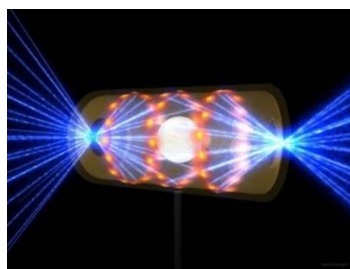


核融合で画期的な成果、念願の「エネルギー純増」に成功

「21世紀における最も偉大な科学的功績の一つ」と米エネルギー省長官

2022.12.15



米ローレンス・リバモア国立研究所の国立点火施設が、192本のレーザーを使って核融合燃料の点火に成功した。写真は、実験に寄与した同施設の前置増幅器。(Photograph by Damien Jemison, Lawrence Livermore National Laboratory) [画像のクリックで拡大表示]

核融合燃料ペレットを入れた円筒（ホーラム）の両側からレーザービームが入射する様子を描いたイラスト。レーザービームが核融合に必要な高温・高密度の状態を作り出す。(Image: Lawrence Livermore National Laboratory) [画像のクリックで拡大表示]

恒星のエネルギー源となっている核融合を利用して、この地球上で大量のクリーンエネルギーを作ることはできないものか。60年以上にわたって、科学者たちは物理学が提示するこの難題に取り組んできた。そして12月13日、米ローレンス・リバモア国立研究所は、この分野において画期的な成果があったと発表した。研究所の核融合炉が、投入したエネルギーよりも多くのエネルギーを取り出すことに成功したというのだ。(参考記事：[「核融合研究が前進、高エネ粒子の電磁波によるプラズマ加熱を発見」](#))

12月5日、同研究所の国立点火施設（NIF）で、凍らせた重水素と三重水素の球（ペレット）を小さな円筒に入れ、2.05メガジュールのエネルギーをレーザー照射したところ、ペレットは圧縮されて高温高压の状態になり、中に入っている水素の核融合が起こった。10億分の1秒以下というごく短い間に、融合した原子核はペレットを熱するのに使われたエネルギーよりも約50%多い3.15メガジュールのエネルギーを発生させた。

わずか一瞬で終了したものの、この成果が後々まで与える影響は大きい。核融合の研究者たちは長年の間、入力したレーザーエネルギーを上回る核融合エネルギーを生む「エネルギーの純増」を達成しようと努力を重ねてきた。「21世紀における最も偉大な科学的功績の一つです」。ワシントンDCで行われた記者会見で、米エネルギー省のジェニファー・グランホルム長官はそう発言した。

エネルギー純増を達成することで、NIFは、簡単に核融合反応が持続する状態を作る「点火」が可能であることを示した。点火の条件を詳しく研究することは、「熱核融合の分野全体に大変革をもたらすことになるでしょう」と、今回の記録的な実験に携わった米マサチューセッツ工科大学のプラズマ物理学者ヨハン・フレンジェ氏は言う。ただし、この成果がすぐに実用化につながるわけではない。NIFの核融合反応で作られたエネルギーは、原子核を熱するために使用したエネルギーよりは多かったものの、核融合炉が使用した総エネルギーを上回ることはなかった。ローレンス・リバモア国立研究所の所長であるキム・ブディル氏によると、照射した約2メガジュールのレーザーを作り出すために、300メガジュールのエネルギーが必要だったという。「あとはNIFを電力網に接続するだけ、というわけにはいきません。今回の結果は、基礎的な部分に過ぎないのです」

核融合の火花

核融合と核分裂は、どちらも原子からエネルギーを得るが、その仕組みは異なる。現在運用されている原子力発電所は、ウランなどの大きくて重い原子が放射性崩壊を起こすときにエネルギーを解放する核分裂反応を利用している。一方、核融合の場合、水素のように小さくて軽い原子が互いに融合して大きな原子（ヘリウム）となり、その過程で合体した質量の一部がエネルギーとして放出される。

実験室では、水素の原子核を融合させてヘリウムにするために、太陽の内部より数倍高い温度までこれを熱し、電子と原子核がばらばらに離れた「プラズマ状態」にして、閉じ込めておく必要がある。

できるだけ高温・高密度のプラズマを作り、そのなかの原子核が点火に達するまで閉じ込めることができる核融合炉の研究は、1950年代末頃から行われてきた。ところが、プラズマはコントロールが難しいという問題がある。電気を帯びているため、磁場に反応したり、自分で磁場を作りながら動き回る。これらを融合させるには想像を絶する高い温度にまで熱する必要があるが、放っておくととばらばらに飛んで行ってしまうため、すぐに熱が冷めてしまう。

[次ページ：核融合発電の夢](#)

米ロチェスター大学の物理学者でレーザー核融合を専門とするリカルド・ベッティ氏は、核融合の点火の難しさを、ガソリンの燃焼と比較する。少量のガソリンが空気と混じり合ったところに火花を当てると、ガソリンは引火する。火花そのものはごくわずかでいい。火が付きさえすれば、あとは勝手に燃え広がるだけだ。

核反応からは、ガソリンに起こる化学反応と比較してざっと100万倍ものエネルギーが得られるが、その反応を起こすまでがはるかに難しい。過去の核融合実験では、点火に至るための温度、圧力、プラズマの閉じ込め時間のどれか一つを達成したことはあるが、全てを同時に達成したことはない。

核融合発電の夢

NIFが核燃料の火花として利用したのは、コショウ粒大のペレット。その中には、重水素と三重水素を混ぜ合わせて凍らせたものが入っている。これを、「ホーラム」と呼ばれる小さな円筒のなかに置くと、両側の穴から内部に向けて、192本のレーザーを一斉に照射する。これによりペレットの内部は高温高密度に圧縮され、中に入っている重水素と三重水素が核融合を起こす。NIFは核融合「点火」を目的に1997年に着工、2009年に運用を開始した。2021年8月には、1.92メガジュールのレーザーエネルギー入力に対して、それまでで最高の1.32メガジュールが出力されたことを報告していた。

しかし、ここからさらに核融合炉の商業化にこぎつけるのは簡単なことではない。ベッティ氏は、このような核融合炉が自らのエネルギー消費を賄いながら電力網に電気を供給するためには、レーザーが発するエネルギーの50~100倍のエネルギーを作る必要があるという。また、毎秒10個のペレットを長時間蒸発させ続ける必要があるが、このペレットの製造には、現時点では莫大な費用が掛かる。しかも、そのために必要な水素の放射性同位体である三重水素は短命なため、原子炉がある場所でペレットの製造もしなければならない。

こうした課題のほとんどはNIFに限ったことではなく、世界中の核融合研究所や民間企業が解決に向けて取り組んでいる。これらの研究が実を結び、新しいエネルギーの未来が実現するのはいつになるのか、そもそも実現するのかすら、はっきりとは分からない。しかし核融合の研究者たちは、この技術が実現したとき、人類にとって素晴らしいツールになると信じている。 文=MICHAEL GRESHKO/訳=ルーバー荒井ハンナ

<https://sorae.info/ssn/20221211-hakuto-r-m1.html>

スペース X、ispace の月面探査プログラム「HAKUTO-R」ミッション1ランダーと

ASA の小型探査機を打ち上げ

2022-12-11

[sorae 編集部 速報班](#)



【▲ HAKUTO-R ミッション1ランダーを搭載したファルコン9ロケットの打ち上げ。スペースXの打ち上げラ

ライブ配信から (Credit: SpaceX)】

スペース X は日本時間 2022 年 12 月 11 日、「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「HAKUTO-R」ミッション 1 ランダーと小型探査機「ルナー・フラッシュライト」は打ち上げに成功し、ロケットから予定通り分離されたことを、スペース X が SNS にて報告しています。

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 ブロック 5 (Falcon 9 Block 5)

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 2022 年 12 月 11 日 16 時 38 分【成功】

発射場：ケープカナベラル宇宙軍基地 (アメリカ)

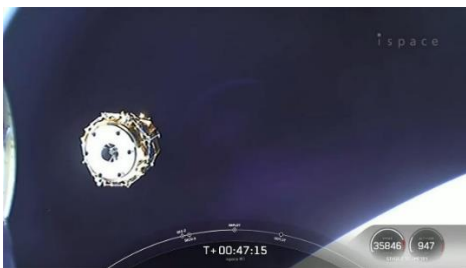
ペイロード：HAKUTO-R ミッション 1 ランダー、ルナー・フラッシュライト (Lunar Flashlight)

■ペイロード情報：HAKUTO-R ミッション 1 ランダー&ルナー・フラッシュライト

「HAKUTO-R」は ispace による民間主導の月面探査プログラムで、ミッション 1 は同社が開発した無人月着陸船 (ランダー) による初の月面着陸ミッションとなります。ミッション 1 ランダーには日本の月面探査ロボット「SORA-Q (LEV-2)」やアラブ首長国連邦 (UAE) の月面探査車「Rashid」など、7 つのペイロードが搭載されています。

「ルナー・フラッシュライト (Lunar Flashlight)」は、アメリカ航空宇宙局 (NASA) ジェット推進研究所 (JPL) が開発した靴箱サイズの小型探査機 (CubeSat 規格の 6U サイズ) です。同探査機は搭載されている近赤外線レーザーと分光計を使い、月を周回しながら月の南極付近の永久影 (太陽光が常に届かない領域) に埋蔵されているとみられる水の氷のマッピングを行う予定です。

■打ち上げ関連画像・映像



【▲ ファルコン 9 ロケット第 2 段から分離された HAKUTO-R ミッション 1 ランダー。スペース X の打ち上げライブ配信から (Credit: SpaceX)】

【▲ ファルコン 9 ロケットのフェアリングに格納される「HAKUTO-R」ミッション 1 の月着陸船 (ランダー) (Credit: ispace)】

【▲ アメリカ航空宇宙局 (NASA) の小型探査機「ルナー・フラッシュライト」 (Credit: NASA/JPL-Caltech)】

■打ち上げ関連リンク [直近のロケット打ち上げ情報リスト](#)

[【特集】月面探査プログラム「HAKUTO-R」ミッション 1](#)

Source Image Credit: SpaceX, ispace, NASA/JPL-Caltech [SpaceX](#) - ispace's HAKUTO-R Mission 1

[SpaceX](#) (Twitter) [NASA/JPL](#) - Lunar Flashlight

文/sorae 編集部 速報班

<https://sorae.info/space/20221214-hakuto-r-m1.html>

民間月探査「HAKUTO-R」ミッション 1 ランダーの初期クリティカル運用状態完

了を確認

2022-12-14

[sorae 編集部](#)



【▲ ispace のランダーを搭載したファルコン9 ロケットの打ち上げ (Credit: SpaceX)】

【▲ HAKUTO-R ミッション1 ランダーが撮影した遠ざかる地球 (右下に写っているのは ispace のパートナー企業名を記したプレート。Credit: ispace)】

2022年12月11日16時38分(日本時間・以下同様)、ispaceの月面探査プログラム「HAKUTO-R」ミッション1の無人月着陸船(ランダー)が米国フロリダ州のケープカナベラル宇宙軍基地から打ち上げられました。HAKUTO-R ミッション1 ランダーは、2023年4月に「氷の海」の南東にあるアトラス・クレーターに着陸する予定です。[【特集】月面探査プログラム「HAKUTO-R」ミッション1](#)



【▲ ispace 「HAKUTO-R」 ミッション1のマイルストーンを示した図 (Credit: ispace)】

HAKUTO-R ミッション1 ランダーはスペース Xの「ファルコン9」ロケットで打ち上げられ、発射から47分後にファルコン9の第2段から分離されました。日本橋にある ispace の管制室と分離後のランダーとの通信は、欧州宇宙機関 (ESA) のネットワークを介して行われています。

ispaceによると、12月12日の時点では安定した電力供給の確立とランダーの基幹システムに不備のないことが確認され、初期クリティカル運用(初期動作確認)状態の完了が確認されました。

HAKUTO-R ミッション1では打ち上げから月面着陸までの各段階に応じて10のマイルストーンが設定されています。12月12日時点ではSuccess1「打ち上げ準備の完了」とSuccess2「打ち上げおよび分離の完了」が完了しており、ランダーに搭載されている顧客ペイロードの状態確認が終わり次第、Success3「安定した航行状態の確立」が完了する見込みです。

なお、HAKUTO-R ミッション1 ランダーには以下7つのペイロードが搭載されています。

- ・日本特殊陶業株式会社 (HAKUTO-R コーポレートパートナー) の固体電池

- ・アラブ首長国連邦（UAE）ムハンマド・ビン・ラシード宇宙センター（MBRSC）の月面探査車「Rashid（ラシード）」
- ・株式会社タカラトミー等が開発した変形型の月面探査ロボット「SORA-Q（LEV-2）」
- ・カナダの MCSS 社が開発した人工知能（AI）を用いたフライトコンピューター
- ・カナダの Canadensys 社のカメラ
- ・HAKUTO のクラウドファンディング支援者の名前を刻印したパネル
- ・サカナクションの「SORATO」（HAKUTO※応援歌）の楽曲音源を収録したミュージックディスク

※...HAKUTO は民間初の月面無人探査を競うコンテスト「Google Lunar XPRIZE」に日本から参加したチームで、HAKUTO-R の前身にあたる。Google Lunar XPRIZE は勝者がいないまま 2018 年に終了。



【▲ UAE の月面探査車「Rashid」の想像図（Credit: MBRSC）】

【▲ 変形型月面ロボット「SORA-Q（LEV-2）」。左は変形前、右は変形後の様子（Credit: タカラトミー）】

Source Image Credit: SpaceX, ispace, MBRSC, タカラトミー

[ispace](#) - ispace、民間月面探査プログラム「HAKUTO-R」ミッション1 初期クリティカル運用状態の完了を確認

[ispace](#) - ispace、ミッション1のランダーの打ち上げ及びロケットからの分離を確認 Success2の完了及びランダーとの通信確立 [ESA](#) - ESA tracks ispace commercial Moon landing 文/sorae編集部

<https://sorae.info/space/20221212-nasa-artemis1.html>

NASA 新型宇宙船オリオンが無人飛行試験を終えて地球に帰還 アルテミス 1 ミッション完了

2022-12-12

[sorae編集部](#)



【▲ 25 日半に渡る無人飛行を終えて帰還したオリオン宇宙船のクルーモジュール（Credit: NASA）】

【▲ 日本時間 2022 年 12 月 12 日 2 時 40 分、バハ・カリフォルニア半島沖の太平洋上に着水したオリオン宇宙船のクルーモジュール（Credit: NASA）】

【▲ 回収を待つオリオン宇宙船のクルーモジュールと回収チームを乗せたボート。奥に見えているのは輸送揚陸艦ポートランド（Credit: NASA）】

【▲ ポートランドのウェルドックに収容されるオリオン宇宙船のクルーモジュール（Credit: NASA）】

2022 年 12 月 12 日（日本時間・以下同様）、無人飛行試験を行っていたアメリカ航空宇宙局（NASA）の新型宇

宙船「Orion（オリオン、オライオン）」が地球に帰還しました。オリオン宇宙船が初めて月周辺を飛行した 25 日半に渡るミッションは、成功裏に完了したことになります。

[【特集】「アルテミス 1」 有人月面探査計画の最初のミッション](#)

オリオン宇宙船は月面探査計画「アルテミス」や、将来の火星探査も想定して NASA が開発した有人宇宙船です。NASA は「アルテミス 1」ミッションで無人飛行試験を行うために、2022 年 11 月 16 日に新型ロケット「SLS（スペースローンチシステム）」初号機でオリオンを打ち上げました。

オリオン宇宙船の船内には後のミッションでの有人飛行に備えて、人体への宇宙放射線の影響を測定するためのマネキンや人体模型が搭載されていました。NASA は 11 月 26 日にオリオン宇宙船を月の周回軌道へ投入して、深宇宙環境で各種点検を実施。12 月 2 日に月周回軌道を離脱させた後、12 月 6 日の月フライバイで軌道を修正し、オリオン宇宙船を地球に向かう軌道に乗せていました。

12 月 12 日の大気圏再突入は、オリオン宇宙船のクルーモジュール（Crew Module、宇宙飛行士が搭乗する円錐形のモジュール）が月周辺から帰還する際の高温に耐えられるかどうかを確かめる、ミッション最後の重要な試験でもありました。12 日 2 時頃にサービスモジュール（European Service Module、エンジンや太陽電池アレイを備えたモジュール）を切り離れたクルーモジュールは、設定された地点へ着水するためのスキップエントリー（Skip Entry）を行いつつ大気圏内を飛行し、同日 2 時 40 分にバハ・カリフォルニア半島沖の太平洋上へ着水することに成功しました。

関連：[NASA「アルテミス計画」最初のミッションでテストされるオリオン宇宙船の再突入方法](#)（2021 年 4 月）

NASA によると、帰還したオリオン宇宙船のクルーモジュールは回収のため待機していた米海軍の輸送揚陸艦「ポートランド（USS Portland）」に収容されました。このあとポートランドは米国カリフォルニア州のサンディエゴ海軍基地に向かいます。クルーモジュールは陸路でケネディ宇宙センターに運ばれ、機体と耐熱シールドは数か月間に渡るテストと分析を受ける予定です。

「世界で最も強力なロケットに打ち上げられて月を周回し、そして地球へと戻るこの飛行試験は、月探査のアルテミス世代における大きな前進です」（NASA ビル・ネルソン長官）なお、アルテミス計画の次なるミッションは、実際に宇宙飛行士がオリオン宇宙船に搭乗して行われる「アルテミス 2」です。アルテミス 2 ミッションでは月着陸は行われませんが、SLS で打ち上げられたオリオン宇宙船は月の裏側へ回った後に地球へ帰還します。アルテミス 2 ミッションの実施は 1 年半後の 2024 年 5 月に予定されています。

※2022 年 12 月 11 日公開の記事にてオリオン宇宙船の着水予定時刻（日本時間）を「2022 年 12 月 12 日 1 時 39 分」と表記していましたが、正しくは「2022 年 12 月 12 日 2 時 39 分」です（NASA が CST / 米国中部標準時で表記した時刻を EST / 米国東部標準時と誤認したため）。訂正してお詫び申し上げます。

Source Image Credit: NASA [NASA](#) - Splashdown! NASA's Orion Returns to Earth After Historic Moon Mission
[NASA](#) - Artemis (NASA Blogs) 文 / sorae 編集部

<https://sorae.info/space/20221215-soyuz-ms22-leak.html>

【速報・更新中】ISS にドッキング中のソユーズ宇宙船から冷却材とみられる物質

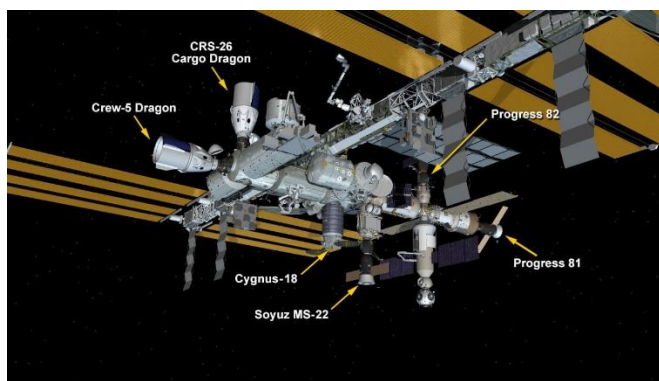
が漏洩 船外活動中止

2022-12-15

[sorae 編集部](#)

アメリカ航空宇宙局（NASA）によると、国際宇宙ステーション（ISS）にドッキング中のロシアの宇宙船「ソユーズ MS-22」から冷却材とみられる物質の漏洩が確認された模様です。ISS では 2022 年 12 月 15 日 11 時 20 分（日本時間）からロシア区画で船外活動が行われる予定でしたが、中止されました。

NASA によると、ISS の状態は良好で、宇宙航空研究開発機構（JAXA）の若田光一宇宙飛行士をはじめ第 68 次長期滞在クルー 7 名も無事だということです。



【▲ 冷却材とみられる物質が漏洩したロシアの宇宙船「ソユーズ MS-22」。NASA のライブ配信から (Credit: NASA TV)】

【▲ 2022 年 12 月 3 日時点での国際宇宙ステーションの構成を示した図 (Credit: NASA)】

ロスコスモスのセルゲイ・プロコピエフ (Sergey Prokopyev) 宇宙飛行士とドミトリー・ペテリン (Dmitry Petelin) 宇宙飛行士、NASA のフランク・ルビオ (Frank Rubio) 宇宙飛行士の 3 名を乗せたソユーズ MS-22 は、2022 年 9 月 21 日にバイコヌール宇宙基地から打ち上げられ、9 月 22 日から ISS にドッキングしています。

2022 年 12 月 15 日 16 時 18 分更新 - NASA によると、冷却材はソユーズ MS-22 の後部にある機器／推進モジュール (エンジンや太陽電池アレイがある部分) から漏れているとみられており、ロシア区画のロボットアーム「欧州ロボットアーム (ERA)」のカメラを使った漏洩部分の調査が行われています。NASA は ISS に滞在している宇宙飛行士が漏洩中に危険にさらされることはなかったと改めて言及するとともに、引き続きロスコスモスと協力してソユーズ宇宙船への影響の評価と今後の行動方針を決定すると述べています。



【▲ ソユーズ MS-22 の冷却材漏洩を調査するために「ナウカ」モジュールから伸ばされた欧州ロボットアーム。NASA のライブ配信から (Credit: NASA TV)】

2022 年 12 月 15 日 18 時 42 分更新 - ロスコスモスは 12 月 15 日 17 時 50 分 (日本時間)、ソユーズ MS-22 に関する情報をテレグラムに投稿しました。それによると、同船は機器／推進モジュールの外装が損傷したとみられており、宇宙飛行士の報告では、同船の診断システムが冷却システムの圧力低下を示したといます。

前述の通り、12 月 15 日にはロスコスモスのプロコピエフ飛行士とペテリン飛行士の 2 名による船外活動が予定されていましたが、目視で漏洩が確認された後に中止が決定されました。漏洩の原因を特定するために、ロスコスモスのアンナ・キキナ (Anna Kikina) 宇宙飛行士が多目的実験モジュール「ナウカ」のロボットアームを操作して、ソユーズ MS-22 の外装の撮影を行いました。地上では ISS から送られた画像および動画の分析が進められています。また、ISS と宇宙船の全システムは正常に動作しており、滞在中の宇宙飛行士も無事であるとロスコスモスは述べています。今後の対応については状況の分析後に決定されるということです。

2022 年 12 月 16 日 11 時 04 分更新 - ロスコスモスは 12 月 16 日 3 時 (日本時間)、ソユーズ MS-22 の冷却材漏洩に関するセルゲイ・クリカレフ氏 (ロスコスモスの有人宇宙飛行プログラム担当エグゼクティブディレクター) の解説をテレグラムに投稿し、冷却材漏洩の原因として機器／推進モジュールのラジエーターに衝突した微小隕石の可能性に言及しました。また NASA によると、漏洩が最初に検出されたのは 12 月 15 日 9 時 45 分頃 (日本時間) でした。NASA とロスコスモスは漏洩箇所の画像取得と検査計画の調整を続けており、ISS のロボットアーム「カナダアーム 2」を使ってソユーズ MS-22 の外装を追加検査する計画が進められているということです。

ソユーズ MS-22 については新しい情報が入り次第お伝えします。

Source Image Credit: NASA TV, NASA [NASA](#) - Space Station (NASA Blogs)

[International Space Station](#) (Twitter) [Roscosmos](#) (Telegram)

文/sorae 編集部 - 最終更新 : 2022 年 12 月 16 日 11 時 04 分

<https://news.mynavi.jp/techplus/article/20221214-2537355/>

地球の約 5%は太陽系外縁部に由来するリュウグウ的物質、東工大などが確認

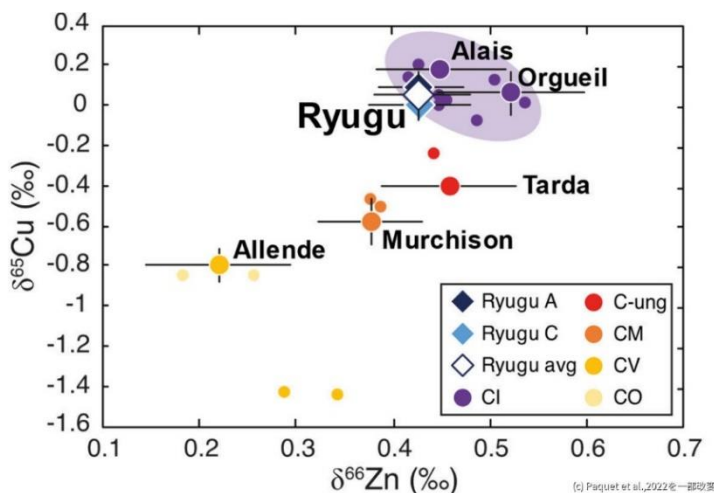
掲載日 2022/12/14 11:04 著者 : 波留久泉

東京工業大学(東工大)、北海道大学(北大)、東京大学(東大)の 3 者は 12 月 13 日、Cb 型小惑星「リュウグウ」の銅および亜鉛の同位体組成を測定し、太陽系外縁部に由来するリュウグウ的な物質が地球にも存在し、それは地球質量の約 5%に相当することを突き止めたと発表した。

同成果は、東工大 理学院 地球惑星科学系の横山哲也教授、北大大学院 理学研究院の塚本尚義教授、東大大学院 理学系研究科の橋省吾教授らが参加する 100 名弱の国際共同研究チームによるもの。詳細は、英科学誌「Nature」系の天文学術誌「Nature Astronomy」に掲載された。

Cb 型小惑星「リュウグウ」における特に重要な発見は、その鉱物組成、化学組成、および同位体組成において、「イヴナ型炭素質隕石」とほぼ一致する点が見られた点だという。

太陽系の起源や進化を調べる研究において、隕石の化学組成や同位体組成は有益な情報となる。中でも、イヴナ型炭素質隕石はすべての隕石の中で最も始原的かつ太陽に最も近い化学組成を持つと考えられており、極めて重要な研究対象となっている。しかし、地球上にある約 7 万個の隕石の中でイヴナ型炭素質隕石はわずか 9 個しか見つかっておらず、貴重な存在であることが研究の障壁となってきた。リュウグウとイヴナ型炭素質隕石が近い化学組成・同位体組成を持つことが明らかとなったため、リュウグウも太陽系の起源研究に寄与する重要な役割を持つことが期待されている。しかし、リュウグウとイヴナ型炭素質隕石との類似性がすべての元素で確認されたわけではないという。特に、これまでに測定されたリュウグウの同位体組成は、凝縮温度が 862°C を超える難揮発性元素(チタン・クロム・鉄など)および 392°C 以下の揮発性元素(酸素・炭素・窒素など)であり、中程度の揮発性を持つ元素群に関しては同位体組成が測定されてこなかった。そこで研究チームは今回、凝縮温度 453°C である亜鉛および 764°C である銅に着目。リュウグウ、イヴナ型炭素質隕石、およびそのほかの隕石の同位体組成を精密測定することにしたとする。

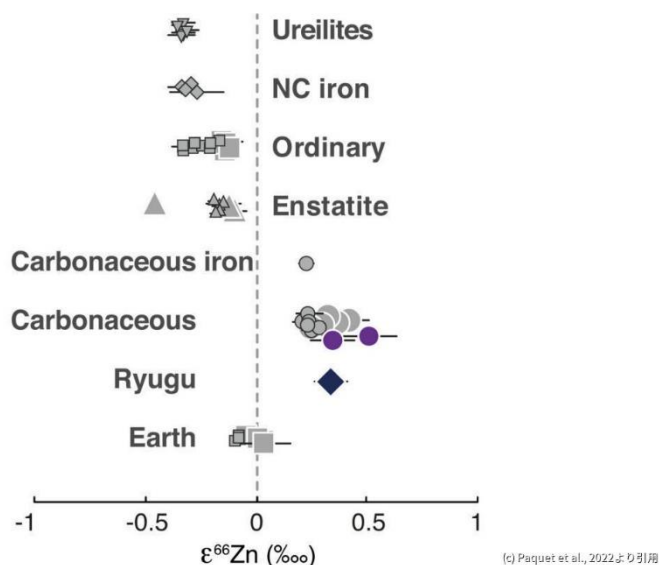


リュウグウ試料、イヴナ型炭素質隕石(CI、紫の範囲内)、およびそのほかの炭素質隕石(C-ung、CM、CV、CO)の銅および亜鉛同位体組成。リュウグウとイヴナ型炭素質隕石は誤差の範囲内で同一の同位体組成を持つが、その他の炭素質隕石は異なる同位体組成を持つことがわかる。Alais、Orgueil、Tarda、Murchison、Allende はそれぞ

れ隕石名。((c) Paquet et al.,2022 を一部改変) (出所:東工大プレスリリース PDF)

具体的には、リュウグウ試料の水溶液化が行われ、パリ・シテ大学地球物理学研究所のマルチ検出機付き ICP 質量分析装置により銅および亜鉛の同位体組成の精密測定が行われた。その結果、リュウグウとイヴナ型炭素質隕石の銅および亜鉛同位体組成は、分析誤差の範囲内で一致したとする。この結果は今までに行われたリュウグウ試料のチタン・クロム・鉄および酸素同位体分析の結果と整合しており、難揮発性元素から中程度の揮発性元素、揮発性元素に至るまで、リュウグウとイヴナ型炭素質隕石がほぼ同一の同位体組成を持っていることを示しているとしており、研究チームでは、リュウグウとイヴナ型炭素質隕石のもととなる天体は、誕生したタイミングや場所、形成過程などに関して多くの共通性があり、両者は親戚関係にあるといえる」と説明している。

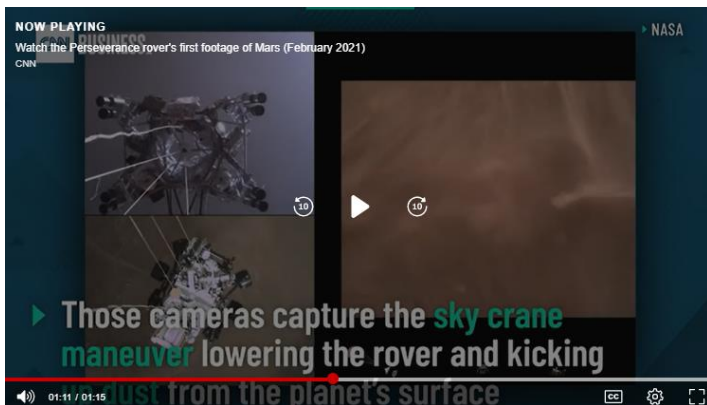
また、イヴナ型炭素質隕石は全隕石の中で最も始原的かつ、太陽に最も近い化学組成を持つことから、リュウグウ試料の銅および亜鉛同位体組成は、太陽の銅・亜鉛同位体組成の最適な推定値であると考えられるともしている。さらに、リュウグウの原子核合成に由来する亜鉛同位体異常の解析が行われたところ、地球の亜鉛同位体組成を説明するためには、太陽系の内側(地球に近い領域)に存在していた物質に加え、太陽系外縁部のリュウグウ的な物質も必要であることが判明したという。計算の結果、地球に存在する亜鉛の約 30%はリュウグウの物質、残りの約 70%は太陽系の内側物質であることが推察されたとする。リュウグウの物質は太陽系内側の物質と比較し、亜鉛のような中程度の揮発性元素に富んでいることを勘案すると、地球の形成に寄与したリュウグウ的物質は、地球質量の約 5%であることが予測されたとしている。研究チームでは、リュウグウは、たとえるなら太陽系の化学組成を知るための「ロゼッタストーン」だとしており、今回の研究は、そのようなリュウグウが生まれた太陽系外縁部の物質が、地球形成にも関わっていたことを示すもので、その質量は地球質量の 5%であるが、リュウグウの物質は揮発性元素に富んでいるため、地球に存在する揮発性元素の相当量(亜鉛の場合、約 30%)が太陽系の果てからやってきた、と推察されるとしているほか、地球の形成に寄与した 5%のリュウグウ的物質がどのようにして地球形成領域にやってきたのか、また、リュウグウ的物質からやってきた亜鉛以外の揮発性元素はどのくらい地球に取り込まれたのか、今後の研究により明らかにされることが期待されるとしている。



太陽系内側物質(Ureilites、NC iron、Ordinary、Enstatite)、炭素質隕石(Carbonaceous、Carbonaceous iron)、リュウグウ試料および地球物質の核合成起源亜鉛同位体異常($\epsilon^{66}\text{Zn}$)を示す図。リュウグウ試料と炭素質隕石は正の $\epsilon^{66}\text{Zn}$ 値を持つ一方、太陽系内側物質は負の $\epsilon^{66}\text{Zn}$ 値を持つ。地球の $\epsilon^{66}\text{Zn}$ 値(~0)を説明するには、リュウグウ的組成を持つ亜鉛が 30%、太陽系内側物質の組成を持つ亜鉛が 70%必要である ((c) Paquet et al., 2022 より引用) (出所:東工大プレスリリース PDF)

<https://www.cnn.co.jp/fringe/35197386.html>

火星の塵旋風の音、米NASA探査車が初めて収録 2022.12.14 Wed posted at 15:18 JST



火星探査車パーサビアランス、着陸の様子

(CNN) 火星の塵(ちり)が渦むじ風に巻き上げられ、太古の湖の地を探索する米航空宇宙局(NASA)の火星探査車「パーサビアランス」の上空を吹き抜けた。探査車は搭載のマイクを使ってこの火星の塵旋風(じんせんぷう)の音を初めて収録した。

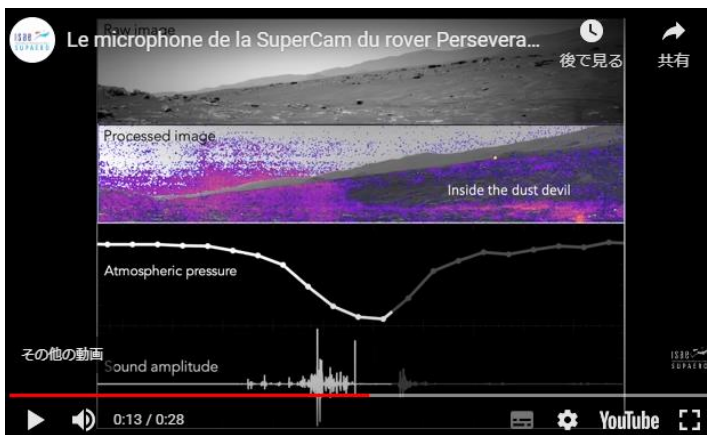
塵旋風は火星の気象パターンの一部で、頻繁に発生する。これまでに画像や気象データは収集され、塵の測定が行われて、NASAの火星探査機「インサイト」は塵旋風が発生させた地震信号や磁気信号も記録していた。しかし今回収録されるまで、音声のみが欠けていた。

2021年2月に火星に着陸したパーサビアランスは、火星に初めてマイクを持ち込んだ。

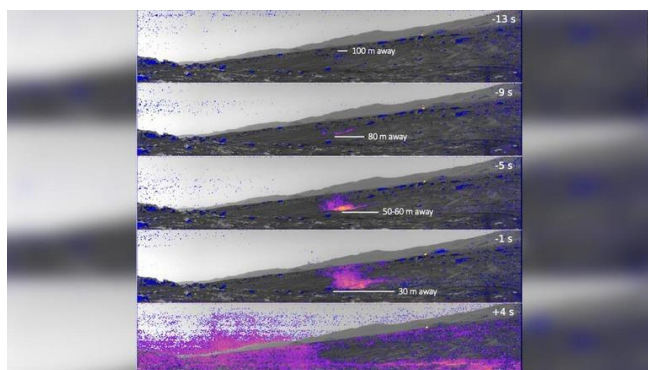
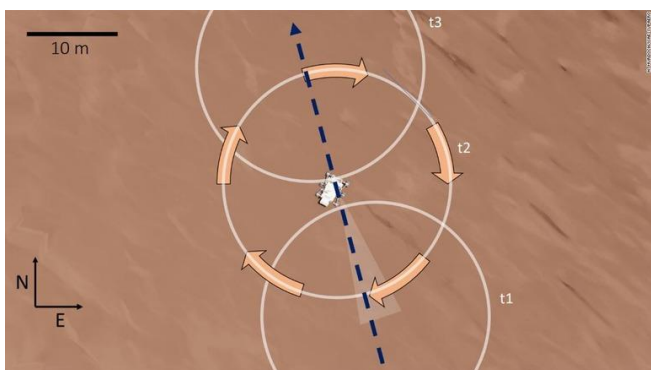
同年9月27日、塵旋風が真上を通過した時に、たまたまマイクのスイッチが入っていたことから音声収録できた。この研究は13日の科学誌ネイチャー・コミュニケーションズに発表された。

フランス・トゥールーズ大学の研究者によると、マイクがとらえた11秒の記録には、塵旋風の前方の壁と後方の壁が探査車の上空を通過する際の低周波の風の音が2回、収録されている。

塵旋風の壁と壁の間の静寂は、探査車が塵旋風の渦の目の中にいた時間だった。塵の粒が探査車に当たって立てるパチパチという音も聞こえている。



研究チームはこの塵旋風の中の粒子の数を数えることに成功した。計器を使って火星で巻き上げられた塵の数を数えたのは初めてだった。



探査車と通過した塵旋風のイメージ図/N. Murdoch/ISAE-SUPAERO

カメラが捉えた塵旋風（じんせんぷう）の様子/NASA/JPL-Caltech/SSI/ISAE-SUPAERO

探査車から届いた画像などのデータでも、この現象が確認された。研究チームは探査車が収集した情報をつなぎ合わせ、塵旋風が高さ118メートル以上、幅25メートル以上あったことを突き止めた。これは探査車の約10倍に相当する。収録された音声では巨大な塵旋風に思えるが、火星では平均的な大きさだという。

塵が外側の壁の中だけでなく、塵旋風の内部にも堆積（たいせき）していたことは、研究者にとって予想外だった。これは、塵旋風がパーサビアランスの上空を通過した時点で、まだ形成される途中だったためと思われる。塵旋風は火星の大気の乱れを表し、火星の塵の循環に重要な役割を果たしている。

火星の地表で塵が巻き上げられて移動する現象について解明が進めば、砂嵐の形成と発達について理解を深める手がかりとなる。15年にわたって火星の地表を探査してきた「オポチュニティー」は18年、砂嵐のためにミッションを終了した。パーサビアランスも風や塵旋風で巻き上げられたと思われる塵粒子のために、風センサーが損傷している。塵旋風は助けになることもあれば、害になることもある。

4年間にわたって火星の地震などの現象を観測していた探査機インサイトは、今月でミッションを終了する見通し。太陽光パネルに塵が積もり、計器を稼働させ続けるために必要な電力が確保できなくなった。

パーサビアランスが着陸したジェゼロクレーターでは塵旋風が頻繁に起こる。しかしインサイトのいる平原では発生していない様子。その理由は分かっていない。

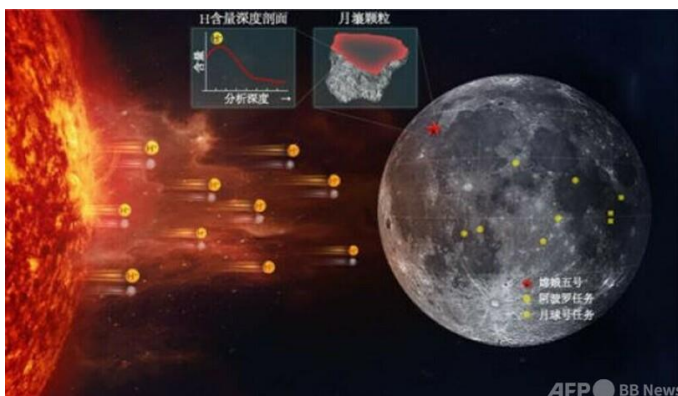
インサイトの場合、大気中の塵が太陽光パネルに付着し、塵旋風が発生しないことから塵が吹き飛ばされることなく降り積もった。一方、スピリットやオポチュニティーなどの探査機は、塵旋風が掃除機のような役目を果たして太陽光パネルの塵を吹き払い、想定以上に長期間の運用が可能になった。

https://www.afpbb.com/articles/-/3443341?cx_part=top_category&cx_position=1

月面高緯度エリアに資源としての水が大量に存在可能性を示唆 中国科学院

2022年12月14日 21:14 発信地：中国 [中国 中国・台湾]

CGTN
Japanese



太陽表面からの高速水素イオンは、月面表層土の粒子の表層に豊富に残る（2022年12月14日提供）。(c)CGTN Japanese

【12月14日 CGTN Japanese】中国科学院国家宇宙科学センターと地質・地球物理研究所の共同チームは、月探査機「嫦娥5号（Chang'e-5）」が2020年末に月面から持ち帰った1731グラムの土壌サンプルについて実験と研究を行ってきました。その最新成果が13日、国際的に権威ある学術誌の「米国科学アカデミー紀要」に掲載されました。中国の最新の研究によりますと、月面の中緯度エリアにおいて太陽風の月面表層土の粒子に衝突した際に発生する水分はこれまで考えられていたよりも多く、月の高緯度エリアには資源としての価値がある水が大量に存在する可能性があることが示されました。この研究を率いた林揚挺研究員によりますと、研究で言及される「水」は通常の水ではなく、鉱物の構造に水分子が組み込まれた形で存在し、通常は水素の量で水の

量を示します。研究チームは「嫦娥5号」の月面サンプル2点から、ケイ酸塩鉱物（かんらん石、輝石、長石）とガラスなどの17個の月面表層土の粒子を選び、ナノスケール二次イオン質量分析計（NanoSIMS）を使い、さらに最新の超高空間分解能の断面分析技術を用いて水素含有量と同位体の実験と分析を実施しました。その結果、「嫦娥5号」のサンプルの粒子の最表層から0.1マイクロメートルの部分の水分量が0.7%に達していることが判明しました。研究者らは、水素と水素の同位体である重水素の比率の分析により、これらの水分は太陽風によって高速で月面に降り注がれたことに起因することを証明しました。

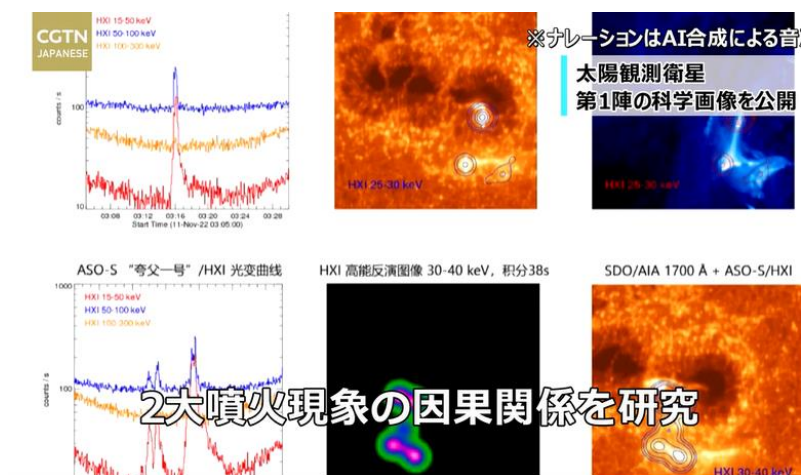
研究チームは再加熱実験の分析結果に基づき、異なる温度における月面表層土の粒子中の水素の保存について数値シミュレーションを実施したところ、太陽風に起因する水分が月面の中・高緯度地域で比較的良好に保存されることが示されました。(c)CGTN Japanese/AFPBB News

https://www.afpbb.com/articles/-/3443338?cx_part=top_category&cx_position=3

太陽観測撮影 第1陣の画像公開 中国

2022年12月14日 18:03 発信地：中国 [[中国](#) [中国・台湾](#)]

CGTN
Japanese



【12月14日 CGTN Japanese】中国の太陽観測衛星「夸父1号（[Kuafu-1](#)）」が撮影した第1陣の画像が公開されました。

今回公開された画像は、「夸父1号」に搭載されたライマンアルファ線太陽望遠鏡（LST）、硬X線イメージャー（HXI）、全日面ベクトル磁力計（FMG）という3つのペイロードが2カ月間にわたって撮影したものです。「夸父1号」は、太陽磁場と太陽フレア、コロナ質量放出という2大噴火現象の因果関係を研究し、宇宙天気予報にデータを提供するために、今年10月9日に打ち上げられました。衛星の寿命は4年以上あり、1日あたり約500ギガバイト、数万枚に相当する高画質のデータを蓄積・伝送できます。(c)CGTN Japanese/AFPBB News

https://www.newsweekjapan.jp/stories/world/2022/12/post-100328_1.php

「ゴーストライト！」太陽系を取り囲む淡い光の正体は？

2022年12月12日（月）19時00分 松岡由紀子



銀河は淡い光に覆われている..... ESO/P. Horaklek

<空一面に広がる極めてわずかな光。この光は「ゴーストライト」と呼ばれ、その起源はまだ明らかになっていない.....>

輝く星や満ち欠けする月を除けば、夜空は漆黒の間に見えるが、実際はどれくらい暗いのだろうか。

米アリゾナ州立大学 (ASU)、アメリカ航空宇宙局 (NASA)、豪マッコリー大学らの研究プロジェクト「スカイサーフ (SKYSURF)」では、ハッブル宇宙望遠鏡が観測した 20 万枚の画像とこれらから得られる数万件の測定データをもとに、惑星、恒星、銀河、黄道光 (太陽系の平面上の塵からの光) からの輝きを差し引いた残光を調べた。その研究成果は「スカイサーフ」の 4 本目の研究論文としてまとめられ、プレプリントサーバー「arXiv」で公開されている。

無人探査機「ニュー・ホライズンズ」からの観測データを分析

これによると、空一面にホテル 10 匹の光が広がっているような極めてわずかな光が検出された。この光は「ゴーストライト」と呼ばれ、その起源はまだ明らかになっていない。研究チームは「内太陽系には、四方八方から太陽系に降り注ぐ彗星からの球状の塵が存在し、この塵が太陽光に反射して輝きを発するのではないか」との仮説を示している。この仮説は、太陽系外縁天体を探査する NASA の無人探査機「ニュー・ホライズンズ」からの観測データを分析した 2021 年の研究成果でも裏付けられている。2015 年に冥王星を通過し、星間空間に向かって移動する「ニュー・ホライズンズ」は、太陽から 40~50 億マイル (64~80 億キロ) の距離で観測を行い、ハッブル宇宙望遠鏡が検出したものよりもやや暗く、より離れた天体からとみられるものを検出した。

研究論文の共同著者でアリゾナ州立大学のティム・カールトン研究員は「我々の分析が正しければ、我々と『ニュー・ホライズンズ』が観測した地点との間にもうひとつ塵の成分が存在することになる。すなわちこれが太陽系の内部から来る残光だ」とし、「我々が測定した残光は『ニュー・ホライズンズ』よりも明るかった。従って、太陽系のはるか外からやってきたものではなく、局所現象だと考えられる」と考察している。

個別の天体以外の光は関心を向けられていなかった

ハッブル宇宙望遠鏡のアーカイブ画像にある光子の 95% 以上は地球から 30 億マイル (48 億キロ) 未満の距離からやってきたものだ。ハッブル宇宙望遠鏡の画像を分析する研究者の多くは、星や銀河といった個別の天体に関心があるため、これらの光子は捨て去られてきた。

アリゾナ州立大学のロジエ・ヴィンドホルスト教授は「これらの光子には重要な情報が含まれており、天体の明るさを高精度で測定できるハッブル宇宙望遠鏡の機能のおかげで、それを抽出できる」と、光子を分析する意義を説いている。

[次のページ【画像】ハッブルが天の川銀河の中心を覗く](#)

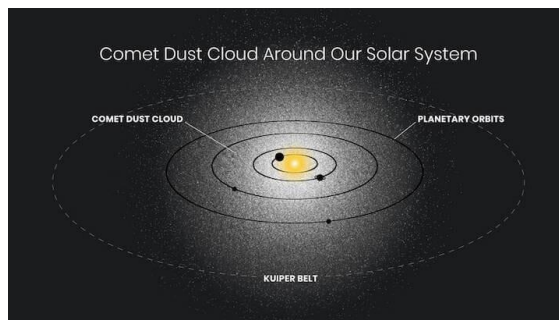


Image Credit: NASA, ESA, and Hubble Heritage Team (STScI/AURA, Acknowledgment: T. Do, A.Ghez (UCLA), V. Bajaj (STScI) (NASA, ESA, Andi James/STScI)



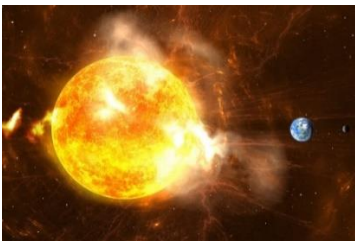
NASA, ESA, and Z. Levay (STScI/AURA)



ESO/P. Horaklek

「最悪のシナリオ」検討——太陽フレア対策に日本政府も本腰

2022年12月13日（火）11時20分



太陽フレアは黒点の周りで起きる爆発でサイズは1万～10万キロ、水爆に換算して10万～1億個分のエネルギーとされている（写真はイメージです） Pitris-iStock

<大規模な太陽フレア被害について、未だにリスクとして十分に認知されていないのが実情。地球にはどんな悪影響があるのか。生活に支障をきたすのか。これまでの観測史と、検討されている対策を紹介する>

日本の気象観測や天気予報に大きな役割を果たしている気象衛星「ひまわり」。1977年7月に打ち上げられた「ひまわり（1号）」以後、2022年12月13日午後2時から運用開始される最新の「ひまわり9号」までは、地球の天気を監視してきました。政府は、太陽の表面で起きる爆発現象「太陽フレア」を日本独自で観測して「宇宙天気予報」に役立てるために、28年度にも打ち上げる「ひまわり9号」の後継気象衛星に観測センサーを搭載する方針を固めました。大規模な太陽フレアが発生すると、広範囲に通信障害や停電が起きる可能性があります。現在は、総務省所管の「情報通信研究機構（NICT）」が米国の衛星観測データなどを使って、太陽フレアの状況を含む「宇宙天気予報」を毎日発表しています。太陽は約11年周期で物質の放出量や相対黒点数が変化します。太陽活動の活発な時期には、太陽表面で巨大な爆発現象が起きやすくなり、地球での太陽フレアの影響も危惧されます。次に活動のピークになるのは25年と見られています。今年になって、総務省の有識者会議は太陽フレアの影響の「最悪のシナリオ」を検討したり、研究者たちは宇宙天気予報の精度を高める方策をこれまで以上に熱心に議論したりしています。さらに3月には航空自衛隊に宇宙作戦群が編成、12月には航空自衛隊を航空宇宙自衛隊と改名する方針も固まるなど、今年は政府が宇宙からの脅威や被害を視野に入れ、真剣に対策に取り組む姿を示した一年となりました。太陽フレアのこれまでの観測史と、今後の対策について概観してみましょう。

3段階に分かれた地球への悪影響

太陽フレアは太陽の黒点の周りで起きる爆発で、太陽活動が活発でない時期でも毎日数回は小規模なものが観測されています。発生すると黒点の周囲に明るい部分が出現し、短い時は数分間、長い時は数時間続きます。サイズは1万～10万キロ、エネルギーは水爆に換算して10万～1億個分とされています。

この現象を初めて観測したのは、イギリスの天文学者リチャード・キャリントンで、1859年のことです。当時は「1859年の太陽嵐」と呼ばれる現象が起きていて、過去最大級に太陽活動が活発でした。江戸時代の日本でも、現在の青森県や和歌山県にあたる地域でオーロラが見られたという記録が残っています。

[次のページ通信障害、大規模停電が発生](#)

大規模な太陽フレアが引き起こす地球への悪影響は、到達する電磁波や物質によって、①8分後、②30分～2日後、③2～3日後の3段階に分けて考えられます。

第1段階は、光の速さで地球に届くものによる影響です。太陽フレアの観測と同時に、X線や紫外線などの強い電磁波によって、特に昼間側の地域で、短波通信に障害が起きやすくなります。すると、携帯電話や放送、防災無線などの利用に影響するおそれがあります。さらに、カーナビなどのGPS（衛星測位システム）の精度が落ちたり、空港管制レーダーにも不具合が現れ始めたりもします。

第2段階は、高エネルギー粒子が地球に到達することによって、特に北極・南極地域に悪影響が見られます。人

工衛星の内部回路が故障するリスクや、ISS（国際宇宙ステーション）の宇宙飛行士や航空機に乗っている人たちが通常よりも多く放射線を浴びる可能性が高まります。

第3段階は、CME（コロナ質量放出）の影響が全地球規模で現れます。CMEは、太陽から惑星間空間にプラズマの塊が放出される現象です。プラズマは電気を帯びたガスで、太陽から秒速1000キロ近いスピードで飛び出すこともあります。地球を直撃すると大災害になるおそれがあり、直撃しなくても人工衛星が帯電することで軌道に影響を受けたり、地上の送電線に影響して電力供給にトラブルが起きたりする可能性があります。大規模な太陽フレアの発生により、89年3月にはカナダで約9時間にわたる大規模停電が発生し、約600万人に影響が出ました。22年2月には太陽フレアによって発生した「磁気嵐」の影響で、実業家イーロン・マスク氏が率いる宇宙企業・スペースX社が打ち上げた人工衛星49基のうち40基が機能を喪失し、大気圏に突入しました。

天気予報の精度は低下、自動運転にも支障

22年6月に総務省の「宇宙天気予報の高度化の在り方に関する検討会」が公表した報告書では、100年に1回の頻度で起きるとされる大規模な太陽フレアが2週間連続で発生する「最悪シナリオ」を想定して、悪影響を考察しています。日本において、ある自然災害に対して全分野に渡って最悪シナリオを策定する試みは初めてのことです。通信や放送は2週間、断続的に不通となります。個人では携帯電話での通話やネット接続が使用し難い状況になるだけでなく、110番や119番などの緊急通報が全国的につながりにくくなると言います。防災無線や船舶無線にも影響し、災害や遭難事故での救助要請が困難になります。

次のページ予報の精度向上、認知度アップを目指す政府

人工衛星関連では、GPSや天気予報の精度が低下し、特に位置情報には最大数十メートルのずれが生じて、カーナビや地図アプリ、自動運転にも大きな影響が出る可能性があると言われます。

とりわけ航空機では、衛星測位や航空管制レーダーの精度が低下するため、世界的に運航の見合わせや減便が予想されます。さらに運航できたとしても、高緯度や高高度を通ると増加した放射線による被爆リスクが高まるため、迂回ルートを通らざるを得なくなり、時間や燃料のロスが増加すると言います。

電力設備では、保護装置の誤作動が起きたり、変圧器が加熱によって壊れたりするため、広域停電のおそれがあります。同報告書は、電力供給の途絶や逼迫によって、社会経済や全産業が広範囲に影響を受けると指摘しています。自然災害に対しては、発生を止めたり事象自体を軽減させたりすることは、ほぼ不可能です。太陽フレアについても、政府は「予報の精度の向上」と「認知度のアップと発生時の周知」によって、被害に対する準備と軽減を目指しています。

新たな自然災害を正しくおそれよ

日本独自の太陽フレア観測センサーは、昨年より開発されており、「ひまわり9号」の後継機の製造も今年度中に着手される見込みです。新たな気象衛星は、地球と宇宙の天気を同時に観測することになります。

また、大規模太陽フレアによる被害は、産業界や一般市民には未だにリスクとして十分に認知されていないのが実情です。宇宙天気予報は専門用語が多いため、分かりやすい言葉に噛み砕く必要があります。総務省は今年度にも「太陽フレアに関する警報制度」を創設し、通信、電力、放送など各分野に基準を設けて「通常」「注意報」「警報」などの形で情報発信を始める予定です。さらに、NICTに「宇宙天気予報オペレーションセンター（仮称）」を設置したり、「宇宙天気予報士」制度を創設したりすることも視野に入れていきます。

太陽フレアの脅威は、20世紀後半以降に宇宙や放射線、素粒子物理学に関する研究や科学技術が進んだことで意識されるようになりました。その後、人類が大規模な電力網を築いたり、人工衛星を使って通信や測位システムを発展させたりしたことで問題化した、新たな自然災害と言えるでしょう。日本は世界有数の防災対策国です。宇宙環境も視野に入れた防災政策でも、国際的にリードする立場になることを期待しましょう。

<https://sorae.info/astromy/20221215-fermi-paradox.html>

異星人が見つからないのは“宇宙に生命がたくさんいる”から？ フェルミのパラド



【▲ 参考画像: アメリカ国立電波天文台の「カール・ジャンスキー超大型干渉電波望遠鏡群 (VLA)」(Credit: Alex Savello)】

「1950 年の夏、物理学者のエンリコ・フェルミは、他の科学者と昼食をとりながら、その当時話題であった UFO (※1) や超光速飛行などにまつわる雑談をしていた。その時フェルミは『でも、みんなはどこにいるんだ? (But, where is everybody?)』とつぶやいた。」

※1...この3年前の1947年、アメリカのワシントン州で自家用機に乗っていたケネス・アーノルドが、音もなく飛行する円盤を目撃したと主張した。後にケネス・アーノルド事件と呼ばれたこの出来事は世間の話題となり、異星人の乗り物としての“空飛ぶ円盤”が定着するきっかけとなった。

これが、後に「フェルミのパラドックス」と呼ばれるようになった、観測事実と実際の矛盾に関する指摘です。地球のように生命を宿す可能性のある惑星は、宇宙にたくさんあるでしょう。その中のいくつかでは実際に生命が誕生して高度な文明が発達し、地球を訪問できるほどの技術レベルに達しているかもしれません。しかし、私たちが知る文明は、今のところ地球のものだけです。この矛盾については「宇宙では、地球のように文明はおろか、生命が発生すること自体が極めて稀である」という悲観的な予測から、「実は異星人はすでに地球に来ているが、政府などの組織がひた隠しにしているのだ」という陰謀じみた話まで、様々な“答え”が与えられています。フェルミのパラドックスが唱えられた1950年には、太陽系以外の惑星は知られていませんでしたが、現在では数千の太陽系外惑星がすでに発見されていて、そのうちの少なくない数がハビタブルゾーン内を公転しています。しかも、技術レベルの問題から、これらの惑星のほとんどは数百光年以内にあるのです。

直径が数万光年以上もある銀河や、そんな銀河が数千億個も存在するこの宇宙に、地球以外の生命も文明もほとんど存在しない、と考えるのは難しくなっているように思えます。では、どうして異星人は今のところ見つからないのでしょうか?ヘブライ大学ラカー物理学研究所の Amri Wandel 氏は、この疑問に関する1つの答えを導き出しました。それは、「宇宙には生命がありふれているだろう」という予測から始まります。

Wandel 氏は、まず異星人の“考え方”について、2つの条件を仮定しました。第1に「生命がいるかもしれない、というだけの惑星にはあまり注目しない」、第2に「文明があるかもしれない惑星には注目する」というものです。先述の通り、宇宙には生命を宿す可能性のある惑星が無数に存在します。しかし、私たちがまだ隣の惑星系にさえ探査機を送ることができていないように、何光年以上もの距離に隔てられた他の惑星系は、探査機を送り込むにはあまりにも遠すぎます。このため、光の速度を超えられないという制約がある限り、単に生命がいるかもしれないというだけで、探査機や有人宇宙船を闇雲に送ることはしないでしょう。

これは、地球外知的生命体宛ての電波送信にも同じことが言えます。何らかの意味を持つ電波を送っても、その惑星に電波を受信できる程度の技術レベルを持つ文明が存在しなければ意味がないでしょう。それに、電波は進む距離が長くなればそれだけ弱くなるため、送信対象は受信してもらえると期待できる惑星に絞り込まれるはず。これが第1の条件です。では、第2の条件に照らしてみるとどうでしょうか。たとえば、地球では約100年前に電波を用いた無線通信が行われるようになり、その一部は宇宙へと漏れています。つまり、地球から100光年以内には無線通信が始まった頃の電波が届いているはずであり、即座に返答してくれる異星人が50光年以内であれば、今頃地球に返事が届いているはず。そのような範囲には1300ほどの星系が存在します。

しかし、宇宙へと漏れ出る無線信号は、特定の星系に向けられたものではありません。電波の信号レベルは距離とともに弱くなり、わずか1光年先ではバックグラウンドノイズと区別ができなくなる可能性があります。つまり異星人にとって、地球は「文明の兆候となる電波通信をしていない惑星」だと思われるかもしれないのです。他の惑星と同じように生命を宿している可能性はあるものの、文明が存在しないと見なしているとすれば、異星人がコンタクトしてこない理由になるはずですが、このような指摘を行ったのはWandel氏が初めてではありませんが、Wandel氏はより議論を進めています。文明が無線送信技術を発達させ、技術的には異星人とコンタクトができるようになっていく期間が数百年から数千年であるとした場合、天の川銀河（銀河系）に非常に豊富な文明が存在しない限り、地球とコンタクトを取れる確率は非常に低いだらうとWandel氏は見積もっています。ここでいう「非常に豊富な文明」の数は1億以上と見積もられています。しかし、50光年以内には即座に返事をくれる異星人がいないかもしれない(※2)と考えれば、天の川銀河に存在する文明の数はおそらく1000万よりもはるかに少ないと見積もられます。2つの見積もりの大きな格差により、私たちが異星人とコンタクトできていないのは確率的に当然であると言えます。

※2...もちろん、人類の電波に気付いてはいるものの、返事をしていない異星人が存在する可能性はあります。その異星人は他の文明に関心がなかったり、文化的・宗教的な理由であえて返事をしていなかったりするかもしれませんし、あるいは“ワープ航法を開発していない異星人とは接触禁止”なのかもしれません。ただし、これらは反証可能性のない思考実験なので、今回は考慮しません。

今回の見積もりが正しい場合、通信できる技術水準の文明が数千年以上維持されなければ、私たち人類と異星人がお互いに通信できる可能性は低いままです。私たちが“隣人”を見つけられるかどうかは、第2の地球探しや電波の送信だけでなく、今の地球文明を数千年以上維持する努力にかかっているのかもしれない。

Source [Amri Wandel](#). "The Fermi Paradox revisited: Technosignatures and the Contact Era". (arXiv)

[Eric M. Jones](#). "Where is everybody. " An account of Fermi's question". (Office of Scientific and Technical Information) 文／彩恵りり

<https://www.newsweekjapan.jp/stories/world/2022/12/1000-39.php>

「一気に探索対象 1000 倍に！」南アフリカの電波望遠鏡で地球外知的生命体探査

のための観測開始

2022年12月7日（水）17時50分 [松岡由希子](#)



南アフリカ共和国の電波望遠鏡「ミーアキャット (MeerKAT)」 credit:SARAO

南アフリカ共和国の電波望遠鏡「ミーアキャット (MeerKAT)」 credit:SARAO

<地球外知的生命体探査 (SETI) プロジェクト「ブレイクスルー・リッスン」が、南アフリカ共和国の電波望遠鏡「ミーアキャット」でも観測を開始し、対象を一気に1000倍拡大させた.....>

現在、世界では多くの地球外に存在する知的生命の兆候を探索する地球外知的生命体探査 (SETI) プロジェクトが進行しているが、「ブレイクスルー・リッスン」は、ロシア生まれの富豪・投資家のユーリ・ミルナーの資金提供によって、2016年から開始されているプロジェクトだ。

100万個の近傍星と銀河面、100個の近傍銀河を電波と可視光線の波長で観測し、地球外生命が開発した技術の

存在を示す「テクノシグネチャー（技術の痕跡）」を見つけ出そうとしている。

電波望遠鏡「ミーアキャット」で探索対象 1000 倍に

これまで米ウェストバージニア州のグリーンバンク望遠鏡や豪州のパークス電波望遠鏡などで観測を行ってきたが、2022年12月1日、南アフリカ共和国の電波望遠鏡「ミーアキャット（MeerKAT）」でも観測を開始することが発表された。これにより、テクノシグネチャーの探索対象は1000倍に拡大される。

口径13.5メートルのパラボラアンテナ64基からなる「ミーアキャット」は、100万個の近傍星を探索するのにわずか2年しかかからない。グリーンバンク望遠鏡が一度に見られる領域の50倍の大きさの空を見ることができ、通常の観測モードで250万光年先までラジオビーコンに似た発信源を検出できる。

「ミーアキャット」を運用する南アフリカ電波天文台（SARAO）の主任研究員フェルナンド・カミロ博士は「『ミーアキャット』は感度とサーベイスピードの組み合わせに優れ、地球外知的生命体探査（SETI）に適した望遠鏡だ」と評価する。

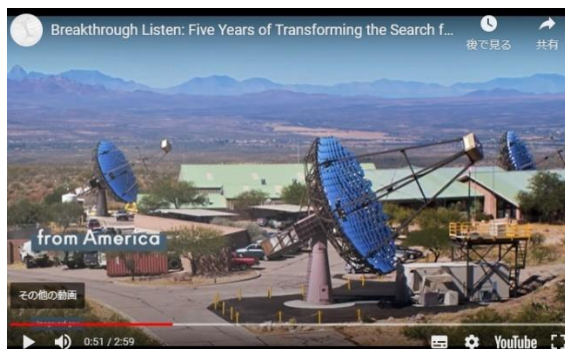
最初のターゲットは「プロキシマ・ケンタウリ」

「ミーアキャット」の制御・監視システムには、「ブレイクスルー・リッスン」の天文学者とエンジニアが3年かけて開発したテクノシグネチャー探索のための最新鋭のデジタル機器が組み込まれている。グリーンバンク望遠鏡やパークス電波望遠鏡では空のターゲットに向けてアンテナを移動させなければならないが、「ミーアキャット」は原則としてアンテナを移動させる必要はない。

また、ソフトウェアによって「共生モード」で運用でき、「ミーアキャット」を用いた他の研究活動を妨げることなく、24時間いつでも「ミーアキャット」にアクセスできるようになっている。

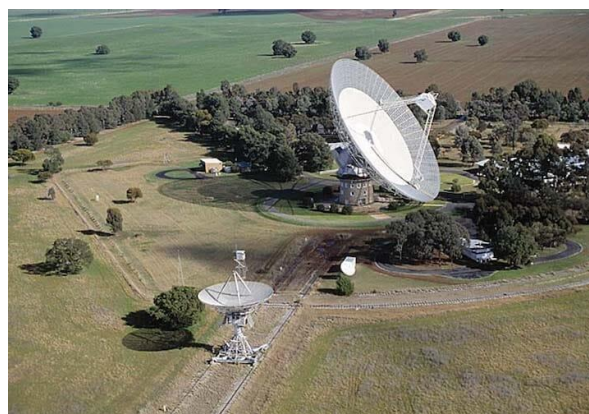
「ブレイクスルー・リッスン」は「ミーアキャット」での最初のターゲットとして、太陽系に最も近い恒星である「プロキシマ・ケンタウリ」を定期的に観測している。近々、その研究結果が明らかになる見通しだ。

[次のページ【動画】「ブレイクスルー・リッスン」の全貌](#)



[次のページ【動画】南アフリカのミーアキャット電波望遠鏡とは](#)

[次のページ【画像】グリーンバンク望遠鏡](#)



米ウェストバージニア州のグリーンバンク望遠鏡 [wikimedia](#)

[次のページ【画像】パークス電波望遠鏡](#) 豪州のパークス電波望遠鏡 [Wikimedia](#)

産総研、セシウム原子泉時計と光格子時計でダークマターの探索領域を拡大

掲載日 2022/12/12 19:25

著者：波留久泉

産業技術総合研究所(産総研)は12月9日、セシウム(Cs)原子泉時計とイッテルビウム(Yb)光格子時計の2台の高精度な原子時計を用いて、「超軽量ダークマター」(ULDM)の探索を行い、今回の精度ではその証拠となる「基礎物理定数の変動」を確認できなかったものの、探索領域を拡大することに成功したと発表した。

同成果は、産総研 物理計測標準研究部門の小林拓実主任研究員、同・高見澤昭文主任研究員を中心に、横浜国立大学の研究者も参加した共同研究チームによるもの。詳細は、[米国物理学会が刊行する機関学術誌「Physical Review Letters」に掲載された。](#)

現在、秒はCs原子と共鳴するマイクロ波周波数(約9.2GHz)で定義されており、Cs原子泉時計によって16桁の精度で実現されている。また光格子時計は、マイクロ波よりも周波数の高い光(約500THz)が用いられており、時間の精度をさらに1~2桁向上できるため、秒の再定義の有力候補とされている。

原子時計の正確さを保証する基礎物理定数は一定不変であるとされているが、原子時計の精度がここまで上がってくると、基礎物理定数の変化を検知できる可能性が出てくると考えられている(仮に変化があったとしても極めて小さいため、日常生活に不都合が生じるような心配はない)。なおこの基礎物理定数の変化については、ダークマターによって引き起こされるとする理論研究がある。原子時計なら、この基礎物理定数の周期的な変動を高感度で検出できる性能があるため、ダークマターの検出において近年注目を集めている。

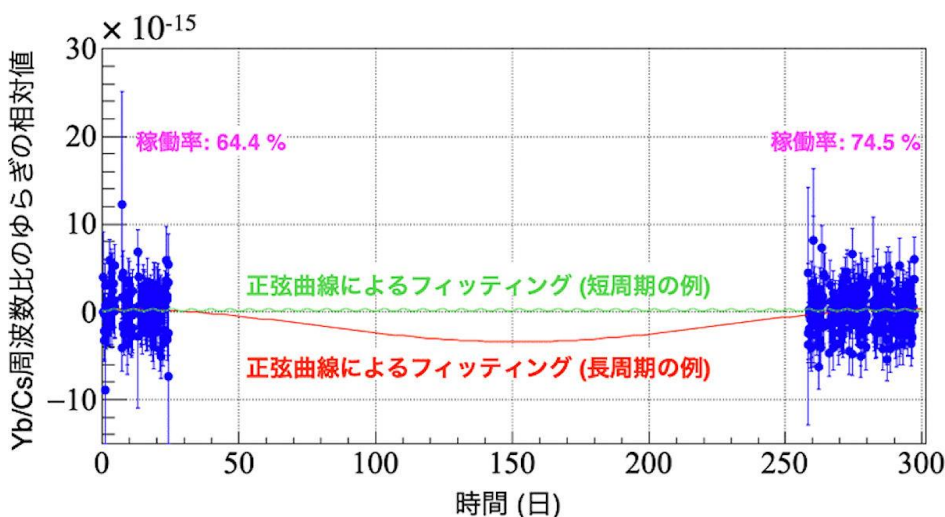
そこで研究チームは今回、粒子よりも波の性質が顕著に現れるとされるULDMに着目することにしたとする。そして、もしULDMが通常物質と相互作用すると、微細構造定数や電子質量などの基礎物理定数が周期的に変動する可能性があるという。この理論に基づき、これまで[2台の光格子時計の周波数比から微細構造定数の周期的な変動の探索が行われた先行研究](#)がある。しかし、Cs原子泉時計と光格子時計を組み合わせた探索はなかったという。この組み合わせは、光格子時計のみを用いた探索ではわからない電子質量の周期的な変動に感度があるとする。ただし、Cs原子泉時計は光格子時計に比べてノイズが大きいので、この組み合わせを活かすには、両方を長期間(例として10日以上)高い稼働率で同時に運転することが重要になる。ところが、光格子時計は大変複雑な装置であるため、長期運転が困難だった。

産総研は、日本の国家計量標準機関であり、国際原子時の校正にも参加している。また、Cs原子泉時計や光格子時計の開発も行っており、中でもYb光格子時計の高稼働率運転の実績は世界トップで、Cs原子泉時計に匹敵する連続運転が可能だという。これにより産総研は、両原子時計を同時に高い稼働率で比較できることから、今回、ダークマターの探索に応用することにしたとする。

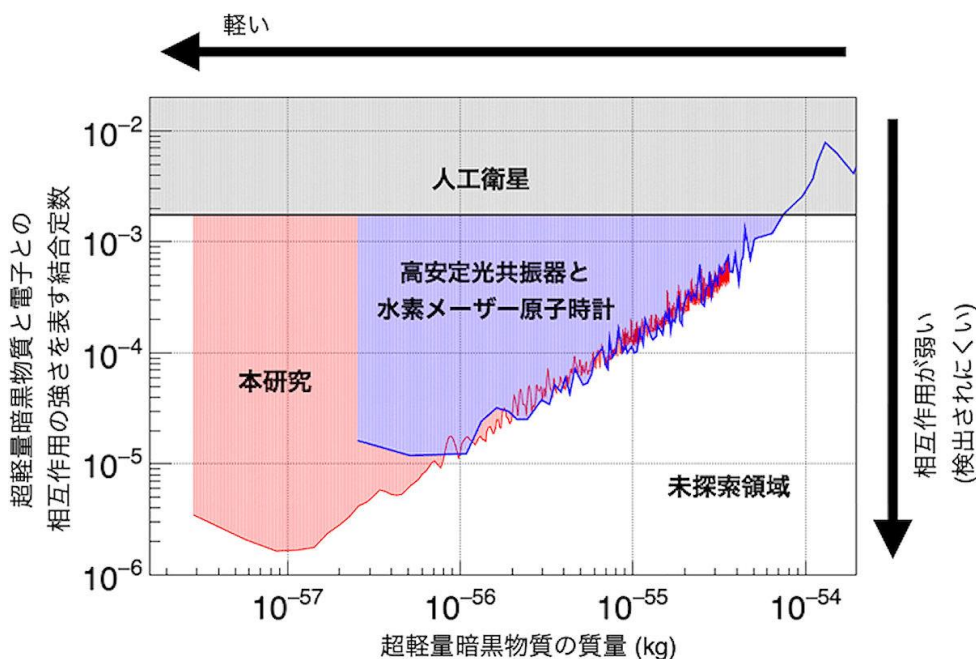
両原子時計でなるべく長い観測期間を確保するため、測定は2020年11月17日から25日間、2021年8月2日から40日間行われた。2台の同時稼働率はそれぞれ64.4%と74.5%となり、高稼働率の運転に成功したとする。同データに対して、さまざまな周期を仮定して正弦曲線によるフィッティングが繰り返され、ある特定の周期で大きな振幅が得られるのかどうかという探索が実施されてきた。データのばらつきは、主にCs原子泉時計のランダムなノイズによるものだが、長期運転で得られた大量のデータの平均化により、高い精度で探索を行うことが可能になったという。研究チームによると、今回の測定データから両原子時計の周波数比が周期的に変動する証拠は得られなかったとする。しかし、両原子時計の長期比較という新手法が用いられたため、周期10日~298日の電子質量の変動がなく、あるとしてもその振幅は15桁目以下という知見が得られたとした。

ULDMの理論上では、ダークマターと電子が相互作用すると、ダークマターの質量に比例した周波数で電子質量が変動すると考えられている。この理論を考慮に入れて解析が行われた結果、質量範囲10-58kg~10-56kgにおいて、ULDMと電子との相互作用の強さについて探索領域を広げることが成功したとする。また、今回の長期運

転により、先行研究では手が届かなかった非常に相互作用が弱い領域も探索できたとした。



ULDM の探索に用いられた Cs 原子泉時計と Yb 光格子時計の周波数比データ。縦軸は、Yb 原子の約 518THz の光周波数と Cs 原子の約 9.2GHz のマイクロ波周波数の周波数比(相対値)のゆらぎ。横軸の原点は、2020 年 11 月 17 日。青点は測定値(1 万秒平均)で、Yb/Cs 周波数比の 14~15 桁目がランダムにばらついていることがわかる。赤と緑の曲線は、それぞれ長周期、短周期の変動を仮定して正弦曲線によるフィッティングを行った例。これらの例で得られた振幅は小さく、周期的な変動の証拠とはいえない(出所:産総研 Web サイト)



ULDM と電子との相互作用の強さについて、実験によりその可能性が排除された領域に色を塗った図(色が塗られていない白色の部分は未探索領域)。縦軸は、超軽量ダークマターに関する理論式に表れる相互作用の強さを表す結合定数。赤色は今回の研究、灰色はガイア衛星、青色は米国の高安定光共振器と水素メーザー原子時計により排除された領域(出所:産総研 Web サイト)

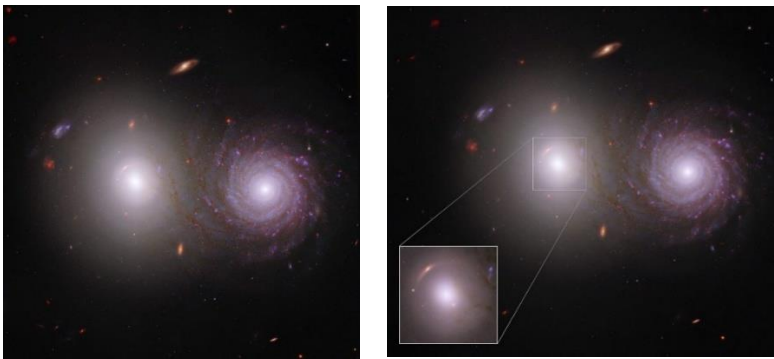
今後、理論のみでダークマターの質量範囲を絞り込むことは困難なため、とにかく実験・観測で未探索領域に踏み込んでいくことが重要とされているという。今回の成果は、原子時計の長期運転が時間標準だけでなく、基礎物理学にも貢献することが示されたとする。

なお産総研は、今後も原子時計の高精度化・堅牢化を進めることで、本来のミッションである国際原子時への貢献を継続しつつ、ダークマターをはじめとする基礎物理学の研究も推進していくとした。

<https://sorae.info/astronomy/20221212-hubble-webb-vv191.html>

ハッブル宇宙望遠鏡&ウェブ宇宙望遠鏡が撮影した銀河のペア「VV 191」

2022-12-12 [松村武宏](#)



【▲ ハッブル宇宙望遠鏡とウェブ宇宙望遠鏡が撮影した銀河のペア「VV 191」 (Credit: NASA, ESA, CSA, Rogier Windhorst (ASU), William Keel (University of Alabama), Stuart Wyithe (University of Melbourne), JWST PEARLS Team, Alyssa Pagan (STScI))】

【▲ 銀河のペア「VV 191」(背景)と、楕円銀河の中央付近を拡大した画像(左下)。重力レンズ効果を受けて歪み分裂した遠方の銀河の像が写っている (Credit: NASA, ESA, CSA, Rogier Windhorst (ASU), William Keel (University of Alabama), Stuart Wyithe (University of Melbourne), JWST PEARLS Team, Alyssa Pagan (STScI))】

こちらは「うしかい座」の方向にある銀河のペア「VV 191」です。正面を向けて並んだ2つの銀河は生き物の目を連想させます。VV 191 は市民参加型の天文学プロジェクト「Galaxy Zoo (ギャラクシー・ズー)」で合計約2000組が特定された“重なり合っ見える銀河のペア”の1つです。

地球から見たVV 191は、左側の大きな白い楕円銀河と右側の渦巻銀河が半ば重なっていて、渦巻銀河から伸びた渦巻腕(渦状腕)の一部は楕円銀河の中央部分にかかっているように見えます。米国宇宙望遠鏡科学研究所(STScI)によると、2つの銀河は宇宙のスケールからすれば比較的近くにあるものの、活発な相互作用はしていないといいます。楕円銀河を拡大してみると、中央から見て10時の方向に弧状の天体が写っています。これはVV 191よりも遠くにある銀河の像で、VV 191の楕円銀河による重力レンズ効果(※)を受けています。この銀河の像は重力レンズによって弧状に歪むだけでなく分裂もしていて、楕円銀河の中央から見て4時の方向には同じ銀河の点状の像が写っているといいます。

※...手前にある天体(レンズ天体)の質量によって時空間が歪むことで、その向こう側にある天体(光源)から発せられた光の進行方向が変化し、地球からは像が歪んだり拡大して見えたりする現象のこと。

この画像は「ハッブル宇宙望遠鏡」の「広視野カメラ3(WFC3)」と「ジェームズ・ウェブ宇宙望遠鏡」の「近赤外線カメラ(NIRCam)」を用いて取得された画像をもとに作成されています。ハッブル宇宙望遠鏡は可視光線と紫外線、ウェブ宇宙望遠鏡は近赤外線の波長でVV 191を観測しました。紫外線や赤外線は人の目で捉えることができないので、色は画像の取得時に使用されたフィルターに応じて着色されています(WFC3...336nmと606nm:青に割り当て。NIRCam...900nm:緑、1.5μm:黄、3.56μm:赤に割り当て)。

STScIによると、ハッブル宇宙望遠鏡とウェブ宇宙望遠鏡によるVV 191の観測データを組み合わせることで、研究者は渦巻銀河を通過してきた楕円銀河の光を分析し、渦巻銀河に含まれる星間塵の影響を特定することができたといいます。冒頭の画像はアメリカ航空宇宙局(NASA)、欧州宇宙機関(ESA)、ハッブル宇宙望遠鏡やウェブ宇宙望遠鏡を運用するSTScIから、2022年10月5日付で公開されています。

Source

Image Credit: NASA, ESA, CSA, Rogier Windhorst (ASU), William Keel (University of Alabama), Stuart Wyithe (University of Melbourne), JWST PEARLS Team, Alyssa Pagan (STScI)

[STScI](#) - Webb, Hubble Team Up to Trace Interstellar Dust Within a Galactic Pair

<https://sorae.info/astromy/20221213-pismis-26.html>

球状星団「ピスミス 26」 視野全体を埋め尽くす星々をハッブルが撮影

2022-12-13 [松村武宏](#)



【▲ ハッブル宇宙望遠鏡が撮影した球状星団「ピスミス 26」(Credit: NASA, ESA and R. Cohen (Rutgers the State University of New Jersey); Processing: Gladys Kober (NASA/Catholic University of America))】

こちらは「さそり座」の方向約 2 万 3000 光年先にある球状星団「ピスミス 26 (Pismis 26)」です。球状星団とは、数万～数百万個の恒星が球状に集まっている天体のこと。天の川銀河ではこれまでに 150 個ほどの球状星団が見つっています。視野全体を埋め尽くす星々の輝きに美しさを感じます。

天の川銀河の中心がある「いて座」や、その隣にある「さそり座」の方向には、星々が集まっている銀河中心部分の膨らみ「銀河バルジ」があります。バルジには星だけでなくガスや塵も集まっていて、さそり座やいて座の方向では塵が豊富な暗黒星雲も帯のように連なっています。塵には星から放射された光（特に波長の短い青色光）を吸収・散乱させやすい性質があるので、星の色を実際よりも赤っぽく見えるように変えてしまったりします。これは赤化 (reddening) と呼ばれる現象です。アメリカ航空宇宙局 (NASA) によると、天文学者は「ハッブル」宇宙望遠鏡を利用して可視光線と赤外線で見守ることで、星団の赤化や年齢、それに金属量（水素やヘリウムよりも重い元素の量）を判断することができました。ピスミス 26 の年齢は 120 億年と推定されており、天の川銀河の潮汐力によって外側の星々が引き剥がされることで、質量の多くを失ったと考えられています。冒頭のピスミス 26 の画像はハッブル宇宙望遠鏡に搭載されている「掃天観測用高性能カメラ (ACS)」および「広視野カメラ 3 (WFC3)」を使って取得された画像（可視光線と赤外線のフィルター合計 3 種類を使用）をもとに作成されたもので、NASA が 2022 年 11 月 28 日付で紹介しています。

関連：[視界を埋め尽くすように輝く星々 球状星団「ターザン 1」](#)

Source

Image Credit: NASA, ESA and R. Cohen (Rutgers the State University of New Jersey); Processing: Gladys Kober (NASA/Catholic University of America) [NASA](#) - Hubble Glimpses a Glittering Gathering of Stars 文／松村武宏

<https://sorae.info/astromy/20221213-ngc-6530.html>

赤い星雲に彩りを添える星団の星々 ハッブルが撮影した干潟星雲の散開星団

NGC 6530 2022-12-13 [松村武宏](#)



【▲ いて座の「干潟星雲」で輝く散開星団「NGC 6530」(Credit: ESA/Hubble & NASA, ESO, O. De Marco; Acknowledgement: M. H. Özşaraç)】

こちらは「いて座」の方向約 4350 光年先の散開星団「NGC 6530」です。散開星団とは、恒星がまばらに緩く集まっている天体のこと。欧州宇宙機関 (ESA) によると、NGC 6350 では数千個の星々が集まっています。

背景に見える赤色の煙のようなものは、いて座の輝線星雲「干潟星雲 (Lagoon Nebula)」の一部です。NGC 6530 は干潟星雲のなかにあり、画像では壁のように広がった星間雲 (ガスと塵の雲) に彩りを添えるようにして星団の星々が輝いています。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)」と、ヨーロッパ南天天文台 (ESO) が運営するパラナル天文台 (チリ) の「VLT サーベイ望遠鏡 (VST)」に搭載されている広角カメラ「OmegaCAM」を使って取得された画像 (可視光線のフィルター合計 6 種類を使用) をもとに作成されたもので、ESA からハッブル宇宙望遠鏡の今週の一枚として 2022 年 12 月 12 日付で公開されています。

可視光線や紫外線だけでなく赤外線も捉えるハッブル宇宙望遠鏡は、星の誕生と惑星系の起源を理解するために不可欠なツールとみなされています。ESA によると、研究者は「オリオン大星雲」で最初に見つけた原始惑星体 (proplyd、光蒸発を起こしている原始惑星系円盤) を探すために、ハッブル宇宙望遠鏡を使って NGC 6530 などの観測を行いました。ハッブル宇宙望遠鏡の観測で得られたデータは、これまでにない性能で赤外線を捉える「ジェームズ・ウェッブ宇宙望遠鏡」の観測によって補完されるということです。

Source Image Credit: ESA/Hubble & NASA, ESO, O. De Marco; Acknowledgement: M. H. Özşaraç

[ESA/Hubble](#) - Cosmic Smokescreen

文/松村武宏

<https://sorae.info/astromy/20221214-ngc-3132.html>

ウェブ宇宙望遠鏡が捉えた「南のリング星雲」 形成プロセスに迫った研究成果も発表

2022-12-14 [松村武宏](#)



【▲ ジェームズ・ウェッブ宇宙望遠鏡が観測した惑星状星雲「NGC 3132」。左右ともに近赤外線カメラ (NIRCam) と中間赤外線装置 (MIRI) で取得したデータをもとに作成された画像で、異なる波長のデータを組み合わせているために左右で違う姿に見える (Credit: NASA, ESA, CSA, STScI, Orsola De Marco (Macquarie University); Image Processing: Joseph DePasquale (STScI))】

【▲ ウェッブ宇宙望遠鏡が捉えた惑星状星雲「NGC 3132」。左は近赤外線カメラ (NIRCam)、右は中間赤外線装置 (MIRI) を使って取得した画像をもとに作成。2022 年 7 月公開 (Credit: NASA, ESA, CSA, STScI)】

こちらの 2 つの天体は、どちらも「ほ座」の方向約 2000 光年先にある惑星状星雲「NGC 3132」です。その姿から、NGC 3132 は「南のリング星雲 (Southern Ring Nebula)」や「8 の字星雲 (Eight-Burst Nebula)」とも呼ばれています。

惑星状星雲とは、超新星爆発を起こさない比較的軽い恒星（質量は太陽の8倍以下）が進化する過程で形成されると考えられている天体です。太陽のような恒星が主系列星から赤色巨星に進化すると、外層から周囲へとガスや塵が放出されるようになります。やがてガスを失った星が赤色巨星から白色矮星へと移り変わる段階（中心星）になると、放出されたガスが中心星から放射された紫外線によって電離して光を放ち、惑星状星雲として観測されるようになります。この画像は「ジェームズ・ウェッブ宇宙望遠鏡」の「近赤外線カメラ（NIRCam）」と「中間赤外線装置（MIRI）」を使って取得した画像をもとに作成されています。同じ星雲なのに左右で違う姿に見えるのは、画像の作成時に組み合わせられたデータが異なるから（※）。アメリカ航空宇宙局（NASA）によると、左の画像ではNGC 3132の中心にある連星を取り囲む高温のガスが、右の画像では星から放出された物質の流れが際立つように、それぞれデータを選んで作成されています。

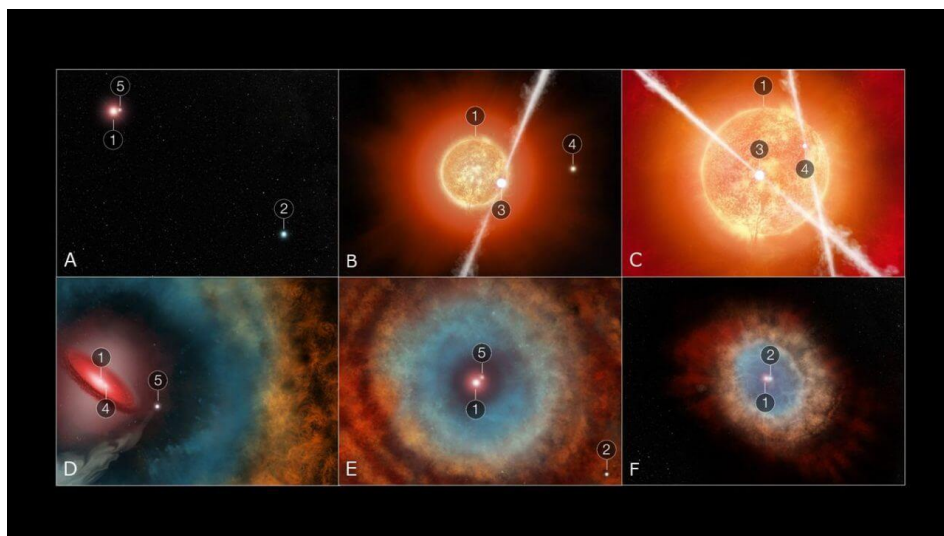
※左画像...1.87 μm と4.05 μm （NIRCamで取得）に青と緑、18 μm （MIRIで取得）に赤を割り当て。右画像...2.12 μm と4.7 μm （NIRCamで取得）に青と緑、7.7 μm （MIRIで取得）に赤を割り当て。

ちなみに、ウェッブ宇宙望遠鏡の科学観測によって取得された高解像度画像は2022年7月に初めて公開されましたが、その時に画像が公開された4つの天体の1つがNGC 3132でした。今回公開された冒頭の画像とは違い、初公開時の画像ではNIRCamとMIRIの画像が別々に組み合わせられており、観測装置によって見え方が異なる星雲の姿が強調されていました。

関連：[ついに公開！ジェームズ・ウェッブ宇宙望遠鏡の高解像度画像と観測データの数々](#)

マッコーリー大学のOrsola De Marcoさんを筆頭とする研究チームは、ウェッブ宇宙望遠鏡などの観測データを分析した結果、複雑な構造をしたNGC 3132の形成には中心星の他に少なくとも2つ、おそらく3つの伴星が関わっていたとする研究成果を発表しました。

次の画像は、研究チームが提案したNGC 3132の形成プロセスを段階的に示した図です（A～Fの順）。Aは星雲が形成される前の様子で、Fは現在観測されているNGC 3132を示しており、星雲の中央では塵に囲まれた中心星の星1（赤）と、明るい伴星の星2（青）が輝いています。星1と星2はウェッブ宇宙望遠鏡の画像にも写っていますが、他の伴星は小さくて暗いためウェッブ宇宙望遠鏡の画像には写っていないか、あるいは恒星として死につつある中心星と融合しているとみられています。



【▲ NGC 3132の形成過程を示した図（A～Fの順、アルファベットは筆者が追加）（Credit: NASA, ESA, CSA, STScI, Elizabeth Wheatley (STScI)）】

星1とその伴星である星2は比較的離れつつゆっくりと公転しあっていましたが、星1のすぐ近くでは別の伴星も公転していました（A）。やがて星1は膨張を始め、すぐ近くを周回していた伴星の星3を飲み込みます（B）。さらに膨張した星1は、別の伴星である星4とも相互作用するようになりました（C）。星3や星4からは双極方向にジェットとして物質が放出されたとみられています。

外層からガスや塵が放出されたことで星 1 の熱いコア（核）が露出すると、周囲に放出され広がったガスや塵のなかに星 1 からの紫外線や星風によって泡状の空洞が生じるようになります（D）。その後、星 3 や星 4 よりも外側を公転していた伴星の星 5 との相互作用によって星雲の大きなリング状の構造が形成され（E）、現在観測されている姿（F）になったと研究チームは考えています。NASAによると、研究チームは欧州宇宙機関（ESA）の宇宙望遠鏡「ガイア」とウェブ宇宙望遠鏡の観測データを組み合わせることで、かつての星 1 は質量が太陽の約 3 倍の星だったことを突き止めました（現在観測されている星 1 の質量は太陽の約 60 パーセント）。星のもともとの質量を知ることは、惑星状星雲がどのようにして形成されたのかを知る上で重要だといいます。研究チームは今回の成果について、ウェブ宇宙望遠鏡による将来の惑星状星雲観測に向けた先駆的な事例と位置付けており、星風の衝突や連星の相互作用といった基本的な天体物理学的プロセスについて独自の知見をもたらすものだとしています。冒頭の画像は、NASA、ESA、ウェブ宇宙望遠鏡を運用するアメリカの宇宙望遠鏡科学研究所（STScI）から 2022 年 12 月 8 日に公開されています。

Source

Image Credit: NASA, ESA, CSA, STScI, Orsola De Marco (Macquarie University); Image Processing: Joseph DePasquale (STScI), Illustration: NASA, ESA, CSA, STScI, Elizabeth Wheatley (STScI)

[NASA](#) - NASA's Webb Indicates Several Stars 'Stirred Up' Southern Ring Nebula

[STScI](#) - NASA's Webb Indicates Several Stars 'Stirred Up' Southern Ring Nebula

[De Marco et al.](#) - The messy death of a multiple star system and the resulting planetary nebula as observed by JWST (Nature) 文／松村武宏

<https://news.mynavi.jp/techplus/article/20221212-2536071/>

ガンマ線バーストの爆発エネルギーは従来推定の 4 倍以上だった、東北大などが確認

掲載日 2022/12/12 19:22 著者：波留久泉

東北大学と埼玉大学は 12 月 9 日、アルマ望遠鏡とヨーロッパ南天天文台の超大型望遠鏡を使い、宇宙最大の爆発現象である「ガンマ線バースト」(GRB)の可視光と電波における偏光の同時観測を成功させたこと、併せて偏光を使わなければ見えない隠れたエネルギーを含めた GRB の本当の爆発エネルギーを推定したところ、これまでの推定の 4 倍以上となることがわかったと発表した。

同成果は、台湾・国立中央大学/MITOS Science CO., LTD.の浦田裕次氏、東北大 学際科学フロンティア研究所/同・大学院 理学研究科の眞賢二准教授、同・大学院 理学研究科の桑田明日香大学院生らの国際共同研究チームによるもの。[詳細は、英科学誌「Nature」系の天文学術誌「Nature Astronomy」に掲載された。](#)

GRB は宇宙最大規模の爆発現象で、非常に高いエネルギーのガンマ線が短時間に観測される特徴が知られている。ショートとロングの 2 種類あることが知られ、前者は、中性子星同士や中性子星とブラックホールの合体によって発生するとされる。一方の后者は、特殊な大質量星が、その一生の最期に起こす爆発現象によるものと考えられており、宇宙最初の星であるファーストスターにおいても発生することが予想されており、宇宙の成り立ちを観測するためにも重要な天体現象だと考えられている。また GRB はガンマ線だけでなく、そこから電波までの幅広い波長が観測されており、爆発エネルギー自体を直接見ることはできないが、さまざまな波長の観測データを集めて積算することで、どれくらいの爆発エネルギーだったかを推定することが可能だとされている。ただし、爆発エネルギーが光に変換される際の効率がこれまで測定できていなかったという。この効率が低ければ、観測される光は爆発エネルギーのごく一部だけを見ていることになり、逆に高ければ、見える光だけを積算することで、爆発エネルギーを精密に測れることになることから、研究チームは今回、偏光を手がかりにこの効率を測定することにしたとする。しかし、天文観測での偏光測定は容易ではない。しかも、GRB は遠方で起きることが多く、中には地球から 100 億光年も離れている場合もある。そうした光をさらに偏りに分割し、微弱な信号を取り出す必要があったことに加え、波長の異なる可視光と電波で偏光測定するには複数の種類の望遠鏡を用

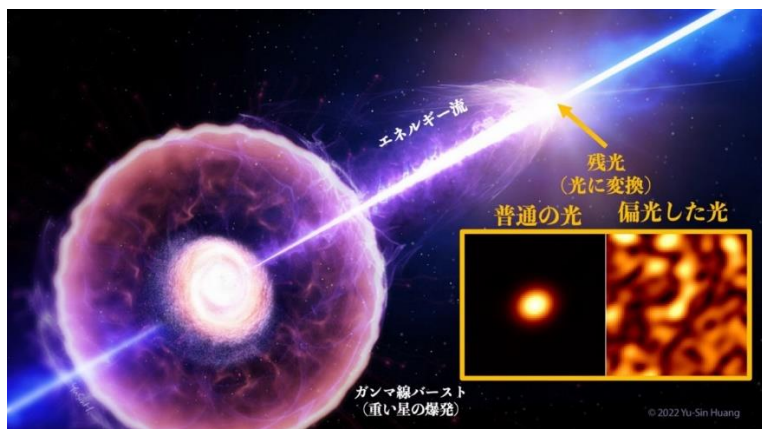
いる必要があることから、今回の観測ではヨーロッパ南天天文台の超大型望遠鏡と、世界最大の電波望遠鏡であるアルマ望遠鏡が用いられた。今回観測された GRB「GRB191221B」は、2019年12月21日に83億光年の彼方で発生した。日本がNASAなどと共同開発して、1000以上のGRBを捉えたX線観測衛星「すざく」の統計的な解析結果と比べることで、“典型的な”GRBであることが判明しているとする。

この典型的なGRBの残光の同時偏光観測は、爆発からわずか2日半後に行うことができたとする。偏光観測では、天体の明るさが暗いと有益な結果を得られないため今回は、爆発から最初の2日間は可視光と電波の残光の明るさが測定され、時々刻々と変化するGRB残光が十分明るいかどうかの確認を行う必要があったという。

今回の観測では、無事に同時偏光観測に成功。この実現のためには、これまでの観測経験をもとに、偏光観測に適切かどうかをすばやく見極める手法を確立していたことが重要であったと研究チームでは説明する。

分析の結果、電波の偏光度は可視光よりも低いことが判明したという。また、波長による偏光の違いから、残光を放射している衝撃波の詳細な状態を解明できるとしており、特に、偏光を使わなければ観測できない隠れたエネルギーの割合を推定でき、爆発エネルギーが光へ変換される効率を測定することが可能としている。

さらに、変換効率はこれまで100%と想定されていたが、今回は約30%以下であると産出された。これは、この典型的なGRBの本当の爆発エネルギーが、これまでの方法の推定より3.5倍以上大きかったことを意味することになるという。爆発エネルギーのもとなるのは爆発前の星の重力のエネルギーであり、もし10倍以上大きければ、典型的なロングGRBの起源となる星の重さや爆発の理論の修正を迫ることになると研究チームでは説明しているほか、ファーストスターは、それが引き起こすロングGRBを検出することで発見できる可能性があり、その重さの推定は宇宙の進化史の解明にもつながるとしている。

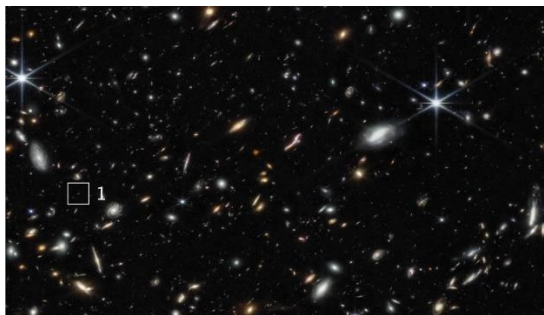


ガンマ線バースト GRB191221B の想像図。(右下挿入図)通常の光と偏光した光で観測した GRB191221B の観測画像。爆発のエネルギーが光に変換されたもの(残光)が観測されるが、偏光を使うことで爆発エネルギーを正確に推定することができる (C)Urata et al./Yu-Sin Huang/MITOS Science CO., LTD.(出所:東北大プレスリリース PDF) なお、今回開発された測定手法を、ほかのさまざまな種族のGRBに適用することが重要だと研究チームでは説明しており、現在、100~1000年に一度という規模の史上最高エネルギーのガンマ線が検出された2022年10月9日のGRBに適用中とのことで、この爆発エネルギーの光への変換効率を測ることで、GRBの正体に迫ることが期待されるとしている。

<https://www.gizmodo.jp/2022/12/webb-telescope-most-ancient-galaxies-nasa-space.html>

ウェブ宇宙望遠鏡が撮影した「宇宙の夜明け直後に誕生した銀河」2つ

2022.12.14 23:00 ByIsaac Schultz - Gizmodo US [\[原文\]](#) (佐藤信彦/Word Connection JAPAN)



先ごろディープフィールド画像に捉えられた太古の銀河（1 と書かれた枠内） Image: [撮影: NASA, ESA, CSA, Tommaso Treu 氏 \(UCLA\)](#) 画像処理: [Zolt G. Levay 氏 \(STScI\)](#)

ジェームズ・ウェッブ宇宙望遠鏡が6月の終わりに撮影したのは、知られる限りもっとも遠方にある2つの銀河です。ビッグバンの数億年後には存在していたこれらの銀河は、生まれて間もない宇宙を照らす数少ない光源でした。

ビッグバン直後に形成された2つの銀河

両銀河は、「ちょうこくぐ座」内の、比較的小さな4つの銀河団が集まった巨大銀河団「エイベル 2744」の外れにあります。一方の銀河は宇宙の始まりであるビッグバンから4億5000万年後に存在していて、もう一方はわずか3億5000万年後に形成されていました。

遠方にある天体は赤みがかって見える

これら銀河の赤方偏移は、およそ10.5と12.5です。赤方偏移とは、遠方にある天体の放つ光の色が赤みがる現象で、その値と天体までの距離には関係があります。膨張し続けている宇宙を渡る光は、長い距離を伝わるにつれ波長が引き伸ばされて長くなり、色が赤の方向へずれ、これが赤方偏移として観測されます。

そのため、赤方偏移の大きな天体ほど遠くあり、古いものだと判断できるのです。同じ時代の銀河としては、赤方偏移が11.8の、ウェッブ宇宙望遠鏡で撮影されたはるか遠くの[メイジー銀河](#)があります。

宇宙で生じたほぼ最初の光源

宇宙が誕生したのは約138億年前で、最初の恒星が生まれたのはその数億年後です。つまり、両銀河は、宇宙で生じたほぼ最初の光源だったといえます（ただし、宇宙誕生から約38万年たったビッグバンの残光である、宇宙マイクロ波背景放射という光は別です）。

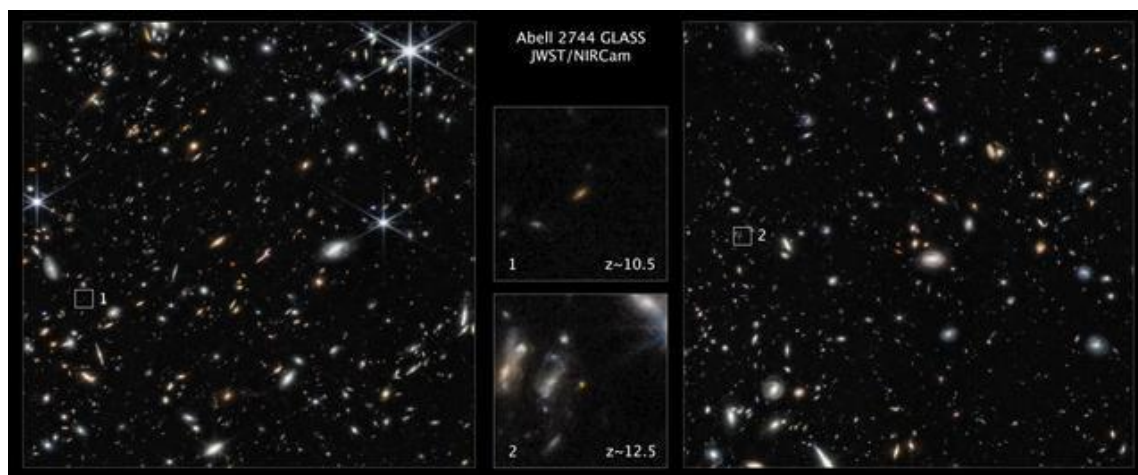


Image: [撮影: NASA,](#)

[ESA, CSA, Tommaso Treu 氏 \(UCLA\)](#) 画像処理: [Zolt G. Levay 氏 \(STScI\)](#) ディープフィールド画像の全体と、

両銀河の拡大画像

「重力レンズ」の効果

地球から銀河団エイベル 2744 までの距離は約35億光年ですが、最近発見された両銀河はさらにその数十億光年も遠くにあり、年齢も上です。放たれる光は極めてかすかなものの、手前にある銀河団の重力レンズ効果のおかげで強調され、ウェッブ宇宙望遠鏡で捉えられました。

[重力レンズ](#)は光を曲げて集めるため、遠方の天体を観測しやすくしてくれます。天文学者は、この奇妙な宇宙のレンズを利用して、[最古の恒星](#)を探したり、恒星が最期を迎えるときに起こす、短時間しか続かない超新星爆発のような現象を繰り返し観測したりしています。それが可能なのは、観測対象の天体から放たれた光子が、[巨大な重力を持つ天体の周囲を異なる複数のルートで飛んできて](#)、それぞれ別のタイミングで地球に届くからです。

パンドラ銀河団

エイベル 2744 の観測は、2014 年にも[ハッブル宇宙望遠鏡で行なわれています](#)。NASA のフロンティアフィールド計画の一環として実施されたもので、その当時でもっとも遠方にある観測対象でした。より鮮明に撮影できるウェブ宇宙望遠鏡で改めて観測したところ、さらに遠くの太古の光源を発見できたのです。

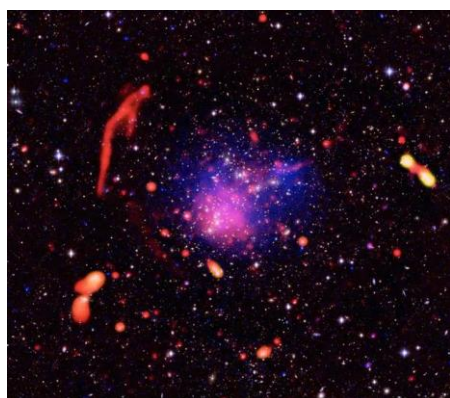


Image: [NASA/CXC/ITA/INAF/J.Merten など](#)チャンドラ X 線観測衛星とすば

る望遠鏡、カール・ジャンスキー超大型干渉電波望遠鏡群の観測結果を合成して作成したエイベル 2744 の画像。

観測画像: NASA/STScI, NAOJ/Subaru, ESO/VLT。可視画像: NASA/STScI/R.Dupke

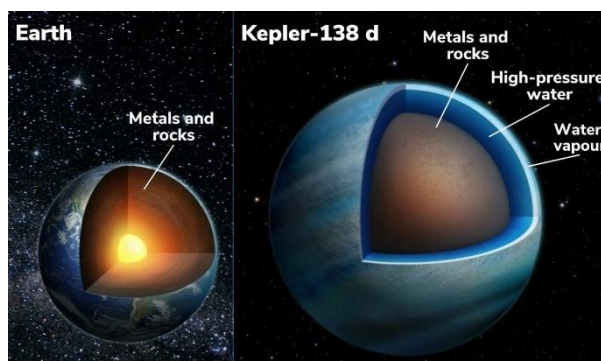
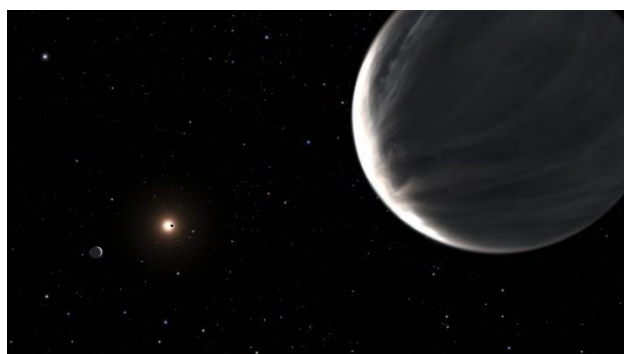
宇宙望遠鏡科学研究所 (STScI) の[発表](#)によると、両銀河は我々の暮らす天の川銀河に比べかなり小さく、数パーセントほどの大きさしかないそうです。ちなみに、天の川銀河の大きさは、[差し渡し 10 万光年](#)ほどあります。エイベル 2744 は、その内部にありとあらゆる物を入れていることから、パンドラ銀河団とも呼ばれます。ギリシャ神話で語られたパンドラの箱からは大量の不幸が溢れ出たのに対し、パンドラ銀河団から見つかったものは、今のところ楽しいものばかりです。ウェブ宇宙望遠鏡で観測すればするほど、新たな知見が得られるでしょう。

<https://sorae.info/astronomy/20221217-kepler138.html>

広大な海に覆われた「海洋惑星」の候補を新たに 2 つ発見 ウェブ宇宙望遠鏡の

観測に期待

2022-12-17 [松村武宏](#)



【▲ 赤色矮星ケプラー-138 を公転する系外惑星の想像図 (Credit: NASA, ESA, L. Hustak (STScI))】

【▲ 地球 (左) とケプラー-138d (右) の断面図。ケプラー-138d は深さ約 2000km の海に覆われている可能性があるという (Credit: Benoit Gougeon (University of Montreal))】

モントリオール大学系外惑星研究所 (iREx) の Caroline Piaulet さんを筆頭とする研究チームは、「こと座」の方向約 218 光年先の赤色矮星「ケプラー-138」を公転する太陽系外惑星についての新たな研究成果を発表しました。ケプラー-138 では 2014 年に 3 つの系外惑星「ケプラー-138b」「ケプラー-138c」「ケプラー-138d」の発見が報告されています。今回、研究チームが「ハッブル」宇宙望遠鏡と「ケプラー」宇宙望遠鏡の観測データを分析したところ、ケプラー-138c とケプラー-138d は半径がどちらも地球の約 1.51 倍で、質量はケプラー-138c が地球の約 2.3 倍、ケプラー-138d が地球の約 2.1 倍という、まるで双子のようによく似た惑星だったことがわかったといいます。また、ケプラー-138c とケプラー-138d では「水素やヘリウムよりも重く、岩石よりも軽い」物質が最大で体積の半分を占めている可能性が示されました。この条件を満たす最も一般的な物質の候補は「水」であることから、2 つの惑星は表面を深く広大な海に覆われた海洋惑星の可能性が高いと研究チームは考えています。大気の温度は主星から遠いほうのケプラー-138d でも水の沸点を上回っている可能性が高く、水蒸気の厚い大気に包まれた海水は高温・高圧の下で（場合によっては超臨界流体の状態）存在しているとみられています。

研究に参加したグルノーブル・アルプ大学の Jose-Manuel Almenara さんは、今回の成果について、さまざまな形成・進化プロセスの結果だと予想される系外惑星の大きな多様性を明確に示すものだとコメントしています。なお、研究チームはケプラー-138 を公転する未発見の系外惑星がもう 1 つ存在する可能性も指摘しています。太陽系外の海洋惑星に関しては、モントリオール大学の別の研究チームも有力な候補として「TOI-1452 b」の発見を報告しています。ただ、これまでのケプラー-138c とケプラー-138d、TOI-1452 b の観測では実際に水を検出するには至っておらず、「ジェイムズ・ウェッブ」宇宙望遠鏡による追加観測に期待が寄せられています。

関連：[100 光年先で「海洋惑星」の有力な候補を発見、ウェッブ宇宙望遠鏡の観測に期待](#)

Source Image Credit: NASA, ESA, L. Hustak (STScI), Benoit Gougeon (University of Montreal)

[モントリオール大学](#) - Université de Montréal astronomers find that two exoplanets may be mostly water

[STScI](#) - Two Exoplanets May Be Mostly Water, NASA's Hubble and Spitzer Find

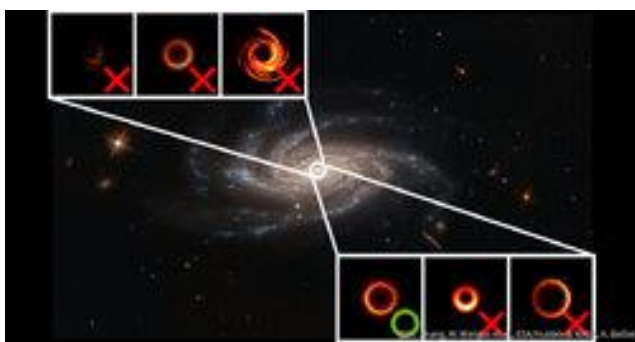
[ESA/Hubble](#) - Hubble Helps Discover a New Type of Planet Largely Composed of Water

[Piaulet et al.](#) - Evidence for the volatile-rich composition of a 1.5-Earth-radius planet 文／松村武宏

https://news.biglobe.ne.jp/it/1216/mnn_221216_7831646795.html

ブラックホールが最も活発なのは宇宙誕生～数十億年 国立天文台が確認

2022 年 12 月 16 日（金）19 時 25 分 [マイナビニュース](#)



[写真を拡大](#)

国立天文台(NAOJ)は 12 月 15 日、恒星級ブラックホールが時間とともにどのようにして銀河中心の大質量ブラックホールにまで成長するのかを予測するため、機械学習を用いて導き出した何百万という成長法則の観測を行い、その中から現実の観測と一致するものとして、ブラックホールは宇宙誕生から数十億年の間が最も活発で、それ以降はたいへんゆっくりと成長することを確認したと発表した。

同成果は、米・アリゾナ大学の Haowen Zhang 博士課程学生、同・大学 スチュワード天文台の Peter Behroozi 准教授(NAOJ プロジェクト研究員)らの国際共同研究チームによるもの。詳細は、英国王立天文学会が刊行する

天文学術誌「Monthly Notices of the Royal Astronomical Society」に掲載された。

我々の宇宙に存在するほぼすべての銀河の中心には、天の川銀河における「いて座A*」のように、太陽質量の数十万倍から最大で100億倍程度といわれる大質量ブラックホールが存在すると考えられている。この大質量ブラックホールがどのように誕生したのか(成長してきたのか)という点と、それが属する母銀河の成長とはどのように関係しているかといった点は、これまでのところよくわかっていない。そこで研究チームは今回、機械学習を用いて、大質量ブラックホールと母銀河のつながりを導き出すことにしたという。

研究チームは、まず大質量ブラックホールが時間とともにどのように成長するのかを予測するための機械学習の基盤を構築し、それを用いて多数の成長法則の提案を行った。続いてそれらの法則を用い、1つの仮想宇宙において、何十億個ものブラックホールの成長がコンピュータによって再現された。最後に仮想宇宙を「観測」し、実際の宇宙で観測されるブラックホールと特徴が一致するかどうかのテストが行われた。

このようにして何百万もの法則のテストを通じ、既存の観測結果を最もよく説明できる法則が選り出された。その結果、大質量ブラックホールの成長は、宇宙誕生から数十億年の間が最も活発で、以降は非常にゆっくりと進むことがわかったという。銀河については、宇宙誕生から数十億年で新たな星を形成する速度がピークに達した後、時間とともに鈍化し、やがて星形成が停止するという振る舞いを示すことが以前から知られていた。今回の研究では、大質量ブラックホールも母銀河と同じ時期に成長し、その後成長が止まることが示された。研究チームはこのことから、数十年にわたって唱えられてきた、銀河におけるブラックホールの成長に関する仮説を裏付けるものとする。しかしこの結果は、新たな疑問を誕生させるきっかけにもなったという。ブラックホールが銀河と同時期に成長するためには、スケールが大きく異なるガスの流れを同期させる必要があるため、ブラックホールの大きさが母銀河と比べると圧倒的に小さいことが問題になるという。研究チームは、ブラックホールと銀河がどのようにしてそのバランスを保っているのか、今後の研究による解明が待たれるとした。

https://news.biglobe.ne.jp/economy/1216/pre_221216_6869800516.html

より高いところを征する国が 22 世紀の覇権国となる…米中が宇宙開発競争に血道を

を上げる根本理由

2022年12月16日(金)8時15分 [プレジデント社](#)



イラスト＝『90枚のイラストで世界がわかる はじめての地政学』より [写真を拡大](#)

今後、世界秩序はどのように変わっていくのか。YouTubeでの歴史解説で累計1億回以上の再生回数を誇る「非株式会社いつかやる」のメンバー、いつかやる社長は「これまでの戦い方を覆す最新兵器の登場で、地政学の地図が塗り替わる事態が起きている」という一。

※本稿は、いつかやる社長『[90枚のイラストで世界がわかる はじめての地政学](#)』（飛鳥新社）の一部を再編集したものです。 イラスト＝『[90枚のイラストで世界がわかる はじめての地政学](#)』より

■覇権国家アメリカの衰退で混乱する世界

いま世界は「強い国と強い国の争い」がどんどん活発化してきているんだ。いままでのようにアメリカが一番強い状況なら日本は安心だったけれど、次第にアメリカの力も弱くなってきて、アメリカだけで世界をカバーするには限界がきている。そんななか、ロシアや中国が次なる世界一の座をねらっているから、世界は大混乱に陥っているんだ。そんな時代に、日本はどうしたらよいんだろう？ そのヒントになる事例が、じつは世界中にあ

るんだ。たとえば世界中の反対を押しつけて、2022 年ロシアはウクライナに侵攻した。アメリカやヨーロッパの支援を受けたウクライナは、必死に抵抗しているよね。このまま多くの国が支援を続ければ、ロシアがスタミナ切れを起こして侵攻をあきらめるかもしれないといわれているよ。

また、中国は台湾と同時に沖縄も手に入れようとしていて、2022 年の 8 月には軍事演習といって日本の海にミサイルを落とし、日本にも脅しをかけてきているんだ。台湾は中国を迎え撃つ準備をしていて、アメリカやヨーロッパはそんな台湾を応援しているんだ。

ぼくも戦いを避けるために、「誰かに守ってもらう」ことだけを考えるのではなく、台湾のように「どうすれば自分たちが住む国を守れるのか」を考えていく時代になってきたんじゃないかな。そのためには、やっぱり「戦争の最新情報」を知らないといけないよね？ 飛行機ができて空中戦（エアパワー）が生まれたように、いまは最新技術によって戦い方が大きく変わってきたんだ。これまでとは別次元の戦い方を見たいこう！

■レーダーに映らない潜水艦からミサイルを発射する最新兵器

ここから最新兵器による新たな戦い方を見ていこう。

ミサイルはふつう陸から発射されるけど、それでは衛星やレーダーに映ってしまいすぐにバレてしまう。そこでできたのが SLBM という潜水艦から発射されるミサイルだ。潜水艦はつねに深い海の中にいるから、撃つ前に衛星やレーダーで発見することができない。見えない場所からミサイルを発射できるようになったんだ。

SLBM の一番のメリットは、敵から先制攻撃を受けて地上にある基地が破壊されたとしても、海にいる潜水艦は被害を受けないから、反撃が可能というところなんだ。どんなに相手にダメージを与えても、手痛い反撃を受けてしまう可能性があるって怖いよね。そのため、SLBM をもっていると、相手に攻撃をとどまらせる効果がある、と考えられている。レーダーに発見されないためにできるだけ陸地から離れた深い海で活動していることが多く、そのため長い潜水ができる原子力潜水艦が開発されているよ。「ミサイルを撃たれても、むかえ撃てばいいんじゃない？」と思うかもしれない。だけど、見えない場所から発射されたミサイルを撃ち落とすのは、現代の技術ではほとんど不可能だ。さらに現在の SLBM に核をのせたら、都市を破壊できるほどの強力なパワーをもっている。日本の周辺では、中国と北朝鮮とロシアがまさに「見えない脅威」の兵器を保有しているんだ。

イラスト＝『[90 枚のイラストで世界がわかる はじめての地政学](#)』より

■落下してくるミサイルを迎撃する「ミサイル防衛」

ミサイルは、ロケットのようなものが降ってくる……と想像していないかな？ じつは、降ってくるのは先にある「弾頭」と呼ばれる部分だけ。それ以外の部分には、必要な燃料や機械が載せられている。ミサイルが発射されると次々に胴体部分を切り離し、最後は弾頭だけで降ってくるんだ。一番危ない弾頭の部分は小さいから、降ってくるミサイルを撃ち落とすのはとてもむずかしいんだよ。

「ミサイル防衛」とは、かんたんにいえば、「落下してくるミサイルに、別のミサイルをぶつけて破壊する」という考え方だ。ただ、優秀な日本のミサイル防衛でも、成功率は 80% 未満。つまり 10 発撃たれたら、2 発は落ちることになる。迎撃率 100% のミサイルは、いまの技術では存在しておらず、ミサイル技術は「攻撃側が有利」とされているんだ。ミサイルの技術は年々進んでいて、1 発で複数の場所を攻撃できる「多弾頭ミサイル」や潜水艦から放たれる「SLBM」、マッハ 5 以上の速度で、複雑な軌道で飛んでくるためさらに撃墜がむずかしくなった「極超音速ミサイル」、またミサイルを撃ち落とすためのレーザー兵器までつくられているんだ。技術の進歩とともに、SF の世界で見たような兵器が、現実にもどんどん出てきているんだね。

■「宇宙戦争」が始まっている

近年、宇宙での争いが激しくなっているんだ。といっても、宇宙で戦うワケではなく、広い宇宙の空間にどれだけ人工衛星や高機能なコンピューターを置けるかで競っているよ。その理由はエアパワーと同じで、「相手より高い場所をとると、戦いが有利になるから」なんだよ。

いままでは「高いところ」といえば「空」で、飛行機を使って相手を監視していたんだけど、現代ではさらに高い「宇宙」から、衛星を使って敵の動きを見るのが当たり前になってきているんだ。

アメリカは陸海空の次の戦場は宇宙になると考えていて、「アメリカ宇宙軍」をつくった。この軍隊は人工衛星を管理したり、それを使って相手の国を見張ったりしているよ。日本も 2022 年に宇宙作戦群をつくっているよ。人工衛星の種類はさまざまで、敵の国がミサイルを撃つ準備をしていないか見張るもの（偵察衛星）や、軍隊の作戦や命令をやりとりするためのもの（軍事衛星）もあるし、スマホでもおなじみの GPS や、他国の弾道ミサイルの落下地点などの予測もすべて人工衛星から送られてくるんだ。地政学から見ると、これからの時代、より有利な立場に立つためには「宇宙という空間を支配する」ことも大事になってくるんだね。

■武器を使わないでダメージを与える「サイバー攻撃」

サイバー攻撃って聞いたことがあるかな？ かんたんにいえば、相手のサーバーやコンピューターに侵入して情報を盗めすんだり、壊したりすることなんだ。直接の攻撃にくらべてあまり効果がないように感じるかもしれないけど、じつはとても危険な攻撃なんだよ。

ぼくらはさまざまなものを、コンピューターに頼って生きているよね？ それは国も同じ。電気や水、ガスのような生活に必要なものから、警察や軍隊の情報まで、ぜんぶコンピューターに頼っているんだ。これがサイバー攻撃されたら……？ 生活に必要な電気や水が使えなくなり、軍の作戦もすべて相手に筒抜けになってしまう。そうなればどんなに強い軍隊があっても無意味になるよね。コンピューター時代のいま、サイバー攻撃は 1 つの強力な武器になっているんだ。サイバー攻撃は、「好きな場所を好きなときに攻撃できる」という部分も特徴だ。他国を攻撃するときは、軍隊か兵器が必要だけど、サイバー攻撃の場合、たった 1 台のコンピューターがあれば攻撃ができる。さらに、世界中にコンピューターがあるために、犯人を特定することもむずかしい。

現代ではいままでの地政学、つまり地の利を生かした作戦では考えられない攻撃ができるようになったんだ。

■地球の国々は運命共同体

いまの時代、日本にも多くの外国人が住んでいるし、外国でしかつくりえない技術やもの、知識も日本に入ってきているよね。そのおかげで日本は豊かになり、技術も進歩していつてるんだ。逆も同じことで、外国に住む日本人も多くいれば、日本の技術で外国を助けていることもある。考えがちがっていても、たがいに助け合うことで、いまの平和な生活は守られているんだ。これまで見てきた通り、世界の国は複雑な関係性の中で助け合って生きているから、かんたんに敵と味方を分けられない。1 つの強大な国が、すべてを自由にできるわけじゃないんだ。つまり地球の国々は、運命共同体ともいえる。だから「他国と争って勝つ」ではなく、「みんなで豊かに生きていく」方法を考えることがもっとも大切だ。地政学はそんな考え方の大きなヒントになるはずだよ。

いつかやる社長 YouTube 動画再生 1 億回、チャンネル登録者数 40 万人を超える日本初の歴史系ユニットチャンネル「非株式会社いつかやる」のメンバー。いつかやる社長、副社長、ぴろすけの 3 人でユニットを組んでいる。世界史、日本史、国際情勢、ニュース、軍事などの動画を、どんちゃん騒ぎしつつも、至極マジメな内容で配信しており、中高生や新社会人から絶大な人気と信頼を得ている。 (いつかやる社長)