

惑星探査機「ボイジャー2号」打ち上げから45年、今も続く探査ミッション

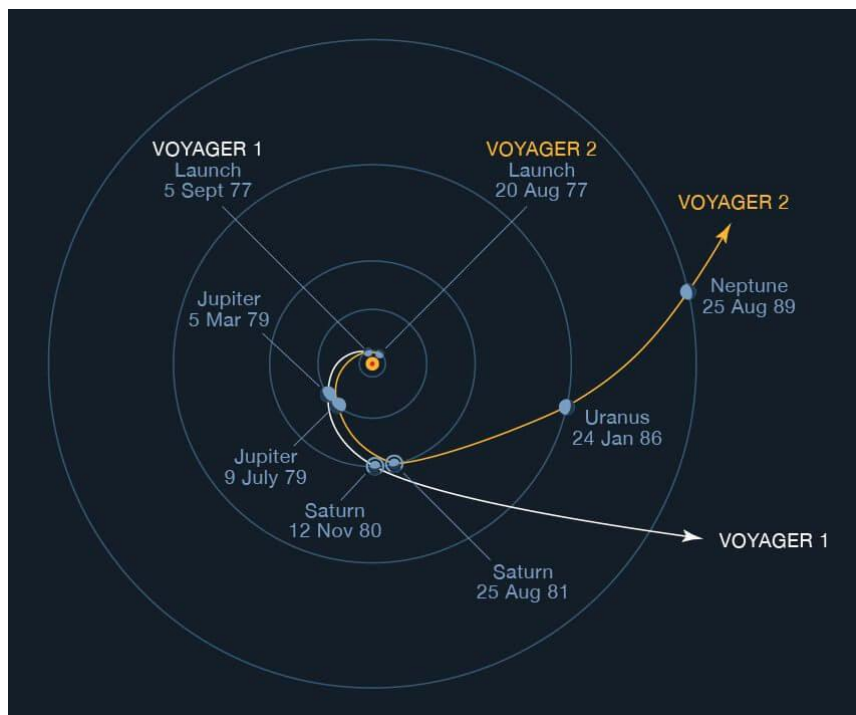
2022-08-20 松村武宏



【▲ ボイジャー2号を搭載したタイタン III E ロケットの打ち上げ (Credit: NASA/JPL-Caltech)】

【▲ NASA のジェット推進研究所 (JPL) で打ち上げ準備中の惑星探査機「ボイジャー2号」。1977年3月23日撮影 (Credit: NASA/JPL-Caltech)】

日本時間 1977年8月20日23時29分、米国フロリダ州のケープカナベラル空軍基地 (当時) 第41発射施設から「タイタン III E」ロケットが打ち上げられました。搭載されていたのは、アメリカ航空宇宙局 (NASA) の惑星探査機「ボイジャー2号」。2022年8月20日は、12年に渡る木星・土星・天王星・海王星のフライバイ探査、通称「グランドツアー」に向けてボイジャー2号が旅立ってから45周年の節目です。アポロ計画のもとで有人月面探査に向けた準備が着々と進められていた1960年代半ば。NASA・ジェット推進研究所 (JPL) の研究者たちは、当時の木星以遠の惑星 (冥王星も含む) が稀な配置になっていることに気が付きました。木星の重力を利用して探査機の軌道を変更することで、土星～冥王星へと効率的に探査機を送り込める時期が1970年代後半に訪れることがわかったのです。当時 JPL に在籍していた Gary Flandro さんが計算した結果、1976年～1978年に探査機を打ち上げれば、木星・土星・天王星・海王星の4惑星を12年で探査できることが判明しました。惑星は各々の周期で公転しているため、その相対位置は常に変化しています。このような探査ミッションを実行可能な位置に惑星が配置されるタイミングは、176年に1回だけ。人類が月に人間を送り込めるほどの宇宙技術を獲得した時代に、未踏の外惑星を一気に探査できる貴重なチャンスが訪れたのです。



【▲ ボイジャー1号 (白) とボイジャー2号 (オレンジ) の飛行経路を示した図 (Credit: NASA/JPL-Caltech)】

この計算結果が原動力となって、後に「ボイジャー」と名付けられる惑星探査機の計画（Mariner Jupiter/Saturn 1977）がスタート。1977年8月20日のボイジャー2号に続き、同年9月5日には同型機の「ボイジャー1号」が打ち上げられ、一路木星へと向かいました。ボイジャー1号と2号にはカメラ、分光計、磁力計といった様々な観測装置に加えて、はるか未来に機体を回収するかもしれない知的生命体に宛てて、様々な言語での挨拶や動物の鳴き声などを収めたゴールデンレコードも搭載されています。



【▲ ボイジャー2号が撮影した木星（Credit: NASA/JPL-Caltech）】

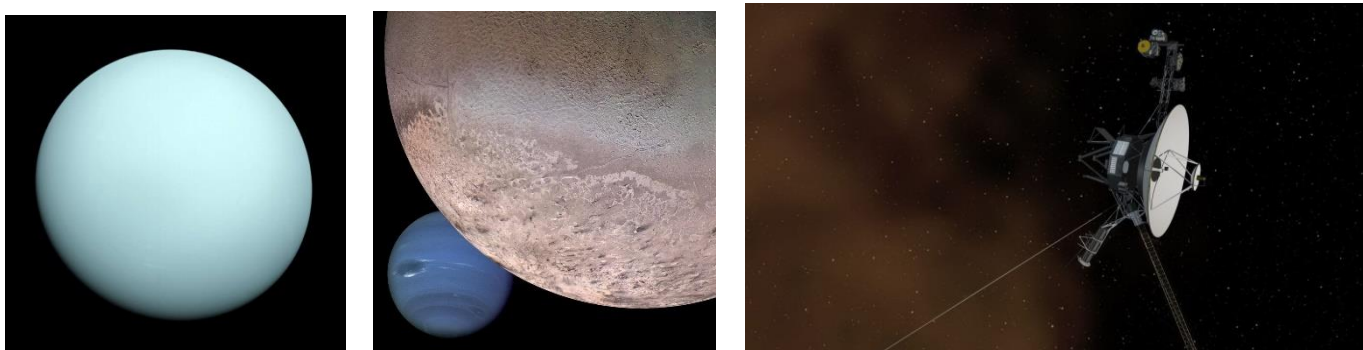
【▲ ボイジャー2号が撮影した木星の衛星エウロパ（Credit: NASA/JPL-Caltech）】

【▲ ボイジャー2号が撮影した土星と3つの衛星（Credit: NASA/JPL-Caltech）】

打ち上げから2年後、ボイジャー2号は最初の探査対象である木星に接近しました。画像の送信は1979年4月24日から始まり、1979年7月9日には木星から64万5000kmまで最接近しています。ボイジャー2号は変化する大赤斑の様子、木星の環、さまざまな衛星の表面などを詳細に観測し、約1万8000枚の画像を含む新たな観測データをもたらしました。

木星の重力を利用して加速したボイジャー2号は、土星へ向かいます。打ち上げから4年後の1981年8月26日、ボイジャー2号は土星から10万1000kmまで最接近しました。この近接観測でボイジャー2号は土星とその環や衛星など、約1万1600枚の画像を撮影しています。

木星と土星はボイジャー1号などによってすでにフライバイ探査が行われていましたが、打ち上げから約8年半後、ボイジャー2号はついに探査機が訪れたことのない惑星へ接近します。1985年11月4日、ボイジャー2号は天王星の長距離観測を開始。1986年1月24日に天王星から8万1500kmまで最接近しました。



【▲ ボイジャー2号が撮影した天王星（Credit: NASA/JPL-Caltech）】

【▲ ボイジャー2号が撮影した海王星（左下）と衛星トリトン（右上）の合成画像（Credit: NASA/JPL/USGS）】

【▲ 星間空間に到達したボイジャーの想像図（Credit: NASA/JPL-Caltech）】

史上初の天王星フライバイを行ったボイジャー2号は、新たに10個の衛星と2つの環、それに自転軸に対して55度も傾いて中心からも外れている磁場を発見し、天王星やその衛星の画像を約8000枚取得することに成功しました。また、最近でもボイジャー2号の磁力計が取得したデータをもとに、ボイジャー2号が天王星のプラズマモイド（磁場構造をともなうプラズマの塊）を通過していたとする研究成果が発表されています。

関連：[天王星の大気の一部失われていたらしき証拠、ボイジャーのデータから発掘](#)

そして打ち上げから12年後、ボイジャー2号は最後のフライバイ探査対象である海王星に接近します。1989年8月25日、ボイジャー2号は海王星から4800kmまで接近して観測を行い、約1万枚の画像を撮影しました。この観測では海王星の高気圧の渦「暗班」や、衛星トリトンで氷火山の活動によるものとみられる噴出した物質の痕跡などが見つかっています。

海王星フライバイを終えたボイジャー2号は、太陽系の外に向かって飛行を続けています。2018年11月にボイジャー2号は太陽圏（ヘリオスフィア、太陽風の影響が及ぶ領域）を離脱し、ボイジャー1号に続いて星間空間に到達した人工物となりました。 関連：[【解説】ボイジャーが到達した星間空間との境界とは](#)

NASAによると、2022年8月19日時点でボイジャー2号は地球から約195億km（約130天文単位）離れたところにあり、太陽に対して秒速約15.4kmで飛行中。地球とボイジャー2号の通信は片道だけでも18時間4分15秒を要します。打ち上げから45年という期間は、NASAで遂行中のミッションとしては最長です。

先日はボイジャー1号の状態を示すデータの一部で「文字化け」が見つかったものの、システムと機体そのものは正常に動作し続けていて、2機のボイジャーは星間空間のデータを地球へ送り続けています。

関連：[打ち上げ45周年の惑星探査機「ボイジャー1号」地球へ届いたデータの一部に問題が見つかる](#)

ただし、ミッションにはいつか終わりの時が訪れます。太陽から遠く離れることがわかっていたボイジャー1号と2号には、動力源として放射性同位体熱電気転換器（RTG※）が搭載されていますが、RTGの出力は年々低下し続けていて、2025年頃には探査活動を終えることになるかと予想されています。

※...RTG：Radioisotope Thermoelectric Generatorの略。原子力電池の一種で、放射性物質が崩壊するときの熱から電気を得るための装置

ボイジャー1号と2号のプロジェクトマネージャーを務めるJPLのSuzanne Doddさんは「ボイジャーは驚くべき発見を通して新たな世代の科学者や技術者を刺激し続けてきました。ミッションをいつまで続けられるかはわかりませんが、ボイジャーが地球から遠ざかるにつれて、さらなる成果がもたらされるはずだ」とコメントしています。

Source Image Credit: NASA/JPL-Caltech

[NASA](#) - Voyager, NASA's Longest-Lived Mission, Logs 45 Years in Space

[NASA](#) - In Depth | Voyager 2 – NASA Solar System Exploration

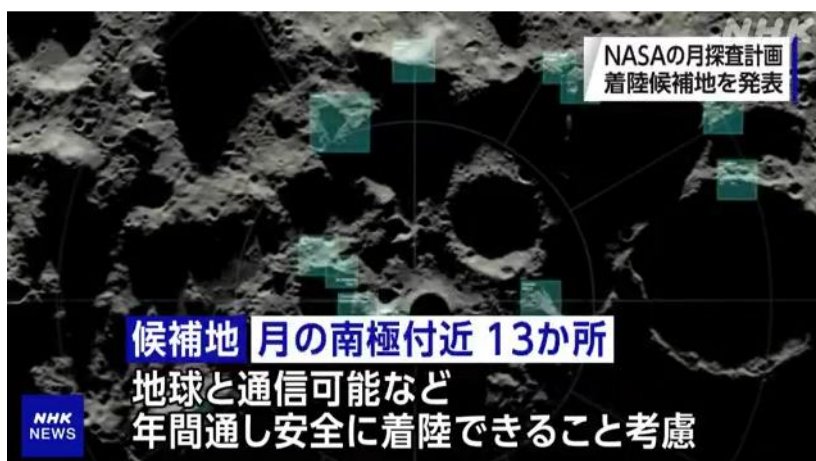
[NASA](#) - NASA Technical Reports Server (NTRS)

文／松村武宏

<https://www3.nhk.or.jp/news/html/20220820/k10013779751000.html>

NASA アルテミス計画 月面着陸の候補地発表 将来の飲み水探る

2022年8月20日 11時32分 [宇宙](#)



NASA＝アメリカ航空宇宙局は、2025年に宇宙飛行士の月面着陸を目指す月探査計画「アルテミス計画」で、着陸の候補地13か所を発表しました。候補地となる月の南極付近は氷の存在の可能性が指摘されていて、将来、飲み水や燃料として利用できるか探る計画です。

NASAは、日本やヨーロッパも参加する国際的な月探査計画「アルテミス計画」で、2025年を目標に、アポロ計画の1972年以来となる宇宙飛行士による月面着陸を実現しようとしています。これについてNASAは19日、宇宙飛行士が着陸を目指す月面の候補地を発表しました。候補地は月の南極付近の13か所で、地球と通信ができることなど、年間を通して安全に着陸できることを考慮して決めたということです。

月の南極付近には太陽の光が当たらない特殊な場所があり、そこに水が氷の状態で存在している可能性が指摘されています。宇宙飛行士は着陸後、月の表面や内部を調べ、氷の存在とともに将来、飲み水や燃料として利用できるか探る計画です。

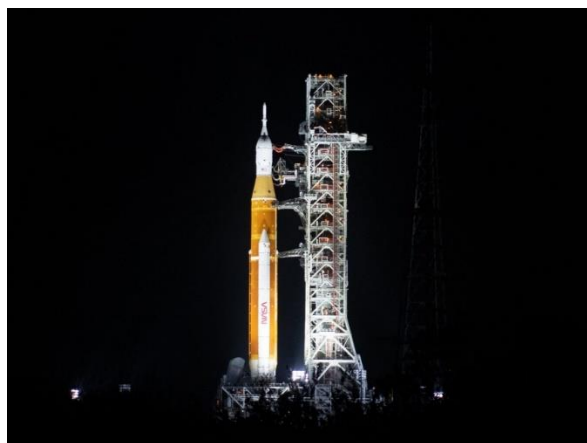
「アルテミス計画」では第1段階として今年29日、大型ロケットを使って宇宙船「オリオン」を無人の状態で行き上げ、月までの試験飛行を行う予定です。その後、第2段階として宇宙飛行士を乗せた宇宙船で月を周回させたいと、2025年を目標に第3段階で宇宙飛行士の月面着陸を目指すことにしています。

<https://wired.jp/article/why-nasa-wants-to-go-back-to-the-moon/>

2022.08.17

まもなく本格始動、月探査計画「アルテミス」がNASAと人類にとって意味すること

米国主導で進む月探査計画「アルテミス」の最初のミッションが、早ければ2022年8月下旬に実施される。このロケットと無人宇宙船の打ち上げが成功すれば、人類が半世紀ぶりに月に降り立つ計画が本格的に始動し、将来的な宇宙ステーションの建設や火星探査などの実現が現実味を帯びてくる。



PHOTOGRAPH: JOEL KOWSKY/NASA

米国を中心とした月探査計画「アルテミス」の最初のミッションとなる「アルテミス1号」が2022年8月下旬に実施され、ロケットが打ち上げられる予定になっている。このミッションにより米航空宇宙局（NASA）は、月への有人宇宙飛行を半世紀ぶりに実現すべく態勢を整えようとしているのだ。

NASAは新しい宇宙船の打ち上げと同時に、月探査のための宇宙ステーションを建設する計画を打ち出している。今回のミッションは、1972年のアポロ計画の最後のミッションで宇宙飛行士のユージン・サーナンとハリソン・シュミットがほこりっぽい月面のレゴリス（粉末状の月の石）に着地して以来、人が月に再び降り立つための最初の大きな一歩となる。

アルテミス1号のミッションは、カプセル型の宇宙船「オリオン」を搭載した32階建てビルの高さに相当する新型ロケット「スペース・ローンチ・システム（SLS）」の初飛行となる。オリオンは月面から62マイル内（約100km）を飛行しながら、月と月のさらに先を調査するための小型宇宙船を配備する予定だ。

技術の実証と象徴としての役割

最初の打ち上げは無人だが、今後数年内に宇宙飛行士を乗せる。オリオンは、これまで打ち上げられたどの宇宙

船よりも遠くまで人を運ぶことができるのだ。記念すべきアルテミス 1 号のミッションは研究目的でもあるが、技術の実証と象徴としての役割を担っている。「月を見上げ、いつかまた人が月に降り立つことを夢見ていた人たちへ。わたしたちは再び月に向かいます。そしてこの旅、わたしたちの旅はアルテミス 1 号から始まるのです」と、米航空宇宙局 (NASA) 長官のビル・ネルソンは 22 年 8 月上旬にインターネット上で開いた記者会見で語っている。アルテミス 1 号のミッションは 8 月 29 日の午前 (米国時間) に打ち上げが予定されており、9 月 2 日と 5 日が予備日に設定されている。フロリダ州にある NASA のケネディ宇宙センターからロケットが飛び立って月の近傍を通過し、10 月の「オリオン」による地球の大気圏への再突入とサンディエゴ沖での着水が予定通りに進めば、アルテミス 2 号の計画も進められる。24 年に予定されるアルテミス 2 号 d での最初の有人ミッションでは、4 人の宇宙飛行士が月の近傍を通過する予定だ。25 年か 26 年に見込まれる「アルテミス 3 号」では、1972 年以来の月面着陸を実施し、月面を歩く最初の女性が誕生する。27 年の「アルテミス 4 号」では、国際居住モジュール「I-HAB」を運搬する計画だ。I-HAB は月の周回軌道に設置する月周回有人拠点「ゲートウェイ (Gateway)」での宇宙飛行士の主な居住区域となる。

科学と探究の長期的な旅の始まり

アルテミス計画は 2017 年に開始され、これまでに約 400 億ドル (約 5 兆 3,600 億円) の費用がかかっている。計画の主な目的は、NASA の有人宇宙旅行の実現を後押しする広範な取り組みの一環として、宇宙ステーションと月面基地、またはコロニーというかたちで月での活動を継続できるようにすることだ。

「わたしたちは科学と探究の長期的な旅を始めるのです」と、NASA 副長官のバヴィヤ・ラルは 8 月上旬の記者会見で語っている。「ロボットと人の両方で初期段階の偵察を実施してきました。いまわたしたちは月でより長い時間を過ごすには何が必要なのかを学んでいます。そこから火星やその先に向かうための準備を整えられるのです」NASA は 20 年以内に火星に宇宙飛行士を送り込むことを想定しており、アルテミス計画は NASA の長期計画である「Moon to Mars (月から火星へ)」計画に沿っている。「わたしたちが月面で実施することはすべて科学の発展のための研究です。そして、一部の人がアポロ計画について言及するように、『旗と足跡』を残すためだけに月に向かうわけではありません。火星に向かうミッションで必要となるすべてのシステムを試し、リスクを低減するためでもあるのです」と、ヒューストンのジョンソン宇宙センターで NASA の副長官補を務めるキャシー・ケルナーは説明する。これにはゲートウェイのロボット技術、宇宙飛行士用の居住モジュール、月探査機などの開発が含まれている。どれも将来的に火星で使用する技術の原型になるかもしれない。次世代の宇宙服の開発を請け負う民間宇宙企業の Axiom Space と Collins Aerospace は、生命維持装置と通信システムの改良に加えて宇宙服の機動性を高めようとしている。初期のアルテミスのミッションが成功すれば、続く打ち上げではより多くのパーツを月周回有人拠点へと送り、宇宙飛行士は月面に長時間、場合によっては数週間にわたって滞在することになる。「ミッションが進行するほど内容はどんどん複雑になります。そして、それを支えるインフラもますます複雑なものになるのです」と、ケルナーは語る。アルテミス 1 号に人は搭乗しないが、カプセルには 3 体のマネキンを乗せる。オリオンの振動試験に使用されている男性のマネキンは、一般公募により司令官「ムーニキン・カンポス」と名付けられた。男性のマネキンとともに大人の女性の骨、軟部組織、臓器を模してつくられた胴体部分のマネキン 2 体も同乗する。

長時間浴びると宇宙飛行士の健康に害がある [宇宙放射線](#) を測定するため、マネキンはどれも宇宙放射線のセンサーを装備している。ちなみに、NASA と協力している欧州宇宙機関からはアニメーション作品『[ひつじのショー](#)』のキャラクターの人形が同乗する。またこのミッションでは「キューブサット (CubeSat)」と呼ばれる靴箱ほどの大きさの衛星 10 機を配備する。そのいくつかは月面の地図の作成や氷の池の調査、宇宙放射線の防御の試験を実施し、ほかのいくつかは地球近くの小惑星といったより離れた場所の調査に向かう。

深まる国境を越えた連携

アルテミス計画は、官民の連携で開発した技術の試験の場としての役割も担う。NASA はすでに Terran Orbital と Rocket Lab と協力し「CAPSTONE (キャップストーン)」と呼ばれる [小型探査機を打ち上げ](#)、月周回有人拠

点の軌道を調査している。コロラド州ウェストミンスターに拠点を置く Maxar Technologies は、ゲートウェイの電力と推進力を支える技術を提供する。バージニア州のノースロップ・グラマンは、ゲートウェイを最初に利用する宇宙飛行士が生活と研究に使う小さな居住モジュール「HALO」の開発に取り組んでいる。スペース X がこの 2 つを 24 年後半に大型ロケット「Falcon Heavy（ファルコン・ヘビー）」で打ち上げる予定だ。

この大々的な計画は、各国の宇宙機関との国際的な外交と関係構築の機会を生み出す。NASA はアルテミス計画で多くの国際的なパートナーと協力しているのだ。欧州宇宙機関はアルテミス 1 号にオリオンのサービスモジュールを提供し、ゲートウェイのモジュール「I-HAB」の開発に協力する。日本の宇宙機関である JAXA は、ゲートウェイに物資を供給する宇宙船の開発と、宇宙飛行士がかさばる宇宙服を脱いで中に入れる加圧式の月探査機の設計を検討している。カナダの宇宙機関は、ゲートウェイ用のロボットアームを設計する。

今後の国際的な月探査のためにベストプラクティスの確立を目指そうと米政府が制定した「アルテミス協定」には、計 21 カ国が署名した。

政治にも影響されてきた風向き

とはいえ、政府は月に再び降り立つ野心的な計画に常に肯定的なわけではない。理由のひとつは費用がかかるからだ。スペース X がより低価格な大型ロケットとしてスーパーヘビーと再利用可能な宇宙船「Starship（スターシップ）」を開発する一方で、NASA による独自の宇宙船の打ち上げシステムの開発費用がかさんでいると、NASA の元副長官のロリ・ガーバーなど一部の専門家は指摘している。また、宇宙開発の優先度が異なる複数の政権をまたぐことになる計画は、政治的な風向きの変化を強く受ける可能性もある。ホワイトハウスの政権交代に伴い、計画が存続できなくなることもあるのだ。アルテミス計画は元大統領のジョージ・W・ブッシュの政権時代に立案され、ドナルド・トランプ政権が正式決定したものである。どちらの大統領も月探査計画に前向きだったが、元大統領のバラク・オバマは人類を火星に送ることに重点を置いていた。

「アルテミスが複数の政権にまたがり存続したことはよい兆しだと思います。しかし、まだ不透明な部分があり、投資額も大きいのです」と、ワシントン D.C.にあるスミソニアン国立航空宇宙博物館の宇宙史研究者で学芸員のティーゼル・ミュア＝ハーモニーは指摘する。

世論が変化することもあると、ミュア＝ハーモニーは語る。ジョン・F・ケネディ政権に続いたリンドン・ジョンソン政権が掲げたアポロ計画への巨額投資には、当初は多くの米国民が反対していたからだ。

アポロ計画の費用と比べると、アルテミスの費用は国内総生産に対しわずかな割合であり、小さく見える。そして 1969 年の歴史的な月面着陸から、世論の風向きは大きく変わった。

旧ソ連との宇宙開発競争もアポロ計画の後押しになったが、いまの中国や[ロシア](#)、あるいは民間の宇宙企業との潜在的な競争は、当時のように月探査への投資を促進する材料にはならない。最近の調査によると、国民は NASA の気候研究や、地球と衝突する可能性のある小惑星を監視する取り組みをより[支持している](#)（アルテミス計画の目標のひとつは、1968 年にアポロ 8 号に搭乗した宇宙飛行士ウィリアム・アンダースが撮影した象徴的な『[地球の出](#)』の[写真](#)のように、次の世代にインスピレーションを与える宇宙の画像を公開することである）。

アポロ計画のさらに先へ

1960 年代、70 年代と比べると多くのことが変わったが、アポロ計画の影響力はいまだに大きいと、ミュア＝ハーモニーは語る。それはアルテミス計画の名称からもわかる。ギリシャ神話でアルテミスは、アポロの双子の姉なのだ。また NASA の関係者は、アルテミスは「旗と足跡」を超えるものでなければならない、つまりアポロの成果を土台にさらに先に進まなければならないと、主張していたという。

「アポロ計画の存在はいまでも感じられます。アルテミス計画が立案された背景や、計画について話すとき、必ずアポロ計画の話が出ますから」と、ミュア＝ハーモニーは語る。「高揚感を高める上で役立っていますし、当時の目的意識がよみがえる感覚があります。懐かしさもあり、アポロ計画は本当に困難な目標を成し遂げるために人々が集まり、一点に集中することで人々の能力を最大限に引き出したという認識が共有されているのです」

([WIRED US](#)/Translation by Nozomi Okuma) ※『WIRED』による[宇宙の関連記事はこちら](#)。

Related Articles



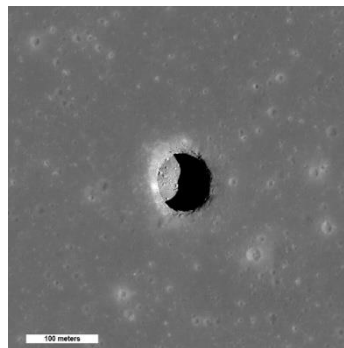
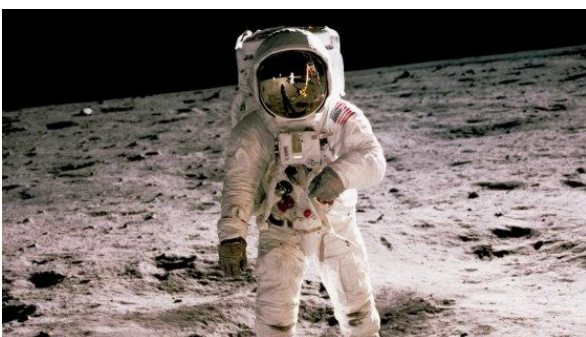
[打ち上げに向けて準備着々、NASAの巨大ロケット「SLS」にかかる期待とリスク](#)

NASAの新型ロケット「スペース・ローンチ・システム（SLS）」が発射場に運び込まれ、2022年春の打ち上げに向けたテストが進められている。有人宇宙探査プロジェクト「アルテミス計画」で人類を月へと届けるべく期待が高まっているが、一方で予算超過やサステナビリティの観点から批判の声も上がっている。

<https://news.livedoor.com/article/detail/22671676/>

「月の溶岩洞」が月面基地の建設に最適なスポットかもしれない

2022年8月13日 22時0分 [GIGAZINE（ギガジン）](#)



by [NASA](#) Goddard Space Flight Center

近年は月に着陸した宇宙飛行士の滞在拠点となる月面基地の建設計画が議論されるようになっていますが、月面は健康に長期的な悪影響を及ぼす可能性がある宇宙放射線量が高く、寒暖差がセ氏 280 度を超えるという過酷な環境です。そんな月面基地の建設スポットとして、「月の溶岩洞」が有望な候補地に挙げられています。

Thermal and Illumination Environments of Lunar Pits and Caves: Models and Observations From the Diviner Lunar Radiometer Experiment - Horvath - 2022 - Geophysical Research Letters - Wiley Online Library

<https://doi.org/10.1029/2022GL099710>

UCLA scientists discover places on the moon where it's always 'sweater weather' | UCLA

<https://newsroom.ucla.edu/releases/places-on-moon-where-its-always-sweater-weather>

Strange Moon Pits Could Have Temperatures Comfortable Enough For Humans to Live In

<https://www.sciencealert.com/scientists-identify-parts-of-the-moon-that-could-have-mild-steady-temperatures>

月では太陽が昇ってから沈むまでの「1日」が地球上における約 29.5 日もあるため、昼と夜が非常に長く続きます。太陽の光が当たる日中の表面温度はセ氏 127 度に達する一方、夜になるとセ氏-173 度まで低下するという厳しい環境であるため、人間と各種機器をこの極端な温度変化から保護することは、長期的な月面研究プロジェクトにおいて避けては通れない工学的課題です。そんな中、月面基地の建設候補地として注目を集めているのが、かつて月で火山活動があった時期に形成されたとみられる月の溶岩洞です。溶岩洞は、地上を流れる溶岩流の表

面が冷えてフタとなり、溶岩の流量が減ると共に内部が空洞になっていき、最終的に地下の洞窟が残されることで形成されます。月面では 2008 年に日本の月探査機・かぐやの観測データから溶岩洞の天窓が崩落したとみられる縦穴が初めて発見され、それ以降も 200 を超える溶岩洞の天窓の可能性のある縦穴が確認されているとのこと。カリフォルニア大学ロサンゼルス校で惑星科学の博士課程に在籍する Tyler Horvath 氏は、これらの縦穴のうち 16 個は崩落した溶岩洞である可能性が高く、内部で洞窟につながっているとみられると説明しています。以下が月の溶岩洞とみられる縦穴の 1 つ。幅が 60~70 メートルで、深さも約 100 メートルほどあるとみられています。こうした月の溶岩洞は、月面の極端な温度変化や宇宙放射線からの保護を提供する可能性があり、月面基地の建設地になり得ると考えられています。そこで Horvath 氏らの研究チームは、NASA の月周回無人衛星であるルナー・リコネサンス・オービター(LRO)に搭載された地表熱放射測定機・Diviner Lunar Radiometer Experiment(DLRE)のデータを分析し、月の溶岩洞における温度変化がむき出しの月面とどれほど違うのかを調査しました。研究チームは、月の赤道付近にある静かの海のサッカー場サイズの縦穴について、岩石や月のチリの熱特性をコンピューターモデルで分析し、一定期間にわたる温度変化をチャート化しました。その結果、縦穴の中で太陽光が当たる部分は日中温度がセ氏 149 度に達し、周囲の月面より 20 度以上も高いことが判明。これについて Horvath 氏は、「静かの海の縦穴は月の赤道に近いため、真昼時に照らされている床はおそらく月全体で最も熱い場所です」と述べています。一方、縦穴の影になる部分は 1 日の寒暖差がむき出しの月面より少なく、日中はセ氏 17 度と非常に過ごしやすい温度で推移することがわかりました。また、縦穴の中は熱放射が制限されるために夜間の温度がむき出しの月面よりセ氏 100 度ほど暖かいとのことで、深夜でも氷点下を上回る可能性があります。もし縦穴が溶岩洞であり、上空から見えている範囲より広い地下空間が存在するのであれば、快適に過ごせる範囲もそれだけ広がります。また、縦穴や洞窟の壁は宇宙放射線や微小隕石からの保護も提供するとみられており、宇宙飛行士や観測機器にとって快適な空間を提供する候補地になり得るとのこと。カリフォルニア大学ロサンゼルス校の惑星科学教授である David Paige 氏は、「人間は洞窟に住みながら進化しましたが、月に住むようになったら再び洞窟での生活に戻るのかもしれない」と述べました。

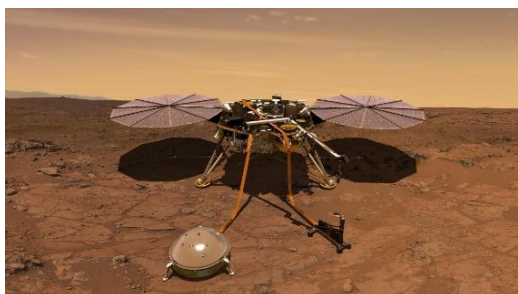
<https://sorae.info/astromy/20220819-nasa-insight.html>

NASA 火星探査機「インサイト」の着陸地点、深さ 300m まで水の氷が存在しない

可能性

2022-08-19

[松村武宏](#)



【▲ NASA の火星探査機「インサイト」の想像図 (Credit: NASA/JPL-Caltech)】

【▲ 火星のエリシウム平原に設置されている火星地震計「SEIS」(中央のドーム状の装置) (Credit: NASA/JPL-Caltech)】

【▲ NASA の火星探査機「フェニックス」がロボットアームで地表を掘ったところ、深さ 7~8cm のところに水の氷とみられる物質が見つかった。2008 年 6 月撮影 (Credit: NASA/JPL-Caltech/University of Arizona/Texas A&M University)】

カリフォルニア大学サンディエゴ校スクリップス海洋研究所の地球物理学者 Vashan Wright さんを筆頭とする研

究チームは、アメリカ航空宇宙局（NASA）の火星探査機「InSight（インサイト）」の観測データを分析した結果、インサイトの着陸地点では表面から深さ 300m まで水の氷がまったく存在しないか、あるとしてもわずかであるとする研究成果を発表しました。

■インサイトの足元は深さ 300m まで水がほぼ存在しない可能性

火星の赤道付近に広がるエリシウム平原へ 2018 年 11 月 27 日に着陸したインサイトは、火星の内部構造解明を目的に開発された探査機です。2019 年 4 月、インサイトの火星地震計「SEIS（Seismic Experiment for Interior Structure）」は史上初めて火星の地震（marsquake＝火震）を検出することに成功しました。SEIS は 2022 年 6 月までに 1300 件以上の地震を検出しており、地震波の解析を通して火星のコア（核）が液体であることをはじめ、コアのサイズ、地殻の厚さなどが判明しています。

関連：[【前編】火星の内部構造が明らかに NASA インサイトのデータより](#)

Wright さんによると、インサイトの SEIS で検出された地震波のデータを分析した研究チームは、火星の地殻が多孔質で弱く、堆積物が十分に膠結作用（※）を受けていないことを発見しました。分析の結果、インサイトの着陸地点では深さ 300m 以内にある堆積物の空隙を満たしているのは主に気体で、水の氷は存在しないか、あったとしても空隙を占める割合は少なく（20 パーセント以下）、水の氷や液体の水で飽和した層は存在しないと研究チームは考えています。

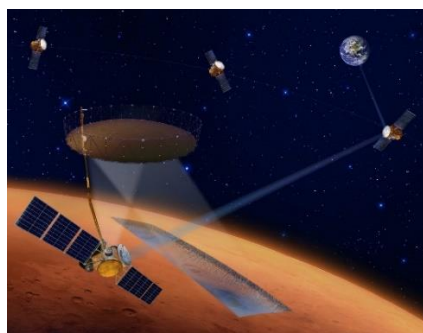
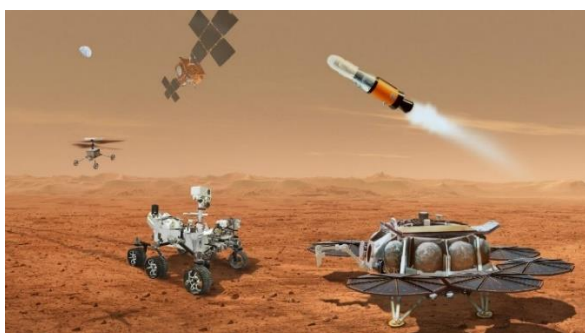
※膠結作用（こうけつさよう）…緩い堆積物が硬い堆積岩へと変化する作用の一つ。セメント化。

古代の火星表面には湖や海が形成されるほどの水があったと考えられていますが、現在は失われています。水は大気の高層まで運ばれた水蒸気が紫外線によって分解されたり、火星の内部に取り込まれたりして表面から失われたとみられています。表面から比較的浅いところには今も水が存在するのではないかと考えられています。たとえば、火星の北極周辺に広がるボレアリス盆地では、2008 年 5 月に着陸した NASA の火星探査機「フェニックス」によって、表面下ごく浅いところで水の氷とみられる物質が見つっています。また、欧露の周回探査機「トレース・ガス・オービター（TGO）」の観測データをもとに、火星の赤道付近にあるマリネリス峡谷（長さ約 4000km）の中央付近では、地下の比較的浅いところに大量の水が氷や含水鉱物の形で存在する可能性も指摘されています。関連：[火星のマリネリス峡谷に大量の「水」が存在する可能性、欧露の探査機が検出](#)

しかし、少なくともインサイトの着陸地点周辺では、地下の浅いところに何らかの形で水が存在する可能性は低いようです。「鉱物を結びつけていない氷の粒子が存在する可能性は残されています。問題は、そのような形で水が存在する可能性がどれくらいあるのかという点です」（Wright さん）

■地球外生命探査や有人火星探査でも注目される「水」

地球と比べて大気が薄く、磁場を失った火星の表面は生命にとって過酷な環境ですが、放射線から保護されている上に水が存在するかもしれない地下であれば、今も生命が存在しているかもしれません。また、採掘しやすいほど浅いところにある水の氷は、将来の有人火星探査計画で飲用水や燃料として活用できる可能性もあります。現在、NASA と欧州宇宙機関（ESA）は共同で「火星サンプルリターン（MSR：Mars Sample Return）」計画に取り組んでいます。2021 年 2 月に着陸した火星探査車「Perseverance（パーシビアランス、パーセバランス）」はその一環として岩石サンプルを集めていますが、Perseverance で採取できるのは火星表面のサンプルに限られます。



【▲ 最新の内容を反映した「火星サンプルリターン計画」のイラスト (Credit: NASA/ESA/JPL-Caltech)】

【▲ 火星表面下の水や氷の分布を観測する「マーズ・アイス・マップパー (MIM)」のイメージ図 (Credit: NASA)】

関連: [欧米の火星サンプルリターン計画、サンプル保管容器を回収する小型ヘリ搭載へ](#)

そのいっぽうで、NASA は高緯度地域の地下 2m からサンプルを採取する「マーズ・ライフ・エクスプローラー (MLE : Mars Life Explorer)」ミッションを今後 10 年間の優先事項に掲げており、MSR 計画の後を見据えて動き始めています。また、NASA・宇宙航空研究開発機構 (JAXA)・カナダ宇宙庁 (CSA)・イタリア宇宙機関 (ASI) は、火星地下に埋蔵されている液体の水や氷のマッピングを目的とした国際火星探査計画「マーズ・アイス・マップパー (MIM : Mars Ice Mapper)」の検討を進めています。合成開口レーダー (SAR) を搭載する予定の MIM 周回探査機によって、将来の火星における生命探査や有人火星探査を実施する場所が選ばれることになるかもしれません。関連: [有人火星探査の目的地に？アルカディア平原の地下浅いところに氷河か](#)

Source Image Credit: NASA/JPL-Caltech

[カリフォルニア大学サンディエゴ校](#) - Surprise, Surprise: Subsurface Water On Mars Defies Expectations

[Wright et al.](#) - A minimally cemented shallow crust beneath InSight (EarthArXiv)

[NASA](#) - NASA, International Partners Assess Mission to Map Ice on Mars, Guide Science Priorities

文/松村武宏

<https://natgeo.nikkeibp.co.jp/atcl/news/22/080500360/>

光合成に頼らず作物を生産できるか、第一歩となる研究に成功

宇宙での自給自足や少ないスペースでの食料生産に新たな扉

2022.08.15



キャノーラ (アブラナ) の苗は、酢酸塩を栄養分として取り込むことができる。酢酸塩は単純な有機物で、太陽光発電した電気を用いて二酸化炭素や水などから作ることができる。(PHOTOGRAPH BY MARCUS HARLAND-DUNAWAY) [画像のクリックで拡大表示]

研究チームは、キノコを作る数種類の菌類 (画像の白い部分) が、太陽光発電の電解槽から出る酢酸塩を唯一の炭素源かつエネルギー源として成長できることを明らかにした。(PHOTOGRAPH BY ROBERT JINKERSON)

[画像のクリックで拡大表示]

SF 作品では、火星の地下都市、太陽から遠く離れた宇宙ステーションなどでの未来の暮らしが描かれる。地球上とは全く異なるこうした過酷な環境で人間が生き延びるためには、限られた資源を活用して食料を生産しなければならない。植物が太陽光を糖に変える光合成は、地球上では大成功を収めているが、エネルギー効率が悪いため、地球の外では役に立たないかもしれない。そこで一部の科学者たちは、光合成に頼らず植物を育てることで、より効率よく食料を生産できるのではないかと考えるようになった。火星の都市と同じくらい SF じみた話だが、ある研究チームが 6 月 23 日付けの学術誌「Nature Food」に論文を発表し、実現に向けた第一歩を踏み出した。研究では、太陽光発電を利用して作った酢酸塩という化合物を栄養として、暗闇のなかで藻類や酵母、菌類を育てられることが示された。科学者たちは、この方法は一種の「人工光合成」であり、従来の農業よ

りも少ない物理的スペースとエネルギーで食料を生産する新しい方法の扉を開くだろうと期待している。他の研究者らは、植物の生態をここまで根本的に変えられるのか懐疑的ではあるものの、今回の技術や発想の自由さには期待を寄せている。「私たちは、植物をもっと効率よく栽培する方法を考えなければなりません」と語るのは、論文共著者で米デラウェア大学の化学・生体分子工学教授、フェン・ジャオ氏。「どの方法が最適なのでしょう？ 私は、あらゆる可能性を探ることが、科学の素晴らしさだと思っています」

自然よりも効率よく

海底の熱水噴出孔から出る硫化水素を利用して生きる深海生物など、ごく少数の極限環境生物を除いて、地球上のほぼすべての生物は太陽をエネルギー源としている。トラやサメのような頂点捕食者もしかりだ。陸上の植物や海洋の植物プランクトンなどが光合成によって作り出した有機物を、複雑な食物網を通じて利用している。(参考記事：[「光合成する微生物を地下深くで発見、定説覆す」](#))

光合成は生物にとって欠かせない過程だが、そのエネルギー変換効率は高くない。植物に降り注ぐ太陽光のうち、実際に有機物の生成に利用されるのはわずか1%程度なのだ。人類が宇宙で自給自足生活を営むためには、できるだけ少ない資源で食料を生産することが不可欠になるため、光合成の効率の悪さは大きな問題となる。

また、地球上の人口が増加し、同じ面積の土地からより多くの食物を生産する必要が生じている今、エネルギーの効率的な利用は重要な課題だ。(参考記事：[「2050年の人口は100億人へ、食料どうまかなう？」](#))

次ページ：[自然の光合成に頼らず成長させることに成功](#)

一部の科学者は、この問題の解決策として、作物の遺伝子を操作して光合成の効率を高めようとしているが、今回の論文を発表した研究チームが考えているのは、もっと変わった方法である。生物による光合成を、人工光合成と呼ばれる人工的なプロセスに置き換えるのだ。人工光合成という言葉は以前からあり、太陽光や水や二酸化炭素を、別の化学物質に置き換えるさまざまなアプローチが提案されている。今回の研究は、人工光合成システムを一般的な食用作物の栽培と組み合わせる初めての試みだという。

このシステムの基礎にあるのは電解槽での電気分解だ。研究チームは今回、太陽電池からの電流を利用して、二酸化炭素や水などから酸素や酢酸塩（炭素ベースの単純な化合物）を生成する、2段階の電気分解システムを作った。彼らは、こうして作った酢酸塩を、クラミドモナス (*Chlamydomonas reinhardtii*) という緑藻や、キノコを作る菌類、栄養酵母に与えた。



クラミドモナスという緑藻は、通常、光合成を行うために太陽光を必要とするが、酢酸塩が入っているフラスコ（右）の中では、暗闇でもよく成長し、緑色になった。対照群のフラスコ（左）には酢酸塩は入っていない。(PHOTOGRAPH BY ELIZABETH HANN) [画像のクリックで拡大表示]

レタスは酢酸塩の恩恵を受けられるが、それには限界がある。レタスが成長するには、やはり太陽光が必要だ。暗闇でも育つレタスを開発するのは技術的に大きな挑戦であり、遺伝子組み換えが必要かもしれない。(PHOTOGRAPH BY MARCUS HARLAND-DUNAWAY) [画像のクリックで拡大表示]

その結果、どの生物も、太陽光や光合成由来の炭素がなくても、暗闇の中で酢酸塩を取り込んで成長することができた。光合成と比較すると、人工光合成は驚くほど効率がよかった。人工光合成を利用した緑藻は、通常

の光合成の約4倍の効率で太陽エネルギーをバイオマスに変換することができた。また、人工光合成を利用して培養した酵母では、エネルギー効率が約18倍も高かった。

「これは、自然の経路ではなく人工的な経路を利用することの重要な利点の1つです」とジャオ氏は言う。

暗闇の中で作物を育てる？

科学者たちは以前から、クラミドモナスが暗闇の中で酢酸塩を取り込んで成長できることを知っていた。クラミドモナスは混合栄養生物で、光合成で自分の食物を作ること、他の植物が生産した有機物を食べることもできる。しかし、論文の上席著者である米カリフォルニア大学リバーサイド校のロバート・ジンカーソン氏によれば、クラミドモナスが生物学的な光合成由来ではない酢酸塩で成長したのはこれが初めてだという。「藻類や植物のような光合成生物が進化して以来初めて、光合成を利用せずに成長したのです」

光合成に頼らずに藻類を育てることに成功した研究者たちは、より難しい問題に目を向けた。同じようにして作物を育てることはできるだろうか？ 最初の実験の成果は上々だった。研究者らは暗闇の中、酢酸塩を含む懸濁液の中でレタスの組織を培養し、外部から供給される炭素源を取り込んで代謝できることを確認した。

[次ページ：宇宙分野での応用に期待も](#)

彼らはさらに、レタス、イネ、キャノーラ（アブラナ）、トマトなどを明るいところで栽培し、酢酸塩を補給したところ、植物が酢酸塩を組織に取り込むことを確認できた。炭素13（炭素の重い同位体）で標識した酢酸塩を追跡したところ、炭素13がアミノ酸にも糖にも含まれていることがわかり、植物が酢酸塩をさまざまな代謝過程に利用していることが示唆された。とはいえ、この研究は、植物が太陽光のない環境で酢酸塩のみで成長できることを示したものではない。実際、レタスを使った実験では、酢酸塩が多すぎると植物の成長が阻害されることが示されている。ジンカーソン氏の研究室は、現在、遺伝子操作と品種改良により酢酸塩に耐性のある植物を作り出そうとしている。人工光合成による手法が、植物の成長と食料生産をしっかりとサポートできるようになるためには、酢酸塩への耐性を持たせる必要があるのだ。（参考記事：[「もっと二酸化炭素を取り込める作物を、遺伝子編集研究が始動」](#)）

今回の研究成果について、米ブレイクスルー研究所の食品・農業アナリストであるエマ・コバク氏は「屋内での植物生産に酢酸塩を養分として利用できるようにするための第一歩」であると言う。それが可能になれば、屋内農場の光量を下げることができ、農場運営に必要なエネルギーを削減できるかもしれない。しかしコバク氏は、光量の少ない条件下でも酢酸塩を使って植物がしっかり育つようにするためには「飛躍的な進歩が必要でしょう」と言う。米カリフォルニア大学バークレー校で、光合成の効率を高めるための植物の遺伝子操作の研究をしているエバン・グルーバー氏も同じ考えだ。「今回の研究は、植物が酢酸塩を取り込めることを示していますが、それは植物が酢酸塩で成長できることや、十分な量の食物や燃料や医薬品を合成できることの証拠ではありません」と彼は言う。特に後者を実現するためには「植物を完全に再プログラムする」必要があるという。

同時にグルーバー氏は、この論文にワクワクしたという。「地球以外の見知らぬ環境や、従来の方法では農業ができないような環境でも、光と炭素をとらえることができるかもしれないからです」（参考記事：[「次なる食の革命「細胞農業」とは」](#)）

深宇宙食料チャレンジ

人工光合成の技術が最初に応用されるのは、地球外の環境かもしれない。NASAは現在、長期宇宙ミッションで宇宙飛行士に食事を提供するための革新的なアイデアを提案したグループに賞金を授与するコンテスト『深宇宙食料チャレンジ（Deep Space Food Challenge）』を開催している。研究チームは人工光合成のアイデアでこのコンテストに応募した。2021年秋、彼らは米国の18チームの1つとして一次予選を通過した。二次予選では、実際に食料を生産するプロトタイプを作ることが要求される。受賞者は来年発表される予定だ。

このコンテストに勝ったとしても、将来の宇宙ミッションへの採用が決まるわけではない。NASAのエイムズ研究所の上級研究員であるリン・ロスチャイルド氏は、今回の研究には関与していないが、まずは多くの技術的課題を解決する必要があると言う。カギとなるのは重量だ。人工光合成を行うためには、専用の太陽電池パネル

や電解槽などの新しい装置を宇宙に運ぶ必要がある。

一方でロスチャイルド氏は、光合成のような基本的な生物学プロセスを再設計して宇宙や地球上で応用する方法については、オープンな心を持ち続けることが大切だと言う。「もしかすると、今の私たちには想像もできないような見返りがあるかもしれないのですから」 文=Madeleine Stone/訳=三枝小夜子

<https://news.mynavi.jp/techplus/article/20220817-2427445/>

リュウグウ粒子の Phase-2 キュレーションの分析成果の 1 部が論文に掲載

2022/08/17 12:47 著者：波留久泉

宇宙航空研究開発機構(JAXA)、海洋研究開発機構(JAMSTEC)、高輝度光科学研究センター(JASRI)、国立極地研究所、分子科学研究所、神奈川大学、英・オープン大学、大阪大学、立命館大学、名古屋大学の 10 者は 8 月 16 日、2021 年 6 月 20 日から開始した小惑星リュウグウ粒子の Phase-2 キュレーションの分析成果として、「リュウグウ粒子は、かつて太陽系外縁で形成され、水と有機物を多数含んでいた。このような始原的な小惑星は、後に太陽系の内側まで移動し、地球に水や有機物を供給した」という仮説を発表した。

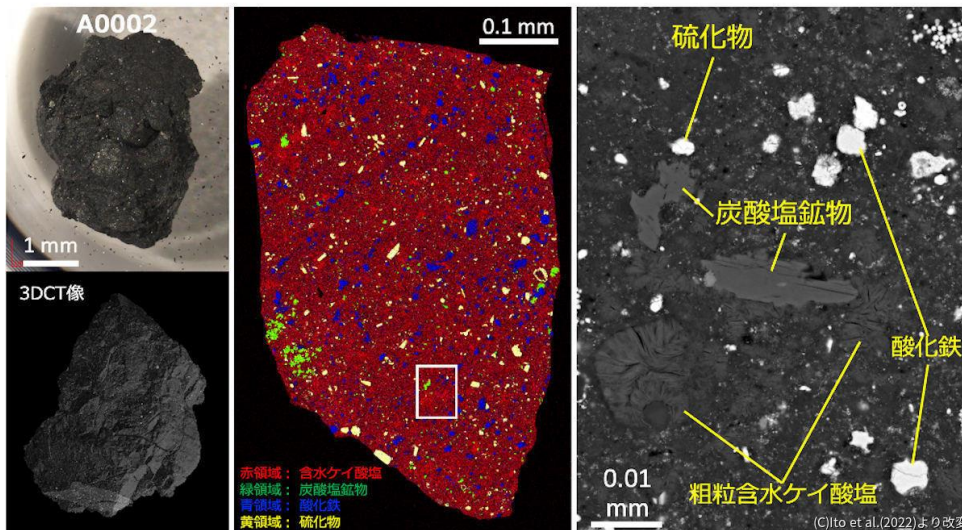
同成果は、JAMSTEC 超先鋭研究開発部門 高知コア研究所の伊藤元雄主任研究員を代表とする、日米英の 100 名超の研究者が参加した国際共同研究チームによるもの。詳細は、英科学誌「Nature」系の天文学術誌「Nature Astronomy」に掲載された。

リュウグウは約 46 億年前に形成されて以降、熱による影響が少なく、太陽系形成時の有機物や含水鉱物を今も残している可能性があると考えられている。このような有機物や鉱物から化学的情報を得ることで、太陽系の形成史や、地球の水の起源、さらには地球生命に至るまでの有機物進化過程などの解明も期待されている。

Phase-2 キュレーションでは、まず大型放射光施設 SPring-8 において、リュウグウ粒子の X 線 CT 撮影が実施された。各粒子の形状や内部構造を取得することで、どの部分がどの分析に適しているかが決定され、国内外の研究機関それぞれに、粒子が地球大気に触れないようにして輸送された。

伊藤主任研究員らの Phase-2 キュレーション高知チームには、8 個の粒子が配分された。それらは大きさが 1~4mm 程度と米粒ほどで、合計重量は 50mg ほど。分析結果に基づく同粒子の元素組成は、これまでに発表された成果と矛盾がなく、「リュウグウは太陽系全体の元素組成を代表する始原的な物質である」という確証が得られたという。

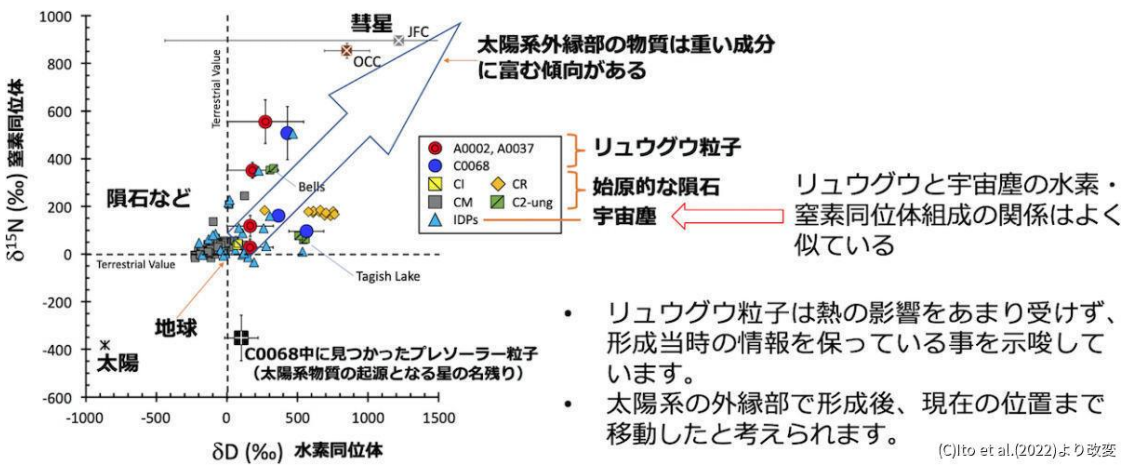
約 4 ミリのリュウグウ粒子 水を含む、あるいは水が関与してできた鉱物から構成されることがわかる



(左上)配布された最大のリュウグウ粒子「A0002」。(左下)SPring-8 で取得された放射光 X 線 CT 像。(中央)リュウグウ粒子中の水が関与してできた鉱物群。赤は含水ケイ酸塩鉱物、緑は炭酸塩鉱物、青は酸化鉄、黄は硫化鉱物。(右)中央図の白四角領域の電子顕微鏡拡大図 (C)Ito et al.(2022)より改変 (出所:SPring-8 Web サイト)

また、粒子ごとに多少の違いはあるが、水が関与して形成したと考えられる鉱物が多く見られるとしている。このことから、リュウグウには過去に氷が存在し、その氷が溶けてできた水と、もともと含まれていた鉱物が反応した結果、現在観察されている鉱物が作られたものと考えられるとしている。

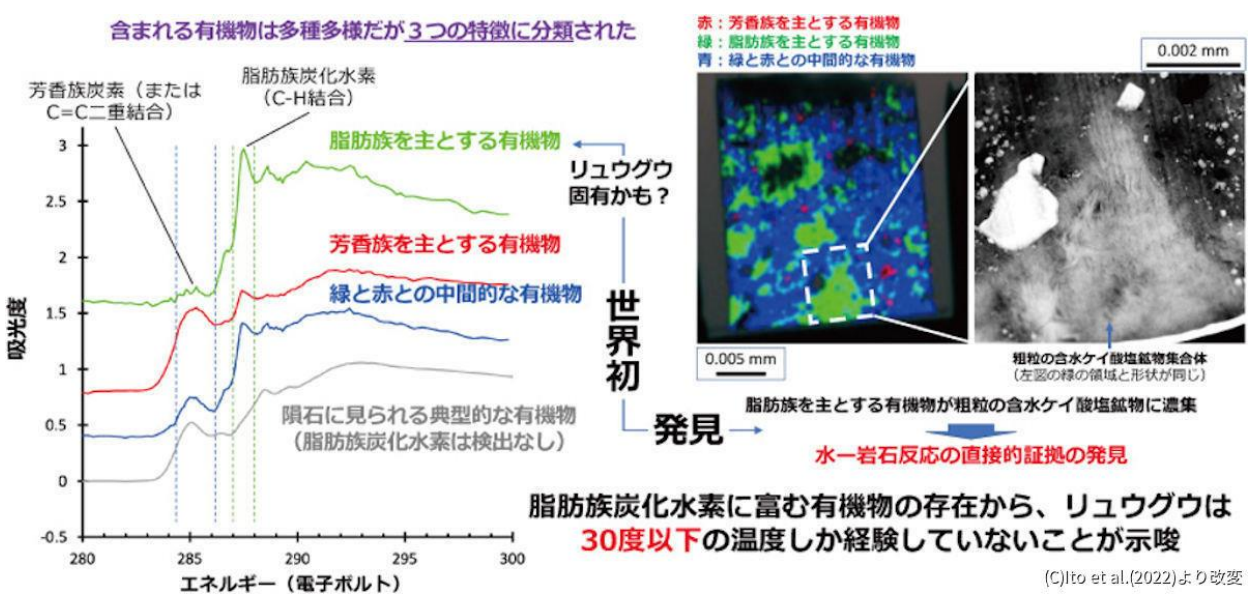
さらに超高解像度二次イオン質量分析装置を用いた詳細分析から、水素と窒素は、地球と比べると重い同位体成分に富んでいることが判明。この結果は、宇宙塵と良い一致を示すばかりではなく、彗星の値に近い傾向も見られるという。このことは、リュウグウ粒子は熱の影響をあまり受けず、形成当時の物質科学的情報を保っていることを示唆しているとのことで、同粒子は、太陽系外縁部で形成後、現在の位置まで移動したことが考えられるとする。



- リュウグウ粒子は熱の影響をあまり受けず、形成当時の情報を保っている事を示唆しています。
 - 太陽系の外縁部で形成後、現在の位置まで移動したと考えられます。
- (C)Ito et al.(2022)より改変

水素と窒素同位体比は、太陽系外縁部での形成を示唆。グラファイトからなるプレソーラー粒子(太陽系形成以前に、超新星などの星周環境で生成された太陽系外起源の微粒子のことも確認された (C)Ito et al.(2022)より改変 (出所:SPring-8 Web サイト)

加えて、走査型透過 X 線顕微鏡(STXM)と超高分解能透過型電子顕微鏡(TEM)による観察から、脂肪族炭化水素に富む有機物は、粗粒の含水ケイ酸塩鉱物と複雑に入り混じった組織を持つことが判明。同組織は、有機物が水の存在下で鉱物と反応したことを示す直接的証拠だという。



(左)リュウグウ粒子に含まれる多様な有機物は、大別すると 3 種類の異なる特徴(色ごとに異なる官能基を持つ)があることが STXM による分析で判明。(中央)リュウグウ粒子中(0.02mm 四方)の 3 種類の異なる特徴を持つ有機物ごとの分布が可視化された。(右)中央図の点線領域の TEM による観察図。粗粒の含水ケイ酸塩鉱物中に脂肪族炭素に富む有機物が濃集していることがわかる (C)Ito et al.(2022)より改変 (出所:SPring-8 Web サイト)

脂肪族炭化水素に富む有機物は、30℃以上の温度になると分解するという研究報告があることから、脂肪族炭化

水素に富む有機物の存在から、リュウグウは 30 度以下の温度しか経験していないと考えられると研究チームでは説明する一方、どのような種類の有機物が該当する領域に含まれるのかは、今後の研究によるとしている。有機物や水が地球にどのように運ばれたのかについては、今も明確になっていないが、リュウグウ粒子中の粗粒の含水ケイ酸塩鉱物は、有機物や水の供給源の 1 つである可能性があるという。粗粒の含水ケイ酸塩鉱物に含まれる有機物は、細粒の含水ケイ酸塩鉱物に含まれる有機物よりも、分解などに対し強いと考えられるため、そのままの状態地球に運ばれたことも考えられるとしているが、リュウグウ粒子の水素同位体は地球と比べて重い成分に富むため、リュウグウのような小惑星のみが地球への水の供給源とはいえないともしている。

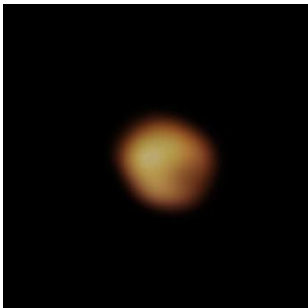
また、初代「はやぶさ」が持ち帰った小惑星イトカワの粒子からは、太陽風由来の軽い水素同位体組成を持つケイ酸塩鉱物が見つかったことから、さまざまな水素同位体組成を持つ成分が混じり合うことで、地球の水ができた可能性があるとする。

なお、今回の研究成果から、「リュウグウ粒子はかつて太陽系外縁で形成され、水と有機物を多数含んでいた。このような始原的な小惑星は、後に太陽系の内側まで移動し、地球に水や有機物を供給した」という仮説が立てられたとのことで、今後、リュウグウ粒子のさらなる分析や、2023 年に地球にサンプルが届く予定である小惑星ベンヌの研究により、この仮説の検証ができると考えていると研究チームではコメントしている。

<https://sorae.info/astrometry/20220814-betelgeuse.html>

ベテルギウスの大減光、表面で起きた大規模な質量放出が原因だった可能性

2022-08-14 [松村武宏](#)



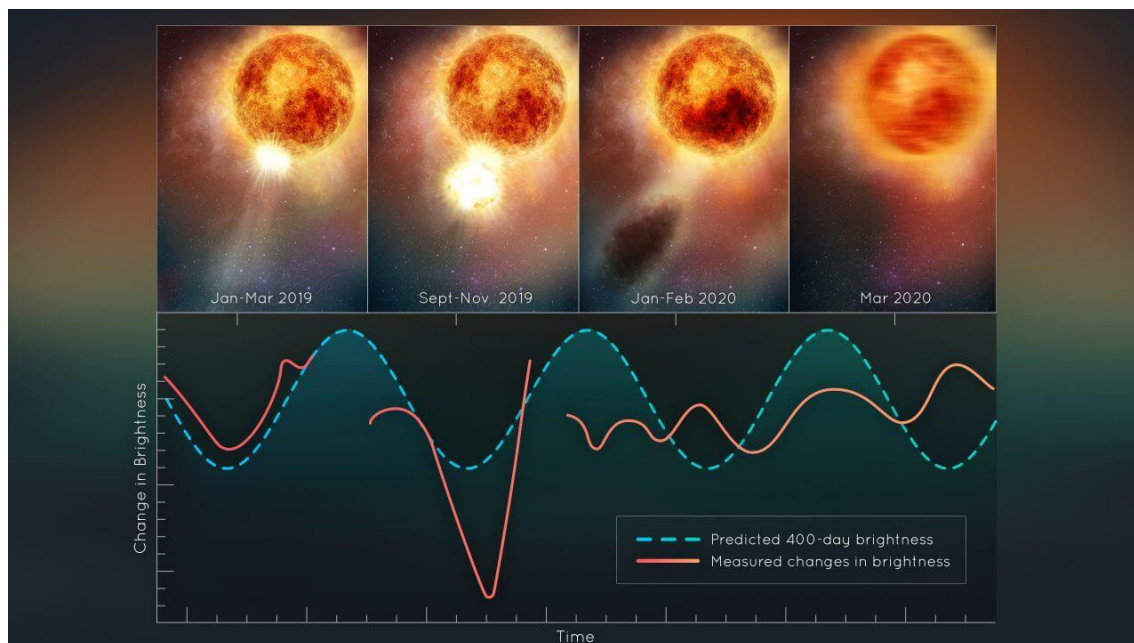
【▲ 大減光が観測されていた 2020 年 1 月、ヨーロッパ南天天文台（ESO）の「超大型望遠鏡（VLT）」を使って撮影されたベテルギウス。特に右下の部分が暗くなっている（Credit: ESO/M. Montargès et al.）】

ハーバード・スミソニアン天体物理学センターの Andrea Dupree さんを筆頭とする研究チームは、2019 年から 2020 年にかけて大幅な減光が観測されたオリオン座の 1 等星・赤色超巨星「ベテルギウス」に関する新たな研究成果を発表しました。研究チームによると、2 年半前に観測された「大減光」は、ベテルギウスの表面から観測史上例のない規模で物質が放出されたために引き起こされた可能性があるようです。

■ベテルギウスの光球から地球の月数個分の質量が放出された可能性

ベテルギウスは、もともと約 400 日周期で明るさが変わる脈動変光星（膨張と収縮を繰り返すことで明るさが変化する変光星の一種）として知られています。ところが、2019 年の終わり頃から 2020 年の初め頃にかけて、明るさが 1.65 等（Dupree さんらの論文より）まで暗くなる大減光が観測されました。赤色超巨星はいずれ超新星爆発を起こすと考えられていることから、この大減光はベテルギウスの超新星爆発が差し迫っていることを示す兆候ではないかとして注目を集めました。今回、「ハッブル」宇宙望遠鏡などの観測データを分析した研究チームは、ベテルギウスの光球（目に見える恒星の表面）で起きた大規模な質量放出によって大減光が引き起こされたと結論付けました。研究チームはこの現象を「表面質量放出（SME : Surface Mass Ejection）」と呼んでいます。研究チームによると、大減光の約 1 年前にベテルギウスで SME が発生。地球の月数個分の質量が光球から失われ、表面温度が低下したとみられています。この SME は、ベテルギウス内部の対流によって生じた、差し渡し

160万 km 以上のブルーム（上昇流）が原因となった可能性が考えられるようです。SME で放出されたプラズマは膨張したベテルギウスの大気中を1年近くかけて移動しつつ、温度が下がるにつれて塵の雲を形成。その結果、地球からはベテルギウスの一部が塵に隠されて見えなくなり、大減光が観測されることになったというのです。恒星は、その質量の一部を星風などの形で日常的に放出しています。太陽も太陽風として少しずつ質量を放出していますし、太陽コロナからプラズマが放出される「コロナ質量放出（CME：Coronal Mass Ejection）」も時折起きています。いっぽう、質量は太陽の16.5～19倍、直径は太陽の約750倍と推定されている巨大なベテルギウスで起きたSMEでは、太陽の典型的なCMEと比べて4000億倍もの質量が放出されたとみられています。恒星の目に見える表面からこれほど大量の物質が宇宙空間に向けて吹き飛ばされる様子はこれまで観測されたことがないといい、SMEはCMEとは異なる現象の可能性があるといいます。Dupreeさんは「恒星表面からの大規模な質量放出はこれまで見たことがありません」とコメントしています。



【▲ 上：SME発生からのベテルギウスの様子を4段階に分けて示したイラスト。下：変光の400日周期（水色の破線）を示す曲線と、実際に観測されたベテルギウスの光度曲線（赤の実線）を示した図。大減光とその前の減光は400日周期で起きているが、その後は400日周期が失われている（Credit: NASA, ESA, Elizabeth Wheatley (STScI)）】

SMEの影響は大減光の後も続いているようです。研究チームによれば、大減光後のベテルギウスでは約400日という変光周期が（おそらく一時的に）失われたといいます。Dupreeさんは、周期的な脈動をもたらすベテルギウスの対流セルが、洗濯物のバランスが崩れた洗濯機のようにアンバランスな状態になっているかもしれないと指摘しています。また、ハッブル宇宙望遠鏡などの観測で得られたスペクトル（電磁波の波長ごとの強さ）は、ベテルギウスの外層が元に戻っている可能性を示しているものの、その表面は振動している可能性があるようです（発表では「ゼリーのように」と表現）。ただし、SMEは必ずしも超新星爆発が差し迫っていることを示す兆候とは限らないといい、ベテルギウスの不安定な振る舞いもまた爆発が近いことの証拠ではないと考えられています。今後も太陽系に近いベテルギウスなどの赤色超巨星の研究を通して、生涯を終えつつある恒星の理解がより深まることが期待されます。「私たちは星の進化をリアルタイムで目撃しているのです」（Dupreeさん）

Source Image Credit: NASA, ESA, Elizabeth Wheatley (STScI)

[NASA](#) - Hubble Sees Red Supergiant Star Betelgeuse Slowly Recovering After Blowing Its Top

[STScI](#) - Hubble Sees Red Supergiant Star Betelgeuse Slowly Recovering After Blowing Its Top

[Center for Astrophysics](#) - Hubble Sees Red Supergiant Star Betelgeuse Slowly Recovering after Blowing its Top

文／松村武宏

東大など、トモエゴゼンを用いて赤色矮星で 22 件の「短時間フレア」を検出

2022/08/15 08:00 著者：波留久泉

東京大学(東大)は 8 月 9 日、約 5700 個の赤色矮星に対し、東大 木曾観測所の 105cm シュミット望遠鏡に搭載した広視野動画観測システム「トモエゴゼン」の機能を活かした秒刻みの高速モニター観測を実施した結果、これまで観測が困難だった、赤色矮星における数十秒以下の短時間で明るさが約 2 倍になるような激しい増光を見せる「短時間フレア」を、合計 22 件検出した(増光時間の最短は 6 秒)と発表した。

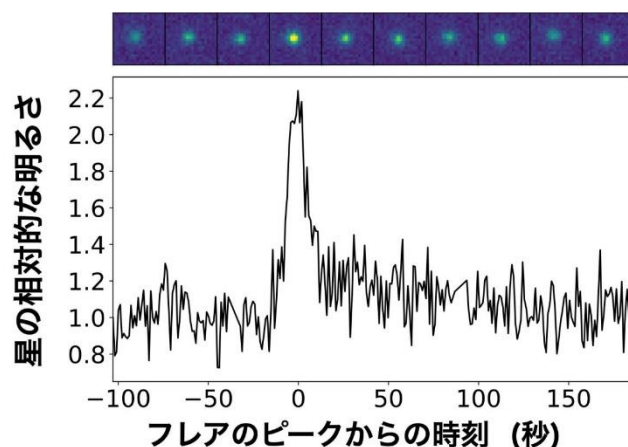
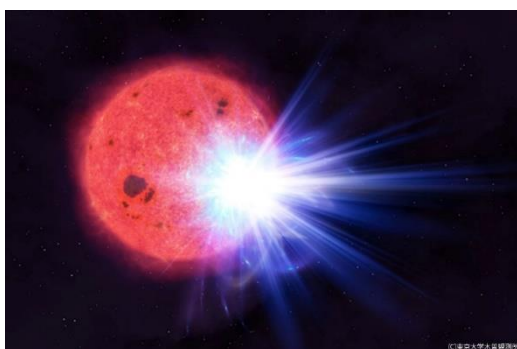
同成果は、上海交通大学 李政道研究所の逢澤正嵩博士研究員、東北大学の櫻山和己准教授、東大大学院 理学系研究科の直川史寛大学院生、同・大澤亮特任助教(研究当時)、同・酒向重行准教授らの国際共同研究チームによるもの。[詳細は、日本天文学会が刊行する欧文学術誌「日本天文学会欧文研究報告\(Publications of the Astronomical Society of Japan\)」に掲載された。](#)

恒星表面で発生する突発的な爆発現象であるフレアは、発生するタイミングや強度などを前もって予想することが難しい。そのため、これまでその瞬間をとらえることは困難だったが、ケプラーや TESS などの宇宙望遠鏡をはじめとする大規模なサーベイ観測により、多数の恒星においてフレアが検出され、その発生メカニズムの理解が進展してきている。2021 年、太陽に最も近い恒星である赤色矮星プロキシマ・ケンタウリから、数秒間に紫外域や電波の波長において急激な増光を示す短時間フレアが検出された。ただし、これまでのサーベイ観測では数十秒から数十分程度刻みの動画しか取得できなかったため、数秒から数十秒という短時間で劇的に増光するフレアの検出は困難だったという。そのため、短時間フレアが普遍的な現象なのか、また最大でどれだけのエネルギーを放出するのかなど、基本的な特性が未解明だったとする。

そこで研究チームは今回、秒刻みで広視野の動画撮像が可能なトモエゴゼンを用いて、赤色矮星からの短時間フレアの探索を実施することにしたという。

トモエゴゼンはおよそ数百個の赤色矮星を一度に観測でき、短時間に発生するフレアを効率的に探索可能だという。今回は 2019~2020 年に撮像されたデータのうち、フレア探索に適した 40 時間分の観測データが解析され、総計約 5700 個の赤色矮星における明るさの短時間変動が調査された。その結果、22 件の短時間かつ強力なフレアの検出に成功したという。

22 件のフレアは数秒から数十秒の短時間で、通常時に比べて数割から最大で 20 倍程度の増光が示されたとする。これらは、これまでに検出された赤色矮星が起こすフレアの中で最も短時間の増光現象であり、非常に強力な磁場によるエネルギー解放が発生していることが示唆されるとした。



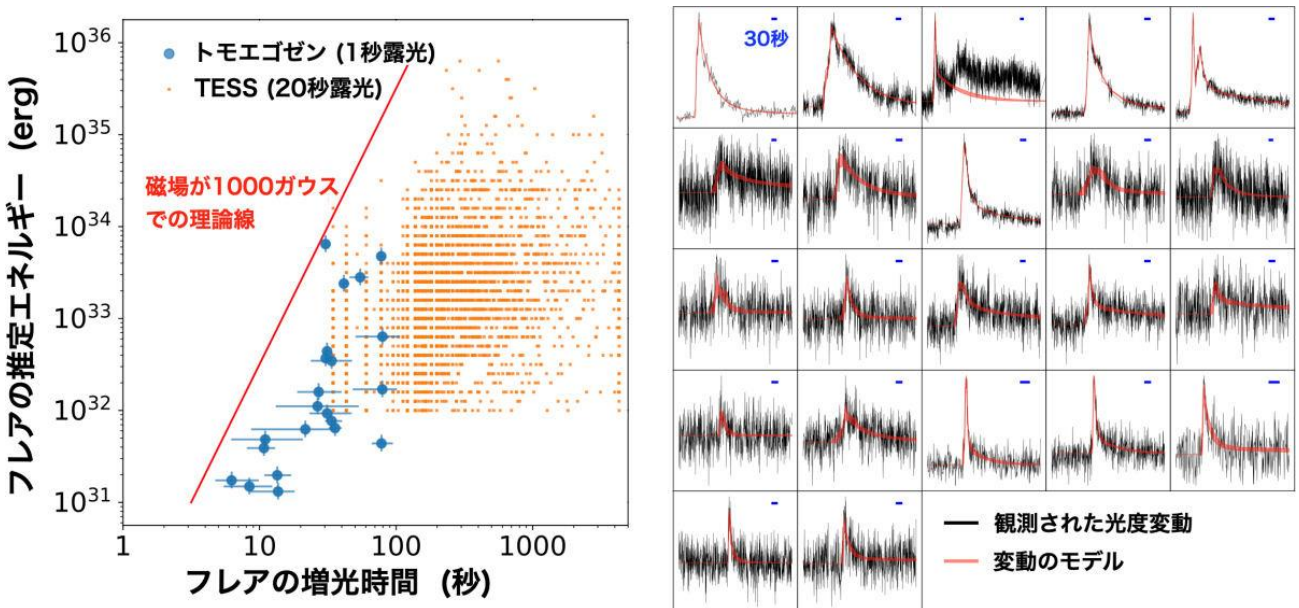
赤色矮星の表面で発生した短時間フレアの想像図 (C)東京大学木曾観測所 (出所:東大 Web サイト)

また、ほかの望遠鏡で取得されたデータを用いて、今回フレアが検出された赤色矮星のスペクトルや回転周期な

どの調査も行われた。その結果、分光データが存在する 11 天体中 10 天体のスペクトルに、強い活動性を示す輝線が存在することが確認された。このことは、今回検出された短時間フレアが、活動的な恒星にて発生しやすいことを示唆しているという。検出された短時間フレアのすべてが活動的な恒星で発生すると仮定すると、おおよそ 1 日に 1 回程度の頻度で、今回検出されたような短時間フレアが発生している見積りになる。このことは、短時間フレアが活動的な赤色矮星で、日常的に発生している可能性を示唆するものだとしている。

一般にフレアは急激な増光が示されたのち、すみやかに減光に転じ、最終的にはなだらかな減光を示す。今回トモエゴゼンによる高速観測によって、この一連の光度変化が詳細に解明された。特に減光にかかる時間が増光にかかる時間に比べて長く、最大で 10 倍ほどの違いがあることが示されたという。

今回検出された赤色矮星における、フレアの光度変動例。約 10 秒間に星の明るさが 2 倍程度にまで増光している。上列には光度曲線の時刻に対応して、10 秒露光に相当する画像(24 秒角×24 秒角の視野に対応)が約 28 秒間隔で示されており、フレアの瞬間に画像上でも増光していることがわかる (C)東京大学 (出所:東大 Web サイト)研究チームでは、今回の短時間フレアにおける一連の光度変動には、磁気リコネクションが関わっていると推測している。それにより大量にエネルギーが解放されることによって恒星大気が強烈に熱せられ、そこから光が漏れ出てくるというシナリオが提案された。このシナリオと観測された光度変動とは、矛盾がないことも示されたとしている。



(左)赤色矮星のフレアの増光時間とエネルギーの関係。薄青点はトモエゴゼンによって検出された恒星フレアで、オレンジ点は TESS 宇宙望遠鏡によって検出された恒星フレア。赤線は 1000 ガウスの磁場を仮定したときのフレアの時間スケールとエネルギーの間の理論的に予想される関係。(右)今回検出された 22 件の恒星フレアにおける光度変動。横軸は時間、縦軸は星の相対的な明るさの変動が示されている。図中の青線は 30 秒の長さの幅に対応 (C)東京大学 (出所:東大 Web サイト)

また今回は、秒刻みの高速観測により、これまで検出が困難だった短時間かつ強力なフレアの検出にも成功した。今回検出されたような短時間で増光する強力なフレアは、高エネルギー粒子や紫外線などを伴う可能性もある。そのため、系外惑星における生命居住性の議論にも影響を及ぼし得ると考えられるという。

今後は、トモエゴゼンによって赤色矮星とは異なる種類の恒星や若い恒星などを調べることで、フレアを始めとする未知なる秒変動を引き続き探索していく予定としている。

<https://news.mynavi.jp/techplus/article/20220816-2426100/>

原始惑星系円盤では時間経過で物質組成が変化する、アルマ望遠鏡の観測で確認

国立天文台らで構成される研究チームは、アルマ望遠鏡で取得した「うみへび座 TW 星」の原始惑星系円盤に関するデータを用いて、一酸化炭素分子の同位体 ^{13}CO の ^{12}CO に対する割合を調べたところ、惑星誕生の現場で時間経過と共に物質組成が大きく変化していることを明らかにしたと発表した。

同成果は、総合研究大学院大学/国立天文台(NAOJ)の吉田有宏大学院生、NAOJ の野村英子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。](#)

太陽系は、およそ 46 億年前にほかの星々と同様に、水素やヘリウムなどの星間ガスと、そのほかの元素から成る星間塵からできた分子雲からできてきたと考えられている。

分子雲の中心にガスや塵が大量に集まって若い太陽が輝き出し、その周囲には残りのガスや塵からなる原始惑星系円盤(太陽系の場合は「原始太陽系円盤」)が形作られ、そこから地球をはじめとする惑星や衛星、小惑星、彗星などができていったとされる。その大まかなプロセスは理解されつつあるが、現在の太陽系のさまざまな天体を構成する物質が原始太陽系円盤のどこで作られ、どのように運ばれたのかといった詳細は、まだわかっていない部分も残されている。太陽系の形成を物質的な側面から解明するための証拠として利用できるのが、同じ原子でも中性子の数が異なる(質量が異なる)同位体の組成だという。たとえば、地球の水に含まれる重水素の割合は、宇宙全体の平均値よりも高くなっていることが知られている。また、分子雲に含まれる氷も重水素の割合が高いという。この 2 つの証拠を照合することで、地球の水の一部は太陽が生まれた分子雲で作られた氷に由来する、と推測することができるとされている。これまで、アルマ望遠鏡などの活躍により数多くの原始惑星系円盤が発見されており、それらは原始太陽系円盤とよく似ていると考えられている。つまり、原始惑星系円盤と太陽系の物質の同位体組成を比較すれば、太陽系の物質が原始太陽系円盤中のどこで、どのように作られたかということを確認される可能性があると考えられている。太陽系の物質の同位体組成は、隕石や、「はやぶさ」シリーズなどの探査機のサンプルリターンにより得られる小惑星や彗星のサンプルなどを分析することで明らかにされてきた。しかし、原始惑星系円盤の分子ガス同位体組成の測定は、これまで一部の分子を除き困難だったという。それは、希少な同位体と豊富な同位体の量を正しく同時に測定することができなかつたためだという。

そこで研究チームは今回、同位体を含む分子の電波スペクトルのうち、今まで着目されてこなかった部分を用いて、原始惑星系円盤の同位体組成を測定するという新たな手法を開発して分析することにしたという。

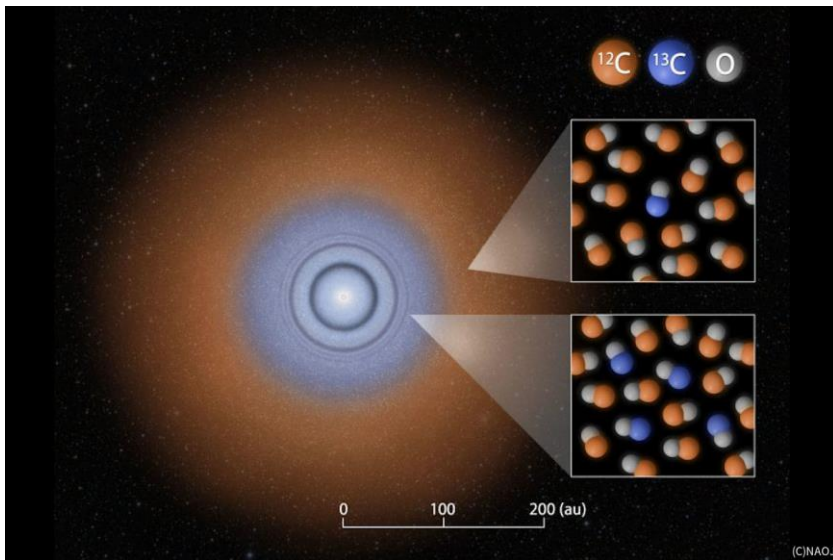
そして、この新手法をアルマ望遠鏡が取得した「うみへび座 TW 星」の原始惑星系円盤の観測データに適用。一酸化炭素分子の同位体 ^{13}CO の ^{12}CO に対する割合が求められた。

その結果、円盤内側では ^{13}CO の割合が高く、外側ではそれに対して 4 分の 1 以下であることが明らかになった。今回解析されたうみへび座 TW 星は、原始惑星系円盤がある段階の恒星としては、比較的誕生してから時間が経過している。つまり、原始惑星系円盤内の物質は進化が進んでおり、その結果として、一酸化炭素同位体比も変化した可能性があると考えられるという。

当初は、太陽系の多くの天体では ^{12}C と ^{13}C の割合(炭素同位体比)がおおむね均一であることから、原始惑星系円盤の ^{13}CO の ^{12}CO に対する割合も均一であると予想されていたとする。つまり、今回の結果は予想外だったということであり、また炭素同位体比も水素同位体比のように物質のルーツを探るのに役に立つ証拠となりうることを示されていると研究チームでは説明している。

実際、隕石中の一部の物質では、炭素同位体比が宇宙全体の平均値から外れていることが確認されている。同様に、太陽系外惑星の大気における最近の観測からは、ある惑星では ^{13}CO の割合が大きく、また別の惑星では逆に小さい、という結果も得られているという。このような証拠を照合することで、太陽系や太陽系外惑星の物質のルーツを解き明かすことができる可能性があるともしている。

なお、論文筆頭著者である吉田氏は、「今後、これらの同位体比の変動がどのような要因で起こっているかを明らかにし、より多くの原始惑星系円盤、太陽系外惑星、隕石などの物質分析を組み合わせることで、太陽系や太陽系外惑星系の物質的起源を探りたいと考えています」とコメントしている。



今回の研究成果をもとに作成された、うみへび座 TW 星の原子惑星系円盤における炭素同位体比の想像図。円盤内縁部の方が、 ^{12}C O に対する ^{13}C O の割合が高い (C)NAOJ (出所:アルマ望遠鏡日本語 Web サイト)

<https://news.mynavi.jp/techplus/article/20220817-2427487/>

小惑星の表面形状の変化は重力と遠心力と摩擦力のバランスに影響される 名大

2022/08/17 13:47 著者：波留久泉

名古屋大学(名大)は 8 月 12 日、粒状物質による砂山地形の頂点を回転軸として回転させた上で観測可能な独自開発の装置を用いて、重力と遠心力の影響で砂山の斜面形状がどのような変化をするのか、さまざまな粒状物質を用いた計測を行える実験モデルを作ること成功したことを発表した。

また斜面形状変化を、重力・遠心力・摩擦力のバランスによるモデル形状で説明することに成功し、実験結果のフィッティングから得られた摩擦係数の値が、回転荷重の操作履歴や遠心力と重力の比によって変化することが確認されたことも併せて発表された。

同成果は、名大大学院 環境学研究科の入江輝紀大学院生(研究当時)、名大理学部 第一装置開発室/全学技術センターの山口隆正技術職員、同・大学院 環境学研究科の渡邊誠一郎教授、大阪大学大学院 理学研究科の桂木洋光教授らの共同研究チームによるもの。[詳細は、粉末/粒子材料に関する全般を扱う学術誌「Advanced Powder Technology」に掲載された。](#)

砂のような粒状物質で砂山形状を作成すると、その傾斜角は粒状物質の摩擦特性によって決まる「安息角」を持つ。この安息角(もしくは粒状摩擦特性)が、粒状物質のどのような特性により決定しているのかについて、実は詳しいことはまだよくわかっていないという。

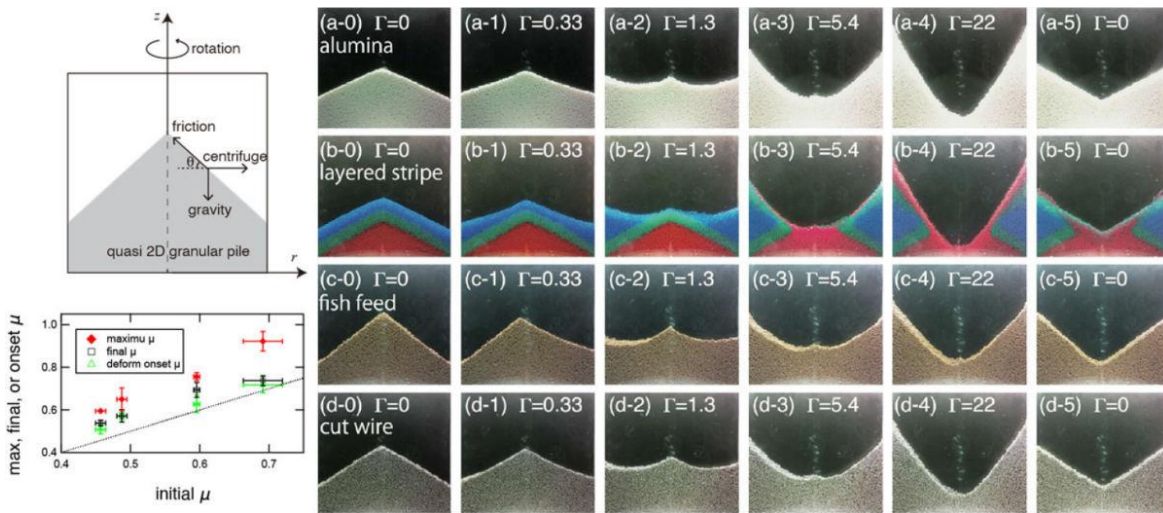
一方でこの安息角特性は、小惑星探査機「はやぶさ 2」が訪れたリュウグウなど、小惑星の表面地形がどう変化するかを理解する上でも重要な基礎物性とされる。特に、安息角の重力依存性や自転による遠心力への依存性は、小惑星の地形や全体形状の変化に関する基本的特性として注目されている。

そこで研究チームは今回、粒状物質の斜面が重力と遠心力の影響を受けたときにどのような変形を示すのかについて、特に荷重の履歴依存性(現在の状態のみでなく、過去に受けた影響に依存すること)に注目して実験的に研究することにしたという。

具体的には、粒状物質による砂山地形が用意され、その頂点を回転軸として回転させ、粒状物質の砂山の斜面形状がどのような変化をするのかについて、さまざまな粒状物質を用いた計測が行われた。

例えば、回転による遠心力荷重の履歴依存性を調べるため、回転数を徐々に増加させ(最大で容器壁面において遠心力が重力の 22 倍となるまで)、その後、徐々に回転数を減少させ、その際の回転中の粒状斜面形状における変

化を捉えるため、独自の回転観察装置が開発され、それを用いて撮影が行われた。



粒状物質の砂山が変形していく様子を撮影した画像 (出所:名大プレスリリース PDF)

これらの調査から、この斜面形状変化を重力・遠心力・摩擦力のバランスによるモデル形状で説明することに成功。実験結果のフィッティングから得られた摩擦係数の値が、回転荷重の操作履歴や遠心力と重力の比によって変化することが確認されたという。

なお、今回の研究から、粒状物質の摩擦特性の重力・遠心力依存性やその履歴依存性が評価され、摩擦特性の変動が大きくないことや、粒状斜面の変形が表面付近で局所的に起こることが判明したという。これらの成果について研究チームでは、小惑星の形状進化や表面地形変形の議論のキーとなることが期待されるとしているほか、粉体材料の遠心力を利用したハンドリングなどは産業界で多く用いられており、今回の研究成果はそれらのプロセスの理解や効率化にも資することが期待されるとしている。

<https://news.mynavi.jp/techplus/article/20220818-2428545/>

3次元重力のホログラフィー原理で初期宇宙の密度揺らぎの相関の計算に成功、京大

2022/08/18 16:16 著者：波留久泉

京都大学(京大)は、3次元重力を用いたホログラフィー(ホログラフィック原理)を開発し、それを用いて初期宇宙における密度揺らぎの相関を計算することに成功したと発表した。

同成果は、京大 基礎物理学研究所の疋田泰章 特定准教授、国立台湾大学 物理学系の陳恒楡教授の2名によるもの。[詳細は、米国物理学会が刊行する機関学術誌「Physical Review Letters」に掲載された。](#)

現時点で量子効果まで含んだ重力を扱う「量子重力理論」は未完成である。マクロな世界で重力を扱う一般相対性理論と、ミクロな世界で量子の振る舞いなどを扱う量子力学は相性が悪く、なかなか融合させることができないためである。ただし、期待されている理論もある。その1つが有名な「超弦理論(超ひも理論)」だが、同理論特有の効果は超高温状態でしか現れないため、現在の人類が持つ技術では実験的に検証するのが困難とされている。しかし、初期宇宙ならそうした実験室では不可能な超高温状態を実現可能であり、超弦理論特有の現象を捉えられる可能性があるという。

宇宙初期を調べるのに重要とされているのが、ホログラフィー(ホログラフィック原理)で、難解な量子重力理論をより扱いやすい物質場の理論に変換できるという、画期的な手法とされている。同原理の考え方をを用いると、「ドジッター宇宙(時空)」を無限の未来に存在する物質の理論と見なせるようになるという。ドジッター宇宙は、正の宇宙項を持つアインシュタイン方程式の解であり、宇宙の初期に現れる膨張宇宙を近似的に表すものとされている。ホログラフィー原理はここ20年以上にわたって、量子重力や量子場の理論などにおいて中心的な話題であり続けてきたが、負の宇宙項を持つアインシュタイン方程式の解である、反ドジッター宇宙(ブラックホール

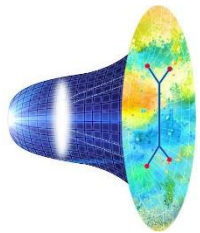
の事象の地平面近傍に現れる)での解析が中心であり、ドジッター宇宙に関しては、あまり研究が進展していなかったという。しかし [2022年7月22日に、京大の疋田特定准教授を含む共同研究チームが、世界で初めて3次元ドジッター宇宙によるホログラフィー原理を提唱](#)(ここでいう3次元とは、実際の宇宙は4次元時空なので、時間の1次元を除いたより簡易な宇宙を扱っている)。

今回の研究は7月の研究成果に大きく関わるものであり、それをより精密な理論とすることで、初期宇宙の密度揺らぎの相関を計算できる可能性があるという。膨張宇宙でのホログラフィー原理を開発し、初期宇宙の密度揺らぎの相関を計算することが、今回の研究の目的とされた。

しかし7月の提唱以前では、膨張宇宙でのホログラフィー原理は1つしか具体例が存在していなかった。抽象的な議論しかできなかったことが、研究が進展しない理由の1つと考えられるという。

そこで今回の研究では、ホログラフィー原理により初期宇宙の密度揺らぎの相関を計算する具体的な処方箋を確立し、3次元ドジッター重力に関するホログラフィー原理を、これまでのさまざまな先行研究を利用し、計算可能なものに精密化することにしたという。

3次元ドジッター重力に関するホログラフィー原理は、反ドジッターの場合から解析接続で構成することが可能であることから、今回の研究では、その方法を系統的なものにすることで、ホログラフィー原理を用いて初期宇宙における密度揺らぎの相関を計算することに成功したとする。この結果は、膨張宇宙に関するホログラフィー原理の理解、初期宇宙の新たな解析手法の構築、両方に関して重要な意義を持つと研究チームでは説明している。



ホログラフィー原理を利用した、低次元の物質場の理論による、初期宇宙における密度揺らぎの相関を計算した概念図 (出所:京大プレスリリース PDF)

また疋田特定准教授らは、今回の研究成果のほかにも、宇宙の理解につながる重要なアプローチがあり、中でも重要なのが、エントロピーと量子重力効果だとする。ブラックホールには事象の地平面に付随するエントロピーが存在し、その起源を説明することは量子重力に課された重大な使命だとしている。

同様に、空間が光速を超えて膨張していると考えられるインフレーションがまだ続いている領域がある可能性があり、そうした我々が到達も観測もできない領域とのホライズン(境界線)にも、付随するエントロピーが存在するとのことで、ホログラフィー原理を利用することで、そのエントロピーの起源を明らかにしたいとしている。また、今回のホログラフィー原理による解析手法では、量子的な効果を比較的容易に解析することが可能であるともしており、重力の量子効果を系統的に調べ、量子効果に付随する、さまざまな謎の解明に取り組むつもりともしている。なお今回の研究では、3次元ドジッター重力という単純化した模型が扱われたが、今後は現実の宇宙の4次元時空へと拡張し、実際の宇宙の始まりに何が起きたのかを明らかにすることが、課題として重要だとしているほか、今回の初期宇宙の理論的な研究成果を、超弦理論の検証にもつなげていきたいともしている。

<https://natgeo.nikkeibp.co.jp/atcl/news/22/081900386/>

恐竜の滅亡に第2の小惑星衝突が関与していたか、痕跡を発見

西アフリカで新たな痕跡、同時期に複数の衝突があった可能性

2022.08.19



小惑星衝突の断面図。約 6600 万年前に現在のメキシコ沖に衝突してチクシュループ・クレーターを形成した小惑星は、当時生息していたすべての生物種の 4 分の 3 を絶滅させた。このほど西アフリカの海岸で新たな衝突クレーターらしき構造物が発見され、大量絶滅の物語に新たな展開がもたらされた可能性がある。(ILLUSTRATION BY CLAUS LUNAU, SCIENCE SOURCE) [画像のクリックで拡大表示]

今から約 6600 万年前、地球上の生命の歩みは永遠に変わってしまった。メキシコのユカタン半島の海岸に直径 10 キロメートルの小惑星が激突したからだ。

大津波が押し寄せ、大地は燃え広がり、岩石の蒸発によって放出されたガスは気候を激しく変動させた。これらの天変地異により、ほとんどの恐竜（非鳥類型の恐竜）を含む全生物種の約 75% が絶滅した。(参考記事：[「小惑星衝突「恐竜絶滅の日」に新事実、1600km 先のガスが 155°C に」](#))

ところが、小惑星の衝突はこれだけではなかったのかもしれない。西アフリカの海岸の砂の層の下に、別の小惑星が衝突した証拠らしきものが隠されていたのだ。

8 月 17 日付けの科学誌「Science Advances」に発表された研究によると、海底の地震探査を行っていた科学者たちが直径 8.5 キロメートルのクレーターらしき構造物を発見したという。近くの海底火山にちなんで「ナディール」と名付けられたこのクレーターは、直径 400 メートル以上の小惑星の衝突によって形成されたと考えられ、その形成時期はメキシコ、ユカタン半島の「チクシュループ・クレーター」と同時期である可能性がある。

今回の論文の著者である米アリゾナ大学の惑星科学者ベロニカ・ブレイ氏は、「チクシュループの小惑星の衝突が非常に激しいものだったのは本当ですが、地球全体にあれほど大きな影響を及ぼしたのはなぜなのかと、多くの研究者が疑問に思っていたのです」と言う。「何らかの助けがあったのかもしれません」

ナディールを作った小惑星はチクシュループを作った小惑星に比べるとかなり小さく、その影響は局地的なものだったと考えられている。しかし研究者たちは、ナディールが衝突クレーターであることが裏付けられれば、白亜紀末の地球に小惑星がワンツーパンチを与えた可能性があると主張する。地球に衝突したこれら 2 つの小惑星はもともとは 1 つの天体で、地球の大気に入突する前に 2 つに分裂し、約 5500 キロ離れた 2 つの地点に相次いで衝突したのではないかとする説もある。このクレーターが形成された年代や正体、そしてチクシュループ・クレーターとの関連性を確認するためにはさらなる分析が必要だが、科学者たちは慎重な姿勢を保ちながらも新たな衝突クレーターの解明に期待を寄せている。

地球は地殻変動がさかんに起きているため、古代の小惑星衝突に関する記録はほとんど残っていない。地表の多くの部分が、地中深くのマントルへ沈み込んだり、新たな火山岩が敷き詰められたり、氷河の移動によって削られたりしているからだ。現在、地球上で確認されている衝突クレーターは 200 個程度しかなく、科学者たちは、小惑星の衝突が太古の地球にどのような影響を及ぼし、地球の未来にどのような役割を果たすのか、十分に理解することができずにいる。

「地球は衝突クレーターを壊すのが得意なのです」と、米ウィノナ州立大学の実験地質学者ジェニファー・アンダーソン氏は言う。「地球は地質活動が活発なので、新たな衝突クレーターの発見はどんなものでも重要です」

[次ページ：衝撃の発見](#) 衝撃の発見

多くの発見がそうであるように、今回の新しいクレーターも偶然に発見された。英ヘリオット・ワット大学の

地質学者ウィスディン・ニコルソン氏は、今から約1億年前に南米大陸がアフリカ大陸から分離した過程を再構築することに興味を持っていた。

その手がかりを得るため、ニコルソン氏は企業の協力を得て地震データを取得し、南米大陸とアフリカ大陸の間の海底の特徴を調べた。地震波が地中でどのように跳ね返るかを追跡することで、地中の様子が分かるのだ。分析を始めるとすぐに、ニコルソン氏は奇妙なものに気づいた。

地震探査の専門家であるニコルソン氏は、周囲の高密度の岩の間から盛り上がってきた岩塩ドームなど、地層に凹凸を作る地形のデータを数多く見てきた。しかし、彼の目の前のデータのゆらぎは、もっと激しい現象を暗示していた。「あんなものは見たことがありませんでした」

ニコルソン氏は、ブレイ氏をはじめとする他の科学者に連絡をとり、これは衝突クレーターではないだろうかと聞いてみたところ、全員が彼の意見に同意した。その構造物は盛り上がった縁（リム）に囲まれたくぼみで、中央には衝突クレーターによく見られる高い丘があった。

研究チームはこの構造物の形と大きさを分析し、形成過程のモデルを作った。その結果、このクレーターは、直径400メートルの小惑星が大気圏を突き抜けて秒速20キロメートルの猛スピードで海面に衝突してできたものであることがわかった。「海に飛び込んだ小惑星は、そこに何もなければのように水中を突進していったことでしょう」とブレイ氏は言う。

研究チームは、この衝突によりTNT火薬5000メガトン分のエネルギーが放出され、すぐ下の海水と海底の地層は一瞬にして蒸発したと推測している。続いて衝撃波が海面に広がり、岩石は衝撃変性作用により液状に融解する。数分もしないうちに海底が再び盛り上がり、中央に山を作り、崩れ落ちる。最終的に、真ん中にお椀のようなくぼみのある丘ができる。今回アフリカの西海岸で発見された構造物と同じ形だ。

この地域の堆積物層とほかの地域の年代測定試料との相関関係から、研究チームはこの構造物が約6600万年前に形成されたと推定している。チクシュルーブ・クレーターの形成時期に非常に近い時期だ。(参考記事：[「地質サンプルが語る 小惑星衝突、恐竜最後の日」](#))

[次ページ：ワンツーパンチだった？ ワンツーパンチだった？](#)

ナディールの衝突が環境に及ぼした影響を研究することは、将来の小惑星の衝突が地球に及ぼす影響の理解に役立つはずだ。ナディール・クレーターを形成した小惑星の大きさの推定値は、小惑星ベンヌと同程度である。ベンヌは地球に衝突する可能性が最も高い小惑星の1つで、今後300年以内に地球に衝突する確率は1750分の1と見積もられている。ベンヌが地球に衝突した場合の被害は大きく、数百キロメートルの海岸線に津波が襲いかかることだろう。ブレイ氏は「都市を1つか2つ消滅させるのに十分な大きさです」と言う。(参考記事：[「小惑星ベンヌ、地球に衝突する確率が上昇、なぜ？」](#))

今回の発見が、チクシュルーブの小惑星衝突やその後の大量絶滅に対する私たちの理解にどのような意味をもつかは、まだわからない。直径400メートルの小惑星の衝突によって放出されたエネルギーと、それが環境に及ぼした影響は、直径10キロメートルのチクシュルーブの小惑星の衝突とその後の地球規模の大異変に比べればはるかに小さいものだっただろう。

「レベルが全く違います」と今回の論文を査読したドイツ、ノイウルム応用科学大学のマルティン・シュミューダー氏は言う。しかし、ナディールの衝突は、すでに荒廃していた生態系に「追い打ちをかけた」可能性がある」とブレイ氏は言う。今回のクレーターのほかにも、ウクライナのボルティッシュ・クレーターという衝突クレーターは6540万年前のもので、チクシュルーブ・クレーターよりもわずかに新しいと、研究チームは指摘している。彗星や小惑星の破片がクラスターのまとまって衝突する現象は、地球でも他の天体でも知られている。例えば、アンダーソン氏が住んでいる米中西部の近くには、約4億6000万年前にできた3つのクレーターがある。これらはオルドビス紀に相次いだ小惑星衝突の一部で、科学者たちは、小惑星帯で大規模な衝突が起きた結果、多くの隕石が数百万年にわたって地球に降り注いでいたのかもしれないと考えている。(参考記事：[「太陽の光に隠れて見えない小惑星、地球衝突のリスクは？」](#))

先述のとおり、地球には古代の小惑星衝突に関する記録はほとんど残っていないため、クレーターを特定することは困難だ。シュミダー氏によれば、ナディールのような規模の衝突は 10 万年に 1 回程度の頻度で起こるものなので、「基本的にいつ起こってもおかしくない」という。

ナディール・クレーターの形成過程を解明するためには、さらなる研究が必要だ。研究チームは、ナディールの地層を掘削し、衝突の衝撃で溶融し、崩壊したと思われる岩石とクレーターの上の堆積物層のサンプルを採取するための緊急資金を申請している。埋もれた構造物の上に厚く堆積した砂と泥の層は、クレーターの特徴を保存しているだけでなく、衝突から間もない時期の海洋生物の状態を明らかにしてくれる可能性がある。その知見は、地球に小惑星が衝突したときに起こることに関する新たなデータの宝庫となるだろう。

「けれどももちろん、掘削が実現しないかぎり、それらを知ることはできません」とブレイ氏は言う。
参考ギャラリー：小惑星、彗星 地球にぶつかったら大変な天体 12 点（画像クリックでギャラリーへ）



6600 万年前、小惑星が地球に衝突し、鳥をのぞく恐竜たちほか数多くの生命を絶滅させた。人類の歴史で同様のことが起こるかはわからないが、太陽系では日々、様々な天体が飛び交っている。ここで、地球に衝突してほしくない太陽系の天体を写真で紹介したい。（ILLUSTRATION BY SCIENCE PHOTO LIBRARY, ALAMY STOCK PHOTO）[\[画像のクリックで別ページへ\]](#) 文=Maya Wei-Haas/訳=三枝小夜子

<https://sorae.info/astromy/20220819-ngc248.html>

華やかに輝く小マゼラン雲の“星のゆりかご” ハッブル宇宙望遠鏡の画像を振り返る

2022-08-19 [松村武宏](#)



【▲ 小マゼラン雲の輝線星雲「NGC 248」（Credit: NASA, ESA, STScI, K. Sandstrom (University of California, San Diego), and the SMIDGE team.)】

【▲ 輝線星雲「NGC 248」にズームイン（動画）】

こちらは南天の「きょしちょう座（巨嘴鳥座）」の方向約 20 万光年先にある輝線星雲「NGC 248」です。輝線星雲とは、若く高温な大質量星から放射された紫外線によって電離した水素ガスが赤い光を放っている領域で、HII（エイチツー）領域とも呼ばれています。HII 領域はガスと塵を材料に星が形成される星形成領域でもあり、新たな星が誕生する現場であることから「星のゆりかご」と呼ばれることもあります。

NGC 248 は天の川銀河の伴銀河（衛星銀河）のひとつ「小マゼラン雲」（小マゼラン銀河とも）にあり、イギリ

スの天文学者ジョン・ハーシェルによって 1834 年に発見されました。画像を公開したアメリカの宇宙望遠鏡科学研究所 (STScI) によると、NGC 248 の長さは約 60 光年で、幅は約 20 光年。実際には 2 つの星雲ですが、地球からは 1 つに見える位置関係にあるといいます。

(Credit: NASA, ESA/Hubble, A. Fujii and Digitized Sky Survey 2; Music: Johan B. Monell)

この画像は「SMIDGE」(Small Magellanic Cloud Investigation of Dust and Gas Evolution) と呼ばれる観測プロジェクトの一環として、「ハッブル」宇宙望遠鏡を使って取得されたものです。カリフォルニア大学サンディエゴ校の天文学者 Karin Sandstrom さん率いる SMIDGE サーベイは、塵のもとになる重元素（ここでは水素やヘリウムよりも重い元素のこと）の供給が大幅に少ない銀河における、塵の違いを理解するために実施されました。初期の宇宙では現在よりも重元素の占める割合が低かったため、重元素が少ない小マゼラン雲のような銀河を観測することで、初期宇宙の塵についての理解を深めることができるのだといいます。「天の川銀河の歴史を理解するためにも重要なことです」(Sandstrom さん) 冒頭の画像はハッブル宇宙望遠鏡に搭載されている「掃天観測用高性能カメラ (ACS)」を使って取得された画像 (4 種類のフィルターを使用) をもとに作成され、2016 年 12 月 20 日に公開されていたもので、アメリカ航空宇宙局 (NASA) のハッブル宇宙望遠鏡 Twitter 公式アカウントが 2022 年 8 月 9 日付で改めて紹介しています。

関連: [幼い星を育む真紅のゆりかご。“さそり座”の輝線星雲「RCW 120」](#)

Source

Image Credit: NASA, ESA, STScI, K. Sandstrom (University of California, San Diego), and the SMIDGE team.

[STScI](#) - Festive Nebulas Light Up Milky Way Galaxy Satellite

[ESA/Hubble](#) - Festive nebulae light up Milky Way Galaxy satellite

[@NASAHubble](#) (Twitter)

文/松村武宏

<https://sorae.info/astromy/20220817-ngc7098.html>

見事な二重のリング。超大型望遠鏡が撮影した“はちぶんぎ座”の銀河

2022-08-17 [松村武宏](#)



【▲ 棒渦巻銀河「NGC 7098」(Credit: ESO)】

こちらは南天の「はちぶんぎ座 (八分儀座)」の方向約 9500 万光年先にある棒渦巻銀河「NGC 7098」です。棒渦巻銀河とは、中心部分に棒状の構造が存在する渦巻銀河のこと。棒状構造は私たちが住む天の川銀河をはじめ、渦巻銀河の半分程度が持つと考えられています。

NGC 7098 の特徴は、なんととっても銀河円盤に現れた 2 重のリング構造です。内側のリングは幅の広い棒状構造を取り巻く渦巻腕 (渦状腕) によって形成されていますが、その外側に伸びた渦巻腕も閉じたリング状になっています。星々の輝きが描き出した 2 つの巨大なリングは、物理法則に従う宇宙の秩序を感じさせます。

画像を公開したヨーロッパ南天天文台 (ESO) によると、NGC 7098 の中心部分にはもう 1 つ棒状の構造があり、

リング状の渦巻腕だけでなく棒状構造も2重になっているのだといいます。また、左端に写っている真横を向けた銀河「PGC 246235」をはじめ、画像にはNGC 7098よりもさらに遠い銀河が幾つも写り込んでいます。

冒頭の画像はESOが運営する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「FORS2」を使って取得された画像（4種類のフィルターを使用）をもとに作成され、2017年7月24日付で公開されていたもので、ESOのTwitter公式アカウントが2022年8月16日付で改めて紹介しています。

関連：[合体し始めたばかり。おとめ座の渦巻銀河「NGC 4567」と「NGC 4568」](#)

Source Image Credit: ESO [ESO](#) - Seeing double [@ESO](#) (Twitter) 文／松村武宏

<https://sorae.info/astromy/20220818-ngc7727.html>

巨大なブラックホールのペアを宿した“みずがめ座”の特異銀河。超大型望遠鏡が撮影

2022-08-1 [松村武宏](#)



【▲ 特異銀河「NGC 7727」（Credit: ESO）】

【▲ ヨーロッパ南天天文台「超大型望遠鏡（VLT）」の観測装置「MUSE」によって撮影された銀河「NGC 7727」の中心部分。1600光年の距離を隔てて輝く2つの明るい銀河核にはそれぞれ超大質量ブラックホールが存在するとみられている（Credit: ESO/Voggel et al.）】

こちらは「みずがめ座」の方向約8900万光年先にある銀河「NGC 7727」です。ループ状の「尾」のような構造が中心部分を取り巻く独特なその姿は、真っ暗な深海に生息する生物を思わせます。

この画像は、科学観測の合間に魅力的な天体の写真を撮影・公開するヨーロッパ南天天文台（ESO）の「Cosmic Gems（宇宙の宝石）」プログラムのもとで取得されました。ESOによると、NGC 7727は約10億年前に2つの銀河が合体することで誕生した銀河だと考えられています。尾のように長く伸びたループ状の構造は星とガスと塵でできていて、合体前の銀河どうしが重力相互作用した際に引きはがされたことで形成されたとみられています。NGC 7727として生まれ変わった2つの銀河の合体は、まだ完了していないようです。NGC 7727の中心部分では、合体前の銀河が持っていた2つの銀河中心核が約1600光年離れた明るい光点のペアとして観測されています。中心核にはそれぞれ太陽の約1億5400万倍と約630万倍の質量がある2つの超大質量ブラックホールが存在していて、2億5000万年以内に合体して1つのブラックホールになると考えられています。

関連：[地球から8900万光年先の銀河で超大質量ブラックホールのペアを発見か](#)

冒頭の画像はESOが運営する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「FORS2」を使って取得された画像（3種類のフィルターを使用）をもとに作成されたもので、2022年8月16日付で公開されました。なお、1966年に天文学者のホルトン・アープがまとめた特異銀河（特異な形態を持つ銀河）のカタログ「アープ・アトラス」では、NGC 7727は「Amorphous spiral arms（不定形の渦巻腕）」を持つ銀河のひとつ「Arp 222」として収録されています。



【▲ 特異銀河「NGC 7727」の中心部分にズームイン（動画）】

(Credit: ESO/L. Calçada ; N. Risinger (skysurvey.org); Digitized Sky Survey 2; VST ATLAS team; Voggel et al. Music: Azul Cobalto)

関連 : [大きく広がった躍動的な渦巻腕。超大型望遠鏡が撮影した“コップ座”の銀河](#)

Source Image Credit: ESO [ESO](#) - ESO telescope images a spectacular cosmic dance 文／松村武宏

<https://sorae.info/astronomy/20220818-ceers-93316.html>

観測史上最も遠い天体「CEERS 93316」をジェームズ・ウェッブ宇宙望遠鏡が観測！

2022-08-18 [彩恵りり](#)

アメリカ航空宇宙局 (NASA) を中心に開発され、2021 年 12 月に打ち上げられた「ジェームズ・ウェッブ宇宙望遠鏡」は、2022 年 7 月 11 日から 13 日にかけて、初めてのフルスペック画像を公開して話題となりました。一方、それらの画像とは別に、具体的な科学的成果も早速発表されています。そのペースはとても早く、2022 年 7 月 19 日には極めて遠方の天体である「GLASS-z13」と「GLASS-z11」の発見が報告されていますが、これらの天体はわずか十数時間の露光時間で撮影されたデータに基づいたものでした。

ウェッブ宇宙望遠鏡が稼働する以前、同程度の距離にある天体を観測しようとした場合、複数の天文台で取得された合計 1000 時間以上分のデータを分析しなければ見つかることができなかつたことを鑑みれば、その優秀さが際立っています。



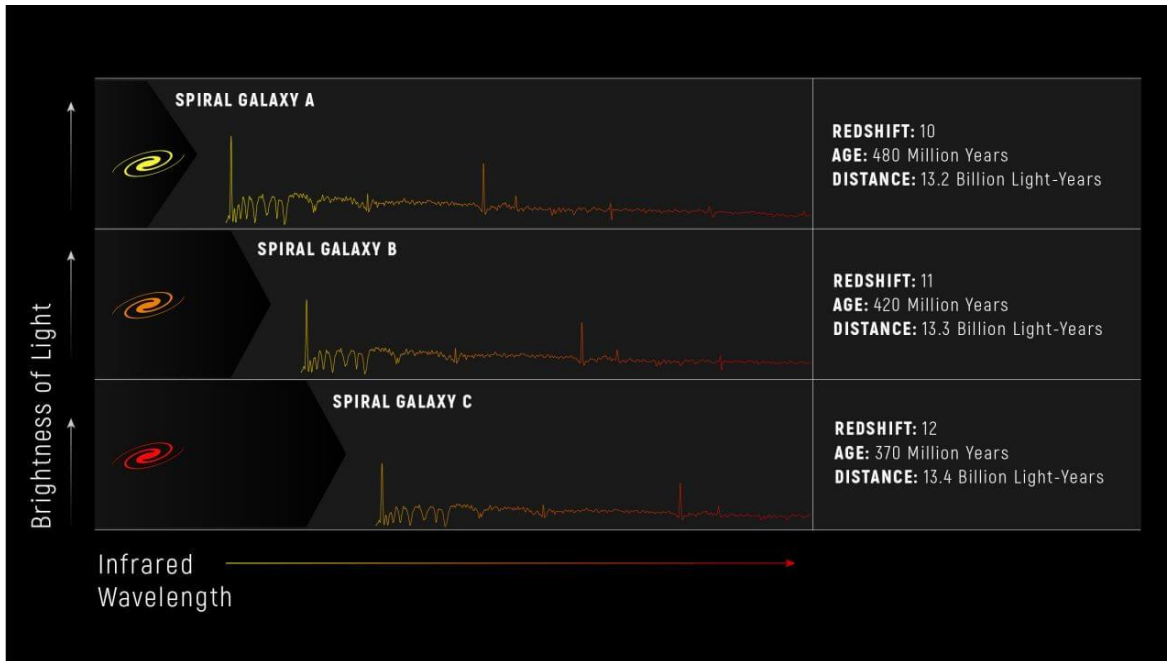
【▲ 図 1: ジェームズ・ウェッブ宇宙望遠鏡は、つい先日正式に稼働したばかりですが、早くも興味深い成果を上げています (Credit: NASA-GSFC, Adriana M. Gutierrez (CI Lab))】

GLASS-z13 と GLASS-z11 を発見したのは、ウェッブ宇宙望遠鏡のデータを分析して研究する国際研究チーム「GLASS コラボレーション」ですが、このような国際研究チームは他にもあります。

今回の解説の主体は、そのような国際研究チームの 1 つである「CEERS コラボレーション」です。CEERS コラボレーションは前述した GLASS コラボレーションの成果から 1 週間も経たない 7 月 25 日に、遠方の天体に関する 2 本のプレプリント (科学誌に正式に投稿する前の、いわば論文の下書き) をプレプリントサーバーの arXiv に公開しました。さて、本題に入る前に、非常に遠方にある天体の距離をどう測るのかを解説します。皆さんは、救急車やパトカーのサイレンが、近づいている時には音が高くなり、遠ざかると音が低くなる、という経験があ

るかと思えます。これは、音という波の長さが、発せられる物体の運動の影響を受けて、縮んだり伸びたりするからです。これをドップラー効果と呼びます。

光も音と同じく波であるため、天体の運動の影響を受けて波長が変化します。遠くにある天体は宇宙の膨張と共に、私たちから見れば遠ざかるように見えます。天体から発せられる光は、天体が遠ざかる速度の分だけ伸ばされ、波長が長くなります。これにより遠くの天体は、近くの天体と比べると波長のより長い色、つまり赤色に近づくこととなります。これを指して赤方偏移と呼びます。

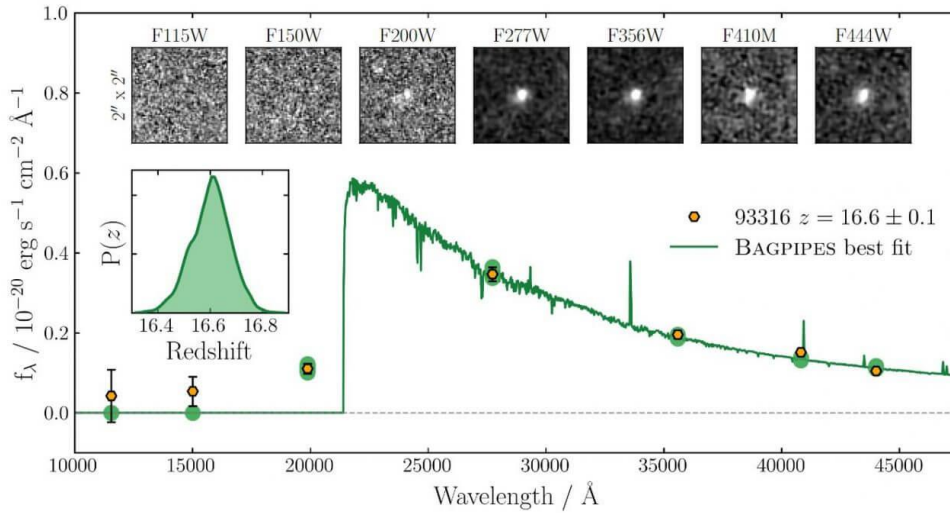


【▲ 図 2: 遠くにある天体は、宇宙の膨張と共に遠ざかるため、光の波長が引き延ばされるドップラー効果が発生します。見た目の色は赤色に近づくため、これを赤方偏移と呼びます (Credit: NASA, ESA, CSA, Andi James (STScI))】

遠い天体ほど遠ざかる速度は増し、それだけ光の波長は大きく引き伸ばされます。スペクトル (電磁波の波長ごとの強さ) は天体の種類ごとにほぼ同じですが、赤方偏移を受けるほどスペクトルがずれるため、そこから逆算で天体の距離を算出することができます。この計算は、宇宙物理学に関する様々な物理定数の影響を受け、新たな観測データを基に更新されます。このため、赤方偏移は物理定数に寄らない共通した距離の指標となるのです。また、赤方偏移で距離を算出するくらい遠方にある天体では、天体が存在していた時代と、その天体までの実際の距離に大きな開きが生じることに注意しなければなりません。例えば、今から 130 億年前に存在した天体を見つけた場合、その天体までの距離は 130 億光年ではなく、285 億光年となります。これは、宇宙は膨張しており、光が進んだ道のりも時間と共に引き伸ばされるからです。

単純に時間と光の速さをかけ算したものは光行距離と呼び、その場合には 130 億年前に存在した天体までの距離は 130 億光年です。しかしながら、宇宙の膨張による引き伸ばしを考慮した共動距離では、130 億年前に存在した天体までの距離は 285 億光年となります。このため、遠方の天体では「今から 130 億年前に存在した、285 億光年かなたにある天体」という説明がしばしばされます。本記事でもそのような説明となります。

では、赤方偏移に基づいた、これまでの遠方の天体の記録はどうなっているのでしょうか？ウェブ宇宙望遠鏡が稼働する直前において、観測史上最遠を記録したのは「HD1」という天体でした。この天体は赤方偏移が $z=13.27$ という値であり、これは今から 134 億 8000 万年前に存在した、地球から 334 億光年にある天体であることを意味します。その後、ウェブ宇宙望遠鏡が稼働すると、すぐに「GLASS-z13」と「GLASS-z11」が発見されました。遠い方である GLASS-z13 は、今から 134 億 8000 万年前に存在した、地球から 333 億 1000 万光年にある天体で、HD1 よりもわずかに近くにあります。



【▲ 図 3: 今回発見された最も遠い天体である CEERS 93316 の画像とスペクトル。赤外線のうち、波長の短いフィルターでは写っておらず、約 2 μ m より長い波長では写っています (Credit: C. T. Donnan, et.al.)】

今回発表されたプレプリントに登場するいくつかの天体の赤方偏移の値は、これらを大きく超えました。

その中の 1 つ「CEERS 93316」という天体の赤方偏移の値は、 z =約 16.74 でした。これは今から 135 億 7000 万年前に存在した、地球から 348 億 1000 万光年かなたにある天体であることを意味します。

この分析結果により、CEERS 93316 は観測史上 1 位の遠い天体となりました。ウェブ宇宙望遠鏡は、天文学史上最も遠い天体を観測した望遠鏡として、早速名前を刻んだこととなります。

しかしながら、今回の成果は、単に最遠記録を塗り替えただけに留まりません。大きなポイントが 2 つあります。まず、今から 135 億 7000 万年前という、極めて古い時代に存在する天体を観測したことです。これは、この天体が宇宙誕生からわずか 2 億 3000 万年後に存在したことを意味します。ウェブ宇宙望遠鏡で観測できたという事実から、この天体は恒星が集まった銀河の初期形態である可能性が高いと見られます。つまり、宇宙誕生から 2 億 3000 万年の間に、恒星が複数形成され、銀河という集団になったことを意味します。このような進化のスピードは、物質の量や密度の揺らぎなど、初期宇宙の状態や宇宙物理学の論理的制約となります。

	名称	距離	時代	赤方偏移	発見年	備考
1	CEERS 93316	348.1億光年	135.7億年前	$16.74^{+0.17}_{-0.31}$	2022年	観測史上最も遠い天体
2	CEERSJ141946.35+525632.8	338.7億光年	135.1億年前	$14.3^{+0.4}_{-1.1}$	2022年	
3	CEERS 40079	338.6億光年	135.1億年前	$14.28^{+0.46}_{-1.55}$	2022年	
4	HD1	334.0億光年	134.8億年前	$13.27_{(best\ fit)}$	2022年	元1位
5	GLASS-z13	333.1億光年	134.8億年前	$13.1^{+0.8}_{-0.7}$	2022年	元2位
6	CEERS 6486	330.4億光年	135.6億光年	$12.56^{+1.34}_{-0.42}$	2022年	
7	CEERS 17487	329.7億光年	134.5億年前	$12.42^{+0.27}_{-0.21}$	2022年	
8	HD2	329.0億光年	134.5億年前	$12.3_{(best\ fit)}$	2022年	元3位
9	CEERS 21901	328.3億光年	134.4億年前	$12.16^{+1.19}_{-0.67}$	2022年	
10	CEERS 35470	327.6億光年	134.4億年前	$12.03^{+1.85}_{-0.64}$	2022年	
-	UDFj-39546284 (UDF12-3954-6284)	326.8億光年	134.3億年前	$11.9^{+0.3}_{-0.5}$	2011年	データが疑わしい
11	CEERS 127682	324.7億光年	134.1億年前	$11.52^{+0.44}_{-0.57}$	2022年	
12	CEERS 77241	322.4億光年	134.0億年前	$11.15^{+0.42}_{-0.91}$	2022年	
13	GN-z11	322.1億光年	133.9億年前	$11.09^{+0.08}_{-0.12}$	2016年	元4位・詳しく観測されている
14	CEERS 78598	321.7億光年	133.9億年前	$11.03^{+0.39}_{-0.46}$	2022年	
15	CEERS 30498	321.0億光年	133.8億年前	$10.91^{+0.43}_{-0.68}$	2022年	
16	GLASS-z11	320.9億光年	133.8億年前	$10.9^{+0.5}_{-0.4}$	2022年	元5位
17	CEERS 20311	320.3億光年	133.8億年前	$10.80^{+0.63}_{-1.04}$	2022年	
18	MACS0647-JD	319.6億光年	133.7億年前	$10.7^{+0.6}_{-0.4}$	2015年	元6位

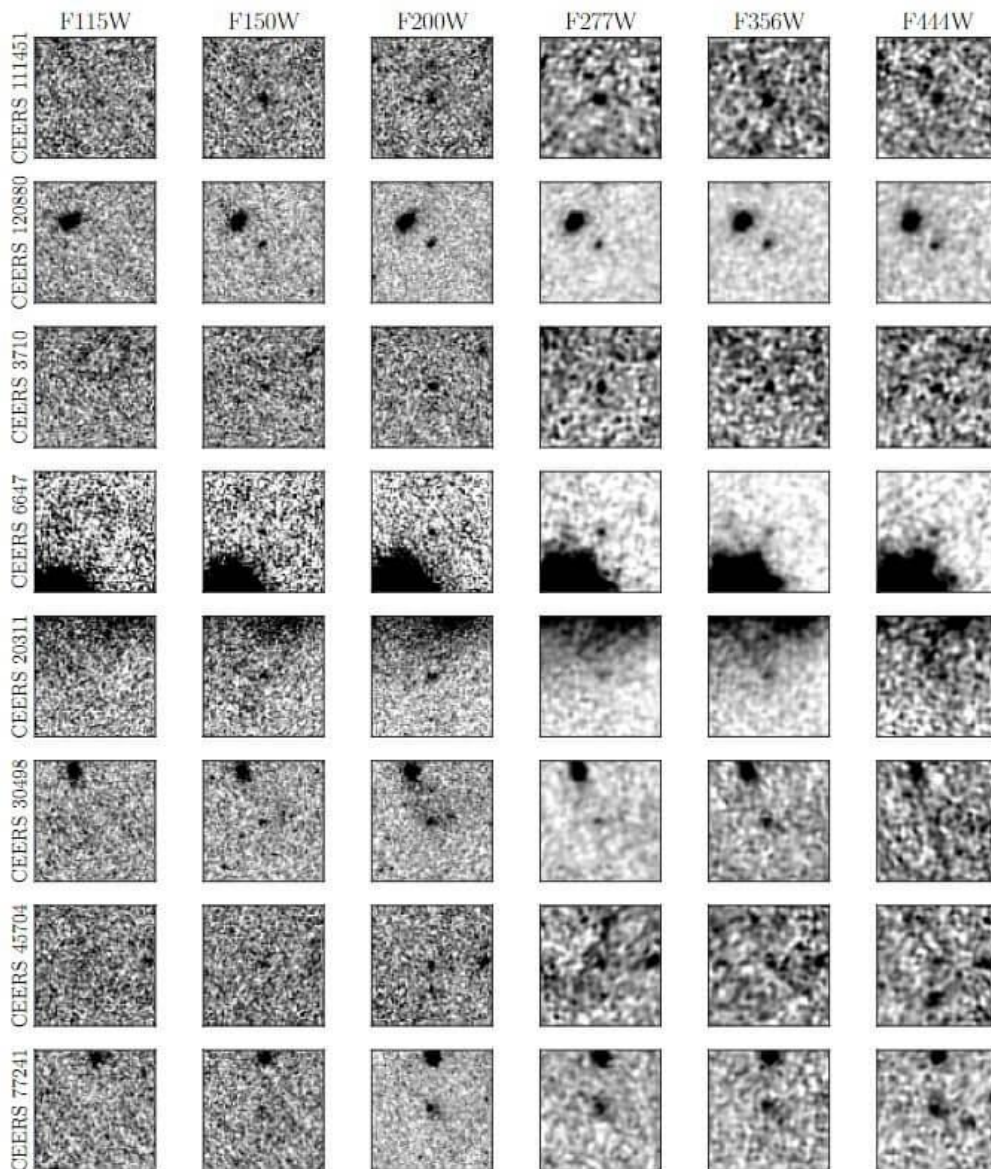
【▲ 図 4: 今回のプレプリント 2 本の内容を追加した、現時点での最も遠い天体ランキング。今回追加されたも

の (緑色) が大半を占めていることが分かります (Credit: 彩恵りり/sorae)】

次に大きなポイントは、CEERS 93316 と共に発見された天体が関係しています。上記の表をご覧ください。緑色にハイライトしたものは、今回の 2 本のプレプリントに関連する成果。そして青色は、その前に発表された GLASS-z13 と GLASS-z11 です。

従来の遠い天体ランキングの 1 位から 6 位 (備考の欄を参照) までの間に、緑色でハイライトされた新たな天体が大量に追加されているのが分かります。論文にはこの表に含めなかった、19 位以下の天体も記載されており、「最も遠い天体ランキング」は大幅に更新されました。

今回の論文の観測データは、満月の見かけの面積 (約 0.2 平方度) の 20 分の 1 未満 (6.1 平方分角) という狭い領域のデータに基づいているにもかかわらず、それでもこれだけ大量の遠方の天体を観測できたわけです。わずかな時間と観測範囲でこれだけ遠方の天体を観測できたのですから、観測データを更に積み重ねることで、初期宇宙についての理解がはるかにスピードアップすることでしょう。



【▲ 図 5: 今回の論文で観測された遠方の天体の画像で、これは全体のほんの一部です。左から右へと観測波長が長くなっており、多くの天体は短い波長では写っていません (Credit: C. T. Donnan, et.al.)】

今回の成果に限定しても、研究はここで終わりではなく、むしろ始まりだと言えます。今回の観測データは簡易的な分析に留まっているため、距離の根拠となる赤方偏移の不確かさが大きいままです。また、その明るさから銀河の初期形態と推定されていますが、科学的に厳密な態度で望むならば「CEERS 93316 の正体はまだ不明である」と述べるのが正確です。

発見した天体の正体を解明し、その性質をはっきりと調べるには、赤方偏移の値をより正確に測ることや、スペクトル分析による元素の種類や割合の特定、明るさから推定できる質量や直径など、様々な数値を明らかにする必要があります。そのためには、今回の観測結果を足掛かりに、より多くの観測と研究が進むことが期待されます。引き続き関心を持ちたい話題と言えるでしょう。

Source

[C. T. Donnan, et.al.](#) “The evolution of the galaxy UV luminosity function at redshifts $z \sim 8-15$ from deep JWST and ground-based near-infrared imaging”. (arXiv, astro-ph.GA)

[Steven L. Finkelstein, et.al.](#) “A Long Time Ago in a Galaxy Far, Far Away: A Candidate $z \sim 14$ Galaxy in Early JWST CEERS Imaging”. (arXiv, astro-ph.GA)

[Rohan P. Naidu, et.al.](#) “Two Remarkably Luminous Galaxy Candidates at $z \approx 11-13$ Revealed by JWST”. (arXiv, astro-ph.GA)

[NASA, ESA, CSA, Andi James \(STScI\).](#) “Galaxies’ Spectra: Detailed Information Delivered by Light”. (Webb Space Telescope)

[NASA-GSFC, Adriana M. Gutierrez \(CI Lab\).](#) “James Webb Space Telescope Artist Conception”. (Webb Space Telescope) 文／彩恵りり