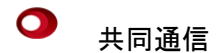


## 北海道でオーロラ観測に成功 陸別町の天文台、7年ぶり



北海道陸別町の「りくべつ宇宙地球科学館」が撮影したオーロラ（枠内）＝2月28日（同館提供）05時30分  
北海道陸別町の天文台が、2月28日未明にオーロラの観測に成功し、2日までに撮影した画像を公開した。同天文台の撮影は2015年12月以来で約7年2カ月ぶり。光が弱く、肉眼では見えなかったが、オーロラを活発化させる「太陽フレア」が2月下旬に大規模に発生し、国内でも観測が可能になったという。

「りくべつ宇宙地球科学館」の津田浩之館長（62）らが2月28日午前2時～同4時ごろ、一眼レフカメラで撮影に成功した。天体現象を研究する名古屋大の塩川和夫教授が波長などを分析し、観測の成功を確認した。

オーロラは太陽から放出された電気を帯びた粒子が、地球の大気と衝突して発光する現象。

[https://www.nikkansports.com/general/news/202303020000232.html?cx\\_testId=162&cx\\_testVariant=cx\\_undefined&cx\\_artPos=0#cxrecs\\_s](https://www.nikkansports.com/general/news/202303020000232.html?cx_testId=162&cx_testVariant=cx_undefined&cx_artPos=0#cxrecs_s)

## 北海道でオーロラ観測 陸別町の天文台で7年2カ月ぶり 太陽フレア発生で観測

可能に [2023年3月2日 10時56分]

北海道陸別町の「りくべつ宇宙地球科学館」が撮影したオーロラ（枠内）＝2月28日（同館提供）（共同）  
北海道陸別町の天文台が、2月28日未明にオーロラの観測に成功し、2日までに撮影した画像を公開した。同天文台の撮影は2015年12月以来で約7年2カ月ぶり。光が弱く、肉眼では見えなかったが、オーロラを活発化させる「太陽フレア」が2月下旬に大規模に発生し、国内でも観測が可能になったという。

「りくべつ宇宙地球科学館」の津田浩之館長（62）らが2月28日午前2時～同4時ごろ、一眼レフカメラで撮影に成功した。天体現象を研究する名古屋大の塩川和夫教授が波長などを分析し、観測の成功を確認した。

オーロラは太陽から放出された電気を帯びた粒子が、地球の大気と衝突して発光する現象。高度により色が異なるとされ、今回は緯度が低い地域でも見られる赤色が中心だったという。北欧やカナダなど緯度の高い地域では淡い緑色のオーロラが一般的だ。

津田館長は「めったにない機会に撮影できて良かった。太陽活動は今後数年間にわたって活発化するとされており、引き続き観測にチャレンジしたい」と話した。（共同）

<https://news.yahoo.co.jp/articles/fdbe629339b598fd0b69fff7d9e70d7861e469f1>

## <南極観測隊>オーロラアゲイン 3/1(水) 8:05 配信

2月28日（火） トッテン氷河沖に停泊中の観測船「しらせ」では、連日海洋観測が行われています。今日は「CTD」と呼ばれる海中の水温や塩分を図る機器などが投入されていました。ここ数日はお天気にも恵まれ、きょう未明には、何とも神秘的なオーロラが出ました。往路で出現したときには、船が動いていたので撮影がな

かなか難しかったのですが、今回は停泊中。甲板にはオーロラと氷のコラボレーションを写真におさめようと多くの人が集まっていました。ただ、オーロラが出始めるのはいつも深夜。朝になって「なぜ起こしてくれなかったんだ」と嘆く隊員も。寝ている**ルームメイト**を起こすのか起こさないのかのさじ加減が難しい… そんな今夜もオーロラが出るかもしれないとのこと。時差ぼけだけではなく、眠気との闘いも続きます！ 報道局 [吉田遥](#) 神山晃平



"<南極観測隊>オーロラアゲイン"

[https://scienceportal.jst.go.jp/newsflash/20230228\\_n01/](https://scienceportal.jst.go.jp/newsflash/20230228_n01/)

## 新宇宙飛行士候補に国際機関職員の諏訪さん、外科医の米田さん JAXA が選出

2023.02.28

宇宙航空研究開発機構（JAXA）は 28 日、新たな宇宙飛行士候補に、世界銀行上級防災専門官の諏訪理（まこと）さん（46）と、日本赤十字社医療センター外科医の米田（よねだ）あゆさん（28）の 2 人を選出したと発表した。JAXA の飛行士候補選出は 2009 年以來 14 年ぶりで、月面の活動を視野に、国際月探査などで将来にわたり宇宙開発を支える人材となる。



会見で、報道陣の求めに応じて握手のポーズを取る米田さん（左）と諏訪さん＝28 日、東京都千代田区（左）都内で会見する米田さん、（右）オンラインで会見する諏訪さん＝いずれも 28 日

アルテミス計画で月面で活動する飛行士の想像図（NASA 提供）

諏訪さんは 1977 年、東京都生まれ。茨城県つくば市育ち。2007 年、米プリンストン大学大学院地球科学研究科修了。青年海外協力隊のルワンダ派遣、世界気象機関（WMO）を経て、2014 年に世界銀行に入行した。アフリカの気候変動や防災に関する取り組みに従事している。

米田さんは 1995 年、東京都生まれ。京都市育ち。2019 年、東京大学医学部卒業。同大医学部付属病院を経て 21 年に日赤医療センター（東京都渋谷区）に入職し、昨年 10 月から虎の門病院（港区）に派遣されている。

都内で会見した米田さんは「選んでいただいたことへの責任感と使命に身が引き締まる。気さくに、身近に思ってもらえる飛行士に」と意気込みを示した。小さい頃、先輩飛行士の向井千秋さん（70）の伝記を読んだことが宇宙を志すきっかけになったという。

米国からオンラインで臨んだ諏訪さんは「驚き、大きな責任を負うことになったと感じた。宇宙開発の成果は日本はもとより、世界のいろいろな国でもっと感じるようになっていくべきだ」と語った。2008 年の前回は応募したものの 1 次選抜で不合格となったといい、再挑戦が実った形だ。

2人は飛行士候補者として、4月にJAXAに入社する。基礎訓練を経て飛行士に認定後、国際宇宙ステーション（ISS）、米国が2020年代に国際協力で月上空に建設する基地「ゲートウェー」や月面で活動することが見込まれる。2021年11月に募集を開始して選抜を進め、応募総数4127人（男性3204人、女性919人、他4人）から2人が決まった。自然科学系の大学卒業以上とした前回の応募資格を撤廃し、世界で初めて学歴や専門分野を不問にしたが、結果的に自然科学系出身者から選ばれた。2010年に15日間の初飛行をした山崎直子さん（52）が翌年にJAXAを退職し、現役の女性飛行士の不在が続いていた。

米国はゲートウェーを建設し、2025年以降にアポロ計画以来となる月面着陸を目指す「アルテミス計画」を進めている。日本も19年に参画を決定。20年に文部科学省と米航空宇宙局（NASA）が、日本人の着陸機会に言及した共同宣言を発表。同年末には、日本人のゲートウェー滞在などを盛り込んだ日米間の覚書が発効。昨年11月には、ISSの2030年までの運用に日本が参加することなどで、文科省とNASAが合意している。

JAXAの飛行士募集は6回目で、今回は963人の応募者から航空自衛隊パイロットだった油井亀美也さん（53）、全日空パイロットだった大西卓哉さん（47）、海上自衛隊医官だった金井宣茂さん（46）が選ばれた。JAXAの現役飛行士は46～59歳の6人がいる。

## JAXAがH3ロケット試験機1号機の不具合を特定、対策を施し3月6日に打ち上

### げ日を再設定

掲載日 2023/03/03 15:21 著者：小林行雄

宇宙航空研究開発機構（JAXA）は3月3日、2月17日にカウントダウン中に異常を検知し、打ち上げを中止していた日本の次世代基幹ロケット「H3ロケット試験機1号機」の不具合を特定、必要な対策を行うめどが得られたことを受け、新たな打ち上げ日を3月6日と設定しなおしたことを発表した。



2023年2月17日のH3ロケット試験機1号機の打ち上げはメインエンジンに点火後、補助のSRB-3の点火前に異常を検知したことで中止となった（C）JAXA

2月17日の打ち上げでは、カウントダウンが進行し、打ち上げ条件成立後、固体ロケットブースタ「SRB-3」の点火信号送信前に、1段機体制御コントローラが異常信号を検知し、飛行制御ソフトウェアが以降のシーケンスを停止するという事態が生じていた。これを受けて、JAXAでは異常の発生原因などの調査を実施。その結果、機体や地上設備の電氣的な挙動が影響を与えた可能性があるとして、詳細な検証を行ったところ、機体と地上設備との電氣的離脱を行う際に、地上との通信・電源ライン遮断時の過渡的な電位変動が影響し、機体制御コントローラ（V-CON1）の誤作動を引き起こしたことを突き止めたという。

これを受けてJAXAでは、対応策を考案。その有効性を確認したことから、3月6日の打ち上げに挑むことを決定したという。同日の打ち上げ予定時刻は10時37分55秒～10時44分15秒とし、3月3日にシステム点検や電池最終充電などのL-3作業を、3月4日に火工品の結線やクローズアウトなどに加え、カウントダウン移行前確認会の開催などを行うL-2作業を、3月5-6日にかけて機体移動ならびに実際の打ち上げとなるL-1/L-0作業を行う予定としている。また、対応策の最終的な検証を、L-1の機体移動後にデータ取得を行う予定だとしている。なお、JAXAでは打ち上げ予備期間を3月10日まで設けており、3月6日の打ち上げ可否については、打



ち上げ予定時刻の予報が曇りとなっていることから、今後の天候状況を踏まえ、再度判断するとしている。

<https://www.asahi.com/articles/ASR2X5HK4R10ULBH005.html>

## 広がる宇宙の可能性 健康管理の最前線 朝日宇宙フォーラム 2023

構成・玉木祥子 2023年3月1日 6時00分

【動画】朝日宇宙フォーラム 2023

有人宇宙探査の未来や宇宙での生活などについて語り合う「朝日宇宙フォーラム 2023」（主催・朝日新聞社、後援・[宇宙航空研究開発機構](#)〈JAXA〉、協賛・[ヤクルト本社](#)、協力・ANA ホールディングス、BASE Q）が1月、[東京都千代田区](#)で開かれた。元 JAXA [宇宙飛行士](#)の山崎直子さんが「宇宙の可能性」をテーマに講演したほか、[国際宇宙ステーション](#)（ISS）滞在中の[若田光一](#)飛行士からメッセージが寄せられ、宇宙での健康管理などを語り合った。（構成・玉木祥子）

山崎直子さん講演「月に住む未来近づく」



[基調講演する山崎直子さん](#)

[=2023年1月23日、東京都千代田区 ISSの日本実験棟「きぼう」で宇宙飛行士の野口聡一さん（上）を持ち上げてみせる山崎直子さん=2010年、NASA提供 \[基調講演する山崎直子さん=2023年1月23日、東京都千代田区\]\(#\)](#)

やまざき・なおこ 東京大学大学院修士課程修了。2010年にスペースシャトル・ディスカバリーに搭乗し、ISSに滞在。11年にJAXAを退職。現在、内閣府の宇宙政策委員会委員や、宇宙港の整備を推進する一般社団法人スペースポートジャパンの代表理事を務める。国際宇宙ステーションを2010年4月に訪れました。[野口聡一](#)さんがちょうど長期滞在されていて、日本人の2人同時参加は初めてだったので、とてもわくわくしました。私が小学生ぐらいのときはまだ、日本人[宇宙飛行士](#)は誰一人いなかったんです。それが今、日本人の宇宙飛行士が定期的に宇宙に行っている。想像がつかないことが、どんどん現実になってきています。1969年からのアポロ計画では米国人男性12人が月面に降りました。人類が月に再び降り立つ「アルテミス計画」では、初めての女性、初めての[有色人種](#)の方をまず月面に着陸させ、その後も多様性をどんどん増やしていきます。宇宙においても月においても、多様性の時代だなと感慨深く思います。

その着陸候補地点として、13カ所が選定されています。いずれも水がたくさんあるだろうと言われている月の南極近くです。氷だったり岩に含まれていたりしていることが分かってきています。飲み水やロケットの燃料、[燃料電池](#)としてエネルギーを作ることができるなどと注目されています。月にある水を活用していこうという時代に入っています。火星には、川が流れていた跡、湖があった跡などが見つかっています。地面の中には生き物がいた跡があるか、あるいは、今も生きているかもしれないという可能性もあります。

まだまだ分かっているようで分からないこともたくさんある。だからこそ、未知な「WONDER」がたくさんある「FULL」ということで「Wonderful」。素晴らしいのかなと思っています。



[ISSに滞在中の山崎](#)

[直子さん（右上）=2010年、NASA提供](#) [メッセージを寄せたISS滞在中の若田光一さん](#)

[メッセージを寄せたISS滞在中の若田光一さん](#)

また、JAXA と [トヨタ自動車](#) が宇宙服を着ないで月面を走れる与圧ローバーを開発しています。月面探査車や着陸機を開発している日本の [スタートアップ](#) 企業もあります。国と産業界との連携がさらに進んでいくと思います。10年後20年後には、月に人が住んでいるような未来が近づきつつあります。私たちの想像が及ばない可能性がもっと広がっていくかもしれません。

**ISS滞在中の若田光一さんメッセージ 健康の秘訣は…**



[メッセージ](#)

[を寄せたISS滞在中の若田光一さん](#) [メッセージを寄せたISS滞在中の若田光一さん](#)

[港屋ますみさん=2023年1月23日、東京都千代田区](#)

昨年10月からISSの長期滞在が始まりました。前回の飛行からは約8年経ちますが、まるで昨日のこのように体が [無重力](#) 環境を覚えていて、自然に対応できていると感じます。

宇宙飛行士の健康管理は、打ち上げ前の訓練から帰還後まで、長期にわたります。ISS滞在中は、地上のフライトサージャン (FS) が遠隔で健康を管理してくれています。体調を崩した場合は、私を含めて医療訓練を受けた宇宙飛行士が、FSの助言をもとに薬や [医療器具](#) を使って治療します。

長時間滞在すると筋力や骨の密度が減少しますが、これを防ぐために、トレッドミルや自転車エルゴメーターなど毎日2時間運動します。帰還後、筋力回復しやすく、[リハビリ](#) の期間も短く済みます。

食事でも大事です。「宇宙 [日本食](#)」を食べると [ストレス](#) が和らぎ、仕事効率の維持向上につながります。ふるさとの味なので、食べるのが毎回楽しみです。

睡眠は、地上よりも短時間で体力が回復するように感じます。重力がある地上では体を [筋肉](#) が支えています。宇宙空間では全身に負荷はかからず、[肩こり](#) や寝違えもありません。[個室](#) にある寝袋に入って寝ますが、そこで音楽を聴いたり [電子書籍](#) を読んだりしていると、心が落ち着きます。

このように、宇宙飛行士のために健康面でも精神面でも非常に多くのサポートがされています。

**飛行士の健康サポート、将来の有人探査は パネル討論**

——地上から宇宙飛行士の健康をどう管理していますか。

港屋 JAXA の宇宙飛行士健康管理グループには、医師を中心に、放射線被曝 (ひばく) の管理や運動のトレーナー、心のサポートをする担当者がいます。私は栄養士として、飛行士の栄養管理や [宇宙食](#) の栄養に関する業務をしています。飛行士はISS滞在中、食べたものを記録します。そのデータが届いて、[フィードバック](#) できるようになっています。

みなとや・ますみ 大妻女子大学家政学部食物学科卒。大学や高校の運動部員で寮に住む学生への食事提供をきっかけにスポーツ栄養に取り組む。2018年にJAXAに入り、管理栄養士としてISS滞在中の日本人宇宙飛行士の栄養管理を担当。

——宇宙で [お酒](#) や炭酸飲料を飲めるのでしょうか。

港屋 よく聞かれますが、残念ながら今は禁止されています。

山崎 気化するとエアコンのフィルターに負荷をかけますし、宇宙船を操作すれば [飲酒運転](#) になります。炭酸飲料は泡がどんどんたまって大きくなり、気圧が高くなって危ないんです。

——ISSで「日本食」を食べることができるそうですね。

港屋 NASAの標準食のほか、[ボーナス](#) 食という位置づけで日本食があります。食事全体の約15%は自分で選

べるので、リラックスしたいときや故郷を感じたいときに日本食を食べてもらっています。

山崎 ほかの国の宇宙飛行士からも、日本の宇宙食は人気です。野口聡一さんとISS滞在中、日本食を持ち寄って、皆さんに手巻きずしを振る舞いました。その中にホタテのお刺し身があって、すごく人気でしたね。水で戻すと本当にお刺し身になるんです。



[山崎直子さん=2023年1月23日、東京都千代田区](#)

[篠原ともえさん=2023年1月23日、東京都千代田区](#) [篠原ともえさん=2023年1月23日、東京都千代田区](#)

篠原 アイデア次第で、心のおいしさを育てるような感覚がありますね。

——山崎さんがISS滞在中、食べてほっとした宇宙食はありましたか。

山崎 濃いめの味付けやスパイスが利いた味はおいしく感じました。宇宙空間だと体液が上半身に移動するので、鼻づまりになって、味覚が若干鈍くなる傾向があるんです。

篠原 オレンジの香りでリフレッシュできたと聞きました。生のフルーツの力はすごいですね。

しのはら・ともえ 文化女子大学短期大学部デザイン専攻卒。1995年に歌手デビュー。近年は多数のアーティストの衣装デザインを手がける。高校時代は天文部に所属し、2016年からラジオ番組「東京プラネタリー☆カフェ」でパーソナリティーを務める。

——宇宙に行く前と行った後で心境の変化はあるのでしょうか。

山崎 そよ風や緑の香り、土の感触、一つ一つが本当にありがたいなと。普段、当たり前とと思っていることが宇宙では当たり前ではないと思うようになりました。あと、上も下もない環境なので、人の顔を思い出すときに逆さまの顔を思い出したりしますね。

篠原 ISSからメッセージを寄せてくれた若田さんは、話をされた後、画面の上に飛んでいきましたが、どこかにつかまっていたのですか。

山崎 床のあたりに足を引っかけるループがあって、そこに足を固定しながら話していたのだと思います。最後にそれを抜いて、すーっと上へ。

篠原 本当に[自由自在](#)なんですね。

——「アルテミス計画」も進んでいきます。

山崎 遅かれ早かれ、いずれ人類は地球だけではなく、宇宙に活動を広げていく。そのときの足がかりとなるのが月だと思っています。アポロ計画では月面に着陸して戻ってくる単発のミッションの繰り返しでしたが、今回は国際協力でインフラをつくりましょうということなんです。



[山崎直子さん=2023年1月23日、東京都千代田区](#)

[港屋ますみさん=2023年1月23日、東京都千代田区](#)

[篠原ともえさん=2023年1月23日、東京都千代田区](#)

港屋 月の環境がまだ分からないのですが、ドーム型の建物内で[自給自足](#)することが検討されています。人が住むとなれば、その環境に合わせた食事の形をめざしていくのではないかと思います。

山崎 篠原さんの洋服、ご自身で描いたプリントと聞きました。環境に優しいファッションに取り組んでいます



よね。

篠原 ものづくりではSDGsが必ず付いてくるので、宇宙からも学ぶことがあると思っています。

——今後の宇宙開発への期待を。

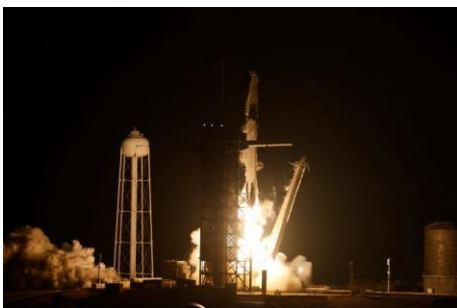
山崎 宇宙は衣食住でいろいろな分野が関わってくるので、宇宙の輪がどんどん広がっていくといいなと思います。(構成・玉木祥子)

### 飛行士の健康維持へ JAXA とヤクルトの研究は

高度 400 キロに浮かぶ国際宇宙ステーション (ISS) に滞在する宇宙飛行士の体や健康について、ISS の日本実験棟「きぼう」での医学研究を、JAXA の白川正輝・きぼう利用センター長と、ヤクルト本社の長南治・中央研究所研究管理センター上席研究員が解説した。ISS の長期滞在では、骨量や筋力の低下のほか、狭い閉鎖環境でのストレスにさらされる。免疫機能の低下も指摘されている。乳酸菌を摂取して腸内環境を改善することで免疫機能を維持できるという地上での研究成果があり、JAXA とヤクルト本社は 2017 年から、乳酸菌 (L.カゼイ・シロタ株) を含むカプセルを ISS に滞在中の飛行士に飲んでもらい、免疫機能への変化について調べている。データは収集中だが、長南さんは「宇宙環境においても、乳酸菌が有効な働きを発揮することを期待している」と話す。ISS から地球へは数時間で帰還できるが、月は往復で約 1 週間、火星は約 3 年かかる。白川さんは「有人探査や月などの滞在に向け、我々も検討を進めている。こうした研究を今後の宇宙滞在でも活用したい」と話した。◇パネル討論のコーディネーターは科学みらい部次長の木村俊介、司会はフリーアナウンサーの榎戸教子さんが担当しました。

<https://nordot.app/1003927124817723392?c=110564226228225532>

## NASA、有人宇宙船打ち上げ 米・ロ・UAE 飛行士が ISS へ 2023/03/02



[ケープカナベラル (米フロリダ州) 2日 ロイター] - 米航空宇宙局 (NASA) とスペース X は 2 日未明 (日本時間同日午後)、有人宇宙飛行ミッション「クルー 6」をフロリダ州ケープカナベラルのケネディ宇宙センターから打ち上げた。

当初 27 日未明の打ち上げを予定していたが技術的な問題で延期していた。

クルードラゴン宇宙船「エンデバー」には米国、ロシア、アラブ首長国連邦 (UAE) の宇宙飛行士 4 人が搭乗。国際宇宙ステーション (ISS) に 6 カ月間滞在する。ISS への所要時間は約 25 時間で 3 日 0615 GMT (日本時間午後 3 時 15 分) ごろにドッキングの予定。 © ロイター

<https://wired.jp/article/a-bold-plan-to-beam-solar-energy-down-from-space/>

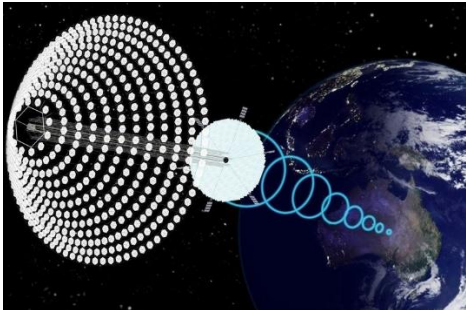
## 動き出した宇宙太陽光発電プロジェクト。空からクリーンエネルギーをもたらす欧州の野望は実現するか

宇宙空間に太陽光パネルを設置して発電し、地球にクリーンエネルギーを送り届けるプロジェクトの実現に向け

て欧州宇宙機関（ESA）が動き始めた。実現すれば、欧州連合（EU）が掲げる「2050年までに炭素放出量を実質ゼロ」という目標達成の一端を担うことになるかもしれない。

太陽光パネルを砂漠や駐車場、運河に設置しても、さらには日当たりのいい湖に浮かべたとしても、ときおり雲がかかる。そして太陽は毎日、必ず沈む。ところが欧州宇宙機関（ESA）によると、それでも問題ない。宇宙に太陽光パネルを設置すればいいだけの話なのだ。

そこで ESA がこのほど発表したのが、[「Solaris」](#)と呼ばれる実験プログラムである。このプログラムの狙いは、太陽光発電設備を宇宙の軌道に向けて打ち上げ、この設備を使用して発電した電力を地球に送ることが技術的・経済的に可能かどうか明らかにすることだ。



[雨や曇りでも太陽光エネルギーを活用するなら、宇宙から送ればいい：「宇宙太陽光発電」の研究開発が進行中](#)

BY DANIEL OBERHAUS

[米空軍の無人宇宙機が挑む「宇宙太陽光発電」の実験、その野心的なプロジェクトが秘めた途方もない可能性](#)

BY DANIEL OBERHAUS

このコンセプトが実現すれば、Solaris は 2030 年代までに宇宙を拠点に太陽光発電を常に稼働させ、そこから地球へと電力を供給できるようになる見込みだ。最終的に供給量は欧州のエネルギー使用の 10~15% を占める可能性があり、欧州連合（EU）が掲げる「[2050年までに炭素放出量を実質ゼロにする](#)」という目標達成の一端を担うことになるかもしれない。

「過去数十年間は気候変動を宇宙からただ監視していただけでした。しかし、気候変動を緩和するために、もっと宇宙にできることがあるのではないのでしょうか」と、この計画を率いるサンジェイ・ヴィジェンドランは問いかける。ヴィジェンドランは、ESA の火星プログラムでもリーダーを務めている。

ヴィジェンドランによると、Solaris プロジェクトの主な原動力とは継続的に供給できるクリーンエネルギーの必要性だという。化石燃料や原子力とは異なり、太陽光や風力は途切れてしまうことがある。日照時間が長い場所の太陽光発電所であっても、大半の時間は遊休状態だ。[バッテリーの技術が向上](#)するまでは、大量の再生可能エネルギーを蓄電することも難しい。これに対して宇宙太陽光発電の設備は、99%以上の時間で稼働できる見込みだとヴィジェンドランは説明する（残りの約 1%は、地球の位置が太陽と発電設備のちょうど間になって太陽光がさえぎられるときだ）。

### 高まる宇宙太陽光発電の競争力

現時点での Solaris は「準備段階」とみなされている（ちなみに、SF 作家のスタニスワフ・レムによる同名の小説とは無関係だ）。つまり、ESA はすでにパイロットスタディこそ完了しているが、本格的な開発の準備はまだできていない。ESA は今後、この技術を宇宙の軌道に乗せたときのデモンストレーションを設計し、30 年には打ち上げ、30 年代の中ごろには小規模な宇宙太陽光発電設備を開発し、以降は設備の規模を劇的に拡大していく必要がある。ESA の研究者は差し当たり、例えば高度約 22,000 マイル（約 35,400km）の静止軌道で、大規模な太陽光発電設備のモジュールをロボットで組み立てるために何が必要なのか調査することから始める予定だ。静止軌道にあると、設備は地球の自転にかかわらず、地上から見上げると常に同じ位置にあるように見える。

プロジェクトを進めるために、宇宙を拠点とする太陽光発電を採算がとれるかたちで実現できるのか、ESA のヴィジェンドランたちは 25 年までに判断しなければならない。このコンセプトについては米航空宇宙局（NASA）



と米エネルギー省が 1970 年代と 80 年代に探究したものの、費用と技術的な課題が原因で見送られた。それでも状況は当時から大きく変化している。主に再利用可能なロケットのおかげで、打ち上げ費用は下がっている。人工衛星は安価で大量生産できるようになった。太陽光を電力に変換する太陽光パネルのコストも安くなっている。こうしたことから、地上のエネルギー源に対する宇宙太陽光発電の競争力がさらに高まっているのだ。

### 技術のデモンストレーションもスタート

ただし、もうひとつハードルがある。発電した電力を、どうやって地上の送電網にもってくるのだろうか？

レーザー光線を使うのもひとつの手だが、光線は雲に阻まれるかもしれない。代わりにヴィジェンドランたちは、電力をマイクロ波に変換して送る方法がうまくいくのではないかと考えている。

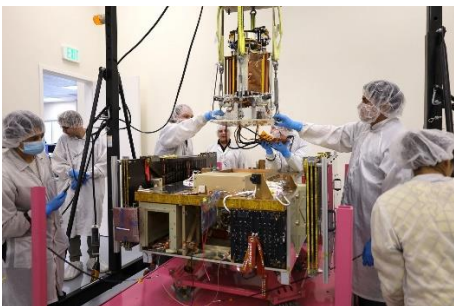
マイクロ波はエネルギーをあまり失わずに大気中をスムーズに通過する。一方で、マイクロ波の光線は長距離になるほど大きくなる。地表からの高度が非常に高い宇宙空間に送信機を設置することから、極めて大規模な受信ステーションを地上に建設することになる。大きさは 1 平方キロメートルを超える可能性が高く、その大きさから費用も高額になる。宇宙の軌道上の発電設備も巨大になり、すべて含めると数千トンになる恐れがある。これは国際宇宙ステーションよりはるかに大きい。「人類が軌道上に設置する最大の構造物になるでしょう」と、ヴィジェンドランは語る。しかし、研究者たちはほかの設計も考えている。例えば中軌道（地表からの高度が 2,000km よりも高く 36,000km 以下）に、比較的小さな太陽光発電設備を 3 基以上展開できるかもしれない。

このように展開すると、静止軌道のように上空の定点で機能するわけではなく、複数の設備が交代で発電できる。ひとつの設備が地球を周回して伝送範囲外に出るたびに別の設備が伝送範囲に入り、地球に向けてエネルギーを送り続けるのだ。こうすれば太陽光発電したエネルギーを地上の複数の場所で、ほぼ均一かつ予測可能なかたちで受け取れる。さらに、中軌道の発電設備は静止軌道よりも地球に近くなるので、受信機も比較的小さくて済むだろうと、カリフォルニア工科大学のセルジオ・ペレグリノは語る。

ペレグリノは Solaris を補完するプロジェクト「[Space Solar Power Project](#)」の共同ディレクターを務めている人物だ。ペレグリノらは技術のデモンストレーションとして、宇宙輸送を手掛ける Momentus が構築した人工衛星「Vigoride」を改造し、23 年 1 月 3 日に打ち上げに成功している。

今回のデモンストレーションには 3 つの実験装置が搭載された。まず「ALBA」は 32 種類の太陽光パネルを搭載し、どれが宇宙で効果的であるかを試す。次に「MAPLE」は、マイクロ波による電力のワイヤレス伝送を実験する。そして「DOLCE」は、太陽光パネルと伝送装置を搭載するための軽量構造物の展開をテストする。

「(将来的には) これらをすべてひとまとめにして宇宙に打ち上げ、コンステレーションを形成します。すべての要素を統合することで、地球上での発電と基本的に同じくらいのコストで発電できると予測しています」と、ペレグリノは語る。この設計により、0.10 ドル（約 13 円）/kWh で発電できると試算しているという。



カリフォルニア工科大学の実験装置「DOLCE」の取付作業をする研究者たち COURTESY OF CALTECH

### 世界中で宇宙太陽光発電の取り組みが加速

宇宙太陽光発電で進歩を遂げているグループはほかにもあり、ロンドンに本拠地を置く「[Space Energy Initiative \(SEI\)](#)」もそのひとつだ。SEI は英国政府、研究者、産業界のパートナーシップで、英国のコンサルティング会社の Frazer-Nash が 21 年にまとめた宇宙太陽光発電の研究推進を[奨励するレポート](#)を受けて活動を開始した。

「わたしたちは産業界、特にエネルギー産業からの強い支持がなければ、英国政府がこのような野心的なコンセ

プトを遂行することは難しいだろうと悟りました」と、SEI の共同議長を務めるマーティン・ソルトーは語る。ソルトーたちは「CASSIOPEIA」と呼ばれる衛星のコンセプトを開発している。集光装置が常に太陽の方向を向くように設計されており、円軌道より地球に近づく楕円軌道に適応できることが特色だ。

トルソーによると、このような構成で4基か5基の小型衛星を使用すれば、高度が高い大規模な複合設備より低価格で電力を供給できるという。さらにSEIは、英国政府以外からの資金援助を増やすべく取り組んでおり、サウジアラビアなどの国際的なパートナー候補国との話し合いを進めている。ほかにも宇宙太陽光発電の開発を進めている組織がある。例えばノースロップ・グラマンと米国の空軍研究所は提携しており、軍事使用の可能性を研究している。また、日本の宇宙航空研究開発機構（JAXA）も宇宙太陽光発電システムの研究開発を進めている。中国も同様で、新たな宇宙ステーション「天宮」を使用した実験を計画している。

### 核融合発電よりも実現に近い？

一方で、こうした大量の構造物を宇宙の軌道に展開することは、多くの疑問や懸念を生じさせている。イーロン・マスク率いるスペースXが衛星コンステレーションによるインターネット通信網を構築した「Starlink」プロジェクトのために大量に打ち上げた通信衛星のように、天文学者は衛星が反射する光によって夜空の見え方が変わり始めていることに注目している。こうした光は天体写真に問題を引き起こし、地上からの星座の見え方を変えてしまう恐れがあるのだ。これに対して宇宙太陽光発電の開発を進めるエンジニアたちは、太陽光パネルが太陽光を“吸収”するようになってきていると指摘する。もし太陽光を反射することになれば、設計が不適切だったことの表れになるだろう。マイクロ波光線の使用に関する懸念もある。一部の国では宇宙船に対する武器として、指向性エネルギーレーザーを研究している。宇宙太陽光発電に必要な弱い光線が人や物に損傷を与えることはないものの、ほかの衛星や電波望遠鏡との周波数干渉を起こさないように、発電設備には一定範囲の専用周波数が必要になる。宇宙の交通を管理して衝突を回避するために、独自の軌道位置も必要になるかもしれない。それでも宇宙太陽光発電が成功し、数十年以内に太陽光パネルが軌道を周回して地上にギガワット規模のエネルギーを供給できるようになれば、大きなメリットを得られる可能性がある。ほかのクリーンエネルギーを補完する気候変動の解決策の一部になる可能性があるのだ。宇宙太陽光発電は、核融合エネルギーの産業化よりはるかに実現に近い。関連技術が十分に成熟しており、理論段階から設備の構築とテストに移行できると、カリフォルニア工科大学のペレグリーノは指摘する。「これは途方もないチャンスと将来性のある分野なのです」

([WIRED US](#)/Translation by Yumi Muramatsu/Edit by Daisuke Takimoto)

<https://www.asahi.com/articles/ASR2X5D4GR2XULBH007.html>

## 「HAKUTO-R」、月への旅は折り返し 民間の「最遠飛行」達成

玉木祥子 2023年2月28日 17時30分



月面

[に降り立つ ispace の月着陸船のイメージ=同社提供](#)



月探査計画「[HAKUTO—R](#)」の月着陸船を打ち上げた日本の[宇宙](#)ベンチャー「ispace（アイスペース）」は 28 日、地球から約 137・6 万キロに 1 月 20 日に到達したと発表した。同社によると、民間が運用中の機器として地球から最も遠い地点まで達したとみられるという。

月にたどり着くのは 4 月末の見通しで、トラブルなく飛行できれば世界の民間で初となる月面着陸となりそうだ。昨年 12 月 11 日に米フロリダ州から米宇宙ベンチャー・スペース X 社のファルコン 9 ロケットで打ち上げられた月着陸船は、ロケットから分離直後、姿勢や通信状態が不安定になったが、推進剤を追加で使うなどして約 3 時間後に回復したという。[省エネ](#)のため、いったん遠く離れてから戻って月に向かうルートを選んだ。今のところ、地球から約 80 万キロの地点を航行しているという。アイスペースは今回のミッションに続き、2024 年に「ミッション 2」、25 年に「ミッション 3」として月着陸船を打ち上げる予定。ミッション 2 では、空調設備会社「[高砂熱学工業](#)」の月面用水電解装置やバイオベンチャー「[ユーグレナ](#)」が開発する食料生産モジュールなどを輸送するという。アイスペースの袴田武史代表は「トラブルに対して試行錯誤してリカバリーしてきた。これまでの成果をミッション 2、3 へつなげていきたい」と話した。（玉木祥子）

<https://www.gizmodo.jp/2023/02/first-mission-to-uranus-orbiter-probe-nasa.html>

## 火星とエウロパの次に天王星を調べるべき理由

2023.02.25 22:00 George Dvorsky - Gizmodo US [\[原文\]](#)（たもり）



1986 年にボイジャー 2 号が撮影した天王星 Image: NASA/JPL-Caltech

奇妙な環と傾きに季節の変化、そして 27 個の衛星と、天王星は太陽系の中でも風変わりな惑星です。この巨大氷惑星が謎に満ちているからこそ、天文学者らは天王星への近接探査ミッションを声高に求めているのです。

30 年以上前にボイジャー 2 号がその姿を捉えたきり

ジョンズ・ホプキンス大学応用物理研究所の惑星科学者 Kathleen Mandt 氏は、天王星に特化した初のミッションは長いこと待ち望まれていると説く[原稿](#)を Science 誌の Perspectives（見解）に寄せました。

遠方の巨大氷惑星への唯一にして短かった訪問からは、確かに随分と時間が経っています。NASA のボイジャー 2 号が天王星を通過したのは 1986 年 1 月 24 日。惑星とその衛星の美しい光景を捉えてから、（太陽系のもう 1 つの巨大氷惑星である）海王星そして星間空間への旅を続けたのでした。土星と木星と同様に、天王星と海王星も宇宙で最も軽い元素 2 つである水素とヘリウムに覆われています。Mandt 氏は、「天王星と海王星が巨大氷惑星と呼ばれるのは、土星や木星よりも水素と比べて重い他の元素がさらに存在するからです」とメールで説明。「土星と木星は主成分が水素なので、巨大ガス惑星と呼びます」ボイジャー 2 号が撮った写真から天王星への興味が芽生えるも、30 年以上経った今でも再訪は叶えられていません。

火星とエウロパの次は天王星を調べるべき



Mandt 氏は寄稿でまさにそのための具体策、NASA による天王星専門のミッション「ウラヌス・オービター・プローブ（天王星の周回機と探査機、略して UOP）」の重要性を説いています。天王星の軌道上に留まったオービターが惑星そのものや衛星と環の観測を行ない、さらには大気の組成を詳しく調べるためのプローブが配備されるというものです。天王星への専門ミッションの必要性は以前から叫ばれていました。NASA が全米科学アカデミーに実施させているディケーダル・サーヴェイ（10 年ごとの調査）は、今後 10 年の各研究分野での優先順位が示された報告書です。その最新版で、次の 10 年間で解明したい問題とされたのが、「巨大氷惑星についての知識不足」でした。サーベイは UOP を最優先の惑星ミッションに分類しましたが、その結論は前回のサーヴェイで下されたものだと Mandt 氏は指摘しています。2013 年版のサーヴェイで最優先として挙げられたマーズ・サンプル・リターンとエウロパ・クリッパーは現在、両方とも全力で進められています。次に順番が来るのは天王星専門のミッションだと同氏は論じているのです。

### 天王星には謎が多い

このミッションは天王星のさまざまな謎の解明に役立つでしょう。惑星科学者たちは、巨大氷惑星とその形成過程、形成時の位置からの移動について理解を深めようとしています。

### 太陽系の歴史の詳細もわかるかも

天王星の近接探査は、小さな天体がどのように水と生命の他の構成要素を内部太陽系へと広められたのかを明らかにするので、太陽系の歴史の詳細を明らかにできる可能性があるかと Mandt 氏。このような研究は、遠方の系外惑星と“それらの系の構造”の手がかりにもなると寄稿には書かれています。そのためには、同位体比と巨大氷惑星内に存在する貴ガスの量の細かい測定値が必要になりますが、そういったデータは大気プローブなら容易に収集できるんだそう。

### 天王星が極端に傾いている理由も知りたい

天王星が極端に傾いている理由も、答えを求めている疑問になります。98 度の傾斜角は「その 84 年周期の軌道で激しい大気の季節的な変化を引き起こす」ものの、「地球から靄や雲を観測したのでは、大気循環と風のパターンを説明するのに十分な情報を確保できません」と書かれていました。

UOP は天王星の磁場を研究し、惑星の内部構造（コアの状態など）について新たな知見をもたらすかもしれません。それに、天王星が従えている衛星たちも観測対象となります。

### ボイジャーの写真に気になるところが

「天王星の衛星たちは木星の 4 大衛星や土星の衛星タイタンよりもはるかに小さいです。小さいので固くて活動してないはずで、そして地表にあるのは衝突クレーターだけのはずなんです」と Mandt 氏。「面白いのは、ボイジャー 2 号の画像にはそれほど多くのクレーターは写ってなくて、その代わりに地質学的な活動で形成されるような特徴が写っていたという点。衛星の内部構造を研究して、地表が非常に若い理由を解き明かしたいし、液体の水の痕跡を見つけたいですね」とのこと。天王星には氷殻の下に液体の水を有する衛星が 1 つ以上あるかもしれず、宇宙生物学者らは天王星系を近接観測するチャンスを心待ちにしていることでしょう。

### 実現には長い準備が必要、困難も伴う

このミッションの計画は、2022 年の惑星科学部門ディケーダル・サーヴェイの一環として公表された [Origins, Worlds, and Life](#) (OWL) など既知の文献をベースに築けると Mandt 氏は主張。その計画では、木星の大きな重力を活用して宇宙機を最終目的地に向けて加速させるため 2032 年までの UOP の打ち上げを提唱しています。UOP は 2050 年より前に天王星に達する模様。これらは大まかな見積もりですが、このミッションが承認されたら実現しそうなタイムフレームです。オービターとプローブにどんな観測機器を搭載したいか Mandt 氏に聞いてみたところ、以下の返信がありました。「プローブには、質量分析装置が最も重要な機器となります。この機器は質量に基づいてどの元素と分子が大気にあるのかを測定できます」「天王星がどこで形成されて形成後にどのくらい移動したのかを解き明かすには、この情報が要るのです。オービターは異なる波長を測定するカメラと、電子・イオン・磁場を見つけるセンサーを含む機器類の組み合わせが必要になります」

地球からこんなにも離れて活動したオービターはないため、ミッションにはいくつかの変わった難題が立ちはだかると思われます。地球から太陽までの距離の 20 倍近く離れているので、UOP から信号は地球の地上局に届くまでに 3 時間かかります。そのため、「コマンドを送る際に計画を立てることが重要になり、新たな成果を待つときには忍耐を要する」そう。十分な太陽エネルギーを集めることもまた困難となるかもしれません。Mandt 氏は「探査機カッシーニに搭載されていた、そして現在もボイジャー1号・2号探査機とニュー・ホライズンズに電力を供給し続けているような原子力電池が必要」と述べていました。もしこのミッションに携わる機会を与えられたら、プローブの観測計画の立案や、天王星の衛星と環の組成を研究する計画の作成を手伝いたいようで、「NASA から次のステップの発表を心待ちにしています」と語っていました。

<https://gendai.media/articles/-/106970> 2023.03.04

# 生命科学# 宇宙科学# 環境・エネルギー

## 「エンセラダスには地球と似た生命がいるのかも…」土星探査機カッシーニの大発見と「地球外生命探しの夜明け」

[サイエンス ZERO](#) [NHK](#)

[プロフィール](#) 『サイエンス ZERO』20 周年スペシャル・取材班

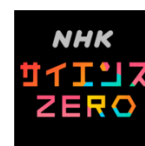
「この宇宙に私たち以外の生命は存在するのか？」

私たち人類にとって究極の謎であるこの問いに迫ろうという「地球外生命探査」は、この 20 年で飛躍的な進化を遂げ、今、その戦略の大きな転換期を迎えています。火星や土星の衛星など、生命の存在が期待される天体の探査が進み、「生命を育む要因」に関する新事実が次々と報告されているからです。

観測や実験を駆使して地球外生命の可能性に迫り、世界から注目を集めているのが東京工業大学・地球生命研究所所長の関根康人さんです。関根さんは、この先 20 年で本格的に宇宙に生命を探す時代が到来すると語ります。果たして地球外生命は存在するのか。この 20 年で明らかになった事実と、「生命の定義ががらりと変わるかもしれない」という研究の展望について伺いました。



東京工業大学地球生命研究所の関根康人所長／NHK 提供



ついに「科学者が地球外生命を真剣に考える」時代に

—この 20 年で「地球外生命」の研究はどう変わったのでしょうか？

「科学者が地球外生命を真剣に考える時代になった」20 年だったと思います。

以前は地球外の天体に水を見つけて「わあ、すごい！」と言っていましたが、水が生命に直結するわけではなく、生命について考えるには理論的に大きなギャップがあったので、科学者が地球外生命を真剣に考えるということはありませんでした。地球外生命を考える上では「水環境」の理解が欠かせませんが、単なる水の有無ではなく、水にどういう物質が溶けていて、生命の材料となるような物質がどのくらいあるか、エネルギーをもたらす食べ物はあるか、ということが重要なのです。例えば、火星に「川の跡」があることは 1970 年代には分かっていたのですが、水環境は一切分かかっていませんでした。川の形を見るだけじゃ成分なんて当然分かりませんから、「水環境は分かる訳ない」というのが当時の常識で、それを理解するのは“夢物語”と思われてきたんです。

[関連記事《人類究極の謎が解ける日》「火星の生命は地球とかなり違って…」](#)

[カッシーニとオポチュニティがもたらした革命](#) カッシーニとオポチュニティがもたらした革命

—地球外生命を探すポイントは「水環境」なんですね

“生命を育む要因”である「液体の水・有機物・エネルギー」という 3 つが、その天体にあるかどうか地球外

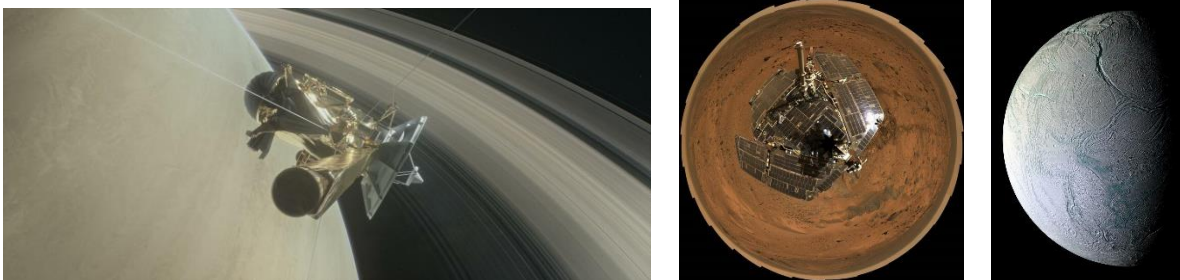
生命を探す大きなポイントです。

生命を「組み立て式のおもちゃ」に例えると、おもちゃの部品にあたるのが「有機物」で、部品を組み立てるのが「エネルギー」です。生命がおもちゃと一番大きく違うのは、部品がどんどん分解したり変性したりしてしまうことです。我々の体は常に、外から部品を取り入れて、外に古くなった部品を捨てていますが、この循環が止まってしまうと生命は死んでしまいます。そこで、この循環の役割をするのが「液体の水」です。だから、水環境を理解しないと生命を予測できないんですが、この 20 年で「水環境は分かる訳ない」という常識が一変し、火星など地球外の天体の水環境を地球並みに知ることができるようになりました。それで、科学者が理論的に地球外生命について考えるようになったのです。

—何が研究の常識を大きく変えたのでしょうか？

なんと言っても、2004 年に土星探査機「カッシーニ」(※1)が土星系に、火星探査車「オポチュニティ」(※2)が火星に到達したことが革命的な出来事でした。

カッシーニは土星の衛星「エンセラダス」の水環境を、オポチュニティは火星の昔の水環境を明らかにしてくれました。つまり、「単なる液体の水の存在」から「水環境」の理解へと進み、生命探査や生命の予測、あるいは培養の可能性まで含めてできるようになったんです。



土星探査機「カッシーニ」 ©NASA/JPL-Caltech

火星探査車「オポチュニティ」(鳥観図) ©NASA/JPL-Caltech/Cornell

土星の衛星「エンセラダス」 ©NASA/JPL/Space Science Institute

※1「カッシーニ」…土星とその衛星を探査するため、1997年にNASAが打ち上げた探査機。2004年に土星周回軌道に到着、土星の衛星の詳細な地形や構造などを観測した。

※2「オポチュニティ」…2003年にNASAが火星に送った探査車。2004年に火星に着陸。かつての水の存在を探るため、岩石や土壌のサンプルを採取、分析できる機器を搭載。

[関連記事《人類究極の謎が解ける日》「火星の生命は地球とかなり違って…」](#)

[なんと「エンセラダスの水環境」がわかってしまった](#)    [なんと「エンセラダスの水環境」がわかってしまった](#)

—探査機カッシーニは土星の衛星で何を見つけたのですか？

土星の衛星の「エンセラダス」は、表面は氷で覆われていますが、地下には「海」があることが分かってきました。海を調べるには、氷の地殻をドリルで 10 キロぐらい掘ればいけるかもしれないと言われていましたが、地球上でも 10 キロなんて掘れないので、夢のまた夢と思われていたんです。でもカッシーニが行って見たら、エンセラダスでは氷の地殻が割れて、その割れ目から海水が吹き出していました。そこで水の成分の化学組成のデータが得られたことに、誰も驚きました。岩石の海底があって、温泉のような場所もあって、生命のエネルギー源になるようなものが生成されているとか、いわゆる「水環境」が明らかになりました。しかも、カッシーニはその海水の中に複雑な「有機物」を見つけました。この有機物は、地球の生命と同じように窒素を含んでいて、生命を作り出すのに理想的な水環境があることが分かったんです。その後、エンセラダスの熱水環境で作られている有機物があれば、地球の生命の材料とよく似たものができるはずということまで分かってきて、「エンセラダスには地球と同じような生命がいるのかも！」というところまで来たのです。

[関連記事《人類究極の謎が解ける日》「火星の生命は地球とかなり違って…」](#)

[水素と二酸化炭素を食べてメタンを出す生物？](#)    [水素と二酸化炭素を食べてメタンを出す生物？](#)

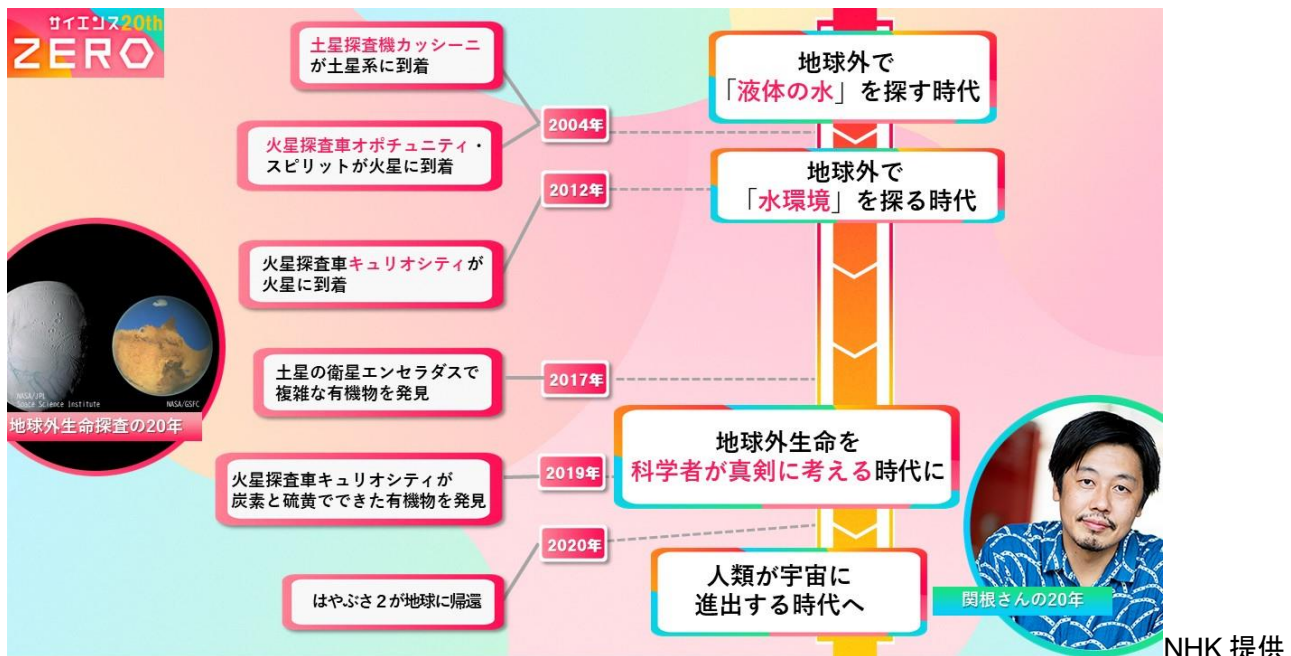


—土星の衛星エンセラダスに地球と同じような生物がいる可能性はあるのでしょうか？

エンセラダスの生命を想像すると、熱水で発生する水素や海の中に多く溶けている二酸化炭素を“食べ物”として使って、メタンを作るような生命というのが一番あり得そうです。

もしエンセラダスから「生命が含まれたサンプル」を持ち帰ることができれば、培養できるかもしれません。エンセラダスと同じように水の中に窒素やリンを入れ、塩分濃度、pH も揃えて、極めて似た海底の環境を実験室で作り出すことができます。その中に生命をぽんって入れて、食べ物として水素と二酸化炭素をあげればいいんです。サンプルを適切に持ち帰ることができれば生命に手が届くというところまで、今ようやく来ました。

進む地球外生命探査の発見はこれにとどまりません。後編『《人類究極の謎が解ける日》「火星の生命は地球とかなり違っていた？」発見された「硫酸の湖」と「奇妙な有機物」』につづきます。



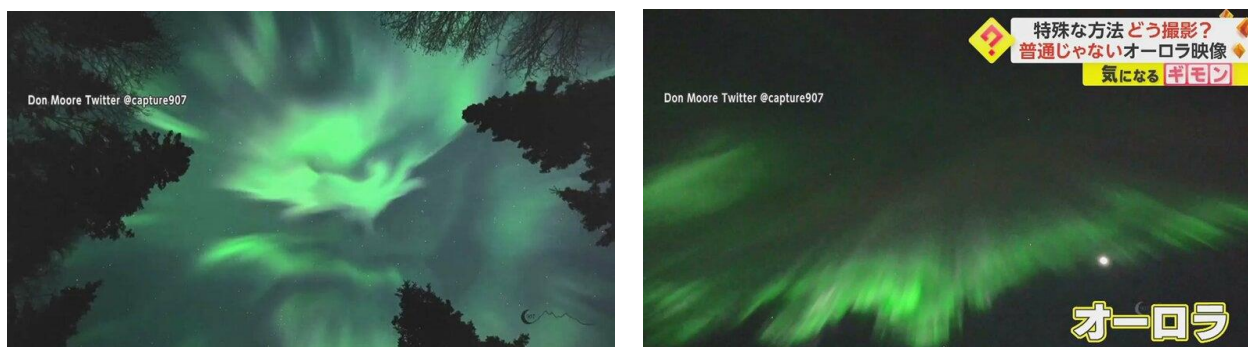
『サイエンス ZERO』20周年スペシャル 3月26日（日）夜 11:30E テレ

<https://www.fnn.jp/articles/-/494820>

まるで“宇宙人の襲来”？アメリカで撮影されたオーロラの映像がスゴい スイッチ

を押すだけ…タイムラプス撮影とは 2023年3月4日 土曜 午前9:40

夜空にかかる光のカーテン、オーロラ。ギャラリー



撮影された場所は、アメリカの最も北にあるアラスカ州。

通常の撮影では、そよ風に揺らめくような動きだが、特殊な方法で撮ると、目がくらむような映像になる。



特殊な方法で撮影したオーロラ

意志を持っているかのように、めまぐるしく動く光。



それはまるで、宇宙人の襲来か、あるいは完成間近のカフェラテか。

撮影した人によると、この映像はコマ撮りを重ねるタイムラプスで撮影。

カメラのスイッチを押してベッドに入り、起きて確認したら撮影できていたという

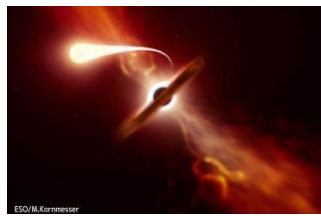
カメラのスイッチを押してベッドに入り、起きて確認したら、このような映像が撮れていたという。

(「イット!」3月2日放送)

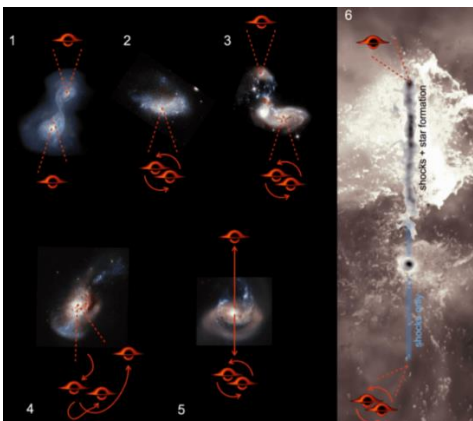
[https://news.biglobe.ne.jp/trend/0228/kpa\\_230228\\_2094371537.html](https://news.biglobe.ne.jp/trend/0228/kpa_230228_2094371537.html)

## 暴走モードに突入！太陽の 2000 万個分の巨大なブラックホールが宇宙空間を暴走

2023 年 2 月 28 日（火）20 時 0 分 [カラパイア](#)



[写真を拡大](#)



地球から 75 億光年離れた宇宙で、長大な光の尾をたなびかせて暴走する巨大なブラックホールが発見されたそ



うだ。その光の尾の中では、星々が活発に形成されているという。

『The Astrophysical Journal Letters』（現在 [arXiv](#) で閲覧可）に掲載予定のこの研究は、理論的には予測されていた「銀河から追い出された超大質量ブラックホール」を初めて観測したものであるようだ。

#### ・太陽 2000 万個分の巨大ブラックホールが暴走

米イェール大学のピーター・ヴァン・ドックム教授らは、ハッブル宇宙望遠鏡で地球から約 75 億光年離れた矮小銀河「RCP28」を観測していた時のこと。謎の明るい光の筋のようなものが見つかったのだという。その筋の長さは 20 万光年以上と、天の川の幅の 2 倍にも達している。その正体は星々が活発に形成されている圧縮ガスであるようだ。だが驚くべきなのは、このガスの先端には太陽 2000 万個分という怪物ブラックホールらしきものがあったことだ。この[超大質量ブラックホール](#)はまるで飛行機雲のようにガスをたなびかせながら、時速 560 万キロ、つまり音速の 4500 倍もの速さで暴走していたのだ。

#### ・ブラックホールは銀河から追い出され宇宙を放浪

超大質量ブラックホール自体はそれほど珍しくはない。ほとんどの大きな銀河の中心にはそれがあると考えられている。ところが、今回のブラックホールはとんでもないスピードで矮小銀河から遠ざかった。しかもガスの尾をたどるとその銀河があるのだ。どうやらこの超大質量ブラックホールは銀河から追い出され、ガスの尾を引きずりながら宇宙を放浪しているようだ。しかもそのガスの中では星々が次々と生まれている。

#### ・特徴的なブラックホールのガスの尾、宇宙ジェットとは別物

銀河の中心にある超大質量ブラックホールは、しばしば物質のジェットを高速で噴出しており、まるで光の筋のように見える。これを「[宇宙ジェット](#)」というが、今回観測されたガスの尾も、ぱっと見はこれに似ていた。

ところが、実際にヴァン・ドックム氏らがくわしく調べてみたところ、宇宙ジェットの特徴がまったく見つからなかったのだ。宇宙ジェットの場合、発生源から遠ざかればだんだんと弱くなるが、今回のガスの尾はその逆だった。またブラックホールから放出される宇宙ジェットは扇のように広がるが、今回のものは一見したところどこまでもまっすぐだ。このことから、今回のガスの尾が普通の宇宙ジェットとは別物であることがわかる。1 対のブラックホールに 3 つ目のブラックホールが加わると、バランスが崩れて、1 つが追い出されてしまう。図はそれを 5 ステップで説明したもの。6 は今回観測されたガスの尾を示す (shocks only: 衝撃のみ,shocks+star formation: 衝撃 + 星の形成) /Image credit: van Dokkum et al. ・なぜブラックホールは銀河から追い出されたのか？ もしこれが本当に暴走ブラックホールなのだとなれば、もう 1 つ大きな謎がある。それは一体どうして銀河から追い出されたのかということだ。ヴァン・ドックム教授らが考える一番可能性が高いシナリオは、3 つの天体の相互作用でパチンコのように弾き出されたというものだ。「質量が同じくらいの 3 つ天体の重力が相互作用すると、なかなか安定することはなく、普通は連星となり、3 つ目の天体は放出されます」と説明している。それが意味するところは、かつてその超大質量ブラックホールは連星だったかもしれないということだ。ところがあるとき銀河が合体して、そこに 3 つ目のブラックホールがくわわった。その結果、除け者にされて追い出されてしまったというのだ。photo by iStock

なお、そのような超大質量ブラックホール連星がこの宇宙にどれだけ存在するのか、今のところよくわからない。ヴァン・ドックム教授によると、超大質量ブラックホールが銀河から追い出される可能性自体は、50 年前から予測されていたのだという。それも多くの理論では、そうしたものがたくさんあるとしている。

その証拠かもしれないものが今回初めて発見された。今回の光の筋の先にあるものが本当にブラックホールかどうか直接確認するために、今後はまた別の望遠鏡で観測する必要があるとのことだ。

References: '[Runaway' black hole the size of 20 million suns found speeding through space with a trail of newborn stars behind it](#) / written by hiroching / edited by / [parumo](#)

追記 (2023/02/28) 本文の誤字を修正して再送します。

[https://news.biglobe.ne.jp/it/0228/giz\\_230228\\_1911208699.html](https://news.biglobe.ne.jp/it/0228/giz_230228_1911208699.html)



## 10 億個以上の銀河が輝く、新しい宇宙マップが完成

2023 年 2 月 28 日 (火) 22 時 0 分 [GIZMODO](#)



[写真を拡大](#)

巨大銀河団「Abell 1689」 Image: DESI Legacy Imaging Survey/KPNO/NOIRLab/NSF/AURA; Image processing: M. Zamani & D. de Martin (NSF's NOIRLab) via Gizmodo US

見よ、星々がひしめき無限に広がる宇宙を。

過去最大の 2 次元宇宙マップ DESI レガシー撮像イメージングサーベイの最新データが公開され、過去最大の 2 次元宇宙マップがお目見えしました。

DESI レガシー撮像サーベイとは、過去 120 億年間で宇宙がどのように膨張してきたかを描き出し（ちなみに宇宙は 137 億 7000 万年前に誕生）、暗黒エネルギーへの理解を深めるためのプロジェクト。そのために、世界中の望遠鏡が集めたデータをエネルギー省のパワフルなコンピュータで処理し、壮大な星空マップを作り上げています。今回あらたに加わったデータは、ダークエネルギーカメラ (DECam) が天の川銀河から離れた銀河系外の南天を撮影したもので、付近の宇宙の動きに影響されることなく観測されています。

暗黒エネルギーは、宇宙の膨張を加速させると言われる未知のエネルギーのこと。暗黒エネルギーは宇宙の約 68% を占めると言われています。(残りの 27% は暗黒物質で、私たちが観測できる対象や通常の物質はわずか 5% 以下)。マップ上には 10 億個以上の銀河第 10 回目となる今回のデータ公開では、天球図が全天の約半分にあたる 2 万平方度以上に及び、宇宙マップ上には数十億光年の距離にある 10 億個以上の銀河がきらめいています。さらにカラーフィルターで撮影した画像が加わり、可視光線のデータだけでなく赤外線の数も追加されています。NSF 国立光赤外線天文学研究所 (NOIRLab) の天文学者であるアルフレド・ゼンテノ氏は、NOIRLab のリリースで「レガシーサーベイに近赤外線の波長データを加えることで、遠方銀河の赤方偏移、つまり銀河からの光が地球に届くまでの時間をより正確に計算できるようになります」と述べています。

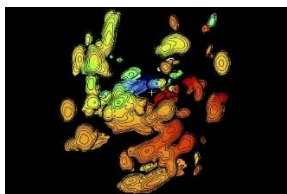
現在 DESI プロジェクトでは、レガシーサーベイで撮影された 10 億個余りの銀河の中から、4000 万個以上の銀河を対象に分光観測を行っています。ウェブ宇宙望遠鏡が遠方宇宙に私たちの天の川銀河と同じくらい発達した銀河を発見したニュースは記憶に新しいですが、宇宙天体全体の発達や分布を示す大規模な調査 (=サーベイ) を行うことはとても大事。あらゆる研究を総合することで、我々人類は未知なる宇宙の起源、物質やエネルギーの進化について、より深く理解することができるのです。

<https://news.mynavi.jp/techplus/article/20230301-2604676/>

## 国立天文台、大質量原始星の円盤内に存在する 4 本の渦巻き腕を観測

掲載日 2023/03/01 18:05 著者: [波留久泉](#)

国立天文台 (NAOJ) は 2 月 28 日、2019 年 1 月に「降着バースト」が観測された大質量原始星「G358-MM1」に対し、世界中の 24 台の電波望遠鏡による超長基線干渉計 (VLBI) を用いて、円盤内のメタノール分子からのマイクロ波 (電波) のレーザーである「メーザー」放射 (周波数 6.7GHz・波長 4cm) を観測し、ミリ秒角の解像度で大質量星原始星円盤内にある渦巻き構造を捉えることに成功したと発表した。



熱波マッピングによって画像化された、G358-MM1 のメタノールレーザー放射のイメージ。中央の十字は、ALMA 望遠鏡による撮像観測で決定された大質量原始星の位置を表している。色はガスで、青色の領域は観測者に向かって近づきつつあり、赤色の領域は観測者からガスが遠ざかりつつあることが表されている。全体として、G358-MM1 周囲の原始星円盤がケプラー回転していることを示している(出所:国立天文台水沢 Web サイト) 同成果は、NAOJ 水沢 VLBI 観測所の廣田朋也准教授ら 150 人以上の研究者が参加した国際共同研究チームで、レーザー放射を専門とする研究者らが結成した「レーザー監視機構」(チーム M2O)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。](#)

太陽の 8 倍以上の質量を持つ大質量星は、核融合によって鉄までの元素を生み出し、さらに超新星爆発ではそこから先の重元素を生み出すとされている。また大質量星は、その強い放射や星風、超新星爆発によって周囲の環境に大きな影響を与えるため、銀河や宇宙の進化においても重要な役割を果たすという。さらに超新星爆発の後にも、ブラックホールまたは中性子星を残すため、大質量星は非常に重要な天体と考えられている。それにも関わらず、その誕生プロセスは長い間、未解明のままだった。

ただし近年研究が進展しつつあり、大質量星は太陽と同程度の比較的軽い小質量星と同様に、生まれたばかりの「原始星」の周囲を回転するガスやダストからなる、半径がおおよそ 1000 天文単位(1500 億 km)の「原始星円盤」の中心で形成されることなどが明らかになってきている。

また大質量星形成において、注目されているアイデアとして、原始星円盤から中心にある成長途中の大質量原始星に対し、ガスとダストの塊が不定期的に落下する降着バーストがある。理論計算では、大質量原始星が成長する間に獲得する質量の半分以上は、降着バーストによって供給されると言われているという。

このような急激な成長は、数百年から数千年の間隔で発生するものの、降着バーストが起きている期間そのものは数か月から数年しか続かないため、実際に降着バーストを目撃することは非常に希であると考えられている。実際に 2018 年までは、偶然観測できた 2 回に留まっていた。そうした中、2019 年 1 月に起きた G358-MM1 における降着バーストは、その発生直後から世界中で徹底的な観測を行うことに成功。降着バースト研究を大きく前進させることができたという。

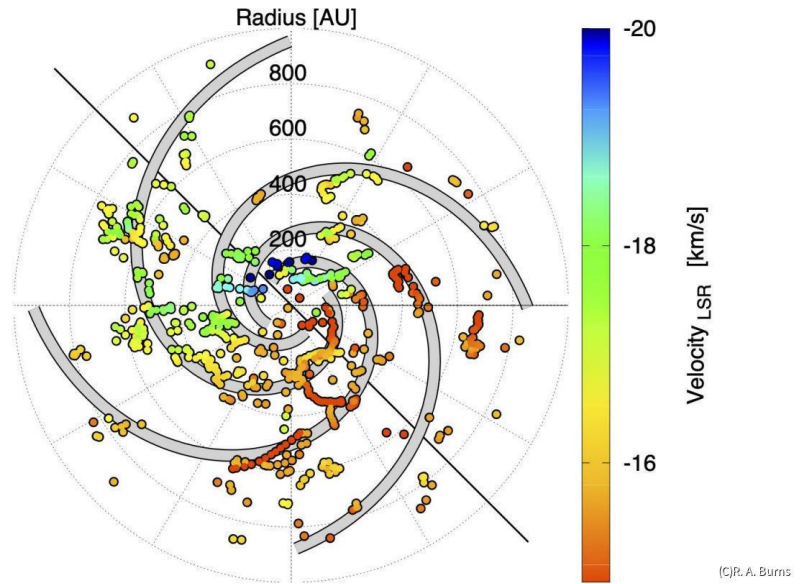
降着バースト説では、原始星円盤が、小さい(とはいっても惑星と同程度の質量はある)ガスやダストの塊で作られており、これらが円盤内での重力の作用によって銀河のような渦巻き構造(渦巻き腕)を作る可能性があることが提案されていた。しかし、大質量原始星円盤のガスやダストの細かい構造や渦巻き構造を観測することは、困難な挑戦だったという。その理由として、大質量原始星円盤は、ダストによる吸収のため通常の光学望遠鏡ではその大部分を見通すことができず、また、多くの大質量原始星は太陽系から数千光年以上離れたはるか遠方に存在しているため、高解像度の観測手法が限られていたことがある。

そうした中、2017 年にチーム M2O が結成された。同チームは、VLBI を用いてより詳細に大質量原始星円盤の撮像を試み、2019 年 1 月、G358-MM1 において初めて観測されるに至ったのである。なお、G358-MM1 の原始星円盤で確認された腕は 4 本だったという。

チーム M2O は、新解析技術として「熱波マッピング」と呼ばれる方法を考案。これは、降着バーストによって加熱された円盤内のガス中に存在するメタノール分子からの強いレーザー放射の位置と回転速度を計測することで、円盤の全体像を捉えるという手法だ。同手法を用い、時間を変えて天体の撮像を行うことで、メタノールレーザーの光っている場所が円盤の外側に向かって時間とともに広がっていく様子を描き出し、初めて円盤の全体像を捉えることに成功したとする。研究チームによると今回の発見は、ケプラー回転する原始星円盤、突発的・間欠的な降着現象、および成長する大質量原始星へ質量を供給するのに重要な役割を果たす渦巻き構造など、降

着バースト理論を裏付ける複数の証拠をまとめたものだという。

チーム M2O は、大質量原始星の降着バーストを引き続き捜索中だ。これまでのところ、大質量原始星における降着バーストの決定的な証拠は 3 回(3 天体)しか確認されていない。同チームは、さらなる調査によって大質量星形成のプロセス全容を解明するため、より多くの降着バーストを発見したいとしている。



降着バーストを起こした G358-MM1 の 4 本の渦巻き腕を持つ原始星円盤のイメージ。(C)Charlie Willmott, Ross Burns(出所:国立天文台水沢 Web サイト)

熱波マッピングのデータを解析して得られた、円盤内の渦巻き構造。原始星の周りに 4 本の渦巻き構造が示されている。(C)R. A. Burns(出所:国立天文台水沢 Web サイト)

<https://www.gizmodo.jp/2023/03/event-horizon-telescope-quasar-jet.html>

## クエーサーの中ってこんな感じなんですか？ 2023.03.02 23:00

Kevin Hurler - Gizmodo US [\[原文\]](#) ( Mme.Valentin/Word Connection JAPAN )



Image: クエーサーのイメージ図。超巨大ブラックホールを中心に、電磁波を噴き出している。 Image: NASA, ESA, CSA, Joseph Olmsted (STScI)

### 巨大な電磁波ジェット！

[ブラックホールを初めて撮影](#)したり、[銀河の中心にある超巨大ブラックホールを初めて観測](#)したりしたイベントホライズン望遠鏡が、さらに明るい天体のクエーサー（quasi-stellar の短縮形、準星、活動銀河核）を観測しました。

クエーサーは、巨大なブラックホールの中を物質が渦を巻いて進むことでエネルギーを得て、とても明るく輝く天体です。活動銀河核（AGN）と呼ばれるクエーサーは、電磁波を宇宙空間に放出していて、EHT チーム（Event Horizon Telescope Team、イベントホライズン望遠鏡を使ってブラックホールシャドウの撮像を目指しているプロジェクトチーム）はその内部をのぞき見てしまったのかもしれませんが。

### 噴き出す電磁波が特徴

世界的な科学者の共同研究で、約 75 億光年離れたクエーサー NRAO 530 を探索したところ、今までイベントホ



ライズン望遠鏡で撮像された一番遠い天体だそう。ボストン大学天体物理学研究所のスベトラナ・ヨースタッド氏を中心とする研究チームは、この望遠鏡の装置を用いて、クエーサーの特徴を捉えました。具体的なものとして、1.7 光年の長い距離にわたる電波放射のジェットを撮像したのです。

また、クエーサーのコア（噴流が始まる部分）と、コアの中にある 2 つの謎の構造も観測されましたが、現在の望遠鏡の性能ではこれらは十分に観測できませんでした。また、ジェットから放射される光を見たところ、ジェットに磁場があり、その磁場はらせん状に曲がっていることがわかりました。

「ジェットの一番外側の特徴は、特に直線偏光が強く、非常に秩序だった磁場の存在を示唆しています」とヨースタッド氏は述べています。ヨースタッド氏と研究チームがクエーサーの画像化に用いた重要な手法の 1 つは、VLBI（超長基線電波干渉法）と呼ばれるものです。イベントホライズン望遠鏡を構成する望遠鏡のように、地球上に散在する望遠鏡は、すべて同じ天体からの電波をとらえることができます。VLBI を使用する天文学者は、これらの異なる地点でのデータを集め、検出時間の差を考慮すると、その天体の詳細な画像を作成できます（ある天体からのデータは、別の望遠鏡で収集されるよりちょっと前に集められるかも）。

EHT や最近打ち上げられたウェブ宇宙望遠鏡のような新しい観測技術のおかげで、天体物理学者はクエーサーについてより深く研究しています。昨年秋に公開されたウェブ宇宙望遠鏡の画像から、銀河の「結び目」で他の 3 つの銀河と相互作用している多色クエーサーが発見されました。また、さかのぼって 2020 年にはハッブル宇宙望遠鏡がクエーサーの「津波」を観測した際、クエーサーのエネルギーは銀河の形成をストップさせるほど強力なものだと考えられています。

<https://news.mynavi.jp/techplus/article/20230302-2605567/>

## 山口大、ブラックホールとダークエネルギーが関係する観測的証拠を発見

掲載日 2023/03/02 18:13 著者：波留久泉

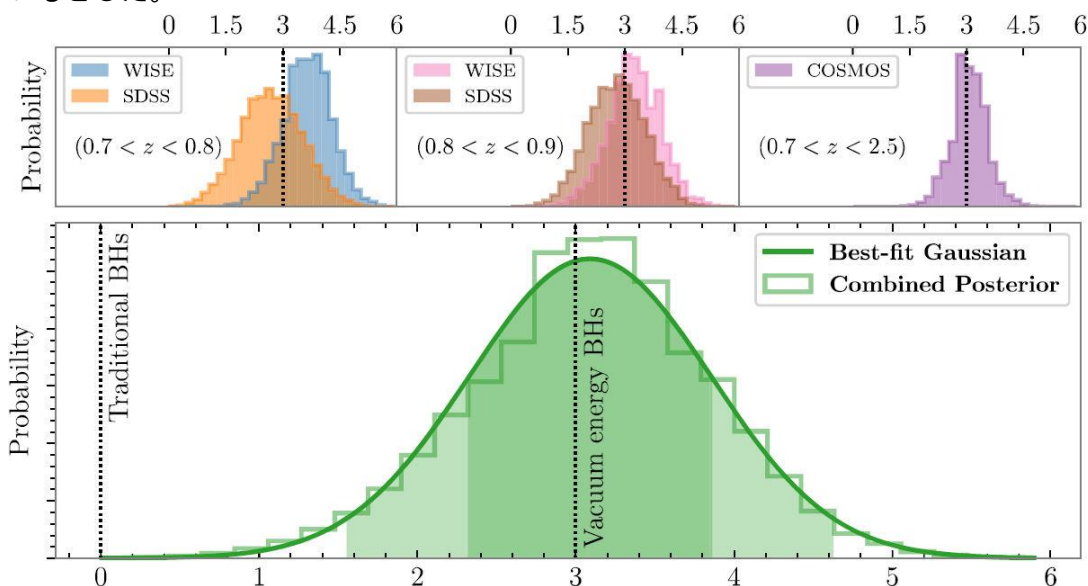
山口大学は 3 月 1 日、90 億光年先まで広がる約 600 個の銀河データから、ブラックホールとダークエネルギーを結びつける観測的証拠を発見したと発表した。同成果は、山口大大学院 創成科学研究科(理学系学域) 物理学分野の坂井伸之教授ら 9 か国 15 研究機関の約 20 名の研究者が参加する国際共同研究チームによるもの。詳細は、[米天体物理学専門誌「The Astrophysical Journal Letters」に掲載された。](#)

ブラックホールは、光すら脱出できない強大な重力を持つ天体として、広く一般にも知られている。太陽質量の 8 倍以上の大質量星のうち、太陽質量の 20 倍以上の星が超新星爆発をすると誕生する可能性がある(太陽質量の 30 倍ぐらいまでは、超新星爆発後に中性子星が残される場合もある)。また、こうした恒星級ブラックホールだけでなく、宇宙に存在する大半の銀河の中心には、天の川銀河中心の「いて座 A\*(エースター)」のように、太陽質量の 10 万倍から数十億倍という大質量ブラックホールも存在していると考えられている。また宇宙膨張は、宇宙が 138 億年前に誕生して以来、常に空間的に拡張し続けているという、宇宙全体に及ぶ現象のことをいう。宇宙を膨張させているものは、斥力を持つ何かだと考えられているが、今のところまったくもって正体不明のため、ダークエネルギーと呼ばれている。この両者は、どちらもアインシュタイン方程式によって予言されたという共通項はあるものの、スケールとしてはまったく異なるため、これまではそれぞれ独立した現象として考えられていた。そうした中で研究チームは今回、ブラックホールの質量に関する研究の中で、意外な事実を発見することになったという。今回の研究ではまず、約 600 個の銀河データから、太陽の 10 万倍以上の質量を持つ巨大質量ブラックホールの質量が調べられた。これまでブラックホールの質量は、物質の流入がない限り一定と考えられてきたが、今回の調査でそれが一定ではなく、時間的に増加することが発見された。

次に、その質量と宇宙膨張の関係を明らかにするため、宇宙膨張のスケール因子  $a$  と、大質量ブラックホールの質量  $M$  の間に、 $M \propto a^k$  という関係を仮定し、 $k$  の値を調べることにしたという。その結果、 $k$  についての確率分

布が得られ、 $k = 3.11^{+1.19}_{-1.33}$  (90%信頼区間)という値が求められたとする。この結果は、ブラックホール同士の合

体などといったほかの原因では説明できず、宇宙膨張がブラックホール質量に影響を与えていることを示唆しているとした。



$\kappa$  の値の推定。5つの銀河サーベイデータから推定される  $\kappa$  の確率分布(上の3枠)と、それらを総合して得られた  $\kappa$  の確率分布(下)。 $\kappa \approx 3$  にピークを持つ(出所:山口大プレスリリース PDF)

また研究チームによると、指数  $\kappa$  がほぼ3であることが特に注目値するという。 $a$  の3乗は空間体積の増加率を表すが、体積に比例して質量が増加するものが宇宙に1つだけあり、それこそがダークエネルギーである。ダークエネルギーの質量密度は宇宙が膨張しても常に一定と考えられており、宇宙の体積が増加すれば、それに比例してダークエネルギーの質量も増加していく。このことは、ブラックホールとダークエネルギーが影響を及ぼし合っていることを強く示唆しているとした。ところが、話はそう単純ではないとのこと。通常重力理論とダークエネルギーモデルにおいては、ダークエネルギーが孤立してブラックホールやコンパクト天体を形成し、その体積が増加したとしても、外部の観測者が観測する重力質量は一定であることが知られているため、今回の観測結果は説明がつかないという。このことから研究チームは、このメカニズムを解明することが今後の大きな課題とした。

<https://sorae.info/astronomy/20230302-blackhole-dark-energy.html>

## 暗黒エネルギーの源はブラックホール？ 初の観測的証拠を示した研究成果

2023-03-02 [sorae 編集部](#)



【▲ 超大質量ブラックホールの想像図 (Credit: NASA/JPL-Caltech)】

【▲ 楕円銀河の例：おとめ座の方向約5000万光年先の「M59」(Credit: ESA/Hubble & NASA, P. Cote)】

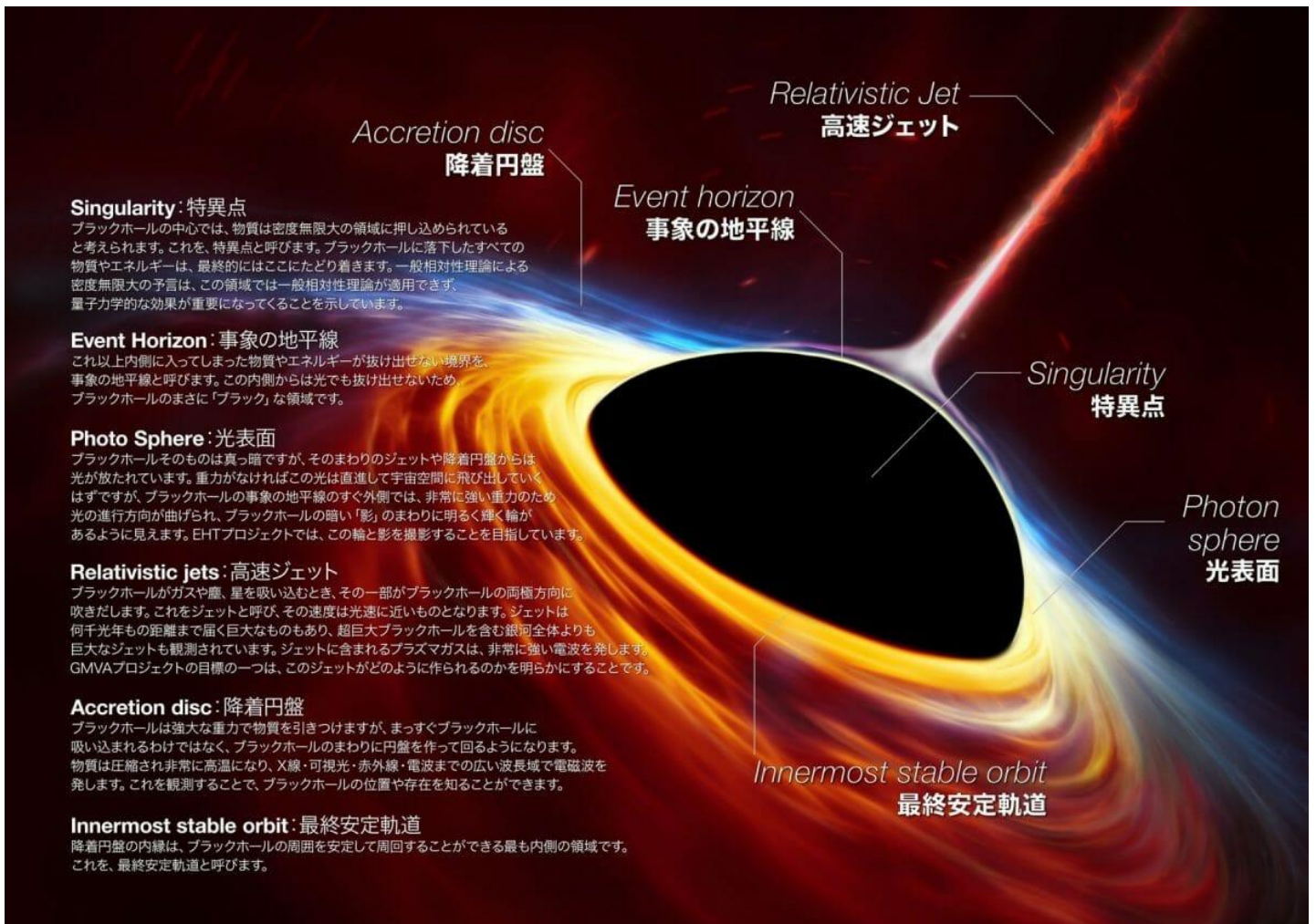
【▲ 電波で捉えられた天の川銀河中心の超大質量ブラックホール「いて座 A\*」(Credit: EHT Collaboration)】

ハワイ大学の天文学者 Duncan Farrah さんを筆頭とする研究チームは、ブラックホールと暗黒エネルギー（ダークエネルギー）を結び付ける初の観測的証拠が得られたとする研究成果を発表しました。

今回の成果は検証されるべき仮説の段階ではあるものの、ブラックホールが暗黒エネルギーの源となっている可



能性を示すものであり、ブラックホールの存在を再定義することにつながるかもしれないと受け止められています。成果は2本の論文にまとめられ、The Astrophysical Journal と The Astrophysical Journal Letters に掲載されています。



**Singularity: 特異点**

ブラックホールの中心では、物質は密度無限大の領域に押し込められていると考えられます。これを、特異点と呼びます。ブラックホールに落下したすべての物質やエネルギーは、最終的にはここにたどり着きます。一般相対性理論による密度無限大の予言は、この領域では一般相対性理論が適用できず、量子力学的な効果が重要になってくることを示しています。

**Event Horizon: 事象の地平線**

これ以上内側に入ってしまった物質やエネルギーが抜け出せない境界を、事象の地平線と呼びます。この内側からは光でも抜け出せないため、ブラックホールのまさに「ブラック」な領域です。

**Photo Sphere: 光表面**

ブラックホールそのものは真っ暗ですが、そのまわりのジェットや降着円盤からは光が放たれています。重力がなければこの光は直進して宇宙空間に飛び出していきませんが、ブラックホールの事象の地平線のすぐ外側では、非常に強い重力のため光の進行方向が曲げられ、ブラックホールの暗い「影」のまわりに明るく輝く輪があるように見えます。EHTプロジェクトでは、この輪と影を撮影することを目指しています。

**Relativistic jets: 高速ジェット**

ブラックホールがガスや塵、星を吸い込むとき、その一部がブラックホールの両極方向に吹き出します。これをジェットと呼び、その速度は光速に近いものとなります。ジェットは何千光年もの距離まで届く巨大なものもあり、超巨大ブラックホールを含む銀河全体よりも巨大なジェットも観測されています。ジェットに含まれるプラズマガスは、非常に強い電波を放射します。GMVAプロジェクトの目標の一つは、このジェットがどのように作られるのかを明らかにすることです。

**Accretion disc: 降着円盤**

ブラックホールは強大な重力で物質を引きつけますが、まっすぐブラックホールに吸い込まれるわけではなく、ブラックホールのまわりに円盤を作って回るようになります。物質は圧縮され非常に高温になり、X線・可視光・赤外線・電波までの広い波長域で電磁波を放射します。これを観測することで、ブラックホールの位置や存在を知ることができます。

**Innermost stable orbit: 最終安定軌道**

降着円盤の内縁は、ブラックホールの周囲を安定して周回することができる最も内側の領域です。これを、最終安定軌道と呼びます。

【▲ 従来の説に基づいてブラックホールとその周辺を解説した図 (Credit: ESO, ESA/Hubble, M. Kornmesser/N. Bartmann)】

■90 億年間で大きく成長していた超大質量ブラックホールの謎

ほとんどの銀河の中心には、質量が太陽の数百万倍以上にもなる超大質量ブラックホール（超巨大ブラックホール）が存在すると考えられています。たとえば、私たちが住む天の川銀河の中心にある超大質量ブラックホール「いて座 A\* (エースター)」の質量は太陽の約 400 万倍、おとめ座の方向約 5500 万光年先にある楕円銀河「M87」の中心にある超大質量ブラックホールの質量は太陽の約 65 億倍と推定されています。

銀河中心の超大質量ブラックホールがどのようにして成長したのかは、まだよく理解されていません。ブラックホールが成長する（質量を増やす）ためには接近した星やガスなどの物質を取り込む必要があるものの、物質を取り込んで成長するペースには限界があります（エディントン限界）。近年ではビッグバンから 10 億年と経たない初期の宇宙にも質量が太陽の数億～十数億倍もある超大質量ブラックホールが存在していたことを示す観測結果が得られており、世界中の天文学者たちはブラックホールが急成長を遂げた理由の解明に取り組んでいます。ブラックホールの成長を周囲からの物質の取り込みだけで説明できるのかどうかを検証するために、Farrah さんたちのチームは近年活動していない楕円銀河に着目して観測と分析を行いました。天の川銀河やアンドロメダ銀河といった渦巻銀河には星の材料となるガスが存在しており、新たな世代の星を生み出す星形成活動が起きています。いっぽう、古い星々が目立つ楕円銀河にはガスがほとんど残っておらず、星形成活動は早い段階で止まってしまったと考えられています。ブラックホールが成長する上で物質を取り込む必要があるとすれば、ガスを失



った楕円銀河の中心に潜む超大質量ブラックホールの成長もやはり早い段階で止まっていたはずで

ところが、研究チームが古い時代に存在していた若い銀河と現在の楕円銀河の観測データを分析した結果、超大質量ブラックホールの質量は90億年間で7~20倍に増えていたことがわかりました。この成長率は物質の取り込みによる質量の増加や、ブラックホールどうしの合体などでは説明ができません。つまりこの結果は、ブラックホールが物質を取り込むこと以外の方法で成長してきた可能性を示しているというのです。

#### ■宇宙の膨張にあわせてブラックホールの質量も増えた可能性

そこで研究チームは、ブラックホールの成長を「宇宙論的カップリング (Cosmological Coupling)」だけで説明できるかどうかを検証しました。研究チームなどによると、宇宙論的カップリングはアルベルト・アインシュタインの重力理論をもとに新たに予測されていた現象で、特異点が存在しないかわりに真空のエネルギー (Vacuum Energy) を内包するブラックホールと、膨張する宇宙が結びつくことで成り立つと考えられています。宇宙が膨張するとブラックホールに内包されている真空のエネルギーが増加し、従ってブラックホールの質量が増加する (※) というのです。様々な時代に存在していた銀河を分析した結果、ブラックホールの成長は宇宙論的カップリングにもとづく予測通りで、ブラックホールの質量と宇宙の大きさはよく一致する関係にあることが示されたといいます。※... $E=mc^2$ 、すなわちエネルギーと質量は比例関係にあることから。

また、宇宙論的カップリングのもとでブラックホールの質量がどれくらい増加するのかは、膨張する宇宙とブラックホールの結び付きの強さに左右されるといいます。宇宙の大きさが現在の2分の1と3分の1だった時代の楕円銀河に存在していた超大質量ブラックホールに関するデータを研究チームが分析した結果、結び付きの強さを示す変数「k」(宇宙論的カップリングにおけるブラックホールの質量増加を示すモデルに含まれる)の値は、ほぼ「3」であることが示されました。この「k=3」という値は、今回の研究にも参加しているハワイ大学のKevin Crokerさん(当時は同大学の大学院生)とJoel Weiner教授が2019年に発表した研究成果でも予測されており、宇宙最初の世代の星を起源とするブラックホールに内包されている真空のエネルギーの合計と、現在測定されている暗黒エネルギーの値が一致することを示しているといっています。初期の宇宙で誕生したブラックホールの数をなるべく正確に推定するために、研究チームは今回「ジェイムズ・ウェッブ」宇宙望遠鏡の観測で得られた初期の宇宙の星形成率に関する最新の測定値も利用して数値が揃っていることを確認しました。

宇宙の加速膨張をもたらしていると考えられている暗黒エネルギーは宇宙の約7割を占める成分だとされていますが、その正体はわかりません。暗黒エネルギーの有効な候補のひとつがアインシュタインの提唱した宇宙定数であり、宇宙定数は真空のエネルギー密度の絶対値を意味します。

今回の成果は超大質量ブラックホールの成長に関する謎を解決すると同時に、真空のエネルギーを内包するブラックホールが暗黒エネルギーの天体物理学的な供給源であり、なおかつブラックホールの中心に物理法則の適用できない特異点が存在しない可能性を示したことになります。研究に参加した英国科学技術施設会議 (STFC) RAL SpaceのChris Pearson博士は、特に暗黒エネルギーの起源を示したことに言及した上で「もしもこの理論が成り立つなら、宇宙論全体に革命を起こすことになるでしょう」とコメント。また、Crokerさんは「現在の宇宙が加速していることを説明する今回の測定データは、アインシュタインの重力(理論)の底力を美しく垣間見せてくれます」とコメントしています。ただし、冒頭でも言及した通り今回の成果はまだ仮説の段階であり、検証には数年を要する可能性もあるといっています。果たして人類はブラックホールや暗黒エネルギーの謎を解き明かす糸口をつかんだのか、その答えが得られるのはもうしばらく先のことになりそうです。

Source

Image Credit: NASA/JPL-Caltech, ESO, ESA/Hubble, M. Kornmesser/N. Bartmann, P. Cote, EHT Collaboration

[University of Hawai'i](#) - 1st observational evidence linking black holes to dark energy

[UH Institute for Astronomy](#) - First observational evidence linking black holes to dark energy

[Imperial College London](#) - Scientists find first evidence that black holes are the source of dark energy

[University of Michigan](#) - Scientists find first observational evidence linking black holes to dark energy

[Farrah et al.](#) - A Preferential Growth Channel for Supermassive Black Holes in Elliptical Galaxies at  $z \leq 2$  (The Astrophysical Journal)

[Farrah et al.](#) - Observational Evidence for Cosmological Coupling of Black Holes and its Implications for an Astrophysical Source of Dark Energy (The Astrophysical Journal Letters)

文/sorae 編集部

<https://news.mynavi.jp/techplus/article/20230303-2606539/>

<https://news.mynavi.jp/techplus/article/20230303-2606667/>

## 京大など、超新星爆発から 1 年後の再増光現象をミリ波帯電波で初観測

掲載日 2023/03/03 18:09 著者：波留久泉

京都大学(京大)、国立天文台(NAOJ)、大阪大学(阪大)の 3 者は 3 月 2 日、アルマ望遠鏡で超新星「SN2018ivc」の長期モニタリング観測を実施した結果、爆発からの電波発光が弱まった後、1 年以上が経過した後にミリ波帯で再増光したことを観測したと共同で発表した。また、同大質量星は連星系を成しており、爆発前の一生の末期に伴星からの連星相互作用の影響を受け、星の表面のガスを周囲に撒き散らした末に終焉を迎えたことがわかったことも併せて発表された。同成果は、京大大学院 理学研究科の前田啓一准教授(現・教授)、阪大大学院 理学研究科の道山知成特任研究員(ALMA 共同科学研究事業特任研究員)らの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。

太陽質量のおよそ 8 倍以上の大質量星は、一生の最期に超新星爆発を起こすことがよく知られている。しかし、その終盤にどのようにして爆発へと至るのかについては、未解明の部分もあり、現在の宇宙物理学の大きな研究対象の 1 つとなっている。大質量星はその多くが連星系を成しており、その場合は伴星からどのような影響を受けるのかが、終焉の迎え方を決めるポイントとなるという。その相互作用として、伴星の重力の影響を受けて、大質量星の表面のガス(星周ガス)が剥ぎ取られ、連星系の外に撒き散らされることが考えられるというが、連星相互作用は短期間に発生するため、直接的に現場を観測することは非常に困難だった。そこで研究チームは今回、超新星爆発で放射される電波に着目したという。超新星爆発により飛び散った残骸は、光速の 10%にも達する高速度で周囲に膨張していく。これが、一生の末期において連星相互作用によって撒き散らされたガスと衝突することで、電波を放射する(シンクロトロン放射)。その電波放射強度や時間変化から逆算することで、ガスの性質を特定し、そのガスを放出した恒星の進化過程を調査することが可能だという。今回の研究では、くじら座の方向約 4700 万光年の距離にある渦巻銀河「M77」で発見された超新星「SN2018ivc」が出す電波が、数年にわたって観測された。そして、超新星爆発によるミリ波の放射は爆発から 200 日後には弱まっていたが、爆発から約 1 年後以上が経ってから"再増光"するという珍しい観測結果を得ることに成功したのである。



SN2018ivc の爆発後、一度減光した後の電波再増光のイメージ。爆発前の末期に連星相互作用の影響で、同星の表面のガスが周囲に撒き散らされ、そこに爆発で飛び散った残骸が衝突することで、1 年以上の時間差で電波放射が再度強くなったと考えられている。(C)ALMA (ESO/NAOJ/NRAO), K. Maeda et al.(出所:アルマ望遠鏡 Web サイト)

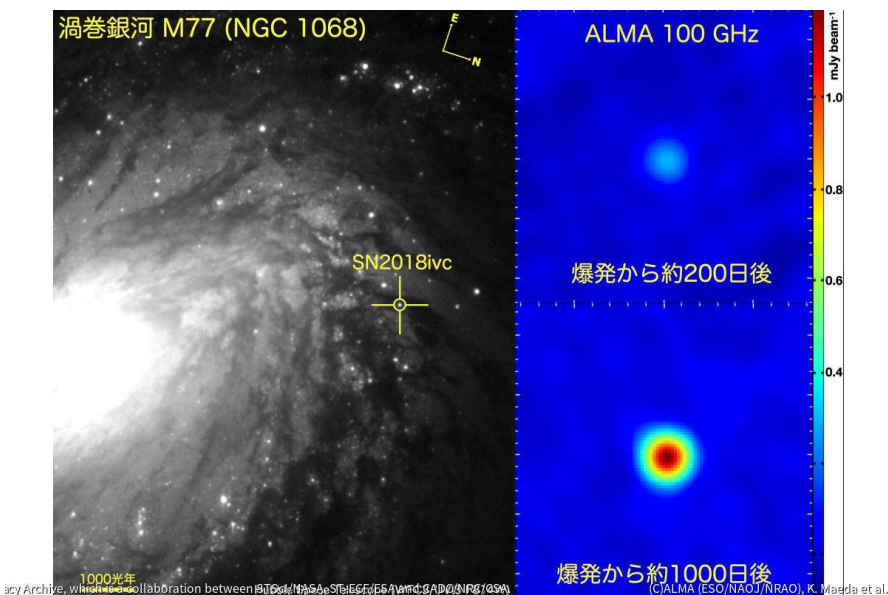
超新星爆発前後のイメージ。(1 枚目)画面中央のオレンジ色の星が SN2018ivc。青色は伴星。(2 枚目)伴星との重力相互作用によって爆発直前(爆発の約 1500 年前)に星周物質がばらまかれる。(3 枚目)超新星爆発の瞬間。(4 枚

目)爆発で飛び散った星の残骸が時間差で星周物質に届き、約 1 年後以降に電波再増光として観測された。

(C)ALMA (ESO/NAOJ/NRAO), K. Maeda et al.(出所:阪大プレスリリース PDF)

超新星の再増光は、センチ波ではこれまでに何例か観測されていた。しかしセンチ波におけるシンクロトロン放射は、その大部分が放射後すぐに衝撃波や星周ガスに吸収されてしまうため、もともと放射された量を正確に知ることが困難だ。それに対し、アルマ望遠鏡が観測可能なミリ波帯なら、より正確なガスの情報を捉えることが可能だ。これにより今回、ミリ波帯で超新星の再増光を観測することに成功したのである。

再増光が爆発後 200 日の時点で見られなかったのは、超新星爆発で発生した衝撃波が、末期に撒き散らされた濃いガスに到達していなかったためだと考えられており、その後衝撃波が到達し、1 年以上が経ってから再増光が観測されたと推測されている。この増光の強度とその時間変化を理論による予測と比較することで、超新星爆発の位置から 0.1 光年ほどの距離に、濃いガスが分布していると考えられるという。さらに、このようなガスの分布は、超新星爆発の約 1500 年前に連星相互作用により星周ガスが剥ぎ取られた場合に実現すると推測されたとする。なお大質量星の生涯は、連星系を成さない場合や連星の軌道半径が長い場合は、生涯を通じて連星相互作用の影響を受けない「単独星進化」の経路を辿るといふ。一方で軌道半径が短い場合は、爆発のずっと以前に連星相互作用を起こして、進化最終期では静かな状態で超新星爆発を起こすタイプの「連星進化」の経路を辿ると考えられている。今回の事例はその中間にあたり、これまで観測されておらず、体系的な理解が欠けたミッシングリンクとなっていたとする。京大の前田教授は、今回の成果がそのミッシングリンクに対する「非常に重要な成果」としており、また今後もアルマ望遠鏡の突発天体現象観測による成果に期待するとしている。



(左)超新星爆発直後にハッブル宇宙望遠鏡によって撮像された M77 の可視光画像。SN2018ivc の位置が示されている。(C)Based on observations made with the NASA/ESA Hubble Space Telescope, and obtained from the Hubble Legacy Archive, which is a collaboration between the Space Telescope Science Institute (STScI/NASA), the Space Telescope European Coordinating Facility (ST-ECF/ESA) and the Canadian Astronomy Data Centre (CAD/C/NRC/CSA).(右)上は、アルマ望遠鏡による SN2018ivc の爆発から約 200 日後の画像。下は約 1000 日後の画像。約 300～500 日後の時点で始まったと考えられる、明確な再増光が確認できる。(C)ALMA (ESO/NAOJ/NRAO), K. Maeda et al.(出所:アルマ望遠鏡 Web サイト)

<https://sorae.info/astronomy/20230227-kilonova.html>

## 「キロノバ」は球対称な爆発現象？ これまでのモデルとは異なる結果が示される

2023-02-27 [彩恵りり](#)





【▲ 図 1: 中性子星同士の合体の瞬間の想像図。中性子星同士の合体は、極端な超高温・超高压状態を生じ、重い元素の供給源となっていると推定されている (Credit: Robin Diemel/Carnegie Institution for Science)】

【▲ 図 2: 球対称なエネルギー放出の想像図。今回の研究により、キロノバは非対称なエネルギー放出ではなく、球対称であることが明らかにされた (Credit: Albert Sneppen)】

重い恒星が寿命の最期に残す「中性子星」は、全体が1つの原子核であると例えられるほどに超高密度な天体です。このような中性子星同士が衝突すると、その瞬間に1兆℃と推定される超高温・超高压な状態が生じ、「キロノバ」と呼ばれるエネルギー放出現象が起きます。キロノバでは同時に核反応が高速で進行し、金やウランといった重い元素が生成されます。鉄よりも重い元素は恒星中心部の核融合反応では生成されないと考えられているため、キロノバは重い元素が宇宙に存在する理由の1つであると考えられます。地球や生物はこのような重い元素も重要な構成物であるため、その生成過程に関心が持たれています。

キロノバ (kilonova) という名称は「超新星 (ノバ, nova) と比べて小さなエネルギーが放出される爆発現象である」ことに由来します。このような爆発現象が起こると最初に予測されたのは1974年ですが、実際に観測されたのは2013年になってからでした。しかし、宇宙で最も高密度な物質でできた中性子星どうしの合体現象は実験室で再現することができず、その性質はほとんど理解されていません。また、実際に発生したキロノバを捉えるにしても、大半が遠方の宇宙で起きた現象であり、その過程も一瞬しか持続しません。それに、キロノバを観測するにはガンマ線バーストや重力波といった、ごく最近になってから観測可能になった現象を利用する必要があるため、観測データそのものが限られているという事情もあります。

こうした背景事情を踏まえると、2017年に観測された「AT2017gfo/GW170817」は極めて貴重な観測結果だったといえます。AT2017gfoは超新星爆発のカタログ名で、GW170817は重力波のカタログ名ですが、この2つが連名で表記されているのは、どちらも同じ現象であることを示すためです (この他に、ガンマ線バーストのカタログ名であるGRB 170817Aとも呼ばれています)。

AT2017gfo/GW170817は、現在までにキロノバと重力波が関連付けられた唯一の事例です。電磁波と重力波の両方で詳細な計測が行われたことで、AT2017gfo/GW170817はキロノバに関する詳細な研究を行うことができる極めて貴重なデータを提供しています。

ニールス・ボーア研究所のAlbert Sneppen氏などの研究チームは、AT2017gfo/GW170817の観測データを元に、キロノバで起こるエネルギー放出現象の解析を行いました。過去のモデルでは、キロノバのエネルギー放出は全方向に対象ではなく非対称的であり、方向によってかなりの偏りがあると推定されています。合体直前の中性子星のペアは、共通の重心を1秒間に数百回というペースで公転します。互いの重力で変形し、歪んだ形状の中性子星が合体の瞬間には一点で接触することになるため、回転面に沿った方向と回転面に対して垂直な方向では物質の分布に偏りが生じ、従ってエネルギーの放出も非対称になることが考えられるというのです。これは直観的にも理解しやすい推定です。しかしながら、Sneppen氏らがAT2017gfo/GW170817の観測データを元に2つの方法で解析を行ったところ、全く予想外なことに、どちらもエネルギー放出はほぼ球対称である、という結果が導き出されました。この結果は、過去のモデルに認識されていない何らかの誤りがあり、非対称なエネルギー放出という実際とは異なる結果が算出されている可能性を示しています。何を誤っているのかは全くの謎であり、これからの研究が必要となります。限られた結果が元になっていますが、Sneppen氏らは次のような予測を立てています。エネルギーの放出が球対称であるということは、衝突の中心点からの放出が、物質の非対称な分布を

均してしまうほどに膨大な量であることを示唆しています。これは、過去のモデルよりもずっと多い放出量を前提としています。中性子星どうしが衝突した場所では極めて寿命の短い放射性同位体が大量に生成されると考えられていますが、その崩壊による追加のエネルギーではこれほどの放出量を説明するには不十分であり、Sneppen 氏らは衝突直後に生成される一時的な天体がカギだと考えています。

Sneppen 氏らは次のように推定しています。合体した中性子星は衝突後の一瞬だけ、単一の大きな中性子星を形成しますが、この星は数ミリ秒（1000 分の数秒）しか存在できず、すぐさま重力崩壊してブラックホールになります。こうした瞬間的な過程で一時的に生じた強大な磁場はエネルギーに変換されて、外部に放出されます。つまり、この一瞬だけ存在する巨大な中性子星が“磁気爆弾”となって球対称で膨大なエネルギーを生み出す源になっていると Sneppen 氏らは説明しています。しかし、それでも謎は残ります。キロノバは重い元素の誕生の現場であると説明しましたが、今回の計算結果では、過去のモデルと比べて軽い元素がより多く生まれる傾向にあることがわかりました。この点も大きな謎ですが、Sneppen 氏らはこれも一時的に生じる巨大な中性子星がカギであると考えています。崩壊までのわずかな間、中性子星はニュートリノという素粒子を放出します。ニュートリノは他の物質との相互作用に乏しく、“幽霊粒子”と呼ばれるほどの素粒子ですが、巨大な中性子星から放出されるニュートリノは膨大な量になるため、無視できない数の核反応が生じます。ニュートリノが中性子に衝突すると陽子と電子が生み出されるため、全体として軽い元素を生み出す源になっている、と Sneppen 氏らは推定しています。とはいえ、この推定方法にはうまく説明できない部分もあり、完全な説明ではないことも Sneppen 氏らは認めています。いずれにしても、キロノバで生成される元素の傾向がどのようになっているのかという点は、宇宙全体での重い元素の供給源を理解することにも関わる話であり、重い元素にお世話になっている私たちにも決して縁遠い話ではありません。

キロノバは宇宙でも最大級のエネルギーッシュな現場であり、その理解は現在の人類の知見を大幅に越えているとも言えます。しかし「千里の道も一歩から」という言葉があるように、少しずつであっても着実に理解が進んでいます。キロノバの解析で生まれた新たな謎は、更なる研究対象を開拓したとも言えるでしょう。

Source [Albert Sneppen, et.al.](#) “Spherical symmetry in the kilonova AT2017gfo/GW170817”. (Nature)

[Darach Watson, Albert Sneppen & Maria Hornbek.](#) “Astrophysicists discover the perfect explosion in space”. (University of Copenhagen) 文／彩恵りり

<https://soraie.info/astromy/20230228-jo201.html>

## ハッブル宇宙望遠鏡が撮影した“クラゲ銀河”のひとつ「JO201」

2023-02-28 [soraie 編集部](#)

こちらは「くじら座」の方向約 7 億 8000 万光年先にある銀河「JO201」の姿。JO201 は銀河団「A85」を構成する銀河のひとつです。明るい中心部分を取り囲む青い渦巻腕（渦状腕）や渦巻腕を彩るように分布する星形成領域の斑点がみられる JO201 は、一見すると普通の渦巻銀河のように思えますが、よく見れば画像の下方向へと流れていくような筋状の構造も幾つか写っていることがわかります。触手を伸ばしたクラゲの姿にも見えることから、このような銀河は「Jellyfish Galaxy（クラゲ銀河）」と呼ばれています。



【▲ ハubble宇宙望遠鏡が撮影した銀河「JO201」(Credit: ESA/Hubble & NASA, M. Gullieuszik)】

欧州宇宙機関 (ESA) によると、この“触手”は移動する JO201 からガスがゆっくりと剥ぎ取られたことで形成されたようです。銀河の集合体である銀河団では、銀河団ガスと呼ばれるガスが銀河と銀河の間を満たしています。銀河団の中を移動する銀河は、銀河団ガスから動圧 (ラム圧) を受けることでガスが少しずつ剥ぎ取られていくと考えられています。この画像は「ハubble」宇宙望遠鏡の「広視野カメラ 3 (WFC3)」で取得したデータ (近紫外線・可視光線・近赤外線) のフィルター合計 6 種類を使用) をもとに作成されました。ESA によれば、ハubble宇宙望遠鏡による JO201 の観測はクラゲ銀河の“触手”にみられる星形成領域の大きさ・質量・年齢に関する研究の一環として行われており、“触手”を形成するガスの剥ぎ取りと星形成の関係性を理解する上での突破口を開くことが期待されています。

冒頭の画像はハubble宇宙望遠鏡の今週一枚として、ESA から 2023 年 2 月 27 日付で公開されています。

Source Image Credit: ESA/Hubble & NASA, M. Gullieuszik [ESA/Hubble](https://www.esa.int/ESA/Science_and_Exploration/Space_and_Astronomy/ESA_Hubble_-_Galactic_Seascape) - Galactic Seascape

文/sorae編集部

<https://sorae.info/astrometry/20230303-rx-j2129.html>

## 重力レンズ効果を受けた銀河の姿をウェブ宇宙望遠鏡が観測 超新星の輝きも

2023-03-03 [sorae編集部](#)



【▲ ジェイムズ・ウェブ宇宙望遠鏡の近赤外線カメラ (NIRCam) で取得された銀河団「RX J2129」(Credit: ESA/Webb, NASA & CSA, P. Kelly)】

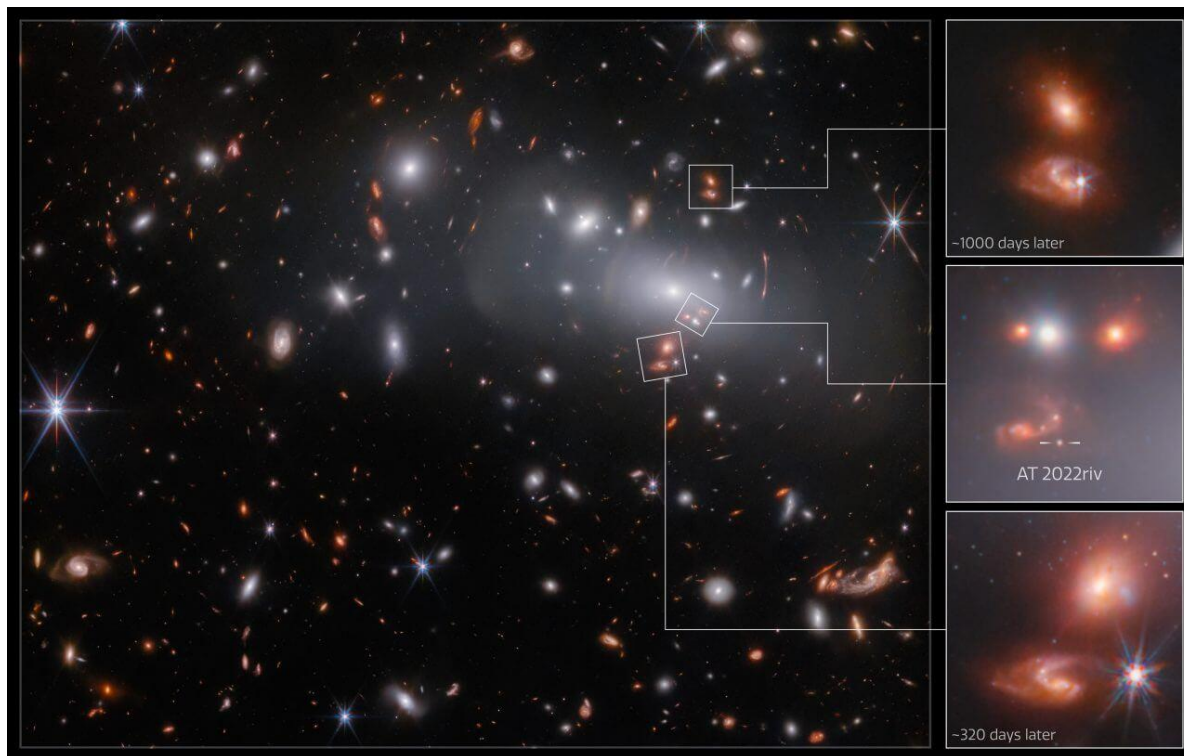
こちらは「みずがめ座」の方向約 32 億光年先の銀河団「RX J2129」を捉えた画像です。中心から見て右上には銀河団で最も明るい銀河 (Brightest Cluster Galaxy : BCG と呼ばれる) が写っています。興味深いのは、明るい銀河の周辺に幾つか見えているアーチ状の天体。これらは RX J2129 による「重力レンズ」効果を受けたために、歪んで見えている天体です。重力レンズとは、手前にある天体 (レンズ天体) の質量によって時空間が歪むことで、その向こう側にある天体 (光源) から発せられた光の進行方向が変化し、地球では像が歪んだり拡大されたり、時には同じ天体の像が複数に分裂して見えたりする現象のこと。この画像の場合、銀河団の向こう側にある銀河を発生した光の進む向きが変化することで、地球からは歪んだ像として見えているのです。

欧州宇宙機関 (ESA) によると、ここには重力レンズ効果で 3 つに分裂した同じ銀河の像も写っています。その銀河では 2022 年 8 月 7 日に超新星「AT 2022riv」が見つかったのですが、不思議なことに、この画像に写っている 3 つの像で AT 2022riv が現れているのは 1 つだけで、他の 2 つには現れていないといいます。

その理由は、重力レンズ効果によって光の進行方向が変化したために、光が地球へ届く間に進む距離 (光が地球へ届くまでの所要時間) もまた像によって異なっているから。3 つの像はどれも同じ銀河の像ですが、地球へ光が届くまでに一番時間が掛かる像に対して、他の 2 つの像では 320 日、あるいは 1000 日だけ早く地球へ光が届きます。別の言い方をすれば、同じ銀河の 320 日後と 1000 日後の様子も同時に観測できる、ということになります。今回の場合、超新星は光が届くまでに一番時間が掛かる像……すなわち 3 つに分裂した像のうち一番古いものにだけ現れましたが、320 日後と 1000 日後の様子を反映している他の 2 つの像では、もうすでに見えなく



なっていたというわけです。数十億年という時の流れに比べればほんのわずかな時間差ですが、それでも見えたり見えなかったりするとともに、超新星が短い期間で進行する現象であることを改めて実感します。



【▲ 超新星「AT 2022riv」が検出された銀河の3つに分裂した像（右列）と、冒頭の画像における位置を示した図。中段の拡大画像には超新星が写っているが、下段の320日後の像および上段の1000日後の像では、すでに超新星は見えなくなっている（Credit: ESA/Webb, NASA & CSA, P. Kelly）】

冒頭の画像は「ジェイムズ・ウェッブ」宇宙望遠鏡の「近赤外線カメラ（NIRCam）」で取得したデータ（赤外線フィルタ6種類を使用）をもとに作成され（※）、ESAから“ウェブ宇宙望遠鏡の今月の一枚”として2023年2月28日付で公開されました。

※...ウェブ宇宙望遠鏡は人の目で捉えることができない赤外線の波長で主に観測を行うため、公開されている画像の色は取得時に使用されたフィルタに応じて着色されたものです。この画像では1.15 $\mu\text{m}$ と1.5 $\mu\text{m}$ が青、2.0 $\mu\text{m}$ と2.77 $\mu\text{m}$ が緑、3.56 $\mu\text{m}$ と4.44 $\mu\text{m}$ が赤で着色されています。

なお、AT 2022rivは白色矮星が関わる「Ia型超新星」の可能性があるといいます。真の明るさがほぼ一定とされるIa型超新星は、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ことから、宇宙での距離測定に用いられる「標準光源」のひとつとして活用されている現象です。

ESAによると、ウェブ宇宙望遠鏡のNIRCamによるAT 2022rivの明るさの測定および「近赤外線分光器（NIRSpec）」による分光観測（電磁波の波長ごとの強さであるスペクトルを得るための観測）を行ったことで、近傍宇宙のIa型超新星と遠方宇宙の超新星を比較できるようになりました。このことは、これまで十分に試されてきた距離測定の手法のひとつが期待通り機能するのかどうかを確認する上で重要なことだということです。

〈記事中の距離は天体から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〉

Source Image Credit: ESA/Webb, NASA & CSA, P. Kelly [ESA/Webb](#) - Seeing Triple 文/sorae編集部