

氏 名	桐原 崇亘			
学 位 の 種 類	博 士 (理学)			
学 位 記 番 号	博 甲 第 8018 号			
学 位 授 与 年 月 日	平成 29 年 3 月 24 日			
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第4条第1項該当			
審 査 研 究 科	数理物質科学研究科			
学 位 論 文 題 目	Numerical study of internal structure of galaxies via minor merger events in M31 (M31 におけるマイナーマージャー現象を用いた銀河の内部構造の数値的研究)			
主 査	筑波大学教授	理学博士	梅村 雅之	
副 査	筑波大学教授	博士(理学)	久野 成夫	
副 査	筑波大学准教授	博士(理学)	森 正夫	
副 査	筑波大学講師	博士(理学)	吉川 耕司	
副 査	東北大学教授	博士(理学)	千葉 柁司	

論 文 の 要 旨

宇宙論の標準モデルである宇宙項を加えたコールドダークマター (Λ CDM) 理論は宇宙の大規模構造の性質を非常によく説明しているが、銀河以下のスケールにおいては、観測との間で幾つかの深刻な矛盾が存在する。宇宙論的な数値シミュレーションによると球対称平均したダークマターハローはユニバーサルな形状をしており、密度分布は中心部で半径の -1 乗、外縁部で半径の -1 乗比例して小さくなることが指摘されている。しかしながら、銀河の外縁部では、星やガスの密度が低いため、これまで観測によって密度分布を評価することは極めて難しかった。しかしながら、アンドロメダ銀河 (M31) の外縁部で発見された100 kpc以上に延びた2つのステラーシェルの巨大なステラーストリームは、外縁部のダークマター分布を知る重要な情報を与えている。本論文のPART Iでは、M31のステラーシェルとステラーストリームを説明するために、矮小銀河との衝突のモデル計算を行い、これによってM31におけるダークマターハローの外縁部密度分布に対する制限を求めた。その結果、矮小銀河との衝突によってステラーシェルとステラーストリームを再現するには、外縁部密度分布冪のパラメータ α ($\rho(r) \propto r^\alpha$) に対して $-4.3 < \alpha < -3.0$ の範囲にある必要があるという結果を得た。この結果は、M31のDMハローの外縁部密度分布が宇宙論的 N 体シミュレーションで予言される値($\alpha = -3$)よりも小さくなることを示唆している。さらに、M31北西ストリーム(NWS)のを作った矮小銀河の性質・許される軌道・物理量を調査した。その結果、許される軌道要素は、M31の手前側に伸びてくるか奥に伸びていくかの2通りに分けられるという結果を得

た。さらに、矮小銀河は、少なくとも質量が $2 \times 10^6 M_\odot$ 以上、半光度半径が100 pc以上であるという制限を付けることに成功した。Part IIでは、ステラーストリームの内部構造に矮小銀河の形態の違いが与える影響はを調べた。本研究は初めて円盤矮小銀河を用いた矮小銀河衝突による大規模で系統的な探査を行った。 N 体シミュレーションにおいては、矮小銀河円盤の厚さ・回転・円盤の初期の傾け方を系統的に変化させた。観測される構造を再現するためには、円盤矮小銀河の回転が必要であることが分かった。さらに、観測されるステラーストリームや2つのシェル状構造を詳細に再現したことで、今後の観測へさらなる構造の存在を予言した。そして、矮小銀河の中心付近が星団として残る場合に、位相空間上での質量密度分布により発見することができるということ、西側のシェル状構造に方位各方向の金属量勾配が生じること、M31の北西方向にさらに広がったシェル構造が得られ、それによって矮小銀河の性質に制限を付けられることを予言した。

審 査 の 要 旨

〔批評〕

Λ CDM 宇宙モデルによれば、銀河はより軽い銀河の度重なる衝突を階層的に経験しながら成長してきた。それゆえ、現在の局所銀河群は宇宙の階層的構造形成の歴史を記憶していると考えられる。本論文では、近年の測光・分光観測で見つかったアンドロメダ銀河のステラードブリやステラーストリームの存在に注目し、矮小銀河との衝突モデルを考えることにより、衝突の結果作られる潮汐ストリームと観測を比較することで、ダークマターハローの分布や衝突する矮小銀河に対する制限を導き出した。この研究により、標準的な Λ CDM 宇宙モデルから予言されるダークマターハローの外縁分布は、観測を説明できないことを明らかにし、これまでの理論モデルの見直しが必要であることを示した。この知見は、今後宇宙論と銀河形成論を論ずる上で、極めて重要であり、その学術的価値は高く評価される。

〔最終試験結果〕

平成29年2月15日、数理物質科学研究科学位論文審査委員会において審査委員の全員出席のもと、著者に論文について説明を求め、関連事項につき質疑応答を行った。その結果、審査委員全員によって、合格と判定された。

〔結論〕

上記の論文審査ならびに最終試験の結果に基づき、著者は博士(理学)の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。