

「ニュータイプ」巨大ブラックホールの発見

－ 高エネルギー X 線観測で暴く隠れたブラックホールの謎 －

概要

NASA のスウィフト衛星は、透過力のきわめて強い「硬 X 線」(10 キロ電子ボルト以上のエネルギーをもつ X 線) を用い、かつてない高感度で宇宙の全天マップを作成しつつある。われわれ京大・愛媛大・NASA の国際共同チームは、最近スウィフトによって新しく見つかった 2 つの硬 X 線源を、日本の X 線天文衛星「すざく」で精密に観測した。その結果、(1) これらの硬 X 線が、近傍にある「一見、ふつうに見える銀河」の中心から来ていること、(2) その正体が、大量の物質に埋もれていて光がほとんど外に洩れていない、今までに知られていなかった「ニュータイプ」巨大ブラックホールであることを世界で初めて明らかにした。この発見は、今までに見逃されていた「完全に隠された」明るいブラックホールが宇宙に多量に潜んでいる可能性を示唆し、宇宙の進化の理解にインパクトを与えるものである。

本研究の解説と意義

宇宙に存在する銀河の少なくとも 1% は、中心核から電波～X 線にわたる広い波長範囲で太陽の 100 億倍～100 兆倍もの莫大なエネルギーを放射しています。これらは「活動銀河核」と呼ばれます。その正体は太陽の 100 万倍から 10 億倍の質量をもつ巨大ブラックホールで、そこに周囲の物質が落ち込むと強い重力によってガスが高温に熱せられ明るく輝きます。最近の研究により、活動銀河核は銀河の星の形成過程と密接に関わっており、宇宙の進化に本質的な役割を果たしていることが分かってきました。

このような巨大ブラックホールが宇宙にいくつ存在するか？ という基本問題に答えるべく、天文学者はこれまで様々な方法で活動銀河核を探索してきました。その多くは、可視光や紫外線を用いたものでした。標準的なモデルによると、巨大ブラックホールは「トーラス」と呼ばれる、ドーナツの形状をした物質に囲まれていると考えられています。見る角度によっては、ブラックホールがトーラスに隠され、中心からの可視光が見えない場合もあります(「2 型活動銀河核」とよばれます)。幸い、そのような場合も、トーラスのすき間(ドーナツの穴)から洩れる光が多量に存在し、照らされたガスから強い輝線(特定の元素から放射される波長の揃った光)が発せられるため、原理的にブラックホールを見つけることが可能であると考えられてきました。

X 線観測は、直接的にブラックホールを探る有力な方法です。じっさい日本の「あすか」、NASA の「チャンドラ」を始めとする X 線天文衛星は、これまでに多くの 2 型活動銀河核を発見してきました。しかし技術的困難さから、これまでに行なわれてきた X 線探査のほとんどは 10 キロ電子ボルト以下のエネルギー範囲に限られていました。視線方向をさえぎる物質の量が多くなると、エネルギーの低い X 線は完全に吸収されてしまい、ブラックホールを直接、見通すことができなくなります。このような、深く隠されたブラックホールがどれだけ宇宙にあるかということは、ほとんど分かっていません。これらを見つけるには、透過力の非常に強い、10 キロ電子ボルト以上の X 線(硬 X 線)を用いることが本質的に重要です。

そこで我々の注目したのが、2 年前に打ち上げられた NASA の「スウィフト」衛星です。15–200 キロ電子ボルトのエネルギー領域で優れた感度を持つ「スウィフト」は、現在、過去最高の感度で硬 X 線の全天マップを作成しつつあり、次々と新しい天体を見つけ出しています。

我々は「スウィフト」により見つかった新しい硬 X 線源の正体を明らかにするべく、2 つの天体を日本の X 線衛星「すざく」で詳細に観測しました。図 1 はその一つについて、「すざく」の X 線 CCD カメラで撮られた X 線の画像(緑の等高線)と、可視光画像を重ね書きしたものです。この結果、硬 X 線の起源が、一見、可視光で見ると活動的でない「ふつうの銀河」の中心から来ていることが確認されました。2 つの銀河は ESO 005–G004、ESO 297–G018 という名前で、それぞれ「はちぶんぎ(八分儀)」座、「ほうおう(鳳凰)」座の方向、地球から約 8 千万光年、3 億 5 千万光年の距離にあります。

これらの新天体が、今までに知られていたものと同種かどうかを検証するためには、硬 X 線だけでなくエネルギーの低い X 線も用いてブラックホールの周囲の構造を探る必要があります。「すざく」は、0.2 から 70 キロ電子ボルトという広いエネルギー範囲において高精度のデータを同時に取得することができるというユニークな特徴を持ちます。図 2 にそのスペクトル (X 線の強度をエネルギーごとに示したものを) を示します。10 キロ電子ボルト以上の硬 X 線の強度がきわだって強いことが分かります。それに対し、低エネルギー側では X 線強度はずっと弱く、このために過去の観測で見逃されていたと理解できます。

データを詳しく解析したところ、透過力の強い硬 X 線では、ブラックホール近辺からの直接光が大量の物質をくぐり抜けて我々に届いていることが分かりました。それに対し、10 キロ電子ボルト以下の直接光は強く吸収されていて、壁にあたって反射された一部の X 線だけが主に見えています。最も重要な結果は、トラスから外に洩れ出し散乱された 2 キロ電子ボルト以下の X 線が極端に少ない、という点です。この特徴は今までに知られていた活動銀河核にはなかったもので、これらが大量の物質に深く埋もれた「ニュータイプ」巨大ブラックホールであることを強く示唆しています。

図 3 に ESO 005-G004 の中心核の想像図を示します。高いトラスの壁に囲まれて、ブラックホールから見てほとんどの方向が遮られているため、中心から洩れ出している X 線や可視光の量は非常に少ないと考えられます。じっさい我々は、南アフリカ天文台で可視光の観測を行ない、トラスの外から来ている輝線が極めて弱いことを確かめました。

「すざく」と「スウィフト」の連携による、この「ニュータイプ」ブラックホールの発見は、未だに見つかっていない、大量の物質によって覆い隠された活動銀河核が宇宙に多量に存在する可能性を強く示唆し、巨大ブラックホールおよび銀河の進化を考える上でインパクトを与えるものです。

今回の成果は、10 キロ電子ボルト以上の硬 X 線での観測が隠れたブラックホールを探查する上でいかに強力かということを証明しています。宇宙に存在する全ブラックホールからの放出エネルギーは、「硬 X 線背景放射」として 10-100 キロ電子ボルトの範囲に集中していることがわかっており、本研究は、今後この分野を切り開いて行く先鞭をつけたといえます。日本で検討中の次期 X 線天文衛星 NeXT (ネクスト) は、「スウィフト」衛星のおよそ 100 倍以上の感度での硬 X 線観測を行なうことができる計画で、巨大ブラックホールの進化の謎の解明に向けて大きな進展をもたらすと、世界中から期待されています。

研究チーム

上田 佳宏 (うえだよしひろ)	京都大学大学院理学研究科	准教授
江口 智士 (えぐちさとし)	京都大学大学院理学研究科	大学院生
寺島 雄一 (てらしまゆういち)	愛媛大学大学院理工学研究科	准教授
Richard Mushotzky (リチャード・ムショツキー)	米航空宇宙局ゴダード宇宙飛行センター	研究員
Jack Tueller (ジャック・トゥエラー)	米航空宇宙局ゴダード宇宙飛行センター	研究員
Craig Markwardt (クレイグ・マークワート)	米航空宇宙局ゴダード宇宙飛行センター	研究員
Neil Gehrels (ニール・ゲーレルズ)	米航空宇宙局ゴダード宇宙飛行センター	研究員
橋本 康弘 (はしもとやすひろ)	南アフリカ天文台	研究員
Potter Stephen (ポッター・シュテフェン)	南アフリカ天文台	研究員

発表予定

2007 年 8 月 1 日付 アストロフィジカル・ジャーナル・レターズ誌 (米国)

(本研究成果は、京都での記者会見とほぼ同時に、NASA からプレスリリースされる予定です。)

(*) 以下の画像 (jpg) は以下の URL から入手可能です。
<http://www.kusastro.kyoto-u.ac.jp/~yueda/newtype-press/>



図 1: ESO 005-G004 の周辺の可視光画像 (STScI Digitized Sky Survey 提供) に、「すざく」搭載 X 線 CCD カメラで得られた画像の等高線 (緑) を重ねたもの (この CCD カメラは 10 キロ電子ボルト以下のエネルギーの X 線に感度を持ちます。X 線像の広がりや見かけ上のものは望遠鏡による見かけ上のもので、じっさいは点源だと考えられます)。四角の 1 辺の長さは、この銀河の距離でおおよそ 17 万光年に相当します。

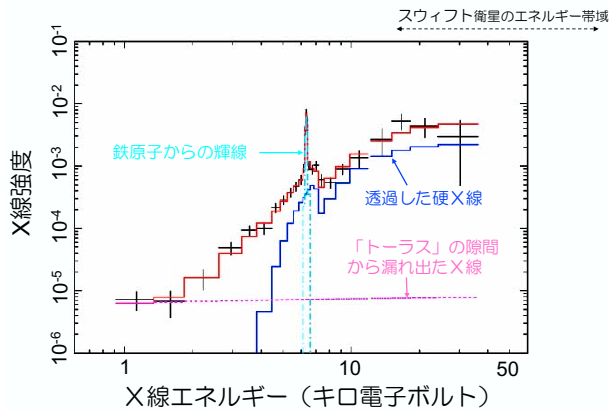


図 2: 「すざく」で取得した ESO 005-G004 の X 線エネルギースペクトル

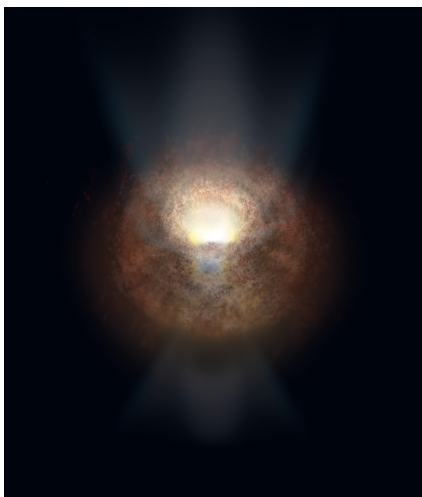


図 3: ESO 005-G004 の中心核にある巨大ブラックホール周囲の想像図 (JAXA 提供)。