

# 論文審査の結果の要旨

氏名 佐藤 眞 弓

本論文は、日本の VERA 望遠鏡と米国の VLBA 望遠鏡の高い位置天文精度を用いて、HII 領域に付随する大質量星形成領域にある強い電波源（メーザー天体）の年周視差および固有運動を計測し、星形成領域の 3 次元的位置と視線速度の測定とを合わせた 3 次元運動という情報を新たに得て、星形成領域によって形作られると考えられる銀河系の渦状腕構造の解明を行った研究である。本研究は、従来の研究と比較して、星形成領域までの距離や領域の 3 次元的運動をより精度良く決めることができ、それによって、銀河系の渦状腕構造に関して新しい知見を与える重要な結果を導いている。

本論文は、8 章からなる。第 1 章は、イントロダクションであり、銀河の渦状腕構造研究の重要性、渦状腕構造の過去の研究結果のレビューや本論文の目標が述べられている。さらに、VLBI（超長基線電波干渉法）による位置天文観測方法と VERA および VLBA に関する説明が記述されている。

第 2 章では、銀河面から約 300pc 離れた大質量星形成領域である NGC281 に対して、VERA によって行った位置天文観測（距離と運動速度）の結果が述べられている。年周視差計測によって直接的に得られた距離は、系統誤差の評価に改善の余地があるものの  $2.82 \pm 0.24 \text{kpc}$  と求められ、NGC281 はペルセウス腕の奥側に位置すると結論づけられている。さらに、NGC281 内に検出したメーザー天体の系統的運動から、NGC281 が、銀河円盤内での爆発起源であることが示された。また、NGC281 の立体構造は、銀河面に対して平行方向に扁平で約 650pc の直径をもち、バブルの膨張が銀河円盤中の磁場によって円盤内に拘束されている可能性が示された。

第 3 章は、いて座腕にある星形成領域 G14.33-0.64 に対して VERA によって行われた観測結果が述べられている。年周視差測定により、距離は  $1.12 \pm 0.13 \text{kpc}$  と求まり、従来運動学的距離で求められていた距離より 2-3kpc 近いことが示された。従って、以前に指摘されていたいて座腕の非軸対象凹みは運動学的距離の誤差によるものだと示唆されている。

第 4 章には、いて座腕の W51 に対して VLBA を用いて観測した結果が記述されている。W51 の距離は、 $5.41 \pm 0.31_{0.28} \text{kpc}$  であり、また銀河回転に対する特異運動は小さいことが示された。

第 5 章は、VLBA を用いて OH43.8-0.1 と G45.07+0.13 に対する観測結果が示されている。OH43.8-0.1 の距離は、 $6.02 \pm 0.27_{0.24} \text{kpc}$ 、G45.07+0.13 は、 $5.95 \pm 0.38_{0.33} \text{kpc}$  であることが示された。

第 6 章では、位置計測精度とアンテナの仰角との関係が述べられている。W51、OH43.8-0.1、G45.07+0.13 のような赤緯が約 10 度前後の天体について調べたところ、アンテナ仰角が約 30 度以下の位置誤差の大きなデータを使わないことによって、位置計測精度が最大で 4 倍程度向上することが示されている。

第 7 章は、本研究で観測を行った 5 つの星形成領域の観測情報、さらには VERA と VLBA を用いた他の星形成領域天体の年周視差および固有運動の情報を組み合わせた結果を用いて、新しく得られた銀河系構造に関する研究成果が記述されている。第一には、W51 が腕の接点付近にあることを利用して、W51 までの距離から幾何学的に求めた銀河系中心までの距離が  $8.3 \pm 0.46$  (統計誤差)  $\pm 1.0$  (系統誤差) kpc と示されている。次に、3 つの銀河系腕（いて座腕、ペルセウス腕、オリオン腕）のピッチ角が求

められている。得られた結果として、いて座腕が  $14.3 \pm 3.2$  度、ペルセウス座腕が、 $14.2 \pm 5.7$  度、オリオン腕が  $27.8 \pm 6.5$  度、いて座—オリオン腕が  $26.3 \pm 1.7$  度と示されている。いて座腕とペルセウス座腕のピッチ角は、銀河系の 4 本腕モデルから予測される値とよく一致していること、さらにオリオン腕はいて座から W51 付近で分岐している可能性が示唆されている。また、他の可能性として、いて座—オリオン腕とした領域は、オリオン腕に属し、いて座腕が内側の渦状腕からより大きなピッチ角( $36.4 \pm 10.3$  度)で分岐している可能性も示唆されている。さらに、星形成領域の全体的な分布は、理論シミュレーションで示されている非定常的な渦構造モデルともよく一致しており、モデルもいて座—オリオン腕領域が 1 つの腕であることを示唆しているため、渦状腕構造は非定常モデルで再現できる可能性がでてきた。最後に、渦状腕全体の運動をみたとき、ペルセウス腕といて座腕の天体は銀河系回転に対して回転と反対方向(速度は負の値)に各々速度が  $-18 \pm 1 \text{ km/s}$ 、 $-25 \pm 2 \text{ km/s}$  と大きな特異運動を持っていることが示された。一方、オリオン腕と外縁部腕は特異運動が小さく、銀河系回転モデルを用いた円運動と一致している。また、局所静止基準(LSR)における銀河系回転速度は、 $233 \pm 9 \text{ km/s}$  と示された。

第 8 章は、結果のまとめ、および今後、高精度位置測定の数値を増やし、理論シミュレーションとの比較も行うことによって渦状腕構造とその起源のより明確な解明を目指す展望が記述されている。

以上の結果は、銀河系渦状腕の構造や運動速度に関して新たな観測結果から、銀河系渦状腕や星形成領域の理解に新しい知見を与えるものである。従来の測光距離または運動学的距離は仮定やモデルを介しており不定性が大きかった。今回の研究は、VERA や VLBA による高精度な年周視差計測により、直接的な距離測定やさらに新たな運動速度測定を行ったものであり、銀河系渦状腕構造の研究に重要な知見を与えるものである。なお、本論文は、廣田朋也氏、本間希樹氏、小林秀行氏、笹尾哲夫氏、Mark J. Reid 氏等との共同研究であるが、論文提出者が主体的にデータ解析や科学的成果の導出を行ったものであり、その寄与が十分であると判断する。よって、博士(理学)の学位を授与できるものと認める。