

氏名	エリアニ <b>Eliani</b>	アルディ <b>Ardi</b>
学位(専攻分野)	博士 (理 学)	
学位記番号	理 博 第 2103 号	
学位授与の日付	平成 11 年 5 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・宇宙物理学専攻	
学位論文題目	Fundamental Processes in Gravitational N-Body System in the Expanding Universe	

論文調査委員 (主査) 教授 稲垣省五 教授 齋藤 衛 助教授 石沢俊亮

### 論 文 内 容 の 要 旨

主論文における申請者 Eliani Ardi 氏の主たる研究テーマは膨張宇宙における重力 N 体系の基本過程として重要な、力の分布と銀河間の二体緩和時間である。

銀河力学の基本問題の一つは、宇宙の大規模構造における銀河団の構成員である銀河に働く力の性質を調べることである。その力は平均化された滑らかな分布による力と近傍の銀河による急激に揺らぐランダムな力に分けられる。膨張宇宙の N 体数値実験を用いて、重力による集団化の前と後で、力の分布がどのように変わるかを調べた。特に集団化が強くなった後では、力の分布はほとんど最近傍の銀河の寄与によって決まることがわかった。このことは銀河の集団化には最近傍銀河衝突が主要な役割を演じていることを示している。

銀河同志の重力による散乱の結果、銀河は軌道を曲げられて初期軌道の記憶を失う。その時間スケールが二体緩和時間である。非膨張系における緩和時間は、一様な個数密度の粒子系の中を進むテスト粒子が場の粒子と行う二体衝突によって、90 度だけ軌道が曲げられる時間として定義される。しかし、膨張宇宙では従来の緩和時間の公式は使えない。銀河の速度は、重力の影響を無視した自由運動のときでも、時間と共に減少するからである。

膨張宇宙における緩和時間を決定するために、散乱問題を再定式化し、宇宙膨張による断面積の時間変化を考慮する散乱体積の方法を開発した。まず、小さい散乱角の散乱を無視しても膨張している場合それほど悪くないことを示した。次いで、アインシュタインード・ジッター膨張宇宙において、色々な初期条件（衝突する銀河の初期位置と初速度）に対する等質量二体運動の軌道を計算し、同じ初期条件に対する自由運動の軌道からのズレが大きくなる時間（散乱時間）を決定した。これを用いてある時間までに散乱をうけた全体積を色々な初速度に対して求める。場の銀河の個数密度×散乱体積=1 の条件から（一つの初速度に対する）等質量系における緩和時間が決定される。

この緩和時間を用いると、現在の典型的な大きい銀河団における銀河の個数密度を赤方変位  $z = 10$  まで戻した個数密度では、宇宙膨張の為に非膨系より緩和が 10 倍長くなることが分かった。

### 論 文 審 査 の 結 果 の 要 旨

宇宙における大規模構造の形成は宇宙論の最も重要な問題の一つである。その構造を調べる方法として二体相関関数やある体積の中に銀河を発見する確率の手法がある。Saslaw and Hamilton (1984) は重力を含めた熱力学に基く銀河の発見確率関数を理論的に導いた。Crane and Saslaw (1986) は Zwicky catalog の銀河の観測された分布がその発見確率分布と非常に良く一致することを見だし、膨張宇宙がなぜ熱力学的平衡状態にあるのかという驚きを人々に抱かせた。申請者の論文の背景にはこの問題が横たわっている。膨張宇宙における銀河間のエネルギー交換の時間スケールを考える動機はここにある。重力の背景には何らかの熱力学的平衡状態があるのかも知れない。申請者はこの問題の解答を与えることはできなかったが、問題意識を捨ててはいない。

変動していない系における二体緩和時間は、S.Chandrasekhar (1943) の “Principles of Stellar Dynamics” によってほぼ完全な定式化がなされた。しかし、変動している系における緩和時間の研究はまだなされていなかった。

申請者の論文は膨張している等質量系における緩和時間に関する最初の研究である。申請者が開発した散乱体積の方法はその物理的なイメージが明瞭であり、かつ極めて独創的である。今後、変動する重力系の中における緩和時間の評価のスタンダードとなる優れた研究であり、博士（理学）の学位論文として価値あるものと認める。また、平成11年3月17日、論文内容とそれに関する事項について試問を行った結果、合格と認めた。