

学 位 論 文 題 名

Cosmic Dust and Cosmological Star Formation Process

(宇宙ダストと宇宙論的星形成過程)

学位論文内容の要旨

高赤方偏移銀河から近傍銀河までの宇宙論的構造形成を明らかにするためには、宇宙論的なスケールでの星形成過程を理解することが重要である。我々は、星形成効率と星の初期質量関数のダークマターハローの質量と赤方偏移への依存性を明らかにするために、merger tree 法を用いた準解析的モデルを構築した。ダストは、星形成の活動性に関連する水素分子形成効率と Population III の大質量星形成モードから Population I/II の小質量星形成モードへの移行に関連するガスの冷却過程において重要である。よって、我々は、この準解析的モデルにおいて、ダスト量とダストのサイズ分布を詳細に取り扱った。

我々は、その準解析的モデルを用いて、高赤方偏移における初代銀河形成と宇宙再電離過程を調べた。初代銀河と再電離過程を明らかにすることは、宇宙論的構造形成の理解のために本質的である。なぜなら、初代銀河は、近傍銀河の構成要素であり、近傍銀河形成の初期条件に対応する。また、再電離過程は、どのように電離光子の加熱が星形成を抑制するかを決定するからである。この学位論文で次のことを明らかにした。

第一に、我々は、超新星によるダストの生成と進化を考慮した、初期宇宙における one-zone の銀河形成モデルを構築した。これは、ダストのサイズ進化の役割を初期宇宙の銀河形成の枠組みの中で調べた最初の研究である。我々は、ダストのサイズ進化を定式化した。我々は、ダスト量だけでなくダストのサイズ分布も初代銀河の形成と進化に大きく影響を与えることを示した。

第二に、我々は、赤方偏移が 7 以下の宇宙でも、Population III の大質量星が形成される可能性があることを予言した。また、赤方偏移 $2 < z < 6$ における Population III の形成の可能性は、再電離過程に関連していることを示した。

最後に、我々は、再電離期における星形成効率と星の初期質量関数のダークマターハローの質量と赤方偏移への依存性を示した。我々は、星形成効率がハローの質量と共に増加すること、またその理由は、より大きな銀河ではダスト・ガス比が大きいので、効果的に水素分子形成が起こるからであることを定量的に示した。

学位論文審査の要旨

主査	教授	羽部朝男
副査	教授	波場直行
副査	教授	小笹隆司
副査	准教授	木村真明
副査	准教授	徂徠和夫
副査	助教	Elizabeth Tasker

学位論文題名

Cosmic Dust and Cosmological Star Formation Process

(宇宙ダストと宇宙論的星形成過程)

宇宙最初の星である初代星の形成、初期宇宙の銀河による宇宙の再電離、高赤方偏移銀河から近傍銀河までの宇宙論的構造形成を明らかにすることは、宇宙物理学にとって重要な研究課題である。申請者は、初期宇宙で形成されたダークハローにおける星形成の効率と星の初期質量関数の赤方偏移依存性を明らかにするため、これらの過程において重要と考えられる宇宙ダストによる物理過程を世界で初めて準解析的モデルに取り入れ、これらの過程とダークハローの形成と進化の関係を研究した。宇宙ダストは、初期宇宙の星が進化して超新星爆発を起こすことによって生成され、その存在量が増すにつれ、星形成の活動性に関連する水素分子形成効率や初代星である Population III 大質量星形成モードから Population I/II の小質量星形成モードへの移行において重要な役割をはたす可能性が最近の研究で明らかにされている。申請者は、自ら構築した準解析的モデルを用いて、ダークハローの形成進化の過程におけるダスト量とダストサイズ分布の進化を詳細に取り扱い、ダストによる水素分子形成効率の変化と Population III 大質量星形成モードから Population I/II 小質量星形成モードへの移行とダークハロー質量との関連を明らかにした。それらを用いて、高赤方偏移における初代銀河形成と宇宙再電離過程を調べ、宇宙再電離は、従来想定されていた「Population III の星による寄与」よりも通常の Population II の星の寄与が大きく、宇宙再電離が可能であることを示した。また、赤方偏移が7以下の宇宙でも、Population III 大質量星が形成されることを示し、その観測可能性を予想した。

これを要するに、本論文で著者は、これまで未解明であった初期宇宙の星形成史における宇宙ダストの役割を明確にし、宇宙再電離がどのように起こるかを解明し、赤方偏移が7以下の宇宙でも、Population III 大質量星が形成されることを示すなど、宇宙の構造形成の理解に新たな知見をもたらすものであり、当該分野の研究に対して貢献するところ大なるものである。よって著者は、北海道大学博士(理学)の学位を授与される資格があるものと認める。