

Title	Stability Condition of the Hartree-Fock States Against Four-Body Correlations(Abstract_要旨)
Author(s)	Suzuki, Kenji
Citation	Kyoto University (京都大学)
Issue Date	1968-07-23
URL	http://hdl.handle.net/2433/212925
Right	
Type	Thesis or Dissertation
Textversion	none

【 25 】

氏名	鈴木賢二
学位の種類	理学博士
学位記番号	理博第139号
学位授与の日付	昭和43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	理学研究科物理学専攻
学位論文題目	Stability Condition of the Hartree-Fock States Against Four-Body Correlations
	(四体相関に対するハートリー・ホック状態の安定性)
論文調査委員	(主査) 教授 小林 稔 教授 武藤二郎 教授 柳父 琢治

論文内容の要旨

軽い原子核の構造と励起機構の解明に対して近時多くの研究者が Hartree-Fock 近似の方法の適用を試みている。しかし、その適用の妥当性あるいは Hartree-Fock 近似にあらわれる解の安定性に対する検討が十分になされているとは云い難い。

申請者鈴木賢二は、その参考論文1に示されているように、協力者丸森寿夫とともに O^{16} 核および Ca^{40} 核の第一励起準位 O^+ の励起機構を Hartree-Fock 近似および核子の四体相関の考え方をを用いて徹底的に検討し、注目すべき結果を得ているのであるが、主論文の内容はさらに進んで一般的に軽い原子核の励起の問題に Hartree-Fock 近似法を適用する場合の条件の吟味を厳密に展開したものである。

Hartree-Fock 近似は、一体の平均場を出発点とするのであるから、原子核においては核力を平均してあらわれる一体場（四極子—四極子作用）の影響を極小化するという手段がとられる。他方、核力は核子の対相関をおこす対散乱部分 (Pair scattering part) を含んでいる。核子の相互作用のうち、この部分がいわゆる Hartree-Fock 近似における基底状態間の混合を引きおこすことになる。申請者らが参考論文1でとりあつかった問題は、この混合よりおこる核子間の四体相関が O^{16} 核などの励起機構に重要な役割を演じることに注目し、それらの励起エネルギー準位の説明に対し興味ある結果が得られることを示したものであった。

主論文ではそれを拡張し、 α 粒子の整数倍よりなる核に対して安定性の吟味を行なった。一般にHartree-Fock 近似の状態の安定性は、その系を特徴づける相関に対してそれが安定であるかどうかで判断される。沢田・福田両氏の研究によれば、このことはまたその相関を表現する固有モードに対する Tamm-Dancoff の方法による解の安定性の問題として論じることができる。

さて、対相関によって特徴づけられる系においては、Hartree-Fock 近似で与えられる一体粒子基準系でつくられた二体の固有モード

$$A_{J=0}^+ = \sum \psi(\alpha_1 - \alpha) a_{\alpha}^+ a_{-\alpha}^+ + \sum \varphi(\alpha_1 - \alpha) b_{\alpha} b_{-\alpha}$$

の解が問題となる。ここで a^+, b_+ 等は粒子の創成, または穴の消滅の演算子である。この固有モードが実の正の解をもてば Hartree-Fock の意味での基準状態は安定であり, 残された相互作用の影響は Tamm-Dancoff の方法でとり入れられる。しかし, この固有モードが 0 または虚の解をもてば, 基準状態は不安定であり, したがって, Hartree-Fock 近似でとり上げなかった相関が強すぎるということになる。

この判定に立つと, 前者の場合が Hartree-Fock でとりあつかえ, 後者の場合には通常の Tamm-Dancoff あるいは摂動の計算が許されないことになる。

ところで, 軽い核においては, 核子相関でつよくあらわれるのが四体相関であることが参考論文 1 で示されており, この解が他の固有モードにくらべて非常に低いエネルギーであらわれ, 核の基準状態および低い励起状態の基本的なモードとなることが確かめられている。この結果は O^{16} に第一励起準位 O^+ が存在するという事実を保障するものである。ところが, 第一励起基準として O^+ 状態をもたない他の $n\alpha$ 型原子核 (Ne^{20}, Mg^{24} など) の存在は申請者が問題にしたように, Hartree-Fock 状態の安定性が破れるということを示すものと考えられる。主論文によれば, O^{16} 核で Hartree-Fock 解が球型であったものが Ne^{20}, Mg^{24} などでは変形した解をもつことが示され, したがって, Hartree-Fock 法による計算において, 近似的に縮退した準位の集合を基底にとることが特徴となる。Hartree-Fock 法による計算では, この縮退をとき, そのために充されている軌道と充されていない軌道との間に大きなエネルギー間隙をもちこむことになる。従来, Hartree-Fock 法での状態の安定性はこのエネルギー間隙によって保証されると考えていた。しかしながら, 申請者の主論文によれば, Hartree-Fock 法の計算であらわれるエネルギー間隙 (5 MeV ~ 10 MeV) は四体の固有モードが必ずしも実で正の解をもつという保証を与えないことが示されている。

実際, Hartree-Fock 法による解にあらわれるエネルギー間隙は場合によっては四体の固有モードにおいて消えてしまうことが示される。さらに Hartree-Fock において残された対相関部分からの相関エネルギーが四体の固有モードに対して虚の解を与えることが主論文において簡単な場合に例証されている。

このようにして, 申請者は近似的に縮退している準位から出発する Hartree-Fock 解は四体相関が顕著であると考えられるような核に対してはその妥当性を失うという結論を得ている。四体相関は対散乱相互作用を通じておこることから, α 粒子の整数倍になっているような型の原子核では平均場をつくる部分と対散乱をおこす部分とを同時にとりあげるような方法を採用しなければならぬことになる。実際, 対散乱部分の重要性は, 従来の Hartree-Fock 解で核変形が大きく出すぎるという点からも示されているように見える。それでは, こういう核に対して, Hartree-Fock 法にかわるべきどのような方法があり得るかという点については申請者も未だ十分な見とおしを示していない。

論文審査の結果の要旨

申請者鈴木賢二の主論文は α 粒子の整数倍よりなる原子核に対して, Hartree-Fock 解法を適用する場合の妥当性の条件を論じたものである。近時, 原子核の構造やその励起状態の議論において, 平均場から出発する Hartree-Fock の解法がしばしば用いられているが, その妥当性に関する検討は殆んどなされていない。申請者はこの点に疑問をもち, 例として $n\alpha$ 核 (Ne^{20}, Mg^{24} など) をとり上げ, Hartree-

Fock 法による基準状態の安定性を徹底的に吟味した。

Hartree-Fock 法では平均場としてあらわれる一体場として四極子—四極子作用が基礎になっているが、核子間には、このほか核力による対散乱の相互作用が存在する。この相互作用は、たとえば申請者が参考論文 1 でとりあつかったように O^{16} 核の励起状態などに微妙に寄与するいわゆる四体相関などの項を引きおこすものである。さて、Hartree-Fock 近似法が成立するのは、このように最初にとり入れられなかった相互作用による擾乱が基準状態の安定性をそこなわない範囲に限られる。ところが、主論文で詳細に吟味されているように、 O^{16} 核のように Hartree-Fock 解が球型であるものは別として、たとえば Ne^{20} , Mg^{24} などのように変形した解をもつものでは、基準状態に近似的な縮退がおり、これらを基底として出発すると、対相関部分からおこる相関エネルギーが四体の固有モードに対して解を与えないことが示される。したがって、近似的に縮退している準位が存在する場合、四体相関が顕著にあらわれると考えられるような核では Hartree-Fock の近似法が適用されないという重要な結論を得ている。

申請者鈴木賢二の主論文は以上のように、現在かなり無批判に乱用されていた Hartree-Fock の近似法の適用限界を鋭く吟味したものとして今後の原子核理論の発展に寄与するところが大きいと考えられる。また、参考論文 1 は上にもふれたように原子核理論の興味ある課題であった O^{16} 核の励起準位に対し新しい考え方を導入したものとして注目されるものである。参考論文 2 は原子核の殻構造理論に新しい知見を加えたものである。

以上のことから判断して、本論文は理学博士の学位論文として価値があるものと認める。