

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 2 年 6 月 1 日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(A) (一般)

研究期間：2015～2019

課題番号：15H02064

研究課題名(和文) すばるHSCとSDSSで探る宇宙論的スケールの物質循環

研究課題名(英文) Cycle of Matter in the Cosmological Scale Probed with Subaru HSC and SDSS Data

研究代表者

大内 正己 (Ouchi, Masami)

東京大学・宇宙線研究所・教授

研究者番号：40595716

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 32,200,000円

研究成果の概要(和文)：すばる望遠鏡の撮像データとSDSSおよびHETDEX分光データを合わせ遠方宇宙における銀河やQSOと銀河間ガスの空間分布を調べた。分光データの吸収線に基づく中性水素(HI)ガスマップを作成し、銀河とのHIガスの相互相関を大スケール(~100 Mpc)まで求めた。その結果、銀河周辺にHIが有意に増加していることを見つけた。

一方で、QSOと銀河の密度超過領域の周辺のHIは逆に有意に減少しており、理論的にはQSOが放射する紫外線により周辺の水素ガスが電離されるため、中性のHIガスが減ったと考えられる。以上から、一般に物質密度の超過領域では、QSOの紫外線で水素ガスが電離しHIが減ることが考えられる。

研究成果の学術的意義や社会的意義

銀河の中の星は、銀河間空間から重力で降着するガスで形成されたと考えられているがその過程の観測的証拠は乏しい。本研究は、銀河形成期にあたる赤方偏移2(約100億年前)の宇宙の銀河とその周辺の中性水素(HI)ガスをすばる望遠鏡とSDSS探査、HETDEX探査による観測データに基づき調べた。形成期にある銀河の周辺では、HIが多いことを見つけ定説を裏付けた。さらに、本研究を通じて赤方偏移2.2の6個のクエーサー(および4個の銀河)が集まるクエーサー高密度領域(EGS-Q01)を見つけた。EGS-Q01では、銀河周辺にHIが少ないがクエーサーの紫外線でHIガスが電離して、HIが減少したと考えられる。

研究成果の概要(英文)：We have investigated the spatial distribution of inter-galactic gas and galaxies/QSOs with Subaru, SDSS, and HETDEX data. On the basis of absorption in spectroscopic data, we have created neutral hydrogen (HI) gas map, and calculated the spatial cross correlation between galaxies and HI gas at a scale up to ~100 Mpc. We find that there exists excessive HI gas above the cosmic average around the galaxies. We have also identified that HI gas is poor around galaxies in a QSO+galaxy overdensity volume. Theoretically, it can be interpreted that there is excessive HI gas in the QSO+galaxy overdensity that is converted to ionized hydrogen gas by QSO ultra-violet (UV) radiation. These results suggest that in general QSO UV radiation ionize hydrogen gas in a matter overdensity such identified by the QSO+galaxy overdensity volume.

研究分野：銀河天文学

キーワード：光赤外線天文学 銀河天文学

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

銀河や AGN の形成過程において、銀河と大規模構造を含む銀河間空間との物質交換プロセスは近年重要な課題として注目されている。理論シミュレーションによると中性水素 (HI) ガスが十分加熱されることなくハロー中心部へと降着する、インフローの一形態である cold accretion (Dekel et al. 2009, Nature, 457, 451) が存在すれば、効率的にガス冷却がおきるため、赤方偏移 2 程度に見られる激しい星形成活動を示す銀河が説明できる。一方で、Steidel et al. (2010, ApJ, 717, 289; 以下 S10) の観測で得られた約 100 個の $z \sim 2$ 銀河のスペクトルには cold accretion を示す決定的証拠は見つからなかった。しかし、大規模構造から落ち込むガスは細い filament 状になっており、covering fraction が小さい(数%弱) ため、S10 では統計が足りずに検出できなかったという指摘 (Faucher-Giguere et al. 2011, MNRAS, 412, 118) もあり、cold accretion の存在の有無については結論に至っていない。一方で銀河アウトフローは、星形成を抑制する重要なメカニズムとして長年議論されてきた。銀河の星形成および AGN 活動による加熱および力学的な圧力により、銀河間空間へガスの放出が起こり、星形成活動が抑制される。これにより、理論が予言する質量関数と観測から得られる銀河の光度関数の形の違いが説明できると考えられている。最近の観測では $z \sim 2$ においても、アウトフローによる中性ガス (Erb et al. 2014, ApJ, 795, 33)、や電離ガス (Harikane et al. 2014, ApJ, 723, 869) の詳細が明らかになりつつある。アウトフローによるガスは超新星爆発などがもたらす重元素を含んでいるのだが、重元素汚染されたガスが天体から脱出した後に銀河間空間のどこまで到達し、次世代の天体形成に繋がっているのかは明らかになっておらず、銀河を超えたガス拡散の研究が必要である。

2. 研究の目的

広領域観測で世界をリードするすばる望遠鏡では新装置 Hyper Suprime-Cam (HSC) による探査 (PI: Miyazaki) が始まり、多数の銀河や AGN に基づく天体形成研究が盛んに行われている。一方で天体形成理解の鍵は、バリオンガスが豊富な銀河間空間との間で行われるインフローやアウトフローなどの物質循環であるが、HSC 探査だけでは調べられない上、宇宙論的スケールで探る計画は国内外に存在しない。我々は、既に使用可能な SDSS 探査データによる QSO に加え、すばる狭帯域撮像データ、さらには本研究期間中に使用可能となった HETDEX 探査データで検出された銀河 (Lya emitter; LAE) を用いて、形成中の天体と銀河間空間を巡る物質循環を宇宙論規模のスケール (~ 100 Mpc) まで探ると共に、理論モデルも用いて背景物理を含めた総合的理解を目指す。

3. 研究の方法

SDSS 探査データによる QSO から $z \sim 2$ における銀河間空間の HI の吸収線を得て、銀河間空間 HI ガスの分布を HI トモグラフィー・マッピングの手法を用いて描き出した (例として図 1 左; Mukae, Ouchi et al. 2020a, ApJ in press; arXiv:1910.02962 および 2020b ApJ Submitted)。一方で、すばる HSC の狭帯域撮像データさらには本研究期間中に使用可能となった HETDEX 探査の分光データから LAE 銀河を検出した (Ono, Itoh, Ouchi et al. in prep; Mukae et al. 2020b)。このようにして得た $z \sim 2$ の銀河間空間 HI ガスの分布と銀河から空間相関関数を求め (図 1 右)、銀河周辺の HI ガス分布を調べた。また、HSC 狭帯域データの $\text{Ly } \alpha$ 輝度マッピングに基づく銀河

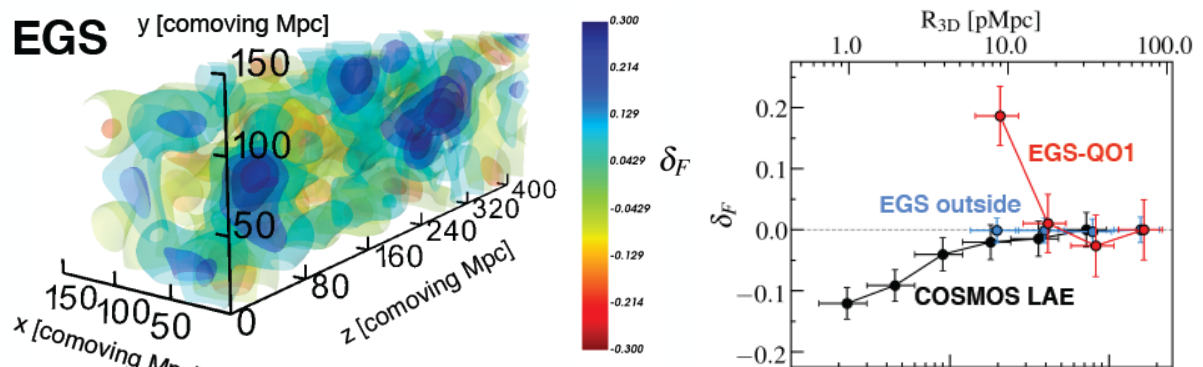


図 1: 左) 銀河間空間の HI ガスの分布。青色から赤色に向けて、HI ガス透過量 δ_F が減少し、HI ガスが増加することを示している (Mukae et al. 2020b より)。右) 銀河からの三次元距離 R_{3D} における δ_F の測定量。黒丸と青丸は一般の探査体積における結果で、銀河の近くほど δ_F が小さくなり、HI ガスが増加している。一方で QSO と銀河の密度超過領域 EGS-Q01 (赤丸) では逆の傾向が見られることが分かった (Mukae et al. 2020b より)。

周辺のガス分布を計算した(Kikuchihara et al. in prep)。これと並行してSDSS 探査で得られた銀河の重元素(炭素やケイ素などの)輝線からアウトフロー速度測定を行う(Sugahara et al. 2017, ApJ, 850, 51; 2019, ApJ, 886, 29)と共に、 $z \sim 5-6$ のALMA電波データに基づく炭素輝線で $z \sim 2$ よりも過去の銀河が形成中に銀河外に放出した重元素の存在を調べた(Fujimoto et al. 2019, ApJ, 887, 107)。さらに、宇宙論的N体計算を行うことにより、銀河間空間の重元素汚染の様子を調べた(Kirihara et al. 2020, ApJ, 491, 4387)。

4. 研究成果

得られた銀河間空間HIガスと銀河の相互相関関数(図1右)では、小スケールについては過去の観測研究で得られた結果が再現され、結果の信憑性を確認した。その上で、HIガス-銀河間相互空間相関を小スケールから大スケールまでを見ると、LAE周辺でHIガスが有意に増加していることを見つけた。これはLy α 輝度マッピングの結果とも整合的だった。このようにして、形成期にある銀河の周辺では、HIガスが多く、HIガスのような冷たいガスのインフローによる銀河形成の定説を裏付けた。

一方で、SDSS探査データから本研究の探査体積中に赤方偏移2.2の6個のクエーサー(および4個の銀河)が集まるクエーサー高密度領域(EGS-Q01)を見つけた。この探査体積に限って銀河間空間HIガスと銀河から空間相関関数を求めると、それ以外の探査領域の結果と比べてHIガスが有意に減少していた。物質密度が高いと考えられるQSOおよび銀河密度超過領域でHIガスの減少が見られた。これは、QSOが放射する紫外線により周辺の水素ガスが電離して電離(HII)ガスとなるため、HIガスが減ったことが原因だと考えられる。この結果から、一般に物質密度の超過領域では、QSOの紫外線放射により水素ガスが電離し、中性水素であるHIガスが減っている傾向を指摘した(図2)。これは理論モデルが予言するQSO周辺の銀河間空間の背景紫外線強度の増加に対応するのだが、理論モデルにおいてこの大きさのHIガスの減少が再現できるかどうかの検証が今後の研究で重要であることを示している。

また、アウトフローに関しては、銀河の重元素輝線から $z \sim 2$ では星質量で $10^{10}M_{\odot}$ 程度の銀河でも 700 km s^{-1} と非常に大きいアウトフロー速度を示しており、この傾向は $z \sim 2$ 以上の高赤方偏移($z \sim 5-6$)でも変わらなかった。さらに、このような高赤方偏移のALMAの炭素[CII] $158 \mu\text{m}$ 輝線データで銀河の数倍の大きさ($\sim 10 \text{ kpc}$)に広がる冷たい炭素雲を見つけた。この炭素雲はこれまでの銀河形成理論モデルでは説明されないため、重元素のうちの一つの炭素がアウトフローにより銀河外への放出が理論で予想されているものよりも強いcold modeアウトフローが初期銀河で強く起こっていたため、 $z \sim 2$ における銀河周辺の銀河間空間の重元素汚染は既に大きく進んでいたと考えられる。宇宙論的N体計算に基づく、銀河間空間における重元素汚染が太陽組成の 10^{-5} から 10^{-2} になっていることが分かったため、この理論計算の結果とも整合的である。

以上のように、本研究は、形成中の銀河の周辺ガスなどを調べることで、銀河形成におけるインフローとアウトフローの痕跡を明らかにした。同時に、QSOの紫外線放射による銀河周辺の水素ガスの電離やcold modeアウトフローなど、研究開始段階では課題として認識されていなかった新たな課題があることを報告し、銀河形成の理解に貢献した。

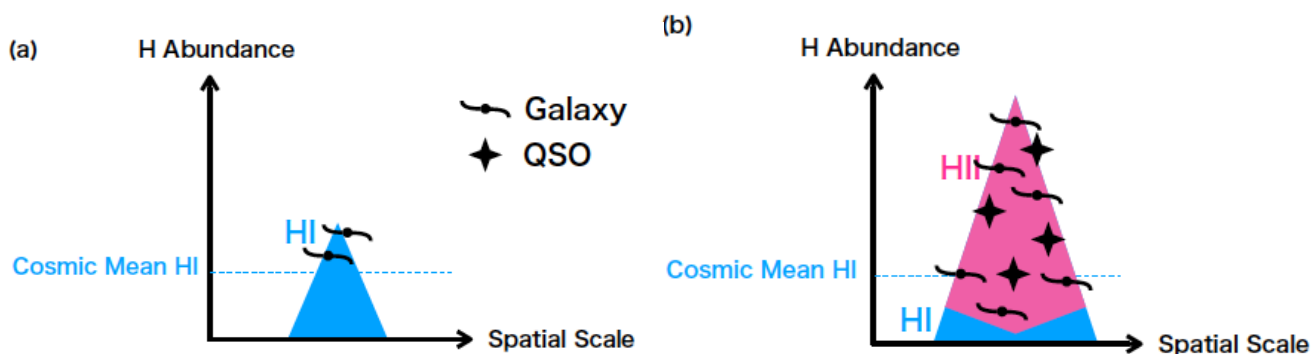


図2:左)物質密度が比較的低い部分での銀河の空間位置(横軸)と水素密度(縦軸)の模式図。波線印は銀河を意味する。青色領域はHIガスの位置と密度を示す。青色点線はHIガス密度の宇宙平均。右)左図と同じだが、物質密度が高い部分での模式図。十字印はQSOを意味し、赤色領域は電離水素ガスの位置と密度を示す(Mukae et al. 2020bより)。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計18件（うち査読付論文 18件／うち国際共著 13件／うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Sugahara Yuma, Ouchi Masami, Lin Lihwai, Martin Crystal L., Ono Yoshiaki, Harikane Yuichi, Shibuya Takatoshi, Yan Renbin	4. 巻 850
2. 論文標題 Evolution of Galactic Outflows at z~0-2 Revealed with SDSS, DEEP2, and Keck Spectra	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 51 ~ 64
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/aa956d	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 Ouchi Masami, Harikane Yuichi, Shibuya Takatoshi, Shimasaku Kazuhiro, Taniguchi Yoshiaki, Konno Akira, Kobayashi Masakazu, Kajisawa Masaru, Nagao Tohru, Ono Yoshiaki, Inoue Akio K, Umemura Masayuki, Mori Masao, Hasegawa Kenji, Higuchi Ryo, Komiyama Yutaka, Matsuda Yuichi, Nakajima Kimihiko, Saito Tomoki, Wang Shiang-Yu	4. 巻 70
2. 論文標題 Systematic Identification of LAEs for Visible Exploration and Reionization Research Using Subaru HSC (SILVERRUSH). I. Program strategy and clustering properties of ~2000 Ly emitters at z=6-7 over the 0.3-0.5 Gpc ² survey area	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Publications of the Astronomical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 S13-1 ~ 16
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/pasj/psx074	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 Shibuya Takatoshi, Ouchi Masami et al.	4. 巻 70
2. 論文標題 SILVERRUSH. II. First catalogs and properties of ~2000 Ly emitters and blobs at z=6-7 identified over the 14-21 deg ² sky	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Publications of the Astronomical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 S14-1 ~ 14
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/pasj/psx122	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 Yuma Suraphong, Ouchi Masami, Drake Alyssa B., Fujimoto Seiji, Kojima Takashi, Sugahara Yuma	4. 巻 841
2. 論文標題 Systematic Survey for [O ii], [O iii], and H Blobs at z = 0.1-1.5: The Implication for Evolution of Galactic-scale Outflow	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 93 ~ 93
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/aa709f	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 Mukae, Ouchi et al.	4. 巻 835
2. 論文標題 Cosmic Galaxy-IGM HI Relation at z=2-3 Probed in the COSMOS/UltraVISTA 1.6 Deg ² Field	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 281-292
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/835/2/281	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 Hashimoto, Ouchi et al.	4. 巻 465
2. 論文標題 Lya emitters with very large Ly equivalent widths, EWO(Lya)~200-400A, at z~2	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Monthly Notices of the Royal Astronomical Society	6. 最初と最後の頁 1543-1562
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/mnras/stw2834	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 Kojima Takashi, Ouchi Masami, Nakajima Kimihiko, Shibuya Takatoshi, Harikane Yuichi, Ono Yoshiaki	4. 巻 69
2. 論文標題 Evolution of N/O abundance ratios and ionization parameters from z??0 to 2 investigated by the direct temperature method* †	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Publications of the Astronomical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 44
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/pasj/psx017	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 -

1. 著者名 Fujimoto, Ouchi et al.	4. 巻 222
2. 論文標題 ALMA CENSUS OF FAINT 1.2mm SOURCES DOWN TO ~0.02 mJy: EXTRAGALACTIC BACKGROUND LIGHT AND DUST-POOR, HIGH-z GALAXIES	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal Supplement Series	6. 最初と最後の頁 1-28
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) doi:10.3847/0067-0049/222/1/1	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 -

1. 著者名 Shibuya, Ouchi, Kubo & Harikane	4. 巻 821
2. 論文標題 Morphologies of ~190,000 Galaxies at z=0-10 Revealed with HST Legacy Data. III. Evolution of Clumpy Galaxies	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 72-90
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) doi:10.3847/0004-637X/821/2/72	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 -

1. 著者名 Harikane, Ouchi et al.	4. 巻 821
2. 論文標題 EVOLUTION OF STELLAR-TO-HALO MASS RATIO AT z=0-7 IDENTIFIED BY CLUSTERING ANALYSIS WITH THE HUBBLE LEGACY IMAGING AND EARLY SUBARU/HYPER SUPRIME-CAM SURVEY DATA	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 123-145
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) doi:10.3847/0004-637X/821/2/123	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 Momose, Ouchi et al.	4. 巻 457
2. 論文標題 Statistical Properties of Diffuse Ly-alpha Halos around Star-forming Galaxies at z=2	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Monthly Notices of the Royal Astronomical Society	6. 最初と最後の頁 2318-2330
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/mnras/stw021	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 -

1. 著者名 Konno, Ouchi et al.	4. 巻 823
2. 論文標題 BRIGHT AND FAINT ENDS OF Ly LUMINOSITY FUNCTIONS AT z = 2 DETERMINED BY THE SUBARU SURVEY: IMPLICATIONS FOR AGNs, MAGNIFICATION BIAS, AND ISM H I EVOLUTION	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 20-36
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) doi:10.3847/0004-637X/823/1/20	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 -

1. 著者名 Yuma Suraphong, Ouchi Masami, Fujimoto Seiji, Kojima Takashi, Sugahara Yuma	4. 巻 882
2. 論文標題 A Giant Green Pea Identified in the Spectroscopy of Spatially Extended [O iii] Sources	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 17 ~ 17
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/ab2f87	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 Harikane Yuichi, Ouchi Masami, Ono Yoshiaki, Fujimoto Seiji, Donevski Darko, Shibuya Takatoshi, Faisst Andreas L. et al.	4. 巻 883
2. 論文標題 SILVERRUSH. VIII. Spectroscopic Identifications of Early Large-scale Structures with Protoclusters over 200 Mpc at $z \approx 6.7$: Strong Associations of Dusty Star-forming Galaxies	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 142 ~ 142
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/ab2cd5	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 Sugahara Yuma, Ouchi Masami, Harikane Yuichi, Bouché Nicolas, Mitchell Peter D., Blaizot Jérôme	4. 巻 886
2. 論文標題 Fast Outflows Identified in Early Star-forming Galaxies at $z = 5.6$	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 29 ~ 29
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/ab49fe	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 Fujimoto Seiji, Ouchi Masami, Ferrara Andrea, Pallottini Andrea, Ivison R. J., Behrens Christoph, Gallerani Simona, Arata Shohei, Yajima Hidenobu, Nagamine Kentaro	4. 巻 887
2. 論文標題 First Identification of 10 kpc [C ii] 158 μ m Halos around Star-forming Galaxies at $z = 5.7$	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 107 ~ 107
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/ab480f	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 Mukae Shiro, Ouchi Masami et al.	4. 巻 -
2. 論文標題 3D Distribution Map of HI Gas and Galaxies Around an Enormous Ly Nebula and Three QSOs at z=2.3 Revealed by the HI Tomographic Mapping Technique	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Astrophysical Journal 出版中	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) -	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 Kirihara Takanobu, Hasegawa Kenji, Umemura Masayuki, Mori Masao, Ishiyama Tomoaki	4. 巻 491
2. 論文標題 Discrimination of heavy elements originating from Pop?III stars in z?= 3 intergalactic medium	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 4387 ~ 4395
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/mnras/stz3376	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14件 (うち招待講演 12件 / うち国際学会 13件)

1. 発表者名 Masami Ouchi
2. 発表標題 HSC Survey for High-z Galaxies: Interplay between Galaxies and IGM
3. 学会等名 IGM2018 Workshop (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Masami Ouchi
2. 発表標題 Early Results of the HSC Narrowband Survey for Emission-Line Galaxies
3. 学会等名 Understanding Emission Line Galaxies for the next generation of cosmological surveys (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Masami Ouchi
2. 発表標題 Exploring Early Galaxies and Cosmic Structures at the Epoch of Reionization and Beyond : Synergies between Subaru and ELTs
3. 学会等名 Extremely Big Eyes on the Early Universe (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Masami Ouchi
2. 発表標題 Ly Emitters from the Cosmic Noon to the Heart of the Reionization Epoch
3. 学会等名 Spectral Diagnostics to Explore the Cosmic Dawn with JWST (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Masami Ouchi
2. 発表標題 Early Results of the Subaru HSC Survey for Ly Emitters
3. 学会等名 Tokyo Spring Cosmic Lyman Alpha Workshop (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Masami Ouchi
2. 発表標題 First Year Results of the Subaru 30 ² Survey for Ly α Emitters at z=2-7
3. 学会等名 The Snowbird Cosmic Lyman-Alpha Workshop (SnowCLAW) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Takashi Kojima
2. 発表標題 First Direct Te Method Determinations of Gas-Phase Metal Abundances & Ionization Parameters for High-z LAEs
3. 学会等名 The Snowbird Cosmic Lyman-Alpha Workshop (SnowCLAW) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Shiro Mukae
2. 発表標題 Uncovering the high-z Cosmic Galaxy-HI Distribution probed by the SDSS
3. 学会等名 46th Saas Fee Advanced Course (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Masami Ouchi
2. 発表標題 Progresses Report of Subaru/HSC Survey for High-z Galaxies
3. 学会等名 Physical Characteristics of Normal Galaxies at $z>2$ (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Masami Ouchi
2. 発表標題 Exploring early galaxies and cosmic structures with Subaru, HST, and ALMA
3. 学会等名 KICC 10th Anniversary Symposium (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Masami Ouchi
2. 発表標題 Exploring Early Galaxies and Cosmic Structures with Subaru, HST, and ALMA
3. 学会等名 First Shanghai Assembly on Cosmology and Galaxy Formation (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Masami Ouchi
2. 発表標題 Subaru-WFIRST Deep Fields and Galaxy Evolution Studies
3. 学会等名 SUBARU TELESCOPE 20TH ANNIVERSARY (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Masami Ouchi
2. 発表標題 Early Galaxy ISM, CGM, and IGM Probed with ALMA, Subaru, and Keck
3. 学会等名 The Interstellar medium of high redshift galaxies (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Masami Ouchi
2. 発表標題 Galaxy-IGM Interplay Probed with Subaru and ALMA
3. 学会等名 THE GROWTH OF GALAXIES (招待講演)
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

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
研究分担者	森 正夫 (Mori Masao) (10338585)	筑波大学・計算科学研究センター・准教授 (12102)	
研究分担者	梅村 雅之 (Umemura Masayuki) (70183754)	筑波大学・計算科学研究センター・教授 (12102)	
研究分担者	鈴木 尚孝 (Suzuki Naotaka) (20722804)	東京大学・カブリ数物連携宇宙研究機構・特任助教 (12601)	