

令和 6 年 5 月 9 日現在

機関番号：24405

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2021～2023

課題番号：21K03628

研究課題名（和文）ミリ波帯分子線高角度分解能撮像で探る活動銀河核トーラスの内部構造

研究課題名（英文）Probing the internal structure of AGN torus by high angular resolution imaging of millimeter-wave molecular lines

研究代表者

澤田 聡子（Sawada-Satoh, Satoko）

大阪公立大学・大学院理学研究科・客員研究員

研究者番号：00452631

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）：活動銀河核(AGN)の中心に存在する超巨大ブラックホールの周囲の分子ガスの分布と速度構造を、電波干渉計および超長基線干渉計を用いた高空間分解能観測によって調査した。その結果、近傍電波銀河NGC4261の超巨大ブラックホールから半径100パーセクの領域では、ブラックホールを取り巻くケプラー回転分子円盤を確認した。一方、その内側の半径1パーセク以内の領域では分子ガスは回転運動から逸脱していき、乱流運動や中心のブラックホールに降着していく運動が検出された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

AGNの活動エネルギーの燃料となる降着物質の物理状態・物質構成・運動の調査は、超巨大ブラックホールへの角運動量輸送機構や、超巨大ブラックホールの進化・周囲環境に与える相互作用など、当該分野の未解明問題に重要な情報を獲得するものである。本研究では、ブラックホールへの質量降着過程が半径に依存して変化している様子を初めて観測的に明らかにし、降着物質が角運動量を損失する領域に大きな制限を与えた。また、本研究による降着物質と電波ジェットの物理的相互作用を示唆する成果は、銀河進化において重要な現象であるAGNフィードバックへの新しい理解に繋がると期待する。

研究成果の概要（英文）：We investigated molecular gas distribution and kinematics surrounding a supermassive black hole (SMBH) in the nearby active galactic nuclei, by performing high spatial resolution observations with interferometers and VLBI. Our interferometric observations of a nearby radio galaxy NGC4261 showed that the molecular gas is distributed in a rotating disk structure with a 100 pc radius. On the other hands, our VLBI images revealed that the molecular gas within one pc radius has complex kinematics including turbulence and ongoing gas infall on to the SMBH.

研究分野：電波天文学

キーワード：活動銀河核 電波銀河 角運動量輸送 質量降着過程 分子ガストーラス 超巨大ブラックホール 電波ジェット

1. 研究開始当初の背景

活動銀河核 (AGN) は、宇宙最大規模のエネルギー放射と激しい時間変動を見せる天体である。その膨大な活動エネルギー源は、AGNの中心に潜む超巨大ブラックホールが周囲の降着物質を飲み込む時に解放される重力エネルギーであると推測されている。AGN統一モデルでその存在が提唱されるトーラスはその降着物質の貯蔵庫と考えられており、トーラスの物理状態、物質構成、運動を検証することによりAGNの角運動量輸送機構を解明することが可能となる。

研究開始当初、超長基線干渉計VLBIやミリ波サブミリ波電波干渉計ALMA・NOEMA等による高角分解能観測によってAGN周囲の環境が撮像されてきた。いくつかの近傍AGNにおいて半径10-100パーセクの領域では一酸化炭素 (CO) など分子ガスが付随する円盤状の構造が分解されて撮像され、さらに1パーセク以下の領域では電離ガスや水蒸気メーザーガスの高密度に集中した分布が既に知られていた。このようにAGN周囲の様々なスケールでの観測研究が進むに従い、半径によってガスの温度、密度、構成、運動が少しずつ異なっていることが分かってきた。この事実は半径によってAGN質量降着過程が変化することを示唆し、この銀河スケールからAGNスケールへの質量降着過程の変化はトーラス領域で発生していると考えられる。従って、これらAGN周囲の半径0.1-100パーセク領域の高角分解能観測は、銀河内の物質が最終的にどのように中心の超巨大ブラックホールへ降着していくかというAGN質量降着過程を理解する上で重要である。

2. 研究の目的

本研究課題では、超巨大ブラックホールへの降着物質貯蔵庫であるトーラス内部の物理状態・物質構成・運動を半径0.1-100パーセクの範囲でスケールを変えて調査する。そして銀河スケールからトーラススケールを経てブラックホールへの角運動量輸送機構の解明を目指す。さらに、本研究で実施する近傍電波銀河におけるHCNおよびHCO+分子スペクトル線の探査を通して、HCNとHCO+分子スペクトル線が電波銀河AGN領域の観測プローブとして今後有用となるかを検証する。

3. 研究の方法

本研究課題ではAGN領域の半径0.1-100パーセクの範囲を撮像するため、この領域の観測プローブとしてHCNおよびHCO+の分子スペクトル線と水蒸気メーザー輝線を選定する。分子スペクトル線は、輝線と吸収線どちらも観測対象とする。吸収線を検出するには明るい背景放射が必要なので、明るいシンクロトロンジェットを持つ近傍電波銀河を観測対象として設定する。高角分解能撮像を実行するために、観測には電波干渉計およびVLBIを用いる。

まず電波干渉計を用いて近傍電波銀河のAGN領域のHCNおよびHCO+分子スペクトル線の探査を実行する。そしてこれらの分子スペクトル線検出後、半径10-100パーセクの領域の分子ガスの分布と運動を求める。同様に、近傍電波銀河の水蒸気メーザーのVLBI撮像により、1パーセク以内の領域の水分子ガスの分布と運動を求める。最終的にこれらの観測情報をまとめて、トーラス内部の物理状態・物質構成・運動を半径0.1-100パーセクの範囲で検証する。

4. 研究成果

- (1) 電波干渉計NOEMAによる近傍電波銀河の分子スペクトル線の発見 (Sawada-Satoh et al. 2022, A&A, 664, L11)

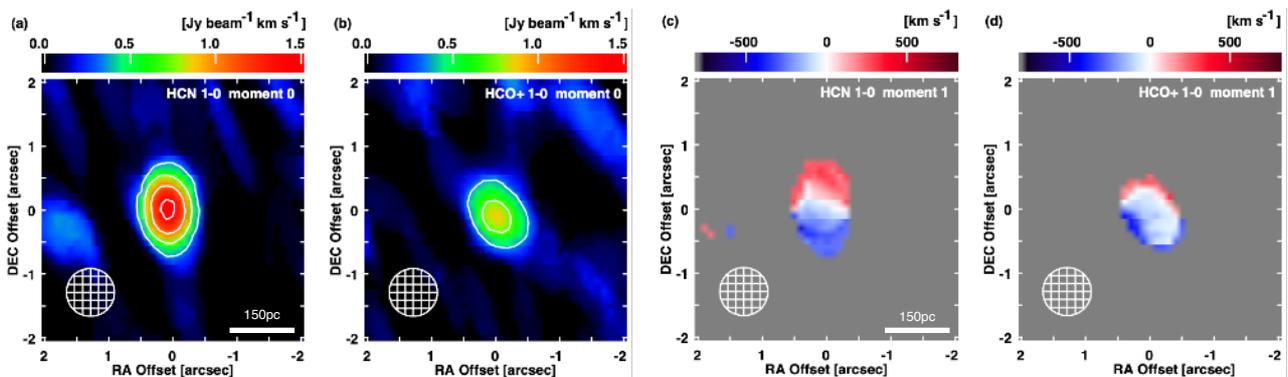


図1: 電波望遠鏡NOEMAによって撮像された電波銀河NGC4261のAGN領域のHCN (J=1-0) およびHCO+ (J=1-0) 輝線の電波画像。左から順に (a) HCN (J=1-0) の空間分布、(b) HCO+ (J=1-0) の空間分布、(c) HCN (J=1-0) の速度場、(d) HCO+ (J=1-0) の速度場。

NOEMAを用いて近傍にある複数の電波銀河の分子スペクトル線を探索した。その結果、銀河NGC4261の中心部でHCN(J=1-0)およびHCO+(J=1-0)の輝線を初検出した。NGC4261は過去のハッブル宇宙望遠鏡(HST)の観測により、中心に半径150パーセクのダスト円盤を持つことが知られている銀河であり、さらに過去のALMAによるCO輝線観測でもこの円盤が検出されている。今回の我々の観測では、HCNおよびHCO+輝線はこの円盤の半径100パーセク以内の領域に付随していることが明らかになり、これらの輝線から導出された速度場はケプラー回転運動でよく説明出来ることが示された(図1)。すなわち、HCNおよびHCO+輝線は中心のブラックホールの重力影響範囲内により分布し、この領域の良い観測プローブであることが明らかとなった。またこの観測から、NGC4261の中心のブラックホールと核周円盤の質量はそれぞれ太陽質量の $1.6 \times 10^9$ 倍および $6.0 \times 10^7$ 倍と見積もられた。

(2) 電波銀河NGC4261の水蒸気レーザーガスが示す半径1パーセク以内の領域のガス降着の発見 (Sawada-Satoh et al. 2023, PASJ, 75, 722)

電波銀河NGC4261の中心部から放射される水蒸気レーザーをVLBIを用いて初めて撮像し、水分子ガスはNGC4261の回転円盤の半径0.3パーセクの領域に分布していることを明らかにした。検出したレーザーのスペクトルは速度幅が広く、複数の速度成分が見つかった。このことは、超巨大ブラックホールのごく近傍の領域で降着と乱流を含む複雑な運動をしていることを示唆する。半径100パーセクの領域で見られた安定したケプラー回転運動はこの領域では見られず、ブラックホールを周回する分子円盤のごく内側では、ブラックホールへの降着運動が優勢であることが示された(図2)。

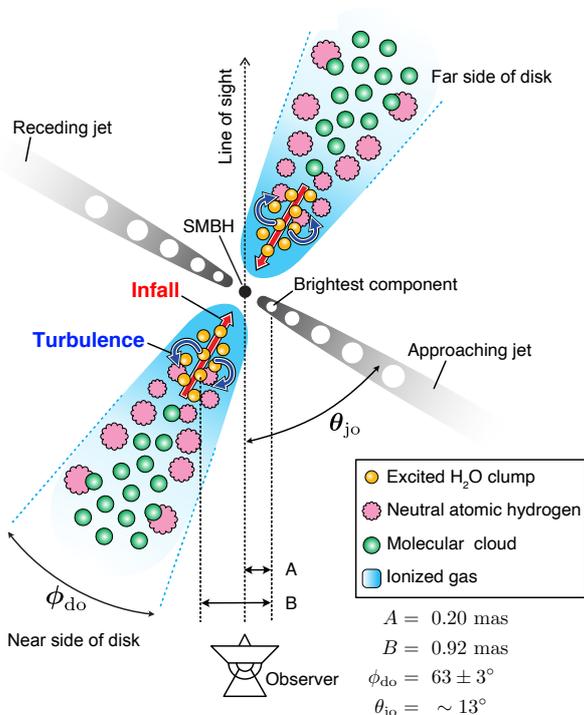


図2: 本観測結果をもとに作成した電波銀河NGC4261のAGN領域の概念図。中心に超巨大ブラックホールが存在し、そこから双極電波ジェットが噴出している。円盤はジェットと垂直方向に半径150パーセクの領域まで広がっている。円盤は電離ガス、原子ガス、分子ガスで構成された複相構造をしている。円盤の表面は中心からのX線に晒され、分子や原子は存在できずに電離ガスが分布する。一方、原子ガスや分子ガスは円盤内部の低温領域に存在する。そのうち、約500Kの温度の領域では水分子が励起されて反転分布を持ち、水蒸気レーザーが放射される。この領域では降着運動や乱流運動が見られる。

(3) 近傍電波銀河NGC1052の分子吸収線を用いたトーラスの内部構造の調査 (Sawada-Satoh et al. in prep.)

我々の分子吸収線探索観測によってHCN, HCO+, 一酸化硫黄(SO)など多くの分子吸収線が発見された電波銀河NGC1052のAGN領域を対象に、ミリ波VLBI観測網KVNを用いて分子ガスの分布を0.1パーセクの分解能で調査した。その結果、まずHCN分子吸収線では複数見えていた速度成分が消えたり現れたりという時間変化が数年の間で見られた。これは、HCN分子ガスがトーラス領域で0.1パーセク未満のサイズのクランプ状の構造であること、そしてこれが背景放射の前を横切る運動をしていることを示している。また、本観測で撮像したSO分子吸収線の空間分布はトーラスのごく内側に存在し、HCNおよびHCO+分子ガスの分布とは異なる特徴を見せていることも分かった。SOやCSなど硫黄を含む分子スペクトル線はショック領域によく付随すると考えられることから、SO吸収線の分布や強度からトーラスとジェットとの物理的な相互作用に関する重要な情報が得られると期待できる。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計36件（うち査読付論文 35件 / うち国際共著 19件 / うちオープンアクセス 32件）

1. 著者名 Kameno Seiji, Harikane Yuichi, Sawada-Satoh Satoko, Sawada Tsuyoshi, Saito Toshiki, Nakanishi Kouichiro, Humphreys Elizabeth	4. 巻 75
2. 論文標題 ALMA detection of 321GHz water maser emission in the radio galaxy NGC1052	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 L1 ~ L5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/pasj/psad011	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 Ro H., Kino M., Sohn B.W., Hada K., Park J., Nakamura M., Cui Y., Yi K., Chung A., Hodgson J., Kawashima T., An T., Trippe S., Algaba J.-C., Kim J.-Y., Sawada-Satoh Satoko, Wajima K., Shen Z., Cheng X., Cho I., Jiang W., Jung T., Lee J.-W., Niinuma K. 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 Sawada-Satoh Satoko, Kawakatu Nozomu, Niinuma Kotaro, Kameno Seiji	4. 巻 75
2. 論文標題 Very long baseline interferometry imaging of H2O maser emission in the nearby radio galaxy NGC4261	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 722 ~ 731
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/pasj/psad032	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 Cui Y., Hada K., Kawashima T., Kino M., Lin W., Mizuno Y., Ro H., Honma M., Yi K., Yu J., Park J., Jiang W., Shen Z., Kravchenko E., Algaba J.-C., Cheng X., Cho I., Giovannini G., Giroletti M., Jung T., Lu R.-S., Niinuma K., Oh J., Ohsuga K., Sawada-Satoh S. et al.	4. 巻 621
2. 論文標題 Precessing jet nozzle connecting to a spinning black hole in M87	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Nature	6. 最初と最後の頁 711 ~ 715
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41586-023-06479-6	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 Kameno Seiji, Harikane Yuichi, Sawada-Satoh Satoko, Sawada Tsuyoshi, Saito Toshiki, Nakanishi Kouichiro, Humphreys Elizabeth, Impellizzeri C M Violette	4. 巻 -
2. 論文標題 Sub-parsec-scale jet-driven water maser with possible gravitational acceleration in the radio galaxy NGC?1052	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 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/pasj/psae015	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 Kudoh Yuki, Wada Keiichi, Kawakatu Nozomu, Nomura Mariko	4. 巻 950
2. 論文標題 Multiphase Gas Nature in the Sub-parsec Region of the Active Galactic Nuclei. I. Dynamical Structures of Dusty and Dust-free Outflow	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 72 ~ 72
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/accc2b	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 Fujita Yutaka, Izumi Takuma, Kawakatu Nozomu, Nagai Hiroshi, Hirasawa Ryo, Ikeda Yu	4. 巻 75
2. 論文標題 The correlation between the 500pc scale molecular gas masses and AGN powers for massive elliptical galaxies	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 925 ~ 936
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/pasj/psad050	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 Fujita Yutaka, Izumi Takuma, Nagai Hiroshi, Kawakatu Nozomu, Kawanaka Norita	4. 巻 964
2. 論文標題 The Relationships between Active Galactic Nucleus Power and Molecular Gas Mass within 500 pc of the Center of Elliptical Galaxies	5. 発行年 2024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/ad28c0	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 Cui Y., Hada K., Kawashima T., Kino M., Lin W., Mizuno Y., Ro H., Honma M., Yi K., Yu J., Park J., Jiang W., Shen Z., Kravchenko E., Algaba J.-C., Cheng X., Cho I., Giovannini G., Giroletti M., Jung T., Lu R., Niinuma K., Oh J., Ohsuga K., Sawada-Satoh Satoko, Sohn B.W., Takahashi H.R., Takamura M., Tazaki F., Trippe S., Wajima K. et al.	4. 巻 621
2. 論文標題 Precessing jet nozzle connecting to a spinning black hole in M87	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Nature	6. 最初と最後の頁 711 ~ 715
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41586-023-06479-6	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 Sawada-Satoh Satoko, Kawakatu Nozomu, Niinuma Kotaro, Kamenno Seiji	4. 巻 75
2. 論文標題 Very long baseline interferometry imaging of H2O maser emission in the nearby radio galaxy NGC74261	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 722 ~ 731
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/pasj/psad032	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 Ro H., Kino M., Sohn B.W., Hada K., Park J., Nakamura M., Cui Y., Yi K., Chung A., Hodgson J., Kawashima T., An T., Trippe S., Algaba J.-C., Kim J.-Y., Sawada-Satoh Satoko, Wajima K., Shen Z., Cheng X., Cho I., Jiang W., Jung T., Lee J.-W., Niinuma K., Oh J., Tazaki F., Zhao G.-Y., 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 Fujita Yutaka, Izumi Takuma, Nagai Hiroshi, Kawakatu Nozomu, Kawanaka Norita	4. 巻 964
2. 論文標題 The Relationships between Active Galactic Nucleus Power and Molecular Gas Mass within 500 pc of the Center of Elliptical Galaxies	5. 発行年 2024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/ad28c0	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 Fujita Yutaka, Izumi Takuma, Kawakatu Nozomu, Nagai Hiroshi, Hirasawa Ryo, Ikeda Yu	4. 巻 75
2. 論文標題 The correlation between the 500 $\mu$ m scale molecular gas masses and AGN powers for massive elliptical galaxies	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 925 ~ 936
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/pasj/psad050	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 Kudoh Yuki, Wada Keiichi, Kawakatu Nozomu, Nomura Mariko	4. 巻 950
2. 論文標題 Multiphase Gas Nature in the Sub-parsec Region of the Active Galactic Nuclei. I. Dynamical Structures of Dusty and Dust-free Outflow	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 72 ~ 72
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/accc2b	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 Giovannini Gabriele, 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 該当する

1. 著者名 Kameno Seiji, Harikane Yuichi, Sawada-Satoh Satoko, Sawada Tsuyoshi, Saito Toshiki, Nakanishi Kouichiro, Humphreys Elizabeth	4. 巻 75
2. 論文標題 ALMA detection of 321GHz water maser emission in the radio galaxy NGC1052	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 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/pasj/psad011	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 Tsutsumi Toshihisa, Niinuma Kotaro, Imai Hiroshi, Amari Ryoko, Shimizu Yusuke, Ogawa Hideo, Nishimura Atsushi, Miyazawa Chieko, Oyama Tomoaki, Kaneko Hiroyuki, Nakashima Keisuke, Sawada-Satoh Satoko, Aoki Takahiro	4. 巻 11
2. 論文標題 HINOTORI and Its Perspectives in the Black-Hole Jet Study	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Galaxies	6. 最初と最後の頁 30 ~ 30
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/galaxies11010030	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 Kameno Seiji, Sawada-Satoh Satoko, Impellizzeri C. M. Violette, Kohno Kotaro, Mart?n Sergio, Espada Daniel, Nakai Naomasa, Sugai Hajime, Terashima Yuichi, Lee Minju M., Kawakatu Nozomu	4. 巻 944
2. 論文標題 Probing the Jet: Torus Interaction in the Radio Galaxy NGC 1052 by Sulfur-bearing Molecules	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 156 ~ 156
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/acb499	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 Fujisawa Kenta, Aoki Takahiro, Kanazawa Sho, Akimoto Masanori, Ogura Tatsuya, Mori Kurena, Niinuma Kotaro, Motogi Kazuhito, Sawada-Satoh Satoko, Takefuji Kazuhiro, Ogawa Hideo, Kimura Kimihiro, Yonekura Yoshinori, Honma Mareki	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 オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Sawada-Satoh Satoko, Kameno Seiji, Trippe Sascha	4. 巻 664
2. 論文標題 Circumnuclear dense gas disk fuelling the active galactic nucleus in the nearby radio galaxy NGC 4261	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Astronomy & Astrophysics	6. 最初と最後の頁 L11 ~ L11
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1051/0004-6361/202244047	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 Ikebe Sota, Takefuji Kazuhiro, Terasawa Toshio, Eie Sujin, Akahori Takuya, Murata Yasuhiro, Hashimoto Tetsuya, Kisaka Shota, Honma Mareki, Yoshiura Shintaro, Suzuki Syunsaku, Oyama Tomoaki, Sekido Mamoru, Niinuma Kotaro, Takeuchi Hiroshi, Yonekura Yoshinori, Enoto Teruaki	4. 巻 75
2. 論文標題 Detection of a bright burst from the repeating fast radio burst 20201124A at 2GHz	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 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 -

1. 著者名 Uchiyama Hisakazu, Yamashita Takuji, Nagao Tohru, Ono Yoshiaki, Toshikawa Jun, Ichikawa Kohei, Kawakatu Nozomu, Kajisawa Masaru, Toba Yoshiki, Matsuoka Yoshiki, Kubo Mariko, Imanishi Masatoshi, Ito Kei, Kawaguchi Toshihiro, Lee Chien-Hsiu, Saito Tomoki	4. 巻 74
2. 論文標題 A Wide and Deep Exploration of Radio Galaxies with Subaru HSC (WERGS). IX. The most overdense region at z=5 inhabited by a massive radio galaxy	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 L27 ~ L32
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/pasj/psac075	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 Uchiyama Hisakazu, Yamashita Takuji, Nagao Tohru, Ichikawa Kohei, Toba Yoshiki, Ishikawa Shogo, Kubo Mariko, Kajisawa Masaru, Kawaguchi Toshihiro, Kawakatu Nozomu, Lee Chien-Hsiu, Noboriguchi Akatoki	4. 巻 934
2. 論文標題 A Wide and Deep Exploration of Radio Galaxies with Subaru HSC (WERGS). VII. Redshift Evolution of Radio Galaxy Environments at z = 0.3-1.4	5. 発行年 2022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/ac77ee	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 Uchiyama Hisakazu, Yamashita Takuji, Toshikawa Jun, Kashikawa Nobunari, Ichikawa Kohei, Kubo Mariko, Ito Kei, Kawakatu Nozomu, Nagao Tohru, Toba Yoshiki, Ono Yoshiaki, Harikane Yuichi, Imanishi Masatoshi, Kajisawa Masaru, Lee Chien-Hsiu, Liang Yongming	4. 巻 926
2. 論文標題 A Wide and Deep Exploration of Radio Galaxies with Subaru HSC (WERGS). VI. Distant Filamentary Structures Pointed Out by High-z Radio Galaxies at z ? 4	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 76 ~ 76
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/ac441c	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 Uchiyama Hisakazu, Yamashita Takuji, Toshikawa Jun, Kashikawa Nobunari, Ichikawa Kohei, Kubo Mariko, Ito Kei, Kawakatu Nozomu, Nagao Tohru, Toba Yoshiki, Ono Yoshiaki, Harikane Yuichi, Imanishi Masatoshi, Kajisawa Masaru, Lee Chien-Hsiu, Liang Yongming	4. 巻 926
2. 論文標題 A Wide and Deep Exploration of Radio Galaxies with Subaru HSC (WERGS). VI. Distant Filamentary Structures Pointed Out by High-z Radio Galaxies at $z \geq 4$	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 76 ~ 76
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/ac441c	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 The EHT MVL Science Working Group, Niinuma K., Sawada-Satoh S., et al.	4. 巻 911
2. 論文標題 Broadband Multi-wavelength Properties of M87 during the 2017 Event Horizon Telescope Campaign	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal Letters	6. 最初と最後の頁 L11 ~ L11
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/2041-8213/abef71	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 Cui Yu-Zhu, Sawada-Satoh Satoko, Niinuma Kotaro, 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, Sawada-Satoh Satoko, Niinuma Kotaro, 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 Hatsukade B., Tominaga N., Morokuma T., Morokuma-Matsui K., Tamura Y., Niinuma K., Hayashi M., Matsuda Y., Motogi K.	4. 巻 911
2. 論文標題 Variability of Late-time Radio Emission in the Superluminous Supernova PTF10hgi	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal Letters	6. 最初と最後の頁 L1~L1
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/2041-8213/abef03	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 Kino Motoki, Niinuma Kotaro, Kawakatu Nozomu, Nagai Hiroshi, Giovannini Gabriele, Orienti Monica, Wajima Kiyooki, D'Ammando Filippo, Hada Kazuhiro, Giroletti Marcello, Gurwell Mark	4. 巻 920
2. 論文標題 Morphological Transition of the Compact Radio Lobe in 3C 84 via the Strong Jet-Cloud Collision	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal Letters	6. 最初と最後の頁 L24~L24
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/2041-8213/ac24fa	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 Hatsukade Bunyo, Tominaga Nozomu, Morokuma Tomoki, Morokuma-Matsui Kana, Matsuda Yuichi, Tamura Yoichi, Niinuma Kotaro, Motogi Kazuhiro	4. 巻 922
2. 論文標題 A VLA Survey of Late-time Radio Emission from Superluminous Supernovae and the Host Galaxies	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 17~17
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/ac20d5	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 Acciari V A, Niinuma K, et al.	4. 巻 510
2. 論文標題 Multiwavelength study of the gravitationally lensed blazar QSO B0218+357 between 2016 and 2020	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Monthly Notices of the Royal Astronomical Society	6. 最初と最後の頁 2344~2362
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/mnras/stab3454	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 Nagai H., Kawakatu N.	4. 巻 914
2. 論文標題 Diffuse Synchrotron Emission Associated with the Starburst in the Circumnuclear Disk of NGC 1275	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal Letters	6. 最初と最後の頁 L11 ~ L11
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/2041-8213/ac03ba	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 Fujita Yutaka, Kawakatu Nozomu, Nagai Hiroshi	4. 巻 924
2. 論文標題 Massive Molecular Gas as a Fuel Tank for Active Galactic Nuclei Feedback In Central Cluster Galaxies	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 24 ~ 24
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/ac31a6	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 Uchiyama Hisakazu, Yamashita Takuji, Toshikawa Jun, Kashikawa Nobunari, Ichikawa Kohei, Kubo Mariko, Ito Kei, Kawakatu Nozomu, Nagao Tohru, Toba Yoshiki, Ono Yoshiaki, Harikane Yuichi, Imanishi Masatoshi, Kajisawa Masaru, Lee Chien-Hsiu, Liang Yongming	4. 巻 926
2. 論文標題 A Wide and Deep Exploration of Radio Galaxies with Subaru HSC (WERGS). VI. Distant Filamentary Structures Pointed Out by High-z Radio Galaxies at $z \sim 4$	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 76 ~ 76
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/ac441c	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 Wada Keiichi, Kudoh Yuki, Yutani Naomichi, Kawakatu Nozomu	4. 巻 15
2. 論文標題 Nature of inflows and outflows in AGNs	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Proceedings of the International Astronomical Union	6. 最初と最後の頁 297 ~ 306
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1017/S1743921320004251	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 -

〔学会発表〕 計31件（うち招待講演 8件 / うち国際学会 7件）

1. 発表者名 澤田-佐藤 聡子
2. 発表標題 Probing the AGN fueling in the nearby radio galaxies with the high-resolution observation
3. 学会等名 第11回 山田研究会「宇宙における降着現象 ~活動性・多様性の源~」
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Satoko Sawada-Satoh
2. 発表標題 Dense gas morphology and kinematics of NGC 4261 : Probing the AGN fueling
3. 学会等名 Dense GAS in Nearby Galaxies -- ALMA Workshop (国際学会)
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 川勝 望
2. 発表標題 コクーン膨張力学から探る3C84ミニジェットパワーの時間進化とプラズマ組成
3. 学会等名 ブラックホール大研究会 ~星質量から超巨大ブラックホールまで~
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 澤田-佐藤 聡子
2. 発表標題 AGNサブパーセク領域の構造と運動
3. 学会等名 ngVLAサイエンスワーキンググループ合同会合（招待講演）
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 澤田-佐藤 聡子, 川勝 望, 新沼 浩太郎, 亀野 誠二
2. 発表標題 日韓 VLBI 観測網による電波銀河 NGC4261 の水メカメーザーの空間分布
3. 学会等名 日本天文学会2023年秋季年会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Satoko Sawada-Satoh
2. 発表標題 Multiphase gas torus fueling the active galactic nuclei in nearby radio galaxies
3. 学会等名 2023 Asia Pacific Regional IAU Meeting (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Satoko Sawada-Satoh
2. 発表標題 Gas morphology and kinematics of NGC4261: probing the AGN fuelling with VLBI
3. 学会等名 Bologna VLBI: Life begins at 40! (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 新沼浩太郎, 紀基樹, 川勝望, 永井洋, F., D' Ammando, G., Givannini, M., Orienti, M., Giroletti, 秦和弘, 輪島清昭
2. 発表標題 3C84 における北側ジェットの長期間にわたる停滞現象と AGN 核周構造
3. 学会等名 日本天文学会2023年秋季年会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Satoko Sawada-Satoh
2. 発表標題 Water masers associated with AGN in radio galaxies
3. 学会等名 Cosmic Masers: Proper Motion toward the Next-Generation Large Projects (International Astronomical Union Symposium 380) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 澤田-佐藤 聡子
2. 発表標題 高角分解能観測が暴く近傍電波銀河の質量降着過程
3. 学会等名 ブラックホールジェット・降着円盤・円盤風研究会 2023
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 澤田-佐藤 聡子
2. 発表標題 高密度分子ガスの高角分解能観測で明らかにする活動銀河核質量降着の現場
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 Satoko Sawada-Satoh
2. 発表標題 Circumnuclear dense molecular gas in the nearby radio galaxy NGC 4261
3. 学会等名 TORUS 2022 Workshop (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 澤田-佐藤 聡子, 亀野誠二, Sascha Trippe
2. 発表標題 近傍電波銀河 NGC 4261 の 100-pc スケール高密度ガス円盤
3. 学会等名 日本天文学会2022年秋季年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 澤田-佐藤 聡子
2. 発表標題 AGNサブパーセク領域の構造と運動
3. 学会等名 ngVLAサイエンスワーキンググループ合同会合 (招待講演)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 新沼 浩太郎
2. 発表標題 ガンマ線バーストGRB221009AのJVN少数基線追観測
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 新沼浩太郎
2. 発表標題 SKAJ 技術検討班活動報告：日本の技術的貢献の可能性
3. 学会等名 SKA Japanワークショップ2022 (招待講演)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Kotaro Niinuma
2. 発表標題 High energy blazar study by JVN and EAVN
3. 学会等名 Black hole astrophysics with VLBI 2023 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 川勝 望
2. 発表標題 コクーン膨張力学から探る3C84ミニジェットのパワーとプラズマ組成
3. 学会等名 日本天文学会2022年秋季年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 工藤祐己, 和田桂一, 川勝望, 野村真理子
2. 発表標題 ダスト昇華半径周辺における輻射駆動アウトフロー
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 今西昌俊、Dieu D. Nguyen、井口聖、泉拓磨、中西康一郎、和田桂一、萩原喜昭、川勝望、大西響子
2. 発表標題 NGC1068のALMA高空間分解能観測：逆回転する高密度分子トーラスの発見
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 亀野 誠二, 澤田-佐藤 聡子
2. 発表標題 電波銀河 NGC 1052 における SO 吸収線による分子ガストーラスの温度計測
3. 学会等名 日本天文学会2021秋季年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 永井 洋, 川勝 望
2. 発表標題 NGC 1275 核周円盤における超新星爆発起源の電波放射の発見
3. 学会等名 日本天文学会2021秋季年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 紀基樹, 新沼浩太郎, 川勝望, 永井洋, G. Giovannini, M. Orienti, 輪島清昭, F. D'Ammando, 秦和弘, M. Giroletti, M. Gurwell
2. 発表標題 ジェット・ガス雲衝突で誘発された 3C84 電波ローブの FR II/FR I 遷移
3. 学会等名 日本天文学会2021秋季年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 米倉覚則, 田辺義浩, 岩田悠平, 伊藤美穂, 高木奏人, 永野稜大, 百瀬宗武, 知念翼, 増井翔, 山崎康正, 小川英夫, 元木業人, 新沼浩太郎, 藤沢健太, 須藤広志, 久野成夫, 中川亜紀治, 本間希樹, 小林秀行, 他大学間連携 VLBI group
2. 発表標題 高萩 / 日立 32 m 電波望遠鏡の整備状況 2021B
3. 学会等名 日本天文学会2021秋季年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 坪野公夫, 大師堂経明, 遊馬邦之, 岳藤一宏, 新沼浩太郎
2. 発表標題 那須電波干渉計によって観測された Cygnus X-3 の巨大フレア (2)
3. 学会等名 日本天文学会2021秋季年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 藤田裕, 川勝望, 永井洋
2. 発表標題 冷たいガスを軸とした銀河団中心銀河での AGN feedback
3. 学会等名 日本天文学会2022年春季年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 内山 久和, 山下 拓時, 長尾 透, 久保 真理子, 鍛冶澤 賢, 市川 幸平, 登口 暁, 鳥羽 儀樹, 石川 将吾, 川口 俊宏, 川勝 望, Chien-Hsiu Lee
2. 発表標題 A Wide and Deep Exploration of Radio Galaxies with Subaru HSC (WERGS): $z = 0.3 - 1.4$ の電波銀河周辺環境の統計的理解
3. 学会等名 日本天文学会2022年春季年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Kotaro Niinuma
2. 発表標題 Slow Radio Transients in the SKA era
3. 学会等名 East Asia SKA Workshop 2021 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 新沼浩太郎
2. 発表標題 短時間電波トランジェントで挑む 宇宙の進化史 - 突発天体研究の常識を変えるSKA
3. 学会等名 Japan SKA Consortium Science Strategy Workshop 2021 (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Kotaro Niinuma
2. 発表標題 Time domain studies with next generation radio interferometers
3. 学会等名 Linking the science of large interferometers in the 2030s (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 澤田-佐藤 聡子
2. 発表標題 活動銀河核pc/sub-pcスケールの質量降着
3. 学会等名 ALMA workshop 2021「ALMAによる ミリ波/サブミリ波VLBIのサイエンス」(招待講演)
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 分 担 者	新沼 浩太郎  (Niinuma Kotaro)  (30434260)	山口大学・大学院創成科学研究科 ・教授   (15501)	

6. 研究組織（つづき）

	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	川勝 望  (Kawakatu Nozomu)  (30450183)	呉工業高等専門学校・自然科学系分野・教授    (55401)	

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			
チリ	Joint ALMA Observatory			
韓国	韓国天文研究院 (KASI)	ソウル国立大学 (SNU)		