



2026年6月23日

報道関係者各位

慶應義塾大学

## 天の川銀河中心ブラックホールに“2つの光る渦” —断続的な周期変動から見えた新しい描像—

慶應義塾大学大学院理工学研究科の柳澤一輝（2026年修士課程修了）、同大学理工学部物理学科の岡朋治教授、および国立天文台からなる研究チームは、アルマ望遠鏡で取得された天の川銀河中心核「Sgr A\*」からの電波強度データを解析しました。その結果、2016年8月31日の観測データから、約30分および約50分の時間スケールを持つ光度変動構造を発見しました。この変動は、太陽の400万倍の質量を持つ超巨大ブラックホールの周囲を、「2つのホットスポット」が公転しながら徐々にエネルギーを失うことで生じている可能性があります。

本研究は、Sgr A\*における光度変動が、こうした複数のホットスポットの発生・減衰・消滅という一連のプロセスで説明できる可能性を示しました。従来、この変動は、周期的な変動とランダムな変動とで別々の原因があると考えられてきましたが、本成果は、それらをホットスポットモデルで統一して説明できるという新たな観測的証拠となります。これは、ブラックホール近傍の物理環境を理解する上で重要な手がかりとなる成果です。

本研究成果は、5月18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

- ALMA<sup>\*1</sup>のデータを解析し、天の川銀河中心のブラックホール「いて座 A\*」のミリ波<sup>\*2</sup>光度が、約30分および約50分の特徴的な時間スケールを持つ短時間変動を発見。
- この光度変動は、それぞれ光速の40%と30%程度の速さで超巨大ブラックホール周囲を公転する「2つのホットスポット」運動によって自然に説明できる可能性を示した。
- Sgr A\*の光度変動は、周期的および不規則的な変動を、ホットスポットモデルで統一的に説明できる可能性を示した。
- 本成果は、ブラックホール近傍の物理環境を理解する上で重要な手がかりを与える。

### 2. 研究背景

本研究は、Sgr A\*における周期的変動がどのように発生するのかという謎の解明を目指したものです。2000年初頭には、Sgr A\*のフレアに伴う準周期的変動（QPO）<sup>\*3</sup>が初めて報告され、その発生メカニズムとして、ホットスポットをはじめとする様々なモデルが提唱されていました。さらに2018年には、赤外線観測によってSgr A\*周囲を公転するホットスポットが実際に観測され、2025年にはミリ波帯において顕著な周期的振動が報告されました。これらの先行研究を受け、本研究では、ミリ波帯の時間変動とホットスポット運動との関係を調べ、その起源を探ることを目的としました。

### 3. 研究内容・成果

慶應義塾大学と国立天文台の研究チームは、アルマ望遠鏡が観測した天の川銀河中心核「Sgr A\*」の公開データを詳細に解析しました。その結果、約30分および約50分という特徴的な時間スケールを持つ光度変動構造を検出しました。

この変動は、超巨大ブラックホール周囲を2つの「ホットスポット（加熱されたガスの塊）」がエネルギーを徐々に失いながら公転することで生じている可能性があります（図1）。一方で、こうした特徴的な変動が確認されたのは一部の観測データに限られており、いつでも常に現れるわけではないことも明らかになりました。

これらの結果は、超巨大ブラックホールの光度変動が、複数のホットスポットの回転と、それらの発生・減衰・消滅の一連のプロセスによって引き起こされている可能性を示唆しています。従来、ブラックホールの光度変動については、周期的変動と不規則（ランダム）的変動とで、別々の原因があると考えられてきました。しかし、本研究は、それら両方の結果をひとつのホットスポットモデルによって統一的に解釈できる可能性を、初めて観測データによって示しました。本成果は、ブラックホール近傍の物理環境を理解するための重要な手がかりであり、将来のさらなる高精度観測と組み合わせることで、ブラックホール周囲の構造をより詳しく解明できると期待されます。

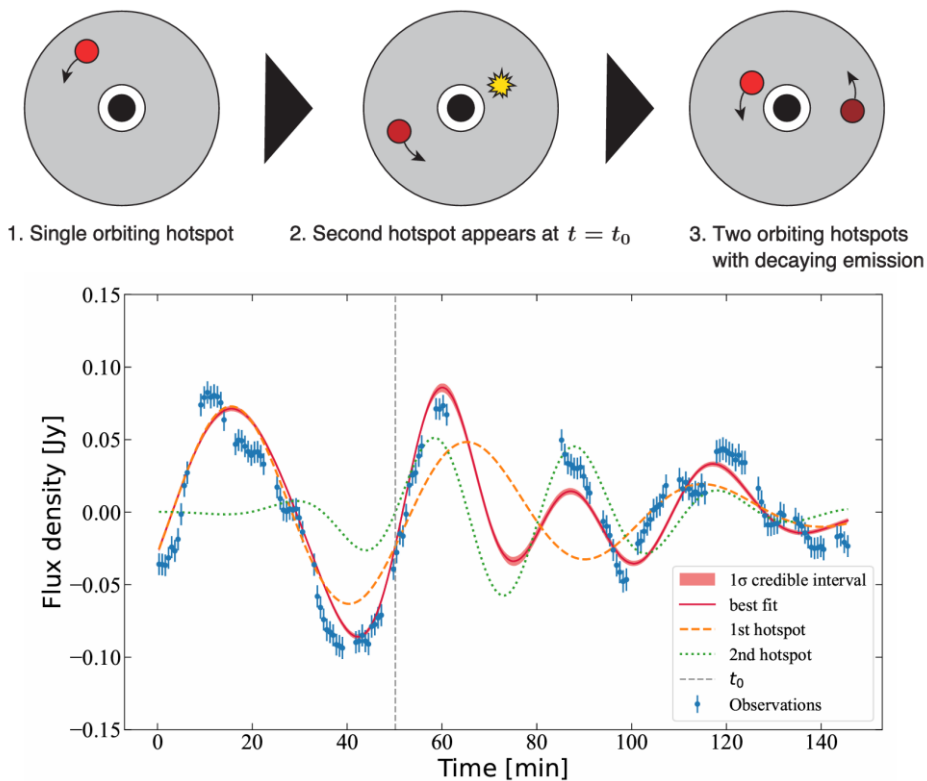


図1 上段：回転する2つのホットスポットの概略図。最初に1つのホットスポットがブラックホール周囲を公転しており、 $t = t_0$ において2つ目のホットスポットが出現します。その後、2つのホットスポットはエネルギーを失いながら公転を続けます。下段：ホットスポットモデルによって再現された光度曲線。青点はアルマ望遠鏡の公開データから得られた明るさ、赤線はホットスポットモデルによって再現された全体の光度変動を示しています。橙線と緑線は、それぞれ各ホットスポットに対応する光度変動成分を表しています。

#### 4. 今後の展開

本研究は、天の川銀河中心ブラックホール Sgr A\* におけるミリ波光度変動が、複数のホットスポットの運動によって説明できる可能性を示しました。一方で、ホットスポットがどのように生まれ、進化し、消滅していくのかという詳細なメカニズムについては未解明な点が多く残されています。今後は、アルマ望遠鏡による長時間かつ高頻度モニタリング観測に加え、X線や近赤外線といった異なる波長での同時観測を組み合わせることで、ブラックホール近傍で起きている短時間変動の物理的起源をより詳しく解明できると期待されます。

また、偏光<sup>\*4</sup>変動を同時に解析すれば、ホットスポットが公転する動きと、ホットスポット自体の状態変化を区別して捉えられる可能性があります。これらの観測がさらに進展すれば、Sgr A\* における周期的に見える変動と不規則な変動を統一的に理解できるだけでなく、超巨大ブラックホール近傍の磁場構造やガス運動などの物理環境の解明につながることを期待されます。

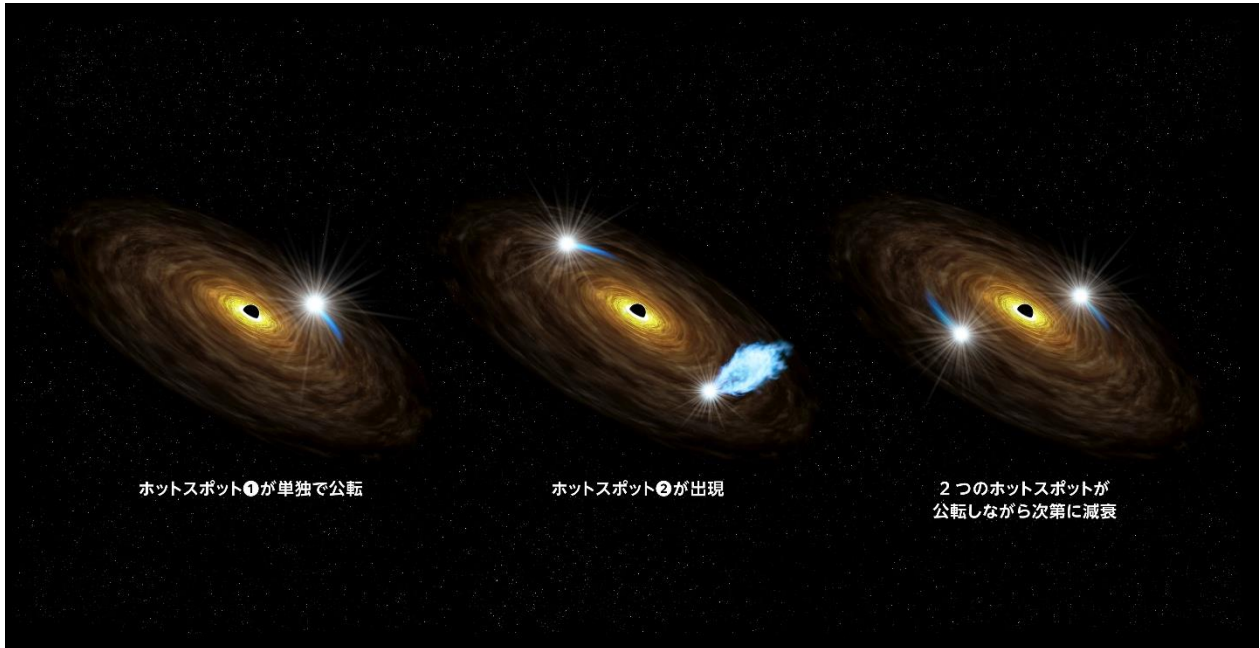


図2 天の川銀河中心ブラックホール周囲を公転するホットスポットの模式図。初めは1つのホットスポットがブラックホールの周囲を公転し、その後2つ目のホットスポットが出現する。両ホットスポットは公転を続けながら徐々にエネルギーを失っていく様子を示している。

#### <原論文情報>

本研究成果は、5月18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。

“Evidence for Multiple Orbiting Hotspots in the 340 GHz Variability of Sgr A\*”

柳澤 一輝 (慶應義塾大学 大学院理工学研究科 修士課程 2026年3月終了)

岡 朋治 (慶應義塾大学 理工学部 物理学科 教授)

小谷 竜也 (慶應義塾大学 大学院理工学研究科 博士課程 2年)

有山 諒 (慶應義塾大学 大学院理工学研究科 修士課程 2025年3月修了)

柳原 一輝 (慶應義塾大学 大学院理工学研究科 修士課程 2023年3月修了)

岩田 悠平 (国立天文台 水沢 VLBI 観測所 助教)

『The Astrophysical Journal Letters』, May 20, 2025, vol. 1003, Issue 1, id.L17 (6pp)

URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.3847/2041-8213/ae6862>

DOI: 10.3847/2041-8213/ae6862

#### <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>

<用語説明>

※1) ALMA (アタカマ大型ミリ波サブミリ波干渉計) : チリのアタカマ砂漠に東アジア、北米、ヨーロッパの国際協力によって建設された巨大電波干渉計。

※2) ミリ波 : 周波数約 30~300 GHz の範囲の電磁波。

※3) 準周期的変動 (QPO) : 一般的に X 線連星などで検出される、周期が徐々に変化する周期的変動。

※4) 偏光 : 電磁波が進行方向に対して垂直な面内で特定の方向に振動する状態。

※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 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/>