

MILKY WAY GIANT BLACK HOLE AWOKE FROM SLUMBER 300 YEARS AGO

GREENBELT, Md. –NASA

Using NASA, Japanese, and European X-ray satellites, a team of Japanese astronomers has discovered that our galaxy central black hole let loose a powerful flare three centuries ago.

The finding helps resolve a long-standing mystery: why is the Milky Way black hole so quiescent? The black hole, known as Sagittarius A* (pronounced Sagittarius A-star), is a certified monster, containing about 4 million times the mass of our Sun. Yet the energy radiated from its surroundings is billions of times weaker than the radiation emitted from central black holes in other galaxies.

“We have wondered why the Milky Way black hole appears to be a slumbering giant,” says team leader Tatsuya Inui of Kyoto University in Japan. “But now we realize that the black hole was far more active in the past. Perhaps it is just resting after a major outburst.”

The new study, which will appear in the Publications of the Astronomical Society of Japan, combines results from Japan’s Suzaku and ASCA X-ray satellites, NASA’s Chandra X-ray Observatory, and the European Space Agency’s XMM-Newton X-ray Observatory.

The observations, collected between 1994 and 2005, revealed that clouds of gas near the central black hole brightened and faded quickly in X-ray light as they responded to X-ray pulses emanating from just outside the black hole. When gas spirals inward toward the black hole, it heats up to millions of degrees and emits X-rays. As more and more matter piles up near the black hole, the greater the X-ray output.

These X-ray pulses take 300 years to traverse the distance between the central black hole and a large cloud known as Sagittarius B2, so the cloud responds to events that occurred 300 years earlier. When the X-rays reach the cloud, they collide with iron atoms, kicking out electrons that are close to the atomic nucleus. When electrons from farther out fill in these gaps, the iron atoms emit X-rays. But after the X-ray pulse passes through, the cloud fades to its normal brightness.

Amazingly, a region in Sagittarius B2 only 10 light-years across varied considerably in brightness in just 5 years. These brightenings are known as light echoes. By resolving the X-ray spectral line from iron, Suzaku’s observations were crucial for eliminating the possibility that subatomic particles caused the light echoes.

“By observing how this cloud lit up and faded over 10 years, we could trace back the black hole’s activity 300 years ago”, says team member Katsuji Koyama of Kyoto

University. “The black hole was a million times brighter three centuries ago. It must have unleashed an incredibly powerful flare.”

This new study builds upon research by several groups who pioneered the light-echo technique. Last year, a team led by Michael Munro, who now works at the California Institute of Technology in Pasadena, Calif., used Chandra observations of X-ray light echoes to show that Sagittarius A* generated a powerful burst of X-rays about 50 years ago about a dozen years before astronomers had satellites that could detect X-rays from outer space. “The outburst three centuries ago was 10 times brighter than the one we detected,” says Munro.

The galactic center is about 26,000 light-years from Earth, meaning we see events as they occurred 26,000 years ago. Astronomers still lack a detailed understanding of why Sagittarius A* varies so much in its activity. One possibility, says Koyama, is that a supernova a few centuries ago plowed up gas and swept it into the black hole, leading to a temporary feeding frenzy that awoke the black hole from its slumber and produced the giant flare.

和訳

天の川銀河の巨大ブラックホール、300年前の眠りからの目覚め

NASA 発表

日本の天文学者チームは、われわれの銀河系中心のブラックホールが 300 年前には強烈な X 線を放射していたことを、NASA、日本、そしてヨーロッパの X 線観測衛星の分析から突き止めた。

この発見は、このブラックホールの謎、「なぜ、銀河系中心のブラックホールが静穏なのか？」という問いに答える。問題のブラックホールは「いて座 A*」として知られており、実に太陽の 400 万倍もの質量を持っている。しかし、そこから放射されるエネルギーは、他の銀河の中心にあるブラックホールと比して、何十億分もの一という微弱なものである。

京都大学の乾達也博士は、「私たちの銀河系中心のブラックホールが、なぜ眠れる巨人なのか、大きな疑問でした。今回、このブラックホールは過去には非常に活動的であったことがわかったのです。」と述べている。

日本の X 線天文衛星「すざく」と「あすか」、NASA の X 線天文衛星「チャンドラ」、そしてヨーロッパ航空宇宙局の X 線天文衛星「XMM-Newton」による新しい研究成果は、日本天文学会欧文報告(The Publications of the Astronomical Society of Japan)、特集号で発表される (図 1)。

銀河中心領域は、1994—2005 年の間、観測が行われ、データ解析の結果、中心のブラックホール近傍、「いて座 B2」として知られる巨大星雲から激しく変動する特有の X 線 (特

性 X 線という：図 2) が発見された。通常、ガスがブラックホールに向かって渦巻きながら落ちるとき (降着という)、ガスは何百万度にもなり、X 線を発生する。降着するガスが多ければ多いほど X 線も強くなる。

ブラックホールから発した X 線が、「いて座 B2」に達するのに、300 年がかかる。今、我々が観測していることは、実は 300 年前の出来事を見ていることである。X 線が「いて座 B2」に達すると、そのガス雲の中の鉄の原子と衝突し、内殻の電子をたたき出す。その空席に、外殻の電子が落ち込むと、鉄の原子は特有の X 線を発する (図 2)。しかし、もとの X 線が通過した後は星雲からは特有の X 線は放射されない。

「いて座 B2」は 10 光年の大きさを持つが、驚くべきことは、特有の X 線がたった 5 年間で激しく変動していたことである。この現象を研究グループは「光のこだま」(light echo) と呼んでいる。「すざく」が観測した X 線データはこの「光のこだま」という考え方が正しいことを決定的にした (図 3)。

小山勝二教授 (京都大学宇宙総合学ユニット長) は「いて座 B2 が、どのように光り、消えるか、10 年間に渡り観測した結果、300 年前のブラックホールがどんな活動をしていたのかを時間的に追うことができたのです。つまり、300 年前のブラックホールは、現在より百万倍も明るかったはずです。」と言っている。

カリフォルニア工科大学のムノ博士らは、X 線天文衛星「チャンドラ」の X 線で「光のこだま」を観測し、ブラックホール「いて座 A*」がおおよそ 50 年前に強力な爆発を起こし X 線が放射した、と報告している。ムノ博士は、「300 年前の爆発は、われわれが発見した爆発より 10 倍も大規模なものだったろう」と言っている。

銀河の中心までの距離は、われわれの地球から 2 万 6 千光年である。したがって、現在観測する出来事は 2 万 6 千年前の出来事である。小山教授によると、「数世紀前に超新星爆発が起き、それが引きかねとなって大量のガスがブラックホールに落ち込み、ブラックホールを目覚めさせたのかもしれない」という。

Digest Version

The Milky Way Slumbering Giant Awakes

At the center of our Milky Way Galaxy lies a monster: a giant black hole that contains about 4 million times more material than our Sun. Yet it is a sleeping giant. Compared to the giant black holes in the centers of other galaxies, our black hole is strangely quiet. But a team of Japanese astronomers may have helped solve the mystery.

By using four satellites that catch X-rays from outer space, they have found evidence that our black hole was not so quiet 300 years ago. They have shown that the black hole let loose a powerful outburst of X-ray light.

“We have wondered why the Milky Way black hole appears to be a slumbering giant”

says team leader Tatsuya Inui of Kyoto University in Japan. But now we realize that the black hole was far more active in the past. Perhaps it is just resting after a major outburst.

The black hole itself is known as Sagittarius A* (pronounced Sagittarius A star), for its location in the constellation Sagittarius. Normally, the black hole is quiet, producing billions of times less energy than giant black holes in other galaxies. But according to Inui and his colleagues, the black hole must have produced an incredible burst of X-ray light three centuries ago. They made this discovery by noticing a strange effect known as light echoes.

Light echoes are similar to the sound echoes we hear when sound waves reverberate in a room or valley. In the case of light echoes, the X-rays produced by the giant outburst have been racing outward across trillions of miles of space at the speed of light. Three hundred years later, they have traveled far enough that they reach a giant gas cloud known as Sagittarius B2. Once they penetrate this cloud, they heat up the gas, and cause it to glow brightly in X-rays. But once the X-rays pass through the cloud, it cools down, and its brightness fades back to normal.

So Sagittarius B2 acts like a giant mirror. The light echoes inside the cloud give astronomers a record of the black hole energy output 300 years earlier.

By using Japan's Suzaku and ASCA X-ray satellites, NASA's Chandra X-ray Observatory, and the European Space Agency's XMM-Newton X-ray Observatory, Inui's team could observe the behavior of the cloud between 1994 and 2005.

"By observing how this cloud lit up and faded over 10 years, we could trace back the black hole's activity 300 years ago", says team member Katsuji Koyama of Kyoto University. "The black hole was a million times brighter three centuries ago. It must have unleashed an incredibly powerful flare."

It takes light from the Milky Way Galaxy center about 26,000 years to reach Earth, so when astronomers observe the black hole and the gas cloud, they are actually seeing events that took place 26,000 years ago. At that time, Earth was still plunged in the last ice age, and humans were living in caves.

Astronomers don't know why Sagittarius A* produced such a powerful flare three centuries ago. One possibility, says Koyama, is that a giant star exploded. The blast wave from the explosion plowed up gas and swept it into the black hole, leading to a temporary feeding frenzy that awoke the black hole from its slumber and produced the giant flare.

和訳

ダイジェスト版

天の川銀河系の巨大ブラックホールの目覚め

私たちの天の川銀河系の中心には、モンスターが横たわっている。それは太陽の 400 万倍もの質量をもつ巨大ブラックホールである。だが、それは眠れる巨人でもある。他の銀河系の中心にあるブラックホールと異なり、私たちのブラックホールは奇妙に静かなのである。日本の天文学者たちのチームが、このブラックホールの謎を解明した。

4つの X 線天文衛星のデータ解析の結果、私たちのブラックホールは 300 年前は、静かだったどころか強烈な X 線を放射し、消滅していた、という証拠が見つかった。観測チームの京都大学 乾達也博士によれば、「私たちの銀河系中心のブラックホールが、なぜこのように眠れる巨人として横たわっているのか、私たちは考えめぐねてきましたが、今回、このブラックホールはかつては非常に活動的であったことがわかったのです。」

このブラックホールは、「いて座」の中に位置するため「いて座 A*」として知られている。ところが、このブラックホールは大変静かであり、他の銀河の中心にあるブラックホールに比べ、放射のエネルギーは何十億分の一である。しかし、研究チームによると、このブラックホールは 3 世紀前には、強烈な X 線を放射していたという。この発見は、「光のこだま」(light echo) という不思議な現象を発見し、分析して見つかった。

「光のこだま」とは、室内や谷間でおこる「こだま」と似ている。「光のこだま」は、巨大な爆発によって発生した X 線が光速で宇宙空間、何十兆キロメートルを 300 年間進み、「いて座 B2」と呼ばれる巨大星雲にぶつかり「こだま」として反射したものである。X 線が星雲にぶつかると、ガスは熱せられて、X 線で明るく輝く。しかし、X 線が星雲を通りすぎると、X 線の輝きも消えてもとに戻る。

「いて座 B2」は、巨大な鏡の役割を果している。この星雲による「光のこだま」は、300 年前にさかのぼり、ブラックホールの活動の記録を提供している。観測チームは、1994 年から 2005 年までの間、日本の X 線天文衛星「すざく」と「あすか」、NASA の X 線天文衛星「チャンドラ」、そしてヨーロッパ航空宇宙局の X 線天文衛星「XMM-Newton」から収集されたデータをもとに、この星雲の振舞いを解析した。

観測チームの小山勝二教授（京都大学宇宙総合学ユニット長）は「この星雲がどのように光って、そして消えていくか、10 年間にわたり観測し、300 年前のブラックホールがどのような活動をしていたかを時間的に追うことができたのです。300 年前のブラックホールは、現在より百万倍も明るく、きわめて強力な X 線を発していたはずです。」と述べている。

銀河の中心まで、われわれの地球より 2 万 6 千光年である。したがって、われわれが現

在観測するものは2万6千年前の出来事である。地球は、最後の氷河期にあり、人類はまだ洞窟生活をしていた頃である。

それではなぜ、ブラックホール「いて座 A*」は300年前に強力な発光を生じたのか。小山教授によると、「数世紀前に超新星爆発が起き、そのときのガスがブラックホールに大量に落ち込んだ。その結果、一時的にブラックホールを目覚めさせたのかもしれない」という。

天の川銀河系の中心の X 線

大質量ブラックホールの300年前の大爆発の「光のこだま」をキャッチ（青い色が「光のこだま」特有の X 線、黄色の星印が銀河系中心のブラックホール、いて座 A*）

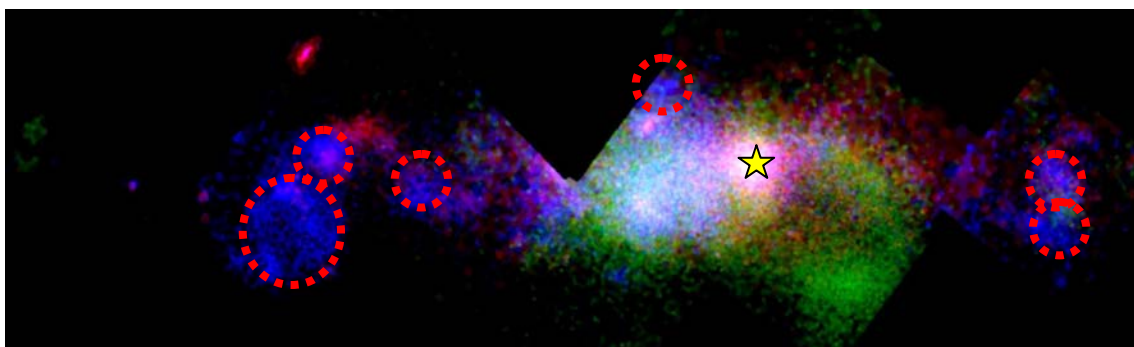


図1

特有な(蛍光)X線の放射機構

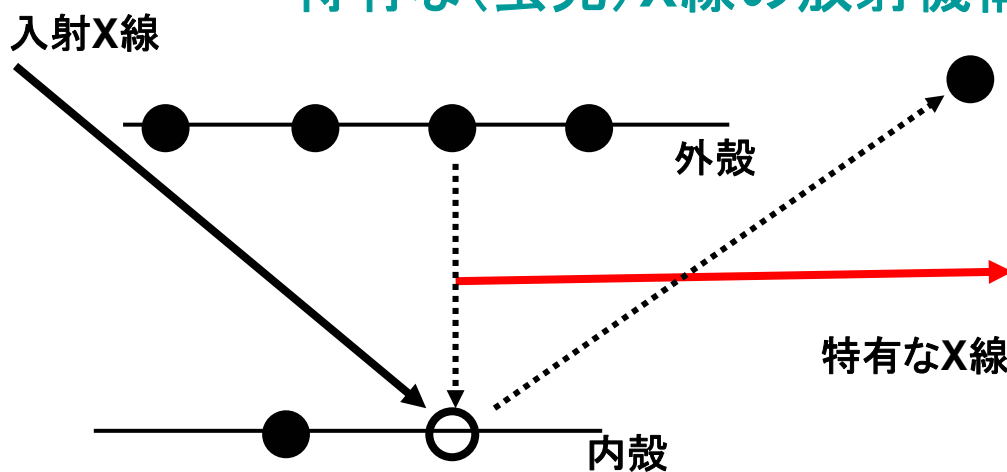


図2

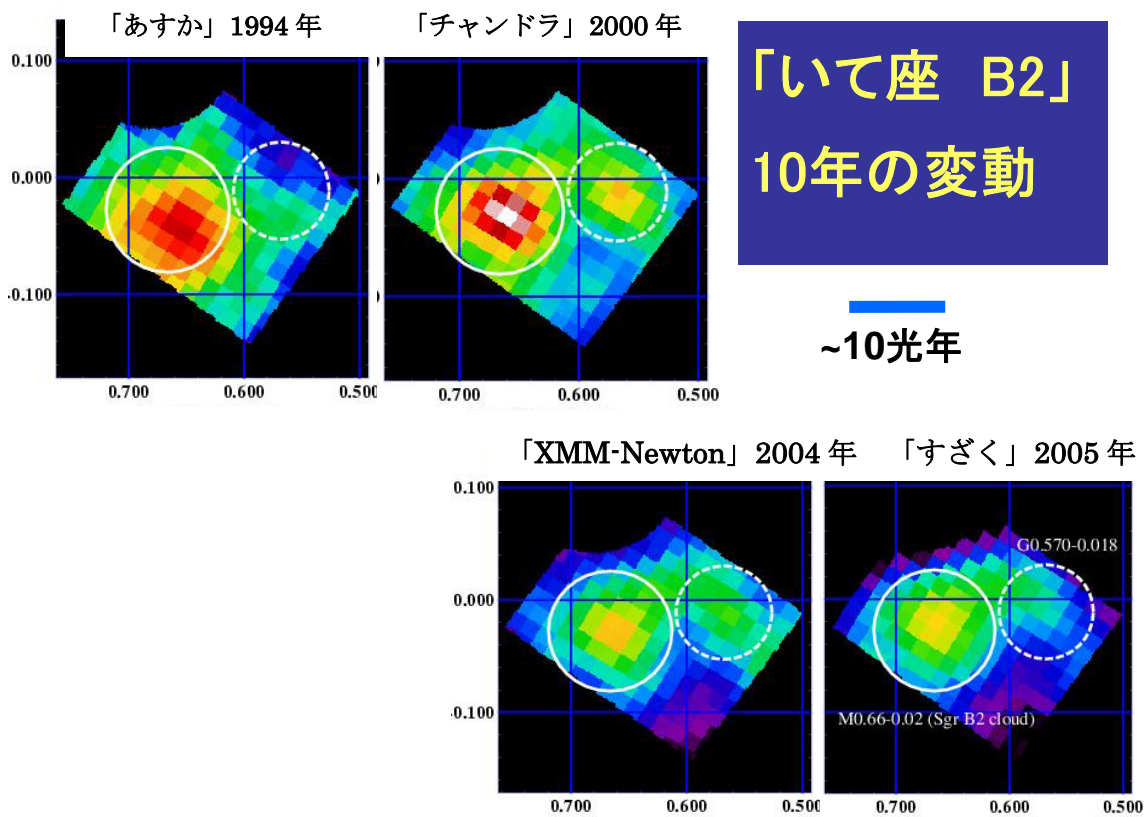


図 3

問い合わせ先

小山勝二

京都大学宇宙総合学研究ユニット ユニット長

京都大学理学部物理第二宇宙線研究室

E-mail: koyama@cr.scphys.kyoto-u.ac.jp

Web: <http://www-cr.scphys.kyoto-u.ac.jp/member/koyama/>

Voice: 065-753-3833 Fax: 075-753-3799

鶴 剛

E-mail: tsuru@cr.scphys.kyoto-u.ac.jp

Voice: 065-753-3868

松本浩典

E-mail: matumoto@cr.scphys.kyoto-u.ac.jp

Voice: 065-753-3869