

別紙 1 - 1

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 小粥一寛

論文題目 Influence of Primordial Non-Gaussianities on
statistical properties of galaxy shapes

(初期非ガウス性を与える銀河形状の統計的性質への影響)

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	名古屋大学大学院理学研究科	教授	理学博士	杉山	直
委員	名古屋大学大学院理学研究科	教授	理学博士	川村	静児
委員	名古屋大学大学院理学研究科	准教授	理学博士	南部	保貞
委員	名古屋大学素粒子宇宙起源研究所	准教授	博士(理学)	前川	展祐

論文審査の結果の要旨

別紙 1 - 2

現在有力な宇宙論シナリオでは、宇宙初期に急激な加速膨張（インフレーション）があったとされている。インフレーションはビッグバン宇宙論に付随する幾つかの困難を解決するだけでなく、インフレーションを起こすスカラー場（インフラトン）の量子ゆらぎによって生じる空間曲率のゆらぎ（初期ゆらぎ）によって、宇宙大規模構造の起源を説明することができる。ゆらぎの特徴を調べるには統計的な扱いを必要とする。これは理論が各地点におけるゆらぎの大きさを一意に予言せず、ゆらぎの相関の期待値を予言すること由来する。初期ゆらぎは概ねガウス分布に従うが、僅かにガウス分布から外れた非ガウス性には宇宙初期の物理の性質が反映される。

宇宙初期は超高エネルギー状態であったことから、インフレーション期にはインフラトン以外にも素粒子標準模型には含まれない場や粒子が存在する可能性がある。このとき初期ゆらぎを担うインフラトンと未知の粒子が相互作用するならば、初期ゆらぎの性質を探ることでその存在を検証できる。このような未知の粒子の存在を予言する理論の一つに超弦理論がある。超弦理論は粒子の固有角運動量（スピン）が 2 より大きい粒子（高スピン粒子）の存在を予言しており、高スピン粒子とインフラトンが相互作用していた場合、初期ゆらぎの非ガウス性に特徴を持った痕跡を残すとされている。

本論文では銀河形状の相関と初期ゆらぎの統計的性質の関係について考察した。早期に銀河形成が始まり十分時間が経過した楕円銀河の形状は、その周囲のダークマターハローの潮汐場と相関すると考えられている。潮汐場は初期ゆらぎを基に生じているため、銀河形状の相関を用いて初期ゆらぎの性質を調べられる。申請者は高スピン粒子によって生成される初期ゆらぎの非ガウス性の中で、低次の三点相関が銀河形状の相関に与える影響について調べた。その結果、銀河形状の相関ではスピンの 2 の粒子による初期三点相関の寄与があり、その粒子の質量によって痕跡が現れる角度スケールが異なることを明らかにした。

次に、銀河形状を用いてスピンの 2 よりも大きな粒子の痕跡を調べる手法を提案した。申請者は楕円に見える銀河にあっても詳細な形状構造に着目すれば複数の形状モーメントの重ね合わせであることに着目し、銀河形状をモーメント分解する際の次数と高スピン粒子により生成される初期三点相関との関係性を調べた。その結果、形状モーメントの次数と高スピン粒子のスピンの 2 が対応して痕跡が現れることを明らかにした。さらに、スピンの 4 の粒子による初期三点相関の寄与が 4 次モーメントの銀河形状相関に与える影響を具体的に調べ、スピンの 2 の粒子の場合と同様に質量によってその痕跡が現れる角度スケールが異なること、および重い粒子では小スケールにおける重力非線形性などの物理の寄与を考慮する必要があることを明らかにした。

本研究は、インフラトンと高スピン粒子の場が相互作用を持つ場合について、初期ゆらぎの非ガウス性が銀河形状の相関に与える影響の検証可能性について初めて明らかにし、将来の銀河撮像探査による高解像度な銀河形状についての情報を用いることで、高スピン粒子の痕跡探査が可能となることを示したものであり、高く評価できる。参考論文は、超弦理論が示唆するインフレーションモデルに対する否定的な予想を具体的なモデルを用いて回避できることを示したもので、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と認められる。