

氏 名	かん や ゆき とし 官 谷 幸 利
学位(専攻分野)	博 士 (理 学)
学 位 記 番 号	理 博 第 1794 号
学位授与の日付	平 成 9 年 3 月 24 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 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	On dark halos of galaxies and their dynamical evolution (銀河のダークハローとその力学的進化)

論文調査委員 (主 査)
教 授 佐 藤 文 隆 教 授 小 山 勝 二 教 授 堀 内 昶

論 文 内 容 の 要 旨

渦巻銀河には、星、ガスなどの、電磁波で観測できる成分の他に、ダークハローと呼ばれる領域が存在すると考えられている。例えば、渦巻銀河の回転速度の観測からはダークハローの質量は電磁波で輝いている質量より重く、銀河の質量の大部分を担っていることになる。またダークハローを構成する成分は銀河の形成、進化においても重要な役割を果たしたと考えられている。申請論文はこのダークハローに関するものであり、近年の microlensing を含む観測的知見から得られる力学モデルパラメータの考察ならびに銀河形成の相互作用シナリオをもとにしたダークハロー間の相互作用を理論的に扱う試みをおこなった研究の二部構成になっている。

銀河のダークハローが何から構成されているかという問題は宇宙物理学における古くからの大問題である。近年の microlensing という新しい観測によって、我々のダークハローには、MACHO と呼ばれる、太陽質量程度の小天体が分布していることが、明らかになった。例えば、背景の大マゼラン雲の星と観測者の間を、MACHO が通過すると、その重力によるレンズ現象によって、背景の星が増光する。このような microlensing 現象は1993年に初めて発見された。その後の継続観測によって情報が蓄積されている。

microlensing 現象を支配するの重要な量は、optical depth である。これは視線上の MACHOs の密度分布、背景の星までの距離、および microlensing による増光の event の観測限界で決まる。一方、密度分布は銀河系の力学モデルと関係する。これまでの力学モデルの考察では太陽の位置より外側ではモデルに大きい不定性があった。申請論文ではこの不定性を microlensing の観測知見と力学モデルから計算される optical depth を比較して狭めようとする考察を行っている。その結果、これまでの観測では optical depth の不定性は1桁程度あり、この不安定性を小さくするには、銀河の外側の構造をもっと精度よく決定することが重要である事を示した。また申請者は観測によって得られた optical depth の値から銀河系の MACHOs の総質量にどのような下限が付けられるかをさまざまな分布モデルを用いて論じ、 5×10^{10} 太陽質量という下限を得ている。

次に申請論文の第二の部分では、ダークハローの相互作用の理論的考察を行った。近年の遠方の銀河の観測によって、早期の銀河進化では銀河同士の相互作用が大きな役割を果たす可能性が示唆されている。銀河間の相互作用についてはシミュレーションによる多くの研究はあるが、これでは基本的な物理過程がみえにくい。特にダークハロー成分の力学的過程は、銀河の合体の rate を決定する重要な過程であるが、具体的な物理過程について理解があるとは言えない。一般に銀河同士の合体の rate は、銀河間の内部運動エネルギーに変換される過程で決まると考えられる。そしてこれは、銀河間の相互作用による重力場の変動と、銀河内の粒子の軌道運動との共鳴によっておこると期待される。

一方、銀河は近似的には、ダークハローのみからなる系として扱うことができ、またダークハロー成分は無衝突重力系として記述される。そこで申請者は、無摂動状態では球対称の、二つの無衝突系が、互いに重力的に束縛されて、弱く相互作用をしている場合について、内部運動にたいする摂動論的な解析を行った。この際、無衝突系のモデルとしては、Hénon's isochrone model を用い、二つの系が互いの周りを円運動している場合について計算した。そして、運動エネルギーの変換効率に対する、共鳴の効果の寄与を計算した。その結果、重力場の変動と粒子の運動の共鳴が、運動エネルギーの変換において、主要な役割を果たしていることを明らかにしている。

論文審査の結果の要旨

銀河のダークハローの問題は長く銀河ディスクとその周辺の観測情報と無衝突重力粒子系の力学モデルの観点から議論されて、その出発点に大きな差があったが、最近の microlensing 観測による情報はその間に新たな関係をつける可能性をもっている。

現在の銀河系の観測の範囲では microlensing の optical depth の理論的な予測が一桁程度の不定性を持つが、申請者は、このような大きい不定性が生じるのは、銀河中心から 20 kpc 程度の距離までの回転曲線と、太陽と銀河中心までの距離とが、よい精度で測定されていないことが主な原因であると分析している。銀河系の外側の回転曲線の観測では、近年新しい方法による、従来よりも精度のよい測定が行われ始めており、申請者の指摘は銀河系の大域的構造の決定に対し、microlensing という観点から目標を設定していることは評価できる。また、太陽と銀河中心の距離についても、VERA 計画等の、高精度の銀河系観測計画に対し、microlensing の側から動機を与えている。申請者はさらに、観測的に得られた microlensing の optical depth から、銀河内の MACHOs の総質量の下限を求めているが、これは銀河形成論に示唆を与えている。このように microlensing という新しい観測と他の観測情報を関連付けて分析している点は評価される。

申請論文の後半では銀河ダークハロー間の相互作用を二つの無衝突系系間の摂動論が展開されている。銀河間相互作用についてはこれまでもシミュレーションによる研究があるが、物理過程の詳細を調べる目的で、解析的なアプローチで取り組んだのは、申請者が初めてである。また、従来の、一つの球対称無衝突系に外場を加えた摂動論の処法を二つの無衝突系間の弱い相互作用に対して使えるように拡張している。申請者は、無衝突系の相互作用においては重力場の変動と粒子の運動の共鳴が、運動エネルギーの輸送において、主要な役割を果たすことを指摘している。

以上に述べたように申請論文で銀河のダークハローの研究に対する新しい考察を含んでおり、今後の諸過程を含む総合的な銀河構造論、銀河形成論への重要な寄与を含んでいると認められる。

参考論文はいずれも銀河構造に関連したものであり、申請論文に関連するものである。よって、本論文は博士の学位論文として価値あるものと認めるものである。

なお、本論文および参考論文に報告されている研究業績を中心として、これに関連した研究分野について試問した結果、合格と認めた。