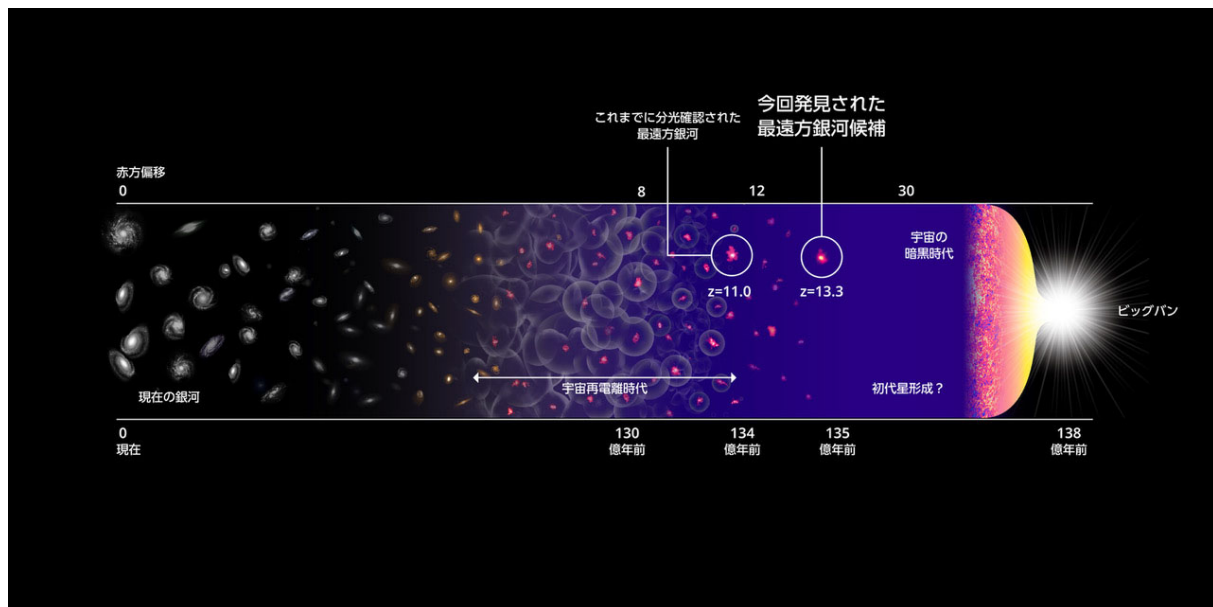




135 億光年かなたの最遠方銀河の候補を発見

1. 発表者：

播金 優一（東京大学宇宙線研究所 宇宙基礎物理学研究部門 助教）

井上 昭雄（早稲田大学 理工学術院先進理工学部 教授）

2. 発表のポイント：

- ◆135 億光年かなたの宇宙に明るく輝く銀河の候補を発見しました。現在見つかっている銀河の中で最遠方の候補です。
- ◆発見された銀河は非常に明るく、これまでの銀河形成モデルでは予想されていなかったような天体です。
- ◆銀河候補はジェイムズ・ウェッブ宇宙望遠鏡の第 1 期観測ターゲットになっており、今後の観測でこの時代の宇宙について、大きく理解が進むことが期待されます。

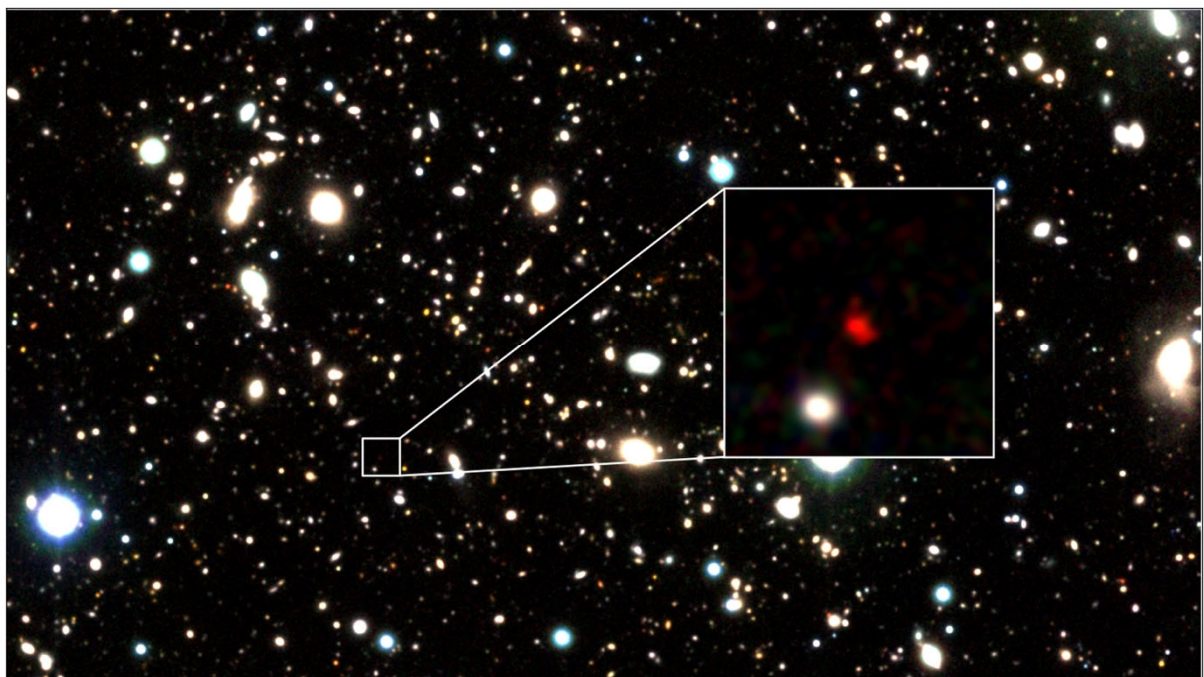


図 1 [fig_threecolor_v2.jpg]

研究チームが発見した、観測史上最遠方の銀河候補 HD1 の擬似カラー画像。拡大図の中心にある赤い天体が、今回発見された最遠方銀河候補 HD1 です。VISTA 望遠鏡による 3 色の観測データを合成することで、画像に色をつけています。（クレジット: Harikane et al.）

3. 発表概要：

国立大学法人東海国立大学機構 名古屋大学大学院理学研究科の田村 陽一 准教授は、東京大学宇宙線研究所の播金優一助教、早稲田大学理工学術院先進理工学部の井上昭雄教授を中心とする国際研究チームと共に、135 億光年かなたの宇宙に存在する明るい銀河の候補、HD1 を発見しました。この発見は HD1 のような明るい天体が、ビッグバン後わずか 3 億年の宇宙に既に存在していたことを示唆しています。この銀河候補は昨年末に打ち上げられたジェイムズ・ウェッブ宇宙望遠鏡の第 1 期観測のターゲットになっており、分光観測により正確な距離が確認されれば、これまでの記録を塗り替える最遠方の銀河になります (注)。

本成果を記した論文は、4 月 8 日に米国の天文学誌『アストロフィジカル・ジャーナル』(*The Astrophysical Journal*) の電子版に掲載される予定です。

4. 発表内容：

① 研究の背景・先行研究における問題点

最遠方銀河の観測は、単に人類の知の地平線を広げるだけでなく、天文学的には宇宙で最初に誕生した初代銀河の形成を知る上でも重要です。初期宇宙において銀河がいつどのように生まれたのかを理解するために、天文学者たちはより昔、つまりより遠方の銀河を探してきました。これまで見つかった銀河の中で最も遠方のものは、ハッブル宇宙望遠鏡が発見した 134 億光年かなたの銀河、GN-z11 でした。しかしさらに遠方の 135 億光年かなたの銀河は、これまで候補すら見つかっていませんでした。これは 135 億光年かなたの銀河からの光の波長は宇宙の膨張のために 1.7 マイクロメートルよりも伸びてしまうため、ハッブル宇宙望遠鏡のカバーする 1.7 マイクロメートルまでの波長では観測が難しかったためです。

② 研究内容

そこで播金優一助教らは、ハッブル宇宙望遠鏡よりも長い波長をカバーしている地上望遠鏡の観測データを用いて、GN-z11 よりも遠方の宇宙に存在する銀河を探索しました。研究チームをリードした播金優一助教はこう語ります。「135 億光年かなたの銀河を探すには現状では長い波長をカバーしている地上望遠鏡の画像を使う必要があるのですが、このような試みはこれまで行われてきませんでした。これは地上望遠鏡はハッブル宇宙望遠鏡に比べて感度が悪く、普通は暗いと考えられている遠方銀河の探索には不向きだと思われるためです。しかし我々は最近の複数の研究結果から明るい遠方銀河も実は存在するのではないか、と仮説を立て、地上望遠鏡の画像データを使って 135 億光年かなたの銀河を探し始めました。」

すばる望遠鏡、VISTA 望遠鏡、UK 赤外線望遠鏡、スピッツァー宇宙望遠鏡の合計 1200 時間以上の観測によって得られた 70 万個以上の天体データから、135 億光年かなたの最遠方銀河の候補天体、HD1 が発見されました。「70 万個以上の天体から HD1 を見つけるのはとても大変な作業でした。」実際に HD1 を発見した播金優一助教は話します。「銀河の探索条件を変えながら何度も画像データを調べ上げて、数ヶ月かけてやっと HD1 に会うことができました。HD1 の色は赤く、135 億年前の銀河の予想される特徴と驚くほどよく一致しており、見つけた時には少し鳥肌が立ちました。銀河のスペクトルモデルを使った詳細な解析を経て、私たちは HD1 は 135 億年前の銀河だという解釈が最も妥当

だと結論づけました。しかし確証を得るためには、正確な距離を測ることのできる分光観測が必要です。」

そこで研究チームは酸素輝線を検出するために、ALMA 望遠鏡を用いて分光観測を行いました。分光観測をリードした井上昭雄教授はこう語ります。「我々は酸素輝線が予想される周波数に弱いシグナルを見つけました。シグナルの有意度は 99.99% です。もしこのシグナルが本物なら、HD1 は 135 億光年かあたりに存在していることの証拠になります。が、99.9999% の有意度がないと確証は持てません。一方でシグナルが弱いことは酸素が少ないこと、つまり HD1 はできたての初代銀河のような性質を持つことを示しているのかもしれない。」

HD1 は非常に明るく、これは HD1 のような明るい天体がビッグバン後わずか 3 億年の宇宙に既に存在していたことを示唆しています。HD1 の存在は、これまでの銀河形成の理論モデルでは予言されていませんでした。HD1 に関する観測的な情報は限られており、物理的な性質は謎に包まれています。非常に活発な星形成をしている銀河だと考えられますが、一方で活動的なブラックホールだという説もあります。どちらの説でも非常に興味深い天体です。

③ 社会的意義・今後の予定

HD1 はその天文学的な重要性が認められて、去年に打ち上げられたジェイムズ・ウェッブ宇宙望遠鏡の第 1 期観測のターゲットになっています。播金優一助教はこの宇宙望遠鏡による観測も主導しています。「HD1 はジェイムズ・ウェッブ宇宙望遠鏡の分光器の 1 つ、NIRSpec により観測が行われる予定です。もし分光観測により正確な距離が確認されれば、GN-z11 より 1 億光年遠い、これまでの記録を塗り替える最遠方の銀河になります。ジェイムズ・ウェッブ宇宙望遠鏡では他にもワクワクするような観測がたくさん予定されており、今から観測が非常に待ち遠しいです。」

※今回の研究は、科学研究補助金（番号 17H06130, 19J01222, 20K22358, 21K13953）、国立天文台 ALMA 共同科学研究事業 2020-16B によるサポートを受けています。

5. 発表雑誌：

雑誌名：The Astrophysical Journal (4 月 8 日掲載予定)

論文タイトル：A Search for H-Dropout Lyman Break Galaxies at $z \sim 12-16$

著者： Yuichi Harikane, Akio K. Inoue, Ken Mawatari, Takuya Hashimoto, Satoshi, Yamanaka, Yoshinobu Fudamoto, Hiroshi Matsuo, Yoichi Tamura, Pratika Dayal, L. Y. Aaron Yung, Anne Hutter, Fabio Pacucci, Yuma Sugahara, and Anton M. Koekemoer

DOI 番号：10.3847/1538-4357/ac53a9

URL：https://iopscience.iop.org/article/10.3847/1538-4357/ac53a9

https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2021arXiv211209141H/abstract

6. 注記：

(注) 今回見つかった銀河候補 HD1 の推定赤方偏移は $z=13.3$ でした。赤方偏移は宇宙論的距離を表す際に使われる指標です。Planck 観測機チームが 2015 年に公表した宇宙論パラメータ (Planck Collaboration 2016, "Planck 2015 results. XIII. Cosmological parameters", "TT,TE,EE+lowP+lensing+ext" in Table 4; $H_0 = 67.74 \text{ km/s/Mpc}$, $\Omega_m = 0.3089$, $\Omega_\Lambda = 0.6911$) を用いて赤方偏移から距離を計算すると 134.8 億光年となり、HD1 は 134.8 億年前に存在していたことになります。一方で宇宙は膨張していますので、現在の宇宙では我々との銀河候補の距離は 134.8 億光年以上になります。参考として GN-z11 は赤方偏移が $z=11.0$ で、133.8 億光年かなたの宇宙に存在しています。また今回の研究では HD1 の他に、134.4 億光年かなた (赤方偏移 $z=12.3$) に存在する銀河の候補、HD2 も見つかっており、こちらもジェイムズ・ウェッブ宇宙望遠鏡による観測が行われる予定です。

7. 添付資料：

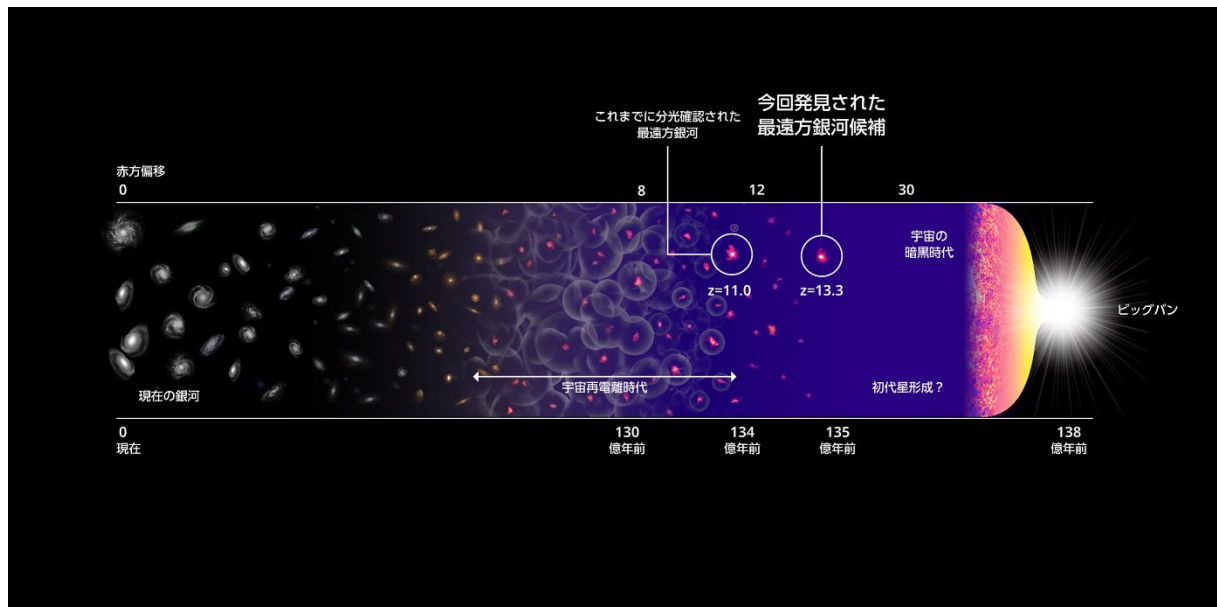


図 2 [imgJP.jpg]

発見された最遠方銀河候補と宇宙の歴史。最遠方銀河候補 HD1 は推定赤方偏移 $z=13.3$ と、GN-z11 (赤方偏移 $z=11.0$) よりも約 1 億光年遠い宇宙に存在すると予想されています。(クレジット: Harikane et al., NASA, ESA, and P. Oesch (Yale University))