

令和 4 年 6 月 15 日現在

機関番号：24403

研究種目：若手研究

研究期間：2018～2021

課題番号：18K13582

研究課題名(和文) 分子雲コア精密観測による乱流起源の超低質量星/褐色矮星形成メカニズムの調査

研究課題名(英文) Investigating the formation of very-low mass stars/brown dwarfs driven by turbulence with dense core observations

研究代表者

徳田 一起 (Tokuda, Kazuki)

大阪府立大学・理学(系)研究科(研究院)・客員研究員

研究者番号：60802139

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：超低質量星や褐色矮星の形成機構に関しては1太陽質量程度の星の形成機構に比べて大きく取り遅れている。その理由としては、母体となる非常に高密度で低質量なガス塊の形成要因が理解されていないことが挙げられる。本研究では、ALMA (Atacama Large Millimeter/sub-millimeter Array)を用いることにより、超低質量星の母体となる高密度分子雲コアの観測し、その形成メカニズムに迫るものである。研究の結果、分子雲コア内部の乱流や円筒状の分子雲自体の分裂により超低質量星や褐色矮星の形成に至る可能性があることを観測的に示すことができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

宇宙には様々な質量の恒星が存在する。しかしながら、どのようにして質量を獲得し、多様な質量の星が生まれるか、それがどのようなメカニズムで頻度分布が決定されるかは理解が進んでいない。特に太陽の8倍以上を持つ大質量星と太陽の0.1倍以下の質量の星の形成については理解されていない。本研究は質量の小さい側の星の形成機構について観測的に調べたものである。本研究では小さい質量の星に至る密度の高い塊(星の卵)が必ずしも一つの要因ではなく、太陽程度と同様なメカニズムで生まれることや複雑な超音速乱流の環境下で生まれるなど、多様であることを見出した。

研究成果の概要(英文)：The formation mechanisms of very low-mass stars and brown dwarfs lag far behind those of stars with masses in the order of one solar mass. This is because we do not understand the formation mechanism of the very dense, low-mass gas clumps forming such tiny objects' seeds. In this study, we performed ALMA (Atacama Large Millimeter/submillimeter Array) observations of high-density cores in nearby star-forming regions. Our research demonstrated that the formation of very-low-mass stars and brown dwarfs might be caused by turbulence in high-density cores and/or the fragmentation from a cylindrical shape molecular cloud itself.

研究分野：天文学

キーワード：電波望遠鏡 分子雲 分子雲コア 小質量星形成 褐色矮星

1. 研究開始当初の背景

1970年代の先駆的理論研究(e.g., Larson 1969; Shu 1977)に始まり、その後発達した電波観測(e.g., Myers et al. 1983)等によって確立されつつある1太陽質量の星の形成シナリオは、分子雲コアと呼ばれる高密度($>10^4\text{--}10^6\text{ cm}^{-3}$)なガス塊が重力収縮し、原始惑星系円盤を伴った原始星を形成し、その後質量降着を経て主系列星になるといったものである。一方で、星の初期質量関数を考えると1太陽質量よりも小さい質量の星の方が数的には支配的であるにもかかわらず、その形成機構については、理論的には複数のシナリオが提唱されている(Whitworth et al. 2007 and references therein)ものの観測的な理解が立ち遅れているのが現状である。星の初期質量関数は分子雲コアの質量関数と酷似している(e.g., Motte et al. 1998, Onishi et al. 2002)ことが観測的に示されており、より小さな星はより小さな分子雲コアから形成されると考えられる。しかしながら、重力的に束縛された0.1太陽質量を切るような非常に軽くコンパクトで高密度な分子雲コア(以下、コンパクトコアと呼ぶ)を作ることは、1太陽質量程度の星が形成される分子雲コアよりも難しいことが示されており(e.g., Masunaga et al. 1998)、超低質量星/褐色矮性の形成機構を解明する上での1つの困難とされていた。

2. 研究の目的

本研究の目的は、超低質量星/褐色矮星の複数提唱されている形成要因のうち、高密度ガス塊から通常の1太陽質量程度の星と同様なメカニズムで形成されるモード(e.g., André et al. 2012, Lee et al. 2013)に着目し、母体となるコンパクトコアがどのように形成されるかを理解することである。1太陽質量程度の星を形成する分子雲コアは、その母体となる $10^3\text{--}10^4\text{ cm}^{-3}$ 程度のフィラメント状分子雲が重力不安定による分裂で生み出されることが理解されつつある(e.g., Inutsuka et al. 1992, André et al. 2014)が、より小さな星の形成母体となるコンパクトコアを同種の分裂で生み出すことは難しい。実際、近年の赤外線減光及び単一電波望遠鏡による連続波/分光観測(e.g., Alves et al. 2001, Kandori et al. 2005, Kirk et al. 2005)によると、 $10^4\text{--}10^5\text{ cm}^{-3}$ 程度の密度の分子雲コアの形状は球対称に近く、中心部の密度分布がほぼ一様で、かつ密度の不均一性を産むような乱流運動も散逸している傾向が示されている。しかし、これらの観測は必ずしも空間分解能が十分でなく、1000AU以下の非一様な密度分布はあったとしても見逃されていた。本研究の重要なポイントは、分子雲コアが密度一様、球対称の仮定から一度脱却し、空間/速度的に非一様な密度分布が引き起こす擾乱が超低質量星/褐色矮星の母体となるコンパクトコアを形成する上で重要な役割を果たす可能性を観測的に検証することである。

3. 研究の方法

小質量星形成領域の分子雲コアの数百AU規模の内部構造を探るためには、感度および空間分解能が最も高くできる最近傍($<200\text{ pc}$)の小質量星形成領域にターゲットを絞ることが重要となる。最近のALMAを用いた同種の大規模なサーベイにより、ほとんどの分子雲コアは内部構造を持たないという結果が報告されている(Dunham et al. 2016)。この先行研究の天体選定や観測感度などは必ずしも十分とは言えないものであったが、厳選したターゲットをALMAでより時間をかけた高感度な観測を行う必要があることを意味する。申請者らの独自の研究により、単一鏡の観測でおうし座領域に存在する星形成極初期段階に近い天体と同様なミリ波連続波強度(中心集中度)を持つ分子雲コアを観測天体として選ぶ必要があることと、ALMA 12 m arrayでは捉えることができない数1000AU以上の構造を漏れなく捉えるACAは分子雲コアの内部構造の有無を推定するための理想的な装置であることが分かった。多くの天体に対して同種のサーベイ観測を提案し、分子雲コアの内部構造が存在する頻度やその質量等の物理量を明らかにする。

4. 研究成果

ALMAを用いてMC27という分子雲コアを観測した結果、その内部に通常の分子雲コアでは予想されないような高い温度($\sim 60\text{ K}$)を持つ分子ガス成分の発見を報告した。そのすぐ近傍には非常に低質量($\sim 10^{-3}$ 太陽質量程度)で高密度(水素分子個数密度 $\sim 10^7\text{ cm}^{-3}$)のガス塊が存在することから、分子雲コア内部での乱流による衝撃波が高温構造と高密度構造を生成したと解釈している(Tokuda et al. 2018, ApJ, 862, 8)。またALMAを用いた別の観測により、分子雲コア自体の質量が典型的なもの比べて非常に小さく(0.2-0.4太陽質量程度)、かつ高密度な天体を見出し、褐色矮星の初期条件を表す天体として注目している(Tokuda et al. 2019, PASJ, 71, 73)。

さらに、ALMA Cycle 6で採択されたおうし座領域における30個以上に渡る分子雲コアのサーベイ観測のデータ解析/論文化を行い、これまで見出されてこなかった、高密度分子雲コアの統計的性質や、星形成直前の複雑な分裂/合体構造などが見出され、褐色矮星だけでなく一般的な太陽質量程度の天体において数1000au程度の内部構造が星形成前に発達すること及びその時間

スケールを明らかにした(Tokdua et al. 2020, ApJ, 899, 10)。最終年度は、南のかんむり座領域のALMA 望遠鏡を用いた観測データの解析にも着手し、おうし座領域で見られたような小質量の分子雲コアが多数存在する兆候を掴むことができた。

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 6件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Tokuda Kazuki, Fujishiro Kakeru, Tachihara Kengo, Takashima Tatsuyuki, Fukui Yasuo, Zahorecz Sarolta, Saigo Kazuya, Matsumoto Tomoaki, Tomida Kengo, Machida Masahiro N., Inutsuka Shu-ichiro, Andr? Philippe, Kawamura Akiko, Onishi Toshikazu	4. 巻 899
2. 論文標題 FRAGMENTATION AND EVOLUTION OF DENSE CORES JUDGED BY ALMA (FREJA). I. OVERVIEW: INNER ?1000 AU STRUCTURES OF PRESTELLAR/PROTOSTELLAR CORES IN TAURUS	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 10 ~ 10
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/ab9ca7	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 Fujishiro Kakeru, Tokuda Kazuki, Tachihara Kengo, Takashima Tatsuyuki, Fukui Yasuo, Zahorecz Sarolta, Saigo Kazuya, Matsumoto Tomoaki, Tomida Kengo, Machida Masahiro N., Inutsuka Shu-ichiro, Andr? Philippe, Kawamura Akiko, Onishi Toshikazu	4. 巻 899
2. 論文標題 A LOW-VELOCITY BIPOLAR OUTFLOW FROM A DEEPLY EMBEDDED OBJECT IN TAURUS REVEALED BY THE ATACAMA COMPACT ARRAY	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 L10 ~ L10
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/2041-8213/ab9ca8	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 Muraoka Kazuyuki, Kondo Hiroshi, Tokuda Kazuki, Nishimura Atsushi, Miura Rie E., Onodera Sachiko, Kuno Nario, Zahorecz Sarolta, Tsuge Kiyetsu, Sano Hidetoshi, Fujita Shinji, Onishi Toshikazu, Saigo Kazuya, Tachihara Kengo, Fukui Yasuo, Kawamura Akiko	4. 巻 903
2. 論文標題 ALMA OBSERVATIONS OF GIANT MOLECULAR CLOUDS IN M33. II. TRIGGERED HIGH-MASS STAR FORMATION BY MULTIPLE GAS COLLIDING EVENTS AT THE NGC 604 COMPLEX	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 94 ~ 94
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/abb822	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 Torii Kazufumi, Tokuda Kazuki, Tachihara Kengo, Onishi Toshikazu, Fukui Yasuo	4. 巻 73
2. 論文標題 ALMA VIEW OF THE GALACTIC SUPER STAR CLUSTER RCW 38 AT 270 AU RESOLUTION	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Publications of the Astronomical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 205 ~ 219
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/pasj/psaa115	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 Tsuge Kiseitsu, Tachihara Kengo, Fukui Yasuo, Sano Hidetoshi, Tokuda Kazuki, Ueda Junko, Iono Daisuke	4. 巻 73
2. 論文標題 The formation of the young massive cluster B1 in the Antennae Galaxies (NGC 4038/NGC?4039) triggered by cloud?cloud collision	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Publications of the Astronomical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 417 ~ 430
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/pasj/psab008	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 Tsuge Kiseitsu, Fukui Yasuo, Tachihara Kengo, Sano Hidetoshi, Tokuda Kazuki, Ueda Junko, Iono Daisuke, Finn Molly K	4. 巻 73
2. 論文標題 The formation of young massive clusters triggered by cloud?cloud collisions in the Antennae galaxies NGC?4038/NGC?4039	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 S35 ~ S61
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/pasj/psaa033	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 Fukui Y., Tokuda K., Saigo K., Harada R., Tachihara K., Tsuge K., Inoue T., Torii K., Nishimura A., Zahorecz S., Nayak O., Meixner M., Minamidani T., Kawamura A., Mizuno N., Indebetouw R., Sewilo M., Madden S., Galametz M. Lebouteiller V., Chen C.-H. R., Onishi T.	4. 巻 886
2. 論文標題 An ALMA View of Molecular Filaments in the Large Magellanic Cloud. I. The Formation of High-mass Stars and Pillars in the N159E-Papillon Nebula Triggered by a Cloud?Cloud Collision	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 14 ~ 14
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/ab4900	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 Tokuda K., Fukui Y., Harada R., Saigo K., Tachihara K., Tsuge K., Inoue T., Torii K., Nishimura A., Zahorecz S., Nayak O., Meixner M., Minamidani T., Kawamura A., Mizuno N., Indebetouw R., Sewilo M., Madden S., Galametz M. Lebouteiller V., Chen C.-H. R., Onishi T.	4. 巻 886
2. 論文標題 An ALMA View of Molecular Filaments in the Large Magellanic Cloud. II. An Early Stage of High-mass Star Formation Embedded at Colliding Clouds in N159W-South	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 15 ~ 15
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/ab48ff	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 Takekoshi Tatsuya, Fujita Shinji, Nishimura Atsushi, Taniguchi Kotomi, Yamagishi Mitsuyoshi, Matsuo Mitsuhiro, Ohashi Satoshi, Tokuda Kazuki, Minamidani Tetsuhiro	4. 巻 883
2. 論文標題 Nobeyama 45 m Cygnus-X CO Survey. II. Physical Properties of C180 Clumps	5. 発行年 2019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/ab3a55	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 Tokuda Kazuki, Tachihara Kengo, Saigo Kazuya, Andre Phillipe, Miyamoto Yosuke, Zahorecz Sarolta, Inutsuka Shu-ichiro, Matsumoto Tomoaki, Takashima Tatsuyuki, Machida Masahiro N, Tomida Kengo, Taniguchi Kotomi, Fukui Yasuo, Kawamura Akiko, Tatematsu Ken'ichi, Kandori Ryo, Onishi Toshikazu	4. 巻 71
2. 論文標題 A centrally concentrated sub-solar-mass starless core in the Taurus L1495 filamentary complex	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 73-1-73-13
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/pasj/psz051	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 Tokuda Kazuki, Onishi Toshikazu, Saigo Kazuya, Matsumoto Tomoaki, Inoue Tsuyoshi, Inutsuka Shu-ichiro, Fukui Yasuo, Machida Masahiro N., Tomida Kengo, Hosokawa Takashi, Kawamura Akiko, Tachihara Kengo	4. 巻 862
2. 論文標題 Warm CO Gas Generated by Possible Turbulent Shocks in a Low-mass Star-forming Dense Core in Taurus	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 8 ~ 21
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/aac898	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 Harada Ryohei, Onishi Toshikazu, Tokuda Kazuki, Zahorecz Sarolta, Hughes Annie, Meixner Margaret, Sewi?o Marta, Indebetouw Remy, Nayak Omnarayani, Fukui Yasuo, Tachihara Kengo, Tsuge Kisetstu, Kawamura Akiko, Saigo Kazuya, Wong Tony, Bernard Jean-Philippe, Stephens Ian W	4. 巻 71
2. 論文標題 Formation of high-mass stars in an isolated environment in the Large Magellanic Cloud	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 44
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/pasj/psz011	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 Torii, Kazufumi; Fujita, Shinji; Nishimura, Atsushi; Tokuda, Kazuki; Kohno, Mikito; Tachihara, Kengo; Inutsuka, Shu-ichiro; Matsuo, Mitsuhiro; Kuriki, Mika; Tsuda, Yuya; Minamidani, Tetsuhiro; Umemoto, Tomofumi; Kuno, Nario; Miyamoto, Yusuke	4. 巻 71
2. 論文標題 FOREST Unbiased Galactic Plane Imaging Survey with the Nobeyama 45-m Telescope (FUGIN) V: Dense gas mass fraction of molecular gas in the Galactic plane	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 S2
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 -

〔学会発表〕 計30件 (うち招待講演 4件 / うち国際学会 11件)

1. 発表者名 徳田一起, Zahorecz Sarolta (大阪府大/国立天文台), 大野峻宏, 柘植紀節, 立原研悟, 福井康雄 (名古屋大), 佐野栄俊, 河村晶子 (国立天文台), 近藤滉, 小西亜侑, 村岡和幸, 大西利和 (大阪府大), 福島肇 (筑波大), 竹腰達哉 (北見工業大)
2. 発表標題 ALMA ACA による小マゼラン雲超広域 CO 探査 (1): CO 分子雲の大局的分布
3. 学会等名 日本天文学会2021年春季年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 徳田一起, Zahorecz Sarolta (大阪府大/国立天文台), 立原研悟, 福井康雄, 犬塚修一郎 (名古屋大), 松下祐子, 西合一矢, 河村晶子 (国立天文台), 松本倫明 (法政大), 町田正博, 佐伯優, 原田直人, 柳玉華, 山崎駿 (九州大), 富田賢吾 (大阪大), 山崎康正, 大西利和 (大阪府大)
2. 発表標題 ALMA ACA サーベイで探る Taurus 領域分子雲コア進化の統計的研究 (4): N2D+ 輝線と1.3 mm連続波の比較から考察する分子雲コア進化段階
3. 学会等名 日本天文学会2020年秋季年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 徳田一起
2. 発表標題 最新電波望遠鏡で星の卵の進化を追う 星誕生の瞬間を求めて
3. 学会等名 2020年度 第50回 天文・天体物理若手夏の学校 (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 徳田一起
2. 発表標題 局所銀河群の分子雲観測
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~
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 徳田一起
2. 発表標題 ALMAによるおうし座領域分子雲コアの統計的研究: 星なし分子雲コアからファーストコアまで
3. 学会等名 大研究会2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Kazuki Tokuda
2. 発表標題 Fragmentation and Evolution of Dense Cores Judged by ALMA (FREJA): Inner ~1000 au Structures of Prestellar Cores in Taurus
3. 学会等名 Cold Cores workshop in December 2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Kazuki Tokuda
2. 発表標題 ALMA CO Observations toward Local Group of Galaxies (LMC/SMC/M33)
3. 学会等名 ALMA Grant Fellow Symposium 2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 徳田一起
2. 発表標題 小質量星形成極初期段階分子雲コアH3+重水素化合物の観測
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 徳田 一起
2. 発表標題 単一鏡と干渉計で明らかにする局所銀河群巨大分子雲の全貌
3. 学会等名 (サブ)ミリ波単一鏡の革新で挑む、天文学の未解決問題
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 徳田一起 (大阪府大/国立天文台), 近藤滉, 村岡和幸, 西村淳, 大西利和 (大阪府立大学), 濤崎智佳 (上越教育大学), 三浦理絵, 西合一矢, 河村晶子, 鳥居和史 (国立天文台), 小野寺幸子 (明星大学), 久野成夫 (筑波大学), 藤田真司, 立原研悟, 福井康雄 (名古屋大)
2. 発表標題 ALMA による渦巻銀河 M33 の巨大分子雲の高分解能観測 (3): フィラメント状分子雲と原始星アウトフローの検出
3. 学会等名 日本天文学会2019年秋季年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 徳田一起, Zahorecz Sarolta (大阪府大/国立天文台), 藤城翔, 立原研悟, 福井康雄, 犬塚修一郎 (名古屋大), 西合一矢, 河村晶子 (国立天文台), 松本倫明 (法政大), 町田正博 (九州大), 富田賢吾 (大阪大), 高嶋辰幸, 大西利和 (大阪府大)
2. 発表標題 ALMA ACA サーベイで探る Taurus 領域分子雲コア進化の統計的研究 (2): 1 mm 帯連続波で検出された分子雲コアの内部構造
3. 学会等名 日本天文学会2020年春季年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Kazuki Tokuda
2. 発表標題 Spatially resolved high-mass star-forming filamentary clouds in the Large Magellanic Cloud
3. 学会等名 ALMA/45m/ASTE Users Meeting 2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kazuki Tokuda
2. 発表標題 A detailed ALMA study of an early stage of protostar formation in a highly dynamical dense core
3. 学会等名 ALMA Workshop 2019: Early Planet Formation in Embedded Disks (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kazuki Tokuda
2. 発表標題 Spatially resolved filamentary clouds in the Large Magellanic Cloud
3. 学会等名 LINKING THE MILKY WAY AND NEARBY GALAXIES (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kazuki Tokuda
2. 発表標題 A detailed ALMA study of an early stage of protostar formation in a highly dynamical dense core
3. 学会等名 Zoom in on star formation (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Tokuda, Kazuki
2. 発表標題 ALMA studies of the substructure of protostellar/prestellar cores in Taurus
3. 学会等名 From Stars to Planets II - Connecting our understanding of star and planet formation (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kazuki Tokuda
2. 発表標題 Revealing the substructures of prestellar/protostellar cores with ALMA and the ngVLA
3. 学会等名 next generation VLA workshop (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 徳田一起
2. 発表標題 Taurus dense core surveys with single-dishes and interferometers in the Heisei and Reiwa era
3. 学会等名 Nobeyama Science Workshop -令和元年- (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 徳田一起 (大阪府大/国立天文台チリ観測所), 大西利和 (大阪府大), 西合一矢, 河村晶子 (国立天文台チリ観測所), 井上剛志, 犬塚修一郎, 福井康雄, 立原研悟 (名古屋大), 松本倫明 (法政大), 町田正博 (九州大), 細川隆史 (京都大), 富田賢吾 (大阪大)
2. 発表標題 星形成初期段階分子雲コアの乱流ショックにより生じた暖かいCOガス
3. 学会等名 日本天文学会2018年秋季年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名	徳田一起, Zahorecz Sarolta, 立原研悟, 宮本洋輔, 福井康雄, 犬塚修一郎, Andre Phillipe, 西合一矢, 河村晶子, 立松健一, 松本倫明, 町田正博, 富田賢吾, 谷口琴美, 神鳥亮, 高嶋辰幸, 大西利和
2. 発表標題	L1495 領域のフィラメント雲に埋もれた褐色矮星前駆体候補の高密度コア
3. 学会等名	日本天文学会2019年春季年会
4. 発表年	2019年

1. 発表者名	徳田一起
2. 発表標題	南極 30m 望遠鏡による近傍星形成領域の乱流起源高温ガス+マゼラン雲の観測
3. 学会等名	南極 30m 級テラヘルツ望遠鏡によるサイエンス(星惑星系形成) (招待講演)
4. 発表年	2018年

1. 発表者名	Kazuki Tokuda
2. 発表標題	Science cases of star formation with NOEMA/IRAM 30m
3. 学会等名	NOEMA/30m Workshop (招待講演)
4. 発表年	2018年

1. 発表者名	徳田一起
2. 発表標題	Warm CO gas generated by possible turbulent shocks in a low-mass star-forming dense core in Taurus
3. 学会等名	Workshop: Star Formation Triggered by Cloud-Cloud Collision
4. 発表年	2018年

1. 発表者名 Kazuki Tokuda
2. 発表標題 Warm CO filamentary/clumpy gas generated by possible turbulent shocks in a highly dynamical dense core in Taurus resolved by ALMA
3. 学会等名 East Asian ALMA Development Workshop 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kazuki Tokuda
2. 発表標題 Warm CO filamentary/clumpy gas generated by possible turbulent shocks in a highly dynamical dense core in Taurus resolved by ALMA
3. 学会等名 East Asian ALMA Science Workshop 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kazuki Tokuda; Toshikazu Onishi; Kazuya Saigo; Tomoaki Matsumoto; Tsuyoshi Inoue; Shu-ichiro Inutsuka; Yasuo Fukui; Masahiro N. Machida; Kengo Tomida; Takashi Hosokawa; Akiko Kawamura; Kengo Tachihara
2. 発表標題 Warm CO filamentary/clumpy gas generated by possible turbulent shocks in a highly dynamical dense core in Taurus resolved by ALMA
3. 学会等名 Interstellar filament paradigm: On their formation, evolution, and role in star formation (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kazuki Tokuda
2. 発表標題 A detailed ALMA study of an early stage protostar formation in a highly dense core
3. 学会等名 The Wonders of Star Formation (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kazuki Tokuda
2. 発表標題 Revealing substructures of prestellar/protostellar cores in low-mass star-forming regions with ALMA
3. 学会等名 Star formation with ALMA: Evolution from molecular clouds to protostars
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kazuki Tokuda
2. 発表標題 Searching for starless cores as suitable targets for future polarization observations with ALMA Contribution
3. 学会等名 Polarimetry in the ALMA era: a new crossroads of astrophysics (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 徳田一起
2. 発表標題 分子雲コア中心部に埋もれた~0.2Mo原始星に付随する~10AU円盤のALMA長基線観測
3. 学会等名 ALMAワークショップ：円盤から太陽系へ
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

アルマ望遠鏡が追う星のヒナ誕生までの10万年 星の卵の「国勢調査」
<https://www.osakafu-u.ac.jp/press-release/pr20200807/>

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