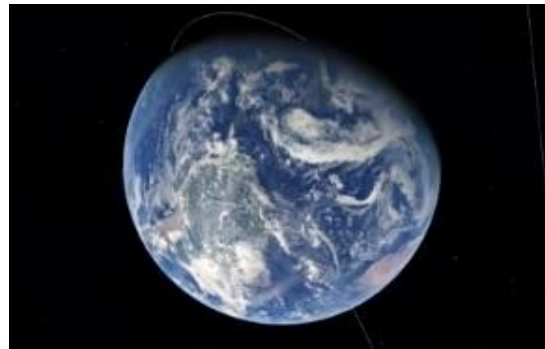


人類初の“宇宙人”への送信から 50 年、何を伝え、何が起こったのか

1974 年の「アレシボ・メッセージ」、天文学者に大きな影響、『三体』でも話題に 2024.12.19



プエルトリコにあるアレシボ天文台に、2020 年に崩壊するまで、世界最大級の電波望遠鏡のひとつがあった。この天文台は、はるか遠い宇宙から自然に発生する信号を検出するとともに、人類が初めて地球外知的生命に向けてメッセージを発信した。(Photograph by The University of Central Florida/American Photo Archive/Alamy Stock Photo) [\[画像のクリックで別ページへ\]](#)

【動画】アレシボ・メッセージが進む軌道

1974 年 11 月 16 日、アレシボ天文台は人類初の意図的な星間通信をおこなった。この動画では、メッセージの想定軌道が示されている。研究者は、このメッセージが 345 年後に最初の星に到達すると予測している。(Video by NASA-OpenSpace/PHL UPR Arecibo)

半世紀前の 1974 年 11 月 16 日、人類はちっぽけな地球から、遠く離れた星々の集団に向けて 1 と 0 からなるメッセージを送った。それは人類初の意図的な星間通信であり、「宇宙人」に向けた長距離電話だった。送信元はプエルトリコの丘に位置するアレシボ天文台の巨大な電波望遠鏡で、送り先は地球から約 2 万 5000 光年離れた「メシエ 13 (M13)」と呼ばれる星団だ。この「アレシボ・メッセージ」は、地球外生命の存在確率を推定する「ドレイクの方程式」を考案した天文学者フランク・ドレイクが作ったものだ。有名な作家で科学コミュニケーターのカール・セーガンも協力していた。(参考記事: [「生命が存在しうる星は銀河系にどれほどあるかを推定、研究」](#))「これは宇宙に送られた最初のメッセージで、当時最も強力だった装置で発信されました」と、プエルトリコ大学アレシボ校の惑星居住可能性研究所の所長で、惑星宇宙生物学者のアベル・メンデス氏は言う。メンデス氏らにとって、このメッセージの遺産は生き続けている。なぜなら、彼らはメッセージが現在どこにあるのかを特定し、新たな星間通信の方法を考案しようとしているからだ。

天の声を聞く巨大な耳

アレシボ天文台は 3 年の建設期間を経て、1963 年に開設された。何十年もの間、世界で最も感度の高い電波望遠鏡だった。巨大なお椀型の電波アンテナは自然に陥没した地形に建てられ、その上には 900 トンの鋼鉄製のプラットフォームが吊り下げられていた。緑豊かなプエルトリコの山々の中でひととき目立つ存在だった。

1974 年には、新たに設置された装置により、当時の地球上の全発電所の合計出力の 20 倍もの出力で信号を送信できるようになった。アレシボ・メッセージには、望遠鏡がかつてないほど遠くまで宇宙を観測できるようになったことを祝う目的もあった。

元のアレシボ・メッセージはバイナリ形式で、色分けはされていなかった。上から下に、そして右から左に読むと、メッセージには 7 つの部分があった。10 から 1 までの数字 (マゼンタ)、リン、酸素、窒素、炭素、水素の原子番号 (白)、DNA のヌクレオチド (核酸の最小単位) を構成する糖と塩基の化学式 (緑)、DNA 分子のヌクレオチドの数 (白)、二重らせん構造 (水色)、地球の人口 (ピンク)、人間の平均身長 (紺)、人間の男性像 (赤)、太陽と惑星を示す太陽系図 (黄色)、最後にアレシボ望遠鏡 (オレンジ) とその寸法 (灰色)。(Image by Science

Photo Library) [\[画像のクリックで別ページへ\]](#)

2018 年、プエルトリコの大学生チームが新たなメッセージを作成するために選ばれた。このメッセージは、元のアレシボ・メッセージにインスピレーションを受けつつ、太陽系に関する情報を更新し、人間に関する情報を減らした内容となっている。元のメッセージと同様、このメッセージもバイナリコードで書かれている。学生たちは、新たな星間通信のターゲットとしてティーガーデン星を提案した。しかし今のところ、このメッセージをはるか遠い宇宙に送信する計画はない。(Image Courtesy University of Puerto Rico)

[\[画像のクリックで別ページへ\]](#)



ドレイクはアレシボ・メッセージを作るために、米コーネル大学の大学院生たちに助けを求めた。当時コーネル大学の大学院生で、現在米 NASA の契約企業でコンサルタントをしているリチャード・アイザックマン氏は「ドレイクはそれまでに作成したものを見せてくれましたが、それは完成品にかなり近いものでした」と言う。

人類の存在を宇宙の知的生命に知らせようとしたこのプロジェクトで、ドレイクは[バイナリ \(2 進数\) 形式](#)という最も基本的なコンピュータコードを使い、地球に関する基本的な情報を伝えた。数字の数え方、DNA の二重らせん構造、太陽系をブロック状に描いた中で人類がいる場所、簡単な人間の姿の図、そしてメッセージを送信した天文台の図などだ。

[次ページ：天文学者に与えた大きな影響](#)

アイザックマン氏は、太陽から 3 番目の惑星である地球を太陽系内の他の惑星より際立たせて、通信相手に「この星に居住している」と知らせるべきだと提案した。最終的なメッセージは、2380 メガヘルツの周波数で約 3 分間送信され、1679 ビットのデータが 73 行×23 列のグリッドに配置されていた。

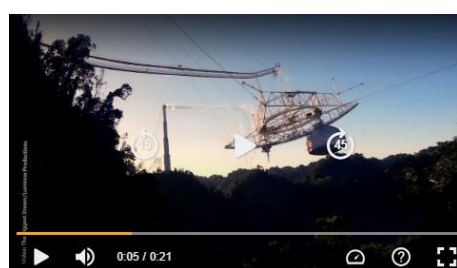
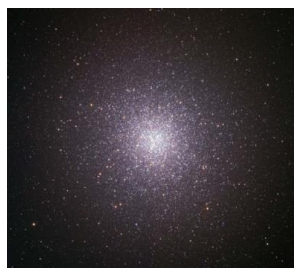
天文学者に与えた大きな影響

返信が来る確率はごくわずかだが、この送信が天文学者に与えた影響は大きかった。

「この試みは、(星間通信の) 可能性に対して私たちの考えを大いに広げました」とメンデス氏は言う。「他の生命体は私たちを理解できるのだろうか？ もし私たちが信号を探せるなら、他の文明も同じことをしているのではないだろうか？」といった問いが生じた。1974 年 11 月の運命的なその日の後、メッセージは送られていない。「M13」までの距離を考えると、返信が来るには約 5 万年かかる見込みだ。

天文学者たちは結果に期待はしていない。そもそもこのメッセージは返信を期待して送られたのではなく、知的文明が人類の呼びかけを聞くための装置を持っているわずかな可能性にかけ、人類が宇宙に働きかけられることを示すために送信されたものだ。それでも、他の惑星の生命体と交信できる可能性はゼロではない。そのため、天文学者たちは、このような驚異的な文化交流がもたらすであろう課題について考えざるを得なかった。

ギャラリー：50 年前に宇宙人に送ったメッセージ、その内容は？ (写真クリックでギャラリーページへ)



アレシボ・メッセージのターゲットは、ヘラクレス座に位置する球状星団「メシエ 13 (M13)」だ。この星団は直径約 150 光年で、地球から約 2 万 5000 光年離れている。推定年齢は 120 億歳だ。(Photograph by J-C Cuillandre, Canada-France-Hawaii Telescope/Science Photo Library) [\[画像のクリックで別ページへ\]](#)

【動画】最後のアレシボ・メッセージの音楽「メラキ」

【動画】崩れ落ちるアレシボ天文台 2017 年、アレシボ天文台は、ハリケーン「マリア」によって深刻な被害を受け、2020 年に崩壊した。新たな報告により、垂鉛の腐食が望遠鏡のケーブルを壊れやすくしていたことが分かった。(Video by NSF & The Biggest Dream/Luminne Productions)

アレシボ・メッセージの 50 周年記念行事の一環として、科学者たちは新たなメッセージに音楽を加えることを決めた。プエルトリコ出身の作曲家であるアンヘル・バスケス氏と協力し、「メラキ」というタイトルの楽曲を制作した。(Andrew Hernández, Ángel Vázquez, and the Caribbean Film Orchestra)

地球外生命体との接触のリスク

アレシボ天文台からメッセージが送信された後、科学者たちは、このメッセージが幅広い議論もなしに遠い宇宙へ送られたことに懸念を示した。「もし今日このようなメッセージを作ろうとするなら、当時よりも包括的で知的なアプローチを取りたいはずだ。基本的に、当時のメッセージの 90%は、44 歳の白人男性であるフランク・ドレイクがひとりで作成しました」とアイザックマン氏は言う。「より文化的かつ知的に誠実な方法を取ろうとするなら、もっと幅広い文化的、認知的視点を取り入れたいところです」

また、積極的に宇宙に向けて呼びかけると、友好的でない宇宙人の注意を引き、人類に危険をもたらす可能性があるという警鐘を鳴らす声もある。中国の作家、劉慈欣（リウ・ツーシン）の『三体』のような SF 作品も、宇宙の文明に人類の居場所を発信するせいで、人類が攻撃の標的にされる可能性を考慮している。この作品では、登場人物たちが「ダークフォレスト理論（宇宙文明は危険でいっぱいの森の中に隠れている獲物のようなものだという仮説）」について議論する。彼らは敵対的な異星の住人を恐れ、他者に自身の存在を知らせたい衝動を抑える。(参考記事：[『三体』で注目の説、「宇宙人は互いを恐れて隠れているだけ」か](#))

[次ページ：新たなアレシボ・メッセージ](#)

米 SETI 研究所（地球外生命の発見を目的とした非営利組織）のような団体は、こうしたメッセージを発信するための国際的なプロトコルを提案した。「天の川銀河の他の文明に意図的に信号を送ることは、メッセージの内容と接触の結果の両方について、地球上のすべての人々の懸念を引き起こします」と、影響力のある科学者グループが 2015 年の[声明](#)で述べた。「メッセージを送る前に、世界規模の科学的、政治的、人道的議論が必要です」

メンデス氏は、人類の存在を宇宙人に知らせることは無謀だと考える専門家もいるが、たった一度の電波送信には、地球から常に発信されているテレビやラジオの信号という競争相手がいると指摘する。(参考記事：[「宇宙人が地球を見つけられるとしたら、どの星から？」](#))

新たなアレシボ・メッセージ

アレシボが初めて宇宙にメッセージを送信してからの 50 年間で、地球外生命体を探すための知識は大きく進展した。天文学者たちは 1992 年に太陽系外惑星を初めて発見し、それ以来、5000 以上の太陽系外惑星が見つかっている。岩石でできた水の豊富な惑星が数多く存在しているのだ。プエルトリコ大学アレシボ校が公開している「ハビタブルワールドカタログ」によれば、そのうち最大 29 の惑星が恒星のハビタブルゾーン（生命居住可能領域）に位置している可能性がある。ハビタブルゾーンとは、恒星の周囲で液体の水（と生命）が惑星の

表面に存在しうる領域のことだ。 アレシボ天文台の研究者たちは 2018 年に、最新のメッセージを作成するためのコンテストを開催した。このコンテストでは、新世代の科学者たちが、地球外生命体に向けて人類を要約するという刺激的だが困難な課題に挑んだ。 プエルトリコ大学マヤグエス校の学部生チームがコンテストで優勝し、同じバイナリ形式と太陽系の類似した図を用いて新たなメッセージをつくった。「元のメッセージからインスピレーションを得ました」と、チームメンバーのケルビー・パレンシア・トーレス氏は言う。

元のメッセージを拡張するために、チームは天の川銀河の中で地球の位置を特定でき、土星の輪や月など、太陽系内のいくつかの興味深い天体を強調した地図も含めた（もちろん、冥王星を除外し、太陽系の図を更新した）。また、提案されたメッセージには、基本的な数学的演算子に加え、プランク定数や光速といった物理定数も含まれている。元のメッセージには DNA やアミノ酸に関する情報が含まれていたが、この重要な情報を敵対的かもしれない宇宙人に開示することには慎重になるべきだという意見もある。今回のメッセージは、人間に関する情報を最小限に留め、平均身長や世界人口を示す視覚的な表現のみを入れた。

[次ページ：【動画】崩れ落ちるアレシボ天文台](#)

「メッセージを（選ばれた）目的地に届けるだけでなく、十分に単純化し、私たちが望んでいることを正確に伝え、誤解を避ける方法を考えるのは非常に興味深い挑戦でした」と、チームメンバーのセサル・キニョネス・マルティネス氏は言う。 プエルトリコのポンセ出身のリスマリエ・マテオ・ロウベルト氏は、メッセージの送信先として「ティーガーデン星」を選んだ。太陽から 12.5 光年しか離れておらず、生命に適した 2 つの惑星を持つ可能性があるとても小さな古い恒星だ。「他の星系に比べると近いんです」とマテオ・ロウベルト氏は言う。もしそこにいる宇宙人がメッセージを解読し、迅速に返信した場合、私たちは 25 年待つだけだ。

象徴の崩壊

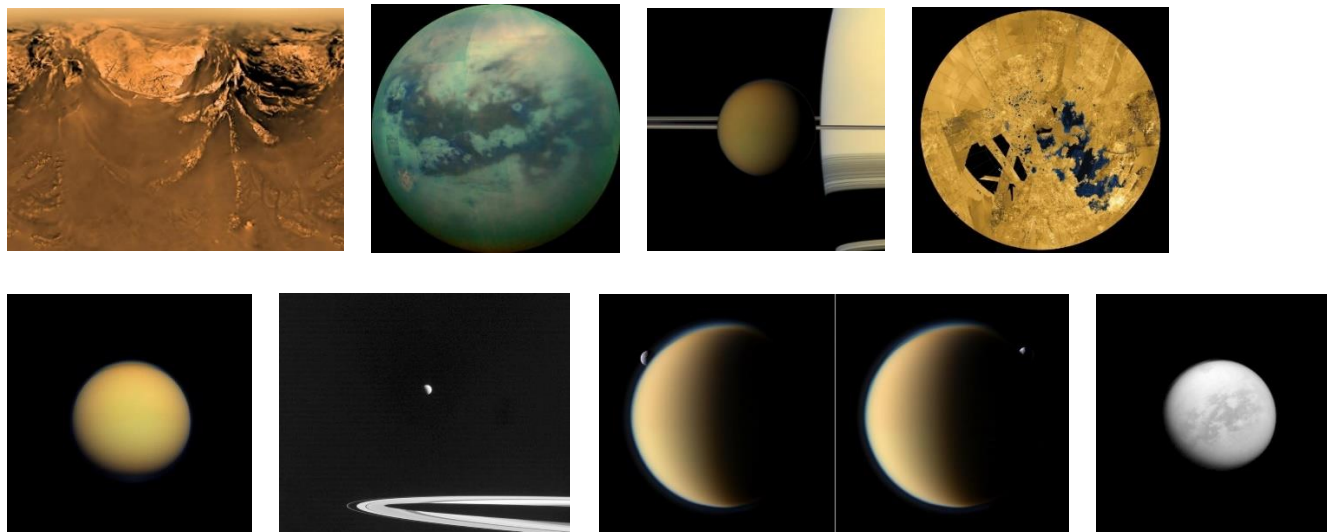
最後のアレシボ・メッセージ、つまりチームが「送信されなかったメッセージ」と呼ぶものは、当面の間送信されることはないだろう。 2020 年、アレシボ天文台は老朽化と 2017 年のハリケーン・マリアによる損傷で崩壊し、送信計画は中止された。 アレシボ天文台を支援していた米国科学財団（NSF）は、天文台の修復は危険すぎると判断した。この場所が巨大なお椀型のアンテナで電波データを収集することは二度とないかもしれないが、STEM 教育（科学・技術・工学・数学の学問分野に力を注ぐ教育）に焦点を当てたセンターとして残される計画がある。（参考記事：[「時代を築いた巨大望遠鏡が解体へ、破損相次ぎ、プエルトリコ」](#)）

世界中の科学者、特にプエルトリコの天文学者たちは、天文学の発展に大きな功績を残したアレシボ天文台の喪失を嘆いた。「天文台が崩壊したとき、プエルトリコの科学の柱の一つが失われました」とパレンシア・トーレス氏は言う。何千人もの地元の小中学生と同じように、チームメンバーたちも遠足で天文台を訪れ、科学への興味をかき立てられた。 アレシボ天文台は、はるか遠くの星々からの微弱な電波信号を受信するだけでなく、これらの信号を宇宙の果てまで届くほどのパワーで送信できる地球上の数少ない装置のひとつだった。NASA の国際的な巨大電波アンテナ網が、このチームにとって最善策となるかもしれない。今のところ、新たなメッセージや今後の信号を送信する計画はないが、2024 年 11 月、チームはオープンアクセスのアーカイブ「arXiv.org」に投稿した[論文](#)に自分たちの成果をまとめている。

最後のアレシボ・メッセージを作成したチームにとって、元のメッセージがいまだに目標に向かって進行中であるという事実は慰めだ。アレシボ天文台がなくなった後も、その遺産は長く生き続けている。

「私たちはいまだに遠くの存在と通信を試みています」とパレンシア・トーレス氏は言う。『『私たちは孤独なのか？』という長年の問いに答えようとしているのです』

「メッセージの送信から最初の 500 年間で、少なくとも 4 つの星がこの信号を受信します」とメンデス氏らは推定している。その中で最初にメッセージを受信するのは、地球から 395 光年離れた「Gaia DR3 1328057940089589376」という星だ。つまり、宇宙のどこかにいる知的生命体に向けた「起きてる？」という私たちのメッセージは、宇宙の隣人に将来なりうる存在に届くまであと約 345 年かかるのだ。



ギャラリー：まるで地球、衛星タイタンの驚くべき写真 8 点（写真クリックでギャラリーページへ）

高度 10km から見たタイタンの表面。ホイヘンスからの画像をつなぎ合わせて作成した画像。（PHOTOGRAPH BY ESA, NASA, JPL, UNIVERSITY OF ARIZONA [\[画像のクリックで別ページへ\]](#)）

欧州宇宙機関（ESA）の小型探査機ホイヘンスは、電池が切れ、母船である NASA の土星探査機カッシーニとの通信が途絶えるまでのわずか 1 時間ほどの間に、猛烈な勢いでデータを収集し、送信した。そのデータは、地球に酷似した異世界を垣間見せてくれるものだった。 文＝Paola Rosa-Aquino／訳＝杉元拓斗

<https://news.mynavi.jp/techplus/article/20241219-3089917/>

「世界で初めて、大日如来と曼荼羅を宇宙へ運んだ」 カイロス 2 号機の結果受け、

宇宙寺院 劫蘊寺が発表

掲載日 2024/12/19 18:40

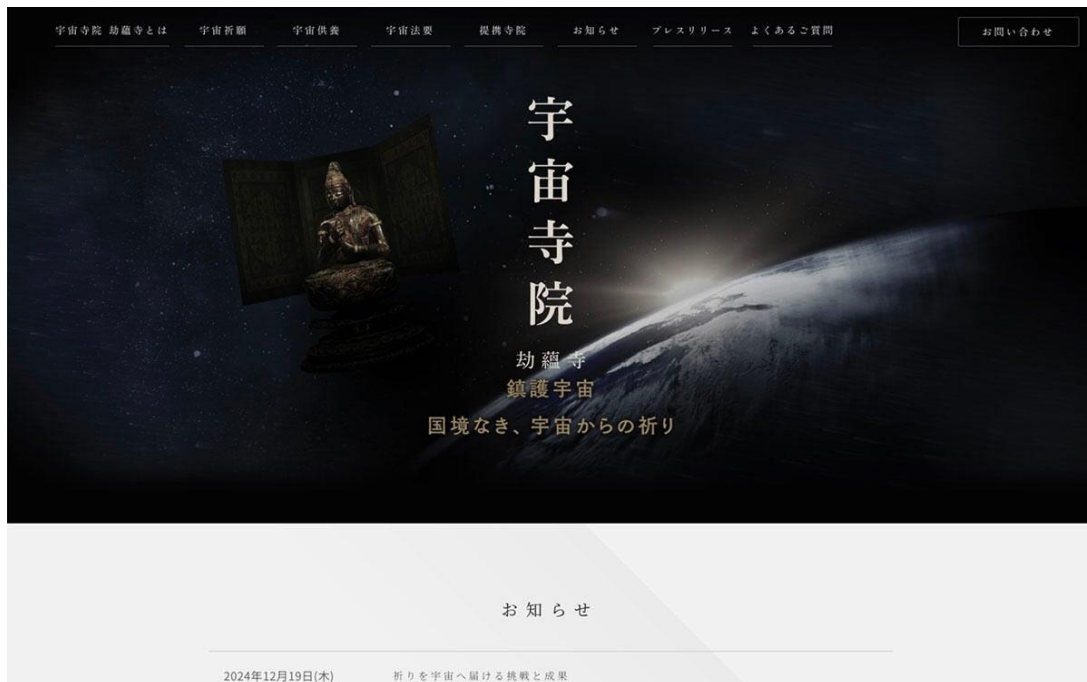
著者：庄司亮一

スペースワンによるカイロスロケット 2 号機の打ち上げ結果を受け、京都・醍醐寺塔頭菩提寺が運営する宇宙寺院 劫蘊寺(ごううんじ)は 12 月 19 日、公式サイトに文書を掲載。「世界で初めて、大日如来と曼荼羅を宇宙空間まで運んだ」という“お墨付き”を宇宙宗教学研究会で得た、と発表した。



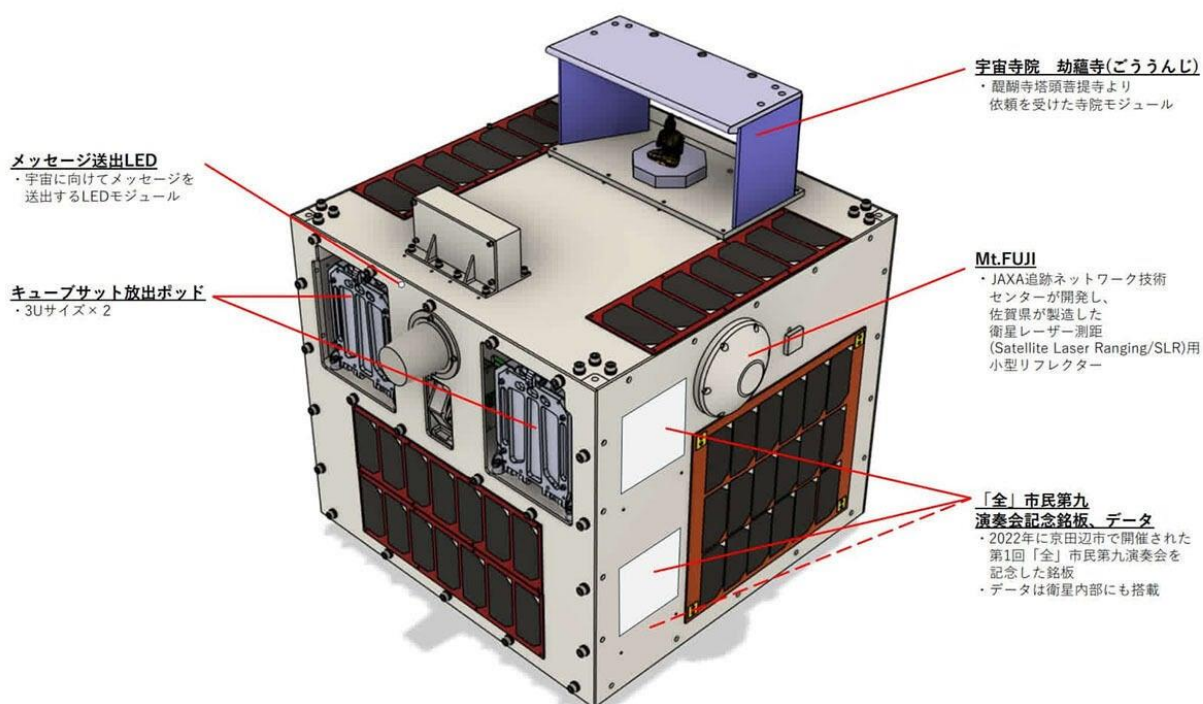
スペースワンが公開した、カイロスロケット 2 号機に搭載された人工衛星群の写真より。宇宙寺院 劫蘊寺は、テラスペースが開発した「TATARA-1」の上側面に見える

スペースワンはカイロス 2 号機の打ち上げ後の記者会見において、最高到達高度 110.7km を記録したものの、第 1 段エンジンのトラブルなどで当初想定していた軌道をそれたため、人工衛星の軌道投入というミッションは果たせず飛行中断措置という結果に終わったことを[明らかにしている](#)。宇宙寺院 劫蘊寺ではこの結果を受け、「祈りを宇宙へ届ける挑戦と成果」と題した[文書](#)を公式サイトで公開。「皆様の供養や祈願といった思いを宇宙へ届けることができた。人工衛星としては機能しなかったものの、皆様の願いは確かに宇宙へ届いた。その思いに手を合わせていただければ、そこに皆様の祈りがあると感じてもらえるだろう」としている。



宇宙寺院 劫蘊寺の公式サイト

また、「本日(12月19日)、宇宙宗教学研究会において、宇宙関連の先生方より『世界で初めて、大日如来と曼荼羅を宇宙空間まで運んだ』という事実についてお墨付きをいただいた。この成果は、我々の活動にとって非常に意義深いものであり、皆様と共に成し遂げられた偉業といえる」とコメント。次の打ち上げに向けた準備も進めており、「今回搭載したデータを次回も同様に搭載し、皆様の祈りを再び宇宙へ届ける」とのこと。宇宙寺院 劫蘊寺(ごうんじ)は、超小型衛星を開発するテラスペースがカイロス 2 号機に搭載した 50 キロ級超小型衛星「TATARA-1」の“寺院モジュール”として装備していたもの。同衛星にはほかにも JAXA 追跡ネットワーク技術センターが開発した衛星レーザ測距用小型リフレクター「Mt.FUJI」など複数の機器を積んでおり、宇宙用部品等の軌道上実証を行う予定だった。



TATARA-1 の詳細イメージ

宇宙の中でもっとも完全な球体に近い天体は「太陽」だった…その栄光の座を奪っ

た驚きの天体とは？

2024 年 12 月 21 日（土）6 時 0 分 [ダイヤモンドオンライン](#)



宇宙の中でもっとも完全な球体に近い天体は「太陽」だった…その栄光の座

を奪った驚きの天体とは？

写真を拡大

天才数学者たちの知性の煌めき、絵画や音楽などの背景にある芸術性、AI やビッグデータを支える有用性…。とても美しく、あまりにも深遠で、ものすごく役に立つ学問である数学の魅力を、身近な話題を導入に、語りかけのような文章、丁寧な説明で解き明かすロングセラーの数学読み物『とてつもない数学』。鎌田浩毅氏（京都大学教授）「数学“零点”を取った私のトラウマを払拭してくれた」（「プレジデント 2020/9/4 号」）、「人気の数学塾塾長が数学の奥深さと美しさ、社会への影響力などを数学愛たっぷりにつづる。読みやすく編集され、数学の扉が開くきっかけになるかもしれない」（朝日新聞 2020/7/25 掲載）、佐藤優氏「[永野裕之](#)著『とてつもない数学』は、粉飾決算を見抜く力を付ける上でも有効だ」（週刊ダイヤモンド 2020/7/18 号）、教育系 YouTuber ヨビノリたくみ氏「色々な角度から『数学の美しさ』を実感できる一冊!!」と絶賛されている。今回は、著者の書き下ろし原稿を特別に掲載する。

完全な球体はこの世界に存在するのか？

数学では、平面上の「1 点からの距離が等しい点の集合」を「円」と言い、同様に、空間上の「1 点からの距離が等しい点の集合」を「球」（あるいは球面）と言う。円も球も、中心からあらゆる点までの距離が完全に等しい図形である。肉眼では判別できないほどのわずかな歪みであっても、中心からの距離に違いがあれば、それは「円」や「球」ではない。現実世界には、真の円も真の球も存在しない。数学が描く理想的な形状と、私たちが実際に目にする物体の形には、隔たりがあるのだ。なぜだろうか？ それは、現実世界では様々な制約が「完璧な形」を阻むからである。まず、物質を構成する原子や分子の並び方は、ミクロな視点で見ると均一ではない。また、重力をはじめとする外部からの力によって歪みが生じる。さらに、私たちが物を作る際には、どれほど精密に作ろうとしても、加工や製造の段階で限界がある。計測誤差も完全には避けられない。そんな中、人間の技術が到達した驚くべき精度を示す例の一つが、ベアリングボール（ボールベアリング）だ。機械の中で摩擦を減らす役割を担うこのボールは、非常に高い精度で製造されている。

最高精度で作られた直径 10mm のベアリングボールは、最大直径と最小直径の差が 0.0025mm しかない。0.0025mm は、人間の髪の毛の太さの 1/20～1/40 程度に相当し、驚異的な精度と言える。それでも数学が描く「完全な球」とは言えないかもしれないが、私たちの技術の粋がいかにかその理想に近づいているかが分かる。

自然界における真球

自然界にも、真円や真球に近い形状を示すものがある。その一つがシャボン玉だ。重力の影響が少なく、表面張力が均等に働くことで、シャボン玉はほぼ完全な真球を形成する。特に、無重力の環境で作られたシャボン玉は、理想的な真球に非常に近い形状になることが知られている。

ところで、地球が真球ではないことをご存じの方は多いだろう。自転によって生じる遠心力の影響を受けて、赤道付近が膨らむからだ。大げさに言えば、地球はみかんのような形をしている。星が赤道方向に膨らむ程度は扁平率と呼ばれる指標を使う。扁平率が小さいほど、より球体に近いと言える。地球の扁平率は約 0.3% で、太陽系の惑星の中では 3 番目に球に近い。太陽系の惑星の中で最も球に近いのは金星で、その扁平率は約 0.02%

である。この扁平率は、最高精度のベアリングボールと同程度だ。ちなみに「太陽系真球ランキング」最下位の土星の扁平率は10%で、目に見えて、輪っかの方向に膨らんでいる。では、宇宙の中でもっとも真球に近い天体はなんだろう？最初に名乗りを上げたのは太陽である。2012年、ハワイ大学のジェフリー・クーン氏らは、太陽を直径1mのビーチボールに縮めた場合、最も膨らんでいる部分と最もへこんでいる部分の高低差は17ミクロンしかないことを突き止めた。17ミクロンといえば、花粉1粒程度の大きさである。さらに、最大直径と最小直径から求めた太陽の扁平率は、わずか0.0009%であることもわかった。太陽は、ガスで構成されているため、地殻で覆われた地球などより自転の影響を受けやすいはずなのに、実際には極めて真球に近い形を保っている。これは、太陽内部のプラズマ乱流が、局所的な形状の歪みを補正しているためだと言われている。クーン氏らの研究が発表されると、太陽は「宇宙の最も丸い天体」として、驚きをもって迎えられた。

ケプラー11145123

しかし、その栄光は長くは続かなかった。現在「宇宙で最も真球に近い天体」の称号を誇っているのは、マックス・プランク研究所のローラン・ジゾン氏らによって2016年に観測された「ケプラー11145123」だ。地球から5000光年離れた場所にあるこの恒星の扁平率は驚異の0.00018%だという。

数学が描く「完璧な形状」は、現実には存在しないものの、それに近づこうとする人間の努力や自然界でその片鱗を垣間見ることは、私たちに大きな感動を与える。理論と現実の溝に、人間の知性の輝きが宿る。真円や真球という理想を追い求めることで、私たちは宇宙の深淵に触れ、世界の真実に近づく。

数学は、単なる記号の羅列ではない。そこには、人間の飽くなき探求心と、世界への畏敬の念が刻まれているのだ。(本原稿は『とてつもない数学』の内容と関連した書き下ろしです。)

DIAMOND
online

https://news.biglobe.ne.jp/trend/1217/kpa_241217_7085807423.html

地球の水の起源は宇宙にある、NASA の新たな発見により裏付けられる

2024年12月17日(火) 20時0分 [カラパイア](#)



チュリュモフ・ゲラシメンコ彗星/Credit: ESA/Rosetta/NAVCAM Photo by:iStock

地球を覆う広大な海、その水はどこから来たのだろうか？

NASA が「チュリュモフ・ゲラシメンコ彗星」[<https://karapaia.com/archives/52259939.html>] (67P) のデータを改めて検証したところ、やはり地球の水は宇宙に起源があることが裏付けられたようだ。

地球の水が小惑星によって運ばれたという説には強力な証拠が得られている一方、彗星が果たした役割については矛盾したデータが研究者を悩ませてきた。今回、NASA ゴダード宇宙飛行センターをはじめとする研究チームが、ESA の彗星探査機「ロゼッタ」のデータを再検証してみたところ、矛盾と思われたデータは彗星の塵によって歪められていたことが明らかになったという。

地球の水はどこからやってきたのか？

生命の起源は今も謎めいているが、生命にとって不可欠な水の起源もまた同様だ。

46億年前に地球が産声を上げようとしていたとき、ガスと塵の雲の中で水が作られた可能性はあるが、それは太陽の強烈な熱によって蒸発してしまったはずだ。ところが今私たちが目にしているように、この地球には液

体のままの水が豊富にある。なぜ地球がこのような姿になったのかについては、かねてから議論が交わされてきた。これまでの研究からは、「火山」の噴火によって噴出した水蒸気が集まって雨となり、やがて海が形成されたのではないかと仮説が提唱されている。一方、地球に衝突した「小惑星」や「彗星」によって、水の大部分が持ち込まれたことを示す証拠も見つかっている。今から 40 億年ほど前、地球をはじめとする太陽系の内惑星では、今よりももっと衝突が頻繁に起きていた。それによって宇宙から水がもたらされたと考えられるのだ。

この地球の水宇宙起源説に関連して、小惑星と地球の水との結びつきはかなり強力に裏付けられている。

水宇宙起源説に関する矛盾

ところが、今回小惑星と地球の水との結びつきを調べるため、「チュリュモフ・ゲラシメンコ彗星」を調査した研究者らは、その結果に驚き困惑したという。一般に、「木星族」に分類される彗星を測定した結果からは、そこに含まれる水と地球の水とは関係があるだろうことが確認されている。その関係を示すのは、「水素」と「重水素」の比率だ。重水素は水素よりも重たい同位体だが、これを多く含む水は、寒い場所で作られた可能性が高い。したがって、土星軌道の外側で形成された木星族彗星のように、太陽から離れたところで作られた彗星ならば重水素が多くなる。反対に、小惑星のように太陽の近くで作られた天体ならば、重水素は少なくなる。

そしてこれまでの木星族彗星に含まれる水の分析では、地球の水と同程度の重水素が確認されている。

これを踏まえるのなら、彗星もまた地球が水を獲得するうえで大切な役割をになっていた可能性が高い。

ところが、それを覆すような発見がなされたのだ。

2014 年に欧州宇宙機関 (ESA) の彗星探査機「ロゼッタ」は、木星族彗星の 1 つである「チュリュモフ・ゲラシメンコ彗星」のコマ (彗星を取り巻くガスや塵) に含まれる水を調べた。すると、想像をはるかに超える大量の重水素が確認されたのだ。地球の海の水は、水素原子 6,420 個あたり 1 個の重水素を持っている。だがロゼッタの測定値はその 3 倍もの重水素を示していた。

この結果は研究者たちに衝撃を与え、地球の水は彗星にも由来するという説は見直しを迫られることになった。

#ROSETTA [https://twitter.com/hashtag/ROSETTA?src=hash&ref_src=twsrc%5Etfw] ☺ OSIRIS #67P [https://twitter.com/hashtag/67P?src=hash&ref_src=twsrc%5Etfw] /CHURYUMOV-GERASIMENKO new albums ☺-ROSETTA EXTENSION 2 MTP030- Miércoles 1 Junio 2016 all filters stacked pic.twitter.com/Bf173Z5g79 [<https://t.co/Bf173Z5g79>] - landru79 (@landru79) April 23, 18https://twitter.com/landru79/status/988490703075463168?ref_src=twsrc%5Etfw

驚きの新事実！計測値は彗星の塵によって歪められていた

今回、NASA ゴダード宇宙飛行センターの惑星科学者キャスリン・マンド氏は、ロゼッタの測定値の再検証を試みている。しかも一部のデータではなく、もっと包括的にデータを検証してみることにしたのだ。

1 万 6000 以上もあるのロゼッタ測定値から重水素のデータを取り出すのは、非常に手間がかかる。そこで彼女らは高度な統計学的方法を採用することで、これを自動化した。こうして、ロゼッタがミッション中に計測したすべての水測定値を分析することに成功した。その結果、チュリュモフ・ゲラシメンコ彗星の水はこれまでの見解通り、地球の水と同じような重水素レベルであることが明らかになったのだ。つまり、一度はぐらついた彗星もまた地球に水を運んだという説が、再び裏付けられたということだ。

ではなぜ最初の分析では、3 倍もの異常な測定値が出たのだろうか？

マンド氏らの実験や彗星の観測結果から推測されるのは、ロゼッタの計測値が彗星の塵に影響されたということだ。たとえば、ロゼッタが彗星のコマで計測した重水素の量と、ロゼッタ周辺の塵の量とははっきりとした相関があることが突き止められた。このことは、コマに含まれる水の値は、彗星本体の水とはかけ離れたものになる可能性を意味する。彗星が太陽に近づくと、その表面が温まって気体が放出されるとともに、そこに混ざって水氷の粒子を含んだ塵も放出される。彗星のコマはこうしたものでできている。ここで重要なのは、重水素を含む水は普通の水よりも塵にくっつきやすいことだ。そのおかげでコマに含まれる塵の水は、重水素が濃くなる。だから彗星本体の水とはまた違った重水素比率になるのだ。これがロゼッタの異常な測定値の原因

であるようだ。 今回の発見によって、地球が水が豊富な惑星になるうえで、彗星もまた大きな役割を果たしていたという仮説が再び裏付けられた。 それと同時に、彗星をどのように観察するべきかという点でも大切な教訓が得られたことになる。 この研究

は『Science Advances [https://www.science.org/doi/10.1126/sciadv.adp2191]』（2024 年 11 月 13 日付）に掲載された。

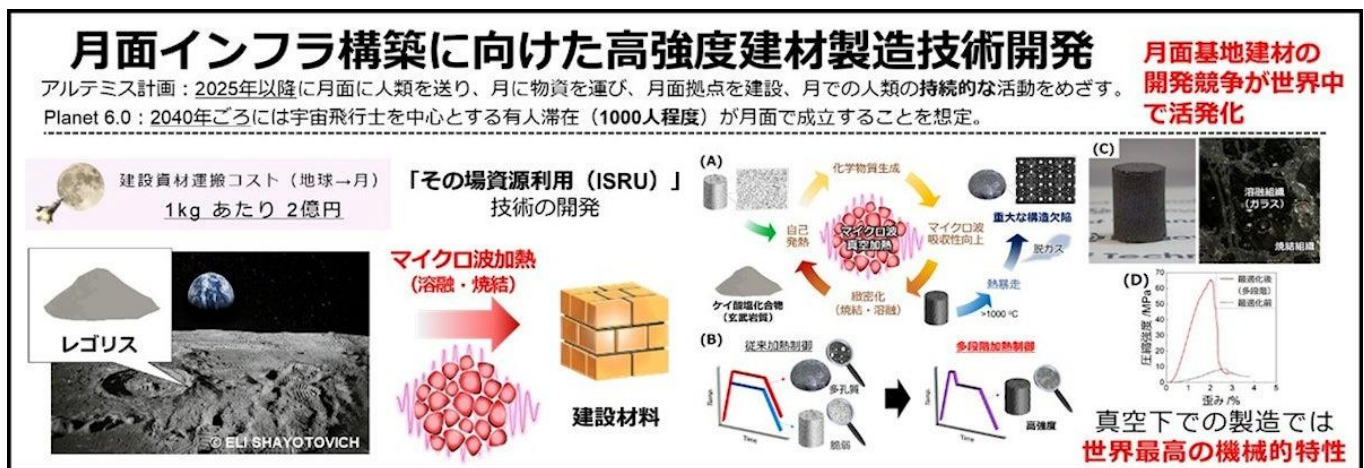
References: NASA' s New Discovery: Earth' s Oceans May Have Cosmic Origins [https://scitechdaily.com/nasas-new-discovery-earths-oceans-may-have-cosmic-origins/]

<https://news.mynavi.jp/techplus/article/20241217-3088278/>

名工大がレゴリスを用いた月面での建材製造技術を開発 - 高強度を達成

掲載日 2024/12/17 15:38 著者：波留久泉

名古屋工業大学(名工大)は 12 月 16 日、高真空中での月面模擬砂の化学構造およびマイクロ波応答性変化などから推定した諸現象を基に、月面模擬砂のみを用いた高強度建材を製造するための「マイクロ波真空加熱」技術を開発し、これまでの課題だった熱暴走を抑制することで世界最高レベルの圧縮強度を達成したことを発表した。



今回の研究の概要(出所:名工大 Web サイト)

同成果は、名工大 生命・応用化学類/先進セラミックス研究センターの白井孝准教授と同・加藤邦彦特任助教の研究グループによるもの。詳細は、[英オンライン総合学術誌「Scientific Reports」に掲載された。](#)

現在、2040 年ごろには月面に最大で 1000 人規模の有人活動拠点の建設が計画されている。月面でそのような施設を建設するには、コストの面から、月の表面を全面的に覆っている微粒子である「レゴリス」など、月面にある資源のみを活用した建材製造技術が求められている。

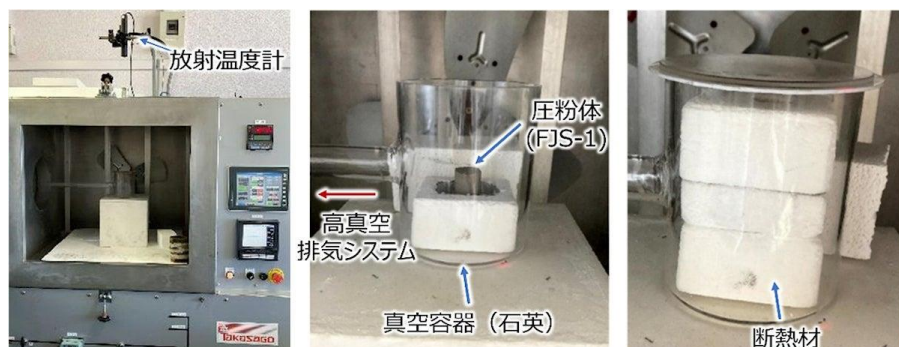
これまでに提案されている建材製造技術は、化学反応で固化させる手法や圧縮して押し固める手法、加熱して焼き固める・溶かす手法がある。中でも加熱を用いる手法は、材料をレゴリスとし最高レベルの機械的強度が得られる点が評価されている。ただし高真空中では、熱対流や熱伝導を利用する従来の電気炉加熱は非効率的とされていることから、研究チームは今回、マイクロ波加熱技術に着目したという。

レゴリスを材料とした場合に、月面でのマイクロ波加熱技術の課題となるのは、熱暴走だ。同手法を用いると、レゴリスを構成するケイ酸塩化合物の加熱溶融および冷却固化により緻密なガラス構造が形成されるが、熱暴走を起こして温度制御が困難になると、化合物自身の熱分解が顕著になる。さらに熱分解によるガス発生に伴い、冷え固まる過程で多孔質構造が形成されてしまう。この現象は特に真空中で観測され、成形時の形状を維持できないだけでなく、機械的強度を著しく低下させる致命的要因となるため、こうした温度制御の難しさから、マイクロ波加熱での建材製造は限界があるとされてきた。



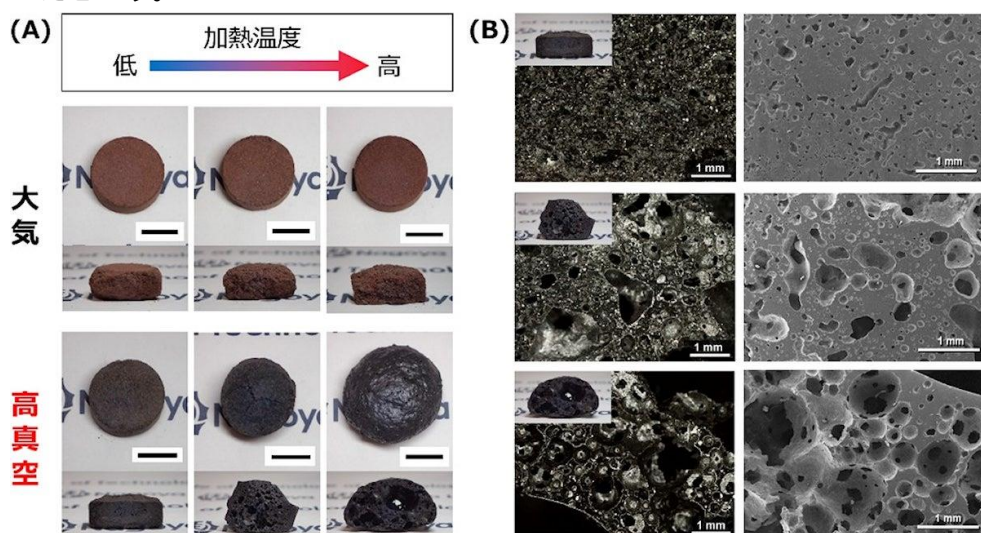
熱暴走による多孔質構造の形成例(出所:名工大 Web サイト)

そこで今回の研究では、レゴリスを模擬した月面模擬砂を用いて、高真空中におけるマイクロ波加熱挙動や微細構造・化学構造を詳細に調査することで、加熱中に引き起こされる諸現象を紐解き、課題の克服を目指したとする。



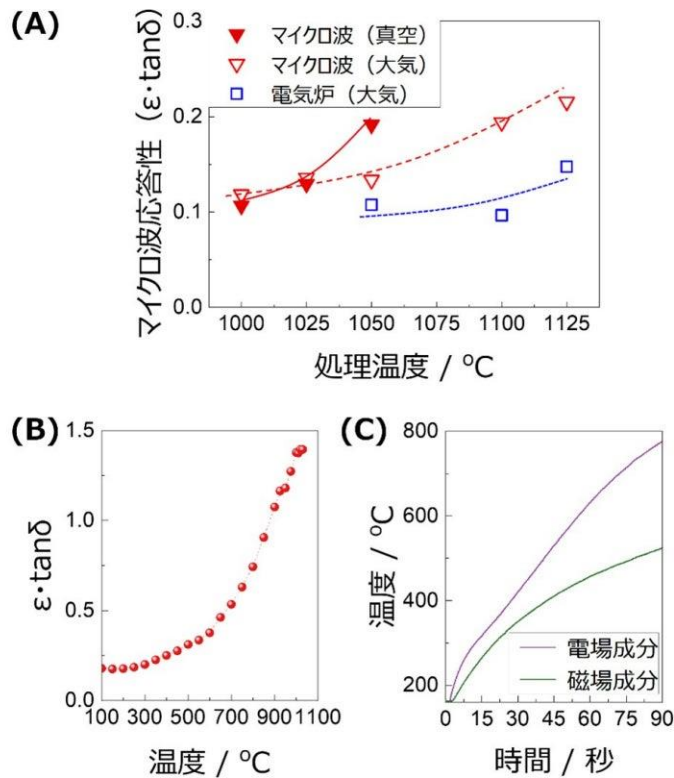
高真空マイクロ波加熱装置の概要(出所:名工大 Web サイト)

大気条件では加熱処理後も非常に脆いが、高真空条件では同じ処理温度であっても緻密質な構造体を得られたとする。しかし加熱処理温度がわずか 50°C 高いだけでも、状態が劇的に変化することが判明。熱暴走により、試験体内部には無数の気孔(数百マイクロメートルオーダー)が確認されたとした。なお加熱中の真空度をモニタリングした結果、 1000°C 以上で急激な真空度の低下が確認された。これは、ケイ酸塩化合物の熱分解によるガス生成が顕著になることに起因するものであ、生成ガスにはケイ素やナトリウムなどに加え、微量ながら鉄も含まれていたという。

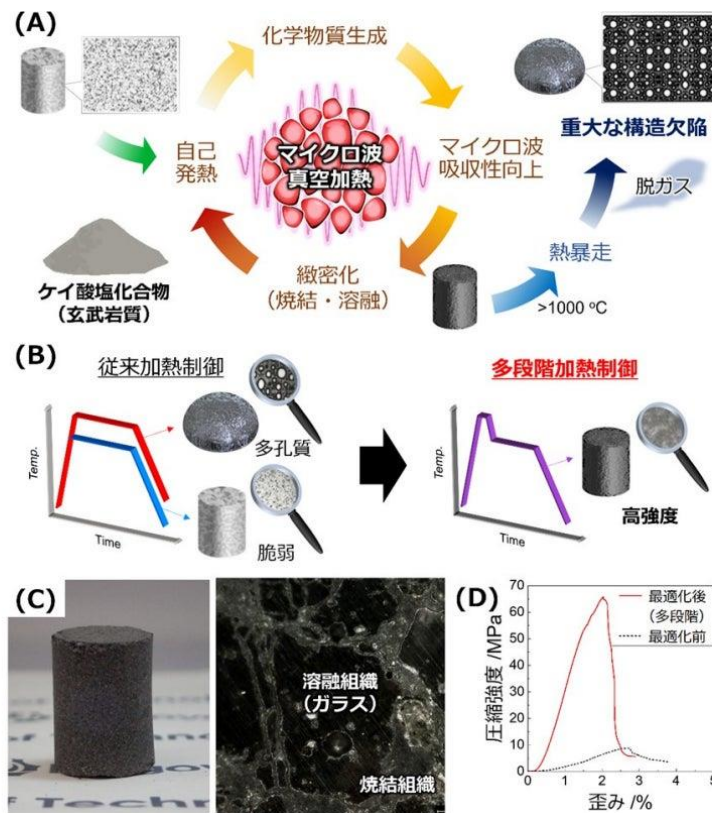


加熱雰囲気の違いによる形状比較。(A)処理雰囲気の違いによる外観変化(真空 vs.大気)。(B)真空加熱製造により得られた試験体の内部構造(出所:名工大 Web サイト)

次に、マイクロ波吸収特性についての詳細な調査が行われた。すると、真空加熱で作製された焼成溶融物は、大気加熱条件に比べ2倍近く高い吸収性を示したとする。また、この吸収特性には強い温度依存性があり、高温になるほど増加する傾向だったとしている。



(A)異なる処理温度、雰囲気(真空 vs.大気)および製造手法(マイクロ波 vs.電気炉)におけるマイクロ波吸収特性の変化。(B)温度依存性。(C)各マイクロ波成分(電場・磁場)への応答性(時間-温度変化)(出所:名工大 Web サイト)



(A)推定されているマイクロ波加熱中での諸現象。(B)加熱デザインの刷新(多段階加熱制御)。(C)新加熱デザインにより得られた試験体の外観。(D)機械的特性の比較(最適化前:一段階 vs.最適化後:多段階加熱)(出所:名工大 Web サイト)

さらに、マイクロ波の電場成分・磁場成分いずれに対しても高い応答性を示し、わずか 90 秒で 800°C 以上に到達したとのこと(マイクロ波電場印加時)。構造解析の結果、真空加熱時の黒色化はマイクロ波吸収性が高い「マグネタイト」(Fe_3O_4)の形成に由来することがわかった。真空加熱中での酸化鉄の化学構造変化が、マイクロ波吸収性向上に大きく寄与すると同時に、選択的マイクロ波応答による局所加熱・熱暴走を引き起こす要因となり

得ることが示唆されたとし、これは生成ガス中に鉄元素が含まれていたこととも一致するとした。

その後研究チームは今回得られた情報を基に、マイクロ波加熱製造技術の限界を克服するための加熱制御法「多段階加熱制御」を考案。それにより、3次元ガラスネットワークの形成促進と熱暴走・形状変化抑制の両立が達成されたとした。その結果、強力な静水圧冷間プレスなどの特殊な前処理なしで、世界トップクラスの機械的性能である圧縮強度(~65MPa)を持つ建材の真空加熱製造に成功したのである。

研究チームは現在、居住施設防護層や月離着陸機の離発着場・運搬路の舗装材の大量製造技術を研究開発中だ。また、レゴリスの鉱物組成は採掘場所によって大きく異なることから、今回の技術の実用可能性を検証するため、さまざまな鉱物組成を持つ月面模擬砂のマイクロ波加熱挙動や力学特性に及ぼす影響調査を網羅的に実施しているとする。さらに今後は、微小重力下での加熱溶融・ガス生成挙動が建材の微細構造や力学特性に及ぼす影響についても詳しく調査していく予定としている。

プロセス	雰囲気	加熱条件 -保持時間	前処理 (プレス圧)	圧縮強度 (MPa)	
マイクロ波	真空	≤1050℃- ≤30min (多段階加熱)	弱 (<30MPa)	~65	本研究
マイクロ波	大気	1125℃ -10min	n.a.	47	文献A
電気炉	大気	1120℃ -15min	弱 (40MPa)	250	文献B
電気炉	真空	1100℃ -3h	強 (200MPa以上)	150	文献C
電気炉	真空	1050℃ -2h	強 (200MPa以上)	~68	文献D
電気炉	真空	~1175℃	弱 (40MPa)	~38	文献E

類似研究との機械的性能比較表(出所:名工大 Web サイト)

<https://forbesjapan.com/articles/detail/75969> 2024.12.19 12:30

木星の火山衛星イオに「マグマの海」存在せず NASA 探査機データが示唆

 [Jamie Carter | Contributor](#)



木星の火山衛星イオを捉えた画像。木星から反射した太陽光（木星照）によって夜側が照らされている。57 回目の木星接近通過を実施した NASA 探査機ジュノーが 2023 年 12 月 30 日に撮影（Image data: NASA/JPL-Caltech/SwRI/MSSS Image processing by Emma Wälimäki © CC BY）[全ての画像を見る](#)

木星の衛星イオの火山噴火を捉えた画像。画像上部と中央下の 2 カ所に噴煙が見える。NASA の木星探査機ガリレオが撮影（NASA/JPL/University of Arizona）

木星の衛星イオの内部構造を描いた想像図。中心の核（赤黒色）の上部に大部分が固体のマントル（緑色）があり、局所的に大量の岩石溶融体（橙色）が存在する（NASA/Caltech-JPL/SwRI）

木星の火山衛星イオの表面下にあると従来考えられていた浅いマグマの海（マグマオーシャン）は、存在しない

可能性があるとする最新の研究結果が発表された。木星の四大衛星（ガリレオ衛星）の中で最も内側の軌道を周回しているイオは、太陽系全体の中で最も火山活動が活発な天体だ。表面には 400 を超える火山があり、地上の望遠鏡で[撮影できる](#)ほど激しい噴火を起こしているものもある。

木星探査機ジュノー

学術誌 Nature に 12 月 12 日付で[掲載](#)された論文によると、今回の研究は、2016 年から木星の周回探査と、その衛星へのフライバイ（接近観測）を行っている NASA の探査機ジュノーが収集したデータに基づくものだ。

ジュノーは 2023 年 12 月と 2024 年 2 月、表面からわずか約 1500km の距離までイオに接近し、画像を撮影した。これは、NASA の探査機ガリレオが木星の周回軌道に投入されて以降の 20 年以上の間にイオに接近したどの探査機よりも近くまで到達したことになる。画像は、ジュノーに搭載された 200 万画素のカメラ「JunoCam（ジュノーカム）」で撮影した。

全球規模のマグマオーシャン？

ジュノーによる画像撮影と接近観測時に実行された実験によって、マグマが局所的に分布しているのか、あるいは全球的に分布しているのかが明らかになると期待された。

今回の分析の結果、木星の影響によるイオの潮汐加熱量の推定により、イオの火山活動のエネルギー源がマグマオーシャンである可能性は低いことが明らかになった。

潮汐加熱

イオは、潮汐加熱を理解するのに太陽系で最適な天体と考えられている。巨大ガス惑星の木星だけでなく、その四大衛星のうちのイオを除く 3 衛星とも、常に重力の綱引き状態にある。また、公転軌道が楕円形（偏心軌道）のため、木星から受ける重力の強さが変化する。

公転周期の約 42 時間ごとに継続的に引き伸ばされたり押しつぶされたりすることで衛星が変形し、摩擦による潮汐加熱が発生する。この加熱量が非常に大きいため、表面下にマグマ（地下にある溶岩）が形成されるのだ。

[次ページ >イオのマントルは大部分が固体](#)

固体のマントル

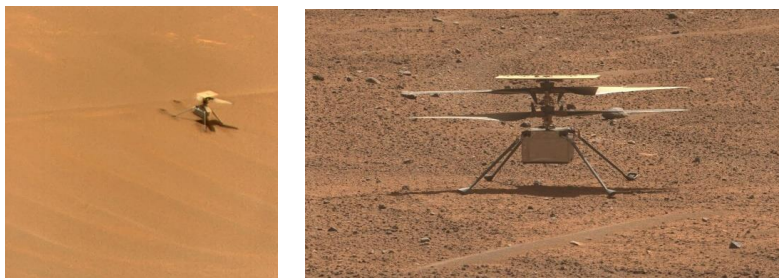
だが、論文によると、潮汐エネルギーの大きさが、イオの内部を全球的に溶かすには十分ではないため、地下にマグマオーシャンが存在する可能性は排除される。「イオでは、このようなマグマオーシャンの形成を可能にするには、潮汐加熱だけでは不十分であるようだ」と、論文に記されている。これにより、イオのマントル（地殻と核の間の層）の大部分が固体であることが示唆されると、論文は指摘している。

今回の発見は、木星のエウロパ、土星のエンケラドス、天王星の五大衛星などの太陽系の他の衛星に関する惑星科学者の理解に影響を与えるものだ。「これまでに見つかっている太陽系外惑星のグループでは、激しい潮汐加熱によってマグマオーシャンが形成される可能性がある」と広く考えられているが、イオのケースは、そうである必要はないことを示している」と、論文は結論づけている。（[forbes.com 原文](#)）翻訳＝河原稔

<https://sorae.info/space/20241220-ingenuity.html>

NASA が火星ヘリ「Ingenuity」最終飛行時に起きたアクシデントの調査を完了 史

上初“地球外航空事故”調査 2024-12-202024-12-20 [sorae 編集部](#)



【▲ アメリカ航空宇宙局（NASA）の火星ヘリコプター「Ingenuity（インジェニュイティ）」。火星探査車「Perseverance（パーシビアランス）」のカメラ「Mastcam-Z」で2023年8月2日に撮影（Credit: NASA/JPL-Caltech/ASU/MSSS）】

アメリカ航空宇宙局（NASA）のジェット推進研究所（JPL）は2024年12月11日付で、ミッションを終えた火星ヘリコプター「Ingenuity（インジェニュイティ）」の最後の飛行で起きたアクシデントの詳細な調査が完了したと発表しました。いわば“史上初の地球外航空事故”となった Ingenuity のアクシデントは、どのようにして引き起こされたのでしょうか。宇宙ステーショングッズ

Ingenuity とは

Ingenuity は日本時間 2021 年 2 月 19 日朝に着陸した NASA の火星探査車「Perseverance（パーシビアランス）」の下部に搭載される形で、火星のジェゼロ・クレーターへと運ばれました。

火星の環境は地球とは異なり、地表の重力は地球の約 3 分の 1、地表の気圧は地球の約 1 パーセントしかありません。大気が薄い火星でも動力飛行できることを実証するのが Ingenuity の使命であり、当初は 30 日間で最大 5 回の飛行が計画されていました。機体は高さ 49cm、重量 1.8kg と小型・軽量で、幅 1.2m のカーボンファイバー製ローター（二重反転式）と太陽電池を搭載。2021 年 4 月 19 日に実施された初飛行で、Ingenuity は高度 3m・30 秒間のホバリングを含む 39.1 秒間の飛行に成功し、火星における航空機の制御された動力飛行が可能であることを初めて証明しました。



【▲ 火星探査車「Perseverance」のカメラ「Mastcam-Z」で撮影された火星ヘリコプター「Ingenuity」初飛行の様子】（Credit: NASA/JPL-Caltech/ASU/MSSS）

【▲ 火星ヘリコプター「Ingenuity（インジェニュイティ）」が 2021 年 5 月 22 日に実施された 6 回目の飛行中に高度 10m から撮影した画像（Credit: NASA/JPL-Caltech）】

この 1 分に満たない初飛行は Ingenuity の旅の始まりに過ぎませんでした。3 日後の 2021 年 4 月 22 日に実施された 2 回目の飛行で初めて水平方向の移動に成功した Ingenuity は、「ライト兄弟飛行場(Wright Brothers Field)」と名付けられた離着陸地点を拠点に 4 回の飛行を重ねた後、5 回目の飛行（2021 年 5 月 7 日）では 129m 離れた場所に設定された新たな離発着地点へ移動することに成功。ミッションは技術実証から運用実証へと進み、Ingenuity は Perseverance の探査活動に役立てるための画像撮影を実際に行うようになりました。

[火星ヘリコプター「Ingenuity」の記事一覧](#)

NASA のジェット推進研究所（JPL）によると、Ingenuity は 2024 年 1 月 18 日までに合計 72 回の飛行を達成しました。総飛行時間は約 128.8 分、総飛行距離は約 17km で、最高速度は毎秒 10m（毎時 36km）、最高高度は 24m を記録。Ingenuity はその間に危険な地形でも自律的に着陸場所を選べるようにするためのソフトウェアアップデートを受けた他に、バッテリーの電力が不足して夜の間にヒーターをオンにし続けられないためにフライトコンピューターが定期的にフリーズしリセットしてしまうような厳しい冬を乗り越え、3 回の緊急着陸も経験しました。

72 回目の飛行で何が起きたのか？



【▲ 火星探査車「Perseverance（パーシビアランス）」が

2024 年 2 月 24 日に撮影した火星ヘリコプター「Ingenuity（インジェニユイティ）」。画像右端に写っているのが Ingenuity で、画像左端（Ingenuity から 15m 離れた場所）には 72 回目の飛行で損傷したローターブレードの一部が写っている（Credit: NASA/JPL-Caltech/LANL/CNES/CNRS）】

Ingenuity は 71 回目の飛行（2024 年 1 月 6 日）で約 125 秒間飛行する予定でしたが、実際には離陸から 35 秒後に緊急着陸しています。そのため、システムをチェックするための短時間の飛行として 72 回目の飛行（2024 年 1 月 18 日）が計画されました。この時、Ingenuity は高度 12m まで正常に垂直上昇したものの、降下中に地球との通信を中継している Perseverance との通信が途絶。通信は翌日に再確立されたものの、Ingenuity のカメラで撮影された画像は少なくともローターブレードの 1 つが損傷したことを示していたことから、Ingenuity はミッションを終えることになったのです。

[NASA が火星ヘリコプター「Ingenuity」のミッション終了を発表 約 3 年間で火星の空を 72 回飛行](#)（2024 年 1 月 26 日）

JPL と、NASA に協力したアメリカの防衛関連企業 AeroVironment（エアロバイロンメント）による調査の結果、Ingenuity のナビゲーションシステムが正確な情報を提供できなかったことがブレード損傷の原因となった可能性が最も高いと結論付けられました。

Ingenuity には機体の加速度と回転速度を測定する慣性計測装置（Inertial Measurement Unit: IMU）が搭載されていて、そのデータから推定される位置・速度・姿勢をもとに飛行制御システムが機体をコントロールします。たとえば「出発地点から北へ向かって毎秒 2m の平均速度で 5 秒間移動した」ことがわかれば、現在地点は出発地点から北へ 10m 進んだ場所だと推定することができます。ただ、計測で得られたデータにはある程度の誤差が生じるため、IMU のデータから推定された値と実際の値との差は時間が経つにつれて拡大してしまいます。

そこで、Ingenuity にはカメラを備えたナビゲーションシステムも搭載されていました。ナビゲーション用のカメラは飛行中に地表のモノクロ画像を毎秒 30 枚撮影します。ナビゲーションシステムは画像に写っている岩や砂紋といった地表の特徴を認識し、機体の移動や姿勢変更にもなう予測位置と実際の位置の差を割り出すことで、IMU のデータをもとに算出された推定値を補正するという仕組みです。

しかし、ナビゲーションシステムには限界がありました。地表に目立つ特徴が少ない場所では正確な情報を得ることが難しくなるのです。前述の通り Ingenuity のミッションは 30 日間で 5 回飛行する計画でしたが、運用実証へと進んだミッションは 3 年近くも続きました。その間に Ingenuity は Perseverance とともにクレーター内を移動しており、2024 年 1 月の時点では比較的特徴が少ない傾斜した砂地に来ていたのです。

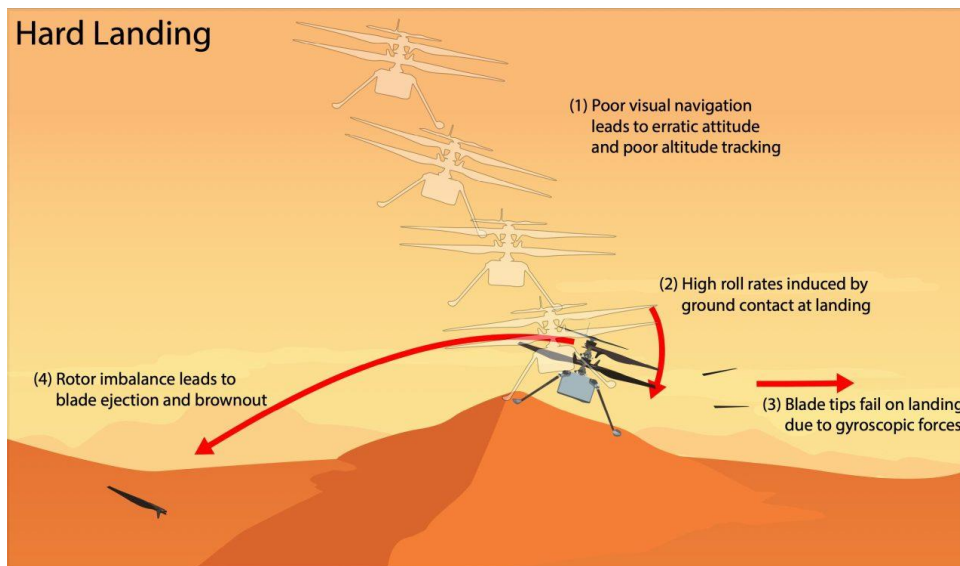
JPL によると、72 回目の飛行で高度 12m まで上昇した Ingenuity は離陸から 19 秒後に降下を開始し、32 秒後に地表へ到達しました。しかし、飛行中に送信されたデータは離陸から約 20 秒後の時点でナビゲーションシ

テムが十分な特徴を見つけられなかったことを示しており、飛行後に撮影された画像は着陸時の水平方向の速度が高かったことを示しているといえます。



【▲ NASA の小型ヘリコプター「Ingenuity」が 2022 年 4 月 8 日に実施された 24 回目の飛行中にナビゲーション用カメラで撮影した火星表面（動画）】（Credit: NASA/JPL-Caltech）

こうした情報をもとに、JPL は Ingenuity の 72 回目の飛行で起きたアクシデントについて、最も可能性が高いシナリオとして以下の内容を示しています。ナビゲーションシステムからの正確な情報を得られなかった Ingenuity は強い衝撃を伴って砂地に着陸し、機体には縦揺れと横揺れが生じます。揺れによる急激な姿勢の変化は高速で回転していたローターブレードに設計上の限界を超える負荷をかけることになり、4 枚のブレード全てが最も弱い部分（先端から 3 分の 1 程度）で折損。回転中のブレードが損傷したことで過剰な振動が引き起こされ、ブレードの 1 枚が根元から引きちぎられるとともに、過剰な電力需要が生じて一時的に通信が途絶えたとみられています。



【▲ 火星ヘリコプター「Ingenuity（インジェニユイティ）」72 回目の飛行時に起きた可能性が最も高いシナリオを解説した図（英語）。(1)ナビゲーションシステムから正確な情報を得られないまま降下した Ingenuity は、(2)砂地に激しく接地したため機体に縦揺れと横揺れが生じる。(3)揺れによる負荷で 4 枚全てのローターブレードが途中から折損し、(4)ブレード損傷にともなう振動で 1 枚のブレードが根元から引きちぎられる（Credit: NASA/JPL-Caltech）】

実はまだ眠ってはいない Ingenuity 今も週 1 ペースでデータを送信中

火星での動力飛行を実証するというミッションを終えた Ingenuity ですが、ローターブレードは損傷したもののシステムはまだ機能しており、JPL によれば天気の詳細データや電子機器のテストデータを 1 週間に 1 回程度のペースで Perseverance に送信しているといえます。

火星の“1 年”は地球の 2 年に近い 687 日間。3 年以上の時間を火星で過ごしている Ingenuity は、すでに一度冬を越しています。Ingenuity のプロジェクトマネージャーを務める Teddy Tzanetosさんは「コストを抑えつつも膨

大な計算能力を求められた Ingenuity は、市販されている既製品の携帯電話用プロセッサを深宇宙に送り込む初のミッションになりました」「継続的な運用が 4 年に迫りつつある現在、過酷な火星の環境で機能させるためのものを大きく、重く、放射線により耐えられるようにする必要があるとは限らないことを示しています」とコメントしています。



【▲ 火星探査用の回転翼機「Mars Chopper (マーズ・チョッパー)」のコンセプト (Credit: NASA/JPL-Caltech)】

【▲ 火星探査用の回転翼機「Mars Chopper (マーズ・チョッパー)」のコンセプト (動画)】

(Credit: NASA/JPL-Caltech)

その一方で、Ingenuity の先を見据えた研究も進められており、Tzanetos さんは SUV ほどの大きさがある火星探査用の回転翼機「Mars Chopper (マーズ・チョッパー)」を提案しています。Mars Chopper は 6 枚のブレードを備えたローターを 6 基搭載し、重量は Ingenuity の 20 倍ほど。最大 5kg の科学機器を搭載して 1 ソル (※) あたり最大 3km の飛行が可能とされています。

※...1 ソル (Sol) は火星の 1 太陽日、約 24 時間 40 分。

また、土星の衛星タイタンを探査する「Dragonfly (ドラゴンフライ)」ミッション (2028 年 7 月打ち上げ予定) では、8 基のローターを備えた回転翼機型の探査機がタイタンの空を飛んで移動する計画です。十分な重力がある天体の表面では車輪で移動する方法を選べるようになったのと同じように、今後の宇宙探査では十分な大気を持つ天体での移動方法として飛行を選ぶ探査機が増えていくはず。その先例である Ingenuity は、最後の飛行で起きたアクシデントも含めて重要な知見をもたらしたミッションとなりました。

[タイタン探査ミッション「ドラゴンフライ」ドローン型探査機はファルコンヘビーで打ち上げ](#) (2024 年 12 月 2 日) Source [NASA/JPL](#) - NASA Performs First Aircraft Accident Investigation on Another World

文・編集 / sorae 編集部

<https://uchubiz.com/article/new56257/>

京都大と鹿島、月面での人工重力居住施設を共同研究—構造や建設方法を検討

2024.12.19 16:00 [UchuBiz スタッフ](#)

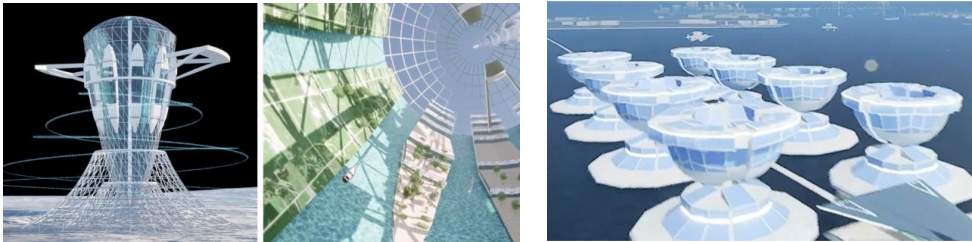
京都大学と鹿島は月面での人工重力居住施設の共同研究を開始した。12 月 18 日に発表した。

[2022 年に発表した共同研究](#)では、宇宙での居住に必要な人工重力、縮小生態系、人工重力交通システムという 3 つの構想を掲げ、基礎的な概念を構築した。同研究は、国内外から大きな反響を得たことで実現性を高める研究が本格的に必要と認識したと説明する。今回開始した共同研究では、これまでの概念実証から一歩進めて、将来的な実現に向けて、月面での人工重力居住施設の構造成立性や施工成立性、居住性、人体への影響評価、閉鎖生態系 (ミニコアバイオーム) の確立をそれぞれ研究する。地球上での実装につなげることを目標にしている。今回の共同研究では、(1) 人工重力居住施設の成立性、(2) ミニコアバイオームの成立性、(3) 地球上での過重力施設の実現性——という 3 つの目的を掲げている。

(1) では、宇宙や医療の分野から注目される「月面人工重力居住施設（ルナグラス）」の実現性を世界に先駆けて研究して、構造成立性と建設方法を検討する。宇宙居住の可能性を広げ、月や火星といった天体上でも地球と同程度の重力を実現することで人類の分断を防ぎ、恒久的で平和な宇宙進出が期待できるようになるとしている。

(2) では、宇宙独自の課題と閉鎖環境で成立する資源循環などの研究を通じて、地球上の環境問題解決につながる知見を得ることが目的。外部からの資源供給に期待できない、閉鎖環境での生態系の維持に必要な最低条件を追求することで今後の宇宙居住や地球環境保全に生かせる技術になることが期待できるという。

(3) では、概念実証を兼ねて計画する地球上の過重力施設について、回転体独自の課題に挑戦する。おわん型の活動空間は未来の月面などの居住空間体験になると説明。地球上での人工重力施設の実現性が確認できれば、骨粗鬆症抑制やトレーニングなど健康増進施設としての実用化が可能になるとしている。



(左から) 月面人工重力居住施設「ルナグラス NEO」とルナグラス NEO の内観（出典：鹿島）
地球上での過重力施設「ジオグラス」（出典：京都大学）

人工重力居住施設の実現には多くの課題があると説明。理想型を掲げ目標を設定することで、課題解決に向けたさまざまな分野の交流のきっかけになるという。施設内に生態系確立を研究することで地球環境の重要性を再認識し、地球外宇宙をも包含した持続可能な社会の構築に寄与できるとしている。今後は人工重力居住施設の実現に向けて、以下のような具体的な条件を確定させて成立性を検証する。

建設方法は現地材料利用、低重力など現地環境利用、遠隔操作現地無人施工を検討

月面に閉鎖居住空間を構築するための構造的課題として、天体の重力と遠心力、気圧に対する成立性を検証し、
建設方法を検討

回転する施設であり居住性を確認する必要。医学的見地からの適正遠心力環境（半径、回転数、合力）を検証して、人体に対する影響を評価

太陽による宇宙放射線の遮蔽を検討、施設材料種別の選定と厚みを検証

回転体独自の課題として内部での熱移動や流体挙動を解明し、回転安定性のためのアクティブ制御などを検討

研究プロジェクトは、京都大学 大学院 総合生存学館 SIC 有人宇宙学研究センターと京都大学の関連部局（工学研究科、理学研究科、防災研究所）と鹿島の共同研究として取り組む。取り組む体制としてはテーマごとに専門の京都大学教授陣が参加する。必要に応じて、その他の有識者の協力も得て進めていくとしている。

関連情報 [鹿島プレスリリース](#)

<https://forbesjapan.com/articles/detail/75851>

2024.12.15 17:00

宇宙は「理論予測値を上回る」速度で膨張中、JWST 最新観測で裏づけ



[Jamie Carter | Contributor](#)



約 43 億光年先にある銀河団 MACS0416。ジェイムズ・ウェッブ宇宙望遠鏡の赤外線画像とハッブル望遠鏡の可視光画像を合成して作成 (NASA, ESA, CSA, STScI, J. Diego (Instituto de Física de Cantabria, Spain), J. D' Silva (U. Western Australia), A. Koekemoer (STScI), J. Summers & R. Windhorst (ASU), and H. Yan (U. Missouri))

宇宙は現在、天文学の理論で説明できる値を上回る速度で膨張していると、ジェイムズ・ウェッブ宇宙望遠鏡 (JWST) の最新観測データに基づく研究結果が発表された。ハッブル宇宙望遠鏡 (HST) の過去の観測データを基に提唱された、未知のエネルギーが宇宙の加速膨張を後押ししているとする説を、今回の研究結果は裏づけている。これは、現実の自然の基本的事実に関する天文学者の理解の中に明白な欠落があることを意味する。

不完全な理解

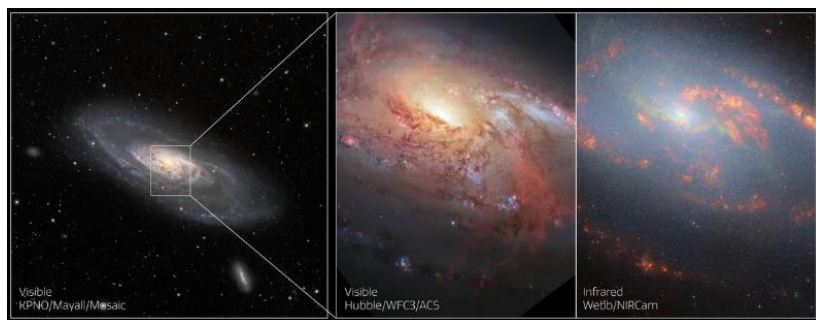
天文学誌 The Astrophysical Journal に 6 日付で[掲載](#)された今回の研究をまとめた論文の筆頭執筆者で、米ジョーンズ・ホプキンス大学ブルームバーグ特別教授およびトーマス・J・バーバー教授で 2011 年ノーベル物理学賞受賞者のアダム・リースは「宇宙の膨張速度の観測値と標準モデルの予測値との間の食い違いは、宇宙に関する理解が不完全である可能性があることを示唆している」と[指摘](#)している。「NASA の主力望遠鏡 2 基が互いの観測結果を裏づけ合っている状況にあっては、この (ハッブルテンション不整合) 問題を極めて真剣に受け止めなければならない。これは難題であると同時に、宇宙についてより多くを知るための途方もない機会でもある」

「ハッブルテンション」とは

HST による膨張速度の測定値が JWST によって裏づけられたことは、天文学にとってとてつもなく大きな意味を持つ。また、宇宙膨張の法則「宇宙は一様かつ等方的に膨張しており、銀河の後退速度と銀河までの距離は比例する」は、HST と同じく米天文学者エドウィン・ハッブルにちなんで「ハッブル・ルメートルの法則」と命名されているため、少しまぎらわしくなっている。

ハッブル・ルメートルの法則の比例定数「ハッブル定数」については、宇宙論の標準モデルから導く方法で、67~68km/s/Mpc (メガパーセクは 100 万 pc、1pc は 3.26 光年) の値が求められている。実質的にこれは宇宙の膨張率を表している。しかしながら、望遠鏡による観測では、70~76km/s/Mpc と、これより大きな値が得られている。2 つの値の違いは、測定や観測技術の誤差や不具合だけでは説明できないほど大きい。

[次ページ > JWST の高解像度観測で見る宇宙](#)



獵犬座の方向約 2300 万光年先にある渦巻銀河 NGC 4258 を、左から米キットピーク国立天文台 (可視光)、ハッブル宇宙望遠鏡 (可視光)、ジェイムズ・ウェッブ望遠鏡 (赤外) で撮影した画像 (ESA/Webb, NASA & CSA, J. Glenn, KPNO/NOIRLab/NSF/AURA, the Hubble Heritage Team (STScI/AURA), R. Gendler, M.T. Patterso, T.A. Rector, D. de Martin & M. Zamani)

高解像度で見る宇宙

JWST を用いた今回の最新研究では、銀河 NGC 4258 までの既知の距離を基準点として利用し、セファイド型変光星、Ia 型超新星、赤色巨星などが存在する別の複数の銀河までの距離を測定した。JWST による極めて高精度の測定の結果、ハッブル定数の値として 72.6km/s/Mpc が得られた。これは、同じ銀河に対して HST で求めたハッブル定数の値の 72.8 とほぼ等しい。

今回の研究に参加したジョーンズ・ホプキンス大の大学院生スーヤン・リーは「JWST のデータは、初めて高解像度で宇宙を見ているようなもので、測定の信号対雑音 (S/N) 比がかなり向上している」と指摘している。

初期のダークエネルギー

ハッブルテンションが生じる原因を明らかにすることは、天文学者にとって極めて重要になる。なぜなら、宇宙の構造の地図作成や宇宙を誕生させた大爆発ビッグバンの直後に何が起きたかの探究に取り組む中で、ダークエネルギーとダークマターの謎の解明につながるからだ。この2つは、宇宙を形作っているように見える正体不明の物質だ。

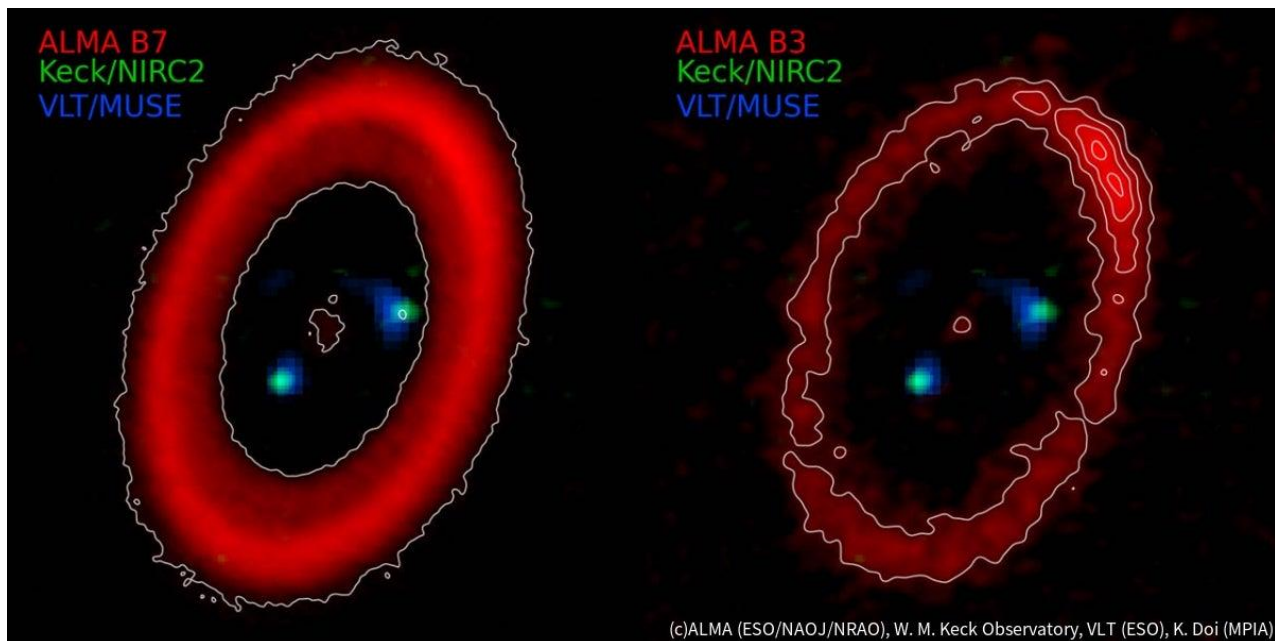
ハッブル定数の算出に協力したジョンズ・ホプキンス大の宇宙論研究者マーク・カミオンコウスキーは「ハッブルテンションに対する1つの考えられる説明は、初期宇宙に関する現在の理解に何か欠けている部分があるのかどうかだろう。それは例えば、ビッグバン後の宇宙に予想外の動力を与えた物質の新たな構成要素である、初期のダークエネルギーなどだ」と説明している。カミオンコウスキーは最近、ハッブルテンションについて考えられる新たな説明の考案を支援した。「また、この他にも次のような説明案がある。ダークマターの特異な性質、エキゾチック粒子、電子質量の変化、原始磁場などが効果を及ぼす可能性だ。理論研究者は、かなり独創的になってもよいのだ」と、カミオンコウスキーは続けた。(forbes.com 原文) 翻訳＝河原稔

<https://news.mynavi.jp/techplus/article/20241216-3087386/>

アルマ望遠鏡、すでに形成済みの系外惑星の外側に形成途中の惑星を観測

掲載日 2024/12/16 10:41 著者：波留久泉

国立天文台と総合研究大学院大学(総研大)の両者は12月13日、すでに2つの惑星が原始惑星円盤内に存在することが確認されている若いK型恒星「PDS 70」の周囲にある原始惑星円盤を、アルマ望遠鏡を用いて波長3mmでの高解像度で観測した結果、すでに発見済みの惑星軌道の外側に次の惑星の材料となる塵が局所的に集積している現場を捉えたことを共同で発表した。



PDS 70の擬似カラー合成画像。アルマ望遠鏡の観測データ(赤)のほか、ケック望遠鏡による赤外連続波画像(緑)、VLT望遠鏡による可視水素輝線画像(青)が合成されている。ケックやVLTで見える惑星の外側に、アルマ望遠鏡で見える塵がリング状に分布していることがわかる。(左)以前行われたアルマ望遠鏡による波長0.87mmでの観測画像。(右)今回の波長3mmでの観測画像。波長3mmでは、特に北西方向(画像右上)に塵の放射が集中していることが確認できる。(c)ALMA (ESO/NAOJ/NRAO), W. M. Keck Observatory, VLT (ESO), K. Doi (MPIA)(出所:国立天文台 Web サイト)

同成果は、国立天文台/総研大の土井聖明大学院生(現・独 マックスプランク天文学研究所 ポストドクトラルフ

エロー)らの国際共同研究チームによるもの。詳細は、[米天体物理学専門誌「The Astrophysical Journal Letters」に掲載された。](#)

2024 年 12 月 10 日現在、系外惑星は 5806 個が確認されており、中には複数の系外惑星からなる惑星系もある。惑星の形成は、まず若い星を取り囲む原始惑星系円盤の中で、マイクロメートルサイズの固体微粒子である塵からスタートすると考えられている。しかし、どのようにして塵が集まり、惑星系が形成されるのか、その過程はいまだ明確ではない。ケンタウルス座の方向に地球から約 370 光年ほどの距離にある PDS 70 は、太陽の約 0.9 倍というほぼ同程度の質量を持つ、年齢が約 1000 万年の若い K 型恒星だ。K 型とは星のスペクトルのことで、黄色矮星である G 型の太陽よりも若干表面温度が低く、やや赤い星である(M 型の赤色矮星ほど小さくはない)。同恒星の周囲には惑星形成の現場である原始惑星系円盤がまだ存在しており、これまでの可視光および赤外光による観測から、その中にすでに形成済みの惑星が 2 つ発見されており、このような惑星系は今のところ唯一となっている。PDS 70 の周囲の塵の分布を明らかにすることは、形成済みの惑星が周囲の原始惑星系円盤や、さらなる惑星の形成にどのような影響を及ぼしているのかを解明するための手掛かりとなるという。アルマ望遠鏡が同恒星を前回観測したときは波長 0.87mm での観測が行われ、形成済みの惑星の外側にリング状に分布した塵からの放射が確認されていた。しかし、この波長では塵が光学的に厚い(透明度が低く手前の塵が奥の塵が隠している)可能性があり、放射の分布が塵の分布に対応していない可能性があったとする。そこで研究チームは今回、アルマ望遠鏡で波長 3mm を用いて、PDS 70 の高解像度観測を行ったという。

波長 3mm と波長 0.87mm では、我々人間の感覚からするとほんのわずかな差にしか感じられないが、電波望遠鏡の観測においては明確な差がある。具体的には、波長 3mm は、波長 0.87mm の観測よりも光学的に薄い、つまり透明度が高いということであり、塵の分布をより正確に捉えることが可能だ。実際に今回の観測では、前回の観測結果とは異なる放射分布が確認された。すでに確認されている惑星のさらに外側に位置するリングの中でも、特定の方向に塵の放射が集中していることが突き止められたのである。このことは、成長した塵が狭い領域に集まっていることを意味しているとする。また、惑星の外側に見つかった塵の集まりは、すでに形成された惑星がその外側の狭い領域に塵を掃き集めていることを示唆しているという。この狭い領域に集められた塵が合体することで、次の惑星の形成へとつながるとした。太陽系のような複数の惑星からなる惑星系の形成は、このようなプロセスが繰り返されることで、内側から順に惑星が形成されることで説明できることが示されているとのこと(太陽系の場合、最初に木星ができたとする説がある)。今回の観測は、すでに形成された惑星が周囲の円盤に影響を及ぼし、惑星系の形成に至る過程を観測的に捉えることに成功した形だ。

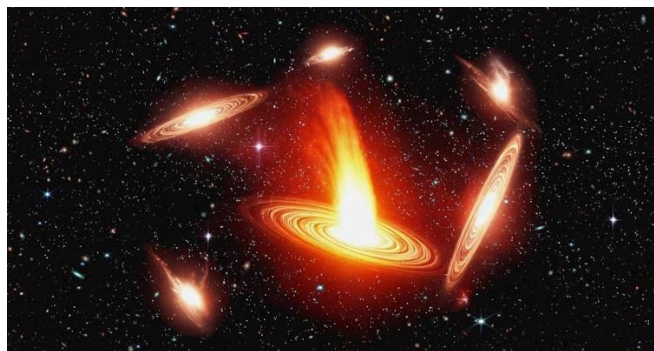
今回の論文の筆頭著者である土井大学院生は、「同じ天体内でも、その中の要素ごとに異なる波長で光を放射します。そのため、同じ天体を複数の波長で観測することで、それぞれ異なる要素の特徴づけができます。この天体では可視・赤外では惑星、電波では原始惑星系円盤が観測されました。本研究では、アルマ望遠鏡の観測波長域においても、波長ごとに異なる放射分布を示し、アルマ望遠鏡での複数波長での観測の重要性を示しています。それぞれの要素は互いに影響を及ぼし合うため、さまざまな望遠鏡、観測設定で異なる要素を観測し、それらを比較することで、その系全体の理解を深めることができます」と、今回の成果に対するコメントを残している。

<https://news.mynavi.jp/techplus/article/20241219-3089727/>

早大など、超大質量ブラックホールの活動と銀河の成長終了を JWST で観測

掲載日 2024/12/19 13:49 著者：波留久泉

早稲田大学(早大)は 12 月 18 日、銀河団を占めている成長を終えた巨大楕円銀河が、どのようにして星の形成をやめたのかを調べるため、110 億光年の彼方にある銀河団をジェイムズ・ウェッブ宇宙望遠鏡(JWST)を用いて観測した結果、超大質量ブラックホール(SMBH)の活動と共に銀河が一斉に成長を終える様子を捉えることに成功したと共同で発表した。



銀河団のイメージ(出所:早大プレスリリース PDF)

現在の宇宙で観測される銀河団の例(すばる望遠鏡の超広視野主焦点カメラ「Hyper Suprime-Cam」で撮影したペルセウス座銀河団)。銀河団は、宇宙の「都市部」といえるという。現在の銀河団は、古い星からなる巨大楕円銀河で占められているが、過去には、巨大銀河で活発な星形成が行われ、まさに宇宙の古代都市の建設ラッシュといえる時代があった。(c)国立天文台(出所:すばる望遠鏡 Web サイト)

同成果は、早大 高等研究所の嶋川里澄准教授、国立天文台の小山佑世准教授らの国際共同研究チームによるもの。詳細は、[英国王立天文学会が刊行する天文学術誌「Monthly Notices of the Royal Astronomical Society: Letters」に掲載された。](#)

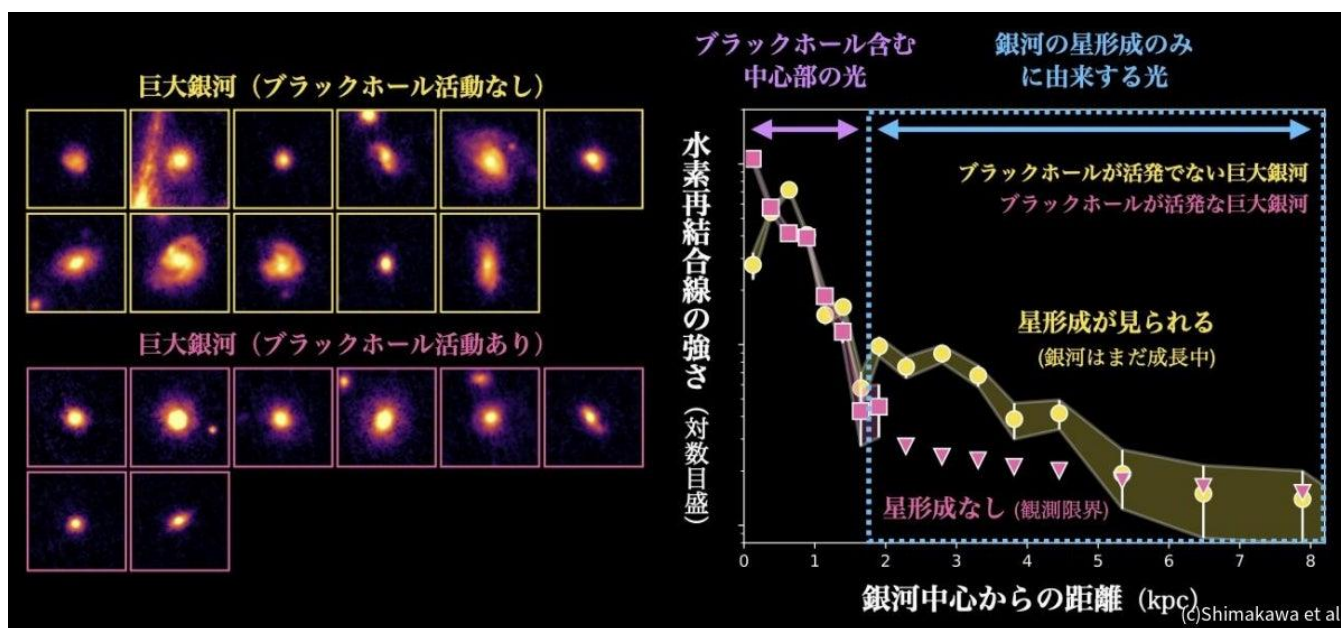
宇宙には数多くの銀河が存在するが、それらの多くは群れて集まっている。我々の天の川銀河の場合は、隣のアンドロメダ銀河などと共に局所銀河群を構成しており、半径 1 メガパーセク(326 万光年)以内に、50~60 個ほどの矮小銀河があるとされる。さらに宇宙には、より広いスケールにおいて、より多くの銀河が集まった銀河団も存在する。我々から最も近い銀河団が、史上初のブラックホール直接観測で知られる、太陽質量の約 65 億倍という宇宙屈指のサイズを誇る SMBH が中心に位置する巨大楕円銀河 M87 を中心とした、約 5500 万光年ほどの距離にある「おとめ座銀河団」だ(我々の局所銀河群は、おとめ座銀河団を中心とする「おとめ座超銀河団(局所超銀河団)」に属しており、その外れに位置している)。銀河は宇宙に等間隔で満遍なく存在しているわけではなく、このように偏って存在しており、銀河や銀河団などが集まって網目構造を形作っていることから、宇宙の大規模構造と呼ばれている。M87 のような銀河団を支配する巨大楕円銀河は、天の川銀河やアンドロメダ銀河などのような渦巻き構造がなく、星も形成しておらず、古い星の集団で構成されている。しかしこれは不思議なことで、通常なら銀河から SMBH の活動で吹き飛ばされたにしろ、元々銀河間空間に存在していたにしろ、星の材料となる水素などのガスが絶えず重力によって銀河に集まってくるという。特に、大型で強い重力を有する巨大楕円銀河にはガスが集中しやすいはずで、「銀河が星を形成しない」という状況はそう簡単に起こらないはずであるため、巨大楕円銀河がどのように形成されたのかは、今なお議論が続いている状況だ。現在指示されているものには、「銀河中心の SMBH からの持続的なフィードバック活動」という仮説がある。SMBH の持続的な活動によって、ガスの供給が途絶えたという内容で、例えるなら密室で酸素の供給が絶たれて段々と窒息しつつあるような状態だという。そこで研究チームは今回、SMBH の活動が銀河団にもたらす影響を検証するため、JWST に搭載されている近赤外カメラを用いて、現在の銀河団の祖先にあたる、約 110 億光年彼方の遠方宇宙に存在する銀河団の観測を行ったとする。

今回観測対象とされた銀河団には、巨大楕円銀河の前身である巨大銀河が多く存在していることが、研究チームによるこれまでの調査から明らかにされていた。近赤外線は、ヒトの目が捉えられる可視光線よりも波長が長いため、星間ダストの影響をあまり受けずに星形成や SMBH の活動を観測することが可能だ。



110 億光年の距離にある原始銀河団「スパイダーウェブ銀河団」。JWST が撮影した波長 1.2 マイクロメートル (μm)、1.8 μm 、4.1 μm の画像を青、緑、赤に割り当てて合成したカラー画像。JWST は波長 4 μm 帯で、従来の宇宙望遠鏡の 10 倍以上の空間分解能を有している。(c)Shimakawa et al.(出所:国立天文台 Web サイト)

そして、近赤外カメラの「狭帯域フィルター」(特定の波長で強く放射される光(輝線)を効率的に捉えられる)を通した観測により、星形成や SMBH の活動度を示す水素の再結合線を高解像度で得ることに成功したとする。その詳細なデータ解析が実施されたところ、活動的な SMBH がある銀河で、星形成に起因する光が出ていないことが判明。これは、SMBH が活動する銀河において、星形成が著しく妨げられていることを意味するという。銀河団を占める巨大楕円銀河の形成要因が、過去の SMBH 活動によるものだったとする理論予測を強く裏付ける結果だったとした。



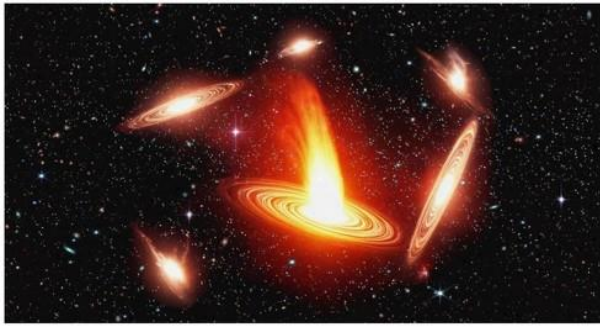
(左)原始銀河団中の 19 個の巨大銀河の赤外線像。(右)SMBH の活動の有無で分けた時の水素再結合線の強さの比較。SMBH の活動が活発でない銀河では、外側で銀河の星形成に由来する光が見えるのに対し、活動的な銀河では外側の光が検出されず、銀河が成長を終えていることが明らかにされた。(c)Shimakawa et al.(出所:すばる望遠鏡 Web サイト)

銀河と SMBH は、サイズのにはヒトと細胞くらいの差があるが、互いに干渉し合いながら成長(共進化)すると考えられている。共進化の解明は 2020 年代における銀河天文学の重要課題に位置づけられており、今回の研究が捉えた活動的な SMBH による星形成の抑制は、まさにこの共進化プロセスを裏付ける貴重な観測的証拠といえるだろうとする。研究チームによると、最新のシミュレーション予測とより直接的な比較検証を行うには、SMBH から周囲にどれほどのエネルギーが放出されているのか、またブラックホールの質量がどれほどなのかを知る必要があるという。これを実現するのはかなり困難とされるが、JWST にも備わる「面分光」と呼ばれる立体的に分光を行う観測技術を活用すれば、実現できる可能性があるとしている。

超巨大ブラックホールが“星の誕生”を妨げる——高解像な「110 億年前の銀河の群れ」をジェイムズ・ウェッブ宇宙望遠鏡で捉え実証 早稲田大など

2024 年 12 月 18 日 17 時 35 分 公開 [ITmedia]

早稲田大学と国立天文台などからなる共同研究チームは 12 月 18 日、超巨大ブラックホールが星の誕生を妨げている可能性が高いとの研究成果を発表した。NASA（米航空宇宙局）の「ジェイムズ・ウェッブ宇宙望遠鏡」で、銀河の内部まで詳しく調査した。ブラックホールの活動が銀河に与える影響を観測により実証できたという。



超巨大ブラックホールが星の誕生を妨げている可能性が高いとの研究成果を発表、早稲田大など（画像はプレスリリースより引用、以下同）

銀河団の中心にある「巨大楕円銀河」

宇宙には、銀河が密集している場所とほとんどない場所がある。銀河の密集している「銀河団」の中心にある特に巨大な銀河「巨大楕円銀河」は、新しい星を作らずに古い星のみで構成される。一方、通常は星の材料となるガスが銀河の重力によって絶えず集められるため、銀河が星を作らなくなることは珍しい。

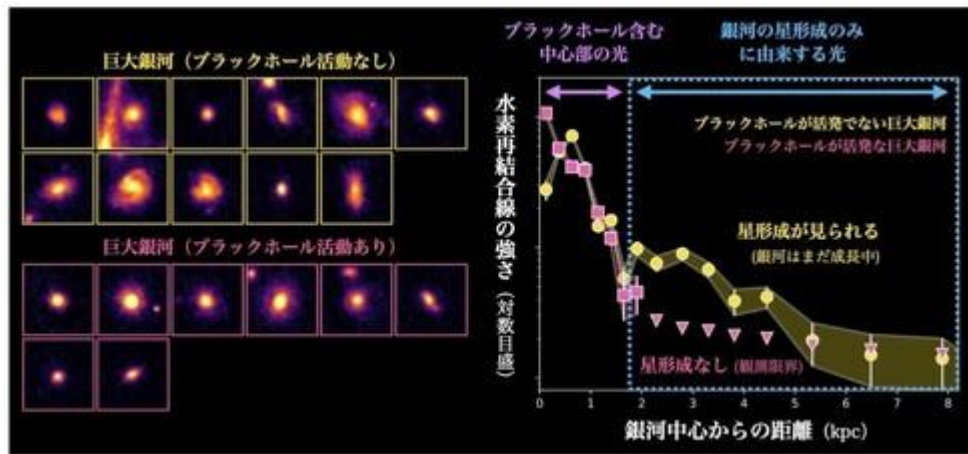
巨大楕円銀河の形成過程には諸説ある中、銀河の中心にある巨大なブラックホールの活動により、星の材料であるガスの供給が途絶えたとする仮説が支持されているという。研究チームは、仮説について「例えるなら密室で酸素の供給が絶たれて息がだんだんできなくなるような状態」と説明している。

研究チームは、ブラックホール活動が銀河団に与える影響を検証するため、ジェイムズ・ウェッブ宇宙望遠鏡に搭載された近赤外カメラで、宇宙の初期段階に相当する約 110 億年前の銀河団を観測した。近赤外線カメラにおいて観測する光の波長域を狭める「狭帯域フィルター」を通して、星の形成やブラックホールの活動する度合いを示す水素の再結合線（電離した水素イオンが電子と再結合する際に放出するスペクトル線）の高解像なデータを得られた。



ジェイムズ・ウェッブ宇宙望遠鏡で撮影した約 110 億年前の銀河団

データを解析したところ、活動的なブラックホールがいる巨大銀河では、同様のブラックホールがいない巨大銀河に比べ、星形成を示す光が出ていないことが判明した。この結果は「超巨大ブラックホールが活動する銀河において星形成が著しく妨げられていることを意味する」（研究チーム）という。過去の巨大なブラックホールの活動により、星を作らない巨大楕円銀河が生まれたという仮説を裏付ける結果としている。



超巨大ブラックホール活動の有無による水素再結合線の強さの比較

成果について研究チームは「観測した銀河団はわれわれ研究チームがすばる望遠鏡などを使って 10 年以上かけて調査してきた研究対象。今回ジェイムズ・ウェッブ宇宙望遠鏡で得られた最新のデータによって、これまで積み上げてきた銀河形成の理解や予測に対する『答え合わせ』ができるようになってきた。今後も引き続き解析を進め、残りの問題を解決していきたいと思う」とコメントした。 研究の成果は、英オックスフォード大学出版局の手掛ける天文学と天体物理学のオンラインジャーナル「Monthly Notices of the Royal Astronomical Society: Letters」に、同日付で掲載された。

Copyright © ITmedia, Inc. All Rights Reserved.