

令和 6 年 6 月 12 日現在

機関番号：62616

研究種目：国際共同研究加速基金（国際共同研究強化）

研究期間：2018～2023

課題番号：17KK0098

研究課題名（和文）銀河形成期における宇宙網から銀河へのガス降着過程の研究

研究課題名（英文）Gas inflow processes from the Cosmic Web to galaxies during galaxy formation epoch

研究代表者

松田 有一（Matsuda, Yuichi）

国立天文台・アルマプロジェクト・助教

研究者番号：20647268

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 9,000,000円

渡航期間： 23ヶ月

研究成果の概要（和文）：宇宙網（コズミックウェブ）は、冷たい暗黒物質の重力進化による構造形成パラダイムから予言されるMpc スケールを超えるネットワーク構造である。赤方偏移 $z=3$ を超えるような銀河形成期の宇宙では、全バリオンの8割は宇宙網に沿って分布しており、銀河はその網の目の接点に向かって流れ込むガスによって形成されると考えられている。本研究では、すばる望遠鏡超広視野カメラHSCを用いて、SSA22領域 $z=3.1$ 原始銀河団に対して高感度水素ライマンアルファ撮像観測を行い、銀河形成期における宇宙網の広域地図を作成した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

銀河形成期における宇宙網の性質を明らかにすることは、現在の観測天文学における大きな目標の一つになっている。特に、「銀河はどこでどのように形成されたのか」を理解するために、銀河へのガスの供給源と考えられている宇宙網の観測的研究が重要である。地球においても人類の最初の4大文明は大河のそばで興ったが、宇宙においても銀河・ブラックホール形成は宇宙網というガスの大河で起きたのではないかと考えられている。本研究では、形成期の銀河間を繋ぐガスネットワーク構造の性質を明らかにし、ネットワーク構造から銀河へのガス降着過程を調べる。

研究成果の概要（英文）：The cosmic web is a network structure beyond the Mpc scale, which is naturally predicted from the structure formation paradigm based on the cold dark matter cosmological model. During galaxy formation era ($z>3$), 80% of all baryons are thought to be distributed along cosmic webs, and galaxies are formed by gas inflows toward the nodes of the cosmic webs. In this research, we have tackled the following important question for galaxy formation studies, "Where and how galaxies were formed?". For this purpose, we have undertaken high-sensitivity hydrogen Lyman-alpha imaging observations of the $z=3.1$ proto-cluster in the SSA22 region using Hyper Suprime Cam (HSC) as a Subaru Intensive Program.

研究分野：銀河形成

キーワード：宇宙網

1. 研究開始当初の背景

宇宙網 (コズミックウェブ) は、冷たい暗黒物質の重力進化による構造形成パラダイムから予言される Mpc スケールを超えるネットワーク構造である (図1左図)。赤方偏移 $z=3$ を超えるような銀河形成期の宇宙では、全バリオンは8割は宇宙網に沿って分布しており、銀河はその網の目の接点に向かって流れ込むガスによって形成されると考えられている (図1右図)。これまで主に明るい背景天体の水素の吸収線系を用いた観測的研究により、形成期の銀河の周囲に Mpc までひろがるガス構造が存在することがわかってきた。しかし、背景天体の数密度が低いため、このガス構造がどのような形状を持つのかはまだ良くわかっていなかった。また、水素ライマンアルファ輝線を用いた観測的研究により、巨大水素ガス雲と呼ばれる 100kpc スケールに広がったガス天体が見つかったが、そのサイズは大質量銀河のハローサイズと同程度であり、Mpc スケールのガスネットワーク構造を捉えることはまだできていなかった。

2. 研究の目的

銀河形成期における宇宙網の性質を明らかにすることは、現在の観測天文学における大きな目標の一つになっている。特に、「銀河はどこでどのように形成されたのか」を理解するために、銀河へのガスの供給源と考えられている宇宙網の観測的研究が重要である。形成期の銀河の激しい星形成活動を維持するためには、星の材料となる冷たいガスを周囲から絶えず供給する必要がある。銀河は宇宙網の接点で形成されるため、暗黒物質ハローの平均密度よりも周囲から突き刺さるネットワーク構造の密度のほうが高く、ガスはその構造に沿ってジーンズ長程度の幅の流れを作り、加熱されずに中心部まで自由落下すると考えられている。本研究では、形成期の銀河間を繋ぐガスネットワーク構造の性質を明らかにし、ネットワーク構造から銀河へのガス降着過程を調べる。

3. 研究の方法

形成期の銀河間を繋ぐガスネットワーク構造をとらえるために、すばる望遠鏡超広視野カメラ HSC を用いて、以前の我々の観測でガスネットワーク構造の兆候が見つかった SSA22 領域 $z=3.1$ 原始銀河団 (Umehata et al. 2019) に対して高感度水素ライマンアルファ撮像観測を行う。そのために、米国、英国、イタリア、カナダの共同研究者らと共にすばるインテンシブプログラムとして観測提案を行う。国際共同多波長観測の一環として、カナダフランスハワイ望遠鏡による同じ領域をカバーする紫外線 (U バンド) 観測を行う。

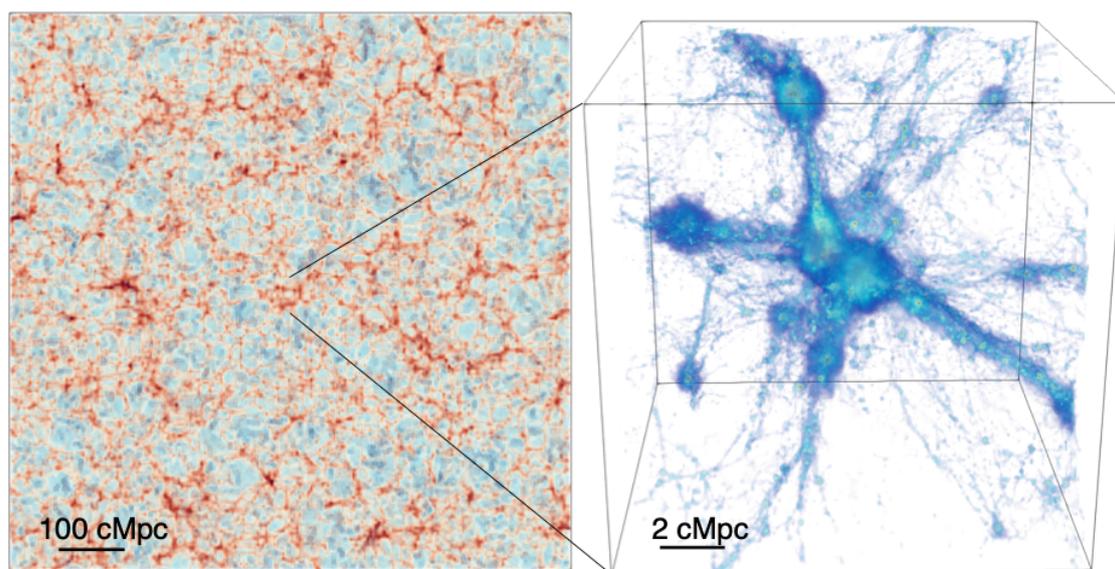


図1 : Yajima et al. (2022)による冷たい暗黒物質モデルに基づく構造形成数値シミュレーションから理論的に予言される赤方偏移 $z=3$ の宇宙における暗黒物質の網の目構造 (宇宙網、左図) とガスネットワーク構造 (右図)。

4. 研究成果

本国際共同研究として、すばるインテンシブプログラム「MIRACLES」による HSC/NB497 による超高感度水素ライマンアルファ輝線撮像観測（98 時間の割り当て）を 2021 年から 2024 年にかけて遂行した。本研究により、(1) 宇宙網の物理的性質（幅、長さ、質量、背景紫外線の強さ）、(2) 宇宙網と銀河・ブラックホールの成長の関係、(3) 銀河団形成における宇宙網の役割を明らかにする。また、多波長観測の一環として、カナダフランスハワイ望遠鏡による同じ領域をカバーする U バンド観測（14 時間）も遂行した。観測はまだ終了していないが、8 割程度のデータがそろい、その初期結果としての宇宙網の広域地図の作成を行った。

銀河形成と宇宙網に関する研究成果として 23 篇の査読付き学術論文を出版した。例えば、ターゲットの領域は異なるが、 $z=2.84$ の超高光度クエーサーの周囲の水素ライマンアルファ輝線撮像観測データの解析を行い、ライマンアルファ銀河を取り巻く銀河周物質と衛星銀河が大規模構造とどのような関係になっているのかを明らかにした (Kikuta et al. 2023)。

参考文献

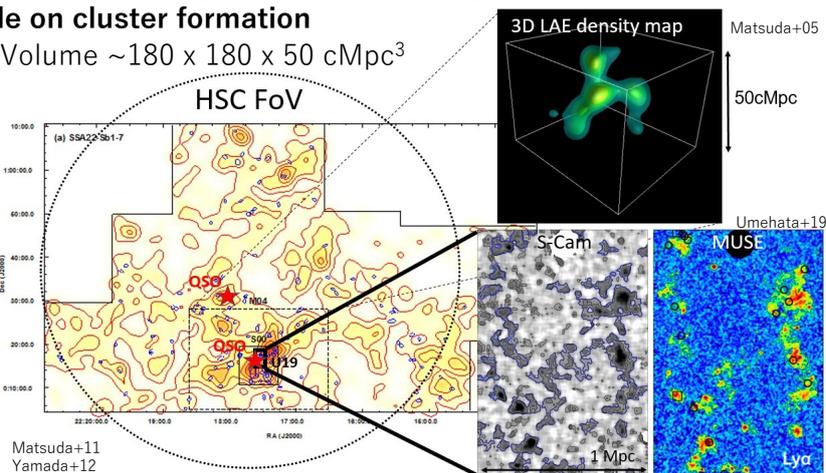
Yajima et al., 2022, MNRAS, 509, 4037

Kikuta et al. 2023, ApJ, 947, 75

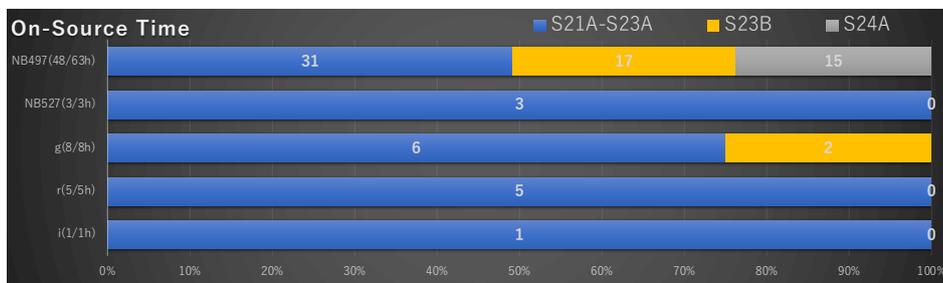
Science Goals

- (1) The physical properties (width, length, mass, & ionizing radiation field)
- (2) The connection with galaxy / black hole growths
- (3) The role on cluster formation

Survey Volume $\sim 180 \times 180 \times 50 \text{ cMpc}^3$



Data Quality (S21A-S23B)



S21A-S23B data	NB497	NB527	g	r	i
5σ depth (2" ap) [target depth]	27.4ABmag [28.0ABmag]	26.2ABmag [26.7ABmag]	28.2ABmag [28.6ABmag]	27.6ABmag [28.2ABmag]	26.3ABmag [26.8ABmag]
Seeing	0.8"	0.8"	0.9"	0.7"	1.6"

図 2 : すばるインテンシブプログラム「MIRACLES」の概要と観測遂行状況。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計23件（うち査読付論文 23件 / うち国際共著 21件 / うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 Li Zhihui, Steidel Charles C, Gronke Max, Chen Yuguang, Matsuda Yuichi	4. 巻 513
2. 論文標題 Where outflows meet inflows: gas kinematics in SSA22 Ly blob 2 decoded by advanced radiative transfer modelling	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 3414 ~ 3428
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/mnras/stac958	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 Hyun Minhee, Im Myungshin, Smail Ian R., Cotton William D., Birkin Jack E., Kikuta Satoshi, Shim Hyunjin, Willmer Christopher N. A., Condon James J., Windhorst Rogier A., Cohen Seth H., Jansen Rolf A., Ly Chun, Matsuda Yuichi, Fazio Giovanni G., Swinbank A. M., Yan Haojing	4. 巻 264
2. 論文標題 The JCMT SCUBA-2 Survey of the James Webb Space Telescope North Ecliptic Pole Time-Domain Field	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal Supplement Series	6. 最初と最後の頁 19 ~ 19
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4365/ac9bf4	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 Kakuma Ryota, Ouchi Masami, Harikane Yuichi, Ono Yoshiaki, Inoue Akio K., Komiyama Yutaka, Kusakabe Haruka, Lee Chien-Hsiu, Matsuda Yuichi, Matsuoka Yoshiki, Mawatari Ken, Momose Rieko, Shibuya Takatoshi, Taniguchi Yoshiaki	4. 巻 916
2. 論文標題 SILVERRUSH. IX. Ly Intensity Mapping with Star-forming Galaxies at $z = 5.7$ and 6.6 : A Possible Detection of Extended Ly Emission at 100 Comoving Kiloparsecs around and beyond the Virial-radius Scale of Galaxy Dark Matter Halos	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 22 ~ 22
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/ac0725	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 Umehata Hideki, Smail Ian, Steidel Charles C., Hayes Matthew, Scott Douglas, Swinbank A. M., Ivison R. J., Nagao Toru, Kubo Mariko, Nakanishi Kouichiro, Matsuda Yuichi, Ikarashi Soh, Tamura Yoichi, Geach J. E.	4. 巻 918
2. 論文標題 ALMA Observations of Ly Blob 1: Multiple Major Mergers and Widely Distributed Interstellar Media	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 69 ~ 69
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/ac1106	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 Kubo Mariko, Umehata Hideki, Matsuda Yuichi, Kajisawa Masaru, Steidel Charles C., Yamada Toru, Tanaka Ichi, Hatsukade Bunyo, Tamura Yoichi, Nakanishi Kouichiro, Kohno Kotaro, Lee Kianhong, Matsuda Keiichi	4. 巻 919
2. 論文標題 A Massive Quiescent Galaxy Confirmed in a Protocluster at $z = 3.09$	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 6 ~ 6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/ac0cf8	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 Yajima Hidenobu, Abe Makito, Khochfar Sadegh, Nagamine Kentaro, Inoue Akio K, Kodama Tadayuki, Arata Shohei, Dalla Vecchia Claudio, Fukushima Hajime, Hashimoto Takuya, Kashikawa Nobunari, Kubo Mariko, Li Yuexing, Matsuda Yuichi, Mawatari Ken, Ouchi Masami, Umehata Hideki	4. 巻 509
2. 論文標題 FOREVER22: galaxy formation in protocluster regions	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 4037 ~ 4057
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/mnras/stab3092	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 Birkin Jack E, Weiss Axel, Wardlow J L, Smail Ian, Swinbank A M, Dudzeviit U, An Fang Xia, Ao Y, Chapman S C, Chen Chian-Chou, daCunha E, Dannerbauer H, Gullberg B, Hodge J A, Ikarashi S, Ivison R J, Matsuda Y, Stach S M, Walter F, Wang W-H, vanderWerf P	4. 巻 501
2. 論文標題 An ALMA/NOEMA survey of the molecular gas properties of high-redshift star-forming galaxies	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 3926 ~ 3950
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/mnras/staa3862	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 I., Matsuda Y., Smail Ian, Hayatsu N. H., Simpson J. M., Swinbank A. M., Umehata H., Dudzeviit U., Birkin J. E., Ikarashi S., Chen Chian-Chou, Tadaki K., Yajima H., Harikane Y., Inami H., Chapman S. C., Hatsukade B., Iono D., Bunker A., Ao Y., Saito T., Ueda J., Sakamoto S.	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 ~ 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 Simpson J M, Smail Ian, Dudzeviit U, Matsuda Y, Hsieh B-C, Wang W-H, Swinbank A M, Stach S M, An Fang Xia, Birkin J E, Ao Y, Bunker A J, Chapman S C, Chen Chian-Chou, Coppin K E K, Ikarashi S, Ivison R J, Mitsuhashi I, Saito T, Umehata H, Wang R, Zhao Y	4. 巻 495
2. 論文標題 An ALMA survey of the brightest sub-millimetre sources in the SCUBA-2 COSMOS field	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 3409 ~ 3430
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/mnras/staa1345	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, Inoue Akio K., Matsuoka Yoshiki, Tamura Yoichi, Bakx Tom, Fujimoto Seiji, Moriwaki Kana, Ono Yoshiaki, Nagao Tohru, Tadaki Ken-ichi, Kojima Takashi, Shibuya Takatoshi, Egami Eiichi, Ferrara Andrea, Gallerani Simona, Hashimoto Takuya, Kohno Kotaro, Matsuda Yuichi, et al.	4. 巻 896
2. 論文標題 Large Population of ALMA Galaxies at z>6 with Very High [O iii]88 μ m to [C ii]158 μ m Flux Ratios: Evidence of Extremely High Ionization Parameter or PDR Deficit?	5. 発行年 2020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/ab94bd	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, Cai Zheng, Lee Khee-Gan, Prochaska J. Xavier, Cantalupo Sebastiano, Ono Yoshiaki, Zheng Zheng, Nagamine Kentaro, Suzuki Nao, Silverman John D., Misawa Toru, Inoue Akio K., Hennawi Joseph F., Matsuda Yuichi, et al.	4. 巻 896
2. 論文標題 Three-dimensional Distribution Map of H i Gas and Galaxies around an Enormous Ly Nebula and Three QSOs at z=2.3 Revealed by the H i Tomographic Mapping Technique	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 45 ~ 45
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/ab8db7	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 Hayashino T, Inoue A K, Kousai K, Kashikawa N, Mawatari K, Matsuda Y, Tejos N, Prochaska J X, Iwata I, Noll S, Burgarella D, Yamada T, Akiyama M	4. 巻 484
2. 論文標題 Enhancement of HI absorption associated with the $z = 3.1$ large-scale proto-cluster and characteristic structures with AGNs sculptured over Gpc scale in the SSA22 field	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 5868 ~ 5887
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/mnras/stz388	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 Hill Ryley, Chapman Scott C, Scott Douglas, Smail Ian, Steidel Charles C, Krips Melanie, Babul Arif, Berg Trystyn, Bertoldi Frank, Gao Yu, Lacaille Kevin, Matsuda Yuichi, Ross Colin, Rudie Gwen, Trainor Ryan	4. 巻 485
2. 論文標題 The SCUBA-2 web survey: I. Observations of CO(3-2) in hyper-luminous QSO fields	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 753 ~ 769
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/mnras/stz429	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 Kikuta Satoshi, Matsuda Yuichi, Cen Renyue, Steidel Charles C, Yagi Masafumi, Hayashino Tomoki, Imanishi Masatoshi, Komiyama Yutaka, Momose Rieko, Saito Tomoki	4. 巻 71
2. 論文標題 Ly view around a $z = 2.84$ hyperluminous QSO at a node of the cosmic web†	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Publications of the Astronomical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 L2 ~ L2
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/pasj/psz055	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 Morokuma-Matsui Kana, Morokuma Tomoki, Tominaga Nozomu, Hatsukade Bunyo, Hayashi Masao, Tamura Yoichi, Matsuda Yuichi, Motogi Kazuhito, Niinuma Kotaro, Konishi Masahiro	4. 巻 879
2. 論文標題 ALMA Observations of Molecular Gas in the Host Galaxy of AT2018cow	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 L13 ~ L13
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/2041-8213/ab2915	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 Simpson J. M., Smail Ian, Swinbank A. M., Chapman S. C., Chen Chian-Chou, Geach J. E., Matsuda Y., Wang R., Wang Wei-Hao, Yang Y., et al.	4. 巻 880
2. 論文標題 The East Asian Observatory SCUBA-2 Survey of the COSMOS Field: Unveiling 1147 Bright Submillimeter Sources across 2.6 Square Degrees	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 43 ~ 43
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/ab23ff	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 Umehata H., Fumagalli M., Smail I., Matsuda Y., Swinbank A. M., Cantalupo S., Sykes C., Ivison R. J., Steidel C. C., Shapley A. E., Vernet J., Yamada T., Tamura Y., Kubo M., Nakanishi K., Kajisawa M., Hatsukade B., Kohno K.	4. 巻 366
2. 論文標題 Gas filaments of the cosmic web located around active galaxies in a protocluster	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Science	6. 最初と最後の頁 97 ~ 100
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1126/science.aaw5949	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 Xia An Fang, Simpson J. M., Smail Ian, Swinbank A. M., Ma Cong, Liu Daizhong, Lang P., Schinnerer E., Karim A., Magnelli B., Leslie S., Bertoldi F., Chen Chian-Chou, Geach J. E., Matsuda Y., et al.	4. 巻 886
2. 論文標題 Multi-wavelength Properties of Radio- and Machine-learning-identified Counterparts to Submillimeter Sources in S2COSMOS	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 48 ~ 48
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/ab4d53	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 Kubo Mariko, Toshikawa Jun, Kashikawa Nobunari, Chiang Yi-Kuan, Overzier Roderik, Uchiyama Hisakazu, Clements David L., Alexander David M., Matsuda Yuichi, Kodama Tadayuki, Ono Yoshiaki, Goto Tomotsugu, Cheng Tai-An, Ito Kei	4. 巻 887
2. 論文標題 Planck Far-infrared Detection of Hyper Suprime-Cam Protoclusters at z=4: Hidden AGN and Star Formation Activity	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 214 ~ 214
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/ab5a80	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 Tamura Yoichi, Mawatari Ken, Hashimoto Takuya, Inoue Akio K., Zackrisson Erik, Christensen Lise, Binggeli Christian, Matsuda Yuichi, Matsuo Hiroshi, Takeuchi Tsutomu T., Asano Ryosuke S., Sunaga Kaho, Shimizu Ikkoh, Okamoto Takashi, Yoshida Naoki, et al.	4. 巻 874
2. 論文標題 Detection of the Far-infrared [O iii] and Dust Emission in a Galaxy at Redshift 8.312: Early Metal Enrichment in the Heart of the Reionization Era	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 27 ~ 27
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/ab0374	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 Moriwaki Kana, Yoshida Naoki, Shimizu Ikkoh, Harikane Yuichi, Matsuda Yuichi, Matsuo Hiroshi, Hashimoto Takuya, Inoue Akio K, Tamura Yoichi, Nagao Tohru	4. 巻 481
2. 論文標題 The distribution and physical properties of high-redshift [Oiii] emitters in a cosmological hydrodynamics simulation	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Monthly Notices of the Royal Astronomical Society: Letters	6. 最初と最後の頁 L84 ~ L88
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/mnrasl/sly167	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 Kato Yuta, Matsuda Yuichi, Iono Daisuke, Hatsukade Bunyo, Umehata Hideki, Kohno Kotaro, Alexander David M, Ao Yiping, Chapman Scott C, Hayes Matthew, Kubo Mariko, Lehmer Bret D, Malkan Matthew A, Michiyama Tomonari, Nagao Tohru, Saito Tomoki, Tanaka Ichi, Taniguchi Yoshiaki	4. 巻 70
2. 論文標題 A high dust emissivity index for a CO-faint galaxy in a filamentary Ly nebula at $z = 3.1$	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Publications of the Astronomical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 L6-1 ~ L67-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/pasj/psy087	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 Kikuta Satoshi, Matsuda Yuichi, Inoue Shigeki, Steidel Charles C., Cen Renyue, Zheng Zheng, Yajima Hidenobu, Momose Rieko, Imanishi Masatoshi, Komiyama Yutaka	4. 巻 947
2. 論文標題 UV and Ly Halos of Ly Emitters across Environments at $z = 2.84^*$	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 75 ~ 75
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/acbf30	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

〔学会発表〕 計2件（うち招待講演 1件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 松田有一
2. 発表標題 多重AGN探査
3. 学会等名 SMBH研究会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yuichi Matsuda
2. 発表標題 ALMA observations of galaxy proto clusters at z=3-6
3. 学会等名 EA ALMA Science WS（国際学会）
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
チャールズ スタイデル (Charles Steidel)	カリフォルニア工科大学・PMA・教授	

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			
アメリカ	カリフォルニア工科大学			
カナダ	ダルハウジー大学			
英国	ダーラム大学			
イタリア	ミラノピッコカ大学			