The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	Nuclear structure with bare nucleon-nucleon interaction in tensor optimized few-body model
Author(s)	Horii, Kaori
Citation	大阪大学, 2013, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/27464
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

【33】

氏　　名	堀　井　香　織（ほり い か おり）
博士の専攻分野の名称	博　士（理学）
学　位　記　番　号	第　２５８１４　号
学位授与年月日	平成25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	Nuclear structure with bare nucleon-nucleon interaction in tensor optimized few-body model （核力が織りなすテンソル最適化少数系モデルによる核構造）
論　文　審　査　委　員	（主査） 教　授　保坂　　淳 （副査） 教　授　下田　　正　　教　授　青井　　考　　准教授　佐藤　　透 准教授　緒方　一介

論　文　内　容　の　要　旨

本研究が目指すのは、核子多体系としての原子核の多彩な構造を、より微視的な観点で理解することである。その上で最も重要なことは、核間相互作用（核力）の性質を正確に核構造計算に取り入れることである。現代の代表的な原子核構造模型の枠組みには、核力そのものを扱う難しさ故に有効核力が用いられてきた背景がある。しかし実際の核力は、短距離部分に働く強い斥力や、中長距離部分に働くパイオン交換力を起源とする強いテンソル力が存在し、非常に複雑な構造をしている。その上、核子多体系になると二体の核力以上の効果が必要になることが明らかになっている。従って、従来の有効核力の中に隠れてきたこれらの核力本来の性質から核構造を理解することが必要である。現状としては、第一原理的計算手法による少数核子計算が、軽い核構造の再現に成功しているものの、より重い原子核にまで発展させることは困難を極めている。さらに、これらの枠組みにおいても二体力以上の効果は現象論的な三体力として扱われているため、より微視的なハドロン物理との繋がりは明らかではない。本研究では、このような現状を打開するための理論的枠組みを構築する基盤としてテンソル最適化少数系モデル(TOFM)の開発を行ってきた。

これらの開発を行うにあたって、本研究ではテンソル力の働きに注目する。テンソル力は、核力の中でも核構造を決定づけるのに重要な要素の一つである。TOFM の物理的なコンセプトは先行研究であるテンソル最適化殻モデル(TOSM)を基にしている。TOSM は少数核子計算の枠組みを超える原子核に適用するのに有効な方法である。これらのモデルでは、テンソル力によって結合する状態、特に重陽子的相関を取り入れることによって、非常に限られた変分空間で最大限にテンソル力を取り入れることができる。本研究では、TOFM を s-shell と p-shell の原子核に応用し、その近似の精度を定量的に明らかにした。一方で、TOSM の枠組みに用いられる短距離相関の扱いについての改善点を示した。これらの結果から、TOFM はさらに質量数の大きな p-shell 核を分析するためにも有効な方法であると期待する。さらに、本研究では三体力の効果を取り入れる方法の開発を行った。その際に、現在の三体力モデルの基になる藤田・宮沢力に現われる核子の励起状態であるデルタ(1232)粒子に注目した。本研究では二体核力にデルタの自由度を陽に取り入れることによって、多体力の効果を導出することを試みる。二体系におけるデルタの働きを調べた結果、デルタ状態はかなり大きなテンソル力をもたらし、核構造にも大きな影響を与えることが明らかになった。さらに、現象論的に扱われる三体力とデルタの関係を明らかにするためにも、デルタの自由度を含む三核子系計算にも取り組む。

論文審査の結果の要旨

２核子間の力には、近距離における強い斥力芯と長距離におけるパイオン交換によるテンソル力という２つの重要な性質が備わっている。原子核を微視的に記述し、予言能力とその適用範囲を広げるためには、これらの特徴を持った現実的核力から出発し核子多体系の問題を精密に解くことが求められている。さらに原子核では２体力の他に３体力などの多体力の重要性も指摘されている。

この博士論文で、堀井さんは斥力芯とテンソル力をあからさまに扱う簡便な手法、特にテンソル力の役割を効果的に理論計算に取り込む手法を開発した。まずその有効性を示すために、少数系の手法によって精密に解くことが可能な３体系と４体系の問題を考察した。多体系を記述する内部座標のうち、２核子を直接結ぶ座標にのみテンソル相関を取り込む手法を提案し（tensor-optimized few-model = TOFM）、その結果を現存する精密計算の結果と比べることで TOFM の有効性を示した。さらに TOFM によって、殻模型にテンソル相関を取り込む手法として開発されてきた tensor-optimized shell-model（TOSM）と呼ばれる方法の問題点を考察し、TOSM で近似的に採用されてきた斥力芯による相関をどのように改善すべきかについて示唆した。

テンソル力がパイオン交換によるものとすると、そこでは核子の励起状態としてのΔが重

要な役割を果たすと考えられる。これまでしばしばΔの役割が議論されてきたが、質量が核子より 300 MeV 重いので、原子核物理では重要でないだろうと予想されてきた。それに対して今回の研究では、Δを重陽子と核子３体系に取り込みその役割を調べた。その結果、波動関数におけるΔの混合率は小さいものの、束縛エネルギーには無視できない寄与をすることが明らかになった。この結果は、Δが核子多体力の起源の一部であるとする藤田−宮沢の予想をも裏付けている。また原子核物理の首尾一貫した微視的な記述するには、核子のみならずΔ粒子まで含めたより広い粒子空間を用いた考察が重要となることを示唆している。

従来、パイ中間子、テンソル力、さらに斥力芯という核力の重要な特徴は、原子核物理では有効相互作用の一部に繰り込まれていると考えられてきた。この研究によって、その機構に対して微視的な理解が進められると同時に、核子構造をも反映するような観点に立って原子核物理の理解が進められる可能性をも示唆することができた。よって、本論文は博士（理学）の学位論文として十分価値あるものと認める。