

学位論文の要旨

氏名

小出 風人

学位論文題目

銀河系外縁部における星形成領域の観測的研究

本論文は、VERA (VLBI Exploration of Radio Astrometry)による年周視差測定とミリ波電波望遠鏡による分子雲データに基づき、銀河系外縁部における大質量星形成の要因について研究した結果をまとめたものである。

第1章では、大質量星形成に関する研究の背景、銀河系外縁部における星形成の研究の意義と目的が述べられている。大質量星は小・中質量星と比較して数が少なく、形成の要因について未だ解明されていない点が多い。近年、大質量星形成の要因として、分子雲衝突が重要視されている。特にガス密度の低い銀河系外縁部では、分子雲衝突が大質量星形成の誘発の主な要因である可能性があり、その観測的調査は重要である。

第2章では、VERAを用いた位置天文観測によるIRAS 01123+6430の年周視差測定の結果と、銀河系内における位置と運動について述べられている。解析の結果、年周視差は 0.151 ± 0.042 mas、距離は $6.61^{+2.55}_{-1.44}$ kpcと求められた。また公転速度は 239 ± 22 km/sであり、銀河系外縁部の回転曲線はほぼ一定であることを支持した。年周視差測定による距離と赤外フラックス密度から、YSO (Young Stellar Object)のスペクトル型はB1-B2であり強いUV放射によるHII領域を形成していることが分かった。また銀河系上における位置は、銀河系第2象限の、はくちょう座腕にあることが分かった。

第3章では、FCRAO (Five College Radio Astronomical Observatory) 14mミリ波望遠鏡による $^{12}\text{CO}(J=1-0)$ サーベイデータの解析結果に基づき、IRAS 01123+6430に付随する分子雲の構造について述べられている。サーベイデータの調査の結果、円弧状の構造と直線状の構造を持った分子雲が検出され、Takahira et al. (2014)による分子雲衝突のモデルと形状が一致している事が分かった。特に相対速度が3-5 km/sの遅い分子雲衝突で形成が起こった場合のモデルと良く一致していることが示された。

第4章には、銀河系外縁部における分子雲衝突に伴う大質量星形成の2例目の候補として、WB886についてVERAによる位置天文観測の結果がまとめられている。WB886は銀河系第3象限に属しており、年周視差測定から 0.349 ± 0.052 mas、距離は $2.86^{+0.50}_{-0.37}$ kpcとなった。赤外線フラックス密度との見積もりから、YSOのスペクトル型はB0.5-1であることが分かった。IRAS 01123+6430と同様、B3より早期型であることから、強いUV放射を伴うHII領域であることが示された。

第5章には、野辺山45m望遠鏡を用いた銀河面サーベイFUGIN (FOREST Unbiased Galactic plane Imaging survey with Nobeyama 45m telescope)によるCO輝線観測と、その解析の詳細がまとめられている。検出された分子雲は、円弧状の形状をしており、近傍に三角状の構造が見られた。この構造は、分子雲衝突を起こした後にアウトフローを伴い移動するモデルでよく再現できることを示した。

第6章には、Arcetriカタログから選出した銀河系外縁部における H_2O メーザー源に付随する分子雲について、FCRAOとFUGINのCOデータを調査した結果がまとめられている。Arcetriカタログの1013個の H_2O メーザー源のうち、FCRAOデータでは7個、FUGINデータでは3個の H_2O メーザー源に円弧状の分子雲が付随しており、分子雲衝突によって大質量星形成が起こった可能性がある。

第7章では、本論文における各章の結論とまとめについて記述した。

Summary of Doctoral Dissertation

Title of Doctoral Dissertation: Observational study of star forming regions in the Outer Galaxy

Name: Koide Nagito

This thesis mainly comprises the study of the high-mass star formation in the Outer Galaxy, using the VLBI data and the ^{12}CO (J=1-0) survey data.

Chapter 1 gives the background of study into high-mass star formation, the significance of the study of star formation in the Outer Galaxy, and the purpose of this study. The origin of high-mass star formation is not explained well yet with conventional star formation scenarios. Recent researches pay attentions to the cloud-cloud collision (CCC) phenomenon as the trigger of the high-mass star formation. Especially in the Outer Galaxy where gas density is low, the CCC may be the main trigger in inducing massive star formation, and its observational investigation is important.

In Chapter 2, we discussed the result of annual parallax measurement and the position of IRAS 01123+6430 in the Galaxy, based on the VLBI observation by VERA. As the result of annual parallax fitting, the annual parallax was measured to be 0.151 ± 0.042 mas, which corresponds to a distance of $6.61^{+2.55}_{-1.44}$ kpc. And the rotation velocity is 239 ± 22 km/s, which suggests that the outer rotation curve is flat. Based on the estimation of the infrared flux density, the Young Stellar Object (YSO) has a spectral type of B1-B2, which forms the HII region by strong UV radiation. From the distance, IRAS 01123+6430 is located in the Outer arm of the second Galactic quadrant.

Chapter 3 also discusses the structure of the molecular cloud associated with IRAS 01123+6430 based on the ^{12}CO (J=1-0) survey data obtained with Five College Radio Astronomical Observatory (FCRAO). From the survey data, we detected the molecular cloud which has the arc-like structure and the linear structure. The shape of this cloud is consistent with the CCC model by Takahira et al. (2014), which is the slow relative velocity 3-5 km/s.

In Chapter 4, we discussed the astrometry of WB886 based on VERA observation, since it is the second candidate of the massive star formation triggered by the CCC in the Outer Galaxy. As a result of annual parallax fitting, the annual parallax was measured to be 0.349 ± 0.052 mas, which corresponds to a distance of $2.86^{+0.50}_{-0.37}$ kpc. Based on the estimation with the infrared flux density, the YSO has a spectral type of B0.5-B1 earlier than the type of B3, similar to IRAS 01123+6430, indicating that it is the HII region with strong UV radiation.

Chapter 5 also discussed the molecular cloud associated with WB886 from the ^{12}CO (J=1-0) survey data by FOREST Unbiased Galactic plane Imaging survey with Nobeyama 45m telescope (FUGIN) project. From the survey data, we detected the molecular cloud which has the arc-like structure and the triangle structure. This structure could be explained as a model of the moving star forming region with outflow after the CCC.

Chapter 6 presents some molecular clouds associated with H_2O maser sources, in the ^{12}CO (J=1-0) survey data of FCRAO and FUGIN. In the 1013 H_2O maser sources in the Arcetri catalog, we detected 7 arc-like clouds in the FCRAO survey data, and we detected 3 arc-like clouds in the FUGIN survey data. These clouds have the possibility of the high-mass star formation by CCC.

In Chapter 7, we summarized the conclusion of each chapter.