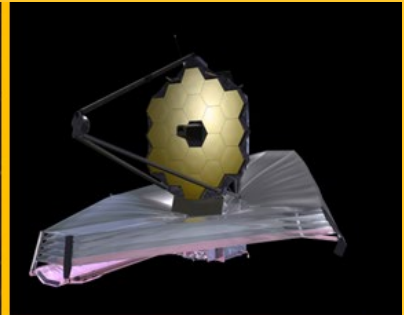


令和 7 年 9 月 1 日
愛 媛 大 学
日 本 天 文 学 会

すばる × ジェイムズ・ウェッブ

～最強タッグが暴く、塵のベールに隠された初期宇宙の巨大ブラックホール～



クレジット：国立天文台（左、右下）、NASA（右上）

愛媛大学先端研究院宇宙進化研究センターの松岡良樹准教授らによる研究グループは、すばる望遠鏡の広域探査で見つけた初期宇宙の最高光度の銀河 11 個をターゲットとして、ジェイムズ・ウェッブ宇宙望遠鏡による超高感度観測をおこないました。その結果、うち 7 個の銀河の中に、塵に隠れて潜む巨大ブラックホールを発見することに成功しました。ブラックホールは物質を飲み込みながら輝く「クェーサー」と呼ばれる天体になっており、従来見逃されてきたこれほど明るいクェーサーが初期宇宙で発見されるのは世界で初めてです。

つきましては、日本天文学会によるご案内（別紙 1）のとおり、9 月 8 日の 13～14 時にオンラインでの記者説明会を開催いたしますので、ご参加・ご取材くださいますようお願いいたします。なお、本件に関する報道解禁は、令和 7 年 9 月 9 日（火）午前 0 時 1 分と設定しておりますので、ご理解・ご協力のほどお願いいたします。

別紙 1：オンライン説明会「公益社団法人 日本天文学会 記者会見のご案内」

別紙 2：本成果の詳細説明

【本件に関する問い合わせ先】

愛媛大学 先端研究院 宇宙進化研究センター
准教授 松岡 良樹
電話：089-927-9579
E-mail: matsuoka.yk.astro@gmail.com



2025 年 8 月 27 日

報道関係者各位

公益社団法人 日本天文学会
会長 太田 耕司

公益社団法人 日本天文学会 記者会見のご案内

拝啓 時下ますますご清栄のこととお慶び申し上げます。天文学を含む基礎科学研究成果の社会への普及還元、また生涯学習の充実に平素よりご理解ご尽力いただき、心より感謝申し上げます。

日本天文学会では、来る 2025 年 9 月 9 日(火)から 9 月 11 日(木)の期間で、2025 年秋季年会を海峡メッセ下関(ハイブリッド形式)で開催いたします。

これに先立つ 9 月 8 日(月) 13:00 ～14:00 の予定で、当年会における研究発表の中から選んだ 1 件の成果につきまして、完全オンラインでの記者会見を行います。研究成果等を広く市民の方々と共有できますよう、各方面での報道をお願い申し上げる次第です。

つきましては、下記の通り、記者会見の概要ならびに研究発表の内容について送付申し上げます。なお、下記のオンライン記者会見出席申込フォームにより **2025 年 9 月 3 日(水)12:00 までに**、ご出席のご登録をお願いいたします。

敬具

記

記者会見日時： 2025 年 9 月 8 日(月) 13:00 - 14:00

会 場： オンライン開催(Zoom ミーティング)

※ 記者会見出席申込フォーム(QR コード)により、参加の申し込みをお願いいたします。**2025 年 9 月 3 日(水)12:00 までに**、ご出席のご登録をお願いいたします。登録後、お申込みいただいたメールアドレス宛に、Zoom 接続情報をお送りします。

申込フォーム URL: <https://forms.gle/FXKjCm22yVU1NNePA>



なお、本記者会見の報道解禁日時は、**2025 年 9 月 9 日(火)午前 0 時 1 分(日本時間)**といたします。ご協力のほどをお願いいたします。

問い合わせ先: 深川 美里(ふかがわ みさと) (公社)日本天文学会 副会長
国立天文台教授
E-mail: misato.fukagawa@nao.ac.jp

一丸 浩平(いちまる こうへい) (公社)日本天文学会 事務長
E-mail: jimucho@asj.or.jp

当日および年会期間中の連絡先: TEL 0422-31-1359／090-4387-6893(日本天文学会公用)
年会の情報: <https://www.asj.or.jp/jp/activities/nenkai/>

【学術発表 (1 件)】

「すばる×ジェイムズ・ウェッブ ～最強タッグが暴く、塵のベールに隠された初期宇宙の
巨大ブラックホール～」

以上

すばる × ジェイムズ・ウェッブ

～最強タッグが暴く、塵のベールに隠された初期宇宙の巨大ブラックホール～

愛媛大学
日本天文学会

【研究成果のポイント】

- すばる望遠鏡^{※1} で見つけた初期宇宙の最高光度銀河^{※2} をジェイムズ・ウェッブ宇宙望遠鏡^{※3} で超高感度観測し、塵に隠れて潜む巨大なブラックホールを発見。
- 初期宇宙で、従来見逃されてきたこれほど明るいクェーサー（物質を飲み込み輝く巨大ブラックホール）が発見されたのは世界で初めて。
- 初期宇宙に存在する明るいクェーサーの数は、これまで考えられてきたよりも2倍以上であることが明らかになった。
- 巨大ブラックホールの誕生は、そこまで特殊な条件を必要とせず、宇宙のいたるところで起こるありふれたメカニズムであると推測される。

【概要】

ビッグバンから 138 億年たった現在の宇宙では、ほぼすべての銀河の中心に巨大なブラックホールが宿ることが知られています。それらがどうして誕生したのかを解明するため、これまで初期宇宙（ビッグバンから10億年未満）で活発な探査がおこなわれてきました。愛媛大学先端研究院宇宙進化研究センターの松岡良樹准教授らによる研究チームは、今回、すばる望遠鏡の広域探査で見つけた初期宇宙の最高光度の銀河 11 個をターゲットとして、ジェイムズ・ウェッブ宇宙望遠鏡による超高感度観測をおこないました。その結果、うち 7 個の銀河の中に、塵に隠れて潜む巨大ブラックホール（図1）を発見することに成功しました。ブラックホールは物質を飲み込みながら輝く「クェーサー」と呼ばれる天体になっており、従来見逃されてきたこれほど明るいクェーサーが初期宇宙で発見されるのは世界で初めてです。今回の結果から、初期宇宙に存在する明るいクェーサーの数は、これまで考えられてきたより 2 倍以上であることが明らかになりました。

研究チームでは、これらの最高光度銀河に巨大ブラックホールが潜む可能性を 10 年近くにわたって想い続けてきましたが、確定することができませんでした。ジェイムズ・ウェッブ宇宙望遠鏡の登場によって遂にその謎を解くチャンスが訪れ、実際に 11 個中 7 個という高確率で巨大ブラックホールが確認されたことは、大きな驚きでした。今後は、それら隠された巨大ブラックホールの詳しい性質を調べるとともに、さらに別の銀河でも同様のブラックホールを探す計画を進めており、ジェイムズ・ウェッブ宇宙望遠鏡の新しい観測が来年早々から実施される予定です。

【詳細】

<背景>

ビッグバンから 138 億年が経過した現在の宇宙では、ほとんどすべての銀河の中心に、巨大なブラックホールが1つずつ宿ることが知られています。それらは太陽 100 万個以上に相当する莫大な質量をもち、大半の時間は静かに眠っていますが、周囲の物質を飲み込み

はじめると強烈な光を放射する「クェーサー」と呼ばれる天体になります(図2)。このクェーサーの光は、宿主である銀河の星間物質を吹き飛ばすことによって、銀河の成長・進化に重大な影響を及ぼすことが知られています。銀河の進化は宇宙の進化に直結しており、したがって巨大ブラックホールを理解せずして、宇宙の成り立ちと歴史を理解することはできません。

このように宇宙の不可欠要素である巨大ブラックホールですが、どのように誕生したのかという根本的な謎が、未解明のまま残されています。少なくともビッグバンから10億年程度経過した時代には大量の巨大ブラックホールが存在していることが観測されているため、誕生の現場は、より過去の時代にあります。このことから、ビッグバンから10億年未満に当たる「宇宙の夜明け^{※4}」と呼ばれる時代をターゲットとして、これまで活発に探索がおこなわれてきました。誕生のメカニズムを紐解く上で鍵になるのが、それらブラックホールの数(正確に言うと、単位体積あたりの存在数である数密度)です。数が多ければ多いほど、宇宙のありふれた場所で、ありふれたメカニズムでどんどん生まれる必要があります。その有力な候補として、「宇宙の一番星」と呼ばれる初代星が一生を終える際、残骸として巨大ブラックホールのタネができるというものがあります。一方、逆に数が少なければ、特異で希少な環境下でしか起こらないようなメカニズムが示唆されます。たとえば巨大な物質の塊が自分自身の重力によって崩壊し、ブラックホールに変わっていくという理論モデルが提案されています。

巨大ブラックホール自身は光らないため観測が困難ですが、物質を飲み込みながら光る「クェーサー」になっている時には、非常に遠方の宇宙(すなわち過去の宇宙)にあっても望遠鏡で見つけることができます。クェーサーの光には、ブラックホール周囲を高速で回転する物質が放射する「広輝線(ドップラー効果によって線幅が広がったスペクトル線)」が見られます(図3)。ある銀河を観測したとき、そのような広輝線が見つければ、中心にクェーサー=物質を飲み込みつつある巨大ブラックホールが宿っている決定的な証拠となります。これまで米国や欧州の研究グループが、この手法で広域の夜空を探索し、「宇宙の夜明け」時代のクェーサーを発見してきました。私たちもすばる望遠鏡を用いて参戦し、これまで10年以上をかけて200個近くの巨大ブラックホールを発見しています(関連する過去の記者発表は※5を参照)。

一方、これまでの初期宇宙での探索には大きな問題がありました。クェーサーは色々な波長の光を放つのですが、観測技術の制約から、紫外線の光だけが探索の目印になってきたのです^{※6}。しかし、紫外線の光は塵にぶつかるとうすぐに吸収されてしまうという弱点があります。多くの銀河が豊富な塵を持つことが知られており、中心にあるクェーサーが塵に覆われている場合、放たれた紫外線は外に出てこれません。このことから、従来の探査で見つかったクェーサーは全体の一部に過ぎず、塵のベールに隠されて見逃されているクェーサーが大量に存在するのではないかと考えられてきました。

<今回の観測と結果>

私たちは今回、すばる望遠鏡による広域探査観測で見つかった、初期宇宙の最高光度銀河に着目しました。それらは私たち自身がクェーサーを探索していた際に、副産物(つまりハズレ天体)として発見したもので、紫外線の光にはクェーサーの存在を示唆する広輝線が見られませんでした。しかしそれらの銀河中心に強いエネルギー源の兆候があることから、発見から10年近くにわたって、クェーサーが隠れているのではないかと考えてきました。2021年に米国 NASA のジェイムズ・ウェッブ宇宙望遠鏡(以後「JWST」と記します)が打ち上げら

れたことで、その謎を解くチャンスが初めて訪れたのです。私たちは JWST の優れた能力によって、これら銀河から出てくる可視光を史上初めて捉えることを計画しました。可視光は紫外線に比べて透過力が高いため、ある程度の塵に覆われたクエーサーから放たれたとしても、外へ出てくることができます(図4)。

観測は 2023 年 7 月から 2024 年 10 月にかけて、JWST に搭載された NIRSpec という分光機器を用いて、上に述べた最高光度銀河のうち 11 個を対象におこないました。得られた可視光のスペクトルを分析したところ、そのうち 7 個の銀河に、明らかな広輝線があることがわかりました(図5)。つまりそれらは、塵のベールに隠され、紫外線の光では見つけることができなかったクエーサーであることが確定したのです。宇宙の夜明けの時代に、塵に隠されたこれほど明るいクエーサーが発見されたのは、世界で初めてです^{※7}。

観測されたスペクトルをさらに詳しく調べたところ、発見されたクエーサーの源となっているブラックホールの質量は太陽の数億個分で、放射エネルギーは太陽の数兆倍にのぼることがわかりました。これらの値は宇宙の夜明けでこれまで知られてきた、普通の(つまり塵に隠されていない)クエーサーに匹敵します。また塵のベールによって、クエーサーが放つ可視光は平均 70%、紫外線は平均 99.9%も吸収されていることもわかりました。この強い吸収のために、0.1%しか透過しない紫外線では銀河に潜むクエーサーを発見することができなかったのです。また、それら塵に隠されたクエーサーの数密度を計測したところ、普通のクエーサーと少なくとも同程度であることが判明しました。すなわち、初期宇宙に存在する明るいクエーサーの数は、これまで考えられてきたより少なくとも2倍は多く、従来の探査ではその半数以上が塵に隠されて見逃されていたことになります。

今回の成果は、「すばる」と「JWST」という、現代の最強望遠鏡2基のタッグによって初めて可能になったものです。ターゲットとなった初期宇宙の最高光度銀河は、夜空の中でも極めて稀な天体であり、すばるの持つ世界随一の広視野探査能力がなければ発見できませんでした。一方で塵のベールを透過する可視光の光は、地球に届く頃には微弱な赤外線へと変化しており、高感度の JWST でしか捉えることができません。「広視野のすばるで見つけ、高感度のジェイムズ・ウェッブで追究する」という戦略は極めて有効で、今後の研究の1つのロールモデルとなることが期待されます。

<今後の展望>

今後の展望として、私たちは2つの方向性を考えています。1つは、これらの塵に隠されたクエーサーに対する詳しい追調査をおこなうことです。今回 JWST で観測したスペクトルには、水素の他に、ヘリウム、酸素、窒素などさまざまな元素が放つ輝線が捉えられています。それらの光の強度やスペクトルの形状を数値モデル計算と比較することで、ブラックホール近傍の物質の状態を明らかにしたいと考えています。また、アルマ電波望遠鏡などを用いた新たな観測を通じて、これらブラックホールを宿す銀河全体の性質についても、調査を進める予定です。従来知られてきた普通のクエーサーと、これら隠されていたクエーサーは何が違うのか、あるいは根本的には同じ種族なのか、さまざまな角度から切り込んでいきたいと考えています。

もう1つは、同じように塵に隠されたブラックホールを、より大規模・広範囲に探索することです。今回は、中心に強いエネルギー源の兆候があることから、ブラックホールの存在が推定されるような最高光度銀河をターゲットにして観測をおこないました。今後は、よりエネルギー

の低い銀河もターゲットとして、どれだけのブラックホールが初期宇宙に隠されているのかを暴き出したいと考えています。そのための新しい観測は、すでに JWST の来期観測プログラムとして採択されており、来年早々から開始される予定です。

<研究チーム>

松岡良樹, 長尾透 (愛媛大学)

尾上匡房 (早稲田大学)

岩澤一司 (バルセロナ大学)

青木賢太郎, 今西昌俊, 泉拓磨, 高橋歩美 (国立天文台)

Michael A. Strauss, Camryn L. Phillips (Princeton Univ)

John D. Silverman, 有田淳也, 柏川伸成, 菊田智史, 河野孝太郎 (東京大学)

Xuheng Ding (Wuhan Univ)

秋山正幸 (東北大学)

川口俊宏 (富山大学)

Chien-Hsiu Lee (Hobby-Eberly Telescope)

鳥羽儀樹 (立命館大学)

【図】



図1. 初期宇宙で塵に隠されたクェーサーの想像図。(画像提供:国立天文台)

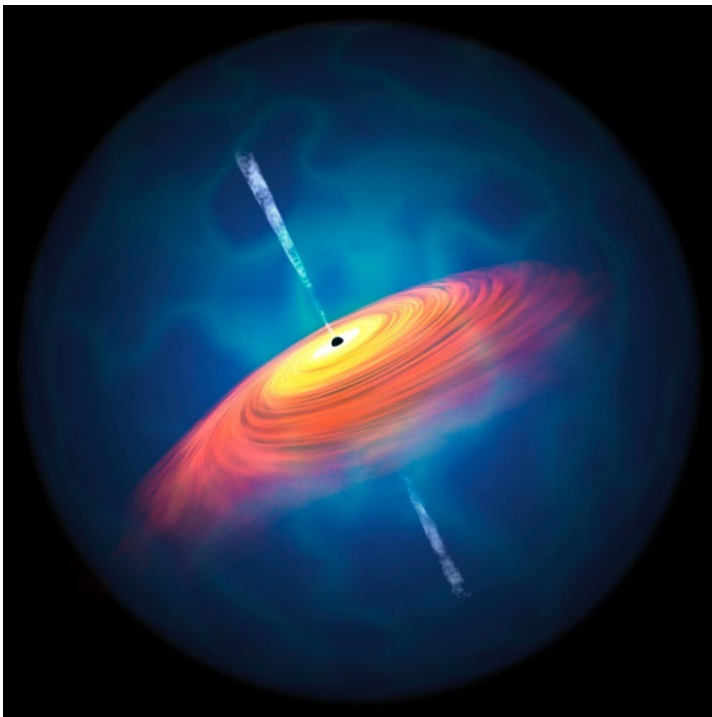


図2. クェーサーの想像図。中心核に巨大ブラックホールがあり、周囲の物質は渦を巻きながら飲み込まれていく。この渦の中で物質が擦り合わされて熱くなり、光を放つことで、「クェーサー」と呼ばれる天体となる。巨大ブラックホールやクェーサーは、この図のはるか外側に広がる銀河の中心に宿っている。(画像提供:松岡良樹)

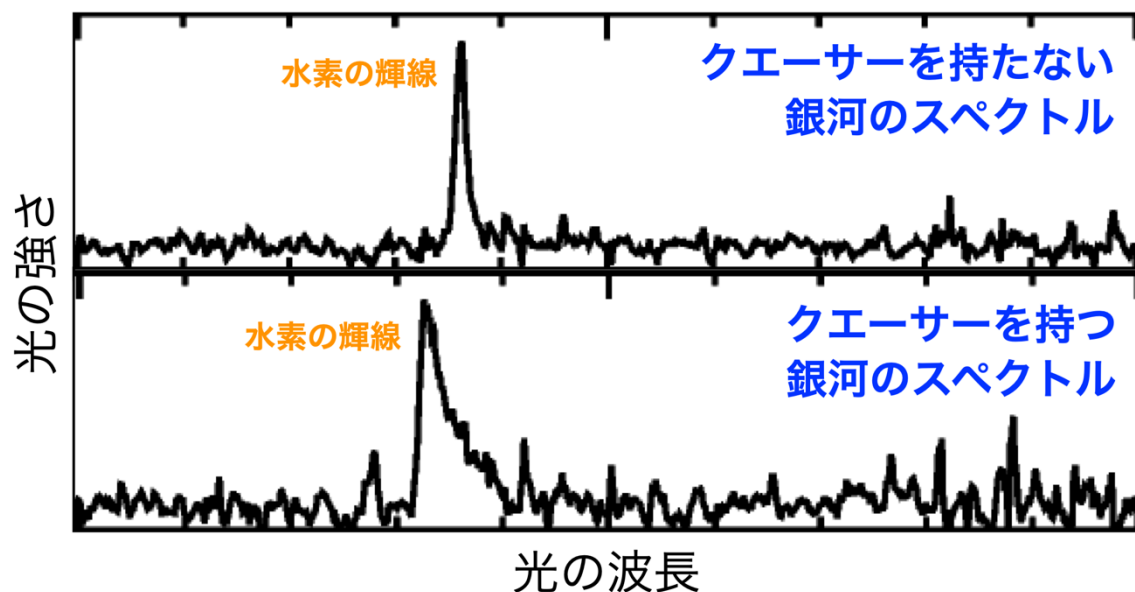


図3. 銀河のスペクトルの例。分光器と呼ばれる装置で銀河から届く光を波長ごとに分解し、それぞれの波長での光の強さをプロットしている。特に強い光のピークは、水素が特定の波長で放つ「輝線」である。上パネルに示す通常の（クエーサーを持たない）銀河では、この輝線は細い。下パネルに示すクエーサーを持つ銀河では、水素がブラックホール周囲を高速で回転しているために、ドップラー効果によって太くなった「広輝線」が見られる。

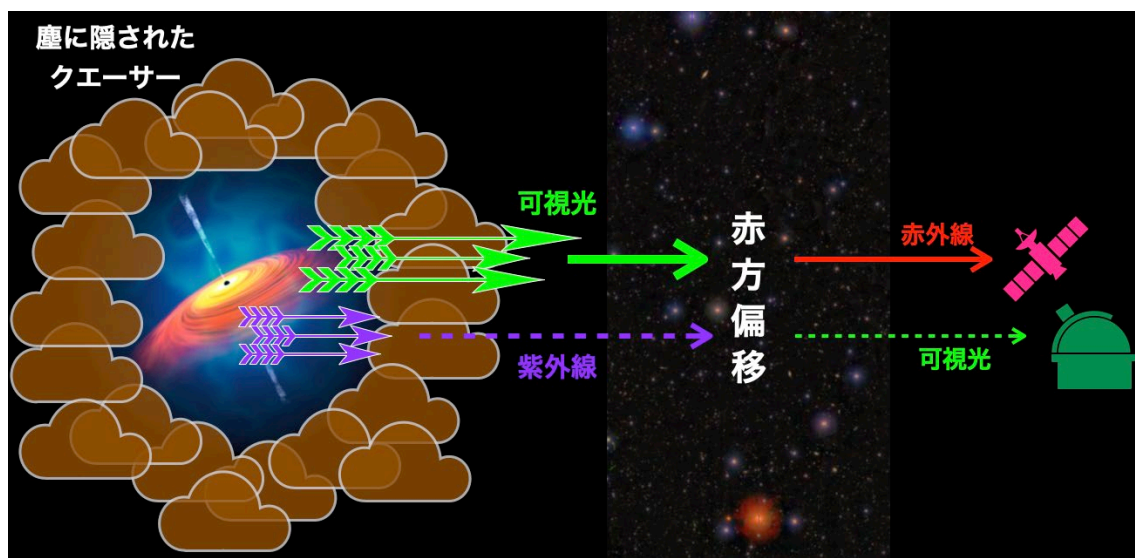


図4. 赤方偏移の効果によって、初期宇宙のクエーサーが放つ紫外線は地球では可視光として、クエーサーが放つ可視光は地球では赤外線として観測される。クエーサーが塵に覆われている場合、紫外線は強い吸収を受けて外に出てこられないので、より透過力の高い可視光（クエーサー放射時）を狙った赤外線観測をおこなう必要がある。

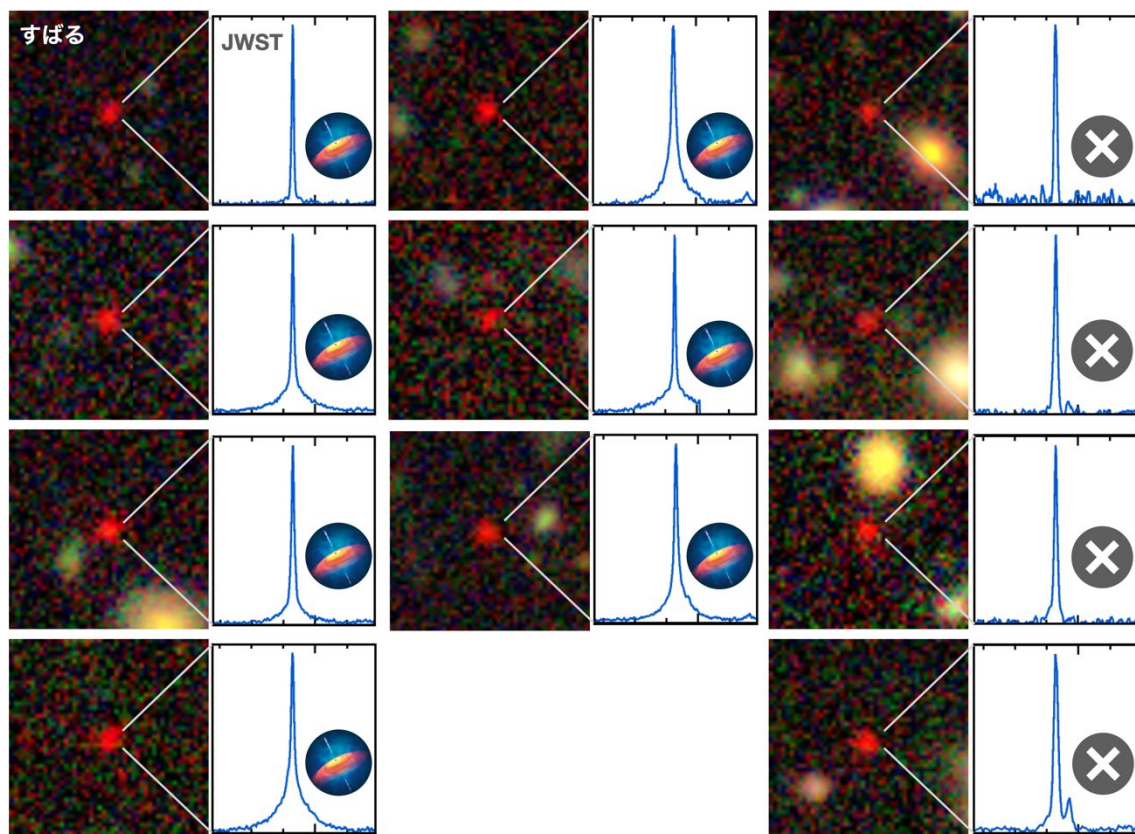
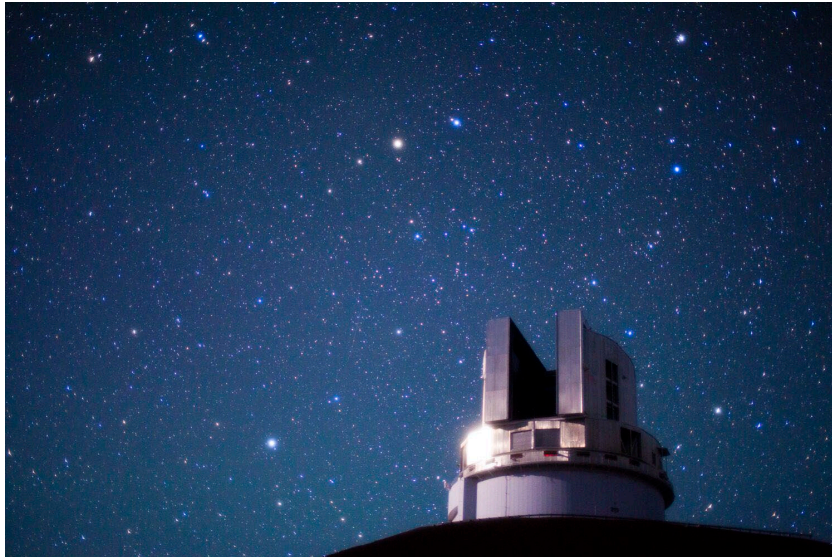


図5. 私たちが観測した、初期宇宙の最高光度銀河。それぞれ左パネルは、すばる望遠鏡で発見時に撮影した写真。右パネルは、ジェームズ・ウェッブ宇宙望遠鏡（JWST）による超高感度観測で得られたスペクトルで、水素が特定の波長（ $0.65\mu\text{m}$ ）で放つ「 $\text{H}\alpha$ 」という輝線を捉えている。左側7個の銀河では、水素原子がブラックホールの重力を受けてブラックホールの周囲を高速で回転しているため、ドップラー効果によって輝線の裾が顕著に広がったプロファイルを示している。残り4個の銀河では輝線はそれほど広がっておらず、ブラックホールの存在は確認できない。（一部画像提供：国立天文台）

【参考資料・用語解説】

※1 すばる望遠鏡

ハワイのマウナケア山頂に設置され、日本の国立天文台が運用する望遠鏡。可視光・赤外線望遠鏡としては世界最大級の直径 8.2m の主鏡をもち、高い感度で遠くの銀河などを観測できます。他の大型望遠鏡に比べて圧倒的に広い観測視野を特長としており、広大な宇宙を探索するような観測に適しています。



すばる望遠鏡（画像提供：国立天文台）

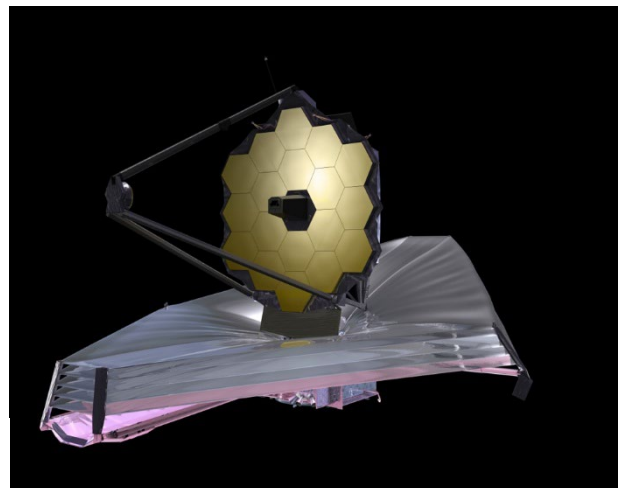
※2 初期宇宙の最高光度銀河

静止系紫外線での放射光度がおおよそ -22 等にも達するような、初期宇宙で最も明るい銀河。これらは猛烈な勢いで星を生み出しているか、あるいは、クエーサーの光が塵から透過してわずかに漏れ出すことで強い紫外線を放っていると考えられます。ただし、従来の観測では、クエーサー活動そのものは確認されていませんでした。

※3 ジェイムズ・ウェッブ宇宙望遠鏡 (JWST)

ハッブル宇宙望遠鏡の後継機として、2021年12月に打ち上げられた望遠鏡です。地球から約150万km離れた「ラグランジュ点(L2)」に設置され、微弱な赤外線の観測に適しています。金メッキされた直径6.5mの主鏡を持ち、主に写真撮影を担当する「NIRCam」、スペクトル測定を担当する「NIRSpec」など、いくつかの最先端計測機器を搭載しています。

(画像提供：NASA)



※4 宇宙の夜明け

ビッグバンにより宇宙がはじまったときには天体は存在しませんが、やがて初代の星や銀河、ブラックホールが生まれ、それらが放つ光が宇宙空間を満たし始めます。この時代を「宇宙の夜明け」と呼び、およそビッグバンから10億年未満の初期宇宙に対応します。

※5 関連する過去の記者発表

[1] 2024 年 6 月

「宇宙の夜明けに合体する双子の巨大ブラックホールを発見」

<https://subarutelescope.org/jp/results/2024/06/17/3411.html>

[2] 2023 年 6 月

「世界初! 129 億年前の初期宇宙で巨大ブラックホールの住む親銀河を検出」

<https://subarutelescope.org/jp/news/topics/2023/06/28/3280.html>

[3] 2019 年 3 月

「超遠方宇宙に大量の巨大ブラックホールを発見」

<https://subarutelescope.org/jp/results/2019/03/13/2692.html>

※6 これまでのクェーサーの探索

宇宙は膨張しているため、クェーサーが放った光は赤方偏移（ドップラー効果）を受けて、宇宙空間を旅するにしたがって波長が伸びていきます（光は、紫外線、可視光線、赤外線の順で波長が長くなります）。初期宇宙のクェーサーが放つ紫外線は波長が伸び、観測に最も適した可視光の波長になって地球に届くため、ブラックホールの目印として都合が良いのです。一方で同じクェーサーが放つ可視光は、波長が伸びると地球に届くときには赤外線となっています。大気中の水蒸気などが赤外線を吸収し、また大気自身の熱放射も強くなるため、地上からの観測は困難で、この赤外線を捉えるためには、地球大気の外に設置された宇宙望遠鏡を使う必要があります。

※7 塵に隠された明るいクェーサーの探索

これまでに、「宇宙の夜明け」の時代で塵に隠された明るいクェーサーの候補はいくつか報告されてきました。しかし巨大ブラックホールの決定的な証拠となる広輝線が検出されていないため、その正体は確定していません。一方で JWST の最近の観測では、「Little Red Dots」と呼ばれる新種族の天体が大量に発見され、広輝線が検出されたことから、ブラックホールではないかと言われています。しかしそれらの放射エネルギーは弱く、これまで初期宇宙で発見されてきたクェーサーよりも遥かに暗い天体です。このような背景のもと、今回の観測では極めて稀な最高光度銀河から広輝線を検出し、「宇宙の夜明けで塵に隠された明るいクェーサー」を世界で初めて発見（確定）するという成果となりました。

【学会講演情報】

発表学会：日本天文学会 2025 年秋季年会

（2025 年 9 月 9 日～11 日、海峡メッセ下関）

講演題名：すばる x JWST：宇宙再電離期の高光度銀河に潜むクェーサーの発見

著者:松岡良樹, 長尾透 (愛媛大学), 尾上匡房 (早稲田大学), 岩澤一司 (バルセロナ大学), 青木賢太郎, 今西昌俊, 泉拓磨, 高橋歩美(国立天文台), Michael A. Strauss, Camryn L. Phillips (Princeton Univ), John D. Silverman, 有田淳也, 柏川伸成, 菊田智史, 河野孝太郎 (東京大学), Xuheng Ding (Wuhan Univ), 秋山正幸(東北大学), 川口俊宏 (富山大学), Chien-Hsiu Lee (HET), 鳥羽儀樹 (立命館大学)

講演日時:2025 年 9 月 10 日(水) 10:18~(講演番号:X29a)

【研究助成】

日本学術振興会科学研究費補助金(科研費)

21H04494、22H01262、22H04939、23K20035、24H00004

Spanish Ministry of Science and Innovation (MCIN)

MCIN/AEI/10.13039/501100011033/FEDER, EU, PID2022-136827NB-C44

【問い合わせ先】

(研究に関すること)

愛媛大学 先端研究院 宇宙進化研究センター

准教授 松岡 良樹

電話: 089-927-9579(研究室)、080-6532-5914(携帯)

E-mail: matsuoka.yk.astro@gmail.com

※ 9月14日から22日は海外出張のため、お問合せは電子メールにお願いします。

(プレスリリースに関すること)

愛媛大学 総務部 広報課

電話: 089-927-9022 E-mail: koho@stu.ehime-u.ac.jp

愛媛大学 先端研究院 宇宙進化研究センター(RCSCE)

電話: 089-927-8164 E-mail: kyoten1@stu.ehime-u.ac.jp