

氏 名	糸 永 一 憲 いと なが かず のり
学位の種類	理 学 博 士
学位記番号	理 博 第 335 号
学位授与の日付	昭 和 49 年 7 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	Four-hole Structure in Fe Isotopes (鉄同位体における4空孔状態の構造)

論文調査委員 (主 査)
教授 玉垣良三 教授 林 忠四郎 教授 小林 晨作

論 文 内 容 の 要 旨

陽子2個と中性子2個が強い結合を示す相関（以下では4体相関と略記する）は、原子核の示す特徴的な相関の一つであり、p-殻核や sd-殻核といわれる軽い原子核では α -クラスター又は原子核の分子的構造として発現している。質量数が大きくなり、殻模型の基礎にある一体場が安定に形成されるようになった領域（質量数 ≥ 40 ）においては、4体相関の様相は変化してくることが予想される。そこでは“粒子”及び“空孔”概念が定義できて、殻模型を基礎にした4粒子相関並びに4空孔相関として研究されるが、これまでのところ微視的立場からの系統的研究はなされていない。

主論文は、基底状態近傍で4体相関が重要ではないかと実験的に示唆されている Fe 同位体（質量数=52, 53, 54）をとりあげ、 $1f_{7/2}$ が閉じる粒子数28の二重閉殻核である ^{56}Ni 核近傍における4空孔相関の特徴を調べている。核模型にもとづいて、4空孔相関状態の構造を4空孔の結合様式および核子間相互作用の観点から明らかにし、4空孔相関の安定性を4空孔相関状態に粒子が付け加っていく時4空孔相関状態の構造がどう変化していくかという観点から調べている。4空孔相関状態と他の相関状態を同一の理論的枠組で統一的に扱い、両者のカップリングを正しく考慮している。4空孔相関状態と非常に関係した状態として特に注目しているのは（そのスピン・パリティを J^π と記すとき）、 ^{52}Fe の基底 $J^\pi=0^+$ 状態及びその上の回転的バンド、 ^{53}Fe の励起 $J=3/2^-$ 状態及び ^{54}Fe の励起 $J^\pi=0_2^+$ 状態である。

殻模型計算においては、芯とその外の核子を分けて扱うが、考慮する空間として前者については $1f_{7/2}$ 軌道、後者については fp 殻軌道が考えられている。この空間において、4空孔相関状態と他の相関状態を取扱えるに十分な配位をとってハミルトニヤンを対角化する。核子間有効相互作用としては、核力から導かれた Kuo-Brown の反応行列要素を用いている。また、ここで考慮されていない配位空間および高い配位状態の影響は1粒子準位エネルギー及び粒子間相互作用に対するくりこみとしてとり入れられている。

以上の計算の結果、申請者は次のような結論を見出している。 ^{52}Fe の基底 $J^\pi=0^+$ 状態は4空孔配位

状態を主とした構造として、また ^{53}Fe の $J^\pi=3/2^-$ 状態及び ^{54}Fe の $J^\pi=0_2^+$ 状態はそれぞれ 4 空孔に 1 粒子及び 2 粒子が付け加わった状態として理解され、これらは実験から予想されるものとなっている。 Fe 同位体の 4 空孔相関は $1f_{7/2}$ 軌道の相関として理解される。4 空孔でアイソスピン $T=0$ 、 $J^\pi=0^+$ に結合した状態は、セニオリティ結合ではセニオリティ 0 の状態が主でそれにセニオリティ 4 の状態が振幅で約半分の割合で混った構造となっている。これは、最大角運動量に組んだ陽子-中性子対 2 つが全体として角運動量 0 の状態を作るストレッチ結合様式に非常に近い。このような 4 空孔相関構造をもたらしものは、主として $T=1$ 、 $J^\pi=0^+$ の対相関相互作用と $T=0$ 、 $J^\pi_{\text{max}}=7^+$ 相互作用であり、次いで $T=1$ 、 $J^\pi=2^+$ の相互作用が重要である。4 空孔相関状態に粒子がつけ加わっていくとき、4 空孔相関状態の内部構造が変化していく。1 粒子単位エネルギー、粒子間相互作用へのくり込みの影響は、4 空孔相関状態及び他の相関状態を理解する上でも重要である。

この計算でえられた波動関数は、 ^{54}Fe について参考論文 2 において、 $^{56}\text{Fe}(p, t)^{54}\text{Fe}$ 反応の解析に用いられ、実験とよい一致を与えることが示されている。また参考論文 1 は、主論文に先行して軽い核における多粒子相関の機構をクラスター模型の立場から論じたもので、主論文の発想にとって関連が深い研究である。

論文審査の結果の要旨

申請者の研究対象である鉄同位体は、殻模型の記法で fp-殻の領域にあるが、この領域の原子核は軽い原子核と重い原子核双方の特徴に関連した様相を示す。軽い原子核の領域に於て原子核の α -クラスターの及至分子的構造として発現している陽子 2 個と中性子 2 個が強い結合を示す相関（以下 4 体相関と略記する）が、一体場が安定に形成されスピン軌道力効果が強く現れだす ^{40}Ca をこえた fp-殻核でどのように変化して現れてくるかは興味のある問題である。従来この領域の研究では、殻模型にもとづく研究は多いが、多体相関の典型としての 4 体相関に注目した系統的研究はなされていなかった。

申請者は、軽い核における 4 体相関の重要性と fp-核領域での最近の実験の情報がこの領域での 4 体相関の効果を示唆している点に着目し、比較の実験データが揃ってきている Fe 同位体（質量数=52, 53, 54）における 4 体相関構造の特徴を、二重閉殻 ^{56}Ni を基準にとった 4 空孔相関状態に焦点をあてて研究を行った。

今迄の研究では、4 空孔相関状態が基底状態に接近して現われることを説明するために異常に小さい 1 粒子励起エネルギー（ $1p_{3/2}$ と $1f_{7/2}$ の 1 体レベルのエネルギー差）を採用していること、及び個々の原子核を問題にするのみで系統的でなかったこと等不充分であった。申請者は、 Fe 同位体の 4 空孔相関状態を基底状態近傍の他の状態と共に同一の理論的枠組で調べるために、1 粒子励起エネルギーを実験から要請される約 6 MeV に選び、核子間有効相互作用も出来る限り現実的核力の特徴を反映したものを採用し、考慮した配位空間以外の高次の配位より生ずる効果を 1 粒子単位エネルギー及び核子間相互作用へのくりこみとしてとり入れる立場にたつて研究をすすめた。

^{52}Fe の 4 空孔状態の相関を結合様式の点から考察し、 ^{53}Fe 、 ^{54}Fe で 4 空孔状態に粒子がつけ加わっていくとき 4 空孔相関状態がどのように変化していくかに考察をすすめている。この結果として、多くの重要

な結論が導かれている：(1) ^{52}Fe の基底 $J^\pi=0^+$ 状態， ^{53}Fe の励起 $J^\pi=3/2^-$ 状態， ^{54}Fe の励起 $J^\pi=0_2^+$ 状態が $1f_{7/2}$ の 4 空孔相関状態とこれに 1 粒子，2 粒子が結合した状態系列として 4 体相関が発現していること，(2) この 4 体相関状態の安定性と粒子数変化を与える要因は， $T=1$ ， $J^\pi=0^+$ の対相関型相互作用と陽子-中性子間の $T=0$ ， $J^\pi_{\text{max}}=7^+$ の相互作用が主で，ついで $T=1$ ， $J^\pi=2^+$ が重要であること，(3) 高次配位の影響を示すくりこみの効果（とくに粒子-空孔相互作用への効果）が 4 空孔相関状態のみならず他の状態の説明にとって重要であること等である。これは，fp-殻領域の 4 体相関に関する重要な知見といえることができる。くりこみの効果の重要性が指摘されているが，論文の扱いでは理論的に与えた部分と現象論的に決定する部分からなっており，現象論的に決定された部分がなお相対的に大きいことは，今後 fp-殻領域での核内有効相互作用のより立入った研究の必要性を示している。参考論文 2 では，このように構造論的にえた波動函数を用いて核反応の面から研究を行ない，52 MeV の $^{56}\text{Fe}(p, t) ^{54}\text{Fe}$ 反応において， ^{54}Fe の 4 空孔相関状態を含む 7.6 MeV 以下の偶パリティの殆んどの状態への遷移に対して実験とのよい一致をえている。この論文で展開した方法は，Fe 同位体より少し小さい Ca 領域核及び少し大きい Zn 領域核の 4 体相関にも適用可能であり，今後の理論的發展も期待する。

以上のように，申請論文は，pf-殻領域核における 4 体相関の特徴とその発現の機構を明らかにした意味で，原子核物理学の進展に寄与するところが大きい。なお，参考論文は申請者の原子核物理学におけるすぐれた研究能力と知識を示すものである。

よって，本論文は理学博士の学位論文として価値あるものと認める。