

Press Release

【2026年6月26日】

送付枚数 本票含め 6枚

報道機関 各位

国立大学法人山口大学
国立天文台野辺山宇宙電波観測所
国立大学法人東海国立大学機構岐阜大学

宇宙ジェットが分子雲に衝突する現場を発見 — SS 433 の X 線ジェット再増光の謎に迫る —

【発表のポイント】

- ・ SS 433^{*1} の大規模 X 線ジェット^{*2} 再増光領域に付随する分子雲^{*3} を、野辺山 45m 電波望遠鏡^{*4} による電波輝線観測で初めて同定した
- ・ 東西両側のジェットで、X 線放射が分子雲の下流側で強くなることを明らかにし、ジェットと分子雲の相互作用を示す観測的証拠を得た
- ・ ジェットと星間物質の相互作用による乱流・磁場増幅が X 線ジェットの再増光を引き起こすという新たな描像を提示し、コンパクト天体ジェットの放射が周囲の星間環境によってどのように変化するかを理解する手がかりを得た

【概要】

山口大学大学院創成科学研究科（理学系学域）の酒見はる香 助教（兼・国立天文台野辺山宇宙電波観測所 特任助教）らの研究グループは、岐阜大学工学部電気電子・情報工学科 応用物理コースの佐野栄俊 准教授（兼・大学院自然科学技術研究科知能理工学専攻応用数学物理領域 准教授、工学部附属宇宙研究利用推進センター 准教授）、福井康雄 研究員（兼・名古屋大学理学研究科 名誉教授）、国立天文台科学研究部の町田真美 准教授、アルマプロジェクトの永井洋 准教授などとの共同研究により、銀河系内のマイクロクエーサー SS 433 から東西に伸びる大規模 X 線ジェットの再増光領域に、分子雲が存在することを野辺山 45m 電波望遠鏡による観測で明らかにしました。分子雲の位置と X 線放射の分布を比較したところ、X 線は分子雲のすぐ下流側で明るくなり、よりエネルギーの高い X 線放射も分子雲表面付近で強くなることがわかりました。これは、SS 433 のジェットが星間分子雲に衝突し、その衝突によって周囲の磁場が強められることで、X 線ジェットが再び明るく輝いている可能性を示す成果です。この研究成果は“Discovery of CO Clouds Associated with the X-ray Jets of SS 433: Evidence for Shock-Cloud Interaction Enhancing Nonthermal X-ray Emission”として、米国の天文学誌「The Astrophysical Journal Letters」に 2026 年 6 月 9 日（日本時間）に掲載されました。

【詳細な説明】

SS 433 はコンパクト天体と大質量星からなる連星系であり、銀河系内で最も活発なマイクロクエーサーの一つとして知られています。中心天体の近傍からは宇宙ジェットが噴き出しており、さらに中心から離れた東西の領域でも明るい X 線ジェット構造が観測されています。これらの X 線ジェットが、なぜ中心天体から遠く離れた場所で再び明るく輝くのかは、SS 433 のジェット活動の歴史や高エネルギー現象を理解するうえで重要な問題でした。

本研究チームは、国立天文台野辺山宇宙電波観測所の 45m 電波望遠鏡を用いて、SS 433 の東西 X 線ジェットの再増光領域を一酸化炭素分子が放つ電波輝線で観測しました。その結果、東西両側の再増光領域において、X 線放射とよく対応する位置に複数の分子雲クラumpを初めて検出しました(図 1)。検出された分子雲クラumpの典型的な大きさは約 2 パーセク⁵で、一部のクラumpは X 線ジェットの構造に沿うような細長い形を示していました。

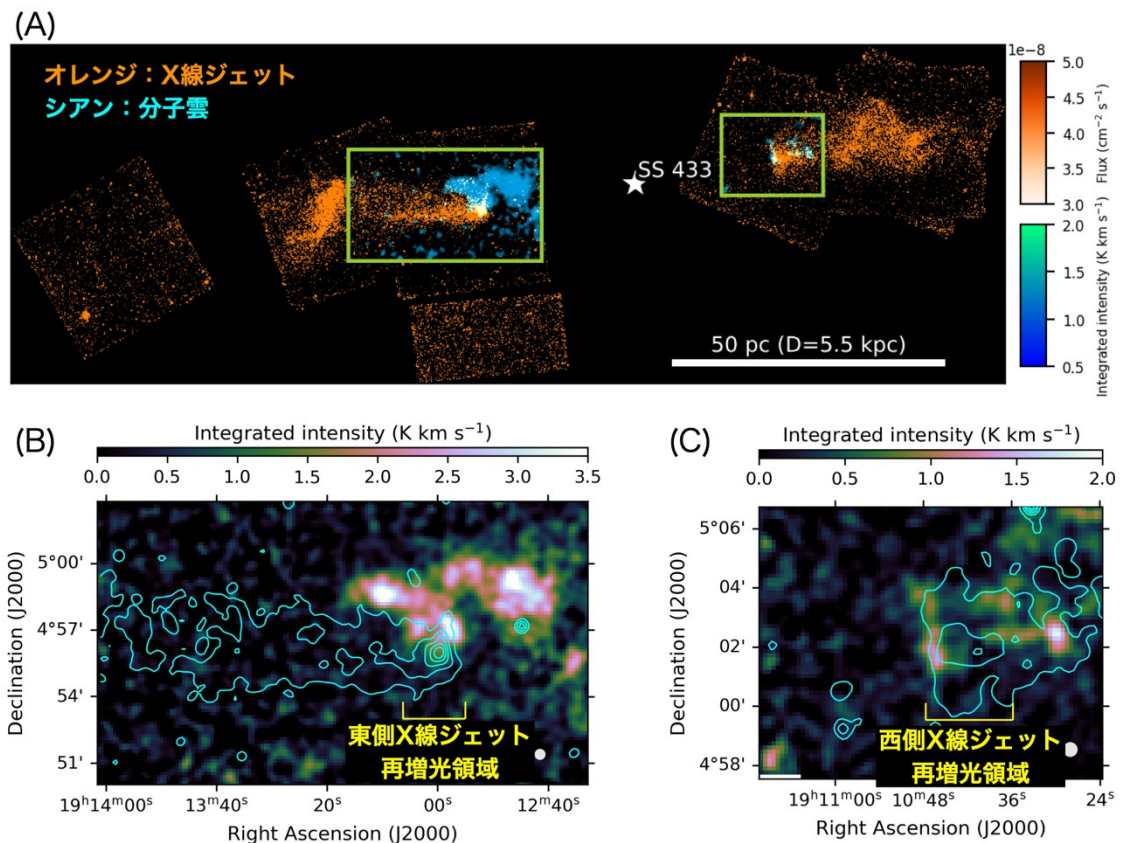


図 1. (A) 銀河系内のマイクロクエーサーSS 433 の周辺を、X 線と電波で見た合成画像。オレンジは X 線で明るく輝く大規模ジェット構造、シアンは野辺山 45 m 電波望遠鏡で観測した一酸化炭素分子が放つ電波を示す。白い星印は SS 433 の位置を表す。SS 433 から東西に伸びる X 線ジェットの再増光領域に、分子雲が存在していることがわかる。(B, C) (A)の緑色で示した、SS 433 の東側および西側の X 線ジェット再増光領域を拡大した図。背景の色は野辺山 45 m 電波望遠鏡で観測した分子雲の分布を、等高線は X 線放射の分布を示す。東西両側の再増光領域で、分子雲と X 線放射が空間的に対応していることがわかる。この対応関係は、SS 433 のジェットが周囲の星間分子雲と相互作用している可能性を示す重要な手がかりである。

さらに本研究チームは、分子雲と X 線放射の位置関係を詳しく調べました。その結果、X 線放射のピークは分子雲のピークと完全には一致せず、ジェットの前向き方向に対して分子雲のすぐ下流側で明るくなることになりました。このような位置関係は、分子雲と X 線ジェットが偶然同じ方向に見えているだけではなく、両者が物理的に関係していることを示す重要な手がかりです。

また、X 線の性質を詳しく調べたところ、分子雲の中心ではなくその表面付近で、より高いエネルギーの X 線が強くなっていることがわかりました。もし分子雲が手前にあり、X 線の一部を吸収しているだけであれば、X 線の見え方の変化は分子雲が最も濃い場所で起こると考えられます。しかし実際には、そのような変化は分子雲の中心から約 0.5~1 パーセク離れた場所に見られました。このことから、観測された X 線の性質は単なる吸収効果ではなく、ジェットと分子雲の相互作用によって生じている可能性が高いと考えられます。

今回の観測結果は、SS 433 のジェットが周囲の星間分子雲に衝突し、その相互作用によって X 線放射が強められているというシナリオで自然に説明できます (図 2)。ジェットが高密度の分子雲に衝突すると、分子雲の表面や周囲の層で乱流が発生します。この乱流によって磁場が増幅されると、高エネルギー電子が磁場中で運動することで生じるシンクロトロン X 線放射*⁶ が強められます。そのため、X 線放射は分子雲の最も密度の高い中心ではなく、分子雲表面やその下流側で強くなると考えられます。

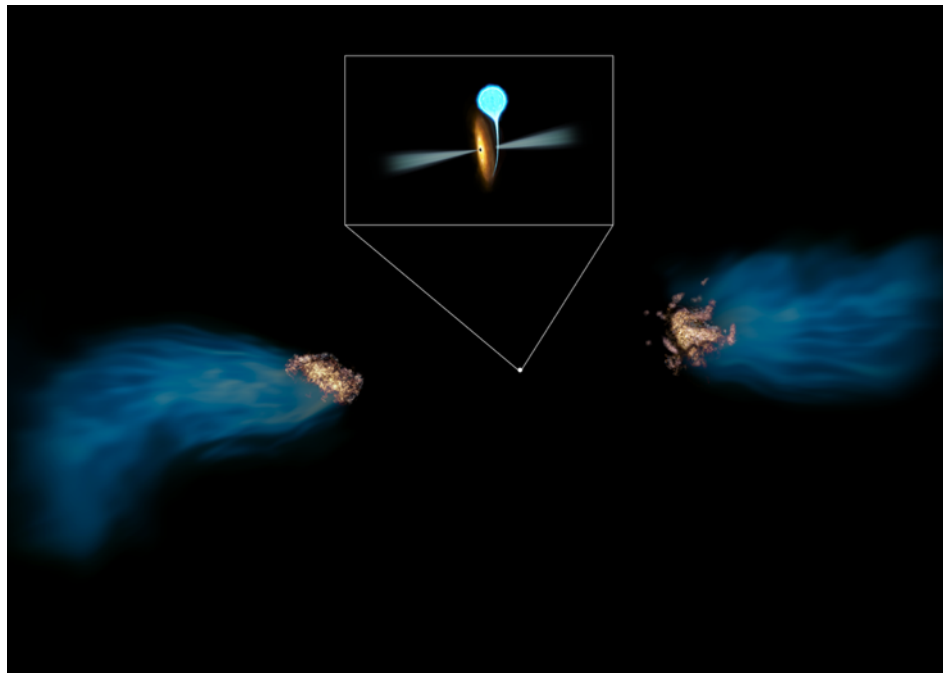


図 2. SS 433 と中心天体近傍から噴き出すジェット、さらにその東西両側の遠方で再増光する X 線ジェットと再増光領域に分布する分子雲の想像図。(クレジット：国立天文台)

本研究は、コンパクト天体から噴き出すジェットが周囲の星間物質とどのように相互作用し、どのように高エネルギー放射を生み出すのかを理解するうえで重要な手がかりを与えるものです。今後、より高解像度の分子輝線観測によって、分子雲クランプの詳細な形状や物理状態を調べることで、ジェットと分子雲の相互作用の実態がさらに明らかになると期待されます。

さらに、この過程で増幅された磁場は、X線放射を強めるだけでなく、高エネルギー粒子の加速にも寄与している可能性があります。SS 433のX線ジェットからは非常に高いエネルギーのガンマ線も検出されており、ジェットと分子雲の相互作用が高エネルギー宇宙線粒子の生成にどのように関わるのかは、今後の重要な研究課題です。

【研究体制】

本研究は、以下の研究者による共同研究として行われました。

- ・ 酒見はる香（山口大学、国立天文台）
- ・ 佐野栄俊（岐阜大学）
- ・ 福井康雄（名古屋大学、岐阜大学）
- ・ 町田真美（国立天文台）
- ・ 木村成生（東北大学）
- ・ 小林将人（核融合科学研究所）
- ・ 佳山一帆（京都大学）
- ・ 山本宏昭（名古屋大学）
- ・ 立原研悟（名古屋大学）
- ・ 永井洋（国立天文台、総合研究大学院大学）

【謝辞】

本研究は、日本学術振興会(JSPS)科研費(KAKENHI)(課題番号:22K20386、23K13148、26K17195、24H00246、21H00040、22H00152、22H01272、23K22543、24K00672、23H04899、26K00733、26K00696、22K14080、20H01945、23K20238、23K22543、24K00672、22K14080、23H04899)、および文部科学省「文部科学省「世界で活躍できる研究者戦略育成事業」学際融合グローバル研究者育成東北イニシアティブ(TI-FRIS)」の助成を受けて行われました。

【掲載誌情報】

掲載誌：The Astrophysical Journal Letters（2026年）

タイトル：Discovery of CO Clouds Associated with the X-ray Jets of SS 433: Evidence for Shock-Cloud Interaction Enhancing Nonthermal X-ray Emission

著者：Haruka Sakemi, Hidetoshi Sano, Yasuo Fukui, Mami Machida, Shigeo S. Kimura, Masato I.N. Kobayashi, Kazuho Kayama, Hiroaki Yamamoto, Kengo Tachihara, Hiroshi Nagai

掲載日：2026年6月9日付

DOI：10.3847/2041-8213/ae736b

LINK：<https://doi.org/10.3847/2041-8213/ae736b>

【用語解説】

*¹SS 433

わし座の方向にある連星系。ブラックホールまたは中性子星と考えられるコンパクト天体と伴星からなり、光速の約 26%という非常に高速なジェットを東西方向に噴き出している。ジェットとは、天体の近くから細く絞られて高速に噴き出すプラズマの流れのことである。SS 433 は、コンパクト天体を含む連星系から強いジェットが噴き出す「マイクロクエーサー」の代表例である。

*²X 線ジェット

X 線で明るく輝いて見えるジェット構造。SS 433 では、中心天体の近くだけでなく、中心から離れた東西の領域にも大規模な X 線ジェット構造が存在する。

*³分子雲

主に水素分子からなる低温で高密度の星間ガスの雲。水素分子は直接観測しにくいいため、一酸化炭素分子 (CO) が放つ電波を手がかりに分布を調べることが多い。

*⁴野辺山 45m 電波望遠鏡

長野県南佐久郡南牧村にある国立天文台野辺山宇宙電波観測所の電波望遠鏡。ミリ波帯の電波観測に用いられ、星間分子ガスの観測などで多くの成果を上げてきた。

*⁵パーセク

天文学で使われる距離の単位。1 パーセクは約 3.26 光年に相当する。

*⁶シンクロトロン放射

高エネルギーの電子が磁場の中で曲げられながら運動するときに出す放射。電波から X 線まで幅広い波長で観測され、SS 433 の X 線ジェットでも重要な放射機構と考えられる。

【お問い合わせ先】

<研究に関すること>

山口大学大学院創成科学研究科（理学系学域）情報科学分野

助教 酒見 はる香（サケミ ハルカ）

TEL：083-933-5693

E-mail：sakemi@yamaguchi-u.ac.jp

<報道に関すること>

山口大学総務部総務課広報室

TEL：083-933-5007

E-mail：sh011@yamaguchi-u.ac.jp

国立天文台野辺山宇宙電波観測所 広報

TEL : 0267-98-4300

E-mail : nobeyama-contact@ml.nao.ac.jp

岐阜大学 総務部広報課広報グループ

TEL : 058-293-3377

E-mail : kohositu@t.gifu-u.ac.jp