

原子核構造における集団現象の微視的理論

研究テーマの位置づけ

現在、原子核物理学という言葉は非常に広大な分野の総称として使われているが、私たちは原子核の構造そのものを基礎物理学の問題として深く理解することをめざしている。この分野は原子核構造物理学とよばれている。私たちはその中でも、理論物理学の観点から見て最も基礎的で重要と考えられる課題に取り組んでいる。ただし、以下で述べるように、数理物理学一般でなく、あくまで原子核という有限量子系（有限個の構成要素からなる量子系）の特質を理解することを目標としている。

研究内容

私たちの研究グループは原子核構造における多様な集団現象に興味をもち、現象に密着したモデルの構築から有限フェルミ系に対する多体理論の展開まで、幅広い研究活動を行なっている。構成要素の集団が生み出す集団現象には多体系の物理の醍醐味があり、魅力あふれる研究課題がたくさんあるが、近年は主として以下のテーマに取り組んでいる。

1. 大振幅集団運動の微視的理論

超低温状態にある原子核の励起スペクトルには、非線形振動や異なった形の共存/競合現象など、線形近似では扱えない多様な集団現象が現れるが、これらを記述する微視的理論はまだ発展途上の段階にある。私たちは時間変化する平均場の描像に基づく（自己無撞着集団座標の方法と呼ばれる）アプローチによって変形共存現象の微視的ダイナミクスを解析している。これまで非調和ガンマ振動の解明に成果を挙げてきたが、最近これを更に発展させ、平均場のレモン変形極小点とみかん変形極小点の間の多粒子トンネル効果を記述する新しい方法を開発した。

2. 高速回転する原子核に特有な集団現象の研究

大きく変形し高速で回転している原子核の内部を運動する中性子や陽子には強いコリオリ力と遠心力が作用する。このような極限状況では、通常の原子核とは異なった新しい型の振動モードが現れる。私たちは「回転座標系でのシェルモデル」に基

づいて、それらに対する微視的モデルを展開している。「長軸と短軸の比が約 2:1 のレモン形をした超変形核では、(平均場のかたちが空間反転対称性と軸対称性を同時に破るバナナ振動など)新しい型の振動モードがソフトモードとして現れる」と理論的に示唆してきたが、最近このような振動モードが実験で見つかった。また、軸対称性を破った超変形核で Wobbling motion とよばれる新しい型の回転モードも見つかった。私たちはこれらの集団励起モードの微視的構造を論じ、これらが出現するための物理的条件を明らかにした。

3. 重い不安定核で期待されるエキゾチック励起モードの探求

本年より理化学研究所で (RIBF と呼ばれる) 世界一の不安定核ビーム施設が稼働し、原子核物理の新しい時代が始まる。この状況に対応すべく、私たちは最近、中性子ドリップ線近傍の不安定核の基底状態と低い励起状態の構造を理論的に予言する仕事を精力的に遂行している。これらの理論計算によって、原子核の表面に形成される中性子スキンや中性子ペアーの振動など、多様でエキゾチックな集団励起モードが出現することが示唆されている。

これらは原子核という大変奇妙で複雑な量子系の特質を理解するための基本的課題に関するテーマである。一方、私たちは中性子と陽子からなる多体系としての原子核と電子や原子からなるメソスコピック系との類似性と異質性にも強い関心を持っており、核構造物理学という個別科学の基本的課題にしっかりと根差しながら、理論物理として普遍性のある概念の発展を目指したいと考えている。