

# 論文審査の結果の要旨

氏 名 國光 太郎

本論文は、5章からなり、第1章は序章として、宇宙論研究の意義と本論文のテーマである宇宙初期に起こると考えられるインフレーションの重要性が述べられ、本研究の物理的動機付けがなされている。

第2章では、まず、現時点でのインフレーション宇宙モデルについての概観が述べられ、インフレーション宇宙の歴史的側面とその必要性、さらに、インフレーションの予言と観測との比較がまとめられている。さらに、様々なインフレーションモデルとそれらのモデルを制限するのに使われるインフレーションの有効場の理論がレビューされている。

第3章は1つのスカラー場でその運動方程式が2階より大きな微分項を含まない最も一般的なインフレーションモデルの枠組みである「一般化されたG-インフレーション」が導入され、基本的な事項が説明された後、論文提出者の研究に基づいた新たな結果が述べられている。まず、素粒子の標準模型に含まれるヒッグス場がG-インフレーションの枠組みでインフレーションを起こすモデルについての解析結果が述べられている。このモデルはインフレーションをうまく起こすことができるが、インフレーション後の振動期に特異的な振る舞いや小スケールでの不安定性が生じるという問題がある。論文提出者はこの問題を回避するためにモデルを拡張し、インフレーション後の振動期・再加熱期でも有効なモデルを構築し、それが現行の観測を説明することを示した。第3章の後半では、より一般化されたG-インフレーションの枠組みにおいて、インフレーション中に理論が強結合になるスケールが評価され、インフレーションを起こすスカラー場の変動が、重力波が観測されるような大きな場合でも、強結合スケールよりも小さくなること、さらに、インフレーション中の有効作用に対

する量子補正が十分小さいことが示され、G-インフレーションの枠組みがこれらの効果に対して整合性があることが明らかにされている。

第4章ではストカスティック・インフレーション形式を用いた論文提出者の研究結果が述べられている。ストカスティック形式はインフレーション中の揺らぎを非摂動的に取り扱う計算手法で、第4章の前半では、それを用いて標準模型のヒッグス場のダイナミックスを解析し、ヒッグス場が揺らぎの効果でインフレーション中に大きな期待値を持ち、そのためインフレーション後に宇宙のエネルギー密度を支配する場合があることが指摘され、ただし、その場合はヒッグス場の持つ揺らぎによって宇宙の密度揺らぎが大きくなりすぎて観測と合わない結果になることが述べられている。第4章の後半では、観測的にも支持されている非常に平坦なポテンシャルを持つインフレーションモデルについて、揺らぎの長期的な振る舞いが調べられている。インフレーションが起こる際の初期条件はスカラー場のストカスティックな振る舞いで決まるが、揺らぎの効果によってインフレーションの持続時間が短くなるため、初期条件として必ずしも最低のエネルギー固有状態が実現されないことが明らかにされている。第5章は論文全体の結論が述べられている。

このように本論文はG-インフレーションモデルにおいて従来問題とされてきた強結合や量子補正の問題に対して、インフレーション中ではそれらの効果が小さいことを示し、モデルに整合性があることを初めて示した点やスカラー場のストカスティックな振る舞いが引き起こす新たな現象を見出した点などインフレーションモデルに対して新たな知見を得ておりその学問的意義は高いと考えられる。なお、本論文3章および4章が論文提出者の研究に基づいて書かれており、横山氏（第3、4章）、鎌田氏（3章）、小林氏（3章）、山口氏（3章）、渡邊氏（3章）、須山氏（3章）、本橋氏（4章）、スタロビンスキー氏（4章）との共同研究であるが、論文提出者が主体となって解析を行ったもので、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

したがって、博士（理学）の学位を授与できると認める。