

Title	Relativistic Mean Field Theory with Pion for Finite Nuclei
Author(s)	杉本, 聡
Citation	大阪大学, 2002, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/43634
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、 〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉 大阪大学の博士論文について <a>〉 をご参照ください。

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

氏名	すぎもと さとる 杉 本 聡
博士の専攻分野の名称	博 士 (理 学)
学 位 記 番 号	第 1 6 7 4 4 号
学 位 授 与 年 月 日	平 成 14 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	Relativistic Mean Field Theory with Pion for Finite Nuclei (パイオン場を含んだ相対論的平均場理論の有限核への適用)
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 土 岐 博 (副査) 教 授 東 島 清 教 授 畑 中 吉 治 助 教 授 保 坂 淳 助 教 授 若 松 正 志

論 文 内 容 の 要 旨

我々は相対論的平均場理論を拡張し、パイオン場の効果を取り入れることができる枠組を開発した。その枠組を用いると、パイオン場と他の中間子を同等に扱うことができる。それにより、核子間の相互作用（核力）を担う中間子のうち重要なものを全てを取り込んだ形で原子核構造の問題に取り組むことができ、核力と核構造の関係に新たな知見をもたらすことが期待される。

相対論的平均場理論は平均場模型のひとつであり、相対論的多体理論に基づいた枠組である。相対論的平均場理論では核力を担うものとして中間子の自由度を直接扱うことが一つの特徴である。相対論的な枠組では核子の運動をディラック方程式で記述することになり、それにより、原子核の殻構造をつくり出す上で非常に重要な役割を果たすLS相互作用が理論の枠組の中にはじめから取り込まれていることになる。さらに、原子核のもう一つの重要な性質である飽和性も再現することができる。原子核の飽和性を考える上では、核子が反核子と相互作用することによって生じる反発力が重要であることが知られているが、相対論的平均場理論では反核子の自由度も間接的に含まれており、この効果も取り入れられている。平均場模型では通常原子核の芯を仮定せず原子核中の核子全体で原子核を構成する。この場合、LS相互作用と飽和性の二つの性質を再現することは必要不可欠である。この二つの性質に相対論的な効果が深く関わっているということは、原子核を相対論的な枠組で考えることの妥当性を示している。

相対論的平均場模型では中間子の自由度を直接扱うのであるが、これまでパイ中間子は通常取り入れられてこなかった。これは、パイ中間子がアイソベクター、擬スカラーという性質をもち、この性質によりパイオン場を取り込むと、平均場に通常仮定されるパリティ及び、荷電対称性が破れるからである。しかしながら、パイ中間子が担うテンソル力は原子核のさまざまなところで重要な役割をしていることが多くの研究からわかってきている。このことから我々は、平均場中の単一粒子軌道のパリティ及び、荷電対称性を破ることにより、パイオン場の効果を取り込むことができる模型を提案した。このとき、単一粒子軌道は正負パリティ及び、陽子中性子が混ざった状態となりパイオンを平均場中で自由に交換できることになる。このような単一粒子軌道からなる平均場はパリティ及び、荷電対称性が破れた状態になっているので、得られた内部波動関数を良いパリティ及び、荷電状態に射影しなければならない。これにより、パイオン場を含めた全ての中間子、いわば全ての性質の核力を相対論的平均場理論の枠組で取り扱うことができるようになる。

我々はこの新しい枠組をさまざまな $N=Z$ 核に適用した。これにより、これらの原子核においてパイオンが重要な

効果を及ぼすことがわかった。実際、 ^{56}Ni においてはパイオン場からくるエネルギーの寄与が核子あたり、5 MeV にも及ぶことがわかった。また、パイオン場の寄与が LS 閉核、jj 閉核で異なることも見出した。

論文審査の結果の要旨

原子核を構成する力としてパイ中間子が湯川により導入された。その後、シェルモデルの確立以来、原子核物理はパイ中間子を陽に扱わない有効理論で考察が行われてきている。申請者はパイ中間子が直接関係する物理量での実験データの考察と最近の他グループの大型数値計算等から得られた軽い核での結果の解析からパイ中間子の原子核での重要な役割を見出した。

重い原子核の記述には平均場近似が用いられる。申請者は最近注目されている相対論的平均場 (RMF) 近似の方法を拡張してパイ中間子が陽に含まれるように RMF 理論の定式化を行った。この計算は単一粒子状態のパリティとアイソスピンを破る必要がある事を示し、数値計算の為の方法を開発した。結果として、パイ中間子が平均場を持つことを示し、更にはパイ中間子からのポテンシャルエネルギーへの寄与は、原子核の表面の大きさに比例することから、この現象を表面パイ中間子凝縮と名付けた。

申請者の研究結果は、原子核物理でのパイ中間子の役割の重要性を強く主張するものであり、ハドロン物理と原子核物理の統一の可能性を示唆した研究として高く評価される。

博士 (理学) の学位論文として十分価値あるものと認める。