

論文審査の結果の要旨

氏名 竜野 秀行

本論文は、7章からなる。第1章は、序文であり、K中間子原子を用いたこれまでのX線分光研究がまとめられ、本研究の背景、位置付け、目標および論文提出者の寄与について述べられている。第2章では本研究で利用した、高エネルギー加速器機構の加速器施設 KEK-12 GeV陽子シンクロトロンおよびK中間子ビームラインの構成と概要、実験(E570)の装置概要と検出器群・回路系の詳細が述べられている。第3章ではK中間子ビームおよびX線検出についての事象選択の方法がまとめられており、第4章では、X線検出器に関するデータ解析の詳細について記述されている。X線検出器で得られたX線のエネルギー分布の解析およびシミュレーション解析について、第5章に述べられている。第6章では、本研究で得られた実験値と従来の実験値・理論値との比較ならびに本成果の将来への波及効果などが議論・考察され、第7章では結論が述べられている。この他、付録として、ハドロン原子のカスケード時間、パイルアップ事象に関する考察、ADCの積分非線形性および微分非線形性などが収録されている。

本論文は、原子核物理学での主要課題のひとつ、K中間子と原子核との強い相互作用に関する実験研究である。運動量移行がほぼゼロでの研究は、K中間子原子のX線分光がもっとも有力なツールであり、X線分光による原子準位のエネルギー精密測定と理論計算との比較により強い相互作用を評価することができる。このK中間子原子のX線分光は1970年代から水素からウランまでの様々な標的で測定されてきたが、その相互作用の正確な理解はまだ得られていない。最も基本的なシステムであるK中間子水素のX線が正しく測定されたのは1990年代の終わりである。K中間子ヘリウムに関しては、 $2p$ 軌道のシフトの実験値と理論計算との間に 5σ におよぶ大きな不一致があることが知られており、「K中間子ヘリウム原子パズル」として、30年以上もの説明がつかない状況であった。

本研究ではこの「K中間子ヘリウム原子パズル」を解決するために、大強度K中間子ビームが得られる、高エネルギー加速器機構KEK 12GeV-陽子シンクロトロンを用いたK中間子ヘリウム原子X線分光を行っている。過去の実験に比べバックグラウンド事象の除去およびX線エネルギー測定の分解能向上が図られており、具体的には、薄い高分解能シリコンドリフト検出器(SDD)の採用、液体ヘリウム中での静止K中間子事象の選別、オンラインでの検出器較正法の開発などを

あげることができる。

本研究でのデータ解析においても徹底したバックグラウンド事象の除去とシミュレーションを行い、X線エネルギー分布の完全理解を達成している。特に、パイルアップ事象や標的内部でのコンプトン散乱の寄与を詳細に評価し、特性X線のエネルギー測定での、系統誤差を小さくすることに成功している。これら新しい実験手法と解析によって、 $2p$ 軌道のシフトの実験値を詳細にもとめ、理論計算との比較を行ったところ、実験値は誤差の範囲内で理論値と一致しており、長い間問題となっていた、「K中間子ヘリウム原子パズル」が解決した。

以上の成果はK中間子とヘリウム原子核との強い相互作用に関する基礎的かつ重要な情報であり、**Physical Review C**誌に掲載を予定している。

なお、本論文は共同研究であるが、論文提出者が主体となって、本実験の主要検出器SDDの動作、調整、データ収集、およびこの検出器の新しい較正方法の発案と確立といったハード面での貢献とともに、シミュレーションなどのソフトウェア開発も行い徹底した解析を行っている。これらは本研究にとって不可欠な要素であり、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。