

令和 4 年 6 月 28 日現在

機関番号：33108

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2021

課題番号：17K05399

研究課題名(和文) 原始惑星の大気成分及び惑星大気起源に関する観測的研究

研究課題名(英文) Observational Studies of Atmospheric Components of Protoplanets and Origin of Planet Atmosphere

研究代表者

秋山 永治 (Akiyama, Eiji)

新潟工科大学・工学部・准教授

研究者番号：30647623

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 1,100,000円

研究成果の概要(和文)：本研究の目的は、太陽と同程度の質量を持つ若い星に付随する原始惑星系円盤とデブリ円盤を観測し、惑星の基となる塵や大気となるガス成分の供給過程に関し知見を得ることである。観測所の都合で計画した観測ができなかったが、主な成果は、1) 惑星形成現場である原始惑星系円盤において、内在する地球型惑星を含めた惑星形成領域(inner disk)を撮像したこと、2) 物質輸送機構の特徴であり理論的に予想されていたブリッジ構造が検出され、惑星形成に必要なガスや塵がinner diskに供給されている可能性が示されたこと、3) 先行研究となって観測的研究を推進し、国際共同研究に発展したことである。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は「生命を育むのに重要な惑星大気がいつどのような過程で得られたのか」という問いについて、解明につながる重要な発見に寄与した。すなわち、惑星形成の初期段階である原始惑星にその周囲からガスや塵が供給されている可能性が示され、後に別の研究グループによる直接撮像によって確認された。大気を持つ惑星と持たない惑星が存在する原因の解明につながり、生命環境に重要とされる大気の獲得機構に関する観測的成果であるため、学術面や一般社会の関心に応えるものとして意義があると考えられる。

研究成果の概要(英文)：The aim of the research is to clarify the mass supply mechanism of gas and dust that form planets and their atmosphere by observations toward protoplanetary disks and debris disks around sun-like young stars. Although the original plan was not performed due to operational limitation in observatory, the main outcomes include: 1) obtaining the image of the inner disk in which planet formation takes place including earth-like planet, 2) detecting the bridge structure in the central region of the protoplanetary disk and showing potential for gas and dust supply to the inner disk, 3) becoming prior research and contributing further promotion to observational research, and as a result, developing international collaboration.

研究分野：惑星形成分野

キーワード：原始惑星系円盤 惑星形成・進化 電波天文学

1. 研究開始当初の背景

惑星系の母体天体である原始惑星系円盤において、本研究の開始時点ですでにさまざまな観測が実施され、惑星形成に関連した数多くの構造が報告されていた。さらに、本研究の関係者によって惑星の形成時に原始惑星系円盤で発現が予想される渦状腕、多重リング、空隙構造等、すばる望遠鏡を用いた観測で詳細な物理構造が明らかになりつつあった。一方、アタカマ大型ミリ波サブミリ波干渉計 (Atacama Large Millimeter/submillimeter Array: ALMA) を用いた観測によって、上述の空隙構造の中に太陽系のような惑星系の形成現場と考えられる大きさが数 10 天文単位の小さな円盤 (inner disk) が検出された。さらに、ALMA 望遠鏡はこれまで困難であったさまざまなガス成分を検出することができ、地球型惑星において主に核の材料となる塵に加え、大気の原因となるガスの分布も捉えることができるようになり始めていた。

しかし、これらの観測で inner disk の存在が確認され、その典型的な大きさや回転運動が明らかになったが、その中に存在する原始惑星やその成長に必要なガスや塵の供給に関する観測的情報は十分に得られておらず、inner disk の全体像に関する成果に留まるものであった。さらに、報告された天体は、太陽よりも質量の大きい若い天体であり、我々の太陽系とはスケールが異なるため、直接比較できるか不確実な点があった。

惑星形成現場である原始惑星系円盤には、惑星形成に重要な役割を持つ水が多く存在すると考えられており、ALMA 望遠鏡は水の検出が可能な波長帯を有している。原始惑星系円盤内において、水は中心星近傍の高温領域ではガス (水蒸気) として、中心星から離れた領域では塵 (氷) として存在する。それらの境界をスノーラインまたは雪線等と呼ぶが、スノーラインの内外で惑星の形成環境が劇的に異なり、形成される惑星のタイプを決定づけることが多くの理論研究で示されていた。さらに、宇宙化学の観点から水が存在すると複雑な化学反応が促進され、ケミカルネットワークを通してさまざまな大型有機分子が形成可能になることも知られていた。このようにスノーラインの重要性は多くの専門家から指摘されていたものの、これまでスノーラインの観測は技術的に不可能であった。しかし、ALMA 望遠鏡の登場によって惑星形成現場に存在する水の検出の可能性が考えられるようになり、本研究の関係者によって放射輸送と化学反応ネットワークのシミュレーションによって、ALMA 望遠鏡であれば水のスノーラインの検出が可能であることが示された (Notsu et al. 2016, ApJ, 827, 113)。

2. 研究の目的

そこで本研究では、すでに研究代表者によって採択されている ALMA 望遠鏡を用いた、太陽質量と同程度の若い星に付随する原始惑星系円盤の観測を行い、主に中心星近傍領域に位置する inner disk とその周囲に存在するガスと塵の分布を明らかにする。そして、inner disk への物質供給機構を示す構造の検出を目指し、大気となるガス成分とその供給過程に関する情報を得る。inner disk はドーナツ状に空いた原始惑星系円盤内の空隙中に存在する。そして、原始惑星系円盤の大部分の物質を保持する円盤の外側領域から中央の inner disk へと十分な量のガスと塵が供給されて惑星が成長すると考えられている。従って、原始惑星系円盤の外側と内側領域をつなぐ物理構造が検出されれば、物質供給機構を示す有力な証拠となる。また、供給される物質に水が含まれているか調査することも本研究の目的である。このようにして、現在進行形で原始惑星が成長していく描像を捉えることで進化過程を明らかにしていく。

3. 研究の方法

本研究は 3 つの段階で構成される。(1) すでに ALMA 観測所から採択された観測を完了する (研究提案時では一部の観測が終了している)。そして、観測データが入手され次第解析に着手し、原始惑星系円盤全体と地球型惑星の形成領域である inner disk の画像化を行う。(2) 解析画像から inner disk 自体とその周囲に存在するガスおよび塵の分布を明らかにし、inner disk への物質輸送に関連する構造、すなわちブリッジ構造の存在を調査する。並行して、すばる望遠鏡と NASA Infrared Telescope Facility (IRTF) で取得したデータを用いて、赤外線領域のスペクトル解析から物質輸送の裏付けとなる質量降着の調査を行う。(3) 本研究を基に開始された国際共同研究で高空間分解能を有する追観測を実施し、地球サイズの原始惑星が内在すると考えられている inner disk の詳細な構造と物質輸送の存在について明らかにする。

4. 研究成果

(1) 地球型惑星の形成領域である inner disk とブリッジ構造の検出

中心星の周囲に広がる原始惑星系円盤は、渦状腕、多重リング、空隙構造等、複雑な構造を持つことが知られている。その中で、中心部に空隙構造を持つ原始惑星系円盤では、これまでの観測で明確に検出されてはいなかったものの、空隙内に物質が円盤状に広がった inner disk の存在が観測的に示されつつあった。現在では、地球サイズの惑星も含めて原始惑星が内在する inner disk にガスや塵が供給されることにより、原始惑星が物質を獲得して成長すると一般的に考えられている。よって、inner disk に関する知見は惑星形成を理解する上で必要不可欠で

ある。

図 1 に ALMA 望遠鏡で得られた太陽と同程度の質量を持つ若い星 PDS 70 に付随する原始惑星系円盤の観測画像を示す。図 1 (a) と (b) はそれぞれ HCO^+ と CO ガスの分布、図 1 (c) は塵の分布を表すが、どちらもドーナツ状に分布していることが明らかになった。そして、ドーナツ状に空いた空隙の中に物質が存在し、円盤形状をした inner disk が検出された。さらに、円盤の外側領域と円盤中央に位置する inner disk を結ぶブリッジ構造も検出された。

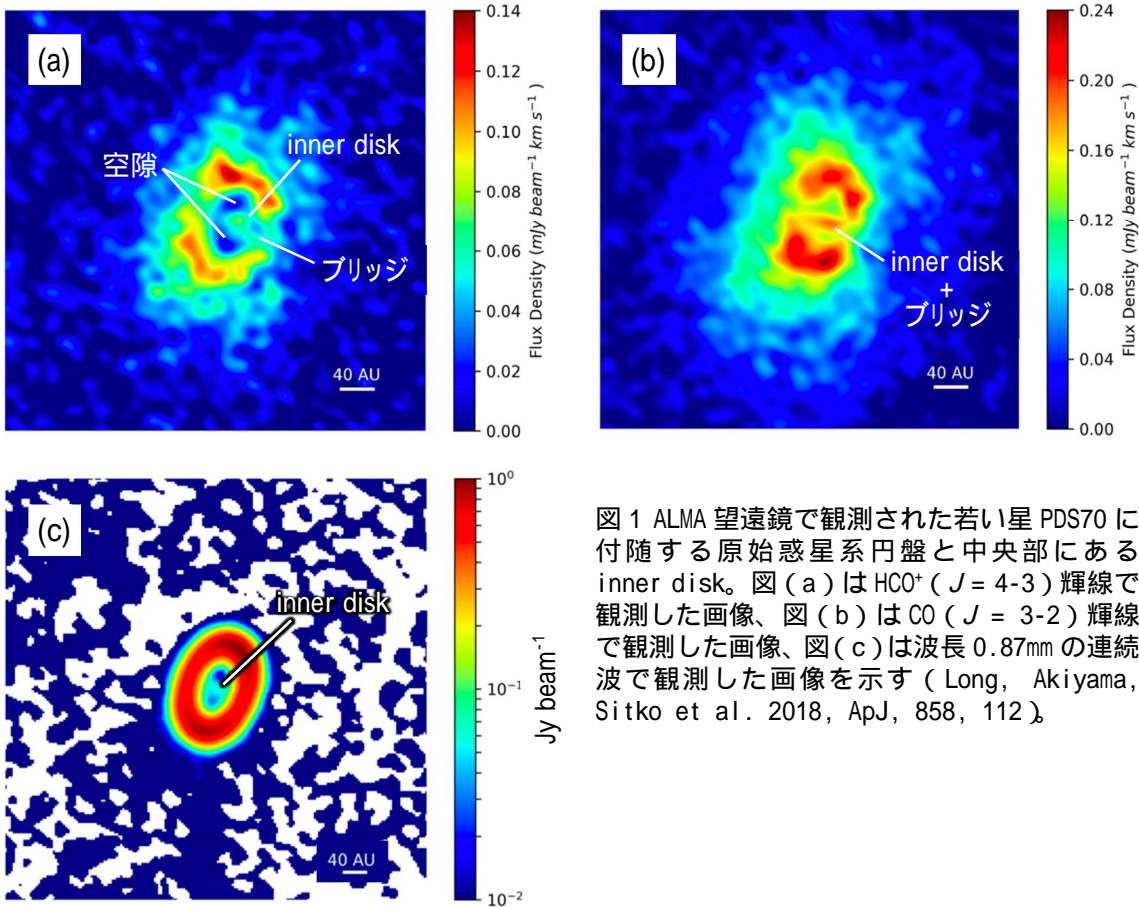


図 1 ALMA 望遠鏡で観測された若い星 PDS70 に付随する原始惑星系円盤と中央部にある inner disk。図 (a) は HCO^+ ($J = 4-3$) 輝線で観測した画像、図 (b) は CO ($J = 3-2$) 輝線で観測した画像、図 (c) は波長 0.87 mm の連続波で観測した画像を示す (Long, Akiyama, Sitko et al. 2018, ApJ, 858, 112)。

(2) 地球型惑星の形成領域である inner disk への物質供給

原始惑星系円盤において、ブリッジ構造 (アーム構造) を介して物質が輸送されることがさまざまな理論研究から示されている (e.g. Close et al. 2014, ApJL, 781, L30)。また、先行研究で円盤の外側領域と円盤の中央部に存在する inner disk をつなぐブリッジ状のガスの流れが報告されている (Casassus et al. 2013, Nature, 493, 7431)。しかし、この先行研究は惑星形成に有益な情報を与えたものの、我々の太陽質量よりも大きい天体の報告であり、太陽と同程度で原始太陽系と似た環境と考えられる天体の観測ではなかった。

今回、我々の観測において太陽とほぼ同じ質量を持つ若い星において、惑星形成領域に物質輸送機構の特徴であるブリッジ構造が初めて確認された。そして、ガスや塵がブリッジ構造を介して inner disk へ供給されている可能性が示された。一方で、本天体に対して赤外線領域のスペクトル解析を行った結果、質量降着の兆候は見られず大規模の物質輸送は起きていないことが示唆された。しかし、inner disk は円盤本体と同一面で存在するのではなく、ある程度傾きを持つことが知られている (e.g. Casassus et al. 2015, ApJ, 811, 92)。そのため、角度によっては観測者側から検出が困難な方向になることが考えられるため、引き続き高感度観測で確認する必要性も示された。

(3) 惑星形成の観測的研究の発展に貢献

太陽質量と同程度の若い星に付随する原始惑星系円盤において、我々の観測から inner disk とブリッジ構造が検出され、理論予想されている円盤の外側領域から円盤中央部の inner disk への物質輸送の可能性が観測的に示された。得られた結果を基に新たな観測提案がなされ、PDS 70 に対して国内外の研究者によって多くの観測が実施された。図 2 に 2021 年に報告された最新の観測結果を示す (本観測結果は我々の観測で得られたものではないが、我々の観測データが加

えられて画像化されている)。新たに得られた詳細な観測データと過去の観測データによって、原始惑星の直接撮像に成功し、さらに原始惑星の周囲に付随し、物質輸送に重要な役割を果たす周惑星円盤も検出された。

本研究を通し、最新の成果を出したフランスのグループを中心とするメンバーと関連分野で共同研究を開始することができた。今後、より多くの天体に対して高感度高空間分解能の観測を進めていく。また、ALMA 観測所側の事情により今回の研究期間で実施されなかった観測のうち、水のスノーラインにおいて世界初検出を目指していく。本研究が足がかりとなり、惑星形成過程とそれに伴う原始惑星大気の物理的・化学的描像について観測面から理解が進むと期待される。

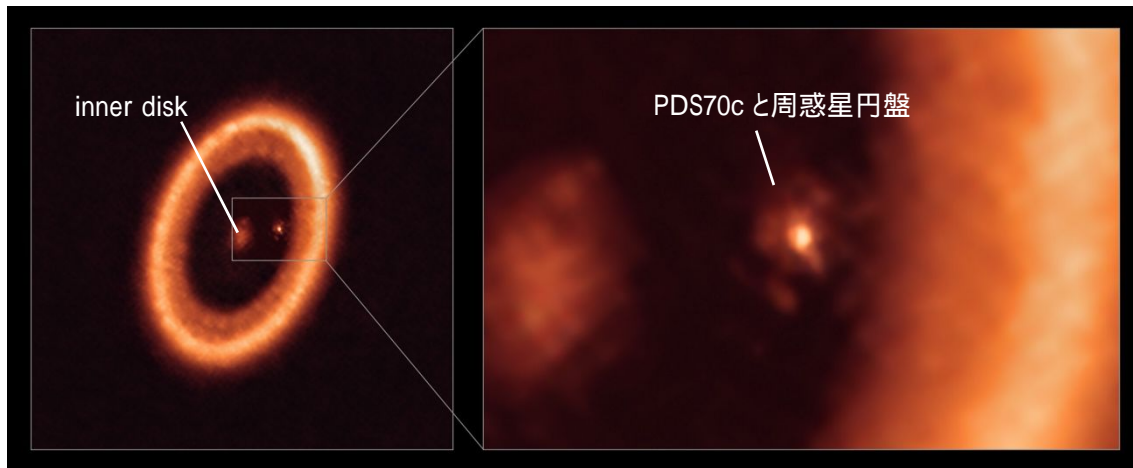


図 2 ALMA 望遠鏡による波長 $885\ \mu\text{m}$ の連続波で追観測された PDS70 の周囲にある原始惑星系円盤（左）と PDS70 の周囲を公転する原始惑星 PDS70c および付随する周惑星円盤（右）。2021 年 7 月のプレスリリース図。credit: ALMA (ESO/NAOJ/NRAO)/Benisty et al.

本研究期間に発生した、2019 年の令和元年東日本台風と 2020 年から続く新型コロナウイルスによって計画の変更を余儀なくされた。補助事業期間の延長やオンライン等を駆使して、研究への影響が最小限になるよう努めたが、予定した計画が期間内に完了できない部分が発生したため、一部研究費を返納することになった。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計13件（うち査読付論文 13件 / うち国際共著 10件 / うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Vorobyov Eduard I., Skliarevskii Alexandr M., Elbakyan Vardan G., Takami Michihiro, Liu Hauyu Baobab, Liu Sheng-Yuan, Akiyama Eiji	4. 巻 635
2. 論文標題 The origin of tail-like structures around protoplanetary disks	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Astronomy & Astrophysics	6. 最初と最後の頁 A196 ~ A196
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1051/0004-6361/201936990	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 Mayama, Satoshi; Perez, Sebastian; Kusakabe, Nobuhiko; Akiyama, Eiji et al.	4. 巻 159
2. 論文標題 Subaru Near-infrared Imaging Polarimetry of Misaligned Disks around the SR 24 Hierarchical Triple System	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 The Astronomical Journal	6. 最初と最後の頁 article id. 12
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-3881/ab5850	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 秋山永治	4. 巻 28巻4号
2. 論文標題 ぎょしゃ座SU星に付随する原始惑星系円盤の活動的相互作用	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 日本惑星科学会誌「遊・星・人」	6. 最初と最後の頁 305-312
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.14909/yuseijin.28.4_305	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 Booth, Alice S.; Walsh, Catherine; Ilee, John D.; Notsu, Shota; Qi, Chunhua; Nomura, Hideko; Akiyama, Eiji	4. 巻 882
2. 論文標題 The First Detection of 13C170 in a Protoplanetary Disk: A Robust Tracer of Disk Gas Mass	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal Letters	6. 最初と最後の頁 article id. L31
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/2041-8213/ab3645	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 Notsu, Shota; Akiyama, Eiji; Booth, Alice; Nomura, Hideko; Walsh, Catherine; Hirota, Tomoya; Honda, Mitsuhiko; Tsukagoshi, Takashi; Millar, T. J.	4. 巻 875
2. 論文標題 Dust Continuum Emission and the Upper Limit Fluxes of Submillimeter Water Lines of the Protoplanetary Disk around HD 163296 Observed by ALMA	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 article id. 96
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/ab0ae9	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 Akiyama, Eiji; Vorobyov, Eduard I.; Baobabu Liu, Hauyu; Dong, Ruobing; de Leon, Jerome; Liu, Sheng-Yuan; Tamura, Motohide	4. 巻 157
2. 論文標題 A Tail Structure Associated with a Protoplanetary Disk around SU Aurigae	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 The Astronomical Journal	6. 最初と最後の頁 article id. 165
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-3881/ab0ae4	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 Long Zachary C., Akiyama Eiji, Sitko Michael, Fernandes Rachel B., Assani Korash, Grady Carol A., Cure Michel, Danchi William C. et al.	4. 巻 858
2. 論文標題 Differences in the Gas and Dust Distribution in the Transitional Disk of a Sun-like Young Star, PDS 70	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 112 ~ 112
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/aaba7c	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 Dong Ruobing, Liu Sheng-yuan, Eisner Josh, Andrews Sean, Fung Jeffrey, Zhu Zhaohuan, Chiang Eugene, Hashimoto Jun, Liu Hauyu Baobab, Casassus Simon, Esposito Thomas, Hasegawa Yasuhiro, Muto Takayuki, Pavlyuchenkov Yaroslav, Wilner David, Akiyama Eiji, Tamura Motohide, Wisniewski John	4. 巻 860
2. 論文標題 The Eccentric Cavity, Triple Rings, Two-armed Spirals, and Double Clumps of the MWC 758 Disk	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 124 ~ 124
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/aac6cb	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, Hashimoto Jun, Muto Takayuki, Akiyama Eiji, Dong Ruobing, Leon Jerome de, Sakon Itsuki, Kudo Tomoyuki et al.	4. 巻 156
2. 論文標題 Subaru/HiCIAO HK s Imaging of LKHa 330: Multi-band Detection of the Gap and Spiral-like Structures	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 The Astronomical Journal	6. 最初と最後の頁 63 ~ 63
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-3881/aacbd1	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 Mayama Satoshi, Akiyama Eiji, Pani? Olja, Miley James, Tsukagoshi Takashi, Muto Takayuki, Dong Ruobing, de Leon Jerome, Mizuki Toshiyuki, Oh Daehyeon, Hashimoto Jun, Sai Jinshi, Currie Thayne, Takami Michihiro, Grady Carol A., Hayashi Masahiko, Tamura Motohide, Inutsuka Shu-ichiro	4. 巻 868
2. 論文標題 ALMA Reveals a Misaligned Inner Gas Disk inside the Large Cavity of a Transitional Disk	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 L3 ~ L3
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/2041-8213/aae88b	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 Akiyama Eiji, Vorobyov Eduard I., Baobabu Liu Haiyu, Dong Ruobing, de Leon Jerome, Liu Sheng-Yuan, Tamura Motohide	4. 巻 157
2. 論文標題 A Tail Structure Associated with a Protoplanetary Disk around SU Aurigae	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 The Astronomical Journal	6. 最初と最後の頁 165 ~ 165
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-3881/ab0ae4	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 秋山永治	4. 巻 27
2. 論文標題 高解像度観測が導く惑星系形成	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 日本惑星科学会誌「遊・星・人」	6. 最初と最後の頁 4-16
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 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 Notsu, Shota; Nomura, Hideko; Walsh, Catherine; Honda, Mitsuhiko; Hirota, Tomoya; Akiyama, Eiji; Millar, T. J.	4. 巻 855
2. 論文標題 Candidate Water Vapor Lines to Locate the H ₂ O Snowline through High-dispersion Spectroscopic Observations. III. Submillimeter H ₂ 160 and H ₂ 180 Lines	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 アストロフィジカル・ジャーナル	6. 最初と最後の頁 62-77
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/aaaa72	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17件 (うち招待講演 6件 / うち国際学会 9件)

1. 発表者名 秋山永治
2. 発表標題 見えない光で迫る惑星形成
3. 学会等名 北海道大学遠隔授業プロジェクト (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Notsu, Shota; Nomura, Hideko; Walsh, Catherine; Honda, Mitsuhiko; Hirota, Tomoya; Akiyama, Eiji; Tsukagoshi, Takashi; Booth, Alice S.; Millar, T. J.
2. 発表標題 Possibility to locate the position of the H ₂ O snowline in protoplanetary disks through spectroscopic observations
3. 学会等名 International Astronomical Union (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Mayama, Satoshi; Akiyama, Eiji; Panic, Olja; Miley, James; Tsukagoshi, Takashi; Muto, Takayuki; Dong, Ruobing; De Leon, Jerome Pitogo; Mizuki, Toshiyuki; Daehyeon, Oh; Hashimoto, Jun; Sai, Jinshi; Currie, Thayne; Takami, Michihiro; Grady, Carol A.; Hayashi, Masahiko; Tamura, Motohide; Inutsuka, Shu-ichiro
2. 発表標題 ALMA Reveals a Misaligned Inner Gas Disk inside the Large Cavity of a Transitional Disk
3. 学会等名 234th American Astronomical Society (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Nomura, Hideko; Tsukagohi, Takashi; Kawabe, Ryohei; Muto, Takayuki; Akiyama, Eiji; Aikawa, Yuri; Okuzumi, Satoshi; Kanagawa, Kazuhiro D; Ida, Shigeru; Walsh, Catherine; Millar, Tom J
2. 発表標題 Effect of Dust Distribution on Chemical Structure in the TW Hya Disk
3. 学会等名 Workshop on Inter Stellar Matter 2018 (ILTS Symposium) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Notsu, Shota; Akiyama, Eiji; Booth, Alice; Nomura, Hideko; Walsh, Catherine; Hirota, Tomoya; Honda, Mitsuhiko; Tsukagoshi, Takashi; Millar, Tom J.
2. 発表標題 Water lines and multiple ring and gap structures of the protoplanetary disk around HD 163296
3. 学会等名 Workshop on Inter Stellar Matter 2018 (ILTS Symposium) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Akiyama, Eiji
2. 発表標題 High Spatial Observations of Protoplanetary Disks Review
3. 学会等名 4th International Conference on Astrophysics and Particle Physics (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 野津 翔太, 野村 英子, 秋山 永治, Alice Booth, Catherine Walsh, 廣田 朋也, 本田 充彦, 塚越 崇, Tom Millar
2. 発表標題 HD163296の原始惑星系円盤のALMA観測 -水輝線と多重リング・ギャップ構造
3. 学会等名 日本惑星科学会2018年秋季講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 秋山 永治、Long, Zachary、Sitko, Michael、Assani, Korash、Fernandes, Rachel B.、Grady, Carol A.、中里 剛、田村 元秀
2. 発表標題 Gas and Dust Distribution in the Transitional Disk of a Sun-like Young Star, PDS 70
3. 学会等名 2018年日本天文学会秋季大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 秋山 永治
2. 発表標題 星・惑星系形成
3. 学会等名 第48回天文・天体物理若手夏の学校（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 秋山 永治、田村 元秀、長谷 川靖紘
2. 発表標題 太陽サイズの若い中心星を持つ遷移円盤のキャピティ内の観測的研究
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2017年大会（国際学会）
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 野津 翔太、野村 英子、本田 充彦、廣田 朋也、秋山 永治、Walsh Catherine、Millar T.J.
2. 発表標題 ALMAの高分散分光観測による、原始惑星系円盤のH2Oスノーラインの同定可能性
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2017年大会（国際学会）
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 野津 翔太、野村 英子、本田 充彦、廣田 朋也、秋山 永治
2. 発表標題 ALMA分光観測による原始惑星系円盤のH2Oスノーラインの同定可能性
3. 学会等名 日本天文学会2017年秋季年会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 秋山 永治
2. 発表標題 観測が明かす原始惑星系円盤と惑星系の姿
3. 学会等名 日本惑星科学会2017年秋季講演会（招待講演）
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 野津 翔太、野村 英子、C. Walsh、本田 充彦、廣田 朋也、秋山 永治、T. J. Millar
2. 発表標題 ALMA分光観測による原始惑星系円盤のH2Oスノーラインの同定可能性
3. 学会等名 日本惑星科学会2017年秋季講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 秋山 永治
2. 発表標題 Observational signature of grain growth in the protoplanetary disk around young star LkH 330
3. 学会等名 2nd International Conference on Astrophysics and Particle Physics（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 秋山 永治
2. 発表標題 Observations of protoplanetary discs: pathway to planet formation
3. 学会等名 The 2nd Rencontres du Vietnam on Exoplanetary Science (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 野津 翔太、野村 英子、秋山 永治、廣田 朋也、本田 充彦、Catherine Walsh、Alice Booth、Tom Millar
2. 発表標題 ALMAによるHD163296の原始惑星系円盤中の多重リング構造と水輝線探索
3. 学会等名 日本天文学会2018年春季年会
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

https://www.aanda.org/2020-highlights/1792 秋山永治氏、日本惑星科学会2016年度最優秀研究者賞を受賞 https://www.nao.ac.jp/news/topics/2017/20171012-award.html

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