

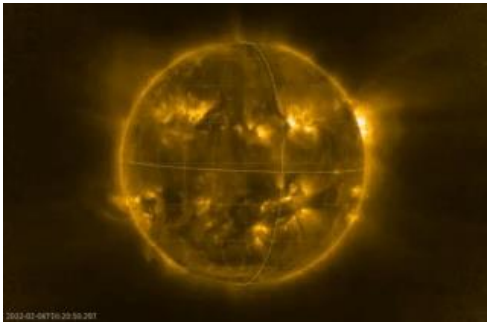
太陽探査機「ソーラー・オービター」、3月26日に太陽に最接近

2022.03.13 21:00

Isaac Schultz - Gizmodo US

[\[原文\]](#)

(たもり)



GIF: [Solar Orbiter/EUI Team/ESA & NASA](#) ソーラー・オービターが2022年初頭に近接通過した際に撮影した太陽の様子

太陽に最接近するソーラー・オービターのイラスト Illustration: ESA/ATG medialab

欧州宇宙機関 (ESA) と NASA の共同ミッションである太陽探査機「ソーラー・オービター」が地球と太陽の間地点を通過しました。ESA の[リリース](#)によれば、この探査機は現在、太陽からおよそ7500万キロメートルの地点にいるとのこと。2021年11月に科学観測を開始したソーラー・オービターは、いっそう太陽に近づきながら観測を続けていきます。太陽風と太陽の[コロナ](#)を測定しているのです。オービターの位置が地球と太陽のちょうど中間ということで、研究者たちは宇宙天気を研究するまたとない機会を得ることになります。宇宙天気の現象である太陽風は、太陽からの絶え間ない荷電粒子の流れで、オーロラを発生させて[地上の電子機器の不具合](#)を引き起こすこともあります。ソーラー・オービターは太陽に向かって遠回りな軌道を取っていますが、それがエネルギーの節約になっています。内側に向かうためのスリングショットに、地球と金星の引力を利用しているからです。こういったスイングバイは素晴らしい[シャッターチャンス](#)をもたらすだけでなく、探査機の推進に必要な燃料量を減らします。おかげで貴重なペイロード用スペースを残しておけます。

ジェイムズ・ウェッブ宇宙望遠鏡の観測地点は約160万キロメートル ([100万マイル](#)) 先でしたが、ソーラー・オービターがこれまで移動した距離はおよそ5000万キロメートル (約3100万マイル) になるそう。

現在、オービターは地球と太陽に近いので、太陽系空間に吹く太陽風についての有益なデータを収集できます。ソーラー・オービターの観測結果を [IRIS](#) (太陽同期軌道にある) と [ESA の SOHO](#) (地球から約1650万キロメートル近く離れている) といった観測機からのデータと組み合わせることで、太陽風への理解を深められるでしょう。まるで太陽粒子の海に浮かぶブイのように、観測機がうまいこと散らばっていますからね。

ESA のソーラー・オービター・プロジェクト科学者 Daniel Müller 氏はリリースの中で「これから先、ソーラー・オービターの太陽の観測は「未知の領域に入る」とコメントしていました。オービターは3月26日に太陽に最接近し、4200万キロメートル (約2600万マイル) まで迫ります。3月14日から4月6日にかけては、太陽に最も近い惑星である水星の軌道に入ります。その間も太陽表面と太陽が宇宙空間に放出する物質についてのデータを集め続けますが、ESA の研究者たちは2020年に発見された「[キャンプファイア](#)」と呼ばれる小規模な太陽フレアについてのデータも得られるのではないかと期待しているようです。去年、科学者たちは太陽表面の磁場が集まっているのが「キャンプファイア」かもしれないと[提唱](#)しましたが、いまだに説明はされていません。

スイスのダボスにある物理気象観測所の物理学者で極端紫外線イメージャーの共同主任研究員である Louise Harra 氏は「最も心待ちにしているのは、私たちが極端紫外線イメージャーで見るといった活発な特徴 (キャンプファイアのこと) が太陽風に向かうか否かを解明することです。たくさんありますからね」と語っていました。今月下旬にオービターが太陽に最接近したら、観測史上最も近距離からの太陽表面の画像が送られてくるはず。迫力ある光景を期待せずにはられません。Source: [ESA](#), [NASA](#), [SOHO](#),

太陽や太陽型星の超高温ガスのメカニズムの共通点、JAXA が発見

2022/03/17 21:28 著者：波留久泉

宇宙航空研究開発機構(JAXA)は3月16日、太陽や太陽と同じG型スペクトルの恒星の観測データを組み合わせて解析し、これらの星に普遍的に存在するコロナや彩層といった超高温ガスが、星の年齢や活動度によらず共通のメカニズムで加熱されていることを突き止めたことを発表した。同成果は、JAXA 宇宙科学研究所(ISAS)の鳥海森 国際トップヤングフェロー、NASA/アメリカン大学のウラジミール・アイラペティアン教授の国際共同研究チームによるもの。詳細は、米天体物理学専門誌「[The Astrophysical Journal](#)」に掲載された。

太陽のようなG型スペクトルの主系列星(太陽型星)は、約6000°Cの光球面(表面)を持つが、光球面に接する大気下層の彩層が約1万°C、大気上層のコロナでは約100万°Cという高温であることが知られているが、そのメカニズムは翌分かっておらず、「太陽大気加熱問題」と呼ばれる。太陽では、表面の対流運動が磁力線を揺さぶることでその波動が上空に伝わってエネルギーを解放することで大気が加熱される「波動加熱説」や、波動に伴う磁力線同士の微小な爆発により大気が加熱される「ナノフレア説」などが提唱されているが、活発な太陽型星に存在する超高温ガスの形成や、さまざまな波長の放射を統一的に説明できるかどうかは明らかになってなかった。

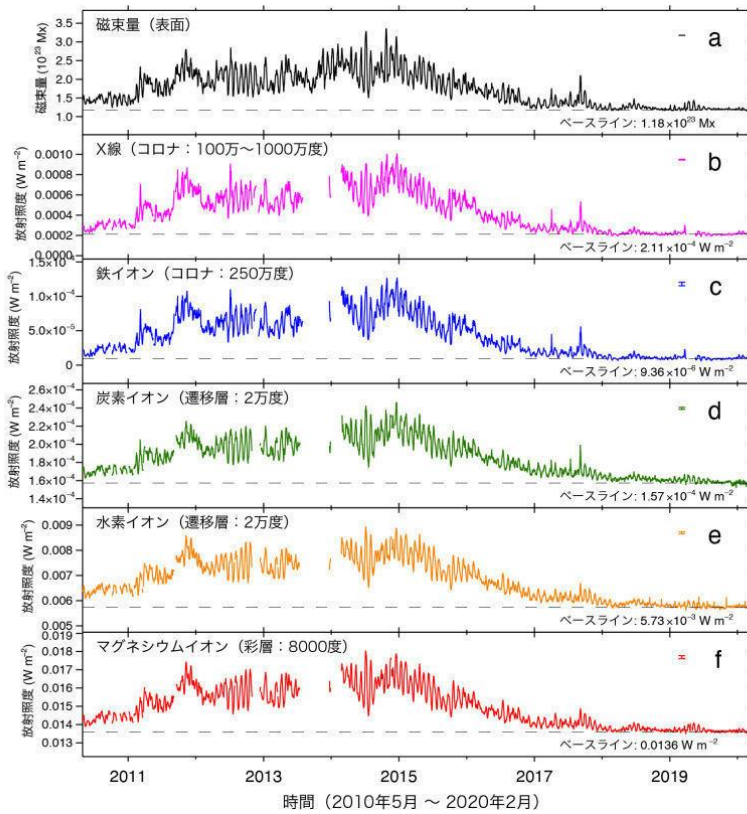
太陽大気の加熱メカニズムでは、磁場が重要な役割を果たしていると考えられている。もし、ほかの太陽型星で得られる磁場と超高温ガスの関係が、太陽で得られる関係と一致すれば、ほかの星でも太陽と同じように、磁場を介した仕組みで超高温ガスが加熱されていることが推測されることから研究チームは今回、コロナから彩層までの幅広い温度帯にわたって、表面の磁場に対するさまざまな波長の輝線(X線・紫外線・可視光・電波)の相関関係を調べることにしたという。恒星の輝線は、その波長ごとに作られる温度が異なることが知られていることから、いろいろな波長の輝線を解析することで、さまざまな温度のガスについて理解することができるとされている。今回の研究では、2010年5月から2020年2月までの約10年間におよぶ多波長観測データから、太陽表面の磁束量と、コロナから彩層に相当する輝線として、コロナのX線(100万~1000万°C)と鉄イオン(250万°C)、遷移層の炭素イオン(2万°C)と水素イオン(2万°C)、彩層のマグネシウムイオン(8000°C)の5種類の明るさの変動を調査。その結果、太陽の自転に伴って太陽面を黒点が横切る際に、表面の磁束量が増えるとともに、それに対応して上空のコロナや彩層が加熱され輝線が強まることや、太陽のコロナから彩層にかけて、どの温度の輝線についても、磁束量が多いほど明るくなる傾向が示されていることが判明したとする。

太陽全体の磁束量と5つの輝線の強度。(a)NASAの太陽観測衛星「SDO」により測定された太陽表面の磁束量(日変動)。(b)NASAの太陽観測衛星「SORCE」により測定されたX線(5.2-124Å)、(c)鉄イオン(284Å)、(d)炭素イオン(1335Å)、(e)水素イオン(1216Å)、(f)マグネシウムイオン(2796Å)の放射照度(日変動)。放射照度は太陽から1天文単位の距離での値に変換してあり、空白は主にSORCEの観測停止によるもの(C)Toriumi & Airapetian, 2022 (出所:JAXA ISAS Web サイト)また、誕生から約5000万年から45億年という、さまざまな年齢および活動度の太陽型星についても調査が行われたところ、どの太陽型星も、コロナから彩層のどの輝線においても、太陽で得られた相関関係の延長線上にあることが確認されたという。

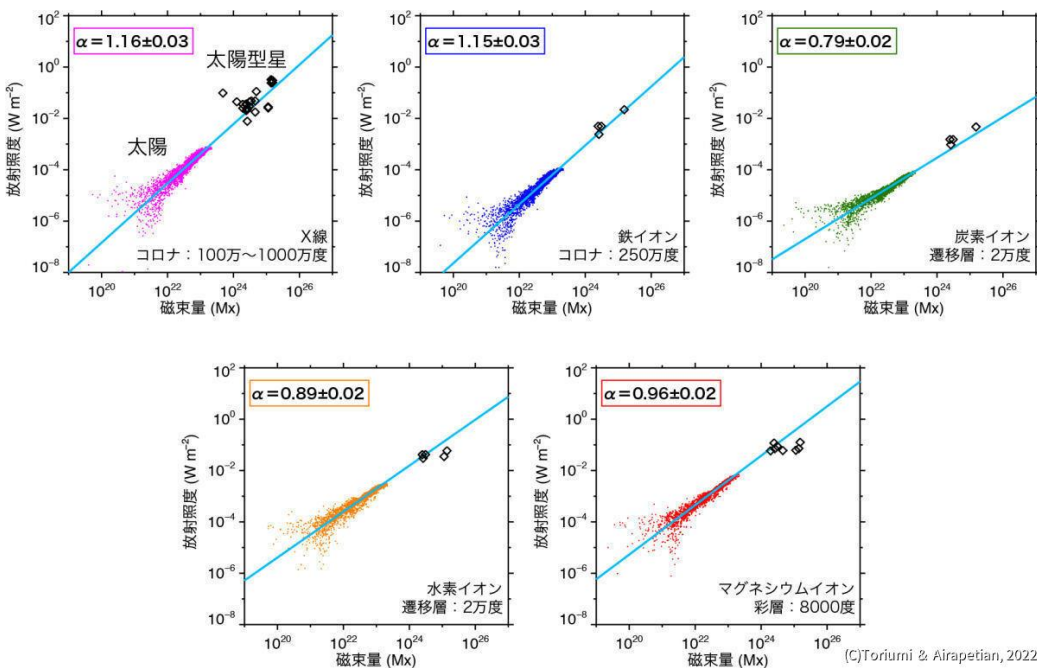
太陽観測データと恒星観測データの比較 (C)Toriumi & Airapetian, 2022 (出所:JAXA ISAS Web サイト)

この相関関係や傾きは、星表面の磁場を介したガスの加熱メカニズムを示す重要な指標であり、このデータは、太陽とほかの太陽型星のガスの加熱効率がまったく同じであることを表していると研究チームでは説明しており、このことから、これらの星の超高温ガスは、星の年齢や活動度によらず、共通のメカニズムで加熱されていることが示されたとする。さらに、今回解析されたすべての輝線について、相関関係の傾きを温度ごとに表したところ、100万°C以上のコロナから1万°C前後の彩層にかけて、傾きが弱くなる傾向にあることも判明。このことは、星表面の磁場に対してコロナが高い加熱効率を示す一方で、彩層ではその効率が弱まり、コロナとは異なる

る加熱メカニズムが働いていることを示すものであるとするほか、コロナと彩層とでは傾きの値(加熱メカニズムや効率)が異なるにもかかわらず、それぞれの領域ごとに見ると、太陽と恒星で共通の傾き(メカニズム・効率)が示されていることも締めさえたという。

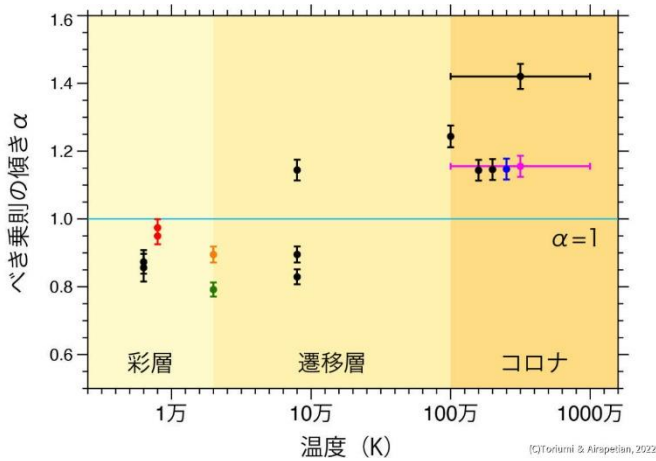


(C) Toriumi & Airapetian, 2022



(C) Toriumi & Airapetian, 2022

今回の研究からは、超高温ガスが加熱されるメカニズムは、磁場が密接に関わっており、太陽と恒星において普遍的であることが示されたが、これらの超高温ガスは、X線・紫外線放射を通じて周囲の惑星に強い影響を与えるため、その加熱放射メカニズムの一端を解明した今回の成果は、惑星・系外惑星の理解にもつながるものだと研究チームでは説明しており、どの太陽型星に対しても、磁束量をもとに輝線の放射強度を決められるようになった今回の成果を活用することで、太陽型星を周回する惑星大気形成・散逸モデルに対して、そのインプットとなるX線・紫外線スペクトルを提供できるようになり、それにより太陽や恒星だけにとどまらず、惑星気候やハビタビリティの研究につながる展開があるとしている。



太陽の磁束量・放射照度の相関関係(べき乗則)について、傾き α を温度ごとに示されたもの (C)Toriumi & Airapetian, 2022 (出所:JAXA ISAS Web サイト)

<https://www.cnn.co.jp/fringe/35184877.html>

米国人宇宙飛行士、ロシア宇宙船でISSから帰還へ NASAが良好な関係を強調

2022.03.15 Tue posted at 11:46 JST



ISS滞在中のNASAのバンデ・ヘイ宇宙飛行士は、予定通りロシアの宇宙船で帰還へ/NASA
 ニューヨーク (CNN Business) 米航空宇宙局 (NASA) は14日、国際宇宙ステーション (ISS) に滞在しているNASAのマーク・バンデ・ヘイ宇宙飛行士が今月、予定通りにロシアの宇宙船「ソユーズ」で帰還すると発表した。ロシアの宇宙機関「ロスコスモス」とは緊密な連携を保っていることを改めて印象付ける狙いがある。バンデ・ヘイ宇宙飛行士は2021年4月からISSに滞在中で、今月30日に帰還を予定している。これまで通り、ソユーズ宇宙船でカザフスタンに着陸予定。NASAによれば、米国へ帰国させる計画にも大きな変更はなく、これまでと同様、ガルフストリーム社のジェット機で帰国する。ソユーズは10年近くの間、宇宙飛行士がISSとの間を往復できる唯一の手段だった。しかし20年に米民間企業スペースXの有人宇宙船「クルー・ドラゴン」がデビューしたことで、そうした依存状態は解消された。ただ、米国は今も、ロシアの宇宙船にNASA宇宙飛行士のための座席を確保している。今後も米国の宇宙飛行士をロシアのソユーズに搭乗させ、ロシアの宇宙飛行士をスペースXの宇宙船に搭乗させる暫定合意も存在する。カザフスタンのバイコヌールにあるロシアの施設では、NASAとロスコスモスの協力関係が「引き続き良好」な状態にあると、NASAのジョエル・モンタルバーノ氏は強調。バンデ・ヘイ宇宙飛行士は「間違いなく」ロシアのソユーズで帰還すると語った。ロシア軍のウクライナ侵攻と、米国などの対ロ制裁を受け、米ロ間の緊張は高まっている。そうした中でNASAは、ISSの運用については米ロの協力関係が続いていることを伝えようとしてきた。ロシア国営タス通信も14日、バンデ・ヘイ宇宙飛行士は予定通りにロシアの宇宙船で帰還すると伝えた。

<https://wired.jp/article/turmoil-over-ukraine-could-debilitate-russias-space-program/> 2022.03.10

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

ロシアによるウクライナ侵攻に対する米国の制裁措置により、ロシアの宇宙開発が衰退する可能性が浮上している

る。人類初の有人飛行を成功させた旧ソ連時代から圧倒的な宇宙開発力を誇っていたロシアの孤立が進むことで、民間宇宙企業の発展も相まって宇宙開発におけるロシアの影響力は次第に薄れていくかもしれない。



PHOTOGRAPH: NASA

ロシアによるウクライナ侵攻が始まった2月24日（米国時間）、米国のバイデン政権はロシアに対する[追加制裁を公表した](#)。そのなかには、ロシアの宇宙開発の衰退につながる内容も含まれている。

この発表から1時間も経たないうちに、ロシアの宇宙機関であるロスコスモス長官のドミトリー・ロゴージンは、怒りに満ちたツイートに[連投している](#)。「われわれと手を切ったら、誰が地球の軌道から外れたISSの落下を防ぐのだ。米国や欧州に被害が及んでしまう」国際宇宙ステーション（ISS）のオペレーションの必要な部分はロスコスモスが担っている。それゆえのロゴージンの発言は、ただの脅しだと専門家は言う。「ロゴージンはこういった軽はずみな発言をすることで悪名高いのです」と、非営利団体のランド研究所で宇宙エンタープライズイニシアチヴの責任者を務めるブルース・マクリントックは語る。「事態は深刻化する一方です」

徐々に薄れるロシアの影響力

一見すると、今回の戦争と宇宙活動は関係していないと思うかもしれない。だが、実情は異なる。ウクライナでの戦争が続いて欧州と英国、ロシアとの間で緊張が高まり、各国の宇宙開発機関に影響が及んでいるからだ。老朽化が進むISSの将来についての議論はなかなか始まらず、ロシアが欧州宇宙機関（ESA）の宇宙港から撤退したことにより、同機関による火星探査計画「エクソマーズ（ExoMars）」は延期されている。

また、ロシアの予算や財源が締め付けられているなか、宇宙開発の力は必然的に衰えていくだろう。同時に米国を拠点とする民間の航空宇宙企業の戦争における役割が高まっており、民間の宇宙船が軍の標的になる危険性が出てきている。「こうした国際的な協力体制をすべて止めてしまうことで、ロシアは自ら孤立してしまいました。この状況はロシアにとってあまり好ましい状況ではないでしょうね」と、コロラド州ブルームフィールドに本部がある超党派シンクタンク「Secure World Foundation（SWF）」のワシントン事務所長を務めるヴィクトリア・サムソンは指摘する。昔はこうではなかった。60年前に宇宙開発競争が始まったときの旧ソ連は、圧倒的な宇宙開発力を誇っていたのだ。旧ソ連の崩壊後はロスコスモスがロシアの宇宙開発の大部分を担うようになり、米国航空宇宙局（NASA）や北大西洋条約機構（NATO）の加盟国が多く参加しているESAと協力している。

これらの機関は1990年代から共同でISSを管理している。長年にわたってロシアはISSの主要なセグメントのひとつを運営しており、多目的実験モジュール「ナウカ（Nauka、ロシア語で実験の意味）」を含む最新モジュールが21年にロシアからドッキングされたばかりだ。11年にNASAのスペースシャトルの運用が終了したあと、同機関に所属している宇宙飛行士がISSまで飛ぶには、ロシアの宇宙船ソユーズに乗る必要がある。

「この協力体制は過去に多くの試練や困難を乗り越えてきていますが、現在の関係性は少しずつ変わってきています」と、戦略国際問題研究所（CSIS）で航空宇宙セキュリティプロジェクトのディレクターを務めるトッド・ハリソンは指摘する。ロケットエンジンや打ち上げサービス、ISSへの乗組員や物資の輸送において、ロシアは米国を拠点とする企業にマーケットシェアを奪われ続けている。「ロシアは米国に依存していますが、米国はそうでもありません。さらにロシアの経済は何年も低迷しており、航空宇宙局は衰退する一方です」

戦争によって火星探査が再び延期に

しかし、ウクライナでの戦争によってロシアとほかの宇宙開発に乗り出している国との関係に緊張が高まっており、最悪の場合は関係が途絶えてしまう可能性もある。欧州が2月25日（米国時間）に発表した制裁に対してロスコスモスは、ESAがフランス領ギアナにある宇宙港での協力を見送ることを発表した。この宇宙港では、過

去にジェイムズ・ウェッブ宇宙望遠鏡や宇宙背景放射を観測する観測衛星「Planck（プランク）」が打ち上げられている。いまはロシア人の従業員を引き上げさせ、セオユーズの打ち上げを停止していると言う。これを受け ESA は、エクソマーズが[再び延期される](#)ことを発表した。次なる任務は火星探査車「ロザリンド・フランクリン」を火星に着陸させ、生命が存在していた証拠となるものを探査する予定だった。火星探査計画は過去に一度延期されている。その振り替えとして 22 年 9 月、カザフスタンにあるバイコヌール宇宙基地からロシアのロケット「プロトン」が打ち上げられる予定だった。次回の“赤い惑星”への打ち上げウィンドウ（打ち上げの予定期日）は 2024 年になるという。ESA の広報担当者からは、「現在の危機的状況に対するコメントはできませんとの返答があった。しかし、ESA の長官は[前向きなメッセージ](#)をツイートしている。「現在こうした戦争が起きているが、民間企業が大事な架け橋となっている」

宇宙開発の脱ロシア化

さらに、ロスコスモスは米国にロケットエンジンを供給しない方針を発表した「ほうきで飛ばばいいじゃないですか」と、ロゴージンは国営ニュースチャンネルに出演した際に[発言している](#)。しかし、NASA は ISS へ行く手段としてソユーズに頼り切っているわけではない。さらに米国企業はロシアのロケットから離れてもいる。NASA の宇宙飛行士は 20 年から、スペース X の「クルードラゴン」に乗って宇宙へ飛び立っているからだ。

ロッキード・マーティンとボーイングの合併事業であるユナイテッド・ローンチ・アライアンス（ULA）は何年もの間、ロシア製のロケットエンジン「RD-180」を使っている。このエンジンは「アトラス V」や 3 月 1 日（米国時間）に新たに打ち上げられた気象衛星に搭載されている。しかし、開発が進んでいるロケット「ヴァルカン」はブルーオリジンの BE-4 エンジンを使用することから、ロシア製のエンジンに依存することはなくなる。この新しいエンジンは今年中に納入される予定だ。一方で、ノースロップ・グラマンの第 1 弾となるロケット「アンタレス」はウクライナ製の燃料タンクと、ロシアの RD-181 を使って宇宙船「シグナス」に積んだ補給物資を ISS に届けている。しかし、ロシアの広報サイトに掲載されたロゴージンの声明によると、エンジンの納入を停止する様子で、アンタレスを使った物資の補給は将来できなくなるだろう。仮に ISS 内での活動が予定通りに続いたとしても、ISS の将来に疑問は残ったままだ。ロスコスモスは 24 年以降、30 年まで運用を延長するという NASA の計画に乗る気配はない。また、ISS の後継機として NASA は複数の民間が運営する商業宇宙ステーションに投資している。これに対してロスコスモスは ISS の後継機案について協力していない。さらに、NASA が計画を進めている月周回宇宙ステーション「ゲートウェイ」に参加することにも同意していない。ゲートウェイは「アルテミス」の月面探査を支援したのちに、深宇宙探査の中継地点として機能する予定だ。

関連記事：[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](#)

戦争が浮き彫りにした民間企業が抱えるリスク

ロシアの宇宙セクターが立ち遅れる一方で、国外の民間宇宙産業の力が増している。そして、こうした民間企業の一部がウクライナでの戦争に“参戦”している。米国を拠点とする Maxar Technologies や Capella Space、Planet Labs は、戦地やロシア軍が配置されている場所の衛星画像を提供している。

英国の OneWeb はロシアのロケットを使って 3 月 4 日（米国時間）に 36 基のインターネット衛星の打ち上げを計画していたが、ロゴージンは同社が衛星を軍事目的に使用しないこと、そして英国政府が同社への出資を取りやめた場合のみ打ち上げるという条件を提示した。この条件に応じるのではなく、同社は 3 月 3 日（米国時間）にインターネット衛星の打ち上げとバイコヌール宇宙センターからのすべての打ち上げを取りやめた。

イーロン・マスクもネットへの接続が停止されることを危惧するウクライナ国民や[副首相](#)のために、スペース X の「スターリンク」による衛星網を配備し支援している。しかし、こうしたスペース X や衛星画像を提供する企業の介入は、さまざまなリスクを伴うことになる。「民間企業は少し注意したほうがいいと思います。これでは軍事衛星と商業衛星の境界線が曖昧になってしまいます」と、Secure World Foundations のサムソンは指摘する。これにはランド研究所のマクリントックも賛成しており、商業衛星は軍の標的になってしまう可能性があるという警告している。「ロシアはすでに対宇宙用の軍備は整っています」と、CSIS のハリソンは語る。ロシアはすでに衛

星をミサイルで撃ち落とせるが、こうした過激な反応は国際社会からより激しい避難を浴びることになるだろう。「衛星が送受信するコミュニケーション信号の妨害という初期段階の攻撃は、すでに仕掛けられています」と、ハリソンは指摘する。ロシアは正確にレーザーを衛星のセンサーに当てる技術をもっており、一時的に視界を奪ったり破壊したりすることも可能になっている。ハッカー集団が3月上旬にロスコスモスの衛星を停止させたという主張を受け、ロゴージンはロシアの衛星をハッキングすることは戦争行為であると発言したとされている。

ロシアの宇宙開発の行く末

また、ロシアと中国の宇宙開発機関が近づくことにも注意する必要があると、ハリソンは警告する。NASA と ESA に対抗するために、ふたつの国が共同で月面着陸計画を実施する同意に至っている。しかし、過去にロシアが設立されてもいない中国の宇宙開発に手助けした実績はあるが、現状どんな貢献ができるかは不明だとハリソンは指摘している。「中国は戦略的かつ実用的な協定を結んでいるように見えます。しかし、ロシアがこの協定で何を提供できるのかは正直なところわかりません」と、ハリソンは語る。「もしこれからロシアと共同で作業するのであれば、いろいろな“荷物”を抱えることを覚悟する必要があるかもしれませんね」

(WIRED US/Translation by Naoya Raita) ※『WIRED』によるウクライナ侵攻の関連記事は[こちら](#)。

<https://news.livedoor.com/article/detail/21838462/>

宇宙の脱ロシア化が急速に進行...「ロシア・ロス」から「ロシア・フリー」な時代へ

2022年3月16日 6時0分

[SankeiBiz](#)



写真拡大 (全4枚)

近年、世界の宇宙事業は、安価で信頼性の高いロシア機材に少なからず依存してきた。しかし、ロシアと各国が離反したいま、そのサービスを使えなくなった一部事業者の間では、「ロシア・ロス」が広がっている。

新型ロケットの完成は遅れ、ロシア機材は使えず、代替ロケットの空席がないというこの状況。

いま世界の宇宙事業がどのような事態に遭遇しているのか？ この3週間に発生したことをおさらいしつつ、世界におけるロケット事情をご紹介したい。

欧州クライアントへの支援をロシアが放棄

欧州のロケットが、どこで打ち上げられているかご存じだろうか？

多くの場合ロケットは、地球の自転と同じ東方向、または、地球観測衛星などの場合には南か北に打ち上げられることが多い。しかし、ヨーロッパはどの方向を向いても居住区がある。そのため欧州のロケットは、南米大陸の北東部沿岸にあるフランス領ギアナまで海上輸送され、ギアナ宇宙センターから打ち上げられている。

同射場はESA（欧州宇宙機関）のホームグラウンドであり、フランス政府が管轄している。東は大西洋、ほぼ赤道直下（北緯5.3度）なので、静止衛星などを打ち上げるにも絶好の場所だ。

ギアナではESAが開発した大型ロケット「アリアン5」や小型ロケット「ヴェガ」などが打ち上げられる。しかし、じつはESAは手頃な中型ロケットを持っていない。そのためロシアと協力体制を築いて、ロシア製の「ソユーズ」ロケットを購入し、ロシア人スタッフの支援を得ながら、欧州の探査機を載せたソユーズをギアナから打ち上げているのだ。2月24日、ロシアがウクライナに侵攻し、同日にはバイデン大統領がロシアに対して制裁措置を発表した。するとロスコスモス（ロシアの国営宇宙開発企業）のCEOロゴージンは、ギアナで打ち上げ準備に当たっていたロシア技術者と作業員87人を退去させた。その結果、4月6日に予定されていた欧州の

測位衛星「ガリレオ」の打ち上げは無期延期。ロシアの一方的な判断によって、欧露の協力体制は完全に停止されたのだ。この状態がいつまで続くかは、まったく予想できない。ソユーズ ST-B によるガリレオ衛星の打ち上げは9月にも予定されていたが、それも延期または中止される可能性が高い。他国に打ち上げを頼むにも空席がない。欧州はいま、より低コストの新型ロケット「アリアン6」を独自開発していて、その初打ち上げが2022年の第3四半期に予定されているが、新型ロケットの開発は概して、遅延することが多い。

ロシアの報復？ バイコヌールのソユーズも打ち上げ中止

ロシアが管理するバイコヌール宇宙基地でも同様の事態は起こった。

米国企業の通信衛星「ワンウェブ」は、ソユーズ 2.1b によって打ち上げられる予定だったが、その3日前(3月5日)、打ち上げを実行するための追加条件が、ロシアのロゴージンから提示されたのだ。その内容とは、「ワンウェブの利用を民間利用に限り、軍事目的で利用しないことを確約すること」。同時に、「ワンウェブに出資をしている英国政府が、その資本を引き揚げること」だ。イギリスは、ロシアがウクライナに侵攻した同日、ロシアに対する制裁措置を表明していた。このロシアからの通牒に対してワンウェブ社の理事会は、バイコヌールからの打ち上げ中止を決定。ほぼ同時にロシアも打ち上げ停止を公表した。ウクライナ情勢がここまで悪化したいま、ワンウェブがバイコヌールから打ち上げられることは二度とないと予想される。ワンウェブは、多数の小型衛星を軌道に配置することで高速通信網を構築するプロジェクトであり、そのため打ち上げ頻度が高く、2022年前半だけでソユーズによる打ち上げを4回予定していた。しかし、そのすべてがキャンセルとなったいま、ワンウェブ社自体の存続が危ぶまれている。

ワンウェブ社にはいま、代替機が必要だ。

昨今、世界でもっともロケットの打ち上げ頻度が高いのはスペースX社だが、同社はスターリンク計画という類似プロジェクトを推進するライバル会社のため打ち上げ依頼がしづらい。ワンウェブ社にはインド系企業も出資していることから、インドの「PSLV」ロケットを活用することも考えられるが、いずれにせよ、計画の大幅な遅延は回避できないだろう。同じくバイコヌールからは、欧ロ共同計画の火星探査機「エグゾマーズ2022」が今年9月にプロトンMによって、また、第4四半期には日本のアクセル・スペース社の人工衛星がソユーズ2.1aで打ち上げられる予定だった。しかし現在の状況を考えれば、それら打ち上げも延期される可能性が高い。

露製 RD-180 を搭載の米国ロケット、ロシア無支援で打ち上げ

ウクライナ侵攻の影響は、ソユーズ・ロケットだけに留まらない。米国製ロケットにはロシア製エンジンを搭載する機種があるからだ。米国のロッキード・マーティン社が開発した「アトラスV」ロケットは、米国防総省の軍事衛星も打ち上げる、いわば国策ロケット。ただし、その第1段ロケットにはロシア製の「RD-180」が搭載されている。そのためアトラスVを打ち上げる際には、同エンジンを開発したロシアのエネルゴマシュ社のスタッフがサポートするのが通例だ。しかし、ロゴージンはそのサポートも停止した。そのため3月2日のアトラスVの打ち上げは、ロシアスタッフの支援なく行われた。同日、ロゴージンは米国に対するロシア製エンジンの販売停止も決定している。【2022年3月2日のアトラスVライブ映像】

アトラスVにロシア製のRD-180を搭載することが決定された1990年代は、旧ソビエト連邦が崩壊した直後だったこともあり、米ロの関係は友好的だった。また、米国にとって安くて性能が高いロシア製エンジンは魅力的であり、ロシアにとっても外貨が得られるという相互扶助的な関係にあった。

しかし、2014年に発生したロシアのクリミア併合によって、米議会が危機感を強めた。ロシアとの関係が悪化すれば、自国ロケットの打ち上げに支障をきたすからだ。その結果、アトラスVの代替エンジンを新しく開発する法案が決まり、それは新型ロケット「ヴァルカン」の開発へと繋がる。ヴァルカンの第1段エンジンには、ジェフ・ベゾスが主宰を務めるブルーオリジン社の「BE-4」が搭載される予定だが、それが完成する前に、ロシアがウクライナに侵攻した。ヴァルカンは当初、2022年前半の運用開始が予定されたが、やはり開発が遅延しており、すでに2023年にリスケジュールされている。アトラスV用のRD-180エンジンはすでに24基が米国に渡っているため、新型ヴァルカンが完成するまでの繋ぎとして不足はない。しかし、ロシア人スタッフの支援復

帰が見込めないいま、米国の基幹ロケットの運用としては心もとない状況が続く。

米国の ISS 補給機を支えるロシア製エンジン

ロゴージンが対米輸出を禁止したエンジンには「RD-181」も含まれている。このエンジンは、ノースロップ・グラマン社の「アンタレス」ロケットの第 1 段に 2 基搭載されている。アンタレスは、ISS（国際宇宙ステーション）への補給機「シグナス」も打ち上げる。同機は今年 8 月に打ち上げが予定されているが、現状のままでは、そのローンチにもロシアのサポートはないだろう。無人補給機とはいえ有人プログラムに関する打ち上げだけに、今回の決定を下したロスコスモスに対しては、その人道性が追求されることになるだろう。

欧州「ヴェガ C」のエンジンは戦火の中にあるウクライナ製

ソユーズを利用できなくなった欧州にはもうひとつ不安がある。ESA が運用する小型ロケット「ヴェガ C」に、ウクライナ製エンジンが採用されているからだ。ヴェガ C は小型ながら 4 段仕様のロケットであり、1 段から 3 段は固体燃料エンジン。第 4 段にだけに液体燃料エンジンが搭載され、それがウクライナ製の「RD-843」だ。ウクライナの南東部に「ドニプロ」という街がある。「ロケットの街」と呼ばれるこの地では、古くはロシアの ICBM などを開発設計する拠点でもあった。第二次大戦後、ここドニプロに国営企業「ユージュノエ設計局」や「ユージュマシュ工場」設立され、RD-843 もこのラインで誕生した。3 月 14 日時点でウクライナ侵攻マップを見ると、この地への進行度合いはさほど高くないようだが、しかし、一部のツイッター上ではユージュマシュ工場が攻撃を受けたという投稿も見受けられる。同工場では、先述した ISS 補給機を打ち上げる「アンタレス」の第 1 段用の燃料タンクユニットなども製造している。

米国ファイアフライ社、国家安全保障上の問題？

ウクライナのドニプロに関連した在米ベンチャー企業がもう一社ある。小型ロケット「アルファ」などを開発する宇宙開発ベンチャー「ファイアフライ・エアロスペース」社だ。2016 年以降、同社の経営権はウクライナ人の投資家マキシム・ポリアコフ氏のもとにあったが、彼によってその研究開発センターがドニプロに開設された。ここでは巨大な 3D プリンターを駆使したエンジン製造が行われ、また同年 11 月には、同社が発案した無人月面着陸機「ブルーゴースト」が NASA に選定されるなどの躍進を見せていた。しかし 2021 年 11 月、妙なことが起こる。米国の対米外国投資委員会（CFIUS）はポリアコフ氏に対し、ファイアフライ社の株式（約 50%）を売却するように求めたのだ。その理由は「国家安全保障上」だとされた。おそらく NASA の選定に残ったことにより、以後の開発情報などがウクライナから流出することを米国が危惧したのではないだろうか。ポリアコフは米国の申し出に同意して同社を売却したが、その公表日は先月の 2 月 24 日、つまり、今回のウクライナ侵攻がはじまったまさにその日だった。ファイアフライ社の公式ウェブサイトが、ここ数カ月、なんら更新されていないのが気になるが、ブルーゴーストは 2023 年、月に向けて打ち上げられることが決定されている。

世界が目指す「ロシア・フリー」な宇宙開発

このように、いま宇宙開発業界は大きな混乱のなかにある。ソユーズ・ロスの直撃を受けた衛星業者はいま、ロケットの空席探しを強いられているが、どの席も恐らく 2 年先まで埋まっている。ロケットの製造には通常 2、3 年掛かるため、数年先まで代替機がないという事態も起こり得るだろう。しかし一方で、宇宙大国ロシアが世界から排除されれば、とくにロケット関連事業にとっては広大なマーケットが出現する。「ロシア・ロス」から「ロシア・フリー」な宇宙開発への移行。それを実現するのは既存のロケット・メーカーだけでなく、数多くのベンチャーだ。ロケットラボ、アストラ、ABL スペース・システムズ、リレイティビティ、日本のインターステラテクノロジズなどなど、それら企業のなかから第二、第三のスペース X が誕生する日は、さほど遠くないに違いない。

鈴木喜生 編集者 出版社の編集長を経て、著者兼フリー編集者へ。宇宙、科学技術、第二次大戦機、マクロ経済学などのムックや書籍を手掛けつつ自らも執筆。自著に『宇宙プロジェクト開発史大全』『コロナショック後の株と世界経済の教科書』など。編集作品に『栄発動機取扱説明書 完全復刻版』『零戦五二型 レストアの真実と全記録』（すべてエイ出版社）など。著書に『宇宙開発未来カレンダー2022-2030's』（G.B.）。



[国際宇宙ステーションで歓迎されるロシアの宇宙飛行士ら＝18日（ロスコスモス提供・AP＝共同）](#)

18日に打ち上げられたソユーズ宇宙船で国際宇宙ステーション(ISS)に到着したロシア人宇宙飛行士3人が、ウクライナ国旗に使われる黄色と青色の飛行服を着用していたと米メディアが伝えた。ロシアの飛行士がISSに到着したのはウクライナ侵攻後、初めて。黄と青の選択は意図的だったのではないかとの臆測も出ている。【写真】ロシアのラッパーが反戦ライブ 取り締まり厳しくトルコから中継

3人は黄色を基調に一部が青色のスーツを着用。ソユーズがISSにドッキングしようとした時の映像では、別のスーツを着ていた。着替えた理由は不明だが、飛行士の1人はそれぞれが自分でスーツを選ぶとした上で「黄色の素材がたくさんあり、使う必要があった」と説明した。

欧州宇宙機関、ロシアと共同の火星探査計画の一時中断を発表。2022年中の打ち上げは難しそう...

2022.03.19 21:00

Isaac Schultz - Gizmodo US

[\[原文\]](#) (たもり)



Illustration: ESA

欧州宇宙機関 (ESA) はロシアの国営宇宙開発企業 Roscosmos (ロスコスモス) との共同ミッションである火星探査計画「ExoMars (エクソマーズ)」を中断すると発表しました。ここでも、ロシアによるウクライナ侵攻の影響が出ています。[ExoMars](#) は2部構成のミッションで、2016年には火星の大気の化学的構造を研究する観測衛星が打ち上げられており、今年には科学者ロザリンド・フランクリンにちなんで名付けられた火星探査車が打ち上げられる予定でした。やっと打ち上げにこぎつけた探査車のミッションですが、[10年前](#)に資金の調達こそできていたものの、技術面での遅れと新型コロナウイルスの影響で2022年秋へと打ち上げが[延期](#)されていました。先月、ロシアがウクライナに侵攻するまでは実行可能な日程だと思われていました。

ESAは侵攻が始まった直後の[リリース](#)で「加盟国によってロシアへの制裁が実施されています」として「制裁と諸般の事情から2022年の打ち上げの可能性はかなり低くなりました」とコメントしていました。

今週パリで行なわれたESAの評議会は、満場一致でESA局長にRoscosmosとの協力関係を一時中止し、Roscosmosの関与がなくてもExoMarsを打ち上げられる方法を研究するよう認めています。

ExoMars以外にも、ロシアの侵攻に対しては科学分野での制裁が行なわれてきました。先週、CERNはウクライナへのサポートを明言し、ロシアの機関との新たな共同研究には着手しないと[発表](#)。2月にはRoscosmosのCEO

ドミトリー・ロゴジンがアメリカの制裁措置のせいで[国際宇宙ステーション](#)が落下する恐れがあるとほめかし、引退した NASA の宇宙飛行士スコット・ケリーとツイッターで[口論](#)を繰り広げました（どうやら NASA は[快く思っていなかった](#)模様...）。ESA は最新の[プレスリリース](#)で、数週間のうちにロシア抜きで ExoMars を進めるための代替手段を提案する会合を開催する予定だと発表しています。Source: ESA([1](#), [2](#), [3](#)), [SpaceNews](#), [CNN](#),

<https://news.yahoo.co.jp/articles/e8913e775d2a8163da942abe6a3b0d8748a374a0>

国際宇宙ステーションはようになる？ ロシア国営宇宙公社総裁の不穏な投稿

3/19(土) 7:01 配信



[ロシア国営宇宙公社ロスコスモスのドミトリー・ロゴジン総裁。\(2021年12月7日撮影、写真: TASS/アフロ\)](#)

(小谷太郎:大学教員・サイエンスライター) [ロシアのウクライナ侵攻](#)は、世界に衝撃を与えました。その影響は日ごとに大きくなり、宇宙開発にもおよんでいます。【[図](#)】[なぜ人工衛星は落ちないか](#) 2022年3月12日(日本時間)、ロシア国営宇宙公社ロスコスモスの[ドミトリー・ロゴジン](#)総裁は SNS に、「国際宇宙ステーションを落とす」と解釈できる不穏なメッセージを投稿しました。いうまでもなくロシアは、国際宇宙ステーション(以後「ISS」と呼びます)の一翼どころか複数セグメントを担う最大手で、金も人も技術も多く出しています。その国営宇宙公社総裁が ISS を落とすなどほめかしたら、これはいったい何を意味するのでしょうか。ISS の将来はどうなるのでしょうか。今回は ISS の将来を考えるため、その基本から解説しましょう。ISS の問題を理解するためには、ISS についての最低限の科学知識が必要です。■ [なぜ人工衛星は落ちないか](#) まず、「なぜ人工衛星は落ちないのか」というところから始めましょう。「そこから？」と思うかたは、どうぞ飛ばして次の節に進んでください。けれども次のように答えちゃったかたや、次の答えのどこがおかしいのか分からないかたは、飛ばさずにお読みいただくと後の理解がスムーズかと思います。「人工衛星が落ちないのは、重力の届かない高さを飛んでいるから」 ←違います。人工衛星にも地球の重力はおよんでいます。「人工衛星が落ちないのは、常にロケット噴射しているから」 ←違います。ロケット噴射などで常に支えなくても、人工衛星は地表にぶつかりません。「物を落下させるのは空気だから」 ←もしかして[アリストテレス](#)先生？！ 畏れながら、今の時代にはそのように考えません。では今の時代はどう考えるかという、ニュートンの重力の法則にしたがって考えます。

ニュートンの発見によると、(1) 地球の重力は、あらゆる物を地球の中心へと引っ張ります。人工衛星も例外ではありません。(2) 一方、人工衛星は例外なく結構な速度で運動しています。ISS の場合は秒速約 8 km、つまり時速約 3 万 km です。(3) そこへ地球の重力が働くと、人工衛星の運動方向が変わります。人工衛星が移動するとともに、運動方向は変わっていきます。(4) 1~3 の繰り返しにより、人工衛星は地表にぶつかることなく地球を周回し続けます。これが、人工衛星が落ちてこない仕組みです。この他に、「人工衛星が落ちないのは、重力と遠心力が釣り合っているから」とか、「地球が丸いため、落下軌道が地表とぶつからない」といった説明方法もあります。それらも正しいので、正しい説明の中から納得できるものをお選びください。なお、ここで「落ちる」とは「地球にぶつかる」という意味ですが、重力にしたがって運動することを「落ちる」ということもあるので、その意味では「人工衛星は落ち続けている」ともいえます。このようにして、人工衛星は燃料もなしに地球を周回し続けるのです。

■ [じゃあなぜ人工衛星は落ちるのか](#) 1993年2月20日(日本時間)に打ち上げられた X 線天文衛星「あすか」は、(筆者の学位論文を含む)多くの成果を挙げ、歴史に残る活躍をしたのち、2001年3月2日(日本時間)

に大気圏に突入して燃え尽きました。人々はこの名機に「おつかれさま」と声をかけました。このように、人工衛星が「落ちる」、つまり「地球にぶつかる」ことは時々あります。燃料なしで地球を周回し続けるはずの人工衛星が地球にぶつかるのはどうしてでしょう。あすかは最初、地上から 525 km~615 km の高さを周回していました。人工衛星の高度としては低い部類です。ISS はこれよりさらに低い 370 km~460 km です。地球は厚み 10 km ほどの空気の層に覆われています。あすかや ISS の高度はほぼ真空ですが、ほんの少量の気体分子が、空気の層から飛び出して、あるいは漏れ出て、辺りに存在しています。低い軌道の人工衛星は、このごく少量の気体分子との摩擦により、何年もかけて次第に高度を下げていきます。すると辺りの気体分子はますます増え、摩擦がますます強くなります。そして機体はある日急激に高度を下げて空気の濃い層に突っ込みます。つまり大気圏に落ちます。低い軌道の人工衛星が「落ちる」のはこういうわけです。大気圏に突っ込むと、小型の衛星やデブリなら跡形もなく燃え尽きます。大型ならば燃え残りが地表に衝突する可能性があります。例えば質量 17 トンの巨大なガンマ線観測衛星「CGRO」は、軌道の寿命が自然に尽きるにまかせる、燃え残りが人家に落ちるのではないかと危惧されました。そこで NASA は、CGRO の持つロケット噴射装置によって計画的に大気圏に突入させ、海に落下させました。CGRO はまだ何年も観測を続けられる状態だったので、上層部の決定に対して CGRO チームから抗議の声が挙がりました。すると CGRO よりももっと危惧されるのが、質量約 420 トン、史上最大の人工衛星 ISS です。

■ ISS 打ち上がる ISS は、1980 年代にアメリカのレーガン大統領（当時）がぶちあげた宇宙ステーション計画「フリーダム」に始まります。日本、カナダ、欧州宇宙機関（ESA）と一緒に巨大な宇宙ステーションを建造しようという計画です。この計画は予算と技術の問題でなかなか進みませんでした。当時、最も優れた宇宙ステーション技術を持っていたのはソ連でした。ソ連は 1986 年には宇宙ステーション「ミール」を建造し、最終的には 12 年以上にわたって有人運用しました。しかし 1991 年にソ連が崩壊すると、後を継いだロシアにとってミール計画は重い負担となり、存続が怪しくなりました。ミールに滞在している宇宙飛行士の帰還も一時期危ぶまれたほどです。1993 年、アメリカのクリントン大統領（当時）の呼びかけによって、ロシアも宇宙ステーション計画に加わることになりました。ロシアの技術が流用できれば各国の開発費は安くなり、ロシアも経済的負担を軽くできます。こうして ISS の協力体制が固まり、「国際宇宙ステーション（International Space Station）」という全くひねりのない名称も決まりました。1998 年、ロシアはミールの設計を改変したモジュール「ザーリャ」をソユーズ・ロケットで打ち上げました。ISS の最初のモジュールです。以後、アメリカ製や日本製のモジュールによって徐々に ISS は拡張され、2011 年に完成しました。初期は傍目から見て「ミールとその他大勢」という印象がぬぐえませんでした。現在では「国際」宇宙ステーションという（ひねりのない）名に恥じない姿に成長しました。質量は 420 トン、大きさ 110 m×73 m、「サッカーコートサイズの」といわれます。ISS はいうまでもなくそれ自体が科学技術の偉大な成果です。また、基礎科学研究のプラットフォームとして、多くの研究に利用されています。筆者が開発チームに加わっていたという選択基準で例を挙げさせていただくと、全天 X 線監視装置「MAXI」は 12 年以上にわたって約 1000 個の X 線天体を監視し、多くの新天体を発見しました。また宇宙から来る高エネルギーの電子やガンマ線などを観測する「CALET」は 2015 年から稼働しています。（ちなみに CALET のロゴマークは筆者がデザインしたものです。）

■ ISS ずり下がる 高度 370 km~460 km 程度を周回する ISS は、先に述べたように気体分子との摩擦により、1 カ月に約 2 km の速さでずりずり高度が下がっていきます。もしも何年も放っておくと、しまいには大気圏に突入するでしょう。そんな事態にならないように、時折 ISS 全体を持ち上げる「リブースト」の必要があります。リブーストは、ロシア製のズヴェズダ・モジュールのロケット噴射装置か、ISS にドッキング中のロケットが噴射することで行ないます。ロケット噴射で ISS を上昇させ、元の高度（またはそれより高く）に戻すのです。リブーストを行なうロケットは、かつてはアメリカの「スペース・シャトル」や欧州宇宙機関の「欧州補給機」も使われていました。しかし両方とも運用終了している現在は、ロシアの「プログレス補給船」だけがリブースト可能なロケットです。つまり、ISS の高度の維持機能はロシアが単独で担当している状況なので

す。さて ISS の今後ですが、少なくとも 2024 年までの運用継続が決まっています。その後はたぶん、後継の計画が軌道に乗るまでは引き続き運用されるだろう、というのがおおかたの予想です。(後継とは「アルテミス計画」あるいは「月周回有人拠点ゲートウェイ」と呼ばれる計画で、月を周回する有人ステーションなどで月探査を行ないます。アメリカが日本など各国に呼びかけています。) ISS の運用が終了する時には、(CGRO のように) 計画的に大気圏に突入させることになります。燃え残りは海か無人の地域に「落ちる」ように、突入軌道が選ばれるでしょう。それは慎重に計画した上で行なわれる、長時間かかるオペレーションとなるでしょう。(CGRO のように反対の声が挙がるまで予想できません。) と、ここまでが、2022 年 2 月 24 日(東ヨーロッパ標準時)以前の、ISS の歴史と現況でした。

■ ロスコスモス代表ロゴジン総裁、大暴れ 2022 年 2 月 24 日(東ヨーロッパ標準時)にロシアがウクライナに侵攻すると、世界の情勢は一変しました。その衝撃波は ISS にも達します。SNS を介して。開戦以来、ロシア国営宇宙公社ロスコスモスの [ドミトリー・ロゴジン](#) 総裁はツイッターやテレグラムといった SNS に、ロシアを擁護しウクライナを誹謗するプロパガンダめいたメッセージをせっせと投稿しています。一方、アメリカのスコット・ケリー元宇宙飛行士は、全く反対の立場から、ツイッターなどにロシアを批判する投稿を連発しています。これに腹を立てたロゴジン総裁は、3 月 7 日(以下、SNS 投稿日付は日本時間)、大変過激で不穏なツイートをケリー元宇宙飛行士に投げかけます。ツイートは削除済みですが、ケリー元宇宙飛行士のツイートから内容が分かります。訳すと、「やめろ莫迦者! さもないと ISS が死んで後悔することになるぞ」というものです。……これは ISS に危害をおよぼすという恫喝です。本気でしょうか。使われている言葉も大変乱暴です。ISS の協力機関であるロスコスモスの総裁ならば、恫喝を実行に移す権力も持っています。ロゴジン総裁はこのツイートをいったん削除しますが、3 月 12 日にはこの続きと思われる長文の投稿をテレグラムに投稿します。(非常に長文なため、本稿の最後にテレグラム投稿へのリンクと筆者による訳を置いておきます。) 補足しますと、投稿その 1 は、ISS におけるロシアの貢献について具体的に述べていて、つまりロシアのモジュールとロケットの果たす役割が ISS に必要不可欠であることを説明しています。さらに、ロスコスモスの関連会社がアメリカ、EU、カナダの制裁対象となっていると述べ、制裁解除を求めています。この内容は、事実からさほど外れていないもので、乱暴な表現はほとんどありません。また、「私」という一人称が使われていません。おそらく総裁の指示の下に部下が書いたものと推察されます。この内容は SNS とは別に文書で送られたそうなので、これに対して、ISS のパートナー組織は返答しなければならないでしょう。(なぜか日本はロゴジン総裁に無視されています。) 投稿その 2 はまた恫喝文体に戻っているので、ある程度はロゴジン総裁本人の手による文章なのではないでしょうか。添付された図には、世界地図のうち、ISS が上空を通過する領域が示されています。そしてその領域はほとんどロシアの外です。文章と合わせると、「ISS がお前たちの頭上に落ちて知らないぞ」と解釈できます。

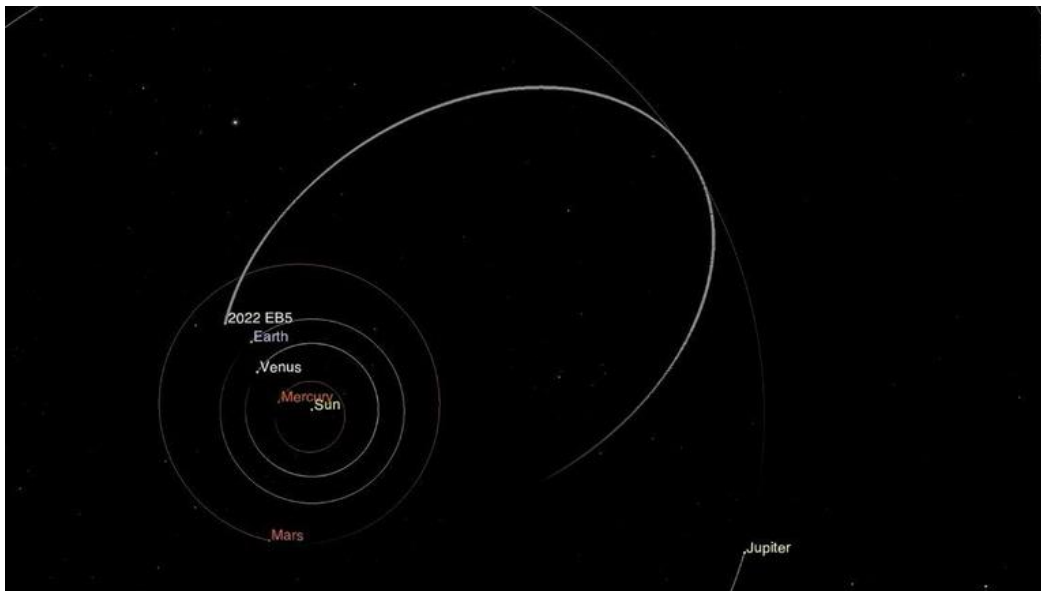
■ ISS いったいどうなっちゃうの? ロゴジン総裁の発言のポイントをまとめます。・ロゴジン総裁は ISS をどうすると言っているのか。……総裁は ISS を破壊するとほのめかしています。他の解釈は難しいです。・それは実行可能なのか。……総裁がほのめかしている、ISS の大気圏突入は、防ぐことができます。実行には、ズヴェズダ・モジュールやソユーズ・ロケットなどの ISS 機上の姿勢制御システムを、ISS の乗員が長期にわたって操作する必要があるからです。・ロゴジン総裁は何を望んでいるのか。……ひとつは、ロスコスモス配下の企業に対する制裁の解除です。しかしいうまでもなく、ロケット関連企業はしばしば兵器製造に直接関わっているので、その要求は拒絶される可能性が高いです。もうひとつの総裁の御要望は、SNS 上で相手を論破したい、黙らせたいということのように見えますが、こちら御希望が叶う見込みは低いように思われます。さてここまで長々と解説してきましたが、ロゴジン総裁の指先一本で ISS がでんぐり返る、ということはないことがお分かりいただけたでしょうか。しかし総裁の乱暴な発言が、ISS の将来に影響しないということは、残念ですがもうありえないでしょう。ISS の 2024 年以降の運用を含めた今後は、ウクライナの戦局によって左右され、どうなるか予想は難しいです。筆者はソ連崩壊前後の、世界はこれから良くなってい

くんだ、という雰囲気を感じています。当時始まった国際宇宙ステーションというひねりのない名を持つプロジェクトは、かつての敵対関係を忘れこれまでの地上のゴタゴタから無縁のものを打ち上げるといふ、ナイーブなほどの理念を確かに象徴していたように思うのです。その終わりが地上の戦争によってもたらされることになったら悲しいです。

参考:ロゴジン総裁のテレグラム投稿 (筆者訳) ロゴジン総裁のテレグラム投稿その 1 (03/12 15:15 JST) https://t.me/rogozin_do/1951 ISS はロシアセグメントとアメリカセグメントをお互いにつないでできている。ロシアセグメントはモスクワの近くの株式会社機械工学中央研究所 TsNIImash (ロスコスモス社の一部で、2021 年からアメリカの制裁対象、2022 年からは EU の制裁対象【訳注:日本も制裁対象としている】) のミッション制御センターから制御されているが、これは ISS の軌道高度を維持していて、またアメリカセグメントの生命維持システムの冗長システムである。ロシアの有人宇宙船ソユーズ MS は 2010 年から 2019 年の間は ISS に乗員を輸送する唯一の手段だった。プログレス MS 補給船はさまざまな貨物、食料、燃料を ISS に輸送した。両方のロシア船はソユーズ 2.1.a 中型ロケットによって打ち上げられた (ソユーズ 2 型ロケットを生産している株式会社ロケット・宇宙センター「プログレス」は、2021 年からアメリカの制裁対象、2022 年からは EU とカナダの制裁対象となっている【訳注:現在日本も制裁対象としている】)。 現在、有人宇宙船ソユーズとプログレス補給船は、外国人乗員と貨物を ISS・地球間で輸送するバックアップ手段の役割を果たしている。 それにより、2022 年 3 月 30 日には、NASA のマーク・ヴァンデ・ハイ宇宙飛行士を、ロスコスモスのアントン・シュカプレロフ宇宙飛行士とピョートル・ドブロフとともに、ソユーズ MS-19 によって帰還させる予定である。 ロシアセグメントは (年に平均 11 回の) 軌道補正を行なっていて、これには「宇宙ゴミ」の回避も含まれる。1998 年から現在までに 317 回の軌道補正を行ない、そのうち 168 回はプログレス補給船のロケットを補助に使い、39 回はロシアのズヴェズダ・モジュールを利用した。アメリカのスペース・シャトルと欧州補給機が運用を止めてからは、ロシアのロケットが ISS の高度を維持する唯一の標準手段となった。 ロシアのロケットはまた、ISS の姿勢を維持するためと、アメリカ部のリアクション・ホイールの角運動量を捨てるために (年に 40 回) 使われる。燃料の輸送と ISS のタンクへの給油はプログレス補給船でしか行えない (一度に 1100 kg)。加えて、800 kg の燃料がズヴェズダ・モジュールに貯えられている。 ロシアセグメントはアメリカセグメントの生命維持システムの冗長システムの役割を果たしている。その中には酸素供給 (エレクトロン VM)、二酸化炭素除去 (空気)、ISS 内空気から有害な不純物を掃除する (BMP)、ISS 内空気に (プログレスのタンクから) 空気、酸素、窒素を供給することが含まれる。そしてまた、ロシアはアメリカセグメントに、地上管制所の音声・遠隔通信のバックアップ手段を提供している。 ISS のための仕事を契約しているロシア企業に対する、西側の制裁の理由と内容を、説明するようという、ロシア側からの繰り返しの要求にもかかわらず、ロスコスモスの国際協力のパートナーたちはこれまで満足な回答を全然与えていないのである。 <https://www.roscosmos.ru/34377/> ロゴジン総裁のテレグラム投稿その 2 (03/12 15:17 JST) https://t.me/rogozin_do/1952 500 トンの国際宇宙ステーションは誰の上に「着水」または「着地」するのか? この地図は私と議論したアメリカの天文学者が作成したのだが、ISS の破壊による危険性が最も低いのがロシアであることを示している。他の国の住人は、特に「戦争の犬」に率いられている国々では、自分たちがロスコスモスに対して始めた制裁の代償についてよく考えるべきだ。国際的な宇宙協力が西側によって狂騒的に破壊された代償について。まったく狂っている。 国営宇宙公社ロスコスモスは ISS のパートナーたち、つまりアメリカ航空宇宙機構 (NASA)、カナダ宇宙庁 (CSA)、欧州宇宙機関 (ESA) の首脳部に、文書による声明を送り、私たちの企業に対する不法な制裁を取り下げるよう要求した。【訳注:総裁、東の島国をお忘れでないでしょうか】小谷 太郎

<https://www.cnn.co.jp/fringe/35185001.html>

地球に接近の小型小惑星、早期警戒システムで探知に成功 NASA



今回地球に接近した小型小惑星「2022 EB5」の軌道を示す図/NASA/JPL-Caltech

(CNN) 米航空宇宙局(NASA)ジェット推進研究所は15日、地球に接近してきた直径2メートルの小惑星を、大気圏突入の数時間前にノルウェー海の上空で検知することに成功したと発表した。小惑星は11日、大気圏に突入して崩壊した。地球上で被害を発生させるような大きさではなかったとNASAは説明している。NASAは各国と連携して、地球に衝突の恐れがある小惑星探知のための早期警戒システムを運用している。だが今回の「2022 EB5」のような小型小惑星は、その監視の網をすり抜けることが多く、衝突前に発見・追跡できた小惑星は、今回でまだ5個目にすぎない(なお衝突の恐れがある大型の小惑星は何年も前に、地球からはるかに離れた場所で発見・追跡されている)。「2022 EB5のような小惑星は無数にあり、およそ10カ月ごとの頻度で頻繁に大気圏に突入している」とNASAの専門家は解説する。「だがそうした小惑星のうち、宇宙空間で発見され、衝突前に集中的に観察できるものは非常に少ない」2022 EB5は大気圏突入の2時間前、ハンガリー北部にある天文台の天文学者が発見し、小惑星センターの地球近傍天体確認サイトに報告。同センターのデータベースを自動検索しているNASAのハザード評価システム「スカウト」が軌道を計算し、地球の大気圏に突入することが分かったと直ちにウェブページに掲載した。これによって2022 EB5を追跡する観測所が増え、軌道計算や衝突場所予測の精度が高まった。今回の実体験で、さらに大きな天体の衝突の可能性に関してもNASAの地球近傍天体研究センターの影響予測モデルで情報を提供できる能力の高さが示されたとNASAは評価している。

<https://sorae.info/space/20220315-usa-nsc.html>

及び腰だった米国がスペースデブリ除去事業で主導権を果たすには？

2022-03-15 [KadonoMisato](#)

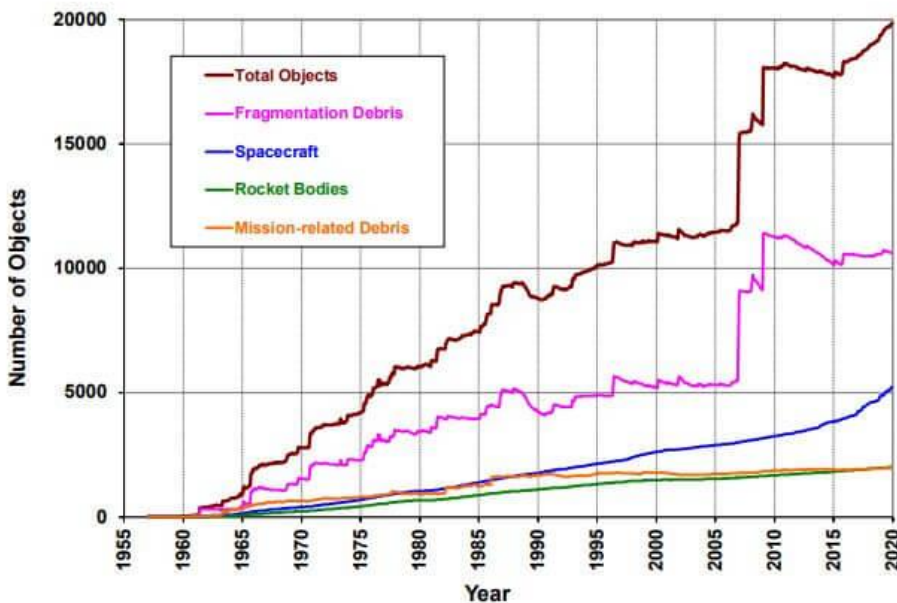


【▲ 地球を取り囲むスペースデブリのイメージ図 (Credit: ESA/ID&Sense/ONiRiXEL, CC BY-SA 3.0 IGO)】

去る 2021 年 12 月 1 日に開かれたバイデン政権初の国家宇宙会議 (NSC) の席上、座長を務めたカマラ・ハリス米国副大統領は宇宙空間における安全保障の重要性について強調しました。将来の宇宙空間における安全保障や持続可能性は、少なくとも 90 万個・8,000 トン以上に及ぶスペースデブリ (宇宙ゴミ) に掛かっているといいます。ところが、米国はこれまでスペースデブリの除去事業に乗り気ではありませんでした。米国のシンクタンク「Secure World Foundation」の Brian Weeden 氏は、海外メディアの SpaceNews が発行する「SpaceNews Magazine」2022 年 2 月号に掲載された論説にて、その背景と米国がスペースデブリ除去事業で主導権を果たすための方策に言及しています。オバマ政権下の 2010 年 6 月 28 日に策定されたアメリカの「国家宇宙政策 (National Space Policy)」によると、宇宙空間に浮遊するスペースデブリの数は増加の一途を辿り、軌道上の人工衛星に衝突するリスクが高まっているといいます。これを受けて、リスクを低減するために宇宙空間に存在するスペースデブリを監視し、その数を最小限に抑えるために除去を行うといった、スペースデブリ対策事業を展開する必要性が記載されています。Weeden 氏は、前述の国家宇宙政策ではアメリカ航空宇宙局 (NASA) と国防総省 (DOD) に共同で「能動的なスペースデブリ除去 (ADR: Active Debris Removal)」能力を開発することを課しているものの、スペースデブリの問題解決に向けた動きがほとんどなかったと主張します。

同氏はその理由について、DOD におけるスペースデブリ除去の優先度、宇宙空間の交通システム管理に対する連邦政府関係機関の責任の欠落、宇宙の軍事利用に対する国際社会の反応に向けた注意、中国などによる衛星破壊実験の実施・再稼働といった、政治的な要因や官僚主義的な事情が重なったためだと分析しています。

また、Weeden 氏は、米国がスペースデブリ対策事業に躊躇しているあいだに、欧州・日本・英国がスペースデブリを除去する事業や技術実証に対する支援を次々と打ち出したと指摘。こうした国際的なイニシアティブはスペースデブリ対策が米国以外の場所で主導されていることを示しており、米国も今すぐ行動する必要があると主張します。



【▲ スペースデブリの推移を示すグラフ (Credit: 米国国家科学技術会議)】



【▲ カマラ・ハリス米国副大統領が座長を務めた国家宇宙会議の初会合の様子】(Credit: NASA)

スペースデブリ除去事業が「成功」するために必要なこと

Weeden氏は、米国のスペースデブリ事業が成功するための要件をいくつか挙げています。

同氏は雇用・経済的な機会の創出・法的課題の克服はもとより、連邦政府による歳出を超えて持続可能な市場を創出しなければならないと指摘。Xプライズ財団による有人宇宙旅行コンテスト「Ansari X-Prize」や民間月探査コンテスト「Google Lunar X-Prize」のような一回限りの賞金支給では目標達成には不十分であり、米国航空宇宙局(NASA)が2010年から実施した商業乗員輸送プログラム(以下、CCDev)のような成功したプログラムをモデル化することが目標達成への近道だとしています。CCDevは安全かつ信頼性が高く、しかも効率的なコストで宇宙空間へ乗員を輸送できる能力の開発・実証を行う民間企業を支援するために計画されました。同プログラムの下ではスペースXの有人宇宙船「クルードラゴン」が2020年から運用を開始しています。NASAが20年に渡る時間をかけて一連のプログラムを遂行した結果、米国は政府による従来型の取り組みよりもはるかに安いコストで乗員を地球低軌道に運ぶ商業ベースの能力を得るに至ったわけです。

Weeden氏は米国連邦政府の役割について、将来に向けたイノベーションやコスト削減につながるような確固たる市場創出への「橋渡し」を担うことが重要だと主張。米国は大規模な投資を含むスペースデブリ除去事業の推進に力を入れ、宇宙における国際的なリーダーシップを発揮する必要があると、同氏は結論付けています。

Source ・ Image Credit: ESA/ID&Sense/ONiRiXEL

- ・ [SpaceNews](#) - How America Can Become a Leader in Cleaning Up Space
- ・ [NASA\(1\)](#) - NATIONAL SPACE POLICY of the UNITED STATES of AMERICA (issued in June, 2010)
- ・ [NASA\(2\)](#) - NATIONAL SPACE POLICY of the UNITED STATES of AMERICA (issued in December, 2020)
- ・ [Secure World Foundation](#) - The Evolution of U.S. National Policy for Addressing the Threat of Space Debris
- ・ [ESA](#) - Space debris by the numbers
- ・ [National Science and Technology Council](#) - NATIONAL ORBITAL DEBRIS RESEARCH AND DEVELOPMENT

PLAN 文/Misato Kadono

<https://sorae.info/space/20220316-iss-mark-vande-hei.html>

NASA ヴァンデハイ飛行士が米国人による宇宙連続滞在日数の記録を更新

2022-03-16 [松村武宏](#)



【▲ 国際宇宙ステーション (ISS) 滞在中に読書を楽しむ NASA のマーク・ヴァンデハイ飛行士。2021年8月にESAのトマ・ペスケ飛行士が撮影 (Credit: NASA/ESA/T. Pesquet)】

【▲ ISS滞在中のスコット・ケリー飛行士 (右) とアントン・シュカプレロフ飛行士 (左)、2015年4月撮影。シュカプレロフ飛行士は2021年10月から再びISSに滞在し、ヴァンデハイ飛行士とも合流している (Credit: NASA)】

アメリカ航空宇宙局 (NASA) は現地時間3月15日、第66次長期滞在クルーの一員として国際宇宙ステーション (ISS) に滞在しているマーク・ヴァンデハイ (Mark Vande Hei) 宇宙飛行士の連続滞在日数が、アメリカ人宇宙飛行士による最長記録を更新したことを発表しました。

ヴァンデハイ飛行士はロシアの宇宙飛行士2名とともに有人宇宙船「ソユーズ MS-18 “ユーリ・ガガーリン”」に乗り込み、日本時間2021年4月9日にカザフスタンのバイコヌール宇宙基地を飛び立って同日中にISSへ到着しました。連続滞在日数は2022年3月15日の時点ですでに340日に達しています。

これまでアメリカ人宇宙飛行士による宇宙連続滞在日数は、元NASA宇宙飛行士のスコット・ケリーさんによる340日間（2015年3月27日～2016年3月1日）が最長でした。ヴァンデハイ飛行士の連続滞在は340日を超えて継続しており、ケリー元飛行士の記録を上回ったことになるわけです。

宇宙飛行士の長期滞在はそれ自身が科学ミッションと言えます。たとえばスコット・ケリーさんは双子の兄であるマーク・ケリーさんと比較することで、長期間の宇宙飛行が身体に及ぼす影響を調査する研究の対象となりました。マークさんも弟のスコットさんと同じくNASAの元宇宙飛行士で、スコットさんの長期滞在中は地上で生活していました。NASAによると、ヴァンデハイ飛行士は滞在中にISSで実施された数百の研究のうち数十に寄与しました。その中にはNASAのヒューマンリサーチプログラム（HRP）の支援を受けた6つの研究も含まれています。ヒューマンリサーチプログラムは安全かつ生産的な宇宙飛行を支える最良の技術や手法を発見することに重きを置いています。NASAのビル・ネルソン長官は「彼の記録的なミッションと科学への貢献は、月や火星を目指す長期間のミッションに多くの人々が参加するための道を切り開いています。貢献に感謝します、マーク、おめでとう！」と言葉を寄せています。ネルソン長官は自身も元宇宙飛行士で、1986年1月の「STS-61-C」ミッションでスペースシャトル「コロンビア」にパイロードスペシャリストとして搭乗した経験があります。NASAによればヴァンデハイ飛行士のISS滞在は2022年3月30日までで、連続滞在日数は最終的に355日間に達する見込みです。なお、3月16日時点でロシアはウクライナに対する軍事侵攻を継続しており、情勢は依然として緊迫していますが、ヴァンデハイ飛行士はソユーズ MS-18 で一緒に打ち上げられたロシアのピョートル・ドゥブロフ（Pyotr Dubrov）宇宙飛行士、および2021年10月にISSへ到着したアントン・シュカプレロフ（Anton Shkaplerov）宇宙飛行士とともに、予定通りソユーズ宇宙船を使って地球へ帰還する模様です。

関連：[米口の宇宙飛行士2名がISS滞在期間延長、NASA飛行士の連続滞在記録更新へ](#)

Source Image Credit: NASA/ESA/T. Pesquet

[NASA](#) - Record-Breaking NASA Astronaut Mark Vande Hei's Contributions to Human Research Studies

文／松村武宏

<https://news.mynavi.jp/techplus/article/20220316-2294336/>

月と準惑星ケレスに衝突した隕石のサイズ頻度分布は似ている、JAXAなどが確認

2022/03/16 06:05 著者：波留久泉

宇宙航空研究開発機構(JAXA)は3月14日、米国航空宇宙局(NASA)の探査機「ドーン」(Dawn)が撮影した高解像度画像(35m/画素)を用いて、小惑星帯最大の天体である準惑星ケレス(直径約950km)における衝突クレーターのサイズ分布を、小惑星帯内における直径1km以上の隕石のサイズ分布から調査した結果、ケレスに衝突した隕石のサイズ分布がさまざまな年代において、月に衝突した隕石のそれとよく一致することが明らかになったこと、ならびにケレスに衝突した隕石の直径1km以下のサイズ分布は、現在望遠鏡によって観測される小惑星帯天体のサイズ分布とは大きく異なる傾向を持つことも明らかになったと発表した。



木星(左下)軌道付近から太陽系の内側を見た小惑星帯のイメージ。実際の小惑星帯の外縁と木星はもっと距離が

ある (C)NASA/JPL-Caltech (出所:NASA Web サイト)

探査機ドーンが捉えた準惑星ケレスのカラー画像。ケレスはかつて小惑星第 1 号だったが、新カテゴリの準惑星が 2006 年に設けられた際、小惑星から格上げされた (C)NASA/JPL-Caltech/UCLA/MPS/DLR/IDA (出所:NASA Web サイト)

同成果は、総合研究大学院大学 物理科学研究科 宇宙科学専攻の大学院生で JAXA 宇宙科学研究所(ISAS)にも所属する豊川広晴氏、ISAS 太陽系科学研究系の春山純一助教らの研究チームによるもの。[詳細は、太陽系外も含めて太陽系に関して天文学から生物学まで幅広い分野を扱う学術誌「Icarus」に掲載された。](#)

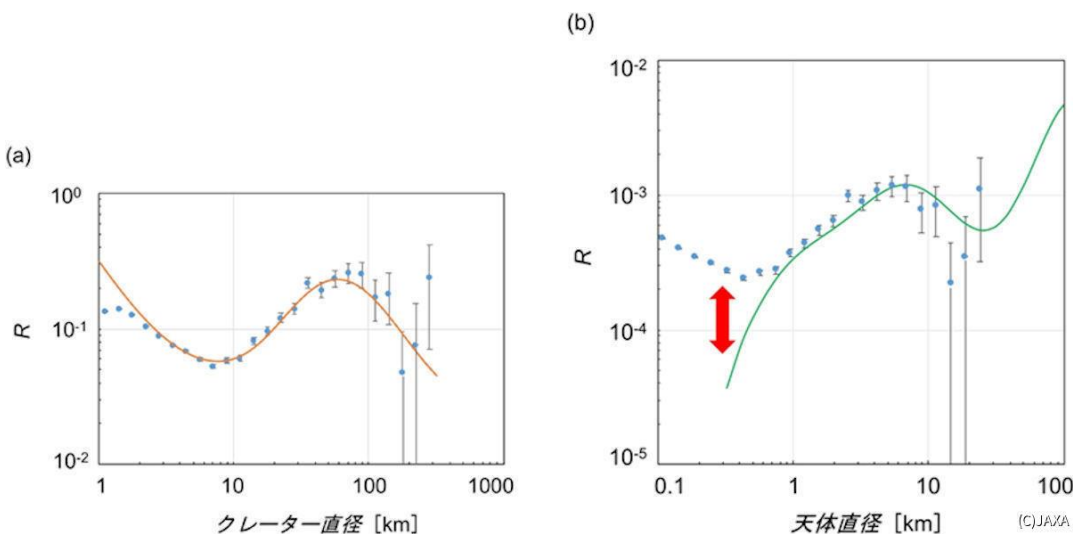
火星軌道と木星軌道の間に位置する小惑星帯は、太陽系の内側に位置する月や地球型惑星へ衝突する隕石の主な供給源と考えられており、その根拠の 1 つとなっているのが、月や地球型惑星における衝突クレーターのサイズ頻度分布(どのくらいのサイズのクレーターがどのくらいの個数あるかを示す値)だという。

衝突クレーターのサイズとそれを形成した隕石のサイズの間を仮定することで、隕石のサイズ頻度分布が推定することができ、月や地球型惑星における直径 1km 以上の衝突クレーターのサイズ頻度分布が、実際に望遠鏡観測されている直径 1km 以上の小惑星帯天体のサイズ頻度分布によく似ていることから、月や地球型惑星へ衝突した隕石の多くは小惑星帯から飛来してきたものであると考えられている。

しかし直径 1km 以下の隕石に関しては、月へ衝突した隕石のサイズ頻度分布は望遠鏡観測とは一致しないとするモデルも存在し、いまだ議論が続いている。小惑星帯から内側太陽系への小惑星帯天体の移動過程を明らかにするためには、内側太陽系だけでなく小惑星帯内での衝突史を理解することも重要となるが、小惑星帯内での衝突史はこれまでよくわかっていなかったという。

そこで研究チームは今回、小惑星帯で最大の天体である準惑星ケレスにおける衝突クレーターのサイズ頻度分布の調査を実施。ケレス表面に存在する約 25 万個の直径 1km 以上のクレーターの調査のために、NASA の小惑星探査機ドーンの高解像度画像を用いて、目視・手作業でのカウンティングを行ったという。

調査の結果、ケレスの表面全体における衝突クレーターのサイズ頻度分布は、月から類推されたクレーター生成関数モデルとよく一致するということが判明。これは、ケレス表面に衝突した隕石のサイズ頻度分布が月とよく一致することを意味するという。また、ケレスのさまざまな年代(モデル年代:約 20 億年前～約 2 億年前)の領域ごとにクレーターサイズ頻度分布を調査したところ、そのような月との一致が年代に依存しないこともわかったとしている。



(a)準惑星ケレスの表面全体に存在するクレーターのサイズ頻度分布。ここでは、クレーター個数のサイズによる違いを詳細に示す、R プロットと呼ばれる表現で表されている。青色の点がクレーターのサイズ頻度分布で、オレンジ色の曲線は月から類推されたクレーター生成関数モデル。(b)ケレスへ衝突した隕石と観測される小惑星帯天体のサイズ頻度分布の比較。青色の点はケレスへ衝突した隕石の推定されるサイズ頻度分布、緑色の曲線は地上望遠鏡によって観測される小惑星帯天体のサイズ頻度分布が表されている (出所:JAXA ISAS Web サイト)

しかしその一方で、衝突クレーターのサイズ頻度分布から推定される、ケレスに衝突した直径 1km 以下の隕石のサイズ頻度分布は、望遠鏡観測されている小惑星帯天体のサイズ頻度分布とは異なる傾向を持つことも判明。ケレスに衝突する隕石はサイズが小さいほど相対的に個数が多くなっているのに対して、望遠鏡観測されている小惑星帯に存在する天体は小さいものほど相対的に個数が少なくなっているという。

このようなケレスに衝突した隕石のサイズ頻度分布の、月との一致と、望遠鏡観測との不一致が同時に起きるプロセスは、既存の学説ではうまく説明することができないと研究チームでは説明しており、今回の研究で得られた結果は、太陽系内の小惑星帯天体の移動や衝突現象に関する今後の研究に新たな制約を与えることが期待されるとしている。

https://news.biglobe.ne.jp/international/0314/rec_220314_9534353129.html

宇宙の軌道資源は「早い者勝ち」？中国の専門家「宇宙ガバナンスの強化が必要」－

中国メディア 3月14日（月）13時50分 [Record China](#)



中国月探査チーフデザイナーの呉偉仁氏は「軌道および周波数資源は今やレアな資源であり、各国が競争している」と述べた。資料写真。[写真を拡大](#)

米スペースX社が通信衛星網「スターリンク」を構築する衛星を数万基打ち上げることを計画していることについて、全国政治協商会議常務委員で中国月探査チーフデザイナーである呉偉仁（ウー・ウェイレン）氏は、「軌道および周波数資源は今やレアな資源であり、各国が競争している。国際機関による調整がぜひとも必要だ。自分は宇宙ガバナンスの問題について、宇宙ガバナンス近代化の提案を提出した」と述べた。中国新聞社が伝えた。呉氏によると、宇宙の軌道資源は限られている。特に地上から約3万6000キロメートル離れた対地同期軌道について、国際的にはかつて2度の間隔をあけて1基の衛星を置くことと規定されたが、今や1度の間隔に1基で、計360基置けるようになった。技術の発展に伴い、この距離はさらに短縮される。打ち上げられる衛星が増えるほど、軌道資源もより重要になる。また無線周波数資源も国際的には、「早い者勝ち」という原則が採用されている。呉氏は、軌道資源と周波数資源は今やレアな資源で、各国が競争しており、国際機関による調整がぜひとも必要と強調した。今や1万基近くの衛星が地球軌道上を飛行している。国際機関はこの問題をすでに意識しており、関連活動の計画見直しを提案したが、完全には実施されていない。

呉氏は、「軌道および周波数資源の利用について、現在一部の国も関連ルールと法律の制定を急ぐよう呼びかけているが、一つのプロセスが必要だ。これは宇宙ガバナンスの問題にも関わる。自分はまた宇宙ガバナンス近代化の提案を提出した。これは一国で解決できるものではなく、全世界、特に主要国が協力して解決しなければならない」と述べた。打ち上げられる衛星の増加に伴い、スペースデブリ問題も注目されている。呉氏によると、中国は90年代よりスペースデブリ研究を開始した。「この問題を解決するためには、まずスペースデブリを発見できなければならない。中国はすでにその位置を比較的正確に判断し、カタログを作成できるが、微小デブリの観測能力をさらに高める必要がある」と呉氏。呉氏はスペースデブリへの対応について、「打ち上げにおいて、あ

る打ち上げ時間帯のある高度やある時点によってスペースデブリと衝突するか否かを観察することを通して、打ち上げ時間を調整し回避する。これは受動的な手段だ」と例を挙げて話した。さらに、「世界でも現在、スペースデブリ除去技術の試験も展開されている。これは非常に大変ハードな任務だ。なぜなら、デブリの数が増えており、すでにカタログに挙げられている 10 センチメートル超のものがおよそ数万個あるからだ。今後の打ち上げ回数の増加、宇宙船の増加により、スペースデブリの総数も増え、除去の難易度も上がるだろう」と述べた。呉氏は最後に、「しかし人類にはスペースデブリ問題を解決する方法があるはずだ。現在複数の国、特に宇宙大国がこれに労力と経費を投入している」と述べた。(提供/人民網日本語版・編集/YF)

<https://news.livedoor.com/article/detail/21857568/>

【独自】「宇宙防衛隊」創設を 宇宙の安全保障戦略 自民党提言案の全容判明

2022年3月19日 10時20分 [FNNプライムオンライン](#)



[写真拡大](#)

[自民党](#)の作業部会が最終調整している[宇宙](#)の安全保障戦略についての提言案の全容が判明した。

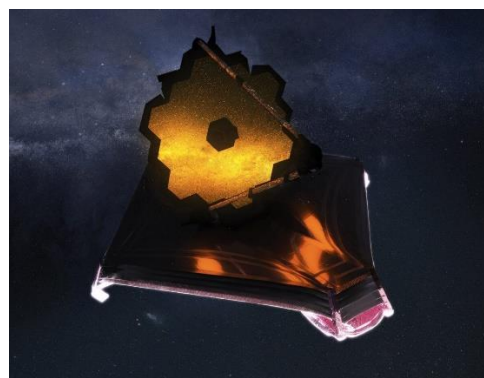
防衛省・統合幕僚監部に「宇宙防衛隊」を創設して自衛隊の宇宙利用を統括し、米国宇宙軍と連携を深めるなどとしている。提言案では、中国による沖縄県の尖閣諸島周辺での活動や南シナ海の軍事拠点化、北朝鮮の極超音速ミサイルの開発などを「我が国を取り巻く脅威」と指摘し、「中国は宇宙能力の強化も継続して進めている」としている。。そして、「最新の宇宙技術を適切に活用して、警戒・監視能力、指揮・通信能力を強化することが必須である」と強調した。政府は、「国家安全保障戦略」など外交・安全保障政策の根幹となる防衛戦略3文書の改定を進めているが、提言案では、さらに「国家宇宙安全保障戦略（仮称）」の策定を政府に求めている。

そして、防衛省が、「宇宙防衛隊（仮称）」を、陸海空の自衛隊の統合運用を担う統合幕僚監部に創設し、将官を指揮官にして、自衛隊の宇宙利用を統括するとしている。さらに、米国宇宙軍との連携を深めること、宇宙作戦に携わる人員を早急に大幅に増員することなども求めている。また、宇宙予算も大幅拡充し、現在の約3倍にあたる「2000億円以上の予算」の確保するよう提言している。自民党は、22日に関係部会の会合を開催し、提言をまとめる見通しだ。[FNNプライムオンライン](#)

<https://sorae.info/space/20220318-jwst.html>

調整進む宇宙望遠鏡「ジェイムズ・ウェッブ」新たな画像公開、星の像が一点に結ばれる

2022-03-18 [松村武宏](#)



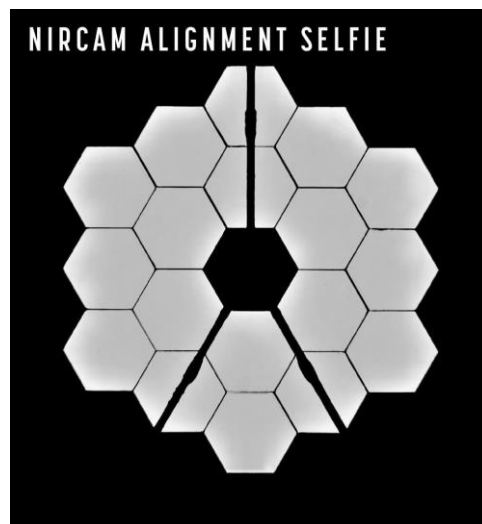
【▲ ウェッブ宇宙望遠鏡が撮影した恒星「2MASS J17554042+6551277」。周囲には背景の銀河も写っている (Credit: NASA/STScI)】こちらは 2021 年 12 月 25 日に打ち上げられた新型宇宙望遠鏡「ジェイムズ・ウェッ

ブ」の「近赤外線カメラ（NIRCam）」を使って撮影された画像。中央で明るく輝いているのは「りゅう座」の方向約 2000 光年先にある恒星「2MASS J17554042+6551277」です。

【▲ ウェップ宇宙望遠鏡の想像図（Credit: Adriana Manrique Gutierrez, NASA Animator）】

ウェップ宇宙望遠鏡は 2022 年 1 月下旬に太陽と地球のラグランジュ点のひとつ「L2」を周回するような軌道（ハロー軌道）へ到着。現在は科学観測に向けて光学望遠鏡要素（OTE※）の調整を行っています。画像はその一環として試験的に撮影されたもので、アメリカ航空宇宙局（NASA）から現地時間 3 月 17 日付で公開されました。

※...Optical Telescope Element の略。主鏡や副鏡などの光学系やそれを支える構造、サブシステムなどを含むウェップ宇宙望遠鏡の構成要素の一つ。ウェップ宇宙望遠鏡の直径 6.5m の主鏡は 18 枚の六角形セグメントで構成されています。個々のセグメントで反射された光は長い支柱の先にある 1 枚の副鏡に集められて、そこから NIRCam などの観測機器へと送られます。ただ、ウェップ宇宙望遠鏡の主鏡をはじめとした各部は折り畳み式の構造が採用されていて、打ち上げ後に宇宙空間で展開されました。展開直後の主鏡セグメントは打ち上げ時の位置にセットされたままなので、18 個に分割されている主鏡を「1 枚の鏡」として機能させるには、実際に星を観測しながら各セグメントの位置を精密に合わせる必要があるのです。次に掲載した画像は 1 か月前の 2 月 11 日に公開されたもので、ウェップ宇宙望遠鏡が撮影した初の試験画像です。対象となったのは「おおぐま座」の方向およそ 260 光年先にある恒星「HD 84406」ですが、この時点では主鏡セグメントの位置合わせがまだ済んでいなかったため、1 つの星の像が 18 個に分かれていました。



【▲ ウェップ宇宙望遠鏡の「NIRCam」が撮影した恒星「HD 84406」、2022 年 2 月 11 日公開。注釈はどのセグメントが反射した像なのかを示している（Credit: NASA）】

【▲ ウェップ宇宙望遠鏡が撮影した新たな「セルフィー」。18 枚の主鏡セグメントが同じ星からの光を反射している（Credit: NASA）】

関連：[宇宙望遠鏡「ジェームズ・ウェップ」から初の画像が到着！ 主鏡を写したセルフィーも](#)

最初の試験画像が撮影されて以来、ウェップ宇宙望遠鏡の運用チームは光学望遠鏡要素の調整に取り組んできました。18 枚の主鏡セグメントと副鏡の裏側にはそれぞれ 6 つのアクチュエータが備わっていて、望遠鏡の焦点を合わせるために鏡を動かせるようになっています（主鏡セグメントの中央裏側には曲率調整用のアクチュエータも 1 つ備わっています）。最初に運用チームはバラバラに並んでいる星像を主鏡セグメントと同じように配列させて、次に 18 個の星像が 1 つに重なるように調整。その後は各セグメントの高さ方向の位置合わせも含めた微調整を進めてきました。冒頭の画像は、1 か月間に渡る光学望遠鏡要素の調整結果を確認するために撮影されたものです。これは科学観測を目的としたものではありませんが、ウェップ宇宙望遠鏡の鋭敏な光学系と NIRCam は背景で輝く遠方の銀河まで捉えています。また次の画像は、NIRCam に組み込まれている特殊なレンズを使って撮影されたウェップ宇宙望遠鏡の新たな「セルフィー（自撮り）」です。画像には 18 枚の主鏡セグメ

ントが同じ星からの光を一斉に反射している様子が捉えられています。NASAによると、ウェブ宇宙望遠鏡の光学系は正常に機能しています。主鏡で反射してから観測機器へと取り込まれる光の経路を妨げるような重要な問題は確認されておらず、チェックされた全ての光学パラメーターは期待通りかそれ以上のパフォーマンスを示しているといえます。ウェブ宇宙望遠鏡の光学望遠鏡要素副マネージャーを務める NASA ゴダード宇宙飛行センターの Ritva Keski-Kuha さんは「私たちは望遠鏡の調整を終えて星に焦点を合わせました、その性能は仕様を上回っています。科学に対してそれが意味するところに私たちはワクワクしています」と語っています。研究者と宇宙ファンから長年打ち上げが待ち望まれてきたウェブ宇宙望遠鏡は、期待以上の成果を上げることになるかもしれません。運用チームは科学機器の最終的な調整を準備し始める前に、今後6週間ほどかけて残りの調整手順を進めます。ウェブ宇宙望遠鏡には NIRCam の他にも「近赤外線分光器 (NIRSpec)」「中間赤外線装置 (MIRI)」「近赤外線撮像・スリットレス分光器 (NIRISS)」が搭載されており、この期間中には各観測機器の性能評価や最終的な望遠鏡の補正值算出が行われるといえます。ウェブ宇宙望遠鏡が科学観測で取得した最初の画像は、2022年夏に公開される予定です。

関連：[ジェイムズ・ウェブ宇宙望遠鏡「次の恒星間天体」の観測に挑戦](#)

Source Image Credit: NASA/STScI [NASA](#) - NASA's Webb Reaches Alignment Milestone, Optics Working Successfully
文／松村武宏

<https://sorae.info/astrometry/20220315-ngc1097.html>

夜空に輝く巨大な目のような姿、ハッブルが撮影した南天の棒渦巻銀河

2022-03-15 [松村武宏](#)



【▲ 棒渦巻銀河「NGC 1097」の中心部分 (Credit: ESA/Hubble & NASA, D. Sand, K. Sheth)】

こちらは南天の「ろ座」(炉座)の方向約4800万光年先にある棒渦巻銀河「NGC 1097」の中心付近を捉えた画像です。棒渦巻銀河とは、中心部分に棒状の構造が存在する渦巻銀河のこと。棒状構造は私たちが住む天の川銀河をはじめ、渦巻銀河の半分程度が持つと考えられています。NGC 1097の中心を取り囲む幅約5000光年のリング構造は、この場所でスターバースト(大質量の恒星が短期間に数多く誕生する現象)が起きていることを示しています。棒状構造の両端から伸びる2本の渦巻腕は中心部分を両側から挟み込むように湾曲しており、画像に写るNGC 1097の姿は宇宙に浮かぶ巨大な目のようでもあります。この画像は「ハッブル」宇宙望遠鏡に搭載されている2つのカメラ「広視野カメラ3(WFC3)」と「掃天観測用高性能カメラ(ACS)」を使って撮影された画像(紫外線・可視光線・赤外線フィルタ合計8種類を使用)をもとに作成され、ハッブル宇宙望遠鏡の今週一枚として欧州宇宙機関(ESA)から2022年3月14日付で公開されました。

ESAによると、研究者は天体の特徴を知るために特定の狭い波長域の光を通す様々なフィルターを使って観測を行うため、元々の画像はモノクロで記録されています。このモノクロ画像を波長に応じた色(たとえば約555ナノメートルの光を通すフィルターを使ったものであれば緑)で着色してから組み合わせることで、冒頭のようにカラフルで美しい天体の画像は作成されています。

【▲ ヨーロッパ南天天文台(ESO)の「超大型望遠鏡(VLT)」を使って撮影されたNGC 1097。2011年7月公開 (Credit: ESO/R. Gendler)】

関連：[ハッブルが撮影、若い星のジェットが輝かせる「ハービッグ・ハロー天体」](#)

Source Image Credit: ESA/Hubble & NASA, D. Sand, K. Sheth [ESA/Hubble](#) - Eye of the Galaxy
[ESO](#) - A galactic embrace 文／松村武宏

<https://sorae.info/astronomy/20220317-mars-blackthorn-salt.html>

火星に花の形をした岩石？ キュリオシティが発見した「ブラックソーン・ソルト」

2022-03-17 [吉田 哲郎](#)

火星の古代の花の化石だったら大発見なのですが、そうではありません。これまで火星で発見された岩石の中で、最も珍しいものの一つなのです。大きさは1セント硬貨よりも小さいとのこと。

この「花」は、右側に見える球状の岩石とともに、太古の昔、水によって運ばれた鉱物が岩を固めたのではないかと現在は説明されています。つまり、既存の岩石の割れ目や裂け目に、水によって鉱物が堆積してできた「コンクリーション」（堆積物の隙間に鉱物が凝結してできた塊）の一種であるという説です。このコンクリーションは、周囲の岩石よりも硬くて密度が高く、周囲の岩石が侵食された後でも残ることがあります。



【▲キュリオシティが撮影した火星の花の形をした岩石（Credit: NASA/JPL-Caltech/MSSS)】

画像中央に写っている花のようにも見える物はいったい何でしょうか？

ちなみに、この小さな岩石は「ブラックソーン・ソルト」（Blackthorn Salt）と名付けられたそうです。「ブラックソーン」とは「スピノサスモモ」という植物のこと。この画像は、2022年2月24日、NASAの火星探査機「キュリオシティ」が、ロボットアームの先端に設置されたマーズ・ハンド・レンズ・イメージャー（Mars Hand Lens Imager : MAHLI）カメラで撮影したもの。キュリオシティは過去にも、鉱物を含んだ流体が岩石内の水路を通ったときにできた、さまざまな種類の小さな地形を発見しています。このような地形の画像は、ゲール・クレーターにおける液体の水の長期的な歴史について、科学者がより深く理解するのに役立っているということです。

関連：[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](#) なお、この画像は「Curiosity Finds a Martian Flower」のタイトルで、NASA/JPL-Caltechに3月1日付けで公開され、3月9日付けのAPOD（Astronomy Picture of the Day）でも「A Flower-Shaped Rock on Mars」のタイトルで紹介されています。キュリオシティが撮影する画像は、その名のおり好奇心を刺激してくれるので目が離せませんね。

Source Image Credit: NASA/JPL-Caltech/MSSS [NASA](#) - Curiosity Finds a Martian Flower
[APOD](#) - A Flower-Shaped Rock on Mars 文／吉田哲郎

<https://sorae.info/astronomy/20220318-kepler-tess.html>

既知の太陽系外惑星のうち3つが惑星ではなかった可能性、最新のデータを用いた

分析結果 2022-03-18 [松村武宏](#)

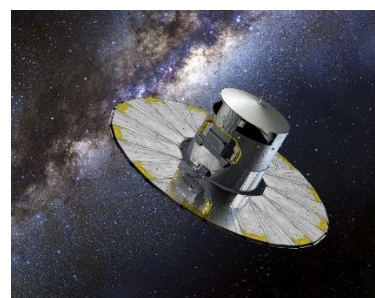
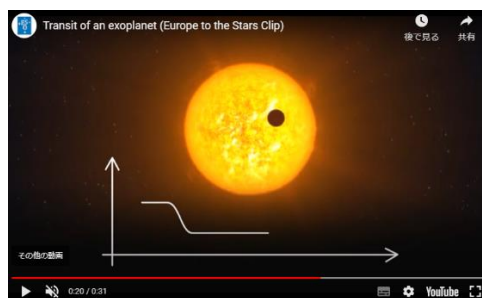
マサチューセッツ工科大学（MIT）の大学院生 Prajwal Niraula さんを筆頭とした研究グループは、アメリカ航空宇宙局（NASA）の宇宙望遠鏡「Kepler（ケプラー）」の観測によって見つかった太陽系外惑星のうち3つについて、実際には惑星ではなく小さな恒星である可能性を示した研究成果を発表しました。

NASAの系外惑星アーカイブによると、2022年3月17日時点で確認済みの系外惑星は4940個、NASAの系外惑星探査衛星「TESS」が検出して確認待ちの系外惑星候補は5459個に上ります。今回系外惑星ではない可能性が指摘されたのは、確認済み系外惑星のうち約0.06パーセントに相当します。実際には系外惑星ではない天体がリストに含まれるのを防ぐことは、系外惑星の統計的な調査をより正確なものとする上で重要視されています。

■5000個近い既知の系外惑星のうち3つのサイズが小さく見積もられていた可能性

研究グループによって系外惑星ではない可能性が指摘されたのは、「ケプラー-854b」「ケプラー-840b」「ケプラー-699b」の3つです。発見が報告された2016年当時、3つの天体の直径は木星の約1.2~1.5倍と推定されていました。しかし、その後利用できるようになった新たなデータを用いて Niraula さんたちが再分析したところ、3つの天体の直径は木星の2~4倍の範囲内にあることが明らかになったといいます。Niraulaさんは「ほとんどの系外惑星のサイズは木星と同程度かそれよりも小さく、2倍はすでに疑わしいのです」と語ります。

研究グループは3つの天体うちケプラー-854bの質量を推定することにも成功しています。その値は木星の約102倍（太陽の質量の約1パーセント）と算出されており、研究グループはケプラー-854bが低質量の恒星（晩期型の矮星）である可能性を指摘しています。また、今回の研究では「系外惑星ではない」とは判断されなかったものの、その可能性があるものとして「ケプラー-747b」の名もあげられています。



【▲ 恒星の近くを公転する木星サイズの系外惑星を描いた想像図。今回、5000個近い既知の系外惑星のうち3つのサイズが実際よりも小さく見積もられていた可能性が指摘された（Credit: ESO/L. Calçada）】

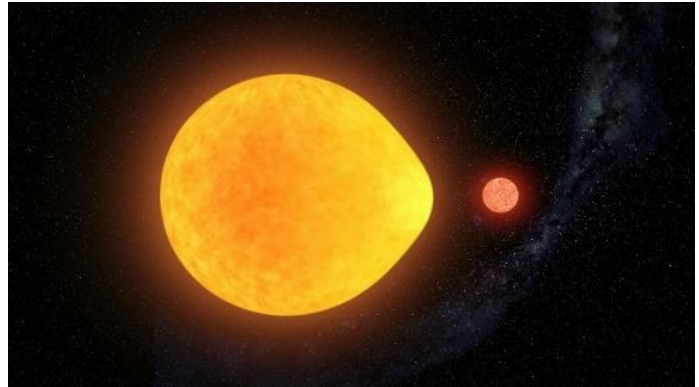
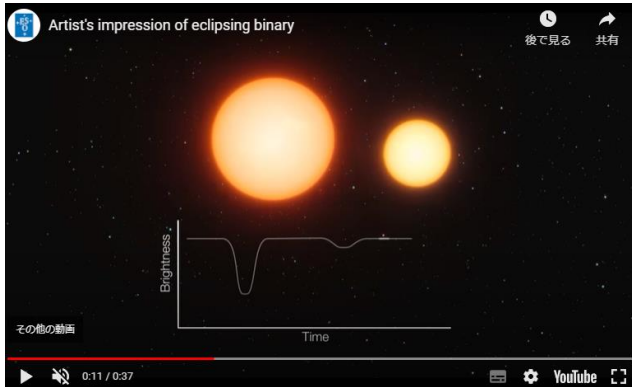
【▲ 系外惑星のトランジットによって恒星の明るさが変化する様子を示した動画】（Credit: ESO/L. Calçada）

【▲ ESAの宇宙望遠鏡「ガイア」の想像図（Credit: ESA-D. Ducros, 2013）】

3つの天体の推定直径が上方修正された今回の研究では、改善された恒星の測定値が大きな役割を果たしました。2009年3月に打ち上げられて2018年10月まで運用されたケプラー宇宙望遠鏡は、「トランジット法」と呼ばれる手法を用いて大量の系外惑星を検出しました。トランジット法とは系外惑星が恒星（主星）の手前を横切る「トランジット（transit）」を起こした時に生じる主星の明るさのわずかな変化をもとに、系外惑星を間接的に検出する手法です。繰り返し起きるトランジットを何度も観測することで、研究者はトランジットの周期から系外惑星の公転周期を知ることができます。また、トランジット時の主星の光度曲線（時間の経過にあわせて変化する天体の光度を示した曲線）をもとに、系外惑星の直径や大気の有無といった情報を得ることも可能です。

トランジット法では正確な光度曲線を取得することも重要ですが、主星である恒星そのものの測定値も重要です。トランジット法で検出された系外惑星の直径は、恒星の直径に対する比率（光度曲線から算出）をもとに推定されます。つまり、恒星の直径が不正確な値だった場合、推定される系外惑星の直径もまた不正確な値になってしまうのです。今回、研究グループはケプラーの観測データを再分析するために、欧州宇宙機関（ESA）の宇宙望遠鏡「Gaia（ガイア）」による恒星の測定値を利用しました。2013年12月に打ち上げられたガイアは天体の位置や運動について調べるアストロメトリ（位置天文学）に特化した宇宙望遠鏡で、太陽と地球の重力が釣り合うラグランジュ点のひとつ「L2」の周辺で観測を続けています。ガイアの観測データが最初に公開されたのは2016年9月です。前述の3つの天体はそれよりも前に発見が報告されており、当時得られた恒星の測定値をもとに算出されたサイズは妥当な値でした。今回 Niraula さんたちはガイアによって改善された恒星の直径の値を用いて分析を行っており、その結果、前述のように惑星としてはサイズが大きすぎるということが明らかになったというわけ

です。なお、2つの恒星からなる連星でも、地球から見て伴星が主星の手前を横切ったり主星の裏側に回り込んだりする軌道を公転している場合には、連星の明るさが周期的に変化します。このような連星は「食連星」と呼ばれており、変光星としては「食変光星」に分類されます。



【▲ 食連星（食変光星）の明るさが変化する様子を示した動画】（Credit: ESO/L. Calçada）

【▲ 潮汐力で変形した脈動変光星のイメージ図（Credit: Gabriel Pérez (SMM-IAC)）】

Niraula さんたちは最初から「系外惑星だと思われていた恒星」を探していたわけではなく、もともとは潮汐力によって歪んでいる星を探していました。今回の研究は、ケプラーが検出した天体のカタログを調べた際に、ケプラー-854b が惑星ではないのではないかと気が付いたことがきっかけだったといいます。

「互いに接近した2つの天体があるとしましょう。重力の作用で一方の天体が卵型あるいは楕円体の形に歪む様子から、もう一方の天体がどれくらい重いのかを知ることができます。2つの天体がどちらも恒星なのか、それとも惑星を持つ単一の恒星なのかを、潮汐力に基づいて判断することができるわけです」（Niraula さん）

今回の研究では5000個近い系外惑星のリストから3つを除外する結論が導き出されましたが、恒星の測定値は常に改善され続けており、直径の値が大幅に不正確になる可能性は低いことから、既知の系外惑星カタログに対する今回のような修正はこれ以上行われまいだろうと研究グループは予想しています。

関連：[発表から今年で5年、地球サイズの系外惑星が7つもある恒星「トラピスト1」](#)

Source Image Credit: ESO/L. Calçada [MIT](#) - Look! Up in the sky! Is it a planet? Nope, just a star
文／松村武宏

<https://sorae.info/astromy/20220316-m99.html>

色鮮やかに元素の分布が示された銀河「M99」、ヨーロッパ南天天文台が画像公開

2022-03-16 [松村武宏](#)



【▲ 渦巻銀河「NGC 4254 (M99)」（Credit: ESO/PHANGS）】

【▲ 2021年6月にESOから公開されたNGC 4254の全体像（Credit: ESO）】

こちらは「かみのけ座」の方向約4900万光年先にある渦巻銀河「NGC 4254」です。18世紀にフランスの天文学者シャルル・メシエがまとめた「メシエカタログ」には「M99 (Messier 99)」として登録されています。

NGC 4254 は明瞭な渦巻腕を持つことから、はっきりと目立つ渦巻腕がある「グランドデザイン渦巻銀河」(grand design spiral galaxy) にも分類されています。ただしこの画像では銀河の中央付近をクローズアップしているため、渦巻腕は途中までしか写っていません。

末尾に掲載した画像のように、一般的な渦巻銀河の画像では渦巻腕が青い星々の輝きに彩られています。一方ここに写る NGC 4254 は、新たに誕生した星によってイオン化した様々な元素のガスの分布に応じて色が付けられているため、まるで赤やオレンジの輝きを放つ花火のように見えます。画像を公開したヨーロッパ南天天文台 (ESO) によると、色は赤が水素、オレンジが硫黄、青が酸素の分布にそれぞれ対応しています。この画像は近傍宇宙の銀河を対象とした観測プロジェクト「PHANGS」(Physics at High Angular resolution in Nearby Galaxies) の一環として取得されました。PHANGS プロジェクトにはアメリカ航空宇宙局 (NASA) と欧州宇宙機関 (ESA) の「ハッブル」宇宙望遠鏡、チリの電波望遠鏡群「アルマ望遠鏡 (ALMA)」、同じくチリのパラナル天文台にある ESO の「超大型望遠鏡 (VLT)」が参加しました。PHANGS プロジェクトでは銀河における星形成を理解するために、様々な波長の電磁波を使った高解像度の観測が 5 年以上の歳月をかけて行われました。冒頭の画像は VLT の広視野面分光観測装置「MUSE」を使って 3 つの波長域で取得された観測データをもとに作成されたもので、ESO の今週の一枚として 2022 年 3 月 14 日付で公開されています。

関連：[死にゆく恒星に彩られた天空の車輪、ヨーロッパ南天天文台が画像公開](#)

Source Image Credit: ESO/PHANGS [ESO](#) - A hypnotic golden spiral

文／松村武宏

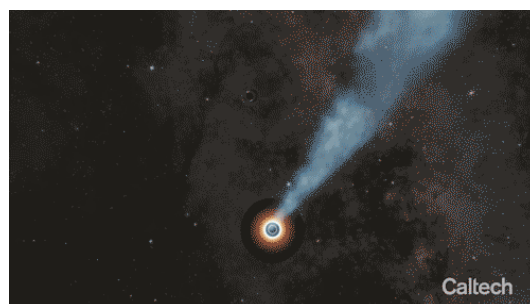
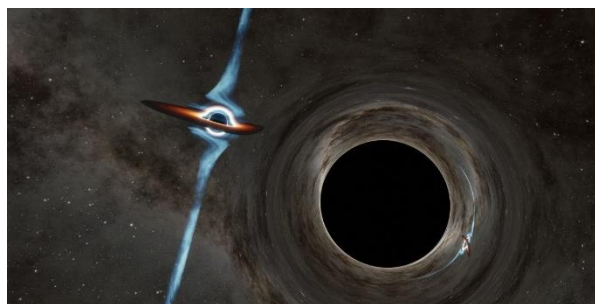
<https://sorae.info/astronomy/20220214-black-hole-binary.html>

電波強度が周期的に変化するクエーサー、超大質量ブラックホールの連星が存在する可能性

る可能性

2022-03-14

[松村武宏](#)



【▲ 2 つの超大質量ブラックホールからなる連星の想像図。片方のブラックホールからはジェットが噴出している (Credit: Caltech/R. Hurt (IPAC))】

【▲ 公転する超大質量ブラックホールの連星を描いたアニメーション。片方のブラックホールからはジェットが噴出している (Credit: Caltech/R. Hurt (IPAC))】

カリフォルニア工科大学 (Caltech) の学部生 Sandra O'Neill さんを筆頭とする研究グループは、「みずがめ座」の方向約 88 億光年先にあるクエーサー「PKS 2131-021」の半世紀近くに渡る観測データを分析した結果、クエーサーの中心に 2 つの超大質量ブラックホールからなる連星ブラックホールが存在する可能性を示した研究成果を発表しました。

■数億太陽質量のブラックホール 2 個からなる連星ブラックホールが存在する可能性

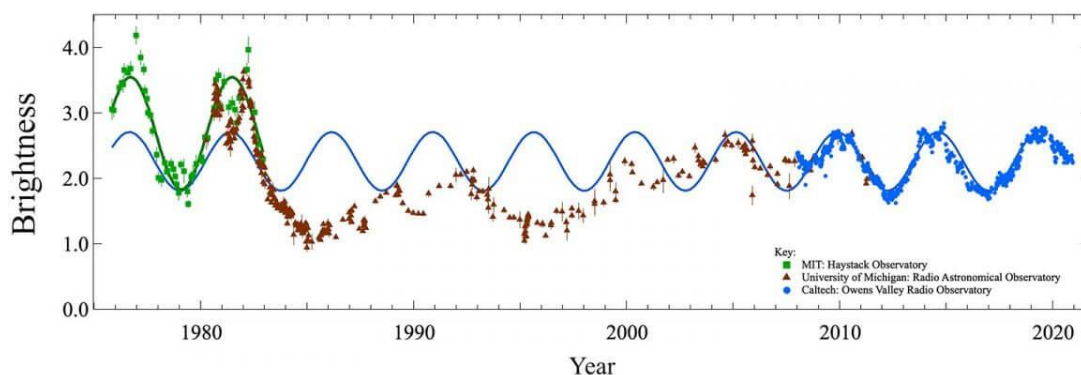
銀河のなかには中心部分の狭い領域から強い電磁波を放射する「活動銀河核」(AGN : Active Galactic Nucleus) を持つものがあり、そのなかでも特に明るいものは「クエーサー」(quasar) と呼ばれています。クエーサーを含む活動銀河核の原動力は、質量が数十万～数十億太陽質量 (※1 太陽質量は太陽 1 個分の質量) にも達する超大質量ブラックホールだと考えられています。

関連：宇宙で最も明るい天体「クエーサー」とは？

2008年以降に取得されたクエーサー「PKS 2131-021」の電波での観測データを分析した研究グループは、PKS 2131-021の電波強度が時間とともに正弦波のパターンに沿った周期的な変動を示していることに偶然気が付いたといいます。そこで、研究グループが1970年代後半～80年代初頭に取得されたPKS 2131-021の過去の電波観測データも分析してみたところ、同様の正弦波パターンに沿った電波強度の変動が確認されました。

「最近検出された光度曲線（※）の山と谷が1975年から1983年に観測された山と谷に一致することに気付いた時、私たちはとても特別な何かが起きていると確信しました」（O'Neillさん）

※...時間の経過にあわせて変化する天体の光度を示した曲線、ライトカーブ



【▲ 観測されたPKS 2131-021の電波強度を示した図。1970～80年代（緑）と2008年以降（青）の変動が同じ正弦波パターンに沿っている（Credit: Tony Readhead/Caltech）】

研究グループは電波強度の変動に正弦波パターンが生じる理由について、2つの超大質量ブラックホールが連星を成しているからではないかと考えています。2つのブラックホールが共通重心の周りを公転しているために、ドップラー効果によって電波強度が周期的に変化しているのではないかと推測されています。電波は片方のブラックホールから光速にきわめて近い速度で噴出するジェットに由来するものとみられています。

研究グループが目にしたのは、変動のパターンが休止期間をまたいでも安定している点でした。PKS 2131-021で検出された正弦波パターンに沿う電波強度の変動は1970年代からずっと継続していたわけではなく、途中で20年ほどの休止期間を挟んでいます。これは超大質量ブラックホールに落下する物質の量が変化したためではないかと考えられています。研究に参加したカリフォルニア工科大学名誉教授のAnthony Readheadさんは「20年の隔たりを越えた安定性は、このクエーサーが1つの超大質量ブラックホールではなく、互いに周回する2つの超大質量ブラックホールを宿していることを強く示唆しています」と語ります。連星をなす2つの超大質量ブラックホールの質量はどちらも数億太陽質量で、約2000天文単位（太陽から冥王星までの距離の約50倍）離れていると推定されています。連星の公転周期は約2年だと考えられていますが、膨張する宇宙を伝わるうちに電磁波の波長が伸びるため、地球では約5年周期の変動として検出されているといいます。また、2つの超大質量ブラックホールは少しずつ接近しつつあり、約1万年後に合体して重力波を放出すると考えられています（※人類は約88億年前にPKS 2131-021を発した光を捉えています。ここでは合体を進行中の事象として表現しています）。これほど重いブラックホールどうしの合体で放出される重力波は周波数が低く、現在稼働しているアメリカの「LIGO」のような重力波望遠鏡では捉えられないものの、低周波の重力波検出を目指す観測手法「パルサータイミングアレイ」を用いて検出できるようになることを研究グループは期待しています。※記事中の距離は天体が発した光が地球で観測されるまでに移動した距離を示す「光路距離」（光行距離）で表記しています。

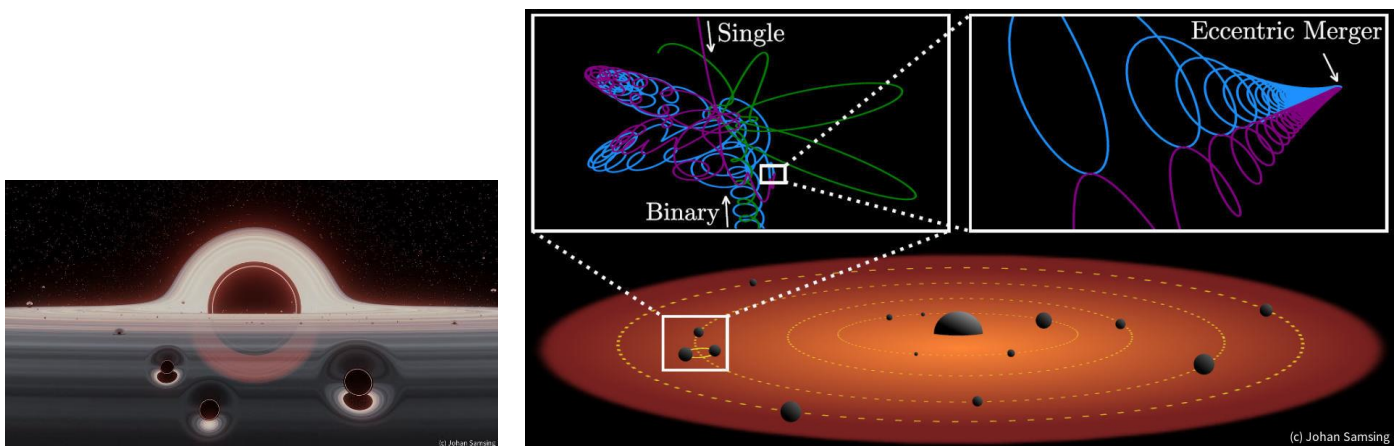
関連：[2020年に発見が報告された「1000光年先のブラックホール」は存在しなかった](#)

Source Image Credit: Caltech/R. Hurt (IPAC) [Caltech](#) - Colossal Black Holes Locked in Dance at Heart of Galaxy [Purdue University](#) - Scientists announce discovery of supermassive binary black holes: Two black holes orbiting one another eventually will merge [国立天文台](#) - 遠い天体の距離について 文／松村武宏

東北大など、重いブラックホール連星が非円軌道で合体している理由の説明に成功

2022/03/16 15:25 著者：波留久泉

東北大学は3月15日、重力波により観測されたもっとも重いブラックホール連星が非円軌道にて合体している理由の説明に成功したと発表した。同成果は、東北大大学院 理学研究科の田川寛通研究員、デンマークのニールス・ボーア研究所のヨハン・サムシン助教らの国際共同研究チームによるもの。詳細は、英科学誌「Nature」に掲載された。ブラックホール連星の合体は、重力波望遠鏡を活用することで頻繁に見つかるようになってきたとされるが、実は宇宙のどこでどのようにしてブラックホールが対(連星)をなして合体に至っているのか、そのメカニズムについては良くわかっていないという。近年の観測から、特徴的な物理量を持つブラックホール合体の1つとして、重力波イベント「GW190521」が報告されたが、このイベントは、これまで理論的に予想されていた質量よりもブラックホールが重いことに加え、合体に付随して光の突発的な放射が観測されたほか、ブラックホールの軌道が合体直前に円軌道でない(高い離心軌道を持つ)ことが示唆されるなど、特異な特徴を示し、通常環境下での合体シナリオでは説明が難しいとされていた。



大質量ブラックホールの周囲の巨大ガス円盤内に存在する小型ブラックホールの分布の概略図 (c) Johan Samsing (出所:ニールス・ボーア研究所 Web サイト)

大質量ブラックホールの周囲の巨大ガス円盤内での連星単星相互作用により起こる高い離心軌道での連星合体の概略図。上の拡大図は、三体合体による高い離心軌道での合体の軌道が示されている (c) Johan Samsing (出所:東北大プレスリリース PDF)

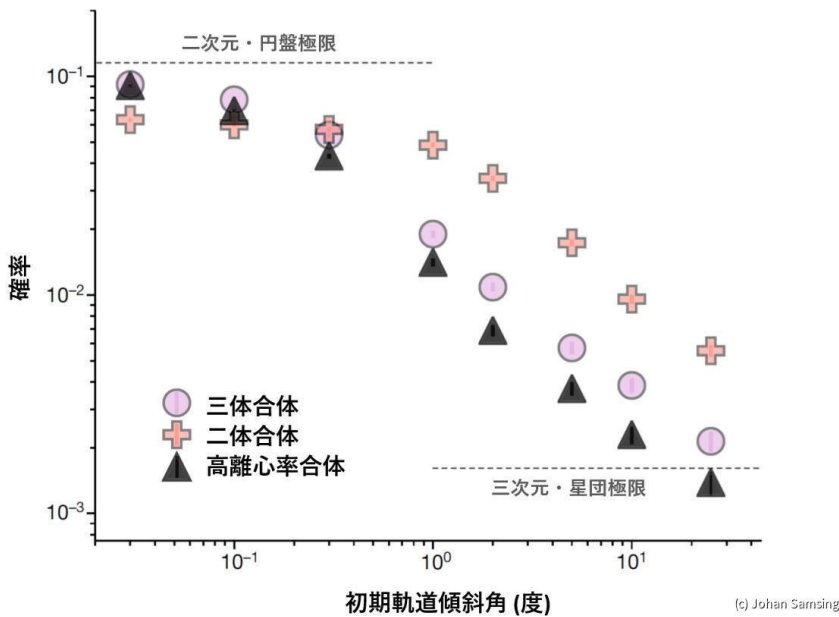
そこで研究チームは今回、このような特徴を説明できる環境として、銀河の中心領域に着目することにしたという。天の川銀河をはじめ、大半の銀河の中心には太陽の百万倍から数十億倍という大質量ブラックホールが存在していることが知られているが、こうした大質量ブラックホールは、しばしば回転する巨大ガス円盤に囲まれており、巨大ガス円盤内にはたくさんのより小さなブラックホールが存在し、時間をかけて互いに近づいたり対をなしたりすることが理論的に予想されるという。この際、ブラックホール同士の無秩序な三体系(三連星)が頻繁に形成され、効率的に合体が促進、さらに連続した合体によって重いブラックホールを形成可能であることが今回の研究から示されたとするほか、この環境では、詳細は未解明な部分もあるが、巨大ガス円盤からブラックホールへのガスの降着によって、合体時の光の放射を説明可能であると考えられるとしている。

一方で、重力波の放出によって、軌道離心率がすぐに減衰し、円軌道化してしまうため、高い離心軌道を持った合体を作り出すことは難しいことも知られているが、高い離心軌道での合体を作り出す1つの可能性としては、重力波放出による高い離心率での連星形成が挙げられるという。このような連星形成は、単星と連星の無秩序な相互作用(連星単星相互作用)の結果として起こることが先行研究により明らかにされていたが、その確率は低い

ことが見積もられていたことから、今回の特殊なイベントにおいて、さらに高い離心軌道での合体が起こる可能性は低いと考えられていたという。ただし、これらの見積もりでは、ほとんどの星団で期待されるような、三次元的に空間分布したブラックホール同士の相互作用を考えていたことが、低い確率を与える要素となっていたとするが、大質量ブラックホールの周囲の巨大ガス円盤内のようなブラックホールの軌道が、太陽系の惑星のように平面内にある程度そろっている状況を考えると、連星単星相互作用中に連星軌道角運動量が小さい中間状態を作りやすくなるため、高い離心軌道の合体が増えることが期待されるとする。

これの定量的な検証を目的に数値シミュレーションとして、相対論的效果を取り入れた N 体重力計算を用いて、星団の形状が球から平面に近づくに従って、連星単星相互作用による合体時の特徴がどのように変化するか調べられたところ、単星連星相互作用の結果、三体が相互作用している途中に二体が合体する場合を三体合体、三体目が相互作用によって非束縛状態となり、次の相互作用の前に重力波放出によって合体する場合を二体合体と呼び、合体過程が分類され、二体合体に対する三体合体の割合は、ブラックホールの初期軌道が平面軌道に近づくほど上昇し、それにしたがって、高い離心軌道での合体の割合が上昇することが判明し、巨大ガス円盤内での合体によって、GW190521 の高い軌道離心率が説明できることが示されたとする。

さらに、ブラックホールスピンの方向に対する連星軌道角運動量の方向の傾きなどのほかの物理量も、巨大ガス円盤内での合体によって、重力波観測の結果を良く説明できることが、計算により求められたとした。



連星単星相互作用後に二体(クロス)、三体(丸)合体、離心率 0.1 以上での合体(三角)を引き起こす確率の三体の初期軌道傾斜角への依存性 (c) Johan Samsing (出所:東北大プレスリリース PDF)

これらの結果により、重力波イベント GW190521 のすべての特徴的な観測量が、大質量ブラックホールの周囲の巨大ガス円盤内での合体によって説明できることが示されることとなり、研究チームでは、今回の成果について、今後の重力波観測による宇宙物理解明の方向性を決める重要な意味を持つと説明している。

例えば、今後このような環境で起こるブラックホール合体の物理量の分布や、付随する可能性のある光の放射の特徴を用いることで、大質量ブラックホールの周囲の巨大ガス円盤の構造や、大質量ブラックホールと銀河の成長、銀河中心領域のブラックホールの空間分布や質量分布、ガスの降着過程など、重要かつ未解明な過程の理解を進めることにつながるとしている。また、光の放射を用いて合体が起こっている銀河を同定できれば、宇宙の膨張速度をより精度よく推定し、宇宙膨張の謎の解明に迫る手掛かりを得ることの助けとなるもするほか、このような環境で合体が起こっている場合、大質量ブラックホールによる重力波の強い重力レンズ効果や、将来の重力波観測衛星による観測結果と組み合わせて解析を行うことで、一般相対性理論をより詳細に検証できる実験場となることも期待されるとしている。