
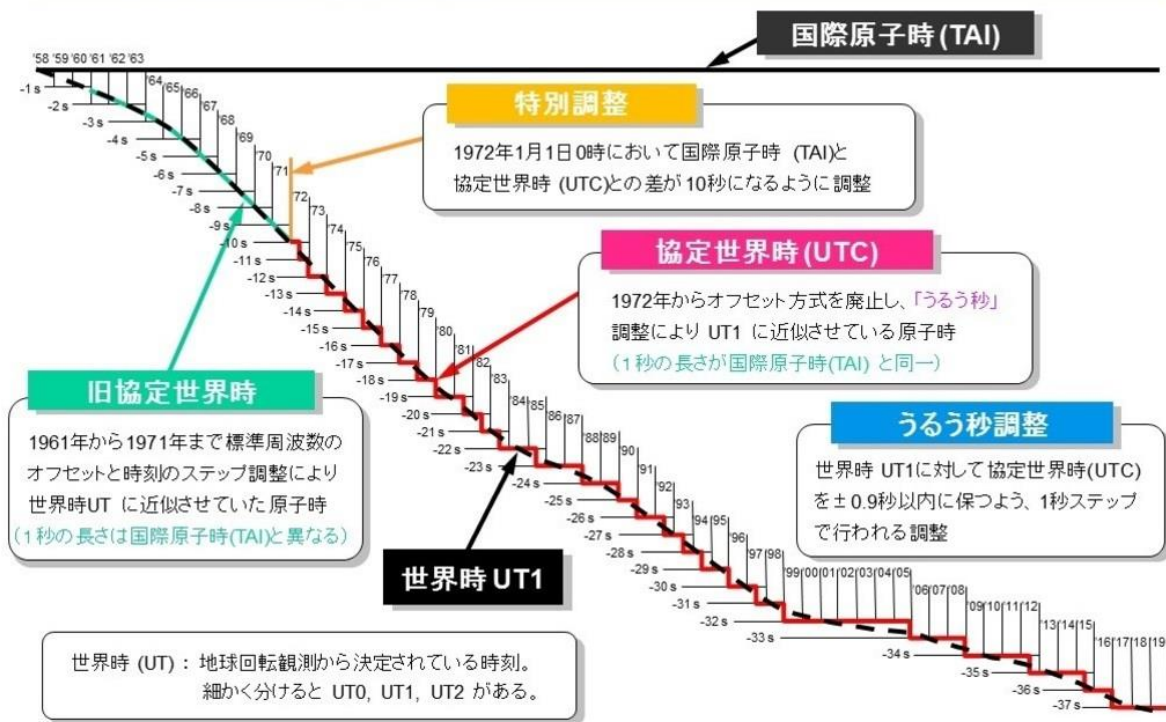


地球の自転が高速化して「負のうるう秒」が来そう。Google、Amazon、Meta は猛反対

2022.08.03 23:00

原子時と「うるう秒」

情報通信研究機構
時空標準研究室 



国際原子時（協定世界時）とうるう秒 Image: [日本標準時グループ](#)

なんせ1秒減らす「負のうるう年」は初めて。やれる気がしません。

年末カウントダウンで午前零時を2回カウントすることで1秒加え、自転速度と協定世界時 (UTC) の誤差を埋めてきた「うるう秒」に異変が生じ、地球自転が高速化に一転。午前零時をスキップして1秒引く調整が叫ばれるなか、「1秒足すだけでも世界中のシステムがパニックだったのに、1秒引いたらどうなっちゃうの!!」という不安がIT業界に広まり、Google、Amazonに次いでMeta (メタ、旧 Facebook) も「うるう秒やめようぜ」と言い出しています。うるう秒は1972年以降27回行なわれていますが、地球の自転スピードが遅くなるのに合わせて毎回1秒ずつ足すのが常でした。マイナスにすると、プラスの前提でプログラムされているものすべてに影響が予想されます。[Meta エンジニアブログ](#)は「うるう秒をこれ以上続けても百害あって一利なしだ」と述べ、現場の苦勞を淡々と書いていますよ。自転速度が一定でないのにはいろんな要因があるが、世界最高峰の山頂の雪が固まったり解けたりするのも一因だ。フィギュアスケーターのスピンのように、手を広げると角速度が遅くなって慣性モーメントが保存され、手を縮めるとまた角速度は速くなる、といったことが起きる。そのため従来のうるう秒では、年の変わり目に次のように時刻をカウントすることで1秒加える調整が行なわれてきた。

23:59:59 -> 23:59:60 -> 00:00:00

データストレージが異常を検知し、プログラムがクラッシュしたり、データが損壊する程度の影響で済んだ。ただ自転パターンの変化にともない、次回は負のうるう秒となる気配が濃厚になってきた。となるとカウントはこうなる。

23:59:58 -> 00:00:00

負のうるう秒の影響については大規模にテストしたことがないため、時刻やスケジューラーに依存するソフトウェアに壊滅的打撃がおよぶことも考えられる。

いずれにしても、ハードインフラの管理担当にとって、うるう秒はひどく頭の痛い問題なのだ。(Meta より)

そんなわけで Meta 内部ではすでに、年の変わり目に 1 秒をいきなり足すのはやめて、年初の 17 時間にわたって少しずつ調整する「Leap Smearing」という一部業界の手法を採用中とのこと。17 時間を選んだのは「NTP サーバ数百台がうるう秒を実行する [Stratum 2](#) でも同時に Smearing が行なわれているから」ですが、薄めすぎても NTP に異常とみなされてダウンしちゃうので、微妙なさじ加減が要求されます。

Smearing 開始時刻も前日午前零時から 24 時間やるところもあれば、年越しの 2 時間前、年越し午前零時からスタートさせるところもあったりして、企業によってマチマチなら、Smearing で使うアルゴリズムもマチマチ。Smearing 実行中に NTP サーバが再起動になると調整前の時刻か調整後の時刻に分かれてしまって、これもクラッシュの原因になるってな具合で、胃の痛いことだらけ。

Meta みたいな巨大企業でさえ、どこに足並みをそろえていいものやらサッパリらしく、「あと 1000 年は+27 秒のままでいいだろう」と結論づけているのです。

そんなに自転スピードって上がってるの？

それにしても意外なのは自転スピードが上がっているということです。

北極や南極の氷が解けて赤道側の海面が上昇すれば、スケーターが手を広げるようなものなので自転速度が落ちる...そこまではわかるのだけど。

昨春の [SciShow の動画](#) (下) を見たら「2020 年からスピードアップしてて、2020 年 7 月 19 日には通常より 1.49 ミリ秒も速く回った」(3:38~) とあって今さらながらビックリ。原因として考えられるのは、ラニーニャが順風になっちゃってること、極地付近の海流スピードが落ちてることなどで、ほかにもマンツルの動きとかいろいろありそうだと言ってます。今年の 6 月 29 日には「観測史上もっとも短い地球の 1 日」が観測され、「24 時間-1.59 ミリ秒で自転が終わってしまった！」と[ニュース](#)になっていました。

「この自転スピードが続けば、これまで例がないことだが、原子時から 1 秒減らさないといけなくなるだろう」と天文学者の Graham Jones 氏は [TimeandDate](#) に報告し、2 日前の Meta の投稿と真っ向対立です。

ただ、長続きしないと見る専門家もいて、自転の異常は「チャンドラー・ウォブルの異常が原因だ」と提唱する科学者のひとり、Nikolay Sidorenkov 教授は [TimeandDate](#) に「1 日の長さは今が最小で、これから長くなって 1 秒引かなくて済む確率は 70%だ」と微妙なコメントを残しています。

7 割の確率って...。当たるも八卦、当たらぬも八卦で、先のことはまったく読めないのが現実。しばらくは自転に振り回されそうですね。

Sources: [Meta](#)、[SciShow](#)、[TimeandDate](#) via [New York Post](#)

<https://www.phileweb.com/news/hobby/202208/05/5756.html>

地球の自転が加速中。このままだと「マイナスうるう秒」の必要性も

【Gadget Gate】

2022/08/05Munenori Taniguchi

歳を取ると、子どもの頃（の記憶）にくらべて、時間の流れが速くなったように感じている人は多いはずだ。しかし、それは現実には起こっていることかもしれない。



Image:iQoncept/Shutterstock.com

科学者が調べたところ、6 月 29 日の午前 8 時はわれわれが考えていたより、1.59 ミリ秒速くやって来たと言う。

そしてその日は、人類が1960年代に原子時計で地球の自転速度を測定し始めて以来、もっとも短い1日だったとのことだ。実は、この現象はここしばらく続いている。2020年には「史上最も短い1日」が20回も更新された。モスクワ国立大学の研究者レオニード・ゾトフ氏はCBSニュースに対して「地球の時点は2016年から加速し始めた」と述べた。そして「今年は昨年、一昨年よりも速くなっている」とも。

地球の自転は遅くなっていったという話を雑学の本などで読んだことがある人は、おそらく今回の話を疑問に感じているだろう。地球が形成された当時の自転は、いまよりもかなり速かった。The Guardianによれば、約14億年前の地球の自転は19時間にも満たなかったという。そして平均して毎年、約1/74,000秒（約0.0000135秒）ずつ自転速度は遅くなっている。ただこの自転速度は、実は1日ごとでも変動している。たとえば大きな地震や、エルニーニョ現象による強風、氷河の形成や融解、月の重力、その他様々な気候の変動などが自転速度に影響を及ぼしていると科学者らは考えている。さらには「チャンドラー揺動」と呼ばれる、地軸が微妙にずれる現象なども影響している可能性が指摘されている。この自転速度のムラを吸収するため、1972年以降、時おり協定世界時(UTC)に1秒を追加する「うるう秒」が設けられている。しかし、最近のように1日が速く（短く）なる傾向が続けば、これまでとは逆に1秒を差し引く「マイナスのうるう秒」がどこかで必要になるかもしれない。たった1秒だが、うるう秒は時間に精密なシステムに影響を及ぼすことがある。RedditやCloudflare、Twitter、Netflix、Amazonなどのサービスで、うるう秒に起因する障害がこれまでに発生した。もしマイナスのうるう秒が実行された場合、コンピューターシステム上で同じタイムスタンプが2度訪れることになり、さらに深刻な混乱が起こる可能性も考えられる。また空港のチェックインシステムも、うるう秒の影響で混乱をきたしてしまうだろう。先週、Meta（Facebook）のエンジニアOleg Obleukhov氏は、ブログ記事で「地球の自転パターンの変化のせいで、いつかあるときにマイナスのうるう秒が発生する可能性が非常に高い」と指摘。そのような現象はこれまで「大規模にテストされたことがなく、タイマーやスケジューラーに依存するソフトウェアに壊滅的な影響を与える可能性がある」として、うるう秒ではなく違う対応策を考えるべきだとした。

なお、うるう秒の実行を決定する次の会議は、UTC計時の国際電気通信連合（ITU）への委任期間が終わる2023年後半に、ドバイで開催される予定とのことだ。

Source: [CBS News](#) via: [Engadget](#)

https://news.biglobe.ne.jp/international/0805/ym_220805_0499678479.html

「世界で7番目」韓国が月探査へ…探査機「タヌリ」の打ち上げ成功

8月5日（金）13時33分 [読売新聞](#)



4日、米フロリダ州から打ち上げられた、韓国の月探査機を搭載したロケット（AP） [写真を拡大](#)

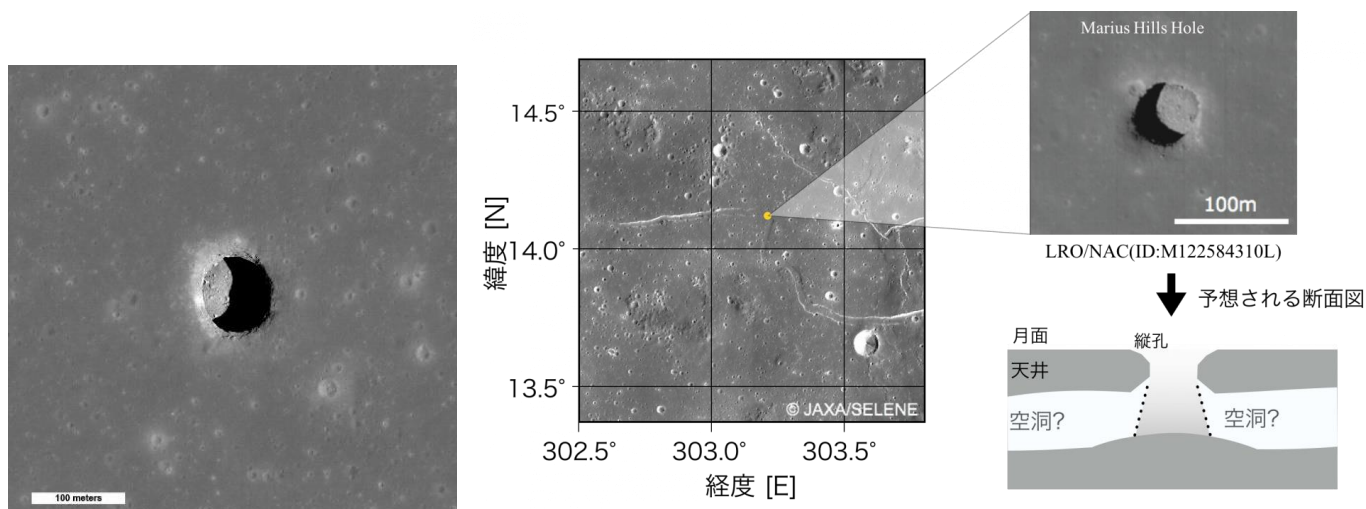
【ソウル＝上杉洋司】韓国初の月探査機「タヌリ」が5日（米国時間4日）、米フロリダ州のケープカナベラル宇宙軍施設から打ち上げられた。韓国科学技術情報通信部によると、米宇宙企業スペースX社による打ち上げは成功し、地上との交信も行われた。探査機は太陽の重力などを利用し、約4か月かけて月に向かう。順調にいけば、12月に月の周回軌道に入り、月面上空約100キロメートルから、地形や資源の調査を約1年間行う。聯合ニュースなどによると、月探査は日米露や欧州、中国、インドが実施しており、韓国は世界で7番目に

なるという。韓国は昨年、日本も参加する米国主導の有人月探査「アルテミス計画」に加わった。今年6月に国産ロケット「ヌリ号」を打ち上げるなど、宇宙開発に力を入れている。

<https://sorae.info/astromy/20220731-lunar-comfortable-temperatures.html>

摂氏約 17 度。月の縦孔内部の日陰は比較的快適な温度が保たれている？

2022-07-31 松村武宏



【▲ 月の「静かの海」で見つかった縦孔。画像の幅は 400m に相当する (Credit: NASA/GSFC/Arizona State University)】

【▲ JAXA の「かぐや」が発見したマリウス丘の縦孔の位置 (左)、NASA の「LRO」が撮影したマリウス丘の縦孔 (右上)、予想される縦孔周辺の様子を示した断面図 (右下) (Credit: JAXA)】

カリフォルニア大学ロサンゼルス校の博士課程学生 Tyler Horvath さんを筆頭とする研究チームは、月で発見された縦孔に関する新たな研究成果を発表しました。研究チームによると、一部の縦孔では内部の永久影 (太陽光が届かない範囲) に覆われている部分が比較的快適な温度に保たれているといい、将来の月面探査や基地建設に役立てられる可能性があるようです。

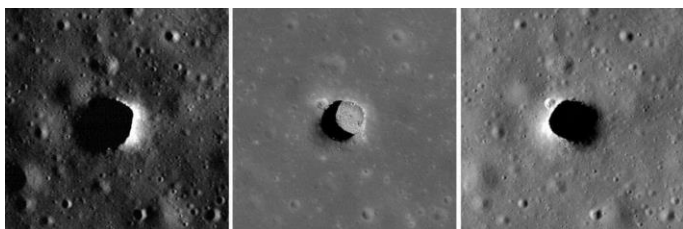
■縦孔内部の永久影の温度は摂氏約 17 度でほぼ一定か

宇宙航空研究開発機構 (JAXA) の月周回衛星「かぐや」(2007 年 9 月打ち上げ、2009 年 6 月運用終了) の観測によって発見されたマリウス丘の縦孔 (直径、深さともに約 50m と推定) をはじめ、月面では幾つもの縦孔が見つかっています。Horvath さんによると、これまでに 200 か所以上で見ついている月の縦孔のうち 16 か所は、溶岩洞 (溶岩洞窟、溶岩チューブ) の天井が崩落したことで形成されたと考えられています。

溶岩洞は溶岩が流れた時に形成されることがあるトンネル状の地形で、国内では天然記念物に指定されているものもあります。月にも溶岩洞が現存すると考えられていて、たとえば「かぐや」が発見したマリウス丘の縦孔につながる溶岩洞は数十 km の長さがあるとみられています。ちなみに溶岩洞の天井が崩落してできた縦孔と思われる地形は、月だけでなく火星でも見つかっています。

関連: [火星の大地にぽっかり空いた大きな穴](#)

アメリカ航空宇宙局 (NASA) によると、大気がほぼ存在しない月の表面では昼夜の温度差が大きく、昼間は摂氏約 127 度まで上がり、夜間は摂氏マイナス約 173 度まで下がるといいます。月では約 15 日間ずつ続く昼と夜の極端な温度にどう対応するのは、長期間の月面探査ミッションや、将来の恒久基地建設における課題の一つと言えます。そこで注目されているのが月の溶岩洞です。溶岩洞の内部は直射日光にさらされることがないため、月面と比べて比較的安定した温度が保たれている可能性があるからです。



【▲ NASA の月周回衛星「ルナー・リコネサンス・オービター（LRO）」が撮影したマリウス丘の縦孔。3点とも同じ縦孔を撮影したもので、太陽光の当たり方が異なる。各画像の幅は 300m に相当（Credit: NASA/GSFC/Arizona State University）】

今回 Horvath さんたちは、溶岩洞につながっている可能性がある「静かの海」の縦孔（冒頭の画像。直径約 100m、深さは約 100m と推定）に焦点を当てて、月の岩石やレゴリス（月の砂）の温度特性や、時間とともに変化する縦孔内部の温度を知るために、コンピューターモデルを構築して分析を行いました。

研究チームによる分析の結果、縦孔の内部で永久影に覆われている部分の温度は月の 1 日を通してほとんど変化せず、摂氏約 17 度という比較的快適な温度に保たれていることがわかったといいます。昼夜で摂氏約 300 度もの温度差がある月の表面とは大きな違いです。また、縦孔からつながっていると予想される溶岩洞の内部も、同じ温度に保たれている可能性があるようです。ただし、縦孔の内部でも太陽光に照らされる底の部分だけは昼間の温度が高くなり、月の赤道に近い静かの海の縦孔の底では摂氏 147 度を上回るとみられています。Horvath さんは、正午の太陽光に照らされた静かの海の縦孔の底は「おそらく月全体で最も暑い場所です」と語っています。なお、2020 年 9 月には、月の縦孔の底やそこから水平に広がる地下空間では、宇宙放射線の被ばく線量を減らすことができるとする研究成果が発表されています。将来の月面活動では、縦孔からアクセスできる溶岩洞が基地建設の「一等地」として積極的に活用されるようになるかもしれません。

関連：[月の縦孔では宇宙放射線の被ばく線量を減らせるとした研究成果が発表される](#)

■この記事は、【[Spotify で独占配信中（無料）の「佐々木亮の宇宙ばなし」](#)】で音声解説を視聴することができます。

Source Image Credit: NASA/GSFC/Arizona State University

[NASA](#) - NASA's LRO Finds Lunar Pits Harbor Comfortable Temperatures 文／松村武宏

<https://soraie.info/astromy/20220807-nwa7034-mars.html>

最古級の火星隕石「NWA 7034」の正確な起源が判明！ 2022-08-07 [彩恵りり](#)

地球は約 46 億年前に形成されたと考えられていますが、どのように形成されたのかについては、いまだに多くの謎が存在します。それを解明する重要な手がかりの 1 つが、火星からやってきた隕石である火星隕石です。火星は地球と同じ岩石惑星であり、同じように形成されたと推定されているからです。



【▲ 図 1: 火星隕石の NWA 7034 は、その黒っぽい見た目から“ブラック・ビューティー”とも呼ばれています (Credit: NASA)】

太陽系の岩石惑星には火星以外にも水星や金星がありますが、試料の豊富さは火星が段違いに多いという特徴が挙げられます。国際隕石学会のデータベースによれば、火星隕石として登録されている隕石は 335 種類ありますが、水星隕石は未確定の候補が 1 つだけであり、金星隕石は 1 つもありません。

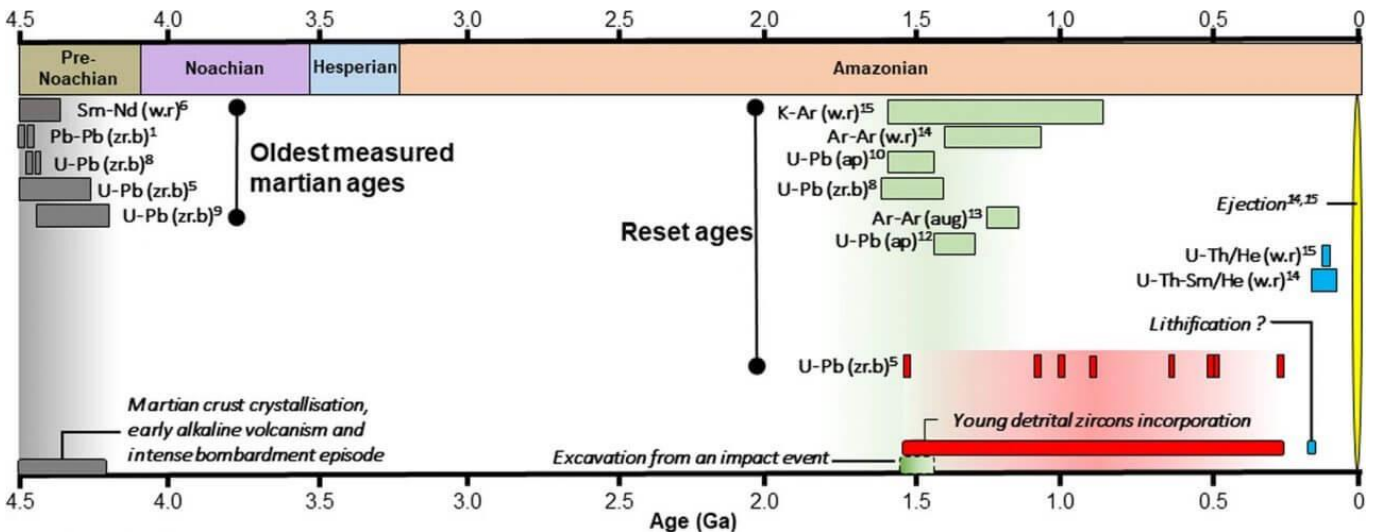
また、アメリカ航空宇宙局 (NASA) の火星探査車パーサヴィアランスは、将来的な火星試料のサンプルリターン計画に備えて試料保管機能を有していますが、サンプルが地球に届くのは早くても 2033 年の予定であるため、火星隕石にはそれに先行して研究を行えるというメリットもあります。

今回お話しする火星隕石は、サハラ砂漠で見つかった「NWA 7034」と呼ばれる隕石です。その黒っぽい見た目から“ブラック・ビューティー”の別名を持つこの隕石には、学術的に注目されている点が 3 つあります。

1 つ目は、様々な起源を持つ物質が固まった火山性の角礫岩 (かくれきがん) である事です。現在のところ研究可能な唯一の火星由来の礫岩である NWA 7034 には、玄武岩、堆積岩、ビトロファイアー (熔融後急冷されたガラス質の火山岩)、別の隕石に由来すると思われる物質など、実に多種多様な物質が含まれています。

2 つ目は、その起源が非常に古いことです。NWA 7034 には、最も古いもので 44 億 8000 万年~44 億 4000 万年前という極めて古い年代に形成されたことを示す物質も含まれています。これほど古い物質は NWA 7034 と、そのペアとなる隕石にしかありません。また、火星の最も古い地殻の形成年代は 45 億 3000 万年前と推定されていることから、ほぼ火星形成直後の物質が NWA 7034 に含まれていることを意味します。

3 つ目は、NWA 7034 には豊富な水が含まれていることです。これは、NWA 7034 が放出された場所には豊富な水があったことを示唆しており、かつて火星の表面に豊富な水が存在していたことを示す 1 つの証拠にもなります。



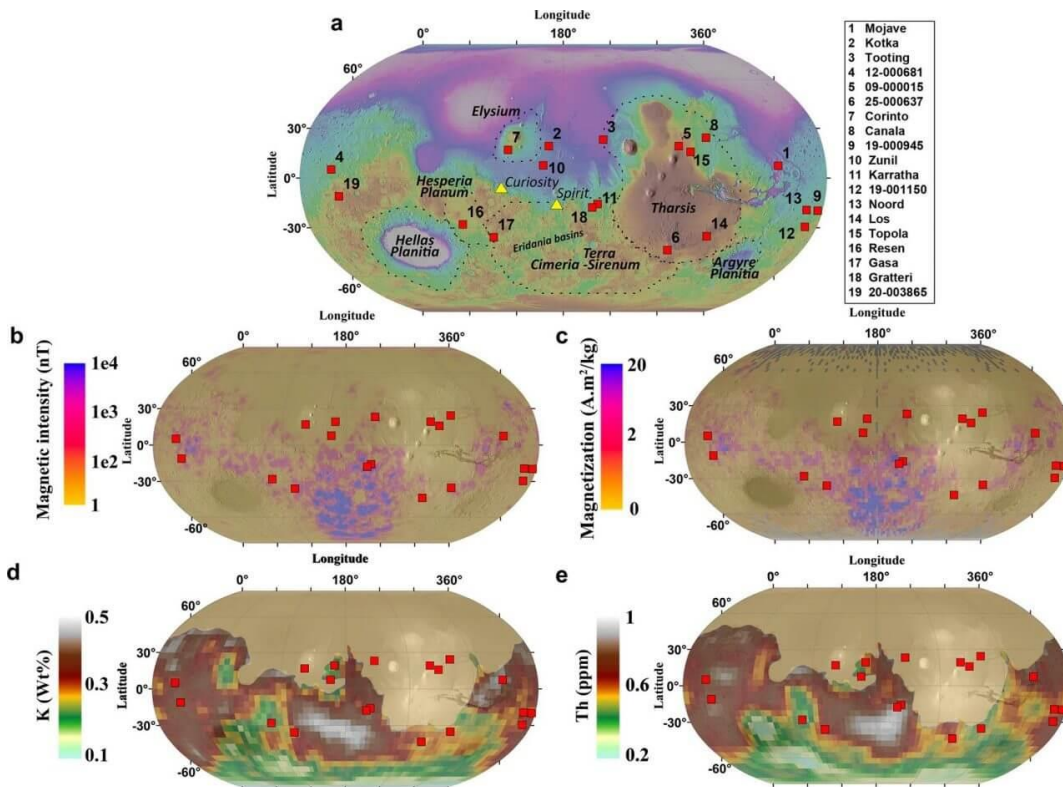
【▲ 図 2: NWA 7034 が形成から現在までに受けたイベントのタイムライン。注目すべきイベントとして、約 15 億年前にかなりの高温高压を受けたことが挙げられます (Credit: A. Lagain, et.al.)】

しかし、これほど興味深い特徴をいくつも持ちながらも、NWA 7034 の起源については、正確なところは不明なままです。

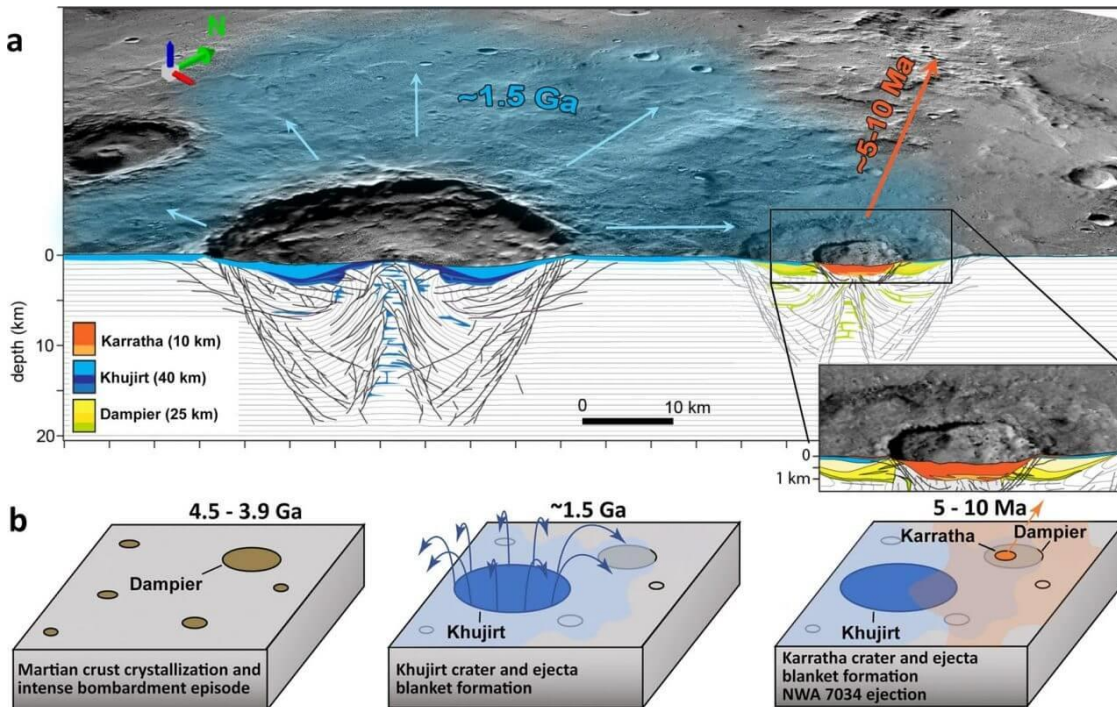
NWA 7034 が地球にあるという事実からは、少なくとも過去に 1 回、火星の脱出速度である 5km/s の運動エネルギーを受けるイベントがあったことはわかります。そして、そのイベントが隕石衝突であることもほぼ確実です。では、その隕石衝突の現場は火星のどこだったのでしょうか。

正確な地点は不明のままですが、NWA 7034 に含まれる物質は、それが火星の南半球の高地から来たことを示唆しています。また、含まれている鉱物の分析により、NWA 7034 が約 15 億年前にかなりの高温高压を経験したこともわかっています。ただ、高温高压をもたらしたのは隕石衝突だった可能性が高いものの、その時は火星から飛び出さなかった可能性があります。これらのユニークな歴史に関する詳細が明らかになれば、NWA 7034 を

通じて火星形成のタイムラインをより正確に構築できるはずで



【▲ 図 3: 今回の研究で見つかった 19 個の二次クレーター。11 の番号が付けられているカラサクレーターが、NWA 7034 が放出された地点の有力な候補です (Credit: A. Lagain, et.al.)】



【▲ 図 4: NWA 7034 が火星を飛び出すまでに経験したイベントの推定された歴史の概略図 (Credit: A. Lagain, et.al.)】

カーティン大学の Anthony Lagain 氏らの研究チームは、NWA 7034 が火星のどのクレーターに起源を持つかを検出する試みをしました。研究チームがまず焦点を当てたのは、一次クレーターに関連して生じた二次クレーターの特定です。最初のクレーターである一次クレーターが形成された時に生じた破片は、脱出速度を超えて宇宙空間に飛び出すものもあれば、再び火星表面に戻ってくるものもあります。二次クレーターとは、一次クレーターの形成時に放出され、その後火星表面に戻ってきた破片によって生じる、一次クレーターから放射状に分布す

るクレーターの事です。

そこでまず、研究チームは直径 50m 以上の大きさを持つ約 9000 万個のクレーターの中から、大きさや空間的分布などの数値に基づき、二次クレーターを検索しました。検索エンジンは、カーティン大学が主導して作成した機械学習アルゴリズムです。その結果、直径 150m 未満の二次クレーターを含む放射状分布がいくつか見つかり、その中から 19 個の大きなクレーターが特定されました。

今回特定された 19 個の二次クレーターそれぞれの形成年代と、過去の研究を合わせた結果、NWA 7034 の詳細な起源が明らかとなりました。まず、NWA 7034 の最も古い物質は、火星の南半球にあるキンメリア-シレヌム大陸 (Terra Cimeria-Sirenum) で約 44 億年前にマグマから生成され、固まりました。そして約 15 億年前、同大陸の北東地点に隕石が衝突し、直径 40km のホジルトクレーター (Khujirt crater) が形成されました。このクレーターの形成時に飛び出した噴出物のうち、火星を脱出しなかったものはホジルトクレーターの周辺に堆積しました。約 15 億年前に高温高圧をもたらしたのは、この時の隕石衝突だったと考えられています。

それから十数億年が経ち、今から 1000 万年~500 万年前に、直径 10km のカラサクレーター (Karratha crater) が形成されました。この時、一部の破片が脱出速度に達して火星を離れ、その後に地球へと落下しました。これが、現在は NWA 7034 と呼ばれている隕石です。なお、カラサクレーターは直径 25km のダンピアクレーター (Dampier crater) の中にあるクレーターですが、ダンピアクレーターは約 15 億年前に形成されたホジルトクレーターよりも更に古い時代に形成されたものです。NWA 7034 の分析結果は、NWA 7034 の構成物質がダンピアクレーターのものではなく、ホジルトクレーターからの噴出堆積物由来であることを示しています。

この研究結果は、極めて興味深い火星隕石である NWA 7034 について、更に詳細な歴史を明らかにするものです。NWA 7034 は極めて古い時代の火星のサンプルであり、その複雑な起源が明らかになったことで、火星形成の、ひいては地球形成の詳細な歴史も明らかになることでしょう。また、NWA 7034 の直接の故郷であることが判明したカラサクレーターは、将来の火星探査の有力な候補地点になるかもしれません。

関連：[地球に落下した火星由来の隕石、その一部の起源と思われるクレーターが絞り込まれた](#)

Source Image Credit: NASA, A. Lagain, et.al.

[A. Lagain, et.al.](#) "Early crustal processes revealed by the ejection site of the oldest martian meteorite" (Nature Communications) 文／彩恵りり

<https://www.asahi.com/articles/ASQ7W6QH1Q7TTPJB001.html>

米宇宙企業の副社長が来県 大分空港「技術、ビジネス面で期待」

倉富竜太 2022 年 7 月 28 日 10 時 15 分



[広瀬勝貞知事と談笑するジョン・ロス副社長（左）=2022 年 7 月 25 日午後 2 時 19 分、](#)

[大分県庁、倉富竜太撮影](#)

宇宙輸送機のアジアの着陸拠点として[大分空港](#)の活用を検討する覚書を[大分県](#)と締結した米企業「シエラ・スペース」のジョン・ロス副社長が 25 日、県庁を訪れ、[広瀬勝貞](#)知事と懇談した。同社幹部の来訪は初めて。広瀬知事は「コロナ禍で会えなかったが、ようやく会えてうれしく思う」と語った。

シエラ社は昨年、[有人宇宙飛行](#)に成功した米企業「ブルーオリジン」と連携し、民間[宇宙ステーション](#)の開発を進める一方、翼がある長さ 9 メートルほどの宇宙輸送機「ドリームチェイサー」を使い、[低軌道](#)の宇宙ステーションに物資を運ぶ契約を[米航空宇宙局](#) (NASA) と結んでいる。

民間宇宙ステーションは 2026 年完成予定で、完成後は、物資の輸送を頻繁に行う必要があるという。同社は種子島から垂直型ロケットで輸送機を打ち上げ、着陸に大分空港が使えるかどうか検討を進めている。

大分空港を視察したロス副社長は「空港は海に面し、空も混雑しておらず、滑走路も広くきれいに整備されている。大分はアジアの国や地域にも近く、ビジネス面でも期待できる」とした。

ロス副社長は 23 日に大分を訪れ、プライベートで別府を中心に観光したといい「別府は観光資源も多く、宇宙から戻ってきた人が滞在するのも適していると感じた」と語った。(倉富竜太)

<https://news.livedoor.com/article/detail/22617997/>

アメフト競技場 2 面分の小惑星が地球に接近中

2022 年 8 月 4 日 10 時 33 分

[GIGAZINE \(ギガジン\)](#)

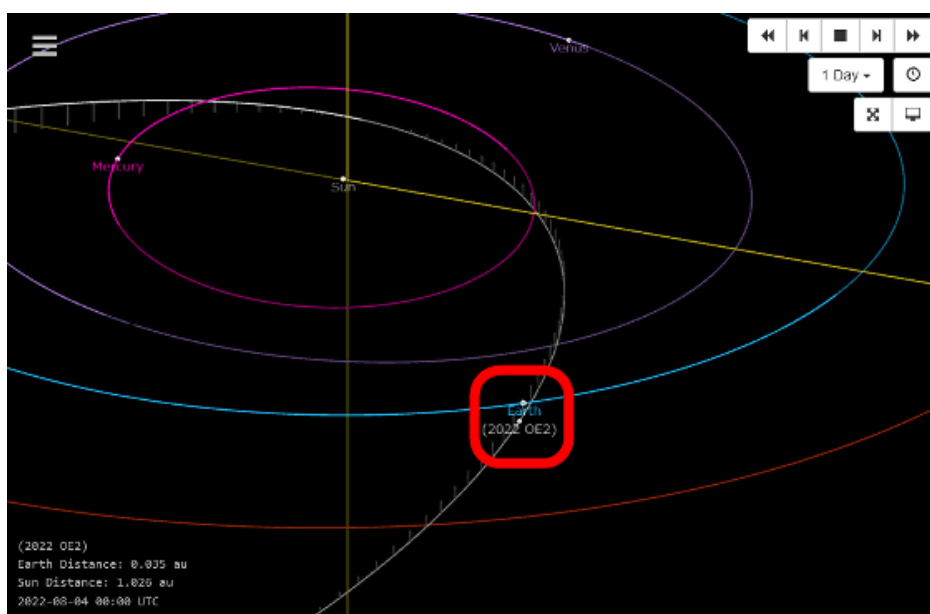


2022 年 8 月 4 日に、アメリカンフットボールの競技場 2 面分に匹敵する大きさの小惑星「2022 OE2」が地球に大接近することが報じられています。ただし、小惑星が地球に影響を与える可能性は皆無とのこと。

Asteroid 2022 OE2 close encounter coming Aug. 4 | Live Science

<https://www.livescience.com/asteroid-2022-oe2-flyby>

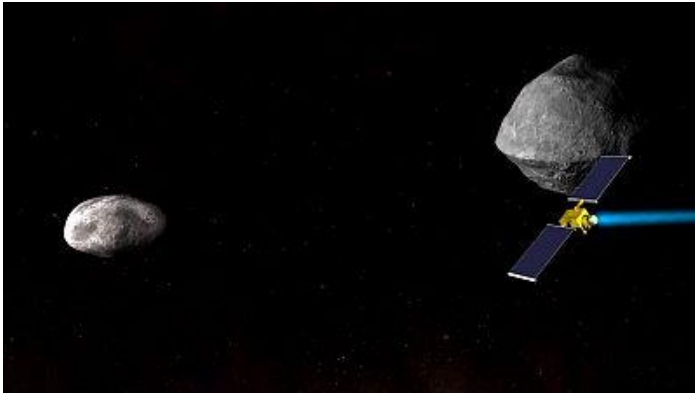
地球へ急接近することが予測されている小惑星「2022 OE2」は 2022 年 7 月 26 日に観測されたもので、その幅は約 170 メートル~380 メートルと測定されています。[NASA](#) が公開した「2022 OE2」の起動予測図が以下。図を見ると、「2022 OE2」が 8 月 4 日に地球から 0.035au に近づくことが分かります。1au は地球から太陽までの距離である約 1 億 5000 万 km のことで、0.035au は約 520 万 km です。



仮に「2022 OE2」が地球に衝突したとすると核爆弾 1000 個分を超えるエネルギーが放出されます。しかし、0.035au という距離は「地球と月の距離の 13 倍」に相当するため、「2022 OE2」が地球に影響を与えるリスクは皆無とのこと。また、NASA は今回話題となっている「2022 OE2」のような地球に接近する小惑星を何万個も観察しており、2021 年には「2068 年に地球に衝突すると考えられていた小惑星を再分析した結果、地球に衝突

する可能性は否定されました。今後 100 年間にわたって同小惑星が地球に衝突するリスクは示されていません」という公式声明を発表しています。しかし、2013 年にはロシアのチェリャビンスク州に隕石(いんせき)が落下して 1000 人を超える負傷者が発生しましたが、この隕石は事前に観測されていませんでした。このため、今後も未観測の小惑星が地球に被害をもたらす可能性は十分に考えられます。

なお、NASA は小惑星の軌道を変化させる方法を研究しており、2022 年中には小惑星にロケットを衝突させて進路を変更させる実験「Double Asteroid Redirection Test」を実施予定です。Double Asteroid Redirection Test の詳細については、以下の記事で詳しく解説しています。地球に接近する小惑星に[宇宙機](#)を衝突させて地球を守る方法の検証実験を NASA が 2022 年に実施へ - GIGAZINE

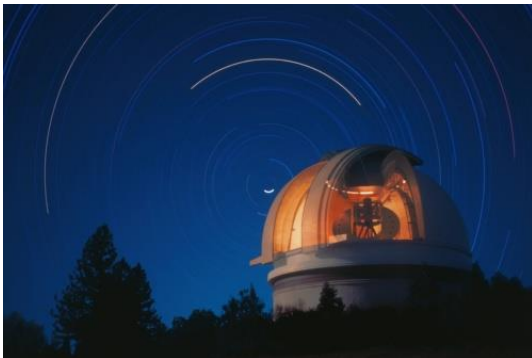


GIGAZINE

<https://natgeo.nikkeibp.co.jp/atcl/news/22/080100352/>

太陽の光に隠れて見えない小惑星、地球衝突のリスクは？

近年発見が相次いでいる、地球の公転軌道より内側を回る小惑星たち 2022.08.06



米国カリフォルニア州にあるパロマー天文台。口径 1.22 メートルの望遠鏡に取り付けられた掃天観測施設 ZTF の 6 億 500 万画素のフィールドカメラは、毎晩、全天を観測している。最近、この装置を使った観測により、常に金星軌道の内側を回っている小惑星が初めて発見された。(PHOTOGRAPH BY BILL ROSS, GETTY IMAGES)

[画像のクリックで拡大表示]

太陽系の中心をかすめ、太陽の光に隠れ、ときに地球などの岩石惑星に接近する不思議な小惑星群がある。その中でも最もよく知られているのが、2 年前に発見された小惑星「アイローチャクニム (‘Ayló’chaxnim) 」。米国カリフォルニア州の先住民パウマの人々の言葉で「金星の女の子」を意味する名前だ。

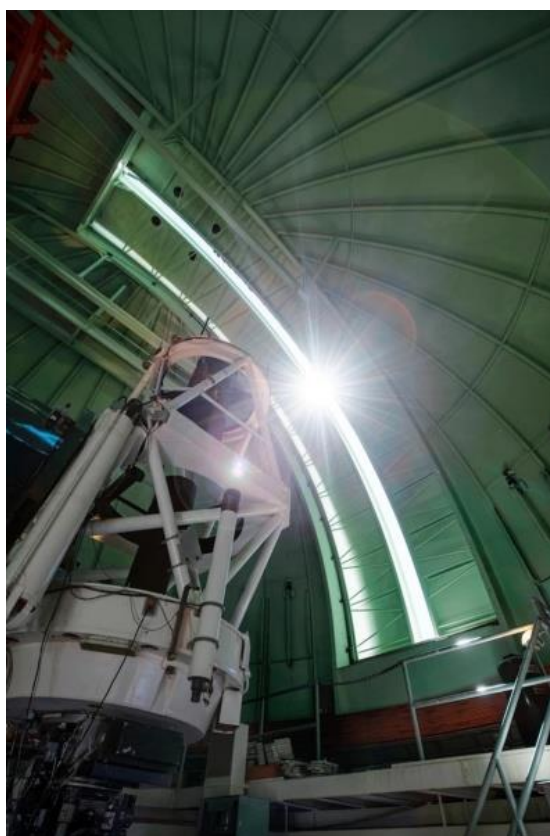
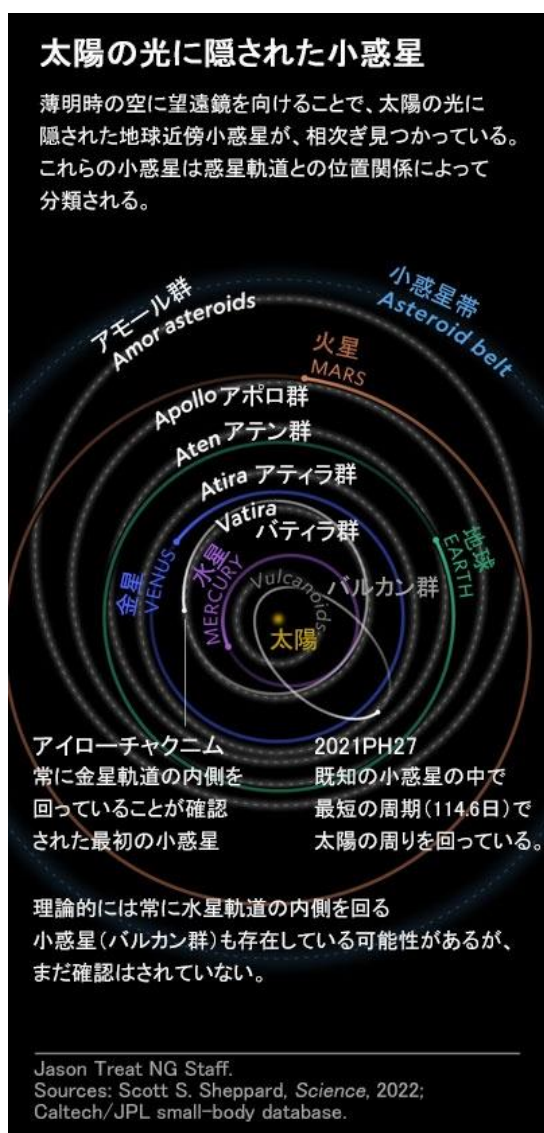
アイローチャクニムは、これまで知られているなかで唯一、常に金星の公転軌道より内側にある小惑星だ。地球からは非常に見えにくい位置にあり、地球上の生命を脅かす可能性がある。(参考記事：[「小惑星ベヌス、地球に衝突する確率が上昇、なぜ？」](#))

天文学者は、地球の公転軌道より外側にある危険な小惑星はほとんど発見できたと考えている。しかし、地球軌道の内側にある小惑星を見つけるのは難しい。こうした小惑星は、地球から見たときに太陽の光の中にあるた

め、望遠鏡で見ることができないからだ。それでも近年、天文学者たちは、太陽が地平線のすぐ下にあるタイミングに小惑星のかすかな輝きを探し出すことに成功し始めている。(参考記事：[「太陽系、地球周辺は小惑星で混雑」](#)) 地球に近い軌道を回る「地球近傍小惑星」の多くは、内部太陽系(地球や火星といった岩石惑星がある太陽に近いエリア)では長生きできない。惑星と衝突したり、灼熱の太陽の犠牲になったり、外側に弾き飛ばされたりする運命にあるからだ。しかし、ほとんど研究されていないこの小惑星群の中には、危険なものもあるかもしれない。(参考記事：[「地球をかすめた小惑星 2011 MD」](#))「こうした小惑星は、ほとんどの時間を地球軌道より内側で過ごしますが、地球軌道を横切ることもあります。そのときが危険なのです」と米カーネギー科学研究所の天文学者スコット・シェパード氏は説明する。「小惑星は太陽の方向からやってくるので、地球からその接近を見ることができないのです」。シェパード氏は、7月21日付けで学術誌『サイエンス』にこれらの小惑星についての論文を発表した。

薄明時の小惑星探し

これらの小惑星は、惑星軌道との位置関係によって分類される。常に地球軌道の内側を回る小惑星は「アティラ群」と呼ばれ、そのうち金星軌道の内側を回るものは「バティラ群」と呼ぶことが提案されている。理論的には常に水星軌道の内側を回る小惑星も存在している可能性があり、これには「バルカン群」という名前が提案されている。



[画像のクリックで拡大表示]

チリのセロ・トロロ汎米天文台。ビクトール・M・ブランコ 4m 望遠鏡のドームの隙間から太陽が輝く。この望遠鏡にはダークエネルギーカメラが搭載されていて、地球より内側の軌道を回る小惑星の探索に使われている。

(PHOTOGRAPH BY DOE/FNAL/DECAM/R. HAHN/CTIO/NOIRLAB/AURA/NSF) [画像のクリックで拡大表示]
地球軌道の内側を回る小惑星を発見し、研究するためには、通常とは異なる方法をとらなければならない。地球軌道の外側を回る小惑星を探すなら夜空の最も暗い部分に望遠鏡を向ければよいが、内側を回る小惑星を探す場合は、夜明けや夕暮れ時に、太陽が隠れている地平線のすぐ上に望遠鏡を向ける。望遠鏡は10分~20分間薄明かりを見つめ、太陽の光を反射する、小さな動く点を探す。

「太陽の近くの小惑星を観測するためにはいろいろな条件を満たしている必要があります、非常に難しいのです」とシェパード氏は言う。「観測は太陽が地平線のすぐ下にあるときに行わなければなりません、このときの空は非常に明るいのです。また、地平線のすぐ上に望遠鏡を向けるので、ふだんより多くの大気の中を通過してきた光を見ることになります」大気は画像をぼやけさせるので、小惑星のかすかな輝きを解像するのは通常よりも困難になる。さらに、天気が悪ければ、つかの間の観測の機会はすぐに消え去ってしまう。

それでも天文学者たちは、2つの望遠鏡を駆使して小惑星を探している。シェパード氏のチームは、チリのセロ・トロロ汎米天文台のダークエネルギーカメラを、もう1つのチームは、米国のパロマー天文台にある掃天観測施設 ZTF を使っている。チリの望遠鏡の口径は4メートルで、ZTFの口径1.22メートルの望遠鏡よりも大きいため、より暗い天体を見つけることができるが、視野は狭くなる。一方、ZTFの望遠鏡は毎晩全天を観測しているので、明るさが変動する天体を探しやすい。

「すばらしい観測装置です」と、ZTFチームのメンバーである米カリフォルニア工科大学のジョージ・ヘロウ氏は言う。「一晩の観測で数万から10万のアラートが出ます」と言う。「視野が非常に広いため、天候や大気の状態が良ければ、薄明の20分間にかなりの範囲の空を観測できます」

[次ページ：記録破りの小惑星](#)

ZTFはこれまでに地球軌道の内側を回るアティラ群小惑星をいくつか発見している。地球軌道を横切る小惑星も、1週間に1個程度のペースで発見している。なかには月よりも近くまで接近してくる小惑星もあるが、深刻な懸念を抱くほどの大きさや近さではない。地球近傍小惑星のほとんどは、直径が数十メートルから100メートルまでの大きさだ。2013年にロシアのチェリャビンスク上空で爆発し、窓ガラスを粉々にしたり建物に被害を与えたりした直径20メートル弱の隕石から、1908年にロシアのツングースカ上空で爆発して2150平方キロの樹木をなぎ倒した隕石までのサイズが多いとヘロウ氏は言う。(参考記事：[「ロシア隕石落下、負傷例は過去にも」](#))

ZTFを使った薄明時の観測で見つかった最も重要な小惑星は、最初のバティラ群小惑星である「アイローチャクニム」だ。

記録破りの小惑星

2020年初頭に発見されたアイローチャクニムの直径は約1.5キロで、惑星に衝突すればかなりの打撃を与える大きさだ。そして天文学者は、おそらく実際に惑星に衝突するだろうと予想している。

地球近傍小惑星の起源と運命を研究している米ワシントン大学のサラ・グリーンストリート氏は、アイローチャクニムが今後どうなるかを予想した。最も可能性の高いシナリオによると、アイローチャクニムは数百万年後に金星に衝突するという。太陽の周りをぐるぐる回っているうちに、水星の重力と太陽の光によって軌道が乱れて外側に押し出され、ついには金星に衝突してしまうという。シェパード氏らが発見した小惑星「2021 PH27」も、将来、金星と衝突する可能性がある。この小惑星の直径は1キロ以下で、既知のどの小惑星よりも太陽に近いところを回っている。軌道は非常に細長く、水星軌道の内側に入ることもあるが、金星軌道の外側に出ることもあるため、アティラ群小惑星とされている。アイローチャクニムと同様、2021 PH27の軌道も、水星や金星との重力相互作用などによって乱されている。シェパード氏の予想によれば、2021 PH27は約1000年後に金星に接近するが、その相互作用によって小惑星の軌道がどのように変化するかはわからないという。

「地球近傍小惑星の動きは混沌としています」とグリーンストリート氏は言う。「しょっちゅう、こづかれたり弾き飛ばされたりしているのです」

[次ページ：かすかな光を探し続けて](#)



チリのセロ・トロロ汎米天文台で、ビクトール・M・ブランコ 4m 望遠鏡の上空に月が輝く。(PHOTOGRAPH BY CTIO/NOIRLAB/NSF/AURA/P. MARENFELD) [画像のクリックで拡大表示]

この複雑さは、科学者が地球近傍小惑星を研究することが重要だと考える理由の 1 つになっている。しかし、これらの小惑星がそもそもどのようにして太陽の近くにあるのかを理解することも重要だ。

針に糸を通すような

多くの科学者は、地球近傍小惑星は、火星と木星の間にある小惑星帯で誕生したと考えている。しかし、小惑星帯を離れた小惑星が太陽の近くに落ち着くのは容易ではない。

グリーンストリート氏は、「小惑星がここに到達するためには、偶然の相互作用がいくつも重なる必要があります」と言う。「長い旅です」木星との重力相互作用は、小惑星を内側にも外側にも押し出す可能性がある。内側に押し出された小惑星が火星に接近し、渦巻き状に太陽に近づいてゆく軌道に入る可能性はあるが、その可能性は非常に低いと考えられている。シェパード氏は、「火星との相互作用では、基本的には外側に押し出されず。そこからさらに木星と相互作用したらゲームオーバーです。太陽系からはじき出されるか、いずれかの惑星と衝突することになるでしょう」と言う。しかし、これらの地球近傍小惑星が、まだ誰も見たことのないバルカン群に由来しているのでないかぎり、そのすべてが針に糸を通すような、ありそうもない絶妙な経路でここに来たことになる。小惑星が地球にもたらすかもしれないリスクを定量化するためには、そのうちの何個が小惑星帯からの旅を生き抜いてきたかを理解する必要がある。科学者たちは、地球軌道を横切る小惑星のうち、1つの大陸を壊滅させる可能性のある直径1キロ以上のものは24個よりも少ないだろうと推測している。2021 PH27はその1つで、シェパード氏によると、ほかにも6個ほどわかっているという。金星軌道の内側を同程度の大きさの小惑星が回っている可能性もあるが、おそらくその数はもっと少なく、現時点で発見されているのはアイローチャクニムだけだ。発見は困難だが、惑星存亡の危機をもたらすほどではないような小さい小惑星はもっとたくさんあるかもしれない。グリーンストリート氏は、科学者たちが最初に見つけたのがアイローチャクニムだったのは意外ではないと言う。なぜならこの小惑星はかなり大きいからだ。「とはいえ、この小惑星が望遠鏡による調査が始まってから比較的すぐに発見されたことは、予想以上に多くの地球近傍小惑星が存在している可能性を示しています」科学者たちは今後も ZTF とチリの望遠鏡で薄明を見つめ、地球近傍小惑星の存在を示すかな光を探し続ける。シェパード氏のチームは、別の望遠鏡も使って、これらの小惑星の特徴や組成を明らかにしようとしている。グリーンストリート氏らは、現在チリで建設中のベラ・ルービン天文台が、さらなる事実を明らかにしてくれることを期待している。NASAも、地球近傍天体の探査に特化した宇宙望遠鏡「NEO サーベイヤー」の計画を進めている。2020年代の終わりまでに打ち上げられるこの望遠鏡の目的は、太陽に近い宇宙空間を見つめ、より多くの地球近傍小惑星を発見することだ。NEO サーベイヤーは、まぶしい太陽光に隠れて私たちが不意打ちする天体がないように、地上の望遠鏡よりもさらに注意深く空を見張ってくれるはずだ。

文=Nadia Drake/訳=三枝小夜子

<https://news.mynavi.jp/techplus/article/20220802-2414553/>

約 120 億年前の遠方銀河周辺に存在するダークマター、名大などが検出に成功

目次 [1](#) [2](#)

名古屋大学(名大)、東京大学(東大)、すばる望遠鏡(国立天文台)は8月2日、約120億年前の遠方宇宙の銀河周辺におけるダークマターの存在を検出することに成功したことを発表した。

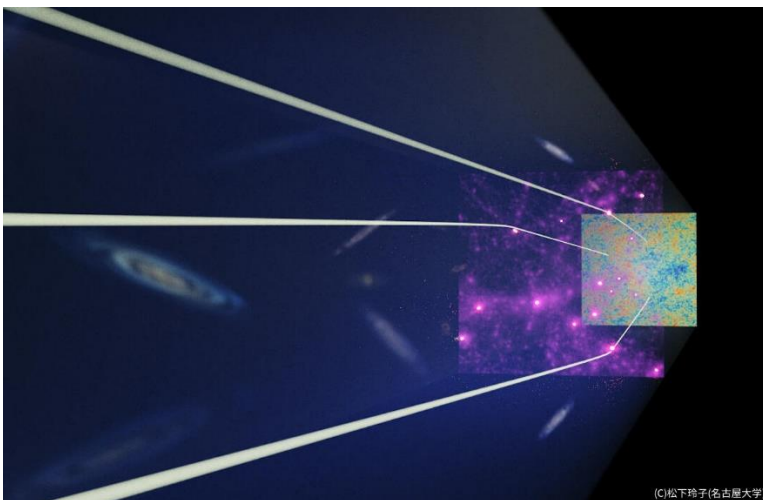
同成果は、名大 素粒子宇宙起源研究所の宮武広直准教授、東大 宇宙線研究所の播金優一助教、同・大内正己教授らの共同研究チームによるもの。[詳細は、米国物理学会が刊行する機関学術誌「Physical Review Letters」に掲載された。](#)

目に見えない正体不明な物質であるダークマター。近年の研究から、我々の宇宙の構造形成や、銀河形成などの重力源として不可欠なことがわかってきた。そんなダークマターは、直接観測は不可能であるものの、重力レンズ効果を利用することで、その分布を測定することは可能だとされている。ダークマターは銀河の中心部に多く存在しているとされるが、その周辺にも存在していることも知られている。銀河周辺の重力レンズ効果は微弱なため、多数の銀河を重ね合わせることで、それらの銀河を取り巻くダークマターにおける平均的な分布を測定することができるという。これまでの研究では、銀河を背景光源にした重力レンズ効果を利用することで、現在から約80億年前までの銀河周辺におけるダークマターの分布が測定されてきた。ところが、それより遠方の宇宙では(1)観測できる遠方銀河の数が少ない、(2)背景光源として使える銀河がない、という2つの大きな問題から銀河周辺のダークマター分布が測定されていなかった。

すばる望遠鏡の超広視野主焦点カメラ「HyperSuprime-Cam(HSC)」を用いた「可視光撮像銀河サーベイ(HSCサーベイ)」は、330夜かけて全天の約30分の1の天域を観測する大型計画であり、非常に遠方の銀河まで観測することが可能とされている。そこで研究チームは今回、この性能を活用し、HSCサーベイが3分の1の天域を観測した時点のおよそ150万個ほどの120億年前の銀河を検出し、大規模な遠方銀河サンプルを作成することで、観測可能な遠方銀河の数を増やすことにしたとする。

また、背景光源として使える銀河がないという問題に対しては、ビッグバン直後の38万年後の“宇宙の晴れ上がり”イベントが生じた際の、まだ今よりも非常に熱い宇宙から届く、最古の光である「宇宙マイクロ波背景放射」(CMB)を背景光源として用いることで解決を図ったとする。このCMBのデータについては、欧州宇宙機関のプランク衛星のマイクロ波による観測データが用いられたという。

研究チームでは、こうした可視光とマイクロ波のデータを組み合わせることにより、約120億年前の銀河周辺のダークマターを検出することに成功したとする。

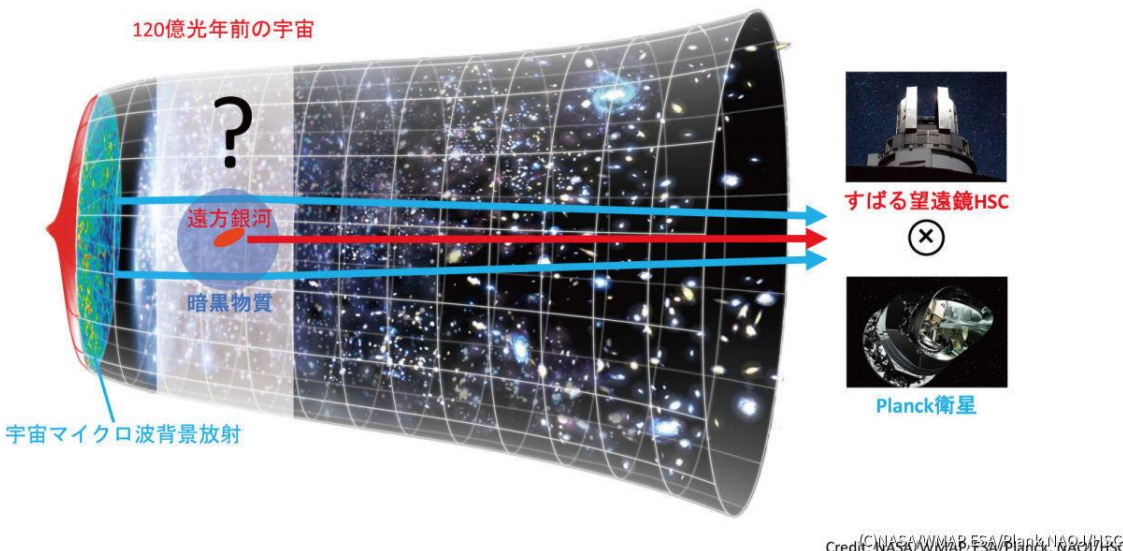


今回の研究のイメージ。CMBと可視光の撮像観測から、ダークマターの分布が調べられた (C)松下玲子(名古屋大学) (出所:すばる望遠鏡 Web サイト)

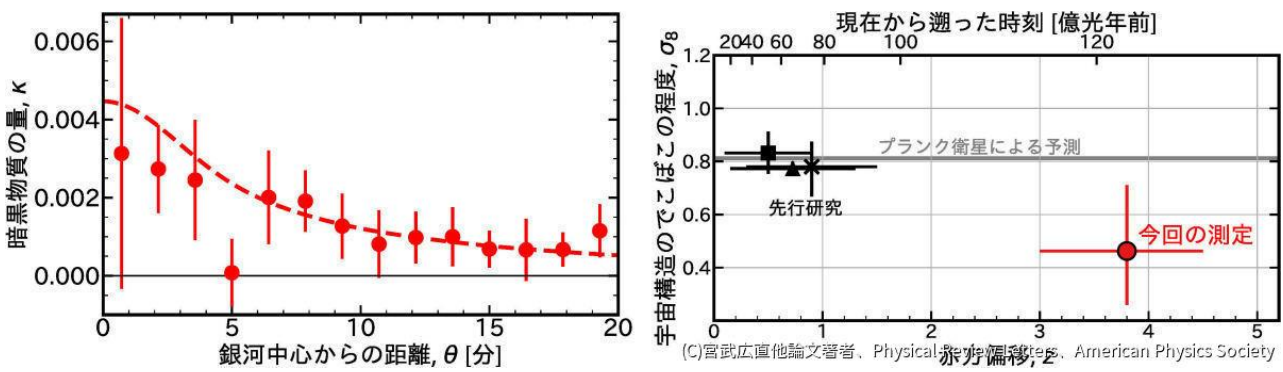
今回の研究で測定されたダークマターを含む銀河の質量は、先行研究において同じ銀河サンプルを用いて銀河の密集度合いにより推定した質量と誤差の範囲で一致しているという。

また、今回の研究では遠方銀河周辺のダークマター分布と先行研究で測定された銀河の密集度合いを用いて、約

120 億年前の宇宙構造から、標準宇宙論を仮定することによって、現在の宇宙構造におけるでこぼこの程度「 σ_8 」を推定することにも成功。その結果、プランク衛星による CMB の測定と標準宇宙論を組み合わせることによって予言される σ_8 に比べて、小さい値が得られたという。



今回の研究手法の概念図。CMB を重力レンズ効果の背景光源として用いることで、120 億年前の銀河周辺におけるダークマターの存在が検出された (C)NASA/WMAP,ESA/Planck,NAOJ/HSC (出所:すばる望遠鏡 Web サイト) これまでの約 80 億年前における近傍宇宙の観測的研究でも、 σ_8 がプランク衛星の予測値より小さい可能性が示唆されており、今回の研究で得られた結果もそれを支持するものとなったという。ただし、今回の研究における統計的優位性は十分ではないため(今回の測定が得られた σ_8 になる確率は約 90%)、さらなる検証が必要だともしている。



(左)今回の研究で検出された、120 億年前の銀河周辺におけるダークマターの信号(赤丸)と理論予測(破線)。横軸は銀河中心からの距離、縦軸はダークマターの量。(右)現在の宇宙構造におけるでこぼこの程度 σ_8 を縦軸、その測定値を導いたサンプルの赤方偏移を横軸に取った図。赤点は、今回の研究で得られた制限、ほかの点は近傍宇宙のダークマター分布を用いて得られた値。灰色の線はプランク衛星の測定から予測される σ_8 の制限 (C)宮武広直他論文著者、Physical Review Letters、American Physics Society (出所:すばる望遠鏡 Web サイト)

さらに今回用いられた HSC サーベイの観測データはサーベイ途中のものであることから、全データを用いることで、より統計精度の高い測定を行うことが可能になると研究チームでは説明しており、今回の研究から、約 120 億年前の銀河周辺のダークマター分布測定が可能であることが示されたのみならず、遠方宇宙の情報を用いた、宇宙論検証の新しい扉が開かれたとしている。

なお、2020 年代中に、HSC サーベイの広さ・深さを凌駕する新しい大規模撮像探査が 3 つ始まる計画のほか、2 つの次世代マイクロ波望遠鏡による観測も現在進められており、その後もさらなる高精度マイクロ波観測を可能にする望遠鏡の建設が予定されていることから、研究チームでは、今回の研究は、そうした将来計画を目前に

し、HSC サーベイの広さと深さを活かすことによって、遠方宇宙の宇宙論探査に先鞭を付けるものと位置付けられるとしている。

<https://sorae.info/astromy/20220801-ngc6638.html>

星々の光が満ちあふれる球状星団の中心部。ハッブル宇宙望遠鏡が撮影

2022-08-01 [松村武宏](#)



【▲ 球状星団「NGC 6638」(Credit: ESA/Hubble & NASA, R. Cohen)】

こちらは「いて座」の方向にある球状星団「NGC 6638」の中心付近を捉えた画像です。球状星団とは、数万～数百万個の恒星が球状に集まっている天体のこと。天の川銀河ではこれまでに 150 個ほどの球状星団が見つっています。この NGC 6638 の画像は「ハッブル」宇宙望遠鏡を使って撮影されました。画像を公開した欧州宇宙機関 (ESA) によると、地球の大気を通して天体を観測する地上の望遠鏡では、球状星団を構成する個々の星を明確に見分けることはほぼ不可能だったといいます。1990 年 4 月に打ち上げられたハッブル宇宙望遠鏡の登場は天文学に革命をもたらし、球状星団を構成するのはどのような星々で、どのように進化するのか、そして星々が密集する星団における重力の役割とは何かを研究する上で活用されてきました。

そして今、「ジェームズ・ウェッブ」宇宙望遠鏡の登場によって、天文学に再び革命がもたらされようとしています。赤外線での観測に特化したウェッブ宇宙望遠鏡は、ガスと塵に囲まれている生まれたばかりの若い星のように、可視光線では観測が難しい塵に隠されている天体を詳細に観測することが可能です。進化する前の星々でできた形成されたばかりの星団をウェッブ宇宙望遠鏡で観測することで、球状星団の理解がさらに深まると期待されています。冒頭の画像はハッブル宇宙望遠鏡に搭載されている「掃天観測用高性能カメラ (ACS)」および「広視野カメラ 3 (WFC3)」を使って取得された画像をもとに作成されたもので、ハッブル宇宙望遠鏡の今週の一枚として ESA から 2022 年 8 月 1 日付で公開されています。

関連：[ハッブル撮影の美しい天体。暗黒星雲の向こう側で輝く球状星団](#)

Source Image Credit: ESA/Hubble & NASA, R. Cohen [ESA/Hubble](#) - Star-Studded Skyfield

文／松村武宏

<https://sorae.info/astromy/20220802-m61-ngc4303.html>

スターバースト銀河「M61」に広がる元素の分布。ヨーロッパ南天天文台が画像公開

2022-08-02 [松村武宏](#)



【▲ 渦巻銀河「M61」(NGC 4303)。色は電離した水素・酸素・硫黄のガスの分布に対応している (Credit: ESO/PHANGS)】

【▲ ハubble宇宙望遠鏡の「広視野カメラ3 (WFC3)」と VLT の「FORS2 渦巻銀河「M61」(Credit: ESA/Hubble & NASA, ESO, J. Lee and the PHANGS-HST Team)】

こちらは「おとめ座」の方向約 5200 光年先にある渦巻銀河「NGC 4303」のクローズアップです。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「M61 (Messier 61)」として登録されています。M61 は「おとめ座銀河団」を構成する 1000 個以上の銀河のひとつであり、スターバースト銀河（爆発的な星形成活動が起きている銀河）としても知られています。

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（渦状腕）が青い星々の輝きに彩られています。いっぽう、冒頭の M61 の画像は新たに誕生した星によって電離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、まるで輝く金細工のようにも見えます。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ubble」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 8 月 1 日付で公開されています。

関連：[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](#)

Source Image Credit: ESO/PHANGS [ESO](#) - The golden era to study stellar births 文／松村武宏

<https://sorae.info/astromy/20220803-heaviest-neutron-star.html>

限界を押し上げる！ PSR J0952-0607 が最も重い中性子星と判明

2022-08-03 [彩恵りり](#)

太陽のような恒星は、中心部で発生する核融合反応をエネルギー源として光り輝いています。しかし、核融合反応の源である物質が尽きると、恒星はその寿命を終えます。

寿命の最期に何を残すかは、恒星の質量によって異なります。今回のお話の主演である「中性子星」は、その 1 つの形態です。通常物質は原子でできており、原子は中心部にある原子核と外側を回る電子で構成されています。ところが太陽よりずっと重い恒星 (太陽の 8 倍以上) の場合、核融合反応が停止した後の中心部は自身の強大な重力で圧縮されます。その力は、原子そのものを押しつぶし、電子を原子核に押し込むほどです。

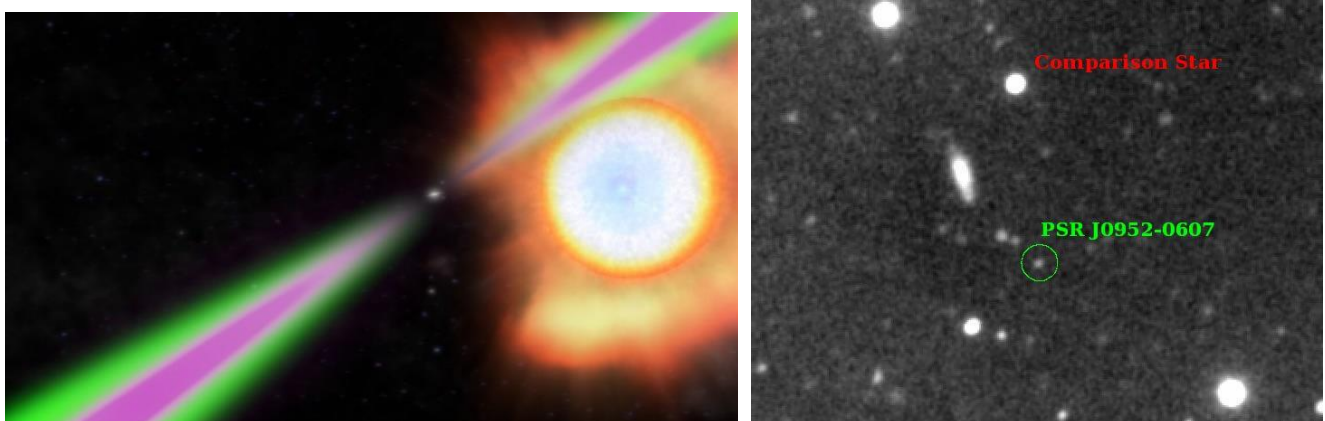
すると、原子核を構成する陽子に押し込まれた電子が吸収され、中性子に変換されます。こうしてほとんどが中性子で構成された高密度の塊になると、重力で潰れずに安定化します。これを中性子星と呼びます。なお、中心部が圧縮された反動で恒星の外層が吹き飛ぶ様子は、超新星の一種である「II型超新星」として観測されます。中性子星は、端的に言えば1個の巨大な原子核と言えます。通常の原子核は陽子と中性子が数個から数百個合体した、直径1000兆分の1m程度の極微な存在ですが、中性子星はほとんどが約10の57乗個（約10阿僧祇（あそうぎ）個）の中性子でできており、直径は十数km程度となります。天体としては小さいものの、その質量は最低でも太陽の1.4倍もあり、平均密度は1立方cmあたり10億トンにもなります。

中性子星は、ブラックホール以外では宇宙で最も高密度な物体とされています。ブラックホールの内部は観測できない以上、中性子星で物質の限界状態を観察できると言えます。その性質は天文学のみならず核物理学の視点からも非常に興味深いものです。例えば、中性子星の中心部は極端な高密度環境になっており、通常の間では不安定で短時間しか存在できない重い素粒子や複合粒子が安定して存在するとも考えられています。

ところが、中性子星の限界質量ははっきりとしておりません。中性子星ですら重力に耐えきれず潰れてしまう限界であるトルマン・オッペンハイマー・ヴォルコフ限界は、理論上は太陽質量の2.2倍から2.9倍と、かなり幅があります。ちなみに、白色矮星の限界であるチャンドラセカール限界は太陽質量の約1.38倍と、こちらはかなり精度よく判明しています。その理由は、あまりにも高密度すぎる中性子星に近い環境を実験的に再現するのが現状の核物理学では困難であり、シミュレーションに不確かな要素が多いためです。そこで、宇宙にある中性子星の質量を測定する事で、この限界を探る試みが続けられています。

スタンフォード大学のRoger W. Romani氏などの研究チームが観測対象としたのは、ろくぶんぎ座にある中性子星「PSR J0952-0607」です。PSR J0952-0607はミリ秒パルサーとよばれる、極めて自転周期の速い中性子星に属します。その速さは1秒間に717回転であり、これは銀河系の中で1番早く、全ての中性子星の中でも2番目に速い記録です。そしてPSR J0952-0607は、ミリ秒パルサーとしては珍しく伴星を持っています。伴星は木星の20倍という非常に質量の小さな天体です。さて、恒星が寿命を迎えて生成される中性子星の自転速度は、速くても1秒に1回転程度が限界ですので、このようなミリ秒パルサーは通常生成されません。しかしながらPSR J0952-0607には伴星があり、これがミリ秒パルサーの生成のカギと考えられています。

伴星は、かつては通常の軽い恒星であり、寿命の末期に膨張する赤色巨星になっていたと考えられます。すると、外側のガスが中性子星へと落ち、その運動エネルギーが中性子星の自転を加速させます。降り積もった物質はやがてエネルギーを放出するようになり、伴星の外側を吹き飛ばしてしまいます。このようにして自転が加速された中性子星はミリ秒パルサーとなり、また誕生直後と比べると質量が追加されるため、中性子星の限界の質量に近づけると考えられます。



【▲ 図1: PSR J0952-0607と伴星の想像図。PSR J0952-0607は伴星を少しずつ“食べている”事から、このような中性子星の連星系はブラックウィドウパルサーと呼ばれています。(Credit: NASA's Goddard Space Flight Center)】

【▲ 図2: ケックI望遠鏡で撮影されたPSR J0952-0607(緑丸)。周りの星と比べても分かる通り非常に暗い天

体であり、これまで詳細な観測は困難でした。(Credit: W. M. Keck Observatory, Roger W. Romani, Alex Filippenko)】

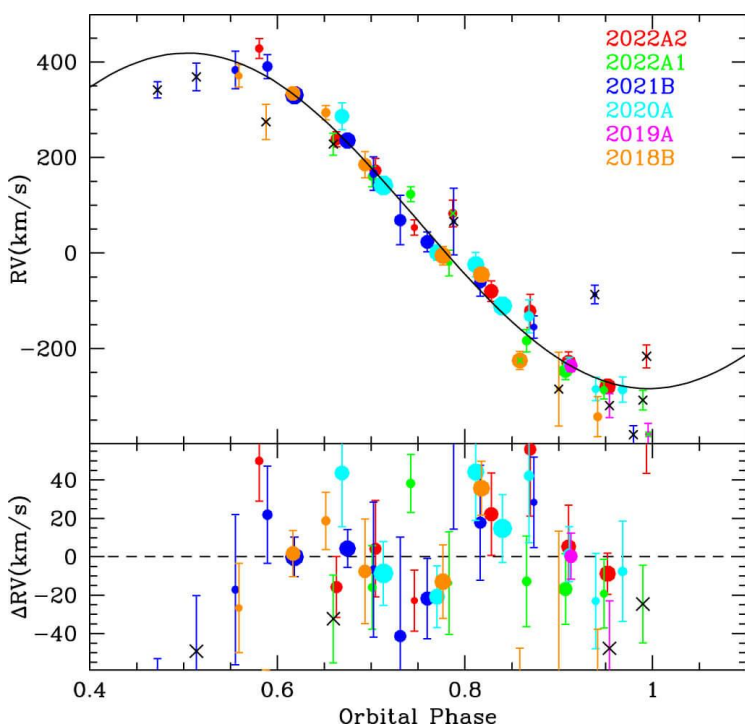
中性子星の質量が限界に近づく一方で、伴星はミリ秒パルサーから放出されたエネルギーでやがては蒸発してしまいます。ほとんどのミリ秒パルサーに伴星がないのは、伴星が蒸発してしまった後を観ているのであり、PSR J0952-0607 はまだ蒸発しきっていない途中を観ている、という点で珍しい状態を観ていると考えられます。

このような中性子星と恒星との連星系は、連星の相方を“食べてしまう”事から、交尾後にメスがオスを食べてしまう生態で知られるクロゴケグモの英語名に因みブラックウィドウパルサーと呼ばれています。

この、伴星を持っているという状態は、ミリ秒パルサーの質量を正確に測るのに非常に役立ちます。視線速度 (観測方向に対する天体の動き) と公転周期から、ケプラーの第3法則により計算可能だからです。

ただし、PSR J0952-0607 の明るさは23等級と極めて暗く、10mクラスの望遠鏡では視線速度を測るのは困難でした。そこでRomani氏らは、PSR J0952-0607 そのものではなく、伴星に注目しました。

伴星は中性子星という強大な重力源の近くにあるため、地球から見た月のように、常に同じ面を中性子星に向けていると考えられます (潮汐ロックの状態)。そして中性子星からの放射は伴星の片面だけを最高で約6200K (約5900°C) まで加熱していると考えられます。その温度からの放射はG1型の恒星 (太陽はG2型) に対応するため、スペクトル線から視線速度を決定できます。



【▲ 図3: PSR J0952-0607 の伴星の視線速度。公転周期と一致する視線速度の変化が観測されました。(Credit: Romani, et.al.)】

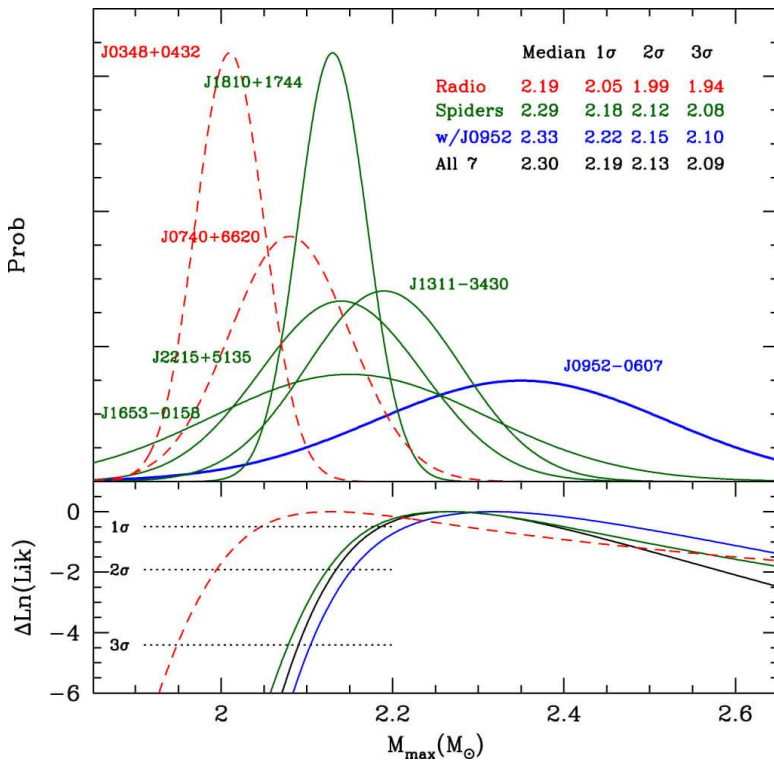
Romani氏らはハワイのW.M.ケック天文台にあるケックI望遠鏡を使用し、4年間で計6回、1回あたりの露光時間600秒から900秒でPSR J0952-0607とその伴星を観測しました。その結果、口径10mのケックI望遠鏡でも視線速度を測る事に成功しました。

最も適合するモデルの値は、PSR J0952-0607系の公転周期が6.42時間で、地球から見ると公転軌道が 59.8 ± 1.9 度傾いていることを示していました。そこからPSR J0952-0607の質量は太陽の 2.35 ± 0.17 倍であると計算できます。この値は、精度よく測定された中性子星の中では最も重い値です。

既知のブラックウィドウパルサーはPSR J0952-0607を含め12個ありますが、測定可能なほど伴星が明るいのは6個しかなく、中性子星の質量はいずれもPSR J0952-0607より軽かった事から、PSR J0952-0607は最も重い中性子星の記録を当面は保持すると考えられます。

PSR J0952-0607の値を、他の重い中性子星の推定質量と合わせる事で、トルマン・オッペンハイマー・ヴォル

コフ限界の下限は太陽質量の 2.19 倍以上と計算されました。これは過去の天文記録から太陽質量の 0.15 倍分だけ値を上げた形になり、理論的な推定値の下限である 2.2 倍という値にもかなり近くなっています。このようにトルマン・オッペンハイマー・ヴォルコフ限界の推定値を絞り込む事で、中性子星の物性を推定する物理モデルを洗練し、適合しないモデルを排除できます。



【▲ 図 4: いくつかの重い中性子星の質量推定値と、トルマン・オッペンハイマー・ヴォルコフ限界の下限値。今回 PSR J0952-0607 が加わったことにより、下限値が太陽質量の 2.19 倍となりました。(Credit: Romani, et.al.)】
 また、太陽質量の 2.35 倍と言う値は、PSR J0952-0607 が誕生直後と比べ、ほぼ太陽 1 個分だけ質量を増加させた可能性を示しています。これは PSR J0952-0607 のような磁場が極端に弱い中性子星の理由を説明するかもしれませんが、PSR J0952-0607 の磁場は 6.1×10^7 G (ガウス) という強さですが、典型的な中性子星の磁場が 1×10^{12} G である事を考えると、PSR J0952-0607 の磁場は 1 万分の 1 以下の弱さです。これは磁場の弱い中性子星のトップ 10 に入るほどです。

極端に磁場の弱い中性子星がある理由は現在でも謎ですが、降り積もった物質による遮蔽や中性子星の表面を加熱する事による抵抗の増大など、様々な説が唱えられています。PSR J0952-0607 の研究は、極端に磁場の弱い中性子星の謎の解明にも役立つ可能性があります。

Source

[Roger W. Romani, et.al.](#) "PSR J0952-0607: The Fastest and Heaviest Known Galactic Neutron Star" (The Astrophysical Journal Letters)

[Robert Sanders.](#) "Heaviest neutron star to date is a 'black widow' eating its mate". (University of California, Berkeley)

[Vassiliki Kalogera & Gordon Baym.](#) "The Maximum Mass of a Neutron Star". (The Astrophysical Journal)

[Paolo A. Mazzali, et.al.](#) "A Common Explosion Mechanism for Type Ia Supernovae". (Science)

[Dipanjan Mukherjee.](#) "Revisiting Field Burial by Accretion onto Neutron Stars". (Journal of Astrophysics and Astronomy)

文／彩恵りり

<https://sorae.info/astrometry/20220803-cosmic-gems-ngc3981.html>

大きく広がった躍動的な渦巻腕。超大型望遠鏡が撮影した“コップ座”の銀河



【▲ 渦巻銀河「NGC 3981」(Credit: ESO)】

こちらは「コップ座」の方向約 6200 万光年先にある渦巻銀河「NGC 3981」です。銀河の内側に広がる赤く彩る領域を、躍動感あふれる渦巻腕（渦状腕）が取り巻いている様子が捉えられています。この画像は、科学観測の合間に魅力的な天体の写真を撮影・公開するヨーロッパ南天天文台（ESO）の「Cosmic Gems（宇宙の宝石）」プログラムのもとで取得されました。

渦巻銀河は、星やガスなどが集まった明るい中心部分の膨らみ「銀河バルジ」を、渦巻腕がある「銀河円盤」が取り囲む構造をしています。銀河円盤は整った形をしていることもあれば、重力を介した銀河どうしの相互作用によって渦巻腕が長く引き伸ばされていることもあります。画像を公開した ESO によると、外側に引き伸ばされたように見える NGC 3981 の渦巻腕は、過去に別の銀河と接近して重力相互作用した結果ではないかと考えられています。また、銀河円盤内側の赤い領域は HII（エイチツー）領域と呼ばれています。ここは若く高温な大質量星から放射された紫外線によって電離した水素ガスが赤い光を放っている領域で、ガスと塵を材料に星が形成される星形成の現場でもあります。赤く彩られた HII 領域と大質量星の青い光に彩られた渦巻腕とのコントラストが、美しさを感じさせます。なお、NGC 3981 の中心を基準に 1 時の方向を見ると、赤・緑・青の 3 色に塗り分けられた 1 本のかすかな線が写っています。ESO によると、これは画像の取得時に写り込んだ太陽系内の小惑星とのこと。小惑星は背景の星々や銀河に対して短時間で移動しているように見えるため、異なる波長を通すフィルターを切り替えながら撮影すると、このような色分けされた線状に写ります。

冒頭の画像は ESO が運営するチリのパラナル天文台にある「超大型望遠鏡（VLT）」の観測装置「FORS2」を使って取得された画像をもとに作成され、2018 年 9 月 12 日付で公開されたもので、ESO の Twitter 公式アカウントが 2022 年 6 月 28 日付で改めて紹介しています。

ESO [#Flashback](#): When conditions don't allow scientific observations to be made, observatory time is used for the ESO Cosmic Gems Programme, showcasing the beauty of the southern skies. This image is one example: the spiral galaxy NGC 3981.

🔗 <https://t.co/jgzSNOm2sB> Credit: [@ESO pic.twitter.com/GqKhEgSq3H](#) — ESO (@ESO) [June 27, 2022](#)

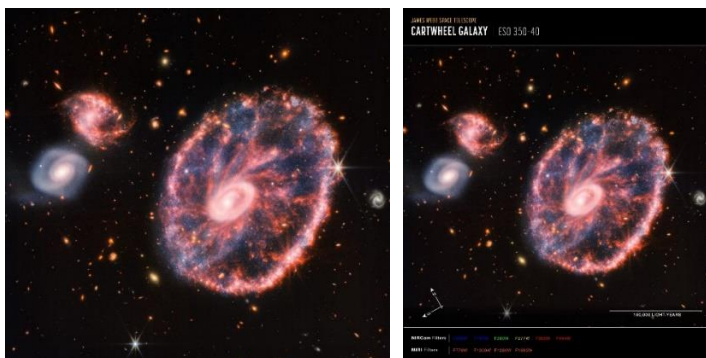
関連：[ちらりと見える背後の銀河。ハッブルが撮影した“ヘルクレス座”の 3 つの銀河](#)

Source Image Credit: ESO [ESO](#) - A Galactic Gem

文／松村武宏

<https://sorae.info/astronomy/20220804-jwst-cartwheel-galaxy.html>

ジェイムズ・ウェッブ宇宙望遠鏡が撮影した「車輪銀河」の画像が公開された



【▲ ジェームズ・ウェッブ宇宙望遠鏡が撮影した「車輪銀河」。近赤外線カメラ「NIRCam」と中間赤外線装置「MIRI」を使って取得された画像をもとに作成（Credit: NASA, ESA, CSA, STScI）】

【▲ ジェームズ・ウェッブ宇宙望遠鏡が撮影した「車輪銀河」（注釈付きバージョン）。右下のスケールバーは10万光年の長さを示す（Credit: NASA, ESA, CSA, STScI）】

こちらは、南天の「ちょうこくしつ座」の方向約5億光年先にある「車輪銀河」（Cartwheel galaxy、ESO 350-40）と2つの伴銀河（衛星銀河）です。車輪銀河はその名が示すように、直径約15万光年とされる大きなリング構造や、内側と外側のリング構造をつなぐスポークのような構造を持つ印象的な姿をしています。大小のリングやスポークを彩る赤色は、炭化水素に富む塵の分布に対応しています。いっぽう、スポークの隙間から見える青色の輝きは、個々の星や星形成領域（ガスや塵から新たな星が形成されている領域）を示しています。

この画像は、2022年夏から本格的な観測を始めた「ジェームズ・ウェッブ」宇宙望遠鏡に搭載されている近赤外線カメラ「NIRCam」と中間赤外線装置「MIRI」を使って取得された画像（合計10種類のフィルターを使用）をもとに作成されました。ウェッブ宇宙望遠鏡は人間には見えない赤外線で主に観測を行うため、画像の色は赤外線の波長に応じて着色されています（NIRCamの画像は青・緑・黄・赤、MIRIの画像はオレンジ）。また、画像の幅は約34万光年に相当します。ウェッブ宇宙望遠鏡や「ハッブル」宇宙望遠鏡を運用するアメリカの宇宙望遠鏡科学研究所（STScI）によると、かつて車輪銀河は一般的な渦巻銀河の姿をしていたものの、ここには写っていない小さな銀河と高速で正面衝突した結果、石を落とした池に広がる波紋のように内側から外側へと広がる衝撃波が生じたことで、このような姿になったと考えられています。衝突前に存在していた渦巻腕（渦状腕）を含む渦巻銀河としての特徴は、命名のきっかけとなったスポークのような構造にも現れています。

車輪銀河はハッブル宇宙望遠鏡でも観測されたことがありますが、ハッブルが主に利用する可視光線は塵に遮られやすい性質があります。塵に遮られにくい赤外線を利用し、星々や星形成領域を見分けることができる高精度な観測装置を搭載したウェッブ宇宙望遠鏡は、ゆっくりと変化し続けている車輪銀河についての新たな理解をもたらしたといえます。

関連：[衝突が生み出した巨大な車輪銀河、ハッブルとチャンドラが撮影](#)

STScIによると、車輪銀河の外側のリングでは新たな星を生み出す星形成活動や大質量星の超新星爆発が起きていて、4億4000万年ほどの時間をかけて現在観測されている大きさまで膨張したとみられています。いっぽう、車輪銀河の明るい中心部分には膨大な量の塵が含まれており、特に明るい部分には若く巨大な星団が幾つも存在するとされています。こうした車輪銀河の姿は一時的なもので、今後も変化し続けていくと考えられています。ウェッブ宇宙望遠鏡は変わり続ける車輪銀河のスナップショットだけでなく、車輪銀河の歴史を紐解いたり、今後の進化を予測したりするための知見も提供したとのこと。冒頭の画像はSTScI、アメリカ航空宇宙局（NASA）、欧州宇宙機関（ESA）から2022年8月2日付で公開されています。

関連：[ジェームズ・ウェッブ宇宙望遠鏡が試運転中に撮影した木星とエウロパ](#)

Source Image Credit: NASA, ESA, CSA, STScI

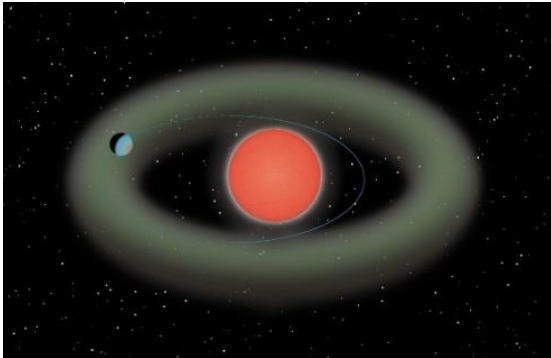
[STScI](#) - Webb Captures Stellar Gymnastics in the Cartwheel Galaxy

[NASA](#) - Webb Captures Stellar Gymnastics in The Cartwheel Galaxy

<https://sorae.info/astrometry/20220805-ross508.html>

すばる望遠鏡の観測成果。約 37 光年先の赤色矮星でスーパーアースを発見！

2022-08-05 松村武宏



【▲ 赤色矮星「ロス 508」を公転する太陽系外惑星「ロス 508 b」の模式図。緑色のリングはハビタブルゾーンを示す (Credit: アストロバイオロジーセンター)】

国立天文台ハワイ観測所の原川紘季さんを筆頭とする研究チームは、太陽から比較的近い約 37 光年先の恒星を公転する太陽系外惑星を発見したとする研究成果を発表しました。研究チームによると、この系外惑星は親星（主星）のハビタブルゾーン（惑星の表面に液体の水が存在し得る範囲）付近を公転しているとみられており、低温の恒星を公転する系外惑星の生命居住可能性を探る上で重要な観測対象になると考えられています。

■公転軌道の一部はハビタブルゾーンの中にあると推定

今回発見が報告されたのは、「へび座」の方向 36.6 光年先にある恒星「ロス 508」(Ross 508) を公転する系外惑星「ロス 508 b」です。研究チームによると、ロス 508 b は最小質量が地球の約 4 倍 (3.47~4.55 倍) のいわゆる「スーパーアース」(質量が地球の数倍程度で岩石質の系外惑星) で、公転周期は 10.77 日と算出されています。なお、親星のロス 508 は、サイズと質量がどちらも太陽の 5 分の 1 程度の赤色矮星です (太陽と比べて半径は約 0.21 倍、質量は約 0.18 倍、スペクトル型は M4.5 V、表面温度は摂氏約 2800 度)。

太陽系を基準に考えると、ロス 508 b は親星であるロス 508 のかなり近くを公転しています。親星からの平均距離は約 0.054 天文単位 (※) で、太陽から水星までの平均距離の 7 分の 1 弱しかありません。

また、ロス 508 b の公転軌道は離心率の高い楕円形 (軌道離心率は約 0.33) をしていると考えられています。そのため、ロス 508 b は冒頭に掲載した模式図のように、その「1 年」(地球では約 11 日) の間にロス 508 のハビタブルゾーンへ入ったり内側に外れたりしていると推定されています。

※...1 天文単位 (au) = 約 1 億 5000 万 km、太陽から地球までの平均距離に由来

ハビタブルゾーンを公転している系外惑星は、表面に液体の水が存在している可能性があります。研究チームは、赤色矮星を公転する系外惑星の生命居住可能性を検討するために、近い将来に登場する見込みの口径 30m クラスの望遠鏡によるロス 508 b の観測に期待を寄せています。

■すばる望遠鏡の高精度赤外線分光器がもたらした成果

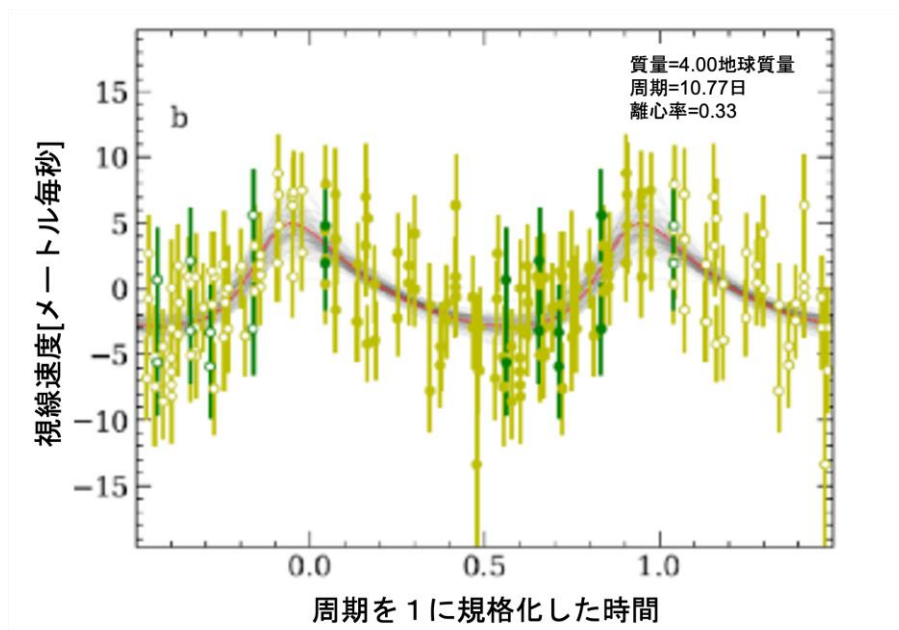
今回報告されたロス 508 b は、国立天文台ハワイ観測所の「すばる望遠鏡」に搭載されている観測装置「赤外線ドップラー装置 (IRD)」を使って発見されました。IRD は「視線速度法」と呼ばれる観測手法で系外惑星を捜索できる高精度の赤外線分光器で、赤色矮星のハビタブルゾーンを公転する系外惑星の発見を主な目的として、自然科学研究機構アストロバイオロジーセンターによって開発されました。

【▲ 系外惑星の公転にともなって親星のスペクトルが変化する様子を示した動画】

(Credit: ESO/L. Calçada)

視線速度法（ドップラーシフト法、ドップラー法とも）とは、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親星の視線方向の動きをもとに、系外惑星を間接的に検出する手法です。

惑星の公転にともなって親星が揺れ動くと、親星の光の波長（色）は親星が地球に近づくように動く時は短く（青く）、遠ざかるように動く時は長く（赤く）といったように、周期的に変化します。この変化は、親星の光のスペクトル（波長ごとの電磁波の強さ）を得る分光観測を行うことで検出することができます。視線速度法の観測データからは系外惑星の公転周期に加えて、系外惑星の最小質量を求めることが可能です。



【▲ すばる望遠鏡の「IRD」で観測されたロス 508 の視線速度の変化を示した図（Credit: アストロバイオロジーセンター）】

研究チームによると、IRD のターゲットである赤色矮星は天の川銀河の恒星のうち 4 分の 3 ほどを占めていて、太陽の近くにも数多く存在しています。赤色矮星は可視光線では非常に暗いものの、赤外線では比較的明るい（※）ことから、赤外線での高精度な分光観測が待たれていました。今回の発見をもたらした IRD は、秒速 4m 弱というロス 508 のわずかな視線速度の変化を捉えたといえます。

※...30 光年先にある赤色矮星の明るさは、可視光線では 19 等級、赤外線では 11 等級（国立天文台ハワイ観測所のプレスリリースより）

ロス 508 b の発見は 2019 年から始まった IRD を用いた観測プロジェクト「IRD-SSP」初の成果とのことで、今後も IRD による赤色矮星を公転する系外惑星の発見が期待されます。

関連：[約 33 光年先の恒星でスーパーアースを 2 つ発見、大気の観測に期待](#)

Source Image Credit: アストロバイオロジーセンター

[国立天文台ハワイ観測所](#) - 低温の恒星を回る惑星を赤外線で見つけ「超地球」が生命を宿す可能性は？—

[アストロバイオロジーセンター](#) - 低温の恒星を回る惑星を赤外線で見つけ「超地球」が生命を宿す可能性は？—

[Harakawa et al.](#) - A super-Earth orbiting near the inner edge of the habitable zone around the M4.5 dwarf Ross 508

文／松村武宏

<https://news.mynavi.jp/techplus/article/20220801-2413739/>

ABC など、すばる望遠鏡を用いた観測で晩期赤色矮星を回る系外惑星を発見

2022/08/01 22:07 著者：波留久泉

目次 [1](#) [2](#)

アストロバイオロジーセンター(ABC)と国立天文台(NAOJ)は 8 月 1 日、すばる望遠鏡に搭載された新型の赤外線ドップラー装置「IRD」を用いて、小型かつ低温の晩期赤色矮星を戦略的に観測して系外惑星を探索するプロジェクト「IRD-SSP」において、同プロジェクト発見第 1 号となる系外惑星を、地球から約 37 光年離れた位置にある太陽の約 1/5 の質量の「ロス 508」の周囲に発見したと発表した。

また今回発見された「ロス 508b」は、星系内のハビタブルゾーン内縁を楕円軌道で公転していること、そして公転赤外線分光器を用いた系統的探索で発見された系外惑星としては、世界初となることも併せて発表された。

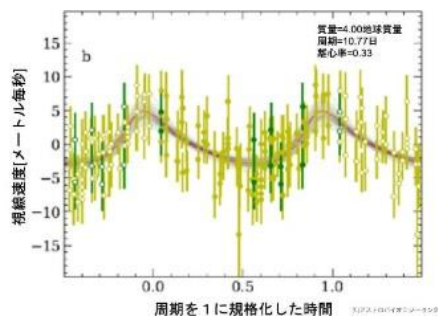
同成果は、NAOJ ハワイ観測所の原川紘季研究員、東京工業大学の佐藤文衛教授らの国際共同研究チーム(IRD-SSP)によるもの。[詳細は、「日本天文学会欧文研究報告」に掲載された。](#)

天の川銀河には 1000 億とも 2000 億とも呼ばれる恒星があるとされ、そのおよそ 4 分の 3 を占めると考えられているのが、太陽よりも小型の赤色矮星(M 型)とされている。赤色矮星は、太陽にもっとも近い恒星であるプロキシマ・ケンタウリをはじめ、太陽系近傍にも数多く存在するため、近年の系外惑星探索では、これら赤色矮星に注目が集まっているという。近距離にあることから、それらの星系に惑星を発見できた場合、大気の上層の詳細な観測をできる可能性もあるからためだという。

ただし赤色矮星は表面温度が 4000 度以下と低温のため、可視光では非常に暗いことが課題となっている。従来の可視光分光器を用いた惑星探索では、プロキシマ・ケンタウリを周回する惑星など、限られたごく近傍に位置する赤色矮星の周囲にしか発見されていない。とりわけ、表面温度が 3000 度以下の「晩期赤色矮星」は、系統的な惑星探索が行われておらず、この可視光での分光観測の困難さを解決するため、赤色矮星では比較的明るい赤外線での、高精度分光器による惑星探索が待たれていたという。

そうした中、ABC が 8 メートル級望遠鏡用としては世界で初めて開発に成功したのが、すばる望遠鏡用の高精度赤外線分光器(赤外線ドップラー装置)「IRD」であり、ドップラー法を用いて、人が歩く程度のほんのわずかな速度であっても恒星のふらつきを検出でき、その星を惑星が回っているかどうかを確かめることが可能とされている。そしてこの IRD を用いて、2019 年よりスタートしたのが、晩期赤色矮星を戦略的に観測し惑星を探索するプロジェクトである IRD-SSP であり、晩期赤色矮星の周囲の系統的な惑星探索を行う世界初の国際プロジェクトで、国内外の研究者約 100 名が参加している。最初の 2 年間は、小型の惑星も検出可能な、雑音の少ない「安定した」赤色矮星を発見するためのスクリーニング観測が行われた。現在は、スクリーニングによって精選された、50 個程度の有望な晩期赤色矮星を、集中的に観測する段階に入っているという。

今回発見されたロス 508b は、同プロジェクトで初めて発見された系外惑星であり、同時に赤外線分光器を用いた系統的探索で発見された世界初の系外惑星でもある。地球から約 37 光年離れており、太陽の約 1/5 の質量の赤色矮星ロス 508 を公転している。このロス 508b は地球の約 4 倍の最低質量で、太陽系には存在しない、地球と天王星・海王星の巨大氷惑星の間に当たるスーパーアースに分類される惑星とされる。同惑星の中心星からの平均的な距離は、地球～太陽間(約 1 億 5000 万 km)の約 0.05 倍で、太陽系なら水星軌道(約 5800 万 km)よりもさらに太陽に近く、わずか 750 万 km しかない。公転周期は当然短く、この星の 1 年は地球の約 11 日にしかない。



今回発見された惑星系の模式図。緑の領域は、液体の水が存在しうるハビタブルゾーン(HZ)を表す。惑星ロス 508b は、中心の赤色矮星ロス 508 を楕円軌道(水色の線)で周回する。その軌道の半分以上は HZ より内側(実線

部分)、残りはHZの中(破線部分)と推定されている (C)アストロバイオロジーセンター (出所:ABC Web サイト) また同惑星は楕円軌道を持つ可能性が高く、それも同星系のハビタブルゾーンの内縁部を回っているという。もしそれが正しければ、半分以上の日数はハビタブルゾーンよりも内側、残りがちょうどハビタブルゾーン内に収まるという。ハビタブルゾーンにある惑星は表面に液体の水が保持されやすいため、生命を宿す可能性があると考えられている。赤色矮星の極近傍を回る惑星は、放射線の強い影響などの問題もあるが、ロス 508b については今後、赤色矮星の周囲を回る惑星の生命居住可能性について検証するための重要な観測対象となると研究チームでは説明している。

IRD で観測された、恒星ロス 508 における視線速度の周期的な変化。惑星ロス 508b の公転周期(10.77 日)で折り返している。ロス 508 の視線速度の変化は秒速 4m 弱しかなく、人が走るよりも遅い程度のごく微小なふらつきを IRD が捉えたことがわかる。赤い曲線は観測値へのベストフィットで、正弦曲線からのずれは、惑星の軌道が楕円である可能性が高いことを示している (C)アストロバイオロジーセンター (出所:ABC Web サイト)

また、惑星と恒星の距離がとても近いため、現在の望遠鏡では直接撮像観測のための解像度が不足しているが、将来的には、現在建設が進められている TMT などの次世代 30 メートル級望遠鏡による生命探査の観測対象となるだろうとも研究チームでは説明している。なお、これまで赤色矮星の周囲の惑星は、プロキシマ・ケンタウリ b を含めて 3 個しか知られていなかったが、IRD-SSP によって、引き続き新たな惑星が発見されることが期待されるという。

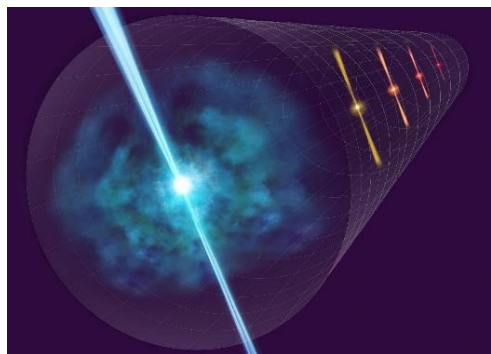
<https://sorae.info/astronomy/20220806-gamma-ray-burst.html>

132 億光年先まで測定可能？ ガンマ線バーストが遠方宇宙の距離測定に利用できる可能性

る可能性

2022-08-06

[松村武宏](#)



【▲ 今回の研究のイメージ。ガンマ線バーストを利用して宇宙の膨張を測定する様子が描かれている (Credit: 国立天文台)】

【▲ ハッブル宇宙望遠鏡が撮影した棒渦巻銀河「NGC 2525」。中心から 8 時の方向、画像の左端では Ia 型超新星「SN 2018gv」が輝いている (Credit: ESA/Hubble & NASA, A. Riess and the SH0ES team)】

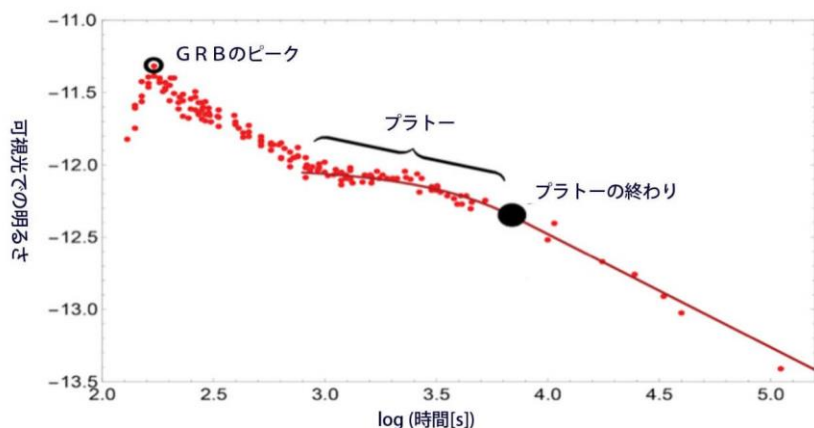
国立天文台のマリア・ダイノッティ (Maria Dainotti) 助教を筆頭とする研究チームは、遠方宇宙までの距離を測定する新たな手法についての研究成果を発表しました。研究チームが着目したのは、短い時間でガンマ線が爆発的に放出される現象「ガンマ線バースト」(GRB : gamma-ray burst) です。

■ガンマ線バーストの一部が標準光源として利用できる可能性を示した

地球からある天体までの距離を測定する場合、たとえば太陽系内の惑星・小惑星であればレーダー観測や天体力学を使って割り出すことができます。比較的近い恒星までの距離は「年周視差」(地球が太陽を公転しているために生じる、天球上の天体の位置が 1 年周期で変化するように見える現象)を利用して求めることが可能です。

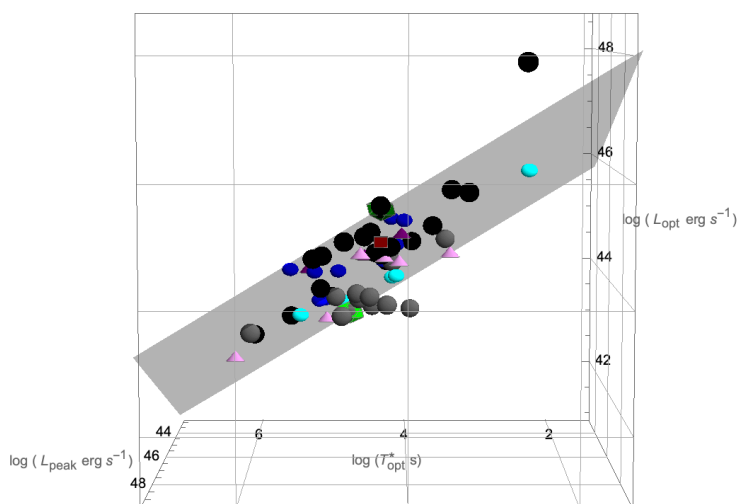
いっぽう、銀河のようにより遠い天体までの距離を測定する場合は「標準光源」が使われています。標準光源と

は、天体の明るさが距離の2乗に反比例することを利用して、真の明るさ（絶対光度）と観測された見かけの明るさをもとに地球からの距離を割り出せる天体のこと。真の明るさが明るいほど変光周期が長いとされる「セファイド（ケフェイド）変光星」や、超新星爆発の一種で真の明るさがほぼ一定とされる「Ia型超新星」が標準光源として用いられています。また、非常に遠くにある天体までの距離を測定する場合は、膨張する宇宙で長い距離を進むほど光の波長が長く伸びる現象である「(宇宙論的な)赤方偏移」が利用されています。こうした様々な手法を幾つもつなげて遠くの宇宙までの距離を測定する様子は、幾つもの梯子（はしご）をつなげて高みを目指す様子にたとえて「宇宙の距離梯子（はしご）」と呼ばれています。



【▲ ガンマ線バーストの可視光線での光度曲線の一例。プラトートの期間では残光の明るさがほぼ一定になっている (Credit: Maria Dainotti et al.)】

ダイノッチェさんたちが着目したガンマ線バーストは、太陽が100億年の一生をかけて放出するのと同程度のエネルギーが、わずか数秒以内に放出されるという激しい現象です。国立天文台によると、超新星爆発で測定できる距離は110億光年までですが、宇宙で最も明るい天体現象とされるガンマ線バーストを標準光源として利用できれば、132億光年という遠方宇宙までの距離を測定できる可能性があるといえます。



【▲ 「ガンマ線バーストのピーク時の明るさ」「プラトートの継続時間」「プラトールが終了した時の明るさ」の関係を示した図。3つの値を3軸に取った時、プラトールを持つ179個のガンマ線バーストがある平面上に分布することが示されている。この3軸の相関関係を利用することで、ガンマ線バーストの真の明るさを求めることができるという (Credit: Maria Dainotti et al.)】

研究チームは、国立天文台ハワイ観測所の「すばる望遠鏡」などで観測された500個のガンマ線バーストについて、発生から数日間続く残光の観測データを解析。残光の可視光線での光度曲線（時間の経過にあわせて変化する天体の明るさを示した曲線）にあらわれる特徴を調べたところ、500個のうち179個のガンマ線バーストが、残光の明るさがほぼ一定で推移する「プラトール」と呼ばれる期間を持っていたことがわかりました。

これらのガンマ線バーストについて「ガンマ線バーストのピーク時の明るさ」「プラトールの継続時間」「プラトールが終了した時の明るさ」の関係を研究チームが分析した結果、ガンマ線バーストの真の明るさを求めることが可能であり、標準光源となることが示されたといいます。

国立天文台によると、ダイノッチェさんたちは2016年にX線の観測でも同様の法則を発見していましたが、可視光線の観測で得られた今回の関係も合わせることで、より正確な距離の測定が可能になるといいます。

また、今回得られた可視光線とX線のデータ双方を解析した結果、プラトールを持つ179個のガンマ線バーストが「マグネター」に由来する可能性が高いと研究チームは結論付けました。マグネターは高速で自転する中性子星の一種で、典型的な中性子星と比べて最大1000倍も強力な磁場を持つとされています。

ダイノッチェさんは今回の成果について「将来的には、高い精度で宇宙論パラメータ（※）を求められる、宇宙論的な標準光源として利用できると考えられます」と語っています。

※...誕生から現在に至る宇宙のふるまいを物理法則に従って記述する「宇宙モデル」の性質を決める、基本的な物理パラメータのこと。宇宙の全エネルギーに対して暗黒物質（ダークマター）などが占める割合や、宇宙の膨張速度などがある

〈記事中の距離は、天体を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：[キロノバと同時発生するガンマ線バーストが宇宙の距離測定に利用できるかもしれない](#)

Source Image Credit: 国立天文台, Maria Dainotti et al.

[国立天文台ハワイ観測所](#) - ガンマ線バーストの残り火を使って宇宙を測る

[Dainotti et al.](#) - The Optical Two- and Three-dimensional Fundamental Plane Correlations for Nearly 180 Gamma-Ray Burst Afterglows with Swift/UVOT, RATIR, and the Subaru Telescope

文／松村武宏