

氏 名 LIU, Yang

学位（専攻分野） 博士（理学）

学位記番号 総研大甲第 1196 号

学位授与の日付 平成 20 年 9 月 30 日

学位授与の要件 高エネルギー加速器科学研究科 素粒子原子核専攻  
学位規則第 6 条第 1 項該当

学位論文題目 Study of  $B$  meson decays with  $J/\psi$  and  $\phi$  in the final states

論文審査委員	主 査 教授	片山 伸彦
	教授	堺井 義秀
	教授	幅 淳二
	教授	萩原 薫
	准教授	中尾 幹彦
	講師	坪山 透
	准教授	宮林 謙吉（奈良女子大学）

## 論文内容の要旨

We study the decay modes of  $B$  meson decay to final states including  $J/\psi$  and  $\phi$  mesons based on the large amount of data sample at the  $\Upsilon(4S)$  state collected with BELLE detector in KEKB asymmetric energy  $e^+e^-$  collider.

The decay  $B^0 \rightarrow J/\psi\phi$  is expected to proceed mainly via a Cabibbo-suppressed and color-suppressed transition ( $b \rightarrow c\bar{c}d$ ) with rescattering. In  $B$  decays, effects which are likely due to rescattering have been seen and this kind of final state rescattering may play an important role in understanding patterns of  $CP$  asymmetries in the decays  $B \rightarrow$  two charmless pseudoscalars. Studies of  $B$  decays such as  $B^0 \rightarrow J/\psi\phi$ , which would proceed mainly via rescattering, provide useful information for understanding rescattering mechanisms. We perform searches for  $B^0 \rightarrow J/\psi\phi$  decays using a data sample of  $605 \text{ fb}^{-1}$  containing  $657 \times 10^6 B\bar{B}$  pairs.

We reconstruct  $B$  mesons from the decays  $J/\psi \rightarrow \ell^+\ell^-$  ( $\ell = e, \mu$ ) and  $\phi \rightarrow K^+K^-$ . Events are required to pass a basic hadronic event selection. We identify  $B$  candidates using two widely used kinematic variables calculated in the center-of-mass system: the beam-energy constrained mass ( $M_{bc} \equiv \sqrt{E_{\text{beam}}^2 - P_B^2}$ ) and the energy difference ( $\Delta E \equiv E_B - E_{\text{beam}}$ ), where  $E_{\text{beam}}$  is the beam energy,  $P_B$  and  $E_B$  are the reconstructed momentum and energy of the  $B^0$  candidate. We select  $B$  candidates within the range  $-0.2 \text{ GeV} < \Delta E < 0.3 \text{ GeV}$  and  $5.27 \text{ GeV}/c^2 < M_{bc} < 5.29 \text{ GeV}/c^2$  for final analysis.

We study reconstruction efficiency, signal region and event selection criteria using a large signal Monte Carlo (MC) sample. To study background, we use inclusive  $J/\psi$  MC (100 times that of real data) and sideband region of real data.

The dominant background comes from  $B\bar{B}$  events with  $B$  decays to  $J/\psi$ . We find that the dominant backgrounds come from  $B^0 \rightarrow J/\psi K^{*0}(892)[\rightarrow K^-\pi^+]$  and  $B^{0/-} \rightarrow J/\psi K_1(1270)[\rightarrow K^-\pi^+\pi^{0/-}]$ . In both cases, a pion is misidentified as a kaon, and in the latter case, the other pion is missed. The former has a peak at  $\Delta E \sim 0.1$  GeV, while the latter has a broad peak in the negative  $\Delta E$  region. The remaining background is due to random combinations of  $J/\psi$  and  $\phi$  candidates and does not have structure in the  $\Delta E$  distribution (referred to as combinatorial background).

The signal yield is extracted by performing an unbinned extended maximum-likelihood fit to the  $\Delta E$  distribution of candidate events. The signal PDF is modeled by a sum of two Gaussians. The background PDFs are two Gaussians for the  $J/\psi K_1$  component, a bifurcated Gaussian for the  $J/\psi K^{*0}$  component and a second-order polynomial for combinatorial background, respectively. The parameters of these PDFs are determined from MC simulations.

We obtain a signal yield of  $4.6^{+3.1}_{-2.5}$  events with a statistical significance of  $2.3\sigma$ . no significant signal is found for the  $B^0 \rightarrow J/\psi\phi$  decay mode, we obtain an upper limit on the yield at the 90% confidence level ( $Y_{90}$ ) by a frequentist method using ensembles of pseudo-experiments. Finally an upper limit at the 90% confidence level is obtained:

$$\mathcal{B}(B^0 \rightarrow J/\psi\phi) < 9.4 \times 10^{-7}. \quad (1)$$

We also studied the decay mode of  $B \rightarrow J/\psi\phi K$ .

## 論文の審査結果の要旨

本研究は、非対称衝突加速器 KEKB における Belle 実験で6.6億個のB中間子対のデータを用いて中性B中間子の $J/\psi\phi$ 崩壊モードの探索を行い、その上限値を得たものである。この崩壊モードは、終状態の $J/\psi\phi$ において $J/\psi$ 粒子は $c$ クォークと反 $c$ クォーク、 $\phi$ 粒子は $s$ クォークと反 $s$ クォークから成り、反 $b$ クォークと $d$ クォークからなる始状態の中性B中間子とは一つも同じクォークを共有しない、非常に特殊な崩壊である。この崩壊は、例えば、 $B^0 \rightarrow J/\psi\gamma \rightarrow J/\psi\phi$ のようなphpto photo production過程、始状態の反 $b$ クォークと $d$ クォークが $W$ ボソンを交換し $c$ クォークと反 $c$ クォークになり、この状態から3つのグルーオンを交換して $s$ クォークと反 $s$ クォーク対が生成されて、 $J/\psi\phi$ になる過程、あるいは、同じく $W$ ボソンを交換し $c$ クォークと反 $c$ クォークになり、一旦 $D_s^- D_s^+$ となった後re-scatteringにより $J/\psi\phi$ となる過程、または一旦、 $J/\psi\omega(\rho)$ になり、 $\omega$ 粒子と $\phi$ 粒子の間の混合により、 $J/\psi\phi$ になる過程などが考えられるが、いずれの過程が主だったとしても、実験的・理論的にその崩壊分岐比を予測してみると $10^{-7}$ 程度と計算される。本研究の解析では、十分に確立した解析手法を用いて信頼性のある結果を得た。バックグラウンド事象の評価、系統誤差の評価、データから信号事象数を求めるためのフィットの正当性の評価などが適正に行なわれている。結果は、有意な信号事象は観測されなかったので崩壊分岐比の90%信頼度での上限値  $< 9.4 \times 10^{-7}$  を得た。この結果は、Belleグループとしては初めての $B^0 \rightarrow J/\psi\phi$ 崩壊分岐比上限値の測定であり、BaBarグループによる測定より約10倍厳しい上限値を得た。本研究の測定値の中心値は、理論的予測値の2~3倍程度であり、今後の理論および実験両面における進展が必要であり、その結果が興味深い。

本論文では、上に述べた物理的意義、データ解析、測定結果を使つての考察評価等が適切にまとめられている。本論文の結果は Physical Review D誌に Belleグループの論文として投稿され掲載された (LIU氏は筆頭著者である)。以上のことから判断して、本論文の結果は物理的に興味深いものあり学位論文としてふさわしいものとして審査委員全員一致で合格と判定した。