

機関番号：82118
 研究種目：若手研究（B）
 研究期間：2007～2009
 課題番号：19740159
 研究課題名（和文） semi-inclusive手法を用いたB中間子の輻射崩壊の研究
 研究課題名（英文） Study of Radiative B Decay using semi-inclusive method

 研究代表者
 西田 昌平（NISHIDA SHOHEI）
 大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構・素粒子原子核研究所・助教
 研究者番号：20370075

研究成果の概要（和文）：

小林益川理論の検証とそれを越えた新物理の探索を行う Belle 実験での測定の一つとして、B 中間子の輻射崩壊（光子を放出する崩壊）を、様々なハドロン終状態の足し合わせで再構成するという semi-inclusive 手法を用いて解析を行った。この手法をもちいて効果的にバックグラウンド事象を抑制するための最適化を行った。そして、現在の 50 倍のデータを収集する Belle II 実験での測定精度を見積もった。

研究成果の概要（英文）：

As one of the measurements for the Belle experiment which aims for the verification of the Kobayashi-Maskawa theory and for the search for the New Physics, the study of radiative B meson decays using semi-inclusive method, in which many exclusive final states are summed up in the reconstruction, has been performed. The analysis method has been optimized to suppress the background effectively. The measurement precision in the future Belle II, which will collect 50 times more data than Belle, has been estimated

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	800,000	0	800,000
2008年度	900,000	270,000	1,170,000
2009年度	800,000	240,000	1,040,000
年度			
年度			
総計	2,500,000	510,000	3,010,000

研究分野：数物系科学

科研費の分科・細目：物理学、素粒子・原子核・宇宙線・宇宙物理

キーワード：素粒子物理

1. 研究開始当初の背景

1999 年から高エネルギー加速器研究機構 (KEK)にて行われていた Belle 実験では、B 中間子の崩壊などを用いてカビボ・小林・益川 (CKM)行列の要素の精密測定および新物理の探索が行われている。B 中間子の輻射崩壊（光子を放出する崩壊）もその一つで、終状態を指定しない $B \rightarrow X_s \gamma, X_d \gamma$ (X_s, X_d は

s, d クォークを含むハドロン状態) 崩壊は、新物理に感度のある崩壊モードである。この崩壊の分岐比や CP 非対称度などの測定を行うことにより、新物理の手がかりや情報を得ることができる。

2. 研究の目的

$B \rightarrow X_s \gamma$, $X_d \gamma$ を semi-inclusive 手法と呼ばれる方法で統一的に再構成する。これにより、Belle で収集されたデータを用いて、 $B \rightarrow X_s \gamma$ の分岐比および CP 非対称度の測定を行う。また、 $X_s \gamma$ と $X_d \gamma$ の分岐比から $|V_{td}/V_{ts}|$ (V_{td}, V_{ts} は CKM 行列の要素) の測定を行うことができる。これらの測定により、CKM 行列の精密測定と、新しい物理の探索を行う。

3. 研究の方法

本研究で用いる semi-inclusive 手法とは、 $B \rightarrow X_s \gamma$, $X_d \gamma$ を多くの終状態で再構成し、それを足し合わせる手法で、例えば X_s としては K と複数の π 中間子を組み合わせさせた状態などが足しあわされる。この手法は終状態を再構成していることにより X_s と X_d の識別が行えることや、一部のバックグラウンドを抑制しやすいなどの利点がある。しかし、再構成できない終状態があることや、終状態の粒子数が増えると間違っ再構成してしまうことなどが問題となる。

本研究ではまずは X_s と X_d に関係なく、有用そうな終状態を全て再構成するというように、輻射崩壊の解析を統一的に行う。その後、目的に応じて $B \rightarrow X_s \gamma$, $X_d \gamma$ など必要なモードのみを取り出し、対象となる測定を行う。

4. 研究成果

最初に、この研究の鍵となる semi-inclusive 手法を用いた B の輻射崩壊の再構成の確立を行った。この手法では同時に多くのモードを再構成しようとするために、シグナル事象であっても誤った再構成をしてしまう場合が多い。そこで、まずシミュレーションを用いて、誤った再構成が少なくなるように再構成の条件を最適化し、再構成に用いるトラックの運動量のカットを決定した (図 1)。

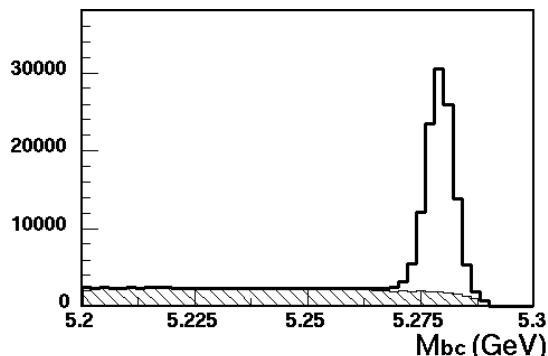


図 1 $B \rightarrow X_s \gamma$ の再構成 (シグナル事象)。斜線は誤った終状態に再構成された事象。

まずは、終状態としてどの状態を再構成に含めるかの選別を行った。基本は K を 1 (0) 個と、複数の π を組み合わせて $X_s (X_d)$ を組み合わせることにならう。本研究では最初には有用そうなモードを可能な限り再構成して、後で必要なものだけを利用するという方針をとる。それでもある程度は最初に選別を行う必要がある。試行の結果、 $B \rightarrow K \pi \pi \pi \gamma$ のように X_s , X_d の終状態が 4 体の場合は辛うじて再構成が可能であるが、それ以上になると処理時間が長くなるにも関わらず、信号の再構成の効率が極端に低いなど、再構成は困難であった。また終状態に中性 π 中間子が多く含まれていると、やはり再構成が困難になるため、中性 π 中間子は一つまでしか含まない終状態で再構成することを基本にした。その他、終状態に η を含む場合や K を 2 個以上含む場合、バリオンを含む場合も加え、49 のモードで再構成を行うこととした。

次に、 X_s や X_d の再構成の効率は、終状態の分布に依存するが、これは基本的にはシミュレーションによる仮定が必要となる。このシミュレーションによる終状態の分布が妥当であるか検討するため、少量のデータを用いて再構成を行い、終状態の分布をモンテカルロシミュレーションと比較した。この結果、データ X_s の終状態として 2 体に崩壊するものの割合がシミュレーションでは多いことが確認できたので、シミュレーションの終状態の分布がデータに近づくよう、シミュレーションの補正を行った。

この他、再構成の性能を向上するために、細かな調節を行った。例えば、終状態に π 中間子を多く含む場合の再構成の効率が低い問題を改善するために、 π 中間子の運動量の条件などの調節を行った。これらの調節により、劇的な向上は得られなかったものの、多少の性能の向上をみる事ができた。

再構成した事象から信号を取り出すには、 M_{bc} (再構成した B の質量。図 1 参照) へのフィットを行う。しかし、シミュレーションによる研究ではフィットより得られる答え

が真の信号の数からずれていることがわかったので、各成分の M_{bc} 分布のモデリングの調整を行って、バイアスを減らすようにした。

信号を取り出す際の障害となるバックグラウンドの抑制については、 B 中間子が D 又は D^* を伴って崩壊する事象が、大きなバックグラウンドになることがわかったが、再構成に用いた K や π のうちの一部のトラックの不変質量が D の質量と近くないことを要求することにより抑制することができた。この他、最大のバックグラウンドである continuum 事象の抑制について研究を行うとともに、寄与が小さいものの無視できないバックグラウンド事象の起源と寄与について調べた。

その後、実データを用いて $B \rightarrow X_s \gamma$ の分岐比と CP 対称性の直接的破れの測定を開始した。また、系統誤差や理論のモデルから来る誤差の見積もりを行った。このために、いろいろなモデルに基づいて X_s の質量分布を仮定したり、 X_s の崩壊の仕方(終状態の分布)をかえたりしてシミュレーション研究を行った。しかし、再構成できない終状態の割合などの見積もりに難点があり、最終結果を得るところまでは到達しなかった。これについては引き続き解析をすすめる予定である。

一方で、これまで行われてきた Belle 実験は終了したが、ルミノシティを向上して現在の 50 倍のデータ収集する Belle2 実験が平成 26 年開始を目指して進められている。Belle2 でどれくらいの精度で semi-inclusive 手法を用いた測定が可能かについて、シミュレーションを用いた研究を行った。特に、 $B \rightarrow X_d \gamma$ については、粒子識別装置の改良による測定精度の向上が期待できるので、粒子識別装置の影響についても調べた。

図 2 は $5/\text{ab}$ のデータを仮定した場合の $B \rightarrow X_d \gamma$ の M_{bc} 分布である。これにより、5% 以下の精度で $B \rightarrow X_d \gamma$ の分岐比を求められ、3% 程度で $|V_{td}/V_{ts}|$ が求められることが分かった。また、 $B \rightarrow X_s \gamma$ の CP 非対称度については、0.5% 以下の精度でもとまり、新しい物理への感度があることがわかった。

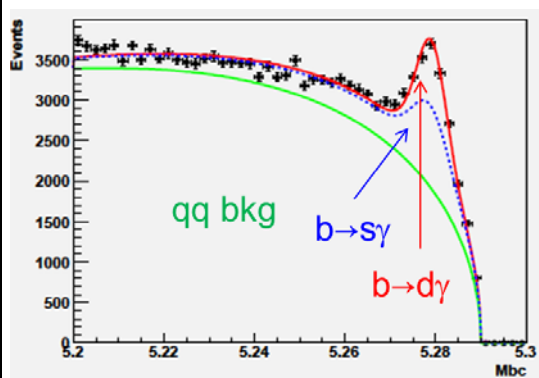


図 2 $5/\text{ab}$ のデータを仮定した場合の $B \rightarrow X_d \gamma$ のシミュレーションの分布。

いずれの場合も、誤差は主に統計誤差でなく系統誤差に由来する。たとえば X_s (X_d) の終状態がどのようなものであるかの理論的不定性や、精密測定のための系統誤差の抑制などが課題となるもわかった。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[学会発表] (計 4 件)

- (1) S.Nishida, “New Results on $B \rightarrow V \gamma$ ”, 5th International Workshop on the CKM Unitarity Triangle, 2008年9月10日, ローマ大学 (イタリア)
- (2) S.Nishida, “Exclusive leptonic and radiative B meson decays at Belle”, 2009 Europhysics Conference on High Energy Physics, 2009年7月17日, クラコフ (ポーランド),
- (3) S.Nishida, “Experimental Prospects for $B \rightarrow X(s/d) \gamma$ and $X(s/d)ll$ ”, 6th International Workshop on the CKM Unitarity Triangle, 2010年9月8日, Warwick 大学 (イギリス),
- (4) S.Nishida, “B Physics Experimental Overview”, 2010 LHC Days in Split”, 2010年10月8日, スプリト (クロアチア)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

西田 昌平 (NISHIDA SHOHEI)

大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構・素粒子原子核研究所・助教

研究者番号：20370075

(2)研究分担者
()

研究者番号：

(3)連携研究者
()

研究者番号：