomers-detect-ancient-lonely-quasars-murky-origins-1017] で述べている。たとえば、周囲に50もの銀河が存在するクエーサーがあるかと思えば、わずか2つしか銀河がないクエーサーもあった。その一方、大きさ・ボリューム・明るさ・宇宙の年齢といった点は、どちらのクエーサーも同じなのだ。この発見は、超大質量ブラックホールの成長理論どころか、銀河全体の形成についての従来の理論をくつがえす可能性があるものだ。現在の理解によれば、すべての銀河を俯瞰して見ると、その進化は「ダークマター」（全物質の約85%を占めるが、目に見えないとされる仮説上の物質）が織りなす巨大な網の目構造「コズミック・ウェブ」に沿って進むとされている。

生まれてまもない宇宙をただようガスや塵は、この網の目の沿うように集められる。すると、コズミック・ウェブの糸が交差するところでは、物質が濃密に集まった空間が形成されるようになる。宇宙初期の銀河が形成されたのがこの場所だ。このことは、宇宙最初のクエーサーや超大質量ブラックホールについても言うことができる。それらはコズミック・ウェブから供給されるガスや塵をエサにして成長し、やがてとんでもない輝きを放つようになる…はずなのだが、先述したように、天文学者はそれがなぜごく初期の宇宙に存在しているのかうまく説明できていない。私たちが解明したい主な謎は、ごく若宇宙に、どうやって太陽10億個分の質量を持つブラックホールが形成されるのかということです（アイラーズ氏）

そして今回の発見は、かねてから天文学者を悩ませていたこの問題をいっそう難問にしてしまった。

空っぽな空間にあるクエーサーは、ダークマターもコズミック・ウェブ

[https://karapaia.com/archives/52288922.html] の過密空間もないことを示している可能性がある。

だとするなら、現在の超大質量ブラックホールの成長理論では、それらの存在を説明することができない。

もしかしたら、こうしたクエーサーは実際には塵に囲まれているのに、ただ観測できていないだけという可能性もある。研究チームは今後、この可能性を追求し、一見空っぽに思われる空間に隠れた銀河ないかどうか探すつもりであるそうだ。この研究は、『The Astrophysical Journal

[https://iopscience.iop.org/article/10.3847/1538-4357/ad778b]』（2024年10月17日付）に掲載された。

References: Astronomers detect ancient lonely quasars with murky origins | MIT News | Massachusetts Institute of Technology [https://news.mit.edu/2024/astronomers-detect-ancient-lonely-quasars-murky-origins-1017] / James Webb Space Telescope sees lonely supermassive black hole-powered quasars in the early universe | Live Science [https://www.livescience.com/space/black-holes/james-webb-space-telescope-sees-lonely-supermassive-black-hole-powered-quasars-in-the-early-universe]

<https://wired.jp/article/axemu-axiomspace-prada/>

2024.10.25

プラダが宇宙服を共同開発し、人類は月へ“帰還”する

NASAが主導する有人月探査計画「アルテミス」。2026年9月以降に予定されている「アルテミスⅢ」のミッションにおいて、月面や軌道上の船外活動で着用する宇宙服のデザインが公開された。米Axiom Spaceとプラダが共同で開発した「AxEMU」がそれ。当然、革新と洗練が宿り、着心地も快適（らしい）。



Courtesy of Prada / Axiom Space



Courtesy of Prada / Axiom Space



Courtesy of Prada / Axiom Space

ジャイアント・リープ、再び

人類が月面に再び降り立つ日が着実に近づいている。[NASA（米航空宇宙局）](#)が主導する[アルテミス計画](#)によって。2017 年より開始されたこのミッションは、なにしろ桁違いのプロジェクトだ。予算規模は 930 億ドル（約 13 兆円）以上と巨額であり、[ESA](#)（欧州宇宙機関）や [JAXA](#) などの世界各国の公共機関のほか、[Space X](#) やブルーオリジンといった米国の宇宙開発のスタートアップに加え、モビリティやロボティクス、衛生システム、有人宇宙インフラ開発などさまざまな領域の先進的な技術をもつ企業とのパートナーシップを結んでいる。つまり国家という枠を超えて、人類（主に西側）のテクノロジーを結集する、文字通りのムーンショットプロジェクトである。22 年には、すでにその第 1 フェーズとなる「アルテミス I」を成功させている。NASA が開発した新型宇宙ロケット（SLS）と新型宇宙船（オリオン）による無人飛行試験を実現し、特殊なセンサーを付けたマネキン（名前はムーンニキン・カンボス）や 2 体のトルソー（ヘルガとゾーハー）やぬいぐるみ（スヌーピー）が、月周回軌道から地球への無事の帰還を果たした。今後のタイムラインは、25 年 9 月以降を予定する「アルテミス II」で月周回軌道の有人飛行に挑み、さらに 26 年 9 月以降には、有人月面着陸ミッション「アルテミス III」が待ち構えている。そしてその先には、月を周回する宇宙ステーションの建造や月面基地の建設、将来的には火星有人探査の拠点へと拡張していくことも見込まれている。「これはひとりの人間にとっては小さな一歩だが、人類にとっては偉大な一歩（Giant Leap）である」。アポロ 11 号のミッションによって初めて月面に降り立った、ニール・アームストロングのあまりに有名な言葉だが、アルテミス III はその第二幕を開くことになる。1972 年 12 月のアポロ 17 号以来途絶えていた月面の足跡は、半世紀をまたにかけてさらに遠くの宇宙へと繋がっていくのだ。この再びのジャイアント・リープを支えるプロジェクトのひとつが、[Axiom Space](#)（米国の有人宇宙飛行サービスを提供する企業。世界初の民間宇宙ステーションを建造したことでも知られる）とプラダによる次世代宇宙服「[AxEMU（Axiom Extravehicular Mobility Unit / アクシオム船外活動ユニット）](#)」の開発だ。これはアルテミス III の有人月面探査ミッションに使用されるものであり、2024 年 10 月にイタリア・ミラノで開催された[国際宇宙会議（IAC）](#)においてデザインが初公開され、ミラノ市内のガレリアでも一般公開された。



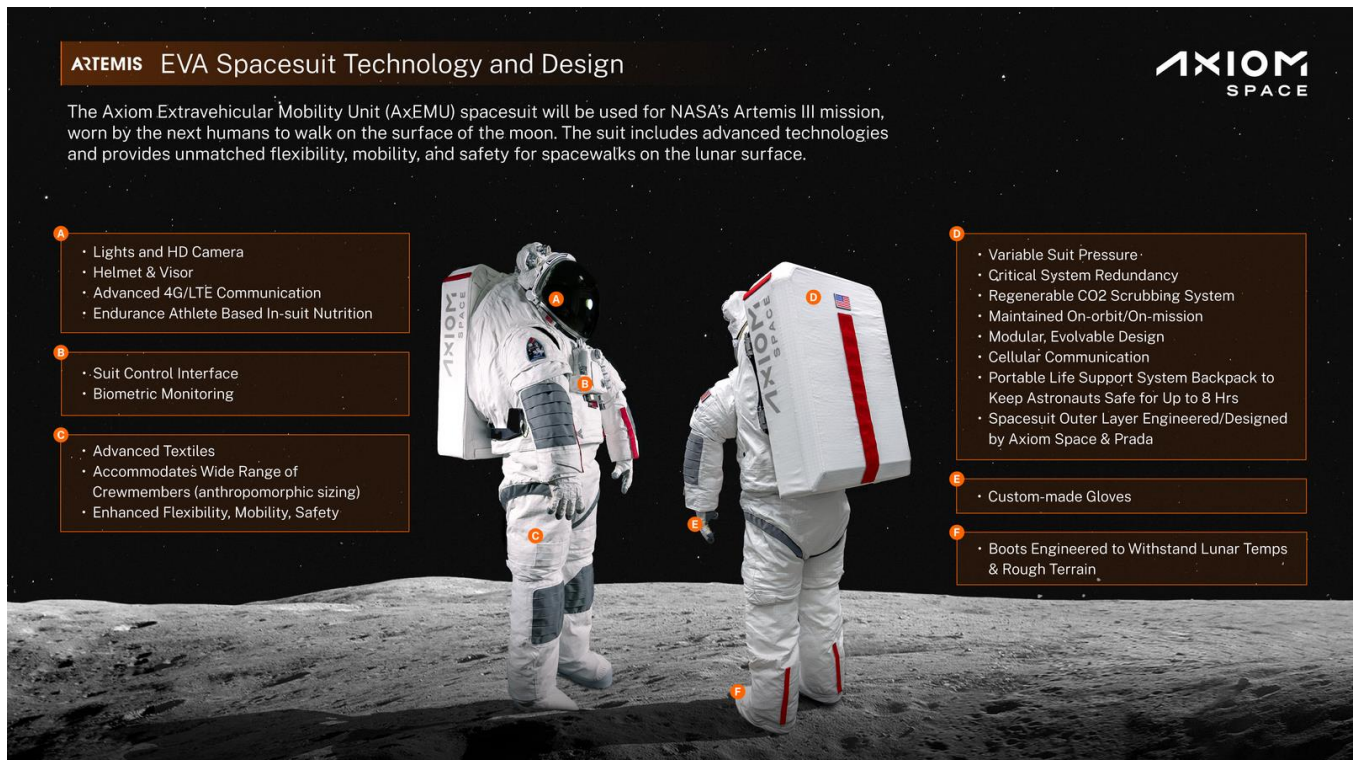
Courtesy of Prada / Axiom Space Courtesy of Prada / Axiom Space Courtesy of Prada / Axiom Space

次世代の宇宙服の着心地

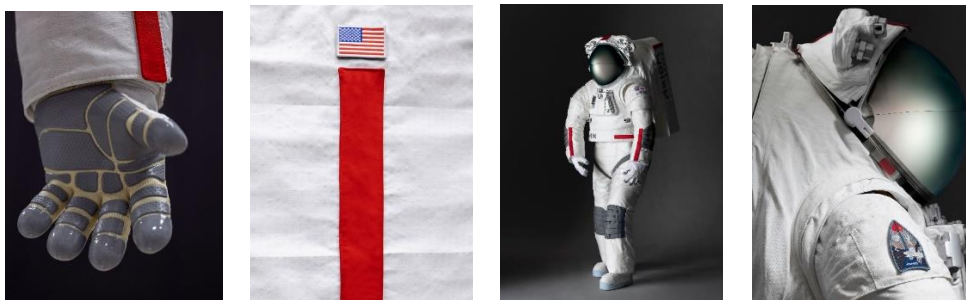
純白のテキスタイルに覆われた「AxEMU」は、NASA の[探査船外活動ユニット（xEMU）](#)の設計を、安全性、モビリティ、サイズ、パフォーマンスなどの面で大きく進化させたものだ。高い柔軟性、機能性を確保しながら、月の南極探査を支援する特殊なツールを備え、例えばその永久影（クレーター内部にある日光が常に当たらない場所。-238℃以下を観測したとされる）の極寒領域でも最低 2 時間は活動可能になる。

さらにミッションクルーの安全を確保するための複数の冗長システムや、オンボード診断システム、Nokia が開発する第 4 世代移動通信システム（4G）ネットワークユニットなどを搭載し、PSSL には再生可能な二酸化炭素洗浄システム、各種装置の熱を除去するためのパワフルな冷却技術も使用されることになる。加えて高度なコーティングが施されたヘルメットとバイザーは周囲の視界を向上させ、グローブにもさまざまなアップデートが加えられている。なにしろ特徴的なのは、その汎用性にあるだろう。1 パーセントから 99 パーセント（擬人化サイズ）までの男性と女性を含む幅広い体型に対応することが可能な設計となっているのだ。アルテミス III のミッションのひとつは「女性と有色人種の初の月面着陸」だとされている。宇宙服の開発においてもこの点が

重視されたはずだ。加えて、この新時代の船外活動服の設計においては、単一のアーキテクチャを採用しているため拡張が可能で、月面だけでなく低軌道（LEO）でのミッションにも適応する。



さかのぼれば、22 年に[宇宙服開発のタスクオーダー](#)（予算額は 2 億 2,800 万ドル）を獲得した Axiom Space は、23 年より[プラダと共同開発を開始](#)。主に外装のデザインや素材選定の領域で連携し、クリエイティビティとエンジニアリングの融合する取り組みを続けてきている。



LEO Prada EPG Full Suit on EDE at Axiom Space Suit Lab Courtesy of Prada / Axiom Space

Courtesy of Prada / Axiom Space Courtesy of Prada / Axiom Space

実際、プラダのデザイン・製品開発チームが培ってきた素材や生産工程に関する深い知識と経験は、AxEMU の外装にとどまらないイノベーションを支え、革新的な縫製の技法はレゴリス（月の埃）の侵入を防ぐことにも貢献し、Axiom Space のエンジニアとのコラボレーションは、ミッションクルーを月面の特殊で厳しい環境から保護し、近い未来の宇宙探査への意欲を視覚的に駆り立てるような、カスタマイズされた素材の選定にも寄与しているという。つまり高い次元での機能と美しさを両立することにプラダは大きく貢献している。ホワイトとレッド、グレーの洗練された配色は、これまでの宇宙船とは一線を画するように感じるし、シルエットやプロポーションのバランスも素敵。どうやらいまのところ AxEMU にあのトライアングルロゴは付けられていないようだが、アクセントのように袖や裾に入れているレッドのライン（プラダスポーツを起源とする[リネア・ロッサ](#)。イタリア語で“赤い線”の意）が、なによりもそのサインといえる。と思ったが、どうやらこの意匠は NASA の伝統である、ミッションコマンダー（船長）を示すためのものであるようだ。そのほかの具体的なディテール例えば重量や素材（果たして [PRADA Re-Nylon](#) は使用されているのだろうか）については明かされていない。がこれまでに Axiom Space やスペース X、NASA の施設において試験やシミュレーション（無重力環境訓練施設における

無人水中試験や低重力シミュレーション、加圧シミュレーション)を行なっている段階ということなので AxEMU はプロトタイプというよりも実装の局面に近づいているようだ。今後は有人水中試験や有人月面探査車のプロトタイプ（これも気になる）を用いた総合試験などを行ない 25 年には詳細設計審査に入る予定だとされる



Courtesy of Prada / Axiom Space Courtesy of Prada / Axiom Space Courtesy of Prada / Axiom Space

宇宙服の未来へのシナリオ

というわけで、宇宙服の新時代が幕を開けようとしている。先進的なテクノロジーを有するテキサス州ヒューストンの宇宙開発企業と、モードを更新し続けてきたイタリアのハイファッションのグローバルブランドとの共同開発によって。あるいはこの組み合わせは、意外にも思われるかもしれない。確かに宇宙や月面という特殊な環境で人間の生命活動を維持する服をつくるなら、ハードコアなアウトドアウェアを手がけるブランドとのコラボレーションのほうがしっくりくる気もする。事実、目下[国際宇宙ステーション \(ISS\)](#) の船外活動で使われている xEMU の最外層には、防水透湿で知られる高機能素材の [GORE-TEX](#) に難燃素材を混紡し、その裏地には強靱さで知られる[ケブラー](#)を使用。いずれも登山やクライミングでは多様される素材だ。

それでもなお、AxEMU のデザインやディテールや背景を知るほどに、これはプラダだからこそ可能にしたプロジェクトでもあるようにも思えてくる。それはもちろん赤いラインをスタイリッシュに用いることができるからでもないし、近年のアパレルメーカーが多用する“コラボレーション”や、マーケティングの一環のひとつとしてとらえるのは、あまりにファッションに対する想像力を欠いているだろう。現に今回の発表に際しては、プラダ・グループのマーケティング・ディレクター兼 CSR 担当責任者、ロレンツォ・ベルテッリが出席し、[『WIRED』イタリア版](#)の記事によれば「これは商業的またはマーケティング上の問題ではありません」と述べている。そしてプラダのプレスリリースにはこのようなコメントも記載されていた。「自分の限界を超えることは、プラダブランドの精神、そしてわたしの両親のビジョンも完璧に反映した当社のバリューのひとつです。本日お見せしている結果を大変誇りに思いますが、これは Axiom Space との長期的なコラボレーションにおける第一歩に過ぎません。わたしたちは高性能素材や特性、縫製技術についての専門知識を共有し、また、多くを学びました。これからも新しい挑戦を続け、見識を広げ、新しいシナリオをともにつくっていくことでしょう」ベルテッリの母はプラダのデザイナーであるミウッチャ・プラダだ。知性や有益さと美しさに対する信念、実験精神によってスタイルを再定義し続けてきた女性がリードしてきたブランドが、月面に初めて降り立つ女性の宇宙服を共同でデザインする。シナリオとしてはできすぎているかもしれないが、ファッションやものづくりという点においてはゆるぎない実績がすでにあるのは確かだ。つまりとびきりのクリエイティビティと技術革新の歴史がある。宇宙服のモードを更新することだってできる。※『WIRED』による[宇宙の関連記事はこちら](#)。

<https://uchubiz.com/article/new54549/>

NASA、ISS での船外活動を 2025 年に再開へ—宇宙服からの冷却剤漏れを修復

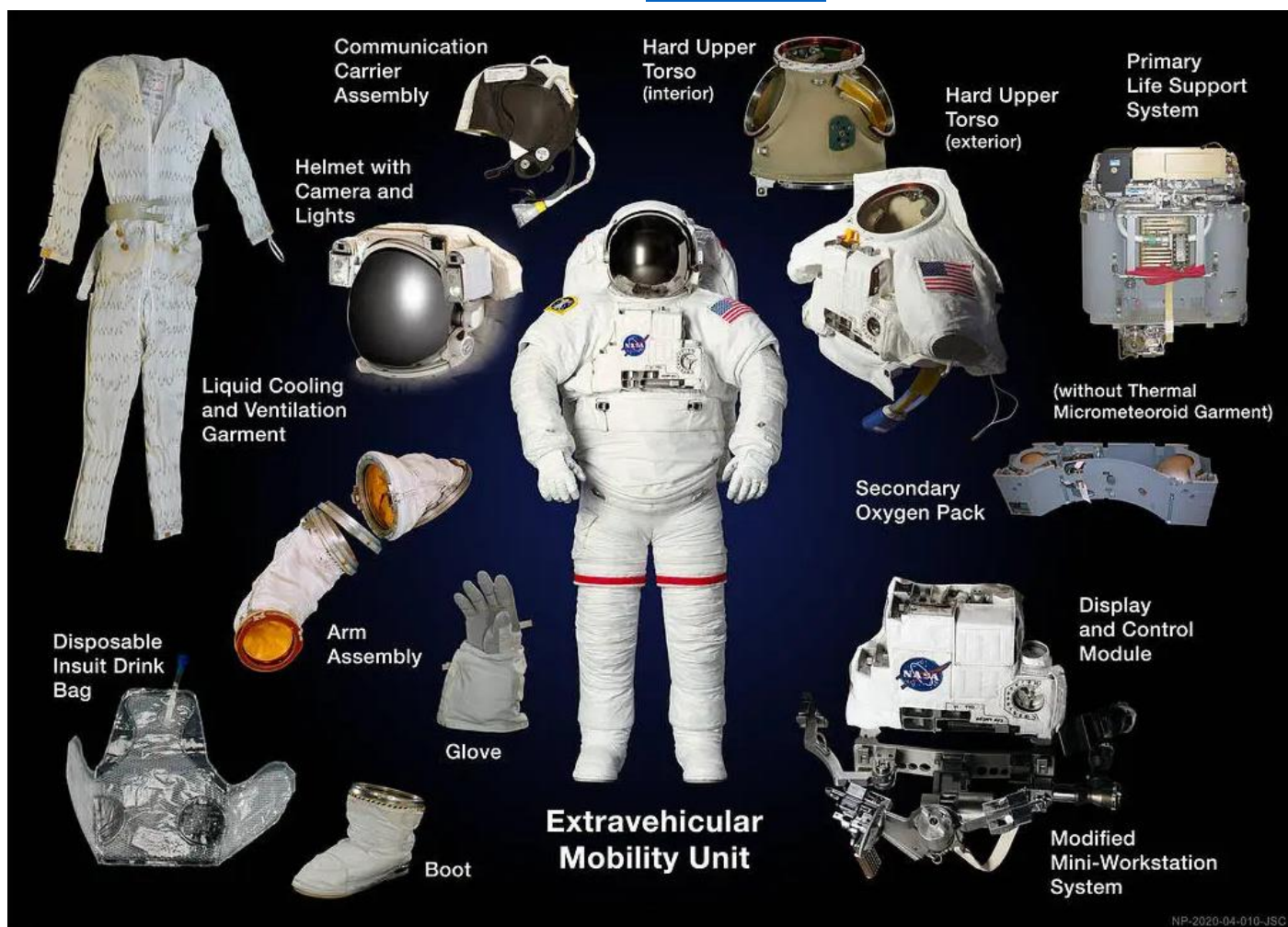
2024.10.31 14:49 [塚本直樹](#)

米航空宇宙局（NASA）の幹部は米国時間 10 月 25 日、国際宇宙ステーション（[ISS](#)）での船外活動（[EVA](#)）を 2025 年に再開する意向を示した。直近の ISS では、[宇宙服](#)こと「船外活動ユニット（[EMU](#)）」をめぐるトラブ

ルが続出しており、6 月には宇宙服の「不快感」から EVA が中止。同月には宇宙服から冷却剤が漏れ出し、EVA が再度中止された。翌月から EVA は無期限で延長となっていた。海外メディアの [Space.com](https://www.space.com) によると、NASA で ISS 計画で運用統合マネージャーを務める Bill Spetch 氏は 10 月 25 日に開かれた記者会見で「我々は来年初めに、次の船外活動を計画している」と述べた。宇宙服と ISS を接続するシールとアンビリカルケーブルが交換され、宇宙服の再加圧が確認されたとも述べている。「我々は船外活動を行う場所について、次の機会を探すつもりだ。時間的に厳しいわけでも、緊急でもないの、最も合理的で最適な機会を見つけるつもりだ」と NASA で ISS 計画の責任者を務める Dana Weigel 氏は述べている。近年の ISS の EVA では、冷却剤の漏れが何度も発生している。2022 年 3 月には、EVA 後に宇宙飛行士のヘルメットに水が入っていることが発見され、7 カ月間 EVA が中断された。2013 年にはイタリア人宇宙飛行士のヘルメットが大量の水で満たされた。

現在、ISS で活用されている EMU は、1970 年代に設計され、1983 年 4 月に初めて宇宙で実際に使用された。

EMU については、米 Axiom Space とイタリアの高級ファッションブランド Prada が共同で開発した [デザインを公開した](#)。NASA は 2022 年 6 月に EMU の開発で Axiom Space と米 Collins Aerospace を選定した。しかし、Collins は 2024 年 6 月に EMU 開発から撤退することが [報じられている](#)。

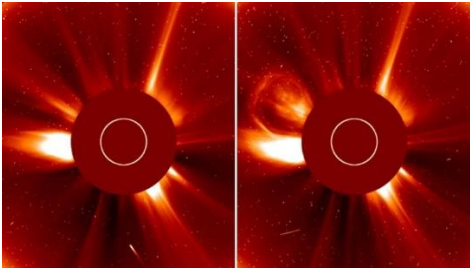


さまざまなコンポーネントで構成される EMU（出典：NASA） 関連情報 [Space.com](https://www.space.com) [ISS](#)

<https://www.cnn.co.jp/fringe/35225574.html>

「ハロウィーン彗星」最後の瞬間、NASA 衛星が観測 太陽最接近生き延びられず

2024.10.31 Thu posted at 11:44 JST



「ハロウィーン彗星」の愛称を持つ彗星が太陽に接近し蒸発した/NASA

(CNN) ハロウィーンの夜空を彩るはずだった彗星(すいせい)が、太陽に最接近して28日に崩壊した。米航空宇宙局(NASA)の太陽観測衛星SOHOは、その最後の瞬間をとらえていた。

C/2024 S1(アトラス彗星)は9月27日にハワイの観測所で発見され、10月末にかけて夜空に現れる可能性があったことから「ハロウィーン彗星」と呼ばれるようになった。しかしNASAによると、氷とガスと塵でできた彗星は、太陽に最接近する近日点に近づくにつれて分解が始まり、28日に蒸発した。

C/2024 S1は太陽から約136万7942キロの距離を通過した。太陽の至近距離を通過するこうした彗星はサングレーザーと呼ばれ、太陽の熱で蒸発してしまうことが多い。

専門家によると、C/2024 S1は発見された当初から、太陽接近を生き延びられるかどうかをめぐって天文学者の間でも意見が分かれていたという。C/2024 S1は米東部時間の28日午前7時半、近日点を通過して完全消滅した。近日点の太陽からの距離は、地球と太陽の距離の1%以内だった。これと比較して、9月27日に近日点に達した紫金山・アトラス彗星(C/2023 A3)の太陽からの距離は、地球と太陽の距離の3分の1以上あった(地球と太陽の距離はおよそ1億4900万キロ)。

統計的には、サングレーザー彗星が太陽接近を生き延びることは極めてまれだという。NASAのサングレーザープロジェクトで発見された4000以上のサングレーザー彗星の中で、近日点を生き延びた彗星は皆無だった。