

Title	Reconstructing the Primordial Spectrum from CMB Anisotropy
Author(s)	松宮, 慎
Citation	大阪大学, 2004, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/45103
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉 大阪大学の博士論文について 〈/a〉 をご参照ください。

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

氏名	まつ松 みや宮 まこと慎
博士の専攻分野の名称	博 士 (理 学)
学 位 記 番 号	第 1 8 4 2 6 号
学 位 授 与 年 月 日	平成 16 年 3 月 25 日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第 4 条第 1 項該当 理学研究科宇宙地球科学専攻
学 位 論 文 名	Reconstructing the Primordial Spectrum from CMB Anisotropy (宇宙マイクロ波背景放射の非等方性からの原始スペクトルの再構築)
論 文 審 査 委 員	(主査) 教授 高原 文郎 (副査) 教授 常深 博 教授 山中 卓 京都大学教授 佐々木 節 助教授 横山 順一

論 文 内 容 の 要 旨

宇宙マイクロ波背景放射の非等方性から、密度揺らぎの初期スペクトルを再構築する新しい手法を開発した。この手法は従来の最尤法を使ったパラメータ推定法と異なり、初期スペクトルをパラメトライズしないことから、スペクトルの小さな特徴まで検出することが可能である。

まず、トイモデルとして空間的に平坦なダークマター優勢宇宙を考え、定式化を試みた。この場合、初期スペクトルはソース項に観測量である角度相関関数を含んだ、線形一階微分方程式の解として得られることがわかった。方程式は遷移関数のゼロ点に起因する特異点を含むことがわかった。しかし、この特異点は方程式を解く上での障害にはならず、むしろ解を求める上でアドバンテージとなることがわかった。なぜなら、微分方程式を解かずして、特異点での解の値を代数方程式から求めることができるため、その解の特異点での値を境界条件にとることが可能になるからである。そして、微分方程式を境界値問題として解くことで、滑らかな解を得ることができる。この方法が初期スペクトルをうまく再現するか調べるため、まず人工的に与えた初期スペクトルから二点相関関数を計算した。次に、その二点相関関数を使って微分方程式を解くことで、その解がはじめの初期スペクトルに一致するかを確かめた。その結果、スケール不変スペクトルだけでなく、ピークやディップを含んだ初期スペクトルについても、5%以内の精度で再構築できることがわかった。

さらに一般的なモデルについてもこの方法を適用するため、上述の手法にいくつかの修正を加え、改良した。まず、最終散乱面の厚さを考慮に入れ、さらに無視していた積分ザックスヴォルフ効果を取り入れた。また、近似によって生じた誤差をできるだけ小さくするための、反復法を取り入れた。また、宇宙論パラメータを動かしたときの再構築された初期スペクトルの振る舞いについても考察した。改良された手法を用いて、より一般的な平坦なダークエネルギー優勢宇宙のもとでの再構築を試みた。その結果、宇宙論パラメータを正しく固定した場合には、数%以内の精度で初期スペクトルを正しく再構築できることがわかった。しかし、宇宙論パラメータを正しいものから少しずらして再構築した場合には、特異点付近で大きな誤差が生じることがわかった。このことは、言い換えれば、再構築した初期スペクトルの形を調べることで、宇宙論パラメータの値が制限可能であるということを意味する。従って、この手法は新しい宇宙論パラメータの制限方法としても利用できる。

また、WMAP 衛星のデータに対して、これまでの定式化を WMAP のデータに適用することで、通常の方法では見つけられないスペクトルのずれを再現することを試みた。その結果、WMAP チームが指摘したずれと同じ場所に、統計的に有意なずれがあることを示した。

論文審査の結果の要旨

宇宙マイクロ波背景放射 (CMB) の非等方性は、宇宙誕生直後に存在した宇宙の密度揺らぎによって引き起こされており、その定量的振る舞いは、初期宇宙の密度揺らぎのスペクトルに強く依存しており、その精密な観測は、宇宙誕生直後の物理に関する重要な情報を与えると考えられている。しかし、これまでの CMB 非等方性に関する研究では、宇宙初期の密度揺らぎのスペクトルに関して、適当な関数形を仮定して観測を最もよく再現するものを推定するという方法が取られており、純粹に観測データから初期宇宙の密度揺らぎのスペクトルを決定する、ないしそれに制限をつけるということが為されていなかった。

松宮慎君は、CMB の観測データから、密度揺らぎのスペクトル形に何の仮定もせずに、初期宇宙の揺らぎのスペクトルを直接再構築するという、逆問題の解法を世界で初めて開発した。この方法は、CMB 非等方性が生成される物理的素過程を正確に把握し、それを逆問題の中に見事に取り入れることによって、初めて可能になったものである。この方法によって、理論的偏見を排して宇宙初期の物理的状態の情報を得ることが可能になった。また、昨年発表された WMAP 衛星の観測データに早速この方法を適用し、初期宇宙の揺らぎのスペクトルに、単純なベキ的振る舞いからのずれがあることを示唆する結果を得ている。

本研究の成果は、今後ますます精密化すると考えられる CMB 非等方性の観測のデータ解析において、非常に重要な役割をするものであり、それを通して、初期宇宙の物理の研究に大きく寄与するものである。

よって、本論文は博士 (理学) の学位論文として十分価値あるものと認める。