

学位審査報告書

（ふりがな） 氏 名	しおみ こうじ 塩見 公志
学位（専攻分野）	博 士 （ 理 学 ）
学位記番号	理 博 第 号
学位授与の日付	平成 年 月 日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当
研究科・専攻	理学研究科 物理学宇宙物理学専攻
（学位論文題目） Measurement of K^0_L flux at the J-PARC neutral-kaon beam line for the $K^0_L \rightarrow \pi^0 \nu \bar{\nu}$ experiment （J-PARCにおける $K^0_L \rightarrow \pi^0 \nu \bar{\nu}$ 崩壊実験のための中性K中間子ビームラインの K^0_L 生成数測定）	
論文調査委員	（主査） 野村 正 准教授 中家 剛 教授 永江 知文 教授

理 学 研 究 科

(続紙 1)

京都大学	博士 (理 学)	氏名	塩見 公志
論文題目	Measurement of K^0_L flux at the J-PARC neutral-kaon beam line for the $K^0_L \rightarrow \pi^0 \nu \bar{\nu}$ experiment		
<p>(論文内容の要旨)</p> <p>本論文は大強度加速器施設J-PARCに新設された中性K中間子ビームラインにおける中性K中間子 (K^0_L) 生成数測定について述べたものである。なお、このビームラインは$K^0_L \rightarrow \pi^0 \nu \bar{\nu}$崩壊の探索実験のために建設されたものである。</p> <p>中性K中間子の稀崩壊モード$K^0_L \rightarrow \pi^0 \nu \bar{\nu}$はCP対称性を破る過程で、素粒子標準理論の検証やそれを越える新しい物理の存在の研究に適している。標準理論の予言によれば崩壊の分岐比は 10^{-11} のオーダーであり、この過程の研究には大強度の中性K中間子ビームが不可欠である。生成される中性K中間子の量が探索実験の到達感度に直結するのだが、素粒子物理実験分野で標準的に使用されているいくつかのシミュレーションパッケージでの評価結果間には3倍もの差があり、実測の必要があった。この論文では、簡易で確実に中性K中間子の量および運動量分布を測定する方法を考案した上で、探索実験に先立って実際に建設されたビームラインにおいて測定実験を遂行し、実測値を得たことが述べられている。また、測定結果が$K^0_L \rightarrow \pi^0 \nu \bar{\nu}$探索実験の感度に与える影響について議論を展開している。</p> <p>この研究では、中性K中間子の量や運動量分布を測定するために中性K中間子の主崩壊過程の一つである$K^0_L \rightarrow \pi^+ \pi^- \pi^0$過程を利用している。崩壊分岐比が大きいこと、および、終状態の粒子のエネルギーや位置、方向の測定が容易で事象の再構成が確実であることがこの過程の選択に至った理由である。測定項目は二つの荷電パイオンの位置と飛行方向、二つの光子のエネルギーと位置である。前者から崩壊点を取得し、また後者と合わせて二つの光子の不変質量を算出することで中性パイオンから崩壊で現れた二光子であることを保証している。荷電パイオンの運動量を取得するためには通常は大型電磁石を用いたスペクトロメータを必要とするが、この測定では横方向運動量がバランスすることに注目して、運動学的な関係から運動量を得る方法を考案している。このことによりスペクトロメータを設置しなくても$K^0_L \rightarrow \pi^+ \pi^- \pi^0$崩壊の運動学量を完全に再構成できる。また、運動学的な制限を課すことができるため、他の崩壊過程に起因するバックグラウンド事象を十分に抑制することができる。</p> <p>この測定原理に基づき、また、必要な測定精度を考慮して、荷電粒子の測定には幅1cmのプラスチックシンチレータの配列からなるホドスコープを、光子の測定には7cm角で長さ30cmの純ヨウ化セシウム結晶を5x5の配列に積み上げた電磁カロリメータを基本要素とした検出器システムが採用されている。このシステムを構築し、実際のビームラインで測定が行われた。2種類の標的に陽子を当てた場合の生成K中間子量を測定しており、結果は5.4cm長さのニッケル標的に対して1.94×10^7個、6cm長さのプラチナ標的に対して4.19×10^7個となっている。なお、これらの値は探索実験での1ビーム取り出し単位(陽子数にして2×10^{14}個)当たり生成される量として規格化されている。測定の精度は系統誤差に起因しており、約10%の不定性に抑えられている。いくつかのシミュレーションによる評価と比較すると、最も予測値の大きかったものと同等あるいはより多く、運動量分布はやや広いことが示されている。</p>			

(続紙 2)

測定の結果に基づいて $K^0_L \rightarrow \pi^0 \nu \nu$ 崩壊探索実験の感度についても考察がなされている。探索実験の提案段階では感度の過大評価を避けるために最小の中性 K 中間子生成数を予言するシミュレーションパッケージの結果を採用していたが、今回の測定により実測値に基づいた議論が可能となっている。実験感度は信号に対する到達感度に加えてバックグラウンド事象と信号の比率を考慮する必要がある。到達感度は生成 K 中間子数が増したことに伴い、約2倍良くなることが期待される。一方で、主バックグラウンド事象は K 中間子の他の崩壊過程に起因するため、単純には改善が見込まれないが、各々の運動量に対する依存性を評価した結果、信号対バックグラウンド比にも約20%の改善が見込まれることが示されている。

(論文審査の結果の要旨)

論文はCP対称性を破る中性 K 中間子の稀崩壊過程 $K^0_L \rightarrow \pi^0 \nu \nu$ の実験研究につながる基本量として中性 K 中間子の生成数および運動量分布を測定することを狙いとしている。この過程は素粒子標準理論やそれを越える新物理に感度があり、現在の素粒子実験物理学で進められる方向性に沿った先端研究の一つである。論文で述べられている研究では実験感度に直結する重要な量である中性 K 中間子生成量を探索実験に先立って測定する方法を考案し、必要な測定精度を考察して検出器を設計、製作した上で、測定の遂行に至り、結果についての考察へと展開している。

測定実験の対象となったビームラインは世界的に見ても大強度を実現できる日本の加速器施設J-PARCに新設されたもので、大強度フロンティアの素粒子物理学を展開する上で重要な鍵となる課題に着目している。測定実験は中性 K 中間子の主崩壊過程の一つである $K^0_L \rightarrow \pi^+ \pi^- \pi^0$ を捕らえることで生成量を得る方法を採用しているが、実現性を重視した検出器技術を基盤としながら、事象を完全に再構成するための独自の方法を立案している。データの解析においては事象の再構成の手順から系統誤差の評価に至るまで正当な検討をなされたことが示されている。大型研究の初期段階における限られた運転条件にもかかわらず、確実に結果を導き出す方法を独自のアイデアを生かしながら考案し、計画、遂行を経て当初の研究目的を達成したことは評価される。また、このビームラインに相当する陽子エネルギーと生成角度の組み合わせではこれまで測定データが存在しなかったため、この研究による測定結果は間接的ながら K 中間子生成反応に新たなデータ点を与えることにもなっている。さらに、測定結果を踏まえた $K^0_L \rightarrow \pi^0 \nu \nu$ 探索実験の感度の議論を展開しており、最先端研究への重要な入力を与え、今後の発展につながることを示唆している。

以上のように、研究内容とその展開は独自性を持った上で十分な到達度に達していると判断され、よって、本論文は博士(理学)の学位論文として価値あるものと認める。また、平成24年1月16日に論文内容とそれに関連した口頭試問を行った。その結果、十分な理解と見識を備えていることが認められ、合格と認めた。

要旨公開可能日： 年 月 日以降