

論文審査の結果の要旨

氏名 堀之内 裕理

本論文は本文6章からなる。第1章は、論文全体の導入と動機の説明であり、3体束縛状態（エフィモフ状態）の理論および実験研究について歴史的な経緯と最近の進展まで含めてレビューしている。第2章は、特に、冷却原子系におけるエフィモフ効果について、フェッシュバッハ共鳴を用いた散乱長の制御法から丁寧に解説している。また従来の理論計算で理解されていることを、本論文のテーマである繰り込み群のリミットサイクルや、空間次元の異なる系、同種粒子系および異なる種類の粒子を含む場合、3体のみならず一般に N 体束縛状態について等、幅広く俯瞰することで、本論文の成果の位置づけを明確にしている。第3章は、本論文で用いる理論計算手法である汎関数繰り込み群方程式の概説である。本論文の結果は第6章で総括されている。

第4章からの内容が本研究のオリジナルな結果である。第4章では3体のエフィモフ状態について、2体相互作用を記述する理論模型を採用し、6体の散乱振幅を数値的に厳密に求めることによって、繰り込み群のフローアトラクタがリミットサイクルであることを議論している。3体の束縛状態が存在するとき、繰り込み群のスケールを低エネルギー側へと積分していくと、6体の散乱振幅には共鳴に伴う特異点が現れる。束縛エネルギーは、特異点が現れるときの繰り込み群のスケールから見積もることができる。本論文の研究では、実際に繰り込み群のスケールを変化させたとき、フローの初期条件や相互作用の詳細に依らず、低エネルギーでは6体の散乱振幅が、繰り込み群のスケールの関数として普遍的な周期構造を示すことを、数値的に検証した。第5章では同様の解析を4体のエフィモフ状態に対して適用し、4体のエフィモフ状態もリミットサイクルによって特徴づけられていることを初めて数値的に示した。4体の束縛状態の記述には8体の散乱振幅が必要となり、本論文では3体部分を有限個の束縛状態の極で置き換える近似を導入している。実際、計算に取り入れる極の数を1から6まで変化させることで、近似の収束性、定量的な妥当性も確認された。

本論文の主要な結果は、上田正仁氏との共同研究に基づいたもので、既に学術雑誌に出版されているが、論文提出者が構想から数値計算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。