

## JAXA の宇宙飛行士、学歴不問に 月探査を視野に 13 年ぶり募集

小川詩織 2021 年 11 月 19 日 11 時 04 分



船外活動する星出飛行士=9 月 12 日、NASA、JAXA 提供



### 宇宙飛行士のこれまでの選抜

敬称略。写真はJAXA提供

毛利衛	▷	
1985 年	向井千秋	
	土井隆雄	
1992	若田光一	▷
1996	野口聡一	▷
	山崎直子	▷
1999	古川聡	
	星出彰彦	
	油井亀美也	▷
2009	大西卓哉	
	金井宣茂	



[宇宙航空研究開発機構](#) (JAXA) は 19 日、有人月探査を視野に入れた新しい飛行士の応募を始めると発表した。これまででは理系の大学を卒業していることや水泳、英語力など厳しい条件があったが、試験で判断したり訓練で身につけたりできるなどとして多くを撤廃。門戸を広くして多数の応募を得る狙いだ。JAXA によると、公的機関の飛行士の応募が学歴を不問とするのは世界初という。

JAXA が飛行士を募集するのは 13 年ぶり。応募期間は 12 月 20 日から来年 3 月 4 日までで、4 回の試験や検査を経て、23 年 2 月ごろまでに若干名を選抜する。発表では、応募資格は、3 年以上の実務経験があり、身長 149・5~190・5 センチ、矯正視力が両眼とも 1・0 以上、色覚・聴力が正常であること。前回の 2008 年までは、自然科学系の大学卒であることや、実務経験の分野も自然科学系に限られていたが、撤廃する。博士号は 3 年の実務経験とみなされる。堪能な英語力や着衣で 75 メートル泳げることといった条件もあったが、「試験で評価したり、訓練で習得したりできる」として削った。今回選ばれる飛行士は、[国際宇宙ステーション](#) (ISS) で滞在するだけでなく、月を回る軌道上に建設される新しい宇宙ステーションに滞在したり、月に降り立って探査したりする予定だ。会見した油井亀美也飛行士は「幅広い背景がある人に応募してもらい、今までなかった光る才能で、新しい日本の有人宇宙活動をつくってほしい」と期待した。

### 応募資格の主な変更点

2008 年	今回
自然科学系の大学を卒業	なし
自然科学系分野で 3 年以上の実務経験	3 年以上の実務経験

身長 158～190 センチ	149・5～190・5 センチ
体重 50～95 キロ	なし
着衣水泳 75 メートル・立ち泳ぎ 10 分間	なし（訓練で習得）
円滑な意思疎通が図れる英語力	なし（試験で判断）

### 求められる飛行士像は？

[宇宙航空研究開発機構](#)（JAXA）が 13 年ぶりに募集する[飛行士](#)の募集要項が 19 日、発表された。米国と進める有人月探査を想定し、「国際チームの中で協調性とリーダーシップを発揮できる」「極限環境でも柔軟な思考での確に行動できる」ことなどを求める内容。一方、学歴や専門的な実務経験を不問にするなど、多くの幅広い人から応募を得るため、条件は大幅に緩和した。

前回 2008 年に 963 人から選ばれた[油井亀美也飛行士](#)は「まずはチャレンジすることが大事。選抜の過程で多くの友達ができ、自分自身も成長できた。13 年間後輩がいないので、ふるって応募してほしい」と話した。

募集要項が大きく変わった背景には、[飛行士](#)の活動の場が大きく変わろうとしていることがある。JAXA の[飛行士](#)はこれまで、米スペースシャトルで科学実験をしたり、[国際宇宙ステーション](#)（ISS）で滞在したりと、地球から 400 キロくらいまでの近い宇宙で活動してきた。常に地球と通信でき、トラブルがあっても半日で帰還できる。しかし、月探査となると、片道でも数日かかるほか、通信も遅い。精神的にも肉体的にも極限状態に追い込まれかねない環境で、「自らを律し、的確に判断して行動できる」人を求める人物像とした。

応募条件は、前回まであった自然科学系の大学卒、体重の制限、水泳の能力や堪能な英語力などを削除した。試験で判断できたり、訓練で習得できたりするためという。残った条件は、3 年以上の実務経験と、身長 149・5～190・5 センチ、両眼とも 1・0 以上の矯正視力、正常な色覚・聴力だけになった。応募期間は 12 月 20 日から来年 3 月 4 日。4 回の試験や検査では、経験や体験、成果を発信するための表現力や発信力も問うという。23 年 2 月ごろまでに若干名を選抜する。その後も 5 年ごとに[飛行士](#)を募集する方針だとした。

### 求められる飛行士像

- ・国際チームの中で協調性やリーダーシップを発揮
- ・極限環境でも的確に判断し、行動できる
- ・経験や成果を広く共有できる表現力や発言力がある

JAXA の募集要項から

<https://news.mynavi.jp/article/20211119-2193468/>

## 宇宙飛行士に、転職だ。 JAXA が 2021 年度 宇宙飛行士候補者の募集を決定

2021/11/19 16:15 [著者：小林行雄](#)

宇宙航空研究開発機構(JAXA)は 11 月 19 日、日本人宇宙飛行士の活動の場が国際宇宙ステーション(ISS)や日本実験棟「きぼう」、そして月周回有人拠点「ゲートウェイ」や月面に拓がることを想定し、新たな宇宙飛行士の候補者を募集することを発表した。



宇宙飛行士候補者募集のポスター (C)JAXA      宇宙飛行士候補者募集のロゴ (C)JAXA

今回の募集・選抜にあたっては応募条件の緩和がなされ、学歴および専門分野は応募条件とはせず、宇宙飛行士候補者に必要なこれらの能力は選抜試験において評価することとなったほか、訓練期間中に充足できる条件(泳

力、自動車免許保有)も応募資格から除外されるなど、応募条件の全体的な見直しが行われたという。そのため、選抜試験の流れとしては、書類選抜の後、第0次選抜として、英語試験の後、大学の教養課程相当の一般教養試験ならびに、国家公務員採用総合職試験(大卒程度試験)相当のSTEM分野の試験、小論文、適性検査、エントリーシートの審査を実施。その後、第1次選抜として、一次医学検査、医学特性検査、プレゼンテーション試験、資質特性検査、運用技量試験。第2次選抜として、二次医学検査、医学特性検査、面接試験(英語、資質特性、プレゼンテーション)。第3次選抜として、三次医学検査、医学特性検査、資質特性検査、運用技量試験面接試験(総合、英語、プレゼンテーション)がそれぞれ実施される予定になっている。

今回の応募資格は以下のようにになっている。

2021年度末(2022年3月末)の時点で、3年以上の実務経験を有すること(修士号取得者は1年、博士号取得者は3年の実務経験とみなす)

以下の医学的特性を有すること

身長:149.5-190.5cm 視力:遠距離視力 両眼とも矯正視力 1.0 以上 色覚:正常(石原式による)

聴力:正常(背後 2m の距離で普通の会話可能)

また、宇宙飛行士として認定された場合の業務としては、これまでのISSでの活躍に加え、月探査に向けたゲートウェイの滞在や、月面での滞在などが追加されている(以下を参照)。

有人輸送機(米国商業宇宙船など)への搭乗

最長6か月間程度のISSでの長期滞在

ISSおよび「きぼう」システムの操作・保全 ISSおよび「きぼう」を利用した様々な実験・研究

ISSおよび「きぼう」船外での船外活動

有人輸送機(米国新型宇宙船)への搭乗

ゲートウェイでの滞在(短期) ゲートウェイの操作・保全 ゲートウェイを利用した様々な実験・研究

ゲートウェイ 船外での船外活動

月面着陸船への搭乗 月面での滞在(短期) 月面での実験・研究 月面での船外活動

なお、応募受付期間は2021年12月20日から2022年3月4日までとなっており、採用人数は若干名。最終選抜結果については、2023年2月ごろの発表を予定しているという。また、募集要項については、JAXAの[宇宙飛行士候補者募集特設サイト](#)に掲載されており、実際の応募方法は、JAXAのエントリー専用Webサイトに必要書類を提出する形式となっている。

[https://news.biglobe.ne.jp/international/1118/rec\\_211118\\_7966799158.html](https://news.biglobe.ne.jp/international/1118/rec_211118_7966799158.html)

## 中ロコンソーシアムグローバル宇宙天気センターが発足-北京市



11月18日(木) 19時50分 [Record China](#)

資料写真。 [写真を拡大](#)

中ロコンソーシアムグローバル宇宙天気センターが16日、北京市で発足した。科技日報が伝えた。

宇宙天気は衛星の運行、宇宙飛行、地上管理などのハイテクシステム及び人類の健康などに関わるもので、特に宇宙飛行安全、航空通信、測位、追跡、アビオニクスの信頼性はいずれも宇宙天気から強い干渉を受ける可能性がある。中国の気象当局は現在すでに国家級宇宙天気業務体制主体枠組みを大まかに構築している。気象衛星「風雲」と宇宙天気地上モニタリングネットワークからなる天体一体化モニタリング体制はすでに、太陽・地球宇宙因果連鎖の「全プロセス」のモニタリング能力と、太陽・地球宇宙鍵となるエリアの鍵となる要素の短期・中期・長期の予報・早期警報・速報の能力を備えており、宇宙天気予報の精度は国際水準並みになっている。

グローバル宇宙天気センターは中国気象局、中国民用航空局、ロシア連邦水文気象学・環境観測局が共同で設立・運営するもので、中国民間航空気象分野で初の国際民間航空機関が承認するグローバルセンターであり、世界で4つ目のグローバル宇宙天気センターでもある。これは気象強国と民間航空強国の建設のスピードアップに対して積極的な意義を持つ。(提供/人民網日本語版・編集/YF)

<https://news.mynavi.jp/article/20211118-2192516/>

## なぜ宇宙に滞在すると血圧や骨の厚さが変化するのか、東北大が仕組みを解明

2021/11/18 19:51 著者：波留久泉

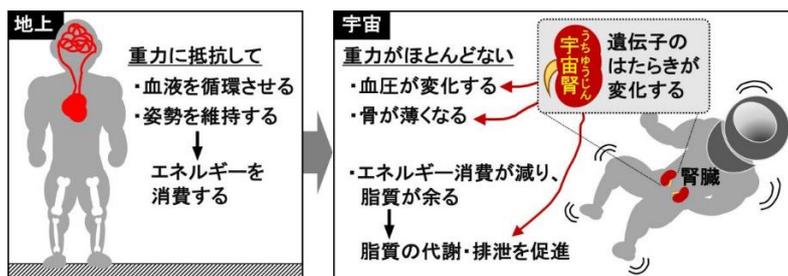
東北大学は11月17日、1か月間の宇宙滞在から帰還したマウスを解析したところ、宇宙旅行の際には腎臓が中心となって血圧や骨の厚さなどを変化させることを発見したと発表した。

同成果は、東北大大学院 医学系研究科の鈴木教郎准教授(酸素医学分野)、同・山本雅之教授(医化学分野)、JAXA、筑波大学の共同研究チームによるもの。[詳細は、国際腎臓学会誌「Kidney International」に掲載された。](#)

宇宙は地上とは違い無重力もしくは微小重力環境であり、そこで暮らしていくためには、そうした環境が人体にどのような影響をおよぼすのかを理解する必要がある。これまで、宇宙飛行士たちへの身体検査から、重力の増減に対して血圧と骨の厚さが変化することがわかっていたが、その仕組みは解明されていなかった。

そこで研究チームは今回、腎臓に着目し、宇宙旅行から帰還したマウスの腎臓を解析することにしたという。腎臓が着目された理由は、同臓器が老廃物を尿中に排泄する以外にも、赤血球を増やしたり、血圧を上昇させたり、リンおよびカルシウムの体内濃度を調節するなどの機能も備えているためだという。カルシウム濃度は骨量と相関するため、腎臓は骨の太さの調節にも関与しているという。

今回の研究では、2018年4月に実施されたJAXAによる第3回小動物飼育ミッションで、国際宇宙ステーション(ISS)の日本実験棟「きぼう」にて31日間飼育された宇宙飛行マウス12匹たちが用いられた。解析の結果、宇宙滞在から地上に帰還したマウスの腎臓では、血圧と骨量の調節に関わる遺伝子群の発現量が変化していることが確認されたほか、血液中の脂質が増加しており、腎臓において脂質代謝に関係する遺伝子の発現も増加していることも確認されたという。この結果について研究チームでは、宇宙空間では重力に抵抗して姿勢を維持する必要がないため、基礎的なエネルギー消費量が低下しており、腎臓が余剰となった脂質を代謝・排泄する役割を担っていることが示唆されたとしている。なお、今回の研究で得られたデータの一部は、東北メディカル・メガバンク機構とJAXAが共同で整備する公開データベース「ibSLS」に登録されており、世界中の研究者がアクセスし、宇宙環境が生体に及ぼす影響の研究に利用することが可能となっている。また、宇宙旅行の際に腎臓が重要な役割を担うことが示されたことから、宇宙への渡航前に腎臓の健康状態を確認したり、薬剤などで腎臓の機能を調節したりして、腎機能を管理することの重要性が示されたと研究チームでは説明している。



宇宙旅行の際には腎臓の働きによって血圧・骨量・脂質代謝が変化する (出所:東北大 Web サイト共同プレスリリース PDF)

<https://sorae.info/column/space-headache.html>

【宇宙医療コラム】宇宙頭痛と飛行機頭痛について

2021-11-14 [sorae 編集部](#)



【▲宇宙頭痛のイメージ (Credit: ABLab)】

【▲不規則な睡眠・過度のストレス・ブルーライトを避ける、非ステロイド性抗炎症薬などの療法 (Credit: ABLab)】

こんにちは、外科医の後藤です。現在、日本に 1000 万人以上の患者がいるとされ多くの人に影響を及ぼしている「頭痛」ですが、実は飛行機搭乗時と宇宙飛行においても頭痛が起こることは、あまり知られていないのではないかと思います。頭痛は私の専門である脳神経外科に直接的にかかわる領域であり、この問題解決については特に力を入れて臨床と研究を行っているところです。今日はその頭痛についての基本的な説明と、宇宙頭痛と飛行機頭痛についてこれまで知られている内容を説明します。

### 地上での一般的な 2 つの頭痛

「頭痛」とは、医学的には大きく一次性頭痛と二次性頭痛の 2 つに分けられます。

危険なのは二次性頭痛の方で、これはくも膜下出血・脳出血・脳静脈血栓症・脳腫瘍・髄膜炎など頭蓋内に器質的疾患（はっきりとした病変）がある場合や、身体に異常が起こって生じている頭痛です。直ちに治療しなければ生命にかかわる場合もあり、医療現場では頭痛の患者さんに対してはまず、これら二次性頭痛を鑑別することを最優先に診療しています。CT や MRI などの画像検査で危険な二次性頭痛が否定されれば、残るのは特に頭蓋内に病変のない（少なくとも画像上映らない）一次性頭痛です。この一次性頭痛の代表が片頭痛・緊張型頭痛の 2 つであり、疫学調査では日本人全体で片頭痛は約 5-10%、緊張型頭痛は約 20%と、日本人の 4 人に 1 人が一次性頭痛で悩んでいることとなります。片頭痛については、おそらく名前を聞いたことがある方が多いかと思いますが「ずきずきとした、または押されるような痛みが頭部の一部分において生じ、数時間以上持続する。さらに、光や音によって症状が悪化したり、吐き気を伴うことがある」というのが一般的な特徴です。緊張型頭痛は俗に肩こり頭痛ともいわれ、「後頸部や肩の筋肉が固まることにより後頭部や頭全体の締め付けられるような痛み・重たさが生じる」という特徴があります。いずれも治療としては、不規則な睡眠・過度のストレス・ブルーライトなどの悪化因子を避けるなどの生活改善、非ステロイド性抗炎症薬(NSAIDs)などの薬物療法が主となります。

### 宇宙頭痛、その病態と原因について

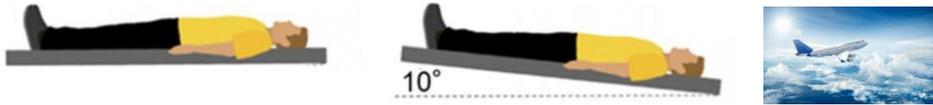
宇宙頭痛は、宇宙飛行時に飛行士が悩まされる強い頭痛であり、頭痛の世界標準分類である国際頭痛分類第 3 版では「ホメオスタシス障害による頭痛」として新たに記載されています。ホメオスタシスとは「生体恒常性」と訳され、自律神経・内分泌・免疫といった生体の安定を保つシステムを指します。打ち上げ時・宇宙滞在時・再突入時いずれにおいても生じることがあり、「じっとしてられないほど強い痛み」となることも多く、ミッション遂行に多大な影響をおよぼし得るものです。やや古い研究ですが、宇宙飛行士の頭痛を解析した 2009 年の文献報告では、17 人の宇宙飛行士(男性 16, 女性 1 人)のうち実に 12 人が打ち上げから宇宙滞在・帰還時までの間に中程度から重度の頭痛を経験していました。これらすべてのクルーにおいて、もともと地上で頭痛を生じたことはなかったとのこと。これら宇宙頭痛の 74%は、宇宙酔いの症状とは関係なく起こっていたという事は重要な点であり、宇宙滞在初期に生じる生体変化と同列ではない可能性があります。

宇宙頭痛の原因はいまだ仮説段階ですが、有力な説として微小重力での頭部方向への体液シフトによる頭蓋内圧上昇（頭蓋骨内部の圧力が上昇すること）、宇宙酔いと同様に視覚・前庭系・深部感覚などの感覚不一致、国際宇宙ステーション内の高い二酸化炭素濃度などが原因として考えられています。

体液シフトによる頭蓋内圧変動、それが一因と指摘されている [SANS](#)(Spaceflight-Associated Neuro-Ocular Syndrome)については現在、宇宙医学上の大きな問題として指摘されていますが、宇宙頭痛についてはほとんど知られていないのではないのでしょうか。その要因として、おそらく宇宙飛行士は宇宙での健康状態での悪化を知られると次回以降のミッションアサインに影響が出ることを恐れるため、申告を控えるからではないかと著者ら

は述べています。宇宙頭痛を地上で再現し、その対策を検討した研究があります。

まず、Head-down-tilted bed rest といって水平位から頭部を 5-10°ほど下げた状態とします (下図)。



その状態で一定期間を過ごしなが、数回有酸素運動を行ったり遠心加速器で人工重力を与えることで、頭痛が軽減するかを調べたものです。22人の頭痛歴のない被験者に対して行われ、運動や遠心加速器により頭痛の軽減は見られたものの、頭痛の発症そのものや期間は変わりがなかったという結果でした。宇宙頭痛は、今後の民間宇宙旅行においても大きな問題となる可能性があり、その病態解明が求められているところです。

### 飛行機頭痛、その病態と原因について

宇宙まで行かなくても、飛行機に乗った際に頭痛を経験した方が少なからずいるのではないかと思います。

飛行機頭痛は、近年の報告では航空機利用者の 8.3%に生じるとされ、決してまれな頭痛ではありません。

主に着陸に向けた降下時に発症しますが、離陸上昇時や水平飛行時に生じることもあります。

急激に出現し、数秒で最高に達し 15-30 分で自然消失するとされ、きわめて強く耐えがたい痛みが前頭部から目の周囲に生じます。原因は明らかではありませんが、気圧変化による副鼻腔（鼻の奥にある広い空洞）に存在する三叉神経という痛みを感じる神経への刺激が考えられています。また飛行機頭痛を生じる方に多い特徴としてもともと頭痛もち、副鼻腔炎の存在、頭蓋内のう胞性病変がある方などが指摘されています。

頭蓋内のう胞とは、透明中隔・くも膜のう胞・ベルガ腔などといったものが代表的で、脳内部および周囲を循環している脳脊髄液がたまった水風船のような空間が脳内に見られるものです。基本的には良性であり、治療が必要なケースは少ないですが飛行機ではこれが頭痛を引き起こす原因となる可能性が指摘されています。飛行機頭痛も宇宙頭痛と同様、「ホメオスターシス障害による頭痛」として生体安定性が破綻する二次性頭痛に分類されています。宇宙旅行での帰還時に問題として生じる可能性があり、対策が求められていくのではないのでしょうか。地上で多くの人を悩ませる頭痛が、航空機搭乗や宇宙飛行でも生じるという悩ましい事実。

まだ病態として不明点が多く、今後人類の宇宙への往復が日常となる時代へ向けて、真相解明が求められる病態です。私も脳神経外科を専門とする一人として、微力ながら解明に向けた研究を進めていきたいと思ひます。

### 【特集】宇宙医療コラム 一覧

参考資料 Space headache on Earth: head-down-tilted bed rest studies simulating outer-space microgravity. Cephalalgia, 2015      Space headache: a new secondary headache. Cephalalgia, 2009

An unusual case of an airplane headache. Headache, 2004

Prevalence of migraine in Japan : a nationwide survey. Cephalalgia, 1997

宇宙フライトによる健康へのリスクと生体に起きる変化 JAXA 宇宙教育センター 資料

飛行機頭痛 週刊 医学のあゆみ 特集 飛行機・新幹線内での医療 Vol. 270, No. 2, 2019

脳ドック受診者に占める飛行機頭痛 宇宙航空環境医学 Vol. 54, No. 2, 2017

国際頭痛分類第 3 版 医学書院, 2018

脳外科医 澤村豊先生のホームページ      Source: ABLab 文／後藤正幸 ([Twitter](#))([Facebook](#))

「宇宙に、医療を」目標とする脳神経外科医。医療分野での宇宙ビジネス創出を目指して、日々活動中。最新の宇宙医学研究を、多くの人に分かりやすく伝える発信を行なっている。

<https://sorabatake.jp/23931/>

2021/11/15

「宇宙ビジネスの今に追いついた制度や法律を」岸田首相、自治体の取り組みを後

押しの考え。11 道県知事が宇宙産業推進に向けた要望書を提示【宇宙ビジネスニュース】

11月8日、北海道・和歌山県・福岡県・大分県の知事が岸田首相と面会し、宇宙産業の推進に向けた支援を求める「[地方からの『宇宙』への挑戦に関する要望・提言](#)」を手渡しました。

この要望書は、北海道・茨城県・福井県・和歌山県・鳥取県・山口県・福岡県・佐賀県・大分県・鹿児島県・沖縄県によって取りまとめられたものです。制度整備の検討、衛星開発およびコンステレーションの構築に向けた支援の充実、有人輸送を見据えたスペースポート整備の推進などが要望として盛り込まれています。

**宙畑メモ** スペースポートとは、ロケットが離発着できる場所のことです。国内では、北海道と和歌山県、大分県などで、スペースポートの整備が進められています。



提言を受ける岸田首相 Credit：首相官邸

要望書を受け取った岸田首相は、このように話しました。

「宇宙産業はどんどん発展しているものですから、制度や法律が時代に十分追いついているのかどうかも検討しなければならないと思います」さらに、岸田首相はスペースポートの整備に向けた地方創生の交付金の活用や衛星データの利活用を後押しする技術的支援の必要性についても語り、自治体を支援していく考えを示しています。岸田首相は過去に宇宙開発担当大臣を務めていたこともあり、宇宙産業に理解があると考えられます。法整備や政府による支援が今後どのように進められていくのかに注目したいです。

[https://www.afpbb.com/articles/-/3376610?cx\\_part=top\\_category&cx\\_position=3](https://www.afpbb.com/articles/-/3376610?cx_part=top_category&cx_position=3)

## 中国の宇宙飛行士は船内で何を食べているの？



2021年11月20日 9:24 発信地：中国 [ [中国](#) [中国・台湾](#) ]

CGTN  
Japanese

中国の宇宙ステーションにある宇宙飛行士用食品は全てレトルトまたは缶詰で個別包装。缶には「電子レンジ禁止」と書かれている（2021年11月18日提供）。(c)CGTN Japanese

【11月20日 CGTN Japanese】最近になり、中国人宇宙飛行士が宇宙ステーションで食事をする動画がインターネットで話題となっています。動画を見た多くのネットユーザーが、「お腹がすいちゃったよ」「神舟13号（[Shenzhou-13](#)）の飛行士が宇宙で春節（旧正月）を迎える初めての中国人だ。餃子は食べられるのか」といったメッセージを書き込みました。中国の宇宙ステーションの宇宙食は120種以上あるので、飛行士は1週間の毎曜日、違う物を食べることができます。有名なものはキノアとモクセイのおかゆ、ココナッツパン、大根の漬物、五目チャーハン、しし唐ジャガイモ炒め、白菜牛肉スープ、ピリ辛マグロ、クリーム鶏肉、味付け砂肝、ユーシアンローズ（魚香肉絲、豚肉の千切りなどのピリ辛炒め）、ゴンバオジーディン（宮爆肉丁、鶏肉や落花生の炒め物）、牛肉の黒コショウ炒め、羊肉のピリ辛炒め、ガチョウの胡椒・花椒風味、発酵タケノコのピリ辛炒め、マーボー風味干し豆腐などです。中国の宇宙飛行士が飛行中に特に好むのはザーサイ、ユーシアンローズ、ゴンバオジーディンで、神舟5号の時から今も変わらず人気メニューとのこと。その理由は、宇宙飛行の際には人間の頭は地上にいる時よりも多くの血流が必要で、鼻腔内も充血するので、ちょうど鼻づまりの時と同様に、地上にいる時と比べて味覚が鈍感になるので濃い味のものが好まれるとのこと。神舟13号の飛行

期間中、飛行士は宇宙で春節を過ごす予定です。中国人は春節を迎えるにあたって餃子を食べる習慣があるので、メニューには餃子も加えられました。餡（具材）には豚肉と白菜、サワラ、金針菜の3種があります。(c)CGTN Japanese/AFPBB News

<https://www.sed.co.jp/contents/news-list/2021/11/1116-1.html>

最終更新 2021.11.16

## NASA は月面有人着陸（アルテミス III ミッション）を 2025 年以降にシフト

NASA は 11 月 9 日(火)に、バイデン政権下で初めてアルテミス計画の最新情報として米国の有人月探査計画の課題と進捗状況を説明し、月と火星への有人宇宙飛行に対する長期的な計画を改めて表明しました。

スペース X 社 1 社が NASA の有人着陸システム（HLS）契約を獲得した事を受けてブルー・オリジン社が提訴した件については、NASA のビル・ネルソン長官は、「米国連邦裁判所が、HLS 契約の選定プロセスを徹底的に評価したことに満足しており、すでにスペース X 社との話し合いを再開している。」と述べた上で、「できるだけ早く月に帰ることが NASA にとっての優先事項だが、最近の訴訟やその他の要因によりアルテミス計画における最初の有人月着陸の実施は 2025 年以降になるだろう」と発言し、2024 年にアルテミス III ミッションで月面に 2 人の宇宙飛行士を着陸させる予定だった計画は、正式に 2025 年以降にシフトすることになりました。

ネルソン長官は、深宇宙探査開発において NASA とそのパートナーが取り組んできた課題の中で、月面着陸の遅れは、新規開発の難しさ、HLS 訴訟による約 7 ヶ月の遅れ、議会が HLS に関する競争入札に十分な予算を充たしなかったこと、COVID-19 パンデミック、トランプ政権が掲げた 2024 年の月着陸目標が技術的に妥当ではなかったことなどが原因であると指摘しています。

アルテミス III が実施される前には、アルテミス I（無人）とアルテミス II（有人）による月周回飛行試験が実施されます。ネルソン長官は、これらに使われるオリオン宇宙船の開発費は、2012 年米会計年度～2024 年 5 月まで実施される有人飛行試験までの期間で 93 億ドルとなることも明らかにしました。

また、NASA は来年春、繰り返し実施することになる有人月着陸システムサービスに関する正式な入札を行う予定です。なお、アルテミス I ミッションの打ち上げに使う SLS ロケットの初打ち上げは、現在 2022 年 2 月で設定されています。ネルソン長官は、「今後 NASA は少なくとも 10 回の月面着陸を計画しており、2023 年度予算から将来の着陸機に対する競争入札のための予算を大幅に増やす必要がある。一方でコスト削減や運用の合理化のための取り組みも行われていて、SLS 事業の効率性を最大限高めるために産業界に情報提供を求めているほか、国際宇宙ステーションやアルテミスミッションで使う宇宙服を開発し、船外活動サービスを提供するよう産業界のパートナーに要請している。」ことを明らかにしました。source : [NASA](#)

<https://news.yahoo.co.jp/articles/c27a9c0eb8f30f2a8311a5d9805b12db57dcea6e>

## 地球に帰還するときに必要な燃料、どうやったら火星で現地調達できる？



11/20(土) 20:30 配信 **GIZMODO**

### [地球に帰還するときに必要な燃料、どうやったら火星で現地調達できる？](#)

いつか火星で暮らす日のため。宇宙がどんどん身近になり、これは本当に近い将来火星や月で暮らすことになるかも…と考える今日このごろ。となると、火星での暮らしをもっと現実的に想定する必要がありますね。火星に行ったら最後ではなくて、ちょいちょい地球に帰るかもしれない。てことは、燃料が必要ですね。その燃料、

どこから持ってきてみましょうか？ 地球から往復分の燃料を持っていくのはかなりコストがかかります。となると、ある程度現地調達できたらいいですね。ジョージア工科大学の研究チームが、燃料を火星で現地調達するコンセプトを公開しています。すでに火星にあるもの（二酸化炭素、日光、凍結水）に、地球からあるものを持ち込んで作り出すのですが、そのあるものとは藍色細菌と大腸菌。そう、微生物です。研究チームが考えるのは、藍色細菌が作用することで火星の二酸化炭素と日光から糖を作り、ここに遺伝子組み換えを行った大腸菌で糖からロケット推進剤を作り出すというプロセス。現地での燃料作りはいろいろ模索されているものの、ジョージアテックの方法は地球からの持ち込みが少なく済むという利点があります。今はまだコンセプトであり、[机上の空論](#)ではあるものの、今後のマーズライフに向けてこういう研究はどんどん増えていますよね。グルグルぽーんと飛び出すロケットといい、宇宙科学者は本当にいろいろなことを思いつきますねえ。 Source: Georgia Tech via Slash Gear そうこ

[https://news.biglobe.ne.jp/trend/1119/kpa\\_211119\\_5076892287.html](https://news.biglobe.ne.jp/trend/1119/kpa_211119_5076892287.html)

## 人間は宇宙で生まれ、地球は国立公園のような扱いになるだろう。ジェフ・ベズス



### (Amazon 創設者) の予言

11月19日(金) 20時0分 [カラパイア](#)

Amazonの創設者であるジェフ・ベズス氏だが、今年CEOを退任し、現在は自身が設立した航空宇宙企業「ブルー・オリジン」で精力的に宇宙事業を進めている。今年7月には同社が開発した宇宙船「[ニュー・シェパード](#)」に自ら乗り込み、宇宙へ到達。その後、大気圏に再突入し、無事帰還した。そんな宇宙に夢中なベズス氏は11月10日、「[Our Future in Space](#)」と題された講演に招かれ、宇宙での体験や彼が見据える未来について語った。ベズス氏は、人間は宇宙で生まれ、宇宙コロニーで生活するようになると予想、地球は国立公園のような場所となり、宇宙で暮らす人々が、旅行で訪れる観光地になるという。

・宇宙に行き、パラダイムシフトを経験したベズス氏 「宇宙に行くと、誰もが[パラダイムシフト](#)を経験をします」と、ベズス氏は宇宙での体験を語る。宇宙から地球を見ることで、これまで当然だと思っていた価値観や認識、思想などが劇的に変わるというのだ。私はそれを予測していました。望んでもいきましたし、心構えもできていました。それでもその体験は、想像を遥かに上回るものでした。物の見方ががらりと変わって、圧倒的で心を揺さぶるほどに思い知ります。地球がいかに壊れやすいのかということ。地上からは、大気も地球もとても大きく見えます。ですが宇宙から見えるのは、広大な真っ暗闇の宇宙と、この小さなゆりかごです。私たちはこの世界で一番貴重な惑星を、どうにかして守らねばなりません

### 有人宇宙飛行、アマゾン創業者のベズス氏ら無事帰還

#### ・数世紀のうちに人類は宇宙で生まれ、地球は国立公園のような扱いに

ベズス氏はいずれ、人類のほとんどが宇宙へ進出すると考えているようだ。いずれは何百万人の人たちが地球から宇宙へ出ていくでしょう。それはブルー・オリジンのビジョンでもあり、大勢の人たちが宇宙で活動するようになると考えています。今後数世紀のうちに、ほとんどの人たちが宇宙で生まれるようになるでしょう。そうした人にとっては、宇宙が故郷です。宇宙コロニーで生まれ、宇宙コロニーで暮らします。地球を訪れることもあるでしょうが、私たちがイエローストーン国立公園に行くような感じではないでしょうか



photo by iStock

#### ・太陽系なら1兆人が暮らせるとベズス氏

ベゾス氏は、地球が「特別なところで、けっして壊してはいけない」と訴える。そして、そのためにはやはり宇宙進出が鍵を握っているようだ。地球で暮らせるのは、せいぜい 100 億人といったところでしょう。それでも地球を壊さないで暮らすにはどうすればいいか、懸命に考えねばなりません。一方、太陽系なら 1 兆人が暮らせます。火星をテラフォーミングするなど、劇的なことをするとします。とても難しいことですが、可能だったとしても、地球が 2 つになる程度です。100 億人から 200 億人にはなりませんね

#### ・宇宙人はいると考えている

地球にはすでに宇宙人が訪れている。そんな説も実しやかに囁かれているが、ベゾス氏は懐疑的であるようだ。ただし、その存在については肯定的だ。その可能性はかなり低いのではないのでしょうか。もし過去にそうしたことがあったのだとしたら、もうすでに知られているのではありませんか？

ただ宇宙人がいるかどうかと言われれば、おそらくいるでしょうね

References: [Jeff Bezos: "The Solar System Can Support A Trillion People," Earth Will Be Preserved Like "Yellowstone National Park" | Video | RealClearPolitics/](#) written by hiroching / edited by parumo

<https://sorae.info/event/20211114-sagamihara.html>

## 相模原市、小惑星リュウグウのサンプルを公開へ。はやぶさ 2 帰還 1 周年記念

2021-11-14 [sorae 編集部](#)



【▲小惑星リュウグウのサンプル。展示されるのは約 1~2mm サイズ (Credit: JAXA)】

小惑星探査機「はやぶさ 2」が、小惑星リュウグウのサンプル（試料）を格納したカプセルを地球に帰還させたのが、2020 年 12 月 6 日。「はやぶさ 2」の故郷である相模原市は帰還 1 周年を記念して、リュウグウのサンプルを相模原市博物館にて公開することを発表しました。期間は 2021 年 12 月 6 日から同月 12 日まで。展示される相模原市立博物館の入場料は無料ですが、観覧は要申し込みで、60 分 1 枠の入れ替え制となります。公開されるサンプルのサイズは「1~2mm」とのことです。また、12 月 12 日には JAXA 特任教授の橘省吾さんの記念講演会「小惑星リュウグウ サンプルに関する記念講演会 ~リュウグウの石の声、聴こえますか?~」や 12 月 5 日に淵野辺駅周辺で地域の関連イベント「ナイトバザール」も開催されます。

#### ■相模原市博物館 リュウグウのサンプル公開の詳細

日時：令和 3 年 12 月 6 日（月） 入場開始時間：13 時 30 分、14 時 30 分、15 時 30 分

令和 3 年 12 月 7 日（火曜日）~12 月 12 日（日曜日）

入場開始時間：9 時 30 分、10 時 30 分、11 時 30 分、12 時 30 分、13 時 30 分、14 時 30 分、15 時 30 分

※各回定員 80 名。60 分での入れ替え制。

会場：相模原市立博物館 エントランスホール特設会場

※市立博物館は月曜日は休館ですが、6 日の枠は、サンプル公開観覧者(当選者)のみ入場可能

入場料：無料 観覧申込方法などについては[相模原市の公式サイト](#)を参照してください。

関連：[日本科学未来館、小惑星リュウグウの“かけら”を一般公開へ](#) Image Credit: JAXA Source: 相模原市

<https://www.kanaloco.jp/news/life/article-750620.html>

## 140年ぶり「ほぼ皆既月食」 赤銅色の月、各地で観測

話題 | 神奈川新聞 | 2021年11月19日(金) 19:28



ほぼ皆既月食の状態に輝く赤銅色の月＝19日午後6時すぎ、横浜市西区（花輪 久写す）

月の大部分が地球の影に入る部分月食が19日、全国各地で観測された。欠けた部分が赤銅色に輝く「限りなく皆既に近い部分月食」で、同様の月食の観測は140年ぶりという。横浜市西区のみなとみらい（MM）21地区では午後5時前に欠けた姿の月が昇り始め、同6時ごろに約98%欠けたほぼ皆既月食に近い状態で夜空に浮かんだ。同地区のさくら通りには珍しい月と巨大観覧車を写真に収めようと大勢の写真愛好家が集まった。今回同様の月食が次に観測できるのは2086年11月という。（花輪 久）

<https://news.yahoo.co.jp/articles/5a2c36cb6fd2528d10392374304be3940dc8e564>

## 満月横切る宇宙ステーションの姿捉えた 月食観測後に撮影



11/20(土) 8:34 配信 

<https://www.newsweekjapan.jp/stories/technology/2021/11/post-97477.php>  
月食が終了した後の満月の前を右から左に横切る、国際宇宙ステーション（ISS）＝山梨県大月市で2021年11月20日午前1時19分、手塚耕一郎撮影（動画から切り出した画像17枚を合成）

ほぼ皆既となる部分月食が観測されてから約7時間後の20日未明、山梨県大月市で国際宇宙ステーション（ISS）が満月の前を横切る様子をカメラで捉えた。【幻想的】赤銅色の月に乗せたパール富士 午前1時19分ごろ、約0.5秒の間に月の前を通過した。ISSは、高度約400キロを飛行していて、地球を約90分で1周している。深夜のため、ISSにも太陽光は当たっていないが、画像では大きな太陽光パネルを開いたISSの姿が確認できた。ISSでは、宇宙飛行士の星出彰彦さん（52）が約半年間にわたる活動を終え、今月9日（日本時間）に帰還したばかり。宇宙航空研究開発機構（JAXA）は、13年ぶりとなる新たな宇宙飛行士の募集を19日に発表している。【手塚耕一郎】

<https://www.newsweekjapan.jp/stories/technology/2021/11/post-97477.php>

## ロシアが衛星破壊実験 大量の宇宙デブリが国際宇宙ステーションを今後数年脅か



すか 2021年11月16日（火）18時14分

米務省は15日、ロシアが自国の衛星に対し対衛星ミサイルの実験を行ったと発表し、実験に伴い発生した大

量の宇宙ごみが宇宙空間を危険にさらしていると非難した。REUTERS

米政府当局者らは、ロシアが自国の衛星に対し対衛星ミサイルの実験を行ったことで大量の宇宙ごみが発生し、国際宇宙ステーションを危険にさらしたほか、「向こう何年も」宇宙活動を脅かす恐れがあると警告した。

米航空宇宙局 (NASA) によると、国際宇宙ステーションに滞在している 7 人の飛行士にミサイル実験後 2 時間、ドッキングされている宇宙船のカプセルに避難するよう指示した。また、複数のモジュールに通じるハッチを閉じるよう命じたという。国際宇宙ステーションは 90 分ごとに破片の塊の中あるいは近くを通過したが、3 回目の通過後、クルーがステーション内部に戻ることが安全と判断された。

**ロシア軍とロシア国防省のコメントは得られていない。**

米宇宙軍によると、ロシアの実験によって 1500 個以上の「追跡可能な破片」が発生し、他にも小さな破片が何十万個も発生するとみられる。宇宙軍のディキンソン司令官は「ロシアは全ての国の宇宙領域の安全と安定、長期的持続可能性を意図的に軽視した」と批判。破片は「向こう何年も宇宙活動を脅かし続けることになる」と強調した。ブリンケン米務長官はロシアのミサイル実験は「向こう見ずで無責任」と非難した。米国防総省のカービー報道官は、宇宙空間における規範を策定する必要があることが明らかになったと述べた。

英国のウォレス国防相も、ロシアの人工衛星破壊実験は宇宙空間の安全と持続可能性を踏みにじるものと非難した。国際宇宙ステーションは 7 人体制で、4 日前に 4 人の飛行士が新たに 6 カ月間の滞在を開始したばかり。米国人 4 人、ドイツ人 1 人、ロシア人 2 人で構成されている。 [ロイター]

<https://www.newsweekjapan.jp/stories/technology/2021/11/iss-5.php>

## ロシア、衛星破壊は成功と発表 ISS などの宇宙活動への悪影響否定



2021 年 11 月 17 日 (水) 10 時 29 分

ロシアが実施した衛星破壊実験によって大量の宇宙ごみが発生し、国際宇宙ステーション (ISS) を危険にさらした。画像はイメージ図 MSNBC / YouTube

ロシア政府は 16 日、古い人工衛星を破壊する実験を行い、「極めて正確」な攻撃で成功させたと発表した。大量の破片が発生して宇宙活動を危険にさらしたとの米英などの批判は否定した。米政府当局者は、ロシアが 15 日に実施した実験によって地球の低軌道上に大量の宇宙ごみが発生し、国際宇宙ステーション (ISS) を危険にさらしたと非難。北大西洋条約機構 (NATO) のストルテンベルグ事務総長は、実験は無謀で、ISS と軌道上を周回する中国の衛星に脅威をもたらしていると批判した。ロシアが新たな兵器システムを開発していることも示されたとした。英政府報道官もロシアの実験を非難し、宇宙空間での「責任ある行動」に関する国連での協議に参加するよう求めた。ロシア国防省は実験で発生した破片は ISS に脅威をもたらしてはおらず、米政府もこれを知っているはずだと指摘。ロシア通信 (RIA) によると、ショイグ国防相は「有望なシステムの実験に成功した。古い衛星を極めて正確に撃墜した。実験で発生した破片は宇宙活動に脅威をもたらしてはいない」と述べた。撃墜した衛星は 1982 年から地球を周回していた運用停止後の衛星「ツェリーナ D」だったと明らかにした。同省は、米国、中国、インドも過去に同様の実験を行ったと指摘した。 [ロイター]

[https://news.biglobe.ne.jp/it/1115/giz\\_211115\\_3741077382.html](https://news.biglobe.ne.jp/it/1115/giz_211115_3741077382.html)

**宇宙ゴミ発見！ 国際宇宙ステーションが緊急回避** 11 月 15 日 (月) 9 時 0 分 [GIZMODO](https://www.gizmodo.jp/)



2021年9月28日、「ソユーズ MS-18」宇宙船から見た国際宇宙ステーション Image: Roscosmos

回避余裕ですけど、こう多いとね。

国際宇宙ステーション（ISS）は接近していた宇宙ゴミ（スペースデブリ）との衝突を避けるため、このところ行う機会が増えている「宇宙ゴミ回避マヌーバ」を実施しました。

アクシデントってわけじゃないですロシアの国営宇宙公社 Roscosmos（ロスコスモス）の試算によって、米国東部時間の11月11日木曜午後8時（モスクワ時間12日金曜午前4時）ごろに宇宙ゴミがISSから600メートルの距離まで接近すると判明。そのためISSは東部時間の水曜午後3時15分に回避マヌーバを行ったのです。

NASAの広報はメールで、「国際宇宙ステーションへの衝撃確率と危険性はとても低い」と説明したうえで、「マヌーバは宇宙ステーションの一般的なもので、クルーが何か特定の行動を取るものではありません」と補足しています。NASAの高官たちはCrew-3フライト前のカンファレンスで、ISSを緊急軌道変更しても、フロリダにあるケネディ宇宙センターから打ち上げられたCrew-3には影響しないだろうと語っていました。

宇宙にもあるゴミ問題問題となっている宇宙ゴミは中国の気象衛星「風雲1号C」の残骸です。中国は2007年1月に、対衛星ミサイルテストの一環で故意に自国の衛星を破壊。専門家らは中国が宇宙の軍事化をもたらす宇宙ゴミの危険な雲をあえて生成したとして批判し、この件には怒りの声が上がっていました。2013年の映画『ゼロ・グラビティ』では、そうして発生した宇宙ゴミがISSに衝突しています。

そんな事態を避けるため、現在はISSにドッキングされているロシアのプログレス MS-18 補給船のエンジンを噴射してISSを移動させたのです。実行前にロスコスモスが明かした情報によれば、ISSは約6分間、秒速0.7メートルで移動したとか。このマヌーバによってISSの高度は1240メートル上昇して、軌道は地上421キロメートルになりました。ISSはこの22年間で回避マヌーバを29回実行していて、そのうち3回は2020年のことです。直近だと2020年9月22日、日本のロケットステージの一部である宇宙ゴミが1.39キロメートルの所を通過するという脅威にさらされました。衝突しそうな宇宙ゴミの問題は、時間と共に悪化していくでしょう。宇宙物体の制限や宇宙ゴミを除去できる衛星の開発への資金提供など有意義なことを決して軽視し続けるなかで、衛星はますます地球低軌道に突入するようになり、宇宙ゴミの量も増えていきますからね。

Source: Roscosmos, Astrophysics Data System, NASA, Scientific American,

[https://news.biglobe.ne.jp/international/1118/rec\\_211118\\_3958975137.html](https://news.biglobe.ne.jp/international/1118/rec_211118_3958975137.html)

## 古代神話を現実に行っている中国宇宙事業-中国メディア

11月17日（水）23時50分 [Record China](#)

Record China



中国宇宙事業の名称は、中国

の古代神話から名付けられている。 [写真を拡大](#)

中国宇宙事業の名称は、中国の古代神話から名付けられている。例えば、太陽探査衛星の「羲和」は古代神話に登場する太陽の女神であり、月探査機の「嫦娥」は月に昇ったとされる伝説の仙女。そして、火星ローバーの「祝融」は伝説に登場する最古の火の神だ。このように中華文化がハイテクと結びつくことで、中国の宇宙事業が神

話の物語を現実にしようとしている。

#### ■太陽探査科学技術試験衛星「羲和」

中国は2021年10月14日、1基目の太陽探査科学技術試験衛星「羲和」を打ち上げた。これにより中国の太陽探査ゼロのブレイクスルーを実現し、正式に太陽探査の時代を迎えた。

■中国惑星探査プロジェクト「天問」 2020年4月24日の「中国宇宙の日」のオンライン始動セレモニーにおいて、国家航天局は中国惑星探査プロジェクトを「天問シリーズ」と名付け、初の火星探査任務を「天問1号」と名付けると正式発表した。同年7月23日、「天問1号」探査機が文昌航天発射場から打ち上げられ、火星に向かった。

■火星ローバー「祝融」 「天問1号」着陸巡視モジュールが2021年5月15日、火星のユートピア平原南部の予定の着陸エリアに着陸した。火星ローバー「祝融号」は5月22日に安全に着陸プラットフォームを離れ、火星表面に到達して巡視・探査を開始し、火星の地形の特徴及び地質構造の研究に向けデータを集めている。

■中国月探査プロジェクト「嫦娥」 嫦娥プロジェクトは中国初の月探査事業となっている。「無人月探査」と「有人月上陸」、「月面基地建設」の3段階に分かれ、2004年3月1日から始まった。「嫦娥5号」帰還モジュールは2020年12月17日、月のサンプルを運び地球に帰還し、中国で初めて無人月面サンプルリターンを実施した月探査機になった。

■月面ローバー「玉兔」 「玉兔号」は中国が設計・製造した月面ローバーで、月探査機「嫦娥3号」に搭載され、月面で探査を行った。玉兔号は2013年12月15日に嫦娥3号から出て、1973年のソ連の月面ローバー「ルノホート2号」以降、初めて月面を踏んだ自動運転月面ローバーとなった。命名の際、「玉兔」の得票数が多く候補名の中で最多になったのは、中国の古代神話のストーリーのおかげだろう。伝説では、嫦娥が月に昇る際に玉兔を抱えており、玉兔は月宮で嫦娥と常に寄り添っていたとされている。そのため月探査事業では「嫦娥」が月に着陸し、「玉兔」が寄り添っているのだ。

■暗黒物質粒子探査衛星「悟空」 暗黒物質粒子探査衛星は2015年12月16日に「悟空」と名付けられた。

■中国有人宇宙ステーション「天宮」 有人宇宙船「神舟3号」と宇宙ステーションコンビネーションが2021年10月16日、自動で高速ランデブー・ドッキングを完了した後、宇宙飛行士の翟志刚氏、王亚平氏、葉光富氏がコアモジュールに入った。彼らは宇宙ステーションで6カ月滞在する計画となっている。

■中国が独自に研究・製造した有人宇宙船シリーズ「神舟」

1994年、数多くの候補名の中から「神舟」が選ばれ、中国が独自に研究・製造する有人宇宙船シリーズの名称になった。(提供/人民網日本語版・編集/YF)

関連記事(外部サイト) [シャンプーキャップで頭を洗う?宇宙飛行士の洗面と歯磨きは?-中国メディア](#)

[中国宇宙ステーション初の女性クルーは颯爽とした美女-中国メディア](#)

[聶海勝氏が軌道上で計100日間滞在した初の中国人宇宙飛行士に-中国メディア](#)

[ソフィー・マルソーも出演の映画「トゥーランドット」が惨敗、名監督に豪華キャストも効果なし](#)

[コロナ感染者が急減した日本、韓国メディアは「ミステリー」と注目=韓国ネット「検査数が少ない」「歪曲」](#)

<https://sorae.info/astromy/20211114-juno-36th.html>

## 小さく見えても幅数百 km ある木星の渦、NASA 探査機「ジュノー」が撮影

2021-11-14 [松村武宏](#)

こちらはアメリカ航空宇宙局(NASA)の木星探査機「Juno(ジュノー)」が撮影した木星の南半球。NASAのジェット推進研究所(JPL)によると、撮影時の雲頂からの距離は約2万7000kmとされています。白や茶色に彩られた木星の印象的な雲の帯、その境目が複雑に渦巻く様子を鮮明に捉えた画像の中央付近には、中心部分が赤茶色をした円形の渦が写っています。有名な大赤斑と比べればかなり小さく見えるこの渦、JPLによると渦の幅

は約 400km。



【▲木星探査機「ジュノー」が 2021 年 9 月の接近時に撮影した木星の南半球（Credit: NASA/JPL-Caltech/SwRI/MSSS, Image processing by Brian Swift）】

関連：[木星とガニメデに大接近！探査機ジュノーの撮影データを利用した衝撃的な再現映像](#)

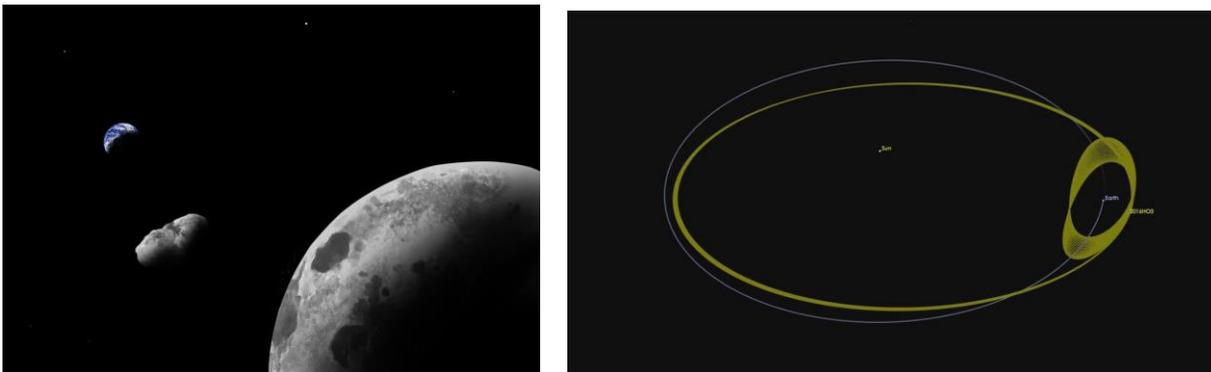
北海道は東西の長さが約 500km、南北の長さが約 400km とされていますから、この渦は北海道とだいたい同じくらい大きさがあることとなります。渦の中心部分が赤茶色になっている理由としては、上層の雲を一掃してその下にある物質を見せる下降気流が関係している可能性が考えられています。冒頭の画像はジュノーが 36 回目の木星フライバイ（近接通過）を実施した日本時間 2021 年 9 月 3 日 8 時 9 分に「JunoCam」を使って撮影されたもので、市民科学者の Brian Swift さんによって作成・公開されました。JunoCam で撮影された画像は一般の人々が利用できるように順次公開されており、これまでも市民科学者たちの手によって数多くの画像が作成されています。なお、現在ジュノーは最長で 2025 年 9 月まで延長されたミッションの下で探査活動を行っており、2021 年 6 月に実施された 34 回目のフライバイでは木星最大の衛星ガニメデにも接近して観測を行いました。ジュノーは 2022 年 9 月にエウロパ、2023 年 12 月と 2024 年 2 月にはイオにも接近して観測を行う予定です。Image Credit: NASA/JPL-Caltech/SwRI/MSSS, Image processing by Brian Swift

Source: [NASA/JPL](#) 文／松村武宏

<https://sorae.info/astromy/20211116-kamo-oalewa.html>

## 地球の準衛星「カモオアレワ」は月の破片かもしれない 2021-11-16 [松村武宏](#)

小惑星「カモオアレワ」(469219 Kamo`oalewa、カモ・オアレワとも)は、地球に接近する軌道を描く「地球接近天体」(NEO: Near Earth Object)の一つであるとともに、あたかも地球を周回しているように見える「準衛星」(quasi-satellite)としても知られています。アリゾナ大学・月惑星研究所の Benjamin Sharkey さんを筆頭とする研究グループは、地上の大型望遠鏡を使ってカモオアレワを観測した結果、この小惑星が地球の月の破片である可能性が示されたとする研究成果を発表しました。



【▲地球と月の近くを移動する小惑星「カモオアレワ」を描いたイメージ図（Credit: Addy Graham/University of Arizona）】

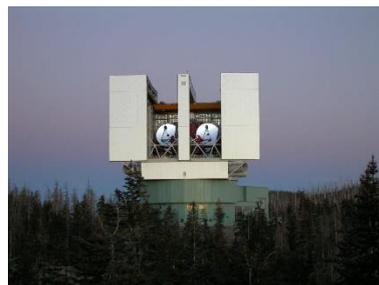
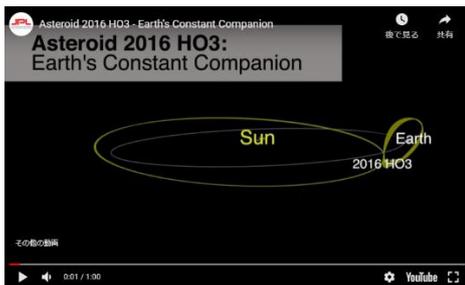
【▲小惑星カモオアレワ (2016 HO3) の軌道を描いた図（太陽を中心とした動きと地球から見た動きの両方が示されている）。カモオアレワは太陽 (Sun) を中心に公転する小惑星だが、地球 (Earth) からその動きを観測

すると衛星のように見える (Credit: NASA/JPL-Caltech)】

■過去に起きた天体衝突で月から放出された破片の可能性

2016年4月27日、ハワイの掃天観測プロジェクト「パンスターズ (Pan-STARRS)」が1つの小惑星を発見。「2016 HO3」の仮符号が与えられたこの小惑星は、後にハワイ語で「振動する破片・断片」を意味する「カモオアレワ」と名付けられました。カモオアレワの公転周期は地球の1年とほぼ同じで、現在は地球の近くで太陽を公転しています。地球から観測すると1年周期で地球を周回している衛星のように見えることから、カモオアレワのような天体は「準衛星」と呼ばれています。小惑星の軌道は、惑星の重力や太陽光の影響などを受けて比較的短い期間で変化することがあります。今回の研究に参加したアリゾナ大学教授の Renu Malhotra さんによると、カモオアレワは今から約500年前に現在の軌道へ入り、今後300年ほどは準衛星として地球近傍に留まると考えられています。ちなみに、地球のヒル球 (Hill sphere ※) に入り込んで一時的に地球を周回する天体は「ミニムーン (minimoon)」とも呼ばれていますが、カモオアレワのような準衛星は地球のヒル球よりも外側にあるため、この点でミニムーンとは異なります。

※...重い天体を周回する別の天体 (例: 太陽を公転する地球) の重力が、重い天体の重力を上回る範囲。太陽を周回する地球のヒル球は半径約150万 km (地球から月までの距離の約4倍)



▲小惑星カモオアレワ (2016 HO3) の軌道 (先の画像の動画バージョン) ▲ (Credit: NASA/JPL-Caltech)

【▲アリゾナ州のグラハム山にある「大双眼望遠鏡 (LBT)」の外観。主鏡1枚の口径は8.4m (Credit: NASA/JPL-Caltech)】

発表によると、その軌道ゆえに、カモオアレワを観測するチャンスは毎年4月の何週間かに限られるといわれています。そのうえ、直径50m前後と推定されるカモオアレワは肉眼で見える星の400万分の1程度の明るさしかないといひ、観測するには大型の望遠鏡が必要です。そこで、研究グループはアリゾナ州にある「大双眼望遠鏡」(LBT: Large Binocular Telescope) を使い、カモオアレワが反射した光のスペクトル (波長ごとの電磁波の強さ) を捉える分光観測を実施しました。観測によって得られたカモオアレワのスペクトルはどの地球近傍天体とも異なり、意外にもアメリカ航空宇宙局 (NASA) のアポロ計画で持ち帰られた月の石のスペクトルと一致したといひます。つまり、カモオアレワは天体衝突など何らかの理由で月から放出された天体である可能性が示されたのです。既知の小惑星のうち月に起源を持つものは知られていないといひ、研究に参加した月惑星研究所の准教授 Vishnu Reddy さんは「私たち自身をひどく疑いました」と振り返ります。

研究グループは新型コロナウイルス感染症 (COVID-19) の感染拡大にともなう天文台の閉鎖期間を挟みつつ、さらに3年かけてカモオアレワの追加観測を実施しました。その結果、カモオアレワが月を起源とする可能性を裏付けることができたといひます。Sharkey さんは「他の仮説と比べてより簡単に説明できます」と語ります。研究グループによると、スペクトルだけでなくカモオアレワの軌道もまた起源に関する手がかりになるといひます。Malhotra さんは、地球の公転軌道に似ているものの少し傾いているカモオアレワの軌道は典型的な地球近傍天体の軌道とは異なることに加えて、そもそも普通の地球近傍天体がひとりでに準衛星の軌道へ入る可能性はとても低いと指摘します。また論文では、地球近傍天体が地球へ最接近する時の平均相対速度が秒速約20kmであるのに対し、地球や月に接近している時のカモオアレワの相対速度が秒速約2~5kmと低いことに触れており、カモオアレワの起源が地球周辺にある可能性 (天体衝突で放出された破片か、あるいは地球や月の重力による影響を受けて崩壊した天体に由来する) を支持するものだと述べられています。なお、カモオアレワは中国が計画

している小惑星サンプルリターンミッションの目標天体とされています。2025年に探査機を打ち上げ予定とされるこのミッションは、15世紀に中国の艦隊を率いて数度の遠征を行った人物にちなんで暫定的に「鄭和」と呼ばれており、カモオアレワで採取したサンプルを地球へ届けた後に小惑星帯の彗星・小惑星遷移天体「エルスト・ピサロ」(133P/Elst-Pizarro)へ向かうことが計画されているといひます。このミッションが実現すれば、カモオアレワが月を起源とする小惑星が否かをサンプルの分析で明らかにできるかもしれません。

関連：[2020年前半に地球を離れたミニムーン「2020 CD3」が天然の天体であることを確認](#)

Image Credit: Addy Graham/University of Arizona Source: [アリゾナ大学](#) / [JPL](#) / [Space.com](#) 文／松村武宏

<https://sorae.info/astromy/20211119-the-phases-of-the-moon.html> 2021-11-19 松村武宏

## 2022年の「月の満ち欠け」元日から大晦日までを再現した5分動画をNASAが公開

こちらは、来年2022年の元日から大晦日までの「月の満ち欠け」の様子を1時間間隔で再現し、約5分間の動画にまとめた作品です。アメリカ航空宇宙局(NASA)の月周回衛星「ルナー・リコネサンス・オービター(LRO)」による月の観測データをもとに、NASAのゴダード宇宙飛行センターによって作成されました。YouTubeには最大4Kの高解像度でアップロードされています。日々変化していく月の表情を是非お楽しみ下さい(※BGM付きなので再生音量にご注意下さい)。

<https://youtu.be/c4Xky6tIFyY>



【▲十八夜の月を再現した画像 (Credit: NASA's Goddard Space Flight Center)】

### ▲Moon Phases 2022 – Northern Hemisphere – 4K▲ (Video Credit: NASA's Goddard Space Flight Center)

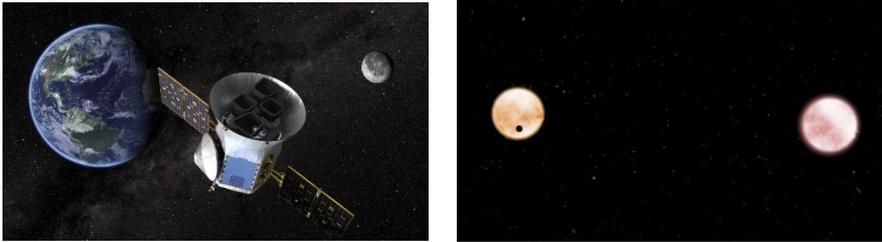
月の地名や動画の情報といった表記はすべて英語です。動画右下の「Time」には世界時(UT)の日時が「日/月/年/時刻」の順で、その下の「Phase」には満月に対する比率(%)と月齢(日/時/分の順)が表示されています。動画の月は満ち欠けしながら左右に大きく傾いていますが、これは地球の自転軸が傾いているために生じる見かけの角度の変化です。これとは別に、月が上下左右に小さく首を振るような「秤動(ひょうどう)」と呼ばれる動きも、動画では忠実に再現されています。月は自転と公転の周期が一致しているので、常に表側を地球に向けています。しかし、月の公転軌道が真円ではなく楕円をしていたり、自転軸が公転面に対して傾いていたりするために秤動が生じることで、わずかではありますが裏側の一部を見ることができます。秤動の動きは動画左下の「ジャイロスコープ」表示における青いリングの傾きで確認することができます。動画中央や左下に表示されている月のサイズは、満ち欠けとともに大きくなったり小さくなったりしています。これは、月が地球に対して近づいたり遠ざかったりすることで生じる「月の見かけの大きさ」の変化を示しています。地球から月までの距離は約35万6400~40万6700km(地球の直径の約28~32倍)の間で変化しているため、月の見かけの大きさも変わるというわけです。中央に表示されている月の右側には、地球から月までの距離が地球の直径に対する比率で示されています。また、動画左上には月の公転軌道を上から見た図(地球、月、軌道の半径は強調されています。おひつじ座のマークが示すのは春分点の方向)が表示されており、月が地球に近づいたり遠ざかったりするタイミングを把握しやすくなっています。なお、月が地球に接近して見かけの直径が大きくなる頃の満月は「スーパームーン」と呼ばれています(※ただし、スーパームーンには天文学的にはっきりとした定義はあり

ません)。2022 年では 7 月 14 日の満月が一年で一番大きく見える満月になります。

関連：[地球の準衛星「カモオアレフ」は月の破片かもしれない](#)

Image and Video Credit: NASA's Goddard Space Flight Center

Source: [ゴダード宇宙飛行センター](#) 文／松村武宏



【▲NASA の系外惑星探査衛星「TESS」を描いた想像図 (Credit: NASA's Goddard Space Flight Center)】

【▲TIC 172900988 b によるトランジットの様子を示したイメージ図。連星を組む恒星のうち片方 (右) を横切った約 5 日後に、今度はもう片方 (左) の恒星を横切る様子が検出された (Credit: PSI/Pamela L. Gay.)】

ところが、前述のように TESS が 1 セクターを観測する期間は 27 日間しかありません。この期間内にたまたま TIC 172900988 b が起こしたトランジットを捉えたとしても、次のトランジットが起きる 200 日後にはこのセクターを観測していないため、通常なら TESS の観測データだけでは TIC 172900988 b の軌道を知ることはできません。それにもかかわらず、研究グループが TESS の観測データをもとに TIC 172900988 b の軌道を決定できた理由は、地球との位置関係にありました。研究グループによると、地球からは TIC 172900988 b が連星をなす 2 つの恒星を両方とも横切る様子を観測できるといいます。研究グループが TESS の観測データを分析したところ、TIC 172900988 b が片方の恒星を横切った約 5 日後に、もう片方の恒星を横切っていたことが明らかになりました。実は、研究グループは連星で観測されたトランジットから周連星惑星を特定する新しい手法を研究しており、1 つのセクターを観測する 27 日間に 2 回のトランジット (連星をなす 2 つの恒星で 1 回ずつ) が捉えられていれば、TESS の観測データから周連星惑星の公転周期を推定できるとする研究成果を 2020 年に発表していました。この手法を用いたことで、今回の TIC 172900988 b 発見に至ったというわけです。

Haghighipour さんによると、周連星惑星は地球から見て 1 つの恒星だけを横切るとは限らないため、観測されるトランジットの様子は単一の恒星を公転する系外惑星と比べて複雑だといいます。研究グループはその特性も利用して周連星惑星を見つけ出しました。Haghighipour さんは「この発見によって、私たちの新たな手法が機能し、より多くの系外惑星発見をもたらすものと示すことができました」とコメントしています。

関連：[2 つの恒星の周囲を公転する太陽系外惑星、TESS の観測史上初の発見](#)

Image Credit: NASA/JPL-Caltech Source: [PSI / NASA](#) 文／松村武宏

<https://news.mynavi.jp/article/20211118-2192579/>

## 名大など、木星や土星などの「巨大ガス惑星」の形成過程を解明

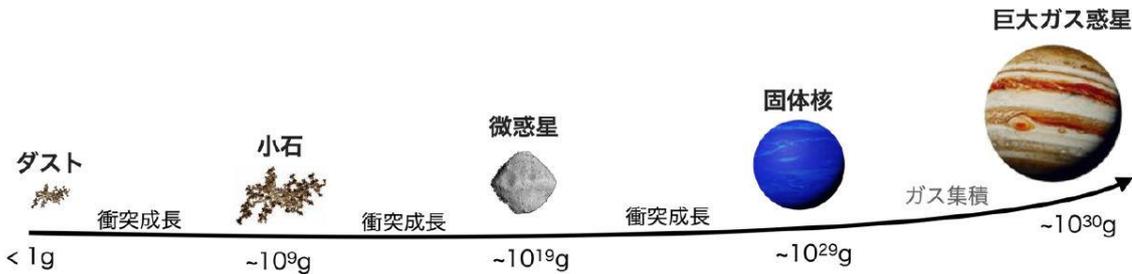
2021/11/18 20:49 著者：波留久泉

名古屋大学(名大)と東北大学は 11 月 17 日、惑星形成の母体となる原始惑星系円盤全体(およそ 100 天文単位)で取り扱う、精密かつ統一的な計算機シミュレーションにより、0.1 $\mu$ m サイズのダストから 1 万 km サイズの惑星までの成長過程を解明したと発表した。同成果は、名大大学院 理学研究科の小林浩助教、東北大学院 理学研究科の田中秀和教授らの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。](#)太陽系のような惑星系は、原始惑星系円盤の中で形成されることが知られているが、原始惑星系円盤の中でどのように惑星が形成されるのか、よくわかっていない部分も存在している。

原始惑星系円盤の中で惑星が形成される最初の過程は、0.1 $\mu$ m サイズのダスト(微粒子)が、衝突・合体をくり返

して「ブドウの房」のような形状で大きくなっていき、小石のような微小天体(ペブル)となり、それらがさらに衝突合体を繰り返し、やがて小惑星、岩石惑星サイズの原始惑星へと成長していくと考えられている。

さらに、原始惑星の質量が地球程度では止まらず、その 10 倍ほどの質量になると、重力も非常に強くなり、より急速に大量のガスを集積するようになる。しかし、こうした重い原始惑星は、巨大ガス惑星の固体核となり、大量のガスを周囲から集めることで巨大ガス惑星となるとされているが、その形成過程のすべてが明らかにされているわけではないという。ガス集積を起こせるほど大きくなるために成長している最中の固体核は、周りの原始惑星系円盤との重力相互作用により、角運動量を失い、らせん軌道を描きながら少しずつ中心星に向けて落下していく。問題は、これまでの研究では、固体核がガス集積を起こすほど十分に大きくなるよりも 10 倍以上短い時間で、固体核が中心星(太陽系の場合は太陽)に落下してしまうことが導き出されていた点にある。しかし、現実には木星や土星は太陽系に存在していることから、その矛盾が説明できていなかったという。



惑星形成の概念図 (出所:東北大プレスリリース PDF)

これまでの固体核の成長を調べる研究では、微惑星がまず形成され、微惑星の群れの中から1つずつ固体核が形成され、固体核が残りの微惑星を集積して成長するという微惑星集積モデルで考えられてきた。一方で、近年、微惑星よりもずっと小さい小石サイズの天体が集積することで固体集積時間を短縮し、巨大ガス惑星形成を成し遂げるといふ小石集積モデルが考案され、盛んに研究が進められた結果、固体核は落下しながらも成長をし続け、ぎりぎりまで巨大ガス惑星になれる可能性が示唆されるようになってきたという。

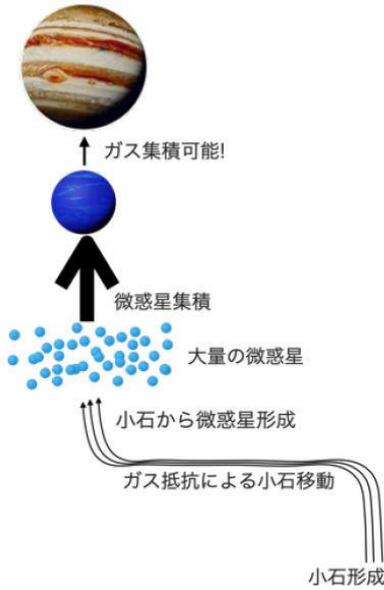
しかし、このモデルでも固体核に集積されずに落下してしまい、原始惑星系円盤の中のすべての固体質量が小石として固体核付近を移動しても、材料が足りなくなって巨大ガス惑星を作る固体核にまで成長できないという問題があったという。こうした従来モデルが問題を抱えている理由は、微惑星と固体核、または小石と固体核など、限られた天体に限定して扱っていたことだとされるが、実際の惑星形成を扱うためには、ダストのサイズから巨大なガス惑星まで 40 桁以上の質量進化を正確に扱う必要があり、それが難しかったためである。

そこで研究チームは今回、ダストから固体核がガス集積を起こすまでの衝突成長過程を、統一的に取り扱うことができるシミュレーション法を開発することにしたという。数学的な正確性を担保して、それぞれのサイズでの必要な物理を過不足なく取り扱うこと、そして最新のコンピュータを効率よく使用することで、このような膨大なシミュレーションが可能になったとした。

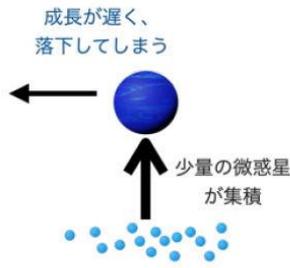
開発されたシミュレーションは、これまでのダストだけ、微惑星だけを取り扱ったシミュレーションと同等な精度で計算を行いつつ、ダストから惑星まで広い質量進化が取り扱える点が特徴だという。そのため、「真の惑星形成統一シミュレーション」といえるものを構築することができたと研究チームでは説明している。

統一したシミュレーションにより、無理なくダストから巨大ガス惑星まで成長できることが確認されたことから、今後、研究が進めば、巨大ガス惑星の形成後に氷微惑星がどれくらい生き残ることができるか、さらに氷微惑星がどれくらい地球のような惑星に運ばれて海の形成に寄与するかということもわかるようになるという研究チームでは説明しているほか、原始惑星系円盤と系外惑星を理論的に結びつけて議論することで、惑星形成過程の理解や検証が進んでいくことが期待されるとしている。

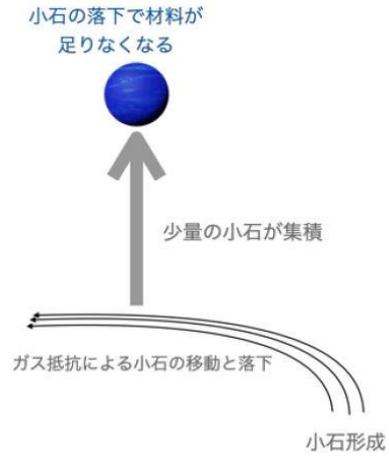
本研究の惑星形成の道筋



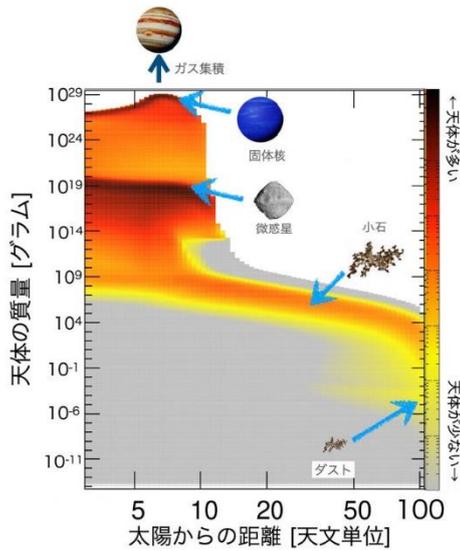
従来の微惑星集積モデル



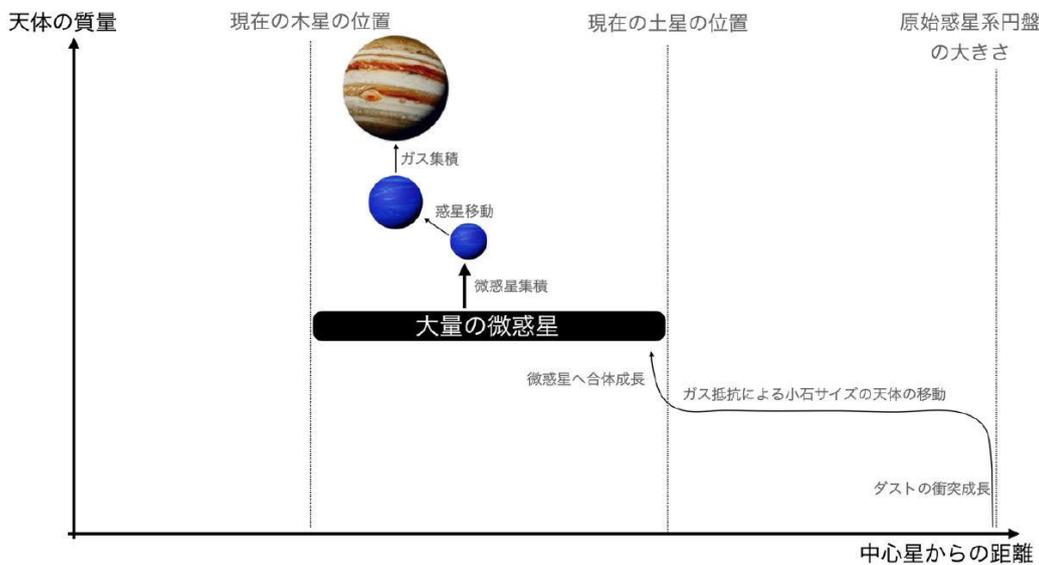
従来の小石集積モデル



惑星形成モデルの比較 (出所:東北大プレスリリース PDF)



研究のシミュレーションの結果 (出所:東北大プレスリリース PDF)



新しい惑星形成の概念図 (出所:東北大プレスリリース PDF)

## 地球の大気と海はマグマオーシャンと隕石の重爆撃で形成された、東工大が解明

東京工業大学(東工大)は 11 月 9 日、地球の炭素・窒素・水の量の起源を理論的に研究し、惑星形成時におけるマグマオーシャンへの水の溶け込みと、その後の多数の小惑星(隕石)の地球への落下によって、地球の大気と海を同時に再現する地球形成モデルを構築することに成功したと発表した。同成果は、東工大 理学院 地球惑星科学系の櫻庭遥大学院生、同・太田健二准教授、東工大 地球生命研究所の黒川宏之特任助教、同・玄田英典准教授らの研究チームによるもの。[詳細は、英オンライン総合学術誌「Scientific Reports」に掲載された。](#)

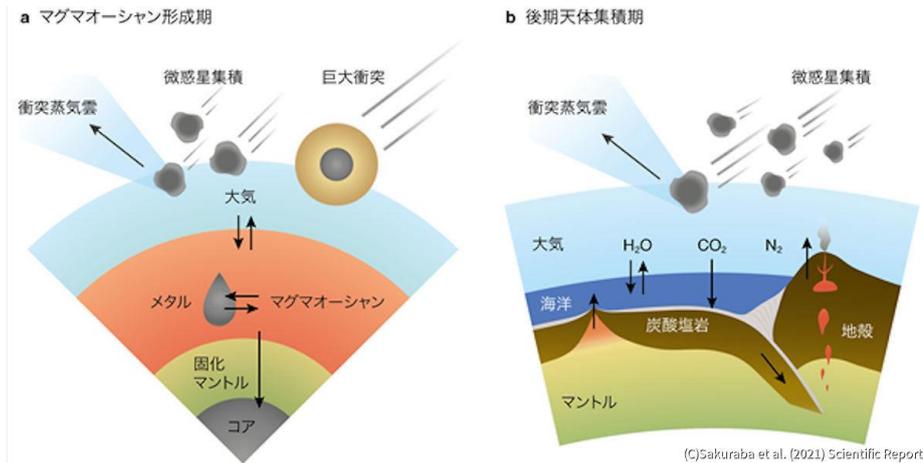
地球をはじめとする岩石惑星は、原始惑星系円盤の乾燥したスノーラインの内側領域で誕生した。なおかつ惑星形成の終盤においては、微惑星や原始惑星同士の激しい衝突・合体や、短寿命の放射性物質が壊変する際に放出される熱によって、全球が溶解したマグマオーシャンとなっていたと考えられている。このような状況下のため、誕生時の地球には水が存在しなかったはずだが、今では地表の 7 割を覆う大海を擁する。このような大量の水、そして大気、さらには生命の素となった炭素や窒素などもどのようにしてやってきたのかは、太陽系科学・地球科学における大きな疑問であり、これまで多数の太陽系探査や地球外物質の研究が行われ、そしてさまざまな説が唱えられてきた。現在最も有力視されている起源は、小惑星帯に多数存在する C 型小惑星と呼ばれるタイプの小惑星である。C 型小惑星から飛来したとされる炭素質コンドライト隕石の分析から、これらの小惑星は炭素・窒素・水を含むと考えられている。しかしこの説の問題点は、地球と炭素質コンドライト隕石の炭素・窒素・水の存在比には大きな違いがある点だ。炭素質コンドライト隕石と比較すると、地球では窒素・炭素・水の順に欠乏の度合いが大きい。この元素存在度の不一致は、地球の大気と水の C 型小惑星起源説に残された大きな謎であった。こうした不一致があることから、過去の研究では、炭素質コンドライト隕石とは元素組成の異なる仮想的な天体が地球に衝突したとする対案も提案されていた。そこで研究チームは今回、地球の大気と海水の量の起源を理論的に研究し、大気と海水を同時に再現する地球形成モデルを構築することを試みることにしたという。そして、地球サイズの惑星の誕生時に必然的に形成されるマグマオーシャンへの水の溶け込みと、その後多数の小惑星が衝突することによって引き起こされた大気の宇宙空間への流出によって、現在の炭素・窒素・水の量が必然的に再現されることが突き止められたとした。形成期のマグマオーシャンに覆われている段階では、天体衝突によって大気の一部が宇宙空間に流出する。また、重い金属鉄はマグマから分離して中心核へ向かって沈んでいくが、炭素・窒素・水の一部は鉄とともにコアへと取り去られてしまう。これらの過程を網羅的に考慮したシミュレーションによって、マグマへ溶け込みやすい水が選択的に地球に残されることが突き止められた。

しかし、この段階では大気中に窒素が過剰に残ってしまうという問題が残っていたとのことで、さらにそこでマグマオーシャンが固化し、海が形成された後の地球への天体集積(後期天体集積)に着目。海が形成された初期の地球では炭素の大部分が炭酸塩鉱物となることで、大気には窒素のみが残されるという点を過程を考慮したシミュレーションを実施した結果、多数の小惑星の衝突によって大気の 7 割以上が失われる場合に、現在の地球の炭素・窒素・水の量と一致することが明らかにされた。この結果は後期天体集積期に地球に集積する天体サイズに依存し、多数の小さな天体が集積した場合のみ、地球の元素存在度が再現されたという。

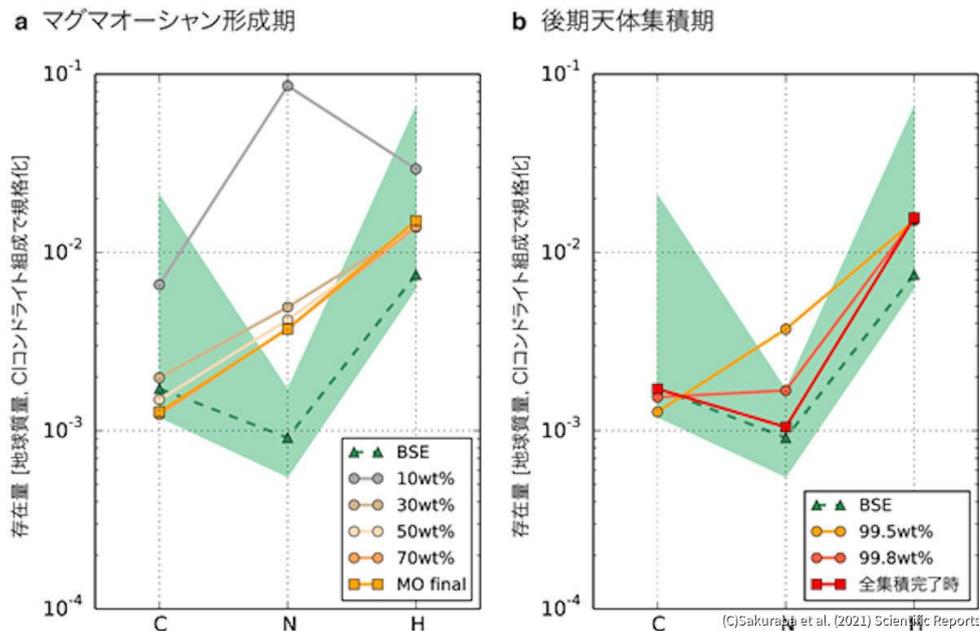
今回の研究で前提とされた地球の大気や水の C 型小惑星起源説については、JAXA の小惑星探査機「はやぶさ 2」が、C 型小惑星であるリュウグウから持ち帰った試料の分析が進むことで、さらなる検証が期待されるとする。リュウグウ試料の分析から、C 型小惑星と炭素質コンドライト隕石のつながりが確認された場合、その結果は、多数の小惑星の衝突で地球大気の大部分が失われたとする今回の仮説を支持することになるという。さらに研究チームは今回、太陽系外の地球サイズの惑星も必然的に地球と似た環境になると予想しているとする。その理由は、上述の水の取り込みに寄与するマグマオーシャンの形成、後期天体集積による窒素に富んだ大気の損失がいずれも、ハビタブルゾーンに地球サイズの惑星が形成される過程で必然的に生じるためだ。シミュレーションによって得られた炭素・窒素・水(水素)量の時間進化。各線の凡例の数字は、地球が現在の質量の何%に達した時点かを示している。緑色の領域は現在の地球(コアを除く)の元素量である。(a)マグマオーシャン形成期。(b)後期天

体集積期 (C)Sakuraba et al. (2021) Scientific Reports (出所:東工大 Web サイト)

惑星の炭素・窒素・水の量が生命の誕生・維持に与える影響は未解明であるものの、太陽系外の地球型惑星が地球と似た環境になりやすいという傾向は、地球のような環境に生きる生命を探す試みを後押しする結果だとされている。



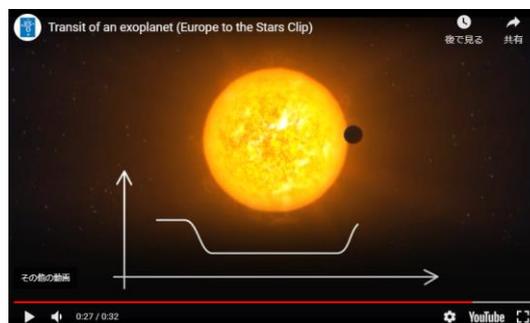
(a) マグマオーシャンに覆われていた形成期の地球。(b) すでに海が存在していた後期天体集積期の地球  
(C)Sakuraba et al. (2021) Scientific Reports (出所:東工大 Web サイト)



<https://sorae.info/astronomy/20211119-nasa-tess.html>

## NASA 探査衛星「TESS」の観測データから新たな手法で「周連星惑星」を発見

2021-11-19 松村武宏



【▲連星を公転する太陽系外惑星「TIC 172900988 b」を描いた想像図 (Credit: NASA/JPL-Caltech)】

▲系外惑星のトランジットによって恒星の明るさが変化する様子を示した動画▲

※連星ではなく単一の恒星の場合が示されています (Credit: ESO/L. Calçada)

アメリカ航空宇宙局 (NASA) ゴダード宇宙飛行センターの Veselin Kostov さんを筆頭とする研究グループは、「かに座」の方向およそ 820 光年先で連星を公転する木星サイズの太陽系外惑星「TIC 172900988 b」が見つかったとする研究成果を発表しました。

映画「スター・ウォーズ」シリーズの舞台のひとつ、双子の太陽を持つ惑星「タトゥイーン」のように連星を公転する惑星は「周連星惑星」と呼ばれています。人類はすでに 4500 個以上の系外惑星を発見しており、そのなかには木星サイズの系外惑星はもちろん周連星惑星も幾つか含まれていますが、TIC 172900988 b はその公転周期と比べて短期間の観測データから発見されたという点で特筆すべきものとなったようです。

■連星を組む 2 つの恒星を 5 日間隔で横切った系外惑星、短期間の観測データから発見

NASA によると、TIC 172900988 b は直径が木星とほぼ同じ (地球の約 11 倍) で、質量は木星の 2.6~3 倍程度と推定されています。主星である「TIC 172900988」は太陽よりも 1 回り大きな 2 つの恒星からなる連星 (※) で、TIC 172900988 b はこの連星を約 200 日周期で公転しているとみられています。

※...公転周期約 19.7 日の食連星

研究グループは、NASA の系外惑星探査衛星「TESS (Transiting Exoplanet Survey Satellite)」の観測データから TIC 172900988 b を発見しました。TESS は系外惑星が主星 (恒星) の手前を横切る「トランジット」を起こした際に生じる主星の明るさのわずかな変化をもとに系外惑星を検出する「トランジット法」を利用して、系外惑星の探査を行っています。TESS には 4 台のカメラが搭載されていて、「セクター」と呼ばれる 24 度×96 度の範囲を一度に観測します。セクターは全天で 26 個設定されていて、TESS は 1 つのセクターを 27 日間観測し続けます。NASA によると、TESS の観測によってこれまでに 150 個以上の系外惑星が見つかっており、約 3500 個の系外惑星候補が確認を待っているといいます。研究に参加したアメリカの惑星科学研究所 (PSI) シニアサイエンティストの Nader Haghighipour さんによると、トランジット法で検出された系外惑星の軌道を決定するには、少なくとも 3 回のトランジットを観測しなければならないといいます。TIC 172900988 b の公転周期は約 200 日なので、200 日間隔で起きるトランジットを 3 回観測しなければならないことになります。

<https://news.mynavi.jp/article/20211117-2191426/>

## ESO、アルマ望遠鏡の観測から 124 億年前の初期宇宙の銀河にフッ素を発見

2021/11/17 22:34 著者：波留久泉

欧州南天天文台(ESO)は 11 月 4 日、アルマ望遠鏡を用いて、124 億年前の初期宇宙の銀河においてフッ素を検出したことを発表した。同成果は、英・ハートフォードシャー大学のマキシミリアン・フランコ氏、同・小林千晶氏、ESO フェローであるチェンタオ・ヤン氏らの国際共同研究チームによるもの。[詳細は、英科学誌「Nature」系の天文学を扱った学術誌「Nature Astronomy」に掲載された。](#)

水素やヘリウムなど、ビッグバンから 38 万年後の宇宙の晴れ上がりの段階から存在した軽い元素を除き、フッ素は鉄までのそのほか多くの元素と同様に、大質量星の核融合によって誕生したとされる。しかし、フッ素が核融合などのどのような反応から作られたのか、宇宙のどんな天体がその役割を果たしているのかについては、正確なところはわかっていないという。フランコ氏が率いる国際共同研究チームが、アルマ望遠鏡を用いて 124 億年前の時代の初期宇宙の銀河として知られる「NGP-190387」を観測したところ、銀河に含まれる大きなガス雲の中から、フッ化水素(HF)が放つ電波を検出したという。大質量星の核融合によって生成された元素は、超新星爆発によって放出されるが、NGP-190387 が宇宙の年齢が現在のおよそ 10%ほどであったころのものであることを考え合わせると、今回の検出は、フッ素を生成した星の寿命が短かったことを意味しているとする。

研究チームによれば、寿命がわずか数百万年という超大質量星が年老いた状態にある「ウォルフ・ライエ星」と呼ばれるタイプの星が、フッ素の生成場所として最も可能性が高いと考えられるとしており、今回発見されたフッ化水素の量を説明するには、ウォルフ・ライエ星がなければならないとしている。

このウォルフ・ライエ星以外でフッ素が生成・放出されるシナリオとしては、これまで、太陽の数倍の質量を持つ巨大な年老いた星である「漸近巨星分枝星」の脈動などが挙げられてきた。しかし今回の観測で、NGP-190387はわずか数千万年から数億年の時間で、現在の天の川銀河の星々と同じレベルのフッ素量になっていることが判明。漸近巨星分枝星の脈動などによるこれまでのシナリオでは数十億年の時間を要するものもあり、それらの説では今回の観測結果を完全には説明できないという。今回の測定により、20年にわたって研究されてきたフッ素の起源に対してまったく新しい制約が加わったとしている。



フッ素が検出された遠方銀河 NGP-190387 の想像図。非常に活発に星を生み出す銀河だ (C)ESO/M. Kornmesser (出所:国立天文台アルマ望遠鏡プロジェクト Web サイト)

ウォルフ・ライエ星の想像図。太陽の 30 倍以上の質量を持つ巨大な星が晩年を迎えた姿で、星表面からは非常に激しくガスが放出されており、高温な星の内部がむき出しになって青く輝いているのが特徴だ (C)ESO/L. Calçada (出所:国立天文台アルマ望遠鏡プロジェクト Web サイト)

これまでに、超巨大ブラックホールがエネルギー源となって大変明るく輝く遠方のクエーサーでフッ素が発見されたことがあるが、NGP-190387 におけるフッ素の発見は、天の川銀河とその周辺の銀河以外でフッ素が検出された稀有な例となるという。なお、打ち上げまで約 1 か月に迫った NASA のジェームズ・ウェッブ宇宙望遠鏡など、赤外線望遠鏡を用いて観測すれば、NGP-190387 に含まれる星の光を観測することが可能であることから、そうした次世代技術による観測が進めば、この銀河の星の含有量に関する重要な情報を得ることもできると研究チームではコメントしている。

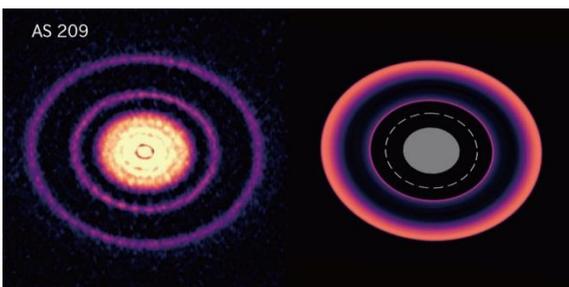
<https://sorae.info/astromy/20211119-naoj.html>

## 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

2021-11-18

[松村武宏](#)



【▲アルマ望遠鏡が捉えた原始惑星系円盤のリング構造（左）とシミュレーション結果（右）の比較図。シミュレーション結果の点線は惑星の軌道、灰色はシミュレーションの範囲外であることを示す（Credit: 金川和弘, ALMA (ESO/NAOJ/NRAO)）】

茨城大学の金川和弘さんを筆頭とする研究グループは、チリの電波望遠鏡群「アルマ望遠鏡 (ALMA)」によって観測されている原始惑星系円盤（若い星を取り囲むガスや塵でできた円盤）のリング構造について、円盤内で形

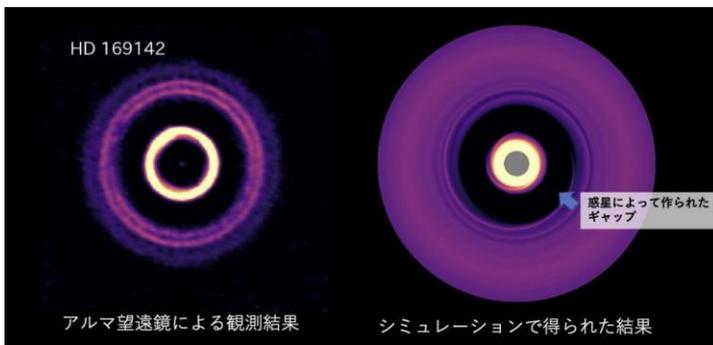
成された惑星の歴史を示している可能性があるとする研究成果を発表しました。研究には国立天文台の天文学専用スーパーコンピューター「アテルイ II」が用いられています。

#### ■原始惑星系円盤のリング構造は惑星の移動前と移動後に合わせて2つ形成される可能性

太陽をはじめとした恒星は、ガスや塵が集まった低温の分子雲のなかでも特に高密度な部分が自らの重力で収縮し始めることで誕生すると考えられています。誕生したばかりの星は原始惑星系円盤に囲まれていて、惑星は円盤の中で形成されるとみられています。原始惑星系円盤の姿は、近年実施されている高い精度の観測によって明らかになりつつあります。高精度の電波観測を行うアルマ望遠鏡も原始惑星系円盤を観測しており、「オリオン座 GW 星」や「PDS 70」といった若い星の周囲に形成されたリング構造が捉えられています。こうしたリング構造の成因は幾つか考えられていますが、その一つに数えられるのが惑星の存在です。

#### 関連：[塵のリングを持つ三重連星「オリオン座 GW 星」の周囲に系外惑星が存在する可能性](#)

発表によると、原始惑星系円盤で誕生した惑星は周囲のガスと重力を介して影響し合い、惑星の軌道に沿ってガスや塵の密度が下がることで隙間（ギャップ）が生じることがシミュレーションによって確かめられているといえます。惑星の存在によって生じた隙間の外側には塵がリング状に集まることが理論的に知られており、この塵の熱放射をアルマ望遠鏡が捉えることで、リング構造が観測されているとみられています。このことから、アルマ望遠鏡が捉えたリング構造のすぐ近くには惑星が存在する可能性が示唆されていたといえます。



#### 【▲アルマ望遠鏡によって観測された隙間（ギャップ）がある原始惑星系円盤と、原始惑星系円盤のシミュレーション結果を比較した図（Credit: 金川和弘, ALMA (ESO/NAOJ/NRAO)）】

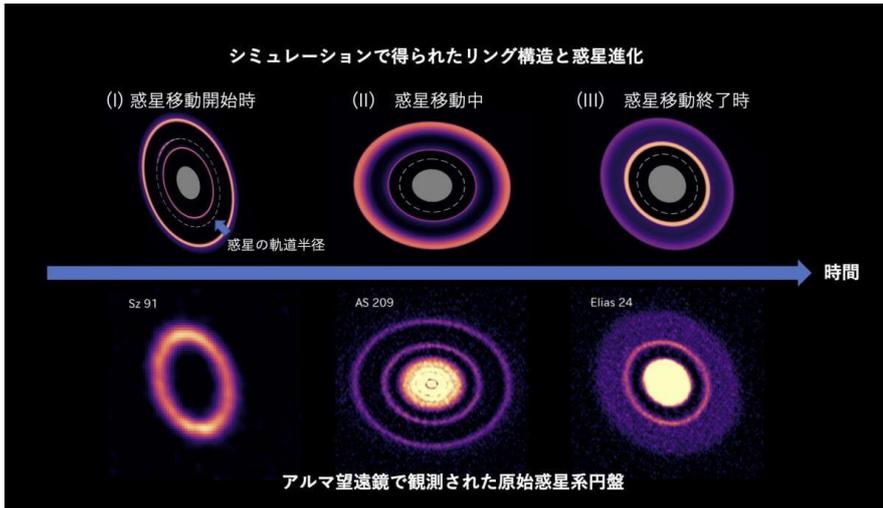
従来の研究では、誕生した惑星が原始惑星系円盤に隙間を形成する上で、円盤内におけるガスの乱流が重要だと考えられてきたといえます。ただ、アルマ望遠鏡の観測によって、原始惑星系円盤の乱流は弱くて静かな流れが生じていることが分かってきたものの、弱い乱流の円盤で惑星が誕生した場合、塵のリングと惑星の関係がどうなるのかは理論的に解明されていなかったといえます。そこで金川さんたちは国立天文台の「アテルイ II」を使い、原始惑星系円盤の内部にある惑星、ガスの分布、塵の分布のふるまいについて、数値流体シミュレーションを通して分析を行いました。その結果、誕生した惑星は重力を介したガスとの相互作用によって100万年ほどの時間をかけて原始惑星系円盤の中心へ向かって移動する（公転軌道の半径が小さくなる）こと、惑星は誕生した場所と移動後の場所でそれぞれ塵のリングを作ること、円盤の乱流が弱い場合は最初に作られた塵のリングが長期間存在できることが明らかになったといえます。

今回のシミュレーションで判明した内容を時系列順に並べると、以下のようになります。

1. 原始惑星系円盤で誕生した惑星はすぐ近くに塵のリングを形成する。
2. 周囲のガスと重力を介して影響を及ぼし合う惑星は、100万年ほどかけて中心に向かって移動する。
3. 移動を終えた惑星は新たに塵のリングを形成する。

つまり、誕生した惑星は移動前の「始点」と移動後の「終点」で合計2つのリング構造を作ることになります。研究グループによるシミュレーションの結果、原始惑星系円盤で観測されるリング構造は「誕生した惑星によって始点のリングが形成された段階」「惑星が移動しながら形成するリングと取り残された始点のリングが共存する段階」「始点のリングが乱流によって消滅し、終点のリングだけが残った段階」といった段階を経ることが確か

められたといいます。発表によると、アルマ望遠鏡によって実際に観測された原始惑星系円盤のリング構造は、この3段階のどれかに対応すると考えられる構造を持つといいます。



【▲アルマ望遠鏡が捉えた原始惑星系円盤のリング構造（下段）とシミュレーション結果（上段）を、惑星が移動する各段階に応じて時系列順に並べた比較図。シミュレーション結果の点線は惑星の軌道、灰色はシミュレーションの範囲外であることを示す（Credit: 金川和弘, ALMA (ESO/NAOJ/NRAO)）】

こちらの画像はシミュレーション結果（上段）とアルマ望遠鏡の観測結果（下段）を比較したもので、3つの段階が左から時系列順に並べられています。研究グループは今回の結果を踏まえて、原始惑星系円盤では惑星が外側から内側へとダイナミックな移動を経て形成されるという、新しい惑星形成の描像を提唱しています。

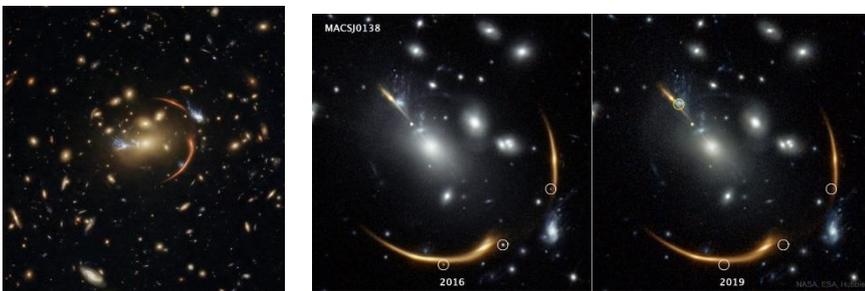
今後は原始惑星系円盤にみられるリング構造をさらに多く観測することで、惑星の移動や進化の様子が明らかになると期待されています。また、次世代の大型望遠鏡によって中心近くに移動した惑星を実際に検出することができれば、今回の研究成果の裏付けになることが考えられるとのこと。

関連：[暗黒物質が作り出した宇宙の構造を再現、国立天文台のスーパーコンピューターが活躍](#)

Image Credit: 金川和弘, ALMA (ESO/NAOJ/NRAO) Source: [国立天文台](#) / [茨城大学](#) 文／松村武宏

<https://sorae.info/astronomy/20211115-at2016jka.html>

## 2037 年に出現？ 1 つの超新星の 4 つ目の光が予測される 2021-11-15 [吉田 哲郎](#)



【▲銀河団「MACSJ0138」(Credit: ESA/Hubble & NASA, A. Newman, M. Akhshik, K. Whitaker)】

【▲左：2016年、ハッブル宇宙望遠鏡によって発見された超新星「AT2016jka」。右：2019年に撮影された画像では2016年の画像で示されていた3つの像が消え、2037年に発生が予測されている4つ目の場所が黄色の円で表示されています（Credit: NASA, ESA, Hubble; Data: S. A. Rodney (U. South Carolina) et al.; Image Processing: J. DePasquale (STScI)）】

恒星の爆発的な現象である「超新星」を一度でも見るのができれば幸運と言って良いでしょう。現在では、肉眼では見えなくとも、宇宙望遠鏡などのお陰で、遠くの銀河で発生した超新星を画像や映像を通して見る機会が増えました。それでも、これまで3つ見られた同じ超新星の4つ目を遠からず見ることができるとしたら、さら

に幸運ではないでしょうか？2016年「AT2016jka」と呼ばれる（Requiem「レクイエム」とも名付けられている）超新星がハッブル宇宙望遠鏡の観測により発見されました。画像の左側のフレームで、オレンジ色の弧状の部分に白色の円で、その超新星が表示されています。この3つの像は、遙か彼方にある銀河（推定距離は約100億光年）内の1つの超新星の光が、その手前にある巨大な銀河団「MACSJ0138」（推定距離は約40億光年）の重力によって曲げられて分裂し生じたものであることがわかりました。つまり、アインシュタインの一般性相対性理論によって予測された「重力レンズ」効果によるものです。ところが、話はこれで終わりではありません。超新星から出た光は、銀河団やダークマターなどの影響を受け、迷路のような経路を通過してくるため、それぞれの像が現れるには時間差が生じます。観測結果やそのような影響を考慮に入れてモデルを構築していきます。その結果、最良のコンピュータ・モデルによると、16年後の2037年に4つ目の像が現れると予測されているのです！右側のフレームは2019年に撮影されたものですが、2016年のフレームで示されていた1つの超新星の3つの像がすべて消えてしまったため、白色の円が空になっています。代わりに、左上に新たな黄色の円が表示されていて、そこに4つ目の超新星が現れると予測されています。ただし、経路の質量分布や超新星の明るさなど曖昧な部分もあるので、2年ほどのズレが生じる可能性があるということです。しかし、さらに予測が精緻化され、注意深く監視されていれば、2037年前後には4つ目の超新星を捉えることができるにちがいません。いまから16年後といえば、今年生まれた赤ちゃんが青春を謳歌している年頃でしょうが、天文学的なタイムスケールでは一瞬にも満たない時間です。その「一瞬」を平和に過ごして2037年を待ちたいものです。

関連：[銀河団の重力が歪めた100億光年彼方の銀河の像、ハッブル宇宙望遠鏡が撮影](#)

Image Credit: NASA, ESA, Hubble; Data: S. A. Rodney (U. South Carolina) et al.; Image Processing: J. DePasquale (STScI) Source: [APOD](#)、[NASA](#) 文／吉田哲郎

[https://news.biglobe.ne.jp/trend/1120/kpa\\_211120\\_4691746258.html](https://news.biglobe.ne.jp/trend/1120/kpa_211120_4691746258.html)

## ブラックホールは宇宙の錬金術師。はからずも金を作っている可能性

11月20日（土）20時0分 [カラパイア](#)



photo by Pixabay

photo by iStock

photo by Pixabay

金・銀・トリウム・ウランなど、こうした重元素は、[超新星](#)爆発や中性子星の衝突で生じる大きなエネルギーによって作られる。だが最新の論文によると、生まれたてのブラックホールによって吸い寄せられるガスや塵の円盤の中でも、金などの重元素が合成されている可能性があるそうだ。

ブラックホールは宇宙の錬金術師であるということになる。

### ・ビッグバンから重元素が誕生するまで

宇宙開始時の爆発的膨張、「[ビッグバン](#)」によって宇宙が誕生した直後、そこには現在のように多種多様な元素は存在しなかった。「水素」と「ヘリウム」がほとんどだったのだ。

ところが星が生まれ、その中心部で原子核がぶつかり合うようになると状況が変わる。核融合によって、「炭素」から「鉄」までのより重たい元素が生成された。

だが鉄には少々厄介な問題があった。これを生成するための熱とエネルギーは、核融合によって生じるエネルギーを上回っているのだ。そのために星の核の温度が下がり、やがて死をもたらす。それが「[超新星爆発](#)」だ。

### ・超新星爆発と中性子星衝突で起きる重元素合成

星にとっては死である超新星爆発だが、その中で誕生するものもある。爆発のエネルギーは巨大で、原子が衝突しながら、お互いの中性子を次々と捕獲していく。これによって、「金」「プラチナ」「ウラン」といった鉄よりも重たい元素が形成されるのだ。このプロセスを「r-過程」という（「r」は「速い（rapid）」を表す）。

ただし、r-過程は速やかに進まねばならない。さもなければ、原子核に中性子がくっつく前に放射性崩壊が起きてしまうからだ。こうしたr-過程は、「超新星」と「中性子星の衝突」によって起きると考えられている。

それ以外の状況で、r-過程が起きるかどうかはわかっていない。ただし、その有力な候補として挙げられているのが生まれたてのブラックホールだ。

#### ・ブラックホールでも金が生成されている

たとえば、中性子星同士が衝突し、そのときの質量がブラックホールを形成するのに十分だった場合、そこではr-過程が起きているかもしれない。大質量の星が、自らの重力で崩壊しブラックホール化したケースでも同様だ。どちらの場合も、生まれたてのブラックホールは、そこに落下しようとする物質の渦巻き（降着円盤）によって囲まれている（排水溝に吸い込まれる水の渦を想像してほしい）。そこからは大量の「ニュートリノ」（中性の電気を持たない素粒子）が放出されており、その結果としてr-過程による重元素の形成が起きている可能性があるのだ。『[Monthly Notices of the Royal Astronomical Society](#)』（21年10月8日付）に掲載された研究では、シミュレーションによってその仮説が検証されている。重イオン研究所（ドイツ）や理化学研究所（日本）などのグループは、ブラックホールの質量やスピンなど、さまざまなパラメータを調整しつつ、膨大な数のシミュレーションを実施。その結果、条件次第では生まれたてのブラックホールでもr-過程が起きることが明らかになった。

#### ・ブラックホールで重元素が作られる条件

オリバー・ジャスト博士の説明によると、決定的なのは、中心にある重い天体の周囲を公転しながら落下する物質によって形成される円盤状の構造「降着円盤」の質量であるという。

円盤の質量が大きいほど、ニュートリノの放出で電子が捕獲され、陽子から中性子が形成されやすくなりまる。その分、r-過程で重元素の材料となる中性子が増えるというわけだ。ただし円盤の質量は大きすぎてもダメであるようだ。円盤の質量が大きすぎると、逆の反応が強くなってしまふ。ニュートリノが円盤を飛び出す前に、中性子がそれを捕獲してしまうからだ。すると中性子が陽子に戻ってしまい、r-過程を妨げてしまうのだという。

ブラックホールの周囲で重元素がもっとも盛んに生成されるのは、円盤の質量が太陽の1~10%のときだという。その時、衝突した中性子星から生まれたブラックホールは、いわば重元素の工場となる。ただし、こうした質量の円盤が宇宙でどれほど一般的なものなのか、今のところわかっていない。この現象について解明するには、まだまだデータが不足しているようだ。しかしドイツで建設中の「FAIR」といった次世代の粒子加速器ならば、より精密な研究が可能になるとのことだ。

References:[GSI-Where does gold come from? – New insights into element synthesis in the universe/ Black Holes Could Be Inadvertently Making Gold, Astrophysicists Say/](#) written by hiroching / edited by parumo

<https://sorae.info/astronomy/20211120-lmc-black-hole.html> 2021-11-20 [松村武宏](#)

## 大マゼラン雲の若い星団で恒星と連星を組むブラックホールが見つかる

リバプール・ジョン・ムーア大学の Sara Saracino さんを筆頭とする研究グループは、「大マゼラン雲」（LMC : Large Magellanic Cloud、大マゼラン銀河）の若い星団で恒星質量ブラックホールが見つかったとする研究成果を発表しました。研究グループが観測に用いた「超大型望遠鏡（VLT : Very Large Telescope）」を運用するヨーロッパ南天天文台（ESO）は、今回用いられた観測手法が天の川銀河や近傍の銀河に存在するブラックホールを検出するための鍵になり得るとしており、謎めいた天体であるブラックホールの形成と進化を明らかにする上で助けとなるかもしれないと期待しています。



■太陽約 11 個分の質量があるブラックホールを大マゼラン雲の星団で発見

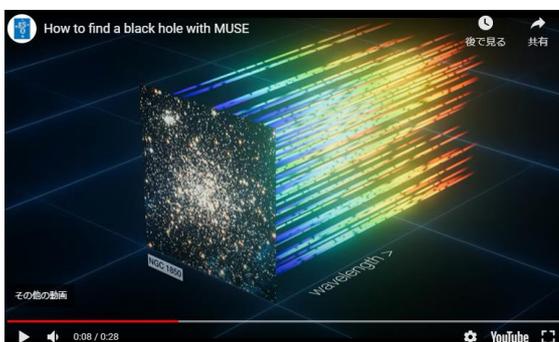
【▲星団「NGC 1850」(中央)とその周辺の様子。星団を囲む赤いフィラメント構造は超新星残骸だと考えられている。画像はハッブル宇宙望遠鏡と超大型望遠鏡 (VLT) が可視光線の波長で撮影したデータから作成 (Credit: ESO, NASA/ESA/R. Gilmozzi/S. Casertano, J. Schmidt)】

Saracino さんたちが恒星質量ブラックホール (質量が 100 太陽質量以下の比較的軽いブラックホール、1 太陽質量=太陽 1 個分の質量) を見つけたのは、およそ 16 万光年先の大マゼラン雲にある星団「NGC 1850」です。研究グループによると、数千個の星々が集まっている NGC 1850 は若い星団で、その年齢は約 1 億歳とされています。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囲を恒星が周回している場合、その星を観測することで間接的にブラックホールの存在を検出し、質量を推定することができます。たとえば、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)」の場合、いて座 A\* を周回する「S2」(S0-2) などの明るい星々の動きを長年観測し続けた結果、太陽の約 400 万倍の質量を持つと推定されています。

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](#)

研究グループは今回、ESO の超大型望遠鏡に設置されている広視野面分光観測装置「MUSE (Multi Unit Spectroscopic Explorer)」が 2 年間に渡って取得した NGC 1850 の観測データを利用して、恒星と連星を組むブラックホールを探しました。ブラックホールとともに共通重心を公転する恒星の光は、恒星が地球へ近づくように動く時は光の波長が短く (青く)、地球から遠ざかるように動く時は光の波長が長く (赤く) といったように、ドップラー効果によって周期的に変化します。この変化は分光観測 (※) で捉えることができるので、MUSE による分光観測のデータからブラックホールを見つけられるかもしれないというわけです。

※...天体のスペクトル (波長ごとの電磁波の強さ) を捉える観測手法



▲今回用いられた観測手法のイメージ (動画) ▲

ブラックホールを周回する恒星の光の波長が周期的に変化する様子を分光観測で捉えた

(Credit: ESO/L. Calçada, NASA/ESA/M. Romaniello. Acknowledgement: J.C. Muñoz-Mateos)

【▲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)】

観測データを分析した結果、研究グループは約 5.04 日周期で公転するブラックホール連星 (ブラックホールを含む連星) を発見しました。この連星は約 11 太陽質量のブラックホールと約 5 太陽質量の恒星から成るとみら

れており、MUSE は公転にともなって恒星の光の波長が変化する様子を捉えていました。

発表によると、これまで天の川銀河以外の銀河で見つかった恒星質量ブラックホールは、物質がブラックホールへ落下する際に放出される X 線を観測したり、ブラックホールが他のブラックホールもしくは中性子星と合体する際に放出された重力波を観測したりすることで検出されてきました。別の銀河に存在する恒星質量ブラックホールが近くに存在する恒星の動きをもとに検出されたのは、今回が初めてのことだとされています。

Saracino さんは、今回の手法で他の星団を観測することに意欲を示しています。たとえば、NGC 1850 のような若い星団で見つかった若いブラックホールと、より古い星団のブラックホールを比較することで、ブラックホールがどのように成長するのかを理解できるかもしれません。さらに、星団に存在するブラックホールの統計データが得られれば、重力波望遠鏡によって検出されている重力波の発生源についての理解が深まるといいます。

また、Saracino さんは、ESO がチリのセロ・アルマゾネス山で建設を進めている次世代の大型望遠鏡「欧州超大型望遠鏡 (ELT : Extremely Large Telescope)」にも言及。より暗い星、より遠くの球状星団が ELT によって観測できるようになれば、天文学者はさらに多くのブラックホールを検出できるようになると予想されることから「この分野に間違いなく革命がもたらされるでしょう」と期待を寄せています。

関連 : [お隣の銀河「大マゼラン雲」過去に別の銀河と合体していた証拠が見つかる](#)

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

<https://sorae.info/astrometry/20211116-ugc11537.html>

## 2 億光年先の渦巻く星々。ブラックホール研究で撮影された渦巻銀河

2021-11-16      [松村武宏](#)



【▲渦巻銀河「UGC 11537」(Credit: ESA/Hubble & NASA, A. Seth)】

こちらは「わし座」の方向およそ 2 億 3000 万光年先にある渦巻銀河「UGC 11537」です。地球に正面を向けた銀河は「フェイスオン銀河」、真横を向けた銀河は「エッジオン銀河」と呼ばれることがありますが、UGC 11537 は地球からはエッジオンに近い角度で見える位置関係にあります。

渦巻銀河の特徴である渦巻腕の平面的な広がりにはわかりづらいものの、画像では多くの星が集まる明るい銀河バルジを中心に、若く高温な青い星が彩る渦巻腕や、塵が豊富なダストレーン（ダークレーン）の渦巻く様子が俯瞰するように捉えられているのが印象的です。

欧州宇宙機関 (ESA) によると、この画像は遠方銀河に存在するとみられる超大質量ブラックホールの質量を調査する研究の一環として撮影されました。宇宙や地上の望遠鏡による観測データから天文学者が作成した銀河の星々の質量に関する詳細なモデルは、超大質量ブラックホールの質量を制約するのに役立つといえます。

また、画像には UGC 11537 と重なるように輝く 2 つの星をはじめ、十字形の光をとまなう星が幾つか写っています。この光は望遠鏡の副鏡を支えるスパイダー（梁）で回折した光による「diffraction spike (回折スパイク)」と呼ばれるもので、地球に比較的近い天の川銀河にある星の周囲に見えています。これらの星は地球からはたまたま重なって見えているだけなのですが、まるで UGC 11537 に華を添えているかのようです (参考 : [重なり合う星々の宝石のような輝き、ハッブルが撮影した“いて座”の球状星団](#))。

冒頭の画像は「ハッブル」宇宙望遠鏡の「広視野カメラ 3 (WFC3)」による可視光線と赤外線観測データから作成されたもので、ハッブル宇宙望遠鏡の今週の一枚「A Spectacular Side-On Spiral」として ESA から 2021 年

11月15日付で公開されています。

関連：[ハッブル宇宙望遠鏡が撮影、柔らかに渦巻く“おとめ座”の渦巻銀河](#)

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

[https://news.biglobe.ne.jp/it/1115/giz\\_211115\\_7330029138.html](https://news.biglobe.ne.jp/it/1115/giz_211115_7330029138.html)

## 超巨大ブラックホール、宇宙とともに膨張している説。どういうこと？

11月15日（月）22時0分 [GIZMODO](#)

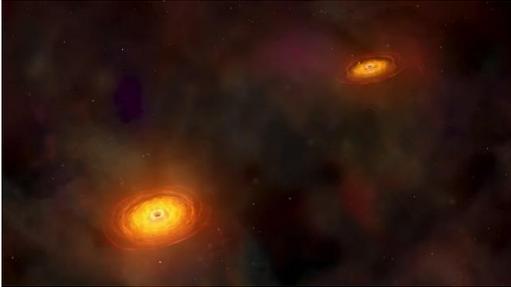


Image: NASA/CXC/A.Hobart via Gizmodo US Illustration: NASA/JPL-Caltech via Gizmodo US

宇宙とはいったい何なのか？を考える、とんでもなくスケールの大きなお話。

検出不可能とされていた重力波を人類が初めて観測したのは2015年のことでした。ふたつの超巨大ブラックホールが激しくぶつかり合った衝撃が時空のさざ波となり、13億年かけて地球に到達したところを重力波検出器LIGOがとらえました。この歴史的な観測以降も同様の重力波が多く検出されており、ブラックホール同士の衝突についての知見を深めるのに役立ってきました。しかし、そればかりではありません。ここに来て、その重力波のデータを研究していたとある研究チームがめっちゃくちゃ斬新な仮説を打ち立ててきました。なんでも、重力波データを読み解いていくと、超巨大ブラックホールは宇宙と運動して膨張していると考えられるそうなのです。ふくらむ宇宙は膨張しています。そしてその膨張は加速し続けています。現在知られている物理法則ではなぜ加速しているのかをまだ説明できていなくて、今のところは謎の「ダークエネルギー」によって膨張が加速しているといわれています。そして、宇宙が膨張しているからといって、宇宙に存在しているモノも宇宙と一緒に膨張しているわけではないともいわれています。わかりやすいたとえは風船です。あらかじめ点がふたつ描かれた風船をふくらましたら、風船が大きくなるにつれて点と点の間の距離が延びて、点同士が遠ざかっていくように見えますよね。このように、地球から遠く離れた銀河を観測すると、赤方偏移（天体の発する光の波長が伸びて観測される現象）が起きているのがわかります。これは銀河同士が加速しながらお互い遠ざかっていることを意味していますが、銀河そのものが膨張しているのではなく、銀河と銀河を隔てた時空が膨張しているからだと考えられてきました。ふくらむ宇宙と一緒にふくらむブラックホールところがです。この従来の考え方をくつがえす新しい仮説が提唱されました。宇宙は宇宙に存在している天体もろとも膨張しているのではないのか、というのです。すなわち、宇宙という風船をふくらませた時、点そのものも大きくなっているのでは？ってことですね。地球や、地球が属している太陽系は重力によって束ねられているので、私たちが宇宙の膨張を直接経験することはできません。しかし、超巨大ブラックホールならどうでしょう？超巨大ブラックホールの質量は際立って大きく、天体としての寿命も際立って長いので、宇宙が膨張するにしたがって一緒に膨張しているのではないのか？——その膨張を理論的に解明しようと試みたのが、ハワイ大学マノア校の宇宙物理学者・クローカー（Kevin Croker）教授をはじめとする研究者チームです。ふくらむブラックホール同士が衝突研究チームは2015年に重力波検出器LIGOが観測した重力波、そしてその重力波のもととなったふたつの超巨大ブラックホールについて詳しく調べたそうです。LIGOが観測した重力波は、言ってみれば映画の予告トレーラーの最後の10秒だけをチラ見したようなものでした。対して私たちが提案している新たなモデルは、ふたつのブラックホールが近づき、そして衝突するまでのストーリーの一部始終を説明できます。そして全体像が見えることにより、重力波がどの

ような状況下で起こったのがより明確になると期待できます。とクローカー教授はメールで説明しています。チームはふたつの超巨大ブラックホールの大きさを宇宙の膨張に比例してモデリングしました。すると、ブラックホール同士がお互い近づき合うにつれて大きくなっていったそうです。

この結果から、すべての超巨大ブラックホールが同様に膨張していると推察されるそうなのですが、重力波を観測できない限りはブラックホールそのものを検知することが難しいのでなかなか検証しにくいのだとか。でも、もしもこの仮説が正しければ、我々が銀河系の中心に位置している超巨大ブラックホールさえも宇宙の膨張とともに大きくなっていくことになります。クローカー教授によれば、私たちの研究からは、ブラックホールの質量は宇宙の大きさのある指数で累乗した値に比例すると導き出されます。この指数が、ふたつのブラックホールが衝突したときに生じる「強さ」を表しています。どんな膨張している宇宙においても、ブラックホールの質量はこのように増大するものと考えられます。もし膨張が加速しているのなら、ブラックホールの質量の増大もどんどん加速していきます。ですから、ブラックホールの増大を引き起こしているのは膨張の加速ではなく、膨張そのものであることがわかります。いや、素人にはちょっとよくわかりません……。

### 宇宙との連動性

通常ブラックホールの質量を計算する際、宇宙は膨張していないものとみなされるそうです。要するに、宇宙の膨張をいったん止めてしまって、ある刹那の中でブラックホールの質量を計算しているのだから、その後の宇宙の膨張がブラックホールの質量にどのような変化をもたらすかまでは考慮されていないんですね。

ブラックホールとはそもそも宇宙一密度が高い天体で、重い星が自重に耐え切れずにつぶれた名残りです。すさまじい重力で周りのものを引きつけるため、ブラックホール同士が衝突してお互い飲み込み合うことも。このような融合はとても長い時間、時には何十億年もかかることがあるそうです。

これほど長い時間がかかるため、ブラックホールがそれぞれ誕生した時と、その後ブラックホール同士が衝突した時までの間に宇宙の大きさはずいぶん変わっているはず、と研究者たちは考えているそうです。シカゴ大学宇宙物理学教授で、NASA ハッブルフェローでもあるゼビン（Michael Zevin）ポスドク研究員によれば、ブラックホール同士の融合にかかる質量は、ブラックホールが形成された時の大きさ、形、軌道の長さ、そして寿命によっても変わってきます。とのこと。そこに宇宙そのものの大きさも関わってくる、ということなんでしょうか。この「cosmological coupling（直訳：宇宙カップリング）」、すなわち天体や粒子の性質が宇宙の性質とリンクしている現象はまだ仮説でしかありませんが、ブラックホール以外にも挙げられる例が光子だそうです。ただし、光子と宇宙の場合は相反する関係にあり、宇宙の膨張とともにブラックホールのエネルギーが増大していくのとは逆に、宇宙の膨張とともに光子のエネルギーは減少していくそうです（波長が引き延ばされてしまうため）。すべての物質は宇宙と連動している？さらに。もしこの「宇宙カップリング」現象が、ブラックホールや光子に限らないとしたら？ミシガン大学の宇宙物理学者、ターレ（Gregory Tarlé）教授は、メールでこのように説明しています。私たちの体や、太陽の核など、もっと身近にある普通の物質においても、非常に、非常に弱くではありますが宇宙が膨張している速度にカップリングしていると考えられます。ただし、その効果が歴然となるのはブラックホール、そしてもしかしたら中性子星など、宇宙における最も極端な環境においてのみでしょう。ふむ、体重の増加を宇宙のせいにはいけない、と。もちろん、これはまだ仮説に過ぎません。でも現在建設中の新しい、さらに強力な重力検出装置が使えるようになれば、重力波の研究においてさらに詳細なデータが得られるはず。さらに、今後望遠鏡の精度にさらに磨きがかかれば、見渡す限りの宇宙に存在している天体にフォーカスし、撮影できるようになります。こうして今後宇宙に関して集められるデータがさらに詳しく、さらに鮮明になってくるにつれ、この宇宙が一体風船なのかなんなのか、ヒントをつかめてくるのかもしれない。

Reference: 天文学辞典, The Astrophysical Journal Letters

[https://news.biglobe.ne.jp/it/1117/giz\\_211117\\_9351008667.html](https://news.biglobe.ne.jp/it/1117/giz_211117_9351008667.html)

## 宇宙の果てには何があるの？ 専門家に聞いてみた

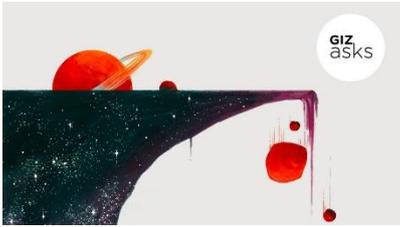


Image: Chelsea Beck/Gizmodo US

2019年2月24日の記事を編集して再掲載しています。

## はるか遠い宇宙の、さらに一番遠いところについて。

月面着陸や火星旅行...「いつか宇宙に行ってみたい!」という想いは、誰もが一度は抱いたことがあるのでは? なかには「いままで誰にも打ち明けたことがないけれど、じつは宇宙の果てのことも気になっていたんだ...」なんて人もいるかもしれません。今回の Giz Asks では、そもそも“宇宙の端っこ”とはどこなのか、そこには何があるのか、宇宙の果てにたどり着いたらどうなるのか...などなどの素朴な疑問について宇宙論、物理学の専門家に聞いてみました。キーワードはやはり、ビッグバン。宇宙の果てまで想いを馳せると、気になるのは“観測可能な宇宙”のさらにその先のこと。誰も知らない、見たことがない世界だからこそますます興味深いわけですが、そもそもわたしたちに答えを知る術はあるのか...。宇宙には端っこがあるのかないのか=宇宙は有限なのか無限なのかという大きなテーマにぶつかります。宇宙のはるかか彼方を考えるうえで、時間との関係性も忘れちゃいけません。

### 1. 宇宙の果て=観測の限界 Sean Carroll

カリフォルニア工科大学物理学研究教授。とりわけ量子力学、重力、宇宙論、統計力学、基礎物理の研究に従事。私たちの知る限り、宇宙に端はありません。観測できる範囲には限りがあるので、そこがわたしたちにとって“宇宙の果て”になるといえます。

光が進むスピードが有限(毎年1光年)であるため、遠くのものを見る時は時間的にも遡ることになります。そこで見られるのは約140億年前、ビッグバンで残った放射線。宇宙マイクロ波背景放射とよばれるもので、わたしたちを全方向から取り巻いています。でもこれが物理的な“端”というわけではありません。

わたしたちに見える宇宙には限界があり、その向こうに何があるのかはわかっていません。宇宙は大きな規模で見るとかなり普遍ですが、もしかすると文字通り永遠に続くのかもしれません。もしくは(3次元バージョンの)球体か円環になっている可能性もあります。もしこれが正しければ、宇宙全体の大きさが有限であることにはなりません。それでも円のように始点も終点も端もないことになります。わたしたちが観測できないところで宇宙は普遍的でなく、場所によって状態が大きく異なる可能性もあります。これがいわゆる多元宇宙論です。実際に確認できるわけではないですが、こうした部分にも関心を広げておくことが重要だといえます。

### 2. 宇宙に果てはない Jo Dunkley

プリンストン大学物理・天体物理学教授。宇宙の起源と進化など宇宙論の研究に従事。

(上に)同じく、宇宙には果てなるものがないと考えられるでしょう。各方面に向かって無限に広がっているか、おそらく包み込むかたちになっている可能性が考えられます。いずれにしても、端はないことになります。ドーナツ表面のように、宇宙全体に端がない可能性があります(が、3次元での話です。ドーナツ表面に関しては2次元なので。)このことはつまり、どんな方向に向けてロケットを飛ばしても良いことになり、長いあいだ彷徨ったあげく元の地点に戻ってくることも可能だということになります。実際に見える宇宙の範囲として、観測可能な宇宙と呼んでいる部分もあります。その意味では、宇宙の始まりから私たちのもとへ光が届くまでの時間がなかった場所が端になります。もしかするとその向こうはわたしたちの身の回りで見られるものと同じ超銀河団で、無数の星や惑星が浮かぶ巨大な銀河であるかもしれません。

### 3. 宇宙の果て=もっとも古い光のなかに見える何か Jessie Shelton

イリノイ大学アーバナ・シャンペーン校物理・天文学助教授。天体物理学、宇宙論の研究に従事。

宇宙の端をどう定義するかにもよります。光のスピードが有限であるため、宇宙の果てを見つけようとする時間を遡ることになります。アンドロメダ銀河を見ると、現在の様子こそわかりませんが、アンドロメダの星が光を放射したのを望遠鏡で観測することができたため、約 250 万年前に起きていたことはわかります。

わたしたちに見えるもっとも古い光は、もっとも遠いところから届いています。そのため宇宙の果てというものはある意味、わたしたちに届くもっとも古い光のなかに見える何かなのかもしれませんが、すなわち、ビッグバン後かすかに残存する光、宇宙マイクロ波背景放射です。光子が熱い電離プラズマ内の電子間を飛び交うのをやめて地球に流れはじめたことから最終散乱面とよばれていますが、これこそが宇宙の果てだともいえるでしょう。

いま、宇宙の果てに何があるのか。その答えは、わかりません。何十億年も先の未来まで、光が届くのを待たなくてはならないのです。それに宇宙はますますスピードを上げながら膨張しているので、わたしたちはいまの段階では推測することしかできないのです。広い意味で私たちの宇宙はどこから見ても同じように見えます。おそらくいま観測可能な宇宙の端から宇宙を見ようすると、わたしたちがここから見ているのとほぼ同じ宇宙の様子が見えるはずで、このため、宇宙の果てから見えるものは単純に、より大きな宇宙、銀河、惑星なのだと推測できます。同じような疑問を抱く生命体だって存在するかもしれませんね。

#### 4. “端”は複数ある Michael Troxel

デューク大学物理学助教授。観測的・理論的宇宙論の研究に従事。

宇宙はおそらく無限のサイズであるにも関わらず、実際は“端”なるものが複数あるといえるでしょう。

宇宙が無限だとすれば、“果て”はないことになります。もしも宇宙が紙のように平らだったり、オープンな空間だったりしたら、本当に限りがないといえます。もしクローズドな空間であれば、限りがあることになります。しかし、ある方向に向かって突き進んでいって最終的には元の地点に戻ったら、球体の表面を移動するかのような状態が想定できます。ホビットのビルボが“道はどこまでも続くよ/ドアより出る始まりの場所から”と言うように。しかしわたしたちにとって、宇宙の“果て”なるものがふたつあります。一般[相対性理論](#)によると、すべてのものは毎時およそ 6 億 7000 万マイルという光速を含めて速度には限界があるといえます。また宇宙は各方向にむかって膨張していて、時間が進むにつれてそのスピードは速まると考えられています。このことはつまり、遠くのものを観察するとき、その物体のほうから光が届くには時間がかかる（距離を光速で割る）ことにつながります。宇宙が膨張していることを踏まえると、光が到達するあいだに光の移動距離が増えることになるのです。このため、宇宙の最初（約 137 億年前）に放出された物体からの光を観察できるもっとも遠い距離、すなわち 470 億光年ほど（1 光年は地球から太陽までの距離の約 63,241 倍）離れた共動地平線とよばれるものについて考える必要があるでしょう。また見方を微妙に変えてみると次の通り。もし光の速さでメッセージを送ったら、もっとも遠い惑星の誰かが受け取ることになるのか。これは興味深いところだといえます。宇宙の膨張率は過去に戻るには減速しますが、未来では加速するためです。たとえメッセージが永遠に誰かのもとに届かず彷徨うことになっても、今から 160 億光年前に向かうことになります。これがいわゆる事象の地平線です。

観測可能なもっとも遠い惑星はたった 25000 光年しか離れていないので、宇宙に存在しているかもしれないほかの生命体に挨拶できる可能性はやはり残っています。しかし、現在の望遠鏡が特定できる最遠距離にある最遠距離は、私たちからたった約 133 億光年の銀河にあたります。したがって、宇宙の果てがどこで、何があるのかは今のところ誰にもわかりません。

#### 5. 宇宙の果て＝地平線 Abigail Viereg

シカゴ大学カブリ宇宙物理学研究所助教授。

地球から望遠鏡を使って、わたしたちは遠い宇宙のどこかから届く光を見ることができます。光源が遠いほど、光が到達するまでの時間が長かかります。遠い場所を見ようすると、今日の様子ではなく光がつけられたときのその場所の様子を見ることができるのです。より遠くを望むには、時間を遡ることになります。

ただし見ることができるのは、ビッグバンから数十万年後の場所に達するまで。それ以前（星や銀河が存在するずっと前）、宇宙は非常に暑く密度が高かったため光が弱く、最新の望遠鏡からであっても見ることはできませ

ん。この場所こそが、観測可能な宇宙の端で、ときに地平線とよばれています。その先に何があるかは見えないのです。時間の経過につれて、地平線は変化します。ほかの惑星からこの地平線を見ようとしても、地球から見るのとだいた似たような景色が見えるはず。地平線、ビッグバン以来経過した時間、光速、そして宇宙がどのように広がったかなど。今日の地球の地平線にあたるのはどこか。わたしたちにはわかりません。わかるのはビッグバン直後であって、今日の様子ではないためです。ただ、観測可能な宇宙を含め、わたしたちに見える宇宙のすべては星、銀河、銀河団、その他多くの"空"の空間など今日の私たちから見る宇宙とほぼ同じに見えるというように考えられています。いっぽうで今日の地球から観測できる範囲よりも宇宙ははるかに大きく、宇宙は果てしないものだというようにも考えられています。

## 6. その答えはまだない Arthur B. Kosowsky

ピッツバーグ大学物理学教授。宇宙論、理論物理学関連の研究に従事。

宇宙においてもっとも基本的な特性のひとつとして、時間が挙げられます。さまざまな測定から、現在 137 億年と考えられています。光が一定の速度で伝播することを踏まえても、初期の光線が今日まで特定の距離を進んだことがわかります。(地平線までの距離) 光線よりも速いものはないことから、相対性理論に従う原理上は地平線までの距離こそがわたしたちが観測できるなかでもっとも遠い地点だといえます。

この距離からくる光源が、いわゆる宇宙マイクロ波背景放射です。マイクロ波背景の原点までの距離以外で宇宙には"果て"がないことがわかっているため、宇宙は地平線までの距離よりもずっと壮大で、わたしたちが観測できる範囲よりもずっと遠くに宇宙の果ては存在するのだろうというように推定されています。でも、この考えが正しいかはわかりません。観測可能な宇宙は比較的一様で普遍的だという考えとは少し矛盾しているかもしれません。残念ながら、わたしたちにはまだ宇宙に果てがあるのかないのかという問いに対する妥当な答えがありません。もし果てがあるとしたら、それはずっと遠く宇宙の歴史全体という時間をかけてもなおわたしたちのもとに到達しないほど遠い場所だといえます。現段階では、観測できる宇宙の全体でなく一部を端として考えるほかないのかもしれないかもしれません。

<https://sorae.info/column/seed.html>

## 宇宙教育とは？学生発宇宙ベンチャー、宇宙の学び舎 seed に迫る

2021-11-18 [sorae 編集部](#)

皆さんは「宇宙の学び舎 seed (シード)」をご存じでしょうか？

「宇宙の学び舎 seed」は大学生が宇宙教育をテーマに活動している東京理科大学の学生発宇宙ベンチャーです。では、seed がどのような活動を行っているのか、代表取締役社長を務める浮田亜寧さんにお聞きしました。



【▲宇宙の学び舎 seed (Credit: seed)】

【▲宇宙の学び舎 seed の創業メンバー (Credit: seed)】【公式サイト：[宇宙の学び舎 seed](#)】

——創業のきっかけを教えてください

浮田「私たちは東京理科大学が主催する宇宙教育プログラムを受講し、メンターの経験をしました。そこで宇宙に関する知識の他に、チームで宇宙ミッションに挑む難しさや、仲間と困難を乗り越えた時の達成感を味わいました。私たちが感じる宇宙の面白さや可能性を次の世代や多くの人に伝えたいという思いがきっかけとなり創業に至りました。はやぶさ2のカメラを開発した木村真一教授を技術顧問に迎え、宇宙に関する講演や遠隔探査機を使った実習を行っています」

——「大学生が行う宇宙教育」...聞き慣れないですが、どんな良いことがありますか？

浮田「大学生が行う宇宙教育には大きな意義があると考えています。1つ目は『宇宙教育の可能性』です。宇宙での学びは、宇宙に限らず他分野へ大きく広がり、子ども達の未来を創るチカラとなります。

2つ目は大学生が行うことで宇宙がより身近に感じられます。実際に宇宙を遠い存在に感じていた子が、私たちの講演を聞いて宇宙を身近な存在に感じるようになったと感想を寄せてくれました」



【▲遠隔操作ロボット CANSAT (Credit: seed)】【関連サイト：[東京理科大学宇宙教育プログラム](#)】

【▲seedの活動は大きく分けて、体験教室とオンラインイベントの2つ (Credit: seed)】

【▲11/21に行われるオンラインイベント (Credit: seed)】

——活動内容を教えてください

浮田「活動は大きく分けて2つあります。1つ目は宇宙体験教室です。実際に中学校や高校へ出向いて行う遠隔探査ロボット実習や講演を通じて、ものづくりの面白さや宇宙の楽しさを感じてもらいます。

2つ目はオンラインイベントです。宇宙分野の第一線で活躍する先生方をお招きして講演を開催しております。毎回全国から幅広い年代の方にご参加いただいております。今年度はあと3回(11/21, 12/12, 1/9)開催を予定しており、大学教授の方や宇宙ベンチャーで活躍されている方をお呼びする予定です」

——予定しているイベントについてお聞かせください

浮田「はい。11月21日に開催を予定しているオンラインイベントでは、『宇宙を学ぶ魅力とは? ~宇宙の学びが教えてくれたこと~』と題し、パネルディスカッションを行います。宇宙を学ぶ学生(宇宙の学び舎 seed メンバー)、宇宙に関わる教授(木村真一教授)、IT業界で活躍する木村研究室OB(株式会社ニッポンダイナミックシステムズ・平山翔氏)の3人の視点から考えたいと思います。

それぞれの立場で、宇宙の学びで得られた事やその魅力について語って頂きます。宇宙が好きな方にとっても宇宙を知らない方にとっても、新たな視野を提供できるような楽しいイベントを目指しております。ご参加をお待ちしております！」【イベントページ：<https://seed-live2021-vol5.peatix.com/>】

——浮田亜寧さん、ありがとうございました！ (インタビュー: sorae 編集部)