

論文審査の結果の要旨

氏名 渡邊 真隆

本論文は本文2章の他、本文前のイントロダクションと本文後の結論からなる。イントロダクションでは、論文全体の導入として、動機とアイデアを説明している。場の量子論の摂動展開は、相互作用の結合定数が小さいことを要請するため、強結合理論の解析には使えない。しかし電荷の大きな極限を考えると、電荷の逆数についての摂動展開が可能となり、相互作用そのものが強い場合にでも応用することができる。イントロダクションではこのようなアイデアを紹介した後、先行研究に言及し、本論文の研究成果の位置づけを明確にしている。

第1章ではイントロダクションの内容をさらに詳細に解説しており、具体的ないくつかの理論について計算手法をあからさまに説明している。特に先行研究のレビューとして、共形場理論について、大きな電荷を持つ演算子の相関関数の冪指数を与える共形次元の計算に注目している。大きな電荷の逆数展開による計算と、その他のアプローチとを数値的に比較し、電荷の逆数展開が定量的に正しい結果を導くことを確認している。

第2章の内容が本研究のオリジナルな結果である。大きな電荷を持つ理論では場の振幅が大きいため、低エネルギーで重要な物理的自由度だけを取り出した有効理論を構築することができる。このとき量子異常の効果は、Wess-Zumino 項にまとめられる。本研究では、従来の相関関数の冪指数の計算の他に、Wess-Zumino 項を取り入れた冪乗則の係数の計算を遂行している。Wess-Zumino 項に含まれる係数因子 α は、選択した理論により一意に決まるパラメータであり、相関関数の α 依存性を決定するために、まず Wess-Zumino 項が生成するループ計算の頂点を考える。電荷の低次相関関数について、このように α 依存性を求めた後で、より一般の相関関数が満たすべき漸化式（戸田方程式）を書き下し、それを α 依存性のある初期条件のもとで解くことによって、最終的な結果を導いている。そして、別の手法から答の分かっている理論（超対称 QCD の特別な場合）について、大きな電荷の逆数展開による結果と数値的に比較して、正しい結果に速やかに収束することを検証した。

本論文の主要な結果は、Hellerman・Maeda・Orlando・Reffert との共同研究に基づいたものであるが、論文提出者が構想から解析計算、数値的な検証に至るまで主体的に研究を進めてきたと判断できる。したがって、博士（理学）の学位を授与できると認める。