

令和 6 年 5 月 29 日現在

機関番号：12601

研究種目：若手研究

研究期間：2021～2023

課題番号：21K13953

研究課題名（和文）超大規模探査データで切り開く遠方宇宙論

研究課題名（英文）Cosmology at high redshift probed with hyper-large survey data

研究代表者

播金 優一 (Yuichi, Harikane)

東京大学・宇宙線研究所・助教

研究者番号：90896903

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,500,000円

研究成果の概要（和文）：すばる望遠鏡の広領域可視光カメラHyper Suprime-Camの探査データを用いて、約400万個の赤方偏移 $z=2-7$ 銀河からなる大規模遠方銀河サンプルを構築した。 $z=4$ 銀河サンプルの周りでPlanck衛星のCMB重力レンズ信号mapをstackingすることで、 $z=4$ の遠方宇宙においてCMB重力レンズ信号をはじめて検出することに成功した。さらに銀河の角度相関関数を計算し、その結果を用いて σ_8 パラメータと大スケール銀河バイアスの縮退を解くことで、 σ_8 パラメータを赤方偏移4の宇宙で初めて制限した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

ダークマター分布は背景光源に現れる重力レンズ効果を用いて測定することができるが、これまでは背景光源として遠方銀河を用いたものが主流であったため、遠方銀河そのものの周りのダークマター分布を測定することは不可能であった。本研究では、背景光源としてビッグバン直後の熱い宇宙が放った宇宙マイクロ波背景放射を用いることによって、遠方銀河周辺のダークマターを検出した。

研究成果の概要（英文）：We constructed a large sample of distant galaxies consisting of about 4 million galaxies at the redshift of $z=2-7$ using data obtained in the Subaru/Hyper Suprime-Cam survey. We successfully detect the CMB gravitational lensing signal for the first time in the $z=4$ distant universe by stacking the Planck CMB gravitational lensing signal map around the $z=4$ galaxy sample. Furthermore, by calculating the galaxy angular correlation function and using the results to solve the degeneracy between the σ_8 parameter and the large scale galaxy bias, we constrained the σ_8 parameter for the first time in the universe at $z=4$.

研究分野：銀河形成・観測的宇宙論・遠方宇宙

キーワード：遠方銀河 重力レンズ CMB

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

1. 研究開始当初の背景

ダークマターは、目に見えない正体不明の物質にもかかわらず、我々の住む宇宙構造の形成、特に銀河形成の重力源として必要だということが分かっている。ダークマターは自ら光を発さないため、望遠鏡で直接見ることはできない。ところが、重力レンズ効果と呼ばれる現象を使えば、ダークマターの分布を測定することができる。銀河周辺の重力レンズ効果は微弱ではあるものの、多数の銀河で重ね合わせをすることによって、それらの銀河をとりまくダークマターの平均的な分布が測定できる。これまでに銀河を背景光源にした重力レンズ効果を利用することで、現在から約 80 億年前までの銀河周辺のダークマターの分布が測定されてきた。ところが、それより遠方の宇宙では (1) 観測できる遠方銀河の数が少ない、(2) 背景光源として使える銀河がない、といった問題があり、遠方宇宙の銀河周辺のダークマター分布は測定されていなかった。

2. 研究の目的

本研究では、赤方偏移 $z \sim 4$ の遠方宇宙において、ダークマター分布を測定し、宇宙構造のごまこの程度を表す宇宙論パラメータ κ を測定することを目指す。

3. 研究の方法

我々はすばる望遠鏡 Hyper Suprime-Cam (HSC) を用いた可視光撮像銀河サーベイ (以下 HSC サーベイ) のデータを使い、およそ 150 万個もの $z \sim 4$ の銀河を検出し、大規模な遠方銀河サンプルを作成した (Harikane et al., 2022, ApJS, 259, 20)。これにより前述の問題 (1) 「観測できる遠方銀河の数が少ない」は解決できる。問題 (2) 「背景光源として使える銀河がない」に関しては、背景光源としてビッグバン直後 (宇宙が生まれてから 38 万年後) の熱い宇宙から来る光である宇宙マイクロ波背景放射を用いることで解決する。宇宙マイクロ波背景放射のデータは、プランク衛星 (ヨーロッパ宇宙機関が打ち上げた宇宙マイクロ波背景放射を観測するための人工衛星) によるマイクロ波観測によって得られたものを使う。

4. 研究成果

可視光とマイクロ波のデータを組み合わせることにより、約 120 億年前の銀河周辺のダークマターを世界で初めて検出した (図 1)。さらに、本研究では遠方銀河周辺のダークマター分布と

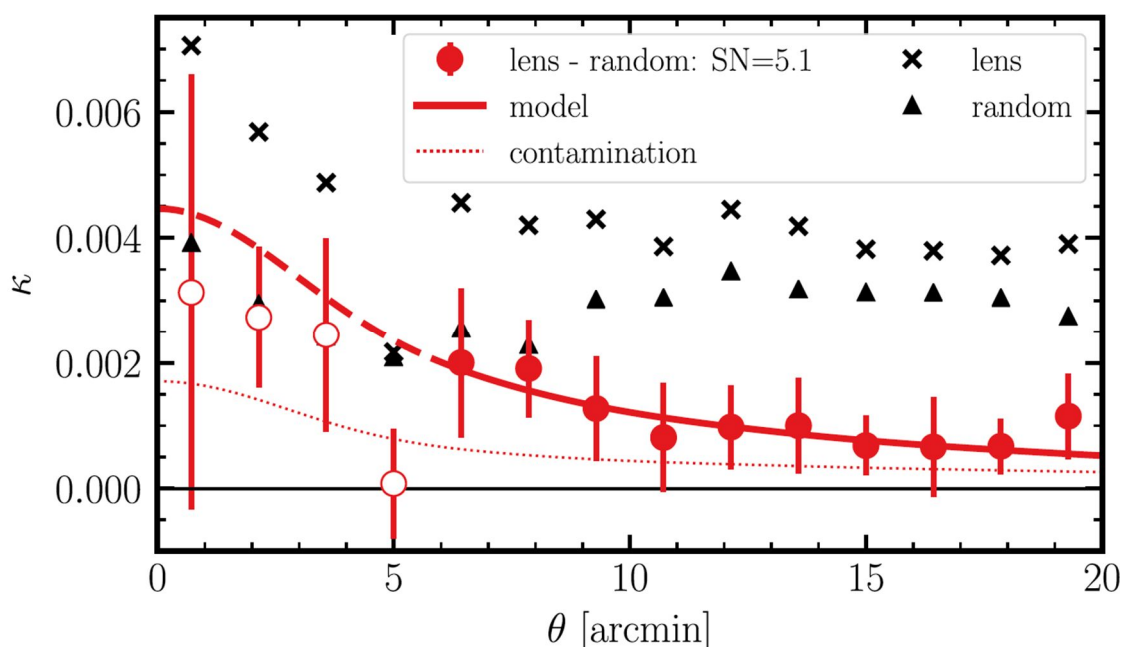


図 1: 本研究で検出した 120 億年前の銀河周辺のダークマターの信号 (赤丸) とベストフィット理論曲線 (破線)。(クレジット: Miyatake, Harikane, et al. 2022)

銀河の密集度合い(クラスタリング強度)を用いて、約 120 億年前の宇宙構造から、標準宇宙論を仮定することによって、宇宙論パラメータ σ_8 を推定することに成功した。得られた値は、プランク衛星による宇宙マイクロ波背景放射の測定と標準宇宙論を組み合わせることによって予言される σ_8 に比べて、小さい値であったが、本研究における統計的優位性は十分ではないため(本測定が得られた σ_8 になる確率は約 90%) 更なる検証が必要である。

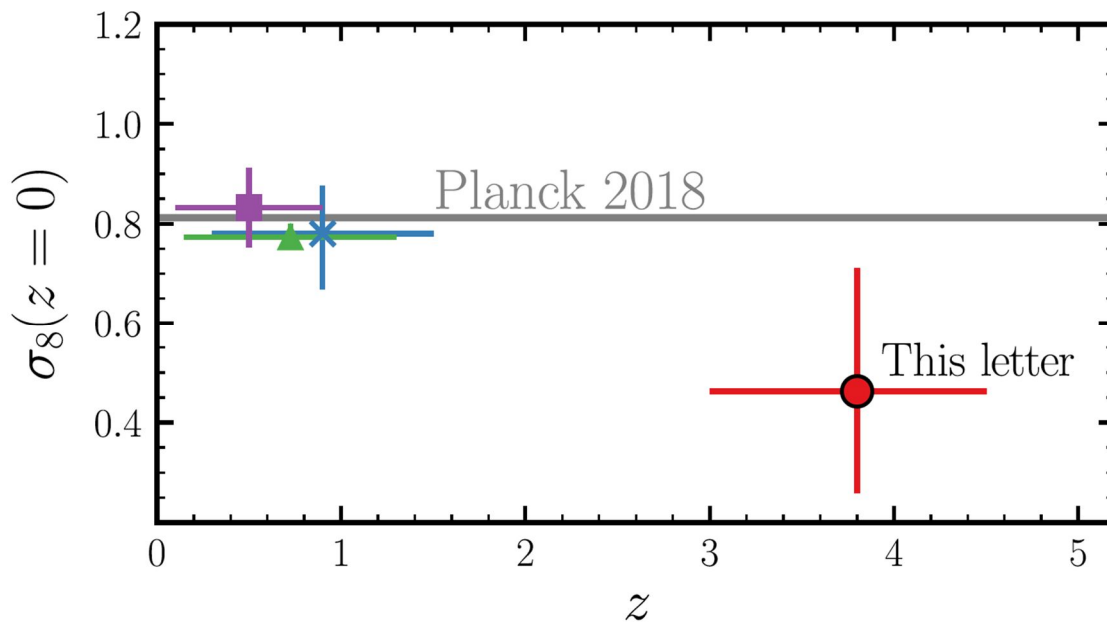


図 2: 縦軸は宇宙論パラメータの一つである σ_8 、横軸は赤方偏移。赤点は本研究で得られた制限、他の点は近傍宇宙のダークマター分布を用いて制限された σ_8 を表す。灰色の線は Planck 衛星の測定から予測される σ_8 の制限を示す。(クレジット: Miyatake, Harikane, et al. 2022)

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計17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 6件）

1. 著者名 Miyatake Hironao, Harikane Yuichi, Ouchi Masami, Ono Yoshiaki, Yamamoto Nanaka, Nishizawa Atsushi J., Bahcall Neta, Miyazaki Satoshi, Malagon Andres A. Plazas	4. 巻 129
2. 論文標題 First Identification of a CMB Lensing Signal Produced by 1.5 Million Galaxies at z=4: Constraints on Matter Density Fluctuations at High Redshift	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Physical Review Letters	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) 10.1103/PhysRevLett.129.061301	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, Inoue Akio K., Mawatari Ken, Hashimoto Takuya, Yamanaka Satoshi, Fudamoto Yoshinobu, Matsuo Hiroshi, Tamura Yoichi, Dayal Pratika, Yung L. Y. Aaron, Hutter Anne, Pacucci Fabio, Sugahara Yuma, Koekemoer Anton M.	4. 巻 929
2. 論文標題 A Search for H-Dropout Lyman Break Galaxies at z=12-16	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	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) 10.3847/1538-4357/ac53a9	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 Harikane Yuichi, Ouchi Masami, Oguri Masamune, Ono Yoshiaki, Nakajima Kimihiko, Isobe Yuki, Umeda Hiroya, Mawatari Ken, Zhang Yechi	4. 巻 265
2. 論文標題 A Comprehensive Study of Galaxies at z=9-16 Found in the Early JWST Data: Ultraviolet Luminosity Functions and Cosmic Star Formation History at the Pre-reionization Epoch	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal Supplement Series	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) 10.3847/1538-4365/acaaa9	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 Inayoshi Kohei, Harikane Yuichi, Inoue Akio K., Li Wenxiu, Ho Luis C.	4. 巻 938
2. 論文標題 A Lower Bound of Star Formation Activity in Ultra-high-redshift Galaxies Detected with JWST: Implications for Stellar Populations and Radiation Sources	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal Letters	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) 10.3847/2041-8213/ac9310	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 Kikuchihara Shotaro, Harikane Yuichi, Ouchi Masami, Ono Yoshiaki, Shibuya Takatoshi, Itoh Ryohei, Kakuma Ryota, Inoue Akio K., Kusakabe Haruka, Shimasaku Kazuhiro, Momose Rieko, Sugahara Yuma, Kikuta Satoshi, Saito Shun, Kashikawa Nobunari, Zhang Haibin, Lee Chien-Hsiu	4. 巻 931
2. 論文標題 SILVERRUSH. XII. Intensity Mapping for Ly Emission Extending over 100-1000 Comoving Kpc around z=2-7 LAEs with Subaru HSC-SSP and CHORUS Data	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	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) 10.3847/1538-4357/ac69de	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 Lovell Christopher C, Harrison Ian, Harikane Yuichi, Tacchella Sandro, Wilkins Stephen M	4. 巻 518
2. 論文標題 Extreme value statistics of the halo and stellar mass distributions at high redshift: are JWST results in tension with Λ CDM?	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 2511 ~ 2520
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/mnras/stac3224	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 Glouemans A. J., Duncan K. J., Saxena A., Harikane Y., Hill G. J., Zeimann G. R., Rottgering H. J. A., Yang D., Best P. N., Banados E., Drabent A., Hardcastle M. J., Hennawi J. F., Lansbury G., Magliocchetti M., Miley G. K., Nanni R., Shimwell T. W., Smith D. J. B., Venemans B. P., Wagenveld J. D.	4. 巻 668
2. 論文標題 Discovery of 24 radio-bright quasars at z=4.9-6.6 using low-frequency radio observations	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Astronomy & Astrophysics	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) 10.1051/0004-6361/202244763	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 Pacucci Fabio, Dayal Pratika, Harikane Yuichi, Inoue Akio K, Loeb Abraham	4. 巻 514
2. 論文標題 Are the newly-discovered z~13 drop-out sources starburst galaxies or quasars?	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Monthly Notices of the Royal Astronomical Society: Letters	6. 最初と最後の頁 L6 ~ L10
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/mnrasl/slac035	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 Ono Yoshiaki, Fujimoto Seiji, Harikane Yuichi, Ouchi Masami, Vallini Livia, Ferrara Andrea, Shibuya Takatoshi, Pallottini Andrea, Inoue Akio K., Imanishi Masatoshi, Shimasaku Kazuhiro, Hashimoto Takuya, Lee Chien-Hsiu, Sugahara Yuma, Tamura Yoichi, Kohno Kotaro, Schramm Malte	4. 巻 941
2. 論文標題 ALMA Observations of CO Emission from Luminous Lyman-break Galaxies at $z = 6.0293-6.2037$	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	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) 10.3847/1538-4357/ac9ea6	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 Harikane Yuichi, Ono Yoshiaki, Ouchi Masami, Liu Chengze, Sawicki Marcin, Shibuya Takatoshi, Behroozi Peter S., He Wanqiu, Shimasaku Kazuhiro, Arnouts Stephane, Coupon Jean, Fujimoto Seiji, Gwyn Stephen, Huang Jiasheng, Inoue Akio K., Kashikawa Nobunari, Komiyama Yutaka, Matsuoka Yoshiki, Willott Chris J.	4. 巻 259
2. 論文標題 GOLDRUSH. IV. Luminosity Functions and Clustering Revealed with $\sim 4,000,000$ Galaxies at $z \sim 2-7$: Galaxy-AGN Transition, Star Formation Efficiency, and Implication for Evolution at $z > 10$	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal Supplement Series	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) 10.3847/1538-4365/ac3dfc	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 Shibuya Takatoshi, Miura Noriaki, Iwadate Kenji, Fujimoto Seiji, Harikane Yuichi, Toba Yoshiaki, Umayahara Takuya, Ito Yohito	4. 巻 74
2. 論文標題 Galaxy morphologies revealed with Subaru HSC and super-resolution techniques. I. Major merger fractions of LUV-3-15 L*UV dropout galaxies at $z \sim 4-7$	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Publications of the Astronomical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 73 ~ 91
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/pasj/psab111	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 Isobe Yuki, Ouchi Masami, Suzuki Akihiro, Moriya Takashi J., Nakajima Kimihiko, Nomoto Ken'ichi, Rauch Michael, Harikane Yuichi, Kojima Takashi, Ono Yoshiaki, et al.	4. 巻 925
2. 論文標題 EMPRESS. IV. Extremely Metal-poor Galaxies Including Very Low-mass Primordial Systems with $M^* = 10^4 - 10^5 M_{\text{sun}}$ 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 Zhang Yechi, Ouchi Masami, Gebhardt Karl, Mentuch Cooper Erin, Liu Chenxu, Davis Dustin, Jeong Donghui, Farrow Daniel J., Finkelstein Steven L., Gawiser Eric, Hill Gary J., Harikane Yuichi, Kakuma Ryota, et al.	4. 巻 922
2. 論文標題 First HETDEX Spectroscopic Determinations of Ly and UV Luminosity Functions at $z = 2-3$: Bridging a Gap between Faint AGNs and Bright Galaxies	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 167 ~ 167
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/ac1e97	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 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 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 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, et al.	4. 巻 913
2. 論文標題 EMPRESS. II. Highly Fe-enriched Metal-poor Galaxies with 1.0 (Fe/O)sun and 0.02 (O/H)sun: Possible Traces of Supermassive (>300 Msun) 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 Ono Yoshiaki, Itoh Ryohei, Shibuya Takatoshi, Ouchi Masami, Harikane Yuichi, Yamanaka Satoshi, Inoue Akio K., Amagasa Toshiyuki, Miura Daichi, Okura Maiki, Shimasaku Kazuhiro, Iwata Ikuru, Taniguchi Yoshiaki, et al.	4. 巻 911
2. 論文標題 SILVERRUSH X: Machine Learning-aided Selection of 9318 LAEs at $z = 2.2, 3.3, 4.9, 5.7, 6.6,$ and 7.0 from the HSC SSP and CHORUS Survey Data	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 78 ~ 78
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/abea15	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16件 (うち招待講演 9件 / うち国際学会 9件)

1. 発表者名 Yuichi Harikane
2. 発表標題 Properties of $z>6$ galaxies probed with Subaru, ALMA, and JWST
3. 学会等名 In Situ View of Galaxy Formation 2 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Yuichi Harikane
2. 発表標題 Observations of Metal Enrichment and ISM Properties in Early Galaxies
3. 学会等名 Charting the Metallicity Evolution History of the Universe (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Yuichi Harikane
2. 発表標題 ALMA Observations of High Redshift Galaxies and its Synergy with JWST
3. 学会等名 East-Asian ALMA Science Workshop 2023 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Yuichi Harikane
2. 発表標題 Early Galaxy Formation Probed with JWST
3. 学会等名 9th Galaxy Evolution Workshop (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Yuichi Harikane
2. 発表標題 UV Luminosity Function and Cosmic SFR Density at z~9-16 from JWST
3. 学会等名 The Growth of Galaxies in the Early Universe - VIII: JWST First Results (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 播金優一
2. 発表標題 JWSTによる遠方宇宙観測
3. 学会等名 観測的宇宙論ワークショップ (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Yuichi Harikane
2. 発表標題 UV Luminosity Function and Cosmic SFR Density at z~9-16 from JWST
3. 学会等名 A new era in extragalactic astronomy: early results from the James Webb Space Telescope (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 播金優一
2. 発表標題 JWST-ALMA Joint Efforts on Calibrating Gas-Phase Metallicities of Star-Forming Galaxies at $z>6$
3. 学会等名 日本天文学会秋季年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 播金優一
2. 発表標題 JWST初期観測データで探る $z=9-17$ のUV光度関数
3. 学会等名 初代星・初代星研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Yuichi Harikane
2. 発表標題 Observing High Redshift Galaxies with Large Telescopes
3. 学会等名 London Cosmology Discussion Meeting (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 播金優一
2. 発表標題 銀河形成
3. 学会等名 2021年度光赤天連シンポジウム (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 播金優一
2. 発表標題 GREX-PLUSによる銀河サイエンス
3. 学会等名 GREX-PLUS サイエンス検討会 FY2021 (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Yuichi Harikane
2. 発表標題 Searching for Redshift $z>10$ Dropouts with Roman
3. 学会等名 Roman Science Team Community Briefing (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Yuichi Harikane
2. 発表標題 Early Galaxy Formation probed with the Most Extreme Line Emitters at $z\sim 0.8$
3. 学会等名 SAZERAC Sip: Early Galaxy Formation Near and Far (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 播金優一
2. 発表標題 The Most Extreme Line Emitters at $z\sim 0.8$
3. 学会等名 日本天文学会春季年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 播金優一
2. 発表標題 Luminosity Function and Clustering from ~4 Million Star Forming Galaxies at z~2-7
3. 学会等名 日本天文学会秋季年会
4. 発表年 2021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	宮武 広直 (Miyatake Hironao)		

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