

## 東京上空に虹色の雲「環水平（かんすいへい）アーク」が出現中

circumhorizon arc、circumhorizontal arc



2020/06/26 11:24 ウェザーニュース 町田市からの投稿

今日6月26日(金)の関東では、南の空にきれいな虹色の雲が見えているところがあります。

この現象は「環水平アーク」と呼ばれ、氷の粒で出来た薄い雲によって太陽光が屈折することで虹色に見えています。

**太陽が高いときにだけ出現** [» 写真まとめ 他にも相次いで投稿](#)

この色づいている雲は、周囲に見える雲よりも高い所にあるとみられます。

このような上空高い所にある雲は、水滴ではなく小さな氷の粒が空に浮かんでいる状態です。この氷の粒がプリズムの役割をして、波長ごとに光が分けられることで色が分かれて見えています。

雨上がりなどにできる虹は太陽を背にした側（太陽と反対側の空）に見えますが、環水平アークは太陽と同じ方向の空の低いところに見えるのが特徴です。太陽が高く昇っている時間帯にしか見えないので、冬場はお目にかかることができず、見えたら少しラッキーな現象です。



横浜市青葉区からの投稿 参考 よくある見え方の環水平アーク 環天頂アーク

**晴れ間が見えてきたら暑さに警戒**

朝は曇っていた関東でも、このように青空が見え始めているところがあります。朝の涼しさから一転して、昼間は30℃前後の蒸し暑さとなる予想です。熱中症に警戒するようにしてください。[» 熱中症危険度を確認](#)

また、青空が見えたのもつかの間、午後は再び雨雲が流れ込む可能性がありますので、にわか雨にもご注意ください。[» 雨雲レーダー](#)

**よく見られる環水平アークの例**

環水平アークは、雲が薄く広く出ているときには水平方向に長く伸びる虹として出現することが多く、その名がつけられています。環水平アークが見える位置は、太陽の高さによって決まった場所となります。今回はその場所の一部にしか雲がなかったため、「横一直線の虹」ではなく「虹色に輝く雲」のように見えたというわけです。この写真は2週間前の秋田県で撮影されたものですが、手前の積雲の奥に薄くひろがっている雲が、空高いところにある氷の粒でできた雲ということになります。

**環天頂アーク（かんでんちょうアーク、英語：circumzenithal arc、circumzenith arc、CZA）**は**大気光学現象**の一種であり、太陽の上方に離れた空に虹のような光の帯が現れる現象である。環天頂弧（かんでんちょうこ）、天頂環（てんちょうかん）、天頂孤（てんちょうこ）などとも呼ばれる。またその形状が地平線に向かって凸型の虹に見えることから、俗に逆さ虹（さかさにじ）ともいう。

## 概要

環天頂アークは天頂を中心とする円の一部をなし、太陽のちょうど上方を中心とする弧で、太陽側が赤色、反対側が紫色となっている。暈や幻日などの他の多くの大気光学現象では、それぞれの色が見える位置が重なり合い、鮮明に色が分離しないのに対し、環天頂アークは色の見える位置が重なり合わないため、鮮明に分離して見えるのが特徴である。幻日と同様に雲の中に六角板状の氷晶が存在し、風が弱い場合に現れる。

[https://news.biglobe.ne.jp/trend/0626/ym\\_200626\\_6442899447.html](https://news.biglobe.ne.jp/trend/0626/ym_200626_6442899447.html)

## 初の観光宇宙遊泳、23年に 米ロ企業、2百億円超か 2020/6/26 11:21 (JST)

©一般社団法人共同通信社



国際宇宙ステーション (NASA 提供)

【モスクワ共同】ロシアのロケット宇宙企業「エネルギー」は25日、2023年に一般の希望者2人が参加する宇宙旅行を実施し、うち一人に国際宇宙ステーション (ISS) からロシア人飛行士と一緒に船外遊泳させる計画を発表した。観光旅行客の宇宙遊泳が実現すれば史上初。費用は非公開だが、約2億ドル (約214億円) との推測もある。

同社が、有人宇宙観光事業を手掛ける米スペース・アドベンチャーズと契約を締結した。両社はこれまでに、ロシアの宇宙船ソユーズを使ったISSへの宇宙旅行を01~09年に計8回成功。いずれも地球とISSの往復だけで宇宙遊泳はしなかった。

## 初の観光宇宙遊泳、23年に…米露企業が計画 6月26日 (金) 19時57分 [読売新聞](#)

【モスクワ=田村雄】宇宙旅行を手がけるロシアのエネルギー社は25日、米国のスペースアドベンチャーズ社と共同で、2023年に初の観光宇宙遊泳を実現させる計画を発表した。

ロシアの有人宇宙船「ソユーズ」で一般人2人を国際宇宙ステーション (ISS) に運び、このうち1人が、ロシアの宇宙飛行士とともに宇宙遊泳する。ISSでの滞在期間は14日間になるという。

スペースアドベンチャーズ社は「民間宇宙飛行にとって宇宙遊泳の実現は大きな前進となる」と意義を強調している。両社は宇宙旅行の分野で長年協力を続けており、これまでに7人のISS旅行を実現させた。

<https://www.sed.co.jp/contents/news-list/2020/06/0624-1.html>

## 中国の航法測位衛星第三世代北斗の最終機打ち上げ 最終更新 2020.06.24

日本時間2020年6月23日(火)午前10時43分に、航法測位衛星第三世代北斗(BD3 GEO-3(Beidou-55))を搭載した長征3Bロケットが、四川省西昌衛星発射センターから打ち上げられました。

今回の打ち上げは第三世代北斗衛星システムを構築する最後の静止軌道(GEO)衛星1機で、予定された軌道で切り離され打ち上げは成功しました。第三世代北斗衛星システムは、合計30機(24機の中軌道衛星、3機のIGSO軌道衛星、3機の静止軌道衛星)から成るシステムで、第二世代の2倍程度にあたる位置決定精度2.5-5mと、性能向上がうたわれています。また、第一世代から試験機も含め59機の北斗衛星が打ち上げられていますが、打ち上げ自身は全て成功しています。

2017年からグローバルサービスも開始されており、交通管理、農業、法執行、通信、人命救助、世界的な緊急事

態への対応や捜索救助活動などの支援に利用されます。全天候型・24時間・高精度の測位・航法・計時サービスを世界中のユーザーに提供する中国の重要なインフラとなっています。

<https://www.cnn.co.jp/fringe/35155862.html>

## 中国版GPS「北斗」が完成、最後の衛星を打ち上げ

2020.06.25 Thu posted at 16:00 JST

### 中国版GPS「北斗」、最後の衛星を打ち上げ

香港（CNN Business）中国は23日、米国が運用する全地球測位システム（GPS）の中国版である「北斗」の完成に必要な最後の衛星を打ち上げた。これにより、中国は独自の衛星測位システム（GNSS）を保有する主要国の地位に立った。現在の主要なGNSSは、米国のGPSをはじめ、ロシアの「グロナス」、欧州連合（EU）の「ガリレオ」で、北斗が4つ目となる。多くの人々がGPSになじんでおり、個人の携帯端末でのナビゲーションや飛行機や貨物船の追跡などさまざまに利用されている。北斗はGPSの替わりとなるシステム。中国共産党機関紙の人民日報は北斗について、全世界と全人類のものだと伝えた。専門家によれば、中国は北斗がGPSの対抗馬となることを望んでいるものの、市場シェアではGPSが圧倒的な存在だという。中国が北斗を推進する背景には、特に軍事分野でGPSに対する依存を減らしたいとの考えがあるとみられている。ニューサウスウェールズ大学オーストラリア宇宙工学研究センター（ACSER）のアンドルー・デンプスター所長は、独自のGNSSを保有しても、名誉以上の大きな優位性はほとんどないとの見方を示す。デンプスター氏は「正直に言って、北斗に独特なところは何もない」と述べた。民間の観点からすると、特定のGNSSが予期せず使えなくなった場合に代替手段があることは役立つといえそうだ。さらにデンプスター氏によれば、システムを運用している国は軍事面で優位に立てるといふ。敵国が自国のGNSSを利用しているなら、その信号を遮断することが可能だからだ。デンプスター氏は、中国人民軍や中国政府はこれからは独自のGNSSを頼ることができるようになる」と指摘。米国との間でさまざまな衝突が起きており、中国政府にとってはそのことが重要なのではないかと述べた。

<https://sorabatake.jp/13087/>

## 英国独自の測位システムに OneWeb 衛星の利用を検討

英国はEU離脱に伴い、2018年12月にガリレオ計画からも離脱し、およそ40億ポンド（約5,000億円）で独自の衛星測位システムを構築する方針を発表していました。その続報として今年6月20日に、システム構築予算の縮小を検討していることをファイナンシャル・タイムズが報じました

### 宙畑メモ

ガリレオは欧州の全地球測位衛星システム(GNSS)で、欧州委員会および欧州宇宙機関(ESA)、[欧州全地球航法システム監督庁\(GSA\)](#)によって構築や運用が進められています。ガリレオの開発にあたり、英国はEU加盟国として12億ポンド（約1,700億円）を拠出してきました。

**出典：[ガリレオとは？](#)** [ガリレオは欧州の全地球測位衛星システム（GNSS）であり、欧州委員会によって開発されています。このシステムは世界初の文民統制によるGNSSです。2020年にはフルサービス展開が計画されており、ガリレオは高精度な世界的な測位サービスをユーザーに提供](#)

ファイナンシャル・タイムズによると、予算縮小後の計画として、3月に破産申請をした衛星通信事業を行う[OneWeb](#)（ワンウェブ）の衛星を利用することが検討されているようです。英国による入札が決定した場合、OneWebは衛星の生産拠点を米国・フロリダから英国に移すことを約束しています。また、同社のコンステレーションの構築には、少なくとも15億ドル（約1,600億円）を追加で調達する必要があると見積もられています。

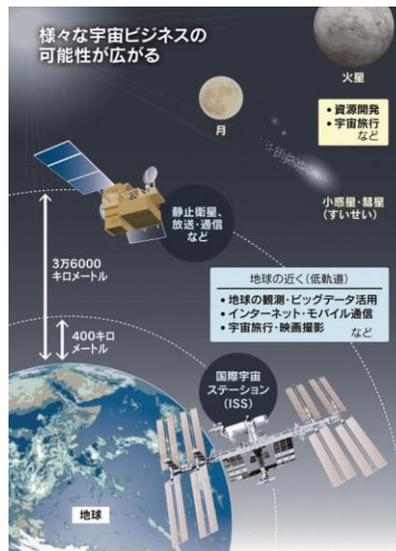
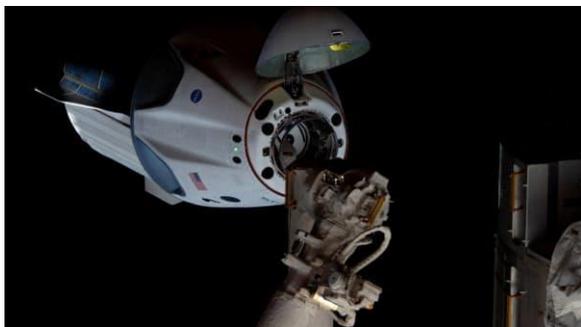
英国のガリレオ計画からの離脱は、政策が宇宙産業に大きく影響したケースの一つ。軍事や安全保障にも関わる、測位衛星システムプロジェクトに参加する国につきまとうリスクだと言えるでしょう。

また、OneWebの衛星の周波数はKaとKuバンドであるのに対し、測位システムでは一般的にはLおよびSバンドが使用されることが多く、ほかに検討されている案と比較しその実現難易度が論点となりそうです。

<https://www.nikkei.com/article/DGXMZO60839600W0A620C2EAC000/>

## 宇宙開発 民間主導になる？ 日本は官民で需要開拓 [小玉 祥司](#) [編集委員](#)

[ニッキの大疑問](#) 2020/6/27 2:00 日本経済新聞 電子版



### ISSに到着したスペースXのクルードラゴン

米国で民間企業が有人宇宙船の打ち上げに成功したわ。宇宙開発は国がそれぞれの威信をかける世界だと思っていたけど、変化が起きているのかしら。日本の動きも気になるわ。

宇宙開発の現状や日本を含めた各国の動き、民間ビジネスの動向について、丸山小百合さんと帯刀美晴さんに小玉祥司編集委員が解説した。

### ——米国の宇宙開発は民間中心になるのですか？

5月末に宇宙ベンチャーの米スペースXが開発した新型宇宙船「クルードラゴン」が、2人の米国人飛行士を乗せて打ち上げられ、国際宇宙ステーション（ISS）に到着しました。民間企業が開発を主導した有人宇宙船がISSに到着したのは初めてです。米国の宇宙開発は米航空宇宙局（NASA）が中心となっていましたが、新たな時代に入ったといえます。民間主体のプロジェクトはNASA主導で2010年に始まりました。従来の宇宙開発は政府が中心で、コスト意識が甘くなりがちでした。民間企業の参入を促すことで費用を抑えようとしたのです。NASAはスペースXと米ボーイングの2社と契約しており、今後は2社が打ち上げる宇宙船の座席をNASAが購入する形になります。ただ、米国の宇宙開発がすべて民間中心となるわけではありません。ISSに向かう宇宙船はスペースシャトルが11年に退役しました。2社はあくまでその後継の宇宙船を運用する計画です。NASAは月に行くための大型ロケットと宇宙船の開発を進めています。民間と役割を分担するというのが実情です。

### ——米国以外の国も宇宙開発を進めています。

有人宇宙船を打ち上げられるのは、米国とロシア、中国の3カ国です。ロシアは国営企業が打ち上げを担当していますが、お金を払えば民間でも利用できます。スペースシャトル退役後は米国も1人あたり約86億円を払ってISSに飛行士を送っていました。今回のスペースXは1人あたり費用が約58億円で、大幅な節約です。中国は国家主導で開発を進めています。

3カ国以外では、インドが数年内の有人宇宙船打ち上げを目指しています。日本や欧州の国家機関では今のとこ

る独自の有人宇宙船開発計画はありませんが、民間企業の取り組みは始まっています。

——日本の宇宙技術も進んでいると聞きます。

小惑星探査機「はやぶさ」の帰還は大きな話題となりました。「はやぶさ 2」も順調にミッションを進めています。また大型ロケットの「H2A」は改良型も含め、高い成功率を誇ります。政府は 17 年に、宇宙の産業利用推進を加速するため「宇宙産業ビジョン」を策定しました。18 年には宇宙活動法などが施行され、民間のロケット打ち上げが容易になりました。とはいえ日本で打ち上げる衛星は官需主体で、民間需要の開拓が課題です。関連ビジネスの市場規模は 16 年で 1 兆円余り。50 年には 4 兆 4000 億円程度に拡大することを目指しています。

——宇宙のビジネス利用が加速されるのですか？

「クルードラゴン」は 7 人乗りですが、NASA が使うのは 4 人分です。残りはスペース X が宇宙旅行などに販売できます。ISS には 1 人 1 泊 400 万円弱で民間人も滞在でき、俳優のトム・クルーズ氏は映画撮影の構想を公表しています。スペース X は月へ向かう大型宇宙船「スターシップ」も開発中で、宇宙旅行の市場開拓に熱心です。宇宙産業の市場規模は世界で約 30 兆円（18 年）です。今後は衛星から撮影した画像などを活用したビジネスも盛んになるでしょう。また NASA は月着陸船開発でも民間の 3 社と契約しています。

日本でも 宇宙航空研究開発機構（JAXA）が民間企業と協力して、新しいビジネスを立ち上げようとしています。

「はやぶさ」で蓄積した技術を生かした小惑星の資源開発や、宇宙ごみの除去技術も将来有望です。官と民が協力して、それぞれの得意分野を生かした宇宙開発が進むことになるでしょう。

■ちょっとウンチク 「どこから宇宙」定義は様々

いったいどこからが宇宙になるのだろう。実はこの定義は統一されていない。一般的には国際航空連盟が採用している高度 100 キロメートル以上という定義が使われることが多い。しかし米空軍は高度 80 キロメートル以上と定義している。2019 年に民間の宇宙旅行会社ヴァージン・ギャラクティックが乗客を乗せて宇宙に到達したと発表したが高度は約 90 キロメートル。米空軍の定義では宇宙に届いたが、100 キロメートルには達していなかった。国際宇宙ステーション（ISS）は高度約 400 キロメートルを周回するが、月までの距離は約 38 万キロメートル。ISS に比べてはるかに遠い。（編集委員 小玉祥司）

■今回のニッキィ

帯刀 美晴さん 重電メーカー勤務。クラシックピアノを続けていたが、最近はジャズピアノに打ち込む。年末に友人と発表会を予定しており、「自粛期間中は外出できず、練習を続けていました」

丸山 小百合さん 銀行勤務。趣味は草月流の華道だが、3 月に予定していた展覧会は中止に。仕事では在宅勤務の経験を通して「ハンコ、書類という日本の企業文化の壁の厚さを実感しました」

ニッキィさんは、日経を日ごろからよく読んでいる女性の愛称です。日本経済新聞社は経済通、世の中通を目指す読者を本社に招いています。詳しくはこちらをクリック↓↓ [クラブニッキィ \(https://nikkey.nikkei4946.com/\)](https://nikkey.nikkei4946.com/)

<https://www.itmedia.co.jp/news/articles/2006/24/news087.html>

## NICT と JAXA、宇宙の通信技術を議論するフォーラム設立へ 機器メーカーや大学

など参加 2020 年 06 月 24 日 12 時 30 分 公開 [\[谷井将人, ITmedia\]](#)

総務省は 6 月 23 日、通信技術を宇宙空間で活用するための議論を行う「スペース ICT 推進フォーラム」（仮称）を 7 月 1 日に設立すると発表した。情報通信研究機構（NICT）と宇宙航空研究開発機構（JAXA）が主導し、関係企業や団体などが参加する。



JAXA の Web サイト

NICT の Web サイト

参加するのは宇宙に関係する団体、人工衛星などの機器メーカー、通信事業者、大学など。国内外の最新技術動向の情報共有、研究者や企業などの連携強化、衛星通信に関する戦略の検討を行う他、人材の育成も目指す。

総務省は世界的に衛星通信の高度化、活発化が進んでいるとして、「日本の取り組みの方向性などを議論していくことが有意義」と、関係機関の連携強化が重要との見方を示した。

Copyright © ITmedia, Inc. All Rights Reserved.

<https://www.newsweekjapan.jp/stories/world/2020/06/x-7.php>

## スペース X の衛星ネットワーク「スターリンク」は、世界の情報格差を解消できるか？

2020年6月24日（水）12時30分 松岡由希子



軌道上で稼働可能なスペース X の衛星は 530 基を超える

スターリンク計画のイメージ

<イーロン・マスク率いるスペース X では、次世代型衛星ネットワークを構築する「スターリンク」計画を着々とすすめている……>

アメリカの実業家イーロン・マスクが率いる民間宇宙企業スペース X では、小型通信衛星を高度 540~570 キロメートルの低軌道に送り込み、次世代型衛星ネットワークを構築する「[スターリンク](#)」計画をすすめている。

2020年6月3日、8回目のミッションで米ケネディ宇宙センターから約 60 基を打ち上げたのに続き、13日にも、9回目のミッションとして約 60 基を低軌道に送り込んだ。これにより軌道上で稼働可能な衛星は 530 基を超える。また6回目までに打ち上げられた衛星、合計 360 基の位置は「[starlink satellite map](#)」に示されている。

### 2020 年末までにブロードバンドインターネットサービスを開始予定

連邦通信委員会（FCC）は、スペース X に対し、2018 年に小型通信衛星 11943 基の運用を認可し、2020 年 3 月には、この衛星ネットワーク用地上基地局を 100 万カ所設置することも承認している。

スターリンクは、低軌道に多数の通信衛星を配置して大規模なネットワークを構築し、通信衛星の間で情報をやりとりさせる仕組みで、地上のインフラに制約を受けず、世界中に高速ブロードバンドインターネットを提供できるのが特徴だ。2020 年末までに北米でサービスを開始し、2021 年以降、世界で展開する計画となっている。スターリンクのような低軌道通信衛星によるインターネットは、気象に影響を受けやすく、高価な既存の衛星インターネットに比べて、レイテンシ（通信の応答時間）が低いとされている。同様の衛星ネットワークの構築に取り組むスタートアップ企業[ワンウェブ](#)では平均レイテンシが 32 ミリ秒を記録した。

しかし、この数値は、平均レイテンシが 12~20 ミリ秒の光通信に比べると劣っている。スターリンクのレイテンシは現時点で明らかになっていないが、米国のブロードバンド市場への参入を目指すならば、「平均レイテンシは 20 ミリ秒未満とする」という既存の基準を下回る必要があるだろう。

### デジタルデバイド解消基金の基準を満たすか？

連邦通信委員会は、2020 年 1 月 30 日、米国の地方部での高速ブロードバンドインターネットの普及を推進し、デジタルデバイド（情報格差）の解消につなげる基金「地方部デジタル機会基金（[RDOF](#)）」を創設。今後 10 年にわたって、地方部での高速ブロードバンドネットワークの構築に総額 204 億ドル（約 2 兆 1800 億円）を投じる。この基金は、低軌道通信衛星を活用したブロードバンドインターネットも対象となっておりスペース X はその応札に関心を示している。これに対し、連邦通信委員会は、6 月 9 日、「スペース X を含め、衛星インターネット・プロバイダーにも応札する権利はある」と述べる一方で、『レイテンシは 100 ミリ秒を下回らなければならない』とする応札基準をスペース X が満たすかどうかについて判断する必要がある」との[見解](#)を示している。

<https://natgeo.nikkeibp.co.jp/atcl/news/20/062600383/>

## ブラックホールが謎の天体をのみ込んだ、重力波で初検出

中性子星にしては重すぎ、ブラックホールにしては軽い、天文学者ら困惑 2020.06.26



2 つのブラックホールが渦を巻きながら合体し、重力波を発する様子を可視化したもの。オレンジ色の帯は、放射線の量が最も多い部分を示している。この衝突は 2019 年 8 月 14 日に重力波検出器 LIGO と Virgo によって観測され、小さい方の天体の質量が太陽の約 2.6 倍だったことが判明した。この質量は、中性子星とブラックホールの境界の確定につながる可能性があり、非常に興味深い。（IMAGE BY N. FISCHER, S. OSSOKINE, H. PFEIFFER, A. BUONANNO (MAX PLANCK INSTITUTE FOR GRAVITATIONAL PHYSICS), SIMULATING EXTREME SPACETIMES (SXS) COLLABORATION) [画像のクリックで拡大表示]

### 宇宙で不思議な衝突が起きた。

地球から約 8 億光年の彼方で、ブラックホールが正体不明の天体をのみ込んで激しく合体し、時空を波立たせるほどのエネルギーを放出した。重力波と呼ばれるこのさざ波は宇宙を広がり、2019 年 8 月 14 日について地球に打ち寄せて、感度の高い 3 台の重力波検出器にとらえられた。重力波に書き込まれていた情報を解読したところ、天文学者たちは謎に直面した。 今回の衝突は GW190814 と名付けられた。検出したのは、米国のワシントン州とルイジアナ州にある 2 台の「レーザー干渉計重力波観測所(LIGO)」と、イタリアの重力波観測所「Virgo」だ。3 台がこれまでに検出してきた天体の衝突の中でも、今回の衝突は際立っている。

2 つの天体は、もしかすると数十億年も互いの周りを公転しながらじわじわと接近し、最終的に衝突して、一方が他方をのみ込んでしまったのだ。天文学者たちは、のみ込んだ方の天体は太陽の 23 倍の質量をもつブラックホールだろうと推定した。問題は、のみ込まれた方の天体だ。質量が太陽の約 2.6 倍であることはわかったが、その正体は謎に包まれている。「このようなものは見たことがないと断言できます」と、米ノースウェスタン大学のビッキー・カロゲラ氏は言う。氏がまとめた論文は、2020 年 6 月 20 日付けで天体物理学の専門誌「Astrophysical Journal Letters」に発表された。 謎の天体は、恒星のような表面をもつ天体か、ブラックホールと呼ばれる底なしの時空の穴かの分岐点にある。質量が、既知の中性子星より重く、ブラックホールより軽い、曖昧な領域にあるのだ。 中性子星もブラックホールも、恒星が超新星爆発を起こしたあとに残る天体だが、質量が軽ければ中性子星になり、重ければ自らの重力によって収縮してブラックホールになる。科学者たちは、宇宙で最も極端な条件下での物質のふるまいが見えてくることを期待して、中性子星とブラックホールの境界を解明しようと試

みている。これらの風変わりな天体は、恒星進化の終着点であるため、遠い将来、すべての星が燃え尽きたとき、空っぽの宇宙を漂う天体はこの2種類だけになるかもしれない。だからこそ、GW190814で確認された奇妙な天体が一層興味深く思われるのだ。「それが中性子星なら、中性子星としては非常に面白い質量です。ブラックホールなら、ブラックホールとしては非常に面白い質量です」とカロゲラ氏は言う。「いずれにしても、データを見た瞬間、私たちは興味をそそられました」

### 時空のさざ波に耳をすませる

光速で伝わる重力波は、経路上のあらゆる物体に押し寄せる。しかし、重力波による時空の歪みは非常に小さいため、検出するのは非常に困難だ。重力波検出器 LIGO と Virgo では、レーザー光を2方向のアームに分けてそれぞれ何度も反射させ、光が戻ってくるのに要する時間を測っている。宇宙の彼方から重力波が来て時空が伸び縮みすると、2つの光路長にわずかな差が生じるので、重力波が到達したことがわかる。

重力波の検出は2015年に初めて成功し、2017年のノーベル物理学賞につながった。以後、重力波は何度も検出されている。そのほとんどがブラックホール同士どうしの衝突によるものだが、一部は中性子星どうしの衝突によるものだ。けれども科学者たちは、今回のGW190814にのみ込まれた天体については正体を特定できずにいる。衝突した2つの天体のうち、重い方の天体は明らかにブラックホールだが、軽い方の天体は、中性子星とブラックホールの質量ギャップと呼ばれるところにある。このような天体は非常に珍しい。質量ギャップ内のどこかで、物質は不安定になり、崩壊してブラックホールになってしまう。中性子星は、この限界ぎりぎりのところに位置している。「物質が安定して存在できる密度には限界があります」と、国際宇宙ステーション (ISS) の中性子星観測装置 NICER を使った研究を率いる NASA ゴダード宇宙飛行センターのゼブン・アルゾマニアン氏は話す。「しかし、その限界がどのようなもので、限界を超えた物質に何が起こるのかわかりません」

これまでの観測から、中性子星の質量は最大でも太陽質量の2.1倍程度で、大半は1.4倍前後であることがわかっていると、中性子星とブラックホールの境界を調べている米アリゾナ大学のフェリアル・エゼル氏は説明する。太陽の2.5倍もの質量をもつ中性子星があることを示唆する観測もあるが、まだ確かなデータだとは言えない。そのうえ、中性子星の内部の物理過程を記述する理論は、膨れ上がった中性子星が崩壊しないようにしているものを突き止めるのに苦労している。一方、これまでに観測されているブラックホールの中では、太陽質量の5倍程度のものが最も軽い。つい最近まで、この中間にはほとんど何も存在していなかった。だが LIGO は、2つの中性子星が衝突してできた天体を2017年に検出している。その重さは太陽質量の約2.7倍だった。(参考記事：[「中性子星合体の重力波を初観測、貴金属を大量放出」](#))

今回の衝突では、ブラックホールが別のブラックホールを共食いしたのか、それとも中性子星を食べたのかが現時点では不明である。エゼル氏は、「もし食べられた方の天体が中性子星だったとしたら、太陽質量の2.6倍もの質量をもつ中性子星が存在できることになります。パラダイムシフトを起こすような大発見です」と話す。

エゼル氏とカロゲラ氏は、謎の天体は質量の小さいブラックホールではないかと考えている。「物理学的に、太陽質量の2.6倍のブラックホールが存在できない理由はありません」とエゼル氏は言う。しかし2人とも、確実な証拠をつかむのは難しいだろうと指摘する。この連星系は、ほかの観測所で調べるには遠すぎるからだ。

衝突した天体の質量の差が大きいことも、手がかりを得にくくしている。今回のブラックホールは相手の天体を丸ごとのみ込んでしまったが、ブラックホールの質量がもっと小さかったら、近づいてくる天体が変形し、ばらばらになる様子を見ることができたかもしれない。そのような「汚い」食べ方をしていれば、判別可能な痕跡が重力波の中に残ったはずだ。

「この天体の正体を特定できる可能性はないでしょう」とエゼル氏は言う。「それが中性子星だったことを示す証拠はありませんが、だからといってブラックホールだったと決まるわけではありません」

### 未知なる起源

GW190814に関与した天体は、その正体はどうあれ、質量差の大きさという点で非常に重要だ。LIGO と Virgo が観測してきた衝突のほとんどが、質量が比較的近い天体どうしの衝突だったのに対し、今回衝突したブラック

ホールは太陽の 23 倍の質量で、軽い方の天体の約 9 倍も重いのだ。

「これまで見たことのないような現象です」とエゼル氏は言う。「以前はできなかったような重力波による検証や、このような連星系のでき方をめぐる問題に挑戦するきっかけになります」

これだけ非対称な連星系の起源や形成環境を解明するのは非常に難しい。例えば、球状星団と呼ばれる、銀河の周囲を軌道運動している古い恒星の集団では、ペアになっているコンパクトな天体どうしの質量は非常に近いと推定されている。また、銀河の内部でも、孤立して進化してきた連星系に質量の偏りが生じる可能性はあるものの、重力波が観測できるほどの衝突が頻繁に起こるとは考えられていない。

研究チームは、より奇抜な形成シナリオを検討している。例えば、複数の連星系の融合、ゆるやかに結合した星団、超巨大ブラックホールの周囲に円盤状に渦巻く物質などだ。

しかし、無限の可能性をもつ宇宙ではよくあることだが、知られていないことが数多く残っている。

「中性子星の魅力の1つは、重力崩壊してゆく物質の最後の中継点であることです」とアルゾマニアン氏は言う。「物質が安定的に存在できる最も高密度の状態、つまり、それ以上の密度になったら内破し、自らの事象の地平線の中に崩壊して二度と見ることができなくなる状態というのは、どのようなものなのでしょうか？」



ギャラリー：ブラックホールの謎に迫る宇宙の画像 6点（写真クリックでギャラリーページへ）

NASAの望遠鏡が撮影した遠方の銀河では、中心のブラックホールのまわりを星々が環のように取り囲んでいる。

(PHOTOGRAPH BY NASA/JPL-CALTECH) [\[画像のクリックで別ページへ\]](#)

文=NADIA DRAKE／訳=三枝小夜子

[http://www.astroarts.co.jp/article/hl/a/11345\\_gw190814](http://www.astroarts.co.jp/article/hl/a/11345_gw190814)

## 最重量の中性子星？最軽量のブラックホール？謎の重力波源

太陽質量の 23 倍と 2.6 倍という高密度天体の合体による重力波が検出された。 後者の質量は中性子星にもブラックホールにも当てはまらず、正体が注目される。【2020年6月26日 [LIGO Caltech](#)】

太陽の約 8 倍より重い恒星は、一生の最期に自らの重力で崩壊して超新星爆発を起こし、あとには超高密度の小さな天体が残される。元の星がかなり重い場合にはブラックホール、やや軽い場合には中性子星が残されると考えられている。中性子星はほぼ中性子だけでできた直径数十 km の天体で、原子核を形づくる陽子・中性子に働くのと同じ「核力」が星自体の強い重力を支えている。だが、あまりにも重い中性子星は核力でも重力を支えることができず、つぶれてブラックホールになってしまう。中性子星でいられる上限質量を明らかにすることは天体物理学の重要な問題だが、まだよくわかっていない。様々な理論から、おおよそ太陽質量の 2.1~2.5 倍までとされており、実際の観測では 2.1 倍前後の中性子星がこれまでに複数見つかった。

一方で、「最も軽いブラックホール」にも未解明の謎がある。超新星爆発の後に残される「星の芯」の質量が太陽の 2.1~2.5 倍より重ければ中性子星ではなくブラックホールになるはずだが、実際に観測されている軽いブラックホールは太陽の約 5 倍までで、これより軽いものはなぜか一つも見つからないのだ。

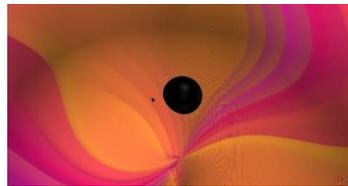
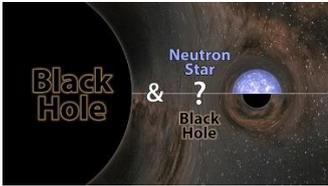
つまり、質量が太陽の 2.5~5 倍の範囲は、中性子星は理論的に存在できず、ブラックホールもなぜか観測されない「空白域」になっている。研究者はこの領域をコンパクト天体の「質量ギャップ」と呼んでいる。

2019年8月14日に米国の「LIGO」とヨーロッパの「Virgo」がとらえた重力波「GW190814」は、その波形から、地球から約 8 億光年の距離で、太陽質量の 23 倍と 2.6 倍の天体が合体して約 25 太陽質量のブラックホールになった現象であることが明らかになった。23 太陽質量の天体はブラックホールだと考えられるが、2.6 太陽質

量の天体の方は、観測史上初めて「空白域」を埋める質量を持った天体ということになる。

「この天体が最も重い中性子星なのか、それとも最も軽いブラックホールなのかはわかりませんが、いずれにしてもこれまでの記録を塗り替えるものです」(米・ノースウェスタン大学 Vicky Kalogera さん)。

「今回の発見によって、中性子星とブラックホールの説明は変わるでしょう。実際には質量ギャップなど存在せず、観測能力の限界のせいで見つからなかっただけかもしれません。時間が経って、より多くの観測結果が積み上げれば答が出るでしょう」(米・ウィスコンシン大学ミルウォーキー校 Patrick Brady さん)。



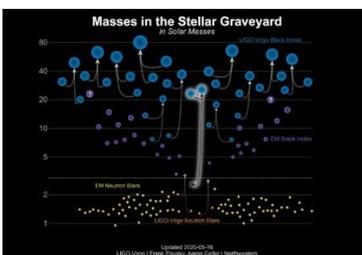
「GW190814」の重力波を再現するシミュレーションのスナップショット画像。

重力波「GW190814」を発生させた天体のイメージイラスト。太陽質量の23倍のブラックホール(左)と2.6倍の天体(右)の合体現象であることがわかったが、軽い方の天体は中性子星かブラックホール、どちらだとしても記録破りの結果だ(提供:LIGO/Caltech/MIT/R. Hurt (IPAC))

LIGOとVirgoでGW190814が検出されると直ちにアラートが出され、各地の地上望遠鏡や軌道上の観測衛星によってこの現象の残光観測が行われたが、残光はとらえられなかった。これまでに重力波イベントの残光観測に成功したのは2017年の「GW170817」が唯一の例で、この現象は2個の中性子星の合体だった(参照:[「連星中性子星の合体からの重力波を初検出、電磁波で重力波源を初観測」](#))。

今回、GW190814の追観測で残光がとらえられなかった理由はいくつか考えられる。GW190814はGW170817に比べて距離が6倍も遠いため、残光が暗すぎて観測できなかったのかもしれない。また、もし軽い方の天体もブラックホールだったとすれば、ブラックホール同士の合体になるため光は全く出ない。一方、軽い方の天体が中性子星だったとすると、9倍も重いブラックホールに一気に丸飲みされ、光が放射されなかったのかもしれない。「GW190814」の重力波を再現するシミュレーションのスナップショット画像。質量比が9.2:1でもともに自転していない2個のブラックホールが合体したとすると、観測された波形をよく再現できる。2天体の質量比が大きいと、放出される重力波信号の「倍音」成分が強くなる(提供:N. Fischer, S. Ossokine, H. Pfeiffer, A. Buonanno (Max Planck Institute for Gravitational Physics), Simulating eXtreme Spacetimes (SXS) Collaboration)

「今回の現象は、コンパクト天体の連星の全く新しいグループの姿を初めて垣間見たものです。この成果は始まりにすぎないという点で実にエキサイティングです。検出器の感度が向上すればこうした信号をもっと多く観測することができ、中性子星やブラックホールの質量や数を正確に決めることができるようになるでしょう」(英・カーディフ大学 Charlie Hoy さん)。



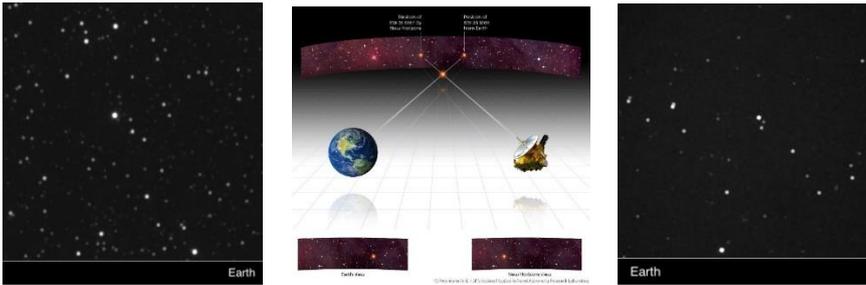
これまでに観測で質量が求められた中性子星とブラックホールの一覧(縦軸の単位は太陽質量)。青で描かれているのがLIGO/Virgoの重力波観測で質量が求められたブラックホール。中央が今回の「GW190814」で、23太陽質量のブラックホールと2.6太陽質量の謎の天体の合体で25太陽質量のブラックホールができた。紫は光や電波などの電磁波観測で質量が決まったブラックホールで、黄色は同じく電磁波観測で質量が決まった中性子星、オレンジ色はLIGO/Virgoの重力波観測で質量が決まった中性子星を表す(提供:LIGO-Virgo/Frank Elavsky & Aaron Geller (Northwestern))

## NASA の探査機ニュー・ホライズンズ、史上最長距離の恒星の視差観測に成功

鳥嶋真也 2020/06/25 07:00 インデックス [ニュー・ホライズンズを使った史上初の実験](#)

### 将来は銀河系の探査にも応用

米国航空宇宙局(NASA)は2020年6月17日、探査機「ニュー・ホライズンズ」を使って太陽系の近くにある恒星を撮影し、地球から撮影した場合と位置がずれる、「視差」が起こる様子を捉えることに成功したと発表した。撮影時、地球と探査機との距離は約70億km。これにより、史上初めて、肉眼でもはっきりと恒星の視差がわかる画像が取得された。



ニュー・ホライズンズと地球の望遠鏡が同じ日に撮影した、太陽系に最も近い恒星「プロキシマ・ケンタウリ」の画像。両者の間の距離が非常に遠く離れていたため、肉眼でははっきりわかるほどの視差が生じた (C) NASA  
ニュー・ホライズンズを使った史上初の実験

太陽系に近いところにある恒星を、ニュー・ホライズンズと地球から撮影した場合に視差が起こるイメージ図。遠くにある星々は背景に止まって見えるものの、近くにある恒星は移動して見える (C) Pete Marenfeld, NSF's National Optical-Infrared Astronomy Research Laboratory

ニュー・ホライズンズと地球の望遠鏡が同じ日に撮影した「ウォルフ 359」の画像

「視差」とは、異なる2つの場所から同じものを見た際に、見え方に差がでる現象を指す。

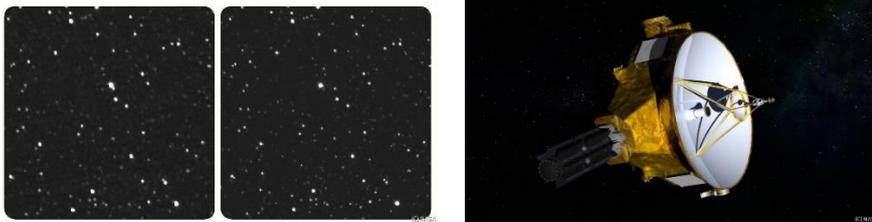
最も身近な例は人間の目で、片目をつぶって物体を見ると、右目と左目では見え方に違いがあることがわかる。この両眼視差という現象によって、人間は両目で見たとき、奥行きを知覚することができる。

これと同じように、地球が太陽のまわりを回っていることを利用し、半年の間を置いて同じ恒星を観測することで、地球と太陽の距離の2倍、すなわち約3億km離れた場所から恒星を見ることになるため、視差が生じる。これを「年周視差」と呼び、科学者たちは長い間、この効果を使って、太陽系から比較的近い恒星までの距離を測ってきた。視差は、対象が近いほど、あるいは観測する2か所の距離が長くなるほど大きく見える。しかし、太陽系に最も近い恒星でさえ、地球と太陽の距離の何十万倍も離れているため、視差のずれは非常に小さくなってしまふ。そのため、精密な機器を使ってしか測定できず、人間の目でその視差を認識することはできない。

そこで科学者たちは、地球から遠く離れたところを航行する探査機ニュー・ホライズンズと、地球の望遠鏡を使い、同じ日に同じ恒星を撮影した画像を比べることで、肉眼でもわかるほどの視差の変化を検出する実験に挑んだ。ニュー・ホライズンズはもともと冥王星の探査を目指した探査機で、2006年1月19日に打ち上げられた。2015年7月14日に冥王星とその衛星をフライバイ観測したのち、昨年1月1日には太陽系外縁天体のひとつ「アロコス(旧称ウルティマ・トゥーレ)」のフライバイ観測にも成功。現在はさらに別の太陽系外縁天体の探査を目指し、航行を続けている。今回の実験は、今年4月22日から23日にかけて行われた。撮影のターゲットとなったのは、太陽系に最も近い、約4.2光年離れたところにある恒星「プロキシマ・ケンタウリ」と、約7.8光年離れた距離にあり、また『新スタートレック』でボグとの戦闘の舞台になったことでもおなじみの「ウォルフ 359(ウルフ 359)」の2つである。このときニュー・ホライズンズは、地球から約60億km離れたところを航行していた。これほど離れた視点間で視差観測が行われたのは史上初のことであり、肉眼で簡単に観測可能な恒

星の視差を、初めて生成することに成功した。

ニュー・ホライズンズと地球の望遠鏡が同じ日に撮影した「ウォルフ 359」の画像。視差が生じている (C) NASA  
ニュー・ホライズンズの主任研究員を務める、サウスウエスト研究所(SwRI)のアラン・スターン氏は、「ニュー・ホライズンズは、異星人が見上げている空と同じ光景を見ていると言ってもいいでしょう」と語る。「これにより、太陽系の近くにある恒星を、地球から見るのとは異なる位置で観測し、目に見える形で視差を生み出すという、史上初の偉業が可能になりました」。また、同探査機のサイエンス・チームのメンバーである米国立科学財団(NSF)のTod Lauer氏と、SwRIのJohn Spencer氏、そしてロック・バンド「クイーン」のギタリストで宇宙物理学者のブライアン・メイ氏は、これらの画像を使って、恒星が浮き上がって見える立体視画像を製作した。メイ氏は「ニュー・ホライズンズのチームはこれまでに、冥王星やアロコスの、驚くべき立体視画像を作ってきました。そして今回の画像は、視点間距離などあらゆる面でこれまでの画像を凌駕しています」と語っている。



ブライアン・メイ氏らが作製した、プロキシマ・ケンタウリの立体視画像 (C) NASA  
ニュー・ホライズンズの想像図 (C) NASA

### 将来は銀河系の探査にも応用

研究チームはまた、今回のような技術は将来的に、恒星間航行をする際に役立つかもしれないと語る。

人類は大昔から、陸地の見えない外洋を航海する際などに、天体を観測することで自分の位置を特定する「天測航法」という技術を使ってきた。それと同じように、今回のような技術を使えば、恒星を利用して銀河系内で自分の位置を特定することができる。現在ではまだ、NASAがもつ「ディープ・スペース・ネットワーク」のような、地上のアンテナを使う電波航法のほうが正確に位置を特定できるものの、そうしたアンテナがない、人類未踏の宇宙を探索する際には役立つ。現在ニュー・ホライズンズは、まだ太陽系の中を飛んでいるが、いずれは、NASAの伝説的な探査機である「ヴォイジャー」や「パイオニア」のように、太陽系を離れ、恒星間空間へと飛び出すことになる。実際にニュー・ホライズンズが、恒星間空間の中でこの航法を使うことはないだろうが、今回の実験が、いつか未来の探査機による実現に向けた第一歩になったことは間違いない。

### 参考文献

- ・ [New Horizons Conducts the First Interstellar Parallax Experiment | NASA](#)
- ・ [New Horizons: News Article?page=20200611](#)
- ・ [New Horizons: The First Mission to the Pluto System and the Kuiper Belt | NASA](#)

鳥嶋真也(とりしましんや) 著者プロフィール 宇宙開発評論家、宇宙開発史家。宇宙作家クラブ会員。

宇宙開発や天文学における最新ニュースから歴史まで、宇宙にまつわる様々な物事を対象に、取材や研究、記事や論考の執筆などを行っている。新聞やテレビ、ラジオでの解説も多数。

著書に『イーロン・マスク』(共著、洋泉社)があるほか、月刊『軍事研究』誌などでも記事を執筆。

Web サイト <http://kosmograd.info/> Twitter: [@Kosmograd\\_Info](https://twitter.com/Kosmograd_Info)

<https://sorae.info/astrometry/20200626-au-mic.html>

## 残骸円盤を持つ若い赤色矮星で見つかった海王星サイズの太陽系外惑星

2020-06-26 [松村武宏](#)

南天の「けんびきょう座」の方向およそ 31.9 光年先にある赤色矮星「けんびきょう座 AU 星」は誕生してから

2200 万年ほどとされる若い恒星で、その周りは塵や氷でできた残骸円盤に取り囲まれていることが知られています。今回、けんびきょう座 AU 星を周回する系外惑星を発見したとする研究成果が発表されています。



「けんびきょう座 AU 星 b」(手前)を描いた想像図。左奥は主星の「けんびきょう座 AU 星」(Credit: NASA's Goddard Space Flight Center/Chris Smith (USRA))

### ■海王星とほぼ同じサイズ、主星の周りを 8 日半ほどで公転

Peter Plavchan 氏 (ジョージ・メイソン大学) らの研究グループは、NASA の系外惑星探査衛星「TESS」と赤外線宇宙望遠鏡「スピッツァー」の観測データから、けんびきょう座 AU 星を周回する系外惑星「けんびきょう座 AU 星 b」が見つかったと発表しました。その直径は海王星とほぼ同じで、質量は海王星の 3.4 倍未満とみられています。けんびきょう座 AU 星 b は主星のけんびきょう座 AU 星から約 0.07 天文単位しか離れていない軌道を約 8.46 日周期で公転しているとみられており、主星から離れた場所で形成された後に内側へ移動してきたと考えられています。若く活発なけんびきょう座 AU 星では TESS が観測を行った 2018 年 7 月と 8 月にも多数のフレアが生じており、研究グループは観測データからフレアなどの影響を除外した上で分析を行う必要がありました。主星のけんびきょう座 AU 星はがが座ベータ星運動星団 (ほぼ同じ方向に運動している星の集まり) に属しています。星団の名前になっている「がが座ベータ星」にも 2 つの系外惑星の存在が知られていますが、いずれも主星から離れた軌道を描いていて、一周するのに約 3.3 年または約 21 年を要します。

同じ運動星団に属するこれら 2 つの恒星はほぼ同時期に誕生したとみられていますが、一方の系外惑星は主星のすぐ近くを、もう一方の系外惑星は遠く離れたところを周回していることとなります。研究に参加した Thomas Barclay 氏 (ゴダード宇宙飛行センター、NASA) は「似たような年齢の恒星を周回する系外惑星にみられる違いは、惑星がどのように形成され、そして移動するのかについて、私たちに多くのことを物語っています」と語ります。なお、研究グループによると、今回見つかったけんびきょう座 AU 星 b とは別の系外惑星による可能性が考えられる明るさの変化が検出されているといいます。Plavchan 氏は「TESS の延長ミッションにおける今年中の再観測が実現するかもしれません」とコメントしています。

[https://news.biglobe.ne.jp/trend/0626/kpa\\_200626\\_6240532125.html](https://news.biglobe.ne.jp/trend/0626/kpa_200626_6240532125.html)

## ブラックホールをエネルギーとして利用する地球外文明がある可能性 (英研究)

6 月 26 日 (金) 20 時 30 分 [カラパイア](#)



ブラックホールがエネルギー源の地球外文明/ Pixabay iStock iStock Pixabay

1969 年、英国の宇宙・物理学者 [ロジャー・ペンローズ](#) は、ブラックホールにゴミを捨てるとエネルギーを得られるという論文を発表した。 そして彼はこう考えた。宇宙のどこかにはブラックホールをエネルギー源として利用する高度に発達した文明があるかもしれない、と。 当時、これはあくまで思考実験のようなものだった。

しかし発表から 50 年の歳月を経て、ついにその正しさが実証されたようだ。

#### ・ブラックホールからエネルギーを得る方法

ブラックホールの事象の地平面の外側には、「エルゴ領域」という楕円体の領域が広がっている。ここには遠くから見てエネルギーが負になる軌道が存在し、これを利用することでブラックホールの回転エネルギーを外に取り出せると考えられている。具体的にはこうだ。まず、この領域に物体を落とす。そしてそれを 2 つに割って、それぞれをブラックホールの回転方向と逆方向に進ませる。逆方向に進む物体のカケラは、負のエネルギー軌道に乗せてブラックホールに落とす。もう片方の回転方向に進むカケラは、エルゴ領域から取り出して回収する。

すると回収された物体のエネルギーは、ブラックホールの回転エネルギーを得て、2 つに割れる以前よりも大きなエネルギーを持っている。その一方、ブラックホールの回転は、エネルギーを抽出された分だけ遅くなる。

これを「[ペンローズ過程](#)」という。

#### ・ペンローズ過程の証明法

これはあくまで思考実験であった。だがペンローズの仮説が発表されてから 2 年後、[ヤーコフ・ゼルドビッチ](#) というソ連の物理学者が、それを実際に検証する方法があると提唱した。ゼルドビッチによれば、光波をねじって、適切な速度で回転する金属シリンダーに当てればいいのだという。ペンローズ過程が正しければ、「[回転ドップラー効果](#)」のために、光波はシリンダーの回転からエネルギーを抽出しながら反射されるというのだ。

だが、ここでまたも現実の壁が立ち上がる。この実験を成功させるには、金属シリンダーを毎秒 10 億回転以上の速度で回転させねばならなかったのだ。これを実現するのは技術的にかなり難しく、結局ゼルドビッチの証明方法もまた理論上のものでしかなかった。

#### ・光のかわりに音を使うことで証明が可能に

だがグラスゴー大学（イギリス）の研究者によって、ついに実行可能な検証法が考案された。それは光のかわりに音を使う方法だ。音ならば周波数がずっと低いために、実際に実験を行うことができる。

この実験では、スピーカーでねじれた音波を鳴らして、発泡剤で作られた回転する消音ディスクにぶつけてやる。このとき消音ディスクの裏側にはマイクを仕込んでおき、ディスクの回転を加速させながら、ぶつかってきた音を拾う。もしペンローズとゼルドビッチの理論が正しければ、回転ドップラー効果によって音波の周波数と振幅がはっきり変化するはずだ。 Amplification of twisted sound waves

#### ・負の周波数を生み出す回転ドップラー効果

直線的なドップラー効果ならば馴染みがあるだろう。

救急車がサイレンを鳴らしながら接近してくると、聴き手に音波が短い間隔で届くので、サイレンの音程が高まって聞こえる。反対に救急車が遠ざかるときは、音波の間隔が長くなるので、サイレンは低く聞こえる。

回転ドップラー効果もこれに似ているが、その効果は回転する表面に限られている。

面白いのは、回転が十分に速くなると奇妙なことが起きることだ。回転面で測定される音の周波数はどんどん低くなり、やがて正から負に変わるのだ。実験でディスクの回転を速くすると、スピーカーで鳴った音の音程はどんどん低くなったが、耳に聞こえなくなるほど低くなり、さらに周波数がゼロにまで達すると、今度は音程が上昇したという。しかも音量まで 3 割大きくなった。これは負の周波数を持つ音波が回転ディスクからエネルギーを奪ったからだ。これこそ、ゼルドビッチが 1971 年に予言した現象であるようだ。

#### ・あとはブラックホールを利用する地球外文明を探すだけ

さて、50 年のときを経て、今やペンローズ過程の正しさが証明された。

最後に残された仕事は、ペンローズが想像したように、ブラックホールをエネルギー源として利用する地球外文明の存在を証明することだけだ。この研究は『Nature Physics』（6 月 22 日付）に掲載された。

Amplification of waves from a rotating body | Nature Physics <https://www.nature.com/articles/s41567-020-0944-3> References:[phys/](#) written by hiroching / edited by parumo