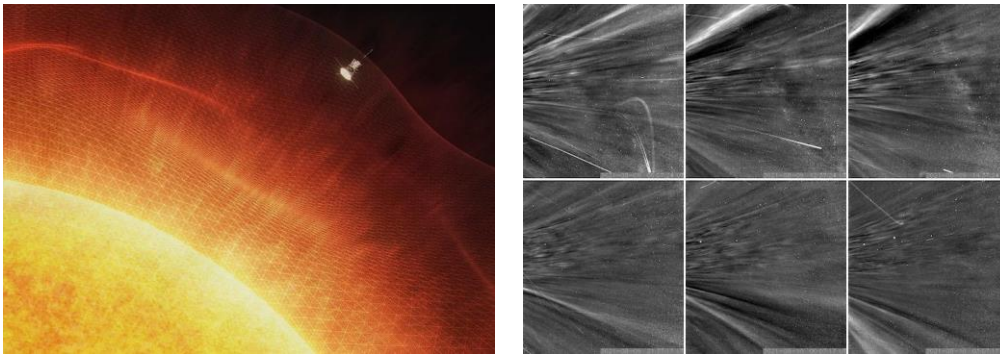
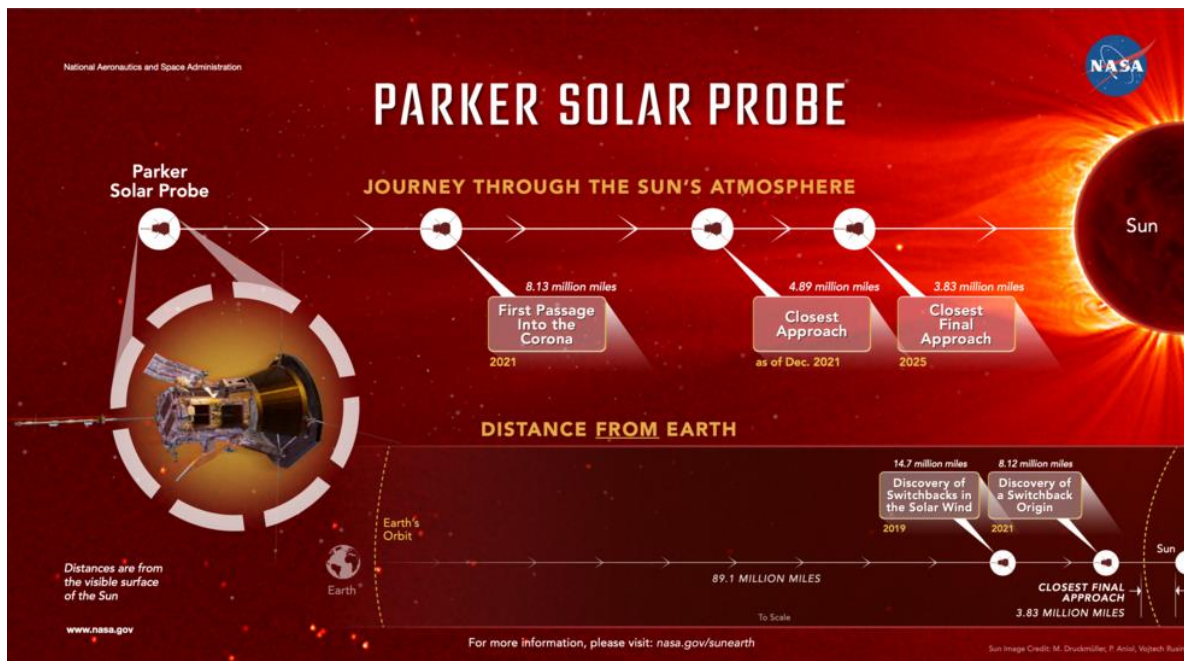


## 歴史上初めて、探査機が太陽に「触れた」 2021年12月16日（木）17時30分 [松岡由希子](#)



太陽探査機パーカー・ソーラー・プローブがコロナに入ったときのイメージ NASA's Goddard Space Flight Center/Joy Ng <2018年8月に打ち上げられたNASAの太陽探査機「パーカー・ソーラー・プローブ」が、コロナに入り、太陽に「触れた」ことが報告された>

パーカー・ソーラー・プローブがコロナ内で撮影 NASA/Johns Hopkins APL/Naval Research Laboratory



宇宙探査機「パーカー・ソーラー・プローブ」と太陽の距離についての説明（NASAの公式Webサイトから引用）

アメリカ航空宇宙局（NASA）によって2018年8月12日に打ち上げられた太陽探査機「[パーカー・ソーラー・プローブ](#)」は、2021年4月、太陽の上層大気であるコロナに初めて到達した。2021年12月14日、学術雑誌「[フィジカル・レビュー・レターズ](#)」で報告されている。

<参考記事> [太陽コロナに触れる探査機、熱で溶けない4つの理由へ](#)

[太陽に接近し、観測データを送り続ける探査機「パーカー・ソーラー・プローブ」](#)

### 5時間にわたってコロナに入った

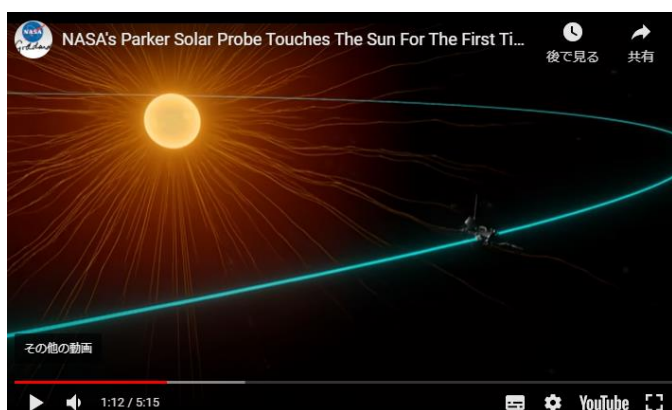
太陽には、地球のような固体表面がなく、重力と磁力によって太陽と結合した物質からなる超高温の大気に覆われており、太陽から遠のくにつれて「太陽風」と呼ばれるプラズマの流れになる。この太陽大気と太陽風との境を「アルヴェン境界面」といい、太陽表面から10~20太陽半径（約700~1400万キロ）の間に位置すると推定されている。「パーカー・ソーラー・プローブ」は、4月28日9時33分（世界時）、8回目の接近観測で、太陽表面から18.8太陽半径（約1316万キロ）の地点に達した。その磁場や粒子の観測データから、5時間にわたっ

て「アルヴェン境界面」を超え、コロナに入ったことが確認されている。

また、「パーカー・ソーラー・プローブ」は、この接近観測で、複数回にわたってコロナを出入りした。これはすなわち「アルヴェン境界面」はなめらかな球状ではなく、表面にしわが寄ったような起伏があることを示すものだ。そして、約 15 太陽半径（約 1050 万キロ）まで接近したところで、太陽表面の上に大きく浮かび上がるコロナ特有の構造「疑似ストリーマ」とも遭遇した。「疑似ストリーマ」の内部は周囲の太陽大気よりも穏やかで、磁場は整然としていた。

### 「太陽に"触れた"ことは歴史的な出来事だ」

「パーカー・ソーラー・プローブ」は、太陽風の磁場の方向が反転する「ソーラースイッチバック」の現象も観測している。観測データでは、光球（輝いて見える太陽の表面）が「スイッチバック」の発生場所のひとつであることが示された。NASA 科学ミッション部門（SMD）のトーマス・ザブーケン副長官は「『パーカー・ソーラー・プローブ』が太陽に"触れた"ことは歴史的な出来事であり、実に素晴らしい偉業だ」と大いに称え、「太陽の進化や太陽系への影響についてより深い洞察を与えるのみならず、宇宙の他の星々においても示唆に富んでいる」と高く評価している。「パーカー・ソーラー・プローブ」は、2022 年 1 月に予定されている次回の接近観測で再びコロナに入り、太陽表面から 8.86 太陽半径（約 620 万キロ）の地点を目指す。



NASA's Parker Solar Probe Touches The Sun For The First Time



Parker Solar Probe--Mission Overview

<https://news.yahoo.co.jp/articles/078234c704ebf41caf893928fc88aa3f612a2a58>

地球は 8400 万年前に 12 度傾き、元に戻った 12/15(水) 20:00 配信

BUSINESS INSIDER  
JAPAN



[アメリカ航空宇宙局（NASA）の地球多色撮像カメラ（EPIC）で撮影された地球の写真。](#)

※本記事は、2021年7月4日に掲載した記事の再掲です。8600万年前から7900万年前にかけて、地球は傾いて少し横倒しになり、また元に戻っていたことが、最新の研究で明らかになった。[【全画像をみる】地球は8400万年前に12度傾き、元に戻った](#) 当時の地球は、今と比べて12度傾いていた。ニューヨーク市が現在のフロリダ州の位置に移動するくらいの傾きだ。地球の地殻は、地球表面の重量分布によって、そんなふうに動くことがある。ティラノサウルス・レックスやトリケラトプスが歩きまわっていた[白亜紀](#)後期に地球を宇宙から眺めることができたなら、地球全体がやや横倒しになっているように見えただろう。最新の研究によれば、およそ8400万年前には、地球は今と比べて12度傾いていたという。「12度傾くということは、それと同じだけ緯度に影響を与えていただろう」。この論文の共著者であるダートマス大学の地球生物学者サラ・スロツニック (Sarah Slotznick) は、Insider にそう話した。12度傾くと、ニューヨーク市はおおよそ現在のフロリダ州タンパの位置に動くことになる、と彼女は続けた。地球を[トリュフ](#)チョコレートだと想像してみしてほしい。粘度の高い中心部を、硬い外殻が包む球体だ。中心部では半固体のマントルが、液体の外核を取り巻いている。トリュフの最上層、つまり地球の地殻は、パズルのようにぴったり組み合わさったプレートに分かれている。大陸と海を乗せたそうしたプレートは、マントルの上でサーフィンをしているような状態だ。この最新研究では、8600万年前から7900万年前に、地殻とマントルが、地球外核の外縁に沿うように回転し、また元に戻っていたことがわかった。つまり、地球全体が傾いたあと、起き上がりこぼしのように元に戻ったという。

### 磁性鉱物を使って地球の傾きを追跡

古地磁気データと呼ばれるものを分析すれば、何百万年も前に、どのプレートがどこに位置していたのか、その全体像を知ることができる。2つのプレートの接合部にある溶岩が冷えると、その結果としてできた岩石の一部は、磁性鉱物を含むものになる。この磁性鉱物の向きは、その岩石が固まった時点での地球の磁極の向きと一致している。その岩石を含むプレートが移動した後でも、磁性鉱物の向きを調べれば、そうした天然の磁石が、過去に地球上のどこに存在していたのかを導き出すことができる。この研究では、イタリアで採取した大昔の石灰岩の磁気の向きを調べ、地球が傾いてまた元に戻るまでの期間に、地殻が100万年あたり約3度ずつ動いていたことを発見した。「これほど本格的な往復の動きが見つかるとは、予想していなかった」中国科学院の地球物理学者で、スロツニックとともに論文を執筆したロス・ミッチェル (Ross Mitchell) は [Business Insider](#) にそう話した。

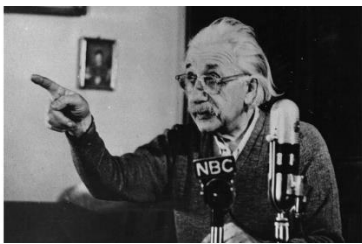
### 次ページは：[プレートの沈み込みが、地球を傾かせる可能性](#) プレートの沈み込みが、地球を傾かせる可能性

地球を、回転するコマのようなものだと考えると、重量が均等に分布していれば、ぐらつくことなくきれいに回転するはずだ。だが、重量がどちらか片側に移ると、コマの重心が変化し、回転しながら重いほうへと傾くことになる。スロツニックによれば、[白亜紀](#)後期における地球の質量分布の変化では、外核から地殻へ向かうマントル・ブルームと呼ばれる高温岩体とマグマの上昇が重要な役割を果たした可能性があるという。だがミッチェルは、プレートの変化によっても地球の12度の傾きを説明できると言う。高温で密度の低い物質が、マントルの奥深くから地殻へ向かって上昇し、低温で密度の高い物質が核に向かって沈んでいくと、プレートとプレートが衝突する可能性がある。するとその衝撃で、一方のプレートが他方の下に沈み込む。白亜紀後期以前には、太平洋プレート (約1億平方キロメートルあまりにわたって太平洋の下に広がる、地球最大のプレート) が、北側で別のプレートの下に沈み込みつつあった。しかしおよそ8400万年前に太平洋プレートは別の方向、今度は西側にある別のプレートの下に沈み込み始めた。この変化は「地球のバランスを大きく変えた可能性がある」とミッチェルは言う。その後、地球が傾きを反転させて元に戻ったことも、ミッチェルにすれば意外ではないという。「地球の外側の層は、ゴムバンドのような弾力的な動きをする。ちょっとした移動のあと、弾かれたように元の状態に戻ったのだろう」とミッチェルは述べている。 [原文: Earth tipped over on its side 84 million years ago and then righted itself, new study finds] (翻訳: 梅田智世/ガリレオ、編集: Toshihiko Inoue)

Aylin Woodward

## アインシュタインが計算ミスしたメモが 15 億円で買い取られる

12/15(水) 20:30 配信 GIZMODO



[アインシュタインが計算ミスしたメモが 15 億円で買い取られる](#)

天才にも計算ミスってあるんだね。20世紀きっての天才と言えば[アルベルト・アインシュタイン](#)。特殊相対性理論と一般相対性理論を打ち立て、ブラックホールと重力波の存在を数学的に導き出し、現代物理学の礎を築いたのがアインシュタイン博士でした。[【全画像をみる】アインシュタインが計算ミスしたメモが 15 億円で買い取られる](#) その博士直筆の計算メモがこのたびオークションにかけられ、日本円にしておよそ 15 億円 (13,383,000 ユーロ) のお値段で落札されたそうです。

### 一般相対性理論の素地

文書は 1913~1914 年の間に書かれたもので、ぜんぶで 54 ページ。うち 26 ページはアインシュタイン自身を書いたもの、25 ページは同僚で旧友のミケーレ・ベッソ氏によるもので、残りの 3 ページはアインシュタインとベッソと一緒に書いたものだそうです。アインシュタインはベッソと 10 年以上前にコンサートで知り合って意気投合し、1904 年には当時働いていた特許事務所でベッソも職を得られるように取り計らったのだとか。アインシュタインの「奇跡の年」と呼ばれる 1905 年に発表された重要な論文 (あの有名な  $E=mc^2$  も含まれている特殊相対性理論や光量子仮説など) の執筆にもベッソが関わっていたそうです。アインシュタインの筆跡はご覧のとおり緻密で丁寧です。計算と計算を区切るための横棒まできちんと引かれていました。その反面、あくまでメモ用紙だったんだな~と思わせる特徴もあって、一部の計算にはバツ印が書かれていたり、メモ用紙そのものがちぎりとれている箇所も。ABC News によれば、回転運動の相対性を正確に記した式の横には「Stimmt!」(ドイツ語で「合ってる!」の意) とのコメントが添えられていたそうです。この文書の全容はこちらで公開されています。競主は匿名で、電話参加だったとのこと。一体どんな思い入れがあって購入を決意したのでしょうか。

### 完璧じゃないからこそ価値がある

アインシュタインがノーベル物理学賞を受賞したのは 100 年も前のことでしたが、今でも計算メモに 15 億円の値札がつくほどの人気っぷりです。存命中にもカルト的な人気を誇っていたため、アインシュタインにまつわるありとあらゆるモノが廃棄を免れ、結果として今回のような非公式な文書も残されました。最近では鳥とハチについて熟考した未発表の書簡が話題になったりもしましたよね。ところで、今回競り落とされた計算メモ。実は計算ミスが含まれていました。太陽の質量を誤って記入した箇所があり、そこから派生した誤差がほかの計算にも引き継がれてしまっていたそうです。今となってはもちろん是正されていますが、それでも最初のミスが仇となって計算を狂わせてしまった行程が見受けられるそうです。天才も時には間違えるんだ…! もしかしたら、ミスがあったからこそこの計算メモの価値が高まったのかもしれないですね。アインシュタインが取り組んだ物理学の問題は決して単純なものではありませんでした。メモ用紙にしたためられた何十ページにも及ぶ考察から、ある時花火のようにひらめきが打ち上がる。その花火の美しさだけについ見とれてしまいがちですけど、花火を作り出した火薬の調合まで詳しく知りたい人にとって、このメモ用紙はまさにプライスレスなんじゃないでしょうか。 Reference: ABC News 山田ちとら

## 1150 年近い伝統を誇る醍醐寺が NFT で宇宙寺院を建立？何がどうなっているのか聞いてみ

た【連載】NFT が起こすデジタルアートの流通革命(12)

12 月 16 日 (木) 19 時 0 分 [FINDERS](#)



足立 明穂 ITトレンド・ウォッチャー、キンドル作家

シリコンバレーで黎明期のインターネットに触れ、世界が変わることを確信。帰国後は、IT ベンチャー企業を転々とする。また、官庁関係の仕事に関わることも多く、P2P の産学官共同研究プロジェクトでは事務局でとりまとめも経験。キンドル出版で著述や、Podcast で IT の最新情報を発信しつつ、セミナー講師、企業研修、IT コンサル業務などをおこなうフリーランス。

新刊発売中！『だれにでもわかる NFT の解説書』（ライブパブリッシング刊）

キンドル本『NFT 解説本』

Podcast 番組『週刊 IT トレンド X』

拙著『だれにでもわかる NFT の解説書』（ライブ・パブリッシング刊）が、まだまだ売れ行き好調で、MARUZEN&ジュンク堂書店の渋谷店さんでは、専門書週間ランキング 1 位になりました。ありがとうございます。

今回は、1150 年近い歴史を誇る、京都の醍醐寺（だいごじ）が NFT を利用した「宇宙供養」の実施と「宇宙寺院」を建立するというので、醍醐寺の仲田順英統括本部長と、共同事業者であるテラスペース株式会社の北川貞大代表取締役役にお話を伺ってきました。ちなみに醍醐寺といえば、12 月 8 日まで「[落合陽一](#) 物化するいのちの森 - 計算機と自然 - 醍醐寺 Exhibition」が開催されていました。このイベントでは 2018 年の台風によって樹木が倒れた参道脇の森林跡地での「デジタルアートで表現した森」、そして霊宝館では初層の壁画の曼陀羅、空海の肖像画など貴重な美術を落合氏が写真撮影し、500 年以上保存可能とも言われるプラチナプリントによる印刷で展示しており、物質とデジタルデータのどちらが長く残っていくのかを考えさせられる面白いプロジェクトでした。私のブログでも紹介記事を書いているので、ぜひご覧ください。

翻弄される権力の中で「伝統」を守り続けてきた醍醐寺



宇宙寺院プロジェクトの概要図

醍醐寺というと桜や紅葉で全国的に有名ですが、歴史を紐解くと常にその時の権力に翻弄されていたことがわかります。平安時代初期の 874 年に、弘法大師空海の孫弟子である聖宝理源大師が開山し、聖宝は同山頂付近を

「醍醐山」と名付けたのが始まり。時の帝・延喜帝が、子宝に恵まれるように願掛けをして二人の子供を授かったことから醍醐天皇と名乗るようになりました。室町時代には応仁の乱などで荒廃しますが、安土桃山時代には豊臣秀吉が花見をする寺として栄えることになります。その後も明治時代の廃仏毀釈の嵐を耐え抜くなど、さまざまな権力に翻弄されながらも、「お寺にある宝物（伝統の心）を守り抜き、数多くの国宝、文化財など約15万点を未来に伝えていく」（仲田氏）ことを続けているそうです。

## 醍醐寺の宇宙供養と NFT



### 人工衛星の内部イメージ図

テラスペース株式会社の北川貞大代表取締役（写真左）と、醍醐寺の仲田順英統括本部長（写真右）

そのような伝統を持つ醍醐寺と宇宙供養は、どのようにつながるのでしょうか？ 醍醐寺は真言密教のお寺で、瞑想しながら宇宙とつながり、宇宙の中で生かされているということを実感することが重要とされています。だからこそ、人工衛星を打ち上げてそこに宇宙寺院を建立することは、醍醐寺の教えに合致しているのです。

プロジェクトの開始は今年 2021 年。実施主体は「浄天院劫蘊寺（じょうてんいん ごううんじ）」という新たな宗教法人を立ち上げ、2023 年の打ち上げを目指しています。また今年 2 月からは、地球と宇宙の安全を祈る「宇宙法要」も月 1 ペースで定期的に行っており、他宗派の寺院も含め幅広く提携先を募っています。

宇宙供養のために人工衛星の開発・打ち上げを行うテラスペースは、レンタルサーバーやクラウドサービス事業などを手掛けるカゴヤ・ジャパンの代表取締役会長 CEO である北川貞大氏が、京都大学経営管理大学院に在学中の 2020 年に設立。打ち上げる人工衛星は 10 センチ×20 センチ×30 センチの小さな箱型で、僧侶が供養した遺影や戒名、HP で募った「宇宙祈願」をデータとして中に収めます。

人工衛星の寿命は 5～10 年と想定しており、物体としてはその後大気圏で流れ星となって燃え尽きますが、ブロックチェーン上に刻み込まれたデータとしては永遠に残る、という仕組みです。「供養や法要を NFT 化することで、ブロックチェーンに刻み込むことで何十年、何百年先も供養や法要された心の拠り所をデジタルの技術で支えていく」（北川氏）そうです。なんとも壮大な話ですが、これからのデジタル化していく世界、技術革新が進む世界では、一般の企業だけでなく宗教界でも大きな変革を求められています。このような中で、宇宙事業を展開するテラスペースと、宇宙という概念が教えにある醍醐寺とか事業提携したのも頷ける話です。

### 墓石は 150 年しか持たない。NFT は？

いきなりですが、墓石ってどれぐらい形をとどめているものだと思いますか？ 歴史上の人物のお墓があるので、何百年でも雨風に耐えられると思ってしまいますよね。ところが、実際のところは、墓石であっても水が浸透しひび割れが起きて 150 年ほどしか持たないと言われていています。この墓石ですが、一般庶民に広まったのは江戸中期以降で、特に昭和になって核家族化が進んだことで全国に「〇〇家の墓」という墓石にするのが一般的になったそうです。明治元年が 1868 年で、それから 150 年が経過したのが 2018 年。これから全国の墓石もひび割れなどが目立つようになり、少子化やコロナ禍でのお墓参りの回数も減ったことも重なって「今後、全国的にお墓の問題が大きくなっていく」（醍醐寺 仲田順英統括本部長）ことになります。

NFTであれば、インターネット上のブロックチェーンに刻み込まれ、何十年先・何百年先でも供養や法要の記録は残っており、墓石のようにひび割れたり、欠けたりするという事もあります。物理的に墓参りなどが難しくなっているからこそ、ブロックチェーンを利用し何百年後にもお参りできるようにデジタルを活用する時代へと移行する必要が出てきているのです。

### NFTで記録され、永遠に残していくべきものとは？

デジタル情報は劣化することなく、一部のデータが欠損したとしても修復する仕組みも組み込むこともできるので、永遠に記録されると思っていいでしょう。ただ、このような技術が生まれていくのはいいのですが、そこに「何を」記録して残していくべきかを議論していかななくてはならないと思います。

昨今のNFTアートのバブルに乗じて何でもかんでもNFTにすればいいといった風潮がありますが、今回紹介したような醍醐寺のように未来に対して何を残していくべきか、何が大事なのかをしっかりと考え抜くことが、今生きる私たちの責任ではないでしょうか。

[https://news.biglobe.ne.jp/domestic/1217/mai\\_211217\\_3951688471.html](https://news.biglobe.ne.jp/domestic/1217/mai_211217_3951688471.html)

## 宇宙ノオンセン県…大分が新戦略 宇宙人と自己申告すれば特典

12月17日（金）12時53分 [毎日新聞](#)



ハグで「宇宙人U」を歓迎する女将の諫山さん＝日田市のみくまホテルで2021年12月16日午後2時15分、津島史人撮影 [写真を拡大](#)

「おんせん県おおいた」をPRする大分県が、宇宙をテーマにした新たなシティープロモーション「宇宙ノオンセン県オオイタ」を始めた。米企業と提携して計画する大分空港の水平型ロケットの打ち上げ拠点（宇宙港）化の取り組みと連動し、その魅力を内外へアピールする。

日田市の「みくまホテル」には16日、「歓迎 宇宙人御一行様」と書かれた看板が出された。現れたのは、つり上がった目、卵形の頭をした「宇宙人U（ゆー）」。速足で歩く先はトイレの前。「宇宙人の男性」を意味するピクトグラム（絵文字）を確認し、安心した様子で中に入った。

この日、報道関係者に公開されたプロモーションの一幕だ。Uは「湯」から名付けられた呼び名で、星巡りをする途中で大分に立ち寄ったという設定だ。PR用のポスターは、日本語と宇宙語の両方を用意した。

新たなプロモーションには16日現在で県内45の宿泊施設が参加。来年2月まで、県内の旅館やホテルで「自分は宇宙人です」と自己申告すれば特典が受けられる「宇宙人割」を展開する。宿泊する際、宇宙人であれば、お菓子や炭酸水、「宇宙ドリンク」の提供、中には宿泊割引をする施設もある。インターネットで「宇宙ノオンセン県オオイタ」と検索すると、Uの入浴シーンなどの動画を「目撃情報」として見ることもできる。Uをハグして歓迎した同ホテルの女将（おかみ）、諫山節子さん（71）は「宇宙人を、どうやってもてなそうか一生懸命考えてます」とほほ笑んだ。県は2020年4月に米企業「ヴァージン・オービット社」と提携。同社は小型人工衛星を格納したロケットを大型航空機に装着し、空中でロケットを発射する「水平型」打ち上げ方式を確立し、22年以降に大分空港での打ち上げを実現したいとしている。県によると、プロモーションは、宇宙への動きと合わせてコロナ禍や豪雨災害でダメージを負った宿泊施設を元気づける狙いもあるという。【津島史人】

## 「宇宙人割」でおもてなし【宇宙人？へのインタビュー動画】 2021/12/17 06:09 (JST)© 株式会社西日本新聞社

本新聞社



大分県のホームページで公開されている映像（県提供）

「宇宙人割」をアピールする温泉旅館「みくまホテル」のおかみ（左）と...=16日午後、大分県日田市大分空港（大分県国東市）が来年にも人工衛星の打ち上げ拠点「宇宙港」になるのをアピールしようと、大分県は16日、県内の温泉施設で宇宙人を対象に宿泊料金の割引などを実施する「宇宙人割」を始めた。「宇宙人です」と自己申告すれば利用できる。県の担当者は「新型コロナウイルスの感染対策をした上で、宇宙からの来訪をお待ちしています」と真剣だ。

「日本一のおんせん県」を打ち出している大分県は、「宇宙港」計画をきっかけに「宇宙ノオンセン県オオイタ」キャンペーンを13日から実施中。県の特設サイトで温泉や観光を楽しむ「宇宙人」の姿や、風呂おけ形の未確認飛行物体（UFO）の映像を公開するなど、宇宙を前面に押し出してPRしている。

<https://news.yahoo.co.jp/articles/f02438c6351d89ac815f65386951b0163d7b54f2>

## 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？

12/17(金) 7:02 配信  現代ビジネス



[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4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、私たちが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、星や私たち生物を形作る物質のもと=元素がいつ、どのように誕生したかに迫ります。 -----

### 元素の起源

生物をできるだけ細かくすりつぶし、分子でできた複雑な機械をバラバラにすれば、その生物が何であったにせよ、同じ6種類の原子が含まれているだろう。その6つとは、炭素、水素、酸素、窒素、リン、硫黄である。学生はこれを覚えるために、頭文字を並べて SPONCH と言ったりする[Sは硫黄、Pはリン、Oは酸素、Nは窒素、Cは炭素、Hは水素の頭文字]。生命の原材料であるこれらの原子は、どこから来たのだろうか？ この問いにはすでに答えが与えられており、その答えそのものが、現代宇宙論の偉大な成功物語のひとつを体現している。どんなに複雑な原子でも、それを作るレシピは簡単だ。正しい数の陽子を正しい数の中性子と混ぜ合わせて、小さな球(原子核)に詰め込み、陽子と同数の電子をその球の周囲にまとわせ、量子物理学の命じる軌道に乗せてや



ればよい。これで原子の出来上がりだ。難しいのは、レゴのパーツを組み合わせるのとは違って、原子を構成する粒子たちはすんなり組み合わせられてはくれないことだ。これらの粒子たちのあいだには強い引力や斥力が働くため、原子核の内部に簡単には入っていけない。とくに陽子は、みな同じ大きさの正の電荷を持ち、互いに電氣的斥力を及ぼし合うため、原子以下のスケールで働く強い核力が支配的になる領域に押し込もうとすれば、途方もなく高い温度と圧力が必要になる。ビッグバン直後の激烈な条件は、それ以降のどの時刻のどんな条件よりも極端だったため、陽子たちが電氣的斥力を乗り越えて原子核を作るには絶好の環境だったように見えるかもしれない。超高密度の陽子と中性子が激しくぶつかり合えば、正しい数の陽子と正しい数の中性子の集団がおのずと形成され、周期表上の原子が次々と合成されていくだろう、と。 実際、それこそは、ジョージ・ガモフ (ソビエトの物理学者で、1932年に試みた最初の亡命では、ほとんどコーヒーとチョコレートだけを持って、カヤックを漕いで黒海を渡ろうとした)と、彼の指導する大学院生ラルフ・アルファが、1940年代の末に提案したことだった。

[次ページは：ビッグバンで生まれた原子はたったの5種類？](#) [ビッグバンで生まれた原子はたったの5種類？](#)



[ジョージ・ガモフ photo by gettyimages](#) [サー・アーサー・エディントン photo by gettyimages](#)

ガモフとアルファはおおむね正しかった。ひとつ見落としていたのは——ガモフとアルファはそれに気づいた——ごく初期の宇宙は、温度が高すぎたことだ。初期宇宙では、空間は猛烈な勢いで飛びまわる超高エネルギーの光子で満ちていたため、陽子と中性子が結合するなり、その結合は光子によって打ち壊されただろう。しかし、宇宙誕生から1分半ほど経過すると——猛スピードで状況が変わる初期宇宙では、1分半は十分に長い時間だ——、状況は変わったはずだということに、ふたりは気がついた。その頃になると温度は十分に下がり、典型的な光子のエネルギーでは強い核力に打ち勝てなくなって、最終的には、陽子と中性子は結びついたままでいられるようになっただろう。もうひとつ、ふたりが見落としていたのは、複雑な原子の合成は、時間のかかる複雑なプロセスだということだ——こちらは後年明らかになったことだ。複雑な原子を合成するためには、処方箋通りの個数の陽子と中性子が寄り集まって、一連の特殊な段階を踏まなければならない、そしてできた粒子の集合は、やはり複雑な特定の粒子の集合とたまたま出会わなければならない、しかもその両者が混じり合って融合しなければならない……と、きわめて特殊な段階を順番に踏む必要がある。美味しい料理のレシピと同様、素材を混ぜ合わせる順番はきわめて重要だ。そして、そのプロセスをとくに厄介にしているのが、中間段階に現れる陽子と中性子の集合の中には、不安定なものがあることだ。その場合、粒子たちが集合してもすぐにバラバラになってしまうため、料理の段取りが狂い、原子の合成がスムーズに進まなくなる。そういう段取りの遅れが、大きな問題になるのだ。というのも、初期宇宙が猛烈なスピードで膨張するにつれて温度と密度はどんどん下がり続けるが、そのことは、陽子と中性子が十分に接近して融合できる時間の窓は、それほど大きくないということの意味するからだ。宇宙創造から10分ほど経つと、温度と密度が下がりすぎて、もはや原子核反応は起こらなくなるだろう。 今述べたことを定量的に調べると——アルファが博士論文の中で最初にその仕事に取り組み、その後多くの研究者によって改良された——ビッグバン直後の時期に合成されたのは、周期表のはじめからいくつかの原子核だけだったことがわかる。 計算から、それら軽い原子の存在量の比が得られる——水素(1個の陽子)が約75パーセント、ヘリウム(2個の陽子と2個の中性子)が約25パーセント、ごく微量の重水素(1個の陽子と1個の中性子からなる重い水素)、ヘリウム3(2個の陽子と1個の中性子からなる軽いヘリウム)、リチウム(3個の陽子と4個の中性子)だ。原子の存在量に関する詳細な天文学上の観測データから、理論から得られたこれらの比は、現実の宇宙の元素の存在比とよく合うことが確かめられた。こうして理論と観測のみごとな一致が示されたことは、ビッグバン後の数分間に起こったプロセスの詳細を明らかにする、数学と物理学の

勝利である。

### [次ページは：元素合成は鉄を目指す](#) 元素合成は鉄を目指す

生命にとって不可欠ないくつかの原子をはじめ、もっと複雑な原子はどうなるのだろうか？ 複雑な原子の起源について初めて提案がなされたのは、1920年代のことだった。イギリスの天文学者サー・[アーサー・エディントン](#)(「[アインシュタイン](#)の一般相対性理論を理解している3人のうちのひとりだそうですね？」と尋ねられて、「3人目は誰だろう」と言ったことで有名)は、複雑な原子の起源について正しい考えを得ていた。恒星の内部は高温だから、複雑な原子をゆっくりと料理するには、お誂え向きだろうというのだ。この提案は、ノーベル賞受賞者のハンス・ベータ(私がコーネル大学の教授陣に加わったとき、私の研究室の隣がベータの研究室で、午後4時きっかりに聞こえてくる彼の大きなくしゃみで時計を合わせることができた)、この分野で絶大な影響を振るうことになったフレッド・ホイル(1949年に放送されたBBCのラジオ番組で、たった一度の大きな爆発で宇宙が創造されたとするこの説を嘲笑してビッグバンと呼び、図らずも科学分野でもっとも簡潔で力強いニックネームを生み出した)をはじめ、何人もの優れた物理学者たちの手を経て、成熟した予測能力を持つ物理的なメカニズムになった。ビッグバン直後に起こった変化の猛烈なスピードに比べると、恒星は、何百万年、ことによると何十億年ものあいだ安定した環境を与えてくれる。陽子と中性子が集まってできた中間状態が不安定なら、核融合のパイプラインはそこで停滞するが、十分な時間がありさえすれば、ゆっくりとなら元素は合成できる。そのため、恒星の内部では、ビッグバンの直後とは異なり、水素がヘリウムになっても元素合成は終わらない。十分に質量の大きな恒星は、そこからさらに原子核同士を融合させて、周期表の先のほうにある、より複雑な元素を合成する。そしてその過程で、大量の熱と光を生み出し続けるだろう。たとえば、太陽質量の20倍の質量を持つ大きな恒星は、その一生のうち最初の800万年間は、水素を融合させてヘリウムを作り、その後の100万年間は、ヘリウムを融合させて炭素と酸素を作る。それが終わると、恒星の中心部の温度はどんどん高くなり、それにつれて反応が急速にスピードアップする。その恒星が炭素を融合させてナトリウムとネオンを作り、原材料である炭素の在庫が尽きるまでには、1000年ほどかかるだろう。そこから6ヵ月でさらなる核融合が起こってマグネシウムが合成され、それからの1ヵ月ほどで硫黄とケイ素が合成される。その後わずか10日ほどで、残る原子が融合して鉄が合成される。このプロセスは鉄でいったん停止するのだが、それには十分な理由がある。鉄の陽子と中性子は、あらゆる元素の中でもっとも強く結合している。その結合の強さが重要なのだ。鉄の原子核にさらに陽子と中性子を詰め込んでもっと重い元素を作ろうとしても、鉄の原子核は、それ以上陽子や中性子を受け入れない。鉄の原子核はその剛腕で、26個の陽子と30個の中性子を強く締め上げ、可能なかぎりのエネルギーをすでに搾り取り、放出している。このうえ陽子と中性子を付け加えるためには、むしろエネルギーを入力——出力ではなく——しなくてはならないのだ。その結果として、鉄に到達した時点で、徐々に大きく複雑な原子を合成して熱と光を出してきた恒星の核融合プロセスは、ゆっくりと停止する。あなたの家の暖炉に溜まった灰のように、鉄はそれ以上燃えることができないのだ。では、有用な元素である銅や水銀やニッケルや、人々が好きな銀、金、プラチナ、エキゾチックな重元素であるラジウムやウランやプルトニウムなど、鉄より大きな原子核を持つ原子はどこから来たのだろうか？

### [次ページは：重い元素は天体同士の衝突で生まれた](#) 重い元素は天体同士の衝突で生まれた



[photo by gettyimages](#)

科学者たちは、そういう元素にはふたつの出所があることを突き止めた。恒星の中心部がほとんど鉄になると核融合が停止して、外向きに押し出すように作用するエネルギーと圧力が生み出されなくなり、重力による

内向きの力に対抗するものがなくなる。すると恒星は崩壊しはじめる。 恒星の質量が十分に大きければ、物質は猛烈な勢いで恒星の中心部に向かって落下する、これを「爆縮」という。それが引き金となって、中心部の温度が跳ね上がり、落下した物質が外向きに跳ね返されて宇宙空間に飛び出す。そのときに生じる激しい衝撃波が、恒星の中心部から表面に向かう途中で出会った原子核を強く圧縮する。その激しい圧力によって、鉄より大きな原子核が合成される。激しく踊り狂う粒子たちによって、周期表で鉄より重い原子核がすべて合成されるのだ。そして、衝撃波が恒星の表面に到達したとき、さまざまな原子がまとめて宇宙空間に吹き飛ばされる。 重い元素の第二の出所は、中性子星同士の荒々しい衝突だ。中性子星は、太陽質量の 10 倍から 30 倍ほどの質量を持つ恒星が、今まさに死なんとする断末魔の中で作り出す天体だ。中性子星は、ほぼ中性子——陽子に変身することのできるカメレオンのような粒子——でできているため、原子核を作る材料に不足はない。 しかし、ひとつ乗り越えなければならない壁がある。中性子は、中性子星のすさまじい重力から解放されなければ原子核を作ることができないのだ。そのために好都合なのが、中性子星同士の衝突である。その衝突の衝撃で、中性子は柱のように噴出する。中性子は電荷を持たず、電気的な斥力を感じないため集団を作りやすい。そうして集団になった中性子のいくつかは、カメレオンのスイッチを切り替えて陽子になり(そのとき電子と反ニュートリノを放出する)、複雑な原子核ができるのだ。 2017 年には、中性子星同士の衝突によって発生した重力波が検出され(それは最初の重力波が検出された後のことだ。最初に検出されたのは、2 個のブラックホールの衝突で生じた重力波だった)、それまでは理論的なおもちゃだった中性子星の衝突による原子核合成は、観察可能な事実の領域に入った。 検出に続いて怒濤のように分析が行われ、中性子星同士の衝突は、超新星爆発よりもいっそう効率的に、しかもいっそう多くの重い元素を生み出すことが示された。宇宙に存在する重い元素の大部分は、天体同士の激しい衝突によって作り出されたのかもしれない。 恒星内部の核融合で作られたのちに超新星爆発で放出されるか、または星同士の衝突で放出された粒子の柱の中で合成されるかしたさまざまな原子は、宇宙空間を漂い、やがて空間の中で渦を巻き、大きなガス雲に成長し、長い時間をかけて寄り集まり、新たな恒星や惑星となり、最終的にはわれわれを作り上げた。それが、あなたがこれまでに会ったものすべてを作り上げている材料の起源である。(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>)

<https://www.cnn.co.jp/fringe/35181029.html>

## 火星に「大量の水」発見、グランドキャニオンより巨大な渓谷で

2021.12.17 Fri posted at 12:08 JST

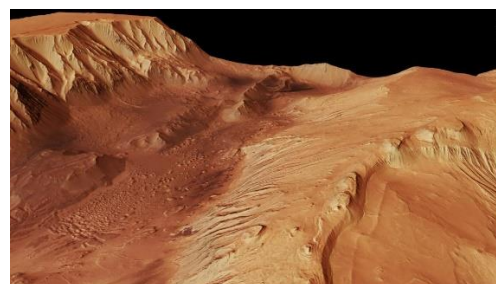
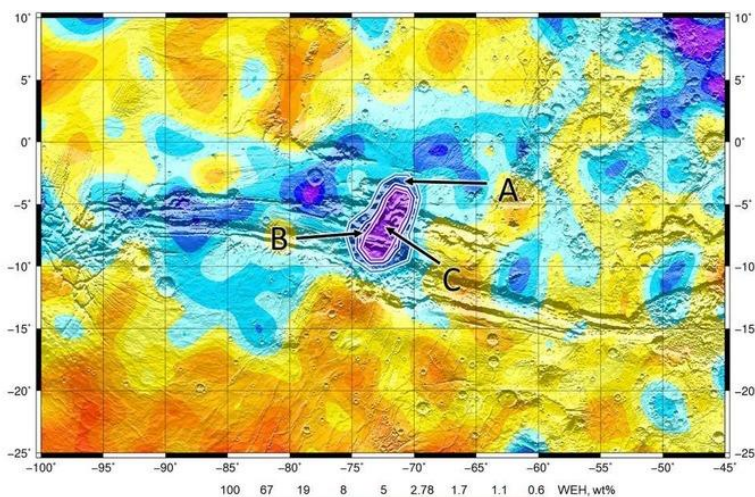


N A S A の探査機オデッセイが撮影したマリネリス峡谷/Handout/Getty Images North America/Getty Images (CNN) 火星にあるグランドキャニオンより大きな渓谷を周回機で調べた結果、地表付近に「大量の水」が存

在することが分かった——。欧州宇宙機関（ESA）がそんな調査結果を明らかにした。

ESAとロスコスモスの共同ミッションで2016年に打ち上げられた周回機「エクソマーズ微量ガス周回探査機」が、火星のマリネリス峡谷で水を検出した。この渓谷は米国のグランドキャニオンに比べ全長10倍、深さ5倍、幅20倍の大きさを誇る。水はこの渓谷の下に位置しており、探査機に搭載された高分解能エピサーマル中性子検出器「FRIEND」によって検出された。同機器は火星の地表下約1メートルにある水素の分布を調査できる。火星の水の大半は極地方に存在し、氷として固まったままの状態にある。マリネリス峡谷は赤道のすぐ南に位置するため、水が氷の状態でも維持されるほど気温が下がることは通常ない。

一連の観測内容は2018年5月から21年2月にかけて同探査機が収集した。火星では以前、他の探査機が地表のすぐ下を調べた結果、砂塵（さじん）の下に少量の水が検出されたこともある。



周回機が捉えた地図。高濃度の水が検出された部分が青や紫で示されている/I. Mitrofanov/ESA

2006年7月に撮影されたマリネリス峡谷北部/ESA/DLR/FU Berlin

今回の発見について詳しく記した論文は15日の科学誌「イカロス」に発表された。

論文を執筆したFRIENDの主任研究員、イーゴリ・ミトロファノフ氏は「(微量ガス周回探査機なら)砂塵の層の1メートル下を透視して、火星の地表下で本当は何が起きているかを見ることができる。重要なのは、以前の機器では検出不可能だった豊富な水をたたえる『オアシス』を発見できる点だ」と語る。

FRIENDでの調査の結果、マリネリス峡谷には大量の水素が存在することが判明した。これらの水素が水分子として結合していると仮定すると、地表付近の物質の実に40%は水だとみられるという

<https://www.cnn.co.jp/fringe/35180974.html>

## NASAの火星探査車から「全く予想外」の発見 サンプルの岩石は溶岩由来と判明

2021.12.16 Thu posted at 20:30 JST



NASAの火星探査車で撮影したジェゼロ・クレーターの画像/MSSS/ASU/JPL-Caltech/NASA

(CNN) 米航空宇宙局(NASA)の火星探査車「パーサビアランス」の着陸地点となった火星の岩盤は、かつて溶岩流によって形成されたものであることが明らかになった。火星着陸からわずか10カ月の時点で「全く

予想外」の発見だと、ミッションに携わる科学者らは驚きをあらわにしている。

これまでパーサビアランスが画像を撮影した現地の岩盤は堆積(たいせき)岩と考えられていた。今回の発見は、15日開催の米ニューオーリンズでの米地球物理学連合(AGU)秋季会合で発表された。

パーサビアランスが調べているジェゼロ・クレーターには太古の昔に湖が存在したとされる。これまでサンプルとして採取した岩石からは、複数回にわたる水との接触を確認。一部には有機分子が含まれていることも分かった。科学者らは数年間、同クレーターの岩盤について、太古の川に流されてきた物質の層からなる堆積岩なのか、あるいは溶岩流が冷えてできた火成岩なのか疑問を呈してきた。パーサビアランスのプロジェクトに関わる米カリフォルニア工科大学のケン・ファーリー氏は声明で、答えは見つからないとあきらめかけていたと説明。しかしパーサビアランスがドリルで削り取った岩盤の表面のサンプルがすべてを変えたという。


#### 「岩石中の結晶が決定的な証拠になった」(ファーリー氏)

科学者らはパーサビアランスに搭載された精緻(せいち)な機器を通じ、サンプルの組成や鉱物の含有量を分析。大型のカンラン石の結晶が輝石の結晶に囲まれて存在しているのを突き止めた。どちらの鉱物も、当該の岩石が溶岩流から形成された事実を示す。ファーリー氏によると、マグマがゆっくりと冷えて固まったこれらの岩石は、水との複数回の接触で変質している。サンプル中に新たに形成された鉱物を研究することで、当時のジェゼロ・クレーターの気候や環境がどのようなものだったか、表面に湖が存在した年代はいつか、といった謎を解く手がかりが得られる可能性がある。火星全体の初期の歴史についても、より理解を深められるという。

これまでにパーサビアランスが採取した岩石サンプルは4つ。計画では最大37のサンプルを集めることになっている。これらのサンプルについては将来のミッションで地球へ持ち帰った後、詳細かつ多様な手法による研究が行われる予定だ。かつて火星に生命が存在したのかどうかも、明らかになる可能性がある。

<https://news.yahoo.co.jp/articles/6bb52b2c98535276bf7b06d91d5b3708125d54d8>

## 近未来、人類は火星に移住する!?イーロン・マスク氏が計画 人は短命に?片道切

符?課題を解説 12/16(木) 11:40 配信 



### [テスラのイーロン・マスクCEO=ベルリン近郊、8月\(提供=ロイター/共同通信社\)](#)

日本では衣料品通販大手ZOZO創業者・前澤友作氏の宇宙旅行が話題になっているが、洋の東西を問わず、実業家として財をなした人物が宇宙を目指すケースはよくある話だ。中でも、TIME誌の2021年版「今年の人」に選出された米テスラ最高経営責任者(CEO)で、個人資産が31億ドル(約35兆円)を超える「世界の金持ち」、イーロン・マスク氏は「火星移住計画」という桁外れの構想をぶち上げている。果たして、実現の可能性はあるのだろうか?同計画に詳しい女優でジャーナリストの深月ユリア氏が、よるずん~ニュースに対して、その詳細や今後の課題について解説した。[【写真】赤い惑星である火星 ここに人類が住む日が来るのだろうか](#)

◇ ◇ ◇ 【イーロン・マスク氏の火星移住計画】 2020年9月、メキシコで開催された国際宇宙会議(IAC)で 人類の「火星移住計画」を発表した電気自動車メーカー、テスラのCEOで世界的な大富豪のイーロン・マスク氏。マスク氏は今年度も、クラブハウスの番組「グッドタイム」にて「あと5年半以内に人類が火星を訪れるだろう」と発言して、やる気満々である。マスク氏が率いる航空宇宙メーカー、スペースX社とXプライズ財団(競争的資金による技術革新を推進する財団)のプロジェクトとは、火星と地球が最接近する24年までに 再使用可能なロケットや宇宙船を開発し、火星に到達できる有人宇宙船の運用を開始し、26年までには火星までの有人飛行を成功させるというもの。そして、2040年から100年をかけて火星に100万人の人類を送り込み、火星に100万人が自給自足して暮らせる植民地を作るといふものだ。火

星までの航行期間は6か月、出発のチャンスは2年ごとに訪れるという。 マスク氏が構想する惑星間輸送システム（interplanetary transport system）は、1隻に100人の人員と物資を運搬できる宇宙船を1000隻造り、約1万回に分けて人員と物資を運ぶというものだ。 スペースX社はその目的に「MAKING LIFE MULTIPLANETARY=生命のある多くの惑星を作り出すこと」を掲げている。環境と生態系の破壊が進む地球には人類の明るい未来はなく、他の惑星に生命圏を広げることが人類の生存の為に必要だという。 【火星に移住したら人は短命になる？】 しかし、火星の環境は非常に過酷である。火星は南極並みに寒く、放射線が降り注ぎ、砂嵐が吹き荒れている。大気のほとんどは二酸化炭素で酸素はなく、大気圧は地球のおよそ160分の1しかない。そして、人間は長期間の無重力環境にいと、老化の進行が早まり、筋肉が萎縮し、骨からはカルシウムが流れ出て骨粗しょうになり、脳圧が上がって眼球を圧迫して眼球の一部も変形して視力も落ちてしまう。つまり、火星での生活は極めてリスクで、移住出来ても短期間で死んでしまう可能性があるのだ。 【火星への旅は「片道切符」？】 過酷な火星の環境が嫌になって、地球に帰還しようとしても、火星への旅は帰りの燃料がない「片道切符」になる可能性がある。スペースX社は火星の二酸化炭素と「火星の水」で帰りの燃料を合成する計画だ。しかし、「火星の水」はあくまでに岩石に含まれる形で残っていると予想されているものであり、実際に火星に飛行しても水が存在しなかったり、技術的に抽出できない可能性もある。NASA(米航空宇宙局)もマスク氏自身も火星移住の危険性について「参加者が死ぬ可能性は高い」「火星に人類が住むために、核兵器を使って人間が住めるように火星を開発していく必要がある」という。現時点では未だ多くの問題を抱えた火星移住計画だが、夢のある計画だ。激動する世の中で、科学技術の発展もめざましいが、人類が安全に火星に旅できる日は訪れるのだろうか…。 (ジャーナリスト・深月ユリア)

<https://www.newsweekjapan.jp/stories/world/2021/12/post-97648.php>

## 長期隔離実験で、火星移住には地球への反乱リスクがあることが判明

2021年12月13日(月) 15時30分 [青葉やまと](#)



「彼らは外部の統治機構からの完全な独立を図るかもしれません」 ..... e71lena-iStock

SIRIUS-21 participants prepare to launch international isolation experiment in Moscow

10年前に行われた「Mars500」プロジェクトの様子

<宇宙船での長期生活を模した複数の隔離実験において、クルー同士が団結し、管制室への反抗心を示す傾向がみられた。火星 vs 地球の構図も起き得る、と専門家は警告している>

宇宙開発は急速に進展しており、月あるいは火星への入植計画も現実味を帯びてきている。一方、技術の進展だけで補い難いのが人間の感情だ。閉鎖された宇宙船での長期の旅や、物資が限られた星での生活は、クルーの精神と共同生活に悪影響を及ぼす懸念がある。こうした心理面・行動面での課題を洗い出すべく、ロシア生物医学問題研究所（IBMP）はNASAと共同で、クルーたちを人工的な閉鎖環境に置く模擬実験を行なっている。今年11月から、「SIRIUS-21」と呼ばれる8ヶ月間の長期隔離実験がスタートした。

実験に参加しているのは、ロシア宇宙飛行士訓練センターのオレグ・ブリノフ指導教官など、ロシア・アメリカ・アラブ首長国連邦から選出された男女計6名だ。

ロシア国営通信の『[スプートニク](#)』によると、実験ではモスクワに設けられた模擬宇宙船にクルーたちが閉じこ

もり、発射から月へのフライト、他のモジュールとのドッキングや探査車の操作などの作業を経て、地球への帰還までを240日かけてシミュレートする。

### 見知らぬ6人が共同生活

外交問題専門誌の米[フォーリン・ポリシー](#)は、米露の緊張が高まるなか、SIRIUSは貴重な共同プロジェクトになると論じている。国際プロジェクトであるだけに、文化の違いがストレスを生むこともあるようだ。例えばアメリカ側スタッフは、いつも紅茶ばかり飲んでいるロシア側クルーの習慣に戸惑ったという。こうした些細なストレスが長期の閉鎖生活に与える影響を調べることも、実験の目的のひとつだ。8ヶ月の隔離期間中、クルーたちは分刻みの作業スケジュールをこなし、食事はフリーズドライの宇宙食、シャワーは週に1回のみという過酷な環境に置かれる。生活区画にも複数の監視カメラが置かれ、常時観察されている状態だ。米技術メディアの[CNET](#)は、「最大の夢とも最悪の悪夢ともいえる、リアリティある実験」だと述べている。

SIRIUS-21の実験は11月に始動したばかりで、クルーたちの行動の変化が観察されるのはまだ先になりそうだ。しかし、同種の実験は今回が初めてではない。過去のSIRIUSシリーズとして、2017年に17日間の隔離実験が行われ、翌2018年からは4ヶ月の長期実験が実施された。両実験でみられた傾向がこのほど論文にまとめられ、生理学の学術誌『[フロンティアーズ・イン・フィジオロジー](#)』に掲載されている。結果は憂慮すべきものだった。

### 管制室とのコミュニケーションが疎遠に

論文によると、2度行われた過去のSIRIUSプロジェクトでは、クルーから管制室へのコミュニケーションに変化が生じはじめた。隔離開始から17日間から120日間が経過したころが変化点になったという。

管制官に対して心情や要望などを打ち明けることが目立って減り、着陸のシミュレーションなど重要な作業時を除いては、連絡を取りたがらないようになっていった。クルー同士が密に連携して判断を行い、地上に頼らない傾向が目立つようになる。

### 次のページ通信がもたらす不信感

能動的に判断を行うこと自体は好ましいが、地球側とのコミュニケーションを疎かにしはじめたのは危険な兆候だ。論文の共著者でありロシア科学アカデミーに所属するディミトリー・シェヴド博士は、仮にこの傾向が進めば、火星入植者から地球への反乱もあり得るとして警鐘を鳴らしている。実際の火星入植後、クルーが実験時以上に高度な自律性を獲得した場合、「彼らは外部の統治機構からの完全な独立を図るかもしれません。つまり、火星人が地球人に反乱を起こす可能性があります」と博士は述べる。CNETはこの見解を取り上げ、『火星コロニーの模擬実験：惑星間の密なコミュニケーションなしではクルーが反乱に出る可能性』として記事にしている。英[インディペンデント紙](#)も論文の内容を受け、『将来の火星入植者たちがミッション・コントロールに反乱する可能性、研究結果が警告』と報じた。ただし博士は、少なくとも地球からの資源に依存しているあいだはこのような事態に発展しにくいとも述べ、解決までに時間的余裕があるとの考えも示している。

### 通信がもたらす不信感

クルーが管制室と距離を置くようになったのは、長期の隔離によって孤立感や閉塞感などを感じたためではないかと考えられている。これに加え、論文を共同執筆したIBMPのナタリア・サポーキナ氏は、通信遅延も大きな阻害要因であったと分析しているようだ。火星は公転の位置によっては地球と非常に離れるため、通信は最大で片道20分、往復40分の遅延を伴う。SIRIUSプロジェクトにおいてもこの状況を再現すべく、管制室とシミュレーション施設との通信に意図的に5分間の遅延を挿入していた。この結果、クルーたちは管制室から即座に判断を得られないことに不満と不信感を抱くようになり、自律的な決定を行い始めたのだという。管制室側としても推測に頼った対応を迫られることとなり、両者のコミュニケーションはますます悪化していった。実際の運用時には、管制室のサポート機能が損なわれる原因になるのではないかと懸念されている。一方、クルー内には良い傾向もみられた。互いに人種や性別の垣根を越え、問題解決のために結束する傾向が観察されたという。過去に500日間の隔離をおこなった「Mars-500」実験プロジェクトでも、同様の傾向が確認されている。閉鎖空間ではクルー同士の不和が懸念されるところだが、クルー対地上という構図も深刻な問題をはらんでいるようだ。

## 火星に行った宇宙飛行士は地球に連絡しなくなる？ 模擬火星植民地での実験結果

が明らかに 12/16(木) 6:00 配信 GIZMODO



### [火星に行った宇宙飛行士は地球に連絡しなくなる？ 模擬火星植民地での実験結果が明らかに](#)

むしろ、心配レベルで終わっていることがすごい。今、人類は火星を目指しているみたいですが、火星って遠いときには地球から3億km以上も離れていますし、地球とは異なる過酷な環境らしいじゃないですか。月に行くだけでも大変なのに、火星に行って人間はどんな行動をとるようになるのでしょうか？宇宙飛行士を目指す人たちは屈強なメンタルを持っていることは知られています。(それを確かめるようにJAXAも圧迫面接をして宇宙飛行士の素質を見抜いているらしい)。でも、人類が経験したことのないレベルでの長期的な閉鎖環境では、どんな行動を取るのか想像もつきません。そこで、ロシアの研究者たちが模擬火星植民地にグループを参加させてシミュレーションしたとIFLSが伝えました。

#### 外部から隔離されると、宇宙飛行士は自律して行動するように

Frontiers in Physiology に掲載された Project SIRIUS (Scientific International Research In Unique terrestrial Station) と呼ばれる実験は、2017~2019年の間に17日と120日の2回、チームを地球外の環境に置くというものでした。気になる結果ですが、距離が原因でコミュニケーションが遅れただけでなく、長期間にわたって地球と離れていたためにミッション・コントロールセンターから切り離されて、ほぼ自律して行動するようになったそうです。IFLSによると、過去のシミュレーションにおいて、宇宙飛行士が地球外に出るとミッションコントロールセンター(MCC)への報告回数が減る可能性が高いと予想されていました。2010年6月から520日にわたり外部から隔離した擬似宇宙船の中で過ごす有人火星飛行シミュレーション「MARS500」でも、世界各国から集まった男女6人を閉鎖的な空間で共同生活させ、長期ミッションにおける問題発生を想定したいくつかの実験が行なわれました。その時の結果を踏まえ、今回は実験に参加したクルーがどのようにMCCとコミュニケーションをとるのか、そしてどのようにコロニーで協力し合うのかをテストしたそうです。

#### [次ページは：一方で、地上からのサポート能力が低下するリスクも](#)

#### 一方で、地上からのサポート能力が低下するリスクも

IFLSによると、クルーが自律的に行動できるようになった一方で、MCCとの繋がりが途切れてしまったことは心配の種となったそうです。CNETの取材に対して、研究の共同執筆者であるロシア化学アカデミーのモスクワ航空研究所のドミトリー・シュベド氏は「MCCがクルーのニーズや問題を理解できなくなり、サポート能力が低下した」と語っています。また、注目すべき点として、男女のクルーでMCCとのコミュニケーションの差があげられたようです。これまでの実験と同じく、女性はMCCに問題を報告する頻度が高く感情的だった一方で、男性はMCCへの報告回数が少なかったとのこと。ただ、シミュレーションの終盤には、男女ともに同じような感情と規則的なコミュニケーションになっていったそう。最終的にMCCとのコミュニケーションが戻ったので、[終わりよければすべてよし](#)と捉えるべきなのでしょうか…？11月4日より8カ月のProject SIRIUS実験が始まりました。実験の志願者が次々と現れるほど、火星有人探査は人々を魅了するミッション。筆者としては、宇宙飛行士の忍耐力を養うコツを学びたいところです。可能であれば、真っ白なジグソーパズルを解く以外の方法で…。 Source: IFLS 中川真知子



## 金星に生命は存在する？その謎に迫るミッションが 2023 年に開始予定



2021-12-14 [松村武宏](#)

【▲金星探査機「あかつき」の観測データをもとに作成された金星の画像（疑似カラー。Credit: PLANET-C Project Team）】

2020 年 9 月、カーディフ大学の Jane Greaves さんを筆頭とする国際研究グループは、金星の大気中でホスフィン（リン化水素、PH<sub>3</sub>）が検出されたとする研究成果を発表しました。地球におけるホスフィン（人類の文明活動に関連するものを除けば）嫌気性微生物によって生成される生命活動に由来した物質であり、岩石惑星において生命が関与せずにホスフィンが生成されるプロセスは知られていなかった（※）ことから、この発見は金星に生命が存在する可能性を示すのではないかとして注目を集めました。

ホスフィンの発見を巡っては賛否両論あり、過去の金星探査ミッションにおける観測データを再検証したところホスフィンの兆候が捉えられていたとするものや、金星で火山活動が起きていれば非生物的にホスフィンが生成される可能性があるとするもの、金星大気中の二酸化硫黄に由来する信号をホスフィンだと誤って解釈したとするものなどが相次いで発表されています。

※...木星や土星では高温・高圧な内部において非生物的なプロセスで生成されたとみられるホスフィンが検出されています [関連](#) ・[金星のホスフィンは生命ではなく火山活動に由来？ 新たな研究成果が可能性示す](#)

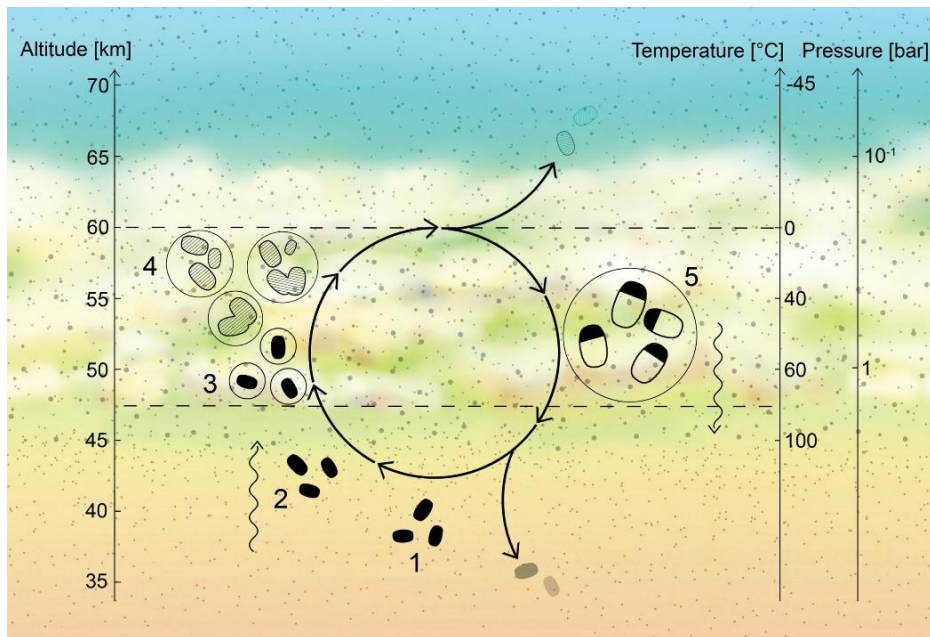
- ・[やはり金星にはホスフィンが存在する？ 40 年以上前の観測データを分析した研究成果](#)
- ・[未知の化学反応？ 生命が関与？ 金星の大気からホスフィンを検出](#)

金星にホスフィンは存在するのかわからないのか、存在するのであればそれは生命に由来するのか。今、その謎に迫るためのミッションが計画されており、打ち上げに向けて準備が進められています。マサチューセッツ工科大学（MIT）の Sara Seager 教授が主任研究員を務める「Venus Life Finder」は、金星の大気中に生息しているかもしれない生命の兆候を探すことを目的とした金星探査ミッションです。議論の発端となった Greaves さんの研究にも参加した Seager さんは、金星の雲を構成する水滴（主成分は硫酸）の内部に微生物が生息すると仮定し、そのライフサイクル（生活環）を予想した研究成果を発表しています。Seager さんによると、仮定の微生物は硫酸の水滴に含まれる水や大気中の元素、金星の表面から舞い上がった塵に含まれるミネラル、豊富な太陽エネルギーを利用して、硫酸の水滴中で増殖している可能性があるということです。

Seager さんが考える仮定の微生物は、次のようなライフサイクルを繰り返すと想定されています（数字は上の図に対応）。微生物は気温が高い雲の下では乾燥した孢子として休眠しながら漂います（1）。この孢子が気流に乗って上昇（2）すると、孢子を凝結核として水滴の形成がスタート（3）。高度が上がって快適な気温になると微生物は休眠から覚醒し、成長する水滴内で増殖（4）。やがて大きく重くなった水滴が落下すると、微生物は再び孢子を形成して休眠し（5）、気温が高い雲の下から上昇気流に乗って脱する時を浮遊しながら待ち続けます（1に戻る）。[関連](#)：[金星の雲に存在するかもしれない生命のライフサイクル](#)

Seager さんたちのミッションでは、この仮定の微生物のライフサイクルが考慮されています。「もしも金星に生命が存在するのであれば、それはある種の微生物であり、ほぼ確実に雲の粒子の中にいるはずですよ」と Seager さんは語ります。計画されている最初のミッションでは、重量約 15kg のプローブ（突入観測機）が金星の大気圏に突入。3分～10分間という短い時間ではあるものの、プローブは金星の雲を構成する水滴の内部で複雑な化

学反応が生じている兆候を探したり、純粋な硫酸であれば球形になるはずだという水滴の形状を測定したりします。その次以降のミッションでは気球を備えたより大きなプローブを大気圏に突入させ、数日～数か月間に渡って滞空しながら探査活動を行うことも計画されており、将来的には金星大気サンプルを地球へ持ち帰ることも構想されています。



【▲仮定の微生物のライフサイクルを示した図。1～5 の各ステップについては本文を参照（Credit: Seager et al.）】

【▲ロケットラボの「エレクトロン」ロケット（Credit: Sam Toms and Simon Moffatt）】

MITによると、気球を持たない小型のプローブを突入させる最初のミッションは2023年の打ち上げが予定されています。打ち上げに使われるのはロケットラボの「エレクトロン（Electron）」ロケットで、約5か月間を要する金星への飛行は同社の小型衛星プラットフォーム「フォトン（Photon）」が担います。また、気球を備えたプローブによる次の探査も2026年に予定されているといます。

アメリカ航空宇宙局（NASA）や欧州宇宙機関（ESA）は2020年代後半～2030年代初頭にかけて金星探査ミッション「VERITAS」「DAVINCI+」（NASA）や「EnVision」（ESA）の開始を予定していますが、これらのミッションは生命の探査を主軸としたものではありません。

関連・[欧州宇宙機関が金星探査ミッション「EnVision」の選定を発表！](#)

・[NASA 金星の謎を追う。新たに2つの探査ミッションを採用](#)

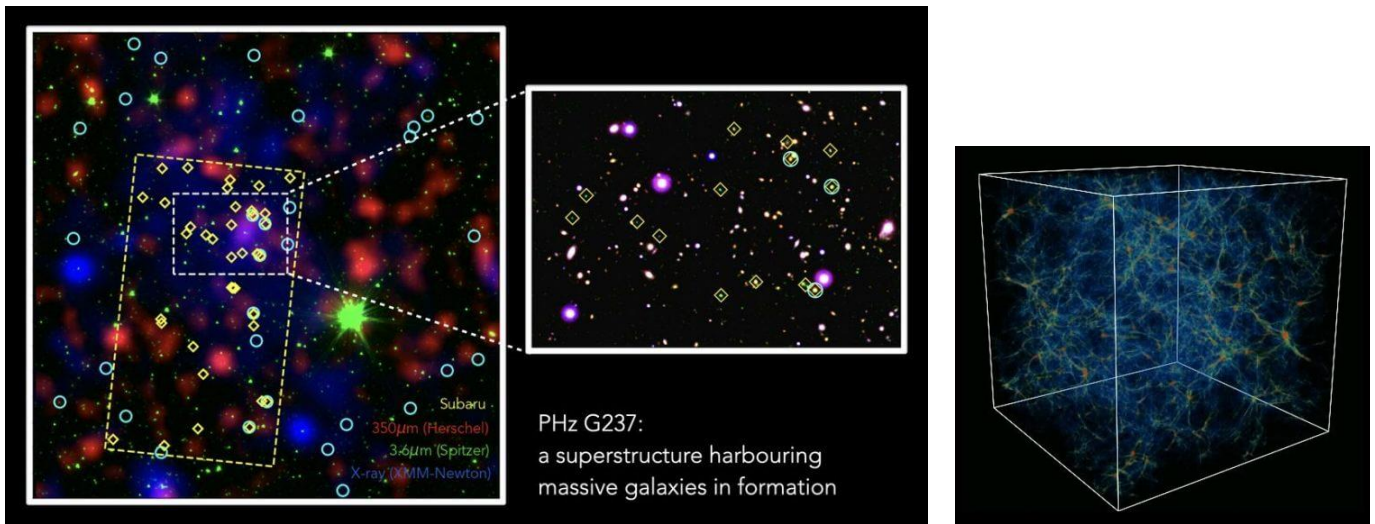
Seagerさんは、複数の探査ミッションが行われている火星と比較して、特に生命探査の点で金星は注目されていなかったと指摘します。Seagerさんたちのミッションが実施されれば、早ければあと数年で、金星に生命が存在する可能性を論じる上で重要な発見がもたらされることになるかもしれません。

Image Credit: Seager et al. Source: [MIT](#) / [RocketLab](#) 文／松村武宏

<https://sorae.info/astronomy/20211214-g237.html>

## 110億光年の彼方に異常な速さで星が誕生している原始銀河団を発見

2021-12-14 [飯銅 重幸](#)



【▲原始銀河団 G237 の画像。各銀河は観測した波長によって色分けされています。右側の画像は、その中心領域を拡大したもので、この領域では盛んに星が誕生している（Credit: ESA/Herschel and XMM-Newton; NASA/Spitzer; NAOJ/Subaru; Large Binocular Telescope; ESO/VISTA. Polletta, M. et al. 2021; Koyama, Y. et al. 2021)】

【▲宇宙の大規模構造のシミュレーション画像。赤く着色された部分はフィラメントとフィラメントが交差する結び目を示しています（Credit:International Gemini Observatory-NOIRLab-NSF-AURA-G. L. Bryan-M. L. Norman)】

アメリカのアリゾナ州にある大型双眼望遠鏡（Large Binocular Telescope）は 10 月 26 日、アリゾナ大学スチュワード天文台の天文学准教授であるブレンダ・フライさんなどが参加する国際研究チームが、大型双眼望遠鏡も参加する観測から、地球から 110 億光年離れたところに、異常な（extraordinary）スピードで星が誕生している原始銀河団「G237」を発見したと発表しました。宇宙は銀河団と銀河団がフィラメント(filaments=繊維)でつながれた、いわば三次元化されたクモの巣のような構造をしています。これを宇宙の大規模構造といいます。原始銀河団 G237 は、地球から 110 億光年離れた、このようなフィラメントとフィラメントとが交差する結び目のところにあります。宇宙が誕生してから 30 億年後に形成され、将来、銀河団が集った超銀河団に成長すると考えられています。このような G237 は当初、ESA（ヨーロッパ宇宙機関）のプランク衛星の観測によって見つかりましたが、その後、大型双眼望遠鏡とすばる望遠鏡の力を合わせた追加観測によって、63 個の銀河が含まれていることが確認されました。で、驚くべきことは、この G237 における、星が誕生するスピードです。そのスピードは、少なくとも私達の天の川銀河の 1000 倍にもなり、次々に巨大な銀河が形成されています。では、G237 はどのようにしてこのような異常なスピードを維持しているのでしょうか？すぐに星の材料となる水素ガスを使い果たしてしまいそうです。この点、現在、研究チームでは、銀河と銀河の間に広がる水素ガスがフィラメントを通じて G237 に供給されているのではないかと考えています。そして、フライさんは、今年の 12 月に予定されているジェイムズ・ウェッブ宇宙望遠鏡の打ち上げを楽しみにしているといいます。ジェイムズ・ウェッブ宇宙望遠鏡と大型双眼望遠鏡が力を合わせることで初めて、何がこの異常な星の誕生のスピードを可能にしているのか、などを解き明かすことが可能になるからだそうです。

Image Credit: ESA/Herschel and XMM-Newton; NASA/Spitzer; NAOJ/Subaru; Large Binocular Telescope; ESO/VISTA. Polletta, M. et al. 2021; Koyama, Y. et al. 2021/ESA/Herschel and XMM-Newton; NASA/Spitzer; NAOJ/Subaru; Large Binocular Telescope; ESO/VISTA. Polletta, M. et al. 2021; Koyama, Y. et al. 2021

Source: [大型双眼望遠鏡](#) 文/飯銅重幸（はんどうしげゆき）

<https://sorae.info/astronomy/20211214-nqc3568.html>

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



【▲渦巻銀河「NGC 3568」(Credit: ESA/Hubble & NASA, M. Sun)】

こちらは「ケンタウルス座」の方向およそ 5700 万光年先にある渦巻銀河「NGC 3568」です。NGC 3568 は地球にほぼ真横を向けた位置関係にあり、渦巻腕が銀河の中心部を取り巻く様子は判然としないものの、銀河平面に対して垂直な方向（厚さ方向）に広がる構造を見て取ることができます。

画像の上半分で見える輝く 4 つの天体は、いずれも天の川銀河にある恒星です。NGC 3568 は地球から見てこれらの星々より何千倍～何万倍も遠くにあり、このように並んで見えるのは偶然なのですが、まるで 4 つの星の明かりにライトアップされた星雲のようにも感じられます。

欧州宇宙機関 (ESA) によると、NGC 3568 では 2014 年 11 月に超新星「SN 2014dw」が検出されています。SN 2014dw は「II 型」(太陽よりも 8 倍以上重い星が起こす重力崩壊型もしくはコア崩壊型と呼ばれるタイプ)の超新星とみられており、ニュージーランドのアマチュア天文家 Stuart Parker さんによって発見されました。天文学ではプロの研究者だけでなく世界中のアマチュア天文家も活躍しており、超新星や彗星の発見などで貢献しています。

関連 ・ [天の川で 10000 個の新しい変光星を発見 市民天文学の活躍と期待](#)

・ [存在が予測されていた「電子捕獲型超新星」ついに観測 国内アマチュア天文家も貢献](#)

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「Hubble Gazes Sidelong at NGC 3568」として、ESA から 2021 年 12 月 13 日付で公開されています。

関連 : [南天「巨嘴鳥座」の棒渦巻銀河。ハッブルの 4 つのフィルターで捉える](#)

Image Credit: ESA/Hubble & NASA, M. Sun Source: [ESA/Hubble](#) 文/松村武宏

<https://sorae.info/astrometry/20211215-hd172555.html>

## 「太陽系外原始惑星同士の衝突」により剥ぎ取られた大気の痕跡を発見

2021-12-15 [飯銅 重幸](#)



【▲ほぼ地球サイズの原始惑星とより小さい原始惑星が秒速 10km で衝突したと考えられるといいます。そのイメージ図 (Credit: Mark A. Garlick)】

マサチューセッツ工科大学は、マサチューセッツ工科大学地球大気惑星科学科の大学院生であるタジャナ・シュ

ナイダーマンさん率いる研究チームが、恒星「HD172555」の恒星系内において「ほぼ地球サイズの原始惑星と、より小さな原始惑星が衝突し、剥ぎ取られた一方の原始惑星の大気の痕跡を発見した」と発表しました。(2021年10月20日発表)

恒星 HD172555 は、2300 万年ほど前に誕生したまだ若い恒星です。地球のとてと近くであり、95 光年しか離れていません。この HD172555 はとても奇妙な残骸円盤 (debris disk) を持っています。残骸円盤は惑星形成時の微惑星同士の衝突などによって形成されますが、HD172555 の残骸円盤には、通常残骸円盤には含まれていない鉱物が大量に含まれていると共に、その粒子がとても小さいのです。そのため、HD172555 の残骸円盤は HD172555 の恒星系内で起こった原始惑星同士の衝突の痕跡ではないかと考えられてきました。

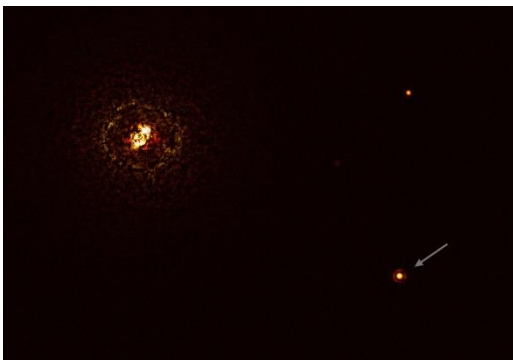
そこで研究チームは、これを踏まえつつ HD172555 に関するアルマ望遠鏡のパブリックアーカイブデータを詳しく分析したところ、HD172555 から 10 天文単位 (1 天文単位は太陽から地球までの平均距離) ほどのところを残骸円盤と共に大量の一酸化炭素ガスの環 (a carbon monoxide gas ring) が周回していることが解りました。一酸化炭素は恒星の光によって分解されやすいため、通常このような恒星から近い距離に、このような大量の一酸化炭素が存在していることは大変珍しいです。そこで、研究チームが、この一酸化炭素ガスの環を説明するためにさまざまなシナリオを検討した結果、形成にかかった「期間」「形態」「組成」「恒星」の年齢などから、次のようなシナリオにたどりつきました。少なくとも今から 20 万年前にほぼ地球サイズの原始惑星とより小さな原始惑星が秒速 10km で衝突。一酸化炭素ガスは、その時、剥ぎ取られた一方の原始惑星の大気の痕跡であるというわけです。ちなみに、HD172555 のような若い恒星系では、原始惑星同士の衝突が起こることは、珍しいことではないそうです。シュナイダーマンさんは、今回の研究成果は、「一酸化炭素を手がかりに (太陽系外において) いわゆる、ジャイアントインパクトを探す道を提供するものです」とコメントしています。

Image Credit:Mark A. Garlick Source:[マサチューセッツ工科大学](#) / [論文](#) 文 / 飯銅重幸 (はんどうしげゆき)

<https://sorae.info/astromy/20211216-centauri.html>

## 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

2021-12-16 [松村武宏](#)



【▲パラナル天文台「超大型望遠鏡 (VLT)」の観測装置「SPHERE」を使って撮像されたケンタウルス座 b 星 (左上) 周辺の様子。矢印で示された右下の天体は系外惑星「ケンタウルス座 b 星 b」。ケンタウルス座 b 星からの光はコロナグラフに隠されている。右上に見えているのは背景の星 (Credit: ESO/Janson et al.)】

【▲連星「ケンタウルス座 b 星」(奥) を公転する系外惑星「ケンタウルス座 b 星 b」(手前) を描いた想像図 (Credit: ESO/L. Calçada)】

こちらは「ケンタウルス座」の方向およそ 325 光年先にある連星「ケンタウルス座 b 星」(b Centauri、または b Centauri AB) の周辺を捉えた画像です (ケンタウルス座ベータ星 (Beta Centauri) とは異なります)。ストックホルム大学の天文学者 Markus Janson さんを筆頭とする研究グループが、チリのパラナル天文台にある「超大型望遠鏡 (VLT)」の観測装置「SPHERE」(※) を使って取得しました。

※...Spectro-Polarimetric High-contrast Exoplanet REsearch（分光偏光高コントラスト太陽系外惑星探査）の略  
ケンタウルス座 b 星は画像左上に位置していますが、その光はコロナグラフ（ステラーコロナグラフ）を使って  
遮られています。注目は右下の矢印で示された天体です。VLT を運用するヨーロッパ南天天文台（ESO）によ  
ると、これはケンタウルス座 b 星を公転する太陽系外惑星を直接捉えられたものなのだと思います。

Janson さんたちが発見したこの系外惑星は「ケンタウルス座 b 星 b」（b Centauri b、または b Centauri (AB)b）  
と名付けられました。研究グループによると、ケンタウルス座 b 星 b は質量が木星の約 10.9 倍で、主星である  
ケンタウルス座 b 星から約 550 天文単位離れた軌道を公転しているとみられています。太陽から木星までの平  
均距離が約 5.2 天文単位ですから、ケンタウルス座 b 星 b はその 100 倍ほども主星から離れていることになりま  
す。ESO によると、これまで太陽と比べて 3 倍以上重い星の周囲で系外惑星が見つかった例はなく、質量が大  
きな星の周囲では惑星が形成されにくいと考えられてきたといいます。惑星は若い星を取り囲むガスや塵を材料  
として形成されると考えられていますが、重い恒星は表面温度が高く、紫外線や X 線をより多く放射するため、  
周囲に存在するガスなどの物質を軽い恒星の場合よりも速く蒸発させてしまうのがその理由とされています。

ところが、ケンタウルス座 b 星は太陽よりも重くて表面温度が高い B 型星を含み、連星全体の質量は太陽の 6~  
10 倍と推定されています。Janson さんは「B 型星の周囲は一般的にとっても破壊的で危険な環境とみなされてい  
るため、大きな惑星が形成されることは非常に難しいと信じられてきました」と語ります。  
今回のケンタウルス座 b 星 b の発見は、B 型星周辺のように厳しい環境でも惑星が形成され得ることを示すもの  
となりました。研究グループはケンタウルス座 b 星 b が別の場所で形成された後に現在の軌道まで移動したか、  
ケンタウルス座 b 星を取り囲んでいた円盤の一部が自身の重力で潰れたことで速やかに形成されたのではない  
かと予想しています。Janson さんはケンタウルス座 b 星 b 形成の謎に迫るべく、VLT や建設中の「欧州超大型  
望遠鏡（ELT）」による今後の観測に期待を寄せています。

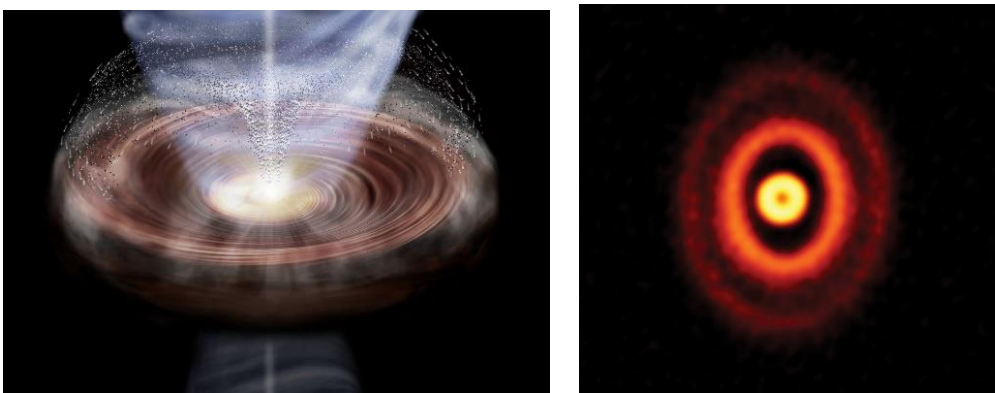
関連：[360 光年先の系外惑星を直接撮影。木星よりも 6 倍重いガス惑星が投げかける謎](#)

Image Credit: ESO/Janson et al. Source: [ESO](#) 文／松村武宏

<https://sorae.info/astrometry/20211216-ashfall.html>

## 原始星周囲の円盤に塵が降り積もる「天空の降灰現象」国立天文台のスパコンで解析

2021-12-16 [松村武宏](#)



【▲巻き上げられた塵が原始惑星系円盤の外縁部に降り積もる様子を描いた想像図（Credit: 鹿児島大学）】

【▲アルマ望遠鏡が観測した「オリオン座 GW 星」を取り巻く原始惑星系円盤のリング構造。一番外側のリング  
の半径は 338 天文単位とされる（Credit: ALMA (ESO/NAOJ/NRAO), Bi et al., NRAO/AUI/NSF, S. Dagnello）】

鹿児島大学の塚本裕介助教を筆頭とする研究グループは、生まれたばかりの若い星を取り囲むガスや塵（ダスト）  
でできた「原始惑星系円盤」の外縁部で塵が成長するメカニズムに迫った研究成果を発表しました。研究グル  
ープによると、従来は原始惑星系円盤の外縁部で塵が成長し惑星が形成されるのは困難だと考えられてきたものの、  
今回の成果は原始惑星系円盤外縁部でも惑星が形成され得る可能性を示唆するといえます。

## ■火山の降灰に似たメカニズムで原始惑星系円盤外縁部に塵が降り積もっている可能性

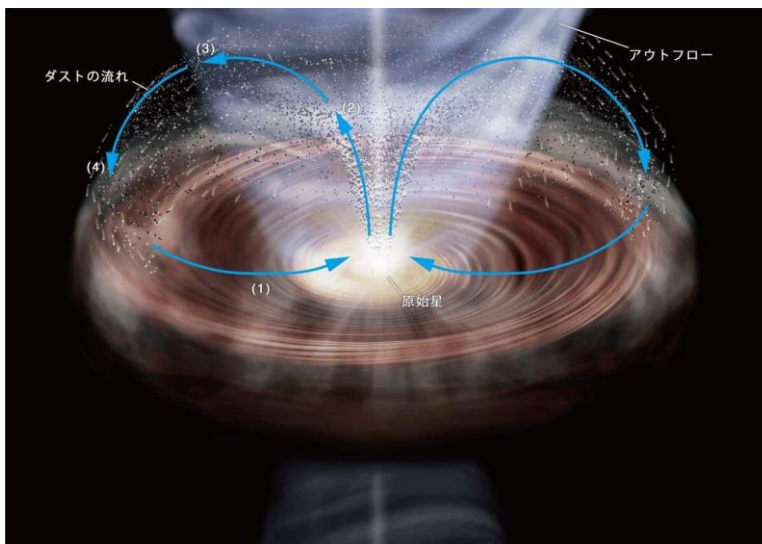
地球や木星をはじめ、太陽系外でも 4500 個以上が見つかった惑星は、生まれたばかりの星（原始星、中心星）を取り囲む原始惑星系円盤のなかで形成されると考えられています。円盤のなかでは小さな塵が合体して数多くの微惑星が形成され、微惑星どうしが衝突を繰り返すことで原始惑星へ成長するとみられています。

原始惑星系円盤のガスや塵は原始星を公転していますが、研究グループによると、円盤内で成長した塵は向かい風のように作用するガスの働きによって公転運動がさまたげられ、原始星に向かって急速に落下していく（ダストの中心星落下）ことが理論上予想されています。この現象により、原始星から数十天文単位（※）離れた原始惑星系円盤の外縁部では、塵が成長して惑星が形成されるのは非常に困難だと考えられてきたといいます。

※...1 天文単位 (au) = 約 1 億 5000 万 km、地球から太陽までの平均距離に由来

ところが近年、チリの電波望遠鏡群「アルマ望遠鏡 (ALMA)」による原始惑星系円盤の観測から、円盤の外縁部でも塵が大きく成長している兆候が確認されたり、原始星から数十天文単位離れた場所に惑星の存在を示す可能性がある円盤の隙間が発見されたりしています。こうした理論上困難だと予想されている場所での塵の成長や惑星の形成を説明できる理論的なメカニズムは、これまで謎に包まれていました。

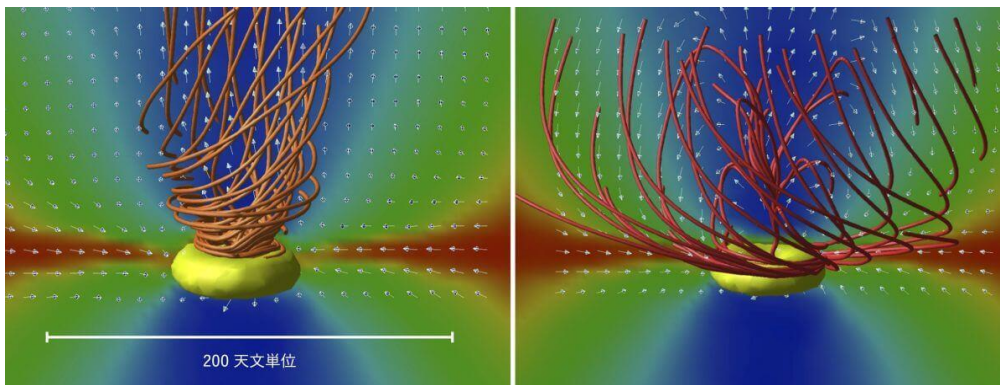
研究グループは今回、原始惑星系円盤内部のガスと成長する塵、双方の運動を考慮した三次元磁気流体力学シミュレーションを国立天文台の天文学専用スーパーコンピューター「アテルイ II」を使用して実施しました。研究グループや国立天文台によると、今回のシミュレーションは世界初の試みとされています。シミュレーションの結果、研究グループは塵が原始星に落下することなく成長する新たなメカニズムを発見するに至りました。



【▲冒頭の図に注釈を加えたもの。1~4の各ステップについては本文を参照 (Credit: 鹿児島大学)】

今回研究グループが発見したメカニズムは次の通りです (数字は上の図に対応)。円盤内で成長した塵 (ダスト) はガスの作用によって中心の原始星に向かって移動します (1)。原始星の近くに到達した塵は、円盤の垂直方向に噴出するガスのアウトフロー (ガスの流れ) によって巻き上げられます (2)。巻き上げられた塵は遠心力によってアウトフローから分離し (3)、やがて原始惑星系円盤の外縁部へと降り積もります (4)。

火山から噴煙として放出されたガスと灰の混合物が大気中で分離し、灰だけが地表に降り積もる「降灰」とこのメカニズムが似ているとして、研究グループはこの現象を「天空の降灰現象」と呼んでいます。研究グループによると、密度が低い原始惑星系円盤の外縁部ではガスから受ける抵抗が小さくなるため、降り積もった塵は大きく成長して惑星の形成につながる可能性があるといい、困難だと思われてきた原始惑星系円盤外縁部における惑星形成を説明し得る成果だとされています。



【▲今回シミュレートされたガス（左）と塵（右）が流れる様子。オレンジや赤の線はガスや塵の通り道を、白い矢印はガスや塵が流れる方向を、黄色はシミュレーション内で形成された原始惑星系円盤をそれぞれ示す（Credit: 塚本裕介）】

シミュレーションを行った塚本さんは、実際に桜島の噴火を日々眺めるなかで研究の着想を得たといいます。塚本さんによると、「天空の降灰現象」では地球の質量の1割ほどに匹敵する塵が1年で降り積もるといいます。「こうして円盤に降り積もった灰が、私たちが住む地球のような惑星や、さらには私たちのような生命の素になったのかもしれませんが」（塚本さん）研究グループでは今後、さらなるシミュレーションを行って塵の運動やサイズの分布を解明し、アルマ望遠鏡の観測を通して今回発見した「降灰モデル」の検証を行うとしています。

関連：[原始惑星系円盤のリング構造は惑星移動の歴史を示す可能性、国立天文台のスパコンで解析](#)

Image Credit: 鹿児島大学 Source: [鹿児島大学](#) / [国立天文台](#) 文／松村武宏

<https://www.asahi.com/articles/ASPDF5QF2PD9ULBJ01R.html>

## 超新星から謎の光、東京大の望遠鏡が発見 シミュレーションはガス？

[東山正宜](#) 2021年12月14日 7時30分



爆発した超新星が周囲のガスを激しく光らせているイメージ=東京大木曾観測所提供

[京大木曾観測所](#)提供

しし座の方向で昨年4月に見つかった[超新星](#)が、爆発直後にフラッシュのような謎の光を放つのを、東京大カブリ数物連携宇宙研究機構（IPMU）や京大、[広島大](#)のチームが発見した。通常の爆発では説明が付かない現象で、飛び散った星のかけらが、もともと星の周りがあった濃いガスの成分にぶつかって光ったと考えられるという。IPMUの姜継安（ジャンジアン）特任研究者らは、東大木曾観測所の105センチシュミット望遠鏡のデータから、瞬間的に明るくなっていったん暗くなり、再び明るくなった不思議な超新星を見つけた。望遠鏡には超高感度の動画カメラ「Tomo—e（トモエ） Gozen（ゴゼン）」が取り付けられており、通常は爆発から数日後に見つかる例が多い超新星を、爆発の5時間後に発見できたという。この超新星は、Ia型という爆発規模がほぼ一定になるタイプだった。宇宙のどこでいつ爆発しても規模がほとんど変わらないため、灯台のような存在として距離を測る目印として使われている。こうした大きな明るさの変化が起きるのは通常では考えにくい。



そこで、京都大の前田啓一准教授らは、爆発した星の周りに濃いガスが漂っていたと仮定。[太陽系](#)に見立てた場合、太陽から地球の軌道付近にまでガスがあったとしてシミュレーションすると、爆発してバラバラに飛び散った星が、光速の約3%でガスに衝突して瞬間的に光を放った可能性が高いことがわかったという。

論文は8日付の専門誌「アストロフィジカル・ジャーナル・レターズ

(<https://iopscience.iop.org/article/10.3847/2041-8213/ac375f>)」に掲載された。(東山正宜)

<https://news.mynavi.jp/techplus/article/20211213-2226297/>

## 宇宙の電磁波が地上へ伝わる仕組み、金沢大などが解明 2021/12/13 15:21 著者：波留久泉

金沢大学、名古屋大学(名大)、東北大学の3者は12月6日、複数の科学衛星で同時計測された電磁波とプラズマ粒子データなどを用いて、宇宙の電磁波が発生する領域を明らかにすると同時に、目には見えない「電磁波の通り道」の存在を突き止め、電磁波が地上へと伝わる仕組みを解明したと発表した。

同成果は、金沢大 理工研究域 電子情報通信学系の松田昇也准教授、金沢大 学術メディア創成センターの笠原禎也教授、名大 宇宙地球環境研究所の三好由純教授、東北大大学院 理学研究科の笠羽康正教授を中心に、米・コロラド大学、米・ミネソタ大学、JAXA 宇宙科学研究所、京都大学、九州工業大学、米・ロスアラモス国立研究所、米・ニューハンプシャー大学、情報通信研究機構、国立極地研究所、カナダ・アルバータ大学の研究者も参加した総勢20名の国際共同研究チームによるもの。[詳細は、地球科学分野を扱う学術誌「Geophysical Research Letters」に掲載された。](#)

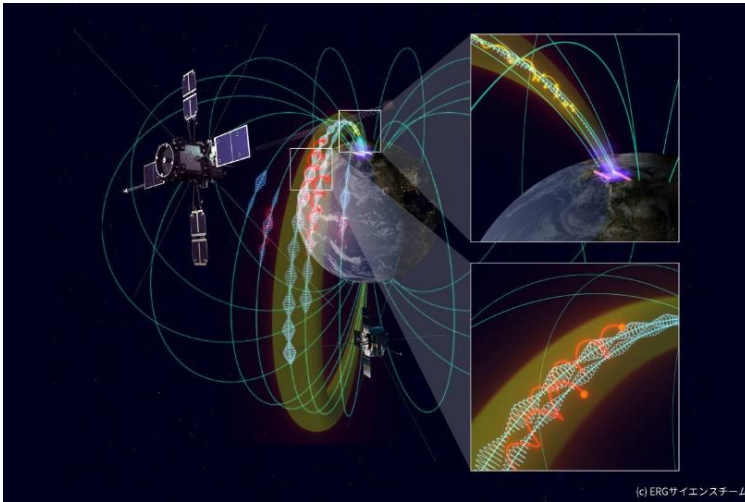
地球周辺の宇宙空間では、絶えずさまざまな種類の電磁波が自然発生し、「波動粒子相互作用」と呼ばれる物理過程によって、宇宙を満たすプラズマ環境を変動させることが知られている。特に、大規模な太陽フレアによって宇宙嵐が起きると、これらの電磁波がより活発に発生することから、さまざまな被害が生じる恐れがある。

そうした被害を防ぐためには、電磁波が宇宙でどのように生じ、そしてどのようにして地上へと伝わるかを把握する必要があるが、宇宙での電磁波は、発生した場所から遥か遠くまで伝わるという特性があるため、電磁波計測が可能な科学衛星1機による「単地点観測」だけでは、電磁波が空間的に広がって存在する様子や、現象がどこで発生してどのように伝わってきたか、といった謎を解明することが難しいとされている。

今回の研究で着目された「イオン波」は、宇宙のプラズマ環境変動をコントロールする重要な電磁波の1つであり、発生したイオン波は地球の磁力線に沿って南北方向に伝搬すると考えられている。しかし、発生領域の具体的な空間サイズや、伝搬経路がどのように形成され、どのように伝わっていくかといった三次元的な様相は未解明のままだった。そこで今回、国際協力により、ジオスペース探査衛星「あらせ」と、同様の計測機能を持った米科学衛星「Van Allen Probes」による宇宙からの観測と、日本が世界各国に展開する「PWING 誘導磁力計ネットワーク」と、カナダが北米を中心に展開する「CARISMA 誘導磁力計ネットワーク」による地球からの観測を連携させ、イオン波を異なる場所から同時観測するという試みが行われた。

その結果、2019年4月18日に、4拠点によるイオン波の同時多地点観測に成功。それらの観測データの比較が行われたところ、比較的広い空間範囲に励起したイオン波のうち、ストロー状の“通り道”に存在する限られた波だけが、宇宙空間のほかの場所や地上へと伝搬していることが判明したという。

また、地磁気赤道付近を周回するVan Allen Probesは、地上の2拠点とほぼ同一の磁力線上に留まり、これらの拠点では特徴が類似するイオン波を同時に観測することにも成功。地磁気赤道から地上へとイオン波が伝わる経路が存在することが示されたとする。

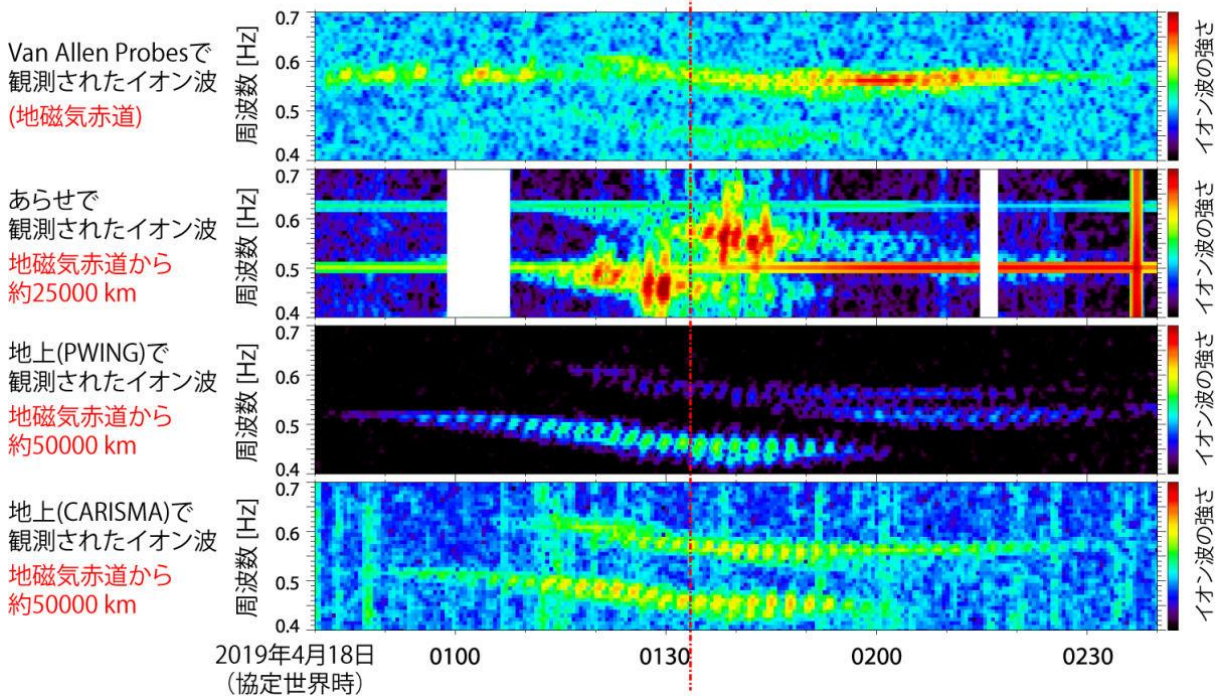


(c) ERGサイエンスチーム

電磁波の通り道を同時多地点観測する様子 (c) ERG サイエンスチーム(出所:金沢大 Web サイト)

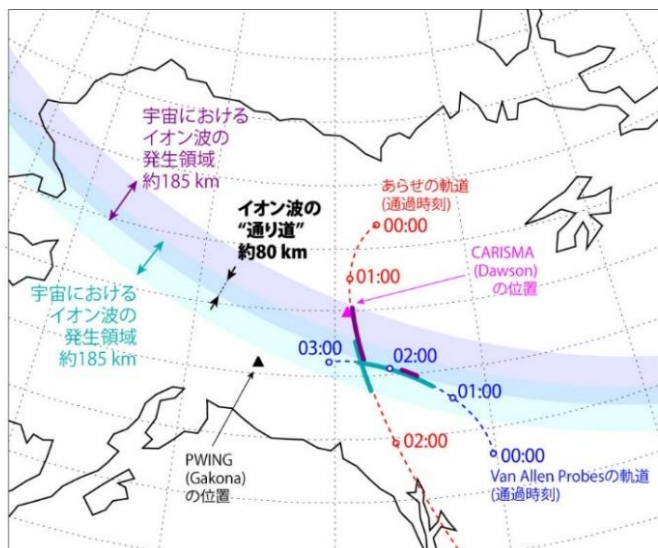
一方、地磁気赤道と地上との間(地磁気緯度約 30 度の位置)の軌道を周回するあらせは、ほかの 3 拠点とほぼ同一の磁力線を横切りながら、やや広い空間の観測を実施。4 拠点がほぼ同一の磁力線上に位置するタイミングでは、同じ特徴を持ったイオン波が同時に観測され、やはりイオン波が伝わる経路が形成されていることが判明したほか、その磁力線からわずかに離れると、観測されるイオン波の特徴が大きく異なることも確認されたという。

4拠点で“電磁波の通り道”の中心を観測した時刻



イオン波を 4 つの拠点で同時に捉えた観測結果 (出所:金沢大 Web サイト)

これらの結果から、同一のイオン波が地磁気赤道から地上に伝搬する“電磁波の通り道”が同定され、その空間スケール(電離圏高度における緯度方向距離)が 80km 程度であることが判明。イオン波を伝えるストロー状の経路が、地磁気赤道から地上では約 5 万 km の長さとなるのに対し、経路の断面は 1000 分の 1 ほどのスケールしかなく、広い宇宙空間で極めて局所的に伝搬経路が形成されることが明らかにされた。



あらせ、Van Allen Probes の衛星軌道と地上観測拠点の位置関係 (出所:金沢大 Web サイト)

さらに、精密なプラズマ粒子計測から、イオン波が電磁波の通り道を伝わっていく過程で冷たいプラズマにエネルギーを与え、周辺のプラズマ環境を変化させている様子を確認することに成功。イオン波は「プロトンオーロラ」と呼ばれる種類のオーロラを光らせることでも知られているが、今回の成果は、プロトンオーロラのもととなるエネルギーが、宇宙から地上へと伝わる経路が明らかにされた、と解釈することもできると研究チームでは説明している。なお、今回の研究成果を踏まえると、宇宙のプラズマ環境変動がさまざまな場所で同時に起きるメカニズムを明らかにすることができるようになると研究チームでは説明しており、安全な宇宙利用に向けた「宇宙天気予報」の精度向上につながることを期待されるとしているほか、研究チームのメンバーの中には、水星に向けて航行中の水星磁気圏探査機「みお」や、2022年打ち上げ予定のESAを中心に日米も協力する木星氷衛星探査機「JUICE」に搭載する電磁波計測装置の開発も担当している研究者もいるとのことで、今回の研究成果を踏まえて、地球以外の惑星でも電磁波が発生し伝わっていく仕組みを解明し、宇宙環境変動の網羅的な理解と普遍性の解明に向けた研究を進めていくとしている。

<https://news.mynavi.jp/techplus/article/20211213-2226543/>

## 宇宙では電波がイオンを温め、新たな電波を生み出す JAXA などが観測に成功

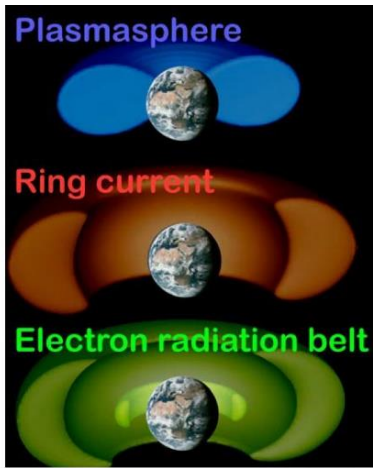
2021/12/13 18:51 著者：波留久泉

宇宙航空研究開発機構(JAXA)、名古屋大学(名大)、金沢大学(金大)、京都大学(京大)、九州工業大学(九工大)の5者は12月10日、宇宙空間においてプラズマの波が、イオンとの相互作用を介して別の波へと変わる様子を観測することに成功したと発表した。同成果は、JAXA 宇宙科学研究所の浅村和史准教授、名大 宇宙地球環境研究所の小路真史特任助教、同・三好由純教授、金大の笠原禎也教授、東北大の笠羽康正教授、同・熊本篤志准教授、同・土屋史紀准教授、金大の松田昇也准教授、京大の松岡彩子教授、九工大の寺本万里子助教、台湾中央研究院の風間洋一訪問研究員、JAXA の篠原育准教授らの国際共同研究チームによるもの。詳細は、米物理学会速報誌「Physical Review Letters」に掲載された。

地球・惑星周辺の宇宙空間には、太陽風や銀河宇宙線など、さまざまなイオンや電子、陽子などの荷電粒子が飛び交っている。ただしその量は希薄なため、衝突はほとんど起きないという。

一方、地球周辺の宇宙空間(ジオスペース)では、低エネルギーのイオンや電子が豊富に存在するプラズマ圏、10~100keV程度の熱い粒子で主に形成される「リングカレント域」、また相対論的な超高エネルギー粒子が捕捉されているバン・アレン帯などが重なり合うように存在している。そして、それぞれの領域は、構成する粒子が増減を繰り返したり、領域の形状が変化したりするなど、ダイナミックに変動している。これらの変動の理由は完

全解明されておらず、その説明のためには異なる領域間における結合を考える必要がある。その結合メカニズムを担う候補として、電波を介したエネルギーの流入・流出が考えられている。



プラズマ圏  
数電子ボルト

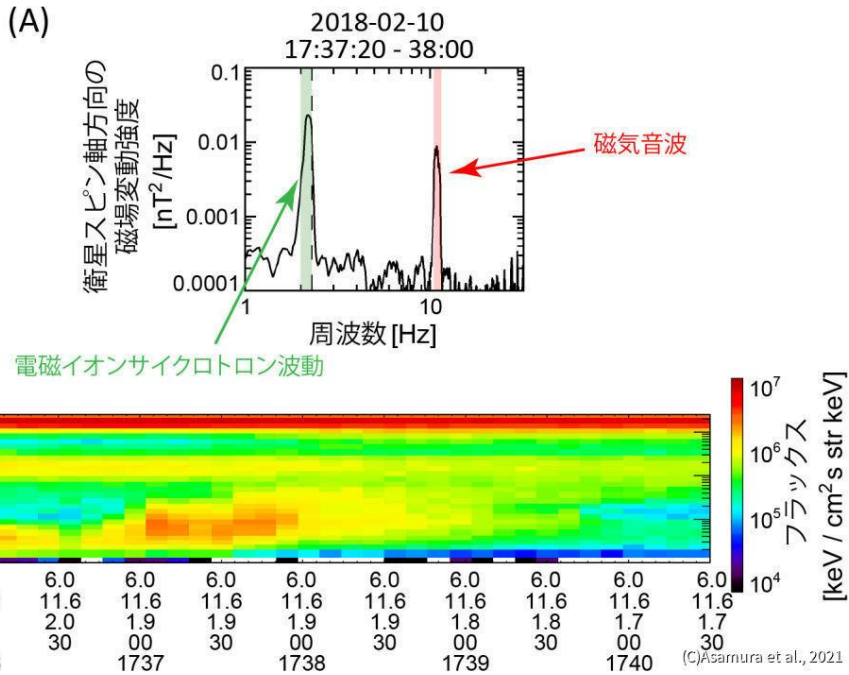
リングカレント  
10-100キロ電子ボルト

バン・アレン帯  
~1メガ電子ボルト

[Ebihara and Miyoshi, 2011]

地球をとりまく宇宙空間(ジオスペース)に存在するイオン・電子のさまざまな領域 (C)Ebihara and Miyoshi (2011) (出所:JAXA 宇宙科学研究所 Web サイト)

2016 年に JAXA が打上げたジオスペース探査機星「あらせ」は、バン・アレン帯を構成する超高エネルギー電子が生成・消滅を繰り返すメカニズムを、直接観測によって解明することを目的の1つとしている。研究チームは今回、あらせを活用し、イオンと電波の間のエネルギーのやり取りを観測的に導出する新たな手法の開発に取り組むことにしたという。今回開発された解析手法は「波動粒子相互作用解析」と呼ばれる、電波とイオンの運動を詳細に対応づけることで、電波とイオンがやり取りするエネルギー量を明らかにするものだという。具体的には、あらせに搭載された低エネルギーイオン質量分析器(LEPi)と波動観測器(PWE)、磁場観測器(MGF)の 15.6 ミリ秒ごとの観測データを用いることで、観測タイミング、イオンのエネルギー、そして運動方向ごとに整理されたデータひとつひとつと、同じタイミングで観測された電波の電界との対応を取っていくことに成功したという。



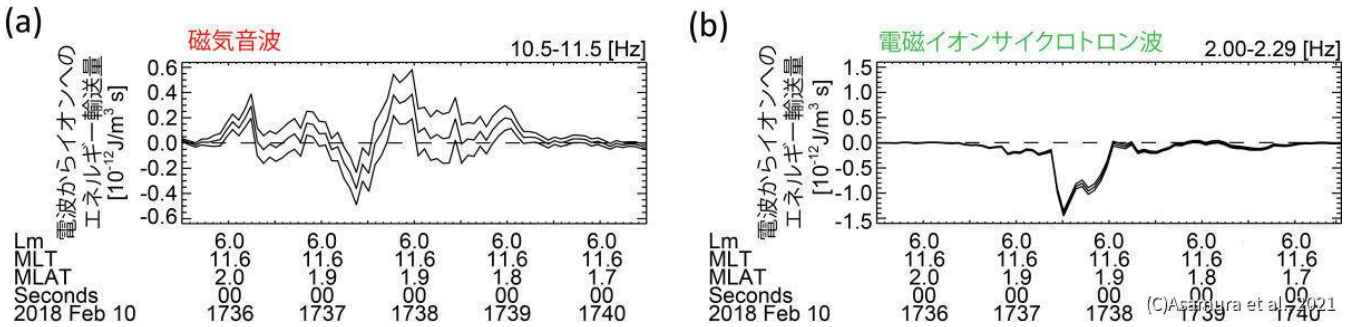
(A)2018 年 2 月 10 日 17:37:20-38:00(UTC)に観測された衛星スピン軸方向の磁場変動強度、(B)同時期に観測された水素イオンのエネルギースペクトル (C)Asamura et al., 2021 (出所:JAXA 宇宙科学研究所 Web サイト)

電波の周波数スペクトルと水素イオンのエネルギースペクトルの解析により、11Hz 付近のピークは高周波電波(磁気音波)、2Hz 付近のピークは低周波電波(電磁イオンサイクロトロン波)であることが判明。そのほか、0.1keV

程度の冷たい水素イオンのフラックスが増大していることなども確認された。

また、電波の周波数スペクトルと水素イオンのエネルギースペクトルに「波動粒子相互作用解析」を適用することにより、それぞれの電波と冷たいイオンのエネルギー輸送量も把握された結果、エネルギー輸送の向きに変動があるものの、全体的には高周波電波(磁気音波)が冷たいイオンにエネルギーを与える、すなわちイオンの加熱が起きていることが確認されたという。

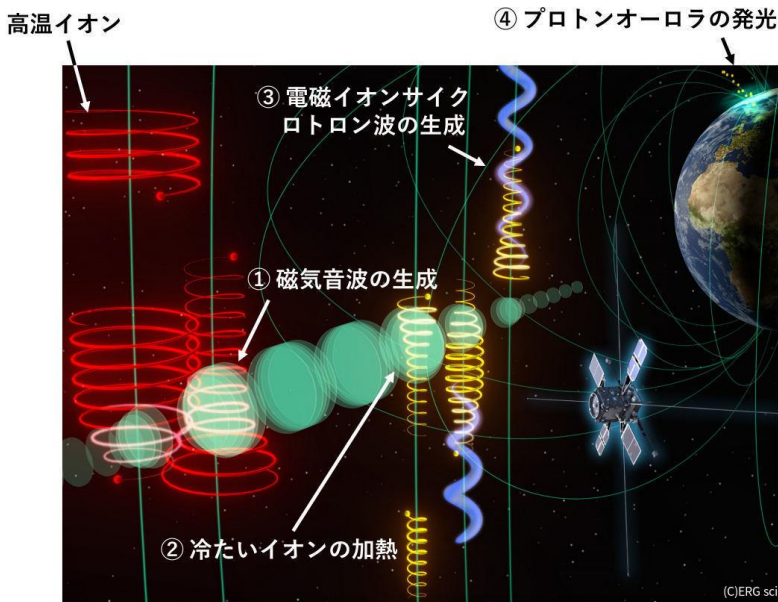
その一方で、冷たいイオンから低周波電波(電磁イオンサイクロトロン波動)へのエネルギー輸送もはっきりと検出され、低周波電波が発生・成長していることも確かめられたという。



今回の研究で解析された観測イベントについて、電波から冷たいイオンに渡される正味のエネルギー流量が示されたプロット。(a)高周波電波(磁気音波)の場合。(b)低周波電波(電磁イオンサイクロトロン波)の場合。それぞれのパネルに線が3本プロットされているが、真ん中が計算値を示しており、上側と下側の線は信頼区間が表されている (C)Asamura et al., 2021 (出所:JAXA 宇宙科学研究所 Web サイト)

高周波電波(磁気音波)は、10keV 程度のエネルギーを持つイオンによって生成されると考えられている。今回の研究により、これまで考えられていなかった高周波電波(磁気音波)→冷たいイオンの加熱→低周波電波(電磁イオンサイクロトロン波)の発生と成長→「プロトン(陽子)オーロラ」の発生、という電波とイオンの連鎖反応によるエネルギーの流れが宇宙空間に確かに存在することが実証されたとする。

なお、今回の研究で開発された手法については、2022 年に打上げられる予定の欧州・日米の国際共同木星氷衛星探査ミッション「JUICE」でも活用される計画だとのことで、この手法を用いることで、宇宙に存在するさまざまな種類の電波とイオン・電子との間のエネルギー輸送、さらには多様なエネルギーを持つイオン・電子が同時に存在している理由を解明していくことが期待されるとしている。



今回の研究で明らかになったエネルギーの流れの模式図 (C)ERG science team (出所:JAXA 宇宙科学研究所 Web サイト)

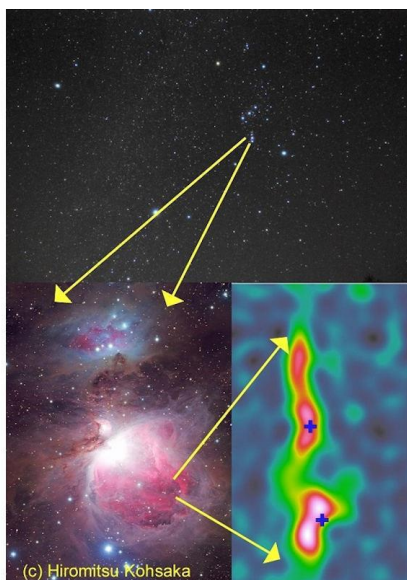
## 野辺山 45m 電波望遠鏡、重水素の割合からもうすぐ星の生まれる場所を特定

2021/12/16 19:12 著者：波留久泉

国立天文台(NAOJ)は 12 月 14 日、重水素の割合が星の誕生時に最大になることを利用して、星が生まれそうな現場を野辺山 45m 電波望遠鏡を使って特定し、2020 年に発表した「もうすぐ星の生まれる場所のカタログ」を補完する「電波地図」を完成させたことを発表した。また今回の観測により、オリオン座大星雲の西側にあるフィラメント状の分子雲に、もうすぐ星が生まれそうな場所が 2 か所あることなどが明らかになったことも併せて発表された。同成果は、NAOJ 野辺山宇宙電波観測所の立松健一所長らの国際共同研究チームによるもの。[詳細は、米天体物理学専門誌「The Astrophysical Journal」に掲載された。](#)

太陽の年齢は約 46 億歳で、その寿命は約 100 億年といわれている。また、太陽のような星(G 型星)は、大人になるだけでも約 3000 万年かかるといわれているほか、最晩不安定状態にあるようなオリオン座の赤色超巨星ベテルギウスであっても、超新星爆発まではおよそ 10 万年ほどかかると考えられている。そのため、望遠鏡で太陽系外の遠い宇宙を観測した場合、長い時間をかけないとその変化はなかなかわからない。

そこで重要になってくるのが、宇宙における天体の年代測定であり、そこでは重水素が重要になってくるという。星の生涯において、軽水素に対する重水素の割合を見ると、近年、その割合が大きく変化する時期があることがわかってきた。具体的には、生まれる前の分子雲コア中では、星間ガスや星間ダストが集積し、原始星として誕生すべく成長していくのに合わせて、重水素の割合が高くなっていくものの、ひとたび星が誕生すると、急にその割合が減少することがわかってきたという。今回の観測では野辺山 45m 電波望遠鏡により、重水素の割合が大きいもうすぐ星が生まれる場所が特定され、2020 年に発表された「もうすぐ星の生まれる場所のカタログ」を補完する電波地図が完成となった。この観測により、オリオン座大星雲の西側にあるフィラメント状の分子雲に、もうすぐ星が生まれそうな場所が 2 か所あることなどが判明したという。ただし、もうすぐといっても、10 万年単位の話である。なお星の誕生は、通常は安定と考えられている「分子雲コア」が、何らかの原因で「不安定」になることによって起こると考えられている。しかし、その原因が何であるのかは解明されていない。つまり、どのようにして分子雲コアから星が誕生するのか、そのプロセスのきっかけがわかっていないということである。なお、星形成のきっかけとしては、「乱流(さざ波)減衰モデル」と「体重増加モデル」が有力視されている。今回の研究では、乱流の大きさをドップラー効果によって精密測定することにより、乱流減衰モデルの観測的証拠の探索も行われたが、その証拠は得られなかったことから、体重増加モデルが有力である可能性があるという研究チームではコメントしている。



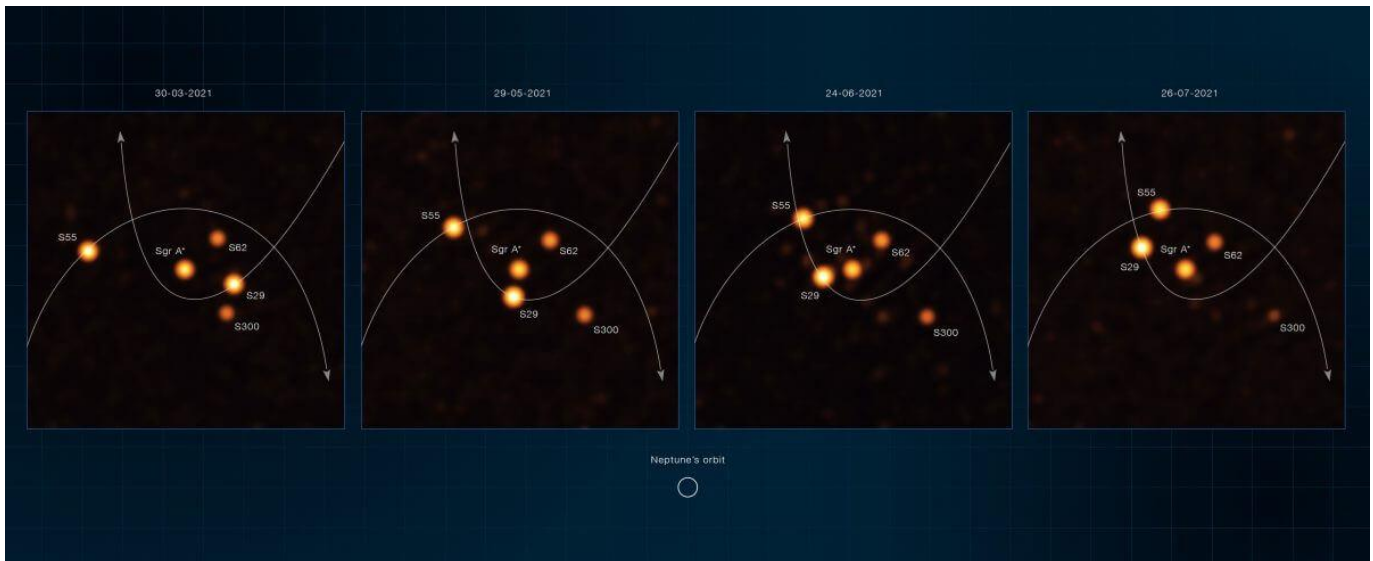
(c)国立天文台

(上)冬の大三角(おおいて座のシリウス、こいぬ座のプロキオン、オリオン座のベテルギウス)。中央のわずかに右

上に位置するのがオリオン座。(左下)上坂浩光氏撮影のオリオン座大星雲。(右下)野辺山 45m 電波望遠鏡で取得した電波地図の 1 つで、青い十字が「もうすぐ星が生まれそうな場所」(C)国立天文台 (出所:国立天文台 野辺山宇宙電波観測所 Web サイト)

<https://sorae.info/astrometry/20211217-sgr-a-star.html>

## 天の川銀河の巨大ブラックホール「いて座 A\*」 これまでで最も正確な質量の推定値を算出 2021-12-17 松村武宏



【▲天の川銀河中心の超大質量ブラックホールとみられる天体「いて座 A\* (Sgr A\*)」周辺の星々の動き。左から:2021 年 3 月 30 日、5 月 29 日、6 月 24 日、7 月 26 日に観測されたもの(Credit: ESO/GRAVITY collaboration)】  
ヨーロッパ南天天文台 (ESO) やマックス・プランク地球外物理学研究所 (MPE) などの研究者が参加する研究グループ「GRAVITY コラボレーション」は、天の川銀河の中心に存在が確実視されている超大質量ブラックホール「いて座 A\* (エースター)」(Sagittarius A\*, Sgr A\*) に関する最新の研究成果を発表しました。発表によると、今回実施された観測によって「いて座 A\*」の質量をこれまでで最も正確に推定することができたようです。

### ■研究グループは「いて座 A\*」の質量を太陽の 430 万倍と推定

多くの銀河の中心には巨大なブラックホールが存在すると予想されています。たとえば「おとめ座」の方向約 5500 万光年先の楕円銀河「M87」には約 65 億太陽質量 (1 太陽質量=太陽 1 個分の質量) もあるとみられる超大質量ブラックホールが存在しており、国際協力プロジェクト「イベント・ホライズン・テレスコープ (EHT: Event Horizon Telescope)」によってそのシャドウ (影) が撮影されています。

関連: [ブラックホールが撮影された楕円銀河「M87」地上と宇宙から同時観測した成果が発表される](#)

天の川銀河も例外ではなく、その中心にある「いて座 A\*」は約 400 万太陽質量の超大質量ブラックホールだと考えられています。ブラックホールそのものを光 (電磁波) で観測することはできませんが、ブラックホールの周りを運動する星々の動きを観測・分析することで、間接的にブラックホールの質量を推定することが可能です。

「いて座 A\*」の周辺の星の動きは 1990 年代から観測が続けられており、中心となった Reinhard Genzel (ラインハルト・ゲンツェル) さんと Andrea Ghez (アンドレア・ゲズ) さんはその功績が認められたことで、2020 年のノーベル物理学賞を Roger Penrose (ロジャー・ペンローズ) さんとともに受賞しています。

関連: [2020 年の「ノーベル物理学賞」はブラックホールの研究に貢献した 3 名が選ばれる](#)

### ▲今回観測された「いて座 A\*」周辺の星々の動きを示したアニメーション▲

(Credit: ESO/GRAVITY collaboration/L. Calçada)

MPE の所長を務める Genzel さんも参加した今回の研究では、チリのパラナル天文台にある「超大型望遠鏡 (VLT)」の観測装置「GRAVITY」を使って、2021 年 3 月~7 月にかけて「いて座 A\*」周辺の星々の動きが観測されまし

た。観測データを分析した研究グループは「いて座 A\*」の質量を 430 万太陽質量と推定し、地球から「いて座 A\*」までの距離を 2 万 7000 光年と算出しました。

研究グループによると質量の推定値の精度は 0.25 パーセントで、これまでで最も正確な推定値とされています。なお、分析には VLT による過去の観測データに加えて、W.M.ケック天文台およびジェミニ天文台による観測データも用いられました。発表によると、観測期間中の 2021 年 5 月下旬には「S29」と呼ばれる星が「いて座 A\*」から約 130 億 km（地球から太陽までの距離の約 90 倍）まで接近し、秒速 8740km（時速約 3146 万 km、光速の約 2.9 パーセント）で通過する様子が観測されています。また、今回の観測ではこれまで未発見だった星が「いて座 A\*」の周辺で新たに発見されており、「S300」と名付けられました。



【▲口径 8.2m の望遠鏡 4 基で構成されるヨーロッパ南天天文台の「超大型望遠鏡 (VLT)」 (Credit: ESO/H.H.Heyer)】 【▲「欧州超大型望遠鏡 (ELT)」の想像図 (Credit: ESO/L. Calçada/ACe Consortium)】  
研究グループの名称にもなっている GRAVITY は、VLT を構成する口径 8.2m の望遠鏡 4 基を連動させた「VLT 干渉計 (VLTI)」を利用する観測装置です。GRAVITY の主任研究員を務める MPE の Frank Eisenhauer さんによると、VLTI を利用する GRAVITY では、個々の望遠鏡で観測する場合と比べて 20 倍鮮明な天体の像を得られるといいます。今回の研究では精度をさらに高めるために機械学習 (マシンラーニング) も利用されました。GRAVITY は今後 10 年以内に感度をより高めた「GRAVITY+」へのアップデートが予定されています。また、ESO はチリのセロ・アルマゾネス山で口径 39m の「欧州超大型望遠鏡 (ELT)」の建設を進めています。研究グループは GRAVITY+ や ELT による観測を通して「いて座 A\*」の回転速度についての情報が得られることに期待を寄せています。

関連: [天の川銀河の中心部では謎の何かが星の誕生を妨げていることが判明](#)

Image Credit: ESO/GRAVITY collaboration Source: [ESO](#) / [マックス・プランク研究所](#) / [NOIRLab](#)

文/松村武宏

<https://sorae.info/astrometry/20211217-chamaeleon-infrared-nebula.html>

## 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”

2021-12-17 [松村武宏](#)





【▲カメレオン座赤外星雲 (Credit: International Gemini Observatory/NOIRLab/NSF/AURA; Image processing: T.A. Rector (University of Alaska Anchorage/NSF's NOIRLab), J. Miller (Gemini Observatory/NSF's NOIRLab), M. Zamani (NSF's NOIRLab) & D. de Martin (NSF's NOIRLab))】

こちらは南天の「カメレオン座」の方向にある反射星雲「カメレオン座赤外星雲 (Chamaeleon Infrared Nebula)」です。画像を公開した米国科学財団 (NSF) の国立光学・赤外天文学研究所 (NOIRLab) によると、この星雲は人の目で見える可視光線だけでなく赤外線の一部でも明るいことから、このように名付けられたのだといわれています。カメレオン座赤外星雲は、太陽系に比較的近い星形成領域である暗黒星雲「カメレオン座 I」の中心付近にあります。画像に向かって左側にある蝶の羽のような形をした部分が特に明るく見えることから、NOIRLab では星雲の姿を「One-Winged Butterfly (片翼の蝶)」と表現しています。NOIRLab によると、羽の根元にあたる部分に見える暗く短い帯のようなものは星周円盤 (星を取り囲むガスや塵でできた円盤状の構造) とみられており、その中心には太陽よりも軽い低質量の若い星が隠されていると考えられています。若い星は可視光線や赤外線とともに高速のガスの流れを細く絞られたジェットとして吹き出していて、このジェットが若い星を生み出した星間雲に“トンネル”を形成した結果、トンネルから漏れ出た可視光線や赤外線によって照らされた部分が反射星雲として見えているのだといわれています。また、画像中央の右側に見える小さな赤い天体は「HH 909A」と呼ばれるハービッグ・ハロー天体 (Herbig-Haro) です。ハービッグ・ハロー天体は生まれたばかりの星の周囲にみられる星雲状の天体で、若い星から吹き出した高速のジェットが周囲に広がる低速のガスと衝突することで輝いたものだと考えられています。NOIRLab によると、カメレオン座赤外星雲では画像の範囲外でも若い星のジェットに沿うような場所でハービッグ・ハロー天体が見つかっているといわれています。冒頭の画像はチリのセロ・パチョンにあるジェミニ天文台の「ジェミニ南望遠鏡」によって撮影されたもので、NOIRLab から「Gemini Catches a One-Winged Butterfly」と題して 2021 年 12 月 7 日付で公開されています。

関連：[若き巨大な星々を囲むスーパーバブル、ハッブルが撮影した大マゼラン雲の輝線星雲](#)

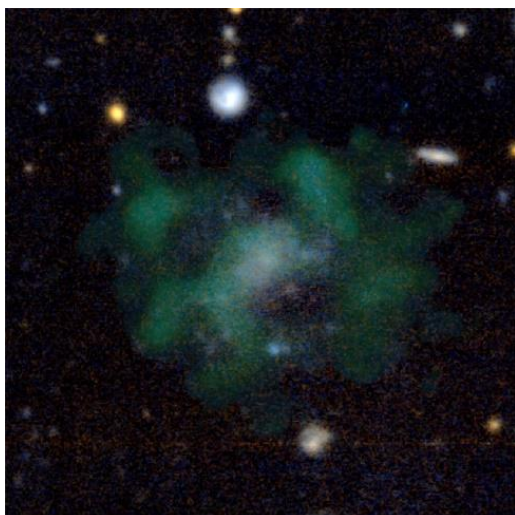


Image Credit: International Gemini Observatory/NOIRLab/NSF/AURA; Image processing: T.A. Rector (University of Alaska Anchorage/NSF's NOIRLab), J. Miller (Gemini Observatory/NSF's NOIRLab), M. Zamani (NSF's NOIRLab) & D. de Martin (NSF's NOIRLab) Source: [NOIRLab](#) 文／松村武宏

<https://sorae.info/astronomy/20211217-agc114905.html>

ダークマターの無い銀河を発見？ 銀河形成モデルは新たな展開へと向かうのか

2021-12-17 [吉田 哲郎](#)



【▲超拡散矮小銀河「AGC114905」。銀河の恒星の発光は青で示してあり、緑の雲は中性の水素ガスです。最新鋭の望遠鏡を用いて 40 時間に及ぶ詳細な観測を行いました。この銀河にはダークマターが含まれていないように見える (Credit: Javier Román & Pavel Mancera Piña)】

幽霊のような物質「ダークマター」(暗黒物質)と銀河は切っても切れない関係にあります。それはダークマターが銀河の形成に重要な役割を果たしていると考えられているからです。

オランダの研究者を中心とする国際的な天文学者チームは、最新鋭の望遠鏡を用いて 40 時間に及ぶ詳細な観測を行ったにもかかわらず、銀河「AGC114905」にダークマターの痕跡を発見することができませんでした。この観測結果はダークマターのない銀河の存在を強く証拠付けるものです。問題の銀河、AGC114905 は約 2 億 5000 万光年の距離にあります。「超拡散矮小銀河」(ultra-diffuse dwarf galaxy) と呼ばれる銀河に分類されていますが、「矮小銀河」という名前は、その大きさではなく、その低い光度を表しています。サイズは天の川銀河とほぼ同じですが、含まれる恒星の数はその 1000 分の 1 程度しかありません。すべての銀河、特に超拡散矮小銀河は、ダークマターによって支えられていなければ存在できないというのが一般的な考え方です。

研究者たちは、VLA (Very Large Array) 電波望遠鏡を使用して、2020 年 7 月から 10 月までの間、40 時間に渡って AGC114905 でのガスの回転に関するデータを収集しました。続いて、X 軸に銀河の中心からガスまでの距離、Y 軸にガスの回転速度を示すグラフを作成しました。これは、ダークマターの存在を明らかにするための標準的な方法です。グラフは、AGC114905 のガスの動きが通常物質によって完全に説明できる(ダークマターの存在を必要としない)ことを示していました。「これはもちろん、私たちがこれまでに行ってきた測定結果を裏付けるもので、私たちが考え、望んでいたことでもあります」と Pavel Mancera Piña 氏(フローニンゲン大学及びオランダ電波天文学研究所)は語っています。「しかし、理論的には AGC114905 にダークマターがあるはずなのに、私たちの観測結果ではそれが無いという問題は未解決のままです。実際、理論と観測の差は大きくなる一方です」研究者たちは、論文の中で、ダークマターがないことの説明として考えられる可能性をいくつか挙げています。例えば、AGC114905 は、近くの大きな銀河の重力によってダークマターが剥ぎ取られた可能性があります。「しかし、それはありえません」と Mancera Piña 氏は否定します。「銀河形成モデルとして最も定評のある、いわゆる「コールド(冷たい)ダークマターモデル」(cold dark matter model : CDM モデル)では、通常の範囲をはるかに超えた極端なパラメータの値を導入しなければなりません。また、CDM モデルの代替理論である修正ニュートン力学でも、銀河内のガスの運動を再現することはできません」

研究者によると、結論を変える可能性のある仮定がもう 1 つあると言います。それは、銀河を観測している角度の推定値です。論文の共著者である Tom Oosterloo 氏(オランダ電波天文学研究所)は、「しかし、ダークマターが存在する可能性を考えるためには、その角度が我々の推定値から非常に大きく外れていなければなりません」と語っています。一方、研究者たちは、2 番目の超拡散矮小銀河を詳細に調べています。その銀河で再びダークマターの痕跡が観測されなければ、ダークマターの乏しい銀河の存在はさらに強固なものとなるでしょう。

果たして理論と観測結果は一致するのでしょうか？ それとも観測結果を説明するために新たなモデルが構築されるのでしょうか？ 今後の展開が待たれます。

Image Credit: Javier Román & Pavel Mancera Piña Source: [Royal Astronomical Society](#) / 論文 文／吉田哲郎

<https://news.mynavi.jp/techplus/article/20211218-2231434/>

## Kavli IPMU、謎だった天の川銀河の円盤外縁部における星の分布の3次元地図を作成

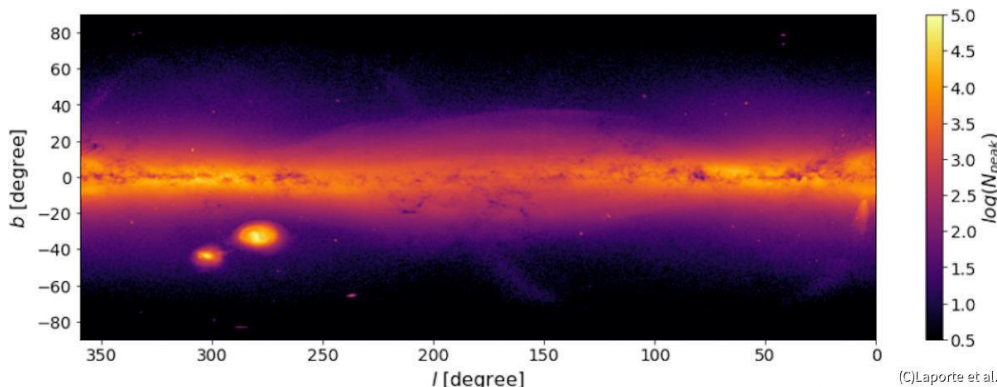
2021/12/18 00:31 著者：波留久泉

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)は12月16日、欧州宇宙機関(ESA)の位置天文衛星「ガイア」の観測データを解析して、これまでほとんど調べられていなかった天の川銀河の円盤外縁部における星の分布の3次元地図を作製することに成功したと発表した。

同成果は、Kavli IPMUのシェルヴィン・ラポルテ特任研究員(現・スペイン・バルセロナ大学 宇宙科学研究所研究員)らの研究チームによるもの。詳細は、[英国王立天文学会発行の天文学術誌「Monthly Notices of the Royal Astronomical Society」に掲載された。](#)

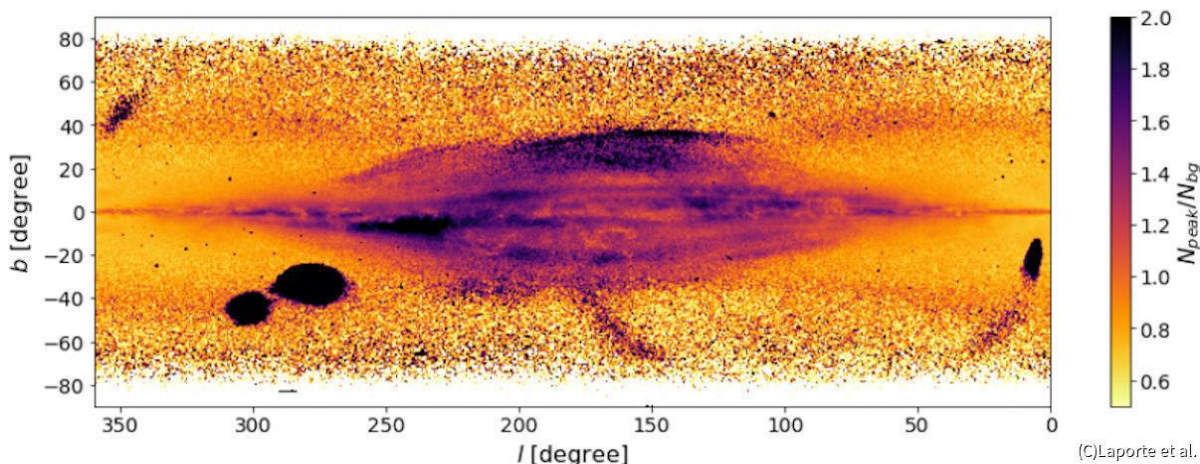
天の川銀河は、銀河として大きい部類に入ることが知られている。その正確な年齢は不明ながら、推定で100億年前後といわれており、その歴史の中で、数多くの矮小銀河を取り込むことで大型化してきたと考えられている。また、周囲にはまだ50個ほどの衛星銀河が存在していることも分かっている。

しかし矮小銀河とはいえ、衝突合体の際には天の川銀河の星々も影響を受ける。例えば、「いて座矮小銀河」と衝突した際には、星々の位置が大きくかく乱されたとされている。近年、天の川銀河の外縁部に発見されたのが、いて座矮小銀河との衝突よりも前の時代に起きた「ガイア・ソーセージ」と呼ばれる衛星銀河との衝突痕だという。天の川銀河の外縁部には、恒星が分布したフィラメント状の構造が見られる。研究者たちはこの構造に対し、天の川銀河が過去にさまざまな衛星銀河との衝突・合体した際の相互作用によって生じた潮汐作用による「潮汐腕」の痕跡であると考察している。これまでの研究から、円盤外縁部にあるフィラメント状の構造のうち、「Anticenter Stream」と呼ばれるものには、約80億年以上前の星が多く含まれていることが明らかになっている。これはいて座矮小銀河ではなく、ガイア・ソーセージとの衝突が起源であると考えられているとするが、こうした構造のすべてが、矮小銀河を取り込んだ結果、つまり外的要因の潮汐腕の名残りとして形成されたというわけではなく、天の川銀河の円盤内における垂直方向の密度波という内的要因に起因する可能性もあるという。そこで研究チームは今回、天の川銀河の円盤外縁部における新しい星の地図を作製することにしたという。地図作製のデータとして用いることにしたのが、天の川銀河の3次元地図の作製を目的として、ESAが2013年に打ち上げた位置天文衛星ガイアの観測データで、今回の研究には、ESAが2020年に公表した「早期データリリース3(EDR3)」と呼ばれる3回目のデータを用いたという。これまで、塵による減光の影響のため、天の川銀河の円盤外縁部における星の分布はほとんど調べられてこなかったというが、今回、ガイア衛星のデータから個々の星の運動(固有運動)の測定結果を用いることで、星分布の3次元地図を調べることに成功。これまで知られていた天の川銀河の構造の全体像をより鮮明に描き出すことができるようになり、その結果、天の川銀河の円盤外縁部に、これまで知られていなかったフィラメント状の構造が多数存在することが判明したという。



銀河中心から反対方向回りの銀河円盤周囲の領域について、0.5度x0.5度のピクセルごとに、特異な運動量を示す星の数密度が可視化された地図。b=0度は天の川銀河の円盤面、(b=0,l=180)は銀河中心から反対方向。一方、画像の両端にあたる部分(b=0,l=180とb=0,l=360)は銀河中心に相当。塵が多すぎるため、銀河中心方向の観測はガイア衛星をもってしても難しいという。今回の研究では、中心方向を除いた、天の川銀河の円盤外縁部における星の分布について新しい3次元地図が作成された (C)Laporte et al. (出所:Kavli IPMU Web サイト)

これまでの研究からこうしたフィラメント状構造は、天の川銀河が過去に周囲の衛星銀河と衝突・合体した際の相互作用によって形成されたと考えられているが、今回発見された数は、ラポルテ特任研究員らも予想外とするほど膨大であり、今後の詳細な研究が必要になるとしている。

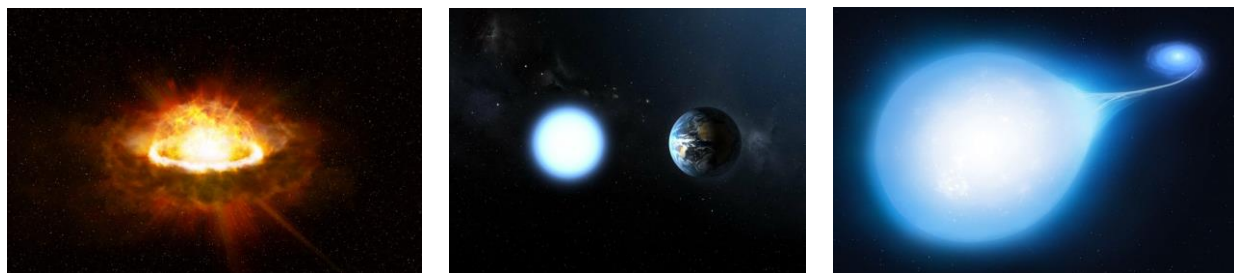


特異な運動量を示す星の分布について、バックグラウンド(一様成分)の星の分布との比を取った地図。同様の運動量を示す星の分布構造は、天の川銀河の形成過程で、衛星銀河との衝突・合体の痕跡であるフィラメント構造と考えられる。たとえば、画像の中心(b=0,l=180)からbの負の方向に伸びる星の分布は「いて座ストリーム」と呼ばれ、過去に天の川銀河に取り込まれたことがわかっているいて座矮小銀河から引き剥がされた星の分布が示されている。そのほかにも、円盤面に多数の横に伸びたフィラメント構造が存在することがわかる (C)Laporte et al. (出所:Kavli IPMU Web サイト) なお、研究チームでは、すでにスペイン・カナリア諸島のラ・パルマ天文台にあるウィリアム・ハーシェル望遠鏡に搭載された分光観測装置「WEAVE」を用いた観測など、新たな観測計画が開始しており、そうしたさまざまな角度からの分光観測を進めていくことで得られた、恒星の視線方向の速度や化学組成、恒星年齢などの情報を活用することで、こうした構造に含まれる恒星の起源やフィラメント構造自体の成り立ちについて明らかにしていきたいとしている。

<https://sorae.info/astrometry/20211218-la-sn-tomo-e-gozen.html>

## 「Ia型超新星」発生直後の閃光を捉えることに成功 東京大学木曾観測所の観測装置

2021-12-18 松村武宏



【▲超新星「SN 2020hvf」発生直後の様子を描いた想像図。超新星によって放出された物質が白色矮星周辺の物質に衝突することで閃光が生じたと考えられている (Credit: 東京大学木曾観測所)】

【▲白色矮星「シリウス B」(左)と地球(右)を比べたイメージ図 (Credit: ESA/NASA)】

【▲白色矮星(右上)と恒星(左下)からなる連星を描いた想像図 (Credit: University of Warwick/Mark Garlick)】

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) の姜継安 (ジャン・ジャン) 特任研究員

を筆頭とする研究グループは、通常よりも明るい特異な「Ia 型超新星」における爆発直後の閃光を捉えることに成功し、この超新星が通常の Ia 型超新星とは異なる進化の過程を経たものであることが明らかになったとする研究成果を発表しました。研究グループは今回の成果について、宇宙の距離測定にも用いられている Ia 型超新星のメカニズムを解明する手がかりになるとともに、特異な Ia 型超新星の起源につながると期待を寄せています。

#### ■超新星が発生した直後の閃光を観測装置「トモエゴゼン」が捉えた

太陽のように比較的軽い恒星（質量が太陽の 8 倍以下）は、その晩年に大きく膨らんだ赤色巨星に進化し、外層から周囲へとガスや塵を放出した後にはコア（中心核）だけが残った白色矮星に進化する考えられています。白色矮星は高密度な天体で、直径は地球と同じくらいですが、一般的な質量は太陽の半分～同程度とされています。白色矮星は核融合反応を起こさず予熱で輝く天体なので（※）、恒星としては死を迎えた姿とも言えます。

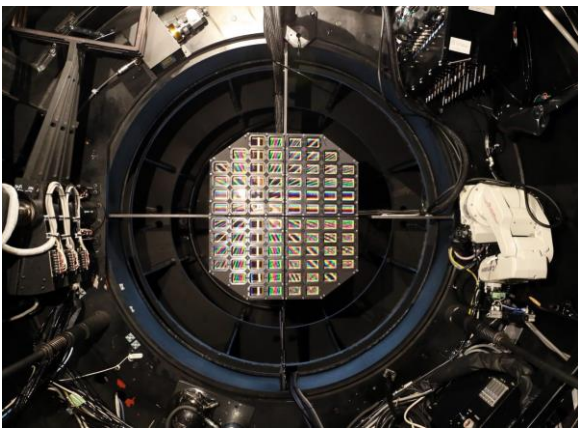
※...白色矮星の表層に残った水素の核融合反応が起きる可能性も指摘されています。関連：[一部の白色矮星では表層で水素の安定した核融合反応が起きている可能性](#)

この白色矮星が別の恒星と連星を成していた場合、恒星のガスが白色矮星に引き寄せられて表面に降り積もることがあります。ガスが降り積もることで白色矮星は徐々に重くなっていきますが、質量がある上限を超えたときに炭素の暴走的な核融合反応が発生し、白色矮星が吹き飛ぶと考えられています。これが「Ia 型超新星」と呼ばれる現象です。Ia 型超新星が起きるかどうかの境目となる白色矮星の上限質量は太陽の約 1.4 倍とされていて、「チャンドラセカール限界質量」と呼ばれています。

研究グループによると、Ia 型超新星は明るさが太陽の約 50 億倍と非常に明るく、真の明るさにばらつきがほとんどないことが知られています。この「真の明るさがほぼ一定」という特徴が重要で、Ia 型超新星は真の明るさと観測された見かけの明るさをもとに地球からの距離を割り出すことができます。このような天体は「標準光源」と呼ばれています。研究者は遠くの銀河までの距離を測定したり現在の宇宙の膨張率（ハッブル定数）を算出したりする上で、Ia 型超新星を標準光源のひとつとして利用しています。

このように宇宙論の研究でも重宝される天体でありながら、Ia 型超新星では爆発を引き起こす天体や爆発の引き金といった基本的な部分がまだ未解明だと研究グループは指摘します。たとえば、前述のように恒星から白色矮星に一部の物質が移動する場合だけでなく、白色矮星が恒星や別の白色矮星と合体する場合でも、チャンドラセカール限界質量を超えて Ia 型超新星が起きる可能性があります。また、Ia 型超新星を起こす白色矮星の中心密度が一定ではないとする研究成果も最近発表されています。

関連：[最も高密度な白色矮星による Ia 型超新星の痕跡](#)



【▲東京大学木曾観測所の観測装置「Tomo-e Gozen（トモエゴゼン）」（Credit: 東京大学木曾観測所）】

【▲「トモエゴゼン」が設置されている 105cm シュミット望遠鏡（Credit: 東京大学木曾観測所）】

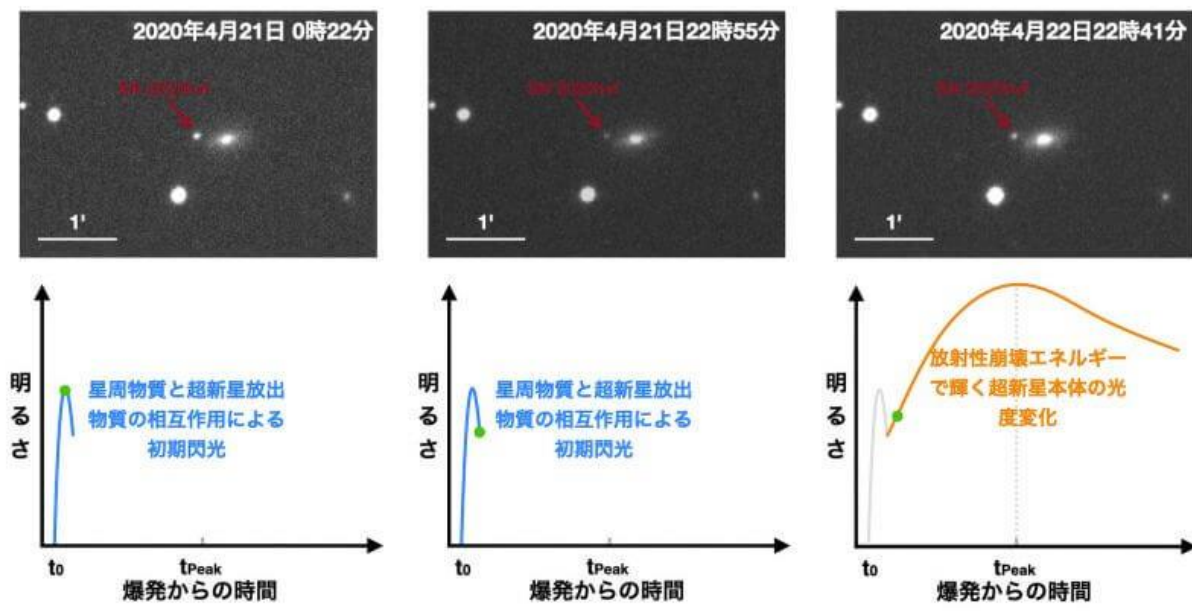
こうした基本的な謎を解明するために、研究グループは東京大学木曾観測所の 105cm シュミット望遠鏡に設置されている観測装置「Tomo-e Gozen」（トモエゴゼン、名称は「巴御前」に由来）を使い、爆発から 1 日以内の Ia 型超新星を捉えるべく観測を行っています。

84 個の CMOS センサーで構成されるトモエゴゼンは 20 平方度（満月 84 個分）という広い視野を一度に捉え、

毎秒2回の頻度で動画撮影を行うことができる観測装置です。広い視野を高い頻度で観測することで、超新星爆発のようにいつどこで発生するか予想できない突発的な天文現象を捉えることがトモエゴゼンには期待されています。

今回研究グループが注目したのは、2020年4月21日に観測された超新星「SN 2020hvf」(Tomo-e202004aaelb)でした。SN 2020hvfは「しし座」の方向にある銀河「NGC 3643」の近くで検出されたIa型超新星で、トモエゴゼンは発生から約5時間しか経っていない段階におけるSN 2020hvfの様子を捉えていたといいます。

研究グループによると、SN 2020hvfは爆発直後に短い閃光を発生してから一旦暗くなり、その後で通常のIa型超新星のように再び明るくなるという明るさの変化を短時間で示しました。近年ではIa型超新星の発生直後に生じた閃光の観測例が幾つかあるものの、SN 2020hvfのように1日以内で光度の大きな変化を示した例はなかったといいます。また、国内外の望遠鏡による追加観測のデータを研究グループが分析したところ、SN 2020hvfがIa型超新星のなかでも最も明るい特異なタイプだったことが明らかになりました。



【▲「トモエゴゼン」の観測画像（上段）と超新星「SN 2020hvf」の明るさの変化（下段）を示した図。左の画像では爆発直後の閃光が捉えられており、中央の画像では一旦暗くなっているが、右の画像では再び明るくなり始めた様子が捉えられている（Credit: Kavli IPMU/東京大学）】

さらに、初期に観測された閃光が生じ得る環境をシミュレーションで調べた結果、爆発前の白色矮星の周囲には大量の物質（星周物質）が存在しており、超新星によって放出された物質が周囲の物質に衝突してエネルギーが放出されたとすれば、閃光が発生した理由を説明できることも示されました。冒頭の画像はその様子を描いた想像図です。つまり、爆発初期に閃光が観測されたSN 2020hvfは、白色矮星を含む連星が爆発に至る進化の過程で周囲に大量の物質を放出していた可能性があります。この過程が通常のIa型超新星とは異なるとして、研究グループは今回の成果が特異なIa型超新星のメカニズムとして提案されている理論を調べる上での手がかりになると期待しています。また、研究グループは今後も爆発初期の超新星発見と即時追加観測を計画しており、観測を通して一般的なIa型超新星の起源についても理解が進み、より正確な宇宙膨張の測定において貢献を果たせることに期待を寄せています。 関連：[2037年に出現？ 1つの超新星の4つ目の光が予測される](#)

Image Credit: 東京大学木曾観測所 Source: [Kavli IPMU](#) 文／松村武宏