

令和 6 年 6 月 13 日現在

機関番号：62616

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2021～2023

課題番号：21K03622

研究課題名(和文) 面分光観測で探るコンパクト楕円銀河の形成期の姿

研究課題名(英文) Formation of compact elliptical galaxies with integral field spectroscopy

研究代表者

小野寺 仁人 (Onodera, Masato)

国立天文台・ハワイ観測所・助教

研究者番号：40778396

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,500,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、赤方偏移0.4にあるコンパクトな星形成銀河をより遠方のコンパクト銀河に類似した天体として扱い、面分光観測による調査をおこなった。調べた天体について、H 輝線が銀河全体にわたって検出され、明らかな円盤成分が見られないコンパクトな銀河でも電離ガスが200km/s程度で回転していることがわかった。また、星形成率、速度分散、[NII]/H 輝線比が高く、ガスのアウトフローや活動銀河核の存在を示唆する輝線成分が見られるものもあった。このことから、大質量コンパクト星形成銀河は、活発な星形成活動を示しつつも、今後星形成が抑制され、楕円銀河に向かう途上にあるものである可能性が示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

可視光画像で見ると、本研究で調査したコンパクトな星形成銀河は明らかな円盤構造を持たないが、電離ガスを調べると回転運動を示すことがわかった。楕円銀河では速度分散が大きなランダム運動が卓越しているものが多いが、回転運動からランダム運動への遷移についての示唆を与えるものである。本研究で対象とした大質量コンパクト星形成銀河は赤方偏移0.4ではきわめて稀である一方、より遠方の赤方偏移2以上では観測が困難ではあるが普遍的である。このことから、近傍宇宙でのケーススタディに留まらず、宇宙の星形成活動が最も活発だった時代における銀河形成シナリオの理解にもつながるといって学術的意義がある。

研究成果の概要(英文)：We investigated compact star-forming galaxies at $z=0.4$, regarding them as analogs of distant compact galaxies at $z>2$, by using integral field spectroscopy. We detected H emission lines across the entire extent of the sample galaxies and found that ionized gas rotates at around 200 km/s even in compact galaxies without clear disk components. The sample galaxies exhibited high star formation rates, velocity dispersions, and [NII]/H emission line ratios as well as a broad emission line component in some cases, indicating the presence of gas outflows or active galactic nuclei. These findings suggest that massive compact star-forming galaxies, despite their active star formation, may be on an evolutionary path where star formation is being quenched, and evolving into elliptical galaxies.

研究分野：銀河天文学

キーワード：銀河進化 銀河 観測天文学 銀河天文学

1. 研究開始当初の背景

現在の宇宙では、恒星のほとんどは星形成活動をほとんど示さない楕円銀河に属している。楕円銀河は、その年齢や金属量や元素組成比は過去 100 億年程度にわたって静的な進化シナリオで説明できる一方、より遠方ではよりコンパクトになっていることが知られている。実際、同程度の恒星質量をもつものどうしを比べると、100 億年前の赤方偏移 (z) 2 の時代には現在の楕円銀河に比べて平均で 2 割程度の大きさしかない。楕円銀河のサイズ進化に関しては、マイナーマージャー仮説と呼ばれるシナリオが有力であるとのコンセンサスが得られつつあるが、コンパクトな楕円銀河がそもそもどのように形成されるのか、完全な決着がついたとは言い難い状況である。コンパクトな楕円銀河はその形成期にはコンパクトな星形成銀河であったと考えられる。したがって、単純には、より遠方 ($z>2$) にあるコンパクトな星形成銀河を調べればよいが、遠方銀河に対して質の良いデータを取得することは容易ではなく、詳細な観測的調査が困難である。

近傍宇宙をみると、上で述べたサイズ進化の影響を受けずに現在まで進化してきたと考えられる $z<0.2$ にある楕円銀河の探査が活発であったが、本来 100 億年程度の年齢を示すはずが 20 億年程度と若いことが明らかになっていた。これは、20 億年程度遡った $z=0.4$ の時代にその祖先が星形成銀河として存在していることを示している。つまり、 $z=0.4$ のコンパクトな星形成銀河と $z<0.2$ のコンパクトな楕円銀河の関係を擬似的により遠方のコンパクトな銀河どうしの関係に見立てることによって、コンパクトな銀河の形成や進化について、より詳細な観測をもとにした調査が可能である。

2. 研究の目的

上記のような背景を踏まえ、本研究では、赤方偏移 0.4 の宇宙においてコンパクトかつ大質量の星形成銀河を探査し、選択された銀河について、銀河全体を分光する面分光観測をおこなう。これによって、輝線の強度や強度比、さらには視線速度や速度分散を銀河全体にわたって取得して銀河の物理状態を明らかにする。そこで得られた結果を議論することで、赤方偏移 0.4 の銀河の性質のみならず、近傍のコンパクトな楕円銀河との関係および、さらに遠方の赤方偏移 2 を越える宇宙におけるコンパクト銀河の形成及び進化について理解することを目的とする。

3. 研究の方法

本研究では、まず、すばる望遠鏡の Hyper Suprime-Cam (HSC) を用いたサーベイデータから赤方偏移 0.4 の星形成銀河を抽出する。抽出には星形成に伴う輝線放射に強い感度を持つ狭帯域フィルターをもちいて特定の赤方偏移にある星形成銀河を効率よく選択する。銀河のサイズは、HSC サーベイでも特に質の良い i バンドの撮像データをもちいて測定したものをもちいる。地上からの観測データにもかかわらず、HSC データをもちいることで、2kpc 程度とコンパクトな銀河のサイズを測定することができる。次に、選択されたコンパクトな星形成銀河について、すばる望遠鏡の FOCAS を用いた面分光観測をおこなう。面分光観測では、銀河の全面にわたってスペクトルを取得できるため、様々な物理量を空間分解して取得できる。得られた結果を議論し、 $z=0.4$ のコンパクトな星形成銀河の性質を明らかにし、星形成活動の様子や、今後予想される星形成の抑制が起きるメカニズムについての考察をおこなう。また、関連研究として、実際に赤方偏移 2 を越える宇宙で星形成をおこなっている天体を観測し、赤方偏移 0.4 での銀河進化との関連を調べる。

4. 研究成果

すばる望遠鏡の広視野撮像装置 Hyper Suprime-Cam を用いたサーベイ観測によって取得されたデータをもちいて選択された $z=0.4$ の $H\alpha$ 輝線天体を用いてコンパクトな星形成銀河の選択をおこなった。 $H\alpha$ 輝線は星形成領域の電離ガスから放射される特徴的な輝線で、星形成率の良い指標である。また、NB921 狭帯域フィルターを用いることで、 $z=0.4$ の $H\alpha$ 輝線銀河を非常に精度良く抽出できる。これらについて HSC サーベイのデータのなかでもより空間分解能の高い i バンドのデータをもちいてサイズを測定した。赤方偏移 0.4 では、2kpc 程度の構造まで空間分解することができ、大きさの測定が可能である。その結果、恒星質量が $10^{10.5}$ 太陽質量より大きな $H\alpha$ 輝線銀河について、2kpc より小さなものを 8 天体、2 から 2.5kpc のものを 23 天体選択す

ることができた。

これらのコンパクトな H α 輝線銀河から 8 天体を選択し、すばる望遠鏡の微光天体分光撮像装置 FOCAS をもちいて面分光観測をおこなった。面分光観測では、通常のスリット分光観測とはことなり、銀河全面を分光観測することができる。観測データの解析には装置チームが開発したデータ整約パイプラインを用いた。パイプラインのアップデートなどもあり、データの整約自体にかなり試行錯誤を要した。また、H α 輝線が観測される波長帯では、夜光による影響が大きいのが、これも夜光の除去に特化したソフトウェアを用いて精度のよいデータ処理をおこなった。

得られた 3 次元データキューブ（空間方向 2 次元、波長方向 1 次元）に対して、自身が開発したデータ解析ソフトウェアを用いて、各空間ピクセルについて輝線フラックスの測定、視線速度および速度分散の測定、をおこなった。その結果、以下のようなことがあきらかになった。

- (1) 観測した全ての天体が実際に $z=0.4$ の H α 輝線銀河であった。HSC サーベイデータの質の高さと NB921 狭帯域フィルターを用いた天体選択の効率の良さを示している。
- (2) H α 輝線の速度分布から、コンパクトな星形成銀河の電離ガスが 100–200km/s の速度で回転運動をしていることがわかった。これらの位銀河は i バンド画像では明らかな円盤構造を示さないにもかかわらず、電離ガスが回転運動を示すということは興味深い。
- (3) 一方、速度分散を見ると、中心付近では 150km/s と高い値を示し、バルジのような速度分散が卓越したバルジのような楕円体成分が活発な星形成活動をともなうて形成されていることが示唆される。
- (4) 星形成率の空間分布からは、中心で活発な星形成率を示すことがわかった。これは、星質量密度で規格化した比星形成率で見ても同様である。中心のバルジ形成の進行にともなうて比星形成率が下がるような、いわゆる inside-out 的な分布を示すものではなかったことから、(3) と同様に、楕円体成分の形成期にあることを支持している。
- (5) [NII]/H α 輝線比の分布をみると、全体的に高い値を示すことがわかった。これは星形成だけではなく、活動銀河核 (AGN) や衝撃波がガスの電離に寄与していることを示唆している。赤方偏移 2 程度の星形成銀河では比較的一般的に見られる傾向であり、2 つの天体種族の共通性を示すものであると考えられる。
- (6) いくつかの天体において、中心付近の H α 輝線に幅の広い成分が見られた。速度に換算すると 1000km/s 程度もあり、活動銀河核の降着円盤、あるいはガスのアウトフローによる成分が見えていると考えられる。

これらの結果を総合して、赤方偏移 0.4 のコンパクトな大質量星形成銀河は、中心で活発な星形成をおこないながらまさにバルジのような楕円体成分を形成している途上にある天体であることがわかる。また、電離ガスが回転運動を示しつつも、中心では高い速度分散を示すことから、回転が卓越した銀河からランダム運動が卓越した状態の中間的な状態にあることがわかる。これらの得られた結果については、データの整約を収束させて、論文文化に着手しているところである。

今後の展望としては、星形成が抑制されることによって、近傍の楕円銀河に顕著に見られるような、ランダム運動に支配された運動状態を示すようになるか、あるいは恒星種族にも回転成分が残るかを明らかにすることが重要である。そのためには、より深い観測によって、恒星の吸収線の速度分布を調べる必要がある。また、これまでの解析では H α と [NII] 輝線を集中的に解析してきたが、H β や [OIII]、[SII] 等の輝線を総合的に用いて、ガスの電離メカニズムや電子密度などを調べることで、星形成を抑制するようなアウトフローの起源を明らかにすることが急務であると言える。

赤方偏移 0.4 のコンパクト星形成銀河についての調査と並行して、赤方偏移 2 を超える宇宙にある星形成銀河の調査も試みた。これは、実際に低赤方偏移と高赤方偏移で星形成銀河の性質を関連づけるためにおこなったものである。具体的には、赤方偏移 2 を越える宇宙において激しい質量降着が見られる大規模構造のなかにある星形成銀河を観測しようとするものである。まず、すばる望遠鏡に一時的に搭載された近赤外線多天体分光撮像装置 SWIMS を用いた面分光観測である。これは FOCAS による赤方偏移 0.4 のコンパクト星形成銀河の観測と同様に H α 輝線を用いて銀河の星形成の様子や衝突合体の様子を調べる目的があった。観測提案は無事に採択されたものの、マウナロアの噴火に伴う背景ノイズの極度の増加や火山ガスの発生などによりデ

ータの取得ができなかった。翌年には、おなじくすばる望遠鏡に搭載された多天体近赤外撮像分光装置 MOIRCS の狭帯域フィルターを用いて星形成銀河を選択し、その H α 輝線の性質から星形成活動を調べようとしたものである。これも観測提案は採択されたものの、望遠鏡の主鏡トラブルにともなう観測中止期間に重なってしまい、データの取得ができなかった。前者については、今後チリにある TAO 望遠鏡を用いた観測を模索する。また、後者については、ひきつづきすばる望遠鏡において追観測の申請をおこなっている。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計18件（うち査読付論文 17件 / うち国際共著 16件 / うちオープンアクセス 17件）

1. 著者名 Lustig Peter, Strazzullo Veronica, Remus Rhea-Silvia, D' Eugenio Chiara, Daddi Emanuele, Burkert Andreas, De Lucia Gabriella, Delvecchio Ivan, Dolag Klaus, Fontanot Fabio, Gobat Raphael, Mohr Joseph J, Onodera Masato, Pannella Maurilio, Pillepich Annalisa	4. 巻 518
2. 論文標題 Massive quiescent galaxies at z~3: A comparison of selection, stellar population, and structural properties with simulation predictions	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 5953 ~ 5975
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/mnras/stac3450	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 Matsumoto Akinori, Ouchi Masami, Nakajima Kimihiko, Kawasaki Masahiro, Murai Kai, Motohara Kentaro, Harikane Yuichi, Ono Yoshiaki, Kushibiki Kosuke, Koyama Shuhei, Aoyama Shohei, Konishi Masahiro, Takahashi Hidenori, Isobe Yuki, Umeda Hiroya, Sugahara Yuma, Onodera Masato, et al.	4. 巻 941
2. 論文標題 EMPRESS. VIII. A New Determination of Primordial He Abundance with Extremely Metal-poor Galaxies: A Suggestion of the Lepton Asymmetry and Implications for the Hubble Tension	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 167 ~ 180
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/ac9ea1	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 Nakajima Kimihiko, Ouchi Masami, Xu Yi, Rauch Michael, Harikane Yuichi, Nishigaki Moka, Isobe Yuki, Kusakabe Haruka, Nagao Tohru, Ono Yoshiaki, Onodera Masato, Sugahara Yuma, Kim Ji Hoon, Komiyama Yutaka, Lee Chien-Hsiu, Zahedy Fakhri S.	4. 巻 262
2. 論文標題 EMPRESS. V. Metallicity Diagnostics of Galaxies over $12+\log(O/H) \sim 6.9-8.9$ Established by a Local Galaxy Census: Preparing for JWST Spectroscopy	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal Supplement Series	6. 最初と最後の頁 3 ~ 29
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4365/ac7710	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 Tamura Naoyuki, Moritani Yuki, Yabe Kiyoto, Ishizuka Yuki, Kamata Yukiko,, Onodera Masato, et al.	4. 巻 12184
2. 論文標題 Prime Focus Spectrograph (PFS) for the Subaru Telescope: its start of the last development phase	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Proceedings of the SPIE	6. 最初と最後の頁 1 ~ 18
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1117/12.2628152	査読の有無 無
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 Isobe Yuki, Ouchi Masami, Kojima Takashi, Shibuya Takatoshi, Hayashi Kohei, Rauch Michael, Kikuchihara Shotaro, Zhang Haibin, Ono Yoshiaki, Fujimoto Seiji, Harikane Yuichi, Kim Ji Hoon, Komiyama Yutaka, Kusakabe Haruka, Lee Chien-Hsiu, Mawatari Ken, Onodera Masato, Sugahara Yuma, Yabe Kiyoto	4. 巻 918
2. 論文標題 EMPRESS. III. Morphology, Stellar Population, and Dynamics of Extremely Metal-poor Galaxies (EMPGs): Are EMPGs Local Analogs of High-z Young Galaxies?	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 54 ~ 54
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/ac05bf	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 Namiki Shgieru V., Koyama Yusei, Koyama Shuhei, Yamashita Takuji, Hayashi Masao, Haynes Martha P., Shimakawa Rhythm, Onodera Masato	4. 巻 918
2. 論文標題 What Determines the HI Gas Content in Galaxies? Morphological Dependence of the HI Gas Fraction across the M*-SFR Plane	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 68 ~ 68
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/abfe08	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 Kawinwanichakij Lalitwadee, Silverman John D., Ding Xuheng, George Angelo, Damjanov Ivana, Sawicki Marcin, Tanaka Masayuki, Taranu Dan S., Birrer Simon, Huang Song, Li Junyao, Onodera Masato, Shibuya Takatoshi, Yasuda Naoki	4. 巻 921
2. 論文標題 Hyper Suprime-Cam Subaru Strategic Program: A Mass-dependent Slope of the Galaxy Size-Mass Relation at $z < 1$	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 38 ~ 38
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/ac1f21	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 Maccagni F. M., Serra P., Gaspari M., Kleiner D., Morokuma-Matsui K., Oosterloo T. A., Onodera M., Kamphuis P., Loi F., Thorat K., Ramatsoku M., Smirnov O., White S. V.	4. 巻 656
2. 論文標題 AGN feeding and feedback in Fornax A	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Astronomy & Astrophysics	6. 最初と最後の頁 A45 ~ A45
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1051/0004-6361/202141143	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 Isobe Yuki, Ouchi Masami, Suzuki Akihiro, Moriya Takashi, Nakajima Kimihiko, Nomoto Ken'ichi, Rauch Michael, Harikane Yuichi, Kojima Takashi, Ono Yoshiaki, Fujimoto Seiji, Inoue Akio, Kim Ji Hoon, Komiyama Yutaka, Kusakabe Haruka, Lee Chien-Hsiu, Maseda Michael, Matthee Jorrryt, Michel-Dansac Leo, Onodera Masato et al.	4. 巻 925
2. 論文標題 EMPRESS. IV. Extremely Metal-poor Galaxies Including Very Low-mass Primordial Systems with $M^* = 10^4 - 10^5 M_{\text{sun}}$ and 2%-3% (O/H): High (Fe/O) Suggestive of Metal Enrichment by Hypernovae/Pair-instability Supernovae	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 111 ~ 111
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/ac3509	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 Kojima Takashi, Ouchi Masami, Rauch Michael, Ono Yoshiaki, Nakajima Kimihiko, Isobe Yuki, Fujimoto Seiji, Harikane Yuichi, Hashimoto Takuya, Hayashi Masao, Komiyama Yutaka, Kusakabe Haruka, Kim Ji Hoon, Lee Chien-Hsiu, Mukae Shiro, Nagao Tohru, Onodera Masato et al.	4. 巻 913
2. 論文標題 EMPRESS. II. Highly Fe-enriched Metal-poor Galaxies with ~ 1.0 (Fe/O) $_{\text{sun}}$ and 0.02 (O/H) $_{\text{sun}}$: Possible Traces of Supermassive ($>300 M_{\text{sun}}$) Stars in Early Galaxies	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/abec3d	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 D' Eugenio C., Daddi E., Gobat R., Strazzullo V., Lustig P., Delvecchio I., Jin S., Cimatti A., Onodera M.	4. 巻 653
2. 論文標題 HST grism spectroscopy of z \sim 3 massive quiescent galaxies	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Astronomy & Astrophysics	6. 最初と最後の頁 A32 ~ A32
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1051/0004-6361/202040067	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 Valentino Francesco, Brammer Gabriel, Gould Katriona M. L., Kokorev Vasily, Fujimoto Seiji,, Masato Onodera, et al.	4. 巻 947
2. 論文標題 An Atlas of Color-selected Quiescent Galaxies at z $>$ 3 in Public JWST Fields	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 20 ~ 20
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/acbefa	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 Watanabe Kuria, Ouchi Masami, Nakajima Kimihiko, Isobe Yuki, Tominaga Nozomu, Suzuki Akihiro,, Masato Onodera, et al.	4. 巻 962
2. 論文標題 EMPRESS. XIII. Chemical Enrichment of Young Galaxies Near and Far at $z=0$ and 4-10: Fe/O, Ar/O, S/O, and N/O Measurements with a Comparison of Chemical Evolution Models	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 50 ~ 50
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/ad13ff	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 -

1. 著者名 Kakimoto Takumi, Tanaka Masayuki, Onodera Masato, Shimakawa Rhythm, Wu Po-Feng, Gould Katriona M. L., Ito Kei, Jin Shuowen, Kubo Mariko, Suzuki Tomoko L., Toft Sune, Valentino Francesco, Yabe Kiyoto	4. 巻 963
2. 論文標題 A Massive Quiescent Galaxy in a Group Environment at $z=4.53$	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 49 ~ 49
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/ad1ff1	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 Perez-Martinez J M, Kodama T, Koyama Y, Shimakawa R, Suzuki T L, Daikuhara K, Adachi K, Onodera M, Tanaka I	4. 巻 527
2. 論文標題 Enhanced star formation and metallicity deficit in the USS 1558-003 forming protocluster at $z=2.53$	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 10221 ~ 10238
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/mnras/stad3805	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 -

1. 著者名 Isobe Yuki, Ouchi Masami, Nakajima Kimihiko, Ozaki Shinobu, Bouche Nicolas F., Wise John H., Xu Yi,, Masato Onodera, et al.	4. 巻 951
2. 論文標題 EMPRESS. IX. Extremely Metal-poor Galaxies are Very Gas-rich Dispersion-dominated Systems: Will the James Webb Space Telescope Witness Gaseous Turbulent High- z Primordial Galaxies?	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 102 ~ 102
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/acc87	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 Nishigaki Moka, Ouchi Masami, Nakajima Kimihiko, Ono Yoshiaki, Rauch Michael, Isobe Yuki, Harikane Yuichi,, Masato Onodera et al.	4. 巻 952
2. 論文標題 EMPRESS. XI. SDSS and JWST Search for Local and z=4-5 Extremely Metal-poor Galaxies (EMPGs): Clustering and Chemical Properties of Local EMPGs	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 11 ~ 11
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/accf14	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 Xu Yi, Ouchi Masami, Isobe Yuki, Nakajima Kimihiko, Ozaki Shinobu, Bouche Nicolas F., Wise John H.,, Masato Onodera, et al.	4. 巻 961
2. 論文標題 EMPRESS. XII. Statistics on the Dynamics and Gas Mass Fraction of Extremely Metal-poor Galaxies	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 49 ~ 49
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/ad06ab	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6件 (うち招待講演 1件 / うち国際学会 2件)

1. 発表者名 小野寺仁人
2. 発表標題 SuMIRe-PFS[36]: PFSの共同利用観測に向けた科学運用の検討および開発状況について
3. 学会等名 日本天文学会2023年春季年会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 小野寺仁人
2. 発表標題 SuMIRe-PFS[31]: Development of the PFS target database and the connection to the fiber allocation process
3. 学会等名 日本天文学会2022年春季年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 小野寺仁人
2. 発表標題 Stellar populations of the brightest galaxies at intermediate redshift with PFS
3. 学会等名 日本天文学会2024年春季年会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 小野寺仁人
2. 発表標題 Web tools for PFS observation planning: PFS spectral simulator and PFS target uploader
3. 学会等名 Formation and Evolution of the Galaxies with Subaru PFS: Satellite workshop (国際学会)
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 小野寺仁人
2. 発表標題 Web Applications for Subaru/PFS Observation Planning
3. 学会等名 Subaru Users Meeting FY2023 (国際学会)
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 小野寺仁人
2. 発表標題 PFS-SSP Galaxy Evolution Survey
3. 学会等名 銀河激進化期研究会 (招待講演)
4. 発表年 2023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
研究協力者	小林 千晶 (Kobayashi Chiaki)		
研究協力者	Emanuele Daddi (Daddi Emanuele)		
研究協力者	Rich Michael (Rich Michael)		
研究協力者	Valentino Francesco (Valentino Francesco)		

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			
フランス	CEA Paris-Saclay			
米国	University of California, Los Angeles			
デンマーク	Dark Cosmology Centre			
英国	University of Hertfordshire			
ドイツ	European Southern Observatory			