

Title	Search for the decay $KL \rightarrow \pi^0 \mu^+ \mu^-$
Author(s)	貞本, 雅祥
Citation	大阪大学, 1999, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/41913
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"〉 大阪大学の博士論文について 〈/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	きだ 貞 本 雅 祥
博士の専攻分野の名称	博 士 (理 学)
学 位 記 番 号	第 1 4 8 6 8 号
学 位 授 与 年 月 日	平 成 11 年 6 月 30 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 $K_L \rightarrow \pi^0 \mu^+ \mu^-$ ($K_L \rightarrow \pi^0 \mu^+ \mu^-$ 崩壊の探索)
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 長 島 順 清 (副査) 教 授 南 園 忠 則 教 授 岸 本 忠 史 教 授 高 杉 英 一 助 教 授 山 中 卓

論 文 内 容 の 要 旨

自然界には種々の対称性が存在する。素粒子物理学においては、C (荷電共役)、P (パリティ)、T (時間) の3つの対称性が研究の対象となっている。CP 変換における対称性の破れは、中性 K 中間子系での弱い相互作用で保存しない (CP の破れ) ことが観測されている。標準理論と呼ばれる理論では、直接的と間接的な2種類の CP の破れの存在を予言している。このうち、間接的 CP の破れはすでに観測されており、直接的 CP の破れが観測されれば、標準理論の正当性を裏付けることができる。

標準理論では、稀崩壊 $K_L \rightarrow \pi^0 l^+ l^-$ ($l = e, \mu, \nu$) は、直接的 CP の破れの効果が大きいと予測されている。 $K_L \rightarrow \pi^0 \nu \bar{\nu}$ は、直接的 CP 非保存の効果のみよりしか起こらないが、今回の実験では、理論予測値にほど遠い結果しかでない。 $K_L \rightarrow \pi^0 e^+ e^-$ は、 $K_L \rightarrow \pi^0 \mu^+ \mu^-$ に対して、ヘリシティ抑制によって CP 保存の量が少ない。しかし、共に終状態が全く同じである危険な背景事象をもつが、 $K_L \rightarrow \pi^0 \mu^+ \mu^-$ の方がその影響が少ないと思われる。よって、私は、 $K_L \rightarrow \pi^0 \mu^+ \mu^-$ 崩壊を観測することにした。

米国フェルミ研究所で E799-II 実験の一環として行われた、 $K_L \rightarrow \pi^0 \mu^+ \mu^-$ 崩壊の探索を本博士論文によって記述する。

中性 K 中間子は、800 GeV の陽子を固定 BeO 標的に入射させることで、生成された。その生成された K 中間子の崩壊の中に $K_L \rightarrow \pi^0 \mu^+ \mu^-$ 事象を探した。この崩壊の終状態は、2つの μ 粒子と π^0 崩壊から2つの光子であるので、まず、荷電粒子が2つあることと光子と思われるエネルギーがあることを要求した。次に、荷電粒子が μ 粒子であることを要求した。スペクトロメーターで測定した μ 粒子の位置、運動量とカロリメーターで測定した2つの光子の位置、エネルギーから K_L 、 π^0 の不変質量等を計算し、シグナル事象と背景事象の分布の違いを用いて、効率よく背景事象を取り除いた。

その結果、0.96個の背景事象の存在を予測した上で、 7.5×10^{-11} の感度を得た。背景事象が0.96個予測されているので、 $K_L \rightarrow \pi^0 \mu^+ \mu^-$ の発見をいうためには、5事象 (3σ) 以上観測されなければならない。しかしながら、 $K_L \rightarrow \pi^0 \mu^+ \mu^-$ 崩壊の信号は2事象しか発見できなかったので崩壊分岐比に対して $BR(K_L \rightarrow \pi^0 \mu^+ \mu^-) < 4.1 \times 10^{-10}$ の制限を90%の信

頼度で設定した。この値は、Particle Data Group による現在の上限値に対して12倍の感度向上であった。標準理論の予測 $BR(K_L \rightarrow \pi^0 \mu^+ \mu^-) \simeq O(10^{-13} \sim O(10^{-12}))$ と比較すると、我々の感度で発見できなかったことは標準理論の予測と一致する。

論文審査の結果の要旨

中性 K 中間子の崩壊、 $K_L \rightarrow \pi^0 \mu^+ \mu^-$ は、CP (粒子・反粒子と左右の入れ替え) の対称性の破れの効果などによって起きると予測されている。貞本氏は米国フェルミ研究所で1996—1997年に行われた KTeV 実験に参加してそのデータ解析を行い、 $K_L \rightarrow \pi^0 \mu^+ \mu^-$ の分岐比に対して $< 4.1 \times 10^{-10}$ (90%信頼区間) という新しい上限値を与えた。これは現在までに論文発表されている値よりも12倍低い値であり、 $K_L \rightarrow \pi^0 \mu^+ \mu^-$ の観測のために大きな進歩を果たした。更に、貞本氏は、上の崩壊に対する背景事象である $K_L \rightarrow \mu^+ \mu^- \gamma \gamma$ 崩壊を初めて観測し、5事象をもとに、その分岐比を測定した。これらの研究は CP 対称性の本質を探る上で重要な知見をもたらした。従って本論文は博士(理学)の学位論文として十分価値あるものと認める。