

IV. 宇宙観測グループ

教授	久野成夫
助教	新田冬夢、橋本拓也
研究員	齋藤弘雄、Dragan SALAK
准教授	徂徠和夫（クロスアポイントメント教員）
学生	大学院生 27 名、学類生 6 名、研究生 1 名

宇宙観測グループでは、野辺山宇宙電波観測所 45m 電波望遠鏡や南米チリの高地に建設されたアタカマ大型ミリ波サブミリ波干渉計 (ALMA) などの電波望遠鏡と、すばる、VLT などの光赤外望遠鏡を駆使して、遠方銀河、近傍銀河、銀河系、星形成領域などの観測的研究を進めている。また、地上で最も天体観測に適した南極内陸部に 10m 級テラヘルツ望遠鏡を建設し、可視光では観測が困難な原始銀河の探査を行う南極テラヘルツ望遠鏡計画を推進している。それに向けて、テラヘルツ望遠鏡に搭載する予定の超広視野超伝導電波カメラへ向けた実機 1 号機として、野辺山宇宙電波観測所 45m 電波望遠鏡に搭載する MKID カメラの開発や、南極用に開発された 30cm 望遠鏡を南極内陸部に設置し、銀河系における星間ガスの進化の研究を行う計画を進めている。

【1】近傍銀河・銀河系の研究

(1) W51 における大質量星形成

野辺山宇宙電波観測所 45m 電波望遠鏡を用いて、大質量星形成領域 W51 の多輝線観測を行い、その内部構造と物理状態を詳細に調べた結果、W51 の内部には 4 つの異なる速度をもつ分子雲が存在し、それらが接触している場所に HII 領域が見られ、かつ $^{13}\text{CO}(J=3-2)/(J=1-0)$ が上昇していることからこれらの分子雲が HII 領域に付随していることが確認された。これらの結果から、W51 では内部の異なる速度を持つ分子雲の衝突により高密度ガスが形成され、それによって活発な大質量星形成が引き起こされていることが示唆された。これは、巨大分子雲における大質量星形成メカニズムに迫る成果である。(図 1)

(2) 銀河における分子ガスの物理状態と星形成効率の関係

野辺山宇宙電波観測所の CO Multi-line Imaging of Nearby Galaxies (COMING) レガシープロジェクトで得られた $^{12}\text{CO}(J=1-0)$ と $^{13}\text{CO}(J=1-0)$ のデータから求めた輝線強度比 ($I(^{12}\text{CO})/I(^{13}\text{CO}) = R_{1213}$) を用いて、近傍銀河の分子ガスの物理状態と星形成活動性の関係を調べた。その結果、 R_{1213} と星形成率を星質量で割った sSFR の間に相関がみられた。また、ダスト温度と速度幅も sSFR と相関があることがわかり、これらの結果から分子ガスの物理状態の一つの指標となる R_{1213} は、温度や乱流といった分子ガスの性質で決まっていることが示唆された。これは、分子ガスの物理状態が何によって決まるかという問いに対するヒントを与える結果である。

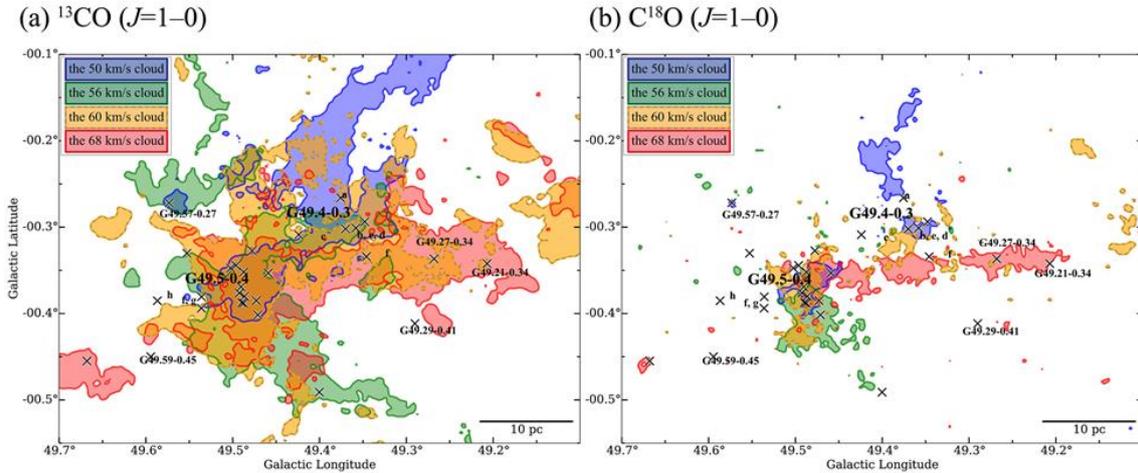


図 1. W51 内の 4 つの異なる速度をもつ分子雲。(a) $^{13}\text{CO}(J=1-0)$ 、(b) $\text{C}^{18}\text{O}(J=1-0)$ 。
 ×は HII 領域。速度の異なる分子雲が衝突している場所に HII 領域が見られる。
 (論文 7)

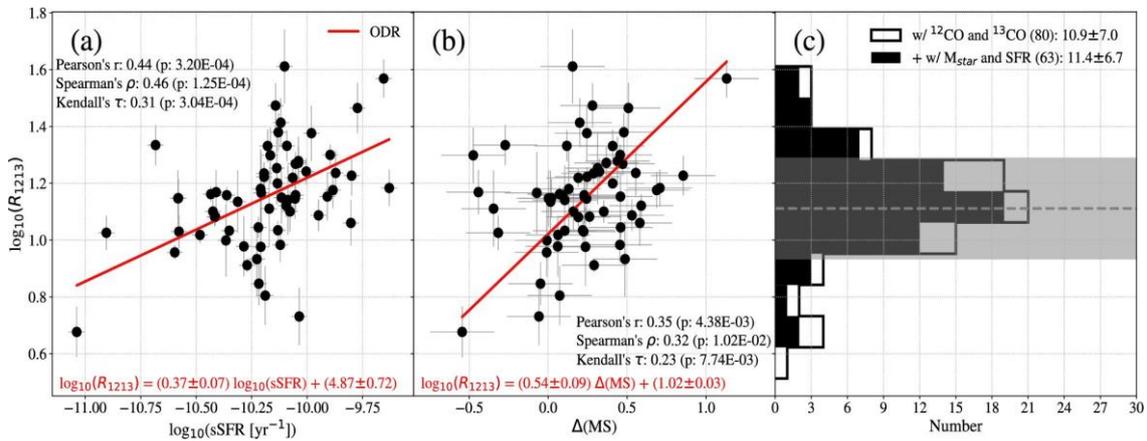


図 2. (a) sSFR と R_{1213} の関係 (b) 銀河の主系列からのずれ ($\Delta(\text{MS})$) と R_{1213} の関係
 (c) R_{1213} の分布 (論文 18)

【2】ALMA、すばる、VLT などの望遠鏡を用いた遠方銀河および近傍矮小銀河の性質

本年度は、大別して三つのテーマを遂行した。具体的には、(1) ALMA を用いた、超遠方銀河の遠赤外線観測的および理論的な研究 [論文 1, 2, 8, 9, 10], (2) 機械学習とすばる望遠鏡で探る、極矮小銀河の性質 [論文 12], (3) 最高感度の可視光面分光装置 VLT/MUSE による遠方銀河の紫外線の研究 [論文 6, 13, 14] である。ここでは、(1) に関して詳述する。

(1) 超遠方銀河の遠赤外線観測的および理論的な研究

図 3 は、ALMA を用いて $z = 8.31$ にある銀河から検出した $[\text{CII}] 158 \mu\text{m}$ 輝線の様子である。これは、 $[\text{CII}]$ 輝線としては最遠方の検出記録である。 $[\text{OIII}] 88 \mu\text{m}/[\text{CII}] 158 \mu\text{m}$ 光度比は約 8 で非常に高い。理論研究との比較から示唆されることは、遠方銀河の星間媒質で

(i) 金属量が低い, (ii) O/C 元素組成比が高い, (iii) 電離状態が高い, (iv) 中性ガス分布が多孔質, である。後者二つの仮説は, LyC が脱出しやすい状況であるため, 宇宙再電離現象の観点で興味深い。さらに, 本天体のダスト温度が 80 K 以上と極めて高いことが分かった。超遠方銀河のダスト温度が推定された例は少ないが, 仮に高いダスト温度が普遍である場合, 過去の研究で得られた赤外光度やダストに隠された星形成率が過小評価されていた可能性がある。

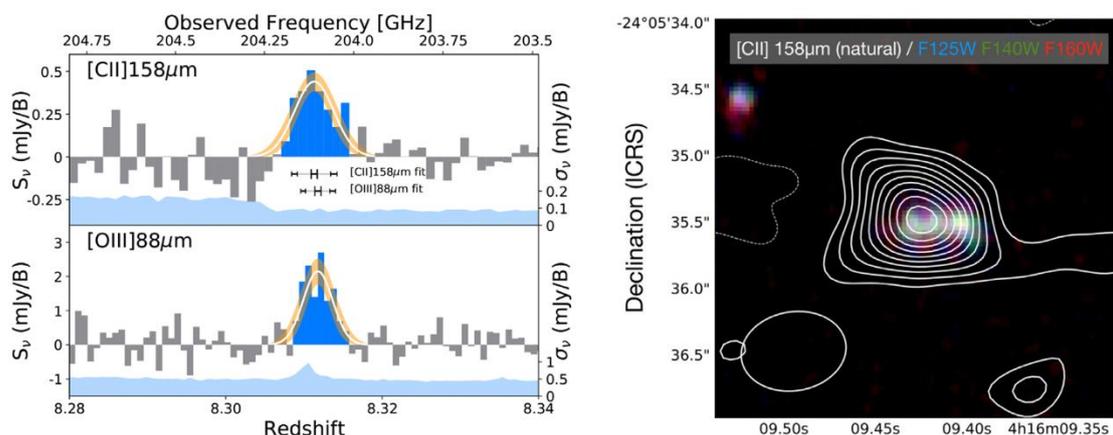


図 3. 左パネルは, $z=8.31$ にある銀河 MACS0416-Y1 の[CII]158 μm および[OIII] 88 μm 輝線スペクトル (論文 1)。右パネルは, 背景の三色合成画像はハッブル宇宙望遠鏡で取得した静止系紫外域の大質量星の分布を表す。白色の等高線が, ALMA で取得した[CII] 輝線の分布である。

関連して, 近傍の metal-poor dwarf 銀河のアーカイブデータを活用し, 遠赤外線と可視光の性質を横断的に調べた [浦遼太 学士論文]。[OIII]/[CII]光度比が高い天体は, (a) 電離状態が高い, (b) 爆発的星形成をしている (c) 金属量が低い, という傾向を初めて観測的に示した。今後 ALMA と JWST の組み合わせで実現する, 超遠方銀河の遠赤外線と可視光データを解釈する際に, 重要な参照元になると期待される [業績: PI 観測提案書]。

一般的に, 超遠方銀河のダスト温度推定は困難である。この状況を打開するため, 一点の測光点からダスト温度を推定する計算手法を開発した [論文 9]。ダスト粒子が熱平衡にあると仮定し, ダスト粒子の空間分布を仮定すれば, ダスト放射の空間サイズと強度から温度を決定できるのである。本論文では, 地上実験から得られたダスト粒子の組成, 結晶状態, 温度の放射率に対する依存性も編纂しており, ダスト研究へ役立つと期待される。

【3】野辺山 45m 鏡用超伝導電波カメラの開発

野辺山 45m 電波望遠鏡に搭載する 100 GHz 帯連続波カメラの開発を行っている。昨年度までに, コプレーナ線路のグラウンド面に膜厚 200 nm の窒化ニオブチタン(NbTiN)を、

中心線路に膜厚 50 nm のアルミニウム(Al)を用いた 109 素子アンテナ結合型ハイブリッド MKID の製作・光学評価を行い検出器の高感度化に向けた開発を進めてきた。単一読み出し回路を用いて取得した 109 素子アンテナ結合型ハイブリッド MKID の雑音等価電力 (NEP) の解析を進め、放射負荷電力が約 8~16 pW の際に $NEP = 3-5 \times 10^{-16} \text{ W/Hz}^{1/2}$ と良好な結果を得た。

フランスのMKIDカメラグループとの共同研究により、100 GHz帯集中定数型MKIDアレイの評価も進めた。MKIDアレイはフランスのグループが製作したものであり、素子数は144素子、超伝導薄膜にはTiとAlの2層構造を用いている。フーリエ分光器を用いた周波数特性の測定により、帯域は期待通りの70-115 GHzであることを確認した。一方、検出器の空間感度分布であるビームパターンの測定ではサイドローブが想定よりも大きいことが明らかになり、冷却光学系との結合に課題があることが分かった。

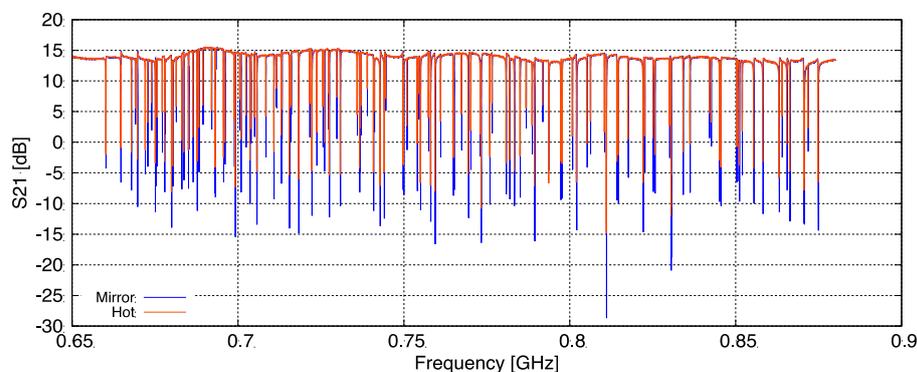


図4. 144 素子集中定数型 MKID アレイの透過スペクトル

【4】南極天文学の推進

南極 10m テラヘルツ望遠鏡の実現のためには、望遠鏡の鏡面を精度よく測定する必要があるが、南極は厳しい環境下でありそこで実施可能な方法が必要となる。南極で実施可能な鏡面測定法として点格子干渉計とファイズ・リトリーバル・ホログラフィー法の研究を進めた。点格子干渉計に関しては、奥村大志氏の博士論文に、ファイズ・リトリーバル・ホログラフィー法に関しては周斌氏の博士論文としてまとめられた。

10m 望遠鏡に先立ち、南極での経験と実績を積むため、すでに南米チリでのサブミリ波観測の実績もある 30cm 望遠鏡を南極に移設し、 $[CI](^3P_1-^3P_0)$ と $CO(J=4-3)$ 輝線による銀河面サーベイを計画している。新型コロナウイルスの影響で当初想定していたイタリア・フランスの運用するコンコルディア基地での運用が困難になったため、国立極地研究所の新ドームふじ基地での運用を目指している。 $[CI](^3P_1-^3P_0)$ と $CO(J=4-3)$ 輝線の同時観測を実現するため、国立天文台との共同研究で ALMA バンド 8 用に開発された広帯域ミキサ素子を搭載した受信機の開発を進めている。

<論文>

(査読論文)

- 1、 Bakx, T. L. C., Tamura, Y., Hashimoto, T., Inoue, A. K., Lee, M. M., et al., “ALMA uncovers the [CII] emission and warm dust continuum in a $z = 8.31$ Lyman break galaxy”, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, Volume 493, Issue 3, pp. 4294-4307 (2020)
- 2、 Binggeli, C., Inoue, A. K., Hashimoto, T., Toribio, M. C., Zackrisson, E., et al., “A puzzling non-detection of [OIII] and [CII] from a $z \sim 7.7$ galaxy observed with ALMA”, *Astronomy & Astrophysics*, Volume 646, id. A26, 13 pp. (2021)
- 3、 Cooray, S., Takeuchi, T. T., Yoda, M., Sorai, K., “A Method for Unmasking Incomplete Astronomical Signals: Application to CO Multi-line Imaging of Nearby Galaxies Project”, *Publications of the Astronomical Society of Japan*, Vol.72 No.4, pp.61:1-15 (2020)
- 4、 Doi, Y., Hasegawa, T., Furuya, R. S., Coude, S., , , Saito, H., , , Robitaille, J. F. (total 138) “The JCMT BISTRO Survey: Magnetic Fields Associated with a Network of Filaments in NGC 1333” *ApJ*, Vol. 899, pp28-50 (2020)
- 5、 Eden, D. J., Moore, T. J. T., Currie, M. J. and 103 more (Kuno, N. 78 番目), “CHIMPS2: survey description and 12CO emission in the Galactic Centre” , *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, Volume 498, Issue 4, pp.5936-5951 (2020)
- 6、 Feltre, A., Maseda, M. V., Bacon, R., Pradeep, J., Leclercq, F., et al. (Hashimoto, T. 8 番目), “The Muse Hubble Ultra Deep Field Survey. XV. The mean rest-UV spectra of Ly α emitters at $z > 3$ ” , *Astronomy & Astrophysics*, Volume 641, id. A118, 26 pp. (2020)
- 7、 Fujita, S., Torii, K., Kuno, N., Nishimura, A., Umemoto, T., Minamidani, T., Kohno, M., Yamagishi, M., Tosaki, T., Matsuo, M., Tsuda, Y., Enokiya, R., Tachihara, K., Ohama, A., Sano, H., Okawa, K., Hayashi, K., Yoshiike, S., Tsutsumi, D., Fukui, Y., “Massive star formation in W51 A triggered by cloud-cloud collisions”, *Publications of the Astronomical Society of Japan*, Volume 73, Issue Supplement_1, pp.S172-S200, (2021)
- 8、 Harikane, Y., Ouchi, M., Inoue, A. K., Matsuoka, Y., Tamura, Y., et al. (Hashimoto, T. 17 番目), “Large Population of ALMA Galaxies at $z > 6$ with Very High [OIII] 88 μm to [CII] 158 μm Flux Ratios: Evidence of Extremely High Ionization Parameter or PDR Deficit?”, *The Astrophysical Journal*, Volume 896, Issue 2, id. 93, 19 pp. (2020)
- 9、 Inoue, A. K., Hashimoto, T., Chihara, H., and Koike, C., “Radiative equilibrium estimates of dust temperature and mass in high-redshift galaxies”, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, Volume 495, Issue 2, pp. 1577-1592. (2020)
- 10、 Izumi, T., Onoue, M., Matsuoka, Y., Strauss, M. A., Fujimoto, S., et al. (Hashimoto, T. 24 番目), “Subaru High- z Exploration of Low-luminosity Quasars (SHELLQs). XII. Extended [CII] Structure (Merger or Outflow) in a $z = 6.72$ Red Quasar” , *The Astrophysical Journal*, Volume 908, Issue 2, id. 235, 10 pp. (2021)
- 11、 Kohno, M., Tachihara, K., Torii, K., Fujita, S., Nishimura, A., Kuno, N., Umemoto, T., Minamidani, T., Matsuo, M., Kiridoshi, R., Tokuda, K., Hanaoka, M., Tsuda, Y., Kuriki, M., Ohama, A., Sano, H., Hasegawa, T., Sofue, Y., Habe, A., Onishi, T., Fukui, Y., " FOREST unbiased Galactic plane imaging

- survey with the Nobeyama 45 m telescope (FUGIN). VI. Dense gas and mini-starbursts in the W 43 giant molecular cloud complex “, Publications of the Astronomical Society of Japan, Volume 73, Issue Supplement_1, pp.S129-S171 (2021)
- 12、Kojima, T., Ouchi, M., Rauch, M., Ono, Y., Nakajima, K., et al. (Hashimoto, T. 9 番目), “Extremely Metal-poor Representatives Explored by the Subaru Survey (EMPRESS). I. A Successful Machine-learning Selection of Metal-poor Galaxies and the Discovery of a Galaxy with $M_* < 10^6 M_\odot$ and 0.016 Z_\odot ”, The Astrophysical Journal, Volume 898, Issue 2, id. 142. (2020)
 - 13、Kusakabe, H., Blaizot, J., Garel, T., Verhamme, A., Bacon, R., et al. (Hashimoto, T. 7 番目), “The MUSE Hubble Ultra Deep Field Survey. XIV. Evolution of the Ly α emitter fraction from $z = 3$ to $z = 6$ ”, Astronomy & Astrophysics, Volume 638, id. A12, 23 pp. (2020)
 - 14、Maseda, M. V., Bacon, R., Lam, D., Matthee, J., Brinchmann, J., et al. (Hashimoto, T. 13 番目), “Elevated ionizing photon production efficiency in high-equivalent-width Lyman- α emitters”, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, Volume 493, Issue 4, pp. 5120-5130 (2020)
 - 15、Maruques-Chaves, R., Alvarez-Marquez, J., Colina, L., Perez-Fournon, I., Schaerer, D., et al. (Hashimoto, T. 7 番目), “The discovery of the most UV-Ly α luminous star-forming galaxy: a young, dust- and meta-poor starburst with QSO-like luminosities”, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, Volume 499, Issue 1, pp. L105-110. (2020)
 - 16、Miyamoto, Y., Yasuda, A., Watanabe, Y., Seta, M., Kuno, N., Salak, D., Ishii, S., Nagai, M., Nakai, N., "Atomic carbon [C I]($^3P_1 - ^3P_0$) mapping of the nearby galaxy M 83", Publications of the Astronomical Society of Japan, psab020 (2021)
(<https://doi.org/10.1093/pasj/psab020>)
 - 17、Morishita, T., Stiavelli, M., Trenti, M., Treu, T., Roberts-Borsani, G., et al. (Hashimoto, T. 7 番目), “SuperBoRG: Exploration of Point Sources at $z \sim 8$ in HST Parallel Fields”, The Astrophysical Journal, Volume 904, Issue 1, id. 50, 11 pp. (2020)
 - 18、Morokuma-Matsui, K., Sorai, K., Sato, Y., Kuno, N., Takeuchi, T. T., Salak, D., Miyamoto, Y., Yajima, Y., Muraoka, K., Kaneko, H., “CO Multi-line Imaging of Nearby Galaxies (COMING). X. Physical conditions of molecular gas and the local SFR-Mass relation”, Publications of the Astronomical Society of Japan, Vol.72 No.5, pp.90:1-16 (2020)
 - 19、Muraoka, K., Kondo, H., Tokuda, K., Nishimura, A., Miura, R. E., Onodera, S., Kuno, N., Zahorecz, S., Tsuge, K., Sano, H., Fujita, S., Onishi, T., Saigo, K., Tachihara, K., Fukui, Y., Kawamura, A., “ALMA Observations of Giant Molecular Clouds in M33. II. Triggered High-mass Star Formation by Multiple Gas Colliding Events at the NGC 604 Complex”, The Astrophysical Journal, Volume 903, Issue 2, id.94, 11 pp. (2020)
 - 20、Nara, S., Sato, T. O., Yamada, T., Fujinawa, T., Kuribayashi, K., Manabe, T., Froidevaux, L., Livesey, N. J., Walker, K. A., Xu, J., Schreier, F., Orsolini, Y. J., Limpasuvan, V., Kuno, N., and Kasai, Y.: Validation of SMILES HCl profiles over a wide range from the stratosphere to the lower thermosphere, Atmos. Meas. Tech., 13, pp.6837–6852 (2020)

(<https://doi.org/10.5194/amt-13-6837-2020>)

- 21、Nishimura, A., Fujita, S., Kohno, M., Tsutsumi, D., Minamidani, T., Torii, K., Umemoto, T., Matsuo, M., Tsuda, Y., Kuriki, M., Kuno, N., Sano, H., Yamamoto, H., Tachihara, K., Fukui, Y., “FOREST unbiased Galactic plane imaging survey with the Nobeyama 45 m telescope (FUGIN). VIII. Possible evidence of cloud-cloud collisions triggering high-mass star formation in the giant molecular cloud M 16 (Eagle Nebula)”, Publications of the Astronomical Society of Japan, Volume 73, Issue Supplement_1, pp.S285-S299 (2021)
- 22、Salak, D., Nakai, N., Sorai, K., Miyamoto, Y., “Molecular Gas Outflow in the Starburst Galaxy NGC 1482”, The Astrophysical Journal, Vol.901 No.2, pp.151:1-16 (2020)
- 23、Sato, K., Hasegawa, T., Umemoto, T., Saito, H., Kuno, N., Seta, M., Sakamoto, S. “FUGIN hot core survey. I. Survey method and initial results for $l = 10 - 20$ ”, PASJ (2021),
- 24、Tokuda, K., Muraoka, K., Kondo, H., Nishimura, A., Tosaki, T., Zahorecz, S., Onodera, S., Miura, R. E., Torii, K., Kuno, N., Fujita, S., Sano, H., Onishi, T., Saigo, K., Fukui, Y., Kawamura, A., Tachihara, K. "ALMA Observations of Giant Molecular Clouds in M33. I. Resolving Star Formation Activities in the Giant Molecular Filaments Possibly Formed by a Spiral Shock", The Astrophysical Journal, Volume 896, Issue 1, id.36, 10 pp. (2020)
- 25、Torii, K., Hattori, Y., Matsuo, M., Fujita, S., Nishimura, A., Kohno, M., Kuriki, M., Tsuda, Y., Minamidani, T., Umemoto, T., Kuno, N., Yoshiike, S., Ohama, A., Tachihara, K., Fukui, Y., Shima, K., Habe, A., Haworth, T. J., “CO observations of the molecular gas in the Galactic H II region Sh2-48: Evidence for cloud-cloud collision as a trigger of high-mass star formation”, Publications of the Astronomical Society of Japan, Volume 73, Issue Supplement_1, pp.S368-S384, (2021)
- 26、Yajima, Y., Sorai, K., Miyamoto, Y., Muraoka, K., Kuno, N., Kaneko, H., Takeuchi, T. T., Yasuda, A., Tanaka, T., Morokuma-Matsui, K., Kobayashi, I. N. M., "CO Multi-line Imaging of Nearby Galaxies (COMING). IX. 12 CO($J = 2-1$)/ 12 CO($J = 1-0$) line ratio on kiloparsec scales", Publications of the Astronomical Society of Japan, Volume 73 No.2, pp.257–285 (2021)
- 27、Yamanaka, S., Inoue, A. K., Yamada, T., Zackrisson, E., Iwata, I., et al. (Hashimoto, T. 8 番目), “Testing an indirect method for identifying galaxies with high levels of Lyman continuum leakage” , Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, Volume 498, Issue 3, pp. 3095-3114. (2020)
- 28、Yen, Hsi-Wei, Koch, P. M., Hull, C. L., Ward-Thompson, D., , , Saito, H., , , Zhang, C.-P. (total 46) “The JCMT BISTRO Survey: Magnetic Fields Associated with a Network of Filaments in NGC 1333” ApJ, Vol. 899, pp28-50 (2020)

(査読なし論文)

- 1、Nitta, T., Nagai, M., Murayama, Y., Hikawa, R., Suzuki, R., Sekimoto, Y., Takakura, H., Hasebe, T., Noda, K., Saeki, S., Matsuo, H., Kuno, N., Nakai, N., “Anti-reflection structures for large-aperture cryogenic lenses and vacuum window in 100-GHz band”, Proceedings of SPIE, 11453, 114534C (2020)

- 2、 Tamura, Y., Kawabe, R., Fukasaku, Y., Kimura, K., Ueda, T., Taniguchi, A., Okada, N., Ogawa, H., Hashimoto, I., Minamidani, T., Kawaguchi, N., Kuno, N., Togami, Y., Hagimoto, M., Nakano, S., Matsuda, K., Okumura, S., Nakamura, T., Kurita, M., Takekoshi, T., Oshima, T., Onishi, T., Kohno, K., “Wavefront sensor for millimeter/submillimeter-wave adaptive optics based on aperture-plane interferometry”, Proceedings of the SPIE, Volume 11445, id. 114451N 9 pp. (2020)

<学位論文>

博士論文

- 1、 奥村大志 : Analytical and Numerical Study of a Radio Point-Diffraction Interferometer as a Novel Reflector Surface Measurement Method for the Antarctic Terahertz Telescope
- 2、 田中隆広 : Effect of the bar pattern speed on the molecular gas dynamics in galaxy NGC 7479
- 3、 周 斌 : The study of the phase retrieval holography measurement for the Ritchey -Chrétien telescope
- 4、 Pranshu MANDAL : Development of data analysis method and image synthesis pipeline for 100GHz band Nobeyama 45m MKID Camera

修士論文

- 1、 佐藤景亮 : 棒渦巻銀河の中心領域におけるガスのダイナミクスと星形成との関係
- 2、 柴田和樹 : 棒渦巻銀河 NGC 3627 における分子ガスの物理状態と星形成効率多様性の関係
- 3、 鈴木理花子 : 常温および低温黒体を用いた 100 GHz 帯カメラ用光学インダクタンス検出器アレイの光学性能評価
- 4、 鴫田翔哉 : 相互作用銀河 NGC 4567/4568 の衝突領域における分子ガスの物理状態の観測的研究
- 5、 奈良誠大 : 超伝導サブミリ波リム放射サウンダ(SMILES)の広範囲観測による塩化水素の鉛直分布プロファイルの妥当性検証
- 6、 保坂智哉 : スターバースト銀河 NGC 1808 を観測対象とした系外銀河の分子ガス質量導出方法に関する研究

学士論文

- 1、 青木美和 : 光学インダクタンス検出器アレイの多素子同時読み出しにおける雑音低減に関する研究
- 2、 梅澤智幸 : Perseus Arm における巨大分子雲の物理状態と星形成活動の比較
- 3、 浦 遼太 : 近傍宇宙にある矮小銀河の多波長の性質と遠方銀河への示唆
- 4、 藤森柗人 : 美笹 54m アンテナの 20GHz 帯における両偏波観測用受信機の開発
- 5、 山本祥汰郎 : 近傍銀河 NGC253、NGC1482 におけるアウトフロー中の星間ダストの観測的研究

<集中講義>

久野成夫

1、関西学院大学、物理学特殊講義 XV、2020年9月15日-16日

<PI 観測提案書 (プロポーザル) >

- 1、Subaru S20B, Hashimoto et al., “FOCAS Ly α IFU spectroscopy in Big Three Dragons at $z \sim 7.2$ ”, ID=S20B0118N, 1.5 nights
- 2、JWST Cycle 1, J. Alvarez-Marquez (PI) and Hashimoto, T., (Co-PI) et al., “ALMA [OIII] 88 μ m Emitters. Signpost of Early Stellar Buildup and Reionization in the Universe”, ID=#1840, 34.9 hrs
- 3、IRAM winter 2020/2021 season, Yasuda, A., et al., "Physical properties of molecular gas in a local extremely metal-poor galaxy Sextans A", 162-20
- 4、野辺山宇宙電波観測所 45 m 電波望遠鏡 共同利用観測 Additional Observation of the COMING Project
- 5、Very Large Array, SALAK et al., “Large-field HI imaging of the superwind galaxy NGC 1482”, VLA/21A-113

<国際学会・研究会>

- 1、Harikane, Y., incl. Hashimoto, T., et al. “Large Population of ALMA Galaxies at $z > 6$ with Very High [OIII] 88 μ m to [CII] 158 μ m Flux Ratios”, SAZERAC online conference, July, 2020
- 2、(Accepted, Postponed) S. Nara, T.O. Sato, T. Yamada, Lucien Froidevaux, Nathaniel J. Livesey, Kaley A. Walker, Franz Schreier, Jian Xu, N. Kuno, Y. Kasai., “Validation of HCl profile observed by SMILES from international space station.”, International Radiation Symposium 2020, Abstract ID:409, Greece, Jul, 2020
- 3、(Accepted, Canceled) S. Nara, T.O. Sato, T. Yamada, T. Fujinawa, Lucien Froidevaux, Nathaniel J. Livesey, Kaley A. Walker, Franz Schreier, Jian Xu, N. Kuno, Y. Kasai. “Validation Analysis of Hydrogen Chloride Profiles by Observation of SMILES Between Stratosphere and Lower Thermosphere”, Asia Oceania Geoscience Society 17th Annual Meeting, ID:PS10-A021, Korea, Jun-Jul, 2020 (ポスター)
- 4、Hashimoto, T., “A review on recent progress in metals and dust studies at high- z ”, The Rise of Metals and Dust, Marseille, France (held in online) October 26-30, 2020, (招待講演)
- 5、Sugahara, Y., incl. Hashimoto, T., et al. “Another tail of Big Three Dragons: A [NII] 122 μ m constraint and a new dust-continuum detection of a $z = 7.15$ Lyman Break Galaxy with ALMA”, The Rise of Metals and Dust, Marseille, France (held in online) October 26-30, 2020
- 6、Harikane, Y., incl. Hashimoto, T., et al. “Large Population of ALMA Galaxies at $z > 6$ with Very High [OIII] 88 μ m to [CII] 158 μ m Flux Ratios”, The Rise of Metals and Dust, Marseille, France (held in online) October 26-30, 2020
- 7、Ayako Niwa, Hiroshi Matsuo, Hajime Ezawa, Mitsuhiro Fukushima, Norio Okada, Jun-Ichi Morino, Risa Kurosawa, and Junichiro Moriya, "Development of Compact 0.8 K Sorption Coolers for THz

Photon Counting Detectors", 21st East Asia Submillimeter-wave Receiver Technology Workshop, Online, November 24-25, 2020

- 8、Nitta, T., Nagai, M., Murayama, Y., Hikawa, R., Suzuki, R., Sekimoto, Y., Takakura, H., Hasebe, T., Noda, K., Saeki, S., Matsuo, H., Kuno, N., Nakai, N., "Anti-reflection structures for large-aperture cryogenic lenses and vacuum window in 100-GHz band", SPIE Astronomical Telescopes + Instrumentation 2020, Online Forum, December 14-18, 2020 (ポスター)

<国内学会・研究会>

- 1、徂徠和夫,他 COMING メンバー "COMING: Results and a Next Step", FUGIN & COMING リモート研究会, 2020年7月7日, 大阪府立大学 (オンライン開催) (招待講演)
- 2、Sugahara, Y., Inoue, A. K., Yamanaka, S., Hashimoto, T., Fujimoto, S., Tamura, Y., Matsuo, H., Binggeli, C., and Zackrisson, E. "A constraint of [NII] 122 μm and a new dust continuum detection of a $z = 7.15$ Lyman Break Galaxy with ALMA", 日本天文学会 2020 年秋季年会, X23a, 2020 年 9 月 9 日, 弘前大学 (オンライン開催)
- 3、田村陽一, 萩本将都, 谷口暁星, 山本宏昭, 川邊良平, 鎌田 剛, 小嶋崇文, 酒井 剛, 原田健一, 谷口達, 小関研介, 田中邦彦, 廿日出文洋, 竹腰達哉, 河野孝太郎, 吉村勇紀, 井上昭雄, 橋本拓也, 他 FINER チーム「北半球最高感度ミリ波サブミリ波ヘテロダイン受信システム LMT-FINER I. デジタルサイドバンド分離広帯域分光計ファームウェアの開発」, 日本天文学会 2020 年秋季年会, X23a, 2020 年 9 月 9 日, 弘前大学 (オンライン開催)
- 4、佐藤景亮, 宮本祐介, 久野成夫, Dragan SALAK, Alex Wagner, 瀬田益道, 中井直正, 「棒渦巻銀河 NGC 613 の中心領域におけるガスダイナミクスと星形成の関係」, 日本天文学会 2020 年秋季年会, 2020 年 9 月 10 日, 弘前大学 (オンライン開催)
- 5、矢島義之, 徂徠和夫, 「 $^{12}\text{CO}(J=1-0)/^{13}\text{CO}(J=1-0)$ 輝線強度比による近傍の棒渦巻銀河 Maffei2 の分子ガスの物理状態」, 日本天文学会 2020 年秋季年会, 2020 年 9 月 10 日, 弘前大学 (オンライン開催)
- 6、村岡和幸, 近藤滉, 西村 淳, 藤田真司, 川下紗奈, 小西亜侑, 中尾優花, 西本晋平, 米山 翔, 大西利和, 徳田一起, 濤崎智佳, 三浦理絵, 西合一矢, 佐野栄俊, 河村晶子, 小野寺幸子, 久野成夫, 立原研悟, 柘植紀節, 福井康雄, 「Atacama Compact Array による渦巻銀河 M33 の ^{12}CO , ^{13}CO $J = 2-1$ 広域観測」, 日本天文学会 2020 年秋季年会, 2020 年 9 月 10 日, (オンライン開催)
- 7、近藤 滉, 村岡和幸, 西村 淳, 藤田真司, 大西利和, 徳田一起, Sarolta Zahorecz, 濤崎智佳, 佐野栄俊, 三浦理絵, 西合一矢, 河村晶子, 小野寺幸子, 久野成夫, 柘植紀節, 立原研悟, 福井康雄, 小林将人, 「ALMA による渦巻銀河 M33 の巨大分子雲の高分解能観測 (5): $10^6 M_{\odot}$ に及ぶ巨大分子雲の性質とその進化」, 日本天文学会 2020 年秋季年会, 2020 年 9 月 10 日, (オンライン開催)
- 8、新田冬夢, 他, 「野辺山 45m 電波望遠鏡用 100-GHz 帯 109 素子連続波カメラの開発」, Nobeyama Science Workshop 2020, 2020 年 9 月 15-16 日 (オンライン開催)

- 9、鴫田翔哉,金子紘之,久野成夫,「相互作用銀河 NGC4567/4568 の衝突領域における分子ガスの物理状態」,日本天文学会 2020 年秋季年会, 2020 年 9 月 10 日, (オンライン開催)
- 10、丹羽綾子,松尾宏,江澤 元,福嶋美津広,岡田則夫,森野潤一,黒澤里沙,守屋潤一郎,「テラヘルツ光子計数型検出器のための 0.8 K 小型吸着式冷凍器の評価」,第 29 回日本赤外線学会研究発表会,2020 年 10 月 29-30 日 (オンライン開催)
- 11、奈良誠大,佐藤知紘,山田崇貴,久野成夫,笠井康子,“超伝導サブミリ波リム放射サウンド (SMILES)の広範囲観測による塩化水素の鉛直分布プロファイルの妥当性検証”,第 25 回大気化学討論会,ID: S1-06,2020 年 11 月,千葉大学 (オンライン開催)
- 12、柴田和樹,渡邊祥正,久野成夫,徂徠和夫,「近傍銀河 NGC 3627 における星形成効率の多様性とその起源の探究」,天体形成研究会,2020 年 11 月 6-7 日,筑波大学 (オンライン開催)
- 13、徂徠和夫,「銀河における星間ガス質量の高精度な導出」,令和 2 年度 第 2 回宇宙史研究センター構成員会議,2020 年 11 月 30 日,筑波大学 (オンライン開催)
- 14、丹羽綾子,松尾 宏,江澤 元,福嶋美津広,岡田則夫,森野潤一,黒澤里沙,守屋潤一郎,「テラヘルツ光子計数型検出器のための 0.8 K 小型吸着式冷凍器の開発」,第 9 回可視赤外線観測装置技術ワークショップ 2020,2020 年 12 月 1-2 日 (オンライン開催)
- 15、久野成夫,「南極テラヘルツ望遠鏡」,宇宙電波懇談会シンポジウム 2020 年度:「極限性能で切り開く電波天文学」2020 年 12 月 21 日-22 日 (オンライン開催)
- 16、Nitta, T. et al.,「Optical measurements of MKID arrays for the Nobeyama 100-GHz band camera」,ALMA/45m/ASTE Users Meeting 2020,2021 年 1 月 5-7 日 (オンライン開催)
- 17、Salak, D., Nakai, N., Sorai, K., Miyamoto, Y., “Molecular gas outflow in the starburst galaxy NGC 1482” , ALMA/45 m/ASTE Users Meeting FY2020,2021 年 1 月 5 日-7 日, (オンライン開催)
- 18、Shibata, K., Watanabe, Y., Kuno, N., Sorai, K., “Study of SFE diversity in nearby galaxy NGC 3627”, ALMA/45m/ASTE Users Meeting 2020, 2021 年 1 月 5 日-7 日 (オンライン開催)
- 19、久野成夫,「計画概要」極地研研究集会「南極テラヘルツ望遠鏡によるサイエンスの検討」,2021 年 3 月 15 日 (オンライン開催)
- 20、久野成夫,「南極でのポインティング方法」極地研研究集会「南極テラヘルツ望遠鏡によるサイエンスの検討」,2021 年 3 月 15 日 (オンライン開催)
- 21、久野成夫,「OTF 対応:アンテナ制御・リダクションソフト・Qlook」極地研研究集会「南極テラヘルツ望遠鏡によるサイエンスの検討」,2021 年 3 月 15 日 (オンライン開催)
- 22、徂徠和夫,「南極 30 cm 望遠鏡搭載分光計の更新」,極地研研究集会「南極テラヘルツ望遠鏡によるサイエンスの検討」,2021 年 3 月 15 日 (オンライン開催)
- 23、徂徠和夫,「南極 30 cm 望遠鏡による[CI] & CO 観測」,極地研研究集会「南極テラヘルツ望遠鏡によるサイエンスの検討」,2021 年 3 月 15 日 (オンライン開催)
- 24、奈良誠大,「30 cm 望遠鏡でのサイエンス~地球大気~」,極地研研究集会「南極テラヘルツ望遠鏡によるサイエンスの検討」,2021 年 3 月 15 日 (オンライン開催)

- 25、八嶋裕, 徂徠和夫, 清水一揮, 久野成夫, 永井誠, 瀬田益道, 他南極天文コンソーシアムメンバー, 「南極 30 cm サブミリ波望遠鏡のデジタル分光計の整備」, 日本天文学会 2021 年春季年会, 2021 年 3 月 16-19 日, 東京工業大学 (オンライン開催)
- 26、丹羽綾子, 松尾 宏, 江澤 元, 福嶋美津広, 岡田則夫, 森野潤一, 黒澤里沙, 守屋潤一郎, 「テラヘルツ強度干渉計用光子計数型検出器のための 0.8 K 小型吸着式冷凍器の開発」, 日本天文学会 2021 年春季年会, 2021 年 3 月 16-19 日, (オンライン開催)
- 27、Salak, D., Nakai, N., Sorai, K., Miyamoto, Y., “ALMA discovers a starburst-driven molecular outflow in NGC 1482”, 日本天文学会 2021 年春季年会, 2021 年 3 月 17 日, 東京工業大学 (オンライン開催)
- 28、柴田和樹, 渡邊祥正, 久野成夫, 徂徠和夫, 「NGC 3627 において同定された GMC の物理状態と SFE 多様性の関係」, 日本天文学会 2021 年春季年会, 2021 年 3 月 17 日, 東京工業大学 (オンライン開催)
- 29、保坂智哉, Dragan SALAK, 久野成夫, 保田敦司, 宮本祐介, スターバースト銀河 NGC1808 の [CI] 観測: ガストレーサーとしての有用性の検証」, 日本天文学会 2021 年春季年会, 2021 年 3 月 17 日, 東京工業大学 (オンライン開催)
- 30、田村陽一, 谷口暁星, 戸上陽平, 萩本将都, 中野覚矢, 松田慧一, 川邊良平, 川口則幸, 南谷哲宏, 大島泰, 深作悠平, 久野成夫, 木村公洋, 岡田望, 中村友子, 奥村幸子, 小川英夫, 大西利和, 栗田光樹夫, 竹腰達哉, 河野孝太郎, 「ミリ波補償光学の開発 V. 野辺山 45 m ミリ波望遠鏡における開口面干渉法波面センサの実証実験」, 日本天文学会 2021 年春季年会, 2021 年 3 月 18 日, (オンライン開催)
- 31、久野成夫, 新田冬夢, 橋本拓也, 齋藤弘雄, Dragan SALAK, 瀧口風太, 小山 徹, 加藤良寛, 瀬田益道, 中井直正, 徂徠和夫, 八嶋 裕, 清水一揮, 永井 誠, 梅本智文, 小嶋崇文, 鶴澤佳徳, 伊王野大介, 長崎岳人, 他南極天文コンソーシアムメンバー, 「南極 30 cm サブミリ波望遠鏡計画」, 日本天文学会 2021 年春季年会, 2021 年 3 月 19 日, 東京工業大学 (オンライン開催)
- 32、橋本拓也, 井上昭雄, 田村陽一, 松尾 宏, 伊王野大介, 久野成夫 「ngVLA による遠方銀河の遠赤外線微細構造輝線の観測可能性」, 日本天文学会 2021 年春季年会, Z220a, 2021 年 3 月 19 日, 東京工業大学 (オンライン開催)
- 33、松尾 宏, 江澤 元, 鎌崎 剛, 新田冬夢, 橋本拓也, 丹羽綾子, 久野成夫, 瀬田益道, 中井直正 「南極テラヘルツ干渉計による原子輝線の観測計画」, 日本天文学会 2021 年春季年会, V108a, 2021 年 3 月 19 日, 東京工業大学 (オンライン開催)
- 34、中野覚矢, 田村陽一, 谷口暁星, 萩本将都, 竹内努, T. Bakx, 井上昭雄, 橋本拓也, 松尾 宏, 梅畑豪紀, B. Salmon, D. Coe, L. Bradley, P. Oesch, V. Strait, M. Bradac, ALMA/SPT0615 観測チーム, 「大質量銀河団 SPT-CL J0615-5746 に属する CO 分子輝線銀河が示す環境効果による星形成活動の抑制」, 日本天文学会 2021 年春季年会, X17a, 2021 年 3 月 19 日, 東京工業大学 (オンライン開催)

- 35、播金優一, 井上昭雄, 札本佳伸, 橋本拓也, 松尾 宏, 田村陽一, 山中郷史、「銀河形成の「ロゼッタストーン」 : H バンドドロップ $z \sim 13$ 銀河探査」, 日本天文学会 2021 年春季年会, X23a, 2021 年 3 月 19 日, 東京工業大学 (オンライン開催)
- 36、菅原悠馬, 井上昭雄, 橋本拓也, 山中郷史、「ALMA 微細構造線と電離平衡モデルを用いた $z > 6$ BPT 図の推定」, 日本天文学会 2021 年春季年会, X24a, 2021 年 3 月 19 日, 東京工業大学 (オンライン開催)
- 37、徳岡剛史, 井上昭雄, 橋本拓也, 山中郷史, 菅原悠馬, 札本佳伸, 田村陽一, 松尾 宏, 吉田直紀, 「重力レンズ効果を考慮した回転円盤モデルフィッティングコードの開発」, 日本天文学会 2021 年春季年会, X25a, 2021 年 3 月 19 日, 東京工業大学 (オンライン開催)
- 38、Tom Bakx, Y. Tamura, E. Zackrisson, I. Shimizu, T. Hashimoto, H. Umehata, A. Inoue, H. Matsuo, T. Okamoto, N. Yoshida, Y. Taniguchi, B. Hatsukade, Y. Matsuda, K. Mawatari, T. Shibuya, K. Kohno, K. Ota, M. Lee, “Dust at high redshift; an observational perspective” , 日本天文学会 2021 年春季年会, X26a, 2021 年 3 月 19 日, 東京工業大学 (オンライン開催)
- 39、五島雛子, 嶋作一大 (東京大学), 山中郷史 (早稲田大学), 他 HSC Project 85 (橋本拓也 含), 「すばる望遠鏡/HSC による $z = 7.3$ Ly α 光度関数と宇宙再電離への制限」, 日本天文学会, 2021 年春季年会, X29a, 2021 年 3 月 19 日, 東京工業大学 (オンライン開催)
- 40、小山 徹, 齋藤弘雄, 加藤良寛, 久野成夫, Dragan SALAK, 瀬田益道, 永井 誠, 他南極天文コンソーシアムメンバー, 「南極 30cm サブミリ波望遠鏡用光学ポインティングシステムの開発」, 日本天文学会 2021 年春季年会, 2021 年 3 月 19 日, 東京工業大学 (オンライン開催)
- 41、徂徠和夫, 「THz 帯での近傍銀河観測」, 南極 THz 望遠鏡合同ワークショップ, 2021 年 3 月 25 日, 筑波大学 (オンライン開催)
- 42、齋藤弘雄, 「星惑星系形成」南極 THz 望遠鏡合同ワークショップ, 2021 年 3 月 25 日, 筑波大学 (オンライン開催)

<外部資金>

- 1、国立極地研究所/国立極地研究所研究集会 : 久野成夫 (研究代表者) 「南極テラヘルツ望遠鏡によるサイエンスの検討」 (交付金 18.3 万円)
- 2、国立天文台共同開発研究 「南極 30cm 望遠鏡用 500GHz 帯広帯域 2SB 受信機の開発」 (交付金 260 万円)
- 3、日本学術振興会 卓越研究員事業費 : 橋本拓也 (研究代表者) 「多波長の宇宙観測によって明らかにする宇宙初期の銀河の性質」 2019~2024 年度 (R2 交付金 800 万円) (2/5 年)
- 4、科学研究費補助金 研究活動スタート支援 : 橋本拓也 (研究代表者) 「成層圏赤外線天文台で暴く近傍銀河の電離光子放射メカニズム」 (研究課題 20K22358) 2020~2021 年度 (R2 交付金 110 万円) (1/2 年)

<研究会開催実績>

- 1、国立極地研究所研究集会「テラヘルツ波が拓く新しい宇宙像」2021年3月15日（オンライン開催）

<社会貢献>

- 1、橋本拓也：三鷹ネットワーク大学主催アストロノミーパブ 講演,「アルマ望遠鏡で宇宙最遠の銀河を捉える」

<外部委員等>

久野成夫

- 1、日本天文学会年会開催地理事、2019年6月－2021年5月下旬
- 2、日本天文学会研究奨励賞選考委員会委員、2017年6月－2021年5月下旬

橋本拓也

- 1、遠赤外線宇宙望遠鏡 SPICA 日本国内科学検討チーム（ミッション中止のため今年度で終了）
- 2、次世代大型電波干渉計 ngVLA 日本国内科学検討チーム

<受賞>

橋本拓也

- 1、2019年度日本天文学会欧文研究報告(PASJ)に掲載された論文で最も盛んに議論された論文へ選出：High Impact Articles From PASJ, Hashimoto et al. “Big Three Dragons: A $z = 7.15$ Lyman-break galaxy detected in [OIII] 88 μm , [CII] 158 μm , and dust continuum with ALMA”, 2020年7月

奈良誠大

- 1、第25回大気化学討論会：「学生優秀発表賞」（受賞日2020年11月13日）
- 2、2020年度筑波大学大学院数理物質科学研究科物理学専攻、物理学専攻長賞（受賞日2021年3月25日）

<記者会見及びプレスリリース、新聞報道等>

橋本拓也

- 1、小島崇史ら（橋本拓也 含）,「今の宇宙に残された,形成初期の銀河を発見-すばる望遠鏡と機械学習で銀河の酸素量の世界記録を更新-」,2020年8月1日
- 2、小島崇史ら（橋本拓也 含）,「赤ちゃん銀河を発見,年齢1000万年」,日本経済新聞2020年8月1日

<その他>

- 1、橋本拓也：SPICAサイエンス検討最終報告書,SPICAサイエンス検討会メンバー（橋本拓也 含）,2020年12月1日