

令和 4 年 6 月 28 日現在

機関番号：62616

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2018～2020

課題番号：18H01259

研究課題名(和文)ALMA-IMF: ALMA Transforms the View of the Origin of Stellar Masses

研究課題名(英文)ALMA-IMF: ALMA Transforms the View of the Origin of Stellar Masses

研究代表者

サヌエザ パトリシオ (Sanhueza, Patricio)

国立天文台・アルマプロジェクト・特任助教

研究者番号：70769348

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 15,240,000円

研究成果の概要(和文)：初期質量関数の起源を理解するために、国際プロジェクトALMA-IMFを実施した。初期質量関数とは、星団の初期質量分布を記述する普遍的な関数であり、太陽質量程度の星が形成される領域では、母体となる分子雲コアの質量関数は、星団の初期質量関数と同様であることが認識されてる。一方、太陽より8倍以上の質量を伴う大質量星が形成される領域では、分子雲のコア質量関数は初期質量関数と異なることが示唆されている。我々は、ALMAを用い15個の大質量星形成領域を観測し、分子雲コアの質量関数が進化とともに変化し、質量関数と初期質量関数はその進化の後期段階でのみ同様になることを発見した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

星の質量は、星の進化を決定する重要な物理量です。星の質量はその母体となる高密度コアの質量と関係していることが知られています。太陽系の誕生過程や進化を理解する上で、星の質量と高密度コアの質量との関係を明らかにすることは非常に重要です。星の質量は生命誕生の条件とも関係しています。本研究から、我々は、星を形成する構造の質量分布が小質量星のみが形成される領域と大質量星も形成される領域で異なることを発見しました。大質量星は銀河におけるエネルギー流入を支配しており、この発見により近傍や遠方の宇宙の形成や進化についての理解が深まると期待されます。

研究成果の概要(英文)：We have carried out an international project, ALMA-IMF, to understand the precursor of the initial mass function (IMF). The IMF is a universal function that describes the initial distribution of masses for a population of stars. It is generally accepted that the precursor of the IMF is consistent with the universal IMF in regions forming stars like our Sun. However, current observational evidence suggest that in regions forming massive stars (with masses 8 times larger than the Sun), the precursor of the IMF is different. We have observed 15 high-mass star-forming regions with ALMA and find that the precursor of the IMF is different. We also find that the precursor of the IMF also evolves over time, resembling the IMF only at late stages of evolution.

研究分野：High-mass Star Formation

キーワード：star formation molecular clouds ALMA

1. 研究開始当初の背景

The number distribution of stars with a given mass at birth, known as the initial mass function (IMF), is among few key parameters transcending astrophysical fields. It is of great importance to theory, ranging from cosmology to stellar physics. The IMF is considered to be universal in all galactic environments so far studied. Its origin is likely one of the central questions in star formation and it remains a major open question in astrophysics. During the last few decades, both observations and theories of star formation have suggested that the stellar mass is determined by the fragmentation of molecular clouds, and thus by the initial mass of star-forming cores. Until recently, observational constraints from core mass functions (CMFs) were limited to regions in our Solar neighborhood, which only form stars with masses between 0.1 and 5 solar masses. These regions are unrepresentative of the Galaxy. They do not include clouds that form stars with masses >5 solar masses, i.e., high-mass star-forming regions. Our current understanding of the origin of stellar masses is therefore biased and currently suggest that the CMF is Salpeter-like and does not evolve over time. Studying high-mass star-forming regions is mandatory to test if the IMF origin can be independent of cloud characteristics.

2. 研究の目的

It has been suggested that the CMF varies from young to evolved high-mass star-forming regions. For example, Motte et al. (2017), and we confirm later in Sanhueza et al. (2019), report the first statistically significant observations of a CMF with a shape that is not reminiscent of the IMF. Indeed, the CMF is flatter than the typical CMF found in nearby low-mass star-forming regions and quantitatively flatter than the CMF derived from a one-to-one mapping of the stellar IMF. For the first time, it is shown without any doubts that low-mass cores are underpopulated at the early stages of high-mass star formation. The atypical CMF can be understood if the IMF of massive clusters is not universal but underpopulated with low-mass stars or, alternatively, high-mass stars form in dynamical clouds only at the initial cluster formation phase, whereas low-mass stars continuously form at any time up to the end of cluster formation. In contrast, the CMF of a more evolved high-mass star-forming region (Ginsburg et al. 2017) closely resembles the IMF shape. While the IMF may be spatially invariant, these outstanding new ALMA observations suggest that its temporal variability may be the key for understanding the conditions that determine stellar masses.

As part of an original and ambitious project, we proposed to reveal the origin of the IMF and the physical processes that shape its precursor, the CMF. For this purpose, an ALMA large program led by 4 PIs from different nations was approved with the highest priority (ALMA-IMF). By using the world best radio interferometer, the Atacama Large Millimeter/submillimeter Array (ALMA), we have observed 15 high-mass star-forming regions more massive than 2,500 solar masses and closer than 5.5 kpc. We determine the

CMF of each observed cloud, search for variations due to evolution, and compare with those from low-mass, nearby regions and the universal Salpeter IMF.

3. 研究の方法

A long time was spent in doing data verification. Every observation was individually checked (12m, 7m, and Total Power data), confirming the calibration procedure made at the ALMA observatory and modifying the calibration scheme when it was necessary. We took a step further and prepared products by performing self-calibration, a technique that results in images with a higher fidelity and better S/N ratios, key for the determination of weak cores. The developed scripts, calibration/imaging techniques, and enhanced science-ready products of the continuum emission were made publicly available with the second publication of the ALMA-IMF team, Ginsburg et al. (2021).

4. 研究成果

The unprecedented database with a high legacy value was first introduced in the first paper by Motte et al. (2021), in which the early analysis and the potential of the project was presented. The 15 high-mass star-forming regions were classified in 3 evolutionary stages that are later used to search for variations in the CMF: ‘young’, ‘intermediate’, and ‘evolved’. The classification was made using the 1.3 to 3 mm flux ratio and the free-free emission at the frequency of the H41 α recombination line, assuming free-free increases over time.

A case study on W43 MM2 and MM3 (Pouteau et al. 2022), two high-mass star-forming regions of the survey, confirms the early results of Motte et al. (2017) and Sanhueza et al. (2019). The CMF at early stages in high-mass star-forming regions is top heavy. This analysis argues against the universality of the CMF slope at the high-mass end.

In our analysis of the whole sample (Louvet et al. 2022), we construct a robust catalog of ~600 cores that are gravitationally bound and free from non-thermal dust emission. The cores have a mass range between 0.15 to 250 solar masses, with a typical size of ~2100 au. The fit to the high-mass end of the whole CMF, including all ~600 cores, finally confirms that overall, the CMF in high-mass star-forming regions is top heavy. The Salpeter IMF, with a power law index of 2.35, is larger than the value of 1.9 determined for the ALMA-IMF targets. We also find that the CMF slope for the different evolutionary stage: ‘young’, ‘intermediate’, and ‘evolved’ are 1.85, 1.70, and 2.20, respectively. The final value of 2.20 is compatible with the CMF. These results confirm that the CMF, contrary to what occurs in low-mass star-forming regions, evolves and it is not completely set by the early fragmentation. This conclusion was early predicted in Sanhueza et al. (2019), but, however, without a uniform analysis as the one we have carried out in ALMA-IMF. The interpretation is that at early times (‘young’ classification) the CMF is determined by the cloud fragmentation, producing a slope similar, but shallower, to the Salpeter IMF. Then, massive cores accrete more material than the low-mass counterparts (e.g., Contreras et al. 2018, Sanhueza et al. 2021), growing in mass quite quickly. The

accretion rate of cores that will form high-mass stars is approximately 2 orders of magnitude higher than that of low-mass cores. This higher accretion rate causes the most massive cores to grow faster, making the CMF shallower as is observed in the 'intermediate' stage. Later on, the high accretion rate cannot be maintained over time due to stellar feedback, and the continuous clump fragmentation would catch up, adding fresh low-mass cores. Thus, at later stages of cluster formation, the high-mass end of the CMF would resemble the IMF, as is the case of the objects in the 'evolved' classification.

5. 主な発表論文等

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

1. 著者名 Olguin Fernando A., Sanhueza Patricio, Ginsburg Adam, Chen Huei-Ru Vivien, Zhang Qizhou, Li Shanghuo, Lu Xing, Sakai Takeshi	4. 巻 929
2. 論文標題 Digging into the Interior of Hot Cores with ALMA (DIHCA). II. Exploring the Inner Binary (Multiple) System Embedded in G335 MM1 ALMA1	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/ac5bd8	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 Pouteau, Y., Motte, F., Nony, T., Galvan-Madrid, R., Men'shchikov, A., Bontemps, S., Robitaille, J., Louvet, F., Ginsburg, A., Herpin, F., Lopez-Sepulcre, A., Dell'Ova, P., Gusdorf, A., Sanhueza, P., Stutz, A. M., et al.	4. 巻 -
2. 論文標題 ALMA-IMF III -- Investigating the origin of stellar masses: Top-heavy core mass function in the W43-MM2&MM3 mini-starburst	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Astronomy & Astrophysics	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) なし	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 Li Shanghuo, Sanhueza Patricio, Lee Chang Won, Zhang Qizhou, Beuther Henrik, Palau Aina, Liu Hong-Li, Smith Howard A., Liu Haoyu Baobab, Jimenez-Serra Izaskun, Kim Kee-Tae, Feng Siyi, Liu Tie, Wang Junzhi, Li Di, Qiu Keping, Lu Xing, Girart Josep Miquel, Wang Ke, Li Fei, Li Juan, Cao Yue, Kim Shinyoung, Strom Shaye	4. 巻 926
2. 論文標題 ALMA Observations of NGC 6334S. II. Subsonic and Transonic Narrow Filaments in a High-mass Star Formation Cloud	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 The Astrophysical 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) 10.3847/1538-4357/ac3df8	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 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 Ginsburg, A., Csengeri, T., Galvan-Madrid, R., Cunningham, N., Alvarez-Gutierrez, R. H., Baug, T., Bonfand, M., Bontemps, S., Busquet, G., Diaz-Gonzalez, D., Fernandez-Lopez, M., Sanhueza, P., et al.	4. 巻 -
2. 論文標題 ALMA-IMF II - investigating the origin of stellar masses: Continuum Images and Data Processing	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Astronomy & Astrophysics	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) なし	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 Motte, F., Bontemps, S., Csengeri, T., Pouteau, Y., Louvet, F., Stutz, A. M., Cunningham, N., Lopez-Sepulcre, A., Brouillet, N., Galvan-Madrid, R., Ginsburg, A., Maud, L., Men'shchikov, Nakamura, F., Nony, T., Sanhueza, P., et al.	4. 巻 -
2. 論文標題 ALMA-IMF I -- Investigating the origin of stellar masses: Introduction to the Large Program and first results	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Astronomy & Astrophysics	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) なし	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 Cortes Paulo C., Sanhueza Patricio, Houde Martin, Martin Sergio, Hull Charles L. H., Girart Josep M., Zhang Qizhou, Fernandez-Lopez Manuel, Zapata Luis A., Stephens Ian W., Li Hua-bai, Wu Benjamin, Olguin Fernando, Lu Xing, Guzman Andres E., Nakamura Fumitaka	4. 巻 923
2. 論文標題 Magnetic Fields in Massive Star-forming Regions (MagMaR). II. Tomography through Dust and Molecular Line Polarization in NGC 6334I(N)	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 204 ~ 204
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/ac28a1	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 Morii Kaho, Sanhueza Patricio, Nakamura Fumitaka, Jackson James M., Li Shanghuo, Beuther Henrik, Zhang Qizhou, Feng Siyi, Tafuya Daniel, Guzman Andres E., Izumi Natsuko, Sakai Takeshi, Lu Xing, Tatematsu Ken'ichi, Ohashi Satoshi, Silva Andrea, Olguin Fernando A., Contreras Yanett	4. 巻 923
2. 論文標題 The ALMA Survey of 70 μ m Dark High-mass Clumps in Early Stages (ASHES). IV. Star Formation Signatures in G023.477	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 147 ~ 147
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/ac2365	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 Tatematsu Ken'ichi, Kim Gwanjeong, Liu Tie, Evans II Neal J., Yi Hee-Weon, Lee Jeong-Eun, Wu Yuefang, Hirano Naomi, Liu Sheng-Yuan, Dutta Somnath, Sahu Dipen, Sanhueza Patricio, Kim Kee-Tae, et al.	4. 巻 256
2. 論文標題 Molecular Cloud Cores with High Deuterium Fractions: Nobeyama Mapping Survey	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal Supplement Series	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) 10.3847/1538-4365/ac0978	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 Sanhueza Patricio, Girart Josep Miquel, Padovani Marco, Galli Daniele, Hull Charles L. H., Zhang Qizhou, Cortes Paulo, Stephens Ian W., Nakamura Fumitaka et al.	4. 巻 915
2. 論文標題 Gravity-driven Magnetic Field at ~1000 au Scales in High-mass Star Formation	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal Letters	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/ac081c	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 Takemura Hideaki, Nakamura Fumitaka, Ishii Shun, Shimajiri Yoshito, Sanhueza Patricio, Tsukagoshi Takashi, Kawabe Ryohei, Hirota Tomoya, Kataoka Akimasa	4. 巻 73
2. 論文標題 The C180 core mass function toward Orion A: Single-dish observations	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 487 ~ 503
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/pasj/psab014	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 Tafoya Daniel, Sanhueza Patricio, Zhang Qizhou, Li Shanghuo, Guzman Andres E., Silva Andrea, de la Fuente Eduardo, Lu Xing, Morii Kaho, Tatematsu Ken'ichi, Contreras Yanett, Izumi Natsuko, Jackson James M., Nakamura Fumitaka, Sakai Takeshi	4. 巻 913
2. 論文標題 The ALMA Survey of 70 μ m Dark High-mass Clumps in Early Stages (ASHES). III. A Young Molecular Outflow Driven by a Decelerating Jet	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 131 ~ 131
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/abf5da	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 Fernandez-Lopez M., Sanhueza P., Zapata L. A., Stephens I., Hull C., Zhang Q., Girart J. M., Koch P. M., Cortes P., Silva A., Tatematsu K., Nakamura F., Guzman A. E., Nguyen Luong Q., Guzman Ccolque E., Tang Y.-W., Chen H.-R. V.	4. 巻 913
2. 論文標題 Magnetic Fields in Massive Star-forming Regions (MagMaR). I. Linear Polarized Imaging of the Ultracompact H ii Region G5.89-0.39	5. 発行年 2021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/abf2b6	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 Takemura Hideaki, Nakamura Fumitaka, Kong Shuo, Arce Hector G., Carpenter John M., Ossenkopf-Okada Volker, Klessen Ralf, Sanhueza Patricio, et al.	4. 巻 910
2. 論文標題 The Core Mass Function in the Orion Nebula Cluster Region: What Determines the Final Stellar Masses?	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal Letters	6. 最初と最後の頁 L6 ~ L6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/2041-8213/abe7dd	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 Olguin Fernando A., Sanhueza Patricio, Guzman Andres E., Lu Xing, Saigo Kazuya, Zhang Qizhou, Silva Andrea, Chen Huei-Ru Vivien, Li Shanghuo, Ohashi Satoshi, Nakamura Fumitaka, Sakai Takeshi, Wu Benjamin	4. 巻 909
2. 論文標題 Digging into the Interior of Hot Cores with ALMA (DIHCA). I. Dissecting the High-mass Star-forming Core G335.579-0.292 MM1	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 199 ~ 199
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/abde3f	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 Kinoshita Shinichi W, Nakamura Fumitaka, Nguyen-Luong Quang, Wu Benjamin, Shimoikura Tomomi, Sugitani Koji, Dobashi Kazuhito, Takemura Hideaki, Sanhueza Patricio, Kim Kee-Tae, Kang Hyunwoo, Evans Neal J, White Glenn J, Fallscheer Cassandra	4. 巻 73
2. 論文標題 Cloud structures in M 17 SWex : Possible cloud-cloud collision	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 S300 ~ S320
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/pasj/psaa053	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 Guzmun Andres E., Sanhueza Patricio, Zapata Luis, Garay Guido, Rodriguez Luis Felipe	4. 巻 904
2. 論文標題 A Photoionized Accretion Disk around a Young High-mass Star	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 77 ~ 77
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/abbe09	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 Li Shanghuo, Sanhueza Patricio, Zhang Qizhou, Nakamura Fumitaka, Lu Xing, Wang Junzhi, Liu Tie, Tatematsu Ken'ichi, Jackson James M., Silva Andrea, Guzman Andres E., Sakai Takeshi, Izumi Natsuko, Tafoya Daniel, Li Fei, Contreras Yanett, Morii Kaho, Kim Kee-Tae	4. 巻 903
2. 論文標題 The ALMA Survey of 70 μ m Dark High-mass Clumps in Early Stages (ASHES). II. Molecular Outflows in the Extreme Early Stages of Protocluster Formation	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 119 ~ 119
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/abb81f	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 Liu Hong-Li, Sanhueza Patricio, Liu Tie, Zavagno Annie, Tang Xin-Di, Wu Yuefang, Zhang Siju	4. 巻 901
2. 論文標題 Chemistry of Protostellar Clumps in the High-mass, Star-forming Filamentary Infrared Dark Cloud G034.43+00.24*	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 31 ~ 31
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/abadfe	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 Sanhueza, Patricio; Contreras, Y.; Wu, Benjamin; Jackson, J. M.; Guzman, A. E.; Zhang, Q.; Li, S.; Lu, X.; Silva, A.; Izumi, N.; Liu, T.; Miura, R. E.; Tatematsu, K.; Sakai, T.; Beuther, H.; Garay, G.; Ohashi, S.; Saito, M.; Nakamura, F.; Saigo, K.; Veena, V. S.; Nguyen-Luong, Q.; Tafoya, D.	4. 巻 886
2. 論文標題 The ALMA Survey of 70 μ m Dark High-mass Clumps in Early Stages (ASHES). I. Pilot Survey: Clump Fragmentation	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 102 - 130
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/ab45e9	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 Nakamura, Fumitaka; Ishii, Shun; Dobashi, Kazuhito; Shimoikura, Tomomi; Shimajiri, Yoshito; Kawabe, Ryohei; Tanabe, Yoshihiro; Hirose, Asha; Oyamada, Shuri; Urasawa, Yumiko; Takemura, H.; Tsukagoshi, T.; Momose, M.; Sugitani, K.; Nishi, R.; Okumura, S.; Sanhueza, Patricio; Nguyen-Luong, Q.; Kusune, T.	4. 巻 71
2. 論文標題 Nobeyama 45 m mapping observations toward the nearby molecular clouds Orion A, Aquila Rift, and M17: Project overview	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 1 - 28
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/pasj/psz057	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 Nguyen-Luong, Quang; Nakamura, Fumitaka; Sugitani, Koji; Shimoikura, Tomomi; Dobashi, Kazuhito; Kinoshita, Shinichi W.; Kim, Kee-Tae; Kang, Hyunwoo; Sanhueza, Patricio; Evans, Neal J., II; White, Glenn J.	4. 巻 891
2. 論文標題 Large-scale Molecular Gas Distribution in the M17 Cloud Complex: Dense Gas Conditions of Massive Star Formation?	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 66 - 80
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/ab700a	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 Wu, Benjamin; Tan, Jonathan C.; Christie, Duncan; Nakamura, Fumitaka	4. 巻 891
2. 論文標題 GMC Collisions as Triggers of Star Formation. VII. The Effect of Magnetic Field Strength on Star Formation	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 168 - 190
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/ab77b5	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 Contreras, Yanett; Sanhueza, Patricio; Jackson, James M.; Guzman, Andres E.; Longmore, Steven; Garay, Guido; Zhang, Qizhou; Nguyn-Lu'o'ng, Quang; Tatematsu, Ken'ichi; Nakamura, Fumitaka; Sakai, Takeshi; Ohashi, Satoshi; Liu, Tie; Saito, Masao; Gomez, Laura; Rathborne, Jill; Whitaker, Scott	4. 巻 861
2. 論文標題 Infall Signatures in a Prestellar Core Embedded in the High-mass 70 μ m Dark IRDC G331.372-00.116	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal (ApJ)	6. 最初と最後の頁 14 - 22
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/aac2ec	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 Pillai, Thushara; Kauffmann, Jens; Zhang, Qizhou; Sanhueza, Patricio; Leurini, Silvia; Wang, Ke; Sridharan, T. K.; Konig, Carsten	4. 巻 622
2. 論文標題 Massive and low-mass protostars in massive "starless" cores	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Astronomy & Astrophysics (A&A)	6. 最初と最後の頁 54 - 64
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1051/0004-6361/201732570	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 Chen, Huei-Ru Vivien; Zhang, Qizhou; Wright, M. C. H.; Busquet, Gemma; Lin, Yuxin; Liu, Hanyu Baobab; Olguin, F. A.; Sanhueza, Patricio; Nakamura, Fumitaka; Palau, Aina; Ohashi, Satoshi; Tatematsu, Ken'ichi; Liao, Li-Wen	4. 巻 875
2. 論文標題 Filamentary Accretion Flows in the Infrared Dark Cloud G14.225-0.506 Revealed by ALMA	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal (ApJ)	6. 最初と最後の頁 24 - 46
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/ab0f3e	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

〔学会発表〕 計16件 (うち招待講演 9件 / うち国際学会 6件)

1. 発表者名 Patricio Sanhueza
2. 発表標題 High-Mass Star Formation and Observational Tips
3. 学会等名 Data Reduction Workshop
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Patricio Sanhueza
2. 発表標題 Connection between the Early Stages of High-mass Star Formation and ALMA-IMF
3. 学会等名 ALMA-IMF F2F Meeting (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Wu, Benjamin; Sanhueza, Patricio
2. 発表標題 The Inception of Massive Stars in a Dynamic, Magnetized Interstellar Medium
3. 学会等名 Kavli IPMU Seminar (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Sanhueza, Patricio; Wu, Benjamin
2. 発表標題 High-mass Star Formation
3. 学会等名 Universidad de Barcelona, Spain (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Sanhueza, Patricio
2. 発表標題 A Comprehensive Study of High-mass Star-forming Regions
3. 学会等名 ARC Science Meeting, NAOJ (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Wu, Benjamin; Sanhueza, Patricio
2. 発表標題 MHD Simulations of Star Cluster-Forming Clumps
3. 学会等名 Workshop on Cluster Formation and Dust Formation, Kiyosato, Japan (招待講演)
4. 発表年 2019年

1 . 発表者名 Wu, Benjamin; Sanhueza, Patricio; Nakamura, Fumitaka
2 . 発表標題 Cloudy with a chance of massive stars: Connecting star cluster formation with its environment
3 . 学会等名 Laboratoire d'Astrophysique de Bordeaux Seminar, Bordeaux, France (招待講演) (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 Wu, Benjamin; Sanhueza, Patricio; Nakamura, Fumitaka
2 . 発表標題 Magnetic Fields in High-Mass Star Forming Regions: The Case of G10.62-0.38
3 . 学会等名 ALMA Science Meeting 2019, Cagliari, Italy (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 Wu, Benjamin
2 . 発表標題 Cloud Computing for Computing Clouds: Machine learning applications from space exploration to star formation
3 . 学会等名 ALMA-J Seminar, NAOJ (招待講演)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 Sanhueza, Patricio
2 . 発表標題 The ALMA Survey of 70 μ m Dark High-mass Clumps in Early Stages (ASHES)
3 . 学会等名 ALMA-J Seminar, NAOJ (招待講演)
4 . 発表年 2020年

1 . 発表者名 Wu, Benjamin; Sanhueza, Patricio; Nakamura, Sanhueza
2 . 発表標題 Magnetic Fields in High-Mass Star Forming Regions: G10.62-0.38
3 . 学会等名 East Asian ALMA Science Workshop, Taipei, Taiwan (国際学会)
4 . 発表年 2020年

1 . 発表者名 Sanhueza, Patricio; Wu, Benjamin; Nakamura, Fumitaka
2 . 発表標題 The ALMA Survey of 70 μ m Dark High-mass Clumps in Early Stages (ASHES)
3 . 学会等名 East Asian ALMA Science Workshop, Taipei, Taiwan (招待講演) (国際学会)
4 . 発表年 2020年

1 . 発表者名 Sanhueza, Patricio
2 . 発表標題 Tips for ALMA Proposals
3 . 学会等名 ALMA Users Meeting, NAOJ (招待講演)
4 . 発表年 2020年

1 . 発表者名 Sanhueza, Patricio; Nakamura, Fumitaka
2 . 発表標題 ALMA-IMF: ALMA transforms our view of the origin of stellar masses I
3 . 学会等名 Japan Astronomical Society (ASJ) Meeting
4 . 発表年 2018年

1. 発表者名 Benjamin, Wu; Sanhueza, Patricio
2. 発表標題 ALMA-IMF: ALMA transforms our view of the origin of stellar masses II
3. 学会等名 East-Asian ALMA Science Workshop
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Sanhueza, Patricio; Benjamin, Wu
2. 発表標題 ALMA-IMF: ALMA transforms our view of the origin of stellar masses III
3. 学会等名 Japan Astronomical Society (ASJ) Meeting
4. 発表年 2019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	中村 文隆 (Nakamura Fumitaka) (20291354)	国立天文台・科学研究部・准教授 (62616)	

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