

超広域電波観測による銀河系分子ガス分布の解明

Molecular gas distribution in the Galaxy revealed by very large-field radio observations

所属機関： 名古屋大学 代表研究者氏名：立原 研悟

研究期間： 2023年9月5日～2023年10月19日

区分：グループA

研究分担者：

氏名	所属機関	研究活動期間	役割
立原 研悟	名古屋大学	2023年9月5日～2023年9月29日	研究活動の総括
小林 和宏	名古屋大学	2023年9月25日～2023年10月19日	望遠鏡・装置の整備

滞在研究機関： NANTEN2 observatory, Pampa la Bola, Atacama, Chile

In our galaxy, a few stars are born every year from dense molecular gas cloud. The sites, called molecular clouds, are observed in radio wavelength, but we do not know yet how much molecular gas and how many molecular clouds exist in the Galaxy. We have developed a new receiver on our NANTEN2 radio telescope at Chile, in order to conduct large-scale molecular cloud survey with high resolution and sensitivity to explore the dense gas in the milky way. The telescope operation has, however, stopped since soon after the receiver installation due to the COVID pandemic. We conducted recovery mission of the telescope after 3 years suspension, thanks to the Yamada foundation's grant..

海外研究活動概要

我々の住む銀河の中では、星が絶えず生まれては死に、物質循環が繰り返されている。その過程での重元素合成により、豊かな生命を宿す地球の物質環境が実現された。銀河系ではおよそ1年間に数個の星が誕生していると予想されるが、銀河の進化と共に、星の母体となる高密度な分子ガスの量が減り、星の形成は徐々に不活発になると考えられている。しかしこれまで人類は、銀河系全体をカバーする分子ガスの雲（分子雲）の地図を手にしておらず、現在の銀河系のどの場所にどれほどの分子ガスが存在しているのか、わかっていない。この問題を解決するため、我々は科研費特別推進の助成を得て、名古屋大学がチリ・アタカマ砂漠に所有する NANTEN2 電波望遠鏡に搭載する、新たに高性能なマルチビーム超伝導受信機を開発、分子雲探査のプロジェクトを開始した。搭載後の性能調査と試験観測では、これまでに比べ10倍程度の感度向上が達成され、短時間で質の高いデータが取得できる目処がたった。

ところが COVID-19 のパンデミックにより、2020年3月に現地での作業中止を余儀なくされ、その後も渡航することができず、望遠鏡の運用は停止されたままであった。2023年度、ようやく海外への渡航が自由にできるようになり、望遠鏡と装置を再起動させるべく、山田科学振興財団の助成を得て、9月からチリ・アタカマ砂漠に申請者と技師が渡航した。またチリ国における研究活動の継続のため、観測所の法人代表者を今年度より立原に変更する申請手続きも行い、チリ政府に提出し受理された。

成果

およそ1月半の滞在中、まずは3年半の長期にわたり停止していた望遠鏡の状況確認を行った。標高4800mのアタカマ砂漠では、時に強風や砂嵐、吹雪などに見舞われる過酷な環境であり、機械の定期的なメンテナンスも重要である。望遠鏡はドームに守られているが、昨年の暴風時にドーム外壁の一部が破損してしまっていた。しかしドーム内部で確認し

たところ、入り込んだ砂や雪による大きな影響は見られず、鏡面に多少の砂が付着している以外、目視での問題は見受けられなかった。一方で発電機を始動させるためのバッテリーは経年劣化しており、またフィルターなどの交換も必要な状況であった。交換部品を購入し、業者によるメンテナンスも行ったところ、無事に発電機が起動でき、望遠鏡駆動部へも問題なく通電できた。そこで望遠鏡とドームのモーター・ギヤのグリースアップを行い、どちらも問題なく動かすことに成功した。次に超伝導受信機の冷却に必要な真空ポンプ・コンプレッサー・冷凍機を始動した。初回はデュワー内から出る同軸ケーブルの接続部から真空漏れが起きるなどの問題も起きたが、これらを対処することで、最終的には 4K まで受信機を冷却できることが確認できた。一方で、ドーム外壁の修復のため、部材を購入、業者に作業も手配し、今後のダメージがないよう対策も施した。今回の渡航により、今後の受信機の立ち上げと観測再開に向け、大きな懸念は解消することができた。

今後の展望

2023 年度中に再度の渡航し、望遠鏡と受信機の再起動を完了し、観測開始の目処を立てることを予定している。その際には、以下の事柄を実行する。まず、受信機を立ち上げ、適正に調整することで、当初の性能が出ていることを確認する。複数あるビームのうちいくつかは、HEMT アンプの故障により、予定の性能が出ないことが試験観測の結果からわかっており、すでに購入済みのものと交換する。実際に天体から信号を入れ、低い雑音レベルで分子雲からの輝線を受信できることを確認する。

また運用停止中の期間、高性能になった受信機の性能を十分発揮するため、望遠鏡を高速で駆動するためのソフトウェアの開発も進めていた。これまで野辺山宇宙電波観測所の 1.85m 望遠鏡に搭載し、デバッグや試験を進めてきた。これを NANTEN2 望遠鏡にもインストールし、試験観測を実施する。

ハードウェアとソフトウェアのどちらも大幅にアップデートされるため、試験観測ではこれまでに得られた観測データとの比較を行い、また条件を異なる観測モードなども試すことで、堅牢で効率的かつ柔軟なシステムとして稼働することを確認する。必要に応じて特にソフトウェアの改修なども行い、NASCO サーベイ観測を開始するつもりである。

実際の本計画の成果は、さらに今後数年間にわたる継続的な望遠鏡の運用と科学観測の実行、さらにデータ解析を経る必要がある。最終的には全天の 70% をカバーする分子雲の地図を完成させることが目標であるが、その間に得られたデータについても、順次学会や論文で発表する予定である。

研究の発表

1. NASCO に向けた NANTEN2 制御系の開発: 4. 2017 年度の進捗, 西村淳, 近藤高志, 立原研悟 他, 2018 年, 日本天文学会春季年会 口頭発表
2. NASCO 計画の開発進捗: 全体の報告, 山本宏昭, 木村公洋, 立原研悟 他, 2020 年, 日本天文学会春季年会 口頭発表
3. NASCO 計画の開発進捗: 試験観測による性能評価, 西岡丈翔, 山田麟, 立原研悟 他, 2021 年, 日本天文学会春季年会 口頭発表

誌上発表

1. HI, CO, and Planck/IRAS Dust Properties in the High Latitude Cloud Complex, MBM 53, 54, 55 and HLCG 92–35. Possible Evidence for an Optically Thick HI Envelope around the CO Clouds, Fukui, Y., Okamoto, R., Tachihara, K. et al., 2014, ApJ, 796, 59
2. Development of a new software system for radio telescope using robot operating system, Kondo, H., Matsumoto, T., Tachihara, K. et al., 2020, Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers (SPIE) Conference Series, 11452, 114523M
3. Development of the new multi-beam receiver and telescope control system for NASCO, Nishimura, A., Ohama, A., Tachihara, K. et al., 2020, Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers (SPIE) Conference Series, 11453, 114533Z
4. An intermediate-velocity H I cloud falling to the galactic disk; Possible evidence for low-metallicity H I gas originating outside the galactic disk, Fukui, Y., Koga, M., Tachihara, K. et al., 2021, PASJ, 73, S117-S128
5. The Gamma Ray Origin in RXJ0852.0-4622 Quantifying the Hadronic and Leptonic Components: Further Evidence for the Cosmic Ray Acceleration in Young Shell-type SNRs, Fukui, Y., Aruga, M., Tachihara, K., et al. 2023, ApJ, in press