

Title	Search for the decay $KL \rightarrow \pi^0 \nu \nu^*$
Author(s)	坂下, 健
Citation	大阪大学, 2006, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/46440">https://hdl.handle.net/11094/46440</a>
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉</a> 大阪大学の博士論文について <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈/a〉</a> をご参照ください。

***Osaka University Knowledge Archive : OUKA***

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

Osaka University

氏名	坂下 健
博士の専攻分野の名称	博士(理学)
学位記番号	第 20013 号
学位授与年月日	平成 18 年 3 月 24 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当 理学研究科物理学専攻
学位論文名	Search for the decay $K_L \rightarrow \pi^0 \nu \bar{\nu}$ ( $K_L \rightarrow \pi^0 \nu \bar{\nu}$ 崩壊の探索)
論文審査委員	(主査) 教授 山中 卓 (副査) 教授 岸本 忠史 教授 久野 良孝 教授 中野 貴志 助教授 窪田 高弘

### 論文内容の要旨

本論文は、世界初の  $K_L \rightarrow \pi^0 \nu \bar{\nu}$  探索専用実験、E391a 実験、における  $K_L \rightarrow \pi^0 \nu \bar{\nu}$  崩壊の探索を記述したものである。

素粒子物理学の標準理論では、クォークの混合を表す CKM 行列の中の複素成分  $\eta$  によって CP 対称性が破れている。CP 対称性の破れの大きさは、CKM 行列の各成分から形成されるユニタリティー三角形の面積と等しい。複素成分  $\eta$  は、この三角形の高さを表現するので、実験により  $\eta$  の大きさを精度良く測定することが重要になる。 $\eta$  は、中性 K 中間子の稀崩壊  $K_L \rightarrow \pi^0 \nu \bar{\nu}$  崩壊の分岐比を測ることによって、 $< 2\%$  程度の小さな理論的不定形で測定することができる。なお、標準理論において  $K_L \rightarrow \pi^0 \nu \bar{\nu}$  崩壊の分岐比は、様々なデータを元に  $(3.0 \pm 0.6) \times 10^{-11}$  と予測されている。

このような性質をもつ  $K_L \rightarrow \pi^0 \nu \bar{\nu}$  崩壊を探索するために世界初の  $K_L \rightarrow \pi^0 \nu \bar{\nu}$  崩壊探索専用の実験である E391a 実験を行った。実験では、終状態に 2 つの光子のみで他に 1 つも粒子がないことを要求して  $K_L \rightarrow \pi^0 \nu \bar{\nu}$  崩壊を同定する。ここで問題になるのは、分岐比が約  $10^{-3}$  と大きい  $K_L \rightarrow \pi^0 \pi^0$  崩壊で終状態の 4 つの光子の内 2 つ見失うような背景事象である。このような背景事象を抑えるために、新しいアイデアとして、 $K_L$  の崩壊領域の全立体角を光子不感率の低い検出器で覆い、すべての粒子を検出するように工夫した。E391a 実験の目的の 1 つは、このような新しい実験手法を検証・確立し、将来のより高感度な  $K_L \rightarrow \pi^0 \nu \bar{\nu}$  崩壊の測定実験の基礎となる事である。

私は、E391a 実験 Run-1 の 10% のデータを解析し、新しい実験アイデアの元で、どのような背景事象があるのか、また最終的にどの程度の寄与があるのかを詳しく調べてきた。一部の実験装置の不具合のためにビーム中の中性子からの背景事象があったが、最終的には問題がないことが分かった。この研究の結果、 $K_L \rightarrow \pi^0 \nu \bar{\nu}$  崩壊の分岐比に新しい上限値を与えた。

$$Br(K_L \rightarrow \pi^0 \nu \bar{\nu}) < 2.12 \times 10^{-7} \text{ (90\% C.L.)}$$

これは、他の実験が与えたこれまでの上限値を 2.8 倍改善している。

この研究から、新しい実験手法は問題なく、この手法で高感度な  $K_L \rightarrow \pi^0 \nu \bar{\nu}$  崩壊の探索も可能であると結論付けた。

## 論文審査の結果の要旨

弱い相互作用においては、粒子と反粒子の間の対称性が破れている (CP の破れ)。標準理論の説明によれば、この対称性の破れは、3 世代のクォークの間の混合に複素位相が入る事によって引き起こされている。この複素位相を測定する方法として、K 中間子の稀な崩壊  $K_L \rightarrow \pi^0 \nu \bar{\nu}$  の分岐比から求める方法がある。この手法の利点は、理論的誤差が約 1% と小さいために精密な測定ができること、および B 中間子の結果と比較することにより、標準理論を越えた物理の可能性を調べることができることである。ただし、 $K_L \rightarrow \pi^0 \nu \bar{\nu}$  崩壊の分岐比は  $3 \times 10^{-11}$  程度と見積もられており、この崩壊はまだ観測されていない。

本研究は、 $K_L \rightarrow \pi^0 \nu \bar{\nu}$  崩壊を探索するために特化された実験を世界で初めて行い、その最初のデータを解析したものである。実験は高エネルギー加速器研究機構の 12 GeV 陽子加速器を用いて行われた。バックグラウンドとなる他の崩壊事象を排除するために、 $K_L$  の崩壊領域を高感度のガンマ線の検出器で覆い、横方向の運動量を持つ、ガンマ線 2 個のみを探すと新しい手法を採った。背景事象を排除するための様々な解析手法も新たに開発し、背景事象に対する理解を深めた。その結果、 $K_L \rightarrow \pi^0 \nu \bar{\nu}$  の崩壊分岐比として、今までよりも 2.8 倍低い、 $2.12 \times 10^{-7}$  (90% 信頼区間) という上限値を与えた。また、これにより、 $K_L \rightarrow \pi^0 \nu \bar{\nu}$  崩壊を研究するための新たな実験手法を確立した。

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。