

2026年2月27日



本研究成果は論文掲載先である Publications of the Astronomical Society of Japan から、以下の通り報道解禁設定があります。  
TV・ラジオ・WEB・・・3月2日(月)午前9時01分(日本時間)  
新聞・・・3月2日(月)夕刊(日本時間)

分野：自然科学系

キーワード：超巨大ブラックホール、X線エコー、時間変化、銀河の進化、アーカイブデータ、SDGs

# 超巨大ブラックホール周辺のX線エコーで 銀河中心の構造を解明

—20年分の観測データで解像度の限界を突破—

## 【研究成果のポイント】

- ◆ コンパス座銀河の中心にある超巨大ブラックホールからのX線が、約100光年離れた場所の物質に当たって跳ね返された、X線エコー(こだま)の時間変化を捉えることに成功。また、ブラックホールからのX線が周囲のガスの状態を変化させている可能性も判明。
- ◆ これまで、X線望遠鏡の解像度を超えた空間スケールの構造を捉えることは困難だったが、20年間に及ぶ長期の観測データからX線の明るさの変化を用いることで可能に。
- ◆ 蓄積されたデータを活用して、装置の限界性能に迫る成果をもたらし得ることを示し、また、銀河の進化の鍵を握る超巨大ブラックホールと周囲の環境が互いに影響を及ぼし合う仕組みの理解の進展に期待。

## ❖ 概要

大阪大学大学院理学研究科の宮本愛子さん(博士後期課程)、川室太希助教、小高裕和准教授、松本浩典教授、国立天文台の泉拓磨准教授の研究グループは、超巨大ブラックホール周辺の物質から放たれる鉄の蛍光X線<sup>※1</sup>の明るさが時間変化していることを世界で初めて捉え(図1)、従来のX線望遠鏡の解像度<sup>※2</sup>(約30光年)では見ることができなかった、20光年よりも小さな空間スケールの構造の存在を明らかにしました。

本研究では、NASAのX線天文衛星であるチャンドラ衛星<sup>※3</sup>による20年分の観測データを解析し、鉄の蛍光X線の明るさが半年から数年のスケールで激しく変化していることを発見しました。この「光のまたたき」を利用することで、X線望遠鏡の視力の限界(解像度)よりも小さな空間スケールの構造を特定しました。さらにアルマ望遠鏡<sup>※4</sup>による観測データと組み合わせることで、この構造が強烈なX線に照らされたことで分子ガスが破壊された領域でエコーが起こっている可能性も示しました。

これまで、銀河の中心に存在する超巨大ブラックホールを取り囲むガスやちりは、可視光や電波などの

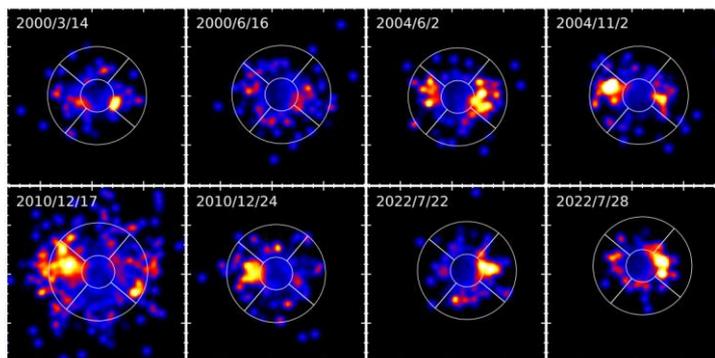


図1. チャンドラ衛星で観測された鉄の蛍光X線の時間変化(黄色に光っているところが鉄の蛍光X線が強い場所)

波長で観測されてきましたが、それらの波長で見えるものは一部の物質に限られていました。一方、X線の反射や吸収を使うと、あらゆる状態の物質を観測することが可能です。しかし、X線観測では、望遠鏡の解像度による制約から、その具体的な広がりや詳細な内部構造については解明されていませんでした。

今回、研究グループは、20年間にわたるX線観測のアーカイブデータを解析することにより、超巨大ブラックホール周辺のガスが20光年よりも小さな塊として存在していることを解明しました。さらに、電波の観測による分子ガスの分布と比較することにより、ブラックホールが放つX線に照らされることでガスの状態が変化していることを解明しました。これにより、銀河の進化の鍵を握るブラックホールと周囲の環境が互いに影響を及ぼし合う仕組みの理解が大きく進むと期待されます。

本研究成果は、「Publications of the Astronomical Society of Japan」に、3月2日(月)9時01分(日本時間)に公開されます。

### 【宮本さんのコメント】

20年にわたる観測データを詳細に分析するプロセスは困難の連続で、何度も解析を繰り返す作業には根気が必要でした。試行錯誤の末に本研究成果を導き出せたときは、これまでの苦勞が報われる思いでした。研究室の先生方にご指導をいただきながら、詳細な解析を最後までやり遂げられたことに達成感を感じています。アーカイブデータの中に眠る可能性と、宇宙の謎を解き明かす楽しさを、社会の皆さまと共有できれば幸いです。

### ❖ 研究の背景

これまで、銀河の中心にある超巨大ブラックホールは、周囲にある膨大なガスやちりを飲み込む過程で強烈なエネルギーを放射し、銀河全体の進化を左右していることが考えられてきました。様々な波長の光による観測から、超巨大ブラックホールは、核周円盤、トラス、降着円盤に取り囲まれていると考えられています(図2)。これらの構造には、やがてブラックホールに飲み込まれていく物質が分布しています。実際に、高い解像度の電波や赤外線観測で、分子ガスやちりでできた核周円盤が見えています。しかし、これらの波長で見える物質の状態や分布する領域は限られるため、他の波長による観測が必要となってきます。

そこで、物質の状態がガスやちりなどの分子か原子にかかわらず見ることが可能なX線による観測が行われてきましたが、解像度の限界によって、ガスがどのような広がりや構造を持っているのかを捉えきれないという課題がありました。

### ❖ 研究の内容

本研究では、**チャンドラ衛星が20年間にわたり蓄積したコンパス座銀河の公開アーカイブデータを非常に詳細に解析しました。その結果、ブラックホール周辺から放たれる鉄の蛍光X線の明るさが、半年から数年の単位で激しく変化していることを発見しました。**

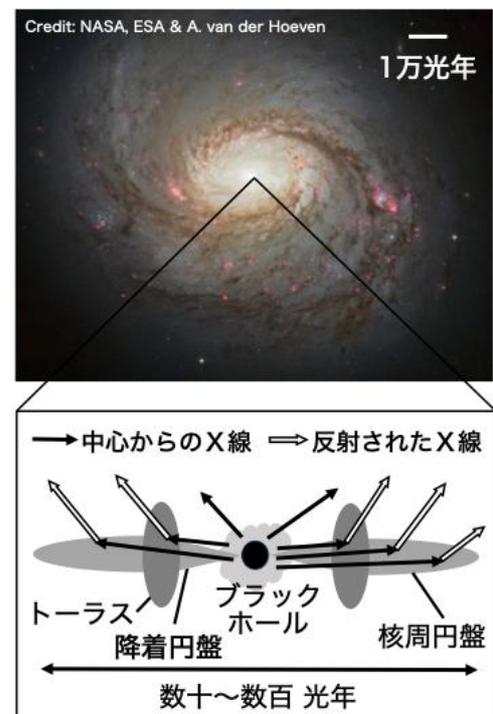


図 2. 銀河(上図)と銀河中心に存在する超巨大ブラックホールとその周辺構造の断面図(下図)

鉄の蛍光 X 線は、ブラックホールのすぐそばから出た X 線(図 2 の「中心からの X 線」)が、周辺の物質に含まれる鉄原子をあぶることで出てきます(図 2 の「反射された X 線」)。この反射のことを「X 線エコー」と呼びます。中心からの X 線の明るさが変わると、その X 線エコーとして観測される、鉄の蛍光 X 線の明るさも変化します。我々が住む地球が存在する天の川銀河の中心にも巨大ブラックホールがあるとされています。天の川銀河中心のブラックホール周辺では、X 線エコーの時間変化が観測されており、中心からの X 線の明るさは過去の方が現在よりも明るかったということがわかっています。本研究では、**これまで天の川銀河でしか見られていなかった X 線エコーの時間変化を、別の銀河(コンパス座銀河)で捉えることに世界で初めて成功しました。**

そして、この X 線エコーの時間変化を用いることで、中心からの X 線を反射しているガスの塊について、大きさの上限値を見積もることができます。上限値は、反射された X 線の時間変化のスケールに光の速さをかけることで求められます。本研究の解析の結果、この上限値はおよそ 20 光年であることがわかりました。これにより、従来の X 線望遠鏡の解像度では判別が不可能であった 30 光年よりも小さな構造の存在を、X 線の明るさの時間変化を活用することによって初めて明らかにすることができました。

さらに、アルマ望遠鏡が観測した**分子ガスの分布と鉄の蛍光 X 線の分布との比較により、X 線が強く照射されている領域で分子ガスが分解されている状況を実現し、ブラックホールの活動が周囲の環境に物理的な影響を与えている可能性を示しました。**

#### ❖ 本研究成果が社会に与える影響(本研究成果の意義)

本研究成果により、過去 20 年間に蓄積された観測アーカイブデータが、時間変化を利用した解析手法によって「**解像度の限界を突破する**」という新たな科学的価値を生み出すことが期待されます。これは天文学のみならず、蓄積されたビッグデータの戦略的な再活用が、世界最高の性能をもつ観測装置に匹敵する、あるいはそれを補完する発見をもたらし得ることを示した好例と言えます。

また、ブラックホールが周辺の星の材料を分解・変質させるプロセスの一端が解明されたことで、銀河の成り立ちや進化の歴史をより正確に描き出すことが可能になります。本研究で得られた知見は、将来の超高解像度観測において、何を狙い、何を解明すべきかという観測戦略の策定に大きく寄与します。銀河の進化の鍵を握る超巨大ブラックホール周辺の物質の循環を理解するうえで極めて大きな意義があります。

#### ❖ 特記事項

本研究成果は、2026 年 3 月 2 日(月)9 時 01 分(日本時間)に「Publications of the Astronomical Society of Japan」(オンライン)に掲載されます。

タイトル:“Possible time-variable iron-Ka emission in the circumnuclear region of the Circinus galaxy”

著者名:Aiko Miyamoto, Taiki Kawamuro, Hirokazu Odaka, Takuma Izumi and Hironori Matsumoto

DOI:<https://doi.org/10.1093/pasj/psag002>

なお、本研究は、科学技術振興機構 次世代研究者挑戦的研究プログラム/大阪大学 学際融合を推進し社会実装を担う次世代挑戦的研究者育成プロジェクト(課題番号:JPMJSP2138)および科学研究費助成事業(課題番号:23K13153, 24K00673, 22K18277, 22H00128, 23H00128)の支援を受けて行われました。

❖ **用語説明**

## ※1 鉄の蛍光 X 線

X 線は身体内部の診断などに使われる、非常に高いエネルギーをもつ光のことです。銀河中心にある超巨大ブラックホールは、周辺の物質を吸い込みながら X 線を放出します。放出された強烈な X 線が鉄などの原子に当たった際、その反応として放出される特定のエネルギーを持つ X 線を蛍光 X 線と呼びます。ブラックホールから放たれた光が周辺の物質に反射して届く「光のエコー」のような役割を果たすため、直接は見るのが難しいブラックホール周辺の物質分布やその動きを調査するための重要な手がかりとなります。

## ※2 解像度

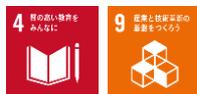
望遠鏡がどれだけ細かいものを見分けられるかという能力。本研究で観測対象としたコンパス座銀河の距離では、世界最高の解像度をもつ X 線天文衛星でも約 30 光年より小さな構造を見分けることはできませんでした。

## ※3 チャンドラ衛星

NASA(アメリカ航空宇宙局)が打ち上げた、世界最高の解像度を誇る X 線天文衛星。目に見える光(可視光)を遮るほど濃いガスやちりを透過して、ブラックホール周辺などの極めて高温・高エネルギーな天体現象を捉えることができます。1999 年の打ち上げ以来、20 年以上にわたって貴重な観測データを蓄積し続けています。

## ※4 アルマ望遠鏡

チリのアタカマ砂漠にある、日本を含む国際協力で運用されている巨大な電波望遠鏡群。非常に高い解像度と感度を持ち、星の材料となる低温のガスやちりが放つかすかな電波を捉えることができます。本研究では、分子ガスの分布を調べるために用いられました。

❖ **SDGs目標**❖ **参考 URL**

川室太希助教 研究者総覧

URL <https://rd.iai.osaka-u.ac.jp/ja/3e0f66cedd0da895.html>

❖ **本件に関する問い合わせ先**

<研究に関するお問い合わせ>

大阪大学 大学院理学研究科 助教

川室 太希(かわむろ たいき)

TEL: 06-6850-5476 FAX: 06-6850-5480

E-mail: [kawamuro@ess.sci.osaka-u.ac.jp](mailto:kawamuro@ess.sci.osaka-u.ac.jp)

大阪大学 大学院理学研究科 博士後期課程(JST 次世代育成プロジェクト fellow)

宮本 愛子(みやもと あいこ)

E-mail: [miyamoto@ess.sci.osaka-u.ac.jp](mailto:miyamoto@ess.sci.osaka-u.ac.jp)

<広報に関するお問い合わせ>

大阪大学 理学研究科 庶務係

TEL: 06-6850-5280 FAX: 06-6850-5288

E-mail: [ri-syomu@office.osaka-u.ac.jp](mailto:ri-syomu@office.osaka-u.ac.jp)

❖ 発信先 報道機関

大阪大学から 大阪科学・大学記者クラブ、文部科学記者会、科学記者会