

令和 4 年 6 月 4 日現在

機関番号：32613

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2019～2021

課題番号：19K03932

研究課題名（和文）原始惑星系円盤の構造と分類：ALMAがもたらす新機軸

研究課題名（英文）The Taxonomy of the Structures of Protoplanetary Disks in the ALMA Era

研究代表者

武藤 恭之（Muto, Takayuki）

工学院大学・教育推進機構（公私立大学の部局等）・准教授

研究者番号：20633803

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：惑星形成の現場である、原始惑星系円盤の構造について、特に、中心星の近傍にダストの存在しない「穴」構造を持つ、遷移円盤天体を軸に調べた。特に、スペクトルだけでは推定できない構造がどの程度あるかを電波観測で調べることを主眼とし、関係する他の波長の観測や理論的研究も行った。その結果、三重星周囲に存在する互いに傾いた多重リング構造の発見や、低質量天体の周囲に存在する遷移円盤のような構造の発見などの成果を挙げた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究を通じて、天体のスペクトルが示唆する円盤構造が、必ずしも空間分解した観測で得られる構造と一致しない例が増えてきた。特に、スペクトルでは穴構造が存在しないように見えても、実際には存在する天体が見つかってきたことで、原始惑星系円盤の分類における「遷移円盤」の考え方を再構築していく必要がある。また、観測天体の範囲を以前に比べて広げたことで、より大きな視点で惑星形成を考察していく一歩となった。本研究の成果の一部は報道発表もされ、社会的な貢献も一定程度あったものと考えている。

研究成果の概要（英文）：We investigated the structure of protoplanetary disks, which are disks composed of gas and dust around young stars from which planets are born. We put special focus on so-called transitional disks, which are disks with dust-depleted inner region. Some structures were not indicated by spectral energy distributions (SEDs) of the star, and high resolution radio observations are necessary. We also performed observations at NIR and related theoretical studies. Our achievements include the discovery of inclined multiple rings around triple star systems and the discovery of the inner cavity in the disk around a very low mass star.

研究分野：宇宙物理学

キーワード：原始惑星系円盤 惑星形成 電波天文学 理論天文学 赤外線天文学

1. 研究開始当初の背景

原始惑星系円盤は、生まれたての若い星の周囲に形成されるガスとダストから成る円盤である。惑星はこの中でダストが集積することによって形成されると考えられており、惑星形成を理解するうえで原始惑星系円盤を理解することは必須である。

研究開始当初は、ALMA による原始惑星系円盤の高解像度観測のデータが蓄積されてきた段階であった。そして、原始惑星系円盤には様々な構造があるということがわかってきていた。特に高解像度観測の多かった原始惑星系円盤のダスト連続波においては、ギャップ構造やリング状の構造が多く見つかっており、その起源について様々な議論がなされていた。

本研究においては、遷移円盤天体という種族の天体に注目した。これは、原始惑星系円盤の中心星の近くにダストが存在しない「穴」のような領域がある原始惑星系円盤を持つ若い星のことである。遷移円盤天体が形成される成因の可能性として、原始惑星系円盤の進化によって原始惑星系円盤が散逸されかけた状況にある、円盤中に惑星が形成され、その惑星の重力によってダストが減っている、などの可能性がある。いずれにしても、遷移円盤天体は原始惑星系円盤の進化や惑星形成の鍵を握る天体である可能性がある。

遷移円盤天体は通常、若い星のスペクトルエネルギー分布 (SED) において、近赤外線領域における超過が少ない天体として同定される。このような SED は、円盤の中で温度の高い、すなわち中心星に近い領域にあるダストが少ないということを示唆するためである。しかし、本研究開始以前に、SED だけで円盤の様子を同定することの難しい遷移円盤天体が見つかった。それが、DM Tau と呼ばれる天体である。この天体は、典型的な遷移円盤天体として長く知られてきたが、ALMA の高解像度観測によって、中心星から数 10 天文単位程度の位置のリング構造と、数天文単位程度の内側円盤の二種類の構造を持つことがわかった。このような構造は、SED のみから予想をすることが難しく、かつ、数天文単位という場所は、太陽系に類似した惑星系の形成を考えるうえで重要な場所である。

2. 研究の目的

SED だけでは構造を推定することが難しい原始惑星系円盤が見つかったことで、改めて原始惑星系円盤の構造を直接観測することの重要性が高まった。そこで本研究課題においては、遷移円盤天体を軸に、原始惑星系円盤の詳細構造を調べ、円盤進化・惑星形成への示唆を得ることを目的とする。また、理論的研究を並行して進めることで、原始惑星系円盤における構造の解釈に関する理解を深める。

3. 研究の方法

ALMA 望遠鏡による観測を軸として、原始惑星系円盤の高解像度観測を行う。ALMA 望遠鏡では、それまでになされていた低解像度の観測結果を吟味し、非軸対称性を持つと考えられる天体や、SED で明らかな赤外超過が見られないものの、それまでになされた ALMA の低解像度観測で遷移円盤のような構造を持っている兆候を示す天体を高解像度で観測した。

また、近赤外線の高解像度観測や、原始惑星系円盤と惑星の相互作用に関する理論的な研究も行っているが、本稿では特に ALMA による観測成果について主に記述する。

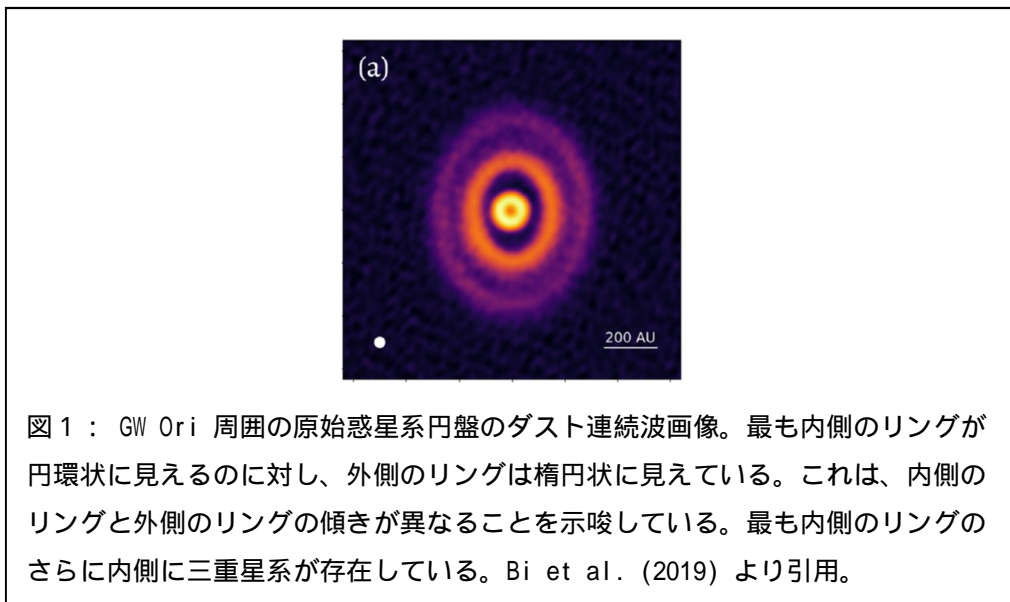
4. 研究成果

研究期間中における成果のうち、主要なものは以下のとおりである。

・三重星 GW Ori 系周囲の原始惑星系円盤における傾いた複数リング構造の発見 (Bi et al. 2020, ApJL, 895. L18)

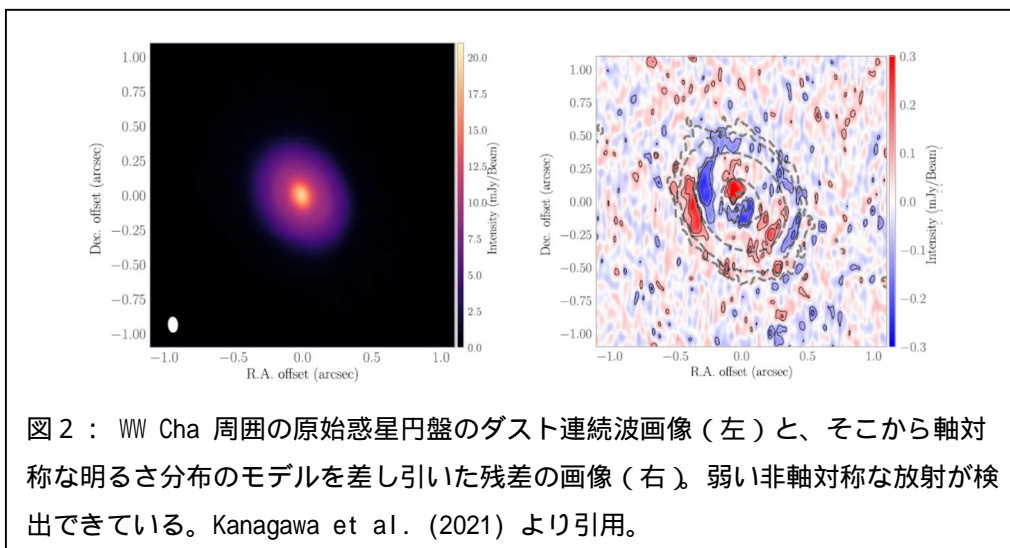
GW Ori は三重星の周囲に原始惑星系円盤が存在することがわかっている珍しい天体である。GW Ori 系の周囲の原始惑星系円盤を、ALMA 望遠鏡を用いて高解像度観測を行ったところ、三重星の軌道よりもきわめて大きなスケールで、互いに傾いた多重のリング構造が見出された(図 1)。この構造は、一部は中心の三重星の重力的な影響で形成される可能性があるが、三重星より離れた場所にあるリング間の間隙は、それだけでは説明できない可能性があり、その場所に惑星が形成されている必要があるかもしれない。三重星周囲の原始惑星系円盤の力学過程に関するより進んだ理論的な研究が必要であるが、もし三重星の周囲に惑星が形成されているのであれば、系外惑星の多様性の理解にもつながる発見である。本研究の結果は報道発表がなされ、社

会的なインパクトもあるものとなった。



・明るい原始惑星系円盤 WW Cha 周囲の弱い非軸対称構造の発見 (Kanagawa et al., 2021, ApJ, 909, 212)

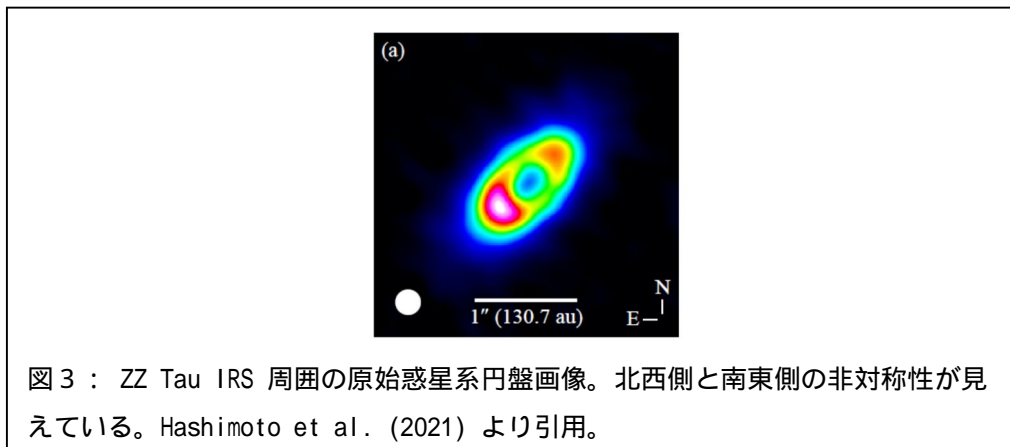
WW Cha は、カメレオン座の星形成領域に存在する、明るい原始惑星系円盤を持つ若い星である。WW Cha は、1 天文単位程度の軌道間隔をもった連星系であると考えられており、中心星付近の円盤に穴構造があることが示唆されるが、その周囲の原始惑星系円盤の構造はわかっていなかった。しかし、ALMA 望遠鏡を用いた高解像度観測では、WW Cha の周囲の原始惑星系円盤は非常に滑らかな構造をしており (図 2 左)、数天文単位程度の大きさの明らかな穴構造が見出されなかった。しかし、円盤構造に弱い非軸対称構造があることもわかり (図 2 右)、これが連星と力学的に関係している可能性もある。また、本研究は、弱い非対称構造を検出するための独自のデータ解析手法である、「ビジビリティの複素部分のイメージング」を実践したものの一つであり、解析手法の開発という点からも貢献がある。



・低質量天体 ZZ Tau IRS 周囲の原始惑星系円盤におけるリング構造の発見 (Hashimoto, Dong, Muto, 2021 AJ, 161, 264)

ZZ Tau IRS は、質量が 0.1 太陽質量程度と推定されている低質量の若い星である。一般に低質量天体は暗いため、観測が進んでいないという現状がある。しかし、ZZ Tau IRS はサブミリ波で明るい放射を示す天体であり、空間分解した観測が可能である。ALMA 望遠鏡のアーカイブから、本天体の観測データを再解析したところ、本天体の原始惑星系円盤は弱い非軸対称を持つリング構造をしていることが分かった (図 3)。この天体は、SED から穴構造の存在は示唆されていなかったが、空間分解した観測で初めて構造がわかった。また、ZZ Tau IRS 周囲の原始惑星系円盤の非軸対称構造は、中質量程度の星の周囲の原始惑星系円盤の構造と似ており、様々な

質量の星で似たようなプロセスが起こっていることが示唆された。



以上に挙げた他にも、初めに挙げた DM Tau のフォローアップ観測 (Hashimoto et al., 2021, ApJ, 911, 5)、太陽系に最も近い原始惑星系円盤天体である TW Hya の高解像度観測と惑星形成の示唆 (Tsukagoshi et al., 2019, ApJL, 878, L8)、スパースモデリングを用いた画像復元法による新たな構造の探索 (Yamaguchi et al., 2021, ApJ, 923, 121) など、ALMA 望遠鏡を用いた観測を進めてきた。

また、並行して、近赤外線での高空間分解能観測や、円盤・惑星相互作用に関する理論的研究も進めた。近赤外線では、Keck 望遠鏡の NIRC2 や、すばる望遠鏡の SCEXAO のデータの解釈を、共同研究で行った。(Uyama et al., 2020, AJ, 159, 118; Uyama et al., 2020, ApJ, 900, 135) また、理論的研究においては、原始惑星系円盤中に存在する惑星が作り出すダストのリング構造について、惑星移動の効果を考慮すると、惑星の存在する位置とリングの位置が大きく異なる場合がありうるなどを見出している。(Kanagawa, Muto, Tanaka, 2021, ApJ, 921, 169)

本研究を通じて、SED による推定ではわからない原始惑星系円盤の構造が多く存在することがわかってきた。特に、ZZ Tau IRS における遷移円盤構造の発見は、遷移円盤天体として考えられるパラメータ領域を広げるという意味がある。ZZ Tau IRS の円盤の進化段階には不定性が大きいですが、今後、若い低質量天体を観測していくことによって、遷移円盤の構造がどのような時期から出現するのか、といったことにも示唆を得られるものと考えている。

また、現在、論文を投稿中である天体の解析の中では、DM Tau のように、SED では示唆されない内側円盤を空間分解した観測によって発見し、かつ、内側円盤と外側リングが互いに傾いているという示唆も得られている (Orihara et al., 投稿中)。GW Ori のような多重星のケースではこのようなことが起こることが想像できるが、多重星とは限らない円盤でも傾いた内側円盤が存在することは、他の天体の観測でも報告がある。円盤形成期にどのような原始惑星系円盤が形成されるかという問題はまだ決着がついていない部分があり、この観点からも、若い天体にさらにパラメータ領域を広げていくことが必要になってきている。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計26件（うち査読付論文 16件 / うち国際共著 9件 / うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Hashimoto Jun, Muto Takayuki, Dong Ruobing, Liu Haiyu Baobab, van der Marel Nienke, Francis Logan, Hasegawa Yasuhiro, Tsukagoshi Takashi	4. 巻 911
2. 論文標題 ALMA Observations of the Asymmetric Dust Disk around DM Tau	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 5~5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/abe59f	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 Hashimoto Jun, Dong Ruobing, Muto Takayuki	4. 巻 161
2. 論文標題 An Asymmetric Dust Ring around a Very Low Mass Star ZZ Tau IRS	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 The Astronomical Journal	6. 最初と最後の頁 264~264
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-3881/abf431	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 Nomura Hideko, Tsukagoshi Takashi, Kawabe Ryohei, Muto Takayuki, Kanagawa Kazuhiro D., Aikawa Yuri, Akiyama Eiji, Okuzumi Satoshi, Ida Shigeru, Lee Seokho, Walsh Catherine, Millar T. J.	4. 巻 914
2. 論文標題 High Spatial Resolution Observations of Molecular Lines toward the Protoplanetary Disk around TW Hya with ALMA	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	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) 10.3847/1538-4357/abfb6a	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 Kanagawa Kazuhiro D., Muto Takayuki, Tanaka Hidekazu	4. 巻 921
2. 論文標題 Dust Rings as a Footprint of Planet Formation in a Protoplanetary Disk	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 169~169
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/ac282b	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 Tazaki Ryo, Murakawa Koji, Muto Takayuki, Honda Mitsuhiro, Inoue Akio K.	4. 巻 921
2. 論文標題 The Water-ice Feature in Near-infrared Disk-scattered Light around HD 142527: Micron-sized Icy Grains Lifted up to the Disk Surface?	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 173 ~ 173
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/ac1f8c	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 Yamaguchi Masayuki, Tsukagoshi Takashi, Muto Takayuki, Nomura Hideko, Nakazato Takeshi, Ikeda Shiro, Tamura Motohide, Kawabe Ryohei	4. 巻 923
2. 論文標題 ALMA Super-resolution Imaging of T Tau: $r = 12$ au Gap in the Compact Dust Disk around T Tau N	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 121 ~ 121
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/ac2bfd	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 Tsukagoshi Takashi, Nomura Hideko, Muto Takayuki, Kawabe Ryohei, Kanagawa Kazuhiro D., Okuzumi Satoshi, Ida Shigeru, Walsh Catherine, Millar Tom J., Takahashi Sanemichi Z., Hashimoto Jun, Uyama Taichi, Tamura Motohide	4. 巻 928
2. 論文標題 ALMA High-resolution Multiband Analysis for the Protoplanetary Disk around TW Hya	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	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) 10.3847/1538-4357/ac5111	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 Kanagawa Kazuhiro D., Nomura Hideko, Tsukagoshi Takashi, Muto Takayuki, Kawabe Ryohei	4. 巻 892
2. 論文標題 Model of a Gap Formed by a Planet with Fast Inward Migration	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 id.83 (12pp)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/ab781e	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 Bi Jiaqing, van der Marel Nienke, Dong Ruobing, Muto Takayuki, Martin Rebecca G., Smallwood Jeremy L., Hashimoto Jun et al.	4. 巻 895
2. 論文標題 GW Ori: Interactions between a Triple-star System and Its Circumtriple Disk in Action	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 id.L18 (11pp)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/2041-8213/ab8eb4	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 Yamaguchi Masayuki, Akiyama Kazunori, Tsukagoshi Takashi, Muto Takayuki, Kataoka Akimasa, Tazaki Fumie, Ikeda Shiro, Fukagawa Misato, Honma Mareki, Kawabe Ryohei	4. 巻 895
2. 論文標題 Super-resolution Imaging of the Protoplanetary Disk HD 142527 Using Sparse Modeling	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 id.84 (14pp)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/ab899f	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 Ida Shigeru, Muto Takayuki, Matsumura Soko, Brasser Ramon	4. 巻 494
2. 論文標題 A new and simple prescription for planet orbital migration and eccentricity damping by planet-disc interactions based on dynamical friction	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Monthly Notices of the Royal Astronomical Society	6. 最初と最後の頁 5666 ~ 5674
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/mnras/staa1073	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 Uyama Taichi, Currie Thayne, Christiaens Valentin, Bae Jaehan, Muto Takayuki, Takahashi Sanemichi Z., Tazaki Ryo et al.	4. 巻 900
2. 論文標題 SCEXAO/CHARIS High-contrast Imaging of Spirals and Darkening Features in the HD 34700 A Protoplanetary Disk	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 id.135 (13pp)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/aba8f6	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 Uyama Taichi, Ren Bin, Mawet Dimitri, Ruane Garreth, Bond Charlotte Z., Hashimoto Jun, Liu Michael C., Muto Takayuki, Ruffio Jean-Baptiste et al.	4. 巻 160
2. 論文標題 Early High-contrast Imaging Results with Keck/NIRC2-PWFS: The SR 21 Disk	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 The Astronomical Journal	6. 最初と最後の頁 id.283 (7pp)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-3881/abc69a	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 Tajiri Tomoyuki, Kawahara Hajime, Aizawa Masataka, Fujii Michiko S., Hattori Kohei, Kasagi Yui, Kotani Takayuki, Masuda Kento, Momose Munetake, Muto Takayuki, Ohsawa Ryou, Takita Satoshi	4. 巻 251
2. 論文標題 Dippers from the TESS Full-frame Images. I. Results of the First One Year Data and Discovery of a Runaway Dipper	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal Supplement Series	6. 最初と最後の頁 id.18 (18pp)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4365/abbc17	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 Hashimoto Jun, Muto Takayuki, Dong Ruobing, Hasegawa Yasuhiro, Marel Nienke van der, Tamura Motohide, Takami Michihiro, Momose Munetake	4. 巻 908
2. 論文標題 ALMA Observations of the Inner Cavity in the Protoplanetary Disk around Sz 84	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 id.250 (16pp)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/abba76	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 -

1. 著者名 Kanagawa Kazuhiro D., Hashimoto Jun, Muto Takayuki, Tsukagoshi Takashi, Takahashi Sanemichi Z., Hasegawa Yasuhiro, Konishi Mihoko, Nomura Hideko, Liu Haiyu Baobab, Dong Ruobing, Kataoka Akimasa, Momose Munetake, Ono Tomohiro, Sitko Michael, Takami Michihiro, Tomida Kengo	4. 巻 909
2. 論文標題 ALMA Observation of the Protoplanetary Disk around WW Cha: Faint Double-peaked Ring and Asymmetric Structure	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 id.212 (19pp)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/abdfc5	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 Tazaki Ryo, Murakawa Koji, Muto Takayuki, Honda Mitsuhiro, Inoue Akio K.	4. 巻 910
2. 論文標題 Scattering Polarization of 3 μm Water-ice Feature by Large Icy Grains	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 id.26 (14pp)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/abdd3d	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 Kim Seongjoong, Takahashi Sanemichi, Nomura Hideko, Tsukagoshi Takashi, Lee Seokho, Muto Takayuki, Dong Ruobing, Hasegawa Yasuhiro, Hashimoto Jun, Kanagawa Kazuhiro, Kataoka Akimasa, Konishi Mihoko, Liu Haiyu Baobab, Momose Munetake, Sitko Michael, Tomida Kengo	4. 巻 888
2. 論文標題 The Detection of Dust Gap-ring Structure in the Outer Region of the CR Cha Protoplanetary Disk	5. 発行年 2020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/ab5d2b	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 -

1. 著者名 Uyama Taichi, Muto Takayuki, Mawet Dimitri et al.	4. 巻 159
2. 論文標題 Near-infrared Imaging of a Spiral in the CQ Tau Disk	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 The Astronomical Journal	6. 最初と最後の頁 118 ~ 118
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-3881/ab7006	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 -

1. 著者名 Harrison Rachel E., Looney Leslie W., Stephens Ian W., Li Zhi-Yun, Yang Haifeng, Kataoka Akimasa, Harris Robert J., Kwon Woojin, Muto Takayuki, Momose Munetake	4. 巻 877
2. 論文標題 Dust Polarization in Four Protoplanetary Disks at 3 mm: Further Evidence of Multiple Origins	5. 発行年 2019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/ab1e46	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 -

1. 著者名 Cazzoletti P., Manara C. F., Baobab Liu H., van Dishoeck E. F., Facchini S., Alcalá J. M., Ansdell M., Testi L., Williams J. P., Carrasco-González C., Dong R., Forbrich J., Fukagawa M., Galván-Madrid R., Hirano N., Hogerheijde M., Hasegawa Y., Muto T., Pinilla P., Takami M., Tamura M., Tazzari M., Wisniewski J. P.	4. 巻 626
2. 論文標題 ALMA survey of Class II protoplanetary disks in Corona Australis: a young region with low disk masses	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Astronomy & Astrophysics	6. 最初と最後の頁 A11 ~ A11
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1051/0004-6361/201935273	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 -

1. 著者名 Tsukagoshi Takashi, Muto Takayuki, Nomura Hideko, Kawabe Ryohei, Kanagawa Kazuhiro D., Okuzumi Satoshi, Ida Shigeru, Walsh Catherine, Millar Tom J., Takahashi Sanemichi Z., Hashimoto Jun, Uyama Taichi, Tamura Motohide	4. 巻 878
2. 論文標題 Discovery of An au-scale Excess in Millimeter Emission from the Protoplanetary Disk around TW Hya	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 L8 ~ L8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/2041-8213/ab224c	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 -

1. 著者名 Tazaki Ryo, Tanaka H, Muto T, Kataoka A, Okuzumi S	4. 巻 485
2. 論文標題 Effect of dust size and structure on scattered-light images of protoplanetary discs	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 4951 ~ 4966
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/mnras/stz662	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 -

1. 著者名 Mori Tomohiro, Kataoka Akimasa, Ohashi Satoshi, Momose Munetake, Muto Takayuki, Nagai Hiroshi, Tsukagoshi Takashi	4. 巻 883
2. 論文標題 An Observational Study for Grain Dynamics in the AS 209 Disk with Submillimeter Polarization	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 16 ~ 16
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/ab3575	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 -

1. 著者名 Tazaki Ryo, Tanaka Hidekazu, Kataoka Akimasa, Okuzumi Satoshi, Muto Takayuki	4. 巻 885
2. 論文標題 Unveiling Dust Aggregate Structure in Protoplanetary Disks by Millimeter-wave Scattering Polarization	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	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) 10.3847/1538-4357/ab45f0	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 -

1. 著者名 Soon Kang-Lou, Momose Munetake, Muto Takayuki, Tsukagoshi Takashi, Kataoka Akimasa, Hanawa Tomoyuki, Fukagawa Misato, Saigo Kazuya, Shibai Hiroshi	4. 巻 71
2. 論文標題 Investigating the gas-to-dust ratio in the protoplanetary disk of HD 142527	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Publications of the Astronomical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 124
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/pasj/psz112	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12件 (うち招待講演 2件 / うち国際学会 5件)

1. 発表者名 武藤恭之
2. 発表標題 低質量天体周囲の原始惑星系円盤構造
3. 学会等名 新学術領域「星・惑星形成」2021年度大研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 武藤恭之、橋本淳
2. 発表標題 低質量天体 ZZ Tau IRS 周囲の原始惑星系円盤における非軸対称構造
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 武藤恭之
2. 発表標題 au スケールの円盤構造の詳細観測と感度見積もり
3. 学会等名 ngVLA サブワーキンググループ
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Jiaqing Bi, Ruobing Dong, Takayuki Muto
2. 発表標題 ALMA High Resolution Observations of GW Ori
3. 学会等名 JpGU-AGU Joint Meeting 2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Takayuki Muto
2. 発表標題 Dippers from the TESS Full-Frame Images
3. 学会等名 Exoplanets III (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 橋本淳、武藤恭之、Ruobing Dong, Hanyu Baobab Liu, Nienke van der Marel, Logan Francis, 長谷川靖紘、塚越崇、小西美穂子、工藤智幸
2. 発表標題 DM Tau 周囲のリング状原始惑星系円盤における弱い非軸対称構造
3. 学会等名 日本天文学会2021年春季年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 武藤 恭之、橋本 淳、塚越 崇、小西 美穂子、工藤 智幸
2. 発表標題 Search for the Inner Disk Structures in "Transitional" Disks
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2019年大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 武藤恭之
2. 発表標題 原始惑星系円盤構造の多様性と惑星形成
3. 学会等名 大阪大学宇宙地球科学セミナー（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takayuki Muto
2. 発表標題 Imaging Observations of the Planet-Forming Regions of Protoplanetary Disks with ngVLA
3. 学会等名 ngVLA Workshop (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takayuki Muto
2. 発表標題 Multi-wavelength High Resolution Observations of Protoplanetary Disks
3. 学会等名 Subaru Telescope 20th Anniversary - Optical & Infrared Astronomy for the Next Decade - (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takayuki Muto
2. 発表標題 Disk Structure Formation at the Earliest Stages of Disk Evolution
3. 学会等名 ALMA Workshop 2019: Early Planet Formation in Embedded Disks (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takayuki Muto
2. 発表標題 Prospects of Disk Structure Observations for Young Protoplanetary Disks
3. 学会等名 Workshop for Protoplanetary Disks and Exoplanets (国際学会)
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

https://er-web.sc.kogakuin.ac.jp/Profiles/10/0000966/profile.html http://www.ns.kogakuin.ac.jp/~ft13389/
--

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	橋本 淳 (Hashimoto Jun) (20588610)	大学共同利用機関法人自然科学研究機構(新分野創成センター、アストロバイオロジーセンター、生命創成探究・アストロバイオロジーセンター・特任助教) (82675)	

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			
カナダ	ビクトリア大学			
その他の国・地域	中央研究院天文及天文物理研究所			
オランダ	ライデン大学			
米国	ジェット推進研究所	カリフォルニア工科大学		
カナダ	ビクトリア大学			