

## 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（2019年12月1日着任）
研究員	齋藤弘雄、SALAK Dragan（2019年10月1日着任）
教授	中井直正（クロスアポイントメント教員）
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 26名（教育研究科1名）、学類生7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。テラヘルツ望遠鏡に搭載する予定の広視野超伝導電波カメラの開発へ向けた実機 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 カメラの開発も進めている。2019 年 10 月 1 日から研究員として SALAK Dragan さんが、また、12 月 1 日から助教として橋本拓也さんがグループに加わった。

### 【1】 野辺山 45m 電波望遠鏡による銀河・銀河系の研究

#### （1）CO 銀河面サーベイ FUGIN プロジェクト

野辺山宇宙電波観測所 45m 電波望遠鏡による CO 銀河面サーベイのデータを用いて、銀河系における  $C^{18}O$  で観測される  $10^4 \text{cm}^{-3}$  を超えるような高密度ガスの割合を測定し、銀河系の構造との関係を調べた。その結果、高密度ガスの割合は、渦状腕で高く棒状構造や腕間で低くなっており、その割合は高いところでも数%であることが明らかとなった。銀河系における星形成効率が数%程度しかないことは大きな謎であるが、星形成の材料となる高密度ガスの割合の低さが星形成効率を下げていることが示唆された。（図 1）

#### （2）近傍渦巻銀河における分子ガスのフーリエ解析

近傍渦巻銀河における分子ガスの分布や運動を調べるために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を実施した。COMING プロジェクトでは、45m 電波望遠鏡を用いて近傍銀河の  $CO(J=1-0)$  輝線のマッピング観測を行った。その成果の一つとして、観測で得られた 20 銀河の CO ガスの速度場（図 2）をフーリエ解析し、分子ガスの円運動と非円運動の速度成分を求めた。加えて、棒渦巻銀河の進化に重要である棒構造のパターン速度について新たな測定方法を考案した。図 2 に示すように 7 天体で測定した棒構造のパターン速度は、棒構造の半径が大きければ大きいほど遅くなることがわかった。

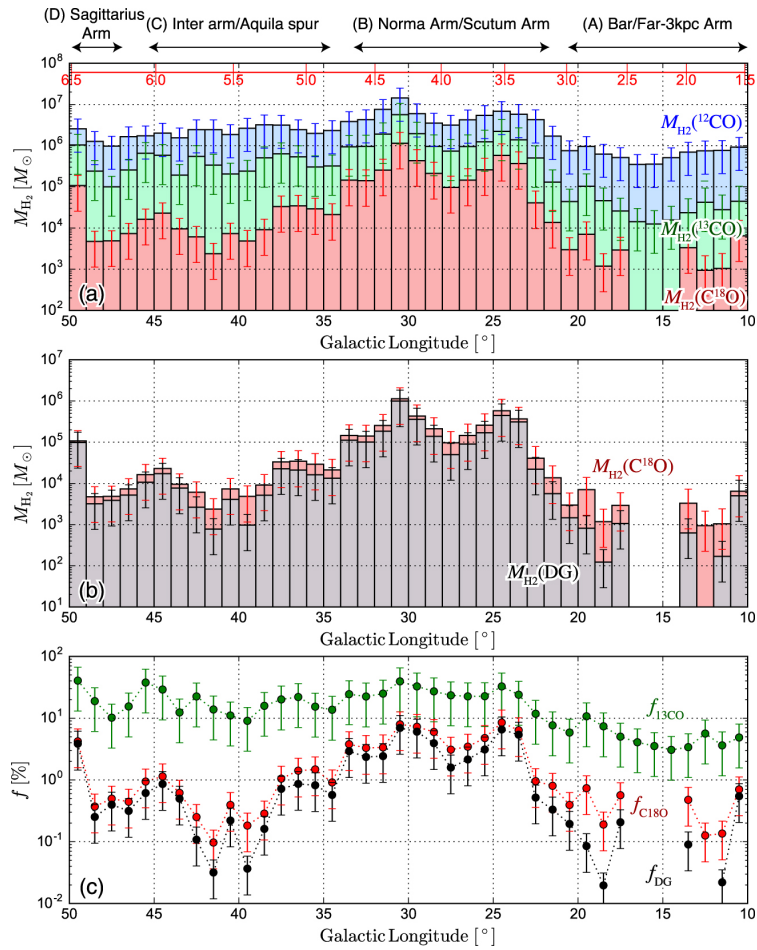


図 1. (a)CO 各輝線から求めた分子ガス質量、(b) C<sup>18</sup>O から求めた質量と高密度ガスの質量、(c)<sup>12</sup>CO から求めた質量との比。(論文 20)

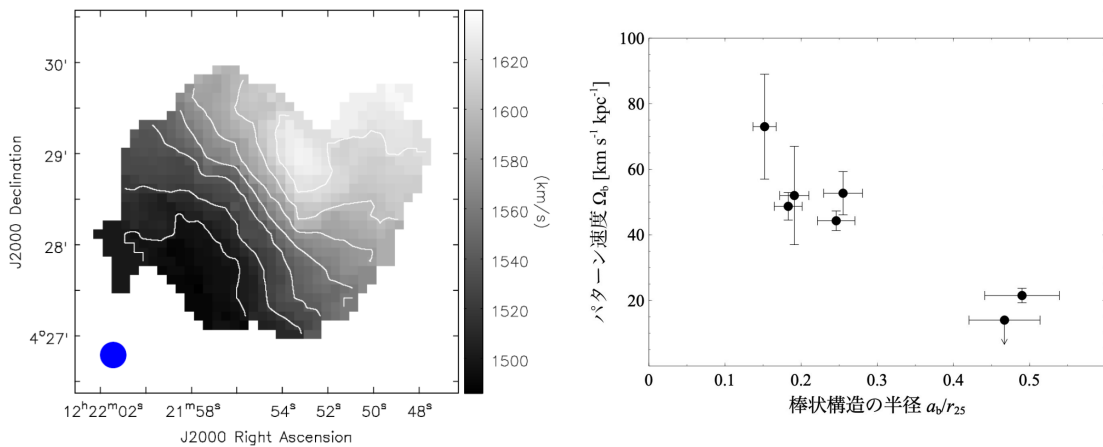


図 2. (左) 近傍銀河 NGC 4303 の CO ガスの速度場の例。(右) 棒渦巻銀河のパターン速度と半径関係。(論文 15)

## 【 2 】 ALMA、すばる、VLT 等を用いた遠方銀河の観測研究

### (1) 128 億光年彼方にあるクェーサーからの電離酸素輝線の検出

クェーサーは全波長で極めて高光度で輝く天体であり、そのエネルギー源は中心にある超巨大ブラックホールだと考えられている。我々は ALMA を用いて赤方偏移  $z = 6$  にある極めて明るいクェーサー 2 個から [OIII] 88  $\mu\text{m}$  輝線の検出に成功した。遠方クェーサーでこの輝線を検出したのは本研究が 2 例目である。過去に別グループが取得した [CII] 158  $\mu\text{m}$  輝線の観測を組み合わせることで、クェーサーは光度比 [OIII]/[CII]  $\sim 0.5\text{-}2$  を持つことが分かった。これは当時に存在した普通の星形成銀河に比べて低い。現在はこの原因を理論研究者の協力を得つつ明らかにしようとしている。

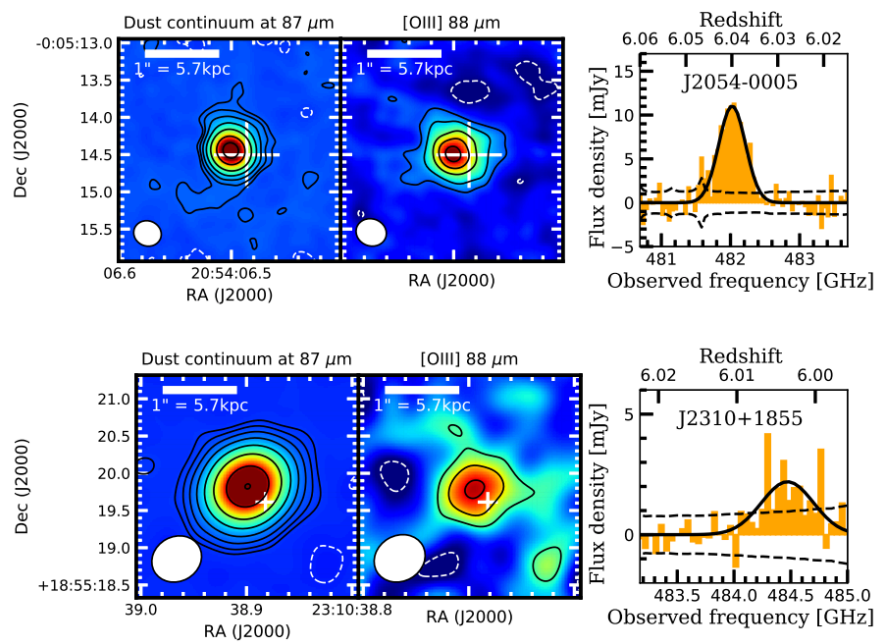


図 3. 上 (下)のパネルは  $z = 6$  にあるクェーサー J2054-0005 (J2310+1855)のデータ (論文 5)。遠方クェーサーからは 2 例目となる酸素輝線の検出に成功した。

### (2) 最遠の老けた銀河候補の発見と宇宙初期の星形成率密度への知見

成熟した銀河を観測することは、その銀河の過去を遡ることで宇宙初期の銀河進化史への知見が得られるため重要である。我々は COSMOS 天域の一部 (0.24 平方度) にある ALMA、すばる等を含む多波長データの解析を行い、赤方偏移  $z \sim 6$  にある成熟した銀河 (バルマーブレイク銀河) の候補を 3 個発見した。これはバルマーブレイク銀河候補としては最遠である。3 個の過去の星形成を遡ることで、 $z > 14$  (宇宙年齢 3 億年未満) の星形成率密度は  $2.4\text{-}12 \times 10^{-5} \text{M}_\odot \text{yr}^{-1} \text{Mpc}^{-3}$  (99.7 パーセントイル)だと分かった。星形成率密度は  $z = 8$  から 14 にかけて滑らかに減少していくことが明らかになった。

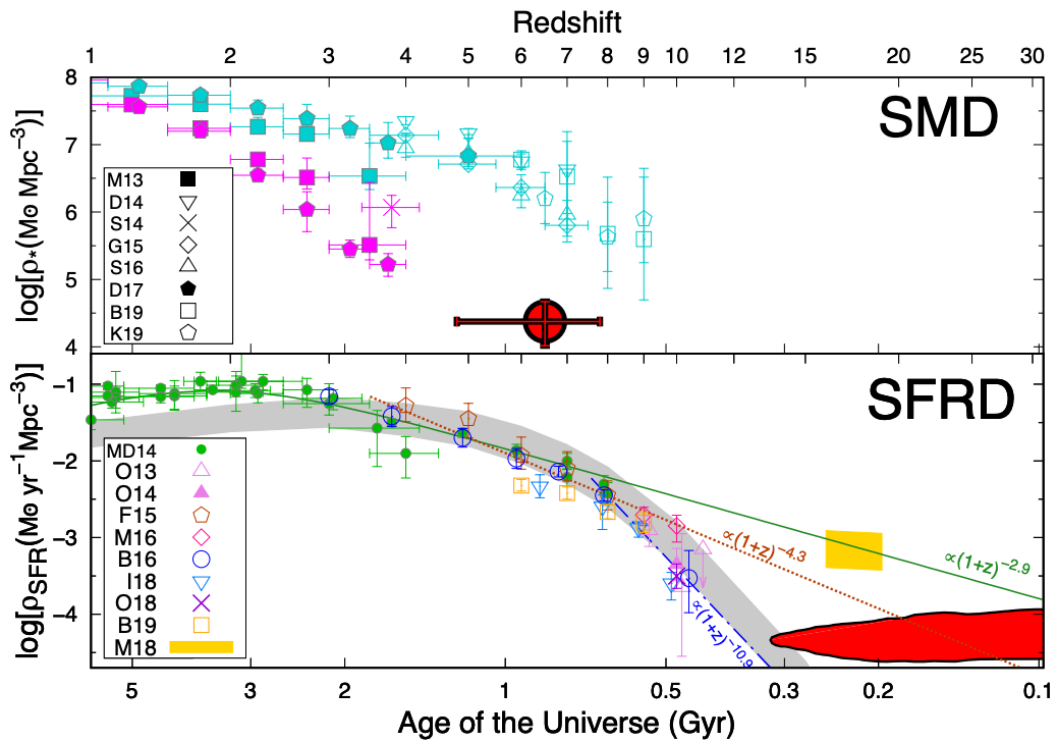


図 4. 上 (下) パネルは宇宙の星質量密度 (星形成率密度) の時間進化。本成果によるデータ点は赤色で示され、赤方偏移 14 以上の星形成率密度へ知見を得た (論文 10)。

### 【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 MKID カメラの開発を進めている。今年度は、MKID カメラの高感度化を目的に (1) 焦点面 109 素子 MKID アレイのハイブリッド化、(2) 冷却光学系の透過率向上に関する開発を進めた。焦点面アレイのハイブリッド化については、コプレーナ線路のグラウンド面を膜厚 200 nm の窒化ニオブチタン (NbTiN) に、共振器部分を膜厚 50 nm のアルミニウム (Al) にした Al-NbTiN ハイブリッド MKID を製作した。109 素子は 3 インチ Si ウェハ全面に配置されているが、製作条件を工夫することにより 109 素子中 104 素子で光学応答を確認した。また、フーリエ分光器を用いた受信帯域の測定、常温と液体窒素温度 (77 K) の黒体源を用いたナイフエッジ法によるビームパターン測定も行い、それぞれ設計値と概ね一致する結果を得ることができた。冷却光学系の改良については、光学素子 (真空窓と冷却シリコンレンズ) の反射防止対策を行った。光学素子の表面に周期 1 mm 前後の反射防止用サブ波長構造を製作することで、80–110 GHz における透過率が向上したことを確認した。これらの改良により、カメラの光学効率は約 7 倍となり良好な結果を得ることができた。これらの開発に加えて、望遠鏡搭載時に使用する多素子同時読み出しシステムを用いた感度評価も進めた。

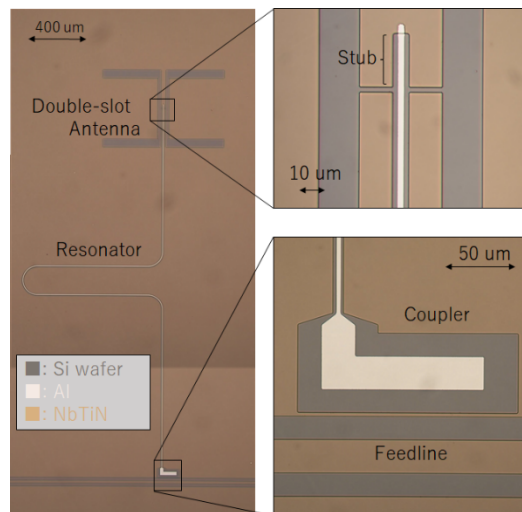


図 5. 製作した Al-NbTiN ハイブリッド MKID の顕微鏡写真

#### 【4】南極天文学の推進

南極 10m 望遠鏡の実現へ向け、鏡面測定法（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）の検討、霜対策のためのアンテナの加熱に要する消費電力の評価等を進めた。

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( $J = 1-0$ )と CO( $J = 4-3$ )輝線による銀河面サーベイを計画している。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を目指し、イタリア研究者との共同研究を開始した。また、南極では日中の光学ポインティングが必要となるため、ポインティングシステムの改修を開始した。CI( $J = 1-0$ )と CO( $J = 4-3$ )輝線の同時観測を実現するための受信機の広帯域化についても進行中である。

#### 【5】大学連携 VLBI

大学 VLBI 連携に参加したが、鹿島宇宙技術センターの 34m アンテナが台風の被害により駆動できなくなってしまったため、予定していた性能測定や観測への参加ができなくなってしまった。

#### <論文>

1. Coude, S. et al (100th Saito, H.) "The JCMT BISTRO Survey: The Magnetic Field of the Bernard 1 Star-forming Region ", June 2019 ApJ vol. 877 page 88
2. Tamaki Fujinawa, Tomohiro O. Sato, Takayoshi Yamada, Seidai Nara, Yuki Uchiyama, Kodai Takahashi, Naohiro Yoshida, and Yasuko Kasai.: "Validation of acetonitrile

- (CH<sub>3</sub>CN) measurements in the stratosphere and lower mesosphere from the SMILES instrument on the International Space Station” Atmospheric Measurement Techniques,
3. Handa, Toshihiro; Maebata, Miru; Murase, Takeru; Fujita, Shinji; Kohno, Mikito; Kuno, Nario; Kuriki, Mika; Matsuo, Mitsuhiro; Minamidani, Tetsuhiro; Nishimura, Atsushi; Torii, Kazufumi; Tsuda, Yuya; Umemoto, Tomofumi, “Difference of the Gas Density Histograms in and out of spiral arms in Milky Way Galaxy”, Origins: From the Protosun to the First Steps of Life. Proceedings of the International Astronomical Union, 2020, Volume 345, pp. 322-323 (査読なし論文)
  4. Hasebe, T., Hayashi, T., Takakura, H., Sekimoto, Y., Ishikawa, K., Shohmitsu, Y., Noda, K., Saeki, S., Ezoe, Y., Nitta, T., "Development of Multi-Layer Anti-Reflection Structures for Millimeter-Wave Silicon Optics Using Deep Reactive Ion Etching Process ", Journal of Low Temperature Physics, 2020, Volume 199, pp.339–347
  5. Hashimoto, T., Inoue, A. K., Tamura, Y., Matsuo, H., Mawatari, K., and Yamaguchi, Y., “Detections of [OIII] 88 $\mu$ m in Two Quasars in the Reionization Epoch”, Publications of the Astronomical Society of Japan, Volume 71, Issue 6, id. 109, 2019 (December)
  6. Jiao, Q., Zhao, Y., Lu, N., Gao, Y., Salak, D., Zhu, M., Zhang, Z., Jiang, X., & Tan, Q. “Resolved Neutral Carbon Emission in Nearby Galaxies: [CI] Lines as Total Molecular Gas Tracers”, 2019, The Astrophysical Journal, 880, 133
  7. Koda, Jin; Sawada, Tsuyoshi; Sakamoto, Kazushi; Hirota, Akihiko; Egusa, Fumi; Boissier, Samuel; Calzetti, Daniela; Meyer, Jennifer Donovan; Elmegreen, Bruce G.; de Paz, Armando Gil; Harada, Nanase; Ho, Luis C.; Kobayashi, Masato I. N.; Kuno, Nario; Martín, Sergio; Muraoka, Kazuyuki; Nakanishi, Kouichiro; Scoville, Nick; Seibert, Mark; Vlahakis, Catherine Watanabe, Yoshimasa, “Systematic Variations of CO J = 2–1/1–0 Ratio and Their Implications in The Nearby Barred Spiral Galaxy M83”, The Astrophysical Journal Letters, 2019, Volume 890, Issue 1, id.L10
  8. Leclercq, F., Bacon, R., Verhamme, A., Garel, T., Blaizot, J., et al. (Hashimoto, T. 11 番目), “The MUSE Hubble Ultra Deep Field Survey. XIII. Spatially resolved spectral properties of Lyman- $\alpha$  haloes around star-forming galaxies at  $z > 3$ ”, Astronomy & Astrophysics, Volume 635, id.A82, 20 pp, 2020 (March)
  9. Lui, J. et al (117th Saito, H.) "The JCMT BISTRO Survey: The Magnetic Field in the starless Core  $\rho$  Ophiuchus C", June 2019 ApJ vol. 877 page 43
  10. Mawatari, K., Inoue, A., Hashimoto, T., Silverman, J., Kajisawa, M., et al. “Balmer Break Galaxy Candidates at  $z \sim 6$ : A Potential View on the Star Formation Activity at  $z > 14$ ”, The Astrophysical Journal, Volume 889, Issue 2, id. 137, 2019 (December)
  11. Muraoka, K., Sorai, K., Miyamoto, Y., Yoda, M., Morokuma-Matsui, K., Kobayashi, M. I. N., Kuroda, M., Kaneko, H., Kuno, N., Takeuchi, T. T., Nakanishi, H., Watanabe, Y., Tanaka, T., Yasuda, A., Yajima, Y., Shibata, S., Salak, D., Espada, D., Matsumoto, N.,

- Noma, Y., Kita, S., Komatsuzaki, R., Kajikawa, A., Yashima, Y., Pan, H.-A., Oi, N., Seta, M., Nakai, N., “CO Multi-line Imaging of Nearby Galaxies (COMING): VI. Radial variations in star formation efficiency”, *Publications of the Astronomical Society of Japan*, 2019, Vol.71, No.SP1, pp.S15:1-18
12. Murase, T.; Handa, T.; Maebata, M.; Yang, Z.; Hirata, Y.; Ishizaki, K.; Sunada, K.; Nakano, M.; Omodaka, T.; Shihara, S.; Wada, K.; Umamoto, T.; Matsuo, M.; Minamidani, T.; Torii, K.; Kuno, N.; Fujita, S.; Kohno, M.; Kuriki, M.; Nishimura, A. Tsuda, Y., ““KAGONMA” NH<sub>3</sub> mapping observations of molecular clouds with Nobeyama 45m telescope”, *Origins: From the Protosun to the First Steps of Life. Proceedings of the International Astronomical Union*, 2020, Volume 345, pp. 353-354
  13. Nagai, M., Murayama, Y., Nitta, T., Kiuchi, H., Sekimoto, Y., Matsuo, H., Shan, W., Naruse, M., Noguchi, T., "Resonance Spectra of Coplanar Waveguide MKIDs Obtained Using Frequency Sweeping Scheme", *Journal of Low Temperature Physics*, 2020, Volume 199, pp.250–257
  14. Nagoshi, H., Kubose, Y., Fujisawa, K., Sorai, K., Yonekura, Y., Sugiyama, K., Niinuma, K., Motogi, K., Aoki, T., “The Galactic Center Lobe Filled with Thermal Plasma”, *Publications of the Astronomical Society of Japan*, 2019, Vol.71, No.4, pp.80:1-11
  15. Salak, D., Noma, Y., Sorai, K., Miyamoto, Y., Kuno, N., Pettitt, A. R., Kaneko, H., Tanaka, T., Yasuda, A., Kita, S., Yajima, Y., Shibata, S., Nakai, N., Seta, M., Muraoka, K., Kuroda, M., Nakanishi, H., Takeuchi, T. T., Yoda, M., Morokuma-Matsui, K., Watanabe, Y., Matsumoto, N., Oi, N., Pan, H.-A., Kajikawa, A., Yashima, Y., Komatsuzaki, Ryusei, “CO Multi-line Imaging of Nearby Galaxies (COMING). VII. Fourier decomposition of molecular gas velocity fields and bar pattern speed”, *Publications of the Astronomical Society of Japan*, 2019, Vol.71, No.SP1, pp.S16:1-26
  16. Salak, D., Nakai, N., Seta, M., & Miyamoto, Y. “ALMA Observations of Atomic Carbon [C I] (3P<sub>1</sub>-3P<sub>0</sub>) and Low-J CO Lines in the Starburst Galaxy NGC 1808”, 2019, *The Astrophysical Journal*, 887, 143
  17. Sofue, Yoshiaki; Kohno, Mikito; Torii, Kazufumi; Umamoto, Tomofumi; Kuno, Nario; Tachihara, Kengo; Minamidani, Tetsuhiro; Fujita, Shinji; Matsuo, Mitsuhiro; Nishimura, Atsushi; Tsuda, Yuya; Seta, Masumichi, “FOREST Unbiased Galactic Plane Imaging Survey with the Nobeyama 45 m telescope (FUGIN). IV. Galactic shock wave and molecular bow shock in the 4 kpc arm of the Galaxy”, *Publications of the Astronomical Society of Japan*, 2019, Volume 71, Issue Supplement\_1, id.S1
  18. Sorai, K., Kuno, N., Muraoka, K., Miyamoto, Y., Kaneko, H., Nakanishi, H., Nakai, N., Yanagitani, K., Tanaka, T., Sato, Y., Salak, D., Umei, M., Morokuma-Matsui, K., Matsumoto, N., Ueno, S., Pan, H.-A., Noma, Y., Takeuchi, T.T., Yoda, M., Kuroda, M., Yasuda, A., Yajima, Y., Oi, N., Shibata, S., Seta, M., Watanabe, Y., Kita, S., Komatsuzaki,

- R., Kajikawa, A., Yashima, Y., Cooray, S., Baji, H., Segawa, Y., Tashiro, T., Takeda, M., Kishida, N., Hatakeyama, T., Tomiyasu, Y. Saita, C., “CO Multi-line Imaging of Nearby Galaxies (COMING) IV. Overview of the Project”, Publications of the Astronomical Society of Japan, 2019, Vol.71, No.SP1, pp.S14:1-42
19. Taniguchi, Akio; Tamura, Yoichi; Kohno, Kotaro; Takahashi, Shigeru; Horigome, Osamu; Maekawa, Jun; Sakai, Takeshi; Kuno, Nario; Minamidani, Tetsuhiro, “A new off-pointless observing method for millimeter and submillimeter spectroscopy with a frequency-modulating local oscillator”, Publications of the Astronomical Society of Japan, 2019, Volume 72, Issue 1, id.2
  20. Torii, Kazufumi; Fujita, Shinji; Nishimura, Atsushi; Tokuda, Kazuki; Kohno, Mikito; Tachihara, Kengo; Inutsuka, Shu-ichiro; Matsuo, Mitsuhiko; Kuriki, Mika; Tsuda, Yuya; Minamidani, Tetsuhiro; Umemoto, Tomofumi; Kuno, Nario; Miyamoto, Yusuke, “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”, Publications of the Astronomical Society of Japan, 2019, Volume 71, Issue Supplement\_1, id.S2
  21. Wang, J. et al (113th Saito, H.) "The JCMT BISTRO Survey: Magnetic Fields within the Hub-filament Structure in IC 5146", June 2019 ApJ vol. 876 page 42
  22. Watanabe, Y., Nishimura, Y., Sorai, K., Sakai, N., Kuno, N., Yamamoto, S., “A 3 mm Spectral Line Survey toward the Barred Spiral Galaxy NGC 3627”, The Astrophysical Journal Supplement Series, 2019, Vol.242, No.2, pp.26:1-21
  23. Yajima, Y., Sorai, K., Kuno, N., Muraoka, K., Miyamoto, Y., Kaneko, H., Nakanishi, H., Nakai, N., Tanaka, T., Sato, Y., Salak, D., Morokuma-Matsui, K., Matsumoto, N., Pan, H.-A., Noma, Y., Takeuchi, T. T., Yoda, M., Kuroda, M., Yasuda, A., Oi, N., Shibata, S., Seta, M., Watanabe, Y., Kita, S., Komatsuzaki, R., Kajikawa, A., Yashima, Y., “CO Multi-line Imaging of Nearby Galaxies (COMING). III. Dynamical effect on molecular gas density and star formation in the barred spiral galaxy NGC 4303”, Publications of the Astronomical Society of Japan, 2019, Vol.71, No.SP1, pp.S13:1-15
  24. Yamada, T., Sato, T. O., Adachi, T., Winkler, H., Kuribayashi, K., Larsson, R., Yoshida, N., Takahashi, Y., Sato, M., Chen, A. B., Hsu, R. R., Nakano, Y., Fujinawa, T., Nara, S., Uchiyama, Y., and Kasai, Y.: “HO<sub>2</sub> Generation Above Sprite-Producing Thunderstorms Derived from Low-Noise SMILES Observation Spectra”, Geophysical Research Letters, 47, e60 090, <https://doi.org/10.1029/2019GL085529>,
  25. Yuan, Lixia; Zhu, Ming; Liu, Tie; Yuan, Jinghua; Wu, Yuefang; Kim, Kee-Tae; Wang, Ke; Zhou, Chenlin; Tatematsu, Ken'ichi; Kuno, Nario, “Sequential star formation in the filamentary structures of the Planck Galactic cold clump G181.84+0.31”, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 2019, Volume 487, Issue 1, p.1315-1334



## <学位論文>

### 修士論文

数理物質科学研究科・物理学専攻

1. 石田智大:火星大気観測用テラヘルツセンシングシステムのアンテナ光学系設計及び電磁界解析と性能評価
2. 今井裕一郎:大質量星形成領域 G23.44-0.18 における星形成プロセスの研究
3. 大塚宏樹:FUGIN データを用いた天の川銀河における分子ガス構造の解析
4. 小野雄太:超小型テラヘルツセンシングシステムにおける低熱歪みアンテナ光学系構造の評価
5. 小松崎龍聖:近傍銀河における星間ガス相の変化に関する研究
6. 鈴木隆司:多素子同時読み出しシステムを用いた野辺山 45 m 電波望遠鏡用ミリ波帯 109 素子 MKID カメラの性能評価
7. 樋川遼太郎:Al-NbTiN ハイブリッド MKID を用いた野辺山 45 m 電波望遠鏡用ミリ波帯カメラの光学特性および感度評価
8. 深作悠平:ミリ波補償光学における波面センサ用送信機サブシステムの開発
9. YANZ ZI:FUGIN データから抽出された C180 分子雲の性質に関する統計的研究
10. 渡邊 祐也:CfA・FUGIN による CO 観測データと銀河系 3 次元理論計算の比較による銀河系内部構造の研究

### 教育研究科教育専攻理科教育コース

1. 山崎まどか:活動銀河核の水メーザ観測データを用いた巨大質量ブラックホールとメーザ円盤の研究

### 学士論文

1. 小山 徹:南極 30cm 望遠鏡光学ポインティング用 CCD の性能評価
2. 権代大河:CO 多輝線観測による大質量星形成領域 W49 の分子ガスに関する観測的研究
3. 杉浦乾太:大気透過率の観測データを用いた野辺山 45 m 電波望遠鏡用 100 GHz 帯 MKID カメラの性能評価
4. 高橋純平:天文観測用 100 GHz 帯集中定数型力学インダクタンス検出器アレイの性能評価
5. 中西勇太:渦状銀河 M81 における分子ガスと星形成の関係に関する研究
6. 宮澤 啓:Al 薄膜を用いたアンテナ結合型 MKID アレイの経年変化に関する研究

## <集中講義>

### 久野成夫

1. 北海道大学、物理学特別講義 A、2019 年 8 月 6 日-8 日

2. 関西学院大学、物理学特殊講義 XV、2019年8月27日-28日

<PI 観測提案書 (プロポーザル)>

1. ESO VLT/XShooter, Hashimoto, T., et al., “Deep XShooter Spectroscopy of a Remarkably Luminous Galaxy Candidate at  $z = 10$ ”, ID=0105.A-0475(A)
2. SOFIA/FIFI-LS, Hashimoto, T., et al., “FIFI-LS Spectroscopy of Two Confirmed Lyman Continuum Emitters”, ID=08\_0063

<国際学会・研究会>

1. Sato, K., Miyamoto, Y., Kuno, N., Salak, D., Wagner, A., Seta, M., Nakai, N., “CO multi-line observations toward the central region of barred spiral galaxy NGC 613”, East-Asian ALMA Science Workshop 2019, February 19-21, 2020, ASIAA, Taipei, Taiwan
2. Hashimoto, T., “Properties of galaxies at  $z = 6 - 9$  revealed by ALMA”, International Conference and School on Observing The First Billion Years of the Universe using Next Generation Telescopes, Indore, India, January 20-24, 2020, Invited
3. Pranshu Mandal, Nario Kuno, Makoto Nagai, Tom Nitta, Yosuke Murayama, “Beam characteristics of Nobeyama 45m 100GHz band MKID camera”, Observing the millimeter Universe with the NIKA2 camera, LPSC, Grenoble, France, 2019, June 3-7
4. S. Nara, K. A. Walker, T. Yamada, T. Fujinawa, N. Kuno and Y Kasai.: “The Profile of HCl from the Stratosphere to the Lower Thermosphere Observed by Superconducting Submillimeter wave Limb emission Sounder (SMILES)”, ID:AS22-A038, Asia Oceania Geoscience Society 2019 16th Annual Meeting, Singapore, Jul-Aug, 2019
5. S.Nara, T. Yamada, K. A. Walker, N. Kuno and Y Kasai.:” Comparison of HCl Profile in the atmosphere between Superconducting Submillimeter wave Limb Emission Sounder (SMILES) and other satellite observation”, ID: JM09p-117 IUGG19-4581, 27th International Union of Geodesy and Geophysics General Assembly, Montreal, Canada, Jul, 2019
6. S.Nara, K. A. Walker, T. Yamada, T. Fujinawa, N. Kuno and Y Kasai.: “The Vertical Profile of HCl from Stratosphere to Lower Thermosphere Observed by SMILES”, 10th International Limb Workshop, Greifswald, Germany, Jun, 2019
7. Salak, D., et al. “Evolution of Molecular Clouds in the Nearby Superwind Galaxy NGC 1808”, Linking the Milky Way and Nearby Galaxies, June 3-7, 2019, University of Helsinki, Finland
8. Atsushi Yasuda, CO to H<sub>2</sub> conversion factors and Dust-to-Gas ratios in the Milky Way and nearby galaxies, Linking the Milky Way and Nearby Galaxies, University of Helsinki,

Finland, June 2019.

- 9、Kuno, N., “Antarctic 30-cm submm telescope project”, 5th Workshop of the SCAR AAA, 2019

<学会・国内研究会>

1. T. Bakx, Y. Tamura, E. Zackrisson, I. Shimizu, T. Hashimoto, et al., “ALMA uncovers the [CII] emission and warm dust continuum in a  $z = 8.31$  LBG”, 日本天文学会 2020 年春季年会, 2020 年 3 月 16 日, 筑波大学
2. 深作悠平, 久野成夫, 田村陽一, 木村公洋, 谷口暁星, 上田哲太郎, 川邊良平, 川口則幸, 南谷哲宏, 大島泰, 岡田望, 小川英夫, 大西利和, 栗田光樹夫, 河野孝太郎, 竹腰達哉, 「ミリ波補償光学の開発 IV. 波面センサ用送信機サブシステムの開発と評価」 日本天文学会 2020 年春季年会, 2020 年 3 月 17 日, 筑波大学
3. 萩本将都, 田村陽一, T. Bakx, 須永夏帆, 谷口暁星, 井上昭雄, 橋本拓也, 馬渡健, 播金優一, 松尾宏 「[OIII]88 $\mu$ m, [CII]158 $\mu$ m, 遠赤外線の光度を用いた赤方偏移  $z=8.312$  の銀河に対する星間媒質の”porosity”の推定」, 日本天文学会 2020 年春季年会, 2020 年 3 月 16 日, 筑波大学
4. 樋川遼太郎, 新田冬夢, 永井誠, 村山洋佑, 鈴木隆司, Pranshu Mandal, 久野成夫, 中井直正, 関本裕太郎, 松尾宏, 都築俊宏, 木内等, 福嶋美津広, 三ツ井健司, 江崎翔平, 宮地晃平, Shan Wenlei, 野口卓, 成瀬雅人, 「Al-NbTiN ハイブリッド MKID を用いた野辺山 45 m 電波望遠鏡用 100-GHz 帯カメラの光学特性評価」, 日本天文学会 2020 年春季年会, 2020 年 3 月 17 日, 筑波大学
5. Inoue, A. K., Mawatari, K., Hashimoto, T., Yamanaka, S., Fujimoto, S., “Detection of a CO emission line counterpart of a  $z = 3.3$  damped Ly $\alpha$  system”, 日本天文学会 2020 年春季年会, 2020 年 3 月 17 日, 筑波大学
6. 梶川明祐実, 徂徠和夫, 諸隈佳菜, 竹内努, 矢島義之, 久野成夫, 村岡和幸, 宮本祐介, 金子紘之, Salak, D., 田中隆広, 保田敦司, 大森清顕, Cooray, S., 北條妙, 施文, 「NRO レガシープロジェクト COMING (28): 空間分解した星質量-星形成率関係から見る銀河内部での星形成活動と分子ガスの割合」, 日本天文学会 2020 年春季年会, 2020 年 3 月 18 日, 筑波大学
7. 小松崎龍聖, 久野成夫, 田中隆広, 保田敦司, 中西勇太, 宮本祐介, 徂徠和夫, 他 COMING メンバー, 「NRO レガシープロジェクト COMING(29):近傍銀河における星間ガス中の分子ガス率の動径分布」, 日本天文学会 2020 年春季年会, 2020 年 3 月 16 日-19 日, 筑波大学
8. 河野樹人, 立原研悟, 藤田真司, 佐野栄俊, 花岡美咲, 大浜晶生, 福井康雄, 鳥居和史, 梅本智文, 松尾光洋, 久野成夫, 栗木美香, 徳田一起, 切通僚介, 西村淳, 大西利和, 津田裕也, 南谷哲宏, 長谷川哲夫, 祖父江義明, 羽部朝男, FUGIN チーム, 「NRO 銀河面サーベイプロジェクト(FUGIN): 巨大分子雲複合体 W43 における高密度ガスと大質量星形成シナリオ

III] 日本天文学会 2020 年春季年会, 2020 年 3 月 18 日, 筑波大学

9. 大塚宏樹, 久野成夫, 斎藤弘雄, 梅本智文, 長谷川哲夫, 濤崎智佳, 河野樹人, FUGIN チーム, 「NRO 銀河面サーベイプロジェクト (FUGIN):BDI を用いた天の川銀河における分子ガス構造の解析」日本天文学会 2020 年春季年会, 2020 年 3 月 17 日, 筑波大学
10. 柴田和樹, 渡邊祥正, 久野成夫, 徂徠和夫, 「統計平衡計算による NGC 3627 の bar-end における星形成活動性の起源の探求」, 日本天文学会 2020 年春季年会, 2020 年 3 月 18 日, 筑波大学
11. 鈴木隆司, 永井誠, 新田冬夢, 村山洋佑, 樋川遼太郎, Pranshu Mandal, 久野成夫, 中井直正, 関本裕太郎, 松尾宏, 都築俊宏, 木内等, 福嶋美津広, 三ツ井健司, 江崎翔平, 宮地晃平, Shan Wenlei, 野口卓, 成瀬雅人, 「野辺山 45 m 電波望遠鏡搭載用 100-GHz 帯電波カメラの多素子同時読み出しシステムを用いた感度評価」, 日本天文学会 2020 年春季年会, 2020 年 3 月 17 日, 筑波大学
12. 田村陽一, 木村公洋, 谷口暁星, 上田哲太郎, 川邊良平, 川口則幸, 南谷哲宏, 大島泰, 深作悠平, 久野成夫, 岡田望, 小川英夫, 大西利和, 栗田光樹夫, 河野孝太郎, 竹腰達哉, 「ミリ波補償光学の開発 III. 開口面干渉型波面センサの概要」日本天文学会 2020 年春季年会, 2020 年 3 月 17 日, 筑波大学
13. 徳岡剛史, 橋本拓也, 井上昭雄, 田村陽一, 松尾宏, 馬渡健, 山中郷史, 吉田直紀, 森脇可奈, 清水一紘, 「赤方偏移  $z=9.11$  [OIII]輝線銀河の ALMA サイクル 6 追観測」, 日本天文学会 2020 年春季年会, 2020 年 3 月 16 日, 筑波大学
14. 八嶋裕, 徂徠和夫, 渡邊祥正, 矢島義之, 「棒渦巻銀河 M83 の渦状腕と棒状構造での分子ガスの密度構造の違い」, 日本天文学会 2020 年春季年会, 2020 年 3 月 16 日-19 日, 筑波大学
15. 矢島義之, Salak, D., 徂徠和夫, 「スターバースト銀河 NGC1808 における分子ガス, 巨大分子雲の性質」, 日本天文学会 2020 年春季年会, 2020 年 3 月 18 日, 筑波大学
16. 保田敦司, 久野成夫, 宮本祐介, Salak, D., 中井直正, 瀬田益道, 永井誠, 石井峻, 渡邊祥正, 徂徠和夫, 橋本拓也, 田中隆広, 保坂智哉, 「ASTE による近傍棒渦巻銀河 M83 の sub-kpc スケール[CI](3P1-3P0)輝線観測」, 日本天文学会 2020 年春季年会, 2020 年 3 月 18 日, 筑波大学
17. Shibata Kazuki, Watanabe Yoshimasa, Kuno Nario, Sorai Kazuo 「Study of physical states of molecular gas in NGC 3627 by CO multi-line observations with ALMA」, East-Asian ALMA Science Workshop 2019, 2020 年 2 月 19-21 日, ACADEMIA SINICA Institute of Astronomy and Astrophysics
18. 橋本拓也 「ALMA による  $z=6-9$  銀河の性質と南極テラヘルツ望遠鏡への期待」, 南極望遠鏡ワークショップ「テラヘルツ波が拓く新しい宇宙像」, 2019 年 12 月 21 日, 国立極地研究所, 招待講演
19. Salak, D., Nakai, N., Seta, M., & Miyamoto, Y. “ALMA Observations of [CI] (3P1-3P0) and Low-J CO Lines in the Starburst Galaxy NGC 1808”, 2019 ALMA/45m/ASTE Users

Meeting, 2019年12月18日-19日, 国立天文台三鷹

20. Sato, K., Miyamoto, Y., Kuno, N., Salak, D., Wagner, A., Seta, M., Nakai, N.,  
“CO multi-line observations toward the central region of barred spiral galaxy NGC 613”, ALMA/45m/ASTE Users Meeting 2019, December 18-19, 2019, NAOJ
21. Shibata Kazuki, Watanabe Yoshimasa, Kuno Nario, Sorai Kazuo 「Study of physical states of molecular gas in NGC 3627 by CO multi-line observations with ALMA」, ALMA/45m/ASTE Users Meeting 2019, 2019年12月18-19日, 国立天文台三鷹
22. 保田敦司、「系外銀河における中性炭素原子輝線観測」、『テラヘルツ波が拓く新しい宇宙像』、国立極地研究所、2019年12月。
23. Atsushi Yasuda, Nario Kuno, Yusuke Miyamoto, Dragan Salak, Naomasa Nakai, Masumichi Seta, Yoshimasa Watanabe, Shun Ishii, Makoto Nagai, Kazuo Sorai, Takuya Hashimoto, Takahiro Tanaka, Tomoya Hosaka, CI observations of Nearby Barred Spiral Galaxies Resolving Galactic Structures, ALMA/ASTE/45m Users Meeting 2019, Mitaka, Japan, December 2019.
24. 高橋幸大, 山田崇貴, 奈良誠大, 中野幸夫, 笠井康子.“超小型テラヘルツ火星探査機 (TEREX-1)の観測感度解析”, 第24回大気化学討論会, 愛知県蒲郡市, 2019年10月
25. Cooray, S., Takeuchi, T.T., Yoda, M., Sorai, K., “A Method for Reconstruction of Masked Pixels: Application in CO Multi-line Imaging of Nearby Galaxies (COMING)”, 日本天文学会 2019年秋季年会, 2019年9月13日, 熊本大学黒髪キャンパス
26. 半田利弘, 松坂怜, 佐々木恵, 溝口智貴, 伊東拓実, 村瀬建, 平田優志, 藤本裕輔, 梅本智文, 南谷哲宏, 鳥居知史, 久野成夫, 「FUGIN データを用いた天の川銀河のガス密度傾度分布 1 : 分解能の効果」日本天文学会 2019年秋季年会, 2019年9月12日, 熊本大学
27. 平田優志, 半田利弘, 面高俊宏, 村瀬建, 石崎滉也, 西潤弥, 伊東拓実, 砂田和良, 仲野誠 (大分大学), 梅本智文, 南谷哲宏, 鳥居和史, 久野成夫, 「野辺山 45m 電波望遠鏡を用いた星形成領域 CMa OB1 の NH3 輝線観測」日本天文学会 2019年秋季年会, 2019年9月12日, 熊本大学
28. 金子紘之, 宮本祐介, 徂徠和夫, 矢島義之, 柴田修吾, 梶川明祐実, 八嶋裕, 久野成夫, 田中隆広, 保田敦司, 諸隈佳菜, 竹内努, 村岡和幸, 中井直正, Salak, D., 瀬田益道, 中西裕之, Pan, H.-A., ほか COMING メンバー, 「NRO レガシープロジェクト COMING(27):銀河環境間の分子ガス、星質量 中心集中度の比較」, 日本天文学会 2019年秋季年会, 2019年9月11日-13日, 熊本大学黒髪キャンパス
29. 村瀬建, 半田利弘, 面高俊宏, 平田優志, 石崎滉也, 西潤弥, 伊東拓実, 砂田和良, 仲野誠, 梅本智文, 南谷哲宏, 鳥居和史, 久野成夫, 「NH3 輝線を用いた大質量星形成領域 W33 のマッピングサーベイ」日本天文学会 2019年秋季年会, 2019年9月12日, 熊本大学
30. 永井 誠, 新田冬夢, 村山洋佑, 鈴木隆司, 樋川遼太朗, Pranshu Mandal, 久野成夫, 中井直正, 関本裕太郎, 松尾宏, 江崎翔平, 宮地晃平, Shan Wenlei, Matthias Kroug, 都築俊宏, 木内等, 福嶋美津広, 三ツ井健司, 野口卓, 成瀬雅人, 「野辺山 45 m 電波望遠鏡搭載用

- 100-GHz 帯 109 素子電波カメラの開発: 焦点面 MKID アレイの Al-NbTiN ハイブリッド化」, 日本天文学会 2019 年秋季年会, 2019 年 9 月 13 日, 熊本大学
31. 新田冬夢, 永井誠, 村山洋佑, 樋川遼太郎, 鈴木隆司, Pranshu Mandal, 久野 成夫, 中井直正, 関本裕太郎, 高倉隼人, 長谷部孝, 松尾宏, 都築 俊宏, 木内等, 福嶋美津広, 三ツ井健司, 江崎翔平, 宮地晃平, Shan Wenlei, 野口卓, 成瀬雅人, 「野辺山 45 m 電波望遠鏡搭載用 100-GHz 帯 109 素子電波カメラの開発:柱状晶 Si レンズおよび真空窓の反射防止対策」, 日本天文学会 2019 年秋季年会, 2019 年 9 月 13 日, 熊本大学
  32. 奥村大志, 今田大皓, 永井誠, 新田冬夢, 久野成夫, 周斌, 中井直正, 「電波点回折干渉計 (IV)」 日本天文学会 2019 年秋季年会, 2019 年 9 月 12 日, 熊本大学
  33. 齋藤弘雄, 久野成夫, 梅本智文, 鳥居和史, 西村淳, 長谷川哲夫, 松尾光洋, 南谷哲宏, 河野樹人, 西村淳, 藤田真司, 半田利弘, 中西裕之, 瀬田 益道, 小 野寺幸子, 濤崎智佳, 大西利和, 徳田一起, 他 FUGIN チーム 「NRO 銀河面サーベイプロジェクト(FUGIN):銀河系内域における分子雲同定 3」 2019 年度 秋季年会 2019 年 9 月 熊本大学 熊本県熊本市
  34. 柴田和樹, 渡邊祥正, 久野成夫, 徂徠和夫, 「統計平衡計算による近傍銀河 NGC 3627 における分子雲の物理状態の推定」, 日本天文学会 2019 年秋季年会, 2019 年 9 月 11 日-13 日, 熊本大学黒髪キャンパス
  35. 柴田修吾, 徂徠和夫, 金子紘之, 村岡和幸, COMING チーム, 「高密度分子ガス観測から考察する銀河円盤内の分子ガスと星形成活動」, 日本天文学会 2019 年秋季年会, 2019 年 9 月 13 日, 熊本大学黒髪キャンパス
  36. 渡邊祥正, 西村優里, 原田ななせ, 徂徠和夫, 坂井南美, 山本智, 「M51 の渦状腕領域における 70 GHz 帯高感度観測」, 日本天文学会 2019 年秋季年会, 2019 年 9 月 13 日, 熊本大学黒髪キャンパス
  37. 矢島義之, 徂徠和夫, 宮本祐介, 村岡和幸, 久野成夫, 他 COMING メンバー, 「NRO レガシープロジェクト COMING (26): CO(J=2-1)/CO(J=1-0) 輝線強度比と銀河の星形成活動」, 日本天文学会 2019 年秋季年会, 2019 年 9 月 13 日, 熊本大学黒髪キャンパス
  38. 久野成夫, 「Antarctic Terahertz Telescope Project」, Nobeyama Science Workshop 令和元年、2019 年 9 月 4 日-6 日、野辺山宇宙電波観測所
  39. 新田冬夢, 他, 「Optical characteristics and analysis pipeline of the 100-GHz band Nobeyama MKID camera」, Nobeyama Science workshop 令和元年, 2019 年 9 月 4-6 日, 国立天文台野辺山宇宙電波観測所
  40. 村山洋佑, 他, 「Development of antenna-coupled NbTiN/Al hybrid MKID array for 100-GHz band observations」, Nobeyama Science workshop 令和元年, 2019 年 9 月 4-6 日, 国立天文台野辺山宇宙電波観測所
  41. Atsushi Yasuda, Nario Kuno, Yusuke Miyamoto, Takahiro Tanaka, Masumichi Seta, Yoshimasa Watanabe, Dragan Salak, Shun Ishii, Makoto Nagai, Naomasa Nakai, 「 [CI] observations of M83 Resolving Galactic Structures」, Nobeyama Science Workshop,

Nobeyama Radio Observatory, Japan, September 2019.

42. Bin Zhou, Nario Kuno, Toshiyuki Nishibori, Hiroaki Imada, Taishi Okumura, 「Method of surface accuracy measurement by Near-field phase retrieval holography」, Nobeyama science workshop, Nobeyama observatory, 2019.9
43. Bin Zhou, Nario Kuno, Toshiyuki Nishibori, Hiroaki Imada, Taishi Okumura, 「Study of surface alignment for Tsukuba Antarctic 10-m radio telescope by near field phase retrieval holography」, 2019 Autumn Annual Meeting, Astronomical Society of Japan, University of Kumamoto, 2019.9

#### <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 16 万円）
2. 科学研究費補助金「研究成果公開促進費 研究成果公开发表(B)（ひらめき・ときめきサイエンス）」：新田冬夢（実施代表者）（交付金 43 万円）
3. 日本学術振興会 特別研究員 PD 科学研究費助成事業：橋本拓也（研究代表者）「巨大電波望遠鏡群を用いて探る宇宙再電離時代にある銀河の星間媒質の研究」 2019~2022 年度（R1 交付金 9.4 万円 筑波大学へ移管した金額）2019 年度までで中途辞退
4. 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（R1 交付金 782 万円）

#### <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」2019 年 12 月 21 日、国立極地研究所

#### <社会貢献>

1. 久野成夫、国立天文台野辺山宇宙電波観測所特別公開 講演、「南極テラヘルツ望遠鏡計画—地上最高の空から探る銀河の謎」、2019 年 8 月 24 日
2. ひらめき☆ときめきサイエンス「自作の望遠鏡で宇宙を見よう」開催、2019 年 7 月 13 日、筑波大学
3. 「天文学宇宙の七夕講演会」主催 2019 年 7 月 6 日 つくば国際会議場

#### <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. 次世代遠赤外線宇宙望遠鏡 SPICA 日本国内科学検討チーム