

氏名	飯田晋司 いいたしんじ
学位の種類	理学博士
学位記番号	理博第 893 号
学位授与の日付	昭和 60 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	古典描像に基づく原子核の大振幅集団運動の微視的記述

論文調査委員 (主査) 教授 玉垣良三 教授 小林農作 教授 町田 茂

### 論 文 内 容 の 要 旨

原子核の示す大振幅集団運動，特に遷移領域核の低励起集団状態に対する微視的記述は，その強い非線型性のため，現在もなお未解決の問題である。申請論文は参考論文における研究の発展として，古典的描像に現れる運動の大域的振舞が量子系のどの様な特徴に対応するかを明らかにする観点から，2準位対相関模型を用いて行った大振幅集団運動の研究である。

核子よりなる量子多体系である原子核の大振幅集団運動に対して多く試みられるものとして時間依存変分法がある。この近似的枠組では，変分の試行関数に含まれるパラメーターは，適当な変換によって量子系に対応する古典系の正準変数と見做すことができる。一般には最初に与えた正準変数は集団運動を記述するには必ずしも適当でなく，集団自由度のみを担う変数（集団変数）と他の内部自由度を記述する変数（内部変数）へ移す正準変換を見出すこと（集団部分空間の構成）がまず必要である。次いで量子化の処法を与えることにより集団運動の記述及びそれと内部自由度の結合効果等を分析するという手順をとる。このような取扱いを進めるには，量子系の大振幅集団運動と古典系の位相空間の広い範囲での軌道の振舞いとの対応を把握しておくことが肝要である。これを現実の系でいきなり行うことは，複雑すぎて実行可能性に乏しい。そこで申請者は，古典系と量子系との対応が比較的よく判っている積分可能な系について，問題を考察した。

この目的のため申請者がとりあげたのは2準位対相関模型で，これは簡単ながら重要な3種の運動形態を含むものである。即ち，対称性（今の場合粒子保存則）の回復として現れる対回転，平均場のゆらぎとしての対振動及び独立粒子的運動としての準粒子励起である。

主論文は大要二つの部分より成る。前半は，古典系の構成とその解の考察である。微視的模型のハミルトニアンから，山村・栗山の与えた処法に従って対応する古典系を構成する。この模型での正準変数は，角運動量を零に組んだ対の運動を表わすものとして2準位（ $\sigma = \pm 1/2$ で示す）に入る粒子数  $N$ 。と正準共軛な位相  $\phi$ 。及び準粒子の運動を記述する変数である。この古典系の正準運動方程式は拘束条件を伴う

ので Dirac bracket を用いて記述されるが、これを解いて運動を考察する。古典系のハミルトニアンは位相を差の形  $\Psi_{+1/2} \equiv \Phi_{+1/2} - \Phi_{-1/2}$  のみで含み、保存量は全粒子数  $N = N_{1/2} + N_{-1/2}$ 、エネルギー  $E$ 、各準位のセノオリティ数  $n_\sigma$  である。集団運動に着目して 2 自由度 ( $N_{+1/2}$ ,  $\Psi_{+1/2}$ ) についてみると、解は楕円関数を用いて表され、位相空間が三つの領域——通常の BCS 状態に対応するエネルギー最小点のまわりの閉軌道群がおおう領域、内部にエネルギー停留点を含まず軌道は開いている領域、エネルギー最大点とそのまわりの閉軌道群がおおう領域——に分れる。三つの領域の境界では、古典解は不連続性をもつことが示される。

後半では、古典系がみせる不連続性がどの様に量子系に反映しているかを調べている。この系は  $N$  が保存量のため積分可能であり、前期量子論の量子化処方を用いることができる。こうして得たエネルギーは正確な値に非常に近いが、エネルギー準位の様相には不連続性は見られない。古典系の不連続性は位相が時間に比例して変化する係数  $\nu(\sigma)$  に現れる。これの量子系での対応物は、 $N_\sigma$  を変化させる演算子の行列要素であり、古典系での不連続性は遷移強度分布の急激な変化に対応することが明らかにされる。さらに変数を対回転と対振動を表わす集団・内部変数を導入することによって、この変化が励起回転帯描像の破綻と理解すべきことが示される。

以上が主論文の主な内容であるが、最後にこの論文及び先行の参考論文の結果をふまえ、2 準位対相関模型を用いた研究の意義と今後の研究の展望について申請者の見解を述べている。参考論文 9 篇の中で、(1), (2) は位相空間の広い領域に亘る軌道と量子系の情報との関連を  $SU(2)$  代数に基づき本質的に 1 自由度の系について考察した研究、(3), (5) は断熱近似の下での集団部分空間の構成とその一意性についての研究、(4) は集団運動と内部運動を記述する変数の選択に関する一般化された重心・相対運動の分離の視点からの研究、(7) は集団変数による軌道群の抽出と量子系の集団状態との対応関係の研究であり、本論文の先駆となり基礎となったものである。また参考論文(6), (8), (9) は、集団変数に関する量子化の処方、集団自由度と内部自由度の結合等についての研究であり、広い意味で本論文と関係する内容となっている。

### 論文審査の結果の要旨

原子核における特徴的な様相として、中重核の遷移領域にみられる低励起ではあるが大振幅の集団運動がある。これについては現象を記述する上で有用な模型はあるが、その強い非線型性のために微視的理論の構築はなお未解決の問題となっている。申請者は一連の参考論文において、集団運動部分空間の構成、古典系にみられる大振幅運動の特徴と量子系におけるその反映について研究を行ってきた。主論文はこれらの研究の延長上に位置するものである。

大振幅集団運動の微視的理論を構成するには、集団自由度と内部自由度を記述する変数の選択と安定点近傍に止まらず大域的な運動の把握が重要である。現在の理論の段階では、これを現実の原子核を対象として具体的に実行することは甚だ困難であり、実行のための指針を見出し、理論的処方を創り出すことが望まれる。この意味で、申請者が主論文でとりあげた 2 準位対相関模型は簡単ではあるが重要な運動形態を含む微視的模型であり、それより構成した古典系の振舞と対応する量子系の様相を解明する上で有用なものである。得られた内容として、古典系で三つに分れた位相空間の境界に現れる不連続性は量子系のエ

エネルギー単位には顕在化せず遷移強度分布に強く反映する、という結論は非常に興味深く且新しい知見である。

現実の原子核においては、この模型で無視されている残留相互作用を通じて対相関運動モードと他の運動モードが結合する。従って、主論文で得られた結果が直接このままの形で現象することは期待すべきでなく、この研究は大振幅集団運動の微視的記述法の模索における一つの例題と位置づけられるべきであろう。主論文の記述の夫々の段階で示された理論的考察は特定の模型に局限されない内容を包含しており、全体の論理構成も極めて明確である。

主論文は申請者が参考論文で行ってきた大振幅集団運動に関する微視的理論の研究を一層発展させたものであり、申請論文の意義は参考論文とあわせた一連の研究として達成した成果で評価されるべきである。参考論文9篇は、(9)を除いて共著となっているが、申請者の寄与は充分であり、夫々の段階での理論の発展を担ったものである。従って、申請論文はこの分野の研究の進展に貢献するところ大であり、また申請者の優れた研究能力と学識を示している。

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。

なお、主論文及び参考論文に報告されている研究業績を中心とし、これに関連した研究分野について試問した結果、合格と認めた。