

宇宙は熱く激しい現象に満ちて いる

五月二日、私たちが住む天の川銀河の中心にある巨大ブラックホール「座A」の撮影に初めて成功したと発表がありました。私たちの目で観測することができないブラックホールの研究には、エックス線が利用されています。

なぜエックス線なのでしょう。宇宙物理学者の馬場彰(東京大学大学院理学系研究科准教授)さんに、X線天文学と宇宙の魅力を伺います。

X線天文学とは

天文学とは、人類が空を見上げて、太陽や月や星を観測する人類最古の学問の一つです。

その長い歴史の間、人間は天体からの可視光(私たちの目で捉えることのできる光)だけを観測して、知見を積み重ねてきました。

二〇世紀に入ってから、赤外線や電波、エックス線といった、さまざまな波長帯の電磁波が天体から出てくることがわかってきました。

(編集部)

最初に天体からのエックス線を観測したのは、一九四九年のことでした。アメリカのニューメキシコ州で打ち上げられたロケットに搭載された検出器が、太陽からのエックス線を検出したのです。当時の検出器の性能は低く、他の天体の観測は行うことはできませんでした。

しかし一九六二年、月からのエックス線を観測しようとしたロケット実験で、偶然にもさそり座の方向に強力なX線源を

(Riccardo Giacconi — Facts. NobelPrize.org. Nobel Prize Outreach AB 2022.Thu.12 May 2022.)



●さそり座 X-1 の発見で 2002 年にノーベル物理学賞を受賞したリカルド・ジャコーニ氏

発見しました。さそり座 X-1 と名付けられたこの X 線源は、月からわずか二度ずれた方向に位置していました。このように、X 線天文学は偶然から始まりました。

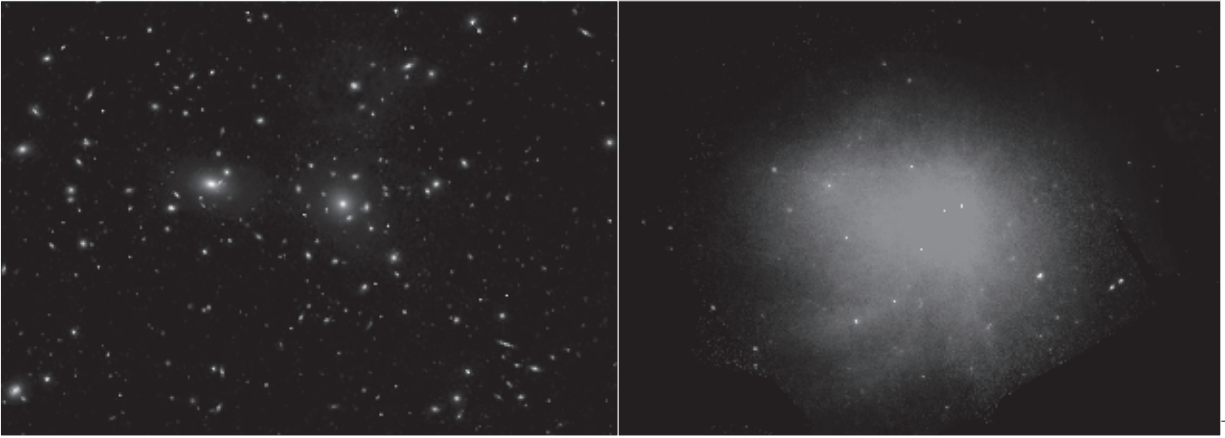
超高温の天体はプラズマで輝く

私たちが星を地上から観測することができるのは、星が放つ可視光が地球の大気を通過できるからです。しかし、大気はエックス線を通さないもので、地上では宇宙からのエックス線を観測することはできません。宇宙のエックス線を観測するためには、衛星やロケットなどを打ち上げる必要があります。

可視光を出す天体は数千度から数万度の温度になっています。エックス線を出す天体はさらに熱く、数百万度から数億度の天体です。こうした超高温の天体はプラズマ状態になっていて、エックス線で輝きます。そういった天体が宇宙に存在すると教えてくれたことが X 線天文学の大きな成果です。エックス線を調べることで、酸素や炭素、鉄など種々の元素が天体にあることもわかります。

銀河団は薄いガスの塊だ

宇宙最大の構造として、銀河の集まりの銀河団があります。可視光で見えた銀河団と、エックス線で見えた銀河団を比較した画像があります。エックス線で見ると、一つひとつの銀河はあまり明るくありません。エックス線で見えた銀河団で見えているのは、銀河を取り巻く巨大なガスです。この数百万度という高温のガスは、一立方センチに原子が一個しかないくらいの薄いガスですが、広大な空



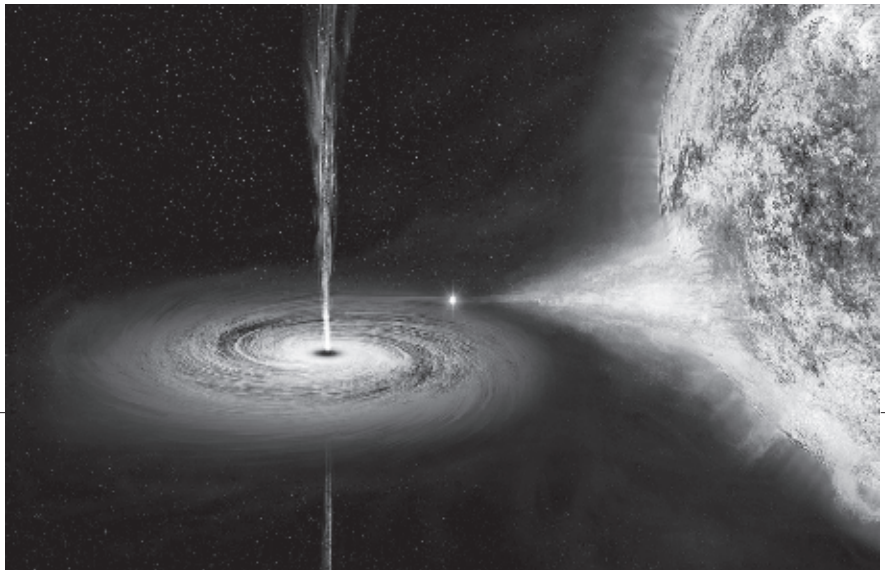
●可視光で見た銀河団（左）とエックス線で見た同じ銀河団（右）

間を満たしているのです、重さは銀河の一〇倍くらいあります。つまり、銀河団は銀河の集まりではなく、薄いガスの塊で、銀河や人間はおまけのような存在だということです。このガスを重力で銀河にとどめておくには、ガスだけの質量では全く足りません。ガスに加えて、暗黒物質が大量に存在するというのも、X線天文学が明らかにしました。実は、宇宙で観測可能な物質の七割から八割は銀河団を覆っている薄いガスです。X線天文学を知らなければ、宇宙を知ることができないと言っても過言ではないでしょう。

我々は「星の子供たち」だった

星の死後、重力でつぶれた星からは、光さえも飲み込むブラックホールが生まれることがあります。光を飲み込んでしまうブラックホールは、光が出てこないのです、

(NASA/CXC/M.Weiss)



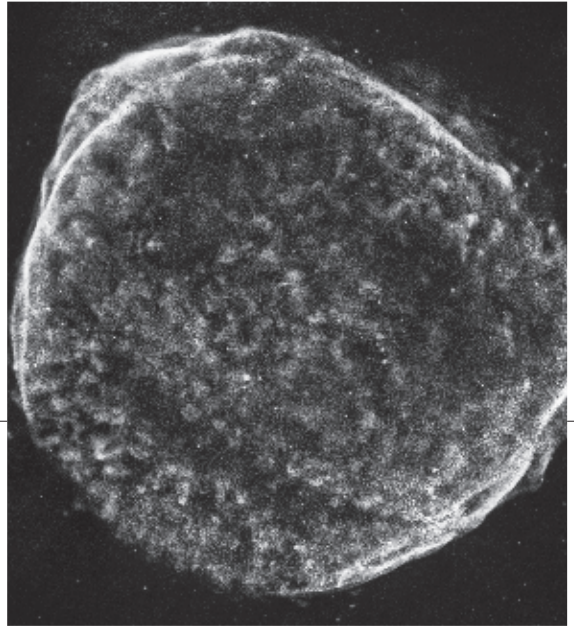
●ブラックホールのイメージ図

ブラックホールが星を飲み込んでいる瞬間を手掛かりとします。ブラックホールの重力によって飲み込まれる星は、重力エネルギーを熱エネルギーに換えて、数千万度のエックス線で輝きます。可視光では右の星しか観測することはできませんが、星が死ぬ最期の輝きをエックス線で観測することで、見えないブラックホールの存在にたどり着けるのです。

星は死ぬときに、超新星爆発と呼ばれる大爆発をすることがあります。

私たちの目で観測することができません。では、観測できないブラックホールをどうやって見つけるのでしょうか。右のイメージ図のように、ブラ

『小倉百人一首』の選者として知られる藤原定家が記録した日記の『明月記』には、知らない星が現れたことが書かれています。ここには彗星



●エックス線で見た超新星爆発の残骸

や超新星爆発の過去の記録が残されています。

古文書にも遺された超新星爆発とは、どのくらいすごい爆発なのでしょう。その爆発エネルギーは「10⁴⁴J」です。全く想像が及ばないエネルギーですが、これは太陽が100億年かけて出すエネルギーとほぼ同じです。星一つ分の物質が秒速数千キロで吹き飛びます。超音速なので、衝撃波を形成して、その内側は超高温のプラズマになります。こ

の爆発はエックス線で輝きます。

『明月記』に

記録が残る超新星爆発は、人類が観測して記録した中で、最も明るいものです。

日本以外でも、韓国や中国、エジプトなど、

二〇か国以上で記録が残っています。一〇〇〇年経った現在でも、画像の超新星爆発の残骸はエックス線で輝き続けています。大爆発は今も秒速三〇〇〇キロで膨張し、内部は二〇〇万度ほど、この火の玉の大きさは、端から端まで、光の速度で五〇年かかります。地球から二番目に近い星まで、光の速度で三年かかるので、まさに「一つの世界の終焉」の景色ということ。星は死ぬ前には核融合を起こしま

す。核融合で作った重元素は、星が爆発した時に宇宙空間にばらまかれます。重元素がばらまかれたことも、エックス線を観測することでわかります。宇宙空間に重元素としてばらまかれるものには、酸素やカルシウム、鉄など、私たちの身近にある元素もあります。

宇宙が生まれたときには、水素とヘリウムと少しのリチウムしか存在しませんでした。現在、惑星系や我々のような生命体が存在しているのは、星が核融合して作り上げた重元素が爆発によりまき散らされ、また新しい星が生まれるという輪廻転生を繰り返した結果によるものです。我々は「星の子供たち」だったということです。

二〇二二年度に新たな衛星を打ち上げる

馬場さんは、大学に入ったときにはX線天文学を知る由もなかったそうです。きっかけは、所属する研究室を探していたとき「馬場さんが大学院の一年生になった年に、衛星が打ち上が

るよ」とX線天文学の先生や先輩に言われたことでした。「それはラッキーなことかもしれない」と思い、X線天文学の世界に飛び込みました。

しかし、打ち上がるはずだった衛星は、軌道投入に失敗して、大気で燃え尽きてしまいました。その後の研究はどうしたのでしょうか。

「X線天文学や天文学は他の研究分野と違うところがあります」、「衛星や望遠鏡のデータは人類の遺産として、誰でも全てのデータにアクセスすることができず」と馬場さん。実際に、アメリカではそのデータを用いて、高校生が新発見を発表したこともあり、馬場さんも公開データだけを使用して博士論文を書き上げました。

二〇二二年度、日本はX線天文学の要である衛星を新たに打ち上げる予定です。

「XRISM」と名付けられたこの衛星の打ち上げには、馬場さんも協力しています。無事に打ち上げが成功すれば、星や銀河の成り立ちを解明する手掛かりが得られるでしょう。

