

令和 3 年 6 月 11 日
愛 媛 大 学

観測史上最古、131 億年前の銀河に吹き荒れる 超巨大ブラックホールの嵐

国立天文台、愛媛大学宇宙進化研究センター 松岡良樹准教授らの研究グループは、アルマ望遠鏡およびすばる望遠鏡による観測で得られた研究成果について、次のとおりウェブサイトでの発表を行います。本件は、愛媛大学が主導して発見された太古の銀河についての新たな知見に関するものです。

つきましては、是非、取材くださいますようお願いいたします。

記

○発表タイトル:

観測史上最古、131 億年前の銀河に吹き荒れる超巨大ブラックホールの嵐

○発表者:

泉 拓磨(自然科学研究機構 国立天文台 特任助教(国立天文台フェロー)) ほか

○発表機関:

自然科学研究機構 国立天文台、愛媛大学、東京大学大学院 理学系研究科、
理化学研究所

○発表内容に関するウェブサイト掲載予定

- ・国立天文台 アルマプロジェクト <https://alma-telescope.jp/>
- ・国立天文台 すばる望遠鏡 <https://subarutelescope.org/jp/>
- ・国立天文台 <https://www.nao.ac.jp/>

本件に関する問い合わせ先

愛媛大学宇宙進化研究センター

准教授 松岡良樹

TEL:089-927-9579

Mail:yk.matsuoka@cosmos.phys.sci.ehime-u.ac.jp

※送付資料 7 枚(本紙を含む)

報道機関各位

自然科学研究機構 国立天文台
愛媛大学
東京大学大学院 理学系研究科
理化学研究所

ウェブ発表のご案内

観測史上最古、131億年前の銀河に吹き荒れる超巨大ブラックホールの嵐

国立天文台ほかは、アルマ望遠鏡およびすばる望遠鏡による観測で得られた研究成果について、次のとおりウェブサイトでの発表を行います。

○発表タイトル：観測史上最古、131億年前の銀河に吹き荒れる超巨大ブラックホールの嵐

○発表者：

泉 拓磨 自然科学研究機構 国立天文台 特任助教（国立天文台フェロー） ほか

○発表機関：

自然科学研究機構 国立天文台、愛媛大学、東京大学大学院 理学系研究科、理化学研究所

○解禁日時：2021年6月11日（金）14時（日本時間）

なお、解禁後に発表内容を下記ウェブサイトに掲載予定です

- 国立天文台 アルマプロジェクト <https://alma-telescope.jp/>
- 国立天文台 すばる望遠鏡 <https://subarutelescope.org/jp/>
- 国立天文台 <https://www.nao.ac.jp/>

○お問い合わせ先：

- 研究内容について

泉 拓磨（いずみ たくま） 国立天文台 特任助教（国立天文台フェロー）

メール：takuma.izumi@nao.ac.jp

電話：090-8691-5912（携帯電話）

- アルマ望遠鏡について

平松正顕（ひらまつ まさあき） 国立天文台 講師

メール：hiramatsu.masaaki@nao.ac.jp

電話：0422-34-3630（研究室）

○概要

131億年前の宇宙に存在した銀河の中で吹き荒れる強烈な「銀河風（ぎんがふう）」を、アルマ望遠鏡を用いた観測で発見しました。このような大規模な銀河風が見つかった銀河としては、観測史上最古のものとなります。今回の発見は、銀河とブラックホールが互いに影響を及ぼし合いながら進化してきた歴史を解く、重要な手掛かりとなります。

大型の銀河の中心には、太陽の数百万倍から数百億倍もの質量の超巨大ブラックホールが隠れています。ブラックホールの質量は銀河中央部の質量にほぼ比例することから、両者は互いに影響を及ぼし合いながら進化したと考えられています。この進化に大いに関与するのが銀河風です。ブラックホールに落ち込む物質から放出される膨大なエネルギーは、ブラックホール周囲のガスを外へ外へと押し出し、それが銀河全体に吹き荒れる風、つまり銀河風となります。銀河風は星を作る材料である星間ガスを銀河の外へと追い出すため、銀河の中で星が生まれにくくなります。ブラックホールがもたらす銀河風は、銀河の進化に影響を及ぼすことになるのです。こうした銀河風は、138億年の宇宙の歴史の中でいつから存在していたのでしょうか。この疑問に対する答えは、銀河と超巨大ブラックホールがどのように影響を及ぼし合いながら進化してきたのかを知るための重要な鍵となります。

すばる望遠鏡の超広視野主焦点カメラ Hyper Suprime-Cam（ハイパー・シュプリーム・カム、HSC）は、その広い視野を生かした観測で、ブラックホールを持つ銀河を130億年以上昔の宇宙に多数発見しています。その一つをアルマ望遠鏡で観測し、銀河内のガスの動きを分析したところ、秒速500キロメートルもの速さで移動する高速ガス流が存在することが分かりました。これはまさに銀河風であり、このような大規模な銀河風が見つかったものとしては最古の銀河となります。推定されたこの銀河の中央部の質量と、別の方法で見積もったブラックホールの質量とを比べたところ、現代の宇宙にある銀河での比とほぼ一致していました。宇宙誕生から10億年足らずという早い時期に、銀河とブラックホールが互いに影響を及ぼし合って進化していたことを示唆していると考えられます。

研究グループは今後、さらにブラックホールを持つ銀河を早期の宇宙で多数観測することを計画しています。そして今回捉えたような現象が、早期の宇宙で普遍的なものかどうかを明らかにしたいと考えています。

この研究成果は、

Takuma Izumi et al. “Subaru High-z Exploration of Low-Luminosity Quasars (SHELLQs). XIII. Large-scale Feedback and Star Formation in a Low-Luminosity Quasar at $z = 7.07$ ”

として、米国の天体物理学専門誌『アストロフィジカル・ジャーナル』に2021年6月14日付で掲載されます。

送信元

自然科学研究機構 国立天文台 天文情報センター
メール：media_contact@prcml.mtk.nao.ac.jp
電話：090-1257-7980（広報室長・山岡）

観測史上最古、131 億年前の銀河に吹き荒れる超巨大ブラックホールの嵐

(概要)

泉拓磨 国立天文台フェローらの国際研究チームが、131 億年前の宇宙に存在した銀河をアルマ望遠鏡で観測した結果、その銀河のなかで強烈な「銀河風」が吹き荒れていることを発見しました。同様の銀河風が発見された銀河としては、観測史上最も古い銀河です。今回発見された銀河風を駆動しているのは、銀河の中心にある超巨大ブラックホールだと考えられています。銀河風が吹き荒れると、星の材料である星間物質が銀河外に流失し、銀河の中で星が生まれにくくなります。今回の成果は、ブラックホールが銀河の成長に及ぼす負の効果を検出した観測史上最古の例であると言い換えることもできます。今回の成果は、銀河とブラックホールが相互に影響を及ぼしながら成長してきた歴史の端緒を紐解く重要な発見です。



銀河の中心にある超巨大ブラックホールによって銀河風が吹き荒れるようすの想像図。超巨大ブラックホールから放出される莫大なエネルギーによって星の材料である星間物質が吹き飛ばされています。

Credit: ALMA (ESO/NAOJ/NRAO)

宇宙には幾多の銀河が存在していますが、多くの大型の銀河の中心には、太陽の数百万倍から数百億倍もの質量を持つ超巨大ブラックホールが隠れています。興味深いことに、そのブ

ブラックホールの質量と銀河中央部（バルジ）の質量はほぼ比例します。一見当たり前のようで、これはとても不思議な事実です。それは、銀河とブラックホールの大きさが10桁ほど異なるからです。それほど大きさが違う2者の質量にきれいな比例関係があることから、天文学者は両者が何らかの物理的相互作用をしながら共に成長・進化した、つまり「共進化」したと考えています。

銀河とブラックホールの共進化で重要な役割を果たすのが、銀河風です。超巨大ブラックホールは物質を大量に飲み込んで成長します。このとき、ブラックホールの重力で高速運動を始めた物質から強烈なエネルギーが発せられることで、周囲の物質を外側に押し出すことができるのです。この影響が外側へ外側へと伝搬すると、やがては銀河全体に吹き荒れる風、つまりは「銀河風」にまで発達するでしょう。この銀河風によって、銀河全体から見るとごく小さなサイズのブラックホールから、銀河全体のスケールにわたる影響が生み出されるのです。

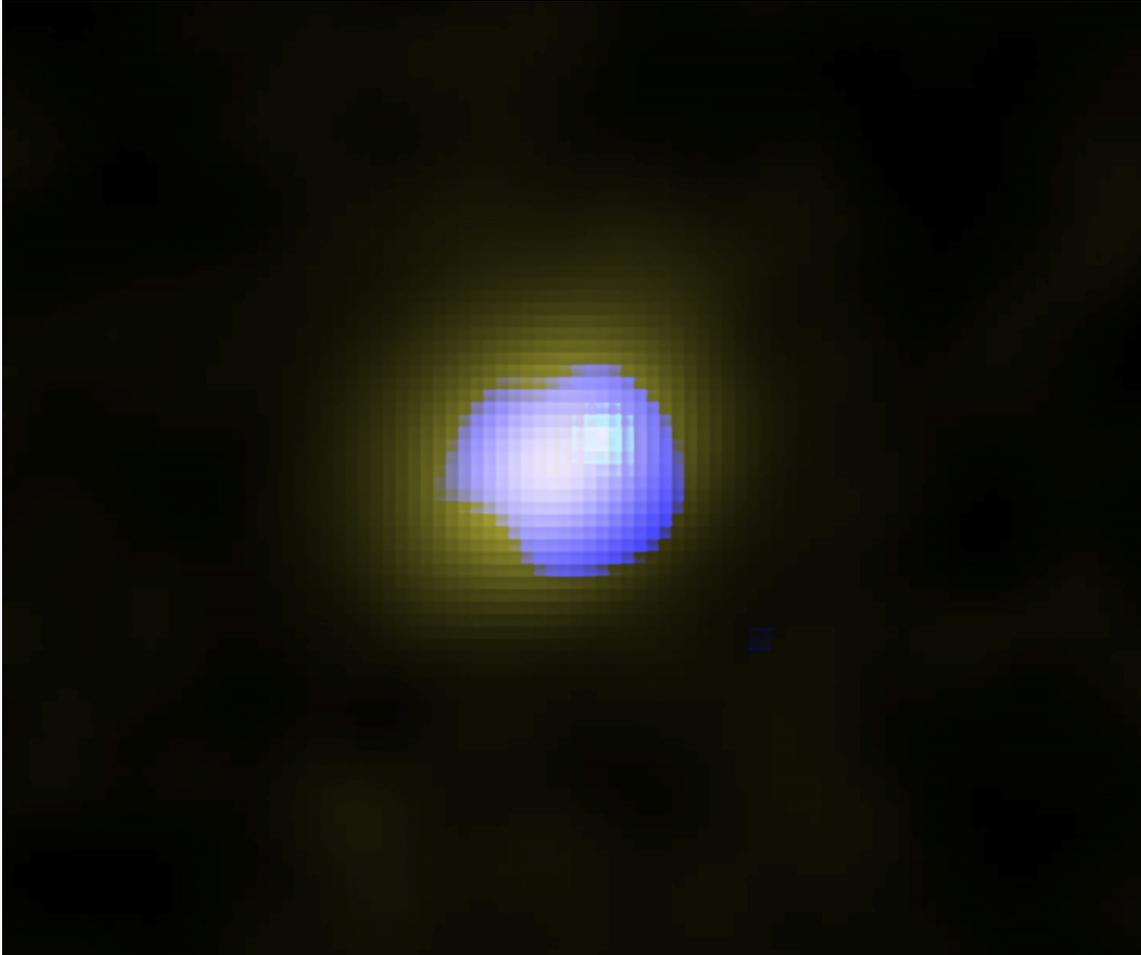
では、こうした銀河風は、138億年の宇宙の歴史の中でいつ頃から存在したのでしょうか。これは、銀河と超巨大ブラックホールがどのように進化してきたのか、という天文学の重要な問題に挑戦するための重要な問いといえます。

超巨大ブラックホールが駆動する銀河風を過去の宇宙に探るためには、まず超巨大ブラックホールを宿す銀河を見つける必要があります。研究チームは、国立天文台がハワイ・マウナケアに設置したすばる望遠鏡を用いて宇宙の広い範囲を観測し、超巨大ブラックホールを持つ銀河を130億年以上昔の宇宙に100個以上も発見しました（注1）。宇宙誕生後10億年に満たない宇宙に超巨大ブラックホールが普遍的に存在することを明らかにした画期的な成果でした。

そして今回、太古の宇宙の銀河風の存在を明らかにするため、研究チームはアルマ望遠鏡を使用しました。アルマ望遠鏡を使えば、銀河に含まれるガスが放つ電波のドップラー効果を解析することで、ガスの動きを捉えることができます。すばる望遠鏡で発見された銀河 HSC J124353.93+010038.5（略称 J1243+0100）をアルマ望遠鏡で観測したところ、この銀河に含まれる塵と炭素イオンが放つ電波を捉えることができました（注2）。宇宙空間を131億年間にわたって飛び続けて地球に飛来した微弱な電波を捉えるために、アルマ望遠鏡の高い感度が重要な役割を果たしました。

J1243+0100の炭素イオンが放つ電波からガスの動きを分析したところ、銀河の回転運動に加えて、毎秒500kmもの速度で移動する高速ガス流が存在することがわかりました。また、このガスの動きは銀河に含まれる星の材料物質を押しつけ、星形成活動を停止させるのに十分なエネルギーを持っていました。今回見つかったガス流はまさに銀河風であり、銀河サ

イズの巨大な銀河風が見つかった銀河としては最も古い時代の観測例となりました。これまでの最古の記録は約 130 億年前の銀河でしたので、今回の観測でさらに歴史を 1 億年さかのぼったことになります。



アルマ望遠鏡が観測した、131 億年前の宇宙に存在した銀河 J1243+0100 の画像。この銀河に含まれる静かな動きを持つガスの広がりを黄色、高速で動く銀河風の広がりを青色で表現しています。銀河風は銀河の中心部分に分布しており、ここに潜む超巨大ブラックホールが駆動源であることを示しています。

Credit: ALMA (ESO/NAOJ/NRAO), Izumi et al.

泉氏らは、J1243+0100 の中で静かな動きを持つガスの運動も測定し、重力的なつり合いの関係からこの銀河のバルジの質量を推定すると、太陽の約 300 億倍となりました。別の方法で見積もったこの銀河の超巨大ブラックホールの質量はその 1%ほどでした。この銀河のバルジと超巨大ブラックホールの質量比は、現代の宇宙に存在する銀河における質量比とほぼ一致していました。これは、宇宙誕生後 10 億年に満たない時代から、超巨大ブラックホールと銀河の共進化が起きていたことを示唆しています。

泉氏は、「近年の高精度コンピューターシミュレーションでは、およそ 130 億年前時点でも近傍宇宙と遜色ない共進化関係が出来上がっていることが予測されていました。私たちの観測はその予測を支持するものです。私たちは今後、このような天体を大量に観測することを計画しており、本天体で見えてきた『始原的共進化』が当時の宇宙の普遍的な描像かどうかを明らかにしたいと考えています。」とコメントしています。

注 1. 詳しくは、2019 年 3 月 13 日付のすばる望遠鏡プレスリリース「[超遠方宇宙に大量の巨大ブラックホールを発見](#)」をご覧ください。発見された超巨大ブラックホールを持つ銀河の数はこの発表時には 83 個でしたが、現在では 100 個以上にまで発見数が増加しています。

注 2. 塵や炭素イオンが放ったのは遠赤外線でしたが、宇宙膨張に伴う赤方偏移によって波長が伸び、電波となってアルマ望遠鏡で観測されました。この銀河の赤方偏移は $z=7.07$ でした。これをもとに宇宙論パラメータ ($H_0=67.3\text{km/s/Mpc}$, $\Omega_m=0.315$, $\Lambda=0.685$: Planck 2013 Results) で光行距離 (光が進んだ道のり) を計算すると、131 億光年となります。距離の計算について、詳しくは「[遠い天体の距離について](#)」もご覧ください。

論文情報

この観測成果は、Takuma Izumi et al. “Subaru High- z Exploration of Low-Luminosity Quasars (SHELLQs). XIII. Large-scale Feedback and Star Formation in a Low-Luminosity Quasar at $z = 7.07$ ”として、2021 年 6 月 14 日付で米国の天体物理学専門誌「アストロフィジカル・ジャーナル」に掲載されます。

この研究は、日本学術振興会科学研究費補助金 (No. JP20K14531, JP17H06130, 1146 JP17H01114, JP19J00892)、文部科学省卓越研究員事業 (HJH02007)、Spanish MICINN (PID2019-10GB-C33 and “Unit of Excellence María de Maeztu 2020-2023” awarded to ICCUB (CEX2019-000918-M))、National Science Foundation of China (11721303, 11991052, 11950410493, 12073003)、National Key R&D Program of China (2016YFA0400702)、European Research Council (ERC) Consolidator Grant funding scheme (project ConTExt, grant No. 648179)、Independent Research Fund Denmark grant DFF-7014-00017、the Danish National Research Foundation under grant No. 140.