

論文の内容の要旨

Stochastic description and quantum aspects of curvature perturbations in the inflationary universe (インフレーション宇宙における曲率ゆらぎの 確率的描像と量子的側面)

安藤 健太

インフレーション宇宙で生成される曲率ゆらぎについて研究した。曲率ゆらぎの相関関数のような基本的な統計量は確率平均で表すことができる一方、ある種の演算子を通して量子的な特徴を捉えることができる可能性もある。本論文では、確率的描像と量子的側面のそれぞれに着目した研究を行った。確率的描像に関しては、インフレーションのストカスティック形式における曲率ゆらぎのパワースペクトルを計算した。その際、場の値とスケールとの間の古典的な関係からのズレを考慮した。これにより、ストカスティック形式と観測を明確に関連づけることが可能になる。さらに、この手法を応用して、インフレーション終了近くに量子拡散が生じる場合の大スケールゆらぎへの影響を評価した。その影響は、量子拡散の程度によっては非常に大きくなることが分かった。このことは、宇宙マイクロ波背景放射の観測が、インフレーションを引き起こすポテンシャル全体の形に制限を与えることができることを意味する。量子的側面に関しては、時間的な相関に関するベルの不等式を調べた。宇宙の曲率ゆらぎはスクイーズド状態という量子状態を取ることが知られている。我々はこの状態について計算し、ベルの不等式が破れるパラメタ領域を発見した。ベルの不等式の破れは量子的な特徴を示す。宇宙論におけるベル実験では、曲率ゆらぎに対応する運動量が観測できないという基本的な障害があるが、時間的な相関に関するベルの不等式は位置変数の観測のみで検証できるのでこの問題をクリアしている。したがって、我々が発見したようなベルの不等式の破れは原理的に宇宙で観測される可能性がある。それが達成されれば、現在の宇宙の構造が量子ゆらぎに起因することの直接的な証拠を得ることができる。