

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 森 大作

論 文 題 目 The cosmological constant problem and topological gravity motivated by renormalization group

(宇宙項問題とくりこみ群に動機付けられた位相的重力理論)

論文審査担当者

主 査 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 Ph. D. 岡本 祐幸

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

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

一般相対性理論と場の量子論は素粒子のように非常に小さなスケールの現象から宇宙のような広大なスケールでのダイナミクスに渡る様々な実験及び観測により、高い精度で検証され、成功を収めてきた。一方で宇宙論等には未解決の問題も依然として存在し、その1つが階層性問題の類である宇宙項問題である。すなわち、量子論における繰り込みの手法を宇宙項に用いた時、観測された値を再現するには理論のパラメータに不自然な微調整が必要となってしまう。この宇宙項問題に対するアプローチの1つとしてユニモジュラー重力と呼ばれる理論(以下U理論と省略)が知られている。

U理論はアインシュタインが提案した理論で、一般相対性理論に新たな拘束条件を課したものである。一般相対性理論は一般の座標変換の下での共変性を持つが、U理論における拘束条件は体積要素の大きさを一定に保つものを除き共変性を破るが、U理論で得られる方程式は一般相対性理論のものと同等になる。ただし、宇宙項に含まれる宇宙定数が方程式を導出する際に積分定数として現れるため、宇宙定数は初期条件等によって決まることから、U理論で宇宙項問題が解決される可能性がある。

申請者は上記のU理論の拡張の一つとして、位相的場の理論の模型(以下模型1と省略)について研究を行った。模型1では宇宙定数及び重力結合定数は定数ではなく、動的なスカラー場となる。模型1には、このスカラー場が低エネルギーで定数となる安定な解が存在し、現在の宇宙の加速膨張解を再現するが、この定数は初期条件等により決まる。このように模型1では微調整の問題が緩和されることが期待されたが、具体的な計算により緩和されないことを示した。

申請者は、模型1では宇宙定数を含む重力理論に現れる結合定数に対応するスカラー場が宇宙のエネルギースケールに依存していることに着目した。このスケール依存性は、くりこみ群方程式と類似性がある。そこで申請者は模型1を変形し、模型に現れる方程式を繰り込み群方程式に見立て、低エネルギーと高エネルギーの両方で固定点を持つような位相的場の理論の模型(以下模型2と省略)を構築した。このように変形した模型2では、高エネルギーでの固定点が、宇宙初期のインフレーションを実現する一方で、低エネルギーの固定点が現在の宇宙の加速膨張を再現する。申請者は模型2で、適切なポテンシャル項を仮定し、インフレーションと現在の宇宙の加速膨張を再現する固定点が現れる条件を求め、2つの固定点を繋ぐ解が存在するパラメータ領域を特定した。ただし、模型2では宇宙項問題を解決できないことも示した。

以上のことは、位相的場の理論の枠組みで宇宙初期のインフレーションと現在の宇宙の加速膨張を再現するとともに、宇宙項問題を解く模型を構築するための足掛かりとなり、重要な成果であり高く評価される。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。