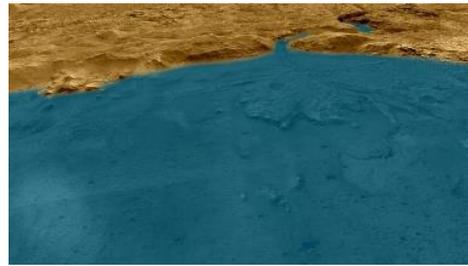


## NASA の探査車「Perseverance」火星への着陸に成功、地表の様子を撮影

2021-02-19 [松村武宏](#)



火星探査車「Perseverance」が初めて撮影した画像。着陸地点であるジェゼロ・クレーターの地表が写っている (Credit: NASA/JPL-Caltech)

水で満たされていた頃のジェゼロ・クレーター西部を描いた想像図 (Credit: NASA/JPL-Caltech/University of Arizona) Perseverance と地表に残されたサンプルの保管容器を描いた想像図 (Credit: NASA/JPL-Caltech)

2021年2月19日(日本時間、以下同様)、アメリカ航空宇宙局(NASA)の火星探査ミッション「マーズ2020」の探査車「Perseverance(パーセベランス、パーサヴィアランス)」が火星のイシディス平原西端にある直径約45kmのジェゼロ・クレーターに着陸しました。Perseveranceの着陸成功により、かつての火星で誕生したかもしれない生命の探索を重要な目的とするマーズ2020の現地での探査活動がいよいよ始まることとなります。

2020年7月30日にフロリダのケープカナベラル空軍基地から打ち上げられたPerseveranceは、約4億7200万km、203日間の飛行を終えて火星に到達。地球から火星までは通信にタイムラグが生じるためPerseveranceは自らの判断で火星大気圏への突入を乗り切り、無事着陸したことが5時55分に確認されました。

Perseveranceからは早くも着陸直後に撮影された冒頭の画像が送られてきており、あちこちから石が顔を出している地表の様子が捉えられています。Perseveranceが探査を行うジェゼロ・クレーターの地形は2012年に火星探査車「キュリオシティ」が着陸したゲール・クレーターよりも着陸しづらく、崖、砂丘、岩海といった障害物も多いとされていますが、画像に写る地表は比較的穏やかに見え、障害物をうまく避けて着陸できたことがうかがえます。 関連：[火星探査車「Perseverance」危険な障害物を避け着陸成功に導く2つの技術](#)

ジェゼロ・クレーターは今から35億年以上前に外部から水が流入したことで湖が存在していたとみられており、クレーターの西側にある地形は水が運んだ堆積物によって形成された三角州と考えられています。NASAの火星探査機「マーズ・リコネッサンス・オービター(MRO)」による軌道上からの観測では、かつて水があったことを示唆する粘土鉱物の存在が判明しています。

水があった当時のジェゼロ・クレーターは生命が生存できる環境を一定の期間保っていた可能性があり、もしも生命が誕生していたとすれば、その痕跡が今も残っているかもしれません。Perseveranceははるか昔に干上がった湖の底でサンプルを採取し、チューブ状の保管容器に封入した上で地上に残します。保管容器は現在NASAと欧州宇宙機関(ESA)で計画されている火星地表からのサンプルリターンミッションで回収されることが前提になっており、予定通りなら10年ほど後に地球へと持ち帰られ、地球の研究施設で分析されることとなります。

関連：[Perseveranceが集めたサンプルを回収する探査車、ESAが開発中](#)

また、Perseveranceには「Ingenuity(インジェニユイティ)」と呼ばれる小型ヘリコプターが搭載されています。Ingenuityの重さは約1.8kg、本体はボックスティッシュほどと小さなサイズ。観測機器などは搭載されていないものの、濃度が地球の1パーセント程度しかない火星の大気中における飛行の実証がIngenuityの目的となっており、得られた知見は将来のミッションにおける上空からの観測や宇宙飛行士との連携に役立てられることとなります。 関連：[火星の大空を飛行する火星ヘリコプター「インジェニユイティ」](#)

なお、2020年7月には世界で3つの火星探査機・探査車が打ち上げられ、このうちアラブ首長国連邦(UAE)

の探査機「HOPE」（アル・アマル）と中国の「天問1号」は2月10日に火星の周回軌道へ入っています。今回のPerseverance着陸をもって3機すべてが無事火星に到着し、それぞれのミッションが始まることになります。  
Image Credit: NASA/JPL-Caltech Source: [NASA/JPL](https://www.nasa.gov/jpl) 文／松村武宏

<https://this.kiji.is/735243101780967424?c=110564226228225532>

## NASA 探査車、火星に着陸 土壌を調べ生命の痕跡探す

2021/2/19 10:28 (JST)2/19 10:45 (JST)updated ©一般社団法人共同通信社



火星で土壌を採取する探査車「パーシビアランス」の想像図（NASA 提供・共同）

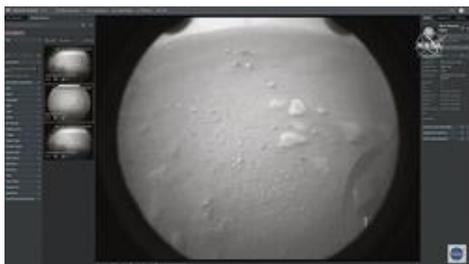
【ワシントン共同】米航空宇宙局（NASA）は18日午後（日本時間19日午前）、探査車「パーシビアランス」が火星に着陸したと発表した。火星は数十億年前には温暖で液体の水があり、微生物が生きられる環境だったと考えられており、土壌を調べて生命の痕跡を探す狙い。かつて地球外に生命が存在したと確認されれば大発見で、生命誕生の環境や条件の謎に迫る手掛かりが得られる。

大気圏突入後、最高約1300度の高温など多くの危険にさらされながら着陸までの「恐怖の7分間」を無事くぐり抜けることに成功、着陸後に火星の地表の画像を届けた。

[https://news.biglobe.ne.jp/international/0219/ji\\_210219\\_8428319517.html](https://news.biglobe.ne.jp/international/0219/ji_210219_8428319517.html)

## 米火星探査車からの画像

2月19日（金）9時0分 [時事通信](#)



[写真を拡大](#)

18日、火星に着陸した米航空宇宙局（NASA）の無人火星探査車「パーシビアランス」からの最初の画像 【AFP時事】

<https://jp.techcrunch.com/2021/02/20/2021-02-19-dizzying-view-of-perseverance-mid-descent-makes-its-7-minutes-of-terror-feel-very-real/>

## 火星探査車降下途中の「恐怖の7分間」がリアルに感じられる写真

2021年2月20日 by [Devin Coldewey](#), [Hirokazu Kusakabe](#)

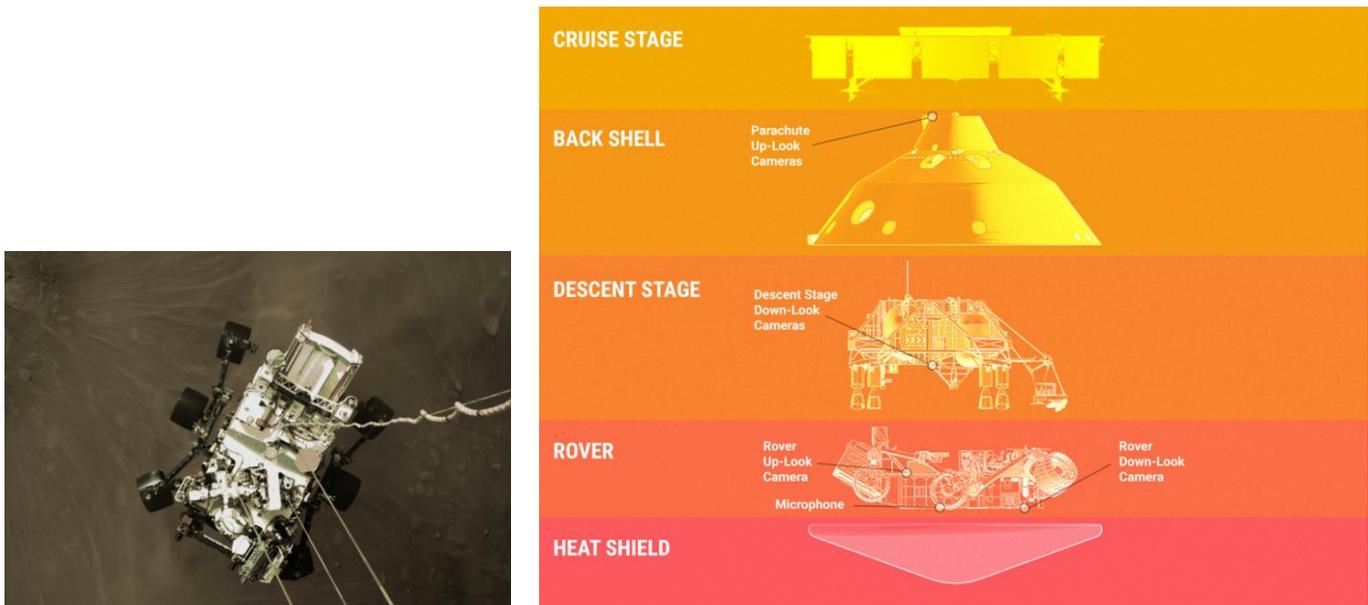
火星探査車「Perseverance（パーセベランス）」は[日本時間2月19日朝、無事に火星に着陸した](#)が、その直前には火星の大気圏に高速で突入し、NASAのチームが「恐怖の7分間」と呼ぶ着陸に向けた一連の複雑な操作が行われた。NASAはその時に撮影された[ゾクゾクする写真を公開](#)している。火星の大地の上に、ジェットパックから細いワイヤーでぶら下がっている探査車を見れば、チームの「恐怖」を容易く理解することができるだろう。  
関連記事：[パーセベランスが火星着陸に成功、最初の火星表面画像を送信](#)

パーセベランスのTwitter（ツイッター）アカウントが、他の画像とともに投稿した（いつものように、一人称で）この写真は、探査車から最初に送られてきたものだ。ナビゲーション用カメラによって撮影されたモノクロの写

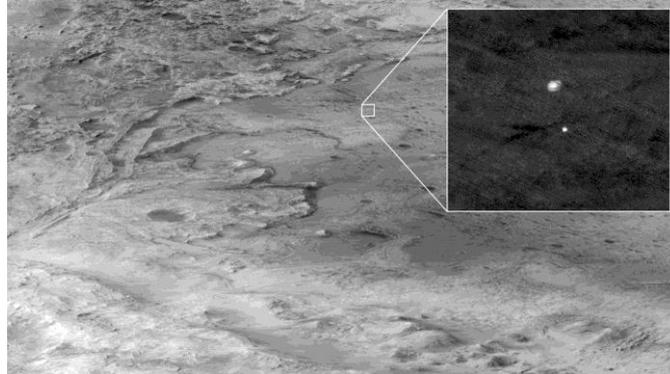
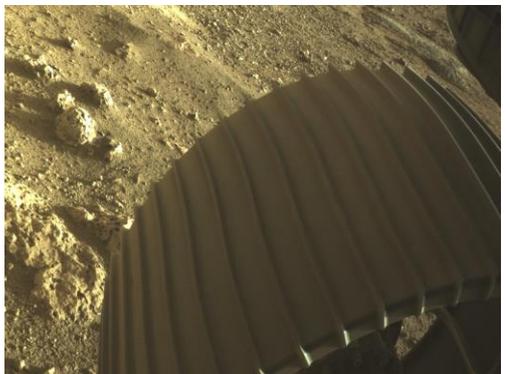
真は、ほぼ着陸した瞬間を捉えたものと思われる。我々がこの視点から探査車（に限らないが）を見るのは初めてのことだ。この写真を撮影したカメラは、「ジェットパック」と呼ばれるロケット動力の降下モジュールに搭載されている。火星の大気圏摩擦とパラシュートの両方を使って十分に減速した後、熱シールドが取り外され、パーセバランスは安全な着陸場所を探して大地をスキャンする。着陸場所が見つかったら、そこに探査車を運んで着陸させることがジェットパックの役目だ。

着陸地点から約 20 メートルの上空に達すると、ジェットパックは「スカイクレーン」と呼ばれる一連のケーブルを展開し、安全な距離から探査車を地上に降ろす。それによってジェットパック自身はロケットで離れた場所に不時着できるようになっている。

記事のトップに掲載した写真は、着陸の直前に撮影されたもので、火星の土壌の渦巻きが数百メートル下にあるのか、数十メートル下にあるのか、それとも数メートル下にあるのかは少しわかりにくいですが、その後に撮影された画像を見ると、地面に見えるのが岩ではなく石であることが明らかになる。



冒頭の画像は、Descent Stage（降下ステージ）の「Down-Look Cameras（見下ろしカメラ）」で撮影されたもの（画像クレジット：NASA/JPL-Caltech）



画像クレジット：NASA/JPL-Caltech      h 画像クレジット：NASA/JPL-Caltech/University of Arizona

これらの画像は、火星から何万キロメートルもの距離を、HQ トラッキングテレメトリデータとして送られてきたもので、我々は間接的にしか見ることができないが、そこに至るまでの過程が、実際には非常に物理的で、高速で、時には残酷なものであることを思い出させてくれる。数百の物事が正しく行われなければ、単に火星のクレーターを一つ増やすだけで終わってしまうのだ。そんな時間と情熱を費やしたものが、秒速 5 キロメートルという速度から始まった降下した後、遠く離れた惑星の上空でぶら下がっているのを目の当たりにするのは……感動で胸が締めつけられる思いがする。

とはいえ、この一人称的視点は、今回の火星着陸で最も印象的な写真ではないかもしれない。これが公開された

直後、NASA は火星探査機「Mars Reconnaissance Orbiter (マーズ・リコネッサンス・オービター)」から送られた驚くべき画像を公開した。それはパーセベランスがパラシュートで降下している瞬間を捉えたものだ。

この写真が撮影された時点で、MRO は 700 キロメートルも離れた位置にあり、秒速 3 キロメートル以上で移動中であったことに留意してほしい。「2 つの宇宙船の非常に離れた距離と高い速度から、正確なタイミングを必要とする難しい状況でした。マーズ・リコネッサンス・オービターは上向きに傾斜するとともに大きく左側に傾かせ、ちょうど良い瞬間にパーセベランスが HiRISE カメラの視野に入るようにしました」と、[NASA は写真に付記した](#)。今後、NASA がパーセベランスから十分な画像を収集すれば、さらに完全な「恐怖の 7 分」を捉えた写真を我々が目にするチャンスもあるだろう。だが、今のところ公開された数枚の画像は、そこにいるチームの創意と技術を思い出させ、人類の科学と工学の凄さに驚きと畏敬の念を感じさせるに違いない。

画像クレジット：NASA/JPL-CALTECH [\[原文へ\]](#) (文：Devin Coldewey、翻訳：Hirokazu Kusakabe)

<https://natgeo.nikkeibp.co.jp/atcl/news/21/021600075/?P=1>

## 19 世紀の火星地図論争、火星ブームの引き金に 魅惑の火星を描いた 100 年前の地図作成者たち

2021.02.20 【動画】火星の地図は、私たちの火星に対する見方を完全に変えた (解説は英語です)

19 世紀、火星の地図を作りたいという熱意は、科学的な発見と、いくつかの非現実的な仮説につながった。それは現在の私たちの火星に対する見方にも大きな影響を与えている。現在の私たちは、火星の姿をはっきり見ることができる。1960 年代以降、20 以上の探査機が火星を訪れ、地表の画像を送り返してきたからだ。

2021 年 2 月、その歴史に、中国とアラブ首長国連邦 (UAE) の探査機、そして米航空宇宙局 (NASA) の新しい火星探査車「パーシビアランス (Perseverance)」が加わった。(参考記事：[「NASA の最新探査車が火星へ、どうやって生命の痕跡探す？」](#)) 火星の詳細な地図づくりは、これら探査機が大きく貢献した成果の一つだ。しかし人類は、探査機が登場するずっと前から、火星の地図づくりに情熱を燃やしてきた。

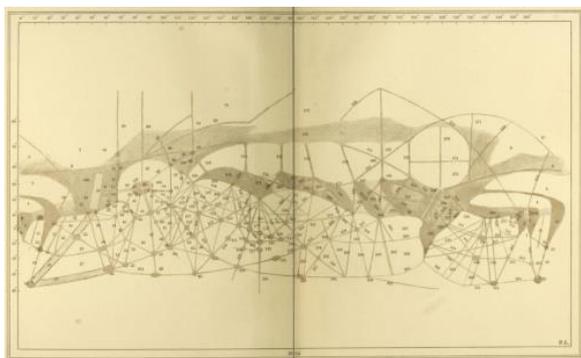
火星の地図を作りたいという願望が熱狂的に高まっていたのは、19 世紀半ば頃。天文学者たちは、当時の望遠鏡に浮かび上がるぼんやりとした火星を毎晩のように眺め、手描きでその姿を写し取っていった。写真がなかった時代、そうして描かれた地図こそが真実とみなされ、人々を魅了した。だがこれらの地図には、客観的事実よりも、作成者自身の夢や先入観が反映されることが多かった。そして 19 世紀後半、火星地図の歴史上、最も劇的といえる出来事が起こった。天文学者らが全く異なる 2 つの火星地図を提示したのだ。両方が正しいということはある得ない。これは科学にとって大きな挑戦だった。それだけではない。この論争の勝者は、その後何十年にもおよぶ火星観察の熱狂的なブームの引き金となり、文学にも着想を与え、今日の文化にまで影響を及ぼしているのだ。(参考記事：[「火星地図 200 年の歴史、こんなに進化した 15 点」](#))

### 相反する 2 つの地図

1877 年、火星が地球に大接近した。予測通りに起きたこのイベントで、天文学者たちはそれまでになく火星を詳細に観察することができた。火星表面を地図に描く絶好のチャンスだったが、「言うは易く、行うは難し」だった。「火星の地図を作成していたのは天文学者です。地理学者や地図づくりの専門家ではありません。しかし彼らは、地理学の分野からあらゆる概念を引っ張り出して、火星に適用しました」と米ニューメキシコ大学の歴史地理学者マリア・レーン氏は言う。そんななかで地図を作った一人は、英国のアマチュア天文学者ナサニエル・グリーンだった。彼はプロの芸術家であり、火星を長年観測していた。1877 年の火星接近の際、彼はいつもの観測場所であるロンドン近郊の庭ではなく、ポルトガルのマデイラ島にいた。そこは上空の大気が安定しており、火星をより鮮明に見ることができる。グリーンは 2 カ月間で 41 枚の火星のスケッチを描いた。

彼は同僚の観察結果と比較してから自身のスケッチをまとめ、かつてないほど詳細な火星表面の地図を作成した。グリーンが作った火星地図には、広大な平原と、そこから徐々に隆起する地形、様々な造形が溶け込んだ繊細な陰影が描かれていた。彼は従来の火星観測者らのやり方にならないながら、それらの地形に名前を付けた。





パーシバル・ローウェルが1895年に出版した著書『火星』に載せた火星マップ。彼が名前をつけた184本の運河には番号がふってある。(MAP BY PERCIVAL LOWELL) [\[画像のクリックで別ページへ\]](#)

マリナー9号からのデータに基づいて作成された火星の最初の地質図。1978年に発表されたこの地図は、地球と月以外の天体の表面の地質図としては最初のものだ。(MAP BY USGS) [\[画像のクリックで別ページへ\]](#)

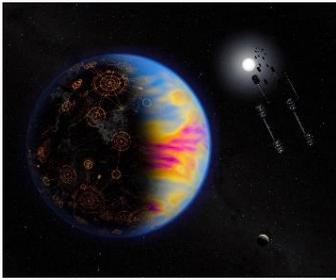
ローウェルは新たに116本の水路を「発見」し、それらは火星の両極から乾燥した赤道地帯に水を送る大規模な灌漑ネットワークの一部だと考えた。そうしてローウェルらは、大衆に「地球外生命体は存在する」と信じさせるような魅惑的な物語を構築した。「その物語はあまりに強烈で、今となっては想像できませんが、ほんの100年ほど前は教育を受けた普通の市民でさえ、天文学者が言うには火星には文明があるそうだと、全くもって純粋に信じていたのです」と、火星を舞台にした小説を書いた作家のキム・スタンレー・ロビンソン氏は言う。

#### [次ページ：探査機を導く現代の火星地図](#) 探査機を導く現代の火星地図

20世紀に入ってしばらくすると、火星に対する私たちの見方は変わっていった。写真に撮られた火星は、ローウェルが想像した火星像を払拭し、慎重に描かれたグリーンの地図にずっと近い、陰影のあるぼやけた地表の様子を明らかにした。そして、20世紀半ばにやってきた宇宙時代には、多くの探査機が火星表面の画像を間近で撮影し、さらに緻密な観察を可能にした。そうして、かつて私たちが宇宙人の存在を夢見た神秘の舞台は、殺伐として乾燥した不毛の風景に置き換わったのである。「惑星の地図を作成する精度は、時代とともに飛躍的に進化してきました。望遠鏡を通して形成されたあらゆる火星の概念が、マリナー9号やバイキング計画の時代を経てひっくり返り、火星の姿についての全く新しい視点が得られました」と、現在の火星地図を作成している米地質調査所(USGS)のロビン・ファーガソン氏は言う。参考ギャラリー：火星地図はこんなに進化した！200年の歴史 [画像15点\(画像クリックでギャラリーへ\)](#) 2月18日(米国時間)、NASAの探査車「パーシビアランス」が火星に着陸する際にも、USGSのファーガソン氏らのチームが作成した2つの詳細な火星地図が重要な役割を果たした。これらの地図は、探査車が着陸するクレーター内の長径7.7キロ、短径6.6キロの楕円形を描いたもの。楕円の中には、安全に着陸できる場所とそうでない場所があり、大きな岩、崖の端、問題となる可能性がある砂地など、危険と考えられる場所には印が付けられている。火星の薄い大気圏をパラシュートで降下する際、パーシビアランスは5つの異なる高度から画像を撮影し、搭載している地図と比較する。そして学習した情報に基づいて自動的にコースを調整し、印のついた危険なエリアを避けて安全な場所に着陸した。「この技術は着陸地点への接近方法に革命をもたらしました」とファーガソン氏は話す。「これまでよりもはるかに多くの危険が楕円内に存在していても、着陸することが可能になったのです」しかし現代の火星地図がもたらすのは、こうした科学的な恩恵だけではない。私たちが火星における人類の未来を想像するのにも役立っている。例えば、小説家アンディ・ウィアー氏が映画『オデッセイ』の原作『火星の人』を書いた際、氏を興奮させたのは、これまでのNASAの探査車が火星の地上から撮った70万枚の画像ではなかった。「地表の画像は素晴らしく、広大な荒れ地を見渡すマーク(主人公のマーク・ワトニー)になったような気分を覚えました」とウィアー氏は言う。「しかし、私が本当に気に入ったのは周回機が撮った画像から作った地図です。火星地図上で彼の旅の計画を立てるのが楽しかったんです」文=NADIA DRAKE/訳=桜木敬子

## NASA「ひらめいた！」地球外文明を探すには宇宙で汚染物質を検出すればいい

2月17日（水）20時30分 [カラパイア](#)



Pixabay



iStock

果てしなく広がる宇宙の大きさを考えれば、文明を持った惑星が地球だけであるはずがない。きっとどこかに高度な文明を持ち合わせた惑星が存在するはずだ。そんなロマンを捨てきれずにいるのは科学者だって同様だ。

もし知的生命体が存在しても、彼らも地球人とほぼ同じレベルの文明を持っていたとしたら、母なる惑星を汚している可能性もなきにしもあらずだ。『[arXiv](#)』（2月9日）に投稿されたNASAの新しい研究によれば、宇宙で知的生命体が産業活動を通じて排出される汚染物質を検出することが地球外文明発見の鍵になるかもしれないそうだ。

### ・地球外文明の痕跡「テクノシグネチャー」を探せ！

これまでに太陽系の外では4000個をこえる[系外惑星](#)が発見されてきた。そうした中には、生命が生存できそうな環境が期待でき、それどころか高度な文明を築き上げられるくらい生命が進化していたとしてもおかしくはないものもある。残念なことに、現在の地球の技術レベルでは、そうした系外惑星に直接探査機を送り込んで調査することはできない。できるのは、せいぜい超高性能な望遠鏡でそれらの大気を眺めてみるくらいだ。

だが、それだって生命の存在を示す有力な手がかりを探すことはできる。たとえば、生物学的なプロセスで発生する酸素やメタンガスを検出できれば、生命の痕跡と考えるもいいかもしれない。それと同様に、文明の存在を示す痕跡（[テクノシグネチャー](#)）と考えられるのが大気汚染だ。今この地球上では、産業活動を通じて「二酸化窒素（NO<sub>2</sub>）」などが排出されているが、同じような活動が行われている系外惑星では、同じような汚染物質が排出されているに違いない。

### ・二酸化窒素の検出が地球外文明を探し出す鍵となる

これまで、「[フロン](#)（炭素・フッ素・塩素のみからなるクロロフルオロカーボン/ CFC）」をテクノシグネチャーとして分析した研究はあった。今のところ、生物学的プロセスによって生成されたCFCは確認されていない。そのためこれが検出されれば、NO<sub>2</sub>よりも強力な文明の痕跡となるはずだ。ところが、CFCはそれなりに特殊な化学物質であるために、文明があるからといって必ずしも作られているとは限らない。それとは対照的に、二酸化窒素ならば普通の燃焼によって生じるので、ずっと一般的なテクノシグネチャーと考えることができる。

### ・遠く離れた惑星の二酸化窒素をどうやって検出する？

大気中のNO<sub>2</sub>は、可視光に含まれる一部の波長（つまり色）をたつぷりと吸収する。だから系外惑星が反射する光のその色が薄れていれば、それがNO<sub>2</sub>が存在するというサインになる。今回の研究では、既存あるいは開発中の望遠鏡で、NO<sub>2</sub>汚染によって生じるサインを検出できるのかどうか、コンピューターモデリングを通じて検証された。その結果、地球と同じような条件の惑星なら、NASAが将来的に開発する大型望遠鏡を使って400時間も観測すれば、最大30光年先までNO<sub>2</sub>を検出できることが明らかになったという。

400時間という観測時間はかなり長く感じるが、それと似たようなことをハッブル宇宙望遠鏡はすでにやっている。もう1つ明らかになったのは、温度が低いK型星やM型星の方が、NO<sub>2</sub>のサインをもっと楽に検出で

きるということだ。その理由は、このタイプの星は NO<sub>2</sub> を分解する紫外線の量が少ないからだ。

幸いなことに、K 型星と M 型星は太陽よりもずっと一般的な恒星だ。テクノシグネチャーを検出可能な候補がたくさんあれば、それだけ地球外文明を発見するチャンスが高まることになる。



iStock

・ただし産業由来じゃない場合もあるから精査が必要

ただし NO<sub>2</sub> のテクノシグネチャーを検出したとしても、それが間違いである可能性もあるという。

たとえば NO<sub>2</sub> は自然なプロセスによっても発生する。たとえば地球の場合、産業に由来する NO<sub>2</sub> はおよそ 76% だ。そのため系外惑星の調査にあたっては、自然由来 NO<sub>2</sub> の最大排出量を推定し、それが本当に文明に起因するものかどうか検証する必要があるという。また雲やエアロゾルにも注意が必要となる。これらは NO<sub>2</sub> と似たような波長の光を吸収するために、テクノシグネチャーのように見える可能性もある。そうした微妙な違いを区別するためのモデルも必要になるとのことだ。地球外文明、知的生命体の痕跡が発見されたら、これ以上にワクワクすることはないが、そう遠くない未来に、それは起きるのかもしれない。

References: [Nitrogen Dioxide Pollution as a Signature of Extraterrestrial Technology/](#) [NASA: Pollution Could Be the Solution, To Find an Extraterrestrial Civilization/](#) written by hiroching / edited by parumo

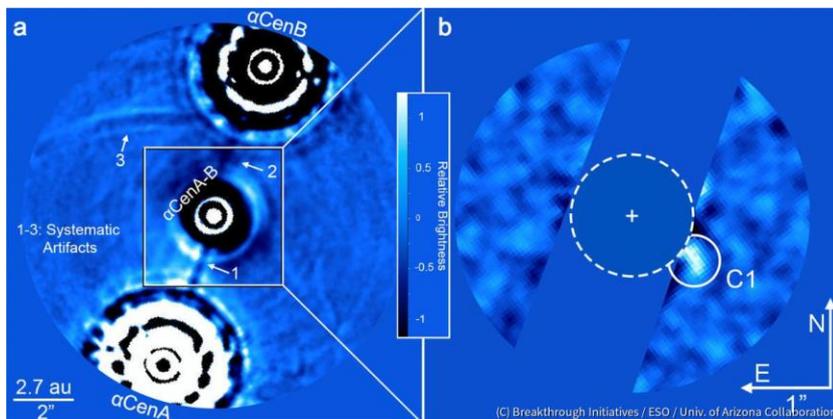
<https://news.mynavi.jp/article/20210219-1739910/>

## 太陽系に近い恒星「ケンタウルス座 α 星 A」に生命居住可能な惑星が存在か？

2021/02/19 07:40 著者：鳥嶋真也 目次 [ケンタウルス座 α 星 A に系外惑星が存在か？](#)

地球のような太陽系外惑星を探索している「ブレイクスルー・ウォッチ」の研究チームは 2021 年 2 月 10 日、太陽系に最も近い恒星のひとつ「ケンタウルス座 α 星 A」に系外惑星が存在する可能性があると発表した。

この系外惑星は地球の 6~7 倍ほどの大きさを持ち、また水が液体の状態が存在できる「ハビタブル・ゾーン」内にある可能性もあるという。今後の検証で系外惑星であることが確認されれば、将来の探査目標になるかもしれない。研究成果をまとめた論文は、同日付け発行の論文誌『Nature Communications』に掲載された。



ハッブル宇宙望遠鏡が撮影したケンタウルス座 α 星 A(左)、B(右)。明るく輝くこの星に、地球のような惑星が存在するかもしれない (C) NASA/ESA

NEAR が撮影したケンタウルス座 α 星 A、B の画像。両者を比較し、光学的なゴーストなどを排除した結果、系外惑星と見られる信号が現れた (C) Breakthrough Initiatives / ESO / Univ. of Arizona Collaboration

## ケンタウルス座 $\alpha$ 星 Aに系外惑星が存在か？

ケンタウルス座 $\alpha$ 星 Aは、ケンタウルス座で最も明るい「ケンタウルス座 $\alpha$ 星」にある恒星のひとつである。ケンタウルス座 $\alpha$ 星は太陽系に最も近い、わずか約 4.37 光年のところにある恒星系で、肉眼ではひとつの恒星のように見えるものの、実際にはケンタウルス座 $\alpha$ 星 A、B、C の 3つの恒星からなる三重連星である。

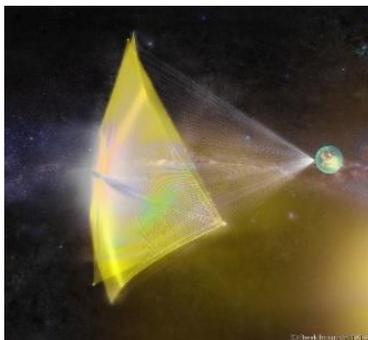
ケンタウルス座 $\alpha$ 星 Aは「リギル・ケンタウルス」、 $\alpha$ 星 Bは「トリマン」とも呼ばれ、太陽によく似た恒星であるとみられている。 $\alpha$ 星 Cは「プロキシマ・ケンタウリ」とも呼ばれ、A、Bとは異なり赤色矮星である。

このうち、プロキシマ・ケンタウリには少なくとも 2つの惑星が存在することがわかっており、なおかつそのうちのひとつの「プロキシマ・ケンタウリ b」は、「ハビタブル・ゾーン」と呼ばれる、恒星との距離や、恒星が出すエネルギーなどとの関係から、水が液体として存在できる環境になっている領域の中にあると考えられている。

一方、 $\alpha$ 星 Aと Bには、これまで系外惑星は確認されていない。2012年に、 $\alpha$ 星 Bで系外惑星を発見したと発表されたことはあったが、その後の検証で否定されている。こうした中、地球のような太陽系外惑星を探索している天文学プログラム「ブレイクスルー・ウォッチ(Breakthrough Watch)」に参加する、国際的な天文学者チームは、系外惑星を直接画像で捉えられる、優れた感度をもつ革新的な観測技術を開発。そして、ケンタウルス座 $\alpha$ 星 Aを観測したところ、そのハビタブル・ゾーン内に惑星が存在することを示唆する信号を検出することに成功したという。これまで、ケンタウルス座 $\alpha$ 星のような、太陽系に比較的近い距離にある恒星のハビタブル・ゾーンにある系外惑星を画像で捉えることには、技術的な課題があった。研究チームはその難しさを「数光年の距離にある恒星の近くを回る、小さな惑星を写すことは、何十マイルも離れた場所にある街灯を回る蛾を見つけるようなもの」と例える。遠くの系外惑星を見つけるのも大変だが、太陽系に近いということは、それだけ恒星が明るく輝いて見え、系外惑星の検出の邪魔をすることから、近くにあるからこそその、また違った難しさもある。この問題を解決するため、ブレイクスルー・ウォッチとヨーロッパ南天天文台(ESO)は「NEAR(New-Earths in the AlphaCen Region)」と呼ばれる技術を開発した。これは、南米チリのパラナル天文台にある ESO の超大型望遠鏡「VLT」に設置されている中赤外線装置「VISIR」を改良して取り付けられた「熱赤外コロナグラフ」を中心としたシステムで、恒星の明るい光を遮り、系外惑星を検出しやすくし、系外惑星が恒星からのエネルギーを受けて出す熱を赤外線で検出できるようにし、さらにその光の波長を正確に分析することで、天体の組成を詳細に分析することもできるようになったという。その感度は、これまでの系外惑星を撮像できるシステムに比べて桁違いに高いとしている。NEAR は 2019 年にファースト・ライトを迎え、観測を開始。そして今回、NEAR がこれまでに撮影した 100 時間にわたるデータから、研究チームはケンタウルス座 $\alpha$ 星 A のハビタブル・ゾーン内を回る、地球の大きさの約 5~7 倍の惑星とみられる信号を発見した。現在、この候補には「C1(Candidate 1)」という符号が与えられている。この研究を率いた、米国アリゾナ大学のケヴィン・ワグナー(Kevin Wagner)氏は「データの中に信号を見つけたときは驚きました。今回検出された信号は、『NEAR で系外惑星が写ったときにはこう見えるだろう』と想定していた、あらゆる基準を満たしています」と語る。

ただし、まだ系外惑星だと断定されたわけではなく、あくまで「候補」の段階である。また、仮に惑星があったとしても、生命が存在しているかどうかはまた別の問題である。ワグナー氏は「もしかしたら惑星ではなく、周回している塵のようなものかもしれませんし、あるいは地上や宇宙の人工物が発する雑音が紛れ込んだのかもしれない」とし、「したがって、検証が必要です。それには時間がかかるかもしれませんし、より大きな科学コミュニティの関与と創意工夫も必要になるでしょう」と語っている。今回の研究について、研究チームは、NEAR というこれまで以上に強力で高感度な、系外惑星の撮像技術を実証できたことが大きな成果であるとしている。チームによると、NEAR を使えば地球の約 3 倍の大きさのハビタブル・ゾーンの惑星が検出可能であるとし、また地球のような岩石質の地球型惑星(岩石惑星)の半径は、通常地球の約 1.7 倍未満であることから、これから NEAR によって、そうした地球のような系外惑星が次々と撮影できるようになる可能性が高いという。

ワグナー氏は「近くの恒星のハビタブル・ゾーンにある惑星を直接撮像できる NEAR の新しい能力は、太陽系外惑星科学と宇宙生物学のさらなる発展を促すものです」と語る。



南米チリのパラナル天文台にある ESO の超大型望遠鏡「VLT」 (C) ESO  
ブレイクスルー・スターショットの想像図 (C) Breakthrough Initiatives

なお、ブレイクスルー・ウォッチを運営するブレイクスルー・イニシアティブズは 2016 年に、別のプロジェクトとして「ブレイクスルー・スターショット(Breakthrough Starshot)」という計画を立ち上げている。これは、薄くて軽い帆を取り付けた切手サイズの超小型探査機を 1000 機用意し、地球から強力なレーザーを当てて加速させ、光速の約 20%もの速さでケンタウルス座  $\alpha$  星に送り込もうというものである。

研究チームは「検証の結果、今回見つかった信号が、ケンタウルス座  $\alpha$  星 A のハビタブル・ゾーンを周回している正真正銘の惑星を示していることがわかれば、(ブレイクスルー・スターショットのような)今後の宇宙探査に大きな意味をもつこととなります」と述べる。また、ブレイクスルー・イニシアティブズの創設者である、ユーリイ・ミルナー氏は「世界が協力すれば、私たちは新しい世界を発見し、進歩を続けることができます。私たちのすぐ近くにあるハビタブル・ゾーンの系外惑星候補の発見は、私たちの好奇心に力を与え続けることでしょう」とコメントしている。

参考文献 ・ [Breakthrough Watch Enables Nearby Habitable-zone Exoplanets to be Directly Imaged - Breakthrough Initiatives](#)

- ・ [Imaging low-mass planets within the habitable zone of  \$\alpha\$  Centauri | Nature Communications](#)
- ・ [Instruments - Breakthrough Initiatives](#)      ・ [Starshot - Breakthrough Initiatives](#)
- ・ [NEAR: Low-mass Planets in  \$\alpha\$  Cen with VISIR](#)      鳥嶋真也とりしましんや [この著者の記事一覧はこちら](#)

[https://news.biglobe.ne.jp/it/0215/mnn\\_210215\\_6604279102.html](https://news.biglobe.ne.jp/it/0215/mnn_210215_6604279102.html)

## 宇宙生物学・医学の研究プロジェクト「宇宙に生きる」の成果を岡山大が発表



2月15日(月) 13時46分 [マイナビニュース](#)

[写真を拡大](#)

岡山大学は2月12日、長期の宇宙生活で起こる筋肉の萎縮や骨量の減少など、動物や植物が重力を感知する仕組みに関する、これまでの膨大な研究成果を概括した総説論文を発表したとした。なお、今回の論文は JAXA の古川聡宇宙飛行士を代表とし、日本の宇宙生物学・医学研究のエキスパートが結集した研究プロジェクト「宇宙に生きる」の成果の一部として執筆されたことも合わせて発表された。同成果は、岡山大大学院 医歯薬学総合研究科 システム生理学研究室の高橋賢研究准教授、同・成瀬恵治教授を中心とした、東北大学、羽衣国際大学、埼玉大学、山口大学、名古屋大学、国立循環器病センター、国立障害者リハビリテーションセンター、信州大学、理化学研究所の研究者が参加した共同研究チームによるもの。詳細は、英国の nature publishing group 発行の科学誌「NPJ Microgravity」に掲載された。月面での探査と恒久基地の建設を目的とした「アルテミス計画」が、NASA を中心に、JAXA も含めた国際協力で進行中だ。計画では、1972年12月のアポロ17号以来、52年

ぶりとなる 2024 年に、男女の宇宙飛行士計 2 名が月面に降り立つ予定となっている。また、民間によるロケットや宇宙往還機などの開発も活発化し、宇宙旅行サービスも現実となりつつある。つまり、これまでは特別な訓練を受けたほんの一握りの宇宙飛行士たちぐらいしか行けなかった宇宙に、費用さえ用意すれば誰でも行ける時代になってきたのだ。しかし、弾道飛行のような宇宙の玄関口に少しだけ行くような短時間の宇宙旅行ならまだしも、宇宙への長期間の滞在となると、人体への影響が出てくる。滞在期間が長くなればなるほど、筋肉は痩せ衰え、骨はカルシウムが抜けることでもろくなって骨粗鬆症のようになってしまう。数ヶ月以上の長期間の滞在を経て国際宇宙ステーションから帰還した宇宙飛行士は、帰還直後は自らの足で立つのもままならないほど衰えてしまうのだ。このように微小重力環境が人体に影響を及ぼすことはわかっているが、なぜ筋肉が萎縮し骨量が減少するのか、実はその仕組みそのものはまだ完全に解明されていない。今後、人類の宇宙進出が加速していったとき、民間人も含めて安全な活動を行うためにも、微小重力環境の人体への影響を今まで以上に研究する必要がある。そのため、これまで蓄えられた多数の研究成果を概括する必要性が高まっていたのである。

植物は光による刺激がなくても、地上において上方に茎を、下方に根を伸ばすことが可能だ。これは「重力屈性」と呼ばれ、植物細胞が重力を感知し、細胞内・細胞間で情報伝達をすることによって行われていることが、これまでの研究からわかってきた。そして植物と動物では生物として大きく異なるが、重力という物理的な刺激を細胞が感じ取る仕組みには、細胞の骨格を形成するアクチンというタンパク質の働きなどに共通点があることも明らかとなってきた。さらに、宇宙での長期滞在で筋肉の萎縮や骨量の減少などが起きる原因は、それぞれの組織における特有の重力感知・応答機構にあることなどもわかってきている。

今回の総説論文では、こうした動物と植物が重力を感知する仕組みに関して、膨大な研究成果が概括されている。共同研究チームでは、今回の発表が同分野のさらなる研究を加速させ、長期の宇宙滞在が人体に及ぼす影響の原因解明と、その解決につながることを期待しているとしている。

<https://sorae.info/astromy/20210220-chicxulub-crater.html>

## 白亜紀末に地球へ衝突したのは崩壊した彗星？ 衝突頻度を求めた研究成果



2021-02-20 [松村武宏](#)

恐竜が大量絶滅した原因とされる天体衝突の想像図 (Credit: Shutterstock)

今からおよそ 6600 万年前、現在のユカタン半島北端付近に直径十数 km と推定される天体が衝突し、直径約 150km の「チクシュルーブ・クレーター」が形成されました。中生代白亜紀末に起きたこの衝突は、恐竜をはじめ当時地球に生息していた動植物の約 4 分の 3 が死滅した大量絶滅の原因として有力視されています。

チクシュルーブ・クレーターを形成したのは、地質学的な証拠をもとに炭素質コンドライトを含んでいた小惑星または彗星だったと考えられています。ハーバード大学の Amir Siraj 氏と Avi Loeb 氏は、軌道を 1 周するのに 200 年以上かかるような長周期彗星によってチクシュルーブ・クレーターが形成された可能性を検討した研究成果を発表しました。両氏によると、火星と木星の間にある小惑星帯から飛来した直径 10km 以上の小惑星が地球に衝突する頻度は約 3 億 5000 万年に 1 回と見積もられているものの、このうち炭素質コンドライトの組成を持つ同規模の小惑星が衝突する頻度は約 35 億年に 1 回まで下がるといえます。いっぽう、太陽系の最外縁に広が

っていると予想されるオールの雲を起源とする長周期彗星のうち直径 10km 以上のものが地球に衝突する頻度は約 38 億～110 億年に 1 回と見積もられていて、小惑星と長周期彗星のいずれも白亜紀末の出来事を説明するには予想される衝突の頻度が低すぎると両氏は指摘します。今回両氏は長周期彗星の一部が太陽へかすめるように接近する「サングレーザ」になって崩壊し、彗星の断片が太陽系の外縁へと戻っていく過程で地球に衝突する可能性を検討しました。分析の結果、チクシュルーブ・クレーターを形成し得るサイズの断片が地球に衝突する頻度は約 2 億 5000 万～7 億 3000 万年に 1 回まで上昇するといいます。両氏は南アフリカ共和国の「フレデフォート・ドーム」（衝突時期は約 20 億年前）やカザフスタンの「ザマンシン・クレーター」（同約 100 万年前）の形成時期が今回の理論を支持する可能性に言及しており、Loeb 氏は「太陽に接近した際に破壊されることで、恐竜を絶滅させるような衝突が十分な頻度で生じ得ます」と語ります。

ただし、今回の研究はサングレーザとなった長周期彗星が崩壊・断片化することで地球への衝突頻度が高まる可能性を理論上示したものであり、チクシュルーブ・クレーターを形成したのが彗星だったと結論するものではありません。Loeb 氏はチリで建設・準備が進む「ヴェラ・ルービン天文台」の観測によって太陽系の外縁から飛来する天体がより多く見つかるようになり、長周期彗星に関するデータが増えることで理論が検証できることへの期待を述べています。また、今回の研究は歴史の謎解きだけでなく、地球を脅かしかねない出来事に対しても極めて重要だとした上で、数多くの生命を絶滅させ得る天体衝突について Loeb 氏は「驚くべき光景だったに違いありませんが、誰もその再来は望みません」とコメントしています。

関連：[白亜紀末期の地球に落下した小惑星、最悪の角度で衝突していた？](#)

Image Credit: NASA, ESA, D. Jewitt (UCLA), Q. Ye (University of Maryland) Source: [CfA](#) 文／松村武宏

<https://news.mynavi.jp/article/20210219-1742092/>

## はやぶさ 2 は A 室試料の観察を開始、NIRS3 の観測で地下物質の特徴も明らかに

2021/02/19 19:53 著者：大塚実

目次 [拡張ミッションではスラスタ B も投入](#) [リュウグウの地下物質と表面物質の違い](#)

宇宙航空研究開発機構(JAXA)は 2 月 4 日、小惑星探査機「はやぶさ 2」に関するオンライン記者説明会を開催し、キュレーション作業の状況や最新の論文成果などについて説明した。同探査機は 2020 年 12 月に地球に帰還。現在、回収したサンプルのカタログ化が進められているところだが、この論文は、小惑星リュウグウでの観測結果をもとにしたもの。

### 拡張ミッションではスラスタ B も投入

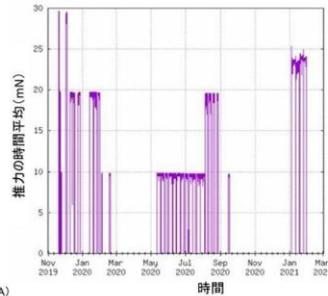
はやぶさ 2 に関する記者説明会は、今回が 2021 年の第 1 回目。まずは吉川真ミッションマネージャから、同探査機の現在の状況について説明が行われた。同探査機はイオンエンジンの運転を 1 月 5 日より再開。スラスタ B/C/D を使った 3 台運転で、1 台あたりの推力は 8mN 程度に抑えられているという。はやぶさ 2 では、イオンエンジンの推力が 10mN に強化されているのだが、推力を抑えたのは効率を重視し、推進剤の消費を最小にするためだ。



# 1. 探査機の運用状況



- ・2021年1月5日に、イオンエンジン B・C・D 3台で運転開始。
- ・軌道に対して減速方向。
- ・イオンエンジン累積運転時間(2021年1月31日時点)
  - A: 6705 時間
  - B: 611 時間
  - C: 8652 時間
  - D: 8106 時間
  - IES (動力航行): 10091 時間
- ・11月頃まで断続的に運転し、その後はしばらく休止する。



(画像クレジット: JAXA)

2021/2/4

「はやぶさ2」記者説明会

5

(C) JAXA



# 2. キュレーション作業



- ・ A室試料を観察用容器(全3皿:下図)に分取し、重量測定・光学顕微鏡観察を開始。



容器の内径は21 mm

2021/2/4

「はやぶさ2」記者説明会

6

(C) JAXA

推力のグラフを見ると、合計 24mN 程度が出ていることが分かる (C)JAXA

A 室の 3 皿。このほか大きめの粒子は別にあるので、重量は 3.1g+α となる (C)JAXA

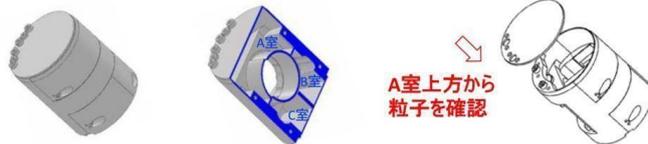
1 つ注目したいのは、今回の 3 台運転ではスラスト B が使われていることだ。これまで、スラスト B はバックアップ用として温存されてきており、累積運転時間もスラスト A/C/D に比べると圧倒的に短かったのだが、この先の拡張ミッションは 10 年半と長い。「すべて必要になるだろう」(吉川氏)ということで、今後はスラスト B も調子を見ながら活用していく。イオンエンジンによる動力航行は、1 月 5 日から 1 月 31 日までの間で、577 時間 (=約 24 日間)実施。今後、11 月頃まで断続的に運転し、その後、しばらく休止する予定だ。

はやぶさ 2 は、リュウグウへの往復では大きなトラブルもなく、順調な旅路であったが、今後、気になるのは太陽への接近だ。太陽までの距離は、1 月 30 日の時点で 0.853au。これは同探査機としては最短距離で、初号機も含めた記録を更新中。3 月中旬には 0.8au 程度まで接近する見通しのため、高熱の影響が出ないか気がかりなところだ。またサンプルのキュレーション作業の状況については、JAXA 宇宙科学研究所 太陽系科学研究系の臼井寛裕教授より説明があった。前回までに、A 室～C 室のすべてを開封し、中の様子が明らかになっていたが、その後、まず A 室のサンプルを観察用の容器に移動し、光学顕微鏡での撮影と重量測定を開始したという。

A 室(1 回目タッチダウンで使用)のサンプルは量が多かったため、3 皿に分けて観察。それぞれ、重量は 0.79g、1.15g、1.16g あり、合計は 3.1g だった。3 室の合計では約 5.4g であることがすでに分かっており、A 室の方が C 室よりもかなり多かった計算になる。これは、A 室の容量が C 室の 2 倍ほどあることが理由ではないかということだ。



# 参考資料: キャッチャー開封作業



- サンプルキャッチャをクリーンチャンバCC3-2室に移動し、サンプルキャッチャA室の蓋を真空中で開封。
- A室内に多数の粒子を確認。タッチダウン#1で採取したリュウグウのサンプルと考えられる。
- A室からいくつかのサンプルをピックアップ。そのまま真空中で保管。
- その後、CC3-3室に移動し、室素環境下でA室・B室・C室の開封を行った。

(画像クレジット: JAXA)

2021/2/4

「はやぶさ2」記者説明会

25

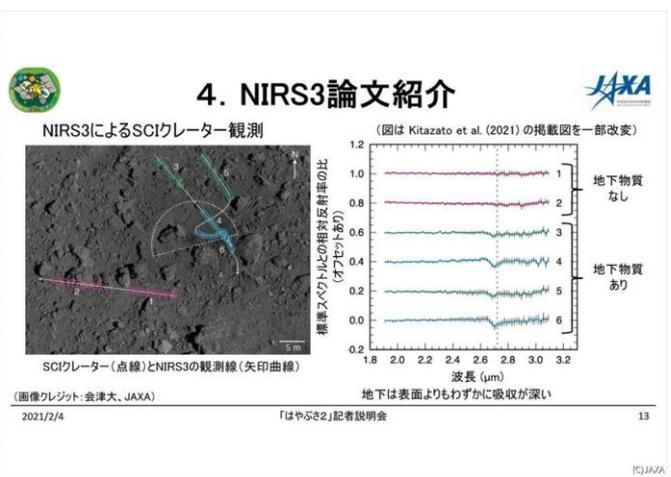
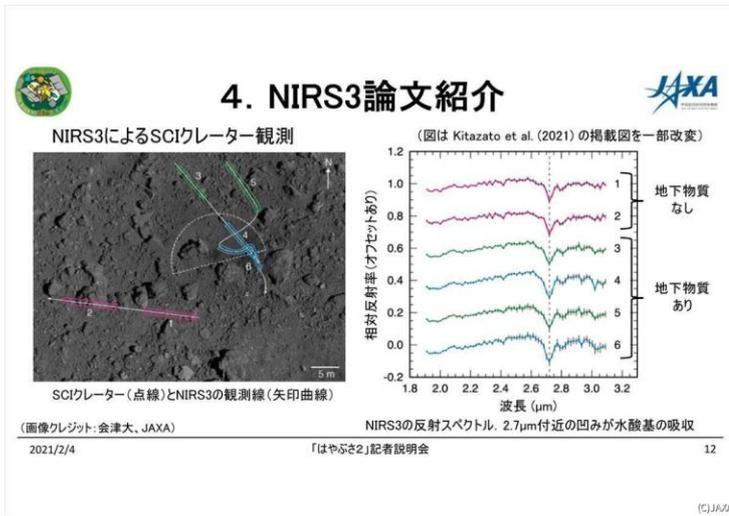
(C) JAXA

A 室、B 室、C 室の構造はこれを見ると分かりやすい。A 室だけかなり広い (C)JAXA

キュレーション作業は今のところ順調。臼井氏はサンプルの印象について、「色が黒いのは予想通りだったが、驚いたのは、かなり硬い物質であるということ。リュウグウでの観測から多孔質ではという予測もあったが、実際に掴んだ感じだと、穴が多くて崩れるようなものでなく、石や鉱物に近いイメージ」とコメントした。

**リュウグウの地下物質と表面物質の違い**

NIRS3(近赤外分光計)の論文成果については、会津大学 コンピュータ理工学部の北里宏平准教授が説明した。この論文は、リュウグウで地下物質を直接観測した研究成果をまとめたもの。当初、速報的に地下も表面もあまり変わらないと伝えられていたが、その後の解析で、地下の方がわずかに水分に富んでいることが分かったという。この観測は、2回目タッチダウンの前に実施。取得したデータの中から、地下物質がない場所、地下物質が飛散した人工クレーター北側、地下物質が露出した人工クレーター内部を選んで比較したところ、反射スペクトルの吸収に違いが見られ、わずかではあるものの、地下物質の方に水分が多いことが分かった。



NIRS3の観測データ(右)。このグラフのままだと違いが分かりにくいですが..... (C)JAXA  
 離れた地点のデータで正規化すると凹みが現れる。これが水分が多い証拠 (C)JAXA  
 ただ、違いが見つかった一方で、地下も表面と同様に、300°C以上の加熱による脱水を経験しているという共通点がある。太陽光による加熱では、地下はそこまで温度が上がらないため、この脱水の理由としては、リュウグウ母天体内部での放射性加熱、または衝突破壊された際の衝撃加熱が原因と結論づけた。

はやぶさ2が持ち帰ったC室のサンプルの中には、地下物質も混じっていることが期待されている。地下物質の加熱の原因がどちらなのか、北里氏は「サンプルの組織や結晶構造を見ると特定できるのではないか」と期待を述べた。

4. NIRS3論文紹介

観測結果と解釈のまとめ

地下・表面	観測結果	解釈
相違点	地下の方が表面よりわずかに水酸基の吸収が深く、水分に富んでいる。	リュウグウが形成された後に太陽光による加熱または宇宙風化作用によって表面の水分が一部失われた。
共通点	地下も表面と同様に水酸基の吸収幅が狭く、300°C以上の加熱による部分的な脱水を経験している。	リュウグウが現在より太陽に接近する軌道を回っていたとしても、太陽光による加熱では地下物質の温度は200°Cまでしか上がらない*。 リュウグウ物質は母天体での内部加熱または衝撃加熱によって熱変成した。

\* 論文では数値計算によってこのことを立証している。

(画像クレジット: 会津大, JAXA)

2021/2/4 「はやぶさ2」記者説明会 14

(C) JAXA

5. LIDAR論文紹介(概要)
- レーザー高度計(LIDAR)チームから下記の3本の論文成果が出された。
  - レーザー高度計によって小惑星近傍から観測された距離データを駆使して、探査機軌道を精確に決めることができた。カメラ画像の解析に活用されるとともに、将来の火星衛星計画(MMX)にも有用な技術を開発することができた。
- 松本(国立天文台)ほか Icarus誌 2020年3月  
 山本(国立天文台)ほか EPS誌 2020年6月  
 野田(国立天文台)ほか EPS誌 2021年1月
- (画像クレジット: 会津大, JAXA)
- 2021/2/4 「はやぶさ2」記者説明会 15
- (C) JAXA

地下と表面の比較。共通点は母天体での加熱が原因と考えられる (C)JAXA  
 LIDARの論文は3回掲載。火星衛星探査計画「MMX」にも役立つという (C)JAXA

また LIDAR(レーザー高度計)の論文成果については、国立天文台 RISE 月惑星探査プロジェクトの竝木則行教授から 3 件報告された。内容についてここで詳しくは述べないが、この 3 本の論文で確立した軌道推定の手法は、将来の火星衛星探査計画「MMX」でも使われる技術になるということだ。

**3. LIDAR光リンク実験の結果**

エコー・トランスポンダ方式によるはやぶさ2-地上局間の2Wayレーザーリンクに成功

フランスのコートダジュール天文台（グラス局）がはやぶさ2 LIDARからのダウンリンク信号を受信、2Wayレーザーリンクに成功した。

2020年12月9日 約100万km  
2020年12月21日 約600万km

NICT小金井局、EOSストロムロ局は1Way（アップリンク）に成功した。  
信号解析は継続中。

「はやぶさ2」記者説明会

7

(C)JAXA

LIDAR は地球帰還時の実験結果も紹介された。地上との往復通信に成功 (C)JAXA

[https://news.biglobe.ne.jp/domestic/0218/ym\\_210218\\_9626493798.html](https://news.biglobe.ne.jp/domestic/0218/ym_210218_9626493798.html)

## 「宇宙ごみ」回収する人工衛星、来月打ち上げへ…強力磁石で捕獲

2月18日（木）15時48分 [読売新聞](#)

宇宙新興企業「アストロスケール」（東京都）は18日、宇宙空間を漂う人工衛星やロケットの残骸「スペースデブリ」（宇宙ごみ）の回収技術を実証する人工衛星を3月20日にカザフスタンの宇宙基地から打ち上げると発表した。宇宙ごみは、使用済みの人工衛星やロケットの一部、それらが衝突した破片など、大きさ10センチ・メートル以上のものだけでも、2万個以上あるとされる。同社によると、2020年現在、運用中の人工衛星は3000基以上。さらに30年までには4万6000基以上が打ち上がる見通しといい、宇宙ごみとの衝突事故を起こすリスクは高まっている。今回の実証衛星は、高度550キロ・メートルの軌道上で、捕獲機が「模擬宇宙ごみ」をいったん切り離す。捕獲機は、カメラやレーダーを使って再度宇宙ごみに接近。強力な磁石で捕まえ、最後は捕獲機ごと大気圏に突入させて燃やす計画だ。同社の岡田光信・最高経営責任者（CEO）は「今後宇宙はもっと混雑していく。宇宙の高速道路の安全を守るロードサービスを確立したい」と意気込みを語った。

<https://monoist.atmarkit.co.jp/mn/articles/2102/19/news047.html>

## アストロスケールが宇宙ごみ除去に向け開いた3つの扉、宇宙の持続利用を実現へ

宇宙開発 (1/2 ページ)

2021年02月19日 08時00分 公開

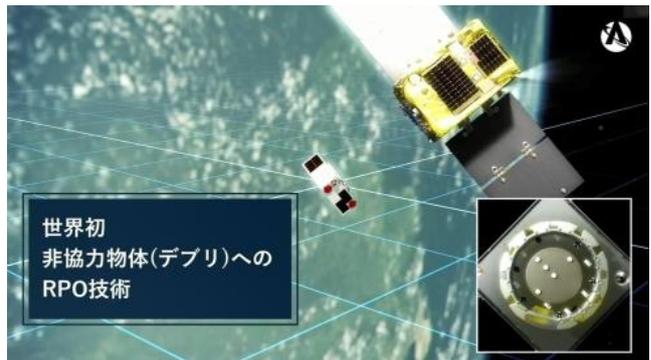
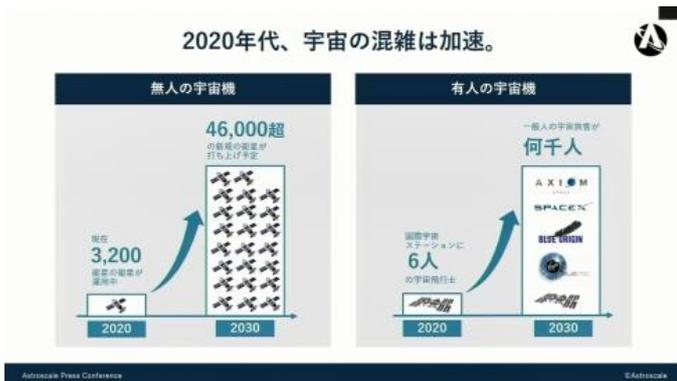
[[朴尚洙](#), MONOist]



アストロスケールの岡田光信氏 スペースデブリとは（クリックで拡大） 出典：アストロスケール

宇宙空間に存在するごみ「スペースデブリ」の除去サービス開発に取り組むアストロスケールは2021年2月18日、オンラインで会見を開き、同年3月20日に打ち上げを予定しているスペースデブリ除去実証衛星「ELSA-d」をはじめとする同社の事業と、スペースデブリの除去によって宇宙における人類の活動を持続可能にするためのプロジェクト「[#SpaceSustainability](#)」について説明した。

会見に登壇したアストロスケール 創業者兼 CEO の岡田光信氏は「役目を終えた衛星やロケットの上段、爆発や衝突でできた破片などのスペースデブリは日々増え続けており、このままでは宇宙を持続的に利用できないことが分かっている。アストロスケールは、このスペースデブリの問題に解決の道筋をつけ、宇宙の持続可能性を現実のものとするをここに宣言したい」と訴える。 民間企業の参入もあり、2020年代に宇宙の混雑がさらに加速することは確定的だ。2020年時点で、無人の宇宙機は約3200機が運用されているが、2030年までに4万6000機以上の衛星が新たに打ち上げられる予定。宇宙空間で活動する人の数も、現在は国際宇宙ステーションの6人だけだが、今後は宇宙観光などが始まることで年間千人規模で宇宙に行くことになりそうだ。「だからこそ、宇宙の安全をどうやって確保するかが喫緊の課題になっている」（岡田氏）。



2020年代に宇宙の混雑がさらに加速する（クリックで拡大） 出典：アストロスケール

「技術の扉」となる非協力物体への RPO 技術（クリックで拡大） 出典：アストロスケール

これらの課題を解決する「宇宙のロードサービスを作る」ために岡田氏が2013年5月に創業したのがアストロスケールだ。同氏は「高速道路にクルマが増えてきたからといってクルマの走る台数を減らすという考えにはならない。故障車がいればレッカー移動などしてくれるロードサービスが登場することでスムーズに走行できている。宇宙の高速道路である軌道でも同様のサービスが必要になると考えた」と述べる。

創業時は専門家からさまざまな課題が突き付けられたアストロスケールだが、7年8カ月が経過した現在、ついに世界初のスペースデブリ除去実証衛星の ELSA-d を打ち上げられる段階まで来た。「これまで誰も開けられなかった、軌道上でのロードサービスの実現に向けた扉を開くことになる」（岡田氏）。

この「誰も開けられなかった扉」は「技術」「ビジネス」「ルール作り」の3つがあったという。技術の扉は、自身の居場所を通信などで知らせることのできない非協力物体への RPO（ランデブーと近接操作）技術である。

ビジネスの扉では、アストロスケールとして衛星運用終了時の除去を行う EOL (End-of-Life)、既存大型デブリを除去する ADR (Active Debris Removal)、衛星などの観測や点検を行う ISSA (In-Situ Space Situational Awareness)、寿命延長を行う LEX (Life Extension Service) という 4 つのサービスを用意するとともにスペースデブリ除去サービスを継続的に行うための世界初となる保険組成によるリスクコントロールにも取り組んだ。



4 つのサービス (左) と保険組成 (右) (クリックで拡大) 出典：アストロスケール

そして「ルール作りの扉」では、日米欧のグローバルの専任チームが国際機関や宇宙機関、業界団体などと議論を進めており「宇宙における交通整理の議論が活発になっている。スペースデブリ除去で何ができて何ができないかを分かっている当社は、そういった場でもひっぱりだこだ」(岡田氏) という。



アストロスケールの伊藤美樹氏

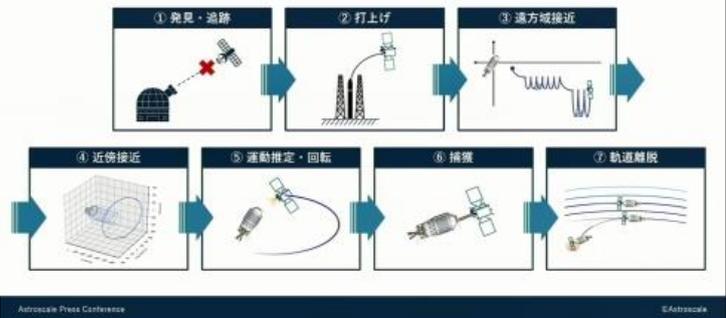
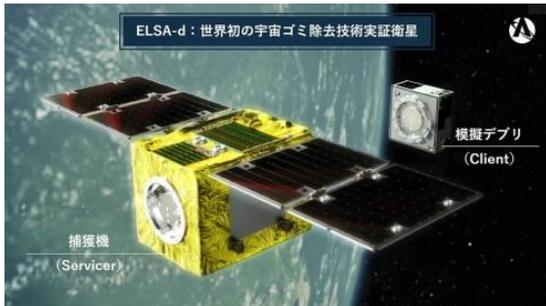
「ルール作りの扉」では国際機関や宇宙機関、業界団体などと議論を進めている (クリックで拡大) 出典：アストロスケール 岡田氏は「2030 年は国連が提唱する SDGs (持続可能な開発目標) のゴールの年だ。それまでに宇宙の軌道上でロードサービスを当たり前ものにしなければならない。宇宙を持続利用ができなければ地球上の SDGs も実現できない」と、アストロスケールの事業の重要性を強調する。

[→次ページ「ELSA-d」で行う 3 回の実証実験とは](#) 「ELSA-d」で行う 3 回の実証実験とは

アストロスケールの事業展開にとって、2021 年 3 月 20 日にカザフスタンのバイコヌール基地から打ち上げられる予定の ELSA-d のミッションは極めて重要なものになる。アストロスケール ゼネラルマネージャーの伊藤美樹氏は「本番さながらの技術実証になる。そのためにさまざまな技術を開発してきた」と説明する。

ELSA-d は、捕獲機と模擬デブリという 2 機の衛星から構成されている。宇宙空間に出た後から模擬デブリを切り離して、再度捕獲機で捕まえるという実証実験を 3 回実施する予定だ。捕獲機は磁石を使って模擬デブリを捕まえる機構が組み込まれている。模擬デブリに搭載されるドッキングプレートは、磁石でくっつくとともに、非協力物体であるスペースデブリの居場所が分かる宇宙空間内の目印になる機能も備えている。捕獲機側の捕獲機構は、模擬デブリを少しずつ捕獲しても問題がなく、捕獲についても何度もリトライできるようになっており、「極めて対応力が高い」(伊藤氏) という。

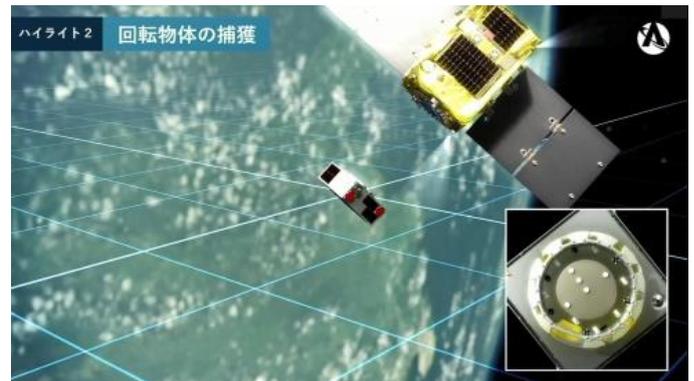
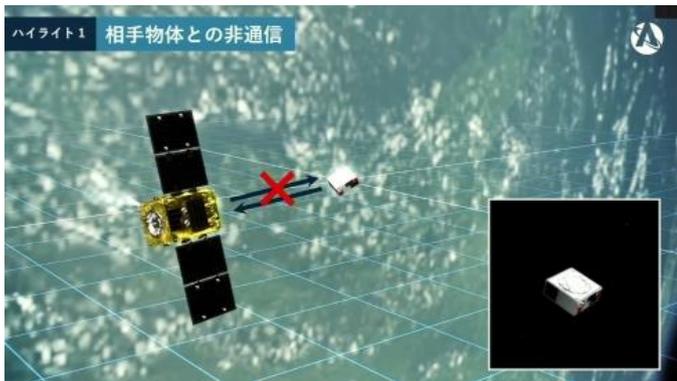
RPO技術(ランデブー・近傍運用技術)  
Rendezvous and Proximity Operations Technologies



「ELSA-d」は2基の衛星から構成されている(クリックで拡大) 出典: アストロスケール  
アストロスケールのRPO技術(クリックで拡大) 出典: アストロスケール

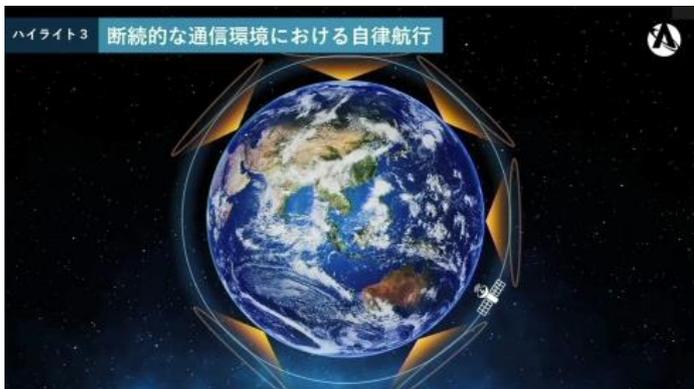
最大の特徴であるRPO技術では、GPSを使った絶対航法でスペースデブリに接近し、近傍では捕捉機のセンサーやレーダーを用いて近づく相対航法に切り替える。この相対航法での接近では、万が一にもスペースデブリにぶつからないような安全な軌道を用いる。伊藤氏は「たくさんあるパラメーターから何千何万ものシミュレーションを行ってようやく導き出した軌道だ」と語る。その後、スペースデブリの回転に合わせて捕捉機も回転してから捕獲し、最後にはスペースデブリとともに大気圏に突入して燃え尽きる。

ELSA-dが3回行う実証実験のうち、1回目は模擬デブリがほぼ回転していない状態で切り離してから捕獲を行う。2回目は模擬デブリを回転した状態で切り離してから捕獲を試みる。3回目はさらに難易度が高くなり、模擬デブリを回転した状態で切り離し、捕捉機が模擬デブリを見失うくらい遠方まで離れてから、模擬デブリを見つけて接近し、捕獲するという内容になっている。「これが実際のデブリ回収環境に近いものになるだろう」(伊藤氏)。3回の実証実験の終了後は、大気圏に再突入して捕捉機、模擬デブリとも燃え尽き、宇宙空間に新たなスペースデブリは残さない。今回の実証実験のハイライトは3つある。1つ目は、相手物体と非通信であることだ。ロケットと宇宙ステーションのランデブーやドッキングと異なり、スペースデブリは通信をしないので相手物体の状態が分からない中で近づかなければならない。



「ELSA-d」は相手物体であるスペースデブリと非通信で近づき、捕獲しなければならない(クリックで拡大) 出典: アストロスケール  
通常の衛星と異なり回転しているスペースデブリを捕獲しなければならない(クリックで拡大) 出典: アストロスケール

2つ目は回転物体の捕獲である。姿勢が制御された状態で運用される稼働中の衛星と異なり、スペースデブリは回転している。ELDA-dは、その回転状態を診断、分析してから、捕獲機構で捕獲できるように位置合わせを行う。3つ目は、断続的な通信環境における自律航行で、地上局からの通信の断分がどうしても起こるため、ELSA-d自身が自律的にスペースデブリに近づけるような機能を備えている。



断続的な通信環境で自律航行しなければならない(クリックで拡大) 出典: アストロスケール  
会見の中では、スペシャルサポーターの山崎直子氏、パトリック・ハーラン氏が参加するトークセッションも行われた。写真は左から、ハーラン氏、山崎氏、アストロスケールの岡田光信氏(クリックで拡大) 出典: アストロスケール

### 錦糸町駅前に「すみだラボ」を建設、「世界一好奇心が育つ場所に」

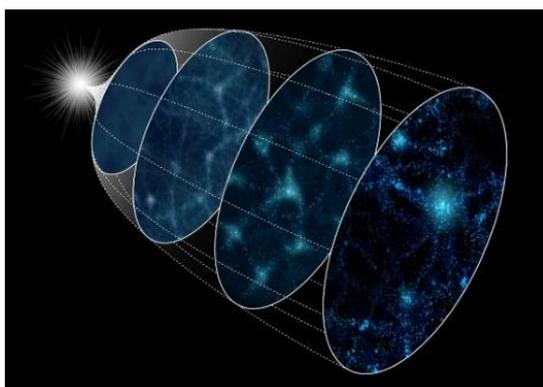
これらアストロスケールの取り組みを推進していく上で必要な、スペースデブリ除去の社会認知を広げる施策となるプロジェクトが#SpaceSustainabilityだ。#SpaceSustainabilityでは「情報発信とコミュニティー作り」「コミュニティーをけん引するスペシャルサポーター」「地域連携と教育推進」という3つの活動がある。

「情報発信とコミュニティー作り」では、#SpaceSustainabilityに関する基礎知識から最新ニュースまでさまざまな情報を発信する[公式 Web サイト](#)を2021年2月18日からオープンしている。また、#SpaceSustainabilityに取り組む仲間である「Space Sweepers (スペーススイーパーズ)」を募集する。プレゼントが当たるTwitterを用いたキャンペーンも同年3月4~17日に行う予定だ。「コミュニティーをけん引するスペシャルサポーター」では、宇宙飛行士の山崎直子氏、パクンことお笑い芸人/コメンテーターのパトリック・ハーラン氏、漫画「宇宙兄弟」の主人公兄弟である南波六太と日々人が就任する。

「地域連携と教育推進」では、現在アストロスケールの本社がある東京都墨田区の錦糸町駅前に、2023年をめぐりに新たな拠点「すみだラボ」を建設し、開発と製造だけでなく教育の拠点にもしていく方針だ。すみだラボの規模は現在の本社の5~6倍で、ELSA-dの1.5~2倍の規模の衛星を同時並行で4機製造できるという。岡田氏は「ここを世界一好奇心が育つ場所にしたい」と述べている。

<https://sorae.info/astrometry/20210217-large-scale-structure.html>

### 重力相互作用の影響を“巻き戻す”ことで「宇宙の大規模構造」の起源に迫る手法を



検証 2021-02-17 [松村武宏](#)

宇宙の大規模構造と再構築法のイメージ図。再構築法は、左奥から右手前へと移り変わる大規模構造の進化を巻き戻すことで、銀河の分布を左奥の宇宙初期の密度ゆらぎの分布に近づける手法 (Credit: 統計数理研究所)

統計数理研究所／国立天文台の白崎正人氏らの国際研究グループは、「宇宙の大規模構造」がどのように形成されたのかを調べるために、構造の進化を巻き戻して宇宙初期の状態に近づける手法を検証した結果を発表しました。今回開発された手法により、観測時間が大幅に短縮されることが期待されています。

この宇宙には何千億もの恒星が集まってできた銀河が数多く存在していますが、銀河は無秩序に分布しているのではなく、泡のような構造を形作っていることが知られています。銀河の集まりが作り出す構造は「宇宙の大規模構造」と呼ばれていて、発表によるとその典型的なサイズは1億光年ほどに及ぶといえます。

巨大な宇宙の大規模構造、その起源を説明する有力な仮説とされているのが、宇宙初期に加速的な膨張が起きたとする「インフレーション理論」です。インフレーション理論では、宇宙の加速的な膨張によってマイクロな密度のゆらぎが生じたとされています。このゆらぎの密度の高い部分が種となり、重力によって周囲の物質を集めることで次第に成長して銀河が形成され、やがて宇宙の大規模構造が出来上がったと考えられています。

ただ、インフレーション理論には複数の説が提唱されていて、予測されている密度ゆらぎの性質がそれぞれの説で異なります。観測をもとにしたインフレーション理論の検証も試みられているものの、現在観測されている宇宙の大規模構造は宇宙初期の密度ゆらぎに加えて長きに渡る重力相互作用の効果が合わさった姿であるため、銀河の分布から宇宙初期の密度ゆらぎの情報を得るのは困難を伴うことが予想されていたといえます。

研究グループは今回、宇宙の大規模構造における重力相互作用の影響を巻き戻して初期の状態に近づける「再構築法」と呼ばれる手法に注目し、銀河の分布を密度ゆらぎに近づけることができるかどうかを検討しました。発表によると、再構築法はあくまでも近似的な手法であるため、インフレーション理論の検証に使えるかどうかは明らかでなかったといえます。研究グループは最初に仮想の密度ゆらぎをもとにした初期状態の銀河の分布を作成し、次に重力多体シミュレーションを用いることで重力相互作用による大規模構造の進化が反映された仮想の銀河の分布データを作成しました。シミュレーションには国立天文台の天文学専用スーパーコンピューター「アテルイII」が用いられ、初期状態がそれぞれ異なる4000例のシミュレーションが実行されています。

続いて、シミュレーションによって作成された仮想の銀河の分布データに対して再構築法を適用し、近似的に得られた銀河の分布をシミュレーション前の初期状態の銀河の分布と比較したところ、どの初期状態でもとてもよく似た統計的性質が得られたといえます。研究グループでは、再構築法を用いることで実際の観測データから重力相互作用の影響を取り除き、宇宙初期の密度ゆらぎの情報を得る見通しが立ったとしています。

また、密度ゆらぎの情報をもとにインフレーション理論を検証するための従来の方法では膨大な銀河を観測しなければならなかったものの、再構築法を利用する場合は観測データの量が約10分の1でも従来の方法と同等の精度で解析できることも明らかになったといえます。これは検証のために必要な観測時間を約10分の1に減らせることを意味します。今回の成果について白崎氏は「宇宙の始まりを科学的に検証できる“時短テクニック”を手に入れたのです」とコメント。将来の観測で得られる銀河の観測データに対する再構築法を用いた効率的な解析により、初期宇宙の謎に迫ることが期待されています。

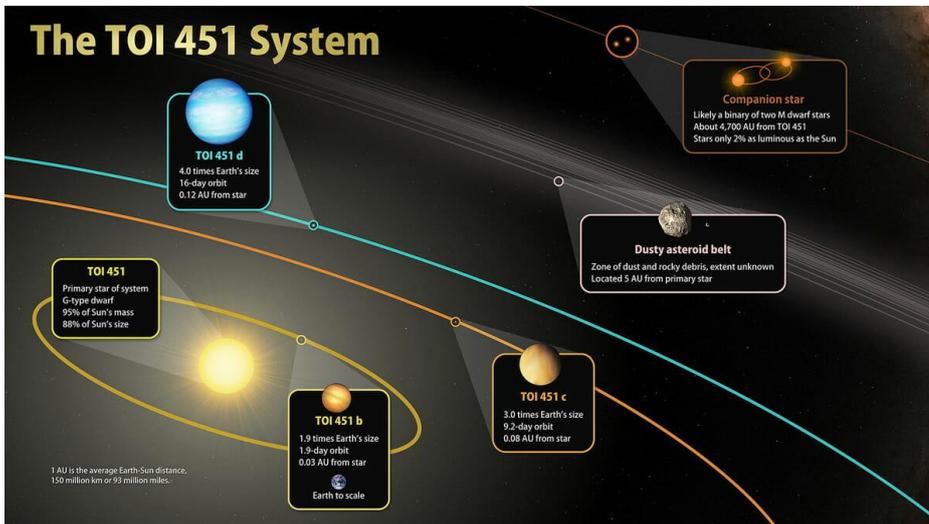
関連：[過去 100 億年で宇宙の平均温度は約 10 倍も上昇 ミクロな量子「ゆらぎ」が生んだマクロな現象](#)

Image Credit: 統計数理研究所 Source: [国立天文台 / 天文シミュレーションプロジェクト](#) 文／松村武宏

<https://sorae.info/astrometry/20210214-toi451.html>

## NASA 観測衛星の成果、若い恒星ストリームで3つの太陽系外惑星を発見

2021-02-14 [松村武宏](#)



恒星「TOI 451」を周回する3つの

系外惑星、リング、伴星を描いた模式図 (Credit: NASA's Goddard Space Flight Center)

ダートマス大学の Elisabeth Newton 氏らの研究グループは、エリダヌス座の方向およそ 400 光年先にある恒星「TOI 451」を公転する複数の太陽系外惑星が見つかったとする研究成果を発表しました。いずれも恒星に近すぎるために表面温度は摂氏数百~1000 度以上とみられていますが、研究グループでは惑星の大気に関する有望な観測対象と考えています。TOI 451 は太陽と比べて直径と質量が約 9 割と一回り小さな恒星 (G 型星) です。研究グループが発見した系外惑星は内側から順に「TOI 451b」(公転周期約 1.9 日、直径は地球の約 1.9 倍)、「TOI 451c」(同約 9.2 日、約 3.0 倍)、「TOI 451d」(同約 16 日、約 4.0 倍) の 3 つで、研究にはアメリカ航空宇宙局 (NASA) の系外惑星探査衛星「TESS」の観測データが利用されました。今回発見された 3 つの系外惑星は、公転周期の短さからもわかるように主星の TOI 451 からそれぞれ約 0.03、約 0.08、約 0.12 天文単位 (※) しか離れておらず、表面温度も摂氏約 1200 度、約 600 度、約 450 度と推定されています。

※...1 天文単位=約 1 億 5000 万 km、太陽から地球までの平均距離に由来する

TOI 451 は「うお座-エリダヌス座恒星ストリーム (Pisces-Eridanus stream)」と呼ばれる最近確認された恒星ストリームにあります。恒星ストリームとは星やガスでできた川の流れのような細長い構造で、矮小銀河や球状星団が銀河の強い重力によって引き伸ばされてきたと考えられており、天の川銀河では十数本の恒星ストリームが知られています。14 の星座にまたがるうお座-エリダヌス座恒星ストリームの長さは NASA によると約 1300 光年に及ぶといい、コロンビア大学の Jason Curtis 氏らによる 2019 年の研究ではその年齢がプレアデス星団 (すばる) に近い約 1 億 2000 万年と比較的若いことが示されています。

恒星ストリームと同じ年齢とされる TOI 451 を公転する系外惑星はまだ進化の途上にある可能性が考えられることや、観測しやすい約 400 光年先という比較的近い場所にあること、サイズが地球の 2~4 倍ほどの惑星が 3 つあることから、Newton 氏は「惑星大気の進化についての理論を検証する上で有望な観測対象です」とコメントしています。なお、研究グループは NASA の赤外線天文衛星「NEOWISE」の観測データをもとに、TOI 451 から約 5 天文単位と推定される範囲に岩や塵が集まったリングが存在する可能性を指摘しています。また、欧州宇宙機関 (ESA) の宇宙望遠鏡「ガイア」の観測データをもとに、TOI 451 から約 4700 天文単位離れたところにある星が TOI 451 の伴星であり、2 つの赤色矮星 (M 型星) からなる連星である可能性にも言及しています。

関連: [系外惑星「WASP-62b」は雲ひとつない空であることが明らかに](#)

Image Credit: NASA's Goddard Space Flight Center Source: [NASA](#) 文/松村武宏

<https://sorae.info/astronomy/20210219-necklace-nebula.html>

連星が作り出した宇宙の首飾り、“や座”の惑星状星雲 2021-02-19 [松村武宏](#)



惑星状星雲「ネックレス星雲 (PN G054.2-03.4)」(Credit: NASA, ESA and the Hubble Heritage Team (STScI/AURA))

こちらは「や座」(矢座)の方向およそ1万5000光年先にある惑星状星雲の姿。星雲の中央に写る中心星をリング状に取り囲むように幅2光年ほどに渡りガスが広がっていて、リングのところどころにはガスの塊が明るく写っています。この星雲は「PN G054.2-03.4」と名付けられていますが、宝石が連なっているようにも見えるその外見から「ネックレス星雲 (Necklace Nebula)」とも呼ばれています。超新星爆発を起こさない太陽のような比較的軽い恒星(質量が太陽の8倍以下)が晩年を迎えると、赤色巨星へと進化して周囲にガスや塵を放出します。やがて赤色巨星から白色矮星へと進化していく熱い中心星が放射する紫外線によってガスが電離して輝くようになった天体は、昔の望遠鏡で観測すると惑星のように見えたことから「惑星状星雲」と呼ばれています。

アメリカ航空宇宙局(NASA)や欧州宇宙機関(ESA)によるとネックレス星雲の中心星は連星で、約1.2日の周期で数百万km離れた互いの周りを公転しているといえます。連星の片方が赤色巨星になった際にもう片方の星は一時その外層に飲み込まれたとみられており、飲み込まれた側の星が赤色巨星の内部で公転し続けたことで赤色巨星の自転が加速され、放出されたガスが赤色巨星の赤道に沿うような格好で広がったためにリング状の星雲が形成されたと考えられています。形は異なるものの、連星が惑星状星雲の姿を左右したと考えられているのはネックレス星雲に限りません。惑星状星雲のなかには整った円形をしているものもあれば、蝶の羽、鳥の翼、砂時計などにたとえられる双極性の形をした「双極性星雲」と呼ばれるものもあります。このうち双極性星雲の形成には接近して周回する連星が関わっていて、赤色巨星のガスが連星の相互作用によって双極方向に噴出することで双極性の形になると考えられています。冒頭の画像は「ハッブル」宇宙望遠鏡の「広視野カメラ3(WFC3)」による光学観測のデータをもとに作成されたもので、NASA・ESAから2011年8月に公開されています。

関連：[3万2000光年先の恒星最期の姿 “たて座”の惑星状星雲](#)

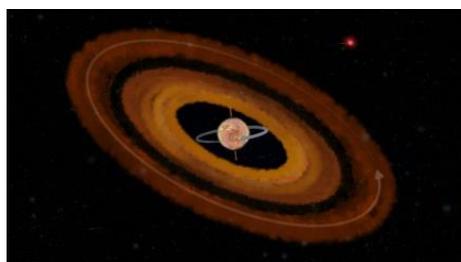
Image Credit: NASA, ESA and the Hubble Heritage Team (STScI/AURA)

Source: [ESA/Hubble](#) / [hubblesite](#) 文／松村武宏

<https://sorae.info/astronomy/20210218-k2-290.html>

## 恒星の自転と逆向きに公転する系外惑星、伴星の影響で誕生時から逆行か

2021-02-18 [松村武宏](#)



恒星「K2-290」(中央)を公転する2つの系外惑星と伴星の一つ(右上)を描いた模式図。恒星の自転方向と惑

星の公転方向は矢印で示されている (Credit: Christoffer Grønne/Aarhus University)

惑星形成時の K2-290 と原始惑星系円盤を描いた模式図。右上に見える伴星の影響で原始惑星系円盤が大きく傾いたと考えられている (Credit: Christoffer Grønne/Aarhus University)

オーフス大学の Maria Hjorth 氏、東京工業大学の平野照幸氏らの国際研究グループは、恒星「K2-290」を周回する 2 つの太陽系外惑星について、伴星の影響によって大きく傾いた円盤から形成されたとする研究成果を発表しました。今回の成果は、連星における惑星の形成を論じる上で重要な意味を持つとされています。

K2-290 は「てんびん座」の方向およそ 890 光年先にある F 型星で、太陽と比べて直径は約 1.5 倍、質量は約 1.2 倍とされています。2019 年、Hjorth 氏らは K2-290 を周回する「K2-290 b」(公転周期約 9.2 日、直径は木星の約 0.27 倍で海王星に近い) および「K2-290 c」(同約 48.4 日、直径は木星とほぼ同じ) という 2 つの系外惑星が見つかったとする研究成果を発表していました。恒星はガスや塵が集まった分子雲の一部が自らの重力で収縮することで誕生し、惑星は誕生したばかりの若い星を取り囲む原始惑星系円盤のなかで形成されると考えられています。太陽系の 8 惑星は太陽の自転と同じ方向に公転していますが、これは誕生したばかりの太陽を取り囲んでいた原始惑星系円盤が太陽の自転と同じ方向に回転していたためだとみられています。ところが、研究グループが国立天文台ハワイ観測所の「すばる望遠鏡」の観測装置「高分散分光器(HDS: High Dispersion Spectrograph)」などを用いて観測した結果、K2-290 b と K2-290 c はどちらも主星である K2-290 の自転方向に対して逆向きに公転していることが明らかになったといいます。2 つの系外惑星がそろって逆行している理由について研究グループでは、K2-290 の伴星が原始惑星系円盤をひっくり返すかのように大きく傾けたからではないかと考えています。主星の自転に対して逆行する系外惑星はこれまでも見つかっていて、形成後に別の惑星との相互作用によって軌道が変化したものと考えられてきました。しかし K2-290 を周回する 2 つの系外惑星の軌道面(軌道が描き出す平面)はほぼ揃っており、これは惑星が形成された原始惑星系円盤そのものが K2-290 の自転とは逆向きに回転していた可能性を示唆しています。2019 年に Hjorth 氏らは K2-290 b と K2-290 c の発見とともに、K2-290 が 2 つの M 型星とともに 3 連星を成している可能性も報告していました。K2-290 から伴星である M 型星までの距離は約 113 天文単位および約 2467 天文単位(※)とされています。研究グループが数値計算を実施したところ、伴星の重力によって惑星形成中の原始惑星系円盤が傾いたことで、この円盤から誕生した K2-290 b と K2-290 c の軌道が逆行することになった可能性が示されたといいます。

※...1 天文単位=約 1 億 5000 万 km、太陽から地球までの平均距離に由来

研究グループによると、伴星の重力が原始惑星系円盤の向きを大きく変化させ得るとする理論は 10 年近く前に提唱されていたものの、観測によってその証拠が見つかったのは今回が初めてだとされています。研究に参加した平野氏は「今後、伴星を持つ惑星系のさらなる観測によって、K2-290 のように原始惑星系円盤の向きが変化する条件を詳しく調べるとともに、連星をなす惑星系の長期的な安定性を明らかにしたいです」とコメントしています。 関連: [NASA 観測衛星の成果、若い恒星ストリームで 3 つの太陽系外惑星を発見](#)

Image Credit: Christoffer Grønne/Aarhus University Source: [国立天文台](#) 文/松村武宏

<https://sorae.info/astrometry/20210217-hh46.html>

## 若い星から噴き出すジェット、南天“ほ座”のハービッグ・ハロー天体

2021-02-17 [松村武宏](#)



ハービッグ・ハロー天体「HH 46/47」(Credit: ESA/Hubble & NASA, B. Nisini)

こちらは南天の「ほ座」(帆座)の方向およそ 1400 光年先にあるハービッグ・ハロー天体「HH 46/47」です。ハービッグ・ハロー (HH : Herbig-Haro) 天体とは生まれたばかりの星の周囲にある星雲状の天体のことで、画像には写っていませんが、画像中央付近の暗い星雲の奥には原始星が存在しています。

欧州宇宙機関 (ESA) によると HH 46/47 では原始星から秒速 150km 以上の速度で噴出した物質が差し渡し 10 光年ほどのジェットを形成しており、原始星周辺の物質と衝突することで輝いています。ジェットは数年単位で変化していて、その様子は 1994 年から 2008 年にかけて観測された HH 46/47 の連続画像にも現れています。

動画プレーヤー 00:00 00:04

▲ハッブル宇宙望遠鏡が 14 年に渡り観測した HH 46/47 のジェットの連続画像▲

(Credit: NASA, ESA, P. Hartigan (Rice University), and G. Bacon (STScI))

原始星はガスや塵が高い密度で集まった分子雲が自らの重力で収縮することで形成され始め、その周囲を取り巻くガスや塵の円盤から物質が流れ込むことで成長していくと考えられています。原始星が成長するにつれて円盤から物質がなくなるとジェットも止まるとみられており、噴出が続くのは数万年程度、分子雲の奥で星が誕生してからジェットの噴出が終わるまでの期間は数百万年程度だといえます。若い星とともにあるハービッグ・ハロー天体は、宇宙のスケールからすれば短命な天体です。

冒頭の画像は「ハッブル」宇宙望遠鏡の「広視野カメラ 3 (WFC3)」によって光学および赤外線波長で観測されたもので、ESA からハッブル宇宙望遠鏡の今週の 1 枚として 2021 年 2 月 15 日付で公開されています。

関連: [独自の方向へ進路を変えた不思議な HH 天体](#) Image Credit: ESA/Hubble & NASA, B. Nisini

Source: [ESA/Hubble](#) / [hubblesite](#) 文/松村武宏

<https://sorae.info/astrometry/20210216-crab-nebula-m1.html>

## ハート型だった。立体的に再現された「かに星雲」の姿を動画で眺める

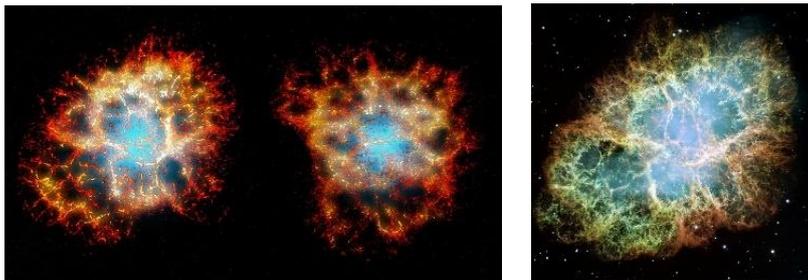
2021-02-16 [松村武宏](#)

おうし座の方向およそ 6500 光年先にある「かに星雲」(Crab Nebula、M1) は、1054 年に観測された超新星の残骸であり、パルサーから吹き出たパルサー風が超新星残骸と衝突することで輝くパルサー星雲 (またはパルサー風星雲) の一つでもあります。ひものようなフィラメント構造が複雑に絡み合う「かに星雲」の中心には超新星爆発にともない誕生した「かにパルサー」(Crab Pulsar、PSR B0531+21) と呼ばれるパルサーが存在しており、かに星雲から届く超高エネルギーガンマ線などのエネルギー源になっていると考えられています。

▲The Crab Nebula through the eyes of SITELLE (Credit: Thomas Martin, Danny Milisavljevic and Laurent Drissen)

こちらは CG で立体的に再現された「かに星雲」をさまざまな角度から眺めた動画。全部で 40 万 6472 個のデータポイント (動画内では小さな立方体として描画) から構成されています。これはラヴァル大学の Thomas Martin 氏らの研究グループがハワイのマウナケア山頂にある「カナダ・フランス・ハワイ望遠鏡 (CFHT)」を用いて観測したデータをもとに正確に再現された「かに星雲」の姿です。地球から見た「かに星雲」はいびつな楕円形を

していますが、今回研究グループが CFHT の観測データをもとに超新星残骸全体の姿を立体的に再現したところ、パルサー星雲の平面に対して左右対称なハートに似た形をしていることが明らかになったといいます。先の動画では「かに星雲」からの距離や視点が目まぐるしく変化するのでややわかりにくいものの、あわせて公開された下の静止画を見ると、角度によってはハート型に見えることがわかります。



CGで再現された「かに星雲」を地球の方向から見た姿（左）と、別の角度から見た姿（右）。右側は左に90度ほど回転したハート型をしている（Credit: Thomas Martin, Danny Milisavljevic and Laurent Drissen）

「ハッブル」宇宙望遠鏡によって観測された「かに星雲」（Credit: NASA, ESA and Allison Loll/Jeff Hester (Arizona State University)）

また、研究グループが観測データをもとに「かに星雲」の構造を詳しく分析した結果、ハニカム構造のようなパターンが存在することも判明したといいます。「かに星雲」を生み出した超新星については、酸素、ネオン、マグネシウムでできたコアを持つ比較的軽い恒星による「電子捕獲型超新星」と呼ばれるタイプの爆発だったのではないかとする研究成果が過去に発表されていますが、研究グループによると、今回見つかったハニカム構造はより重い鉄でできたコアを持つ恒星が爆発した際のパターンに似ているといいます。

研究に参加したパデュー大学の Dan Milisavljevic 氏は「観測されたハニカム構造は、電子捕獲型超新星のシナリオとは一致しない可能性があります。この矛盾に対処するためには、かに星雲に分布する元素をマッピングする将来の作業が必要になるでしょう」とコメントしています。

なお、「かに星雲」が立体的に再現されるのは今回が初めてではなく、2020年にはアメリカ航空宇宙局（NASA）の宇宙望遠鏡やX線観測衛星のデータをもとに再現された映像が公開されています。

関連：[複雑な構造を持つ「かに星雲」を3D映像化。パルサーを取り囲む多重構造](#)

Image Credit: Thomas Martin, Danny Milisavljevic and Laurent Drissen Source: [CFHT](#) 文／松村武宏

<https://sorae.info/astronomy/20210216-lhs2534.html>

## 白色矮星の外層から岩石惑星の痕跡を検出、蒸発した地殻の破片か



2021-02-16 [松村武宏](#)

潮汐作用で破壊され、白色矮星へと降り

積もっていく岩石惑星の破片を描いた想像図（Credit: University of Warwick/Mark Garlick）

ウォーリック大学の Mark Hollands 氏らの研究グループは、4つの白色矮星の外層から、かつて岩石惑星の地殻に含まれていたとみられる物質が検出されたとする研究成果を発表しました。

太陽と比べて質量が8倍以下の恒星は、その晩年に赤色巨星へと進化して周囲にガスや塵を放出します。やがてガスを放出しきった赤色巨星は核融合で輝くことを止めてコア（中心核）だけが残り、白色矮星に進化すると考

えられています。核融合をしない白色矮星は予熱で輝く天体なので、恒星としては死を迎えた姿ともいえます。今回研究グループは欧州宇宙機関（ESA）の宇宙望遠鏡「ガイア」やアパッチポイント天文台のサーベイ観測プロジェクト「スローン・デジタル・スカイ・サーベイ（SDSS）」の観測データをもとに、「LHS 2534」をはじめ全部で4つの白色矮星のスペクトル（波長ごとの電磁波の強さ）を調べました。元素には特定の波長の光を吸収する性質があるため、白色矮星のスペクトルを分析することで、そこにどんな元素が存在するのかを知ることができます。研究グループによる分析の結果、4つすべての白色矮星からリチウムが、LHS 2534 ではリチウムに加えてカリウムが検出されたとされています。同様に検出されたナトリウムやカルシウムに対するリチウムとカリウムの比率は、地球や火星のような岩石惑星の地殻を構成していた物質が気化して白色矮星のガス状の外層で200万年に渡り混ざりあったとすれば説明できるといいます。研究グループは検出されたリチウムやカリウムについて、白色矮星に降り積もった岩石惑星の地殻の破片を示すものだと考えています。これまでも白色矮星の大気中からはケイ素や鉄といった惑星のマントルやコアを構成する物質が検出されたことがありましたが、Hollands氏によると岩石惑星の地殻を示す決定的な検出はなかったといっています。いっぽう、惑星のマントルやコアにリチウムやカリウムは高濃度では含まれておらず、地殻の物質を示す良い指標になると Hollands氏は言及しています。発表によると、白色矮星の外層に含まれる破片の質量は最大30万ギガトン（最大60ギガトンのリチウムおよび3000ギガトンのカリウムを含む）、地球の地殻と同じ密度になるように集めれば直径60kmの球体が出来上がる量だと推定されています。研究グループは赤外線による観測データも踏まえた上で、白色矮星の大気中に存在しているのは惑星の破片のごく一部であり、白色矮星を取り囲む円盤から継続的に惑星の破片が落下し続けている可能性を指摘しています。また、今回の研究対象となった白色矮星は核融合を止めてから約50億～100億年が経っており、一部は恒星として形成されたのが110億～125億年前という天の川銀河でもかなり早い段階で誕生した星とみられています。研究に参加したウォーリック大学のPier-Emmanuel Tremblay氏は、知られているもののなかでも最も古い時代に形成された惑星系の1つだと語ります。さらに、4つの白色矮星のうち1つはかつて太陽の5倍近い質量を持つB型星だったと推定されています。恒星は質量が大きいほど寿命は短くなるため、B型星の寿命は太陽よりも短く、場合によっては太陽の100～1000分の1程度しかありません。短命な恒星が進化した白色矮星から惑星の痕跡を検出した今回の成果について Tremblay氏は「惑星がどれだけ速やかに形成され得るかについての重要な知見をもたらす記録的な発見です」とコメントしています。

関連：[白色矮星の周囲に巨大惑星らしき天体を発見、地球から80光年先](#)

Image Credit: University of Warwick/Mark Garlick Source: [ウォーリック大学](#) 文／松村武宏

<https://sorae.info/astrometry/20210215-m83.html>

## 「南の回転花火銀河」と呼ばれる”うみへび座”の渦巻銀河 M83



2021-02-15 [松村武宏](#)

「南の回転花火銀河」こと渦巻銀河「M83」（Credit: CTIO/NOIRLab/DOE/NSF/AURA）

こちらは南天の「うみへび座」の方向およそ1500万光年先にある渦巻銀河「M83」（NGC 5236）です。M83は地球に正面を向けた、いわゆる「フェイスオン銀河」のひとつで、おおぐま座の「回転花火銀河」こと「M101」と並び「南の回転花火銀河（Southern Pinwheel Galaxy）」とも呼ばれています。

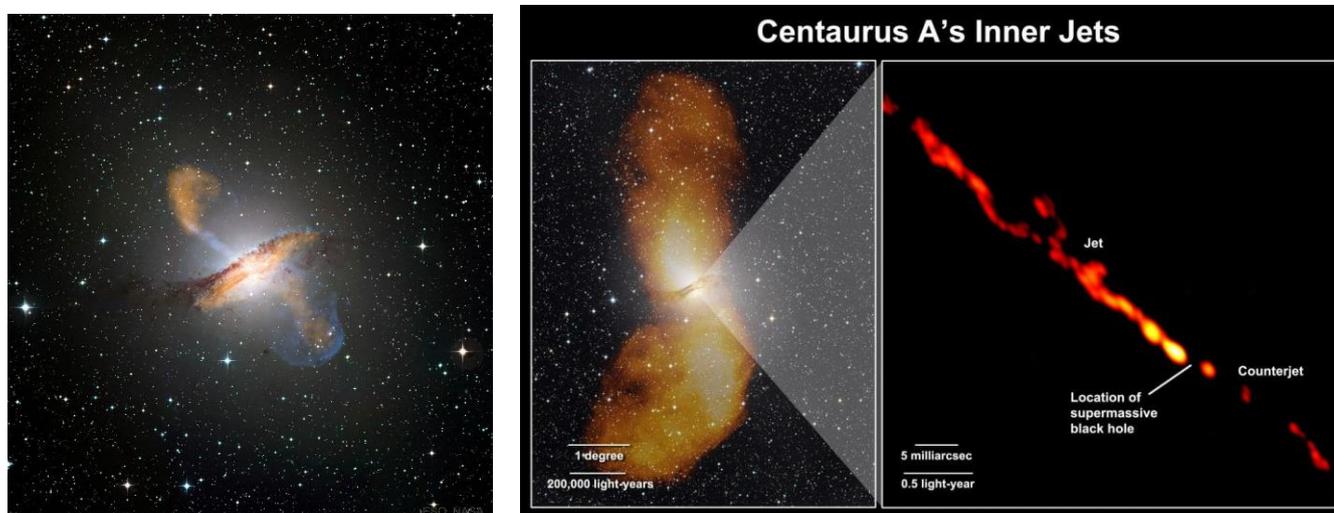
関連：[メシエが見た宇宙のかざぐるま（M101）](#)

M83 の円盤部分の直径は天の川銀河の半分程度となる約 5 万光年。米国科学財団の国立光学・赤外天文学研究所 (NOIRLab) は、天の川銀河が別の銀河からどう見えるのかを想像する上で M83 が良い見本になるかもしれないとしています。見事に渦巻く M83 を捉えたこの画像は、可視光と赤外線各波長に対応する 6 種類のフィルターを使って合計 163 回、延べ 11 時間以上の露光時間を費やした観測データから作成されています。異なる波長の観測データが組み合わせられた画像には、暗い帯のようなダストレーンや若い恒星が放つ紫外線によって電離した水素ガスが赤く輝く無数の星形成領域などが詳細に描き出されています。撮影に用いられたのはチリのセロ・トロロ汎米天文台にあるブランコ 4m 望遠鏡の観測装置「ダークエネルギーカメラ (DECam)」です。満月約 14 個分の広さ (3 平方度) を一度に撮影できる巨大なデジタルカメラ (画素数約 520 メガピクセル) のようなダークエネルギーカメラは、その名の通りダークエネルギー (暗黒エネルギー) の研究を主な目的として開発されました。ダークエネルギー研究のための観測が 2013 年から 2019 年にかけて実施された後もダークエネルギーカメラの運用は続いており、先日はダークエネルギーカメラによって撮影された大小マゼラン雲の高精細な画像も公開されました。冒頭の M83 の画像は国立光学・赤外天文学研究所から 2021 年 2 月 8 日付で公開されています。 関連：[南米の望遠鏡が撮影した大小マゼラン雲の高精細な画像](#)

Image Credit: CTIO/NOIRLab/DOE/NSF/AURA Source: [NOIRLab](#) 文／松村武宏

<https://sorae.info/astronomy/20210220-centaurus-a-blackhole-jet.html>

## 超大質量ブラックホールから吹き出す秒速 10 万 km のジェット 2021-02-20 [北越 康敬](#)



3 つの波長で捉えた「ケンタウルス座 A」 (Credit: ESO/WFI (visible); MPIfR/ESO/APEX/A. Weiss et al. (microwave); NASA/CXC/CfA/R. Kraft et al. (X-ray))

左：ケンタウルス座 A。可視光の画像に、オレンジ色で電波観測の結果を重ねています。Credit: Capella Observatory (optical), with radio data from Ilana Feain, Tim Cornwell, and Ron Ekers (CSIRO/ATNF), R. Morganti (ASTRON), and N. Junkes (MPIfR). 右：中心部にあるブラックホール付近を拡大したもの。ブラックホールから両側に吹き出すジェットが捉えられています。この画像も電波の観測によるもので、複数の電波望遠鏡を組み合わせる技術でこの解像度を実現しています。Credits: NASA/TANAMI/Müller et al.

この画像は 2011 年に公開された「NGC 5128」や「ケンタウルス座 A」と呼ばれる銀河で、可視光・電波・X 線をそれぞれ観測し、それらの画像を重ね合わせたものです。電波と X 線は目に見えないため、ここでは電波で観測したものをオレンジ色、X 線で観測したものを青で表現しています。画像の中心にある、左下から右上にかかる斜めの帯のようなものが銀河で、中心には超大質量ブラックホールが潜んでいると言われています。このブラックホールからは「ジェット」と呼ばれるプラズマの流れが吹き出しているのですが、銀河の大きさに匹敵するほどの泡のような構造を作り出しているのがわかります。ジェットの長さは両方を合わせて数十万光年から 100

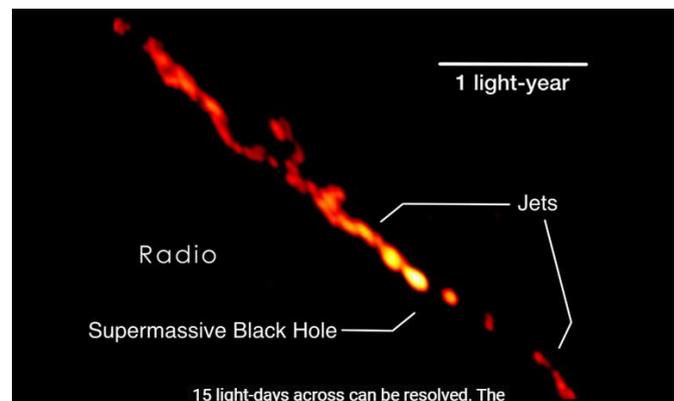
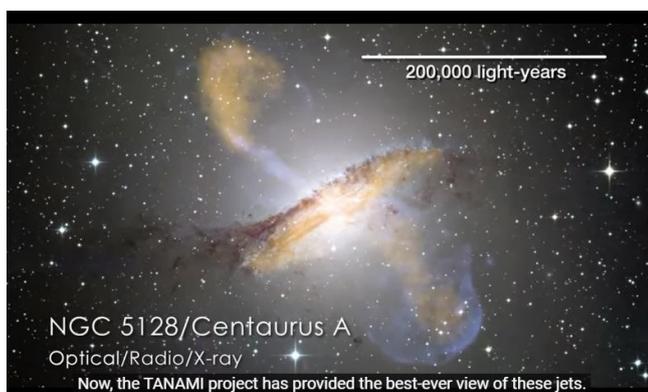
万光年で、この電波の「泡」は数百万年ものあいだ輝き続けていると考えられています。

そのジェットの出どころを電波の観測によって描き出しているのが下の画像です。ブラックホールそのものを電波で観測することはできませんが、その付近からジェットが吹き出す様子を捉えています。タイトルにも付けた「秒速 10 万キロメートル」はこの付近のジェットの速さを見積もったもので、光の速さが秒速 30 万キロメートル（1 秒間に地球を約 7 周半できるとも言われます）なので、その 3 分の 1 に達するほどです。ジェットの元になるのはブラックホールに落ちていく物質ですが、それがどのようにしてジェットになっているのかはまだよくわかりません。ところで、このブラックホール付近の画像を描き出したのは南半球にある 9 つの電波望遠鏡です。地理的に離れた電波望遠鏡が同じ天体を観測し、それらのデータを組み合わせることで良い「視力」を得ることができます。この技術を干渉計と呼び、日本でも岩手・鹿児島・小笠原・沖縄にある電波望遠鏡を組み合わせる例があります。ここではオーストラリア・チリ・南アフリカ・南極大陸のものを使っていますが、この 9 つの電波望遠鏡はそれぞれが直径数メートルから 30 メートル、大きいものだと 64 メートルといった巨大なアンテナで、宇宙からの電波を捉えています。



観測に使われた電波望遠鏡群。これらを組み合わせることで、仮想的に 1 万キロメートルほどの大きさの望遠鏡に相当する「視力」を手に入れることができます。Credits: Matthias Kadler (Univ. of Würzburg) and J. Wilms (Univ. of Erlangen-Nuremberg)

（▲太陽の 5500 万倍とも言われる重さ（質量）をもつ超大質量ブラックホールから、秒速 10 万キロメートルもの速さでプラズマが吹き出す様子を解説した動画）



関連：[ダストレーンに隠れた超大質量ブラックホール](#) Movie: NASA's Goddard Space Flight Center

Source: [NASA \(その 1\)](#)、[NASA \(その 2\)](#) 文／北越康敬