

LHC-ATLAS実験におけるZ粒子と D中間子の随伴生成の断面積測定

二ノ宮陽二, 奥山豊信^A, 徳宿克夫^B,

長野邦浩^B, 河野能知^C, 坂本宏

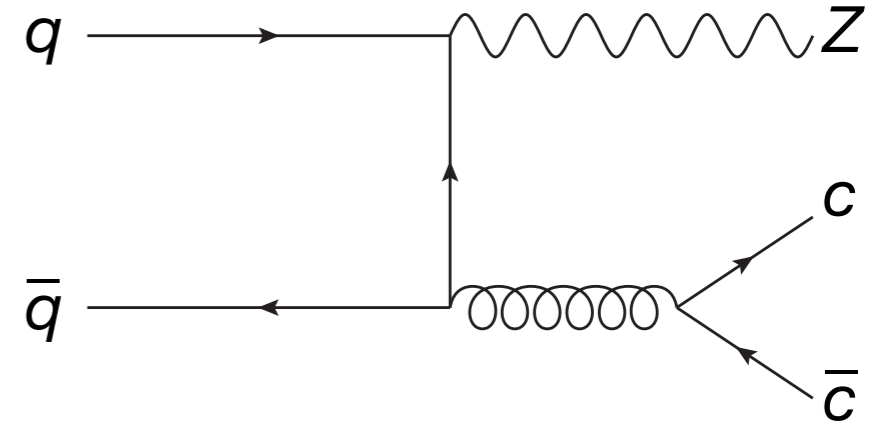
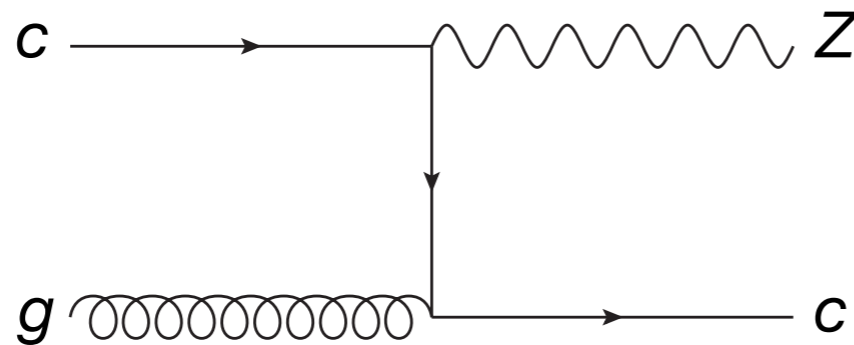
東大素セ, 東大理^A, 高工ネ研^B, お茶大理^C

本研究の目的

- Z粒子とcクォークの随伴生成の生成断面積を測定

⇒ 摂動QCDの検証

- 陽子内のcクォークの分布関数(PDF)
- グルーオン分岐比($g \rightarrow cc$)



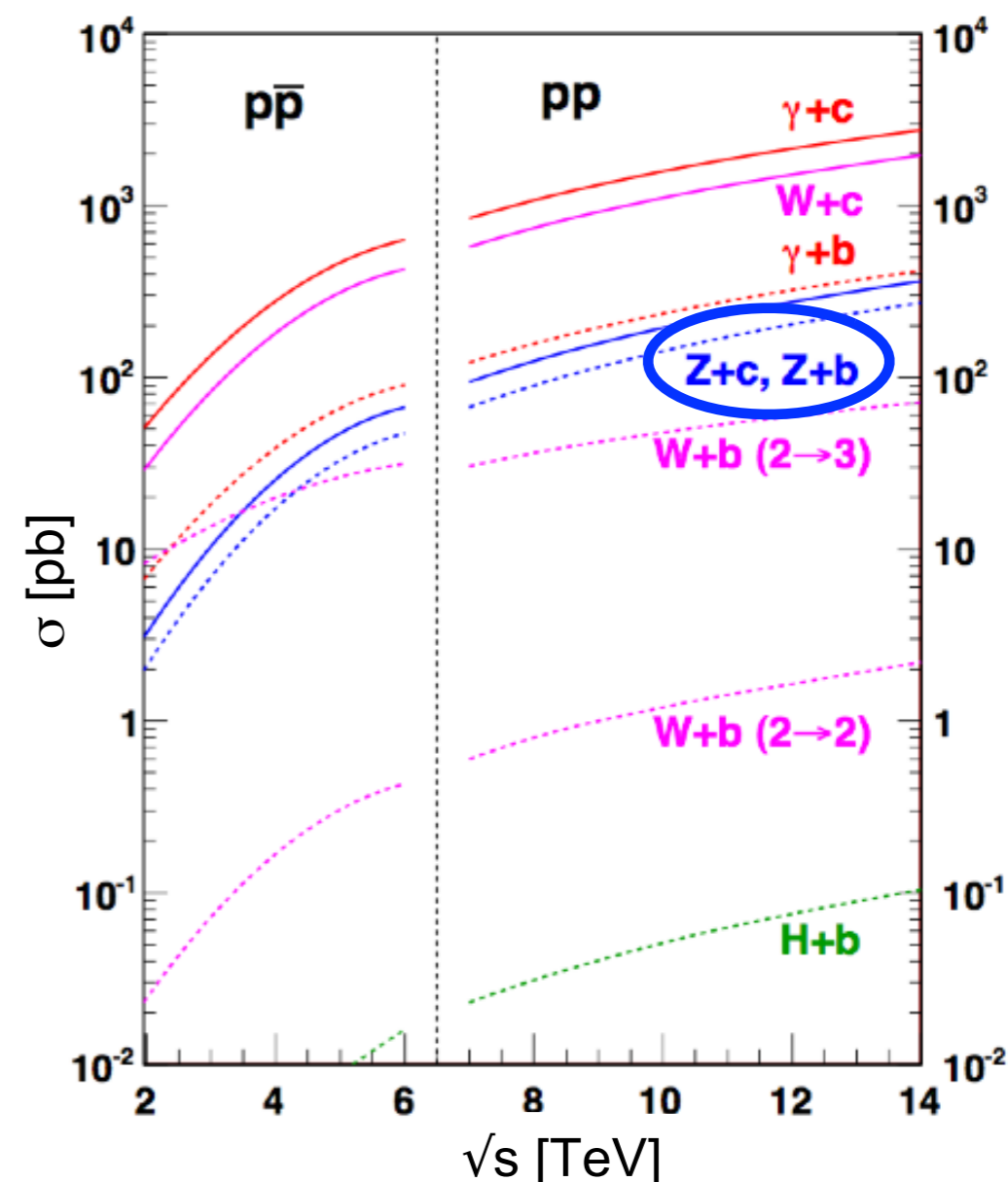
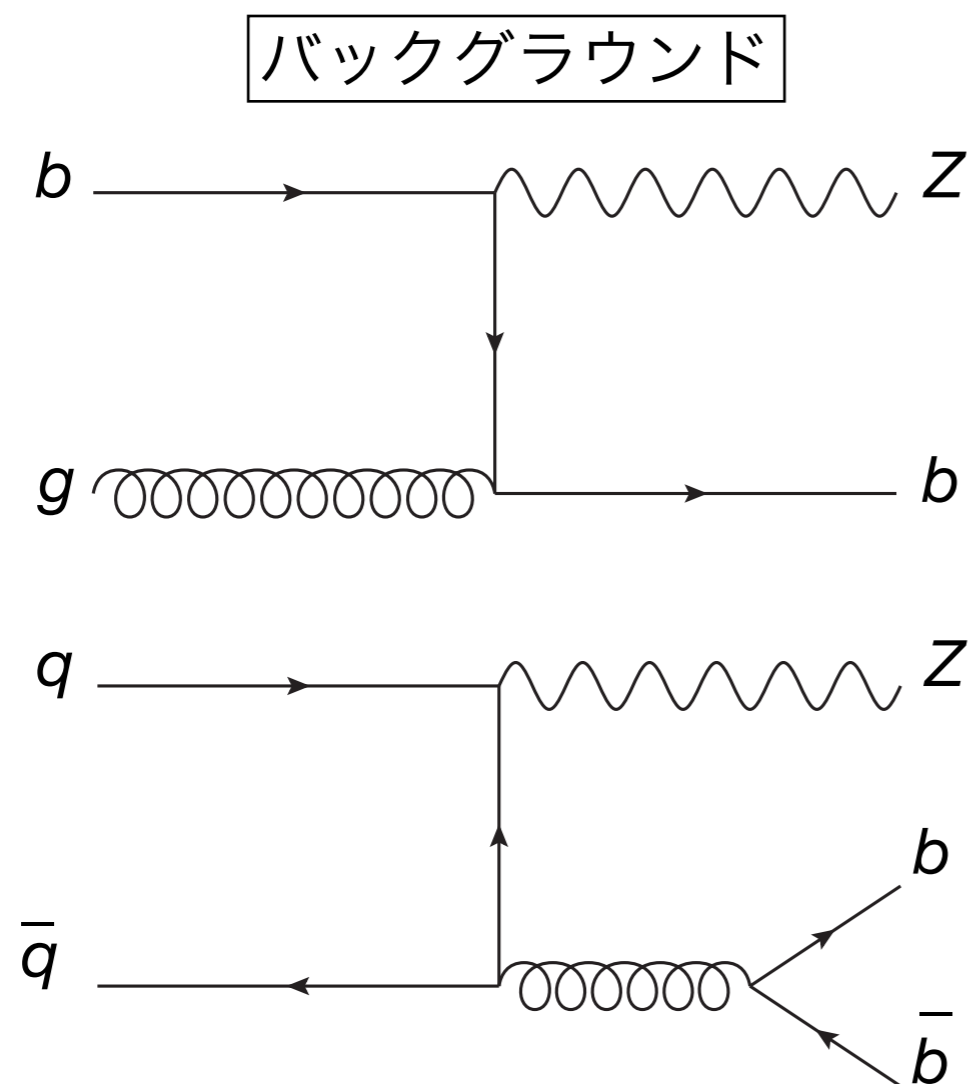
■ 先行研究

- D0でZ+c-jetの測定 (Phys.Rev.Lett. **112**, 042001)
 - $g \rightarrow cc$ の寄与が理論の予想よりも大きいことを示唆

ATLASでは、本研究が初の測定となる

Z+c測定の困難な点 (1/2)

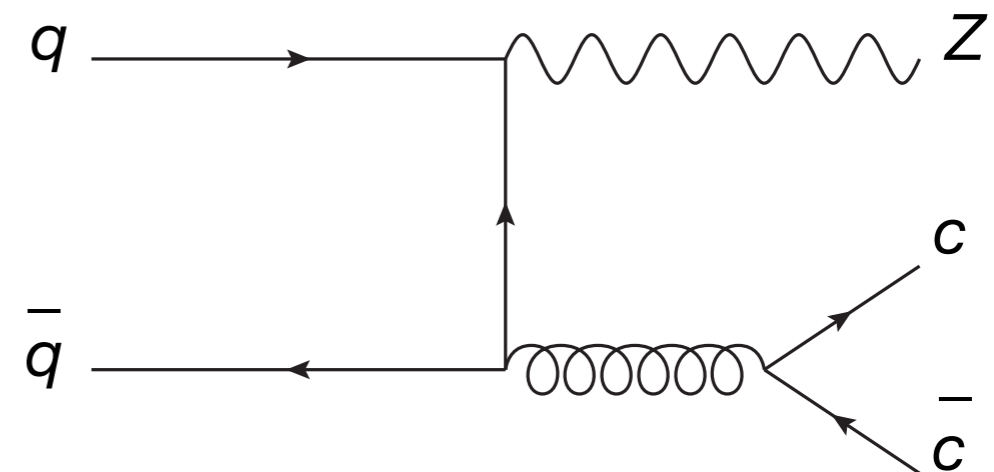
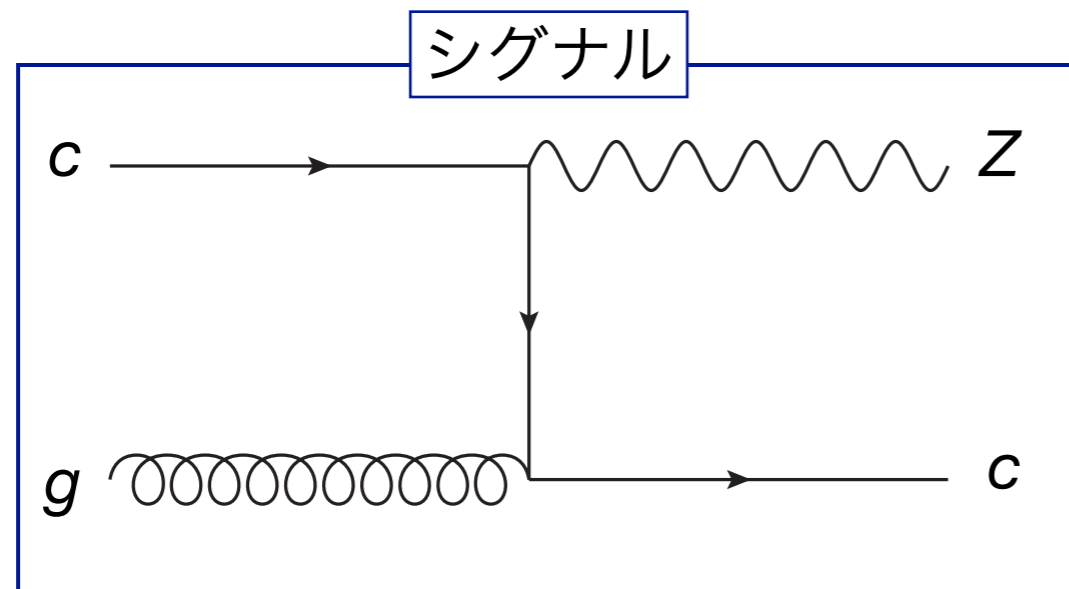
- 生成断面積が小さい
- Z+cとZ+bは同程度なため、b崩壊やB中間子から寄与が無視できない



Z+c測定の困難な点 (2/2)

■ 荷電相関(OS-SS法)が使えない

- cクォークの分布測定ではZ+ccはバックグラウンドとなるためシグナルと区別が必要



- W+cの場合は、Wとcの荷電が反対のもの(OS)と同じもの(SS)を引くことでW+ccを消しW+cを取り出すことができる(前講演参照)
- しかしZ+cの場合はこの方法は使えない

解析のStrategy

- 2012年のLHC運転において、ATLAS実験により取得された重心系エネルギー 8 TeV, 約 20 fb^{-1} の陽子・陽子衝突データを使用
- cクォークの同定はD中間子を再構成する方法を用いる
- Zボソンは2つのレプトンに崩壊する事象を使用
 - $Z \rightarrow ee, Z \rightarrow \mu\mu$
- 以下2つの解析を順に行う
 - Z+Dの包括的な生成断面積測定
 - cクォークの分布に感度がある事象を用いた測定
 - Z+b(b)やZ+ccなどの事象の見積もりが重要

本講演では断面積測定のためのシグナル見積もり方法、バックグラウンドの評価についてお話しします

Z粒子生成事象の選別

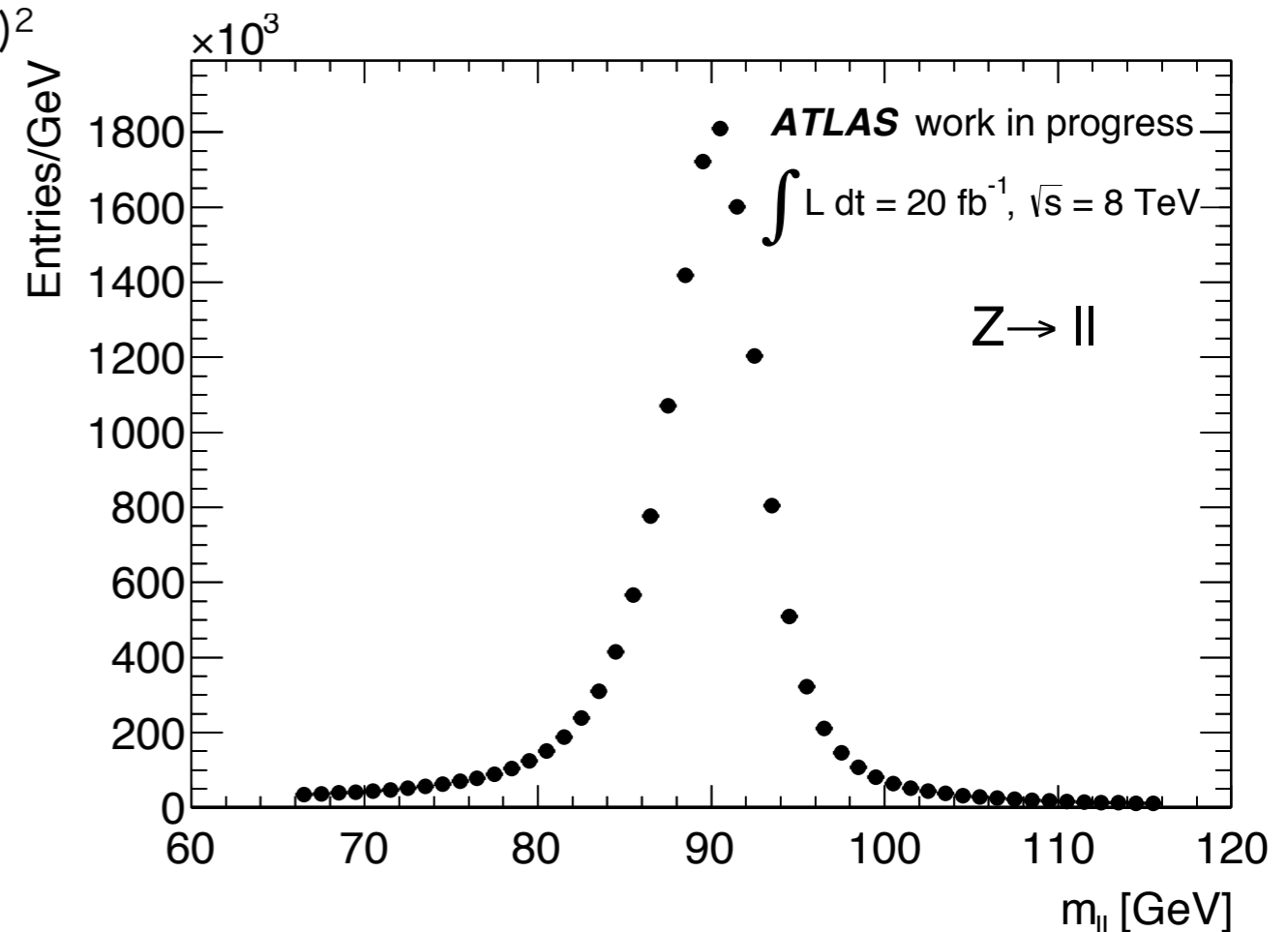
■ レプトンの選別

- $p_T > 20 \text{ GeV}, |\eta| < 2.4$
- レプトンが衝突点付近から来ていることを要求
- ミューオンの周りに他の荷電粒子がない
- ミューオンとのdRが0.1より小さい電子は除外

$$\cdot dR^2 = (\eta(\mu) - \eta(e))^2 + (\phi(\mu) - \phi(e))^2$$

■ Zの選別

- 2つのレプトンが逆電荷を持つ
- $66 \text{ GeV} < m_{ll} < 116 \text{ GeV}$



D中間子の再構成方法

■ 4つの崩壊過程を使用

$D^\pm \rightarrow K \pi \pi$

$D^* \rightarrow D^0 \pi : D^0 \rightarrow K \pi, D^0 \rightarrow K \pi \pi^0, D^0 \rightarrow K \pi \pi \pi$

■ 内部検出器の情報から飛跡の二次崩壊点を再構成

vertex fittingの χ^2 が小さい($\chi^2 < 5$)

■ Dが崩壊までに十分飛んでいる

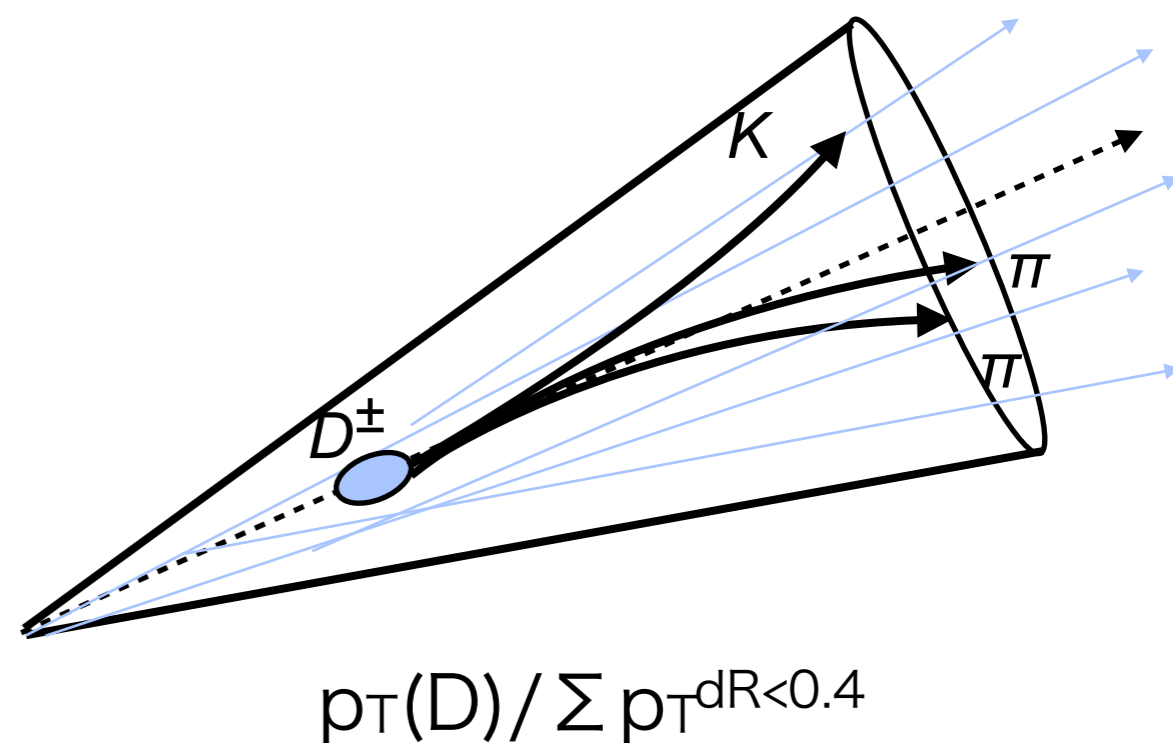
$L_{xy}(D^\pm) > 1 \text{ mm}$ 、 $L_{xy}(D^*) > 0 \text{ mm}$

■ Dが衝突点からきている

$|d_0| < 1 \text{ mm}$

■ Dの周囲に他のトラックがない

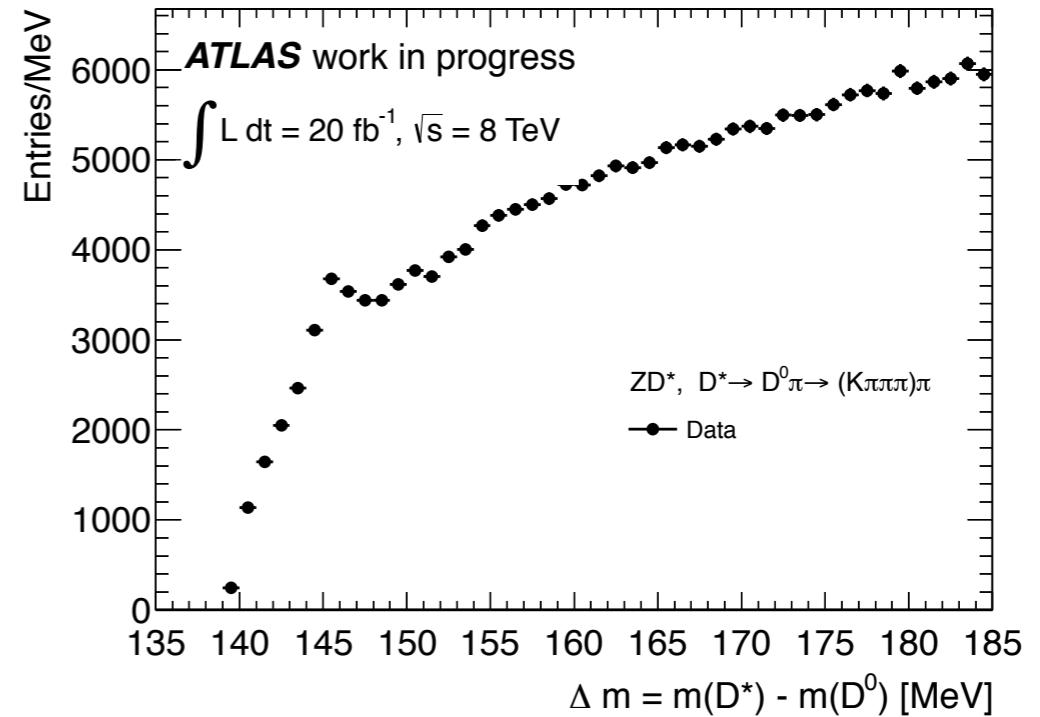
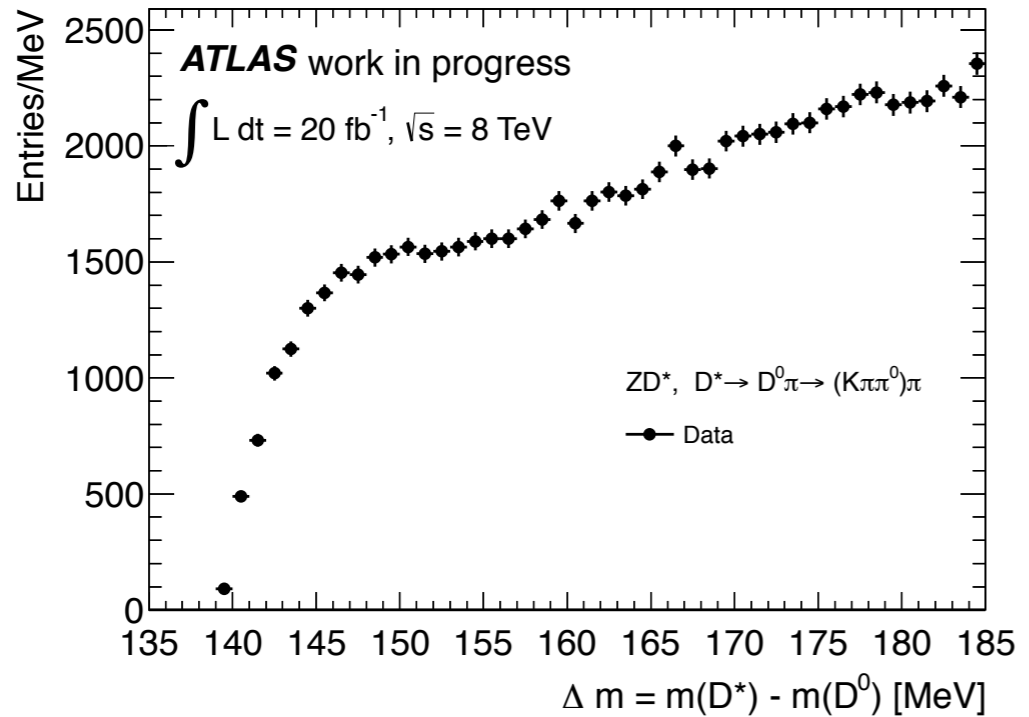
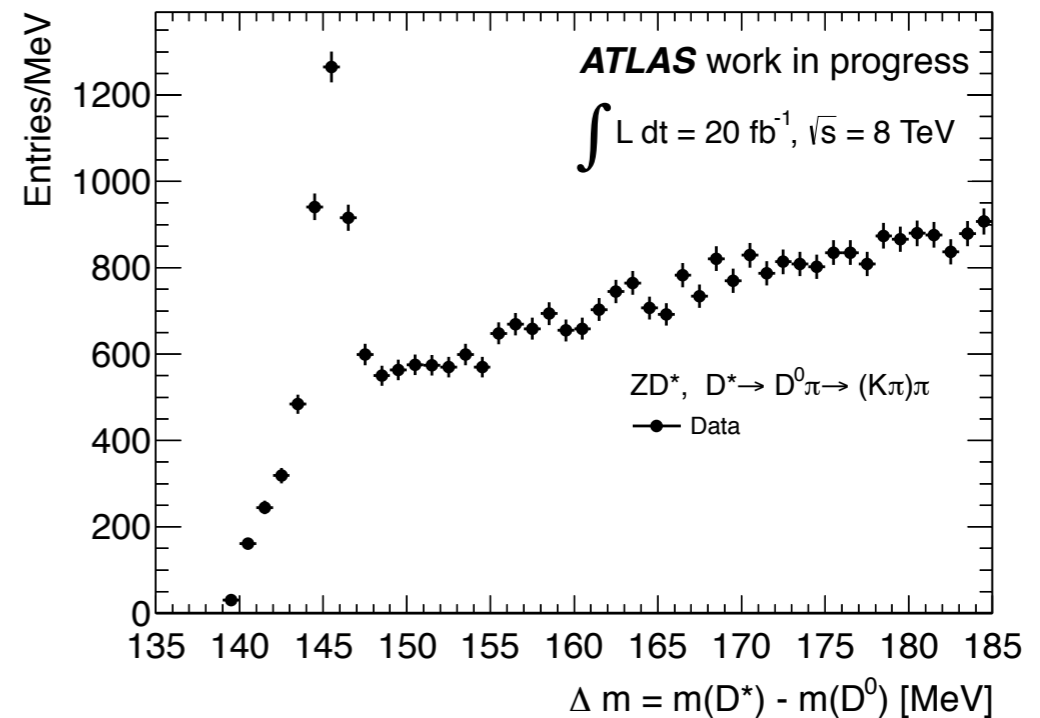
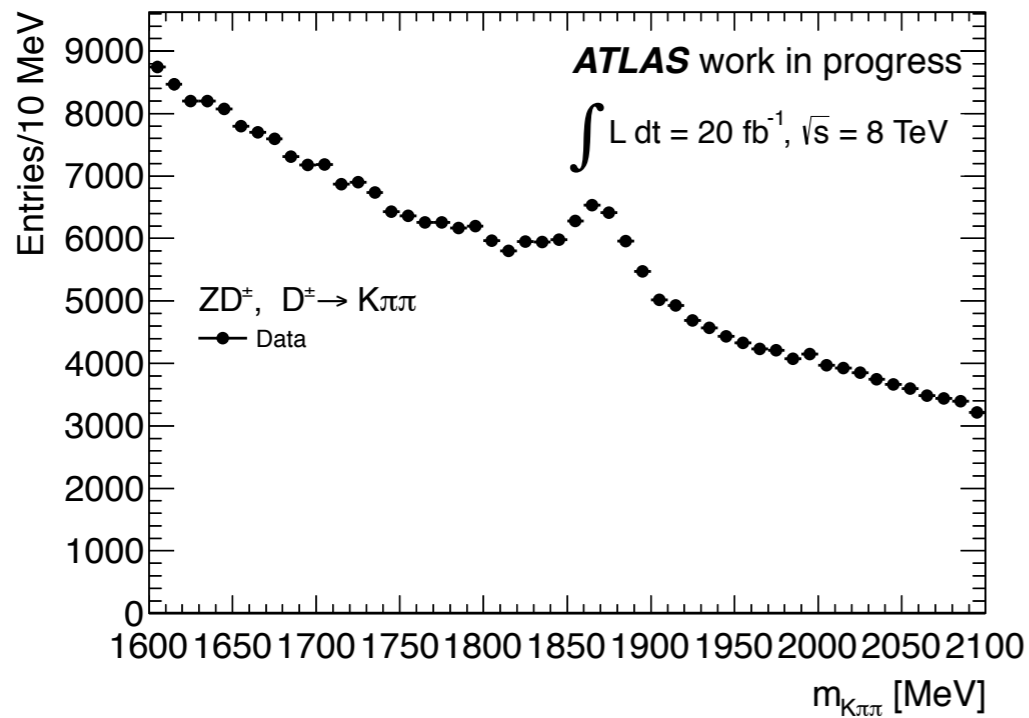
$p_T / \sum p_T^{dR < 0.4} > 0.5$



W+D(前講演)と同じD中間子再構成方法を用いている

➡ W+Dの事象を用いて系統誤差の見積もりなどを行う予定

D中間子の質量ピーク



■ D^\pm の質量ピーク、 $m(D^*) - M(D^0)$ で π_{slow} に相当するピークが確認できる

シグナルテンプレートとフィット方法

- $B^0 \rightarrow \mu D^{(*)}$ をコントロールサンプルとしてD中間子の質量ピークのテンプレートを作成 (W+D解析と同じ)
 - $B^0 \rightarrow \mu D^{(*)}$ コントロールサンプルはZ+Dの事象とは完全に独立
- 得られたテンプレートを用いて、Z+D事象のD中間子質量分布にフィットを行い、D中間子の生成量を見積もった
 - バックグラウンドの見積もりは D^\pm は2次関数、 D^* は対数関数を使用

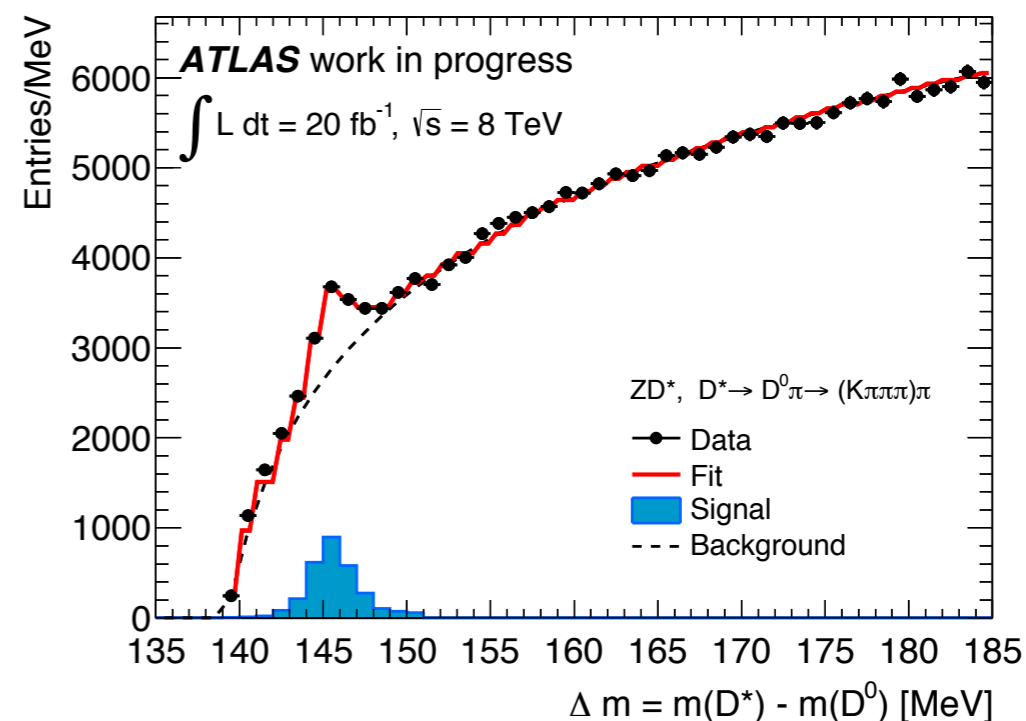
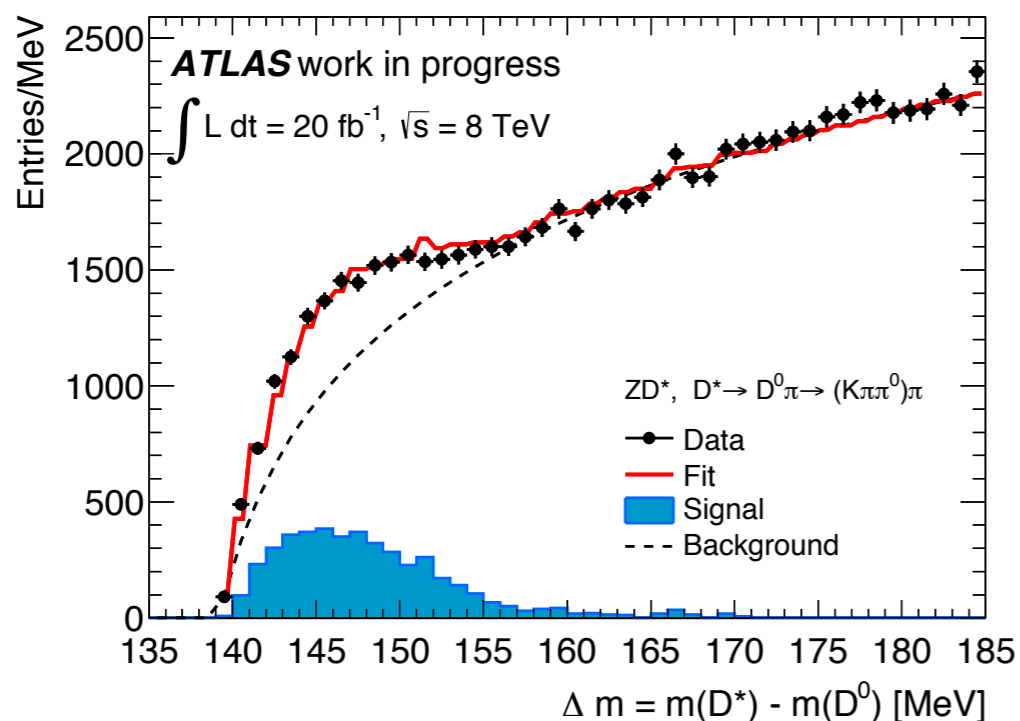
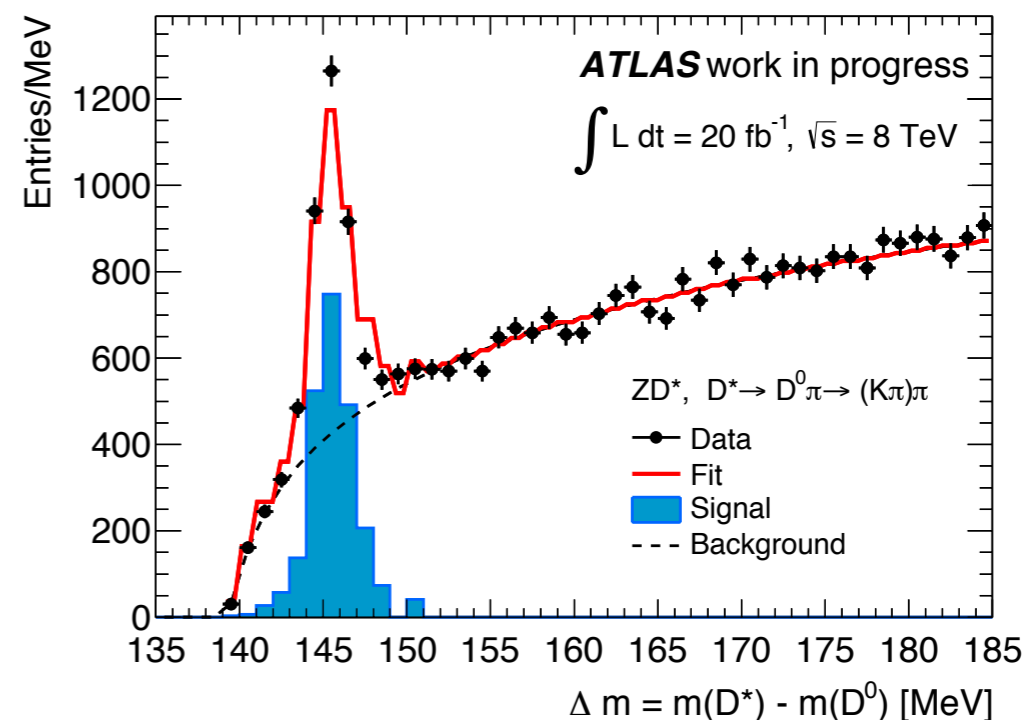
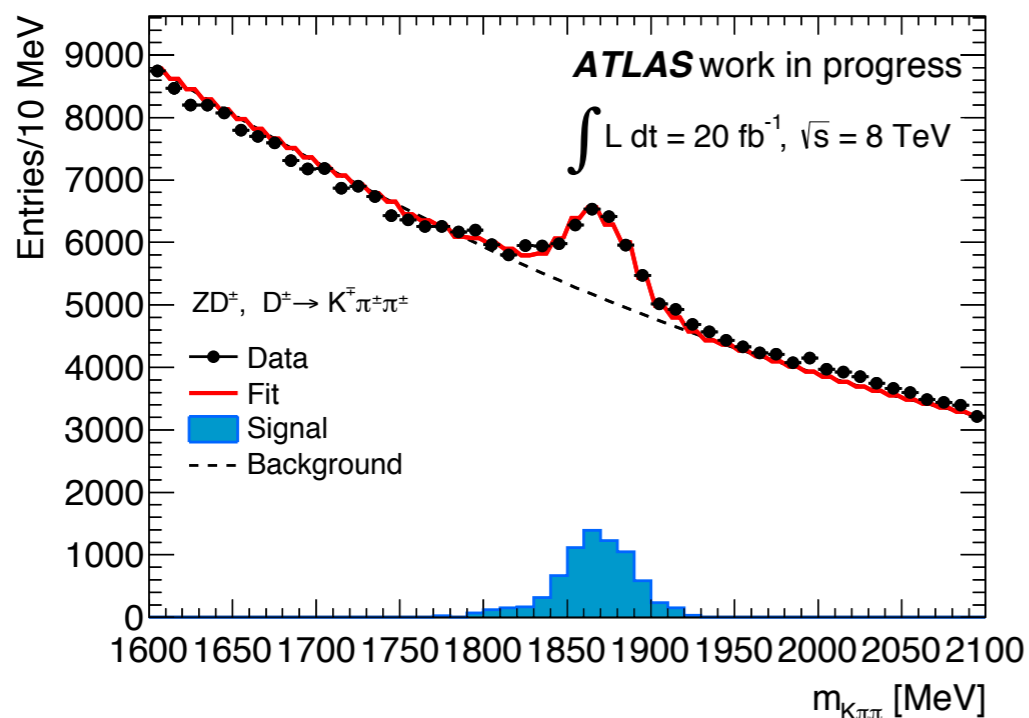
□ $B^0 \rightarrow \mu D^{(*)}$ の選別

- $MET < 25 \text{ GeV}$, $m_T(\mu \nu) < 40 \text{ GeV}$
(Wからの寄与を除く)

□ $B^0 \rightarrow \mu D^{(*)}$ の再構成

- $p_T(\mu) > 18 \text{ GeV}$
- μ とDが異符号
- $dR(\mu, D) < 1.0$, $m(\mu D) < 5 \text{ GeV}$

テンプレートを用いたフィットの結果 (1/2)



■ テンプレートと関数を用いて質量ピークがフィットできている

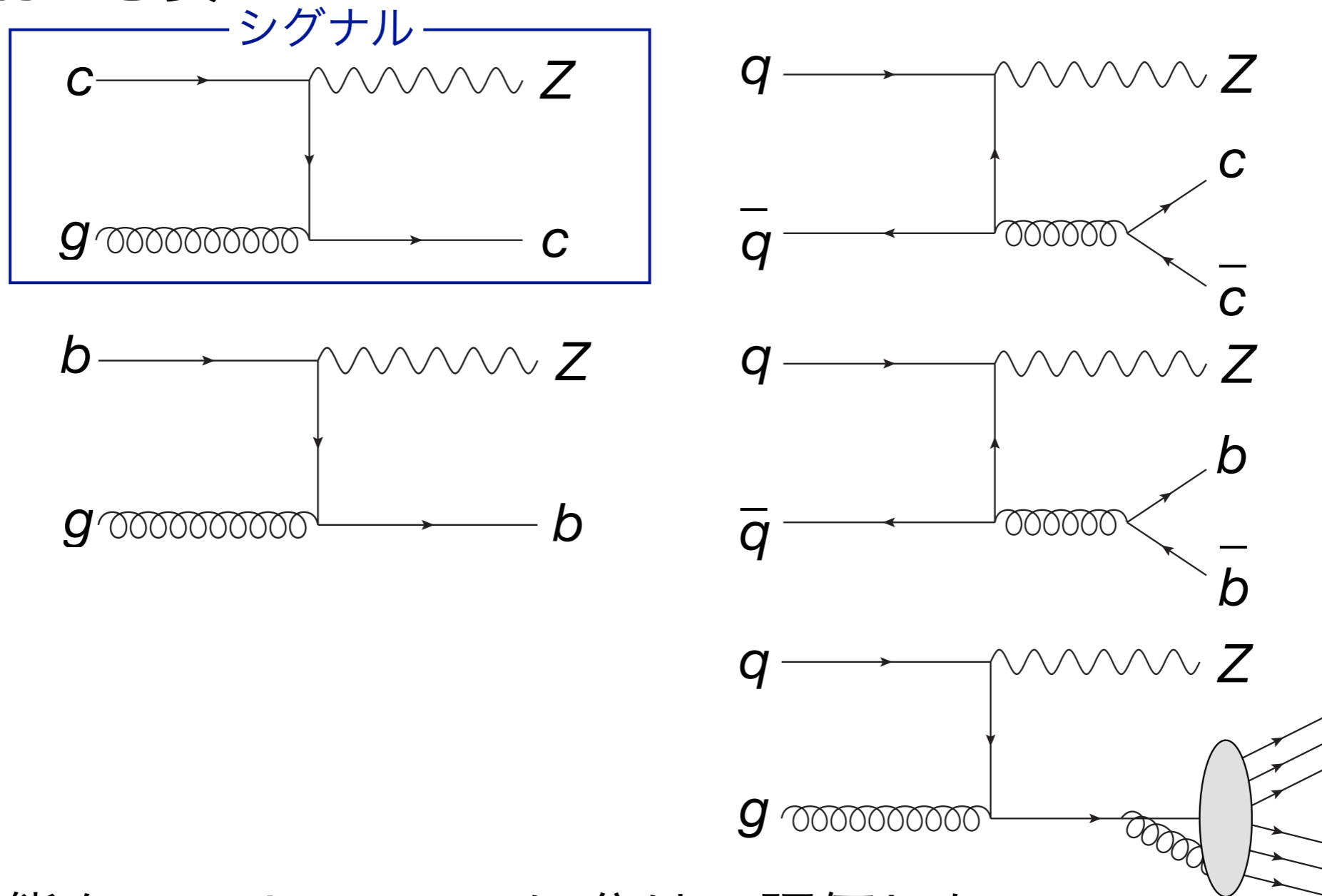
テンプレートを用いたフィットの結果 (2/2)

- $Z+D$ の包括的な生成断面積測定
 - テンプレートと関数でフィットができていることを確認
 - 抽出したシグナル量をunfoldして生成断面積を求める (現在進行中)
- c クォークの分布に感度がある事象を用いた測定
 - $Z+b(b)$ や $Z+cc$ の寄与を見積もる必要がある

モンテカルロを用いて評価を行った

Z+cc、Z+b(b)の見積もり (1/2)

- cクォークPDFに感度を高めるは、Z+ccやZ+b(b)などの事象の選別が必要



- 始状態をgc, gb, qq, gqに分けて評価した

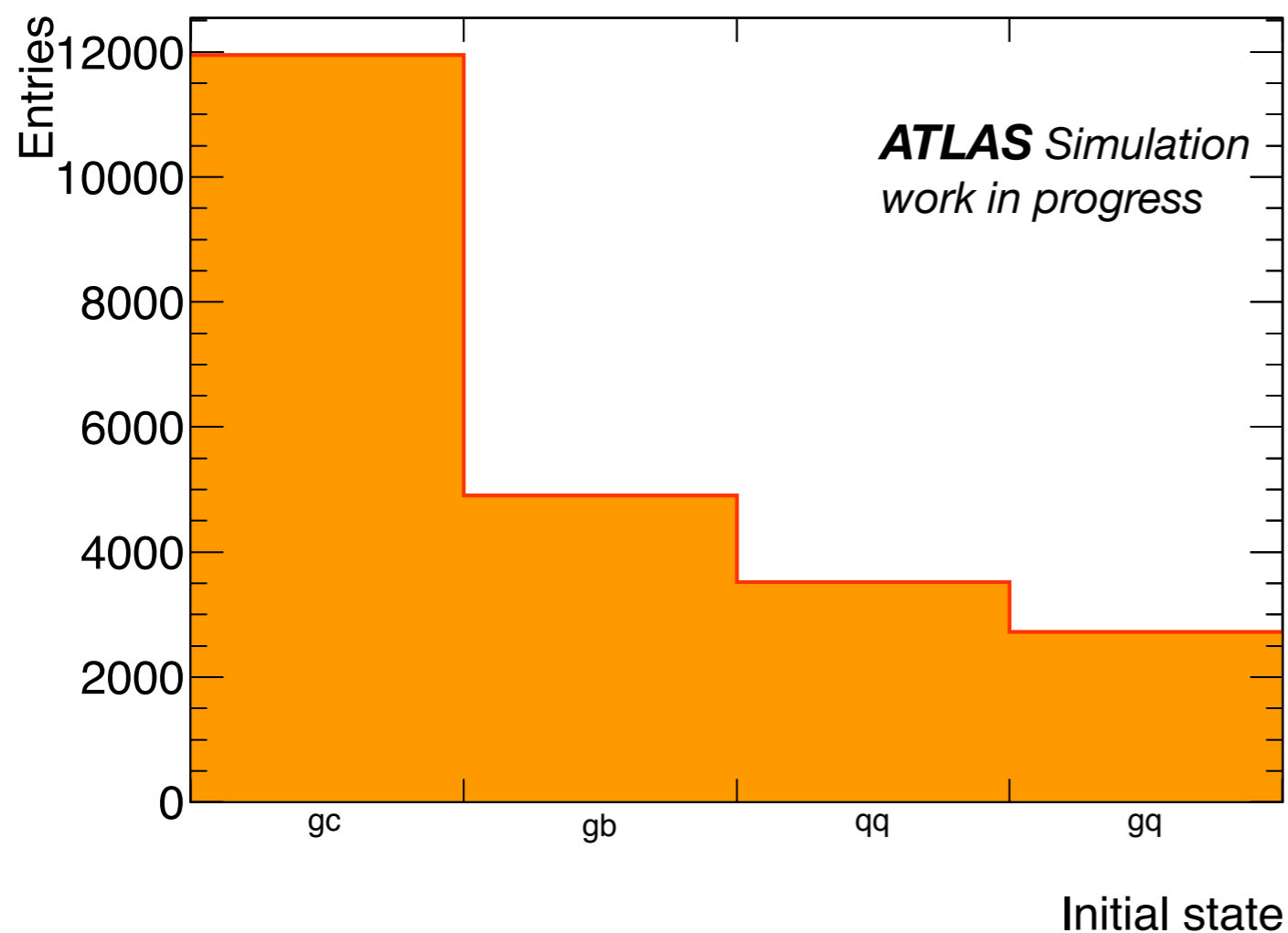
fragmentation

Z+cc、Z+b(b)の見積もり

■ 使用したモンテカルロサンプル

□ Z+D (PowhegPythia8)

D中間子が再構成でき、且つ
truthとマッチングできた事象数



このサンプルでは

gc : 52%

gb : 21%

qq : 15%

gq : 12%

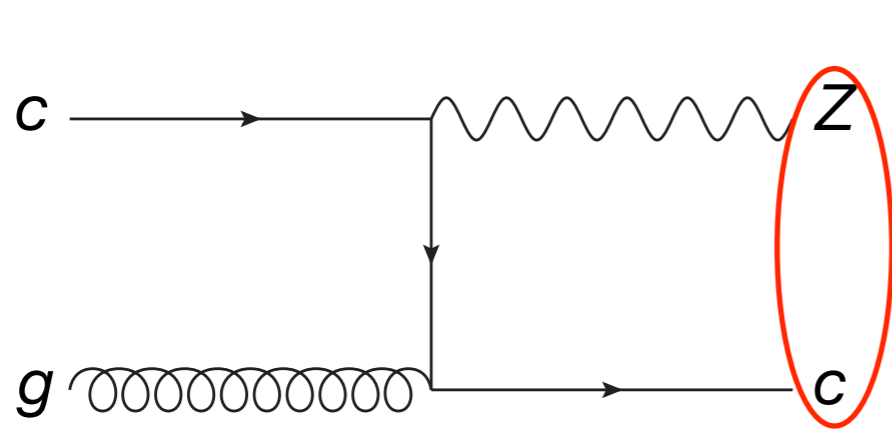
で、cクォークPDFに感度のあるgcが優勢(~50%)であることがわかった

⇒ 更に他の寄与を下げて感度を高める方法を考える

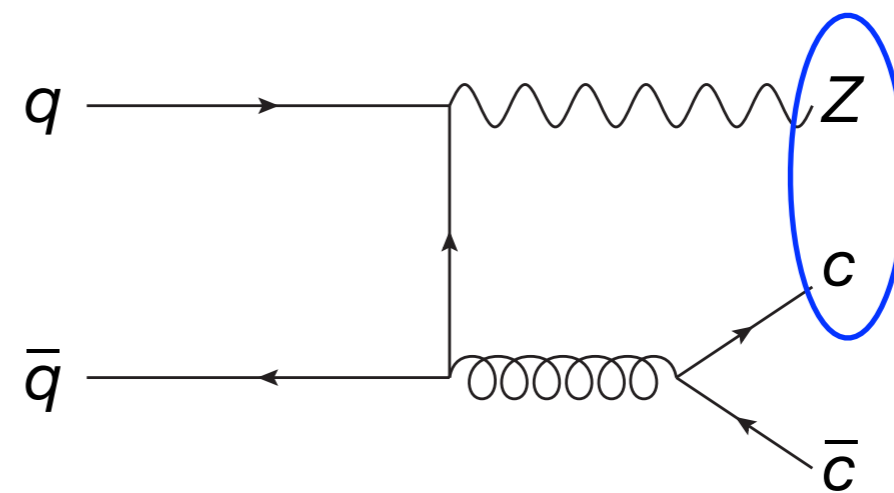
ZとD中間子の運動量比を用いた評価 (1/2)

■ ZボソンとD中間子の p_T の比

- Z+bや $g \rightarrow cc$ などは小さくなることが予想できる



$$p_T(c) \sim p_T(Z)$$



$$p_T(c) < p_T(Z)$$

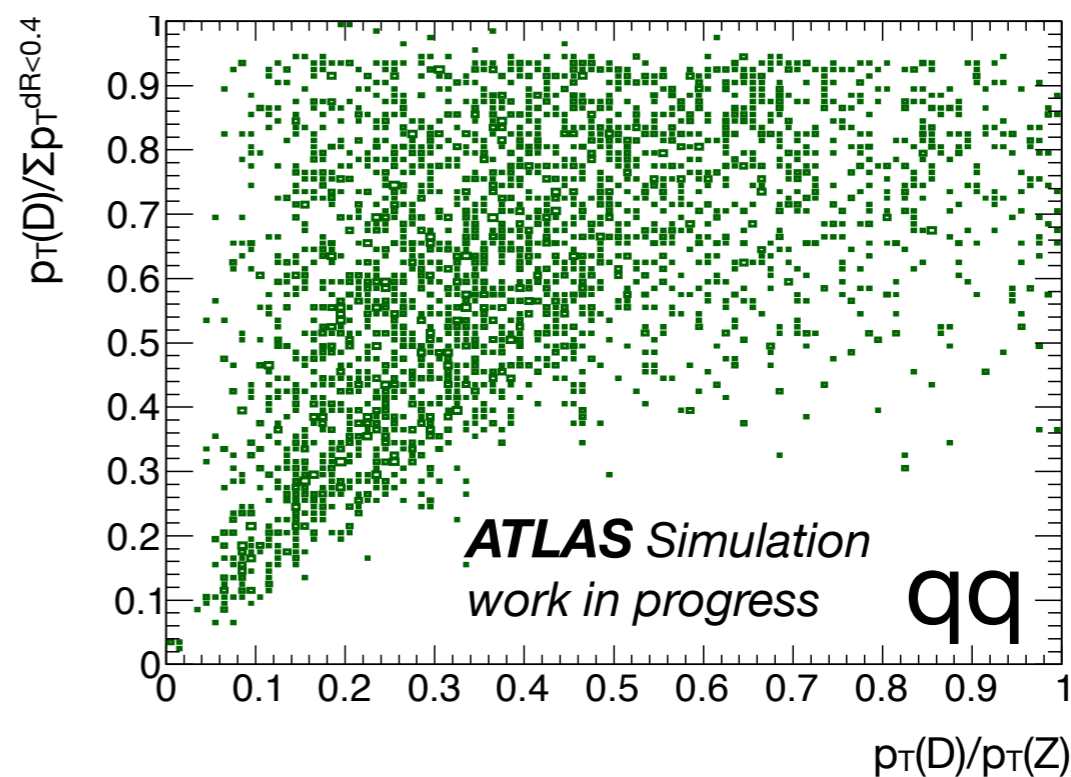
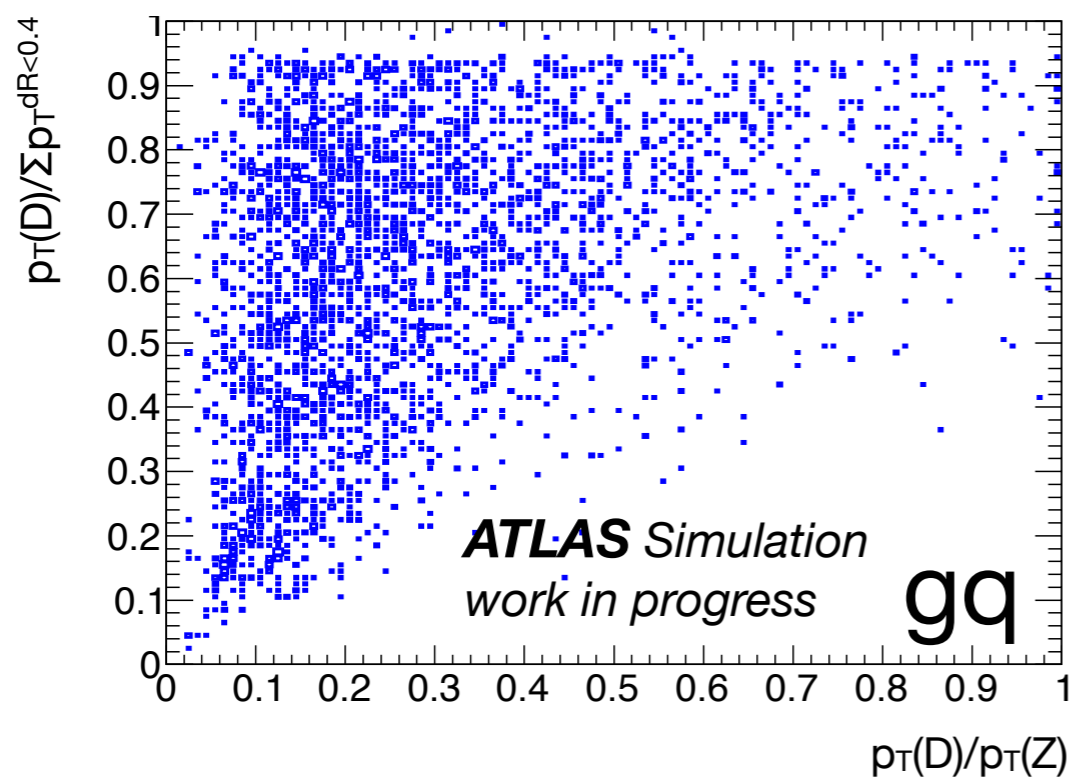
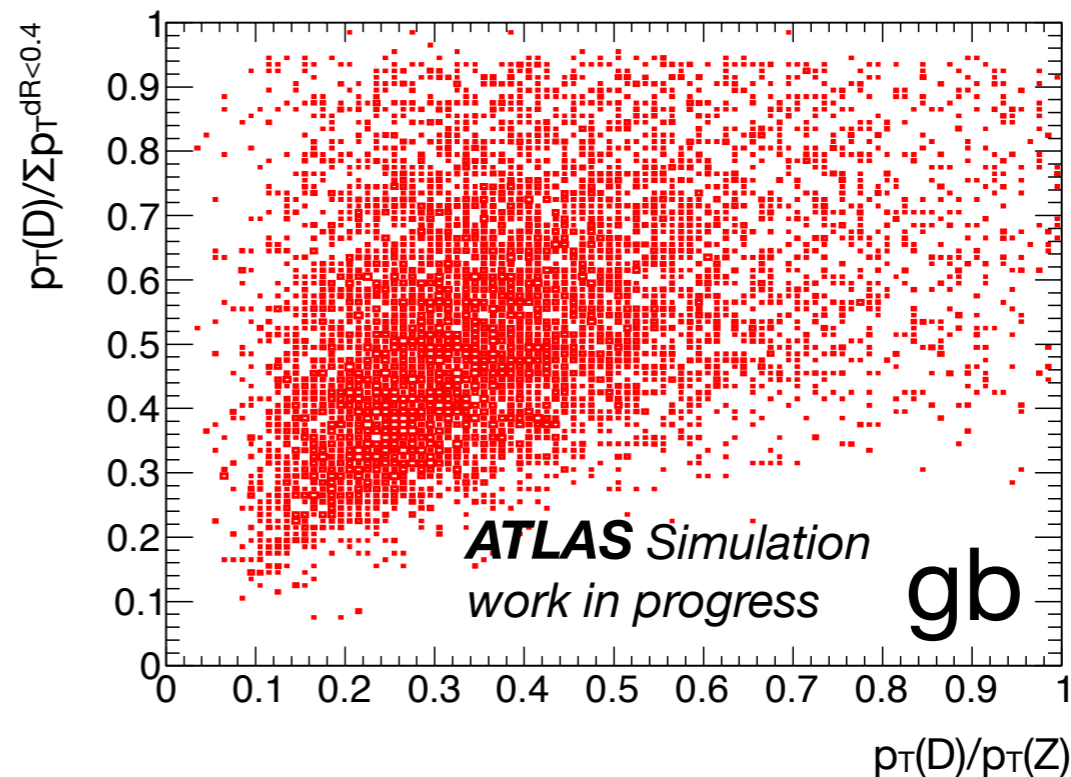
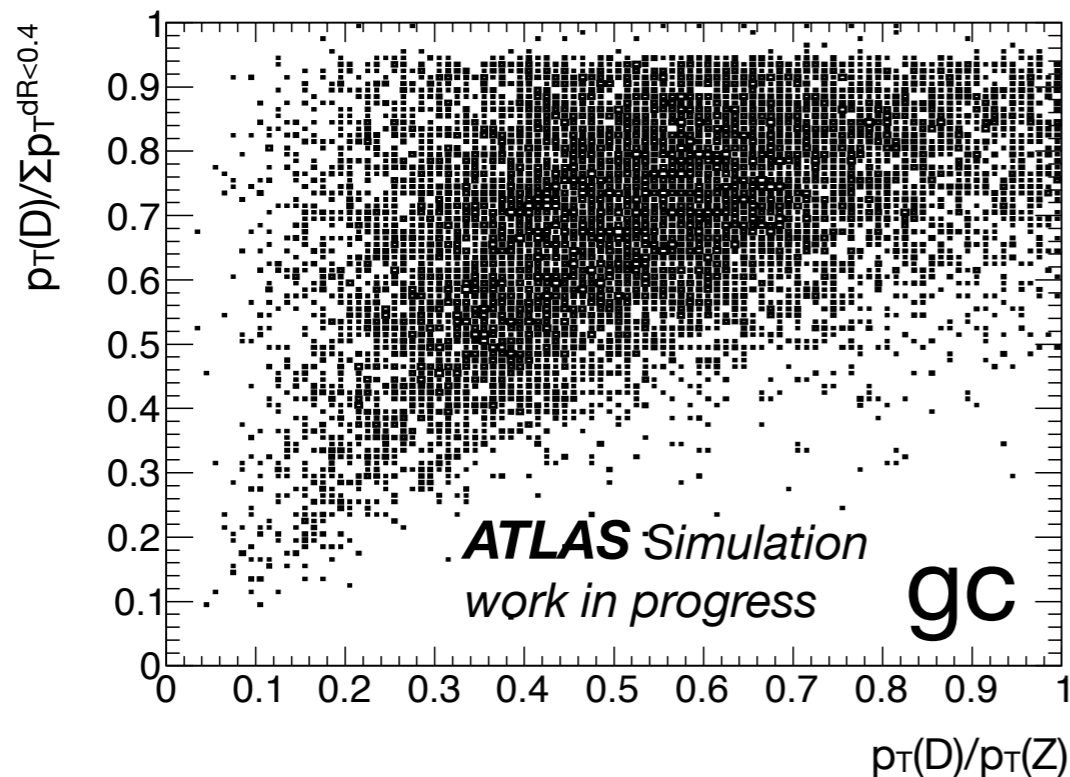
$$p_T(D)/p_T(Z) > p_T(D)/p_T(Z)?$$

■ D中間子の p_T と dR が0.4以内のトラックの p_T の総和の比率：

$$p_T(D)/\sum p_T^{dR < 0.4} \text{ (p.7にて既出)}$$

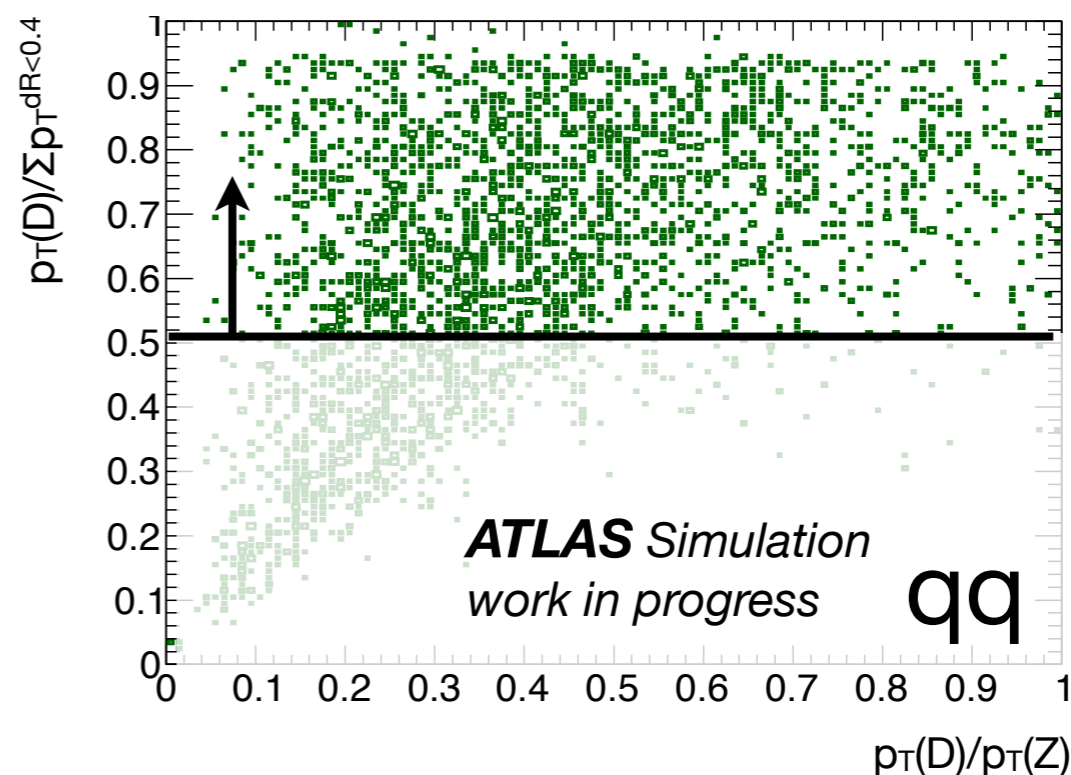
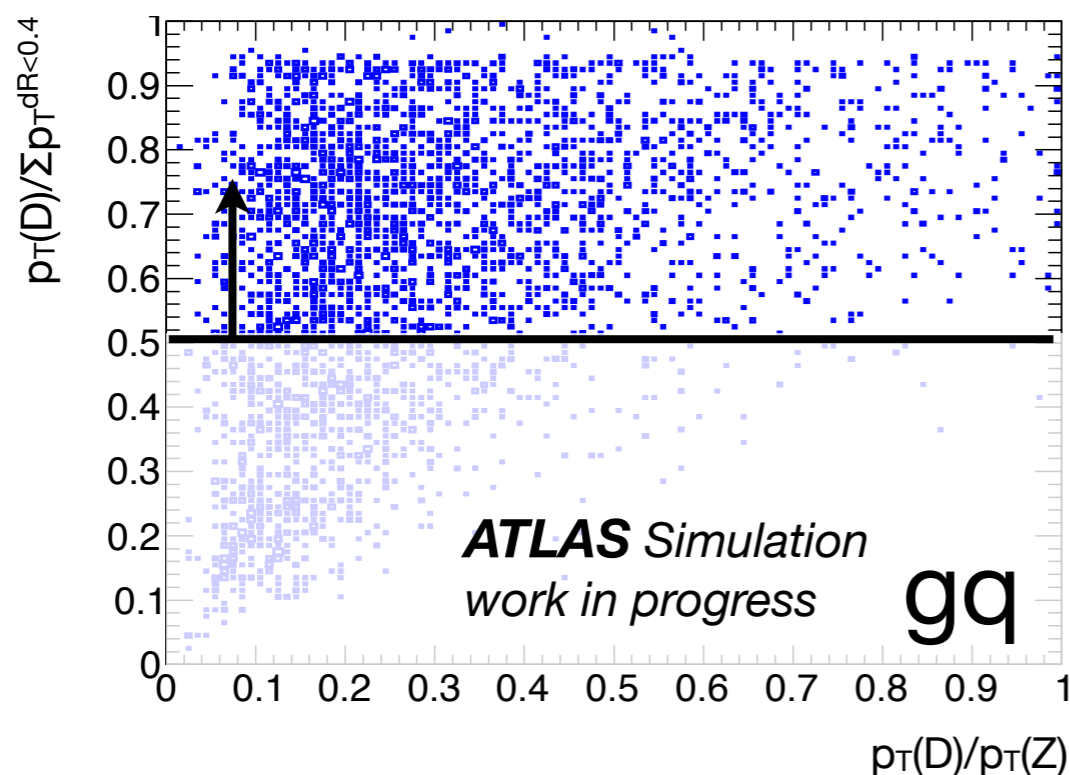
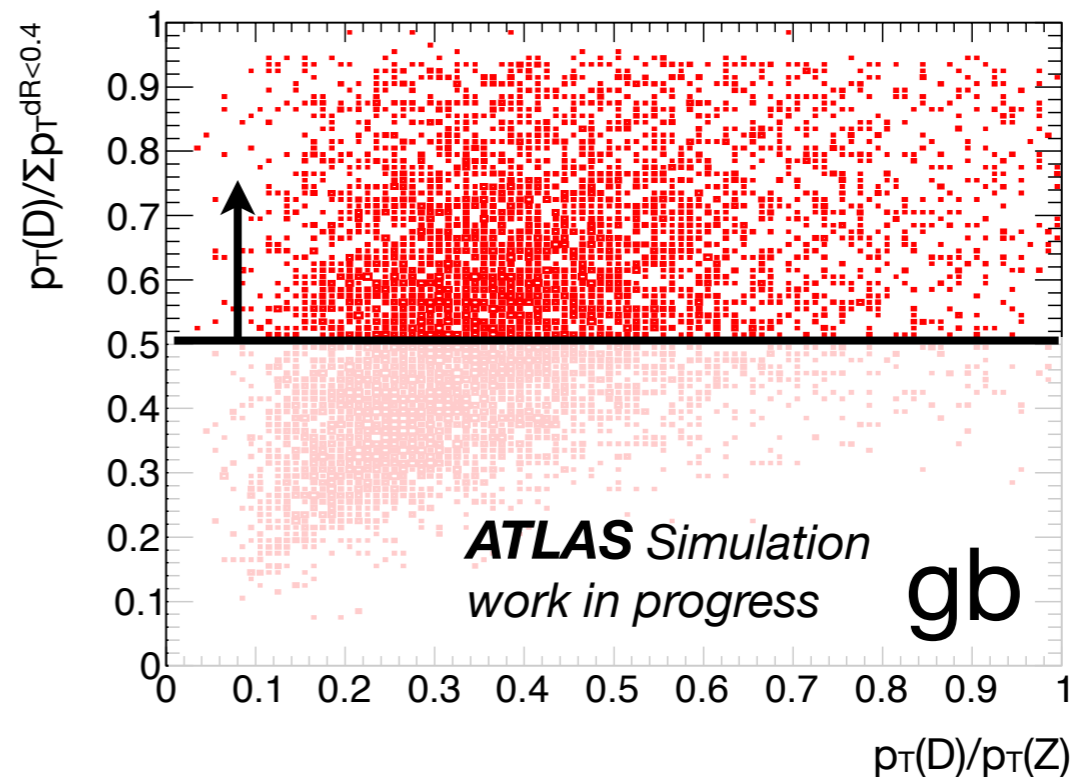
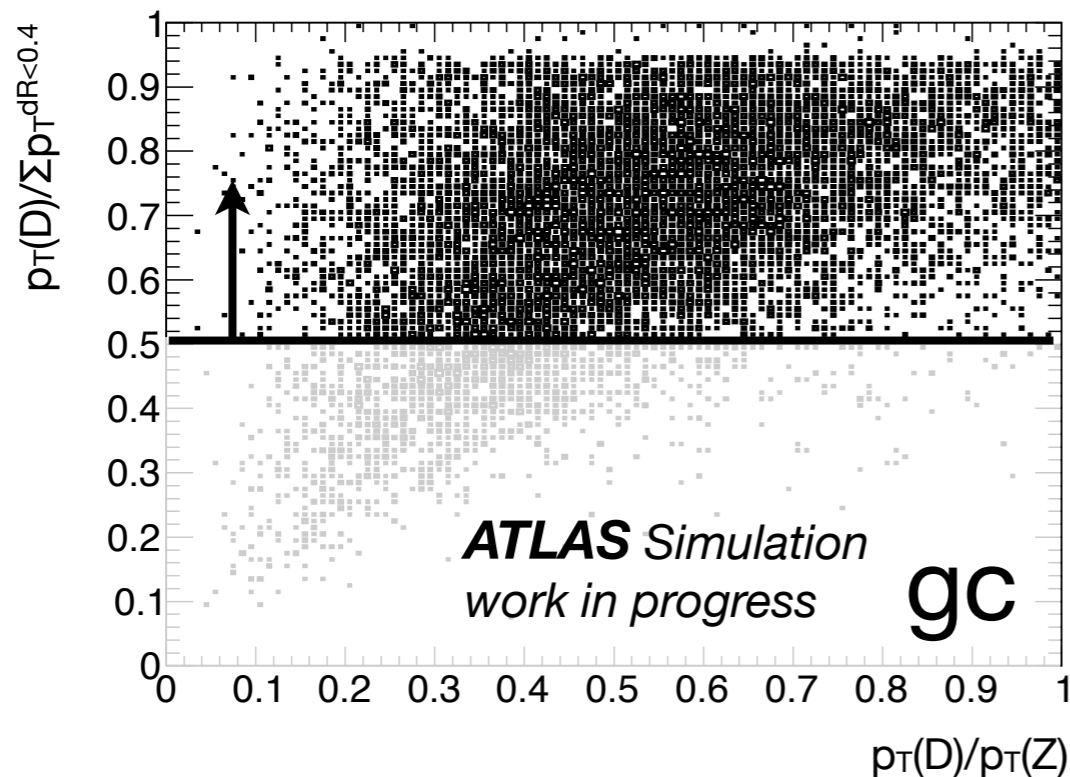
- 既に現在カットに用いている ($p_T(D)/\sum p_T^{dR < 0.4} > 0.5$)

ZとD中間子の運動量比を用いた評価 (2/2)



- 始状態によって分布の密度が異なることが見て分かる

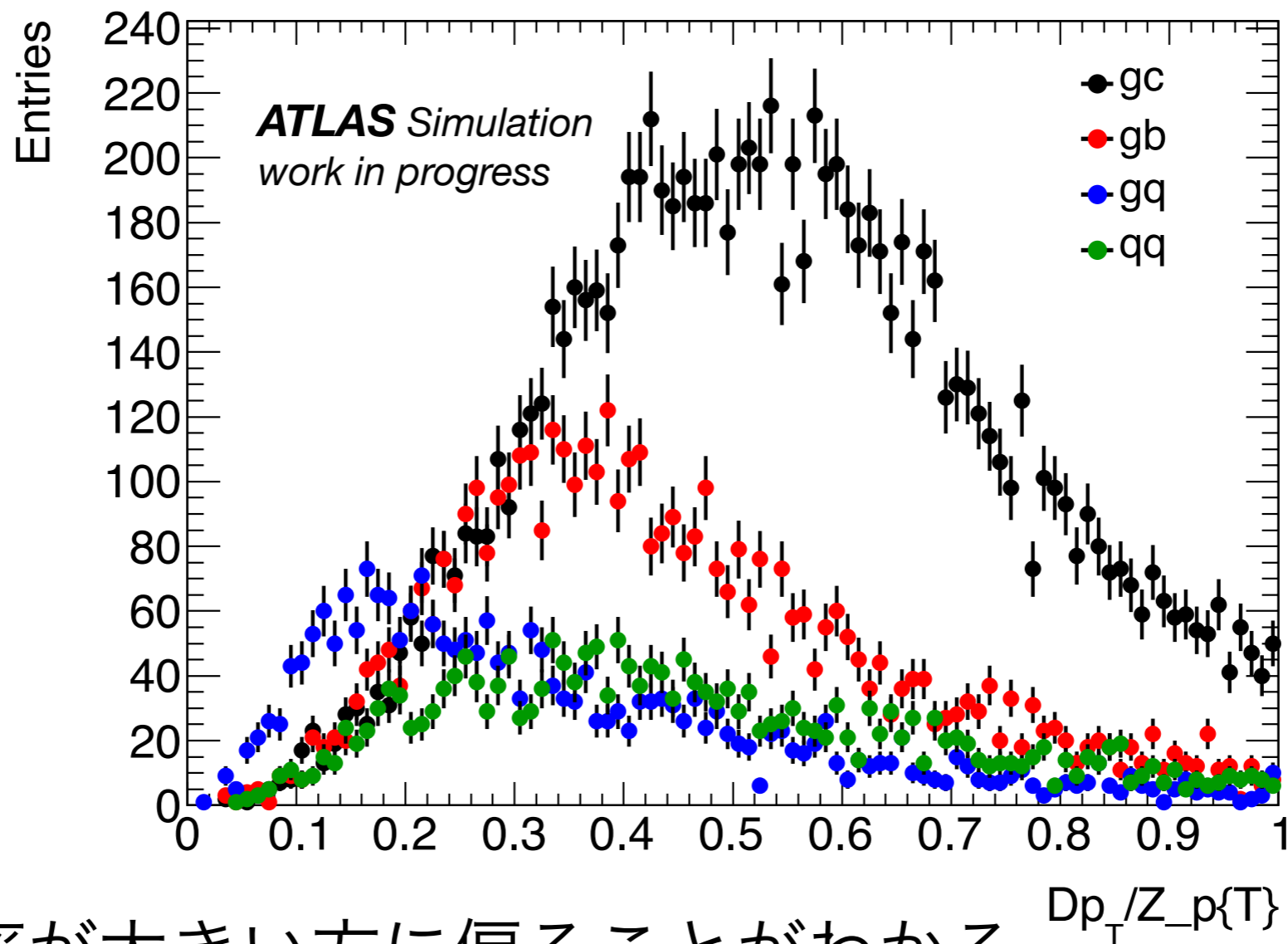
ZとD中間子の運動量比を用いた評価 (2/2)



- 始状態によって分布の密度が異なることが見て分かる

$p_T(D)/p_T(Z)$ 分布

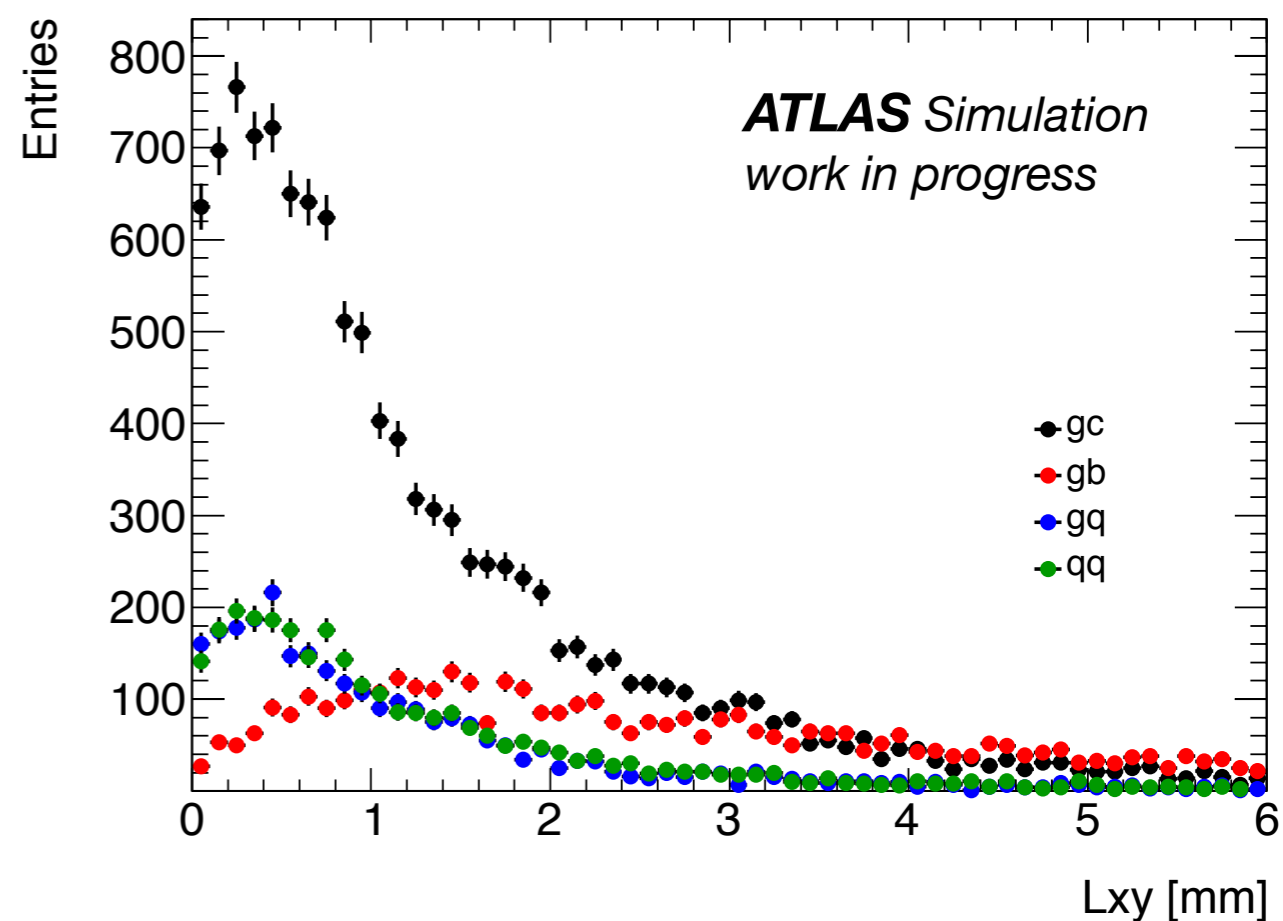
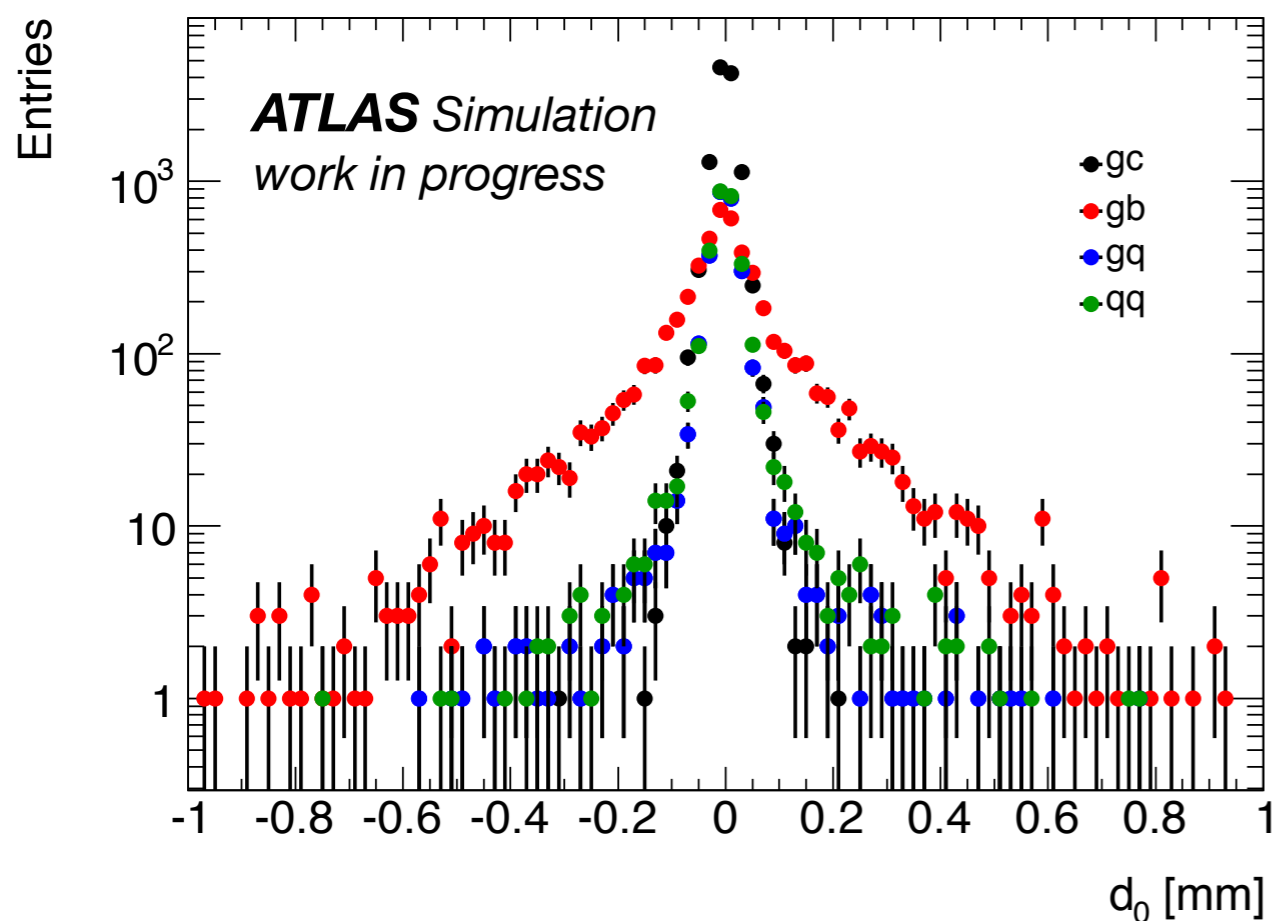
- 前ページの2次元プロットをx軸方向に射影したものの
 - $p_T(D)/\sum p_T^{dR<0.4} > 0.5$ のカットがかかっている



- gcは比率が大きい方に偏ることがわかる

Z+b崩壊からの見積もり

- BはDに比べて寿命が長いいため($c\tau(B^0) \sim 455 \mu\text{m}$, $c\tau(B^\pm) \sim 492 \mu\text{m}$)、B由来のDは d_0 や L_{xy} が大きくなる



- gbの区別に効果が期待できる

まとめ

- Z+DはATLASでは未測定で、8TeVデータを用いた解析で初測定を目指している
- Z+Dの事象を観測し、シグナル量をフィットで求めた
- cクォークのPDF測定のためには特定の始状態の事象が全体のどれだけ占めているかの見積もりが必要
 - 現状のカットでもcクォークPDFに直接感度がある素過程が約半分を占めていることがわかった
 - Z+Dのシグナルモンテカルロを用いて評価を行った結果、D中間子とZボソンの p_T 比や d_0 、 L_{xy} 分布が異なることを確認
 - テンプレートでフィットすることで始状態の比を得ることが期待できる
- 今後、系統誤差の見積もり、断面積測定を行う

Back up

■ TruthのInitial particleの分布

