

アクシオムが次世代宇宙服の提供で NASA と契約 2025 年の有人月面探査で使用予定

2022-09-12 松村武宏



【▲ 次世代宇宙服を装着して月面を探査する宇宙飛行士の想像図 (Credit: NASA)】

アメリカ航空宇宙局 (NASA) は 9 月 8 日付で、2025 年に実施が予定されている有人月面探査ミッション「アルテミス 3」で使用される月面探査用の宇宙服を提供する企業として、アクシオム・スペース (Axiom Space) を選定したことを発表しました。今回契約されたのは 2034 年までのパフォーマンス期間中に最大 35 億ドルが見込まれている数量未確定契約 (IDIQ) における最初のタスクオーダーで、基準価格は 2 億 2850 万ドルとされています。NASA が主導する「アルテミス (Artemis)」計画は、1960~70 年代に実施された「アポロ」計画以来半世紀ぶりとなる有人月面探査計画です。アルテミス計画では永久影 (太陽光が届かない範囲) に水の氷が埋蔵されているとみられる月の南極域を焦点に、宇宙飛行士による有人探査や探査機による無人探査が予定されています。また、同計画は月面での持続的な探査活動や将来の有人火星探査も見据えており、宇宙飛行士の飲用水などに利用できる水の氷の探査だけでなく、レゴリス (月の砂) から酸素を抽出する技術の実証実験なども計画されています。呼吸できる大気が存在しない月面で探査活動を行うには、宇宙服が必要です。NASA が国際宇宙ステーション (ISS) で現在使用している宇宙服「EMU (Extravehicular Mobility Unit、船外活動ユニット)」は、1981 年に運用が始まったスペースシャトルと同時期に設計・開発されたものであることから、NASA はアルテミス計画を見据えて次世代宇宙服の導入を計画。2019 年 10 月には月面探査用に開発する新たな宇宙服として「xEMU (Exploration Extravehicular Mobility Unit、探査船外活動ユニット)」が発表されていました。しかしその後、NASA は xEMU の開発遅延などのために方針を転換し、次世代宇宙服の開発・製造を担う「xEVAS (Exploration Extravehicular Activity Services、探査船外活動サービス)」の契約企業を 2021 年に募集。2022 年 6 月には xEVAS を提供する企業として、アクシオム・スペースおよびコリンズ・エアロスペースの 2 社を選定したことを発表していました。

関連: [NASA が次世代宇宙服の開発・製造を担当する民間企業 2 社と契約を締結](#)

今回のタスクオーダー契約によりアクシオム・スペースは、1972 年 12 月の「アポロ 17 号」以来 53 年ぶり (予定通り 2025 年に実施された場合) の有人月面探査ミッションとなるアルテミス 3 で使用される宇宙服を開発・製造することになります。また、アクシオム・スペースは次世代宇宙服を着用する宇宙飛行士のトレーニングや、リアルタイムの運用支援といったサービスも提供します。

なお、アルテミス計画には日本の宇宙航空研究開発機構 (JAXA) も参加しています。2023 年 2 月頃に発表が予定されている JAXA の新たな宇宙飛行士候補者にも、次世代宇宙服を着用して月面探査を行う日が訪れるかもしれません。

関連: [NASA 有人月面探査計画「アルテミス」13 か所の着陸候補地が発表された](#)

Source Image Credit: NASA [NASA](#) - NASA Taps Axiom Space for First Artemis Moonwalking Spacesuits
[Axiom Space](#) - Axiom Space wins NASA Task Order to Build Next Generation Spacesuits for Artemis III

文/松村武宏

NASA の月探査計画「アルテミス 1」 SLS 打ち上げは日本時間 9 月 28 日以降に

2022-09-13 [松村武宏](#)



【▲ NASA の新型ロケット「SLS」初号機。現地時間 2022 年 8 月 30 日撮影 (Credit: NASA/Joel Kowsky)】

【▲ 動作テスト時に撮影されたテールサービスマストアンビリカル (TSMU)。手前側が液体水素用の TSMU で、クイックディスコネクトは配管やケーブルが集中しているトラス構造の先端 (画像の白いプレート状の部分) と、SLS コアステージのエンジンセクションを接続するインターフェースを指す。現地時間 2019 年 6 月 19 日撮影 (Credit: NASA/Ben Smegelsky)】

アメリカ航空宇宙局 (NASA) は日本時間 9 月 13 日朝、延期されている「アルテミス 1」ミッションの打ち上げに関する情報を更新しました。ケネディ宇宙センター 39B 射点からの新型ロケット「SLS (スペース・ローンチ・システム)」初号機の打ち上げは、日本時間 9 月 28 日以降に予定されています。

NASA 主導の月面探査計画「アルテミス」最初のミッションとなるアルテミス 1 は、NASA が開発した SLS および新型有人宇宙船「Orion (オリオン、オライオン)」の無人飛行試験にあたります。SLS 初号機で打ち上げられたオリオンは月周辺を飛行した後、打ち上げから 4~6 週間ほど後に地球へ帰還する予定です。なお、SLS 初号機には日本の「OMOTENASHI」と「EQUULEUS」など 10 機の小型探査機も相乗りしています。

当初、SLS 初号機は米国東部夏時間 2022 年 8 月 29 日 (日本時間同日) に打ち上げられる予定でしたが、SLS のコアステージ (第 1 段) に 4 基搭載されている液体燃料ロケットエンジン「RS-25」の 1 基を始動前の目標温度まで冷却できなかったために延期。5 日後の米国東部夏時間 2022 年 9 月 3 日 (日本時間 9 月 4 日) にも打ち上げが試みられたものの、一部の配管で断続的に発生した液体水素漏れを止めることができず、再び延期されていました。 関連：[NASA「アルテミス 1」9 月 4 日に予定されていた SLS の打ち上げを再び延期](#)



【▲ SLS 初号機組み立て後に実施されたテールサービスマストアンビリカル (TSMU) などの動作テストの様子 (動画)】 (Credit: NASA)

NASA によると、水素漏れは発射台基部の「テールサービスマストアンビリカル」 (TSMU : Tail Service Mast Umbilicals) とコアステージのエンジンセクションをつなぐ「クイックディスコネクト」 (Quick Disconnect) と呼ばれるインターフェースで発生しました。TSMU は打ち上げ前のエンジンセクションに推進剤の配管や電気配

線を接続するためのもので、液体酸素用と液体水素用の合計 2 基が並んで設置されています。

TSMU からの水素漏れは、2022 年 4 月と 6 月に実施された打ち上げリハーサルでも確認されています。リハーサル後に SLS と移動式発射台がロケット組立棟 (VAB) へ戻された時にクイックディスコネクトのシール (密封装置) が交換されましたが、8 月 29 日の打ち上げカウントダウンの際にも一時クイックディスコネクトからの水素漏れが発生していました。NASA は 9 月 3 日の打ち上げ延期後に改めてコアステージ側のシールを交換しており、極低温推進剤の充填テストを 9 月 21 日以降に実施することが計画されています。

日本時間 9 月 13 日朝に NASA が発表した最新のスケジュールによれば、SLS 初号機は米国東部夏時間 2022 年 9 月 27 日 11 時 37 分 (日本時間 9 月 28 日 0 時 37 分) から 70 分間のウィンドウで打ち上げられる予定です。また、バックアップとして米国東部夏時間 2022 年 10 月 2 日 14 時 52 分 (日本時間 10 月 3 日 3 時 52 分) から 109 分間の打ち上げウィンドウも検討中とされています。

なお、ケネディ宇宙センターでは有人宇宙船「クルードラゴン」エンデュランス号による「Crew-5」ミッションの打ち上げが米国東部夏時間 2022 年 10 月 3 日 12 時 45 分 (日本時間 10 月 4 日 1 時 45 分) に 39A 射点で予定されており、状況次第ではアルテミス 1 の打ち上げが Crew-5 の後にずれ込む可能性もあります。

関連 : [NASA「アルテミス 1」SLS 打ち上げ予定日再設定、早ければ 9 月 23 日発射](#)

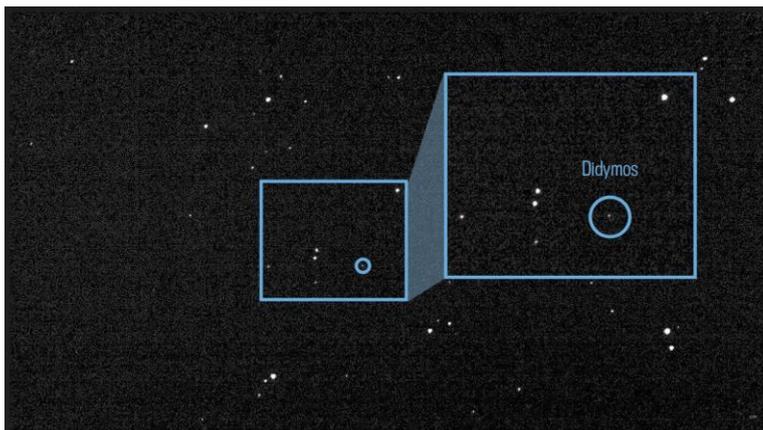
Source Image Credit: NASA/Joel Kowsky

[NASA](#) - NASA Adjusts Dates for Artemis I Cryogenic Demonstration Test and Launch; Progress at Pad Continues
文/松村武宏

<https://sorae.info/space/20220915-nasa-dart.html>

NASA の小惑星軌道変更ミッション「DART」 探査機が標的の二重小惑星を撮影

2022-09-15 [松村武宏](#)



【▲ 小惑星「ディディモス」とその衛星「ディモルフオス」からなる二重小惑星 (丸で囲まれた天体)。NASA の探査機「DART」の光学カメラ「DRACO」を使って 2022 年 7 月 27 日に撮影 (Credit: NASA JPL DART Navigation Team)】

こちらの画像の丸で囲まれている天体は、小惑星「ディディモス」 (65803 Didymos、直径 780m) とその衛星「ディモルフオス」 (Dimorphos、直径 160m) からなる二重小惑星です。2021 年 11 月に打ち上げられたアメリカ航空宇宙局 (NASA) の探査機「DART」に搭載されている光学カメラ「DRACO」を使って、2022 年 7 月 27 日に撮影されました。ディディモスは約 2.1 年周期で太陽を公転するアポロ群の小惑星で、ディモルフオスはその周りを 11 時間 55 分周期で公転しています。

【▲ 小惑星ディディモス (右上) の衛星ディモルフオス (左) へ接近した探査機「DART」。右下に描かれているのは衝突前に分離される小型探査機「LICIA Cube」 (Credit: NASA/Johns Hopkins APL/Steve Gribben)】

DART は「Double Asteroid Redirection Test」 (二重小惑星方向転換試験) の略です。このミッションは史上初

となる惑星防衛（※）の技術実証として、実際に探査機を小惑星に衝突させて軌道を変更することが試みられます。DART は二重小惑星のうち衛星であるディモルフォスのほうに、米国東部夏時間 2022 年 9 月 26 日 19 時 14 分（日本時間 9 月 27 日 8 時 14 分）に衝突する予定です。

※...深刻な被害をもたらす天体衝突を事前に予測し、将来的には小惑星などの軌道を変えて災害を未然に防ぐための取り組みのこと

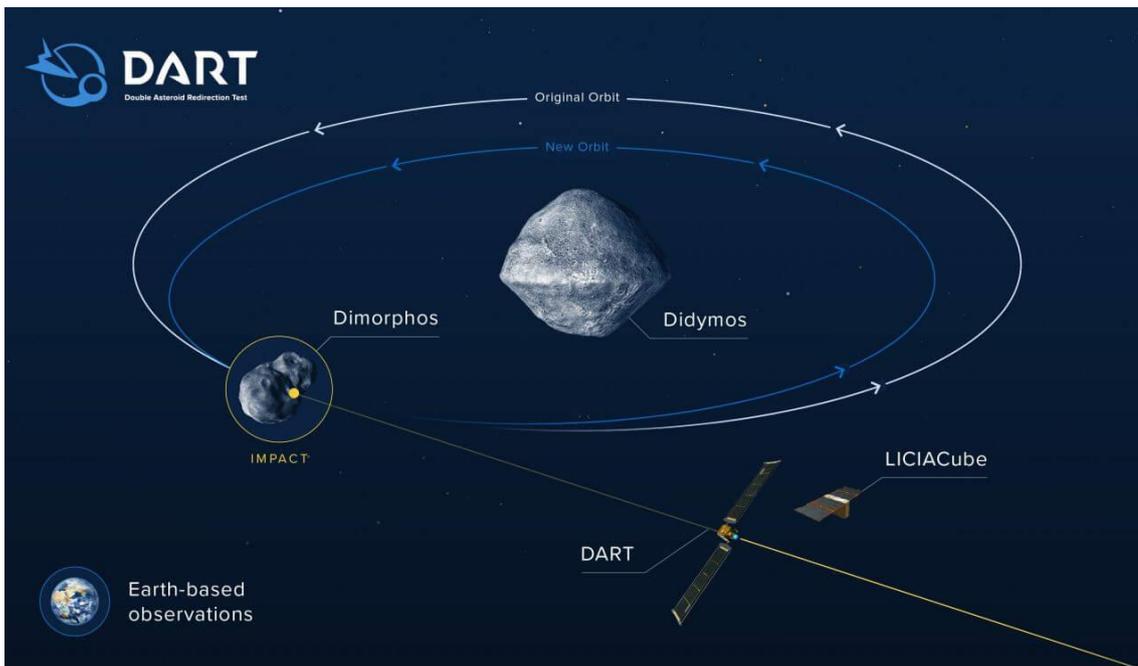
2013 年 2 月にロシア上空で爆発して 1000 名以上を負傷させた小惑星のように、地球への天体衝突は現実の脅威です。地球に接近する軌道を描く「地球接近天体」（NEO：Near Earth Object、地球接近小惑星）と呼ばれている小惑星のうち、特に衝突の危険性が高いものは「潜在的に危険な小惑星」（PHA：Potentially Hazardous Asteroid）に分類されていて、将来の衝突リスクを評価するために追跡観測が行われています。

関連：[NASA 探査機がサンプル採取した小惑星「ベヌス」の地球への衝突確率を算出](#)

ある小惑星が地球に衝突する確率が高いと判断された場合、事前に衝突体（インパクター）を体当たりさせて小惑星の軌道を変えることで、甚大な被害をもたらす小惑星の衝突を回避できるかもしれません。DART は、この「キネティックインパクト」（kinetic impact）と呼ばれる手法を初めて実証するミッションです。

DART の探査機本体のサイズは約 1.2x1.3x1.3m で、長さ 8.5m（展開時）の太陽電池アレイを 2 基備えています。探査機にはイタリア宇宙機関（ASI）の小型探査機「LICIACube」が搭載されていて、衝突の 10 日ほど前に分離された後、DART 探査機の衝突やその噴出物などを撮影することも試みられます。

ミッションを主導するジョーンズ・ホプキンス大学の応用物理学研究所（APL）によると、ディモルフォスの推定質量は 50 億 kg（500 万トン）、衝突時点での DART の質量は 570kg と予想されています。探査機がほぼ正面から秒速 6.1km で衝突することで、衛星であるディモルフォスの公転周期は数分ほど短くなると考えられています。APL によれば、ディディモスは PHA に分類されているものの、現時点ではその軌道が地球の公転軌道と交差することはないと予測されており、実際の脅威になることはないと言われています。探査機が衝突するターゲットもディディモスそのものではなく衛星であるディモルフォスのほうが選ばれており、衝突後のディモルフォスの軌道はわずかに小さくなります。また、DART が体当たりしても圧倒的に質量が大きなディモルフォスを破壊するには至らないとされているなど、ミッションは慎重に計画されています。



【▲ DART のミッションを解説したイラスト。DART が衝突することで、ディディモス（Didymos）を周回するディモルフォス（Dimorphos）の軌道が変化する（白→青）と予想されている（Credit:NASA/Johns Hopkins APL/Steve Gribben）】

ディモルフォスに衝突してミッションを終える DART 探査機には、探査機を誘導する「目」の役割を果たす

DRACO が唯一の観測装置として搭載されています。DRACO は冥王星およびエッジワース・カイパーベルト天体「アロコス」のフライバイ探査を行った探査機「ニュー・ホライズンズ」に搭載されているカメラ「LORRI」をベースに開発されました。冒頭の画像が撮影されたのは衝突予定日の2か月前で、DART 探査機はディディモスから約 3200 万 km 離れていました。この距離ではディディモスおよびディモルフォスからなる二重小惑星はまだ暗く、撮影できる確証はなかったようですが、DRACO を使って撮影された 243 枚の画像を組み合わせ処理したところディディモスの姿が現れ、探査機から見た位置を特定することができたといいます。DART 探査機は7月27日に続き、8月12日・13日・22日にも同様の観測を行いました。

APLによると、9月7日以降のDART探査機は5時間ごとにディディモスを観測し、合計3回の軌道修正操作を行ってディモルフォスへの衝突コースを修正する段階に入っています。衝突の約24時間前となる9月25日には最後の軌道修正操作が行われ、ディモルフォスの位置を2kmの範囲内で特定できるようになるといいます。この後、DART探査機はディモルフォスへ向かって自律的に誘導され、衝突することになります。「衝突体を体当たりさせて小惑星の軌道をそらす」技術を実証するDARTミッション、その成否に注目です。

関連：[小惑星の軌道変更を試みる NASA のミッション「DART」探査機の衝突予定日が近づく](#)

Source Image Credit: NASA JPL DART Navigation Team [NASA](#) - DART Sets Sights on Asteroid Target
[ジョンズ・ホプキンス大学](#) - DART Sets Sights on Asteroid Target 文／松村武宏

<https://sorae.info/astrometry/20220915-juno.html>

NASA の探査機ジュノーが撮影した木星のクローズアップ、異なる色調の画像を公開

2022-09-15 [松村武宏](#)



【▲ 木星探査機「ジュノー」が2022年7月5日のフライバイ時に撮影した木星の北半球（色を強調したバージョン）（Credit: Image data: NASA/JPL-Caltech/SwRI/MSSS; Image processing by Björn Jónsson）】

こちらは、アメリカ航空宇宙局（NASA）の木星探査機「Juno（ジュノー）」に搭載されている可視光カメラ「JunoCam（ジュノーカム）」を使って取得された木星の画像です。化学組成の違いによって色が異なる雲や、渦巻く嵐の立体的な性質、高高度に浮かび上がった小さな雲といった、木星の大気の興味深い様相が捉えられています。この画像は、2022年7月5日に実施されたジュノーによる43回目の木星フライバイ（近接通過）にて、木星の北緯50度付近の上空、雲頂からの高度約5300kmを飛行中に取得された画像をもとに作成されました。ジュノーを運用するNASAのジェット推進研究所（JPL）によると、撮影時のジュノーは木星に対して時速約20万9000km（秒速約58km）で移動していたといいます。

画像を作成したのは市民科学者の Björn Jónsson さんです。JunoCam の画像は一般の人々が利用できるように順次公開されており、これまでも数多くの市民科学者の手によって様々な画像が作成されています。

【▲ 木星探査機「ジュノー」が2022年7月5日のフライバイ時に撮影した木星の北半球（自然な色調のバージョン）（Credit: Image data: NASA/JPL-Caltech/SwRI/MSSS; Image processing by Björn Jónsson）】

ちなみに、木星の雲の複雑な色や構造を明確にするために冒頭の画像では色が強調されていますが、Jónsson さんは人の目で見た姿に近い自然な色調の画像も作成・公開しています。将来、人類が木星圏を有人探査する時代

が訪れた時、穏やかなグラデーションに彩られた木星の姿を目の当たりにした未来の宇宙飛行士は何を思うのでしょうか。Jónsson さんが作成した画像は、2022 年 8 月 30 日付で NASA が紹介しています。

【▲ 木星探査機「ジュノー」が 2022 年 7 月 5 日のフライバイ時に撮影した木星の北半球。自然な色調の画像（左）と、色を強調した画像（右）を比較したもの（Credit: Image data: NASA/JPL-Caltech/SwRI/MSSS; Image processing by Björn Jónsson）】

関連：[木星の北半球で渦巻く嵐と高高度の雲、NASA 探査機「ジュノー」が撮影](#)

Source Image Credit: Image data: NASA/JPL-Caltech/SwRI/MSSS; Image processing by Björn Jónsson

[NASA/JPL](#) - PIA25018: NASA's Juno Mission Reveals Jupiter's Complex Colors (Photojournal)

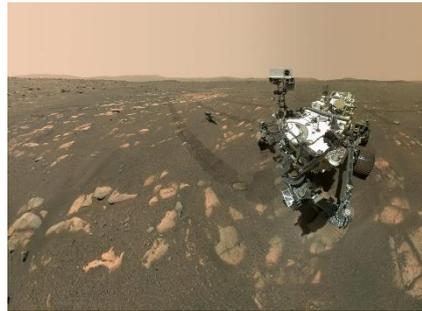
[NASA](#) - NASA's Juno Mission Reveals Jupiter's Complex Colors

文／松村武宏

<https://sorae.info/space/20220917-nasa-perseverance.html>

NASA 火星探査車「Perseverance」火星で合計 50 グラムの酸素生成に成功

2022-09-17 [松村武宏](#)



【▲ 火星探査車「Perseverance」に搭載されている酸素生成実験装置「MOXIE」（Credit: NASA/JPL-Caltech）】
【▲ NASA の火星探査車「Perseverance」が撮影したセルフイー。2021 年 4 月 7 日公開（Credit: NASA/JPL-Caltech/MSSS）】

マサチューセッツ工科大学（MIT）は 8 月 31 日付で、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、パーセベランス）」に搭載されている酸素生成実験装置「MOXIE（Mars Oxygen In-Situ Resource Utilization Experiment）」について、時間帯や季節をほぼ問わずに、火星の大気からの安定した酸素生成に成功したことを明らかにしました。MOXIE の成果は MIT ヘイスタック観測所の Michael Hecht さん（MOXIE の主任研究員）を筆頭とする研究チームが論文にまとめ、学術誌「サイエンス・アドバンス」に同日付で掲載されています。

■合計約 50g の酸素を実際に火星で生成することに成功

火星探査は無人の探査機や探査車によって行われてきましたが、現在 NASA は半世紀ぶりに有人月面探査を行う「アルテミス」計画を推進するとともに、将来の有人火星探査を検討しています。有人探査では宇宙飛行士が生存したり地球へ帰還したりするために酸素・水・食料・燃料などが必要となりますが、こうした物資を地球から持ち込むにはコストが掛かります。そこで注目されているのが、現地の資源を利用する「その場資源利用（ISRU: In-Situ Resource Utilization）」技術です。たとえば、月の永久影や火星の地表下には水の氷が埋蔵されているとみられており、これらを採掘することで有人探査に必要な水を確保することが検討されています。また、月の砂「レゴリス」を月面基地の建材として利用する方法も研究されています。こうした「その場資源利用」の一環として、現地で酸素を確保する技術についても研究が進められています。酸素を得るには水を電気分解する方法がありますが（燃料として利用できる水素も同時に得られます）、火星の場合は大気の主成分である二酸化炭素を分解して酸素を得る方法も検討されています。NASA のジェット推進研究所（JPL）によると、4 人の宇宙飛行士を火星から飛び立たせるには 7 トンの燃料と 25 トンの酸素が必要であり、それだけの量の酸素を地球から運

び込むことに比べれば、1 トンの酸素生成装置を輸送するほうがずっと経済的で実用的だといいます。

MOXIE は火星大気中の二酸化炭素を利用して酸素を生成する技術を実証するために、MIT のヘイスタック観測所と航空宇宙工学科の研究者、および JPL の技術者によって開発されました。MOXIE の稼働時間は1 時間で、その間に最大 10g の酸素を生成する能力があります。MOXIE は 2021 年 4 月 20 日に初めて稼働し、約 5.4g の酸素を火星の大気から得ることに成功していました。

関連：[火星で酸素を生成する実験に成功、NASA 探査車に搭載された機器で実証](#)

研究チームによると、MOXIE による酸素生成は 2021 年 11 月 29 日までに 7 回実施されており、2 回目以降は 1 時間あたり 6g の酸素を生成するという目標が毎回達成されました。1 回あたりの最大生成量は 8.9g で、これまでに合計 49.9g の酸素が火星で生成されています。

さまざまな大気条件に対応できることを確かめるために、MOXIE を作動させるタイミングは異なる時間帯や季節が選ばれています。MOXIE によって時間帯や季節をほぼ問わずにいつでも酸素を生成できることが 7 回の実験を通して確かめられており、まだ実証されていないのは気温が大きく変化する夜明けや夕暮れの時間帯だけだといいます。MOXIE の副主任研究員を務める MIT 航空宇宙工学科教授の Jeffrey Hoffman さんは「火星の大気は地球よりもはるかに変わりやすく、空気の密度は 1 年を通して 2 倍、（昼夜の）気温は摂氏 100 度も変化します。すべての季節で（酸素生成を）実行できることを示すのが目標の一つです」とコメントしています。MOXIE のチームは酸素の生成量を増やすために、次は火星の大気密度と二酸化炭素の濃度が高くなる春の季節（※）に実施することを計画しています。 ※...火星における次の春分は 2022 年 12 月 26 日。



【▲ Perseverance に搭載されている科学装置の搭載位置を示した図（Credit: NASA/JPL-Caltech）】

MOXIE は Perseverance に搭載されているさまざまな科学装置の 1 つであり、搭載できるスペースや利用できる電力が限られているため、1 回の稼働で生成できる酸素の量は限られています。また、MOXIE が酸素を生成する際には摂氏 800 度の高温が必要となるため、稼働前に数時間かけてウォームアップしなければなりません。

しかし、MOXIE によって実証された火星での酸素生成技術は、将来の火星探査に活かされることとなります。

MOXIE はサイズが約 31x24x24cm、重量が 17.1kg という小さな装置ですが、“酸素工場”として火星に持ち込まれるのはより大型化し、理想的には連続稼働する本格的な酸素生成装置になるはずで

NASA のビル・ネルソン長官は、有人火星探査に関連して「人類が 2040 年までに火星を歩けるようにするのが我々の計画だ」と 2022 年 3 月に発言しています。アメリカのスペース X が開発を進めている大型再利用宇宙船「スターシップ」も、火星入植が大きな目的の一つです。火星での酸素生成がごく当たり前に行われる日が訪れるのも、そう遠くないのかもしれません。

Source Image Credit: NASA/JPL-Caltech

[MIT](#) - MIT's MOXIE experiment reliably produces oxygen on Mars

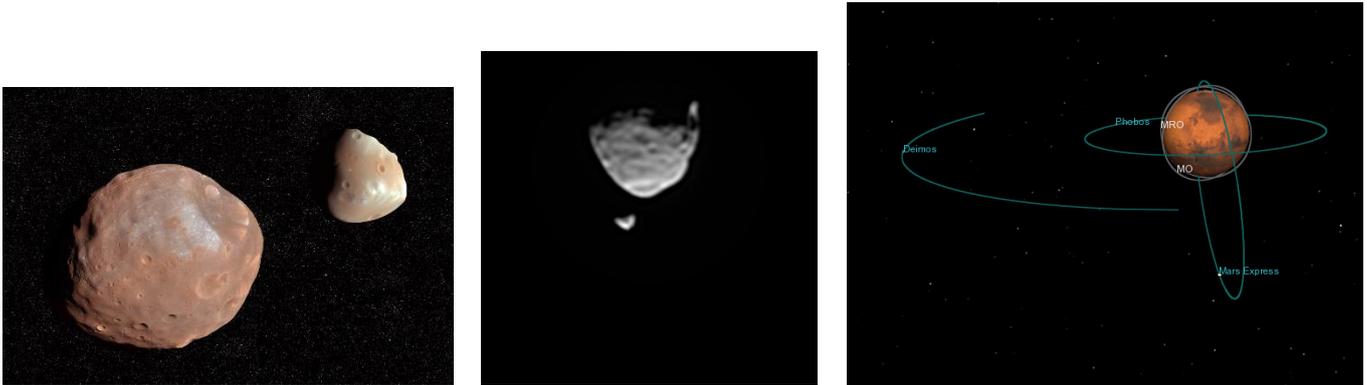
[NASA](#) - Mars Oxygen In-Situ Resource Utilization Experiment (MOXIE) - NASA Mars

[Hoffman et al.](#) - Mars Oxygen ISRU Experiment (MOXIE)—Preparing for human Mars exploration

<https://sorae.info/astromy/20220914-mars-phobos-deimos.html>

火星の衛星「フォボス」と「ダイモス」が過去に1つの衛星だった可能性は低いと判明

2022-09-14 彩恵りり



【▲ 火星の衛星「フォボス（手前）」と「ダイモス（右奥）」を再現したCG（Credit: Shutterstock）】

【▲ 図2: NASAの火星探査車キュリオシティが撮影した、ダイモスの手前を通過するフォボスのリアルタイム動画。（Image Credit: NASA/JPL-Caltech/Malin Space Science Systems/Texas A&M Univ）】

【▲ 図3: 火星を公転する天然の衛星と人工衛星。Phobos=フォボス、Deimos=ダイモス、MO=マーズ・オデッセイ、MRO=マーズ・リコネッサンス・オービター、Mars Express=マーズ・エクスプレス（Image Credit: ESA/DLR/FU Berlin (G. Neukum)）】

火星には「フォボス」と「ダイモス」という2つの衛星があります。どちらも直径数十kmと小さく、その不規則な形は「ジャガイモ」にも例えられています。2つのうち内側を公転するフォボスの公転速度は火星の自転速度よりも速く、潮汐力によって徐々に減速し、いつかは火星表面に落下してしまうと推定されています。

このような特徴を持つフォボスとダイモスの起源については、これまでに様々な説が唱えられてきました。最も古くから存在するのは「捕獲説」です。フォボスやダイモスの小ささと、火星のすぐ外側には小惑星帯が存在するという事実から、火星の近くを通過した小惑星が重力で捕獲されて衛星となった、という説です。

この説は最もシンプルですが、大きな謎もあります。フォボスやダイモスの公転軌道はほとんどゆがみのない円で、軌道もほとんど傾いていません。対して、捕獲された小惑星だと推定されている木星や土星の衛星のほとんどは、大きくゆがんで傾いた楕円形の軌道を公転しています。火星を公転する2個の衛星だけが偶然にもキレイな軌道で捕獲される確率はとても低いことに加えて、この場合には軌道をキレイにするメカニズムが必要ですが、それは謎のままです。また、別の説として「巨大衝突説」が提唱されています。地球における月のように、太古の火星に別の天体（直径500~1000km）が衝突し、飛び散った破片からフォボスやダイモスが形成された、という説です。この場合、捕獲説よりも公転軌道の説明が付きやすいという利点があります。また、フォボスは体積の25~35%が空隙というスカスカな天体ですが、これは小惑星としてはかなり珍しいタイプです。

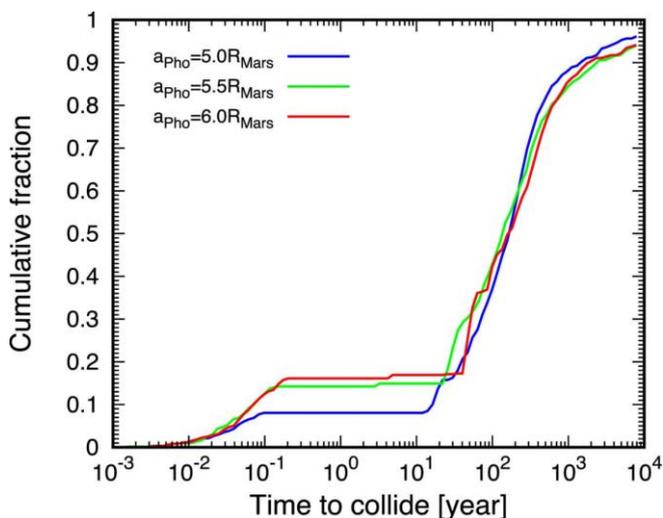
そしてフォボス表面のスペクトル（電磁波の波長ごとの強さ）を分析した研究によれば、火星表面と多少似ている鉱物で構成されているとされています。このことから、火星の衛星が小惑星という「赤の他人」である可能性は低くなっており、巨大衝突説は近年支持されています。ただし、巨大衝突説の場合でも、衛星のサイズが小さくなったことや、2つの衛星が力学的に安定する位置に配置されていないこと、多少似ているとはいえ、それでも火星とは異なる組成を持つという謎を解決しなければなりません。さらに、2020年にはSETI研究所のMatija Čuk氏らが、「環-衛星リサイクル説」を検証した研究成果を発表しています。Čuk氏によれば、何十億年もそのまま存在したのは、外側を公転するダイモスだけであり、内側を公転するフォボスは「破壊と再生」を繰り返してきたと言います。衛星は潮汐力によって破壊され、破片で構成された環となります。破片はやがて集合し小さな

衛星となりますが、時間が経つと再び破壊される、というサイクルを繰り返します。

環-衛星リサイクル説の場合、フォボスは形成されてからまだ 2 億年程度しか経っていない新しい衛星であり、上記のサイクルの最新の世代である、ということになります。前述のように、フォボスはいずれ火星に接近して崩壊する運命にあります。何世代も前から崩壊と再生を繰り返してきたとすれば、このような長期的に不安定な軌道を公転していることも説明できるというわけです。

関連：[火星の過去と未来の環。衛星は崩壊と再生を繰り返している？](#)

一方、2021 年にスイス連邦工科大学の Amirhossein Bagheri 氏は、これらとは異なる「衛星分裂説」を提唱しました。この説では、火星の形成と共に大きな 1 個の衛星が形成されたと仮定されています。その後、この衛星は潮汐力や天体衝突など、何らかの理由で分裂したと考えられています。フォボスとダイモスは、その時に生じた大きな 2 つの破片を起源としている、というのです。分裂は今から 27 億年以内に発生したとみられており、フォボスとダイモス以外の小さな破片はほとんど発生しなかったため、現在のような 2 個の衛星系になったと推測されています。この説が提唱されたのは、フォボスとダイモスの長期的な軌道変化を分析した結果です。2 つの衛星の軌道変化をさかのぼっていくと、過去のある時点で軌道が交差していた可能性があり、元々は 1 つの天体から分裂したものであると解釈することもできます。また、フォボスの軌道は火星が誕生してから 46 億年というタイムスケールでは不安定であり、最初から火星と共に誕生した可能性が低いということも理由に挙げられます。しかしながら今回、宇宙航空研究開発機構 (JAXA) の兵頭龍樹氏らの研究チームは、衛星分裂説を検証した結果、この説に異を唱える結果を導き出しました。この研究では、衛星分裂説の前提の 1 つである「フォボスとダイモスの軌道は過去に交差していた」という点が検証されました。そもそも、公転軌道が過去に交差していたという前提は、パラメーターを変更すると成り立たないものです。そこで兵頭氏は、過去に 1 つの天体であったという前提の下で、分裂後の軌道がどのように変化するかをいろいろな公転半径でシミュレートしました。これは 3 体問題と呼ばれる、簡単には解けない力学的問題として知られています。



【▲ 図 4: 様々な軌道を仮定しての、フォボスとダイモスの衝突確率のシミュレーション結果。フォボスとダイモスは 1 万年以内で 90% という高確率で衝突することが分かりました。(Image Credit: Hyodo, et.al.)】

その結果、分裂で生成したフォボスとダイモスは 1 万年以内に 90% という高確率で衝突することが分かりました。これは数十億年後の現在、2 つの衛星が離れた軌道にあることと矛盾します。衝突時の相対速度は 100~300m/s で、これはフォボスとダイモスの脱出速度の 10~30 倍です。したがってこの衝突は、フォボスとダイモスを粉砕してしまうだろうと予想されます。結果として残るのは、今日のような 2 個の「ジャガイモ衛星」ではなく、非常に薄い環であろうと予想されます。仮に破片が集合して小さな衛星になったとしても、それは今日の 2 個の衛星系とは大きく異なる軌道になるであろうとも推定されています。

今回の研究結果は、衛星分裂説に大きく異を唱える結果となりました。この結果が正しいかどうかは後の検証が待たれますが、いずれにしてもフォボスとダイモスの起源は未知のままであるという評価となる可能性が高いと

思われます。現在、アメリカ、日本、ロシアなどがフォボスやダイモスのサンプルリターン計画を進めています。フォボスやダイモスの直接探査が実現すれば、長年の議論に終止符が打たれるかもしれません。

Source

[Ryuki Hyodo, et.al.](#) “Challenges in forming Phobos and Deimos directly from a splitting of an ancestral single moon”. (The Planetary Science Journal)

[Amirhossein Bagheri, et.al.](#) “Dynamical evidence for Phobos and Deimos as remnants of a disrupted common progenitor”. (Nature Astronomy)

[A. Cazenave, A. Dobrovolskis & B. Lago.](#) “Orbital history of the Martian satellites with inferences on their origin”. (Icarus)

[T. P. Andert, et.al.](#) “Precise mass determination and the nature of Phobos”. (Geophysical Research Letters)

[Robin Canup & Julien Salmon.](#) “Origin of Phobos and Deimos by the impact of a Vesta-to-Ceres sized body with Mars”. (Science Advances)

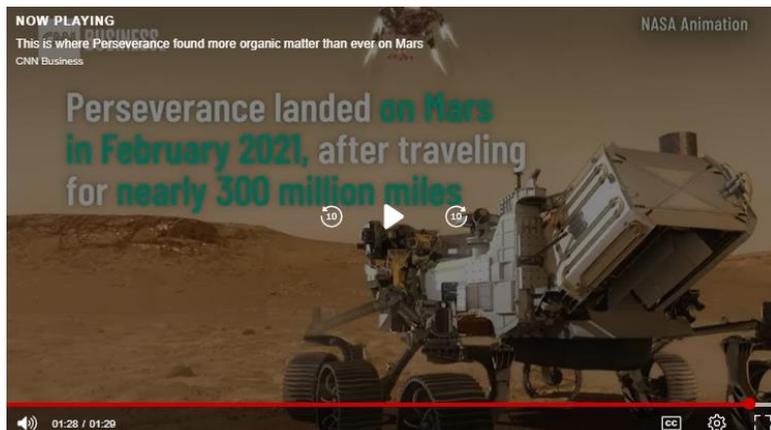
[NASA/JPL-Caltech/Malin Space Science Systems/Texas A&M Univ.](#) “PIA17352: Smoothed Movie of Phobos Passing Deimos in Martian Sky”. (Jet Propulsion Laboratory, Photo Journal)

[ESA/DLR/FU Berlin \(G. Neukum\).](#) “Phobos fly-by animation”. European Space Agency. 文／彩恵りり

<https://www.cnn.co.jp/fringe/35193413.html>

NASAの火星探査車、太古の岩石サンプルから有機物発見 生命存在した可能性

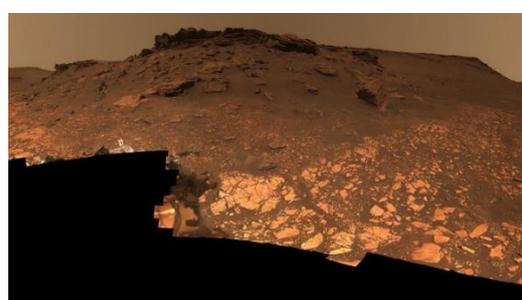
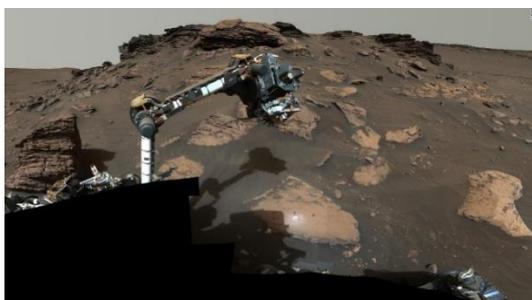
2022.09.16 Fri posted at 12:44 JST



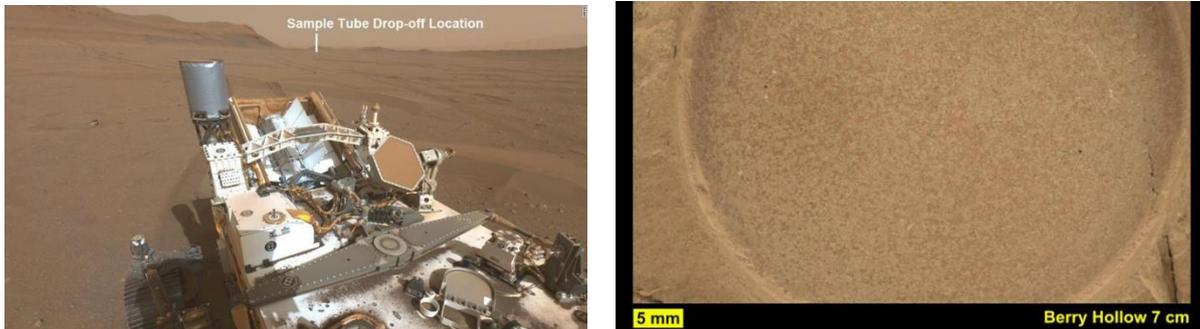
NASAの火星探査車、岩石サンプルから有機物発見 生命存在した可能性

(CNN) 米航空宇宙局(NASA)の火星探査車「パーサビアランス」は、太古の河川デルタを調査する中で、今回のミッションにとって最も重要な部類のサンプルを採取した。NASAの科学者らが明らかにした。同探査車は火星に生命が存在したのかどうか突き止める任務を担っている。

最近採取したサンプルのいくつかには有機物が含まれている。これはかつて湖があったとみられるジェゼロ・クレーターと、そこに流れ込んでいた河川デルタが35億年前には生物の暮らせる環境下にあった可能性を示す。



ロボットアームを使用し岩石の周辺で調査する火星探査車「パーサビアランス」 /NASA
パーサビアランスが撮影したジェゼロ・クレーターの河川デルタと岩石のパノラマ/NASA
パーサビアランスのプロジェクトを担当するカリフォルニア工科大学の科学者、ケン・ファーリー氏は「デルタで調べた岩石には、このミッションでこれまで発見した中で最も高密度の有機物が含まれる」と説明した。
パーサビアランスによるミッションは1年半前に始まった。太古に生きていた微生物の痕跡を探すのも任務の一つだ。採取する岩石のサンプルには、こうした生命の痕跡の動かぬ証拠が残っている可能性がある。現在、パーサビアランスは12の岩石サンプルを採取している。



一連のミッションにより収集物は2030年代に地球に持ち帰られる予定/NASA

サンプルの岩石は有機物を含む泥岩だった/NASA

「マーズ・サンプル・リターン」と呼ばれる一連のミッションでは、最終的にこれらの収集物を2030年代に地球へ戻す予定。

パーサビアランスは直径45キロのクレーターの底を調べ、火成岩の証拠を発見した。過去5カ月間にはデルタでの2度目の調査を行い、豊かな堆積（たいせき）岩層を見つけていた。これらの層から、火星の太古の気候や環境について新たな知見が得られる。

当該の岩石は、塩水の湖の中に泥や砂が堆積してできた。この湖は数十億年前に蒸発した。パーサビアランスはこの岩石の表面をはぎ取り、特殊な機器で分析。そこに含まれる化学物質や鉱物、有機物を明らかにしている。

<https://news.mynavi.jp/techplus/article/20220914-2455135/>

木星への小天体衝突によって生じる閃光の意図的な観測に京大が成功

2022/09/14 22:02 著者：波留久泉

京都大学(京大)は9月13日、日本時間2021年10月15日22時14分に、木星への小天体の衝突(小天体の木星大気圏への突入)による巨大閃光現象である「火球」を専用の小型観測システム「PONCOTS(ポンコツ)」を用いて観測することに成功したことを発表した。

同成果は、京大 白眉センター/理学研究科 附属天文台の有松亘特定助教を中心とした研究チームによるもの。[詳細は、米天体物理学専門誌「The Astrophysical Journal Letters」に掲載された。](#)

木星はその強大な重力により、直径にして数mから数10m程度の小天体を捉え、天体衝突をしばしば引き起こしていることが知られている。そうした小天体を直接観測することは大きさ的な問題から難しいが、天体衝突に伴う発光現象(衝突閃光)を観測することで、それらが木星軌道付近にどの程度存在するのかを知る手がかりになるという。しかし、衝突閃光は継続時間がせいぜい数秒という超短時間しか継続しない上に、頻度も極めて稀であると考えられてきたほか、これまでの観測の多くがアマチュア天文家の惑星動画観測で偶然捉えられたものであり、閃光検出に特化した観測装置による検出例はなく、その特性については不明な点が数多く残っていたという。そこで研究チームは今回、短時間で発生する時間変動現象を観測することに特化した超小型観測システムを開発することにしたという。PONCOTSは、口径28cmの市販望遠鏡に3台のCMOSビデオカメラを装着した観測システムで、可視域で最大3波長による同時動画観測が可能だという。コンパクトなため移動も容易ながら、

完成した 2021 年夏頃はコロナ禍の影響があり、遠方の観測地への移動が困難だったことから、京大吉田キャンパス(京都市左京区)の施設屋上に設置され、木星のモニタ観測を開始したとする。



(C)有松亘/AONEKOYA



(C)有松亘/京都大学

京大 吉田キャンパスの施設屋上に設置された、PONCOTS 観測システム(画像右)を用いて木星のモニタ観測をする様子 (C)有松亘/AONEKOYA (出所:京大プレスリリース PDF)

PONCOTS が 2021 年 10 月 15 日に撮影した、木星の閃光現象 (C)有松亘(京都大学) (出所:京大プレスリリース PDF)

今回観測に成功した閃光現象は、2021 年 10 月 15 日、観測データの観測終了後のチェックで発見されたもので、閃光発生当時、PONCOTS は 2 台の CMOS カメラを稼働させていたことから、2 波長による動画データが取得されたという。また、動画にゴースト像が映り込んでいたことから、さらに別の 1 波長での動画データを得ることに成功したとする。衝突閃光専用の観測装置が実際に衝突閃光を捉えたことも、計 3 波長で閃光の同時観測に成功したことも史上初だという。解析の結果、閃光は温度 8000 度の色温度で輝き、地球から観測した見かけの明るさは最も明るいときでおよそ 4.7 等であったという。仮に、この閃光を発生地点直下 100km 下方で観察した場合、その明るさは地球から眺める太陽の 10 倍以上に達していたと研究チームでは説明する。

また、閃光は約 5.5 秒継続しており、これは過去の閃光(1~2 秒)と比べて大幅に長く、多くの運動エネルギーが放出されたと考えられ、その総量は TNT 火薬 2 メガトン(200 万トン)相当と推定されたとする。これは、2013 年のチェリャビンスク隕石の約 4 倍、1908 年の「ツングースカ大爆発」を引き起こした衝突天体の推定値に匹敵する規模だとする。総運動エネルギーを基に見積もられた総質量はおよそ 4000 トン、直径は 16~32m ほど。太陽系外縁部から飛来し、秒速およそ 60km の相対速度で木星大気圏に突入したと見られ、重力の強い木星であっても、これだけの天体による衝突の瞬間が観測されたのは、1994 年のシューメーカー・レヴィ第 9 彗星以来のことになるという。



10 m (C)有松亘/AONEKOYA



木星に衝突した天体の想像図。PONCOTS の観測から推定された天体のおおよそのサイズは 16~32m。下は、サイズの比較のためのジェット旅客機「ボーイング 737-800」(全長およそ 40m) (C)有松亘/AONEKOYA (出所:京大プレスリリース PDF)

3 波長での動画データ

さらに、2010 年以降の世界中のアマチュア天文家による木星の動画観測の総時間と閃光現象の観測回数などが

ら、木星におけるメガトン級の天体衝突頻度は、地球の100~1000倍となる、年に1.3回ほどと見積もられたとするほか、その推定発生頻度と、木星の衛星表面のクレーター密度から推定される衝突頻度と比較すると、太陽系外縁部には直径数10mのサイズの小天体が大量に存在し、それらが頻繁に木星に衝突していることが示唆されるという。加えて、今回観測された閃光は、地球で観測される典型的な火球の発光傾向とは大きく異なり、チェリャビンスク隕石の巨大閃光や、ツングースカ大爆発の再現シミュレーションなどで示唆される閃光の発光傾向とよく似ているとのことで、今回の衝突閃光について研究チームでは、大気のある惑星共通の、比較的巨大な衝突で発生する閃光の一般的な特性を捉えた可能性があるとしている。

なお、木星にどの程度の頻度で小天体が衝突しているのかについては、今後も観測を継続してさまざまな規模の閃光を検出することで、より正確に理解できるようになることが期待されると研究チームでは説明しているほか、木星以外の外惑星でも、頻度や規模の違いはあれ、同様に小天体の衝突閃光が発生していると推定されることから、現在こうした外惑星への衝突閃光のモニタ観測も検討しており、木星のモニタ観測の結果と総合することで、外部太陽系に潜む小天体の空間分布を解明することが期待されるとしている。

https://news.biglobe.ne.jp/domestic/0913/ym_220913_1968662817.html

中国が持ち帰った月の岩から新種の鉱物…月に住む仙女にちなみ「嫦娥石」と命名

9月13日（火）17時30分 [読売新聞](#)



中秋の名月（10日）[写真を拡大](#)

【瀋陽＝川瀬大介】中国国家宇宙局などは、2020年12月に無人探査機「嫦娥5号」が月から持ち帰った土壌サンプルから、新種の鉱物が見つかったと発表した。中国が月から新種の鉱物を発見するのは初めてで、10月に共産党大会を控える政権にとって、科学技術の発展をアピールする機会になった。

9日の発表によると、新種の鉱物は月から持ち帰った玄武岩の粒子の中から見つかった。人類が月で見つけた6種類目の新種の鉱物で、国際機関の認定を経て、月に住むとされる中国の伝説上の仙女にちなみ「嫦娥石」と名付けられた。新種の鉱物を発見したのは、米国と旧ソ連に続き中国が3か国目となった。また、この日の記者会見では、研究グループの関係者が土壌サンプル中の「ヘリウム3」の量を初めて正確に測定したと明らかにした。ヘリウム3は未来の発電燃料として期待されている物質で、中国が将来起こりうる月の資源獲得競争を見据えている可能性がある。月開発を巡り、中国はロシアなどと連携して月面に研究基地を建設する計画を発表しており、有人月探査「アルテミス計画」を進める米国との間で競争の激化が予想されている。

<https://www.cnn.co.jp/fringe/35193415.html>

異常に動きが遅い火球、英北部で観測 専門家も首ひね 2022.09.16 Fri posted at 13:25 JST

(CNN) 英スコットランドと北アイルランド、およびイングランド北部で14日、夜空を流れる異常な火球が観測された。隕石（いんせき）だったのか宇宙ごみだったのかは現時点で分かっていない。

夜空に火球が見えた時間は10~20秒と、隕石にしては異常に長かった。英グラスゴー大学の専門家は、隕石と宇宙ゴミの両方の特性を持っていたと指摘し、現在、映像を解析して軌道を調べていると説明。「その間は推

測するしかない。いずれにしても、驚くべき出来事だった」と振り返った。



英スコットランドと北アイルランド、およびイングランド北部で夜空を流れる異常な火球が観測された/UK Meteor Network

Can't believe I seen this and managed to catch it on camera!! Going over Paisley at

10pm  [#glasgow](#) [#paisley](#) [#meteor](#) [#comet](#) [#fireball](#) [@UKMeteorNetwork](#) [@Daily_Record](#) pic.twitter.com/mH9o2062nl — Vanessa (@_vangal) [September 14, 2022](#)

火球は大抵の場合、ほんの数秒しか見えない。昨年、イングランド中部に落下した隕石が夜空を流れた時間は7秒だった。今回の火球は現地時間の14日午後10時ごろ観測された。比較的時間が早かったことや、空が晴れていたことからグラスゴーのような都会でも多くの人が目撃したという。スマートフォンや玄関カメラで撮影した映像をSNSに投稿する人も相次いだ。

Wow — a meteor appears to have entered the earth's atmosphere & crashed somewhere north of [#Glasgow](#), along [#Scotland's](#) northwestern coast. pic.twitter.com/5E7h1uldf5

— Charles Lister (@Charles_Lister) [September 14, 2022](#)

英隕石観測団体の創設者は、現時点では宇宙ごみだったと推定していると述べ、「一般の人が撮影した動画から判断すると、隕石よりも動きがはるかに遅いように見える」と指摘した。

国際流星機構（IMO）のウェブサイトには800を超す報告が寄せられたといい、同団体はその情報をもとに火球の軌道を調べている。火球の経路はスコットランドと北アイルランドを隔てるノース海峡の上空を通過し、スコットランド西部沖のアイラ島上空で終わっていた。

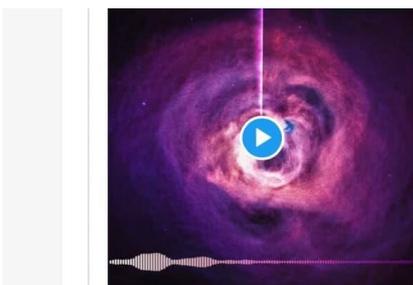
<https://www.newsweekjapan.jp/stories/world/2022/09/nasa-36.php>

今まで聞いた音で一番気味が悪い.....NASA が投稿した「ブラックホールの音」にネ

ット騒然

2022年9月16日（金）17時40分

[松丸さとみ（Pen Online より転載）](#)



NASA-twitter

<宇宙は真空なので音はしない、と思われがちだが、このほどNASAが「ブラックホールの音」をツイッターに投稿したところ、まるでSFホラー映画ばりのおどろおどろしい音、と話題になっている.....>

宇宙を頭に思い描くとき、どんな音を想像するだろうか？ 宇宙は真空なので音はしない、と思われがちだが、実はそうではないらしい。このほどアメリカの航空宇宙局（NASA）が「ブラックホールの音」をツイッターに

投稿したところ、まるで SF ホラー映画ばりのおどろおどろしい音に、ツイートが拡散されて話題になっている。

人間の耳には聞こえない「音」を加工して可聴に

この音は、ペルセウス座銀河団にあるブラックホールから発せられている。ブラックホールから音が出ているという事実は、2003年にX線天文衛星「チャンドラ」が音波を観測したことで明らかになっていた。ブラックホールから出てくる圧力波が、銀河団内にあるガスに波紋を起こして音になるという。とはいえ、この音は中央ハ（ピアノでいえば真ん中のドの音）よりも57オクターブほど下の音階になるため、そのままでは人間の耳で聞くことはできない。そこでNASAは、「ソニフィケーション」（可聴化）と呼ばれる、データを音に翻訳する作業を行った。ペルセウス座銀河団のブラックホールの音データやその他のデータを加工して増幅し、人間の耳に聞こえるようにしたのだ。この音源は5月、NASAがブラックホール・ウィークを開催した際に公開されていたが、今回NASA Exoplanetsのチーム（太陽系外惑星や生命体の可能性について研究しているチーム）がツイッターに改めて投稿したところ、48万件以上のいいねが付くなど、大きな反響となったのだ。

[次のページ別のブラックホールからはまったく違う音も](#) [別のブラックホールからはまったく違う音も](#)

NASA Exoplanetsのツイートには、「ゾットする音だ」や「チベットの僧侶の声みたい」「今まで聞いた音で一番気味が悪くて今夜眠れないかも」などのコメントが寄せられている。また、映画『スペース・オデッセイ』で使われた音楽に似ているとの指摘もあった。画像の中でレーダーのように回転しているイメージは、さまざまな方向に放出されている音を捉えている様子を視覚化したものだという。また、青や紫の部分は、人工衛星チャンドラが捉えたエックス線のデータを視覚化した。ブラックホールというと、あらゆるものを吸い込む恐ろしいもの、というイメージがあるのではないだろうか。今回ツイッターに投稿されたペルセウス座銀河団のブラックホールはまさにそのイメージにぴったりの恐ろしい音だが、同じブラックホールでも別の場所だと違うようだ。NASAは、おとめ座銀河団にあるメシエ87のブラックホールから発せられているデータもソニフィケーションしている。こちらは、X線、可視光線、電波という3つのタイプの光の波長を音に解釈したもの。実際の音データを使用したペルセウス座銀河団のブラックホールの音とは性質が異なるが、あのおどろおどろしい音とは打って変わって、リラックスできそうな爽やかな音になっている。

>> ■■ [【動画】「今まで聞いた音で一番気味が悪い」ブラックホールの音がこれだ](#) ■■

<https://sorae.info/astromy/20220911-rcw86.html>

観測史上最古の超新星が形成した天体「RCW 86」 2022-09-11 [松村武宏](#)



【▲ 超新星残骸「RCW 86」（Credit: CTIO/NOIRLab/NSF/AURA; Image processing: T.A. Rector (University of Alaska Anchorage/NSF's NOIRLab), M. Zamani (NSF's NOIRLab) & D. de Martin (NSF's NOIRLab))】

こちらは「ケンタウルス座」にある約8000光年先の超新星残骸「RCW 86」です。超新星残骸とは、大質量星や白色矮星などによる超新星爆発が起きた後に観測される天体のこと。超新星爆発にともなって発生した衝撃波が周囲へ広がってガスを加熱することで、可視光線やX線といった電磁波が放射されています。

画像を公開した米国科学財団（NSF）の国立光学・赤外天文学研究所（NOIRLab）によると、RCW 86 を形成したのは白色矮星と恒星からなる連星で起きる「Ia 型超新星」によって形成されたと考えられています。白色矮星は、太陽のように超新星爆発を起こさない比較的軽い星（質量が太陽の 8 倍以下）が恒星としての死を迎えた後に進化した天体です。連星をなす恒星の片方が寿命を迎えて白色矮星になると、白色矮星と恒星からなる連星が誕生することになります。このような連星では恒星から流れ出た水素ガスが白色矮星に降り積もり、白色矮星の質量が太陽の約 1.4 倍（チャンドラセカール限界）に達することで超新星爆発が起きることがあります。これが Ia 型超新星です。RCW 86 を形成した超新星は、過去の人類に目撃されていたかもしれません。今から 1800 年以上前の西暦 185 年、現在のケンタウルス座とコンパス座の間に「客星」（※）が出現して、8 か月間に渡って観測されたという記録が中国の歴史書「後漢書」に残されているとされています。RCW 86 が見つかったのは西暦 185 年の客星が観測されたのと同じ領域であり、この客星は記録が残されているものとしては最古の超新星だと考えられていることから、RCW 86 は観測史上最古の超新星によって形成された超新星残骸の可能性があるとされています。

※...突然出現したように見える天体のこと。超新星、新星、彗星など

冒頭の画像はゼロ・トロロ汎米天文台（CTIO）の SMARTS 0.9m 望遠鏡を使って撮影されたもので、NOIRLab から 2022 年 9 月 7 日付で公開されています。

関連：[淡く儂い輝き。テーブルさん座の超新星残骸をハッブルが撮影](#)

Source

Image Credit: CTIO/NOIRLab/NSF/AURA; Image processing: T.A. Rector (University of Alaska Anchorage/NSF's NOIRLab), M. Zamani (NSF's NOIRLab) & D. de Martin (NSF's NOIRLab)

[NOIRLab](#) - Dynastic Vibes

[チャンドラ X 線センター](#) - RCW 86: All Eyes on Oldest Recorded Supernova

文／松村武宏

<https://sorae.info/astronomy/20220912-terzan4.html>

ハッブル宇宙望遠鏡が撮影した“さそり座”の球状星団「ターザン 4」

2022-09-12 [松村武宏](#)



【▲ 球状星団「ターザン 4」（Credit: ESA/Hubble & NASA, R. Cohen）】

こちらは「さそり座」にある球状星団「ターザン 4 (Terzan 4)」です。視野全体で輝く星々の色のコントラストが美しさを感じさせます。球状星団とは、数万～数百万個の恒星が球状に集まっている天体のこと。天の川銀河ではこれまでに 150 個ほどの球状星団が見つかっています。

天の川銀河の中心がある「いて座」や、その隣にある「さそり座」の方向には、星々が集まっている銀河中心部分の膨らみ「銀河バルジ」があります。バルジには星だけでなくガスや塵も集まっていて、さそり座やいて座の方向では塵が豊富な暗黒星雲も帯のように連なっています。塵には星から放射された光（特に波長の短い青色光）を吸収・散乱させやすい性質があるので、星からの光をさえぎったり、実際よりも赤っぽく見えるように変えてしまったりします。ただし、可視光線の赤色光や近赤外線といった一部の波長は塵を比較的通過しやすいため、

塵の向こう側にある天体を観測するのに役立ちます。この画像は、「ハッブル」宇宙望遠鏡に搭載されている「掃天観測用高性能カメラ（ACS）」および「広視野カメラ 3（WFC3）」を使って取得された画像（可視光線と赤外線フィルターの合計 3 種類を使用）をもとに作成されました。人の目は赤外線を捉えることはできないため、フィルターを通して取得されたモノクロ画像をそれぞれ青・緑・赤に着色した上で合成されています。

画像を公開した欧州宇宙機関（ESA）によると、ハッブル宇宙望遠鏡によるターザン 4 の観測は、天の川銀河の中心に近い球状星団の形状・密度・年齢・構造を理解する研究の一環として実施されたとのこと。冒頭の画像はハッブル宇宙望遠鏡の今週一枚として、ESA から 2022 年 9 月 12 日付で公開されています。

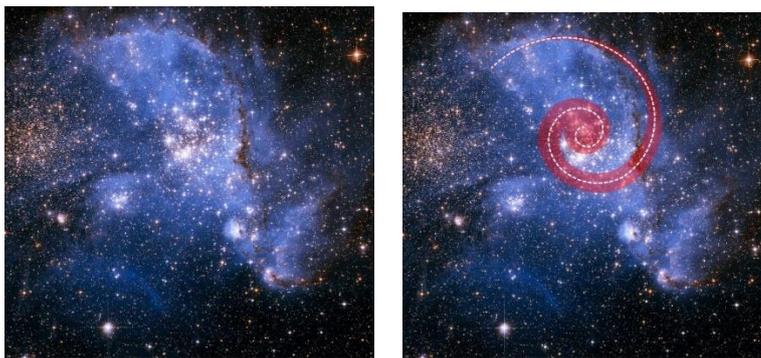
関連：[星々が輝く宇宙の宝箱。ハッブル宇宙望遠鏡が撮影した球状星団「NGC 6540」](#)

Source Image Credit: ESA/Hubble & NASA, R. Cohen [ESA/Hubble](#) - Starstruck in Terzan 4 文／松村武宏

<https://sorae.info/astrometry/20220913-ngc346.html>

20 万光年先の星形成領域で中心へ向かう星々とガスのらせん運動

2022-09-13 [松村武宏](#)



【▲ ハッブル宇宙望遠鏡が撮影した散開星団「NGC 346」（Credit: NASA, ESA, A. James (STScI)）】

【▲ NGC 346 における星とガスのらせん運動を示した図（Credit: NASA, ESA, A. James (STScI)）】

こちらは南天の「きょしちょう座」（巨嘴鳥座）にある散開星団「NGC 346」とその周辺の様子です。NGC 346 は、地球から約 20 万光年離れた天の川銀河の伴銀河（衛星銀河）のひとつ「小マゼラン雲」（SMC: Small Magellanic Cloud、小マゼラン銀河とも）にあります。

星団を包むように取り囲んでいるのは、ガスや塵を材料に新たな星が生まれている星形成領域です。この領域は星団と同じ NGC 346 や、あるいは「N66」と研究者から呼ばれています。画像を公開した欧州宇宙機関（ESA）によると、星形成領域としての NGC 346 は直径 150 光年で、質量は太陽 5 万個分に相当します。この画像は「ハッブル」宇宙望遠鏡に搭載されている「掃天観測用高性能カメラ（ACS）」を使って取得された画像（可視光線と近赤外線フィルターの合計 2 種類を使用）をもとに作成されました。

画像の上半分に注目すると、ガスと塵でできたアーチ状の構造があることがわかります。星形成領域 NGC 346 はその不思議な外形に加えて、星々が急速に形成されていることから、研究者から注目を集めてきたといいます。ハッブル宇宙望遠鏡や「ジェイムズ・ウェッブ」宇宙望遠鏡を運用する宇宙望遠鏡科学研究所（STScI、アメリカ）の Elena Sabbi さんを筆頭とする研究チームと、Peter Zeidler さんを筆頭とする研究チームは、星形成領域 NGC 346 の挙動を解き明かすことに挑みました。Sabbi さんたちは 11 年に渡るハッブル宇宙望遠鏡の観測データを利用して、NGC 346 の星々の動きを測定。また、Zeidler さんたちはヨーロッパ南天天文台（ESO）の「超大型望遠鏡（VLT）」に搭載されている広視野面分光観測装置「MUSE」による観測データを利用して、ガスの立体的な動きを測定しました。

両チームによる分析の結果、NGC 346 では星々とガスが「らせん」を描きながら内側へ向けて移動していることが明らかになったといいます。らせん状の動きについて Zeidler さんは「星々やより多くの星の形成を促すガス

が中心に向かって移動する上で、最も効率的な方法です」とコメントしています。

最初期の宇宙に存在していた元素の大半は水素とヘリウムで、重元素（水素やヘリウムよりも重い元素全般）は恒星内部の核融合反応や超新星爆発などによって生成されてきたと考えられています。ESAによれば、小マゼラン雲の化学組成は天の川銀河と比べて重元素が少なくよりシンプルであり、小マゼラン雲における星形成を理解することは、初期の宇宙における星形成を理解することにつながります。「星は宇宙を形作る機械です。星がなければ生命も成り立ちませんが、私たちはまだ星の形成を完全には理解していません」（Sabbiさん）

今回の研究成果は、2022年で打ち上げから32周年を迎えたハubble宇宙望遠鏡の長期間に渡る観測データに支えられています。研究チームは、NGC 346に存在する小質量星の動きを捉えて大質量星と比較し、NGC 346の挙動全体を理解するために、ウェブ宇宙望遠鏡による観測に期待を寄せています。

関連：[小マゼラン雲の大半の大質量星が散らばる星団](#)

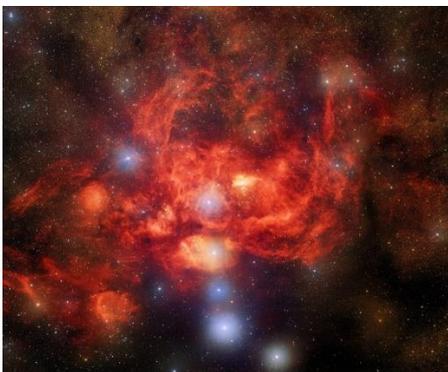
Source Image Credit: NASA, ESA, A. James (STScI)

[ESA/Hubble](#) - Spiralling Stars Provide a Window into the Early Universe

[NASA](#) - NASA's Hubble Finds Spiraling Stars, Providing Window into Early Universe 文／松村武宏

<https://sorae.info/astromy/20220916-ngc6357.html>

ダークエネルギーカメラが捉えた散光星雲「NGC 6357」 2022-09-16 [松村武宏](#)



【▲ 散光星雲「NGC 6357」（Credit: CTIO/NOIRLab/DOE/NSF/AURA; T.A. Rector (University of Alaska Anchorage/NSF's NOIRLab), J. Miller (Gemini Observatory/NSF's NOIRLab), M. Zamani & D. de Martin (NSF's NOIRLab))】

こちらは「さそり座」にある約8000光年先の散光星雲「NGC 6357」です。幅約400光年に渡って広がるNGC 6357は、若い大質量星の紫外線によって電離した水素ガスが赤い光を放つHII（エイチツー）領域のひとつであり、ガスや塵から新たな星が形成される星形成領域としても知られています。可視光線のフィルター3種類を通して取得された画像を着色・合成して作られたこの画像では、複雑に渦巻くガスと塵の雲だけでなく、星雲の内外で輝く数千個の星々が捉えられています。この画像は、チリのセロ・トロロ汎米天文台にあるブランコ4m望遠鏡に設置された観測装置「ダークエネルギーカメラ（DECam）」の観測データをもとに作成されました。その名が示すようにダークエネルギー（暗黒エネルギー）の研究を主な目的として開発されたDECamは、満月約14個分の広さ（3平方度）を一度に撮影できる巨大なデジタルカメラのような装置です（画素数約520メガピクセル）。DECamによるダークエネルギー研究のための観測は、2013年から2019年にかけて実施されました。画像を公開した米国科学財団（NSF）の国立光学・赤外天文学研究所（NOIRLab）によると、NGC 6357の中心付近には、推定質量が太陽の100倍にも達する大質量星を含む散開星団「ピスミス24（Pismis 24）」が位置しています。また、星団を取り囲む領域には、高密度のガスや塵に包まれて成長を続ける原始星が数多く存在しています。DECamが鮮やかに捉えた星雲内部の複雑な構造は、星間物質の流れがもたらす激しい圧力、恒星からの放射、そして強力な磁場によって形作られているといえます。

冒頭の画像は DECam の初観測から 10 周年を迎えたことを記念して、NOIRLab から 2022 年 9 月 12 日付で公開されています。

関連：[20 万光年先の星形成領域で中心へ向かう星々とガスのらせん運動](#)

Source

Image Credit: CTIO/NOIRLab/DOE/NSF/AURA; T.A. Rector (University of Alaska Anchorage/NSF's NOIRLab), J. Miller (Gemini Observatory/NSF's NOIRLab), M. Zamani & D. de Martin (NSF's NOIRLab)

[NOIRLab](#) - Dark Energy Camera Captures Bright, Young Stars Blazing Inside Glowing Nebula 文／松村武宏

<https://www.afpbb.com/articles/-/3423505>

オリオン大星雲 「息のむ」最新画像 ウェッブ宇宙望遠鏡が撮影

2022 年 9 月 13 日 11:59 発信地：ワシントン D.C./米国 [[米国](#) [北米](#)]



ジェームズ・ウェッブ宇宙望遠鏡の近赤外線カメラ「NIRCam」が捉えた、オリオン大星雲の内部領域（2022 年 9 月 12 日公開）。(c)AFP PHOTO / NASA/ESA/CSA

【9 月 13 日 AFP】国際研究チームは 12 日、ジェームズ・ウェッブ宇宙望遠鏡 ([James Webb Space Telescope](#)) が撮影した「オリオン大星雲 ([Orion Nebula](#))」の初画像を公開した。研究チームからは「息をのむ」画像との声も上がった。【[編集部おすすめ](#)】[色鮮やかな「車輪銀河」 ウェッブ宇宙望遠鏡の最新画像](#)

オリオン座の方向に、地球から約 1350 光年の距離にあるこの星形成領域は、45 億年以上前に太陽系が形成された状況と類似した環境にある。太陽系進化の最初の数百万年間に起きた事象への理解を深めるために、天文学者らはこの領域に関心を向けている。

星雲は大量の塵（ちり、固体微粒子）に覆い隠されており、可視光の望遠鏡では観測できないが、ウェッブ宇宙望遠鏡は赤外線を使用するため、この塵を透過しての観測が行える。

今回の観測では、最小で 40 天文単位（AU〈1AU は太陽地球間の平均距離〉）までの注目すべき構造が多数存在することが明らかになった。40AU は、太陽系の大きさに相当する。こうした構造の一つに、星間物質が密集したフィラメントがある。フィラメントの中では、新しい世代の恒星や原始恒星系が形成される可能性がある。原始恒星系は中心の原始星とそれを取り巻く塵とガスの円盤で構成され、この円盤の中で惑星が形成される。

国際研究チームの一人である米ミシガン大学 ([University of Michigan](#)) の天文学者エドウィン・バーギン ([Edwin Bergin](#)) 氏は「星形成のサイクル全般に関する理解が得られると期待している」と述べている。(c)AFP

<https://www.newsweekjapan.jp/stories/world/2022/09/40-51.php>

地球外生命体がいる可能性が最も高い「TRAPPIST1 惑星系」、残る未確認の要素

は？

Something in the Air 2022年9月15日(木) 18時12分 エド・ブラウン(本誌科学担当)



TRAPPIST1の惑星系と1fと呼ばれる惑星の想像図 NASA/JPL-CALTECH/T. PYLE (IPAC)

TRAPPIST1の惑星系 NASA/JPL-CALTECH/R. HURT, T. PYLE (IPAC)

＜「NASA 史上最強」のジェームズ・ウェッブ宇宙望遠鏡は近傍の太陽系外惑星に生命の痕跡を発見できるか＞
ジェームズ・ウェッブ宇宙望遠鏡 (JWST) の観測データによって、近傍の太陽系外惑星に生命が居住可能かどうか明らかになる——科学者たちはそう考えていると、NASAの専門家は言う。

NASAの宇宙生物学者ショーン・ドマガルゴールドマンによれば、JWSTは地球から約40光年先にある小さな赤色矮星TRAPPIST1の周囲を公転する惑星のいずれかに大気があるかどうかを判断できるはずだという。もしこれらの系外惑星が「適切な」大気を持っていれば、生命が存在する可能性もある。

発見された系外惑星の数は増え続けているが、宇宙から降り注ぐ電波を何十年スキャンしても、地球外生命の証拠は見つかっていない。TRAPPIST1の周囲を回る惑星は少なくとも7つ。一部は理論上生命の居住に適した条件を持つハビタブルゾーン(生命居住可能領域)の範囲内にあり、実際に生命が存在できる惑星の有力候補と考えられている。予備調査の結果、いくつかの惑星は岩石質で、温かな気候を持つ可能性があることが判明した。ただし、肝心の大気存在については、これまで結論が出ていなかった。だが昨年12月に打ち上げられたJWSTが、問題を解決してくれそうだ。NASA史上最強の宇宙望遠鏡であるJWSTは、巨大な鏡の列を駆使して可能な限りの光を捕捉し、宇宙をのぞき込む。既にこれまでで「最も深い」宇宙の赤外線画像を撮影した。最近ではTRAPPIST1の惑星系観測にも取り組んでいる。「これらの惑星に大気があるかどうかは、誰にとっても興味深いことだと思う」と、ドマガルゴールドマンは言う。「それが居住可能性の絶対条件だから。月は地球と同じく太陽から多くのエネルギーを得ているが、大気がない。そのため海もなく、地球のような生物圏もない」

生命存在の前提となる大気の有無

対照的にTRAPPIST1系の惑星は、その質量からみて十分に大気を保持できるだけの重力がある。ただし、主星のTRAPPIST1が爆発的な高エネルギー放射(恒星フレア)によって惑星の大気を吹き飛ばすほどの激しい活動を過去にしてきたかはまだ分かっていない。

「この惑星系が生命の居住に適しているかどうかを知るためには、まず大気の有無を知らなければならない。そのための最も簡単な方法がJWSTによる観測だ」と、ドマガルゴールドマンは言う。TRAPPIST1系の惑星のいずれかで大気が見つかれば、次の問題は「その惑星は何でできているのか」だ。これには、より複雑なプロセスが必要になる。具体的には、「透過分光」と呼ばれる技術による惑星の詳細な観測だ。研究者はJWSTを使い、主星TRAPPIST1の光が惑星の大気中を通過するたび、その光を観測する。もしこの光が酸素、二酸化炭素(CO2)、水蒸気、メタンなどの気体を通過していたら、その痕跡をJWSTが捕捉できるはずだ。

[次のページ観測するための時間はたっぷりある](#)

「地球で見られるような**バイオシグネチャー(生命存在の証拠となる指標)**を探るのであれば、植物や藻類が出す酸素やオゾンが重要なバイオシグネチャーになる。生物の活動以外のプロセスで酸素やオゾンが作られる可能

性は低い」と、ドマガルゴールドマンは言う。ただし、厄介な点が1つある。惑星の大気が酸素やオゾンを多く含んでいる場合、ほとんどが上層の雲の下に閉じ込められ、観測が困難になる可能性がある。

「もしハビタブルゾーン内にある惑星で大量の酸素が作られているとしたら、地球と同様に大きな海があり、水循環と雲の層が存在するはずだ」と、ドマガルゴールドマンは言う。「雲の層があれば、その下の酸素が存在する層は遮断されてほぼ見えない」幸い生命存在の指標となる気体はもう1つある。地球では生物によって生成されることが知られているメタンだ（ちなみにメタンは強力な温室効果ガスの一種であり、大量のメタンを排出する牛のげっぷが問題になっている）。もし系外惑星の大気中に、メタンとそれを分解する他の気体が混ざり合って存在することが分かれば、特に興味深い発見になりそうだ。

観測するための時間はたっぷりある

「メタンがそれを分解する他の気体と一緒に存在し、その気体が何らかの形で補給され続けているとしたら、メタンは単に存在するだけでなく、極めて急速に再生産されていることを示す指標になる」と、ドマガルゴールドマンは指摘する。「メタンが急速に分解されているのであれば、その分だけ急速に補給されているはず。それこそバイオシグネチャーだ」TRAPPIST1系の惑星に関する画期的な発見がいつまでに実現できるかは不明だが、JWSTの寿命は推定20年なので、観測するための時間はたっぷりある。

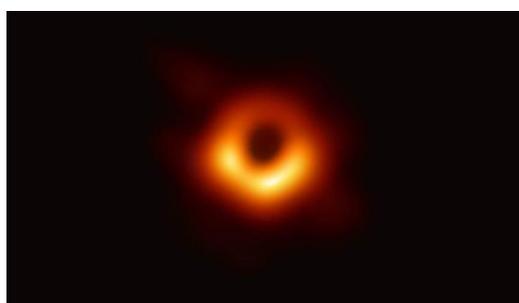
「もし8年前、TRAPPIST1の惑星系が発見される以前に、JWSTでこのクラスの惑星系を調査するのかと聞かれていたら、私は『可能性はある』と答えたと思うが、心の中で興奮を抑えていただろう。それには完璧に近い望遠鏡と完璧に近い調査対象が必要だからだ」と、ドマガルゴールドマンは言う。「だが今は、ほぼ完璧に近いJWSTが稼働していることを知っている。そしてTRAPPIST1の惑星系は完璧に近い調査対象だ」

「生命居住可能な惑星の探査において、ハビタブルゾーン内にあるTRAPPIST1系の惑星に大気があるかどうかは最も重要な科学的問いであり、おそらく今後5~10年間、JWSTや他の機器を使って誰もが観測を行うことになるだろう」

<https://sorae.info/astromy/20220917-black-hole.html>

ブラックホールの“4本目の毛”？「渦度」を持つ可能性が示される

2022-09-17 [彩恵りり](#)



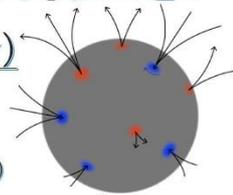
ブラックホールの4本目の毛？

渦度 (Vorticity)

質量 (Mass)

電荷 (Electric charge)

角運動量 (Angular momentum)



【▲ 楕円銀河「M87」の中心にある超大質量ブラックホールの画像。2019年4月公開 (Credit: EHT Collaboration)】

【▲ 図1: 今回の研究の進展次第では、ブラックホールの毛が1本“増毛”される可能性があります。 (Image Credit: Dvali, et.al.)】

「ブラックホール」は宇宙で最も極端な天体だと言えますが、実は理論で取り扱うのが比較的優しい天体だと言えます。太陽や地球のような“普通の星”は、物質の構成、質量、温度、形状、色などの様々な性質が組み合わさってできており、理論的に取り扱うことは困難です。一方でブラックホールは簡単です。ブラックホールの性質は質量、電荷、角運動量(回転速度あるいは自転速度)のたった3つで、他の性質は全て失われています。これを“ブラックホールには毛が3本しかない”と喩え、ブラックホール無毛定理と呼びます。

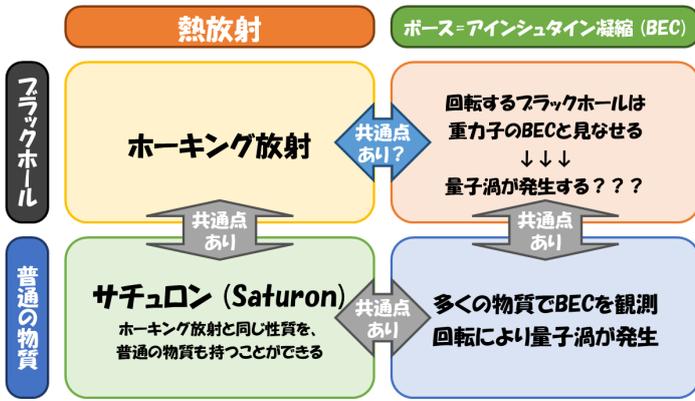
このようにブラックホールは理論的には扱いやすい天体であり、M87の中心にあるブラックホールの直接撮影画

像で実際に証明されたように、はるか遠くにあるブラックホールの見え方を事前に予測できるなど、高い確度で取り扱えます。ただし、理論的に取り扱いやすいと言っても、ブラックホールの全てが理解されているとは到底言えない状況です。ブラックホールの取り扱いに苦労しているケースの1つは、ミクロの世界におけるブラックホールの理論的記述です。ブラックホールの存在はマクロの世界における理論である「一般相対性理論」によって予言されました。一方で、ブラックホールは中心部にあるとされる大きさゼロの特異点や、表面に極めて近い場所で起こるホーキング放射(※)など、ミクロの世界を取り扱う「量子力学」を避けては通れない性質を多く抱えています。このため、ブラックホールの重力に関する性質を量子力学で記述する必要があるのですが、重力と量子力学は相性が非常に悪く、ミクロの世界で重力を記述する試みはほとんど進展していません。

※...量子力学を考慮しない古典的ブラックホールは何も放射しないと説明されますが、実際には量子力学の効果を考慮すると、極めてわずかながらブラックホールは熱放射をします。これをホーキング放射と呼びます。熱放射はエネルギー=質量の放出に対応するため、1の後に0が何十個もつくような極めて長い年数を経れば、ブラックホールは全ての質量を失ってしまうと推定されています。これをブラックホールの蒸発と呼びます。

この状況を打開するため、近年“急がば回れ”のような発想が理論的に考え出されました。この背景は非常に難しい理論をいくつもまたぐため、今回は厳密な部分を割愛し、重要な点のみを抜粋します。まず先述の通り、ブラックホールの表面からはホーキング放射と呼ばれる放射があると予測されています。ホーキング放射は普通の物質における熱放射と一緒にあり、ホーキング放射を記述する方程式もまた普通の物質に適用できることが判明しています。このため、熱放射に関しては、「ブラックホールと共通する性質を持つ普通の物質」を考えることができます。これを「サチュロン(Saturon)」と呼びます。今回はサチュロンを「部分的にブラックホールと同じ性質を持つ普通の物質」と考えてください。あくまでもサチュロンは普通の物質であり、例えば極端な重力などは持っていません。一方、サチュロンを許容することで、ブラックホールの性質の一部を普通の物質の理論で代替して考察することが可能となります。次に、物質を構成する無数の原子が、まるで1つの巨大な粒子であるかのようにふるまう「ボース=アインシュタイン凝縮」を考えます。非常に極端な性質ですが、普通の物質でも見られます。ボース=アインシュタイン凝縮は実験室で作ることが可能で、その性質は量子力学に強く依存しており、理論的にだけでなく、実験的にもよく理解されています。そして、ボース=アインシュタイン凝縮の実験で示された興味深い性質の1つとして、「量子渦」と呼ばれる渦状構造が現れることが分かっています。量子渦も一言で言い表すのは難しいのですが、ここでは普通の渦と同じように、水の流れの中にできる渦と同じものであると考えてください。量子渦は、ある程度の速さで回転させたボース=アインシュタイン凝縮体の中に現れることが分かっています。これらを総合すると、ボース=アインシュタイン凝縮体となった物質は、普通の物質を量子力学で扱いやすい状態にしたものであり、理論と実験値を相互に検証しやすい状態にしている、という点が重要となります。最後に、ブラックホールの際立った特徴でもある重力について追加の説明をします。先述の通り、重力を量子力学で記述する試みは成功していませんが、仮説の1つとして、「重力子」と呼ばれる素粒子の存在を仮定して記述することが試みられています。重力子は未発見であり、そもそも重力が素粒子を介して伝わるのか否かが議論の対象のため、この考えが正しいかどうかはわかりません。

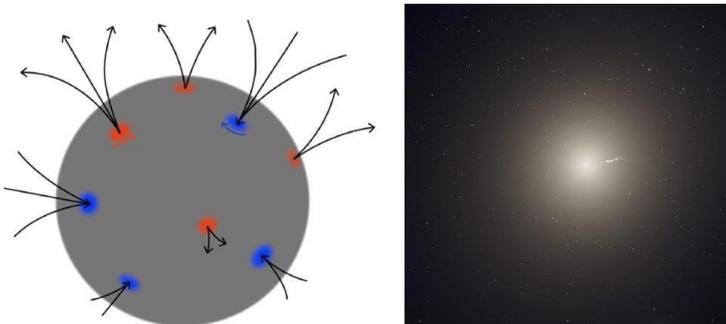
しかし、もしも重力子が存在するのであれば、それはボース=アインシュタイン凝縮が可能であり、理論的には高速で回転するブラックホールを重力子のボース=アインシュタイン凝縮体とみなすことができると予測されています。さて、ここまで様々な用語が出てきて大変だったかと思いますが、今回の記事で覚えてほしいのは次のことです。ブラックホールの性質を表す方程式の一部は、普通の物質でも適用可能であり、そのような性質を持つサチュロンを仮定できます。そして普通の物質は、量子力学で取り扱いやすいボース=アインシュタイン凝縮という状態にすることが可能です。つまり、ブラックホールと似たような物質としてサチュロンの存在を仮定できるのであれば、その逆に「回転するブラックホールを重力子のボース=アインシュタイン凝縮体と仮定する」ことも可能で、お互いに共通した性質を持つと考えることができます。そうなれば、「ボース=アインシュタイン凝縮体でみられる性質がブラックホールにもみられると仮定する」ことには何の不思議もありません。



【▲ 図 2: ブラックホールと、ブラックホールではない普通の物質では、理論的に対応する共通点が存在します。遠回りなルートですが、ブラックホールのホーキング放射が普通の物質でも見られるのであれば、普通の物質で見られる量子渦がブラックホールで見られても不思議はありません。(Credit: 彩恵りり)】

ミュンヘン大学の Gia Dvali 氏ら 3 氏の研究チームは、まさにこのような発想で、ブラックホールの新しい性質、つまり「量子渦を持つブラックホール」の存在を理論的に予測しました。もちろん、予測に至る過程はそこまで単純ではなく、実際にはサチュロンの性質に関する方程式を解いた結果です。

しかしながら、サチュロンの回転速度と量子渦の数に関する方程式は、ブラックホールの角運動量と熱放射に関する方程式と極めて似ており、両者が関連している可能性はかなり高いと言えます。ブラックホールは、質量、電荷、角運動量に加えて、4 つ目の性質である「渦度 (Vorticity)」を持つかもしれません。これは正しい意味で“教科書を書き換える”可能性のある発見です。



【▲ 図 3: ブラックホールの量子渦は磁力線を捕らえると考えられていて、ブラックホールの強磁場を維持する担い手である可能性があります。量子渦には (正の) 渦に対する反渦も存在するため、ブラックホール全体の渦度はプラスマイナスゼロとなります。(Image Credit: Dvali, et.al.)】

【▲ 図 4: ハッブル宇宙望遠鏡が撮影した楕円銀河「M87 (Messier 87)」。M87 は活動銀河のひとつとして知られており、中心からジェットが放出されている (Credit: NASA, ESA, and the Hubble Heritage Team (STScI/AURA); Acknowledgment: P. Cote (Herzberg Institute of Astrophysics) and E. Baltz (Stanford University))】

ところで、ブラックホールの渦度は全体としてはゼロであると予測されます。ブラックホールに現れる量子渦は、(正の) 渦に対する反渦とも言える正反対の性質を持つ量子渦が現れるため、打ち消しあってプラスマイナスゼロになってしまうからです。ただし、「全体としてゼロである」と「存在しない」ことは全く違います。では、仮にブラックホールが渦度を持つとして、何か変わることがあるのでしょうか。

ブラックホールの個々の量子渦は、周りに電荷が存在する場合に磁力線を捕らえると考えられます。そしてブラックホールが保持できる量子渦の数は、ブラックホールの角運動量が大きいほど多くなり、捕らえられる磁力線の数もそれだけ増えていきます。つまり、回転速度が速いブラックホールは、回転速度が遅いブラックホールと比べて、周りを取り巻く磁場の強さが強くなることとなります。量子渦に捕らえられる磁場の源は、ブラックホールの周りに存在する暗黒物質 (ダークマター) が極めて弱い電荷を持っているとすれば説明できます。渦度を持つブラックホールは、微弱的な電荷を持つ暗黒物質の存在をも間接的に浮き彫りにするのです。

渦度を持つブラックホールは、「活動銀河」と呼ばれる銀河の性質の謎を解明する可能性もあります。活動銀河の中心からは、非常に激しくエネルギーが放射されていることが知られています。その源となる“エンジン”は巨大なブラックホールしか考えられない、というのは共通見解ですが、それでも説明しきれない部分がありました。純粋なエネルギー量やその変化の激しさは、ブラックホールの周りに強大な磁場がなければ説明がつきませんが、ブラックホールを取り巻く降着円盤の磁場が理論的に可能な数値よりもはるかに強大なため、これまで説明不可能な状態でした。しかしながら、ブラックホールが渦度を持つのであれば状況が異なります。量子渦が磁力線を捕らえることで、ブラックホール自身も間接的に磁場を持てることになるからです。つまり、渦度を持つブラックホールは、活動銀河の強大な磁場を説明することができるのです。また、活動銀河ほど強くはなくても、多くの銀河の中心部に見られる活動に、ブラックホールの渦度が間接的に関与している可能性もあります。また、渦度を持つブラックホールは、別の興味深い性質を示すかもしれません。ブラックホールの回転速度は理論上の上限値が決まっているので、同時に渦度にも上限が定められます。最大の渦度を持つブラックホールは、理論的には渦度を変化させる熱放射ができないため、ホーキング放射によるブラックホールの蒸発が禁止されてしまうのです。ただし、それほど高速で回転するブラックホールが存在できるかという問題や、物質を吸収することによって回転速度が減少すれば渦度の最大値を下回ることが可能なため、現実のブラックホールが蒸発せず永久に残るとは考えにくい問題です。さらに、渦度は重力波によるコンパクト天体の観測にも影響を与えそうです。重力波望遠鏡の登場によって、現在ではいくつものコンパクト天体の合体にともなう重力波が観測されています。その多くはブラックホール同士の合体であると考えられていますが、少数の事例では太陽質量の数倍以下という小さな天体が関与しており、重力波と同時にX線放射が観測されている例も存在します。これらの合体は、その推定質量や電磁波放出を伴うことから、片方ないし両方が中性子星であると考えられてきました。しかしながら、重力波から得られる情報は極めて限られているため、合体した天体の正体が本当に中性子星だと決定することはできません。ブラックホールが渦度を持つのであれば、合体で電磁波を放射することも可能であるため、質量の情報のみで中性子星だと仮定していた場合と比べて、正体に関する考察の幅が広がることになるでしょう。

Source

[Gia Dvali, Florian Kühnel & Michael Zantedeschi. "Vortices in Black Holes".](#) (Physical Review Letters)

[Jonathan C. McKinney, Alexander Tchekhovskoy & Roger D. Blandford.](#) "General relativistic magnetohydrodynamic simulations of magnetically choked accretion flows around black holes". (Monthly Notices of the Royal Astronomical Society)

[Gia Dvali & Cesar Gomez.](#) "Black holes as critical point of quantum phase transition". (The European Physical Journal C)

[R. Margutti, et.al.](#) "The Electromagnetic Counterpart of the Binary Neutron Star Merger LIGO/Virgo GW170817. V. Rising X-Ray Emission from an Off-axis Jet". (The Astrophysical Journal Letters)

[Gia Dvali & Otari Sakhelashvili.](#) "Black-hole-like saturnons in Gross-Neveu". (Physical Review D)

[Gia Dvali, Oleg Kaikov & Juan Sebastián Valbuena Bermúdez.](#) "How special are black holes? Correspondence with objects saturating unitarity bounds in generic theories". (Physical Review D)

文／彩恵りり