

令和 6 年 6 月 14 日現在

機関番号：17701

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2021～2023

課題番号：21K03618

研究課題名（和文）単一鏡偏波観測で探る銀河の大局的磁場構造

研究課題名（英文）Magnetic field structures of spiral galaxies studied by polarization observations with single dish telescope

研究代表者

中西 裕之（Nakanishi, Hiroyuki）

鹿児島大学・理工学域理学系・准教授

研究者番号：90419846

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,100,000円

研究成果の概要（和文）：我々は、ROACH2 (Reconfigurable Open Architecture Computing Hardware 2) と呼ばれるFPGAボードを用いてデジタル相互相関分光計を開発した。実験室での動作試験の後、令和3年からの3年間に計4回、KDDI 山口衛星通信所に装置を持ち込み、試験観測を行い、相互相関スペクトルを得ることに成功した。また、JVLA電波干渉計で得られた渦巻銀河NGC4254のC、Xバンドデータを解析し、偏波マップを作成した。独自に開発した「磁場ベクトルマップ作成法」を適用し、磁場ベクトルマップを作成することに成功した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

FPGAボードを用いてデジタル相互相関分光計を開発し、KDDI 山口衛星通信所のアンテナでリアルタイムの相互相関スペクトルが得られるようになった。これは本研究で主眼においた銀河磁場の研究以外にも、様々な偏波観測をはじめ、干渉計観測に応用できるため、さらなる学術的発展につながる点で意義は大きいと考える。また、新たに銀河の磁場ベクトルマップを作成することができ、我々が独自に考案した「磁場ベクトルマップ作成法」が銀河磁場の構造研究に極めて強力なツールとなることが示された。銀河の大局的磁場構造の起源を解明する上で、重要な手がかりが得られた点で学術的意義は大きいと考える。

研究成果の概要（英文）：We developed a digital cross-correlation spectrometer using an FPGA board called ROACH2 (Reconfigurable Open Architecture Computing Hardware 2). The instrument was brought to the KDDI Yamaguchi Satellite Communication Station for test observations four times during the three years from 2021, and the cross-correlation spectra were successfully obtained. In addition, we analyzed C- and X-band data of the spiral galaxy NGC 4254 obtained by JVLA to obtain a polarization map. We applied our originally developed "magnetic vector reconstruction method" and succeeded in creating a magnetic field vector map.

研究分野：電波天文学

キーワード：銀河 磁場 偏波観測 相互相関 デジタル回路 FPGA 電波観測

1. 研究開始当初の背景

渦巻き銀河には、一般に数 μG の磁場が存在し、シンクロトロン放射が観測される。その偏波観測データの解析から、銀河には渦状腕に沿った大局的な磁場構造が存在することが知られている。この大局的な磁場構造は、モード $m_B = 0$ の ASS (Axis Symmetric Spiral) 型、ベクトルの反転を伴う $m_B = 1$ の BSS (Bi-Symmetric Spiral) 型、 $m_B = 2$ の QSS (Quadri-Symmetric Spiral) 型等に分類される (Akahori, Nakanishi et al. 2017)。

では、なぜ、このような磁場構造の違いがあるのか？

第1の可能性は、「原始銀河における初期磁場の取り込み」である。原始銀河の銀河面に対して初期磁場ベクトルの方向が垂直の場合は ASS 型磁場、平行な場合は BSS 型磁場が形成されると予想される (Sofue et al. 2010)。

第2の可能性は、「銀河ダイナモによる形成」である。磁場は平均場の誘導方程式に従って進化すると考えられており、それによって大局的な磁場構造が形成されている可能性がある。Chiba & Tosa (1990)によると、星間ガスの運動が星の渦状腕による強制振動を受け、それに伴って大局的磁場構造が形成される可能性が示されている。この場合、磁場構造のモード数 m_B は渦状腕数 m に比例すると予想されるが、これは未だに観測的に確認されていない。

これらは初期値問題 (前者) か、境界値問題 (後者) か、と言い換えることもできる。

もし、前者の「初期磁場説」であった場合、磁場のモード数は星の渦状腕数との相関は見られないと予想される。もし、磁場のモード数が常に星の渦状腕数の $1/2$ であれば、Chiba & Tosa (1990) による「銀河ダイナモ」モデルで説明できると言える。

しかしながら、これまで磁場ベクトルの 180° 不定性を観測的に解くことが困難であった。銀河中心角周りに回転量度 (RM; Rotation Measure) のグラフを作成することによって決定するのが一般的であった。しかし、この方法では磁場ベクトルマップのモデルを仮定しており、単純な ASS や BSS だけでは説明するのが困難なのが、現状であった。大局的磁場構造の形態分類について系統的調査が十分に行われているとは言えない。したがって、その起源についても十分に議論できていない。

銀河ディスクの磁場研究には C、X-バンドでの偏波観測データが有用である。しかしながら、国内では C、X-バンドでの偏波観測が可能な電波望遠鏡は一般には公開されておらず、観測システムの整備が必要である。

2. 研究の目的

本研究の目的は、「銀河の大局的磁場構造の起源は何か？」という学術的問いを観測的に解明することである。

上述のような銀河の大局的磁場構造の形態分類の問題を解決するため、我々は図1に示すような「磁場ベクトルマップ作成法」を独自に開発した (Nakanishi et al. 2019)。これにより、磁場のモデルを仮定せずに銀河の大局的磁場構造を決定することができるようになった。

これを近傍銀河に適用することによって、高空間分解能で磁場ベクトル構造を調査することができる。

JVLA (Jansky Very Large Array) では多数の観測データがアーカイブ化されており、これらを使用することができるが、近傍銀河の干渉計観測ではミッシング フラックスの問題を解決する必要があるため、単一鏡観測が必要である。

しかしながら、偏波データは JVLA のデータのようにアーカイブされておらず、自ら観測データを取得する必要がある。

磁場ベクトルマップの作成方法

- ① 渦巻き銀河の渦状腕は trailing なので、可視画像と速度場からディスクの傾きを判定する
- ② 観測点各点 Rotation Measure (RM) の正負を調べる。
- ③ RM が正なら磁場は観測者向きなので、ディスクの傾きを考慮すると磁場ベクトルの 180° 不定性が解ける。よって、ベクトルが方向が決まる。

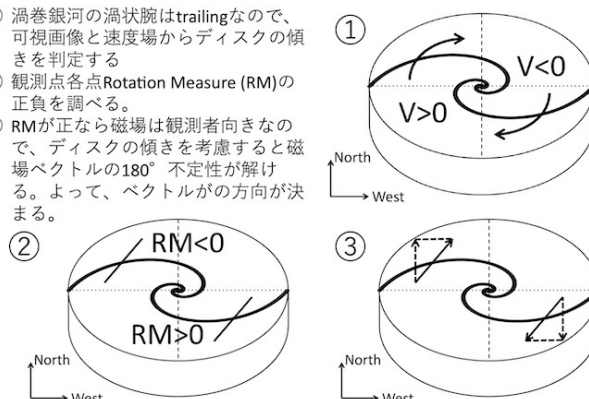


図1: 磁場ベクトルマップ作成法

そこで、本研究では特に

- (1) 銀河の大局的磁場構造のモード数 m_B を調査すること
 - (2) 銀河の広がった放射を単一鏡観測するため、KDDI 山口衛星通信所電波望遠鏡に相互相関器を実装すること
- の2点に絞り、研究を実施することとした。

3. 研究の方法

まず上記の目的(1)を遂行するため、JVLA のデータアーカイブより近傍銀河を C、X バンドで観測して得たデータを探し出すこと、そのデータに「磁場ベクトルマップ作成法」を適用し、磁場ベクトルマップを作成した。

また、上記の目的(2)を遂行するため、山口大学の運用する KDDI 山口衛星通信所電波望遠鏡アンテナにデジタル相互相関分光計を搭載することに取り組んだ。CASPER (Collaboration for Astronomy Signal Processing and Electronics Research)の開発した ROACH2(Reconfigurable Open Architecture Computing Hardware 2) ボードと呼ばれる FPGA (Field Programmable Gate Array) ボードを用いて、帯域 512MHz のデジタル相互相関分光計の開発を進めた。回路は FX 型(F はフーリエ変換、X は相互相関を表し、最初に F、次に X を行うことを表す)で設計し、回路の作成および実装、室内での動作試験を行なった。さらに、観測中にリアルタイムでデータの時系列変化を示すプロットができるような観測支援ソフトウェアを開発した。KDDI 山口衛星通信所に装置を持ち込み、試験観測を行った。

4. 研究成果

令和3年にはFPGA ボードを用いた相互相関分光計の開発を進め、デジタル回路は完成した。研究室室内での動作試験を行なったところ、二本の入力信号の相互相関スペクトルを得ることに成功した。

そこで、令和3年12月15・16日にKDDI 山口衛星通信センター内の電波望遠鏡に搬送して実装し、試験観測を行なった。その際、2偏波のうち片偏波しか使えない状況であったため、2偏波の相互相関ではなく、2台のアンテナの相互相関を取る実験に切り替えることとした。その結果、2台の望遠鏡で同時にメタノールレーザーの輝線を検出することに成功した。

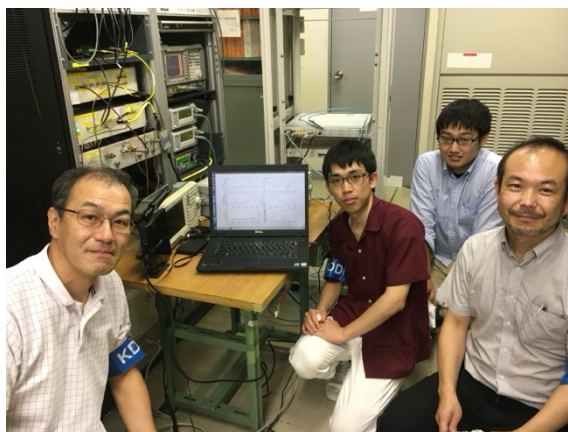


図2：KDDI 山口衛星通信センターにおける試験観測で相互相関スペクトルを取得したところ

令和4年8月3・4日には、再度KDDI 山口衛星通信センターにFPGA ボード一式を持ち込んで試験観測を行った。次のステップとして連続波の相互相関スペクトルを取得できることを確認した。その結果、図2に示すように2アンテナの相互相関スペクトルを得ることができ、リアルタイムの干渉計としての観測ができることを示すことができた。

さらに、令和5年1月上旬に再度KDDI 山口衛星通信センターを訪問し、口径32m、34mのアンテナ2台を用いた2素子干渉計でラスターキャン観測を行った。データ較正用の天体3C380を長時間にわたってトラッキング観測し、相互相関スペクトルを取得することに成功した。古典的な電波干渉計では、u平面上で一本の曲線に沿った点でしかビジビリティデータが取得できないが、ラスターキャンによってu平面上で広い範囲のビジビリティデータを取得できることを示した。さらに、2023年9月27日(水)・28日(木)にKDDI 山口衛星通信所に装置を持ち込み、試験観測を行った。

また、JVLA のデータアーカイブより、おとめ座銀河団に位置する渦巻銀河 NGC4254 の C、X バンド偏波観測データを取得し、データ解析を行なって偏波マップを作成した。その上で、「磁場ベクトルマップ作成法」を適用して磁場ベクトルマップを作成した。渦巻銀河 NGC4254 では、 $m=2$ の磁場構造が卓越していることが分かった。この結果を、2024年2月16・17日に東京都三鷹市で開催の国際研究会"40 Years Evolution of Radio Interferometry in Japan"で報告した。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計28件（うち査読付論文 27件 / うち国際共著 19件 / うちオープンアクセス 11件）

1. 著者名 Yamamoto, Hiroaki; Okamoto, Ryuji; Murata, Yasuhiro; Nakanishi, Hiroyuki; Imai, Hiroshi; Kurahara, Kohei	4. 巻 74
2. 論文標題 Physical properties of the molecular cloud, N4, in SS433: Evidence for an interaction of molecular cloud with the jet from SS2433	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 493 ~ 509
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/pasj/psac012	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 Hwang, Jihye; Kim, Jongsoo; Pattle, Kate; Lee, Chang Won; Koch, Patrick M.; Johnstone, Doug; Tomisaka, Kohji; Whitworth, Anthony; Furuya, Ray S.; Kang, Ji-hyun; Hiroyuki Nakanishi et al.	4. 巻 941
2. 論文標題 The JCMT BISTRO Survey: A Spiral Magnetic Field in a Hub-filament Structure, Monoceros R2	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 51 ~ 51
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/ac99e0	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 Ching, Tao-Chung; Qiu, Keping; Li, Di; Ren, Zhiyuan; Lai, Shih-Ping; Berry, David; Pattle, Kate; Furuya, Ray; Ward-Thompson, Derek; Johnstone, Doug; Hiroyuki Nakanishi et al.	4. 巻 941
2. 論文標題 The JCMT BISTRO-2 Survey: Magnetic Fields of the Massive DR21 Filament	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 122 ~ 122
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/ac9dfb	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 Tahani, Mehrnoosh; Bastien, Pierre; Furuya, Ray S.; Pattle, Kate; Johnstone, Doug; Arzoumanian, Doris; Doi, Yasuo; Hasegawa, Tetsuo; Inutsuka, Shu-ichiro; Hiroyuki Nakanishi et al.	4. 巻 944
2. 論文標題 JCMT BISTRO Observations: Magnetic Field Morphology of Bubbles Associated with NGC 6334	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 139 ~ 139
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/acac81	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 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 Ward-Thompson, Derek; Karoly, Janik; Pattle, Kate; Whitworth, Anthony; Kirk, Jason; Berry, David; Bastien, Pierre; Ching, Tao-Chung; Coude, Simon; Hiroyuki Nakanishi et al.	4. 巻 946
2. 論文標題 First BISTRO Observations of the Dark Cloud Taurus L1495A-B10: The Role of the Magnetic Field in the Earliest Stages of Low-mass Star Formation	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 62 ~ 62
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/acbea4	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 Nakanishi, Hiroyuki; Furuhashi, Masataka; Nakahara, Saeko	4. 巻 -
2. 論文標題 Pre-integration Digital Spectrometer	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 2022 Asia-Pacific Microwave Conference (APMC)	6. 最初と最後の頁 590 ~ 592
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.23919/APMC55665.2022.9999879	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 Akiyama, Kazunori; Algaba, Juan-Carlos; An, Tao; Asada, Keiichi; Asanok, Kitiyane; Byun, Do-Young; Chanapote, Thanapol; Chen, Wen; Fujisawa, Kenta; Kobayashi, Hideyuki et al.	4. 巻 10
2. 論文標題 Overview of the Observing System and Initial Scientific Accomplishments of the East Asian VLBI Network (EAVN)	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Galaxies	6. 最初と最後の頁 113 ~ 113
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/galaxies10060113	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 Fujisawa, Kenta; Aoki, Takahiro; Kanazawa, Sho; Akimoto, Masanori; Ogura, Tatsuya; Mori, Kurena; Niinuma, Kotaro; Motogi, Kazuhito; Sawada-Satoh, Satoko et al.	4. 巻 74
2. 論文標題 The Yamaguchi Interferometer	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 1415 ~ 1420
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/pasj/psac078	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 Giovannini, Gabriele; Cui, Yuzhu; Hada, Kazuhiro; Yi, Kunwoo; Ro, Hyunwook; Sohn, Bong Won; Takamura, Mieko; Buttaccio, Salvatore; D'Ammando, Filippo; Kobayashi, Hideyuki; et al.	4. 巻 11
2. 論文標題 The Past and Future of East Asia to Italy: Nearly Global VLBI	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Galaxies	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) 10.3390/galaxies11020049	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 Eswaraiah Chakali, Li Di, Furuya Ray S., Hasegawa Tetsuo, Ward-Thompson Derek, Nakanishi Hiroyuki, et al.	4. 巻 912
2. 論文標題 The JCMT BISTRO Survey: Revealing the Diverse Magnetic Field Morphologies in Taurus Dense Cores with Sensitive Submillimeter Polarimetry	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal Letters	6. 最初と最後の頁 L27 ~ L27
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/2041-8213/abeb1c	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 Chibueze James O., Sakemi Haruka, Ohmura Takumi, Machida Mami, Akamatsu Hiroki, Akahori Takuya, Nakanishi Hiroyuki, Parekh Viral, van Rooyen Ruby, Takeuchi Tsutomu T.	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 Lyo A-Ran, Kim Jongsoo, Sadavoy Sarah, Johnstone Doug, Berry David, Nakanishi Hiroyuki, et al.	4. 巻 918
2. 論文標題 The JCMT BISTRO Survey: An 850/450 μ m Polarization Study of NGC 2071IR in Orion B	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 85 ~ 85
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/ac0ce9	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 Kwon Woojin, Pattle Kate, Sadavoy Sarah, Hull Charles L. H., Johnstone Doug, Nakanishi Hiroyuki, et al.	4. 巻 926
2. 論文標題 B-fields in Star-forming Region Observations (BISTRO): Magnetic Fields in the Filamentary Structures of Serpens Main	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 163 ~ 163
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/ac4bbe	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 Yamamoto Hiroaki, Okamoto Ryuji, Murata Yasuhiro, Nakanishi Hiroyuki, Imai Hiroshi, Kurahara Kohei	4. 巻 -
2. 論文標題 Physical properties of the molecular cloud, N4, in SS433: Evidence for an interaction of molecular cloud with the jet from SS2433	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 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/pasj/psac012	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 -
2. 論文標題 MeerKAT 's view of double radio relic galaxy cluster Abell13376	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 -
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 Imazato Fumiya, Sasada Mahito, Uemura Makoto, Fukazawa Yasushi, Takahashi Hiromitsu, Nakaoka Tatsuya, Akitaya Hiroshi, Kawabata Koji S., Akimoto Masanori, Fujisawa Kenta	4. 巻 916
2. 論文標題 Origins of the Long-term Variability of the Near-infrared Emission of the Black Hole X-Ray Binary GRS 1915+105 in the X-Ray Low Luminous State	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 114 ~ 114
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/ac07a3	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 Huda Ibnu Nurul, Hidayat Taufiq, Dermawan Budi, Lambert Sebastien, Liu Niu, Leon Stephane, Fujisawa Kenta, et al.	4. 巻 52
2. 論文標題 Measuring the impact of Indonesian antennas on global geodetic VLBI network	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Experimental Astronomy	6. 最初と最後の頁 141 ~ 155
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10686-021-09773-1	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 Cui Yu-Zhu, Hada Kazuhiro, Kino Motoki, Sohn Bong-Won, Park Jongho, Kobayashi Hideyuki, et al.	4. 巻 21
2. 論文標題 East Asian VLBI Network observations of active galactic nuclei jets: imaging with KaVA+Tianma+Nanshan	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Research in Astronomy and Astrophysics	6. 最初と最後の頁 205 ~ 205
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1674-4527/21/8/205	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 Cho Ilje, Zhao Guang-Yao, Kawashima Tomohisa, Kino Motoki, Akiyama Kazunori, Kobayashi Hideyuki, et al.	4. 巻 926
2. 論文標題 The Intrinsic Structure of Sagittarius A* at 1.3 cm and 7 mm	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 108 ~ 108
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/ac4165	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 Ward-Thompson Derek, Nakanishi Hiroyuki et al.	4. 巻 946
2. 論文標題 First BISTRO Observations of the Dark Cloud Taurus L1495A-B10: The Role of the Magnetic Field in the Earliest Stages of Low-mass Star Formation	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 62 ~ 62
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/acbea4	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 Károly Janik, Nakanishi Hiroyuki et al.	4. 巻 952
2. 論文標題 The JCMT BISTRO Survey: Studying the Complex Magnetic Field of L43	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 29 ~ 29
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/acd6f2	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 Wang Jia-Wei, Nakanishi Hiroyuki et al.	4. 巻 962
2. 論文標題 Filamentary Network and Magnetic Field Structures Revealed with BISTRO in the High-mass Star-forming Region NGC 2264: Global Properties and Local Magnetogravitational Configurations	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 136 ~ 136
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/ad165b	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 Poojon Panomporn, Chung Aeree, Hoang Thiem, Baek Junhyun, Nakanishi Hiroyuki, Hirota Tomoya, Tsai Chao-Wei	4. 巻 963
2. 論文標題 Detection of Extragalactic Anomalous Microwave Emission in NGC 2903 Using KVN Single-dish Observations	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 88 ~ 88
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/ad1bc8	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 中西裕之, 岡村浩昭, 松本詔, 秦重史, 加藤太一郎, 九町健一, 小林励司	4. 巻 49
2. 論文標題 鹿児島大学における高校生向け先取り履修科目開講の試み -高大接続教育の新たな形-	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Proceedings of Kyushu Regional Conference of Society of Japan Science Teaching	6. 最初と最後の頁 61-62
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 オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Nakamura M, Motogi K, Nakamura H, Yonekura Y, Fujisawa K	4. 巻 526
2. 論文標題 A kinematic study of the disc-outflow system around a high-mass protostar G59.783+0.065 probed by methanol and water masers	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 1000 ~ 1021
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/mnras/stad2725	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 Ro Hyunwook, Kobayashi Hideyuki et al.	4. 巻 673
2. 論文標題 Spectral analysis of a parsec-scale jet in M 87: Observational constraint on the magnetic field strengths in the jet	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Astronomy & Astrophysics	6. 最初と最後の頁 A159 ~ A159
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1051/0004-6361/202142988	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 Sakai Daisuke, Oyama Tomoaki, Nagayama Takumi, Honma Mareki, Kobayashi Hideyuki	4. 巻 75
2. 論文標題 Water maser distributions and their internal motions in the Sagittarius B2 complex	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Publications of the Astronomical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 937 ~ 950
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/pasj/psad052	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12件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 4件）

1. 発表者名 中西 裕之
2. 発表標題 A report of trial classes on diurnal and annual motions of stars at junior- high school using a self-made portable planetarium
3. 学会等名 GeoSciEd IX 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 中西 裕之
2. 発表標題 ITP課題バンク整備に向けた取り組み
3. 学会等名 ITPシンポジウム
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 中西 裕之
2. 発表標題 近傍宇宙セッション基調講演
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 中西 裕之
2. 発表標題 手作りアンテナによる天の川銀河の観測実習
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 Hiroyuki Nakanishi, Nobuyuki Sakai, Kohei Kurahara and VERA Outer Rotation Curve project members
2. 発表標題 Astrometry of Water Maser sources in the Outer Galaxy with VERA
3. 学会等名 IAU symposium 380 Cosmic Masers (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Kenta Fujisawa
2. 発表標題 Fast variability and circular polarization of the bursting methanol maser component in G33.641-0.228
3. 学会等名 IAU symposium 380 Cosmic Masers (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 中西裕之
2. 発表標題 The Milky Way Galaxy and nearby galaxies in HI
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 中西裕之
2. 発表標題 ALMA長基線観測による 銀河系研究の検討
3. 学会等名 ALMAによるミリ波/サブミリ波VLBIのサイエンス
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 中西裕之
2. 発表標題 Magnetic vector maps of galaxies with interferometric observational data
3. 学会等名 40 Years Evolution of Radio Interferometry in Japan (国際学会)
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 中西裕之, 岡村浩昭, 松本詔, 秦重史, 加藤太一郎, 九町健一, 小林励司
2. 発表標題 鹿児島大学における高校生向け先取り履修科目開講の試み -高大接続教育の新たな形-
3. 学会等名 日本理科教育学会九州支部大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 中西裕之
2. 発表標題 HI放射機構・原理について
3. 学会等名 SKA precursorによる星間物質研究ワークショップ2023
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 中西裕之
2. 発表標題 ASKAP/MeerKAT ISM論文レビュー 15
3. 学会等名 SKA precursorによる星間物質研究ワークショップ2023
4. 発表年 2023年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計0件

〔取得〕 計1件

産業財産権の名称 離散信号処理装置、デジタル分光計及び離散信号処理方法	発明者 中西 裕之、中原 瑳 衣子	権利者 鹿児島大学
産業財産権の種類、番号 特許、特許第7429022号	取得年 2024年	国内・外国の別 国内

〔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 分担者	小林 秀行 (Kobayashi Hideyuki) (20211906)	国立天文台・水沢 V L B I 観測所・特任教授 (62616)	
研究 分担者	藤澤 健太 (Fujisawa Kenta) (70311181)	山口大学・時間学研究所・教授 (15501)	

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