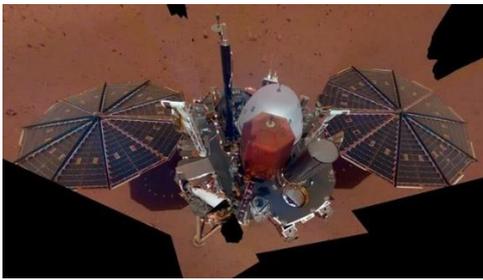


## 火星探査機インサイト力尽きる「電力が少なくなりました。これが最後の画像です」

12/21(水) 11:21 配信

**HUFFPOST**  
IN ASSOCIATION WITH The Asahi Shimbun



[NASA が提供したインサイトの画像](#)



私のことは心配しないで——。NASA の火星探査機「インサイト」が最後の力を振り絞り、電力が尽きる前に撮影した画像を送信した。【[画像](#)】[火星探査機インサイトが、電力が尽きる前に撮影したと思われる画像](#) インサイトは 2018 年に火星に着陸して調査を続けていた。しかし NASA は 5 月、ソーラーパネルにちりが積もり、徐々に電力を失うだろうと伝えていた。そしてインサイトの Twitter に 12 月 20 日（日本時間）、「電力がとても少なくなりました。おそらくこれが私が送る最後の画像です」というメッセージが投稿された。「ただど私のことは心配しないでください。私はここで、実り多い平穏な時間を過ごしました。もしミッションチームと話し続けられるのなら、そうするでしょう。しかし、ここで終わりにしたいと思います。私と一緒にいてくれてありがとう」

### 貴重な観測データを送り続けた

インサイトは 2018 年 5 月 5 日に打ち上げられ、同年 11 月 26 日に火星に着陸した。火星の進化を解明することをミッションに、地殻やマントル、コアなど内部構造などを調査し、2019 年には初めて火星の地震をとらえたほか、貴重な気象データを地球に送信し続けた。しかし NASA は 2022 年 5 月に、ソーラーパネルに積もったちりが原因で、インサイトが徐々に電力を失い操業を終えるだろうと伝え、11 月には終わりが近づいていると報告していた。そして 12 月 18 日、NASA はインサイトが地球とのコミュニケーションに応答しなくなったと発表。NASA によると、交信が途絶えたのは 12 月 15 日で「限界に達したのかもしれない。何がエネルギーの変化を促したのかはわからない」とコメントしている。NASA は、インサイトが火星を周回する宇宙船との通信を 2 回連続で失敗した場合、ミッション終了を宣言するという。

### 私のことを誇りに思ってくれたら嬉しい

火星着陸から 4 年間、たくさんの貴重なデータを地球に送り続けたインサイト。NASA 惑星科学部門ディレクターのロリ・グレイズ氏は 5 月に「インサイトは、岩石惑星内部についての私たちの理解をすっかり変え、将来のミッションの土台を整えました」「私たちは火星の内部構造について学んだことを、地球や月、金星、さらには他の太陽系の岩石惑星にも適用できます」とコメントしている。別れは悲しいものの、インサイトにとって充実した 4 年だったようだ。最後が近づいていた 11 月に、こんなメッセージも公開されている。「私は 2 つの惑星で生きることができて、とても幸運でした。4 年前、私は無事に 2 つ目の惑星に到着し、最初の惑星にいる家族を喜ばせました。この発見の旅に私を送ってくれたチームに感謝します。どうか、みなさんが私のことを誇りに思ってくれていますように」

<https://www3.nhk.or.jp/news/html/20221222/k10013930811000.html>

**NASA 火星探査機「インサイト」活動終了と発表** 2022 年 12 月 22 日 10 時 33 分 [宇宙](#)

惑星誕生の謎に迫ろうと、火星の表面で地震などを観測してきた探査機「インサイト」について、NASA=アメ

リカ航空宇宙局はおよそ4年にわたる活動が終了したと発表しました。



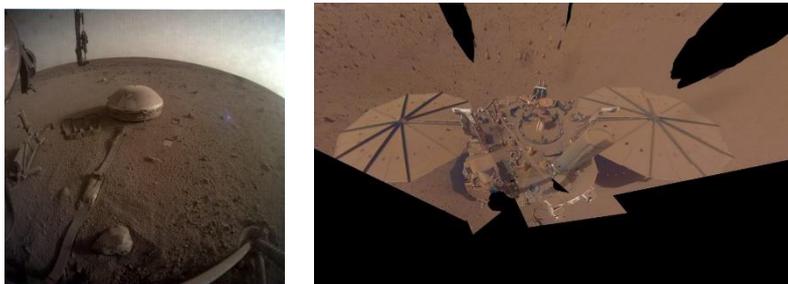
NASAの探査機「インサイト」は2018年に打ち上げられて火星に着陸し、搭載した地震計などを使った観測を続けてきました。NASAは21日、インサイトと2回連続で通信ができなくなったため、この探査機の火星での活動が終了したと発表しました。インサイトには太陽電池が搭載されていますが、ちりに覆われて徐々に性能が低下していて、残された電力を使い果たしたとみられるということです。

インサイトはこれまでに火星表面で1300回以上の地震を観測し、惑星誕生の謎に迫ってきたほか、火星で吹いている風の音を初めて確認したり、隕石(いんせき)がぶつかったときの震動を捉えることにも成功しています。インサイトのツイッターには「これが最後になるかもしれません。火星で過ごした時間は生産的で平穏でした。一緒にいてくれてありがとう」ということばとともに、砂地の広がる火星表面の画像が投稿されていました。NASAの担当者は「インサイトが観測した地震のデータは、火星だけでなく地球のような惑星に対する非常に深い知見を与えてくれるものだ」と、その活動をたたえています。

<https://sorae.info/space/20221221-farewell-insight.html>

## NASA 火星探査機インサイトとの交信途絶える ミッション終了の可能性

2022-12-21 [松村武宏](#)



【▲ NASAの火星探査機「インサイト」が2022年12月11日に撮影した画像 (Credit: NASA/JPL-Caltech)】  
こちらは、アメリカ航空宇宙局(NASA)の火星探査機「InSight (インサイト)」が2022年12月11日に撮影した画像です。

【▲ NASAの火星探査機「インサイト」が撮影した“最後のセルフイー”。2022年4月24日撮影 (Credit: NASA/JPL-Caltech)】

地面に置かれているドーム状の装置は、4年前の2018年12月に設置された火星地震計「SEIS (Seismic Experiment for Interior Structure)」です。夕刻の太陽に照らされたSEISや、手前のインサイト本体へと伸びるケーブルなどは塵に覆われていて、火星の赤茶色の大地と同化しつつあるような印象を受けます。

NASAはインサイトから送られてきた画像を逐次公開してきましたが、ミッション1436ソル目(※)に撮影されたこの画像以降、インサイトから新たな画像は届いていません(日本時間2022年12月20日午前の時点)。NASAは12月19日付で、前日の12月18日にインサイトと交信を試みたものの応答が得られなかったことを明らかにしました。最後にインサイトと交信できたのは12月15日で、引き続き交信を試みるとしています。

※...1 ソル (Sol) =火星での 1 太陽日、約 24 時間 40 分。

2018 年 11 月 27 日に火星のエリシウム平原に着陸して以来、インサイトは太陽電池アレイに塵が少しずつ降り積もったことで発電電力量が低下し続けており、ミッションは電力不足によって 2023 年 1 月頃までに終了すると予測されていました。NASA は 12 月 20 日にインサイトミッションの公式 Twitter アカウントにて、これが最後に送信できた画像になるかもしれないとして、冒頭の画像を紹介しています。

NASA InSight @NASAINsight

Getting insights into the evolution of Mars. Launch: May 2018 Landing: November 2018 Mission End: December 2022 For more Mars updates, follow [@NASAMars](#)

[NASA InSight @NASAINsight](#) 12 月 20 日

**My power's really low, so this may be the last image I can send. Don't worry about me though: my time here has been both productive and serene. If I can keep talking to my mission team, I will – but I'll be signing off here soon. Thanks for staying with me.**

[NASA InSight @NASAINsight](#) 12 月 17 日

Everyone should be so lucky to have a supportive community like you all. Thanks for all the kind postcards you've written. If you'd like to send well-wishes to me or my team back on Earth. I'm sure they'd love to read them.

Send your postcard here: <http://go.nasa.gov/3PkH4Ko>

[NASA InSight @NASAINsight](#) 11 月 27 日

**I've been lucky enough to live on two planets. Four years ago, I arrived safely at the second one, to the delight of my family back on the first. Thanks to my team for sending me on this journey of discovery. Hope I've done you proud.**

【▲ 冒頭の画像をシェアしたインサイトミッション公式アカウントのツイート】

関連: [NASA 火星探査機インサイトが地震波の観測中断 砂嵐の影響で電力低下](#) (2022 年 10 月 14 日)

インサイトは火星の内部構造解明を目的に開発された探査機です。着陸翌月に設置された SEIS は史上初めて火星の地震（火震）を検出することに成功しました。これまでに SEIS が検出した 1300 件以上の地震波の解析によって、火星のコア（核）が液体であることをはじめ、コアのサイズ、地殻の厚さなどが判明しています。

インサイトのミッションは着陸から 2 年間（火星での約 1 年間）の予定でしたが、2022 年 12 月まで 2 年間延長されており、2022 年 5 月 4 日には火星での観測史上最大の規模となるマグニチュード (M) 4.7 の地震が検出されました（カタログでの名称は S1222a、以前に M5 の地震として NASA などから発表されていたもの）。これまでにインサイトが検出した最大の地震の規模は M4.2 でしたが、M4.7 の地震ではその 5 倍以上のエネルギーが放出されたこととなります。12 月 14 日にはこの地震の分析を行ったパリ地球物理研究所の川村太一さんを筆頭とする研究チームによる論文が、アメリカ地球物理学連合 (AGU) の学術誌 Geophysical Research Letters に掲載されました。インサイトが検出した地震の多くは着陸地点から東に約 1600km 離れたケルベロス地溝帯 (Cerberus Fossae) を震源とするものの、M4.7 の地震はケルベロス地溝帯のすぐ外側で起きたとみられており、地殻の下に隠された機構に関連している可能性があるということです。川村さんはインサイトのミッションについて「類まれな成功だったと思います」とコメントしています。

Source Image Credit: NASA/JPL-Caltech [NASA](#) - NASA InSight – Dec. 19, 2022

[AGU](#) - The biggest Marsquake was 5 times larger than previous record holder

[Kawamura et al.](#) - S1222a - the largest Marsquake detected by InSight (Geophysical Research Letters)

文/松村武宏

<https://www.gizmodo.jp/2022/12/nasa-artemis-orion-sls-moon-mission.html>

アルテミス 1 計画で明らかになった 7 つのこと



ミッション 20 日目の 12 月 5 日、オリオンから見た月

2022 年 11 月 4 日、フロリダ州ケネディ宇宙センターの発射台に鎮座する NASA の SLS  
Photo: NASA/Kim Shiflett  
SLS は 2022 年 11 月 16 日にオリオンを送り出した Image: NASA

現地時間の 12 月 11 日（日）に太平洋への見事な[着水](#)をもって完結した、NASA のアルテミス 1 ミッション。開発に長い年月（そして間違いなく数十億ドル）を費やした割には、あっけなく終わってしまったように感じられます。しかし、アルテミス 1 は厳密に言うと NASA が SLS ロケットと宇宙船オリオンをテストするための実証実験であり、そのたった数週間のうちに主要目的をすべて達成したのでした。

まだ日が浅いですが、本ミッションは大成功を収めた模様。そこで NASA が実現した大きな目標のうまくいった点やいかなかった点、そしてミッション成功が未来にとって何を意味するかなどを踏まえ、アルテミス 1 から判明した 7 つのことをまとめました。

### 1. NASA のアルテミス月探査計画、本格的に軌道に乗る

もう何年もの間、「もうすぐ実現するアルテミスミッション」や「保留になっている月への旅」などと書かなくてはなりません。しかし、アルテミス 1 の成功をもって、NASA の探査の次なる時代が本格的に始まったと言えます。アルテミスミッションのための NASA の現時点でのスケジュールに関しては、2025 年の有人月面着陸を含め全く非現実的であると見て間違いありません。内部監査室もそう述べていました。打ち上げ予定日は月面探査用[宇宙服](#)の開発の遅れや[月着陸船](#)、あるいはこういう複雑化を増すミッションに必要とされる他の要因など諸々の理由によって、繰り返し先送りにされるでしょう。連邦議会が資金を与えずに NASA のアルテミス計画を妨害もしくは断念させるなんて疑わしいものですが、財布のヒモを握る者である議院には依然としてそうする権限があります。そうは言うものの、中国は 2030 年代半ばに[宇宙飛行士を月面へ送る](#)計画に全力で邁進中。合衆国には人類を月に降り立たせた経験がありますが、中国の宇宙に対する野心は新たな宇宙競争を引き起こしており、「我々は後れを取っている」と[語る](#)専門家もいるほどです。

### 2. SLS はめちゃくちゃスゴい

NASA のスペース・ローンチ・システム (SLS) ロケットは 11 月 16 日、ついに[轟音](#)を立てて、無人宇宙船オリオンを歴史的な月周回の旅へと送り出しました。880 万ポンド（約 3992 トン）の推力で飛び立ち、今や世界で最もパワフルな現役ロケットでありこれまでに製造されたロケットとしても最強です。NASA はアルテミス計画に必要な巨大ロケットをようやく得て、2020 年代後半での月面着陸と、月軌道に「ゲートウェイ」という宇宙ステーションの設置を目指します。

アルテミスのミッションマネージャー Mark Sarafin 氏は、「スペース・ローンチ・システムロケットの初打ち上げには、とにかく涙が出た」と 11 月 30 日付[リリース](#)にてコメント。「例外なくすべてのケースにおいて（ロケットのパフォーマンスの）偏差は 0.3%未満だった」と補足しています。ロケットの計画は予算超過や延期に見舞われましたが、SLS は最終的には果たすべき役割をやったのけたのです。

### 3. SLS は発射台（と財布）に大打撃

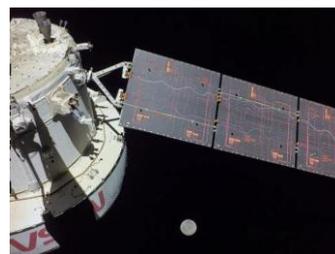
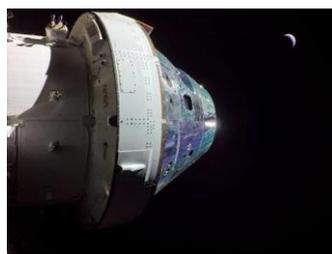
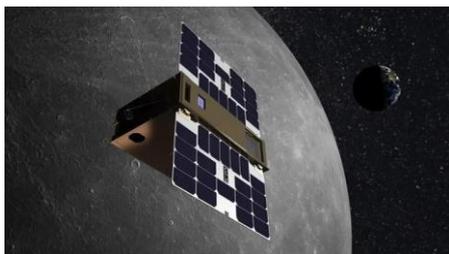
SLS は確かにすごいです、厄介な問題を伴います

打ち上げロケットのコアステージの燃料は液体酸素と液体水素。スペースシャトル時代に頭痛の種となっていたのと同じ非常に漏れやすい[推進剤](#)です。ケネディ宇宙センターの地上チームはロケット初打ち上げの前から水素漏れと格闘しており、数回の延期そして 9 月には[極低温推進剤充填テスト](#)に至っていました。チームは気難しい

ロケットの充填にはもっと穏やかなアプローチが必要だと学んだものの、水素漏れは今後の打ち上げでも問題を引き起こすかもしれません。メガロケットがようやく打ち上がった時、発射台は激しく損傷。焦げ跡ができ、塗装は消え、窒素とヘリウムの供給ラインはへこみ、そしてカメラは焼けたのです。離昇時の強力な衝撃波で、エレベーターの扉も吹っ飛んだそう。NASA 高官はいくつかのダメージは想定されていたものだと言い、軽視していました。それにもかかわらずモバイルランチャーは現在、スペースシャトル組立棟 (VAB) で修理されています。最後になりますが、12 年前に初めて構想として持ち上がり開発に 230 億ドルかかったロケットは使い捨て、つまり SLS ロケットは毎回ゼロから製造しなくてはならないのです。NASA 監査室の Paul Martin 氏は、SLS の各打ち上げには最大 41 億ドルかかると見込んでいて「我々には持続可能ではないと思える価格」だと今年の初めに議会で語っていました。SpaceX が現在製造している自社製の巨大ロケット Starship は、完全に再利用可能で SLS よりもパワフルだと謳われています (しかし誤解のないように言うと、NASA のビル・ネルソン長官が幾度となく公言してきたように、NASA はオリオンを Starship で打ち上げるつもりはない模様)。イーロン・マスクのロケットが飛んだ瞬間、NASA のロケットは時代遅れとなるでしょう。ですから、SLS の初仕事は立派だったものの、アルテミス計画全体の遂行力という面では理想からかけ離れているのです。

#### 4. 深宇宙はキューブサットを歓迎せず

SLS はオリオンに加えて、10 基のキューブサットを宇宙空間に届けました。アルテミス 1 の相乗り衛星たちが辿った道のりはさまざまですが、意図されたように機能しているのはアリゾナ州立大学の [LunaH-Map](#)、NASA の [BioSentinel](#)、日本の [EQUULEUS](#) など 6 基のみ。



打ち上げ直後に通信が途絶えた、ロッキード・マーティンの「LunIR」キューブサットのイラスト Image: Lockheed Martin

2022 年 12 月 3 日に撮影された、オリオンと地球 Photo: NASA

25 日半のミッションの間、オリオンの動力源となった 4 基ある太陽電池アレイの 1 つ Photo: NASA

残念ながら残り 4 基はうまくいきませんでした。サウスウエスト・リサーチ・インスティテュートの [CuSP](#) (CubeSat for Solar Particles)、Lockheed Martin (ロッキード・マーティン) 社の [LunIR](#)、NASA の [Near-Earth Asteroid Scout](#) (NEA Scout)、そして日本の小型な月面着陸機 [OMOTENASHI](#) はいずれも発射から間もなくダメになったそう。深宇宙通信を確立できない、バッテリーのトラブル、設計上の欠陥などそれぞれ異なる理由で失敗に終わっています。宇宙は厳しくて深宇宙はもっと厳しい…減少率の高さを見ると説得力がありますね。

#### 5. オリオンは今のところ人類史上最も素晴らしい宇宙船

長年にわたって、たくさんの優れた宇宙船を目にしてきました。NASA のアポロ司令船・機械船は本当にかっこよかったし、スペースシャトルも同様。ロシアのソユーズは信頼性が高くあり続ける一方で、SpaceX の Crew Dragon は現代の宇宙旅行のそのものです。これらの宇宙船はどれもすごいです。今は NASA のオリオンが史上最も素晴らしい有人用宇宙船だというのが私見です。

部分的に再利用可能なオリオンは、Lockheed Martin 社が設計したクルーモジュール、Airbus Defence and Space (エアバス・ディフェンス・アンド・スペース) 社が製造した使い捨てのヨーロッパアンサービスマジュールで構成されています。同宇宙船はアルテミス 1 ミッション全体を通して、小さなトラブル (後述します) を除けば驚くほど立派に任務を遂行。オリオンは月へと向かい、[遠方逆行軌道](#)の突入に成功、2 度の[月フライバイ](#)を実施し、[スキップエントリー](#)と[着水](#)に耐え抜いたのです。どの軌道修正マヌーバも難なくやり遂げ、[燃料の消費量](#)も想定

していたよりも少なかったそう。無人のオリオンは**新記録**を2つ樹立しつつ、この旅路で130万マイル(約210万km)以上も移動しました。地球からは最大で26万8554マイル(約43万2194km)も離れた地点を飛んで、有人向け宇宙船の最遠距離を更新。そして帰還時にはマッハ32に達する速度で大気圏に突入し、有人宇宙船として史上最速を記録。再突入時の高温は華氏5000度(摂氏2760度)にも達しますが、ヒートシールドが直径16.5フィート(約5m)のオリオンを守ってくれたのでした。オリオンにとって次の大きな試練はアルテミス2で、宇宙飛行士4名を月周辺へと運んで戻ってくる必要があります。しかし、NASAはオリオンをゆくゆくは火星への有人飛行に使うつもりなので、今度のアルテミスミッションは始まりに過ぎません。

## 6. オリオンはまだまだ微調整が必要

アルテミス1は計画通りに展開しましたが、問題がなかったわけではありません。Mike Sarafin ミッションマネージャーはオリオンの旅を通して発生した異常を“funnies”と呼んでいましたが、チームがそれらを愉快だと思っていたかは疑わしいものです。ミッションの最初の頃、航法をアシストするスタートラッカーは同宇宙船のスラスタールームのせいで“目が眩んでいた”そう。Sarafin氏は11月18日の会見で、「スラスタールームの視野に突き出ているという仕様だったので、スタートラッカーに検知されていた」と述べていました。「光がブルームに当たっていて、それを検知していた」ため、ソフトウェアを混乱させたとか。結局、スタートラッカーには何も異常はなく、チームはこの問題を認識した後は前に進むことができたのでした。

最も恐ろしかったトラブルは、ミッション7日目にあたる11月23日に発生。地上の管制室と同宇宙船との通信が、一時的かつ予想外に47分間**途絶えてしまった**のです。NASAは原因を究明できていません。

ミッションの終盤、4つある制限器のうち1つのスイッチが**突如として切れて**しまったことも。この制限器は下流側の担当で、不具合が深刻な問題の原因となる前に元に戻っています。この異常は、サービスモジュール内のコンポーネントがコマンドなしに**勝手に開いてしまった**という序盤に経験したトラブルと関係があるかもしれません。グレムリン効果ってやつでしょうか。最後に、オリオンのフェーズドアレイアンテナはミッション終盤に「劣化した挙動」を見せたと、Sarafin氏は12月8日の会見で語っていました。これにより、「低パフォーマンス」と「通信トラブル」がありましたが、ミッションを脅かすものではなかったとのこと。この問題を含めて精査され、現時点では2024年に予定されているアルテミス2に間に合うよう対処されることを期待しましょう。

## 7. 月は荒涼とした美しい場所であり続ける

月周辺から送られてきた画像は薄暗くて殺伐としているにもかかわらず、月が相変わらず興味深くて視覚的に魅力的なところだと思わせてくれるものでした。アポロ計画はかつてない月の風景画像を持ち帰ってくれたものの、月は引き続き現在もそう頻繁には訪れられない場所です。(2009年から運用されているNASAの**ルナー・リコネサンス・オービター**と、2019年の頭に月の裏側に達した中国の着陸機「嫦娥4号」と探査機「玉兔2号」には失礼ですが…)

アルテミス1はまるで、**クレーター**や山脈など特徴的な地形だらけの旧友を訪ねるようなものでした。そのうえ、月の環境は太陽に照らされ絵画のように美しい**地球の出**など、予想外のことを期待できる場所。ですから、有人宇宙探査の次の段階へと照準を合わせながらも、月は依然として素晴らしい目的地であり続けるのです。



2022年12月7日にオリオンが撮影した月の高解像度画像 Photo: NASA

[臨場感がすごい！ 月を周回して帰還したアルテミス1のハイライト映像](#)

[NASAは今週、スペース・ローンチ・システム\(SLS\)ロケット打ち上げの瞬間から同宇宙船がパラシュートで降下するまでを24分間にまとめた、25.5日間に及ぶミッ...](#)

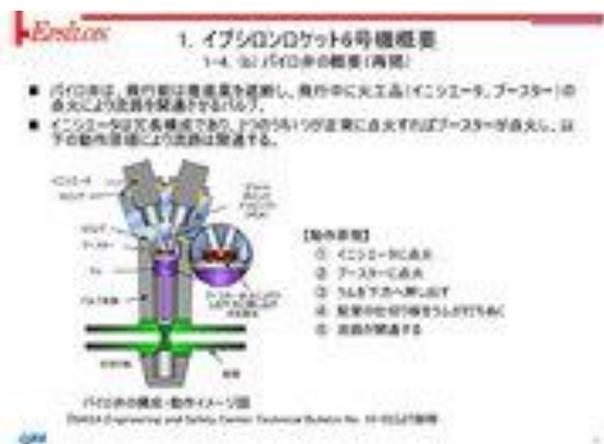
<https://www.gizmodo.jp/2022/12/nasa-artemis-1-moon-lunar-mission.html>

Source: [NASA OIG](#), [Spacenews](#), [Politico](#), [NASA\(1, 2,\)](#), [Twitter](#), [Spaceflight Now](#), [U.S. House of Representatives Committee on Science, Space, and Technology](#), [Space Explored](#), [LunaH-Map](#), [EQUULEUS](#), [CuSP](#), [Lockheed Martin](#), [NASA JPL](#), [JAXA](#), [NASA blog\(1, 2, 3,\)](#), [NASA's Lunar Reconnaissance Orbiter](#),

[https://news.biglobe.ne.jp/it/1219/mnn\\_221219\\_3096366645.html](https://news.biglobe.ne.jp/it/1219/mnn_221219_3096366645.html)

## イプシロン 6 号機の失敗原因、調査で浮かび上がってきた 2 つの故障シナリオ

2022 年 12 月 19 日（月）13 時 57 分 [マイナビニュース](#)



[写真を拡大](#)

宇宙航空研究開発機構(JAXA)は 12 月 16 日、宇宙開発利用部会の調査・安全小委員会にて、イプシロン 6 号機打ち上げ失敗の原因調査状況について報告した。前回の報告から約 1 カ月が経過したが、JAXA はこの間、膨大な製造・検査データを精査。要因について、大幅な絞り込みに成功し、故障シナリオの検討も行ったという。

### 火工品の作動不良は要因から排除

10 月 12 日に打ち上げたイプシロン 6 号機は、2 系統ある第 2 段 RCS の片側(+Y 側モジュール)で異常が発生、その結果、姿勢を維持できなくなり、衛星の軌道投入に失敗していた。原因は、燃料がどこかで詰まっていたことで、問題が発生した可能性のある場所としては、すでにパイロ弁とダイアフラムの 2 カ所に絞り込むことができていた。パイロ弁は、構成する 3 つの部品(イニシエータ、PCA、バルブ本体)について、製造・検査データに基づいた絞り込みを継続。このうちイニシエータと PCA は、製造不良、保管不良、点検不良などの可能性を排除し、要因では無いと結論付けた。つまり、バルブを開くための火工品は正常に点火された、ということになる。唯一、可能性としてまだ残っているのは、バルブ本体のみ。これについても、調査によって保管不良などは排除されており、製造不良のみが調査中となっている。パイロ弁は、火工品の燃焼ガスで内部のラムを押し出し、配管に挟まっている仕切り板を反対側にある隙間に追い出すことで、流路を開通する仕組みだ。今回の調査の結果、ラムを押し出す力は発生したものの、ラムや仕切り板等の製造不良により、仕切り板があまり動かなかった、という可能性のみ残ったということになる。一方ダイアフラムについては、ダイアフラムが正常だったケースと異常だったケースが考えられているが、まだそれ以上の絞り込みは進んでいない。ただ、製造・検査データの確認は進んでおり、今のところ、特に異常は見つかっていないようだ。

### 1 ビット分の圧力上昇はなぜ起きた？

通常の打ち上げであれば、パイロ弁が開くと下流の圧力が上流側と同等にまで上昇するはずだったが、6 号機ではそうならなかった。しかし、良く見ると信号を送ったタイミングでセンサーの 1 ビット分だけ圧力が上昇しており、前回、この現象について報告が行われていた。今回、これについても、調査状況のアップデートがあった。前回は、これが実際に起きた圧力上昇なのかどうか不明とされていたが、その後の調査で、JAXA はこれを実際に起きた現象と判断した。実現現象でないときは、ノイズの混入、GND レベルの変動、閾値近傍での挙動など、電気的な要因に絞られるが、このいずれについても、発生した現象とは整合しなかった。

1 ビット分の微小な圧力上昇が実際にあったとすれば、このとき、何が起きたのか。JAXA はこの圧力上昇をベースに、パイロ弁とダイヤフラムについて、それぞれ故障シナリオを推定した。

パイロ弁については、前述のように、仕切り板が動かなかった可能性があるが、たとえばラムの力によって、押し出せないまでも微小な隙間が発生したと考えれば、圧力上昇の説明が付く。この隙間から、火工品の燃焼ガスまたは上流側の燃料が少しだけ流れたとすれば、下流の圧力がわずかに上昇するというわけだ。

一方ダイヤフラムの場合は、膜が燃料タンクの出口側に近接していて、その状態でパイロ弁が開通、これによって、膜が引き込まれ、出口が完全に閉塞したシナリオが考えられている。この場合、閉塞するまでのわずかな瞬間に、少しだけ燃料が流れ込むことになるので、これによっても圧力の上昇が発生する可能性がある。

JAXA の解析によれば、1 ビット分だけ圧力が上昇するためには、燃料が数 cc~10cc くらい流れ込む必要があるという。ダイヤフラムの膜面と燃料の出口との間が少しでも開いていると、もっと大量に燃料が流れてしまうので、このシナリオの場合には、膜面がほぼくっついていたような状態だったと推測されている。

### H3 初号機のパイロ弁の交換は完了

今回、2 つの故障シナリオが提示されたわけだが、注意して欲しいのは、まだこの 2 つのうちのいずれかが原因だと特定できたわけではないということだ。今後、各シナリオの発生可能性を見極めるため、JAXA は実機相当のものを使った試験などを計画。その結果については、次回(2023 年 1 月以降)報告する予定だという。

基本的には、原因を特定してから、後継ロケットであるイプシロン S に対策を反映することになるが、ここから先、特定に難航し、どちらか 1 つに絞り込めないという事態も有り得る。まだ時間的な余裕はあるものの、最後まで特定できなかったときには、どこかのタイミングで、両方について対策することを決断するしかないだろう。また、H3 ロケットへの水平展開の状況については、すでに、第 2 段 RCS のパイロ弁を H-IIA ロケットのものへ交換することが決まっていたが、タンクモジュールのエンジニアリングモデル(EM)で音響試験を実施。パイロ弁の交換という設計変更によるシステムへの影響が無いことを確認した。

そして、タンクモジュールのフライトモデル(FM)についても、パイロ弁の交換が完了。今後、工場に燃料を充填し、射場に輸送してから、H3 ロケット初号機に取り付ける予定だ。今のところ、2022 年度内という打ち上げスケジュールに影響は無いとのこと。

<https://news.mynavi.jp/techplus/article/20221223-2544703/>

## JAXA が 2021 年度 宇宙子飛行士候補者の第二次選抜結果を発表、10 名が合格

掲載日 2022/12/23 15:42 著者：小林行雄

宇宙航空研究開発機構(JAXA)は 12 月 23 日、2021 年度 宇宙飛行士候補者の第二次選抜結果を発表した。

第二次選抜は、第一次選抜を合格した 50 名に対して実施。内容としては、「二次医学検査」、「医学特性検査」、「面接試験(英語、資質特性、プレゼンテーション)」となっており、10 名が合格したという。

男女別に見ると、男性が 8 名、女性が 2 名となっている。

なお、この 10 名はこの後、2023 年 1 月~2 月にかけて行われる予定の第三次選抜に挑むことが予定されている。

<https://www.gizmodo.jp/2022/12/nasa-neo-surveyor-asteroids-comets-planetary-defense.html>

## 地球を脅かす小惑星を検知。宇宙望遠鏡 NEO サーベイヤーは 2028 年打ち上げ予定

2022.12.19 19:30 Kevin Hurler - Gizmodo US [\[原文\]](#) (Rina Fukazu)

サーベイヤー計画は、地球に近い天体を把握するという NASA の重要なイニシアチブのひとつ。

...でしたが、予定よりも 2 倍のコスト見通し(最高で 6 億ドルの予定が 12 億ドル)となることがわかり、さらに 2026 年のローンチ予定だったはずが 2028 年に延期となりました。

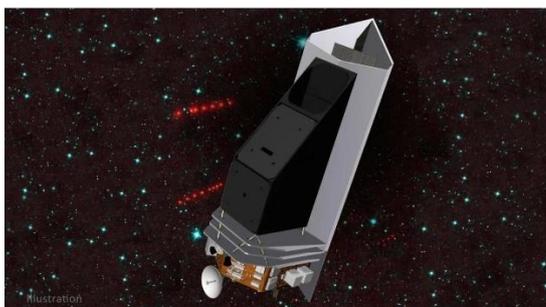


Illustration: NASA/JPL-Caltech Near Earth Object (NEO)

## 宇宙望遠鏡、NEO サーベイヤー

この計画は、NASA が地球近郊にある直径 100 メートル以上の天体の 90% をカタログ化し、地球へのリスクを評価することを目標にしたもの。さかのぼること 17 年前の [George E. Brown, Jr. Near-Earth Object Survey Act](#) で決まったことで、米議会としては 2020 年までに完了させたかったようですが、実際は目標達成までトータルで [あと 30 年はかかる](#) 見込みのようです。NEO サーベイヤーは、2009 年から小惑星や彗星を探索してきた [NEOWISE](#) 宇宙望遠鏡ミッションの後継にあたります。NASA が [今夏発表](#) したところによると、2 年延長して 2023 年まで継続することが決まっています。NEO サーベイヤーや NEOWISE が小惑星の発見にフォーカスする一方で、[DART 計画](#) では地球の防衛に取り組むことが期待されています。

## なぜ重要な計画なの？

NEO サーベイヤーが重要視されているのは、地上からではない、宇宙から観測した視点と情報を得られるから。地球にとって危険となり得る小惑星を早めに発見するのに、今回の遅れは多少の気掛かりとなりそうですが、2028 年には確実にローンチできることが望まれます。

<https://www.gizmodo.jp/2022/12/astronauts-need-a-better-diet-scientists-say.html>

## 宇宙飛行士定食ください。地球で考える健康な食事ではなく、宇宙環境に適した食

### 事とは？

2022.12.20 16:00

George Dvorsky - Gizmodo US

[\[原文\]](#) (Kenji P. Miyajima)



Image: NASA



Image: NASA

## そのうち地上で宇宙食ブームがくるかも？

国際宇宙ステーション (ISS) の長期滞在は、宇宙飛行士の体に負担がかかります。それになんといっても、あんなに遠くまで送ったり限られたスペースに保存したりできるものに限定されちゃう宇宙食は、健康的とは言えないんですね。そんな状況を改善すべく、科学者たちが宇宙環境に特化した食事をつくって検証したところ、健康やパフォーマンスに顕著な効果が見られたそうですよ。

## 宇宙にも健康食を

地球の上空 400km に浮かぶ ISS には洗練されたキッチンがあるわけじゃないので、手間ひまかけた食事はできません。宇宙まで食材を運ぶのにコストもかかりますし、デッカいパントリーもないので、省スペースにするためにできるだけコンパクトにする必要があります。ISS の [標準的な宇宙食](#) は、飛行士の母国にあわせた健康的な食生活の再現を目指していますが、米航空宇宙局 (NASA) ジョンソン宇宙センターの Human Health and Performance Directorate に所属する科学者チームが Scientific Report に発表した [研究結果](#) によると、宇宙環境にあわせた「改良型の食事」のほうが、健康的でパフォーマンスも向上するんですって。また、果物や野菜たっぷり

の改良食は、宇宙特有の悪影響を軽減する可能性があるのだとか。

### 改良食で健康状態や認識能力が向上

今回の研究は、ISS での実験前に改良型宇宙食の影響を評価することを目的として、事前に食事の摂取量の記録、生体サンプルの採取、認識力テストの実施方法について訓練を受けた 30 歳から 50 歳までの男性 10 人と女性 6 人の計 16 人の被験者が 4 人 1 組になり、宇宙環境を模した [Human Exploration Research Analog \(HERA=人間探査模擬研究\)](#) に 45 日間滞在して行なわれました。

実験では、宇宙空間を模した閉鎖的な空間に加えて、保存がきくように包装された ISS 仕様の食品が用いられました。食事は改良食と標準食の 2 種類で、後者が対照群に与えられました。

改良食では、標準食よりも食事の回数、果物や野菜、魚の種類を増やし、フラボノイドやオメガ 3 脂肪酸の摂取源も追加されました。被験者は、その他の健康食品に加えて、果物と野菜を 1 日あたり 6 回以上、魚を週に 2~3 回食べたそうです。45 日におよんだシミュレーション期間中、各被験者は尿、唾液、血液、便のサンプルを提供し、認識力テストも受けました。興味深いのは、どちらのグループも体重が少し減ったことですが、改良食をとった被験者には明確な効果が見られました。研究論文にはその効果について、全体的に、改良食を摂取した被験者は、標準食を摂取した被験者と比較すると、健康、ストレス、認識能力、栄養摂取量で改善や向上が見られ、マイクロバイオーム（腸内微生物による腸の健康）に高い安定性を確認しました。

と記されています。具体的には、コレステロールとコルチゾールのレベルが低下し（後者はストレス軽減を示唆）、認識力に関しては速さ、正確さが向上し、注意力が高まったとのこと。

### 宇宙空間での実験や、被験者層の拡大が課題

結果について研究チームは、「この研究によって、改良型の宇宙食は健康と認識能力の向上に効果があることを示した」と述べています。また、今回の実験は、無重力や放射線への曝露の増加といった宇宙特有のストレスに関するデータと比較するための、地上で提供できる重要な基本データであるとしています。宇宙特有の悪影響を防ぐ対策として、改良型宇宙食をより適切に評価するには、今後さらなる研究が必要とのこと。

よい研究だと思いますが、まだ何か足りない気がします。宇宙を模した環境とはいえ、それでも被験者は地球上で宇宙食を摂取したわけで、実際に宇宙空間で行なわなかったことに限界を感じます。次のステップとして、今回の実験を地上よりもっとストレスが大きな宇宙で再現して、コルチゾールのレベルなどの違いに注目するのが賢明だと思います。また、通常 6 カ月行なわれる長期ミッションと比べて、45 日間は短すぎます。改良型の食事が実際のミッションと同じ期間でどのような効果を見せるのかを知りたいですね。また、サンプルサイズをもっと大きくすればいいと思います。女性をもっと増やして（男女比 10 対 6 だったので）、さまざまな食事のニーズや制限のある人、基礎疾患（糖尿病など）を持っている人、さまざまな体格の人、特定の薬を服用している人などを含めるのもいいでしょう。サンプル数が少ないことを承知のうえで、実験の手法について「宇宙飛行中の食事がもたらす影響について重要な知見を提供した」と述べているのはちょっとどうかと思うので。

### 宇宙が身近になるからこそ重要な宇宙食

でもそんな懸念はさておき、今回の論文は宇宙飛行士が健康に生き生きと、そして高い能力を維持するために必要な食品についての理解を深めてくれるものです。また、宇宙食が乗組員を宇宙空間の悪影響から守ってくれる可能性まで示してくれました。

「地球の低軌道をはるかに超える宇宙空間における安全な探査を可能にする」ために、「食品は将来的な探査型ミッションに必ず含まれるであろう対策のひとつです」と研究者は記しています。これはまったくその通りで、宇宙ステーション滞在や月旅行、火星探査など、宇宙へのアクセスがますます身近になってきた今、宇宙食のことを真剣に考えるのは重要です。実験には参加したくないけど、改良型宇宙食は食べてみたいかも。

<https://www.newsweekjapan.jp/stories/world/2022/12/iss-8.php>

## 「ISS 史上最も深刻な事故のひとつ」ソーラズ冷却水漏れ、フライトコンピュータ



ソユーズの冷却水漏れの後、ISSのロボットアームで調査した..... NASA

[【動画】冷却水漏れを起こしている「ソユーズ MS-22」](#)

Soyuz spacecraft still leaking on space station, 3 hours after detection

<冷却不良によって徐々に熱が蓄積し、クルーの帰還に使われるフライト・コンピュータが正常に稼働しないおそれがある>

ロシアが運用し、国際宇宙ステーション (ISS) にドッキングしている有人宇宙船「ソユーズ MS-22」において、冷却水漏れが発生した。12月15日に起きたこの事故について、米技術サイトのアーズ・テクニカが、現在までに判明している事態と影響を解説している。フライト・コンピュータに影響が及ぶおそれもあり、同サイトで宇宙関連を担当する編集者のエリック・バーガー氏は、ISS 史上「最も深刻なインシデントのひとつ」だと見る。

**船体を冷やす冷却水、ほぼ完全に失われたか**

漏洩は15日、ソユーズの居住区画外部で発生した。機材を収容しているスペースの外装が破損し、その際にセンサーが冷却システムの圧力低下を検知した。ソユーズの冷却水漏れは人の手で止めることができず、現在までに冷却水はほぼ完全に失われたとの見方がある。冷却水漏れの原因として、外部から飛来した物体により冷却水ラインが損傷したと考えられている。米 CBS ニュースは、スペースデブリあるいはマイクロメテオロイド（ごく小さな天然の流星物質）が衝突した可能性があるとして報じている。ISSの船外カメラの映像からは、小さな穴が確認された。現在、NASA およびロシア国営宇宙開発企業のロスコスモスは、事故の影響を評価している。

米テックサイトのアーズ・テクニカは、冷却水の喪失により、ソユーズが帰還する軌道を計算するためのフライト・コンピュータが過熱するおそれがあるとする独自の分析を示している。記事は「宇宙ステーションに滞在中の7人の宇宙飛行士にただちに危険が及ぶことはない」と前置きしながらも、「これは四半世紀近く使用されているこの軌道上のラボの歴史において、最も深刻な事故のひとつだ」と指摘する。

**クルー帰還時の軌道計算に影響のおそれ**

折しもISSは現在、軌道面と太陽との角度を示す「太陽ベータ角」が大きい時期にある。これはISS全体の日照時間が長いことを意味しており、船体が過熱しやすい状況だ。アーズ・テクニカは、「このことから、時間が経つにつれフライト・コンピュータがオーバーヒートするおそれがある」と分析している。

また、フライト・コンピュータは船体の深部に設置されているため、どこかのハッチを開けて冷気を送り込むのも難しい状況だという。さらに、現在確認されている問題は冷却水漏れのみだが、スペースデブリやマイクロメテオロイドがほかの装備を貫いた可能性も否定できない。

[次のページー時は「室温 50 度」の誤報も ロシア当局は否定](#)

フライト・コンピュータは、ソユーズがカザフスタンの着陸地域内に帰還できるよう、再突入の軌道を正確に計算するために使用されている。仮にこのコンピュータが動作不良に陥る危険性があると判断されれば、現在ISSにドッキング中のソユーズによって宇宙飛行士を帰還させることはリスクとなる。

手動で計算をおこなう方法も残されてはいるが、着陸予測エリアが広がるおそれがある。着陸後のクルーたち

の回収に手間取ることが予想され、最適解ではないと同記事は指摘する。コンピュータの温度の推移次第では、予定を繰り上げて一部の宇宙飛行士を早期に帰還させるなど、何らかの対応が求められる可能性もあるという。一時は「室温 50 度」の誤報も ロシア当局は否定

事故後は一部、誤報も出回った。冷却に問題が生じたことから、ソユーズの船内温度が 50 度にまで上昇したとの情報が「関係筋」の話として一部で報じられた。

ロシアのタス通信によると、ロスコスモスは 16 日、これを否定した。居住区画の温度を測定したところ、通常よりは上昇が見られたが、約 30 度であったという。ロスコスモスは「些細な変化だ」と強調している。同社はまた次のように述べ、安全性を強調した。「現時点で温度変化は、機材の使用やクルーの快適性にとって致命的なものではない」「状況は許容範囲内であり、宇宙飛行士たちの生命や健康に対する脅威とはなっていない。ソユーズ宇宙船 MS-22 の居住区画に求められる温度は、ISS のロシアセグメントのリソースによって維持されている」**ソユーズ不調なら、クルーの輸送はバックアップなしの単機体制に**

事故の影響を受け、NASA は 12 月 21 日、幹部職員らが電話会議を通じて対応を協議すると発表している。

一方、ISS の現場では、事故前から計画されていた船外活動を予定通り実施する。NASA の宇宙飛行士 2 名が船外にて、ロールアウト式太陽電池アレイ増設のための活動に当たる。船内では、米先住民として初めて宇宙へ飛び立った NASA のニコール・マン宇宙飛行士と、日本の JAXA の若田光一宇宙飛行士が共同でロボットアームを操作し、船外の飛行士らをサポートする。宇宙ポータルスペース.com によると、ロスコスモスは現在、冷却水を失ったソユーズがミッションに耐え得るかを評価している。飛行に耐えないと判断された場合に懸念されるのが、クルーの輸送体制だ。同記事は、「このソユーズは、SpaceX の『クルー・ドラゴン』カプセル型宇宙船と並び、ISS へ宇宙飛行士たちを輸送しているわずか 2 台の宇宙船の 1 つである」と指摘している。ソユーズが使用不可と判断されれば、2023 年 4 月にボーイング社の「スターライナー」カプセル型宇宙船が加わるまで、クルー・ドラゴン 1 機体制での運用となる。輸送機はクルーの生命線でもあるだけに、今後の動向が注視される。

[次のページ【動画】冷却水漏れを起こしている「ソユーズ MS-22」](#)

Soyuz spacecraft at space station leaking 'particles' into space

[次のページ 60 年代、ソ連女性宇宙飛行士の声を傍受したとされる音声](#) Lost Cosmonaut



<https://sp.m.jiji.com/article/show/2870168>

2022-12-20 18:59 国際

## 「宇宙安保構想」初策定へ＝官民協力、産業育成を重視―関連防衛予算 5 倍・政府

日本政府が初めて、宇宙領域に特化した安全保障構想を文書にまとめる方針を固めたことが 20 日、関係者への取材で分かった。経済や軍事、市民生活のあらゆる面において宇宙の重要度が高まる中、政府が宇宙利用の促進や産業育成を主導し、宇宙領域の能力強化を目指す。岸田文雄首相が近く方針を発表。文書の公表は来夏になる見通しだ。新構想は米国の「国防宇宙戦略」に相当する戦略文書になる見込みだが、名称は未定。背景には、宇宙の重要性が高まり、陸海空やサイバーに並ぶ「戦闘領域」になった現在、「宇宙領域に特化した安全保障構想が不可欠」（関係者）との認識がある。防衛省の宇宙関連予算は 2023～27 年度に、最高で過去 5 年間の約 5

倍に当たる1兆5000億円規模に増えるとみられる。新構想の柱として、自衛隊と海上保安庁などによる宇宙空間の利用拡大、宇宙航空研究開発機構（JAXA）や民間企業との連携強化を盛り込む。また、民間に対する投資拡大を明記。宇宙産業の人材育成や技術革新を促し、その技術力を国家の防衛に還元することで好循環を生み出す。中国やロシアが衛星攻撃兵器（ASAT）の開発・配備を進める中、「宇宙領域把握（SDA）」能力向上を図るとともに、多国間連携を通じて人工衛星を含む宇宙システムの防衛態勢も強化する。

宇宙領域を巡っては、20年時点で約40兆円とされた世界の宇宙産業の市場規模が、40年には約100兆円に膨らむと試算されている。軍事における通信や情報収集、ミサイル防衛だけでなく、全地球測位システム（GPS）や現金自動預払機（ATM）などの社会システムも宇宙に依存している。ただ、人工衛星などの宇宙システムは極めて脆弱（ぜいじゃく）で、有事には宇宙システムを破壊するだけで敵国の戦力を大幅に弱体化させ、社会を混乱に陥らせることができる。米国は数千～数万個の安価な小型衛星を張り巡らせる「衛星コンステレーション」を構築し、一部の衛星が使用不能になってもすぐに代替りの衛星を配備できる態勢を整える計画だ。

日本政府は16日に公表した国家安全保障戦略など安保関連3文書で、航空自衛隊を航空宇宙自衛隊に改称すると明記。ミサイル防衛用の衛星コンステレーション構築を含め、宇宙作戦能力を強化する方針を示した。（時事）[時事通信社]

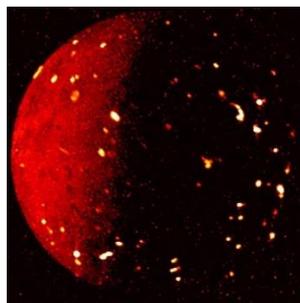
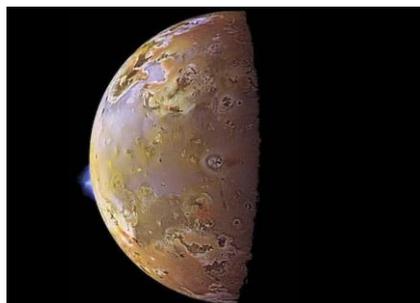
<https://www.newsweekjapan.jp/stories/world/2022/12/post-100410.php>

## 太陽系で最も火山活動の盛んな天体「イオ」、赤外線画像でとらえられた

2022年12月20日（火）19時06分 [松岡由希子](#)

木星の4つの衛星「ガリレオ衛星」のなかで最も内側を公転する「イオ」は、数百もの火山を持つ太陽系で随一の火山地帯だ。アメリカ航空宇宙局（NASA）の木星探査機「ジュノー」は2022年7月5日、約8万キロ先の地点で「イオ」を赤外線画像でとらえることに成功した。

NASA ジェット推進研究所（JPL）が2022年12月14日に公開した画像では、溶岩流や溶岩湖が鮮やかな赤の斑点として映し出されている。この画像から「イオ」では赤道よりも極域のほうが火山が多いこともわかった。



活発な火山活動を行う木星の衛星「イオ」 [Wikimedia](#)

「イオ」の赤外線画像 [Credit: NASA/JPL-Caltech/SwRI/ASI/INAF/JIRAM](#)

[Juno Flies Past the Moon Ganymede and Jupiter, With Music by Vangelis](#)

<木星探査機「ジュノー」は、「イオ」を赤外線画像でとらえることに成功した>

### ジュノーのミッションは完了したが、2025年まで延長

2011年に打ち上げられた「ジュノー」は2016年7月から木星を観測し、2021年7月に主要なミッションが完了したが、その後も最長2025年9月まで木星探査が延長されることとなった。「ジュノー」は2021年6月に木星の第3衛星「ガニメデ」に接近し、2022年9月には木星の第2衛星「エウロパ」にもフライバイ（近接通過）している。「ジュノー」には、カラーカメラ「ジュノーカム（JunoCam）」や「イオ」を赤外線で観測した「JIRAM（赤外線オーロラマッピング装置）」など、木星観測のために設計された観測機器が搭載されている。

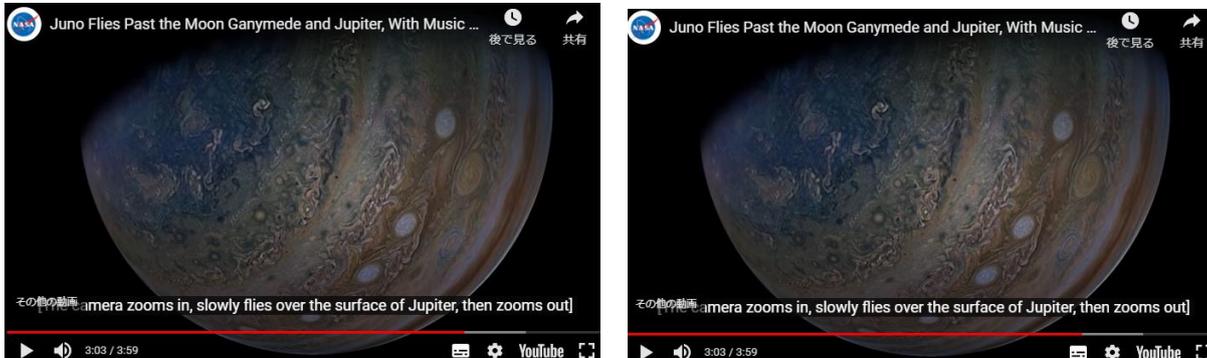
これらはその衛星の観測にも活用されており、ジュノーの主任研究員スコット・ボルトン博士は「それぞれのフ

ライバイで新たな情報を多く得られている」とこれまでの延長ミッションの成果を評価している。

## 9回フライバイし、「イオ」を観測する

「ジュノー」はこの先1年半で9回フライバイし、「イオ」を観測する。2022年12月15日に1回目のフライバイ観測が実施されたほか、9回のフライバイのうち2回では1500キロまで接近する計画だ。一連のフライバイで「イオ」を初めて高解像度で観測し、「イオ」の火山や火山噴火と木星の強力な磁気圏、オーロラとの相互作用のメカニズムなどを解明していく。

[次のページ【動画】木星と衛星ガニメデの磁気を探査するジュノー](#)



NASA's Juno Mission Explores the Magnetic Connection Between Jupiter and Ganymede

[次のページ【動画】ジュノーのミッションとは](#)

What Has The Juno Spacecraft Seen During Its Historic Mission To Jupiter? 2011-2020 (4K UHD)

<https://news.mynavi.jp/techplus/article/20221221-2542697/>

## 国立天文台、木星の気温が一定間隔で変動することを40年間の観測で発見

掲載日 2022/12/21 11:43 著者：波留久泉

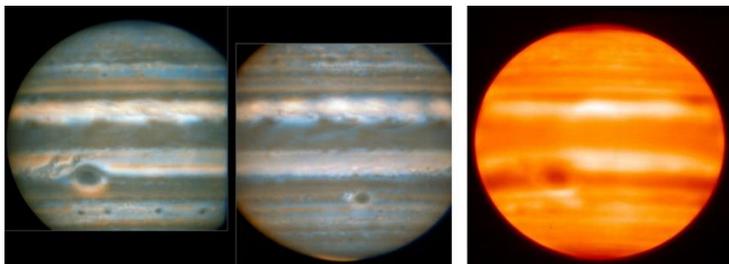
国立天文台ハワイ観測所は12月20日、米国航空宇宙局(NASA)の宇宙探査機とすばる望遠鏡などの地上望遠鏡の観測データを組み合わせて、木星の対流圏上層部の温度を過去最長の期間にわたって追跡調査した結果、木星の気温が四季とは関係なく一定の間隔で変動することを発見したと発表した。

同成果は、NASA ジェット推進研究所(JPL)のグレン・オートン上級研究員、英・レスター大学のリー・フレッチャー博士、国立天文台ハワイ観測所の藤吉拓哉博士らの国際共同研究チームによるもの。詳細は、[英科学誌「Nature」系の天文学術誌「Nature Astronomy」に掲載された。](#)

木星の対流圏は大気の下層部に位置し、惑星のトレードマークともいえる、色とりどりの縞模様の雲を形成するなど、地球の対流圏と同様にさまざまな気象活動が起こっている。それらを理解するためには、風・気圧・湿度・温度など、さまざまな特性を調べる必要があるとする。

木星の気温については、1970年代前半にNASAが送り込んだパイオニア10号・11号のフライバイ観測以降、明るくて白い帯(ゾーン)は一般的に温度が低く、茶色や赤色の帯(ベルト)は比較的温暖であることが判明している。しかし、それらの帯の温度が長期的にどう変化するかを理解するには、今まで十分なデータがそろっていなかったという。そこで研究チームは今回、大気の暖かい領域(対流圏上層部)からの赤外線的光辉をとらえた画像を分析し、木星の色とりどりの雲の上の温度を直接測定することで、この状況を打開することにしたという。これらの画像は、12年かけて木星が太陽を周回する様子を3周分一定間隔で撮影したものだ。

なお、今回の研究をオートン上級研究員がスタートさせたのは、ボイジャー1号と2号が木星を訪れる前年の1978年のことだという。近年は、NASAの赤外線専用望遠鏡「IRTF」(1979年稼動)、ヨーロッパ南天天文台がチリに建設した超大型望遠鏡「VLT」(1998年稼動)、そしてすばる望遠鏡(1999年稼動)という3つの地上大型望遠鏡で年数回の観測が行われてきた。



木星の赤外線画像。(左・2点)2016年2月と3月にVLTで撮影された、波長8.6 $\mu$ mと10.7 $\mu$ mの画像を合成したもの。青っぽい部分は寒くて雲がなく、オレンジ色の部分は暖かく曇っている。(右)COMICSで2019年に撮影された波長8 $\mu$ mの画像(C)ESO/L.N. Fletcher, NAOJ(出所:すばる望遠鏡Webサイト)

ちなみに、すばる望遠鏡の観測データは、2020年に引退した中間赤外観測装置「COMICS」によるもの。2005年5月から2019年5月までの14年間に行われた20回以上もの観測で取得したデータが利用された。

40年に及ぶ観測とデータ分析の結果、木星の気温は季節やそのほかの周期とは関係なく、一定の間隔で暖かくなったり寒くなったりしていることが判明。地球の自転軸が太陽に対し23.5度も傾いているのに対し、木星は3度しか傾いておらず、四季による変化に乏しいため、気温がこれほど規則正しく変動するとは予想外だったという。また今回の研究では、何千kmも離れた地点同士の気温変化に不思議な関係性があることも明らかにされた。それは、北半球側の複数の地点で気温が上昇すると、南半球側の同じ緯度の地点で気温が低下し、それが規則的なパターンで反転しながら繰り返される、というもの。地球でも、ある地域の天気や気候のパターンがほかの場所の天気 zu 大きな影響を与えることがあり、変動パターンが大気中のはるかな距離を越えてテレコネクトしている(遠隔相関がある)ように見える現象だという。研究チームは次の課題として、この周期的で一見同期したような変化の原因を探ることを挙げる。しかし、木星大気中において発生するこのパターンは、何によって生み出されているのか、またなぜ特定の時間スケールで発生するのかは不明で、それらを理解するためには雲の層の上下両方を探索する必要があるとした。

木星大気の研究チームは、今回の結果が木星の天気の詳細な理解に貢献し、さらにはその予測にまで発展することを期待しているという。また今回の研究は、木星だけではなく、土星などの太陽系のほかの巨大惑星に加え、太陽系外にも存在するすべての巨大惑星の気候モデルへの重要な制限となり得るとしている。

研究チームは、温度変化とその周期を長期にわたって測定し、木星大気内でそれらの原因と結果を結びつけることができれば、完全な木星天気予報を実現するための一歩となるとする。より大きな観点からの課題は、いつか今回のような研究を他の巨大惑星にも拡張し、同様のパターンが見られるかどうかを検証するとのことだ。

<https://news.mynavi.jp/techplus/article/20221219-2541349/>

## 小惑星リュウグウは通常の炭素質隕石よりも太陽から遠い彗星近くで誕生したことが判明

掲載日 2022/12/19 16:42 著者: [小林行雄](#)

北海道大学(北大)、京都大学(京大)、東京工業大学(東工大)、東京大学(東大)などで構成される研究チームは、小惑星探査機「はやぶさ2」がC型小惑星「リュウグウ」から採取したサンプルの中に、初期太陽系の高温度環境で形成した鉱物を多数発見。解析の結果、リュウグウは、通常の炭素質隕石の母天体よりも太陽から遠い、彗星により近い領域で形成されたことが判明したと発表した。

同成果は、北大 大学院理学研究院の川崎教行 准教授および塚本尚義 教授、京大 白眉センターの松本徹 特定助教、東工大 理学院地球惑星科学系の横山哲也 教授、東大 大学院理学系研究科の橋省吾 教授らの研究チームによるもの。詳細は「Science Advances」(オンライン版)に掲載された。

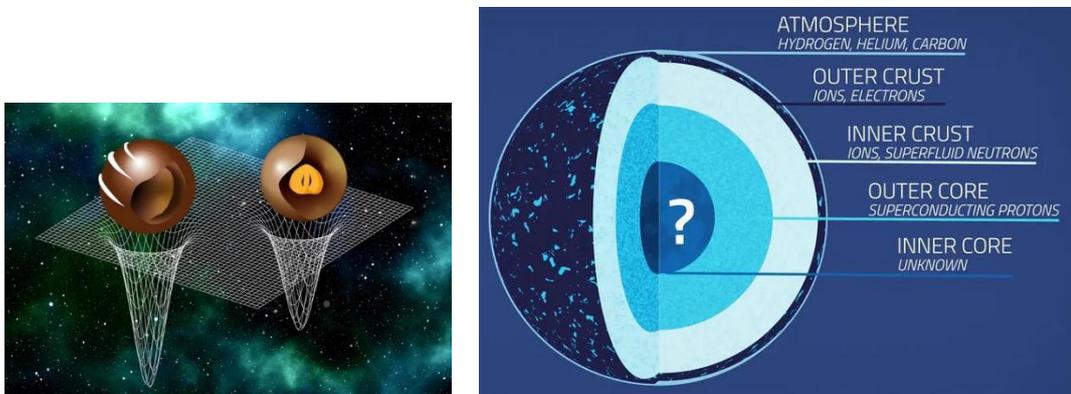
はやぶさ2が持ち帰った小惑星リュウグウのサンプルの分析から、リュウグウはイヴナ型炭素質隕石に類似した

物質であり、主に約 40°Cほどの低温の水溶液から析出した鉱物で構成されることが分かっていた。こうした鉱物は、リュウグウの母天体において氷の融解より発生した水溶液がリュウグウに元々あった鉱物を変質させることでできたもので、そうした変質作用が起きたのは、太陽系誕生から約 500 万年後であったことも判明していたが、逆に言えば、それ以前の初期太陽系の情報を得ることはできていなかったことを意味するという。そこで研究チームは今回、リュウグウおよびイヴナ型炭素質隕石の中から、太陽系誕生から約 500 万年後に起きていた低温の水溶液の変質作用を生き残った初生鉱物(氷が存在していた時代にリュウグウおよびイヴナ型炭素質隕石母天体に含まれていた鉱物)の探索を行い、その起源の決定に挑んだという。具体的には、北大の走査電子顕微鏡で形状観察、化学組成分析を行い、水溶液の変質作用を生き残った初生鉱物の探索を実施したほか、鉱物の起源特定に向け、北大の同位体顕微鏡(二次イオン質量分析計)を用いて、酸素の同位体組成の測定を行ったという。

<https://www.gizmodo.jp/2022/12/neutron-star-interiors-pralines.html>

## 中性子星は、巨大な宇宙のナッツ入りチョコレート菓子みたいなもの

2022.12.19 23:00 ByIsaac Schultz - Gizmodo US [\[原文\]](#) (佐藤信彦/Word Connection JAPAN)



比較的重い中性子星(左)と比較的軽い中性子星(右)の内部をお菓子のプラリネで表現したイメージ図 Image: Peter Kiefer & Luciano Rezzolla

Image: [NASA のゴダード宇宙飛行センターと Conceptual Image Lab](#) このような多層構造をとると考えられる中性子星のイメージ図

宇宙物理学者が中性子星の内部をモデル化して研究したところ、この極めて小さな天体の内部構造は質量によって異なると判明しました。その内部構造は、あるお菓子にたとえられるのだそうです。ただし、似ているのは構造だけで、現時点ではそれ以上わかりません。

中性子星は、巨大な恒星が崩壊して作られる極めて密度の高い残骸で、宇宙においてブラックホールに次ぐ高密度の天体です。その内部では、原子の周囲を回っていた電子が重力の影響で原子核の陽子に押し込まれ、構成物質のほとんどが中性子になっているため、中性子星と呼ばれます。

重力が極めて強く、観察しようと近づいた人間の身体など、[原子レベルに分解](#)されてしまいます。あまりに重力場が強力なため、表面に「山」があったとしても、[標高は 1mm にもならない](#)でしょう。

中性子星の内部がどのようなになっているか観測したくても、とても困難です。理論的に研究するしかありません。そこで、先ごろある研究チームは、膨大な種類の中性子モデルを作って調査しました。

「ヘーゼルナッツを柔らかいチョコレートで包んだプラリネ」のよう

宇宙物理学に関する国際的な学術誌「The Astrophysical Journal Letters」の[掲載論文](#)によると、質量が太陽の約 1.7 倍以下という比較的軽い中性子星は、固いコアを柔らかいマントルが包む構造だとわかりました。そして、重い中性子星の内部構造は、その反対になっているそうです。ヨハン・ヴォルフガング・ゲーテ大学フランクフルト・アム・マインの宇宙物理学者で、この研究を主導した Luciano Rezzolla 氏は、この研究成果を[発表したゲーテ大](#)

[学の文書](#)で次のように述べています。「軽い中性子星は、ヘーゼルナッツを柔らかいチョコレートで包んだプラリネに似ています。一方、重い中性子星はもっとチョコレート菓子らしいと考えられ、柔らかい中身がチョコレートで固くコーティングされています」

### モデルを使ったシミュレーションの結果

研究チームは、中性子星の想定可能な質量や圧力、体積、温度といったパラメーターと、実際の観測データを組み合わせ、膨大な数のモデルを作って中性子星の生成過程をシミュレーションしました。

中性子星が生成されるほど高密度の物理現象を再現できる実験施設は、世界にも[欧州原子核研究機構 \(CERN\) の大型ハドロン衝突型加速器 \(LHC\)](#)と[SLAC 国立加速器研究所の Matter in Extreme Conditions \(MEC\)](#)という2つしかありません。そこで、モデルを使うシミュレーションが中性子星の研究において重要な手段なのです。天体の粘度を知るには、音が天体内部をどの程度の速度で伝わるかモデルを使って計算します。音波は、火星探査機の [InSight が火星の内部構造を解明した](#)ように、天体の内部構造を調べることに利用できます。

Gizmodo の問い合わせに対し、ゲーテ大学の宇宙物理学者 Christian Ecker 氏はメールで「(音速を計算するために) 膨大な数の状態モデル方程式を作って調べたところ、質量が最大級の中性子星では、コアの音速が外部の層より遅くなるとわかりました」と返答してくれました。「このことから、コアでは物質が何らかの変化を起こしていると考えられます。たとえば、バリオンからクォークへ変わるといったような変化です」(Ecker 氏)

### 質量とは無関係に直径が決まってくる？

さらに研究チームは、中性子星の直径は質量と無関係に、例外なく 7.46 マイル (約 12km) 程度になると考えています。これは、標準的な中性子星の直径を約 13.6 マイル (約 22km) とした、[2020 年の推定値](#)の半分ほどです。大きさは違っても、中性子星の平均質量は[地球 50 万個分](#)ほどあり、とにかく密度が高い天体です。

### まだまだ謎は多い

中性子星の粘度が多彩だということは、ある程度わかりました。しかし、物質の状態や、それらがどのように組み合わせられているかは、調べられていません (もちろん、中性子星はチョコレートでできていません)。中性子星をどんなに掘っていても中性子しか出てこない、と考える[研究者もいます](#)。中性子星の中心部では、[想像もできない奇妙な未知の粒子が作られている](#)、という異論もあります。

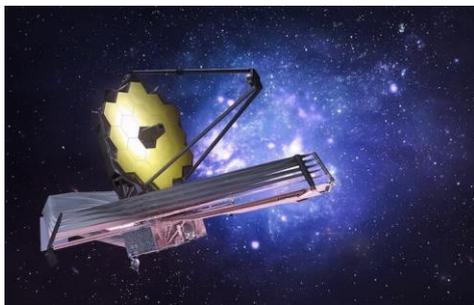
謎に包まれた超高密度の天体ですが、中性子星は実際に存在していて、さまざまな装置で観測データを集めようとしています。中性子星と中性子星や、中性子星とブラックホールの合体といった激しい衝突が起きれば、内部の物質が白日の下に晒されて、中性子星の性質も[明かされるでしょう](#)。

たとえば、物理学者は NASA の中性子星観測装置 NICER (Neutron Star Interior Composition Explorer)、研究グループの NANOGrav (North American Nanohertz Observatory for Gravitational Waves)、CHIME 電波望遠鏡、共同研究活動の LIGO (Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory) や Virgo などを通じ、中性子星の大きさと構造を調べています。観測データが増えれば、それを利用して中性子星モデルの精度を向上できます。Ecker 氏によると、太陽 2 つ分の質量を野球場に押し込めたような、極めて質量の大きな中性子星を調べると、こうした極端な性質の天体がどんな物理的特性を示すか高精度で予測できるそうです。

うまくいけば、宇宙の巨大なプラリネの中身について、割とすぐ詳しい情報が得られるかもしれません。大きさによって中身がどう違うのかなども、判明する可能性があります。

<https://www.newsweekjapan.jp/stories/world/2022/12/2-463.php>

**「宇宙で最も古い銀河！」ジェイムズ・ウェッブ望遠鏡が捉える 宇宙歴の 2% 時点で誕生** 2022 年 12 月 21 日 (水) 20 時 07 分 [青葉やまと](#)



ジェームズ・ウェッブ宇宙望遠鏡が、宇宙誕生から 3 億 5000 万年の時点で形成された非常に古い銀河を捉えた..... dima\_zel-iStock <今夏から本格稼働しているジェームズ・ウェッブ望遠鏡は、これまで観測が難しかった遠い宇宙の姿を鮮明に写し出している>

ジェームズ・ウェッブ宇宙望遠鏡が、宇宙誕生から 3 億 5000 万年の時点で形成された非常に古い銀河を捉えた。宇宙が現在の年齢のまだ 2% であった非常に早い時期に形成されていたことになる。

これまで観測された最も古い銀河は、ビッグバンから 4 億年後に誕生し、ハッブル望遠鏡が 2016 年に観測した GN-z11 だった。今回発見された銀河はこれよりも古く、観測史上最古となる。GLASS-z12 と命名された。

このような非常に古い銀河が存在する可能性は、ウェッブ望遠鏡が以前に観測したデータから推定されていた。今回、ジェームズ・ウェッブ望遠・先端深銀河系外調査 (JADES) の国際チームが分光観測を実施し、宇宙誕生から 3 億 5000 万年時点という正確な年代を特定した。また、4 億年未満時点で誕生した非常に古い銀河が、GLASS-z12 を含めて同時に 4 つ発見されている。本件に関し、国際チームによる論文が 11 月にプレプリント・サーバーの arXiv 上で公開され、12 月に入ってから科学系各ニュースサイトで報じられている。

### 遠い宇宙のごく暗い光を捉えた

このたび発見された GLASS-z12 は宇宙のはるか遠方にあり、現在観測されている光は 134 億年以上前に放たれたものだ。現在宇宙は 138 億年と考えられており、この光は宇宙史のほぼ全期間をかけて地球に届いたことになる。遠方の宇宙は非常に暗く、ジェームズ・ウェッブ望遠鏡の観測能力が威力を発揮している。科学ニュースサイトのサイテック・デイリーは、遠方の銀河を観測する能力においてほかの宇宙望遠鏡の 5~10 倍優れていると指摘している。今夏稼働を開始したウェッブ望遠鏡だが、本格稼働からわずか 5 ヶ月で観測史上最古の銀河の発見という成果を挙げた。JADES の国際チームは、ウェッブ望遠鏡が搭載する近赤外線カメラ (NIRCam) を使い、10 日間を費やして 9 つの波長帯の赤外線観測を行った。これまでハッブル宇宙望遠鏡が重点的に観測してきたエリアを中心としているが、ハッブルよりも 15 倍広い宇宙の領域をカバーしており、さらに解像度もより鮮明となっている。こうして得られた赤外線データにより、10 万個近い銀河の「地図」が得られた。

### 近赤外線の分光で距離と構成元素がわかる

チームはさらに、ウェッブ望遠鏡の近赤外線分光器 (NIRSpec) による解析を加えた。NIRSpec は髪の毛ほどの細さのシャッターを 25 万個備えており、最大で 200 個の天体のスペクトルを一度に観測することができる。こうして個々の銀河の赤外線スペクトルを解析すると、対象の銀河がどれほど遠くにあるかを正確に特定することができる。原理として、宇宙は膨張を続けており、銀河が放った光は地球に届くまでに引き延ばされる。波長が長くなることで赤寄りの光に変化する「赤方偏移」と呼ばれる現象だ。

### [次のページ過去を覗き込むタイムマシン](#)

遠くにある銀河からの光ほど、地球に届くまでに長い距離を旅するため、赤方偏移の影響を大きく受ける。この性質を利用して距離を推定する。また、星を構成する元素によって、スペクトルは異なるパターンを示す。今後のさらなる詳細な分析により、銀河を構成している物質が判明すると期待されている。

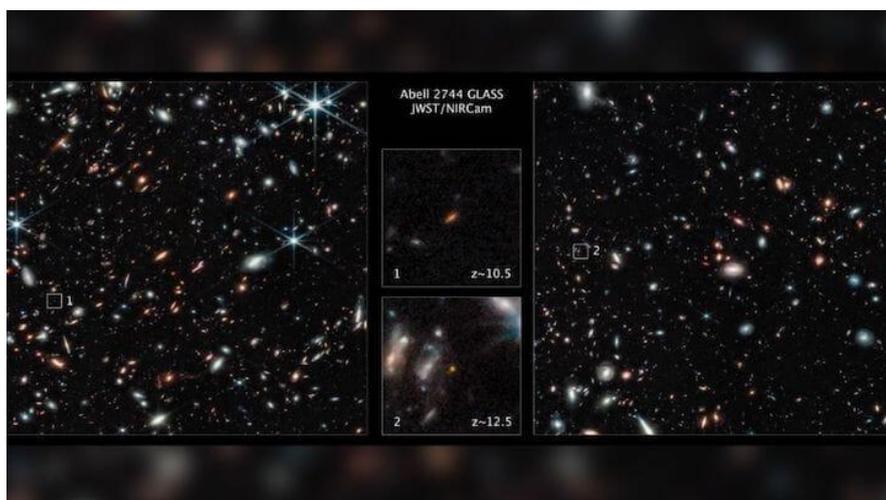
### 過去を覗き込むタイムマシン

遠方の宇宙を観測できるウェッブ望遠鏡は、まるでタイムマシンのような存在だ。134 億年前に GLASS-z12 が放った光がいま地球に届き、ビッグバンから間もないころに創造された銀河の姿を観測することが可能になって

いる。理論上、宇宙の最初期に誕生した恒星は、水素とヘリウムだけから構成されていたと考えられている。このような初期型の星は「種族Ⅲ」と呼ばれているが、これまでの観測史上、実際の発見には至っていない。だが、遠い宇宙を遡って覗き込むことができるウェブ望遠鏡により、こうした種族Ⅲの星が実際に発見されるのではないかと期待が高まっている。研究論文を共著したイタリア国立天体物理学研究所（INAF）のアドリアーノ・フォンタナ主任研究員は、今回発見された GLASS-z12 の銀河に、種族Ⅲの星が含まれている可能性があると考えているようだ。ウェブ望遠鏡は打ち上げ前に期待されていたよりも鮮明な観測データを得ることが可能となっており、天文学者たちを喜ばせている。INAF ローマ天文台のパオラ・サンティーニ研究員は、米 CNN に対し、「天文学におけるまったくもって新たな章の幕開けです」と興奮を語る。まるで考古学的な発掘作業をしていて、失われた都市や未知のものを突如として発見したようなものです。ただただ衝撃的です」

2021 年 12 月 25 日に打ち上げられたウェブ望遠鏡は、打ち上げから 1 年未滿で観測史上最古の銀河の発見に貢献した。今後も重要な発見が続きそうだ。

[次のページ【画像】ジェイムズ・ウェブ宇宙望遠鏡が観測したひじょうに古い銀河](#)



ジェイムズ・ウェブ望遠鏡によって、2 つの古い銀河が観測された。No.1 とラベル付けされた銀河は、ビッグバンからわずか 4 億 5000 万年後。No.2 とラベル付けされた銀河は、ビッグバンから 3 億 5000 万年後に誕生している。NASA/ESA/CSA/Tommaso Treu

[次のページ【動画】ウェブ宇宙望遠鏡が「宇宙で最も古い銀河」を捉える](#)



Finally Confirmed! JWST Confirms One Of The Farthest Galaxies Ever Discovered



James Webb Telescope Captures Never-Before-Seen Distant Galaxies

[次のページ【動画】ウェブ宇宙望遠鏡の誕生](#)



Happy Birthday Webb!

<https://news.mynavi.jp/techplus/article/20221223-2544146/>

## ABC など、質量のわかっている中では最も軽い「褐色矮星」を発見

掲載日 2022/12/23 06:30 著者：波留久泉

アストロバイオロジーセンター(ABC)とすばる望遠鏡(国立天文台 ハワイ観測所)は 12 月 21 日、おうし座の方向約 160 光年の距離にあるヒアデス星団に属する、年齢約 7.5 億年の若い恒星「HIP 21152」の周囲を巡る褐色矮星「HIP 21152 B」の姿を直接撮影したことを発表した。

また、同褐色矮星の質量が木星の 22~36 倍という精密測定にも成功し、質量が精密に求められている褐色矮星の中では最も軽く、惑星質量に迫る天体であることを明らかにしたことも併せて発表された。

同成果は、ABC の葛原昌幸特任助教を中心とした、国立天文台、東京工業大学、米・カリフォルニア大学サンタバーバラ校、NASA の研究者らが参加した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。](#)

褐色矮星は恒星と木星のような巨大ガス惑星の中間の質量を持つ太陽系には存在しない種類の星とされる。褐色矮星の定義は複数存在するが、一般には木星質量のおよそ 13 倍から 80 倍とされている(太陽は木星の約 950 倍)。恒星とは水素による核融合で自ら輝く天体だが、それには最低でも太陽質量の 8%が必要とされている。褐色矮星はそれに満たないために水素による核融合は起きないが、重水素による核融合は起きるため、恒星でも惑星で

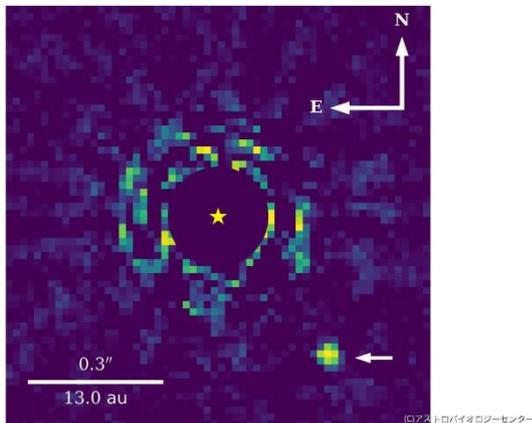
もないという特徴を持つ。ただし、重い巨大惑星と軽い褐色矮星はほとんど同じ性質を示すと考えられており、巨大惑星の進化や大気を調べる上でも、褐色矮星は重要な存在とされている。

褐色矮星には単独の「孤立型」と、恒星を周回する「伴星型」の2種類が存在する。1995年に最初の褐色矮星が発見されてから、現在ではすでに数千個が発見されているが、伴星型の褐色矮星の頻度は100個の恒星あたりに数個と希少であるため、今回の観測では、恒星が天の川銀河内を独自の速度を持って運動することによる「固有運動」の情報を利用し、すばる望遠鏡による撮像探査が進められてきた。

この観測手法は、ある恒星を伴星が周回する場合、その恒星の固有運動が伴星の重力の影響で速度が変化することをいうものだという。ただし、褐色矮星や巨大惑星などは恒星に比べれば軽いため、それらの伴星によって引き起こされる速度変化は非常に小さく、その測定は困難だったという。

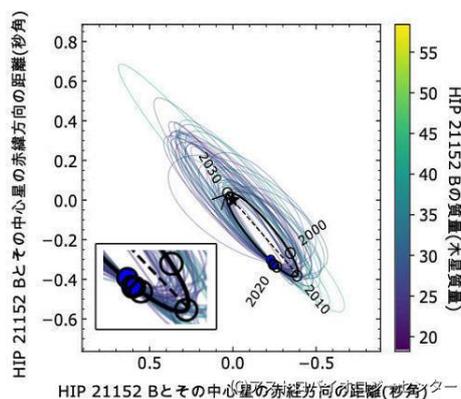
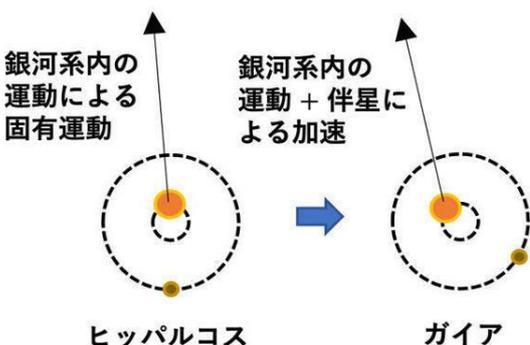
そこで利用されたのが、1990年代に活躍したESAの位置天文衛星「ヒッパルコス」と、その後継機で2013年に打ち上げられた「ガイア」による測定値であり、両衛星の測定値の差を測ることで、固有運動の微小な加速を導出することが可能となったという。

同手法を用いて太陽系近傍にある恒星の固有運動の加速が調べられ、褐色矮星や巨大惑星などの伴星が存在する可能性のある複数の恒星が選出された。そして、すばる望遠鏡の最新観測機器であるコロナグラフ超補償光学系「SCEXAO」(スケックス・エーオー)と同検出器「CHARIS」(カリス)のコンビを用いた観測が進められ、恒星HIP 21152を周回する褐色矮星HIP 21152 Bが直接撮像により発見されたとする。



★印はマスクされている恒星HIP 21152の位置。矢印がその伴星として発見された褐色矮星HIP 21152 B。HIP 21152の周囲のパターンは、同星の影響によるノイズ。ヒアデス星団の伴星型褐色矮星としては、HIP 21152 Bが直接撮像によって確実に発見された初めての天体となった (C)アストロバイオロジーセンター (出所:すばる望遠鏡 Web サイト)

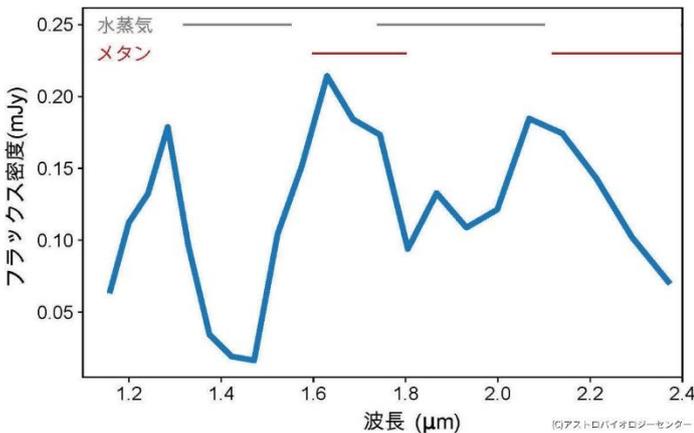
さらに、すばる望遠鏡やケック望遠鏡による計4回の直接撮像と、岡山188cm望遠鏡の分光器「HIDES」(ハイドス)によるHIP 21152の視線速度観測、ガイアなどによる固有運動データを組み合わせることで、HIP 21152 Bの軌道が決定された。



(左)固有運動の加速の模式図。伴星が周回している場合、その重力により、中心星の固有運動の速度が変化する。

そのため、ヒッパルコスとガイアにより異なる時期に測定された値に差が生じる。(右)HIP 21152 B の軌道解析結果。丸印は数字で示された年における HIP 21152 B の予測位置と、実際に観測された位置(青丸)。黒の曲線は最も可能性が高い軌道、色付きの曲線は可能性のあるほかの軌道。色の違いはその軌道に対応する HIP 21152 B の質量。左下挿図は、観測位置周辺の拡大図 (C)アストロバイオロジーセンター (出所:すばる望遠鏡 Web サイト)

軌道が決まれば、ケプラーの法則を用いてその天体の質量を推定することが可能となる。その結果、HIP 21152 B の質量は木星の 22~36 倍と導き出されたとするほか、これほど精密に質量が決定された褐色矮星はまだ 20 例ほどしかなく、HIP 21152 B はその 20 例の中では最も軽く、惑星質量に迫る天体であることも判明したという。



すばる望遠鏡の SCEXAO と CHARIS で取得された HIP 21152 B のスペクトル(青線)。褐色矮星の大気に存在する水蒸気とメタンによる光の吸収の範囲が上に横線で示されている。HIP 21152 B のスペクトルの凹みはそれらの気体による吸収によって生じたもの (C)アストロバイオロジーセンター (出所:すばる望遠鏡 Web サイト)

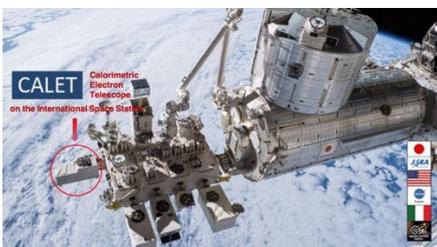
研究チームによると、HIP 21152 B は褐色矮星や巨大惑星の大気の研究でも重要だという。今回は HIP 21152 B のスペクトルも取得され、その大気は、褐色矮星のスペクトル型である L 型と T 型を遷移する型に分類されることが示された。T 型の大気ではメタンによる強い吸収が見られるが、L 型の大気ではそれがほとんど見えない。この変化は大気の温度や雲の存在と強く関係あり、こうした点でも HIP 21152 B の質量や年齢という最も基本的な特徴が正確に決まっていることが重要で、同褐色矮星は今後、ベンチマーク(基準)になることが期待されるとしている。なお、今回の研究は現在も進行中であるとするほか、すばる望遠鏡の直接撮像装置も継続して改良が行われており、新しい光学機能の運用開始も予定されており、今回の研究が目指す効率的な探査計画の進展と、すばる望遠鏡の観測装置の開発や改良により、今後もさまざまな重要天体が発見されることが期待されるとしている。

<https://news.mynavi.jp/techplus/article/20221221-2542886/>

## 早大など、宇宙線が銀河系内を伝播する様子を「きぼう」から高精度で観測

掲載日 2022/12/21 18:23 著者: 波留久泉

早稲田大学(早大)は 12 月 20 日、国際宇宙ステーション(ISS)の「きぼう」日本実験棟に搭載されたカロリメータ方式の宇宙線電子望遠鏡「CALET」がホウ素の流量をテラ電子ボルト(TeV)領域まで観測し、宇宙線が銀河系内を伝播する様子を高精度に明らかにしたと発表した。



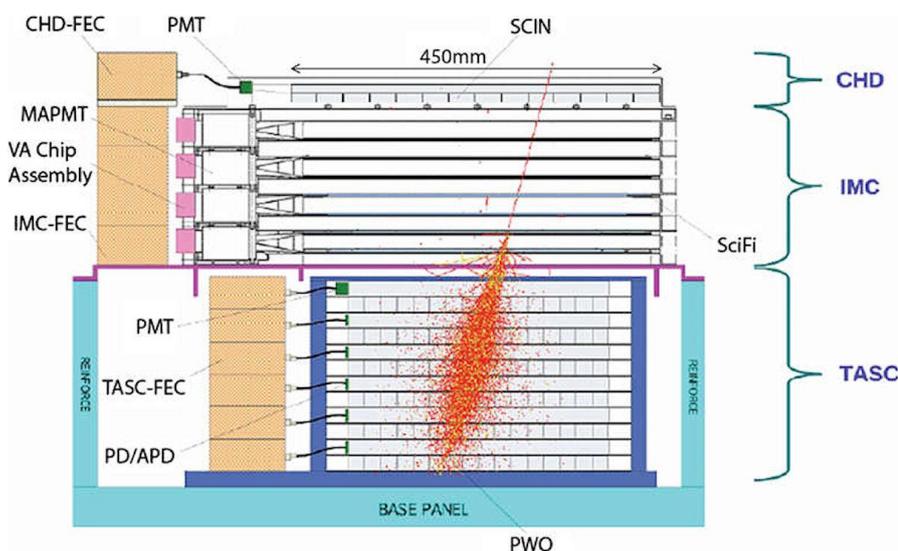
ISSの「きぼう」船外実験プラットフォームに設置された CALET(出所:早大プレスリリース PDF)

同成果は、早大 理工学術院総合研究所の赤池陽水主任研究員(研究院准教授兼任)、CALET 代表研究者の早大 鳥居祥二名誉教授、イタリア・シエナ大学の Paolo Maestro 研究員を中心に、神奈川大学・立命館大学・東京大学宇宙線研究所・弘前大学・宇宙航空研究開発機構(JAXA)などの国内研究機関、およびイタリアや米国の研究機関の研究者も参加した国際共同研究チームによるもの。詳細は、[米国物理学会が刊行する機関学術誌「Physical Review Letters」に掲載された。](#)

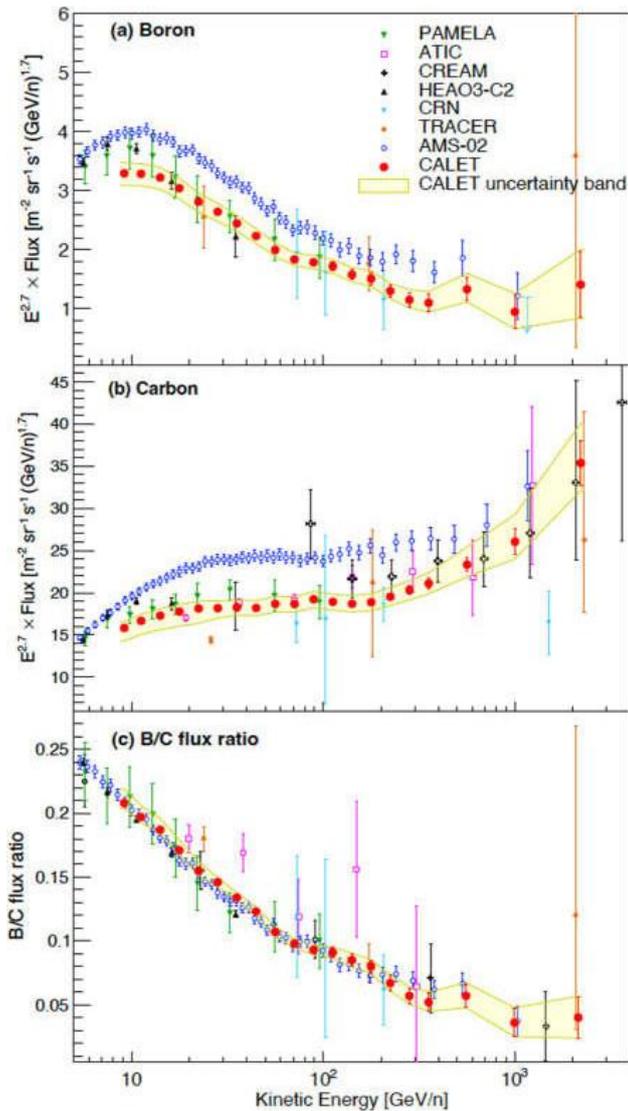
宇宙線は、星の進化の過程で核融合により生成された元素が、特にその最終段階で超新星爆発などにより宇宙空間にばらまかれ、超新星残骸で生成された衝撃波によって加速されると考えられている。しかし、この衝撃波加速やその後の宇宙空間への拡散などについては、まだまだ不明な部分が多い。そしてその解明には、宇宙線諸成分のエネルギースペクトルの高精度観測が不可欠となる。

リチウム、ベリリウム、ホウ素(B)などの元素は、星の進化の過程では生成されないため、宇宙線が銀河系内を伝播する間に星間物質(ガス)と衝突して二次的に生成されたものであると考えられる。つまりこれらの原子核は、宇宙線が銀河系内にどれだけの時間閉じ込められ、どのように銀河系外へ漏れ出していくのかを知ることができる、貴重な情報をもたらしてくれるとする。中でもホウ素は、それより少し重い炭素(C)が星間物質と相互作用して生成される確率が高いという。そのため、両者の比(B/C)の観測により、宇宙線が銀河内をどれくらいの距離と時間で伝播するかを明らかにできるとする。宇宙線は銀河磁場によって散乱されて拡散的に伝播するため、エネルギーが高くなるほどより直線的に進む。つまり、地球に到達するまでの距離が短くなるのに比例して、星間物質との衝突確率が減ることになる。その結果、エネルギーが高くなるほどホウ素の生成確率が下がり、B/C はエネルギーの増大とともに減少するのである。この減少の様子(正確には B/C 比のエネルギースペクトルの形状)は、宇宙線の散乱に寄与する銀河磁場の構造や、宇宙線が衝突を起こす星間物質の分布を反映する。そのため、これらの理論的推測に基づく宇宙線の銀河内モデルが数多く提案されており、そのモデルの決定のために広いエネルギー領域での B/C 比の高精度な測定が望まれていた。しかし、高エネルギーになるほどホウ素の量は極めて少ない上、TeV 領域では炭素の数%ほどに減少するため、観測は困難だったという。

そこで開発されたのが CALET である。同観測装置は、世界で初めて宇宙機に搭載された宇宙線シャワーを可視化可能なカロリメータ方式の観測装置だ。カロリメータ型装置は、電荷の正負は判定できないものの、これまでは高精度観測が困難で未開拓な領域だった TeV 以上のエネルギーの測定も可能だという。



CALET の主検出であるカロリメータ部の装置概要。上から電荷測定器(CHD)、撮像型カロリメータ(IMC)、全吸収型カロリメータ(TASC)。1TeV の電子シャワーのシミュレーション例が上書きで示されている(出所:早大プレスリリース PDF)



CALET により得られた核子あたりのエネルギーで 8.4GeV から 3.8TeV の領域で得られたホウ素(a)、炭素(b)、ホウ素/炭素(B/C)比のエネルギースペクトルの観測結果(c)を、ほかの観測結果と比較して示す。ホウ素と炭素のエネルギースペクトルの縦軸にはエネルギーの 2.7 乗が積算されている。黄色のハッチ領域は CALET の系統的誤差を表し、その他の観測の誤差は統計誤差のみを示(出所:早大プレスリリース PDF)

今回の研究では CALET を用いることで、広いエネルギー測定範囲と確実な装置較正により、核子あたりのエネルギーで 8.4GeV から 3.8TeV という広いエネルギー領域で、B/C 比を高精度に観測することに成功したとする。これまでは複数の種類の検出器を組み合わせることで計測されていたが、CALET はそれを単独で成し遂げた形だ。特に高エネルギー側では、宇宙線の銀河内伝播モデルの決定に重要な TeV 領域での観測により、これまで未解決だった加速領域(超新星残骸)におけるホウ素の生成量について定量的な評価を与えているとした。

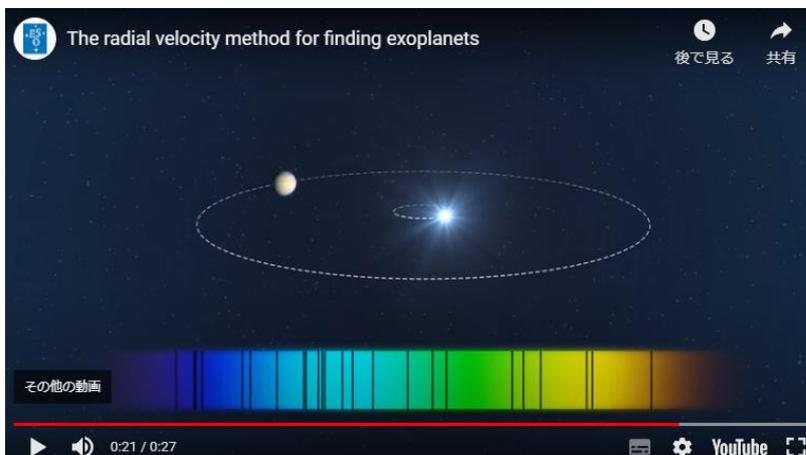
なお今回の CALET による観測では、炭素とホウ素の絶対値に関する系統誤差に基づいて B/C 比の誤差が正確に求められており、正確なモデル選別のために貴重なデータを提供しているとする。

研究チームによると、星の元素合成で生成される宇宙線(一次成分)のエネルギースペクトルに加えて、それらの星間物質との相互作用によって宇宙空間で生成されるベリリウム、リチウム、ホウ素などの宇宙線(二次成分)の観測は、今後の宇宙線の加速領域や銀河磁場構造の理解にとって重要だ。

しかし、これらの二次成分は絶対数が少ない上に、エネルギーの増大とともに一次成分に対してさらに減少するため、これらの正確な理解のためには、観測の継続により観測量を増やすことでそれぞれのエネルギースペクトル観測の精度をあげると同時に、より高エネルギー領域で観測することが必要となる。今後これらを実現し、宇宙線の超新星残骸や銀河空間での伝播機構のさらに高精度な理解を目指すとしている。

## ハビタブルゾーンを公転する 2 つの太陽系外惑星を発見 約 16 光年先

2022-12-19 [松村武宏](#)



【▲ 赤色矮星 GJ 1002 を公転する 2 つの太陽系外惑星の想像図 (Credit: Alejandro Suárez Mascareño and Inés Bonet (IAC))】

【▲ 系外惑星の公転にともなって主星のスペクトルが変化する様子を示した動画】 (Credit: ESO/L. Calçada)  
カナリア天体物理学研究所 (IAC) の Alejandro Suárez Mascareño さんを筆頭とする研究チームは、地球から約 15.8 光年先という比較的近くの恒星を公転する太陽系外惑星を 2 つ発見したとする研究成果を発表しました。2 つの惑星はどちらも主星のハビタブルゾーン内を公転しているとみられています。

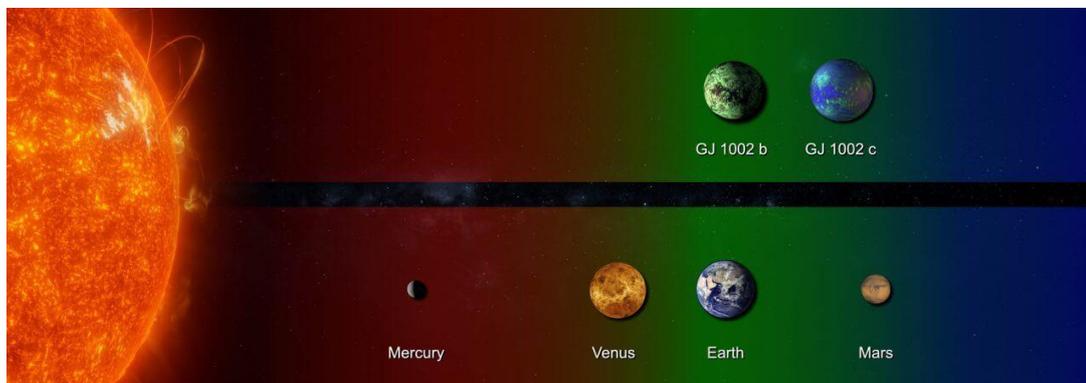
研究チームが発見を報告したのは、「くじら座」の方向にある赤色矮星「GJ 1002」を公転する系外惑星「GJ 1002 b」と「GJ 1002 c」です。各惑星の公転周期、最小質量、主星 (GJ 1002) からの距離は以下の通りです。

### ●GJ 1002 b

- ・公転周期...約 10.3465 日
- ・最小質量...地球の約 1.08 倍
- ・主星からの距離...約 0.0457 天文単位

### ●GJ 1002 c

- ・公転周期...約 20.202 日
- ・最小質量...地球の約 1.36 倍
- ・主星からの距離...約 0.0738 天文単位



【▲ GJ 1002 星系 (上) と太陽系 (下) の惑星とハビタブルゾーンの位置関係を比較した図。主星から GJ 1002 b と GJ 1002 c までの距離は、実際には太陽から水星までの平均距離 (約 0.39 天文単位) よりも短いものの、この図ではハビタブルゾーンを揃えて比べるために縮尺が調整されています (Credit: Design: Alejandro Suárez)

Mascareño (IAC). Planets of the Solar System: NASA)】

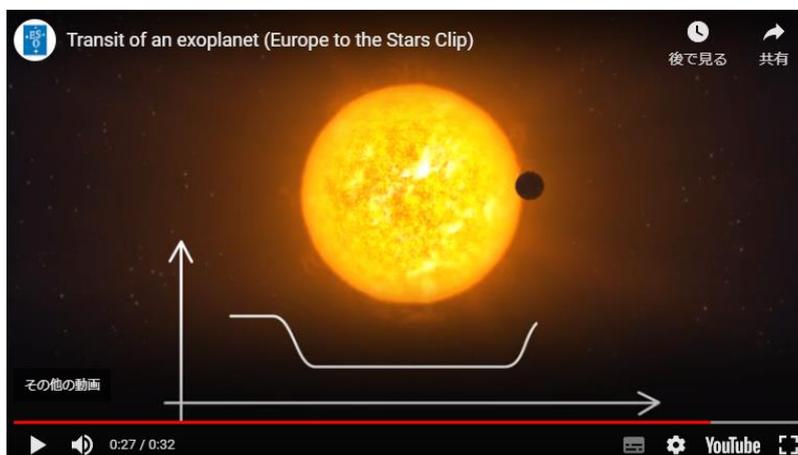
ハビタブルゾーンの範囲は恒星によって異なります。GJ 1002 b と GJ 1002 c は主星である GJ 1002 のすぐ近く（地球から太陽までの距離の 10 分の 1 未満）を公転しているものの、GJ 1002 は太陽と比べて質量は約 0.12 倍・半径は約 0.14 倍と小さな赤色矮星（スペクトル型は M5.5 V）であり、表面温度は約 3024 ケルビン（摂氏約 2751 度）と低く、2 つの惑星の公転軌道はハビタブルゾーンの中にあるとみられています。

今回見つかった系外惑星は地球から約 15.8 光年先と比較的近くにあることから、惑星の反射光や熱放射を捉えることで、特に GJ 1002 c の大気の特徴を分析できる可能性があるといいます。研究に参加した IAC の Jonay I. González Hernándezさんは、GJ 1002 c の大気に酸素が存在するかどうかを調べるために、ヨーロッパ南天天文台（ESO）が建設中の「欧州超大型望遠鏡（ELT）」による将来の観測に期待を寄せています。

#### ■系外惑星の観測に用いられるトランジット法&視線速度法

研究チームは今回、カラー・アルト天文台の 3.5m 望遠鏡に設置されている「CARMENES」と、ESO の「超大型望遠鏡（VLT）」に設置されている「ESPRESSO」の 2 台の分光装置を使用して GJ 1002 の観測を行い、「視線速度法（ドップラーシフト法）」と呼ばれる手法で 2 つの系外惑星を発見しました。

「視線速度法」とは、系外惑星の公転にともなって円を描くようにわずかに揺さぶられる主星の動きをもとに、系外惑星を間接的に検出する手法です。惑星の公転にともなって主星が揺れ動くと、光の色は主星が地球に近づくように動く時は青っぽく、遠ざかるように動く時は赤っぽくといったように、周期的に変化します。こうした主星の色の変化は、天体のスペクトル（波長ごとの電磁波の強さ）を得る分光観測を行うことで検出されます。視線速度法の観測データからは系外惑星の公転周期に加えて、系外惑星の最小質量を求めることができます。もう一つの「トランジット法」とは、系外惑星が主星（恒星）の手前を横切る「トランジット（transit）」が起こった時に生じる主星の明るさのわずかな変化をもとに、系外惑星を間接的に検出する手法です。繰り返し起こるトランジットを観測することで、その周期から系外惑星の公転周期を知ることができます。また、トランジット時の主星の光度曲線（時間の経過にあわせて変化する天体の光度を示した曲線）をもとに、系外惑星の直径や大気の有無といった情報を得ることも可能です。



【▲ 系外惑星のトランジットによって恒星の明るさが変化する様子を示した動画】

(Credit: ESO/L. Calçada)

Source Image Credit: Alejandro Suárez Mascareño and Inés Bonet (IAC), NASA

[IAC](#) - ESPRESSO and CARMENES discover two potentially habitable exo-Earths around a star near the Sun

[Media INAF](#) - Due “Terre” potenzialmente abitabili a 16 anni luce

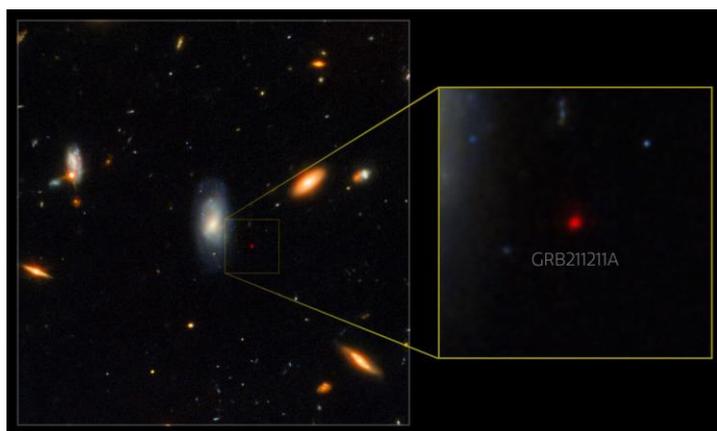
[A. Suárez Mascareño et al.](#) - Two temperate Earth-mass planets orbiting the nearby star GJ 1002 (Astronomy & Astrophysics)

文／松村武宏

<https://sorae.info/astromy/20221223-grb-211211a.html>

## 発生源の予想をくつがえしたガンマ線バースト「GRB 211211A」の研究成果

2022-12-23 松村武宏



【▲ 近赤外線で捉えられたガンマ線バースト「GRB 211211A」の残光（Credit: International Gemini Observatory/NOIRLab/NSF/AURA/M. Zamani; NASA/ESA）】

こちらはガンマ線バースト「GRB 211211A」にともなう残光を近赤外線の波長で捉えた画像です。GRB 211211A は、アメリカ航空宇宙局（NASA）のガンマ線観測衛星「ニール・ゲーレルス・スウィフト（Neil Gehrels Swift）」によって2021年12月11日に検出されました。ガンマ線バーストとしては比較的近い約11億光年先で発生し、バーストの継続時間は約50秒とされています。

【▲ 中性子星どうしの合体によって発生した「キロノバ」の想像図（Credit: NOIRLab/NSF/AURA/J. da Silva/Spaceengine）】

短時間で爆発的にガンマ線が放出される突発的な現象であるガンマ線バースト（GRB : gamma-ray burst）は、観測されたガンマ線放出の継続時間をもとに2種類に区別されています。継続時間が2秒未満の短いものは「ショートガンマ線バースト」と呼ばれていて、主に中性子星どうし（あるいは中性子星とブラックホール）が合体したときに起こる爆発現象「キロノバ」にともなって放出されると考えられています。

いっぽう、継続時間が数秒以上の長いものは「ロングガンマ線バースト」と呼ばれていて、主に大質量星の超新星爆発にともなってガンマ線が放出されると考えられてきました。この区別に従えば、GRB 211211A はロングガンマ線バーストであり、その発生源は超新星爆発だと予想できます。

ところが、Jillian Rastinejad さん（ノースウェスタン大学）を筆頭とする研究チームと、Eleonora Troja さん（ローマ・トル・ヴェルガータ大学）を筆頭とする研究チームが、ガンマ線の放射に続く残光（アフターグロー）をそれぞれ独自に分析した結果、両チームともに「GRB 211211A の発生源がキロノバである」という同じ結論に達しました。GRB 211211A は一般的なロングガンマ線バーストに似ていたものの、その残光は放出された重元素によって可視光線が遮られるために近赤外線で見えなくなるという、キロノバの特徴を示していたといいます。ロングガンマ線バーストの一部（最大10パーセント）が中性子星どうしや中性子星とブラックホールの合体にともなって発生する可能性はこれまでも指摘されていたものの、その確固たる証拠がキロノバの形で示されたことはなかったといいます。キロノバは金やプラチナなど鉄よりも重い元素の生成に関わっていると考えられていることから、ロングガンマ線バーストを利用してキロノバを探索し、「ジェームズ・ウェッブ宇宙望遠鏡」による観測を行うことで重元素生成の直接的な証拠が得られるかもしれないと期待が寄せられています。

なお、今回研究された GRB 211211A は「キロノバを発生源とするロングガンマ線バーストが存在する」可能性を示すことになりましたが、2021年にはこれとは逆に「超新星爆発を発生源とするショートガンマ線バーストが存在する」可能性を示した研究成果が発表されています。

関連：[わずか0.65秒だけ続いたガンマ線バースト、その起源についての謎を解く鍵に](#)（2021年8月）

GRB 211211A を研究した Rastinejad さんは「今回の発見は、この宇宙が完全に理解されてはいないことをはっ

きりと思い出させてくれます。天文学者はガンマ線バーストの発生源をその継続時間をもとに特定できると当たり前のようによく考えがちですが、この驚異的な現象について理解すべきことがまだまだたくさんあることを、この発見は示しています」とコメントしています。

Source Image Credit: International Gemini Observatory/NOIRLab/NSF/AURA/M. Zamani; NASA/ESA, NOIRLab/NSF/AURA/J. da Silva/Spaceengine

[NOIRLab](#) - Kilonova Discovery Challenges our Understanding of Gamma-Ray Bursts

[University of Birmingham](#) - Gamma-ray burst is 'Rosetta Stone' for finding neutron star collisions

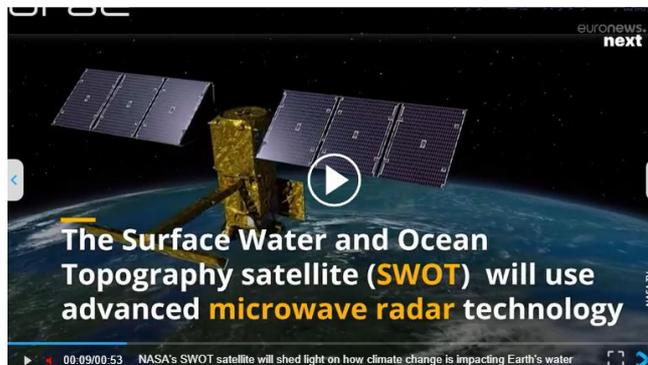
[Northwestern University](#) - Surprise kilonova upends established understanding of long gamma-ray bursts

文／松村武宏

<https://sorae.info/astrometry/20221221-westerhout-5.html>

## 赤く彩られた輝線星雲に浮かぶ星の苗床 ハッブル宇宙望遠鏡が撮影

2022-12-21 [松村武宏](#)



【▲ 輝線星雲「ウェスターハウト5」に浮かぶfrEGG (Credit: ESA/Hubble & NASA, R. Sahai)】

こちらは「カシオペア座」の方向約7000光年先にある輝線星雲「ウェスターハウト5」(Westerhout 5、Sh2-199)の一部を捉えた画像です。

欧州宇宙機関 (ESA) がホリデーシーズンに合わせてセレクトしたというこの画像は、全体が美しい赤色で彩られています。この赤色は若い大質量星から放射された紫外線によって電離した水素ガスが放つ光によるもので、このような領域はHII (エイチツー) 領域とも呼ばれています。

画像の中央左上に浮かんでいる小さな雲のようなものは「[KAG2008] globule 13」あるいは「J025838.6+604259」と呼ばれる天体で、「frEGG」に分類されています。frEGG や「EGG」はガスや塵が集まっているコンパクトな領域です (※)。

※...frEGG は free-floating Evaporating Gaseous Globule、EGG は Evaporating Gaseous Globule の略。直訳すれば free-floating は「自由に浮遊する」、Evaporating Gaseous Globules は「蒸発するガス状グロビュール」。ESAによると、密度が高いfrEGGやEGGには、その周囲に広がるガス雲と比べて光蒸発 (星の放射によってガスが電離・散逸すること) しにくい特徴があるといいます。新たな星の材料となるガスが若い星の放射する強力な紫外線から保護されるのは重要なことであり、frEGGやEGGの多くは新たな星が誕生する場所になると予測されています。冒頭の画像は「ハッブル」宇宙望遠鏡の「掃天観測用高性能カメラ (ACS)」を使って可視光線と赤外線波長で取得した画像をもとに作成されたもので、ESAからハッブル宇宙望遠鏡の今週の一枚として2022年12月19日付で公開されています。

Source Image Credit: ESA/Hubble & NASA, R. Sahai [ESA/Hubble](#) - Festive and Free-Floating

文／松村武宏