

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 菊池謙

論 文 題 目 Anomaly and holographic local renormalization group
(量子異常とホログラフィック局所くりこみ群)

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 博士(理学) 酒井忠勝

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

理学博士 菅野浩明

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 准教授 博士(理学) 井上剛志

論文審査の結果の要旨

別紙 1 - 2

素粒子論における基本言語として、場の量子論は揺るぎない地位を占めている。場の理論の解析手法の一つであるにとどまらず、その根本を貫く最も基本的な概念と考えられているのが、繰り込み群である。繰り込み群の数学的構造は、場の理論に必然的に導入される切断パラメータの変化に対して、結合定数がどのように振る舞うかを表す繰り込み群の流れの式として定式化される。繰り込み群の研究において近年注目を集めているのが、局所繰り込み群の方法である。それによれば、結合定数は時空に依存する外場に、そしてスケール変換は背景計量テンソルの局所スケール変換へと拡張される。

局所繰り込み群方程式の解を非摂動的に求めることは一般に非常に困難であり、摂動論による限定的な理解しか得られていなかった。このような状況のなか、有用な道具立てと期待されているのが AdS/CFT 対応である。その理由は、AdS/CFT 対応に基づき古典重力理論から、局所繰り込み群方程式が自然に現れるからである。特に、AdS 空間においてその境界と直交する方向の座標が、場の量子論における切断パラメータの役割を果たす。さらにはこの方程式から、場の理論におけるトレースアノマリーが非常に効率よく計算されることが知られていた。

申請者は、AdS/CFT 対応における局所繰り込み群の手法を、大域的対称性を持つ 4 次元場の理論へはじめて拡張した。それにより、大域的対称性に付随した Ward-Takahashi 恒等式が、5 次元古典重力における Gauss law constraint から導かれることを示した。次に大域的対称性を局所化する際に現れる背景ゲージ場が、トレースアノマリーにどのような寄与を与えるか決定した。また、背景ゲージ場に対する繰り込み群のベータ関数を計算した。そして、大域的対称性を破る摂動を加えた時のみ、ベータ関数は非自明になることを確かめた。さらには、holographic c -関数と呼ばれる、繰り込み群の流れのもとで単調減少する関数が、local counter term をうまく選ぶことによりトレースアノマリーの係数と関係することを明らかにした。

次に、AdS/CFT 対応における局所繰り込み群の手法を 3 次元の場の理論に適用し、非自明なトレースアノマリーが存在可能かどうか議論した。これまで、トレースアノマリーが可能なのは偶数次元の場の理論のみと考えられてきたが、背景ゲージ場を導入することにより、奇数次元でも非自明なトレースアノマリーが存在する可能性が、近年指摘された。それを詳しく調べるため、申請者は 4 次元 AdS 空間上の古典重力理論に基づき、3 次元場の理論の局所繰り込み群に関する研究を行った。その結果、3 次元場の理論にはトレースアノマリーは存在するものの、その係数は常に背景ゲージ場のベータ関数に比例するという意味で自明になることを、はじめて系統的に示した。

AdS/CFT 対応はすべての場の理論に適用可能とは限らないものの、場の理論における局所繰り込み群の一般的な性質、そのなかでも特に大域的対称性に関する物理をはじめて明らかにした申請者の結果は高く評価できる。これらは、より一般的な場の理論における局所繰り込み群を理解する上でも重要な役割を果たすと期待される。以上の理由により、申請者は博士(理学)の学位を与えるに相応しいと認められる。