

IV. 宇宙観測グループ

教授	中井直正
講師	瀬田益道
助教	永井 誠
準研究員	宮本祐介
研究員	石井 峻、金子絃之
大学院生	16名（数理物質科学研究科後期課程6名、前期課程10名）
卒研究生	4名

国土地理院つくば32m鏡の20GHz帯受信観測システムの整備を継続するとともに、銀河面のアンモニア掃天観測や系外銀河中心部のアンモニア観測などを継続している。また南極ドームふじ基地で南極天文学を開拓するためにプロトタイプとして30cm可搬型サブミリ波望遠鏡の開発・試験を継続し、さらに1.2mサブミリテラヘルツ望遠鏡と10mテラヘルツ望遠鏡の開発を行った。共同利用の望遠鏡を用いて銀河の観測的研究も行った。

【1】国土地理院つくば32m鏡の電波望遠鏡の開発整備と観測

(1) 観測システムの開発整備

○国土地理院つくば32mアンテナに搭載しているK帯受信観測システムに発生した不具合を修理、部品交換、改善を行った。特に第1局部発振器として高安定周波数を提供している信号発生器が故障したため修理した。

○K帯受信機を大学に持ち帰って保守を行った。その際に不良部品や性能劣化部品を交換し、再度初期の性能に戻してアンテナに再搭載し、観測に供した。

○アンテナ伝送系カバー（雨除けカバー）の保守点検を実施した。

○アンテナのゲイン（主ビーム能率と開口能率）を測定し、2012年3月とほぼ同じであることを確認した。

○アンテナの指向性が非常に悪くなっており、全天で調査したところ、数10"～100"（=アンテナのビームサイズ）程度急激にずれる箇所がいたるところの方位角(AZ)と仰角(EL)で発生していることが明らかになった。アンテナのAZレールの水平度を測定するとともにその原因を調査したところレールの基礎が大きく劣化しており、レールの位置が大きくずれているとともにその基礎の中に水が入ってもろくなっており車輪が通るたびにレールが上下していることがわかった。今後さらに劣化は加速すると予想され、国土地理院と対応の協議を開始した。

○観測データの解析環境を整備した（パソコンの追加、メモリ増設、ハードディスク増設等）。

(2) 観測

(VLBI観測)

○天の川銀河（銀河系）の中心核にある巨大ブラックホールにガスが落下することが外国の赤外線観測から予言され、そのときに中心核が赤外線、電波、X線等で明るく輝くと期待された。そのため全世界的に銀河系中心核の明るさのモニターが開始された。国内VLBI網でもK帯でモニターすることが開始され、つくば32m鏡もそれに参加して、6月、8月、11月、12月、1月に実施し、2月からはかなり頻りに継続して観測していた。また増光は観測されていないが、予言されているガスの落下は2014年3月なのでさらに継続して観測する予定である。

(単一鏡観測)

○天の川銀河の銀河面のうち銀経 -0.5 度 $\sim +1.0$ 度、銀緯 -0.5 度 $\sim +0.5$ 度のアンモニア分子の $(J,K)=(1,1)-(6,6)$ の6輝線の掃天観測から、この領域の分子雲は分子雲の表面で励起温度が ~ 120 K程度と高く、内部は ~ 25 K程度と低いことを明らかにした。これは分子雲が外部から暖められていることを示している。またオルソ・パラ比から過去の温度を求めると、現在の分子雲の温度と同程度であることがわかり、過去も星形成が活発であったことがわかった。

○天の川銀河の中の大質量星形成領域であるW3のアンモニアの $(J,K)=(1,1)-(6,6)$ の輝線観測を行い、星形成の母体である高密度分子ガスの温度、密度、光学的厚み、オルソ・パラ比などを求めた。

○天の川銀河の中の超新星爆発による周囲のガスへの影響を調べるため、超新星残骸IC443のアンモニア観測を行い、検出することができた。その結果から分子ガスの温度、密度、光学的厚み、オルソパラ比などを求めた。

【2】南極天文学の推進

(1) 南極望遠鏡の開発

○30-cm 可搬型サブミリ波望遠鏡

南極ドームふじ基地で運用する電波望遠鏡のプロトタイプとして 30cm 可搬型望遠鏡を開発している。既に試験観測に成功しているが、雑音が高い問題があった。調査の結果、超伝導ミキサの温度低減が雑音の低減に有効であることが判明したので、受信機の改良を行い、受信機雑音温度として 170K 以下という高い感度を低い消費電力の 4K 冷凍機を用いながら実現した。新受信機を搭載した 30cm 望遠鏡は、チリ北部の砂漠地帯の標高 4400m のパナコッタにて試験観測を行い、オリオン分子雲等の観測に成功した。南極は、夏季でも気温マイナス 30 °C の低温環境にある。モータ及びエンコーダの動作、ケーブルの硬化が懸念される。南極夏に想定される低温環境下での望遠鏡の駆動上の問題点を、要素実験及び計算機による熱解析シミュレーションで検討した。その結果、風の影響が無視できないことが判明したため、必要箇所には断熱材やヒータの補強を行った。耐寒性能を高めた 30cm 望遠鏡を、国立極地研究所の低温室において、実際に望遠鏡を駆動して、低温下での運用に目処をたてた。

○1.2-m サブミリテラヘルツ望遠鏡

ドームふじ基地で、星間ダストのサブミリからテラヘルツ領域での観測を目指して、1.2m 望遠鏡を開発している。冷却受信機に対する要求は、低消費電力で高感度であり、30cm 望遠鏡と共通の技術要求がある。冷却受信機の熱設計の精度が上がり、比較的低い消費電力ながら、4K の冷却が可能で目処がたった。電波望遠鏡の駆動方式は、経緯台式を用いるため、方位角モータの駆動に伴い、仰角モータの電源及び制御ケーブルが可動する必要がある。ところが、南極ドームふじは冬期には気温はマイナス 80°C にも達し、ケーブル硬化の懸念があった。ガラス転移温度の低いケーブルを選定し、冷凍庫実験により、ケーブルの硬さを評価したところ、低温下でも可動が見込めるケーブルを見出す事ができた。

○10-m テラヘルツ望遠鏡

光学系の設計を行った。広い視野を実現するために電波望遠鏡としては初めてリッチークレチアン光学系を採用し、主鏡と副鏡ともに双曲面を用いてコマ収差を無くし、他の収差も第3鏡以下で軽減して平面焦点の場合視野 0.5 度、湾曲焦点の場合視野 1 度を実現することができた。主鏡面パネルの概念設計も行った。口径 10m の主鏡を中心のビーム伝送用の穴を除いて 4 周とし、パネルの大きさをおよそ 1.2m \times 1.2m として内周から順に 10 枚、16 枚、22 枚、28 枚の合計 76 枚と非常に少ない枚数で構成し、支持機構やアクチュエータも含めて予算の軽減を図った。

(2) 超伝導電波カメラの開発

ダブルスロットアンテナと高純度多結晶シリコンレンズを1画素1レンズで結合する光学系設計の妥当性を確かめるために、国立天文台先端技術センターで製作したシリコンレンズアレイの評価を行い、形状誤差 10 μm (P-V 値)以下、表面粗さ 1 μm (rms)以下を達成し、サブミリ波帯で使用するには十分な加工精度を達成したことを示した。また、各カメラのビームパターン測定を行い、理論値とよく一致することを示した(査読論文3)。

シリコンレンズ表面での最大30%の反射損失を低減させるため、屈折率1.8の反射防止膜の開発を行った。低温での接着性が良い屈折率1.68と2.2の2種類のエポキシ樹脂を混ぜ合わせることで屈折率の制御を試みた。結果、エポキシ樹脂の体積比により屈折率が線形に変化することを確認し、220 GHz帯にて良好な反射防止特性を得ることに成功した。

素子の多素子化を進めるため、220 GHz帯720素子カメラの設計を行った。集積度を上げて焦点面を有効利用するため、レンズ直径を波長の1.2倍にして光学設計を行い、一辺26 mmの正六角形の中に720素子を並べることが可能になった。レンズと平面アンテナのアライメント調整機構についても検討し、先端技術センターMEショップでレンズアレイの製作などを進めた。

(3) 人員体制の強化と概算要求等

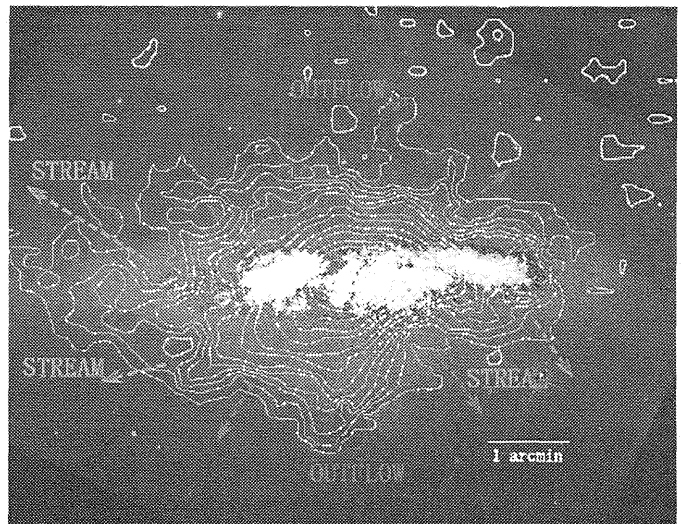
10m テラヘルツ望遠鏡を実現するため、数学等との協力のもと数物連携南極天文学の推進という戦略的研究推進枠として教授1名を採用することが認められた。

国立天文台電波専門委員会、宇宙電波懇談会と日本学術会議物理学委員会天文学宇宙物理学分科会のシンポジウムで報告し、宇宙電波懇談会から日本学術会議当該分科会に推薦された。当該分科会の推薦のもと、東北大学の2.5m赤外線望遠鏡と合わせて南極望遠鏡として筑波大学長名で日本学術会議の大型研究計画に申請した。

10m テラヘルツ望遠鏡の概算要求を数理物質系に提出し、系から第1位で大学本部に提出され、本部で説明を行った。

【3】銀河の観測的研究

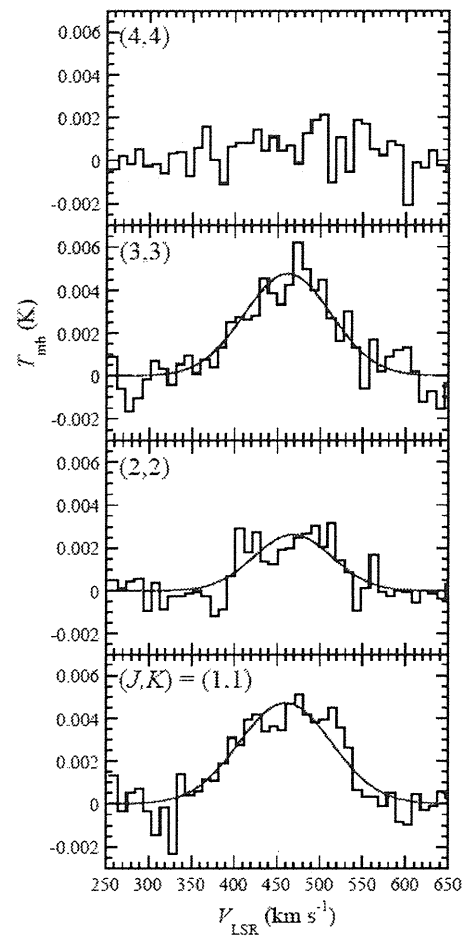
- (1) 近傍にある典型的な爆発的星形成銀河 M82 の広域 (15.7'×16.9') の CO(J=1-0)マッピングを野辺山 45m 電波望遠鏡で行った(査読論文1)。25点同時観測システム BEARS を用いて OTF で行い、角分解能は 22'であった。銀河円盤部の大量の分子ガスのほかに銀河円盤から 4kpc も離れたところまで分子ガスを検出した(右図)。これは銀河中心部での超新星爆発や星風によって吹き飛ばされたものと解釈される。その分子ガスの力学的エネルギーは $\sim 10^{56}$ erg に達する。全分子ガスの質量は $2.4 \times 10^9 \text{ Mo}$ であった。また銀河中心部、他の円盤部、吹き飛ばされたハロー部のそれぞれの分子ガスの密度や温度も推定した。



(2) 近傍渦巻銀河 M51 の中心部において MPIFR の 100m 電波望遠鏡でアンモニア NH_3 の $(J,K)=(1,1)$ - $(4,4)$ を観測し (右図)、 $(J,K)=(1,1)$ - $(3,3)$ を検出した (査読論文 4)。 $(J,K)=(1,1)$ - $(2,2)$ から求めた励起温度は $T_{\text{ex}} = 25 \pm 2 \text{ K}$ であり、 $(J,K)=(2,2)$ - $(4,4)$ から求めた励起温度は $T_{\text{ex}} < 104 \pm 16 \text{ K}$ であった。アンモニアの柱密度は $N(\text{NH}_3) = (8.1 \pm 2.4) \times 10^{13} \text{ cm}^{-2}$ であり、水素分子 H_2 に対する存在比は $\sim 4.5 \times 10^{-9}$ であった。これは NGC 253 や IC 342 の 1/5 であるが、M82 や LMC より 1 桁多い。この結果、M82 におけるアンモニアの異常な低存在比が一層再確認された。

(3) 重力相互作用初期にある VV 254 からの $\text{Pa}\alpha$ 撮像観測をチリにある miniTAO/ANIR 望遠鏡を用いて行った (査読論文 6)。VV 254 は銀河同士が正面衝突した直後の銀河ペアであり、分子雲がほぼ同時期に電離され、再度分子雲へと戻ると期待される銀河ペアである。 $\text{Pa}\alpha$ から求められた星形成領域における星形成後の経過時間は銀河全体にわたって 7×10^6 年ではほぼ一定になっており、また、星形成活動・分子ガス関係の分散は他の銀河に比べ 1 桁以上小さい (0.058 dex)。これは星形成の母体である個々の分子雲の進化段階がほぼ一致している場合、同じように星形成が進行するというを示唆している。

(4) 相互作用の初期～中期段階にある 4 つの相互作用銀河に対して $\text{CO}(J=1-0)$ マッピング観測を野辺山 45m 電波望遠鏡で行った (査読論文 8)。これまでに観測されていなかった銀河円盤部分や銀河間の領域からも分子ガスを検出した。これらの分子ガスの分布は原子ガスや銀河が相互作用する前から存在する古い恒星の分布とは大きく異なり、重力相互作用の影響は物質により異なることが分かった。分子ガスの銀河中心への集中度は孤立銀河に比べて優位に低く、分子ガスは広く分布したり、銀河の中心とは異なる場所にピークを持つなどこれまでの描像とは異なることが明らかになった。



< 論 文 >

(査読論文)

1. Salak, D., Nakai, N., Miyamoto, Y., Yamauchi, A., “Large-Field $\text{CO}(J=1-0)$ Observations of the Starburst Galaxy M82”, 2013, Publications of the Astronomical Society of Japan, accepted.
2. Ishii, S., Seta, M., Nakai, N., Miyamoto, Y., Nagai, M., Arai, H., Maezawa, H., Nagasaki, T., Miyagawa, N., Motoyama, H., Sekimoto, Y., Bronfman, L., 2013, “Development of a Transportable Telescope for Galactic Survey at 500 GHz in Antarctica”, IEEE Transactions on Terahertz Science and Technology, 3, 15-24.
3. Nitta, T., Naruse, M., Sekimoto, Y., Mitsui, K., Okada, N., Karatsu, K., Sekine, M., Matsuo,

- H., Noguchi, T., Uzawa, Y., Seta, M., Nakai, N., “Beam Pattern Measurements of Millimeter-wave Microwave Kinetic Inductance Detector Camera with Direct Machined Silicon Lens Array”, 2013, *IEEE Transactions on Terahertz Science and Technology*, 3, 56-62.
4. Naruse, M., Sekimoto, Y., Noguchi, T., Miyachi, A., Karatsu, K., Nitta, T., Sekine, M., Uzawa, Y., Taino, T., Myoren, H., “Optical Efficiencies of Lens-Antenna Coupled Kinetic Inductance Detectors”, 2013, *IEEE Transactions on Terahertz Science and Technology*, 3, 180-186.
 5. Takano, S., Takano, T., Nakai, N., Kawaguchi, K., Schilke, P., “Detection of ammonia in M51”, 2013, *Astronomy and Astrophysics*, 552, A34, 5p.
 6. Onodera, S., Kuno, N., Tosaki, T., Muraoka, K., Miura, R., Kohno, K., Nakanishi, K., Sawada, T., Komugi, S., Kaneko, H., Hirota, A., Kawabe, R., “NRO M33 All-Disk Survey of Giant Molecular Clouds (NRO MAGiC): II. Dense Gas Formation within Giant Molecular Clouds in M33”, 2012, *Publications of the Astronomical Society of Japan*, 64, 1330
 7. Yamauchi, Y., Nakai, N., Ishihara, Y., Diamond, P., Sato, N., “Water-Vapor Maser Disk at the Nucleus of the Seyfert 2 Galaxy IC 2560 and its Distance”, 2012, *Publications of the Astronomical Society of Japan*, 64, A103, 12p
 8. Sorai, K., Kuno, K., Nishiyama, K., Watanabe, Y., Matsui, H., Habe, A., Hirota, A., Ishihara, Y., Nakai, N., “Properties of Molecular Gas in the Bar of Maffei 2”, 2012, *Publications of the Astronomical Society of Japan*, 64, A51, 10p
 9. Komugi, S., Tateuchi, K., Motohara, K., Takagi, T., Iono, D., Kaneko, H., Ueda, J., Saitoh, T. R., Kato, N., Konishi, M., Koshida, S., Morokuma, T., Takahashi, H., Tanabé, T., Yoshii, Y. “The Schmidt-Kennicutt Law of Matched-age Star-forming Regions: Pa α Observations of the Early-phase Interacting Galaxy Taffy I”, 2012, *The Astrophysical Journal*, 757, 138-143
 10. Miura, E. R., Kohno, K., Tosaki, T., Espada, D., Hwang, N., Kuno, N., Okumura, K. S., Hirota, A., Muraoka, K., Onodera, S., Minamidani, T., Komugi, S., Nakanishi, K., Sawada, T., Kaneko, H., Kawabe, R., “Giant Molecular Cloud Evolutions in the Nearby Spiral Galaxy M33”, 2012, *The Astrophysical Journal*, 761, 37-59
 11. Kaneko, H., Kuno, N., Iono, D., Tamura, Y., Tosaki, T., Nakanishi, K., Sawada, T., “Properties of Molecular Gas in Galaxies in Early and Mid Stages of the Interaction. I. Distribution of Molecular Gas”, 2013, *Publications of the Astronomical Society of Japan*, 65, A20, 16p
 12. 真鍋武嗣、西堀俊幸、菊池健一、落合啓、瀬田益道、大嶺裕幸、「JEM/SMILES 用サブミリ波アンテナ・受信機光学系」, 2012, 電子情報通信学会論文 J95-B, 990-1002

(国際研究集会集録等)

1. Tsuboi, M., Asaki, Y., Yonekura, Y., Kaneko, H., Miyamoto, Y., Seta, M., Nakai, N., Kameya, O., Miyoshi, M., Takaba, H., Wakamatsu, K., Fukuzaki, Y., Morimitsu, T., Sekido, M., Omodaka, T., Handa, T., Takumi, A., “Non-detection of flare at 22 GHz of Sgr A* induced by the approaching G2 cloud in February and March 2013”, 2013, *The Astronomer’s Telegram* #4923.
2. Seta, M., Nakai, N., Ishii, S., Nagai, M., Miyamoto, Y., Ichikawa, T., Takato, N., Motoyama, H., “Dome Fuji in Antarctica as a Site for Infrared and Terahertz Astronomy”, 2013, *Astrophysics from Antarctica, Proceedings of the International Astronomical Union, IAU Symposium*, 288, 251-255.

3. Nitta, T., Naruse, M., Sekimoto, Y., Mitsui, K., Okada, N., Karatsu, K., Sekine, M., Matsuo, H., Noguchi, T., Uzawa, Y., Seta, M., Nakai, N., "Development of Direct Machined Silicon Lens Array for Millimeter-wave Kinetic Inductance Detector Camera", 2013, Proceedings of 23rd International Symposium on Space Terahertz Technology.
4. Nagasaki, T., Seta, M., Nakai, N., Ishii, S., Miyamoto, Y., Nagai, M., Arai, H., Terabe, Y., Imada, H., Saitou, K., Doihata, K., Sekimoto, Y., "Receiver for 30cm transportable submillimeter-wave telescope", 2013, The 13th Workshop on Submm wave Receiver Technologies in Eastern Asia (10-12.Jun.2013).
5. Nagasaki, T., Seta, M., Nakai, N., Ishii, S., Miyamoto, Y., Nagai, M., Arai, H., Terabe, Y., Imada, H., Saitou, K., Doihata, K., Sekimoto, Y., "Development of a new receiver for transportable 30cm submillimeter-wave telescope" 2013, The 24th International Symposium on Space Terahertz Technology(8-10 Apr. 2013).
6. Imada, H., Miyata, T., Sako, S., Kamizuka, T., Nakamura, T., Asano, K., Uchiyama, M., Okada, K., Wada, T., Nakagawa, T., Onaka, T., Sakon, I., "Fabrication and tolerances of moth-eye structures for perfect antireflection in the mid-infrared wavelength region", 2012, Proceedings of SPIE, Vol. 8450, 84502F.
7. Kamizuka, T., Miyata, T., Sako, S., Imada, H., Nakamura, T., Asano, K., Uchiyama, M., Okada, K., Wada, T., Nakagawa, T., Onaka, T., Sakon, I., "Development of high-throughput silicon lens and grism with moth-eye antireflection structure for mid-infrared astronomy", 2012, Proceedings of SPIE, Vol. 8450, 845051.

<学会発表>

1. 関根正和、関本裕太郎、野口卓、唐津謙一、新田冬夢、関口繁之、宮地晃平、成瀬雅人
「積層ハイブリッド型超伝導共振器カメラの開発」
応用物理学会（2013年3月27日、神奈川工科大学）
2. 齋藤浩太、瀬田益道、永井誠、宮本祐介、石井峻、中井直正、長崎岳人、今田大皓、土井畑幸一郎、ほか宇宙観測グループ（筑波大学）
「南極サブミリ波望遠鏡の電気系統の設計と評価試験」
日本天文学会（2013年3月22日、埼玉大学）
3. 長崎岳人、石井峻、瀬田益道、中井直正、宮本祐介、永井誠、荒井均、寺部佑基、今田大皓、齋藤浩太、土井畑幸一郎、関本裕太郎
「南極30cm可搬式サブミリ波望遠鏡搭載用2SB受信機の開発」
日本天文学会（2013年3月22日、埼玉大学）
4. 今田大皓、瀬田益道、石井峻、中井直正、宮本祐介、長崎岳人、永井誠
「南極30cm可搬型サブミリ波望遠鏡アライメント調整法の開発」
日本天文学会（2013年3月22日、埼玉大学）
5. 永井誠、石井峻、今田大皓、瀬田益道、寺部佑基、中井直正、長崎岳人、宮本祐介
「オフセット・カセグレン／グレゴリアン式望遠鏡のポインティング模型の新しい定式化」
日本天文学会（2013年3月22日、埼玉大学）
6. 新田冬夢、関本裕太郎、唐津謙一、三ツ井健司、岡田則夫、松尾宏、野口卓、成瀬雅人、関口繁之、関根正和、瀬田益道、中井直正
「A1膜超伝導共振器を用いた1000素子ミリ波カメラの開発」
日本天文学会（2013年3月22日、埼玉大学）

7. 関口繁之、唐津謙一、野口卓、松尾宏、岡田則夫、齋藤栄、関本裕太郎、成瀬雅人、新田冬夢、関根正和
「広視野ミリ波・サブミリ波カメラの冷却光学系設計」
日本天文学会（2013年3月22日、埼玉大学）
8. 荒井均、永井誠、藤田真司、中井直正、他宇宙観測グループ一同（筑波大学）、栗原忍、他宇宙観測地グループ（国土地理院）
「国土地理院つくば 32m 電波望遠鏡によるアンモニア分子反転遷移輝線の銀河系中心領域広域サーベイ観測」
日本天文学会（2013年3月21日、埼玉大学）
9. 唐津謙一、関本裕太郎、野口卓、鶴澤佳徳、松尾宏、成瀬雅人、新田冬夢、関根正和、関口繁之、他 LiteBIRD Working Group
「宇宙マイクロ波背景放射偏光観測衛星 LiteBIRD のための多素子超伝導共振器カメラの設計」
日本天文学会（2013年3月21日、埼玉大学）
10. 成瀬雅人、関本裕太郎、唐津謙一、野口卓、新田冬夢、関根正和、関口繁之、他 LiteBIRD Working Group
「力学インダクタンス検出器と平面アンテナを用いた LiteBIRD 用両偏波ミリ波カメラの開発」
日本天文学会（2013年3月21日、埼玉大学）
11. 指田朝郎、岡朋治、田中邦彦、松村真司、瀬田益道、永井誠
「HCO⁺ J=1-0, CO J=3-2 輝線による W44 超新星残骸の膨張運動の解析(II)」
日本天文学会（2012年9月20日、大分大学）

<学位論文>

（博士論文）

数理物質科学研究科・物理学専攻

1. 荒井均

「A Multi-Line Ammonia Survey of the Galactic Center Region with the Tsukuba 32-m Telescope」

（つくば 32m 電波望遠鏡を用いた銀河系中心領域のアンモニア多スペクトル線掃天観測）

（修士論文）

数理物質科学研究科・物理学専攻

1. 今田大皓

「南極 10m サブミリ波望遠鏡の光学系の開発」

2. 齋藤浩太

「南極サブミリ波望遠鏡の電気系統設計と評価試験」

3. 土井畑幸一郎

「南極可搬型サブミリ波望遠鏡アンテナ系の熱設計」

（卒業論文）

理工学群・物理学類

1. 奥富弘基

「超新星残骸 IC443 に付随する分子雲のアンモニア分子輝線観測」

2. 北本翔子

「つくば 32m アンテナの性能評価」

3. 小林和貴

「つくば 32m 望遠鏡のアンテナレール調査」

4. 笠 嗣瑠

「アンモニア観測による大質量星形成領域 W3(OH) の研究」

<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）、瀬田益道
「天の川のアンモニア掃天観測」
（交付額 410 万円）（5/5 年）
2. 科学研究費補助金（基盤研究 A）：瀬田益道（研究代表者）、中井直正
「南極から探る銀河系の星間ダストの姿」
（交付額 590 万円）（3/4 年）
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（実施代表者）、瀬田益道、宮本祐介
（交付額 47 万 7 千円）
4. 日本学術振興会「頭脳循環を活性化する若手研究者海外派遣プログラム」：中井直正（主担当研究者）、瀬田益道
「世界最高望遠鏡群を用いた宇宙観測」
（交付額 1374 万 9 千円）（3/3 年）
5. 国立極地研究所平成 24 年度研究プロジェクト：中井直正（研究代表者）、瀬田益道、他
「ドームふじ基地における赤外線・テラヘルツ天文学の開拓」
（交付額 270 万円）（3/6 年）
6. 国立極地研究所南極観測事業費（一般研究観測）：中井直正（研究代表者）、市川隆、瀬田益道、高遠徳尚、他
「南極からの赤外線・テラヘルツ天文学の開発」
（交付額 730 万円 7 千円）（3/3 年）
7. 自然科学研究機構国立天文台：中井直正（研究代表者）
「大学間連携 V L B I 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」
（交付額 509 万 6 千円）

<共同研究・受託研究>

1. 「大学間連携 V L B I 観測事業に係る研究」
大学共同利用機関法人自然科学研究機構（2012 年 4 月 1 日～2013 年 3 月 31 日）

<受 賞>

1. 筑波大学大学院・数理物質科学研究科長賞（2013 年 3 月 25 日）
今田大皓
2. 理工学群・物理学類長賞（2013 年 3 月 25 日）
北本翔子