

氏 名	にし だ しょう へい 西 田 昌 平
学位(専攻分野)	博 士 (理 学)
学 位 記 番 号	理 博 第 2599 号
学位授与の日付	平 成 15 年 3 月 24 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 1 項 該 当
研 究 科 ・ 専 攻	理 学 研 究 科 物 理 学 ・ 宇 宙 物 理 学 専 攻
学 位 論 文 題 目	Radiative B Meson Decays into $K\pi\gamma$ and $K\pi\pi\gamma$ Final States (B 中間子の $K\pi\gamma$ 及び $K\pi\pi\gamma$ 終状態への輻射崩壊)
論文調査委員	(主 査) 教 授 笹 尾 登 教 授 谷 森 達 教 授 西 川 公 一 郎

論 文 内 容 の 要 旨

B 中間子の輻射崩壊は主に $b \rightarrow s\gamma$ 過程を経て起こる。この過程は標準模型を超える新しい物理に感度が高いとされ、 $B \rightarrow X_s\gamma$ (X_s は s クォークを含むハドロン系) の分岐比を標準理論の予言と比較することにより、新しい物理の探索が可能である。 $B \rightarrow X_s\gamma$ の分岐比を精密に測定するためには、この崩壊の終状態を理解することが重要である。 $B \rightarrow X_s\gamma$ の 10% 強を占める $B \rightarrow K^*(892)\gamma$ の他にも、いくつかの高次 K 共鳴 (これらは最終的には $K\pi$ か $K\pi\pi$ に崩壊する) を経た輻射崩壊が考えられ、その分岐比はモデル計算により予想されている。また、 $B \rightarrow K_1(1270)\gamma$ や $B \rightarrow K_1(1400)\gamma$ の崩壊モードを用いて $b \rightarrow s\gamma$ 過程の光子のヘリシティの測定をすることにより、分岐比測定では探索できない新しい物理のモデルの探索を行なうことが可能であると提案されている。我々は、Belle 検出器で収集された 29.4fb^{-1} ($31.9 \times 10^6 B\bar{B}$ に相当) のデータを用い、 B 中間子の $K^+\pi^-\gamma$ 及び $K^+\pi^-\pi^+\gamma$ 終状態への輻射崩壊について研究した。

B 中間子は、1つの高エネルギーの光子と荷電 K 、及び1つ又は2つの荷電 π 粒子を組み合わせて再構成し、 K と π からなる系の不変質量が $2.4\text{GeV}/c^2$ 以下であることを要求した。この解析の最大のバックグラウンドは $q\bar{q}$ continuum 事象 ($e^+e^- \rightarrow q\bar{q}$) であり、これは信号事象と $q\bar{q}$ 事象の間の事象の形状の違いを主に利用して抑制した。その他のバックグラウンドの寄与は小さいので、モンテカルロシミュレーションによって評価した。信号の事象数は M_{bc} (beam constrained mass) 分布をフィットすることによりもとめた。

$K^+\pi^-\gamma$ 終状態では、 $1.25\text{GeV}/c^2 < M_{K\pi} < 1.6\text{GeV}/c^2$ に $27.0^{+7.5+0.8}_{-6.8-3.4}$ 事象の信号が観測された。この信号は $B^0 \rightarrow K_2^*(1430)^0\gamma$ の他、 $B^0 \rightarrow K^*(1410)^0\gamma$ および非共鳴崩壊に由来すると考えられる。そこで、これらの3成分を分離するため、 M_{bc} 、 $M_{K\pi}$ 及び $\cos\theta_{\text{hel}}(\theta_{\text{hel}}$ は崩壊ヘリシティ角) について、unbinned maximum likelihood の方法で同時にフィットを行なった。その結果、 $B^0 \rightarrow K_2^*(1430)^0\gamma$ 信号の事象数は $21.2^{+7.6+0.5}_{-7.1-1.2}$ と求まり、観測された $K^+\pi^-\gamma$ 信号が主に $B^0 \rightarrow K_2^*(1430)^0\gamma$ に由来することがわかった。

信号の再構成の効率はモンテカルロで求め、さらにデータによって校正した。その結果、 $B^0 \rightarrow K_2^*(1430)^0\gamma$ の再構成の効率は $(4.97 \pm 0.33)\%$ と求まり、分岐比 $(1.33^{+0.48+0.09}_{-0.45-0.11}) \times 10^{-5}$ を得た。これは、モデル計算で予想された値と一致している。また、 $B^0 \rightarrow K^*(1410)^0\gamma$ などの寄与を無視した CLEO 実験の結果とも一致している。

$K^+\pi^-\pi^+\gamma$ 終状態に対しては、今回初めて信号を観測することができた。観測した事象数は、 M_{bc} 分布のフィットから $57.2^{+11.8+6.4}_{-11.1-1.9}$ であると求まり、分岐比 $(2.41^{+0.50+0.40}_{-0.47-0.30}) \times 10^{-5}$ を得た。これらの信号は高次 K 共鳴を経た輻射崩壊事象である可能性があるが、解析で用いたデータの統計は、どの共鳴状態に由来するかを調べるには十分ではなかった。しかし、高次 K 共鳴は主に $K^*\pi$ または $K\rho$ を経て $K\pi\pi$ 終状態へと崩壊するので、今回は、 $K\pi\pi\gamma$ 信号を $K^*\pi\gamma$ 、 $K\rho\gamma$ 及び非共鳴崩壊の3成分に分解することを試みた。このために、 M_{bc} 、 $M_{K\pi}$ 及び $M_{K\pi\pi}$ について、同時にフィットを行なった。その結果、 $K^*\pi\gamma$ 、 $K\rho\gamma$ の事象数が $32.6^{+10.8+1.9}_{-10.0-1.5}$ 及び $23.8^{+11.5+3.5}_{-11.6-7.0}$ と求まり、 $B \rightarrow K^+\pi^-\pi^+\gamma$ 過程は主に $K^*\pi\gamma$ 及び $K\rho\gamma$ を経ていることがわかった。また、得られた分岐比は、モデル計算に予想された高次 K 共鳴を経た輻射崩壊の分岐比の和と矛盾してい

ないことがわかった。

このように、この研究では $K\pi\gamma$ 及び $K\pi\pi\gamma$ 終状態への B 中間子の輻射崩壊を再構成し、分岐比を測定した。アイソスピン対称性を仮定すれば、 $b \rightarrow s\gamma$ を経る B 中間子の崩壊のうち、 $(35 \pm 8)\%$ が $B \rightarrow K^*(892)\gamma$ 、 $B \rightarrow K_2^*(1430)\gamma$ 及び $B \rightarrow K\pi\pi\gamma$ 崩壊により説明されることがわかった。

論文審査の結果の要旨

申請者の論文は B 中間子の輻射崩壊過程実験的研究の成果を報告するものである。 B 中間子の輻射崩壊は主に $b \rightarrow s\gamma$ 過程を経て起こる。この過程は標準模型を超える新しい物理に感度が高いとされ、 $B \rightarrow X_s\gamma$ (X_s は s クォークを含むハドロン系) の分岐比を標準理論の予言と比較することにより、新しい物理の探索が可能である。 $B \rightarrow X_s\gamma$ の分岐比を精密に測定するためには、この崩壊の終状態を理解することが重要である。 $B \rightarrow X_s\gamma$ の10%強を占める $B \rightarrow K^*(892)\gamma$ の他にも、いくつかの高次 K 共鳴を経た輻射崩壊が考えられ、その分岐比はモデル計算により予想されている。また、 $B \rightarrow K_1(1270)\gamma$ や $B \rightarrow K_1(1400)\gamma$ の崩壊モードを用いて $b \rightarrow s\gamma$ 過程の光子のヘリシティの測定をすることにより、分岐比測定では探索できない新しい物理のモデルの探索を行なうことが可能であると提案されている。申請者らは、Belle 検出器で収集された 29.4fb^{-1} ($31.9 \times 10^6 B\bar{B}$ に相当) のデータを用い、 B 中間子の $K^+\pi^-\gamma$ 及び $K^+\pi^-\pi^+\gamma$ 終状態への輻射崩壊について研究した。

その結果、 $K^+\pi^-\gamma$ 終状態では、 $1.25\text{GeV}/c^2 < M_{K\pi} < 1.6\text{GeV}/c^2$ に $27.0^{+7.5+0.8}_{-6.8-3.4}$ 事象の信号が観測された。この信号は $B^0 \rightarrow K_2^*(1430)^0\gamma$ の他、 $B^0 \rightarrow K^*(1410)^0\gamma$ および非共鳴崩壊に由来すると考えられる。そこで、これらの3成分を分離するため、 M_{bc} 、 $M_{K\pi}$ 及び $\cos\theta_{\text{hel}}$ (θ_{hel} は崩壊ヘリシティ角) について、unbinned maximum likelihood の方法で同時にフィットを行なった。その結果、 $B^0 \rightarrow K_2^*(1430)^0\gamma$ 信号の事象数は $21.2^{+7.6+0.5}_{-7.1-1.2}$ と求まり、観測された $K^+\pi^-\gamma$ 信号が主に $B^0 \rightarrow K_2^*(1430)^0\gamma$ に由来することがわかった。

信号の再構成の効率はモンテカルロで求め、さらにデータによって較正した。その結果、 $B^0 \rightarrow K_2^*(1430)^0\gamma$ の再構成の効率は $(4.97 \pm 0.33)\%$ と求まり、分岐比 $(1.33^{+0.48+0.09}_{-0.45-0.11}) \times 10^{-5}$ を得た。これは、モデル計算で予想された値と一致している。また、 $B^0 \rightarrow K^*(1410)^0\gamma$ などの寄与を無視した CLEO 実験の結果とも一致している。

次に、 $K^+\pi^-\pi^+\gamma$ 終状態に対しては、今回初めて信号を観測することができた。観測した事象数は、 M_{bc} 分布のフィットから $57.2^{+11.8+6.4}_{-11.1-1.9}$ であると求まり、分岐比 $(2.41^{+0.50+0.40}_{-0.47-0.30}) \times 10^{-5}$ を得た。

このように、この研究では $K\pi\gamma$ 及び $K\pi\pi\gamma$ 終状態への B 中間子の輻射崩壊を再構成し、分岐比を測定した。アイソスピン対称性を仮定すれば、 $b \rightarrow s\gamma$ を経る B 中間子の崩壊のうち、 $(35 \pm 8)\%$ が $B \rightarrow K^*(892)\gamma$ 、 $B \rightarrow K_2^*(1430)\gamma$ 及び $B \rightarrow K\pi\pi\gamma$ 崩壊により説明されることがわかった。

よって本論文は博士(理学)の学位論文として価値あるものと認める。

主論文および参考論文に報告されている研究業績を中心として、これに関連した研究分野について口頭試問した結果、合格と認めた。