

## 論文審査の結果の要旨および担当者

報告番号	※ 甲 第 号
------	---------

氏 名 阿部克哉

論 文 題 目 Probing Primordial Perturbations on Small Scales  
through Dark Matter Halos (ダークマターハローを用いた小スケール原  
始ゆらぎの観測的検証)

### 論文審査担当者

主 査 名古屋大学素粒子宇宙起源研究所 准教授 博士 (理学) 市來淨與  
委 員 名古屋大学素粒子宇宙起源研究所 教授 博士 (理学) 久野純治  
委 員 名古屋大学大学院理学研究科 教授 博士 (理学) 犬塚修一郎  
委 員 名古屋大学大学院理学研究科 教授 博士 (理学) 田村陽一  
委 員 名古屋大学大学院理学研究科 准教授 博士 (理学) 竹内努

## 論文審査の結果の要旨

## 別紙 1 - 2

宇宙には銀河、銀河団から大規模構造にいたるまで、さまざまなスケールに渡った階層的構造が広がっている。これらの階層的構造の種は原始ゆらぎと呼ばれ、宇宙極初期の加速度的膨張(インフレーション)によって生成されたと考えられている。

宇宙マイクロ波背景放射(CMB)の揺らぎや銀河分布による大規模構造探査に代表される近年の精密な宇宙論的観測は、およそ 1 Mpc よりも大きなスケールにおいて、原始ゆらぎの観測を可能にし、標準宇宙論におけるインフレーション理論の整合性を確かめた。その一方で、小さなスケールの原始ゆらぎは現在の宇宙では重力により非線形に成長してしまっており、CMB や銀河分布をその検証に使うことは不可能である。

主論文では、小スケール原始ゆらぎの新しい観測的検証手法を提案した。まず、暗黒物質ハローに付随する電離ガスの熱制動放射が小質量の暗黒物質ハローの存在量の探査に適していることを示し、この観測を用いた小スケール原始ゆらぎの調査の可能性を調べた。結果として、これらの熱制動放射のシグナルは、観測されている銀河系シグナルの 10%以下であること、および Planck 衛星の観測で得られた宇宙論パラメータの 95%信頼領域内で、20%程度の不定性があることがわかった。現在観測されている銀河系由来の熱制動放射成分を、他の周波数帯の観測や銀河系外の観測との同時解析により取り除くことで、暗黒物質ハロー由来の熱制動放射が小スケール原始ゆらぎの調査に使えることを示した。

次に、小スケール原始揺らぎの他の観測的検証手法として、大きな原始ゆらぎが存在した場合に形成される ultracompact minihalo (UCMH) と呼ばれるハローから放射される中性水素 21 cm 線のシグナルを用いる方法について考察した。この方法では、宇宙物理学的な不定性はあるものの、UCMH 内の暗黒物質の対消滅により放たれるガンマ線を用いる先行研究の方法とは異なり、暗黒物質の素粒子的な性質によらないという利点がある。原始ゆらぎからピーク理論に基づき予言される UCMH の存在量、および N 体数値計算をもとに推定された UCMH の密度プロファイルから、宇宙背景放射として期待される中性水素 21 cm シグナルを計算した。将来計画である Square Kilometre Array (SKA) の観測感度を仮定すれば小スケール原始ゆらぎの振幅  $A_\zeta$  に対し、 $A_\zeta \leq 10^{-5}$  の制限が可能であることを見だした。加えて UCMH 内の初代星形成による宇宙再電離史への影響を考慮した CMB の非等方性観測データの解析により、波数が  $50 \text{ Mpc}^{-1}$  のスケールにて  $A_\zeta \leq 10^{-8}$  のパラメータ領域が許されることを初めて示した。

本論文は、これまで考察されてこなかった暗黒物質ハローに付随する電離水素ガスからの熱制動放射、および UCMH 内の中性水素ガスからの 21 cm 線放射や、初代星形成による宇宙再電離史への影響を初めて定量的に評価し、小スケールにおける原始揺らぎの振幅について新しい制約を得ただけでなく、将来観測により 1 kpc に至るまでの原始揺らぎに関する情報が得られる可能性があることを明らかにしたものであり、高く評価できる。参考論文は、初期ブラックホールや初代星超新星爆発、および初期宇宙での相転移が CMB や背景重力波のスペクトルへ与える影響を定量的に評価したもので、いずれも価値のあるものである。以上の理由により、申請者は博士(理学)の学位を授与される十分な資格があるものと認められる。