

Title	CP Asymmetry in the Decay $KL \rightarrow \pi^+ \pi^- e^+ e^-$
Author(s)	Senyo, Katsumi
Citation	大阪大学, 1999, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.11501/3169041
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

氏 名	千代勝実
博士の専攻分野の名称	博 士 (理 学)
学 位 記 番 号	第 15015 号
学 位 授 与 年 月 日	平成 11 年 12 月 14 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	CP Asymmetry in the Decay $K_L \rightarrow \pi^+ \pi^- e^+ e^-$ ($K_L \rightarrow \pi^+ \pi^- e^+ e^-$ における CP 非保存現象)
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

長寿命中性K中間子の崩壊モード、 $K_L \rightarrow \pi^+ \pi^- e^+ e^-$ における CP 非保存現象の発見について報告する。

$K_L \rightarrow \pi^+ \pi^- e^+ e^-$ では、CP 保存の崩壊振幅である M1 Direct Emission と CP 非保存の崩壊振幅である Inner Bremsstrahlung の干渉により、K 中間子の重心系における $\pi^+ \pi^-$ 崩壊平面と $e^+ e^-$ 崩壊平面の角分布に、14%程度の大きな CP 非対称度が期待される。この非対称度を発見及び測定するのがこの研究の目的である。また、同時に M1 Direct Emission における形状因子と、崩壊分岐比の精密測定もおこなった。

この研究は米国フェルミ研究所の KTeV-E799II 実験の一環として1997年に約100日間おこなわれた。一次粒子として800 GeV の陽子を用い、平均エネルギー70 GeV の中性K中間子を得た。これが真空中で崩壊することによる崩壊生成物を測定した。荷電粒子の運動量測定はスペクトロメーター(分解能0.5%)、光子のエネルギー測定と電子/ π 中間子の識別は CsI カロリメーター(分解能1%)でおこなった。

解析は規格化事象 $K_L \rightarrow \pi^+ \pi^- \pi_0^0 (\pi_0^0 \rightarrow e^+ e^- \gamma)$ と、信号事象 $K_L \rightarrow \pi^+ \pi^- e^+ e^-$ についておこなった。 $K_L \rightarrow \pi^+ \pi^- \pi_0^0$ は約200万事象収集され、この実験における中性K中間子の生成量は 2.34×10^{11} であると同定された。信号事象は解析の後1173事象(このうち背景事象11事象と推定)収集された。

CP 非対称度については、検出器及び解析のアクセプタンスを補正後、 $Asymmetry = 0.127 \pm 0.029(\text{stat.}) \pm 0.016(\text{syst.})$ と決められた。これは CPT 保存、CP 非保存から導かれた理論予測値14%と非常によい一致を示している。この CP 非保存現象では final state interaction の影響は非常に小さく無視できる。また、CPT 非保存、CP 保存を仮定した場合にも、この現象を再現することができるが非常に不自然なパラメータを選ぶ必要があるため、現実的でない。したがって、標準理論を仮定した場合により一致が得られる。

M1 Direct Emission における形状因子は $a_1/a_2 = -0.684 (+0.031/-0.043)(\text{stat.}) \pm 0.053(\text{syst.})$ 及び $a_1 = 1.05 \pm 0.14(\text{stat.}) \pm 0.18(\text{syst.})$ と決められた。これは $K_L \rightarrow \pi^+ \pi^- \gamma$ における測定と一致している。

$K_L \rightarrow \pi^+ \pi^- e^+ e^-$ の崩壊分岐比は $(3.55 \pm 0.11(\text{stat.}) \pm 0.07(\text{syst.}_{\text{int}}) \pm 0.014(\text{syst.}_{\text{ext}})) \times 10^{-7}$ となり、前回の測定とよい一致を示した。

これらの測定の結果、この崩壊モードにおけるすべての実験結果は標準理論の枠内で理論予測値と非常によい一致を示していると結論された。

論文審査の結果の要旨

この研究は長寿命中性Kメソンの $\pi^+\pi^-e^+e^-$ への崩壊モードにおける CP 非保存現象を調べたものである。この崩壊モードの主なる寄与は CP 保存の M1 直後放出振幅と CP 非保存の内部制動放射振幅であり、干渉効果として $\pi\pi$ 平面と ee 平面のなす角分布の非対称が生じる。実験は米国フェルミ研究所の KTeV-E799II 実験の一環として1997年に取得したデータを基にした。800 GeV 陽子加速器を使い生成した70 GeV の中性Kメソンを崩壊させ、荷電粒子の運動量はスペクトロメーターを使い測定、光子エネルギー測定と電子/ π メソンの識別は、CsI カロリメーターで行った。Kメソンの総生成量 2.34×10^{11} 個、規格化事象 ($K_L \rightarrow \pi^+\pi^-\pi^0$) 200万個を得た。解析の結果として信号事象1173個を得、背景事象は11個と推定された。

この信号事象の持つ CP 非対称度は、

$$0.127 \pm 0.029 (\text{統計}) \pm 0.016 (\text{系統})$$

であった。また、M1 直接放出過程の形状因子が

$$a_1/a_2 = -0.684 (+0.031 / -0.043) \pm 0.053, \quad a_1 = 1.05 \pm 0.14 \pm 0.18$$

さらに、崩壊分岐比が

$$(3.55 \pm 0.11 \pm 0.07) \times 10^{-7}$$

と決められた。非対称度と分岐比は理論と良い一致を示し、また上記の形状因子を使うことによりさらに理論との整合性が良くなることが示された。CP 非対称の発見は第4のそして30年という長い空白後の業績であり、CP 非対称現象の理解度を大いに深めた。また、分岐比と形状因子の測定は標準理論の精密検証データを与える。この研究成果は素粒子理論に大きな知見を与えたと言え、博士（理学）論文として十分な価値があるものと認める。