

JAXA など、フレアを駆動する太陽内部の熱対流を 2 基のスパコンを用いて解明

掲載日 2023/06/26 17:23 著者：波留久泉

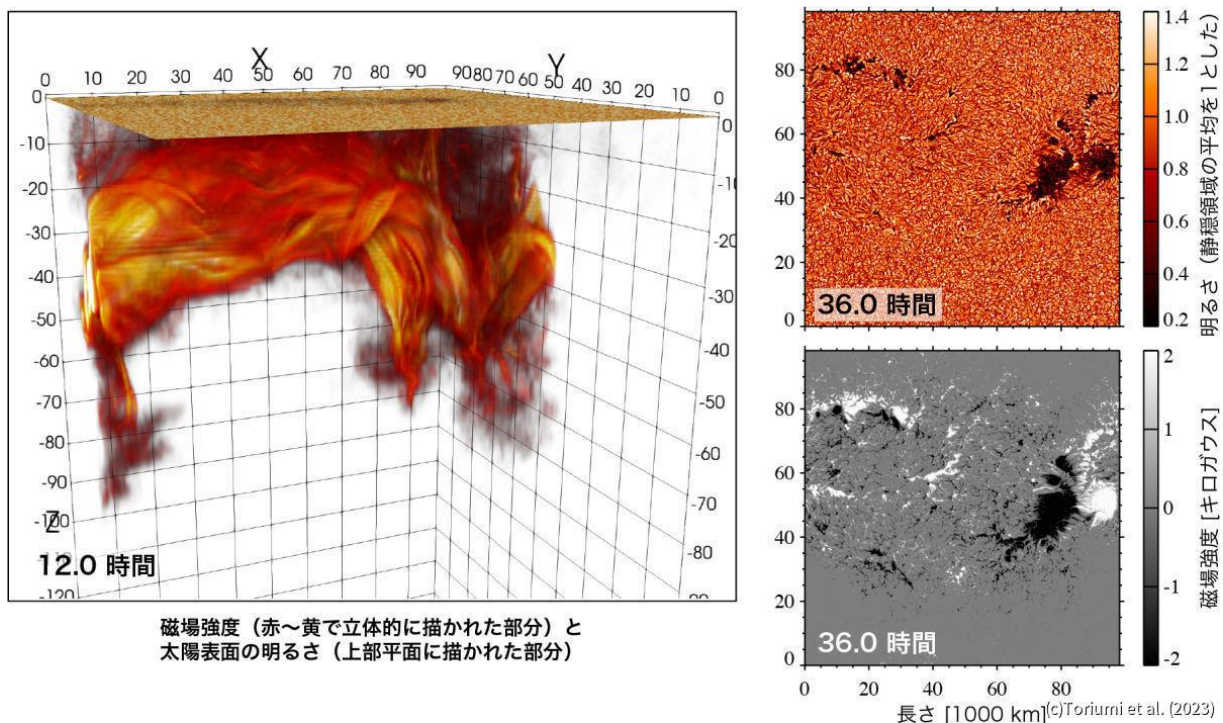
宇宙航空研究開発機構(JAXA)と国立天文台(NAOJ)の両者は 6 月 23 日、「富岳」と NAOJ が運用する「アテルイ II」という 2 基のスーパーコンピュータを用いたシミュレーションにより、太陽表面の爆発現象のフレアに関連するメカニズムとして、「磁気ヘリシティ」を供給する過程において、太陽内部の熱対流がこれまで考えられてきた以上に大きな影響を与えていることを突き止めたと共同で発表した。

同成果は、JAXA 宇宙科学研究所(ISAS)の鳥海森准教授、名古屋大学 宇宙地球環境研究所の堀田英之教授(研究当時は千葉大学大学院 理学研究院所属)、同・草野完也教授らの共同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。](#)

これまで広く受け入れられてきたフレアの発生メカニズムは、以下の 3 段階からなるものだ。

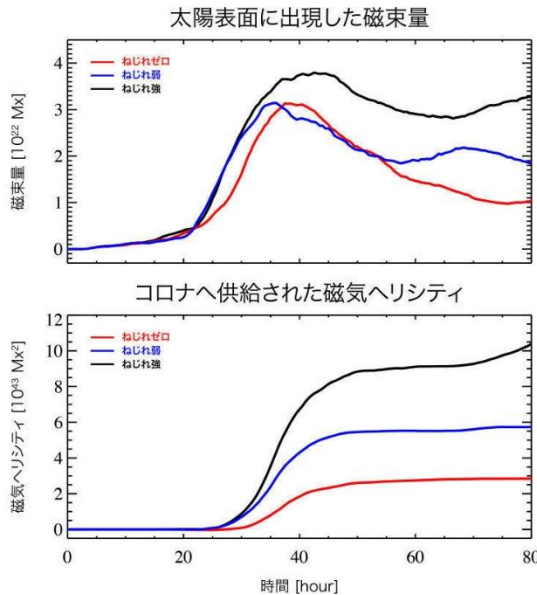
1. 対流層からねじれた磁力線の束である「磁束管」が浮上し、その結果として黒点が回転運動を示す
2. コロナに磁気ヘリシティ(磁場のねじれ度合いを示す量)が供給される
3. 磁気ヘリシティとして蓄積された磁場のエネルギーが、突発的に解放されることで生じる

しかし対流層内の光学観測は不可能なため、実際にどのように磁束管が浮上し、黒点が形成されるのかは未解明だ。特に、対流層の激しい熱対流が磁束に与える影響は、謎に包まれているという。そこで研究チームは今回、熱対流が磁束浮上・黒点形成に与える影響を調査するため、スパコンでの大規模数値シミュレーションを用いて、磁束管のねじれ強度を人工的に変化させることで、対流層から磁束管が浮上しを形成する様子を再現したという。同シミュレーションの開始時には、ねじれゼロの磁束管を太陽表面から深さ約 2 万 km の領域に設定。すると、熱対流の上昇流によって押し上げられ、太陽表面に達すると、正極と負極の 2 つの黒点を形成する様子が確認された。これまで、磁束管が対流層の熱対流に打ち勝って太陽表面に達するには、ある程度ねじれている必要があると考えられてきたが、今回、磁束管はねじれが無くてもそれが起こりうるということが明らかにされたのである。



ねじれの無い磁束管が対流層を浮上し、太陽表面に黒点を形成する様子。(左)計算開始 12 時間後における磁場強度と太陽表面の明るさ。(右上)36 時間後における太陽表面の明るさ。(右下)磁場強度。正極(白)・負極(黒)の黒点が形成された。(c)Toriumi et al. (2023)(出所:JAXA ISAS Web サイト)

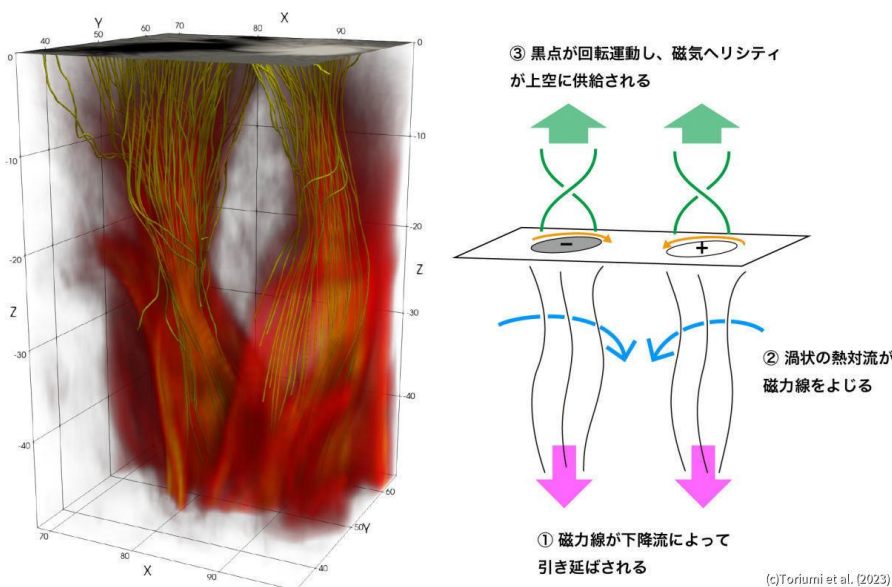
次に、磁束管が浮上して黒点を作る際の、時間に沿った変化の様子が確認された。ねじれゼロのほか、弱いねじれ、強いねじれの3例の磁束管での比較が行われた。ねじれありの2例では、フレア黒点として実際に観測される程度のねじれ強度が与えられた。その結果、3例とも太陽表面に出現する磁束量に大きな差は見られず、いずれも同程度の大きさの黒点が形成された。



(c) Toriumi et al. (2023)



太陽表面に出現した磁束量(上)とコロナへ供給された磁気ヘリシティ(下)の時間変化の様子。初期条件がねじれゼロ(赤)、ねじれ弱(青)、ねじれ強(黒)で比較。ねじれゼロの磁束管についても、有限の磁気ヘリシティが供給されたこと、その量はねじれありの場合の数%に及ぶことがわかる。(c)Toriumi et al. (2023)(出所:JAXA ISAS Web サイト) これまでのフレアの観測からは、磁気ヘリシティの大きな黒点領域ほど、強いフレアが起きる傾向にあることが知られていた。太陽表面に出現した黒点が、上空へと広がる磁力線を通して供給したの時間変化を調べたところ、磁気ヘリシティの供給が、ねじれありだけでなく、ねじれゼロの磁束管についても生じていることが確認された。これは、ねじれゼロの磁束管でも、太陽表面に達した時には有限の(ゼロではない)磁場のねじれを持っていることを意味するという。そしてその量は、ねじれありの磁束管の20%~50%に達していることが確かめられたとする。



(c) Toriumi et al. (2023)

(左)ねじれゼロの磁束管浮上の例について、回転する2つの黒点の直下を3次元的に示した図。黄色は磁力線を、赤い立体的な表示は磁場強度を表す。(右)黒点回転・磁気ヘリシティ供給のメカニズムを説明したイラスト。(c)Toriumi et al. (2023)(出所:JAXA ISAS Web サイト)

続いて、このような磁場のねじれがどこからもたらされたのかを調査。その結果、ねじれゼロの場合については、黒点から下方に磁力線が柱状に伸びている様子が観察され、さらにそれが渦状の熱対流によってよじられていることも突き止められた。すなわち、初期の磁束管はねじれがゼロだったにも関わらず、浮上中・黒点形成中に、熱対流の効果によってねじれが与えられたとする。そのため、太陽表面では黒点も渦と同じ向きに回転し、その結果、磁気ヘリシティが上空のコロナへと供給されたとしている。なお渦の回転方向は、太陽内部の熱対流が速度や向きが不規則に変化する乱流状態のため、ランダムに決まるとされる。今回のシミュレーションでは、渦の向きが偶然、磁気ヘリシティを強化するように働いたが、熱対流の様子が異なる別のシミュレーションでは磁気ヘリシティが減少する可能性もあるという。さらに研究チームは、ねじれゼロの磁束管が作った黒点の磁場分布を解析したとのこと。すると、小規模の太陽フレアを引き起こす能力があることが判明。フレアは磁場のねじれの解放により生じる現象であるため、この結果は、熱対流の効果だけでもフレアを説明するだけの磁気ヘリシティが供給されうることを意味しているとする。研究チームは、今回の研究のような数値シミュレーションや、太陽内部を探查する手段である日震学を用いた研究を進めることで、磁場と熱対流がどのように黒点形成やフレア発生に関わっているのかを明らかにすることが期待されるとしている。

https://news.biglobe.ne.jp/economy/0627/atp_230627_5020410786.html

IEEE が提言を発表 宇宙ベース太陽光発電は未来のエネルギー源になりうるのか？

2023年6月27日(火) 13時0分 @Press

IEEE(アイ・トリプリー)は世界各国の技術専門家が会員として参加しており、さまざまな提言やイベントなどを通じ科学技術の進化へ貢献しています。宇宙ベース太陽光発電は、実用化が間近に迫っているのか、あるいは無駄にコストのかかる取り組みに過ぎないのでしょうか。しかし、このアイデアは多くの技術者を魅了し、壮大な考えを巡らすテーマとなっています。

●宇宙空間はいつでも晴れています。それならば地球のエネルギー源になるのでは？

SFではお馴染みの宇宙ベース太陽電池アレイは、数十年にわたって技術者や研究者の想像力を掻き立ててきました。このアイデアには、軌道上に配置された広大な太陽電池パネルのアレイがエネルギーを集め、必要な場所へビーム送電する技術が含まれています。SFの枠を超えて、宇宙ベース太陽光発電(SBSP)の実用化に向けた取り組みが現実のものとなっているのです。IEEE 終身上級会員のラウル・コルチャー氏(Raul Colcher)は次のように述べています。「この技術に関して非常にアグレッシブな研究プログラムがあるのは、米国、中国、日本、ロシア、韓国、インドなどの諸国です。」

●明るい未来なのか

2023年初頭には、カリフォルニア工科大学の宇宙太陽光発電プロジェクト(SSPP)が軌道上のソーラーファームで使用できるプロトタイプコンポーネントパッケージの稼働を開始しました。中国では、早ければ2030年代に商用発電能力を備えるステーションを建設する計画が策定されています。

米国では、エネルギー価格が高騰していた70年を通じて、軌道上の太陽電池に対する研究が行われてきましたが、資金の問題に技術面の課題が加わったことで、2000年初頭にこの取り組みをほぼ断念しました。その後、2つのトレンドが新たな関心呼びました。1つ目は、2050年までに二酸化炭素排出量を実質ゼロにする動きです。2つ目は、将来実現すると思われる月面基地です。SBSPは、特に重要な月面基地の初期段階において、車両や構造物に動力源を提供できるでしょう。SBSPの推進派は、実用化にはまだ数十年かかるかもしれないが、いくつかのメリットがあると主張しています。実現すれば、地上では不可能な夜間や曇りの日でも太陽光発電が利用できるようになります。太陽放射の約30%は地上に届いていません。さらに、太陽光発電の規模も圧倒的です。宇宙空間の太陽光は無尽蔵にあり、地球上の太陽光発電の規模とは比較になりません。

IEEEのシニアメンバーであるインタープリート・カウル氏(Inderpreet Kaur)は次のように述べています。「宇宙空間では、太陽はいつも輝いており、地軸の傾きが集電を妨げることもなく、太陽光を弱める大気もありま

せん。だからこそ、宇宙に設置するソーラーパネルの可能性に大いに魅力を感じるのです。」●地上まで届けられるのか？推進反対派は、このようなプロジェクトを実現するには、克服しなければならない膨大な数の技術的障害があると指摘しています。宇宙で太陽電池アレイを組み立てる技術や、地球にエネルギーを送る技術、さらには費用対効果とエネルギー効率の良い方法で資材を軌道に打ち上げる技術などです。

IEEE フェローのパナギオティス・シオトラス氏(Panagiotis Tsiotras)は次のように述べています。「宇宙ベース太陽電池アレイのアイデアは昔からありましたが、技術的な課題は依然として残されたままです。現時点では、電力効率や、このような大規模な太陽電池アレイの製造と組み立てに関しては、経済性が成り立たないと考えています。SBSP を推進させるには、資材の面だけでなく経済性の面でも進化させる必要が有ります。」

●想像力に火をつける

それでもプロトタイプの開発は進められており、多くの注目を集めています。カリフォルニア工科大学の実験の1つは、DOLCE(Deployable on-Orbit ultraLight Composite Experiment : 軌道上展開型超軽量複合材料実験機)と呼ばれ、自己組み立て型太陽電池アレイのモジュール式コンポーネントを研究しています。

研究者らは、電力を地球に送るために、太陽光をマイクロ波またはレーザーのいずれかの形態に変換することに注力しています。ほとんどのマイクロ波の設計では、大容量の送電を想定していることから、地上に数キロメートルに及ぶ受信機が必要になります。一方、レーザー技術では1~10メガワット程度の小規模かつ集中的な適用が可能です。しかし、そのためにはマイクロ波ベースのシステムよりもはるかに多くの衛星が必要になります。レーザーベースシステムは、たとえば地球上の遠隔地で大量の電力が必要な採掘作業などに役立つ可能性があります。宇宙ベース太陽光発電の実用化はすぐそこまで来ているのか、あるいは無駄にコストのかかる取り組みに過ぎないのか、その答えは尋ねる人によって異なります。しかし、このアイデアは世界中の技術者を魅了してやみません。そして、このプロジェクトの研究は、数十年後には予想もしない結果をもたらすかもしれません。2023年のIEEE次期会長で終身フェローのトーマス・コフリン博士(Thomas Coughlin)は次のように述べています。「宇宙ベース太陽光発電は実現可能です。宇宙ベース太陽電池アレイは、宇宙空間での産業の発展や資源開発を支える電力として利用されることになるかと確信しています。それにより、地球に住む人々にとって恩恵がもたらされることでしょう。」

■IEEEについて

IEEEは、世界最大の技術専門家の組織であり、人類に恩恵をもたらす技術の進展に貢献しています。160カ国、40万人以上のエンジニアや技術専門会の会員を擁する非営利団体で、論文誌の発行、国際会議の開催、技術標準化などを行うとともに、諸活動を通じて世界中の工学やその他専門技術職のための信用性の高い「声」として役立っています。IEEEは、電機・電子工学およびコンピューターサイエンス分野における世界の文献の30%を出版、2,000以上の現行標準を策定し、年間1,800を超える国際会議を開催しています。

詳しくは <http://www.ieee.org> をご覧ください。[詳細はこちら](#) [プレスリリース提供元: @Press](#)

<https://news.mynavi.jp/techplus/article/20230628-2714698/>

東大、宇宙で生命体形成の鍵となる分子を JWST による国際観測で発見

掲載日 2023/06/28 16:52 [著者: 波留久泉](#)

東京大学(東大)は6月27日、ジェームズ・ウェッブ宇宙望遠鏡(JWST)を用いた国際的な観測により、惑星系の形成が進行中のオリオン星雲にある天体「d203-506」から、有機生命体の形成につながる複雑な有機分子の成長において、鍵となる分子と考えられている陽イオン「メチルカチオン」(CH₃⁺)を宇宙で初めて発見したことを発表した。

同成果は、フランス国立科学研究センターのオリヴィエ・ベルネ氏を筆頭に、日本からは東大大学院 理学系研究科 天文学専攻の尾中敬名誉教授が参加した、欧州宇宙機関(ESA)/Webb、The Space Telescope Science

Institute、米国航空宇宙局(NASA)などの 50 名以上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」に掲載された。](#)



(左)JWST の NIRCam によるオリオン星雲の近赤外線画像。(右上)JWST の MIRI による観測天体 d203-506 の周囲の中間赤外線画像。(右下)NIRCam と MIRI の d203-506 の拡大図。(c)ESA/Webb, NASA, CSA, M. Zamani (ESA/Webb), the PDRs4All ERS Team(出所:ESAWeb サイト)

人類はまだ、人類自身を含めて地球で誕生した生命体しか知らないが、それらはすべて炭素ベースの有機生命体だ。炭素はいわゆる“手”が多いことから、ほかの元素と結合しやすいことで知られる。その結果、炭素を骨格とする複雑な有機分子が形成され、それらが地球で最初の生命体につながっていったと考えられている。また有機分子は宇宙の至る所で発見されており、地球外生命の多くも、有機生命体の可能性があると考えられている(SF 作品に出てくるような非有機生命体が絶対に存在しないと断定することはできない)。

有機生命体が誕生するには、より複雑な有機分子が必要となる。その複雑な有機分子を成長させる役割を担うのが CH_3^+ だ。1 個の炭素と 3 個の水素からなる同イオンは、多くの分子と容易に反応することを特徴としており、1970 年代のころより有機生命体の形成にもつながる重要な分子と考えられてきた。

これまで多くの有機分子が、電波望遠鏡によって分子雲などから発見されてきた。しかし CH_3^+ は、その電波領域に特徴的な遷移線を持たないため、検出には赤外線での高精度観測が必要であり、これまで宇宙空間では発見されていなかったという。しかしその状況は、JWST の稼動開始で大きく変わった。JWST は、近赤外線カメラ「NIRCam」や中間赤外線装置「MIRI」など、赤外線領域において高い検出能力を有するのである。今回の観測では、その赤外線の高い検出能力により、惑星が形成される可能性のある領域において、遂に CH_3^+ と考えられる信号を観測したとする。そしてその後、量子化学、分子物理学、分子分光学、天体物理学など複数の分野の 50 名を超える研究者が連係して検証を行い、その正体が間違いなく CH_3^+ であることが確認されたとしている。今回の発見は、複数分野の研究者たちによる共同作業の結果もたらされたものだ。今回メチルカチオンが発見された d203-506 は、オリオン星雲の中でも紫外線が強い領域にあることから、同イオンの生成には紫外線が重要な役割を果たしていることが推測されるという。またこのような環境は、太陽系形成の初期段階にも当てはまると考えられるとしている。

<https://sorae.info/astronomy/20230628-boring-billion.html>

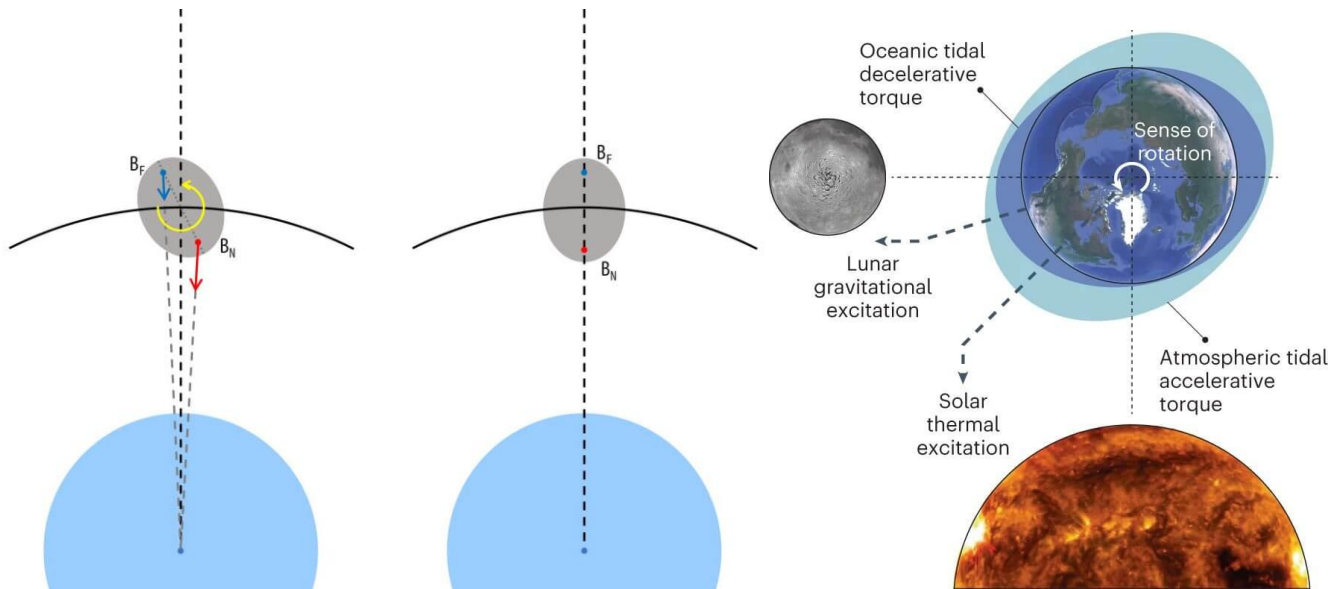
地球の「退屈な 10 億年」は 1 日が 19 時間でほぼ固定だった？ 地質記録から探

る自転周期の変化

2023-06-28 [彩恵りり](#)

現在の地球は約 24 時間で 1 回転する自転運動をしていますが、地球の自転周期は少しずつ減速し続けていると考えられており、過去の地球はより速く自転していたと考えられています。その減速率は一定だとこれまでは考えられてきました。

ところが、中国科学院の Ross N. Mitchell 氏とエバーハルト・カール大学チュービンゲン校の Uwe Kirscher 氏の研究チームは、今から約 20 億年前～約 10 億年前までの 10 億年間は自転速度がほとんど低下せず、1 日は約 19 時間でほぼ固定されていたことを明らかにしました。この期間は地球史における「退屈な 10 億年 (Boring Billion)」と呼ばれる期間とほぼ一致しており、興味深い発見です。



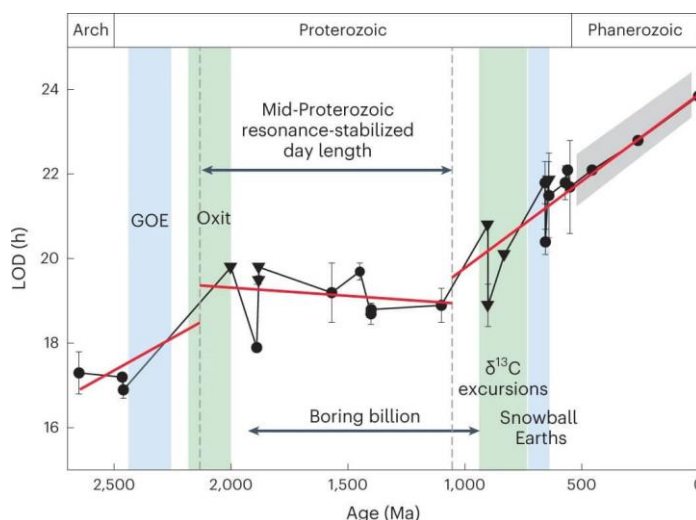
【▲ 図 1: 潮汐トルク概念図。ある天体 A (青) を公転する別の天体 B (グレー) の公転周期と自転周期が一致している場合、天体 B の長軸は天体 A と一直線に並ぶ (右図)。しかし、公転周期と自転周期が一致していない場合には一直線に並ばなくなり、ズレを元に戻そうとする力が働く (左図)。この作用によって天体 B の自転周期が変化する現象のことを潮汐トルクと呼ぶ (Credit: WikiMedia Commons / Matryosika)】

【▲ 図 2: 月の重力で引き起こされる海洋潮汐トルクによって、地球の自転は少しずつ減速している。一方で太陽の熱で引き起こされる熱潮汐トルクは、地球の自転を加速させる。過去にはこれらが釣り合っていた時期があったと考えられている (Credit: Nature Geophysics / Mitchell & Kirscher)】

そもそも、地球の自転周期が長くなっているのはなぜなのでしょう？それには地球唯一の衛星である月が関係しています。月は重力によって地球を引っ張るため、地球はわずかながらラグビーボールのような細長い形に変形します。この時、力学的に安定するのは、わずかに変形した地球の長い側の頂点どうしを結んだ線が、月と一直線に並ぶような配置です。ところが、月の公転速度と比べて地球の自転速度は約 30 倍も速いため、変形した地球の長い側の頂点は、月と地球の重心を結んだ直線を追い越してしまいます。この時、月は追い越していった部分を引っ張って一直線上に戻そうとするため、地球の自転にはブレーキがかかります。この現象は「潮汐トルク」と呼ばれています。潮汐トルクの影響を受け続けているために、地球の自転速度は少しずつ遅くなり、自転周期が長くなっているというわけです。液体である海水は固体である地殻と比べてずっと変形しやすく、潮汐トルクの影響を受けやすいため、月からの潮汐トルクは「海洋潮汐トルク」とも呼ばれます。しかし、地球には月からの海洋潮汐トルクだけではなく、太陽がもたらす「熱潮汐トルク」も働いています。熱潮汐トルクは太陽によって大気中の水蒸気やオゾンが加熱され、大気が膨張することで起こります。その効果は海洋潮汐トルクと比べて非常に弱いものの、海洋潮汐トルクとは反対に地球の自転速度を加速させるトルクであることが注目されます。自転速度が今よりも速かった過去の地球では、海洋潮汐トルクがかなり弱く、ある時期には現在の 4 分の 1 未満だったと考えられています。この時期は熱潮汐トルクと海洋潮汐トルクが釣り合い、地球の自転速度が加速も減速もしない停滞期間だったこととなります。地球の自転周期の変化に停滞期があったとする考えは、古い時代の地層や化石の記録を詳しく検証できるようになった 1980 年代頃から提唱されてきました。しかし、この考えは長いあいだ仮説に留まっていた。最大の理由は地質記録の不足です。過去の地球の 1 日が何時間だったのかを推定する上ではサンゴや木の年輪のような化石が役立ちます

が、そのような大型生物は5億4000万年前から始まる顕生代になるまで現れず、それ以前の先カンブリア時代には存在しませんでした。顕生代よりも古い時代における地球の自転周期の推定にはストロマトライト(※)が使用されますが、分析に使えるのは特定の条件を満たしたストロマトライトに限られており、そのような標本は滅多に見つかりません。また、分析に欠かせない条件の解釈も極めて困難であり、同じ標本を分析したとしても、研究者によって結果が全く異なることも珍しくありません。そのため、先カンブリア時代の地球の1日が何時間だったのかを答えるのは非常に難しい問題でした。

※...シアノバクテリアなどの光合成を行う細菌と、泥などの粒が交互に積み重なった層を持つ岩石。光合成を行っていない夜間に層が成長するため、日中の時間変動が生じる季節変動から過去の地球の1日の長さを推定することができるが、そのためには層が一定速度で積み重なったことを証明する必要があるなど、いくつかの厳しい条件をクリアする必要がある。Mitchell氏とKirscher氏の研究チームは、「ミランコビッチ・サイクル」と呼ばれる地球の性質を利用することで、推定が難しい先カンブリア時代の自転周期の算出を試みました。ミランコビッチ・サイクルとは、地球の自転および公転の性質が非常に長い周期で変化する現象のことです。自転周期が短かった過去の地球ではミランコビッチ・サイクルがより短い周期で巡ることになるため、過去のミランコビッチ・サイクルは当時の自転周期を間接的に示すことになります。



【▲ 図3: 分析された堆積物の例。縞模様は海面の高さを反映しており、これを分析することで地球の自転周期を推定することができる (Credit: Ross N. Mitchell)】

【▲ 図4: 今回の研究で推定された地球の自転周期の変化(赤線)。約20億年前から約10億年前までの10億年間、地球の自転周期の変化は横ばい、つまりほとんど変化していなかったことが分かる。また、変化が横ばいとなった時期の始まりと終わりには、どちらも酸素が大量に供給されるイベントがあった (Credit: Nature Geophysics / Mitchell & Kirscher)】

ミランコビッチ・サイクルは地球の気候に周期的な温暖化や寒冷化をもたらします。気候の変化は海が凍ってできる氷床の発達度合いに影響するため、結果的に海面の高さが周期的に変化します。海岸線の近くで形成された堆積物には、陸地に近い(浅い)場所ほど粒の大きな石が堆積し、陸地から遠い(深い)場所ほど粒の小さな泥が堆積しやすいという関係性があるため、「堆積物の粒の大きさ⇒海面変動の周期⇒ミランコビッチ・サイクルの周期⇒1日の長さ」という順番で、地球の自転周期を知ることができるはずで

そこで、研究チームは26億5000万年前~5億5000万年前までの22の地層データを分析し、過去の地球の自転周期の変化を調べました。その結果、今から約20億年前~約10億年前までの約10億年間、地球の自転周期はほとんど変化せず、1日が約19時間でほぼ固定されていたことが明らかになりました。分析されたデータは、約24億6000万年前~約20億年前のどこかの時点で海洋潮汐トルクと熱潮汐トルクが釣り合い、自転速度の減速がストップしたことを示唆しています。自転周期がほぼ変化しなかった時期は、地球の歴史においても興味深い時期です。今回の研究で自転周期がほぼ固定されていたことが判明した時期とほぼ重なる18億年前

～8億年前までの10億年間は、地殻や気候がほとんど変化せず、生物の進化も極めて遅かった「退屈な10億年」と呼ばれる時期に相当します。退屈な10億年がなぜ生じたのかは長年の謎ですが、地殻変動の原動力となる月からの潮汐力の変化が乏しかったという仮説が候補の1つとして上がっていました。地殻変動が乏しければ火山活動による気候変動は起こりにくくなり、生物の栄養となる無機物（いわゆるミネラル）の供給も乏しくなります。また、退屈な10億年の始まりと終わりには、それぞれ遊離酸素（O₂）が大量に供給されるイベントがあったことが知られています。酸素供給の大幅な変動が退屈な10億年の開始と終了にどの程度影響したのかは現在でも議論されていますが、今回の研究からすると、少なくとも地球の自転周期に影響した可能性はあります。遊離酸素は紫外線的作用によってオゾンを形成し、オゾンは水蒸気よりも効果的に熱を吸収します。つまり、遊離酸素の増加は熱潮汐トルクを増大させた可能性があるのです。一方で、退屈な10億年の始まりでは酸素濃度が上昇してから減少するという順番だったのに対し終わりでは酸素濃度が減少してから上昇するという順番で変化しました。この違いが自転周期の変化に関わっていた可能性もありますが、はっきりとはわかっていません。今回の研究が果たしてどこまで正確に地球の歴史を描写しているのかは不明ですが“特徴がないことが特徴”とも言える退屈な10億年についてより深い理解をもたらすきっかけになるかもしれません。

Source

[Ross N. Mitchell & Uwe Kirscher](#). “Mid-Proterozoic day length stalled by tidal resonance”. (Nature Geoscience)

[Uwe Kirscher](#). “19-Hour Days for a Billion Years of Earth's History”. (Curtin University)

[J. P. Grotzinger](#). “Upward shallowing platform cycles: A response to 2.2 billion years of low-amplitude, high-frequency (Milankovitch band) sea level oscillations”. (Paleoceanography and Paleoclimatology)

[Kevin Zahnle & James C.G Walker](#). “A constant daylength during the precambrian era?”. (Precambrian Research)

[George E. Williams](#). “Geological constraints on the Precambrian history of Earth's rotation and the Moon's orbit”. (Reviews of Geophysics)

[Timothy W. Lyons, Christopher T. Reinhard & Noah J. Planavsky](#). “The rise of oxygen in Earth's early ocean and atmosphere”. (Nature)

[Malcolm S. W. Hodgskiss, et.al](#). “A productivity collapse to end Earth's Great Oxidation”. (Proceedings of the National Academy of Sciences)

文／彩恵りり

<https://sorae.info/space/20230630-galactic-01.html>

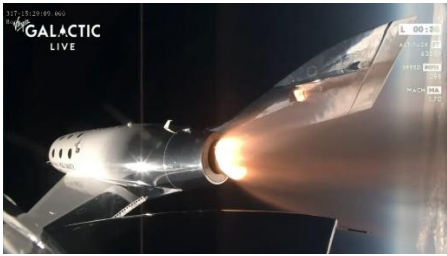
ヴァージン・ギャラクティックが同社初の商業宇宙飛行に成功 8月以降は毎月飛行予定

2023-06-30 [sorae編集部](#)

米宇宙企業ヴァージン・ギャラクティックは2023年6月30日未明（日本時間・以下同様）、宇宙船「スペースシップツー “VSS Unity”」による同社初の商業宇宙飛行ミッション「Galactic 01（G01）」を実施しました。6名のクルーを乗せたVSS Unityは高度80km以上の宇宙空間（※）へ到達した後に、無事地上へ帰還しています。【2023年6月30日10時】

※...国際的には高度100km以上が宇宙と定義されているが、米空軍は高度80km以上と定義している。

空中発射母機「ホワイトナイトツー “VMS Eve”」に吊り下げられたVSS Unityは、2023年6月29日23時30分（米国山岳部夏時間6月29日8時30分）に米国ニューメキシコ州のスペースポート・アメリカを離陸。翌30日0時28分に高度約1万3500mで母機から切り離されると自身のエンジンで最大速度マッハ2.88まで加速・上昇し、準軌道飛行（サブオービタル飛行）を行った後の同日0時42分にスペースポート・アメリカへ着陸しました。ヴァージン・ギャラクティックによると、最高到達高度は約85.1kmとされています。



【▲ エンジンを点火して上昇するヴァージン・ギャラクティックの宇宙船「スペースシップ・ツー “VSS Unity”」。同社のライブ配信から引用（Credit: Virgin Galactic）】

【▲ VSS Unity のキャビンでイタリア国旗を掲げるクルー。ヴァージン・ギャラクティックのライブ配信から引用（Credit: Virgin Galactic）】

前述の通り、今回の Galactic 01 はヴァージン・ギャラクティック初の商業宇宙飛行となりました。乗客 3 名のうち 2 名はイタリア空軍士官、1 名はイタリア学術会議（CNR）のエンジニアで、ヴァージン・ギャラクティックのインストラクター 1 名も同乗。VSS Unity のキャビンには 13 の実験装置を組み込んだラックも搭載されていて、重力の変化が人体に及ぼす影響の測定や微小重力環境下での実験が行われました。

ヴァージン・ギャラクティックの Michael Colglazier（マイケル・コルグラジア）CEO は今回のミッションについて、VSS Unity を“準軌道科学実験室”と表現しつつ、旅行者や研究者にとって繰り返し可能かつ信頼性の高い宇宙へのアクセスが可能な新時代の到来を告げるものだとコメントしています。

ヴァージン・ギャラクティックによると、次の商業宇宙飛行ミッション「Galactic 02」は 2023 年 8 月に予定されており、その後は毎月宇宙飛行を実施する予定だということです。



【▲ ヴァージン・ギャラクティックによる

Galactic 01 ミッションのライブ配信アーカイブ】（Credit: Virgin Galactic）

Source Image Credit: Virgin Galactic

[Virgin Galactic](https://www.virgin Galactic.com/news/galactic-01) - Virgin Galactic Completes Inaugural Commercial Spaceflight

文/sorae 編集部

https://news.biglobe.ne.jp/domestic/0630/ym_230630_1437679976.html

1 時間 10 分の「宇宙旅行」で 6 5 0 0 万円、ヴァージン・ギャラクティックのツ

アーが初成功…日本人も申し込み

2023 年 6 月 30 日（金）15 時 21 分 [読売新聞](#)

【ワシントン＝富山優介】米宇宙企業ヴァージン・ギャラクティックは 29 日、同社として初の商業宇宙旅行を実施した。乗客ら 6 人が搭乗した宇宙船が宇宙空間に到達し、離陸から約 1 時間 10 分後、地上に無事帰還した。次回の飛行は 8 月の予定で、同社は月 1 回のペースで進めたい考えた。同社は英国の実業家リチャード・ブランソン氏（72）が 2004 年に設立。宇宙旅行に向け試験飛行を重ねてきた。この日、米ニューメキシコ州の飛行場から母船となる航空機が離陸し、高度約 14 キロメートルで宇宙船を切り離した。宇

宙船は上昇を続け、約85キロ・メートルまで到達した後、下降して着陸した。宇宙船には同社のパイロットなどのほか、イタリアの空軍兵士と研究者計3人が乗客として搭乗した。最高高度付近で数分間、無重力に近い状態になると、宙に浮くようにしてイタリア国旗を掲げ、喜びをあらわにした。宇宙船の座席の価格は1人45万ドル（約6500万円）で、約800席分が予約済みという。日本の代理店「クラブツーリズム・スペースツアーズ」（東京都）によると、日本からは20人弱が申し込んでいる。

<https://sorae.info/astrometry/20230625-trappist1c.html>

金星のような厚い大気は存在しなかった ウェブによる系外惑星「TRAPPIST-1

c」の観測結果

2023-06-25 [sorae 編集部](#)

マックス・プランク天文学研究所（MPIA）の大学院生 Sebastian Zieba さんを筆頭とする研究チームは、「みずがめ座」の方向約40光年先にある太陽系外惑星「TRAPPIST-1 c」（トラピスト1c）について、金星のような厚い大気は存在しないことが明らかになったとする研究成果を発表しました。

研究チームによると、TRAPPIST-1 cの昼側表面からの熱放射（波長15μm）を「ジェイムズ・ウェブ宇宙望遠鏡」の「中間赤外線観測装置（MIRI）」で観測したところ、昼側の温度は約110°C（約380ケルビン）であることが判明しました。これは金星と比べて最大で390°C低く、二酸化炭素を主成分とした強い温室効果をもたらす厚い大気が存在しないことを意味するといえます。



【▲ 今回の研究成果を反映した太陽系外惑星「TRAPPIST-1 c」（左）の想像図（Credit: Illustration: NASA, ESA, CSA, Joseph Olmsted (STScI); Science: Sebastian Zieba (MPI-A), Laura Kreidberg (MPI-A))】

TRAPPIST-1 cは赤色矮星「TRAPPIST-1」で見つかった7つの系外惑星の1つで、TRAPPIST-1のハビタブルゾーンから内側に外れたところを公転しています。地球と比べて直径は1.10倍、質量は1.31倍とされており、地球や金星に似たサイズの岩石惑星だと考えられています。

主星であるTRAPPIST-1までの距離は地球から太陽までの距離の約1.6パーセントと短く、TRAPPIST-1 cは潮汐力の作用で自転と公転の周期が同期した状態（潮汐ロック、潮汐固定）になっているとみられています。

この場合、TRAPPIST-1 cの片側は常に昼、反対側は常に夜の状態が続くことになります。

赤色矮星は太陽よりも小さくて表面温度も低い恒星ですが、強い恒星風や紫外線を放出するため、惑星の大気を剥ぎ取ってしまう可能性が指摘されています。Ziebaさんは研究の動機について「TRAPPIST-1 cが大気散逸の運命から逃れてしっかりした大気を保持できたかどうか、そして金星に似ている可能性があるのかどうかを知りたかったのです」とコメントしています。なお、TRAPPIST-1 cのさらに内側に公転する「TRAPPIST-1

b)に関しては、大気を持たない水星のような惑星であることがウェブ宇宙望遠鏡の観測で明らかになったとする研究成果がすでに発表されています。関連：[ウェブ宇宙望遠鏡が系外惑星「TRAPPIST-1b」の温度を測定 大気は存在しない可能性](#)（2023年4月9日）厚い大気が存在する可能性は除外されたものの、薄い大気がTRAPPIST-1 cに存在する可能性はまだ残されているといえます。TRAPPIST-1 cの大気の有無はウェブ宇宙望遠鏡による追加の観測か、2030年頃までに観測開始が予定されているヨーロッパ南天天文台（ESO）の「欧州超大型望遠鏡（ELT）」による観測で明らかになると期待されています。研究チームの成果をまとめた論文は2023年6月19日付でNatureに掲載されています。

Source Image Credit: Illustration: NASA, ESA, CSA, Joseph Olmsted (STScI); Science: Sebastian Zieba (MPI-A), Laura Kreidberg (MPI-A)

[MPIA](#) - Searching for an atmosphere on the rocky exoplanet TRAPPIST-1 c

[STScI](#) - Webb Rules Out Thick Carbon Dioxide Atmosphere for Rocky Exoplanet

[Zieba et al.](#) - No thick carbon dioxide atmosphere on the rocky exoplanet TRAPPIST-1 c (Nature)

文/sorae編集部

<https://sorae.info/astrometry/20230626-lp890-9.html>

地球と金星はなぜ違う？ 系外惑星「LP 890-9c」がヒントになる可能性

2023-06-26 [sorae編集部](#)

コーネル大学の Lisa Kaltenegger さんを筆頭とする研究チームは、どうして地球と金星の環境がこれほど異なるのか、岩石惑星が恒星の近くで水と生命を維持できる限界の距離はどれくらいなのかを理解する上で重要な知見をもたらす可能性がある太陽系外惑星についての研究成果を発表しました。

2022年に「エリダヌス座」の方向約105光年先で発見された系外惑星「LP 890-9c」は、もう1つの系外惑星「LP 890-9b」とともに、赤色矮星「LP 890-9」を公転しています。LP 890-9cの直径は地球の約1.4倍、公転周期は約8.5日で、公転軌道は主星のハビタブルゾーン（天体の表面に液体の水が安定して存在し得る領域）の内縁付近にあるとされています。



【▲ 太陽系外惑星「LP 890-9c」で起こり得る“高温の地球”から“乾いた金星”への進化を示したイメージ図（Credit: Carl Sagan Institute/R. Payne）】

研究チームによると、ハビタブルゾーンの内縁付近に存在する岩石惑星がどれくらいの期間に渡って水を保持できるのかは、その期間を推定するモデルによって結果が異なるといいます。そこで研究チームは、惑星のサイズや質量、化学組成、表面の温度と圧力、大気の厚さや雲の量といった性質を考慮して、LP 890-9cに存在し得る大気のような進化段階に対応した7つのモデルを作成してシミュレーションを実施しました。

その結果、地球より暑くてもまだ海が残っている、海が蒸発して水蒸気の大気に覆われている、あるいは金星のような状態になっている、といった進化段階ごとの環境の違いが、LP 890-9cの透過スペクトルに顕著に現れることがわかったといいます。このことから、LP 890-9cはハビタブルゾーンの内縁付近における岩石惑星の進化を研究する貴重な機会を与えてくれると期待されています。透過スペクトルとは、観測者から見て系外惑星が主星の手前を横切る「トランジット」を起こした時に、系外惑星の大気を通過してから届いた主星の光のスペクトルを指します（スペクトルは電磁波の波長ごとの強さのこと）。透過スペクトルには系外惑星の大気中に存在する物質の痕跡（吸収線）が残ります。天体のスペクトルを得る分光観測を行い、主星から直接届いた光のスペクトルと透過スペクトルを比較することで、系外惑星の大気中にどのような物質が存在するのかを調べることができるのです。関連：[ウェブ宇宙望遠鏡がスーパーアースの観測で水蒸気を検出 大気は存在するの？](#)（2023年5月18日）研究チームによれば、LP 890-9cに大気が存在するのか、存在するとしたらどのような状態なのかは「ジェイムズ・ウェブ宇宙望遠鏡」による複数回のトランジットの観測で明らかになる可能性があるということです。研究チームの成果をまとめた論文は Monthly Notices of the Royal Astronomical Society: Letters に掲載されています。Kalteneggerさんは「暑くても液体の水と生命を支え得る

条件が存在する場合、ハビタブルゾーンの内縁は生命で満ちている可能性があります。金星のような状態に達している場合、水は私たちの予想よりも早く失われる可能性があります」とコメントしています。

Source Image Credit: Carl Sagan Institute/R. Payne

[Cornell University](#) - Exoplanet may reveal secrets about the edge of habitability

[Kaltenegger et al.](#) - Hot Earth or Young Venus? A nearby transiting rocky planet mystery (MNRAS Letters)

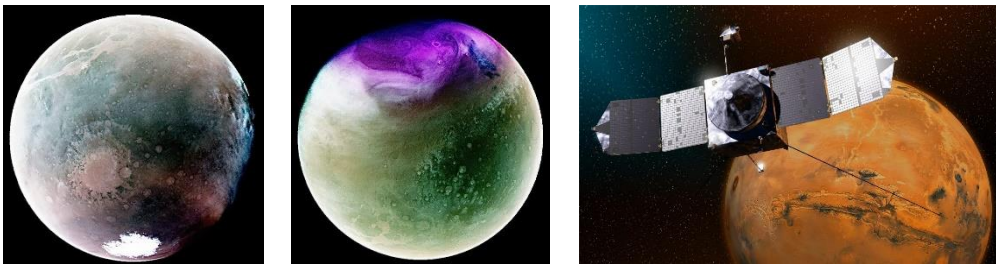
文/sorae編集部

<https://sorae.info/astronomy/20230625-maven-mars.html>

紫外線で見えた火星の姿 打ち上げ 10 周年の NASA 火星探査機「MAVEN」が観測

2023-06-25 [sorae編集部](#)

こちらはアメリカ航空宇宙局（NASA）の火星探査機「MAVEN」（メイブン、Mars Atmosphere and Volatile Evolution の略）に搭載されている紫外線分光器「IUVS」で取得したデータをもとに作成された火星の画像です。IUVS は人には見えない紫外線の波長域（110～340nm）で観測を行うため、画像の色は波長に応じて着色されています。



【▲ NASA の火星探査機「MAVEN」の紫外線分光器「IUVS」で 2022 年 7 月に取得したデータをもとに作成された火星の南半球の画像（Credit: NASA/LASP/CU Boulder）】

【▲ NASA の火星探査機「MAVEN」の紫外線分光器「IUVS」で 2023 年 1 月に取得したデータをもとに作成された火星の北半球の画像（Credit: NASA/LASP/CU Boulder）】

【▲ NASA の火星探査機「MAVEN」の想像図（Credit: NASA）】

NASA によると、画像の作成に使われたデータは火星の南半球が夏だった 2022 年 7 月に取得されたもので、白く写っている南極の極冠は面積が縮小しています。左上の雲に満たされた長大なマリネリス峡谷は黄褐色に、左下のヘイズ（もや）に覆われたアルギレ盆地はピンク色に見えています。火星の南半球では暖かさと砂嵐によって水蒸気が高い高度まで運ばれやすい夏の時期、水素が宇宙空間へと流出しやすいことを MAVEN の観測データが示しているといいます。次の画像も MAVEN の IUVS で取得したデータから作成されたもので、2023 年 1 月の北半球の様子が捉えられています。NASA によれば、目を引く紫色はオゾンの分布を示しています。火星の北極域では寒い極夜の間にはオゾンが蓄積されていき、春の訪れとともに水蒸気と化学反応することで破壊されていくのだといいます。左下にはマリネリス峡谷の一部が見えています。

MAVEN は火星の上層大気と電離層、それに太陽や太陽風と大気の相互作用を調べるために、10 年前の 2013 年 11 月に打ち上げられました。2024 年 9 月には火星到着 10 周年を迎えます。宇宙空間へと失われていく火星の大気を調べることで、火星の大気と気候、かつて火星の表面にあったとされる液体の水、火星の生命居住可能性といった歴史についての知見を得ることが MAVEN のミッションの狙いとされています。

Source Image Credit: NASA/LASP/CU Boulder

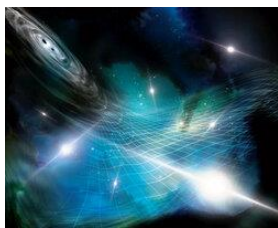
[NASA](#) - NASA's MAVEN Spacecraft Stuns with Ultraviolet Views of Red Planet

文/sorae編集部

https://news.biglobe.ne.jp/domestic/0629/ym_230629_1540747163.html

時空のゆがみ伝える「重力波」、宇宙のあらゆる方向から伝わる痕跡確認…日本など国際チーム

2023年6月29日（木）23時43分 [読売新聞](#)



パルサーの電波が、遠方銀河の超巨大ブラックホールから発生した重力波によって影響される様子を描いたイメージ（Aurore Simonnet/NANOGrav Collaboration提供）＝ロイター [写真を拡大](#)

【ワシントン＝富山優介】時間や空間のゆがみを伝える性質を持つ「重力波」が、宇宙の広範囲からゆっくりとうねるように伝わる痕跡を捉えたと、米国や日本など4つの国際チームが28日、科学誌で同時に発表した。重力波の発生源として超巨大質量のブラックホールなどが考えられ、詳しく調べることで宇宙の成り立ちの解明につながる成果という。重力波は「時空のさざ波」とも呼ばれ、質量の大きな天体が合体する時などに生じる。2015年に初めて観測され、17年のノーベル物理学賞の受賞テーマとなった。この重力波は、質量が太陽の29倍と36倍のブラックホールが合体して生じたと考えられている。今回、痕跡を捉えたのはより長い波長の重力波で、あらゆる方向からの波が重なり合って届いているという。米国などのチームは04～20年、「パルサー（中性子星）」と呼ばれる天体68個が規則的に発する電波を観測したデータを解析した。パルサーからの電波の変化を詳しく調べた結果、数年から数十年の長い間隔で振動する複数の重力波が重なり合っている証拠を見いだした。熊本大が参加したチームも25個のパルサーからのデータを調べ、同様の結果を得た。各チームは、太陽の数百万倍から数十億倍の質量のブラックホール同士の合体が宇宙の様々な場所で起き、「背景重力波」と呼ばれる重力波を発生させた可能性があるともみている。

横山順一・東京大ビッグバン宇宙国際研究センター長（宇宙物理学）の話「色々な波が重なり合った今回の重力波の発生源を調べることで、天体や銀河の形成、宇宙の初期を探る手がかりになるだろう」

<https://sorae.info/astrometry/20230630-gravitational-wave-background.html>

“背景重力波”の証拠が得られたか 15年に渡るパルサーの観測が実を結ぶ

2023-06-30 [sorae編集部](#)

北米ナノヘルツ重力波観測所（NANOGrav：North American Nanohertz Observatory for Gravitational Waves）に参加する米国・カナダの190名以上の研究者で構成されたNANOGravコラボレーションは6月28日、周波数が非常に低く、宇宙のあらゆる方向から伝わる重力波である「背景重力波（Gravitational Wave Background）」の証拠が得られたとする研究成果を発表しました。



【▲ 背景重力波の証拠が得られたとする NANOGrav コラボレーションの研究成果のイメージ図 (Credit: NANOGrav collaboration; Aurore Simonet)】

【▲ NANOGrav コラボレーションによる今回の研究成果を解説した動画 (英語)】

(Credit: National Science Foundation)

時空間の歪みを遠くまで波のように伝える重力波は、ブラックホールなど質量の大きな天体が運動することで生じると考えられています。2015 年以降、アメリカの「LIGO」や欧州の「Virgo」といった重力波望遠鏡の観測によって、比較的軽い恒星質量ブラックホール (質量は太陽の数倍~数十倍、超新星爆発で誕生すると考えられている) どうしの合体などにもなって放出されたとみられる、宇宙の特定の方向から伝わる重力波が何度も検出されてきました。

関連: [最新の「重力波イベント」カタログ公開、初検出から 6 年で 90 個に到達](#) (2021 年 11 月 11 日)

いっぽう、超大質量ブラックホール (質量は太陽の数十万~数十億倍以上、様々な銀河の中心にあると考えられている) どうしの連星が合体する前に放出されるような低い周波数の重力波は、地球上の検出器では捉えることができません。たとえば欧州宇宙機関 (ESA) は 2035 年の打ち上げを目指して、複数の宇宙機を連携させることでより低い周波数の重力波の検出を目指す宇宙重力波望遠鏡「LISA」の開発を進めています。

今回成果を発表した NANOGrav コラボレーションは、グリーンバンク天文台やアレシボ天文台の電波望遠鏡、カール・ジャンスキー超大型干渉電波望遠鏡群 (VLA) で取得した観測データをもとに、中性子星の一種「パルサー」を利用した「パルサータイミング法 (パルサータイミングアレイ)」と呼ばれる手法で低周波重力波が存在する証拠の検出を試みてきました。NANOGrav の名称に含まれる“ナノヘルツ重力波”は、数年周期という低い周波数の重力波を示しています。中性子星は太陽よりも重い大質量星が超新星爆発を起こした後に残される高密度の天体であり、パルサーはそのなかでも規則正しいパルス状の可視光線や電波が観測される“天然の発振器”と言える天体です。パルス状の信号が観測されるのは、パルサーからビーム状に放射されている電磁波の向きが自転とともに変化しているからだと考えられています。こうしたパルサーが重力の影響を受けると、パルス信号が観測されるタイミングにズレが生じることがあります。パルサータイミング法はこのズレを検出して観測を行う手法であり、これまでにパルサーを公転する太陽系外惑星の発見などをもたらしてきました。NANOGrav コラボレーションによると、68 個のミリ秒パルサー (1 秒間に数百回という高速で自転するパルサー) を対象とした 15 年分の観測データを分析したところ、ゆっくりと波打ちながら天の川銀河を通過する、数年~数十年周期で振動する低周波重力波の存在を示す証拠が得られました。この重力波は特定の超大質量ブラックホールのペアから放出されたものというわけではなく、複数の発生源から放出された重力波が重ね合わさったものであり、あらゆる方向から伝わってくる背景重力波だとみられています。アメリカ航空宇宙局 (NASA) などでは「パーティーに参加している大勢の声を一人ひとり区別することなく聞くことに似ている」と表現しています。「ナノヘルツ重力波天文学の時代が到来しました」と NANOGrav コラボレーションが語るように、背景重力波の研究はまだ始まったばかりです。今後の NANOGrav の成果にはカナダの CHIME 望遠鏡による観測データも含まれるようになるということで、銀河どうしが衝突する頻度やブラックホールどうしが合体する原因、宇宙そのものの形成に関する知見が得られると期待されています。今回の成果をまとめた一連の論文は The Astrophysical Journal Letters に掲載されています。

Source Image Credit: NANOGrav collaboration; Aurore Simonet

[NANOGrav](#) - Scientists use Exotic Stars to Tune into Hum from Cosmic Symphony

[Caltech](#) - Scientists Find Evidence for Slow-Rolling Sea of Gravitational Waves

[NASA/JPL](#) - 15 Years of Radio Data Reveals Evidence of Space-Time Murmur

[The NANOGrav Collaboration](#) - Focus on NANOGrav's 15 yr Data Set and the Gravitational Wave Background (The Astrophysical Journal Letters)

文/sorae 編集部

NASA 有人月探査計画を念頭にした「アルテミス合意」インドが署名 27 か国目

2023-06-28 [sorae 編集部](#)

アメリカ航空宇宙局（NASA）は6月24日付で、2023年6月21日にインドが「アルテミス合意（Artemis Accords）」へ署名したことを発表しました。【2023年6月27日 11時】



【▲ アルテミス合意へ署名するタランジット・シン・サンドゥ駐米インド大使（右から2人目）とNASAのビル・ネルソン長官（左から2人目）（Credit: NASA/Bill Ingalls）】

アルテミス合意はNASAが推進する有人月面探査計画「アルテミス計画」を念頭に、宇宙探査・利用を行う際の諸原則に関して各国の共通認識を示した宣言です。同合意には将来の実施が計画されている月や火星などでの探査活動の原則が定められています。

関連：[日本を含む8カ国、「アルテミス合意」に署名 月面探査に向け国際協力](#)（2020年10月6日）

2020年10月に米国や日本を含む8カ国が署名して以来、アルテミス合意は2年半の間に署名した国が着々と増えており、インドは同合意へ署名した27か国目（※）となります。

NASAは宇宙における安全・平和・豊かな未来を確立するために国際的なパートナーと協力し続けているとした上で、今後数か月～数年の間にさらに多くの国がアルテミス合意へ署名することになるだろうと見通しを述べています。

※...2023年6月24日時点でアルテミス合意へ署名済みの国：アメリカ合衆国、アラブ首長国連邦、イギリス、イスラエル、イタリア、インド、ウクライナ、エクアドル、オーストラリア、カナダ、韓国、コロンビア、サウジアラビア、シンガポール、スペイン、チェコ、ナイジェリア、日本、ニュージーランド、バーレーン、ブラジル、フランス、ポーランド、メキシコ、ルーマニア、ルクセンブルク、ルワンダ。

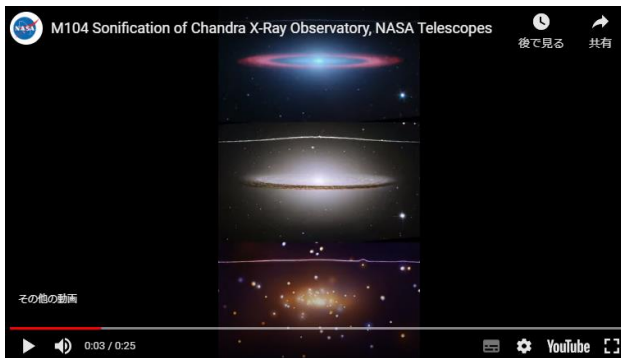
Source Image Credit: NASA/Bill Ingalls [NASA](#) - NASA Welcomes India as 27th Artemis Accords Signatory
[U.S. Department of State](#) - Artemis Accords 文/sorae 編集部

耳で聴く「ソンプレロ銀河」 観測データを使用した作品をNASAが公開

2023-06-26 [sorae 編集部](#)

「おとめ座」の方向約2800万光年先にある銀河「M104（Messier 104）」は、メキシコの帽子ソンプレロに似ていることから名付けられた「ソンプレロ銀河（Sombrero Galaxy）」の愛称で知られています。ソンプレロ銀河は一見すると渦巻銀河に見えますが、実際には内部に渦巻銀河のような円盤構造を持つ楕円銀河であることが近年の観測で判明しています。この特徴的な銀河の観測データを「音」に変換して20秒ほどの短い動画にまとめた作品を、「チャンドラX線観測衛星」を運用するスミソニアン天体物理観測所のチャンドラX線センターやアメリカ航空宇宙局（NASA）が公開しています。まずはその音色をお楽しみ下さい。

このように非言語音を使って画像などの情報を伝える手法は「ソニフィケーション」（可聴化）と呼ばれています。ソンプレロ銀河のソニフィケーションでは、3つの宇宙望遠鏡の観測データをもとに作成された「音」が、画像を上から下に向かってスキャンするようにして再生されます。



【▲ M104 Sonification of Chandra X-Ray Observatory, NASA Telescopes】

(Credit: NASA/CXC/SAO/K.Arcand, SYSTEM Sounds (M. Russo, A. Santaguida))

背景の画像は上から順に「スピッツァー宇宙望遠鏡」で取得された赤外線観測データ、「ハッブル宇宙望遠鏡」で取得された光学観測データ、チャンドラ X 線観測衛星で取得された X 線の観測データを示しています。スピッツァーはハッブルが捉えられない塵のリングを、チャンドラは銀河内に広がる高温のガスや背景のクエーサーなどから放射された X 線を捉えています。チャンドラ X 線センターによると、スピッツァーのデータは弦、ハッブルのデータはベルのような音色、チャンドラのデータはシンセサイザーのように聞こえる音でそれぞれ表現されています。どのデータも明るいほど音量が大きく、かつピッチ（音高）が高くなる仕組みです。観測データが奏でる美しいメロディにしばし耳を傾けてみませんか？

Source Image Credit: NASA/CXC/SAO/K.Arcand, SYSTEM Sounds (M. Russo, A. Santaguida)

[Chandra X-ray Center](#) - Cosmic Harmonies: Sonifications From NASA Telescopes

[NASA](#) - Cosmic Harmonies: Sonifications From NASA Telescopes

文/sorae 編集部

<https://news.yahoo.co.jp/byline/akiyamaayano/20230627-00355449>

H3 試験機 2 号機「リスク承知」の相乗り小型衛星を選定 キヤノン電子地球観測衛

星を搭載へ



[秋山文野](#) サイエンスライター/翻訳者（宇宙開発） 6/27(火) 16:00

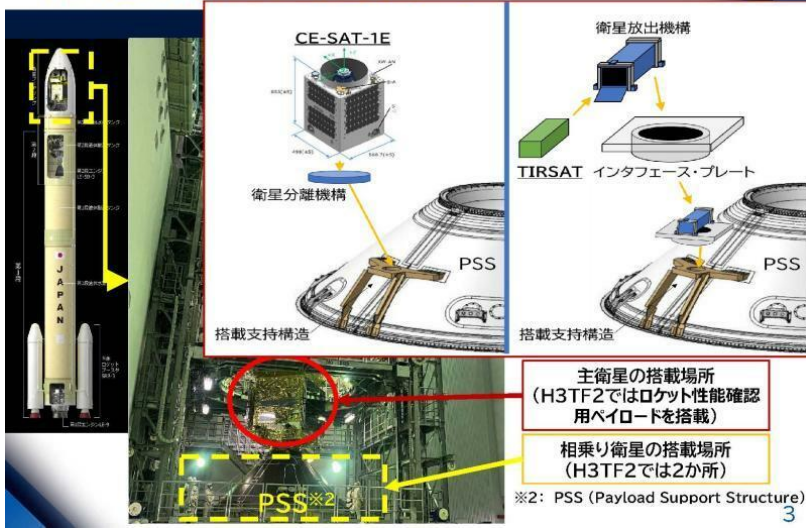


クレジット：JAXA

2023 年 6 月 27 日の文部科学省 宇宙開発利用部会において、日本の新型基幹ロケット「H3」試験機 2 号機（H3TF2）に 2 機の超小型衛星を搭載し、無償で打ち上げることが報告された。1 機はキヤノン電子が開発する 50 キログラム級の光学地球観測衛星「CE-SAT-IE」。もう 1 機は宇宙システム開発利用推進機構、セーレン、ビジョンセンシング、アークエッジ・スペースが共同で開発する 3U サイズのキューブサット「TIRSAT」。いずれも試験機の打ち上げ失敗リスクを受け入れた上で JAXA の呼びかけに応じたものだ。実質的に「H3 ロケットでの最初の衛星打ち上げ」となる見込みの 2 機の衛星は何を目標とし、どのような機能を持つのか、搭載までの経緯を解説する。2023 年 3 月に起きた H3 試験機 1 号機の打ち上げ失敗と光学地球観測衛星「だいち 3 号（ALOS-3）」の喪失を受けて、H3TF2 には予定していた地球観測衛星「だいち 4 号（ALOS-4）」を搭載しないことが決まった（5 月 24 日宇宙開発利用部会）。衛星の位置には衛星を模擬したダミーペイロードを搭載するが、さらにピギーバック衛星（相乗り衛星）を受け入れることになった。ピギーバック衛

星とは、ロケットの主な衛星の他に重量の余剰分を利用して搭載される小型の人工衛星。国内外でさまざまな例があるが、日本ではこれまで2009年のH-IIA 15号機では主衛星「いぶき（GOSAT）」に加えて大学などが開発した5機の超小型衛星を、2014年のH-IIA 24号機では主衛星の「だいち2号（ALOS-2）」に加えて4機の超小型衛星を搭載した実績がある。ピギーバック衛星は主衛星と異なり目標の軌道を選べないなどの制限があるが、さらにH3TF2では試験段階ロケットへの搭載というリスクもある。万が一、打ち上げが失敗して衛星を喪失したとしてもJAXAからの補償は得られないことを承知の上で応募するという条件がついていた。

H3TF2への超小型衛星搭載のイメージ

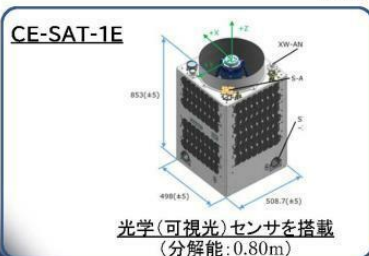


3 出典：2023年6月27日宇宙開発利用部会

「H3 ロケット試験機 2号機での『超小型衛星相乗り』の実施について」より
H3TF2でのピギーバック衛星の募集は、わずか1週間という非常に短いスケジュールで行われた。募集期間が短いだけでなく、2023年の秋には衛星をJAXAへ引き渡さなくてはならない。またH3TF2は1号機と飛行計画を大きく変えないことでスケジュールの短縮を図っており、だいち3号が目指していた高度約670キロメートル、南北方向の軌道を目指す衛星が対象となる。搭載できるのは実質的に開発がほぼ完了している地球周回衛星に限られているとあってよく、JAXAからのRFI（相乗り衛星候補に係る情報提供要請）に応えることができたのは4機の衛星だった。うち、技術とスケジュールの点で選定されたのがキャノン電子の「CE-SAT-1E」と、4社共同開発の「TIRSAT」だった。

H3TF2での「超小型衛星相乗り」の計画概要

- (1) 使用ロケット:
H3ロケット試験機 2号機
- (2) 投入軌道
太陽同期準回帰軌道 軌道高度 約670km(ALOS-3と同様の軌道)
- (3) 搭載する超小型衛星:
 - ◆ 衛星1: 50kg級衛星「CE-SAT-1E」 キャノン電子株式会社
 - ◆ 衛星2: 3U衛星 「TIRSAT」 まとめ 一般財団法人宇宙システム開発利用推進機構
衛星バス開発/衛星運用 セーレン株式会社
センサ開発 株式会社ビジョンセンシング
地上局運用 株式会社アークエッジ・スペース



2 出典：2023年6月27日宇宙開発利用部

会「H3 ロケット試験機 2号機での『超小型衛星相乗り』の実施について」より

キヤノン電子の CE-SAT-IE は、キヤノン電子が 2017 年から運用する超小型地球観測衛星 CE-SAT シリーズの衛星。2017 年 6 月打ち上げの CE-SAT-I は 50 キログラム級と超小型ながら、超小型望遠鏡部分にキヤノン製のカメラ (EOS 5D Mark III) を利用してコストを下げ、地上分解能※1メートルの高解像度撮影が可能だ。2020 年 10 月打ち上げの CE-SAT-IIB は 30 キログラム級とより小型になり、超高感度カメラの搭載によって地上の夜間光や月明かりでの撮影も可能になっている。

※画像から対象物を判別できる解像度。画像の 1 ピクセルがおよそ 1メートルの物体に相当し、1メートル以下であれば高分解能に分類される。

H3TF2 に搭載される CE-SAT-IE は型番からして CE-SAT-I の後継機で、分解能はだいち 3号に並ぶ 0.8メートルだ。米マクサーの高分解能衛星「WorldView」シリーズや仏エアバス・ディフェンス・アンド・スペースの「プレアデス・ネオ」衛星は分解能 0.3メートルだがそこまで超高分解能衛星ではなく、また観測できるエリアの幅や波長の多様性なども限定的だ。それでも失われた「だいち 3号」に代わって国産地球観測衛星として活躍すると期待される。日本の光学地球観測衛星は、2011年に「だいち (ALOS)」が運用終了してから空白期間が続いている。キヤノン電子の衛星はこれまで商用衛星として運用されているが、CE-SAT-IE は災害時の緊急観測や、地理空間情報の整備、3D都市データ作成研究など「だいち 3号」が担うはずだったデータの空白を少しでもリカバリするという役割も持つ。実質的に、H3ロケットで打ち上げる国産地球観測衛星の第 1号となる可能性がある。注目され、認知度を上げることで商用利用を広げたいねらいも考えられる。

一方で、約 3トンと大型のだいち 3号では可能だが小型衛星ではできないこともある。そのひとつが観測波長帯の多様化だ。だいち 3号では可視光の青・緑・赤の波長に加えて、青よりも波長の短い「コースタル」、赤と近赤外の間の「レッドエッジ」、その外側の「近赤外」を加え、6つの波長帯での観測が可能だった。

CE-SAT シリーズはこれまで RGB の観測が主で赤外線などの波長には対応していない。CE-SAT-IE の性能がシリーズの延長線上にあるならば、同様に赤外線には非対応だ。そこで小型衛星ならではの限界を補完するかのようになり、もう 1機ピギーバック衛星として選定された TIRSAT がある。TIRSAT は赤外線の波長の中でも、可視光よりも長い波長域で地表の熱の変化を測る熱赤外 (Thermal InfraRed) に対応した衛星だ。キューブサットと呼ばれる規格化された超小型衛星の一種で、3U サイズはおよそ 10x10x30センチメートルになる。

衛星から観測する熱赤外のデータはこれまで農業や環境の分野で利用されてきたが、近年では大量の熱を放射する製鉄所の稼働を調査するなど、経済活動のモニタリングに関する応用が広がっている。TIRSAT の実証目標には次のようにある。

4) 非冷却小型熱赤外センサの軌道上実証 :

搭載する 3U 衛星 (非冷却小型熱赤外センサ搭載) については、経済産業省の委託事業「サプライチェーンの迅速・柔軟な組換えに資する衛星を活用した状況把握システムの開発・実証」において開発済みの衛星であり、ウクライナ紛争により打上げ機会が確保できず事業が中断しているものである。このため、H3TF2 での打上げにより、国の事業の完成に貢献する。超小型衛星の機能がピンポイント的な観測に向いていることを考えれば、TIRSAT の熱赤外データは経済状況のモニタリングが主だと考えられる。1週間で応募可能な衛星という限られた条件の中ではあるが、可視光の CE-SAT-IE と熱赤外の TIRSAT で、できる限りだいち 3号の空白を埋める組み合わせを考えたといえるだろう。JAXA の石井康夫理事によれば、短期間で搭載可能という厳しい条件の中で、だいち 3号の機能を一部ではあるがカバーする組み合わせの衛星を選定できたのは「奇跡的といってもよい」ことだった。偶然の要素もあるとはいえ、その成果を最大化できるように、無償で衛星を打ち上げる見返りとして観測データの提供を要望し、JAXA が入手したデータについては公開する調整を進めているところだという。同じ宇宙開発利用部会では、だいち 3号の後継機の検討案が発表された。JAXA が中心となる衛星データ利用コンソーシアムからの提言として、だいち 3号と同機能の衛星を 2機同時に開発する案 (打上げは 2027 年度)、官民共同で光学+LIDAR 小型衛星によるコンステレーションで置き換える 2案 (いずれも打ち上

げは2026年度)が示された。3案のどれになるとしても、あと3年の空白期間の延長は避けられない。その間、災害時の緊急観測などが発生することを考えれば、2機の衛星に求められる役割は大きい。

H3TF2での「超小型衛星相乗り」実施の意義



(1) 基幹ロケットによる超小型衛星相乗り事業の継続:

H-IIAロケットで進めて来た「超小型衛星相乗り事業」を、H3ロケットにおいても継続し、大学・企業等への継続的な軌道上実証機会の提供を確保し、必要な技術知見を獲得する。

(2) 3U対応CubeSat衛星放出機構及び非火工品衛星分離機構の軌道上実証:

これまでの超小型衛星相乗りでのCubeSat用の衛星放出機構は1Uサイズにしか対応していないため、最近の主流である3Uサイズの軽量の衛星放出機構の軌道上実証の実施、及び、必要な技術知見を獲得する。また、JAXAの研究開発成果となる、非火工品による衛星分離機構^{※3}(50kg級衛星用)の軌道上実証を実施し、今後の相乗り事業での活用を図る。

(3) 小型光学衛星による防災・地理空間情報整備・3D都市データ作成研究等の実施:

CE-SAT-1Eの仕様やこれまでの軌道上実績から、小型光学衛星による災害時緊急観測、地理空間情報整備、3D都市データ作成研究など、ALOS-3ミッションを限定的にでもりカバーする試行や次期光学ミッションの選択肢を広げるため本衛星により得られる撮像データを活用する。

(4) 非冷却小型熱赤外センサの軌道上実証:

搭載する3U衛星(非冷却小型熱赤外センサ搭載)については、経済産業省の委託事業「サプライチェーンの迅速・柔軟な組換えに資する衛星を活用した状況把握システムの開発・実証」^{※4}において開発済みの衛星であり、ウクライナ情勢により打上げ機会が確保できず事業が中断しているものである。このため、H3TF2での打上げにより、国の事業の完成に貢献する。

※3: 宇宙イノベーションパートナーシップ(J-SPARC)の共創活動において検討を進めてきた技術

※4: 当該事業にJAXAも参加しセンサの開発・実証を実施

4 出典: 2023年6月27日宇宙開発利用部

会「H3 ロケット試験機2号機での『超小型衛星相乗り』の実施について」より



記事に関する報告

秋山文野 サイエンスライター/翻訳者 (宇宙開発)

1990年代からパソコン雑誌の編集・ライターを経てサイエンスライターへ。ロケット/人工衛星プロジェクトから宇宙探査、宇宙政策、宇宙ビジネス、NewSpace事情、宇宙開発史まで。著書に電子書籍『「はやぶさ」7年60億kmのミッション完全解説』、訳書に『ロケットガールの誕生 コンピューターになった女性たち』ほか。2023年4月より文部科学省 宇宙開発利用部会臨時委員。

<https://sorae.info/astrometry/20230627-molecular-cloud-filament.html>

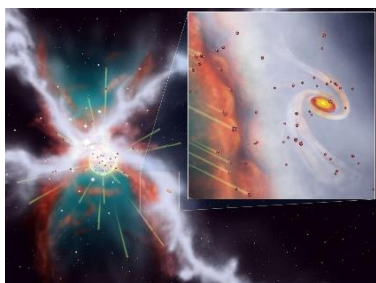
形成中の太陽系を超新星爆発から守ったものとは? 国立天文台の研究者らによる成果

2023-06-27 sorae編集部

国立天文台 (NAOJ) の Doris Arzoumanian さんを筆頭とする研究チームは、形成中の太陽系を超新星爆発の衝撃波から守ったのは、太陽系を生み出した星間ガスの集まりである「分子雲フィラメント」そのものだった可能性を示す研究成果を発表しました。

地球に落下した隕石に含まれている元素の同位体組成をもとに、誕生から約46億年が経ったとされる太陽系が形成されつつある頃、その形成現場には近くで発生した超新星爆発に由来する物質(アルミニウムの放射性同位体であるアルミニウム26など)が降り注いだと考えられています。

その一方で、超新星の衝撃波は惑星系の形成を妨げ、破壊してしまう可能性もあるといいます。国立天文台によれば、太陽系が超新星由来の物質を獲得しつつ爆発の衝撃波からは生き延びた、という矛盾した状況を解決する定説はまだありませんでした。



【▲ 今回の研究成果の概念図。超新星爆発を起こす大質量星は分子雲フィラメントが重なる場所で形成される。形成中の太陽系は分子雲フィラメントに守られると同時に、フィラメントへ降り注いだ超新星由来の物質を取り込んでいく（Credit: 国立天文台）】

研究チームは今回、太陽のような小質量星と超新星爆発を起こす大質量星が形成される場所の違いに着目して、若き太陽系に対する衝撃波の影響を調べました。小質量星は星間ガスが紐状に集まった分子雲フィラメントに沿って形成され、大質量星は分子雲フィラメントどうしが重なる場所（ハブ）で形成されるといいます。分析の結果、分子雲フィラメントは大質量星の星風や超新星爆発の衝撃波から形成中の太陽系を守る“緩衝材”として働く可能性が示されました。太陽系を形成した分子雲フィラメントが付近のフィラメントどうしの重なりで発生した超新星爆発の衝撃波によって破壊されるには少なくとも30万年を要し、フィラメントが衝撃波を吸収したことで形成中の太陽系にはほとんど影響が及ばなかったと考えられています。また、超新星由来の物質は最初に分子雲フィラメントに降り注ぎ、その後に太陽系の形成現場へと間接的に運ばれたとみられています。今回の研究で推測された分子雲フィラメントと太陽系の関係性について研究チームは、恒星系の形成・進化・特性を理解する上で幾つかの重要な意味を持つ可能性があり、検証には専用の磁気流体力学シミュレーションが必要だと述べています。研究チームの成果をまとめた論文は2023年4月25日付でAstrophysical Journal Lettersに掲載されています。

Source Image Credit: 国立天文台 [NAOJ](#) - 形成中の太陽系を超新星爆発から守ったもの

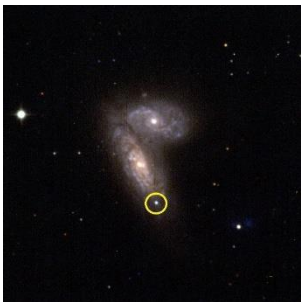
[NAOJ](#) - Molecular Filament Shielded Young Solar System from Supernova

[Arzoumanian et al.](#) - Insights on the Sun Birth Environment in the Context of Star Cluster Formation in Hub-Filament Systems (Astrophysical Journal Letters)

文/sorae編集部

<https://mainichi.jp/articles/20230627/k00/00m/040/030000c>

超新星爆発、二つ撮影成功 恒星の寿命尽きる様子 群馬県立天文台



NGC4568 銀河の丸で囲った超新星爆発＝群馬県立ぐんま天文台提供 [写真一覧](#)

群馬県立ぐんま天文台（高山村）は、おとめ座にある NGC4568 銀河とおおぐま座にある M101 銀河で、恒星の寿命が尽きて最後に大爆発する姿（超新星爆発）を撮影することに成功し、写真をホームページ上で公開している。約 5000 万光年（1 光年は約 9 兆 5000 億キロ）離れた NGC4568 は、もう一つの NGC4567 銀河と重なった姿がちょうに似ているとされ、超新星は 5 月 14 日（日本時間 15 日）に発見された。同天文台は同 17 日に撮影した。M101 は約 2000 万光年離れた銀河で、回転花火のような美しい姿が特徴。山形市のアマチュア天文家が同 19 日（同 20 日）に超新星を発見し、天文台は同 24 日に撮影した。いずれも巨大な星で大きな爆発が起きたため、明るい姿をとらえたが、徐々に暗くなる。長谷川隆主査は「今回の超新星は太陽の 8 倍以上の質量を持つ巨大な恒星が一生の最後に大爆発し、太陽の数億倍に輝いた現象。特に M101 は地球に近く、新しい手法による観測の成果も期待される」と話している。【田所柳子】

<https://sorae.info/astrometry/20230624-ldn1622.html>

オリオン座に秘められた宇宙の美 暗黒星雲「LDN 1622」

2023-06-24 [soraе 編集部](#)

こちらは「オリオン座」の方向約 1300 光年先にある暗黒星雲「LDN 1622」です。満月の見かけの大きさよりも一回りほど広い視野全体に、神秘的な美しさを感じさせる光景が広がっています（画像の視野は 36.59x37.59 分角）。



【▲ オリオン座の暗黒星雲「LDN 1622」（Credit: KPNO/NOIRLab/NSF/AURA/T. A. Rector; Image processing: T.A. Rector (University of Alaska Anchorage/NSF's NOIRLab), M. Zamani (NSF's NOIRLab) & D. de Martin (NSF's NOIRLab))】

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。画像の背景を彩る赤い輝きは、電離した水素ガスから放射された赤い光によるものです。

この画像はキットピーク国立天文台（米国アリゾナ州）のメイヨール望遠鏡に設置されている観測装置「Mosaic-3」で取得したデータ（3種類の光学フィルターを使用）をもとに作成されたもので、米国科学財団（NSF）の国立光学・赤外天文学研究所（NOIRLab）から 2023 年 6 月 21 日付で公開されています。

Source

Image Credit: KPNO/NOIRLab/NSF/AURA/T. A. Rector; Image processing: T.A. Rector (University of Alaska Anchorage/NSF's NOIRLab), M. Zamani (NSF's NOIRLab) & D. de Martin (NSF's NOIRLab)

[NOIRLab](#) - Dark Shrouds in Orion

文／soraе 編集部

<https://soraе.info/astromy/20230627-hawking-radiation.html>

全ての物質はやがて蒸発する？ ブラックホール以外でもホーキング放射が起こる可能性

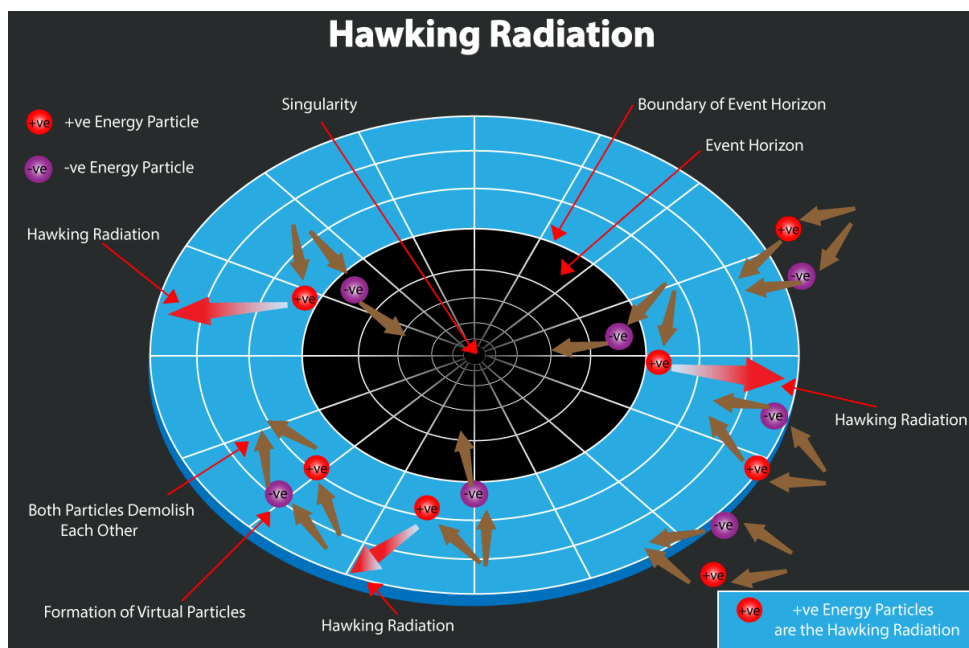
2023-06-27 [彩恵りり](#)

宇宙最速の光さえも抜け出せないと表現される「ブラックホール」は永遠に質量を失わないようにも思えますが、実際には「ホーキング放射」と呼ばれるプロセスを通じて徐々に質量を失っていくとされています。ラドバウド大学の Michael F. Wondrak 氏らの研究チームは、ブラックホールの特別な性質である「事象の地平面」がなくともホーキング放射が起こることを理論的に示しました。この考えが正しい場合、ブラックホールだけでなく全ての天体がホーキング放射を通じて質量を失い最後には蒸発する可能性があることとなります。ホーキング放射は、1974 年にスティーヴン・ホーキングが予言した性質です。量子力学では真空は何もない空間ではなく、仮想的な粒子と反粒子のペアが生成と消滅を繰り返す“泡立った空間”であると表現されています。この粒子と反粒子のペアは“仮想的”と表現される通り、何もしなければすぐに消滅してしまいます。粒子として表れるために真空から“借りた”エネルギーをすぐに“返済”するためです。

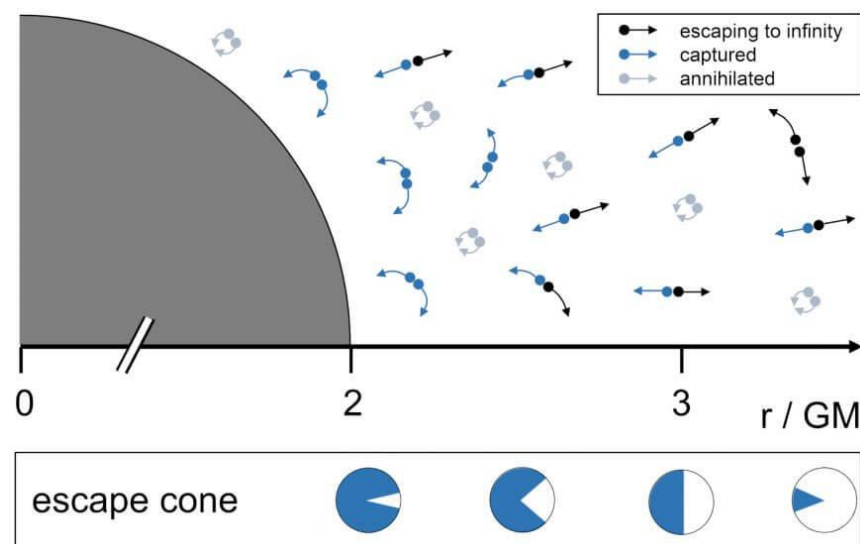
しかし、粒子が真空から借りたエネルギーを外部から与えるなどして代わりに返済すれば、その粒子を現実のものとして取り出すことが可能です。これは、真空に強力な γ 線を与えることで、電子と陽電子のペアが現れる実験でも確かめられています。こうした粒子のペアの生成と消滅がブラックホールの境界である「事象の地

平面」のすぐ近くで発生すると、ホーキング放射が起こります。事象の地平面は、それより内側に入れば光でもブラックホールの重力から逃れられなくなる境界です。もしも仮想的な粒子と反粒子のペア（ホーキング放射の場合、質量がゼロの粒子）が生成された後、片方だけが事象の地平面を横切った場合、相方を失ったもう片方は実在の粒子として外に飛び出さなければなりません。仮想粒子が実在粒子となるにはエネルギーをどこかから調達しなければなりません、この場合はブラックホールの質量から調達することになります。質量はエネルギーと等しいため、ブラックホールは仮想粒子が実在粒子になった分だけ質量を失います。

この様子を遠くから見ると、まるでブラックホールが実在粒子を放射し、少しずつ質量を失っているかのように観測されます。これがホーキング放射です。ホーキング放射が起こり続けられれば、ブラックホールは最終的に全ての質量を失う、すなわち蒸発すると予測されています。



【▲ 図 1: ホーキング放射の概念図。真空では仮想的な粒子 (+ve) と反粒子 (-ve) のペアがあちこちで生まれてはすぐさま消滅する。しかし、事象の地平面付近 (青色と黒色の境界) で発生した粒子のペアは片方だけがブラックホールに吸い込まれることがある。残されたもう片方は飛び出して行くので、あたかもブラックホールが放射を起こして質量を失っているように見える。これがホーキング放射である (Credit: Physics Feed)】



【▲ 図 2: 今回の研究で明らかにされたホーキング放射の様子。ブラックホールから離れるほど、「仮想的な粒子と反粒子が生成される確率」は低くなるが、「粒子の片方だけが逃げ出す確率」は高くなることが分かった。(Image Credit: Wondrak, et.al.)】

以上の説明の通り、ホーキング放射が実現するには時空が一方通行となる事象の地平面が必要であり、事象の地平面に限りなく近い場所（計算上は無限に近い場所）で起こるブラックホールに限定された現象であると長年考えられてきました。実験室でブラックホールを作ることはできないのでホーキング放射が実証されたことはありませんが、事象の地平面と非常によく似た状態を設定した実験ではホーキング放射のような現象が確認されています。このため、「ホーキング放射は事象の地平面に限りなく近い場所でのみ起こる」という認識は正しいようにも思えます。しかし Wondrak 氏らは、「シュウインガー効果」と呼ばれるアプローチを適用することで、ホーキング放射は事象の地平面よりずっと遠くでも起こることを理論的に証明しました。シュウインガー効果は、1951年にジュリアン・シュウインガーによって示された電磁力学的な現象であり、「十分に強い電場や磁場の下では、真空から粒子と反粒子のペア（より具体的には電子と陽電子のペア）が生成される」という現象です。シュウインガーが予言したオリジナルのシュウインガー効果を起こすのに必要な電場や磁場の強度は高すぎるため、実験的に観測されたことはありませんが、非常によく似た状況を設定したところ、シュウインガー効果のような現象が確認されたという報告があります（ただし、この報告については他の現象を誤認した可能性もあり、現在確認中です）。重要なのは、強大な電場や磁場が必要なシュウインガー効果は、ブラックホールの近辺という強大な重力場の下で起こるホーキング放射によく似ていることです。真空から粒子と反粒子のペアが生成されるという状況もまた似ています。大きな違いは、シュウインガー効果が起こる確率は電場や磁場の強度に依存しており、どこでも起こり得る現象であるのに対し、ホーキング放射は事象の地平面付近という極めて狭い範囲でしか起きないと予測されていることです。これは本当なのでしょうか？

Wondrak 氏らは、重力場に対する計算（※1）を行うことで、ホーキング放射が重力の強い場所ほど起こりやすい現象であることを証明しました。重力の強い場所、つまりブラックホールの近辺である事象の地平面付近で最も起こりやすい点はこれまでの認識と同じですが、今回の研究では「重力場が強い場所ならば事象の地平面から遠く離れていてもホーキング放射が起こる」ことを証明したのが重要なポイントです。

※1...熱方程式に対して熱核を求めるアプローチで重力場の計算を行うこと。ホーキング放射は熱放射と同じであるとみなせる熱力学的な現象であり、このような計算が可能で、このような計算が可能で、ホーキング放射がどこでも起こり得る現象であり、起こる確率が重力場の強さによって決まるという性質が本当であれば、シュウインガー効果と非常によく似ていることとなります。今回の研究では、ホーキング放射が最大化するのはブラックホールの半径（中心から事象の地平面までの距離）の約 1.25 倍であることが明らかにされました。これは、事象の地平面に限りなく近い距離でのみホーキング放射が起こると考えられていた従来のブラックホール像とは大きく異なります。Wondrak 氏らの証明が正しければ、ホーキング放射は重力場さえあればどこでも起こる現象であり、事象の地平面は不要ということになります。ホーキング放射が起こるには何かしらのエネルギーが必要とされることには変わりはありませんが、そのエネルギーは重力場の源である天体自身が出処になります。このため、ホーキング放射によって蒸発する天体はブラックホールだけに限定されず、あらゆる天体がホーキング放射によって蒸発することになります。実際には、ホーキング放射は極めて弱いプロセスであるため、蒸発が起こるにはゼロが数十個並ぶほどの非常に長い年数が必要となります。また、ブラックホール以外の天体では、陽子崩壊（※2）など別のプロセスの方がよほど早く進むでしょう。それでも、非常に半径の小さな中性子星などでは、ホーキング放射が無視できないレベルで働く可能性もあります。

※2...陽子の寿命は有限であり、長い時間をかけて素粒子に崩壊するという予測。この予測が正しい場合、ブラックホール以外の天体ではホーキング放射よりも陽子崩壊の方がはるかに速く天体の質量を失わせる原因となります。

Source

[Michael F. Wondrak, Walter D. van Suijlekom & Heino Falcke](#). "Gravitational Pair Production and Black Hole Evaporation". (Physical Review Letters)

[Charles Day](#). "Another Way for Black Holes to Evaporate". (Physics)

[Michael F. Wondrak, Walter D. van Suijlekom & Heino Falcke.](#) “Eventually everything will evaporate, not only black holes”. (Radboud University)

[Julian Schwinger.](#) “On Gauge Invariance and Vacuum Polarization”. (Physical Review)

[S. W. Hawking.](#) “Black hole explosions?”. (Nature)

[Carlos Barceló, Stefano Liberati & Matt Visser.](#) “Towards the Observation of Hawking Radiation in Bose–Einstein Condensates”. (International Journal of Modern Physics A)

[Jeff Steinhauer.](#) “Observation of quantum Hawking radiation and its entanglement in an analogue black hole”. (Jeff Steinhauer)

[Alexey I. Berdyugin, et.al.](#) “Out-of-equilibrium criticalities in graphene superlattices”. (Science) 文／彩恵りり

<https://sorae.info/astrometry/20230628-eso-174-1.html>

霞む銀河の儚き美しさ ハッブル宇宙望遠鏡が撮影した「ESO 174-1」

2023-06-28 [sorae 編集部](#)

こちらは「ケンタウルス座」の方向約 1100 万光年先にある銀河「ESO 174-1」です。霞んだ雲のような姿をした ESO 174-1 は全体がぼんやりと輝いており、塵を含んだ暗い紐状の構造が明るい中心部分を横切るように広がっています。



【▲ ハッブル宇宙望遠鏡で撮影された銀河「ESO 174-1」 (Credit: ESA/Hubble & NASA, R. Tully)】

この画像は「ハッブル宇宙望遠鏡」の「掃天観測用高性能カメラ (ACS)」で取得したデータ (可視光線と近赤外線フィルターを使用) をもとに作成されています。欧州宇宙機関 (ESA) によると、ハッブル宇宙望遠鏡による ESO 174-1 の観測は、天の川銀河から 10 メガパーセク (約 3260 万光年) 以内に存在する近傍の銀河すべてを観測するためのキャンペーン「Every Known Nearby Galaxy」の一環として 2020 年 2 月に実施されました。この観測キャンペーンでは 153 個の銀河を対象に、2019 年から 2021 年にかけてハッブル宇宙望遠鏡による観測が行われています。ESA によると、天の川銀河の隣人とも言える近傍の銀河の観測は、天文学者が様々な銀河に存在する星の種類を断定し、宇宙の局所構造をマッピングする上で役立つということです。冒頭の画像はハッブル宇宙望遠鏡の今週の画像として、ESA から 2023 年 6 月 26 日付で公開されています。

Source Image Credit: ESA/Hubble & NASA, R. Tully [ESA/Hubble](#) - Hubble checks in on the neighbours
文／sorae 編集部

<https://sorae.info/astrometry/20230629-8-umi-b.html>

“存在しないはずの惑星”はなぜ存在する？ 提唱された 2 つのシナリオ

2023-06-29 [sorae 編集部](#)

ハワイ大学天文学研究所 (IfA) の Marc Hon 博士を筆頭とする研究チームは、進化した主星を公転する約 530 光年先の太陽系外惑星「こぐま座 8 番星 b」 (8 UMi b) について、本来なら膨張した主星に飲み込まれたはず

の軌道を公転している惑星だとする研究成果を発表しました。存在し得ない惑星が存在する理由について、研究チームは2つの仮説を提唱しています。



【▲ 合体前の連星を公転する「こぐま座8番星 b」の想像図（Credit: W. M. Keck Observatory/Adam Makarenko）】

2015年に韓国の研究チームが発見したこぐま座8番星 b は、主星である「こぐま座8番星」（8 UMi）から約0.46天文単位（※）離れた軌道を約93日周期で公転しており、最小質量は木星の約1.65倍、表面温度は約730℃と推定されています。主星のこぐま座8番星は質量が太陽の約1.5倍の赤色巨星で、半径は約0.05天文単位（太陽の約10倍）とされています。

なお、国際天文学連合（IAU）が2019年に実施した太陽系外惑星命名キャンペーンの結果、主星のこぐま座8番星は「Baekdu」（ペクトゥ、白頭山に由来）、惑星のこぐま座8番星 b は「Halla」（ハルラ、漢拏山に由来）と正式に命名されています。

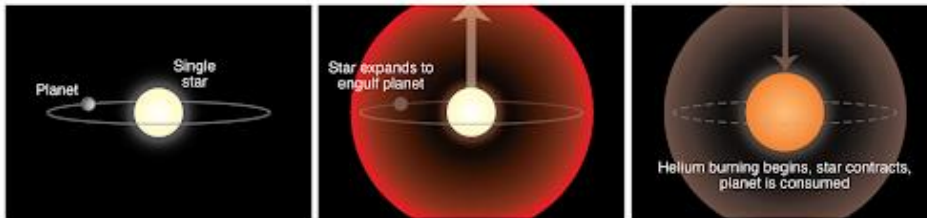
※...1天文単位（au）＝約1億5000万 km、太陽から地球までの平均距離に由来。

研究チームによると、恒星の振動を利用してその内部を探る星震学にもとづいて分析を行った結果、こぐま座8番星は中心核（コア）でヘリウムの核融合反応が起こる“ヘリウム核燃焼”の段階にあることが判明しました。分析にはアメリカ航空宇宙局（NASA）の系外惑星探査衛星「TESS」の観測データが用いられています。

赤色巨星は内部で起こる核融合反応の変化に従って膨張と収縮を繰り返します。ヘリウム核燃焼に進むためには、中心核の水素を核融合で使い果たした後に、その周囲で水素の核融合反応が起こる“水素殻燃焼”という段階を経なければなりません。水素殻燃焼の段階に達した恒星は大きく膨張します。こぐま座8番星の場合、半径が約0.7天文単位（太陽の約150倍）まで一旦膨張し、ヘリウム核燃焼が始まってから現在観測されている大きさまで収縮したはずだと推定されています。ところが、こぐま座8番星 b の公転軌道半径は前述の通り約0.46天文単位です。つまり、こぐま座8番星 b は膨張したこぐま座8番星に一度飲み込まれたはずの領域内を公転していることになるわけです。こぐま座8番星 b は比較的眞円に近い安定した軌道（離心率は約0.06）を公転しているため、ヘリウム核燃焼が恒星の寿命全体からすれば短期間しか続かないことも考慮すれば、膨張した主星に飲み込まれずに済む遠く離れた軌道から現在の軌道まで短い期間で移動してきたとは考えにくいといえます。研究に参加したニューサウスウェールズ大学の Ben Montet 博士は「存在しないはずの惑星なのです」と語っています。こぐま座8番星 b が存在する理由について、研究チームは2つの仮説を立てています。1つ目は、こぐま座8番星がもともと近接した2つの恒星からなる連星だったとする説です。主星が晩年を迎えて赤色巨星に進化し始めた頃、外層のガスが伴星に流れ込むことで中心核が剥き出しになり、主星は白色矮星へと進化。続いて伴星が赤色巨星に進化し始めると、主星だった白色矮星は伴星と合体して単一の赤色巨星になります。この時、中心核の質量はヘリウム核燃焼が起こるのに必要な質量を上回るため、外層が大きく膨張する前にヘリウム核燃焼の段階へ進み、こぐま座8番星 b は生き延びることができたのではないかと推定されています。

2つ目の仮説でもこぐま座8番星は連星だったと想定されていますが、主星と伴星が合体するまでこぐま座8番星 b は存在していなかったとする点が異なります。この説では、こぐま座8番星 b は激しい合体にともなって形成されたガス雲を材料にして新たに誕生した惑星だと予想されています。

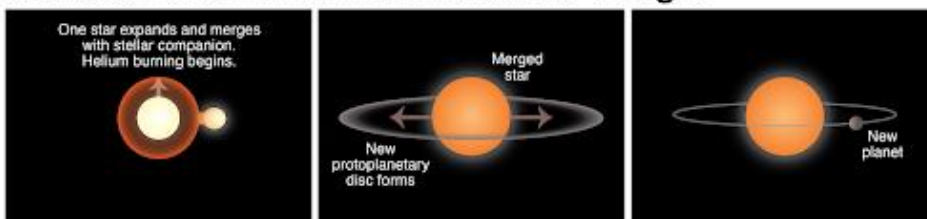
Normal scenario: Planet consumed



Scenario 1: Planet escapes engulfment



Scenario 2: Planet forms from stellar merger



【▲ 「こぐま座 8 番星 b」 を巡る 3 つのシナリオを解説した図（時系列は左→右の順）。上：主星が単一の恒星だった場合、惑星は膨張した主星に飲み込まれてしまう。中：主星が近接連星だった場合、大きく膨張する前にヘリウム核燃焼の段階に入るので惑星は生き延びられる。下：主星が近接連星だった場合、合体で生じたガス雲から惑星が形成され得る（Credit: W.M.Keck Observatory）】

2 つの仮説の根拠の一つは、こぐま座 8 番星の大気で見出された豊富なリチウムの存在です。リチウムは若い恒星にはよく見られるものの、年月を経た赤色巨星にはわずかな量しか存在しないといい、他の星との相互作用を介して晩年に獲得された可能性が指摘されています。今回の成果について Hon さんは「老いた主星が膨張し始めた時、その近くにある全ての惑星が滅亡する運命にあるわけではない可能性を示しています」とコメント。また Montet さんは、リチウムが豊富な赤色巨星は約 1000 個見つкаっていると発言した上で、その近くの惑星を探索することで興味深い研究の機会が得られるかもしれないとコメントしています。研究チームの成果をまとめた論文は 2023 年 6 月 28 日付で Nature に掲載されています。

Source Image Credit: W. M. Keck Observatory/Adam Makarenko

[ハワイ大学マノア校](#) - Hawai'i astronomers discover death-defying planet

[ニューサウスウェールズ大学](#) - This planet survived a death sentence – and astronomers don't know how

[W.M.ケック天文台](#) - Life After Death: Hawai'i Astronomers Find a Planet that Shouldn't Exist

[Hon et al.](#) - A close-in giant planet escapes engulfment by its star (Nature, [arXiv](#)) 文/sorae 編集部

<https://sp.m.jiji.com/article/show/2970592>

2023-06-29 05:23 社会

「クエーサー」に隠れた銀河検出 = 129 億年前の初期宇宙で一東大など

東京大や国立天文台などの国際共同研究チームは、2021年に打ち上げられたジェームズ・ウェッブ宇宙望遠鏡（JWST）などを使い、129億年前の初期宇宙で明るく輝く巨大ブラックホールに隠れた銀河の姿を捉えることに成功した。巨大ブラックホールの形成過程を知る手掛かりになるという。論文は29日、英科学誌ネイチャー電子版に掲載された。多くの銀河の中心部には巨大なブラックホールが存在。中には、周囲

のガスなどを吸い込む際に明るく輝く「クエーサー」を持つものもある。ただ、非常に遠くにある100億年以上昔の銀河は暗いため、中心のクエーサーの光に隠されてしまい、銀河全体の姿を見ることは難しかった。

東京大カブリ数物連携宇宙研究機構のシューヘン・ディン特任研究員、北京大カブリ天文天体物理研究所の尾上匡房・天体物理学フェローらは、みずがめ座の方角にある比較的暗いクエーサー二つをJWSTで観測。撮影画像からクエーサーの光の影響を差し引く手法を開発し、銀河の姿を捉えた。

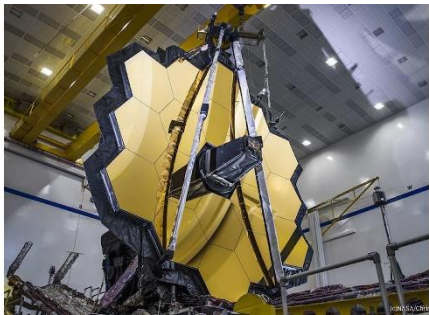
研究チームは得られたデータから、二つの銀河と中心のブラックホールの重さも推定。銀河とブラックホールの重さの比率は約1000対1で、現在の銀河と大きく変わらないことも分かった。 [時事通信社]

<https://news.mynavi.jp/techplus/article/20230701-2716544/>

Kavli IPMU など、大質量ブラックホールの潜む親銀河を初期宇宙で検出

掲載日 2023/07/01 07:45 著者：波留久泉

東京大学(東大) 国際高等研究所 カブリ数物連携宇宙研究機構(Kavli IPMU)、東大大学院 理学系研究科、愛媛大学、国立天文台(NAOJ)の4者は6月29日、ジェームズ・ウェッブ宇宙望遠鏡(JWST)を用いて約129億年前の宇宙に存在する2つのクエーサーを観測し、中心に活発な大質量ブラックホールが潜む銀河の姿を捉えることに成功したと発表した。



ジェームズ・ウェッブ宇宙望遠鏡。(c)NASA/Chris Gunn(出所:愛媛大プレスリリース PDF)

同成果は、Kavli IPMU のシューヘン・ディン特任研究員、ジョン・シルバーマン教授、北京大学 カブリ天文天体物理研究所の尾上匡房カブリ天体物理学フェロー、東大大学院 理学系研究科 天文学専攻の柏川伸成教授、同・嶋作一大准教授、同・理学系研究科 天文学教育研究センターの河野孝太郎教授、愛媛大 宇宙進化研究センターの長尾透教授、同・松岡良樹准教授、NAOJ ハワイ観測所の青木賢太郎シニアサポートアストロノマーら40名以上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」に掲載された。](#)

大半の銀河の中心に位置する大質量ブラックホールは、初期宇宙でどのようにして形成されたのかについて未解明だ。さらに現在の宇宙では、大質量ブラックホールとそれを抱える親銀河の大きさに10桁もの差にも関わらず、両者の重さに強い正の相関があることがわかっている。しかし、その理由はわかっていない。

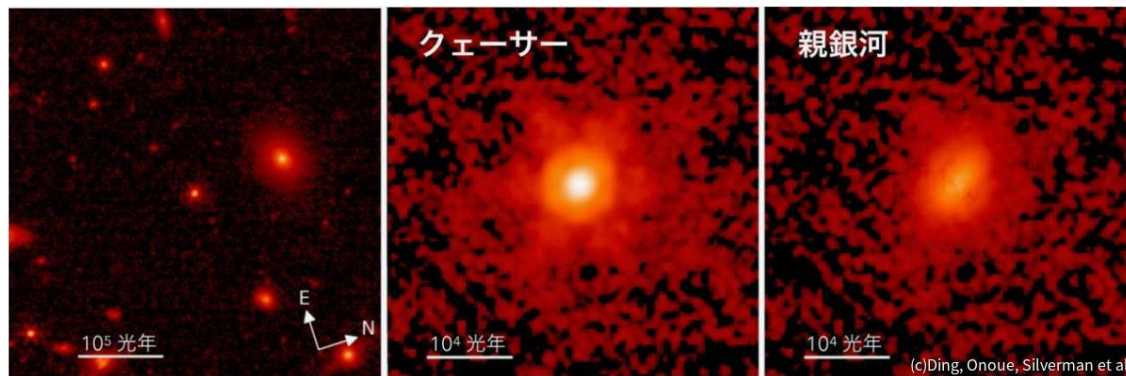
こうした銀河と大質量ブラックホールの関係性がいつ始まり、お互いにどのように影響を与えて成長してきたのかを明らかにするためには、なるべく過去の宇宙に存在するクエーサーの親銀河の観測が不可欠だという。

しかし初期宇宙となると銀河の見かけの大きさは小さく、明るさも暗くなり、さらに明るく輝くクエーサーの光の方が強いために埋もれてしまうため、親銀河の光を分離して観測することは極めて困難だという。

そこで研究チームは今回、JWST を用いて赤方偏移 $z \sim 6$ を超える129億年前の宇宙に存在するクエーサー2天体を観測したとする。今回は、JWST の近赤外線カメラ「NIRCam」を用い、2022年10月26日にクエーサー「HSCJ2255+0251」を、同年11月6日にクエーサー「HSCJ2236+0032」を観測したとのこと。2天体は約1時間ずつ観測され、波長1.50 μm 、3.56 μm の2つの近赤外線画像が取得された。

両クエーサーは、すばる望遠鏡の超広視野主焦点カメラ「Hyper Suprime-Cam」(HSC)による大規模撮像探査「すばるHSC戦略枠観測プログラム」(HSC-SSP)によって発見された天体だ。研究チームはこれまでに、

HSC-SSP を使うことで 160 個超のクェーサーを初期宇宙に発見しており、その多くが、同時代のほかのクェーサーと比べて 10 倍ほど暗く、当時の宇宙の代表的な明るさのものだという。研究チームは、これらの暗いクェーサーであれば、その光に邪魔されることなく親銀河の星の光を捉えられると考察し、今回のターゲットに選んだとする。大質量ブラックホールからの光は本来微小な領域から放射されているが、望遠鏡で得られた画像上では複数の画素にわたって広がって観測される。その光をクェーサーの画像上から差し引くために、研究チームは、ブラックホールと同様にコンパクトな星を利用したとする。ターゲットのクェーサー周囲に映った星の画像を使って微小領域からの光の広がり方をモデル化し、それを差し引くことで空間的に広がった親銀河の光の成分のみが抽出可能になったとしている。2つの波長での親銀河の明るさの情報から、HSCJ2255+0251 の銀河の質量は太陽の 340 億倍、HSCJ2236+0032 の銀河の質量は 1300 億倍と推定された。これは同時代の銀河の中でも最も重たい部類だという。



NIRCam を用いて波長 $3.56\mu\text{m}$ の赤外線で見られた HSC J2236+0032。(左)ズームアウトして小さく表示された画像。(中央)クェーサーの画像。(右)ブラックホールの光を差し引いた親銀河の画像。クェーサー画像の雪の結晶のような形状の光は、微小な領域から放たれた光が望遠鏡の光学系によって広がって観測されているもので、実際の光の分布とは異なるという。また、画像の色は天体の明るさが示されており、実際に肉眼に見える色とは異なるとする。(c)Ding, Onoue, Silverman et al.(出所:愛媛大プレスリリース PDF)

さらに、JWST の近赤外分光装置「NIRSpec」で大質量ブラックホール周囲を高速で回転する物質の運動を調査したところ、両大質量ブラックホールは、質量が太陽の 2 億倍と 14 億倍と求められた。これらの観測結果は、銀河と大質量ブラックホールの関係が近傍宇宙と初期宇宙で大きく変わらないことが示されているとする。研究チームは、今後予定されている JWST のサイクル 1 の観測データを利用し、より多くのクェーサーで今回と同様の研究を継続する予定とのこと。そして、銀河と大質量ブラックホールのどちらが先に成長したのかという問題の解決に挑むとしている。さらに研究チームには、JWST の観測時間として、今秋開始のサイクル 2 でも割り当てられることが決定しているという。そこでは、クェーサー HSCJ2236+0032 の親銀河がどのような星で構成されているのか、さらに同クェーサーの周りに銀河がどれくらい群れているのか、といったより詳細な調査を行う計画とした。それに加え、アルマ望遠鏡を使った親銀河中のガスと塵の観測も現在進行中だとい、今後の研究の進展により、大質量ブラックホールの形成過程の謎や親銀河との関係性や進化の過程に迫ることが大いに期待されるとしている。

<https://sorae.info/astromy/20230701-eiger.html>

“宇宙の再電離”の現場を観測 原因は初期の銀河だったと特定

2023-07-01 [彩恵りり](#)

私たちの宇宙では、誕生したばかりの初期の銀河によって「宇宙の再電離」と呼ばれる現象が起こったと考えられています。宇宙の再電離は極めて遠距離で起こった現象であるために、その詳しい様子を観測するのは困

難でした。今回、国際的な初期宇宙の観測計画「EIGER」は、「ジェイムズ・ウェッブ宇宙望遠鏡」の観測データを元に、宇宙の再電離の原因を初期の銀河だと特定することに成功したとする研究成果を発表しました。誕生直後の宇宙は電子と原子核がバラバラに分かれた（電離した）プラズマで満たされ、光がまっすぐ進むことのできない不透明な宇宙だったと考えられています。しかし、誕生から約 38 万年が経って宇宙の温度が十分に下がると、電子と原子核が合体してプラズマから中性の原子になり、光はまっすぐ進むようになったと考えられています。宇宙が透明な状態となったこの時期を「宇宙の晴れ上がり」と呼びます。

その後、中性の原子が集まって恒星や初期の銀河が形成された頃、局所的に再電離が始まったと考えられています。これを「宇宙の再電離」と呼びます。初期の宇宙で誕生した恒星は非常に重いので、放射はエネルギーの高い紫外線が主体であり、周りにあるガス状の中性水素原子をプラズマ化していったと考えられています。宇宙の晴れ上がりから再電離までの期間は、宇宙に（宇宙マイクロ波背景放射以外の）光源が存在せず、それ故に直接観測できない「暗黒時代」と呼ばれる時期にあたります。その直後にあたる宇宙の再電離の観測は初期宇宙の情報、特に大規模構造を知るための重要な手がかりとなります。

しかし、宇宙の初期の時代を知るということは非常に遠方の宇宙を観測することと同じであり、その距離の遠大さから観測には困難が伴います。また、初期の銀河は推定される再電離の原因の一つであり、クエーサーの中心部にある超大質量ブラックホールによるものであるという説や、重い粒子の崩壊のように現在の理論の枠組みを超えた新しい物理学的現象によるものであるという説もありました。

そのうえ、宇宙の晴れ上がり前と比べて宇宙の再電離が起きた時代は物質の密度がはるかに低く、宇宙の不透明度も低くて透明にかなり近いと考えられています。このため、宇宙の再電離を示す観測結果を得るのは、これまで非常に困難なことだったのです。



【▲ 図: 今回観測された 6 つのクエーサーの画像 (Credit: NASA, ESA, CSA, Simon Lilly (ETH Zurich), Daichi Kashino (Nagoya University), Jorryt Matthee (ETH Zurich), Christina Eilers (MIT), Rongmon Bordoloi (NCSU), Ruari Mackenzie (ETH Zurich))】

国際的な初期宇宙の観測計画「EIGER」(Emission-line galaxies and Intergalactic Gas in the Epoch of Reionization の略、直訳すれば「宇宙の再電離時代の輝線銀河と銀河間ガス」)の目的は、謎多き宇宙の再電離を直接観測することです。そのために利用されたのが、宇宙誕生から 8 億年前後に存在した天体であることを示す赤方偏移 6.0~7.1 の 6 個のクエーサーでした。これらのクエーサーのデータは、W.M.ケック天文台の「ケック望遠鏡」、ラスカンパナス天文台の「マゼラン望遠鏡」、パラナル天文台の「超大型望遠鏡 (VLT)」といった、地上の天文台による観測ですでに詳細に得られています。EIGER の研究者らは、これら 6 個のクエーサ

一をウェブ宇宙望遠鏡で観測しました。クエーサーの放射は地球に届くまでの間に中性水素原子の影響を受けて、特定の波長の光が吸収されます。もしもクエーサーの手前にある銀河の周辺が再電離している場合、水素原子はプラズマ化しているので、そのような銀河の近くを通過したクエーサーの放射から特定の波長が吸収されることは無くなります。また、初期の宇宙に存在する重い恒星の活動は猛烈であり、炭素・水素・マグネシウムといった重い元素も銀河の周辺部へと放出されます。これらの元素も中性水素原子と同じように、それぞれ特定の波長を吸収します。つまり、初期宇宙の強力な光源であるクエーサーから届いた光に特定の波長の吸収が生じているかどうかを調べることで、再電離がどの程度進んでいたか、重い元素がどの程度放出されていたのかを知ることができるというわけです。

観測の結果、EIGERは「宇宙の再電離を示す証拠を観測した」と報告しました。これは世界で初めての成果です。例えば「SDSS J010013.02+280225.8」というクエーサーの観測では、その方向で117個の初期の銀河が見つかりました。このデータに基づいて分析を行ったところ、宇宙誕生から9億5000万年後の宇宙では、銀河から半径約250万光年の範囲で再電離が起こっていることが判明しました。現在の宇宙でこのような再電離を示す銀河は全体の1%に過ぎませんが、初期の宇宙では再電離を示す銀河は一般的だったようです。

EIGERによる観測結果は、宇宙の再電離がクエーサーや新しい物理学ではなく、初期の宇宙に一般的に存在していた銀河によって引き起こされたことを強く示唆しています。このようにはっきりとした成果が得られたのも、今回の研究が初めてです。また、今回の観測では重い元素の痕跡はほとんど見つかりませんでした。この結果は、宇宙の再電離が起きた頃はまだ超新星爆発のような重元素を豊富にまき散らす天文現象が起こるほどの時間が経過していなかったことを示しています。今回の結果は、宇宙の再電離の現場を観測し、その原因を初期の銀河であると特定したという点で非常に重要です。しかし、この時代の前後に起きた星形成や暗黒時代など、初期の宇宙にはまだまだ多くの謎が残っています。EIGERは2030年代に中性水素原子からの電波を観測し、宇宙の再電離初期の時代や暗黒時代の観測を目指しており、今回の成果はその土台となるでしょう。

Source

[Daichi Kashino, et al.](#) “EIGER. I. A Large Sample of [O iii]-emitting Galaxies at $5.3 < z < 6.9$ and Direct Evidence for Local Reionization by Galaxies”. (The Astrophysical Journal)

[Jorryt Matthee, et al.](#) “EIGER. II. First Spectroscopic Characterization of the Young Stars and Ionized Gas Associated with Strong H β and [O iii] Line Emission in Galaxies at $z = 5-7$ with JWST”. (The Astrophysical Journal)

[Anna-Christina Eilers, et al.](#) “EIGER. III. JWST/NIRCam Observations of the Ultraluminous High-redshift Quasar J0100+2802”. (The Astrophysical Journal)

“[宇宙再電離の現場を初観測 ジェームズ・ウェブ宇宙望遠鏡が捉えた銀河が引き起こす宇宙の大転換](#)”. (名古屋大学) 文／彩恵

<https://wired.jp/article/euclid-the-telescope-search-for-dark-energy/>

ダークエネルギーの謎を解き明かせるか。宇宙望遠鏡「ユークリッド」、まもなく

打ち上げへ

欧州宇宙機関の宇宙望遠鏡「ユークリッド」の打ち上げが、日本時間の7月2日午前0時過ぎに予定されている。計画通りに数十億もの銀河を測定できれば、ダークマター（暗黒物質）やダークエネルギーに関する謎の解明に必要なデータがもたらされることが期待されている。



PHOTOGRAPH: STEPHANE CORVAJA/ESA

[史上最大規模の「宇宙の地図」が、ダークエネルギーの謎を解き明かす](#) BY RAMIN SKIBBA

新しい宇宙望遠鏡「[ユークリッド](#)」の打ち上げが7月1日（米国時間）の朝に予定されている。宇宙最大の疑問を解明する可能性を秘めているこの宇宙望遠鏡は、計画通りに進めば数十億もの銀河を精査し、宇宙の過去100億年の時間を探ることになる。そして解明が進んでいないふたつの謎、すなわち「[ダークマター（暗黒物質）](#)」と「[ダークエネルギー](#)」についてより深く理解するために必要なデータを天体物理学者たちにもたらずはすだ。「ユークリッドは単なる宇宙望遠鏡ではありません。実際のところ、[ダークエネルギー検出器](#)なのです」と、このミッションのプロジェクト科学者であるルネ・ローレイスは、6月下旬の記者説明会で語っている。このミッションのために10年以上にわたり努力を重ねてきた[欧州宇宙機関（ESA）](#)は、米東部時間の7月1日11時11分（日本時間の7月2日0時11分）に、フロリダ州ケープカナベラルからユークリッド宇宙望遠鏡を打ち上げる予定だ。ユークリッドを宇宙まで運ぶのは、スペースXのロケット「ファルコン9」である（ESAは今回の打ち上げを[生中継する予定](#)で、予備の打ち上げ日として7月2日も確保している）。ユークリッド宇宙望遠鏡が調査する範囲は、全天の3分の1以上に及ぶ。この望遠鏡で天の川銀河の円盤にかからないようにマッピングできる範囲のほぼすべてだ。このような広い観測範囲のおかげで、科学者たちは宇宙の膨張が加速し続けてきた様子を詳しく研究できる。膨張を加速させている原因と考えられているのが、[ダークエネルギー](#)と呼ばれる目に見えない仮説上のエネルギーである。

宇宙物理学者が実際に理解している現象は、全宇宙の約5%にすぎない。つまり、恒星や惑星、人間やトースターなど、通常の物質を構成する原子についてしか理解できていないのだ。

ところが、ESAの別の宇宙望遠鏡「[プランク](#)」を用いた調査によると、宇宙の約25%はダークマター（暗黒物質）である。銀河がどこでどのように形成されるかは、宇宙の隠れた足場とも言えるこのダークマターによって決まる。残りはすべて、捉えどころのない（仮説上の）反発力であるダークエネルギーだ。ダークエネルギーが宇宙を膨張させることで、宇宙の進化がかたちづくられる。数十億年前にダークエネルギーが宇宙の支配的な構成要素となったことで、宇宙は膨張し続けるだけでなく、膨張速度が加速することも確定したのだ。

「宇宙定数」の謎に迫る

ローレイスらの研究チームが調査したいと考えている重要なパラメーターは、「 w 」と呼ばれる宇宙のダークエネルギーの圧力と密度の比である。アインシュタインは「[宇宙定数](#)」と呼ばれる仮説を立てた。つまり、宇宙は何もない空間で満たされているが、それにもかかわらず独自のエネルギーをもっており、そのエネルギーが重力と対をなしていると考えたのだ。もしこの理論が真実なら、ダークエネルギーの圧力はエネルギー密度の負数と等しいはずである。言い換えれば、ダークエネルギーが宇宙定数であるならば、 $w=-1$ になるはずだ。これまでの研究では、どうやらそういうことらしい。しかし、これまでの望遠鏡を使った研究は、測定値に大きな不確かさがあった。それがユークリッド宇宙望遠鏡から得られるデータによって w の測定値がより正確なものになり、それが「 -1 」以外の値であるかどうかわかれば、宇宙定数が宇宙の膨張加速の説明として正しいかどうかを示すことができる。また、宇宙の歴史を通して w が変化してきたかどうかもわかるだろう。

「わたしたちは宇宙論の最も根本的な問題のいくつかに注目しています」と、ESAで科学ディレクターを務めるキャロル・マンデルは言う。「このミッションによる驚くほど精密な観測によって、宇宙の構造と膨張の歴史を正確に描き出すことができるのです」

宇宙の“パノラマビュー”からデータを取得

ユークリッド宇宙望遠鏡は打ち上げ後、地球から約150万キロメートル離れた「ラグランジュ点(L2)」と呼ばれる地点まで到達する。そこでは深宇宙の鮮明な眺めを確保できると同時に、地上の天文学者たちと通信したり、ソーラーパネルで継続的に太陽光を得たりすることも可能だ。

この望遠鏡には、同時に使用されるふたつの観測装置が搭載されている。ひとつは電荷結合素子(CCD)と呼ばれる高感度検出器36個を備える可視波長カメラで、数十億もの銀河の形状を測定できる。

もうひとつは近赤外線分光光度計で、搭載された16個の検出器によってほかのどの宇宙望遠鏡より大きな赤外線視野を提供する。ユークリッド宇宙望遠鏡は数カ月かけて、これらの観測装置のテストと調整を実施し、年内に科学ミッションを開始する予定だ。ユークリッド宇宙望遠鏡はL2軌道上にある米航空宇宙局(NASA)の「[ジェームズ・ウェッブ宇宙望遠鏡\(JWST\)](#)」に近い地点から観測を実施する予定だ。ESAで科学・探査担当シニアアドバイザーのマーク・マコーリアンは、「ユークリッドは“反JWST”のようなものです。ユークリッドの大きな目的は空のごく一部に焦点を当てるのではなく、範囲を広げ、空の大部分を見渡すことですから」と説明する。つまり、JWSTや[ハッブル宇宙望遠鏡](#)とは異なり、ユークリッド宇宙望遠鏡は一つひとつの天体にズームインするわけではなく、パノラマビューを得ようとしているのだ。「これは統計学的なミッションです。その目的は、非常に多くのデータと銀河の海に科学者たちを溺れさせることにあります。それによって微細なシグナルの探索を始めることができるのです」と、マコーリアンは言う。

宇宙の膨張に関する謎を解き明かせるか

ユークリッド宇宙望遠鏡のミッションに携わる天体物理学者たちは2種類の重要な測定を計画しており、どちらにも統計が大きくかかわっている。ひとつは弱い重力レンズ効果の測定である。この現象は、大質量天体(主にダークマター)の重力がより遠くの銀河からやってくる光をわずかに曲げるときに起きるもので、その天体の画像の歪みとなって表れる。この現象を研究するには、非常に多くの銀河が登録されたカタログが不可欠だ。それは[バリオン音響振動](#)の研究にも当てはまる。原始宇宙では、音波が(粒子と放射線が混在する)通常物質の中を通過してうねっていた。これにより、形成時の銀河の密度分布に[測定可能なパターン](#)が生まれた。そのような振動が残したパターンを宇宙時間の複数のスナップショットから研究することは、ユークリッド宇宙望遠鏡の科学者たちが宇宙の膨張とダークエネルギーの性質を理解する上で役立つだろう。

こうした統計によって研究を進めるために、ユークリッド宇宙望遠鏡の観測装置はハッブル宇宙望遠鏡並の画質ではあるものの、15,000平方度の範囲に及ぶ空の膨大なデータを収集することになる。ハッブル宇宙望遠鏡で同じことをすれば何世紀もかかるだろうと、ユークリッドの共同研究チームに参加するイタリア国立天体物理学研究所の宇宙学者のルカ・ヴァレンツィアーノは言う。「これは信じられないほど大きな可能性です。地上からはアクセスできない赤外線の空の探査が可能なユークリッドだからこそ、できることなのです」

[ダークエネルギーサーベイ](#)(暗黒エネルギーサーベイ、DES)や[ダークエネルギー分光装置](#)(DESI)、そしてまもなく運用が始まる[ヴェラ・C・ルービン天文台](#)のような地上の望遠鏡とユークリッド宇宙望遠鏡が大きく異なる点は、赤外線を使用する点にある。地上の望遠鏡は大気が赤外線をさえぎるので、ほとんどの赤外線波長を観測できない。これに対してユークリッドやJWSTのような宇宙望遠鏡は、十分な低温が保たれていれば観測可能なのだ(赤外線は基本的に熱放射である)。ユークリッドは銀河を観測する際に赤外線観測装置によって塵の雲を透過し、宇宙の過去をより深く探ることができる。マシュー・マダヴァチェリルなどの天体物理学者たちが近年、アタカマ宇宙望遠鏡を使って宇宙の膨張に関する最大の疑問を研究してきた。それは、遠い宇宙の探査に基づく場合と、超新星爆発のような近くの天体に基づく場合とで、測定された膨張率がわずかに違って見える理由である。ユークリッド宇宙望遠鏡はこの難問を最終的に解く助けになるかもしれないと、マ

ダヴァチェリルは指摘する。宇宙の広い範囲の系統的な“地図”を作成できる過去最強のツールになるからだ。「ユークリッドは多くのことを提供してくれますし、わたしたちはそのことにわくわくしています。ユークリッドのデータが公開されたら、すぐに飛びつくでしょうね」と、マダヴァチェリルは言う。 ([WIRED US](#)/Edit by Daisuke Takimoto)

<https://sorae.info/ssn/20230702-esa-euclid.html>

スペース X、ESA のユークリッド宇宙望遠鏡の打ち上げに成功 暗黒物質の謎に迫る

2023-07-02 [sorae 編集部 速報班](#)

スペース X は日本時間 2023 年 7 月 2 日に、「ファルコン 9」ロケットの打ち上げを実施しました。搭載されていた欧州宇宙機関 (ESA) の「ユークリッド宇宙望遠鏡」は無事に軌道へ投入されたことが、同社の SNS や公式サイトにて報告されています。

打ち上げに関する情報は以下の通りです。

■打ち上げ情報：ファルコン 9 (Euclid)

ロケット：ファルコン 9 ブロック 5

打ち上げ日時：日本時間 2023 年 7 月 2 日 0 時 12 分【成功】

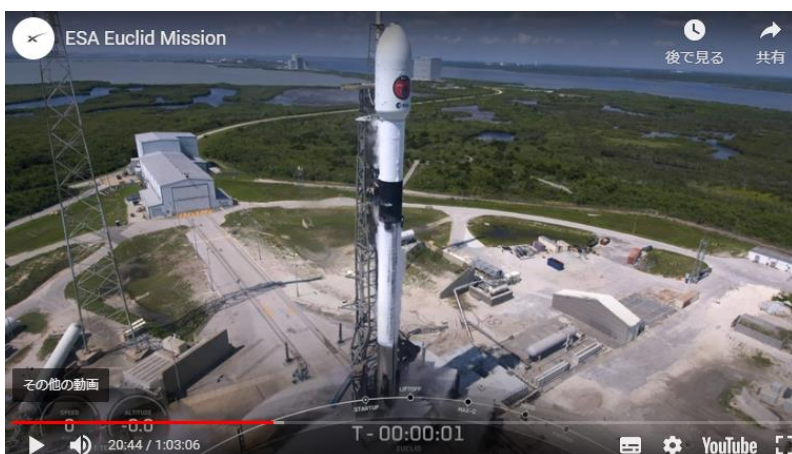
発射場：ケープカナベラル宇宙軍基地 (アメリカ)

ペイロード：ユークリッド宇宙望遠鏡

ESA の「ユークリッド (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た宇宙望遠鏡で、波長 550~900nm をカバーする「可視光観測装置 (VIS)」と、波長 900~2000nm をカバーする「近赤外線分光光度計 (NISF)」が搭載されています。

全天の 3 分の 1 の範囲・100 億光年先までに存在する数十億もの銀河の形状・位置・速度を観測し、宇宙の正確な 3D マップを作成するユークリッドのミッションを通して、暗黒エネルギーおよび暗黒物質の性質と“宇宙の大規模構造”の形成における役割、宇宙の膨張は時間の経過とともにどのように変化してきたのか、といった謎の解明に研究者は挑むことになります。

■打ち上げ関連画像・映像



■打ち上げ関連リンク

Source Image Credit: SpaceX [SpaceX](#) - ESA EUCLID MISSION [ESA](#) - Euclid 文/sorae 編集部 速報班