

令和 6 年 6 月 18 日現在

機関番号：62616

研究種目：若手研究

研究期間：2018～2023

課題番号：18K13588

研究課題名（和文）すばる望遠鏡の補償光学を用いた高解像度Pa 輝線観測による銀河進化過程の解剖

研究課題名（英文）High-resolution Paschen-alpha mapping of galaxy transition processes with Subaru A0-assisted observations

研究代表者

小山 佑世 (Koyama, Yusei)

国立天文台・ハワイ観測所・准教授

研究者番号：40724662

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）：すばる望遠鏡の近赤外線観測装置IRCSに波長1.984ミクロン帯の狭帯域フィルター(NB1984)を新たに開発し、地上望遠鏡でPa 輝線を観測できるもっとも近傍宇宙(赤方偏移0.05-0.06)の銀河に狙いを絞って観測を行う計画である。研究期間中に、上記の狭帯域フィルターを開発して現地ハワイでIRCSに搭載し、このフィルターを用いて近傍銀河9天体について高解像度Pa 輝線観測に成功した。補償光学を用いた高解像度観測を行うことで、複数の異なるタイプの近傍銀河について、各銀河を巨大分子雲のスケールにまで分解してPa 輝線強度分布を描き出すことができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

銀河は宇宙史のなかで、さまざまなプロセスによってその性質を変化させてきたと考えられる。その具体的なプロセスを明らかにしたいというのが本研究の動機である。特に爆発的な星形成活動を伴って銀河がその性質を大きく変化させようとしているとき、銀河の内部はダストによって隠され、通常の可視光観測ではその内部を見ることはできない。本研究では、我が国のフラグシップ望遠鏡であるすばる望遠鏡の補償光学技術を活かし、さらに近赤外線域のパッセン 輝線に注目することで、星形成が進行中の銀河の内部構造を、かつてないマイクロなスケールに「解剖」することを目指すものである。

研究成果の概要（英文）：During the research period, we developed and installed a new narrow-band filter at 1.984 μ m for the near-infrared camera on the Subaru Telescope (IRCS). Our goal is to use this new filter to observe the Paschen-alpha line of nearby galaxies at a narrow redshift slice of $z=0.05-0.06$, where we can observe the Paschen-alpha line with the ground-based observations. We successfully observed nine nearby galaxies with various properties using this filter. By utilizing the adaptive optics system of Subaru, we successfully obtained their spatially-resolved Paschen-alpha line intensity map with the resolution corresponding of giant molecular cloud scales.

研究分野：銀河天文学

キーワード：銀河進化 星形成銀河 すばる望遠鏡 補償光学

1. 研究開始当初の背景

近年、近傍宇宙の銀河の大サンプルが比較的容易に構築できるようになり、銀河の星形成率と星質量の間に強い相関関係が知られるようになった(星形成率-星質量関係)。大多数の星形成銀河(青いディスク銀河)がこの関係上に乗ることから、この関係は「星形成銀河の主系列」とも呼ばれる。一方で、楕円銀河やレンズ状銀河(S0 銀河)のように星形成活動が不活発な銀河(赤い銀河)は、「星形成銀河の主系列」の下側(星形成率の低い側)の大きく離れた領域に分布する。銀河は永遠に星を作り続けることはできない。すなわち、「星形成銀河の主系列」に乗っている銀河も、いずれは星形成活動を止め、赤い銀河へと進化する運命にある。では、銀河は一体「どのように」星形成を止めるのか? 銀河の星形成活動を抑制し、青い銀河から赤い銀河への進化を司るプロセスを解明することこそ、現代の銀河進化研究の最重要課題の一つである。

この銀河進化プロセスの解明には、今まさに性質変化を遂げようとしている銀河を狙った詳細な観測が必要である。たとえば星形成銀河の主系列から大きく星形成率の高い側へ逸脱した天体は「爆発的星形成銀河」であり、ガス消費を一気に加速し、その後短い期間で星形成を終えると予想される。また、主系列に対して星形成率の低い側で、青い銀河と赤い銀河の系列の間に位置する銀河は、今まさに星形成活動を弱めつつある銀河である。これらは「準受動的銀河(グリーン・バレー銀河)」と呼ばれ、やはり青い銀河から赤い銀河への遷移過程の天体であると考えられる。

このように、銀河の星質量と星形成率を得ることができれば、進化途上の重要な銀河種族を同定することはできるが、それらの銀河の内部において実際に「どのように」性質変化が起きているかという核心部に迫ることはできない。たとえば、爆発的星形成銀河やグリーン・バレー銀河における星形成率の上昇や低下は、銀河全体で起きているものなのか? それとも銀河内部のどこか特定の領域(中心核、バルジ、ディスク、星形成クランプ等)で起きているのだろうか? 銀河の星形成率の上下動を担う物理プロセスを明らかにするためには、銀河を「点」として捉える段階から一歩進み、十分高い空間解像度で個々の銀河を分解して、その内部の星形成領域の分布や性質を知ることが不可欠である。

2. 研究の目的

本研究では、さまざまな星形成率・星質量をもつ銀河について網羅的に、銀河内部における星形成活動の分布を高空間解像度でマッピングし、銀河の中で星形成活動の活性・抑制が起きている現場を同定することを目的とする。この目的のため、本研究ではパッセン α ($\text{Pa}\alpha$) 輝線の観測に着目する。 $\text{Pa}\alpha$ 輝線は静止系 $1.875\mu\text{m}$ にある水素の再結合線で、可視光帯の $\text{H}\alpha$ 輝線などに比べてダスト減光の影響をほとんど受けずに銀河の星形成活動をトレースすることができる。ところが、 $\text{Pa}\alpha$ 輝線の静止波長 $1.875\mu\text{m}$ は大気吸収によって地上では観測できないため、 $\text{Pa}\alpha$ 輝線を用いた銀河の系統的な探査はこれまで行われていない。しかし、本研究の重要なポイントは、わずかに赤方偏移した銀河を狙うことで、地上望遠鏡でも $\text{Pa}\alpha$ 輝線の観測が可能であるという点である。本研究では、 $\text{Pa}\alpha$ 輝線を狙った近傍銀河の観測を系統的に、しかも補償光学を利用することで、従来に比べて1桁高い解像度(0.1秒角)で行うことを目指している。

ここで提案する $\text{Pa}\alpha$ 輝線観測のために、すばる望遠鏡の近赤外線カメラ IRCS に新しい独自の狭帯域フィルターを開発し、補償光学を組み合わせた観測を行う。この波長帯(Kバンド帯)は補償光学がもっとも高いパフォーマンスを実現できる波長域でもある。可能な限り高い(物理的)解像度を実現し、かつ大気吸収の影響を避けるため、 $1.98\mu\text{m}$ 帯に狭帯域フィルターを作成する。このフィルターは赤方偏移 0.05~0.06 の $\text{Pa}\alpha$ 輝線に対応し、補償光学で 0.1 秒角の解像度を達成できれば、約 100 パーセクの解像度(巨大分子雲のスケール)で銀河内部の星形成領域を分解することができる。

3. 研究の方法

本研究は、近傍宇宙(赤方偏移 0.05~0.06)のさまざまな進化段階の銀河について、すばる望遠鏡 IRCS に我々が独自に開発する狭帯域フィルターと広帯域バンドを用いる観測を行い、銀河内部の(a)星質量、(b)星形成率、(c)比星形成率(=星形成率/星質量)の分布を 0.1 秒角の解像度で詳細に描きあげることを目指し、そのための観測を実現させる計画である。そして、銀河スケールでの星形成率の変動を担う領域を、銀河内部に特定することが本研究のゴールである。そのために、まずはすばる望遠鏡 IRCS 用の新しい近赤外線狭帯域フィルターの開発・納入・試験を早期に完了する。また、赤外線天文衛星「あかり」の全天サーベイデータとスローンデジタルスカイサーベイ(SDSS)の分光データを組み合わせることで、赤方偏移 0.05~0.06 に対象を絞り、さまざまな星質量・星形成率の銀河を選出する。この際、補償光学の観測に必要なガイド星

の条件を考慮して適切な天体を選んでおくことも重要である。

本研究のアイデアは、最近進んだ近傍銀河の面分光サーベイ (MaNGA, SAMI など) と比べても優位性がある。これらの面分光サーベイは、観測サイトのシーイングによって 1 ~ 2 秒角の分解能での観測であり、いずれも銀河を数キロパーセク程度の分解能で観測するものである。これに対し本研究では同じ天体であっても 0.1 秒角 (すなわち一桁高い解像度) で銀河を分解できる。また、上記の面分光サーベイは可視光で行われているため、ダストに深く覆われた領域は見逃されてしまう。Pa α 輝線の観測はもちろん爆発的星形成銀河のようなダストに覆われた天体に対してもっとも有効な手段であるが、一般に星形成領域はダストに富むので、本研究では爆発的星形成銀河からグリーン・バレー銀河まですべての銀河種族に対して同様の観測を行い、銀河内部の星形成領域の性質を直接比較する。また、短いタイムスケールで起こる銀河進化の過程を探るには、比較的長いタイムスケールの星形成をトレースする遠赤外線やサブミリ波の観測に比べ、OB 型星の形成領域を直接捉える Pa α 輝線の観測が有利である。

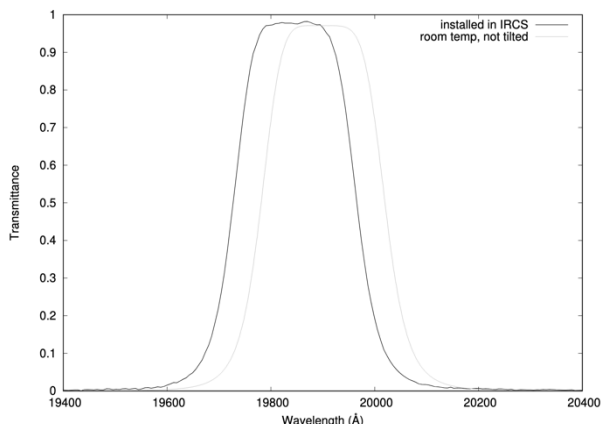
4. 研究成果

本研究では、研究初年度 (平成 30 年度) に、科学目標実現のために必要となる光学フィルターの仕様を定め、中心波長 1.984 μm 、透過幅 0.024 μm の狭帯域フィルター (NB1984) を開発した。そして二年目 (令和元年度) に、そのフィルターをハワイへ輸送、観測所運用のタイミングを考慮して IRCS への搭載を完了し、同フィルターを一般共同利用に公開した。図 1 に、すばる望遠鏡の公式ページ (<https://www.naoj.org/Observing/Instruments/IRCS/camera/filters.html>) より公開した同フィルターの透過曲線を示す。我々が狙った中心波長・透過幅が実現しているだけでなく、透過波長での透過率は 95% を超えており、きわめて質の高い狭帯域フィルターが完成した。

三年目 (令和 2 年度) には、研究代表者を PI として、このフィルターを用いる近傍銀河の Pa α 輝線観測プロポーザルを、すばる望遠鏡の共同利用観測に提案した。その課題が採択され、5 天体について J バンド、K バンド、NB1984 の 3 つのフィルターで観測を実行することができた。新型コロナウイルスの感染拡大によって研究期間を延長した四年目 (令和 3 年度) には、さらに追加で 4 天体について同様の観測を行う機会に恵まれ、合計で 9 天体のデータが揃った。なお本研究では、すばる望遠鏡のレーザーガイド星システムのアップグレードに合わせて観測を実行する予定であったが、その開発スケジュールの遅れによって、すばる望遠鏡では長期間にわたりレーザーガイド星を使う補償光学観測が受け付けられない状況が続いた。しかし本研究では、自然ガイド星で観測可能な天体を厳選し、近傍銀河の高解像度 Pa α 輝線観測を実現することに成功している。取得したデータ解析が本格化するタイミングで、新型コロナウイルスの感染状況が拡大し、大学院生を含む研究協力者との実作業が遅れてしまったが、東京大学やハワイ大学の学生との協力も実現し、IRCS の装置特有の問題にも一通り対応して、データ解析が完了した。解析の結果からは、銀河のディスクが大きく広がっているように見える銀河でも Pa α 輝線が放射されているのはコンパクトな領域であるケースや、明らかな合体銀河であっても Pa α 輝線で輝くのは片方の銀河だけであるなど、銀河種族によって、銀河内部における真の星形成活動の分布はさまざまなバリエーションがあることが分かってきた。そのバリエーションが何と結びついているのかを調べるのが、今後の重要な課題である。観測対象のサンプルを増やし、また銀河の環境軸を網羅する、より系統的な観測課題を実現する必要があるだろう。

なお本研究では、赤外線天文衛星「あかり」を用いて全天から選択した明るい遠赤外線天体を狙うという共通点から、プランク衛星のサブミリ波での全天マップも利用した。プランク衛星は宇宙背景放射の観測を目的とするミッションであるが、そこに写り込んだ多数のサブミリ波源には、近傍宇宙の爆発的星形成銀河だけでなく、初期宇宙のサブミリ波銀河の集団 (原始銀河団) が含まれる可能性があることが分かってきた。本研究期間中、プランク衛星で検出されたサブミリ波源の領域の一つを、すばる望遠鏡 (MOIRCS) を用いて狭帯域フィルターで観測し、そのサブミリ波源が赤方偏移 2 の原始銀河団であることを示した (Koyama et al. 2021, MNRAS, Vol. 503, Issue 1, pp.L1-L5)。

図 1: 本研究で製作し、赤方偏移 0.05-0.06 の Pa α 輝線を捉えることができるフィルターとして、すばる望遠鏡の近赤外線カメラ IRCS に搭載された狭帯域フィルター (NB1984) の透過率曲線。点線 (細線) は常温での透過率、IRCS 実装時の透過率曲線は実線 (太線) で表されている。



5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計38件（うち査読付論文 31件 / うち国際共著 27件 / うちオープンアクセス 6件）

1. 著者名 Ikeda Ryota, Tadaki Ken-ichi, Iono Daisuke, Kodama Tadayuki, Chan Jeffrey C. C., Hatsukade Bunyo, Hayashi Masao, Izumi Takuma, Kohno Kotaro, Koyama Yusei, Shimakawa Rhythm, Suzuki Tomoko L., Tamura Yoichi, Tanaka Ichi	4. 巻 933
2. 論文標題 High-resolution ALMA Study of CO J = 2-1 Line and Dust Continuum Emissions in Cluster Galaxies at z = 1.46	5. 発行年 2022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/ac6cdc	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 Morokuma-Matsui Kana, Bekki Kenji, Wang Jing, Serra Paolo, Koyama Yusei, Morokuma Tomoki、他15名	4. 巻 263
2. 論文標題 CO(J = 1-0) Mapping Survey of 64 Galaxies in the Fornax Cluster with the ALMA Morita Array	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal Supplement Series	6. 最初と最後の頁 40 ~ 40
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4365/ac983b	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, Dannerbauer H, Kodama T, Koyama Y, Shimakawa R, Suzuki T L, Calvi R, Chen Z, Daikuhara K, Hatch N A, Laza-Ramos A, Sobral D, Stott J P, Tanaka I	4. 巻 518
2. 論文標題 Signs of environmental effects on star-forming galaxies in the Spiderweb protocluster at z=2.16	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 1707 ~ 1734
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/mnras/stac2784	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 Minowa Yosuke, Ono Yoshito, Tanaka Yoko, Yoshida Hiroshige, Terao Koki, Koyama Yusei, Ali Sadman, Tanaka Ichi, Hattori Takashi, Okita Hirofumi、他20名	4. 巻 12185
2. 論文標題 ULTIMATE-Subaru: GLAO preliminary design overview	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Proceedings of the SPIE	6. 最初と最後の頁 1218521 ~ 1218521
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1117/12.2629749	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 Tokoku Chihiro, Ozaki Shinobu, Moriya Takashi, Yanagisawa Kenshi, Motohara Kentaro, Ouchi Masami, Tominaga Nozomu, Tanaka Masaomi, Ono Yoshito, Minowa Yosuke, Hayano Yutaka, Koyama Yusei, 他9名	4. 巻 12184
2. 論文標題 NINJA : an LTAO assisted optical and near-infrared spectrograph of Subaru Telescope	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Proceedings of the SPIE	6. 最初と最後の頁 121847R ~ 121847R
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1117/12.2627749	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 -

1. 著者名 Jian Hung-Yu, Lin Lihwai, Hsieh Bau-Ching, Lin Kai-Yang, Umetsu Keiichi, Lopez-Coba Carlos, Koyama Yusei, Hsu Chin-Hao, Su Yung-Chau, Chang Yu-Yen, Kodama Tadayuki, Komiyama Yutaka, More Surhud, Nishizawa Atsushi J., Oguri Masamune, Tanaka Ichi	4. 巻 926
2. 論文標題 Star Formation Properties of Sloan Digital Sky Survey BOSS Void Galaxies in the Hyper Suprime-Cam Survey	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 115 ~ 115
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/ac448b	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 Aoyama Kohei, Kodama Tadayuki, Suzuki Tomoko L., Tadaki Ken-ichi, Shimakawa Rhythm, Hayashi Masao, Koyama Yusei, Perez-Martinez Jose Manuel	4. 巻 924
2. 論文標題 The Environmental Dependence of Gas Properties in Dense Cores of a Protocluster at z~2.5 Revealed with ALMA	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 74 ~ 74
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/ac34fa	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 Polletta M., Soucail G., Dole H., Lehnert M. D., Pointecouteau E., Vietri G., Scodreggio M., Montier L., Koyama Y., Lagache G., Frye B. L., Cusano F., Fumana M.	4. 巻 654
2. 論文標題 Spectroscopic observations of PHz G237.01+42.50: A galaxy protocluster at z=2.16 in the Cosmos field	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Astronomy & Astrophysics	6. 最初と最後の頁 A121 ~ A121
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1051/0004-6361/202140612	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 Naniki Shigieru 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 Jin S., Dannerbauer H., Emonts B., Serra P., Lagos C. D. P., Thomson A. P., Bassini L., Lehnert M., Allison J. R., Champagne J. B., Indermuhle B., Norris R. P., Seymour N., Shimakawa R., Casey C. M., De Breuck C., Drouart G., Hatch N., Kodama T., Koyama Y., Macgregor P., Miley G., Overzier R., 他5名	4. 巻 652
2. 論文標題 COALAS. I. ATCA CO(1-0) survey and luminosity function in the Spiderweb protocluster at z = 2.16	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Astronomy & Astrophysics	6. 最初と最後の頁 A11 ~ A11
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1051/0004-6361/202040232	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 Morokuma-Matsui Kana, Kodama Tadayuki, Morokuma Tomoki, Nakanishi Kouichiro, Koyama Yusei, Yamashita Takuji, Koyama Shuhei, Okamoto Takashi	4. 巻 914
2. 論文標題 A Phase-space View of Cold-gas Properties of Virgo Cluster Galaxies: Multiple Quenching Processes at Work?	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 145 ~ 145
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/abedb6	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 Koyama Yusei, Polletta Maria del Carmen, Tanaka Ichi, Kodama Tadayuki, Dole Herve, Soucail Genevieve, Frye Brenda, Lehnert Matthew, Scodreggio Marco	4. 巻 503
2. 論文標題 A Planck-selected dusty proto-cluster at z = 2.16 associated with a strong overdensity of massive H ₂ -emitting galaxies	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Monthly Notices of the Royal Astronomical Society: Letters	6. 最初と最後の頁 L1 ~ L5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/mnrasl/slab013	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 Suzuki Tomoko L., Onodera Masato, Kodama Tadayuki, Daddi Emanuele, Hayashi Masao, Koyama Yusei, Shimakawa Rhythm, Smail Ian, Sobral David, Tacchella Sandro, Tanaka Ichi	4. 巻 908
2. 論文標題 Dust, Gas, and Metal Content in Star-forming Galaxies at $z \sim 3.3$ Revealed with ALMA and Near-IR Spectroscopy	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 15 ~ 15
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/abd4e7	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 Onodera Masato, Shimakawa Rhythm, Suzuki Tomoko L., Tanaka Ichi, Harikane Yuichi, Hayashi Masao, Kodama Tadayuki, Koyama Yusei, Nakajima Kimihiko, Shibuya Takatoshi	4. 巻 904
2. 論文標題 Broadband Selection, Spectroscopic Identification, and Physical Properties of a Population of Extreme Emission-line Galaxies at $3 < z < 3.7$	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 180 ~ 180
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/abc174	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 Hayashi Masao, Shimakawa Rhythm, Tanaka Masayuki, Onodera Masato, Koyama Yusei, Inoue Akio K, Komiyama Yutaka, Lee Chien-Hsiu, Lin Yen-Ting, Yabe Kiyoto	4. 巻 72
2. 論文標題 A 16-deg ² survey of emission-line galaxies at $z < 1.6$ from HSC-SSP PDR2 and CHORUS	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Publications of the Astronomical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 86 ~ 86
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/pasj/psaa076	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 Tadaki Ken-ichi, Belli Sirio, Burkert Andreas, Dekel Avishai, Forster Schreiber Natascha M., Genzel Reinhard, Hayashi Masao, Herrera-Camus Rodrigo, Kodama Tadayuki, Kohno Kotaro, Koyama Yusei, Lee Minju M., Lutz Dieter, Mowla Lamiya, Nelson Erica J., (他5名)	4. 巻 901
2. 論文標題 Structural Evolution in Massive 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 74 ~ 74
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/abaf4a	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 Asano Tetsuro, Kodama Tadayuki, Motohara Kentaro, Lubin Lori, Lemaux Brian C., Gal Roy, Tomczak Adam, Kocevski Dale, Hayashi Masao, Koyama Yusei, Tanaka Ichi, Suzuki Tomoko L., Yamamoto Naoaki, Kimura Daiki, Konishi Masahiro, (他5名)	4. 巻 899
2. 論文標題 Environmental Impact on Star-forming Galaxies in a $z \sim 0.9$ Cluster during the Course of Galaxy Accretion	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 64 ~ 64
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/ab9dfb	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 Ogura Kazuyuki, Nagashima Masahiro, Shimakawa Rhythm, Hayashi Masao, Kobayashi Masakazu A. R., Oogi Taira, Ishiyama Tomoaki, Koyama Yusei, Makiya Ryu, Okoshi Katsuya, Onodera Masato, Shirakata Hikari	4. 巻 895
2. 論文標題 Quantifying the Effect of Field Variance on the H Luminosity Function with the New Numerical Galaxy Catalog (2GC)	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 9 ~ 9
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/ab8631	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 Jian Hung-Yu, Lin Lihwai, Koyama Yusei, Tanaka Ichi, Umetsu Keiichi, Hsieh Bau-Ching, Higuchi Yuichi, Oguri Masamune, More Surhud, Komiyama Yutaka, Kodama Tadayuki, Nishizawa Atsushi J., Chang Yu-Yen	4. 巻 894
2. 論文標題 Redshift Evolution of Green Valley Galaxies in Different Environments from the Hyper Suprime-Cam Survey	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 125 ~ 125
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/ab86a8	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 Minowa Yosuke, Koyama Yusei, Yanagisawa Kenshi, Motohara Kentaro, Tanaka Ichi, Ono Yoshito H., Hattori Takashi, Clergeon Christophe S., Hayano Yutaka, Akiyama Masayuki, Kodama Tadayuki, d'Orgeville Celine, Rigaut Francois, Wang Shiang-Yu, Yoshida Michitoshi	4. 巻 11450
2. 論文標題 ULTIMATE-Subaru: System performance modeling of GLAO and wide-field NIR instruments	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Proceedings of the SPIE	6. 最初と最後の頁 1145000
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1117/12.2561950	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 Konishi Masahiro, Motohara Kentaro, Takahashi Hidenori, Kato Natsuko M., Kushibiki Kosuke, Nakamura Hiroki, Chen Nuo, Kodama Tadayuki, Hayashi Masao, Tanaka Ichi, Tadaki Ken-ichi, Toshikawa Jun, Koyama Yusei, Shimakawa Rhythmh, Suzuki Tomoko L., Asano Tetsuro, Okita Hirofumi, (他28名)	4. 巻 11447
2. 論文標題 The University of Tokyo Atacama Observatory 6.5m telescope : On-sky performance of the near-infrared instrument SWIMS on the Subaru telescope	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Proceedings of the SPIE	6. 最初と最後の頁 114475H
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1117/12.2560422	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 Motohara Kentaro, Minowa Yusuke, Tanaka Ichi, Hattori Takashi, Koyama Yusei, Konishi Masahiro, Yanagisawa Kenshi, Iwata Ikuru, Wang Shiang-Yu, Chou Richard C. Y., Kimura Masahiko, Pazder John	4. 巻 11447
2. 論文標題 ULTIMATE-Subaru: conceptual design of WFI, a near-infrared wide field imager	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Proceedings of the SPIE	6. 最初と最後の頁 114470N
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1117/12.2560324	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 Koyama Shuhei, Koyama Yusei, Yamashita Takuji, Hayashi Masao, Matsuhara Hideo, Nakagawa Takao, Namiki Shigeru V., Suzuki Tomoko L., Fukagawa Nao, Kodama Tadayuki, Lin Lihwai, Morokuma-Matsui Kana, Shimakawa Rhythm, Tanaka Ichi	4. 巻 874
2. 論文標題 Do Galaxy Morphologies Really Affect the Efficiency of Star Formation During the Phase of Galaxy Transition?	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/ab0e75	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 Namiki Shigeru V., Koyama Yusei, Hayashi Masao, Tadaki Ken-ichi, Kashikawa Nobunari, Onodera Masato, Shimakawa Rhythm, Kodama Tadayuki, Tanaka Ichi, N. M. Forster-Schreiber, Kurk Jaron, Genzel R.	4. 巻 877
2. 論文標題 A Spectroscopic Study of a Rich Cluster at $z = 1.52$ with Subaru and LBT: The Environmental Impacts on the Mass-Metallicity Relation	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 118 ~ 118
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/ab1b6c	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 Moriya Takashi J, Wong Kenneth C, Koyama Yusei, Tanaka Masaomi, Oguri Masamune, Hilbert Stefan, Nomoto Ken'ichi	4. 巻 71
2. 論文標題 Searches for Population III pair-instability supernovae: Predictions for ULTIMATE-Subaru and WFIRST	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 59 ~ 59
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/pasj/psz035	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 Wong Kenneth C, Moriya Takashi J, Oguri Masamune, Hilbert Stefan, Koyama Yusei, Nomoto Ken'ichi	4. 巻 71
2. 論文標題 Searches for Population III pair-instability supernovae: Impact of gravitational lensing magnification	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 60 ~ 60
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/pasj/psz037	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 Cooke E A, Smail Ian, Stach S M, Swinbank A M, Bower R G, Chen Chian-Chou, Koyama Y, Thomson A P	4. 巻 486
2. 論文標題 The submillimetre view of massive clusters at z=0.8-1.6	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 3047 ~ 3058
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/mnras/stz955	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 Suzuki Tomoko L, Minowa Yosuke, Koyama Yusei, Kodama Tadayuki, Hayashi Masao, Shimakawa Rhythm, Tanaka Ichi, Tadaki Ken-ichi	4. 巻 71
2. 論文標題 Extended star-forming regions within galaxies in a dense proto-cluster core at z = 2.53	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 69 ~ 69
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/pasj/psz047	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 Okabe Nobuhiro, Oguri Masamune, Akamatsu Hiroki, Hamabata Akinari, Nishizawa Atsushi J, Medezinski Elinor, Koyama Yusei, Hayashi Masao, Okabe Taizo, Ueda Shutaro, Mitsuishi Ikuyuki, Ota Naomi	4. 巻 71
2. 論文標題 Halo concentration, galaxy red fraction, and gas properties of optically defined merging clusters	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 79 ~ 79
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/pasj/psz059	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 Hayashi Masao, Koyama Yusei, Kodama Tadayuki, Komiyama Yutaka, Lin Yen-Ting, Miyazaki Satoshi, Shimakawa Rhythm, Suzuki Tomoko L, Tanaka Ichi, Yamamoto Moegi, Yamamoto Naoaki	4. 巻 71
2. 論文標題 The whole picture of the large-scale structure of the CL1604 supercluster at $z \sim 0.9$	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 112 ~ 112
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/pasj/psz097	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 Bohm A., Ziegler B. L., Perez-Martinez J. M., Kodama T., Hayashi M., Maier C., Verdugo M., Koyama Y.	4. 巻 633
2. 論文標題 Kinematics of disk galaxies in (proto-)clusters at $z = 1.5$	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Astronomy & Astrophysics	6. 最初と最後の頁 A131 ~ A131
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1051/0004-6361/201935527	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 Minowa Yosuke, Koyama Yusei, Ono Yoshito H., Tanaka Ichi, Hattori Takashi, Clergeon Christophe S., Akiyama Masayuki, Kodama Tadayuki, Motohara Kentaro, Rigaut Francois, d'Orgeville Celine, Wang Shiang-Yu, Yoshida Michitoshi	4. 巻 11203
2. 論文標題 ULTIMATE-Subaru: enhancing the Subaru's wide-field capability with GLAO	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Proceedings of the SPIE	6. 最初と最後の頁 112030G ~ 112030G
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1117/12.2560539	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 Jeschke, Eric, Kackley, Russell, Inagaki, Takeshi, Yeh, Sherry, Pyo, Tae-Soo, Nakata, Fumiaki, Iwata, Ikuru, Finet, Francois, Koshida, Shintaro, Helminiak, Kristoph, Koyama, Yusei, Onodera, Masato, Arimoto, Nobuo	4. 巻 521
2. 論文標題 Queue Mode Software for Subaru Telescope	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 ASP Conference Series	6. 最初と最後の頁 523 ~ 523
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 Koyama Yusei, Shimakawa Rhythm, Yamamura Issei, Kodama Tadayuki, Hayashi Masao	4. 巻 71
2. 論文標題 On the different levels of dust attenuation to nebular and stellar light in star-forming galaxies	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 id.8, 15pp.
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/pasj/psy113	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 Tadaki Ken-ichi, Kodama Tadayuki, Hayashi Masao, Shimakawa Rhythm, Koyama Yusei, Lee Minju, Tanaka Ichi, Hatsukade Bunyo, Iono Daisuke, Kohno Kotaro, Matsuda Yuichi, Suzuki Tomoko L, Tamura Yoichi, Toshikawa Jun, Umehata Hideki	4. 巻 71
2. 論文標題 Environmental impacts on molecular gas in protocluster galaxies at z~2	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 未定
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/pasj/psz005	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 Shimakawa Rhythm, Koyama Yusei, Rottgering Huub J A, Kodama Tadayuki, Hayashi Masao, Hatch Nina A, Dannerbauer Helmut, Tanaka Ichi, Tadaki Ken-ichi, Suzuki Tomoko L, Fukagawa Nao, Cai Zheng, Kurk Jaron D	4. 巻 481
2. 論文標題 MAHALO Deep Cluster Survey II. Characterizing massive forming galaxies in the Spiderweb protocluster at z=2.2	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Monthly Notices of the Royal Astronomical Society	6. 最初と最後の頁 5630 ~ 5650
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/mnras/sty2618	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 Wang Tao, Elbaz David, Daddi Emanuele, Liu Daizhong, Kodama Tadayuki, Tanaka Ichi, Schreiber Corentin, Zanella Anita, Valentino Francesco, Sargent Mark, Kohno Kotaro, Xiao Mengyuan, Pannella Maurilio, Ciesla Laure, Gobat Raphael, Koyama Yusei	4. 巻 867
2. 論文標題 Revealing the Environmental Dependence of Molecular Gas Content in a Distant X-Ray Cluster at $z = 2.51$	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 L29 ~ L29
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/2041-8213/aaeb2c	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10件 (うち招待講演 6件 / うち国際学会 6件)

1. 発表者名 小山佑世
2. 発表標題 GREX-PLUSによる遠方銀河団/原始銀河団
3. 学会等名 GREX-PLUSサイエンス検討会 FY2021
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Yusei Koyama
2. 発表標題 Panoramic H views of proto-clusters at the peak epoch of galaxy formation
3. 学会等名 Protoclusters - Galaxy Evolution in Confinement (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 小山佑世
2. 発表標題 すばる × JCMTで探る宇宙大規模構造形成現場の銀河とその隠された星形成活動
3. 学会等名 JCMTサイエンスワークショップ「北半球で口径最大 & 焦点面装置とっても充実サブミリ波単一鏡, JCMTを使ってみよう & 使い倒そう!!」 (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Yusei Koyama
2. 発表標題 Panoramic views of distant (proto-)clusters with Subaru: from Hyper Suprime-Cam to ULTIMATE
3. 学会等名 First galaxies, First structures (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小山佑世
2. 発表標題 ULTIMATE-Subaru: TMT時代に向けたすばる望遠鏡の赤外線広視野戦略
3. 学会等名 日本天文学会2019年度秋季年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小山佑世
2. 発表標題 ULTIMATE-Subaru: toward the bright future of Subaru
3. 学会等名 2019年度光赤天連シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yusei Koyama
2. 発表標題 ULTIMATE-Subaru: toward the bright future of Subaru
3. 学会等名 Panchromatic Panoramic Studies of Galaxy Clusters: from HSC to PFS and ULTIMATE (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yusei Koyama
2. 発表標題 ULTIMATE-Subaru: toward the bright future of Subaru
3. 学会等名 EAO-Subaru High-z galaxy workshop (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yusei Koyama
2. 発表標題 ULTIMATE-Subaru: toward our bright future of Subaru
3. 学会等名 Wide-field Astronomy in Canada (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yusei Koyama
2. 発表標題 ULTIMATE-Subaru: science perspectives toward our bright future
3. 学会等名 ASROC meeting 2018 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

研究代表者ウェブサイト
<https://www.naoj.org/staff/koyama/homepage/index.html>

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
---------	---------