

論文審査の結果の要旨

氏名 小林 幹

本論文は6章からなる。第1章では、研究の動機が説明されている。原子核の内部に存在する陽子・中性子は、原子核によって定まるエネルギー準位に配位されている。エネルギー準位の差が大きなところでは、魔法数と呼ばれる安定状態があることが知られている。中性子過剰な不安定核においても新たな魔法数が生じることが知られており、不安定核においてエネルギー準位差を測定することは、原子核構造に関して大きな情報を与える。本研究では、特に中性子数が32と34の原子核に的を絞って研究を行った。エネルギー準位差の測定は、原子核の質量を網羅的に測定することによって行う。原子核質量は構成陽子・中性子の質量と束縛エネルギーを反映しているため、質量測定は直接的にエネルギー準位に関する情報を与えることになる。本章の後半では質量測定の方法がまとめられ、本研究に適した方法として飛行時間測定法を用いることが示された。

第2章では、実験装置が説明されている。本論文における実験は、理化学研究所のRIBF実験施設において遂行された。Superconducting Ring Cyclotron (SRS)で加速された核子当たり345MeVの ^{70}Zn ビームを生成標的に入射し ^{54}Ca 近辺の不安定原子核を生成する。生成した原子核をBigRIPS装置に入射し、その後SHARAQスペクトロメータ装置まで輸送する。二つの装置により、精密に運動量測定を行う。さらに、その間の100m程度の距離の飛行時間を新規に導入したダイヤモンド検出器によって測定する。ダイヤモンド検出器の導入、調整、測定は論文提出者によってなされた。電荷は、シリコン検出器とシンチレータ検出器内のエネルギー損失により測定する。本実験では、ビーム輸送系を用いた高精度の運動量測定とダイヤモンド検出器による高精度の飛行時間測定が重要だが、どちらも論文提出者が中心となって行われた。

第3章では、データの解析手法の説明がされている。まず、粒子の識別方法が説明されている。その後、ビームライン検出器による通過位置の測定について説明されている。通過位置の測定量と飛行時間の測定量から原子核の質量を計算する方法について説明されている。計算に用いるパラメータは、既知の原子核の質量を再現するように決定した。また、本章では測定に関わる誤差について説明されている。

第4章では、得られた実験結果がまとめられている。新規に21個の不安定原子核の質量の測定に成功した。また、10個の不安定原子核の測定精度を向上させた。質量分解能に関しても議論を行い、飛行時間測定法を用いた測定としては世界最高レベルの0.01%の測定精度を達成した。これらの結果は、論文提出者の実験・データ解析によりもたらされたものであり、大きな意義のある結果である。

第5章では、実験結果に基づく考察が展開されている。特に、中性子を2個を取り出すエネルギーに着目して、エネルギー準位の差を議論している。これは、不安定核の構造を議論する上で基礎的な実験情報である。論文提出者は、ここで、3点質量差と呼ばれる量を新規に導入しているが、これはエネルギー準位差を議論する上で本質的な量と考えられ、論文提出者が示した重要な着眼点である。これらの議論により、中性子数が34個である ^{54}Ca においては大きなエネルギー準位差が存在することが示された一方、同じ中性子数34個でも ^{53}K においては大きなエネルギー準位差は存在しないことが示された。これらは、不安定核の研究において重要な進展である。

第6章は、論文全体の結論であり、本研究の動機・目的・実験手法・結果などについてのまとめが述べられている。

なお、本論文第2章・第3章は、下浦亨、道正新一郎らとの共同研究であるが、論文提出者が主体となって実験・解析を行ったもので、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

したがって、博士（理学）の学位を授与できると認める。