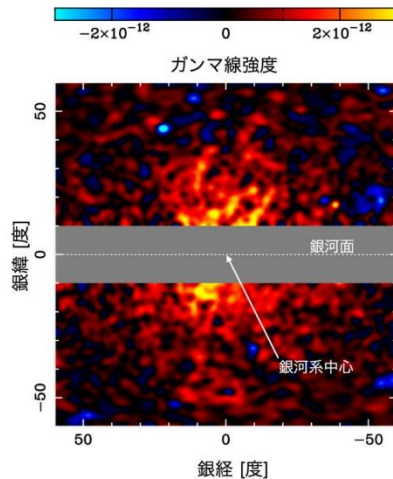


ダークマターの正体に近づく？ - 東大がガンマ線放射を天の川銀河ハローで発見

掲載日 2025/11/28 20:51 著者：波留久泉

東京大学(東大)は 11 月 26 日、米国航空宇宙局(NASA)のガンマ線宇宙望遠鏡「フェルミ」の最新データを解析し、天の川銀河の中心方向から、約 20 ギガ電子ボルト(GeV)のガンマ線が、角度にして 30 度以上にぼんやりと広がって放射されているのを発見したと発表した。



ハロー状に光るガンマ線放射の強度マップ(観測されたガンマ線強度マップから、ハロー以外の成分を除去したもの)。天の川銀河を中心とする銀河座標で表示されている(銀経は銀河面方向に測った経度、銀緯は銀河面から測った緯度。中央灰色のバーの銀緯 ± 10 度の銀河面領域は、天体起源の放射を避けるために解析から除かれた領域)(出所:東大 Web サイト)

そして、その性質はダークマターのシグナルとよく合致していたことから、天の川銀河を球状に取り囲んでいるとされる「ダークマターハロー」において、2つのダークマター粒子が対消滅してガンマ線に転化していること、またダークマターの正体が“WIMP”であることが示唆されたことも併せて発表された。

同成果は、東大大学院 理学系研究科の戸谷友則教授によるもの。詳細は、[宇宙論と素粒子天体物理学を扱う学術誌「Journal of Cosmology and Astroparticle Physics」に掲載された。](#)

ダークマターからの放射を初めて捉えた可能性も

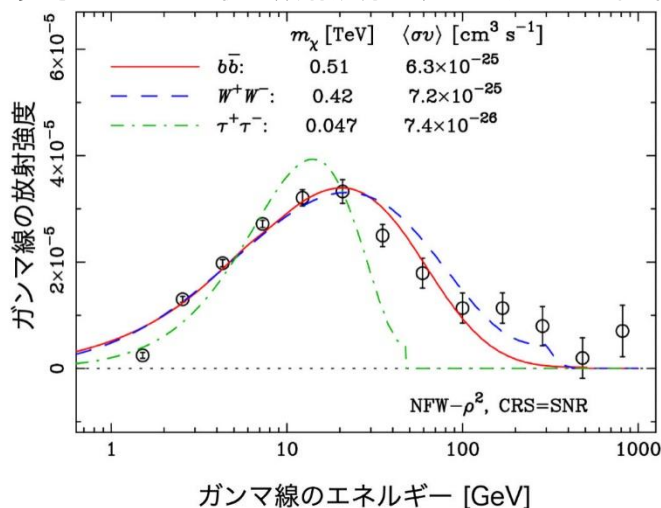
全宇宙のエネルギーの割合として、我々の身体や星々など、人類が観測可能な通常物質は 5%に満たない。これに対し、今のところ通常物質とは重力でしか相互作用が確認されていない未知の物質であるダークマターは、約 27%と圧倒的に多い。したがって、我々の宇宙は目に見えない物質によって支配されている状態であり、ダークマターを無視することはできないのである。ダークマターの正体としてさまざまな候補や仮説が提案されているが、中でも有力とされる 1 つが、未知の素粒子である「Weakly interacting massive particle(WIMP)」だ。ちなみに WIMP とは“弱く相互作用する重粒子”を意味する。WIMP 同士は稀に衝突し、光子などの他の粒子に変わる「対消滅」を起こすと考えられている。その際、GeV 以上の高エネルギーガンマ線を放射すると期待されており、ダークマターが密集する天の川銀河の中心方向などが長年観測の対象とされてきた。これは、ダークマターの対消滅に由来するガンマ線の検出を試みるためだ。しかし、天の川銀河の中心方向のように星が数多く密集し、超大質量ブラックホールも存在する領域からは、天体現象由来の強いガンマ線が発せられることも多いため、そうしたノイズとなる成分を丁寧に取り除き、WIMP 同士の対消滅に由来する微弱なシグナルを慎重に探し出すことが不可欠となる。そこで戸谷教授は今回、天体が多く存在する天の川銀河の中心方向から 60 度の範囲で、銀河面(銀河の円盤部分)に沿った領域を取り除いた上で解析を行ったという。

天の川銀河はおおよそ 10 万光年と見積もられているが、その 10 倍もの大きさで周囲をダークマターでできた球状のハローが取り囲んでいると考えられている。今回ターゲットとした範囲であれば、このダークマターハローからの放射が比較的強いと同時に、銀河面からの強烈な天体起源の放射を避けることが可能だ。

ただしガンマ線は、地表では大気に吸収されてしまうため、観測は難しい。そこで今回は、NASA のガンマ線宇宙望遠鏡であるフェルミのデータが使われた。同望遠鏡は 2008 年に打ち上げられ、今回ターゲットとされた領域のダークマター探索は、最初の 2 年分のデータを使用した結果が 2012 年に報告された。しかしそれ以

降は、あまり注目されていなかったのが現状だ。そこで今回の研究では、最新の 15 年分のデータを利用し、天体起源の放射を慎重に取り除いた上で、ハロー状の放射成分の有無が調査された。その結果、約 20GeV 付近で、球対称にぼんやり広がった放射成分が発見された。これは、ダークマターハローが放射している場合に予想される形状とよく一致しているという。さらに、この放射は特に強い 20GeV 付近よりも、エネルギー帯域が低くても高くても急激に弱くなることも明らかにされた。一般に、天体起源のガンマ線はさまざまなエネルギーで比較的均等に放射され、このような強いエネルギー依存性は示さないとしている。

一方、陽子の約 500 倍の質量を持つとされる WIMP の対消滅から予想される依存性とはよく合致していたとすることで、放射強度から見積もられる対消滅の頻度も、理論予想と概ね合致するという。これらの理由から、今回発見されたハロー状の放射成分は、ダークマター由来のガンマ線の有力な候補といえるとした。



ハロー状放射のエネルギースペクトル(ハロー状放射の強度をガンマ線のエネルギーごとに示したもの)。約 20GeV 付近でハロー状放射が特に強くなっている。陽子の約 500 倍となる 500GeV 程度の質量を持つダークマター粒子が対消滅し、最初にクォーク中で最も重い「ボトムクォーク」(b)とその反粒子、あるいは弱い力を媒介する素粒子「W ボソン」のペアが生じた場合に予想されるガンマ線スペクトル(赤線・青線)が、データとよく合致していた(出所:東大 Web サイト)

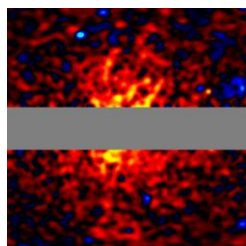
もし今回の発見が事実であれば、ダークマターの正体は WIMP ということになる。これは、現在の素粒子物理学の標準理論に存在しない新粒子が発見されたことにもなり、まさに天文学・物理学史上の重大な進展といえる。しかし研究チームによれば、最終的に確立するまでには、まだまださまざまな検証や研究が必要とのこと。別の研究チームの独立解析による検証や、天の川銀河のハロー中の矮小銀河など、他の領域からの対消滅ガンマ線の検出などが次のステップとなるとし、今回の成果が、ダークマターの正体解明の最初の突破口となることが期待されるとしている。

<https://wired.jp/article/dark-matter-gamma-ray-signal-milky-way-center/>

人類が初めて見た「暗黒物質」の証拠か。天の川銀河の中心からガンマ線が発見されたことの意味

暗黒物質に由来すると考えられるガンマ線を、このほど東京大学の研究チームが天の川銀河の中心方向で検出した。その性質は理論予測とよく合致しており、人類が初めて“見た”暗黒物質の証拠になりうるかもしれない。

Ritsuko Kawai 2025.11.28



天の川銀河の中心方向に広がるハロー状のガンマ線放射。中央の灰色の部分は銀河面に対応する領域で、解析から除かれたもの。Photograph Courtesy of Tokyo University

宇宙を満たす物質の約 85%は、光を放たない正体不明の[暗黒物質（ダークマター）](#)が占めると考えられている。その存在は銀河の回転速度や重力レンズ効果から間接的には[確認されている](#)ものの、いまのところ直接観測するには至っていない。こうしたなか、東京大学大学院理学系研究科の戸谷友則教授が観測衛星からの最新データを解析し、[天の川銀河の中心方向にハロー状にぼんやりと広がるガンマ線の放射を発見した](#)。その性質が暗黒物質の有力候補である「WIMP」という素粒子が対消滅する際に放出されるガンマ線の理論予測とよく合致していることから、暗黒物質からの放射を[初めて捉えた可能性がある](#)という。

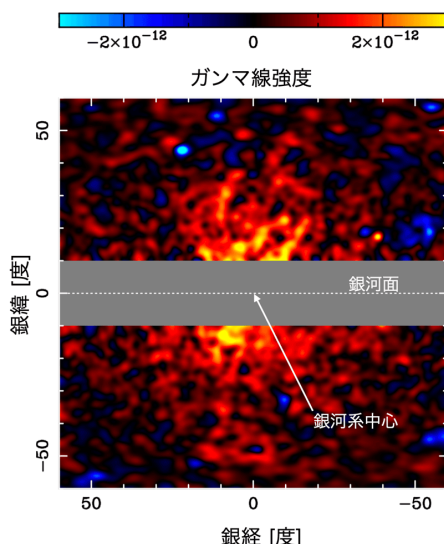
これが本当に暗黒物質からのガンマ線であることが確定すれば、天文学や物理学における最大の難問のひとつがついに解明されることになる。

長年の論争に終止符か

このほど検出されたガンマ線は、約 20 ギガ電子ボルト（陽子の質量エネルギーの約 20 倍に相当）のエネルギーをもち、球対称に広がっている。この範囲でガンマ線が特異的に強くなり、それより低い領域や高い領域では急激に弱くなるという特徴があった。一般的な天体が放出するガンマ線は、幅広いエネルギー範囲で比較的均等に観測されることから、このような鋭いピークは極めて異例だという。理論的には、陽子の 500 倍程度の質量をもつ WIMP が対消滅する際の放射パターンと一致している。今回の研究では、2008 年に打ち上げられた観測衛星のフェルミ望遠鏡が 15 年間にわたって収集してきた長期のデータを使用している。観測対象は天の川銀河の中心方向から 60 度の範囲で、銀河面（銀河の円盤が広がる平面）に沿った領域は除外している。銀河面には[超新星残骸](#)や[パルサー](#)といった天体が密集しており、強烈なガンマ線を放射しているからだ。こうした天体起源の放射を慎重に取り除いたうえで、[暗黒物質ハロー](#)（ダークマターハロー：銀河を球状に取り囲む暗黒物質の分布）からの微弱な放射成分を探索したのである。天の川銀河の中心方向からの過剰なガンマ線放射は、フェルミ望遠鏡による観測が始まった 2009 年以来、長年にわたって論争の的となってきた。銀河の中心部は暗黒物質が高密度で存在する領域とされることから、一部の研究者はこれを暗黒物質の証拠と考えていた。ところが 2020 年、東京大学カブリ数物連携宇宙研究機構のオスカー・マシアスらの国際研究チームが、この解釈に疑問を投げかける[研究結果を発表](#)した。マシアスらの解析によると、銀河中心部からのガンマ線の分布は暗黒物質の対消滅で予測される滑らかな球状や楕円形ではなく、棒状の構造を示していた。2022 年には、この過剰放射の正体は「ミリ秒パルサー」と呼ばれる高速で自転する古い中性子星である可能性が高いと[結論づけている](#)。ミリ秒パルサーは、連星系の伴星から物質を吸い取って加速した中性子星で、ガンマ線を放射することが知られている。こうした研究により、“暗黒物質説”は一時的に後退を余儀なくされていた。

見えない物質を捉える挑戦

今回の発表で特筆すべきは、観測領域を銀河中心から 60 度の範囲とし、かつ銀河面の強烈な放射を慎重に除外した点にある。この手法により、2012 年の初期解析では捉えきれなかった暗黒物質ハローからの微弱な放射成分を、抽出できた可能性があるからだ。さらに、15 年分という長期データの蓄積も、統計的な信頼性を高めている。マシアスらが指摘した銀河中心付近の棒状構造とは異なり、より広範囲に及ぶ球対称の成分を捉えたと解釈できる。



ハロー状に光るガンマ線放射の強度マップ。天の川銀河を中心とする銀河座標で表示。銀経は銀河面方向に測った経度、銀緯は銀河面から測った緯度。観測されたガンマ線強度マップから、ハロー以外の成分を除去したもの。銀緯±10度の銀河面領域は、天体起源の放射を避けるために解析から除かれた（中央灰色の部分）。暗黒物質の正体として最も有力視されている WIMP とは、「弱く相互作用する大質量粒子（Weakly Interacting Massive Particle）」を意味する。理論的には質量が陽子の 10 倍から 10 万倍程度の範囲にあるとされ、2 つの WIMP が衝突して対消滅する際に高エネルギーのガンマ線を放射すると考えられている。

これまで XMASS（旧神岡鉱山の地下にある素粒子観測施設。2024 年 10 月に実験終了）をはじめ、世界中で直接的な検出実験が実施されてきたが、これまでのところ WIMP の存在を裏付ける決定的な証拠は得られていない。また、欧州の[大型ハドロン衝突型加速器（LHC）](https://www.newsweekjapan.jp/stories/technology/2025/11/579985.php)でも WIMP の候補のひとつである超対称性粒子の検出を試みた事例もあるが、その痕跡は見つかっていない。一方で間接的な検出の分野では、銀河中心や[矮小銀河](#)といった暗黒物質が密集する領域からのガンマ線の観測が続けられてきた。チェレンコフ望遠鏡アレイ（高エネルギーガンマ線が大気中で引き起こす空気シャワーの光を捉える地上観測施設）などが、より高エネルギー領域での WIMP の探索を進めている。今回の発見は、こうした多角的な探索活動のなかで得られた新たな手がかりといえる。ただし、このガンマ線が暗黒物質に由来すると断定するには、天体物理学的な起源を完全に排除する必要がある。暗黒物質の存在は、銀河の回転曲線や宇宙マイクロ波背景放射の観測から確実視されている。宇宙初期のわずかな密度のゆらぎから、暗黒物質の重力によって通常の物質が引き寄せられ、最初の星や銀河が誕生したと考えられている。しかし、その正体や性質は 100 年近く謎のまま。WIMP のほかにも、極めて軽い仮説上の粒子「アクシオン」や、通常のニュートリノとは異なる性質をもつ「ステライルニュートリノ」が暗黒物質の候補として提唱されているが、いまだ決定的な証拠はない。今回の発見が暗黒物質に由来すると確定するかどうかは、今後の検証にかかっている。別の観測装置による独立した研究や、理論的な検討が重ねられることで、近い将来に真実が明らかになることが期待される。見えない宇宙の大半を占める暗黒物質の正体が明らかになる日は、そう遠くないのかもしれない。（Edited by Daisuke Takimoto）

<https://www.newsweekjapan.jp/stories/technology/2025/11/579985.php>

100 年以上宇宙最大の謎だった「ダークマター」の正体を東大教授が解明？ 「人類が見るのは初めて」 It Took 100 Years, but We May Finally Have ‘Seen’ Dark Matter

2025 年 11 月 27 日（木）18 時 45 分 ハンナ・ミリントン



宇宙にはまだまだ解明されていない謎も多い（写真はイメージ） Artsiom P-shutterstock

＜宇宙の大きな割合を占めるダークマター。今まで理論上の存在だったが、その姿が判明したかも＞

銀河を結びつけ、我々の周囲に満ちているとされる不可視の物質、ダークマター。暗黒物質とも呼ばれるこの存在は約 100 年前にスイスの天文学者フリッツ・ツビッキーによって提唱されたが、その正体は長らく謎に包まれてきた。[【写真】100 年以上の時を経て、ついに観測されたダークマターの姿](#)

ダークマターは光を吸収せず、反射も放出もしないため、直接観測したりその正体を理解したりするのは極めて困難だ。ある理論によれば、ダークマターは「弱く相互作用する質量のある粒子（WIMP）」であり、陽子よりも重い一方、他の物質との相互作用は非常に弱いとされる。

しかし、この WIMP 同士が衝突すると、対消滅を起こし、ガンマ線の光子などの粒子を放出するという。研究者たちは長年、この現象を手掛かりにダークマターを明らかにしようとしてきた。天の川銀河の中心などのダークマターが集中していると予測される領域を観測し、特徴的なガンマ線の信号を探してきたのだ。そしてついに、東京大学の研究者たちが、フェルミ・ガンマ線宇宙望遠鏡の最新データの中に、ダークマター

の証拠と思われるものを発見した。東京大学大学院理学系研究科の戸谷友則教授（天文学）は「これまでも多くの研究がフェルミ衛星（NASA が運用している宇宙からの高エネルギーガンマ線を観測するための人工衛星）のデータを使ってダークマターの探索を試みてきた。今回の研究が成功した鍵は、銀河中心から離れた、これまでほとんど注目されてこなかった『ハロー』（銀河の中心から銀河全体を包み込むように球状または楕円状に広がる、星間物質や球状星団がまばらに分布している領域）に着目したこと、そして 15 年にわたり蓄積されたデータを用いたことだ」と本誌に語った。

[次のページさらなる検証も必要](#)

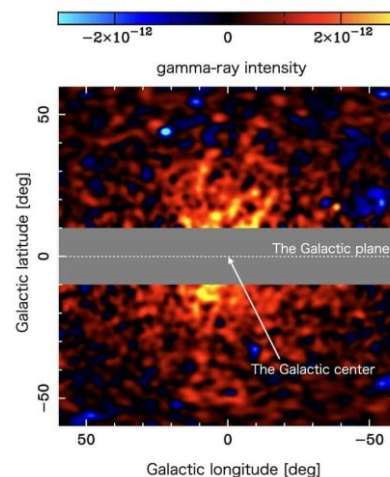
さらなる検証も必要

「我々は、光子エネルギー（光を構成する粒子、光子（フォトン）が持つエネルギー）が 20 ギガ電子ボルト（1 電子ボルトは、1 個の電子が 1 ボルトの電位差で得るエネルギーを指す。200 億電子ボルトは、極めて大きなエネルギー）に達するガンマ線を検出した。このガンマ線は天の川銀河の中心に向かってハロー状に広がる構造を持っており、放射分布は（理論上予測されていた）ダークマターハローの形状と非常によく似ていた」と戸谷は言う。「もしこれが正しければ、人類は初めてダークマターを『見た』ことになる。そして、このダークマターは現在の素粒子物理学の標準模型には含まれていない、新たな粒子ということになる。天文学と物理学における大きな前進だ」戸谷によると、観測されたガンマ線の強度から推定される WIMP の対消滅の頻度も、理論的な予測の範囲内に収まっている。さらに、観測されたガンマ線は、他の一般的な天体現象や放射によって簡単には説明がつかないため、今回のデータがダークマターによるガンマ線放出の可能性が高いと考えている。「もしこの発見が正しければ、ダークマターの正体が WIMP であることを突き止めたことになる。宇宙論における最大の謎のひとつに答えを示すことができる」と戸谷は語る。「素粒子物理学の標準模型に含まれていない新たな素粒子の発見を意味するだけでなく、基礎物理学における重大な進展をも意味する」しかし、この成果は他の研究者による独立した解析によって検証されなければならず、これがダークマターであるかどうかはさらなる証拠が必要だ。「これが真にダークマターであると確信するには、同じスペクトルのガンマ線が、たとえば矮小銀河といった他の領域からも検出されることが必要だ」と戸谷は本誌に説明した。「フェルミ衛星や、CTAO のような地上の大型ガンマ線望遠鏡によるデータのさらなる蓄積が極めて重要になる」

<https://www.newsweekjapan.jp/stories/technology/2025/11/579986.php>

【写真】100 年以上の時を経て、ついに観測されたダークマターの姿

2025 年 11 月 27 日（木）18 時 45 分



宇宙の大部分を占めるダークマターの正体とは？（写真はイメージ） Phuoc Quy Nguyen-shutterstock
<宇宙の大きな割合を占めるダークマター。今まで理論上の存在であったが、その姿が判明したかも>

[次のページ【動画】宇宙人の乗り物と噂される天体「3I/ATLAS」](#)

1 [2](#) [3](#) [4](#) [5](#) [6](#) [7](#) [8](#) [9](#) [10](#) [11](#) [12](#) [次のページ](#)

<https://news.mynavi.jp/techplus/article/20251126-3721147/>

宇宙飛行士の“業務省力化ロボ” 開発へ スペースエントリーと日本低軌道社中

掲載日 2025/11/26 16:00

スペースエントリーは、民間宇宙ステーションにおけるロボティクス運用利用サービス事業の展開に向け、国際宇宙ステーション(ISS)の日本実験棟「きぼう」の後継機開発を進める日本低軌道社中と産業横断協議・連携を始めた。



宇宙飛行士の業務を省力化する「宇宙ロボット」イメージ

2030 年の ISS 退役後、いわゆる“ポスト ISS 時代”は民間主体に移行することで新たな市場が生まれ、多くの企業が宇宙産業に進出すると予想される。欧米では民間企業が商業宇宙ステーションを開発中で、日本でも「きぼう」の後継機となる「日本モジュール」や、新型宇宙ステーション補給機をベースとした「商用物資補給船」(HTV-XC)の本格開発を日本低軌道社中が進めている。

現在の宇宙飛行士の任務は分刻みのスケジュールで、宇宙環境を利用した各種実験から、きぼうのシステム管理や修理などの運用業務まで、多くの仕事を担う。スペースエントリーは遠隔化・自動化・自律化技術を搭載した宇宙ロボットを開発することで、「宇宙飛行士のタスクを増やさずに多くの企業が宇宙産業に参画できる未来」を構想している。具体的な開発・運用イメージとして、宇宙飛行士とのコミュニケーション機能や、自由な移動機能、物資の運搬機能を備え、日本モジュール内での実験実施機能を備えたロボットシステムを構築。このロボットは、複数の地上拠点から宇宙ステーション内にアクセスでき、遠隔操作による運用を可能にする。同システムの運用により、宇宙飛行士の業務を軽減するほか、業務や生活のサポート、訓練コストの縮小などに寄与することで、日本モジュールの利用を効率化・促進するほか、エンターテインメントなどにも活用可能とのこと。こうした宇宙ロボティクス運用利用の実現に向け、スペースエントリーは、ロボットの開発や環境試験、地上拠点の設計・開発、実証実験などを進めていく。

https://www.afpbb.com/articles/-/3610744?cx_part=top_category&cx_position=4

中国製「月の土壌レンガ」が初の宇宙実験完了 状態は良好

2025 年 11 月 27 日 14:20 発信地：中国 [[中国](#) [中国・台湾](#)]

CGTN
Japanese



「月の土壌レンガ」サンプル＝2025 年 11 月 26 日提供(c)CGTN Japanese

【11 月 27 日 CGTN Japanese】月面での建造研究用に中国が初めて造った「月の土壌レンガ」のサンプルが 1 年間の船外暴露実験を経てこのほど有人宇宙船「神舟 21 号」と共に無事地球に帰還しました。研究者がふたを開けて検査した結果、「月の土壌レンガ」サンプルの状態が良好であることを確認しました。

今回戻ってきたシリアル番号 R5 のサンプルユニットは、「月の土壌レンガ」サンプル 34 枚からなり、総重量は約 100 グラムです。宇宙放射線や温度差などの極端な環境試練を 1 年間にわたり経験したばかりです。

これらの「月の土壌レンガ」サンプルは中国の研究チームが実際の月の土壌の成分に基づいて模擬材料を調製

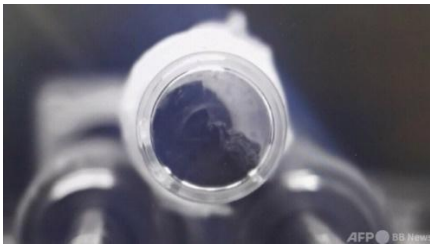
し、熱圧焼結、電磁誘導焼結、マイクロ波焼結の3種類の成形技術を用いて製造したもので、耐圧強度は通常レンガの3倍以上です。

「月の土壌レンガ」サンプルの宇宙実験では、主に力学的性能、熱学的性能、放射線抵抗性の三つの性能を検証しました。実験期間中、研究者は地上でも一連の同期実験を実施しました。(c)CGTN Japanese/AFPBB News

https://www.afpbb.com/articles/-/3610802?cx_part=top_category&cx_position=1

中国の科学者 月裏側土壌の粘性の謎を解明

2025 年 11 月 27 日 15:30 発信地：中国 [[中国](#) [中国・台湾](#)]



実験中の月の裏側の土壌サンプル＝2025 年 11 月 26 日提供(c)CGTN Japanese

【11 月 27 日 CGTN Japanese】中国科学院の研究チームはこのほど、中国の月探査機「嫦娥 6 号」が 2024 年 6 月に月の裏側から持ち帰った土壌サンプルが、砂漠よりも数万倍以上乾燥しているものの、やや粘性があり固まりやすい性質で、その質感は地球の粘土に似ている一方で、粘性を持つ原因が水ではないことを明らかにしました。

研究によると、月の裏側の土壌の粒子は表側に比べて微細で、月の表側の土壌を「砂」に例えるならば、裏側は「小麦粉」に近い状態です。乾燥した状態の中で砂をつかむと、指の隙間からこぼれてしまいましたが、小麦粉ならば手の中で小さな塊になりやすいということです。また、月の裏側の土壌粒子の形態はより複雑で、輪郭がはっきりしており、表面は粗く粒子間の摩擦効果が著しく増大しています。このような特徴により、静電気作用などが際立ち、はっきりとした粘性を持つ特徴がみられます。このほか、研究チームの分析によると、月の表側が地球磁場から部分的に保護を受けているのに対し、裏側は完全に帯電粒子や隕石（いんせき）、微小隕石などの宇宙環境にさらされているため、絶え間ない「衝撃」を受け、裏側の土壌粒子は十分に粉碎、溶融、飛散、混合され、最終的に微細で粘性のある土壌が形成されたとのこと。 (c)CGTN Japanese/AFPBB News

https://www.newsweekjapan.jp/stories/world/2025/11/579643_1.php

動画あり】息をのむ美しさ！ 太陽のエネルギーが創る「壮大な光のショー」を見逃

すな！

2025 年 11 月 25 日（火）17 時 30 分 ニューズウィーク日本版編集部



ROSS HARRIED - NURPHOTO - REUTERS

<太陽は現在、太陽活動が最も活発になる「極大期」に突入している>

11 月 11 日、米ウィスコンシン州の夜空に色鮮やかなオーロラが出現した。

[【動画】 ウィスコンシン州に現れた色鮮やかなオーロラのタイムラプス](#)

これは、太陽から放たれた強大なエネルギーが地球に到達し、大気中のガスと反応して生み出されたもの。現在、太陽は約 11 年周期のうち活動が最も活発になる「極大期」に突入しており、この間はこうした現象がより頻繁に観測される。太陽と地球が生み出す壮大な天体ショーだ。

【関連記事】[【動画】 宇宙人の乗り物と噂される天体「3I/ATLAS」](#)

[【動画】 NASA はどうやって小惑星や地球近傍天体を発見、追跡、監視している？](#)

[次のページ【動画】 ウィスコンシン州に現れた色鮮やかなオーロラのタイムラプス](#)

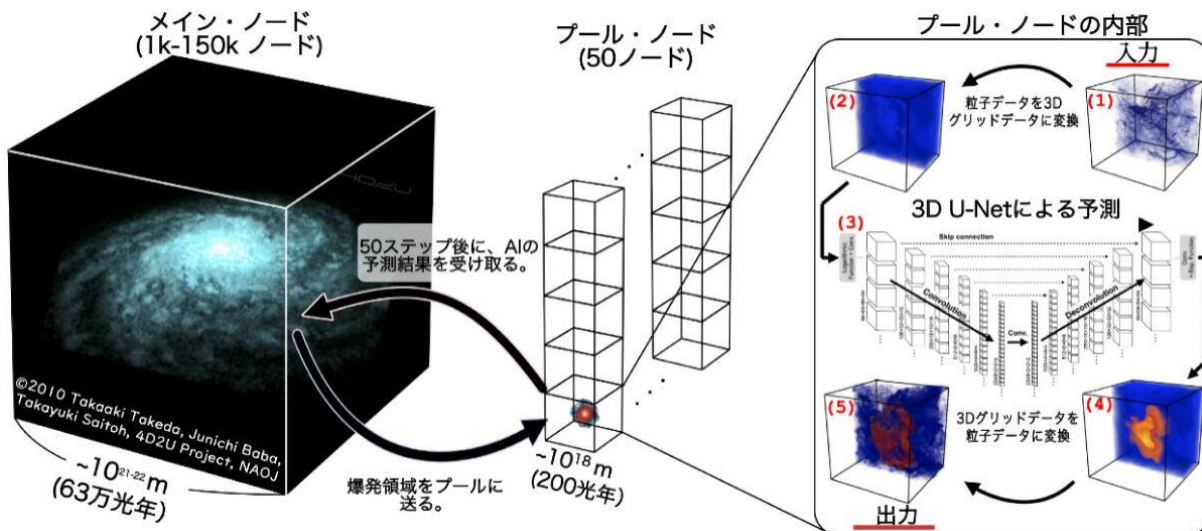


<https://news.mynavi.jp/techplus/article/20251126-3717794/>

天の川の個々の星を再現 - 理研などが最高解像度の銀河シミュレーションが実現

掲載日 2025/11/26 06:00 著者：波留久泉

理化学研究所(理研)、神戸大学、筑波大学の3者は11月21日、スーパーコンピュータ「富岳」とAIを用い、3000億個の粒子で個々の星を再現する、世界最高解像度の天の川銀河シミュレーションを実現したと共同で発表した。



今回開発された銀河シミュレーションコード「ASURA-FDPS-ML」の概念図(出所:神戸大 Web サイト)

同成果は、理研 数理創造研究センター 数理基礎部門の平島敬也 基礎科学特別研究員、神戸大大学院 理学研究科の斎藤貴之准教授、同・牧野淳一郎特命教授、筑波大 計算科学研究センターの吉川耕司准教授らの国際共同研究チームによるもの。詳細は、[HPC などの国際会議「SC25」の論文集に掲載された。](#)

「富岳」の活用で超高解像度のシミュレーションを実現！

従来の銀河シミュレーションは多くの制約から、個々の星の運動や超新星爆発の衝撃波といった多階層的な物理現象を再現できず、低解像度にとどまっていた。空間解像度を高めるにはシミュレーション中の粒子数を増

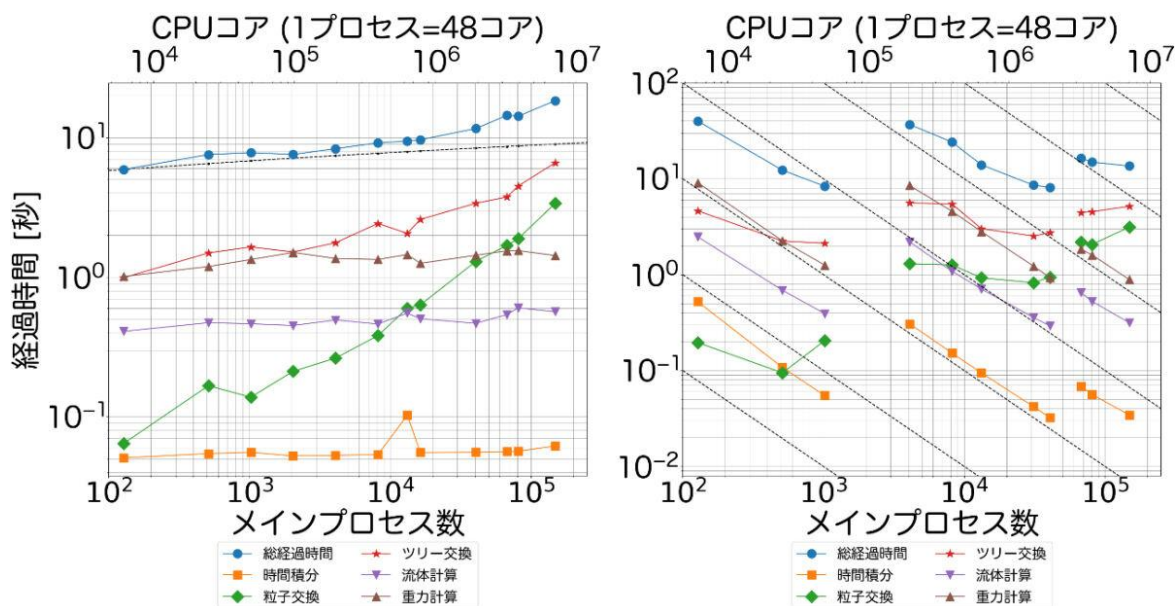
やし、時間解像度は時間刻みを縮める必要がある。しかし、それでは最先端のスーパーコンピュータでも 1 回のシミュレーションに数年を要すると予想されていた。

この課題克服のため、研究チームは、短い時間刻みが必要な超新星爆発によるガスの広がり的高速予測 AI を用いた「サロゲート・モデル」を開発。今回の研究ではそれをさらに発展させ、粒子法を基盤に、重力相互作用の計算には「N 体計算」を、ガスの流体運動やエネルギー輸送には「SPH 法」を適用。両者を統合したコードを構築し、星単位で表す高解像度かつ大規模な天の川銀河シミュレーションを開発したという。

従来は、影響の小さい超新星爆発などの急激な変化のみが非常に短い時間刻みを必要とし、それが全体の時間刻みを制約し、並列効率を著しく低下させていた。そこで、短い時間刻みが必要な領域のみを切り出し、サロゲート・モデルに超新星爆発直後のガスの挙動を高速に予測させるハイブリッド方式を導入。その結果、計算効率が最大で従来比の約 20 倍に向上した。さらに、深層学習モデルの学習は GPU 上に、シミュレーション中の推論(予測)はシミュレーション本体と同じ CPU 側に最適化して組み込むことで、CPU と GPU 間のデータ転送に要する待ち時間という新たなボトルネックも回避された。

コード開発とベンチマーク測定には、「富岳」の約 15 万ノード(700 万コア超)を使用し、従来の 100 倍以上の高解像度となる総粒子数 3000 億個が達成された。これにより、天の川銀河を星単位で解像する初の「star-by-star」シミュレーションが実現されたのである。

また、「富岳」全体を用いた性能評価では、弱スケーリング(計算領域と粒子数を比例して増加)と、強スケーリング(総粒子数を固定したままノード数を増加)の双方で高効率を示された。粒子交換などのノード間通信が増加する大規模並列条件下でも、重力と流体の相互作用などの主要な計算部分は、多数ノード環境で良好な性能を維持できることが示された。



今回のシミュレーションコードの並列性能を、「富岳」上で約 15 万ノード規模まで評価した結果。計算領域と粒子数を比例して増加させた弱スケーリング(左)、総粒子数を固定したままノード数を増やした強スケーリング(右)の結果を示す。共に高い並列効率を維持しており、「富岳」全体規模(約 15 万ノード・700 万コア超)においても計算性能が良好に保たれることが確認された(出所:神戸大 Web サイト)

コード開発では、多様なアーキテクチャ向けに最適化が進められた。その結果、一般的な x86-64 系 CPU や、「富岳」の AArch64 系 CPU などの複数のアーキテクチャ、さらに CUDA を用いた NVIDIA GPU などのアクセラレータ上でも、高い移植性と性能が確保された。特に GPU に関しては、東京大学と筑波大学の共同運用スーパーコンピュータ「Miyabi」上で最適化し、GPU を用いた重力相互作用計算で並列化効率約 38%が達成された。今回の成果により、個々の星が起こす超新星爆発や、それに伴うガスの加熱・膨張・冷却などの過程が、銀河全体の進化と整合的に追跡可能となった。加えて、サロゲート・モデルにより時間刻みの制約を回避しつつ、銀河スケールの統計量(星形成率やガス流出入率など)を従来と同等の精度で再現可能に。長時間・高解像度の銀河進化解析に向け、このシミュレーションを実装する有効性が示されたとする。

今後は、今回よりも長時間進化させ、位置天文観測衛星ガイアなどの観測データと星の軌道や金属量、年齢分布を直接比較することで、渦巻腕や棒構造、厚い円盤の形成過程を時系列で検証することが可能になるとのこ

と。さらに、星形成や超新星爆発によるエネルギー供給を通じ、星間ガスがどのように加熱・攪拌され、銀河外への流出と再取り込みを追跡し、ガスと元素の循環過程の一貫した調査も可能になるという。これにより、太陽系や生命の材料となる元素が、銀河のどの環境でいつ生成され、運ばれてきたのかに迫れるようになるとした。

今後は、GPU を基盤とする AI for Science 開発用スーパーコンピュータ(2026 年度稼働予定)や「富岳」の次世代機(開発名「富岳 NEXT」)への展開を進め、銀河から宇宙論スケールまでの多階層的な現象を、高精度かつ高効率に再現する新しい大規模シミュレーションの基盤技術として発展することが期待されるとしている。

<https://news.mynavi.jp/techplus/article/20251125-3698515/>

中国の有人宇宙計画で“初の危機” 「神舟二十号」損傷、飛行士は別の宇宙船で

帰還

掲載日 2025/11/25 17:00

著者：鳥嶋真也

目次 [デブリが狂わせた帰還計画](#) [中国の「生命第一、安全第一」の原則とデブリの脅威](#)

2025 年 11 月 5 日に地球への帰還を予定していた中国の有人宇宙船「神舟二十号」で、帰還直前の点検中に窓ガラスに小さなひびが見つかった。原因はスペース・デブリ(宇宙ごみ)の衝突とみられ、宇宙飛行士 3 人は 9 日後の 11 月 14 日、すでにドッキングしていた別の宇宙船「神舟二十一号」に乗り換えて地球へ戻った。

運用中の宇宙船が損傷し、宇宙飛行士が別の宇宙船で帰還するのは、中国の有人宇宙計画では初の事態である。



神舟二十号のクルーを乗せて帰還した、神舟二十一号の帰還カプセル (C)CMSE

神舟二十号の打ち上げ (C)CMSE

デブリが狂わせた帰還計画

中国の有人宇宙船「神舟二十号」は 4 月 24 日、長征二号 F ロケットによって酒泉衛星発射センターから[打ち上げられた](#)。神舟二十号には、陳冬氏、陳中瑞氏、王傑氏の 3 人の宇宙飛行士(タイコノーツ)が搭乗した。陳冬氏は過去に神舟十一号と十四号で宇宙飛行の経験を持ち、今回はミッション全体を統括する司令官を務めた。陳中瑞氏と王傑氏は、今回が初めての宇宙飛行となった。神舟二十号は打ち上げから約 6 時間後、中国宇宙ステーション(CSS)にドッキングし、3 人は前任クルーと交代して約半年間の長期滞在ミッションに入った。ミッションでは、4 回の船外活動が実施されたほか、宇宙材料や生命科学の実験など、多岐にわたる研究が行われた。そして 10 月 31 日には、新たな交代クルーとなる 3 人の宇宙飛行士を乗せた「神舟二十一号」が打ち上げられ、翌 11 月 1 日に CSS にドッキングした。

当初の計画では、陳氏ら神舟二十号の宇宙飛行士は、11 月 5 日に宇宙船に乗り込み、CSS から離脱して地上へ戻る予定だった。しかし同日朝、中国有人宇宙工程弁公室(CMSE)は、「神舟二十号にスペース・デブリが衝突した疑いがあり、影響分析とリスク評価のため帰還を延期する」と発表した。

延期発表から 9 日後の 11 月 14 日、CMSE は評価結果を公表した。それによると、神舟二十号の帰還カプセルにある小さな舷窓のガラスに「細かい亀裂」が見つかり、その原因は外部からのスペース・デブリとの衝突によるものと判断された。また、影響評価のために、窓周辺の画像解析、構造図面の再確認、衝突シミュレーション、さらには地上での風洞実験を行った結果、CMSE は「この状態では有人飛行の安全要求を満たさない」と判断した。それを受け、CMSA は神舟二十号を使わず、陳冬氏ら 3 人を神舟二十一号に乗り換えさせて帰還させる計画を発表した。そして 11 月 14 日、神舟二十一号は CSS から離脱し、内モンゴル自治区にある東風

着陸場に無事着陸した。3人の健康状態は良好だという。一方で、神舟二十一号の本来の宇宙飛行士3人は、当初の計画どおり約6か月間、CSSでの長期滞在を続ける。ただし、彼らを送り届けた宇宙船は神舟二十号の宇宙飛行士の帰還に使われたため、現在は自分たちの帰還船がない状態にある。このため、次の宇宙船「神舟二十二号」を前倒しし、無人で打ち上げることとなった。打ち上げ日は未定だが、CMSAは「適切なタイミングで」打ち上げるとしている。また、無人であるものの、補給物資を搭載し、事実上の補給船として打ち上げられる。損傷した神舟二十号については、神舟二十二号がCSSにドッキングしたのち、無人で帰還させるとしている。



神舟二十号のクルーを乗せ、地球に帰還した神舟二十一号の帰還カプセル (C)CMSE

中国の「生命第一、安全第一」の原則とデブリの脅威

中国の有人宇宙計画は「生命第一、安全第一」を原則とし、ミッション中にはつねに予備を用意するという運用方針が採用されている。有人飛行に用いる長征二号Fロケットの打ち上げ時には、次のミッション用のロケットがすでに組み立てられ、緊急時に備えられている。

また、毎回のクルー交代時に新旧2機の神舟宇宙船が同時にドッキングする運用としておくことで、いずれか一方にトラブルが起きても、もう一方で帰還できる余地を確保している。もっとも、神舟は1機あたり3人乗りであり、交代期に6人が同時滞在しているあいだに1機が失われた場合、残る1機だけで全員が一度に脱出できるわけではない。そのようなケースでは、ドッキング中の神舟と、地上で待機している救出用の神舟を組み合わせて段階的に退避させることになる。今回のように、実際に「行きは神舟二十号、帰りは神舟二十一号」という宇宙船の入れ替えが行われたのは初めてだった。「生命第一、安全第一」の方針が、宇宙飛行士の安全確保のために具体的に機能した事例といえよう。もっとも、「なぜ神舟二十二号を先に打ち上げてから、神舟二十一号を帰還させなかったのか」という点は、疑問として残る。

CSSには、当面6人での運用を続けるだけの物資の余裕もあり、本来であればまず神舟二十二号を先に打ち上げ、CSSに2機の健全な神舟がドッキングしている状態をつくったうえで、事態への対応を進めるべきだったのではないかと推察される。そうしておけば、本来の神舟二十一号の宇宙飛行士も、万が一のときには自分たちの帰還船で脱出できる体制を維持したまま、神舟二十号の宇宙飛行士を帰還させることができたはずである。現状では、CSSで緊急避難が必要になった場合、残っている神舟二十一号の宇宙飛行士は、損傷した神舟二十号で脱出せざるを得ない。逆に言えば、神舟二十号がまったく使い物にならないのであれば、神舟二十一号を先に帰還させることはせず、神舟二十二号を先に打ち上げたはずだ。すなわち、CMSEは「通常の帰還ミッションに使うにはリスクが高すぎるが、他に手段がない緊急時であればなお選択肢になりうる」という評価を下したことになる。したがって、今回の事態は予期せぬことではあるものの、致命的で深刻とまでは言えない事態であったと推察される。国際宇宙ステーション(ISS)の運用でも、損傷や不具合が疑われた宇宙船を避け、代替の宇宙船を用いて乗組員を帰還させた事例がある。

2022年には、ロシアの「ソユーズ MS-22」宇宙船のラジエーターで冷却材漏れが発生し、NASAとロスコスモスは、原因は微小隕石による衝突の可能性が高いと説明したうえで、無人の「ソユーズ MS-23」を早期に打ち上げて乗員を帰還させている。今回の神舟二十号の件は、その中国版と言えるケースである。

[ISS 停泊中のロシア宇宙船「ソユーズ」から冷却液漏れ、原因や影響は不明](#)

[ロシアの宇宙船を相次いで襲った冷却剤の漏洩事件、前代未聞のその真相とは？](#)

2024年には、米国ボーイングの宇宙船「スターライナー」の初の有人飛行試験で、技術的なトラブルが発生し、宇宙飛行士は別の宇宙船で帰還しなければならなかった。

[ボーイングの新型宇宙船「スターライナー」、帰還が大幅遅れ - いったいなぜ？](#)

[有人帰還を断念、ボーイングの新型宇宙船「スターライナー」を襲った問題とは？](#)

[トランプとイーロン・マスクの「宇宙飛行士救出計画」の真意とは？ 政治が技術を歪める危うさ](#)

[NASA が宇宙船打ち上げ前倒し、トランプ氏の"宇宙飛行士救出指示"で異例の決定](#)

有人宇宙飛行は本質的に大きな危険を伴う営みであり、どれほど技術が進歩しても、そのリスクをゼロにすることはできない。過去には大きな悲劇が何度もあった。

近年の神舟、ソユーズ、スターライナーの事例は、原因はそれぞれ異なる。それでも、少しでも懸念があればその宇宙船には宇宙飛行士を乗せず、代わりの宇宙船で帰すという判断は共通している。

こうしたリスクは今後も低下する見込みはない。とくに、神舟二十号が直面したデブリ問題の背景には、人工衛星やロケットの打ち上げが本格化した 1960 年代以降、悪化傾向が続いてきた。近年は衛星破壊兵器の実験や衛星コンステレーションの拡大などもあり、低軌道の混雑が一段と強く懸念されている。追跡可能なのは主に大きなデブリに限られるため、神舟二十号の窓を傷つけたような微小デブリは、「どこから飛んでくるのか分からない」リスクとして、世界中の運用現場を悩ませている。こうした環境のもとで、人を宇宙に送り出すことの難しさは、今後も増すことはあっても、決して減ることはない。神舟二十号の「乗り換え」やソユーズ、スターライナーでの判断は、その厳しい現実に向き合いながらも人を宇宙に送り出し続けるために、エンジニアをはじめ関係者が安全文化を育ててきたことの表れだといえよう。

参考文献 [神舟二十号航天员乘组即将返回东风着陆场](#) [神舟二十号航天员乘组返回任务有序推进](#)

[Shenzhou-21 - CZ-2F/G - JSLC - October 31, 2025 \(15:44 UTC\)](#)

鳥嶋真也 とりしましんや

<https://sorae.info/space/20251126-cygnus-ng-23.html>

NASA がミッション終了前の補給船を ISS から一時的に分離 その理由は？

2025-11-26 2025-11-26 [ソラノサキ](#)



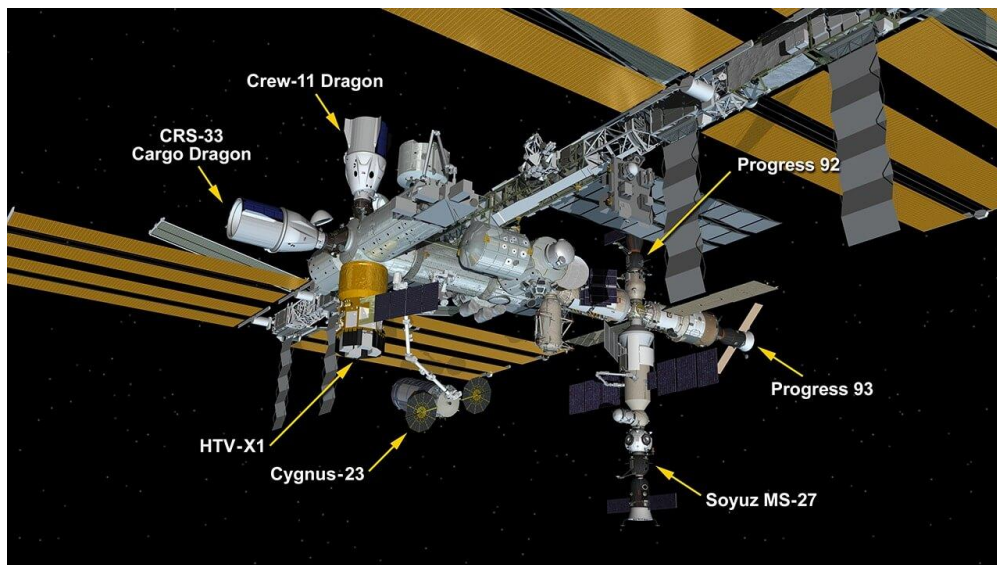
NASA＝アメリカ航空宇宙局は 2025 年 11 月 24 日付で、ISS＝国際宇宙ステーションに結合されていた Cygnus（シグナス）補給船運用 23 号機を分離したと発表しました。

といっても、今回の Cygnus 補給船のミッションが終了したわけではなく、数日後には再び ISS に結合される予定なのだそうです。こちらの画像は、現在 ISS で長期滞在中の JAXA＝宇宙航空研究開発機構の油井亀美也宇宙飛行士が撮影した Cygnus 補給船。

日本時間 2025 年 11 月 26 日朝に SNS の X へ投稿されたものですが、ISS のロボットアーム「Canadarm2（カナダアーム 2）」に把持されたままの Cygnus 補給船が、日本の新型宇宙ステーション補給機「HTV-X」と並んで写っています。

大型化した Cygnus を接近する Soyuz の経路から遠ざけるため

NASA によると、Cygnus 運用 23 号機を一時分離した理由は、日本時間 2025 年 11 月 27 日に打ち上げが予定されているロシアの有人宇宙船「Soyuz（ソユーズ）MS-28」の到着に備えるためです。



【▲ 2025 年 11 月 24 日時点で ISS＝国際宇宙ステーションに係留中の有人宇宙船／無人補給船を示した図。Cygnus 補給船がロボットアームに把持されたままのめずらしい状態に（Credit: NASA）】

2025 年 9 月に ISS へ到着した Cygnus 運用 23 号機は、ISS のアメリカ区画にあるモジュールのうち、ロシア区画に隣接した第 1 結合部「Unity（ユニティ）」の下部に結合されていました。

一方、間もなく打ち上げられる Soyuz MS-28 宇宙船は、Unity のすぐ近くに位置するロシア区画の小型研究モジュール 1「Rassvet（ラスベット、ラスヴェット）」にドッキングすることになっています。

Soyuz 宇宙船が Cygnus 補給船の係留中に Rassvet へドッキングしたことは過去にもありましたが、今回の Cygnus 運用 23 号機は「Cygnus XL」と呼ばれる大型化したバリエーションであることがポイントです。



【▲ ISS＝国際宇宙ステーションに到着した Cygnus 補

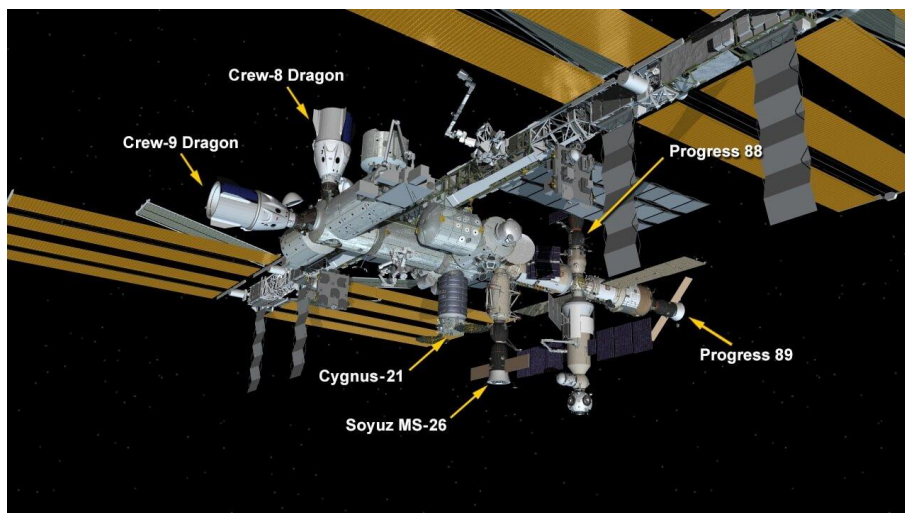
給船運用 23 号機。2025 年 9 月 18 日撮影（Credit: NASA）】

Cygnus XL の全長は、従来型と比べて 1.5m ほど延長された 8m。与圧貨物モジュールの容積は約 1.3 倍の 36 立方 m に拡大し、最大 5 トンの補給物資を搭載することが可能です。

しかし全長が長くなったことで、Unity 下部に結合される Cygnus XL は、ドッキングのため ISS に接近する Soyuz 宇宙船の経路に機体の一部がより近付くことになりました。

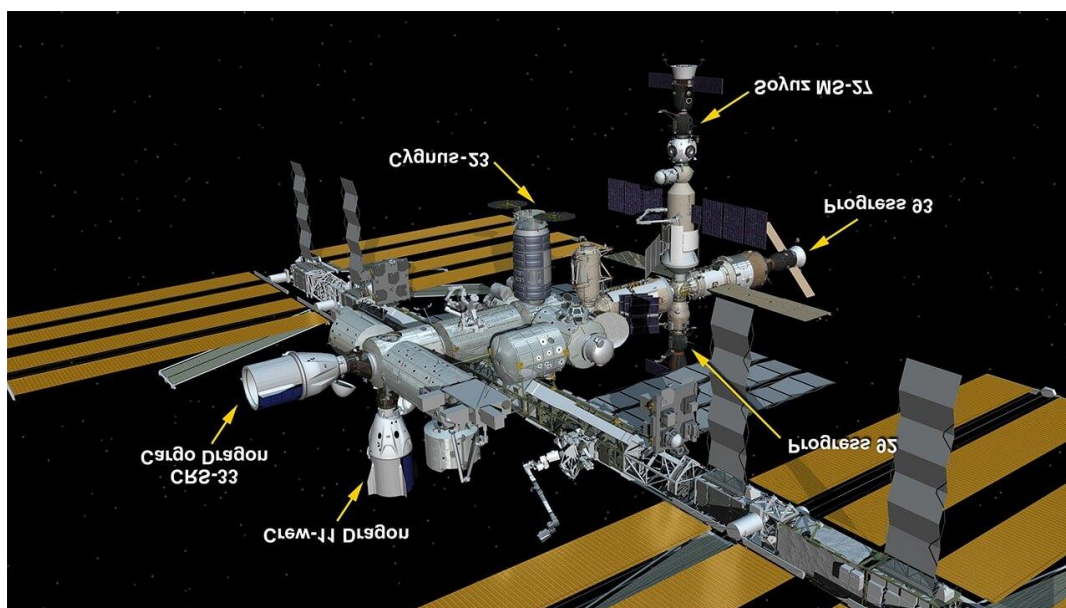
ドッキングする宇宙船は真っすぐ接近してくるのではなく、ISS との相対的な位置や速度をスラスターを噴射することで調整しながら近付いてきます。

スラスターの燃焼ガスがかかってしまう可能性や、万が一にも衝突してしまうリスクを考慮すると、理想的な経路からある程度の範囲内は安全を確保する必要があります。



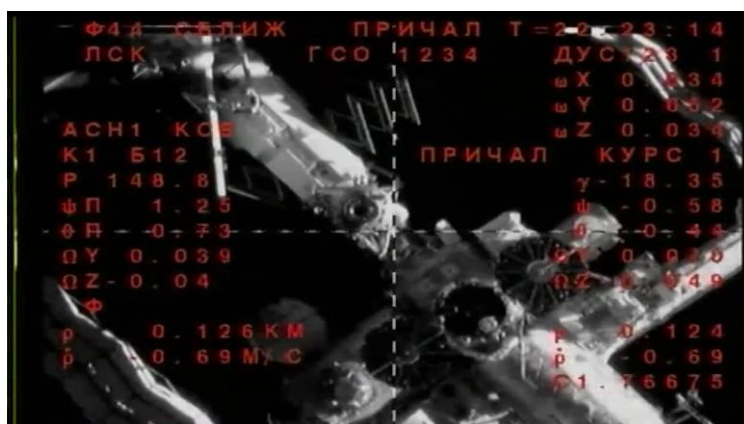
【▲ 2024 年 9 月 29 日時点で ISS＝国

際宇宙ステーションに係留中の有人宇宙船／無人補給船を示した図。延長型にアップデートされる前の Cygnus 補給船運用 21 号機と、Soyuz MS-26 宇宙船が並んで係留されている（Credit: NASA）】



【▲ 2025 年 9 月 18 日時

点で ISS＝国際宇宙ステーションに係留中の有人宇宙船／無人補給船を示した図。Cygnus 補給船運用 23 号機と、先に掲載した画像の運用 21 号機を見比べると、全長が延長されたことで、太陽電池やエンジンがある機体後部が接近する Soyuz 宇宙船の経路により近付いたことがわかる（Credit: NASA）】



【▲ 2024 年 9 月に ISS へ到着した Soyuz MS-26 宇

宙船のカメラが捉えた映像。中央に Rassvet モジュールのドッキングポート、その右下に Cygnus 補給船運用 21 号機が見えている。NASA のライブ配信アーカイブから引用（Credit: NASA）】

そのため、Cygnus 運用 23 号機は 2025 年 9 月の打ち上げ前の時点で、Soyuz MS-28 宇宙船が到着する前に一時的に分離を解除して、ロシア区画から遠ざけておく対策が検討されていました。

この方法が実施できないと判断した場合には、廃棄する物品を可能な限り搭載した上で、2025 年 11 月のうちに ISS を離脱させることも検討していたといいます。Soyuz MS-28 は日本時間 2025 年 11 月 27 日 18 時 27 分に打ち上げられ、約 3 時間後の同日 21 時半頃には ISS に到着する予定。Cygnus 運用 23 号機はその後に改めて Unity に結合されるということです。文／ソラノサキ 編集／sorae 編集部

<https://wired.jp/article/pleiades-greater-complex-reveals-hidden-stellar-siblings/> 2025.11.26

夜空に輝くプレアデス星団は、定説よりはるかに“大家族”だった：研究結果

プレアデス星団（和名：すばる）が、これまで考えられていた規模より星の数にして約 3 倍という巨大な星の集団であることが、このほど最新の研究でわかった。天体物理学だけでなく、文化的な背景も多様な同星団の見方を根本から変える発見だという。



プレアデス星団のカラー合成画像。カリフォルニア州にあるパロマー天文台のシュミット望遠鏡で撮影した。
Photograph: NASA/ESA/AURA/Caltech

太陽を含むほとんどの恒星は、多くの星々が集まった星団として誕生すると考えられている。これらの星は時間の経過とともに徐々に分散していくことから、どの星が同じ起源をもつのかを追跡することは極めて難しい。こうしたなか、「セブン・シスターズ」としても知られるプレアデス星団（和名：すばる）が、実は長年の定説よりもはるかに巨大な星の集団であることが、このほど最新の研究で明らかになった。

ノースカロライナ大学の研究チームは、米航空宇宙局（NASA）の「TESS（トランジット系外惑星探索衛星）」と欧州宇宙機関（ESA）の宇宙望遠鏡「Gaia」のデータを組み合わせることで、広範囲に散らばる数千もの“親類”の星を特定した。これによりプレアデス星団の真の規模は、星の数にして従来の推定値の約 3 倍、空間的な広がりには約 20 倍にも達することが判明したのだ。この巨大な構造は「大プレアデス複合体（Greater Pleiades Complex）」と名付けられた。

恒星には若いほど自転速度が速く、老いとともに減速していくという性質がある。この性質を宇宙における時計のように利用することで、研究者たちはプレアデス星団の中心部からはるか彼方に散らばった兄弟や姉妹にあたる無数の星を特定することに成功した。

「この発見はプレアデス星団の見方を根本から変えるものです」と、ノースカロライナ大学チャペルヒル校で天文学を研究するアンドリュー・ボイルは説明する。「7 つの明るい星だけでなく、空全体に散らばる数千もの生き別れた兄弟姉妹が存在していたのですから」

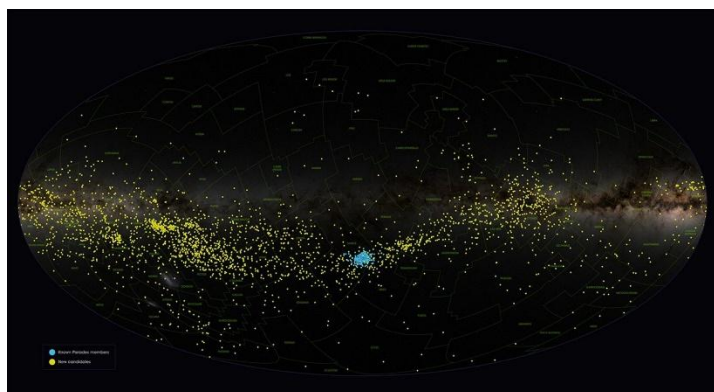
七姉妹は分散する大家族のコア

天体物理学においてプレアデス星団は長い間、若い星や系外惑星を理解するための重要な基準点として機能してきた。それだけでなく、古くから旧約聖書やタルムードといった聖典に登場し、ニュージーランドでは「マタリキ」と呼ばれて先住民のマオリ族に尊ばれている。日本では自動車メーカーであるスバルのロゴに描かれるなど、人類史において多くの社会で文化的な意味をもつ天体でもある。

ボイルらの研究チームは、TESS が取得した自転データと Gaia が測定した精密な位置や速度を統合し、プレアデス星団が徐々に分散しつつある恒星集団の密集したコアにすぎないことを突き止めた。これにより、かつては孤立していると考えられていた多くの星団が、実際にははるかに大規模な恒星集団に属している可能性が浮上してきたのだ。

研究者たちによると、大プレアデス複合体は少なくとも 600 パーセク（約 1,950 光年）にわたって広がっており、3,000 個を超える星を含んでいる。この構造には「UPK 303」「HSC 1964」「UPK 545」といった既知の星団のほか、「かじき座 AB 運動星団」や「OSCN 99」など、これまで独立した集団と考えられていたグループも

含まれる可能性があるという。さらに、「GPC-1」「GPC-2」と名付けられた2つの新たな領域も初めて確認された。これらの星団はいずれも同じくらいの年齢（約1億2,700万年）であり、星の化学組成も一致している。研究者たちが星の運動を過去にさかのぼって計算したところ、3つの主要なサブグループは約7,500万年前にプレアデス星団の中心部から50光年以内の距離にあったことが判明した。なかでもUPK 303は、プレアデス星団から星が潮汐力（天体の引力が位置によって異なることで生じる力）で引きはがされてできた潮汐尾の特徴を示している。



大プレアデス複合体の全体図。従来の星団に所属していた星は青色、新たに発見された星は黄色で示されている。

Photograph: NASA's Goddard Space Flight Center; background, ESA/Gaia/DPAC; Boyle et. al. 2025

隠された銀河の構造を可視化

今回の研究で用いられた手法は、プレアデス星団以外の散開星団にも適用できると、研究者たちは考えている。最終的には太陽の起源を調査し、太陽系が広範な恒星グループのなかで形成されたかどうかを決定するのに役立つ可能性がある。

「星がどのように回転するかを測定することで、従来の方法では分散しすぎていて検出が難しかった恒星グループを特定できるようになりました」と、ボイルは説明する。「これは銀河の隠れたアーキテクチャを垣間見るための新たな窓を開いたようなものです」

将来的には、Gaiaの次期データや[ルービン天文台](#)からの新たな観測結果により、さらに遠方の領域を探索できるようになると期待されている。また、大規模な分光サーベイでより多くの星の視線速度と化学組成を得られれば、同じ星団に属する星を特定する精度が向上することも予想される。夜空に輝く七姉妹の物語は、実は数千の星々による大家族の歴史だったのかもしれない。(Edited by Daisuke Takimoto)

<https://forbesjapan.com/articles/detail/85758>

2025.11.18 14:30

生物進化「カンブリア爆発」、地球の公転軌道の離心率変化が拍車をかけた可能性



[Bruce Dorminey | Contributor](#)



カンブリア紀以降に生息した海洋生物化石のイラスト。腕足動物、三葉虫、アンモナイト、二枚貝、十脚類などの分類群の生物が描かれている（Mesa Shumacher/Santa Fe Institute）

地球の生物の多様性が急激に増大した現象「カンブリア爆発」が起きたのは、太陽を公転する地球の軌道の離

心率が誘因となった可能性が高いとする最新の研究論文が、米国地球物理学連合（AGU）の学会誌 Geophysical Research Letters に掲載された。

黄色矮星の太陽を地球はほぼ円形に近い、予測可能な軌道を描いて公転しているが、数万～数百万年という時間スケールでは完全に予測可能というわけではない。実際に、地球の軌道は変化し、いわゆる軌道離心率が大きく（わずかに楕円形に）なる可能性がある。

その結果として約 5 億 4000 万年前、海洋と大気に含まれる酸素の量が急増し、生物の急速な多様化であるカンブリア爆発を後押しした可能性がある、と AGU は説明している。

今回の研究では史上初めて、地球の「軌道強制力」とカンブリア爆発期の進化における種分化と多様化とを定量的に関係づけることに成功したと、論文で報告されている。

軌道強制力

今回の論文では、長期にわたる「軌道強制力」が、カンブリア爆発期に観察される断続的な酸素濃度上昇と生物の放散現象を引き起こしたとする説を提唱している。

論文の第 2 執筆者で、英リーズ大学の生物地球化学者のベンジャミン・ミルズは、取材に応じた電子メールで、軌道強制力は地球の公転軌道の変化が地球の気候を変動させる作用だと説明している。

研究チームの主張によれば、地球の長周期の軌道サイクルによって引き起こされる気候変動が、地球の地表の風化作用に影響して栄養物を断続的に放出すると、栄養物が海に流入して光合成を爆発的に増加させ、副生成物としての酸素の放出につながった可能性がある、と AGU は述べている。

最新モデル

研究チームは、地球の気候と地表の化学的性質の数百万年にわたる変化を算定するために、新たに開発した地球進化モデルを使用した。

ミルズによると、モデルを実行すると、軌道変化の規模の変動とモデルの海洋化学の低速な応答時間によって駆動されるシグナルが数百万年にわたって現れることに、研究チームは気がついた。

この変化は、地質記録で確認されている傾向と一致したという。変化が起きたのは温室気候条件下で、当時の地球の大気中酸素濃度は現在の水準の約 10～50%にまで上昇していたと、論文に記されている。

[次ページ > 単純な物理過程が複雑な生物学的事象につながる可能性](#)

この気候変動によって風化速度が上昇する可能性があり、結果として表層の岩石や鉱物が崩壊し、化学物質が海洋に供給されると、ミルズは指摘する。光合成をする藻類や細菌が死ぬと、一部は海底に沈んで埋蔵されるという。この「炭素埋蔵」により、酸素（O₂）を呼吸する生物が必要とする食物（有機物）が除去されるため、O₂の一部が大気中と海中に留まることが可能になると、ミルズは説明している。

おそらく、その結果として、急速な生物種分化が勢いを得たのだろう。

米カリフォルニア大学古生物学博物館によると、カンブリア紀は生物の主要分類群の大半が初めて化石記録に出現した時代で、世界の気候は穏やかで氷河は存在していなかった。

地球の公転軌道の変化は、カンブリア紀の気候の大部分に関与したと、論文の執筆者らは主張している。

地球から太陽までの距離の公転軌道による変化や、地球の傾きなども、地球の表面温度分布および水循環と降雨量を変化させる可能性がある。地球は今もわずかに離心した軌道で太陽を公転しており、この強制力は現在もいまだに作用している。すなわち、最終氷期を引き起こした原因にもなった。

おそらく酸素が鍵となったのだろう。

ミルズによると、軌道の変化は数万年にわたって起きる傾向があるが、このサイクルの規模（振幅）はより長期の、数百万年にわたって変化する。このサイクルは常時起きている一方、カンブリア紀でのみ酸素の大きな変化につながったと思われる、とミルズは続けている。

まとめ

今回の研究では、これまで認識されていなかった、軌道サイクルと生物学的進化との関連性を導いていると、ミルズはまとめている。極めて広範囲においては、多くの惑星に存在すると想定される単純な物理過程が、最終的に複雑な生物学的事象につながる可能性があることを、今回の研究結果は示唆していると、ミルズは述べている。（[forbes.com 原文](#)） 翻訳＝河原稔