

令和 4 年 6 月 15 日現在

機関番号：62616

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2021

課題番号：17K05398

研究課題名(和文)メーザー源時間変動と大質量原始星への質量降着の解明に向けた国際共同研究

研究課題名(英文)International joint research for maser variability and mass accretion processes in high-mass protostars

研究代表者

廣田 朋也(Hirota, Tomoya)

国立天文台・水沢VLBI観測所・助教

研究者番号：10325764

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、電波干渉計による観測により、太陽質量の8倍以上の生まれたばかりの重たい星「大質量原始星」における強い電波放射「メーザー」の時間変動現象の解明を目指している。初年度にはイタリアでの研究会において国際共同観測チームMaser Monitoring Organization (M20)を結成し、その結果G358.93とG24.33の2天体でメーザー増光の検出に成功した。また、すでに研究が進んでいるNGC6334、S255の2天体についても、メーザー増光が原始星への質量降着に伴う光度の増加で引き起こされ、その質量降着率やタイムスケールが天体ごとに差異があることを観測的に明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

大質量星は、星団で形成され周囲のガスを電離したり、進化末期に超新星爆発を起こして重元素を放出したりするなど宇宙や銀河の進化にも大きな影響を与える重要な存在である。しかし、生まれたばかりの大質量原始星は数が少ないために、これらがどのようにして周囲から物質を獲得(質量降着)して成長するのか、という基本問題についても理解が進んでいない。本科研費による国際共同研究は、大質量原始星が成長する際に起こる周辺環境の変化をメーザー放射の時間変動によって捉える手法を確立し、大質量星形成の理論を構築する上で重要な役割を果たしている。

研究成果の概要(英文)：This research aims to investigate time variation of strong maser emission associated with high-mass protostars, which are newly born stars more massive than 8 times the Solar masses, through radio interferometer observations. In the first year of this study, an international collaboration team Maser Monitoring Organization (M20) was established during an international conference in Italy. As a result, maser flares in two sources, G358.93 and G24.33, were successfully identified. In addition, detailed observational studies on well studied sources, NGC6334 and S255, were also carried out. It is found that the maser flare could be caused by luminosity increase due to mass accretion onto protostars, and that the accretion rate and timescale show source-to-source differences.

研究分野：電波天文学

キーワード：電波天文学 大質量星形成 メーザー 超長基線電波干渉計(VLBI) アルマ タイムドメイン天文学 多波長天文学

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

太陽質量の8倍を超える重たい星が生まれる大質量星形成領域では、生まれたばかりの原始星周囲のガス中に含まれる水(H₂O)分子やメタノール(CH₃OH)分子などから、レーザーのように強く増幅された電波であるメーザーが放射されることが知られている。メーザーは輝度が極めて高く、超長基線電波干渉計VLBIによる1ミリ秒角を超える高空間分解能を達成することが可能であり、天球面上のメーザー放射源の固有運動や、年周視差(三角測量)計測による天体の距離決定などに広く用いられている(Hirota et al. 2007)。メーザーの励起は非線形現象で、かつ放射する領域も大きさが1天文単位程度とコンパクトなため、その強度が数週間から10数年のタイムスケールで変動することが知られている。最近では規則的な周期変動を示すメタノールメーザーや水メーザーも発見されている(Szymczak et al. 2016)。メーザーの変動は放射領域の物理的環境の変化によると考えられ、生まれたばかりの大質量原始星への質量降着、原始星近傍から噴き出すガス流(アウトフロー)や星周円盤、連星系での衝撃波の時間変動、磁気再結合(リコネクション)、中心星の脈動やフレアによる、メーザー放射領域における温度や密度、天体からの輻射強度の変化などが原因であると提案されている(Fujisawa et al. 2014での紹介など)。一方で、複数のメーザー源が視線上に重なることによる増幅度の変化(オーバーラッピング現象、Deguchi & Watson 1989)など、幾何学的構造が原因という説もある。しかし、研究開始当初は、メーザー時間変動についての統一した解釈はなかった。特に、本研究開始初期に注目されつつあった、原始星への突発的な質量降着「降着バースト」に伴うメーザーの増光「フレア」はいつどの天体で起こるか事前に予想ができないこともあり、メーザー増光直前と直後の観測データを得ることが極めて困難であった。そのため、このようなメーザーの時間変動、特に大質量星形成研究で重要と考えられている突発的な質量降着やアウトフロー噴出現象についても、研究例は典型的なサンプルとして広く研究されてきた数例にとどまっていた。

2. 研究の目的

本研究は、研究代表者がこれまで進めてきたVLBIを用いた大質量星形成領域に付随するメーザーの観測的研究を発展させ、国際共同研究ネットワークを確立することを目指している。これまでは、世界各国の各研究グループが個別の特定天体ごとの時間変動現象のケーススタディを独自に進めていたものの、星形成やメーザー発生機構のより一般的・統一的な解釈にはつながらず、「特異な興味深い現象の個別研究」という枠を出ていなかった。そこで、このような複数の国際共同研究を統合し、「メーザー時間変動の起源が大質量原始星への質量降着に関連する星形成活動」という、星形成過程では普遍的な現象として理解することが目的である。メーザー時間変動の要因として挙げられているアウトフローの駆動や星周円盤の形成、中心星の脈動やフレアは、全て原始星への質量降着現象と直接関係があり、質量降着が様々なタイムスケールで時間変動することも観測的・理論的に明らかになっている。そのため、メーザーの時間変動を理解することは大質量原始星への質量降着という未解決問題へのヒントを与えると期待される。これを確かめるためには、個々のメーザー時間変動の観測的研究を完成させてその起源を解明し、これらケーススタディを1つのキーワード「大質量原始星への質量降着」のもとに統一的な議論をすることが不可欠である。

3. 研究の方法

本研究では、大質量星形成領域のメーザー源時間変動を明らかにするため、国内のVLBI観測網であるVERA(VLBI Exploration of Radio Astrometry)や国内VLBI観測網JVN(Japanese VLBI Network)、日韓VLBI観測網KaVA(KVN and VERA Array)、東アジアVLBI観測網EAVN(East Asian VLBI Network)、ヨーロッパVLBI観測網EVN(European VLBI Network)、および、アメリカのVLBA(Very Long Baseline Array)やVLA(Very Large Array)、オーストラリアのLBA(Long Baseline Array)やATCA(Australian Telescope Compact Array)など、国際共同や海外のVLBI、電波干渉計を最大限に活用してモニター観測を進め、メーザー源の強度変動や位置同定、固有運動計測を行う。また、アタカマ大型ミリ波サブミリ波干渉計ALMA(Atacama Large Millimeter/submillimeter Array)によって得られた複数分子輝線やミリ波サブミリ波連続波データを合わせて、メーザー源の付随する大質量原始星周辺の力学的構造(アウトフロー、星周円盤)や物理的環境を十分高い空間分解能で明らかにする。

観測研究では、主にVERAやKaVAを用いた大規模探査プログラム(Hirota & Kim 2018)のデータ、および、ALMAをはじめとした望遠鏡や観測所に観測提案を提出することによって得られた共同利用データを用いる。さらに、本研究では国際共同観測ネットワークを確立し、世界各国の大学や観測所が独自に運用する電波望遠鏡や可視光・赤外線望遠鏡を用いたメーザー天体の強度モニターを開始し、より多くのメーザー増光現象の観測を実行する。これらのデータを用いることで、すでに研究が進められているメーザー変動天体のより高頻度な観測、および、メーザー増光現象を示す未知の天体の発見を効率的に行う体制を構築する。これにより、現在進められて

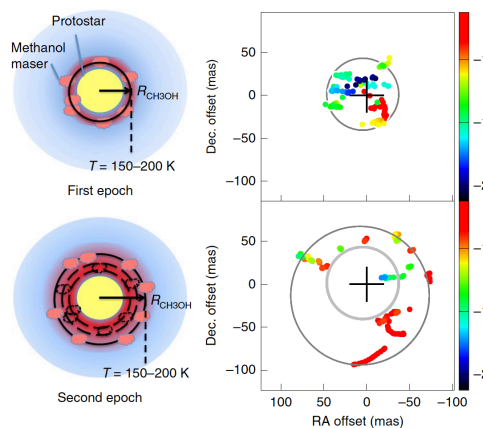
いる大質量星形成領域 S255NIRS3 (以下 S255), NGC6334I-MM1 (以下 NGC6334) などの広く研究が進められている天体を対象とした研究成果を統合するだけでなく、新しく発見されると見込まれる突発的なメーザー増光現象を示す天体もターゲットに含め、研究を発展させる。また、観測天体数を増やすことによって、メーザー増光現象を示す天体の総合的な理解を深め、過去に提唱されているメーザー励起の理論計算、大質量原始星の理論モデルやシミュレーションと比較することにより、メーザー時間変動と大質量原始星への質量降着の関連を検証する。

4. 研究成果

本研究では、初年度の2017年9月にイタリアで開催された国際天文学連合IAU(International Astronomical Union)主催のメーザーに関する国際研究会“IAU Symposium 336: Astrophysical Masers”において、本研究代表者を含む世界10カ国30人以上の研究者が発起人となる国際共同研究チーム“Maser Monitoring Organization (M20)”が立ち上げられた。本研究期間終了時の2022年3月末現在、M20は20カ国以上の84人のメンバーから構成され、発足以降19本の査読付き論文が出版されている。これらの主要な科学的成果について、本研究代表者が参加する個別の国際共同研究を中心に以下で紹介する。

M20による最大の成果は、本研究の研究協力者が国立天文台・茨城大学が共同で運用する32m電波望遠鏡を用いて2019年1月に発見した大質量原始星G358. 93-00. 03 (以下G358) のメタノールメーザーの突発的増光現象である (Sugiyama et al. 2019)。この情報はM20チーム内のメールで共有され、世界各国の観測所でメーザー時間変動の観測や赤外線なども含む多波長観測が進められている。その結果、メタノールメーザーの増光が、中心星の光度増加に伴う環境変化によって引き起こされたことがわかり、赤外線光度の増加から中心星に木星質量の0.6倍程度が突発的に降着する降着バーストによって説明できることが証明された (Stecklum et al. 2021)。また、VLBIを用いたモニター観測では、メタノールメーザーの放射領域が中心星の増光に伴う「熱の波」によって1ヶ月の間に広がっている様子が初めて明らかになった (Burns et al. 2020)。この成果は、2020年1月にNature Astronomy誌に掲載され、各共同研究者の所属機関でプレスリリースが行われたり、一般向けの天文雑誌に取り上げたりするなど、社会的に注目を集めた (図1)。さらに、G358ではこれまでに検出されたことのない未発見のメーザー輝線を発見することにも成功した (Breen et al. 2019, Brogan et al. 2019, Chen et al. 2020a, 2020b)。このことは、メタノールメーザーフレアを引き起こした天体でしか検出できないメーザーを用いることで、降着バーストによる原始星周辺の物理的環境とその時間変動を推定する新たな手段を開拓したという意義がある。

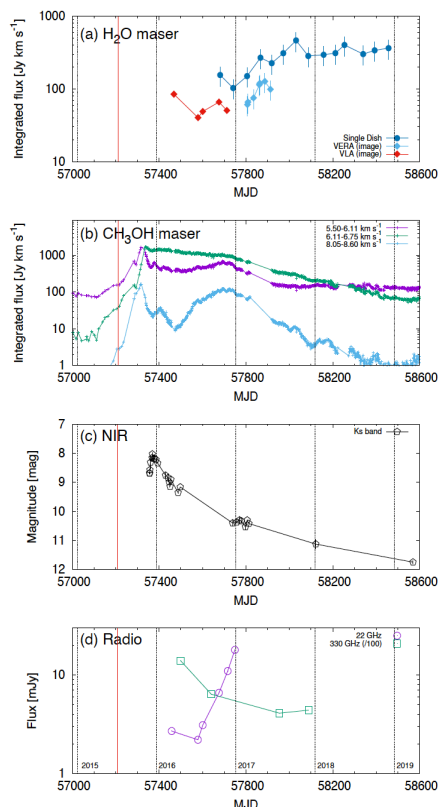
図1 : G358におけるメタノールメーザーの分布の変化。左はメーザーの励起に適した温度が150~200 Kの領域が外側に広がっていく予想を示し、右図が実際にメタノールメーザーの放射が2019年2月2日(上)と28日(下)の間に広がっていく様子がVLBIによって観測されたことを示している。Burn et al. (2020)より。



同様のM20によるモニター観測では、2019年9月にポーランドのグループがG24. 33+0. 14 (以下G24) という大質量原始星でもメーザー増光の検出に成功した (Wolak et al. 2019)。G24では、メタノールメーザーフレアが過去にも観測されており、今回の発見は周期的なメタノールメーザーフレア、または星形成活動が存在するという点でユニークな天体としての認識がなされている。この天体については、本研究代表者らが2016年にすでに共同利用で観測を行っていたALMAのデータを取得済みであったことから、メーザー増光直後のデータを得ることでその前後での原始星やアウトフローの物理量を比較できる貴重な機会となることが期待された。そこで、本研究代表者はALMAにおける所長裁量時間での観測を提案し、メーザーフレアから1ヶ月以内の即時(ToO)観測データを得ることに成功した。その結果、G24におけるミリ波連続波の増光は最大でも10%程度と予想よりも小さかったこと、一方でミリ波でのメタノール分子輝線は20-30%とやや大きな増光を示したものの、G358のような急激な増光は示していないことが明らかになった。このことは、メーザー増光を引き起こす質量降着現象において、降着する物質の量や降着の継続時間に天体ごとの差異があり、それによって、大質量原始星周辺環境への温度や密度、分子存在量(化学組成)への影響が異なることを示唆している。また、G24でもこれまであまり検出されていない比較的珍しいメーザー輝線が検出された (McCarthy et al. 2022) ものの、G358 (Brogan et al. 2019) と比べるとミリ波帯でのメーザー放射は顕著ではなく、降着バーストによるメーザー励起条件が天体ごとに異なることを支持する結果が得られている。

一方、本研究代表者がこれまでに各国代表者を中心とした複数グループと進めていた個別の共同研究においても、各天体のメーザー時間変動現象の描像が詳細になっている。特に、降着バースト現象を初めて確認したS255 (Caratti o Garatt et al. 2017) とNGC6334 (Hunter et al. 2017) でも、最初の論文発行直後のM20の発足に伴い、多角的な研究が発展している。アメリカや南アフリカの研究協力者を中心としたNGC6334の観測結果は共著論文として出版されている (Hunter et al. 2018, Brogan et al. 2018, Chibueze et al. 2021)。NGC6334では、VLBIや電波干渉計観測による水メーザー源の観測が行われ、水メーザーはメタノールメーザーの増光が起こる大質量原始星付近では弱くなり、これとは異なるジェットの衝撃波付近では強くなる成分が存在することが明らかになった。これは、降着バーストが起こった大質量原始星付近では温度が高すぎるためにメーザー放射を起こす反転分布が解消されたこと、原始星から離れた衝撃波領域では強くなった中心星からの輻射の影響でメーザー励起が起こったことを示唆している。また、イタリアとの国際共同研究で行われたVERAとALMAを用いたS255の観測では、水メーザーが急激な増光 (フレア) ではなく中心星の光度増加とジェット噴出に伴う緩やかな増光を示すことを明らかにした (Hirota et al. 2021)。この現象の要因は、NGC6334 で発見された水メーザー増光現象 (Brogan et al. 2018) と同じ機構として解釈されている (図2)。

図2 : S255における水メタノールメーザー、メタノールメーザー、赤外線、電波での強度変動の様子。降着バーストに伴うメタノールメーザーの増光 (b) とほぼ同じ時期に赤外線の増光 (c) が観測され、その後観測されたミリ波電波 (dの緑線) と合わせてこれらの強度が徐々に減衰していく様子が確認される。一方、センチ波電波はジェット噴出に伴い遅れて急激な増光が始まり (dの紫線)、水メーザーはこれと合わせて緩やかに増光 (a) する様子が観測されている。Hirota et al. (2021) より。



また、メーザー時間変動を理解する上で不可欠な、大質量星形成領域におけるアウトフローや星周円盤のような基本的な力学構造の解明、および、そこでのメーザー放射機構の理解を進めるための観測的研究も数多く行われている。以下に代表的な特筆すべき成果をまとめる。

- 2020年1月に終了したKaVAを用いた大質量星形成領域におけるメーザー天体の大規模探査プロジェクトにおいて、ALMAデータと合わせた最初の論文が本研究代表者の指導する大学院生による査読論文として発表され (Kim et al. 2020)、中国やタイなど海外機関とも共同でプレスリリースを行った。本研究では、G25. 82-0. 17 (以下G25) という大質量星形成領域における22 GHz帯の水メーザーやミリ波帯での複数のメタノールメーザーの分布を明らかにし、星団形成領域中の複数の原始星から異なる形状・大きさのアウトフローが噴出している様子が明らかになった。この描像は、大質量星形成領域でのメーザーフレアがどのような力学構造・領域 (円盤、アウトフローの噴出領域付近、またはアウトフロー外縁部の衝撃波領域) のどこで起こっているかを特定する上で基本的な情報を与えるという意義がある。KaVAによるメーザー天体大規模探査プロジェクトでは、本研究期間中に自動解析のためのプログラムを整備し、他の天体の解析も進められている。G25同様に、インドネシア、南アフリカ、タイのグループなど、M20を含む共同研究者が中心となって研究が進めている大質量原始星における水メーザーの固有運動計測とアウトフロー3次元構造の解明は学位論文にまとめられ、今後査読論文文化が計画されている。
- ALMAによる観測では、大質量原始星周囲のアウトフローや星周ガス円盤の撮像データとの比較が行われている。特に、本研究代表者が進めている、太陽系から最も近い大質量星形成領域Orion KL (Hirota et al. 2007) の観測により、大質量原始星候補天体「電波源I」 (以下Source I) の詳細な研究が行われている。その結果、Source Iにおいては、ALMAを用いた観測によって、回転する星周ガス円盤から噴き出すアウトフローの回転を初めて検出した (Hirota et al. 2017)。回転するアウトフローは理論的に予測されていた磁気遠心力円盤風を示唆しており、理論的な観点からも重要な発見と認められた。2017年6月にはその成果がNature Astronomy誌に掲載され、各共同研究者の所属機関でプレスリリースが行

われた(図3)。その後、Source Iではより高い分解能でのアウトフローや回転ガス円盤の撮像観測、偏波を用いた磁場の観測が行われ、大質量原始星+回転円盤の基本的構造の理解が進められている(Kim et al. 2019, Tachibana et al. 2019, Hirota et al. 2020, Wright et al. 2020, 2022)。

- 大質量星形成領域を含む銀河系(天の川銀河)内のメーザー天体について、VERAによる位置天文観測(年周視差を用いた三角測量)を行い、99天体での距離計測結果を本研究代表者が中心となって取りまとめられている(VERA collaboration et al. 2021とその中にまとめられている参考文献)。これにより、銀河系中心と太陽系の距離を7.92 kpc(25,800光年)、回転速度を227 km/sと精密に推定した。これら基本的データベースに基づいて、本研究の対象となっている大質量星形成領域の物理量の精密な議論も可能になっている。

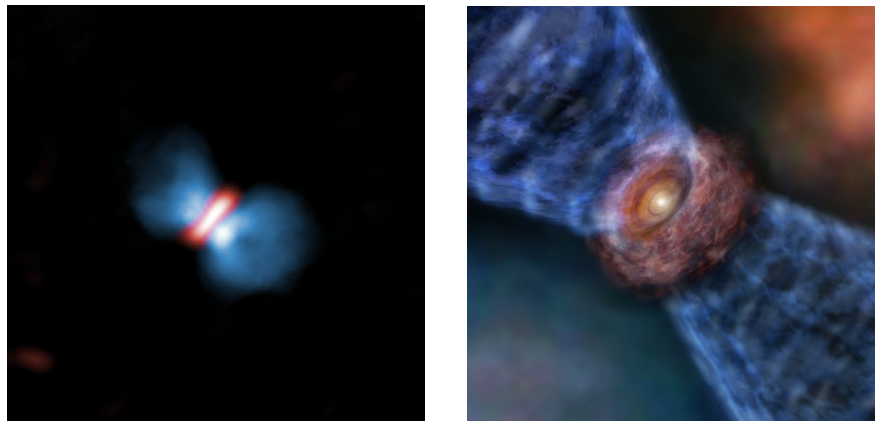


図3：左図はALMAによるSource Iのアウトフローと円盤の観測画像。オレンジの領域が星間塵からのサブミリ波放射で示される星周円盤、青白い領域がSiO分子輝線で示される円盤から噴き出すアウトフローで、真横から見た姿を表している。右図はその想像図。国立天文台ウェブページより。

以上の本研究の結果、メタノールメーザーの増光を引き起こす降着バーストでの降着質量、降着率、継続時間、周期性の有無、結果として起こるメーザー時間変動の振る舞いの違いに天体ごとの大きな違いがあることが明らかになった。今後はM20などによるさらなる天体サンプルの増加による統計的な研究や、理論モデル、シミュレーションと合わせた定量的な大質量星形成機構の理解に向けた議論を進める重要性が認識されている。

<引用文献>

- Breen et al. 2019, ApJL, 876, L25
 Brogan et al. 2018, ApJ, 866, 87
 Brogan et al. 2019, ApJL, 881, L39
 Burns et al. 2020, NatAs, 4, 506
 Caratti o Garatt et al. 2017, NatPhys, 13, 276
 Chen et al. 2020a, ApJL, 890, 22
 Chen et al. 2020b, NatAs, 4, 1170
 Chibueze et al. 2021, ApJ, 908, 175
 Deguchi & Watson 1989, ApJL, 340, L17
 Fujiawa et al. 2014, PASJ, 66, 109
 Hirota et al. 2007, PASJ, 59, 897
 Hirota et al. 2017, NatAs, 1, 146
 Hirota & Kim 2018, in proc. of EVN Symposium, id4 (pp4)
 Hirota et al. 2020, ApJ, 896, 157
 Hirota et al. 2021, A&A, 647, A23
 Hunter et al. 2017, ApJL, 837, L29
 Hunter et al. 2018, ApJ, 854, 170
 Kim et al. 2020, ApJ, 896, 127
 McCarthy et al. 2022, MNRAS, 509, 1681
 Stecklum et al. 2021, A&A, 646, A161
 Sugiyama et al. 2019, ATel, 12446, 1
 Szymczak et al. 2016, MNRAS, 459, L56
 VERA collaboration, Hirota et al. 2021, PASJ, 72, 50
 Wolak et al. 2019, ATel, 13080, 1
 Wright et al. 2020, ApJ, 889, 155
 Wright et al. 2022, ApJ, 924, 107

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計38件（うち査読付論文 37件 / うち国際共著 29件 / うちオープンアクセス 8件）

1. 著者名 Shibayama Yoshiki, Watanabe Yoshimasa, Oya Yoko, Sakai Nami, Lopez-Sepulcre Ana, Liu Sheng-Yuan, Su Yu-Nung, Zhang Yichen, Sakai Takeshi, Hirota Tomoya, Yamamoto Satoshi	4. 巻 918
2. 論文標題 Exploring the 100 au Scale Structure of the Protobinary System NGC 2264 CMM3 with ALMA	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 32 ~ 32
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/ac0ef6	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 Wright Melvyn, Bally John, Hirota Tomoya, Miller Kyle, Harding Tyler, Colletuori Keira, Ginsburg Adam, Goddi Ciriaco, McGuire Brett	4. 巻 924
2. 論文標題 Structure of the Source I Disk in Orion-KL	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 107 ~ 107
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/ac391b	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 McCarthy T P, Orosz G, Ellingsen S P, Breen S L, Voronkov M A, Burns R A, Olech M, Yonekura Y, Hirota T, Hyland L J, Wolak P	4. 巻 509
2. 論文標題 Molecular line search towards the flaring 6.7-GHz methanol masers of G24.33+0.13 and G359.62-0.24: rare maser transitions detected	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 1681 ~ 1689
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/mnras/stab3040	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 Takeshi, Sanhueza Patricio, Furuya Kenji, Tatematsu Ken'ichi, Li Shanghuo, Aikawa Yuri, Lu Xing, Zhang Qizhou, Morii Kaho, Nakamura Fumitaka, Takemura Hideaki, Izumi Natsuko, Hirota Tomoya, Silva Andrea, Guzman Andres E., Sakai Nami, Yamamoto Satoshi	4. 巻 925
2. 論文標題 The ALMA Survey of 70 μ m Dark High-mass Clumps in Early Stages (ASHES). V. Deuterated Molecules in the 70 μ m Dark IRDC G14.492-00.139	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 144 ~ 144
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/ac3d2e	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 Zhao Bo, Tomida Kengo, Hennebelle Patrick, Tobin John J., Maury Anaëlle, Hirota Tomoya, Sanchez-Monge Alvaro, Kuiper Rolf, Rosen Anna, Bhandare Asmita, Padovani Marco, Lee Yueh-Ning	4. 巻 216
2. 論文標題 Formation and Evolution of Disks Around Young Stellar Objects	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Space Science Reviews	6. 最初と最後の頁 43 ~ 43
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s11214-020-00664-z	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 Kim Jungha, Kim Mi Kyoung, Hirota Tomoya, Kim Kee-Tae, Sugiyama Koichiro, Honma Mareki, Byun Do-young, Oh Chungsik, Motogi Kazuhito, Kang Jihyun, Kim Jeongsook, Liu Tie, Hu Bo, Burns Ross A., Chibueze James O., Matsumoto Naoko, Sunada Kazuyoshi	4. 巻 896
2. 論文標題 Multiple Outflows in the High-mass Cluster-forming Region G25.82-0.17	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 127 ~ 127
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/ab9100	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 Hirota Tomoya, Plambeck Richard L., Wright Melvyn C. H., Machida Masahiro N., Matsushita Yuko, Motogi Kazuhito, Kim Mi Kyoung, Burns Ross A., Honma Mareki	4. 巻 896
2. 論文標題 Magnetic Field Structure of Orion Source I	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 157 ~ 157
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/ab959e	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 Hirota Tomoya, VERA collaboration, 他60名(1番目)	4. 巻 72
2. 論文標題 The First VERA Astrometry Catalog	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 50 ~ 50
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/pasj/psaa018	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 Nagayama Takumi, Hirota Tomoya, Honma Mareki, Kurayama Tomoharu, Adachi Yuuki, Tamura Yoshiaki, Kanya Yukitoshi	4. 巻 72
2. 論文標題 VEDA: VERA data analysis software for VLBI phase-referencing astrometry	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 51 ~ 51
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/pasj/psaa044	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 Nagayama Takumi, Kobayashi Hideyuki, Hirota Tomoya, Honma Mareki, Jike Takaaki, Kim Mi Kyoung, Nakagawa Akiharu, Omodaka Toshihiro, Oyama Tomoaki, Sakai Daisuke, Shibata Katsunori M, Tamura Yoshiaki	4. 巻 72
2. 論文標題 Performance of VERA in 10 micro-arcsecond astrometry	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 52 ~ 52
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/pasj/psaa034	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 Kei E. I., Zhang Yichen, Hirota Tomoya, Sakai Nami, Motogi Kazuhito, Tomida Kengo, Tan Jonathan C., Rosero Viviana, Higuchi Aya E., Ohashi Satoshi, Liu Mengyao, Sugiyama Koichiro	4. 巻 900
2. 論文標題 Salt, Hot Water, and Silicon Compounds Tracing Massive Twin Disks	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 L2 ~ L2
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/2041-8213/abafdc	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., MacLeod Gordon C., Vorster Jakobus M., Hirota Tomoya, Brogan Crystal L., Hunter Todd R., van Rooyen Ruby	4. 巻 908
2. 論文標題 The Extraordinary Outburst in the Massive Protostellar System NGC 6334 I-MM1: Spatiokinematics of Water Masers during a Contemporaneous Flare Event	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 175 ~ 175
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/abd474	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 Hirota Tomoya, Cesaroni Riccardo, Moscadelli Luca, Sugiyama Koichiro, Burns Ross A., Kim Jungha, Sunada Kazuyoshi, Yonekura Yoshinori	4. 巻 647
2. 論文標題 Water maser variability in a high-mass YSO outburst	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Astronomy & Astrophysics	6. 最初と最後の頁 A23 ~ A23
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1051/0004-6361/202039798	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 Tachibana Shogo, Kamizuka Takafumi, Hirota Tomoya, Sakai Nami, Oya Yoko, Takigawa Aki, Yamamoto Satoshi	4. 巻 875
2. 論文標題 Spatial Distribution of A10 in a High-mass Protostar Candidate Orion Source I	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 L29 ~ L29
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/2041-8213/ab1653	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 Motogi Kazuhito, Hirota Tomoya, Machida Masahiro N., Yonekura Yoshinori, Honma Mareki, Takakuwa Shigehisa, Matsushita Satoki	4. 巻 877
2. 論文標題 The First Bird's-eye View of a Gravitationally Unstable Accretion Disk in High-mass Star Formation	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 L25 ~ L25
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/2041-8213/ab212f	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 Brogan C. L., Hirota T., 他26名(14番目)	4. 巻 881
2. 論文標題 Sub-arcsecond (Sub)millimeter Imaging of the Massive Protocluster G358.93-0.03: Discovery of 14 New Methanol Maser Lines Associated with a Hot Core	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 L39 ~ L39
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/2041-8213/ab2f8a	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 Burns R A, Orosz G, Bayandina O, Surcis G, Olech M, MacLeod G, Volvach A, Rudnitskii G, Hirota T, Immer K, Blanchard J, Marcote B, van Langevelde H J, Chibueze J O, Sugiyama K, Kim Kee-Tae, Val' tts I, Shakhvorostova N, Kramer B, Baan W A, Brogan C, Hunter T, Kurtz S, Sobolev A M, Brand J, Volvach L	4. 巻 491
2. 論文標題 VLBI observations of the G25.65+1.05 water maser superbust	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Monthly Notices of the Royal Astronomical Society	6. 最初と最後の頁 4069 ~ 4075
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/mnras/stz3172	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 Burns R. A., Sugiyama K., Hirota T., Kim Kee-Tae, Sobolev A. M., Stecklum B., MacLeod G. C., Yonekura Y., Olech M., Orosz G., Ellingsen S. P., Hyland L., Caratti o Garatti A., Brogan C., Hunter T. R., Phillips C., van den Heever S. P., Eisl?ffel J., Linz H., Surcis G., Chibueze J. O., Baan W., Kramer B.	4. 巻 4
2. 論文標題 A heatwave of accretion energy traced by masers in the G358-MM1 high-mass protostar	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Nature Astronomy	6. 最初と最後の頁 506 ~ 510
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41550-019-0989-3	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 Wright Melvyn, Plambeck Richard, Hirota Tomoya, Ginsburg Adam, McGuire Brett, Bally John, Goddi Ciriaco	4. 巻 889
2. 論文標題 Observations of the Orion Source I Disk and Outflow Interface	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 155 ~ 155
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/ab5864	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 Chen Xi, Hirota Tomoya, 他22名(21番目)	4. 巻 890
2. 論文標題 13CH30H Masers Associated With a Transient Phenomenon in a High-mass Young Stellar Object	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 L22 ~ L22
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/2041-8213/ab72a5	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 Hirota Tomoya	4. 巻 33
2. 論文標題 Recent progress in high-mass star-formation studies with ALMA	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Publications of the Korean Astronomical Society	6. 最初と最後の頁 21 ~ 30
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5303/PKAS.2018.33.2.021	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 Sakai Takeshi, Yanagida Takahiro, Furuya Kenji, Aikawa Yuri, Sanhueza Patricio, Sakai Nami, Hirota Tomoya, Jackson James M., Yamamoto Satoshi	4. 巻 857
2. 論文標題 ALMA Observations of the IRDC Clump G34.43+00.24 MM3: Complex Organic and Deuterated Molecules	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 35 ~ 35
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/aaadfd	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 Suzuki Taiki, Ohishi Masatoshi, Saito Masao, Hirota Tomoya, Majumdar Liton, Wakelam Valentine	4. 巻 237
2. 論文標題 The Difference in Abundance between N-bearing and O-bearing Species in High-mass Star-forming Regions	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal Supplement Series	6. 最初と最後の頁 3 ~ 3
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4365/aac8db	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 Suzuki Taiki, Majumdar Liton, Ohishi Masatoshi, Saito Masao, Hirota Tomoya, Wakelam Valentine	4. 巻 863
2. 論文標題 An Expanded Gas-grain Model for Interstellar Glycine	5. 発行年 2018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/aad087	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 Taniguchi Kotomi, Saito Masao, Majumdar Liton, Shimoikura Tomomi, Dobashi Kazuhito, Ozeki Hiroyuki, Nakamura Fumitaka, Hirota Tomoya, Minamidani Tetsuhiro, Miyamoto Yusuke, Kaneko Hiroyuki	4. 巻 866
2. 論文標題 Chemical Diversity in Three Massive Young Stellar Objects Associated with 6.7 GHz CH ₃ OH Masers	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 150 ~ 150
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/aade97	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 Brogan C. L., Hunter T. R., Cyganowski C. J., Chibueze J. O., Friesen R. K., Hirota T., MacLeod G. C., McGuire B. A., Sobolev A. M.	4. 巻 866
2. 論文標題 The Extraordinary Outburst in the Massive Protostellar System NGC 6334I-MM1: Flaring of the Water Masers in a North?South Bipolar Outflow Driven by MM1B	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 87 ~ 87
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/aae151	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 Liu Tie, Hirota Tomoya, 他23名(15番目)	4. 巻 869
2. 論文標題 Compressed Magnetic Field in the Magnetically Regulated Global Collapsing Clump of G9.62+0.19	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 L5 ~ L5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/2041-8213/aaf19e	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 Kim Mi Kyoung, Hirota Tomoya, Machida Masahiro N., Matsushita Yuko, Motogi Kazuhito, Matsumoto Naoko, Honma Mareki	4. 巻 872
2. 論文標題 Extremely High Excitation SiO Lines in Disk-outflow Systems in Orion Source I	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 64 ~ 64
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/aafb6b	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 Hunter, T. R., Brogan, C. L., Bartkiewicz, A., Chibueze, J. O., Cyganowski, C. J., Hirota, T., MacLeod, G. C., Sanna, A., Torrelles, J. M.	4. 巻 7
2. 論文標題 Science with a Next-Generation Very Large Array: Understanding Massive Star Formation through Maser Imaging	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 ASP Conference Series Monograph	6. 最初と最後の頁 321 ~ 331
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 該当する

1. 著者名 Burns R. A., Handa T., Imai H., Nagayama T., Omodaka T., Hirota T., Motogi K., van Langevelde H. J., Baan W. A.	4. 巻 467
2. 論文標題 Trigonometric distance and proper motions of H2O maser bowshocks in AFGL 5142	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Monthly Notices of the Royal Astronomical Society	6. 最初と最後の頁 2367 ~ 2376
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/mnras/stx216	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 Hirota Tomoya, Machida Masahiro N., Matsushita Yuko, Motogi Kazuhito, Matsumoto Naoko, Kim Mi Kyoung, Burns Ross A., Honma Mareki	4. 巻 1
2. 論文標題 Disk-driven rotating bipolar outflow in Orion Source I	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Nature Astronomy	6. 最初と最後の頁 0146 ~ 0146
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41550-017-0146	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 Orozco-Aguilera M. T., Zapata Luis A., Hirota Tomoya, Qin Sheng-Li, Masque Josep M	4. 巻 847
2. 論文標題 ALMA Observations of the Archetypal "Hot Core" That Is Not: Orion-KL	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 66 ~ 66
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/aa88cd	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 Motogi Kazuhito, Hirota Tomoya, Sorai Kazuo, Yonekura Yoshinori, Sugiyama Koichiro, Honma Mareki, Niinuma Kotaro, Hachisuka Kazuya, Fujisawa Kenta, Walsh Andrew J.	4. 巻 849
2. 論文標題 A Face-on Accretion System in High-mass Star Formation: Possible Dusty Infall Streams within 100 AU	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 23 ~ 23
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/aa8d75	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 Hunter T. R., Brogan C. L., MacLeod G. C., Cyganowski C. J., Chibueze J. O., Friesen R., Hirota T., Smits D. P., Chandler C. J., Indebetouw R.	4. 巻 854
2. 論文標題 The Extraordinary Outburst in the Massive Protostellar System NGC 6334I-MM1: Emergence of Strong 6.7 GHz Methanol Masers	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 170 ~ 170
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/aaa962	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 Taniguchi Kotomi, Saito Masao, Hirota Tomoya, Ozeki Hiroyuki, Miyamoto Yusuke, Kaneko Hiroyuki, Minamidani Tetsuhiro, Shimoikura Tomomi, Nakamura Fumitaka, Dobashi Kazuhito	4. 巻 844
2. 論文標題 Observations of Cyanopolyynes toward Four High-mass Star-forming Regions Containing Hot Cores	5. 発行年 2017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/aa7899	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 Watanabe Yoshimasa, Sakai Nami, Lopez-Sepulcre Ana, Sakai Takeshi, Hirota Tomoya, Liu Sheng-Yuan, Su Yu-Nung, Yamamoto Satoshi	4. 巻 847
2. 論文標題 Discovery of Striking Difference of Molecular-emission-line Richness in the Potential Protobinary System NGC 2264 CMM3	5. 発行年 2017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/aa88b6	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 Liu Tie, Lacy John, Li Pak Shing, Wang Ke, Qin Sheng-Li, Zhang Qizhou, Kim Kee-Tae, Garay Guido, Wu Yuefang, Mardones Diego, Zhu Qingfeng, Tatematsu Ken'ichi, Hirota Tomoya, Ren Zhiyuan, Liu Sheng-Yuan, Chen Huei-Ru, Su Yu-Nung, Li Di	4. 巻 849
2. 論文標題 ALMA Reveals Sequential High-mass Star Formation in the G9.62+0.19 Complex	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 25 ~ 25
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/aa8d73	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 Shimoikura Tomomi, Dobashi Kazuhito, Nakamura Fumitaka, Matsumoto Tomoaki, Hirota Tomoya	4. 巻 855
2. 論文標題 A Statistical Study of Massive Cluster-forming Clumps	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 45 ~ 45
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/aaaccd	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35件 (うち招待講演 14件 / うち国際学会 20件)

1. 発表者名 廣田朋也
2. 発表標題 科学報告「星惑星形成」
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 廣田朋也
2. 発表標題 Some specific science cases for star-planet formation studies with SKA and ngVLA
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 廣田朋也
2. 発表標題 VERAサイエンスの現状と将来
3. 学会等名 2021年度 VLBI 懇談会シンポジウム「国内VLBIの現在地を知る」
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 廣田朋也
2. 発表標題 ミリ波サブミリ波メーザーによる星形成研究の可能性
3. 学会等名 アルマワークショップ 2021「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 廣田朋也、本間希樹、松下祐子、Burns, Ross A.、町田正博、元木業人、金美京
2. 発表標題 大質量原始星候補天体Orion Source IにおけるALMAバンド10連続波観測
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 廣田朋也
2. 発表標題 Basics of proposal writing
3. 学会等名 分子雲から原始星誕生までを追う~新時代の星形成モデル構築に向けて~ (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 廣田朋也、VERA collaboration
2. 発表標題 VERAによる位置天文データのカタログ作成
3. 学会等名 日本天文学会秋季年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 廣田朋也
2. 発表標題 VERAの科学的成果の報告
3. 学会等名 VERAユーザーズミーティング
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 廣田朋也
2. 発表標題 VERAサイエンスの現状と将来
3. 学会等名 2020年度 VLBI 懇談会シンポジウム「VLBIの未来」
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Hirota, Tomoya
2. 発表標題 Recent astrometry results from VERA project
3. 学会等名 The 13th East Asian VLBI Worksop 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 廣田朋也
2. 発表標題 ALMA Band 10 imaging of Orion Source I
3. 学会等名 ALMA高周波バンドを用いた星形成研究を考える
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 廣田朋也、Burns, Ross A.、砂田和良、Cesaroni, Riccardo、Moscadelli, Luca、杉山孝一郎、Kim, Jungha、米倉覚則
2. 発表標題 VERAとALMAを用いた大質量原始星S255-NIRS-3における水メーザー観測
3. 学会等名 日本天文学会春季年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Hirota, T.
2. 発表標題 Progress of Italy-Japan collaboration on high-mass star-formation studies
3. 学会等名 Eating VLBI Workshop 2019 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hirota, T.
2. 発表標題 Possible science cases for the cradle of life with SKA
3. 学会等名 East Asia SKA Science Workshop 2019 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hirota, T.
2. 発表標題 High frequency H2O and SiO line observations in Orion Source I
3. 学会等名 East Asian ALMA Development Workshop (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 廣田朋也
2. 発表標題 SKA-VLBI による高感度・高分解能観測の検討
3. 学会等名 大質量星形成ワークショップ2020「大質量星 形成研究の現状と次世代観測装置へ向けた展望」(招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Hirota, T.
2. 発表標題 High resolution ALMA observations of Orion Source I
3. 学会等名 Orion Uncovered (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 廣田朋也
2. 発表標題 SKA-VLBI による高感度・高分解能観測の検討
3. 学会等名 SKA-Japan シンポジウム2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 廣田朋也、Plambeck, Richard, L., Wright, Melvyn, C. H., 町田正博、松下祐子、元木業人、金美京、Burns, Ross A., 本間希樹
2. 発表標題 オリオンKL 電波源I における一酸化ケイ素メーザーの偏波観測
3. 学会等名 日本天文学会秋季年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hirota, T.
2. 発表標題 KaVA Large Program for Star-formation
3. 学会等名 The 12th East Asian VLBI Worksop (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hirota, T.
2. 発表標題 Sciences with VERA and future developments to SKA
3. 学会等名 SKA General Science Meeting and Key Science Workshop 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hirota Tomoya
2. 発表標題 Recent progress in high-mass star-formation studies
3. 学会等名 The Cosmic Cycle of Dust and Gas in the Galaxy: From Old to Young Stars (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Hirota Tomoya
2. 発表標題 High resolution observational studies of star-formation
3. 学会等名 Special Colloquium on Radio Astronomy (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hirota Tomoya
2. 発表標題 High-frequency High-resolution observations of High-mass young stellar objects by High-excitation lines with ALMA
3. 学会等名 Star formation with ALMA: Evolution from molecular clouds to protostars (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hirota Tomoya
2. 発表標題 KaVA Large Proposal for High-Mass Star-Formation Studies with Multiple Masers
3. 学会等名 The 14th European VLBI Network Symposium and EVN Users Meeting (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Hirota Tomoya
2. 発表標題 Status of KaVA SFRs WG
3. 学会等名 EAST ASIAN VLBI WORKSHOP 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Hirota Tomoya
2. 発表標題 Recent progress in high-mass star-formation studies with ALMA
3. 学会等名 East- Asia ALMA Science Workshop 2017 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Hirota Tomoya
2. 発表標題 Future KaVA+TNRT (or extended EAVN) for Star-formation Studies
3. 学会等名 NARIT- Key Science Workshop: Masers & Molecular Lines in Radio Astronomy (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Hirota Tomoya
2. 発表標題 Molecular line view in the heart of Orion Nebula
3. 学会等名 NARIT-SOKENDAI Winter School 2018; Astrophysical Masers & Molecular Lines in Radio Astronomy (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Hirota Tomoya
2. 発表標題 High Resolution Observations of Orion Source I
3. 学会等名 High Mass Star Formation Workshop 2018 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1 . 発表者名 Hirota Tomoya, Kim Kee-Tae
2 . 発表標題 Understanding high-mass star formation through KaVA observations of water and methanol masers (2) Second year
3 . 学会等名 KaVA/EAVN Joint Science Working Group Meeting (国際学会)
4 . 発表年 2017年

1 . 発表者名 Hirota, T., Machida, M. N., Matsushita, Y., Motogi, K., Matsumoto, N., Kim, M. K., Burns, R. A., Honma, M.
2 . 発表標題 ALMA observations of submillimeter H ₂ O and SiO lines in Orion Source I
3 . 学会等名 IAU Symposium 336, "Astrophysical Masers: Unlocking the Mysteries of the Universe" (国際学会)
4 . 発表年 2017年

1 . 発表者名 Hirota, T., Kim, K. T., KaVA Star Formation Science Working Group
2 . 発表標題 Understanding high-mass star formation through KaVA observations of water and methanol masers
3 . 学会等名 Asia Pacific Regional IAU (In- ternational Astronomical Union) Meeting (国際学会)
4 . 発表年 2017年

1 . 発表者名 Hirota Tomoya
2 . 発表標題 Observations of submillimeter H ₂ O and SiO lines in Orion KL region
3 . 学会等名 Symposium "Evolution of Molecules in Space" (国際学会)
4 . 発表年 2017年

1. 発表者名 廣田朋也、町田正博、松下祐子、元木業人、松本尚子、金美京、Burns, Ross A.、本間希樹
2. 発表標題 Orion KL 電波源Iにおける高励起一酸化ケイ素分子・水分子輝線の放射機構と物理的環境
3. 学会等名 日本天文学会春季年会
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>日韓VLBIネットワークKaVAによる星形成大規模観測プログラム初成果 https://www.miz.nao.ac.jp/veraserver/hilight/20200729_kavasfr/index.html The First Results from the KaVA https://www.miz.nao.ac.jp/veraserver/hilight/20200729_kavasfr/index-e.html VERAプロジェクト20年の成果がまとまる https://www.miz.nao.ac.jp/veraserver/hilight/20201125_catalog/ Earth Faster, Closer to Black Hole https://www.miz.nao.ac.jp/veraserver/hilight/20201125_catalog/index-e.html 重い原始星が吐き出す「熱の波」 http://www.miz.nao.ac.jp/en/content/news/topic/20200114-370 重い原始星が吐き出す「熱の波」 http://www.miz.nao.ac.jp/content/news/topic/20200114-368 Maser Monitoring Organisation https://www.masermonitoring.com KaVA Large Program https://radio.kasi.re.kr/kava/large_programs.php#sh3 産声から探る巨大赤ちゃん星の成長 http://veraserver.mtk.nao.ac.jp/hilight/2017_hirota.html 産声から探る巨大赤ちゃん星の成長 https://alma-telescope.jp/news/press/orion-201706 ALMA Hears Birth Cry of a Massive Baby Star https://alma-telescope.jp/en/news/press/orion-201706 KaVA Large Programs https://radio.kasi.re.kr/kava/large_programs.php#sh3</p>

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			
南アフリカ	North-West University	SARAO	SKAO	
米国	NRAO	UC Berkeley		
韓国	KASI	Kyung Hee University		
タイ	NARIT	Khon Kaen University		
メキシコ	UNAM			

共同研究相手国	相手方研究機関			
ドイツ	Max Planck Institute for Radio Astronomy			
オランダ	Joint Institute for VLBI ERIC			
イタリア	Arcetri Observatory			
インドネシア	Institut Teknologi Bandung			
ポーランド	Nicolaus Copernicus University			
オーストラリア	University of Tasmania			