

学位論文の要旨

氏名	松尾 光洋
学位論文題目	野辺山 45m 電波望遠鏡による銀河系外縁部分子雲の観測的研究

本論文は、我々が所属している天の川銀河の外縁部に存在する分子雲に着目し、野辺山45m電波望遠鏡を用いて広範囲の分子雲サーベイを行うことで、これまで見つかったどの分子雲よりも遠方に存在する分子雲を検出したこと、銀河系外縁部分子雲の分子雲半径や線幅、CO光度質量といった物理量が銀河中心距離 $R \sim 14$ kpcで大きく変化することを明らかにしたことをまとめたものである。

第1章は、この論文の内容を議論するにあたって必要な背景や問題点をまとめ、本論文における研究の目的を述べた。まず、分子雲とは星を形成する母体であり、星形成を理解するために分子雲の性質を知ることが重要となる。銀河系外縁部においては、星密度、ガス密度、星形成率、金属量といった物理量が R の増加に伴い減少していることがわかっている。そのため、銀河系中心から離れるほど、初期宇宙や銀河形成時の環境に近づくと考えられ、そのような環境における星形成の理解は不十分であり、そのような環境をもつ領域として銀河系外縁部が最も近傍にあるため、研究対象として適切である。しかし、これまでの銀河系外縁部分子雲サーベイは分解能が粗い、限定的な高分解能サーベイという現状であるため、野辺山45m望遠鏡を用いて高分解能高感度で分子雲探査をすることを目的とした。

第2章は、Nobeyama Outer Galaxy Survey (NOGS)による銀河系外縁部方向の $^{12}\text{CO}(J=1-0)$ サーベイにより、これまでで最も遠方に存在する分子雲 (G213.042+0.003)を検出し、星形成の可能性を議論したものである。これはKiso Outer Galaxy Surveyで若い星が

$R = 30$ kpcまで存在していることが示唆されていたため、その領域に対して野辺山45m望遠鏡で観測したところ、 $R = 29$ kpcに分子雲を検出することができた。系外銀河においても可視光ディスクよりも広がった場所でUV放射をするような若い星の存在が示唆されており、分子雲の存在が期待されながらも、原子ガス面密度が $< 2 M_0 \text{ pc}^{-2}$ の低ガス密度領域では分子雲を検出できていなかった。したがって、系外銀河での観測にも検出限界の指標を与え、さらに銀河系外縁部が低ガス密度領域における分子雲の検出においても有利であることを示した。G213.042+0.003にはYSOが付随していないが、ビリアル解析によると自己重力により束縛されていることから今後星形成がある可能性があることを議論した。

第3章は、FUGIN (FOREST Ultra-wide Galactic plane survey In Nobeyama)プロジェクトの一環として、銀河系第3象限に対するCOサーベイを行い、それで得られた分子雲の物理量の動径変化を議論したものである。第2章で $R > 20$ kpcに検出された分子雲が1天体のみであったことと、NOGSの観測領域が2.75平方度と狭い範囲だったことから、同様の距離に他の分子雲が存在するかどうかを調べ、その性質を知るために、広範囲の分子雲サーベイを行った。これまでで3年間の観測を行い、計48平方度の観測をすることができた。この結果、 $R \sim 14$ kpcで分子雲半径、線幅、CO光度質量といった物理量が大きく変化することがわかった。系外銀河において観測された全ガス量に対する分子ガス量の比(f_{mol})を説明するには星ディスクが必要であると言われている。したがって、 $R \sim 14$ kpcでの物理量の変化は星ディスクに起因するものと考えられ、さらに $R > 14$ kpcでは低ガス密度領域であることがわかった。

第4章は、大規模な2つの分子雲サーベイから得られた結果をもとに、これまでで最も遠方に見つかった分子雲についてまとめ、そして銀河系外縁部における分子雲の物理量の動径変化について総括した。さらに、これらの結果から銀河系外縁部における分子雲研究に関しての今後の展望について述べた。

Summary of Doctoral Dissertation

Title of Doctoral Dissertation:

An observational study of molecular clouds in the outer Galaxy with the Nobeyama 45-m radio telescope

Name: Matsuo Mitsuhiro

This thesis mainly comprises discussions about the detection of the most distant molecular cloud (G213.042+0.003) to date and the changes of properties of molecular clouds with respect to Galactocentric distance in the outer Galaxy based on observations with the Nobeyama 45-m radio telescope.

Chapter 1 gives summary about the backgrounds and problems, and the purposes of this thesis are mentioned. It is important to understand properties of molecular clouds in order to understand star formations because molecular clouds are parent bodies of stars. The physical quantities of stellar density, gas density, star formation rate, and metallicity decrease with Galactocentric distance. The environment becomes close to that of the early universe or the early phase or formation of the Galaxy with the increase of Galactocentric distance. The star formations in the environment are not understood and the outer Galaxy region is appropriate to study star formation in the environment. Because the molecular clouds surveys in previous work are coarse resolution and limited area, it is necessary to survey molecular clouds with high spatial resolution and high sensitivity.

Chapter 2 discusses the most distant cloud (G213.042+0.003) to date detected through the Nobeyama Outer Galaxy Survey (NOGS). The CO surveys were carried out for the region detected OB stars to $R = 30$ kpc. No CO emissions were detected in the region of low atomic gas surface density less than $2 M_{\odot} \text{pc}^{-2}$ in nearby galaxies. Therefore, Our finding gives restrictions of detection limits for the observations in nearby galaxies and shows that the observations for outer Galaxy is effective in terms of detections of molecular clouds in low gas density. G213.042+0.003 is self-gravitating by virial analysis and absent YSOs. Therefore, G213.042+0.003 seems to be very early phase, and there is possibility to form stars.

Chapter 3 presents results obtained by the ongoing project FOREST Ultra-wide Galactic plane survey In Nobeyama (FUGIN), which is the large field $^{12}\text{CO}(J=1-0)$, $^{13}\text{CO}(J=1-0)$, and $\text{C}^{18}\text{O}(J=1-0)$ line survey for molecular clouds in the third Galactic quadrant. Because only one cloud detected by NOGS and NOGS survey was small region, the large survey is carrying out in order to survey molecular clouds in the extreme far outer Galaxy and examine the nature of clouds. 48 square degree observed to date. It was found that the physical parameters drastically change at $R \sim 14$ kpc. The changes are discussed with relevance to the star disk.

In Chapter 4, the most distant cloud to date and the statistical properties of clouds in the outer Galaxy are summarized, and future prospects of the study of molecular clouds in the outer Galaxy are mentioned.