

【本件リリース先】

文部科学記者会、科学記者会、
広島大学関係報道機関



広島大学

NEWS RELEASE

本件の報道解禁につきましては、令和2年9月
24日(木)17時以降にお願いいたします。

令和2年9月24日

宇宙最盛期を支える銀河の原材料 — 約100億年前の銀河たちがもつ分子ガス —

【本研究成果のポイント】

- 空間と時間の3次元でかつてない大規模な深宇宙探査をアルマ望遠鏡で行い、宇宙の歴史の中でもっとも活発に星が作られていた約100億年前の時代で、星の原材料となる分子ガスと塵（ちり）を多数の銀河で特定しました。
- この観測により、宇宙が誕生して20億年経った頃から現在までの銀河で、星の原材料である分子ガスの進化をより良い精度で明らかにすることができました。
- 更に、銀河の3次元地図をもとにアルマ望遠鏡のデータを足し合わせた結果、今まで観測されなかった微弱な分子ガスを検出することに成功しました(図3)。

※ アルマ望遠鏡：南米チリの標高5,000mの高地に建設され、2011年に科学観測を開始した巨大望遠鏡。日本を含む22の国と地域が協力して運用しています。

【概要】

本学宇宙科学センター助教・稲見華恵を含む国際研究チームは、アルマ望遠鏡を使い、空間と時間方向を含む3次元によるかつてない大規模な深宇宙探査を行うことで、約100億年前の銀河で星の原材料となる一酸化炭素分子と宇宙塵（うちゅうじん）をもつ銀河を特定しました。本研究では、ハッブル宇宙望遠鏡の重点観測領域であるハッブル・ウルトラ・ディープ・フィールドと呼ばれる空の領域をくまなく観測することで、今まで大量の分子ガスや塵（ちり）を持つとは予想されていなかった銀河でも、ガスと塵が発見されました。星が最もたくさん生まれていた宇宙最盛期とも言える、宇宙誕生から約40億年たった頃に星を作っていた銀河は、平均して星よりも多くの分子ガスで構成されていたことが分かりました。

本学の稲見助教は、星が少なく星形成も穏やかな銀河の分子ガスも調べるため、銀河の3次元地図をもとにしてアルマ望遠鏡のデータを重ね合わせることで、小さな銀河においてもガスの検出に成功しました(図3)。これにより、天の川銀河の1/10程度の小さい銀河では、星が多くなってもガスはそれほど減らないことが分かりました。星質量が大きくなればなるほどガス質量が急激に小さくなる大質量銀河とは異なる傾向をもっていたのです。この傾向が遠方銀河で確認されるのは初めてで、宇宙にありふれた小さな銀河は大質量銀河とは異なる生成過程をもつ可能性を示唆します。

本研究では国際チームにより20本の査読論文が出版されています。最新の結果は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」にて既に査読され受理されており、プレプリント・サイト arXiv.org に投稿されています。また、論文一覧はプロジェクトチームのウェブサイト aspecs.info をご覧ください。

なお、本件リリースは、2020年9月24日にドイツ、イタリア、オランダ、チリ、米国を含む国際チームと同時の発表を予定していますので、9月24日(木)17時以降に報道いただけますと幸いに存じます。

【発表論文】

- 論文タイトル： The ALMA Spectroscopic Survey in the HUDF: Constraining the Molecular Content at $\log(M^*/M_\odot) \sim 9.5$ with CO stacking of MUSE detected $z \sim 1.5$ Galaxies
- 著者： Hanae Inami, Roberto Decarli, Fabian Walter, Axel Weiss, Chris Carrilli, Manuel Aravena, Leindert Boogaard, Jorge González-López, Gergö Popping, Elisabete da Cunha, Roland Bacon, Franz Bauer, Thierry Contini, Paulo C. Cortes, Pierre Cox, Emanuele Daddi, Tanio Díaz-Santos, Melanie Kaasinen, Dominik A. Riechers, Jeff Wagg, Paul van der Werf, Lutz Wisotzki
- 掲載雑誌： The Astrophysical Journal

【背景】

銀河は星々の大集団であり、その星たちは分子ガスが重力によって集まることで生まれることが分かっています。つまり、星の原材料である分子ガスを調べることによって、銀河がどのようにして星を誕生させ進化し、現在の宇宙を形作ったのかを明らかにすることができます。分子ガスは電波を発するため、電波望遠鏡による観測が行われてきましたが、一度に多数の銀河を観測することは感度の面で難しかったため、今までの研究では観測対象となる銀河を事前に選別し、ひとつひとつに対して調べていく手法が用いられていました。本研究では、かつてない感度を実現させたアルマ望遠鏡によりこの弱点を克服し、事前に銀河を選別することなく、銀河の姿の全体像を捉えられるよう、空間と時間方向を含む3次元での大型観測を行いました。これにより、大半の星が生まれ宇宙が最も活発であった約100億年前の銀河がもつ分子ガスをくまなく調べることができました。

【研究成果の内容】

本学宇宙科学センター助教・稲見華恵を含む国際チームは、アルマ望遠鏡の大型プログラム^{(*)1}による観測を実施し、空間と時間方向を含む3次元による深宇宙探査を行いました。通常の観測では観測対象となる銀河を事前に選ぶことが多いのですが、本研究ではターゲットとなる銀河を選ばずに、ハッブル宇宙望遠鏡が重点的に観測を行ってきたハッブル・ウルトラ・ディープ・フィールドと呼ばれる空の領域をくまなく観測することにより、包括的な調査を可能にしました。分子ガスが検出されると、図1に見られるように3次元空間でその場所を同定することができます。このデータを精査することで、宇宙で星が最もたくさん生まれていた約100億年前の時代で分子ガスと塵をもつ銀河を特定することができました。事前のターゲット銀河選別を行わなかったことにより、今まで大量のガスや塵を持つとは思われていなかった銀河においてもその存在が確認されました。現在の宇宙で見られる銀河は星の方が分子ガスよりも大きな割合を占めるのですが、約100億年前の銀河は平均して、星よりも多くの分子ガスで構成されていたことが分かったので。

特に、本学宇宙科学センター助教・稲見華恵は、アルマ望遠鏡で得られた電波データを更に発展させるべく、欧州南天天文台の望遠鏡VLT^{(*)2}で取得した可視光線データをもとに作られた銀河の3次元地図と組み合わせることで、アルマ望遠鏡であっても感度が十分に足りず単独では検出しきれなかった、星質量が小さい銀河の分子ガスを探り出すことに成功しました。図2左の画像は、ハッブル・ウルトラ・ディープ・フィールドをハッブル宇宙望遠鏡が観測した可視光線のデータです。同領域は欧州南天天文台の望遠鏡VLTに搭載されている最新の3次元分光観測装置MUSE^{(*)3}でも観測され、本学・稲見助教はそれをもとに同領域における銀河の3次元地図を3年前に作成しました^{(*)4}。本研究ではこの地図を活用し、アルマ望遠鏡で分子ガスが検出されているかどうかに関わらず、銀河が存在する場所のデータを全て重ね合わせることによって、直接捉えることが難しかった微弱な分子ガスを検出することに成功しました(図3)。過去の研究から、大型な銀河は星質量が増えると分子ガスと星の質量比が大きくなり減少すると分かっていたのですが、本研究により、星質量が天の川銀河の1/10程度の小さな銀河ではガスと星の質量比の減少が小さ

いことが明らかになりました。つまり、大型の銀河では星が多くなるほどその原料となるガス質量が急激に小さくなる一方で、小型の銀河では星が多くなってもガスはそれほど減らない傾向にあるということです。これは、星質量が小さなありふれた存在である銀河は、大質量銀河とは異なる生成過程をもつ可能性を示唆します。この傾向が遠方銀河で確認されるのは初めてです。

また、研究チームは、ビッグバンから 20 億年前経った頃から現在までの宇宙での分子ガス質量密度の進化を調査しました。先行研究よりも高い精度で、宇宙が 40 億歳頃、つまり宇宙最盛期の時期に、宇宙では分子ガスが最も多く存在しており、そしてそのガスは現在までの間に 10 分の 1 に減少している確証をつかみました。

銀河を構成する材料を直接捉える本研究によるこれらの結果は、宇宙の誕生と進化に対する我々の理解を推し進めるのに重要な成果です。宇宙初期の銀河がもつ星の原材料である分子ガスのおおよその量が分かった今、銀河はどのようにしてガスを消費して星を誕生させたのか、その過程を調べることで銀河進化の更なる解明が期待されます。

(*1) ALMA 望遠鏡 大型プログラム ASPECS: ALMA Large Program, ASPECS (The ALMA SPECTroscopic Survey in the Hubble Ultra-Deep Field)

(*2) VLT, Very Large Telescope. 欧州南天天文台が運営するチリ・パラナル天文台にある口径 8m の大型望遠鏡。

(*3) MUSE, the Multi-Unit Spectroscopic Explorer. 欧州南天天文台の望遠鏡 VLT に 2014 年に搭載された新型の大視野分光撮像観測装置。

(*4) Inami et al. 2017, Astronomy & Astrophysics, 608, 2A (<https://www.aanda.org/articles/aa/abs/2017/12/aa31195-17/aa31195-17.html>)

【今後の展開】

本研究で検出された大量の分子ガスをもつ銀河を、さらに高空間分解での観測を実現させガスの運動などを分析することにより、ガスが消費され星になる手がかりをつかもうとしています。また、来年打ち上げ予定の NASA ジェームズ・ウェッブ宇宙望遠鏡による観測により、より温度が高いガスや塵を調べることで、初期宇宙銀河の性質を多面的に理解することができます。

【参考資料】

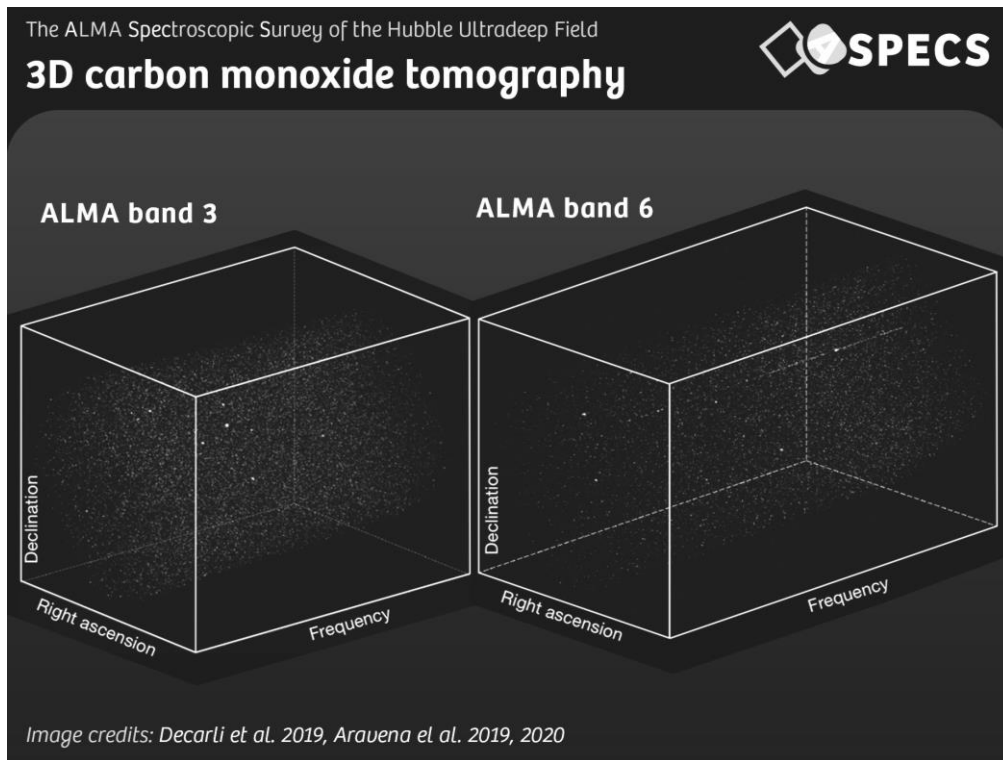


図 1. 本研究において、空間・時間方向を同時にカバーする 3 次元探査をアルマ望遠鏡バンド 3(観測波長 2.6~3.6mm)とバンド 6(観測波長 1.1~1.4mm)で観測したハッブル・ウルトラ・ディープ・フィールド。白い点が分子ガスが検出された場所を示す。

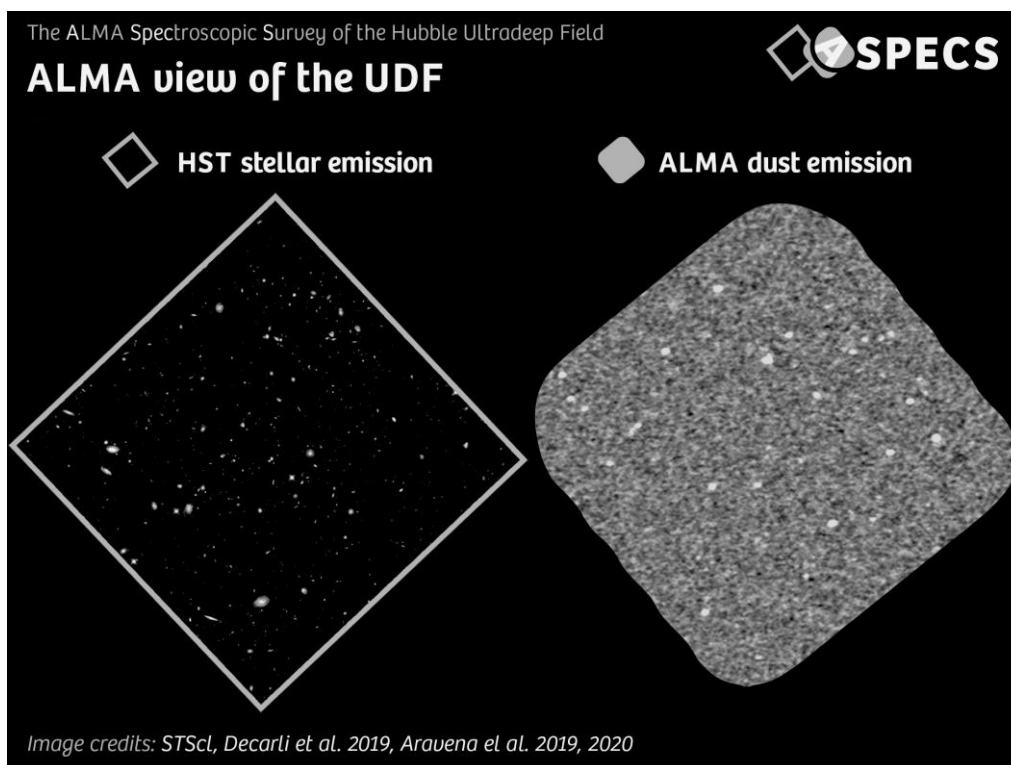


図 2. ハッブル・ウルトラ・ディープ・フィールドを、ハッブル宇宙望遠鏡(左)とアルマ望遠鏡(右)で観測した画像。ハッブル宇宙望遠鏡では主に星の光を、アルマ望遠鏡では主に銀河に含まれる一酸化炭素分子ガスからの電波をとらえています。

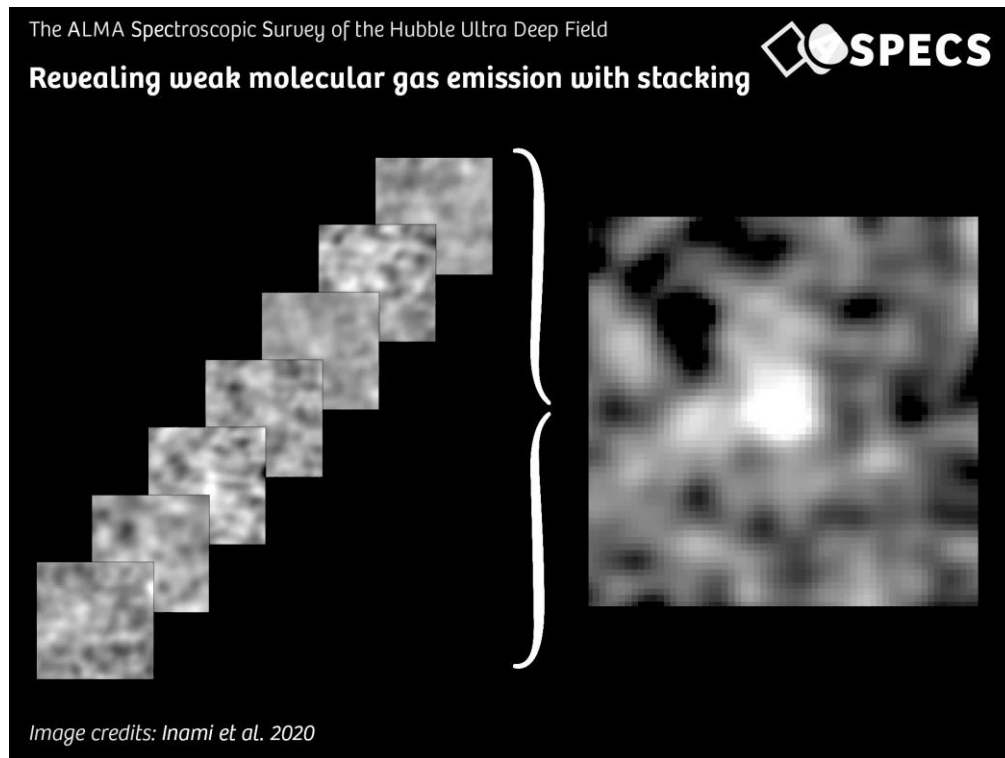


図 3. 銀河が存在すると分かっている場所でありながらも分子ガスが直接検出されていないアルマ望遠鏡のデータを重ね合わせることで、今まで見つからなかった微弱な分子ガスを検出することに成功しました。

プロジェクトチームのウェブサイト aspecs.info においても、カラー画像および他の観測画像やイメージ図や動画を掲載しております。

この研究は、日本学術振興会科学研究費補助金 (No. JP19K23462)、CONICYT + PCI + INSTITUTO MAX PLANCK DE ASTRONOMIA MPG190030、ERC Advanced Grant 740246 (Cosmic Gas)、CAS-CONICYT Call 2018、NSF (grant numbers AST-1614213 and AST-1910107)、Alexander von Humboldt Foundation、International Max Planck Research School for Astronomy and Cosmic Physics at Heidelberg University (IMPRS-HD) の支援を受けて行われました。アルマ望遠鏡は、欧州南天天文台、米国国立科学財団、自然科学研究機構がカナダ国家研究会議、台湾行政院科技部、中央研究院天文及天文物理研究所、韓国天文宇宙科学研究所とともにチリ共和国と協力して推進しています。合同アルマ観測所は、欧州南天天文台、米国北東部大学連合/米国国立電波天文台、国立天文台が運用しています。

【お問い合わせ先】

(研究に関すること)

広島大学宇宙科学センター 助教 稲見華恵 (いなみ はなえ)

Tel : 082-424-3468 (代表) FAX : 082-424-0717

E-mail : hanae@hiroshima-u.ac.jp

(アルマ望遠鏡に関すること)

国立天文台アルマプロジェクト 教育広報主任

平松正顕 (ひらまつ まさあき)

Tel : 0422-34-3630

E-mail : hiramatsu.masaaki@nao.ac.jp

(報道に関すること)

広島大学 財務・総務室広報部広報グループ

Tel: 082-424-3701

E-mail: koho@office.hiroshima-u.ac.jp

発信枚数：A4版 6枚 (本票含む)