

## IV. 宇宙観測グループ

教授	中井直正
教授	久野成夫
助教	新田冬夢
助教	渡邊祥正
研究員	齋藤弘雄
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 14 名（教育研究科 2 名）、学類生 9 名、研究生 1 名

宇宙観測グループでは、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電波カメラの開発を進めた。また、野辺山宇宙電波観測所 45m 鏡や ALMA など既存の望遠鏡を用いた銀河、銀河系、星形成領域などの観測を行ってきた。さらに、情報通信研究機構鹿島宇宙技術センター 34m アンテナの性能評価、VLBI 観測に参加している。

### 【1】南極天文学の推進

#### （1）南極 10m 級テラヘルツ望遠鏡計画

極寒の南極で、できるだけ簡単に鏡面を測定する方法として、点格子干渉計の検討を進めた。また、南極 10m 級テラヘルツ望遠鏡は、広視野を得るためにリッチー・クレチアン (RC) 式の光学系を使用する予定であるが、RC 式の望遠鏡に近傍界の Phase Retrieval Holography 法を用いる方法の検討を進めた。

400-500GHz 帯には CO(J=4-3)と CI という二つの重要な輝線が存在するが、この 2 輝線が同時に観測できるよう、南極での観測を想定して開発した 30cm 望遠鏡のヘテロダイン受信機の広帯域化を進めた。

平成 30 年度概算要求について文部科学省との交渉を行ったが、認められるには至らなかった。

昨年に引き続き、南極望遠鏡計画について一般の人の理解と支持を得るために全国で講演会と署名集めを行った。また、南極 10m 級テラヘルツ望遠鏡に向けた超伝導電波カメラ開発のためのクラウドファンディングを実施し、期限までに目標額を達成することができた。

#### （2）超伝導電波カメラの開発

南極 10m 級テラヘルツ望遠鏡計画に向けた連続波観測装置 (=電波カメラ) の開発を進めている。実機 1 号機である野辺山 45m 電波望遠鏡搭載用の 100-GHz 帯超伝導電波カメ

ラは 2016 年 12 月末から 2017 年 1 月上旬にかけて 37 素子で搭載試験を行ったが、昨年の報告の通りビーム幅が予想値と一致しないことや、冷却時に生じる反射防止膜の破損等の課題が見つかった。本年度はこの対策に加え、素子数を 37 素子から 109 素子へ拡張する開発も行った。ビーム幅の問題については、伝送光学系の見直しおよび物理光学伝搬による無限遠でのビームパターンシミュレーションを行い、ビーム幅約 16" という結果を得た。次に、反射防止膜の破損は、レンズの材質であるシリコンと膜として使用しているエポキシ樹脂の熱膨張率の違いが原因である。この対策としてガラスビーズを用いた反射防止膜の開発を行い、0.1 K への冷却時でも破損しないことを確認した。検出素子である MKID は 3 インチシリコンウェハ上に 109 素子を配置したデザインとなっており、国立天文台先端技術センターのクリーンルームにて製作を行った。超伝導体にはアルミニウムを用いており、電子線蒸着により成膜した素子ではダーク環境にて Q 値(Qi)の平均は約  $10^5$ 、検出器歩留まりは 87% となった。この他にも、データ取得システムの開発、ビームスイッチ観測のロックイン処理、観測の際の即時監視システムの開発、光学的厚みの解析、サブ波長構造を用いた反射防止膜の解析等を進めた。



図 1. 100-GHz 帯 MKID カメラと周辺システム

### (3) 南極 30m 級テラヘルツ望遠鏡計画

南極 30m 級テラヘルツ望遠鏡による活動銀河およびスターバースト銀河の観測についての議論を深めるため、ワークショップ「南極 30m 級テラヘルツ望遠鏡による AGN と爆発的星形成銀河のサイエンス」を 3 月 27 日に筑波大学にて開催した。台湾からの参加を含め全国から銀河研究者が参加し、この分野における 30m 級テラヘルツ望遠鏡の持つ重要性を再確認することができた。

## 【2】 既存の観測装置を用いた研究

### (1) 銀河面の $^{12}\text{CO}$ 、 $^{13}\text{CO}$ 、 $\text{C}^{18}\text{O}$ 輝線によるサーベイ観測 FUGIN

FUGIN プロジェクトは、野辺山宇宙電波観測所 45m 電波望遠鏡に搭載されたマルチビーム受信機 FOREST を用いて、銀河系の  $^{12}\text{CO}$ 、 $^{13}\text{CO}$ 、 $\text{C}^{18}\text{O}$  輝線（同時観測）によるサーベイを行い、分子ガスの物理状態、分布、運動を明らかにするという計画である。銀河系の渦状腕、棒状構造、分子ガスリングが含まれる第 1 象限 ( $10^\circ \leq l \leq 50^\circ$ ,  $|b| \leq 1^\circ$ ) および第 3 象限 ( $198^\circ \leq l \leq 236^\circ$ ,  $|b| \leq 1^\circ$ ) が観測領域である。FUGIN は、これまでの CO による銀河面サーベイでは最高の角分解を達成する。初期成果として、フィラメント構造など分子雲の詳細な内部構造が明らかになっている。

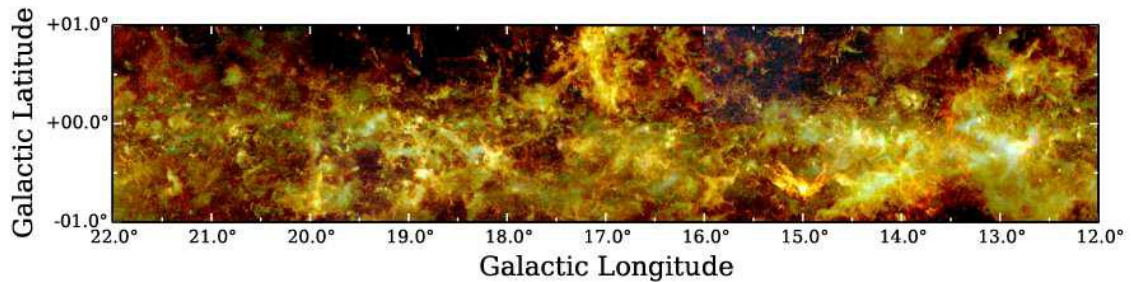


図 2. FUGIN によって観測された天の川の一部。 $^{12}\text{CO}$  (赤)、 $^{13}\text{CO}$  (緑)、 $\text{C}^{18}\text{O}$  (青) のピーク温度を重ねてある。(論文 10)

## (2) 近傍銀河 NGC2976 の分子ガス観測

野辺山 45m 電波望遠鏡を用いた近傍銀河の  $^{12}\text{CO}$ 、 $^{13}\text{CO}$ 、 $\text{C}^{18}\text{O}$  輝線サーベイ COMING プロジェクト (CO Multi-line Imaging of Nearby Galaxies) のサンプルの中から、近傍矮小銀河 NGC2976 の分子ガスの性質、星形成活動について調査した。その結果、分子ガスの割合は、渦状銀河同様に全ガスの面密度と星形成率に依存することがわかった。また、 $^{12}\text{CO}(J=3-2)$  と  $^{12}\text{CO}(J=1-0)$  の強度比から、分子ガス面密度の減少に伴って分子ガスの温度が上昇することがわかった。これは、希薄な分子ガスの割合が増えるため輻射場による加熱が効きやすくなるためと考えられる。 $^{12}\text{CO}(J=1-0)$  と  $^{13}\text{CO}(J=1-0)$  の強度比が  $27 \pm 11$  と渦状銀河での値より有意に高いことも、光学的に薄い希薄なガスがこの銀河においては支配的であることを示唆する。

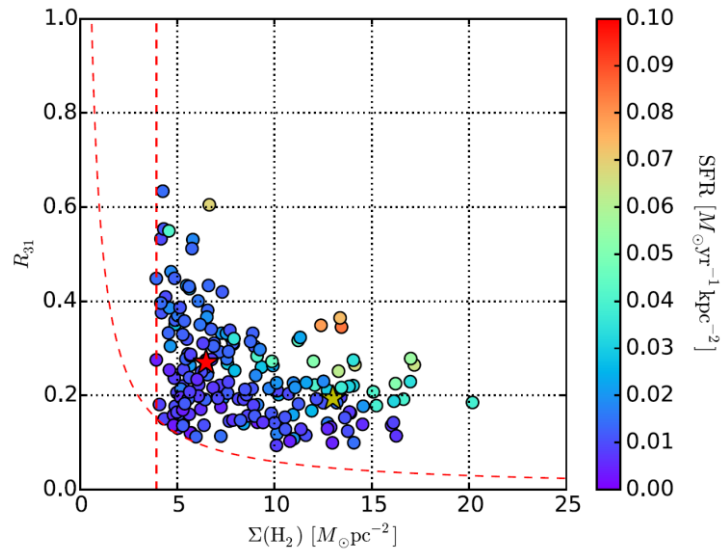


図3. 分子ガスの面密度と  $^{12}\text{CO}(J=3-2)/^{12}\text{CO}(J=1-0)$  の関係。カラーは星形成率 (SFR)。星印は、 $\text{SFR} > 10 M_\odot \text{yr}^{-1} \text{kpc}^{-2}$  と  $\text{SFR} < 10 M_\odot \text{yr}^{-1} \text{kpc}^{-2}$  での平均値。(論文3)

### (3) NGC1808 中心部の高密度分子ガス観測

ALMA を用いて、銀河風をもつスターバースト銀河 NGC1808 の中心部の高密度ガストレーサーによる高角分解能観測 ( $1'' \sim 50 \text{ pc}$ ) を行った。その結果、ALMA の性能を生かし HCN (1-0)、 $\text{H}^{13}\text{CN}(1-0)$ 、 $\text{HCO}^+(1-0)$ 、 $\text{H}^{13}\text{CO}^+(1-0)$ 、 $\text{HOC}^+(1-0)$ 、 $\text{HCO}^+(4-3)$ 、CS(2-1)、 $\text{C}_2\text{H}(1-0)$ 、SiO(2-1)、HNC(4-3) といった分子輝線を検出することができた。輝線強度比から銀河中心部の円盤部に存在する分子ガスが高密度 ( $n(\text{H}_2) \sim 10^5 \text{ cm}^{-3}$ ) で暖かい ( $20 \text{ K} < T_k < 100 \text{ K}$ ) ことが示された。一方、アウトフロー内の分子ガスは、密度が  $n(\text{H}_2) \sim 10^2\text{-}10^3 \text{ cm}^{-3}$  で温度が  $T_k > 30 \text{ K}$  であることがわかった。また、アウトフローからも、HCN(1-0)、 $\text{HCO}^+(1-0)$ 、CS(2-1)、 $\text{C}_2\text{H}(1-0)$  といった高密度ガスのトレーサーが、今回始めて検出された。

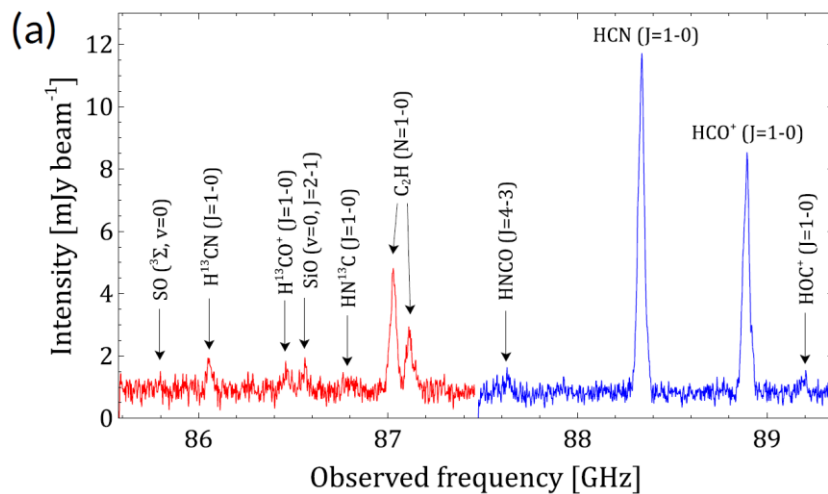


図4. ALMA によって得られた NGC1808 中心部のスペクトル。高感度の ALMA によっ

て多くの分子輝線が検出された。(論文 12)

#### (4) 巨大分子雲 W51 のマッピングスペクトル線サーベイ

Mopra 22m 電波望遠鏡を用いて、銀河系内の W51 領域の巨大分子雲の約 40pc×50pc の領域をマッピング観測した。周波数範囲は、85-101 GHz 及び 107-115 GHz である。スペクトルを観測領域全体で平均し、24 GHz という広い周波数帯域にわたり系統的に分子雲の化学組成を調べた。この観測では 16 種類の分子及びその同位体種を検出し、その存在量を求めた。さらに、観測領域を  $^{13}\text{CO}$  の強度に応じて 5 つの領域に分割し、各分子輝線の全フラックスに対するそれぞれの領域からのフラックスの割合を見積もった。その結果、70%以上のフラックスは W51 の星形成領域ではない分子雲の広がった領域からの寄与であることを明らかにした。さらに、近傍銀河 M51 の渦状腕領域の分子ガスの化学組成と比較したところ、W51 の分子雲全体で平均した化学組成とよく似ていることも分かった。

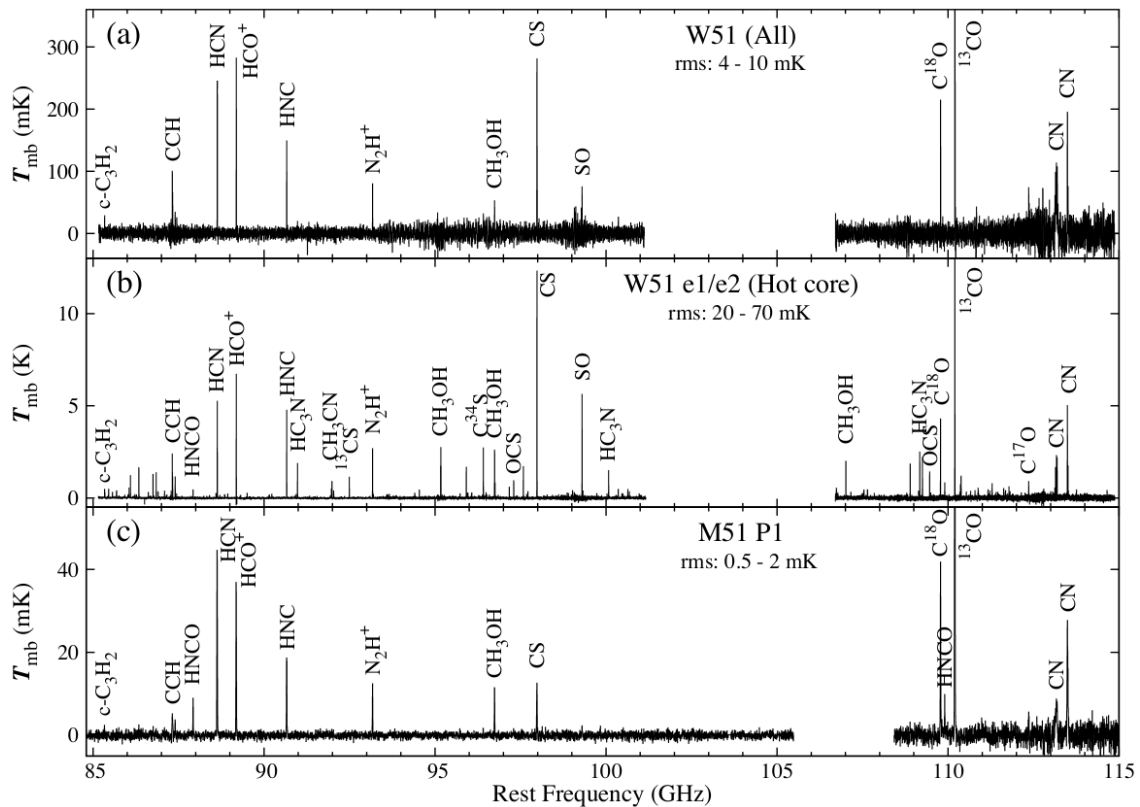


図 5. (a)Mopra 22m 望遠鏡で得られた観測領域全体で平均した W51 のスペクトル。(b) Mopra 22m 望遠鏡で得られた W51 中の活発な星形成領域 e1/e2 のスペクトル。(c) IRAM 30m 望遠鏡で得られ M51 の渦状腕のスペクトル。(論文 8)

#### (5) 中間質量の原始星連星 NGC 2264 CMM3 の観測

ALMA を使い、非常に若い原始星 NGC 2264 CMM3 の観測を行った。これまでの観測は単一の連続波ピークのみが検出されていたことから、CMM3 は 1 つの大質量星の原始

星であると考えられてきた。しかし、今回の観測では CMM3A と CMM3B の 2 つの連続波ピークを検出した。この 2 つのピークにはそれぞれ双極分子流が付随していることから、既に原始星が形成されていると考えられる。このことから、CMM3 は単一の大質量星原始星ではなく、中間質量の原始星の連星であることが分かった。さらに、この 2 つの原始星のスペクトルパターンが大きく異なっていた。その原因として、原始星の進化段階、原始星の質量、原始星周りのエンベロープの傾きの違いなどが考えられる。今後この違いの原因を、ALMA を使った観測により検証する予定である。

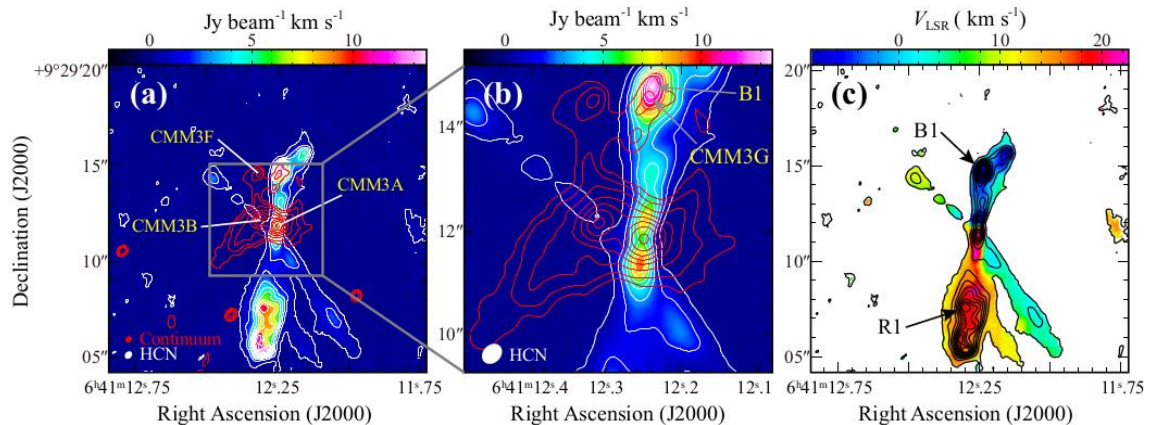


図 6. (a) NGC 2264 CMM3 における HCN の積分強度図。赤のコントアは 850 μm の連続波。(b) HCN の積分強度図の拡大図。(c) HCN の速度場マップ。CMM3A と CMM3B に双極分子流が付随している様子が見られる。(論文 13)

### 【3】情報通信研究機構 鹿島宇宙技術センター34m アンテナ

#### (1) 大学 VLBI 連携観測のサポート

大学 VLBI 連携による観測における鹿島宇宙技術センターの 34m アンテナの運用に参加した。今年度は、鹿島局アンテナも用いた VLBI 観測が 2017 年 11 月 27-28 日、2017 年 12 月 5-6 日の 2 度実施された。当日は、現地・鹿島宇宙技術センターに赴き、観測の実施、34m アンテナの監視等を行った。観測は無事成功し、現在 PI により解析中である。

#### (2) 鏡面能率測定による鏡面精度の算出

電波望遠鏡の鏡面精度を求める方法は複数ある。その一つに、複数の周波数帯域に対する電波望遠鏡の開口能率を測定し、その測定値からアンテナの鏡面精度を算出する方法がある。この手法を用いて鹿島局 34m アンテナの鏡面精度の算出を行った。2017 年 12 月 29-30 日に観測を実施し、データの取得に成功した。現在、過去の異なる周波数帯域のデータも踏まえて解析を行い、34m アンテナの鏡面精度の算出を行っているところである。



<論文>

1. Morokuma, T., Tanaka, M., Tanaka, Y. T., Itoh, R., Tominaga, N., Gandhi, P., Pian, E., Mazzali, P., Ohta, K., Matsumoto, E., Shibata, T., Akimoto, H., Akitaya, H., Ali, G. B., Aoki, T., Doi, M., Ebisuda, N., Essam, A., Fujisawa, K., Fukushima, H., Goda, S., Gouda, Y., Hanayama, H., Hashiba, Y., Hashimoto, O., Hayashida, K., Hiratsuka, Y., Honda, S., Imai, M., Inoue, K., Ishibashi, M., Iwata, I., Izumiura, H., Kanda, Y., Kawabata, M., Kawaguchi, K., Kawai, N., Kokubo, M., Kuroda, D., Maehara, H., Mito, H., Mitsuda, K., Miyagawa, R., Miyaji, T., Miyamoto, Y., Morihana, K., Moritani, Y., Morokuma-Matsui, K., Murakami, K., Murata, K. L., Nagayama, T., Nakamura, K., Nakaoka, T., Niinuma, K., Nishimori, T., Nogami, D., Oasa, Y., Oda, T., Ohshima, T., Saito, Y., Sakata, S., Sako, S., Sarugaku, Y., Sawada-Satoh, S., Seino, G., Sorai, K., Soyano, T., Taddia, F., Takahashi, J., Takagi, Y., Takaki, K., Takata, K., Tarusawa, K., Uemura, M., Ui, T., Urago, R., Ushioda, K., Watanabe, J., Watanabe, M., Yamashita, S., Yanagisawa, K., Yonekura, Y., Yoshida, M., "OISTER Optical and Near-Infrared Monitoring Observations of a Peculiar Radio-Loud Active Galactic Nucleus SDSS J110006.07+442144.3", Publications of the Astronomical Society of Japan, 69, pp.82:1-20, 2017
2. Motogi, K., Hirota, T., Sorai, K., Yonekura, Y., Sugiyama, K., Honma, M., Niinuma, K., Hachisuka, K., Fujisawa, K., Walsh, A. J., "A Face-on Accretion System in High-mass Star Formation: Possible Dusty Infall Streams within 100 AU", The Astrophysical Journal, 849, pp.23:1-13, 2017
3. Hatakeyama, T., Kuno, N., Sorai, K., Kaneko, H., Miyamoto, Y., Muraoka, K., Takeda, M., Yanagitani, K., Kishida, N., Umei, M., Tanaka, T., Tomiyasu, Y., Nakanishi, H., Saita, C., Ueno, S., Salak, D., Matsumoto, N., Morokuma-M., K., Pan, H.-A., Nakai, N., "CO Multi-line Imaging of Nearby Galaxies (COMING). II. Transitions between atomic and molecular gas, diffuse and dense gas, gas and stars in the dwarf galaxy NGC 2976", Publications of the Astronomical Society of Japan, 69, id.67, 2017
4. Yamauchi, A., Miyamoto, Y., Nakai, N., Terashima, Y., Okumura, T., Zhou, B., Taniguchi, K., Kaneko, H., Matsumoto, N., Salak, D., Nishimura, A., Ueno, S., "Discovery of H<sub>2</sub>O megamasers in obscured active galactic nuclei", Publications of the Astronomical Society of Japan, 69, L6, 2017
5. Kaneko, H., Kuno, N., Iono, D., Tamura, Y., Tosaki, T., Nakanishi, K., Sawada, T., "Properties of molecular gas in galaxies in the early and mid stages of interaction. II. Molecular gas fraction", Publications of the Astronomical Society of Japan, 69, id.66, 2017
6. Matsuo, M., Nakanishi, H., Minamidani, T., Torii, K., Saito, M., Kuno, N., Sawada, T., Tosaki, T., Kobayashi, N., Yasui, C., Mito, H., Hasegawa, T., Hirota, A., "Discovery of a

- distant molecular cloud in the extreme outer Galaxy with the Nobeyama 45 m telescope”, *Publications of the Astronomical Society of Japan*, 69, L3, 2017
7. Pan, H.-A., Kuno, N., "Variation in GMC Association Properties across the Bars, Spiral Arms, Inter-arms, and Circumnuclear Region of M100 (NGC 4321) Extracted from ALMA Observations”, *The Astrophysical Journal*, 839, id. 133, 18 pp., 2017
  8. Watanabe, Y., Nishimura, Y., Harada, N., Sakai, N., Shimonishi, T., Aikawa, Y., Kawamura, A., Yamamoto, S., "Molecular-cloud-scale Chemical Composition. I. A Mapping Spectral Line Survey toward W51 in the 3 mm Band”, *The Astrophysical Journal*, 845, id. 116, 30 pp., 2017
  9. Sakai, N., Oya, Y., Higuchi, A., Aikawa, Y., Hanawa, T., Ceccarelli, C., Lefloch, B., López-S., A., Watanabe, Y., Sakai, T., Hirota, T., Caux, E., Vastel, C., Kahane, C., Yamamoto, S., "Vertical structure of the transition zone from infalling rotating envelope to disc in the Class 0 protostar, IRAS 04368+2557”, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society: Letters*, 467, L76-L80, 2017
  10. Umemoto, T., Minamidani, T., Kuno, N., Fujita, S., Matsuo, M., Nishimura, A., Torii, K., Tosaki, T., Kohno, M., Kuriki, M., Tsuda, Y., Hirota, A., Ohashi, S., Yamagishi, M., Handa, T., Nakanishi, H., Omodaka, T., Koide, N., Matsumoto, N., Onishi, T., Tokuda, K., Seta, M., Kobayashi, Y., Tachihara, K., Sano, H., Hattori, Y., Onodera, S., Oasa, Y., Kamegai, K., Tsuboi, M., Sofue, Y., Higuchi, A. E., Chibueze, J. O., Mizuno, N., Honma, M., Muller, E., Inoue, T., Morokuma-M., K., Shinnaga, H., Ozawa, T., Takahashi, R., Yoshiike, S., Costes, J., Kuwahara, S., "FOREST unbiased Galactic plane imaging survey with the Nobeyama 45 m telescope (FUGIN). I. Project overview and initial results, *Publications of the Astronomical Society of Japan*, 69, id.78, 2017
  11. Ando, R., Nakanishi, K., Kohno, K., Izumi, T., Martín, S., Harada, N., Takano, S., Kuno, N., Nakai, N., Sugai, H., Sorai, K., Tosaki, T., Matsubayashi, K., Nakajima, T., Nishimura, Y., Tamura, Y., "Diverse Nuclear Star-forming Activities in the Heart of NGC 253 Resolved with 10-pc-scale ALMA Images”, *The Astrophysical Journal*, 849, article id. 81, 11 pp., 2017
  12. Salak, D., Tomiyasu, Y., Nakai, N., Kuno, N., Miyamoto, Y., Kaneko, H., "Evolution of Molecular Clouds in the Superwind Galaxy NGC 1808 Probed by ALMA Observations”, *The Astrophysical Journal*, Volume 849, Issue 2, article id. 90, 20 pp., 2017
  13. Watanabe, Y., Sakai, N., López-Sepulcre, A., Sakai, T., Hirota, T., Liu, S.-Y., Su, Y.-N., Yamamoto, S., "Discovery of Striking Difference of Molecular-emission-line Richness in the Potential Proto-binary System NGC 2264 CMM3”, *The Astrophysical Journal*, 847, article id. 108, 8 pp., 2017
  14. Nishimura, Y., Watanabe, Y., Harada, N., Shimonishi, T., Sakai, N., Aikawa, Y., Kawamura, A., Yamamoto, S., "Molecular-cloud-scale Chemical Composition. II.



- Mapping Spectral Line Survey toward W3(OH) in the 3 mm Band”, *The Astrophysical Journal*, 848, article id. 17, 18 pp., 2017
15. Oya, Y., Moriwaki, K., Onishi, S., Sakai, N., López-Sepulcre, A., Favre, C., Watanabe, Y., Ceccarelli, C., Lefloch, B., Yamamoto, S., “Chemical and Physical Picture of IRAS 16293–2422 Source B at a Sub-arcsecond Scale Studied with ALMA”, *The Astrophysical Journal*, 854, article id. 96, 19 pp., 2018
  16. Soma, T., Sakai, N., Watanabe, Y., Yamamoto, S., “Complex Organic Molecules in Taurus Molecular Cloud-1”, *The Astrophysical Journal*, 854, article id. 116, 11 pp., 2018
  17. Nitta, T., Sekimoto, Y., Noda, K., Sekiguchi, S., Shu, S., Matsuo, H., Dominjon, A., Naruse, M., Kuno, N., Nakai, N., “Broadband Pillar-Type Antireflective Subwavelength Structures for Silicon and Alumina”, *IEEE Transactions on Terahertz Science and Technology*, Volume 7, Issue 3, pp.295—301, 2017
  18. Miyamoto, Y., Nakai, N., Seta, M., Salak, D., Nagai, M., Kaneko, H., “ALMA multiline observations toward the central region of NGC 613”, *Publications of the Astronomical Society of Japan*, 69, id.83, 2017
  19. López-Sepulcre, A., Saka, N., Neri, R., Imai, M., Oya, Y., Ceccarelli, C., Higuchi, A.E., Aikawa, Y., Bottinelli, S., Caux, E., Hirota, T., Kahane, C., Lefloch, B., Vastel, C., Watanabe, Y., Yamamoto, S., “Complex organics in IRAS 4A revisited with ALMA and PdBI: Striking contrast between two neighbouring protostellar cores”, *Astronomy & Astrophysics*, 606, article id. 121, 12 pp., 2017

〈学位論文〉

**修士論文**

数理物質科学研究科・物理学専攻

1. 飯田美幸：大質量星形成領域 W3 のアンモニア観測による星形成史の研究
2. 佐藤佑哉： $^{12}\text{CO}$  と  $^{13}\text{CO}$  の観測による近傍銀河の分子ガスに関する統計的研究
3. 服部将吾：野辺山 45m 電波望遠鏡用 MKID カメラで用いるシリコンレンズの 100-GHz 帯反射防止膜の開発
4. 村山洋佑：野辺山 45 m 電波望遠鏡搭載用 100-GHz 帯電波カメラの 109 素子 MKID アレイの開発
5. 翟 光遠：野辺山 45 m 電波望遠鏡搭載用 MKID カメラのデータ取得系の開発

教育研究科教育専攻理科教育コース

1. 小田昌史：つくば 32m 電波望遠鏡を用いた銀河面の分子ガスの物理状態に関する研究

**学士論文**

1. 石田智大：サブミリ波帯 MKID カメラ用シリコンレンズのサブ波長構造を用いた反射防止コーティングの設計
2. 大塚宏樹：銀河のダスト放射スペクトルの解析精度に関する研究

3. 小野雄太：野辺山 45m 電波望遠鏡搭載用 MKID カメラの検出器雑音の評価
4. 小松崎龍聖：CO 観測による渦状銀河 NGC628 の分子ガスの物理状態に関する研究
5. 鈴木隆司：野辺山 45m 電波望遠鏡搭載用 MKID カメラの即時監視システムの開発
6. 樋川遼太郎：野辺山 45m 電波望遠鏡用 100GHz 帯 MKID カメラによる大気放射の特性評価
7. 山崎まどか：水蒸気メーザーのデータ解析による銀河 IC2560 のメーザー円盤と距離測定の研究
8. 渡邊祐也：水蒸気メーザーの解析による活動銀河核のブラックホールとメーザー円盤の質量の決定

<国際会議講演>

1. Dominjon, A., Sekimoto, Y., Noguchi, T., Nagai, M., Shan, W. L., Nakai, N., Kuno, N., Nitta, T., Murayama, Y., Hattori, S., Shu, S., Sekiguchi, S., "Development and Characterization of a MKID Camera for the Nobeyama Radio Observatory 45m Telescope", 16th International Superconductive Electronics Conference (ISEC), Sorrento, ITALY, 2017
2. Nitta, T., Sekimoto, Y., Noda, K., Hasebe, T., Sekiguchi, S., Matsuo, H., Nagai, M., Dominjon, A., Shan, W., Murayama, Y., Hattori, S., Naruse, M., Kuno, N., Nakai, N., "Pyramid-type Antireflective Structures on Silicon Lenses for Millimeter-wave Observations", 17th International Workshop on Low Temperature Detectors, Kurume, Fukuoka, Japan, July 17-21, 2017
3. Murayama Y., "Development of Microwave Kinetic Inductance Detector for Astronomical Observations," The inaugural symposium of the Tomonaga Center of the History of the Universe, Ibaraki, Japan, March 27, 2018

<学会・国内研究会での講演>

1. 飯田美幸, 中井直正, 齋藤弘雄, 瀬田益道, 永井誠, 他つくば 32m アンテナ観測グループ、「巨大分子雲 W3 のアンモニア観測」、日本天文学会 2017 年秋季年会、2017 年 9 月 11 日、北海道大学
2. 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」、日本天文学会 2017 年秋季年会、2017 年 9 月 11 日、北海道大学
3. 徂徠和夫, 久野成夫, 村岡和幸, 宮本祐介, 金子紘之, 中西裕之, 中井直正, 柳谷和希, 田中隆広, 佐藤佑哉, Dragan Salak, 梅井迪子, 諸隈佳菜, 松本尚子, 上野紗英子, Pan

- Hsi-An, 野間勇斗, 竹内努, 依田萌, 黒田麻友, 保田敦司, 矢島義之, 大井渚, 柴田修吾, 瀬田益道, 渡邊祥正, 馬路博之, 瀬川陽子, 田代貴美, 武田美保, 岸田望美, 畠山拓也, 富安悠人, 齊田智恵, 他 COMING メンバー、「NRO レガシープロジェクト COMING(11) : 観測のまとめ」、日本天文学会 2017 年秋季年会、2017 年 9 月 12 日、北海道大学
4. 金子紘之, 宮本祐介, 徂徠和夫, 矢島義之, 柴田修吾, 中井直正, 久野成夫, 渡邊祥正, 田中隆広, 佐藤佑哉, 保田敦司, 大井渚, 諸隈佳菜, 竹内努, 依田萌, 村岡和幸, 黒田麻友, Dragan Salak, 野間勇斗, 瀬田益道, 松本尚子, 中西裕之, 上野紗英子, Pan Hsi-An, ほか COMING メンバー、「NRO レガシープロジェクト COMING (12): 銀河群による近傍銀河のガスの性質に与える環境効果の研究」、日本天文学会 2017 年秋季年会、2017 年 9 月 12 日、北海道大学
  5. 矢島義之, 徂徠和夫, 久野成夫, 村岡和幸, 宮本祐介, 金子紘之, 田中隆広, 柳谷和希, 佐藤佑哉, 他 COMING メンバー、「NRO レガシープロジェクト COMING (13): 棒渦巻銀河 NGC 4303 における分子ガスの物理状態」、日本天文学会 2017 年秋季年会、2017 年 9 月 12 日、北海道大学
  6. 黒田麻友, 村岡和幸, 徂徠和夫, 矢島義之, 柴田修吾, 中井直正, 久野成夫, 渡邊祥正, 田中隆広, 佐藤佑哉, 保田敦司, 諸隈佳菜, 宮本祐介, 金子紘之, 竹内努, 依田萌, Dragan Salak, 野間勇斗, 松本尚子, 中西裕之, 上野紗英子, Pan Hsi-An, 他 COMING メンバー、「NRO レガシープロジェクト COMING(14) : 近傍棒渦巻銀河の円盤領域における分子ガス速度分散と星形成効率の関係」、日本天文学会 2017 年秋季年会、2017 年 9 月 12 日、北海道大学
  7. 佐藤佑哉, 久野成夫, 田中隆広, 保田敦司, 中井直正, 徂徠和夫, 矢島義之, 金子紘之, 宮本祐介, 村岡和幸, 黒田麻友, 依田萌, Dragan SALAK, 上野紗英子 他 COMING メンバー、「NRO レガシープロジェクト COMING (15):  $^{12}\text{CO}(1-0)$  と  $^{13}\text{CO}(1-0)$  を用いた星形成則の比較」、日本天文学会 2017 年秋季年会、2017 年 9 月 12 日、北海道大学
  8. 宮本祐介, 金子紘之, 徂徠和夫, 久野成夫, 中井直正, 田中隆広, 佐藤佑哉, 保田敦司, Dragan SALAK, 瀬田益道, 野間勇斗, 村岡和幸, 黒田麻友, 竹内努, 依田萌, 諸隈佳菜, 松本尚子, 中西裕之, 上野紗英子, Pan Hsi-An, 他 COMING メンバー、「NRO レガシープロジェクト COMING (16): 近傍渦巻銀河 NGC 628 におけるガスの速度ベクトル」、日本天文学会 2017 年秋季年会、2017 年 9 月 12 日、北海道大学
  9. Dragan Salak, Yuto Tomiyasu, Naomasa Nakai, Nario Kuno, Yusuke Miyamoto, Hiroyuki Kaneko、「Distribution of dense molecule」、日本天文学会 2017 年秋季年会、2017 年 9 月 12 日、北海道大学
  10. 中西康一郎, 松林和也, 徂徠和夫, 中井直正, 久野成夫, 河野孝太郎, 安藤亮, 菅井肇、「High angular resolution and high sensitivity millimeter-wave continuum imaging toward the NGC 253 starburst nucleus」、日本天文学会 2017 年秋季年会、2017 年 9 月 12 日、北海道大学

11. 安藤亮, 中西康一郎, 河野孝太郎, 泉拓磨, Sergio Martin, 原田ななせ, 高野秀路, 久野成夫, 中井直正, 菅井肇, 徂徠和夫, 濤崎智佳, 松林和也, 中島拓, 田村陽一, 西村優里、「5pc 分解能で見た近傍星形成銀河 NGC 253 中心部の星形成活動の多様性(2)」、日本天文学会 2017 年秋季年会、2017 年 9 月 13 日、北海道大学
12. 渡邊祥正, 西村優里, 坂井南美, 徂徠和夫, 原田ななせ, 久野成夫, 山本智、「NGC 3627 における分子雲同士の相互作用の化学組成への影響」、日本天文学会 2017 年秋季年会、2017 年 9 月 13 日、北海道大学
13. 田中隆広, 徂徠和夫, 柳谷和希, 金子紘之, 藤田真司, 久野成夫, 村岡和幸, 宮本祐介, 佐藤佑哉, 矢島義之, 依田萌, 黒田麻友, 他 COMING メンバー、「NRO レガシープロジェクト COMING (10): 自動リダクションシステムの開発」、日本天文学会 2017 年秋季年会、2017 年 9 月 11 日、北海道大学
14. 永井誠, 新田冬夢, 服部将吾, 村山洋佑, Zhai Guangyuan, Pranshu Mandal 中井直正, 久野成夫, 関本裕太郎, 木内等, 野口卓, 松尾宏, Dominjon Agnes, 福嶋美津広, 三ツ井健司, 福田武夫, 岩下光, 関口繁之, 成瀬雅人, 前川淳, 南谷哲宏, 御子柴廣, 藤茂, 宮澤千栄子, 齋藤正雄, 45m 運用メンバー、「野辺山 45m 電波望遠鏡搭載用 MKID カメラの搭載試験」、日本天文学会 2017 年秋季年会、2017 年 9 月 11 日、北海道大学
15. Zhai Guangyuan, 永井誠, 新田冬夢, 中井直正, 久野成夫, Pranshu Mandal, 村山洋祐, 服部将吾, 関本裕太郎, 木内等, 野口卓, 松尾宏, Dominjon Agnes, 関口繁之, 成瀬雅人, 前川淳, 南谷哲宏, 齋藤正雄、「野辺山 45m 電波望遠鏡搭載用 MKID カメラの解析パイプライン」、日本天文学会 2017 年秋季年会、2017 年 9 月 11 日、北海道大学
16. 米倉覚則, 秋田谷洋, 齋藤悠, 青木健悟, 山口貴大, 會川航平, 大島理穂, 齋藤偉, 百瀬宗武, 小川英夫, 藤沢健太, 高羽浩, 中井直正, 面高俊宏, 本間希樹, 小林秀行, 杉山孝一郎, 他大学間連携 VLBI group、「高萩/ 日立 32 m 電波望遠鏡の整備状況(16)」、日本天文学会 2017 年秋季年会、2017 年 9 月 11 日、北海道大学
17. 鳥居和史, 白崎裕治, Zapart Christopher, 宮本祐介, 金子紘之, 徂徠和夫, 南谷哲宏, 梅本智文, 大石雅寿, 「Japanese Virtual Observatory (JVO)を通じた野辺山 45m 電波望遠鏡レガシー プロジェクト COMING および FUGIN の観測データ公開プランについて」、日本天文学会 2018 年春季年会、2018 年 3 月 14 日-17 日、千葉大学
18. 諸隈佳菜, 諸隈智貴, 児玉忠恭, 中西康一郎, 小山佑世, 小山舜平, 山下拓時, 中西裕之, 徂徠和夫, “HI & H2 gas properties of ~80 Virgo galaxies on the phase-space diagram”, 日本天文学会 2017 年秋季年会, 2017 年 9 月 11 日, 北海道大学
19. 徂徠和夫, 他 COMING メンバー, “CO Multi-line Imaging of Nearby Galaxies, COMING”, NRO45m/ASTE Single Dish Science Workshop 2017, 2017 年 8 月 1 日, 国立天文台野辺山宇宙電波観測所
20. 久野成夫, “銀河スケールでの分子ガス分布”, Science Workshop 2018 on FUGIN: The Galactic Plane Legacy Survey for Molecular Clouds, 2018 年 2 月 26-27 日、名古屋大学

21. 久野成夫、“NRO 銀河面 CO サーベイ FUGIN”、天の川銀河研究会 2017、2017 年 10 月 24-26 日、鹿児島大学
22. 久野成夫、“南極望遠鏡”、宇宙電波懇談会シンポジウム FY2017:「未来を拓く技術開発とその将来展望」、2018 年 3 月 19-20 日、国立天文台
23. 村山洋佑、新田冬夢、服部将吾、中井直正、久野成夫、Pranshu Mandal, Guangyuan Zhai(筑波大学)、関本裕太郎(宇宙研)、永井誠、松尾宏、Dominjon Agnes、野口卓、Wenlei Shan、江崎翔平、宮地晃平(国立天文台)、成瀬雅人(埼玉大学) “野辺山 45m 電波望遠鏡用 100-GHz 帯カメラの 109 素子 Al-MKID の製作と評価”、第 18 回ミリ波サブミリ波受信機ワークショップ、2018 年 2 月 22-23 日、国立天文台
24. 河野樹人、立原研悟、藤田真司、西村淳、大浜晶生、福井康雄(名古屋大)、鳥居和史、梅本智文、南谷哲宏、松尾光洋(国立天文台野辺山)、久野成夫、栗木美香(筑波大)、津田裕也(明星大)、徳田一起(大阪府立大/国立天文台)、切通僚介、大西利和(大阪府立大)、FUGIN チーム、“NRO 銀河面サーベイプロジェクト(FUGIN): 爆発的星形成領域 W43 の CO 輝線観測 I”、日本天文学会 2018 年春季年会、2018 年 3 月 16 日、千葉大学
25. 藤田真司、西村淳、河野樹人、立原研悟、大浜晶生、佐野栄俊、林克洋、榎谷玲依、吉池智史、堤大陸、大河一貴、福井康雄(名古屋大)、久野成夫(筑波大)、梅本智文、南谷哲宏、鳥居和史(NAOJ)、山岸光義(ISAS/JAXA)、松尾光洋(鹿児島大)、濤崎智佳(上越教育大)、津田裕也(明星大)、他 FUGIN チーム、“NRO 銀河面サーベイプロジェクト(FUGIN): Spitzer Bubble N4 の星形成”、日本天文学会 2018 年春季年会、2018 年 3 月 16 日、千葉大学
26. 佐藤一樹(東京大学)、長谷川哲夫、梅本智文、南谷哲宏、鳥居和史、阪本成一(国立天文台)、久野成夫(筑波大学)、半田利弘(鹿児島大学)、瀬田益道(関西学院大学)、他 FUGIN チーム、“NRO 銀河面サーベイプロジェクト(FUGIN): ホットコアの無バイアスサーベイ (2) 解析手法の改良と銀経  $10^{\circ}$  -  $20^{\circ}$  の解析結果”、日本天文学会 2018 年春季年会、2018 年 3 月 16 日、千葉大学
27. 佐野栄俊、吉池智史、山根悠望子、長屋拓郎、西村淳、山本宏昭、田村陽一、立原研悟、福井康雄(名古屋大学)、久野成夫(筑波大学)、鳥居和史、南谷哲宏、梅本智文(国立天文台)、瀬田益道(関西学院大)、Nigel Maxted(ニューサウスウェールズ大学)、Gavin Rowell(アデレード大学)、他 FUGIN チーム、“シェル型 TeV ガンマ線超新星残骸 HESS J1912+101 に付随する分子雲の発見”、日本天文学会 2018 年春季年会、2018 年 3 月 16 日、千葉大学
28. 小出風人、中西裕之(鹿児島大学)、坂井伸行(国立天文台水沢)、倉山智春(帝京科学大学)、羽部朝男、島和宏(北海道大学)、梅本智文、南谷哲宏、鳥居和史、松尾光洋(国立天文台野辺山)、藤田真司、西村淳、河野樹人(名古屋大学)、久野成夫、栗木美香(筑波大学)、津田裕也(明星大学)、FUGIN チーム、“野辺山 45m 鏡と VERA による銀河系外縁部星形成領域 WB886 の観測的研究”、日本天文学会 2018 年春季年会、2018 年 3 月 16 日、千葉大学
29. 野間勇斗、Dragan Salak、瀬田益道(関学大)、徂徠和夫、矢島義之、柴田修吾(北大)、宮本祐介、金子紘之(国立天文台)、田中隆広、佐藤佑哉、久野成夫、保田敦司、中井直正(筑

- 波大)、竹内 努、依田萌(名古屋大)、村岡和幸、黒田麻友 (大阪府立大)、中西裕之、上野紗英子(鹿児島大)、他 COMING メンバー、“NRO レガシープロジェクト COMING(17): 近傍銀河における分子ガス速度場 のフーリエ解析”、日本天文学会 2018 年春季年会、2018 年 3 月 14 日、千葉大学
30. 佐藤佑哉, 久野成夫, 田中隆広, 保田敦司, 中井直正, 渡邊祥正 (筑波大学), 徂徠和夫, 矢島義之, 柴田修吾(北海道大学), 金子紘之, 宮本祐介 (国立天文台), 村岡和幸, 黒田麻友 (大阪府立大学), 竹内努, 依田萌 (名古屋大学), Dragan SALAK, 野間勇斗 (関西学院大学), 中西裕之, 上野紗英子 (鹿児島大学) 他 COMING メンバー、“NRO レガシープロジェクト COMING(18):近傍銀河の  $^{12}\text{CO}(J=1-0)/^{13}\text{CO}(J=1-0)$  比に関する統計的研究”、日本天文学会 2018 年春季年会、2018 年 3 月 14 日、千葉大学
31. 宮本祐介 (国立天文台野辺山)、瀬田益道 (関西学院大)、中井直正、渡邊祥正 (筑波大学)、Dragan SALAK (関西学院大)、石井峻 (国立天文台)、“ALMA による近傍銀河 NGC 613 中心領域の [CI] 観測”、日本天文学会 2018 年春季年会、2018 年 3 月 15 日、千葉大学
32. 村山洋佑, 新田冬夢, 服部将吾, 中井直正, 久野成夫, Pranshu Mandal, Guangyuan Zhai (筑波大学), 関本裕太郎 (宇宙研), 永井誠, 野口卓, 江崎翔平, 宮地晃平, Wenlei Shan, Dominjon Agnes, 松尾宏 (国立天文台), 成瀬雅人 (埼玉大学), 関口繁之 (東京大学)、“野辺山 45 m 電波望遠鏡搭載用 100-GHz 帯電波カメラの MKID アレイ開発”、日本天文学会 2018 年春季年会、2018 年 3 月 15 日、千葉大学
33. 服部将吾、新田冬夢、村山洋佑、中井直正、久野成夫、Zhai Guangyuan、Mandal Pranshu (筑波大学)、関本裕太郎、長谷部孝 (宇宙航空研究開発機構)、永井誠、野口卓、松尾宏、福嶋美津広、三ツ井健司 (国立天文台)、“100 GHz 帯連続波カメラ冷却光学系で用いる Si レンズの反射防止コーティングの開発”、日本天文学会 2018 年春季年会、2018 年 3 月 15 日、千葉大学
34. 佐藤雄登, 中井直正, 久野成夫 (筑波大学), 瀬田益道 (関西学院大学), 長崎岳人 (KEK), 関本裕太郎 (ISAS/JAXA)、“南極望遠鏡用 500GHz 帯 2SB 受信機の間周波数 (IF) 帯域の広帯域化”、日本天文学会 2018 年春季年会、2018 年 3 月 15 日、千葉大学
35. 新田冬夢 他, “Development of 100-GHz band MKID camera for Nobeyama 45m telescope”, NRO45m/ASTE Single Dish Science Workshop 2017, 2017 年 8 月 2 日, 国立天文台野辺山宇宙電波観測所
36. 新田冬夢、“南極テラヘルツ望遠鏡計画に向けた広視野電波カメラの開発”、宇宙電波懇談会シンポジウム FY2017:「未来を拓く技術開発とその将来展望」、2018 年 3 月 19-20 日、国立天文台

#### <外部資金>

1. 科学研究費補助金 (基盤研究 A) : 中井直正 (研究代表者)、久野成夫「大規模電波カメラによる「あかり」北極域の掃天観測」2014~2018 年度 (H29 交付金 90 万円)
2. 科学研究費補助金 (若手研究 B) : 渡邊祥正 (研究代表者)「巨大分子雲形成と星形成史

を繋ぐ化学診断法の開拓」2016～2017年度（H29 交付金 130万円）

3. 日本学術振興会「研究成果の社会還元・普及事業（ひらめき・ときめきサイエンス）」：  
中井直正（研究代表者）（交付金 32.9万円）
4. 自然科学研究機構国立天文台：久野成夫（研究代表者）「大学間連携 VLBI 観測事業に係  
る研究-高精度 VLBI 観測による銀河系の構造及び進化の解明」（交付金 548.2万円）
5. 自然科学研究機構国立天文台共同開発研究：新田冬夢（研究代表者）「野辺山 45m 望遠  
鏡用 90-110GHz 帯レンズ結合型 MKID カメラの開発」（交付金 240万円）

#### <研究会開催実績>

1. 宇宙史センター発足シンポジウム部門別ワークショップ  
「南極 30m 級テラヘルツ望遠鏡による AGN と爆発的星形成銀河のサイエンス」2018年  
3月27日 筑波大学

#### <社会貢献>

1. 「天文学宇宙の七夕講演会」主催 2017年7月9日 イーアスつくば
2. 附属高等学校大学訪問「望遠鏡を作ろう」2017年5月11日 筑波大学
3. 南極天文学宇宙講演会「南極からさぐる宇宙」中井直正 2017年5月14日 新潟勤労者  
総合福祉センター
4. 附属高等学校大学訪問「望遠鏡を作ろう」2017年5月11日 筑波大学
5. 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 2017年7月30  
日 筑波大学
6. 南極天文学宇宙講演会「南極からさぐる宇宙」中井直正 2017年8月12日 久喜市総合  
文化会館
7. 「キッズ本格おしごと体験-天体望遠鏡作り」開催 2017年8月14日 イオンモール  
つくば
8. 日本天文学会公開講演会「南極で探る宇宙-南極望遠鏡でさぐる銀河の謎」中井直正  
2017年9月10日 北海道大学
9. PTA 主催講演会「宇宙の構造」中井直正 2017年11月11日 竹園西小学校
10. 和歌山県高等学校理科研究大会「太陽系の外の惑星の発見」中井直正 2017年11  
月24日 和歌山県立教育センター学びの丘
11. 附属高等学校大学訪問「望遠鏡を作ろう」2017年5月11日 筑波大学

#### <外部委員等>

中井直正

1. 日本天文学会欧文研究報告編集顧問 ～2019年5月
2. 国立天文台 VLBI 小委員会委員 2010年7月～2018年6月
3. The SCAR AAA SRP Steering Committee 2017年1月～2018年12月



4. 国立極地研究所客員教授 2008年5月～2019年3月

久野成夫

1. 国立天文台プロジェクト評価委員会委員 2014年4月～2018年6月

2. 日本天文学会欧文研究報告編集委員 2009年4月～2018年6月

3. 国立天文台 ALMA 小委員会委員 2008年7月～2017年7月

4. 国立天文台電波専門委員会委員 2016年7月～2018年6月

5. 日本天文学会研究奨励賞選考委員会委員 2017年6月～2019年5月