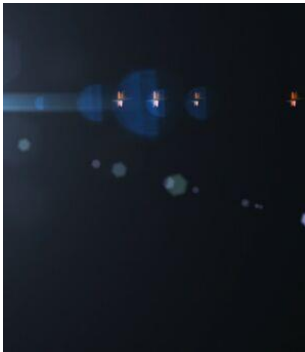


## 7億年前、太陽系はどのようにして生まれたのか

### |||| 現代ビジネス

12/25(土) 6:32 配信



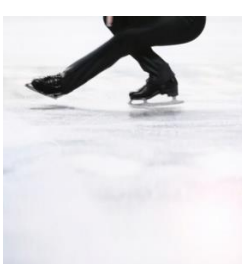
[photo by gettyimages](#)   [photo by gettyimages](#)

----- 世界的ベストセラー『エレガントな宇宙』著者[ブライアン・グリーン](#)による新作『時間の終わりまで』から本文の一部を紹介するシリーズ第5回。なぜ物質が生まれ、生命が誕生し、私たちが存在するのか。膨張を続ける「進化する宇宙」は、私たちをどこへ連れてゆくのか。時間の始まりであるビッグバンから、時間の終わりである宇宙の終焉までを壮大なスケールで描き出し、このもっとも根源的な問いに答えていく本書から、今回は、太陽系がどのようにして生まれたのかを解き明かします。 -----

### 太陽は宇宙創生から数えて三代目の恒星

年齢45億を過ぎてなお、太陽は宇宙の新入りだ。太陽は、宇宙の第一世代の恒星のひとつではなかったのだ。恒星の先駆けとなった第一世代の星たちは、インフレーションの膨張で空間全体に引き伸ばされた物質とエネルギーの密度に生じた量子ゆらぎから生じた。その一連のプロセスをコンピュータでシミュレーションをしたところ、第一世代の恒星たちが核融合を始めたのは、ビッグバンから1億年ほどが過ぎ、宇宙が新たな激動の時代に入った頃であることが明らかになった。第一世代の恒星たちは、太陽質量の数百倍から、おそらくは数千倍もの質量を持つ巨星だった可能性が高く、そんな星たちは猛烈な勢いで燃料を使い尽くし、すみやかに死に絶えただろう。なかでもとくに重い恒星は、重力があまりにも強いために激しい爆縮で一生を終え、死後はブラックホールに成り果てただろう。ブラックホールは、われわれの旅の最後のほうで主な焦点となる、極端な配置になった物質だ。第一世代の恒星たちのうちでも、そこまで質量が大きくないものは、超新星爆発で一生を終えただろう。超新星爆発は、複雑な原子を空間に撒き散らすだけでなく、次世代の恒星を作るプロセスの第一歩でもあった。超新星爆発の衝撃波は、もとの恒星をバラバラに吹き飛ばし、その恒星を構成していた原子たちを莫大な力で圧縮して融合させた。しかしその衝撃波はそれだけでなく、猛烈な勢いで宇宙空間に広がりながら出会った分子雲をも圧縮した。そうして圧縮された領域は、周囲よりも密度が高いため、より大きな重力でまわりの粒子を引き寄せ、新たな重力の雪だるま現象を引き起こし、次世代の恒星誕生へと続く道のりの第一歩となった。

[次ページは：太陽系が生まれた場所](#)   [太陽系が生まれた場所](#)



[photo by gettyimages](#)   [photo by gettyimages](#)

太陽物理学者たちは、太陽の組成——現在の太陽に含まれる重い元素の存在量で、分光学的な測定で決定され

る——にもとづき、太陽は第一世代の恒星の孫なのだろうと考えている。第三世代の登場である。しかし、太陽が生まれた場所は、まだよくわかっていない。これまでに挙げた候補のひとつに、メシエ 67 として知られる領域がある。その領域は、太陽系から 3000 光年ほど離れたところにあつて、化学組成が太陽に似た恒星のクラスターを含んでいるようで、密接な家族的類似がありそうだ。未解決の問題は、太陽、および太陽系の惑星たち(あるいは、のちに惑星になる原始惑星系円盤)は、どうやってそんな遠くの星のゆりかごから放り出され、ここまで漂ってきたのかということだ。太陽と惑星がたどった道のりに関する研究の中には、メシエ 67 で太陽が誕生した可能性はほとんどないと結論するものもあるが、もとの仮定にさまざまな修正を施すことを提案する研究の中には、有望そうな結果を出しているものもある。もう少し自信を持って言えるのは、47 億年ほど前に、水素とヘリウム、そしてこれらよりも少しだけ複雑な原子をわずかに含むガス雲の領域を、超新星の衝撃波が通過したであろうということだ。その衝撃波はガス雲の一部を圧縮し、圧縮された部分は周囲よりも密度が高くなって重力が強まり、恒星のもとになるガスを引き寄せた。ガス雲は数十万年ほどかけて収縮し、あたかもスケート選手が優美にスピンしながら腕を引き寄せするように、最初はゆっくりと、しだいに速度を上げながら回転を始めた。スピンするスケート選手は外向きの力を経験するが(スケート選手のコスチュームの自由に動ける部分が外向きに広がるのは、その力のためだ)、回転するガス雲もそれと同じく外向きの力を受けて広がり、中心部の小さな球形領域を取り巻く円盤状になって回転する領域が生まれた。そのガス雲は、5000 万年から 1 億年ほどのあいだ、重力がある場合のエントロピック・ツーステップ(第 3 章)を確かな足取りで踊り続けた。球形の中心部は重力に圧縮されてますます高温高密度になったのに対し、周辺物質はどんどん低温低密度になった。中心部のエントロピーは減少し、周辺部のエントロピーは、それを埋め合わせてさらにお釣りがくるほど増大した。中心部の温度と密度は高まり続け、ついに、核融合が始まるための敷居を越えた。太陽の誕生である。太陽が形成された後に残った物質は——その量はわずかで、渦巻き状のガス雲を形成していた物質の、1 パーセントの数十分の 1 ほどにすぎない——、その後数百万年にわたり重力の雪だるま現象を何度となく起こして寄り集まり、太陽系の惑星たちになった。軽くて揮発性の高い物質——水素、ヘリウム、メタン、アンモニア、水など——は、太陽の強い放射によって吹き飛ばされ、外側に広がる低温領域に集まった。そうしてできたのが、ガスの巨大惑星、木星、土星、天王星、海王星だ。鉄やニッケルやアルミニウムといった、より重い元素は、太陽に近くてより温度の高い環境に踏み留まり、太陽系の内側には、水星、金星、地球、火星という、小さくて固い惑星になった。惑星たちは太陽よりもずっと質量が小さいため、それぐらいの重さなら自分たちが持つ原子に固有の抵抗力で圧縮に耐えることができる。惑星の中心部でもやはり温度と圧力は上昇するが、核融合が始まるレベルには遠く、生命にとってはありがたいことに、惑星の環境は比較的穏やかなものとなる。そんな環境は、われわれのような生命にとっては間違いなくありがたいし、もしかすると宇宙のあらゆる生命にとってそんなのかもしれない。

[次ページは：ジルコン結晶が解き明かす地球初期の姿](#)

### ジルコン結晶が解き明かす地球初期の姿

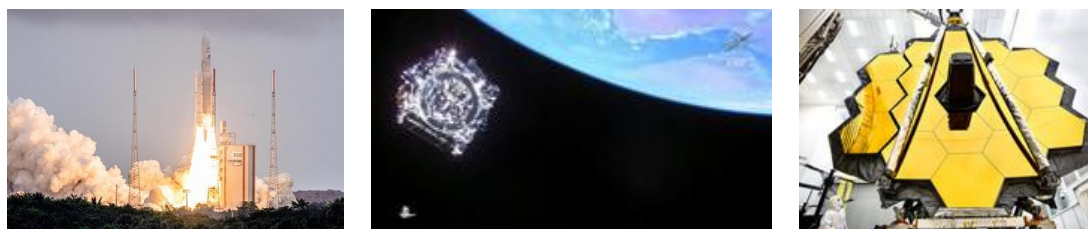
地球の最初の 5 億年間は、冥王代と呼ばれている。ギリシャ神話の冥界の神ハデスにちなむこの名前は、荒れ狂う火山、噴出する溶岩、硫黄や青酸といった有毒物質の濃い蒸気に満ちた、地獄のような時代だったことをうかがわせる。しかし今日では、若い地球のイメージ・キャラクターとしては、海の神ポセイドンでもよいのではないかと考える科学者たちがいる。地球の海洋の変化は今も論争中のテーマで、議論を支える証拠はきわめて乏しい。それほど遠い過去になると、岩石試料は得られないからだ。しかし、研究者たちは、初期の地球でどろどろに融けていた溶岩が冷めて固化したときに形成された、「[ジルコン結晶](#)」という半透明の石のかけらがあることを突き止めた。ジルコン結晶は、誕生間もない地球がたどった経過を知るうえできわめて重要だ。なぜならその結晶は、何十億年も続いた地質学的に厳しい環境に耐え抜いた、不滅といってよいほど頑丈な物質であるだけでなく、ミニチュアのタイムカプセルの役割も果たすからだ。ジルコン結晶は、形成されるときに周囲の分子を取り込むのだが、その取り込みが起こった時期は、標準的な放射性年代決定法で特定できる。ジルコン結

晶に含まれる不純物を詳しく分析すれば、古い時代の地球がどんな条件にあったかを教えてくれる標本が得られるのだ。 オーストラリアの西オーストラリア州で見つかったジルコン結晶は、44 億年前のものと年代が特定されており、それは地球と太陽系が形成されてからわずか数億年後だ。その結晶の成分を詳しく分析した研究者たちは、当時の地球は、かつて考えられていたよりずっと好ましいものだったかもしれないと言っている。初期の地球は比較的穏やかな水の世界で、地球表面はほとんど海洋に覆われ、そのあちこちには小さな陸地が点在していたかもしれないというのだ。 地球の歴史に劇的な時期がなかったわけではない。誕生から 5000 万年から 1 億年ほど経った頃に、地球は、ティアという火星ほどのサイズの惑星に衝突されたらしい。その衝突で、地球の地殻は蒸発し、ティアは消滅して、塵とガスの雲が数千キロメートル先まで吹き飛ばされたとみられる。やがて、その塵とガスの雲が重力によって集合し、月ができた。月は、太陽系の衛星の中でとくに大きなもののひとつであり、そんな荒々しい出会いがあったことをうかがわせる。 もうひとつ、そんな出会いを想像させるのが、地球の季節だ。暑い夏と寒い冬があるのは、地軸が傾いているために、太陽からやってくる光が地球に入射する角度が 1 年のあいだに変化するからだ。夏は、太陽光が地面に対して垂直に入射するのに対し、冬は斜めに入射する。その地軸の傾きを引き起こしたのが、ティアとの激しい衝突だったというのは、十分に考えられることだ。 また、惑星との衝突ほどセンセーショナルではないが、地球と月の両方が、小さな隕石の連打に耐えなければならない時代があった。月には、浸食作用のある風もなければ地殻変動もないため、連打された傷跡がそのまま残っている。地球が受けた鞭打ちも、今では傷跡は目立たないものの、月の場合に劣らず激しかっただろう。 生まれてまもない地球を見舞った隕石の中には、地球表面の水の一部、あるいはそのすべてを蒸発させるほどのものがあつたかもしれない。それにもかかわらず、ジルコン結晶に保存された記録によれば、地球が形成されて数億年後には、大気に含まれていた蒸気が雨となって地表に降り注ぎ、海洋を生じさせ、今日の地球と多少とも似た地形ができるぐらいまで温度が下がったらしいのだ。少なくともそれが、ジルコン結晶を読み取ることによって到達したひとつの結論だ。 地球の温度が徐々に下がり、ふんだんな水を享受できるようになるまでにかかった時間——数億年なのか、もっとずっと長かったのか——は、地質学的な歴史上、最初の生命が生まれた時期に直接関係するため、激しい議論が繰り広げられている。液体の水があるところには生命があるというのは強すぎる主張だが、液体の水のないところに生命はない、少なくともわれわれが知るような種類の生命はないということは、ある程度の確信を持って主張できるのである。 (翻訳:青木 薫) \*本記事は『時間の終わりまで 物質、生命、心と進化する宇宙』の一部を抜粋したものです。 ----- [ブライアン・グリーン](#)による新作『時間の終わりまで』から本文の一部を紹介するシリーズ。これまでの公開記事はこちら 第 1 回 物理学者が解き明かす、いずれ終末を迎える宇宙で私たちが生きる意味(<https://gendai.ismedia.jp/articles/-/89884>) 第 2 回 140 億年前、なぜビッグバンによって宇宙が生まれたのか(<https://gendai.ismedia.jp/articles/-/90148>) 第 3 回 心と意識の謎は量子物理学で解き明かされるのか? (<https://gendai.ismedia.jp/articles/-/90275>) 第 4 回 ビッグバンで生まれた元素はわずか数種類、それ以外はいつ、どうやって出来たのか? (<https://gendai.ismedia.jp/articles/-/90437>) ----- 時間の終わりまで 物質、生命、心と進化する宇宙 著:[ブライアン グリーン](#) 訳:青木 薫 世界的ベストセラー『エレガントな宇宙』著者の最新作 なぜ物質が生まれ、生命が誕生し、私たちが存在するのか? 進化する宇宙は私たちをどこへ連れてゆくのか? ビッグバンから時空の終焉までを壮大なスケールで描き出す! この進化する宇宙の中で、ほんの束の間、まったく絶妙な瞬間に存在する私たち人間を基点に、時間の始まりであるビッグバンから、時間の終わりであるこの宇宙の終焉までを、現代物理学の知見をもとに、「存在とは何か」という根源的な問いから描き出す。第一級のポピュラーサイエンス! -----

ブライアン グリーン (コロンビア大学物理学・数学教授)

<https://www.jiji.com/jc/article?k=2021122500247&g=int>

## 次世代宇宙望遠鏡を打ち上げ ハッブル後継、誕生後の姿探る—NASA



25日、仏領ギアナの宇宙センターから打ち上げられた米航空宇宙局（NASA）の「ジェームズ・ウェッブ宇宙望遠鏡（JWS T）」を載せたアリアン5ロケット（AFP時事）

25日、打ち上げ後、アリアン5ロケットから分離した米航空宇宙局（NASA）の「ジェームズ・ウェッブ宇宙望遠鏡（JWS T）」＝NASAテレビの画面から（AFP時事）

ハッブル宇宙望遠鏡の後継となる「ジェームズ・ウェッブ宇宙望遠鏡（JWS T）」の主鏡＝2017年5月、米テキサス州ヒューストン（AFP時事）

【ワシントン時事】米航空宇宙局（NASA）は米東部時間25日午前7時20分（日本時間同午後9時20分）、老朽化したハッブル宇宙望遠鏡の後継となる「ジェームズ・ウェッブ宇宙望遠鏡（JWS T）」を、南米のフランス領ギアナの宇宙センターからアリアン5ロケットで打ち上げた。

1990年に打ち上げられ、約30年にわたり宇宙の謎解明に取り組んできたハッブルに代わり、地球から約150万キロ離れた目標地点に到達後、宇宙誕生後にできた最初の銀河や、太陽系以外に生命の存在を可能にする環境があるかなどの観測を始める。打ち上げの約27分後、JWS Tは高度約1400キロでロケットからの分離に成功し、目標地点へと向かう軌道に入った。分離成功を受け、NASAのネルソン長官は「JWS Tが何を解明するのか楽しみだ」と語った。JWS Tは直径6.5メートルの主鏡と、テニスコートほどの大きさで太陽の光と熱を遮る遮光板などで構成。主鏡はハッブルの2.4メートルの倍以上の大きさで赤外線を観測し、ハッブルでは解明できなかった135億年前にさかのぼる初期の宇宙の様子などを探ることが期待されている。

目標地点までは約1カ月かけて到達する予定。主鏡や遮光板などを展開し、テスト期間も含めて観測を準備するのに約6カ月かかる見通し。最初の観測は早くても来年夏ごろになりそうだ。

<https://nordot.app/847453014776479744?c=39546741839462401>

## 史上最大の宇宙望遠鏡打ち上げ 「第2の地球」観測に期待

2021/12/25 23:12 (JST) © 一般社団法人共同通信社




ジェームズ・ウェッブ宇宙望遠鏡（左）と地球（NASA テレビより）

ジェームズ・ウェッブ宇宙望遠鏡を搭載し、打ち上げられたアリアン5ロケット＝25日、南米フランス領ギアナのクールー宇宙基地（NASA テレビから）

ジェームズ・ウェッブ宇宙望遠鏡のイメージ（NASA 提供）

【ワシントン共同】米航空宇宙局（NASA）などは25日、史上最大の宇宙望遠鏡「ジェームズ・ウェッブ宇宙望遠鏡」を南米フランス領ギアナのクールー宇宙基地からアリアン5ロケットで打ち上げた。約30分後に望遠鏡は予定通り切り離され、打ち上げは成功した。生命が存在しうる「第2の地球」や、135億年前にできた最初の銀河などの観測が期待されている。技術的問題などから打ち上げ延期を繰り返し、開発費は1兆円を超えた。

1990年打ち上げのハッブル宇宙望遠鏡の後継で、最大10年間の稼働を見込む。ガスやちりに邪魔されず、遠

い宇宙の姿を見られるのが特長だ。  [共同通信](#)

<https://natgeo.nikkeibp.co.jp/atcl/news/21/122200629/>

## 宇宙の膨張速度に新たな推定値、宇宙論モデルより8%速く

現代天文学における最大の謎の一つ 2021.12.22



ハッブル宇宙望遠鏡がとらえた渦巻銀河 Mrk1337。地球からの距離はおよそ1億2000万光年。2006年にこの内部で起こった超新星爆発が、現在の宇宙の膨張速度を計算するために必要なデータを提供した。(IMAGE BY ESA/HUBBLE & NASA, A. RIESS ET AL.) [画像のクリックで拡大表示]

観測から得られた複数のデータに基づくと、宇宙は、宇宙論に基づく最も優れた推定よりも速く膨張しているという。なぜそのようなズレが生じたかは定かでないが、その証拠は何年も前から積み上がっており、現代天文学最大の謎の一つとされている。これを「宇宙論の危機」と呼ぶ研究者もいるほどだ。そしてこのほど、ハッブル宇宙望遠鏡を使って膨大なデータを収集した研究者グループが新たな膨張速度を発表、このズレが統計的な偶然である可能性は100万分の1であると報告した。つまり、まだ明らかになっていない宇宙の基本成分が存在しているか、あるいは既に知られている成分が何か未知の影響を与えている可能性がある。この結果は、2021年12月に学術誌「The Astrophysical Journal」に提出された複数の論文で明らかにされた。

宇宙の膨張速度を推定する方法は大きく二つある。一つは宇宙が生まれたばかりの頃に生まれたかすかな光から、宇宙論に基づいて推定する方法。もう一つは、近くの宇宙にある星までの距離から推定する方法だ。

ところが、この二つの推定値には約8%の開きがある。それほど大した差には思えないかもしれないが、もしこれらの結果が正しければ、宇宙はダークマターを加えても説明がつかないほど速く膨張しているということになり、従来の宇宙論にほころびが生じる恐れがある。この違いは、天文学者のエドウィン・ハッブルの名にちなんで「ハッブル対立 (The Hubble tension)」と呼ばれている。ハッブルは1929年に、地球から遠い銀河系ほど速い速度で遠ざかっているという観測結果を発表した。これによって、宇宙はビッグバンによって始まり、それ以来膨張を続けているという現在の考え方が生まれた。

### マイクロ波とはしご

現在の宇宙の膨張速度は、天文学者のエドウィン・ハッブルの名にちなんだ「ハッブル定数」によって示される。これを使うと、ビッグバンで始まった宇宙の年齢を推測することができる。(参考記事: [「ダークマター」をつかまえろ! 宇宙の謎を解く鍵を求めて](#))

ハッブル定数を求める一つの方法は、欧州宇宙機関のプランク宇宙望遠鏡が観測する宇宙マイクロ波背景放射 (CMB) を利用することだ。宇宙マイクロ波背景放射とは、宇宙が誕生してから38万年後に生まれたごく弱い光のことで、これによって、初期宇宙における物質とエネルギーの分布や、それらを支配していた物理学についての情報が得られる。次に、様々な宇宙の特性を驚異的な正確さで予測する宇宙論の標準モデル「ラムダ CDM

モデル（宇宙項のある冷たいダークマターモデル）」を使って、この初期宇宙の地図を数学的に早送りすると、現在のハッブル定数がどうなっているはずかを予測することができる。こうして、宇宙の膨張速度は 67.36 km/s/Mpc（天体の距離が 1 メガパーセク（約 326 万光年）離れるごとに、遠ざかる速度が秒速 67.36km 速まる、ということ）という結果が出た。これに対して今回の論文の著者である、米ジョンス・ホプキンス大学の天文学者アダム・リース氏が率いる研究グループ SHoES は、比較的地球に近い現代の変光星と銀河を使ってハッブル定数を算出した。

#### [次ページ：新たな分析結果は](#)

この計算に必要なのは、銀河がどれくらいの速度で地球から遠ざかっているか、またその銀河までの距離はどれくらいかという二つのデータだ。そして、そのためには「宇宙の距離はしご」を構築する必要がある。

宇宙の距離はしごとは、地球からある天体までの距離を一つの手法で測定し、その結果を基にその先の別の天体を別の手法で測定する、というのを繰り返して、はしごを伸ばして遠くまで到達するように、遠くの天体までの距離を測ることからそう呼ばれている。SHoES は、まずセファイド変光星と呼ばれる星までの距離を測定した。このタイプの星は、真の明るさが知られ、一定の周期でみかけの明るさが変化するという性質上、距離を測定しやすい。次に、研究者たちは Ia 型超新星と呼ばれる超新星爆発をこのはしごに加えた。セファイド変光星と Ia 型超新星の両方が存在する銀河を観測することで、超新星の明るさとその距離との関係を計算することができる。Ia 型超新星は、セファイド変光星よりもはるかに明るく、より遠方であっても観測可能なため、宇宙の遥か彼方にある銀河まで計測のはしごを伸ばすことができる。

#### 新たな分析結果

しかし、これらの星や超新星爆発を全て正確に計測することは恐ろしく難しい。厳密に言えば、全てのセファイド変光星や Ia 型超新星が、全く同じ組成や色をしているわけではないし、それが存在する銀河の種類も異なる。これらの違いを埋め合わせるために、天文学者たちは何年も研究を重ねてきたが、まだわかっていない何らかの要素がエラーを引き起こしている可能性は否めない。そこで、デューク大学の天文学者ダン・スコルニック氏とハーバード・スミソニアン・センターの宇宙物理学者ディロン・プロウト氏が共同で率いる研究チーム「Pantheon+」は、1981 年から収集されてきた Ia 型超新星に関する 1701 の観測データを徹底的に分析した。また、既知の不確定要素やバイアスの元となるものもすべて数値化して含めた。その結果をリース氏と SHoES による最新の分析と組み合わせ、セファイド変光星の観測に影響を与えそうな要因の徹底的な照合を行った結果、ハッブル定数は 73.04 (±1.04) km/s/Mpc であると結論付けた。この数値は、宇宙マイクロ波背景放射から導いた値よりも約 8% 高い。なぜこのような違いが生まれたのかを突き止めるため、チームはさらに外部の科学者によるアイデアを取り入れて、全体で 67 通りの分析を検証してみたが、そのほとんどで、ハッブル対立は悪くなるばかりだった。（参考記事：[「研究室に行ってみた！宇宙論、小松英一郎氏」](#)）

参考ギャラリー：[ハッブル望遠鏡 50 の傑作画像（画像クリックでギャラリーへ）](#)



ハッブル宇宙望遠鏡は、長年にわたって宇宙の画像を送り続け、人々を魅了してきました。そのなかから、専門家が厳選した画像など本誌未掲載もあわせた 50 の傑作画像を順次紹介します。（NASA; ESA; F. PARESCE, INAF-IASF, BOLOGNA, ITALY; R. O' CONNELL, UNIVERSITY OF VIRGINIA; WIDE FIELD CAMERA 3 SCIENCE

[次ページ：未知の宇宙](#) 未知の宇宙

一方、シカゴ大学のウェンディ・フリードマン氏は、変光星ではなく赤色巨星を使って独自のはしごを構築した結果、前出の2つの測定値の間である69.8 km/s/Mpcという数値をはじき出している。

計算は慎重に行ったが、それでも未知のエラーが分析に影響を与えている可能性はあると断っている。また、ある程度の不確定要素は避けることができない。たとえば、天の川銀河の近くにあつて直接測定可能な銀河は3つしかなく、フリードマン氏のはしごはこの3つのみをベースにして構築されている。

「3つとは少ない数ですが、自然が私たちに与えてくれたものです」と、フリードマン氏は言う。

Pantheon+ と SHoES による67の分析には、セファイド変光星とIa型超新星にフリードマン氏の赤色巨星を加えたシナリオも含まれている。そのケースではハッブル定数の推定値はわずかに下がったが、対立が完全に解消されることはなかった。もしハッブル対立が、物理的現実を反映しているのだとすれば、それを説明するには宇宙の基本的な成分にもう一つ何かを加える必要が出てくる。

その有力候補の一つに、「初期ダークエネルギー」と呼ばれる理論がある。これは、ビッグバンから5万年後に、ダークエネルギーが急増した時期が一時的にあったと提唱している。原理上は、それで宇宙論の標準モデルにあまり手を加えることなく初期宇宙の膨張速度を変化させることができ、ハッブル対立も解消されるという。

(参考記事：[「巨大銀河団に多数の高密度ダークマター、宇宙論揺るがず報告」](#))

だが、そうすると宇宙の推定年齢を現在の138億年から約130億年に短縮しなければならない。

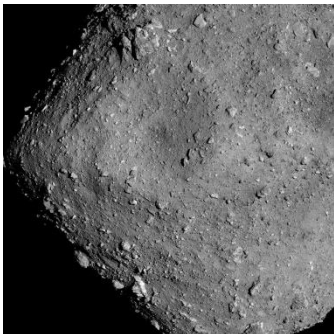
今のところ、初期ダークエネルギーを証明する決定的な証拠はないが、それを示唆する分析はいくつか出てきている。2021年9月に、宇宙マイクロ波背景放射を測定するチリのアタカマ宇宙論望遠鏡が、初期ダークエネルギーを含めたモデルの方が、標準的な宇宙論モデルよりもそのデータによく適合すると発表した。しかし、プランク望遠鏡のデータはまた別の結果を出しているため、今後さらなる観測が必要とされる。

文=MICHAEL GRESHKO/訳=ルーバー荒井ハンナ

<https://sorae.info/astronomy/20211223-hayabusa2.html>

## 「はやぶさ2」採取のサンプルから判明、小惑星「リュウグウ」は水・有機物に富み始原的

2021-12-23 [松村武宏](#)



【▲小惑星探査機「はやぶさ2」が高度約6kmから撮影した小惑星「リュウグウ」(Credit: JAXA, 東京大, 高知大, 立教大, 名古屋大, 千葉工大, 明治大, 会津大, 産総研)】

【▲「はやぶさ2」再突入カプセルのサンプルキャッチャーA室から見つかった、第1回タッチダウンで採取された小惑星「リュウグウ」の砂 (Credit: JAXA)】

宇宙航空研究開発機構・宇宙科学研究所(JAXA/ISAS)の矢田達さんを筆頭とする研究グループは、JAXAの小惑星探査機「はやぶさ2」が地球へ持ち帰った小惑星「リュウグウ」(162173 Ryugu)のサンプルについて、詳細な分析に先立って行われたキュレーション(サンプルのカタログ化と後の科学分析に役立つ情報提供を目的とした作業)における初期記載に関する成果を発表しました。

■水と有機物が豊富で始原的な小惑星であることがサンプルの初期記載から判明

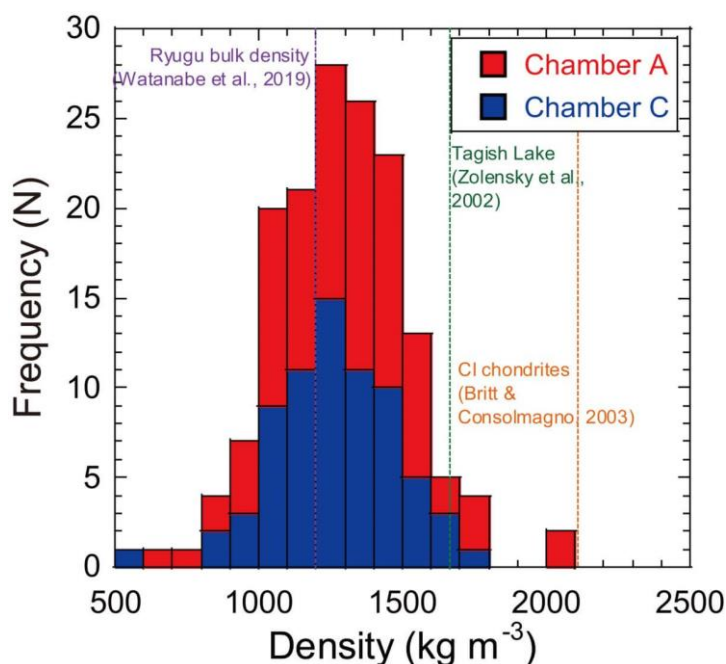
2014年12月に打ち上げられた「はやぶさ2」は2018年6月にリュウグウへ到着し、2019年2月と7月に合計2回のサンプル採取（タッチダウン）を実施しました。リュウグウは地球へ落下した様々な隕石のなかでも有機物が豊富で始原的な「炭素質コンドライト」に対応する「C型小惑星」に分類されています。「はやぶさ2」は世界で初めてC型小惑星の“新鮮な”サンプルを地球へ持ち帰ることに成功しており、地球で回収された炭素質コンドライトとあわせて、太陽系形成期の理解がより深まると期待されています。

2020年12月にオーストラリアのウーメラ制限区域へ着陸した「はやぶさ2」の再突入カプセルには合計5.4gのサンプルが収められていました。サンプルはカプセル内部のサンプルキャッチャーと呼ばれる3部屋に仕切られた空間に入っており、1回目と2回目のサンプルを別々の部屋に入れることで（1回目はA室、2回目はC室）採取されたサンプルが混ざらないように工夫されていました。

関連：[「はやぶさ2」カプセル開封 小惑星の砂とガスを確認](#)

初期記載とは、サンプルのキュレーション初期において、粒子の顕微鏡画像撮影やサイズ・重量・形状などの情報を取得する作業を指します。研究グループによると、サンプルの顕微鏡画像から推定された体積と測定された粒子の重量をもとに個々の粒子のかさ密度（粒子表面の細孔や内部の隙間を含む）を算出したところ、その平均値は1282kg/m<sup>3</sup>でした。A室（1回目のタッチダウンで採取）とC室（同2回目）のサンプルではかさ密度の分布に大きな違いはみられなかったといえます。

研究グループは、地球に落下した炭素質コンドライトのうち太陽系の平均組成に最も近いという始原的な「CIコンドライト」のかさ密度が2120kg/m<sup>3</sup>、最も密度が低い隕石「タギシュ・レイク隕石」（2000年1月にカナダへ落下）のかさ密度が1660kg/m<sup>3</sup>であることから、リュウグウのサンプルはあらゆる既知の隕石よりもかさ密度が低いことがわかったとしています。

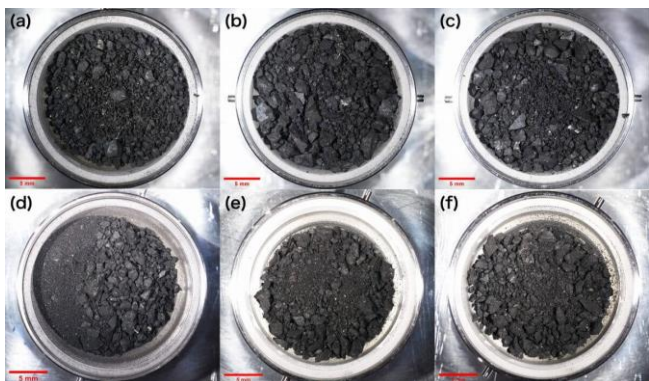


【▲サンプル個々のかさ密度の分布を示した図。色は赤がA室（第1回タッチダウン）、青がC室（第2回タッチダウン）のサンプルに対応。点線は橙がCIコンドライト、緑がタギシュ・レイク隕石のかさ密度を示す（Credit: JAXA）】

また、「はやぶさ2」の中間赤外カメラ「TIR」による観測データからは、リュウグウの空隙率（土壌や岩石などに含まれる隙間の体積割合）が30～50パーセントと推定されています。研究グループによれば、リュウグウのサンプルの粒子密度（粒子内部の隙間は含むが表面の細孔は含まない）がCIコンドライトと同等だと仮定してリュウグウの空隙率を求めると46パーセントになるといい、中間赤外カメラの観測結果に矛盾しないとされています。さらに、サンプル全体の赤外反射スペクトル（波長ごとの電磁波の強さ）を測定したところ、有機物や炭酸塩鉱物、典型的な含水鉱物である層状ケイ酸塩鉱物などの存在を示す結果が得られたといえます。そのいっ



ぼう、顕微鏡を用いた観察では0.1～数 mm サイズの球形をしたコンドリュールや、アルミニウムやカルシウムを豊富に含む0.1～10mm サイズの CAI (calcium-aluminium-rich inclusion) といった、高温の環境で生成される包有物は見当たらなかったといいます。こうした結果から研究グループは、リュウグウから採取されたサンプルは水や有機物が豊富であり、隕石のなかでは炭素質コンドライトのうち最も始原的な CI コンドライトに似ているものの、密度と反射率が低い点では異なることが明らかになったとしています。研究グループは今回の成果について、今後行われる詳細なサンプルの分析で参照される情報を提供できたと同時に、今後国内外で実施されるサンプルリターンミッションのキュレーション初期段階における標準とすべき好例になったとしています。



【▲「はやぶさ2」の再突入カプセルから回収されたサンプルの一例 (Credit: JAXA)】

関連：[水に浮くほど低密度で始原的な岩がリュウグウに存在、「はやぶさ2」の観測データから判明](#)

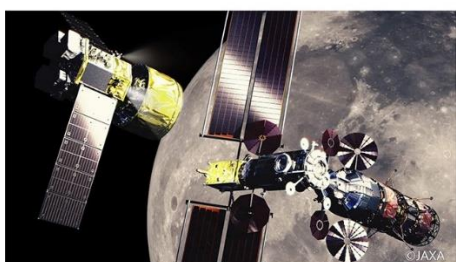
Image Credit: JAXA Source: [JAXA/ISAS](#) 文／松村武宏

<https://news.yahoo.co.jp/articles/06c8b7b01ed1faf0979290c592f23d44013e742a>

〈時事ニュースで好奇心〉 **JAXA が宇宙飛行士募集 → いよいよ始まる月探査計画の狙い**

を知ろう

12/24(金) 11:30 配信



[日本の無人輸送船（左）が、月を回る宇宙ステーション「ゲートウェー」に接近するイメージ＝JAXA 提供](#)

日々のニュースの中に「学び」の [きっかけ](#) があります。新聞を読みながら、テレビを見ながら、食卓やリビングでどう話しかけたら、わが子の知的好奇心にスイッチが入るでしょうか。ジャーナリストの [一色清](#) さんが毎週、保護者にヒントを教えます。

### アポロ計画との違い

宇宙航空研究開発機構（JAXA）は2021年12月20日から、新しい宇宙飛行士の募集を始めました。13年ぶりの募集になります。今回採用された宇宙飛行士候補は、[アメリカ](#)が主導して日本も参加する月探査計画（アルテミス計画）の要員となります。日本人として初めて月面に降り立つことになる可能性も高く、どういう人が採用されるか、注目されます。アメリカでは1960年代にも月探査のアポロ計画がありました。当時は自由主義陣営のアメリカと社会主義陣営のソ連が対立する冷戦時代でした。61年にソ連が人類初の有人宇宙飛行を成功させ

ました。「地球は青かった」という[ガガーリン](#)宇宙飛行士の言葉は有名になりました。先を越されたアメリカの[ケネディ](#)大統領は「60年代中に人間を月に到達させる」と宣言し、アポロ計画がスタートしました。そして宣言通り69年7月にアポロ11号が月面に着陸し、アームストロング船長とオールドリン飛行士が月に降り立ちました。「この一歩は小さいけれど、人類にとっては大きな一歩だ」というアームストロング船長の言葉が有名になりました。アポロ計画は計6回の有人月面着陸を成功させましたが、莫大な費用がかかることや目的を遂げたことなどから72年に終了しました。その後アメリカは宇宙と地球を行き来できるスペースシャトルや地球の周回軌道上に長期間にわたって人が滞在できる国際宇宙ステーション（ISS）の建設や活用に力を入れ、地球外の星に人類を送るといった試みは止まっていました。しかし、中国との「新しい冷戦」が始まり、中国が宇宙開発に積極的になると、アメリカでは再び有人の月探査をしようという機運が盛り上がってきました。2019年には有人月探査計画であるアルテミス計画が発表されました。アポロはギリシャ神話に出てくる太陽の神の名前ですが、アルテミスはギリシャ神話に出てくる月の女神の名前です。今度はアメリカ一国でやるのではなく、親しい国にも参加してもらおうということで、20年に日本も参加することに合意しました。現在13カ国が参加を表明しています。アルテミス計画がアポロ計画と違う点はいくつもあります。まず、アルテミス計画では、月の周回軌道にゲートウェーを建設することです。アポロ計画では月に行き帰ってくるだけでしたが、ゲートウェーはいわゆる宇宙ステーションで、ここに宇宙飛行士が滞在し、ここを拠点として着陸船で月と行き来します。月探査の内容も違います。アポロ計画では、人類が月に降り立つことに重点が置かれ、探査としては月の石を持ち帰るなど表面的な地質の調査で終わりました。アルテミス計画では、月面に基地を設け、本格的な資源探査に取り組むことにしています。月には大量の水（氷）があるのではないかと考えられていて、水の存在を探査したり地球上では希少だとされている鉱物資源を探査したりすることにしています。いずれ月に人が住むことを視野に入れた探査になります。

#### [次ページは：女性の応募を促す資格緩和](#) 女性の応募を促す資格緩和

また、アポロ計画では宇宙飛行士は全員男性でしたが、今回は女性が起用されます。今のところ25年に着陸船が月面に降り立つことを目指していますが、この着陸船には男女1人ずつが乗ることが決まっています。成功すれば、初めて女性が月に降り立つこととなります。アルテミスは月の女神の名前ということもあり、この計画では女性の活躍が想定されています。JAXAの今回の募集にも、アルテミス計画を意識して13年前の募集と違うところはいくつかあります。ひとつは、女性に応募してほしいという意図がうかがえることです。JAXAのホームページにある宇宙飛行士募集サイトに使われている写真を見ると、女性が目立ちます。また、応募資格の身長が、前回は158~190センチだったのが149.5~190.5センチとなったのも、小柄な女性にも応募してほしいという意図が感じられます。また、前回あった「自然科学系の大学を卒業」という項目はなくなり、「自然科学系分野で3年以上の実務経験」という項目は「3年以上の実務経験」となりました。自然科学系には女性が少なく、その資格が取り払われたことで、女性に応募するハードルが下がっています。求める人物像で強調していることのひとつは、「極限環境でも的確に判断し、行動できる」という点です。これまでにJAXAが採用した日本人宇宙飛行士は男性9人、女性2人の計11人いますが、いずれもスペースシャトルやISSでの活動でした。地球からは数百キロの範囲ですので、今ではインターネットも使えますし、トラブルがあっても半日で地球に戻ってくることができます。しかし、月は地球から約38万キロも離れていて、片道でも数日かかる距離です。通信も遅れが出ます。トラブルがあれば、普通の人ならパニックになりかねません。月を目指す宇宙船でのトラブルはアポロ13号が有名です。「アポロ13」という映画にもなりました。月へ向かっていた宇宙船の酸素タンクが爆発してしまったのです。月への着陸はあきらめ、地球に戻ろうとするのですが、酸素不足との闘いになります。しかし、宇宙飛行士たちは冷静で的確な判断と行動をし、無事地球に帰還します。月に向かう宇宙飛行士は、こうした精神的な強さがより求められることとなります。アルテミス計画は、将来の火星探査もにらんでいます。月の周回軌道上のゲートウェーを中継基地として火星探査に使おうというものです。20年代から30年代にかけては有人の月探査が進み、30年代から40年代には有人の火星探査が進むという展望です。今の若者は、宇

宙飛行士にならなくても生きているうちに月や火星に行けるかもしれません。昔の若者にとっては夢のような時代が訪れようとしています。 一色清 ジャーナリスト

<https://news.mynavi.jp/techplus/article/20211221-2234991/>



## 名大、1957～58年に日本上空で観測されたオーロラの詳細解明に成功

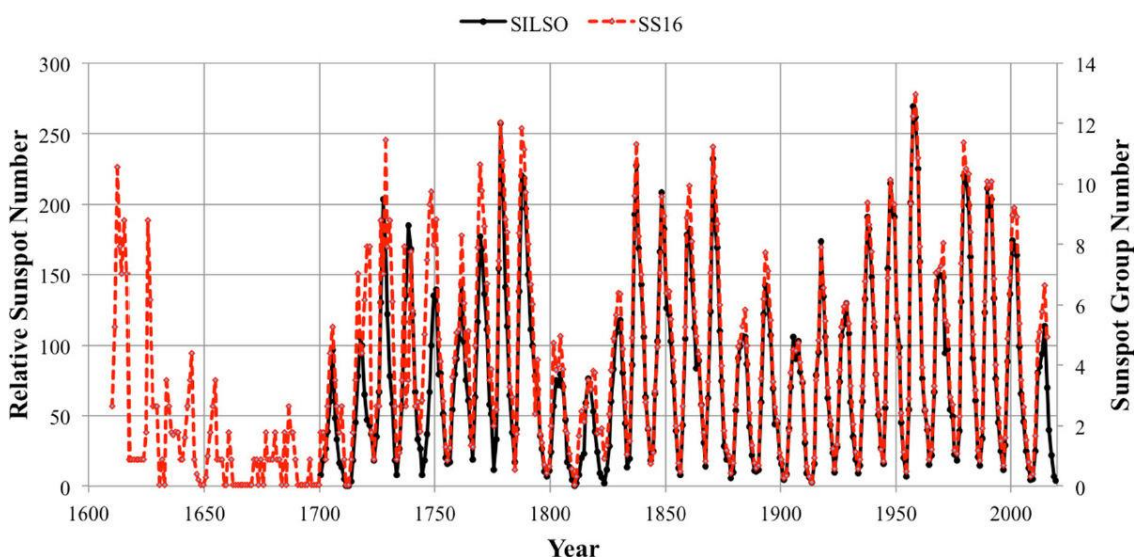
2021/12/21 18:04 著者：波留久泉

名古屋大学(名大)は12月20日、過去4世紀で最大の太陽活動の際(1957～1958年)に日本で観測された一連のオーロラについて、アマチュア天文家が残したスケッチなども含めた歴史的資料を精査し、その低緯度境界が日本の上空まで広がり、また通常の低緯度オーロラと異なる色を見せていたことを明らかにしたと発表した。

同成果は、名大大学院 高等研究院/宇宙地球環境研究所の早川尚志特任助教、京都大学(京大)生存圏研究所の海老原祐輔准教授、東京大学 木曾観測所の畑英利氏らの共同研究チームによるもの。[詳細は、幅広い地球科学分野を扱う学術誌「Geoscience Data Journal」に掲載される予定だ。](#)

太陽活動を示す太陽黒点の観測は、1610年から4世紀にわたって続けられてきている。太陽活動が活発になると、太陽表面での爆発現象(フレア)が生じやすくなり、その発生時には電荷を帯びた素粒子などを高速で宇宙空間に放つ「コロナ質量放出」(CME)が起こる。この宇宙空間に撒き散らされた高速の荷電粒子が地球圏を直撃すると、磁気嵐が発生し、その規模が大きいと、オーロラが通常よりも低緯度側に出現するようになることが知られている。

Solar Cycles in 1610 - 2019



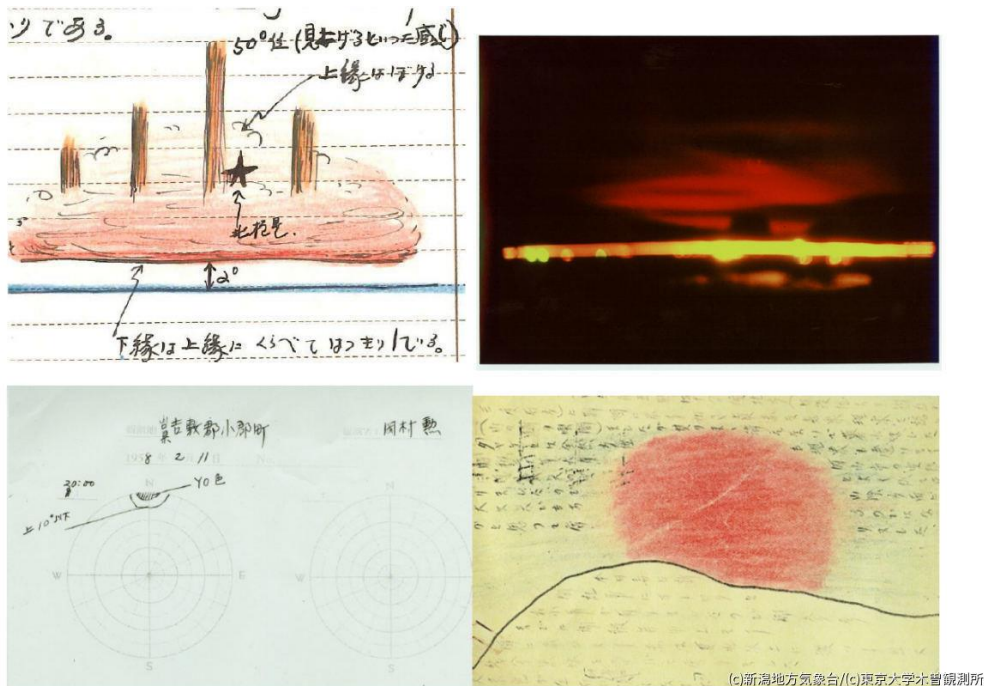
1610年～2019年の太陽活動。1957～1958年に太陽黒点相対数(Clette and Lefèvre, 2016)や太陽黒点群数(Svalgaard and Schatten, 2016)が過去4世紀で最大規模に発展していたことがわかる(Silverman and Hayakawa, 2021)(出所:名大プレスリリース PDF)

観測史上最大のフレアとして 1859 年に発生した「キャリントンフレア」が知られているが、太陽の活動としては、1957～1958 年に極大を迎えた第 19 周期が観測史上最大とされている。このときは、巨大なフレアや磁気嵐が何度も引き起こされたと考えられている。

1957 年は、当時の東西両陣営をまたいで「国際地球観測年(IGY)」が企画された年(1957 年 7 月～1958 年 12 月)でもあり、その観測協力対象にはオーロラも含まれ、日本も参加していたほか、磁気嵐の規模を表す「Dst 指数」が公式に算出されるようになったのも 1957 年以降であり、同年 9 月には史上 3 番目の、翌 1958 年 2 月には 4 番目の巨大磁気嵐が観測されており、後者の発生時、オーロラが日本でも広範囲で肉眼で観測された記録が残っているほどだが、当時の観測記録の全貌は必ずしも明らかではなかった。

こうした背景を踏まえ研究チームは今回、気象庁、国立天文台、東大木曾観測所のデータを駆使して、1957～58 年に発生した激甚磁気嵐によるオーロラ活動の様子を明らかにすることを試みることにしたという。

1958 年 2 月 11 日の磁気嵐の際のオーロラについて、当時の気象庁による刊行記録の精査が行われたほか、新潟地方気象台においてこれまで忘れられていたオーロラのスケッチの発掘に成功。オーロラ低緯度境界の画定の決め手となったほか、東大木曾観測所に保管されていた観測記録のコピーから、北海道の静内で撮影された国内最古と思われるオーロラのカラー写真の存在や、その当時山口県の小郡や広島県の福山で見えていたオーロラの様子なども明らかにされた。その結果から、この磁気嵐(min.Dst=-426nT)の際のオーロラは、従来考えていたよりも、かなり赤道側に広がっていたことが判明したという。



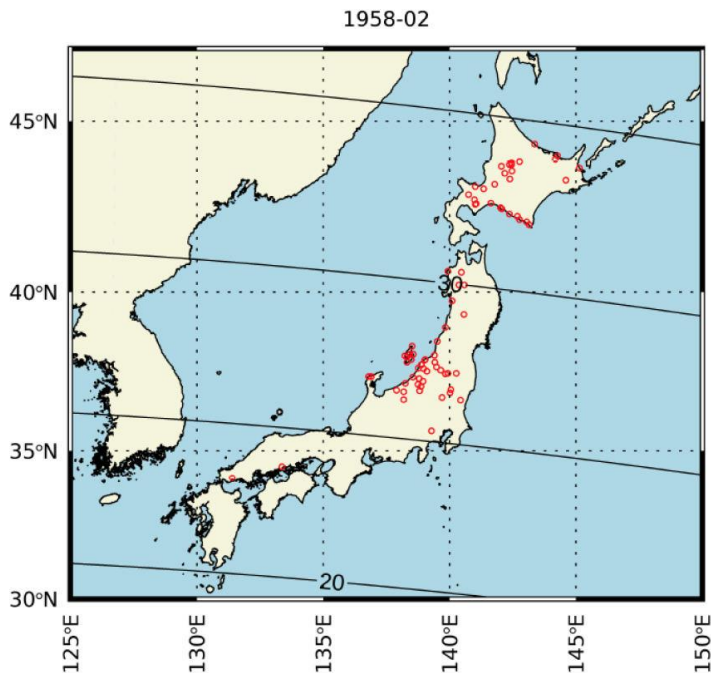
(左上)1958 年 2 月 11 日に新潟市船江町で記録されたオーロラスケッチ (c)新潟地方気象台提供。(右上)同日、北海道静内で長谷川節也氏によって撮影された国内最古と思われるオーロラ写真 (c)東京大学木曾観測所。(左下)山口県小郡町の岡村勲氏によるスケッチ (c)東京大学木曾観測所。(右下)広島県福山市の三村由夫氏によるスケッチ (c)東京大学木曾観測所 (出所:名大プレスリリース PDF)

また今回の研究では、これまで不明な点が多かった 1957 年 9 月 13 日の磁気嵐(min.Dst=-427nT)についても、多数のオーロラ記録の検討を行えたとする。このオーロラについては、北海道の網走や稚内で極めて詳細なスケッチが残されており、さらに北海道の森町の記録などから、オーロラ自体がかなり南まで広がっていたことが判明した。今回は、これらの記録に基づいて、日本で見たオーロラの範囲も復元された。

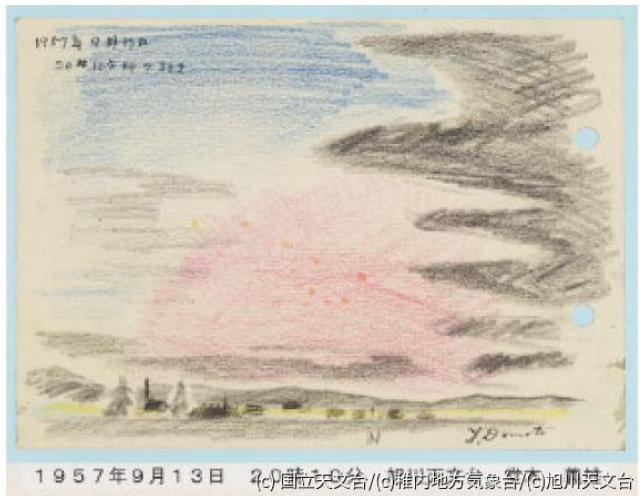
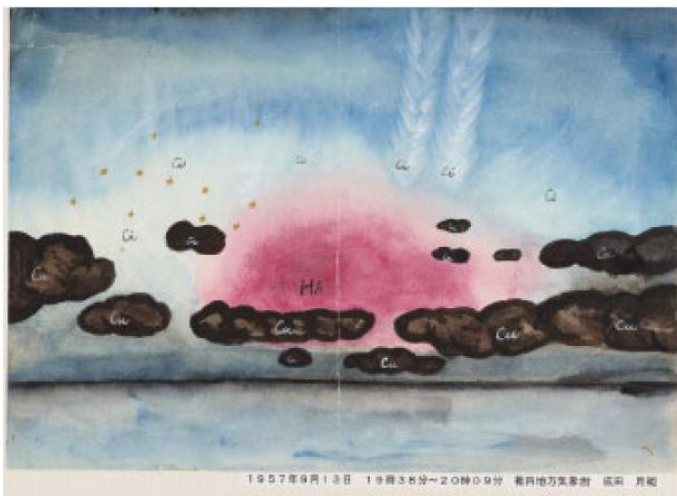
また、同日の天気図の検討も行ったところ、本州東部や道東の天気が悪く、オーロラを眼視することが困難であったことも判明したという。この磁気嵐の際のオーロラの報告事例が少なく、かつ、このオーロラがこれまであまり注目されてこなかった理由の一端はこの悪天候にあると考えられるとしている。

さらに、このような日本のオーロラ観測記録と、当時の地磁気変動との比較が行われたところ、いずれも激甚磁気嵐のクライマックス(磁気嵐主相から回復相初期)で起きていたことが判明したという。

当時のオーロラ観測記録の中には、日本で見えるような低緯度オーロラで期待される赤(と緑~白)だけでなく、黄色、オレンジ、ピンク、紫など、多様な色彩が捉えられていたとする。激甚磁気嵐では、通常の磁気嵐よりもエネルギーの高い電子も、日本上空に降り込んでいたことを示唆する貴重な実例と考えられるとしている。

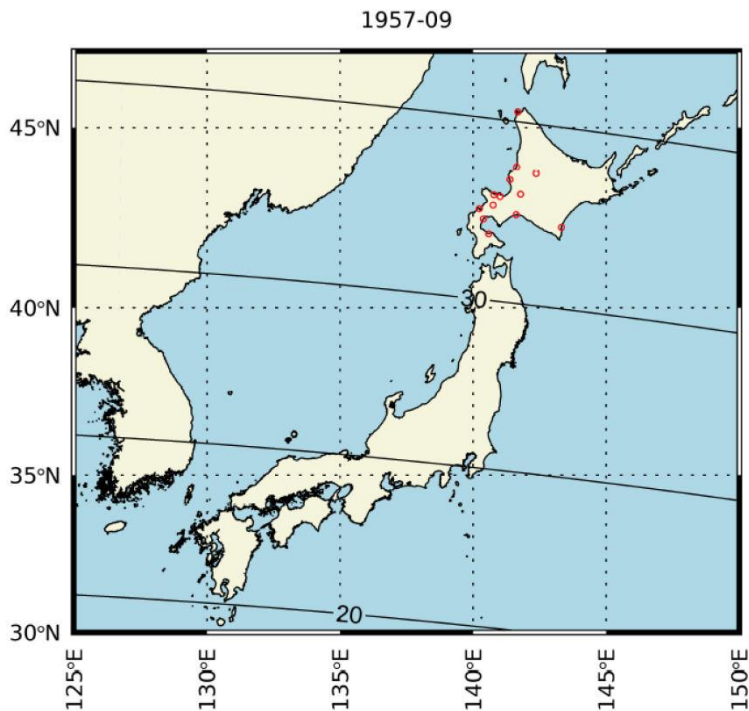


今回の研究で復元された 1958 年 2 月 11 日のオーロラ眼視観測範囲の地理的分布(Hayakawa et al., 2021)。(出所:名大プレスリリース PDF)

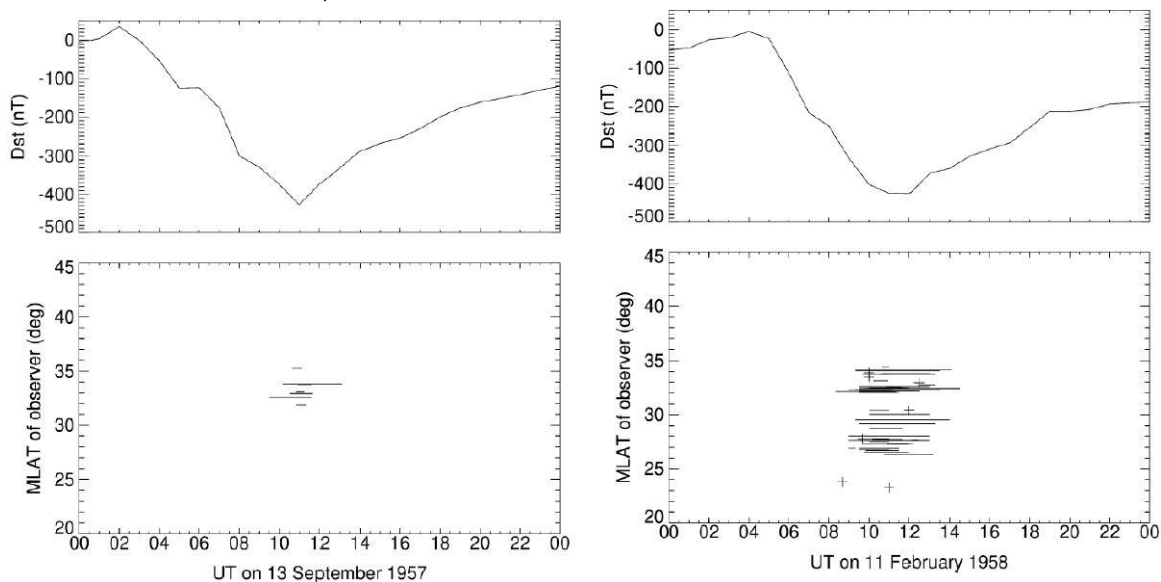


1957 年 9 月 13 日に観測されたオーロラのスケッチ (c) 国立天文台提供、(左)(c)稚内地方気象台、(右)(c)旭川天文台 (出所:名大プレスリリース PDF)

なお、今回のような詳細研究を可能としたのが、60 年以上前から現代に至るまで、研究者のみならず、一般市民を含めた多くの協力があったため、1957~1958 年に日本各地で行われたオーロラ観測では、国立天文台の古畑正秋氏の指揮下、国内の観測所のみならず、アマチュア天文家を含む多くの市民が観測に協力したことが、体系的なオーロラ観測を成功させることにつながったとしており、そうした活動は一時期停滞したものの、天体写真の社会還元を目指した東京大学木曾観測所のカラー撮影プロジェクトで再度復活。このプロジェクトがなかったならば、国際地球観測年の資料保存はできなかったと考えられるという。



今回の研究で復元された 1957 年 9 月 13 日のオーロラ眼視観測範囲の地理的分布(Hayakawa et al., 2021) (出所: 名大プレスリリース PDF)



当時の地磁気変動(Dst 指数:京大大学院 理学研究科 附属地磁気世界資料解析センター提供)と、今回の研究で明らかにされたオーロラ観測の時間的发展の比較(Hayakawa et al.,2021)。左列が 1957 年 9 月の、右列が 1958 年 2 月のもの。なお、Dst 指数は負の値が大きいほど規模が大きい (出所:名大プレスリリース PDF)

デジタル機器のない時代のアナログの観測データはかさばって場所を取るため、しばしば廃棄されがちだが、近年では、そうした過去のデータをいかに保存・整備するかについての議論が国際的にもなされるようになってきており、今後もそうした画像データがさらなる宇宙天気研究に貢献することも期待されるという。

現在、太陽は 2019 年 12 月から第 25 周期が始まっており、活動は上昇基調にあり、2025 年ごろには極大を迎えるよ予想されており、その前後数年間はオーロラを日本でも見られる可能性があるという。研究チームの名大・早川特任助教らも、もしオーロラを目撃した場合、ぜひ観測時刻やオーロラの高度(星などと対比)、色彩などの情報を記録して見てほしいと呼びかけており、そうした 2020 年代の市民による観測が数十年後の将来、科学研究に大きなヒントを残すことになるかもしれないとしている。

<https://www.nikkei.com/article/DGXZQOUA145NE0U1A211C2000000/?unlock=1>

## 太陽フレアで警報、自動運転・ドローン事故防止 総務省



ドローンや自動運転など新技術の普及に備える=ロイター

太陽の異常活動「太陽フレア」をめぐって、総務省は企業や行政向けの新たな警報を検討する。2022 年度中の導入をめざす。世界で停電や通信障害など基幹インフラへの影響が出ているほか、自動運転車やドローンといった新しい技術への悪影響も指摘される。米欧や中国、ロシアなどが対策に乗り出しており、体制の整備を急ぐ。

太陽フレアは、太陽の表面の異常爆発で発生した放射線などが地球に届く現象を指し、停電や通信障害を引き起こす可能性がある。太陽の異常爆発は十数年単位で推移し、次のピークとされる 25 年が迫っている。

日本はこれまで大きな対策をとってこなかったが、技術革新や国際的な流れを受けて方針転換した。22 年 1 月に有識者の検討会をつくり議論を始める。航空や電力、衛星、損害保険の企業や専門家らが参加する。航空用無線の障害、電力網の停電、全地球測位システム（GPS）の位置情報のずれを中心にリスクと対策を議論する。

太陽フレアの放射線量は総務省所管の国立研究開発法人、情報通信研究機構（NICT）が測定している。具体的な基準がなかったため、NICT のガイドラインを見直す。インフラへの影響度合いに応じて測定量や発生頻度でリスクを 5 段階に分けることを想定し、警報を出す際の目安を整える。

25 年には自動運転車やドローンなど新技術の普及が進むとみて必要な体制整備を急ぐ。ドローンや走行中の自動運転車に太陽フレアの影響が出れば、GPS の位置情報がずれるなどし、衝突事故が起きる可能性もある。

こうしたリスクを踏まえ、企業などに対して▽サービスの運用継続が困難▽代替策の準備が必要▽影響が無視できる——といった明確な基準に分けて警報を出して事故を未然に防ぐ狙いだ。

太陽フレアの放射線が送電線に影響することもある。異常な電流が発生して設備が故障して停電する恐れがある。北欧のスウェーデンで 03 年、一部の電力網が放射線の被害を受けて停電し、大規模停電が発生した。約 5 万人が影響を受ける事態となった。国連防災機関（UNDRR）は今年 10 月、太陽フレアを「社会生活への脅威」と位置づけ、各国に対策見直しを提言している。米国ではすでに国土安全保障上の自然災害と位置づけており 15 年に国家戦略を策定。太陽フレアの影響に対する復旧や対応能力の強化、重要インフラへの影響評価などを掲げた。英国も 21 年に同様の国家戦略を掲げた。中国とロシアは 18 年に相互協力協定を結んでいる。日本の産業界からも明確な指針がないことに懸念が出ていた。

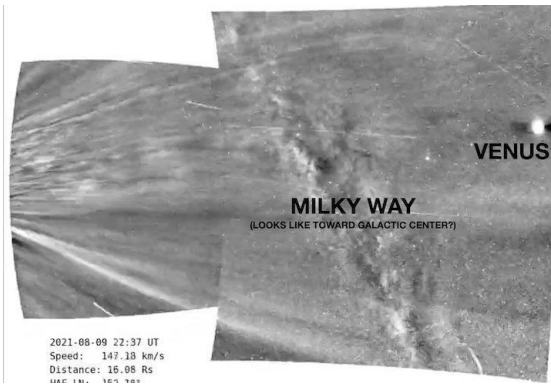
<https://www.newsweekjapan.jp/stories/world/2021/12/post-97709.php>

## SF 映画の突入シーン！？ 太陽コロナの内側から太陽系の惑星をとらえた動画が

公開される

2021 年 12 月 21 日（火）18 時 30 分

[松岡由希子](#)



コロナの中から、天の川銀河、金星を捉える NASA/Johns Hopkins APL/Naval Research Laboratory  
<NASAの太陽探査機パーカー・ソーラー・プローブが、太陽のコロナに初めて到達したが、コロナの内から太陽系の惑星を捉えた映像が公開された>

アメリカ航空宇宙局（NASA）の太陽探査機「パーカー・ソーラー・プローブ」が2021年4月に太陽の上層大気であるコロナに初めて到達していたことがこのほど明らかとなり、大いに話題となった。

【参考記事】[歴史上初めて、探査機が太陽に「触れた」](#)

#### [太陽コロナに触れる探査機、熱で溶けない4つの理由](#)

「パーカー・ソーラー・プローブ」には広角画像を白色光で撮影できる広視野カメラ「[WISPR](#)」が搭載され、太陽の構造などを観測している。

人工物として史上最速の速度で太陽のコロナの中に

NASAは、「パーカー・ソーラー・プローブ」の9回目の接近観測で2021年8月8日～12日に「WISPR」が撮影した画像をつなぎ合わせ、その動画を12月14日に[公式ウェブサイト](#)で公開した。

Flying through the sun's corona! See amazing NASA probe footage

この動画では、「パーカー・ソーラー・プローブ」が史上最速の人工物となった最高秒速147キロのスピードで「ヘルメット・ストリーマ」を通過している様子がわかる。

動画に映っている白い筋は、反対の磁極とつながる電気を帯びたガスやプラズマの巨大なループ「ヘルメット・ストリーマ」だ。明るく光る「ヘルメット・ストリーマ」は、日食時のみ地球から見えるが、動画では、「パーカー・ソーラー・プローブ」がコロナの内部でその上下を通過していることが確認できる。

コロナの内側から太陽系の惑星をとらえる

米ハーバード・スミソニアン天体物理学センター（CfA）の天体物理学者グラント・トレンブレイ博士は、アメリカ海軍調査研究所（USNRL）の計算科学者カール・バタム博士やアンドリュー・フィリップス氏の協力を得てこの動画を詳しく分析し、その結果をツイッターに投稿した。

トレンブレイ博士によると、動画では「ヘルメット・ストリーマ」の内側から火星、水星、金星、天の川銀河、土星の順で見られ、最後に地球と木星が現れたという。

「[パーカー・ソーラー・プローブ](#)」は、2025年6月19日まで計24回にわたって接近観測を行う計画だ。



5 New Discoveries from NASA's Parker Solar Probe



## 中国で「人工太陽」の新たな実験始まる

12/24(金) 19:36 配信

CGTN  
Japanese



### [「人工太陽 \(EAST\)」のコントロールルーム \(2021年12月22日提供\)。\(c\)CGTN Japanese](#)

【12月24日 CGTN Japanese】中国科学院合肥物質科学研究院にある「人工太陽」と呼ばれる全超伝導トカマク型核融合エネルギー実験装置 (EAST) が今月、再び運転を開始しました。同研究院の副院長で、プラズマ物理研究所の所長でもある宋雲濤 (Song Yuntao) 氏によりますと、今回の実験は、前回の実験結果や EAST の補助加熱などのシステムのレベルアップに基づいて行われ、「人工太陽」がさらに「熱く」「恒久」へと進むことを目指します。太陽は万物の成長に欠かせないものです。地球上に「人工太陽」を作り出し、クリーンエネルギーの絶え間ない供給という人類の夢を実現できるかと、人類は、20世紀半ばごろから核融合エネルギーの研究を始めました。中国科学院は1970年代にトカマクの研究チームを発足させ、安徽省 (Anhui) 合肥市 (Hefei) などに研究院を設置しました。EASTの研究にはこれまでに、国内外の研究者延べ1万人余りが参加し、電子温度摂氏1億℃度での20秒間のプラズマ運転など世界でも重要な技術的飛躍を成し遂げました。次世代の「人工太陽」と呼ばれる中国核融合工学実験炉 (CFETR) の工学的設計はすでに完了しており、現在、核融合炉メインエンジンの基幹システムの総合研究施設を建設中です。(c) CGTN Japanese/AFPBB News CGTN Japanese

[https://news.biglobe.ne.jp/it/1220/mnn\\_211220\\_6397146894.html](https://news.biglobe.ne.jp/it/1220/mnn_211220_6397146894.html)

## 米企業ロケット・ラボ、独創的な新型再使用ロケット「ニュートロン」を発表

12月20日(月) 17時36分 [マイナビニュース](#)



### ●超小型ロケット界の旗手が放つ、コンステレーション需要を狙った中型ロケット

米国の宇宙企業「ロケット・ラボ」は2021年12月2日、開発中の新型ロケット「ニュートロン (Neutron)」の最新情報を公開した。

従来の構想に比べ、機体やフェアリング、エンジンに独自性ある技術を多く採用。打ち上げコストの低減を目指し、信頼性と再使用性をさらに追求したコンセプトとなった。

そこには、ライバルとなるスペース X の再使用ロケット「ファルコン 9」の“弱点”を研究して生み出された、数々の工夫が込められている。

### ロケット・ラボ

ロケット・ラボ (Rocket Lab) は米国に拠点を置く宇宙企業で、小型・超小型衛星を打ち上げることを目的とした

超小型ロケット(Micro Launcher)の「エレクトロン(Electron)」を運用している。エレクトロンは、地球低軌道に約 300kg、高度 500km の太陽同期軌道に約 150kg の打ち上げ能力をもつ。ニュージーランドにロケットの生産施設や発射場を構えるほか、米国ヴァージニア州ワロップス島にも発射台の建設を進めている。

かねてより世界的にブームになっている小型・超小型衛星(質量 100kg から数 kg 級の衛星)は、従来は大型衛星の打ち上げに相乗りするなどしか打ち上げる方法がなく、好きなときに好きな軌道へ打ち上げることが難しいという課題があった。ロケット・ラボはそこに目をつけ、小型・超小型衛星の打ち上げに特化したエレクトロンを開発した。2018 年から運用を始め、これまでに 22 機を打ち上げ、19 機が成功。100 機以上の衛星を軌道へ送り込み、ビジネスとして大きな成功を収めている。

また、ロケット・ラボに追いつけ追い越せと言わんばかりに、世界中で超小型ロケットの開発競争が勃発。すでにヴァージン・オービット(Virgin Orbit)やアストラ(Astra)などといった企業が市場に参入している。

## ニュートロン

一方、ロケット・ラボは次の一手として、今年 3 月に新型ロケット「ニュートロン」の開発計画を発表した。ニュートロンとは「中性子」という意味をもつ。ニュートロンは、地球低軌道に約 8t の打ち上げ能力をもつ中型ロケットで、小型衛星を数十機まとめた打ち上げや、惑星探査機、国際宇宙ステーション(ISS)への物資補給ミッション、そして有人宇宙飛行などの打ち上げに使うことを目指している。

低軌道に 8t という打ち上げ能力は、エレクトロンと比べると約 25 倍も大きい。その一方で、現在世界で最も多く打ち上げられている米国スペース X の大型ロケット「ファルコン 9」と比べると約半分の能力しかない。

ロケット・ラボの創設者で CEO のピーター・ベック(Peter Beck)氏は、「ロケットが大きいことは必ずしもいいことではない」とし、「中型ロケットの分野はブルー・オーシャン」だと語る。

「近年、数十機から数万機もの小型衛星を編隊で運用する『メガ・コンステレーション』の構築が活発になっています。こうした衛星群を効率よく構築するためには、複数の衛星をまとめて、なおかつ異なる軌道面に向け複数回打ち上げる必要があります。しかし、その 1 回あたりの打ち上げ質量は、(ファルコン 9 のような)大型ロケットがもつ打ち上げ能力よりもはるかに小さく、コスト面、効率面で問題があります。ニュートロンの低軌道に 8t という打ち上げ能力は、まさにこうした打ち上げにとってちょうどいい、理想的なサイズなのです」。

ベック氏は「今後 10 年間に打ち上げられる衛星の 80% 以上は、コンステレーション衛星になると予想されています。ニュートロンは、その打ち上げに特化した世界初のロケットになるでしょう」と続ける。また、8t という能力であれば、惑星探査機や有人宇宙船の打ち上げにも使うことができるため、ベック氏によると「ニュートロンは、2029 年までに打ち上げが予想される衛星の約 98% を打ち上げることができる」としている。

さらに、高い即応性と頻度での打ち上げも可能。この点も、大型ロケットでは実現が難しいものの、ニュートロンくらいのロケットであれば比較的簡単だとしている。高い即応性と頻度での衛星打ち上げは、たとえば有事の際に見たい場所のすぐ上空を通過する軌道に偵察衛星を打ち上げるなど、政府機関や民間で需要があり、こうした新たな付加価値、市場の打ち上げサービスも狙っている。

ベック氏は「私たちはエレクトロンで、マイクロ・ローンチャーというロケットの分野で新たなカテゴリーを開拓しました。そしてニュートロンで、ふたたび新たなカテゴリーを開拓したいと考えています」と語る。

ちなみにベック氏は、かつてはエレクトロンよりも大きなロケットの開発には懐疑的で、「もしエレクトロンより大きなロケットを造ることになったら帽子を食べてみせるよ」とさえ発言していた。この「帽子を食べてみせる(I'll eat my hat)」というのは、それだけ何かをしないことへの自信を表す、英語の慣用句である。

しかし、その発言を翻して、ニュートロンの開発を発表したことで、ベック氏はこの当時、約束どおり本当に帽子を食べるといふ、茶目っ気ある姿を見せた。

## ● “ファルコン 9 の弱点” を研究して生み出された、数々の工夫とは？

### 新たなニュートロン

そして今回、ベック氏は、設計を刷新した新たなニュートロンを公開した。

打ち上げ能力は以前の設計と変わらず、1段目を回収する場合は地球低軌道へ8t、回収せず使い捨てる場合は最大15t。また火星や金星へは1.5tだとしている。初打ち上げは2024年を予定している。

逆に大きく変わったのは姿かたちである。従来のニュートロンは、1段目に再点火可能なロケット・エンジンや着陸脚をもち、垂直に着陸して回収、再使用することができる、一見するとファルコン9を少し小さくしたような、あまり目新しい点のないロケットだった。ところが、今回明らかにされた新しいニュートロンは、非常に独創的な姿かたちをしている。全長は40m、直径は7mで、機体はやや寸詰まりの、そして末広がり円錐台形状をしている。たとえるなら、古代エジプト神話のメジェドのような姿といえよう。このような独創的な姿かたちをしているのは、第1段を効率よく再使用し、迅速かつ低コストでの打ち上げを可能にするためだという。ベック氏によると、この形状により、複雑な機構や着陸脚を装着することなく、安定して着陸させることができるとし、さらに、自らの機体でしっかりと立って離陸することができるため、発射台や打ち上げ前のロケットを支える構造物などの射場インフラが不要になるという。スペースXのファルコン9は、打ち上げには大掛かりな発射施設が必要であり、第1段の回収時にも専用の船や着陸場を必要とする。しかし、ニュートロンはそうした発射、着陸にかかる施設を必要とせず、さらに着陸後は整備のうえ、そのまま再度打ち上げることができるため、施設設備の運用や維持にかかるコストが低減できるとしている。また、ロケットが2段式である点は従来と同じではあるものの、通常のロケットのように第1段の上に第2段があり、その上にフェアリングと衛星が載るという構成ではなく、フェアリングは第1段の上に装着しており、さらに通常のロケットのように分離するのではなく、第1段にくっついたままで、チューリップの花びらのように開き、第2段を放出したのち、閉じるような構造になっている。同社では「Hungry Hippo(お腹をすかせたカバ)」と呼んでいる。ベック氏によると、第1段機体とフェアリングをいっしょに回収、再使用できるようにすることで、打ち上げ回数的高速化が可能だという。ファルコン9のフェアリングは分離式で、海上に着水したのち、船で回収して再使用しているが、ニュートロンではその必要がなくなり、低コスト化、またフェアリング回収の信頼性の向上などが図れるとしている。フェアリングの直径は5mで、現在ある衛星の大半を搭載することができる。さらに、第2段は完全にフェアリングの中にあり、宇宙空間に到達してから展開される。そのため、空力を考慮することなく、最初から宇宙で稼働するような設計、構造にできることから、軽量化・高性能化が可能だという。くわえて、機体の全体には炭素繊維複合材を採用。軽量で強度が高いうえに、打ち上げと大気圏再突入時に受ける膨大な熱と力に何度も耐えられる特別な配合の新素材を使うとし、第1段の頻繁な再打ち上げを可能にするという。また、製造には自動積層システム(automated fiber placement system)を使い、数分で数mの構造を造ることができ、迅速な製造が可能だとしている。同社はすでに、エレクトロンで機体構造を炭素繊維複合材で造ることに成功しているが、ニュートロンは世界で最も大きな炭素繊維複合材製のロケットになるとしている。ロケット・エンジンは、新開発の「アルキメデス(Archimedes)」を搭載。液体酸素とメタンを推進剤とするガス・ジェネレーター・サイクルのエンジンで、推力は1MN、比推力は320sを発揮する。第1段には7基のアルキメデスを、第2段には真空中に最適化された1基のアルキメデスを搭載するとしている。前述のように、ニュートロンは炭素繊維複合材構造により、非常に軽量であるため、アルキメデスは性能もさほど高くなく、構造も比較的シンプルになっている。これにより、開発・試験のスケジュールを大幅に早めることができるうえに、信頼性と再利用性も追求することができるとしている。ベック氏は「ロケットの構造質量比が悪いと、高性能なエンジンが必要です。逆に、構造質量比を高めることができれば、少し低性能なエンジンでも打ち上げが可能になるのです」と語る。

### ファルコン9の弱点をつぶしたロケット

この新しいニュートロンの設計について、ベック氏は「ニュートロンはこれまでのロケットとはまったく異なります。信頼性、再利用性、そしてコスト低減への追求が最初から組み込まれた、先進的な設計の新型ロケットなのです。これまでにつちかった最高の技術革新を取り入れ、最先端の技術や材料と融合させることで、未来のロケットを実現します」と語る。「従来のロケットの延長線として設計したのではなく、顧客のニーズに焦点を当て、そこから逆算して設計しました。その結果、市場の需要に合ったサイズで、速く、頻繁に、そして手頃な価

格で打ち上げられるロケットが生まれたのです」。ニュートロンは、その独創的な姿かたちが目を引くが、実際に注目すべきは、ファルコン9と同じ、「第1段機体とフェアリングは回収し再使用、第2段は使い捨て」を目指しながら、ファルコン9よりも効率よく、そして低コストになるようなコンセプトを志向しているところである。ロケット・ラボが“ファルコン9の弱点”を研究し、それをつぶした、後発ならではの試みといえよう。また、ロケット・ラボはすでに、エレクトロンの第1段機体の再使用を目指し、再突入や海上、空中での回収技術を研究、開発している。そこから得たノウハウや教訓も、ニュートロンの設計に反映されているものとみられる。他方、ファルコン9を運用するスペースXは、その発展型の後継機として「スターシップ/スーパー・ヘヴィ」を開発している。スターシップは大は小を兼ねるとい言葉どおり、巨大なロケットで小型衛星から大型衛星まで打ち上げられるようにし、さらに機体をステンレスで造るなど、ニュートロンとは正反対とでもいべきコンセプトを採用している。また、「レラティヴィティ・スペース(Relativity Space)」という企業は、ロケット全体を3Dプリンターで"印刷"することで低コスト化を図っているほか、前述したアストラも、とにかく製造のしやすい設計を採用し、大量生産で低コスト化を目指すなど、同じ打ち上げコストの削減という目標をめぐって、宇宙企業はさまざまなやり方に取り組んでおり、技術的にも、そしてビジネス的にも、非常に興味深い展開が繰り広げられている。

○参考文献 ・ Rocket Lab Reveals Neutron Launch Vehicle's Advanced Architecture | Rocket Lab  
・ Neutron Rocket | Development Update - YouTube  
・ Neutron | Rocket Lab

鳥嶋真也 とりしましんや 著者プロフィール 宇宙開発評論家、宇宙開発史家。宇宙作家クラブ会員。宇宙開発や天文学における最新ニュースから歴史まで、宇宙にまつわる様々な物事を対象に、取材や研究、記事や論考の執筆などを行っている。新聞やテレビ、ラジオでの解説も多数。この著者の記事一覧はこちら

[https://news.biglobe.ne.jp/domestic/1220/ym\\_211220\\_0083843045.html](https://news.biglobe.ne.jp/domestic/1220/ym_211220_0083843045.html)

## 宇宙ごみ指針 国際ルールづくりを主導せよ 12月20日(月)5時0分 [読売新聞](#)

宇宙開発は民間企業がリードする時代になりつつあるが、そのルールづくりは遅れている。日本は優れた技術力を生かして、国際ルールづくりを主導すべきだ。

政府は世界に先駆け、民間による「地球周回軌道上サービス」の指針を策定した。宇宙空間を漂う「スペースデブリ(宇宙ごみ)」の除去などを想定している。指針は、事業に参入する企業に対し、作業の際、衛星との衝突を防ぐ対策などを求める内容だ。日本発の新しい指針をいち早く世界に示したことは評価できる。ロケットの打ち上げに伴って発生する機体の残骸や、寿命の尽きた人工衛星は、長期間、軌道上を高速で飛び続ける。ロケットの打ち上げが多くなるにつれ、こうしたごみも増えており、いずれ放置できない問題となるだろう。大きなごみは2万個以上、小さなものは無数にある。衛星に当たれば故障につながり、国際宇宙ステーションのロボットアームに穴があいた例もある。専用の衛星を使って宇宙ごみを回収するサービスはまだ始まっていないが、将来、大きな需要が見込めるという。日本では、宇宙航空研究開発機構(JAXA)や新興企業「アストロスケール」などが技術開発を進めている。新しい分野に投資を呼び込み、ベンチャー企業を育てるには、国がガイドラインを示し、事業者が安心して参入できる環境を整えることが大切である。今回の指針は、民間による宇宙開発を進める上で、重要な一歩だと言える。日本が先手をとって宇宙ビジネスの主導権を握ることで、今後の国際ルールづくりの議論にも影響を与えることができるだろう。日本発の標準技術が確立できれば、日本企業にとっても有利な点が多いのではないかと見られる。故障した衛星に接近し除去する技術は、他国の衛星の機能を妨害する軍事技術に近い。日本の指針は、平和利用を明確にしており、国際社会にも歓迎されよう。

ロシアは11月に衛星破壊ミサイルの実験を行い、自国の衛星に命中させて大量の宇宙ごみを散乱させた。ロシアに限らず、米中なども、有事の際には敵の衛星の破壊も辞さないとみられている。

宇宙では拘束力のある国際法の整備が不十分で、今後、資源探査などが進むにつれ、各国の利害がぶつかる場面も予想される。日本が宇宙ビジネスで存在感を発揮することは、宇宙の平和利用を進める点でも意義が大きい。

[https://news.biglobe.ne.jp/international/1218/rec\\_211218\\_8987796157.html](https://news.biglobe.ne.jp/international/1218/rec_211218_8987796157.html)

## 船外宇宙服から見る中国の宇宙テクノロジーの発展-中国メディア

12月18日(土) 20時30分 [Record China](#)



[写真を拡大](#)

有人宇宙船「神舟 13 号」の船外活動では、新しい船外服が初公開され、広く注目を集めた。

このほど有人宇宙船「神舟 13 号」の宇宙飛行士の翟志剛氏と王亜平氏が中国の次世代「飛天」船外宇宙服を着用し、「天和」のコアモジュールとノードモジュールから船外に出た。この船外活動では、王氏の着用した新しい船外服が初公開され、広く注目を集めた。人民日報が伝えた。

船外活動は宇宙飛行士の宇宙活動に必需の「技能」だ。宇宙ステーションのメンテナンスとアップデートには船外活動が不可欠だ。重さ 100 キログラム以上にも上る船外服は宇宙飛行士の船外活動の「鎧」で、宇宙飛行士の命の安全を最大限に保証し、船外活動を順調に遂行するようにしてくれる。

宇宙環境は複雑だ。真空、高温・低温、太陽放射、微小流星物体などの過酷な環境により、宇宙飛行士は常に大きなリスクに直面する。船外活動は高度 300~450 キロメートルの軌道の宇宙環境に直面する。ここは 90 分を周期に気温が±120℃ほどの冷熱の交互変化、さらにスペースデブリや宇宙放射線がある。宇宙飛行士がこのような環境でも正常な生命活動と船外活動を維持できるようにするため、船外服は宇宙飛行士に安全で効果的な環境防護、密閉された空間の環境コントロール、生命の維持を提供する必要がある、「人型の宇宙船」に相当する。宇宙空間の過酷な環境に耐えるだけでなく、宇宙飛行士が船外で柔軟に活動できるようにする必要があり、船外服の材料と製法に想像を超える高い要求を突きつけている。翟氏は 2008 年 9 月 27 日に中国が独自に開発した「飛天」船外服を着用し、初の船外活動任務を行った。これは中国が独自に船外活動技術を確立した 3 番目の国になったことを示している。中国の宇宙ステーション建設段階では、宇宙ステーション任務の船外活動の需要に焦点を当て、第 2 世代「飛天」船外服は過去の開発を踏まえた上で重要な改良を行い、構造設計を変更し、使用寿命を延ばした。使用時間がより長く、安全性・信頼性と機動性・柔軟性がより高く、テスト性・メンテナンス性がより優れるといった特徴がある。強化が続く船外宇宙服の開発能力は、中国宇宙事業の堅実な前進を示している。黄金よりも貴重な船外宇宙服は、宇宙飛行士の命の安全を保証する。製法は複雑かつ精密で、製造・研究開発では磨きに磨きをかけている。宇宙服は中国の国内でも国外でも手作業が不可欠だ。船内宇宙服の上肢制限層だけでも 130 時間以上、下肢制限層は 260 時間以上かかる。さらに 1 着の船外宇宙服に仕上げるためには 4 カ月近くかかる。縫製中の寸法公差は 1 ミリメートル内に抑えなければならない。1 粒のちりだけでも大きな災いにつながりかねない。これは研究・製造者の技術と忍耐力にとって極めて厳しい試練となる。こうした苦勞に耐え、研究開発に取り組み、戦うことに長けている研究開発チームがあるから、中国の船外服はブレイクスルーと高度化を続け、宇宙飛行士の命の安全を守り、宇宙の旅へと送り出すことができるのだ。

「嫦娥」による月探査から「祝融」による火星探査に至り、中国人が初めて自国の宇宙ステーションに入ってから「羲和号」による太陽探査のゼロからのスタートへとますますしっかりとますます遠くへと向かう歩みは、中国

の宇宙テクノロジーの発展と進歩を記録している。未来に向かい、中国人による宇宙探査の歩みはより大きく、より遠くへと前進することを信じている。(提供/人民網日本語版・編集/YF)

<https://sorae.info/space/20211221-iss.html>

## 迫る ISS 退役!? 次世代宇宙ステーション運用開始までの時間差が引き起こす問題

2021-12-21 [KadonoMisato](#)



【▲国際宇宙ステーションの外観。2021年11月撮影 (Credit: NASA)】

【▲ISSに搭載されたロボットアーム「カナダアーム2」に生じた穴。宇宙ゴミが微小隕石が衝突したとみられている。(Credit: Canadian Space Agency)】

1998年11月に建設が始まってから20年以上に渡って運用されてきた国際宇宙ステーション (ISS) は、「退役」のタイムリミットに年々近づいています。そんななか、次世代商用宇宙ステーションの計画を進めている米国航空宇宙局 (NASA) が、大きな問題に突き当たっています。NASA 監察総監室 (以下、OIG: Office of Inspector General) は11月30日に発表した「NASAによる、ISSおよび地球低軌道 (LEO) の商用化への取り組みに関するマネジメント」という報告書のなかで、ISSの退役から次世代商用宇宙ステーションの運用開始までの時間差が宇宙開発に重大な危機をもたらす可能性がある」と指摘しています。

### 運用延長が見込まれる ISS だが.....

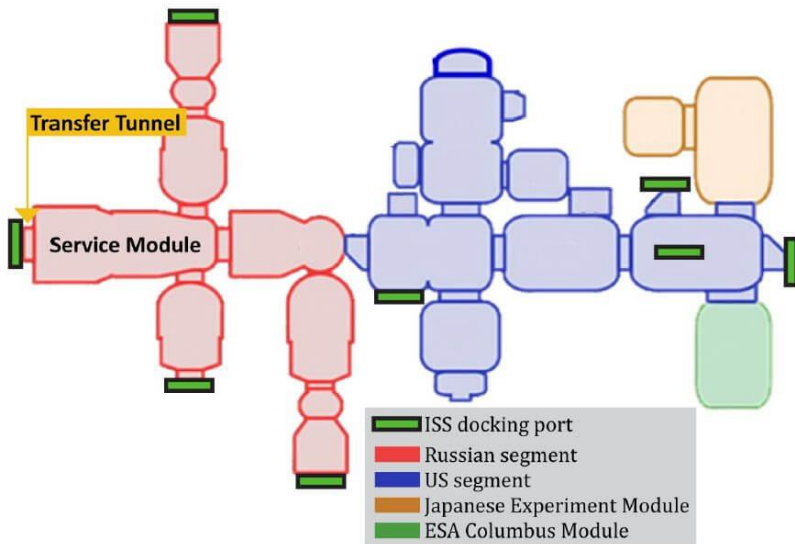
高度約400kmを飛行するISSは1998年11月に基本機能モジュール「ザーリャ」が打ち上げられて以来、微小重力環境での実験機会や宇宙飛行士の居住空間を提供してきました。ISSは2024年まで運用されることが承認されているものの、運用終了のタイミングはおそらく2030年まで延期されるだろうと見込まれています。

一方で、長年運用されてきたISSへのダメージが、運用スケジュールに影響を及ぼす可能性がOIGの報告書内で指摘されています。たとえば2021年5月には、ISSに搭載されたロボットアーム「カナダアーム2」の表面に、宇宙ゴミ (スペースデブリ) あるいは微小隕石が衝突してできたと思われる穴の存在が確認されました。

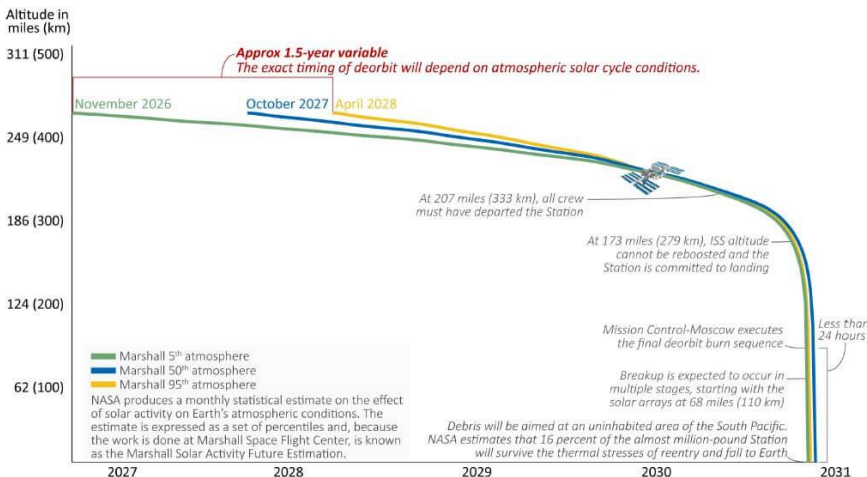
また、同年7月にロシアの新しい多目的実験モジュール「ナウカ」をドッキングさせた際には、ナウカのスラスタが誤って噴射されたために姿勢制御が一時不能な状態に陥っています。同年10月にはISSにドッキングしていたロシアの有人宇宙船「ソユーズMS-18」のスラスタ噴射テストを実施した時にも、同様のインシデントが発生しました。さらに、NASAやロシアの宇宙機関ロスコスモスは、ISSのサービスモジュール「ズヴェズダ」後部の転送チャンバで発見されたヒビや空気漏れの影響を調査し、退役スケジュールを早める可能性を示唆しました。最悪の場合、ISSで現在遂行中のプロジェクトを中断しなければならない可能性すらあるといます。

### ISSの老朽化が退役のタイムリミットを早める可能性も

ISSでは現在、ガンや心血管、精神状態などがヒトの健康状態に及ぼす影響や、環境制御・生命維持システム (ECLSS) が長期間宇宙空間に晒されるとどのような影響を与えるかを確認するために、微小重力下で実験が行われています。OIGの報告書では、こうした実験なくして月や火星への飛行や滞在は実行不可能だと述べられていますが、実験は2030年までに完遂しないといます。目下のところ、NASAが計画する商用宇宙ステーションは2028年までに運用開始の予定です。ISSが2030年まで運用されれば約2年の重複期間があるものの、前述のようにISSは老朽化により退役時期が早まる可能性がある」とされています。



【▲ISS の構造を示した簡略図。左端に位置する転送トンネル（Transfer Tunnel）でヒビや穴が確認された。（Credit: NASA）】



【▲ISS の退役スケジュールを示すグラフ（Credit: NASA）】

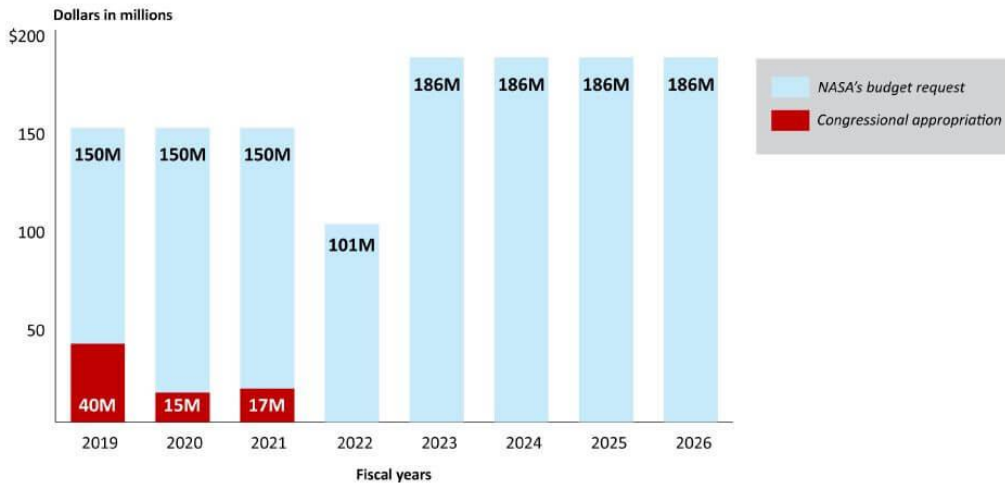
### 不透明な商用宇宙ステーション建設計画

また、OIG の報告書では新しい商用宇宙ステーションの開発用に割り当てられた予算の問題を懸念しています。NASA は「商用地球低軌道開発」（CLD）プログラムで地球低軌道（LEO）の経済活動を支援するため、ブルー・オリジン社など民間企業とともに商用宇宙ステーションを建設する予定ですが、NASA の予算要求に対し、連邦議会が決定した予算割当は大きく下回っているのが現状だといいます。同報告書は、NASA による予算の見積もりは「信頼するに足りない（unreliable）」として、商用宇宙ステーション開始までの計画の甘さを指摘しています。同報告書は、ISS の退役時期が繰り上げられたり商用宇宙ステーションの運用開始が遅れたりして時間差が生じた場合、地球外で将来遂行されるであろうミッションに対するリスクが高まり、LEO での経済活動そのものが崩壊するかもしれないと警鐘を鳴らしています。

関連 ・ [国際宇宙ステーションのロボットアームにデブリの衝突痕が見つかる](#)

- ・ [ISS への統合作業進む新モジュール「ナウカ」エンジン誤噴射時に ISS を 1 回転半させていた](#)
- ・ [民間人搭乗の宇宙船「ソユーズ MS-18」が無事帰還 ISS では一時問題発生も](#)
- ・ [ISS 退役後の商業宇宙ステーションは？NASA が企画案を外部事業者から募る](#)
- ・ [ブルーオリジンが商用宇宙ステーション建設計画を発表、2020 年代後半に運用開始予定](#)

Image Credit: Canadian Space Agency Source: SpaceNews, NASA OIG 文/Misato Kadono



【▲NASAが見積もったISSへの予算要求額（水色）と連邦議会による実際の予算割当額（赤色）（Credit: OIG presentation of NASA information）】

<https://sorae.info/astromy/20211225-noaa-20.html>

## 現在の地球のように「表面の一部が氷に覆われた水の惑星」は少数派かも？

2021-12-25 [松村武宏](#)



【▲地球観測衛星「NOAA-20」が2018年4月12日に撮影した画像をもとに作成された地球の姿（Credit: NOAA）】  
 こちらは2018年4月12日に撮影された地球の姿です。太陽同期軌道（極軌道の一つ）を周回するアメリカの地球観測衛星「NOAA-20」が取得した複数の画像をもとに作成されました。

【▲太陽系外惑星「ケプラー186f」の想像図。表面に液体の水が存在し、極域が氷床に覆われている様子を描いている（Credit: NASA Ames/SETI Institute/JPL-Caltech）】

「地球の画像」と聞いてイメージするものと比べて、この画像は少し印象が違いかもかもしれません。中央に写る白い地域は氷に覆われた北極圏で、画像には北極を中心とした北半球が捉えられています。画像の中央から見て右にはアフリカ大陸やアラビア半島が、左下には北アメリカ大陸が見えているのがわかりますでしょうか。この画像で示されているように、現在の地球の表面はその一部が氷床や海氷に覆われています。

【▲全球凍結した頃の地球を描いた想像図（Credit: NASA）】

### ■表面に液体の水が存在しつつ一部が氷に覆われた惑星は少ない可能性

アメリカ航空宇宙局（NASA）のデータベースによると、これまでに人類が発見した太陽系外惑星の数は2021年12月13日時点で4884個に達しています。系外惑星のなかには表面に液体の水が存在する地球に似た環境を有する惑星や、生命が存在する惑星もあるのではないかと。研究者はその可能性を求めて観測と研究を続けていますが、ワシントン大学天文学部の学部生 Caitlyn Wilhelm さんを筆頭とする研究グループの発表によると、現在の地球のように液体の水が表面に存在しつつも一部が氷床に覆われた惑星は少ないかもしれないといいます。

Wilhelmさんたちは今回、サイズ・質量・大気組成・表面の様子が現在の地球に似ていて、太陽に似た恒星（太陽と同じG型星、太陽よりも少し大きく高温のF型星、太陽よりも少し小さく低温のK型星）を公転する惑星



の気候を推定するために、20万通り以上のシミュレーションを行いました。

研究グループによるシミュレーションは、惑星の公転軌道の形状（整った円形から離心率の大きな楕円形まで）や自転軸の傾き（0度から90度まで。地球は23.5度）を変えつつ、100万年のスパンで繰り返されました。たとえば、公転軌道が真円の場合は降り注ぐ恒星のエネルギーが年中一定ですが、軌道の形がつぶれた楕円形の場合は惑星が恒星に近づいたり遠ざかったりするので、恒星から届くエネルギーは一年を通して増減します。また、自転軸が天王星のように横倒しになっている場合は、気候に極端な季節変化がもたらされます。

研究グループによると、シミュレートされた仮定の惑星では表面全体が凍りつく全球凍結から湿度の高い温室のような状態まで、様々な気候が示されたといいます。大半の惑星の気候はそこまで極端ではなく、ある程度落ち着いた状態になったものの、表面に液体の水が存在するケースのうち地球の極域のように表面の一部が氷床に覆われたのは10パーセント程度に限られたといいます。研究に参加したワシントン大学教授のRory Barnesさんによると、シミュレートされた惑星の表面に氷が存在する場合、極域を覆う「氷冠」よりも赤道域を帯状に覆う恒久的な氷「Ice Belt（氷帯）」が現れる可能性のほうが高かったようです。

■恒星の種類や自転軸の傾き具合が氷に覆われる場所を左右する可能性も

前述のシミュレーションは惑星の軌道が変化しないものとして行われましたが、次に研究グループは他の惑星の重力がもたらす影響も考慮して、惑星の軌道が時間とともに変化する場合は想定したシミュレーションも行いました。地球では、軌道の形状（離心率）・自転軸の傾斜角・自転軸の歳差運動が関わる軌道要素の周期的な変化が「ミランコビッチ・サイクル」として知られています。研究に参加したベルン大学のRussell Deitrickさんによると、系外惑星では地球のミランコビッチ・サイクルよりも大きな変化がもたらされる可能性があり、軌道要素の変化によって表面の氷がすべてなくなったり、反対に表面全体が氷に覆われたりすることも考えられるといいます。 関連：[中生代に恐竜が繁栄したきっかけが判明？「ミランコビッチ・サイクル」の影響か](#)

研究グループによると、軌道要素の変化を考慮した新たなシミュレーションでは、恒星の種類によって惑星表面の氷の分布に違いがみられたといいます。表面の一部が氷に覆われたケースのうち、惑星が太陽よりも大きなF型星を公転する場合、「氷帯」と比べて「氷冠」のほうが約3倍高い頻度で現れたといいます。いっぽう、表面の一部が氷に覆われていても、惑星が太陽と同じG型星や太陽よりも小さなK型星を公転する場合は、「氷冠」よりも「氷帯」のほうが約2倍高い頻度で現れたようです。

またWilhelmさんによると、自転軸の傾斜角が大きな惑星では赤道域を覆う「氷帯」のほうが現れやすい傾向がみられたといいます。自転軸の傾斜が大きく横倒しになっているような惑星では、極端な季節変化によって赤道域よりも極域の気候のほうが不安定になることがその理由ではないかと考えられています。

研究に参加したBarnesさんは、どのような気候の惑星が存在する可能性があり、どのような惑星が一般的か、あるいはそうでないかを示した今回の研究成果が、系外惑星の大気に生命の兆候を探したり、系外惑星の直接撮影を試みたりする将来の観測の礎となることに期待を寄せています。

関連：[直接撮像された325光年先の太陽系外惑星、ヨーロッパ南天天文台が画像公開](#)

Image Credit: NOAA Source: [ワシントン大学](#) 文／松村武宏


<https://news.livedoor.com/article/detail/21391217/>

## NASA「木星の月の音」を公開。ガニメデの磁気観測データ

2021年12月21日 16時30分 [Engadget 日本版](#)



[NASA](#) / JPL-Caltech / SwRI / MSSS

NASA が、木星探査機 Juno が 6 月に木星の衛星にフライバイした際に観測した電気的および磁気的データを可聴周波数にスライドさせた「ガニメデの音」を公開しました。サンアントニオにある Southwest Research Institute の主任研究員スコット・ポルトン氏は、このサウンドを「耳を澄まして聴いていれば、中ほどのところで音が高い周波数に急に変化するのがわかる」と説明。これは探査機がガニメデの磁気圏における複数の領域をまたいで移動した際の変化だと説明しています。また研究者のひとりウィリアム・カース氏は、おそらくそれはガニメデの夜の側から昼の側へ移動した際の変化ではないかとしています。 

<https://sorae.info/astrometry/20211221-milky-way-gaia.html>

## 天の川銀河の外縁部で予想外の発見、多数のフィラメント状構造が見つかる

2021-12-21 [松村武宏](#)



【▲宇宙望遠鏡「ガイア」による観測データ「EDR3」をもとに作成された全天画像 (Credit: ESA/Gaia/DPAC)】  
東京大学国際高等研究所・カブリ数物連携宇宙研究機構 (Kavli IPMU) の Chervin Laporte (シエルヴィン・ラポルテ) さん (※) を筆頭とする研究グループは、欧州宇宙機関 (ESA) の宇宙望遠鏡「Gaia (ガイア)」の観測データを分析した結果、天の川銀河の外縁部にこれまで知られていなかったフィラメント状構造が多数見つかったとする研究成果を発表しました。研究グループによると、このようなフィラメント状構造は過去に天の川銀河と別の銀河が衝突・合体したことで形成されたとみられていますが、今回見つかったような数多くのフィラメント状構造の存在は予想外だったとされており、今後の詳細な観測と分析が待たれます。

※...現在はバルセロナ大学宇宙科学研究所 (ICCUB-IEEC) 研究員

### ■天の川銀河の外縁部に複数のフィラメント状構造が存在していた

私たちが住む天の川銀河は孤独に存在しているのではなく、複数の矮小銀河 (衛星銀河) に囲まれています。発表によれば、天の川銀河の周辺には知られているものだけでも約 50 個の衛星銀河があり、このような衛星銀河と合体を繰り返すことで天の川銀河は成長してきたと考えられています。

たとえば、天の川銀河は今から約 90 億年前に「ガイア・エンケラドス・ソーセージ」(Gaia-Enceladus-Sausage) と呼ばれる銀河 (ガイア・エンケラドス、ガイア・ソーセージ、ガイア・ソーセージ・エンケラドスとも) と合体したとみられていますし、その後の時代には「いて座矮小銀河」(いて座矮小楕円銀河) と衝突したことでその影響を受けたと考えられています。こうした過去の衝突を物語る痕跡は、衛星銀河が合体した後も残されていると研究者は考えています。発表によると、天の川銀河の外縁部には恒星が細長く分布したフィラメント状の構造が存在していますが、これは過去に天の川銀河と衛星銀河が相互作用した際に潮汐力によって形成された「潮汐腕 (潮汐尾)」と呼ばれる構造の痕跡ではないかと考えられています。

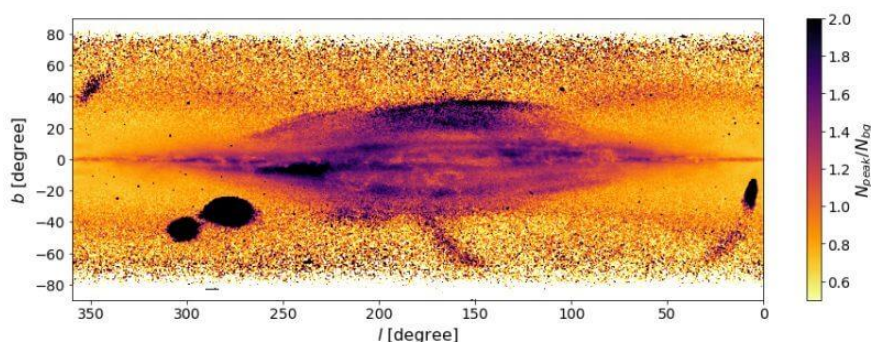
研究グループによると、これまでの研究では太陽系から見て天の川銀河の中心とは反対方向にある「Anticenter Stream」と呼ばれるフィラメント状構造に約 80 億年以上前に形成された星が多く含まれていることが判明しており、その起源はガイア・エンケラドス・ソーセージとの衝突にあると考えられているといます。ただ、フィラメント状構造のすべてが潮汐腕の痕跡とは限らず、天の川銀河の内的要因 (円盤部における垂直方向の密度波) によって形成される可能性もあるといます。そこで研究グループは、2020 年 12 月に公開されたガイアの最新

観測データ「Gaia EDR3 (Early Data Release 3)」を使用し、これまでは塵による減光の影響を受けるためにほとんど調べられていなかったという天の川銀河の外縁部における恒星の3次元分布を調べました。

ガイアは天体の位置や運動について調べるアストロメトリ（位置天文学）に特化した宇宙望遠鏡で、2013年の打ち上げ以降、太陽と地球のラグランジュ点のひとつ「L2」で観測を行っています。過去にガイア・エンケラドス・ソーセージなどの銀河と衝突や合体を繰り返してきたとされる天の川銀河の歴史も、これまでに公開されたガイアの観測データを用いることで明らかにされてきました。

関連：[観測された星の数は18億以上。宇宙望遠鏡「ガイア」の最新データが公開される](#)

研究グループによる解析の結果、今まで知られていなかったというフィラメント状構造が天の川銀河の外縁部で多数見つかりました。冒頭でも触れた通り、膨大な数のフィラメント状構造が存在するのは予想外のこととされています。研究グループはフィラメント状構造の解明に向けた調査を開始している他に、国立天文台ハワイ観測所の「すばる望遠鏡」で2023年の本格稼働開始を目指し準備が進められている観測装置「超広視野多天体分光器（PFS: Prime Focus Spectrograph）」を用いた観測を行うことで、フィラメント状構造に含まれる恒星の起源や構造の成り立ちを明らかにしていく予定とのことです。



【▲ガイアの観測データ「EDR3」をもとに、特異な運動量を示す星の分布とバックグラウンド（一様成分）の星の分布の比をとった地図。画像の中心は天の川銀河の中心とは反対方向にあたる。画像の中心から下に伸びているのは過去に「いて座矮小銀河」から引き剥がされた星の分布で、これとは別に天の川銀河の円盤面に沿って画像の左右方向に伸びるフィラメント状構造が多数みられる（Credit: Laporte et al.）】

関連：[天の川銀河の「家系図」をAIが解読。謎の銀河クラーケンとの衝突も](#)

Image Credit: Laporte et al. Source: [Kavli IPMU](#) 文／松村武宏

<https://sorae.info/astrometry/20211223-ngc1755.html>

## 散りばめられた星々の美しい輝き。ハッブルが撮影した大マゼラン雲の散開星団

2021-12-23 [松村武宏](#)



【▲大マゼラン雲の散開星団「NGC 1755」（Credit: ESA/Hubble & NASA, A. Milone, G. Gilmore）】

こちらは地球からおよそ16万光年先の銀河「大マゼラン雲」（LMC: Large Magellanic Cloud、大マゼラン銀河とも）にある散開星団「NGC 1755」です。散開星団とは、数十～数百個の恒星がまばらに緩く集まっている天

体のこと。画像を公開した欧州宇宙機関（ESA）によると、NGC 1755 の幅は約 120 光年とされています。漆黒の宇宙を背景に色とりどりの宝石を散りばめたような NGC 1755 の姿は、散開星団ならではの美しさで私たちの目を楽しませてくれます。ちなみに星団には球状星団という種類もありますが、こちらは散開星団よりもずっと数が多い数十万個ほどの恒星が密集した天体です。

冒頭の画像は「ハッブル」宇宙望遠鏡の「広視野カメラ 3 (WFC3)」および「掃天観測用高性能カメラ (ACS)」による可視光線・近赤外線・近紫外線の観測データから作成されたもので、ハッブル宇宙望遠鏡の今週の一枚「A Sprinkling of Stars」として、ESA から 2021 年 12 月 20 日付で公開されています。

ESA によるとハッブル宇宙望遠鏡による NGC 1755 の観測は、年齢や化学組成が異なる様々な星の集団がどうすれば一つの星団で共存し得るのか、その理由をより良く理解するために行われました。星団の星々は夜空の一角に密集して見えていますが、研究者は“鋭い目”を持つハッブル宇宙望遠鏡を用いることで、星団に含まれる個々の星を区別することができたとのこと。

関連：[天の川銀河で輝く星々との共演、ハッブルが撮影した“ケンタウルス座”の渦巻銀河](#)

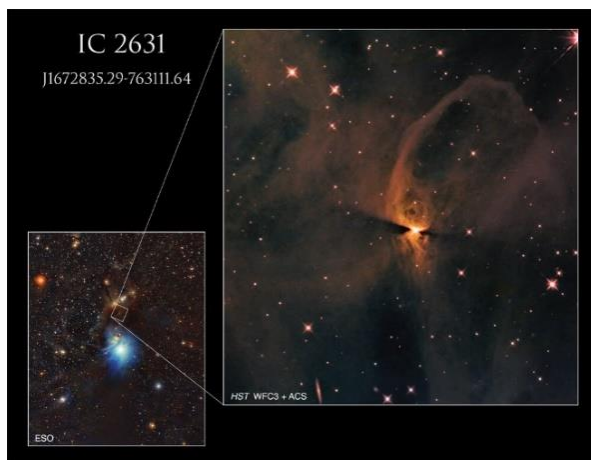
Image Credit: ESA/Hubble & NASA, A. Milone, G. Gilmore Source: [ESA/Hubble](#) 文／松村武宏

<https://sorae.info/astrometry/20211222-j1672835-29-763111-64.html>

## ハッブル宇宙望遠鏡が捉えた「原始星」の画像 NASA が公開

2021-12-22 [飯銅 重幸](#)

ここに反射星雲とは星間物質の中にある塵が近くにある恒星の光を反射、散乱して、輝いている星雲をいいます。原始星 J1672835.29-763111.64 はカメレオン座の星形成領域にあるこのような反射星雲 IC 2631 の中にあります。この J1672835.29-763111.64 のような原始星は恒星が誕生する一過程にあります。では、恒星はどのようにして誕生するのでしょうか？まず、星間分子雲の中に濃淡が生じ密度の濃い部分ができます。この密度の濃い部分を分子雲コアといいます。この分子雲コアの中心部では、自己重力によってガスやチリが収縮し、やがて原始星が誕生します。原始星は、まだ核融合反応は起こっていませんが、中心部分がギュッと収縮し高温、高圧になることで輝いています。そして、その周りには原始星円盤が形成されると共に、原始星からは遅いガス流と速いガス流の 2 種類のガス流が噴き出します。そして、その後、さらに周りからガスやチリが降り積もり、原始星はその質量を増していき、やがてその中心部分で水素の核融合反応が始まります。ついに恒星の誕生ですね。J1672835.29-763111.64 のような原始星はこのような恒星が誕生する一過程にあるというわけです。



【▲ハッブル宇宙望遠鏡が捉えた反射星雲「IC 2631」(左)とそれに抱かれた原始星「J1672835.29-763111.64」の拡大画像(右)。赤外線撮影されている (Credit: NASA, ESA, T. Megeath (University of Toledo))】

こちらの画像は、11 月 17 日に NASA が本日の 1 枚として公開した ハッブル宇宙望遠鏡が捉えた反射星雲「IC 2631」とそれに抱かれた原始星「J1672835.29-763111.64」の画像です。スピッツァー宇宙望遠鏡とハーシェル

宇宙望遠鏡によって予め確定された星間分子雲に存在する 312 個の原始星をターゲットとするハッブル宇宙望遠鏡による観測成果のうちの 1 枚になります。

関連：[若き星が照らす幻想的な星雲、南天のカメレオン座で輝く“片翼のバタフライ”](#)

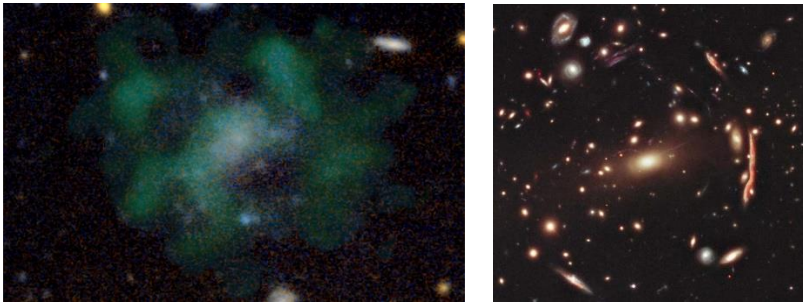
Image Credit: NASA, ESA, T. Megeath (University of Toledo), and K. Stapelfeldt (Jet Propulsion Laboratory); Processing: Gladys Kober (NASA/Catholic University of America)

Source: [NASA](#) 文／飯銅重幸（はんどうしげゆき）

[https://news.biglobe.ne.jp/it/1220/giz\\_211220\\_5000885527.html](https://news.biglobe.ne.jp/it/1220/giz_211220_5000885527.html)

## 絶対あるはずの暗黒物質がない新ジャンルの銀河

12月20日(月) 22時0分 [GIZMODO](#)



どんな銀河にもあるはず…の暗黒物質の気配がない銀河、AGC 114905 Image: Javier Román & Pavel Mancera Piña  
暗黒物質が引き起こす「重力レンズ効果」で、背景にある銀河クラスター（MACS 1206）が歪んで見えるの図 Image : NASA, ESA, M. Postman - STScI, CLASH Team

### 人類が知らなかったタイプの銀河なのかも。

暗黒物質またはダークマターとは、目には見えないものの宇宙のダクトテープのように銀河をまとめる何らかの存在です。でも、ある研究チームが、そのどんな銀河にもあるはず…の暗黒物質の気配がない銀河、AGC 114905 を発見したと発表しました。この発見は暗黒物質や銀河の形成に関する従来の理解を揺るがすかもしれません。あるはずの「何か」がない暗黒物質は直接観測できないものの、宇宙の 26.8% を構成すると考えられていて、その重力の影響は検知できています。どんな銀河でも、その観測結果には余分な質量があるように見えます。つまり、銀河たちが地球から観測できるもの以上の「何か」を抱えているらしいというデータが出てくるのです。

でも、最近ある天体物理学者のチームが、遠くの小さな銀河の中で回転するガスに対する暗黒物質の影響を観測しようとしたところ、そのガスの動きが通常物質だけで説明できてしまったのです。ということは、観測できる限りでは、暗黒物質の入る余地がなかったのです。この研究は Monthly Notices of the Royal Astronomical Society に掲載を認められています。オランダのフローニンゲン大学の天体物理学者でこの論文の共著者 Filippo Fraternali 氏は、米 Gizmodo の取材に応じてくれました。いわく、研究チームが観測した銀河は、目に見える質量だけに束ねられているのかもしれませんが。それが何でいけないの？と思うかもしれませんが、暗黒物質はすべての銀河において主要な材料だと考えられてきたのです。「問題はわれわれの銀河形成のシナリオでは、銀河が暗黒物質なしで形成するはずがなく、まして矮小銀河には大量の暗黒物質があるはずだということです」と Fraternali 氏は言います。「したがってわれわれの理解できない何か、そこにあるのです」

その銀河は AGC 114905 と名付けられ、地球から約 2.5 億光年離れた場所にあります。AGC 114905 は「超淡銀河」、つまり非常に広大な空間に薄く広がっているのが特徴で、天の川銀河と同じくらいの大きさに対し星の数は 1,000 分の 1 ほどしかありません。研究チームは 2020 年 7 月から 10 月にかけて合計 40 時間、米国立電波天文台の超大型干渉電波望遠鏡群で AGC 114905 内のガスの回転を観測しました。

### 過去にも似た事例が

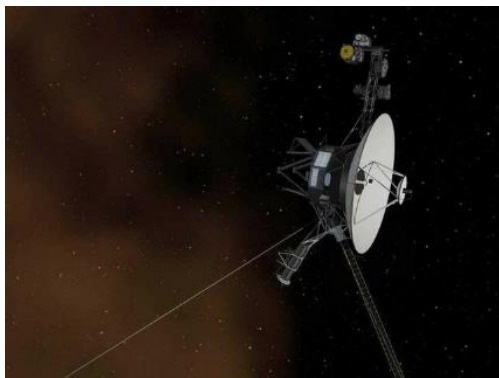
2018 年にも、別の矮小銀河・NGC1052-DF2 に暗黒物質がないようだと話題になりました。当時もこの主張

に対しすぐに反論が噴出し、NGC1052-DF2 はニュータイプの銀河の成長の証拠だとか、解釈が間違ってるからもっとデータが必要だといった指摘が相次ぎました。暗黒物質のない銀河という主張がいかにかにショッキングか、こうした反応が物語っています。でも、最近 NGC1052-DF2 の観測結果が検証され、その距離に関する認識が再確認されたことで、そこに暗黒物質がないらしいことが認められました。マックス・プランク研究所の天文学者 Nicolas Martin 氏は米 Gizmodo に対し、NGC1052-DF2 は「想定外の形成と進化を遂げてきたのかもしれない」と言っています。また今後の新たな技術を使った望遠鏡や調査により、この系が極めて特異なのか、それとも現在の銀河形成モデルで簡単に説明が付かない、より多くの集団のひとつなのかの理解が進むだろうとも語りました。今回 AGC 114905 が見つかったことで、従来のモデルでは説明できない銀河の存在はさらに市民権を得ていきそうです。反論はあるものの今回の研究では、AGC 114905 の暗黒物質ハロー（銀河の中と周辺の暗黒物質の足跡）が、全部でないにしろ実質的に暗黒物質なしでできていなければ、観測データと一致しないことが発見されました。暗黒物質がない理由を説明するひとつの仮説は、近くの大きな銀河により暗黒物質がはぎ取られたのではという考え方ですが、実際 AGC 114905 の近くにはそれらしい銀河がありません。「理論上、AGC 114905 には暗黒物質があるはずですが、我々の観測はそうではないことを示しています」とオランダのフローニンゲン大学の天体物理学者でこの論文主著者 Pavel Mancera Piña 氏は、王立天文学会のプレスリリースで言っています。「実際、理論と観測の違いは広がる一方です」もうひとつの仮説は、銀河を観測した角度が推定と違うのではないかというものです。でも同じプレスリリースの中で、オランダ電波天文学研究所の天体物理学者で今回の論文共著者の Tom Oosterloo 氏は、AGC 114905 に暗黒物質が存在するには研究チームの推定からかなりかけ離れた角度である必要があると言っています。他にもありそうな予感現在この研究チームは、別の超淡銀河にも暗黒物質が存在しないかどうかを調査中で、もしそうであれば「暗黒物質のない銀河」というジャンルの存在がさらに裏付けられます。すでに観測が進んでいて、Fraternali 氏いわく、彼ら研究チームは AGC 114905 と同様のデータが出ることを期待しています。暗黒物質のことは、知れば知るほどますます謎が深まっていくようです。

<https://news.yahoo.co.jp/articles/35f6a6665af2d27f70d3ae5c6554bf90d7efb804>

## 地球から最も遠くにある宇宙船「ボイジャー1号」、星間空間で「持続的な低い音」を検出

12/25(土) 11:10 配信 BUSINESS INSIDER JAPAN



宇宙空間を移動する NASA のボイジャー1号の想像図。

※本記事は、2021年5月17日に掲載した記事の再掲です [NASA](#) の宇宙探査機ボイジャー1号は、太陽系外の宇宙空間で、持続的な低い音を検出した。 [【全画像をみる】地球から最も遠くにある宇宙船「ボイジャー1号」、星間空間で「持続的な低い音」を検出](#) 電離したガスが星間空間で波打つと、検出可能な振動が発生する。40年以上前に地球を出発したボイジャー1号は、2012年に星間空間に入った。地球から225億キロメートル以上離れた NASA の宇宙探査機ボイジャー1号は、星間空間が奏でる音を聴いている。40年以上前に打ち上げられたボイジャー1号は、2012年に太陽系を抜けて星間飛行を開始し、それから5年後、単調な音を拾うようになった。「Nature Astronomy」に5月10日付けで掲載された論文によると、ボイジャー1号は、電離したガス、すなわちプラズマの絶え間ない振動音を検出しているという。この音は、プラズマが星間ガス（星間空間を満たす

放射線、ガス状粒子、塵などの物質)の中を波打って進む際に発生する。コーネル大学の天文学者で今回の論文の筆頭著者であるステラ・コッホ・オッカー (Stella Koch Ocker) は[プレスリリース](#)で「星間ガスのかすかで持続的な音を検出した」と述べている。オッカーによると、この音は人間には聞こえないが、ボイジャー1号に搭載された機器ではその振動を拾うことができるという。「我々がそれを聞くことができたとしたら、安定した継続的な音が、時間の経過とともにわずかに変化するように聞こえるだろう」と彼女はロイターに語った。ボイジャー1号がさらに移動する間もこの振動を観測していけば、星間空間がどのようなものなのか、星間ガスとプラズマの混ざり具合が宇宙の位置によってどのように異なるかについて、理解が進むだろう。

### 星間空間に流れる「穏やかな雨」の音

ボイジャー1号は、これまでのどの宇宙船よりも地球から遠く離れた場所を飛行している。同機はこれまでに星間空間に到達した2つの人工物のうちの1つであり、もう1つは2018年に太陽系を離れたボイジャー2号だ。NASAは1977年に2機のボイジャーを打ち上げた。双子の宇宙船は5年にわたるミッションで木星と土星の観測を行い、土星の環の組成や、木星の衛星イオに火山があることなどを明らかにし、その後、ボイジャー2号は天王星と海王星を、ボイジャー1号は太陽系の果てを目指した。星間空間に到達するには、太陽から吹き出すプラズマの流れ、すなわち太陽風の勢力範囲(ヘリオスフィア)と星間空間の境界面にあたるヘリオポーズを越えなければならない。太陽風は太陽系外にも広がっているが、ヘリオポーズでは星間風の圧力を受け、太陽の方向に押し戻される。太陽の影響がヘリオポーズを越えて及ぶことがあるという研究結果もある。太陽は時折、太陽フレアの形で数十億トンものプラズマを宇宙空間に噴出し、星間ガスに激しい衝撃を与える。ボイジャー1号もこれまでそのような衝撃波を検出したことがある。しかし、ボイジャー1号がヘリオポーズの先に進むほど、星間ガスとせめぎ合う太陽風のエネルギーは弱まっていく。NASAによると、ボイジャー1号がそのまま進むと、太陽からのプラズマが測定に影響を与えなくなる時期が来るといふ。探査機がそこに到達すれば、「宇宙のさらなる深淵からの刺激を感じ取ることができる」といふ。実際、今回の論文で取り上げられた音は、太陽の活動とは無関係と見られている。これは、太陽からの不規則な衝撃波とは異なり、星間ガスの中での絶え間ない振動からくる音であり、天文学者がまだ知らない別のエネルギー源があることを[示唆](#)している。「星間物質(の状況)は、静かな、あるいは穏やかな雨のようだ」と、コーネル大学の天文学者で、論文の共同執筆者でもあるジェームズ・コーデス (James Cordes) は、プレスリリースで述べている。「太陽の[アウトバースト](#)(突発的な増光)は、雷雨の中で稲妻を検出し、その後また穏やかな雨に戻るようなものだ」この穏やかな雨の音を聞くことで、ボイジャー1号が地球から遠く離れていくにつれて星間空間の密度が変化するのかどうかを理解できるだろう。また、星は密度の高い星間雲の中で形成されるため、最も多くの恒星が生まれる場所はどこなのか、そしてその方法についても手がかりが得られるかもしれない。[原文: The farthest spacecraft from Earth has detected a 'hum' in the space beyond our solar system] (翻訳: 仲田文子、編集: Toshihiko Inoue)

Aylin Woodward

<https://news.mynavi.jp/techplus/article/20211224-2238277/>

## ABC など、1つの星形成領域内で100個ほどの「浮遊惑星」を発見

2021/12/24 18:40 [著者: 波留久泉](#)

アストロバイオロジーセンター(ABC)、東京大学、国立天文台(NAOJ)の3者は12月23日、すばる望遠鏡の超広視野主焦点カメラなどを用いて星形成領域を撮影した画像から、「浮遊惑星」の均質なサンプルとしては過去最大級となる、およそ100個もの天体を発見したと発表した。

同成果は、仏・ボルドー大学のヌリア・ミレ・ロイグ氏、ABC/東大の田村元秀教授らを中心とした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。](#)

近年の研究から、惑星は誕生して以降、その軌道を大きく変化させる可能性があると考えられるようになってき

た。太陽系では木星が、そうした動きをしたと考えられているほか、系外惑星では、中心星に非常に近いところを公転する惑星の存在が知られており、遠方で誕生した後、現在の位置まで移動してきたものと考えられている。中には、中心星の重力を振り切って星系外に放り出されてしまった惑星もあると考えられている。実際に、恒星を周回せずに宇宙空間を漂う惑星サイズ天体の存在が、2000 年ごろから観測されるようになってきた。浮遊惑星(孤立惑星)と呼ばれるこれらは、最大でも木星質量の約 13 倍と考えられている。

惑星と恒星の中間の質量である褐色矮星(木星の約 80~13 倍=太陽の約 10 分の 1~100 分の 1 の質量)と同様に、自ら核融合を起こして輝けるほどの質量はないため、暗く発見しにくい天体だ。そのため望遠鏡の性能が向上した現在でも、浮遊天体を直接に画像として捉え、そのスペクトルを調べた例は限られている。直接観測による発見自体も散発的なものだった。そうした中、研究チームが今回着目したのが、さそり座からへびつかい座にかけての星形成領域(約 171 平方度)。この星形成領域は、太陽よりずっと重い大質量星から太陽より軽い小質量星までが、集団で生まれている領域である。そうした星形成領域の中では地球に近い 1 つで、さまざまな星やその集団の形成について詳しく調べることが可能だ。そこで研究チームは、世界中の観測所における過去 20 年間の可視光線および赤外線画像約 8 万枚を収集。それらに捉えられた合計して約 2600 万の天体の位置、明るさ、固有運動(天球面上での天体の動き)を含むカタログ「DANCe」が作成されたほか、ヨーロッパ宇宙機関(ESA)が 1989 年 8 月に打ち上げた衛星「ヒッパルコス」と、その後継機として ESA が 2013 年 12 月に打ち上げた衛星「ガイア」という 2 機の位置天文衛星のデータを用いて、星の精密な固有運動が求められた。

その結果、今回対象とされた星形成領域にあると推定される、およそ 100 個ほどの惑星質量と考えられる暗い天体を DANCe カタログから抽出することに成功したという。また惑星よりも重い天体まで含めると、この領域において 3455 個の天体が同定されたとした。浮遊惑星を含む多数の生まれたばかりの天体が同定されたことで、この星形成領域で「どの重さの星が、それぞれ何個生まれるのか」、つまり「初期質量関数」と呼ばれる問題に迫ることができるという。太陽よりも軽い恒星の赤色矮星は少なくとも天の川銀河においては、75~80%ほどを占めるといわれるが、それ以下の褐色矮星や巨大ガス惑星も含めると、軽い星の頻度は今なお明らかになっていない。今回の研究では、太陽質量の 10 倍程度の重い星から、100 分の 1 以下の浮遊惑星までの質量関数が正確に求められることとなった。この質量関数を、星形成の標準理論、つまり、分子雲が自己重力で収縮して恒星や褐色矮星が生まれるというモデルと比較すると、観測された浮遊惑星の数は、理論モデルを惑星質量まで外挿して予想される惑星数をはるかに超えることが示されたという。この結果は、恒星が集団で生まれて星団を形成した際に、個々の若い恒星の原始惑星系円盤の中で生まれた惑星が、惑星同士の重力散乱などにより放出され、浮遊惑星の大部分が形成されたというシナリオを支持しているという。これは、この領域の大多数の浮遊惑星は「星のように生まれた」のではなく、「惑星のように生まれた」ことを意味するという。なお、研究チームは今後の展望として、「ハッブル宇宙望遠鏡の赤外線版後継機ともいえる口径 6.5m のジェームズ・ウェッブ宇宙望遠鏡(JWST)にとって、浮遊惑星のような低温で微弱な明るさの天体は、高感度赤外線で観測すべき最適な観測対象となるでしょう。系外惑星と異なり、直接観測の邪魔になる明るい恒星が近くにないからです。今回発見された浮遊惑星は、その大気の研究や通常の系外惑星との比較研究を行う上で重要なサンプルとなるでしょう」とコメントしている。今回の研究で、さそり座からへびつかい座にかけての星形成領域(距離約 430 光年)で、およそ 100 個もの浮遊惑星が検出された。画像は、星形成領域を漂う、木星質量の浮遊惑星のイメージ (C)ボルドー大学 (出所:NAOJ Web サイト)





## 星を公転していない「自由浮遊惑星」少なくとも 70 個が新たに見つかる

2021-12-25 松村武宏



【▲「自由浮遊惑星」の想像図。背景には太陽系に比較的近い星形成領域「へびつかい座ロー分子雲」が描かれている (Credit: ESO/M. Kornmesser)】

【▲今回検出された自由浮遊惑星の候補天体の位置を示した図。本文で触れているように、検出された天体が自由浮遊惑星であるかどうかは年齢に左右されるが、ここでは幅がある推定年齢のうち中程度の年齢だった場合の候補 115 個の位置が示されている (Credit: ESO/N. Risinger (skysurvey.org))】

【▲パラナル天文台の「VLT サーベイ望遠鏡」と「VISTA 望遠鏡」の観測データをもとに作成された画像。画像中央に写る小さな赤い点が自由浮遊惑星の発した光（赤外線）とされる (Credit: ESO/Miret-Roig et al.)】

ボルドー天体物理学研究所／ウィーン大学の天文学者 Núria Miret-Roig さんを筆頭とする研究グループは、恒星を公転していない惑星質量の天体「自由浮遊惑星」（英：free-floating planet、rogue planet。浮遊惑星、はぐれ惑星とも）を新たに複数発見したとする研究成果を発表しました。今回見つかった自由浮遊惑星とみられる天体の数は少なく見積もっても 70 個、多ければ 170 個に上るといい、研究グループは自由浮遊惑星の起源や特徴を理解する上で重要なステップになったとしています。

### ■自由浮遊惑星を多数発見、起源の謎に迫る手がかりとなるか

私たちが住む地球をはじめとした惑星は、恒星などの周囲を公転する天体です。太陽系では現在 8 つの惑星が知られていますが、太陽以外の天体を公転する太陽系外惑星もすでに 4800 個以上が見つかっています。惑星の質量の上限は木星の 13~15 倍程度とされていて、これより重くて恒星ではない天体（質量が木星の 75~80 倍程度以下）は褐色矮星と呼ばれています。ところが、近年では恒星などを公転していない惑星質量の天体が発見されるようになりました。このような天体は「自由浮遊惑星」などと呼ばれています。研究グループによると、自由浮遊惑星は恒星の周囲で形成された後に何らかの原因（他の惑星との相互作用など）で惑星系から放り出されてしまった惑星ではないかと考えられているものの、恒星を生み出すには質量が少なかった星間雲（宇宙空間に存在するガスや塵の高密度な集まり）から形成された……つまり一度も恒星を公転することがなかった天体である可能性もあるといい、起源がはっきりしていないといいます。研究グループは今回、チリのパラナル天文台にあるヨーロッパ南天天文台（ESO）の「超大型望遠鏡（VLT）」、国立天文台ハワイ観測所の「すばる望遠鏡」、欧州宇宙機関（ESA）の宇宙望遠鏡「Gaia（ガイア）」などで取得された観測データ約 20 年分を参照し、さそり座とへびつかい座にまたがる太陽系に比較的近い星形成領域で自由浮遊惑星を探索しました。その結果、冒頭でも触れたように少なくとも 70 個、多ければ 170 個の自由浮遊惑星が見つかったといいます。Miret-Roig さんは「これほどの数が見つかったことにワクワクしました」と語ります。自由浮遊惑星はそもそも発見することが難しい天体です。恒星を公転する系外惑星の場合、恒星の光を反射した系外惑星を直接撮像できる場合がありますし、直接撮像が無理でも惑星が恒星の手前を横切って光の一部をさえぎったり（トランジット法）、公転する惑星が恒星を揺さぶったり（視線速度法、ドップラーシフト法）する様子を恒星の観測を通して捉えることで、間接的

にその存在を検出することも可能です（系外惑星の検出方法については以下の関連記事もご参照下さい）。

関連：[31 光年先に最軽量級の超短周期惑星が見つかる。公転周期は約 8 時間](#)

しかし、自由浮遊惑星は宇宙を孤独に漂っているため、主星である恒星の光を頼ることができません。過去の研究では、移動する自由浮遊惑星が恒星と地球の間に偶然入り込んだ時に生じる「重力マイクロレンズ」(※) 効果なども利用してその存在が検出されてきました。今回の研究では、可視光線と赤外線を利用して取得された膨大な観測データをもとに、およそ 2600 万個もの天体の位置・明るさ・動きについての情報をまとめ、そのなかから非常に暗い天体である自由浮遊惑星を見つけ出すことに成功しています。

※...遠くにある恒星（光源）と地球の間を別の天体（レンズ天体）が通過する際に、光源を発した光の進む向きがレンズ天体の重力の影響を受けて曲がることで、時間とともに光源の明るさが変化する現象

ただし、今回の方法で見つかった自由浮遊惑星の数は、その年齢に左右されます。発表によると、自由浮遊惑星は形成されてから時間が経つにつれて温度が下がり、明るさは暗くなります。また、質量が小さいものほど温度が下がりやすく、大きいものほど下がりにくくなります。ある明るさで検出された自由浮遊惑星について考えると、年齢が新しければ質量は小さく、年齢が古ければ質量は大きいという関係が成り立つこととなります。

今回、研究グループは自由浮遊惑星の明るさを分析することはできたものの、質量についての情報はありませんでした。観測データから見つかった自由浮遊惑星とみられる天体のうち比較的明るいものについては、年齢が古い場合には質量が「惑星」の範囲（ここでは木星の 13 倍まで）を超えている可能性があるといいます。

検出された自由浮遊惑星はどれも同じような時期に形成されたと考えられていますが、推定される形成時期には不確かさがあります。そのため、今回見つかった自由浮遊惑星の数は推定年齢が最も古ければ 70 個、最も新しければ 170 個といったように、幅を持たせた数になっているわけです。

また、前述のように自由浮遊惑星はその起源がまだ明らかではありませんが、今回検出された自由浮遊惑星の数は星間雲から形成されたと考えには多すぎるといい、恒星の周囲で形成された後に惑星系から放り出された惑星が多くを占める可能性を研究グループは指摘しています。

研究に参加したボルドー天体物理学研究所の天文学者 Hervé Bouy さんによれば、自由浮遊惑星の数は天の川銀河だけでも数十億個に達する可能性があるといいます。研究グループは、今回検出された自由浮遊惑星がその起源を理解する上で手がかりになることを期待するとともに、ESO が建設を進めている次世代の大型望遠鏡「欧州超大型望遠鏡 (ELT)」や、新型宇宙望遠鏡「ジェイムズ・ウェッブ」による自由浮遊惑星の観測にも期待を寄せています。 関連：[自由浮遊惑星に生命が存在する可能性を探る 最新研究を紹介](#)

Image Credit: ESO/M. Kornmesser Source: [ESO](#) / [国立天文台](#) 文／松村武宏