

別紙 4

報告番 -	※ 甲 第 号
----------	---------

主 論 文 の 要 旨

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)

氏 名 阿部 克哉

論 文 内 容 の 要 旨

我々の宇宙には、惑星から銀河団などにいたるまで、スケールに富んだ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ており、宇宙極初期のインフレーションと呼ばれる時期に作られたことが予言されている。

宇宙マイクロ波背景放射(CMB)や宇宙の大規模構造に代表される近年の精密な宇宙論的観測は、およそ 1Mpc 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と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の検証は、理論的・観測的に難しい。現代までに、小スケール原始ゆらぎを間接的に検証する手段はいくつか提案されており、中でも 1989 年に打ち上げられた COBE 衛星による CMB のスペクトル歪みの観測はゆらぎの振幅に上限を設けたが、さらなる観測的検証が待ち望まれている。

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する。その一つ目として、ダークマターハロー由来の熱制動放射が小質量のダークマター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に関して議論する。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シグナルの 10%以下ではあるが、プランク衛星の観測で得られた宇宙論的パラメータの 95%信頼領域内で、これらシグナルが 20%程度変化しうることがわかった。現在観測されている熱制動放射はおおよそ我々の銀河由来であると考えられているため、他の周波数帯の観測や銀河観測との共同解析により、これらの成分を取り除くことで、ダークマターハロー由来の熱制動放射を小スケール原始ゆらぎの調査に使えることを示した。

他の新しい観測的検証手法として、本論文では ultracompact minihalo(UCMH)と呼ばれる天

体にも着目する。先行研究では、UCMH 内のダークマターの対消滅により放たれるガンマ線が Fermi 衛星の観測にて被検出であった事実から、COBE 衛星による小スケール原始ゆらぎへの制限よりも強い制限を設けている。しかしながら、この制限は DM の性質やモデルパラメータに依存している。本論文では、DM の性質によらない新しい制限手法として UCMH に由来する 21cm 線のシグナルについて議論する。結果として、21cm 線の将来計画である Square Kilometre Array (SKA) の観測により、UCMH 由来の 21cm シグナルが観測可能であることを示す。これにより、もしも SKA の観測でこれらのシグナルが非検出であった場合、小スケール原始ゆらぎの大きさに、およそ $A_{\zeta} \leq 10^{-5}$ の制限を設けることができる。また、UCMH 内の初代星形成による宇宙再電離史への影響に関しても、Planck 衛星による CMB の非等方性観測データと Markov Chain Monte Carlo 法を用いてテストした。結果として、これらの影響は Planck の E モード偏光の観測データと整合性が低く、 $k \leq 50 \text{ Mpc}^{-1}$ のスケールにて $A_{\zeta} \leq 10^{-8}$ のパラメータ領域が好まれることを示した。