

# 論文審査の結果の要旨

氏名 吳 忠植

本論文は、3つの大質量星形成領域を選び国立天文台 VERA 観測網によって水メーザー天体の高精度位置天文観測をまとめたものである。年周視差および固有運動を高精度で測定し、それらから銀河系回転のパラメータやダークマターの存在および銀河系の太陽外周の特異構造などについて重要な知見を与えた。その後、これらの大質量星形成領域において生成されている天体が B 型星であることを距離計測から明らかにし、相互比較によって進化過程におけるメーザー発生や赤外線および電波放射の順序についても重要な知見が得られたものである。

本論文は5章からなる。第1章では銀河系の回転とダークマター、大質量星形成領域の特性および各種メーザー放射の特性について、および VLBI (超長基線干渉計) による位置天文計測について概説し、最後に本論文の目的について要約している。

第2章は観測に使用された VERA (VLBI Exploration of Radio Astrometry) システムについて述べ、観測期間中に測定された開口能率、アンテナビーム半値幅、指向および受信機特性などの基本特性を示している。

第3章では、観測対象となった大質量星形成領域 IRAS 06058+2138、IRAS 19213+1723、AFGL 2789 についてそれぞれ、光赤外および電波観測についてのまとめと、VERA による 2006 年から 2008 年にかけての 9 ないし 10 エポックの水メーザー観測結果を示している。各天体は数個から数十個の水メーザー放射領域 (以下、水メーザー源と呼ぶ) が存在する。VERA システムの特長である、参照天体による位相準拠法を利用して、これら水メーザー源個々の位置の変化を追跡する。各エポック間の水メーザー源の同定は視線速度の情報も考慮して行ない、固有運動と年周視差を求める。年周視差は天体毎に平均して、天体までの距離を決定する。固有運動もそれぞれ天体毎に平均し、これらを基に再度各水メーザー源の固有運動と年周視差を決定する手法でイタレーションを行ない、収束する事を確認している。このように求めた、それぞれの天体の水メーザー源の固有運動は、次章での銀河系内回転運動や天体の性質の議論に利用する。上記3天体の年周視差はそれぞれ、 $0.57 \pm 0.03$  mas、 $0.25 \pm 0.04$  mas、 $0.33 \pm 0.03$  mas で、対応する距離はそれぞれ  $1.8 \pm 0.1$  kpc、 $4.0 \pm 0.6$  kpc、 $3.1 \pm 0.3$  kpc である。ここで2天体の位置精度は 10% 以下の高精度で決定された。これらは全て、これまでに求められた最高の距離精度を与えたものとなった。

第4章の議論では、まず観測系の誤差を検討し、絶対位置計測について大気補正の残差が最大の誤差要因で  $0.3$ - $0.5$  mas となる事を示した。以降は前章の結果を踏まえて、いくつ

かの議論を行なっている。最初に各天体の固有運動と位置とを使いそれぞれの銀河系回転速度を導き、2007年に同様に VERA によって求められた S269 のそれと合わせて、太陽系近傍で銀河中心からの距離が 6 kpc から 14 kpc に渡って銀河系回転速度が基本的に 200 km/s とフラットである事を明らかにした。太陽より外側の銀河系回転速度の測定はこれまでに中性水素線や分子線の観測などで行なわれて来た。これらの視線速度の計測では、原理的に太陽より外側天体の距離の測定には不定性が大きく、これまではフラットであること、即ちダークマターの存在に対して明確な結論が出せなかった。本論文では年周視差の計測による回転運動を VERA により直接高精度で計測した。高精度で決められた点はこれまで1点であったが、それに今回複数の点を加えてフラットな回転曲線であることを初めて明確に示した。本論文により示されたこの意義は高く評価する。さらに、太陽の外側 2 kpc 程度にわたって回転速度の減少を示すことを指摘し、リング構造等の質量分布の存在を示唆した。また銀河系中心方向に向かう固有運動成分が 3 天体ともにあることに着目し、ペルセウス腕の影響、またヒッパルコス衛星の観測により決められた太陽系近傍の基準値 LSR の系統的な誤差の可能性などについて検討した。次に、3 天体までの距離が正確に決定された事により、それぞれの光度から、これらは物理的性質が似ている B 型星を持つ大質量星形成領域であることを明らかにした。水およびメタノールレーザー放射、電波、中間赤外、および遠赤外放射の有無を比較し、進化過程での放射について以下の議論をした。最も初期段階の IRAS 06058+2138 中にある MM2 で水レーザー放射および遠赤外放射が始まり、次に同 MM1 および AFGL2789 がほぼ同一の進化段階としてメタノールレーザー放射および中間赤外放射を示す。その後 IRAS 19213+1723 で電波放射が始まる一方、メタノールレーザー放射は止まるという描像を提案した。このような大質量星形成領域の各進化段階での特徴的な放射を明らかにする事は、進化の研究を進める上で重要な手がかりを与えるものであり、本論文はそれに大きく寄与することとなる。第5章には以上のまとめが記されている。

以上、本論文は数 kpc 離れた大質量星形成領域の距離を高精度で系統的に複数観測した研究として高く評価出来る。

なお、本論文の一部は小林秀行・本間希樹・柴田克典・廣田朋也・小山友明との共同研究であるが、論文提出者が主体となって解析及び論証を行ったもので、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

したがって、博士(理学)の学位を授与できるものと認める。