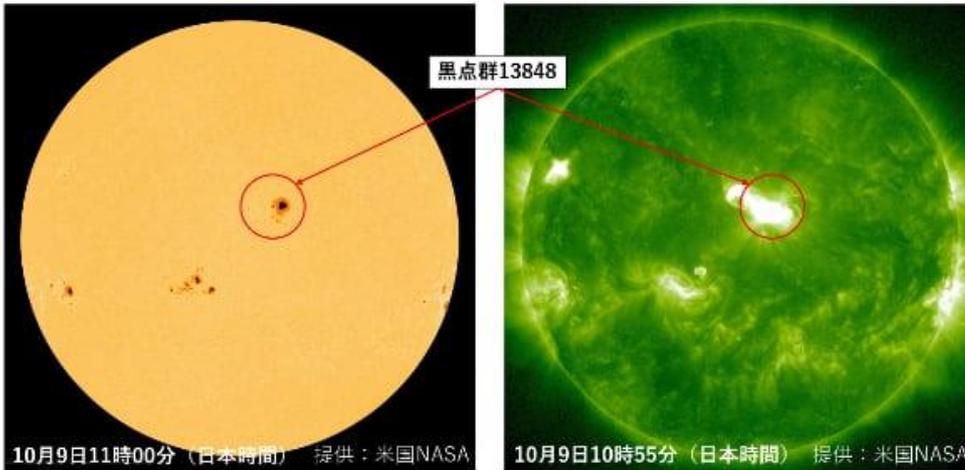


太陽フレアで NICT が注意喚起 10 日深夜から数日間、通信障害などのおそれ 「宇宙システムの利用には注意が必要」

2024 年 10 月 09 日 19 時 28 分 公開 [ITmedia]

情報通信研究機構（NICT）は 10 月 9 日、大規模な太陽フレアの発生とコロナガスの地球方向への放出を確認したとして注意喚起した。10 日深夜から数日間、人工衛星の障害や GPS の誤差拡大といった影響が出る可能性がある。



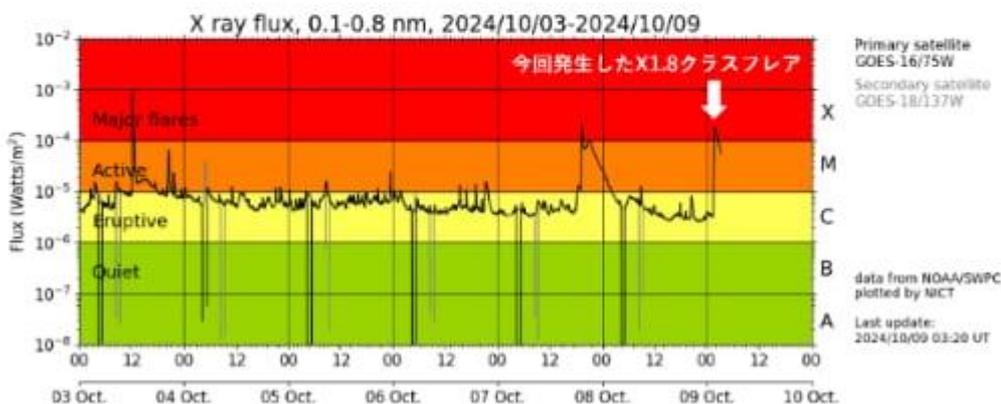
太陽面の中央付近に位置していた黒点群で X1.8 の太陽フレアが発生（出典：NICT、以下同）

9 日の午前 10 時 56 分、太陽面の中央付近に位置していた「13848」と呼ばれる黒点群で X1.8 の太陽フレアが発生した。太陽フレアの規模を示す“クラス”の中で最も規模が大きい X クラスに分類される。

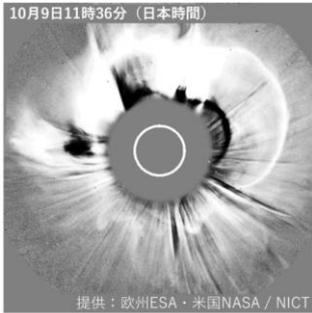
1 日に発生した X7.1 や、3 日の X9.0 の太陽フレアに比べると規模は小さいものの、今回は地球方向へ噴出したコロナガスが「けっこう大きい」（NICT）。 コロナガスが地球に到達すると地磁気嵐が発生し、その影響で地球周辺を飛ぶ人工衛星や GPS を用いた高精度測位、短波通信などに障害が発生するおそれがある。NICT は「宇宙システムの利用には注意が必要」としている。

今回観測した太陽面爆発現象

発生日(日本時間)	発生時刻(日本時間)	規模
2024 年 10 月 9 日	10 時 56 分	X1.8



9 日の太陽フレアの概要と太陽 X 線強度



探査機 SOHO（欧州 ESA・米国 NASA）によって観測されたコロナガス放出の様子

2017年9月に発生した大規模太陽フレアでは、[GPSの誤差が普段の3倍ほど](#)になった時間帯があった。また22年2月には、地磁気嵐の影響で米 SpaceX が「Starlink」衛星を40基以上失ったという。

この時、Starlink 衛星が落ちた原因は、磁気嵐に伴う電流で大気が過熱され、下層の濃い大気が上昇。低高度の大気密度が増加し、その高さにいた人工衛星と大気の摩擦が増大したためとみられている。

Copyright © ITmedia, Inc. All Rights Reserved.

<https://www.cnn.co.jp/fringe/35224823.html>

強力な太陽フレア発生、北米で色鮮やかなオーロラ観測か 通信障害も

2024.10.10 Thu posted at 19:15 JST



5月10日、米オレゴン州のコロンビア川峡谷上空に現れたオーロラ/Mathieu Lewis-Rolland/Getty Images/FILE
米航空宇宙局（NASA）の太陽観測衛星SDOが捉えた太陽フレアの様子/SDO/NASA

（CNN）米アラバマ州やカリフォルニア州北部では10日夜、強力な太陽フレアやコロナ質量放出の影響で、色鮮やかなオーロラが観測される可能性がある。米国立気象局の宇宙予報センターが明らかにした。

宇宙予報センターの当局者によると、この強力な太陽嵐は5段階でレベル4に位置付けられ、通信や送電網、人工衛星の運用に支障が出る可能性もあるという。

米東部時間の10日早朝から正午の時間帯に地球に到達する見通しで、その影響は11日いっぱい続く可能性がある。嵐の強さや全容については、地球から160万キロの距離を周回する深宇宙気候観測衛星（DISCOVER）や先進組成探査機（ACE）に到達するまで分からない。地球に向かう移動速度は時速約400万キロを超える。DISCOVERとACEは太陽嵐のスピードや磁力を測定する。宇宙予報センターの調整役を務めるショーン・ダール氏は9日の記者会見で、太陽嵐が地球に届くのは、両観測機に到達してから15～30分後になる見通しだと説明した。太陽からは今週、「Xクラス」に分類される最強水準の太陽フレアが放出された。これと時を同じくして、8日にはコロナ質量放出も起きた。コロナ質量放出とは、プラズマと呼ばれる巨大なイオン化ガスの雲や磁場が太陽の外側の大气から放出される現象を指す。これが地球に向かうと「磁気嵐」を引き起こし、地球の磁場は大きな混乱に陥る。宇宙予報センターによると、「磁気嵐は地球近傍軌道や地表のインフラに影響を与える可能性がある」という。これを受け、同センターは連邦緊急事態管理庁（FEMA）や北米の送電網、人工衛星の運営者に混乱へ備えるよう呼び掛けている。

歴史的にみると、G4の磁気嵐は太陽サイクルの中では珍しくないが、今年5月10日発生したような極端に強

力なG5の嵐は非常にまれだと、ダール氏は指摘する。今回の新たな嵐がG5になる可能性は25%だという。

<https://www.space.com/spectacular-auroras-photos-thrill-skywatchers-from-geomagnetic-storm-october-2024>

「魔法のような3時間でした」：激しい磁気嵐が地球を襲う中、壮大なオーロラが世界中の（そしてインターネット上の）天体観測者を興奮させている（写真）

[ロバート・リー](#) 著 2024.10.12

「魔法のような3時間でした。」



2024年10月10日、インディアナ州ブルーミントン上空のオーロラの画像（画像提供：Future/ Josh Diner）
磁気嵐により、木曜日（10月10日）の夜、地球のオーロラ、つまり**北極光**が強烈に輝き、米国および世界中のオーロラ観測者がこの素晴らしい光のショーを撮影するために集結した。Space.comの優秀なオーロラハンターチーム（Aチーム？）も負けじと現地へ赴き、素晴らしい画像を撮影した。

アメリカ海洋大気庁（NOAA）宇宙天気予報センター（SWPC）によると、この磁気嵐は、火曜（10月8日）の夕方、太陽、より具体的には太陽黒点 AR3848 から噴出した**荷電粒子**、つまり「プラズマ」の噴出が地球を襲ったことで発生した。**太陽フレア**からのプラズマ噴出は「**コロナ質量放出**」または「**CME**」の一例であり、**時速290万マイル（460万キロメートル）の速度で地球に到達した**。これは**ロッキード・マーティンF-16ジェット戦闘機の最高速度の約2,000倍の速さである**。しかし、このような驚異的な速度であっても、**CMEは地球と太陽の間の9,300万マイル（1億5,000万キロメートル）を移動するのに数日を要した**。

CMEが**地球の磁気圏に衝突したとき**、その結果生じた磁気嵐は**SWPCの磁気嵐スケールでG4レベルに達した**。これは、深刻度と潜在的影響の両方を考慮したスケールで2番目に高いレベルである。NOAAは木曜日の夕方、この嵐が**極端なG5レベルに達する可能性がある**と発表した。

関連：[NOAAが警告、激しい太陽嵐が米国全土でオーロラを強め、電力網に影響を与える可能性](#)



この写真は、2024年10月10日に米国アラスカ州の空を照らすオーロラを撮影したもので、アナドル通信とゲ

Getty Images のハサン・アクバス氏が撮影した。(画像提供: Getty Images/ハサン・アクバス/アナドル通信)

アラスカや米国の近隣地域ではよく見られる現象ですが(上の写真参照)、この磁気嵐の G5 ステータスにより、昨夜は他の多くの米国人も [オーロラを観測することができました。](#)

Space.com のジョシュ・ディナー記者は、木曜の夜 10:10 EDT (03:10 GMT) にインディアナ州ブルーミントンのグリフィー湖上空のオーロラの色鮮やかな写真を撮影しました。

Space.com のジョシュ・ディナー氏が 10 月 10 日午後 10 時 10 分 (米国東部夏時間) にインディアナ州ブルーミントンのグリフィー湖上空で撮影したオーロラの画像。(画像提供: Future/ Josh Diner)

「日没直後、インディアナ貯水池の横の堤防沿いに少数の人々が集まり始めました。夕暮れが暗くなると、かすかなピンク色の光が広がり、その後突然、私たちの頭上で空が鮮やかなピンクと緑のダンスを始めました」とディナー氏は説明した。「それは 1 分ほどしか続きませんでしたでしたが、肉眼でも見ることができました。」

「私は完全に魅了されました。」



Space.com の Josh Diner が木曜日の夜 10 時 10 分 (東部夏時間) にインディアナ州ブルーミントンのグリフィー湖から見たオーロラ。(画像提供: Future/ Josh Diner)

オーロラのショーを楽しんだのは田舎だけではありません。天文観測者たちは、畏敬の念を抱かせる人工構造物の上でオーロラを撮影しました。たとえば、次の画像は、金曜日の早朝 (10 月 11 日)、ニューヨーク市近郊のタッパン ジー、またはマリオ M. クオモ知事橋の上に現れたオーロラです。

この写真は Getty Images のフォトジャーナリスト、ロイ・ロクリンが撮影したもので、2024 年 10 月 11 日にニューヨーク市近郊のタッパンジーまたはマリオ・M・クオモ知事橋の上にオーロラが見える。(画像提供: Getty Images/Roy Rochlin)

金曜日の早朝に撮影された別の画像では、ニューヨーク市のスカイライン全体にオーロラが見えたが、より薄い色だった。この画像では、色のしみとしてしか見えなかったが、磁気圏の広大なドーム状の形状が見て取れた。

この写真は Getty Images のフォトジャーナリスト、ロイ・ロクリンが撮影したもので、2024 年 10 月 11 日にニューヨーク市のスカイラインの上にオーロラが見える。(画像提供: Getty Images/Roy Rochlin)

計測学者であり、Space.com の寄稿者である [ジョー・ラオ氏は](#)、ニューヨーク州パトナム・バレーからオーロラの素晴らしい画像をいくつか撮影することができました。

「今夜(10 月 10 日木曜日)、ここパトナムバレーからオーロラの壮大な眺めを楽しみました」とラオ氏は語った。

「ショーは、東部夏時間午後 7 時半頃、空が適度に暗くなり始めるとすぐに始まりました。」

気象学者であり Space.com の夜空コラムニストでもあるジョー・ラオ氏が撮影した、2024 年 10 月 10 日にニューヨーク州パトナムバレー上空で見られるオーロラ。(画像提供: Future/ Joe Rao)

上の画像が示すように、ラオ氏が見た主な色は深い赤だったが、北の地平線に近づくと、かすかな白っぽい光線が上向きに突き出ているのが見えたと言ったと彼は付け加えた。



気象学者で Space.com の夜空コラムニストのジョー・ラオ氏が撮影した、10月10日にニューヨーク州パットナムバレー上空に紫がかかったオーロラの光。(画像提供: Future/ Joe Rao)

[天体物理学者でテレビ番組「コスモス」の司会者でもあるニール・ドグラス・タイソン](#)は、ニューヨーク州ロングアイランドから今晚オーロラを観測した。この有名な科学コミュニケーターは、自身の X フィードで画像を共有し、[次](#)のように書いている。「これは昨日の太陽フレアにより地球に到達した太陽の荷電粒子によって引き起こされたものです。この粒子が酸素と窒素の大気分子に衝突し、光り輝いています。ここでは赤と緑が見え、[北斗七星](#)が見守っています。」

Space.com の編集長タリク・マリク氏も、オーロラを控えめに見ることができた。マリク氏は、ニュージャージー州ミルバーンのサウスマウンテン保護区にあるペインターズポイントに向かい、オーロラハンターの小集団に加わった。「夜の冷え込みも、オーロラを一目見ようとオーロラ アプリに目を凝らしていた何十人もの天体観測者にとっては気になりません。残念ながら、Space.com がそこにいる間は光害のためオーロラは見えませんでした。携帯電話のカメラで赤と緑のかすかな光を捉えることができました」とマリク氏は語った。「地元の保安官が到着し、公園は閉鎖されており、全員に罰金が科せられる可能性があることを傍観者に思い出させ、東部夏時間午後 10 時 30 分までにほとんどの観測セッションは終了しました。」

10月10日夕方、ニュージャージー州ミルバーンのサウスマウンテン保護区のペインターズポイントから見たオーロラ。Space.com 編集長タリク・マリク氏が撮影。薄緑色とピンクがかかった輝きは、肉眼ではなく携帯電話のカメラでのみ確認できた。(画像提供: Future/Tariq Malik)

しかし、天体観測者たちは地上からオーロラの素晴らしい画像を捉えただけではない。雲は上空にいる人々にとって問題ではなかった。科学インフルエンサーの[アストロ・アレクサンドラ](#)は木曜の夕方、アトランタからデンバーへ移動中に上空からオーロラの素晴らしい画像を捉えた。彼女はその画像を宇宙科学コミュニケーションに使われる自身の X フィードで共有した。

「私は畏敬の念を抱いています」とアストロ・アレクサンドラは[書いている](#)。「アトランタからデンバーまで飛行機に乗りましたが、南に行けば何も見えないだろうと思っていました。3時間の魔法のようでした。」

もっと見るまた、今度はカナダ上空で、航空会社のパイロット、[エリザベス・ジャクソンさん](#)は、ウィニペグ国際空港からトロント・ピアソン国際空港へ東へ向かう飛行機の操縦室からオーロラを捉えた。彼女はまた、その画像を自身の X フィードでシェアした。

オーロラはヨーロッパ上空でも観測された。英国気象庁は公式 X フィードで、大西洋を横切るこの印象的な光のショーの到来を歓迎した。画像は英国全土の[気象学者によって撮影された](#)。

[ザビエル・カルメット](#)は、英国サセックス大学の古典重力と量子重力の研究者です。木曜日の夜、彼は自宅上空のオーロラの素晴らしい写真を撮影し、[X フィードで共有しました](#)。

「オーロラは私が今まで見た中で最も素晴らしい自然現象です。その自然の美しさに加え、天体物理学から原子物理学、素粒子物理学まで、その背後には多くの興味深い物理学があります」とカルメットは Space.com に語った。「オーロラを見たのは2回目でした」。

オーロラを初めて見る人と一緒に見ることができたこの機会は、カルメットにとって特に印象深いものだった。

「今回、この素晴らしい光景を末っ子のセドリックと共有することができました」とカルメ氏は続けた。「彼は決

して忘れないと思います。」

セドリックさん、初オーロラおめでとうございます！

また、英国では、[フェンズのXユーザー、ベロニカさんが](#)、ケンブリッジシャーのイーリー大聖堂の上空に広がるオーロラの広大な写真を撮影し、「すごい」とだけコメントした。

普段は英国を拠点とする、Space.com の参考編集者で非公式のオーロラ追跡者である[デージー・ドブリエビッチ氏](#)は、CME が地球に衝突した際に、すでにオーロラ観察のためにノーザン・[ライツ・カンパニー](#)とともにノルウェーへ出向いている。ドブリエビッチ氏は、地磁気嵐によって増強されたオーロラの迫力ある画像をいくつか撮影することができた。

「ノーザン・ライツ・カンパニーと一緒にオーロラ狩りをしている間、このように楽しく夢のようなオーロラの光景を目にすることができてとても興奮しています」と彼女は語った。



Space.com のデージー・ドブリエビッチ氏が撮影した、10月10日木曜日の G4 地磁気嵐中にノルウェーから見たオーロラの画像。(画像提供: Future/ Daisy Dobrijevic)

「雲との戦いで、結局は雲が勝ったのですが、その光景を一目見るだけでもただただ崇高な体験でした。ツアーディレクターのクリス・パーシバルがあらゆる困難を乗り越え、この地域で空がきれいに見える数少ない場所の一つ、ノルウェーのニークヴォグ近くの小さなビーチを見つけてくれました」と、iPhone 16 Pro で写真を撮影したドブリエビッチさんは説明した。「海岸に打ち寄せる波の音を聞きながら、頭上に繊細なオーロラの輝きを見るのは、とても非現実的な体験でした」

Space.com のデージー・ドブリエビッチ氏が撮影した、10月10日木曜日の G4 地磁気嵐中にノルウェーから見たオーロラの画像。(画像提供: Future/ Daisy Dobrijevic)

X ユーザーの [Sylain](#) さんは、北フランスの海岸にある Cap Gris Nez の上空に広がる、驚くほど色鮮やかなオーロラの写真を撮影しました。まさに素晴らしい光景です！

さらに東では、中国北部の黒竜江省大慶市の金山嶺長城の上の丘でオーロラが撮影されました。

2024年10月11日、中国黒竜江省大慶市の金山嶺長城の上空を照らすオーロラを、ゲッティイメージズと VCG の写真家が撮影した。(画像提供: Getty Images/VCG)

これらの見事なオーロラ現象は、CME プラズマが地球を覆い続けるため、金曜日(10月11日)の夕方まで続く予想されており、より素晴らしく色鮮やかな空の画像を撮影する機会を提供します。

関連記事: — [2024年にオーロラが見られる場所と時期](#)

— [この素晴らしいビデオで、太陽から高さ10万マイルのプラズマの塔が噴出する様子をご覧ください](#)

— [「多くのことが変わった」: NOAAは太陽嵐の順位付けの方法を書き換えている](#)

「明日の夜に何が起こるか楽しみです！」と、Space.com のオーロラ探索編集者デージー・ドブリエビッチ氏は締めくくった。

編集者注: これらのオーロラの画像を見て光のショーに興味をそそられた方は、コメントを添えて、spacephotos@space.com の天体観測用受信箱に送信して、オーロラの画像を共有してください。

[ロバート・リー](#) シニアライター

ロバート・リーは英国の科学ジャーナリストで、彼の記事は Physics World、New Scientist、Astronomy Magazine、

All About Space、Newsweek、ZME Science に掲載されています。また、エルゼビアや European Journal of Physics で科学コミュニケーションに関する記事を執筆しています。ロバートは英国のオープン大学で物理学と天文学の理学士号を取得しています。Twitter で @sciencef1rst をフォローしてください。

<https://www.space.com/ingredients-for-life-came-from-space-new-study>

地球上の生命の重要な構成要素は宇宙から来た、と新たな証拠が示唆

ロバート・リー著 2024.10.12

「これらの物質が地球上でどのように発生したかを理解できれば、地球上で生命がどのように誕生し、他の場所でどのように出現したのかについての手がかりが得られるかもしれない。」



メイン: 太陽を背景に、溶けた原始地球に向かって突進する小惑星のイラスト。挿入図: 溶けた微惑星の中心核からできた鉄隕石 (左) と、「原始的」な溶けていない微惑星からできたコンドライト隕石 (右)。(画像提供: Robert Lea (Canva で作成)/Rayssa Martins/Ross Findlay)

生命の構成要素が隕石によって宇宙から原始の地球に運ばれたことを示唆する新たな証拠が浮上した。この発見は科学者が地球外生命体を探すのに役立つかもしれない。

これらの隕石は、初期の「未溶融小惑星」の破片の残骸で、微惑星の一種である。微惑星は、地球を含む太陽系の岩石惑星の主な構成要素となった小さな岩石天体である。微惑星は、約 46 億年前、生まれたばかりの太陽の周りの塵とガスの円盤の中で、若い太陽の周りの粒子がくっつき始め、質量が増して次第に大きい天体になったときに形成された。研究者チームは、地球の「揮発性物質」の起源を突き止めるために、隕石中の化学元素垂鉛を追跡した。揮発性物質とは、比較的低温で蒸気に変化する元素または化合物のことである。揮発性物質には、水など、生物にとって不可欠な 6 つの一般的な化学物質が含まれているため、重要である。

このシミュレーションでは、遠くの星の周りの「ダストトラップ」を拡大します 54秒

他の動画

00:27 / 00:54

ビデオを保存

シミュレーションでは、生命に必要な複雑な分子が生まれる可能性のある恒星 IRS 48 の周囲を渦巻く塵が示されています。

クレジット: ESO

「生命の起源」に関する最も基本的な疑問の一つは、生命の進化に必要な物質がどこから来たのかということだ」

と、英国ケンブリッジ大学地球科学部の研究者チームリーダー、レイサ・マーティンズ氏は声明で述べた。

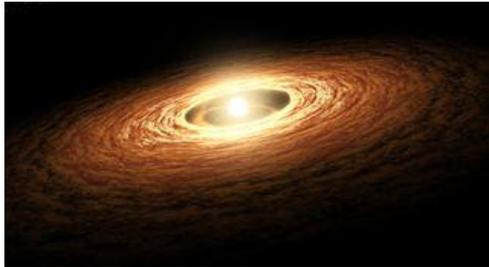
「これらの物質が地球上にどうやって現れたのかを理解できれば、地球上で生命がどのように誕生し、他の場所
でどのように出現したのかを知る手がかりが得られるかもしれない」とマーティンズ氏は付け加えた。

関連：[生命の構成要素は若い星の周りで急速に形成される可能性がある](#)

亜鉛を追う

ケンブリッジ大学とインペリアル・カレッジ・ロンドンのマーティンズ教授らが亜鉛を選んだのは、亜鉛が隕石
中に形成されると、揮発性物質の起源を特定するために使用できる独特の組成を持つからである。

研究チームは以前、地球の亜鉛が太陽系のさまざまな領域から来たらしいことを発見した。約半分は太陽系の内
側の領域、つまり地球や太陽の近くの岩石惑星から来たものだ。しかし、残りの半分は太陽から 5 番目の惑星で
あるガス巨星木星の外側から来たようだ。



溶融した微惑星の中心核から生成された鉄隕石 (左) と、「原始的な」溶融していない微惑星から生成されたコン
ドライト隕石 (右)。(画像提供: Rayssa Martins/Ross Findlay)

原始惑星系円盤の図。これは、46 億年前の生まれたばかりの太陽と太陽系の様子です。(画像提供: NASA/JPL-
Caltech)

これは、微惑星がすべて同じではないため、測定が可能です。太陽系の初期に形成された微惑星は、若い太陽か
らの高レベルの放射線にさらされました。これにより、微惑星は溶け、揮発性物質が蒸発して簡単に失われます。
太陽系の形成後期に形成された微惑星は、それほど多くの放射線にさらされなかったため、それほど融解せず、
揮発性物質をより多く保持することができた。

研究チームは、さまざまな微惑星に由来する隕石の大規模なサンプルに含まれる亜鉛を調査し、地球が物質を集
積してきた数千万年の間に、さまざまなタイプの亜鉛がどのように到来したかを追跡した。

[研究者たちは、溶融した微惑星が地球の総質量の約 70% を占めているが、亜鉛含有量の約 10% しか供給して
いないことを発見しました。](#)つまり、地球の亜鉛の 90% は、揮発性物質を多く含む「溶融していない」微惑星
に由来しているということです。つまり、これらの溶融していない宇宙の岩石も、形成中の地球に大量の揮発性
物質を供給したに違いありません。「[惑星とその恒星の間の距離が、](#)惑星が表面に液体の水を維持するための必要
条件を定める決定要因であることはわかっています」とマーティンズ氏は付け加えた。「しかし、私たちの研究結
果は、惑星の物理的状态に関係なく、十分な水やその他の揮発性物質を含む適切な物質がそもそも惑星に備わっ
ているという保証はないことを示しています。」

関連記事：[地球から 1,000 光年離れた宇宙のペルセウス分子雲で生命の材料が発見される](#)

— [赤ちゃん星の惑星形成円盤には、地球全体の海水量の 3 倍の水が含まれている](#)

— [ジェームズ・ウェッブ宇宙望遠鏡が、若い恒星系に太陽系外衛星が形成される兆候を発見](#)

マーティンズ氏とその同僚らが行った研究は、地球をはるかに超えた範囲に影響を及ぼし、宇宙のどこかで進行
中の[生命の探索に役立つ可能性がある](#)。

[「他の若い惑星系でも、同様の状況やプロセスが見られる可能性がある」とマーティンズ氏は結論付けた。「揮発
性物質を供給する上で、これらのさまざまな物質が果たす役割は、他の場所で居住可能な惑星を探す際に留意す
べき点である。」](#)チームの研究は金曜日 (10 月 11 日) に科学誌 [「サイエンス・アドバンス」](#) に掲載された。

[ロバート・リー](#) シニアライター

ロバート・リーは英国の科学ジャーナリストで、彼の記事は Physics World、New Scientist、Astronomy Magazine、All About Space、Newsweek、ZME Science に掲載されています。また、エルゼビアや European Journal of Physics で科学コミュニケーションに関する記事を執筆しています。ロバートは英国のオープン大学で物理学と天文学の理学士号を取得しています。Twitter で @sciencef1rst をフォローしてください。

<https://monoist.itmedia.co.jp/mn/articles/2410/07/news075.html>

宇宙分野の市場は 4000 億ドル超、“下流” ほど規模大きく宇宙開発 (1/2 ページ)

PwC コンサルティングは宇宙分野のトレンドや課題を包括的にまとめたレポート「宇宙分野の主要トレンドと課題 第4版（日本語版）」を発表した。

2024 年 10 月 07 日 07 時 15 分 公開 [齊藤由希, MONOist]

PwC コンサルティングは 2024 年 10 月 4 日、宇宙分野のトレンドや課題を包括的にまとめたレポート「宇宙分野の主要トレンドと課題 第4版（日本語版）」を発表した。2023 年時点の宇宙分野の市場規模は、バリューチェーン全体で 4030 億米ドルに上ると試算する。また、投資に対して、事業領域にもよるが 4~8 倍の経済波及効果が期待される。ただ、持続可能性の確保や地政学的な情勢の変化など課題は複雑だとしている。多面的／多層的に物事を捉える視点や考え方が今後より重要になるという。レポートは宇宙分野のバリューチェーンの他、国際的な情勢などのマクロトレンド、領域別のトレンド、政策や規制などに言及している。

宇宙分野の市場規模は

4030 億米ドルと試算される足元の宇宙分野の市場規模は、上流／中流／下流など分野ごとの推計と研究予算を合算したものだ。打ち上げサービスや衛星の製造などの「上流」は 260 億米ドル、地上のインフラとその運用、フリート運用など「中流」は 410 億米ドルとなる。消費者向けの機器や宇宙を活用したサービスである「下流」は 2430 億米ドルで最も市場規模が大きい。また、宇宙探査や安全保障など研究機関の予算は 930 億米ドルに上る。宇宙分野のバリューチェーンは、セグメント別もしくは領域別に見ることができる。この数年間、宇宙産業のバリューチェーンは、衛星やロケット、地上システムの製造／組み立て／統合／試験などの上流から、衛星通信など宇宙システムや宇宙インフラを利用する下流にけん引役が変化してきた。

上流で生み出されたサービスを下流の市場で使うのではなく、GNSS や衛星放送など新しいサービスに対するニーズが宇宙産業の発展を支える格好だ。また、伝統的な宇宙企業が下流のサービス提供を行い、非宇宙企業が宇宙関連技術の開発を行うなど、上流と下流の活動の協会があいまいになりつつあるという。

宇宙分野のバリューチェーン（上流）		
	上流（開発、製造、実証）	
宇宙へのアクセス	無人宇宙船	宇宙港インフラ
	有人宇宙船	
地球観測	衛星プラットフォーム	リモートセンシングペイロード
衛星通信		衛星通信ペイロード
衛星ナビゲーション		衛星測位・航法・タイミングペイロード
宇宙の安全保障		宇宙状況把握ペイロード
地球外経済		宇宙探査ペイロードと探査機
	ミッション固有のペイロード	
		地上セグメント
		地上セグメントと地上望遠鏡
		深宇宙地上セグメント
		ネットワーク

宇宙分野のバリューチェーン（上流）

	上流（開発、製造、実証）		
		軌道上製造・サービス	地上セグメント
	軌道ステーション		HSF ミッション管制センター

宇宙分野のバリューチェーン（中流、下流）

	中流（運用）		下流（サービス）		
宇宙へのアクセス	宇宙港の運用	- 宇宙飛行士の訓練	打ち上げ	打ち上げサービス 仲介事業者	同左
地球観測	衛星プラットフォームの運用とテレメトリー	ペイロードの運用とテレメトリー	データの収集、保管、管理	リモートセンシングによる付加価値サービス	統合アプリケーションとデータ融合
衛星通信				衛星通信サービス	
衛星ナビゲーション				位置情報サービス	
宇宙の安全保障				宇宙交通管理サービス	
地球外経済	衛星プラットフォームの運用とテレメトリー	ペイロードの運用とテレメトリー	データの収集、保管、管理	宇宙資源の収集・取引	
	軌道上運用・ロジスティクス	宇宙飛行士の訓練、モニタリング		軌道上サービス	

PwC コンサルティングが宇宙分野への投資効果を推計したところ、直接的／間接的／誘発的な経済活動を含めて支出が粗付加価値全体に与える影響は、投資額の 1.4～2.2 倍に上るとしている。直接的効果は宇宙産業に関連する粗付加価値、間接的効果は宇宙産業のサプライチェーンでの支出に関連する粗付加価値、誘発的効果は宇宙分野で働く人が個人の収入を元に購入した商品やサービスなどに関連する粗付加価値を指す。雇用や税収といった経済効果も生む。また、宇宙分野への投資の結果、使われた技術や専門知識が他の産業での売り上げや資金調達につながったり、新たなパートナーシップの創出や顧客開拓に貢献したりする効果や、宇宙分野の組織開発手法を継承していくことで組織の生産性向上につなげることも期待できるとしている。衛星データやロケットなど宇宙アセットを活用することで生じる売上高は、宇宙アセットの初期支出に対して 4～8 倍にもなるという。宇宙産業への投資は宇宙分野だけにとどまらない大きな経済効果を生み出すとしている。現状では宇宙アセットの数がまだ少ない。上流でアセットが増えていくことで、下流の市場が大きく伸びていくと見ている。

宇宙分野を支える投資

宇宙開発の投資は公的資金に支えられており、投資対効果などの意義がより重視される。宇宙分野に投資するメリットを明確化することは、投資を確保する上でも重要だ。また、宇宙分野は事業化まで長期間を要するため、参入したい民間企業も投資対効果の検証が重要だ。4～5 年、10 年という長い時間軸で取り組まなければならないため、宇宙分野のみに取り組むのではなく、宇宙分野のために開発した技術をいかに既存事業に生かすかがカギを握る。中長期的な目線だけでなく、既存の事業でシナジー効果を創出できるかどうかを見ていくことが求め

られる。資金調達に関しては苦しい状況だ。宇宙分野を含め、スタートアップへの投資は2020~2021年ごろをピークに減少している。コロナ禍や金利、紛争リスクなどが背景にあり、投資先を厳しく選定する傾向が強い。ただ、PwCコンサルティング シニアマネージャーの榎本陽介氏は「投資の減少傾向は必ずしも続かないのではないか。官からの投資が一定で続くか拡大する可能性がある。有効な技術を持った企業が投資を集めやすくなり、投資を受けてビジネスを拡大していく良いサイクルが回っていくのではないかと見ている。

宇宙分野のスタートアップでは SPAC（特別買収目的会社）の制度が資金調達の手段として活用されてきた。売上が増加し、政府との契約や民間投資を獲得した企業がある一方で、株式の非公開化を検討する企業や、買収後に時価総額が大幅に下落してレイオフや株式併合に至るケースもある。業績などさまざまな情報を公開しなければならないため、開発上必要な“失敗”であっても評価に響くため SPAC 企業の経営は難しい。

→次ページ宇宙分野への期待とトレンド 宇宙分野への期待

宇宙分野は、地政学リスクや気候変動などにも関わる。宇宙産業の活性化で宇宙分野が環境に与える影響を考慮する必要性が高まるが、気候変動対策や ESG（環境、社会、ガバナンス）に活用する機会も生まれる。

地政学的情勢の変化は宇宙分野の地域化や軍事化につながり、宇宙分野のグローバルサプライチェーンに影響を与える。国際協力の下で進められている宇宙計画がある一方で、国家間／地域間の覇権争いも生じている。宇宙の軍事化が進み、「防衛のための宇宙利用」から「宇宙における防衛」が広がりつつある。宇宙分野における新興国は宇宙開発計画に注力することで国際社会での役割強化を進めようとしている。

衛星データの応用による正確な情報は、人道支援や気候変動モニタリング、災害対策、農業や食料の安全保障など世界規模の社会問題の解決にも寄与する。さまざまなデータ収集やリスク評価、モニタリングに衛星技術が貢献する。ただ、宇宙分野の発展に伴う環境負荷の低減も課題となる。企業活動における温室効果ガスの排出削減、製品のライフサイクル分析といった一般的な取り組みに加えて、大気圏上層部での CO2 排出の影響を定量化すること、持続可能なロケット推進剤の開発など宇宙分野に特有の取り組みも求められる。

技術面では、他の製造業と同様にデータの利活用などの DX（デジタルトランスフォーメーション）や AI（人工知能）といったトレンドも宇宙分野に影響を及ぼす。インダストリー4.0、アディティブマニュファクチャリング、サイバーセキュリティ、クラウドコンピューティング、5G、地球低軌道衛星通信、IoT（モノのインターネット）、ビッグデータ分析やディープラーニングによる予測などにより、分野横断的なイノベーションが進む。

領域別のトレンド

地球観測は政府による需要がけん引している。地政学リスクの高まりを受けて、安全保障や防衛を目的としたニーズが高まっている他、自然資源の管理や環境保護、サステナビリティに応用する動きも拡大している。地球観測データの活用は、産業用など新たなユーザーにも広がりつつあるが、認知度の低さや提供方法、価格設定などが障壁となっている。衛星通信に関しては、インターネット接続に対するニーズを受けて国内での強化に力が入れている。分野横断的な技術連携により、衛星と地上の機器をつなぐ端末間通信（D2D）サービスも実現しつつある。静止軌道衛星の事業者は M&A を通じて低軌道衛星市場に進出し、存在感を高めようとしている。消費者向けブロードバンド市場では、Starlink のような低軌道衛星事業者のサービスがシェアを伸ばしている。

ナビゲーションに関しては、GPS III や Beidou3、第2世代 Galileo 衛星の展開によって衛星測位システム（GNSS）の精度がさらに向上されるとみられる。GNSS に依存しない低軌道の測位衛星コンステレーションによる PNT（Positioning、Navigation、Timing）の商用化も進みつつあり、欧州や中国の政府系機関で関心が高まっている。GNSS の活用範囲も広がっており、航空分野では計器着陸システムではなく衛星データを活用した空港への進入方法など安全に関わる用途も登場している。ロケットに代表される宇宙へのアクセスでは、開発遅延や打ち上げ失敗などリスクの高い領域だ。世界全体では過去最高の打ち上げ数が記録されたものの、中型や大型を中心にロケットの供給は不足している。企業規模にかかわらず厳しい環境に直面しており、生き残りに向けたビジネスモデルの刷新が不可欠だ。なお、各国で外国への依存を減らす取り組みが強化されており、超小型／小型ロケットは自国で宇宙分野をまかなう戦略的なステップと見なされているという。宇宙の安全保障に関しては、小型

衛星の急増の影響が課題となっている。地球低軌道の混雑状況を悪化させているため、持続可能性や宇宙交通管理を強化する必要性が高まっている。宇宙環境保全のバリューチェーンはデータ収集からサービス提供まで広がっており、関与するプレイヤーもさまざま。協力して取り組むには、データの共有と機密情報の保護を両立することが重要な条件となる。安全な宇宙環境を維持することが地球全体にとって必要だという認識の下、スペースデブリの問題を無視する一部の企業も含めて全ての国や企業が足並みをそろえて行動を起こす必要があるとしている。地球外経済も生まれようとしている。地球周回軌道にある衛星の増加や月探査計画の発展は、軌道上支援サービスに新たな機会をもたらすという。低軌道衛星コンステレーションの構築においては、衛星を軌道上に正確に投入する必要があるため、状況を高精度に把握する能力の向上が求められている。スペースデブリの管理のため、軌道離脱を実現するサービスの必要性が高まっており、ビジネスモデルの確立も課題だ。月探査は企業の新たなビジネスチャンスとなっているが市場の中心は国家機関であり、上流のサービスについては投資家も慎重だ。

<https://news.mynavi.jp/techplus/article/20241007-3038851/>

JAXA、EarthCARE 衛星(はくりゅう)による初のシナジー画像を公開

掲載日 2024/10/07 07:15 著者：小林行雄

目次 [高精度な測定を実現するうえで重要となる校正](#) [高精度観測で実現されるシナジー観測](#)

宇宙航空研究開発機構(JAXA)は 10 月 4 日、2024 年 5 月に打ち上げた日本と欧州宇宙機関(ESA)が共同で進めている雲エアロゾル放射ミッション「EarthCARE」衛星(はくりゅう)の運用状況に関する説明会を開催。4 つのセンサのうち、JAXA のレーダーと ESA の LiDAR の画像を組み合わせた初のシナジー画像の公開などを行った。EarthCARE は、雲・エアロゾルの分布や鉛直構造、大気上端における放射収支エネルギーを全地球的に観測することで、数値気候モデルの改良に必要なデータを継続的に収集し、気候変動予測の精度向上に貢献することを目的としたミッション。日本が開発した「雲プロファイリングレーダ(CPR)」と ESA が開発した「大気 LiDAR(ATLID)」、「多波長イメージャ(MSI)」、「広帯域放射収支計(BBR)」という 4 つの観測センサを搭載した観測衛星であり、これら 4 つのセンサを単体、ならびに複数同期(シナジー)させた観測を行うことができるという特徴がある。

シナジー初画像とは？

- はくりゅうのシナジー観測設計
 - はくりゅうの観測の特徴は、「レーダ」「ライダー」「イメージャ」および「放射収支計」という観測方式の異なる4種類の観測装置によるデータを取得し、それらを複合的に組み合わせた情報をプロダクトとして提供すること。
 - この4種類のセンサが1台の衛星に搭載されることは、世界で初めて。
 - そのため、対象の場所と時間がほぼ一致した観測データを各センサ同時に取得する「シナジー（同期）観測」を行う。
 - JAXAは、NICT、九州大学、国立環境研究所、東海大学、東京大学、リモート・センシング技術センター（RESTEC）と協力してデータ処理手法を開発してきた。
 - 本日、シナジー観測によって得られた雲画像を初公開する。

EarthCARE (はくりゅう) に搭載されているセンサ概要

ATLID Atmospheric Lidar
大気ライダー
25 km 垂直分解能
雲やエアロゾルの高さや形を観測

CPR Cloud Profiling Radar
雲プロファイリングレーダ
(04 GHz ドップラーレーダ)
雲や強い雨の高さや速さを観測

MSI Multi-Spectral Imager
多波長イメージャ
(アパシブルーム方式カメラ)
雲やエアロゾルの水平分布を観測

BBR Broad-Band Radiometer
広帯域放射収支計
高度及び短波帯域の放射収支エネルギーを観測

(C) JAXA

4 つのセンサを同期(シナジー)させた観測が可能な点がはくりゅうの特長 (C)JAXA

2024 年 5 月 28 日(いずれも世界標準時)に打ち上げられた後、CPR 主反射鏡の展開を翌 29 日に実施。30 日には ESA のクリティカルフェーズを終了したほか、6 月 11 日には衛星バスの初期機能確認を完了。6 月 12 日より

CPR 観測モードに移行し、6月27日に初画像を公開。その後、9月20日に CPR の初期機能・性能の確認完了を経て、検証チームへのデータ配布が開始された。また、ESA 側のセンサについても、7月から8月にかけて取得画像の公開が行われている。



初期校正・検証、プロダクトの公開



初期校正検証運用(~2024年12月/2025年1月)

- 国立研究開発法人 情報通信研究機構(NICT)によりCPRの取得データから誤差を減じより正確になる様に校正される。
- また、ESAのセンサはESAで校正される。
- 更に、日欧の研究者により取得データが正しいか検証作業が実施される。
- JAXAは2024年12月、ESAは2025年1月に初期校正検証運用の完了を確認し、定常運用段階へ移行する予定。



初期校正

- 次の議題で、NICTから説明。

初期検証

- 国内外の大学・研究機関と打上げ前からプロダクト検証の準備を進めてきた。
- 2024年9月20日から実観測データを用いた検証作業を開始した。
- なお、JAXAはESAに加え、ドイツ航空宇宙センター(DLR)や米国海洋大気庁(NOAA)と協力関係を構築し、海外機関とも協力してプロダクト検証を進めている。

プロダクト公開(JAXAのEarthCARE Webサイトにデータ取得先を掲載)

- L1プロダクト(レーダ受信電力、ドップラー速度 他) : 2025年1月公開予定。
- L2プロダクト(雲粒子タイプ、雲水量 他) : 2025年3月公開予定。

(C) JAXA

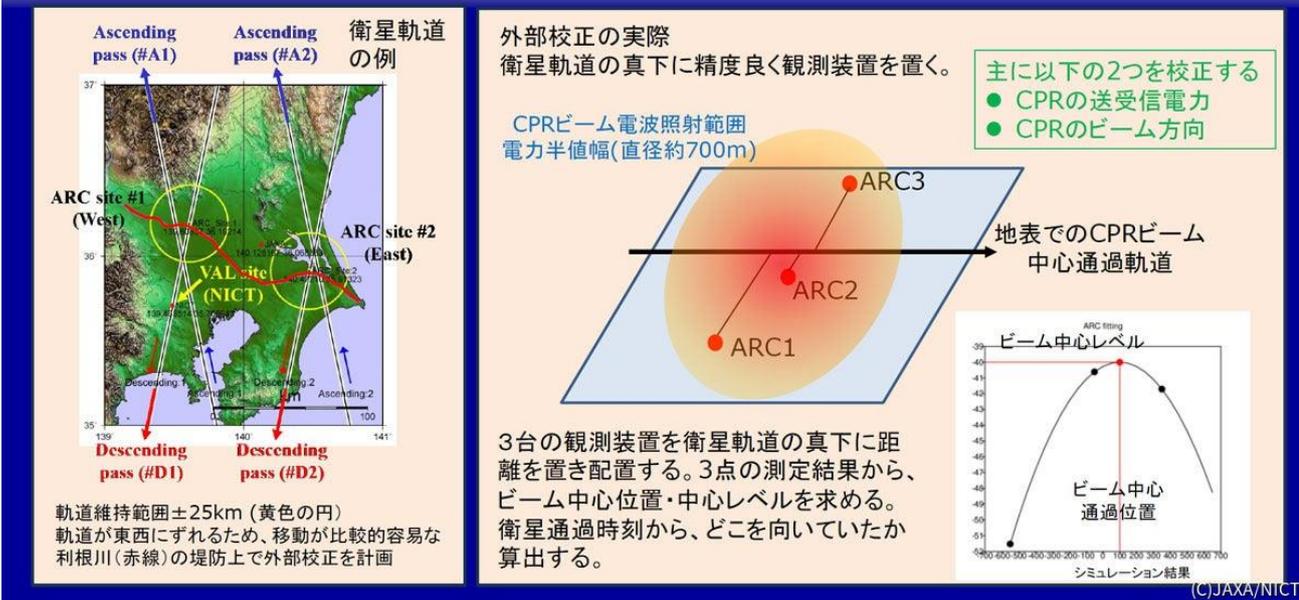
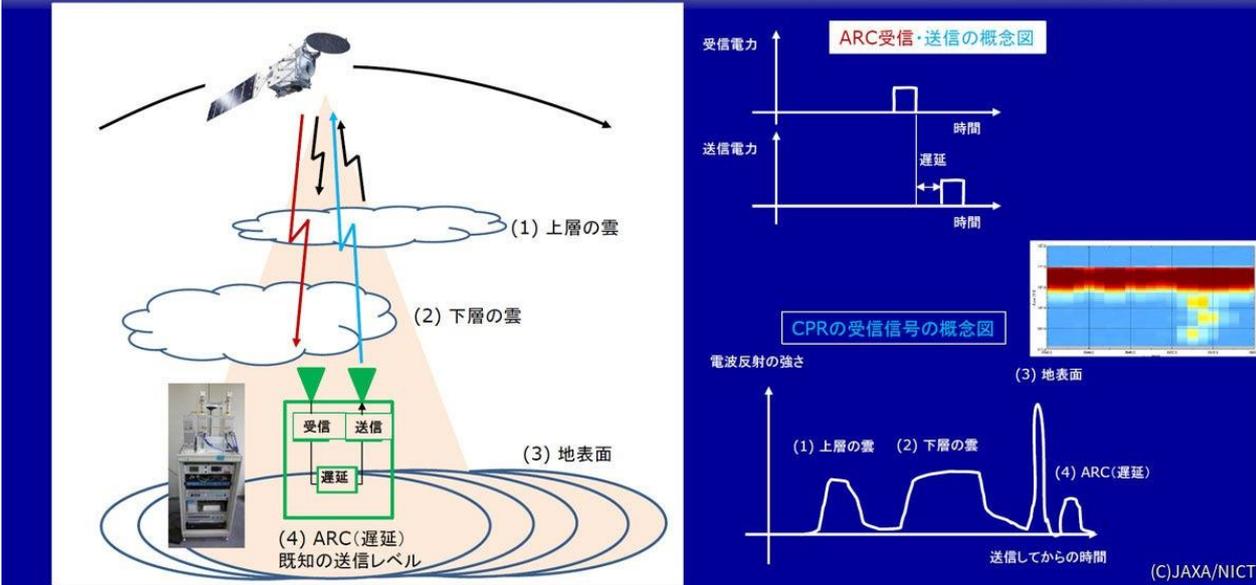
初期校正の概要 (C)JAXA

現在、初期校正検証運用の段階にあり、情報通信研究機構(NICT)により、CPR の取得データから誤差を減らし、より正確になる様に校正作業が 2024 年 12 月/2025 年 1 月まで進められる予定(ESA のセンサは ESA 側で校正が進められる)。この初期校正運用の完了が確認された後、JAXA では 2024 年 12 月より、ESA では 2025 年 1 月より、定常運用へ移行する予定としている。

高精度な測定を実現するうえで重要となる校正

はくりゅうは現在、2024 年末までの予定でレーダーの性能評価とし、想定通りの電力で送信できているか、正しいレベルで受信できているか、想定通りのビーム形成ができているか、を確かめるための外部校正が進められている。また、今後も定期的に外部校正を行うことで装置の健全性と経年変化を知ることができるようになるほか、将来の新たな衛星計画に向けたノウハウの蓄積にもつながることが期待されている。

その外部校正は、地上に設置した 3 台の能動型校正器(Active Radar Calibrator:ARC)にて、CPR の電波を受信。一定の遅延をかけて EarthCARE に送り返し、遅延を受けた電波を CPR 側で受信することで、正しい電力で送電できているのかを ARC、CPR の両方で把握することができるようになり、精度を保つことが可能となる。こうした外部校正について、情報通信研究機構(NICT)の研究チームでは、2025 年 3 月までは月 2 回の頻度で校正を行う予定としているほか、ミッション期間が終わる 2027 年 6 月までは月 1 回の校正の実施を行う予定としており、こうした取り組みを通じ、水平距離の最大誤差 0.0041 度で測定を行い、衛星速度混入を校正することで、精度 1.3m/s を目指すとしている。



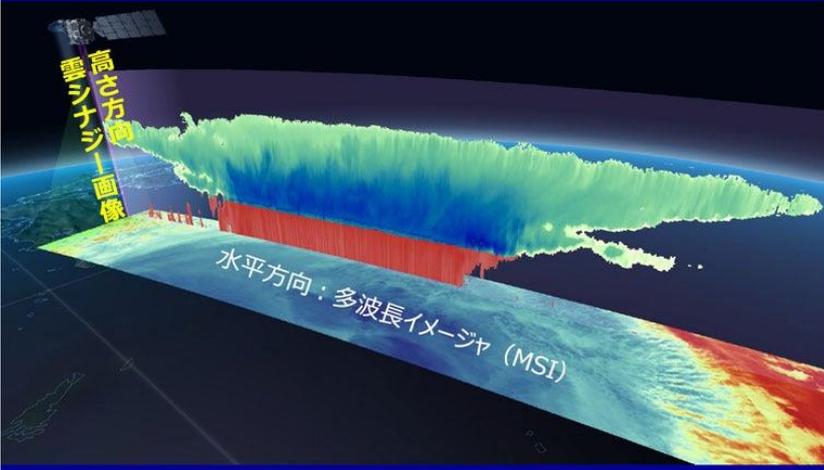
ARC を活用した外部校正の概要 (C)JAXA/NICT

高精度観測で実現されるシナジー観測

はくりゅうの最大の特長は 4 つの観測装置から得られたデータを複合的に組み合わせた情報をプロダクトとして提供できるという点。CPR、ATLID、MSI、BBR の 4 種類の観測センサが 1 台の衛星に搭載されるのは世界初だという。これら 4 種類の観測センサは同期して観測することが可能なため、観測時における対象の場所と時間が 4 つのセンサともほぼ一致した観測データとして同時に取得し、シナジーを発揮することができる。

今回、JAXA が初公開したシナジー画像は、2024 年 8 月 28 日の午前 2 時(日本標準時)に観測した台風 10 号を観測したもの。水平方向は分解能 500m という MSI による約 150km ほどの観測幅だが、高さ方向については高度 15km よりも高い部分は ATLID のみが観測できる領域で、15km~2.5km 程度の範囲は CPR/ATLID 両方が観測可能、そしてそれよりも下の台風本体の雲の部分が CPR のみでの観測となり、2 つを組み合わせることで高精度な観測を実現したとする。

はくりゅう雲シナジー初画像：日本列島に接近中の令和6年台風第10号の観測結果
 観測時刻：2024年8月28日 2時（日本標準時）

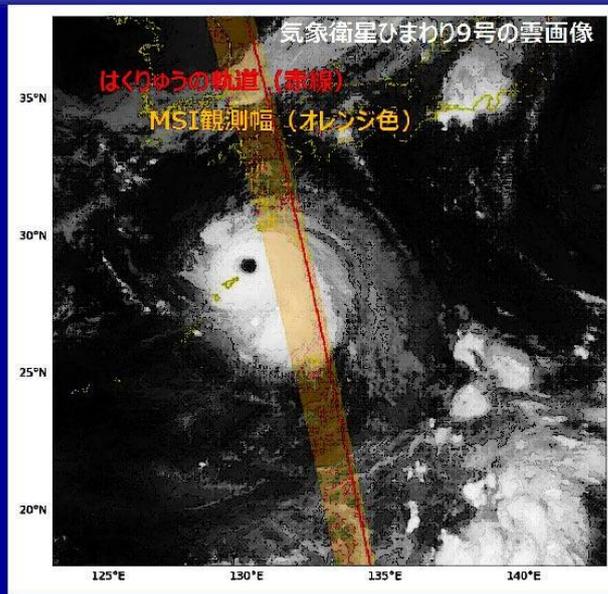


- MSIは約150kmの観測幅を持ち、台風10号に伴う雲の水平構造を捉えている。
- CPRは厚い雲、ATLIDは薄い雲に感度がある→CPRとATLIDを組み合わせることで、より幅広い雲の種類を高さ方向に観測可能。さらにMSIも複合することで、雲の量をより正確に測定する。
- 雲による温暖化への影響は、温暖化予測における最大の不確定要因。雲が気候システムに与える効果は、雲の高さや重なり方、雲の種類などにより大きく影響される。
- はくりゅうのシナジー観測による精緻な観測データにより、雲に関する気候変動メカニズムの科学的根拠を追究
- 気候モデルを改良することで、よりよい気候変動予測→気候変動の悪影響を軽減する適応策の検討へ貢献。

(C) JAXA

令和6年台風第10号

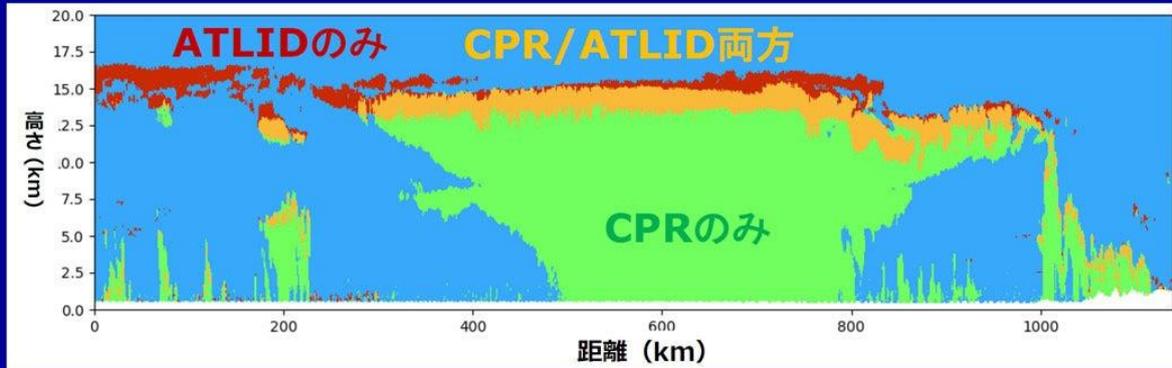
- ✓ 8月22日にマリアナ諸島で発生した台風第10号は、日本付近で動きが遅くなり、27日に非常に強い勢力となって奄美大島に接近した後、29日8時頃に鹿児島県に上陸。
- ✓ 台風第10号は進路予測が非常に困難で、度々進路が変わり、また、大雨や土砂災害、竜巻など各地で大きな被害をもたらした。
- はくりゅうは、奄美大島付近の海上にあった台風第10号の雲を8月28日 2時（日本標準時）に観測した。



(C) JAXA

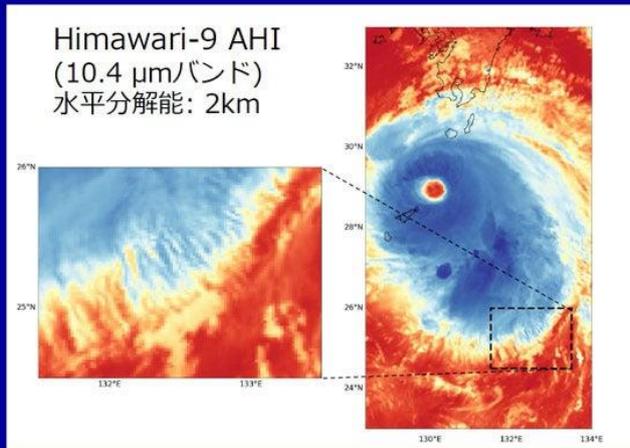
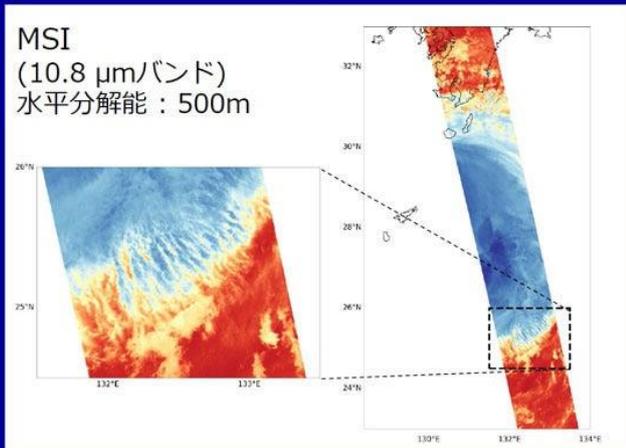
・ 雲シナジーについて

- CPRとATLIDを組み合わせることで、より幅広い雲の種類を観測できる。
- CPRとATLIDが両方とも観測できている雲域は2つのセンサにより、より正確に雲の量を計測できる。
- MSIも複合することで、雲の量をさらにより正確に計測できる。



(C)JAXA

- ・ MSIは気象衛星ひまわり9号搭載の可視赤外放射計 (AHI) と似たセンサだが、MSIはより詳細な雲の分布を見ることができる。またMSIはCPR/ATLIDと同時観測可能。
 - MSI (10.8 μ mバンド) 水平分解能 : 500m
 - ひまわり9号の可視赤外放射計 (10.4 μ mバンド) 水平分解能 : 2km



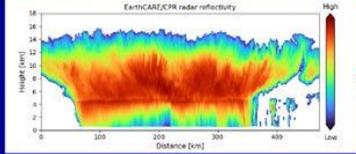
(C)JAXA

初公開されたシナジー画像 (C)JAXA

また、2014年に打ち上げられ、現在も観測を続けている「全球降水観測(GPM)主衛星」には二周波降水レーダ(DPR)が搭載されているが、この台風10号に対して、DPRでも観測をくりゅうと5分程度の誤差で観測を実施しており、2機の衛星が取得した画像を重ね合わせたところ、同じ雨雲の中の雨と雨になる前の雪の付近まではDPR、その上の雲部分をCPRで観測できていることも確認。雲から雨までの包括的な観測が可能であることも示されたとしており、JAXAでは、今後くりゅうのシナジー観測により、気候変動メカニズムの解明、気候モデルの検証・改良、気象や大気環境の予測改善に貢献していきたいとしている。

CPRのレーダ反射強度

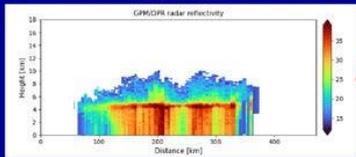
雲粒を測るのに適した周波数 (94GHz) で観測



はくりゅうと
GPM主衛星
の交差事例

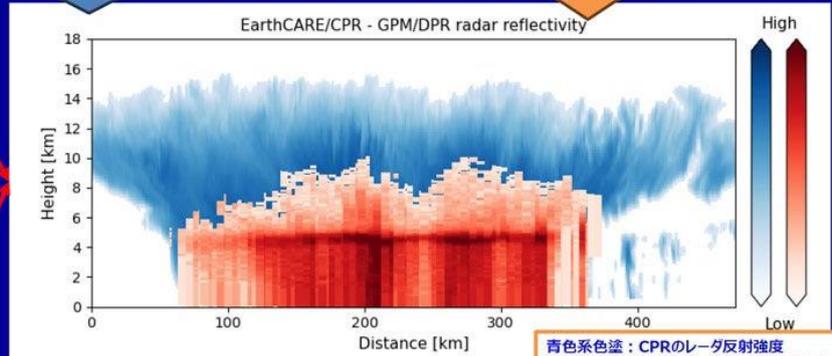
全球降水観測 (GPM) 主衛星 搭載二周波降水レーダ (DPR) の反射強度

雨粒を測るのに適した周波数 (13GHzと35GHz) で観測



CPRは、衛星搭載降水レーダでは観測できない雲の高さ方向の分布を観測できる。ドップラー速度の計測機能もCPRのみ。

DPRは、雲の中の降水の構造を3次元で観測可能。両者を組み合わせることで、雲から雨まで包括的に観測できる



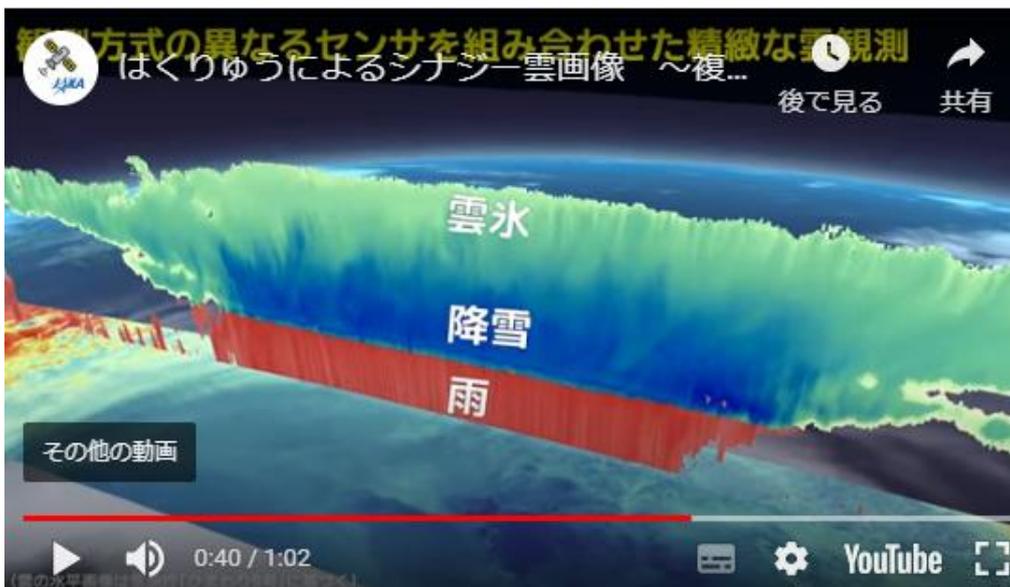
青色系色塗：CPRのレーダ反射強度
赤色系色塗：GPM/DPRのレーダ反射強度

- はくりゅうとGPM主衛星の連携による雲から雨までの包括的な観測により、雲粒が降雨へ成長するメカニズムの理解を進め、数値モデルの雲・降水過程を改良することで、豪雨等を予測する数値気象モデルや将来の気候を予測する数値気候モデルの予測精度が向上することが期待できる。

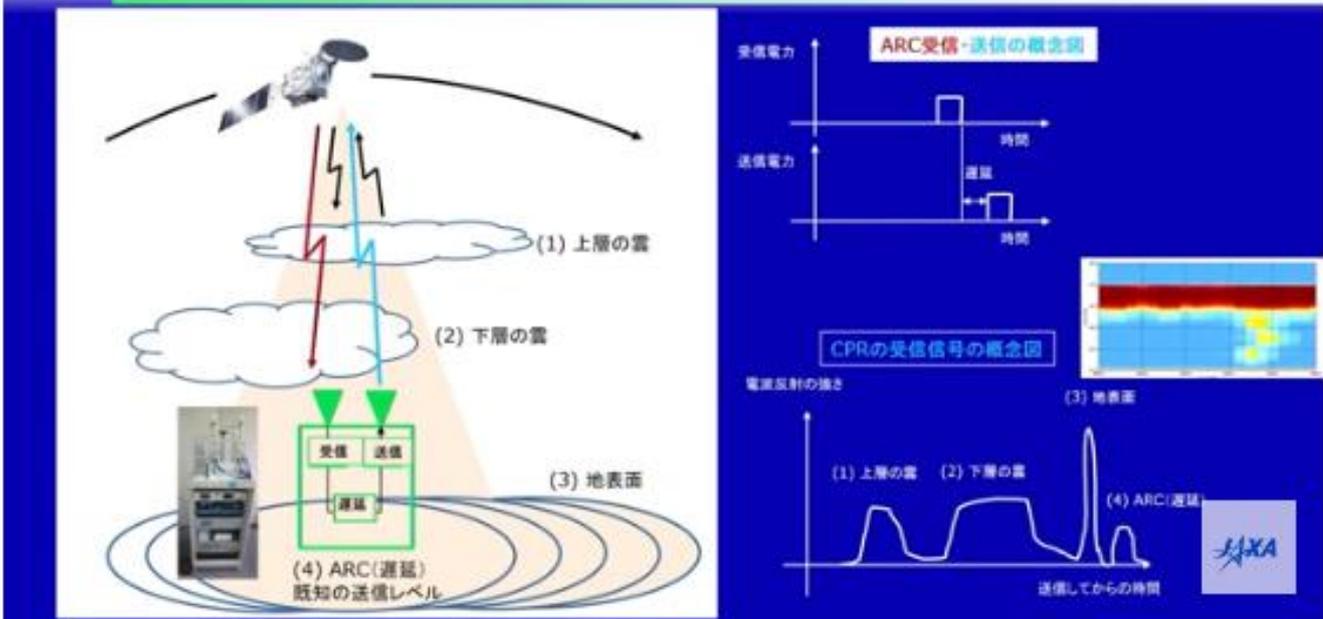
(C)JAXA

はくりゅうの CPR と DPM 主衛星に搭載された DPR でのほぼ同時観測により雲から雨まで包括的な観測が可能であることも示された (C)JAXA

特に、CPR/ATLID のシナジー画像のみならず、エアロゾルに関するシナジー観測や、大気の放射に関するシナジー観測なども実施していく予定としており、これら新たなシナジー観測についても準備が整った段階で公開していくとしている。



はくりゅうによるシナジー雲画像 ~複数センサを組み合わせることで実現する精緻な雲観測~



雲エアロゾル放射ミッション「EarthCARE」衛星（はくりゅう）に関する記者説明会

<https://news.mynavi.jp/techplus/article/20241007-3040349/>

水星探査機「ベピコロンボ」、3回目の水星スイングバイ時の水星観測の結果を発表

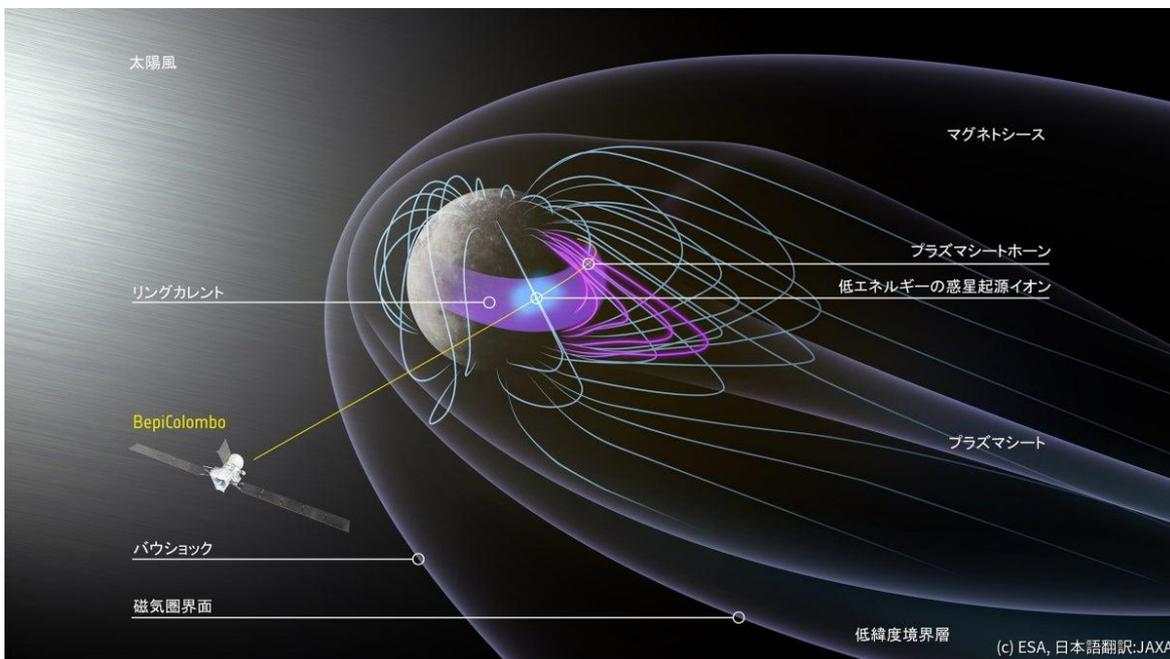
掲載日 2024/10/07 14:02 著者：波留久泉

欧州宇宙機関(ESA)と宇宙航空研究開発機構(JAXA)は10月4日、両機関が共同で実施中の水星探査機「ベピコロンボ」(ESAの水星表面探査機「MPO」とJAXAの水星磁気圏探査機「みお」の2機がドッキングした状態)が2023年6月19日に実施した3回目の水星スイングバイの際の観測データを詳細に解析し、水星磁気圏内の多地点における、惑星起源イオンの多彩な様相が明らかになったことを発表した。

同成果は、仏・パリ天文台やソルボンヌ大学などに所属するリナ・Z・ハディッド氏を論文筆頭著者とし、京都大学の原田裕己助教、JAXA 宇宙科学研究所(ISAS)の相澤紗絵博士(現・仏国立科学センター所属)ら25名の研究者が参加した国際共同研究チームによるもの。[詳細は、英科学誌「Nature」系の物理学を扱う学術誌「Communications Physics」に掲載された。](#)

水星が持つ磁場の強さは地球の約100分の1しかないが、それでも太陽風(太陽から吹き出すプラズマ粒子の流れ)に対するバリアである「磁気圏」を作り出していることが知られている。太陽～水星間は太陽～地球の4割弱ほどと太陽に近い軌道を回っているため、太陽風と水星磁気圏、さらには水星表面との相互作用は地球よりもはるかに強いことがわかっている。ベピコロンボは日欧共同の国際水星探査ミッションであり、2018年10月にフランス領ギアナより打ち上げられ、エンジン不調のために到着が1年間延期されたが、2026年11月の水星周回軌道投入へ向けて現在惑星間空間を2機が合体した状態で航行中(軌道投入時に分離される)。内惑星へ向かうためには、地球脱出時の秒速約11kmという高い速度を減速したり軌道を変更したりする必要があり、惑星を用いた減速スイングバイが行われている。具体的には地球で1回、金星で2回、水星で6回と、計9回のスイングバイが行われる(次回は2024年12月2日に実施予定の水星での5回目のスイングバイ)。スイングバイの際に科学観測は必ずしも行われるものではないが、ベピコロンボの場合、スイングバイ軌道は水星到着後の周回軌道とは異なるため、到着後には通ることのできない領域を観測できる点などが考慮され、水星到着時までは2機がドッキングした状態である上に、みおに至っては太陽光シールドで覆われているので視野が限られた状態だが、それ

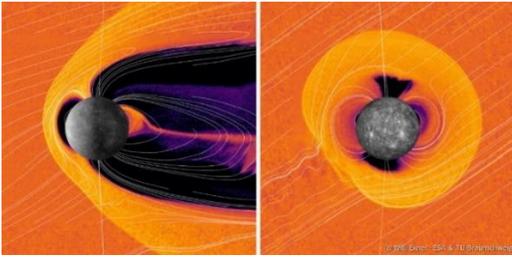
でも3回目において搭載装置による科学観測が実施された。3回目のスイングバイは1・2回目と似た軌道で、水星の磁気圏を約30分で横断し、最接近時には彗星表面から235kmの地点を通過。その間、みおに搭載されたイオン質量分析器(MSA)、イオン観測器、電子観測器とプラズマ粒子が取得したデータに、数値シミュレーションを組み合わせることで、観測されたプラズマの起源の分析が行われた。スイングバイの前半で太陽風が自由に流れる領域と磁気圏の間の「ショック境界」の観測結果からは、「低緯度境界層」と呼ばれる、観測が予測されていた構造であることが確認されたが、NASAの水星探査機「メッセンジャー」(2004年打ち上げ、2015年運用終了)による観測から想定されていたより、広範なエネルギーを持つ粒子が観測されたとする。また、磁気圏に捕捉された高エネルギーのイオンが赤道平面近くおよび低緯度で観測されたともしている。これらは部分的または完全な、磁気圏に捕捉された帯電粒子によって運ばれる電流である「リングカレント」(環電流)ではないかと推測されたとする(地球では、高度数万kmに存在)。水星では磁気圏が惑星のサイズに対して小さいため、粒子がどのようにしてわずか数百km以内に捕捉され続けるのかは未解明のため、ベピコロomboの軌道投入後の2機の観測でより多くの知見がもたらされることが期待されると研究チームでは説明している。さらに、MSAが特に観測対象とする微小隕石の衝突や太陽風との相互作用などによって水星表面から飛び出した中性粒子がイオン化した惑星起源イオンについての観測も実施されたという。同一イオンを観測することは、惑星表面とプラズマ環境の間のつながりを調査することと同義であるため、今回の結果を皮切りに、今後より多くの観測がなされることが期待されると研究チームでは説明している。



ベピコロomboによる、3回目の水星スイングバイ時の水星磁気圏の描像。ベピコロomboは、まず日本時間2023年6月20日の3時44分22秒に「バウショック」に到達し、4時14分00秒に磁気圏界面を通過。4時10分30秒~27分34秒にかけて、夕方側の低緯度境界層でさまざまなエネルギーのプラズマ粒子が観測されたという。また4時28分41秒には、「プラズマシート」が水星高緯度域につながる領域「プラズマシートホーン」領域に突入し、熱いイオンや電子の観測に成功。そして4時32分00秒から4時44分4秒には、高エネルギーのイオンと電子が赤道平面近くおよび低緯度で観測された。これらの特徴から、ベピコロomboは水星のリングカレントを通過したことが強く示唆されるとしている (c) ESA, 日本語翻訳:JAXA (出所:JAXA ISAS Web サイト)

なお、ベピコロomboは2024年9月5日実施の4回目の水星スイングバイでも科学観測を実施済み。今後予定されている5回目ならびに6回目(2025年1月9日)のスイングバイでも実施される予定となっている。最終的な周回軌道投入後には2機は個別に観測を行うが、2機が連携した協働観測計画も綿密に検討中だとされているほか、ESAの太陽観測衛星「ソーラー・オービター」やNASAの太陽探査機「パーカー・ソーラー・プローブ」などとの協働観測も議論中で、広く太陽圏と惑星圏・惑星磁気圏観測をつなぐ太陽圏システム探査の推進が期待されて

いるという。

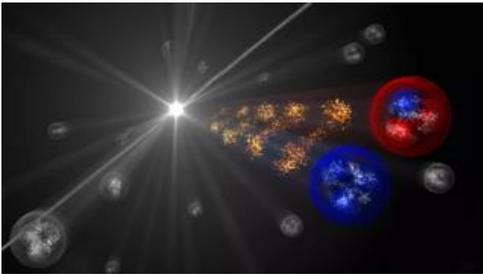


水星の磁気環境のシミュレーション結果 (c) Willi Exner - ESA & TU Braunschweig (出所:ESA Web サイト)

<https://www.space.com/antimatter-cosmic-rays-dark-matter>

宇宙線には驚くほど多くの反物質が含まれています。その原因は暗黒物質でしょうか？

ロバート・リー 著 2024.10.12 「検出された反核の量は、宇宙で知られているプロセスでは説明できません。」



粒子の消滅によって反ヘリウムの形で反物質が生成される様子を示す図 (画像提供: CERN)

新たな研究によると、地球に降り注ぐ宇宙線と呼ばれる荷電粒子のシャワーの中に過剰な量の反物質が存在することで、宇宙で最も神秘的な「物質」である暗黒物質の秘密が明らかになる可能性があるという。

暗黒物質は、宇宙の物質の約 85% を占めるにもかかわらず、光と相互作用しないため実質的に目に見えないため、科学者にとって非常に難しい問題です。つまり、あらゆる星、惑星、月、小惑星、彗星、人間、本、コーヒーマグ、猫を構成するすべての原子の約 5 倍が暗黒物質であるということです。

マドリード理論物理学研究所のペドロ・デ・ラ・トーレ・ルケ率いる研究チームは、宇宙線中の陽子や電子などの物質粒子とは反対の電荷を持つ「鏡像粒子」である反物質の量が説明できないほど多いのは、暗黒物質粒子の消滅の結果かもしれないと理論づけている。しかし、この関係の詳細な解明により、暗黒物質の主たる容疑者である「弱く相互作用する巨大粒子」を意味する WIMP の可能性が晴れるかもしれない。

ポールが解説：ダークマター 3分

ポール・サターは暗黒物質とは何か、そして物理学者はどのようにして目に見えない物質が存在することを知らるかを説明します。

「検出された反原子核、特に反ヘリウム（ヘリウム原子核の反物質）の量は、[宇宙](#)で知られているプロセスでは説明できないことが分かりました」とデ・ラ・トーレ・ルケ氏は Space.com に語った。「反粒子は[星間物質](#)（星間のガスと塵）では一般的ではないので、反粒子の大量生成が見つかったことは、私たちが知っている以上のプロセスを示している可能性があります。」

「特に、暗黒物質が粒子である場合、それが消滅することはほとんどなく、同量の粒子と反粒子を生成すると予想されます。」

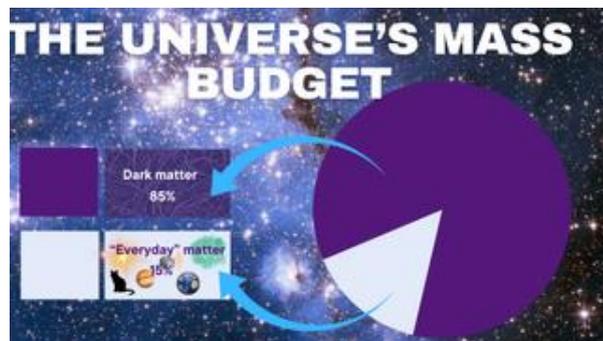
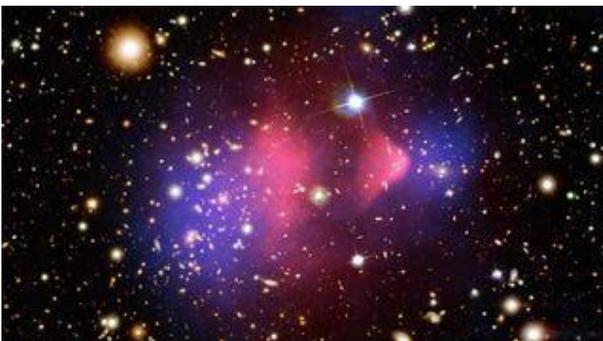
関連:[暗黒物質は、初期の宇宙でブラックホールがmonsterサイズに成長するのを助けたのか？](#)

この研究チームの研究は、暗黒物質の最も広く支持されている候補物質にとっては悪い知らせとなり、宇宙の失われた質量を解明する探求において科学者たちを白紙の状態に戻すことになるかもしれない。

どいてくれ、弱虫ども！

WIMP は依然として暗黒物質を説明する仮説として有力視されているものの、現在までいらいらするほど解明されていない。「WIMP は、我々が知っている粒子とその相互作用を説明するモデルである[素粒子物理学の標準モデルの多くの最小限の拡張によって予測される粒子の一般的なファミリーです](#)」とデ・ラ・トーレ・ルケ氏は述べた。「それらはこれまで観測されたことはありませんが、中性であり、既知の粒子を生成したプロセスと同様の[メカニズムによって初期宇宙](#)で生成された可能性があるため、暗黒物質の素晴らしい候補です。」

WIMP と標準モデルの他の粒子との相互作用は弱いため、現在の実験では検出できない可能性があります。WIMP が暗黒物質を構成しているとしても、直接検出されていないのはそのためです。WIMP は、[暗黒物質](#)と同様に重力で相互作用します。これは非常に重要です。なぜなら、科学者が暗黒物質の存在を推測できたのは、暗黒物質の重力相互作用によるからです。したがって、WIMP と暗黒物質は、その点でも相性が良いのです。



弾丸クラスターでは、リングを貫通する弾丸のように、弱く相互作用する暗黒物質（青）が通常の物質（ピンク）を通過しています。(画像クレジット: X 線: NASA/ CXC/ CfA/ M.Markevitch、光学およびレンズ マップ: NASA/STScI、Magellan/ U.Arizona/ D.Clowe、レンズ マップ: ESO/WFI)

この図は、星、惑星、惑星を構成する「日常的な」物質に対する暗黒物質の割合を示しています。(画像提供: Robert Lea (Canva で作成))

暗黒物質に関する未解決の疑問の 1 つは、暗黒物質を構成する粒子が互いに[消滅する](#)かどうかです。消滅とは、物質粒子が反物質の相手と出会い、お互いを破壊したときに何が起るかを指します。たとえば、電子が反粒子である陽電子と出会うと、2 つの粒子は消滅し、その構成エネルギーが宇宙に放出されます。暗黒物質は、まれに自己相互作用するときに「自己消滅」すると考えられています。

「WIMP は消滅し、同量の粒子と反粒子のペアを生成すると予想されています」とデ・ラ・トーレ・ルケ氏は述べた。「我々が知っているプロセスによって星間物質に生成される反粒子の量はごくわずかであると予想されますが、暗黒物質が宇宙全体に浸透しており、WIMP が暗黒物質の最有力候補であることはわかっているため、これらの WIMP によって[銀河](#)に大量の反粒子が生成されると予想されます。」研究チームは、[宇宙線](#)中のヘリウムと反ヘリウムの反粒子を調べ、WIMP 消滅の兆候を見つけようとした。「通常の」ヘリウム原子と同様に、反ヘリウムは 3 個または 4 個の中性子を持つことができる。つまり、反ヘリウム 3 と反ヘリウム 4 の 2 つの同位体が存在す

ることになる。[国際宇宙ステーション](#)(ISS) に搭載されたアルファ[磁気分光計](#)(AMS) 02 実験では、最近、宇宙線中に非常に類似した量の反ヘリウム 3 と反ヘリウム 4 が発見されました。宇宙線は、星間物質に衝突して通過する際に、それ自体が反粒子を生成する可能性があります。しかし、宇宙線中に検出された反ヘリウムの量は、宇宙線粒子のみから生成される反原子核の推定値よりもはるかに高いものです。 関連:[宇宙線とは何ですか？](#)



宇宙線中に過剰な反物質が存在することを検出した AMS02

実験のホストである国際宇宙ステーション。(画像提供: Bleecker Street)

研究チームは、WIMP 暗黒物質候補が反物質の過剰を説明できるかどうかを調査しました。その結果、WIMP の消滅は反ヘリウム 3 の過剰を説明できるものの、反ヘリウム 4 の測定量は説明できないことがわかりました。

「我々の予測では、楽観的な計算では WIMP を暗黒物質として反ヘリウム 3 の観測を説明できるが、WIMP は反ヘリウム 4 をはるかに少ない量しか生成しないはずだと予想している。反ヘリウム 4 は反ヘリウム 3 よりも重いため、実際には 1,000 分の 1 以下だ」とデ・ラ・トーレ・ルケ氏は述べた。「WIMP ではこれらの観測を簡単に説明できないことがわかった。この謎を解くには、さらにエキゾチックな暗黒物質モデルが必要になるだろう」

これは最初は悪いニュースのように思えるかもしれないが、WIMP が暗黒物質のすべての要件を満たす「奇跡の粒子」であるという見方は、他の多くの粒子モデルを事実上放棄することにつながった。[これらの WIMP の代替案のいくつかは、暗黒物質がビッグバン中に生成された原子より小さなサイズの「原始ブラックホール」で構成されているという考えなど、非粒子的な説明と同様に、現在再び検討されている可能性があります。](#)

関連記事: [—暗黒物質が「目に見えない」のであれば、それが存在することをどうやって知るのでしょうか？](#)

[—暗黒物質が何であるかはまだわかっていないが、それが何ではないかはわかっている](#)

[—宇宙線はどこから来るのでしょうか？](#)

「もしこの反原子核の生成が銀河内の未知の粒子によるものであれば、この粒子は反ヘリウムを生成するための非常に特殊な性質を持っているはずだ」とデ・ラ・トーレ・ルケ氏は結論づけた。「この粒子が暗黒物質に関する現在の観測をすべて説明でき、[粒子加速器](#)での新しい粒子の現在の調査をすべて逃れることができたのであれば、これは暗黒物質の有力な候補となり、反ヘリウムの検出がそれを調査する唯一の方法となるかもしれない。」

チームの研究は 10 月 4 日、「Journal of Cosmology and Astroparticle Physics」誌に掲載された。

[ロバート・リー](#) シニアライター

ロバート・リーは英国の科学ジャーナリストで、彼の記事は Physics World、New Scientist、Astronomy Magazine、All About Space、Newsweek、ZME Science に掲載されています。また、エルゼビアや European Journal of Physics で科学コミュニケーションに関する記事を執筆しています。ロバートは英国のオープン大学で物理学と天文学の理学士号を取得しています。Twitter で @sciencef1rst をフォローしてください。

https://news.biglobe.ne.jp/trend/1006/kpa_241006_1235418731.html

ジェイムズ・ウェッブ宇宙望遠鏡が 1 つの超新星から放たれた 3 つの光を観測

2024 年 10 月 6 日 (日) 20 時 5 分 [カラパイア](#)

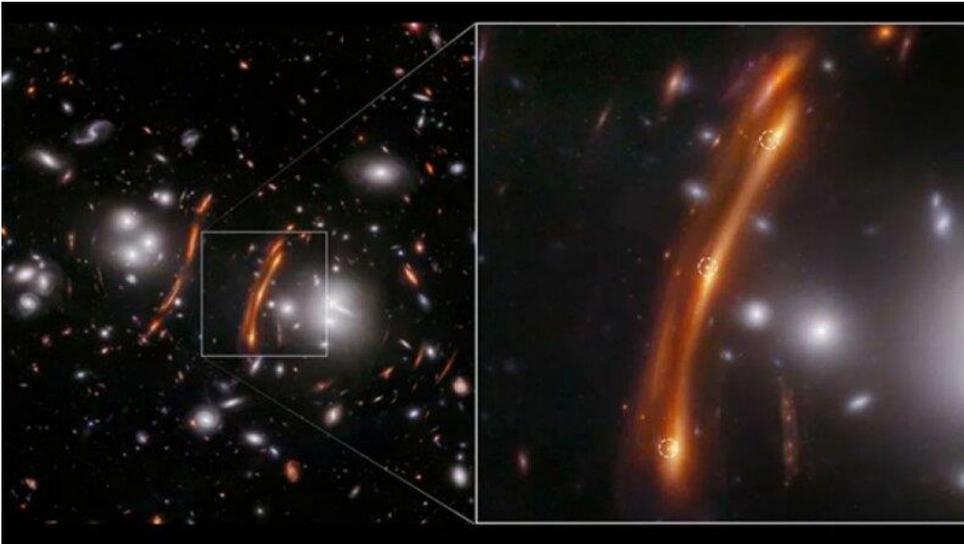


Image credit: NASA, ESA, CSA, STScI, B. Frye (University of Arizona), R. Windhorst (Arizona State University), S. Cohen (Arizona State University), J. D'Silva (University of Western Australia, Perth), A. Koekemoer (Space Telescope Science Institute), J. Summers (Arizona State University)

ジェイムズ・ウェッブ宇宙望遠鏡が、1つの超新星から放たれた3つの光を観察した。その光は前にある銀河の重力（重力レンズ）によって歪められていた。

今回の観測によって、我々の宇宙の理解に誤りがある可能性がさらに高くなった。

この宇宙は膨張し続けている。だがそのスピードは計測する場所によって一貫しない。この矛盾を「ハッブル定数の緊張 [<https://astro-dic.jp/hubble-tension/>]」や「ハッブル・テンション」といい、現代宇宙論の大問題とされている。最新の研究では超新星の光から宇宙の膨張スピードを計測。その結果はやはり宇宙標準モデルの予測とは一致せず、ハッブル定数の緊張の存在が再確認されることとなったのだ。

現代宇宙論最大の謎「ハッブル定数の緊張」

この宇宙はビッグバン以来、ずっと膨らみ続けてきた。この膨張スピード [<https://karapaia.com/archives/52219162.html>] は「ハッブル定数」という定数で表される。

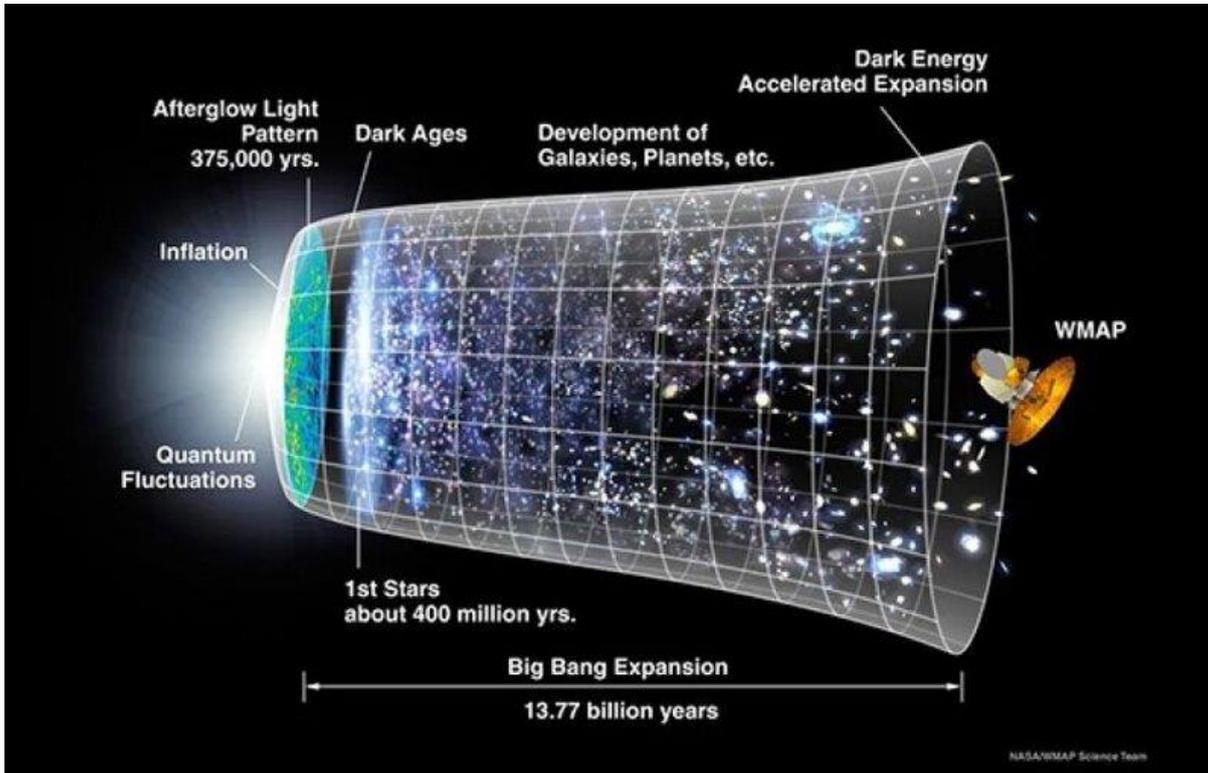
天文学者を悩ませている大きな問題は、膨張スピードが計測場所によって違ってしまふことだ。

遠くの宇宙で調べれば、ハッブル定数は標準モデルが予測するものと一致したものになる。

ところが近くの宇宙では、なぜか一致しないのだ。この謎を「ハッブル定数の緊張」や「ハッブル・テンション」という。現在、ハッブル定数を算出する標準的なやり方は2つある。

1つは、「宇宙マイクロ波背景放射」と呼ばれる、宇宙が誕生したばかりの頃の光から算出するやり方だ。

この方法から推定されるハッブル定数は、1メガパーセクあたり毎秒約67km (km/s/Mpc)。これは標準宇宙モデルによって予測される定数にほぼ一致する。もう1つは、「セファイド変光星」というもっと近くにある星の距離から調べるやり方だ。こちらから導き出されるハッブル定数は73.2 km/s/Mpc。1つ目のものと大差ないように思われるが、その開きは8%もあり、宇宙標準モデルの予測に矛盾すると言えるほどにほどに大きい。



宇宙誕生からの進化を描いたイメージ。時間は左から右へと流れている/Image credit: NASA / WMAP Science Team

単一の超新星から放たれ銀河重力に曲げられた3つの光を観測

今回の新たな研究では、ジェームズ・ウェッブ宇宙望遠鏡の観察結果からハッブル定数を推定し、標準モデルとの矛盾があらためて確認された。観察されたのは、地球から36億光年離れた銀河団「PLCK G165.7+67.0 (G16)」だ。そこには、『超新星ホープ』と名付けられた単一の超新星から放たれ、前方の銀河の重力によって曲げられたらしい3つの光がある。



超新星ホープから放たれ、銀河の重力で曲げられた3つの光 Image credit: NASA, ESA, CSA, STScI, B. Frye (University of Arizona), R. Windhorst (Arizona State University), S. Cohen (Arizona State University), J. D' Silva (University of Western Australia, Perth), A. Koekemoer (Space Telescope Science Institute), J. Summers (Arizona State University)

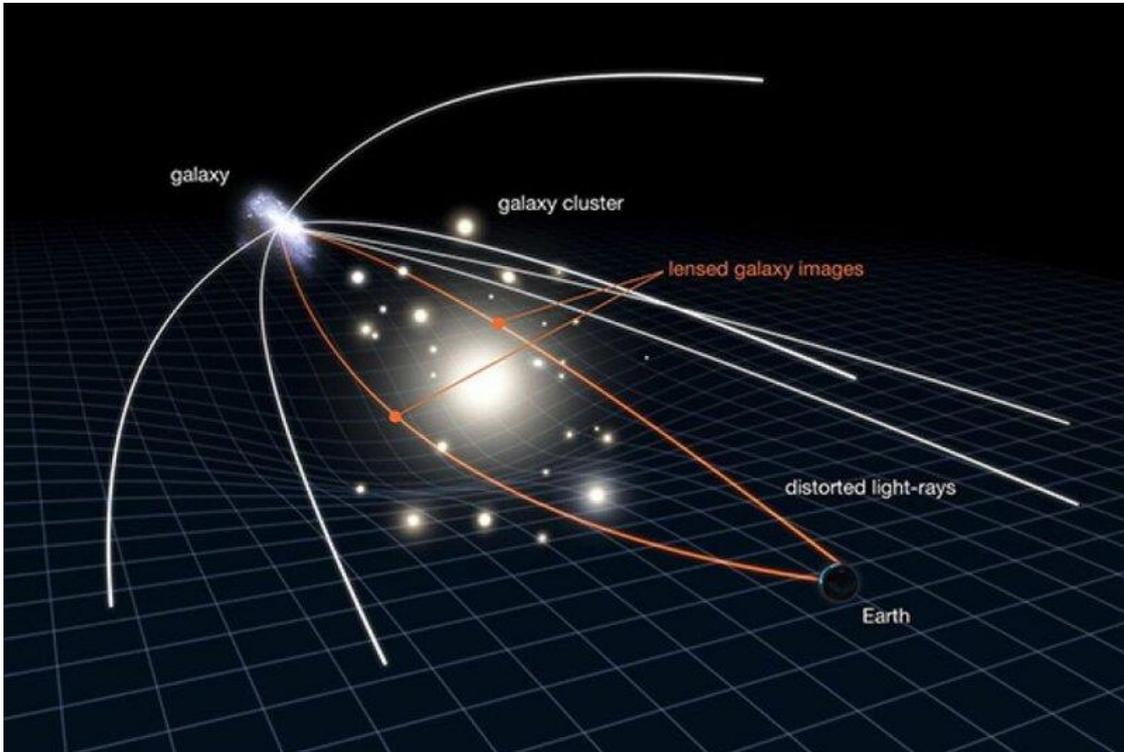
Ia型超新星のイメージ図 image credit:ESA

この超新星はIa型と呼ばれ、ある星の物質が「白色矮星」に落下したことで、巨大な熱核爆発を引き起こしたものだ。白色矮星の質量はどれも均一であるため、その爆発による明るさも同じになる。

このことから宇宙の距離を測りハッブル定数を算出するための目盛（標準光源）として利用できる。

アリゾナ大学をはじめとする研究チームは、3つの光の時間的なズレを調べ、超新星の距離や重力レンズ効果を踏まえた上で、ハッブル定数を導き出した。

その結果は75.4 km/s/Mpcで、やはり標準モデルとはっきり矛盾している。



天文学者が遠くにある暗い銀河を研究するために利用する重力レンズ効果を示したイラスト image credit: NASA、ESA、L. Calçada

つまりは、ジェイムズ・ウェッブ宇宙望遠鏡の観測によってもハッブル定数の緊張が再確認されてしまったということだ。その銀河団周辺の星の爆発からも重要な手がかりが得られると期待できるため、研究チームは今後も調査を続ける予定であるようだ。

この研究は『The Astrophysical Journal』や『Astronomy & Astrophysics』に一連の論文（2024年9月12日 [https://iopscience.iop.org/article/10.3847/1538-4357/ad5d59]、8月 [https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2024ApJ...970..102C/abstract]、5月 [https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2024ApJ...967...50P/abstract]、1月24日 [https://iopscience.iop.org/article/10.3847/1538-4357/ad1034]、2023年7月 [https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2023A&A...675L...4P/abstract]）として発表された。

<https://news.mynavi.jp/techplus/article/20241007-3040336/>

「バリオン音響振動」には未知のピークシフトが存在する、阪大などが宇宙論的シミュレーションから発見

ユレーションから発見

掲載日 2024/10/07 13:42 著者：波留久泉

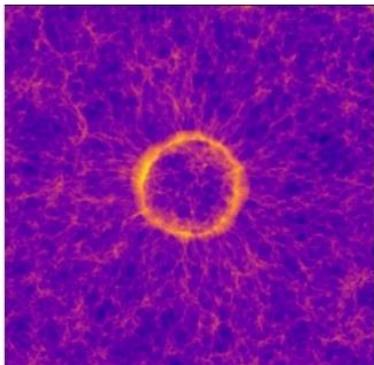
大阪大学(阪大)は10月4日、スーパーコンピュータ(スパコン)を用いて、数億光年にわたる大規模な領域の宇宙論的スケールにおける構造形成の進化に関する宇宙論的シミュレーションを実施した結果、「ライマンアルファの森」の「バリオン音響振動」のピークのシフトを統計的に高い精度で発見したと発表した。

同成果は、スイス・ジュネーブ大学のフランチェスコ・シニガーリア氏を論文筆頭著者とし、阪大大学院理学研究科の長峯健太郎教授、奥裕理大学院生(現・中国・浙江大学 博士研究員)らも参加した国際共同研究チームによるもの。詳細は、米天体物理学専門誌「The Astrophysical Journal Letters」に掲載された。

宇宙の全エネルギーの内訳において、生物や星などを形作る、観測可能な通常物質(バリオン)は5%ほどにすぎない(残りの約70%がダークエネルギー、約25%がダークマターとされている)。全体としては少量だが、重要な存在であり、初期宇宙におけるバリオンとプラズマの振動現象である「バリオン音響振動」(BAO)を用いた宇宙論的

スケールの探査手法も存在している。同手法では、BAO の波の痕跡が銀河やガスの分布に影響を与えることで、銀河同士の平均距離に特徴的な「BAO スケール」が生じるという。同スケールは宇宙論モデルで計算できるため、銀河分布の観測と比較すれば、宇宙の膨張速度やその歴史を詳しく知ることが可能であり、その精度と信頼性から、宇宙における「標準的物差し」として機能し、観測データから宇宙論パラメータを測定するために広く用いられているという。そこで研究チームは今回、遠方宇宙にある「高赤方偏移クェーサー」のスペクトルに刻まれた一連の吸収線であるライマンアルファの森を宇宙論的シミュレーションを用いて計算することにしたという。クェーサーからの光は地球に届くまでにいくつもの中性水素の雲を通過し、エネルギーが吸収される。その結果、クェーサーのスペクトルに吸収線が生じることとなるが、ライマンアルファの森は、その吸収線がいくつも重なって、複雑な森のような形状になっていることを指すもので、これを調べることは、遠方宇宙におけるバリオンの分布を調べるのに役立つとされている。今回の研究では、2 つの異なるタイプの宇宙論的シミュレーションが用いられた。1 つは、星形成や超新星爆発フィードバックの効果も加えられた演算をスパコンで行う「宇宙論的流体シミュレーション」。もう 1 つは、「ラグランジュ的摂動論」を用いた高速シミュレーションで、こちらはノート PC を用いて 5 分足らずで実行できるが、事前に宇宙論的流体シミュレーションを用いて比較校正をしておく必要があるという。研究チームによると、宇宙論的な大きな体積をそれぞれカバーする 1000 個の高速シミュレーションが実行され、それを平均化して統計的誤差を抑えたことで、中性水素分布から BAO のピーク位置のシフトが検出されたという。これは線形理論の計算結果に対する微小(数%)な負のシフトで、ライマンアルファの森を生じるガス雲が、銀河間空間の比較的密度が低い領域に存在することと関連しているという。また、今回の BAO シフトの検出については研究チームでは、「ポイド」(宇宙の大規模構造における銀河や銀河団が少ない、もしくはほぼ存在しないような空洞の宙域)に関連した先行研究における知見に基づいたものとしている。

BAO は宇宙論にとって基礎的な測定であり、バイアスのない測定を行うためには、潜在的な系統的効果を理解し、考慮することが不可欠とされる。そのため、BAO の理論的理解を深めることは、大規模銀河サーベイのデータを精確に解析するために重要とされるが、これまでライマンアルファの森における BAO は、この微妙な効果を考慮せずに解析されてきたという。しかし観測データの精度が上がったことで、現在はこの効果をより正確に扱う必要が出てきたと研究チームでは説明しており、今回の成果によって、今後はさらに精確な宇宙論パラメータを測定することが可能になるとしている。なお、研究チームでは今後、今回発見した BAO シフトをさまざまなシナリオのもとでさらに特徴づけ、BAO からシフトを除去し、BAO ピークの幅を縮める枠組みを開発する予定だとするほか、現在は全天をカバーする何百もの大規模なライマンアルファの森の模擬カタログを作成しているという。これらの新たに同定された効果を組み込んだ模擬カタログは、次世代の大規模観測プロジェクトの標準となることが期待されるとしているほか、今回の成果により、宇宙の大規模構造の進化に関する理解が深まり、ダークマターやダークエネルギーなどに関する宇宙論パラメータをより精確に導出することが可能になるとしている。



いくつもの BAO を重ね合わせて作成された概念図。ある特定の BAO ピークスケールにおいて密度が高くなっている(明るい部分)ことがわかる (出所:阪大 Web サイト)