

Title	Pulse shape discrimination method to suppress neutron-induced background in the J-PARC KOTO experiment
Author(s)	杉山, 泰之
Citation	大阪大学, 2016, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/59521
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

論文内容の要旨

氏名 (杉山 泰之)

論文題名

Pulse shape discrimination method to suppress neutron-induced background in the J-PARC KOTO experiment
(KOTO実験における中性子由来背景事象を低減するための波形弁別法)

論文内容の要旨

KOTO実験の目的は、中性K中間子の稀崩壊 $K_L \rightarrow \pi^0 \nu \bar{\nu}$ の観測とその崩壊分岐比測定を通じて、CP対称性を破る標準理論を越えた新たな物理の探索を行うことである。KOTO実験では、 π^0 中間子の崩壊によって出来る二つの光子をCsI結晶で出来た電磁カロリメータで観測することによってこの崩壊を同定する。 K_L の他の崩壊モードと区別するため、崩壊領域を検出器で覆い、崩壊で出来た粒子が電磁カロリメータで観測した光子だけであることを崩壊の同定に用いる。

私は、KOTO実験が物理測定を行うのに必要なデータ収集システムの開発を行った。データ収集システムにCsI電磁カロリメータに加えてそれ以外のすべての検出器を統合した。これにより、電磁カロリメータ以外で崩壊粒子が観測されるような K_L の他の崩壊モードをデータ収集から排除し、 $K_L \rightarrow \pi^0 \nu \bar{\nu}$ 崩壊事象を効率的に収集することが可能となった。また、物理測定においては、 $K_L \rightarrow \pi^0 \nu \bar{\nu}$ 崩壊事象の収集に加えて、検出器の較正やデータ収集システムにおけるバイアス評価などに用いるために様々な条件でデータ収集を行うことが必要となる。これらのデータ収集を物理測定と並行して同時に行えるよう、複数の異なった条件でデータ収集の判断を行えるようなデータ収集システムを開発した。私が開発したデータ収集システムは、2013年5月以降行われているKOTO実験の物理測定においてデータ収集に用いられ、安定に動作している。

2013年5月のKOTO実験初の物理測定で得られたデータにおいて、CsI電磁カロリメータに中性子が入射した事象を2光子が入射した事象と判断することによって生じる背景事象が発見された。2013年5月に取得したデータにおいては、この中性子由来背景事象が主要背景事象源であった。私は、中性子由来背景事象を低減するために、CsI電磁カロリメータにおける波形情報を用いて入射粒子を判別する手法の開発を行った。CsI結晶からの信号波形が中性子入射事象と光子入射事象において異なることを発見し、その違いを用いて入射粒子を見分ける手法を開発した。開発した手法の中性子光子弁別性能を評価し、開発した手法が中性子入射事象を排除するための既存の手法と相関を持たず、それらに加えて中性子由来背景事象を10分の1に抑えることが出来ることを確認した。

本研究と並行して開発された手法と組み合わせることにより、標準理論で予想される崩壊分岐比に相当する感度においても中性子由来背景事象を十分低減出来る見込みが得られた。

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 (杉山泰之)			
	(職)	氏 名	
論文審査担当者	主 査	教授	山中 卓
	副 査	教授	岸本忠史
	副 査	教授	中野貴志
	副 査	准教授	青木正治
	副 査	准教授	南條創
論文審査の結果の要旨			
<p>J-PARC 大強度陽子加速器の KOTO 実験の目的は、KL 中間子が π^0 中間子とニュートリノ対に壊れる崩壊を探ることによって、標準理論を越える新しい素粒子物理を探ることである。</p> <p>杉山泰之氏は、その KOTO 実験に従事し、主に次の二つの成果を上げた。</p> <p>まず、実験のデータ収集システムの構築を行い、さらにガンマ線検出器や荷電粒子検出器を事象取得の判断に取り組む回路を設計・製作した。これにより、高いビームのレート下でも安定して必要な事象を選別して収集できるようになった。</p> <p>次に、純粋な CsI 結晶で作られた電磁カロリメータの信号波形を解析し、入射粒子がガンマ線の場合と中性子の場合によって波形がわずかに異なることを発見し、入射粒子を識別する新たな手法を開発した。この新たな手法は、中性子が電磁カロリメータに入射して、あたかも 2 つのガンマ線が入射したかのように見える背景事象を 10 倍以上削減できる。また、この新しい手法を、他の解析手法と電磁カロリメータの改良の効果と組み合わせることによって、中性子由来の背景事象数を、標準理論が予測する事象数以下に抑えることができる。</p> <p>以上のように、KOTO 実験のデータ収集を実現させ、背景事象に対する新たな知見を与えるとともに、その解決策を編み出した。</p> <p>よって、本論文は博士（理学）の学位論文として十分価値あるものと認める。</p>			