

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 居石 直久

論 文 題 目

Unified understanding of different quantization methods via resurgence
(リサージェンスを用いた異なる量子化の手法の統一的な理解)

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 名古屋大学大学院理学研究科 教 授 博士(理学) 紺谷 浩
委 員 名古屋大学大学院理学研究科 准教授 博士(理学) 居波 賢二

論文審査の結果の要旨

別紙 1-2

量子論において経路積分の手法で物理量を求める際には、古典解まわりのファインマンダイアグラムを足し上げる摂動展開が用いられる。しかしながら、一般に摂動級数は収束半径がゼロの漸近級数に過ぎない。こうした漸近級数を解析関数にする手法としてボレル総和法が存在するが、この際に被積分関数に生じる特異性を通して、独立だと思われていた別々の古典解回りの寄与を関連付けることが可能になる(ストークス現象)。これを用いて物理量の非摂動的定式化を試みる手法がリサージェンス理論である。

またリサージェンスの考え方は、シュレーディンガー方程式のモノドロミーを解析する手法であるexact WKB解析にも適用された。しかしながら、これらの発展は物理学者と数学者の側で独立になされてきた側面が強く、両者の間の有機的な関係に立脚した、リサージェンス理論に関するより深い理解が求められていた。

申請者の研究目的は、様々な量子化法に現れるリサージェンスの構造を統一的に理解することである。申請者はまず、経路積分法とexact WKB解析におけるリサージェンスの関係を調べた。そして経路積分における2つの停留点、真空解とバイオン解(インスタントンと反インスタントンの結合状態)を結びつけるストークス現象が、exact WKB解析におけるストークス曲線のトポロジー変化に対応することを初めて示した。

次に申請者はexact WKB解析により得られた量子化条件式を用いることで、ボーア-ゾンマーフェルトの量子化条件、グッツヴィラーのトレース公式及び経路積分法の関係とそれらにおけるリサージェンスの構造を厳密に示した。特に、グッツヴィラーのトレース公式において鍵となる素周期軌道(prime-periodic orbit)の同定法及びその足し上げ方を非摂動的に定式化し、経路積分におけるストークス現象が各軌道の向きの逆転に対応することを初めて示した。

経路積分法において一つの古典解まわりの摂動級数に対して定義されるボレル和は、ピカール-レフシェッツ理論におけるレフシェッツ シンプルと対応すると考えられている。申請者は、2つのレフシェッツ シンプルのあいだの交差数がグッツヴィラーのトレース公式に現れるマスロフ指数と対応することを初めて証明した。

申請者は量子論における様々な量子化の手法がどのように関連しているかをリサージェンス理論の立場から統一的に理解することを試みた。その結果、それぞれの量子化における摂動寄与と非摂動寄与の関係について数多くの新たな事実を解き明かしたことは、高く評価されるべきものである。よって申請者は博士(理学)の学位を与えるに相応しいと認められる。