## B中間子崩壊を用いた エキゾチックハドロン研究

新学術領域研究 「多彩なフレーバーで探る 新しいハドロン存在形態の包括的研究」 キックオフ研究会にて 宮林謙吉(奈良女大理)

### KEKB加速器



8GeV(e<sup>-</sup>)X3.5GeV(e<sup>+</sup>), 世界最高のルミノシティ, 2.1×10<sup>34</sup>cm<sup>-2</sup>s<sup>-1</sup> B中間子対生成源である↑(4S)は780M事象を蓄積。



### 構成要素としてcやccを含むと

• 軽いフレーバー(u,d,s)たちは混ざるが

例: 
$$\begin{aligned} f' &= \psi_8 \, \cos \theta - \psi_1 \, \sin \theta \\ f &= \psi_8 \, \sin \theta + \psi_1 \, \cos \theta \quad \to \eta \end{aligned}$$
$$\begin{aligned} \psi_8 &= \frac{1}{\sqrt{6}} (u\bar{u} + d\bar{d} - 2s\bar{s}) \\ \psi_1 &= \frac{1}{\sqrt{3}} (u\bar{u} + d\bar{d} + s\bar{s}) \end{aligned}$$

重いクオーク(M<sub>c</sub>~1.5GeV)なので混ざらない。

- 特にccの場合、J/ψ(ccの1S束縛状態)やψ'(2S 束縛状態)はe<sup>+</sup>e<sup>-</sup>やμ<sup>+</sup>μ<sup>-</sup>に崩壊してくれるので、
  実験データ中に明瞭な信号を得やすい。
- bbの場合も、 (nS)(n=1,2,3)→ μ⁺μ⁻が使える。

## B中間子の崩壊における Charmonium(-like) な状態の生成

もともとCP非保存測定のため、 $B^0 \rightarrow J/\psi K^0, J/\psi \pi^0$ といった CP固有状態の再構成が必須であった。 B中間子の崩壊過程はccを含むハドロンの源として使える。 カビボ抑制なし (V<sub>cb</sub> と V<sub>cs</sub>)→崩壊分岐比は割合高い。



#### B中間子崩壊の 再構成

例;  $B^0 \rightarrow J/\psi K_S$ 



#### B中間子崩壊での衝撃的発見



#### X(3872) in B<sup>±</sup>/B<sup>0</sup> decays



$$\frac{Br(B^0 \rightarrow XK^0)}{Br(B^{\pm} \rightarrow XK^{\pm})} = 0.82 \pm 0.22 \pm 0.05$$

 $M(XK^{\pm})-M(XK^{0}) = -0.18\pm0.89\pm0.26 \text{ MeV}$ 

B<sup>±</sup>とB<sup>0</sup>の間で崩壊分岐比の 大きな差を予言するモデル はdisfavorされている。

arXiv:0809.1224

### $B^0 \rightarrow X(3872)K^+\pi^-$



 $B^0 \rightarrow \psi' K^+ \pi^-$ 



### しきい値の直上でのenhancements





注:Belleの場合、しきい値の直上では、Bがほぼ静止しているので CDFよりも検出効率は低い( $\phi$ 崩壊で生じるK<sup>±</sup>の運動量低い)。 Strangenessを含む他のもの(J/ $\psi\eta$ 等)の探索も試みる価値あり。

#### $X(3872): B \rightarrow D^{*0}\overline{D^{0}}K$



位相空間小→質量分解能効かなくなる。 分布の幅=X(3872)の幅? Other effects? そもそも、どんなlineshapeのformalismでfitすべきか?

### ccを含むtetraquark model研究

#### 二本の展開の軸

#### パートナー粒子の系統的探査



#### 崩壊モードの系統的探査

粒子名	崩壊モード
X(3872)	J/ψπ⁺π⁻, J/ψπ⁺π-π <sup>0</sup> ,
	J/ψγ, DºD <sup>0</sup> π <sup>0</sup>
Z(4430)+	ψ'π+
X(3940)	DD*
etc., etc.,	発見時の崩壊モード

- 種々の終状態について質量とDalitz分布 を系統的探査。いくつも思いつくが、多くが いまだ手着かずである。
- 複数の崩壊モードで観測されたのはX(3872) のみ。他のエキゾチックハドロンの新たな崩 壊モードを理論家と手を組み、系統的探査。

#### $B \rightarrow baryon modes$



# Action items(一例)

- X(3872) related
  - X(3872)  $\rightarrow$  J/ $\psi \pi^+ \pi^- \pi^0$  (isospin violation?)
  - − X(3872)→ J/ $\psi$ π<sup>0</sup>π<sup>0</sup> (Rel. br.; charmonium?)
  - X(3872)<sup>+</sup>  $\rightarrow$  J/ $\psi \pi^{+} \pi^{0}$  (charged partner?)
  - X(3872)  $\rightarrow \eta_c \pi^+ \pi^- (\eta_{c2} \text{ charmonium?})$
  - X(3872)  $\rightarrow \chi_{c1} \gamma$  (charmonium?)
- Z(4430)<sup>+</sup> related
  - $Z(4430)^0 \rightarrow \psi' \pi^0$  (neutral partner?)
- Strangeness
  - $B \rightarrow J/ψηK$  (exotic into J/ψ η?)
- $B \rightarrow$  baryon modes

 $- B \rightarrow D^{(*)} p\bar{p}$  revisit (charmed pentaquark?)

### まとめ

- B中間子崩壊:ccを含むtetraquarkあるいはmeson-meson molecule候補の研究を進めるための過程の柱の一つ。
  - X(3872)関連の諸々のaction items; isospin violation, charmonium contents, charged partner探索。
  - Y(4140)→ J/ψφの探索; 他に ss? : J/ψ η, etc.
- B中間子崩壊ではbaryonを含むモードの分岐比も高い。
  - Threshold直上のenhancement、Dalitz分布等でParticleparticle correlationの測定、(charmed-)pentaquark探索、等。

#### 「宝の山」はまだまだ掘るところがいっぱい!