

氏 名	山 田 雅 子
学位(専攻分野)	博 士 (理 学)
学 位 記 番 号	理 博 第 2172 号
学位授与の日付	平 成 12 年 3 月 23 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	The Role of Thermal Processes in the Early Stage of Galaxy Formation (銀河形成の初期段階に於ける熱的過程の役割)

論文調査委員 (主 査) 教 授 佐 藤 文 隆 教 授 九 後 太 一 教 授 小 山 勝 二

論 文 内 容 の 要 旨

膨張宇宙初期での銀河形成過程の解明は深宇宙観測データの発展などにより、近年著しい進展を遂げている。しかし、現在までにコンセンサスの得られている理論的シナリオは原始密度揺らぎの重力収縮による進化といった大枠を大きく超えるものではなく、観測の進展と比較するには程遠いと言わざるを得ない。多様な観測と比較し得る高度なシナリオの描像を構築するには、シナリオの背景となる種々の仮定を再検証し、個々の過程をできる限り正確に理解することが必要である。

こういう観点に立って、申請論文では原始銀河雲の初期段階、特にその後の進化を決定付ける重要な過程である熱的過程の役割を集中的に解析した。具体的には、1) 熱的不安定の分裂過程での役割、および2) 重力不安定による分裂スケールへの影響、の2点を議論した。

密度ゆらぎはまずディスク状に収縮し、この超音速収縮で衝撃波が発生するが、ここでは星形成にむけてさらに進化する衝撃波後方のガスの振る舞いを考えることにする。

まず第1の点についてはディスク状に圧縮されたガス平板の安定性を線形解析で調べた。このような解析はこれまで輻射性衝撃波の大域的熱的不安定性の問題として球面衝撃波に対して行われているが、系の形状の違いからディスク状収縮への直接の応用はできない。申請論文は広いパラメータ領域でこの解析を行い、最大成長率を持つ波長は無限大であること、したがって大域的熱的不安定性は分裂過程に有限のスケールを持ち込まないことを意味する。さらに局所的不安定性の議論から一般に熱的不安定性は特徴的な分裂スケールを生成しないことを結論した。

第2点については分裂は重力不安定で起こると仮定し、1次元定常流での分裂スケールと、その初期条件依存性を考察した。衝撃波過熱を受けた原始組成ガスが非平衡冷却を受けると、再結合より短時間で冷却が進むことにより生じる過剰電子を介して水素分子が生成され、低温($\leq 10^4$ K)まで冷却する事が可能なことが知られている。しかし同時にガスは圧縮を受けるためジョーンズ質量も減少することから、分裂スケールは重力不安定と系の力学的進化時間(定常流のためは冷却時間で決まる)の兼ね合で決まると考えられる。

申請者は重力不安定と系の力学的進化時間を計算し、前者が後者より速くなった時点を分裂とみなして分裂時のジョーンズ質量を計算した結果、分裂質量スケール及び分裂時の温度は2通りに分岐した。これは初期条件により2つのタイムスケールの比が異なるためであり、初期条件が原始雲の収縮過程で決まると考えれば、原始雲の質量によりその後の進化が異なることを示唆する。

階層的凝集モデルと組み合わせ、原始雲進化の分岐質量($\sim 10^8 M_\odot$)が最初の銀河の質量を与える可能性、及び早期型銀河の種族への分岐への影響に関する仮説を提唱した。

論 文 審 査 の 結 果 の 要 旨

宇宙の深部観測で銀河形成の多様な姿が見えてきており、銀河形成論は原始ガス雲の熱的、力学的振る舞いが重要な課題

になっている。近年、これに対して非平衡熱的過程を取り入れた大規模流体数値シミュレーション計算もなされているが、このような計算の正確な解釈のためにも個々の物理過程の十分な理解が必要である。

申請論文は種々の過程の中で特に原始銀河雲の進化初期段階に於ける熱的過程の役割について論じており、時宜を得た研究であり評価できる。

申請者は重力不安定とは別に大域的熱的不安定性が重要な分裂過程となる可能性を単純化したモデルを用いて一般的に解析した。球面衝撃波に対する過去の同様な計算結果より徹底したパラメーター・サーチにより有限波長を持つ最大成長モードは存在しないことを明確に示したことは評価出来る。この結果は分裂過程に関する議論を重力不安定性に限る現在のシナリオを正当化し議論の単純化に大きな意義を持つ。また等温衝撃波の不安定性の議論との比較により冷却過程の役割と過安定性を特徴付けるメカニズムに関する簡明な説明に成功している。

また申請論文では上の結果に基づいて分裂が重力不安定性で起こると考え、冷却過程と重力不安定の兼ね合いで分裂スケールが決まるとして原始雲の最初の分裂スケール及びその後の進化への影響を考察している。原始組成ガスに於ける非平衡熱的過程や広い初期パラメーター範囲を取り入れた計算にも関わらず分裂スケールがはっきり2個に分岐することを示した。この単純な結果はその後の進化の議論の際の初期値問題を非常に単純化することを可能にするもので今後の議論に役立つものとして評価できる。

申請者は計算結果と分裂片の進化に関する議論を踏まえて早期型銀河の fundamental plane 上での分布を決めるメカニズムを議論しているが、このような原始銀河雲の進化の視点からの議論は独自のものであり、さらに詳しい展開されが期待され評価できる。

参考論文の一部は原始銀河雲の進化及び銀河間ガスの熱的、化学的進化に関するものであり、申請論文と深い関連性を持ち、かつ議論を補足するものである。参考論文にはこの他に電波銀河源による宇宙背景放射への影響論じたものがあり、申請者の幅広い学識を表すものである。

よって本論文は博士（理学）の学位論文として価値のあるものと認められるものである。

なお、主論文及び参考論文に報告されている研究業績を中心として、これに関した研究分野について諮問した結果、合格と認めた。