

月面農業とは—レゴリスに植えた作物は正常に育つのか、宇宙農業との違いは

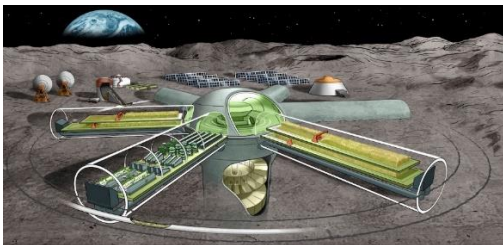
2023.11.14 14:41 [鈴木海斗 \(天地人\)](#)

宇宙ビッグデータを活用した無料 GIS プラットフォーム「[天地人コンパス](#)」を手掛ける天地人。本企画では、同社でインターンとして働く学生が、「学生視点」で宇宙ビジネスの注目点を解説します。

本記事では、農学部で野菜栽培を研究する鈴木海斗が「月面農業」に焦点を当てて説明します。また、私が所属する天地人が進めている「[月面アスパラガス](#)」についても、地球での農業を織り交ぜつつ紹介します。

月面農業とは？宇宙農業との違いは

そもそも宇宙農業とは、宇宙で食物を栽培する試みを指します。宇宙空間での食糧自給や、酸素供給、廃棄物の再利用、宇宙で生活する人のメンタルケアなどが目的です。詳しくは「[宇宙農業、レタスよりトマトが格段に難しい理由—NASA の『Veggie』プロジェクトを解説](#)」をご覧ください。世界各国で宇宙農業の取り組みが進んでおり、NASA が主導する宇宙ステーションでの野菜栽培を目標とする「Veggie」（ヴェジー）プロジェクトなどがあります。宇宙農業では、人工的な培地（植物が根を張る場所）や LED など用いた人工環境下で、植物を栽培することが前提となっています。Veggie プロジェクトでは現在も同様の人工環境下でトマトを栽培しています。一方の月面農業では、「月の土壌」に着目した研究が盛んです。航空宇宙開発機構（JAXA）が「[月面農場](#)」の実現に向けたプロジェクトを進めています。



JAXA の「月面農場」構想（出典：JAXA）

月の砂で作物は育つのか—実験結果は

2022 年には、NASA がアポロ計画で月から持ち帰った「レゴリス」を使用した植物栽培実験についての発表がありました。レゴリスとは、天体の表面に存在する堆積物を指していて、月のレゴリスはかなりきめ細かい砂のようなものです。同研究では、レゴリスを使って、「シロイヌナズナ」という植物を栽培しました。シロイヌナズナは、過去に沢山の研究者によって研究されており、全遺伝子が解読されています。生育障害など、植物への影響が見られたときに、影響を受けた部分がわかりやすいこと、種まきから 50 日で寿命を迎えるという手軽さにより、いまま世界中で研究材料として使用されています。実験では、シロイヌナズナをレゴリスに植えると、発芽には影響がなかったものの、その後の生育は強いストレスを受け、順調に生育しませんでした。日本でもレゴリスで植物を栽培する研究は行われています。名古屋大学発のスタートアップ [TOWING](#) は、作物の栽培が難しい土壌に「高機能ソイル技術」を使用することで、土壌改良を行うサービスを行っています。TOWING は、そのままでは栽培が難しいレゴリスに対しても同技術を適用することで、作物を栽培できる土壌に改良することを目指しています。つまり、月の土を使って作物を栽培することは現段階では難しく、「月面でのアスパラガス栽培」の実現もかなり厳しい道のりがあります。

月面アスパラガスの実現に向けて、まず地球での栽培に取り組んだ話

将来、月でのアスパラガス栽培を目指す「月面アスパラガス」。その実現への第一歩として、天地人の学生インターンのみで、地球上の栽培適地で美味しいアスパラガスを栽培する試みを始めました。結果は大成功だったのですが、地球上でのアスパラガスの栽培も困難の連続でした。

皆さんも農業の後継者問題を耳にしたことがあるでしょう。従事者の高齢化が進み、若い担い手が少なくなっています。そして現在、農業従事者一人あたりが耕す農地の面積が増え続けています。管理しなくてはいけない農地が急増することで手が回らなくなり、手入れされなくなった農地が「耕作放棄地」となっています。

私たちも、農地の取得にはかなりの苦勞を強いられました。最終的に、神奈川県川崎市の農地でアスパラガスを栽培することを決めました。その土地を選んだ理由は、私たちが通いやすく、栽培管理が簡単であったことのほかに、大消費地の近くで栽培し、鮮度劣化の激しいアスパラガスを採れたてで提供できるからです。

この理由から、都市圏での農業である「都市農業」を行うことを見据え、農地探しを始めたのですが、大学で農学を専攻しているだけではわからない、農業の難しさを痛感しました。農地を借りるため、川崎市役所の農政課に赴き、農地取得を試みました。しかし、空き農地があったものの地主が貸してくれず、頓挫しました。最終的には、多くの農地を管理する生産者のもとに何度も通い、信頼を勝ち取ることで農地の一角を借りながら、最初の月面アスパラガスの栽培をスタートすることができました。農地を借りた後にトラブルも私たちのように、新しく農業を始めたくてもなかなか農地を借りられない新規就農者の他にも、農地を借りた後にトラブルになるケースがあります。神奈川県の小田原で果樹を中心とした農業を営むある生産者の事例をお話します。地主から借りた耕作放棄地寸前の急斜面を開墾し、オリーブの苗木を植えていたのですが、6年後、本格的な収穫が始まる寸前になり、地主から「土地を更地の状態ですぐに返還してください」と一方的に言われたそうです。果樹は畑に樹を植えてから収穫が始まるまで長い年月を要しますが、やっと本格的な収穫が始まるオリーブの木の伐採を余儀なくされました。この生産者は40代と農業界では若い方で体力的にも余力がありましたが、せっかく耕作放棄地を開墾したのに残念な結果となりました。宇宙を目指し、まずは地球でアスパラガスの栽培データを蓄積したい私たちとしても、この「土地」に関する問題は他人事ではありません。天地人のミッションである「宇宙ビッグデータで人類の文明活動を最適化」を達成するために、私たちは、農業界の問題と向き合いながら、月面でのアスパラガスの安定栽培を目指します。

<https://uchubiz.com/article/new31977/>

国際宇宙ステーション、デブリ回避で900m上昇-ロシア補給船で押し上げ

2023.11.14 12:00 [塚本直樹](#)

[国際宇宙ステーション \(ISS\)](#) が11月10日、[宇宙ゴミ \(スペースデブリ\)](#) を回避するために軌道マヌーバを実行したことが [ROSCOSCOMの公式Telegramアカウント](#) で明かされた。

報告によれば、ISSに接続されたロシアの補給船「Progress」がエンジンを噴射。エンジンは5分(316秒)噴射され、ISSを約900m上昇させた。今回の軌道マヌーバによる、Space Exploration Technologies (SpaceX) の補給船「[Dragon](#)」によるドッキングへの問題は発生していない。

ISSは1999年~2022年12月にデブリを回避するために32回の軌道マヌーバを実行。2023年8月には1か月に2回を追加し、2023年夏の最終報告では37回にまで増加している ([NASAレポート=PDF](#)) 。



(出典: NASA/ESA-T. Pesquet)

https://news.biglobe.ne.jp/entertainment/1116/tec_231116_4287056846.html

国際宇宙ステーションの外で作業していたクルー 工具バッグをうっかり手放し宇

宙のチりに (米)

2023年11月16日(木) 5時0分 [Techinsight](#)

It's just slightly less bright than Uranus, the seventh planet from the sun.



Loral O'Hara during the spacewalk on Nov. 1, 2023
NASA Johnson Space Center

国際宇宙ステーションの船外でメンテナンス作業をしていた宇宙飛行士の手から、使っていた工具の入っていたバッグが手から離れてしまった(画像は『New York Post 2023年11月13日付「NASA astronauts drop tool bag during spacewalk — here's how you can see it」(NASA Johnson/SWNS)』のスクリーンショット) [写真を拡大](#)

今月1日、国際宇宙ステーションの船外で作業をしていたクルーが、船内に戻る際に工具の入ったバッグを落としてしまったことをNASA(アメリカ航空宇宙局)が報告した。現在、このバッグは宇宙空間を漂っており、その場所も追跡できているという。双眼鏡などを使えば地球からもそのバッグを確認できる可能性があることを、米ニュースメディア『New York Post』などが報じた。

このほど国際宇宙ステーション(以下、ISS)の船外で作業を行ったのは、NASA宇宙飛行士のジャスミン・モグベリさん(Jasmin Moghbeli)とローラル・オハラさん(Loral O'Hara)だ。2人は船外において、太陽を追跡して発電を行い、ISSに電力を供給する太陽電池の部品を取り替えるメンテナンス作業を行っていた。

この他に、通信用の電子装置を取り外して収容する作業もあったが、船外で活動できる時間が迫ってしまい、この作業は行えなかった。そして6時間42分にわたる作業を終えた2人が船内に戻ろうとした時、工具の入ったバッグが誤って手から離れてしまった。このバッグは2人のもとから遠く離れてしまったため回収することができず、NASAは“紛失した”と報告している。幸いなことに、紛失したバッグは以降の作業に必要なものではなかった。ISSの外に設置したカメラが宇宙空間を漂うバッグの位置を捉えており、宇宙管制センターがその軌道予測を行った。その結果、今後ISSに接触する危険性は低く、ISSやクルーに危険はないとした。

天体事象に関する情報を掲載しているウェブサイト「EarthSky」によると、このバッグは現在、地球の軌道上を移動しているという。バッグは非常に明るく、実視等級(肉眼、またはそれと同様な感度をもつ装置で見た場合の星の明るさの等級)は約6等級とされている。この等級では肉眼で見るとは暗すぎるが、双眼鏡を使えば地球からも観測できる可能性があるそうで、バッグが地球の大気圏に入って崩壊してしまうまでの数か月間は観測ができるとされている。欧州宇宙機関(ESA)の宇宙飛行士であるメガンヌ・クリスチャンさん

(Meganne Christian)は今月5日、自身のXアカウントで、工具の入ったバッグがジャスミンさんの手から離れていく瞬間を捉えた動画を公開した。その投稿には、日本人宇宙飛行士の古川聡さんが、富士山上空を漂っていたバッグを見つけたのが最新の目撃情報であると書かれている。また、ハーバード・スミソニアン天体物理学センターの天文学者ジョナサン・マクダウエルさん(Jonathan McDowell)は、バッグは415×416キロの軌道で地球の周囲を回っていると、自身のXアカウントで説明している。さらに、このバッグはアメリカ宇宙軍の軌道上にある人口物の分類システムにおいて、正式に「58229/1998-067WC」と指定・分類されているという。今回のニュースには、「私もガレージでよく工具を落とすから、気持ちは分かる」「うちの裏庭にでも落ちてこないかな」「ここから陰謀論が生まれそうだ」「双眼鏡で見られるなんてすごい」「イーロン・マスクが回収するかも」など様々な反応が寄せられている。実は今回のように、工具が意図せず宇宙空間に放たれ

てしまったケースは過去にも発生していた。2008年、NASAの宇宙飛行士ハイディマリー・ステファニション＝パイパーさん(Heide Stefanyshyn-Piper)が、ISSの太陽電池パネルの詰まったギアを修理しようとした時、工具の入ったバッグが手から離れてしまい、地球の軌道に乗ってしまったケースが確認されている。

また2006年には、同じくNASAの宇宙飛行士であるピアーズ・セラーズさん(Piers Sellers)が、宇宙船を保護する熱シールドの補修のため、スライム状の物質をキッチン用品であるヘラを使って塗り付けていた。その際、ヘラがピアーズさんの手から離れてしまい、宇宙のチリとなっていた。

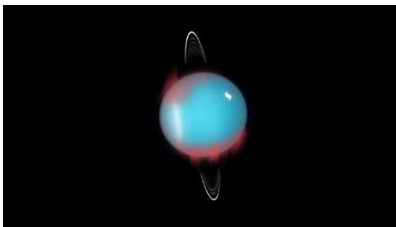
画像は『New York Post 2023年11月13日付「NASA astronauts drop tool bag during spacewalk – here’s how you can see it」(NASA Johnson/SWNS) (eol.jsc.nasa.gov/SWNS)』『Hindustan Times 2020年11月10日付「Ever wonder what happens when you open a jar of honey in space? Watch to find out」(Reddit)』のスクリーンショット、『European Space Agency, ESA 2012年8月16日公開 YouTube「ESA astronaut André Kuipers’ tour of the International Space Station」』のサムネイル (TechinsightJapan 編集部 iruy)

<https://sorae.info/astromy/20231116-uranus.html>

天王星で赤外線オーロラを初観測 高層大気や内部構造の解明への手掛かり

2023-11-16 彩恵りり

「天王星」は磁場の角度や位置に大幅なズレがあることで注目されている惑星です。この奇妙な磁場の解明のために、「オーロラ」の観測が手段として使用されます。レスター大学のEmma M. Thomas氏などの研究チームは、史上初めて天王星の赤外線オーロラの観測に成功しました。これは天王星の高層大気や内部構造を調べる上で重要なデータとなります。



【▲ 図1: 今回観測された赤外線オーロラの観測データを、実際の天王星の撮影画像に当てはめたもの。実際にこのように撮影されたわけではないことに注意 (Credit: University of Leicester (赤外線オーロラ) / NASA, ESA & M. Showalter (SETI Institute) (天王星))】

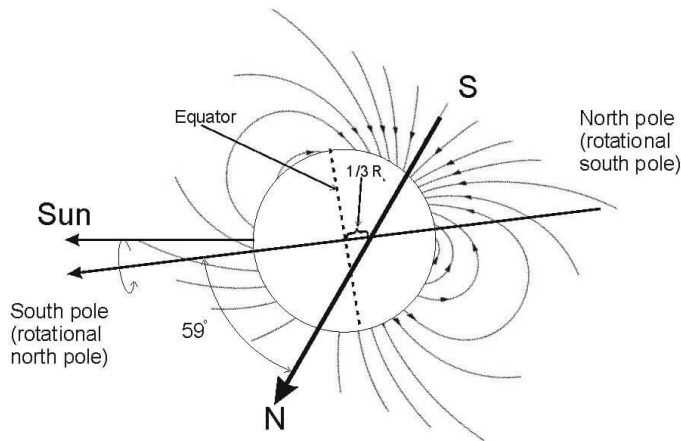
■複雑怪奇な天王星の磁場

地球の高緯度地域で観測される「オーロラ」は視覚的に美しいため一般にもよく知られていますが、惑星科学的にも重要な存在です。オーロラは太陽から放出される荷電粒子(電気を帯びた粒子)と大気を構成する分子との衝突によって発生するものであり、オーロラの色が様々であるのは、分子の種類や状態によって発生する電磁波の波長が違うためです。このため、オーロラは肉眼的に視認可能な可視光線だけでなく、目に見えない電波・赤外線・紫外線の領域でも発生しています。

オーロラの発生には大気分子と荷電粒子の衝突が必要ですが、荷電粒子は磁場によって弾かれてしまうため、荷電粒子は磁場が弱い場所である磁軸(磁場の軸)の極付近に集中します。地球を含むほとんどの天体では自転軸と磁軸がほぼ一致するため、多くの天体ではオーロラは高緯度地域でのみ発生する現象となります。

しかし、大きな例外の1つとして「天王星」が知られています。NASA(アメリカ航空宇宙局)の「ボイジャー2号」が1986年に天王星の接近探査を行った結果、磁軸は自転軸から59度も傾いているだけでなく、天王星の中心から3分の1もズレた場所を通過していることが明らかにされました。天王星は自転軸が98度も傾いた“横倒し”の惑星であることも考えると、なぜこのような磁場が存在しているのかは興味深い疑問です。

天王星の磁場を詳細に研究するのに最も適した方法は惑星探査機を送り込むことですが、これには膨大な予算と時間がかかります。これに代わる方法として、オーロラの観測によって磁場を間接的に測定する手段が検討されていますが、このためには様々な波長のオーロラを観測する必要があります。天王星のオーロラはこれまで紫外線領域で観測されたことはありますが、赤外線領域で観測されたことはありませんでした。これはデータに大きな穴があることになり、他の天体とオーロラや磁場を比較する上で大きな障害となります。



【▲ 図 2: 天王星の磁場の構造。磁軸は自転軸に対して 59 度ズレているだけでなく、中心から 3 分の 1 の場所を通過しており、これは他のタイプの惑星には観られない構造です (Credit: Ruslik0)】

■赤外線オーロラの観測に成功！

Thomas 氏らの研究チームは、W.M.ケック天文台の「ケック II 望遠鏡」で取得された天王星の観測データ約 6 時間分を調査し、赤外線オーロラが含まれていないかの調査を行いました。これまでの研究から、天王星の赤外線オーロラはプロトン化水素分子（水素原子が正三角形に配置された分子）によって発生する可能性が示されています。プロトン化水素分子は既に 1992 年に発見されていましたが、赤外線オーロラが発生しているのかは不明でした。これは、オーロラ以外の理由で発生しているとみられる赤外線に隠されているためです。プロトン化水素分子によって発生する赤外線を見つけるため、3.5 マイクロメートルと 4.1 マイクロメートルの波長で集中的にデータを調査しました。その結果、確かに赤外線オーロラが発生していることを示す観測的証拠を得ることに成功しました。天王星の赤外線オーロラの観測は史上初めてとなります。

今回の研究では、赤外線オーロラの発生状況はプロトン化水素分子の濃度を反映していることも判明しました。オーロラの発生状況は温度にも依存しますが、今回の分析結果からは温度変化はほとんどなく、濃度のみが変化していることが分かっています。プロトン化水素分子の生成量は、オーロラが発生する上層大気的环境によって変化するため、オーロラを通じてプロトン化水素分子の濃度を調べられることは興味深い発見です。

■観測結果は高層大気や内部構造の手掛かりに

自転軸と磁軸が大幅にずれている状況は、天王星とよく似た物理的性質を持つ海王星でも観測されています。また、天王星と海王星には、太陽から受け取る熱よりも、自身が放射する熱の方が多という別の謎もあります。熱源として疑われているものの 1 つにオーロラがあるため、今回の赤外線オーロラの観測は、熱源に関する謎を解明する可能性もあります。また、天王星や海王星に似た惑星は、太陽以外の天体の周りを公転する「太陽系外惑星」でも多数発見されています。今回の赤外線オーロラの観測手法が太陽系外惑星にも適用されれば、磁場の発生源となる内部構造の謎に迫れる可能性もあります。

Source

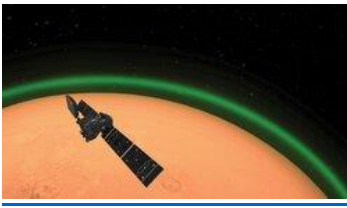
[Emma M. Thomas, et al.](#) "Detection of the infrared aurora at Uranus with Keck-NIRSPEC". (Nature Astronomy)

["Uranus aurora discovery offers clues to habitable icy worlds"](#). (University of Leicester) 文／彩恵りり

https://news.biglobe.ne.jp/it/1116/zks_231116_6989722938.html

火星の夜空を緑に照らす発光現象、初めて確認 欧州宇宙機構

2023年11月16日(木) 12時16分 [財經新聞](#)



火星の大気中での緑色の発光を検出する ESA の ExoMars Trace Gas Orbiter のイメージ。(c) ESA

[写真を拡大](#)

火星の夜は、暗闇の世界だけではないようだ。欧州宇宙機構 (ESA) は 10 日、ExoMars Trace Gas Orbiter (TGO) ミッションにより、火星の極致付近の大気中で、目視できるレベルの明るさの発光現象を初めて確認したと発表した。【こちらも】[ミネソタ州の蛇紋岩から火星大気生成機構を解明へ カルガリー大らの研究](#)

この発光現象は、晴れた空の下では人間が近くで見ることができ、探査車が暗い夜に移動できるほど明るい可能性があるという。同様の発光現象は地球上でも存在するが、火星の夜側で観測されたのは初めてのことだ。この夜光は、火星上空約 50km で 2 つの酸素原子が結合し、酸素分子を形成する際に発生するものだ。もう少し詳しく説明すると、夏の大気中で太陽光により、火星大気中の二酸化炭素分子が分解され、その結果生成された酸素原子が、風によって冬の高緯度へと移動。高度 40~60km の火星大気圏にまで運ばれ、酸素分子として再結合し、低高度で発光するものだ。ESA の TGO ミッションでは 2020 年に、昼間の火星上空で緑色に輝く酸素原子を検出していたが、昼光発光が地球以外の惑星の周囲で観測されたのは初めてのことだった。今回の発見でこの時の発光現象が夜でも起こっていることが確認されたわけだが、NASA が公表している最新データによれば、火星の大気の構成は、二酸化炭素が 96% で、酸素はわずか 0.13% に過ぎない。緑色の発光現象の元になった酸素は、二酸化炭素が分解されてできたものであることは間違いない。

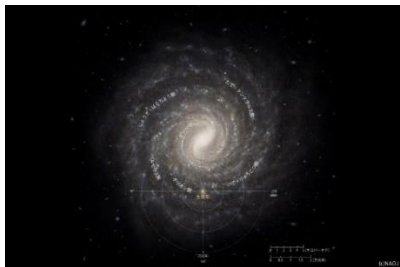
今回発見された発光現象は、オーロラとは機構が異なる別の現象だという。オーロラは太陽からの高エネルギー電子が上層大気に衝突する時に発生するもので、位置と時間によって発光の強さが変化する。これに対して今回観測された火星上空での発光現象は、酸素原子から酸素分子が結合される際に起こるもので、発光の強さは位置や時間による変化は少なく、より均一なものだという。それにしても火星の大気圧は地球の 0.75% 程度しかなく、大気が非常に希薄であるにもかかわらず、人間の目に見えるほどの明るさの発光現象が確認されたことは驚きに値する。実際に人類が火星に到達し、この光を直接目にする日が来る日も近いことだろう。

<https://news.mynavi.jp/techplus/article/20231115-2819037/>

太陽系は今より 1 万光年も銀河中心の近くで誕生した？ - 鹿児島大などが発表

掲載日 2023/11/15 13:25 [著者：波留久泉](#)

鹿児島大学、神戸大学、国立天文台 (NAOJ) の 3 者は 11 月 14 日、独自の理論モデルを用いて、天の川銀河における主要な元素の循環過程を調査した結果、太陽系が約 46 億年前に現在の位置よりも 1 万光年ほど銀河中心に近い領域で誕生し、長い年月をかけて現在の位置まで移動しながら進化してきたことが示唆されたと共同で発表した。また、天の川銀河全体における惑星材料物質の分布の予測にも成功し、同銀河の内側では大型の惑星が形成されやすい一方で、外側では水を豊富に含む小さな岩石惑星が多数できる可能性が示唆されたことも併せて発表された。



今回の研究の概念図。太陽系は現在、天の川銀河の中心から約 2 万 7000 光年(2 万 5000 光年前後、2 万 6000 光年弱など、複数の説があるが今回のリリースではこの値が採用されている)の位置にあるが、誕生時には 1 万光年ほど銀河中心に近かった可能性が高いという。(c)NAOJ(出所:神戸大 Web サイト)

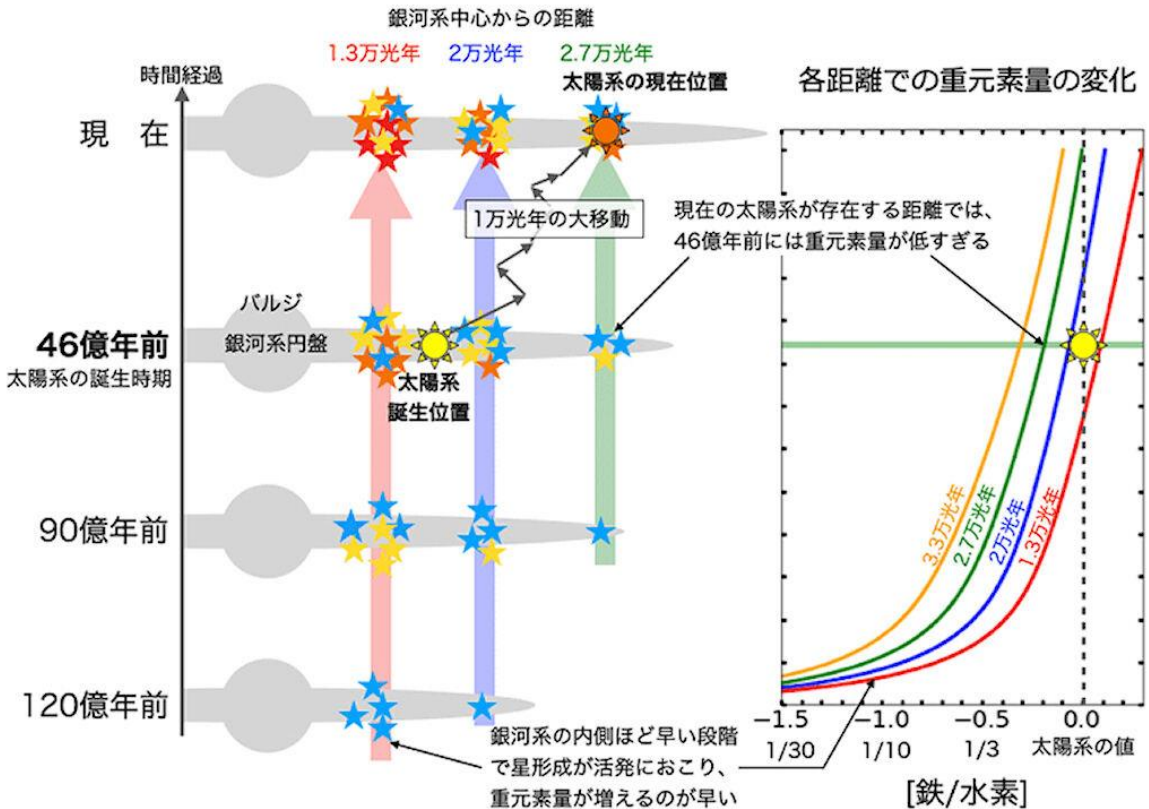
同成果は、鹿児島大 天の川銀河研究センターの馬場淳一特任准教授、神戸大大学院 理学研究科の齋藤貴之准教授、NAOJ 科学研究部の辻本拓司助教らの共同研究チームによるもの。詳細は、[英国王立天文学会が刊行する天文学術誌「Monthly Notices of the Royal Astronomical Society」に掲載された。](#)

軽い元素である水素やヘリウム、リチウムなど以外の元素は、恒星内の核融合や超新星爆発、中性子星同士の合体などで合成されてきた。これらの元素は星が生まれ変わるとに増加していくことから、こうした銀河内での元素の循環は「銀河化学進化」と呼ばれる。諸説あるが、太陽系は天の川銀河の中心からおよそ 2 万 4000 光年~2 万 7000 光年離れた“郊外”を、ほぼ円運動で公転しているとされるが、誕生時から現在の位置だったのかということ、そうではないという。太陽系の重元素(天文学ではリチウム以降の元素を重元素または金属と呼ぶ)の量が、約 46 億年前に現在の位置で誕生したにしては多いことが理由だ。元素の量は銀河の内側に行くほど多くなることから、近年、太陽系はもっと銀河中心に近い領域で誕生し、その後、今の領域にまで移動してきたのではないかと考えられている。そこで研究チームは今回、天の川銀河の化学進化の理論モデルを作り、太陽系が生まれた領域の解明を目指したという。そして同時に、天の川銀河のさまざまな場所で、どのような惑星系が誕生する可能性があるのかも予測したとする。酸素、マグネシウム、ケイ素の一部は、太陽よりも 10 倍以上の大質量星の内部で合成された後、一生の最期の重力崩壊型超新星爆発(II 型超新星爆発)を通じて宇宙空間にばらまかれる。また炭素の大部分は、太陽よりもやや重い星が「漸近巨星分枝星」(AGB 星)の段階に進化した際に生じる恒星風によって、宇宙空間に供給される。さらに、ケイ素の一部や大部分の鉄は、太陽と同程度の質量の星の末期に残る白色矮星が、伴星からのガスの降着や、白色矮星同士の合体を経て生じる Ia 型超新星爆発により、宇宙空間に放出されると考えられている。つまり、銀河内の重元素の供給過程は、どれだけの質量の星が、どの数だけ、そしてどれだけのペースで誕生したかで変わってくることになる。星形成の歴史によって、宇宙空間に存在する元素の組成が異なることから、同じ銀河内でも領域によって元素の種類と量に差異が生じる。特に、天の川銀河の中心部では重い元素が多く、活発な星形成が行われていることが示唆されている。そこで今回の研究では、このような異なる星の進化プロセス(II 型超新星、Ia 型超新星、AGB 星)を考慮した銀河化学進化モデルを構築し、約 46 億年前における太陽系の重元素組成に到達可能な領域を探索したという。その結果、46 億年までに太陽系の重元素組成に達するのは、銀河系中心から約 1 万 6 千光年の領域と判明。つまり、太陽系は現在よりも約 1 万光年ほど内側で形成された可能性が示唆されたとしている。

天の川銀河の内側領域は星形成活動が活発で、超新星爆発も頻発し、巨大なガス雲も多く存在する。もし太陽系が現在よりも中心の近くで生まれて留まり続けていた場合は、今よりも頻りに巨大ガス雲と遭遇したり、近隣の超新星爆発からの強力な宇宙線にさらされ、生命の誕生や進化に影響があった可能性があるとのことで、このような危険領域から脱出したことで、地球の生命は安全な環境で生存できるようになったことも考えられるという。さらに、天の川銀河の化学進化から、同銀河内で形成される惑星系の多様性の予測も得られたとしており、銀河系の内側ほど惑星系の材料物質が豊富なことから、鉄コアの大きな岩石惑星系が形成される可能性がある一方、外側では水の豊富な惑星系が誕生する可能性があるとする。もし太陽系がまったく異なる場所で誕

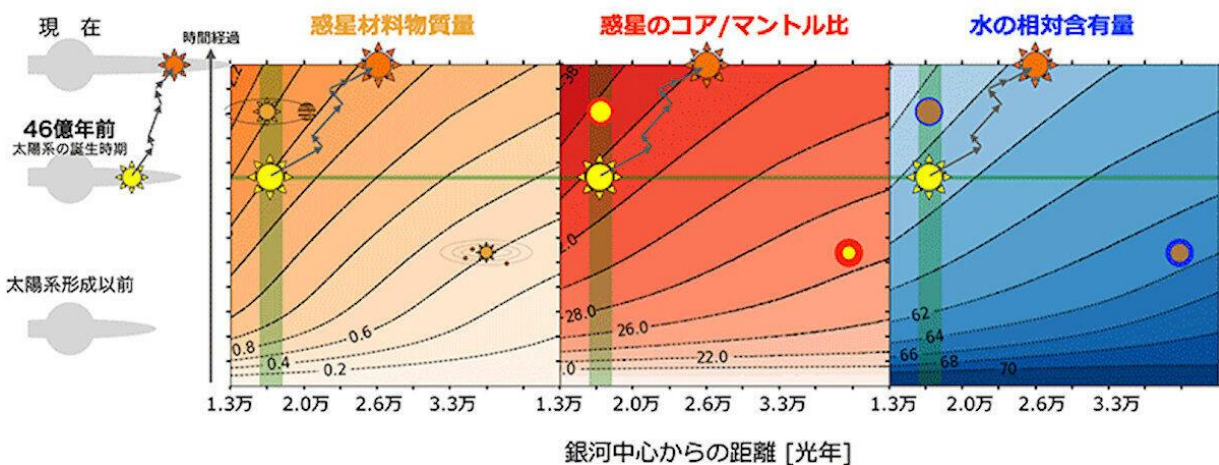
生していた場合、含まれる重元素の組成もまったく異なることが予想され、それに応じて惑星系の形成や生命の発生も異なっていたかもしれないとのことだ。

天の川銀河の成長と重元素量の変化の様子



(左)今回の天の川銀河の化学進化の理論モデル。(右)銀河系中心からのさまざまな距離における重元素(鉄と水素の割合)の時間変化の様子。天の川銀河は内側ほど早い時期に星形成活動が活発になり、重元素量が早い段階で増加した。重元素量の変化の様子を各距離ごとに計算して、太陽系が誕生した46億年前に太陽系の重元素量に到達する距離は、銀河系中心から1.3万光年~2万光年の間であることが見出された。現在、太陽系は中心から約2.7万光年の距離に存在するため、太陽系は誕生から46億年の間に約1万光年ほど外側に移動してきたと予測される(出所:神戸大 Web サイト)

天の川銀河の成長と期待される惑星系の性質の変化



今回の天の川銀河の化学進化の理論モデルに基づく、惑星材料物質の空間分布の時間変化の様子。(左)銀河系の内側ほど惑星材料物質の総量が多く、巨大ガス惑星を持つ惑星系が誕生しやすい可能性がある。(中)同じく内側ほど鉄の相対含有量が高く、大きな鉄コアを持つ岩石惑星が誕生しやすい可能性がある。(右)外側ほど鉄に対する

る酸素の相対含有量が高く、水を豊富に含む惑星が形成されやすい可能性があるという(出所:神戸大 Web サイト) 研究チームでは、太陽系の大移動には、天の川銀河の渦状腕構造や棒状構造の性質が密接に関わっていると考えているとする。そして今後、天の川銀河の詳しい構造や成り立ちが解明されることで、太陽系の大移動についての手がかりや疑問に対する答えが得られることが期待されるとしている。

<https://forbesjapan.com/articles/detail/67334>

2023.11.15

ダ・ヴィンチが発見した月の「地球照」を肉眼で見よう 今週の日没直後に



[Jamie Carter | Contributor](#)



地球照が三日月の「暗い側を照らしている」。2020年2月27日 (Getty Images)

自然界で三日月ほど繊細で美しい光景はあまりない。今週、日没後の空をその三日月が支配する。

今週の水曜日から週末にかけて、月は極細の三日月から、より太く明るい三日月へと満ちていく。そしておそらく、今週最も魅力的な光景は「ダ・ヴィンチの輝き」だろう。

「ダ・ヴィンチの輝き」とは

三日月の光っていない側に見られる微かな光を「ダ・ヴィンチの輝き (Da Vinci glow)」と呼ぶ。これを最初に観測したイタリアの天文学者レオナルド・ダ・ヴィンチにちなんで名づけられた。

一般にダ・ヴィンチの輝きは「地球照」と呼ばれている。それはこの現象を起こしているのが月ではなく、地球だからだ。地球照は地球の雲や氷に反射した太陽光が月を照らし、かすかな輝きを生み出す現象だ。

観察できるのは、月が細い三日月でいるときだけであり、今週は毎晩見ることができる。地球照の明るさは雲や氷の状態が変わるため年中変化していると NASA は説明している。

「ダ・ヴィンチの輝き」を見る場所と時間

11月13日月曜日が新月だったため、14日火曜日には輝面比わずか4%の極細の三日月が、日没直後の南西の空、地平線のすぐ上に現れたが肉眼では見ることが困難だった。

実際に三日月と「ダ・ヴィンチの輝き」すなわち地球照を見るべきタイミングを以下に示す。日没後に少し高い空に現れるのでずっと見やすい。

- ・11月16日木曜日：輝面比10%の満ちていく三日月 (夕暮れの空)

- ・11月17日金曜日：輝面比18%の満ちていく三日月と地球照 (夕暮れの空でいて座の星々とともに)

- ・11月18日土曜日：輝面比27%の満ちていく三日月と地球照 (夕暮れの空でいて座の星々とともに)

「地球照」を見るのに最適な日時は、17日金曜日の日没から30分ほど過ぎた頃だろう。理論的には、地球照は常に存在しているが、月の輝面比が25%を超えるあたりからは、明るい月の光にかすかな地球照が圧倒されてしまうため、見るのが困難になっていく。

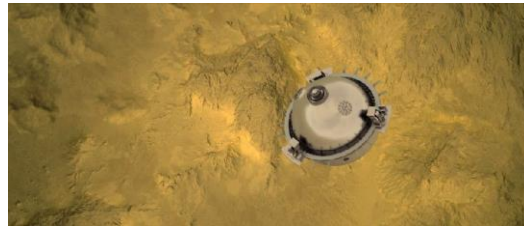
「ダ・ヴィンチの輝き」を見る方法

「ダ・ヴィンチの輝き」は肉眼でも十分に見ることができるが、もし双眼鏡を持っているのならのぞいてみる価値がある。月の明るい部分と暗い部分の境界近くのクレーターや山々に影が作られているところが見えるだろう。そして双眼鏡を月の暗い縁に向ければ、38万km彼方にある月の表面が、地球の氷冠と雲からやってきた光によって明らかにされているところを観察することができる。(forbes.com 原文) 翻訳=高橋信夫

金星で原子状酸素を検出、「地球との生命居住可能性の違い」を探る助けに



[Jamie Carter | Contributor](#)



NASA の探査機マゼランとパイオニア・ビーナス・オービターの観測データを用いて作成した金星の合成画像 (NASA/JPL-Caltech)

NASA の DAVINCI+ ミッションが金星に送り込む予定の直径 1m の探査機 (NASA GSFC visualization by CI Labs Michael Lentz and others)

金星の大気中に原子状酸素が存在していることを、現在は運用を終了した米航空宇宙局 (NASA) の望遠鏡の新たな観測データが示唆している。以前からその存在が推測されていたが、金星の昼側で直接検出されたのは今回が初めてだ。学術誌 Nature Communications に 7 日付で掲載された、今回の研究をまとめた論文によると、金星の昼側では、二酸化炭素や一酸化炭素が太陽光にさらされて分解し、酸素が生成されることが明らかになった。この酸素は、金星の大気循環パターンによって夜側にも運ばれている。

今回の発見は、金星と地球の大気がこれほど異なっている理由を科学者らが解明する助けになるとともに、金星への将来の宇宙探査計画を後押しするに違いないと、研究チームは述べている。現在、3つの金星探査計画 (後述) が浮上している。原子状酸素は、金星大気中の高度約 97km で見つかった。観測は 2021 年 11 月、NASA の遠赤外線天文学成層圏天文台 (SOFIA) を用いて実施された。ボーイング 747 型航空機に口径 2.5m の天体望遠鏡を搭載した SOFIA は、2022 年 9 月に運用を終了している。

有毒な大気

金星は岩石質であり、地球と同じくらいの大きさで、太陽からの距離と炭素の存在量も地球とほぼ等しい。だが、現在の金星は厚い硫酸の雲に覆われ、地球大気の 50~90 倍も濃い大気を持っていることが、1960 年代以降に惑星科学者らによって明らかにされた。金星大気の主成分は二酸化炭素と窒素だ。雲の温度は約 30 度である一方、金星の表面は約 480 度と、鉛が溶けるほどの高温に達する可能性がある。

暴走温室効果によって水がすべて蒸発してしまうまで、金星は生命生存可能だった可能性があるのではないかと、科学者らは考えてきたが、米シカゴ大学から今年発表された論文は、その説に疑問を投げかけている。論文のコンピュータシミュレーションでは、金星がどのようにして現在の大気を持つに至ったかの説明を試みた。その結果、生命が定着できるほど長期間にわたり、金星が水と温暖な気温を保持するための方法はほとんどないことが明らかになった。

[次ページ > 生命にとって過酷な金星と楽園の地球「違い」を探る意義](#)

金星のホスフィン

原子状酸素の検出はこれが初めてだが、おそらく最近の金星でのホスフィン (PH₃) 検出ほどワクワクはしないだろう。リンと水素からなる分子ホスフィンは、生命の痕跡と考えられている気体だ。最初に発見されたのは 2020 年で、今年の研究では微量のホスフィンが疑いなく、金星の大気中に存在すると考えられることが確認された。ホスフィンは、地球では可燃性の有毒ガスだ。金星では少なくとも、雲の最上部で奇妙な化学反応が起きていることの証拠となり、別の解釈をすれば、地球以外の惑星での耐酸性微生物の驚くべき発見というこ

とになる。今回の論文発表のわずか数日前には、木星の衛星ガニメデの表面に無機塩類と有機化合物が存在することを示唆する NASA 探査機ジュノーの最新観測データに基づく研究論文が発表されていた。

金星への再訪

金星についてさらに多くのことを明らかにするために、3つの新たな探査ミッションの準備が進められている。

- ・ NASA の DAVINCI+ (ダ・ヴィンチ・プラス) は、2029 年打ち上げ予定で、金星表面に向かって探査機を降下させる計画

- ・ NASA の金星ミッション VERITAS (ヴェリタス) は、2031 年打ち上げ予定で、周回軌道上から金星の火山の地図を作成する計画

- ・ 欧州宇宙機関 (ESA) の EnVision (エンビジョン) は、2030 年代初旬に打ち上げ予定で、周回軌道上から金星の内部構造を分析し、大気中の微量気体を測定する計画

類似の系外惑星

なぜ、どのようにして金星が生命の生存に適さなくなり、地球が生命の楽園になったのかを正確に知ることは、太陽系外惑星を研究対象とする惑星科学者らにとって極めて重要だ。結局のところ、遠く離れたところから観測すると地球に似ているように見える系外惑星が、実際には地球より金星に似ていることは大いにありうる。なので、もし Earth 2.0 (第 2 の地球) が特定されることがあるとすれば、金星と地球が生命居住可能性の観点からこれほど大きく異なるようになった理由と仕組みを正確に把握しておく必要がある。

(forbes.com 原文) 翻訳=河原稔

<https://forbesjapan.com/articles/detail/67305>

2023.11.14

7つの「灼熱惑星」持つ希少な恒星系、約 4670 光年先で発見



[Jamie Carter | Contributor](#)



太陽に似た恒星を 7つの惑星が公転する恒星系「ケプラー (Kepler) 385」を描いた想像図 (NASA/Daniel Rutter) [全ての画像を見る](#)

NASA のケプラー宇宙望遠鏡によって発見された系外惑星の最新カタログで明らかになった、7つの惑星を持つ恒星系「ケプラー385」の想像図 (NASA/Daniel Rutter)

太陽系外惑星を探索している研究チームが、7つの惑星を持つ珍しい恒星系の存在を確認した。2018 年に運用を終了した宇宙望遠鏡の観測データの詳細な分析に基づく研究結果だ。

ケプラー385

はくちょう座の方向約 4670 光年の距離にある、太陽ほどの大きさの恒星「ケプラー (Kepler) 385」は 2014 年当初から、複数の惑星を持つのではないかと考えられていた。米航空宇宙局 (NASA) のケプラー (Kepler) 宇宙望遠鏡の観測データに現れていたのだ。

今回の最新分析により、7つの惑星の存在が確認された。7つはすべて地球より大きい、海王星より小さい。主星から最も近い 2つの惑星は岩石質で、薄い大気がある可能性がある。

だが、[NASA](#)によると、7つの惑星はすべて、主星から受ける単位面積当たりの放射熱が、太陽系のどの惑星よ

りも高いという。これは、複数の惑星を持つ恒星系としては初めてのことだ。

高精度のリスト

科学誌 The Planetary Science Journal に掲載される、今回の研究をまとめた論文の筆頭執筆者で、カリフォルニア州シリコンバレーにある NASA のエイムズ研究センターの研究者サイエンティスト、ジャック・リサウアーは「ケプラー望遠鏡で発見された惑星候補とその性質を記載した、これまでで最も高精度のリストをまとめた」と説明する。「NASA のケプラーミッションは、既知の系外惑星の大半を発見しており、今回の最新カタログによって、天文学者らはそれらの系外惑星の特徴についてより多くのことを知ることができる」

ケプラーの遺産

ケプラー宇宙望遠鏡は、ハビタブルゾーンに地球サイズの惑星がある天の川銀河（銀河系）の恒星の割合を推算するために、20 万個近くの恒星を観測した。ケプラーミッションは 2009～2018 年に 2662 個の系外惑星を発見した後、技術的な問題が原因で運用を終了した。だが、科学者らは今後もその観測データを長年にわたって利用し続ける見込みだ。NASA によると、存在が確認された太陽系外惑星は 5500 個以上に上っている。

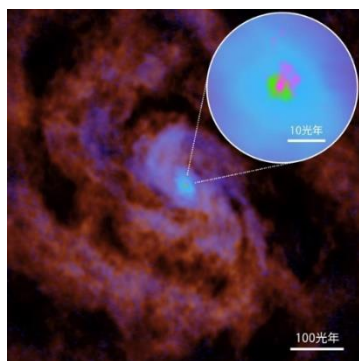
(forbes.com 原文) 翻訳=河原稔

https://scienceportal.jst.go.jp/newsflash/20231114_n01/

銀河中心ブラックホールの周囲、ガスの大半が循環 国立天文台など説明

2023.11.14

銀河の中心にある巨大ブラックホールに落ち込むガスが、実はブラックホールの成長にはほとんど使われず流れ出た後、再び落ち込んで循環していることを解明したと、国立天文台などの国際研究グループが発表した。日本が主導する南米チリのアルマ望遠鏡の観測で、天の川銀河の至近にある「コンパス座銀河」を詳しく調べ、ガスの流れの仕組みを解明する中で分かった。



アルマ望遠鏡で観測したコンパス座銀河の中心部。高密度分子ガス円盤（緑色の領域）の大きさは直径約 6 光年ほどで、高解像度で初めて明確に捉えた（アルマ望遠鏡、泉拓磨氏ほか提供）

観測結果に基づく想像図。巨大ブラックホールに落ち込むガスは流れ出た後、大半が再び落ち込んで循環している（アルマ望遠鏡、泉拓磨氏ほか提供）

ブラックホールは極めて強い重力を持つ超高密度の天体。一般相対性理論で、周囲の時空がゆがみ、光さえ脱出できないとされる。重い恒星が一生の終わりに大爆発を起こし収縮してできる。また、多くの銀河の中心には質量が太陽の 100 万倍以上の巨大ブラックホールがある。ブラックホールの質量は、周囲から落ち込むガスの流れ「降着」によって増す、つまり成長すると考えられているが、その仕組みや出入りするガスの量などの詳細は分かっていなかった。研究グループはアルマ望遠鏡を使い、地球からの距離が約 1400 万光年と比較的近いコンパス座銀河の中心付近を約 1 光年の高解像度で観測。ガスの流れや構造を、分子や原子、プラズマを捉えることによって詳しく調べることに初めて成功した。その結果、数光年のサイズの円盤状の高密度ガスで、中心の巨大ブラックホールへと落ち込む「降着流」を捉えた。さらに、その仕組みにも迫った。ガス円

盤の重力は、圧力で支えきれないほど大きいと、円盤は潰れて安定して運動できなくなる。そこでガスが中心のブラックホールへと落ちていく、「重力不安定」と呼ばれる現象が起きていることを突き止めた。

降着流のガスの量は、このブラックホールなど銀河の中心の活動を支える必要量の30倍にも及ぶが、大半は外へと流れ出てしまい、ブラックホールの成長に寄与していなかった。流れ出たガスの多くは低速のためブラックホールの重力から脱出できず、再び落ち込んで循環していることが分かった。

研究グループの国立天文台の泉拓磨助教（電波天文学）は「巨大ブラックホール研究で、一つの記念碑的な成果となった。成長を包括的に理解するには、より遠くにあるさまざまな巨大ブラックホールを多角的に調べる必要があり、高解像度、高感度の観測が必須だ」としている。

研究グループは国立天文台、鹿児島大学、東京都立大学、東京大学、理化学研究所、東北大学、欧州南天天文台で構成。成果は米科学誌「サイエンス」に3日掲載された。

https://news.biglobe.ne.jp/it/1112/zks_231112_3712657955.html

NASA の新宇宙望遠鏡が原始ブラックホールを発見する？ カリフォルニア大らの研究

2023年11月12日（日）9時16分 [財經新聞](#)



ナンシー・グレース・ローマン宇宙望遠鏡 (c) GSFC/SVS [写真を拡大](#)

ブラックホールには銀河中心にある超大質量ブラックホールや、大質量恒星の終末期に誕生する恒星ブラックホール、はたまたこれらの中間的質量をもつ中間質量ブラックホールなど様々な規模のものが存在している。

【こちらも】[宇宙初期に生まれた子宇宙が原始ブラックホールへと変貌か 東大が新理論提唱](#)

原始ブラックホールは、それらのどれにも属さず、宇宙誕生初期に誕生した可能性を故スティーブン・ホーキング博士らが主張している。これは、宇宙で未解明のままになっているダークマター問題の解決策にもなる可能性を秘めている。銀河の運動は、物質以外の観測できない質量を想定しないと説明ができない。この仮想的存在をダークマターと呼び宇宙全質量の約28%を占めると想定され、物質が占める割合は5%に過ぎないとされる。原始ブラックホールのサイズは、既存ブラックホールと同等のものもあれば、極端な例では、原子や電子サイズで存在してもおかしくない。だが現時点では仮想上の存在であり、最初の1個を見つけ出すことが極めて重要な課題だ。カリフォルニア大学らの科学者は、NASAが開発中のナンシー・グレース・ローマン宇宙望遠鏡により、地球質量サイズのブラックホールの存在を確認可能だとする論文を、プレプリントサーバーarXivで公開した。地球質量サイズの重力マイクロレンズを個別に検出することは不可能だが、数百もの重力マイクロレンズ集団がもたらすレンズ効果の持続時間を捉え、その特徴を把握することは可能だという。

つまり重力レンズ効果の持続時間分布を新宇宙望遠鏡で捉え、重力マイクロレンズ群の分布状況が分かれば、ダークマターの存在分布地図を描けるかもしれないという。論文では浮遊惑星の存在を捉えることも可能としており、新宇宙望遠鏡は浮遊惑星発見にも貢献しそうだ。もし地球質量サイズの重力マイクロレンズが発見できれば、それは既存のブラックホールとは発生メカニズムが全く異なるので、原始ブラックホールである可能性は高い。だが断言するためには、まだまだ多くの客観的な証拠集めが必要になる。原始ブラックホール第1号発見が報じられるのは、いったいいつの日になるのだろうか？

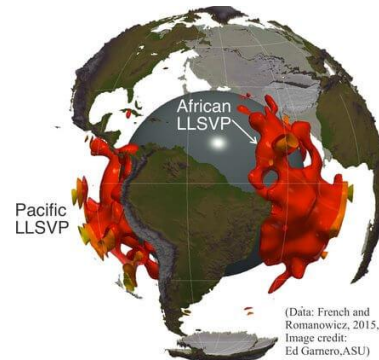
<https://sorae.info/astrometry/20231114-llvp.html>

地球のマントル深部にジャイアントインパクトの痕跡？「LLVP」が「テイア」の

残骸である可能性が示される

2023-11-14 [彩恵りり](#)

地球の衛星「月」は、太古の大衝突「ジャイアントインパクト」で生成されたと考えられていますが、直接的な証拠を見つけるのは困難です。アリゾナ州立大学の Qian Yuan 氏などの研究チームは、地球のマントル深部に存在する巨大な塊「LLVP」が、ジャイアントインパクトで衝突した微惑星「テイア」の残骸ではないかとする結果をシミュレーションにより明らかにしました。この研究が正しい場合、成因が明らかになっていない月と LLVP の両方を説明できることとなります。



【▲図 1: ジャイアントインパクトの想像図 (Credit: Hernán Cañellas)】

【▲図 2: LLVP の分布図。LLVP は太平洋とアフリカ大陸の下側に、2 つの塊に分かれて存在しています (Credit: Edward Garner)】

■「ジャイアントインパクト」は証明の難しい難題

「月」は地球唯一の自然衛星であり、夜空でもひととき目立つほど巨大です。太陽系全体を見渡しても、月は 5 番目に大きな衛星であり、周回している惑星との直径比・質量比は太陽系最大です。月と同程度の大きさの他の衛星は、地球よりずっと大きな惑星にあることを考えると、月がどのように地球の衛星として誕生したのかは長年の謎となっています。長年の研究により有力視されているのは「ジャイアントインパクト」という仮説です。誕生直後の地球に火星程度の大きさの微惑星「テイア」が衝突するジャイアントインパクト（巨大衝突）が発生し、生じた破片の一部が月になったという説です。

現状では、地球や月の岩石を調べたり、他の形成シナリオと共にシミュレーション研究を行うことで、ジャイアントインパクトが正しいと考えられています。しかし、ジャイアントインパクトのエネルギーは膨大であり、衝突時の痕跡は地球の表面付近には残っていないと考えられているため、ジャイアントインパクトの痕跡が表面付近に存在するとは考えられていませんでした。

■マントル深部に存在する巨大な塊「LLVP」

一方で地球科学の発達により、1980 年代に地球の中心核とマントルの境目付近である下部マントル深部に「LLVP」と呼ばれる巨大な塊が存在することが明らかにされました。地球の深部を掘って確かめることは現状の技術では不可能なため、地球の深部の様子は「地震波トモグラフィー」と呼ばれる地震波を使った手法で調べられます。LLVP は “Large low-shear-velocity provinces” の略であり、直訳すれば「大規模低剪断速度領域」という意味であるように、この場所では周辺と比べて地震波の速さが遅い傾向にあります。

LLVP の面積は大陸に匹敵し、厚さは最大で 1000km にもなるため、マントルの 8%、地球全体の 6% を占めるほどの巨大な塊です。加えて、LLVP は太平洋とアフリカ大陸の下側と、2 つの塊に分かれています。このため、LLVP は地球誕生時よりも後に生成されたことを示唆しています。しかし、LLVP の起源は未だによくわかっていません。現在最も有力な仮説としては「プレートテクトニクスで沈み込んだ海洋地殻の残骸」という説が提唱されていますが、一方で「テイアの残骸」とする説も次点候補として上がっていました。

■LLVP はティアの残骸である可能性がシミュレーションで明らかに

Yuan 氏らの研究チームは、地球とティアの衝突をシミュレーションし、その結果として LLVP が形成されるのかどうかを調べました。月の石の分析結果から推定すると、LLVP には周辺のマントルと比べて鉄が多く、密度が高いと推定されます。Yuan 氏らのシミュレーションからは、ティア由来の物質は周辺のマントル物質と比べて 2.0~3.5%密度が高いことが示唆されます。今回のシミュレーション結果では、LLVP の現状と同じく、地球に衝突したティアの残骸が 2 つに分裂し、下部マントルの深部に沈み込むことが明らかにされました。

また、LLVP が塊として存在する理由も明らかにされました。もしジャイアントインパクトの際に発生した熱が多い場合、ティアの残骸は完全に融けてしまい、その後のマントル循環でマントル物質と混ざってしまいます。しかし今回のシミュレーションでは、下部マントルまでは熱がさほど伝わらないことが明らかにされました。この場合、紅茶に沈み込んだジャムのように、下部マントルに沈み込んだティアの残骸はマントル循環の中でもマントル物質と混ざらず、塊のまま存在します。これは、LLVP が下部マントルの深部で塊として存在する現状と一致します。このため Yuan 氏らは、LLVP がティアの残骸である可能性は十分にあると考えています。この研究結果が正しい場合成因が明らかになっていない月と LLVP の両方を説明できることとなります。

■マントル循環に影響するかが次の研究課題

LLVP を直接採集し分析することは、当面は技術的に不可能なため、この研究結果を確かめるためには、LLVP が存在することによって発生する間接的な影響を調べる必要があります。

Yuan 氏らは、LLVP が存在することによるプレートテクトニクスへの影響について調査を行うことを次の研究課題としています。LLVP がティアの残骸である場合、LLVP は太古の地球に存在したこととなります。この場合、プレートテクトニクスの原動力となるマントル循環に影響を与えた可能性は否定できず、従って大陸形成のような地球表面のダイナミクスにも大きな影響を与えます。Yuan 氏らは、LLVP の存在とプレートテクトニクスの影響に関するシミュレーションを行うことで、今回の研究結果の妥当性を検証する予定です。

Source [Qian Yuan, et al.](#) "Moon-forming impactor as a source of Earth's basal mantle anomalies". (Nature)
[Lori Dajose.](#) "The Remains of an Ancient Planet Lie Deep Within Earth". (Caltech) 文／彩恵りり

<https://sorae.info/astromy/20231117-horsehead-nebula.html>

ESA のユークリッド宇宙望遠鏡が撮影したオリオン座の「馬頭星雲」

2023-11-17 [sorae 編集部](#)

こちらは「オリオン座」の方向約 1375 光年先にある有名な暗黒星雲「馬頭星雲 (Horsehead Nebula)」とその周辺の様子です。画像の中央やや左下に写っている雲の形が馬の頭に似ていることから名付けられました。



【▲ 欧州宇宙機関 (ESA) の Euclid (ユークリッド) 宇宙望遠鏡で撮影された「馬頭星雲」 (Credit: ESA/Euclid/Euclid Consortium/NASA, image processing by J.-C. Cuillandre (CEA Paris-Saclay), G. Anselmi)】暗黒星雲はガスと塵が高密度に集まっている天体です。向こう側にある天体から放射された可視光線を塵が遮り、地球からはその場所が暗く見えることから「暗黒」星雲と呼ばれています。オリオン座の方向には「オリオン座分子雲」と呼ばれる広大な星形成領域があり、馬頭星雲はその一部を成しています。

この画像は ESA の「Euclid (ユークリッド) 宇宙望遠鏡」の「可視光観測装置 (VIS)」と「近赤外線分光光度計 (NISP)」で取得したデータをもとに作成されました。Euclid は可視光線だけでなく人の目では捉えられな

い赤外線の波長でも観測を行うため、画像の色はデータ取得時の波長に応じて着色されています（700nm 付近を青、1.1 μ m 付近を緑、1.7 μ m 付近を赤で着色）。

“馬の頭”の背後を染める青い輝きは励起した水素ガスが放つ光で、本来であれば人の目には赤く見えます。その手前にある馬頭星雲も人の目には暗く見えるのですが、ここでは塵や分子ガスの豊富な領域が赤く着色されているため、まるで夕日に染まった大地にたたずむ赤毛の馬を思わせます。

2023年7月に打ち上げられた Euclid 宇宙望遠鏡は、暗黒エネルギー（ダークエネルギー）や暗黒物質（ダークマター）の謎に迫ることを目的に開発されました。数十億個の銀河の画像化を目指す Euclid の観測データをもとに、暗黒物質が形成したと考えられている宇宙の大規模構造に沿って分布する銀河の立体地図を作成することで、宇宙の膨張を加速させていると考えられている暗黒エネルギーについての理解も深まると期待されています。冒頭の画像は Euclid ミッションにおける初のフルカラー画像の一つとして、ESA から 2023年11月7日付で公開されました。天文学者は Euclid の観測で得られたこの領域の新たなデータから、木星と同程度の質量がある形成途中の惑星や、恒星と惑星の中間的な性質を持つ褐色矮星、誕生したばかりの若い星を発見することを望んでいるということです。

Source [ESA](#) - Euclid's view of the Horsehead Nebula

文/sorae 編集部

<https://wired.jp/article/the-euclid-space-telescopes-spectacular-first-photos-of-distant-and-hidden-galaxies/>

2023.11.09

“隠された銀河”から馬頭星雲まで、ユークリッド宇宙望遠鏡が初めてとらえた銀河

の美しい姿が明らかに

2023年7月に打ち上げられた欧州宇宙機関（ESA）の宇宙望遠鏡「ユークリッド」が、最初の科学観測画像を地球に送り届けた。「隠された銀河」から美しい馬頭星雲、無数の星々が密集した球状星団など、息をのむような画像の数々を紹介しよう。



ユークリッド宇宙望遠鏡が捉えたペルセウス座の巨大銀河団の様子。PHOTOGRAPH: ESA

ペルセウス座銀河団に属する銀河。その背後に数万個の銀河が見える。PHOTOGRAPH: ESA

「IC 342」として知られる大きな渦巻銀河は、天の川銀河の塵に覆われた円盤の後ろに隠れている。

PHOTOGRAPH: ESA

「NGC 6822」と呼ばれる不規則な形をした小さな銀河の端の画像。PHOTOGRAPH: ESA

欧州宇宙機関（ESA）の[宇宙望遠鏡「ユークリッド」](#)のミッションを主導する科学者たちが、[打ち上げ](#)からほんの4カ月で撮影された息をのむような最初の科学観測画像を公開した。これらの新たな[宇宙](#)写真には、ペルセウス座内の巨大銀河団、「隠された銀河（Hidden Galaxy）」と呼ばれるもの、不規則な構造の銀河、無数の星々が密集した球状星団、美しい馬頭星雲が含まれる。どれも宇宙の広大な構造の壮大な概観を明かすものだ。これらのユークリッド初の画像は、ドイツのダルムシュタットにある欧州宇宙運用センターにおけるイベントで、ミッションを主導する研究者たちが11月7日（米国時間）に発表した。画像を紹介したのは、ESAの科学プログラムのトップであるキャロル・マンデルである。

「本日は象徴的な日です。わたしたちのミッションのエンジニアリングにおけるすべての中間目標を達成し、ついに科学ミッションを始めることができるようになりました」と、マンデルは語っている。

マンデルと彼女のチームは、宇宙の大規模な構造の研究におけるこの宇宙望遠鏡の可能性を強調した。「ユークリッドがわたしたちにもたらす知見、特に[ダークマター（暗黒物質）](#)とダークエネルギーが本当のところ何なのかを理解するための知見を楽しみにしています」と、ESAのジョセフ・アッシュバツハー長官はコメントしている。「これは大きな達成です。最初の画像は素晴らしいものです。質と精度の点で期待通りなので、わたしたちは後のミッションに対して大きな期待を抱いています」と、ユークリッド・コンソーシアムの副リーダーでフランスの原子力・代替エネルギー庁パリ＝サクレ研究所の天体物理学者であるフランシス・ベルナルドは、イベントの前日に『WIRED』の取材に語っていた。

その驚くべき感度

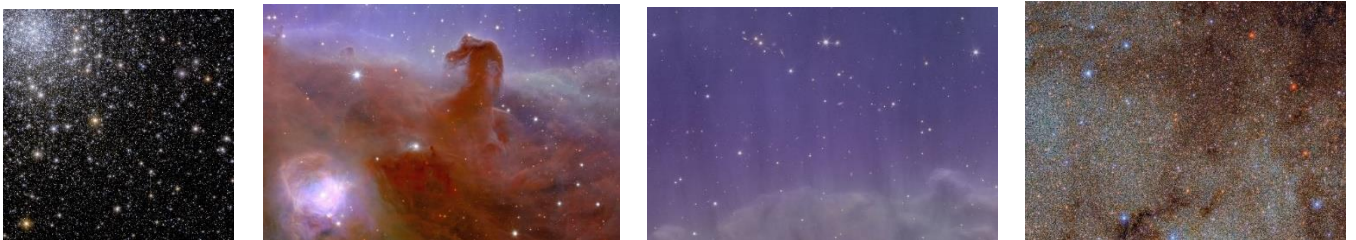
これらの画像はユークリッドのミッションの手始めにすぎない。この望遠鏡は10年後までにこうした銀河数十億個を調査し、全天のおよそ3分の1にあたる15,000平方度以上を解析することで、100億年前までの宇宙の時間を振り返る計画だ。これらの画像を組み合わせることで、宇宙が存在する期間の大半にわたる前例のない三次元の眺望が生み出される。

この新世代の宇宙写真は、光学式と近赤外線波長による撮影を同時にこなすユークリッドの2つの観測装置の感度を示すものにもなるだろう。また、対象物のスペクトルの計測や、さまざまな波長で放たれる光の強度のグラフ化も進められる。これらの観測結果により、対象物の距離と化学組成などが明らかになるわけだ。

ペルセウス座銀河団の画像（上）の細部は、ユークリッドの能力と可能性を示している。銀河団の引力と見えないダークマター粒子の引力が、約200の銀河をつなぎとめているのだ。

この銀河団は、より大きなネットワーク、つまり1,000個ほどの銀河が外周部を周る超銀河団、銀河の拡大家族のようなもの的一部分でもある。別の数万個の銀河が画像の背景に潜んでおり、ユークリッドがいかにより多くの対象を一度に観測できるかを示している。WATCH

ユークリッドは、光学望遠鏡では観測が難しいことから「隠された銀河」とも呼ばれる渦巻銀河「IC 342」と「Caldwell 5」（上）のような個々の対象物の細部をとらえることができる。この銀河の星々とダストがユークリッドにこれほど鮮明に写るという事実が、赤外線画像の利点を示している言っている。ダストで可視光線をさえぎる[天の川銀河](#)の赤道の向こうに淡い銀河が隠れていても、観測することが可能なのだ。



球状星団「NGC 6397」には、老いも若きも何十万もの星が含まれている。PHOTOGRAPH: ESA

恒星の苗床である象徴的な馬頭星雲。PHOTOGRAPH: ESA

馬頭星雲が現れるガスと塵の雲のクローズアップ。PHOTOGRAPH: ESA

この銀河とわたしたちの属する銀河には華やかな渦巻腕が見られるが、たいていの銀河は実際のところ、もっとずっと小さく、不規則な構造になっている。そのひとつが、上の画像に写る「NGC 6822」と呼ばれる銀河だ。この密集した銀河のような矮小銀河が数十億年をかけて、より大きな銀河の構成要素となることがある。上の画像に写っている「NGC 6397」のような球状星団は、通常は数十万の星が引力で結ばれたものだ。しかし、銀河とは異なり、そこにダークマターはない。こちらは2番目に地球に近い球状星団で、7,800光年の距離にある。誰もを魅了するのが、オリオン座の一部であり「バーナード33」とも呼ばれる馬頭星雲だ（その美しい「育星場」を写すために、米航空宇宙局（NASA）の[ジェイムズ・ウェッブ宇宙望遠鏡](#)と[ハubble宇宙望遠鏡](#)も用いられてきた）。ユークリッドがとらえた2枚の画像が下のものである。

ユークリッド宇宙望遠鏡の科学ミッションが開始されるなか、より多くのこのような画像が銀河の形成と発展の仕組みをより深く理解し、宇宙が [どれほどの速さで膨張しているか](#) を研究し、天体に及ぼす引力の作用と宇宙論的作用を通して間接的にしか調べられないダークマターとダークエネルギーの謎めいた性質を研究しようとする天体物理学者たちの取り組みを助けることだろう。ユークリッドは視野の広さの点で、ジェームズ・ウェッブ宇宙望遠鏡と大きく異なっている。ジェームズ・ウェッブ宇宙望遠鏡の強みは、天空の広範囲の観測よりも、より遠く、より焦点を絞った個々の対象の画像を得られる点にある。NASA ジェット推進研究所 (JPL) の天体物理学者で、ユークリッドのミッションに関する NASA の協力プロジェクトの担当科学者であるマイケル・サイファートは、ダークマターのレンズ効果を受けた銀河を調べることを楽しみにしているという。遠く離れた歪められた銀河の多くは、今回の「IC 342」の新画像より不鮮明な小さなぼやけた点としてしかとらえられない。しかし、それらがダークマターの物理学に及ぼす影響は大きいと、サイファートは指摘する。「高度な角分解能とともに広範な視野も有するデータの絶大な規模に圧倒されています。わたしたちは今後何年もの間、データの海で溺れることになると考えています」

解像度は地上の望遠鏡により得られるものより、3~5 倍も鮮明だという。また、画像の解像度はジェームズ・ウェッブ宇宙望遠鏡のものより低いものの、ユークリッドは広い範囲を 100 倍速く観測できる。

本格的な観測開始に高まる期待

[ジェームズ・ウェッブ宇宙望遠鏡と同様に](#)ユークリッド宇宙望遠鏡も、地球の軌道から 150 万 km 向こうの「ラグランジュ点 (L2)」と呼ばれる地点から天体を観測する。今年 7 月下旬に目的の地点に到着した後、ESA のミッション管制室のエンジニアリングチームは膨大なテストを実施し、機器を調整し、計画通りに機能するようにした。そして、これから得られるものを示唆する一面の銀河が写った [テスト画像データ](#) を 7 月 31 日に公開したのである。そして 8 月には、正確で安定した方向指示を送るよう設計された望遠鏡の精密誘導センサーに関する問題に直面した。これらの光学センサーは可視波長観測装置の視野のそばの天空をとらえるためのものだが、[宇宙線](#) がセンサーに当たったことで、画像撮影とナビゲーションに用いる天体指標であるガイド星を断続的に見失ってしまったのである。新たなフライトソフトウェアのアップデートとアップロードを経て、エンジニアリングチームは問題は解決したと結論づけた。この問題によりチームの進行は僅かに遅れたが、ミッションへのさらなる影響はないと見込んでいると、天体物理学者のベルナルドは説明している。いまのところユークリッドのチームは機器の調整作業を続けており、この望遠鏡による科学ミッションは 1 月に本格的に開始される予定だ。来年には最初の 50 平方度の観測に基づくデータを公開し、続いて 1 年目のデータを公開する。それまでには画像だけでなく、新たな宇宙論研究も発表できるだけの広範囲の空を観測し終えていることだろう。 ([WIRED US](#)/Edit by Daisuke Takimoto) ※『WIRED』による [宇宙の関連記事はこちら](#)。

<https://forbesjapan.com/articles/detail/67333>

2023.11.16

内部の天体がチラチラ瞬く「クリスマスツリー銀河団」、NASA が画像公開



[Jamie Carter | Contributor](#)



クリスマスツリー銀河団「MACS0416」の画像（NASA, ESA, CSA, STScI, Jose M. Diego (IFCA), Jordan C. J. D'Silva (UWA), Anton M. Koekemoer (STScI), Jake Summers (ASU), Rogier Windhorst (ASU), Haojing Yan (University of Missouri)）

銀河団 MACS0416 の画像に写る、背後にある銀河が重力レンズで拡大された像（NASA, ESA, CSA, STScI, Jose M. Diego (IFCA), Jordan C. J. D'Silva (UWA), Anton M. Koekemoer (STScI), Jake Summers (ASU), Rogier Windhorst (ASU), Haojing Yan (University of Missouri)）

ハッブルとジェームズ・ウェッブという最も名が知られている 2 基の宇宙望遠鏡の観測データを合成して作成した、壮大な画像が公開された。遠方銀河の大規模な集団同士が時空世界で衝突合体し、より巨大な集団を形成しつつある様子を捉えた画像だ。

ハッブル宇宙望遠鏡（HST）は主に可視光で観測する一方、ジェームズ・ウェッブ宇宙望遠鏡（JWST）は赤外線で見える赤外線は、地球の大気圏内で検出するのが難しい。

宇宙最大の天体

HST と JWST のデータをフィルターで合成して作成した、息をのむほど美しいこの画像は、広大な銀河団「MACS0416」を撮影したもの。[NASA](#)によると、銀河団は、重力によって互いに束縛された多数の銀河からなる集団で、知られている宇宙で最大の天体だ。目を見張るような美しさのこの最新画像は、[オンラインでズーム](#)機能を使って詳細に調べることができるほか、解像度 4457x4133 ピクセル（約 18 万画素）の画像を誰でもフリーでダウンロードできる。MACS0416 は、太陽系から 43 億光年という途方もない距離にある。

クリスマスツリー銀河団

今回の研究成果をまとめた 2 件の論文のうち一方の筆頭執筆者で、米ミズーリ大学コロンビア校のハオジン・ヤンは「MACS0416 はクリスマスツリー銀河団と呼ばれている。とてもカラフルだけでなく、内部にチラチラと瞬く光源があるからだ」と話す。「至るところに突発天体が見られる」突発天体は、観測される光度が時間とともに変化する天体だ。両宇宙望遠鏡の観測データに基づき、2 件の独立した論文が発表され、一方は[専門誌](#) The Astrophysical Journal に、もう一方は[専門誌](#) Astronomy & Astrophysics にそれぞれ掲載された。

広範囲にわたる眺望

[NASA](#)によると、今回の合成画像は、これまでに撮影された最も広範囲にわたる宇宙の眺望の 1 つだという。画像に写っているのは MACS0416 だけでなく、背景にある無数の完全に無関係な銀河だ。

[次ページ > 銀河団の巨大な重力による「宇宙の虫眼鏡」重力レンズ効果](#)

さらには小さな、引き伸ばされた線も複数写っている。これらの線は、重力レンズ効果の証拠だ。重力レンズは、前方にある天体の重力場が非常に強いために、天体の周囲の空間が歪められることで起こる現象。これにより、背後にある天体からの光が曲げられ、円環状の像ができることで、背後の天体の存在が明らかになるとともに、拡大された像が得られる。「アインシュタインリング」や「宇宙の虫眼鏡」とも呼ばれている。重力レンズは、途方もなく遠方にある天体の探索と研究を行う手段として、ますます有用性が高まっている。

ハッブルの遺産

JWST の観測データを収集した、PEARLS（再電離とレンズ科学のための主要な銀河系外領域）プロジェクトの研究責任者で、米アリゾナ州立大学のロジェ・ウィンドホーストは「ハッブルの遺産を足がかりに、より遠方へ、より暗い天体へと押し進むことによって、研究を前進させている」と[話す](#)。「ウェッブとハッブルのデータを組み合わせることによって初めて全体像が明らかになる」

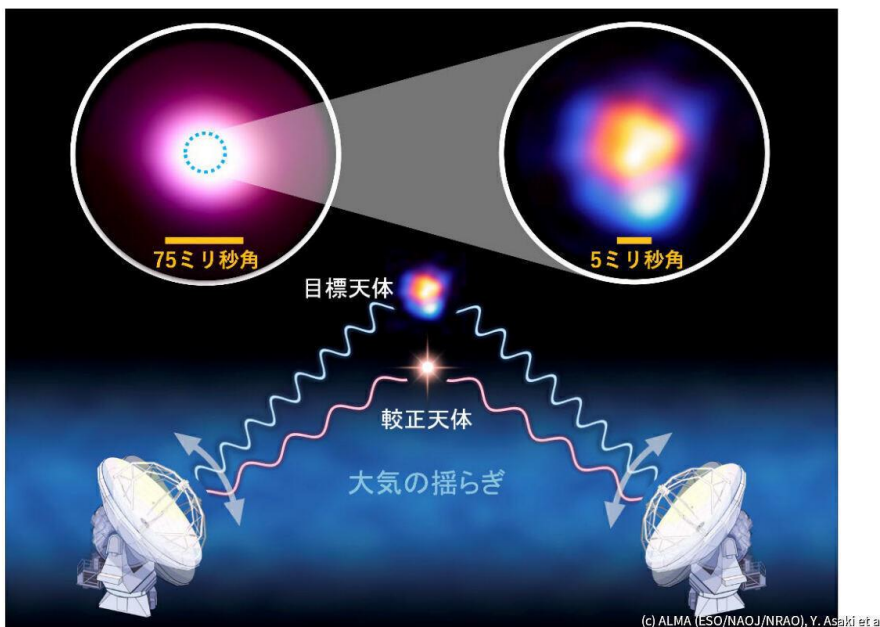
[\(forbes.com 原文\)](#) 翻訳＝河原稔

<https://news.mynavi.jp/techplus/article/20231116-2819932/>

国立天文台、アルマ望遠鏡が運用以来の最高解像度“視力 1 万 2000”達成を発表

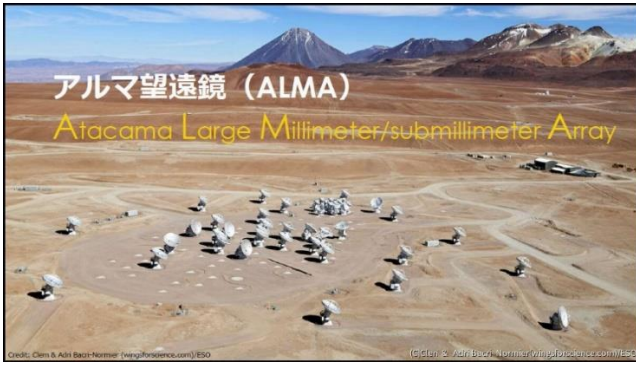
掲載日 2023/11/16 18:59 著者：波留久泉

国立天文台(NAOJ)は 11 月 15 日、アルマ望遠鏡において、NAOJ が担当する最高観測周波数「バンド 10 受信機」と、アンテナ間距離 16.2km の最長基線長を有するアンテナ配列を組み合わせ、運用開始以来の最高解像度でこれまでの 2 倍となる角度分解能「5 ミリ秒角」(=72 万分の 1 度、視力に換算すると 1 万 2000)を実現する技術試験を行い、クエーサーや銀河系の恒星進化の末期段階にある天体(進化末期星)を同解像度で観測することに成功したことを記者会見で発表した。同成果は、チリの合同アルマ観測所、NAOJ、米国国立電波天文台、欧州南天天文台(アルマ望遠鏡は日米欧の協力に建設され、運用されている)などの天文学者が中心となった最適化・性能拡張チームによるもので、会見には NAOJ アルマプロジェクトの朝木義晴准教授、同・廿日出文洋准教授が出席した。詳細は 2 本の論文にまとめられ、[1 本目は米天体物理学専門誌「Astrophysical Journal Supplement Series」に 2023 年 7 月 20 日に掲載され、2 本目は会見同日に、米天体物理学専門誌「The Astrophysical Journal」に掲載された。](#)



アルマ望遠鏡の最高解像度観測を実現するために試験された B2B 法のイメージ。目標天体の近くの較正天体を低い周波数で観測し、その観測量で目標天体の観測誤差を補正する技術だ。右上の白丸で囲った画像は、B2B を採用してバンド 10 受信機と最長 16.2km の最長基線長のアンテナ配列で観測し、アルマ望遠鏡が実現可能な最高解像度 5 ミリ秒角で撮像したうさぎ座 R 星。オレンジは星表面からのサブミリ波放射、青は 891GHz のシアン化水素レーザー放射。左上の白丸で囲った画像はバンド 10 受信機と最長 1km の基線長のアンテナ配列の組み合わせで観測し、解像度 75 ミリ秒角で撮像した同星の星表面とシアン化水素レーザーの放射。解像度が粗いため、2 つの放射は区別できない(c) ALMA (ESO/NAOJ/NRAO), Y. Asaki et al.(出所:NAOJ 配付資料)

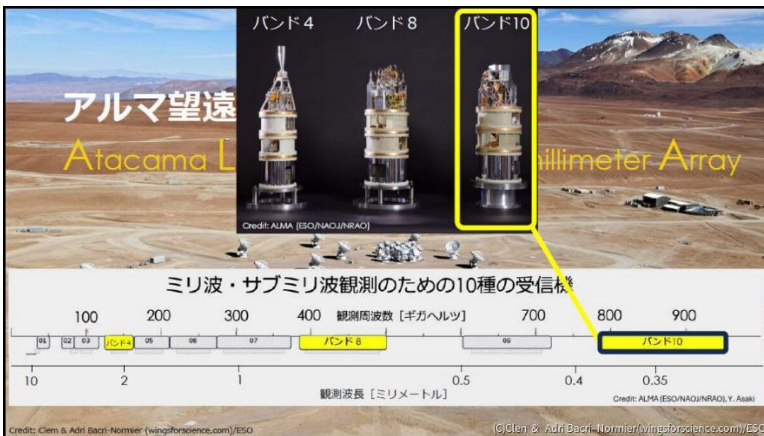
アルマ望遠鏡で最高解像度を達成するには、10 ある観測周波数のうち、NAOJ が担当する 3 つのうちの一つである同望遠鏡の中でも最も高いバンド 10(950GHz)を用いるかつ、66 台あるアンテナ同士の距離(基線長)を最大の 16.2km まで離すことが必要である。これまでは 10 ミリ秒角(視力 6000 相当)だったが、このバンド 10 と 16.2km の最長基線長により、角度分解能 5 ミリ秒角・視力 1 万 2000 が実現される。しかし、その組み合わせによる観測は天候条件の選択や観測誤差の補正が困難で、特に後者については新しい観測技術を導入しなければ達成できなかったという。



アルマ望遠鏡の空撮画像。全 66 台のアンテナで構成される電波望遠鏡 (C)Clen & Adri Bacri-Normier(wingsforscience.com)/ESO (出所:NAOJ 配付資料)

そのため、干渉計装置を本来の性能で動作させるには、各アンテナで受信した信号から大気による観測誤差を精度良く取り除くことが求められていた。そこで、アルマ望遠鏡では時々刻々と変化する大気に起因した観測誤差を除去するため、観測目標天体とその近くにある別の「較正天体」を交互に観測し、較正天体の観測量をもとにして目標天体の観測誤差を補正する仕組みを備えている。

この較正天体を用いる手法は優秀だが、観測したい目標天体の近くに必ず較正に適した天体があるとは限らないという点が難点だとされている。アルマ望遠鏡で較正天体として利用されているのはキューサーで、銀河中心の超大質量ブラックホールが活発に活動し、中心部の明るさがその銀河全体の星の明るさの総量よりも明るいという活動銀河核の一種である。キューサーにはサブミリ波で明るく輝くものもあり、さらにその中にはアルマ望遠鏡の高解像度で観測しても点源としてしか映らないものがあるが、そうした天体が較正天体として利用される。ところが、観測周波数が高くなるほどキューサーは暗くなるため、バンド 10 で利用できる較正天体は数が少なく、目標天体近くで見つけるのが難しくなるほか、干渉計の観測誤差も観測周波数に比例して大きくなる。さらに、アンテナ同士の距離が遠く離れることで各アンテナが大気の異なる場所を通して観測することになり、観測誤差がより大きくなるため、較正天体が目標天体近くにあることの必要性がさらに高まるという。これらの理由から、アルマ望遠鏡が最高周波数と最長基線長を組み合わせた最高解像度で観測を行うには、観測目標天体の近くで較正天体を見つけやすくする必要があったとした。



アルマ望遠鏡の各アンテナには 10 種類の受信器があり、NAOJ は、バンド 4、バンド 8、バンド 10 の 3 種類の受信器の開発を担当した (C)Clen & Adri Bacri-Normier(wingsforscience.com)/ESO (出所:NAOJ 配付資料) そこでアルマ望遠鏡で採用されたのが、日本発の技術である「Band-to-Band(B2B)法」。1998 年に、NAOJ 野辺山宇宙電波観測所にて「将来のミリ波・サブミリ波干渉計の観測誤差補正技術」として成功した技術であり、その責任者は今回の会見で技術的な説明を行った朝木准教授で、「25 年前の大学院生時代のことなので、今回のアルマ望遠鏡での B2B 法の実現にはとても感慨深いものがある」と述べていた。



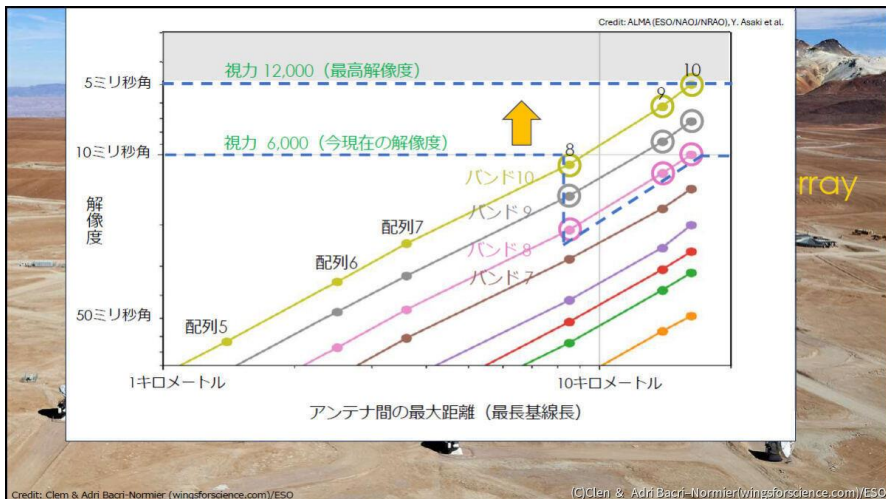
会見に出席した NAOJ アルマプロジェクトの廿日出文洋(はつかで・ぶんよう)准教授。研究成果の持つ意義についての説明を行った

B2B 法とは、目標天体はバンド 10 で観測し、較正天体の観測にはより低い観測周波数のバンド 7(300GHz)が利用される方法で、バンド 10 に比べてバンド 7 で観測できるクエーサーの数は圧倒的に多いため、観測目標の(天球上での)近くに較正天体を見つけやすくなる。B2B 法は、近年になってアルマ望遠鏡で採用されたわけではなく、建設当初から将来の高周波数観測を想定し、あらかじめハードウェアと基本的なソフトウェアを実装していたというが、実際に利用可能なレベルに仕上げるには技術的に容易ではなく、長らく実現できなかったとする。そこで、B2B 法を実証した朝木准教授が 2015 年に国立天文台に籍を移したことから 2017 年にアルマプロジェクトにおいてその開発責任者となり一旦仕切り直して開発が再スタート、今回の成功に至ったとした。



アルマ望遠鏡の全 66 台のアンテナは配置を換えることが可能。(左)最も離れたアンテナ同士の距離(=最長基線長)が 1km の場合、密集している。(右)最長基線長が 16.2km の場合のアンテナの配列 (C)Clen & Adri Bacri-Normier(wingsforscience.com)/ESO (出所:NAOJ 配付資料)

なお、B2B 法の実現にはさまざまな最適化も併せて行われ、2020 年にバンド 9 受信機と 14km の最長基線長の組み合わせで 7 ミリ秒角の解像度が達成されたことから、いよいよバンド 10 受信機と最長基線長 16.2km のアンテナ配列を組み合わせた技術実証に挑むことにしたとしている。また、5 ミリ秒角の視力 1 万 2000 は、4km 先に落ちている毛髪 1 本を識別できるほか、約 38 万 km 彼方の月から地球を見た時に高さ 10m の木を識別できるレベルだとした。



縦軸に解像度、横軸にアンテナ間の最大距離(最長基線長)を取った、バンドごとに達成できる解像度の比較。従来の解像度では、視力 6000 までしか達成できていなかったが、今回バンド 10・最長基線長 16.2km による最高解像度の視力 1 万 2000 が達成された (C)国立天文台 (出所:NAOJ 配付資料)

そしてこの性能を持って、地球からおよそ 1535 光年離れた恒星進化の終末段階にある赤色巨星「うさぎ座 R 星」を観測ターゲットとした最終的な試験観測が実施された。選定理由としては、サブミリ波の放射が明るく、確実にアルマ望遠鏡で検出可能であることに加え、視直径が 10~20 ミリ秒角程度のため、5 ミリ秒角の解像度の有意性のデモンストレーションに最適だったことが挙げられるという。

実際の天体での 5 ミリ秒角解像度の実証試験

うさぎ座 R 星 (R Leporis) [アール・レポリス]

- ・ 赤色巨星
- ・ 地球からの距離：およそ1538光年

サブミリ波の放射が明るく確実にアルマ望遠鏡で検出可能

星の視直径が10-20ミリ秒角程度で、5ミリ秒角の解像度の有意性のデモンストレーションに最適

Aladin Sky Atlas うさぎ座 R 星の赤外線イメージ

視力 1 万 2000 の実証試験では、地球から約 1538 光年にある赤色巨星のうさぎ座 R 星の観測が行われた。下の画像は、同星の赤外線イメージ (C)ALMA(ESO/NAOJ/NRAO),Y.Asaki et al. (出所:NAOJ 配付資料)

同試験に先立って、点源キューサーの 1 つである「J2229-0832」が観測され、同天体が 5 ミリ秒角の解像度で実際に点源として撮像されることが確認された。実際のうさぎ座 R 星の 5 ミリ秒角による観測結果は、星の中心付近は赤いとその周囲に緑色があることが分かり、サブミリ波と HCN メーザーを分離して観測することに成功。赤色巨星段階にある同星の表面をシアン化水素メーザーの放射がリング状の構造で取り囲み、恒星のガスが宇宙空間に逃げ出している様子が明らかになったことで、5 ミリ秒角の観測もスタートしているとし、数年後には驚異的な報告があるだろうとしている。

実際の天体での 5 ミリ秒角解像度の実証試験

うさぎ座 R 星 (R Leporis) [アール・レポリス]

- ・ 赤色巨星
- ・ 地球からの距離：およそ1538光年

- 星表面からのサブミリ波放射
- シアン化水素分子 (HCN) のメーザー放射 (メーザー：レーザーの電波版)

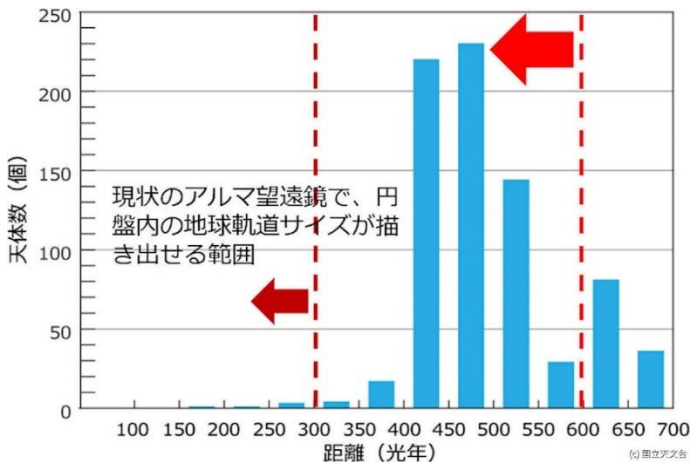
以前のアルマ望遠鏡による観測では、星表面の放射とシアン化水素 (HCN) 分子に特有の非常に強いサブミリ波放射 (メーザー) が観測されるも、解像度不足で両者の位置関係が把握できず。

解像度：75ミリ秒角

既存性能ケース
Band-to-Bandなし：角度9度 離れた較正天体

B2B 法を利用しない 5 ミリ秒での観測は、解像度が低く、うさぎ座 R 星の表面からのサブミリ波放射(赤色)と HCN メーザー放射(緑色)が合わさり、全体的にオレンジ色となってしまう、判然としない (C)ALMA(ESO/NAOJ/NRAO),Y.Asaki et al. (出所:NAOJ 配付資料)

また、この5ミリ秒角による高い解像度が要求される観測対象としては、うさぎ座R星のような寿命を迎えつつある星のほかに、惑星系の誕生の現場となる原始惑星系円盤も挙げられる。アルマ望遠鏡はすでに約175光年と最も地球に近い原始惑星系円盤である「うみへび座TW星」の構造を、地球軌道サイズまで観測することに成功しているが、従来の視力6000では地球軌道領域まで観測できる原始惑星系円盤は300光年以内のものに限られるため、わずか5天体に限られていた。しかし、今回視力1万2000での観測が可能になったことで、地球軌道サイズ(1天文単位)まで分解できるものが大きく増え、地球軌道サイズが分解できる天体数は現在の約100倍にまで増加するとした。



原始惑星系円盤の地球からの距離と数。従来のアルマ望遠鏡で地球軌道スケールを見分けられるのは、地球から約300光年以内にある5天体のみ。それが今回倍の600までとなり、地球軌道サイズまでの観測が可能な原始惑星系円盤は、従来の100倍までとなる (C) 国立天文台 (出所:NAOJ 配付資料)

原始惑星系円盤の構造を中心星近傍から遠方まで詳細に(地球軌道サイズで)描き出すには、これまでの5天体のおよそ100倍の原始惑星系円盤を観測できれば、惑星材料物質である塵の成長場所や惑星の初期軌道分布を円盤の広範囲にわたって明らかにできる可能性が高まるといえる。

なお、アルマ望遠鏡は現在、「アルマ2」と呼ばれる2020~2030年にかけてのアップデート計画が進んでおり、今回の5ミリ秒角の達成はアルマ2で掲げられている3つの科学目標のうちの1つ目「地球型惑星形成領域における惑星系形成過程の理解」を実現するための大きな武器となるとしている。またアルマ2では、最も優先度の高い開発項目として、「受信機で一度に観測できる周波数帯域を2倍以上に拡張させる」、「周波数帯域拡張に合わせ、関連するエレクトロニクスおよび関連器の性能を向上させる」が挙げられているという。ただし、5ミリ秒角以上の解像度を実現するためのバンド10よりも高い周波数、16.2kmよりも長い最長基線長の実現などは、現時点では具体的な計画には至っていないとし、当面はこの5ミリ秒角、視力1万2000が最高性能となる形だとした。最高性能を実現できるようになったアルマ望遠鏡のさらなる活躍を期待したい。