論文審査の結果の要旨

氏名　　高橋智則

本論文は5章からなる。第1章は、イントロダクションであり、本論文の主題である pentaquark state Θ^+ の探索の背景にある物理研究の動機、実験手法の概要、理論的背景、論文構成および本人の主たる貢献に関してまとめている。第2章は実験セットアップを詳述しており、J-PARC 加速器のビームライン、スペクトロメータ、事象トリガー系、データ収集システム、ターゲットおよび本研究のために用いたデータをまとめている。第3章はデータ解析に関してまとめ、測定器の校正手法、ビームの運動量の測定、ターゲットで生成された粒子の識別および運動量測定、アクセプタンスの精密な算出を論じたのちに断面積、バックグラウンド事象、エネルギーおよび質量の測定分解能、系統誤差を導出している。第4章は、データ解析の結果を用いて、 missing mass spectrum 中にバックグラウンド事象からの顕著なピークが見られないことから Θ^+ 粒子の生成断面積の上限値を質量の関数として出し、過去の実験結果と比較した議論を行い、第5章に結論としてまとめている。

本論文の研究は、強い力により生じる核子の構造の研究にとって重要な知見を与えている exotic particle の探索において、特に近年その存否の確定が世界的に重要な課題となっている Θ^+ pentaquark を茨城県東海村の J-PARC 加速器の 1.92 GeV/c の π^- ビームを用いて、$\pi^- p \to K^- X$ 反応により生成・探索した研究であり、結果として当該エネルギー・質量領域における Θ^+ の生成断面積に明確に強い制限を与えている。Θ^+ は、Spring8 での LEPS 実験でその存在を強く示唆する結果が出されて以来、この状態の存否を確定するために世界中で研究が行われてきた。本研究はこの中でも始状態が明確であり運動学的な測定を精密に行える $\pi^- p \to K^- X$ を用いることで、Θ^+ 状態の崩壊過程によらずに探索が可能なシステムを用いているところが優れている。Θ^+ 状態が LEPS 実験で示された狭い崩壊幅を持つ状態であれば、$\pi^- p \to K^- X$ 反応の missing mass 分布の Θ^+ の質量にピークとして信号が現れることになるが、実験結果として対応するピークは見られず、ビームおよび測定器の分解能をデータを用いて詳細に分析することから、崩壊幅の関数として生成断面積に強い制限（上限値）を与えている。

実験データの分析においてはビームおよび K^- の運動量の分解能のデータを用いた見積もり、解析効率およびアプセプタンスの補正をいかに正確に行うかが最大の課題となる。本研究は J-PARC における E19-実験の研究グループ共同で行われたものであり、第2章から第4章にまとめられている実験セットアップおよび解析、結果の導出は実験グループの共同研究としての結果であるが、本論文の研究において論文提出者は実験セットアップの建設から携わり、物理解析において特に重要なビーム測定のための MWPC の開発とデータ収集システムの開発を行い、データ解析において先行研究の問題点および不定性を克服した新たな分析手法を確立し、系統誤差の評価と最終結果に至るまで著者の解析によって結果がまとめられている。特に、本研究の中核となる部分において、ビーム軌道の詳細分析によりビームの飛跡分析の解析効率を向上させたこと、およびスペクトロメータにおける K^- のアクセプタンスおよび質量分解能の評価の精度を向上させたことにより、実験結果の確実性が大きく向上し、この論文提出者により新たに開発された手法は実験グループの標準解析手法として採用されるに至っている。強い力によるクォーク・グルーオン多体系の研究において重要な Θ^+ の生成に強い制限を与える結果を実験データの詳細な分析の積み重ねから確実に引き出した研究であり、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。