

IV. 宇宙観測グループ

教授 中井 直正
 講師 瀬田 益道
 準研究員 永井 誠
 大学院生 15名 (数理物質科学研究科後期課程 5名、前期課程 8名；教育研究科 2名)

研究室が発足して5年目となった。国土地理院 32m 鏡の 20GHz 帯電波望遠鏡化の整備を引き続き行い、単一鏡として本格的な観測を継続した。また南極ドームふじ基地における天文観測の計画を国立極地研究所と協力しつつ推進し、同時にプロトタイプとして 30cm サブミリ波望遠鏡の開発と試験を開始した。準研究員永井誠が着任した。

【1】国土地理院つくば 32m 鏡の電波望遠鏡の整備と観測

昨年度に雨避けカバーを交換することによって 20GHz 帯の雑音が数十分の 1 というほぼ理論値の値になった。それによって天体に向けて観測を行い、アンテナや受信機等の性能測定を初めて行うことができるようになった。本年はそのような性能測定の精密化と観測装置の安定化を行い、オリオン分子雲や銀河面の本格的な観測を開始した。

アンテナのビームパターンを測定するとともに (図 1)、惑星を用いた主ビーム能率の値の仰角依存性 (図 2)、開口能率の値の仰角依存性をより精密に行い、ゲインの仰角毎の補正値の決定なども行った。また開口能率の周波数依存性(図 3)から、全鏡面の誤差が $\varepsilon = 0.82 \pm 0.03$ mm であり、副鏡や斜鏡の誤差を差し引くと $\varepsilon = 0.77$ mm 程度となった。

図 1. つくば 32m アンテナの 22.23GHz における 2 次元ビームパターン。横軸が方位角で、縦軸が仰角。

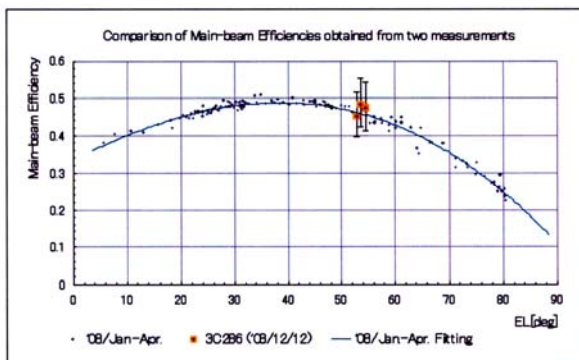
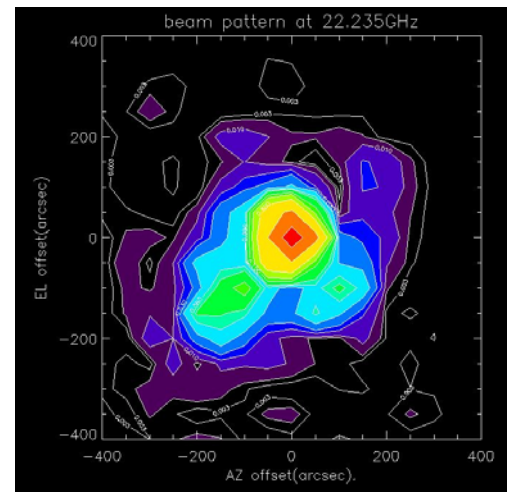


図 2. 木星を用いた主ビーム能率の仰角依存性。EL~54 度付近の値は連続波源 3C286 による開口能率から求めたもの。

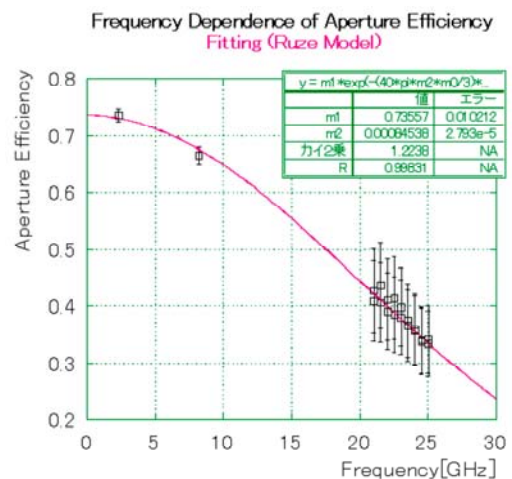


図 3. 開口能率の周波数依存性

受信機系の安定化を図った。受信機室（シールド）の空調を性能の良いものに代えて室内温度の安定にし、第2中間変換部を観測局舎の観測室に下ろして温度安定化をはかることで増幅器等のゲインの安定化を実施した、またデジタル電波分光計を既存の空冷から水冷に変えて、安定化した。

観測はアンモニア観測を中心とし、近傍の爆発的星形成銀河 NGC253 と IC342 でアンモニアの複数の遷移を検出して、その強度比から、励起温度、光学的厚み、柱密度、オルソ・パラ比などの物理量を求め、中心部の星形成との関係を調べた。また、オリオン分子雲全体やいて座 B2 を含む銀河面掃天観測を開始した。また銀河系内の大質量星形成領域である W3 のアンモニアマッピングを行い、大質量形成との関係を明らかにした。

銀河系内の多数のコンパクト電離領域を連続波電波と再結合線で観測し、電離領域の温度を求め、銀河系中心からの距離の関数として求めたところ、銀河の内側に近いほど温度が低いことがわかった。これは内側ほど重元素が多いので、それによる冷却がより強く効いているためと考えられる。

【2】南極望遠鏡計画の推進

南極大陸の昭和基地から約 1000 km 内陸側の高原地帯にある日本のドームふじ基地において南極天文学の開拓を目指している。10 m 級の望遠鏡設置に先駆け、現在、プロトタイプとして 30 cm サーベイ望遠鏡を開発している。30 cm 望遠鏡は、星間物質の主要なプローブである CO 及び[CII]輝線、また、星間塵の放射する 500 GHz 帯の連続波を観測する装置であり、天の川の掃天観測及び近傍銀河の観測を目指している。30 cm 鏡は 500 GHz 帯の高感度受信機を搭載し、既存サーベイデータを有効に活用できるように 9 分角の空間分解能を有している。南極への運搬と現地人力での組み立てを考慮して、全システムは、60 kg 以下に分割できる構成を特長としている。今年度は、望遠鏡システムを完成させ、スイスにて動作試験を行った。

昨年度までに、高い観測感度の性能実証を終えていた超伝導素子を用いた冷却受信機部に引き続き、今年度は、アンテナ光学系、及び受信機バックエンド系を完成させ、望遠鏡全システムを完成させた。筑波大学構内において、望遠鏡の動作試験を行い、各種機器の正常動作、星の追尾性能に問題が無いことを確認した。その後、2009 年 1 月にスイスアルプスのユングフラウヨッホにあるスフィンクス天文台に望遠鏡を持ち込み試験観測を行った。試験観測においては、4 人の人力による望遠鏡の組み立て、寒冷 (-20°C) な高地 (3600 m) における望遠鏡の動作、角度分解能 9 分角に対する寿分な指向精度を星の追尾観測で確認した。さらに、大気の透過率の測定も行い、500 GHz 帯の電波を受信することに成功した。特に、高い標高の地において、冷却効率の低下が懸念されていた電波分光計が、冷媒冷却装置の採用により安定動作したことは南極高地での運用に向けての一步前進である。しかしながら、スイスでの一ヶ月程の試験観測期間の大半は悪天候による観測不能日であり、500 GHz 帯の天体観測を行うことはできなかった。今後は、今年度の試験で判明した、不要雑音の低減、冷却性能の改善、及び組み立て調整作業の改良に取り組み、平成 20 年度に予定されている、南米チリでの本格的な試験観測に備える。

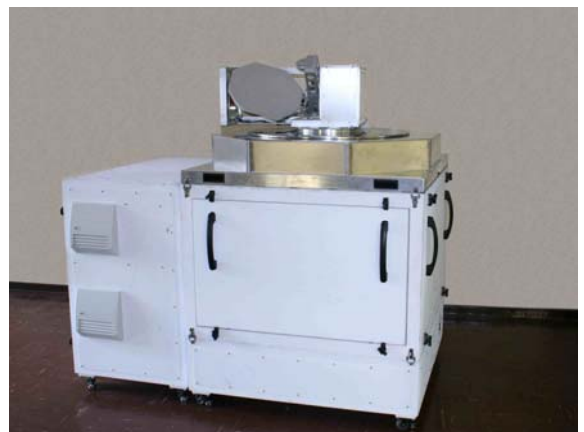


図 4. 完成した 30cm 可搬型サブミリ波望遠鏡

また、南極天文学の推進組織として発足させた南極天文コンソーシアムの活動を、東北大学等と

協力して継続している。国立極地研究所への申請協議の結果、南極天文学は、国立極地研究所の次期（第 VIII 期）の課題として採択された。資金確保やドームふじ基地拡充の規模の協議等の課題は残るが、正式課題に採択された意義は大きく、平成 20 年 1 1 月出発予定の第 5 1 次南極観測隊の同行者枠に続き、次期計画初年度の第 5 2 次南極観測隊では天文関係者 2 名程度の観測隊員としての人員派遣が見込まれている。いよいよ南極天文学が現実化した。

【3】銀河の観測的研究

距離約 79Mpcにある円盤銀河IC1481 の活動的銀河中心核(AGN)から出ている超強力水メーザーをVLBAで観測した結果、半径が $r=2.8-14.0$ pc、厚さが $2H=1.5-4.1$ pc、回転速度が $V_{\text{rot}}=124-168$ km/s、速度分散が $\Delta V=31$ km/sである分子ガス円盤を発見した。この円盤の回転曲線は式

$$V_{\text{rot}} \propto r^{-(0.19 \pm 0.04)}$$

で表わされ、中心から離れるほどケプラー回転よりも有意にゆっくりと速度が減少している。この回転曲線を円盤の質量と中心にあるブラックホールの質量によるものとするモデルで計算すると、それぞれの質量は $M_{\text{disk}}=(4.3 \pm 0.3) \times 10^7 M_{\odot}$ と $M_{\text{BH}} < 10^7 M_{\odot}$ となり、円盤の質量だけで説明できるとともにブラックホールの質量の上限値を与えることができた。この結果はガス円盤が静水圧平行よりもはるかに厚いこととも合致している。また円盤に垂直方向にその片側に連続波電波のジェットも検出した。

< 論 文 >

(査読論文)

1. Sorai,K., Habe,A., Nishitani,H., Hosaka,K., Watanabe,Y., Miwa,S., Ohishi,Y., Motogi,K., Minamidani,T., Awano,J., Sumida,S., Fukuya,Y., Uchida,R., Kaneko,N., Fujimoto,M.Y., Koyama,Y., Kimura,M., Nakai,N.
“Large-scale NH₃ Observations toward the Galactic Star Forming Regions I. W51 Molecular Clouds Complex”
Publ. of Astron. Soc. Japan, 60, 1285-1296 (2008).
2. Tanaka, K., Kamagai, K., Nagai, M., Oka, T.
“A Large Expanding Molecular Arc in the Sagittarius B1 Complex”
Publ. of Astron. Soc. Japan, 61, 461-469 (2009)
3. Mamyoda,K., Nakai,N., Yamauchi,A., Diamond,H., Hure,J.M.
“Detection of a Sub-Keplerian Water Maser Disk at the Active Galactic Nucleus of the Galaxy IC 1481”
Publ. of Astron. Soc. Japan, in press.

(国際研究会集録等)

1. Combes,F., Davies,R.L., Sadler,E.M., Dekel,A., Franx,M., Gallagher,J.S., Karachentseva,V., Knapp,G.R., Kraan-Korteweg,R.C., Leibundgut,B., Nakai,N., Narlikar,J.V., Rubio,M. 2008
“Commission 28: Galaxies”, in *Transactions IAU*, Vol. 4, Issue 27A, *Reports on Astronomy 2006-2009*, ed. Karel van der Hucht (Cambridge University Press, Cambridge), p. 286-294.

<学位論文>

(博士論文) 数理物質科学研究科・物理学専攻

1. 萩原健三郎

「Development of a Wideband Software Spectrometer and a Study of the Ammonia Absorption Line of the Galaxy NGC 3079」

(修士論文) 数理物質科学研究科・物理学専攻

1. 荒井 均

「広帯域デジタル電波分光計の安定化」

2. 扇野光俊

「つくば 32m 電波望遠鏡によるオリオン KL 天体のアンモニア観測」

3. 平井克明

「つくば 32m 電波望遠鏡の連続波観測システムの開発」

4. 丸山理樹

「つくば 32m アンテナの性能評価と天体電波強度較正」

(修士論文) 教育学研究科・教科教育専攻

1. 大城 航

「大質量星形成領域 W3 のアンモニア観測」

2. 永井 里

「大質量星形成に伴う電離領域の再結合線観測」

(卒業論文)

1. 榎原崇雄

「銀河 NGC253 中心部の NH₃ 分子ガスの観測的研究」

2. 石崎剛史

「南極 30cm 可搬型サブミリ波望遠鏡の光学ポインティング法の開発」

3. 佐藤皓紀

「渦状銀河における回転曲線の質量に関する考察」

4. 末永拓也

「アンモニア観測によるおうし座星形成分子雲の進化の研究」

5. 高柳星佳

「つくば 32m 電波望遠鏡による銀河 IC342 中心部のアンモニア観測」

6. 中野将義

「南極 30cm 可搬型サブミリ波望遠鏡光学系の性能評価」

<学会発表>

1. 中井直正、瀬田益道、田口真

「南極ドームふじ基地における電波天文観測」

日本地球惑星科学連合 2008 年大会 (2008 年 5 月 29 日)

2. 瀬田益道、中井直正、田口真

「南極天文学開拓のための可搬型 30cm サブミリ波望遠鏡の開発」

- 日本地球惑星科学連合 2008 年大会 (2008 年 5 月 29 日)
3. 岡朋治、性全謙仁、永井誠、亀谷和久、田中邦彦
「ASTE による銀河系中心領域 CO J=3-2 広域観測 (II)」
日本天文学会秋季年会 (2008 年 9 月 11 日)
 4. 永井誠、平畑武文、岡朋治、亀谷和久、田中邦彦
「銀河系中心領域内の高速度コンパクト雲の物理状態」
日本天文学会秋季年会 (2008 年 9 月 11 日)
 5. 田中邦彦、岡朋治、永井誠、亀谷和久
「Sagittarius B1 領域の膨張 CO Expanding Arc と X 線中性鉄輝線ソース周囲の SiO シェル」
日本天文学会秋季年会 (2008 年 9 月 11 日)
 6. 山本智、新保謙、芝祥一、Ling Jiang、坂井南美、杉村美佳、森田将、椎野竜哉、山倉鉄矢、前澤裕之、入交芳久、Ananthasubramanian Palani
「テラヘルツ帯超伝導ホットエレクトロン・ボロメータミクサ受信機の開発」
日本天文学会秋季年会 (2008 年 9 月 12 日)
 7. 山倉鉄矢、中井直正、瀬田益道、前澤裕之、水野亮、長濱智生、芝祥一、新保謙、山本智
「準光学的ホットエレクトロンボロメータミクサの開発」
日本天文学会秋季年会 (2008 年 9 月 12 日)
 8. 山本智、Ling Jiang、椎野竜哉、芝祥一、新保謙、杉村美佳、坂井南美、山倉鉄矢、前澤裕之、入交芳久、PalaniAnanthasubramanian
「テラヘルツ帯超伝導ホットエレクトロン・ボロメータミクサ受信機の開発(II)」
日本天文学会春季年会 (2009 年 3 月 26 日)
 9. 前澤裕之、水野亮、長濱智生、小林和宏、森部那由多、山本智、Li Jiang、芝祥一、山倉鉄也、入交芳久
「パルスチューブ冷凍機をもちいた HEBM/QCL 受信機システムの開発」
日本天文学会春季年会 (2009 年 3 月 26 日)
 10. 藤健太、ほか大学 VLBI 連携観測グループ
「大学 VLBI 連携観測の現状について」
日本天文学会春季年会 (2009 年 3 月 26 日)

<外部資金>

(学 内)

1. 学内プロジェクト研究 (特別助成研究): 瀬田益道 (研究代表者)、中井直正、山内彩
「南極天文学開拓に向けてのサーベイ望遠鏡の開発」
(交付額 150 万円) (3/3 年)

(学 外)

1. 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、山内彩
「南極天文学を切り開くサブミリ波サーベイ望遠鏡の開発」
(交付額 910 万円) (2/3 年)
2. 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、山内彩
「天の川のアンモニア掃天観測」

- (交付額 2070 万円) (1/5 年)
3. 国立極地研究所共同研究：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大気構造の研究」
(交付額 9 万 9 千円) (1/3 年)
 4. 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—先端的天文学研究の推進—」
(交付額 565 万 8 千円) (1/1 年)
 5. 自然科学研究機構国立天文台共同研究：中井直正（研究代表者）
「南極プロトタイプ望遠鏡によるサブミリ波銀河面サーベイ」
(交付額 112 万円) (1/1 年)
 6. 東レ科学技術研究助成金：瀬田益道（研究代表者）、中井直正、山内彩
「南極天文学の開拓」
(交付額 347 万 1 千円) (2/2 年)

<共同研究・受託研究>

1. 「南極プロトタイプ望遠鏡によるサブミリ波銀河面サーベイ」
大学共同利用機関法人自然科学研究機構（2008年8月29日～2009年3月31日）

<受賞>

1. 2008 年度日本学士院賞（2008 年 6 月 9 日）、中井直正
「水メーザー源の V L B I 観測による活動的銀河中心核と巨大質量ブラックホールの研究」