



令和3年6月7日

報道機関 各位

東北大学学際科学フロンティア研究所

最期を迎えた超巨大ブラックホールの発見 3000 光年寄り道した光が捉える超巨大ブラックホールの最期の輝き

【発表のポイント】

- ・ 超巨大ブラックホールは、周りから落ちるガスで成長 (=質量を増やす) することが知られていたが、そのガス降着が終わる瞬間は観察されていなかった
- ・ 超巨大ブラックホールから 3000 光年離れたガスの輝きを使うことで、過去の超巨大ブラックホールの活動を捉えた
- ・ その結果、約 3000 年前は活動的だったものの、現在は活動をやめて成長を止めた (=死んだ) 超巨大ブラックホールを発見した
- ・ 今後は母銀河や同様のブラックホールを探索することで宇宙における超巨大ブラックホール成長終焉の条件を知ることができるかもしれない

【概要】

銀河の中心にある超巨大ブラックホールは、時に周りから落ちるガスを飲み込んで成長し、その際にガスの重力エネルギーが開放されて光で明るく輝きます。この状態を活動銀河核といいます。この活動銀河核がいつ終焉を迎えるかは長らくわかっておらず、その終焉の瞬間は長らく観測されてきませんでした。

東北大学学際科学フロンティア研究所の市川幸平助教らは、Arp 187 という天体に着目し、活動銀河核が作るおよそ 3000 光年にもおよぶ電離領域を「鏡」として利用することで、3000 年ほど遅れて地球に届いた過去の活動銀河核の光度を見積もりました。さらに NASA の NuSTAR 衛星による X 線観測から得られた現在の光度との比較を行いました。その結果、活動銀河核の光度が、この 3000 年程度で 1000 分の1以下に暗くなったことが明らかになり、活動銀河核が死につつある瞬間を捉えることに成功しました。

本研究成果は、2021 年 6 月のアメリカ天文学会年会で発表されます。6 月 7 日 (アメリカ東部夏時間) には、アメリカ天文学会主催の記者会見が開かれる予定です。

【詳細な説明】



図 1: 超巨大ブラックホールにガスが落ちて明るく輝く様子のイメージ図。このようにブラックホール周辺のガスが明るく輝く状態を活動銀河核という。(クレジット: NASA/JPL-Caltech; <https://www.jpl.nasa.gov/images/black-holes-monsters-in-space-artists-concept> より)

宇宙には数多くの銀河が存在し、その銀河の中心には太陽の質量の 100 万倍から 100 億倍にも及ぶ超巨大ブラックホール（注 1）が存在することが知られています。このような巨大な質量をもつ超巨大ブラックホールがどのようにして誕生し、質量を増やし（=成長し）、そして成長をやめて終焉を迎えるのかは未だに分かっておらず、天文学が解くべき謎の一つとされています。

ブラックホールそのものは光を出しません、ブラックホールの周りにガスが落ち込むと、ガスは重力エネルギーを開放し、光を放ちます（図 1）。このような天体を活動銀河核といいます。活動銀河核として明るくなった超巨大ブラックホールを観測することで超巨大ブラックホールがどのように成長してきたのかを探ることができます。

その一方で、活動銀河核の終焉の現場は、長らく発見されてきませんでした。いまままで発見されてきた超巨大ブラックホールの質量はせいぜい太陽の 100 億倍程度であることから、この活動はいつか終わりを迎えるはずですが、しかし、いったん活動をやめると超巨大ブラックホールの周辺は急激にその輝きを失い観測不可能になってしまうため、その現場を捉えるのは非常に困難でした。

東北大学学際科学フロンティア研究所の市川幸平助教らの研究チームは、この発見困難だと思われていた「死につつある活動銀河核」を発見しました。この発見は活動銀河核が作り出す周辺の環境の変化を活かすことで実現しました。



図 2: VLA 望遠鏡とアルマ望遠鏡の観測から得られた Arp 187 の電波画像 (VLA 4.86 GHz に青、VLA 8.44 GHz に緑、アルマ望遠鏡 133 GHz に赤を割り当てた擬似カラー画像)。2 つの電波構造が見えるが、中心核 (画像中央部) は暗いことがわかる。(クレジット: ALMA (ESO/NAOJ/NRAO), Ichikawa et al.)

まず、活動銀河核は膨大かつ高エネルギーの光を出すため、活動銀河核周囲のガスは電離 (注 2) され、その電離領域は約 3000 光年にも及びます。また、ブラックホール周辺から噴出したジェットが 1 万光年にもおよぶこともしばしばです。つまり、活動銀河核の特徴的な構造は超巨大ブラックホールから 1 万光年ほどまで広がっています。

研究チームはこのようにジェットを出している Arp 187 という天体をチリにあるアルマ望遠鏡 (注 3) やアメリカにある VLA 望遠鏡 (注 4) が電波で観測したデータを解析しました。その結果、ジェットに特有の広がった 2 つの構造が見られた一方で、中心核に付随する電波が非常に暗く見えないことに気が付きました (図 2)。

活動銀河核の様々な物理スケールの特徴量をさらに見ていくと、100 光年より小さい物理スケールでは活動銀河核の特徴が全く見られないことがわかりました。これは、活動銀河核がこの約 3000 年以内という「最近」に活動をやめたと考えると自然に説明できます。いったん活動銀河核が活動をやめると、光の供給がなくなり小さいスケールから順々に暗くなりますが、大きいスケールを持つ電離領域では光が 3000 光年ほど「寄り道」してから届くため、3000 年前の活動銀河核の光がまだ観測できるのです (図 3)。

研究チームはこの活動銀河核がどの程度暗くなったかも明らかにしています。例えば、電離領域の光度は太陽光度の約 3 兆倍であり、3000 年ほど前は非常に活発であったことがわかります。活動銀河核の現在の光度は NASA の NuSTAR 衛星 (注 5) で X 線観測から得られています。その結果、X 線は検出されず (図 4)、太陽光度の約 10 億倍よりも暗いことがわかりました。これは Arp 187 内の活動銀河核は、この 3000 年程度で光度が 1000 分の 1 以下に暗くなったことを示しています。

市川幸平助教は、「今回は一天体のみの発見ですが、同様の手法を用いて、死につつつある活動銀河核をより多く探査することを検討しています。さらに、超巨大ブラックホール周辺の分子ガス分布を調査することで、超巨大ブラックホールの最期がどのような環境なのかを明らかにする予定です」と今後の展望を語ります。

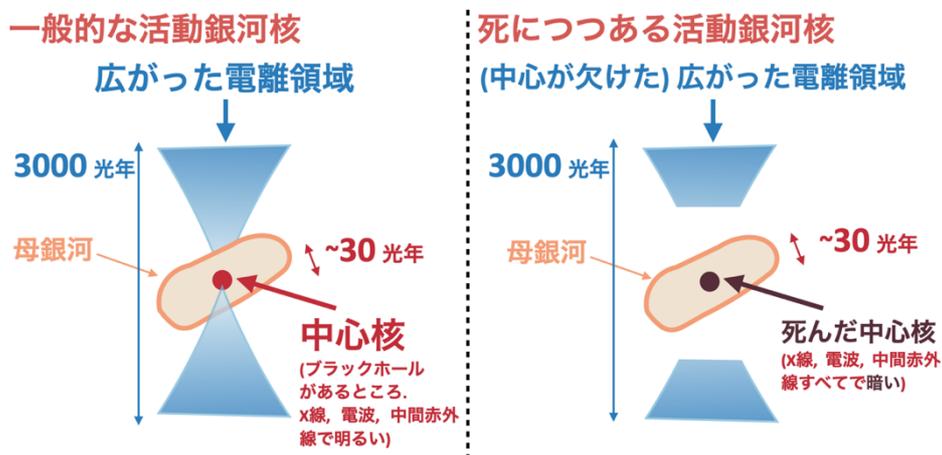


図 3: 死につつつある活動銀河核のイメージ図。一般的な活動銀河核は広がった電離領域 (約 3000 光年) および中心核 (<30 光年) の両方で明るく輝くが、死につつつある活動銀河核では中心核はすでに暗くなり、広がった電離領域のみが明るく輝いている。(クレジット: Ichikawa et al.)

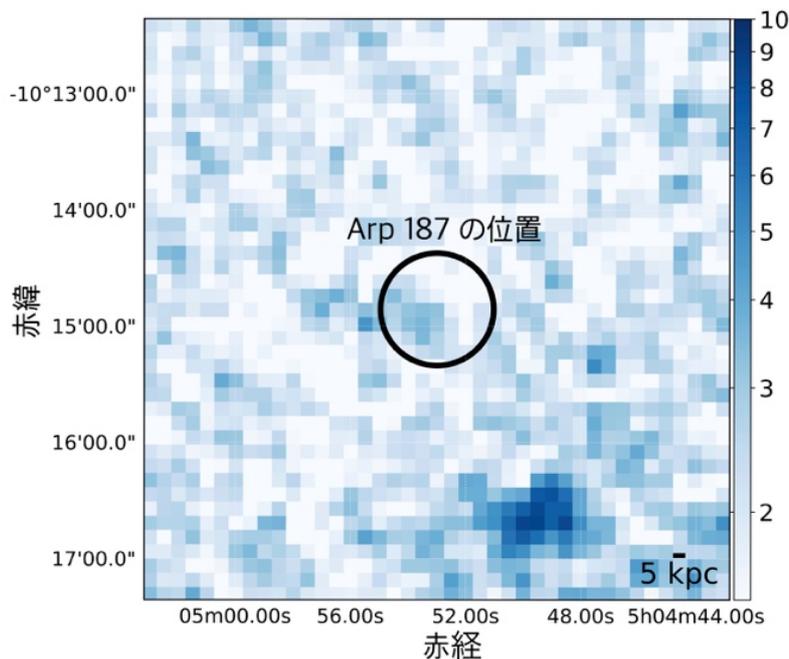


図 4: NuSTAR 衛星から得られた X 線画像 (8-24 keV)。黒丸が Arp 187 の存在する場所。X 線が検出できなかったことを示す。(クレジット: Ichikawa et al.)

[用語説明]

(注 1) 超巨大ブラックホール

銀河の中心に普遍的に存在すると考えられているブラックホール。その質量は太陽の 100 万倍から 100 億倍にまで及び、その質量獲得の起源は未だ謎とされています。

(注 2) 電離

原子は中性の時には原子核とその周りを回る電子で構成されています。この電子が周りからの (今回の場合は高エネルギーの光子による) 相互作用によって外に叩き出されてしまう現象を電離と言います。電離された原子が存在することで、過去に原子が電離するほどの高エネルギー光子にさらされたという間接的な証拠になります。

(注 3) アルマ望遠鏡

チリにある世界最高感度および高空間分解能の電波望遠鏡。遠方にある銀河の細かい構造を空間分解したい場合は、アルマ望遠鏡が最も適しています。今回の場合、高空間分解能と高感度観測を活かし、中心核の電波放射の上限値を強くつけるのに貢献しました。

(注 4) VLA 望遠鏡

アメリカにある電波望遠鏡。アルマ望遠鏡よりも低周波数の電波帯の観測が可能で、アルマ望遠鏡で心配されるダストの輻射の邪魔なしの純粋なジェット放射を捉えられる利点があります。

(注 5) NuSTAR 衛星

NASA が打ち上げた X 線天文衛星。10 keV 以上のエネルギー帯での観測が可能で、周りのガスの吸収の影響を受けずに活動銀河核の現在の光度を見積もるのに最適な衛星です。

【発表論文】

学会名: 238th Meeting of the American Astronomical Society

タイトル: Serendipitous Discovery of a Dying Active Galactic Nucleus in Arp 187

著者: Kohei Ichikawa, Junko Ueda, Taiki Kawamuro

URL: <https://aas.org/meetings/aas238>

【参考文献】

Ichikawa et al. (2019a)

雑誌名: The Astrophysical Journal

タイトル: Discovery of Dying Active Galactic Nucleus in Arp 187: Experience of Drastic Luminosity Decline within 10^4 yr

著者: Kohei Ichikawa, Junko Ueda, Hyun-Jin Bae et al.

DOI: 10.3847/1538-4357/aaf233

URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.3847/1538-4357/aaf233>

Ichikawa et al. (2019b)

雑誌名: The Astrophysical Journal Letter

タイトル: NuSTAR Discovery of Dead Quasar Engine in Arp 187

著者: Kohei Ichikawa, Taiki Kawamuro, Megumi Shidatsu et al.

DOI: 10.3847/2041-8213/ab3ebf

URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.3847/2041-8213/ab3ebf>

【問い合わせ先】

(研究に関すること)

東北大学学際科学フロンティア研究所 新領域創成研究部

助教 市川幸平

Eメール: k.ichikawa@astr.tohoku.ac.jp

(取材に関すること)

東北大学学際科学フロンティア研究所 企画部

特任准教授 藤原英明

電話番号: 022-795-5259

Eメール: hideaki@fris.tohoku.ac.jp