

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 松村 央

論 文 題 目

Study on quantum signature of cosmic microwave background fluctuations

(宇宙背景放射のゆらぎに見られる量子性の研究)

論文審査担当者

主査 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 名古屋大学大学院理学研究科 教授 理学博士 野尻 伸一

委員 名古屋大学大学院理学研究科 教授 博士(理学) 棚橋 誠治

委員 名古屋大学大学院多元数理科学研究科 教授

博士(理学) 白水 徹也

委員 名古屋大学大学院理学研究科 准教授 博士(理学) 市來 淨與

論文審査の結果の要旨

別紙 1 - 2

我々の膨張宇宙の過去には、膨張則の違いによりインフレーション期、輻射優勢期、物質優勢期の3つの時期が存在する。このうち、インフレーション期（インフレーション宇宙）は、我々の宇宙の様々な構造物の起源である原始密度ゆらぎや時空のさざ波である原始重力波を予言する。これら原始ゆらぎの起源は量子的な不確定性に由来しており、その量子性が観測されればインフレーション宇宙を支持する証拠となる。また、原始重力波の量子性の検証は、万物の理論である量子重力理論への手掛かりにもなりうる。

原始ゆらぎは宇宙背景放射の温度ゆらぎとしてその痕跡を残すため、温度ゆらぎの角度パワースペクトルの振る舞いを解析することで、原始ゆらぎそのものの性質を把握することが可能である。特に原始重力波はその特性により初期宇宙を探るのに適している。インフレーション期において原始重力波がスクイズド状態として生成される特徴は、温度ゆらぎの角度パワースペクトルの振動として現れうるものが先行研究によって指摘されていた。

申請者は本研究において、原始重力波の量子性がどのように宇宙論における観測量である宇宙背景放射の温度ゆらぎ角度パワースペクトルの振舞いに現れうるかに着目した。量子性の定義には、測定による系の状態変化に基づいて定義される量子ディスコードを用いる。この量は系の量子相関の大きさを表し、インフレーション期に生成される量子的な原始重力波は量子ディスコードを保有することが知られている。申請者は、量子ディスコードを持たない原始重力波の状態（古典モデル）を構築し、標準的なインフレーションモデルで予言される量子的な原始重力波（量子モデル）との識別可能性を検討した。その結果、量子モデルは角度パワースペクトルに振動を生じさせるが、古典モデルは振動を生じさせないことを見出した。この振動そのものはすでに先行研究で指摘されていたが、本研究によって量子ディスコードの現れであることが明らかとなった。

また申請者は、量子的な干渉効果の消失現象である量子デコヒーレンス効果に伴う量子ディスコード消失の可能性を検討した。この効果は着目している自由度以外との相互作用によって引き起こされる。原始重力波の量子状態に対してデコヒーレンスの影響を取り入れたガウス状態の形を仮定し、その状態の時間発展を解析した。その結果、インフレーション期における量子デコヒーレンスは量子モデルで現れる角度パワースペクトルの振動的振舞いを消去できないことを示した。またデコヒーレンス効果が存在する状況下では、原始重力波の場とその正準共役運動量間の相関成立条件が、量子ディスコードを残留させる条件と等価であることを見出した。

申請者の研究は、原始重力波の量子性と観測量である宇宙背景放射ゆらぎの角度パワースペクトルに現れる振動的振舞いとの関係を見出し、さらに角度パワースペクトルに対する量子デコヒーレンスの影響を明らかにした点で高く評価できる。また参考論文は、1次元格子系を用いてインフレーション宇宙における量子場の保有する量子相関の振舞いを議論した重要なものである。以上の理由により、申請者は博士（理学）の学位を与えられるに相応しいと認められる。

