

Title	Search for the Decay $KL \rightarrow \pi^0 \nu \nu$
Author(s)	花垣, 和則
Citation	大阪大学, 1998, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/41539
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	はな ぎき かず のり 花 垣 和 則
博士の専攻分野の名称	博 士 (理 学)
学位記番号	第 1 4 1 3 8 号
学位授与年月日	平成 10 年 9 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 $K_L \rightarrow \pi^0 \nu \bar{\nu}$ ($K_L \rightarrow \pi^0 \nu \bar{\nu}$ 崩壊の探索)
論文審査委員	(主査) 教授 長島 順清 (副査) 教授 岸本 忠史 教授 東島 清 助教授 中野 貴志 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。

稀崩壊 $K_L \rightarrow \pi^0 \nu \bar{\nu}$ は、標準理論では直接的 CP の破れの効果によってのみひきおこされる、と考えられている。よって、 $K_L \rightarrow \pi^0 \nu \bar{\nu}$ 崩壊の発見は直接的 CP の破れの発見を意味し、さらに標準理論の検証となる。崩壊比の予測に対する理論計算の誤差が $O(1\%)$ であることから、 $K_L \rightarrow \pi^0 \nu \bar{\nu}$ 崩壊の分岐比は、標準理論の要である CKM 変数のひとつ η の測定に最適でもある。さらに、理論的不定性が少ないことから、その分岐比は標準理論の枠外の現象に対して非常に敏感な指針となりうる。

米国フェルミ研究所で E799-II 実験の一環として行われた、 $K_L \rightarrow \pi^0 \nu \bar{\nu}$ 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 $K_L \rightarrow \pi^0 \nu \bar{\nu}$ 事象を探した。ニュートリノは観測にかからないため、 $K_L \rightarrow \pi^0 \nu \bar{\nu}$ 崩壊の信号は K 中間子の崩壊からの孤立した π^0 の存在である。 π^0 は寿命 8.4×10^{-17} 秒で崩壊するので、我々は孤立した $\pi^0 \rightarrow e^+ e^- \gamma$ 崩壊事象を $K_L \rightarrow \pi^0 \nu \bar{\nu}$ 崩壊の信号として探した。スペクトロメータで測定した電子の運動量、位置と、カロリメータで測定した γ 線のエネルギー、位置から不変質量を計算することによって $\pi^0 \rightarrow e^+ e^- \gamma$ 崩壊を同定した。電子とその他の荷電粒子との識別は、カロリメータと遷移放射検出器とによって行われた。さらに、ビーム軸垂直方向の運動量の和が高い事象を選ぶことによって、 Ξ や Λ 粒子からの背景事象を取り除いた。 γ 線のアンタイカウンターにエネルギー損失がないことを要求して終状態に余分の π^0 を含む背景事象を削減した。

その結果、0.12 個の背景事象の存在を予測した上で、 2.6×10^{-7} の感度を得た。しかしながら、 $K_L \rightarrow \pi^0 \nu \bar{\nu}$ 崩壊の信号は発見できなかったので崩壊分岐比に対して $BR(K_L \rightarrow \pi^0 \nu \bar{\nu}) < 5.9 \times 10^{-7}$ 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98倍の感度向上であった。標準理論の予測 $BR(K_L \rightarrow \pi^0 \nu \bar{\nu}) \sim 3 \times 10^{-11}$ 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。我々の設定した上限値を η の上限値として計算すると $\eta < 52$ の制限を与えることになる。

論文審査の結果の要旨

中性K中間子の崩壊, $K_L \rightarrow \pi^0 \nu \bar{\nu}$ は, 標準理論によれば弱い相互作用による崩壊の過程でのCP (粒子・反粒子と左右の入れ替え)の対称性の破れによって起きる。その理論予測の正確さからこの崩壊の検出はCPの破れを説明する標準理論の精密な検証手段として注目されており, 世界中でその発見のために様々な努力がなされている。花垣氏は米国フェルミ研究所で1996-1997年に行われたKTeV実験に参加しそのデータ解析を行い, $K_L \rightarrow \pi^0 \nu \bar{\nu}$ の分岐比に対して $< 5.9 \times 10^{-7}$ (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100倍改善した値であり, $K_L \rightarrow \pi^0 \nu \bar{\nu}$ の発見のために大きな進歩を果たした。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。