

2020年5月11日

報道関係者各位

慶應義塾大学  
国立天文台

## 天の川銀河中心の超巨大ブラックホール「いて座 A\*」の「瞬き」を検出 ーブラックホールごく近傍からの放射かー

慶應義塾大学大学院理工学研究科の岩田悠平（博士課程3年）、理工学部物理学科の岡 朋治教授、JAXA、国立天文台からなる研究チームは、アルマ望遠鏡を使用して取得された天の川銀河中心核「いて座 A\*（エー・スター）」の観測データを詳細に解析し、それが放つ電波の強さを精密に測定することに成功しました。その結果、いて座 A\*の電波強度は、1時間以上の時間をかけてゆっくりと変化しながら、時折 30 分程度の短い周期的な変動（瞬き）を見せることが分かりました。この周期的な瞬きは、400 万太陽質量の超巨大ブラックホールの周囲を、0.2 天文単位という非常に近い軌道半径をもって周回する「ホット・スポット」に起因するものと解釈されます。本研究によって、銀河中心核超巨大ブラックホールのごく近傍で起きている現象を、電波強度の変化から描き出せる可能性が示されました。これは、一般相対論で記述される強重力場下の時空構造の理解につながる大変重要な研究成果です。

本研究成果は、4月2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

- ・アルマ望遠鏡を用いて天の川銀河中心核「いて座 A\*」の電波強度を測定し、1時間以上のゆっくりした変動と 30 分程度の短い周期的変動（瞬き）を検出。
- ・短い周期的変動は、熱いガスの塊（ホット・スポット）がブラックホールのごく近傍を周回していることに起因するものと解釈。
- ・さらなる高感度かつ継続的観測により、ブラックホールに物質が落ちていく過程まで観測できる可能性を指摘。

### 2. 研究背景

私たちの住む天の川銀河の中心核には「いて座 A\*」と呼ばれる電波天体があり、ここには太陽の 400 万倍の質量を持つ超巨大ブラックホールが潜んでいることが知られています。このブラックホール周囲には、高温のガス円盤（降着円盤）があると考えられており、そこから非常に強力な電波が放射されています。いて座 A\*は、稀に数時間の間に数倍明るくなる「フレア」という増光現象を起こすことがあります。このような明るさの変動の詳細を調べることで、いて座 A\*の放射メカニズムの解明や、ブラックホール時空の理解につながると考えられています。

### 3. 研究内容・成果

研究チームは、2017年10月にアルマ望遠鏡を使用して取得された天の川銀河の中心方向の観測データを解析し、各 70 分×10 日に渡って中心核「いて座 A\*」の電波強度を精密に測定しました。構

造関数および周期解析という解析手法を用いて電波強度の変化の様子を詳細に調べた結果、いて座 A\* の電波強度は、1 時間以上の時間をかけてゆっくりと変化しながら、時折 30 分程度の短い周期的な変動（瞬き）を見せることが分かりました（図 1）。ゆっくりとした強度変動については、これまでの研究で既に指摘されており、降着円盤の粘性を反映したものと考えられています。一方で、約 30 分周期の「瞬き」については、これまでフレア時の赤外線および X 線強度において辛うじて検出報告があるのみで、静穏時の電波強度にそれが見出されたのは初めてのことです。この 30 分という周期は、中心から 0.2 天文単位という降着円盤内の最も内縁における回転周期に相当し、ブラックホールに極めて近い場所での現象に起因する可能性があります。フレア時に発生する降着円盤内の熱いガスの塊（ホット・スポット）が、小規模ながら静穏時においても発生し、それが回転運動することで相対論的ビーミング効果<sup>\*1)</sup>により周期的な強度変動を生じているものと解釈されます。

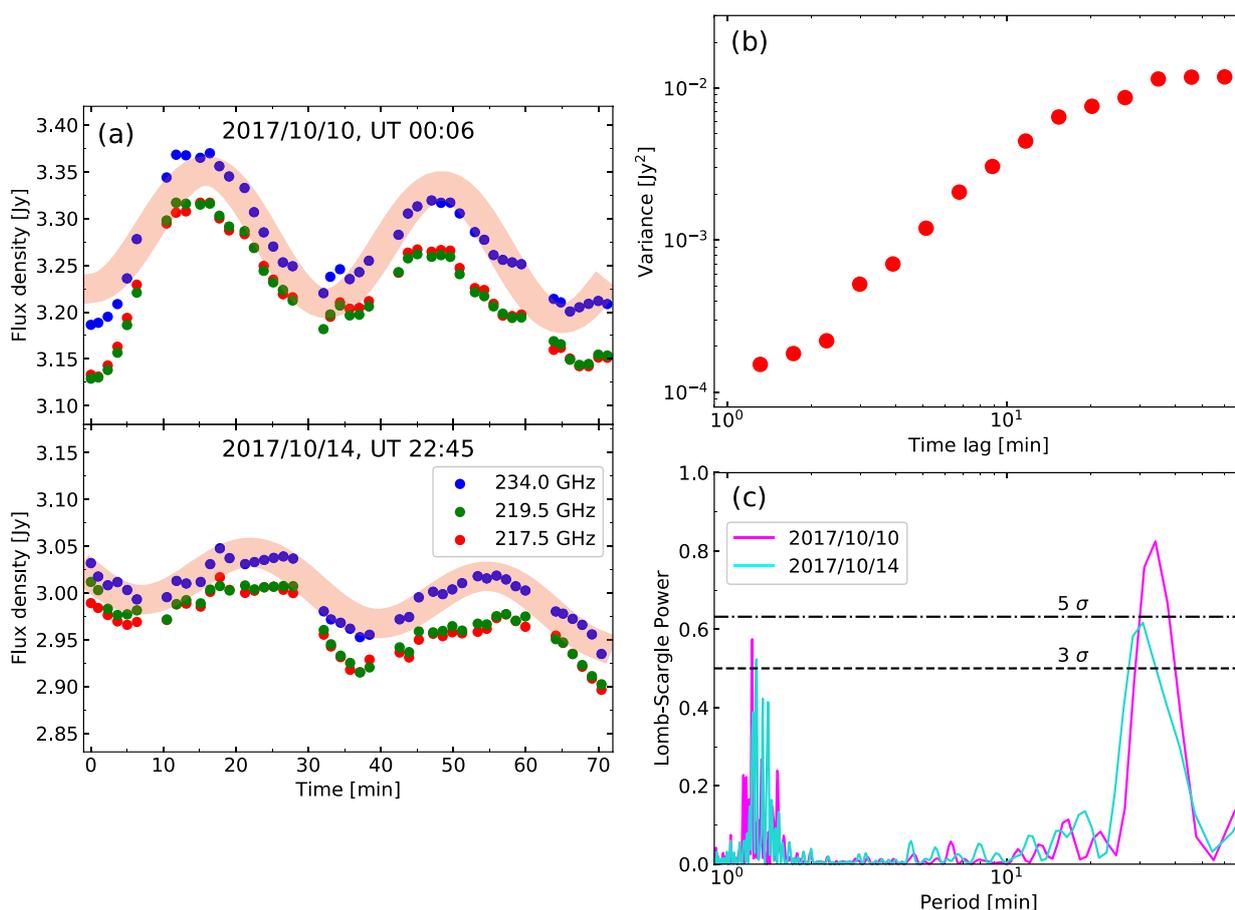


図 1

- (a) 2017 年 10 月 10 日（上）と 2017 年 10 月 14 日（下）の観測で得られた電波強度の時間変化。青、緑、赤の点はそれぞれ 234.0, 219.5, 217.5 GHz の周波数帯で測定された電波強度を示している。強度変化は、1 時間以上のゆっくりとした変動と周期的な短時間変動が合わさったオレンジの影で示した曲線に概ね沿っている。
- (b) ゆっくりとした変動の寄与が少ない 7 日間のデータを用いて作成した構造関数。横軸は時間を対数スケールで示しており、構造関数が平坦になるときの時間（ここでは約 30 分）が強度変化に含まれる特徴的な時間スケールである。

(c) (a)図の周期解析結果。約 30 分の周期で変化する強度変化成分が、図のピークとして現れている。

#### 4. 今後の展開

昨年、Event Horizon Telescope (EHT) チームにより、楕円銀河 M87 の中心核において史上初めて撮影されたブラックホール・シャドウのイメージが公開され、大変な注目を集めました。いて座 A\* は M87 中心核とともに EHT の主要な観測ターゲットでしたが、まだそのイメージは公開されていません。今回の私たちの観測・解析結果が示唆するように、いて座 A\* は明るさと共に形状まで刻々と変化してしまうため、長時間にわたる観測を必要とする EHT でブラックホール・シャドウを撮像するのは容易ではないと考えられます。一方で、電波の強度変動が降着円盤内のホット・スポットに起因しているならば、明るさの変動からブラックホールへ周辺のガスの運動を描き出せる可能性があります。同様の観測をさらに高感度かつ継続的に行うことによって、ガスがブラックホールを周回しながらそれに吸い込まれていく様子を観測することも期待されます。これらの研究を進めることで、一般相対論で記述される強重力場下の時空構造を理解することにつながると考えられます。

本研究は、日本学術振興会特別研究員奨励費 JP18J20450 の助成を受けたものです。

<原論文情報>

本研究成果は、4月2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。

“Time Variations in the Flux Density of Sgr A\* at 230 GHz Detected with ALMA”

岩田悠平 (慶應義塾大学大学院 理工学研究科 博士課程 3 年、日本学術振興会 特別研究員 DC1)

岡 朋治 (慶應義塾大学 理工学部 物理学科 教授)

坪井昌人 (国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所 教授)

三好 真 (国立天文台 JASMINE プロジェクト 助教)

竹川俊也 (国立天文台 野辺山宇宙電波観測所 特任研究員)

『The Astrophysical Journal Letters』, April 2, 2020, vol. 892, L30 (6pp)

<https://iopscience.iop.org/article/10.3847/2041-8213/ab800d>

doi: 10.3847/2041-8213/ab800d

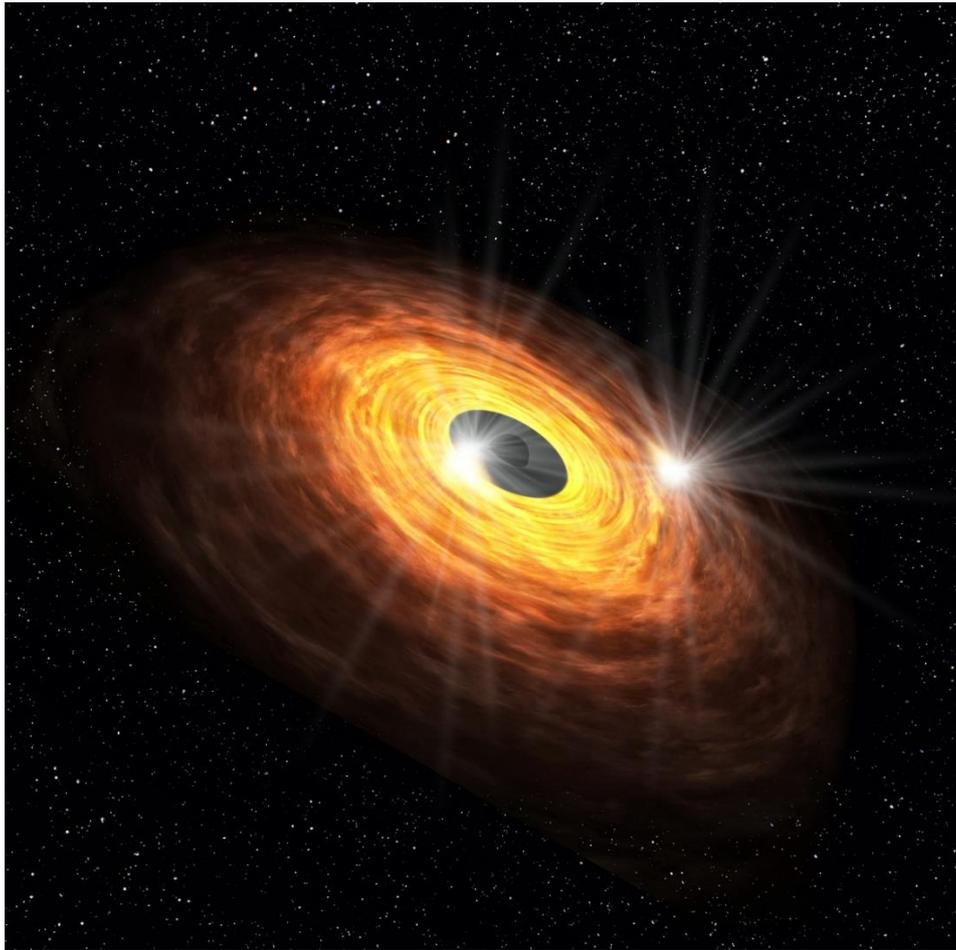


図2 超巨大ブラックホールとそこごく近傍で周回するホット・スポットの想像図

<用語説明>

※1) 相対論的ビーミング効果：光速に近い速度を持つ放射源が観測者の方向に運動する際に、その放射エネルギーが上昇して観測される効果。

※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)

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

国立天文台アルマプロジェクト助教/教育広報主任 平松 正顕 (ひらまつ まさあき)

TEL: 0422-34-3630 (研究室) E-mail : [hiramatsu.masaaki@nao.ac.jp](mailto:hiramatsu.masaaki@nao.ac.jp)

・本リリースの配信元 (※現在、政府の「緊急事態宣言」を受けて広報室は閉室しておりますため、電話・FAXでのお問い合わせはお受けできません)

慶應義塾広報室 (村上)

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