

令和 6 年 6 月 4 日現在

機関番号：15401

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2019～2023

課題番号：19K23462

研究課題名（和文）宇宙進化を決定づける赤外線銀河のガス・ダストと星形成メカニズムの解明

研究課題名（英文）Gas and dust in infrared galaxies and star formation mechanisms that determine cosmic evolution

研究代表者

稲見 華恵 (Inami, Hanae)

広島大学・宇宙科学センター・助教

研究者番号：20841943

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,200,000円

研究成果の概要（和文）：本研究ではアルマ宇宙望遠鏡を用いて遠方宇宙での赤外線銀河がもつガスとダストの調査を行った。これらの星間物質の質量等の性質と銀河の星質量等と比較することにより、銀河内で起きている星形成とその背後にある物理現象やメカニズムを明らかにした。特に、約100億前の銀河については、深宇宙サーベイ観測により分子ガス輝線とダスト連続光からの放射を捉え、宇宙全体の分子ガス質量密度は約100億年前にピークをもち、現在の宇宙への進化過程で減少に向かったことが分かった。また、約120億年前の銀河を分光観測により同定し、検出した炭素ガスとダスト放射から宇宙の極初期で既に大質量銀河とダストが存在したことを明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では星形成の原材料であるガスを約100億年前から現在の宇宙にある銀河について調査し、宇宙全体で平均的なガス質量密度は約100億年前にピークを持ち、現在の宇宙へ進化する過程で減少したことがわかった。これは星形成の進化と量的にほぼ一致しており、約100億年前に宇宙で多量の星が作られた主要因はガス質量が豊富であったからだと言える。また、約120億年前という宇宙の極初期でも大量のガスとダストをもつ銀河を発見し、宇宙誕生直後には既に大質量銀河が存在し、当初は想定されていなかった大量のダストが存在したことが分かった。

研究成果の概要（英文）：In this study, we used the ALMA observatory to investigate the gas and dust of infrared galaxies in the distant Universe. By comparing the mass and other characteristics of interstellar media with galaxy properties such as stellar masses, we were able to uncover the physical phenomena and mechanisms governing star formation in galaxies. In particular, our deep blind survey revealed molecular gas and dust in galaxies that existed around 10 billion years ago. We found that the cosmic molecular mass density in the Universe reached its peak around 10 billion years ago and declined as galaxies evolved toward the present Universe. Furthermore, by examining even earlier stages of the Universe, we verified the existence of galaxies from approximately 12 billion years ago through spectroscopic detections of carbon emission. Some of these galaxies also exhibited dust emission. These results suggest that massive galaxies and dust already existed shortly after the beginning of the Universe.

研究分野：天文学

キーワード：銀河進化 銀河形成 赤外線銀河 星形成 星間ガス 星間ダスト

1. 研究開始当初の背景

ダストを大量にもつ赤外線銀河の存在は、1980年代に宇宙望遠鏡を用いた赤外線サーベイ観測が行われたことで発見された。この銀河は宇宙の単位体積あたりの星形成率の大半を占めるだけでなく、過去にさかのぼるにつれて(近傍から遠方宇宙に向かって)、更なる傾向が急激に強まることが知られていた。つまり、宇宙の星形成史を理解するためには、ダストをもつ銀河の理解が必須となる。また、ダストは星形成の原材料であるガスと混在して存在すると考えられているため、両者を調査することは宇宙進化の理解に直結する。しかし、これまでの研究では望遠鏡の感度不足により、銀河ガスとダストの調査は近傍宇宙の銀河に限られていた。

科学技術の進歩によって、世界最高感度を誇るALMA望遠鏡によってミリ波・サブミリ波を用いた遠方銀河のガスとダストについて詳細な観測をすることが可能となった。本研究では主にALMA望遠鏡を用い、遠方宇宙にある銀河のガスとダストの調査と、これらの星間物質が星形成へ与える影響について調査した。

2. 研究の目的

宇宙での星形成のピークは約100億年前にあり、その頃から現在に向かって減少してきたことが分かっている。しかし、どういった要因でこのような進化過程を経たのかは分かっていた。そこで、本研究では遠方宇宙での銀河を調査し、それらもつガスとダストを検出することで、これらの銀河内で起きている星形成とその背後にある物理現象やメカニズムを明らかにすることを目指した。

3. 研究の方法

本研究では主に世界最先端・最高感度をもつALMA望遠鏡を用いて、遠方宇宙にある銀河の観測を行う手法をとった。特に、検出したガス輝線とダスト連続光の強度から、質量を含むガス・ダストの性質を求め、銀河の星形成率や星質量と比較した。まずは分光観測により銀河のガス輝線を検出、放射強度を測定し、そこからガス質量等を測定した。次に、ガス質量と星質量の比率からガスの含有割合やガスの消費効率を推定することで、星形成の規模を調べた。また、銀河の星形成率と星質量から銀河を分類し、ガスの性質との関係を調査した。ダスト調査については、ダスト連続光の観測データから放射強度を測定し、ダスト温度・質量・光度を求めた。ダスト質量と星質量等を直接比較することにより、ダスト生成の効率を調査した。

4. 研究成果

(1) 約100億年前の銀河もつ分子ガスとダスト

本研究では主にALMA望遠鏡のデータを用い、ハッブル・ウルトラ・ディープ・フィールドの領域について、事前にターゲット選定を行わないブラインドの深宇宙サーベイ観測をもとに、遠方宇宙での銀河を探索した(Walter et al., 2020)。宇宙で最も多く星が作られた約100億年前の銀河を捉え、星の原材料である分子ガスとダストの存在を特定し、その性質調査を行った(図1)。

銀河の分子ガスとその質量

ALMA望遠鏡により冷たいガスの存在を示唆するCO輝線を検出した約100億年前の典型的な銀河について、星形成率と星質量を求め、これらの性質とガスの関係を調べた(Aravena et al., 2020)。これにより、約100億年前の銀河のガス質量と星質量の相関関係に新たな制限をつけることができた。理論モデルとの比較も行ったところ、銀河もつガス質量は予測された結果とほぼ同じ傾向を示したが、実際の測定値の方が平均的に大きな値が得られた。本研究により、ターゲット選定を行う観測手法では調査の対象とならない典型的銀河もつガスについて初めて調査することができた。この利点により、分子ガス(やダスト)を大量に持つとは今まで予想されていなかった銀河でも、その存在を多数の銀河で特定することができた(図1)。

また、CO輝線の光度関数を求めることで、宇宙全体で分子ガスがど

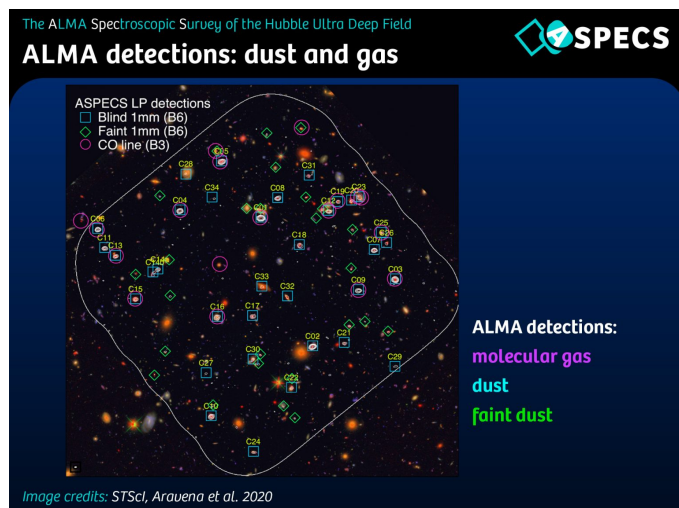


図1 約100億年前の銀河で分子ガスとダストを検出

のような進化をたどっているのかを初めて調査した(Decarli et al., 2020)。本研究により、宇宙単位体積あたりの分子ガス質量密度は約100億年前にピークを持っていたが、現在の宇宙へ進化する過程で6.5倍減少したことがわかった。また、この進化は星形成率密度の進化と量的にほぼ一致しており、約100億年前に宇宙で多量の星が作られた主要因はガス質量が豊富であったからだと分かった。つまり、宇宙を進化させた最大の要因は、銀河の星形成メカニズムの変化による星形成率の時間変化ではなく、ガスの存在量とその消費によって星形成率が時間変更したためであることを初めて突き止めることができた。

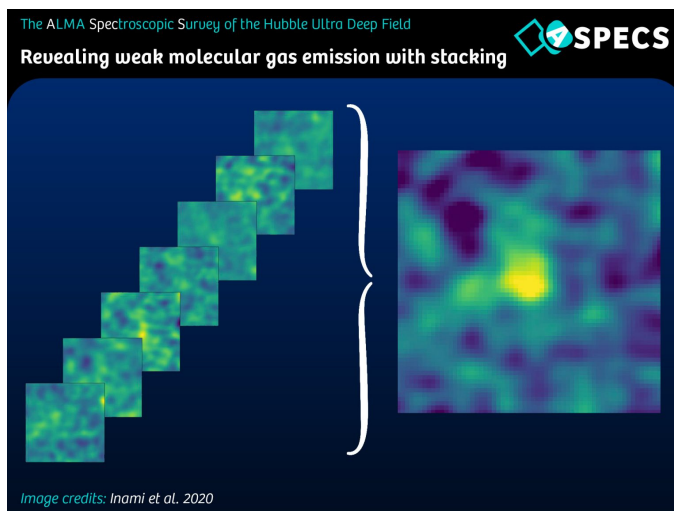


図2. ALMA望遠鏡のデータを重ね合わせるにより、微弱な分子ガスを検出

典型的銀河がもつダスト質量の推定

ALMA望遠鏡ではダスト連続光からの放射も捉えられる(Gonzalez-Lopez et al., 2020)。ハッブル宇宙望遠鏡で検出された銀河の位置でALMA望遠鏡の連続光データを重ね合わせるにより、統計的なダスト放射検出に成功した。この放射から赤方偏移3までのダスト質量を見積もり、その進化を捉えることができた。その結果、約100億年前に宇宙体積あたりのダスト質量密度のピークがあり、現在の宇宙の約4倍も豊富にダストが存在することが分かった。

また、ガスとダストは混在して存在すると考えられているため、連続光を用いたダスト質量を特定することで、ある仮定下で分子ガス質量も推定することができる。この手法で分子ガス質量の進化を調査したところ、ダストと同様に約100億年前にガス質量密度が最大になったが、一方でその量は現在の宇宙の7倍程度と更に多かった事がわかった(Magnelli et al., 2020)。この分子ガス質量密度の進化は、上記のCO輝線光度関数を用いた手法で得られた結果と一致し、独立的に同じ発見を導くことができた。本研究により、宇宙の進化に沿った銀河ガスとダストの質量密度の変化の全体像を明らかにすることができた。

小型銀河のガス

本研究で実施した観測では約100億年前の銀河がもつ分子ガスの存在を特定したが、分子ガスからの放射は微弱であるため、星質量が比較的大きな銀河の分子ガス量の見積もりに限られた。より小型で普遍的な銀河を調査するため、銀河カタログをもとにALMA望遠鏡のデータを重ね合わせ、直接観測では得られない微弱な分子ガスの検出に成功した(図2; Inami et al., 2020)。この結果、天の川銀河と同程度から1/10程度の小さな銀河では、星質量が大きくなってもガス質量はそれほど減らず、大質量銀河とは異なる傾向をもつことが初めて分かった。この成果は、宇宙にありふれた小型銀河は大型銀河とは異なる生成過程をもつことを示唆する。この差異が生じた可能性として、例えば、大型銀河は銀河同士の衝突により大量のガスが一度に供給され急成長する一方で、小型銀河はガスの安定的な供給によりゆっくり成長していることが挙げられる。

以上の成果について、研究チーム全体で国際的にプレスリリース配信を行った。研究代表者が所属する広島大学でもプレスリリース配信を行い(<https://www.hiroshima-u.ac.jp/news/60261>)、2020年10月23日付の科学新聞の一面にて報道、同年11月24日には代表者を取材した記事が中国新聞に掲載された。

(2) 120億年以前の銀河の炭素ガスとダスト

上記のプロジェクトよりも更に遠方宇宙にある銀河に着目し、宇宙の極初期にある銀河の星間ガスとダストについての研究を実施した。この研究では、研究代表者が共同筆頭研究者として申請し取得したALMA望遠鏡の大型プロジェクト観測時間を用い、宇宙誕生のほぼ直後である約120億年前の初期宇宙にあると予測した銀河について、かつてない大きなサンプル(40天体)を調査した(Bouwens et al., 2022)。

炭素ガス輝線で約120億年前の銀河を特定

本研究のサンプルは測光赤方偏移により約120億年前に存在すると推定された。これを確定させるためには、分光観測しスペクトル輝線(や吸収線)から正確にその年代を特定する必要がある。本研究では、ALMA望遠鏡を用い、これらのターゲットを分光スキャン観測することで、遠赤外線領域にある炭素の1階電離輝線[C II]または酸素の2階電離輝線[O III]を検出し、分光赤方偏移を得ることで銀河までの正確な距離、つまり銀河が存在した宇宙の年代を求めた。

その結果、40天体中少なくとも23天体で[C II]輝線を検出することに成功し、多数の初期宇宙銀河を不確定性なく特定することができた。本研究では、当時の時点で10年以上積み重ねられてきた静止系紫外線を用いた初期宇宙銀河を分光同定する手法とほぼ同等の初期宇宙銀河の数を約1年で同定するという、画期的な成果を得ることができた。

宇宙初期で大量のダストをもつ銀河を発見

上述の[C II]輝線または[O III]輝線を観測した際に、ALMA望遠鏡で同時にダスト連続光放射も観測可能である。ダスト連続光放射の解析により、ターゲットの40天体中16天体でダスト放射を検出することができた

(Inami et al., 2022)。また、そのうち12天体は本研究で始めて発見されたものとなった。本研究により、ダスト連続光放射をする初期宇宙銀河の既知数を3倍にも増やす大きな成果を挙げることができた。宇宙初期のダストは主に大質量星の進化の果である超新星爆発によって生成されると考えられているが、宇宙の極初期である10億年もしない時期に今回発見された大量のダストが生成できるとは考えられておらず、本成果は驚きの発見であった。そのため、宇宙初期でのダスト生成・形成を説明する必要があり、理論分野にも影響を与える成果となった。

また、ハッブル宇宙望遠鏡の静止系紫外線観測でさえも未検出である一方で、ALMA望遠鏡では[C II]輝線とダスト放射が検出された、当時の観測史上最古の「隠れ銀河」も発見した(図3)。つまり、宇宙初期には、全体を覆ってしまうほどの大量のダストを持つ銀河が存在し、ダスト生成過程は当初想定されていたよりも速く効率よく進むことを裏付けた。この結果はNature論文として出版(Fudamoto et al., 2021)、国際プレスリリースも行われ、研究代表者のラジオ番組出演やYouTube番組の取材につながった。

上記のダスト検出の成果に対し統計的手法を用い、約120億年前の宇宙でのダストに隠された星形成率の割合、および、単位体積あたりの隠された星形成率密度を求めた(Algera et al., 2023; Barrufet et al., 2023)。得られたダストに隠された星形成率の割合は平均して50%にもおぼろげ、また、星形成率密度も当初期待されていたよりも高く、宇宙の極初期であってもダストの存在は無視できないものであることが分かった。本研究により、初期宇宙でのダスト放射をサーベイ観測し、その全体像を捉える必要性が高まったといえる。

初期宇宙銀河がもつダスト質量・温度と星形成への制限

本研究のターゲットとなった銀河についてALMA望遠鏡による追加観測を行い、これまで発見された遠方銀河のダスト温度よりも低温のダストを持つことを発見した。また、この銀河がもつ酸素ガスと炭素ガスからの輝線の光度比を調べたところ、これまでに発見された遠方銀河よりもガスの電離度が低かった(Algera et al., 2024)。これをダスト温度と合わせて考慮すると、宇宙誕生まもなくの銀河であるにも関わらず、それなりに進化した銀河が既に存在していたことが分かり、宇宙初期の銀河形成に重要な示唆を与える結果となった。

<引用文献>

- Aravena et al., 2020, ApJ, 901, 79
- Algera et al., 2023, MNRAS, 518, 6142
- Algera et al., 2024, MNRAS, 527, 6867
- Barrufet et al., 2023, MNRAS, 522, 3926
- Bouwens et al., 2022, ApJ, 931, 160
- Decarli et al., 2020, ApJ, 902, 109
- Fudamoto et al., 2021, Natur, 597, 489
- Gonzalez-Lopez et al., 2020, ApJ, 897, 91
- Inami et al., 2020, ApJ, 902, 113
- Inami et al., 2022, MNRAS, 515, 3126
- Magnelli et al., 2020, ApJ, 892, 66
- Walter et al., 2020, ApJ, 902, 111

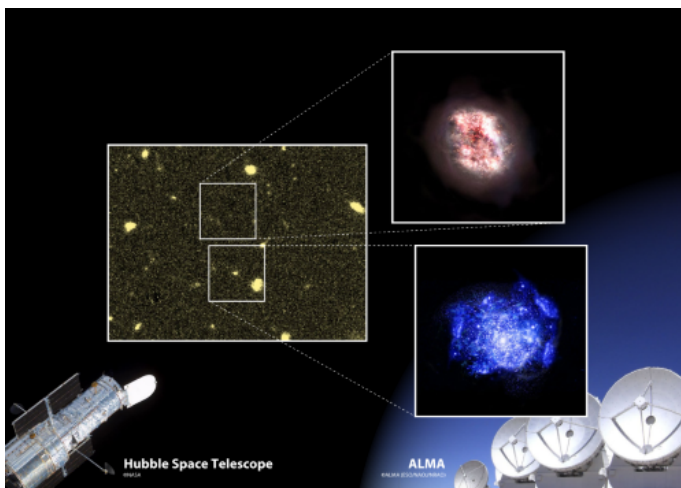


図3. ハッブル宇宙望遠鏡でも未検出の「隠れ銀河」をALMA望遠鏡による炭素ガスとダスト観測で発見

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計63件（うち査読付論文 63件／うち国際共著 63件／うちオープンアクセス 14件）

1. 著者名 Popesso, Concas, Cresci, Belli, Rodighiero, Inami, Dickinson, Ilbert, Pannella, and Elbaz	4. 巻 519
2. 論文標題 The main sequence of star-forming galaxies across cosmic times	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Monthly Notices of the Royal Astronomical Society	6. 最初と最後の頁 1526-1544
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1093/mnras/stac3214	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Algera, Inami, Oesch, Sommovigo, Bouwens, Topping, Schouws, Stefanon, Stark, Aravena, Barrufet, da Cunha, Dayal, Endsley, Ferrara, Fudamoto, Gonzalez, Graziani, Hodge, Hygate, de Looze, Nanayakkara, Schneider, and van der Werf	4. 巻 518
2. 論文標題 The ALMA REBELS survey: the dust-obscured cosmic star formation rate density at redshift 7	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Monthly Notices of the Royal Astronomical Society	6. 最初と最後の頁 6142-6157
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1093/mnras/stac3195	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Linden, Evans, Armus, Rich, Larson, Lai, Privon, U, Inami, Bohn, Song, Barcos-Munoz, Charmandaris, Medling, Stierwalt, Diaz-Santos, Boker, van der Werf, Aalto, Appleton, Brown, Hayward, Howell, Iwasawa, Kemper, Frayer, Law, Malkan, Marshall, Mazzarella, Murphy, Sanders, and Surace	4. 巻 944
2. 論文標題 GOALS-JWST: Revealing the Buried Star Clusters in the Luminous Infrared Galaxy VV 114	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 L55
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3847/2041-8213/acb335	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 該当する

1. 著者名 Rich, Aalto, Evans, Charmandaris, Privon, Lai, Inami, Linden, Armus, Diaz-Santos, Appleton, Barcos-Munoz, Boker, Larson, Law, Malkan, Medling, Song, U, van der Werf, Bohn, Brown, Finnerty, Hayward, Howell, Iwasawa, Kemper, Marshall, Mazzarella, McKinney, Muller-Sanchez, Murphy, Sanders, Soifer, Stierwalt, and Surace	4. 巻 944
2. 論文標題 GOALS-JWST: Pulling Back the Curtain on the AGN and Star Formation in VV 114	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 L50
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3847/2041-8213/acb2b8	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 該当する

1. 著者名 Inami, Algera, Schouws, Sommovigo, Bouwens, Smit, Stefanon, Bowler, Endsley, Ferrara, Oesch, Stark, Aravena, Barrufet, da Cunha, Dayal, De Looze, Fudamoto, Gonzalez, Graziani, Hodge, Hygate, Nanayakkara, Pallottini, Riechers, Schneider, Topping, and van der Werf	4. 巻 518
2. 論文標題 Correction to: The ALMA REBELS Survey: dust continuum detections at $z > 6.5$	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Monthly Notices of the Royal Astronomical Society	6. 最初と最後の頁 3702-3702
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/mnras/stac3053	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Armus, Lai, U, Larson, Diaz-Santos, Evans, Malkan, Rich, Medling, Law, Inami, Muller-Sanchez, Charmandaris, van der Werf, Stierwalt, Linden, Privon, Barcos-Munoz, Hayward, Song, Appleton, Aalto, Bohn, Boker, Brown, Finnerty, Howell, Iwasawa, Kemper, Marshall, Mazzarella, McKinney, Murphy, Sanders, and Surace	4. 巻 942
2. 論文標題 GOALS-JWST: Mid-infrared Spectroscopy of the Nucleus of NGC 7469	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 L37
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/2041-8213/acac66	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Bohn, Inami, Diaz-Santos, Armus, Linden, U, Surace, Larson, Evans, Hoshioka, Lai, Song, Mazzarella, Barcos-Munoz, Charmandaris, Howell, Medling, Privon, Rich, Stierwalt, Aalto, Boker, Brown, Iwasawa, Malkan, van der Werf, Appleton, Hayward, Kemper, Law, Marshall, Murphy, and Sanders	4. 巻 942
2. 論文標題 GOALS-JWST: NIRCам and MIRI Imaging of the Circumnuclear Starburst Ring in NGC 7469	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 L36
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/2041-8213/acab61	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Endsley, Stark, Bouwens, Schouws, Smit, Stefanon, Inami, Bowler, Oesch, Gonzalez, Aravena, da Cunha, Dayal, Ferrara, Graziani, Nanayakkara, Pallottini, Schneider, Sommovigo, Topping, van der Werf, and Hutter	4. 巻 517
2. 論文標題 The REBELS ALMA Survey: efficient Ly-alpha transmission of UV-bright $z \sim 7$ galaxies from large velocity offsets and broad line widths	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Monthly Notices of the Royal Astronomical Society	6. 最初と最後の頁 5642-5659
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/mnras/stac3064	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Lai, Armus, U, Diaz-Santos, Larson, Evans, Malkan, Appleton, Rich, Muller-Sanchez, Inami, Bohn, McKinney, Finnerty, Law, Linden, Medling, Privon, Song, Stierwalt, van der Werf, Barcos-Munoz, Smith, Togi, Aalto, Boker, Charmandaris, Howell, Iwasawa, Kemper, Mazzarella, Murphy, Brown, Hayward, Marshall, Sanders, Surace	4. 巻 941
2. 論文標題 GOALS-JWST: Tracing AGN Feedback on the Star-forming Interstellar Medium in NGC 7469	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 L36
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/2041-8213/ac9ebf	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Evans, Frayer, Charmandaris, Armus, Inami, Surace, Linden, Soifer, Diaz-Santos, Larson, Rich, Song, Barcos-Munoz, Mazzarella, Privon, U, Medling, Boker, Aalto, Iwasawa, Howell, van der Werf, Appleton, Bohn, Brown, Hayward, Hoshioka, Kemper, Lai, Law, Malkan, Marshall, Murphy, Sanders, and Stierwalt	4. 巻 940
2. 論文標題 GOALS-JWST: Hidden Star Formation and Extended PAH Emission in the Luminous Infrared Galaxy W114	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 L8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/2041-8213/ac9971	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Inami, Surace, Armus, Evans, Larson, Barcos-Munoz, Stierwalt, Mazzarella, Privon, Song, Linden, Hayward, Boker, U, Bohn, Charmandaris, Diaz-Santos, Howell, Lai, Medling, Rich, Aalto, Appleton, Brown, Hoshioka, Iwasawa, Kemper, Law, Malkan, Marshall, Murphy, Sanders, and van der Werf	4. 巻 940
2. 論文標題 GOALS-JWST: Unveiling Dusty Compact Sources in the Merging Galaxy IIZw096	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 L6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/2041-8213/ac9389	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 U, Lai, Bianchin, Remigio, Armus, Larson, Diaz-Santos, Evans, Stierwalt, Law, Malkan, Linden, Song, van der Werf, Gao, Privon, Medling, Barcos-Munoz, Hayward, Inami, Rich, Aalto, Appleton, Bohn, Boker, Brown, Charmandaris, Finnerty, Howell, Iwasawa, Kemper, Marshall, Mazzarella, McKinney, Muller-Sanchez, Murphy, et al.	4. 巻 940
2. 論文標題 GOALS-JWST: Resolving the Circumnuclear Gas Dynamics in NGC 7469 in the Mid-infrared	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 L5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/2041-8213/ac961c	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Song, Linden, Evans, Barcos-Munoz, Murphy, Momjian, Diaz-Santos, Larson, Privon, Huang, Armus, Mazzarella, U, Inami, Charmandaris, Ricci, Emig, McKinney, Yoon, Kunneriath, Lai, Rodas-Quito, Saravia, Gao, Meynardie, and Sanders	4. 巻 940
2. 論文標題 Characterizing Compact 15-33 GHz Radio Continuum Sources in Local U/LIRGs	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 52
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/ac923b	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Shah, Kartaltepe, Magagnoli, Cox, Wetherell, Vanderhoof, Cooke, Calabro, Chartab, Conselice, Croton, de la Vega, Hathi, Ilbert, Inami, Kocevski, Koekemoer, Lemaux, Lubin, Mantha, Marchesi, Martig, Moreno, Pampiega, Patton, Salvato, and Treister	4. 巻 940
2. 論文標題 Investigating the Effect of Galaxy Interactions on Star Formation at $0.5 < z < 3.0$	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 4
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/ac96eb	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Topping, Stark, Endsley, Bouwens, Schouws, Smit, Stefanon, Inami, Bowler, Oesch, Gonzalez, Dayal, da Cunha, Algera, van der Werf, Pallottini, Barrufet, Schneider, De Looze, Sommovigo, Whitler, Graziani, Fudamoto, and Ferrara	4. 巻 516
2. 論文標題 The ALMA REBELS Survey: specific star formation rates in the reionization era	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Monthly Notices of the Royal Astronomical Society	6. 最初と最後の頁 975-991
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/mnras/stac2291	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Inami, Algera, Schouws, Sommovigo, Bouwens, Smit, Stefanon, Bowler, Endsley, Ferrara, Oesch, Stark, Aravena, Barrufet, da Cunha, Dayal, De Looze, Fudamoto, Gonzalez, Graziani, Hodge, Hygate, Nanayakkara, Pallottini, Riechers, Schneider, Topping, and van der Werf	4. 巻 515
2. 論文標題 The ALMA REBELS Survey: dust continuum detections at $z > 6.5$	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Monthly Notices of the Royal Astronomical Society	6. 最初と最後の頁 3126-3143
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/mnras/stac1779	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Heintz, Oesch, Aravena, Bouwens, Dayal, Ferrara, Fudamoto, Graziani, Inami, Sommovigo, Smit, Stefanon, Topping, Pallottini, and van der Werf	4. 巻 934
2. 論文標題 The ALMA REBELS Survey: The Cosmic H I Gas Mass Density in Galaxies at z~7	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 L27
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/2041-8213/ac8057	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Fudamoto, Smit, Bowler, Oesch, Bouwens, Stefanon, Inami, Endsley, Gonzalez, Schouws, Stark, Algera, Aravena, Barrufet, da Cunha, Dayal, Ferrara, Graziani, Hodge, Hygate, Inoue, Nanayakkara, Pallottini, Pizzati, Schneider, Sommovigo, Sugahara, Topping, van der Werf, Bethermin, Cassata, Dessauges-Zavadsky, Ibar, et al.	4. 巻 934
2. 論文標題 The ALMA REBELS Survey: Average [C II] 158um Sizes of Star-forming Galaxies from z 7 to z 4	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 144
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/ac7a47	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Sommovigo, Ferrara, Pallottini, Dayal, Bouwens, Smit, da Cunha, De Looze, Bowler, Hodge, Inami, Oesch, Endsley, Gonzalez, Schouws, Stark, Stefanon, Aravena, Graziani, Riechers, Schneider, van der Werf, Algera, Barrufet, Fudamoto, Hygate, Labbe, Li, Nanayakkara, and Topping	4. 巻 513
2. 論文標題 The ALMA REBELS Survey: cosmic dust temperature evolution out to z 7	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Monthly Notices of the Royal Astronomical Society	6. 最初と最後の頁 3122-3135
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/mnras/stac302	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Stone, Pope, McKinney, Armus, Diaz-Santos, Inami, Kirkpatrick, and Stierwalt	4. 巻 934
2. 論文標題 Measuring Star Formation and Black Hole Accretion Rates in Tandem Using Mid-infrared Spectra of Local Infrared Luminous Galaxies	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 27
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/ac778b	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Bouwens, Smit, Schouws, Stefanon, Bowler, Endsley, Gonzalez, Inami, Stark, Oesch, Hodge, Aravena, da Cunha, Dayal, de Looze, Ferrara, Fudamoto, Graziani, Li, Nanayakkara, Pallottini, Schneider, Sommovigo, Topping, van der Werf, Algera, Barrufet, Hygate, Labbe, Riechers, and Witstok	4. 巻 931
2. 論文標題 Reionization Era Bright Emission Line Survey: Selection and Characterization of Luminous Interstellar Medium Reservoirs in the $z > 6.5$ Universe	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 160
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/ac5a4a	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Dayal, Ferrara, Sommovigo, Bouwens, Oesch, Smit, Gonzalez, Schouws, Stefanon, Kobayashi, Bremer, Algera, Aravena, Bowler, da Cunha, Fudamoto, Graziani, Hodge, Inami, De Looze, Pallottini, Riechers, Schneider, Stark, and Endsley	4. 巻 512
2. 論文標題 The ALMA REBELS survey: the dust content of $z\sim 7$ Lyman break galaxies	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Monthly Notices of the Royal Astronomical Society	6. 最初と最後の頁 989-1002
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/mnras/stac537	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Ferrara, Sommovigo, Dayal, Pallottini, Bouwens, Gonzalez, Inami, Smit, Bowler, Endsley, Oesch, Schouws, Stark, Stefanon, Aravena, da Cunha, De Looze, Fudamoto, Graziani, Hodge, Riechers, Schneider, Algera, Barrufet, Hygate, Labbe, Li, Nanayakkara, Topping, and van der Werf	4. 巻 512
2. 論文標題 The ALMA REBELS Survey. Epoch of Reionization giants: Properties of dusty galaxies at $z\sim 7$	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Monthly Notices of the Royal Astronomical Society	6. 最初と最後の頁 58-72
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/mnras/stac460	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Gomez-Guijarro, Elbaz, Xiao, Kokorev, Magdis, Magnelli, Daddi, Valentino, Sargent, Dickinson, Bethermin, Franco, Pope, Kalita, Ciesla, Demarco, Inami, and 24 colleagues	4. 巻 659
2. 論文標題 GOODS-ALMA 2.0: Starbursts in the main sequence reveal compact star formation regulating galaxy evolution prequenching	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Astronomy and Astrophysics	6. 最初と最後の頁 A196
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1051/0004-6361/202142352	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Sommovigo, Ferrara, Pallottini, Dayal, Bouwens, Smit, da Cunha, De Looze, Bowler, Hodge, Inami, Oesch, Endsley, Gonzalez, Schouws, Stark, Stefanon, Aravena, Graziani, Riechers, Schneider, van der Werf, Algera, Barrufet, Fudamoto, Hygate, Labbe, Li, Nanayakkara, and Topping	4. 巻 stac302
2. 論文標題 The REBELS ALMA Survey: cosmic dust temperature evolution out to z = 7	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Monthly Notices of the Royal Astronomical Society	6. 最初と最後の頁 stac302
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/mnras/stac302	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Gomez-Guijarro, Elbaz, Xiao, Bethermin, Franco, Magnelli, Daddi, Dickinson, Demarco, Inami, and 28 colleagues	4. 巻 658
2. 論文標題 GOODS-ALMA 2.0: Source catalog, number counts, and prevailing compact sizes in 1.1 mm galaxies	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Astronomy and Astrophysics	6. 最初と最後の頁 A43
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1051/0004-6361/202141615	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Linden, Evans, Larson, Privon, Armus, Rich, Diaz-Santos, Murphy, Song, Barcos-Munoz, Howell, Charmandaris, Inami, U, Surace, Mazzarella, and Calzetti	4. 巻 923
2. 論文標題 Massive Star Cluster Formation and Destruction in Luminous Infrared Galaxies in GOALS. II. An ACS/WFC3 Survey of Nearby LIRGs	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 278
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/ac2892	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Ricci, Privon, Pfeifle, Armus, Iwasawa, Torres-Ala, Satyapal, Bauer, Treister, Ho, Aalto, Arevalo, Barcos-Munoz, Charmandaris, Diaz-Santos, Evans, Gao, Inami, Koss, Lansbury, Linden, Medling, Sanders, Song, Stern, U, Ueda, and Yamada	4. 巻 506
2. 論文標題 A hard X-ray view of luminous and ultra-luminous infrared galaxies in GOALS - I. AGN obscuration along the merger sequence	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Monthly Notices of the Royal Astronomical Society	6. 最初と最後の頁 5935-5950
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/mnras/stab2052	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Fudamoto, Oesch, Schouws, Stefanon, Smit, Bouwens, Bowler, Endsley, Gonzalez, Inami, Labbe, Stark, Aravena, Barrufet, da Cunha, Dayal, Ferrara, Graziani, Hodge, Hutter, Li, De Looze, Nanayakkara, Pallottini, Riechers, Schneider, Ucci, van der Werf, and White	4. 巻 597
2. 論文標題 Normal, dust-obscured galaxies in the epoch of reionization	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Nature	6. 最初と最後の頁 489-492
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41586-021-03846-z	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Song, Linden, Evans, Barcos-Munoz, Privon, Yoon, Murphy, Larson, Diaz-Santos, Armus, Mazzarella, Howell, Inami, Torres-Ala, U, Charmandaris, McKinney, Kunneriath, and Momjian	4. 巻 916
2. 論文標題 A Comparison between Nuclear Ring Star Formation in LIRGs and in Normal Galaxies with the Very Large Array	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 73
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/ac05c2	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Boogaard, Bouwens, Riechers, van der Werf, Bacon, Matthee, Stefanon, Feltre, Maseda, Inami, Aravena, Brinchmann, Carilli, Contini, Decarli, Gonzalez-Lopez, Nanayakkara, and Walter	4. 巻 916
2. 論文標題 Measuring the Average Molecular Gas Content of Star-forming Galaxies at $z = 3-4$	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 12
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/ac01d7	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Uzgil, Oesch, Walter, Aravena, Boogaard, Carilli, Decarli, Diaz-Santos, Fudamoto, Inami, Bouwens, Cortes, Cox, Daddi, Gonzalez-Lopez, Labbe, Popping, Riechers, Stefanon, Van der Werf, and Weiss	4. 巻 912
2. 論文標題 The ALMA Spectroscopic Survey in the HUDF: A Search for [C II] Emitters at $6 \leq z \leq 8$	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 67
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/abe86b	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 McKinney, Armus, Pope, Diaz-Santos, Charmandaris, Inami, Song, and Evans	4. 巻 908
2. 論文標題 Regulating Star Formation in Nearby Dusty Galaxies: Low Photoelectric Efficiencies in the Most Compact Systems	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 238
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/abd6f2	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Mitsuhashi, Matsuda, Smail, Hayatsu, Simpson, Swinbank, Umehata, Dudzeviciute, Birkin, Ikarashi, Chen, Tadaki, Yajima, Harikane, Inami, Chapman, Hatsukade, Iono, Bunker, Ao, Saito, Ueda, and Sakamoto	4. 巻 907
2. 論文標題 FIR-luminous [C II] Emitters in the ALMA-SCUBA-2 COSMOS Survey (AS2COSMOS): The Nature of Submillimeter Galaxies in a 10 Comoving Megaparsec-scale Structure at z~4.6	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 122
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/abcc72	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Sakon, Roellig, Ennico-Smith, Matsuo, Ikeda, Yamamuro, Enya, Wada, Kawada, Takahashi, Sarugaku, Fujishiro, Murakami, Nishikawa, Kotani, Goda, Ido, Itoh, Tsuboi, Sumi, Kamiura, Manome, Iida, Yanagibashi, Greene, Helvensteijn, Hofland, Johnson, Kashani, Quigley, McMurray, Inami, Burgarella, & the OST Team	4. 巻 7
2. 論文標題 Mid-infrared spectrometer and camera for the Origins Space Telescope	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Astronomical Telescopes, Instruments, and Systems	6. 最初と最後の頁 11013
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1117/1.JATIS.7.1.011013	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Shah, Kartaltepe, Magagnoli, Cox, Wetherell, Vanderhoof, Calabro, Chartab, Conselice, Croton, Donley, de Groot, de la Vega, Hathi, Ilbert, Inami, Kocevski, Koekemoer, Lemaux, Mantha, Marchesi, Martig, Masters, McGrath, McIntosh, Moreno, Nayyeri, Pampiega, Salvato, Snyder, Straughn, Treister, and Weston	4. 巻 904
2. 論文標題 Investigating the Effect of Galaxy Interactions on the Enhancement of Active Galactic Nuclei at $0.5 < z < 3.0$	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 107
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/abbf59	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Franco, Elbaz, Zhou, Magnelli, Schreiber, Ciesla, Dickinson, Nagar, Magdis, Alexander, Bethermin, Demarco, Daddi, Wang, Mullaney, Inami, Shu, Bournaud, Chary, Coogan, Ferguson, Finkelstein, Giavalisco, Gomez-Guijarro, Iono, Juneau, Lagache, Lin, Motohara, Okumura, Pannella, Papovich, Pope, Rujopakarn, Silverman, & Xiao	4. 巻 643
2. 論文標題 GOODS-ALMA: Using IRAC and VLA to probe fainter millimeter galaxies	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Astronomy and Astrophysics	6. 最初と最後の頁 A53
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1051/0004-6361/202038310	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Franco, Elbaz, Zhou, Magnelli, Schreiber, Ciesla, Dickinson, Nagar, Magdis, Alexander, Bethermin, Demarco, Daddi, Wang, Mullaney, Sargent, Inami, Shu, Bournaud, Chary, Coogan, Ferguson, Finkelstein, Giavalisco, Gomez-Guijarro, Iono, Juneau, Lagache, Lin, Motohara, Okumura, et al.	4. 巻 643
2. 論文標題 GOODS-ALMA: The slow downfall of star formation in $z = 2-3$ massive galaxies	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Astronomy and Astrophysics	6. 最初と最後の頁 A30
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1051/0004-6361/202038312	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Inami, Decarli, Walter, Weiss, Carilli, Aravena, Boogaard, Gonzalez-Lopez, Popping, da Cunha, Bacon, Bauer, Contini, Cortes, Cox, Daddi, Diaz-Santos, Kaasinen, Riechers, Wagg, van der Werf, and Wisotzki	4. 巻 902
2. 論文標題 The ALMA Spectroscopic Survey in the Hubble Ultra Deep Field: Constraining the Molecular Content at $\log(M^*/M_{\text{sun}}) \sim 9.5$ with CO Stacking of MUSE-detected $z \sim 1.5$ Galaxies	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 113
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/abba2f	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Bouwens, Gonzalez-Lopez, Aravena, Decarli, Novak, Stefanon, Walter, Boogaard, Carilli, Dudzeviciute, Smail, Daddi, da Cunha, Ivison, Nanayakkara, Cortes, Cox, Inami, Oesch, Popping, Riechers, van der Werf, Weiss, Fudamoto, and Wagg	4. 巻 902
2. 論文標題 The ALMA Spectroscopic Survey Large Program: The Infrared Excess of $z = 1.5-10$ UV-selected Galaxies and the Implied High-redshift Star Formation History	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 112
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/abb830	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Walter, Carilli, Neeleman, Decarli, Popping, Somerville, Aravena, Bertoldi, Boogaard, Cox, da Cunha, Magnelli, Obreschcow, Riechers, Rix, Smail, Weiss, Assef, Bauer, Bouwens, Contini, Cortes, Daddi, Diaz-Santos, Gonzalez-Lopez, Hennawi, Hodge, Inami, Ivison, Oesch, Sargent, van der Werf, Wagg, and Yung	4. 巻 902
2. 論文標題 The Evolution of the Baryons Associated with Galaxies Averaged over Cosmic Time and Space	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 111
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/abb82e	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Decarli, Aravena, Boogaard, Carilli, Gonzalez-Lopez, Walter, Cortes, Cox, da Cunha, Daddi, Diaz-Santos, Hodge, Inami, Neeleman, Novak, Oesch, Popping, Riechers, Smail, Uzgil, van der Werf, Wagg, and Weiss	4. 巻 902
2. 論文標題 The ALMA Spectroscopic Survey in the Hubble Ultra Deep Field: Multiband Constraints on Line-Luminosity Functions and the Cosmic Density of Molecular Gas	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 110
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/abaa3b	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Boogaard, van der Werf, Weiss, Popping, Decarli, Walter, Aravena, Bouwens, Riechers, Gonzalez-Lopez, Smail, Carilli, Kaasinen, Daddi, Cox, Diaz-Santos, Inami, Cortes, and Wagg	4. 巻 902
2. 論文標題 The ALMA Spectroscopic Survey in the Hubble Ultra Deep Field: CO Excitation and Atomic Carbon in Star-forming Galaxies at $z = 1-3$	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 109
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/abb82f	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Zhou, Elbaz, Franco, Magnelli, Schreiber, Wang, Ciesla, Daddi, Dickinson, Nagar, Magdis, Alexander, Bethermin, Demarco, Mullaney, Bournaud, Ferguson, Finkelstein, Giavalisco, Inami, Iono, Juneau, Lagache, Messias, Motohara, Okumura, Pannella, Papovich, Pope, Rujopakarn, Shi, Shu, and Silverman	4. 巻 642
2. 論文標題 GOODS-ALMA: Optically dark ALMA galaxies shed light on a cluster in formation at $z = 3.5$	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Astronomy and Astrophysics	6. 最初と最後の頁 A155
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1051/0004-6361/202038059	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Aravena, Boogaard, Gonzalez-Lopez, Decarli, Walter, Carilli, Smail, Weiss, Assef, Bauer, Bouwens, Cortes, Cox, da Cunha, Daddi, Diaz-Santos, Inami, Ivison, Novak, Popping, Riechers, van der Werf, and Wagg	4. 巻 901
2. 論文標題 The ALMA Spectroscopic Survey in the Hubble Ultra Deep Field: The Nature of the Faintest Dusty Star-forming Galaxies	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 79
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/ab99a2	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Feltre, Maseda, Bacon, Pradeep, Leclercq, Kusakabe, Wisotzki, Hashimoto, Schmidt, Blaizot, Brinchmann, Boogaard, Cantalupo, Carton, Inami, Kollatschny, Marino, Matthee, Nanayakkara, Richard, Schaye, Tresse, Urrutia, Verhamme, and Weilbacher	4. 巻 641
2. 論文標題 The MUSE Hubble Ultra Deep Field Survey. XV. The mean rest-UV spectra of Ly α emitters at $z > 3$	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Astronomy and Astrophysics	6. 最初と最後の頁 A118
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1051/0004-6361/202038133	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Kaasinen, Walter, Novak, Neeleman, Smail, Boogaard, Cunha, Weiss, Liu, Decarli, Popping, Diaz-Santos, Cortes, Aravena, Werf, Riechers, Inami, Hodge, Rix, and Cox	4. 巻 899
2. 論文標題 A Comparison of the Stellar, CO, and Dust-continuum Emission from Three Star-forming HUDF Galaxies at $z \sim 2$	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 37
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/aba438	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Iwasawa, Ricci, Privon, Torres-Alba, Inami, Charmandaris, Evans, Mazzarella, and Diaz-Santos	4. 巻 640
2. 論文標題 A Compton-thick nucleus in the dual active galactic nuclei of Mrk 266	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Astronomy and Astrophysics	6. 最初と最後の頁 A95
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1051/0004-6361/202038513	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Riechers, Boogaard, Decarli, Gonzalez-Lopez, Smail, Walter, Aravena, Carilli, Cortes, Cox, Diaz-Santos, Hodge, Inami, Ivison, Kaasinen, Wagg, Weiss, and van der Werf	4. 巻 896
2. 論文標題 VLA-ALMA Spectroscopic Survey in the Hubble Ultra Deep Field (VLASPECS): Total Cold Gas Masses and CO Line Ratios for $z = 2-3$ Main-sequence Galaxies	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 L21
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/2041-8213/ab9595	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Kusakabe, Blaizot, Garel, Verhamme, Bacon, Richard, Hashimoto, Inami, Conseil, Guiderdoni, Drake, Christian Herenz, Schaye, Oesch, Matthee, Anna Marino, Borello Schmidt, Pello, Maseda, Leclercq, Kerutt, and Mahler	4. 巻 638
2. 論文標題 The MUSE Hubble Ultra Deep Field Survey. XIV. Evolution of the Ly α emitter fraction from $z = 3$ to $z = 6$	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Astronomy and Astrophysics	6. 最初と最後の頁 A12
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1051/0004-6361/201937340	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Maseda, Bacon, Lam, Matthee, Brinchmann, Schaye, Labbe, Schmidt, Boogaard, Bouwens, Cantalupo, Franx, Hashimoto, Inami, Kusakabe, Mahler, Nanayakkara, Richard, and Wisotzki	4. 巻 493
2. 論文標題 Elevated ionizing photon production efficiency in faint high-equivalent-width Lyman-alpha emitters	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Monthly Notices of the Royal Astronomical Society	6. 最初と最後の頁 5120-5130
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/mnras/staa622	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Zhao, Lu, Diaz-Santos, Gao, Xu, Charmandaris, Inami, Rigopoulou, Sanders, Huang, and Wang	4. 巻 892
2. 論文標題 ALMA Imaging of the CO (7-6) Line Emission in the Submillimeter Galaxy LESS 073 at $z = 4.755$	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 145
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/ab75eb	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Magnelli, Boogaard, Decarli, Gonzalez-Lopez, Novak, Popping, Smail, Walter, Aravena, Assef, Bauer, Bertoldi, Carilli, Cortes, Cunha, Daddi, Diaz-Santos, Inami, Ivison, Fevre, Oesch, Riechers, Rix, Sargent, Werf, Wagg, and Weiss	4. 巻 892
2. 論文標題 The ALMA Spectroscopic Survey in the HUDF: The Cosmic Dust and Gas Mass Densities in Galaxies up to z~3	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 66
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/ab7897	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Popesso, Morselli, Concas, Schreiber, Rodighiero, Cresci, Belli, Ilbert, Erfanianfar, Mancini, Inami, Dickinson, Pannella, and Elbaz	4. 巻 490
2. 論文標題 The main sequence of star-forming galaxies - II. A non-evolving slope at the high-mass end	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Monthly Notices of the Royal Astronomical Society	6. 最初と最後の頁 5285-5299
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/mnras/stz2635	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Uzgil, Carilli, Lidz, Walter, Thyagarajan, Decarli, Aravena, Bertoldi, Cortes, Gonzalez-Lopez, Inami, Popping, Riechers, Van der Werf, Wagg, and Weiss	4. 巻 887
2. 論文標題 The ALMA Spectroscopic Survey in the HUDF: Constraining Cumulative CO Emission at 1<z<~4 with Power Spectrum Analysis of ASPECS LP Data from 84 to 115 GHz	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 37
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/ab517f	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Ventou, Contini, Bouch, Epinat, Brinchmann, Inami, Richard, Schroetter, Soucail, Steinmetz, and Weilbacher	4. 巻 631
2. 論文標題 New criteria for the selection of galaxy close pairs from cosmological simulations: evolution of the major and minor merger fraction in MUSE deep fields	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Astronomy and Astrophysics	6. 最初と最後の頁 A87
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1051/0004-6361/201935597	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Boogaard, Decarli, Gonzalez-Lopez, van der Werf, Walter, Bouwens, Aravena, Carilli, Bauer, Brinchmann, Contini, Cox, da Cunha, Daddi, Diaz-Santos, Hodge, Inami, Ivison, Maseda, Matthee, Oesch, Popping, Riechers, Schaye, Schouws, Smail, Weiss, Wisotzki, Bacon, Cortes, Rix, Somerville, Swinbank, and Wagg	4. 巻 882
2. 論文標題 The ALMA Spectroscopic Survey in the HUDF: Nature and Physical Properties of Gas-mass Selected Galaxies Using MUSE Spectroscopy	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 140
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/ab3102	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Gonzalez-Lopez, Decarli, Pavesi, Walter, Aravena, Carilli, Boogaard, Popping, Weiss, Assef, Bauer, Bertoldi, Bouwens, Contini, Cortes, Cox, da Cunha, Daddi, Diaz-Santos, Inami, Hodge, Ivison, Le Fevre, Magnelli, Oesch, Riechers, Rix, Smail, Swinbank, Somerville, Uzgil, and van der Werf	4. 巻 882
2. 論文標題 The Atacama Large Millimeter/submillimeter Array Spectroscopic Survey in the Hubble Ultra Deep Field: CO Emission Lines and 3 mm Continuum Sources	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 139
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/ab3105	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Decarli, Walter, Gonzalez-Lopez, Aravena, Boogaard, Carilli, Cox, Daddi, Popping, Riechers, Uzgil, Weiss, Assef, Bacon, Bauer, Bertoldi, Bouwens, Contini, Cortes, da Cunha, Diaz-Santos, Elbaz, Inami, Hodge, Ivison, Le Fevre, Magnelli, Novak, Oesch, Rix, Sargent, Smail, Swinbank, Somerville, van der Werf, Wagg, Wisotzki	4. 巻 882
2. 論文標題 The ALMA Spectroscopic Survey in the HUDF: CO Luminosity Functions and the Molecular Gas Content of Galaxies through Cosmic History	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 138
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/ab30fe	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Aravena, Decarli, Gonzalez-Lopez, Boogaard, Walter, Carilli, Popping, Weiss, Assef, Bacon, Bauer, Bertoldi, Bouwens, Contini, Cortes, Cox, da Cunha, Daddi, Diaz-Santos, Elbaz, Hodge, Inami, Ivison, Le Fevre, Magnelli, Oesch, Riechers, Smail, Somerville, Swinbank, Uzgil, van der Werf, Wagg, and Wisotzki	4. 巻 882
2. 論文標題 The ALMA Spectroscopic Survey in the Hubble Ultra Deep Field: Evolution of the Molecular Gas in CO-selected Galaxies	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 136
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/ab30df	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Schmidt, Wisotzki, Urrutia, Kerutt, Krajnovic, Herenz, Saust, Contini, Epinat, Inami, and Maseda	4. 巻 628
2. 論文標題 Three-Dimensional Optimal Spectral Extraction (TDOSE) from integral field spectroscopy	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Astronomy and Astrophysics	6. 最初と最後の頁 A91
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1051/0004-6361/201935857	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Herrero-Illana, Privon, Evans, Diaz-Santos, Prez-Torres, U, Alberdi, Iwasawa, Armus, Aalto, Mazzarella, Chu, Sanders, Barcos-Munoz, Charmandaris, Linden, Yoon, Frayer, Inami, Kim, Borish, Conway, Murphy, Song, Stierwalt, and Surace	4. 巻 628
2. 論文標題 Molecular gas and dust properties of galaxies from the Great Observatories All-sky LIRG Survey	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Astronomy and Astrophysics	6. 最初と最後の頁 A71
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1051/0004-6361/201834088	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Erroz-Ferrer, Carollo, den Brok, Onodera, Brinchmann, Marino, Monreal-Ibero, Schaye, Woo, Cibinel, Debattista, Inami, Maseda, Richard, Tacchella, and Wisotzki	4. 巻 484
2. 論文標題 The MUSE Atlas of Disks (MAD): resolving star formation rates and gas metallicities on <100 pc scales	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Monthly Notices of the Royal Astronomical Society	6. 最初と最後の頁 5009-5027
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/mnras/stz194	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

〔学会発表〕 計18件 (うち招待講演 5件 / うち国際学会 11件)

1. 発表者名 Hanae Inami
2. 発表標題 First JWST results of local luminous infrared galaxies from GOALS
3. 学会等名 The 9th Galaxy Evolution Workshop (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Hanae Inami
2. 発表標題 ISM conditions of (dusty) star-forming galaxies at high redshift
3. 学会等名 PRIMA 2023 Community Workshop (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Hanae Inami
2. 発表標題 Exploring the Early Universe with ALMA2030
3. 学会等名 宇電懇シンポジウム (招待講演)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Hanae Inami
2. 発表標題 ALMA as a high-redshift survey instrument
3. 学会等名 European Astronomical Society (EAS) Meeting 2021 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Hanae Inami
2. 発表標題 ALMA observations on NGC3256 and IIZw096
3. 学会等名 GOALS Workshop 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 稲見華恵
2. 発表標題 Observing Star-Forming Galaxies
3. 学会等名 Galaxy-IGM Workshop 2021
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 稲見華恵
2. 発表標題 Exploring the Unseen Distant Universe with Large Aperture Submillimeter/Terahertz Observations
3. 学会等名 日本天文学会 2021年秋季年会 (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Chairs: Nancy Levenson, Chris Packham, Panelists: Hanae Inami, Lindsay Fuller, Ryan Lau, Abigail Frost, Yanna Martins-Franco
2. 発表標題 How can we continue building this community, especially for early-career researchers?
3. 学会等名 Ground-based thermal infrared astronomy -- past, present and future (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Hanae Inami
2. 発表標題 Beyond the Visible
3. 学会等名 HIRAKU-Global International Symposium "Breaking Borders: The World is Limitless" (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Hanae Inami & GOALS Team
2. 発表標題 Using infrared spectra to reveal dusty galaxies in the local and distant universe
3. 学会等名 Exploring the Infrared Universe: The Promise of SPICA (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hanae Inami, Fabian Walter, Roberto Decarli, Axel Weiss, Manuel Aravena, Chris Carilli, & ASPECS+MUSE team
2. 発表標題 Stacking analysis of CO emission based on optical spectroscopic redshifts from MUSE
3. 学会等名 ALMA2019: science results and cross-facility synergies (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hanae Inami, Fabian Walter, Roberto Decarli, Axel Weiss, Leindert Boogaard, Rychard Bouwens, Manuel Aravena, Chris Carilli, & ASPECS+MUSE
2. 発表標題 Gas Masses of z-1-5 Galaxies from Stacking
3. 学会等名 Revolutionary Spectroscopy of Today as a Springboard to Webb (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hanae Inami & ASPECS team
2. 発表標題 The ALMA Spectroscopic Survey in the Hubble Ultra Deep Field
3. 学会等名 East-Asian ALMA Science Workshop 2019 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Hanae Inami
2. 発表標題 Tips on how to write a successful proposal
3. 学会等名 Japan JWST Cycle 1 Proposal Workshop (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 稲見華恵
2. 発表標題 広視野可視光面分光装置VLT/MUSEによる深宇宙探査の成果とそれを見据えた次への一步
3. 学会等名 我が国の(近)赤外線広視野観測サイエンスの戦略と展望
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 稲見華恵, 高橋葵, 大西崇介
2. 発表標題 WP-04: Optical Tolerance Analyses
3. 学会等名 SPICA/SMI全体会議
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 稲見華恵, SPICA近傍銀河サイエンス検討班
2. 発表標題 近傍銀河円盤内における星間ガスの状態
3. 学会等名 SPICAサイエンス検討会中間発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 稲見華恵
2. 発表標題 Beyond the Visible: Our Universe in the Infrared
3. 学会等名 第11回K-CONNEX研究会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>広島大学プレスリリース (和文) https://www.hiroshima-u.ac.jp/hasc/news/66688 広島大学プレスリリース (英文) https://www.hiroshima-u.ac.jp/hasc/news/66761 国立天文台プレスリリース https://alma-telescope.jp/news/press/dustygalaxy-202109 プレスネット東広島 インタビュー記事 https://www.hiroshima-u.ac.jp/system/files/175335/inami%20002.pdf 【研究成果】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～ https://www.hiroshima-u.ac.jp/news/60261 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持つ分子ガス https://alma-telescope.jp/news/aspecs-202009</p>
--

6. 研究組織		
氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------