

令和 5 年 6 月 28 日現在

機関番号：14602

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：2017～2022

課題番号：16KK0101

研究課題名（和文）大規模 X 線サーベイによる銀河団質量関数の構築（国際共同研究強化）

研究課題名（英文）Construction of Galaxy Cluster Mass Functions from the Large-scale X-ray Survey (Fostering Joint International Research)

研究代表者

太田 直美 (Ota, Naomi)

奈良女子大学・自然科学系・准教授

研究者番号：40391891

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 10,200,000 円

渡航期間： 15ヶ月

研究成果の概要（和文）：2019年に打ち上げられたSRG衛星搭載eROSITA X線望遠鏡は広い視野と高い集光力を持ち、宇宙のダークエネルギーの解明に向けて大規模なサーベイ計画を進めている。まず、銀河団アーベル3391/95のX線画像の分析から、銀河や銀河団をつなぐ長さ五千光年ものガスのフィラメントを発見した。また、すばる望遠鏡で見つかった大規模な可視光銀河団を対象に、eROSITAデータを系統的に解析し、力学状態や光度質量関係などを測定した。その結果、既知のX線銀河団の性質とは異なる傾向を持つ一方、ダークマターの質量集中度を考慮した最近の理論モデルと一致することがわかった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

宇宙最大の天体である銀河団の形成進化は、宇宙そのものの進化と結びついている。まず、大規模なガスフィラメントの観測が実現したことで、標準的な理論モデルを指示する結果を得た。また、X線望遠鏡eROSITAとすばる望遠鏡を組み合わせることで、一様な銀河団サンプルを築き、可視光銀河団の力学状態や統計的な性質に制限をつけることができた。この方法をより多くのサンプルに適用することでダークマター質量推定を高精度化し、将来の宇宙論応用につなげることができる。また、オンラインでセミナーや講習会を開催し、将来計画を担う国内外の学生や若手研究者の交流を促した。

研究成果の概要（英文）：The eROSITA X-ray telescope on board the SRG satellite, launched in 2019, has a wide field of view and high collecting power and is undergoing an extensive survey program to unravel the dark energy in the universe. First, analysis of X-ray images of the galaxy cluster Abell 3391/95 revealed a 5,000-light-year-long filament of gas connecting galaxies and clusters. We also systematically analyzed eROSITA data for massive clusters of galaxies found with the Subaru Telescope and measured their dynamical states and luminosity-mass relationships. The results show that while the properties of the optical clusters tend to differ from those of known X-ray clusters, they are consistent with recent theoretical models that consider the mass concentration of dark matter.

研究分野：X線宇宙物理学

キーワード：銀河団 精密宇宙論 X線天文学 質量関数 ダークマター ダークエネルギー

1. 研究開始当初の背景

現在の宇宙が加速膨張をしていることがわかり、その源とされるダークエネルギーの正体を解明することは世界中の宇宙観測プロジェクトの最優先課題の一つになっている。これに対して宇宙最大の天体である銀河団の形成進化は宇宙そのものの進化と結びついているため、どのような質量の銀河団がいくつ形成されたかという統計量、つまり質量関数から宇宙論モデルに制限を課すことができる (Allen et al. 2011)。これまでもこの手法による宇宙モデルの検証が試みられてきたが、サンプル数不足による統計誤差と系統誤差の両方を改善する必要があり、後者がより深刻である。その理由は、多数の銀河団の質量を求める際に、光度質量関係などの簡便な相関関係(以下、スケーリング則)を使わざるを得ず、その不定性が質量の系統誤差を生むためである。これらの問題の克服には、スケーリング則の分散の物理的な起源を特定することが鍵になると考えられる。

2. 研究の目的

本研究の目的は、eROSITA X線望遠鏡の大規模サーベイを用いて、銀河団ガスの進化段階やサンプル選択効果を調査することにある。そのためまず、(1) eROSITA X線望遠鏡の性能検証フェーズにおいて、近傍銀河団と周辺領域を広く探査し、理論モデルを検証する。次に、(2) eROSITA 初期サーベイ領域内にある多数の可視光銀河団の力学状態やスケーリング則を評価する。これによって、将来の精密な銀河団宇宙論の確立につなげることを目指している。加えて、(3) ボン大学アルゲランダー天文学研究所滞在の機会を生かして、将来計画を担う国内外の学生や若手研究者同士の交流を図る。

3. 研究の方法

(1) 2019年7月に打ち上げられたSRG衛星搭載eROSITA X線望遠鏡は広い視野と集光力を兼ね備える (Predehl et al. 2021)。eROSITAを用いて近傍銀河団アーベル3391/95を含む領域のX線観測から、銀河団と銀河団の間や大規模構造のフィラメントに潜む温かい銀河間ガスを探査する。特に、銀河間ガスは希薄であり、銀河団自身の持つガスとの切り分けも容易ではない。そこで温度が100万度程度の温かいガスに含まれる電離した酸素が放つ放射が期待されるエネルギー帯に絞って画像分析を実施する。

(2) eROSITAは性能検証フェーズにおいて、約140平方度の空のX線サーベイ The eROSITA Final Equatorial-Depth Survey (eFEDS) を実施した (Predehl et al. 2021)。一方、すばる望遠鏡 Hyper Suprime-Cam (HSC) による戦略的観測プログラムに基づいて、赤色系列探査法から多数の銀河団が発見された (Oguri et al. 2018)。そのうち約千個の可視光銀河団が eFEDS 領域内に存在する。そのため、広い赤方偏移や質量の範囲にわたって銀河団の性質を調査するには、eROSITA と HSC は理想的な組み合わせである。今回は HSC カタログにある可視光銀河団のなかでも大きな天体を対象に、eROSITA の X 線データを系統的に解析することで、銀河団の力学状態とスケーリング則を評価する。この結果を X 線観測から見つかった銀河団サンプルと比較し、性質の違いを議論する。

(3) 主にボン大学や奈良女子大学の大学院生を対象に、オンラインのセミナーや講習会を開催する。

4. 研究成果

(1) アーベル3391/95は距離約7億光年に位置し、3つの銀河団から成る多重銀河団である。X線望遠鏡 eROSITA によって、銀河団とその周辺を含む約15平方度のデータを取得した。軟X線バンドの画像を作成したところ、銀河団に加えて、複数の銀河群およびそれら同士をつなぐように南北に伸びるガスのフィラメントを検出することに成功した (図1)。このガスフィラメントは長さ5000光年にも及び、これまで知られるもののなかで最長である。また、北側の銀河群はアーベル3391銀河団に向かって落下している途中と考えられる。

次に、今回の観測結果を流体シミュレーションと比較した。図1より、両者の高温ガスの分布は互いによく似ている。シミュレーションは、ガスのフィラメントが連なっている中に銀河団ペアが存在し、周囲から銀河群が落ちてくる最中であることを示している。よって、両者の類似性は、宇宙進化について広く受け入れられている標準モデルの正しさを支持する。

ここで、南北の銀河団をつなぐ“橋”に注目した画像解析も進めた。過去の理論計算から、宇宙のバリオン物質の多くが大規模構造のフィラメントに沿って分布していると予想されている。しかし、近傍宇宙ではその半分近くが未検出のままである。また、この隠れたバリオンは10万~100万度程度の温かいガスとして銀河団周辺に潜んでいるのではないかとも予想されている。そこで、温かいガスに含まれる電離酸素からの信号が期待されるエネルギー帯のみに絞って eROSITA の X 線画像を抽出した。その結果、南北の銀河団をつなぐ橋のように、希薄な温かい銀河間ガスが存在する兆候を見つけた。より確実なものにするためには、検出器バックグラウンドや銀河系放射の場所依存性に起因する系統誤差を減らす必要がある。

以上の研究に基づいた宇宙で最長のガスフィラメントの発見について、ボン大学、奈良女子大学、マックスプランク地球外物理研究所などの共同研究グループから同時にプレスリリースを行い (太田他 2020)、2編の査読付き共著論文として出版した (Reiprich et al. 2021; Biffi et al. 2022)。

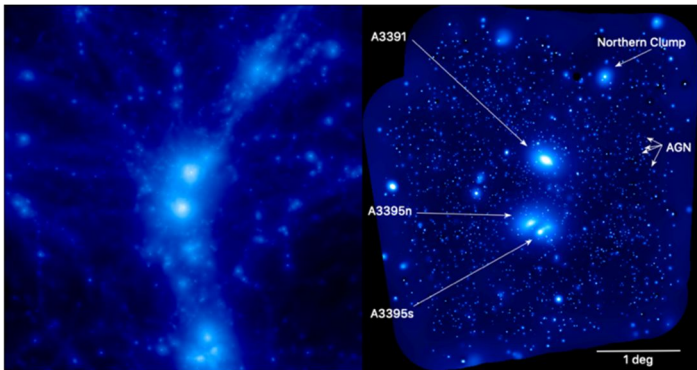


図 1 eROSITA 宇宙望遠鏡によるアーベル 3391/95 銀河団の X 線画像 (右) と比較のための高温ガス分布を示すシミュレーション画像 (Reiprich et al. 2021)

(2) すばる望遠鏡で見つかった銀河数 40 以上の大きな可視銀河団 43 天体を対象に、eROSITA の X 線データを系統的に解析した。まず、中心銀河と X 線ピーク位置のずれやメンバー銀河密分布の情報から銀河団の力学状態を評価したところ、本サンプルに含まれる規則銀河団の割合は 39% 未満であることがわかった。これは、X 線銀河団について過去に報告された値 (約 74%) と比べてかなり低い。このことは、可視銀河団のサンプル選択は、ガスの熱的進化の進み具合には左右されず、より幅広い形態の天体を含むためだと解釈できる。次に、各天体の X 線スペクトル解析からガス温度と光度を求め、重力レンズ効果の測定と比べることで質量光度関係などのスケールリング則を導出した。その結果、温度光度関係の傾きは緩やかで、従来の自己相似モデルに加え質量集中度を考慮した最近の理論予測とも一致することがわかった。このことは、可視光サンプルの高温ガスの性質は既知の X 線サンプルとは平均的に異なることを示唆している。以上の成果をまとめ、筆頭著者として査読付き論文を出版した (Ota et al. 2023)。

今回示したように、eROSITA サーベイを用いることで可視銀河団サンプルを X 線領域で一様にカバーできることは大きなメリットである。そのため、確立した手法を生かして、小さい銀河団を含めたより多くのサンプルについて同様の解析を行い、宇宙論応用を念頭においた銀河団スケールリング則の確立に向けて調査を続けている。この他には、同様の eROSITA と HSC の共同観測に基づいて、弱重力レンズ銀河団の研究 (Ramos-Ceja et al. 2022) など、本研究期間に計 8 編の共著論文がある。

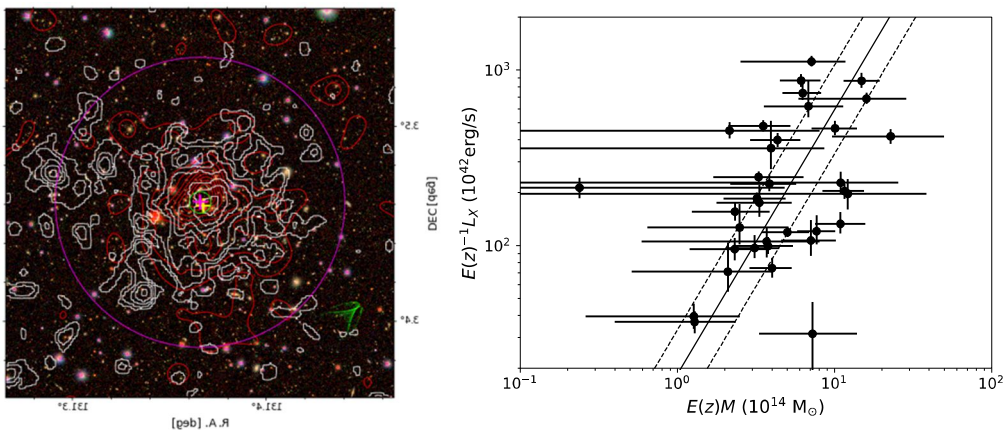


図 2 eFEDS 領域にある大きな可視銀河団の系統的 X 線解析 (Ota et al. 2023)。(左) 可視銀河団の例。すばる望遠鏡の画像に X 線輝度 (白) と銀河密度 (赤) の等高線を重ねたもの。(右) 43 個の可視銀河団の質量光度関係。黒丸が観測データ、実線と点線は最適モデルとその標準偏差を示す。

(3) ドイツのボン大学、チュービンゲン大学と奈良女子大学の大学院生を対象に、互いに研究紹介をするオンラインのセミナーを 4 回開催した。また、研究代表者自ら講師として将来の精密 X 線分光に向けた観測計画について講習会を開いた。そこでは、参加者が単に説明を聞くだけでなく、具体的な観測シミュレーションの方法について練習したり議論したりする機会を設けた。このような試みが、実際にドイツの eROSITA 望遠鏡と日本の XRISM 衛星を組み合わせた新しい観測のアイデアに発展するなど、将来計画を担う国内外の学生や若手研究者同士の交流を促すことができた。

< 引用文献 >

- Allen, S.W., Evrard, A.E., & Mantz, A.B. 2011, ARA&A, 49, 409
- Predehl, P., Andritschke, R., Arefiev, V., et al. 2021, A&A, 647, A1
- 太田直美, 他, “銀河と銀河をつなぐ宇宙で最長のガスフィラメントの発見” 2020 年 12 月

<http://www.nara-wu.ac.jp/nwu/news/2020news/20201217/20201217.html>
Reiprich, T. H., Veronica, A., Pacaud, F., et al. 2021, A&A, 647, A2
Biffi, V., Dolag, K., Reiprich, T. H., et al. 2022, A&A, 661, A17
Ota, N., Nguyen-Dang, N. T., Mitsuishi, I., et al. 2023, A&A, 669, A110
Ramos-Ceja, M. E., Oguri, M., Miyazaki, S., et al. 2022, A&A, 661, A14

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計14件（うち査読付論文 14件／うち国際共著 13件／うちオープンアクセス 8件）

| | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|
| 1. 著者名 Ota N., Nguyen-Dang N. T., Mitsuishi I., Oguri M., Klein M., Okabe N., Ramos-Ceja M. E., Reiprich T. H., Pacaud F., Bulbul E., Brüggen M., Liu A., Migkas K., Chiu I., Ghirardini V., Grandis S., Lin Y.-T., Miyatake H., Miyazaki S., Sanders J. S. | 4. 巻 669 |
| 2. 論文標題 The eROSITA Final Equatorial-Depth Survey (eFEDS) | 5. 発行年 2023年 |
| 3. 雑誌名 Astronomy & Astrophysics | 6. 最初と最後の頁 A110 ~ A110 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1051/0004-6361/202244260 | 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 Whelan B., Veronica A., Pacaud F., Reiprich T. H., Bulbul E., Ramos-Ceja M. E., Sanders J. S., Aschersleben J., Iljenskarevic J., Migkas K., Freyberg M., Dennerl K., Kara M., Liu A., Ghirardini V., Ota N. | 4. 巻 663 |
| 2. 論文標題 X-ray studies of the Abell 3158 galaxy cluster with eROSITA | 5. 発行年 2022年 |
| 3. 雑誌名 Astronomy & Astrophysics | 6. 最初と最後の頁 A171 ~ A171 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1051/0004-6361/202141621 | 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 Biffi Veronica, Dolag Klaus, Reiprich Thomas H., Veronica Angie, Ramos-Ceja Miriam E., Bulbul Esra, Ota Naomi, Ghirardini Vittorio | 4. 巻 661 |
| 2. 論文標題 The eROSITA view of the Abell 3391/95 field: Case study from the Magneticum cosmological simulation | 5. 発行年 2022年 |
| 3. 雑誌名 Astronomy & Astrophysics | 6. 最初と最後の頁 A17 ~ A17 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1051/0004-6361/202141107 | 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 Ghirardini Vittorio, Emre Bahar Y., Bulbul Esra, Liu Ang, Clerc Nicolas, Pacaud Florian, Comparat Johan, Liu Teng, Ramos-Ceja Miriam E., Hoang Duy, Ider-Chitham Jacob, Klein Matthias, Merloni Andrea, Nandra Kirpal, Ota Naomi, Predehl Peter, Reiprich Thomas H., Sanders Jeremy, Schrabback Tim | 4. 巻 661 |
| 2. 論文標題 The eROSITA Final Equatorial-Depth Survey (eFEDS) | 5. 発行年 2022年 |
| 3. 雑誌名 Astronomy & Astrophysics | 6. 最初と最後の頁 A12 ~ A12 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1051/0004-6361/202141639 | 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 Oguri Masamune, Miyazaki Satoshi, Li Xiangchong, Luo Wentao, Mitsuishi Ikuyuki, Miyatake Hironao, More Surhud, Nishizawa Atsushi J, Okabe Nobuhiro, Ota Naomi, Plazas Malag?n Andr?s A, Utsumi Yousuke | 4. 巻 73 |
| 2. 論文標題 Hundreds of weak lensing shear-selected clusters from the Hyper Suprime-Cam Subaru Strategic Program S19A data | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 Publications of the Astronomical Society of Japan | 6. 最初と最後の頁 817 ~ 829 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/pasj/psab047 | 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 Klein M., Oguri M., Mohr J. J., Grandis S., Ghirardini V., Liu T., Liu A., Bulbul E., Wolf J., Comparat J., Ramos-Ceja M. E., Buchner J., Chiu I., Clerc N., Merloni A., Miyatake H., Miyazaki S., Okabe N., Ota N., Pacaud F., Salvato M., Driver S. P. | 4. 巻 661 |
| 2. 論文標題 The eROSITA Final Equatorial-Depth Survey (eFEDS) Optical confirmation, redshifts, and properties of the cluster and group catalog | 5. 発行年 2022年 |
| 3. 雑誌名 Astronomy & Astrophysics | 6. 最初と最後の頁 A4 ~ A4 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1051/0004-6361/202141123 | 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 Liu A., Bulbul E., Ghirardini V., Liu T., Klein M., Clerc N., Oezsoy Y., Ramos-Ceja M. E., Pacaud F., Comparat J., Okabe N., Bahar Y. E., et al. | 4. 巻 661 |
| 2. 論文標題 The eROSITA Final Equatorial-Depth Survey (eFEDS) - Catalog of galaxy clusters and groups | 5. 発行年 2022年 |
| 3. 雑誌名 Astronomy & Astrophysics | 6. 最初と最後の頁 A2 ~ A2 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1051/0004-6361/202141120 | 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 Ramos-Ceja M. E., Oguri M., Miyazaki S., Ghirardini V., Chiu I., Okabe N., Liu A., Schrabback T., Akino D., Bahar Y. E., Bulbul E., Clerc N., Comparat J., Grandis S., Klein M., Lin Y.-T., Merloni A., Mitsuishi I., Miyatake H., More S., Nandra K., Nishizawa A. J., Ota N., Pacaud F., Reiprich T. H., Sanders J. S. | 4. 巻 661 |
| 2. 論文標題 The eROSITA Final Equatorial-Depth Survey (eFEDS) | 5. 発行年 2022年 |
| 3. 雑誌名 Astronomy & Astrophysics | 6. 最初と最後の頁 A14 ~ A14 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1051/0004-6361/202142214 | 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 Reiprich T. H., Veronica A., Pacaud F., Ramos-Ceja M. E., Ota N., Sanders J., Kara M., Erben T., Klein M., Erler J., Kerp J., Hoang D. N., Brueggen M., Marvil J., Rudnick L., Biffi V., Dolag K., et al. | 4. 巻 647 |
| 2. 論文標題 The Abell 3391/95 galaxy cluster system. A 15 Mpc intergalactic medium emission filament, a warm gas bridge, infalling matter clumps, and (re-) accelerated plasma discovered by combining SRG/eROSITA data with ASKAP/EMU and DECAM data | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 Astronomy & Astrophysics | 6. 最初と最後の頁 A2 ~ A2 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1051/0004-6361/202039590 | 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 Okabe Nobuhiro, Dicker Simon, Eckert Dominique, Mroczkowski Tony, Gastaldello Fabio, Lin Yen-Ting, Devlin Mark, Romero Charles E, Birkinshaw Mark, Sarazin Craig, Horellou Cathy, Kitayama Tetsu, Umetsu Keiichi, Sereno Mauro, Mason Brian S, Zuhone John A, Honda Ayaka, Ota Naomi, et al. | 4. 巻 501 |
| 2. 論文標題 Active gas features in three HSC-SSP CAMIRA clusters revealed by high angular resolution analysis of MUSTANG-2 SZE and XXL X-ray observations | 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 1701 ~ 1732 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/mnras/staa2330 | 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 Ota Naomi, Mitsuishi Ikuyuki, Babazaki Yasunori, Akamatsu Hiroki, Ichinohe Yuto, Ueda Shutaro, Okabe Nobuhiro, Oguri Masamune, Fujimoto Ryuichi, Hamana Takashi, Miyaoka Keita, Miyazaki Satoshi, Otani Hanae, Tanaka Keigo, Tsuji Ayumi, Yoshida Atsushi | 4. 巻 72 |
| 2. 論文標題 X-ray properties of high-richness CAMIRA clusters in the Hyper Suprime-Cam Subaru Strategic Program field | 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 id.1 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/pasj/psz118 | 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 Tanaka Keigo, Tsuji Ayumi, Akamatsu Hiroki, Chan J. J. H., Coupon Jean, Egami Eiichi, Finet Francois, Fujimoto Ryuichi, Ichinohe Yuto, Jealani Anton T., Lee Chien-Hsiu, Mitsuishi Ikuyuki, More Anupreeta, More Surhud, Oguri Masamune, Okabe Nobuhiro, Ota Naomi, Rusu Cristian E., Sonnenfeld Alessandro, et al. | 4. 巻 491 |
| 2. 論文標題 X-ray study of the double source plane gravitational lens system Eye of Horus observed with XMM-Newton | 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 3341-3418 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/mnras/stz3188 | 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 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 id.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 Mitsuishi Ikuyuki, Babazaki Yasunori, Ota Naomi, Sasaki Shin, Boehringer Hans, Chon Gayoung, Pratt Gabriel W. | 4. 巻 70 |
| 2. 論文標題 High entropy and evidence for a merger in the low surface brightness cluster Abell 2399 | 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.112 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/pasj/psy117 | 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9件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 3件)

| |
|----------------------------------------------------------------------------------|
| 1. 発表者名 田中桂悟, 藤本龍一, 岡部信広, 三石郁之, 志村拓馬, 作田皓基, 赤松弘規, 太田直美, 美里らな, 他HSC銀河団コラボレーション |
| 2. 発表標題 HSC-SSP領域内の可視光で選択された衝突銀河団のX線フォローアップ計画 (3) |
| 3. 学会等名 日本天文学会2021年春季年会 |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|----------------------------------------------------------------------------------|
| 1. 発表者名 田中桂悟, 藤本龍一, 岡部信広, 三石郁之, 志村拓馬, 作田皓基, 赤松弘規, 太田直美, 美里らな, 他HSC銀河団コラボレーション |
| 2. 発表標題 HSC-SSP領域内の可視光で選択された衝突銀河団のX線フォローアップ計画(2) |
| 3. 学会等名 日本天文学会2020年秋季年会 |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|-----------------------------------------------------------------------------------|
| 1. 発表者名 田中桂悟, 藤本龍一, 岡部信広, 赤松弘規, 太田直美, 美里らな, 三石郁之, 吉田篤史, 志村拓馬, 他HSC 銀河団コラボレーション |
| 2. 発表標題 HSC-SSP領域内の可視光で選択された衝突銀河団のX線フォローアップ計画 |
| 3. 学会等名 日本天文学会2020年春季年会 |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. 発表者名 吉田篤史, 志村拓馬, 三石郁之, 太田直美, 宮崎聡, 大栗真宗, 浜名崇, 岡部信広, 赤松弘規, 上田周太郎, 田中桂悟, 他 HSC 銀河団コラボレーション |
| 2. 発表標題 HSC-SSPサーベイ領域 Weak Lensing 銀河団のX線フォローアップ計画 (5) |
| 3. 学会等名 日本天文学会2019年秋季年会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. 発表者名 Naomi Ota, Ikuyuki Mitsuishi, Yasunori Babazaki, Hans Boehringer, Gayoung Chon, Gabriel W. Pratt, Shin Sasaki |
| 2. 発表標題 Thermodynamical properties of three X-ray low surface brightness clusters |
| 3. 学会等名 Astrophysics of hot plasma in extended X-ray sources (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|------------------------------------------------------------|
| 1. 発表者名 Naomi Ota |
| 2. 発表標題 X-ray properties of optically-selected clusters |
| 3. 学会等名 First HSC-eROSITA joint meeting (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. 発表者名 Naomi Ota |
| 2. 発表標題 X-ray observations of optically-selected galaxy clusters in the Subaru HSC-SSP field |
| 3. 学会等名 Panchromatic Panoramic Studies of Galaxy Clusters: from HSC to PFS and ULTIMATE (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. 発表者名 太田直美, 三石郁之, 赤松弘規, 一戸悠人, 上田周太郎, 大栗真宗, 大谷花絵, 岡部信広, 田中桂悟, 辻歩美, 浜名崇, 宮崎聡, 吉田篤史, 他 HSC 銀河団コラボレーション |
| 2. 発表標題 HSC-SSP サーベイ領域にある可視銀河団のX線フォローアップ計画 (2) |
| 3. 学会等名 日本天文学会2019年春季年会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. 発表者名 吉田篤史, 三石郁之, 太田直美, 宮崎聡, 大栗真宗, 浜名崇, 岡部信広, 赤松弘規, 一戸悠人, 上田周太郎, 大谷花絵, 他 HSC 銀河団コラボレーション |
| 2. 発表標題 HSC-SSPサーベイ領域Weak Lensing銀河団のX線フォローアップ計画(4) |
| 3. 学会等名 日本天文学会2019年春季年会 |
| 4. 発表年 2019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 |
|-------------------|----------------------------------------|-----------------------|----|
| 主たる渡航先の主たる海外共同研究者 | ライプリヒ トーマス (Reiprich Thomas H.) | ボン大学・アルゲランダー天文学研究所・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 | | |
|---------|---------|-------------------|-------------------|
| | ドイツ | ボン大学アルゲランダー天文学研究所 | マックスプランク地球外物理学研究所 |