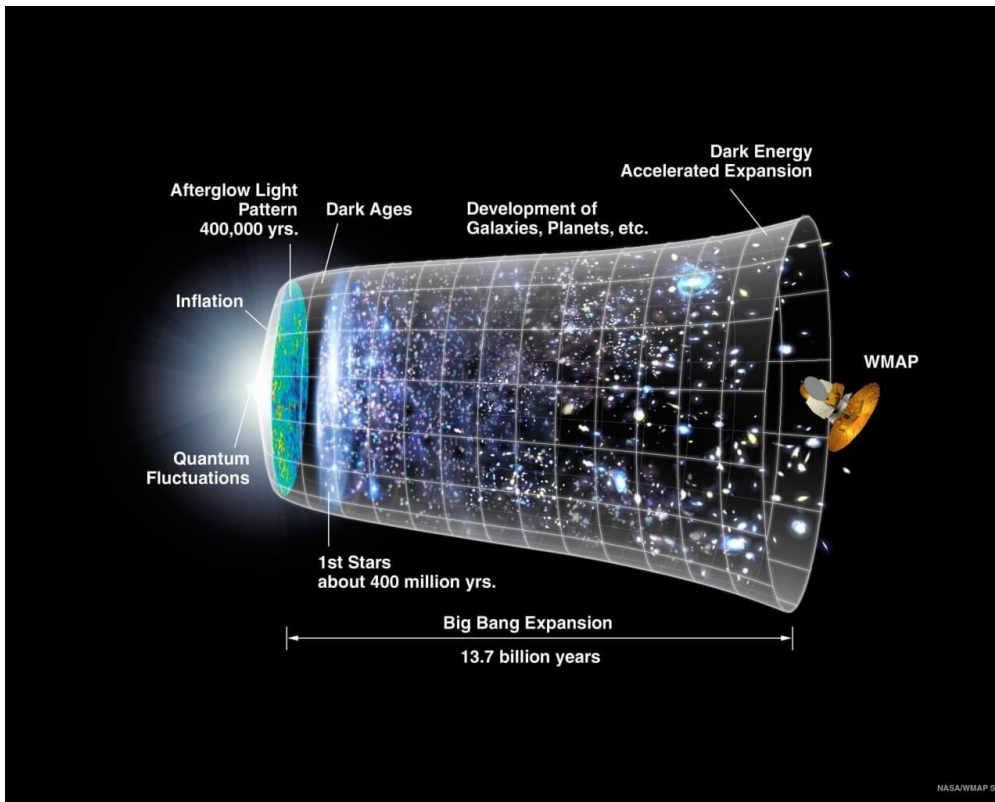


生命が誕生しえない宇宙は存在するか？ マルチバースがハビタブルな条件を明らかにする

2023-03-29 [KadonoMisato](#)



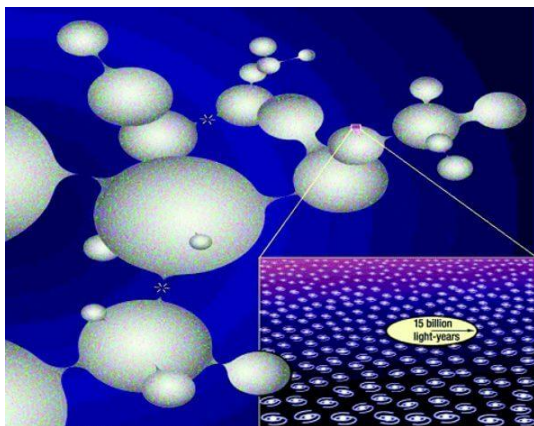
【▲ビッグバンから現在までの宇宙の歴史を示す模式図 (Credit: NASA)】

「我々の住む宇宙は、無数に存在する宇宙の一つなのか？」

「別の宇宙はハビタブル（生命居住可能）な世界をもつのか？」

一見したところ、推測の上に推測を重ねた SF のような話に感じられるかもしれませんが。しかし実はそれほど馬鹿げた話ではないと、オーストラリア・シドニー大学の Geraint Lewis 教授は論考しています。

宇宙は唯一の存在なのか、それとも多数の宇宙が存在し得るのか？



【▲ ビッグバンの発生後に生成された多数の泡宇宙を示す図 (Credit: E Mallove)】

Lewis 教授が馬鹿げた話でないと主張する論拠が、ビッグバンの発生後に多数の「泡」宇宙が誕生するという「多元宇宙論（マルチバース）」です。インフレーション理論を考案した宇宙物理学者の Alan Guth 氏は、この多元宇宙論のアイデアを創案した科学者のひとりです。

Guth 氏によると、ビッグバンの発生から 10 のマイナス 32 乗秒未満のあいだに原始的な宇宙が急激に膨張した

とするインフレーション理論から、多元宇宙論が必然的に導かれるといえます。しかし Lewis 教授が注釈するよ
うに、多元宇宙論は物理学者らのあいだで論争的になっているようです。

関連: [宇宙の始まりの出来事「ビッグバン」とは？ 理論や命名についても解説](#)

多元宇宙論では、我々の住む宇宙と別の宇宙では、宇宙定数などの自然定数や物理法則に違いがある可能性が示唆されます。たとえば、我々の住む宇宙と比べて電子の質量が 100 倍もある宇宙では、生命や惑星だけでなく恒星が誕生しているとも限りません。そこで Lewis 教授は、多元宇宙論が正しいと仮定した場合、生命が誕生したのは条件が適している我々の住む宇宙だけなのか、それとも条件が異なる別の宇宙でも生命は誕生し得るのかと問いかけます。

生命誕生には酸素と炭素の割合が重要

そこで Lewis 教授らの研究グループは、ハビタブルな環境が誕生するための宇宙の条件を検証しました。

我々の宇宙ではビッグバンによって水素やヘリウムが生成され、それ以外の元素は星の内部での核融合や超新星爆発等を通じて生成されました。これらの過程は、強い力・弱い力・電磁気力・重力という 4 つの力によって支配されています。また、電子やクォークといった素粒子の質量も重要な役割を果たすといえます。

Lewis 教授らは、これらに関連する基本的な量（微細構造定数や電子と陽子の質量比など）が不変であるという制約のもとで、マクロな条件を変えたときにハビタブルな環境が作られ得るのかについてシミュレーションを使って検証したようです。Lewis 教授らが検証した条件は、岩石に対する金属の割合、酸素に対する炭素の割合、ケイ素に対するマグネシウムの割合、DNA や RNA、タンパク質の構成要素である窒素の存在、鉄・リン・硫黄の存在などです。検証の結果、ハビタブルであるために重要なのは酸素に対する炭素の割合であることが判明しました。Lewis 教授らは、原始惑星系円盤を構成するガスに含まれる酸素や炭素が一酸化炭素を生成するため酸素に対する炭素の割合が惑星系の形成ひいてはハビタブルな環境づくりに強く影響を及ぼすと分析しています。

究極理論の完成か、それとも科学の限界か

とはいえ、多元宇宙論はまだ仮説の段階にあると、Lewis 教授はクギを刺しています。今の段階では多元宇宙論が検証されたわけでもなく、検証することが可能かどうかすら不明だといえます。我々の住む宇宙を支配する物理法則とは異なる宇宙が実際に存在するのも不明なのです。無限の宇宙の中に存在する究極の足場を明らかにする旅、その始まりに我々人類はたどり着いたところなのかもしれないと、Lewis 教授は締めくくっています。

関連記事 [宇宙の膨張率「ハッブル定数」は時代と共に変化？物理法則の見直しが迫られる可能性も](#)

[複雑な生物へと進化する上では自転軸の適度な傾きが重要かもしれない](#)

[すばる望遠鏡の観測成果。約 37 光年先の赤色矮星でスーパーアースを発見！](#)

Source Image Credit: NASA

[The Conversation](#) - What are the best conditions for life? Exploring the multiverse can help us find out

[Scientific American](#) - The Founder of Cosmic Inflation Theory on Cosmology's Next Big Ideas

[Space.com](#) - Our Universe May Exist in a Multiverse, Cosmic Inflation Discovery Suggests

[doi:10.1111/j.1468-4004.2008.49229.x](#) - Universe or multiverse?

[doi:10.3390/universe8120651](#) - Multiverse Predictions for Habitability: Element Abundances 文/Misato Kadono

<https://sorae.info/astrometry/20230330-ryugu.html>

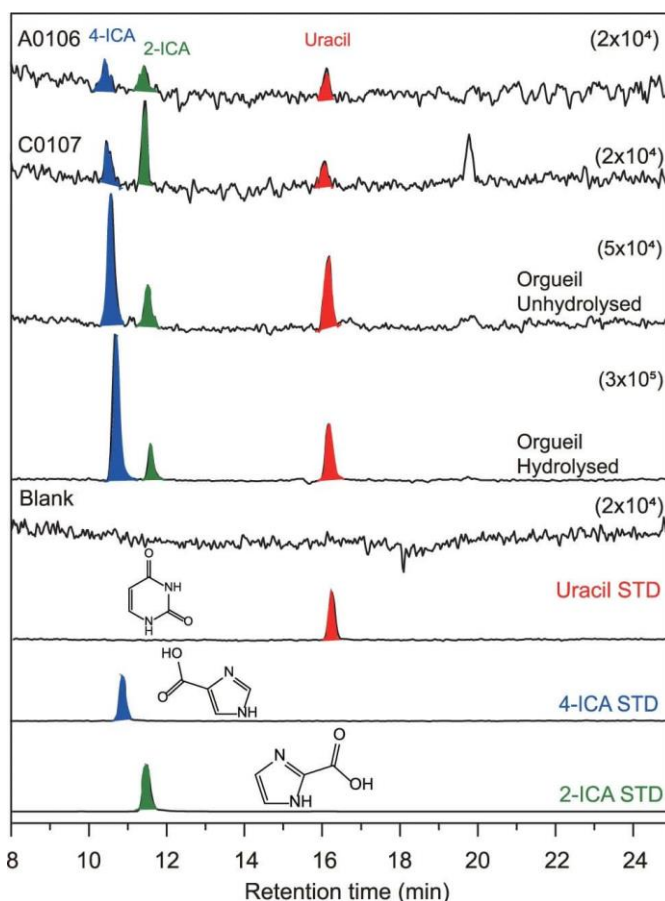
リュウグウのサンプルから生命に欠かせない分子を発見！ 2023-03-30 [彩恵りり](#)

かつて、炭素を主体とする有機化合物は人工的には合成できず、生命のみが作り出せるという「生氣論」が信じられていました。しかし 1828 年、ドイツの化学者フリードリヒ・ヴェーラーが無機化合物から有機化合物である尿素を合成することに成功し、有機化合物は生命が存在しなくても合成できることを初めて示しました。そして現在、宇宙には多種多様な有機化合物が存在することが確かめられています。

しかし、現在においても「地球の生命の元となった有機化合物はどこから来たのか」という疑問には正確な答えが得られていません。地球には現在でも隕石が毎日のように落ちており、その中には炭素を主体とする「炭素質コンドライト」が存在します。このタイプの隕石には多種多様な有機化合物が含まれていることがわかっているため、太古の地球に有機化合物をもたらした有力候補の1つとなっています。

ただし、隕石は地表に落下した時点で、地球由来の物質の汚染を受けます。過去の研究では、汚染を極力排除した状態で分析を行うために、落下から数日以内に回収された隕石や氷の上に落下した隕石を選び、さらに隕石の内部を削り出すなどの工夫が凝らされました。とはいえ、それでも汚染の懸念を完全に拭うことはできません。また、隕石の母天体である小惑星がどれなのかを正確に決定するのも困難です。このため、隕石に含まれる有機化合物がどのような由来を持つのかを正確に推定することは困難でした。この状況を打開するには、小惑星そのものからサンプルを採集し、分析を行う必要があります。宇宙開発研究機構（JAXA）の「はやぶさ2」は、まさにその目的で打ち上げられた小惑星探査機です。はやぶさ2は目標天体である小惑星「リュウグウ」でのサンプル採集を行い、合計5.4gのサンプルを収めたカプセルは2020年12月に地球へ帰還しました。

初期分析の段階で、リュウグウのサンプルは炭素質コンドライトの中でも最も始原的と推定されているCI型に類似していることや、アミノ酸やカルボン酸など複数の有機化合物が含まれていること、地球由来の物質による汚染は最小限であることが判明しています。



【▲ 図1: リュウグウのサンプルの分析や抽出の様子。汚染による分析結果への影響が出ないように、サンプルはクリーンルーム内で慎重に扱われた。(Image Credit: 北海道大学, et.al.)】

【▲ 図2: ウラシル (赤色) の存在を示す分析結果。表層由来 (A0106) より地下由来 (C0107) の方が存在量が多い。また、構造異性体である4-ICA (青色) や2-ICA (緑色) も見つかった。(Image Credit: Oba, et.al.)】

北海道大学の^{大場康弘氏}などの研究チームは、サンプルに含まれる「窒素複素環化合物」(※1)に焦点を当てて分析を行いました。^{大場氏}らは過去の研究で1pg(1ピコグラム=1兆分の1グラム)(※2)程度という極微量の物質を検出し、組成や構造の同定を行う分析法を確立しています。この分析法を用いることで、わずかなサンプルに含まれている、さらにわずかな分子の種類や量を決定することができます。

大場氏は、リュウグウのサンプル約10mgを熱水にかけて物質を溶かし出し、塩酸による加水分解を行った後、高速液体クロマトグラフィー、電子スプレーイオン化、超高分解能質量分析法を駆使して分析を実施。また、キャピラリー電気泳動と超高分解能質量分析法によって、分析結果が正しいかどうかの検証も合わせて行いました。

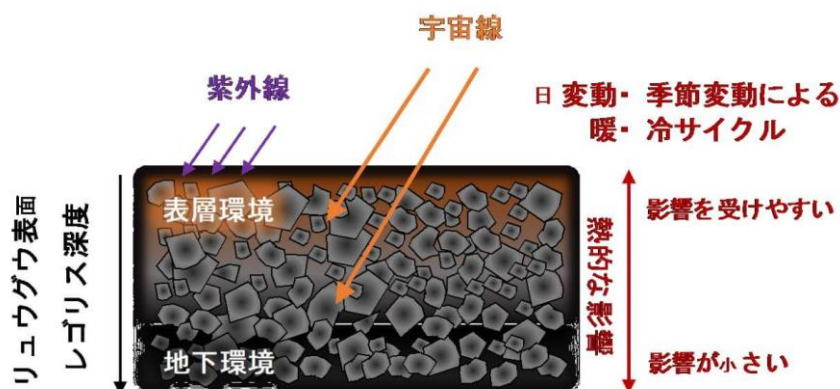
※1...環になった構造を持ち、その中に窒素原子を含む有機化合物のことを窒素複素環化合物と呼びます。

※2...物質にしてフェムトモルオーダー、分子の数にして1億個程度。参考までに、小さじ1杯=3gの砂糖に含まれるスクロース分子の数は53億×1兆個。

すると、興味深い分子として「ウラシル」が検出されました。ウラシルはRNA(※3)を構成する重要な分子です。分析の結果、このウラシルは地球帰還後の汚染に由来するものではなく、最初からリュウグウのサンプルに含まれていたことがわかりました。分析前に行われたサンプルの処理で少しだけ合成されて増えた可能性はあるものの、それが全てではないことも過去の研究からわかっています。さらに、今回の分析ではウラシルの構造異性体(※4)も見つかっており、ウラシルに対する構造異性体の量の比率は過去の隕石の分析結果とよく一致しています。

※3...リボ核酸。DNA(デオキシリボ核酸)と似たような分子であり、どちらも遺伝情報を持つが、役割は明確に異なる。簡単に言えば、DNAは遺伝情報を保存するための本、RNAは遺伝情報の伝達や使用のために、DNAから情報を書き移した使い捨てのメモのようなものである。

※4...同じ割合の元素で構成されているが、分子の構造が違う同士の分子であるものを構造異性体と呼ぶ。



【▲ 図 3: 今回分析されたサンプルには、リュウグウの表層に由来するものと、地下に由来するものがある。表層は紫外線や宇宙線を強く受けるため、有機化合物は分解しやすい。一方で地下はそのような影響から保護されている。(Image Credit: 北海道大学, et.al.)】

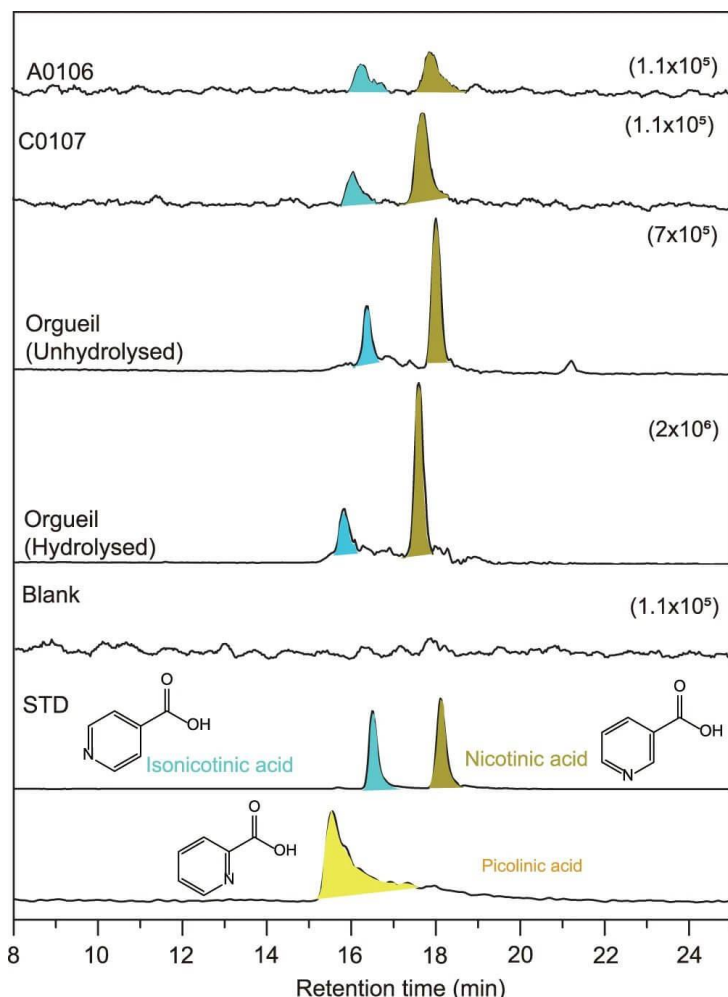
興味深いことに、ウラシルの量はサンプルごとに異なっていました。今回分析されたサンプルは、リュウグウの表層で採集されたものと、人工的なクレーターを生成して採集された地下由来のものがあります。今回検出されたウラシルの量は、表層由来のサンプル(11bbp)よりも、地下由来のサンプル(32bbp)の方が多ことが判明しました(※5)。大気のないリュウグウの表面では、宇宙線や紫外線などによって有機化合物は分解されると予想されますが、今回の分析によってその推定の正しさが裏付けられました。このように空間的なパラメーターを持つ分析結果は、隕石では得られません。

※5...1%が100分の1であるように、1bbpは10億分の1を表す。32bbpはサンプル1gあたり32ng(ナノグラム、10億分の1グラム)であることを表す。

また、その他の分子として「ニコチン酸」が見つかりました。多くの人にとってこの名称はなじみがないと思いますが、「ナイアシン」や「ビタミンB3」と言えばわかりやすいかもしれません。ニコチン酸の量もウラシルと同様に、表層由来のサンプルよりも地下に由来するサンプルの方が多く含まれていました。

生命に欠かせない補酵素が見つかることも興味深いですが、ニコチン酸の場合には構造異性体であるイソニコチン酸は見つかったものの、同じく構造異性体のピコリン酸は見つからなかったという違いがあります。この結果は星間分子雲での分析結果とよく一致しており、構造異性体の割合の違いは星間分子雲と似たような化学反応を

受けたことの証拠の1つとなります。そのため、リュウグウに含まれる有機化合物は星間分子雲に由来する物質、つまり極低温の環境で光エネルギーによって進行する化学反応に由来する物質が含まれていることとなります。



【▲ 図 4: ニコチン酸 (黄土色) の存在を示す分析結果。表層由来 (A0106) より地下由来 (C0107) の方が存在量が多い。また、ニコチン酸やイソニコチン酸 (水色) の存在を示すピークはあるが、ピコリン酸 (黄色) の存在を示すピークは存在しない。 (Image Credit: Oba, et.al.) 】

この分析結果は、太陽系誕生前の穏やかな環境で生成した物質がリュウグウに含まれていることを示しています。一方で、今回の分析ではウラシルやニコチン酸よりずっと複雑な有機化合物も見つかっています。炭素原子の数が 30 個以上にもなるこれらの分子は、星間分子雲ではほとんど生成しないと考えられます。このため、検出された有機化合物の一部は、リュウグウやその母天体となった天体で発生した、熱を伴う化学反応によって生成したと考えられます。このような化学反応は、天体が形成される場面、つまり太陽系誕生直後に発生しやすいものです。また、窒素複素環化合物の要である窒素原子は、おそらく彗星由来の物質であると考えられています。つまりリュウグウのサンプルは、太陽系誕生前に存在した物質と、太陽系誕生直後に変化した物質、そして彗星由来物質とが混ざり合っているものであることがわかります。これは、他の角度から分析した別の研究とも矛盾しません。今回の分析結果は、過去の隕石の分析結果と合わせて、宇宙に存在する有機化合物の種類とその起源に関する多くの情報を提供しました。地球に生命が誕生する上で、生命に必須な有機化合物がどのように供給されたのかは大きな謎ですが、炭素質コンドライトは供給源の有力な候補と考えられています。リュウグウのサンプルからウラシルやニコチン酸が見つかったことは、この説を強力に支持します。

一方で、今回実施された分析の方法は極めて洗練されているものの、それでも限界はあります。例えば、ウラシル以外の RNA や DNA を構成する分子は見つかりませんでした。これらは元々存在していなかったか、もしくは存在していても量が少なすぎて分析で見つからなかった可能性があります。特に、RNA や DNA を構成する塩基のひとつであるシトシンは、分析前の処理で生じた化学変化によってウラシルに変化した可能性があります。

関連記事

[「はやぶさ2」採取のサンプルから判明、小惑星「リュウグウ」は水・有機物に富み始原的小惑星リュウグウのサンプルから“炭酸水”を発見！？ 宇宙由来の物質から液体発見は世界初](#)
[極小の高温生成鉱物から読み解くリュウグウの起源 イヴナ隕石やヴィルト第2彗星との類似性も](#)

これと同じことはニコチン酸アミドにも言えます。これも今回の分析では見つかりませんでした。分解によってニコチン酸に変化した可能性があります。これらの課題は、将来的に行われる別の研究、例えばNASAの小惑星探査機「OSIRIS-REx」が持ち帰る予定の小惑星「ベンヌ」のサンプル分析でも示されるかもしれません。

Source

[Yasuhiro Oba, et.al. "Uracil in the carbonaceous asteroid \(162173\) Ryugu". \(Nature Communications\)](#)

[“小惑星リュウグウに核酸塩基とビタミンが存在！～生命誕生前の分子進化と生命の起源解明に期待～（低温科学研究所 准教授 大場康弘）”](#). (北海道大学) 文／彩恵りり

<https://sorae.info/astrometry/20230328-free-floating-planet.html>

自由浮遊惑星の衛星にも生命？ 16億年間に渡って穏やかな環境が存在する可能性も

2023-03-28 [彩恵りり](#)

通常の文脈で“惑星”という単語が出た場合、それは恒星など何らかの天体の周りを公転する天体を指します。しかし、宇宙にはどの天体の周りも公転せず、単独で宇宙空間をさまよっている惑星も見つかっています。これを「自由浮遊惑星」(※)と呼びます。

※...Free-Floating Planet (FFP)、Rogue Planet。浮遊惑星、はぐれ惑星とも。

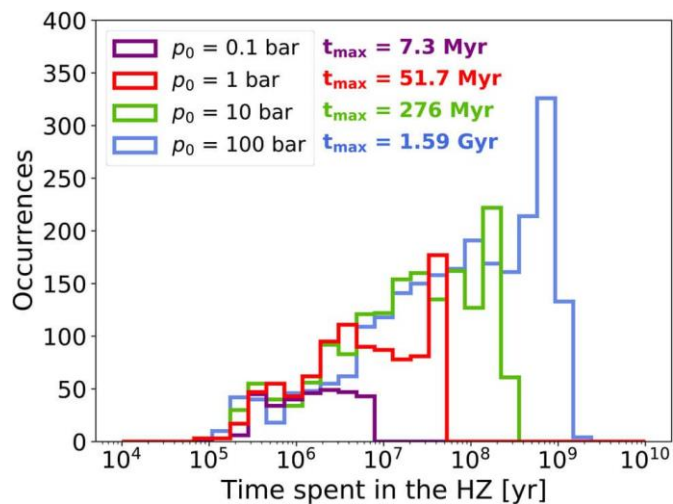
自由浮遊惑星は恒星からエネルギーを受けていないので、崩壊熱をもたらす放射性元素が豊富に含まれているなど何らかの条件が整っていない限り、その表面は冷え切っているはずです。私たちが知る限り、生命には液体の水が必須であるため、このような天体には生命が存在するとは思えません。しかし、自由浮遊惑星の“衛星”では話が変わってきます。惑星の周りを回る衛星は、惑星に近い側と遠い側で、わずかながら異なる強さの重力を受けます。衛星の公転軌道が楕円形の場合は重力の強さが変化するので、衛星はゴムボールのように伸び縮みします。これを「潮汐力」と呼びます。潮汐力による変形は摩擦によって天体内部を加熱して、激しい地熱を発生させます。木星の衛星「イオ」は、潮汐力によって多大な熱が発生している天体の代表例です。地球と比べて太陽から遠くにあるイオの表面温度は-160℃ですが、木星からの潮汐力によって1000℃を超えるマグマを地表に噴出させています。噴火の頻度が地球よりもはるかに激しいことは、条件さえ揃っていれば、冷たい天体から大量の地熱が外へと噴出されるわかりやすい事例でもあります。

このことから、もしも自由浮遊惑星の衛星に大気があれば、潮汐力によって生じた熱が長期間保持されることで、結果的に衛星の表面に液体の水が存在するのに十分な気温が維持される可能性があると考えられます。2021年には、条件さえ整えば衛星表面に液体の水が保持される可能性を示した研究成果が発表されています。

関連：[宇宙をさまよう自由浮遊惑星の衛星表面にも液体の水が存在？](#)（2021年6月11日）

しかし、自由浮遊惑星の衛星が生命に適する環境を保持するのかわかっているかどうかは、これまではほとんどわかっていませんでした。私たちがよく調べている天体は太陽系の内部に留まるため、星間空間をさまよう自由浮遊惑星をその近くから調べた例は存在しません。また、強い潮汐力および濃い大気という2つの条件を揃えた天体も太陽系には存在しません。そのため、自由浮遊惑星の衛星の環境をシミュレーションしようにも、不確定要素が多すぎるという問題がありました。さらに、自由浮遊惑星が誕生する経緯についても難点が存在します。自由浮遊惑星は単独で誕生するのではなく、元々どこかの恒星の周りを公転する惑星として誕生すると考えられています。そんな普通の惑星が自由浮遊惑星になるためには、誕生した惑星系の中で複数の巨大惑星が接近した軌道を公転しているなどの力学的に不安定な条件が揃った場合に、互いの公転軌道が急激に変化して1つの惑星が放り出される、といった現象が起こると推定されます。放り出される惑星(=自由浮遊惑星)は惑星同士の接近による力学

的作用を受けるため、放り出される直前にはこの惑星を公転する衛星の公転軌道も影響を受けます。場合によっては衛星が惑星から外れたり、惑星に衝突したりする可能性もあります。こうした一連の公転軌道の変化は「多体問題」と呼ばれていて、実質的にはシミュレーションでしか解けない難問として知られています。



【▲ 図 1: 論文著者らが Midjourney を使用して生成した、液体の水を保持する衛星の想像図 (via: Origins-Cluster)】

【▲ 図 2: 液体の水を保持する環境が維持される推定期間。大気圧が高いと仮定するほど、その期間が伸びていることが分かる。(Image Credit: Giulia Rocchetti, et.al.)】

ミュンヘン大学の Giulia Rocchetti 氏などの研究チームは、数千個の衛星系をシミュレーションして、自由浮遊惑星の衛星ではどのような条件が揃えば生命に適する環境が長期間維持されるのかを調べました。

まず調べられたのは、普通の惑星が自由浮遊惑星になる過程で衛星が生き残るかどうかです。研究チームは太陽と同じ質量の恒星の周りに木星と同じ質量を持つ惑星が 3 つ存在する仮定の惑星系を設定して、数千回のシミュレーションを実行しました。その結果、大部分の惑星系では軌道が不安定になって 1 つの惑星が飛び出するか、あるいは衝突するという結果になりました。シミュレーション上で惑星系から飛び出した惑星には地球と同じ質量を持つ衛星が 1 つだけ存在していますが、この軌道がどのように変化するのも調べられました。前提とする条件によって結果は異なるものの、生存率が低かったシミュレーションでも約 29% の衛星が、惑星の重力圏から離脱したり惑星に落下したりするような事態を避けて生存することがわかりました。また、この時に大部分の衛星の公転軌道が楕円形に変化することもわかりました。今回のシミュレーションでは衛星が 1 つしか存在しないことを前提としていたため、楕円形の公転軌道は重要です。潮汐力を受ける衛星の公転軌道の形状は、楕円から真円へと変化していきます。軌道が真円に近いほど潮汐力は小さくなっていくので、地熱の発生量も減っていき、いつかはゼロになるからです。研究チームが様々な軌道を検討した結果、軌道離心率 (どれくらい楕円かを示す値) よりも最初に決定された軌道長半径 (楕円の中心から最も遠くなる距離) が重要であることがわかりました。具体的には木星の半径の 15 倍から 25 倍の軌道長半径が適しており、これは木星で言えばガニメデ (約 15.0 倍) からカリスト (約 26.3 倍) とほぼ同じ距離です。これよりも惑星に近い場合には潮汐力が強すぎて水の沸点を超える地熱が発生するか、急激に軌道が真円に変化して熱の発生期間が短くなる傾向にあります。逆に、遠い場合には十分な潮汐力が発生しません。また、温室効果によって熱が保持される二酸化炭素が優勢な大気を仮定した時に、液体の水を保持するのに十分な気温が保たれる期間も推定されました。気圧が 0.1 気圧の大気の場合にはわずか 730 万年しか持続しませんが、1 気圧の場合は 4500 万年後に気温がピークに達し、5200 万年後まで持続すると考えられています。10 気圧の場合は 1 億 8000 万年後にピークに 2 億 7600 万年後まで、100 気圧の場合は 7 億 5000 万年後にピークに 16 億年後まで持続すると考えられます。

100 気圧という値は太陽系では金星の大気に匹敵する気圧であり、これらの衛星の約 2% がこの条件を満たすと考えられます。16 億年というタイムスケールは地球で生命が誕生するまでにかかった時間よりも長いため、条件

が整った自由浮遊惑星の衛星で生命が誕生するにも十分な長さであると考えられます。

今回の結果は様々な点で制約があるシミュレーションをもとにしているため、実際にそのような環境が自由浮遊惑星の衛星で成り立つのかは未知数です。そのため、今回の結果はさらなる研究で改善される可能性が高いと見られています。

関連記事 [地球質量の「自由浮遊惑星」4個発見 重力マイクロレンズ法の威力](#)

[自由浮遊惑星に生命が存在する可能性を探る 最新研究を紹介](#)

[星を公転していない「自由浮遊惑星」少なくとも70個が新たに見つかる](#)

Source

[Giulia Rocchetti, et.al.](#) "Presence of liquid water during the evolution of exomoons orbiting ejected free-floating planets". (International Journal of Astrobiology)

["Leben auf fernen Monden"](#). (Origins-Cluster)

文／彩恵りり

<https://sorae.info/astrology/20230328-oumuamua.html>

オウムアムアの“謎の加速”をシンプルに説明する新たな仮説 正体は小さな彗星だった？

2023-03-28 [sorae 編集部](#)



【▲ 観測史上初の恒星間天体「オウムアムア」の想像図（Credit: NASA, ESA, and J. Olmsted and F. Summers (STScI)）】

カリフォルニア大学バークレー校の Jennifer Bergner 准教授とコーネル大学の博士研究員 Darryl Seligman さんは、恒星間天体「オウムアムア（'Oumuamua）」で観測された重力だけでは説明できない“謎の加速”について、内部から放出された水素ガスによるものだったとする研究成果を発表しました。

研究チームはオウムアムアのように「物質の放出が観測されないのに加速している天体」が太陽系にも存在すると考えており、宇宙航空研究開発機構（JAXA）の小惑星探査機「はやぶさ2」の拡張ミッションに期待を寄せています。

■加速の原因は宇宙線によって生成・蓄積されていた水素ガスだった可能性

2017年10月に発見された観測史上初の恒星間天体であるオウムアムアは、幅110～120m・厚さ20m程度の小さく扁平な形状をした天体だと考えられています。発見時点で太陽や地球から遠ざかりつつあったオウムアムアを観測できた期間は数週間程度と短いものでしたが、重力だけでは説明できない非重力的な加速が観測されており、その正体や非重力的加速の原因については今も結論が出ていません。

重力以外に加速の原因として考え得るのは、太陽に接近した彗星でみられるようなガスや塵の放出です。ところが、オウムアムアではそのような目立った物質の放出は観測されませんでした。観測できなかつただけで実際には物質が放出されていた可能性はありますが、オウムアムアが受け取る太陽エネルギーを考慮すると水分子や有機化合物の放出では不十分であり、検出された加速を説明できるのは揮発性の高い水素分子・窒素分子・一酸化炭素分子などが放出された場合だと考えられています。

観測結果をもとにオウムアムアの正体と加速の原因を検討した天文学者からは、これまでに「分子雲の内部で形成された水素分子の巨大な塊」だとする説（Seligmanさん自身がシカゴ大学在籍中に提唱）や「冥王星に似た天

体から衝突時の破片として飛び出た窒素分子の氷の塊」だとする説などが提唱されています（本稿では詳しく触れませんが、オウムアムアの正体を巡っては地球外文明の探査機だった可能性を指摘する説さえもあります）。

関連

- ・ [オウムアムアの正体に新説、冥王星に似た天体の破片が数億年かけて飛来した可能性](#)（2021年3月18日）
- ・ [恒星間天体オウムアムアの正体は「水素分子の氷山」ではなかった？](#)（2020年8月18日）



【▲ 観測史上初の恒星間天体「オウムアムア」の想像図（Credit: ESO/M. Kornmesser）】

【▲ 小惑星「1998 KY26」と小惑星探査機「はやぶさ 2」の大きさを比較した図（Credit: Auburn University, JAXA）】

今回の研究で Bergner さんと Seligman さんが辿り着いた結論は、オウムアムアの正体と加速の原因をよりシンプルに説明するものでした。2人はオウムアムアが彗星のように水の氷が豊富な天体であり、非重力的な加速の原因は宇宙線（銀河宇宙線）によって内部で生成・蓄積されていた水素ガスが放出されたためではないかと考えています。オウムアムアは誕生した惑星系を飛び出してから太陽系に進入するまでの間、星々の間に広がる星間空間を移動し続けていたとみられています。星間空間を移動中のオウムアムアは、長期間に渡って宇宙線を浴び続けることとなります。20世紀後半に発表された様々な実験結果を参照した Bergner さんと Seligman さんは、宇宙線に似た高エネルギー粒子（電子や陽子など）が非晶質氷に衝突した時に氷の内部で大量の水素ガスが生成されることや、雪玉のような構造の彗星でも氷内部の気泡にガスを閉じ込めておけることを実証した、幾つもの成果を発見しました。過去の実験によれば、太陽に温められた非晶質氷の形態が結晶構造へと変化することで、内部に閉じ込められていた水素ガスが氷から放出されます。2人が計算したところ、オウムアムアのような小さな彗星の軌道に十分な影響を与えられる量の水素ガスが、細く絞られたビーム状または扇形のスプレー状となって彗星表面から放出される可能性が示されたといいます。つまり、オウムアムアの正体はどこかの惑星系を飛び出した小さな彗星であり、その内部では星間空間を移動中に飛来し続けた宇宙線によって大量の水素ガスが生成・蓄積されていたのではないかと考えられています。太陽系に進入したことで温められた氷の形態が非晶質氷から結晶構造へと変化することで水素ガスが放出された結果、非重力的な加速が生じた可能性がある、というわけです。

彗星核の直径が数 km に達する一般的な彗星でも同様の現象は起きているかもしれませんが、水素ガスが放出されるのは彗星核表面の薄い層からのみとなるため、検出できるレベルの効果が生じることは期待できないと Bergner さんは指摘します。いっぽう、オウムアムアは非常に小さな天体だったため、十分な加速が実際に生じたとみられています。また、太陽系の彗星には氷だけでなく塵も含まれていますが、Seligman さんによると、水素ガスの放出は氷が昇華することで生じるのではなく氷の形態が変化することで生じているため、仮にオウムアムアに塵があったとしてもこのプロセスで放出されることはない（従って放出された塵を観測することもない）だろうということです。

■ 「物質の放出が観測されないのに加速している天体」は太陽系にも存在する？

非重力的なオウムアムアの加速の原因を探り続けている Seligman さんは、太陽系にも「物質の放出を確認できないのに加速している天体」があるのではないかと考えるようになったといいます。Seligman さんはそのような天体を「dark comet（ダークコメット）」と呼んでいます。

ダークコメットは日本語では「暗い彗星」や「暗黒彗星」といった意味ですが、これは彗星のような弱い非重力的加速をしているのにコマ（彗星の核から放出された物質でできた明るいぼんやりとした領域）がみられない天体であることを示しており、電磁波で観測できない謎の物質「暗黒物質（ダークマター）」との関連性を示しているわけではありません。その性質を考慮して日本語に訳すなら「隠れ彗星」といったところでしょうか。

Bergnerさんと Seligmanさんは今回のオウムアムアに関する研究以外にも、アメリカ航空宇宙局（NASA）ジェット推進研究所（JPL）の Davide Farnocchiaさんらとともにダークコメットに関する研究も行っています。ダークコメットの非重力的加速が起きている原因は特定されていませんが、何らかのガスが穏やかに放出されることで生じている可能性が高いと考えられています。Bergnerさんはダークコメットについて「太陽系の小天体に関して学ぶべき性質がまだまだあることを明らかにするものです」と指摘しています。これまでにダークコメットの候補とみなされている天体は小惑星「2003 RM」をはじめ合計7つありますが、そのなかには小惑星「1998 KY26」も含まれています。1998 KY26は平均直径約30mと推定されている小さな小惑星ですが、JAXAの「はやぶさ2」拡張ミッションの目標天体となっており、2031年に直接観測が予定されています。

関連

・ [あれが「はやぶさ2」の次なる目的地。拡張ミッションの目標を「すばる望遠鏡」が撮影](#)（2020年12月18日）
・ [【解説】「はやぶさ2」拡張ミッションは、あらゆることが実験に](#)（2020年7月27日）

「それら（ダークコメット）はオウムアムアとは異なる新しいタイプの天体ですが、オウムアムアが発見に導いたのです」 Seligmanさんがそう語るダークコメットの性質に関する貴重なデータが、「はやぶさ2」の観測によって得られるかもしれません。

関連記事 [ポリソフ彗星は太陽以外の恒星に接近したことがなかった？](#)

[恒星間天体「ポリソフ彗星」に関する新たな研究成果、太陽系に似た環境で誕生した可能性](#)
[ジェイムズ・ウェッブ宇宙望遠鏡「次の恒星間天体」の観測に挑戦](#)

Source

Image Credit: NASA, ESA, and J. Olmsted and F. Summers (STScI), ESO/M. Kornmesser, Auburn University, JAXA

[UC Berkeley](#) - Surprisingly simple explanation for alien comet 'Oumuamua's weird orbit

[Cornell University](#) - First known interstellar interloper resembles 'dark comet'

[Bergner et al.](#) - Acceleration of 1I/Oumuamua from radiolytically produced H₂ in H₂O ice (Nature)

[Farnocchia et al.](#) - (523599) 2003 RM: The Asteroid that Wanted to be a Comet (The Planetary Science Journal)

[Seligman et al.](#) - Dark Comets? Unexpectedly Large Nongravitational Accelerations on a Sample of Small Asteroids (The Planetary Science Journal)

文/sorae編集部

<https://wired.jp/article/solar-flare-research-sun-jar/>

ガラス瓶の中で生成された“小さな太陽”から、太陽フレアの謎を解き明かせるか

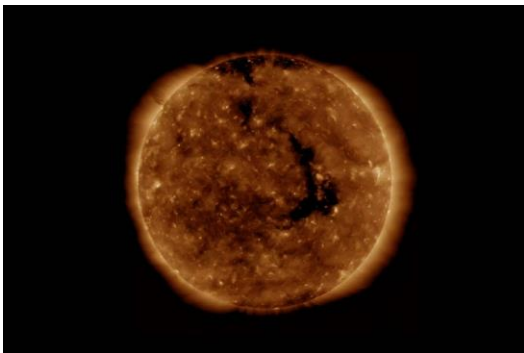
ガラス製の球体の容器の中で、星の内部で見られるようなプラズマの球状の対流を再現することに米国の研究者が成功した。いわば“小さな太陽”の生成に成功したことで、太陽フレアの仕組みや太陽の内部で起きていることの解明につながると期待されている。カリフォルニア大学ロサンゼルス校の科学者であるセス・プッターマンがプラズマの挙動を研究するようになった経緯は、もともとは国家安全保障上の理由からだった。

超高速な[極超音速ミサイル](#)は、周囲の空気を熱してイオン化させることで、プラズマと呼ばれる荷電粒子の雲を形成する。一方で、プラズマは電波を吸収するので、地上のオペレーターによるミサイルとの通信が難しくなってしまう。プッターマンはこの問題を解決しようと試みていた過程で、プラズマの物理現象は太陽でも起きていることに気づいたのだ。そこでプッターマンらの研究チームは、プラズマで満たされた直径1.2インチ（約3cm）

のガラス製の球体の容器を製作した。これをプッターマンは「瓶の中の太陽」と呼んでおり、[太陽フレア](#)の発生過程などのモデルを構築するために使用した。太陽フレアとは、太陽で起きるエネルギーの爆発的な放出のことで、高速のプラズマの塊が放出されることもある。このプラズマが、軌道上の人工衛星や地上の電力網に大打撃を与える可能性があるのだ。「この研究による進展は、宇宙における天気の変化を察知して警告するモデルに影響を与えるでしょう」と、科学誌「Physical Review Letter」に掲載された[今回の研究について説明する論文](#)の最終著者であるプッターマンは語る。

地球上で初めてプラズマの対流を再現

太陽について簡単に説明すると、帯電した状態で回転するガスの粒子でできたプラズマが渦巻く炎のようなものだ。このガスの粒子は大部分が電子から引き離された電子と水素原子からなる（星で発生しているプラズマは、ドーナツ状の炉にプラズマを磁場で閉じ込める方式の原子炉である[トカマク](#)で使われる低密度のプラズマとは少し異なる）。特に大きなプラズマの塊が地球に向かって放出された場合に備えて、研究者たちは太陽フレアをよりよく理解しようと長きにわたって研究を続けてきた。



[太陽から吹き出す「太陽風」のエネルギー源は、微小な噴出活動だった？ 研究結果が示す“大発見”の可能性](#)

BY KATRINA MILLER

プッターマンのチームの実験では、まず部分的にイオン化した硫黄ガスをガラス製の球体の容器に入れた。そして電子レンジで使われるような低周波のマイクロ波を照射してガスを励起し、約 2,760°C まで加熱する。すると、30kHz で振動するマイクロ波は音波を発生させ、それが高温のガスを収縮させる圧力となることが判明した。この音波の圧力が“音響の重力”のようなものを発生させ、太陽の球状の重力場に似た流体の流れを生み出す（実験でつくられた重力場は地球の重力場の約 1,000 倍の強さだった）。つまり、温かい流体は上昇する一方で、冷たく密度の高い流体はガラス容器の中心部に沈むという、プラズマの対流が生まれたのだ。

こうして研究チームは、星の内部で見られる球状の対流に近いものを地球上で作り出すことに、初めて成功したのである。 Play/Pause Button VIDEO: UCLA

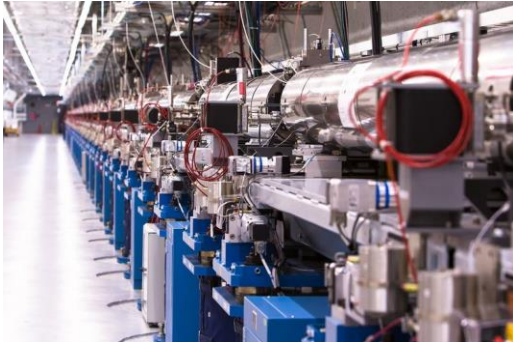
今回の研究プロジェクトは、極超音速機での応用が可能という理由から、米国防総省の先端技術の研究部門である国防高等研究計画局（DARPA）から最初に資金提供を受けた。その後、宇宙の天気が航空機や宇宙船の妨害に関係することから、米空軍研究所（AFRL）の支援も受けている。 WATCH

さらに今回の研究は、太陽の基本的な仕組みについて示唆するものであると天文学者たちは考えている。「この研究の本当の価値は、太陽で起きている対流のシミュレーションを研究室で始めて、不思議な太陽の周期について洞察を得たことだと思います」と、コロラド大学ボルダー校の宇宙天気技術・研究・教育センターのエグゼクティブディレクターを務めるトム・バーガーは語る。バーガーは今回の研究には関与していない。

バーガーの言う太陽の周期とは、11 年ごとに太陽の内側の対流圏が何らかの影響で活発化し、最も外側の層（コロナと呼ばれる）がより頻繁に激しいフレアを噴出したり、コロナ質量放出と呼ばれるプラズマの爆発を発生させたりする現象のことだ。米航空宇宙局（NASA）は「Solar Dynamics Observatory」と呼ばれる探査機を使って音波で太陽の表面をマッピングし、その下で発生しているプラズマについて調査しようとしているが、太陽の内部を調査することは難しいとバーガーは語る。

星のモデルの限界と新たな可能性

この分野のほかの研究者もプッターマンのチームの研究を賞賛しているが、限界があることも指摘している。「期待もてる革新的な研究で、巧妙にできています。星の内部の動きを実験室でシミュレーションすることは長年の課題でした」と、米海洋大気庁（NOAA）の宇宙天気予報センター（SWPC）とコロラド大学の研究者であるマーク・ミッシュは語る。球体内でプラズマの対流を発生させることに、科学者たちは長年にわたって苦戦してきた。以前の実験では、地球の重力がプラズマの流れに影響して失敗していたという。



[世界最速の「湯沸かし器」は、0.000000000000075秒で水をプラズマに変える](#) BY MARTA MUSSO

[核融合発電の実用化を加速させる？ DeepMindが開発した「プラズマを制御するAI」が秘めた可能性](#)

BY AMIT KATWALA

それが今回の研究の先駆けである欧州宇宙機関（ESA）が08年に国際宇宙ステーションで実施したプロジェクト「Geoflow」を進めるきっかけになった。この研究では、星の内部で起きる対流と同じように、惑星内で流体がどのように流れるかを実験的にモデル化している。今回のプッターマンらの研究は、宇宙の微小重力環境に身を置くことなく球状の対流をつくり出せることを示したのだ。

ただし、「瓶の中の太陽」にはひとつ重大な欠点がある。フレアや太陽嵐を引き起こす重要な要素である磁場が欠けているのだと、NOAAのミッシュは指摘する。

太陽嵐のエネルギーは、太陽の磁場から来ている。太陽の周期的な活動がピークに達するとき（これは数年後に訪れる）、太陽の内部の磁場が絡み合っただけで磁場が集中した渦を生み出し、それが地表まで上昇することで黒点ができる。そうした場所からフレアやコロナ質量放出が発生するのだ。プッターマンのチームは次の研究の段階で、構築した星のモデルに磁場を組み込むことを想定しているという。

現時点でも今回の実験の新たな用途が次々と見つかっていると、プッターマンは語る。その用途には、周期的に明るくなったり暗くなったりするケフェイド変光星の研究も含まれる。ケフェイド変光星の定期的な脈動は宇宙の標識として機能することで、ほかの天体までの距離の測定に使えるのだ。

「研究を進める方向性はたくさんあります」と、プッターマンは言う。「基礎科学の分野でブレイクスルーを果たしたと感じています。そしてそこから多くの触手が伸びており、それらを探求できることをうれしく思います」

([WIRED US](#)/Translation by Nozomi Okuma)

※『WIRED』による[宇宙の関連記事はこちら](#)。[太陽の関連記事はこちら](#)。

Related Articles



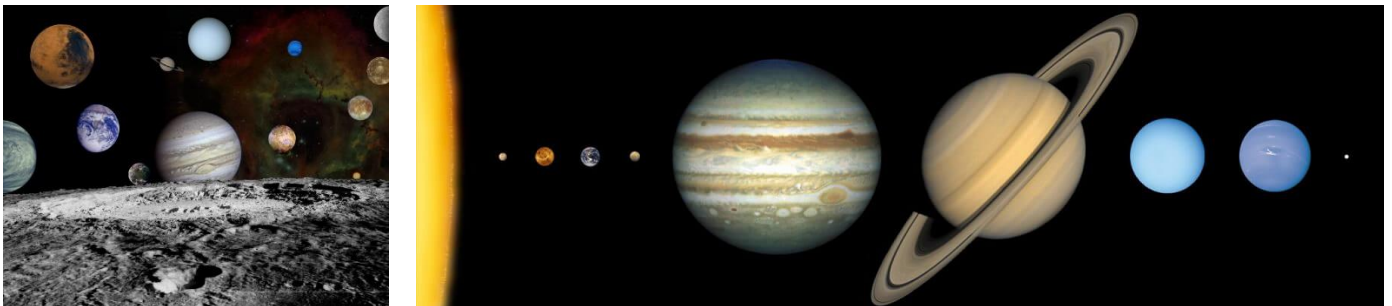
[太陽から吹き出す「太陽風」のエネルギー源は、微小な噴出活動だった？ 研究結果が示す“大発見”の可能性](#)

太陽から吹き出す極めて高温なプラズマとして知られる太陽風。この何十年も前から謎に包まれていた現象の発生源が、太陽の上層大気であるコロナの底部で断続的に発生している微小な噴出活動である可能性を、米国の研究チームが論文で公表した。

<https://sorae.info/astromy/20230327-solar-system-super-earth.html>

太陽系に「スーパーアース」が存在したらどうなる？ その悲惨な結末とは

2023-03-27 [吉田 哲郎](#)



【▲ 月面を前景とした木星や地球などの惑星などのイメージ (Credit: NASA/JPL/ASU)】

【▲ 太陽系の惑星と冥王星の図 (Credit: NASA)】

私たちの地球がある太陽系の基本的な骨組みは、太陽という恒星の周りを水星から海王星まで8つの惑星が公転しているという構造をしています。地球の公転軌道は恒星(太陽)から一定の範囲に広がるハビタブルゾーン(生命居住可能領域)の中に位置しており、人類をはじめとした多くの生物にとっての故郷となっています。

しかし、太陽系の基本的な構造や地球の居住性は絶妙なバランスの上に成り立っていて、意外と脆いものであるということ、あらためて教えてくれる研究成果が発表されました。

この研究は、カリフォルニア大学リバーサイド校の天体物理学者スティーブン・ケイン(Stephen Kane)氏が行ったコンピュータシミュレーションによるものです。成果をまとめた論文は「The Dynamical Consequences of a Super-Earth in the Solar System (太陽系におけるスーパーアースが引き起こす力学的影響)」というタイトルで「The Planetary Science Journal (惑星科学ジャーナル)」に掲載されています。

Playvolume00:00/00:09NASA pays tribute to Pele with picture of galaxy in Brazilian coloursTruvidfullScreen

ケイン氏は、太陽系の惑星科学に関する2つの顕著なギャップに対処することが、この研究の意図だったと説明しています。ギャップの1つ目は、太陽系における地球型惑星(岩石惑星)と巨大ガス惑星を隔てるサイズのギャップです。太陽系で最大の地球型惑星は私たちが住む地球で、最小の巨大ガス惑星は海王星です(海王星は天王星とともに巨大氷惑星に分類されることもあります)。ところが、海王星の大きさ(半径)は地球の約4倍、質量は地球の約17倍と、2つの惑星のサイズには大きな違いがあります。地球と海王星のギャップを埋める惑星は、太陽系には存在しません。ケイン氏は、太陽系以外の惑星系ではこのギャップを埋めるような質量を持つ惑星がいくつも存在すると指摘しています。地球よりも重くて海王星よりも軽いこのような惑星は「スーパーアース」(※)と呼ばれています。(※)地球よりも大きな岩石惑星。また、2021年現在で980個のスーパーアースが報告されているということです。

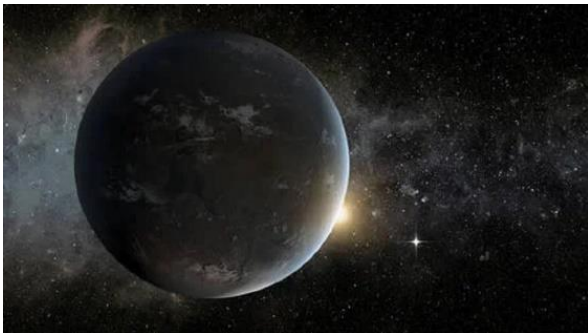
もう1つのギャップは、太陽から見た、火星と木星の相対的な位置関係についてのギャップです。岩石惑星である火星とガス惑星である木星は太陽からの距離の差が大きく、他の惑星どうしと比べて隔たりが大きくなっています。そのため、惑星科学者はその場所(火星と木星の間)が無駄なように思えて、2つの惑星の間にも何かが存在していたと期待することがよくある、とケイン氏は語っています。これらのギャップの研究は、太陽系の構造と地球の進化に関する重要な洞察を与えてくれる可能性があります。そこでケイン氏は、火星と木星の間にもさまざまな質量を持つ惑星(地球の1倍~10倍の質量)が存在する仮想の太陽系のシミュレーションを実施し、

他の惑星の軌道に対する影響を検証しました。その結果は、太陽系にとって悲惨なものばかりでした。火星と木星の間に仮想の惑星が存在すると、木星の軌道が影響を受けることで、すべてが不安定になるといいます。木星は他の惑星よりもはるかに大きく、質量は地球の318倍もあるため、その重力の影響は深刻です。

ケイン氏がシミュレートした仮想の太陽系では、火星と木星の間に存在するスーパーアースや、太陽系の近くを通過する恒星などの天体が、木星を少しでも不安定な状態にすることで、他のすべての惑星が非常に大きな影響を受けることになったといいます。スーパーアースの質量や公転軌道の位置によっては、水星や金星、地球を太陽系から追い出してしまう可能性があります。また、天王星や海王星の軌道も不安定になって、やはり太陽系外に放り出される可能性もあるとのこと。また、地球が放り出されない場合でも、スーパーアースは地球の軌道の形を変えてしまう可能性があり、地球上の生命を完全に消滅させてしまうことはないにしても、地球の居住性は現在よりもはるかに低下してしまうようです。

この研究は、太陽系以外の惑星（系外惑星）における生命居住の可能性にも関わってきます。恒星から遠く離れた木星のような巨大ガス惑星が発見される可能性は10%程度にすぎませんが、その存在によって、地球やスーパーアースのような惑星が安定した軌道を持つことができるかどうかが決め手となるからです。

この研究結果について、ケイン氏は「私たちの太陽系は、これまで考えていた以上に細かく調整されていて、まるで複雑な時計の歯車のように機能しています。余計な歯車を付け加えれば、すべてが壊れてしまいます」「多くの天文学者は余分な惑星を望んでいたにもかかわらず、それが無いのは良いことなのです」と述べています。



【▲地球から約1200光年離れた太陽より小さい恒星の周りを回る「スーパーアース」サイズの惑星ケプラー62fの想像図 (Credit: NASA Ames/JPL-Caltech/Tim Pyle)】

関連記事

[太陽系外の岩石惑星と恒星の組成にみられる相関 「すばる望遠鏡」などの観測により初めて示される](#)

[赤外線天文衛星「IRAS」と「あかり」のデータで「プラネット・ナイン」の候補を探る](#)

[木星の衛星が新たに4つ見つかる 最多の衛星を持つ惑星の地位を奪還](#)

Source Image Credit: NASA Ames/JPL-Caltech/Tim Pyle

[UC Riverside](#) - The planet that could end life on Earth

[The Planetary Science Journal](#) - The Dynamical Consequences of a Super-Earth in the Solar System

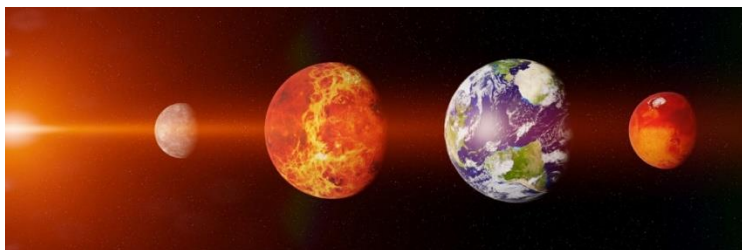
文／吉田哲郎

<https://news.mynavi.jp/techplus/article/20230329-2639308/>

近大、太陽系で地球型惑星を生み出した「原始惑星系円盤」の特徴を解明

掲載日 2023/03/29 18:42 著者：波留久泉

近畿大学(近大)は3月28日、水星・金星・地球・火星の4つの地球型惑星の軌道と質量、および小惑星帯の軌道や質量などの特徴を解明するため、約46億年前の太陽系誕生時に存在した「原始惑星系円盤」(以下「円盤」)の進化を数値シミュレーションで検証した結果、地球型惑星と小惑星帯の形成に関する特徴を再現し、地球型惑星を生み出すが持つべき条件などが明らかになったことを発表した。



左から水星、金星、地球、火星の太陽系の地球型惑星たち(出所:NWSCAST Web サイト)

同成果は、近大 総合社会学部 総合社会学科 社会・マスメディア系専攻のソフィア・リカフィカ・パトリック准教授と国立天文台(NAOJ) 天文シミュレーションプロジェクトの伊藤孝士講師の共同研究チームによるもの。詳細は、[英オンライン総合学術誌「Scientific Reports」に掲載された。](#)

太陽系においては、およそ 46 億年前に円盤の中でダストが徐々に集積し、内側領域で 4 つの地球型惑星が誕生。その同時期に小惑星帯も形成されたと考えられている。しかし、地球型惑星と小惑星帯の形成過程には、まだ謎も多い。その例には、水の起源や惑星ごとに軌道や質量が大きく異なる理由、小惑星帯にさまざまな特徴を持つ天体が混在している理由、さらには地球型惑星や小惑星帯の形成過程における木星や土星の役割などが挙げられる。研究チームによると、こうした謎を解明するためのシミュレーションで、4 惑星の特徴を単一のモデルで正確に再現できたものはこれまでになかったという。そこで研究チームは今回、数値シミュレーションで 46 億年前の太陽系を再現し、4 惑星の軌道や質量、小惑星帯の主要な性質などを反映したモデルを作成したとする。今回の研究はまず、異なる特性を持つ円盤を初期条件とし、微惑星の集積により形成される惑星、および残存する微小な天体(小惑星)の様子を数値的に再現することから始められた。そして解析の結果、最も重要な以下の 3 点が明らかになったという。太陽系初期に、木星と土星が 2:1 の平均運動共鳴に近い配置にあったことで、円盤内天体の「カオス的な励起」が幅の狭い円盤を作り出し、地球型惑星と小惑星帯が形成されたことが示唆された。これは、原始惑星系円盤の質量減少を引き起こす、新しい機構の提案だという。なおカオス的な励起とは、運動に予測困難な不規則性(カオス性)が生じ、それが原因となって地球型惑星系で集積する微惑星などの小天体の軌道が励起状態となり、軌道が円・平面にある状態から外れることを指す。

火星や小惑星帯の小さな質量を再現するため、円盤の広がりには 1.5 天文単位以内(太陽から火星までがおおよそ 1.5 天文単位)に制限される、という新しいシナリオが発見された。1.5 天文単位以遠領域にある微惑星が枯渇することで、火星と小惑星帯の質量が小さいことを説明できるとする。

水星の軌道と小さな質量を再現するため、円盤は 0.8~0.9 天文単位以内の内部領域を持つことが示唆された。上述した結果は、地球型惑星形成の新しいモデルとなり、円盤内での約 1000 万年にわたる不安定化、さらに続く力学的な進化の後、現在観測される軌道と質量を持つ 4 つの地球型惑星の形成までを再現できたとする。また、このモデルから生成される地球のような惑星は、月の形成時期、水が豊富な微惑星が早期に集積すること(地球の水の起源)、水の少ない小惑星が遅くまで集積しない、といった重要な観測的制約を満たしているという。これらの理由から、今回のモデルは地球型惑星の軌道や質量、小惑星帯の主要な性質など、太陽系内部で見られる観測的制約の多くを同時に再現可能であることが明らかにされたが、ほかにも以下の点が明らかになったとする。

月を形成した巨大衝突が、太陽系誕生後約 6000 万年以内に起こったこと

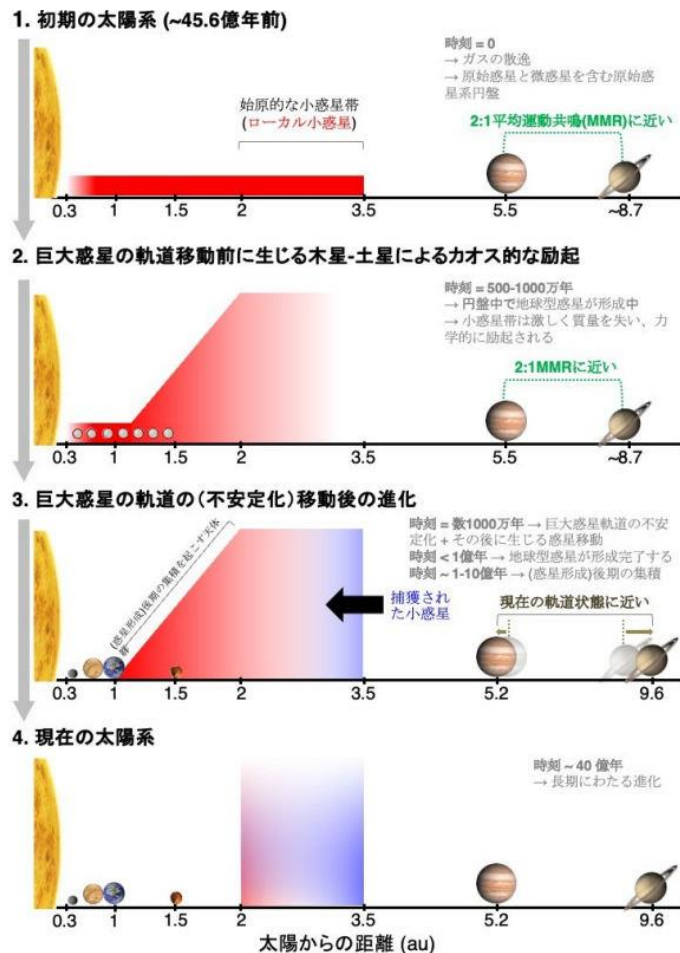
地球形成の最初の 1000 万年~2000 万年の間に水が獲得されたこと

円盤の中心距離 2 天文単位以内に形成された天体によって、地球型惑星が後期重爆撃を受けたこと

小惑星帯の軌道構造、分光学的分類、また質量が小さいこと

研究チームはさらに、小惑星帯形成の新しいモデルとして、地球型惑星形成後約 40 億年の進化を経て、生き残る局地的な小惑星、および捕獲された小惑星との混成も提案している。局地的な小惑星とは、円盤内天体のカオス的な励起により円盤内の天体が枯渇した後の残骸のことだ。また、捕獲された小惑星とは、円盤が不安定になった後に木星以遠にある天体が貯蔵された領域から集積したものを示すとする。

このモデルは、小惑星帯を持つ特徴である、小さな質量、軌道分布、S型・C型・D/P型という3つの主要な分光学的集団の組成分類を再現することが可能だとしている。また、太陽系の内側で発生した重爆撃は、地球型惑星形成の最終段階において、水の少ない小惑星の残骸によって引き起こされた可能性も示唆されたとする。以上から、太陽系内部の形成過程に関して新しい力学モデルが提唱されたことを意味するとした。



地球型惑星と小惑星帯の形成に関する、木星～土星カオス励起シナリオの概要。太陽系の力学的な歴史において発生する主要な4段階。鍵となるイベントのおよその継続期間が時刻として示されている(出所: NWSCAST Web サイト)

<https://news.mynavi.jp/techplus/article/20230327-2637752/>

東大、年間約 10 万個の粒子がほかの惑星系から地球に降り注いでいると推定

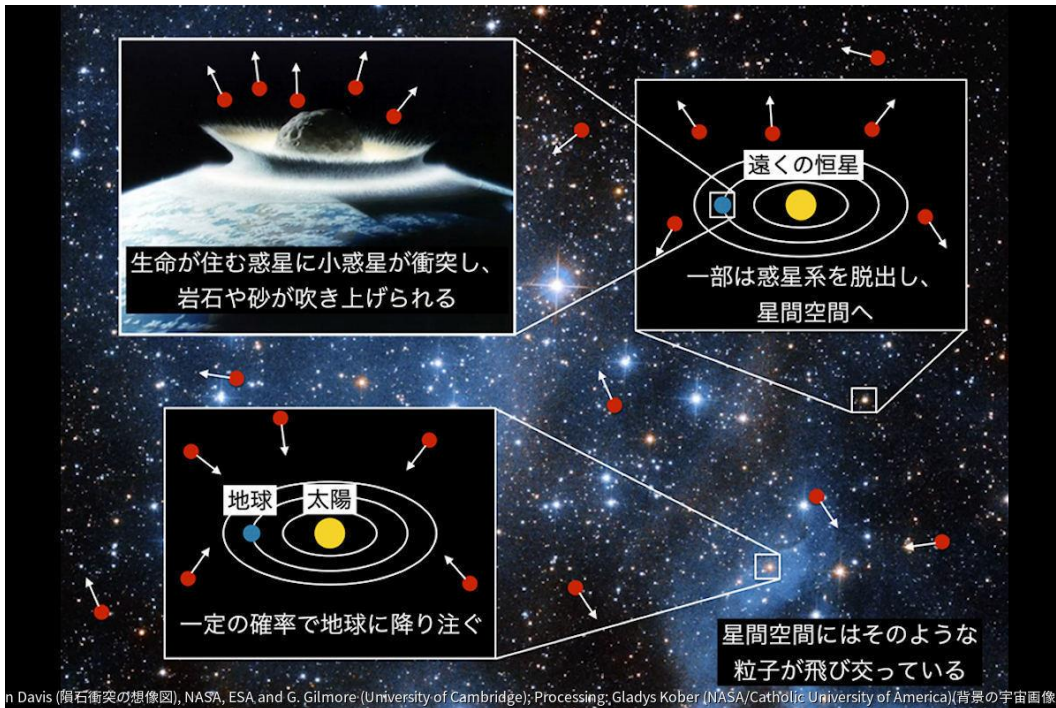
掲載日 2023/03/27 20:09 著者：波留久泉

東京大学(東大)は 3 月 22 日、太陽系外で生まれた生命を探索する新しい方法を提案し、系外惑星に小惑星が衝突した際に宇宙空間に放出される岩石の粒子が、年間約 10 万個も地球に降り注いでいると見積もられたことを発表した。

同成果は、東大大学院 理学系研究科の戸谷友則教授らの研究チームによるもの。詳細は、[宇宙生物学に関する全般を扱う学術誌「International Journal of Astrobiology」に掲載された。](#)

系外惑星において、ハビタブルゾーンで公転する水をたたえている可能性のある地球型惑星が見つかってきている。そうした系外惑星においては、地球外生命体が存在している可能性がある。生物がいるかどうかは、大気中の酸素などのバイオシグネチャー(生命痕跡)を検出する方法が考えられており、次世代の宇宙望遠鏡や地上の大型望遠鏡の性能であれば、より検出できる可能性が高くなるという。ただし、それらは非生物的に生成された可能性もあるため、地球からの観測では地球外生命の証拠なのかそうでないのか、判断が難しい。可能なら実際に

その惑星を訪ねるのが最も望ましいが、現状ではそれは不可能なため、地球からの観測が限界であり、それだと誰も納得できる形で証明することは難しいとする。そこで研究チームは今回、太陽系外の地球型惑星に巨大隕石が衝突し、その際にさまざまなサイズの岩石や粒子が宇宙空間に放り出されることに注目することにしたという。このような現象が頻繁に起きていることは確実で、実際、地球で採取された隕石の中には火星からやってきたものがある。また、「オウムアムア」や「ボリソフ彗星」など、太陽系に飛来した恒星間天体が確認されたことも記憶に新しい。高真空かつ高放射線環境の過酷な宇宙空間を、生命が生きのまま乗って飛んで行くには、およそ 1kg 以上の比較的大きい岩石が必要だという。しかしそれだと、同じ星系内の移動ならばともかく、星間空間を超えて、ほかの恒星を巡る惑星に生きた生命と共に到着する可能性は、極めて低いとする。



太陽系外の惑星系から生命痕跡を含んだ微粒子が放出され、地球に到達するまでの概念図。 Image credit: NASA/Don Davis (隕石衝突の想像図), NASA, ESA and G. Gilmore (University of Cambridge); Processing: Gladys Kober (NASA/Catholic University of America)(背景の宇宙画像)(出所:東大 Web サイト)

そこで今回の研究では、生きた生命ではなく、生命の痕跡へとターゲットの範囲を広げることにしたという。それならもっと小さな粒子でも問題なくなることから、その数もはるかに多くなり、母数が増えれば地球までやって来られる数も多くなるという。この場合の有望な粒子サイズは 1μm 程度と、微生物の死骸や化石が含まれる大きさであり、またこのサイズになると、太陽の放射圧と重力の影響が同程度になるため、容易に惑星系を脱して星間空間に飛び出せるとのことだ。そして今回の研究では、天の川銀河内の多数の恒星に付随する地球型惑星から粒子が脱出し、星間空間での移動や損失、そして最終的に地球に到達するまでのさまざまなプロセスを吟味し、そのような粒子の数を見積もった。そしてその結果、年間約 10 万個も地球に降り注いでいるという結果が導き出されたとする。もし銀河系に存在する惑星の多くで生命が誕生し、地球のように表面が生命で満ち溢れた惑星が普通に存在するならば、これらの粒子の中に太陽系外微生物の化石や、生物に由来する岩石や鉱物(石灰岩が例として挙げられる)が含まれている可能性があるという。そしてこのような粒子は、地球の大気圏に突入してもすぐに減速され、さほど高温にならずに地上に降ってくると考えられている。つまり太陽系外の生命の痕跡が刻まれた粒子が、日々、我々の頭上から近くの地面に落ちてきているかもしれないというのだ。もし、これらの粒子を集めることができれば、天の川銀河内に生命を宿す星がどれだけあるのかという問いに迫ることができる。しかし研究チームによると、実際にはこうした粒子を捕らえるのは容易ではないという。というのも、太陽系の惑星間にも大量の「惑星間塵」が漂っているからで、それらは年間数万トンもの量が地球に降り注いでいるからだ。つまり、その中から特定の粒子を発見するのは、砂漠の中から針を見つけ出すようなものであり、選り

分けは困難だとした。とはいえ、年間約 10 万個という個数は、将来的に太陽系外の生命痕跡の直接的なサンプルを得られるという、極めて貴重な可能性を示唆するとしている。

研究チームは、粒子の捕獲方法も複数考えられるとし、最も直接的な方法は、宇宙空間に検出器を多数並べて直接捕らえることだという。実際、星間空間を漂っていた星間塵の粒子が太陽系に入り込んできたと思われるものが、人工衛星で検出されている。それらの粒子の軌道を調べれば、太陽系外から来たかどうかを判別することも可能とした。また、地球に落ちてきた惑星間塵は、南極の氷や深海底に堆積した粘土からも検出されている。研究チームは、それらの中で太陽系外からの粒子を探し出せる可能性もあるかもしれないとした。

<https://news.mynavi.jp/techplus/article/kinmirai-technology-kenbunroku-333/>

東海大学学生ロケットプロジェクト 大樹町でロケット打ち上げ実験に成功

掲載日 2023/03/31 08:03 更新日 2023/03/31 18:32 著者：齊田興哉

目次 [市販材料を用いた「ハイブリッドロケット 57 号機」](#)

[5 年ぶりの打ち上げ実験は予定通りに進み大成功！](#)

[学生ロケットプロジェクトに携わる SPACE COTAN と大樹町とは](#)

2023 年 3 月 4 日、東海大学学生ロケットプロジェクトは、北海道の大樹町において、ハイブリッドロケットの打ち上げの実験に成功した。この東海大学が行った打ち上げ実験やプロジェクトの概要、そしてそのロケットの詳細などについて紹介したいと思う。

市販材料を用いた「ハイブリッドロケット 57 号機」

東海大学の学生たちが打ち上げたハイブリッドロケットとは、どのようなものだろうか。以下の図をご覧ください。その名も「ハイブリッドロケット 57 号機」。全長 2.045m、直径 154mm、ドライ重量 10.725kg のロケットだ。燃料には固体の Wax 燃料(ロウ)、酸化剤には液化亜酸化窒素を使っているといい、ウェット重量では 11kg になるようだ。機体素材は市販の GFRP(ガラス繊維強化プラスチック)チューブを主体とし、アルミニウム合金のリングでモジュール間を接合している。これにより、660N の推力を実現しているとする。

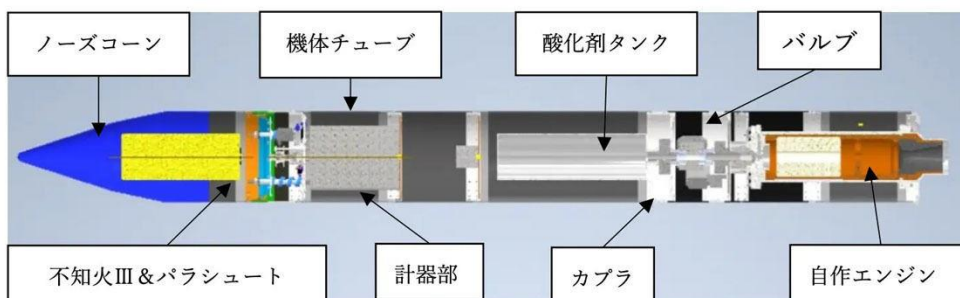


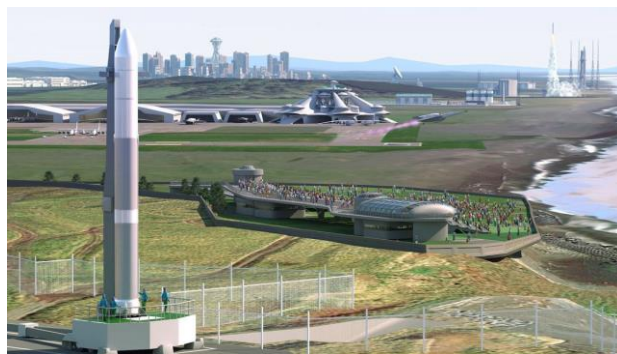
図 3 H-57 機体 (フィンなし)

東海大学の学生ロケットプロジェクトで打ち上げられた「ハイブリッドロケット 57 号機」の構造概要(出典:SPACE COTAN)

5 年ぶりの打ち上げ実験は予定通りに進み大成功！

東海大学の学生ロケットプロジェクトは、北海道の大樹町において行われてきている。実はこのプロジェクトは 2004 年から行われている。しかしコロナ禍の影響により中断を余儀なくされ、今回が 5 年ぶりの再開となったのだ。今回のチャレンジでは、機体の強度を高めたことでロケットは無事に打ち上げに成功し、将来の宇宙空間到達と超音速飛行に向けた技術実証にも成功したとする。また参加した学生は、ロケットの打ち上げに向けて貴重な経験を積み重ね、そして今回、本番ともいえるハイブリッドロケットの打ち上げ実験に成功したのだ。

ロケットは打ち上げ後も予定通りエンジンを燃焼し、9.32 秒で高度 416.45m まで到達。そしてパラシュートを開き、射点から北北東 440m の地点に落下した後、ロケットの機体は回収されている。



ハイブリッドロケット 57 号機の打ち上げの様子(出典:SPACE COTAN)

HOSPO プロジェクトで目指される宇宙版シリコンバレーの将来イメージ(出典:SPACE COTAN)

学生ロケットプロジェクトに携わる SPACE COTAN と大樹町とは

実は、この学生ロケットプロジェクトには、北海道の大樹町と SPACE COTAN が深く関わっている。大樹町といえば"航空宇宙の町"としても知られ、ロケット開発企業のインターステラテクノロジズを連想する人も多いだろう。他にも JAXA(宇宙航空研究開発機構)、SkyDrive、電気通信大学、三菱重工、室蘭工業大学などが、気球や空飛ぶクルマ、ドローンなどを用いた実験を行っている。一方の SPACE COTAN は、大樹町からの委任に基づいて「北海道スペースポート(HOSPO)プロジェクト」の推進業務全般を担っている企業。HOSPO とは、2021 年 4 月に大樹町で本格稼働した、アジア初の民間にひらかれた商業宇宙港で、大樹町と SPACE COTAN は「北海道に、宇宙版シリコンバレーをつくる」というビジョンの実現に向けて、ロケットやスペースプレーンの発射場・実験場の整備や、打ち上げの支援業務を担っている。彼らは、大学や民間企業、団体を積極的に受け入れ、航空宇宙実験の聖地として航空宇宙分野の研究開発や産業の発展に邁進している。世界の宇宙ビジネスを支える将来のインフラとして、研究開発やビジネスのサポート、地方創生を含むビジネス機会を提供しているのだ。

いかがだったでしょうか。東海大学の学生ロケットプロジェクトのロケット打ち上げ成功においても、大樹町や SPACE COTAN が大きく貢献していることがおわかりいただけたかと思う。他にも HOSPO プロジェクトでは、新たなロケット射点の整備や既存の 1000m 滑走路の延伸工事を実施している。未来の宇宙版シリコンバレーの完成がとても楽しみだ。

<https://sorae.info/newslink/202303-astro-kasei-valles>

火星にある「カセイ峡谷」 過去に大洪水があった名残り

2023-03-29



天文

欧州宇宙機関 (ESA) は 2023 年 3 月 28 日、Twitter の公式アカウントで過去に撮影された火星に大洪水の痕跡の画像を改めて紹介しています。(引用元: ESA)

この画像は、火星のクリュセ平原近くの「カセイ峡谷 (Kasei Valles)」の河口付近です。

この付近は数十億年過去に火星で大洪水があった痕跡を残しています。画像を撮影したのは火星探査機「マーズ・エクスプレス」です。搭載されている高解像度カメラによって 2016 年 5 月 25 日に撮影、2017 年 2 月に欧州宇宙機関 (ESA) が公開しています。

Playvolume00:13/01:06SpaceX valued at \$137 bln in new funding: CNBCTruvidfullScreen

火星は過去に大洪水があったのか？

カセイ峡谷の他にも、有名な「ゲール・クレーター」で約 40 億年ほど前に大洪水があったという研究結果が発表されています。

[40 億年前、火星のゲール・クレーターを巨大な洪水が襲ったことが判明](#)

[アメリカのコネル大学、NASA のジェット推進研究所 \(JPL\) などの研究チームは 11 月 5 日、40 億年ほど前に火星の赤道付近にある直径 154km ほどの「ゲール・クレーター」を巨大な洪水が襲っていたことが解ったと発表しました。研究チームは、NASA の火星探査車キュリオシティの画像データを使い、ゲール・ク...](#)

※ゲール・クレーター (Gale crater) : 火星探査機キュリオシティが着陸したエリシウム平原にあるクレーター。中央には高さ 5.5km の「アイオリス山」がある。

<https://news.livedoor.com/article/detail/23958022/>

月に「水を貯蔵するガラス球」が存在することが判明、月全体で 2700 億トンもの水

が貯蔵されている可能性も 2023 年 3 月 29 日 13 時 0 分 [GIGAZINE \(ギガジン\)](#)



[中国とイギリス](#)の研究チームが、2020 年に月へ着陸した中国の無人月面探査機「嫦娥(じょうが)5 号」が持ち帰った月の土壌サンプルから、「水を貯蔵するガラス球」を発見しました。ガラス球の水は太陽風によって補充されており、月全体で最大 2700 億トンもの水が貯蔵されている可能性があるとのこと。

A solar wind-derived water reservoir on the Moon hosted by impact glass beads | Nature Geoscience

<https://doi.org/10.1038/s41561-023-01159-6>

China discovers strange glass beads on moon that may contain billions of tons of water | Live Science

<https://www.livescience.com/china-discovers-strange-glass-beads-on-moon-that-may-contain-billions-of-tons-of-water>

Shiny Glass Beads Reveal How the Moon ‘Recharges’ Its Water

<https://www.inverse.com/science/moon-water-glass-beads>

Glass beads on moon’s surface may hold billions of tonnes of water, scientists say | The moon | The Guardian

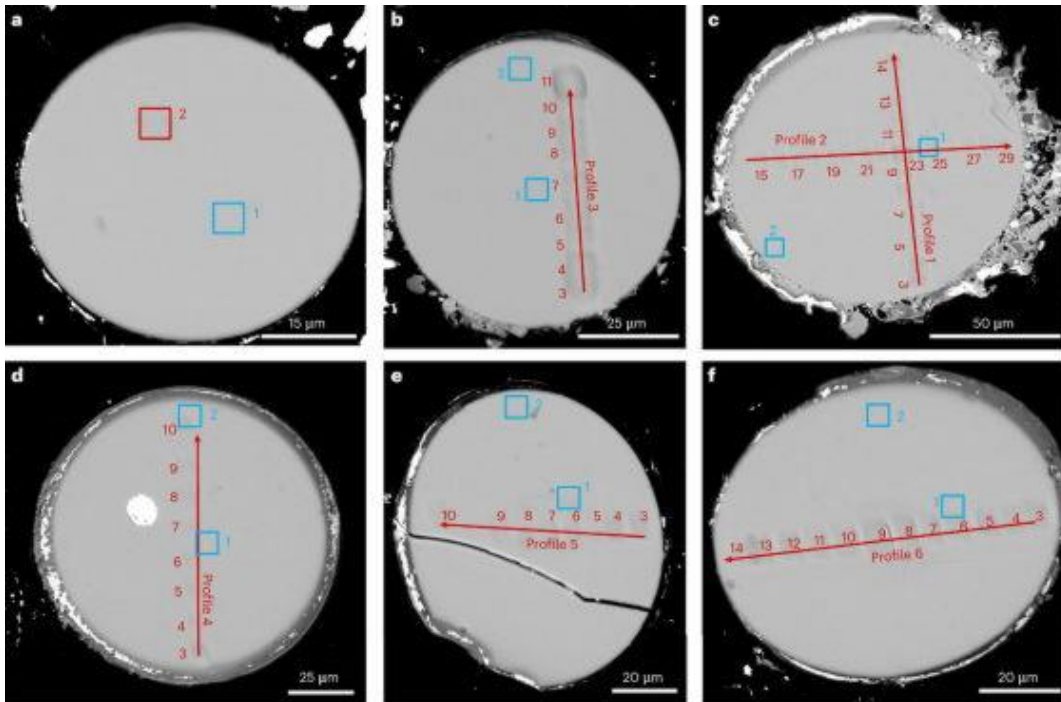
<https://www.theguardian.com/science/2023/mar/27/glass-beads-on-moon-surface-hold-billions-of-tonnes-of-water-scientists-say>

中国の無人月面探査機である嫦娥 5 号は 2020 年に月面着陸に成功し、月面を深さ 2m まで掘削して採取した約 2kg の土壌サンプルを地球へ持ち帰りました。

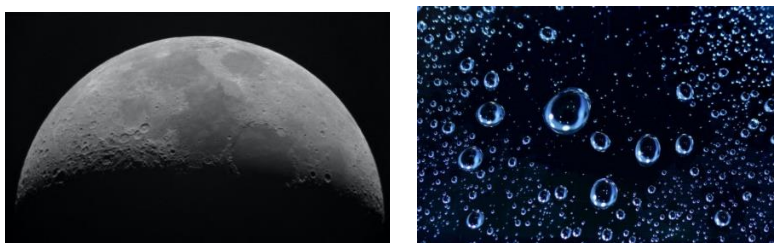
中国の無人月面探査機「嫦娥 5 号」が 2kg の「月の石」を携えて無事帰還 - GIGAZINE

中国科学院や南京大学、イギリスのオープン大学などの研究チームは、嫦娥 5 号が持ち帰った土壌サンプルから発見された「マイクロテクタイト(インパクトガラス)」の分析を行いました。テクタイトとは、隕石(いんせき)が高速で衝突したことで惑星表面の物質が蒸発し、空中に浮遊したものが急冷されて固化したガラス質の鉱物であり、その中でも 1 ミリメートル以下のものがマイクロテクタイトと呼ばれます。南京大学の惑星地球化学者であり論文の共著者である Hejiu Hui 氏は、「これらのマイクロテクタイトは、ガラスであるため輝いています。マイ

クロテクタイトの中には透明なものもあれば、そうでないものもあります。それらはまた、異なる色を持っており、黒・緑・オレンジのガラスビーズの可能性があり」と、ウェブメディアの Inverse に述べました。研究チームが公開したマイクロテクタイトの画像が以下。それぞれのマイクロテクタイトはわずか数十マイクロメートル~1 ミリメートルほどで、非常に小さいことがわかります。



研究チームが月のマイクロテクタイトを分析したところ、内部に水が含まれていることが確認されました。水はガラスビーズの周縁部に豊富だったものの、中心部になると水の含有量が減少していたとのこと。これは、マイクロテクタイトの内部で水が拡散し、徐々に周辺の大気や土壌に水を放出していることを示唆するものです。また、マイクロテクタイト周縁部にある水素同位体の組成は、太陽から吹き出す高温のプラズマである太陽風の水素同位体と似ていることもわかりました。研究チームはマイクロテクタイトの水が、太陽風由来の物である可能性がある」と指摘しています。月の土壌には酸素が含まれているため、月面で形成されるマイクロテクタイトにも酸素が含まれています。この酸素と太陽風に含まれるイオン化された水素原子が反応して生成された水が、マイクロテクタイトに吸収される可能性があるとのこと。科学系メディアの Live Science は、「時間が経つにつれて、ガラス球の一部はレゴリスと呼ばれる月のチリに埋もれ、水が入ったまま地下に閉じ込められます」と述べました。研究チームによると、月全体で 3 億~2700 億トンもの水がマイクロテクタイトに貯蔵されている可能性があるとのこと。




今回の研究結果は、隕石の衝突によって形成されたマイクロテクタイトに水が含まれるだけでなく、その水が数年単位で徐々に放出され、失われた水が太陽風によって補充されるサイクルの存在を示唆しています。オープン大学の惑星科学教授であり論文共著者の Mahesh Anand 氏は、「月のガラス球の中でこの種の水が形成され、地質学的記録に残るまでにわずか数年しかかかりません」とコメントしています。水は人間が生命維持のために飲むだけでなく、呼吸のための酸素を抽出したり燃料に利用したりすることも可能であるため、月に水が存在することは将来の有人探査ミッションにおいて重要です。

中国科学院の惑星地質学者であり論文共著者の Sen Hu 氏は科学系メディアの Live Science に対し、「将来の月探査のためにマイクロテクタイトに含まれる水を取り出したい場合、まずガラス球を採取し、オープンで煮沸して放出された水蒸気を冷却します。最終的に、ボトルに入った液体の水を得ることができます」と述べました。

https://www.afpbb.com/articles/-/3457703?cx_part=top_category&cx_position=5

「月の水」について、中国の探査機「嫦娥 5 号」のサンプルから大きな発見

2023 年 3 月 29 日 18:18 発信地：中国 [[中国](#) [中国・台湾](#)] 



嫦娥 5 号の月サンプルに含まれていた「衝突ガラスビーズ」(2023 年 3 月 29 日提供)。(c)CGTN Japanese

【3 月 29 日 CGTN Japanese】「月に帯水層はあるか。あるとしたら、どこにあるか」——。中国の無人月探査機「嫦娥 5 号 ([Chang'e-5](#))」が採取した月面サンプルによってこの問題が解明されつつあります。27 日付の国際的な学術誌「ネイチャー・ジオサイエンス」に掲載された文章によれば、中国と英国の学者が月探査機「嫦娥 5 号」が採取したサンプルの「衝突ガラスビーズ (衝突ガラス小球)」の中から水を検出したほか、ガラスビーズの中の水の含有量は外縁から中心部に向かって徐々に減少している傾向も突き止めました。科学研究チームは、太陽風中の水素イオンがガラスビーズに注入され、内部で拡散して保存されたと推測しています。

宇宙空間で隕石や小惑星が月に衝突すると、月表面の土や岩が溶けて飛び散って液滴を形成し、その液滴が冷えることで「衝突ガラスビーズ」が形成されます。「嫦娥 5 号」が採取したサンプルの中には、ガラスビーズが多く存在していました。人類は過去 20 年間の月探査により、月面で大量の水の痕跡を発見しています。研究者は、太陽風中の水素イオンが、月面物質中の酸素と結合し、水酸基もしくは水分子を形成し、月表面の水循環を維持していると考えています。研究者の間では、「月の土壌の奥深くに帯水層は存在する。まだ発見されていないだけだ」との見方があります。

中国科学院地質・地球物理研究所、中国科学院大学、南京大学、中国科学技術大学などの研究機関の研究者と英国の研究者が共同で「嫦娥 5 号」の月サンプルに含まれる 32 個の均質な「衝突ガラスビーズ」を詳しく分析した結果、ガラスビーズの平均水分量は 0.05% に達することが分かりました。ここでいう水とは、通常の意味の水ではなく、ガラスビーズの中に存在する水素のことで、この水素は一定の反応によって人々が利用できる水に転換することが可能です。今回の研究で発見された新たなメカニズムにより、「衝突ガラスビーズ」が蓄水の「宝庫」であり、月表の水循環を維持できるものと判明しました。(c)CGTN Japanese/AFPBB News

<https://sorae.info/astrometry/20230327-starlink-hubble.html>

宇宙望遠鏡にも影響が？ ハッブルの画像に写り込む人工衛星は増加傾向にあるこ

とが判明

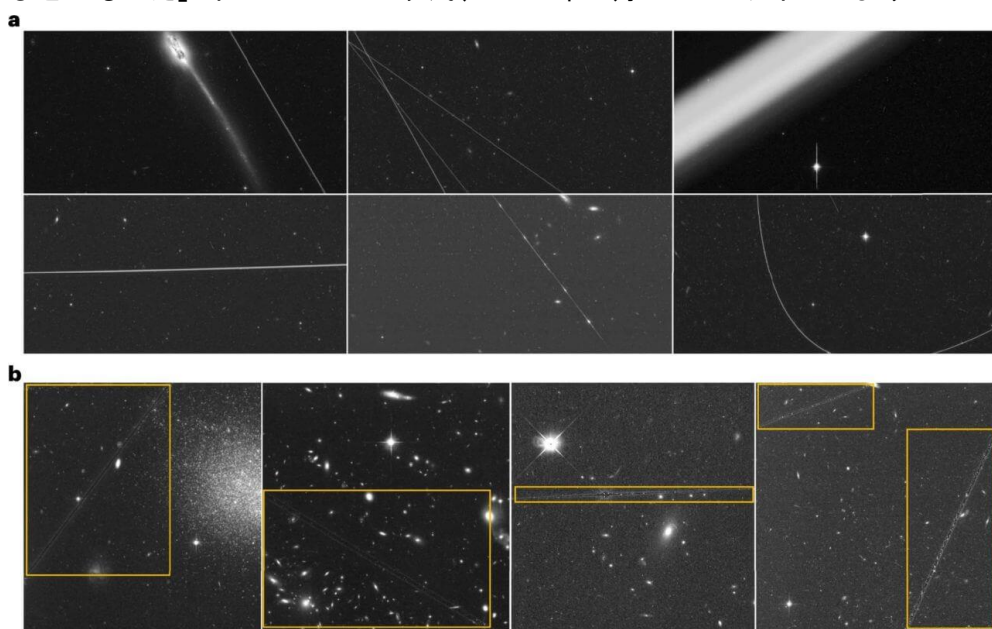
2023-03-27 [彩恵りり](#)

SpaceX 社の「Starlink (スターリンク)」は、地球低軌道に配置した多数の通信衛星 (以下「Starlink 衛星」) を連携させる衛星コンステレーションを利用して、文字通り地球のどこでも高速のブロードバンド通信を提供する

サービスです。Starlink 衛星は 2023 年 3 月の時点で既に 4000 機以上が打ち上げられており、SpaceX は 2030 年までに 1 万機、最終的には 4 万 2000 機もの Starlink 衛星打ち上げを計画しています。衛星コンステレーションを利用するアイデアは他の企業や国でも採用されていて、例えばアメリカには同様のサービスを提供する OneWeb（ワンウェブ）社がありますし、中国でも同様の通信衛星ネットワークが計画されています。

Starlink 衛星の打ち上げが始まる前に運用中だった衛星の数は約 1000 機、運用停止されたものを含めても約 5000 機でした。このことを踏まえれば、Starlink 衛星の数が膨大であることがわかります。このような大量の衛星が地球を周回するようになることで生じる様々な影響が、世界中で懸念されるようになってきました。

特に指摘されているのは、天文学の研究に対する悪影響です。これほど多数の人工衛星が低軌道を公転すると、地上の天文台で撮影した写真に衛星の光跡が映りこむ可能性が高まるからです。天文台で行われる観測は綿密なスケジュールに従って実施されています。人工衛星が写り込んだ写真の全てが研究に使えないわけではありませんが、それでも撮影に失敗する可能性を考慮して追加の撮影を行わなければならないとすれば、全体の観測計画が長引く恐れがあります。こうした懸念に対して SpaceX 社のイーロン・マスク氏は、2019 年に「Starlink による天文学への影響はほぼ 0%である。それよりも大気による減衰がひどいので、望遠鏡を軌道上に打ち上げる必要がある」という主旨の発言をしています。「軌道上には既に 4900 機の人工衛星があり、人々がそれに気づくのはそのうちのほぼ 0%である。よほど注意深く見ない限り Starlink は誰にも観られず、天文学の進歩に与える影響もほぼ 0%に過ぎないだろう。いずれにしても、望遠鏡を軌道上に移動させる必要がある。大気による減衰はひどいものだ」イーロン・マスク氏、2019 年 5 月 27 日のツイートより

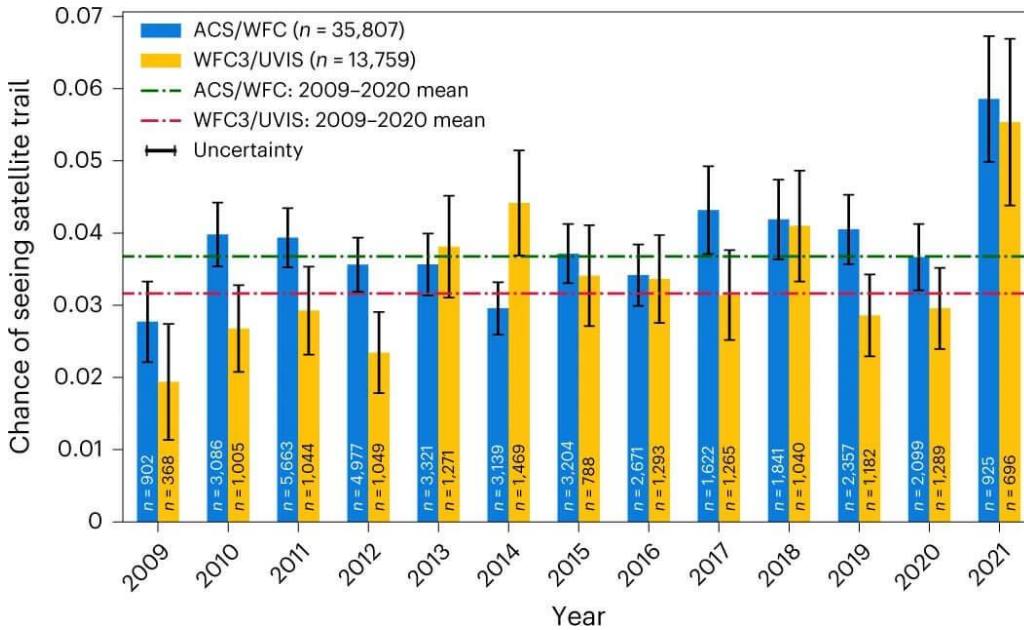


【▲ 図 1: ハッブル宇宙望遠鏡の画像に写り込む人工衛星は、画像 a 群にあるように、露光中に高速で横切るために直線状になる。撮影条件によっては複数の発光や太い帯として写り込むこともある。画像 b 群は、ソフトウェア上での自動除去が不十分であるために、人工衛星の帯が残ってしまっている例である (Credit: HST / Kruk, et.al.)】

しかし、マスク氏の見積もりは甘かったようです。それは 1990 年から 30 年以上に渡り地球低軌道で運用されている「ハッブル宇宙望遠鏡」の画像を解析したことで判明しました。

Starlink 衛星のメイン軌道 (550km) はハッブル宇宙望遠鏡の軌道 (538km) よりわずかながら上にあります。そのため、ハッブル宇宙望遠鏡の視野に Starlink 衛星の光跡が入り込む可能性があります。マックス・プランク地球外物理学研究所の Sandor Kruk 氏などの研究チームは、2002 年から 2021 年にかけてハッブル宇宙望遠鏡で撮影された画像を解析して、人工衛星の映り込む頻度がどの程度上昇しているのか、また将来的にはどのように増えていくと予想されるのかを分析しました。この研究では、ある市民科学プロジェクトのデータが生かされました。それは、1 万 1000 人のボランティアによって運営されている市民科学プロジェクト「ハッブル小惑星ハ

ンター (Hubble Asteroid Hunter)」に端を発しています。ハッブル宇宙望遠鏡が小惑星を捉えた場合、点状に見える恒星と比較して、短い直線のように写り込みます。これに対し、低軌道を公転する人工衛星は小惑星よりも高速でカメラの視野を横切るため、より長い直線として写り込みます。このような明らかなエラーがある場合、ボランティアは映り込みが確認されたことを示すフラグを立てます。



【▲ 図 2: ハッブル宇宙望遠鏡の画像に人工衛星が写り込んだ割合を、2つのカメラごとに分析したグラフ。2009年から2020年まではほぼ同じ割合であったものが、2021年には増えていることが分かる (Credit: Kruk, et.al.)】

Kruk氏らの研究では、このフラグが立てられた画像を元に2つの異なる方法で機械学習を行い、より多くのハッブル宇宙望遠鏡の画像を対象とした分析を通して、人工衛星の映り込みがどのように増減しているのかが調べられました。その結果、2002年から2021年にかけて、ハッブル宇宙望遠鏡が取得した画像のうち2.7%に人工衛星が写り込んでいることがわかりました。これは全ての写真の平均であり、個々のカメラに焦点を当てると影響は異なります。例えば「掃天観測用高性能カメラ (ACS)」の場合、2009年から2020年までは平均3.7%の画像に衛星が写り込んでいましたが、2021年の1年間ではその割合が5.9%に増加しました。

2021年までにStarlink衛星は1562機、OneWeb衛星は320機が軌道に投入されています。もちろん、ハッブル宇宙望遠鏡に写り込んだ人工衛星はStarlink衛星とOneWeb衛星だけではありませんが、今後については懸念があります。2005年から2021年までの間に、人工衛星の数は約40%増大しました。この増加率は、同じ期間中にハッブル宇宙望遠鏡の画像に写り込んだ人工衛星が約50%増えたことと一致します。2021年10月3日の時点でハッブル宇宙望遠鏡よりも上の軌道を公転する面積0.1平方メートル以上の人工衛星やスペースデブリは、全部で8460個存在しています。ハッブル宇宙望遠鏡は2030年代まで運用される予定ですが、その頃には高度500kmから2000kmの低軌道上に6万機から10万機もの人工衛星が投入されると見積もられています。この場合、ハッブル宇宙望遠鏡の画像に人工衛星が写り込む確率は20%から50%にまで増加する可能性があります。例えば、高度850kmに1万基の人工衛星が存在する場合、ハッブル宇宙望遠鏡の「広視野カメラ3(WFC3)」では33%、掃天観測用高性能カメラでは41%の確率で写り込みが発生すると見積もられています。

もしも幅3mの人工衛星が100kmの距離で視野を横切った場合、ハッブル宇宙望遠鏡のカメラでは6インチ(15cm)、または120ピクセルの光の帯となるため、この画像は研究に使用できない可能性が高くなります。ハッブル宇宙望遠鏡の視野は狭く、1つの領域を長時間露光することに特化していますが、それでも高い割合で写り込みが発生することは、運用終了が差し迫るハッブル宇宙望遠鏡の運用にも悪影響を及ぼす可能性があります。今のところ、ハッブル宇宙望遠鏡の画像に写り込んだ人工衛星が具体的な悪影響を与えた事例は報告されていませんが、地上の望遠鏡では具体的な影響が既に現れています。例えばハワイのW.M.ケック天文台は、「GN-

z11」(※)からガンマ線バーストに関連する紫外線の発光を観測したと報告したことがありました。

銀河であることが確定している遠方の天体から4分以上に渡る信号が観測されるのは稀であるため、これは当時注目されましたが、後にこの発光は人工衛星の反射光を誤認したものであると指摘されています。

※...銀河であることが具体的に確認された最古級の天体。2022年にJADES-GS-z13-0が発見されるまで、最も古い記録でもあった。

2019年に欧州宇宙機関とスイス宇宙局が打ち上げた「CHEOPS」や、2009年にNASAが打ち上げた「WISE」(現 NEOWISE)など、低軌道に投入される宇宙望遠鏡は数多く存在しており、2024年には中国国家航天局がハッブル宇宙望遠鏡の300倍の視野を持つとされる宇宙望遠鏡「巡天」を打ち上げる予定です。そしてもちろん、地上には国立天文台ハワイ観測所の「すばる望遠鏡」をはじめ、無数の天文台と望遠鏡が存在します。

関連記事 [主星の超新星爆発を生き延びた伴星か？ ハッブル宇宙望遠鏡による観測成果](#)

[まるで宇宙に咲いた一輪の花。ハッブルが撮影した楕円銀河「NGC 474」](#)

[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」](#)

地球から約150万km離れたラグランジュ点L2周辺の軌道(ハロー軌道)へ投入された「ジェイムズ・ウェッブ」宇宙望遠鏡のように、低軌道よりもはるか遠くに宇宙望遠鏡を送り込めば、このような問題は(少なくとも当面の間は)回避されますが、そのためには低軌道に投入する場合よりも高額な費用と高い技術力が求められます。通信ネットワークの整備と天体観測を両立するために必要とされるのは、特定の軌道における人工衛星の数の上限や、複数の波長で暗い色となるように人工衛星を塗装するなど、夜空を守るための国際的な取り組みなのかもしれません。

Source

[Sandor Kruk, et al.](#) “The impact of satellite trails on Hubble Space Telescope observations” (Nature Astronomy)

[Jon Kelvey.](#) “Starlink is Already Causing Hubble Headaches — and the Problem Could Get Worse” (Inverse)

[Morgan McFall-Johnsen.](#) “Elon Musk’s Starlink satellites are ruining images from NASA’s Hubble Space Telescope, threatening future science” (Insider)

[Elon Musk.](#) “2019年5月27日6時32分のつぶやき (UTC)” Twitter.

[Linhua Jiang, et al.](#) “A possible bright ultraviolet flash from a galaxy at redshift $z \approx 11$ ” (Nature Astronomy)

[Charles Louis Steinhardt, et al.](#) “A more probable explanation for a continuum flash towards a redshift ≈ 11 galaxy” (Nature Astronomy)

[Michał Jerzy Michałowski, et al.](#) “GN-z11-flash from a man-made satellite not a gamma-ray burst at redshift 11” (Nature Astronomy)

文／彩恵りり

<https://nordot.app/1013631106988523520?c=110564226228225532>

冷却剤漏れのロシア宇宙船ソユーズ、無人で帰還 ISSから 2023/03/29



[28日 ロイター]- 昨年末に国際宇宙ステーション（ISS）で冷却剤漏れ事故が起きたロシアの宇宙船「ソユーズMS-22」が28日、無人で地球に帰還した。カザフスタンのバイコヌール宇宙基地から数百キロ離れた草原に着陸し、ロシアの国営宇宙開発企業ロスココスがオンライン中継した。

ソユーズは昨年12月、船体外側に0.8ミリの穴が開き、冷却剤漏れを起こしていることが判明。微小隕石（いんせき）の衝突が原因とみられている。ロシアは先月、代替機としてソユーズMS-23を打ち上げた。3月に帰還予定だったロシア宇宙飛行士2人と米宇宙飛行士1人は、9月までISSに滞在する。© ロイター

<https://wired.jp/article/russias-space-program-is-in-big-trouble/>

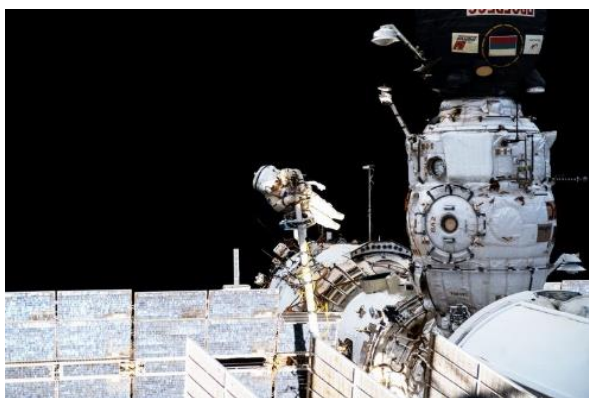
ロシアの宇宙開発計画が「深刻な危機」に瀕している

ロシアの宇宙船「ソユーズ」などで相次いで冷却水漏れが発生した。深刻な事故が相次ぐ状況は、ロシアの宇宙機関であるロスココスが国際的なパートナーシップと資金を失うなかで苦境に立たされている可能性を示唆している。ロシアは戦争と制裁による疲弊状態にあり、[ただでさえ困難な状況](#)にあった[宇宙](#)プログラムが破綻しかけているという事実を突きつけられている。ロシアの宇宙機関であるロスココスには、過去3カ月だけを見ても2件の深刻な事故を解決するために奔走しているのだ。まず、高い信頼性が売りだった有人宇宙船「ソユーズ」の1機で冷却水漏れが起きた。その後、同様のことが補給船「プログレス」でも起きている。

[ロシア](#)の宇宙機関は旧ソビエト連邦時代に民間宇宙プログラムの前身となった組織において、初めて人類を地球の周回軌道に送り出したこともあった。それが[国際宇宙ステーション（ISS）](#)が[寿命を迎えつつある](#)いま、苦境に立たされている。「わたしたちが目の当たりにしているのは、ロシアの民間宇宙プログラムが衰退の一途をたどる姿です」と、かつてモスクワの米国大使館で防衛駐在官を務め、現在は非営利の研究機関であるランド研究所で宇宙事業イニシアチブ部門の責任者を務めるブルース・マクリントックは語る。10年ほど前にロシアの指導者たちは、衛星技術や対衛星技術に焦点を当てた軍事宇宙プログラムを民間宇宙プログラムよりも重視することを選択したと、マクリントックは説明する。その結果は一目瞭然だろう。

ロシアの宇宙船で相次いだ冷却水漏れ

ロシアの宇宙艦隊は、そのほとんどが使い捨てを前提に設計されている。改良を重ねながらではあるが、一連のロケット「ソユーズ」と有人カプセル「クルー」（どちらも同一の名称を使用し続けている）の歴史はソビエト連邦時代にまでさかのぼるものだ。また、補給船プログレスの船体は、ソユーズロケットで発射される。こうした補給船、有人船、ロケットは、いずれも単発使用型の宇宙船だ。



[ウクライナへの侵攻により、ロシアの宇宙開発は衰退の一途をたどることになる](#) BY RAMIN SKIBBA

独立系メディアである [RussianSpaceWeb](#) の制作者で発行者のアナトリー・ザクが推定するには、ロスココスでは年間2機のソユーズ宇宙船が打ち上げられている。1機の製造には約1年半から2年かかり、十分な数の予備機は確保されていないという。ロスココス関係者は取材要請には応じなかったが、最近の技術的な諸問題については公表している。まずは2022年12月14日、ISSにドッキングされていた「[ソユーズ MS-22](#)」が冷却水

漏れを起こし、宇宙飛行士が宇宙ステーションのロボットアーム「[カナダアーム 2](#)」で点検した件だ。この事故により、予定されていたロシアの宇宙飛行士による宇宙遊泳計画は中止となり、ロスコスモスはこの冷却水漏れを小隕石の衝突によるものと発表している。また 2 月 11 日には、今度は補給船「[プログレス MS-21](#)」で冷却水漏れが発生し、減圧状態に陥ったことを報告している。ロスコスモスはこの冷却水漏れも「外的影響」が原因だと説明している。この宇宙船は 2 月下旬に ISS から切り離されたが、ロスコスモスはこの[船体を廃棄](#)し、太平洋上で燃え尽きさせた。

ロシアの宇宙プログラムの全面的な衰退を示唆？

小隕石の衝突は、誰が操縦しても、どんな形状の宇宙船であっても[危険なものになりうる](#)。しかし、専門家らはこれらの事故に関するロシア側の説明に納得しておらず、ロスコスモスがより深刻な問題を隠しているのではないかと懸念している。ランド研究所のマクリントックはロスコスモスの説明は妥当であるとしながらも、事実確認がされていない点について指摘している。しかも、ロシアが不具合に見舞われたのは今回だけではない。18 年にはソユーズの有人宇宙船に[わずかな穴が開き](#)、宇宙飛行士が補修している。その 2 カ月後には、それとは無関係の理由でソユーズロケットのブースターが故障するトラブルが発生した。数年以内に 3 件もの漏洩事故が発生したという事実は、「ロシアによる民間宇宙プログラムが全面的に衰退していること示唆しています」と、マクリントックは語る。RussianSpaceWeb のザクは、地球周回軌道上での微小隕石の衝突は極めて稀である点について指摘する。このような短期間に隕石が 2 機の宇宙船の冷却システムを破損する確率は「限りなくゼロに近い」と、ザクは考えている。しかも、ISS には何の損傷もない状況でだ。[ロシアの新聞によると](#)、ロスコスモスは現在 ISS にドッキングしているソユーズを[予定を早めて撤収](#)させ、さらに別のソユーズと入れ替えることも検討しているという。これは水面下に技術的な懸念があることの証かもしれない。

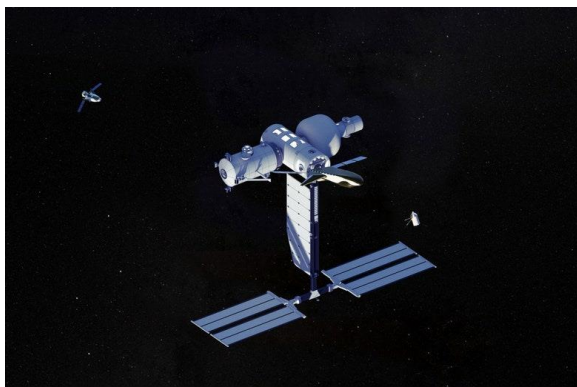
NASA の脱ロシアの動きも影響

NASA はスペースシャトルの最終飛行から 9 年にわたり、宇宙飛行士の ISS への移送をロシアに任せてきた。ソユーズが宇宙への唯一の輸送手段になっていたのだ。ところが 20 年以降、NASA はスペース X の宇宙船「[クルードラゴン](#)」を使用するようになった。そして間もなくボーイングも、有人宇宙船の提供を開始する。NASA は現在も一部の貨物輸送や宇宙飛行士の移送をロシアに委託しているが、その状況は近いうちに変わるかもしれないと、マクリントックは指摘する。「ロシアに頼らず宇宙ステーションへの補給や宇宙飛行士の移送を続けられるかどうかについて、NASA が同様の分析を進めている可能性は十分にあり、それは賢明な選択だと思います」NASA はすでにそのような方向に動いているのかもしれない。NASA は 3 月 2 日、スペース X、ノースロップ・グラマン、シエラ・スペースとの[貨物輸送契約を延長した](#)。この動きは、ただでさえ限られているロシアの宇宙からの収入を減らし、ロシアの経済的苦境に拍車をかけることになるだろう。ロスコスモスには自身を支える、あるいは頼ることができる商用宇宙プログラムが存在しないのだ。

ロシアは長年にわたり、有人機の打ち上げを隣国カザフスタンのバイコヌール宇宙基地に頼ってきた。しかし、カザフスタンは[高額な年間使用料](#)を課しており、3 月には同国がロシアの宇宙港関連[資産を押収](#)したが、これはロスコスモスの負債が原因だと報じられている。ロシアはバイコヌール宇宙基地への依存度を下げようと、ロシア東部の中国国境近くに新たな宇宙基地「[ポストチヌイ宇宙基地](#)」を建設しようとしているが、建設問題や遅延、汚職スキャンダルなどで、このプロジェクトは難航している。

新たな宇宙ステーションにも懐疑的な声

ロシアの民間宇宙プログラムは、打ち上げ場所や冷却水漏れといった問題とはまた別の問題に直面している。それは、ISS だ。過去四半世紀にわたり、この宇宙ステーションは米国とロシアの宇宙プログラムをつなぐ重要な役割を担ってきた。しかし、その役割は消えつつあり、この巨大な構造物自体を引退させる計画も浮上している。NASA は[次世代の商用宇宙ステーション](#)に投資しており、早ければ 2030 年にもモジュールが軌道上に到達する予定となっている。ロシアはこうした商業的構想にも、[中国の新型宇宙ステーション「天宮」](#)にも一切関与していない。



国際宇宙ステーションの後継の開発は、こうして民間企業3社に託された BY RAMIN SKIBBA

ロスコスモス社長のユーリ・ボリソフは22年7月、ロシアが独自の宇宙ステーションを打ち上げる2028年にISSから撤退し、ISSの役割を実質的に終了させると宣言した。そして今年2月に国営タス通信は、ロシアが28年までISSを支援する計画であることを明らかにしたが、その時期は「新たなロシア軌道ステーション」の配備状況によるという。中国・ロシア・ユーラシアを専門とするシンクタンクのジェームズタウン財団のシニアフェローのパヴェル・ルージンは、ロシアが新たな宇宙ステーションや有人宇宙船、打ち上げロケットを開発中であると把握しておらず、この計画に懐疑的な見方をしている。ロシアにとって2030年代に新たな宇宙ステーションを打ち上げることさえ容易ではないと、ルージンは説明する。「ロシアは“ソビエト連邦”ではないのです」と、タフツ大学フレッチャー法律外交大学院の客員研究員でもあるルージンは指摘する。「ロシアは、いくつかの大型宇宙船やソユーズ宇宙船をつくり出せるようにはなるでしょう。いくつかの人工衛星も打ち上げられるようになるでしょう。しかし、最先端の宇宙大国にはなりません。地球低軌道を超えた動きはとらないでしょうね」

中国との協力体制にも疑問符

しかし、新興宇宙大国の支援を受けながら、いまもロシアは月を目指した計画を立てている。中国とロシアの当局者は21年、2030年代に月の南極に研究ステーションを設立するために協力関係を結ぶと発表したのだ。

しかし、その基盤を建設するには課題が山積している。まず、中国は一連のロボットミッションに着手しており、データを収集するとともに着陸候補地について検討している。次回のこうしたミッションは「嫦娥6号」となる。これは着陸船とサンプル回収ミッションを伴ったもので、25年に予定されている。

一方、この計画におけるロシア初のロボットミッション「ルナ25号」は何年にもわたって延期されてきたが、ようやくこの7月に打ち上げられることになった。1980年代の後半以降、地球周回軌道を離れたミッションがほとんどなかったロスコスモスにとって、この着陸船は極めて重要な試練となる。ロシアの探査機はこれまで火星に焦点を当てたものが多かったが、地球周回軌道から離れられなかったり、目的地にたどり着けなかったりしている。このような実績と中国の宇宙プログラムのたび重なる成功例とを比べてみると、中露の協力体制に疑念を抱かざるを得ないとザクは語る。「ロシアの宇宙プログラムが弱体化している時期に、中国がロシアに協力する必要はあるのでしょうか？」と、彼は問いかける。「技術力のミスマッチがあまりにも大きく、中国がこの協力体制から何を得られるのか見当が付きません」中国にはロシアと協力する政治的理由があるかもしれないが、中国の宇宙プログラム自体にはロシアと協力することで得られるものはほとんどないと、ザクは指摘する。

衰退の始まり

民間宇宙プログラムが破綻しつつあるなか、ロシアは軍事宇宙プログラムに多大な投資を進めている。ロシアは21年11月の実験で軌道に数千個のデブリを発生させたミサイルシステムなど、高度に発達した対衛星兵器を保有している国でもある（米国、中国、インドによる過去の実験でも同様にデブリが発生し、国際的な実験の一時停止が要請された）。ロシアはまた、宇宙システムに対して電子兵器も使用したことがあり、人工衛星を攻撃できるレーザー兵器も実験している。ロシアは19年と20年にマトリョーシカ人形のような宇宙船「コスモス2543」で周回軌道に子衛星を放出し、プロトタイプ兵器候補を実験したようだ、超党派シンクタンク「Secure World Foundation」のワシントンオフィス責任者のヴィクトリア・サムソンは語る。

ランド研究所のマクリントックと同様にサムソンも、ロシアが相次いで技術的な問題を起こしたことはロシアの民間宇宙プログラムにとって憂慮すべき兆候であり、近いうちに宇宙ステーションが消滅する可能性もあると指摘している。「宇宙プログラムを有する国は国威発揚効果を見込んでいます」と、サムソンは言う。

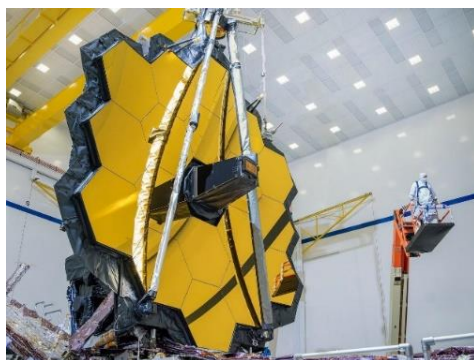
ソビエト連邦は人類を初めて宇宙に送り出したが、60年後のロシアは近い将来にもその力が失われる事態に直面している。「それは衰退の始まりなのです」と、サムソンは語る。(WIRED US/Edit by Daisuke Takimoto)

<https://www.businessinsider.jp/post-267325>

ジェームズ・ウェッブ望遠鏡、40 光年離れた惑星の砂嵐を検出

[Grace Eliza Goodwin, Morgan McFall-Johnsen](#) [原文] (翻訳: 仲田文子、編集: 井上俊彦)

Mar. 28, 2023, 07:00 PM [サイエンス](#)



太陽系外惑星「VHS1256b」のイメージ図。NASA, ESA, CSA, Joseph Olmsted (STScI)

[NASAのジェームズ・ウェッブ宇宙望遠鏡 \(JWST\)](#) が、40 光年離れた惑星の砂嵐を発見した。

この「[スーパー木星](#)」の雲は、非常に熱くて細かい砂のような粒子で構成されているという。

[JWST](#) の優れた能力の 1 つは、光だけで未知の惑星の大気の構成を分析できることだ。

カリフォルニア州にあるノースロップ・グラマン・スペース・システムズで開発中だったジェームズ・ウェッブ宇宙望遠鏡。主鏡を完全に展開した様子。NASA/Chris Gunn

アメリカ航空宇宙局 (NASA) の [ジェームズ・ウェッブ宇宙望遠鏡 \(JWST\)](#) がその威力を証明した。地球から 40 光年 (約 38 兆 km) 離れた惑星「VHS1256b」に渦巻く砂嵐を発見したのだ。

JWST の [優れた能力](#) の 1 つは、別の天体の大気を分析できることだ。太陽と地球のラグランジュ点 L2 を中心とした軌道を周回しながら、JWST は遠くの天体を観測し、その大気を通過して届く光の赤外線スペクトラムを分析する。スペクトラムが異なれば成分も異なるため、[遠くの天体の大気](#) に含まれるガスや蒸気を正確に示すことができるのだ。

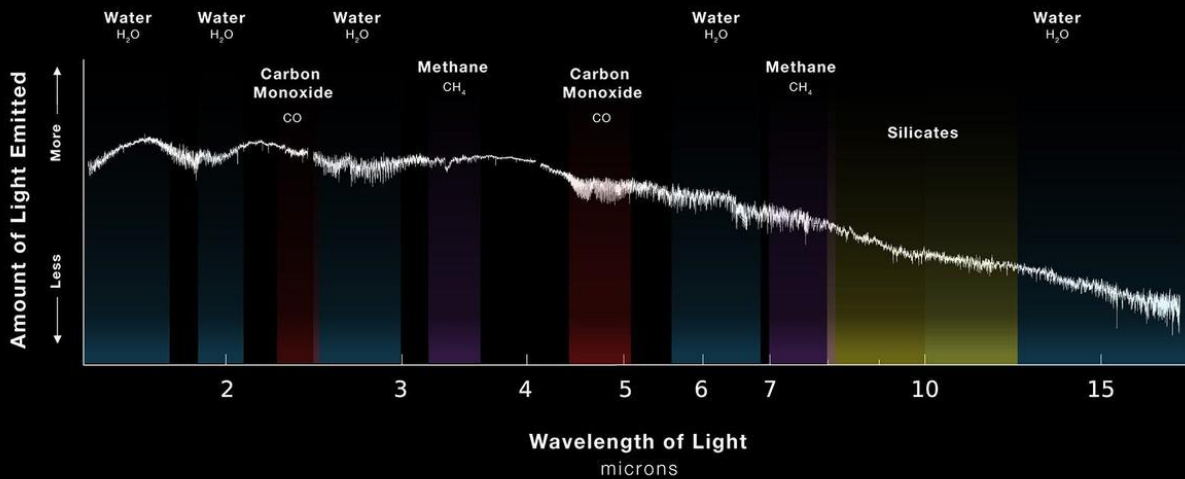
「画像は 1000 の言葉の価値があると言われるが、天文学者にとってのスペクトルは 1000 の画像の価値がある」と、宇宙望遠鏡科学研究所の研究者であるアントネラ・ノータ (Antonella Nota) は [以前述べている](#)。

2つの恒星を周回する、煙のような砂の雲で覆われた高温で若い惑星

NASA が 2023 年 3 月 22 日に発表した [ニュースリリース](#) によると、惑星「VHS1256b」の雲は、非常に細かい砂のようなケイ酸塩の粒子で構成されているという。イギリスのエディンバラ大学とエディンバラ王立天文台の教授であるベス・ビラー (Beth Biller) は、「煙の粒子ほどのサイズのケイ酸塩というのは、砂粒のようなものだが、それよりもずっと細かい」と [BBC ニュースに語っている](#)。「VHS1256b の雲はそのようなものでできているようだが、かなり高温になっている。この惑星は高温で若い天体だ」とビラーは述べ、雲の温度はろうそくの炎と同じぐらいだろうと付け加えた。大気圏の最上層では、ケイ酸塩の雲は摂氏 830 度という灼熱の温度になっているという。JWST が収集したデータからは、水、メタン、一酸化炭素、二酸化炭素の存在を示す証拠も検出されており、「太陽系外の惑星で一度に確認された分子の数としては最大」だと NASA は述べている。

EXOPLANET VHS 1256 b EMISSION SPECTRUM

NIRSpec and MIRI | IFU Medium-Resolution Spectroscopy



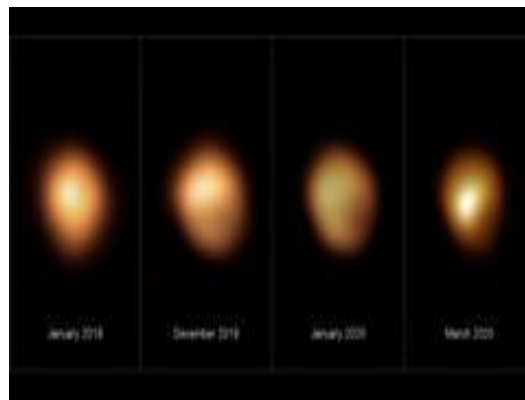
惑星 VHS1256b の大気は、ケイ酸塩雲、水、メタン、一酸化炭素の特徴を示すスペクトラムになっている。
NASA, ESA, CSA, J. Olmsted (STScI); Science: Brittany Miles (University of Arizona), Sasha Hinkley (University of Exeter), Beth Biller (University of Edi)

<https://www.businessinsider.jp/post-266977>

超新星爆発の前段階にある星...JWST による詳細な画像を NASA が公開

[Morgan McFall-Johnsen](#) [原文] (翻訳: 大場真由子、編集: 井上俊彦)

Mar. 26, 2023, 08:00 AM [サイエンス](#)



ジェームズ・ウェッブ宇宙望遠鏡が近赤外線と中間赤外線とでとらえた、最期を迎えている「ウォルフ・ライエ星」。
NASA, ESA, CSA, STScI, Webb ERO Production Team

[NASA のジェームズ・ウェッブ宇宙望遠鏡](#)が、超新星爆発を迎えようとする星を驚くほど詳細に捉えた。

画像は、超新星爆発が起きる前段階で外層を放出する「ウォルフ・ライエ星」を映し出している。

この星はいつか最期を迎え、爆発で散乱した塵が次世代の[新しい星や惑星](#)を生み出していく。

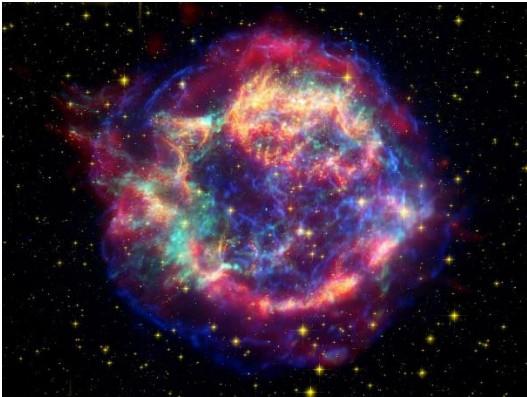
[ジェームズ・ウェッブ宇宙望遠鏡 \(JWST\) が素晴らしい写真を撮影した](#)。超新星爆発へと向かい、最後を迎えつつある大質量星 (太陽質量の 8 倍以上の質量を持つ恒星) を捉えたものだ。

[NASA](#) は 2023 年 3 月 15 日にこの画像を公開した。画像では、この星が外層の物質を放出していて、その周りにガスや塵でコブや層になったハローを作り出しているのがわかる。

欧州宇宙機関（ESA）は、この瀕死の星の詳細を探るためにズームインした動画を公開した。

放出されたガスが星から遠ざかると、冷却されて雲、つまり「[星雲](#)」を形成し、[JWST の赤外線カメラ](#)で輝いて見える。それが画像のピンク色の雲を作る理由だ。

これらの噴出物は、星が[最期の爆発、つまり超新星爆発](#)へと突き進んでいる証拠だ。



超新星爆発の後に残される天体、超新星残骸。写真は JWST が撮影したものではない。

NASA/JPL-Caltech/STScI/CXC/SAO

このような超新星爆発の前段階を「ウォルフ・ライエ（Wolf-Rayet）」と呼ぶ。最期を迎える前にごく短い時間だけ「ウォルフ・ライエ」期を迎える星もあるため、今回捉えられたこの星は珍しいものだ。

[NASA](#)によると、ウォルフ・ライエ星は「最も明るく、最も質量があり、最も短時間で検出可能な恒星のひとつ」という。「WR124」と呼ばれるこの星は、いて座にあり、我々から 1 万 5000 光年離れている。質量は太陽の 30 倍。太陽 10 個分の物質を放出し、写真のような星雲を作り出している。

<https://sorae.info/astromy/20230329-z-229-15.html>

こと座で渦巻く活動銀河の姿 ハッブル宇宙望遠鏡が撮影 2023-03-29 [sorae 編集部](#)



【▲ ハッブル宇宙望遠鏡が撮影した渦巻銀河「Z 229-15」(Credit: ESA/Hubble & NASA, A. Barth, R. Mushotzky)】
こちらは「こと座」の方向約 3 億 9000 万光年先にある渦巻銀河「Z 229-15」です。明るく輝く中心部分からは 2 本の渦巻腕（渦状腕）が伸びていて、中心部分を大きく取り囲むようなリング状の構造が形成されています。Z 229-15 は活動銀河の一種（セイファート 1 型）として知られており、その中心には狭い領域から強い電磁波を放射する活動銀河核（AGN）が存在しています。画像を公開した欧州宇宙機関（ESA）によれば、Z 229-15 の活動銀河核はクエーサー（Quasar）に分類されています。特に明るいタイプの活動銀河核であるクエーサーは遠方宇宙で見つかっているものが多く、数億光年程度の距離にある Z 229-15 の活動銀河核は、比較的近い宇宙に存在するクエーサーの一例と言えます。強い電磁波を放射する活動銀河核の原動力は、質量が太陽の数十万倍から

数十億倍にもなる超大質量ブラックホール（超巨大ブラックホール）だと考えられています。ブラックホールに引き寄せられたガスなどの物質は真っすぐに落下していくのではなく、ブラックホールを周回しながら降着円盤と呼ばれる構造を形成しつつ、らせん状に落下していきます。物質が落下する過程で重力エネルギーが解放されることで降着円盤は高温になり、様々な波長の電磁波が放射されます。ブラックホールそのものを電磁波で観測することはできませんが、その周囲に形成された降着円盤から放射された可視光線や X 線などを捉えることで、間接的にその性質を調べることができるのです。冒頭の画像は「ハッブル」宇宙望遠鏡の「広視野カメラ 3(WFC3)」および「掃天観測用高性能カメラ (ACS)」で取得したデータをもとに作成されたもので、ハッブル宇宙望遠鏡の今週一枚として ESA から 2023 年 3 月 27 日付で公開されています。

関連記事 [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](#)

[ハッブル&ウェッブ宇宙望遠鏡が撮影した渦巻銀河「IC 5332」](#)

[踊るように腕を伸ばした渦巻銀河 ハッブル&ダークエネルギーカメラで撮影](#)

Source Image Credit: ESA/Hubble & NASA, A. Barth, R. Mushotzky

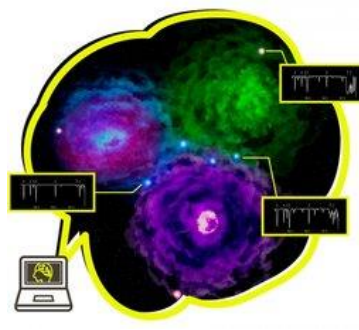
[ESA/Hubble](#) - Everything, in one place, all at once

文/sorae 編集部

https://news.biglobe.ne.jp/it/0329/zks_230329_3258738759.html

宇宙最初の恒星は星団で誕生か AI での解析で判明 東大らの研究

2023 年 3 月 29 日（水）16 時 55 分 [財經新聞](#)



初代星の超新星爆発と、超低金属量星のスペクトルから測定される元素の概念図 (c) 東京大学国際高等研究所カブリ数物連携宇宙研究機構 [写真を拡大](#)

宇宙で最初に誕生した恒星は、質量が非常に大きく短命であった。従って宇宙誕生から 138 億年が経過した現在、それらの星はすべて消滅している。宇宙で最初に誕生した星が単独で輝いていたのか、1 度に多数誕生して星団を形成していたのかは謎で、それを直接確かめる手段を人類は持ち合わせていない。

【こちらも】 [宇宙初期に誕生した銀河は今よりもずっと明るかった NASA の研究](#)

東京大学国際高等研究所カブリ数物連携宇宙研究機構 (Kavli IPMU) は 23 日、研究チームが開発した AI アルゴリズムにより、宇宙で最初に誕生した星は単独ではなく、星団を形成していたことを導き出すことに成功したと発表した。銀河系には 120 億年以上前に誕生した古い恒星が存在する。恒星はその内部の核融合や超新星爆発で金属元素を生成していくため、誕生した年代が新しい恒星ほど金属の含有量が増えていく。従って 120 億年以上前に誕生した古い恒星では、金属含有量が極めて少ない。このような恒星は超低金属量星と呼ばれ、現在数百個以上発見されている。これらの恒星は、宇宙で最初に誕生した恒星が、超新星爆発を起こした後の残骸の星間物質を起源としている。それがどのようなプロセスを経て誕生したのかを考察していけば、宇宙で最初に誕生した恒星がどのような形態で存在していたのかを推定できる。

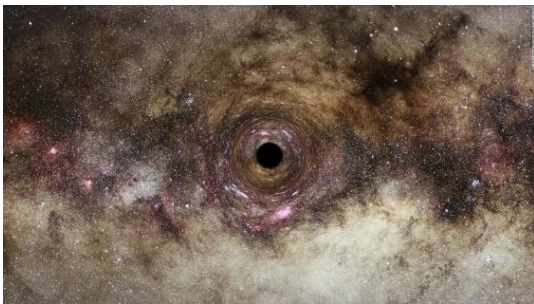
研究チームは、太陽系近傍にある 462 個の超低金属量星の元素組成 (C、O、Na、Mg、Al、Si、Ca、Cr、Mn、Fe、Co、Ni、および Zn の 13 種の元素) を AI アルゴリズムを用いて分析。これらの星の 68% が複数の星の超

新星爆発の影響を受けていたことを突き止めたのだ。つまり、現存する超低金属量星の元素組成は、非常にバリエーションに富んでおり、単独の恒星を起源とした星間物質だけではこれらのバリエーションの再現が困難であることが、AI アルゴリズムによる分析によって直接実証されたわけだ。宇宙で最初の恒星の寿命は数千万年未満であったことだろう。その寿命と元素組成は恒星の質量で決まる。つまりこの研究により、宇宙で最初に誕生した恒星もまた様々な質量のものがあつたことを示唆している。今回の研究の成果は、3月22日に米国の天体物理学専門誌『アストロフィジカル・ジャーナル』に掲載されている。

<https://www.cnn.co.jp/fringe/35201940.html>

超大質量ブラックホール、新手法で発見 太陽の300億倍

2023.03.30 Thu posted at 13:15 JST



天の川銀河のブラックホールの想像図/ESA/Hubble/Digitized Sky Survey

(CNN) 英ダラム大学の天文学者が率いるチームが観測史上最大級の超大質量ブラックホールを発見した。英王立天文学会月報に掲載の論文で発表した。論文によれば、この星の質量は太陽の300億倍以上。チームは米航空宇宙局(NASA)のハッブル宇宙望遠鏡の画像を利用し、重力レンズ効果とスーパーコンピューターでのシミュレーションの手法を通じて質量を確認した。重力レンズ効果とは遠くの天体から来る光が途中の銀河によって曲げられる現象を指す。こうした銀河は拡大レンズのような役割を果たす。チームは想定する銀河内のブラックホールの質量を変えながら宇宙から届く光をシミュレーション。その回数は数十万回に及んだという。

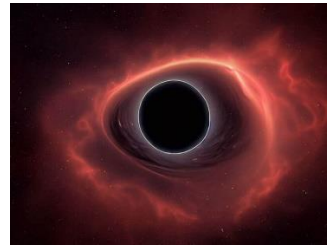
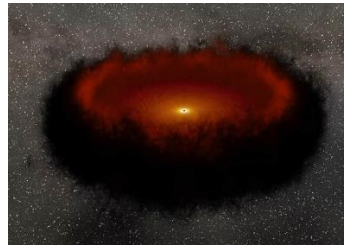
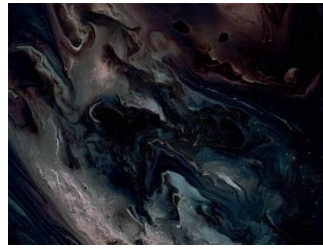
同学会によると、こうした手法を使ってブラックホールを発見したのは初めて。

論文の筆頭著者でダラム大学物理学部で観測的宇宙論を専攻するジェームズ・ナイチンゲール氏は「このブラックホールは観測史上最大級で、ブラックホールの大きさの理論的上限にあることから極めて刺激的な発見だ」と語る。さらに「我々が知る最大級のブラックホールの大半はアクティブな状態で、近接する物質が吸い込まれて熱を発し、光の形でエネルギーを放出する」と指摘した上で、「重力レンズ効果はアクティブでないブラックホールの研究を可能にする」と強調。遠くの銀河に存在するそうしたブラックホールはこれまで研究できなかったが、今回の手法で「我々の近くの宇宙を越えてもっと多くのブラックホールを見つけ、はるか昔にさかのぼる進化の過程を明らかにできる可能性がある」と述べた。今回の発見の物語は2004年、同じダラム大学の天文学者アラステア・エッジ氏が銀河の調査画像の確認中に、重力レンズ効果による巨大な弧に気づいたときにまでさかのぼる。今回、チームはその発見に改めて立ち戻り、ハッブル宇宙望遠鏡とスーパーコンピューター「DIRAC COSMA8」を使って詳しく調査、結果にいきついた。

超大質量ブラックホールは宇宙で最大級の質量を持つ物体で、あまり見つかっていない。その起源は不明だが、数十億年前の銀河の衝突からできたとの説がある。銀河同士の衝突で星々が失われブラックホールの質量が増大、とてつもない大質量のブラックホールが誕生したとの説だ。

https://news.biglobe.ne.jp/trend/0328/kpa_230328_7496493083.html

ブラックホールのまわりにダークマター（暗黒物質）の存在を示す間接的証拠を発見



[写真を拡大](#)

[写真を拡大](#)

[写真を拡大](#)

[写真を拡大](#)

ダークマター（暗黒物質）は、光を発することがないため目に見えないけれども、重力を持つ仮説上の物質だ。

宇宙の中にたくさんあるが、今だその正体は不明だ。そんな謎多きダークマターが存在するという間接的な証拠が発見されたようだ。香港教育大学の研究チームは、連星ブラックホールを周回する伴星の動きをシミュレーションすることで、ダークマターが大きな摩擦となってその動きに影響を与えていることを確認した。

目には見えないダークマターを研究するには、これまでブラックホールの合体のようなごく稀な現象を探すしかなかった。だが今回の新しいアプローチならば、そのような制約から解放されるという。

・宇宙に多く存在するが目に見えないダークマター 「ダークマター（暗黒物質）は、宇宙に多く存在しているとされる仮説上の物質だ。ダークマターは重力という力で他の物質に影響を与えることができるため、[質量の範囲を絞り込む](#)ことには成功しているが、光をまったく出さないため、これまでに直接観測されたことはない。

だが宇宙の動きを観察する限り、必ずダークマターがあるはずだと考えられている。

宇宙で目に見える物質はたったの5%で、残りの27%がダークマター、68%がダークエネルギー（宇宙の膨張を加速させる未知のエネルギー）と推測されている。

・2つの連星ブラックホールに注目

謎めいたダークマターを探し出すべく、香港教育大学の研究チームが注目したのが、「A0620-00」と「XTE J1118+480」と呼ばれる2つブラックホールだ。どちらも「連星ブラックホール」で、それぞれの周囲を相棒である恒星（伴星）がぐるぐると周っている。だが、ブラックホールと伴星は重力によって互いに引き寄せられており、だんだんと近づいている。つまり「軌道の崩壊」が起きているのだ。

この軌道の崩壊速度を調べてみたところ、1年間で約1ミリ秒であることがわかった。これは驚くべき数値だ。なぜなら、理論上予測されるものより50倍も速いからだ。炎のように燃える降着円盤と宇宙塵の壁に囲まれた超大質量ブラックホールのイラスト / image credit: NASA/JPL-Caltech

一体なぜ、予測値と現実の崩壊速度との間にこれほどズレがあるのか？

その理由はブラックホールの周りがあるダークマターの影響はないかと考えた研究チームは、そこにダークマターがあると仮定して、連星ブラックホールの動きを再現してみることにした。

そのために使用されたのが、「ダークマター動的摩擦モデル」という天文学者には有名な理論だ。

これにしたがってシミュレーションしてみたところ、ブラックホールと伴星が近寄る速度が、観測データとぴったり一致したのである。ここからわかるのは、ブラックホールの周りがある「ダークマターが大きな摩擦となって、星にブレーキをかけている」という可能性だ。

・ダークマターの正体に迫れる可能性

20世紀後半に提唱されたダークマターに関するある仮説によると、ブラックホールに飲み込まれたダークマターは残骸を残し、その周囲に「密度スパイク」なるものができるのだという。

今回の研究は、そのような高密度のダークマターによって摩擦が生じることを示した間接的な証拠だ。

研究チームのチャン・マンホ博士は、動的摩擦モデルで初めてブラックホール周辺のダークマターを検証した今回の研究は、「ダークマター研究に新しい方向性を与えるだろう」と語っている。

これまでダークマターを研究するには、滅多に起きないブラックホールの合体で生じるガンマ線や重力波を調

べるよりなく、そのチャンスはそうそうなかった。だが連星ブラックホールを利用してダークマターの存在を探る今回のやり方なら、そうした制約から研究者は解放されることになる。

私たちが暮らす天の川銀河だけでも、似た連星系が少なくとも 18 個はあるのだそうだ。

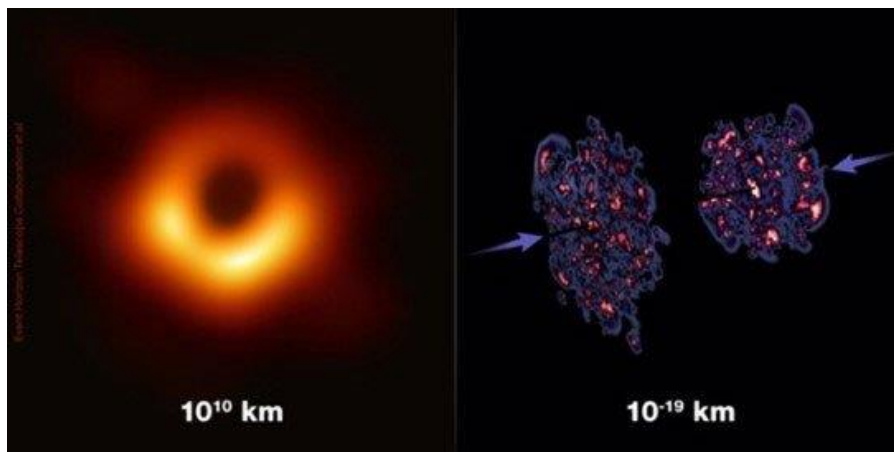
この研究は『[The Astrophysical Journal Letters](#)』（2023 年 1 月 30 日付）に掲載された。

References:[Research team finds indirect evidence for existence of dark matter surrounding black holes](#)/ written by hiroching / edited by / [parumo](#)

<https://sorae.info/astromy/20230331-cgc-blackhole.html>

原子核の衝突現場はブラックホールとよく似ている？

2023-03-31 彩恵りり



【▲ 図: 100 億 km の大きさを持つブラックホールと、1000 兆分の 1m しかないカラーガラス凝集体に共通点があることが判明した (Credit: Event Horizon Telescope Collaboration (左) / Brookhaven National Laboratory (右側).)】

私たちの身近に存在する物質は原子できていて、原子は電子と原子核で構成されています。原子核は陽子と中性子の組み合わせできており、陽子や中性子は「クォーク」という 6 種類の素粒子が 3 個ずつ組み合わせできています。3 個のクォークが陽子や中性子を構成したり、陽子と中性子が原子核を構成したりできるのは、「グルーオン」という粒子が媒介する「強い相互作用」と呼ばれる力で結合しているからです。

しかし、「3 つのクォークがグルーオンで結びついている」という説明は、私たちの身近な環境でのみ通用する近似的な描写です。原子核どうしを光速に近い速度で衝突させて、瞬間的な高温高密度状態になると、クォーク数個にグルーオンという組み合わせではなく、多数のグルーオンが凝集した状態になっていると言われています。この状態では多数のグルーオンがお互い複雑に絡み合っているため、一見すると“固体”であるかのように見えますが、時間の経過とともにゆっくりと変化する“液体”のような振る舞いもするため、いわばグルーオンによる“ガラス状態”であると見なされます。このような状態になった物質を「CGC (カラーガラス凝集体)」と呼びます。CGC は、強い相互作用の性質を調べる上で適していると推定されています。クォークやグルーオンは、普段は陽子や中性子といった狭い範囲の“殻”に閉じ込められていて、強い相互作用も限定的な性質しか現れないと推定されています。一方、“殻”が破られた CGC では、グルーオンの真の性質に近い状態が現れていると推定されています。このため、CGC の研究は身近な物質の最も根源的な性質を明らかにするとともに、宇宙誕生時にどのように物質が生成されたのかを理解する上でも役に立ちます。しかし、CGC は超高密度なグルーオンの塊であり、お互いに強い相互作用で結びついた状態であると考えられています。特に、グルーオンは強い相互作用を媒介する粒子であると同時に、グルーオン同士も強い相互作用でお互いに引き合うと考えられています。このため、CGC の内部では多数のグルーオンが多数のグルーオンと結びつく、力学的に非常に複雑な場である

と考えられています。このような状態を手計算で解析することは不可能であるため、CGC をコンピューターで解析するための数学的な手法がよく研究されてきました。CGC を限りなく正確に表現できるというわけではありませんが、現実的な計算時間内で CGC のおおよその状態を知ることには適しています。

ルートヴィヒ・マクシミリアン大学ミュンヘンの Gia Dvali 氏と、ブルックヘブン国立研究所の Raju Venugopalan 氏は、CGC の数学的な解析手法が宇宙のもう 1 つの謎にも適用できることを発見しました。それは「ブラックホール」です。もちろん、ブラックホールは外見的には CGC とは全く似ていません。ブラックホールは強い相互作用ではなく重力をもたらす天体であり、大きさも原子核よりずっと大きく、特に巨大なものは 100 億 km にも達します。しかし、研究が進むにつれて、ブラックホールはかつて考えられていたほど単純ではなく、そのために性質を知るのが難しい天体であることが徐々にわかってきました。例えば、ブラックホールは「ホーキング放射」と呼ばれるプロセスで、わずかながら熱を放射します。ホーキング放射は小さなブラックホールであるほど激しくなり、最終的にブラックホールは放射をしつづけて蒸発してしまうと考えられています。ホーキング放射はブラックホール表面における複雑な相互作用の結果として現れていると考えられていますが、その詳細はよくわかっていません。Dvali 氏と Venugopalan 氏は、ブラックホールを「重力子」(※)の塊であると仮定して解析したところ、CGC と非常によく似た状態になっていることを発見しました。つまり、グルーオン同士がお互いに相互作用する CGC のように、ブラックホールはお互いに相互作用する重力子の塊であるとみなすことができます。

※...重力を媒介すると言われている素粒子。未発見であり、理論的にも存在するかどうかは不確定であるが、重力を解析する際に媒介する粒子の存在を仮定する上では便利であるため、実在するかどうかに関わらず計算上では利用される。

特に興味深い点は、粒子の配列です。CGC はガラス状態なのでグルーオンの配列は無秩序になりますが、それでも可能な限り組織化された形態 (より正確には、エントロピーが小さい状態) になろうとします。ブラックホールにおける重力子もまた、似たような振る舞いをすると考えられています。この場合、ブラックホールでは重力子の配列がどの程度秩序立っているか、という情報に上限が存在することになります。ブラックホール周辺での情報の振る舞いは、ブラックホールの研究の中でも特に謎が多く、同時に研究の難しい分野です。特に量子力学が絡むミクロスケールでは、その解析は困難となります。

今回の Dvali 氏と Venugopalan 氏の研究では、CGC の解析手法がブラックホールにも適用できることを示しています。その場合、ブラックホールの取り扱いにくい性質面が、よく洗練されている CGC の数学的解析手法によって研究できることを意味しており、理論物理学の面で大きな影響を与えることになりそうです。

関連記事

[2017 年に初観測された「キロノバ」X 線の減衰が 2020 年にストップ。原因は衝撃波かブラックホール？](#)

[約 131 億光年先で見つかった天体、ブラックホール急成長の謎を解く鍵となるか](#)

[「天の川銀河に関する画期的な成果」の発表を予告 国際プロジェクト EHT](#)

Source

[Gia Dvali & Raju Venugopalan](#). "Classicalization and unitarization of wee partons in QCD and gravity: The CGC-black hole correspondence". (Physical Review D)

[Raju Venugopalan](#). "Scientists Find a Common Thread Linking Subatomic Color Glass Condensate and Massive Black Holes". (Department of Energy)

文／彩恵りり

https://news.biglobe.ne.jp/trend/0328/toc_230328_0803309213.html

米国防総省「宇宙人が地球に小型 UFO を送り込んでいる」公式警告を発表！ 地球

侵略は時間の問題か

2023 年 3 月 27 日 (月) 17 時 31 分 [tocana](#)



[写真を拡大](#)

「宇宙人の母船が太陽系に存在し、地球に探査機を送っている可能性がある」という警告を米国防総省の当局者が発言して注目を集めている。

2022年、アメリカ政府は国防総省に新たに全領域異常解決局（AARO）を設置。AAROの目的は「宇宙空間を含めた空のものから水中のものまで、未確認のあらゆる現象を追跡、調査すること」であり、現在も多くの未確認空中現象（UAP）※に関する報告を行っている。

※ UFO（Unidentified Flying Object：未確認飛行物体）は、説明のつかない航空現象をすべて含むが、現在は「宇宙人の乗り物」という意味で用いられることが多い。そのため、現在アメリカ軍では「宇宙人の乗り物」という意味合いが強くなった UFO に替えて、説明のつかない航空現象に対し、「UAP（Unidentified Aerial Phenomena：未確認航空現象）」という呼称を採用している。最初の UFO 目撃談とされる 1947 年の「ケネス・アーノルド事件」で、実業家のケネス・アーノルドが目撃した飛行物体について「水の上を滑る円盤のように」動いていたと描写したことから、宇宙人の乗り物を「空飛ぶ円盤（flying saucer）」と言うこともある。

先日、国防総省 AARO 長官のショーン・カークパトリック氏とハーバード大学天文学部長のアヴィ・ローブ氏らが共同で UAP に関する論文を発表し、現在査読審査中だ。同論文によると、すでに太陽系内に宇宙人の船、それも大きな母船が存在している可能性について述べられている。

現在、2人は「太陽系を通過する地球外生命体の母船が、われわれの知らないうちに地球の大気圏に突入して、われわれを調査するために設計された小型の探査機をいくつも放出していたかもしれない」という説についても検討しているようだ。ローブ氏は「Live Science」に対し「(恒星間天体の接近や衝突は)人工的な星間物体が地球に接近する際に多くの小型探査機を放出する『親機』になる可能性を考えさせた。これはわれわれが NASA のミッションで行っているのとあまり変わらない運用構成である。まるでタンポポの種のような小型探査機は、太陽の潮汐重力や操縦能力によって親機から分離される可能性がある」と語る。そして前述したの論文の中で、両者は「これらの探査機が天文学者に発見されることなく地球に到達し、大気圏に突入する可能性がある」と示唆している。また、宇宙空間を長距離移動した際にかかる時間を考えると、太陽系に接近してきた母船を送り出した地球外の文明が既に存在しなくなっている可能性もあるという。そんな故郷を亡くした宇宙人が地球に来たらどうなるのか。おそらく地球が植民地されるだろう。彼らの警告にはそうした危惧も含まれている。

参考：「Daily Star」ほか【本記事は「ミステリーニュースステーション・ATLAS（アトラス）」からの提供です】