



Title	Measurement of the Branching Ratio of $KL \rightarrow e^+ e^- \gamma \gamma$
Author(s)	中家, 剛
Citation	大阪大学, 1995, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.11501/3104932
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

氏 名	中 家 剛
博士の専攻分野の名称	博 士 (理 学)
学 位 記 番 号	第 1 2 0 3 6 号
学 位 授 与 年 月 日	平 成 7 年 6 月 1 9 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	Measurement of the Branching Ratio of $K_L \rightarrow e^+ e^- \gamma \gamma$ ($K_L \rightarrow e^+ e^- \gamma \gamma$ 崩壊の分岐比の測定)
論 文 審 査 委 員	(主査) 教授 長島 順清 (副査) 教授 江尻 宏泰 教授 南園 忠則 教授 東島 清 助教授 山中 卓

論 文 内 容 の 要 旨

この博士論文ではフェルミ研究所のE799実験において新しく測定された $K_L \rightarrow e^+ e^- \gamma \gamma$ 崩壊の分岐比について発表している。 $K_L \rightarrow e^+ e^- \gamma \gamma$ 崩壊は中性 K_L 中間子のグリッ崩壊, $K_L \rightarrow e^+ e^- \gamma$ に崩壊時の制動放射によって光子が付随した過程が支配的である。物理上この崩壊は長距離力を理解するために重要で、これらの長距離力は $K_L \rightarrow e^+ e^- \gamma \gamma$ 崩壊中に $K_L \rightarrow \gamma \gamma^*$ 形状因子、及び直接的崩壊過程 $K_L \rightarrow \gamma \gamma \gamma^*$ 崩壊として現れる。また $K_L \rightarrow e^+ e^- \gamma \gamma$ 崩壊は、CP保存性が破れていると考えられている $K_L \rightarrow \pi^0 e^+ e^-$ 崩壊の最重要バックグラウンドとしても注目されている。我々は58事象の $K_L \rightarrow e^+ e^- \gamma \gamma$ 崩壊を観測し、K中間子の静止系において光子のエネルギー敷居値5MeVを適用し、 $BR(K_L \rightarrow e^+ e^- \gamma \gamma, E_{\gamma^*} > 5\text{MeV}) = [6.5 \pm 1.2 \text{ (統計誤差)} \pm 0.6 \text{ (系統誤差)}] \times 10^{-7}$ 、と分岐比を測定した。この結果は初めての統計的に優位な分岐比の測定である。また、今回初めて電子陽電子対の不変質量分布、光子対の不変質量分布等が観測された。直接的崩壊過程の探索も行い、その上限値として分岐比で、 $BR(K_L \rightarrow e^+ e^- \gamma \gamma \text{ [直接的崩壊]}) < 4.5 \times 10^{-8}$ (95% C.L.)、を設定した。また量子電磁力学の結合定数、 α 、を基に $BR(K_L \rightarrow \gamma \gamma \gamma^* \rightarrow e^+ e^- \gamma \gamma) = \alpha \times BR(K_L \rightarrow \gamma \gamma \gamma)$ と仮定し、間接的に中性 K_L 中間子の3光子への崩壊に対して、 $BR(K_L \rightarrow \gamma \gamma \gamma) < 1.7 \times 10^{-5}$ (95% C.L.)、と分岐比の上限値を与えた。

以上の結果に加え、素粒子物理学の標準理論では予言されていない中性のスピン0の粒子(H)の探索も行い、 $BR(K_L \rightarrow \text{He}^+ e^-, H \rightarrow \gamma \gamma) < 3.0 \times 10^{-8}$ (95% C.L.)、という分岐比の制限を、質量30から450MeV/c²、寿命 $c\tau < 10^{-2}$ mの粒子に対して与えた。

論 文 審 査 の 結 果 の 要 旨

この論文は、米国フェルミ研究所において施行した実験”中性K中間子 K_L^0 が電子陽電子対と2個のフォトンへ崩壊する反応($K_L \rightarrow e^+ e^- \gamma \gamma$)の分岐比の測定”結果をまとめたものである。この崩壊は、いわゆる長距離効果と呼ばれ

る QCD 非摂動現象の解明に役立つ。また, CP 非保存反応 $K_L \rightarrow \pi^0 e^+ e^-$ の解明に不可欠な要素でもある。

実験により 58 例の事象を検出し, 分岐比を, $BR(K_L \rightarrow ee \gamma \gamma ; E_\gamma > 5\text{MeV}) = [6.5 \pm 1.2 (\text{統計}) \pm 0.6 (\text{系統誤差})] \times 10^{-7}$ と定めた。質量分布 M_{ee} , $M_{\gamma\gamma}$ をも測定することにより, 主過程がダリツ崩壊 ($K_L \rightarrow ee \gamma$ の電子の一個が内部制動放射を行う) であることを明らかにすると共に, 直接過程 ($K_L \rightarrow \gamma \gamma \gamma^*$, $\gamma^* \rightarrow ee$) の分岐比の上限をも定めた。

また, 標準モデル外のヒッグス粒子探索をも行い, 生成反応分岐比上限を, 質量, 崩壊寿命の一定範囲内 ($30\text{MeV} < m_H < 450\text{MeV}$, $c\tau < 10^{-2}\text{m}$) で $BR(K_L \rightarrow Hee, H \rightarrow \gamma \gamma) < 3.0 \times 10^{-8}$ (95% CL) と定めた。

以上の結果は, 低エネルギー QCD の知見を発展させると共に, CP 非保存実験実行可能性を定量的に明らかにするものである。よって, 博士 (理学) の学位論文として十分に価値あるものと認める。