

令和 6 年 6 月 19 日現在

機関番号：62616

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2021～2023

課題番号：21H01135

研究課題名（和文）特徴的な銀河団の長波長電波観測で迫る活動銀河核ジェットと銀河団物質の相互作用

研究課題名（英文）Interactions between intracluster medium and AGN jets explored through long-wavelength radio observations of distinct galaxy clusters

研究代表者

赤堀 卓也（Akahori, Takuya）

国立天文台・水沢VLBI観測所・特任研究員

研究者番号：70455913

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 12,800,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では銀河団と活動銀河中心核(AGN)ジェットとの相互作用に新たな知見を得るために、最新鋭の長波長電波望遠鏡によって特徴的な銀河団を高精細に観測した。結果、11件の欧文査読論文と1件の修士論文が出版された。Abell 3376では銀河団磁場が電波ジェットを折り曲げること、別のジェットは複雑な構造の電波レリックに接続していること、CIZA 1359では衝突前期銀河団の連結領域で広がった電波放射を発見し、それがX線で見つかった衝撃波面と位置が一致すること、Phoenix銀河団では驚くほどAGNが電波で暗いこと、Abell 1060では未分類の広がった電波放射を発見したこと、などが成果である。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は宇宙で最大の天体である銀河団の形成と進化に、銀河中心のブラックホールからのジェットと呼ばれる高速な物質流がどのような影響を与えるのかについて理解を深めました。そのための研究に向いている波長の長い電波の観測を行い、様々な銀河団について新たな知見を得ました。本研究で得られた成果は、私達の宇宙がどのように形作られてきたかという問いに対して、ジェットの寄与、そしてその寄与の仕方が大変重要であるということを教えてくださいました。

研究成果の概要（英文）：In this study, we aimed to gain new insights into the interaction between galaxy clusters and active galactic nucleus (AGN) jets by using state-of-the-art long-wavelength radio telescopes to observe characteristic galaxy clusters with high resolution and high sensitivity. As a result, this research led to the publication of 11 peer-reviewed papers and one master's thesis. Key findings include: in Abell 3376, the intracluster magnetic field bends the radio jet, and another jet connects to a complex structure of the eastern radio relic; in CIZA 1359, diffuse radio emission was discovered in the linked region of the early-stage merging clusters and it aligns with the shock wave observed in X-rays; in the Phoenix cluster, the AGN was found to be surprisingly radio-quiet; and in Abell 1060, an unclassified diffuse radio emission was discovered.

研究分野：宇宙物理学

キーワード：銀河団 活動銀河中心核(AGN) 磁場 宇宙線 電波天文学 X線天文学

1. 研究開始当初の背景

銀河団は宇宙で最大の自己重力系であり、1億度に迫る高温の電離プラズマを束縛していることで知られる。この銀河団ガスは重力エネルギーが断熱圧縮や衝撃波によって熱エネルギーに変換されたものであることが、宇宙論的な構造形成の数値実験により分かっている。また、その形成の途上では、銀河およびブラックホールの形成進化も進み、活動銀河中心核 (AGN) からの高速の物質流 (ジェット) が銀河間空間に放出されることが知られる。そのジェットもまた、銀河団ガスの加熱に重要な寄与をしていると指摘されている。

長波長電波の観測は、そのジェットから放射されるシンクロトロン放射の観測に適している。近年、電波望遠鏡の性能向上により、淡い広がった構造までもより精細に観測ができるようになると、ジェットは熱源としてだけでなく、磁場や宇宙線の供給源としても重要であることが直接的に分かるようになり、研究の新展開が起こっている。

2. 研究の目的

そこで本研究は、最新鋭の長波長電波望遠鏡による銀河団からのシンクロトロン偏波・電波の観測によって、銀河団中の磁場や乱流、宇宙線の存在を示しながら、AGN ジェットと銀河団ガスとの相互作用に関して、特に、AGN ジェットが銀河団ガスに対して「どのように」磁場・宇宙線・そしてエネルギーを供給しているのかを究明することを目的とした。

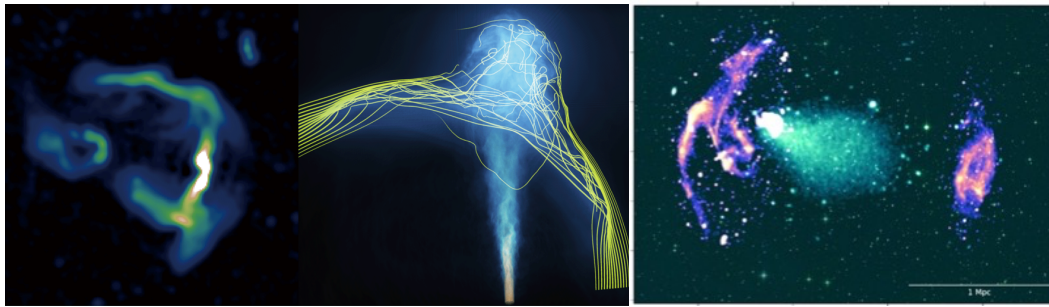
3. 研究の方法

本研究は3年計画で実施した。まず初年度から次年度にかけて、衝突前期銀河団の CIZA1359、衝突後期銀河団の Abell3376、そしてクーリングフロー銀河団候補の Phoenix の、3つの特徴的な銀河団に焦点を当てて研究を推進した。次に、得られた知見を活かして研究を展開させた。具体的には、MeerKAT の銀河団レガシーサーベイから屈折したジェットを持つ銀河団 Abell3322 と銀河団 CIZA1410 を選定し、また X 線衛星 XRISM とのシナジーの見込まれる、銀河団内で擾乱ないしサブ構造の動きが期待される銀河団 Abell 1060 を選定し研究した。

本研究は長波長電波望遠鏡 MeerKAT, uGMRT, ASKAP, ATCA, EAVN/JVN/YI を用いた観測を研究手法とした。そのため、自らで観測提案を行い、採択されたのちは観測計画を作成して、一部は自らで望遠鏡運用まで行った。観測データを自分で整約し結像を行った。以上に加えて、アーカイブなどにある整約済みあるいは結像済みのデータも有用であれば活用した。得られたデータを集めて様々な考察を行った。最終的に欧文査読論文として出版し、研究集会等で成果を発表した。この研究に専念する博士研究員 1 名を 2.5 年間雇用した。

4. 研究成果

本研究により 11 件の欧文査読論文と 1 件の修士学位論文が出版された。中核となる成果は、Abell 3376 の研究で 2 件 (1 件は Nature 誌)、CIZA1359 で 2 件、Abell 1060 の研究で 1 件の合計 5 件、そして Phoenix の研究で修士学位論文が 1 件である。関連する研究では、ファラデーモグラフィの研究で 2 件、FRB 観測で 1 件、銀河団 SZ 効果観測で 1 件、そして低周波電波観測の RFI 軽減技術開発で 2 件の合計 6 件である。また Abell3322 と CIZA1410 については国内外での研究発表成果が得られ、執筆時点で論文草稿段階にある。以下でこれらの成果をまとめる。



(図1) 左：MRC0600-399の電波画像と数値実験結果。右：Abell 3376全体像。

(1) Abell 3376

Abell3376は主たる高温の銀河団に低温の銀河団が西側から衝突し通過中の系である。通過中の銀河団のガスがコールドフロントと呼ばれる接触境界を形成している。衝突軸上の銀河団外縁にレリックと呼ばれる弓状の広がった電波放射が知られ、衝突で衝撃波が発生し、宇宙線が加速されていると理解されてきた。本研究によって以下のことが新たに分かった。

通過中の銀河団中心に存在する電波銀河 MRC0600-399 をかつてなく高精細に MeerKAT で観測した結果、ジェットがコールドフロントで90度折れ曲がっている様子と、ジェットが供給した宇宙線電子が一旦加齢したのち、その折れ曲がり部から先で再び加速される様子が発見された(図1左)。数値流体実験と比較を行った結果、コールドフロントに張り付き整列した強い磁場があれば、ジェットの進行を妨げて90度に曲げうることを確かめた。これほど強くジェットが銀河団磁場の影響を受けているということは新展開であり驚きであった。またそのシャープな構造は磁場に垂直方向の熱伝導が強く抑制されていることも示唆し、ジェットの加熱が磁場に依存し単純ではないことも示唆する結果であった。以上が Nature 誌に掲載され、またプレスリリースされた (<https://www.nao.ac.jp/news/science/2021/20210506-cfca.html>)。

次に Abell3376 の全体構造も MeerKAT で観測した結果、東側レリックが従来知られていた以上に南北方向に淡く広がっていることを明らかにした(図1右)。これは衝突の衝撃波が銀河団の外縁そしてその外にまで影響を及ぼすことを教える。レリックは一つの波面というよりは細かい構造の重なりであり、その構造に磁場は本質的な働きをしていることを浮き彫りにしている。そしてジェットが電波レリックと接続している様子を克明に明らかにすることができた。ジェットがレリックに宇宙線を供給していると考えられる。以上が PASJ の特集号に掲載された。

以上の研究を通じて、屈折したジェットが銀河団とジェットとの相互作用が「どのように」起こるのかの一端を明らかにできた。宇宙論的な構造形成・銀河団形成の数値実験では、AGN ジェットの力学的・熱的な効果は近似的に取り入れられているが、ジェット(や宇宙線)と磁場の非熱的な相互作用を十分に考慮できておらず、さらなる研究が必要であると痛感している。

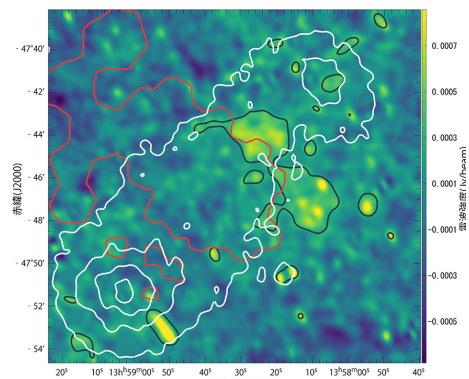
(2) CIZA J1358.9-4750 (CIZA1359)

CIZA1359は2つの銀河団が連なる衝突早期の銀河団と考えられている。近年、類似の形状を持つ銀河団 Abell399/401 の連結領域に、予想されていなかった淡い電波放射が見つかった。そこで CIZA1359 ではどうなっているかを確認した。本研究によって以下のことが分かった。

CIZA1359 をかつてなく高精細に GMRT で観測しデータ解析を実施した。解析では先進的な電波解析手法である方向依存型自己較正を適用した。その結果、世界でも最高レベルのダイナミックレンジである38000を達成した。その努力の結果、ついに銀河団の連結領域に淡く広がった電波放射を初めて発見した(図2)。また、その放射領域にはAGNと考えられるコンパクトな放射を複数見つけ、そのうちいくつかのホスト銀河は銀河団の赤方偏移と大差なかった。そのことから、

これらの AGN が過去あるいは現在にジェットを放出し、そのジェットが宇宙線を供給したと解釈するのが妥当であることを突き止めた。以上が PASJ の特集号に掲載され、またプレスリリースされた (<https://www.nao.ac.jp/news/science/2023/20230615-mizusawa.html>)。

並行して、X 線観測の解析に協力し、その電波放射が X 線で衝撃波があると予想される位置にあることを明らかにした。しかし衝撃波のマッハ数は最大で 1.7 と弱く、標準的な衝撃波加速モデルに照らし合わせると、その場に種電子が存在していたことを示唆する。さらに、対と思われる向かい側の衝撃波面はマッハ数 1.3 程度と分かり、そこには広がった電波放射は見つからなかった。宇宙線電子が電波で見えるほど加速されるかの境界は、ひょっとするとこのマッハ数付近にあるのかもしれない。以上が PASJ に掲載された。



(図2) CIZA1359 の電波放射。

以上により、磁場の存在や AGN の種電子供給が、連結領域のような銀河団の外縁でもあることを確かにしたことは、重要な成果と考えている。将来さらに高感度な観測が SKA などのできるようになったら、偏波を究明していくことが磁場の理解に一層重要であろう。

(3) Phoenix

Phoenix 銀河団は全天で唯一、銀河団ガスが破局的な冷却進化段階にある可能性のある銀河団である。中心の巨大銀河では爆発的な星形成が起きている一方、近年の自身らの研究によって電波ジェットが存在も分かった。従来の定説ではジェットがガスを加熱し冷却を食い止めるはずだが、この銀河団ではそれらが共存している。そこで中心部のジェットをより細かく改造して、ジェットに何か特別な特徴がないかを探った。本研究によって以下のことが新たに分かった。

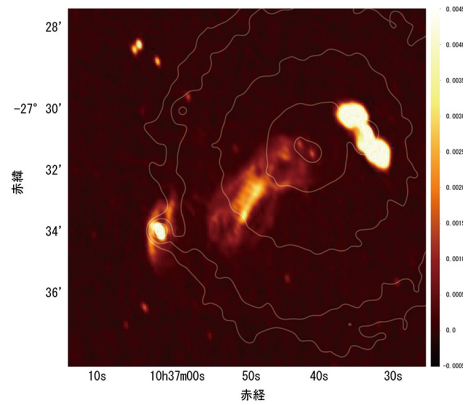
かつてない高解像度に EAVN で観測しデータ解析した。さらに追加の観測を JVN/YI でも行った。観測結果を解析した結果、EAVN ではすべての基線にて非検出となった。これにより構造は 33pc 以上 (X mJy/beam, 3σ) の制限を得た。さらに位相補償解析まで徹底的に取り組んだが、改善には至らなかった。また JVN/YI の同時観測では、YI が過去の文献値とほぼ同じ 6 mJy で検出しながら JVN では非検出であった。以上のことから、中心巨大ブラックホールは驚くほど暗く、銀河中心部の電波放射の大半は星形成領域からのシンクロトロン放射、あるいは若いジェットなどの 100pc 程度にコンパクトに広がったシンクロトロン放射であることを世界で初めて突き止めた。銀河内の激しい星形成やブラックホールの急成長の割には、AGN は驚くほど電波が静かであることが分かった。以上が修士学位論文(東京大学理学研究科)として出版された。

以上の研究は、できるだけ早く欧文査読論文として出版を目指したい。また、本研究をサポートする電波・偏波の理論的および観測的研究も進めたい。

(4) Abell 1060

銀河団 Abell 1060 は X 線で南東にサブ構造、そして北東に銀河群が見られ、おそらく過去に比較的小規模な衝突などが起きたがその後の力学緩和が進んでいると考えられる。他方、内部の乱流は成長し散逸が始まる前かもしれず、先日打ち上げられた X 線衛星 XRISM の観測対象として興味深い。もし乱流が強ければ、乱流際加速された宇宙線電子がシンクロトロン放射をしているかもしれず、CIZA1359 の研究を展開させて高感度に観測すれば見つけられるかもしれない。本研究によって以下のことが新たに分かった。

淡い電波放射の探索を CIZA1359 で獲得した較正変数の精査や自己較正の導入によって行った結果、過去に見つかったことのない広がった電波放射を中心部に発見した。我々はその見た目の形状からこれを「オオコウモリ (Flying Fox)」と名付けた。我々は銀河団における位置関係、AGN ジェットとの対応、明るさや放射霧指数を調べたが、結論としてオオコウモリは従来の理解ではどれも十分に説明できない大変奇妙な特徴を持っていることを明らかにした。PASJ 誌にレター論文として掲載され、またプレスリリースされた



(図3) Abell1060 のオオコウモリ。

(<https://www.nao.ac.jp/news/science/2024/20240408-mizusawa.html>)。

今後、様々な追観測が起源の解明に不可欠である。XRISM での研究の展開が期待される。

(5) Abell 3322

Abell3322 は北西から南東方向に長軸を持った異方性のある銀河団であるが、全体としては緩和しているように見える銀河団である。MeerKAT の銀河団レガシーサーベイの画像に、この銀河団の外縁部には特徴的な wide-angle tailed galaxy (WAT) が存在することに気づいた。銀河団中心に落下して銀河団ガスのラム圧を受けているかのような構造をしている。

GMRT と ATCA の観測提案を行い、採択され、データの取得、解析環境の準備、解析の実施、そして考察を実施した。オメガ状に屈曲する理由について不安定性や乱流の観点からの議論を進め、また構造関数の解析については共同研究者のプログラムとのクロスチェックを行うなど進め、論文の草稿作成にまで至っている。2024 年中には投稿できるであろう。

(6) CIZA 1410

CIZA 1410 は中心にやや広がった電波源が存在することが古くから知られているが、それが電波銀河なのかミニハローなのかといった詳細な研究は一切なかった。我々は MeerKAT の銀河団レガシーサーベイの画像に楕円の放射に北東方向に突起があることに気付いた。X 線のアーカイブデータを再解析した結果、スロッシング構造と呼ばれる銀河団衝突終期に見られる渦状のパターンがあり、突起はちょうどそのスロッシング境界面に沿う様に存在することに気付いた。

GMRT と ATCA の観測提案を行い、採択され、データの取得(ATCA は運用も実施)、解析環境の準備、解析の実施、そして考察を実施した。基本的な物理量を得つつある。北東に伸びる構造での粒子再加速の兆候を見つけることができ、日本天文学会にて講演を行うまでに至った。ただ、2023 年度に実施予定であった ATCA 追観測が延期となってしまったため、その結果を加えての論文取りまとめは果たすことができなかった。こちらも 2024 年度での論文投稿を目指す。

(7) 周辺領域研究

以上の中核的な成果に加えて、境界領域たるファラデーモグラフィの研究や銀河群の研究、そして高温超伝導フィルターの開発でも成果が得られた。

- ①ファラデーモグラフィの研究 2 件
- ②FRB 観測の研究で 1 件
- ③銀河団 SZ 効果の研究で 1 件
- ④低周波電波観測の RFI 軽減技術開発で 2 件

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計11件（うち査読付論文 11件／うち国際共著 4件／うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 R. Omae, T. Akahori, M. Machida	4. 巻 75
2. 論文標題 Effects of depolarizing intervening galaxies on background radio emission. I. Global disk magnetic field	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 PASJ	6. 最初と最後の頁 S108-S122
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1093/pasj/psac045	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 S. Cooray, T. T. Takeuchi, S. Ideguchi, T. Akahori, Y. Miyashita, Takahashi, K.	4. 巻 75
2. 論文標題 Wavelets and sparsity for Faraday Tomography	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 PASJ	6. 最初と最後の頁 S85-S96
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1093/pasj/psac052	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 Y. Omiya, K. Nakazawa, K. Matsushita, S. B. Kobayashi, N. Okabe, K. Sato, T. Tamura, Y. Fujita, L. Gu, T. Kitayama, T. Akahori, K. Kurahara, T. Yamaguchi	4. 巻 75
2. 論文標題 XMM-Newton view of the shock heating in an early merging cluster, CIZA J1358.9-4750	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 PASJ	6. 最初と最後の頁 37-51
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1093/pasj/psac087	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 K. Kurahara, T. Akahori, R. Kale, H. Akamatsu, Y. Fujita, L. Gu, H. Intema, K. Nakazawa, N. Okabe, Y. Omiya, V. Parekh, T. Shimwell, M. Takizawa, R. van Weeren	4. 巻 75
2. 論文標題 Diffuse radio source candidate in CIZA J1358.9 - 4750	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 PASJ	6. 最初と最後の頁 S138-S153
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1093/pasj/psac098	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 S. Ikebe, K. Takefuji, T. Terasawa, S. Eie, T. Akahori, Y. Murata, T. Hashimoto, S. Kisaka, M. Honma, S. Yoshiura, S. Suzuki, T. Oyama, M. Sekido, K. Niinuma, H. Takeuchi, Y. Yonekura, T. Enoto	4. 巻 75
2. 論文標題 Detection of a bright burst from the repeating FRB 20221124A at 2 GHz	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 PASJ	6. 最初と最後の頁 199-207
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/pasj/psac101	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 S. Rachi, K. Sakuma, T. Akahori, N. Sekiya	4. 巻 36
2. 論文標題 Development of highly selective compact high-temperature superconducting quad-band bandpass filter using interdigital feeding structure for radio astronomy	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Superconductor Science and Technology	6. 最初と最後の頁 25006
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1361-6668/acab38	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 T. Kitayama, S. Ueda, N. Okabe, T. Akahori, M. Hilton, J. P. Hughes, Y. Ichinohe, K. Kohno, E. Komatsu, Y. T. Lin, H. Miyatake, M. Oguri, C. Sifon, S. Takakuwa, M. Takizawa, T. Tsutsumi, J. van Marrewijk, E. J. Wollack	4. 巻 75
2. 論文標題 Galaxy clusters at $z \sim 1$ imaged by ALMA with the Sunyaev-Zel'dovich effect	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 PASJ	6. 最初と最後の頁 311-337
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/pasj/psac110	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 J. O. Chibueze, H. Sakemi, T. Ohmura, M. Machida, H. Akamatsu, T. Akahori, H. Nakanishi, V. Parekh, R. van Rooyen, T. and T. Takeuchi	4. 巻 593
2. 論文標題 Jets from MRC 0600-399 bent by magnetic fields in the cluster Abell 3376	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Nature	6. 最初と最後の頁 47-50
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41586-021-03434-1	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 S. Ideguchi, T. Inoue, T. Akahori, K. Takahashi	4. 巻 513
2. 論文標題 On the Potential of Faraday Tomography to Identify Shock Structures in Supernova Remnants	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 MNRAS	6. 最初と最後の頁 3289-3301
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/mnras/stac1086	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 Chibueze James O, Akamatsu Hiroki, Parekh Viral, Sakemi Haruka, Ohmura Takumi, van Rooyen Ruby, Akahori Takuya, Nakanishi Hiroyuki, Machida Mami, Takeuchi Tsutomu T, Smirnov Oleg, Kleiner Dane, Maccagni Filippo M	4. 巻 75
2. 論文標題 MeerKAT 's view of double radio relic galaxy cluster Abell 3376	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 S97 ~ S107
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/pasj/psac009	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 Kurahara Kohei, Akahori Takuya, Oki Aika, Omiya Yuki, Nakazawa Kazuhiro	4. 巻 76
2. 論文標題 Discovery of diffuse radio source in Abell 1060	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Publications of the Astronomical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 L8 ~ L13
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/pasj/psae011	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 -

〔学会発表〕 計22件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 8件)

1. 発表者名 T. Akahori
2. 発表標題 Phoenix rising from the ashes; co-existence of violent cooling and AGN feedback
3. 学会等名 IAU General Assembly 2022 FM6 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1 . 発表者名 K. Kurahara, T. Akahori, R. Kale, H. Akamatsu, Y. Fujita, L. Gu, H. Intema, K. Nakazawa, N. Okabe, Y. Omiya, V. Parekh, T. Shimwell, M. Takizawa, R. van Weeren
2 . 発表標題 Diffuse radio source in CIZA J1358.9-4750
3 . 学会等名 SPARCS XI: The Rise of Sky Surveys (国際学会)
4 . 発表年 2022年

1 . 発表者名 A. Oki, H. Okino, T. Akahori, K. Kurahara, M. Honma, K. Hada, H. Nagai, K. Niinuma, T. Kitayama, S. Ueda, M. Ishida
2 . 発表標題 Elucidating co-evolutions among AGN, galaxies, and ICM from an AGN survey with VERA
3 . 学会等名 9th GALAXY EVOLUTION WORKSHOP (国際学会)
4 . 発表年 2023年

1 . 発表者名 A. Oki, H. Okino, T. Akahori, K. Kurahara, M. Honma, K. Hada, H. Nagai, K. Niinuma, T. Kitayama, S. Ueda, M. Ishida
2 . 発表標題 Digging in young jets to elucidate clusters evolution from an AGN survey with VERA
3 . 学会等名 Black Hole Astrophysics with VLBI 2023 (国際学会)
4 . 発表年 2023年

1 . 発表者名 K. Kurahara, T. Akahori, R. Kale, H. Akamatsu, Y. Fujita, L. Gu, H. Intema, K. Nakazawa, N. Okabe, Y. Omiya, V. Parekh, T. Shimwell, M. Takizawa, R. van Weeren
2 . 発表標題 衝突早期の銀河団CIZA1359に付随する新しい拡散電波源の発見
3 . 学会等名 SKA-Japanワークショップ 2022
4 . 発表年 2023年

1. 発表者名 藏原昂平, 赤堀卓也, Kale Ruta, 赤松弘規, Gu Liyi, 藤田裕, Intema Huib, Van Weeren Reinout, 中澤知洋, 大宮悠希, 岡部信広, Patekh Viral, Shimwell Timothy, 滝沢元和
2. 発表標題 衝突早期の銀河団CIZA1359で見つかった新しい電波レリック候補
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 大木愛花, 沖野大貴, 赤堀卓也, 藏原昂平, 秦和弘, 本間 希樹, 永井洋, 新沼浩太郎, 北山哲, 上田周太郎, 石田学
2. 発表標題 Evolution and feedback of the central AGN core in the Phoenix galaxy cluster: toward a VLCOF AGN survey
3. 学会等名 宇宙電波懇談会シンポジウム
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 大木愛花, 沖野大貴, 赤堀卓也, 藏原昂平, 秦和弘, 本間 希樹, 永井洋, 新沼浩太郎, 北山哲, 上田周太郎, 石田学
2. 発表標題 VLBI 観測によるほうおう座銀河団中心の AGN 調査
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 大木愛花, 沖野大貴, 赤堀卓也, 藏原昂平, 秦和弘, 本間 希樹, 永井洋, 新沼浩太郎, 北山哲, 上田周太郎, 石田学
2. 発表標題 VLBI observations of the central AGN core in the Phoenix galaxy cluster
3. 学会等名 SKA-Japanワークショップ2022
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 大木愛花, 沖野大貴, 赤堀卓也, 藏原昂平, 秦和弘, 本間 希樹, 永井洋, 新沼浩太郎, 北山哲, 上田周太郎, 石田学
2. 発表標題 VLBI観測によるJ2344-4243の中心構造の調査
3. 学会等名 VLBI懇談会シンポジウム2022
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 赤堀卓也, 大木愛花, 藏原昂平, 赤松弘規
2. 発表標題 A candidate of sloshing-induced radio emission in CIZA J1410.4-4246
3. 学会等名 SKAJPワークショップ2023
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 赤堀卓也, 大木愛花, 藏原昂平, 赤松弘規
2. 発表標題 A candidate of sloshing-induced radio emission in CIZA J1410.4-4246
3. 学会等名 VLBI懇談会シンポジウム2022
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 藏原昂平, 赤堀卓也, Kale Ruta, 赤松弘規, Gu Liyi, 藤田裕, Intema Huib, Van Weeren Reinout, 中澤知洋, 大宮悠希, 岡部信広, Patekh Viral, Shimwell Timothy, 滝沢元和
2. 発表標題 Diffuse radio source candidate in CIZA J1358.9-4750
3. 学会等名 VLBI懇談会シンポジウム2022
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 藏原昂平, 赤堀卓也, Kale Ruta, 赤松弘規, Gu Liyi, 藤田裕, Intema Huib, Van Weeren Reinout, 中澤知洋, 大宮悠希, 岡部信広, Patekh Viral, Shimwell Timothy, 滝沢元和
2. 発表標題 衝突早期の銀河団CIZA1359に付随する新しい拡散電波源の発見
3. 学会等名 宇宙電波懇談会シンポジウム2022
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Ohmura, T., Chibueze, James O., Sakemi, H., Machida, M., Akamatsu, H., Akahori, T., Nakanishi, H., Parekh, V., van Rooyen, R., Takeuchi, T. T.
2. 発表標題 Interaction between an AGN jet and the intra-cluster magnetic field seen by MeerKAT: II. Numerical Simulation
3. 学会等名 Linking the Science of Large Interferometer in the 2030s
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 大村匠、James O. Chibueze、酒見はる香、町田真美、赤松弘規、赤堀卓也、中西裕之、Vira Parekh、Ruby van Rooyen、竹内努
2. 発表標題 銀河団磁場との相互作用によって折れ曲がるジェット
3. 学会等名 日本天文学会2021年秋季年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Ohmura, T., Chibueze, James O., Sakemi, H., Machida, M., Akamatsu, H., Akahori, T., Nakanishi, H., Parekh, V., van Rooyen, R., Takeuchi, T. T.
2. 発表標題 Magnetohydrodynamic simulations of the interaction between the jet and the intra-cluster magnetic field
3. 学会等名 Extragalactic jets on all scales - launching, propagation, termination (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 大村匠、James O. Chibueze、酒見はる香、町田真美、赤松弘規、赤堀卓也、中西裕之、Vira Parekh、Ruby van Rooyen、竹内努
2. 発表標題 銀河団磁場と衝突するジェットの3次元磁気流体シミュレーション
3. 学会等名 2021年度国立天文台CfCAユーザーズミーティング
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Hiroki Akamatsu, James O. Chibueze, Haruka Sakemi, Takumi Ohmura, Mami Machida, Takuya Akahori, Hiroyuki Nakanishi, Viral Parekh, Ruby van Rooyen and Tsutomu T. Takeuchi
2. 発表標題 MeerKAT view of an interaction between radio jets and intra-cluster magnetic layers
3. 学会等名 A new window on the radio emission from galaxies, clusters and cosmic web (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Hiroki Akamatsu, James O. Chibueze, Haruka Sakemi, Takumi Ohmura, Mami Machida, Takuya Akahori, Hiroyuki Nakanishi, Viral Parekh, Ruby van Rooyen and Tsutomu T. Takeuchi
2. 発表標題 Merger induced interaction between jets and intracluster magnetic fields
3. 学会等名 A new window on the radio emission from galaxies, clusters and cosmic web (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 H. Sakemi, J.O. Chibueze, T. Ohmura, M. Machida, H. Akamatsu, T. Akahori, H. Nakanishi, V. Parekh, R. van Rooyen, T.T. Takeuchi
2. 発表標題 Interaction between an AGN jet and the intra-cluster magnetic field seen by MeerKAT
3. 学会等名 East Asia SKA Workshop 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Sakemi, H., Chibueze, J.O., Ohmura, T., Machida, M., Akamatsu, H., Akahori, T., Nakanishi, H., Parekh, V., van Rooyen, R., and Takeuchi, T. T.
2. 発表標題 Interaction between an AGN jet and the intra-cluster magnetic field seen by MeerKAT: I. Observation
3. 学会等名 Linking the science of large interferometers in the 2030s
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
---------------------------	-----------------------	----

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1件

国際研究集会 Black Hole Astrophysics with VLBI 2023	開催年 2023年 ~ 2023年
--	----------------------

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