

氏名	中村卓史 なかむらたくし
学位の種類	理学博士
学位記番号	理博第 534 号
学位授与の日付	昭和 53 年 7 月 24 日
学位授与の要件	学位規則第 5 条第 1 項該当
研究科・専攻	理学研究科物理学第二専攻
学位論文題目	A Constraint on the Velocity Dispersion of the Missing Mass in the Solar Neighborhood (太陽近傍における失われた質量成分の速度分散についての制限)

(主査)  
論文調査委員 教授 林 忠四郎 教授 長谷川博一 教授 玉垣良三

### 論文内容の要旨

わが銀河を構成している各種恒星と星間ガスの空間分布や速度分布はこれまで多くの人によって調べられてきた。特に、太陽近傍における恒星の銀河面に垂直な方向の分布、すなわち、この方向の重力の分布を説明するのに必要な質量密度 ( $0.15 M_{\odot}/pc^3$  は、実際に観測されている恒星とガスの全質量密度の約 2 倍であることが知られている。最近、この未同定の質量は、観測されている恒星の持つ速度分散の  $1/2$  程度の小さい速度分散を持った暗い M 型星であるという観測結果が報告されているが、その真偽は現在のところまだ明らかでない。他方、銀河円盤が分裂しないという重力安定性の問題は、銀河の渦状腕を重力的な密度波として説明しようとする密度波理論の発展と関連して、これまで多くの人によって研究されてきた。しかし、これらの研究においては、上記の未同定質量成分が存在すること、またその速度分散が不明であることは考慮されていない。

主論文は、異なった速度分散を持つ多成分の恒星からなる銀河円盤の重力安定性を一般的に調べ、特に 2 成分の場合について、詳しい数値計算を行なった結果を太陽近傍の領域に適用して、領域が重力的に安定であるためには、未同定質量成分の速度分散はある臨界値以上の大きい値を待たねばならないことを明らかにしたものである。

申請者はまず、銀河円盤が無限に薄いという近似的な場合について、重力不安定性の一般論を展開している。すなわち、多成分の恒星系を考え、その各々は異なった表面密度と速度分散を持つ等温ガスであるとして、密度変化の摂動方程式から多成分系の分散関係式を導出して、その解析を行ない、次のような結論を得ている。どれか一つの成分が、その成分の表面密度できまる臨界値よりも小さい速度分散を持つ場合には、大きな速度分散を持つ他の成分をどれだけ付加しても、系は必然的に重力不安定である。さらに、第 1 成分を観測されている星、第 2 成分を未同定の星とした 2 成分系の場合について、上記の分散関係式の数値解を求めて、太陽近傍の領域に適用している。その結果、太陽近傍の質量の全表面密度として、銀河の回転則をよく説明する Schmidt モデルの値を採用した場合、未同定成分の速度分散が観測されてい

る成分の速度分散より大きくないと、太陽近傍は重力的に不安定であることを見いだしている。

次に申請者は、現実の銀河の持つ厚みを考慮した場合の重力安定性の問題を解いている。まず、銀河は異なった速度分散と質量密度を持つ等方的な等温ガスの混合系であるとみなして、銀河面に垂直な方向の重力平衡の式を数値的に解いて、種々の平衡モデルを構成する。次に、このモデルにリングモードの密度の摂動を与えた場合の安定性は、固有振動数が零であるという中立安定の条件によって判別できることを一般的に証明している。この中立安定の場合の摂動の振幅は、Schrödinger 型の連立方程式で記述されるが、これを適当な境界条件の下で数値的に解くことによって、永年方程式の形をした分散関係式を導出している。この分散関係式を解析することによって、銀河が安定であるために必要な、各成分の速度分散の臨界値は、銀河の厚みを無視した場合の値の約 0.7 倍であることを見いだしている。さらに、2 成分の場合について太陽近傍の領域に適用して、未同定成分の速度分散が、観測されている成分の速度分散の方向平均値 35 km/sec の少なくとも 0.7 倍以上でないと、太陽近傍は重力的に不安定であること、また 0.7 倍に等しいときの平衡モデルでは、銀河面に垂直な方向の重力分布が観測値とほぼ一致することを見いだしている。

最後に、恒星の速度分布の異方性を考慮に入れた場合の分散関係式をも導出して数値解析を行ない、上記の結論がほとんど変化しないことを確認している。

参考論文 1 と 2 は、電磁相互作用と弱い相互作用を統一した Weinberg 理論における場の対称性の自発的破れの問題を、中性子星や宇宙初期の高密度物質の場合について論じたものである。参考論文 3 は、自由なクォークの存在は熱い宇宙モデルの結論と矛盾することがこれまで指摘されていたが、宇宙初期に質量を持ったニュートリノが縮退して存在したものとすると矛盾が解消することを示したものである。参考論文 4 は、荷電したブラックホールに荷電スカラー粒子の波が入射した場合の超放射現象を調べたものである。参考論文 5、6 と 7 は、自己重力系としての銀河の密度波を線型近似のもとに調べたもので、一般に種々のモードの波が励起されて渦状腕に生長する可能性を論じている。参考論文 8 と 9 は、上記の密度波の非線型現象を調べていわゆるエンベロープソリトン解が存在しうることを示し、その渦状腕への適用可能性を論じたものである。

### 論文審査の結果の要旨

わが銀河内の恒星と星間ガスの分布は多くの人によって調べられている。特に、太陽近傍の観測は最も精密であって、銀河面に垂直な方向の星の速度分布と空間分布から重力場の分布がわかり、これから質量密度  $0.15 M_{\odot}/pc^3$  が求められている。これに対して、直接に観測されている恒星と星間ガスの総計の質量密度は上の値の約半分であって、残りの半分の未同定の物質がどのような質量と速度分散を持った星であるかは現在のところ明らかでない。他方、銀河円盤の質量密度が十分大きい場合、または星の速度分散が十分小さい場合には、円盤が自己重力によって細かく分裂するという重力的不安定性の問題がある。

主論文は、上記の未同定の恒星は観測されている恒星とは一般に違った速度分散を持つものとして、一般にこのような多成分の恒星からなる銀河円盤の重力的安定性の条件を解析的かつ数値的に求めることに成功したものである。また、その結論として、太陽近傍の領域が重力的に安定であるためには未同定の恒

星の速度分散は観測されている星の速度分散 (35 km/sec) の少なくとも 0.7 倍以上でなければならないことをはじめて明らかにしている。

申請者はまず、銀河が無限に薄い場合について多成分系の安定性の問題を一般的かつ解析的に解き、ついで厚みを持った現実の銀河について、等方的な速度分布を持つ 2 成分系の問題を数値的に解くことによって上記の結論を導くことに成功している。さらに、速度分布が異方性を持つ場合でもこの結論が変らないことを確かめている。

以上の主論文は、異なった速度分散を持つ多成分の恒星からなる銀河の重力的不安定性の条件をはじめて明らかにしたものとして、銀河の構造や進化の理論の発展に寄与するところが少なくない。なお、参考論文はいずれも、申請者が天体物理学、一般相対論、素粒子物理学などの広い分野にわたって豊富な知識と優れた研究能力を持っていることを示している。

よって、本論文は理学博士の学位論文として価値があるものと認める。