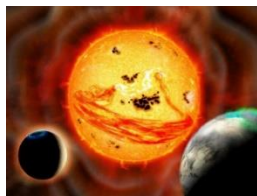


「若い太陽」で観測 大規模な表面爆発現象 国立天文台など



12/10(金) 5:54 配信



[110光年先の太陽に似た星「りゅう座EK星」で、大規模な表面の爆発現象「スーパーフレア」が発生した想像図。惑星（画像下の左右）は未確認だが、存在すれば大きな影響を受けるといふ（国立天文台提供）](#)

太陽の表面で突発的に起きる爆発現象（フレア）よりはるかに大規模な「スーパーフレア」が110光年先の「りゅう座EK星」で発生したのを、[国立天文台](#)や京都大、兵庫県立大などの研究チームが「せいめい望遠鏡」（岡山県浅口市）で観測した。論文が10日、英科学誌ネイチャー・アストロノミーに発表された。この恒星は大きさや質量、温度が太陽と同程度だが、誕生から1億年と、太陽の46億年より大幅に若い。太陽フレアは黒点近くの磁気エネルギーから発生し、現在は規模が大きくても、地球への影響は送電網や電波通信、人工衛星に障害が起きる程度。しかし、りゅう座EK星で観測したスーパーフレアのエネルギーは最大級の太陽フレアの約20倍で、「フィラメント」と呼ばれる大量の電離した水素などが噴出した規模は10倍以上だった。国立天文台で研究する行方宏介・日本学術振興会特別研究員は「若い頃の太陽でも同様の現象が起き、地球などの惑星に大きく影響した可能性がある」と話した。今後、スーパーフレアの発生頻度や惑星への影響の解明に取り組むという。

<https://www.asahi.com/articles/ASPD965SLPD7ULBJ006.html>

ふたご座流星群、13日～15日にピーク 深夜から明け方が見ごろ

小川詩織 2021年12月12日 11時00分



ふたご座流星群の見え方
12月中旬午後10時ごろの星空
国立天文台の資料から



三大流星群の一つ「[ふたご座流星群](#)」が、13日夜～15日明け方にピークを迎える。今年は上弦過ぎの月が明るいため、月が沈む深夜から明け方にかけてが見やすい。街灯がない暗い場所なら、1時間に30～50個ほどを観察できそうだ。ふたご座流星群は、夏の[ペルセウス座流星群](#)、正月の[しぶんぎ座流星群](#)と並ぶ活発な流星群。冬を代表するオリオン座の隣にあるふたご座から飛び出すように流れる。

[国立天文台](#)によると、月明かりがあっても1時間に20～30個くらいを見られそうだという。[流れ星](#)は夜空のどこにでも現れるため、空が開けた暗い方向を根気よく、目が慣れるまで15分くらいは観察し続けることを勧めている。非常に冷える時期のため、十分な寒さ対策をするよう呼びかけている。

流星群は彗星（すいせい）などが放出したちりが、地球にぶつかって大気で燃え尽きる際に光る現象。ふたご座流星群は、およそ1年半ごとに地球の軌道に近づく天体フェートンのちりが原因とされている。

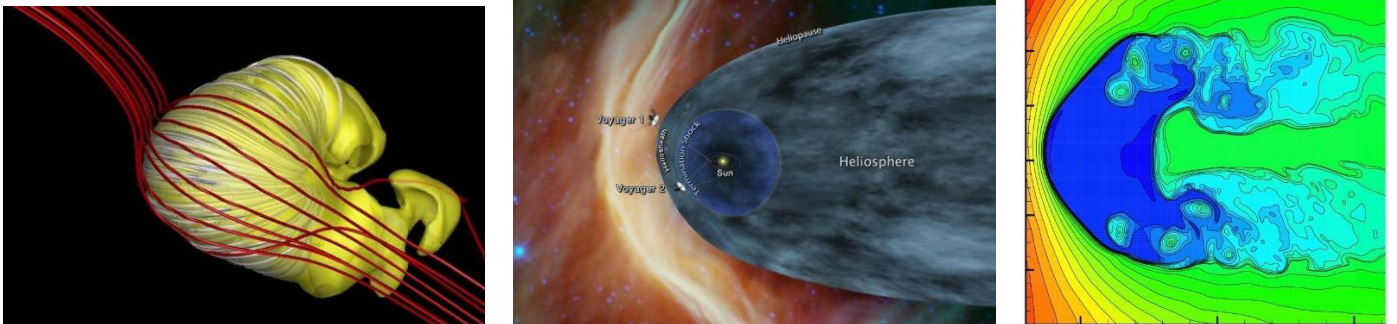
朝日新聞社は国立天文台や東京大とともに、ユーチューブの朝日新聞[宇宙](#)部チャンネル (<https://www.youtube.com/c/astroasahi>) で、ハワイ・マウナケア山頂のすばる[望遠鏡](#)と、[長野県](#)の東京大木

曾観測所から流れ星をライブ配信する。(小川詩織)

<https://www.newsweekjapan.jp/stories/world/2021/12/post-97628.php>

太陽圏の形は「しぼんだクロワッサン」、その理由を解明

2021年12月10日(金) 17時00分



太陽圏の形状は「しぼんだクロワッサン」のような形をしている..... (M. Opher)

「太陽圏」を脱したボイジャー1号、2号 NASA/JPL-Caltech

「太陽圏ジェット」の計算モデル (M. Opher/AAS)

<太陽圏の形状は「しぼんだクロワッサン」で、その形成には、太陽系外から飛来する中性水素粒子が重要な役割を果たしていることが示された>

太陽系は「太陽圏 (ヘリオスフィア)」と呼ばれる荷電粒子の泡に包まれ、宇宙線などから守られている。太陽圏は太陽系のはるか遠くまで広がっており、太陽系の内側からその形状や大きさをとらえることは難しい。従来、太陽圏は丸みを帯びた先端部分に長い尾が伸びる彗星のような形状だと考えられてきた。これまでに太陽圏を直接観測したのは、アメリカ航空宇宙局 (NASA) の宇宙探査機「ボイジャー1号」と「ボイジャー2号」だけだ。

太陽系外から飛来する中性水素粒子が重要な役割を果たしている

米ボストン大学メラヴ・オプファー教授らの研究チームは、これらの観測データなどをもとに太陽圏の特徴を予測し、2020年3月に発表した[研究論文](#)で、太陽圏の形状が「しぼんだクロワッサン」であることを示した。

研究チームは、宇宙全体でみられる宇宙ジェット (天体に降着するプラズマガスの一部が細く絞られて双方向に吹き出す現象) と同様の「太陽圏ジェット」が不安定である点に注目。その原因についてさらに研究をすすめ、2021年12月1日、その研究成果を学術雑誌「[アストロフィジカルジャーナル](#)」で発表した。これによると、太陽系外から飛来する中性水素粒子が太陽圏の形成に重要な役割を果たしているとみられる。計算モデルを用いて中性水素粒子の影響を調べたところ、中性水素粒子を取り除くと太陽圏ジェットは極めて安定したが、中性水素粒子を戻すと曲がりはじめ、中心軸が揺れはじめた。これは、太陽圏ジェットの内部の何かが非常に不安定になっていることを示している。理論上は、このような不安定な性質によって太陽から吹き出す太陽風やジェットに擾乱が生じ、太陽圏がクロワッサンのような形状に分裂していると考えられる。具体的には、中性水素粒子が太陽圏に衝突し、「レイリー・テイラー不安定性」と呼ばれる現象を引き起こす。これは、密度の異なる2つの流体が衝突する際、軽い流体が重い流体を押しこむことで生じる不安定性だ。研究論文の共同著者でメリーランド大学の天体物理学者[ジェームズ・ドレイク特別教授](#)は、この研究成果について「太陽圏の形状が北と南に分裂している理由を初めて明解にした」と評価し、「銀河宇宙線がどのように地球やその近傍に入ってくるのかを解明する手がかりになるかもしれない」と述べている。</h4「太陽圏の形状が分裂している理由を初めて明解にした」>

<https://sorae.info/astronomy/20211211-turquoise-fringe.html>

ブラッドムーンを横切る青い帯 オゾン層が作り出す「ターコイズFRINGE」

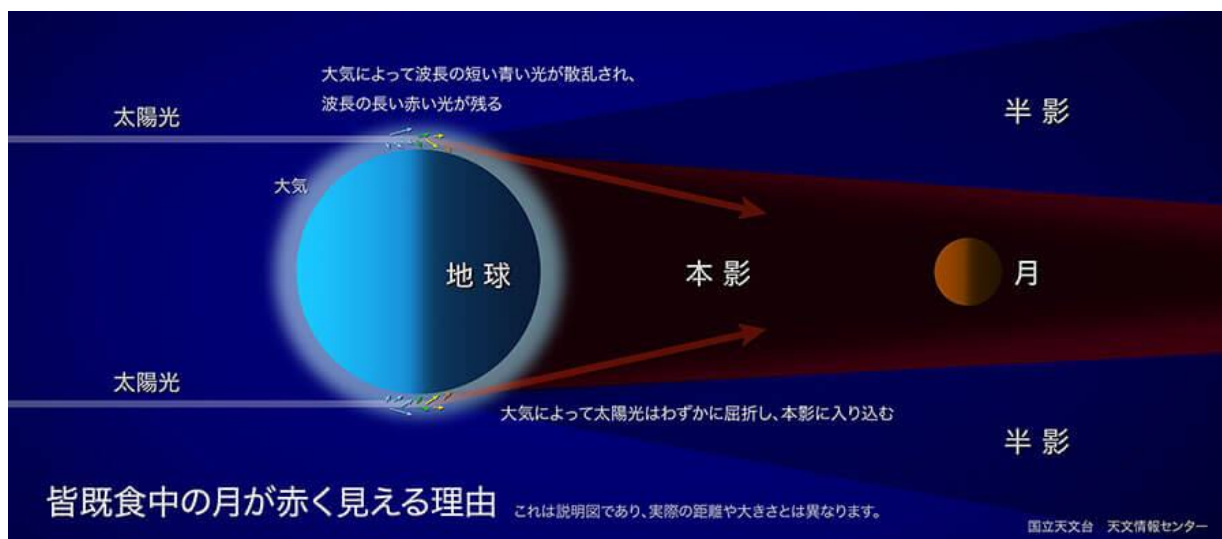


【▲月食中のブラッドムーンを横切る青い帯「ターコイズフリンジ」(Credit: Angel Yu)】

青い帯が、月面を赤い月と灰色の月に二分するかのよう横切っています。青い帯は、もちろん実在しますが、普段はなかなか見ることができません。冒頭の画像は、先月(2021年11月)「ほぼ皆既月食」とも言われた部分月食のとき、中国の塩城(Yancheng)で撮影されたHDR(High Dynamic Range)画像とのこと。デジタル処理によって月の明るさを均一にし、色が誇張されています。右下の灰色の部分は、太陽光が直接当たっている月の自然な色。左上の赤い部分は、地球の影になっていて太陽光は直接当たっていません。しかし、太陽光が地球の大気を通過する際、太陽光に含まれる波長の長い赤い光はあまり散乱されないため、大気がレンズのような役割を果たして屈折し、赤い光で間接的に月を照らすのです。原理的には夕焼けが赤く見えるのと同じです。赤い月は「ブラッドムーン」(blood Moon、血の月)と呼ばれることがあります。

一方、珍しい青い帯は、高い位置にある地球の大気(成層圏)が関係しています。成層圏にはオゾンが存在していて、オゾンの多い部分は「オゾン層」と呼ばれています。成層圏まで到達した太陽光の中で、波長の長い赤い光はオゾンに吸収されやすいため、波長の短い青い光だけがオゾン層を通過します。その青い光が月面に投影され、青い帯として見えることがあるのです。

この青い帯は「ターコイズフリンジ」(turquoise fringe)とも呼ばれ、月食の本影と半影の境目に現れます。肉眼で見るとはむずかしく、双眼鏡や小さな望遠鏡での観測や、カメラでの撮影が適しているとのこと。今度、月食を観測するチャンスがあれば、見えるかどうか試してみてくださいはどうでしょう？

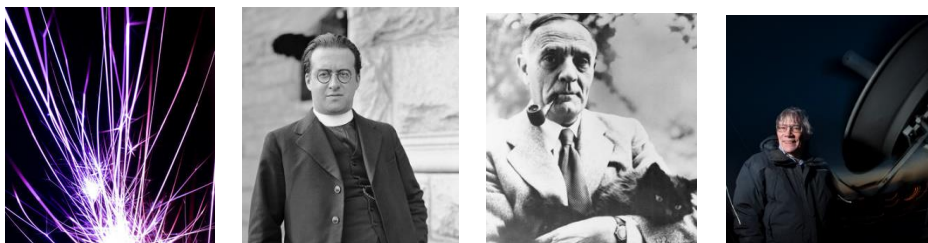


【▲皆既食中の月が赤く見える理由 (Credit: 国立天文台)】

Image Credit: Angel Yu、国立天文台 Source: [APOD](#)、[NASA](#)、[国立天文台](#) 文/吉田哲郎

<https://news.yahoo.co.jp/articles/8577fd5d27d29c04f1c4885c2a00f2f54cf573bb?page=1>

140 億年前、なぜビッグバンによって宇宙が生まれたのか



写真：現代ビジネス ジョルジュ・ルメートル photo by gettyimages エドウィン・ハッブル photo by gettyimages アラン・グース photo by gettyimages

----- 「なぜこの宇宙は存在するのか？」という究極の問いを超ひも理論で解き明かそうとした名著『エレガントな宇宙』。その著者 [ブライアン・グリーン](#) による久々の新作『時間の終わりまで』がこのたび刊行された。なぜ物質が生まれ、生命が誕生し、私たちが存在するのか。膨張を続ける「進化する宇宙」は、私たちがどこへ連れてゆくのか。時間の始まりであるビッグバンから、時間の終わりである宇宙の終焉までを壮大なスケールで描き出し、このもっとも根源的な問いに答えていく第一級のポピュラーサイエンス。その一部を紹介する今回は、[アインシュタイン](#)ですらわからなかった宇宙誕生の謎に迫る。 ----- [【写真】「エイリアンの宇宙船」とも言われた、「恒星間天体」の正体が見えてきた…！](#)

ビッグバンとは何だったのか

1920 年代の半ば、イエズス会の司祭 [ジョルジュ・ルメートル](#) は、アインシュタインが新たに作った重力理論——一般相対性理論——を使って、宇宙は何か爆発のようなもので始まり、それ以来ずっと膨張を続けてきたという過激な考えを発展させた。ルメートルは、司祭としての仕事の余暇に物理学をたしなむというタイプの物理学者ではなかった。彼はマサチューセッツ工科大学で博士号を取得し、ごく早い時期に一般相対性理論を宇宙全体に応用した物理学者のひとりだったのだ。アインシュタインは、宇宙に含まれるものには始まりと途中と終わりがあるが、宇宙そのものはつねに存在していたし、永遠に存在し続けるはずだと直観的に考えており、彼がそれまでの 10 年間に、空間、時間、物質の本性について次々と新しい発見をすることができたのは、その直観の導きのおかげだった。ルメートルがアインシュタインの方程式を分析して、その直観に反する結果を得ると、アインシュタインはぴしゃりと彼をはねつけ、この若き研究者に向かってこう言った。「あなたの数学は正しいが、あなたの物理学はおぞましい」。アインシュタインは、ルメートルは方程式をいじくりまわすのは上手かもしれないが、そうして導かれた結果のうち、どれが現実の宇宙を反映しているか判断するために必要な、科学的センスに欠けていると言いたかったのだ。

[次ページは：アインシュタインの君子豹変](#) アインシュタインの君子豹変

それから数年後、[アインシュタイン](#) は、科学史上もっとも有名な転向のひとつをやったのけた。ウィルソン山天文台で研究をしていた天文学者 [エドウィン・ハッブル](#) の詳細な観測から、遠くの銀河はどれも動いている、それも猛烈な勢いでわれわれから遠ざかっていることが明らかになった。そしてその運動パターン(遠い銀河ほど大きな速度で遠ざかっている)が、一般相対性理論の方程式から数学的に得られた結果と一致したのである。こうしてルメートルのおぞましい物理学を裏づけるデータが得られると、アインシュタインは、宇宙には始まりがあるという考えを心の底から受け入れた。ルメートルの革新的な計算が行われてからの 100 年間に、彼が創始した宇宙の理論的研究は、彼とは独立に行われたロシアの物理学者 [アレクサンドル・フリードマン](#) の仕事とともに大きく進展し、地上の望遠鏡と宇宙望遠鏡の観測にもとづく証拠が大量に得られるようになった。そこから明らかになった今日的な宇宙の歴史は、次のようにまとめることができる。今から 140 億年ほど前に、観測可能な宇宙全体——想像できる限り最強の望遠鏡で見ることのできるものすべて——は非常な高温高密度だったが、その宇宙が膨張を始めた。膨張するにつれて温度は下がり、狂ったように飛びまわっていた粒子たちはしだいに静かになり、互いに寄り集まって塊を作った。さらに時間が経つにつれ、それら物質の塊は宇宙のいたるところで、ガス状だったり、ゴツゴツした岩石状だったり、さまざまな性質の恒星や惑星を——そしてわれわれを——創った。ふたつのセンテンスにまとめれば、これが宇宙の歴史だ。今からこのまとめの細部を埋め

ていこう。意図もデザインも、展望も判断も、計画も熟慮もなしに、宇宙はいかにして、高度に秩序立った粒子配置を作り、原子から恒星まで、さらには生命までも生じさせるのかを詳しく見ていこう。高い秩序を持つそれらの構造は、黙々と無秩序に向かうべしという熱力学第二法則の命令と、どのように調和するのかを理解しよう。さあ、宇宙という舞台上、今このときも演じられているエントロピック・ツーステップ注に立ち会うとしよう。(編集部注:エントロピック・ツーステップ エントロピーは増大するという普遍的なプロセスの中で、ある領域(系)ではエントロピーが減少し、別の領域(系)ではエントロピーが増大する現象。それによって宇宙に秩序が生まれるが、足し合わせると全体としてはエントロピーは増大し、普遍的法則を破らない) そのためには、宇宙論の細かい点をもう少しきちんと知っておく必要がある。まずはじめは、次の問いだ。生まれたばかりの高温高密度の宇宙を、膨張へと駆り立てたものは何だったのだろうか? ざっくり言えば、何が大爆発に点火したのだろうか?

[次ページは：重力が物質を引き離す](#) 重力が物質を引き離す

正反対なもの同士が一緒になるのはよくあることで、反対語の組も枚挙にいとまがない。物理学もまた、そんな反対語が増え続ける状況に一役買っている——秩序と無秩序、物質と反物質、正と負、等々。しかし、ニュートンの時代以来、重力はこのパターンから一線を画しているように見えた。押すことも引くこともできる電磁力とは異なり、重力は引力としてしか作用しないらしいのだ。ニュートンによれば、重力は物体間に引力を及ぼし、粒子であれ惑星であれ、もの同士を引き寄せるが、その反対に、もの同士を引き離すことはけっしてない。自然界のあらゆる仕組みに対称性を要請する原理がない以上、重力について深く考えた人たちのほとんどは、引力としてしか働かない重力の偏頗な性格を、そういうものとして受け入れるしかない重力固有の特質と見なしたのだった。その状況を変えたのが[アインシュタイン](#)だ。一般相対性理論によれば、重力は斥力としても働くことができる。ニュートンは斥力的重力など考えもしなかったし、あなたも私もそんな力を経験したことはない。だが、斥力的重力は、まさにその名の通りの仕事をする。引き寄せるのではなく、引き離すのだ。アインシュタインの方程式によると、恒星や惑星のような大きな塊は普通の引力的引力を及ぼすが、重力が斥力的に働く風変わりな状況があるのだ。のちに一般相対性理論を研究した科学者たちと同じく、アインシュタインもまた重力は斥力にもなりうることに気づいていたが、そのもっとも重要な例が見出されるまでには、それから半世紀以上もの時間を要した。

宇宙膨張の最初の瞬間

若きポストドクだったアラン・グースがビッグバンについて考えていたときのこと、斥力的重力があれば、宇宙の厄介な謎がひとつ解けるかもしれないことに気がついた。観測によれば宇宙は明らかに膨張している。アインシュタインの方程式もそれを認めている。しかしその方程式は、140億年前に始まって以来今日まで続く膨張を開始させたのがどんな力だったのかについては、固く口を閉ざしたままだったのだ。その問題を数学的に調べてみたグースは、1979年の12月の深夜、すさまじい勢いで計算をした末に、アインシュタインの方程式に、どうにか口を開かせることができた。グースが気づいたのは、ある種の物質が空間を満たし(その物質を「宇宙の燃料」と呼ぶことにしよう)、燃料のエネルギーが均一に広がっているなら(恒星や惑星のような塊になっていなければ)、その重力はたしかに斥力になるということだった。より正確に言えば、グースの計算は、もしも直径が1メートルの10億分の1の10億分の1の10億分の1ほどの小領域がある種のエネルギー場に満たされていれば、そしてそのエネルギー場が、ちょうどサウナ室を均一に満たしている水蒸気のように、その小領域を均一に満たしていれば、斥力的重力がすさまじい強さで働き、その領域は爆発的に膨張して、ほとんど一瞬といえるほど短い時間のうちに、観測可能な宇宙よりも大きい、とまではいわずとも、それと同じぐらい大きく引き伸ばされることを示したのである(そのエネルギー場のことを、インフレーション inflation 場ではなく、インフラトン inflaton 場という。i が抜けているのは何かの間違いかと思われるかもしれないが、これは命名法の規約に則った名前だ)。こうして斥力的重力が爆発を引き起こし、その爆発はたしかにビッグな爆発だった。1980年代の初めには、ソビエトの物理学者アンドレイ・リンデと、アメリカの物理学者ふたり組、ポール・スタインハートとアンドレアス・アルブレクトが、グースが投げたボールをキャッチして、そのアイディアを抱えて突

っ走り、実際に使い物になる最初のインフレーション宇宙論を作った。それから数十年間のうちに、これら初期の仕事に触発されて、何千ページもの複雑な数学的計算と、膨大かつ詳細なコンピュータ・シミュレーションが行われ、世界中の宇宙物理学の専門誌は、過去にインフレーションがあったという仮定にもとづく説明と予測であふれかえった。そうした予測の多くは、苦心の末の正確な天文観測のおかげで、今では正しいことが確かめられている。(翻訳:青木 薫) *本記事は『時間の終わりまで 物質、生命、心と進化する宇宙』の一部を抜粋したものです。----- 時間の終わりまで 物質、生命、心と進化する宇宙 著:ブライアン グリーン 訳:青木 薫 世界的ベストセラー『エレガントな宇宙』著者の最新作 なぜ物質が生まれ、生命が誕生し、私たちが存在するのか? 進化する宇宙は私たちをどこへ連れてゆくのか? ビッグバンから時空の終焉までを壮大なスケールで描き出す! この進化する宇宙の中で、ほんの束の間、まったく絶妙な瞬間に存在する私たち人間を基点に、時間の始まりであるビッグバンから、時間の終わりであるこの宇宙の終焉までを、現代物理学の知見をもとに、「存在とは何か」という根源的な問いから描き出す。第一級のポピュラーサイエンス! ----- ブライアン グリーン (コロンビア大学物理学・数学教授)

<https://news.yahoo.co.jp/articles/e4614f9fa4c73738cf3646b30db71a56cddb9a35>

「宇宙ホテル」建設計画も進行中 27年の開業目指す

12/8(水) 18:10 配信 

8日午後、実業家の前澤友作さんが宇宙に飛び立ちました。費用は数十億円とも言われますが、専門家は「誰もが宇宙にいける時代の始まり」と期待の声を上げています。日本の民間人で初めてということで少し宇宙が近付いたような気がしますが、さらに宇宙をぐっと近く感じられる計画が進んでいるそうです。世界初の宇宙ホテルの開業が間近に迫っています。



All Nippon NewsNetwork(ANN)

CNNによりますと、アメリカ・カリフォルニア州の企業「ゲートウェーファンデーション」が地球を周回するホテルの建設計画を進めています。このホテルは常に回転しているため中心は無重力ですが、外側に行くにつれて重力を感じる仕組みになっているそうです。バケツに水を入れてぐるぐると回すと落ちてこない、あの仕組みと同じです。計画は新型コロナウイルスの影響で遅れているものの、5年後の2026年に建設を開始し、翌2027年には開業したいということです。宿泊料はまだ公開されていません。

<https://news.yahoo.co.jp/articles/547e2b9f21a740d0d45f4e176403b1d40d578de5>

「ムーンバレー構想」2040年代は月面で1000人が生活、年1万人が月旅行も

12/8(水) 16:15 配信 



東京・日本橋には月着陸船、月面探査車に指令を与えるためのミッションコントロールセンターが

2040年代、月面で1000人が生活し、年間1万人が「月旅行」をしている——。そんな「ムーンバレー構想」を掲げる宇宙ベンチャーの ispace にとって、人類が月を日常的に利用する世界は「すぐそこにある未来」だ。

【写真】タイヤは銀色に輝く金属、四角錐台で艶消しの車体の月面探査車。サイドには日本企業の名。他、月着陸船（ランダー）の模型も

4年前、同社は国際的な月面無人探査レース「Google Lunar XPRIZE」でファイナリスト5チームに選出。当時のチーム名「HAKUTO」を受け継ぎ、「HAKUTO-R」という月面探査プログラムを進めている。2022年には月着陸船（ランダー）を月面に送り、2023年には自社開発の月面探査車（ローバー）の実証実験を行なう予定だ（スケジュールは2021年11月時点の想定）。さらに、その後は月面にある環境の調査、特に水資源の調査・掘削を目指し、人類の「月面生活」の最初の一步を担う——。彼らの当面の目標である。「人が月に暮らすに当たって、何よりも重要なのが水です」と、同社のCOO・中村貴裕氏は言う。「水は生活用水だけではなく、水素と酸素に分けて液化すればロケットの燃料になります。2010年以降の調査で分かってきたのは、月の極域には1mほど掘れば大量の水があり、その量は数十億tに上るかもしれないということ。月面に建設したプラントで水素燃料を作り出せば、着陸船や月面探査車、さらには火星探査に向かうロケットの中継基地になり得るのです」 そんななか、アメリカも月の開発に本腰を入れ、月軌道に宇宙ステーションを作るゲートウェイ構想を開始している。重力が地球の6分の1である月では、ロケットの打ち上げコストが地球よりもずっと安価になる。38万km離れた地球軌道にいる衛星に補給燃料を送る場合でも、地球から輸送するのに比べて、はるかに安いコストで済むのだという。また、月にはソーラーパネルの原料となる鉱物もある。「よって、いずれ月は宇宙における水素ステーションとして位置づけられていくでしょう。そのように月に経済圏が生まれることは、人類にとって大きな意義があるはず。地球の経済圏と月の経済圏がお互いにフィードバックし合うなかで、様々な技術やビジネスが培われていくからです。そして、その中心となるのが、僕らの調査しようとしている水資源であるわけです」 1000人が滞在し、年間1万人が月を訪れる「ムーンバレー構想」——それを現在の地球に当てはめると、観光地としての「南極」とほぼ同じくらいの規模だそうだ。「観光業やメディア、教育業界にとっても、宇宙や月面といった“コンテンツ”は魅力的でしょう。地球と月を人が日常的に行き来するようになるうち、宇宙旅行のコストも徐々に下がっていきます。当社は月面への高頻度かつ低コストでの輸送を行なうことで月と地球の経済圏を支えていきたい。社員が『出張』で月に行くような世界が、当たり前になっていくかもしれませんね」取材・文／稲泉連 撮影／黒石あみ ※週刊ポスト2021年12月17日号 211213

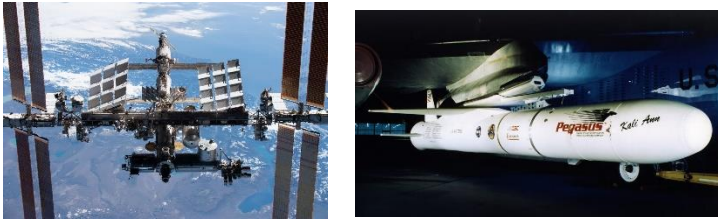
<https://sorae.info/space/20211207-iss-maneuver.html>

国際宇宙ステーションが軌道変更を実施、25年前に生成されたデブリとの衝突リスク回避

2021-12-07 松村武宏

アメリカ航空宇宙局（NASA）とロスコスモスは12月3日、接近するスペースデブリ（宇宙ゴミ）との衝突リスクを回避するために国際宇宙ステーション（ISS）が予定外の軌道変更（デブリ回避マヌーバ）を実施したことを明らかにしました。デブリ回避マヌーバは日本時間2021年12月3日16時58分に、ISSロシア区画の最後部にドッキングしているロシアの無人補給船「プログレス MS-18」のエンジンを使って実施されました。2分41秒間のエンジン噴射によってISSの飛行速度は秒速0.3m減速、高度は数百m低下し、NASAによるとマヌーバ

実施後の ISS の高度は 422.6x416.5km (262.6x258.8 マイル) となりました。



【▲2021年11月に撮影された国際宇宙ステーションの外観。中央奥にドッキングしているのが無人補給船「プログレス MS-18」(Credit: NASA)】

【▲空中発射母機(写真はB-52、現在はL-1011で運用中)に懸架された「ペガサス」ロケット(Credit: NASA)】
ロスコスモスによると、デブリはマヌーバ実施から約2時間半後の日本時間12月3日19時33分に、ISSから最小距離3kmで通過したとみられています。ISSにはコマンダー(船長)を務めるロシアのアントン・シュカプレロフ(Anton Shkaplerov)宇宙飛行士以下7名が第66次長期滞在クルーとして滞在していますが、NASAによるとマヌーバ実施によりデブリとの安全な距離が保たれたため、クルーに危険が及ぶことはありませんでした。また、12月8日には前澤友作さんが搭乗する有人宇宙船「ソユーズ MS-20」の打ち上げが予定されていますが、ロスコスモスによればソユーズ MS-20の打ち上げとドッキングに影響はないとのこと。

NASAによると、今回ISSに接近したデブリは1990年代から運用されているアメリカの「ペガサス」ロケットの破片でした。ペガサスは固体燃料3段式の空中発射型ロケットですが、ペイロード(搭載物)の軌道投入精度向上やより高い高度への投入を可能とするために、燃料にヒドラジンを用いる一液式スラスターを搭載した第4段「HAPS」(Hydrazine Auxiliary Propulsion System)がオプションとして用意されています。

1994年5月に打ち上げられたペガサスではHAPSが用いられており、打ち上げ後も地球低軌道を周回していました。ところが打ち上げから2年後、今から25年前の1996年6月にこのHAPSが軌道上でブレークアップ(分解、崩壊)したことで、地上から追跡できるものだけでも700個以上のデブリが生成されたといえます。今回ISSが回避したのは当時生成されたデブリの1つ(衛星カタログ番号39915)とされています。

今回のデブリ接近とその回避は、一度生成されたデブリが四半世紀の時を経た後もリスクとして存在し続け得ることを明確に物語っています。衛星破壊実験の停止を含め、宇宙を利用するすべての国家や組織には地球周辺の宇宙環境を持続的に利用するための取り組みが求められます。

関連：[ロシア、衛星破壊実験を実施 1500以上のデブリ発生 ISSに滞在中の飛行士が一時緊急措置をとる](#)

Image Credit: NASA Source: [NASA](#) / [Roscosmos](#) 文/松村武宏

<https://www.sed.co.jp/contents/news-list/2021/12/1208-1.html>

NASAの商用地球低軌道開発プログラムに採択された3つの商業宇宙ステーション計画

最終更新 2021.12.08

今年3月23日に概要が公開されていたNASAの商用地球低軌道開発(CLD: Commercial Low Earth Orbit Destinations)プログラムで、3つの企業の提案が予算を獲得することになりました。NASAは12月3日付で、下記3つの企業を選定しました。総額は4億1,560万ドルになります。

ナノラックス(Nanoracks)社は10月21日に商業宇宙ステーション「スターラボ(Starlab)」を発表し、ブルー・オリジン社は10月25日に「オービタル・リーフ(Orbital Reef)」を発表しています。3社目の計画としては、ノースロップグラマン社が未公開だった提案を行い、シグナス補給船や軌道サービス機MEV、月周回有人拠点「ゲートウェイ」向けに開発しているハビテーションモジュール(HALO)などの成果を活用したものとなっています。ノースロップグラマン社の提案では、最大4人を滞在させることが出来る施設を軌道上に配置し、段階的に拡張していくことで、低リスクで迅速な展開ができるとされています。

また、このCLDプログラムは、ISSを退役させる一方で、科学的研究や地球外へのミッションの準備のために低

軌道での存在感を維持するという NASA の全体的な戦略の一部ですが、同戦略には 2020 年初頭に Axiom Space 社が獲得した ISS のポートへのアクセス権が含まれており、Axiom Space 社は早ければ 2024 年に一連の商用モジュールを ISS に取り付ける予定です。これらのモジュールは、最終的には ISS から取り外され、商業宇宙ステーションになる予定とのことです。

名称	オービタル・リーフ Orbital Reef	スターラボ Starlab	未公開（ノース ロップ・グラマン 社）
参画企業	ブルー・オリジン社 シエラ・スペース社 ボーイング社 レッドワイヤー・ス ペース社 ジェネシス・エンジ アリング社	ナノラックス社 ボイジャース・ス ペース社 ロッキード・マー ティン社	ダイナネティクス 社 他
契約金額	4億1,560万ドル	1億6000万ドル	1億2560万ドル
特記事項	ISS退役前 高度500km	ロボットアーム、 最新式の実験室装 備	複数のドッキング ポートからの拡張 備



ノースロップグラマン社の提案 Credits: SED ノースロップグラマン社の提案 Credits: Northrop Grumman
今回の計画は 2 段階のアプローチで進められます。最初のフェーズでは ISS から商業宇宙ステーションにスムーズに移行させることを目的としており、2025 年までにその目標を達成する事を目指します。第 2 フェーズでは NASA のクルーがこの商業宇宙ステーションを利用できるように認証を行い、最終的には NASA がこれらのサービスを低コストで購入する事を目指します。これにより、NASA は月や火星の探査を目的とする「アルテミス」計画に注力できるようにする事を目指します。 source: [NASA](#), [ノースロップグラマン社](#)

<https://news.mynavi.jp/techplus/article/20211207-2218100/>

国際宇宙ステーションの後継機を開発せよ！ 米企業 3 社の商業ステーション計画

2021/12/07 06:30 著者：鳥嶋真也

目次 [1 建設開始から約四半世紀、老朽化が進む ISS の“次”の計画とは？](#)

[建造開始から 23 年を迎えた国際宇宙ステーション 選ばれた 3 社の商業宇宙ステーション構想](#)

[2 各社の商業宇宙ステーション構想、そして地球低軌道は競争と共創の時代へ](#)

[各社の商業宇宙ステーション構想 ブルー・オリジンらのオービタル・リーフ](#)

[ナノラックスらのスターラボ ノースロップ・グラマンらの商業宇宙ステーション](#)

[地球低軌道の有人拠点の商業化は成功するか](#)

米国航空宇宙局(NASA)は 2021 年 12 月 2 日、国際宇宙ステーション(ISS)の後継機となる新たな「商業宇宙ステーション」の建造に向けて、米国企業 3 社と契約を結んだと発表した。選ばれたのはブルー・オリジン、ナノラックス、ノースロップ・グラマンの 3 社。各社とも 2020 年代後半の完成を目指し、地球低軌道における新たな有人活動拠点として、科学やビジネスに大きな変革をもたらすことを狙う。



選ばれたうちの 1 社であるブルー・オリジンらが構想している「オービタル・リーフ」の想像図 (C) Orbital Reef
建造開始から 23 年を迎えた国際宇宙ステーション

国際宇宙ステーション(ISS)の全景。初期に打ち上げられたモジュールから老朽化が進みつつある (C) NASA
選ばれた3社の商業宇宙ステーション構想

国際宇宙ステーション(ISS)は、米国やロシア、欧州、日本、カナダなどの国々が協力して建造した宇宙ステーションで、地球の上空高度約400kmを、約90分に1周する速度で回っている。

大きさはサッカー場ほどもあり、質量は約420t。人類史上最も高価で、技術的に複雑な建造物のひとつとして知られる。その大きさから、条件さえ合えば地上から肉眼でも光の点として見るができる。

建造は1998年から始まり、2011年7月をもって完成。その後も新しいモジュールの追加や、設備や機器の更新、改良などが行われており、いまなお進歩を続けている。これまでに参加国の宇宙飛行士をはじめ250人以上が訪れており、常時約7人の宇宙飛行士が滞在。約3000件の宇宙実験や研究が行われてきた。

しかし、建造開始から23年を迎えたことで、初期に打ち上げられたモジュールから老朽化が進んでいる。実際、ロシアのモジュールでは老朽化にともなうものとみられる空気漏れなども起こっている。

また、近年民間企業による宇宙開発、宇宙ビジネスが活発になっていること、そしてNASAは有人月・火星探査に目を向けていることもあり、NASAでは「商業地球低軌道開発プログラム(Commercial LEO Development program)」を進めている。この計画では、2030年ごろにISSを退役させ、そしてISSが担ってきた「宇宙実験室」の役割を、発展的に民間企業へ移管。これにより、地球低軌道における米国の継続的なプレゼンスの維持、そして宇宙ビジネスの振興を目指している。一方で民間企業も、そうした方針に応え、いくつかの企業が商業用の宇宙ステーションを造る構想を打ち出している。そして今回、NASAはそうした商業用の宇宙ステーションを開発するために、米国企業3社と契約を結んだ。選ばれたのはブルー・オリジン(Blue Origin)、ナノラックス(Nanoracks)、ノースロップ・グラマン(Northrop Grumman)である。今回の契約は、米国の民間企業による商業宇宙ステーションの開発を促進し、そして政府機関や民間企業の両方の顧客が利用できるようにすることを目指したものである。ブルー・オリジンは実業家のジェフ・ベゾス氏が立ち上げた宇宙企業で、米国の宇宙企業シエラ・スペースやボーイング、レッドワイヤーなどといった企業と「オービタル・リーフ(Orbital Reef)」と呼ばれる宇宙ステーションの計画を提案している。ナノラックスは2009年創業の宇宙企業で、ISSに商業用の実験ラックやエアロックを設置し、これまでに1300件以上の研究実験の実施、300機以上のキューブサット(超小型衛星)の放出をビジネスとして手掛けている。同社はヴォイジャー・スペース、ロッキード・マーティンなどとともに「スターラボ(Starlab)」と呼ばれる宇宙ステーションを提案している。

ノースロップ・グラマンは米国の大手航空・宇宙メーカーで、ISSに物資を補給する「シグナス」補給船などの技術を活用した商業ステーションを提案している。今回の契約の総額は4億1560万ドルで、そのうちブルー・オリジンは1億3000万ドル、ナノラックスは1億6000万ドル、ノースロップ・グラマンは1億2560万ドルを受け取る。商業宇宙ステーションの建造に向けた計画は大きく2段階で進められ、今回が第1段階となる。まずは各民間企業とNASAが協力し、政府や民間企業の潜在的なニーズに適した商業宇宙ステーションの機能を策定・設計することを目指す。この第1段階は2025年までに完了する予定となっている。

続く第2段階では、NASAは、これらの企業などが提供する商業宇宙ステーションを、NASAの宇宙飛行士が利用するための認証を実施。そして最終的には、それぞれの企業からサービスとして使用权を購入し、宇宙飛行士が滞在できるようにすることを目指している。民間企業が商業宇宙ステーションを所有・運営し、NASAがその顧客の一人となることで、民間による宇宙ビジネスの活性化が期待できるとともに、NASAにとってはISSで行ってきたような実験や研究などを低コストで継続できるようになり、そして月や火星への有人探査を目指す「アルテミス」計画に集中するようにもなると期待されている。NASAのビル・ネルソン長官は「民間企業との提携によって、私たちはこれまでに、ISSへの貨物輸送、そして宇宙飛行士の輸送を成功させてきました。そしてNASAはふたたび、宇宙活動の商業化をリードしていきます」と述べた。「民間企業が地球低軌道への輸送手段を提供するようになったいま、私たちは米国企業と提携して、人々が訪れ、生活し、働くことのできる宇宙ステーションを開発していきます。これにより、NASAは宇宙での商業活動を促進しながら、人類の利益のために、宇宙にお

ける新たな道を切り開いていくことができるのです」。

[次へ：各社の商業宇宙ステーション…](#) 各社の商業宇宙ステーション構想

ブルー・オリジンらのオービタル・リーフ

オービタル・リーフは、ブルー・オリジンとシエラ・スペースを中心とした共同チームが提案している商業宇宙ステーションである。打ち上げは 2020 年代後半の予定で、高度 500km、軌道傾斜角約 45 度の軌道を周回。内部は国際宇宙ステーション(ISS)とほぼ同じ約 830 立方 m の広さをもつ。船内は科学ゾーンと居住ゾーンに分かれており、最大 10 人が滞在できる。さらに、地球低軌道上でのあらゆる種類の有人宇宙活動をサポートするために必要なインフラを提供し、新しい市場に対応できるように規模を拡大できる「宇宙ビジネス・パーク」として設計されており、モジュールや「エネルギー・マスト」と呼ばれる太陽電池パドルを追加し、機能を拡張することもできる。計画には前述の 2 社のほか、大手航空・宇宙メーカーのボーイング、レッドワイヤー・スペース、ジェネシス・エンジニアリング、アリゾナ州立大学など複数の企業や大学も参画する。

ブルー・オリジンはコア・モジュールや生命維持システムなどの開発、モジュールの打ち上げなどを担当。シエラ・スペースは小型スペースプレーン「ドリーム・チェイサー」による物資輸送サービスを提供する。また、ボーイングは科学研究用のモジュールの開発、ステーション全体の運用を担当。開発中の有人宇宙船「スターライナー」による人員の輸送も担う。レッドワイヤー・スペースは微小重力環境を利用した研究、開発、製造などの機能を提供。ジェネシス・エンジニアリングは小さな宇宙船のような船外活動服を開発し、ステーションのメンテナンスや宇宙観光に使用する。アリゾナ州立大学は、世界の 14 の大学からなるコンソーシアムを設立し、宇宙研究や公共アウトリーチを提供する。



オービタル・リーフの想像図 (C) Orbital Reef スターラボの想像図 (C) Nanoracks

ノースロップ・グラマンが構想中の商業宇宙ステーションの想像図 (C) Northrop Grumman

JAXA が開発中の HTV-X の想像図 (C) JAXA

ナノラックスらのスターラボ

スターラボはナノラックスを筆頭に、ヴォイジャー・スペースとロッキード・マーティンが共同開発するステーションである。ロッキード・マーティンが設計・開発する大型のインフレーター(膨張式)のモジュールのほか、ドッキング・ノード、電力・推進モジュール、貨物やペイロードの搬出や移動などのサービスを行うための大型ロボットアームなどを装備。最大の特徴は「ジョージ・ワシントン・カーヴァー」と名付けられた科学モジュールで、研究、科学、製造の総合的な能力を備えた最先端の実験施設として運用される。打ち上げは 2027 年の予定で、1 回の打ち上げで全要素を軌道に投入できるという。ステーションには最大 4 人の宇宙飛行士を継続的に受け入れることができるとしている。

ノースロップ・グラマンらの商業宇宙ステーション

ノースロップ・グラマンが提案している商業宇宙ステーションは、「ベース・モジュール」と呼ばれるモジュールを基礎とし、科学や観光、産業実験を提供する。打ち上げは 2020 年代後半の予定。開発には、現在同社が製造、運用しているシグナス補給船や、月周回有人拠点「ゲートウェイ」のモジュールのひとつとして開発中の「HALO」などの技術をもととする。ベース・モジュールには複数のドッキング・ポートがあり、将来的には滞在者のための居住区や実験室、船外へ出るためのエアロック、さらに人工重力を作り出せる施設の結合など、拡張が可能だ

という。ステーションは当初、4人が滞在できる能力があるが、この拡張により、8人以上の乗組員の滞在も可能でだという。設計寿命は15年間を予定している。同計画には、同じく米国の航空・宇宙メーカーであるダイネティクスも参画。また、まだ未公表なものの、他にもパートナー企業が参画しているという。

地球低軌道の有人拠点の商業化は成功するか

ISSへの物資補給、そして宇宙飛行士の輸送を民間企業が担うようになったように、ISSの後継機となる地球低軌道における有人活動拠点もまた、民間企業が担うことになるのは自然な流れといえよう。

実現に向けては、宇宙での年単位の長期滞在技術など、これまで民間が独自には有していなかった技術を開発し、そして実際に人が滞在できるだけの信頼性を確立する必要がある。NASAなどがもっているこうした技術を、スムーズに民間へ移転できるかがひとつの鍵となろう。また、単なるISSの後継機を超えて、宇宙ステーションの商業化も実現しようとするなら、人や物資の輸送コストをいまよりも下げる必要もある。そのためには、ある程度事業が軌道に乗るまでは、引き続きNASAなどの宇宙機関が大きく関わり続け、下支えしていく必要もあろう。一方、ISSの後を継ぐ地球低軌道における実験・研究施設は、日本も注力している分野である。

例えば宇宙航空研究開発機構(JAXA)は、ISSやゲートウェイへの物資補給を目指した無人の補給船「HTV-X」を開発しているが、同機は単独でも「宙飛ぶ実験室」として活用可能なように設計されており、最長で1年半、さまざまな先進的技術の実証実験を行うことができる。また、北海道のベンチャー企業「インターステラテクノロジズ」や、宮城県の「ElevationSpace(エレベーションスペース)」は、内部に複数の装置を載せ、宇宙実験や製造などを行うことができる小型の宇宙利用・回収プラットフォーム衛星を開発しており、微小重力環境を活かした科学的研究や、地球では作れない高品質材料の製造などを行うことを目指している。HTV-Xも、インターステラテクノロジズやElevationSpaceの衛星も無人機ではあるが、むしろ人が乗っていないからこそ、低コストで、そして危険で大胆な実験や研究も可能になるというメリットもあり、宇宙実験のやり方にイノベーションが起る期待もある。ロケットという輸送手段の進歩、宇宙での人の滞在、実験手法の開発、そしてビジネスモデルの確立など、課題は多い。しかし、宇宙機関と民間のタッグによって宇宙技術は着実に進歩し続けており、そして可能性も選択肢も広がり続けている。かつて米国とソビエト連邦を中心とした対立の象徴だった宇宙開発は、ISSによって国際協力の象徴となった。そしていま、民間の参入によって市場競争と共創の時代が訪れつつある。

参考文献 ・ [NASA Selects Companies to Develop Commercial Destinations in Space | NASA](#)

・ [NASA SELECTS ORBITAL REEF TO DEVELOP SPACE STATION REPLACEMENT](#)

・ [Nanoracks, Voyager Space, & Lockheed Martin Awarded NASA Contract to Design Commercial Space Station](#)

・ [Northrop Grumman Signs Agreement with NASA to Design Space Station for Low Earth Orbit | Northrop Grumman](#)

・ [NASA Plan for Commercial LEO Development to achieve a robust low-Earth orbit economy from which NASA can purchase services as one of many customers - Summary and Near-Term Implementation Plans](#)

鳥嶋真也

<https://nordot.app/841671374678196224?c=110564226228225532>

「宇宙なう」前澤友作さん、国際宇宙ステーションから初ツイート。足を組んで宙

に浮いた写真を投稿

2021/12/9 22:41 (JST)

© ザ・ハフィントン・ポスト・ジャパン株式会社

国際宇宙ステーション (ISS) に[到着した](#)実業家の前澤友作さんが日本時間12月9日、宇宙から初のツイートをした。「宇宙なう」という短いメッセージに添付された写真には、足を組んで宙に浮きながら左手を挙げる前澤さんの姿が写っている。



前澤友作 | いま宇宙にいるよ @yousuck2020



前澤友作 | いま宇宙にいるよ @yousuck2020

言ってみたかったやつ笑。↑これが宇宙からの初ツイートです！ * 宇宙滞在中はたまに地上スタッフがお知らせなどのツイートもします。 [午後 9:33 · 2021 年 12 月 9 日 · Twitter Web App](#)

今回の宇宙からの初ツイートには投稿から約 30 分で、10 万件以上の「いいね」がついた。「パスワード過ぎます」「めちゃくちゃ良い写真」「日本から手を振ったんですけど見えませんか？」と多くの反響を呼んでいる。前澤さんは連続投稿で「言ってみたかったやつ笑」「これが宇宙からの初ツイートです！」と補足。宇宙滞在中は、公式 Twitter は地上スタッフからのお知らせも掲載すると告知している。 [ハフポスト日本版](#)

<https://monoist.itmedia.co.jp/mn/articles/2112/06/news009.html>

宇宙では腎臓の遺伝子発現が変動し、血圧や骨の厚みが増減する医療技術ニュース

2021 年 12 月 06 日 15 時 00 分 公開 [MONOist] 東北大学は 2021 年 11 月 17 日、1 カ月間の宇宙旅行から帰還したマウスの腎臓で、血圧と骨の厚さを調節する遺伝子の働きが変動していることを発見したと発表した。また、宇宙旅行で血液中の脂質が増加し、腎臓で脂質代謝に関係する遺伝子の発現が増加していた。宇宙航空研究開発機構（JAXA）、筑波大学との共同研究による成果だ。



今回、遺伝子解析したのは、2018 年に宇宙旅行を達成した遺伝子組み換えマウスの腎臓だ。このマウスは、国際宇宙ステーションの日本実験棟「きぼう」に 31 日間滞在している。地上では、重力に逆らって血液を循環させたり、姿勢を維持したりする必要がある。一方、宇宙空間は重力がほとんどないため、宇宙に滞在すると血圧や骨の厚さが増減する。研究グループでは、腎臓が血圧と骨量の調節を担うことに着目。宇宙旅行から帰還したマウスの腎臓を解析したところ、血圧と骨量の調節に関わる遺伝子群の発現が変動していた。

宇宙のような微小重力環境では、重力への抵抗が必要なく、基礎的なエネルギー消費が低下する。そのため宇宙旅行中は脂質が余剰となり、腎臓が余剰脂質を代謝、排泄する役割を担っていることが分かった。宇宙開発が進み、近い将来、人類が気軽に宇宙旅行をする時代が期待されている。一方で、宇宙は地球と大きく環境が異なるため、宇宙環境が人体に与える影響を理解することが必要だ。今回の結果から、宇宙環境で腎臓が重要な役割

を担うことが明らかとなり、宇宙旅行時に腎機能を管理することの重要性が示された。

<https://news.yahoo.co.jp/articles/c992053b37f0d59904f4d418116bfa652fd1d89e>

宇宙電磁波、通り道解明 金大など、細い経路伝い地上に

12/9(木) 5:01 配信

北國新聞
THE HOKOKU SHINBUN

金大理工研究域の松田昇也准教授、同大学術メディア創成センターの笠原禎也教授らの国際共同研究グループは8日、宇宙で発生した電磁波が、湾曲した細いストロー状の経路を伝って地上に届くことを突き止めたと発表した。宇宙環境に影響を及ぼす電磁波の「通り道」を解明し、地球周辺の宇宙空間の研究が進むと期待される。地球周辺の宇宙空間では電磁波が発生し、オーロラなどの現象を引き起こしている。太陽表面で起こる爆発「太陽フレア」によって活発に電磁波が発生すると、人工衛星の故障や宇宙飛行士の放射線被ばくをもたらすことがある。これまで、電磁波の発生場所や伝わり方は未解明だった。研究グループは人工衛星「あらせ」など宇宙と地上の4つの観測拠点を連携させて調査。電磁波の一つ「イオン波」が直径約80キロのストロー状の経路を伝い、約5万キロ離れた場所にまで届いていることを確認し、地上へ届く様子を捉えることに成功した。成果は米国地球物理学連合速報誌「ジオフィジカル・リサーチ・レターズ」のオンライン版に掲載された。

<https://www.cnn.co.jp/fringe/35180587.html>

NASA、レーザー実証装置を打ち上げ 宇宙通信に革新もたらす可能性

2021.12.08 Wed posted at 20:30 JST



不可視のレーザーを使って宇宙空間で通信を行うNASAの中継実証装置のイメージ図/Goddard Space Flight Center/NASA

(CNN) 宇宙空間で不可視のレーザーを使用する計画はまるでSFの世界のことに聞こえるかもしれないが、これは現実だ。米航空宇宙局(NASA)の「レーザー通信中継実証装置」は、太陽系各地で行われる将来のミッションとの通信のあり方に変革をもたらす可能性がある。NASAによると、これらのレーザーを使うことで、かつてない高解像度の動画や写真を宇宙から送信できるようになる可能性があるという。実証装置は米東部時間の7日午前5時19分、国防総省宇宙試験プログラムの人工衛星に搭載されてフロリダ州ケープカナベラルから打ち上げられた。打ち上げはもともと5日に予定されていたが、ロケット推進剤の地上貯蔵システムで漏出が見つかり日程が変更となった。漏出は7日の打ち上げ前に修復された。NASAは1958年以来、飛行士や宇宙探査機との交信に電波を使ってきた。電波の有効性は実証済みだが、宇宙ミッションはかつてなく複雑になり、収集する情報も増えている。赤外線レーザーの特徴をつかむには、遅くてイライラするダイヤルアップとは対照的な光通信の高速インターネットを思い浮かべれば良い。レーザー通信なら地表上空3万5406メートルの対地同期軌道から、毎秒1.2ギガバイトのスピードでデータを送信できる。これは映画丸1本を1分未満でダウンロードする速度に相当する。これによりデータ伝送速度は電波の10~100倍に向上する。我々の目に見えない赤外線レーザーは電波より波長が短いことから、一度により多くのデータを送信できる。現在の電波システムを使った場合、火星の完全な地図の送信に要する時間は9週間だが、レーザーなら9日間で

送信できる可能性がある。この「レーザー通信中継実証装置」は、宇宙からカリフォルニア州テーブルマウンテンとハワイ州ハレアカラにある光地上局2カ所へとデータを送受信するNASA初の端末間レーザー中継システムとなる。これらの地上局には、レーザーから受け取った光をデジタルデータに変換する望遠鏡がある。地上のレーザー受信施設にとって一つ障害になるのが雲や乱気流といった大気の乱れで、大気中を伝わるレーザー信号に干渉する可能性がある。受信機2基の設置場所に遠隔地が選ばれたのはこれを念頭に置いた対応であり、どちらも標高が高く気象条件が良いことが決め手となった。人工衛星が軌道に到着すると、ニューメキシコ州ラスクルーセスの運用センターのチームがレーザー通信中継実証装置を作動させ、試験データを地上局に送信する準備を整える。実際に宇宙ミッションの支援を開始するまでには2年間の試験や実験が必要となる。国際宇宙ステーション（ISS）には将来的に光通信装置が搭載され、科学実験のデータを人工衛星を介して地球に送ることが可能になりそうだ。実証装置が中継衛星の役割を果たすことから、将来の探査機が地球への直接の照準線を備えたアンテナを搭載する必要はなくなる。これにより、将来の宇宙機の通信に必要なサイズや重量、動力の条件が緩和され、打ち上げ費用の低減や観測機器を積むスペースの拡大につながる可能性があるという。

<https://www.itmedia.co.jp/news/articles/2112/09/news149.html>

真空もゆがむのか？ ブラックホールの謎に迫る新衛星、NASA や理研などが打ち上げへ

2021年12月09日 18時26分 公開 [松浦立樹, ITmedia]

[仮想DOMは本当に速い？ フレームワークを実装して理解しよう](#)

[あなたの会社は大丈夫？ CRM ツールの導入だけでは意味なし](#)

理化学研究所などの研究チームが参加する、米国主導の国際共同プロジェクトは12月9日に、新たな観測衛星「X線偏光観測衛星IXPE」を打ち上げた。IXPE衛星は、天体が放射するX線の偏りや方向を表す「偏光」の性質を高感度で観測できる世界初の衛星で、宇宙での多くの謎の解明を期待できる。

宇宙には、ブラックホールや爆発した星の残骸（超新星残骸）など、X線を放射する天体は数多く存在するが、X線は地球の大気を通り過ぎないため、観測するにはX線検出器を宇宙に持っていく必要があった。

1970年代にも、米国の研究チームがX線偏光観測を試みたが、当時は観測装置の感度が十分ではなく、おうし座にある超新星残骸「かに星雲」のみ観測できたという。X線の偏光はこれまでの観測で得られる画像や時間変動、エネルギーなどの情報とは異なる情報が得られるため、その後も研究や技術開発が進んでいた。X線偏光観測では、宇宙での多くの謎の解明を期待できるという。例えば、ブラックホールのすぐ近くでは、ブラックホール自身の高速回転や強い重力によって時空がゆがんでいる。この付近では何もなければ真空そのものがゆがめられ、磁場の向きにより光の速度が変化する特異な状態が実現されると考えられる。この現象ではX線の偏光がそろふことが予想されており、IXPE衛星によって実際にこの状態を観測できると期待されているという。IXPE衛星は、9日の打ち上げ後、宇宙空間で1カ月間、機能・性能評価をした後、天体の観測を始める。運用期間は約2年間の予定だが、最初の数カ月から半年程度の観測で、多くの新発見を期待できるため「世界中の天文学者がIXPE衛星の観測結果を心待ちにしている」（理研）としている。

Copyright © ITmedia, Inc. All Rights Reserved.



試験中のIXPE衛星



軌道上のIXPE衛星想像図



理化学研究所ら日本の研究グループが参加する X 線偏光観測衛星 IXPE 打ち上げ、 ブラックホールの詳細な観測が可能に

2021 年 12 月 09 日 by [tetsuokanai](#)

[理化学研究所](#)（理研）は 12 月 8 日、X 線偏光観測衛星「[IXPE](#)」（Imaging X-ray Polarimetry Explorer）がケネディー宇宙センターから打ち上げられることを発表した（日本時間 9 日午後 3 時に打ち上げられた）。ブラックホールに落ち込む物質の形、ブラックホール周辺の空間の歪み具合、中性子星の強い磁場で歪められた特異な真空などの「これまでの観測とはまったく質の異なるデータが得られる」と期待されている。



試験中の「IXPE」衛星 画像クレジット：NASA/BALLAEROSPACE

これは、理化学研究所開拓研究本部玉川高エネルギー宇宙物理研究室の[玉川徹](#)主任研究員、山形大学学術研究院の[郡司修一](#)教授、名古屋大学大学院理学研究科の[三石郁之](#)講師、広島大学宇宙科学センターの[水野恒史](#)准教授らからなる共同研究。アメリカとイタリアとの国際プロジェクトである「IXPE」衛星に、理研が X 線偏光計の心臓部である「ガス電子増幅フォイル」を、名古屋大学が X 線望遠鏡の「受動型熱制御薄膜フィルター」を提供している。またプロジェクトには日本から 20 名を超える研究者が参加している。これにより IXPE は、観測例が極めて少ない X 線偏光を捉え「誰も見たことがない新しい宇宙の姿」を明らかにするという。

偏光とは、電磁波の偏りのこと。偏光サングラスは、この光の性質を利用して眩しい光をカットし、風景がはっきり見えるようにしている。同じように、X 線偏光を利用することで、X 線を放射する天体の詳細な観測が可能となる。X 線は大気に遮られてしまうため、宇宙で観測するしかない。そのため X 線天文学が始まったのは、人工衛星での観測が可能になった 1960 年代からのこと。日本では JAXA の宇宙化学研究所を中心に研究が進められていて、X 線天文学は「日本のお家芸」ともいわれている。そんな中で、X 線偏光観測の手段として本命視されているのが、NASA マーシャル宇宙飛行センターが中心となって提案された IXPE だ。この衛星の X 線偏光観測能力によって観測できるものには、たとえば、恒星とブラックホールが互いの周りを回っている連星系で、恒星から流れ出した物質がブラックホールが吸い込まれる際に形成されるプラズマの円盤「降着円盤」がある。降着円盤はブラックホールに近づくほど高温になり、ブラックホールの近くでは X 線を放出する。その X 線の偏光を観測できれば、どんなに高性能な望遠鏡でも観測できない遠くにある円盤の構造が「まるでその場にいるように」観測できるという。IXPE は、SpaceX の Falcon 9 ロケットで打ち上げられ、赤道上空高度 600km の軌道を周回する。最初の 1 カ月で機能や性能の評価を行った後に観測が開始される。運用期間は 2 年間となっているが、衛星の機能が維持されているかぎり延長されるとのことだ。IXPE を載せた Falcon 9 は、日本時間 9 日午後 3 時、ケネディー宇宙センターから打ち上げられ、3 時 34 分ごろに衛星を無事、切り離れた。

🚀 Go [#IXPE](#)! Our newest X-ray observatory blasted off at 1:00am EST.

This begins a new quest to unlock the secrets of some of the most energetic objects in our universe, from black holes to neutron stars. <https://t.co/Cx6HCb5rFS> pic.twitter.com/G6Yt7snD3N

— NASA (@NASA) [December 9, 2021](#)

Separation confirmed! [#IXPE](#) is flying free from its [@SpaceX](#) Falcon 9 rocket as it spreads its solar panels and

https://news.biglobe.ne.jp/it/1209/mnn_211209_4682763756.html

Q ボール由来の重力波を次世代重力波望遠鏡で検出できる可能性、Kavli IPMU が指摘

12月9日(木) 18時57分 [マイナビニュース](#)

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12月8日、我々の宇宙が物質優勢の宇宙になるにあたって影響を与えたとされる「Q ボール」が崩壊時に重力波を生じ、その重力波は欧州や日本で将来計画として検討されている重力波望遠鏡によって検出できる可能性があることを発表した。

同成果は、Kavli IPMU のグラハム・ホワイト特任研究員、同・アレクサンダー・クセンコ客員上級科学研究員(米・カリフォルニア大学ロサンゼルス校教授兼任)らの国際共同研究チームによるもの。詳細は、米国物理学専門誌「Physical Review Letters」に掲載された。ビッグバン理論によると、宇宙の初期において物質と反物質は同じ量が作られたと考えられているが、実際には物質にあふれており、対消滅で消えていない。そのため、どこかのタイミングで物質の方が多く生成された結果、現在の宇宙は物質優勢の宇宙になったと考えられている。ただし、物質と反物質の量の非対称性は小さく、100億個の反物質の粒子に対して、物質が1つ余分に生成された程度と考えられている。この小さい非対称性は、現在の標準理論では説明できず、どのようにして物質と反物質の量に違いが生まれ、宇宙が物質優勢になったのかは謎であり、未発見の物理が存在していなければならないことが示されている。この物質と反物質の非対称性が宇宙最初の1秒間のうち、どのタイミングで生じたのかは、宇宙初期の非常に急速な加速膨張であるインフレーションの直後とする考え方が、多くの研究者から支持を集めているという。この時に生まれた場の塊が宇宙の膨張とともに引き伸ばされ、ちょうどよい非対称性を生み出すように進化し、分裂していった可能性があるというものだ。「超対称性理論」に基づく「アフleck・ダイン機構」と呼ばれている。しかし、このようなことが起きた状態のエネルギースケールは、人間が地球上で作り出せるエネルギーの数十億から数兆倍も高いものである。欧州原子核研究機構(CERN)の大型ハドロン衝突型加速器(LHC)を用いても、検証が困難である。そうした中、研究チームが今回提唱したのが、アフleck・ダイン機構で生じるQ ボールとして知られる場の塊を手がかりとして、この理論的提唱を観測的に検証するという新しい手法だ。Q ボールとは、ヒッグス粒子のようなボソン(ボーズ粒子)の一種と考えられている。ヒッグス粒子は、ヒッグス場が励起された時に存在するが、ヒッグス場は塊を作るといったほかのことも可能だ。もし、ヒッグス場に非常によく似た場があって、それが何らかの保存する電荷(通常の電荷とは異なる)を持っているとすると、1つの塊は1つの粒子のように電荷を持つ。電荷は消えてなくなることはないので、場は粒子となるか塊になるかを定める必要がある。もし、粒子になるよりも塊になった方がエネルギーが低くすむのであれば、場は塊となる。そして、塊の集まりが凝縮したものがQ ボールだという。研究チームは、場の塊であるQ ボールが、しばらくの間存在し続けることができると考えているとする。Q ボールは、宇宙が膨張するにつれて熱的背景放射(プラズマ)よりもゆっくりと薄まっていき、最終的には宇宙のエネルギーのほとんどをQ ボールが担うようになる。そしてその間、プラズマ密度のわずかなゆらぎは、Q ボールが支配的になると大きくなる。そしてQ ボールが崩壊すると、その崩壊は非常に急激で速く起こるために、プラズマのゆらぎは激しい音波となり、時空間の波紋である重力波を引き起こすとする。こうして発生した重力波は、欧州の「Einstein Telescope」や、日本の「DECIGO」など、将来の計画として検討されている重力波望遠鏡によって検出できる程度の強度と周波数になることが明らかにされた。ホワイト特任研究員は今回の成果に対し、「私たちをはじめとする物質の世界が、なぜ存在しているのかというこの理論を裏付けるような、太古の時代の信号が近いうちに検出されることはほぼ間違いないでしょう」とコメントしている。

<https://soraie.info/astromy/20211206-gj367b.html>

31 光年先に最軽量級の超短周期惑星が見つかる。公転周期は約 8 時間



【▲太陽系外惑星「GJ 367b」(左)を描いた想像図 (Credit: SPP 1992 (Patricia Klein))】

ドイツ航空宇宙センター (DLR) 惑星研究所の Kristine Lam さんを筆頭とする研究グループは、地球からおおよそ 31 光年離れた恒星を公転する太陽系外惑星「GJ 367b」が見つかったとする研究成果を発表しました。研究グループによると、この系外惑星は公転周期が 8 時間弱と短く、サイズが直径の 8 割以上もある鉄やニッケルでできた大きなコア (核) を持つ可能性があるようです。

■公転周期は約 8 時間、内部に大きな鉄のコアがある可能性

今回発見が報告された系外惑星 GJ 367b は、南天の「ほ座」(帆座) の方向おおよそ 31 光年先にある恒星「GJ 367」を公転しています。GJ 367b の直径は地球の約 0.72 倍 (約 9000km)、質量は地球の約 0.55 倍と推定されています。発表によれば、GJ 367b はこの四半世紀で 4500 個以上が見つかった系外惑星のなかでも最軽量級の惑星とされています。研究グループによると、GJ 367b の公転周期 (言い換えれば「1 年」) は 7.7 時間と短く、地球の 1 日と比べても 3 分の 1 程度しかありません。このように公転周期が地球の 1 日より短い系外惑星は「超短周期 (UPS: ultra-short period) 惑星」と呼ばれています。Lam さんによると、超短周期惑星は GJ 367b 以外にも幾つか見つっていますが、その起源はまだわかっていないといいます。

公転周期が短いということは、それだけ主星に近い軌道を公転していることを意味します。GJ 367b の主星である GJ 367 は恒星のなかでも小さくて軽く、表面温度も低い赤色矮星 (※) ですが、そのすぐ近くを公転している GJ 367b の表面温度は岩石だけでなく金属も溶ける摂氏 1500 度に達する可能性があるようです。

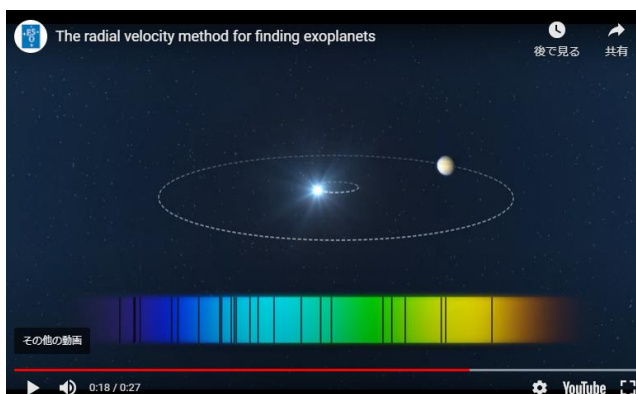
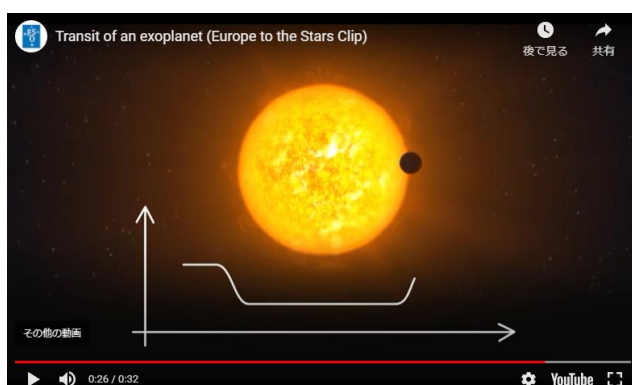
※...GJ 367 の表面温度は摂氏おおよそ 3200 度、太陽と比べて直径は約半分・質量は約 4 割とされる

直径と質量の推定値から算出された平均密度をもとに研究グループが GJ 367b の内部組成を分析したところ、直径の約 86 パーセントという大きなサイズを持つ鉄やニッケルでできたコアが存在する可能性が示されました。太陽系の惑星では水星が直径の約 8 割ほどもあるコアを持つとされており、研究グループは GJ 367b と水星の類似性を指摘しています。また発表によると、赤色矮星では複数の系外惑星が発見されることもめずらしくないことから、GJ 367 でも別の惑星が見つかる可能性があるといいます。研究に参加したマサチューセッツ工科大学 (MIT) の George Ricker さんによると、仮に GJ 367 のハビタブルゾーンに系外惑星が存在する場合、その公転周期は地球の約 1 か月と予想されています。GJ 367b はアメリカ航空宇宙局 (NASA) の系外惑星探査衛星「TESS」(Transiting Exoplanet Survey Satellite) の観測データから発見されました。研究グループはチリのラ・シヤ天文台にあるヨーロッパ南天天文台 (ESO) の 3.6m 望遠鏡に設置されている高精度視線速度系外惑星探査装置「HARPS」(High Accuracy Radial Velocity Planet Searcher) を使って追加観測を行い、これらの観測データをもとに GJ 367b の公転周期、直径、質量などを導き出しました。TESS は「トランジット法」、HARPS は「視線速度法」という手法を利用し、主星の観測を通して系外惑星を間接的に検出することができます (トランジット法と視線速度法については後述)。主星の GJ 367 は太陽系に比較的近くて明るく見えるため、今回発見された GJ 367b の特性を突き止めることができたことに加えて、新たな惑星を発見できる可能性も十分あるとされています。Ricker さんは「『別の惑星を探して!』という看板があるようなものです」と表現しています。研究グループは、GJ 367b のさらなる観測や新たな系外惑星の搜索が、超短周期惑星の起源も含めた系外惑星に関する知識の向上につながると期待しています。

■系外惑星の観測に用いられるトランジット法 & 視線速度法

トランジット法は、系外惑星が主星 (恒星) の手前を横切る「トランジット (transit)」を起こした際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。TESS はこの手法を用いて系外惑星

の探査を行っています。NASA が公開している太陽系外惑星アーカイブによると、TESS の観測データから発見・確認された系外惑星の数は 172 個で（2021 年 11 月 18 日時点）、さらに 4704 個の系外惑星候補が確認されるのを待っている状況です（2021 年 11 月 19 日時点）。



▲系外惑星のトランジットによって恒星の明るさが変化の様子を示した動画▲（Credit: ESO/L. Calçada）
▲系外惑星の公転にともなって主星のスペクトルが変化の様子を示した動画▲（Credit: ESO/L. Calçada）
いっぽう、視線速度法は系外惑星の公転にともなって円を描くようにわずかに揺さぶられる主星の動きをもとに、系外惑星を間接的に検出する手法です。HARPS はこの手法を用いて系外惑星の探査を行うことができます。主星が揺れ動くとき、その光の色は地球に近づくように動く時は青っぽく、遠ざかるように動く時は赤っぽく変化します。HARPS はその様子を主星のスペクトル（波長ごとの電磁波の強さ）の周期的な変化として捉えるために、天体のスペクトルを調べる分光観測を行っています。

関連：[「1年」がわずかに16時間、観測史上2番目に熱い太陽系外惑星が見つかる](#)

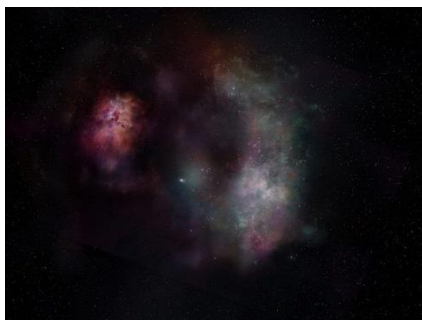
Image Credit: SPP 1992 (Patricia Klein) Source: [ドイツ航空宇宙センター](#) / [マサチューセッツ工科大学](#)
文／松村武宏

<https://sorae.info/astrometry/20211207-spt0311-58.html>

128 億 8000 万年前の初期の宇宙に存在した巨大な銀河から「水」の存在を検出

2021-12-07 [飯銅 重幸](#)

アルマ望遠鏡は 11 月 3 日、イリノイ大学の天文学者 Sreevani Jarugula さん率いる研究チームが、アルマ望遠鏡を使った観測によって、128 億 8000 万年ほど前の初期の宇宙に存在した巨大な銀河「SPT0311-58」において、水の存在を検出したと発表しました。研究チームでは同時に一酸化炭素の存在も検出しました。



【▲アルマ望遠鏡の観測に基づいて作成された「SPT0311-58」に含まれるチリや水、一酸化炭素などの存在を示す画像（Credit: ALMA (ESO/NAOJ/NRAO)/S. Dagnello (NRAO))】

SPT0311-58 は地球から 128 億 8000 万光年ほどのところにある巨大な銀河です。言い方を換えると、128 億 8000 万年ほど前の初期の宇宙に存在した銀河です。この時期はちょうど宇宙の再電離の時期にあたります。誕生後間もない宇宙はとても高温、高圧で、水素やヘリウムはプラズマ化し原子核と電子がバラバラの状態にな

っていました。しかし、時間が経ち、宇宙が膨張することで、温度と圧力が下がり、電子は原子核に捕えられました。いわゆる宇宙の晴れ上がりです。ところが、その後、最初の星であるファーストスターが誕生し、最初の銀河が形成されますが、ファーストスターなどが放射する紫外線によって水素ガスは再び原子核と電子がバラバラの状態になりました。これが宇宙の再電離です。このような宇宙の再電離は、宇宙が誕生してから 2~5 億年の間頃に始まり、宇宙が誕生してから 9 億年頃には完了したと考えられています。では、研究チームはどのようにして 128 億 8000 万年前の初期の宇宙に存在した SPT0311-58 において水の存在を検出したのでしょうか？

チリは、恒星が放射する紫外線を吸収すると、遠赤外線を放射します。水分子は、このような遠赤外線を浴びると、励起し、特有の電磁波を放射します。研究チームは、高解像度を誇るアルマ望遠鏡を使って、水分子がこのようにして放射する特有の電磁波を観測したというわけです。Jarugula さんによれば、「宇宙の初期に存在した銀河のガスやチリについて研究することは、宇宙の初期に存在した銀河について、どれくらいの数の恒星が形成されつつあるのか、どれくらいの割合でガスが恒星の形成に使われていくのか、など様々なことを教えてください」とコメントしています。Image Credit: ALMA (ESO/NAOJ/NRAO)/S. Dagnello (NRAO)

Source: [アルマ望遠鏡のプレスリリース](#) 文／飯銅重幸（はんどうしげゆき）

<https://sorae.info/astromy/20211209-ngc7329.html>

南天「巨嘴鳥座」の棒渦巻銀河。ハッブルの 4 つのフィルターで捉える

2021-12-09 [松村武宏](#)

こちらは南天の「きょしちょう座」（巨嘴鳥座）の方向およそ 1 億 5000 万光年先にある棒渦巻銀河「NGC 7329」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。渦巻銀河全体のうち約 3 分の 2 には棒状構造があるとされていて、私たちが住む天の川銀河も棒渦巻銀河に分類されています。画像には多くの星が集まり明るく輝く NGC 7329 の棒状構造と、その周囲をゆるく取り巻く渦巻腕が繊細に捉えられています。古い星が多い中央部分と高温の若い星が存在するために青い色合いをした渦巻腕、それぞれの色の違いもわかります。なお、NGC 7329 では 2006 年 4 月と 2009 年 9 月に超新星が検出されています。



【▲棒渦巻銀河「NGC 7329」（Credit: ESA/Hubble & NASA, A. Riess et al.）】

この画像は「ハッブル」宇宙望遠鏡の「広視野カメラ 3 (WFC3)」による観測データをもとに作成されました。私たちがスマートフォンやデジタルカメラを使って被写体を撮影する場合、細かな撮影条件を設定することはあるものの、基本的には「カメラを被写体に向けてシャッターを切る」だけで済みます。しかし欧州宇宙機関(ESA)によると、ハッブル宇宙望遠鏡を使って冒頭のような天体の画像を得るには、より複雑な手順が必要となるようです。ハッブル宇宙望遠鏡の WFC3 は可視光線・紫外線・赤外線の波長に対応していますが、天文学者は天体や現象の詳しい情報を得るために、望遠鏡に備わっているフィルターを使ってごく限られた狭い波長の光だけを通過させて画像として取得します。こうしてフィルター越しに取得されるのは単色のモノクロ画像なのですが、異なる波長の光を通すフィルターを幾つも使って同じ天体を撮影し、単色の画像を適切な色で着色した上で 1 枚に合成することで、人の目で見たままのような天体の姿を再現することができます。

ESAによると、冒頭の NGC 7329 の画像は 4 つのフィルター(対応する波長はそれぞれ 350nm、555nm、814nm、1.6μm) を使って取得された画像を着色・合成することで作成されたとのこと。可視光線だけでなく人の目では見えない近紫外線や近赤外線の波長も含まれますが、可能な限り現実の色合いが再現されているといいます。

冒頭の画像はハッブル宇宙望遠鏡の今週の一枚「Four Filter Fusion」として、ESA から 2021 年 12 月 6 日付で

公開されています。関連：[幻想的なリング状構造の渦巻銀河 ハッブルが撮影した「NGC 1317」](#)

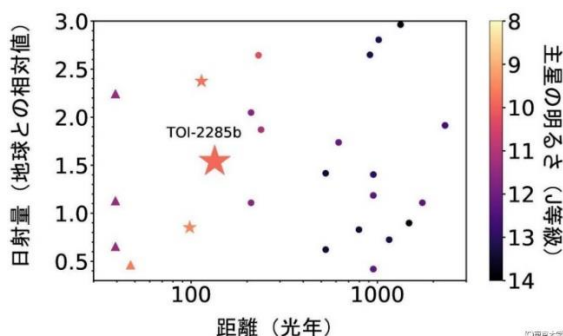
Image Credit: ESA/Hubble & NASA, A. Riess et al. Source: [ESA/Hubble](#) 文／松村武宏

<https://news.mynavi.jp/techplus/article/20211207-2219357/>

東大など、138 光年先に海がある可能性のある地球サイズの岩石惑星を発見

2021/12/07 17:55 著者：波留久泉

東京大学、アストロバイオロジーセンター(ABC)、科学技術振興機構の3者は12月6日、NASAの系外惑星探索衛星「TESS」と地上望遠鏡の連携により、138光年先に発見した系外惑星「TOI-2285b」が地球の約1.7倍の半径を持ち、日射量が地球が太陽から受ける量の約1.5倍という、これまでに発見された系外惑星の大半より弱い日射を主星から受けていることを発表した。同成果は、東大大学院 総合文化研究科 附属先進科学研究機構の福井暁彦特任助教、東大大学院 理学系研究科 地球惑星科学専攻の木村真博大学院生、ABCの平野照幸助教、東大大学院 総合文化研究科 広域科学専攻・附属先進科学研究機構の成田憲保教授らの研究チームによるもの。[詳細は、日本天文学会の英文学術誌「Publications of the Astronomical Society of Japan\(PASJ\)」にオンライン掲載された。](#)NASAの「ケプラー宇宙望遠鏡」は、2009年から2018年の活動で4000個以上の系外惑星を発見してきた。そうして発見された系外惑星の中には、地球に近い生命の存在が期待される温暖かつ小型のものが多数含まれている。しかし、ケプラー宇宙望遠鏡で発見された惑星系の大半は太陽系から500光年以上遠方に位置し、主星が暗い赤色矮星であるため、惑星の質量や大気組成といった詳細な情報を得ることが困難であり、詳細を確認できていない。そこで現在、ケプラー宇宙望遠鏡の後継機に当たるTESSが、全天の明るい恒星を対象に系外惑星の探索を行っている。ただし、ケプラーやTESSなどの宇宙望遠鏡による観測で発見できるのは、あくまでも惑星の「候補」であり、それらが間違いなく惑星であると確認するためには、候補天体をより詳細に観測し、検証を行う必要がある。



これまでに発見された系外惑星のうち、半径が地球の2倍以下の惑星の、地球からの距離(横軸)と主星から受ける日射量(縦軸)の分布。丸、星、三角の印はそれぞれケプラー宇宙望遠鏡、TESS、および地上の望遠鏡で発見された惑星が示されている。プロットの色は主星の近赤外線での明るさ(J等級)が示されており、黄色に近いほど明るい。大きい星印がTOI-2285bで、プロットされている惑星の中では4番目に主星が明るい (C)東京大学 (出所:プレスリリース PDF)

地上の望遠鏡を用いたそうした検証観測は世界中で行われており、東大とABCの研究者を中心としたチームも、国内外3つの望遠鏡に設置された、可視光域の3もしくは4つの波長帯で同時にトランジット観測を行える多色撮像装置「MuSCAT(マスカット)」シリーズ、およびすばる望遠鏡に搭載された赤外ドップラー観測装置「IRD」などを用いて、TESSの探索で発見される惑星候補天体の検証観測を実施中だという。

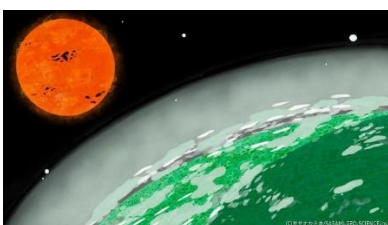
そうした中で研究チームは今回、検証観測を行った惑星候補の中から太陽系の比較的近傍(138光年先)の恒星を公転する惑星「TOI-2285b」を発見。TOI-2285bは半径が地球の約1.7倍と比較的小さく、低温度(約3200°C)の赤色矮星を周期約27日で公転している。TESSで発見された惑星候補天体が本物の惑星かどうかを検証するためには、複数の波長でトランジット観測を行うことが重要だが、TOI-2285bのトランジットは27日に1回しか

起こらないため、地上から好条件(夜間かつ快晴)で観測できる機会は限られてしまうという課題があった。研究チームは MuSCAT シリーズを国内外 3 台の望遠鏡に配置していたこともあり、観測頻度を高めることに成功。TOI-2285b が惑星であることを確認することに成功したほか、すばる望遠鏡の IRD を用いることで、惑星の質量の上限値(地球質量の 19 倍)を得ることに成功したとする。



TOI-2285b の発見に貢献した観測装置たち。左からスペイン・テネリフェ島のテイデ観測所の 1.52m 望遠鏡に搭載された MuSCAT2、ハワイ・マウイ島のハレアカラ観測所の 2m 望遠鏡に搭載された MuSCAT3、すばる望遠鏡の IRD。画像はないが、国立天文台 岡山天体物理観測所の 188cm 望遠鏡に装備されているのが MuSCAT1 となる (C)東京大学(MuSCAT2/3)/アストロバイオロジーセンター(IRD) (出所:東大 Web サイト)

TOI-2285b と主星の距離は、地球と太陽の距離の 1/7 ほどの 2150 万 km 弱しかないが、主星が低温のため、惑星が主星から受ける日射量は、地球が太陽から受ける日射量の約 1.5 倍ほどと見積もられている。この日射量は、これまでに発見されたほかの多くの系外惑星と比べると穏やかだというのが、それでももし惑星が地球と同じように薄い大気しか持たない岩石惑星であった場合、惑星表面の水がすぐに干上がってしまう程度には強力だという。ただし、もし惑星の中心核の外側に H₂O の層が存在していて、かつその外側を水素を主体とする大気が覆っていた場合、H₂O 層の一部が液体として安定的に存在する可能性があるとする。そのような内部組成を仮定した上で、TOI-2285b の内部の温度と圧力のシミュレーションが実施されたところ、惑星の表層に液体の水(海)が存在する可能性があることが導き出されたという。今後、実際に TOI-2285b の表層に液体の水が存在するかどうかを調べるためには、まずは惑星の質量を正確に測定し、すでに判明している惑星の半径や日射量の情報と合わせて惑星の内部組成を制約することが重要となるという。惑星の質量を測定するためには、主星が十分に明るい必要がある。本来、赤色矮星は表面温度が低いために赤く暗いが、138 光年の距離なら赤外線で見えることから、IRD のような大型望遠鏡に取り付けられた赤外ドップラー観測装置を用いることで、実際に質量の測定が可能だとする。今回の研究では、惑星の質量についてはまだ上限値しか得られていないが、今後のさらなる観測によって惑星の正確な質量が測定されれば、惑星の内部組成により迫ることができると期待されるとするほか、打ち上げが間もなく行われる予定の NASA のジェームズ・ウェッブ宇宙望遠鏡などの次世代望遠鏡により、惑星の大気組成を調べることで、大気中に水などの分子が存在するかどうかを明らかにできる可能性もあるとする。研究チームでは、TOI-2285b の発見は、将来の系外惑星における「生命の痕跡探し」への重要な一歩ともいえるとしており、今後、次世代の大型宇宙望遠鏡や地上の巨大望遠鏡により、温暖な系外惑星の大気中に水や酸素などの生命の痕跡となる分子を探る研究が可能になることが期待されるとしている。また、TESS は少なくとも 2022 年まで探索を継続する予定のため、今回と同様に地上望遠鏡との連携を行うことで、TOI-2285b と同等、もしくはより有望な惑星の数を今後さらに増やすことができると期待されるともしている。



水素大気と海を持つ系外惑星を想像して描かれた TOI-2285b のイラスト (C)ササカミホ/SASAMI-GEO-SCIENCE,inc. (出所:プレスリリース PDF)

Kavli IPMU など、Ia 型超新星の爆発の瞬間から 5 時間以内の閃光の撮影に成功

2021/12/10 16:27 著者：波留久泉

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)や京都大学、広島大学などの研究チームは 12 月 9 日、東京大学 木曾観測所の 1.05m 木曾シュミット望遠鏡に搭載された「Tomo-e Gozen(トモエゴゼン)」カメラを用いた観測により、Ia 型超新星「Tomo-e 202004aaelb(SN2020hvf)」の爆発から 5 時間以内にパルス状の閃光が現れる様子を捉えることに成功したこと、ならびに京都大学岡山天文台のせいめい望遠鏡を用いた観測により、今回観測された Ia 型超新星が、通常のものより明るい特異な Ia 型超新星であることを突き止めたこと、それらのデータをもとにシミュレーションによる解析を行い、爆発した白色矮星の周囲に存在した大量の物質と超新星爆発が衝突したことで初期閃光が生じたことを明らかにしたなどを発表した。

同成果は、Kavli IPMU のジャン・ジアン特任研究員、京大大学院 理学研究科の川端美穂研究員、同・前田啓一准教授をはじめとする、東大、京大、広島大学、国立天文台、東北大などの 31 名の研究者が参加する国際共同研究チームによるもの。[詳細は、米天体物理学専門誌「The Astrophysical Journal Letters」に掲載された。](#)

およそ太陽質量の 8 倍以下の星の亡骸である白色矮星が連星系を構成する場合、もう一方の恒星の力を利用して起こす Ia 型と呼ばれる超新星がある。こうした Ia 型超新星では、白色矮星が相方の恒星からガスを剥ぎ取って自身に降り積もらせ、その結果として白色矮星の質量が、太陽の約 1.4 倍の「チャンドラセカール限界質量」に十分近づいた場合、最終的に核反応の暴走が起きて超新星爆発に至ると考えられている。

Ia 型超新星は、太陽の約 50 億倍という非常に明るい現象であり、さらにその明るさがどの Ia 型超新星でも一定していることが知られている(近年、一定ではない例外的な Ia 型超新星も発見されている)。しかし、そうした Ia 型超新星が、どのやって引き起こされるのか、またどのようにして爆発の引き金が引かれるのかといった基本的な部分についてすら、まだよくわかっていないという。そうした謎の解明に向け、東大木曾観測所の 1.05m 木曾シュミット望遠鏡に搭載された Tomo-e Gozen カメラを用いて、爆発から 1 日以内の爆発初期段階にある Ia 型超新星を捉えることを試みているのが、ジャン特任研究員らの研究チームである。

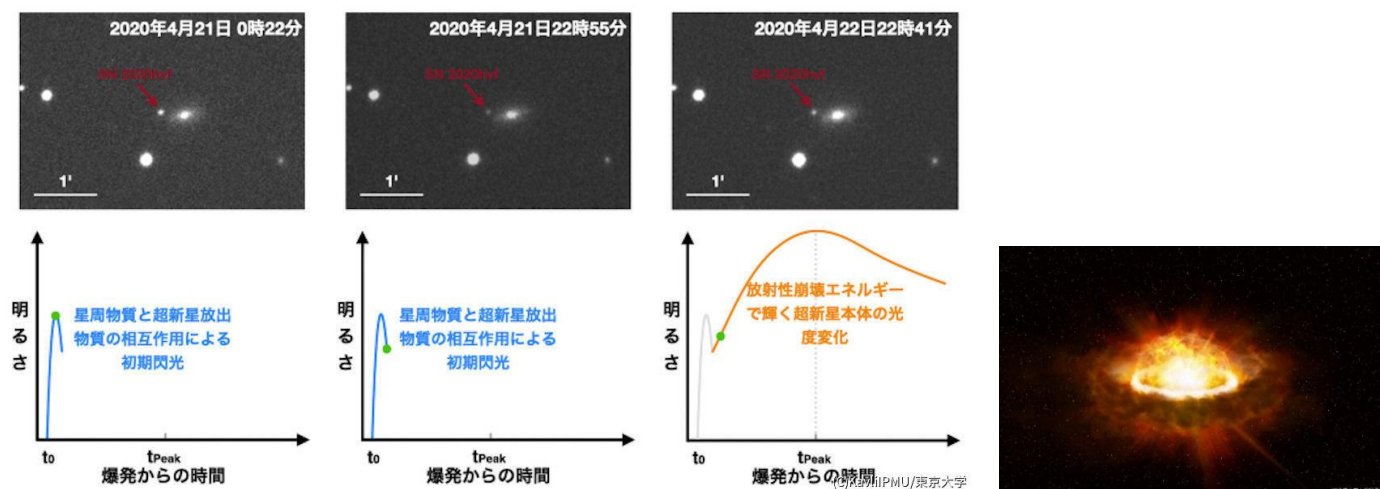
2019 年 9 月に本格稼働を開始した Tomo-e Gozen カメラは、計 84 枚の CMOS イメージセンサー組み合わせた 1 億 9000 万という画素数と、1 秒あたり 2 回という高頻度で一度に 20 平方度の視野の動画撮影が可能であり、超新星爆発をはじめとしたいつでもどこで起きるかわからない突発的な天体現象を捉え、その時間変化を詳細に調べることが得意としている。研究チームは今回、Tomo-e Gozen の観測で発見された爆発初期の超新星を定期的にチェックする中で、2020 年の 4 月 21 日にしし座近くの銀河「NGC3643」の近傍で発見された Ia 型超新星の Tomo-e 202004aaelb に着目。観測から、爆発直後にパルス状の閃光が示されたあとに一旦暗くなり、また明るくなるという、短時間での大きな光度変動が示されることを確認。今回の発見は、爆発後約 5 時間しか経過していないという初期の段階でのものと考えられるとしている。

また、せいめい望遠鏡を用いた追加観測から、爆発直後のスペクトルが、これまで知られているどのタイプの超新星とも異なる特徴が示されたとする一方、最も明るいタイプの Ia 型超新星との類似点もいくつか見出されたという。実際、時間とともにそのスペクトルは以前に発見された明るい Ia 型超新星の特徴との一致を示すようになったとしている。さらに、閃光が生じ得るさまざまな状況や過程のシミュレーションと、実際の観測データとを比較したところ、爆発した白色矮星の周囲に大量の物質が存在し、これが超新星によって生じた爆風と衝突したことでエネルギーが放出され、それが閃光を引き起こしたと理解できることが示されたという。

今回の成果は、通常の Ia 型超新星とは明らかに異なる進化過程が必要とされることから、今後、特異な Ia 型超新星の爆発機構として提案されているさまざまな理論予想を調べる手がかりになると期待されるという。

また、Tomo-e202004aaelb のような、飛び抜けて明るいタイプの Ia 型超新星の説明として、白色矮星が非常に

高速で自転しているためにチャンドラセカール限界質量を超えた質量を持つ白色矮星が形成され、それが爆発した可能性が議論されているが、今回発見された大量の星周物質は、このようなシナリオを検証する上で鍵になる情報として期待されるともしている。研究チームは今後も、爆発初期の超新星の発見および即時追観測を遂行することを計画しており、そうした取り組みを通じて、特異なタイプに加えて、一般的な Ia 型超新星に対してもその起源の理解が進展することが期待されるとしている。



(上)Tomo-e Gozen による Tomo-e202004aaelb の最初期の観測画像(2020 年 4 月 20 日から約 1 日おきの画像)。(下)同時刻における光度の進化の様子(時間に対して光度が示された光度曲線)。緑の点は、上の超新星観測時と対応する光度の段階が示されている (C)KavliIPMU/東京大学 (出所:Kavli IPMU Web サイト)
Ia 型超新星 Tomo-e202004aaelb を取り囲む星周物質と超新星放出物質の衝突のイメージ (C)東京大学木曾観測所 (出所:広島大 Web サイト)

<https://news.mynavi.jp/techplus/article/20211207-2219388/>

銀河団内の向かい風が「超淡銀河」を形成する様子、すばる望遠鏡が観測に成功

2021/12/07 18:14 著者：波留久泉

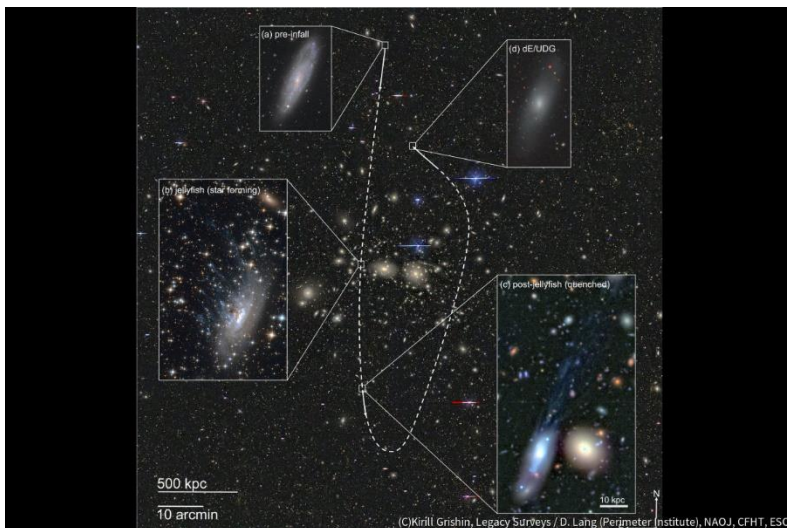
すばる望遠鏡(国立天文台)はハワイ現地時間の 12 月 5 日、銀河団に属する銀河が銀河団内を移動する際に「向かい風」のようにして受ける高温ガスが、銀河団に数多く存在する星の数が少なくて淡く広がった「超淡銀河」の形成に大きな役割を果たしている様子が、同望遠鏡の広視野画像などを用いた研究から明らかになったと発表した。同成果は、ロシア、アメリカ、日本、フランス、アラブ首長国連邦の研究者からなる国際研究チームによるもの。詳細は、英科学誌「Nature」系の天文学術誌「Nature Astronomy」に掲載された。

超淡銀河は、非常に薄く広がった銀河で、天の川銀河と比べるとおよそ 100 分の 1 以下の星しか含まず、新たな星形成も見られないことが特徴とされている。その大きさや形はさまざまで、矮小楕円銀河のように丸くて滑らかな形もあれば、ほかの銀河との相互作用で歪んだ形をしているものもある。かみのけ座銀河団では約 1000 個の超淡銀河が発見されており、同銀河団の約 8 割を、超淡銀河と矮小楕円銀河が占めてると考えられている。これほどありふれた存在でありながら、超淡銀河の起源と進化はまだよく理解されていない。矮小楕円銀河と同様に、超淡銀河も初期の宇宙で形成された後、ほかの銀河との合体による成長がなかった銀河という可能性がまず考えられている。また、初期の星形成で発生した超新星爆発によって銀河が膨張し、その後の星形成が阻害された可能性も考えられるとする。さらに、銀河団の高温ガスによる向かい風や、ほかの銀河との遭遇による潮汐力も同様の役割を果たした可能性があるほか、最初から超淡銀河になるような特異な性質があった可能性も考えられるなど、複数の説が唱えられている。そうした中、研究チームが今回着目したのが、超淡銀河の前段階と考えられる薄く広がった銀河。かみのけ座銀河団と Abell2147 銀河団の銀河カタログから、爆発的な星形成が終わ

ったあとの平均年齢が 15 億年以下の比較的若い星から構成されている、薄く広がった 11 の銀河を選出。すばる望遠鏡の主焦点カメラ Suprime-Cam(シュプリーム・カム)と Hyper Suprime-Cam(ハイパー・シュプリーム・カム)のアーカイブ画像に加え、米・アリゾナ州ホプキンス山にある MMT 観測所の口径 6.5m マルチミラー望遠鏡を用いた分光観測で、銀河の形状や周辺の様子と銀河内の星の性質が調べられた。

すばる望遠鏡による画像調査の結果、銀河団ガスの向かい風によって銀河ガスがはぎ取られたことを示す「尾」のような構造が、どの天体にも付随していることが判明したほか、MMT 望遠鏡による分光観測から、それぞれの銀河における星形成の歴史が推定された。これらの結果を合わせることで、新たなシナリオとして、これらの銀河は約 120 億年前に形成され、約 10 億年前から 2 億年前にかけて、銀河団の中心領域に向かって落下(移動)する際、銀河団ガスの向かい風によって、爆発的な星形成が誘発されるとともに、銀河ガスのはぎ取りが起こったというものが提案されることとなったとする。ガスのはぎ取りや星形成が進んで銀河内のガスが消費されると、星形成は停止してしまう。11 個の銀河はどれも、このようにして形成されたと推測されるという。これから先、新たな星形成がないまま数十億年がたつ間に、星が次々と死んでいくことで銀河は暗くなっていく。そして、長い時間の間に星の数が減少していき、場合によってはほかの銀河との相互作用を受けることで薄く広がり、最終的には超淡銀河や矮小楕円銀河になると考えられるという。

なお研究チームでは、今回の統計的な推定から、かみのけ座銀河団にある超淡銀河の約半数は、銀河団ガスの向かい風による星形成の誘発とガスのはぎ取りという過程を経て、できたのではないかと結論付けたとしている。



渦巻銀河から超淡銀河への進化を表す概念図。(a)星生成をしている軽量の渦巻銀河が銀河団の重力に捕らえられると、(b)銀河団の中心部へ落ちていく間に、銀河団ガスの圧力で星生成が活発化しつつ、銀河からガスがはぎ取られていく。なお、はぎ取られたガスの「尾」の部分でも星形成が起こることがあるという。(c)ガスのはぎ取りや星形成で銀河のガスが消費された結果、星形成は停止、銀河円盤は広がって、今回の研究で観測された天体のようになるとした。(d)そして、星形成のないまま数十億年が経過すると、元の銀河の質量やガスの量によって、超淡銀河や矮小楕円銀河になるという (C)Kirill Grishin, Legacy Surveys / D. Lang (Perimeter Institute), NAOJ, CFHT, ESO (出所:すばる望遠鏡 Web サイト)

<https://sorae.info/astronomy/20211210-udg.html>

星が少なく薄く広がった「超淡銀河」は銀河団ガスとの衝突によって形成された？

2021-12-10 [松村武宏](#)

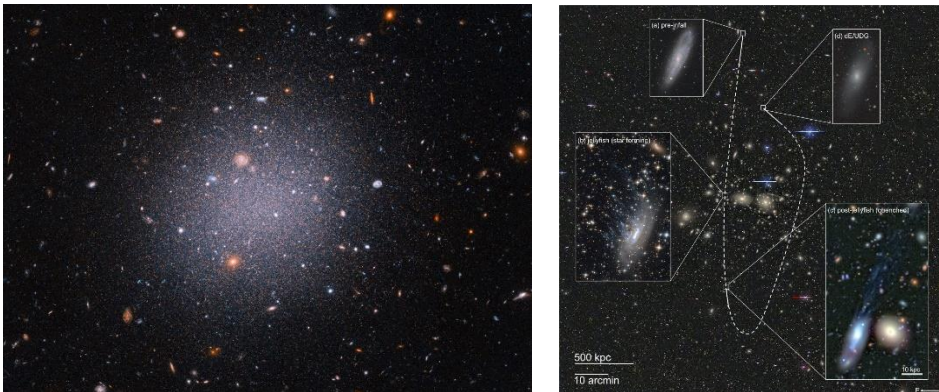
モスクワ大学シュテルンベルク天文研究所の Kirill A. Grishin さんらを筆頭とする国際研究グループは、「超淡銀河」(UDG : Ultra-diffuse Galaxy、超拡散状銀河)と呼ばれるタイプの銀河がどのようにして形成されるのか、その起源と進化に迫った研究成果を発表しました。研究グループによると、超淡銀河の一部は数百～数千以上の銀

河が集まる銀河団に存在するガスの“向かい風”を受けた結果形成された可能性があるようです。

■銀河団ガスと衝突した結果、薄く広がった超淡銀河に進化した可能性

国立天文台によると、超淡銀河は非常に薄く広がった銀河で、星の数は天の川銀河の100分の1以下とされています。その大きさや形態は多様で、小さく暗い楕円銀河である矮小楕円銀河に似た丸くなめらかな形を持つものもあれば、他の銀河との相互作用によって形がゆがんでいるものもあるとされています。

一般にはあまり聞き馴染みがない種類の銀河ですが、「かみのけ座」の方向約3億2000万光年先にある「かみのけ座銀河団」では約1000個の超淡銀河が見つかっていて、銀河団を構成する銀河のうち約8割を占めているとみられています。このように数の上ではありふれた存在にもかかわらず、超淡銀河の起源や進化についてはまだよくわかっていないとされています。



【▲超淡銀河の一例「NGC 1052-DF2」(※今回の研究では分析の対象外) (Credit: NASA, ESA, STScI, Zili Shen (Yale), Pieter van Dokkum (Yale), Shany Danieli (IAS), Processing: Alyssa Pagan (STScI))】

【▲渦巻銀河から超淡銀河への進化を示した概念図。(a)~(d)は進化の各段階に対応するとみられる実際に観測された銀河の姿 (Credit: Kirill Grishin, Legacy Surveys / D. Lang (Perimeter Institute), NAOJ, CFHT, ESO)】

国立天文台によると、宇宙初期に誕生してから他の銀河と合体して成長する機会がなかったり、初期に誕生した星の超新星爆発による銀河の膨張・銀河の移動にともなう銀河団ガス(銀河団に存在する高温ガス)との衝突・銀河どうしの相互作用などによって星形成活動が阻害されたりした可能性などが考えられるとされています。

そこで研究グループは超淡銀河そのものではなく、今はまだ明るくても将来は超淡銀河に進化するかもしれない銀河に注目。平均年齢15億年以下という比較的若い星で構成されているものの現在は星形成活動がみられない薄く広がった銀河を、「かみのけ座銀河団」から9個、「Abell(エイベル)2147銀河団」(ヘルクレス座の方向約5億1000万光年先)から2個選び出しました。これら11個の銀河について国立天文台ハワイ観測所の「すばる望遠鏡」による過去の観測データを調べたところ、銀河団ガスとの衝突によって銀河からはぎ取られたガスや星で形成されたとみられる「尾」のような構造が、どの銀河にも付随していることが判明したとされています。

研究グループは、アリゾナ州のMMT天文台にある「マルチミラー望遠鏡(MMT)」による新たな観測データから推定された星形成の歴史とあわせた上で、渦巻銀河が超淡銀河へと進化する以下のようなシナリオを提唱しています(アルファベットは上掲の画像における銀河の拡大画像に対応しています)。

銀河(a)が銀河団の中心領域に向かって移動すると、銀河団ガスと衝突することで爆発的な星形成が誘発されるとともに、銀河団ガスの圧力によって銀河からガスがはぎ取られます(b)。ガスは星の材料であるため、ガスのはぎ取りや激しい星形成活動によって銀河のガスが消費されることで、やがて星形成が停止します(c)。今回分析された11個の銀河は、こうして形成されたとみられています。

そして新たな星が誕生しないまま数十億年が経つと、恒星が次々に寿命を迎えていくことで銀河は次第に暗くなっていきます。星の数が減ったり他の銀河と相互作用したりすることで銀河は薄く広がっていき、最終的には超淡銀河や矮小楕円銀河に進化する(d、銀河のもとの質量やガスの量による)と研究グループは考えています。

つまり、超淡銀河の起源と進化は「銀河団ガスとの衝突」(研究グループは銀河団ガスの「向かい風」と表現)で

説明できるというわけです。研究グループは、かみのけ座銀河団に存在する超淡銀河のうち約半分は、銀河団ガスとの衝突による星形成の誘発とガスのはぎ取りを経て形成されたと推定しています。

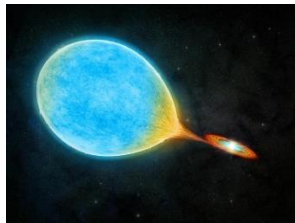
関連：[重なる渦巻銀河と星空に秘められた淡い銀河、ヨーロッパ南天天文台が公開](#)

Image Credit: Kirill Grishin, Legacy Surveys / D. Lang (Perimeter Institute), NAOJ, CFHT, ESO

Source: [国立天文台](#) 文／松村武宏

<https://sorae.info/astrometry/20211211-missing-link.html>

プレ ELM 白色矮星の観測に成功！連星進化のミッシングリンクを埋める成果



2021-12-11 [吉田 哲郎](#) 【▲50 年前から理論的に存在が予想されていた新しいタイプの連星「プレ ELM 白色矮星」(左)の想像図。右側には降着円盤をともなう白色矮星が描かれている。(Credit : M.Weiss/Center for Astrophysics | Harvard & Smithsonian)】

ハーバード・スミソニアン天体物理学センター (Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics) の研究者たちは、50 年前から理論的に存在が予想されていた新しいタイプの連星の観測に成功しました。

太陽などの中小質量の恒星は、最終的に、97%の確率で白色矮星になります。白色矮星とは、燃料を燃やし尽くした後、収縮して暗くなった小さな高密度の天体のことです。しかし、これらの星の一部は、まれに質量が極端に小さい (extremely low mass : ELM) 白色矮星になることがあります。質量が太陽の3分の1未満であるこれらの星は、計算が正しければ、その年齢は138億年よりも古くなります。つまり、宇宙自体の年齢よりも古くなるため、物理的にありえません。天文学者たちは、今の宇宙で ELM 白色矮星が形成される唯一の方法は、連星を組む別の星の助けを借りることだと長年にわたって考えてきました。近接して公転する星に質量を奪われるとすれば、宇宙の年齢よりも短い期間で ELM 白色矮星に進化する可能性があるというのです。

天文学者は、太陽のような通常の質量を持つ恒星と白色矮星からなる連星において、恒星が白色矮星に降着円盤を形成する様子を観測してきました。このような連星系は激変星とも呼ばれます。また、ELM 白色矮星が通常の白色矮星と一緒にいるところも観測されています。しかし、激変星が質量の大半を失って収縮し、ほぼ ELM 白色矮星へと進化する過渡期の姿は観測されていませんでした。つまり、連星の進化にもミッシングリンク (missing link : 失われた環) が存在するのです。生物進化に例えれば、ジャングルである生物を見つけ、その生物を観察し詳細を記述します。そしてまた別の生物を探します。さまざまな種類の生物を見て、それらがどのようにつながっているのかを理解する必要があります。その結果が生物進化の解明へとつながっていきます。

天文学者たちも ELM 白色矮星になる前の天体 (プレ ELM 白色矮星、「進化した激変星」とも呼ばれます) を求めて宇宙というジャングルに分け入りしました。ESA が打ち上げた宇宙望遠鏡「ガイア」とカリフォルニア工科大学の掃天観測施設「Zwicky Transient Facility : ZTF」の新しいデータを用いて、ポスドク研究員の Kareem El-Badry 氏は10億個の星を50個の候補に絞り込み、その後21個の星を詳細に観測しました。この選択戦略は功を奏しました。「候補の100%が、わたしたちが探していたプレ ELM 白色矮星だったので」と El-Badry 氏は語っています。「これらの星は ELM 白色矮星よりも膨張していました。また、連星を組む白色矮星の引力で球形が歪み、卵型になっていました」21個の星のうち13個は、まだ白色矮星に質量を奪われている (物質移動が進行中である) 形跡があり、8個の星は、もはや質量を奪われていない (物質移動が停止している) ように見えました。

「わたしたちは、激変星と ELM 白色矮星という2つの天体の進化的なつながりと、その数がそれなりに多いことを発見しました」El-Badry 氏は、今後もプレ ELM 白色矮星の研究を続ける予定で、同氏がこれまでに発見し

た 29 個の候補星についても追跡調査を行う可能性があるとのこと。人類進化のギャップを埋める現代の人類学者のように、シンプルな科学から生まれる星の豊かな多様性に、彼は驚いているということです。

Image Credit: M.Weiss/Center for Astrophysics | Harvard & Smithsonian

Source: [Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics](https://news.mynavi.jp/techplus/article/20211210-2223215/) / [論文](#) 文／吉田哲郎

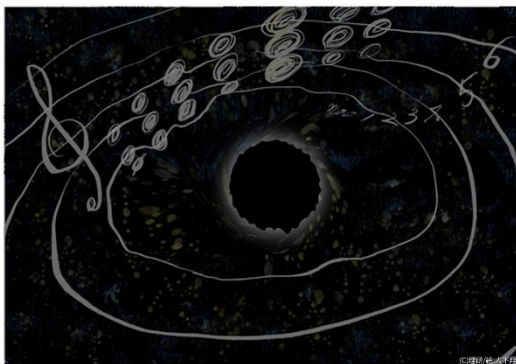
<https://news.mynavi.jp/techplus/article/20211210-2223215/>

ブラックホールの励起されやすい振動パターンの普遍的組み合わせを解明、理研

2021/12/10 17:11 著者：波留久泉

理化学研究所(理研)は 12 月 9 日、ブラックホールの振動パターンのうち、最も励起されやすい中での「普遍的な組み合わせ」を理論計算から明らかにしたと発表した。同成果は、理研 数理創造プログラムの大下翔誉基礎科学特別研究員によるもの。[詳細は、米物理学会が発行する学術誌「Physical Review」シリーズのうち、素粒子物理学や場の量子論、重力、宇宙論などを扱った「Physical Review D」にオンライン掲載された。](#)

連星を構成するブラックホールは互いに徐々に近づいていって最終的に合体し、1 つの大きなブラックホールが形成されるが、その合体直後に放射される重力波から、形成されたブラックホールの「揺らぎ」を見ることができている。一般相対性理論によれば、この合体後に放射される重力波の波形は、ブラックホールの重さと回転速度だけで決まるブラックホールの準固有振動の重ね合わせで記述できるとされている。ただし、実際のブラックホールの振動は強い減衰を伴うため、重力波の波形からその固有振動を精密に読み取ることは困難だと考えられている。一方で、数値シミュレーションのデータ解析を行った米国の研究チームによれば、ブラックホール合体時に、減衰の強い振動が大きな振幅で励起される間接的な証拠が報告されており、これが事実であれば、ブラックホールの準固有振動を高い精度で測定できることにつながることを期待されるという。そのため、なぜ、そしてどのような場合に、減衰率の高い振動パターンが強く励起されるのかを理論に基づいて系統的に理解し、裏付けることが、重要課題の 1 つとなっている。理論上、ブラックホールの振動パターンは無数に存在し、それぞれのパターンは振動数と減衰率によって特徴付けられる。さらに、それぞれの振動パターンは「励起のしやすさ(振動のしやすさ)」が決まっており、それは「励起因子」と呼ばれる値で評価することが可能であり、これまでに最も減衰率が低い 4 つの振動パターンの励起因子の精密計算が行われてきた。

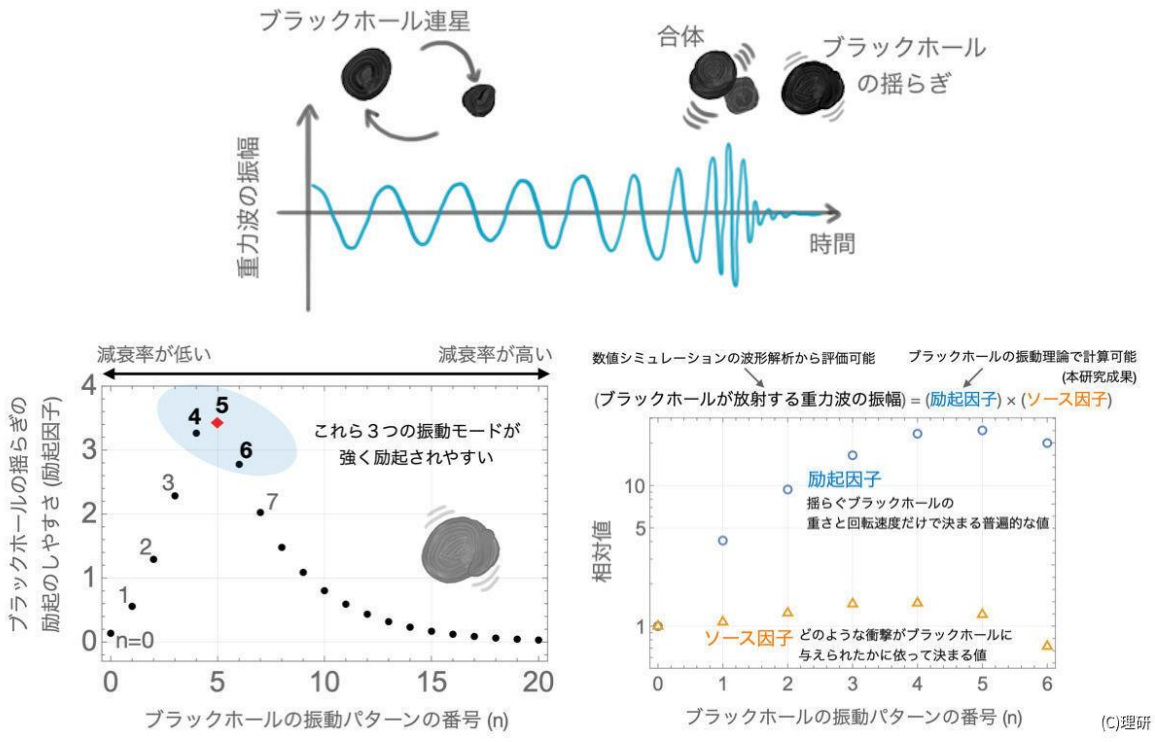


ブラックホールの揺らぎのイメージ図 (C)理研/絵:大下翔誉氏 (出所:理研 Web サイト)

今回、大下基礎科学特別研究員は、計算上扱いやすい特殊関数の「ホイン関数」によって、膨張宇宙におけるブラックホールの揺らぎを厳密に記述可能なことを利用し、膨張宇宙内のブラックホールが固有に持つ 21 の振動パターンに対して、励起因子の計算を実施したほか、実際の宇宙では宇宙膨張の効果が極めて小さいことから、空間膨張が弱い極限での励起因子を評価する方法を開発。ブラックホールの回転パラメータを典型的な値である 0.7 にした場合、5、6、7 番目に減衰率の低い振動パターンが、ブラックホール合体時に最も強く励起されやすいことを理論計算から示したとする。

ブラックホール合体後に放射される重力波の振幅は、今回計算されたブラックホールの重さと回転速度だけで決

まる励起因子の値と、ブラックホール合体の詳細(どのような衝撃が与えられたか)などで決まる「ソース因子」の値のかけ算で決まる。先行研究で行われたシミュレーションの解析結果と、励起因子の値を用いてソース因子の評価が行われたところ、合体後の重力波波形は、ソース因子よりも励起因子の振る舞いで主に決まることが確認された。これは、今回得られた5、6、7番目に減衰率の低い振動パターンの「普遍的な組み合わせ」が、ブラックホール連星合体後の主要な振動を記述することが示されたものだとする。



(上)ブラックホール連星合体と放射される重力波の概念図。(左下)ブラックホールのそれぞれの固有振動に対する励起因子の値。(右下)ブラックホールの固有振動それぞれに対する励起因子とソース因子の相対値 (C)理研 (出所:理研 Web サイト)

今回理論的に得られたブラックホールの振動の組み合わせは、実際の観測データや数値シミュレーションの解析とは独立に導かれたものであり、これまでデータ解析だけで見出されていたブラックホールの揺らぎの特徴を、理論的に説明することに成功したものとなるという。今回の成果は、ブラックホールの合体の詳細によらず、揺らぎのパターンの組み合わせがほぼ励起因子の値で決まることを示唆するものであり、ブラックホールの揺らぎから放射される重力波の波形に関する理論的モデル化に貢献することが期待できるという。

また、今後の重力波観測で探るブラックホールの揺らぎに関する物理的な理解、そして一般相対性理論から導かれる、「ブラックホールは、重さと回転と電荷だけで特徴付けられること」を示す「ブラックホールの無毛定理」のさらなる精密検証にも応用できる可能性があるともしている。

<https://news.mynavi.jp/techplus/article/20211210-2223260/>

日本の超小型探査機「OMOTENASHI」と「EQUULEUS」は月に飛んで何をする？

2021/12/10 17:39 著者：大塚実

目次 [相乗りで10機もの超小型探査機が月へ！](#) [世界「最小」の月面着陸を実現できるか](#)

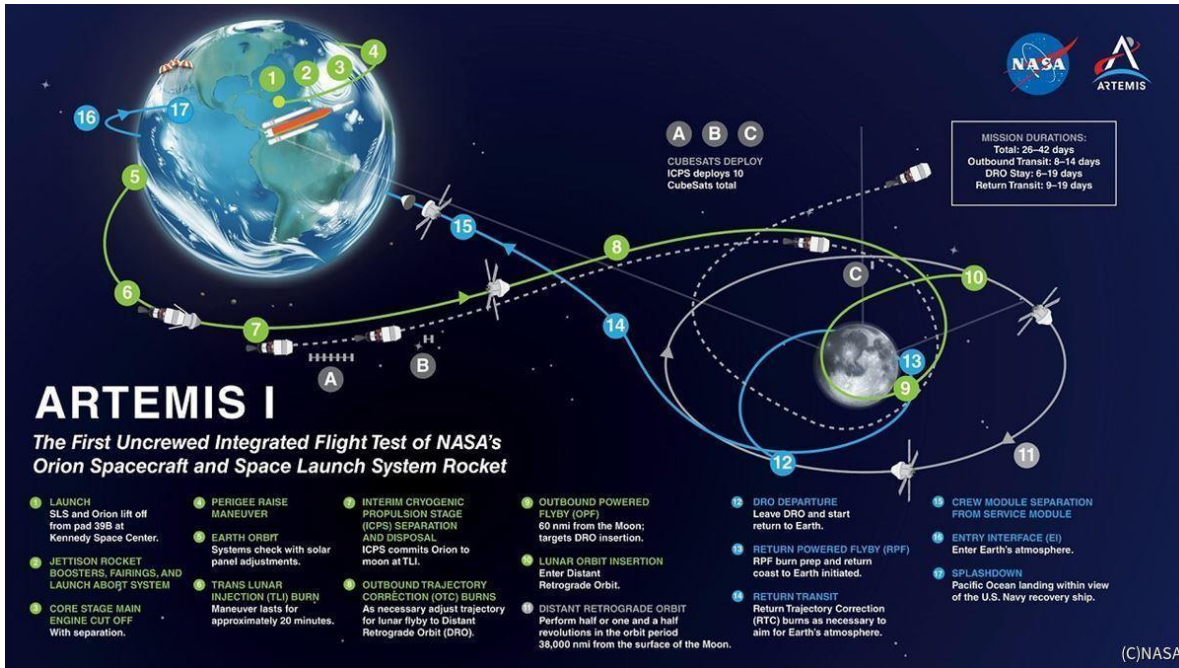
[1リットルの水でラグランジュ点を目指せ](#)

宇宙航空研究開発機構(JAXA)は11月25日、2機の超小型探査機「OMOTENASHI」「EQUULEUS」に関する記者説明会を開催した。両機はNASAの大型ロケット「SLS」(Space Launch System)初号機に搭載され、月へ向かう。SLSの完成は予定より大幅に遅れているが現時点で、打ち上げは2022年2月12日以降になる見込みだ。

相乗りで 10 機もの超小型探査機が月へ！

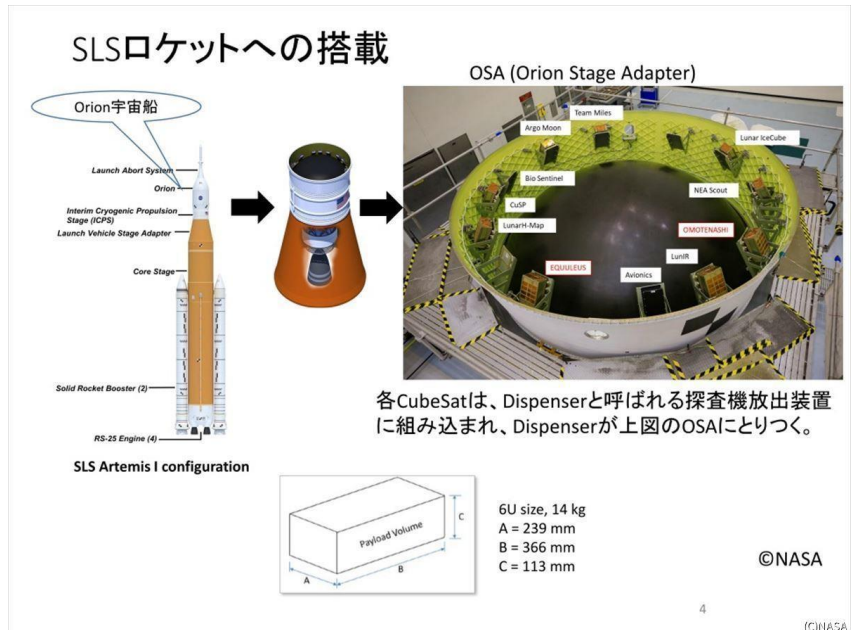
米国が主導する「Artemis」(アルテミス)計画は、月面での持続的な有人活動を目指す国際協力プロジェクトである。まず 2024 年までに、再び人類を月面へ送り込み、その後、月周回軌道に新たな宇宙ステーション「ゲートウェイ」を建設。ここを拠点に、月面基地を構築し、将来的には、有人火星探査も視野に入れている。

Artemis 計画のために開発されているのが、有人宇宙船「Orion」と大型ロケット「SLS」である。SLS 初号機「Artemis I」は、試験のために無人の Orion を搭載。Orion は月周回軌道に投入された後地球に帰還する予定だ。



Artemis I のミッション図。Orion を打ち上げ、地球に帰還させる (C)NASA

日本は小惑星探査機「はやぶさ 2」の打ち上げ時、ロケットの余剰能力を活用し、超小型探査機「PROCYON」(プロキオン)を相乗りさせていた。Artemis I も同様に、6U サイズ(10x20x30cm)のキューブサットの打ち上げ機会を提供。当初は米国内のみで選定が進んでいたが、空きがあったため国際パートナーに声がかかったという。条件は、有人探査を推進する技術・科学ミッションを含むということ。JAXA には 2015 年 8 月に連絡があり、提案の締め切りまでたった 2 カ月しかなかったものの、複数のミッションを提案し、OMOTENASHI と EQUULEUS が選定された。当時は 2018 年の打ち上げ予定で、開発期間が 1 年半ほどしかなく、JAXA 内で開発を進めることとなった。Artemis I には、日本の 2 機のほか、米国 7 機、イタリア 1 機の合計 10 機の探査機が搭載。もともとは 13 機の予定だったが、3 機は間に合わなかったようだ。



相乗り探査機のロゴ。様々なミッションが計画されている (C)NASA

相乗り探査機はすでに搭載されており、打ち上げを待つばかり (C)NASA

これらの相乗り探査機は、宇宙船とロケット上段の間のアダプタ内に設置。Orion を月遷移軌道に投入した後、分離される。SLS 上段は月のそばを通過し、惑星間空間へと投棄されるが、この間、分離のタイミングは探査機側で自由に選ぶことができる。日本の2機は、ヴァン・アレン帯付近という、早いタイミングでの分離を予定している。打ち上げ日は、まだ「2022年2月12日以降」としか分かっておらず、正式な日時については、同年1月初頭に実施予定のリハーサル試験後に決定されるという。2機のうち、OMOTENASHI は月面着陸を計画しているのだが、打ち上げが大幅に遅れなければ、日本初の月面着陸になる可能性が高い。その点でも注目だ。

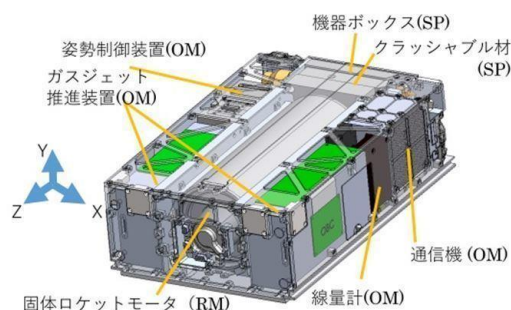
世界「最小」の月面着陸を実現できるか

「OMOTENASHI」(オモテナシ)は、革新的な月面着陸技術の実証を目的とした探査機である。橋本樹明氏(JAXA 宇宙科学研究所 宇宙機応用工学研究系 教授)によれば、すでに選定されていた他の相乗り探査機に極域の水を観測するミッションが多かったことから、競争を避け、他に無かった着陸を提案したという。

最大の特徴は、キューブサットクラスの小さな探査機で、月面着陸するという世界初の技術に挑むことだ。通常は、どんなに小さくても、着陸機は数 100kg 程度にはなる。しかしキューブサットで実現できれば、コストは桁違いに下がる。橋本氏は「大学や中小企業、個人でも可能になる。敷居が下がり、いろんなアイデアが出てくる」と期待する。またコストが下がれば、たくさん打ち上げて、月面の様々な場所を調べることができる。大型計画とは、補完的な役割も期待できるだろう。しかし月面着陸で小型化が難しいのは、火星と違って大気が無いため、パラシュートなどの空力的な減速手段が使えないからだ。減速のためには、どうしてもロケットによる大きな推力が必要になってしまう。基本的に、探査機を小さくするには、部品やコンポーネントを小さくしていけば良い。ただし推進系には、バルブなど一定以下にできないものもあり、構造効率がどんどん悪化するため、小型化には限界がある。OMOTENASHI は、「どこまで小型化できるかの挑戦」(橋本氏)なのだ。

探査機の構成図

OMOTENASHI探査機は3つの部分から構成される。
着陸直前にRM+SPがOMから分離される。



- Orbiting Module (OM) 7.6 kg
- Rocket Motor (RM) 4.3 kg
- Surface Probe (SP) 0.7 kg
- 合計 12.6 kg

9

(画像クレジット: JAXA)

(C) JAXA

橋本樹明氏(JAXA 宇宙科学研究所 宇宙機応用工学研究系 教授)

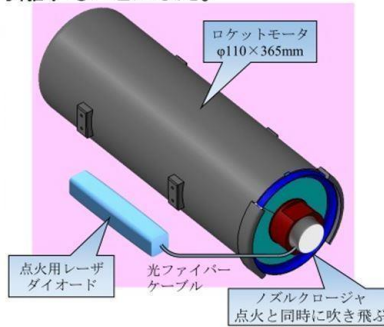
OMOTENASHI の構造。3つのモジュールから構成される (C)JAXA

液体ロケットは高性能だが、構造が複雑なため、小型化には向かない。事実上、固体ロケットしか選択肢は無く、今回、直径 11cm の超小型固体ロケットモーターを開発した。しかしこれでも探査機的全重量を着陸させるのは不可能なため、点火時に着陸部以外は投棄する仕組みになっている。

超小型固体ロケットモータ

- 着陸に必要な燃料を削減するためには、高効率な推進系が必要。しかし高性能な液体推進系は、燃料タンク、配管、エンジンなどの構造重量が大きくなる。固体ロケットしか解がない。
- 固体ロケットは点火装置(安全機能付き)が大型になる。そこで、レーザー着火方式を採用した。
- 固体ロケットを用いても、探査機全体を着陸させることはできなかった。着陸させる部分は最小限として、軌道上で分離することにした。

推進剤の種類	推力	効率(比推力)	構造効率	制御性能
液体推進系	◎	○	×	◎
ガスジェット	×	×	◎	○
電気推進	×	◎	○	○
固体推進系	◎	○	○	×



川崎重工業と共同開発

(画像クレジット: JAXA)

4 (C)JAXA

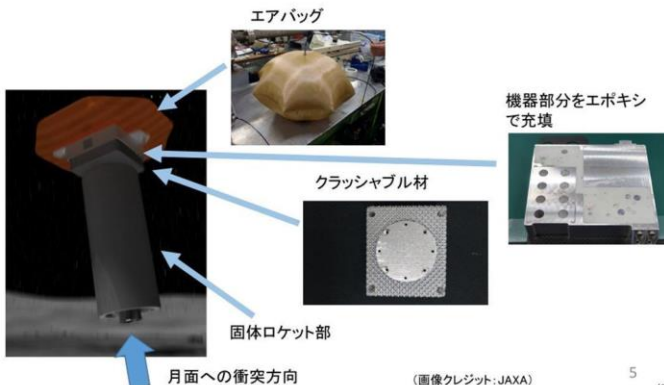
推進系のトレードオフ。このサイズだと、固体ロケットでしか実現できない (C)JAXA

一般的に“着陸”というと、逆噴射により対地速度をゼロ近くまで下げるソフトランディング(軟着陸)のことを指す。一方、無制御のハードランディングもあるが、これはむしろ着陸というより“落下”や“激突”のイメージに近い。OMOTENASHI が目指すのは、この中間といえる“セミハード”である。

ソフトランディングには推力の精密な制御が不可欠だが、固体ロケットは点火したら燃え尽きるのを待つしかない。減速度(ΔV)の誤差がどうしても大きくなるため、確実に着陸させるためには、ある程度の残留速度は許容するしかない。OMOTENASHI の場合、この速度は、秒速 50m(時速 180km)程度になる。激突の衝撃に耐えるために、着陸部の下側にアルミ製のクラッシュブル材を搭載。ここが潰れて衝撃を吸収することで、着陸部にかかる衝撃は 8,000G 程度まで抑えた。着陸部の機器内はエポキシで充填して隙間を無くしており、10,000G 以上にも耐えられる設計になっている。ちなみにエポキシの充填は、計画が中止された「LUNAR-A」のペネトレータの技術を活用している (C)JAXA なお、当初は上側からの衝撃を吸収するためにエアバッグを使う計画だったが、下側からしか衝突しないことになったため、膨張はさせる必要がなくなった。ただ、このエアバッグはアンテナとしても利用しているため、展開だけは行う。着陸部には、アマチュア無線の送信機を搭載。この電波が受信できれば、着陸の成功確認となる。欲を言えば直接月面の映像が見たいところであるが、さすがに着陸部にカメラまでは搭載できなかった。しかし本体側には搭載されているとのことで、地球の撮影を実施する予定だ。

衝撃吸収技術

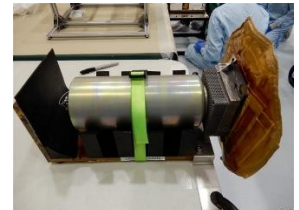
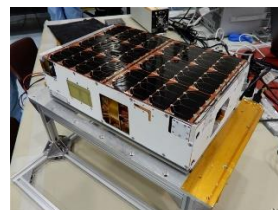
- 上部からの衝突にはエアバッグ、下部からの衝突にはクラッシュブル材を用いて衝撃を吸収する予定であった。その後、必ず下部から衝突することが示されたため、エアバッグは膨張させずに展開アンテナとして使用することとした。



(画像クレジット: JAXA)

5

(C)JAXA



OMOTENASHI は、本体(OM)7.6kg、固体ロケットモーター(RM)4.3kg、着陸部(SP)0.7kg という構成で、合計重量は 12.6kg だ。本体には、探査機を月衝突軌道へ向けるためにガスジェットの推進系も搭載。また固体ロケットモーターをスピン安定にするため、点火前には、このガスジェットを使い、本体を高速に回転させる。

本体(OM)。太陽電池は+Y 面にのみ搭載し、23.8W の発電能力がある (C)JAXA 固体ロケットモーター(RM)と着陸部(SP)。この状態で月面に衝突する (C)JAXA

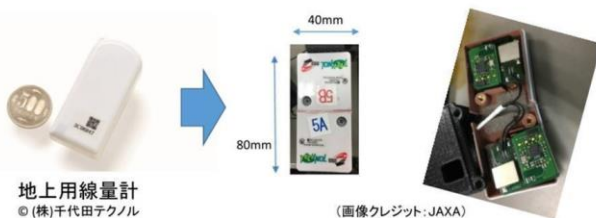
OMOTENASHI の運用

以上は工学ミッションであるが、OMOTENASHI は科学ミッションとして、放射線環境の測定も行う。そのために、民生品の携帯型線量計を改造したものを搭載。超小型のため精度は限られるものの、地球磁気圏外での観測機会は貴重だ。今後、多数の超小型探査機に搭載すれば、データの蓄積に貢献できると期待されている。

OMTENASHIのミッション(2/2)

• 地球磁気圏外での放射線環境の測定

- ✓ 宇宙放射線は、地球磁気圏での遮蔽効果があるため、国際宇宙ステーションの軌道ではかなり低く抑えられている。人類が月や火星に向かう際にはより強い放射線環境が想定されるので、その値を知っておく必要がある。
- ✓ 地球磁気圏外での放射線環境測定例は非常に少ない。そこで数十グラムの超小型の線量計を搭載し、放射線環境の測定を行う。超小型では高精度の観測はできないが、今後多数の探査機に搭載することができれば、多数の地点、時点での観測データを集めることができる。
- ✓ 地上での携帯型線量計を改造して搭載。陽子と重粒子のカウントを識別するため、2種類の閾値を持つセンサを搭載している。



OMOTENASHI の科学ミッション。地球磁気圏外で放射線環境を測定する (C)JAXA

船瀬龍氏(JAXA 宇宙科学研究所 学際科学研究系 教授東京大学大学院 工学系研究科 航空宇宙工学専攻 准教授)
1 リットルの水でラグランジュ点を目指せ

「EQUULEUS」(エクレウス)は、太陽-地球-月圏での効率的な軌道制御技術を実証するための探査機である。担当した船瀬龍氏(JAXA 宇宙科学研究所 学際科学研究系 教授、東京大学大学院 工学系研究科 航空宇宙工学専攻 准教授)は、前述の PROCYON の開発者でもあり、超小型の深宇宙探査機としてはこれが 2 機目となる。

EQUULEUS の目的地は、地球から見て月の向こう側にあるラグランジュ点 L2 だ。ラグランジュ点は、地球・月の重力と遠心力がうまく釣り合う場所で、5 カ所あることが分かっている。燃料をあまり使わずにその場所に行われることから、深宇宙港の設置場所として期待されており、月面への物資輸送や火星へ向かう中継地点として活用できる。

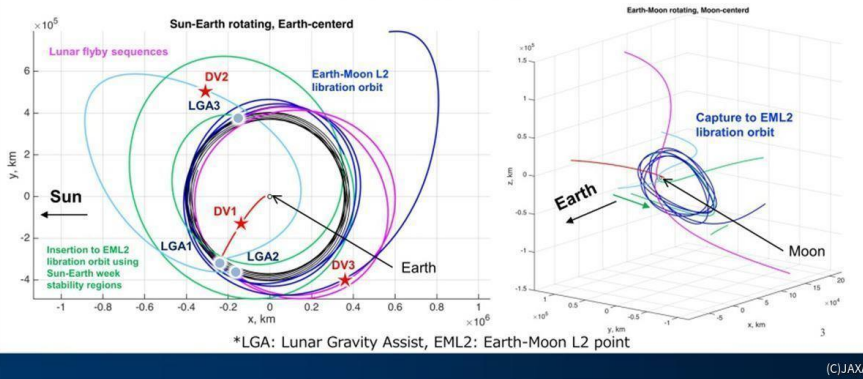
EQUULEUS は、地球-月系のラグランジュ点 L2(EML2)に、キューブサットとして初めて向かう。キューブサットは燃料をあまり搭載できないため、軌道制御能力は極めて限られる。しかし太陽や月の重力をうまく利用することで、半年~1 年程度の長い飛行期間は必要になるものの、キューブサットでも L2 へ到達できるという。

主ミッション：太陽-地球-月系における軌道操作技術の実証

月の重力アシスト（スイングバイ）/太陽潮汐力を利用した太陽-地球-月圏での効率的な軌道操作技術を実証する。

半年～1年程度以上の飛行期間はかかるが、数10m/s程度の小さなDV (deterministic)でEML2へ飛行することが可能。

<EML2への軌道設計例>



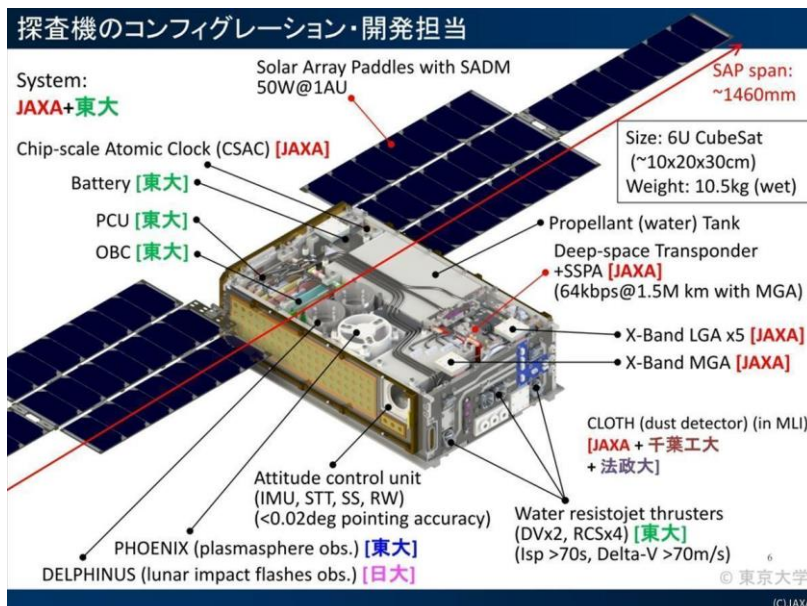
(C)JAXA

L2 へ向かう軌道の例。打ち上げのタイミングによっても軌道は変わる (C)JAXA

打ち上げ後、数回にわたって月スイングバイを実施するため、L2 へ向かう軌道は非常に複雑なものになる。ただ、これによって、L2 に直接向かうより、遙かに燃料の消費を抑えることができる。必要な制御量(ΔV)はわずかに数 10m/s 程度とのことで、これならキューブサットでも十分実現可能だ。

EQUULEUS の重量は 10.5kg。大きな特徴は、水(1.22kg)を推進剤とするレジストジェットを搭載することだ。水は無害、というか飲めるほど安全であるので、探査機の安全審査で非常に有利というメリットがある。また水は月面でも入手できる可能性があり、将来的には、宇宙で水を現地調達し、それを使ってさらに遠くに行くことも考えられる。今後、Artemis 計画などの進行によって、月への相乗り機会がさらに増えることが予想される。軌道制御技術を駆使することで、少ない燃料でも到達できる範囲が広がれば、将来の超小型ミッションの自由度が向上し、様々な科学成果が得られることになるだろう。EQUULEUS で狙っているのは、その可能性を実証することだ。EQUULEUS では、3つの科学ミッションも計画されている。「地球磁気圏プラズマ撮像」(PHOENIX)では、搭載する極端紫外光カメラを使用。地球から遠く離れることを利用し、磁気圏プラズマ全体を撮影する。地球周辺における放射線環境の理解を深めることに繋がり、JAXA のジオスペース探査衛星「あらせ」(ERG)の観測を補完することも期待されているという。

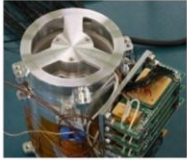
EQUULEUS の構造。キューブサットながら、ジンバル付きの太陽電池パドルを搭載する (C)JAXA



© 東京大学

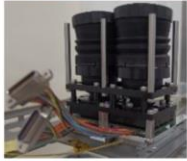
(C)JAXA

EQUULEUSの科学観測機器



PHOENIX 地球磁気圏プラズマ撮像
(Plasmaspheric Helium ion Observation by Enhanced New Imager in eXtreme ultraviolet)

- Primary science mission of EQUULEUS
- Extreme ultra-violet imager to observe the Earth plasmasphere



DELPHINUS 月面衝突閃光観測
(DEtection camera for Lunar impact PHenomena IN 6U Spacecraft)

- Optical detector of lunar impacts on the back side of the Moon from Earth-Moon L2 point
- 2 detectors installed to reduce misdetections



CLOTH 地球-月圏ダスト検出
(Cis-Lunar Object detector in THERmal blankets)

- Detector of small objects in the cis-lunar space
- Thin-film dust detector contained in and combined with the EQUULEUS's MLI (Multi-Layer Insulation)

© 東京大学

(CJAXA)

EQUULEUSに搭載された科学観測機器 (C)JAXA

「月面衝突閃光観測」(DELPHINUS)では、可視光の高速カメラにより、月面に衝突する隕石が発する閃光を観測することを狙う。L2 からなら、地球照に邪魔されず、長時間の連続観測が可能になる。これにより、月面に落下する隕石のサイズや頻度が分かり、月面の有人活動におけるリスク評価ができる。

「地球-月圏ダスト検出」(CLOTH)では、地球や月の周囲の宇宙空間に、どのくらい微粒子(宇宙塵)が漂っているのか調べる。そのために、探査機を覆う金色の MLI(多層断熱材)の中に、薄膜状のダスト検知センサーを埋め込んでいる。これにより、キューブサットながら大きな観測面積を実現した。

<https://sorae.info/space/20211210-ccaf.html>

中国で開催の商用航空宇宙フォーラム 発表された野心的な宇宙開発計画とは

2021-12-10 [KadonoMisato](#)

航空宇宙事業をテーマにしたフォーラム「第 7 回中国商用航空宇宙フォーラム (CCAF: China Commercial Aerospace Forum)」が、中国・武漢で 11 月 24 日から 26 日にかけて開催されました。同フォーラムでは中国の国営企業や国内外の民間企業から、衛星コンステレーション計画やロケットの打ち上げ、宇宙旅行についてなどの計画が発表されました。

■中国民間初の液体燃料ロケットが 2022 年に登場

商用航空宇宙の領域における中国初のフォーラムである CCAF は、2015 年から隔年で開催されています。武漢で開催された今回の第 7 回大会ではオンラインでのプレゼンテーションも多数含まれており、宇宙開発ベンチャー企業などが近い将来行う計画を発表しています。中国航天科工集团公司 (CASIC: China Aerospace Science and Industry Corp.) は、IoT 用のナローバンド (NB-IoT) 通信衛星「行雲」2 号 (Xingyun-2) の打ち上げを計画しており、2022 年には少なくとも 12 基の「行雲」2 号衛星が打ち上げられる予定です。打ち上げには CASIC の子会社「Expace」が運用する小型固体燃料ロケット「快船」1 号 A が用いられます。

CASIC によると、今後 3 ヶ月で「快船」1 号 A が 7 回打ち上げられる計画のようです。また、同社が主導した武漢国家航空宇宙産業基地 (約 68 平方 km) は 2 月に完全運用を開始しており、年間 20 基の固体燃料ロケットの打ち上げと 240 基の小型衛星の製造が可能だとされています。

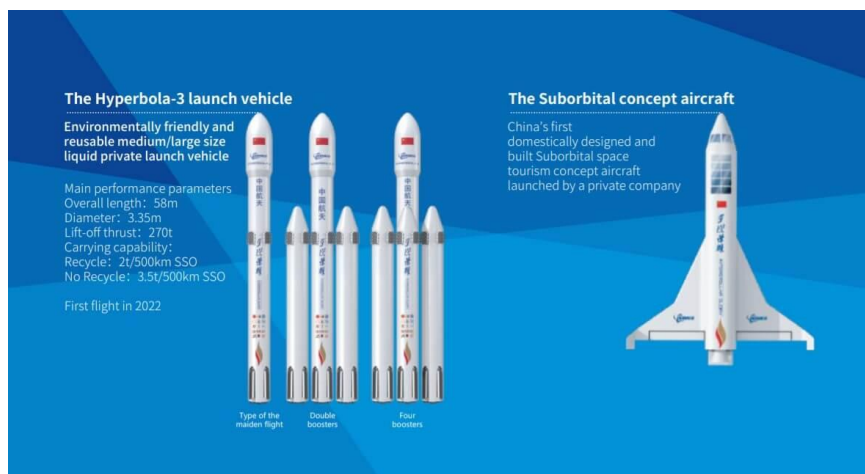
■新興企業も続々と宇宙開発に参入



【▲Deep Blue Aerospace 社が 10 月に実施したロケットの打ち上げ実験の様子。この時は高度 100m に到達した。(Credit: Deep Blue Aerospace)】

今回のフォーラムでは、多くの新興宇宙開発企業がプレゼンテーションを行っています。ベンチャー企業の Deep Blue Aerospace 社は再利用可能な打ち上げロケットを開発。同ロケットは推進剤に液体酸素（酸化剤）とケロシン（燃料）を用いており、10 月には高度 100m にまで打ち上げる実験に成功しています。

また、2019 年に固体燃料ロケット「Hyperbora-1」を打ち上げたことで初めてロケットの打ち上げに成功した中国の民間企業となった iSpace 社（※）も、構想段階ではあるものの、新型宇宙船の打ち上げ計画を発表しました。※...北京を拠点とする中国の航空宇宙ベンチャー企業。日本の宇宙開発ベンチャー「ispace」とは異なる宇宙船の打ち上げには推進剤にメタンと液体酸素を使う「Hyperbora-2」ロケットなどを使うことが検討されていて、弾道飛行ないし軌道上で宇宙旅行を提供するといいます。ただし、iSpace が 2022 年に打ち上げ予定の中型ロケット「Hyperbora-2」は今のところ飛行テストさえ実施されていない状況です。この他にも中国科学院 (CAS) からスピンオフした CAS Space 社が固体燃料を推進剤としたロケットを使った宇宙旅行を計画しています。



【▲iSpace 社が計画している宇宙旅行（弾丸飛行）用のロケットのひとつ「Hyperbora-3」（左）と宇宙船（Credit: iSpace)】

■宇宙開発で地域経済活性化を目指す中国

中国政府は民間企業が宇宙開発に参入するのを後押ししており、2014 年には民間企業も宇宙開発に携わることができるようになりました。国やベンチャーキャピタルによる投資を織り交ぜ、衛星インターネット事業を支援しています。中国では現在、数百もの宇宙開発企業が乱立し、人工衛星の製造や運用から地上施設やサプライチェーンに至る幅広い分野が宇宙開発に関わっています。また、地方政府も地方経済を活性化させるために、ハイテク宇宙開発企業を推進。今回フォーラムが開催された武漢も、企業が宇宙開発産業に参入することを奨励する地方都市のひとつだといいます。奇しくもフォーラムが開催された武漢から広まったとされる新型コロナウイルス感染症 (COVID-19) により、世界中でサプライチェーンが停滞。中国の宇宙開発を進めるうえで障害となるボトルネックが明らかになりました。中国はボトルネック解消のための新しいインフラの建設を重視し、液体メタンを推進剤に採用したロケットの打ち上げを可能にする施設を「酒泉衛星発射センター」に建設予定だそうです。 Image Credit: iSpace Source: [SpaceNews](#), [CCAF](#), [iSpace](#) 文/Misato Kadono