

論文内容の要旨

論文題目 Quadrupole Collective States
in the Monte Carlo Shell Model
(モンテカルロ殻模型における
四重極集団運動状態)

氏名 清水 則孝

中重核領域における原子核構造の研究は、1950年のJ.Rainwaterによる四重極モーメントの発見ををはじめとして、飛躍的な発展をとげてきた。

質量数が100を超えるような原子核では、核子間の対相互作用の影響がより重要となり、独立粒子模型のような単純な描像はなりたたなくなる。そこで、1952年にA.BohrとB.R.Mottelsonによって集団運動模型が提唱された。これにより、表面運動や回転運動などの集団運動をある程度統一的に理解することが可能となった。

しかし、このような巨視的な観点からの理解では、球形振動状態と変形回転状態との間の中間状態や非軸対称変形などの微視的な性質を取り扱うことが困難であり、より詳細な立場からの研究が求められている。しかし、これらの物理系の力学的自由度の大きさから、微視的な研究はほとんどなされていなかった。

本学位論文では、偶々核における四重極集団励起状態に着目し、原子核殻模型の手法を用いて集団運動状態を微視的に取り扱うことを目指す。しかしながら、原子核殻模型では上記のような困難は対角化すべきハミルトニアン行列のヒルベルト空間の大きさとなって現れる。この対角化の困難さを克服するために、本間らによって1995年にモンテカルロ殻模型が提唱され、*sd-, pf-shell* 領域の比較的軽い幅広い原子核に適用され成功を収めてきた。中重核領域では集団運動状態において対相関が重要となるため、新た

にモンテカルロ殻模型に対相関基底を導入し、さらに発展させた手法について論じる。この手法は、求めたい状態の波動関数を少数のモンテカルロ的に選ばれた対相関基底の線形結合で表現するものであり、これにより様々な物理量を比較的容易に得ることができるものである。

具体的には、バリウムのアイソトープを例に取り、中性子数の増加による球形振動から変形回転へゆるやかな変化、いわゆる「形の相転移」とよばれる現象をとりあげる。これまで相互作用するボゾン模型によって研究されてきたが、フェルミオン系によって中間状態を記述することは困難であった。ここではモンテカルロ殻模型により、単一の枠組みによる中間状態も含めた統一的な記述を与えることに成功した。励起エネルギーや遷移確率の側面から詳細を論ずる。また、キセノンのアイソトープには非軸対称変形をするものが知られており、それも同様に原子核殻模型の観点から論じていく。

以下に結果の一例を示す。左図はバリウムのアイソトープにおける励起エネルギーである。実線がモンテカルロ殻模型計算 (MCSM) の結果をあらわし、記号が実験値と比較している。中性子数増加による振動準位から回転準位への“形の相転移”が読み取れる。また、右図において ^{132}Xe の励起エネルギーが MCSM の結果と実験値を比較している。非軸対称状態に特徴的な励起準位構造をよく再現していると言える。

