



Title	Monte-Carlo Study of Bound States in Few-Nucleon System - Method of Continued Fractions -
Author(s)	升井, 洋志
Citation	大阪大学, 1998, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.11501/3143744
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

氏 名	ますいひろし 井 洋 志
博士の専攻分野の名称	博 士 (理 学)
学 位 記 番 号	第 1 3 6 3 0 号
学 位 授 与 年 月 日	平成10年3月25日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第4条第1項該当 理学研究科物理学専攻
学 位 論 文 名	Monte-Carlo Study of Bound States in Few-Nucleon System —Method of Continued Fractions — (連分数法を用いたMonte-Carlo 法による核子の束縛状態の研究)
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 大坪 久夫 (副査) 教 授 赤井 久純 教 授 阿久津泰弘 教 授 東島 清 助教授 佐藤 透

論 文 内 容 の 要 旨

原子核は核子が「強い力」である核力で相互作用する、取り扱いの複雑な孤立多体系であるといえる。それは核力が近距離力で、中心に斥力芯を持ち、かつ強い状態依存性を含む複雑な相互作用のためである。原子核の束縛状態の正確な取り扱いは、核力モデルの検証および他の有効モデルの妥当性の評価という点において、極めて重要である。よって、そのような系を正確に取り扱う方法として、Monte-Carlo 法による多核子系の研究が進められてきた。変分法を利用した変分 Monte-Carlo 法および虚時間の時間発展によるグリーン関数 Monte-Carlo 法がそれにあたる。しかし、どちらの方法もその取り扱いが基底状態へ限られるため、励起状態を含めた幅広い原子核の束縛状態の研究には適さない。

そこで我々は、現実的な核力を用いた、励起状態の計算法として、連分数法に Monte-Carlo 法を適用する方法を研究した。連分数法は束縛状態の Schödinger 方程式をグリーン関数またはポテンシャルを逐次低次の波動関数と直交するように修正して、連分数の形にして解く方法である。前者を MCFV、後者を MCFG と呼び、我々は MCFG を採用した。しかし、MCFGにおける修正されたグリーン関数は Monte-Carlo 法の適用が困難なため、繰り返し操作の形式を改良することが必要である。連分数法の波動関数は修正されたグリーン関数によって生成されるが、これを自由グリーン関数で生成されるように、グリーン関数と連分数法の波動関数との直交性を利用して変形する。これにより、繰り返し操作の式は自由グリーン関数でのランダムウォークが可能な形で表される。ただし得られた式は、拡散方程式の表式とは異なり、重みを各点独立にランダムウォークさせることが出来ない。そこで、我々はランダムウォークの際に他の点の重みおよび符号を考慮して新たな点の重みと符号を決定する方法、「multiple cancellation」を導入した。結果として、波動関数の正と負の符号を持った点の重み同士は効果的に打ち消し合い、それによって連分数法での繰り返し操作が Monte-Carlo 法を用いて行なえることが示された。

実際の計算に対する適用は1次元1体模型の場合と、3次元の4体すなわち ${}^4\text{He}$ の束縛状態の場合について行なった。1次元の計算では数値的に正確な方法との比較が可能である。Monte-Carlo 法による計算の結果は、この模型が含む3個の束縛状態を正確な方法と比較して、完全に再現することが出来た。よって、我々の Monte-Carlo 法が励起状態の計算に対し有効であることが示された。また、 ${}^4\text{He}$ の束縛状態の場合、基底状態の計算について連分数法の高速な収束性を示し、多体問題の取り扱いについても我々の方法が有効であることが示された。

論文審査の結果の要旨

原子核の構造の正確な解明を目指す新しい研究手法として、原子核の束縛状態に対する方程式を高速モンテカルロ法による積分を可能とする連分数形の表示を提案した。この方法は基底状態のみならず、励起状態をも計算可能とするものである。その有用性は、1次元問題、およびヘリウム4原子核の束縛エネルギーの再現により示され、より複雑な原子核構造の正確な解明に新しい発展を促すものである。よって、博士（理学）の学位論文として十分価値あるものと認める。