

論文審査の結果の要旨

氏名 小西 篤業

本論文は5つの章及び6つのAppendixからなる。まず第1章では研究の背景と研究結果の概要が述べられ、論文全体の構成が提示される。次の第2章では、2体と3体のチャンネルが結合した場合の理論的な解析方法として、初めにFeshbach射影法が、次にFaddeev-AGS (Alt-Grassberger-Sandhas) の方法の説明が与えられている。前者は3体弾性散乱において、2体チャンネルの効果を3体チャンネル相互作用に有効的に埋め込む手法であり、後者は3粒子以上が相互作用に関与する場合の、3体の散乱振幅が満たすAGS方程式を中核とするものである。その上でS行列の解析接続の基本的概念が導入され、複素エネルギー面における束縛状態や共鳴状態の状況が述べられるとともに、特に本論文で重要となる閾値近傍におけるS行列の極の振舞いを調べるための、非物理的なエネルギー面への解析接続の方法が詳細に議論されている。

続く第3章及び第4章は、本学位論文の根幹を成す部分である。まず第3章では、有効な3体問題としての定式化に向けた新しい試みとして、質量の有限繰り込みの方法を援用した有効AGS方程式の再編成が議論される。この議論は、上記のように2体チャンネルの効果を3体チャンネルに有効的に埋め込む上で、対象系において現れる非物理的な特異性を除去するために必要となるものであり、このため本章において、まず非物理的な特異性の発生の機構と、その除去の方法が詳しく説明される。その中で特筆すべき点は、通常の繰り込まれた摂動計算での（発散する）自己エネルギーに対応させた相殺項（counterterm）の導入の手法が特異性の生じる対象には機能しないという観察に基づいて、代わりに有効AGS方程式の高次項に現れる相殺項を予め足し上げておく（有効3体力を足し上げたものを整合的に変更する）という新たな手法を創案した点であり、この手法を通して、実際に特異性を除去した方程式の解が得られることを確かめている。

第4章では、第3章で構成した非物理的で特異性の無い再編成した有効AGS方程式に基づいて、再編成した有効AGS方程式の核の固有値方程式を解き、縮退した2体-3体チャンネル結合系の閾値近傍におけるS行列の極の振舞いを調べている。その上で、2体チャンネルの相互作用の強さと、3体チャンネルの相互作用の強さをパラメーターとして、Yamaguchi型の形状因子を用いた数値計算を実施し、S行列の極の振舞いを具体的に求めている。それによれ

ば、極は非物理的複素エネルギー面の第4象限から閾値に近づき、また閾値近傍ではパラメーターの値によらず、特定の漸近線の上に乗るという特徴的な振舞いが見て取れる。すなわち、縮退した2体-3体チャンネル結合系では、S行列の極は通常の2体散乱と同様に、閾値近傍では相互作用の詳細に依らず、普遍的な振舞いを見せることを明らかにしている。

最後の第5章では、本論文のまとめと結論が述べられている。ここではさらに、将来の展開として、テトラクォークやダイバリオン等の粒子の内部構造と、低エネルギーの散乱データとの関連における本研究の発展の可能性が示唆されている。なお、Appendixの多くは、記法や本文で用いられた基本概念のレビューにあてられているが、Appendix Fでは2体と3体の結合チャンネルにおけるS行列の極が低エネルギーにおいて従う漸近線の解析的な議論が提示され、第4章の議論を技術的に補足するものになっている。

本論文の目的は、2体と3体のチャンネル結合系における新たなS行列の解析の方法を提示することであり、特にそれぞれのチャンネルの閾値が縮退している場合の、閾値近傍での極の振舞いの分析が可能になる手法を提示することにあった。従来の標準的な手法であるAGSの方法では特異性の出現のために困難が生じるが、これを解消するため、申請者は繰り込みにおける相殺項の足し上げの方法を工夫して、特異性の無い有効AGS方程式を導くことに成功している。その結果、上述のようなS行列の極の振舞いの普遍的な様子が明らかになったことで、これらの結果が、今後、エキゾチックハドロンの測定実験等により実際に確認されることになれば、この学位論文で想定した2体と3体のチャンネル結合の存在が、提示した解析方法の有効性ととともに実証されるものと予想される。

以上をまとめると、本論文の研究は、ハドロンの現象論的分析のための新たな量子論的手法を開発し、今後の実験結果における相互作用の分析への道筋をつけたものであり、原子核ハドロン物理学の研究として十分に高いレベルにあり、また学位論文として優れた内容を持っているものと判断できる。

なお、本論文の第3章及び第4章の内容は、森松治、安井繁宏の両氏との共同研究であるが、根幹部分は論文提出者が主体となって確立したものであり、数値計算部分の分析においても論文提出者の寄与が十分であると判断する。

したがって、論文提出者に博士（理学）の学位を授与できると認める。