

$B^0 \rightarrow K_S^0 K_S^0$ 崩壊における 時間依存CP非保存の測定 の検討

奈良女子大学
楠戸愛美

目次

- Belle II実験
- $B^0 \rightarrow K_S^0 K_S^0$ 崩壊、先行研究
- 時間依存CP非保存の測定方法
- 信号事象再構成、検出効率
- K_S^0 による B^0 崩壊点再構成と位置分解能
- まとめ

Belle II 実験

SuperKEKB加速器とBelle II測定器による、高輝度のBファクトリー実験であり、2019年より本格的にデータ収集を開始。最終的にはBelle実験の50倍のデータ(50ab^{-1})を収集を目指している。

SuperKEKB 加速器:

2リングの、7 GeV の電子ビームと4 GeV の陽電子ビームを衝突させる衝突型加速器。

Belle II 測定器:

衝突点を覆うように以下の検出器が設置されている。

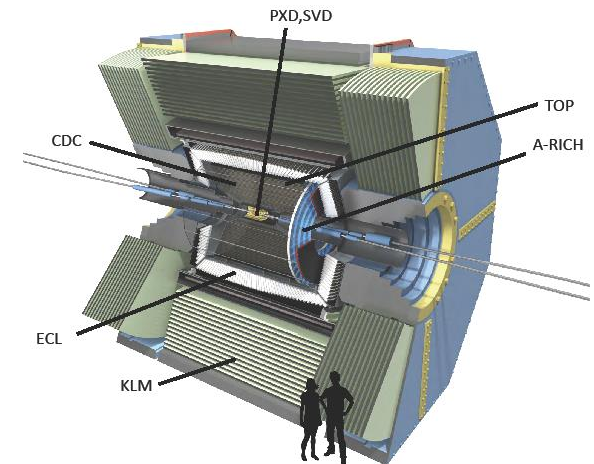
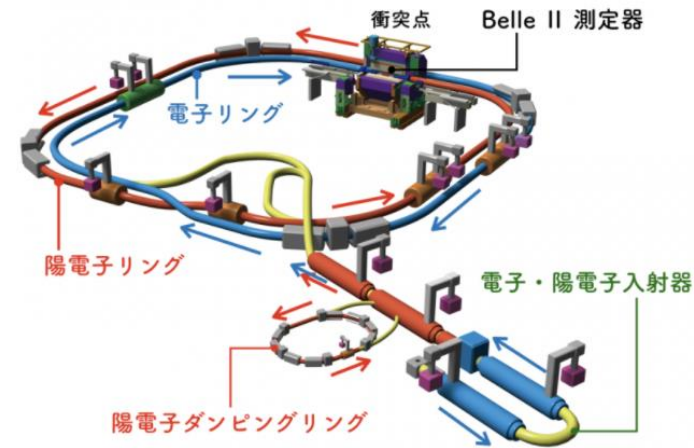
-崩壊点検出器(VXD)

- ピクセル検出器(PXD)
- シリコンバーテックス検出器(SVD)

-中央飛跡検出器(CDC)

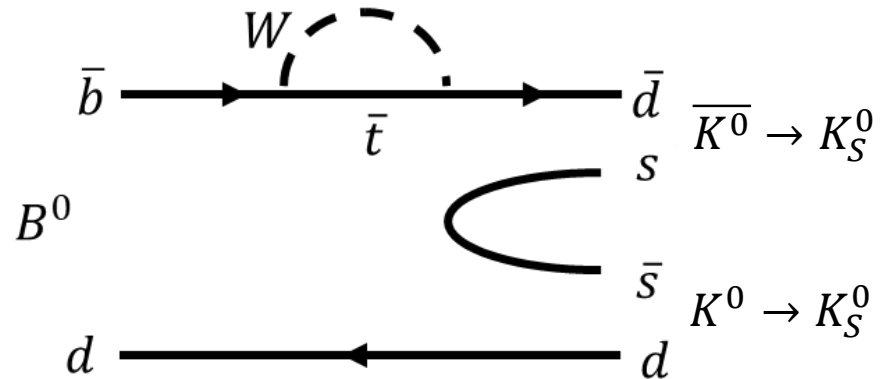
- 粒子識別検出器

- TOPカウンター(TOP)
- エアロゲルRICH検出器(ARICH)
- 電磁カロリメータ(ECL)
- K_L 、 μ 粒子検出器(KLM)



$B^0 \rightarrow K_S^0 K_S^0$ 崩壊

- $b \rightarrow d$ 遷移で起こる崩壊モード。
- 終状態がハドロニック崩壊。
- 時間依存のCP非保存を測れる。



$B^0 \rightarrow K_S^0 K_S^0$ は、今のところこれら3つの特徴を持つ唯一の崩壊モード。

標準理論では顕著なCP非保存は現れないと考えられている。

→ そのため、CP非保存が発見されれば新物理による効果の可能性が大きい。

先行研究($B^0 \rightarrow K_S^0 K_S^0$ 崩壊)

- Babar、PRL 97 (2006) 171805

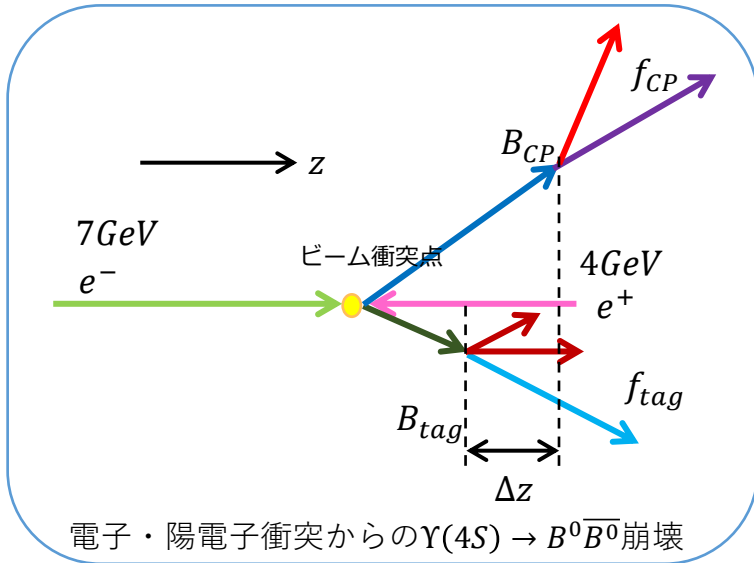
積分ミノシティ	信号収量	混合誘起CP非保存 S	直接的CP非保存 C
316fb ⁻¹	32 ± 8 ± 3 ($K^0 \overline{K^0}$)	-1.28 ^{+0.80+0.11} _{-0.73-0.16}	-0.40 ± 0.41 ± 0.06

- Belle、PRL 100 (2008) 121601

積分ミノシティ	信号収量	混合誘起CP非保存 S	直接的CP非保存 A
597fb ⁻¹	51 ± 11	-0.38 ^{+0.69} _{-0.77} ± 0.09	-0.38 ± 0.38 ± 0.05

- Belle II実験で収集したデータの積分ミノシティは428fb⁻¹。
- Belle IIは崩壊点検出器の体積がBelleのそれよりも大きいので、崩壊点検出器の中で K_S^0 が崩壊する確率が高い = Bの崩壊点を得る効率が
高い。
- これが時間依存CP非保存を測定するにはやや少ない積分ミノシティを補って、Belleと同等（以上）の精度で測定を行えるか検討した。

時間依存CP非保存の測定方法



解析手順

1. CP固有状態 f_{CP} からBメソン B_{CP} を再構成する。残りの粒子はtag側のBメソン B_{tag} から崩壊したものとす。
2. B_{tag} の娘粒子で B^0 か \bar{B}^0 かのフレーバータグを行う。
3. B_{CP} 、 B_{tag} の崩壊点を再構成すると、それぞれのz座標 z_{CP} 、 z_{tag} から Δt が得られる。

$$z_{CP} - z_{tag} = \Delta z, \quad \Delta t (= t_{CP} - t_{tag}) = \frac{\Delta z}{c\beta\gamma}$$

$\beta\gamma$: 非対称衝突による $\Upsilon(4S)$ の実験室系におけるローレンツブースト

c : 光速

CP非保存の時間発展

$$A_{CP}(\Delta t) = \frac{\Gamma(\bar{B}^0(\Delta t) \rightarrow f_{CP}) - \Gamma(B^0(\Delta t) \rightarrow f_{CP})}{\Gamma(\bar{B}^0(\Delta t) \rightarrow f_{CP}) + \Gamma(B^0(\Delta t) \rightarrow f_{CP})} = S_{f_{CP}} \sin(\Delta m \Delta t) + A_{f_{CP}} \cos(\Delta m \Delta t)$$

混合誘起CP非保存を表すパラメータ

直接的CP非保存を表すパラメータ

f_{CP} に崩壊した \bar{B}^0 と B^0 の Δt 分布が違えばCP非保存がある!!

Γ : 事象数

Δm : 中性B中間子の2つの質量固有状態の質量差

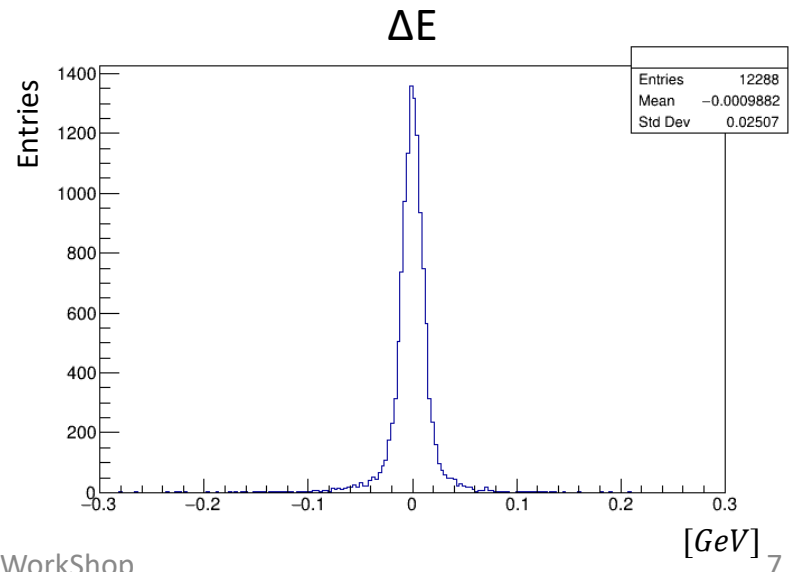
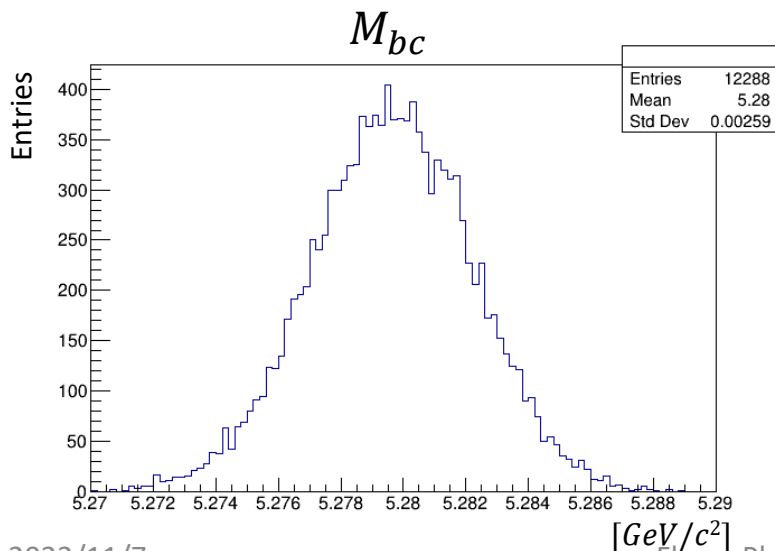
信号事象再構成

信号モンテカルロシミュレーション事象サンプルにより、以下の変数の分布を調べた。

- ビームコンストレイント質量 $M_{bc} = \sqrt{E_{beam}^2 - p_B^2}$
 - エネルギー差 $\Delta E = E_B - E_{beam}$
- E_{beam} : ビームエネルギー
 E_B : $\Upsilon(4S)$ 静止系でのB候補のエネルギー
 p_B : $\Upsilon(4S)$ 静止系でのB候補の運動量の大きさ

選別条件 : $5.27 < M_{bc} < 5.29 \text{ GeV}/c^2$, $|\Delta E| < 0.3 \text{ GeV}$

信号事象は $M_{bc}: 5.28 \text{ GeV}$, $\Delta E: 0 \text{ GeV}$ でピークを持つ。



検出効率

generated	reconstructed	efficiency
25000 events	12288 event	49.2%

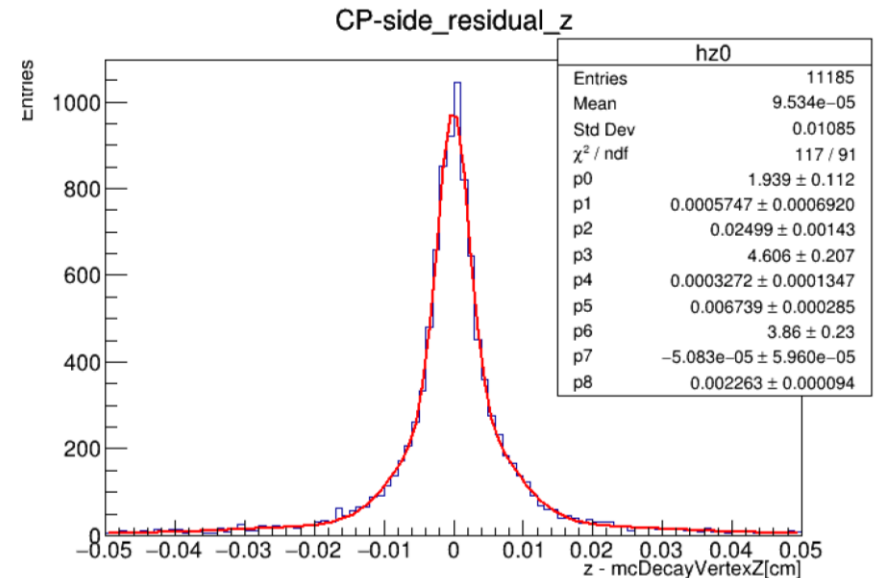


Belleの先行研究PRD87, 031103(R)(2013)による、再構成率・・・44.3%

- 先行研究より若干は検出効率が高いが、軽いクオーク・反クオーク対生成（コンティニウム）バックグラウンドを低減する要求を課していないからかも知れない。
- コンティニウムバックグラウンド低減はただいま作業中、それができたら検出効率への影響を再度見積もる予定。

K_S^0 による B^0 崩壊点再構成と位置分解能

- K_S^0 が崩壊点検出器 (VXD) のボリューム中で崩壊したか否かを問わず全事象での分布。
- 再構成した崩壊点位置 z とモンテカルロによる真の z の残差を3つのガウシアンを重ね合わせでフィットし、分解能をみた。
- 結果、分解能は $117.6 \pm 6.5 \mu\text{m}$ であることが分かった。



K_S^0 による B^0 崩壊点再構成と位置分解能

また、 K_S^0 がVXD内で崩壊したか、外で崩壊したかも確認した。

2つの K_S がVXD内で崩壊 28.3%(3324 events)

1つの K_S がVXD内で崩壊 58.7%(6897 events)

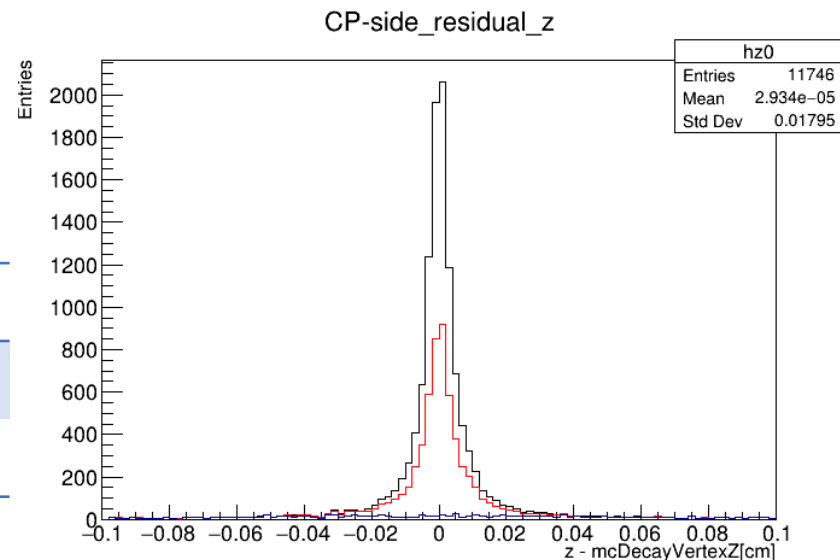
0つの K_S がVXD内で崩壊 13.0%(1525 events)

少なくとも1つの K_S^0 がVXD内で崩壊した事象の割合は87%。

Belleの先行研究 PRL 100 (2008) 121601 によれば、

Belle SVD1 (2003年夏までのシリコンストリップ検出器3層)では44%

Belle SVD2 (2003年秋以降のシリコンストリップ検出器4層)では61%



黒線がp9で見た全事象。
赤線が1つの K_S がVXD内で崩壊したとき。
青線がVXD内で崩壊する K_S が1つもないとき。

Belle IIのこれまでの積分ルミノシティがBelleより少なめだが、それを十分補うと期待できる。

まとめ

- Belle II実験において、 $b \rightarrow d$ ペンギンダイヤグラムで生じる中性Bメソンのハドロニック崩壊である $B^0 \rightarrow K_S^0 K_S^0$ モードにおける時間依存CP非保存測定を行う可能性について検討した。
- 信号事象の検出効率はコンティニウムバックグラウンドを低減する要求を課す前の段階で49.2%であり、Belleでの先行研究(PRD87, 031103(R)(2013)と無矛盾である。
- Bメソン崩壊点位置分解能は118 μm と見積もられることがわかった。
- 少なくとも1つの K_S^0 がVXD内で崩壊する事象の割合は87%で、Belleのそれ(SVD1:44%, SVD2:61%)より高い。Belle IIの積分ルミノシティ(428fb^{-1})がBelle先行研究(PRL 100 (2008) 121601)の積分ルミノシティ(597fb^{-1})より小さめであることを補うため、この崩壊モードにおける時間依存CP非保存測定についてはBelle実験と同等(以上)の精度が期待できる。