

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年 6月20日現在

機関番号：62616

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2010～2012

課題番号：22540250

研究課題名（和文）大マゼラン雲の多波長広域観測による星間物質の網羅的研究と星の形成条件の理解

研究課題名（英文）Extensive studies of Interstellar Matter and Star Formation Process from Multi-wavelength surveys of the Large Magellanic Cloud

研究代表者

河村 晶子（KAWAMURA AKIKO）

国立天文台・チリ観測所・研究員

研究者番号：30377931

研究成果の概要（和文）：大マゼラン雲にて、最新の多波長観測データに基づき銀河全域にわたる星間物質の進化と星形成についての理解を深めた。NANTEN2 及び ASTE サブミリ波望遠鏡等を用いて確度高い分子雲データを得、赤外線衛星データから、星間ダストや若い進化段階にある星についての情報を取得し比較した。原子ガス、一酸化炭素が検出されない分子雲候補天体等の詳細な描像、高密度コアが星、星団形成と共に密度温度が高まる様子が示された。

研究成果の概要（英文）：The Magellanic system is one of the nearest galaxies to us and this proximity enables us to observe Interstellar Medium, young stellar objects and so on with highest resolution. It is indeed one of the most crucial targets since molecular clouds are resolved to molecular cloud cores - this is not possible for the other external galaxies yet - with the ground base radio telescopes. In this program, we conducted mm and submm high-sensitivity observations to survey the molecular clouds and cloud cores, and derived their structure and physical properties. We also obtained the structure and properties of the interstellar dust from the most recent infrared satellite observations. These new infrared datasets are of important to obtain a new database of the young stellar objects. Careful comparisons of these datasets lead us to obtaine deeper knowledge of the interstellar medium, such as influence of active star formation and/or supergiant shells to the surrounding materials, as well as some existence of CO-dark molecular gas.

交付決定額

（金額単位：円）

| | 直接経費 | 間接経費 | 合計 |
|--------|-----------|-----------|-----------|
| 2010年度 | 1,700,000 | 510,000 | 2,210,000 |
| 2011年度 | 1,000,000 | 300,000 | 1,300,000 |
| 2012年度 | 700,000 | 210,000 | 910,000 |
| 年度 | | | |
| 年度 | | | |
| 総計 | 3,400,000 | 1,020,000 | 4,420,000 |

研究分野：数物系科学

科研費の分科・細目：天文学・天文学

キーワード：電波天文学、星間分子雲、星形成、大マゼラン雲

1. 研究開始当初の背景

(1) 大マゼラン雲：

最も近傍にある系外銀河のひとつであり、星間ガスを高い分解能で観測できる。加えて、円盤部を鳥瞰できる角度にあり視線方向上の天体の重なりが少ない、距離決定の誤差に伴う物理量の不確かさが少ない、など観測的研究において利点が多く、銀河全体の星間物質、星形成の観測的研究を高精度行える唯一の銀河といつてよい。また、現在の銀河系では形成されていない大規模星団や局所銀河群では最も活発な大質量星形成領域が存在し、星／星団形成について調べるのにも有利な銀河である。

さらに、銀河系よりも重元素量が低く、その値は宇宙史で星形成が活発であった $Z \sim 1.5$ の時代の重元素量を再現し、大マゼラン雲を調べることで宇宙の星形成史についての手がかりを得ることも可能である。このように様々な観点から重要であるが、南天に位置し、観測的研究は北天の天体と比べ遅れていた。しかし、南半球におけるミリ波サブミリ波望遠鏡の発展、衛星による多波長観測などにより、近年飛躍的にデータがそろってきた。

(2) 分子雲探査と分子雲進化シナリオの構築：

1990年代後半、特に2000年代に行われた、12CO(1-0)輝線による第2回「なんてん」望遠鏡の大マゼラン雲全面探査(Fukui, Kawamura et al. 2008)によって、銀河として初めて、銀河全面にわたる巨大分子雲の完全なカタログが作成された。

さらに申請者によって、我々の銀河系にはほとんど存在しないと考えられている「大質量星形成の伴わない巨大分子雲」が個数の約1/3を占めることが明らかになった。これは、低い重元素量が、メンバー数の多い星団の形成に本質的である可能性を示唆しており、低い冷却率、高い電離率が分子雲の実質的ジーンズ質量を大きくしている可能性が考えられる。また、若い星団や大質量星形成領域との付随状況から、巨大分子雲が大質量星を形成するまでの時間が7Myr程度であり、巨大分子雲の年齢としては30Myr程度であることが明らかになった(Kawamura et al. 2009)。これは、銀河全域に対して巨大分子雲を空間分解できる分解能で一様に探査したことにより得られたものであり、銀河全体にわたる巨大分子雲の進化の様子を初めて観測的に明らかにしたものである。

また、水素原子の高分解能(~ 1 分角)全面観測(Kim et al. 2003)データと分子ガスとの詳細比較から、分子雲の進化とともに分子雲に付随する原子水素ガスの質量が増えていること、などが明らかになり、水素原子ガ

スから分子ガスへ進化していく様子が示唆された(Fukui, Kawamura et al. 2009)。また、なんてんの分子雲カタログを基に、国立天文台のASTE10m鏡、オーストラリアのMopra 22m鏡、チリに設置されていたSEST 15m鏡などを用いた高分解能観測が、我々のグループも含めて実行され、巨大分子雲内の構造がより詳細に明らかになってきた。

(3) 赤外線観測：

Spitzer, AKARI 赤外線天文衛星により、近赤外から遠赤外線までのデータが、数秒(短波長側)から40秒角(長波長側)の空間分解能で銀河全面にわたり取得され(Meixner et al. 2006, Ita et al. 2008)、星間ダストの分布が1分角程度の分解能で明らかになった。

さらに、1000個以上の原始星が同定され(Whitney et al. 2008)、詳細な星間物質・星形成条件の観測的研究の材料が急速に整ってきた。

以上のように、大マゼラン雲は、星間物質諸相の調査、星／星団形成過程について調べるうえで有力なターゲットであり、各種データもそろってきている。しかしながら、キーとなる分子雲ガスデータについては、詳細な観測がなされ始めたばかりであり、これらのデータをそろえ、そして各種データを比較し、統合的に議論することが必要となってきた。

2. 研究の目的

最も近い系外銀河である大マゼラン雲に着目し、星間ガスの諸相、分子・原子・イオンの空間分布・物理学的性質を観測的に克明に調べ、さらに、最新の赤外線データから、星間ダストの性質や若い進化段階にある星についての情報を取得し、水素原子ガス等既存のデータを合わせて比較を行い、星間物質諸相の基本的性質を明らかにし、ひとつの銀河にわたる星間物質の進化と星形成についての理解を深めることを目的としている。

具体的には下記の通りである。

- (1) 銀河系内での中小質量形成領域に対応する1万太陽質量程度の分子雲までを銀河全面にわたり検出し、構造や物理状態を20pcスケールで明らかにする。
- (2) 分子雲コアを特定し、密度、温度などの物理状態を確度高く導く。
- (3) 広い温度範囲にわたる星間ダストの分布を調べ、原子ガス、分子ガスとの分布、

密度、質量等の相関を求める。

- (4) 若い進化段階にある星を同定し、(1) - (3) で求めた星間物質の物理状態や銀河内での環境との関係を調べ星/星団形成条件について明らかにする。

3. 研究の方法

星間物質は、ガスと、氷などから成る微粒子(ダスト)に分けることができる。最新のNANTEN2 ミリ波サブミリ波望遠鏡、およびハーシェル赤外線望遠鏡を用いて星間分子雲および星間ダストの観測を行う。既存のあかり、Spitzer 赤外線望遠鏡による赤外線データおよび、ミリ波望遠鏡なんてん、Mopra 望遠鏡のデータ、さらに水素原子ガスのデータと合わせて、銀河全体にわたり、星間物質のさまざまな相について物理状態を調べる。さらに、赤外線データを用いることで、かつてない冷たい(=若い)形成されたばかりの星を検出することが可能である。これにより、星間物質の進化(=星間原子ガス→星間分子ガス→高密度分子ガス→星)が、どのような条件のもとどのようなタイムスケールで起きるのかを調べ、各形成条件および銀河進化について理解を深める。

- (1) NANTEN2, Mopra, ASTE 望遠鏡による分子ガスのミリ波サブミリ波観測の推進
従来の「なんてん」の観測よりも高感度、かつMopra 望遠鏡を用いることで高分解能観測を行い、検出限界を1万太陽質量まで下げた分子雲サンプルを取得する。既存のなんてん 4m 電波望遠鏡とMopra22m 電波望遠鏡による12CO(1-0)スペクトルデータと合わせ、巨大分子雲のサイズや質量、低密度領域の温度などの性質をまとめる。分子ガス内高温高密度領域(分子雲コア)の物理的性質を明らかにする。これにより、温度10-50K、密度 10^2-10^4cm^{-3} 程度の範囲のガスの物理量を精確に求めることが可能となる。この観測により、大質量星形成領域に付随する局所的に温度が高い分子ガスや、密度の高い分子ガスの性質をより詳細に明らかにすることができる。

分子雲とその内部の分子雲コアの性質、さらには星形成活動の関係を調べ、マゼラン銀河内の異なる領域内での違いを調べる。そして分子雲から分子雲コアそして星が形成される条件やタイムスケール、また周囲をとりまく環境による影響を明らかにする。

- (2) ハーシェル赤外線望遠鏡による星間ダスト、若い進化段階にある星の調査
ハーシェル赤外線望遠鏡による100ミクロンから500ミクロンにわたる遠赤外線前面探査を行う(ハーシェル望遠鏡による、マ

ゼラニックシステムの遠赤外-サブミリ波観測プログラム(HERschel Inventory of The Agents of Galaxy Evolution (HERITAGE) in the Magellanic Clouds: PI Margaret Meixner)。AKARI, Spitzer 赤外線衛星による中間赤外線-遠赤外線にわたるデータも合わせ、大マゼラン雲のダスト分布を調べ、特に遠赤外線データから、温度分布を求める。これらと1で得られた分子雲と星形成活動を比較し、ダスト分布や温度がどのように関係しているかを明らかにする。

遠赤外線点源カタログ(Heritage チームとして作成)と、既存のSpitzer, AKARIによる点源カタログを合わせ、若い進化段階にある星をカタログ化する。これにより既存の若い星のカタログよりも、より冷たく若い進化段階にある星もカタログすることができる。

(1) - (2) のデータおよび既存の水素原子ガスや大質量星/星団形成領域と統合し、原子ガスから分子ガスへどのように分布、物理量に変化しているか、さらに星/星団形成の条件、また星形成活動による周囲への影響を調べ、星間物質=星の循環について理解を深める。

4. 研究成果

NANTEN2 によるミリ波観測研究の推進に向け、100GHz 帯受信機システムを搭載し、活発な星団形成領域 N159 方向を含む分子雲高感度探査、さらに、Mopra22m 望遠鏡を用いて高分解能ミリ波観測を行った。その結果、既存のなんてんカタログよりも一桁程度小さい質量の分子雲の検出に成功し、天の川銀河内の中小質量星形成領域である暗黒星雲といった種族に対応する分子雲のサンプルを得た。

さらに新たに取得したスーパージャイアントシェル LMC4 と LMC5 に付随する、大質量星/星団形成領域のサブミリ波観測を含め、ASTE サブミリ波 12CO(3-2)観測による分子雲コア探査の結果をまとめ、シェルや大規模星形成活動領域下の環境や、これらの方向の星形成活動と、多輝線観測から得られる物理状態との比較を行った。

その結果、シェルや大質量星形成領域の近くでは、より高温高密度な領域や、若い星の候補天体が存在し、星形成が活発になっている可能性が示唆された。さらにシェル方向では、高密度分子雲コアのサイズが小さく、他の領域に比べ、より粒状の細かな構造が形成されていることが明らかになった。

また、Spitzer 赤外線天文衛星による大マゼラン雲の分光観測データを、研究協力者とともに確認し公開した。さらに、ハーシェルおよびプランク望遠鏡による星間ダスト、若い進化段階にある星の調査100-500ミクロン

の遠赤外線全面探査の観測およびデータ処理をすすめた。特に、プランクによるデータから、大マゼラン雲には、現在観測されている水素原子ガス(HI)と、一酸化炭素からみつもられる水素分子ガスの量では、説明できない、「ダークガス」が無視できない質量で存在していることが明らかになった。同方向についてはMopra 望遠鏡で、より高分解能でパイロットサーベイを行い、コンパクトな分子ガスが点在し、巨大分子雲とは異なる CO-水素分子柱密度比である可能性を示した。

なお、これらの結果を統合し、検出された各種分子雲コアは、大規模星団の母体高密度分子雲コアを含め様々な新しい星形成過程のサンプルである可能性が高く、現在進行中の日米欧共同での大型プロジェクトALMA(アタカマリ波サブミリ波大型干渉計)でのよいターゲットとなる。実際、研究協力者とともにアタカマリ波サブミリ波大型干渉計計画(ALMA 計画)への観測を提案し、取得されたデータについて解析を始めた。ケンキュ代表者も、平成 25 年度以降実行のアタカマリ波サブミリ波大型干渉計計画(ALMA 計画)への観測を提案し採択され、今後新たなデータが取得されることが期待されている。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 36 件)

- ① Galametz M., Hony S., Galliano F., Madden S. C., Albrecht M., Bot C., Cormier D., Engelbracht C., Fukui Y., Israel F. P., Kawamura A., Lebouteiller V., Li A., Meixner M., Misselt K., Montiel E., Okumura K., Panuzzo P., Roman-Duval J., Rubio M., Sauvage M., Seale J. P., Sewilo M., van Loon J. T., "The thermal dust emission in N158-N159-N160 (LMC) star-forming complex mapped by Spitzer, Herschel and LABOCA", *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 査読有, 2013, 431, 1596, 10.1093/mnras/stt280
- ② Shimonishi T., Onaka T., Kato D., Sakon I., Ita Y., Kawamura A., Kaneda H., "AKARI Infrared Camera Survey of the Large Magellanic Cloud. II. The Near-infrared Spectroscopic Catalog", *The Astronomical Journal*, 査読有, 2013, 145, 32, 10.1088/0004-6256/145/2/32
- ③ Dawson J. R., McClure-Griffiths N. M., Wong T., Dickey J. M., Hughes A., Fukui Y., Kawamura A., "Supergiant Shells and Molecular Cloud Formation in the Large Magellanic Cloud", *The Astrophysical Journal*, 査読有, 2013, 763, 56, 10.1088/0004-637X/763/1/56
- ④ Kato D., Ita Y., Onaka T., Tanabe T., Shimonishi T., Sakon I., Kaneda H., Kawamura A., Wada T., Usui F., Koo B.-C., Matsuura M., Takahashi H., "AKARI Infrared Camera Survey of the Large Magellanic Cloud. I. Point-source Catalog", *The Astronomical Journal*, 査読有, 2012, 144, 179, 10.1088/0004-637X/763/1/56
- ⑤ Shimonishi T., Onaka T., Kato D., Sakon I., Ita Y., Kawamura A., Kaneda H., "Akari Infrared Observations of Embedded YSOs in the Magellanic Clouds", *Publication of Korean Astronomical Society*, 査読有, 2012, 27, 171, 10.1088/0004-637X/763/1/56
- ⑥ Pineda J. L., Mizuno N., Rollig M., Stutzki J., Kramer C., Klein U., Rubio M., Kawamura A., Minamidani T., Benz A., Burton M., Fukui Y., Koo B.-C., Onishi T., "Submillimeter line emission from LMC 30 Doradus: The impact of a starburst on a low-metallicity environment", *Astronomy and Astrophysics*, 査読有, 2012, 544, A84, 10.1088/0004-637X/763/1/56
- ⑦ Paradis D., Dobashi K., Shimoikura T., Kawamura A., Onishi T., Fukui Y., Bernard J.-P., "Dark gas in the solar neighborhood from extinction data", *Astronomy and Astrophysics*, 査読有, 2012, 543, A103, 10.1051/0004-6361/201118740
- ⑧ Wong T., Hughes A., Ott J., Muller E., Pineda J. L., Bernard J.-P., Chu Y.-H., Fukui Y., Gruendl R. A., Henkel C., Kawamura A., Klein U., Looney L. W., Maddison S., Mizuno Y., Paradis D., Seale J., Welty D. E., "The Magellanic Mopra Assessment (MAGMA). I. The Molecular Cloud Population of the Large Magellanic Cloud", *The Astrophysical Journal Supplement Series*, 査読有, 2011, 197, 16, 10.1088/0004-637X/763/1/56
- ⑨ Gordon K. D., Meixner M., Meade M. R., Whitney B., Engelbracht C., Bot C., Boyer M. L., Lawton B., Sewilo M., Babler B., Bernard J.-P., Bracker S., Block M., Blum R., Bolatto A., Bonanos A., Harris J., Hora J. L., Indebetouw R., Misselt K., Reach W., Shiao B.,

- Tielens X., Carlson L., Churchwell E., Clayton G. C., Chen C.-H. R., Cohen M., Fukui Y., Gorjian V., Hony S., Israel F. P., Kawamura A., Kemper F., Leroy A., Li A., Madden S., Marble A. R., McDonald I., Mizuno A., Mizuno N., Muller E., Oliveira J. M., Olsen K., Onishi T., Paladini R., Paradis D., Points S., Robitaille T., Rubin D., Sandstrom K., Sato S., Shibai H., Simon J. D., Smith L. J., Srinivasan S., Vihj U., Van Dyk S., van Loon J. T., Zaritsky D., "Surveying the Agents of Galaxy Evolution in the Tidally Stripped, Low Metallicity Small Magellanic Cloud (SAGE-SMC). I. Overview", *The Astronomical Journal*, 査読有, 2011, 142, 102, 10.1051/0004-6361/201118740
- ⑩ Leroy A. K., Bolatto A., Gordon K., Sandstrom K., Gratier P., Rosolowsky E., Engelbracht C. W., Mizuno N., Corbelli E., Fukui Y., Kawamura A., "The CO-to-H₂ Conversion Factor from Infrared Dust Emission across the Local Group", *The Astrophysical Journal*, 査読有, 2011, 737, 12, 10.1088/0004-637X/737/1/12
- ⑪ Paradis, D., Paladini, R., Noriega-Crespo, A., Lagache, G., Kawamura, A., Onishi, T., Fukui, Y., "Spitzer Characterization of Dust in the Ionized Medium of the Large Magellanic Cloud", *The Astrophysical Journal*, 査読有, 2011, 735, 6, 10.1088/0004-637X/735/1/6
- ⑫ Minamidani, T., Tanaka, T., Mizuno, Y., Mizuno, N., Kawamura, A., Onishi, T., Hasegawa, T., Tatematsu, K., Takekoshi, T., Sorai, K., Moribe, N., Torii, K., Sakai, T., Muraoka, K., Tanaka, K., Ezawa, H., Kohno, K., Kim, S., Rubio, M., Fukui, Y., "Dense Clumps in Giant Molecular Clouds in the Large Magellanic Cloud: Density and Temperature Derived from ¹³CO(J = 3-2) Observations", *The Astronomical Journal*, 査読有, 2011, 141, 73, 10.1088/0004-637X/735/1/6
- ⑬ Paradis, D., Reach, W. T., Bernard, J.-P., Madden, S., Dobashi, K., Meixner, M., Onishi, T., Kawamura, A., Fukui, Y., "A Statistical Study of Dust Properties in Large Magellanic Cloud Molecular Clouds", *The Astronomical Journal*, 査読有, 2011, 141, 43, 10.1088/0004-637X/735/1/6
- ⑭ Hughes, A., Wong, T., Ott, J., Muller, E., Pineda, J. L., Mizuno, Y., Bernard, J.-P., Paradis, D., Maddison, S., Reach, W. T., Staveley-Smith, L., Kawamura, A., Meixner, M., Kim, S., Onishi, T., Mizuno, N., Fukui, Y., "Physical properties of giant molecular clouds in the Large Magellanic Cloud", *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 査読有, 2010, 406, 2065, 10.1088/0004-637X/735/1/6
- ⑮ Kim, S., Kwon, E., Madden, S. C., Meixner, M., Hony, S., Panuzzo, P., Sauvage, M., Roman-Duval, J., Gordon, K. D., Engelbracht, C., Israel, F. P., Misselt, K., Okumura, K., Li, A., Bolatto, A., Skibba, R., Galliano, F., Matsuura, M., Bernard, J.-P., Bot, C., Galametz, M., Hughes, A., Kawamura, A., Onishi, T., Paradis, D., Poglitsch, A., Reach, W. T., Robitaille, T., Rubio, M., Tielens, A. G. G. M., "Cold dust clumps in dynamically hot gas", *Astronomy and Astrophysics*, 査読有, 2010, 518, L75, 10.1088/0004-637X/735/1/6
- ⑯ Roman-Duval, J., Israel, F. P., Bolatto, A., Hughes, A., Leroy, A., Meixner, M., Gordon, K., Madden, S. C., Paradis, D., Kawamura, A., Li, A., Sauvage, M., Wong, T., Bernard, J.-P., Engelbracht, C., Hony, S., Kim, S., Misselt, K., Okumura, K., Ott, J., Panuzzo, P., Pineda, J. L., Reach, W. T., Rubio, M., "Dust/gas correlations from Herschel observations", *Astronomy and Astrophysics*, 査読有, 2010, 518, L74, 10.1088/0004-637X/735/1/6
- ⑰ Meixner, M., Galliano, F., Hony, S., Roman-Duval, J., Robitaille, T., Panuzzo, P., Sauvage, M., Gordon, K., Engelbracht, C., Misselt, K., Okumura, K., Beck, T., Bernard, J.-P., Bolatto, A., Bot, C., Boyer, M., Bracker, S., Carlson, L. R., Clayton, G. C., Chen, C.-H. R., Churchwell, E., Fukui, Y., Galametz, M., Hora, J. L., Hughes, A., Indebetouw, R., Israel, F. P., Kawamura, A., Kemper, F., Kim, S., Kwon, E., Lawton, B., Li, A., Long, K. S., Marengo, M., Madden, S. C., Matsuura, M., Oliveira, J. M., Onishi, T., Otsuka, M., Paradis, D., Poglitsch, A., Riebel, D., Reach, W. T., Rubio, M., Sargent, B., Sewilo, M.,

- Simon, J. D., Skibba, R., Smith, L. J., Srinivasan, S., Tielens, A. G. G. M., van Loon, J. T., Whitney, B., Woods, P. M., "HERschel Inventory of The Agents of Galaxy Evolution (HERITAGE): The Large Magellanic Cloud dust", *Astronomy and Astrophysics*, 査読有, 2010, 518, L71, 10.1088/0004-637X/735/1/6
- ⑱ Kemper, F., Woods, P. M., Antoniou, V., Bernard, J.-P., Blum, R. D., Boyer, M. L., Chan, J., Chen, C.-H. R., Cohen, M., Dijkstra, C., Engelbracht, C., Galametz, M., Galliano, F., Gielen, C., Gordon, K. D., Gorjian, V., Harris, J., Hony, S., Hora, J. L., Indebetouw, R., Jones, O., Kawamura, A., Lagadec, E., Lawton, B., Leisenring, J. M., Madden, S. C., Marengo, M., Matsuura, M., McDonald, I., McGuire, C., Meixner, M., Mulia, A. J., O'Halloran, B., Oliveira, J. M., Paladini, R., Paradis, D., Reach, W. T., Rubin, D., Sandstrom, K., Sargent, B. A., Sewilo, M., Shiao, B., Sloan, G. C., Speck, A. K., Srinivasan, S., Szczerba, R., Tielens, A. G. G. M., van Aarle, E., Van Dyk, S. D., van Loon, J. T., Van Winckel, H., Vihj, U. P., Volk, K., Whitney, B. A., Wilkins, A. N., Zijlstra, A. A., "The SAGE-Spec Spitzer Legacy Program: The Life Cycle of Dust and Gas in the Large Magellanic Cloud", *Publications of the Astronomical Society of the Pacific*, 査読有, 2010, 122, 683, 10.1088/0004-637X/735/1/6
- ⑲ Shimonishi, T., Onaka, T., Kato, D., Sakon, I., Ita, Y., Kawamura, A., Kaneda, H., "Spectroscopic observations of ices around embedded young stellar objects in the Large Magellanic Cloud with AKARI", *Astronomy and Astrophysics*, 査読有, 2010, 514, A12, 10.1088/0004-637X/735/1/6
- ⑳ Muller, E., Ott, J., Hughes, A., Pineda, J. L., Wong, T., Mizuno, N., Kawamura, A., Mizuno, Y., Fukui, Y., Onishi, T., Rubio, M., "Characterizing the Low-Mass Molecular Component in the Northern Small Magellanic Cloud", *The Astrophysical Journal*, 査読有, 2010, 712, 1248, 10.1088/0004-637X/735/1/6

〔学会発表〕(計6件)

- ① 河村晶子, Physical Properties of Molecular Clouds in the Magellanic Clouds Revealed by Observations in Multi-Transition CO Molecular Lines, *New Trends in Radio Astronomy in the ALMA Era, The 30th Anniversary of Nobeyama Radio Observatory*, 2012年12月4日、ザ・プリンス箱根、神奈川県
- ② 河村晶子, Millimeter and Submillimeter Observations of Molecular Clouds in the Magellanic Clouds, *IAU Symp. 292 Molecular Gas, Dust, and Star Formation in Galaxies (招待講演)*, 2012年8月20日、北京コンベンションホール、中国

〔図書〕(計1件)

福井康雄、戸田山和久、河村晶子、齋藤芳子、早川貴敬、鳥居和史、佐野英俊、東京新聞、宇宙100の謎2、2011

6. 研究組織

(1) 研究代表者

河村 晶子 (KAWAMURA AKIKO)
国立天文台・チリ観測所・研究員
研究者番号：30377931

(2) 研究分担者

該当なし

(3) 連携研究者

該当なし