

爆食いの巨大ブラックホールが生み出す 「ジェット」の起源の解明へ

『The Astrophysical Journal Letters』2026年10月19日掲載

研究成果の概要

銀河の中心の巨大ブラックホール近傍から光速近くで噴き出す「ジェット」は、銀河の形成や進化において重要な役割を果たします。しかし、大量の物質を呑み込むブラックホールがどのようにジェットを噴き出すのかは大きな謎でした。名古屋市立大学大学院理学研究科の秦和弘准教授、東北大学大学院理学研究科の野田博文准教授らを中心とする研究グループは、巨大ブラックホール天体 3C120 を対象に、最新鋭のX線分光撮像衛星 XRISM と、世界最高峰の解像度を誇る国際電波望遠鏡ネットワークによる世界初の同時観測を実施しました。観測の結果、ブラックホールの手前で冷たいガス円盤が途切れ、ブラックホールの自転エネルギーを取り出す理論から求められる数億度の灼熱のプラズマ流に姿を変えることを突き止めました。そして理論の予測通り、その内側からジェットが噴き出すことを解明しました。本研究成果は、米国の天体物理学専門誌 The Astrophysical Journal Letters 誌に2026年10月19日に掲載されました。

【研究のポイント】

- 大量の物質を呑み込む「爆食い状態」の巨大ブラックホールが、光の速さに近い超高速のジェットをどうやって噴き出すのかは長年の謎だった
- 強力なジェットを放つ巨大ブラックホールを対象に、X線分光撮像衛星 XRISM（クリズム、以下 XRISM）（注1）と国際電波望遠鏡ネットワーク（注2）による世界初の同時観測に成功した
- ブラックホールの近く（ブラックホール半径の約20倍の地点）で冷たいガス円盤が途切れて数億度もの灼熱のプラズマ流へと姿を変え、その内側からジェットが細く絞り込まれて噴き出す様子を発見。ブラックホールが自転エネルギーを使ってジェットを駆動する仕組みの解明に向けた歴史的な一歩。

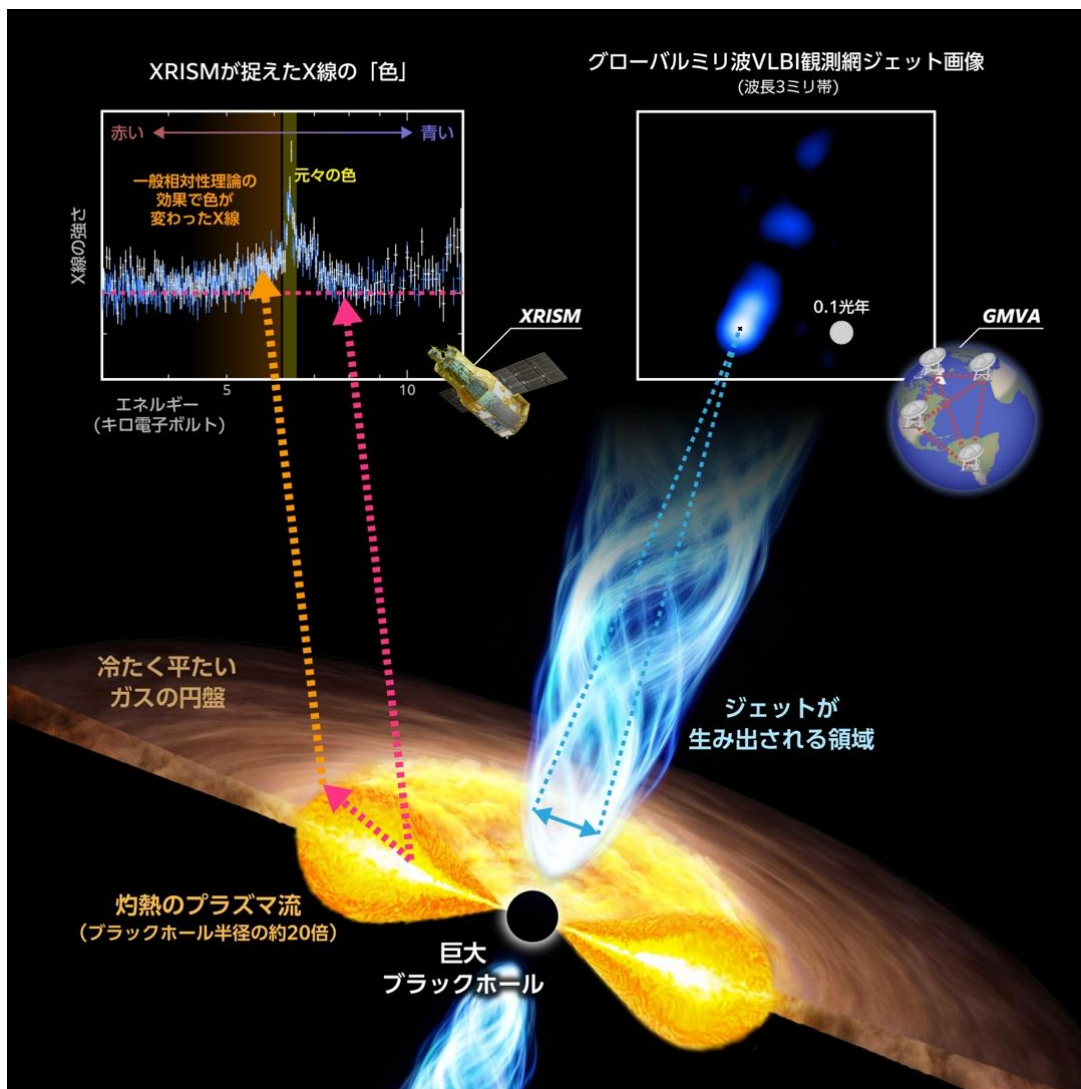


図1. (左上) XRISMで精密に測定したブラックホール周辺からのX線の「色」。一般相対性理論の効果で波長が引き伸ばされ、X線の色が変化している。(右上) グローバルミリ波VLBI観測網による波長3ミリ帯で得られたジェットの画像。(下) 今回明らかになった爆食の巨大ブラックホール周辺の想像図。冷たく平たいガス円盤がブラックホールの近くで途切れ、灼熱のプラズマ流に姿を変え、その内側からジェットが形成されていることを突き止めた。

【背景】

宇宙に数多く存在する銀河の中心には、太陽の数百万倍から数十億倍という巨大な質量を持つブラックホールが潜んでいます。その中には、光の速さに迫る勢いでジェットと呼ばれるガスを猛烈な勢いで噴き出しているものがあります。ジェットは周囲の銀河の形成や進化にも深く関わっていますが、一体どのように生み出されているのかは宇宙物理学に残された大きな謎の一つでした。

有力な説として、ブラックホールとその周囲を貫く磁場を介してブラックホールの自転エネルギーを取り出すことでジェットを噴き出す仕組みが考えられています。ブラックホールが高速で回転していると、周囲の磁場を巻き込みます。磁場はまるで強くねじり上げられたゴムのようにエネルギーを

溜め込み、それが解き放たれることで周囲のガスを超高速で押し出すことができるためです。しかし、物質を吸い込む勢いが増してくると、周囲から次々と集まってきた物質が隙間なく密集し、熱が放射によって効率よく外に吐き出されることで冷やされます。その結果、物質が冷たい円盤状になりながらブラックホールのすぐ近くまでびっしりと広がるため、その物質に邪魔されて、ジェットを作るのに必要な磁場が蓄えられないと考えられてきました。そのため、「大量の物質を呑み込みながら、なぜ強力なジェットを生み出せるのか？」という大きな矛盾が生じていたのです。

【研究の成果】

研究グループは、大量の物質を呑み込みながら強力なジェットを放つ巨大ブラックホール天体 3C120（おうし座の方向、地球から約 4 億 2000 万光年）を対象に、日本の最新鋭の X 線衛星 XRISM と、最高レベルの視力を誇る国際電波望遠鏡ネットワークを組み合わせた世界初の同時観測を実施しました。3C120 は 1 年間に地球約 10 万個分もの物質を吸い込む、まさに「爆食い状態」のブラックホールとして知られています。

XRISM が捉えた X 線を精密に分析したところ、ブラックホールの強い重力の影響（一般相対性理論の効果）によって光の波長が引き伸ばされていることがわかりました（図 1 左上）。これを詳しく解析した結果、ブラックホールの近く（ブラックホール半径の約 20 倍の距離）で冷たい円盤が途切れ、数億度に達する灼熱のプラズマ流へと姿を変えていることが判明しました（図 1 下）。ブラックホール近傍の描像に新たな知見を与える成果です。

さらに、電波望遠鏡ネットワークでジェットの形を詳しく調べたところ、ブラックホールに近づくほど細く絞り込まれており、その根元までたどっていくと、XRISM で見つけた灼熱のプラズマ流のさらに内側（ブラックホールの直上）から噴き出していることが判明しました（図 1 右上）。この発見により、長年のパズルが見事に解けました。冷たいガスの円盤がブラックホールの手前で途切れ、磁場を効率よく蓄えられる灼熱のプラズマ流に変化していたため、ブラックホールの自転パワーを使ってジェットを勢いよく噴き出せる条件を満たしていることが示されたのです。

「これまで『少食』タイプのブラックホールに対するジェットの研究は進んでいましたが、『爆食い』タイプの観測は難しく、多くの謎が残されていました。最先端の X 線望遠鏡と電波望遠鏡の連携により、その謎を解く新たな扉が開かれました。」本研究の責任著者の一人で、電波観測を統括した名古屋市立大学の秦和弘准教授はこう語ります。

【研究の意義と今後の展開】

今回の成果は、巨大ブラックホールがどのように自転エネルギーを取り出し、強力なジェットを生み出すのかという、極限状態の物理を解明する大きな一歩です。今後、XRISM や次世代 X 線天文台と国際電波望遠鏡ネットワークの連携をさらに強化し、理論・数値シミュレーションとの比較を進めることで、巨大ブラックホール近傍の姿がより鮮明になると期待されます。また、ブラックホールから噴き出すジェットは、銀河の形成・進化にも大きな影響を及ぼします。本研究は、ブラックホールが激しく物質をのみ込み、銀河に影響を及ぼし合いながら急成長していた「宇宙が最も活発だった時代」の謎を解く重要な鍵になると期待されます。

秦准教授とともに電波観測データの解析に貢献した名古屋市立大学大学院理学研究科 大学院生の丸山大翔さんは「次はジェットの動画を撮影したり、磁場構造まで明らかにすることで、ブラックホールの多様な性質に迫っていきたい。」と今後の研究への意欲を語っています。

【用語解説】

注1. XRISM (クリズム) : X線分光撮像衛星 X-Ray Imaging and Spectroscopy Mission (XRISM) はJAXAが主導し、米国航空宇宙局 (NASA)、欧州宇宙機関 (ESA) および国内外の大学・研究機関が協力して開発したX線天文衛星。2023年9月7日にH-IIA ロケット47号機で打ち上げられました。X線の色 (波長/エネルギー) をこれまでにない高い精度で見分けることができる、最新鋭のX線検出器を搭載しています。

注2. 国際電波望遠鏡ネットワーク: 世界各地の電波望遠鏡をつなぎ、実質的に地球サイズの巨大な望遠鏡と同等の極めて高い解像度 (視力) を実現する観測手法。本研究では、グローバルミリ波 VLBI アレイ (GMVA : 波長 3 ミリ帯。米国・欧州・チリ・韓国・グリーンランドから計 18 局参加)、米国超長基線アレイ (VLBA : 波長 7 ミリ帯と 2 センチ帯。米国から計 10 局参加)、東アジア VLBI 観測網 (EAVN : 波長 1 センチ帯。日本・韓国・中国から計 10 局参加) といった国際的な観測網が使用されました。

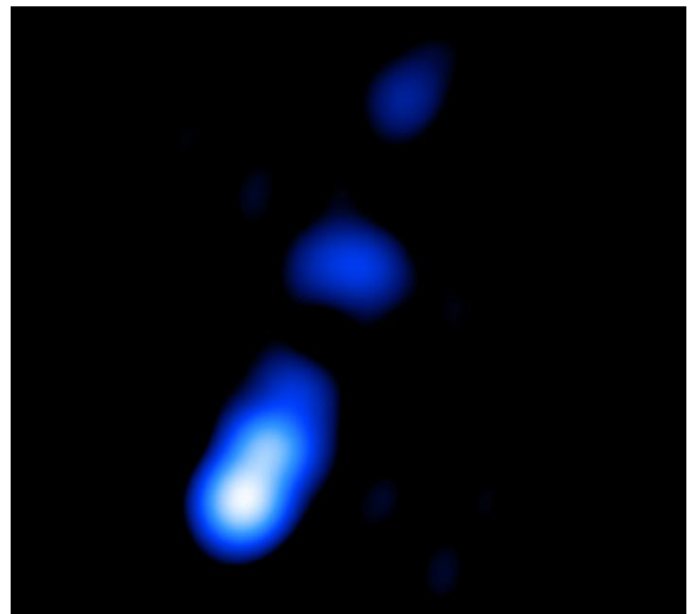


図2 : (左)グローバルミリ波 VLBI アレイ(GMVA)。(右) GMVA で撮影したブラックホール天体 3C120 から噴出するジェット。(画像クレジット : 左図 : E. Ros et al. / GMVA : 右図 : Noda, Hada et al. 2026)

【研究助成】

本研究はJSPS 科学研究費助成事業 (JP23K20239, JP24K00672, JP25H00660, JP26K21725, JP22K18277, JP25KJ1868, JP26H00604, JP26K22331) , JST 創発的研究支援事業 JPMJFR256L, 大幸財団 (JOSE807004) , 国立天文台大学支援経費, および名古屋市立大学 卓越研究グループ支援事業(2530002)の支援などを受けて行われました。また本論文は『東北大学 2026 年度オープンアクセス推進のための APC 支援事業』の支援を受け、オープンアクセスとなっています。

【論文タイトル】

Disk truncation triggers relativistic jet launching of a highly accreting supermassive black hole

【著者】

Hirofumi Noda*(1), Kazuhiro Hada*(2,3), Hiroto Maruyama(2), Taishu Kayanoki(4), Kenji Toma(5,1), Taiki Kawamuro(6), Yoshiyuki Inoue(7), Tomohisa Kawashima(8), Soyeon Yeo(9), Ilje Cho(10,11), Keiichi Asada(12), Yasushi Fukazawa(13), Yoshihiro Ueda(14)

(*責任著者)

所属

1. 東北大学大学院理学研究科天文学専攻
2. 名古屋市立大学大学院理学研究科
3. 国立天文台水沢 VLBI 観測所
4. 宮崎大学工学部
5. 東北大学学際科学フロンティア研究所
6. 大阪大学大学院理学研究科宇宙地球科学専攻
7. 芝浦工業大学システム理工学部
8. 一関工業高等専門学校
9. 延世大学天文学科
10. 慶北大学校 (韓国)
11. 韓国天文研究院 (韓国)
12. 台湾中央研究院天文及天文物理研究所 (台湾)
13. 広島大学大学院先進理工系科学研究科物理学プログラム
14. 京都大学大学院理学研究科宇宙物理学教室

【掲載学術誌】

学術誌名 The Astrophysical Journal Letters

DOI 番号 : 10.3847/2041-8213/aeaa2c

URL : <https://doi.org/10.3847/2041-8213/aeaa2c>

【国内の共同発表機関】

名古屋市立大学、東北大学、宮崎大学、大阪大学、芝浦工業大学、一関工業高等専門学校、京都大学

【海外の共同発表機関】

慶北大学校 (韓国)

【研究に関する問い合わせ】

秦 和弘（はだ かずひろ） 名古屋市立大学 大学院理学研究科 / 国立天文台 水沢 VLBI 観測所
TEL : 052-872-5846
Email: hada@nsc.nagoya-cu.ac.jp

野田 博文（のだ ひろふみ） 東北大学 大学院理学研究科 天文学専攻
TEL : 022-795-6535
Email : hirofumi.noda@astr.tohoku.ac.jp

【報道に関する問い合わせ】

名古屋市立大学 総務部広報課
名古屋市瑞穂区瑞穂町字川澄 1
TEL : 052-853-8328 FAX : 052-853-0551
E-mail : ncu_public@sec.nagoya-cu.ac.jp

連携できる企業様でご関心をお持ちいただける場合は、下記の問い合わせ先までご連絡ください。

【共同研究に関する企業様からの問い合わせ】

名古屋市立大学 産学官共創イノベーションセンター
名古屋市瑞穂区瑞穂町字川澄 1
TEL : 052-853-8041 FAX : 052-841-0261
E-mail : ncu-innovation@sec.nagoya-cu.ac.jp