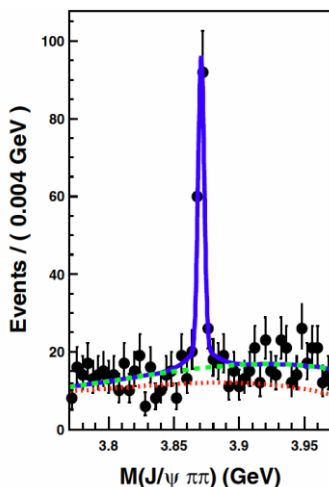


質量/運動量分解能の評価

加藤悠司 (名古屋)

はじめに

- エキゾチックハドロンの候補であるX(3872)の崩壊幅を知りたい。現在は1.2 MeVという上限値のみが与えられている。



Phys. Rev. D 84, 052004

この分布を見て、分解能から来る広がりよりも太いのが有意に分かれれば測定できる。

- 質量幅の測定のためには**不変質量分解能**が重要。
(感度はざっくり”分解能/ $\sqrt{\text{イベント数}}$ ”に比例)
- 当然、ありとあらゆる解析でBG除去のために質量分解能は重要
- どうやら包括的な分解能の評価がないようだったので、**BelleとBelle2両方を解析して比較してみた。**

解析したサンプル

以下のモードを解析:

- $B^+ \rightarrow K^+ X(3872)$, $X(3872) \rightarrow J/\psi \pi^+ \pi^-$
- $e^+ e^- \rightarrow c \bar{c} \rightarrow D^0 X$, $D^0 \rightarrow K^- \pi^+$
- $e^+ e^- \rightarrow c \bar{c} \rightarrow \Lambda_c^+ X$, $\Lambda_c^+ \rightarrow p K^- \pi^+$

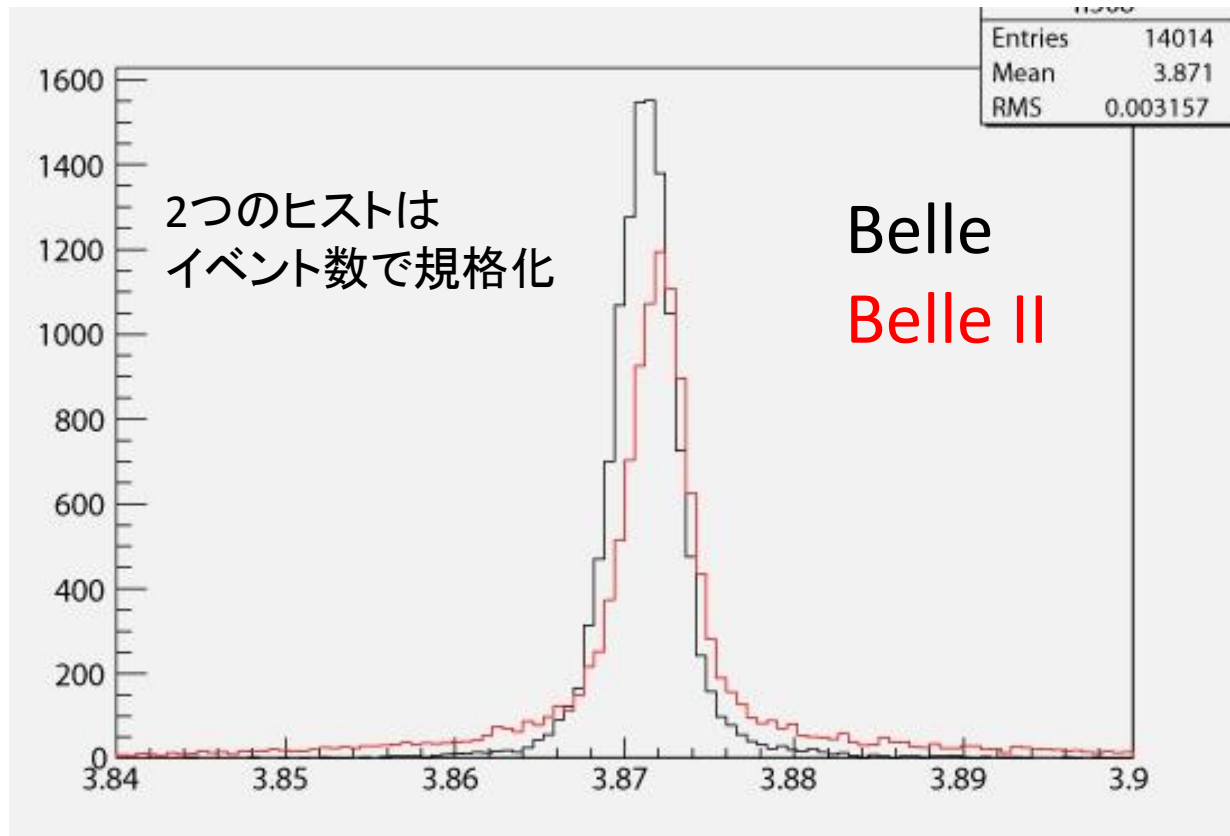
Belle II

- release-00-09-00 を使用
(Λ_c^+ の場合、proton track hypothesis(後述)のために 01-00-00 も用いた)
- まずは基準となる比較がしたいので**ビームバックグラウンドは無し**。
- MC truth マッチングは mcPDG == Particle ID and mcErrors == 0
(FSR無し, decay-in-flight無し, etc..).
- **Tracking χ^2 probability > 0.01** を要求 (B2GMでのコメントを受け).

Belle

- 標準的なbasf解析。
(ビームバックグラウンドは入ってるが、影響は少ない)
- **Smear_trk option ON**
(MCとデータの合いが良くなるようにトラックをSmear)

$B \rightarrow K^+ X(3872), X(3872) \rightarrow J/\psi \pi^+ \pi^-, J/\psi \rightarrow \mu^+ \mu^-$



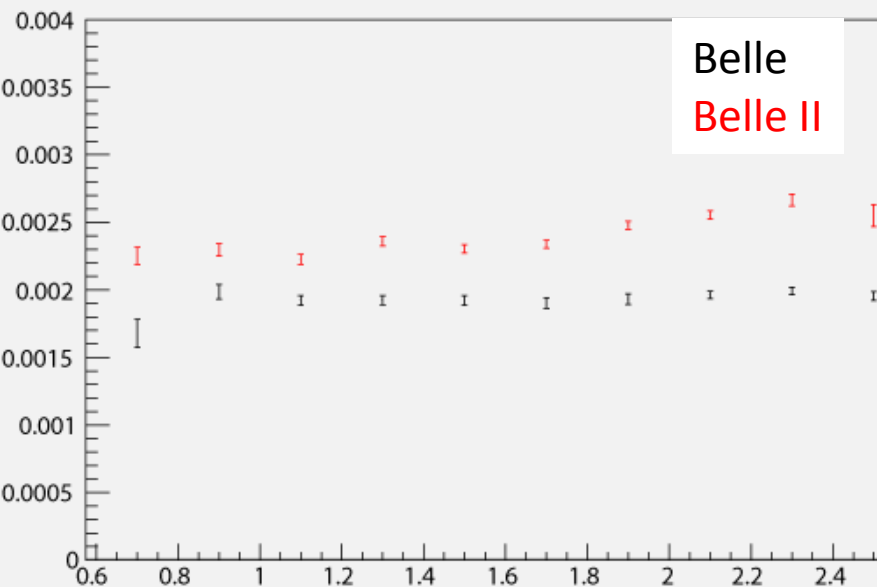
- ・この段階で結構驚いたが、BelleIIの方が少し太い。
- ・テール成分も多い。

質量分布評価のための変数

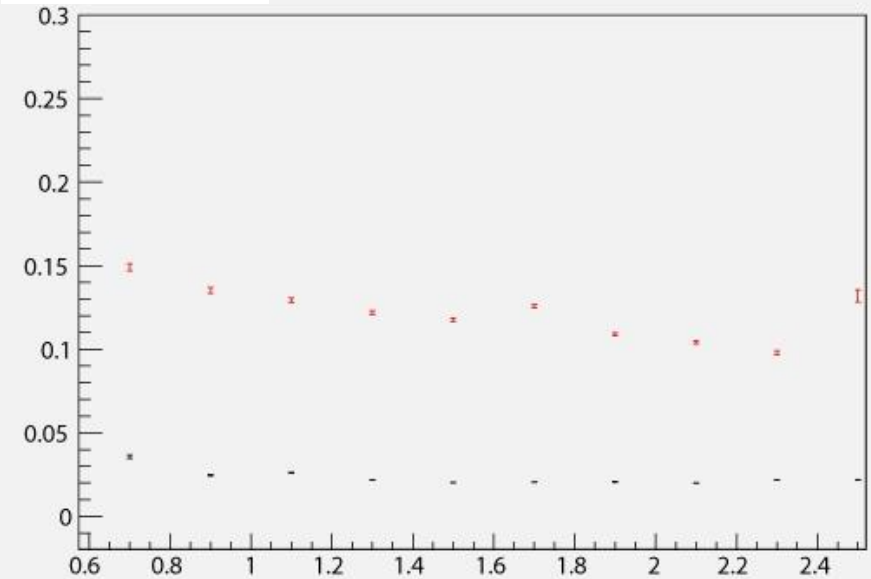
- 中心部の太さとテールの多さを評価するため、以下の2つの変数を定義した。
 - コア分解能:
3 σ くらいの領域をシングルガウスでフィットし、 σ を取る
 - Tail fraction:
(Number of events outside of 5 σ) / (total events)

X(3872)のコア分解能とTail fractionの運動量依存性

コア分解能 (GeV/c²)



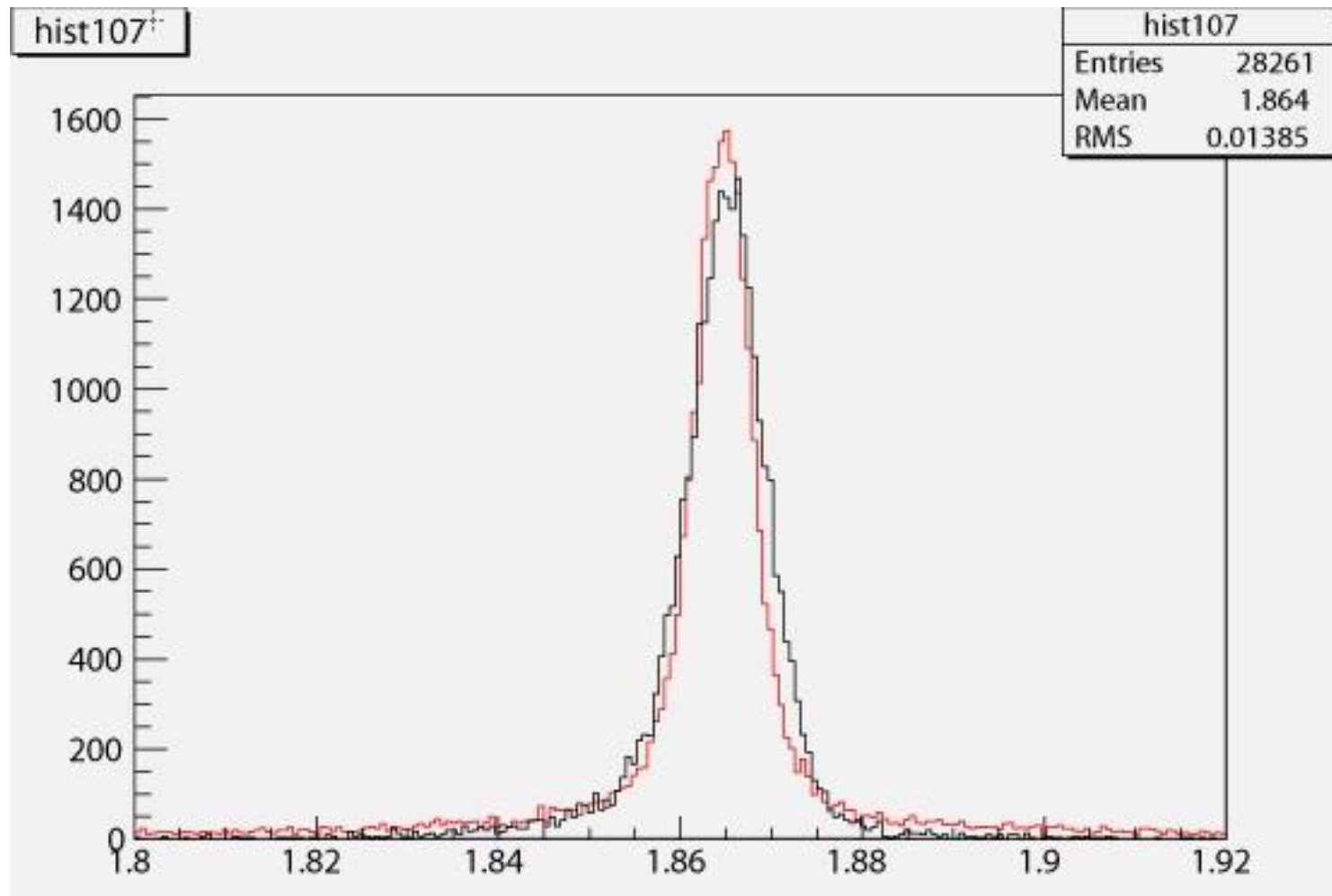
Tail fraction



- ・ コア分解能はBelleの方が10-20%程度良い。
- ・ Belle IIではTail fraction は10%以上。Belleでは 5% 以下。
- ・ 運動量依存性はほとんどない。

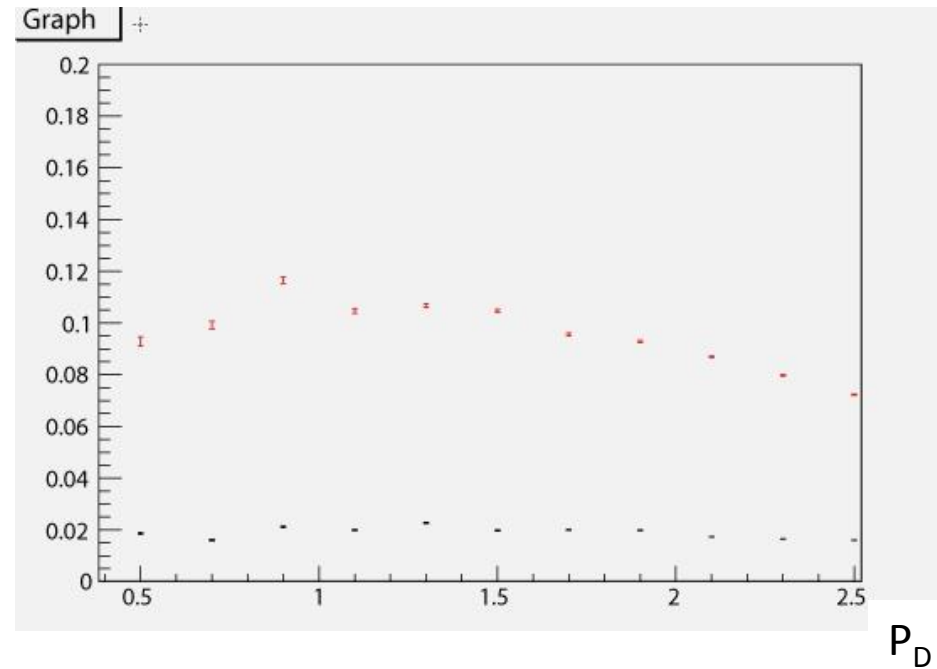
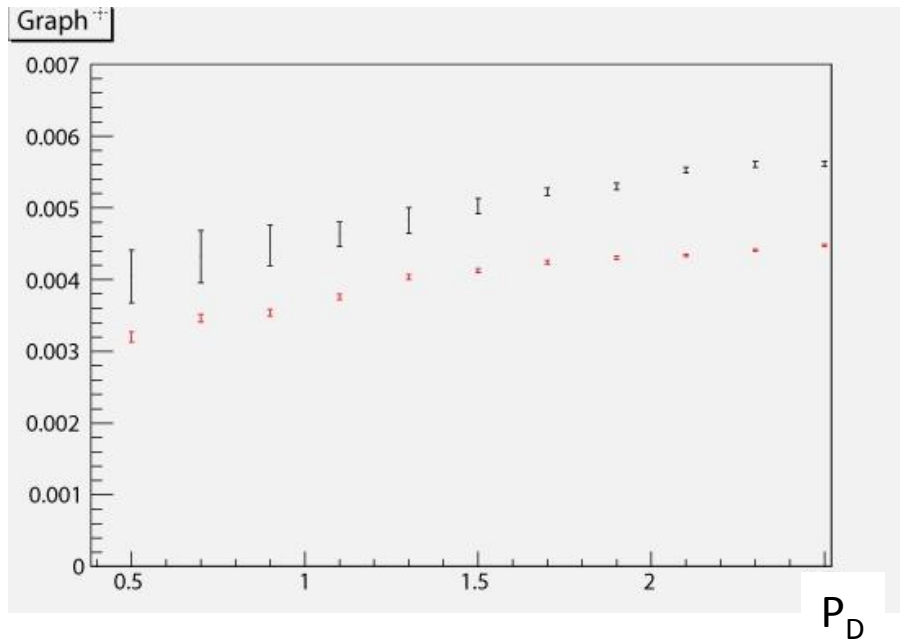
CDCのレイヤーが増え、PXDも増えたにも関わらず悪い。
→他のモードも見て、もう少し情報を集めることにした。

$D^0 \rightarrow K^- \pi^+$



- コア分解能はBelle IIの方が良さそう。
- でもTail成分は多め。

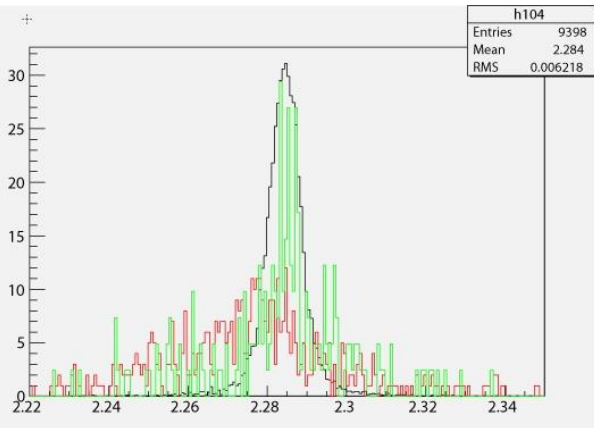
D⁰ 運動量依存性



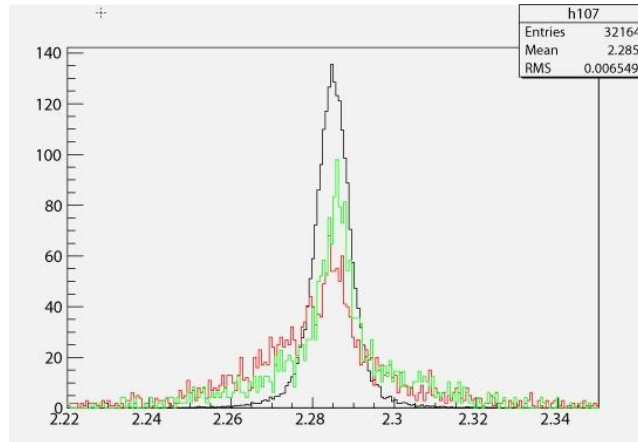
- 分解能はBelle IIの方が良いが、Tail fractionも多い。
- 運動量依存性はあるが、Belle/BelleIIの関係は変わらない



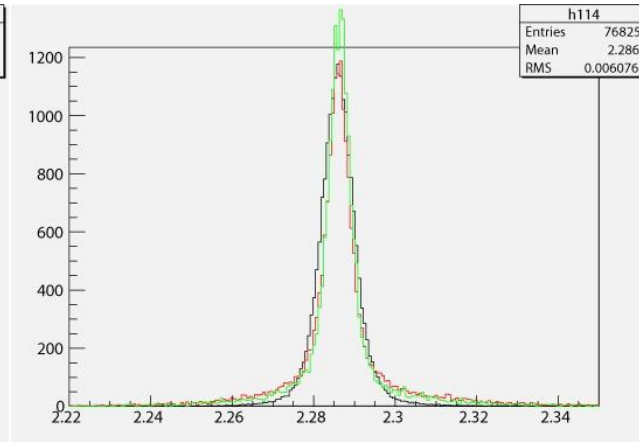
$0.6 < P_{\Lambda_c} < 0.8 \text{ GeV}/c$



$1.4 < P_{\Lambda_c} < 1.6 \text{ GeV}/c$



$2.4 < P_{\Lambda_c} < 2.6 \text{ GeV}/c$



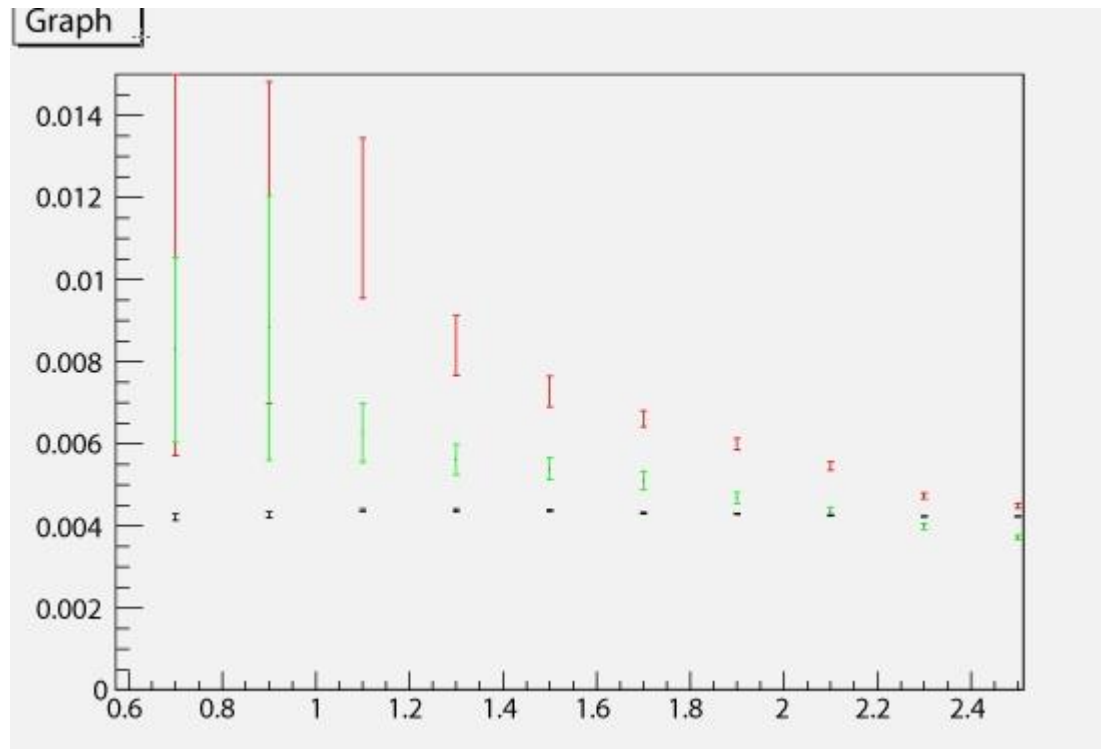
Belle

Belle II

Belle II (proton track hypothesis)

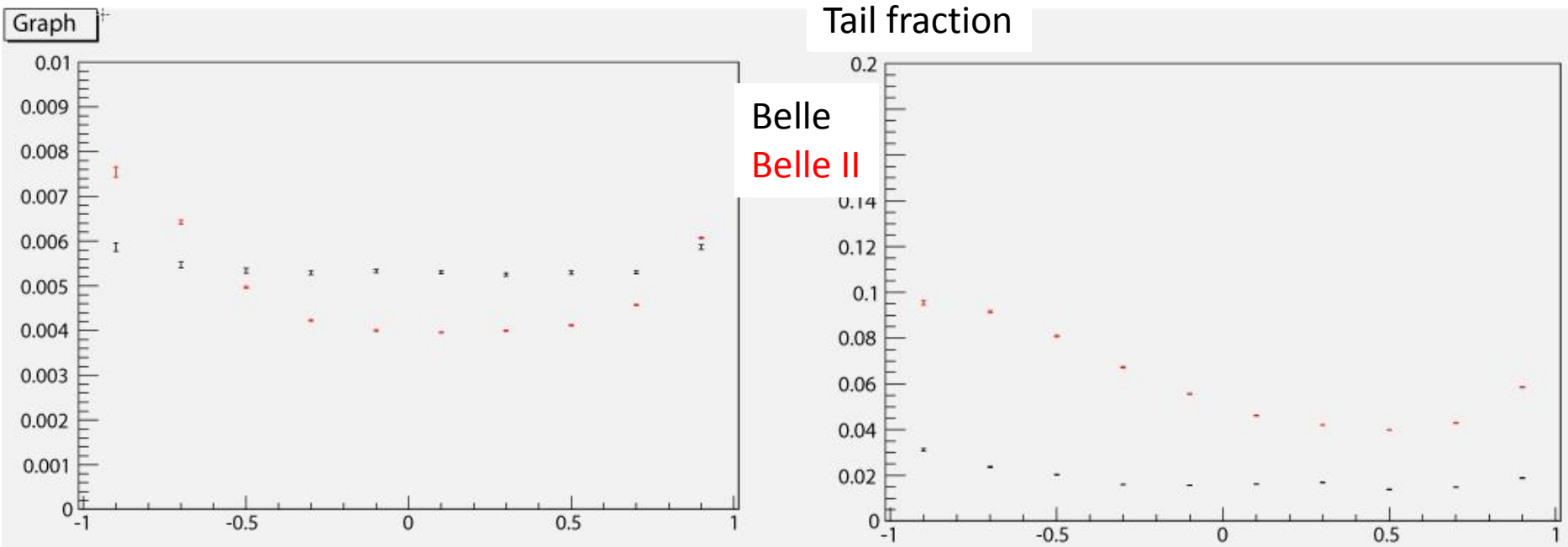
- ・低運動量領域でBelle IIが悪い。
- ・現在、トラッキングはどの粒子でも π を仮定して行われている。これだとprotonやKaonではエネルギー損失や多重散乱が小さく見積もられるので分解能が悪くなる。
- ・release-01-00-00以降では他の粒子での仮定も行われているので、そっちも試してみた。良くなるが、やっぱりBelleの方が良さそう。

分解能の運動量依存性 (Tail fractionはバグってるので割愛)



- ・ 高い運動量領域ではBelle IIの方が良いが、低運動量で悪い。
色々見てみたが、あまり良く分からないのもう少し違う変数も見てみる。
→ $\cos\theta$ 依存性。

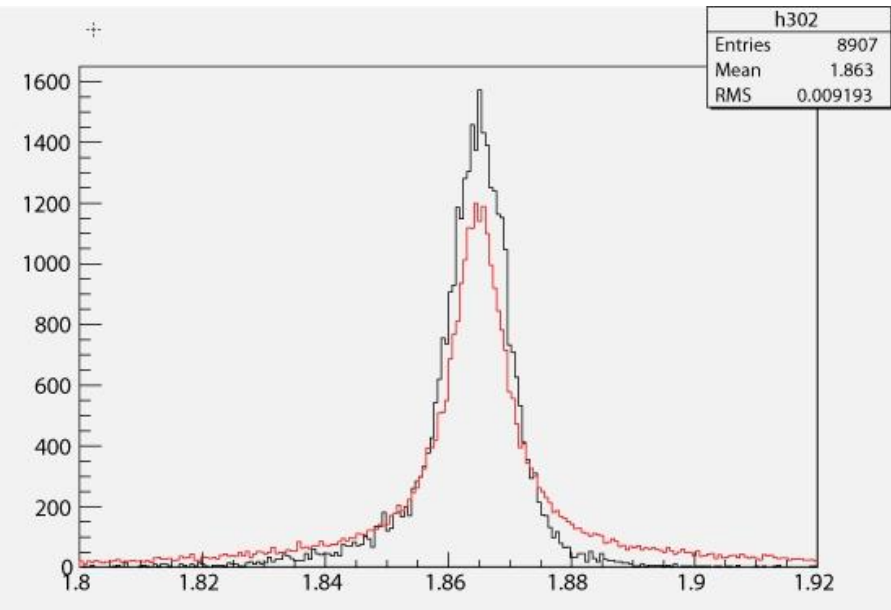
D⁰ cos Θ 依存性



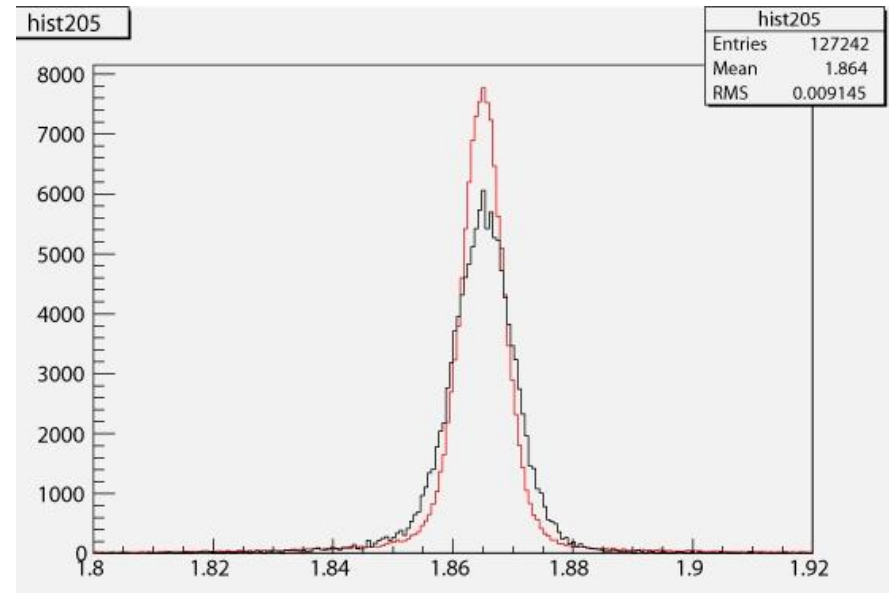
- Belle IIではcos θ 依存性が大きい!
- 前方と特に後方で悪くなる
- Tail fraction も依存性はあるが、基本常にBelle IIが悪い..
- 何かを示唆しているが、ビームエネルギーの違いにより BelleとBelle IIで運動量とcosの相関に違いがあるので注意してみる必要あり。

D⁰ 質量分布の例

後方 ($-0.8 < \cos\theta < -0.6$)

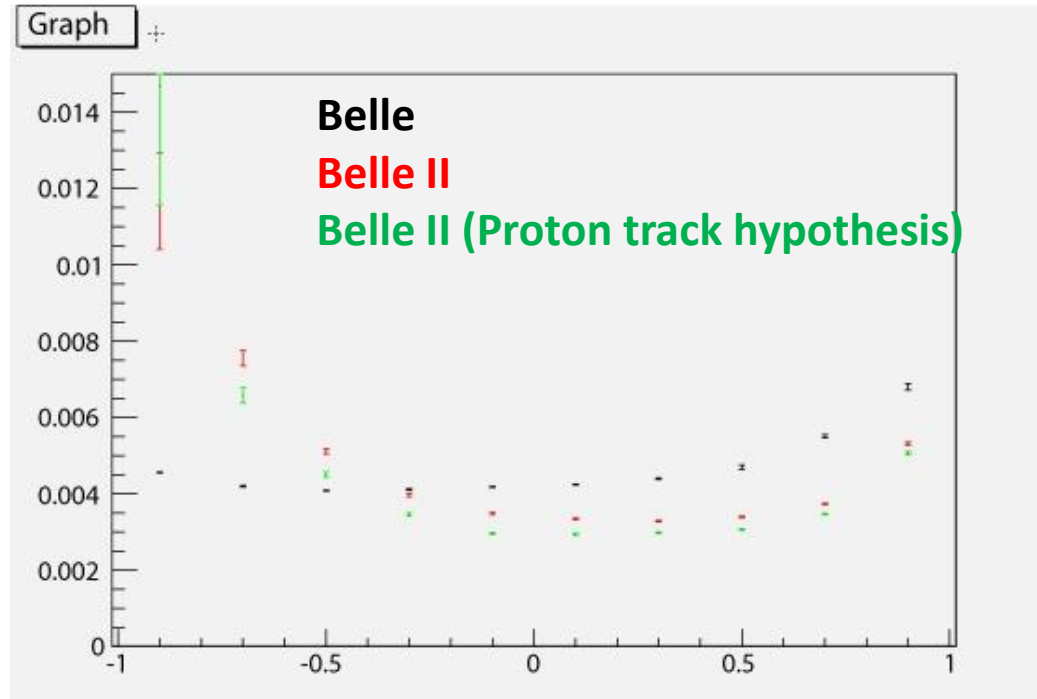


側方 ($0.0 < \cos\theta < 0.2$)



- 後方はBelleが良くて、側方はBelle IIが良い(前の図の通り)
- Tail fractionはやっぱりBelle IIが多い。

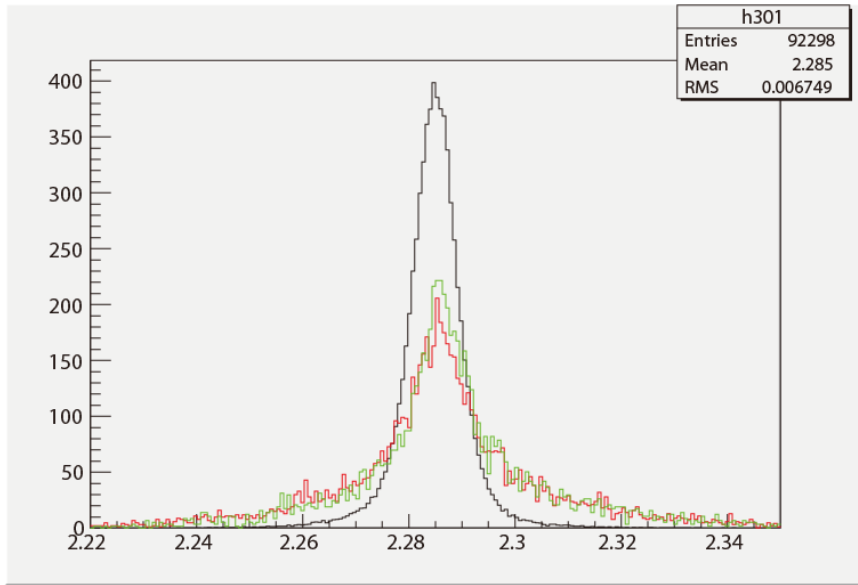
$\Lambda_c^+ \cos\theta$ 依存性



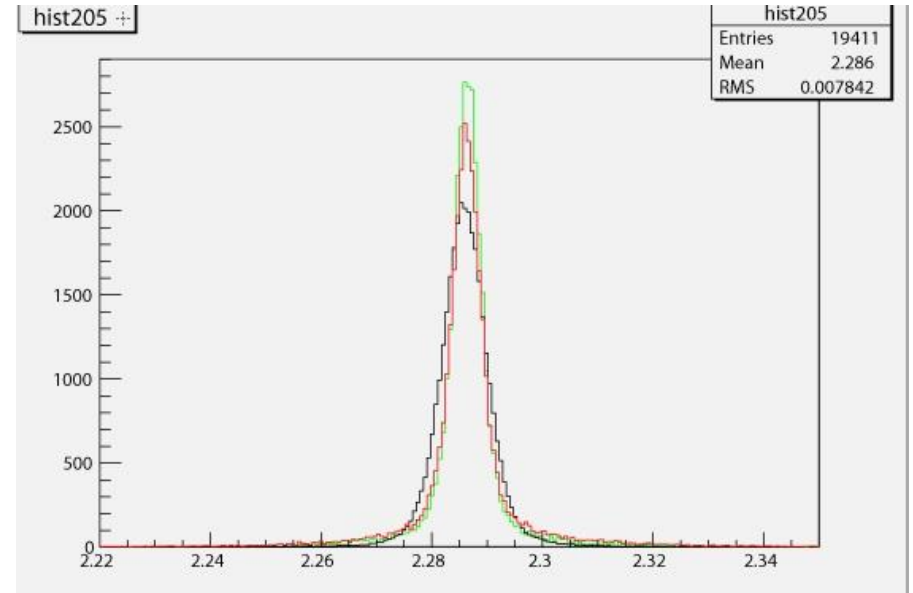
- Belle IIでは $\cos\theta$ 依存性が大きい!
- 特に後方で悪くなる
- ビームエネルギーの違いによりBelleとBelle IIで運動量と \cos の相関に違いがあるので注意してみる必要あり。

Λ_c^+ 質量分布の例

後方 ($-0.8 < \cos\theta < -0.6$)



側方 ($0.0 < \cos\theta < 0.2$)

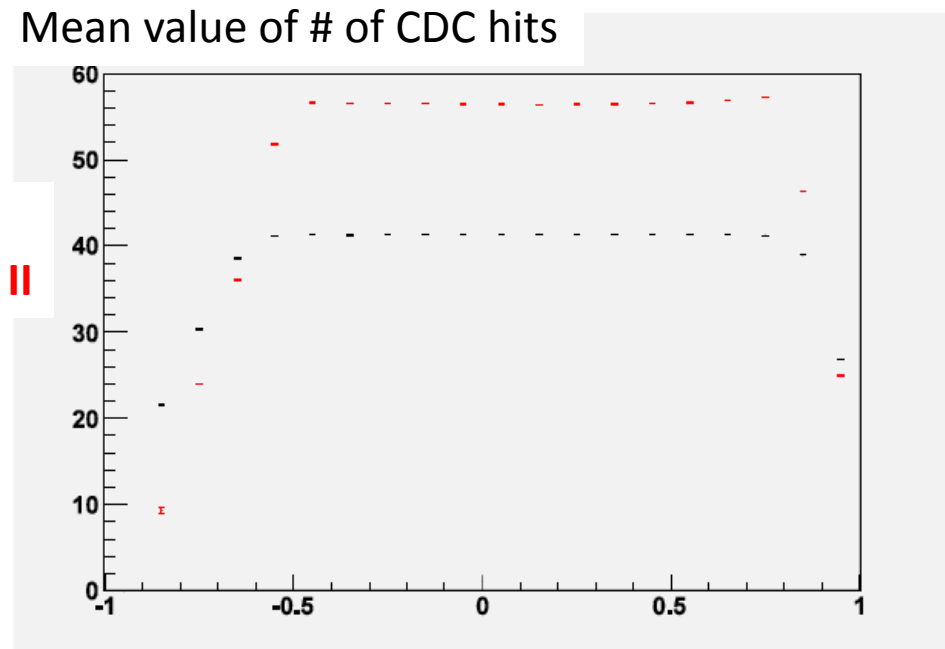
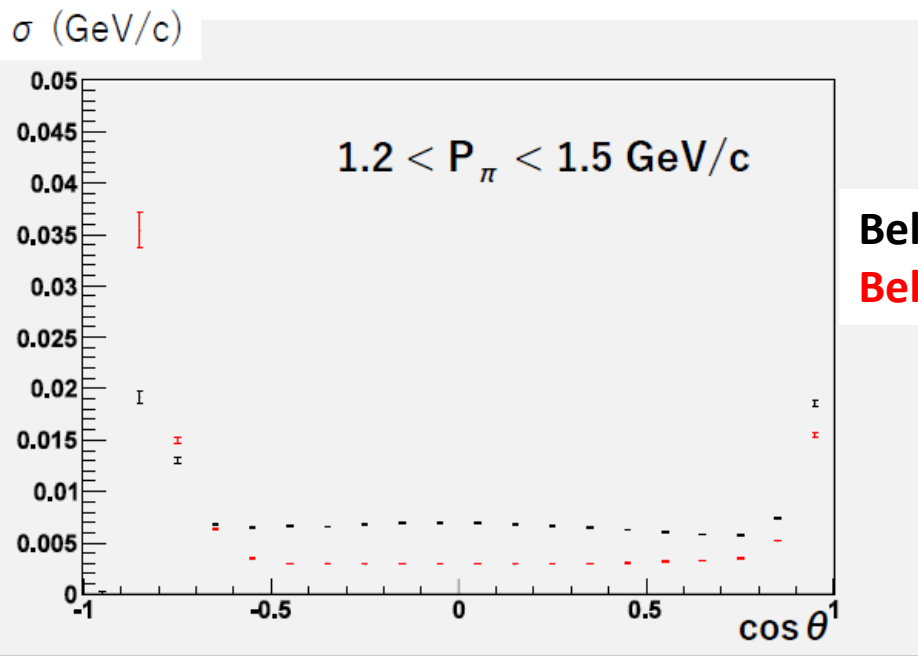


$\cos\theta$ が重要なことは分かった。

親粒子ではなく、**子粒子の運動量**や **$\cos\theta$** で分けて見てみたくなった

→ **Particle gun** (一個の粒子を飛ばすgenerator)を試してみる

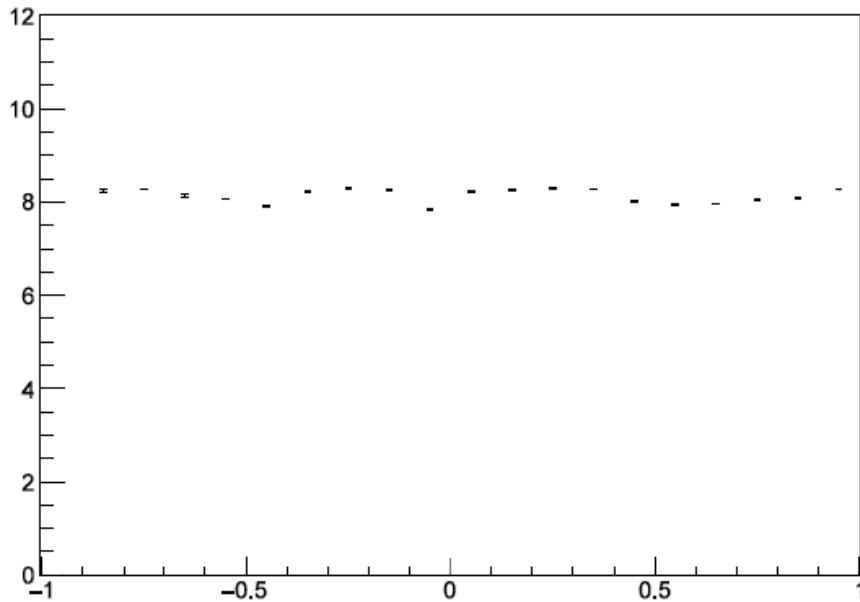
$\pi^{+/-}$ particle gunを使って運動量分解能とCDC Hit数の $\cos\theta$ 依存性を見てみた。



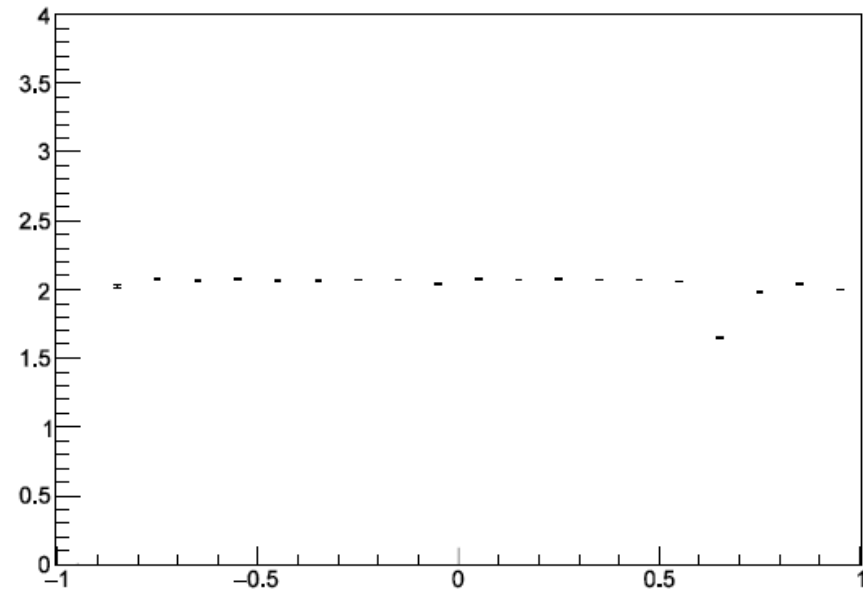
- ・側方ではBelle IIの方が運動量分解能が良いが、前方、後方ではBelleの方が良い。
- ・CDCヒット数も同じ傾向。ヒット数の関係がひっくり返ったところで運動量分解能もひっくり返る。

SVD/PXD のヒット数の $\cos\theta$ 依存性

Mean for # of SVD hits

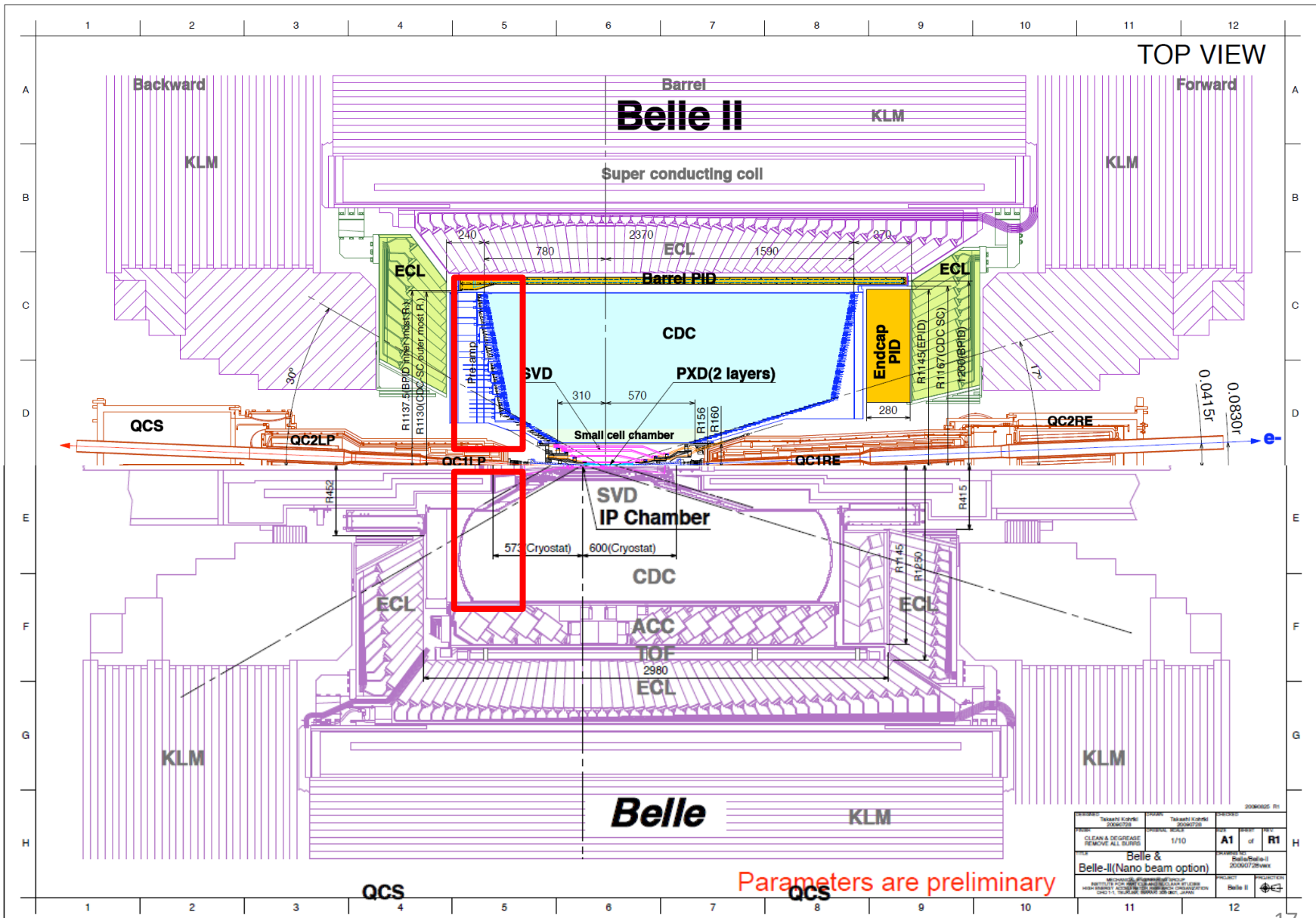


Mean for # of PXD hits



特に依存性は見られない
 $\cos\theta$ 依存性はCDCヒット数に起因しているようである。

Belle IIと BelleのCAD図

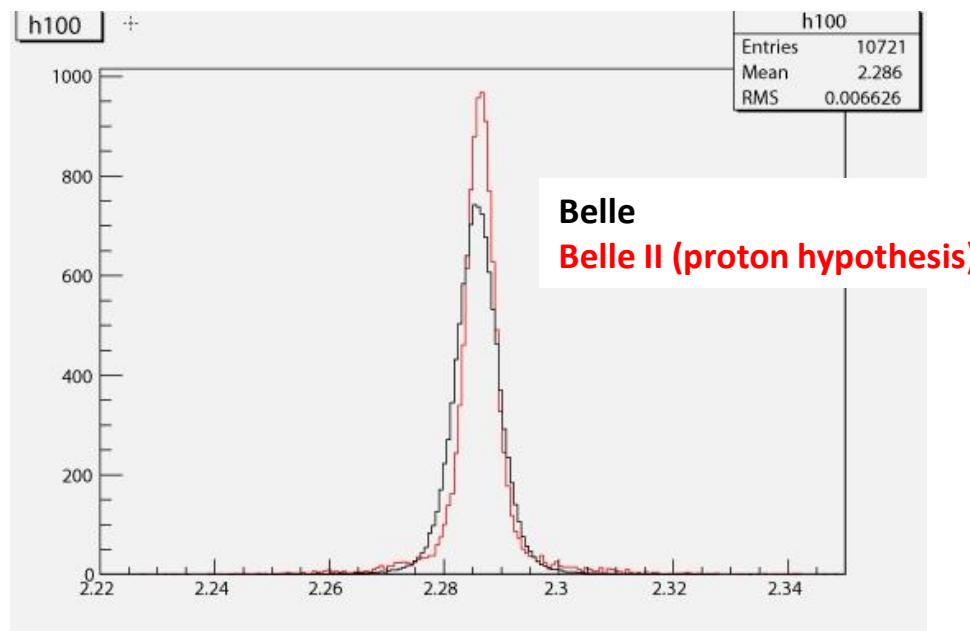
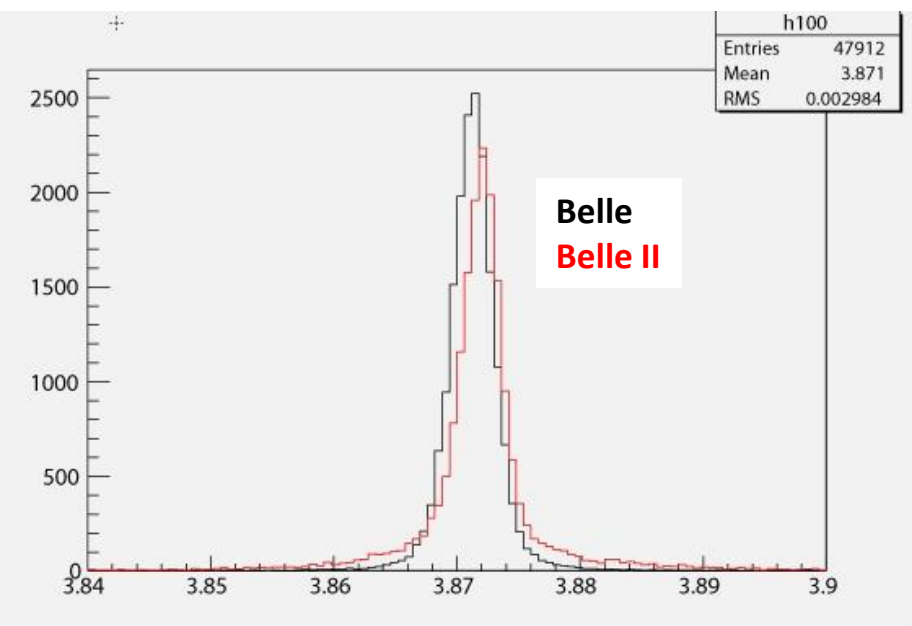


最後に、、

テール成分が前方、後方トラックによるものなのか確認するために全ての荷電粒子に対し $-0.45 < \cos\theta < 0.7$ を課してみた。

$X(3872) \rightarrow J/\psi \pi^+ \pi^-$, $J/\psi \rightarrow \mu^+ \mu^-$

$\Lambda_c^+ \rightarrow p K^- \pi^+$



- $X(3872)$ に関しては、これでもBelle IIの方がTail fractionが多いし、Core分解能もあまり変わらない。
- Λ_c^+ は分解能は非常に良いが、少しTail fractionが多い。

まとめ

- 分かったこと
 - Belle IIの方が全体的に Tail fractionが大きい。
 - モードによってはBelle IIの方が分解能が悪い。
 - CDCの構造の違いにより、Belle IIで分解能に大きな $\cos\theta$ 依存性がある。
 - Proton Track hypothesisは必須。
 - Belle IIの解析は非常に簡単。
- 分からないこと(今後調べないといけないこと)
 - 分解能がモードによってBelle IIが良かったりBelleが良かったりするのは何故か
 - $\cos\theta$ が良いところを取ってきても残るTail成分は何に起因するか？

始めたばかりで良く分かってないところも多々あるので色々教えてもらえると助かります。