

平均場模型による 奇核・奇々核の配位決定

平成 26 年 2 月

伊藤 研人 杉浦 友章

(学籍番号 10380043 10380221)

原子核は非常に小さな ($10^{-14}[m]$ 程度) 物質であり、日常生活で考えることはあまりないであろう。しかし実際は、あらゆる物質は原子核を含むいくつかの微視的な物質から構成されている。この世の物質は分子から構成されている。さらに分子は原子から構成されていて、原子の中に原子核がある。我々はこの原子核について着目した。原子核は非常に小さな ($10^{-14}[m]$ 程度) 物質であり、日常生活で考えることはあまりないであろう。しかし実際は、あらゆる物質は原子核を含むいくつかの微視的な物質から構成されている。我々はこの原子核について着目した。

1949 年に Mayer, Janssen が原子核の独立粒子模型を提唱し、さらに 1951 年に原子核の変形という描像が確立した。独立粒子模型とは核子が原子核内を独立した一粒子として運動するという模型の総称である。球対称の殻模型は独立粒子模型の代表例である。そして変形した原子核を説明するためにニルソン模型が作られた。現在ではニルソン模型を改良し、一粒子ポテンシャルを微視的に決定する平均場法が用いられる。

平均場法のなかに Hartree-Fock 法、Hartree-Fock-Bogoliubov 法などがあり、本研究では Hartree-Fock-Bogoliubov 法を用いて計算を行うプログラム HFODD を使用する。HFODD は、1997 年に Dobaczewski 氏と Dudek 氏が公開したものであり、現在まで随時アップデートされており、多くの研究者に使用されてきた。本研究で使用したものは最新の 2012 年度版で、最新のものになるにつれて機能が充実するとともにバグが少なくなっている。HFODD では HFB 準粒子ハミルトニアンを 3 軸不等な調和振動子基底で対角化し、得られた準粒子の真空として原子核の基底状態を作る。そしてこれを収束するまで反復することで、解を求める。真空の定義をするにあたり、配位 (ブロックする軌道) を指定することができる。対称性は偶奇性と指標量指数を指定することができる。最新版ではすべての対称性を破ることもできる。また、もともと時間反転不変性を破ったクランキング模型のプログラムなので当然のこととして、奇核の基底状態を正確に求めることができる。

本研究では Skyrme HFB 法プログラム HFODD を使用して原子核の配位を決定するための基礎知識を学び、その後 2 つのパラメーターセットを使用して、変形核の典型例としての ^{164}Dy に隣接する 8 個の奇核、奇々核の基底状態の配位を Skyrme HFB コード HFODD で求め、実験値との比較を行った。Skyrme 力のパラメーターセットは最近発表された SLy4 と古くからある SIII を使用した。設定したパラメーターセットでは基底状態の配位からも求まるスピンとパリティが同じものと、異なる核がでた。不一致の場合の最大の原因として使用したパラメーターセットの選択が適切ではなかったことが考えられる。

今後の課題として実験値と計算による理論値が同じ値になるように模型を修正していくことが挙げられる。この修正をするには様々な Skyrme 力のパラメーターセットを使用して計算を行い、実験値と同じ値ができるものがないか確認していく。また、対相関力の強度を変えてみることも必要である。そして、計算がうまく行われているか確かめるためにも、調和振動子基底のサイズを拡大してみて、計算結果が変わらないことも確かめるべきである。我々が使用したプログラムでは、人の手でブロックする軌道の組み合わせを指定しなくては行けなく、欲しい配位ができるまで何回もプログラムを回さなければならない。そこに人為的な間違いが起こる可能性があるため、最終的な目標としては人が打ち込むのは簡単な陽子数と中性子数のみで適切な配位が出力される、HFODD を部品として組み込んだようなプログラムをつくることである。