

Press RELEASE ご取材案内

報道解禁：2021年9月23日（木）0:00（日本時間）

配布先：文部科学記者会、科学記者会
報道各社：科学部・社会部 ご担当者各位

2021年9月17日

国立天文台

早稲田大学

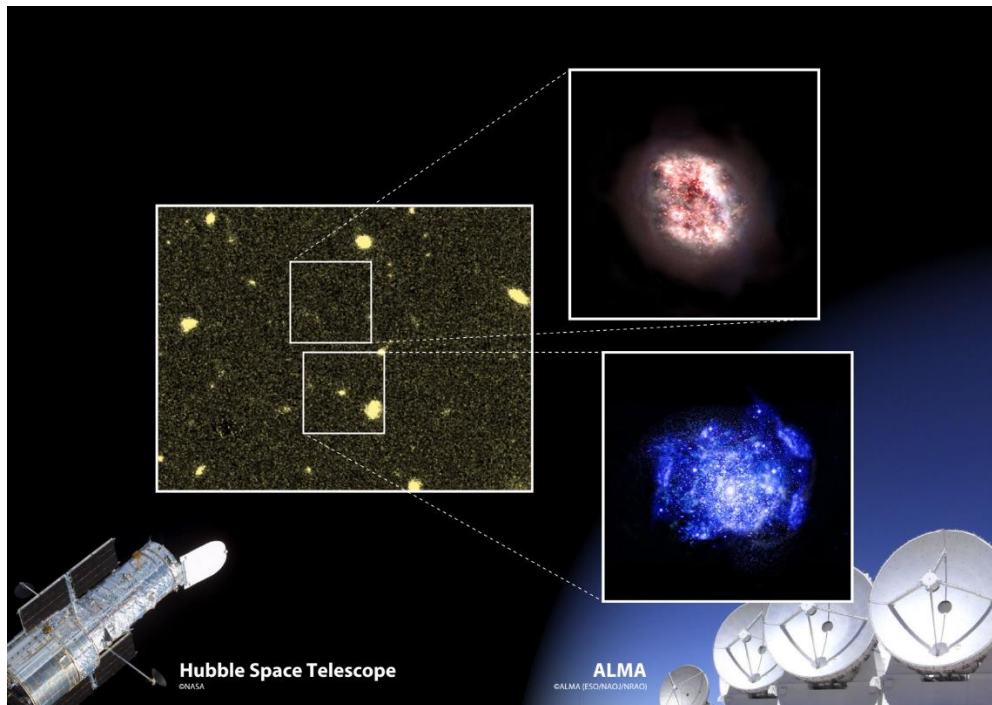
広島大学

観測史上最古の「隠れ銀河」を131億年前の宇宙で発見

<概要>

札本 佳伸（ふだもと よしのぶ）国立天文台アルマプロジェクト特任研究員・早稲田大学理工学術院総合研究所次席研究員と稲見 華恵（いなみ はなえ）広島大学宇宙科学センター助教授らの国際研究チームが、アルマ望遠鏡の大規模探査による観測データの中から、約130億年前の宇宙で塵に深く埋もれた銀河を複数発見しました。そのうちの一つは、塵に埋もれた銀河として見つかったものの中で最古の銀河です。今回発見されたような銀河は、すばる望遠鏡などを用いた観測で発見することは難しく、初期の宇宙にどれほど存在するのかこれまで全くわかっていませんでした。今回の発見は、宇宙の歴史の初期においても数多くの銀河が塵に深く隠され、いまだ発見されないままになっていることを示します。同時に、このような銀河は宇宙の初期における銀河の形成と進化をより統一的に理解する上で重要な発見です。

この観測成果は、Fudamoto et al. “Normal, Dust-Obscured Galaxies in the Epoch of Reionization”として、英国の科学誌「ネイチャー」オンライン先行公開版に2021年9月22日16:00（イギリス時間）に掲載され、9月23日に本誌に掲載されます。これにあたり、記者会見を9月21日（火）14:00（日本時間）にオンラインにて開催します。



上図：今回の観測結果の模式図。ハッブル宇宙望遠鏡による近赤外線観測画像（左）では、中心やや下に銀河が見えています。これは右下の想像図のような、これまで存在がよく知られていた若い銀河です。一方今回のアルマ望遠鏡による観測では、ハッブル宇宙望遠鏡では何も見えていない領域に、塵に深く埋もれた銀河（右上の想像図）を新たに発見しました。

Credit: ALMA (ESO/NAOJ/NRAO), NASA/ESA Hubble Space Telescope

（１）これまでの研究で分かっていたこと

過去 20 年以上にわたり、世界中の研究者がすばる望遠鏡やハッブル宇宙望遠鏡などを用いて遠方銀河の探査を行ってきました。光が有限の速さでやってくることから、遠方銀河を探査することで初期の宇宙にあった銀河の姿を直接捉えられます。そして、それらの大規模な探査の結果、ビッグバンから 10 億年以内の宇宙の初期に存在した銀河が数多く発見され、それらの時代において銀河がどのように形成・進化してきたのかについての研究が大きく進んできました。

このような宇宙の初期にある銀河の大規模な探査では、銀河に含まれる、太陽の数十倍程度の質量をもった大型の星から放射される明るい紫外光が観測されてきました。宇宙の膨張によって遠方天体からやってくる光の波長が伸びるため（赤方偏移）宇宙の初期にある銀河から放たれた紫外光は、地球で観測する際には可視光や近赤外線となります。

しかしながら、この紫外光には銀河に含まれる塵（ちり）によって大きく吸収・散乱されるといふ性質があります。この塵は銀河内部で星が世代交代することによって作り出されるため、銀河で過去にどのような星形成活動があったのかによってその量が変わってきます。内部で放たれた紫外光のほとんどが大量の塵に吸収・散乱されてしまうような、塵に埋もれた銀河の場合は、可視光や近赤外線を用いた観測では見つけることができません。初期の宇宙でこれまでに見つかっている塵に埋もれた銀河は、天の川銀河の 1000 倍以上といった激しいペースで星形成を行っている極めて稀な銀河に限られていました。そのため、130 億年ほど前の宇宙に存在する若くて星形成活動が比較的低調な銀河の大多数は塵にはあまり隠されておらず、感度の良い可視光や近赤外線の観測を行うことで検出が可能だと考えられてきました。

（２）今回の研究で明らかになったこと

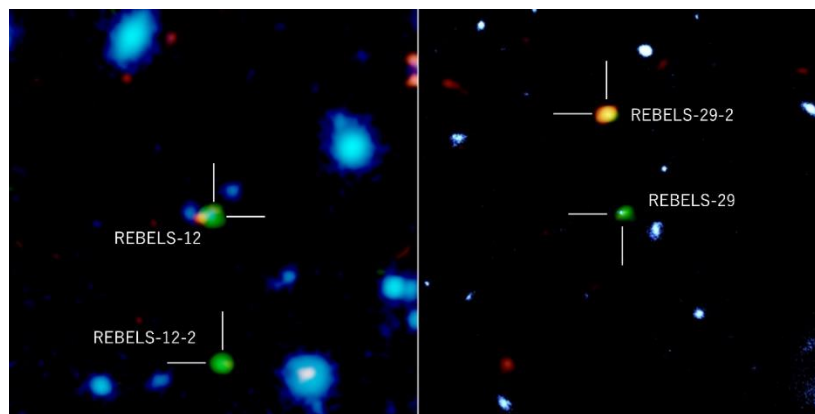
国立天文台アルマプロジェクト特任研究員として早稲田大学で研究活動を行う札本佳伸氏は、アルマ望遠鏡による [大規模探査プロジェクト「REBELS」](#) で観測された銀河を研究するうちに、偶然このような塵に埋もれた銀河を初期の宇宙で発見しました。REBELS の本来の目的は、130 億年程度前の宇宙に存在したと考えられる近赤外線で非常に明るい 40 個の銀河を観測し、塵からの放射と炭素イオンの輝線の探査を行うことでした。広島大学宇宙科学センター助教の稲見華恵氏は、REBELS プロジェクトの共同代表研究者として本プロジェクトに参加しています。

札本氏が REBELS-12 と REBELS-29 という二つの銀河の観測データを調べていたところ、それぞれ本来の観測対象としていた銀河に加えて、そこから少し離れた場所からも塵からの放射と炭素イオンの輝線が非常に強く放たれていることを発見しました。そして驚くべきことに、これらの偶然見つかった新たな放射源の場所には、感度の良いハッブル宇宙望遠鏡を用いても何も見えませんでした。つまり、これらの放射は、ハッブル宇宙望遠鏡などが観測することのできる紫外光をほとんど放っていない、塵に埋もれた銀河からやってきたものであることを示しています。そのうちの一つ、REBELS-12 の近傍に見つかった銀河は、塵に埋もれていた銀河の中では観測史上最古となる 131 億年前のものになります（注）。さらに驚いたことに、今回見つかった銀河は、これまで塵に埋もれた銀河に見られたような爆発的な星形成は行っておらず、130 億年程度前の宇宙でこれまで多数見つかった銀河と同程度の星形成活動しかありませんでした。つまり、今回見つかった銀河は、塵に埋もれているということ以外はこれまで知られている典型的な銀河と変わりありません。これは、典型的な星形成活動をおこなう「普通」の銀河であっても宇宙のこれほど初期において塵に埋もれて見えなくなってしまう、ということを示し、多数の銀河が塵に埋もれて未だ発見されていないのではないか、ということを示唆しています。

注：アルマ望遠鏡の観測によると、REBELS-12 の近傍に見つかった銀河の赤方偏移は 7.35 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) で光が飛んできた時間を計算すると、131 億年となります。詳しくは「[遠い天体の距離について](#)」もご覧ください。

(3) 今後の展開・影響

これまでの観測からは全く見つけられなかったような種類の銀河が宇宙の初期に存在した、という発見は、いままで考えられてきた宇宙の初期における銀河の形成の理論に大きな影響を及ぼす発見です。このような銀河がどの程度存在し、どのように銀河全体の進化と形成に影響してきたのかをより統一的に理解するにはさらなる観測を待たなければなりません。アルマ望遠鏡による探査や、2021 年内に打ち上げ予定のジェイムズ・ウェッブ宇宙望遠鏡による大規模な銀河の探査と、それらによる銀河の形成に関する統一的な理解の進歩が待たれます。



上図：アルマ望遠鏡とハッブル宇宙望遠鏡、欧州南天天文台 VISTA 望遠鏡で撮影した遠方銀河。アルマ望遠鏡で観測した電離炭素原子からの放射を緑、塵からの放射をオレンジ、VISTA 望遠鏡・ハッブル宇宙望遠鏡で観測した近赤外線を青で表現しています。REBELS-12、REBELS-29 は近赤外線と電離炭素原子・塵からの放射がいずれも検出されていますが、REBELS-12-2 と REBELS-29-2 では近赤外線が検出されていません。これらは今回のアルマ望遠鏡による観測で初めて見つかった銀河で、塵に深く埋もれていると考えられます。

Credit: ALMA (ESO/NAOJ/NRAO), NASA/ESA Hubble Space Telescope, ESO, Fudamoto et al.

<研究者からのコメント>

札本氏は「宇宙の初期において、塵に埋もれて発見されていないような隠れた普通の銀河が存在するという予想外の、そして偶然の発見に驚きました。今回見つかった銀河は、宇宙の非常に狭い領域から見つかったものであるため、氷山のほんの一角に過ぎないと考えています。このような隠れた銀河がどれだけ宇宙の初期に存在するのかの研究はこれからの大きな課題となるでしょう。」とコメントしています。

また、稲見氏は「今回の発見では、ひとつ謎を解決しようとしたところで新たな謎が見つかった、という研究の醍醐味を改めて感じました。塵を大量に生産するにはある程度歳をとった星が必要なのに、ビッグバン直後という宇宙の極初期で、何がきっかけでどのようにして短時間で塵が生み出されたのか、これから解き明かしていきます。私たちが知り得ていないことが、この広大な宇宙にはまだまだあることを教えてくれる成果です。」とコメントしています。

<論文情報>

雑誌名：Nature

論文名：Normal, Dust-Obscured Galaxies in the Epoch of Reionization

執筆者：Y. Fudamoto^{1,2,3}, P. A. Oesch^{1,4}, S. Schouws⁵, M. Stefanon⁵, R. Smit⁶, R. J. Bouwens⁵, R. A. A. Bowler⁷, R. Endsley⁸, V. Gonzalez^{9,10}, H. Inami¹¹, I. Labbe¹², D. Stark⁸, M. Aravena¹³, L. Barrufet¹, E. da Cunha^{14,15}, P. Dayal¹⁶, A. Ferrara¹⁷, L. Graziani^{18,20, 27}, J. Hodge⁵, A. Hutter¹⁶, Y. Li^{21,22}, I. De Looze^{23,24}, T. Nanayakkara¹², A. Pallottini¹⁷, D. Riechers²⁵, R. Schneider^{18,19,26,27}, G. Ucci¹⁶, P. van der Werf⁵, C. White⁸

所属機関名：¹Department of Astronomy, University of Geneva, ²Research Institute for Science and Engineering, Waseda University, ³National Astronomical Observatory of Japan, ⁴Cosmic Dawn Center (DAWN), Niels Bohr Institute, University of Copenhagen, ⁵Leiden Observatory, Leiden University, ⁶Astrophysics Research Institute, Liverpool John Moores University, ⁷Sub-department of Astrophysics, The Denys Wilkinson Building, University of Oxford, ⁸Steward Observatory, University of Arizona, ⁹Departamento de Astronomia, Universidad de Chile, ¹⁰Centro de Astrofisica y Tecnologias Afines (CATA), ¹¹Hiroshima Astrophysical Science Center, Hiroshima University, ¹²Centre for Astrophysics & Supercomputing, Swinburne University of Technology, ¹³Nucleo de Astronomia, Facultad de Ingenieria y Ciencias, Universidad Diego Portales, ¹⁴International Centre for Radio Astronomy Research, University of Western Australia, ¹⁵ARC Centre of Excellence for All Sky Astrophysics in 3 Dimensions (ASTRO 3D), ¹⁶Kapteyn Astronomical Institute, University of Groningen, ¹⁷Scuola Normale Superiore, ¹⁸Dipartimento di Fisica, Sapienza, Università di Roma, ¹⁹INAF/Osservatorio

Astronomico di Roma, ²⁰INAF/Osservatorio Astrofisico di Arcetri, ²¹Department of Astronomy & Astrophysics, The Pennsylvania State University, ²²Institute for Gravitation and the Cosmos, The Pennsylvania State University, ²³Sterrenkundig Observatorium, Ghent University, ²⁴Dept. of Physics & Astronomy, University College London, ²⁵Cornell University, ²⁶Sapienza School for Advanced Studies, ²⁷INFN, Roma, Italy

掲載日：オンライン先行版 2021年9月22日(水) 16:00 (イギリス時間)

本誌 2021年9月23日(木) (イギリス時間)

DOI : [10.1038/s41586-021-03846-z](https://doi.org/10.1038/s41586-021-03846-z)

<研究助成>

国立天文台 ALMA Scientific Research Grant 2020-16B

日本学術振興会科学研究費補助金 (JP19K23462、JP21H01129)

the Swiss National Science Foundation through the SNSF Professorship grant 190079

TOP grant TOP1.16.057

the Nederlandse Onderzoekschool voor Astronomie

STFC Ernest Rutherford Fellowship (ST/S004831/1, ST/T003596/1)

European Research Council's starting grant ERC StG-717001

the NWO's VIDI grant 016.vidi.189.162

the European Commission's and University of Groningen's CO-FUND Rosalind Franklin program

the Amaldi Research Center funded by the MIUR program "Dipartimento di Eccellenza"

CUP:B81I18001170001

the National Science Foundation MRI-1626251

FONDECYT grant 1211951

``CONICYT+PCI+INSTITUTO MAX PLANCK DE ASTRONOMIA MPG190030"

``CONICYT+PCI+REDES 190194"、ARC Centre of Excellence for All Sky Astrophysics in 3 Dimensions (ASTRO

3D) CE170100013 (EdC); Australian Research Council Laureate Fellowship FL180100060

the ERC Advanced Grant INTERSTELLAR H2020/740120

the Carl Friedrich von Siemens-Forschungspreis der Alexander von Humboldt-Stiftung Research Award

the VIDI research program 639.042.611

JWST/NIRCam contract to the University of Arizona, NAS5-02015

ERC starting grant 851622

the National Science Foundation under grant numbers AST-1614213, AST-1910107

the Alexander von Humboldt Foundation through a Humboldt Research Fellowship for Experienced Researchers

記者会見概要

日時：2021年9月21日（火）14:00～15:00（予定）

形式：Zoom ミーティングを用いたオンライン記者会見

事前参加登録：以下 URL よりご登録ください。会見直前でも登録可能です。

URL：<https://bit.ly/2XoasZH>

- ◆ 参加希望者が上記から事前登録すると、自動承認されます。自動承認されると、参加 URL、パスワード その他がメールで送信されます。
- ◆ 登録者に送られるメールには、発表内容の詳細を得るための URL を記載する予定です。
- ◆ 記者会見に関するお問い合わせは、国立天文台（Tel: 0422-34-3613, E-mail: media_contact@prcml.mtk.nao.ac.jp）までお問い合わせください。

【研究内容に関するお問い合わせ先】

早稲田大学 理工学術院総合研究所 次席研究員 札本 佳伸

Tel: 03-5286-3490, 070-2189-7223 E-mail: y.fudamoto@aoni.waseda.jp

広島大学 宇宙科学センター 助教 稲見 華恵

Tel: 082-424-3468 E-mail: hanae@hiroshima-u.ac.jp

【発信元】

国立天文台 Tel: 0422-34-3613 E-mail: media_contact@prcml.mtk.nao.ac.jp

早稲田大学広報室広報課 Tel: 03-3202-5454 E-mail: koho@list.waseda.jp

広島大学広報グループ Tel: 082-424-3701 E-mail: koho@office.hiroshima-u.ac.jp