

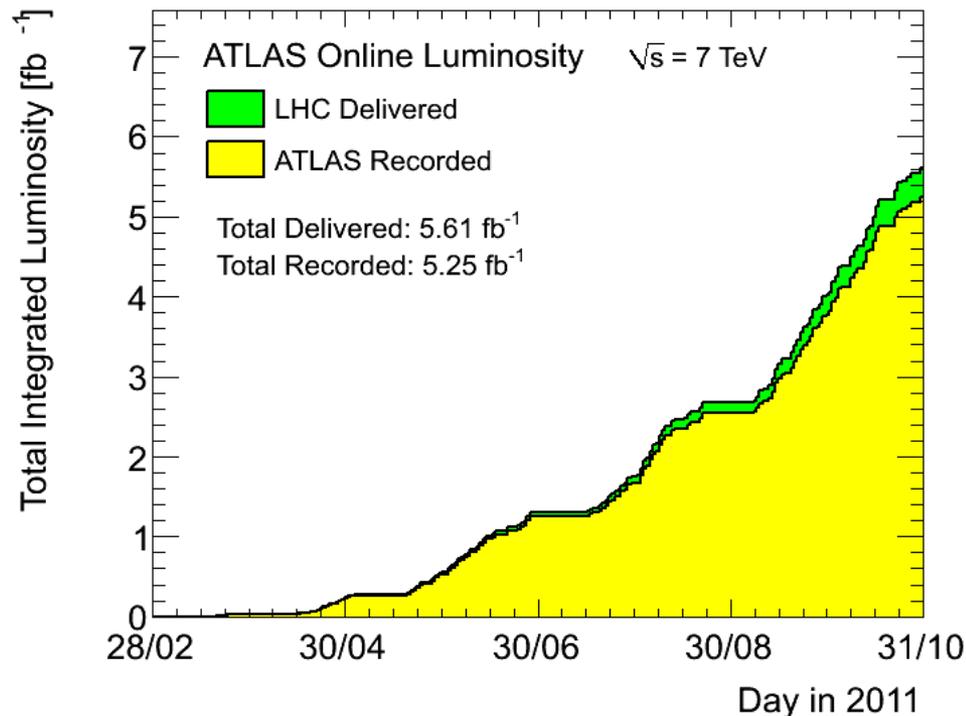
ATLAS実験におけるW粒子とDメソンの 随伴生成事象におけるDメソンの同定手法の研究

奥山豊信 徳宿克夫^A 長野邦浩^A
久世正弘^B 石塚正基^B 山崎祐司^C

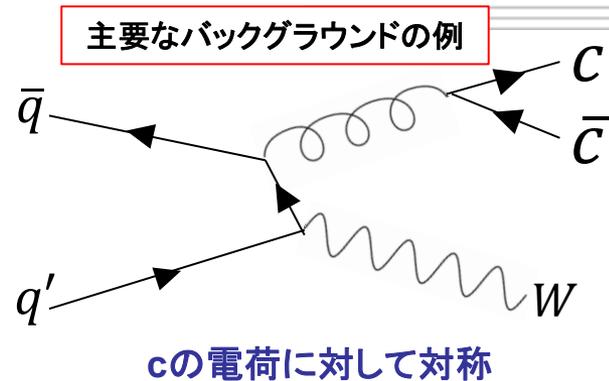
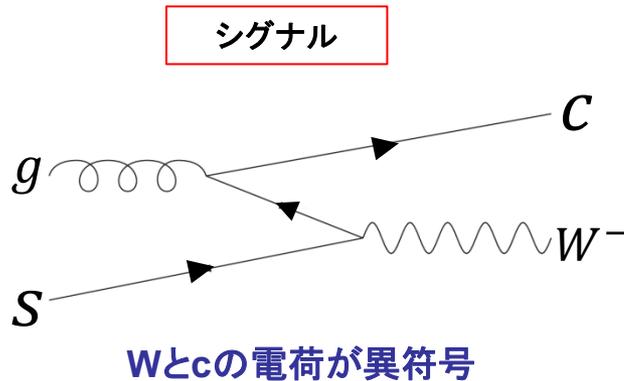
所属：東大理 高工研^A 東工大^B 神戸大理^C

LHC と ATLAS実験

- 2011年 LHCは重心系エネルギー7 TeVで運転
- ATLASでも5 fb⁻¹以上のデータを収集
 - 本解析で用いているのは4.3 fb⁻¹
 - W 粒子が $\mu\nu$ に崩壊するサンプルは10⁷事象以上



モチベーション



- W粒子とcクォークの随伴生成: $d/s/b + g \rightarrow W + c$
 - CKM行列に従って90%以上はsクォーク由来
 - 生成断面積から陽子の中のsクォークの運動量分布(PDF)の知見を得ることが出来る
 - 終状態におけるWとcの電荷の組み合わせが異符号
- 最終目標: 陽子の中に含まれる(反)sクォークのPDFの測定
 - 通常のPDFs(CTEQ等)ではsクォークと反sクォークは同じような分布を仮定
 - 実際にsクォークのPDFの測定を行うことは標準模型の検証の一つ

W + cクォークの随伴生成事象の同定方法

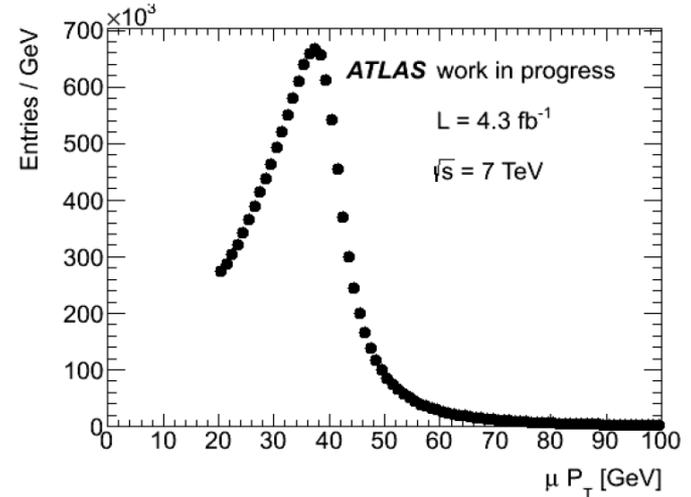
W粒子の同定

- 今回はW粒子の同定にはWがmuonに崩壊する過程を利用した
 - $p_T(\mu) > 20 \text{ GeV}$, $M_T(W) > 40 \text{ GeV}$

Cクォークの同定方法

- charm-jet(c-jet) としてタグ
 - 物理過程によらずに全てのc-jetを包括的に扱えるため統計量が多い
 - light jetによる多量のバックグラウンド
- D中間子を再構成
 - 質量ピークを作るのでmass windowでカットすることにより少ないバックグラウンド
 - 再構成可能ないくつかの崩壊過程に限られるため統計量が少ない

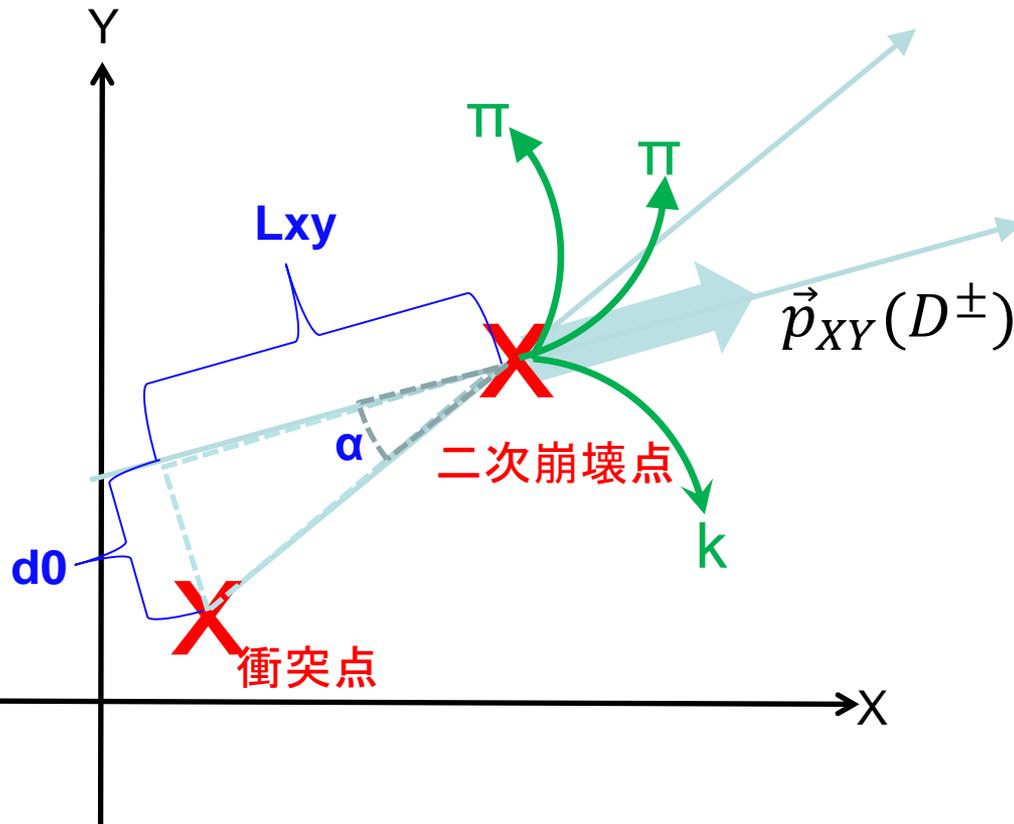
本解析ではcクォークをD[±]中間子として再構成した場合の同定方法について研究した結果を報告する



D^{+/-} の同定に用いるパラメータ

- 本解析ではD^{+/-} → k^{-/+} + π^{+/-} + π^{+/-} の崩壊過程に限定

$$\text{Br}(D^{+/-} \rightarrow k^{+/-} + \pi^{+/-} + \pi^{+/-}) = 9.22 \pm 0.21 \%$$
- D^{+/-}の寿命: $c\tau = \sim 311\mu\text{m}$ → 二次崩壊点を持つ

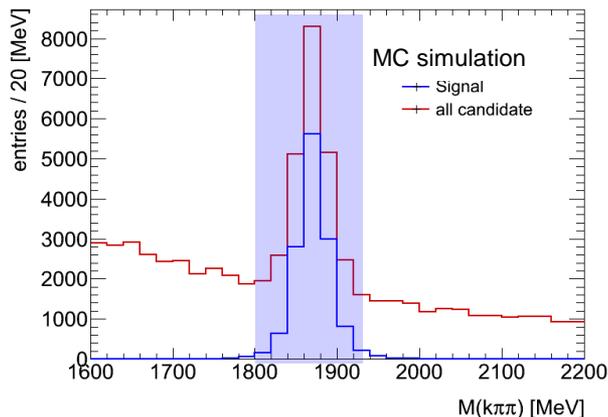
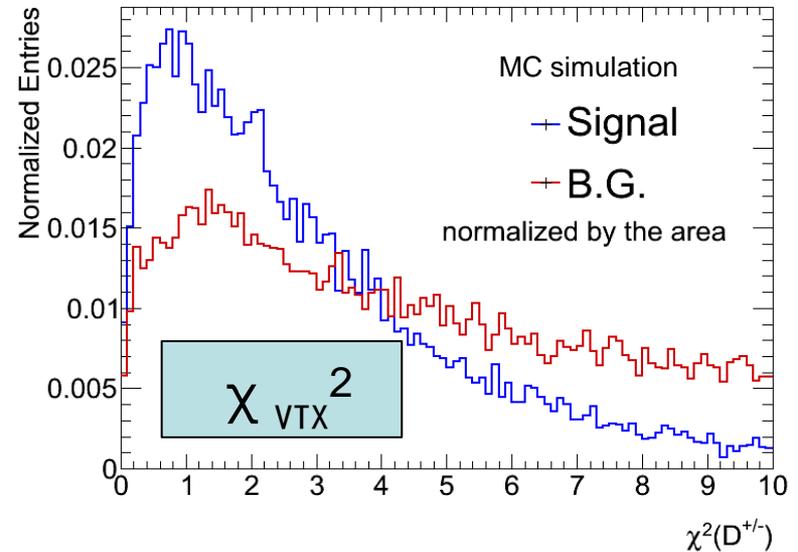
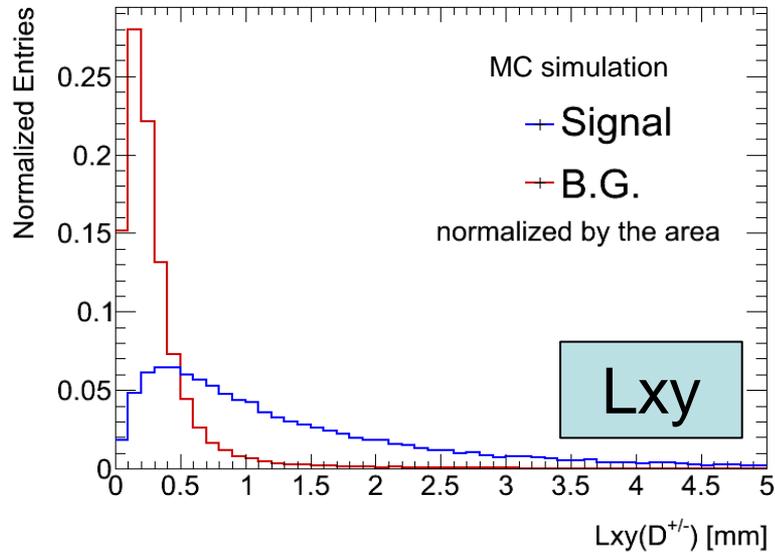


2ndary vertexを通る様にrefitされた trackに対してk, πの質量を仮定してD^{+/-}の4元運動量を組み

- ① 2ndary Vertex Fittingの質
→ fitting χ_{VTX}^2 が小さい
- ② D^{+/-}が崩壊までに十分飛んだ
→ decay lengthのX-Y平面への射影 (≡ Lxy)が十分大きい
- ③ 再構成されたD^{+/-}が衝突点の方向を向いている
→ Impact parameter(d0, z0)が小さい、D^{+/-}の衝突点に対する位置と運動量の成す角が小さい($\cos\alpha$ が1に近い)

Lxy, χ_{VTX}^2 , d0, z0, $\cos\alpha$ のカットの最適化が必要

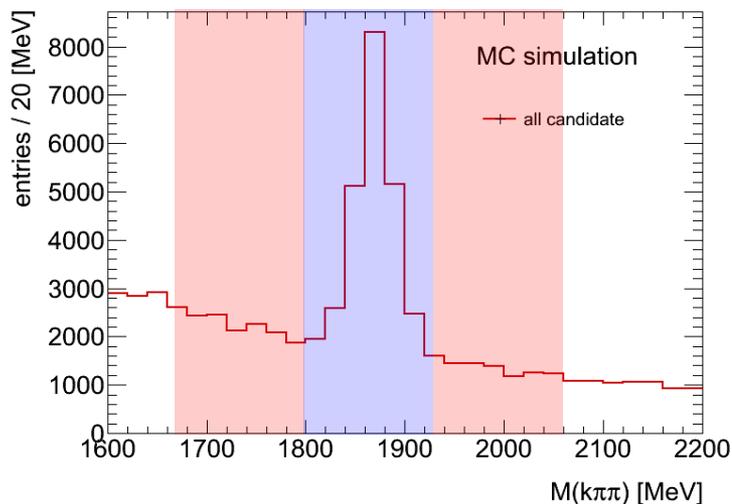
D^{+/-}の同定に用いる変数の分布



- MC (Pythia inclusive D meson) sample
- Kππを用いて再構成されたD^{+/-} candidateのうち
1.80 GeV < M(kππ) < 1.93 GeV のものだけを使用
- MC Truth とmatching(dR<0.01)を試し
 - Matchする → signal
 - Matchしない → B.G.

と定義

D^{+/-} の選定(閾値の決定)



Signal Region:

$$1.80 \text{ GeV} < M(k\pi\pi) < 1.93 \text{ GeV} \quad \Delta M = 0.13 \text{ GeV}$$

Sideband Region:

$$1.67 \text{ GeV} < M(k\pi\pi) < 1.80 \text{ GeV} \quad \Delta M = 0.13 \text{ GeV}$$

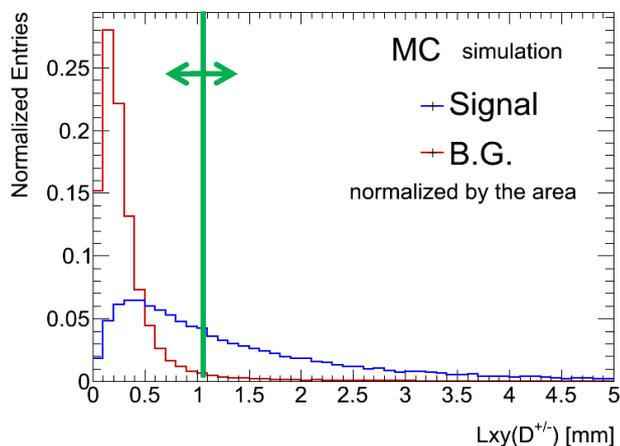
$$1.93 \text{ GeV} < M(k\pi\pi) < 2.06 \text{ GeV} \quad \Delta M = 0.13 \text{ GeV}$$

$$\mathbf{B.G.} = \text{sideband region} / 2$$

$$\mathbf{Yield} = \text{signal region} - \mathbf{B.G.}$$

$$\mathbf{S/N} = \text{yield} / \mathbf{B.G.}$$

と定義



他のカットを固定したまま1変数の閾値を変化させS/NとYieldの変化を評価し、カットの閾値を決定。

本来はMCで行うべきだが今回は2011年に収集された実データでW粒子が発見された事象を用いてyieldを出るだけ保ちつつS/Nを稼げる値を選択した。MCを用いた最適化はこれから行う予定。

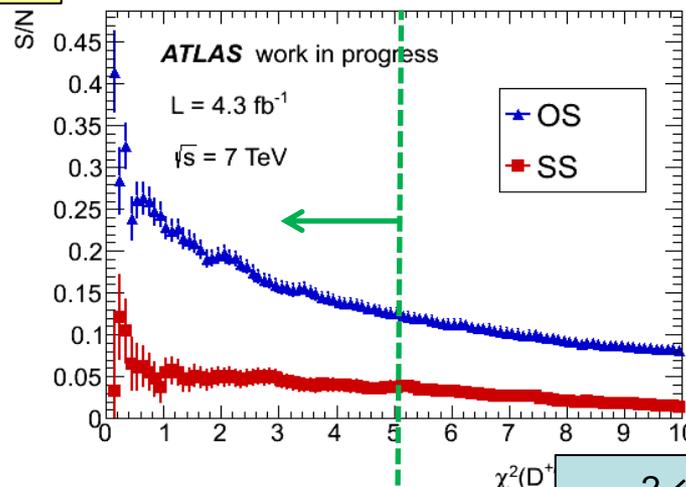
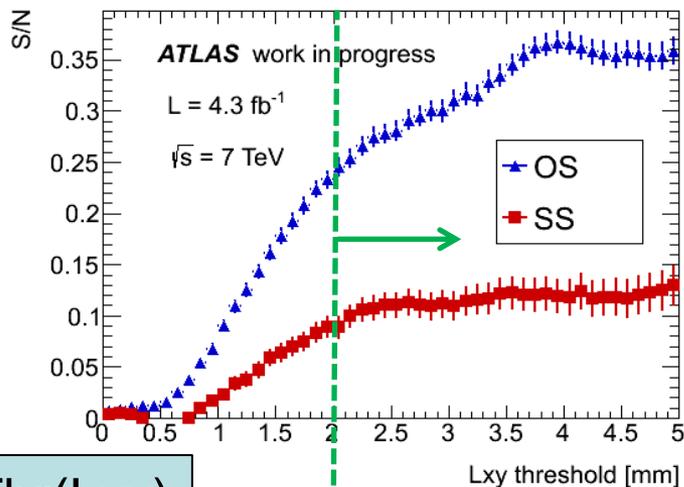
D^{+/-} の選定(閾値決定の具体例)

L = 4.3 fb⁻¹ P_T(μ) > 20 GeV, M_T(W) でWを選択した事象に対しての結果

ここでカット

S/N

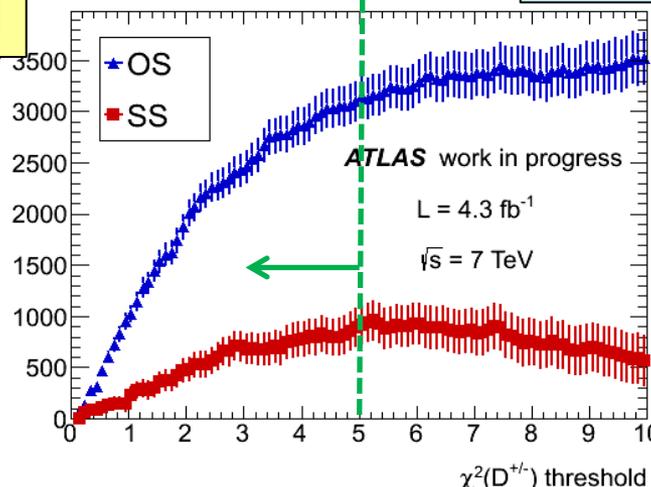
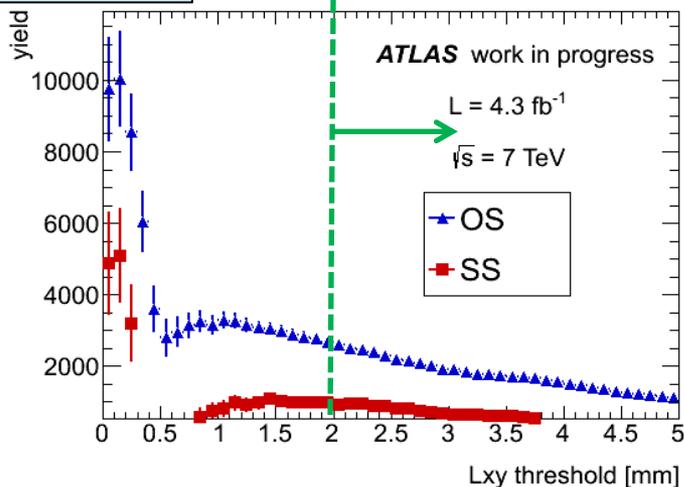
ここでカット



Lxy > Thr(Lxy)

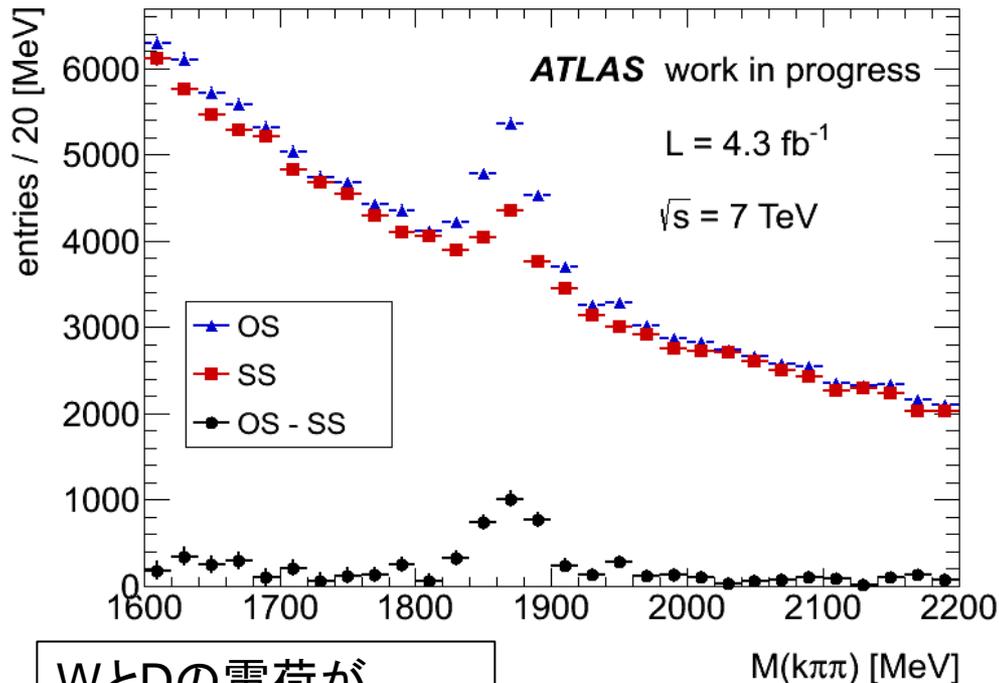
$\chi^2(D^+) < \text{Thr}(\chi^2)$

yield



W粒子とD中間子の電荷の組み合わせがOpposite Sign(OS)とSame Sign(SS)毎にプロット。

W粒子とD^{+/-}中間子の随伴生成事象



今回使用したカット

decay length and fitting χ^2 cut

- $L_{xy} > 2$ mm
- Fitting $\chi^2 < 5$

Pointing Constraint

- $d_0 < 0.25$ mm
- $z_0 \times \sin\theta < 0.5$ mm
- $\cos\alpha > 0.995$

WとDの電荷が
—: Opposite Sign
—: Same Sign

- D^{+/-}の質量ピークが確認できる
- W粒子とD^{+/-}の電荷が異符号の組み合わせ(Opposite Sign)の方が同符号の場合に比べて多い
 - s(db) + g → W + cからの寄与が見えている傾向ではあるが、s(db) + g → W + cからの寄与が原因であるかはこれから検証が必要
 - OS/SSに対するyieldはカットの値に依存
 - 現在のカットがバックグラウンドにSSとOSの場合に対して本当に対称か

まとめ

- W粒子とcクォークの随伴生成事象の同定方法について研究を行っている
- D中間子の同定方法について研究を行った
 - 二次崩壊点と、refitされたtrack parameterを用いてD^{+/-}の4元運動量を再構成し、飛程やD^{+/-}の運動量の向きを用いてD^{+/-}の同定を行う方法を確立した。
- 実際に2011年度に収集されたデータを用いてW粒子の候補のあった事象でD^{+/-}の質量ピークを確認
 - W粒子とD中間子の電荷に注目した際に、同電荷の組み合わせに比べ異なる電荷の組み合わせの方が多く確認できている
 - $s(\text{db}) + g \rightarrow W + c$ 過程からの寄与であるかはこれから検証が必要

今後

- MCを用いてD^{+/-}の同定に用いているカットの最適化
- 主要なバックグラウンドの理解



BackUp

W粒子生成事象($W \rightarrow \mu\nu$)の選別

Event Selection

- triggered by muon with $p_T > 18 \text{ GeV}$
- at least 3 tracks associated to primary vertex

Muon selection

- Is combined muon (内部飛跡検出器にヒットを要求)
- $p_T > 20 \text{ GeV}$
- $|\eta| < 2.4$:
- $z_0 < 10 \text{ mm}$: 崩壊点付近から飛んで来ていることを要求
- $p_{T\text{cone}40} / p_T < 0.2$, $p_{T\text{cone}40} < 2 \text{ GeV}$: Isolation
※ $p_{T\text{cone}40}$: $dR < 0.4$ に含まれるtrackの p_T の総和)

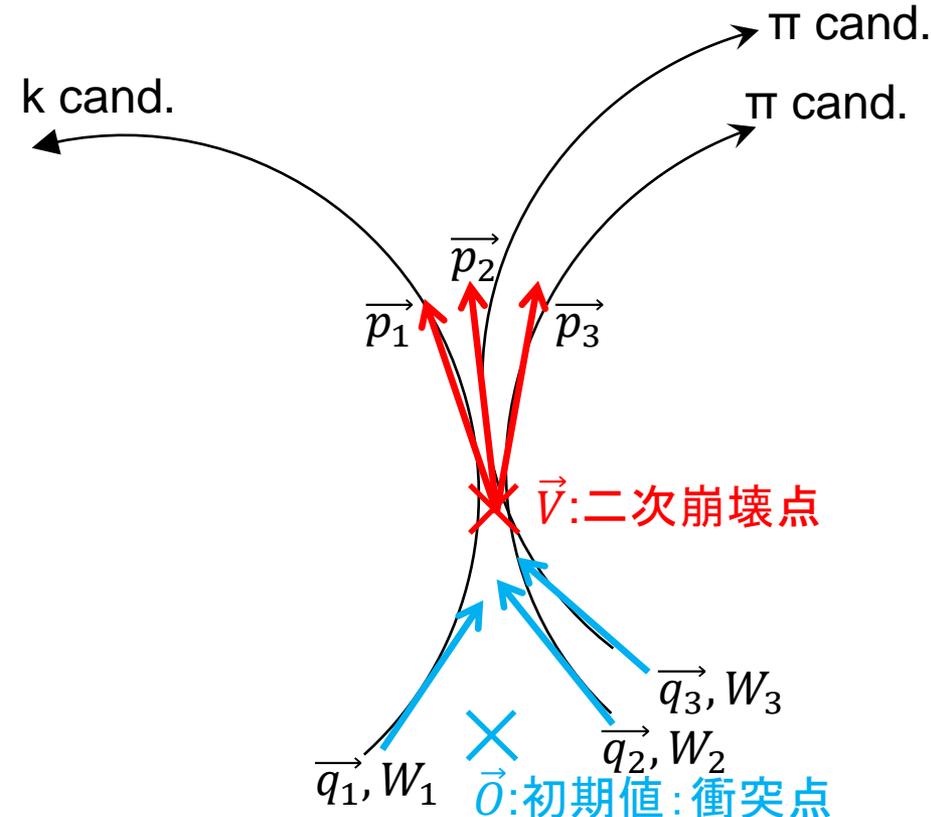
W selection

- $\text{miss}ET$ (横方向運動量損失) $> 25 \text{ GeV}$
- $m_T(W) > 40 \text{ GeV}$

D^{+/-} の崩壊点の探索

- D^{+/-}の寿命: $c\tau = \sim 311\mu\text{m}$ → 二次崩壊点を持つ
- 本解析ではD^{+/-} → k^{-/+} + π^{+/-} + π^{+/-} の崩壊過程に限定

衝突点を基準に再構成された飛跡から電荷の組み合わせが正正負(負負正)である任意の3本の飛跡を用いて二次崩壊点を探索・track parametersのrefitを行う



\vec{O} をreference pointとして

- measured track parameters: \vec{q}_i
- covariance matrix for measured track parameters: W_i
- refitted track parameters: $\vec{q}_i' = F(\vec{V}, \vec{p}_i)$

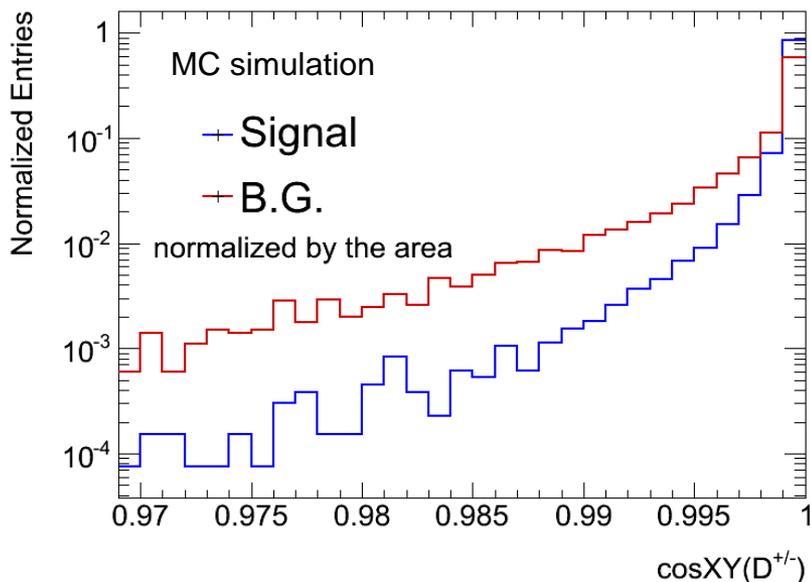
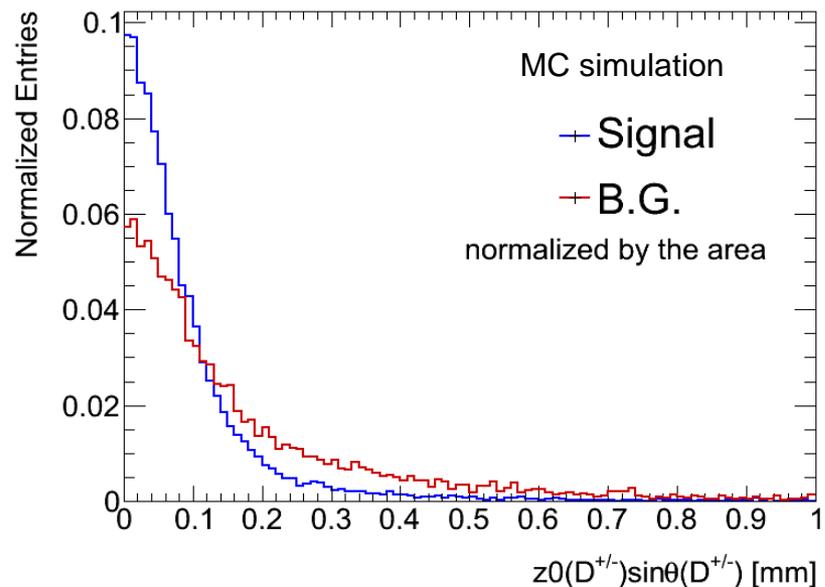
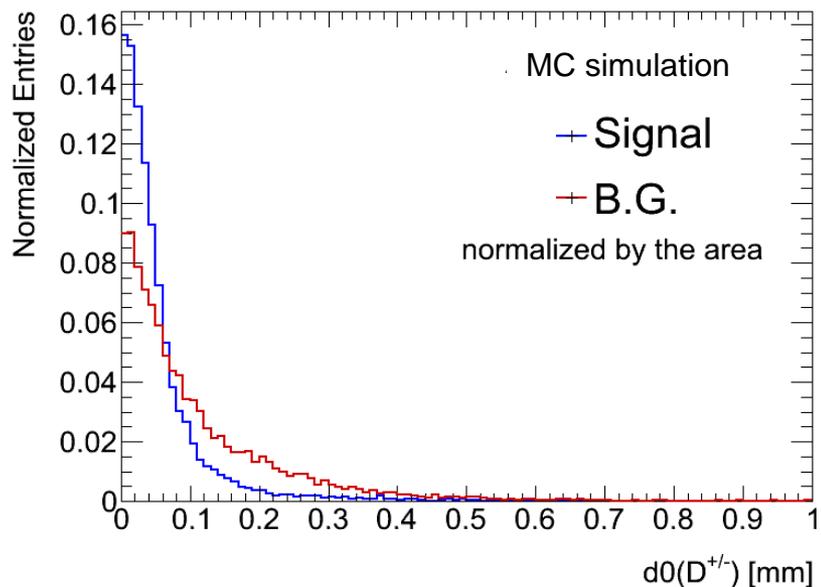
に対して

$$\chi^2 = \sum_i (\vec{q}_i - \vec{q}_i')^T W_i (\vec{q}_i - \vec{q}_i')$$

を最小にするような \vec{V}, \vec{p}_i を探す。

※ χ^2 が一定値になるまでoutputの \vec{V} を新たな \vec{O} として何度か繰り返す

Impact Parameter, $\cos XY$ の分布



・ $D^{+/-}$ の信号はFakeに比べてきちんと衝突点の方を向いている傾向がある

D^{+/-}事象の選別

track Kinematics Cuts (refitされたtrack parametersを使用)

- $|\eta| < 2.5$
- $p_T(k) > 1.0 \text{ GeV}$, $p_T(\pi_1, \pi_2) > 0.8 \text{ GeV}$, $\max(p_T(\pi_1, \pi_2)) > 1.0 \text{ GeV}$

decay length and fitting χ^2 cut

- $L_{xy} > 2 \text{ mm}$
- Fitting $\chi^2 < 5$

Pointing Constraint

- $d_0(D^{+/-}) < 0.25 \text{ mm}$
- $z_0(D^{+/-}) \times \sin\theta(D^{+/-}) < 0.5 \text{ mm}$
- $\cos XY > 0.995$

Suppression for $D^{*+} \rightarrow (k\pi^+)\pi_s^+$ and $D_s^+ \rightarrow \varphi\pi^+ \rightarrow (K^+K^+)\pi^+$

- $\Delta(m(k\pi\pi) - m(k\pi)) > 153 \text{ MeV}$
- 3 tracksのmassに $K^+K^+\pi^+$ を仮定した場合の $\Delta(m(K^+K^+) - m(\varphi)_{\text{PDG}}) > 8 \text{ MeV}$
※ $m(\varphi)_{\text{PDG}} = 1019.456 \text{ MeV}$

D^{+/-} Kinematics Cuts

- $p_T(D^{+/-}) > 3.5 \text{ GeV}$
- $|\eta| < 2.1$