

2026 年 6 月 16 日
国立大学法人千葉大学
学校法人早稲田大学
国立大学法人筑波大学
国立大学法人広島大学

初期宇宙の銀河から中性酸素の輝線を初検出 —アルマ望遠鏡で拓く「星の材料」観測—

千葉大学先進科学センターの札本佳伸特任助教、大栗真宗教授、早稲田大学の井上昭雄教授、筑波大学の橋本拓也助教、広島大学の稲見華恵准教授らの国際研究チームは、アルマ望遠鏡^{注1)}を用いて、宇宙誕生から約7億～8億年後の銀河4天体から、中性酸素が放つ輝線である「[O I] 145 μm (マイクロメートル)」^{注2)}の検出に成功しました。これは、典型的な星形成銀河の冷たい中性ガス^{注3)}からの直接的な信号としては、これまでで最も遠方の検出例となります。中性ガスは星の直接の材料でありながら、ジェイムズ・ウェッブ宇宙望遠鏡 (JWST)^{注4)}など可視・近赤外線の望遠鏡では捉えにくいため、アルマ望遠鏡ならではの観測です。今回の研究成果は、初期宇宙の銀河で星がどのように生まれ育ったかを解明するうえで、新たな観測の窓を開くものです。本研究成果は、2026年6月15日(米国東部時間)に学術誌 *Astrophysical Journal* で公開されました。(論文はこちら：[10.3847/1538-4357/ae5bad](https://doi.org/10.3847/1538-4357/ae5bad))

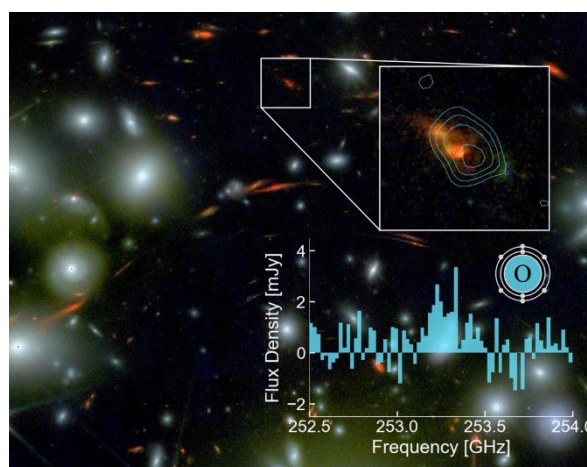


図: ビッグバンから約7億年後の宇宙に存在する銀河A1689-zD1(背景)、とアルマ望遠鏡による観測から検出された中性酸素からの輝線(等高線およびスペクトル)

■研究の背景

星は、銀河の中で水素原子・分子などからなる「中性ガス」が冷えて集まることで生まれるため、初期宇宙において銀河がどのように作られるのかを理解するには、星の直接の材料である中性ガスの性質を調べるのが不可欠です。しかし、近年成果をあげている JWST などの可視・近赤外線望遠鏡では、電離ガス^{注5)}や星そのものは見えても、冷たい中性ガスを直接捉えることはできません。観測にはアルマ望遠鏡のような電波望遠鏡が必要ですが、初期宇宙の銀河に対して直接観測を行った例は極めて稀でした。

■研究成果のポイント

・初期宇宙の銀河から「星の材料」の直接観測に成功：アルマ望遠鏡を用いて、宇宙誕生から約7億～8億年後の星形成銀河4天体 (REBELS-38、A1689-zD1、REBELS-25、REBELS-18) から、星の直接の材料となる中性ガスの存在を示す輝線「[O I] 145 μm 」を検出しました。同輝線は初期宇宙の星形成銀河では観測例がなく、典型的な星形成銀河としては最遠方での検出例です。

・初期宇宙の銀河は「星の材料が豊富に詰まった」星形成の現場だった：複数の輝線観測を組み合わせた解析により、これらの銀河は現在のスターバースト銀河並みに高密度の中性ガスを持つことが分かりました。さらに、JWST による酸素組成比の測定結果と組み合わせることで、中性ガス質量の直接推定にも成功しました。

・広く使われてきた輝線「[C II] 158 μm 」^{注6)}の「正体」を確認：本研究では、電離ガス由来の[N II] 205 μm ^{注7)}輝線も観測し、複数の遠赤外線輝線を比較解析しました。これまで広く観測されてきた別の輝線([C II] 158 μm) は、中性ガスと電離ガスの両方から放射されうるため、その主な起源には曖昧さが残ってしま

た。今回の観測との比較から、主に中性ガスから放射されていることを初めて直接検証することに成功しました。これにより、蓄積されてきた[C II]観測データを中性ガスの研究に活かす道を開きました。

■今後の展望



先進科学センター
特任助教 札本佳伸

今回の観測により、初期宇宙の銀河からも中性酸素の輝線が有効に観測できることがはじめて分かりました。また「星の材料」の研究に活かせることを確認できたことにより、宇宙の研究へ新たな扉を開くことができました。今後、より多くの銀河を対象に観測を行い、宇宙が始まった直後の銀河における星形成の全体像を明らかにしたいと考えています。また、JWST など他の望遠鏡と組み合わせることで、銀河を多角的に捉え、宇宙が始まって今に至るまでどのようにして銀河が生まれ育ってきたのかを解明できると期待しています。

■用語解説

注 1) アルマ望遠鏡(ALMA)：南米チリのアタカマ砂漠、標高約 5,000 メートルに設置された、日本・欧州・北米等の国際協力による世界最大の電波望遠鏡。

注 2) [O I] 145 μm ：原子や分子が特定の波長で放つ光を「輝線」と呼び、その波長から原子・分子の種類や状態がわかる。[O I] 145 μm は中性の酸素原子が放つ遠赤外線の輝線を指す。

注 3) 中性ガス：電子が原子核に結びついたままの冷たいガスで、星の直接の材料となる。

注 4) ジェイムズ・ウェッブ宇宙望遠鏡(JWST)：NASA を中心に欧州・カナダの宇宙機関が共同で開発した宇宙望遠鏡。2021 年に打ち上げられ、近赤外線から中間赤外線の観測により、初期宇宙の銀河の星や電離ガスの性質を高精度で明らかにすることができる。

注 5) 電離ガス：若い高温の星が放つ強い紫外線によって電子がはぎ取られた高温のガスを指す。

注 6) [C II] 158 μm ：[C II] 158 μm は電離した炭素が放つ遠赤外線の輝線を指す。

注 7) [N II] 205 μm ：電離した窒素が放つ遠赤外線の輝線を指す。

■論文情報

タイトル：ALMA Observations of [O I]145 μm and [N II]205 μm Emission lines from Star-Forming Galaxies at $z \sim 7$

著者：札本佳伸, 井上昭雄, Rychard Bouwens, 稲見華恵, Renske Smit, Dan Stark, Manuel Aravena, Andrea Pallottini, 橋本拓也, 大栗真宗, 他 15 名

雑誌名：Astrophysical Journal

DOI：10.3847/1538-4357/ae5bad

■研究プロジェクトについて

本研究は、科学研究費助成事業（JP22K21349, JP23K13149）の支援によって実施されました。

< 研究に関するお問い合わせ >

千葉大学先進科学センター 特任助教 札本佳伸

Tel: 043-290-2749 Mail: y.fudamoto [at] chiba-u.jp

< 広報・報道に関するお問い合わせ >

千葉大学 広報室

Tel: 043-290-2018 Mail: koho-press [at] chiba-u.jp

早稲田大学 広報室

Tel: 03-3202-5454 Mail: koho [at] list.waseda.jp

筑波大学 広報局

Tel: 029-853-2040 Mail: kohositu [at] un.tsukuba.ac.jp

広島大学 広報室

Tel: 082-424-4383 Mail: koho [at] office.hiroshima-u.ac.jp

※[at]を@に置き換えてください。



千葉大学先進科学
センター
宇宙物理学研究室