

Belle グループ

1. 解析の状況

夏の国際会議には、約 70 編のアブストラクトを投稿し、種々の新しい物理解析結果を報告した。昨年に引き続き全データを使つての Belle の最終結果を中心に、新しいモードの解析結果の発表も行った。その中で興味深い結果を報告する。

$B^+ \rightarrow \tau \nu$ 崩壊は Belle で 2006 年に初めて信号が発見され、その後 BaBar でも崩壊分岐比が測定された。これまでの測定結果は、標準理論から期待される値にくらべて 2.8σ 高く Belle の全データを使つたより精度のよい測定が待たれていた。 $B^+ \rightarrow \tau \nu$ 崩壊は二個以上の ν

を含むため、他の崩壊モードのように信号の崩壊を再構成することができない。そのため、信号はもう一方の B 中間子を完全に再構成(タグ)して、その他に τ の崩壊からのレプトンや π/ρ 以外の粒子がない事象から信号を選定する。今回の解析では、完全再構成にニューラルネットワークを用いることにより再構成の効率を 2.2 倍に改善した(図 1)。さらに、信号の選択条件の改善により検出効率が 1.8 倍になり、信号とバックグラウンドの比率も向上した。その結果、全データ(全回の 4.49 億個に対して 7.72 億個の B 中間子対)を使うことにより、崩壊分岐比のエラーが 1/2 になることが期待された。信号は、図 2 に示すように、 E_{ECL} (タグと信号の B 中間子以外の粒子による電磁カロリメータのエネルギーの総和)に加えて

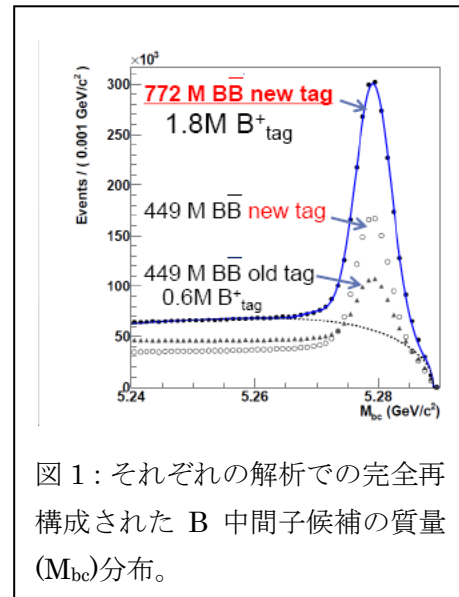


図 1：それぞれの解析での完全再構成された B 中間子候補の質量 (M_{bc}) 分布。

M_{miss}^2 (信号の B 中間子の欠損質量の 2 乗)の分布を 2 次元フィットすることにより求めた。結果は、崩壊分岐比が $[0.72 +0.25/-0.27(\text{統計誤差}) \pm 0.11(\text{系統誤差})] \times 10^{-4}$ (信号の有意性は 3.0σ) でこれまで測定値より低く、標準理論の期待値とよく一致するものであった。これまでの測定結果とは 2σ 程度の違いであり、これまでの標準理論からのずれは統計のふらつきによる可能性が高い。

また、 $\Upsilon(5S)$ のデータの解析では、前回ボトム・反ボトムクォーク対を含む 2 個のエクゾチック粒子 [$Z_b(10610)^+$ と $Z_b(10610)^+$] の発見を報告したが、今年の夏にはさらに関連する発見があった。これまで Z_b^+ 粒子は、 $\Upsilon(nS)\pi^+(n=1,2,3)$ および $h_b(1P)\pi^+(m=1,2)$ の崩壊モードで発見されたが、今回、 $\Upsilon(5S) \rightarrow B^{(*)}B^{*-}\bar{\pi}$ の 3 体崩壊における $B^{(*)}B^{*-}\bar{\pi}$ の質量分布を詳細に調べることにより図 3(左)に示すように $Z_b(10610)^+ \rightarrow BB^{*-}\bar{\pi}$ および $Z_b(10610)^+ \rightarrow B^*B^{*-}\bar{\pi}$ への崩壊を発見した。これらの崩壊への分岐比は、 $\Upsilon(nS)\pi^+(n=1,2,3)$ や $h_b(1P)\pi^+(m=1,2)$ よりもずっと大きいことが分かり、 Z_b^+ 粒子が $B^{(*)}B^{*-}\bar{\pi}$ 中間子分子状態である個脳

性が高まった。また、 Z_b^+ 粒子は荷電粒子で $(b\bar{b})\pi^+$ に崩壊するので、アイソスピンが1であると予想されている。その中性パートナーの存在を確かめるため、 $\Upsilon(5S) \rightarrow \Upsilon(nS) \pi^+\pi^-$ 崩壊と同様に $\Upsilon(5S) \rightarrow \Upsilon(nS) \pi^0\pi^0$ 崩壊の解析を行った。後者の崩壊は、これまで確認されていなかったが3つ($n=1,2,3$)の崩壊が発見され、崩壊分岐比はアイソスピン対称性の期待値と合致した。さらに、 $\Upsilon(5S) \rightarrow \Upsilon(2S) \pi^0\pi^0$ 崩壊のDalitz plot 振幅解析を行い、 4.9σ の有意性で $Z_b(10610)^0 \rightarrow \Upsilon(2S) \pi^0$ 崩壊を発見した。これにより、 Z_b 粒子のアイソスピンが1であることが確定した。

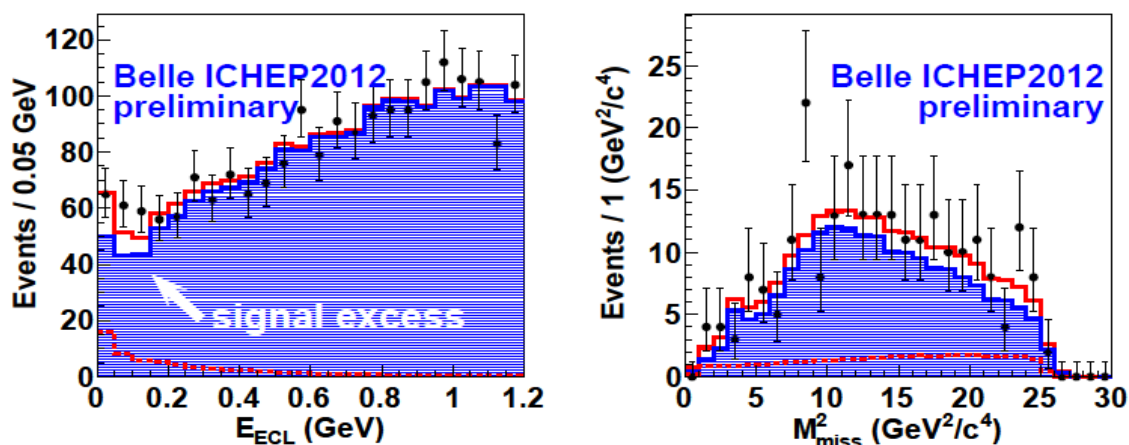


図 2 : $B^+ \rightarrow \tau\nu$ 崩壊の選択された候補事象の E_{ECL} 分布(左)と M_{miss}^2 分布(右)。 M_{miss}^2 分布は $E_{ECL} < 0.2$ GeV の信号領域の事象について示す。実践はフィットの結果、破線と点線は、信号とバックグラウンドを示す。

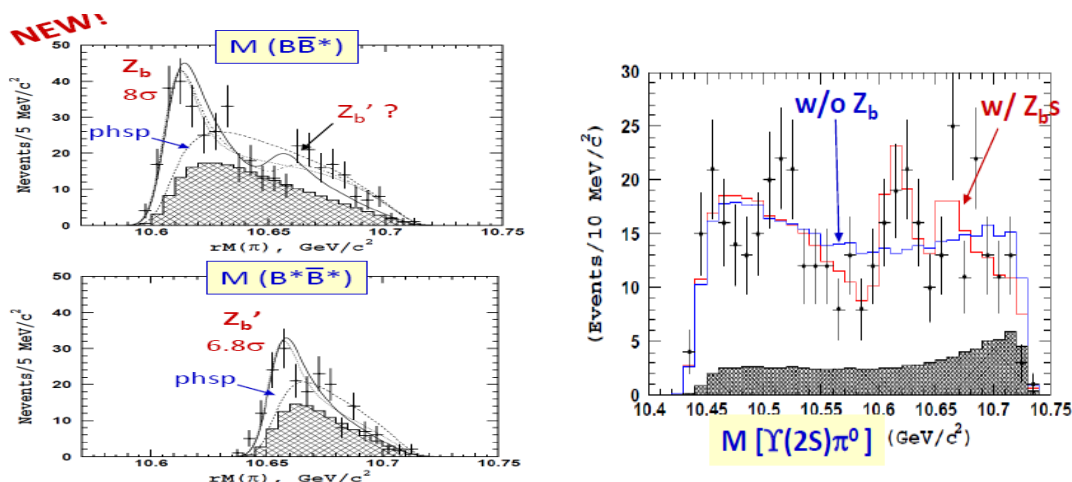


図 3 : $\Upsilon(5S) \rightarrow B^{(*)}B^{*\bar{}}\pi$ の 3 体崩壊における $BB^{*\bar{}}$ (左上)と $B^*B^{*\bar{}}$ (左下)の質量分布。 $\Upsilon(5S) \rightarrow \Upsilon(2S) \pi^0\pi^0$ 崩壊における $\Upsilon(2S) \pi^0$ の質量分布(右)。塗りつぶしヒストグラムはバックグラウンドの質量分布。 Z_b 粒子を入れた場合と入れない場合の結果が示されている。

2. Belle II の活動状況

各検出器の最終設計が確立し、実際の建設も着実に進行中である。2012年7月には、初めて海外での全体会議(ドイツ、ミュンヘン郊外)を行った。2012年2月に通常の Belle PAC、10月には focused review(衝突点近傍の設計とバックグラウンド、崩壊点検出器、粒子識別装置)を行い、より良い測定器の建設に向かって進んでいる。次に、最近の大きな進展を紹介する。

- SuperKEKB 加速器と Belle II 測定器のコミッショニングをどのように行うかを QCS や Belle II 測定器の建設状況を鑑みて、次のように変更した。2015年1月に QCS と Belle II 測定器無しで加速器の運転を開始して、十分な真空焼きを行う。Belle II 側は、この間も利用して測定器の組み立てを継続して行う。6月に Belle II 測定器をローリンし、その後 QCS を設置する。この時は、安全のため内部の崩壊点検出器は組み込まれていることは想定しない。この状態で、2016年1月から4か月程度の加速器の運転を行う。その後、6月から内部検出器を組み込み、完全な測定器で物理実験を始めるのは秋以降となる予定である。
- 前回の報告にあるように Belle II 測定器を 23.95mrad 回転することにした。このためには、まず約 1400ton もある測定器を 128mm 持ち上げて移動台車を取り外して、仮設の受け台に乗せる必要がある。今現在、まさにこの状態にある(図1)。移動台車を工場で回転機能を持たせるように改造してから、来年1月以降に付け戻して回転する予定である。
- ビームバックグラウンドシミュレーションによる TOP 検出器のヒットレート予想が、Belle からの単純な外挿よりも大きく、使用する PMT の寿命から許容される量の10倍以上であるという問題があったが、QCS のクライオスタット内にタンダステンシールドを組み込むなどの工夫をすることによって許容量の2倍程度まで小さくなってきた。今後もシールドを追加するなどして許容量内におさえる予定である。



図1: 回転のために、移動台車を取り外され、仮設の受け台の上に乗せられた Belle II 測定器

DEPFET 検出器においては、仕様を満たす良質な SOI 半導体ウェファアの製作が可能になり、センサーの生産が開始された。これによって1つの大きなマイルストーンがクリアされたと同時に、完成時期の見通しができるようになった。また、信号の読み出しにゲートモードを取り入れる R&D が進み、連続入射時に他の検出器と同じ不感時間で済む見通しが立ってきた。