

氏 名	安 藤 和 彦 あん どう かず ひこ
学 位 の 種 類	理 学 博 士
学 位 記 番 号	理 博 第 390 号
学位授与の日付	昭 和 51 年 3 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 5 条 第 1 項 該 当
研 究 科 ・ 専 攻	理 学 研 究 科 物 理 学 第 二 専 攻
学 位 論 文 題 目	G 行列理論に基づいた核内有効相互作用と芯偏極効果

論文調査委員 (主 査) 教 授 玉 垣 良 三 教 授 小 林 晨 作 教 授 町 田 茂

論 文 内 容 の 要 旨

原子核の構造の研究においては、殻模型にもとづいて核子の 1 粒子状態が設定され、平均場にくりこめない効果として原子核の特徴的側面を記述する模型とそれに照応した有効相互作用が導入されることが多い。この有効相互作用は、本来は、構造を記述する模型空間が設定されたとき、二核子系で決められた現実的核力から導出されるべきものであるが、この道筋は単純なものでない。例えば、閉殻の外にある 2 核子間の相互作用は、閉殻外の粒子と閉殻内粒子との相互作用による閉殻の励起（芯偏極効果）を伴って変化するので、二核子間力からみれば相当に屈折した形になって現れてくる。ここに、核内有効相互作用を現実的核力より導くという原子核構造の基礎論的課題があり、最近の約 10 年強い関心がもたれてきたのである。申請者の論文は、この課題をとりあげ、第一に芯偏極効果の高次項をめぐる理論の混乱状況に対して一定の結論を出すこと、第二に核内有効相互作用が核力から形成されていく過程での核力の特徴の反映とそれが現象をどの程度説明しうるかを明らかにすること、を目的としている。

申請論文では、まず、模型空間を設定したときそこで用いられるべき有効相互作用を、閉殻外に粒子が存在する場合について厳密に定式化を行い、次いで、有限核における G 行列（反応行列；核力の短距離相関を処理した段階での有効相互作用）を具体的に計算し、その性質を検討している。G 行列は、相対 S 状態 1S_0 と 3S_1 状態で強く働き、中でも核力の特徴である強いテンソル力が $^3S_1 - ^3D_1$ coupling を通じて 3S_1 状態に強い引力的効果をもたらすことが導かれる。その結果、 $G(^3S_1)/G(^1S_0) \simeq 1.5$ という比が得られ、芯偏極効果のアイソスピン依存性を規定する重要な性質が抽出される。

この G 行列を用いて、芯偏極効果より生ずる有効相互作用への附加項の検討を行っている。その最低次の効果は、閉殻外の 1 粒子が閉殻(芯)を励起させ、この励起子を他の 1 粒子が吸収する過程で、3 粒子—1 空孔状態経由の有効相互作用、 $\Delta G(3p-1h)$ である。この $\Delta G(3p-1h)$ は、(閉殻+2 粒子)系のエネルギー準位の理論値を改善すること（特に、アイソスピン $T=1$ 状態で）が知られていた。所が、Kirson が高次項を算出したところ、その効果は大きく、 $\Delta G(3p-1h)$ の望ましい性質を殆んど打消してしまうこ

とが示され、芯偏極効果の問題は、混乱状況を呈していた。申請者は、この難点が高次項の取り扱い方の不充分さにあることを見抜き、閉殻外核子と芯励起子間の相関をより厳密に取り入れる定式化を行った。それは、この相関のもとになる $2p-1h$ 系に対する多重散乱方程式を立て見通しを良くし、逐次近似で精度を上げるのに適した形式で一般化された vertex を求める方法である。

この方法を模式的な場合について適用して得た結果では、(i)閉殻外粒子と芯励起子との交換効果は重要で、それを部分的に考慮するのは危険で正確に取扱う必要がある、(ii)粒子-粒子相関はすべての状態で vertex の結合を強くするように働くことが示されている。

次いで、原子核の現実的な状況の分析を、 ^{16}O 閉殻に 1 粒子及び 2 粒子が加わった系を対象として行っている。模型空間としては、空孔は $0s, 0p$ 軌道、粒子は $(1s, 0d), (1p, 0f)$ 軌道までを設定する。この場合について、2 粒子間の有効相互作用及び 1 粒子の有効電荷の計算を行ない、大要次の結果を得ている。(i)芯励起子交換力の性質は、フォノン近似によるものよりは、むしろ $\Delta G(3p-1h)$ のものに近く、最低次の芯励起子交換力の望ましい性質は残されている。(ii)この結果は、粒子-粒子相互作用を正しく考慮し、物理的に意味のない重心励起成分を中間状態より除去することによって得られる。(iii) ^{18}F の $J^\pi=1^+$, $T=0$ のレベルと単極芯励起子交換力を除いては、四重極の芯偏極電荷、芯励起子交換力共にかなり満足すべきものが得られる。

結論として、申請者は、芯偏極効果の高次項をめぐる混乱に対して一定の結論を与え、芯偏極を伴って形成された有効相互作用の特徴を明らかにし、且残された問題点の所在を示すことが出来たと述べている。

参考論文 1 は、芯偏極効果における反対称化の重要性を模式的な場合について示したものである。参考論文 2 は、有限核での反応行列に基づく有効相互作用の定式化とそれを ($^{40}\text{Ca}+2$ 粒子) 系に適用して反応行列の特徴を明らかにした論文、参考論文 3 は、その続編で、この反応行列を用いた芯励起子交換相互作用を 2 次の摂動近似で求め、その性質を論じたものである。いずれも、申請論文の先駆をなす研究である。

論文審査の結果の要旨

核子間距離の大きい領域での中間子論的核力と近距離では 2 核子系のデータより決定した性質を結合して記述した核力（以下単に核力とよぶ）に基づいて原子核の構造を明らかにする研究は、原子核における基礎論的アプローチと言える。この種のアプローチの中で、原子核の大局的性質（密度、拡がり、結合エネルギー、一体ポランシャル等）に関する部分は、かなり成功している。それに比して、核内有効相互作用は原子核の構造的特徴と強く関連しあっており、核力からは相当屈折した形で現れてくるため、理論的に未解決のことが多い。申請論文は、後者の課題について研究をすすめたものである。

核力の短距離の相関を独立粒子対模型の描像に立脚して処理すると反応行列（G 行列）がえられる。この G 行列を有効相互作用として用いて、閉殻 + 2 粒子の系を分析すると、エネルギー準位の実験的特徴をうまく再現できない。そこで、閉殻の励起（粒子 p - 空孔 h ）を経由する附加項 $\Delta G(3p-1h)$ を加えたものを有効相互作用として用いると、結果はアイソスピン $T=1$ 状態では非常によい。このような芯偏極効

果は、閉殻+1粒子の系では有効電荷として現れてくる。所が、高次項を計算した Kirson の結果は、上記の $\Delta G(3p-1h)$ の望ましい性質を殆んど消してしまう程大きい。このように、芯偏極効果は高次項の評価をめぐって混乱状況にあった。

申請者は、上記の困難は、粒子と芯励起子間の相関が不十分に取扱われていることに起因することを見抜き、 $p-h$ 相関のみでなく、 $p-p$ 相互作用と反対称化効果を正しく取り入れる理論的枠組を構成した。即ち、 $(2p-1h)$ 系に対する多重散乱方程式を導出し、一般化された vertex を求め、それをもとにして芯偏極効果を算出する。この方法は、物理的事情が見通しよく得られる形式であると共に、逐次近似で結果の精度をあげることが出来るので、優れた理論的定式化と言える。これをまず例示的な模型に適用し、特徴の抽出を行い、次に ^{16}O が閉殻の場合の実際的な状況の計算を実行している。

重要な結論は、最終的に得られた芯偏極効果は $\Delta G(3p-1h)$ の最低次の結果に近く、そのよい点が残ることが示されたことであり、これによって混乱状況にあった高次項の問題に対して明確な解答を与えたと言える。反対称化の効果は、単に $(p-h)$ フォノンの効果を減少させるというようなものでなく、状態によって変動することもある結論である。

$^{16}\text{O}+1$ 粒子、2 粒子の系について、このような望ましい結果が得られた理由は、 $(2p-1h)$ 系の多重散乱過程で、粒子-粒子相互作用を正しく考慮し、また物理的に意味のない重心励起成分を中間状態から除去したことによっている。このような徹底した分析は、申請者の論文に於て初めてなされたもので、価値の高いものと言える。

更に、申請者は、この扱いで充分成功していない点についても分析し、問題の所在を明らかにしている。例えば、芯励起子交換力は、 $T=1$ 状態によい結果をもたらすが、 $T=0$ 状態には殆んど効果がない理由として、 G 行列の 3S_1 成分が斥力 core の影響でフェルミ面近くで小さくなることを示している。

以上要約すれば、申請者の論文は、核内有効相互作用の徹底した分析を行い、芯偏極効果の高次項をめぐり混乱状況を解決する理論を提示し、あわせて芯偏極効果に対する核力の特徴の反映を明らかにしたと言える。参考論文は、学位申請論文の先駆をなすもので、本論文と共に申請者の研究能力と学識を示すものである。

よって、本論文は原子核の構造の理論的研究の進展に寄与するところ大であり、理学博士の学位論文として価値あるものと認める。