



2026年2月24日

報道関係者各位

慶應義塾大学

## 天の川を撃ち抜く『弾丸』は一つではなかった —ブラックホールを含む天体集団を示唆—

慶應義塾大学大学院理工学研究科の蒔田桃子（修士課程1年）と同大学理工学部物理学科の岡朋治教授らの研究チームは、アルマ望遠鏡を用いて、天の川銀河の円盤部に発見された超高速分子ガス成分「Bullet（弾丸）」について詳細な電波観測を行いました。

Bullet は、太陽から約1万光年の距離に位置し、約  $120 \text{ km s}^{-1}$  という異常に広い速度幅と膨大な運動エネルギーを持つことから、これまで伴星を持たない「野良ブラックホール」によって形成された可能性が指摘されてきました。今回の観測により、Bullet の周囲に新たに8つの高速成分「Petit-Bullets」を発見しました。これらの空間分布および速度構造を解析した結果、Petit-Bullets は Bullet と共通の起源を持つと考えられ、単一の天体ではなく、複数の点状重力源が集団として分子雲に突入した可能性が示されました。

本研究は、ブラックホールを含む可能性のある高速天体集団と分子雲との相互作用を高分解能で捉えた初めての観測例です。銀河内に潜む見えない天体集団の探索に新たな手法を提案するとともに、ブラックホールの分布や銀河進化の理解に重要な示唆を与えるものです。

本研究成果は、2月23日発行の米国の天体物理学専門誌『The Astrophysical Journal Letters』に掲載されました。

### 1. 本研究のポイント

- ・アルマ望遠鏡<sup>\*1</sup>による高分解能観測で、天の川銀河の円盤部に発見された超高速分子ガス成分「Bullet（弾丸）」の周囲に新たに8つの高速成分「Petit-Bullets」を発見。
- ・「Petit-Bullets」の空間分布および速度構造の解析により、駆動源は単一の天体ではなく、複数の点状重力源が集団として分子雲に突入した可能性を示唆。
- ・ブラックホールを含む可能性のある高速天体集団と分子雲との相互作用を高分解能で捉えた初めての観測例であり、銀河内に潜む見えない天体集団の探索やブラックホールの分布や銀河進化の理解に重要な示唆を与える成果。

### 2. 研究背景

「Bullet（弾丸）」は、太陽から約1万光年の距離にある天の川銀河円盤部の分子雲中で発見された、空間的にコンパクトな超高速ガス成分です。直径約2光年という小さな領域でありながら、約  $120 \text{ km s}^{-1}$  にも及ぶ異常に広い速度幅を持ち、天の川銀河の回転方向とは完全に逆向きの速度を示していました（Sashida et al. 2013）。その後、国立天文台 ASTE 10 m 望遠鏡および野辺山 45 m 電波望遠鏡を用いた分子スペクトル線による詳細なイメージング観測により、Bullet の質量は約 7.5 太陽質量、運動エネルギーは  $10^{48} \text{ erg}^{*2}$  にも達し、膨張速度と大きさから算出される年齢は 5000~8000 年と見積もられています。これらの値は、これまでに認識されているいかなる種類の天体でも説明が困難なものでした。また、位置-速度空間<sup>\*3</sup>において明瞭な「Y字型」構造を示すことも大きな特徴です。以上の観測結果から、Bullet は、伴星<sup>\*4</sup>を持たずに単独で浮遊する「野良ブラックホール」が分子雲の高密度層に突入し、重力で引き寄せられた部分が加速されることによって形成された可能性が指摘されてきました（2017年1月16日 慶應義塾大学プレスリリース）。

### 3. 研究内容・成果

今回、研究チームは、アルマ望遠鏡を用いて **Bullet** が存在する領域を高い空間分解能で観測しました。その結果、**Bullet** 周辺に 8 つの新たな超高速分子ガス成分を発見し、これらを「**Petit-Bullets**」と名付けました (図 1)。**Petit-Bullets** はいずれも空間的に非常にコンパクトで、位置-速度図において「V字型」の広い速度構造を示しています。この特徴は、主成分である **Bullet** が示す「Y字型」構造とよく似ており、共通の形成過程を持つことを示唆しています。

これらの空間分布と速度構造を詳しく解析した結果、ガスを駆動したのは単一の天体ではなく、複数の点状重力源が集団として分子雲に高速で突入した可能性が高いことが明らかになりました。**Petit-Bullets** の速度分散から推定される質量スケールは、典型的な球状星団<sup>※5</sup>と同程度となります。一方で、**Bullet** 主成分については、ガスの運動量保存に基づく質量下限の推定により、単独のブラックホールによって形成された可能性が高いことが示されました。これらの結果は、ブラックホールを含む高速天体集団が分子雲と相互作用した痕跡を捉えた、初めての観測例といえます。

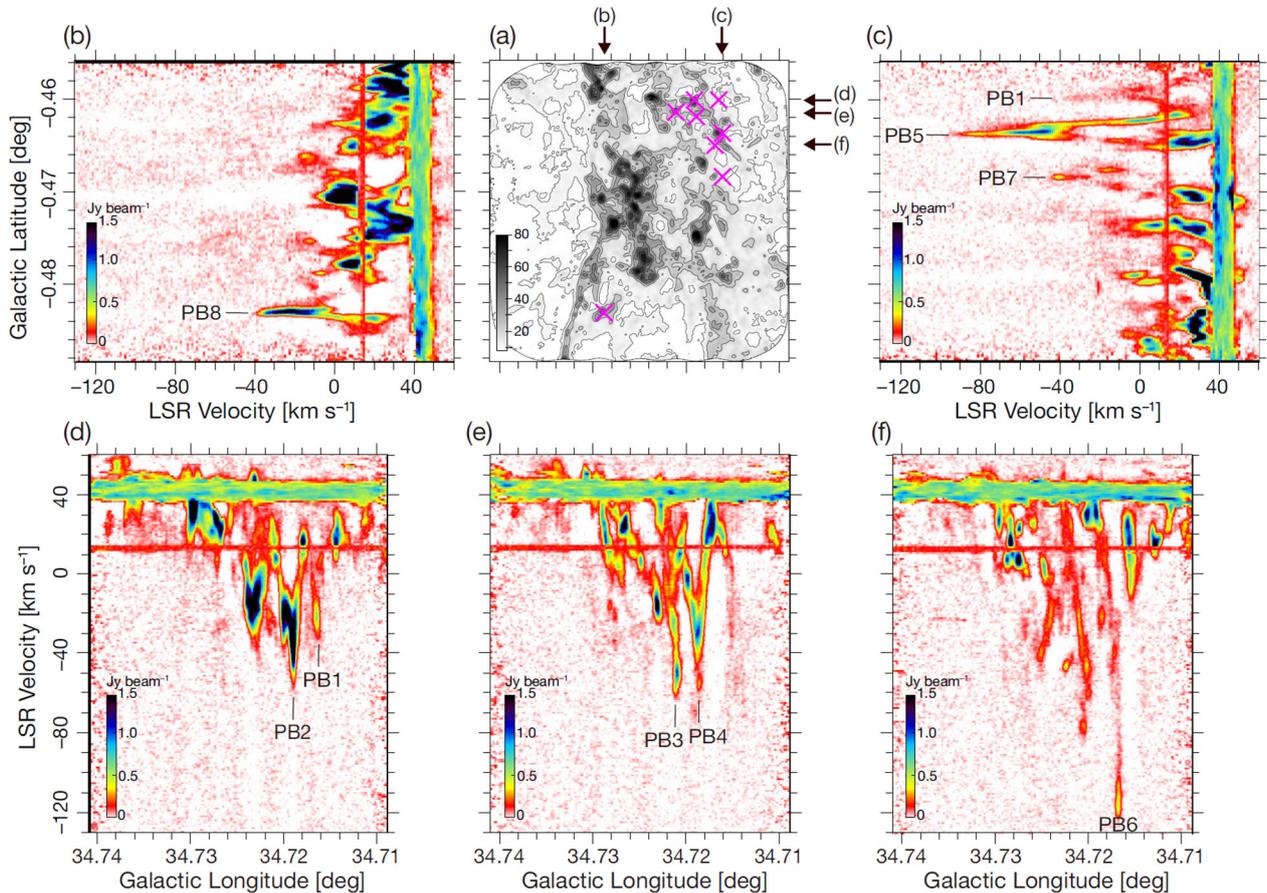


図 1) (a)アルマ望遠鏡による一酸化炭素 ( $\text{CO}$ )  $J=3-2$  スペクトル線の積分強度分布。図の中央に既知の超高速分子ガス成分「**Bullet**」が位置している。マゼンタ色の×印は、本研究で新たに発見された 8 つの高速成分「**Petit-Bullets**」の位置を示す。黒矢印は、パネル(a)の周囲に配置された位置-速度図 (パネル b-f) を作成した銀経・銀緯の位置を示している。(b)-(c) 銀経  $34.7161^\circ$  および  $34.7288^\circ$  における  $\text{CO}$   $J=3-2$  スペクトル線強度の銀緯-速度図。(d)-(f) 銀緯  $-0.4601^\circ$ 、 $-0.4615^\circ$ 、および  $-0.4650^\circ$  における  $\text{CO}$   $J=3-2$  スペクトル線強度の銀経-速度図。色の違いはガスの分布を、速度方向の広がりやガスの非常に高速で運動していることを示している。これらの図から、8 つの **Petit-Bullets** (PB1-PB8) が共通して示す「V字型」の広い速度構造を確認できる。

### 4. 今後の展開

今回の成果は、銀河内に潜む見えない天体集団の探索に新たな手法を提案するとともに、天の川銀河内に数多く存在すると考えられているブラックホールの分布や、銀河進化の理解に重要な示唆を与えるものです。

今後は、アルマ望遠鏡を用い、より高密度なガスを追跡する分子輝線観測を行い、Petit-Bullets 内部の速度構造やガスの物理状態を詳細に解析する予定です。これにより、各高速成分の運動方向や形成過程をより厳密に制約できると期待されます。さらに、近赤外線による深い撮像観測を行うことで、Petit-Bullets に対応する恒星や星団の直接検出を試みます。これが実現すれば、高速で運動する重力天体が分子雲に突入することで特異な分子ガス構造が形成されるという、本研究で想定する形成シナリオを観測的に検証できるだけでなく、分子ガスの運動を手がかりとして見えない重力天体を探る新たな手法としての有効性を確立することに寄与します。



図 2) ブラックホールを含む高速天体集団が突入した分子雲の模式図。

※本研究は、日本学術振興会科学研究費助成事業（科研費）、基盤研究（A）No.20H00178 の補助を受けて行われました。

<原論文情報>

本研究は、2月23日発行の米国の天体物理学専門誌『*The Astrophysical Journal Letters*』に掲載されました。論文の題目、および著者と所属は以下の通りです。

“Discovery of Multiple Ultra-Broad-Velocity Molecular Features Associated with the W44 Molecular Cloud”

蒔田 桃子 (慶應義塾大学 大学院理工学研究科 修士課程 1年)

岡 朋治 (慶應義塾大学 理工学部 物理学科 教授)

辻本 志保 (慶應義塾大学 大学院理工学研究科 博士課程 2020年3月修了)

小谷 竜也 (慶應義塾大学 大学院理工学研究科 博士課程 1年)

『*The Astrophysical Journal Letters*』, February 23, 2026, vol. 999, Issue 1, id. L3 (6pp)

URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.3847/2041-8213/ae36aa>

DOI: 10.3847/2041-8213/ae36aa

<参考>

慶應義塾大学理工学部 岡朋治研究室 <http://aysheaia.phys.keio.ac.jp/index.html>

<関連する研究発表>

・ Sashida et al. 2013, *The Astrophysical Journal*, 774, 10

URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/0004-637X/774/1/10>

DOI: 10.1088/0004-637X/774/1/10

・ 慶應義塾大学プレスリリース (2017年1月16日)

「天の川を撃ち抜く超音速の『弾丸』を発見ー正体は「野良ブラックホール」か?ー」

<https://www.keio.ac.jp/ja/press-releases/2017/1/16/28-19413/>

<用語説明>

※1) アルマ望遠鏡 (ALMA; アタカマ大型ミリ波サブミリ波干渉計): 南米のチリ共和国北部にあるアタカマ砂漠の標高約 5000メートルの高原に建設された巨大電波望遠鏡。東アジア、北米、ヨーロッパの国際共同プロジェクトとして進められている。

※2) erg (エルグ): エネルギーの単位。1 erg =  $10^{-7}$  J (ジュール)。

※3) 位置-速度空間: 天体やガスの「天球面上での位置」と「視線方向の速度」を同時に表した図や概念で、天体がどの場所で、どの速度で運動しているかを視覚的に理解するために用いられる。

※4) 伴星: 連星系において、主となる天体の周囲を重力的に回る恒星。ブラックホールが伴星を持つ場合、伴星から物質が流れ込むことで強い電磁波を放ち、観測されやすい。一方、伴星を持たないブラックホールはほとんど光らず、観測が難しい。

※5) 球状星団: 数万個~数百万個の恒星が、強い重力で球状に集まった天体集団。天の川銀河の周囲に多数存在し、全体の質量は数万~数百万太陽質量に及ぶ。

※ご取材の際には、事前に下記までご一報くださいますようお願い申し上げます。

※本リリースは文部科学記者会、科学記者会、各社科学部等に送信させていただいております。

・ 研究内容についてのお問い合わせ先

慶應義塾大学 理工学部 物理学科 教授 岡 朋治 (おか ともはる)

TEL : 045-566-1833 E-mail : [tomo@phys.keio.ac.jp](mailto:tomo@phys.keio.ac.jp)

・ 本リリースの配信元

慶應義塾広報室 (増田) TEL : 03-5427-1541 FAX : 03-5441-7640

E-mail : [m-pr@adst.keio.ac.jp](mailto:m-pr@adst.keio.ac.jp) <https://www.keio.ac.jp/>