

「DART」 探査機が小惑星への衝突に成功！ NASA 小惑星軌道変更ミッション

2022-09-27 [松村武宏](#)



【▲ NASA の探査機「DART」の光学カメラ「DRACO」で撮影された小惑星ディモルフォス（中央）と小惑星ディディモス（右下）。衝突の約 2 分半前、920km 手前から撮影（Credit: NASA/Johns Hopkins APL）】

【▲ NASA の探査機「DART」の光学カメラ「DRACO」で撮影された小惑星ディモルフォス。衝突の 11 秒前、68km 手前から撮影されたもので、ディモルフォスの全体を捉えた最後の画像（Credit: NASA/Johns Hopkins APL）】

【▲ NASA の探査機「DART」の光学カメラ「DRACO」で撮影された小惑星ディモルフォスの表面（幅 31m の範囲）。衝突の 2 秒前、12km 手前から撮影（Credit: NASA/Johns Hopkins APL）】

アメリカ航空宇宙局（NASA）は日本時間 9 月 27 日、ジョンズ・ホプキンス大学の応用物理学研究所（APL）が主導する NASA のミッション「DART」の探査機が、ターゲットの小惑星へ衝突することに成功したと発表しました。DART 探査機は小惑星「ディディモス」（65803 Didymos、直径 780m）とその衛星「ディモルフォス」（Dimorphos、直径 160m）からなる二重小惑星のうち、衛星であるディモルフォスをターゲットに定め、日本時間 2022 年 9 月 27 日 8 時 14 分に衝突しました。

唯一の観測装置として搭載されていた光学カメラ「DRACO」で捉えた小惑星の映像を、DART 探査機は衝突の瞬間まで地球へ送り続けており、その様子は NASA のライブ配信でも映し出されました。

日米の小惑星探査機がサンプルを採取した小惑星「リュウグウ」や「ベンヌ」をそのまま小さくしたような、表面に多くの瓦礫が目立つディモルフォスの姿が大きく見えるようになり、やがて衝突が確認されると、APL の管制室からは歓喜の声が上がっていました。



【▲ DART 探査機からリアルタイムで送られてきた映像と、衝突する瞬間を待つ APL 管制室の様子。NASA によるライブ配信のアーカイブより（Credit: NASA）】

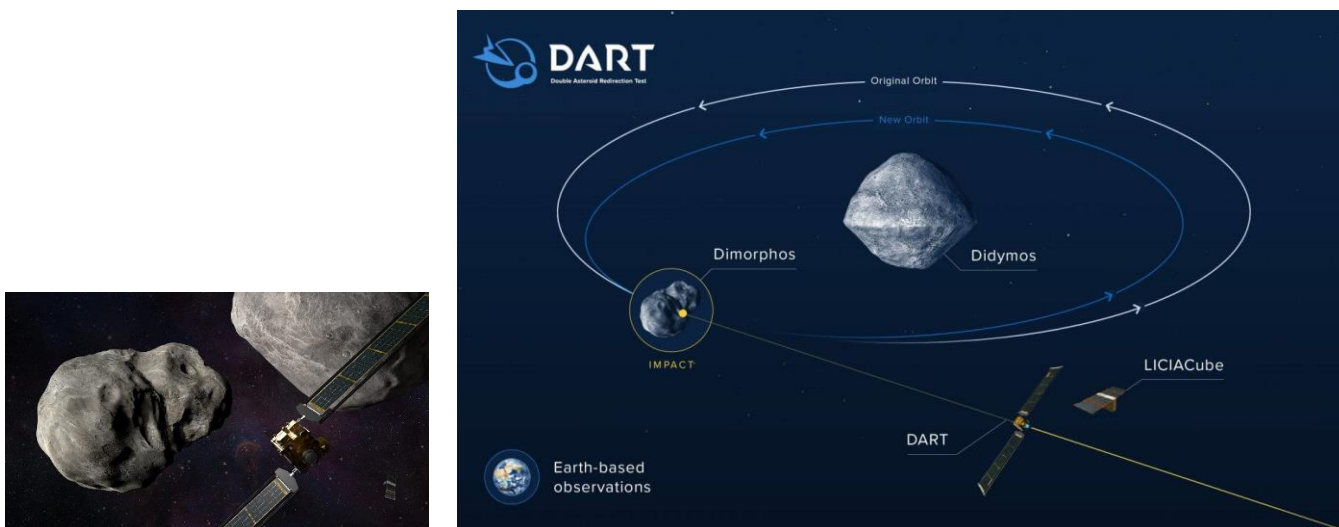
ディディモスは約 2.1 年周期で太陽を周回するアポロ群の小惑星で、ディモルフォスはその周りを 11 時間 55 分周期で公転しています。NASA によると、秒速 6.1km で飛行していた DART 探査機の衝突によってディモルフォスの公転周期は約 10 分短くなったと予想されており、地上の望遠鏡を使って今後確認される予定です。

また、DART 探査機からは衝突の 15 日前に、イタリア宇宙機関（ASI）の小型探査機「LICIACube」が分離していました。LICIACube はディモルフォスへの DART 探査機の衝突やその噴出物などを観測するために搭載され

ていたもので、取得された画像は今後数週間かけて地球へ送信される予定です。

地球に接近する軌道を描く「地球接近天体」(NEO: Near Earth Object、地球接近小惑星)と呼ばれている小惑星のうち、特に衝突の危険性が高いものは「潜在的に危険な小惑星」(PHA: Potentially Hazardous Asteroid)に分類されていて、将来の衝突リスクを評価するために追跡観測が行われています。

2013年2月にロシア上空で爆発して1000名以上を負傷させた小惑星のように、地球への天体衝突は現実の脅威です。ある小惑星が地球に衝突する確率が高いと判断された場合、事前に衝突体(インパクター)を体当たりさせて小惑星の軌道を変えることで、甚大な被害をもたらす小惑星の衝突を回避できるかもしれません。



【▲ 小惑星ディディモス(右上)の衛星ディモルフォス(左)へ接近した探査機「DART」の想像図。右下に描かれているのは衝突前に分離される小型探査機「LICIACube」(Credit: NASA/Johns Hopkins APL/Steve Gribben)】

【▲ DARTのミッションを解説したイラスト。DARTが衝突することで、ディディモス(Didymos)を周回するディモルフォス(Dimorphos)の軌道が変化(白→青)と予想されている(Credit: NASA/Johns Hopkins APL/Steve Gribben)】

DART(Double Asteroid Redirection Test、二重小惑星方向転換試験の略)は惑星防衛(※)の一環として、この「キネティックインパクト」(kinetic impact)と呼ばれる手法を初めて実証するミッションなのです。なお、NASAによれば、ディディモスとディモルフォスの二重小惑星はミッションのターゲットに選ばれはしたものの、地球の脅威となる小惑星ではないとされています。

※...深刻な被害をもたらす天体衝突を事前に予測し、将来的には小惑星などの軌道を変えて災害を未然に防ぐための取り組みのこと

今回のミッションで得られた知見は、将来の惑星防衛に活かされることとなります。NASA科学ミッション本部副本部長のThomas Zurbuchenさんは「宇宙の小さな天体へ衝突させるのに必要な精度で機体を誘導できることがわかりました。小惑星の移動経路に大きな違いをもたらすには、ほんの少しだけ速度を変えれば十分です」とコメントしています。「衝突体を体当たりさせて小惑星の軌道をそらす」技術を実証するDARTミッション、その結果に注目です。 関連: [NASAの小惑星軌道変更ミッション「DART」探査機が標的の二重小惑星を撮影](#)

Source Image Credit: NASA/Johns Hopkins APL

[NASA](#) - NASA's DART Mission Hits Asteroid in First-Ever Planetary Defense Test

文/松村武宏

<https://sorae.info/space/20220929-crew-5.html>

若田光一宇宙飛行士が乗る「クルードラゴン」打ち上げは10月6日以降に ハリケ

ーン接近の影響

2022-09-29

[sorae 編集部](#)



【▲「Crew-5」ミッションの宇宙飛行士4名 (Credit: SpaceX)】

アメリカ航空宇宙局 (NASA) は現地時間 9 月 28 日、宇宙航空研究開発機構 (JAXA) の若田光一宇宙飛行士が搭乗するスペース X の有人宇宙船「クルードラゴン」エンデュランス号による有人宇宙飛行ミッション「Crew-5」について、打ち上げを 10 月 6 日以降へ延期することを報告しました。

日本時間 9 月 29 日午前の時点で、ケネディ宇宙センターがある米国フロリダ州にはハリケーン「イアン (Ian)」が上陸しています。当初、Crew-5 の打ち上げは日本時間 2022 年 10 月 4 日 1 時 45 分に予定されていましたが、ハリケーンの接近にともなって 10 月 5 日 1 時 23 分に再設定された後、さらに 1 日延期された形です。NASA は Crew-5 ミッションの打ち上げ日時について、ハリケーンの影響に応じて再変更する可能性を示しています。

Crew-5 では若田飛行士をはじめ、NASA のニコール・マン (Nicole Mann) 宇宙飛行士とジョシュ・カサダ (Josh Kassada) 宇宙飛行士、ロシアの国営宇宙企業ロスコスモス (Roscosmos) のアンナ・キキナ (Anna Kikina) 宇宙飛行士の合計 4 名がエンデュランスに搭乗し、国際宇宙ステーション (ISS) に向かいます。

若田飛行士が ISS に滞在するのは 2013 年 11 月～2014 年 5 月の第 38 次／第 39 次長期滞在に次ぐ 2 回目で、今回は 1996 年 1 月の STS-72 ミッションから数えて 5 回目の宇宙飛行です。マン飛行士、カサダ飛行士、キキナ飛行士の 3 名は今回が初の宇宙飛行であり、Crew-5 で宇宙飛行経験があるのは若田飛行士のみとなります。JAXA によると、若田飛行士の滞在中には静電浮遊炉 (ELF) を利用した高融点材料の熱物性測定や、超小型衛星の放出などが ISS の日本実験棟「きぼう」で実施される予定です。

関連：[若田光一宇宙飛行士が搭乗の「クルードラゴン」10月4日以降打ち上げ](#)

Source Image Credit: SpaceX, NASA/JSC

[Commercial Crew Program](#) - NASA Shifts Crew-5 Launch Date Due to Hurricane Ian

[JAXA](#) - 国際宇宙ステーション長期滞在クルー 若田宇宙飛行士搭乗のクルードラゴン宇宙船 (Crew-5) の打上げの延期について 文/sorae 編集部

https://news.biglobe.ne.jp/it/0927/giz_220927_4633108139.html

宇宙の旅も快適に。ヒルトンが民間宇宙ステーション「Starlab」のオフィシャルパートナーに

トナーに

9月27日(火) 22時0分 [GIZMODO](#)



Image: Voyager Space

Starlab は国際宇宙ステーションが退役する前に稼働予定の、民間の宇宙ステーション。

民間宇宙ステーション Starlab を開発する Voyager Space 社が、アメリカのホテル&ホスピタリティ企業の最大手ヒルトンとの提携を発表しました。

宇宙ホスピタリティ・ツーリズム業界では 1 席あたり 12 万 5000 ドル (約 1800 万円) で成層圏を旅する気球ツアーなどの興味深いアプローチがありますが、地球上でもっとも規模の大きいホスピタリティ企業も宇宙産業の

競争に参入するようです。Voyager Space 社との協働が正式に発表されたヒルトンは、Voyager 社の商用宇宙ステーションで宇宙飛行士 4 名を収容できる Starlab の共用スペースや宇宙飛行士用の寝室などのデザインと開発を手掛けます。ヒルトンの取締役社長兼 CEO クリストファー・J・ナセッタ氏は、「何十年もの間、宇宙での発見は地上の生活に良い影響を及ぼしており、今回ヒルトンはこの唯一無二の環境を活用して、旅をする場所がどこだろうとゲストの体験を向上させる機会を得ます。この画期的なコラボレーションは、地上だろうと宇宙空間だろうとホスピタリティの明るさと温かさを広め、心地よく安定した滞在を提供することへの私たちの深い献身を強調するものです」とプレスリリースにコメントを寄せています。

ISS 後継争いが加速国際宇宙ステーション (ISS) の終わりが近づくなかで、NASA はその穴を埋めるべく民営宇宙ステーションへの移行に関心を抱いており、Starlab はその候補に選ばれています。Voyager Space、Nanoracks、Lockheed Martin が Starlab 実現のためのパートナーシップを築いていて、他の開発中の宇宙ステーションには Blue Origins 社の Orbital Reef、Axiom Space 社の Axiom Station、そして Northrop Grumman 社の現時点で無名のプロジェクトも存在します。暗号通貨業界の億万長者 Jed McCaleb 氏が出資した南カリフォルニアのスタートアップ Vast Space 社までも、地球低軌道に人工重力の宇宙ステーションを建設したいと考えています。どれも期待できるプロジェクトですが、宇宙ステーションを打ち上げて稼働するのは容易いタスクではなく計画されていたより長くなる可能性もあるため、2030 年の ISS 引退が近づくとともに NASA は低軌道上でのプレゼンスを懸念しています。NASA の監察総監室による 2021 年の報告書には、深宇宙旅行が人体の健康に及ぼす影響についての研究 (ISS の微重力環境下で行なわれる) は、2030 年までには終えられないだろうと書かれていました。民間企業の宇宙ステーションが ISS の後継を目指していることに加え、ロシアと中国は国営の宇宙ステーションに興味を示しています。中国の天宮号宇宙ステーションは現在建設の真っただ中にあり、「天和」と「問天」2 つのモジュールがそれぞれ 2022 年 4 月と 7 月に打ち上げに成功。ロスコスモスも国営の宇宙ステーションへの関心を表明していて、ロシアが ISS を去る 2024 年より前に建造を始めるかもしれません。

Source: Voyager Space, NASA, SpaceNews,

https://news.biglobe.ne.jp/economy/0927/zks_220927_1447208388.html

HIS、気球型宇宙船による宇宙旅行販売へ 米社と契約 日・加で年内発売

9月27日(火) 8時2分 [財經新聞](#)



スペースシップ・ネプチューンのイメージ (画像: HIS の発表資料より、スペース・パースペクティブ提供画像) [写真を拡大](#)

HIS は 26 日、日本とカナダにおける気球型宇宙船「Spaceship Neptune (スペースシップ・[ネプチューン](#))」による宇宙旅行の販売権契約を締結したと発表した。旅行の企画運営は、米フロリダ州の宇宙ベンチャー企業である Space Perspective (スペース・パースペクティブ) が手がけており、HIS は今回の契約締結に伴い、同社と提携。2022 年内から、スペースシップ・ネプチューンによる宇宙旅行の販売開始を予定している。

【こちらも】[HIS、コロナ来店減を接客 DX で乗り切れるか](#)

スペースシップ・ネプチューンは、環境負荷の少ない水素を推進剤に用いたスペースバルーンで、高度約 30 キロメートルまで上昇する。高度 30 キロメートルの上空は、宇宙の入り口と称される成層圏内で、無重力にはならない。そのため搭乗者は事前トレーニングが不要で、年齢・体重などによる制限もなく、老若男女が広く参加可能という。

旅行時間は約 6 時間。時速 12 マイルで約 2 時間かけて上昇し、高度約 30 キロメートルの高さで約 2 時間飛行、約 2 時間で緩やかに降下し海に着水する。着水ポイントでは船が待機しており、それに乗り換えて陸まで向かい、旅行行程終了となる。

スペースシップ・ネプチューンの気球は、体積が最大約 50 万立方メートルとなり、サッカースタジアムが入るほどの大きさ。宇宙船内は無重力状態にならず、機体には熱制御システムが搭載されているため、快適な空間が保たれ、乗客は宇宙船内を自由に動くことができる。

船体には 360 度見渡せる窓があり、パノラマビューが楽しめる。船内にはリクライニングシートを設置、バーも併設し食事やドリンクのサービスを提供する。トイレもちろん完備している。WiFi による通信機能もあり、ライブストリーミングなどで活用できるという。旅行者の定員は最大 8 名。費用は 1 人あたり 12 万 5,000 ドルを予定している。

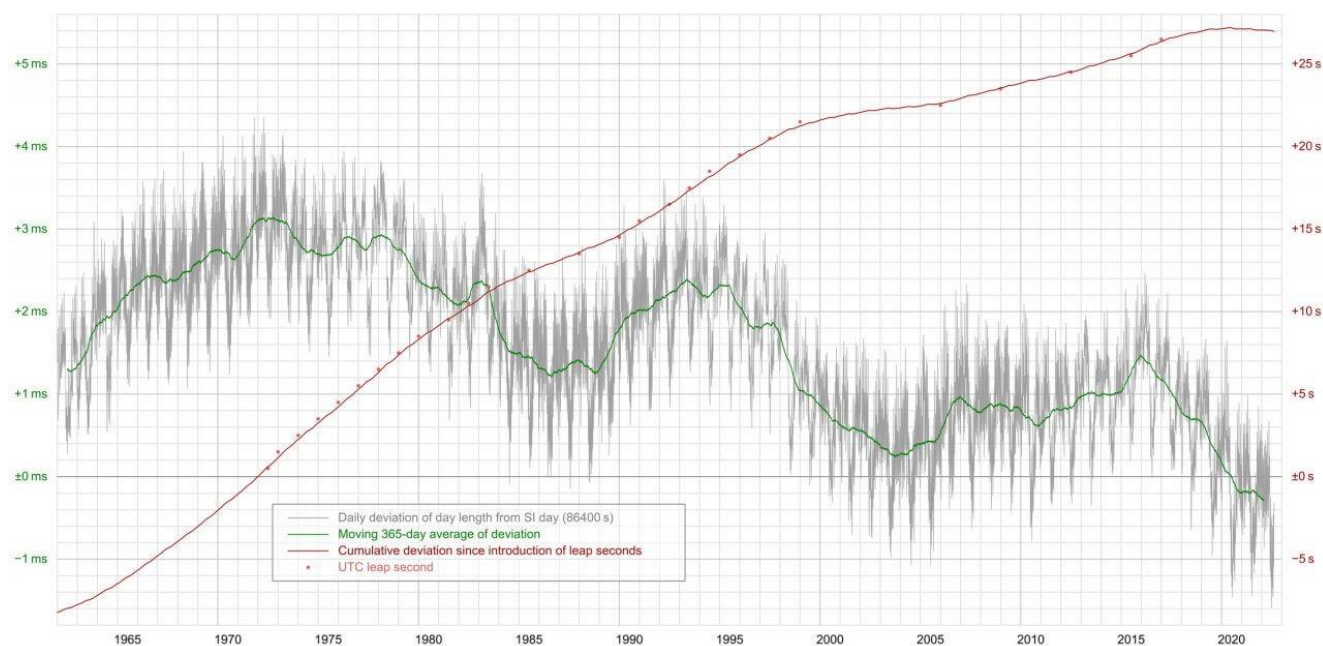
スペース・パースペクティブは、商業飛行の開始を 2024 年後半に予定。宇宙船の飛行テストは、スペースバルーンの専門家に加え、シーメンスや AWS の協力も得て進められている。22 年 7 月時点で既に約 900 枚のチケット購入があり、25 年以降の予約を開始している状況という。

HIS は 16 年 10 月に、宇宙機開発などを手がけている PD エアロスペース、ANA ホールディングスと資本業務提携を締結。エンジンを用いた宇宙機開発や、宇宙輸送事業に対し出資を行っている。その後は、宇宙関連オンラインツアーの開催などに留まり、大きな動きはなかった。スペースシップ・ネプチューンの宇宙旅行の販売権契約締結は、HIS の宇宙旅行事業拡大のきっかけになると期待される。

<https://sorae.info/astrometry/20220928-the-variable-earth-rotation.html>

東ローマ帝国の日食観測記録から 4~7 世紀の自転速度の変化を推測

2022-09-28 [彩恵りり](#)



【▲ 図 1: 1962 年から 2022 年までの地球の 1 日の長さ、つまり自転速度の変化が緑色の曲線で表されている。(Image Credit: Il VII XII / Wikimedia Commons (Public Domain))】

地球の“現在”の自転周期は約 24 時間ですが、自転周期を決める自転速度は時代を経るごとに少しずつ遅くなっていることが分かっています。しかもその速度低下は一定ではなく、短期的には加速することすらあります。自転速度を低下させている主な原因は潮汐力ですが、その他にもマントルや外核の対流、内核の回転速度の変化、巨大地震や氷河の移動による質量分布の変化など様々な要因が絡んでおり、影響の度合いが変化するために、速

度低下も一定にはならないのです。



【▲ 図 2: 2017 年 8 月 21 日にアメリカ合衆国で観測された皆既日食。皆既日食は古今東西様々な人々が記録してきたと同時に、その観測範囲がとても絞られる天文現象である。(Image Credit: NASA/Aubrey Gemignani)】自転速度が変化する原因やその影響度を分析したい時には、過去の自転速度の変化を詳しく知ること、その手がかりを得られる可能性があります。その際に利用されるデータが皆既日食の観測記録です。

皆既日食は地球からみて太陽と月がぴったり重なることで起こる現象です。太陽が欠けて空が暗くなり、影の周囲に太陽コロナが見える現象は、古今東西人々の関心を集め、記録が残されやすいという特徴があります。また、暦の正確性は文明を維持するための基本かつ重要な要素のひとつであるため、古代から正確な測定が行われてきたという特徴があります。そしてなにより、皆既日食を観測できる地域(皆既帯)は幅百数十 km の帯状と限られており、その正確な位置は地球の自転の影響を受けます。過去に起きた皆既日食の日時は正確に求めることが可能であるため、当時の皆既日食の記録と照らし合わせて計算上の日時とのズレを算出すれば、過去の自転周期の変化率を知ることができます。しかし、皆既日食のデータに基づく自転速度の変化率は、過去の観測記録の正確性に掛かっています。皆既日食の観測記録は、古い時代になればなるほど記録の数自体が少なくなり、観測場所にも偏りが生じます。それに、観測精度や情報量の低下、更には記録そのものの信頼性も検討しなければなりません。例えば、地球の自転速度の変化を推定する研究では、最も古いものでは紀元前 700 年頃の記録も使用されることがあります。これに対し、国際的な時刻の基準についての現代の定義では、天体記録を採用する期間は紀元後(西暦) 1623~1955 年の間と定められています(※)。

※...1623 年以降となっているのは、記録の正確さに加えて、月食や星食といった日食以外の現象も記録が残っているからです。また、1955 年までとなっているのは、これ以降は原子時計と電波干渉計による正確な自転速度の変化が観測できるようになったためです。

そんな古代の天文記録でも、特に不確実性が高いのは 4~7 世紀の期間です。この時代は、地中海にまたがって存在していたローマ帝国の東西分割統治が決定的となり、そのうちの東側の領域が安定して栄えていた時代に当たります。現在ではその国家を東ローマ帝国(ビザンツ帝国)と呼称します(※)。

※...プレスリリースでは「ビザンツ帝国」として書かれておりますが、一般にビザンツ帝国は東ローマ帝国の 7 世紀以降の時代を差して使用されることや、広辞苑第 7 版では「ビサンチン帝国」が「東ローマ帝国」の別称扱いになっていることに基づき、この記事では東ローマ帝国の名称を使用しました。

様々な国を取り込んで拡大し、都市国家の性格を強く持つ東ローマ帝国の記録を辿ることは一般に困難です。東ローマ帝国の公用語はギリシャ語であり、他にシリア語やラテン語の記述も存在します。しかしながら、多くの記録は引用や翻訳が何度も重ねられており、信頼性の評価が困難です。加えて、占星術や吉凶に関連して皆既日食が書かれている場合、比喩表現の中に記録が織り交ぜられていると、それが起きた正確な日時や、そもそも実際に起きた現象なのかという点で疑問が生じます。

例えば 601 年に記された皆既日食の記録は、恐らくコプト語で記述されたと思われる原典が現存しておらず、現在ではアラビア語で書かれた文献のゲエズ語訳版しか残っていません。また、皆既日食を思わせる記述も単に“太陽が暗くなった”としか書かれておらず、正確な意味が不明なものもあります。

名古屋大学高等研究院の早川尚志氏らの研究チームは、4~7 世紀に東ローマ帝国で書かれた文献資料を調査し、信頼性の高い 5 つの皆既日食の記録を割り出しました。該当する日食が起きた日付や観測地点などを、以下の図

4に示しました。なお、393年11月20日と512年6月29日の皆既日食についても、発生した事実と対応する文献資料が見つかるものの、情報不足や関連研究の乏しさから、今回は採用されませんでした。

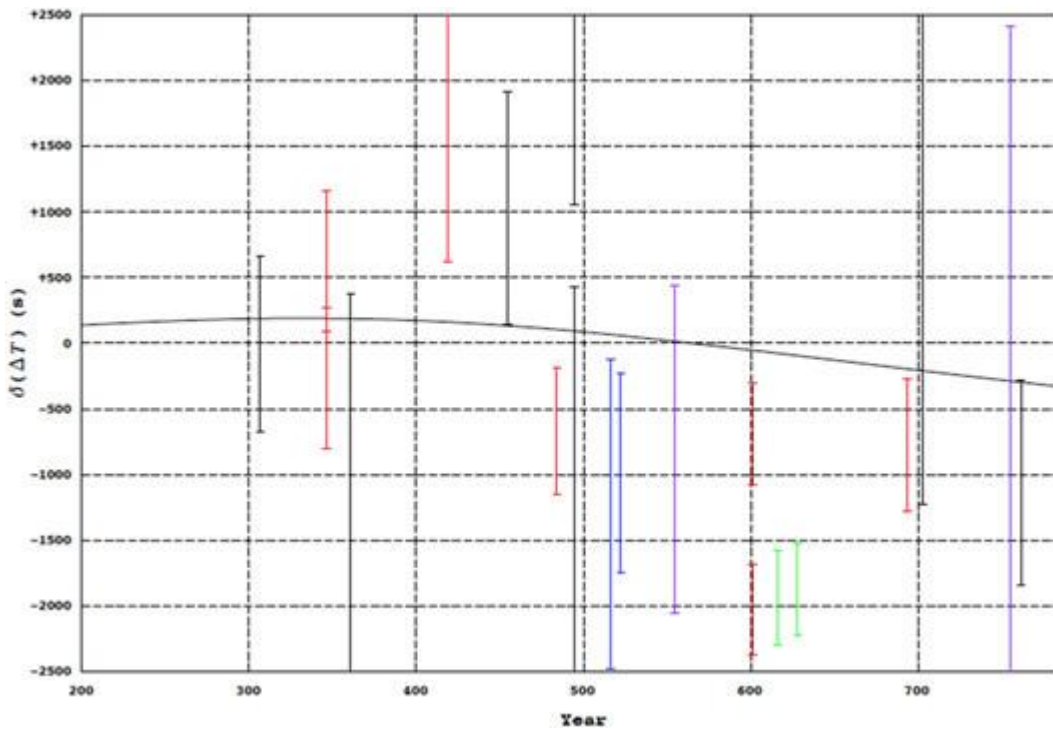


【▲ 図3: 601年3月10日に観測された皆既日食に言及した文献。原典は650年頃にコプト語で書かれたと推定されているものの、現在は17世紀頃に書かれたアラビア語の文献をコプト語に翻訳したもののしか残っていない。(Image Credit: Hayakawa, et.al. / British Library)】

年月日	観測地点	現在の地名	ΔT (秒)	原典の情報			
				著者	書かれた年代	言語	原典が存在しない場合の参照した文献
346年06月06日	アンティオキア	アンタキヤ (トルコ)	6050~7122	証聖者テオファネス	9世紀初頭	ギリシャ語	
418年07月09日	コンスタンティノープル	イスタンブール (トルコ)	6825~8997	フィロストルギオス	430年頃	ギリシャ語	著者自身の要約 & 9世紀頃のコンスタンティノープル総主教文獻
484年01月14日	アテネ	アテネ (ギリシャ)	4479~5455	ネアポリスのマリヌス	485年から1年以内	ギリシャ語	
601年03月10日	アンティオキア	アンタキヤ (トルコ)	2319~3005	ニキウのヨハネ	650年頃	コプト語	17世紀頃のアラビア語文獻のゲエズ語訳版
	ニキウ	ザフト・ラジン (エジプト)	3612~4386				
693年10月05日	テレダ	テル・アダ (シリア)	2726~3740	証聖者テオファネス	9世紀初頭	ギリシャ語	

【▲ 図 4: 今回の研究で調べられた、東ローマ帝国で 4~7 世紀に観測された 5 つの皆既日食。 (Image Credit: 彩恵りり)】

今回の対象となった 5 つの皆既日食のうち、2 つは観測地点を絞り込むことができませんでした。また、シミュレーションで再現されたのは皆既日食ではなく食分の大きな部分日食であり、空が完全には暗くならなかったはずの日食でも「星が見えた」と記述されていることがあり、シミュレーションの結果と合わないものもありました。このように、一部の観測記録については不確かさが大きなものが存在しましたが、それでもなお同様の先行研究より不確かさが小さなものもあり、全体としては地球の自転速度の変化幅を推測することが可能となりました。



【▲ 図 5: 今回の研究で対象となった、皆既日食の観測記録による 5 つの自転速度の変化率 (赤色のエラーバー) と、そこから割り出された 4~7 世紀の自転速度の変化率 (黒色の曲線)。 (Image Credit: Hayakawa, et.al.)】

研究チームは割り出した地球の自転速度の変化幅を当てはめることで、4~7 世紀における地球の自転速度の変化率を割り出しました。すると、4 世紀から 5 世紀初めにかけては自転速度の低下が穏やかになり、5 世紀中頃から 7 世紀にかけては低下が急激になっていた可能性が導き出されました。

導き出された自転速度の変化率は、他の記録の信頼性を確認するために用いることもできます。今回の対象となった 5 つの皆既日食のひとつである 601 年の皆既日食は、歴史的研究からアンティオキアで観測されたと推定されていますが、ニキウで観測された可能性もわずかながらあります。しかしながら他の史料と照らし合わせれば、これはアンティオキアで観測された可能性が最も高くなります。一方、720 年に日本で成立した『日本書紀』には 628 年 4 月 10 日に飛鳥で観測された皆既日食 (推古天皇の日食) が、656 年に唐 (中国) で成立した『隋書』には 616 年 5 月 21 日に洛陽で観測された金環日食 (皆既日食とする説もあり) が記録されていると長年言われておりましたが、これらは従来疑問視されてきました。しかし、601 年の皆既日食がニキウではなくアンティオキアで観測されたと仮定すると、これらの日食の記録にも符合することがわかりました。

今回の研究では、これまで迫ることのできなかつた古代の日食の記録を元に、過去の地球の自転速度の変化を推

定することができただけでなく、他の地域での記録とも符合する結果が得られました。さらに多くの歴史的な記録を分析し、より正確な自転速度の変化を推定することができれば、地球の内部構造の推定、未来の自転速度の変化の予測、他の史料の内容の分析など、幅広い応用が期待できます。

Source

[Hisashi Hayakawa, Koji Murata & Mitsuru Sôma](#). "The Variable Earth's Rotation in the 4th–7th Centuries: New ΔT Constraints from Byzantine Eclipse Records". (Publications of the Astronomical Society of the Pacific)

[“ビザンツ帝国の日食記録が明かす過去の地球の自転速度変化”](#). (名古屋大学)

[F. R. Stephenson, L. V. Morrison & F. T. Smith](#). "Long-term fluctuations in the Earth's rotation: 700 BC to AD 1990". (Philosophical Transactions of the Royal Society A)

[相馬充 & 谷川清隆](#). "ほぼ同時日食による古代の地球自転変動". (国立天文台) [“推古天皇の日食”](#). 日食ナビ.

[Gary Daines](#). "2017 Total Solar Eclipse". (NASA)

[II VII XII](#). "File:Deviation of day length from SI day.svg". (WikiMedia Commons)

文／彩恵りり

<https://sorae.info/astronomy/20220925-nasa-insight.html>

NASA 火星探査機「インサイト」が隕石衝突時の地震波と音波を検出、宇宙からク

レーターの場所も特定

2022-09-25 [松村武宏](#)



【▲ NASA の火星探査機「MRO」によって撮影された3つのクレーター。形成されたのは2021年9月5日のことで、隕石衝突時の地震波と音波を火星探査機「インサイト」が検出した (Credit: NASA/JPL-Caltech/University of Arizon)】

こちらは、火星のエリシウム平原について最近形成された新しい衝突クレーターを捉えた画像です。まるで月面のような色合いですが、画像の色は舞い上がった土や塵といった衝突の影響を強調するために、人の目で見たものとは異なる色で着色されています。

この画像は、アメリカ航空宇宙局 (NASA) の火星探査機「マーズ・リコネサンス・オービター」(MRO: Mars Reconnaissance Orbiter) に搭載されている高解像度撮像装置「HiRISE」を使って取得された画像をもとに作成されました。NASAによると、衝突が起きたのは2021年9月5日のこと。火星の大気圏に突入した天体は少なくとも3つに分裂して地表に到達し、画像のように直線状に並んだ3つのクレーターを形成したとみられています。実はこのクレーター、NASA の火星探査機「インサイト (InSight)」の着陸地点から比較的近い場所に形成されました。2018年11月27日にエリシウム平原へ着陸したインサイトは、火星の内部構造解明を目的に開発された探査機です。着陸翌月の2018年12月に設置された火星地震計「SEIS (Seismic Experiment for Interior Structure)」は、これまでに1300件以上の火星の地震 (火震) を検出。SEIS が検出した地震波の解析によって、火星のコア (核) が液体であることをはじめ、コアのサイズ、地殻の厚さなどが判明しています。

国立宇宙航空学校 (ISAE-SUPAERO、フランス) の Raphael Garcia さんを筆頭とする研究チームは、インサイトによって検出された4回の隕石衝突時の地震波や音波をもとにその概略位置を推定し、MROによって撮影さ

れた画像を使って衝突地点を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。研究チームの論文は2022年9月19日付で「ネイチャージオサイエンス」に掲載されています。

NASAによると、SEISは火星表面へ隕石が衝突した時に生じたマグニチュード2.0以下という小さな規模の地震波を、これまでに少なくとも4回検出しています(※)。2021年9月5日の衝突もそのうちの1つなのですが、この時は地震波だけでなく音波も検出されていました。

※...2020年5月27日、2021年2月18日、2021年8月31日、2021年9月5日。

【▲2021年9月5日にインサイトの火星地震計SEISが検出した隕石落下時の振動データを用いたオーディオクリップ】(Credit: NASA/JPL-Caltech)

NASAのジェット推進研究所(JPL)が公開しているこちらの解説動画(英語)では、SEISの振動データを再生したオーディオクリップが用いられています。矢印で示された3か所で聞こえる音は、それぞれ「隕石が火星の大気圏に突入した時」「空中で分裂した時」「地表に衝突した時」の音とされています。

研究者は惑星などの表面が形成された年代を知るために、クレーターの数を利用することがあります。古い時代に形成された場所ほど長い時間が経っているのでクレーターの数は多く、新しい時代に形成された場所ほどクレーターは少ないという相関関係があります。この関係を利用することで、表面が形成された時期を推定するので、クレーターの数密度から年代を推定する手法は「クレーター年代学」と呼ばれています。

クレーターの数をもとに年代を推定するには、現在どれくらいの頻度で隕石が衝突しているのかを把握し、統計モデルを調整する必要があります。「さまざまな表面の年齢を推定するために、現在の衝突頻度を知る必要があります」(Garciaさん)。ところが、インサイトが検出できた2年で4回という数は予想よりも少なかったようで、研究者はこれ以上の衝突が検出されなかった理由に悩まされているといいます。



【▲インサイトが隕石衝突時の地震波を検出し、MROのHiRISEによって撮影された3つのクレーター。形成された日は左から順に2021年2月18日、2020年5月27日、2021年8月31日(Credit: NASA/JPL-Caltech/University of Arizona)】

NASAによるとインサイトのチームは、他の衝突時の振動が風や季節性の大気変化がもたらすノイズに埋もれてしまっているのではないかと考えています。衝突時の特徴的な振動が明らかになった今、インサイトによって記録された約4年分のデータから、さらに多くの衝突が見つかることに期待が寄せられています。

関連: [NASA火星探査機「インサイト」の着陸地点、深さ300mまで水の氷が存在しない可能性](#)

Source Image Credit: NASA/JPL-Caltech/University of Arizona

[NASA/JPL](#) - NASA's InSight 'Hears' Its First Meteoroid Impacts on Mars

[Garcia et al.](#) - Newly formed craters on Mars located using seismic and acoustic wave data from InSight

文/松村武宏

https://news.biglobe.ne.jp/domestic/0925/dol_220925_4151113659.html

“宇宙空間”でも“核廃棄物”のなかでさえ生き延びる...「地球上でもっとも洗練され

た生命体」とは?

9月25日(日)6時0分 [ダイヤモンドオンライン](#)



Photo: Adobe Stock [写真を拡大](#)

地球誕生から何十億年もの間、この星はあまりにも過酷だった。激しく波立つ海、火山の噴火、大気の絶えまない変化。生命はあらゆる困難に直面しながら絶滅と進化を繰り返した。ホモ・サピエンスの拡散に至るまで生命はしぶとく生き続けてきた。「地球の誕生」から「サピエンスの絶滅、生命の絶滅」まで全歴史を一冊に凝縮した『超圧縮 地球生物全史』は、その奇跡の物語を描き出す。生命 38 億年の歴史を超圧縮したサイエンス書として、ジャレド・ダイヤモンド（『銃・病原菌・鉄』著者）から「著者は万華鏡のように変化する生命のあり方をエキサイティングに描きだす。全人類が楽しめる本だ！」など、世界の第一人者から推薦されている。本書の発刊を記念して、内容の一部を特別に公開する。

洗練された生命体

地球の物語では、はじめの二〇億年のあいだ、もっとも洗練された生命体は、細菌（バクテリア）の細胞だった。バクテリアの細胞は、単体だろうと、シート状につながって海底を覆っていようと、シアノバクテリアの天使の毛のような長い繊維状だろうと、とにかく単純そのもの。一つひとつは小さく、ウッドストックでお祭り騒ぎする人たちと同じくらいの数のバクテリアが、ピンの頭に余裕で収まるほどだ。

驚きの適応力

顕微鏡で見ると、バクテリアの細胞は単純で特徴がない。でも、この単純さにごまかされてはいけない。その習性や生息場所の点から見ると、バクテリアは非常に適応力に優れている。

どこにでも住む

ほとんど、どこにだって住むことができるのだ。人間の体のなか（や体の上）にいるバクテリア細胞の数は、その人間の細胞の数よりもはるかに多い。重い病気を引き起こすバクテリアもあるけれど、私たちは自分の腸内に住み、腸内環境を整えてくれるバクテリアの助けなしには生きていられない。

核廃棄物のなかにも...

また、人間の体内は酸度や温度の変化が大きいにもかかわらず、バクテリアからすれば穏やかな場所だ。沸騰したヤカンの温度を、うららかな春の陽気のように感じるバクテリアもいる。原油や、人間に癌を引き起こす溶剤、さらには核廃棄物のなかでさえ繁殖するバクテリアもいる。

宇宙空間でも...

真空の宇宙空間や、過酷なまでに極端な温度や圧力でも生き残り、塩の粒のなかに閉じ込められて何百万年も生き延びるバクテリアもいる。

バクテリアの細胞は小さいものの、群生することが知られている。異なる種類のバクテリアが集まって化学物質を交換するのだ。ある種のバクテリアの排泄物が、別の種のバクテリアの餌となることもある。

前にも触れたように、地球にはじめてあらわれた、目に見える生命のしるしであるストロマトライトは、さまざまな種類のバクテリアのコロニーだった。

遺伝子の一部を互いに交換

バクテリアは、自分の遺伝子の一部を互いに交換することさえできる。

今日、バクテリアが抗生物質への耐性を進化させるのは、この簡単な物々交換のおかげだ。

あるバクテリアが特定の抗生物質への耐性遺伝子を持っていなくても、同じ環境にいるほかの連中の遺伝子から自由に手に入れることができる。

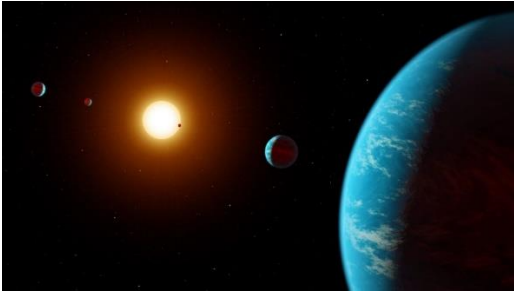
こうした、異なる種とコミュニティを形成するバクテリアの特性が、次の大きな進化上の革新へとつながった。バクテリアは集団生活を次の段階へおしすすめた。それは核を持つ細胞だった。

(本原稿は、ヘンリー・ジー著『超圧縮 地球生物全史』〈竹内薫訳〉からの抜粋です)

<https://sorae.info/astrometry/20220929-hd-23472.html>

水星に類似した系外惑星が2つ存在する惑星系を初めて発見 127光年先

2022-09-29 [松村武宏](#)



【▲5つの系外惑星がある惑星系の想像図 (Credit: NASA/JPL-Caltech)】

ポルトガル天体物理・宇宙科学研究所 (IA) の Susana Barros さんを筆頭とする研究チームは、合計5つの太陽系外惑星がある惑星系を確認したとする研究成果を発表しました。5つの惑星のうち2つは水星との類似性が指摘されており、高密度な岩石惑星が形成される理由の解明につながることを期待されています。

■5つの系外惑星を確認、そのうち3つは地球よりも軽い惑星

今回報告されたのは、南天の「レチクル座」の方向約127光年先にある恒星「HD 23472」を公転する5つの系外惑星「HD 23472 d」「HD 23472 e」「HD 23472 f」「HD 23472 b」「HD 23472 c」です (恒星からの距離順※)。本稿では以下「惑星 d」のように表記します。

外側の惑星 b と惑星 c の2つは2019年に発見が報告されていたもので、内側の惑星 d・惑星 e・惑星 f の3つは今回の研究チームが発見を報告しました。外側の3つは半径が地球よりも大きな岩石惑星、いわゆる「スーパーアース (Super Earth)」とされています。各惑星の公転周期・半径・質量は、以下のように発表されています。

●HD 23472 d

・公転周期...3.98日 ・半径...地球の約0.75倍 ・質量...地球の約0.55倍

●HD 23472 e

・公転周期...7.90日 ・半径...地球の約0.82倍 ・質量...地球の約0.72倍

●HD 23472 f

・公転周期...12.16日 ・半径...地球の約1.14倍 ・質量...地球の約0.77倍

●HD 23472 b

・公転周期...17.67日 ・半径...地球の約2.00倍 ・質量...地球の約8.32倍

●HD 23472 c

・公転周期...29.80日 ・半径...地球の約1.87倍 ・質量...地球の約3.41倍

親星である「HD 23472」は、太陽よりも少し小さなK型星です (半径は太陽の約0.71倍、質量は太陽の約0.67倍、表面温度は摂氏約4400度)。5つの惑星表面の平衡温度は摂氏約200~630度と推定されており、いずれも地球型の生命には厳しい高温とみられています。

※...系外惑星の名前は、恒星の名前に小文字のアルファベットを「b」から順に付与したものになっています。アルファベットは惑星が発見された順番や恒星からの距離に応じて付与されていきますが、同じ惑星系で後に新たな惑星が見つかってすでに命名済みの名前は変更されません。必ずしも「アルファベットの順番=恒星からの

距離順」とはならず、今回のように「惑星 c よりも惑星 d のほうが恒星に近い」こともあります。

■水星形成の謎に迫る手がかりが得られるかも？



【▲ NASA の水星探査機「メッセンジャー」が撮影した水星 (Credit: NASA/Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory/Carnegie)】

今回特に注目されているのは、内側にある惑星 d と惑星 e の 2 つです。研究チームが各惑星の平均密度や内部組成を推定したところ、惑星 d と惑星 e は鉄の含有量が高くて平均密度も高く (惑星 d は $7.5\text{-}3.1\text{+}3.9\text{ g/cm}^3$ 、惑星 e は $7.5\text{-}3.0\text{+}3.9\text{ g/cm}^3$)、質量の約 45 パーセントをコア (核) が占めている可能性が示されました。

太陽系には 4 つの岩石惑星がありますが、一番内側の水星は鉄やニッケルでできた大きなコアを持つことが知られています。研究チームによると、今回発見された惑星 d や惑星 e のような系外惑星は水星との類似性から「スーパーマーキュリー (Super-Mercury)」とも呼ばれており、これまでは「K2-229 b」をはじめ 6 つしか知られていなかったといえます。スーパーマーキュリーが同じ惑星系で 2 つ見つかったのは、今回が初めてです。

研究チームによれば、水星が大きなコアを持つ理由はまだわかっておらず、コアを包むマントルの一部が巨大衝突によって失われたか、あるいは高温によって蒸発した可能性が考えられるといえます。新たに見つかった 2 つのスーパーマーキュリーは、そんな水星形成の謎を解き明かす上での手がかりを与えてくれるかもしれません。研究に参加したカナリア天体物理学研究所 (IAC) の Alejandro Suárezさんは「衝突がスーパーマーキュリーを形成する可能性はすでに大幅に低くなっています、同じ惑星系で 2 つの巨大衝突はあり得ないように思えますから」とコメントしています。

また、研究に参加した IAC の Jonay Gonzálezさんは、今回発見された系外惑星がどのように形成されたのかを理解する上で、その組成を詳しく知ることが欠かせないと指摘。ヨーロッパ南天天文台 (ESO) が建設を進めている「欧州超大型望遠鏡 (ELT)」を用いた、惑星の表面や大気の組成を調べるための将来の観測に期待を寄せています。 関連：[355 光年先の太陽系外惑星を直接撮像 ジェイムズ・ウェッブ宇宙望遠鏡](#)

Source

Image Credit: NASA/JPL-Caltech; NASA/Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory/Carnegie

[IA](#) - Two rare super-mercuries discovered around the same star

[IAC](#) - Astronomers discover a planetary system with three super-Earths and two super-Mercuries 文／松村武宏

<https://sorae.info/astronomy/20220926-ngc5495.html>

ハッブル宇宙望遠鏡が撮影、“うみへび座”の雄大な渦巻銀河「NGC 5495」

2022-09-26 [松村武宏](#)



【▲ 渦巻銀河「NGC 5495」 (Credit: ESA/Hubble & NASA, J. Greene; Acknowledgement: R. Colombari)】

こちらは「うみへび座」にある約3億光年先の渦巻銀河「NGC 5495」です。NGC 5495は地球に対して正面を向けた位置関係にある、いわゆるフェイスオン銀河のひとつ。星々が集まった中心部分の赤みを帯びた銀河バルジと、その周りを取り囲む青く彩られた渦巻腕（渦状腕）のコントラストが美しさを感じさせます。

この明るい中心部分は狭い領域から強い電磁波が放射されている活動銀河核（AGN）であり、NGC 5495は活動銀河核を持つ活動銀河の一種（セイファート2型）に分類されています。活動銀河核の原動力は超大質量ブラックホールだと考えられていて、NGC 5495の中心には太陽の約1000万倍の質量を持つブラックホールが存在すると推定されています。

この画像は「ハッブル」宇宙望遠鏡の「広視野カメラ3（WFC3）」を使って取得された画像（可視光線と赤外線フィルターの合計5種類を使用）をもとに作成されました。欧州宇宙機関（ESA）によると、ハッブル宇宙望遠鏡によるNGC 5495の観測は、銀河の中心に潜む超大質量ブラックホールに関する研究の一環として実施されました。銀河中心核から発せられた光にはブラックホールの活動によるものだけでなく、星々や星形成領域などからの光も含まれています。NGC 5495の中心から届く光を調べてその光源を“解きほぐし”、超大質量ブラックホールの質量を推定する上で、ハッブル宇宙望遠鏡の観測データが助けになったといいます。

また、画像では天の川銀河にある2つの恒星も明るく輝いています。1つはNGC 5495の右側にある星、もう1つはNGC 5495の中心近く（左上）に重なって見えている星です。2つの星から伸びた針のような光は回折スパイク（diffraction spike）と呼ばれるもので、ハッブル宇宙望遠鏡の内部構造によって生じています。冒頭の画像はハッブル宇宙望遠鏡の今週の一枚として、ESAから2022年9月26日付で公開されています。

関連：[偶然重なり合っている2つの銀河 ハッブル宇宙望遠鏡が撮影](#)

Source Image Credit: ESA/Hubble & NASA, J. Greene; Acknowledgement: R. Colombari

[ESA/Hubble](#) - Hubble Spies a Stately Spiral Galaxy

文／松村武宏

<https://sorae.info/astromy/20220927-m66.html>

しし座の三つ子銀河「M66」をクローズアップ。ハッブル宇宙望遠鏡の画像を振り返る

2022-09-27 [sorae 編集部](#)



【▲ 棒渦巻銀河「M66」（NASA, ESA and the Hubble Heritage (STScI/AURA)-ESA/Hubble Collaboration; Acknowledgment: Davide De Martin and Robert Gendler)】

【▲ 「パープルヘイズ（Purple haze）」として紹介されたM66（Credit: ESO / PHANGS)】

こちらの銀河は、しし座の方向にある棒渦巻銀河「M66」です。近くにある「M65」や「NGC 3628」と合わせて「しし座の三つ子銀河」とも呼ばれています。

M66とM65は、1780年に天文学者「シャルル・メシエ」によって発見され、1784年に天文学者「ウィリアム・ハーシェル」がNGC 3628を発見しました。3つの銀河は、互いに重力を及ぼし合う「相互作用銀河」です。M66は、非対称の渦巻腕（渦状腕）や銀河の中央から少しずれている銀河核が特徴で、重力による相互作用の影響によって歪んだ形をしています。この画像は「ハッブル」宇宙望遠鏡に搭載されている「掃天観測用高性能カメラ（ACS）」を使って取得されたもので、可視光線と赤外線データをもとに、銀河の詳細がわかりやすく見えるよ

うに加工されているだけでなく、実際に見える色が再現されているとのことです。(NASA 科学者)
また、同じ銀河でも他の波長データを使い別の目的で作成された銀河の画像は、全く異なる姿に見えることがあります。例を挙げると、ヨーロッパ南天天文台 (ESO) が 2022 年 5 月に「パープルヘイズ (Purple haze)」として、変わった色彩の M66 を紹介しています。 関連: ["紫色のもや"をかかえた「パープルヘイズ」銀河 \(M66\)](#)
冒頭の画像は欧州宇宙機関 (ESA) からは 2010 年 4 月 8 日に公開されており、アメリカ航空宇宙局 (NASA) のハッブル宇宙望遠鏡 Twitter 公式アカウントが 2022 年 9 月 1 日付で改めて紹介しています。



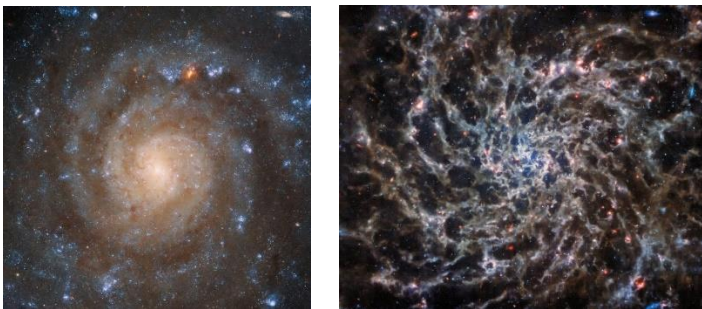
【▲「しし座の三つ子銀河」。右下は M66、右上は M65、左は NGC 3628 (Credit: Ignacio Diaz Bobillo, NASA) 】
Source

Image Credit: NASA, ESA and the Hubble Heritage (STScI/AURA)-ESA/Hubble Collaboration; Acknowledgment: Davide De Martin and Robert Gendler [NASA](#) - Messier 66 sorae 編集部

<https://sorae.info/astromy/20220929-hubble-webb-ic5332.html>

ハッブル&ウェブ宇宙望遠鏡が撮影した渦巻銀河「IC 5332」

2022-09-29 [松村武宏](#)



【▲ ハッブル宇宙望遠鏡の「広視野カメラ 3 (WFC3)」で撮影された渦巻銀河「IC 5332」 (Credit: ESA/Webb, NASA & CSA, J. Lee and the PHANGS-JWST and PHANGS-HST Teams)】

【▲ ジェイムズ・ウェブ宇宙望遠鏡の「中間赤外線装置 (MIRI)」で撮影された渦巻銀河「IC 5332」 (Credit: ESA/Webb, NASA & CSA, J. Lee and the PHANGS-JWST and PHANGS-HST Teams)】

こちらは「ちょうこくしつ座」にある約 2900 万光年先の渦巻銀河「IC 5332」です。欧州宇宙機関 (ESA) によると、IC 5332 は直径約 6 万 6000 光年で、天の川銀河の 3 分の 2 くらい。地球に対して正面を向けた位置関係にある、いわゆるフェイスオン銀河のひとつであるため、らせん状に中心から広がっていく渦巻腕 (渦状腕) の様子をよく観察することができます。星々が集まった中心部分の赤みを帯びた銀河バルジと、その周りを取り囲む青く彩られた渦巻腕のコントラストが鮮やかです。

この画像は「ハッブル」宇宙望遠鏡の「広視野カメラ 3 (WFC3)」を使って取得された画像 (波長 275~814nm、5 種類のフィルターを使用) をもとに作成されました。人の目には捉えられない紫外線や近赤外線の波長も含まれるため、画像の色は使用されたフィルターに応じて着色されています。ハッブル宇宙望遠鏡が捉える波長のうち、紫外線や可視光線は塵に吸収されやすく、塵が豊富な部分は渦巻腕を分けるような暗い領域として写ってい

ます。いっぽう、こちらは「ジェイムズ・ウェッブ」宇宙望遠鏡の「中間赤外線装置（MIRI）」を使って取得された画像（波長 7.7~21 μ m、4 種類のフィルターを使用）をもとに作成された、IC 5332 の姿です。中間赤外線は人の目には捉えられないので、ハッブル宇宙望遠鏡の場合と同様に、画像の色は使用されたフィルターに応じて着色されています。ESAによると、ウェッブ宇宙望遠鏡の MIRI は、さまざまな温度で赤外線を放出するガスや塵を捉えています。生物の骨格にも似た複雑な構造が、渦巻腕のらせん構造を反映しつつ銀河全体に広がっていることがわかります。また、どの波長の光で明るく輝くのかは星によって異なるため、ハッブル宇宙望遠鏡の画像とウェッブ宇宙望遠鏡の画像では星々の見え方も異なっています。可視光線を中心に紫外線や近赤外線を捉えるハッブル宇宙望遠鏡と、赤外線での観測に特化したウェッブ宇宙望遠鏡は、同じ天体を異なる波長で観測することで、互いに補完し合う関係にあるのです。

IC 5332 の画像はウェッブ宇宙望遠鏡の今月の一枚として、ESA から 2022 年 9 月 27 日付で公開されています。

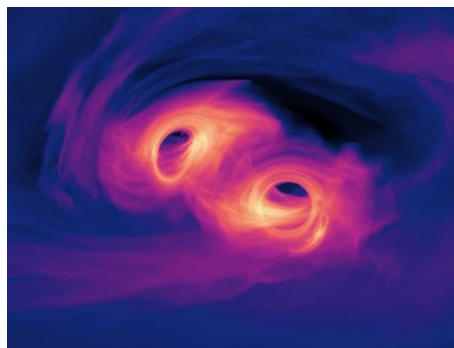
関連：[ハッブル宇宙望遠鏡&ウェッブ宇宙望遠鏡が撮影した渦巻銀河「M74」](#)

Source Image Credit: ESA/Webb, NASA & CSA, J. Lee and the PHANGS-JWST and PHANGS-HST Teams
[ESA/Webb](#) - Webb's Icy Instrument Reveals Complex Structures 文／松村武宏

<https://www.newsweekjapan.jp/stories/world/2022/09/3-347.php>

超大質量ブラックホールが 3 年以内に大規模な衝突を起こすおそれ

2022 年 9 月 30 日（金）18 時 24 分 [松岡由希子](#)



ブラックホール合体のシミュレーション NASA Goddard

<12 億光年先の銀河の中心にある太陽の約 2 億倍の質量を持つ超大質量ブラックホール連星（SMBHB）が大規模な衝突へと向かっているかもしれない、という研究が報告された……>地球からおよそ 12 億光年先の銀河「SDSS J1430+2303」の中心から放たれている光のゆらぎは、太陽の約 2 億倍の質量を持つ超大質量ブラックホール連星（SMBHB）が大規模な衝突へと向かっている兆候なのかもしれない。もしこれが事実であるとすればこの超大質量ブラックホール連星が 3 年以内に合体する可能性があるという。

活動銀河核の周期がどんどん短くなった

中国科学技術大学の研究チームは、2022 年 1 月に発表した研究論文で、「SDSS J1430+2303」の活動銀河核（AGN：ブラックホールの周りが明るく光っている天体）の周期が 3 年のうちにどんどん短くなり、1 年から 1 カ月へと大幅に短縮されているという奇妙な現象を報告した。

研究チームはさらにその原因を解明するべく、「スイフト」、「XMM-ニュートン」、「チャンドラ」、「ニュースター」の 4 つの X 線望遠鏡による 2021 年 11 月 23 日から 2022 年 6 月 4 日までの「SDSS J1430+2303」の観測データを分析し、衝突に向かう超大質量ブラックホール連星にみられる高エネルギーの特徴をつかもうと試みた。その研究成果は学術雑誌「アストロノミー・アンド・アストロフィジックス」に掲載される予定だ。

ブラックホール連星と確認できているわけではないが

「arXiv」で公開された査読前論文によると、この銀河から放射される X 線に変動がみられ、その変動は最大で 7 倍にもものぼった。また、ブラックホールに落ち込む鉄と関連する「Fe-K α 輝線」の放射が「XMM-ニュートン」

と「チャンドラ」の観測で 99.96%の信頼度で検出された。

このような放射は超大質量ブラックホール連星と関連している可能性があるものの、超大質量ブラックホール連星であることを裏付ける決定的な特徴をとらえるまでには至っていない。研究チームは 2022 年 2 月下旬から 3 月初旬にも超長基線電波干渉計で「SDSS J1430+2303」を観測しているが、決定的な成果は得られなかった。超大質量ブラックホールがどのように巨大化するのにはよくわかっていないが、そのメカニズムの一つが連星の合体と考えられており、この爆発によって得られるデータは、超大質量ブラックホールがどのように巨大するかについて多くを教えてくれる可能性がある。

[次のページ【動画】ブラックホール合体のシミュレーション](#)

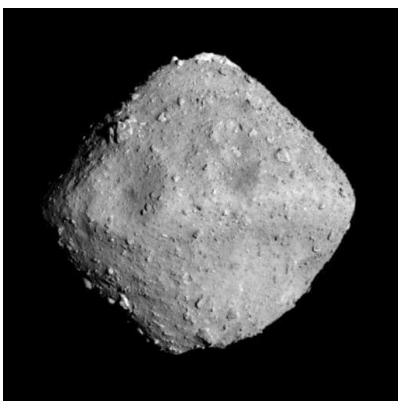


<https://sorae.info/astromy/20220930-ryugu.html>

小惑星リュウグウの起源、歴史、およびサンプルの清浄さが判明 はやぶさ 2 採取

のサンプルを分析 2022-09-30  [彩恵りり](#)

2014 年 12 月 3 日に打ち上げられた JAXA (宇宙航空研究開発機構) の小惑星探査機「はやぶさ 2」は、2020 年 12 月 5 日に小惑星「リュウグウ」のサンプルが入ったカプセルを地球に投下、翌 6 日に計画通りオーストラリア大陸のウーメラ立入制限区域に無事着陸したことは世界中で話題となりました。



【▲ 図 1: 高度約 22km から撮影されたリュウグウの全体像。(Image Credit: JAXA、東京大学など)】

さて、このような 6 年に及ぶ遠大なサンプルリターン計画が実行されたのは、リュウグウのサンプルが惑星科学の分野で重要な地位を占める可能性があったためです。リュウグウのようなタイプの小惑星は、形成から現在に

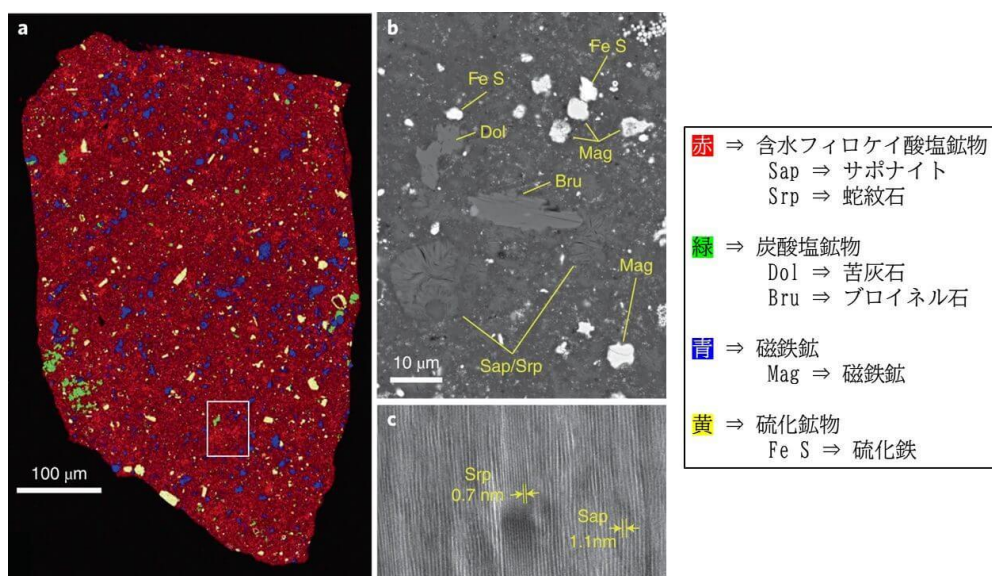
至るまで、熱などの変成変質作用をほとんど受けていないと推定されています。このためリュウグウのサンプルは、太陽系が誕生した約 46 億年前の始原的な情報を保存している可能性が高く、太陽系や地球に関する基礎的なデータを得られる可能性があります。

地球で見つかった隕石のうち、CI コンドライト (※) のような一部の炭素質コンドライトは、リュウグウのような小惑星が起源だと推定されているため、始原的な情報を保存している可能性があります。しかし、CI コンドライトは地球表面の環境では不安定であるため、落下直後に採取するしかない極めて珍しい存在です。加えて隕石は、多かれ少なかれ地球由来の物質に汚染されることを避けられません。小惑星を直接訪問したはやぶさ 2 の採集状況はこうした汚染を最小限にできるため、情報の確度が上がるのです。

※...炭素分に富む隕石のグループを炭素質コンドライトと呼びます。特に CI コンドライトは、太陽系の始原的な物質を含むとされている一方、その数は非常に少なく、全 7 万種類の隕石中わずか 9 種類しか発見されていません。

■ 鉱物組成から判明したサンプルの清浄さ

このような背景の下、リュウグウのサンプルは国内外の様々な研究機関に配布され、様々な方法で分析されています。その 1 つである JAMSTEC (国立研究開発法人海洋研究開発機構) 超先鋭研究開発部門高知コア研究所の伊藤元雄氏らを代表とする Phase-2 キュレーション高知チームは、サンプル 8 粒に含まれる物質について、様々な角度から分析、研究を行いました。



【▲ 図 2: リュウグウのサンプルの X 線 CT 結果。(Image Credit: Ito, et.al.に筆者加筆)】

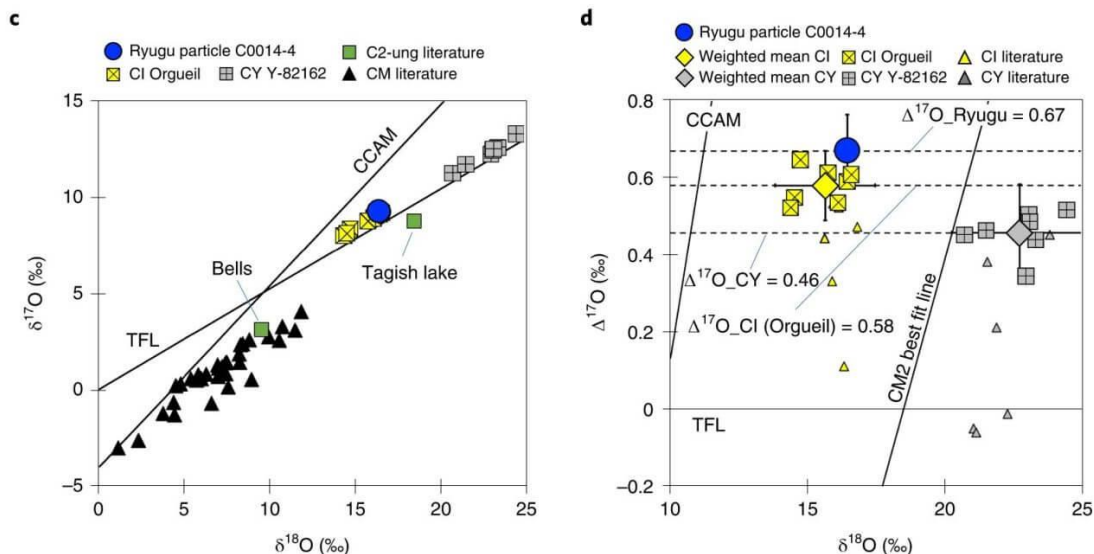
まず、同チームは大型放射光施設「SPring-8」の BL20XU を使用して高解像度な X 線 CT 撮影を行い、サンプル内部の細かい組成の違いを分析しました。すると、サンプルの 64~88vol% (体積パーセント) は蛇紋石やサポナイトの中間的組成を持つ含水フィロケイ酸塩鉱物 (※) が占めていることがわかりました。また、2~21vol% の炭酸塩鉱物、3.6~6.8vol% の磁鉄鉱、2.5~5.5vol% の硫化鉱物 (硫化鉄) も見つかりました。

※...ケイ素と酸素が結びついたケイ酸を基本とする鉱物をケイ酸塩鉱物と呼びます。ケイ酸分子が複雑な構造を取ることから、その構造でいくつものグループに分けられており、雲母を代表とするフィロケイ酸塩鉱物はその 1 つです。ケイ酸の 2 次元シートを基本とするため、水などの様々な分子が層の間に入り込む性質があります。含水フィロケイ酸塩鉱物は文字通り水を含んでいる他、フィロケイ酸塩鉱物、炭酸塩鉱物、磁鉄鉱は水の関与があると生成しやすい鉱物です。これらの鉱物が豊富に含まれているリュウグウのサンプルは、過去に水の作用によって変成作用を受けたことを強く示唆しています。

一方で、橄欖 (かんらん) 石や輝石のような無水ケイ酸塩鉱物は極めて珍しく、8 粒のうち 1 粒にのみ 0.5vol% の割合で見つかりました。無水ケイ酸塩鉱物は、水性変化の少ない CI コンドライトでも見つかり、リュウグウの母天体の履歴を示す物質かもしれません。

このような鉱物の組み合わせや元素の割合は、炭素質コンドライトの中で最も原始的とされる CI コンドライトと非常に類似しています。ところが、CI コンドライトで見つかる水酸化鉄や硫酸塩は、リュウグウのサンプルからは見つかりませんでした。このことは、CI コンドライトが地球の表面で受けた風化によってこれらの鉱物が生成されたことを示唆しており、逆にリュウグウのサンプルがいかに清浄であることを示しています。

■同位体比から推定される類似の隕石タイプ

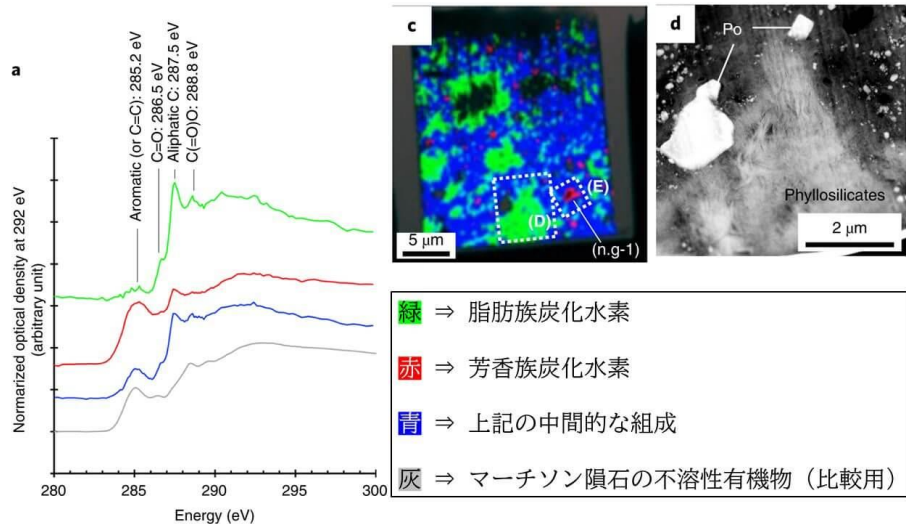


【▲ 図3: リュウグウのサンプルの酸素同位体の比率の結果。リュウグウはCIコンドライトと似ているものの、酸素 17 の割合がわずかに低い。また CY コンドライトとは明確な違いがある。(Image Credit: Ito, et.al.)】

続いて、同チームはレーザーフッ化法を用いて酸素の同位体比率 (酸素 17 および酸素 18) を調べました。比較としてCIコンドライトの「オルゲイユ隕石」、およびCYコンドライトの「ヤマト 82162 隕石」も分析したところ、リュウグウのサンプルはオルゲイユ隕石と非常に似ており、ヤマト 82162 隕石とは明確な違いがあることが判明しました。このことは、リュウグウがCIコンドライトに似ているという別の証拠を提供します。

一方で、リュウグウはその軌道や過去の観測データから、ヤマト 82162 隕石と同位体比率が類似する可能性があるにもかかわらず、全く似ていないのは不可解であり、今回の研究では判明しなかった謎となります。また、リュウグウはオルゲイユ隕石に似ているものの、軽い酸素の同位体である酸素 17 の割合はオルゲイユ隕石より高いことも判明しています。これは、オルゲイユ隕石が 1864 年に落下した非常に年代の古い隕石であるため、地球の大気に含まれる酸素で汚染された可能性を示しています。この推定は、前述の水酸化鉄や硫酸塩の謎とも一致します。

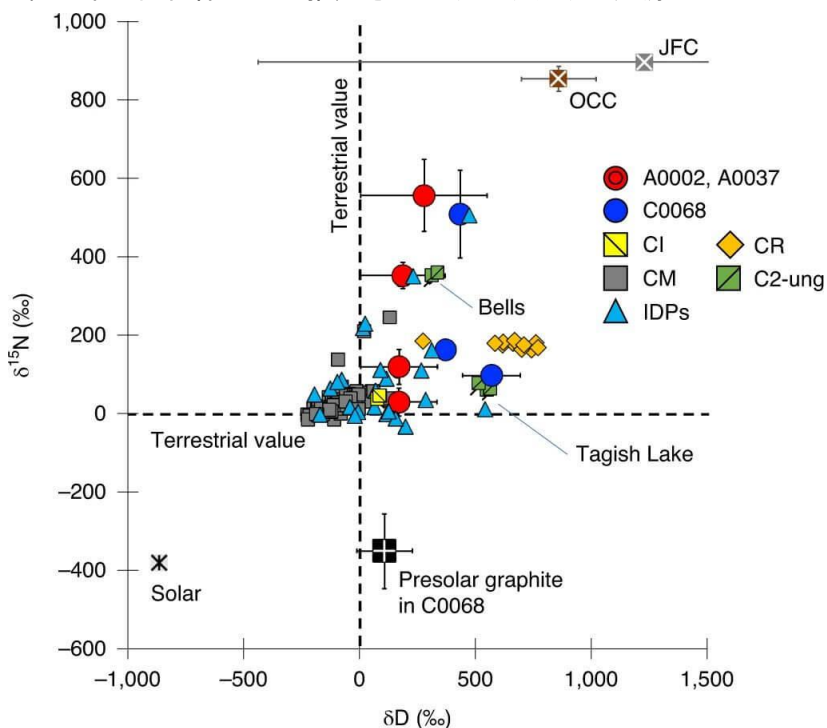
■リュウグウのサンプルから脂肪族炭化水素を発見！



【▲ 図4: リュウグウのサンプルに含まれる有機物の分析結果。脂肪族炭化水素 (緑) が含まれており、その場

所はフィロケイ酸塩鉱物の存在場所と一致している。(Image Credit: Ito, et.al.に筆者トリミングおよび加筆)】
 更に、同チームはリュウグウのサンプルに有機物が含まれているのか、含まれていればどのような組成であるのかを調べました。すると、これまで炭素質コンドライトから見つかった芳香族化合物に加えて、C=C結合のピークは弱く、C-H結合のピークは強い有機物のスペクトルが得られました。このスペクトルは、芳香族と対を成す脂肪族炭化水素の存在を示します。極めて分解しやすい脂肪族炭化水素が宇宙由来のサンプルから発見されたのは世界初です。脂肪族炭化水素が見つかったことで、リュウグウは過去に30°C以上の高温に晒されたことが無く、また高温に晒された時間も短かった可能性が示唆されます(脂肪族炭化水素は100°Cなら200年、0°Cなら1億年で分解される)。これらの結果は、リュウグウが変質していない始原的な物質を現在まで保持しているという推定を裏付けるものです。走査型透過X線顕微鏡と超高分解能透過型電子顕微鏡を使った分析の結果、脂肪族炭化水素の分布はフィロケイ酸塩鉱物の分布とよく一致し、芳香族化合物が豊富な場所や、炭酸塩鉱物が豊富なサンプルには少ない傾向にあることがわかりました。脂肪族炭化水素とフィロケイ酸塩鉱物が同じ分布をしていることは、水+有機物+岩石の3者が化学反応を起こした直接的な証拠であり、これも世界初の発見です。炭酸塩鉱物が豊富なサンプルで脂肪族炭化水素が少ないことは、リュウグウが複雑な水性変化を経験したことを示唆しています。

■軽元素の同位体比から推定されるリュウグウの起源



【▲ 図5: リュウグウのサンプルの同位体比率の分析結果。リュウグウ(赤色および青色の丸)と最も同位体比率が一致するのは宇宙塵(水色三角)であった。またC0068からはプレソーラー粒子と見られる石墨(黒色四角)も見つかった。(Image Credit: Ito, et.al.)】

また、水素や窒素の同位体(重水素や窒素15)の比率を調べるために、NanoSIMS(超高分解像度二次イオン質量分析装置)が使用されました。地球の物質・CIコンドライト・CMコンドライトと比較すると、今回調べられたサンプルでは水素と窒素の両方とも重い同位体の比率が高く、最もよく一致する既知の物質は宇宙塵でした。宇宙塵は彗星由来の物質であると推定されていることから、リュウグウも彗星のような物質が誕生した場所か、少なくとも太陽系外縁部に由来する物質が豊富にある場所で誕生した可能性が高いことがわかります。リュウグウの現在の軌道は明らかに内太陽系であることから、リュウグウは形成後何らかのプロセスで太陽系外縁部から現在の軌道に落ち込んだものと推定されます。

そして、フィロケイ酸塩鉱物の周りに存在する脂肪族炭化水素の同位体比率は、周辺の他の有機物と比べて、わずかながら重い同位体に富むことが判明しました。この違いは、脂肪族炭化水素がより原始的な有機物である一

方、周辺の有機物は水との反応で同位体交換を受けて変質した可能性を示唆しています。あるいは、脂肪族炭化水素は太陽系が形成される前の原始惑星系円盤や星間物質で、既に生成されていたのかもしれませんが。これらの結果も、リュウグウが誕生後に液体の水による化学反応が起きたことを示しています。

ただし、リュウグウそのものは直径約 0.7km と小さいため、アルミニウム 26 (※) の崩壊熱によって液体の水が発生するほどの内部熱を維持できません。このため、リュウグウはそのまま直接誕生したのではなく、直径数十 km の母天体が砕けて生じた天体である可能性があります。

※...アルミニウムの放射性同位体。宇宙空間では宇宙線とケイ素との核反応で大量に生成され蓄積されるため、崩壊熱は形成直後の天体の主要な熱源となります。一方で半減期が 72 万年と短いこと、天体そのものが宇宙線を遮断するため、新たなアルミニウム 26 が生成されない天体内部は数千万年程度の短い時間で崩壊しつくしてしまい、冷え切ってしまいます。

最後に、同位体比率が分析されたサンプルの 1 つ (C0068) から、他の物質とは明らかに外れた同位体比率を持つ石墨が見つかりました。これは太陽系誕生前の物質であるプレソーラー粒子の可能性がありま

■研究で判明したこと、新たな謎

今回の研究では、リュウグウの大きな特徴がいくつか判明しました。まず、「リュウグウは太陽系誕生時の原始的な物質を含んでいる」という推定が正しかったことが、複数の証拠により明らかとなりました。また、「非常に分解しやすい脂肪族炭化水素の発見」や、「水+有機物+岩石の化学反応の直接的な証拠」という世界初の発見もありました。更に、直径数十 km の大きさだと推定されるリュウグウの母天体が太陽系外縁部で誕生したこと、母天体で液体の水が関わる化学反応が進行し、その後砕けて小さな破片から形成されたリュウグウが内太陽系に落ち込んだのだらうという歴史も判明しました。更に、今回の研究で明らかとなった「CI コンドライトが実際には地球上での汚染を受けていた」という結果も重要です。CI コンドライトは極めて原始的であり、そこから得られる情報は太陽系誕生時の様子を探る上で基本的なものとされてきました。しかしながら、リュウグウのサンプルが汚染とは無縁であり、CI コンドライトの汚染度すらも測定できたという事実は、惑星科学において原始的な小惑星からのサンプルリターンミッションがいかに重要であることを示しています。

今回の研究では、新たに浮上した謎や未解決の問題も多数あります。例えば脂肪族炭化水素の正確な組成、プレソーラー粒子と思われる石墨の存在、CY コンドライトとの不一致などです。リュウグウのサンプルの分析は多数の研究機関で行われていることから、これらの謎も後々解き明かされるかもしれません。

Source

[Motoo Ito, et.al.](#) “A pristine record of outer Solar System materials from asteroid Ryugu’s returned sample”. (Nature Astronomy)

[Robert E. Grimm & Harry Y. McSween, Jr.](#) “Heliocentric Zoning of the Asteroid Belt by Aluminum-26 Heating”. (Science)

[Lindsay P. Keller, et.al.](#) “The nature of molecular cloud material in interplanetary dust”. (Geochimica et Cosmochimica Acta)

[C. M. O’ D. Alexander, et.al.](#) “The origin and evolution of chondrites recorded in the elemental and isotopic compositions of their macromolecular organic matter”. (Geochimica et Cosmochimica Acta)

[Matthieu Gounelle & Michael E. Zolensky.](#) “A terrestrial origin for sulfate veins in CI1 chondrites”. (Meteoritics & Planetary Science)

[Yoko Kebukawa, Satoru Nakashima & Michael E. Zolensky.](#) “Kinetics of organic matter degradation in the Murchison meteorite for the evaluation of parent-body temperature history”. (Meteoritics & Planetary Science)

[Eve L. Berger, et.al.](#) “Heterogeneous histories of Ni-bearing pyrrhotite and pentlandite grains in the CI chondrites Orgueil and Alais”. (Meteoritics & Planetary Science)

[A. J. King, et.al.](#) “The Yamato-type (CY) carbonaceous chondrite group: Analogues for the surface of asteroid

Ryugu?”. (Geochemistry)

[Laurette Piani, et.al.](#) “Origin of hydrogen isotopic variations in chondritic water and organics”. (Earth and Planetary Science Letters)

[Toru Yada, et.al.](#) “Preliminary analysis of the Hayabusa2 samples returned from C-type asteroid Ryugu”. (Nature Astronomy)

[Ming-Chang Liu, et.al.](#) “Incorporation of ^{16}O -rich anhydrous silicates in the protolith of highly hydrated asteroid Ryugu”. (Research Square (プレプリント))

[“約 22km の距離から見たリュウグウ”](#). (JAXA 宇宙科学研究所)

文／彩恵りり

<https://news.mynavi.jp/techplus/article/20220927-2464251/>

JAXA、銀河中心ブラックホール近傍の統合的な物理モデルを提案

2022/09/27 20:15 著者：波留久泉

宇宙航空研究開発機構(JAXA)は9月26日、活動銀河核「NGC5548」について、3つのX線天文衛星で取得された広帯域X線スペクトルを用いて、先行研究で物理的に相関し得ないパラメータ同士に相関が出ていたことを、必要以上のパラメータを含んだモデル設定による「パラメータ縮退」と考察してよりシンプルなモデル構築を試みた結果、二重構造を持った塊状の物体(吸収体)が視線を横切っているというシンプルなモデルで、一見複雑なX線スペクトル変動を説明することに成功したと発表した。

同成果は、東京大学大学院 理学系研究科 天文学専攻/JAXA 宇宙科学研究所(ISAS)宇宙物理学研究系の御堂岡拓哉大学院生/日本学術振興会 特別研究員、同・海老沢研教授らの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。](#)

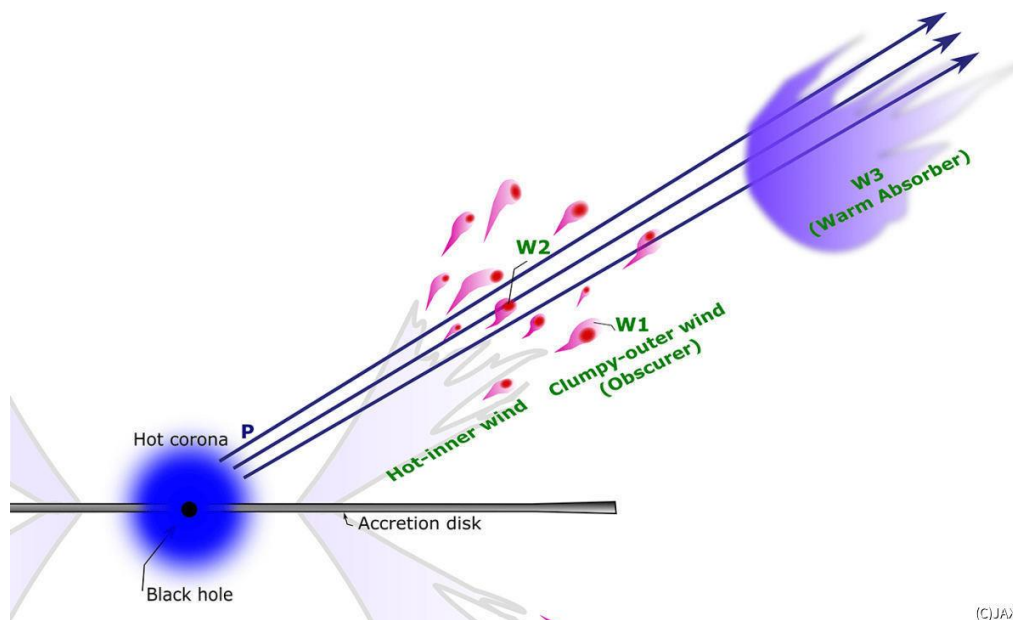
宇宙でも屈指の明るさを有する「活動銀河核」は、その中心にある大質量ブラックホールに物質が落ちることにより生じる大きなエネルギーがX線に変換されて明るく輝いており、その明るさは大質量ブラックホールが所属する銀河全体よりも明るいほどとも言われている。

この巨大な重力エネルギーから変換されたX線は、ブラックホールの周囲の環境を仮定しシミュレーションすることで、どのようなスペクトルが得られるのかを理論的に予測できるという。そして、このようにして得られたモデルスペクトルと観測で得られたスペクトルを比較し、両者が適合するようモデルパラメータを最適化することで、X線を放射しているブラックホール近傍の環境をより正確に予測することが可能となるという。同手法は天文学において最も標準的な解析手法の1つだが、最適化に用いる物理モデルを決定するのは各研究者の自由であるため、異なった物理モデルを用いても同じ観測スペクトルを説明できてしまうことが多々あるという。

活動銀河核の中心にある大質量ブラックホール周辺環境は、大別して、降着円盤、コロナ、複数の吸収体が存在することがわかっている。このうち、コロナと吸収体の幾何構造や力学状態については数多くのモデルが提唱されている。どのモデルも観測スペクトルの説明は可能であるため、モデルの良し悪しを判断するには観測スペクトルとの適合以外の切り口が必要だという。ここで研究チームは今回、3つのX線天文衛星で取得された活動銀河核 NGC5548 のアーカイブデータを用いて研究を行うことにしたという。先行研究のうち、あるものは2年間にわたるX線スペクトル変化に対し、二層の独立な部分吸収体(X線を遮断するツブツブ状の吸収体)を仮定したモデルが適用されており、コロナから放射されたベキ型スペクトルの光子指数と片方の部分吸収体による部分吸収率との間に相関があると報告していたとする。しかし、X線放射機構自体に由来する光子指数とコロナから遠く離れた吸収体が放射源を隠す割合が相関するのは物理的に不自然だという。

そこで、この相関は必要以上のパラメータを含んだモデル設定による「パラメータ縮退」と考察し、よりシンプルなスペクトルモデル構築を試みることにしたとする。結果として、二重構造を持った塊状の物体(吸収体)が視線を部分的に遮り、X線源を覆う割合が変化しているというシンプルなモデルで、不自然なパラメータ相関な

しに、16年間のX線スペクトル変動を説明することに成功したという。



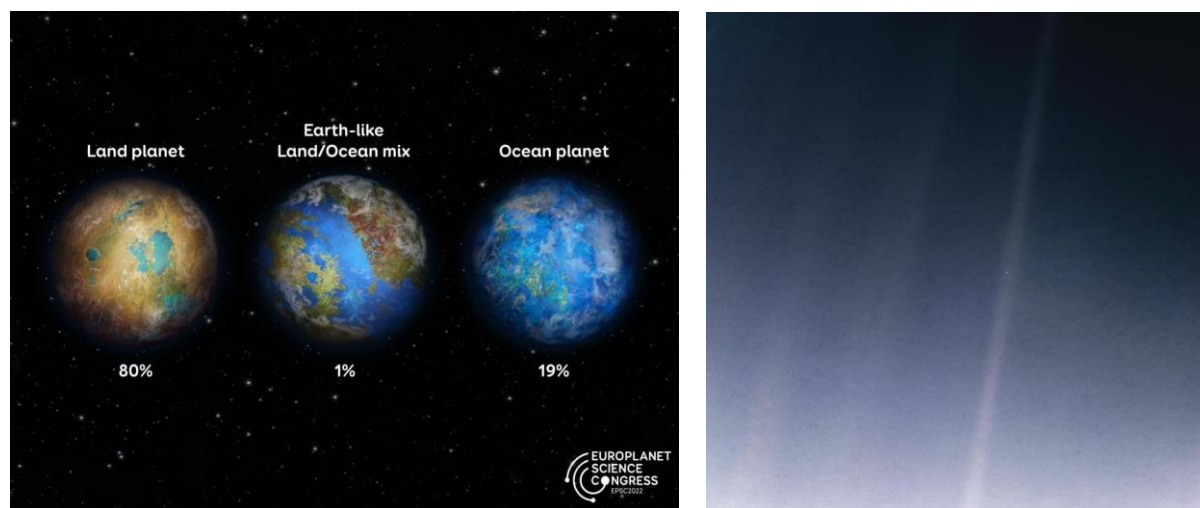
今回の研究により提案されたモデルの概略図(Midooka et al., 2022, Fig.3 が改変されたもの)。ブラックホールの周囲を取り巻くコロナからX線が放射され(青線 P)、視線上の複数の吸収体 W1、W2、W3 により吸収を受けたX線が観測される。このうち、W1、W2 は二重の内部構造を持ったガス塊であり、X線を部分的に吸収。部分吸収率が時間変化することにより、観測されるX線スペクトル変動の大半が説明できるという (出所:ISAS Web サイト)今回の研究はスペクトル解析で閉じることなく、得られた物理パラメータの正当性を吟味することで、大質量ブラックホール近傍環境のより現実的な物理モデルを構築することに成功した形だという。

なお研究チームでは今後、2023年に欧米の国際協力によりJAXAが打ち上げ予定の7番目のX線天文衛星「XRISM」により、超精密分光データが得られる予定だとしており、XRISMのデータに対し、今回の研究で提案されたモデルを適用することで、現在の物理描像の整合性が確認され、より現実に即した物理環境の理解へつながると期待しているという。

<https://sorae.info/astronomy/20201001-pale-yellow-dot.html>

地球型系外惑星は「ペイル・イエロー・ドット」の可能性。惑星進化3つのシナリオ

2022-10-01 吉田 哲郎



【▲本研究で示された地球型惑星進化の3つのシナリオ。陸地に覆われた惑星(左)は80%、海洋に覆われた惑星(右)は19%、両方が混在する地球のような惑星(中)は1%未満の確率(Credit: Europlanet 2024 RI/T Roger)】

【▲2020年に公開された「ペイル・ブルー・ドット」。1990年に公開された画像を最新の画像処理技術により再構成したもの（Credit: NASA/JPL-Caltech）】

地球に似た太陽系外惑星を探す場合、かつて天文学者のカール・セーガンが表現した「ペイル・ブルー・ドット（pale blue dot：淡い青色の点）」を探すよりも、乾燥し、冷たい「ペイル・イエロー・ドット（pale yellow dot：淡い黄色の点）」を探した方が成功する可能性が高いかもしれません。

2022年9月、スペインのグラナダで開催された「Europlanet Science Congress 2022」で発表されたスイスとドイツの研究によると、地球で生命が繁栄するのに役立ってきた海洋と陸地の比率の取れたバランスは非常に珍しい可能性があるとのこと。ちなみに、現在の地球における海洋と陸地の面積比は7：3とされています。

研究チームは、大陸と水の進化と循環が、地球型系外惑星をどのように形成するかを3つのシナリオにモデル化しました。その結果、惑星は80%の確率でほとんどが陸地に覆われ、19%は主に海洋で覆われた世界であることが示されたといいます。地球のような海洋と陸地の分布を持つ惑星は1%未満に過ぎませんでした。

数値モデルによると、地表の平均気温は5°C程度の差でありあまり変わりませんが、海洋と陸地の分布が惑星の気候に影響を与えることが示唆されています。

陸地が10%以下で海洋がまさっている世界は、小惑星の衝突により恐竜などが絶滅した寒冷期の後におとずれた、熱帯や亜熱帯のような湿潤かつ温暖な時代の地球に似た気候になる可能性が高いということです。

一方で、海洋が30%以下で陸地がまさっている世界は、より寒く、より乾燥した厳しい気候を特徴としています。全体としては、氷河や氷床が発達した最後の氷河期の地球と同じようなものになるだろうということです。このような惑星を遥か彼方から撮影すれば「ペイル・イエロー・ドット」に見えるかもしれません。

地球上では、火山活動による大陸の成長と、風化による大陸の侵食がほぼバランスよく行われています。光合成を行う生命は、太陽エネルギーを直接受けられる陸上で繁栄し、海は巨大な貯水池として降雨量を増やし、気候の過度な乾燥化を防いでいます。

「地球はプレートテクトニクスという原動力により、地球内部の熱が地震、火山、造山などの地質活動を促進し、大陸の成長をもたらします。大地の侵食は、大気と地球内部との間で水を交換するサイクルの一部をなしています。これらのサイクルの相互作用について数値モデルで解析した結果、現在の地球が例外的な惑星であり、陸塊の均衡が数十億年かけて不安定になる可能性があることがわかりました」と、研究発表した一人であるティルマン・スポーン（Tilman Spohn）氏は語っています。「モデル化された惑星はすべて居住可能であると考えられますが、その動物相や植物相はかなり異なっているかもしれません」

「ペイル・ブルー・ドット」は、カール・セーガンの依頼により、1990年に約60億キロメートルの彼方からボイジャー1号によって撮影された地球の写真を指しています。地球のサイズが1画素にも満たないこの画像は、人間の謙虚さと地球を慈しむ気持ちを象徴的に表現したものとして現在まで受け継がれています。

関連：[宇宙に浮かぶ“点”の様な地球。ボイジャーが60億km先から撮影した「ペイル・ブルー・ドット」](#)

Source Image Credit: Europlanet 2024 RI/T Roger, NASA/JPL-Caltech

[Phys.org / European Astrobiology Network Association](#) - Earth-like exoplanets unlikely to be another 'pale blue dot'

[Europlanet Science Congress 2022](#) - Land/Ocean Surface Diversity on Earth-like (Exo)planets: Implications for Habitability

文／吉田哲郎