

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 中島 立稀

論 文 題 目 高次元アキシオン電気力学の高次群構造の解析

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 PhD 重森正樹
委 員 名古屋大学大学院理学研究科 教授 博士(理学) 原田正康
委 員 名古屋大学大学院理学研究科 准教授 博士(理学) 大成誠一郎
委 員 名古屋大学大学院理学研究科 准教授 博士(理学) 堀井泰之

論文審査の結果の要旨

別紙 1-2

無限自由度の量子力学である場の理論における最重要課題の一つは、その非摂動的効果を系統的に理解することである。そのための有効な手法として期待されているのが、高次形式対称性に基づく解析である。これにより、場の理論の相構造に関する研究が近年大きく前進した。

高次形式対称性は階数と呼ばれる整数により特徴づけられる。そして高次形式対称性を実現する場の理論において、異なる階数を持ついくつかの高次形式対称性が同時に実現し、かつそれらが非自明な代数関係に従う例が知られていた。そして、このような構造は高次群と呼ばれている数学的枠組みで理解できると考えられている。しかしながら、一般に場の理論においてどのような高次群が実現するのか、またそれがどのような物理的意味を持つのか、未解明な部分が多く残されていた。

申請者は、アキシオン場とマックスウェル場から構成される場の理論に注目し、その高次群構造を詳しく調べた。アキシオンとは質量を持たない実スカラー粒子であり、マックスウェル場とは位相的な相互作用項を通じて結合する。4次元時空の場合はすでに先行研究が存在し、3-群と呼ばれる構造が実現することが証明されていた。その際、チャーン-ヴェイユ(CW)対称性と呼ばれる高次形式対称性が重要な役割を果たした。

申請者は、これらの結果を一般の $2n$ (n は自然数)次元の時空に拡張し、特に $n=3$ の場合を詳しく調べた。まず、高次元における CW 対称性をすべて決定した。それにより、4次元の場合に現れた 3-群を部分構造として持つ高次群構造が現れることを示した。その性質を詳しく調べるために、高次形式対称性生成子に関する相関関数が満たす恒等式を解析した。その結果、4次元の場合には知られていなかった生成子の代数関係を初めて導出した。

また、高次元における高次群構造の物理的解釈を与えた。その結果、アキシオンが作るドメインウォール上に電荷を誘起するウィッテン効果、あるいは外部電場とは直交する方向に誘起電流が発生する異常ホール効果として解釈できることを示した。

以上のように、申請者は高次元、特に 6次元時空上においてアキシオン場とマックスウェル場が結合する系の高次群構造を解析した。その結果、4次元の場合の高次群構造を部分構造として含むこと、また4次元の場合には存在しなかった新たな構造を初めて発見した。さらにそれらが持つ物理的意味を明らかにした。これらの成果は、場の量子論における高次群構造の理解に大きく貢献するものであり、非常に高く評価できる。したがって、申請者は博士(理学)の学位を授与されるに相応しいと認められる。