

# LHC-ATLAS実験における 高い運動量を持つジェットのb-タグの開発及び評価

小林愛音、江成祐二<sup>A</sup>、川本辰男<sup>A</sup>

東大理、東大素セ<sup>A</sup>

19pSK-6

# Introduction

2015年から始まるLHCの運転では高い運動量を持った物理の解析が重要

- 新しい重いレゾナンスの探索( $\rightarrow WW, tt, hh \rightarrow \text{jets}$ )
- $VH \rightarrow bb$ 等のブーストされたヒッグス

## Boosted objects

- 高い運動量のジェット
- ジェットの重なり

$$\Delta R \approx \frac{2M}{p_T}$$

$\Delta R$ : jet間の距離  
M: 質量  
 $p_T$ : 運動量

- ATLASのジェットはカロリメーターに基づいて構成される
- 効率的なジェット再構成が課題
- このような環境でのb-タグ(b-quark起源のジェット(b-jet)の同定)の開発が必要

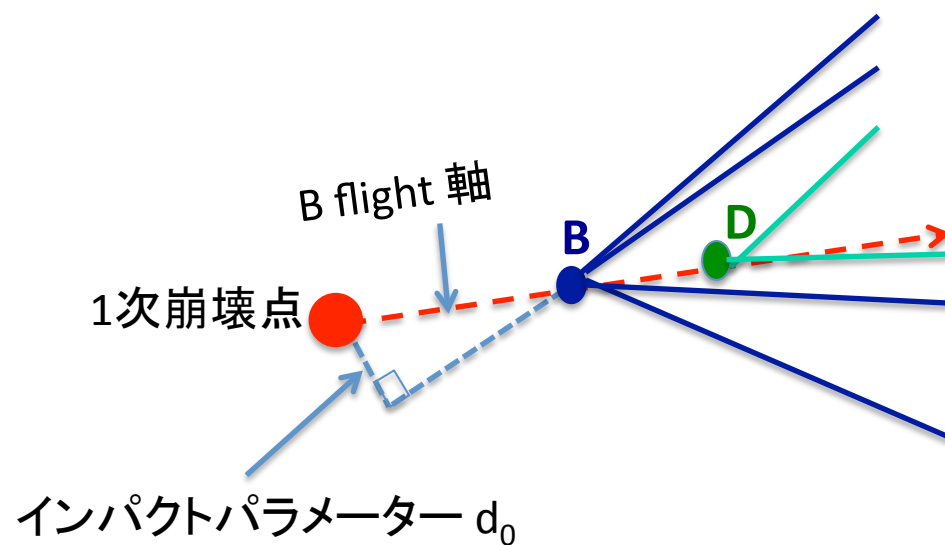
新しい方法としてtrack-jetを使ったb-タグが有望

# 現行のb-タグ

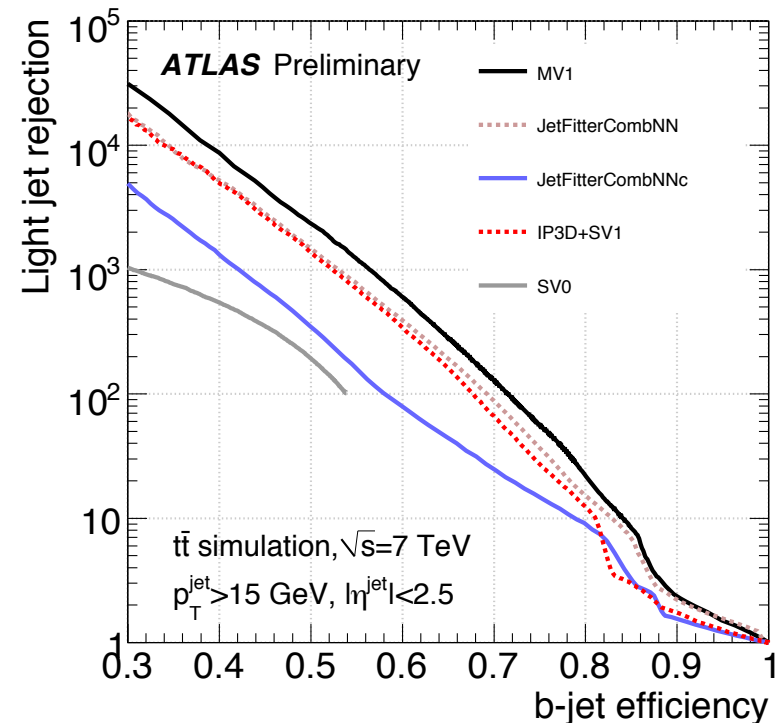
b-タグはジェット中の飛跡と一次崩壊点の情報と

- B-ハドロンは崩壊するまでに数ミリ飛ぶ( $c\tau \sim 400-500[\mu\text{m}]$ )
- 大きなインパクトパラメータ $d_0$ と二次崩壊点を持つという特徴を用いる

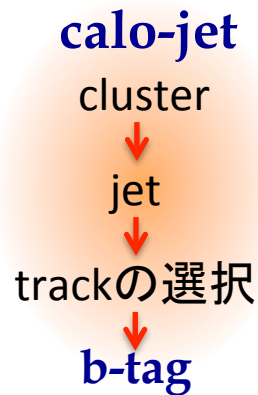
ATLAS標準はいくつかのb-タグアルゴリズムを組み合わせた多変数likelihood等による同定(MV1)



## ttbarイベントを用いたアルゴリズムの比較

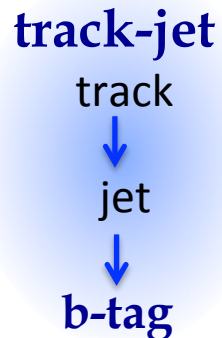
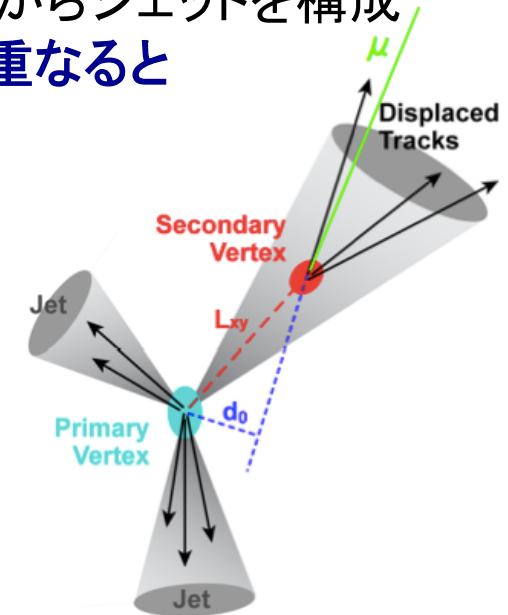


# track-jetを用いたb-tagging



## calo-jet

- カロリーメーターで測定したエネルギー分布からジェットを構成
- ✓ ジェットがたくさん集まる環境ではジェットが重なると
  - 角度分解能が悪くなりタグ性能劣化
  - Bハドロン崩壊のトラックを全て集められるとは限らない
- ✓ パイルアップの問題



## track-jet

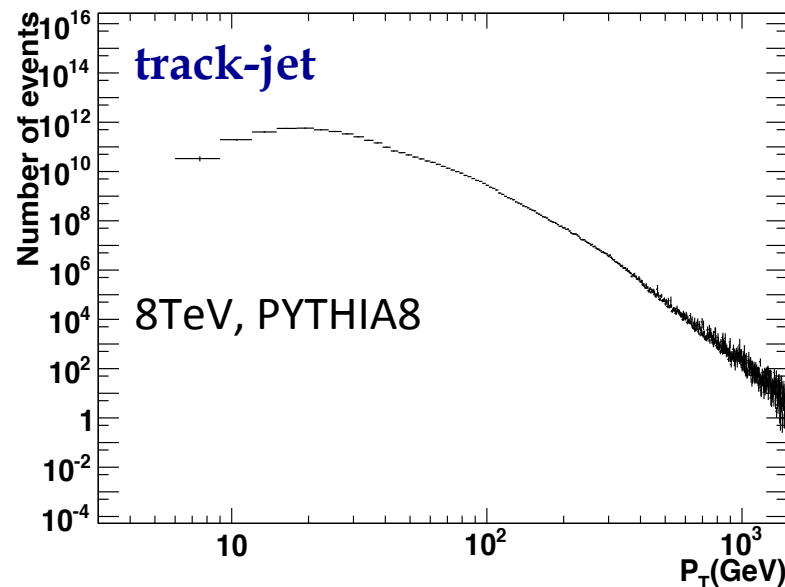
- トラックのみでジェットを構成
- ✓ 角度分解能が良く、細い半径のジェットを構成できるのでジェットがたくさん集まった環境に強い
- ✓ カロリーメーターの測定のジェットと独立に最適化
  - calo-jet : エネルギー、運動量
  - track-jet : b-タグ

本講演ではtrack-jetを用いたb-タグの性能評価をデータを用いて行う

# 事象選択

- QCD dijet eventを使ってb-タグ効率を測定する
- Anti- $k_T$  ( $R=0.4$ ) のcalo-jetとtrack-jetを組む
- ジェットが2本以上 (dijet) ( $\text{calo-jet } p_T > 20\text{GeV}$ ,  $\text{track-jet } p_T > 7\text{GeV}$ )
- 一番高い運動量のジェットを見る
- b-jet enriched sampleを選択するため、ミューオンを要求する  
(セミレプトニック崩壊だけを見ることによる系統誤差はcalo-jetに対する先行研究で約0.03)

## 一番高い運動量を持ったジェットの分布(MC)



dijet eventは高い運動量領域でも測定可能  
Trigger : trigger levelでdijetとミューオンを要求

# b-jetの割合の測定

データのflavorの割合を調べるために、各flavor毎に特徴的な形を持つ $S_{d_0}$ 分布を定義  
分布のテンプレートを作ってデータをフィット(統計的に求める)

$S_{d_0}$ : トラックのインパクトパラメーター $d_0$ から計算

$$S_{d_0} = |d_0| / \sigma_{d_0} \cdot s_j$$

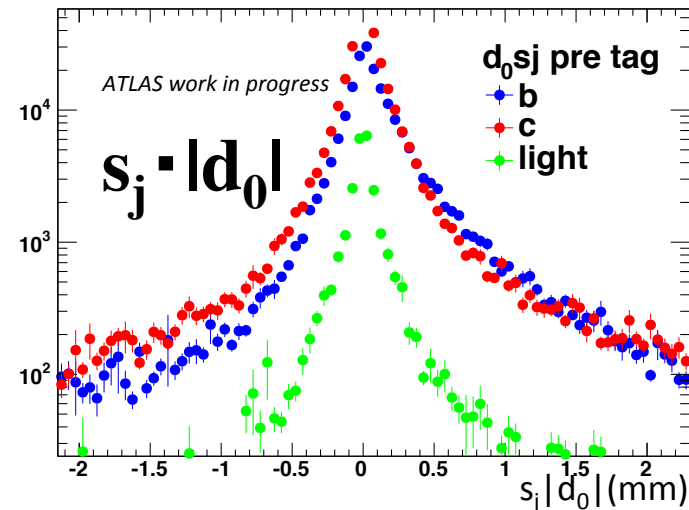
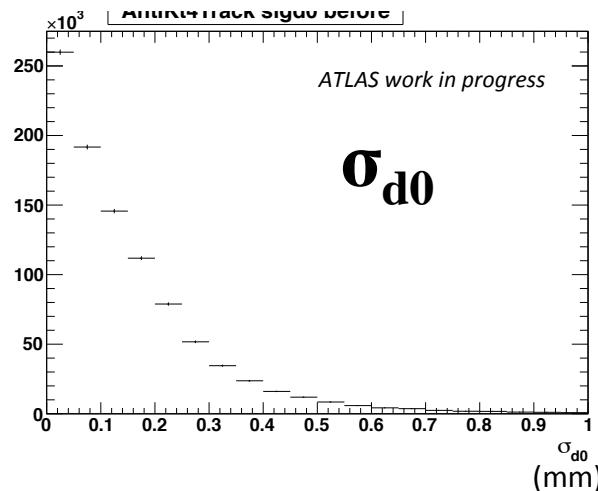
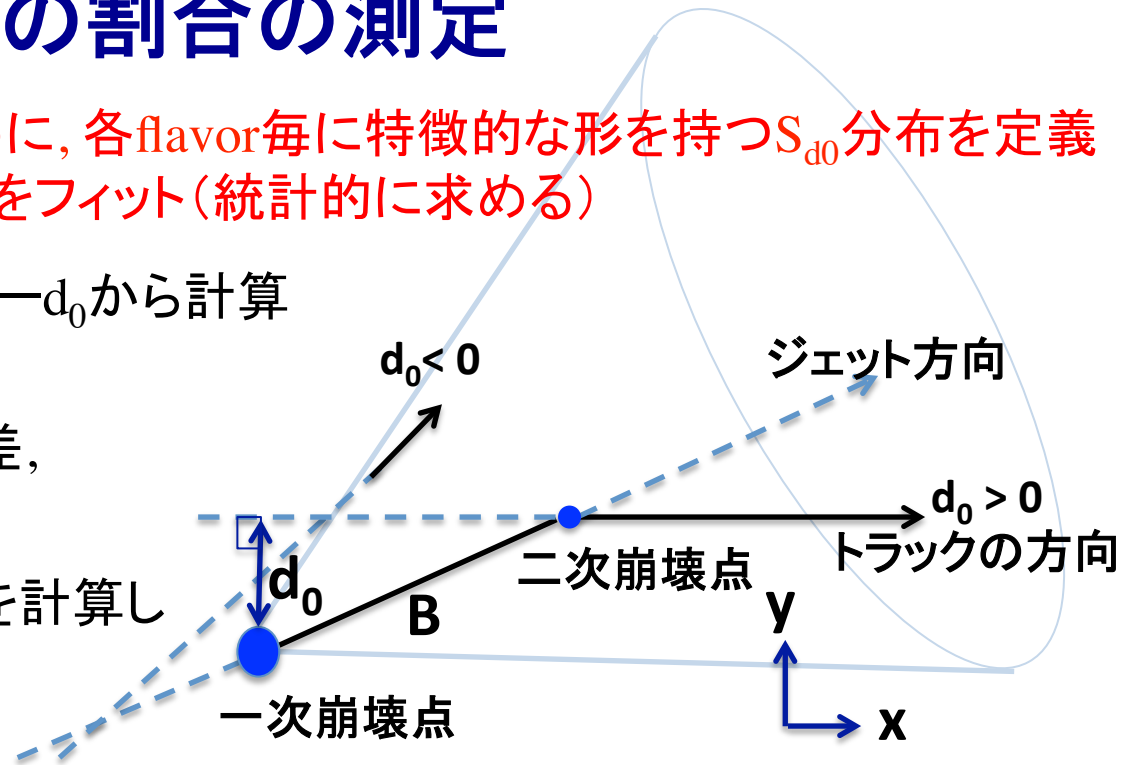
( $\sigma(d_0)$ : 飛跡再構成由来の $d_0$ の誤差,

$s_j$ :  $d_0$ の符号)

ジェットの中の全てのトラックで $S_{d_0}$ を計算し

$|S_{d_0}|$ の大きい順に $S_{d_0}(t_1), S_{d_0}(t_2), \dots$

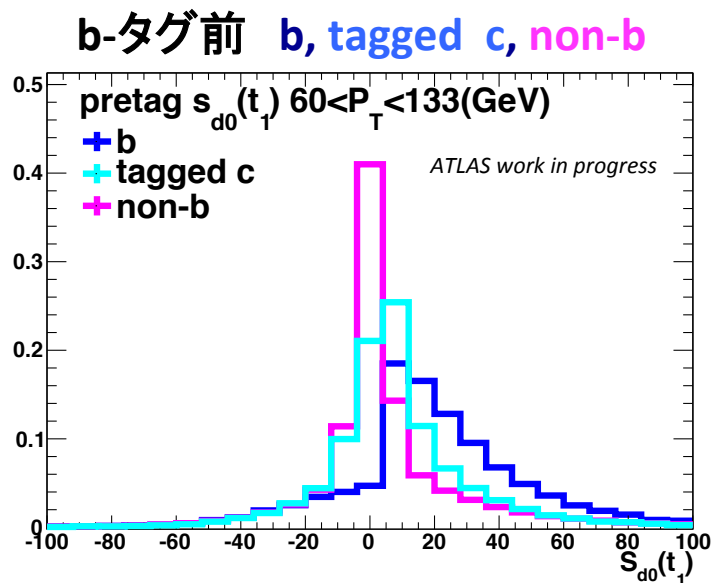
と定義する.



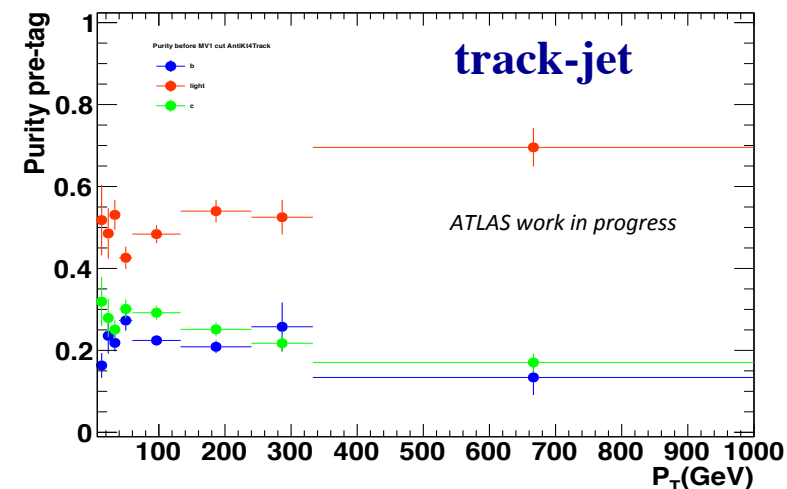
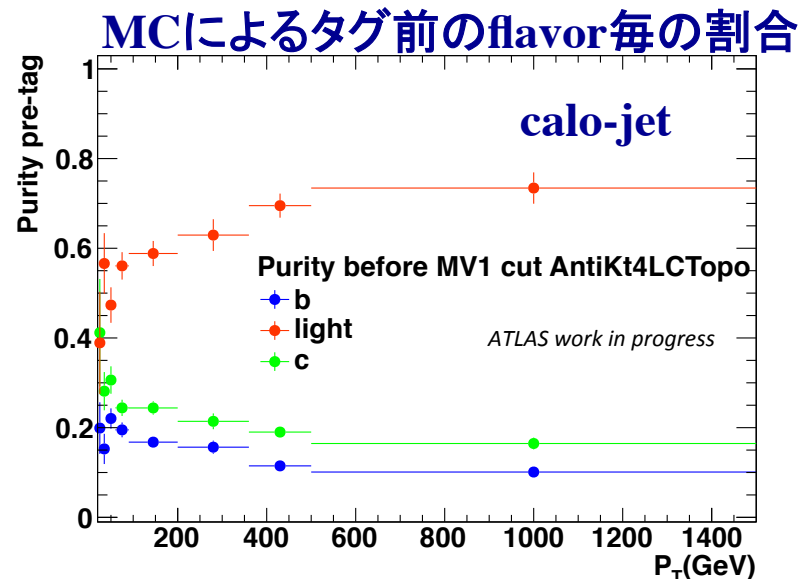
# テンプレート(b-タグ前)

## テンプレートの作り方

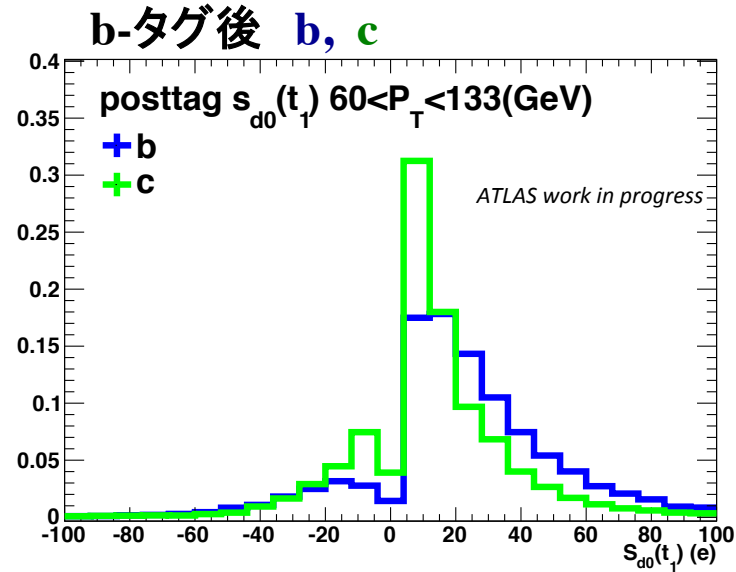
- b-jet : MC (pre-tag b)
- non b (light+anti-tagged c): anti-tagged data
- tagged c : MC tagged c



- calo-jet, track-jetそれぞれのpT bin毎、 $S_{d0}$ 毎にtemplateを作る



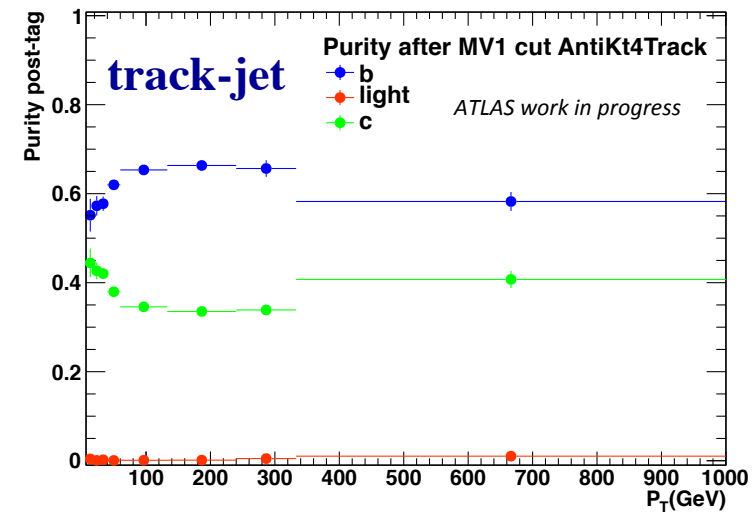
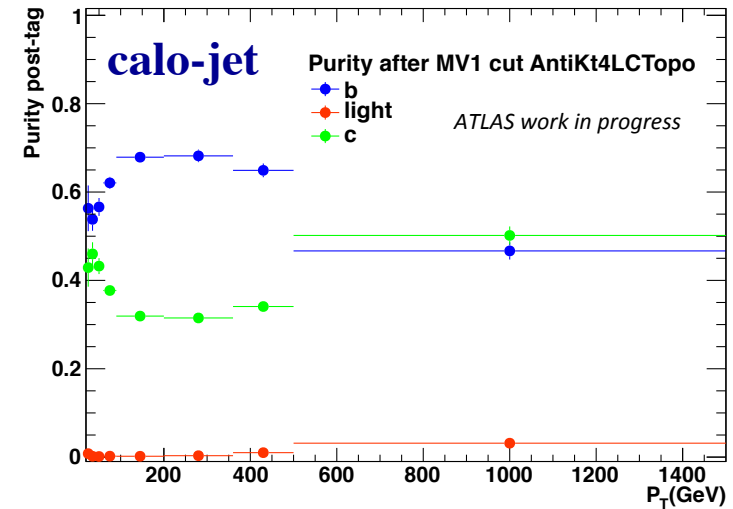
# テンプレート(b-タグ後)



## テンプレートの作り方

- b-jet : MC (post-tag b)
- c-jet : MC (post-tag c)

## MCによるタグ後のflavor毎の割合





# b-タグ効率の導出 (MC fit)

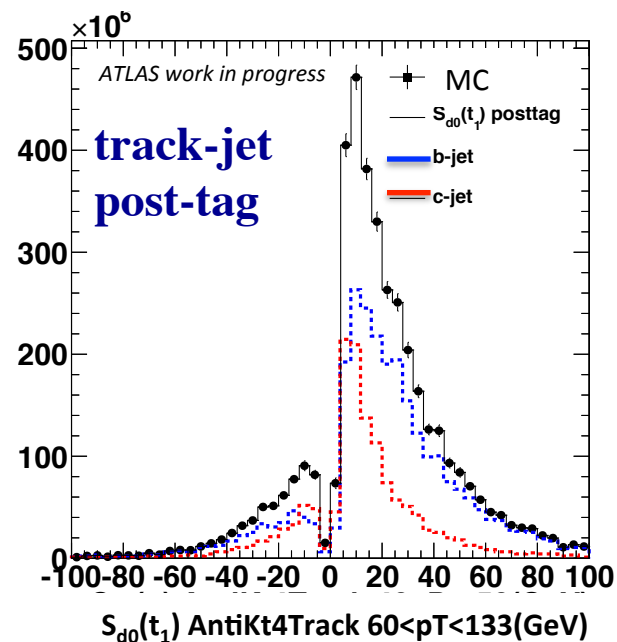
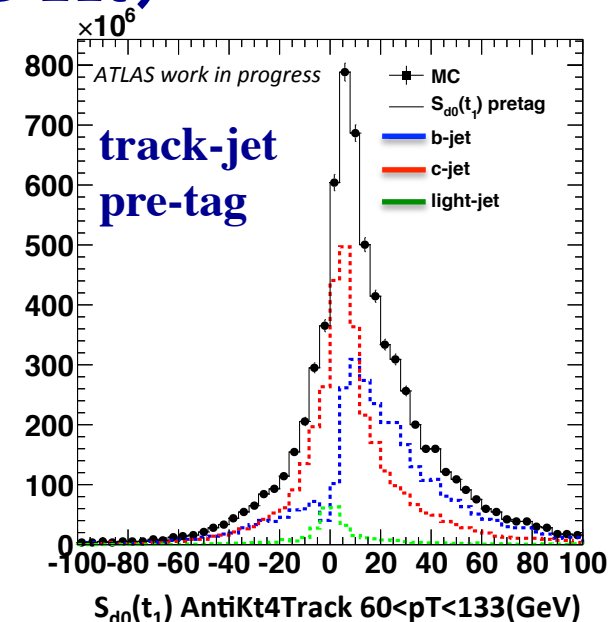
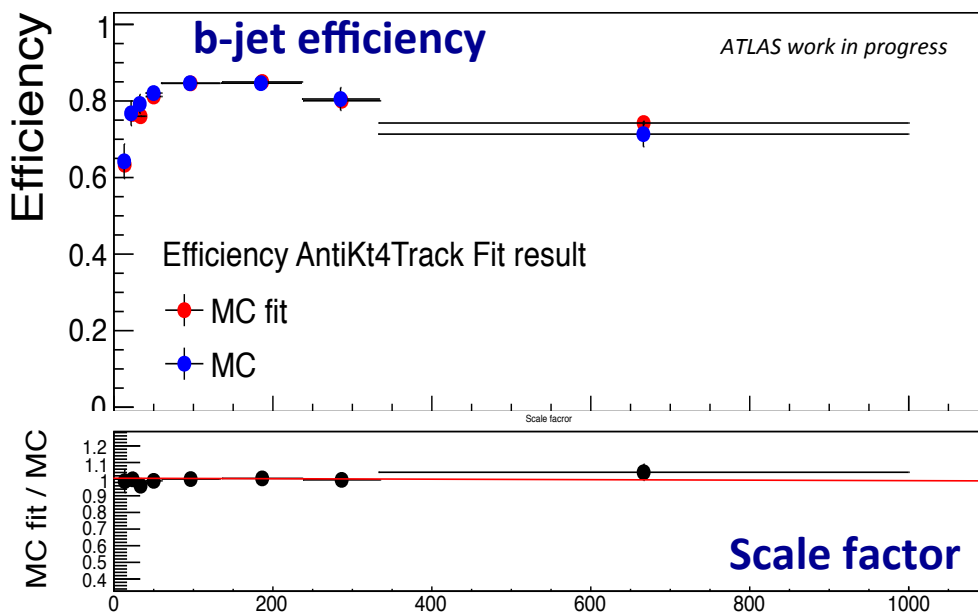
$$\text{b-タグ効率} = \frac{\text{b-タグ後のb-jetの数}}{\text{b-タグ前のb-jetの数}}$$

それぞれの数はテンプレートを用いたlikelihood fitで求めた

手法の確認のためMCの分布を同じMCから作ったテンプレートでフィット

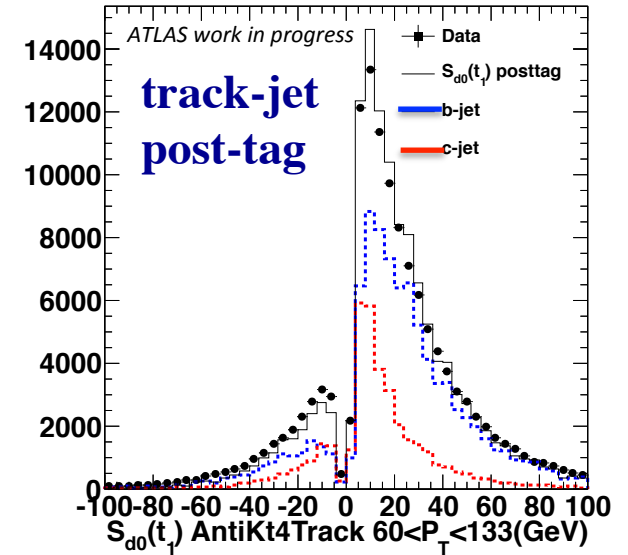
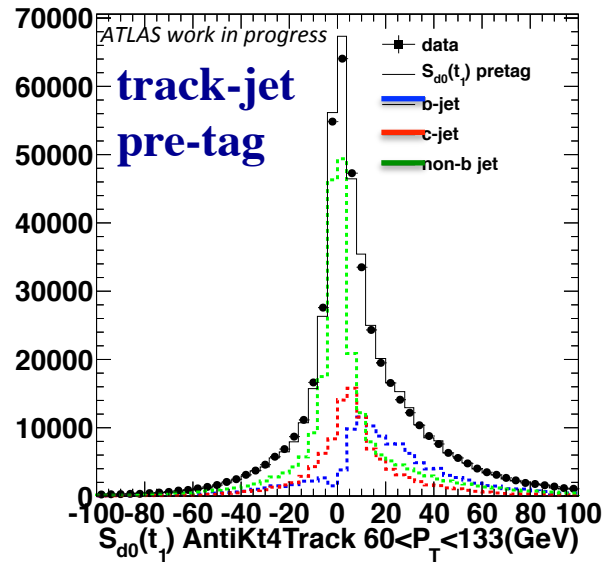
タグ後でlightを無視している効果

- 一番高いpT binの系統誤差は0.04
  - lightの割合がほぼ0のpT binでは $10^{-4}$
- テンプレートの統計誤差は約 $10^{-3}$

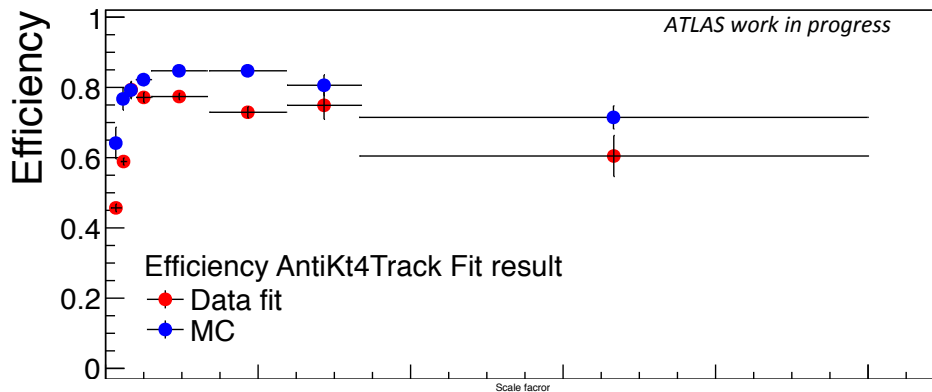


# b-タグ効率の導出 (Data fit)

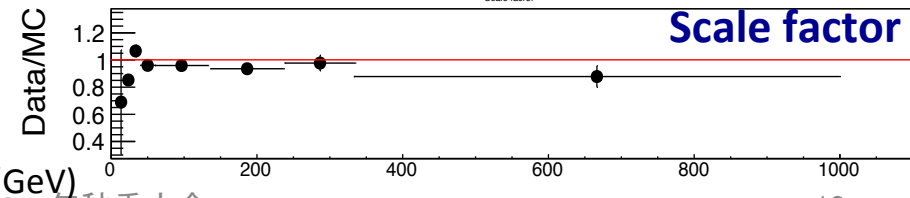
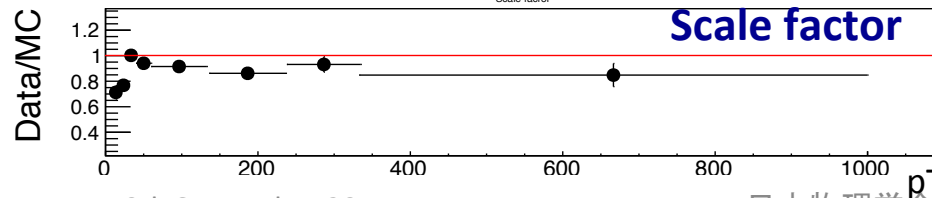
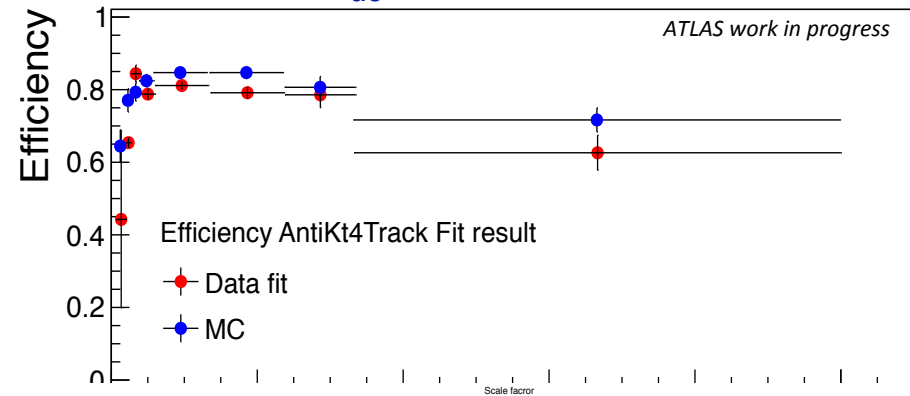
- $S_{d0}(t_1)$ 、 $S_{d0}(t_2)$ のフィット結果



**track-jet  $S_{d0}(t_1)$**



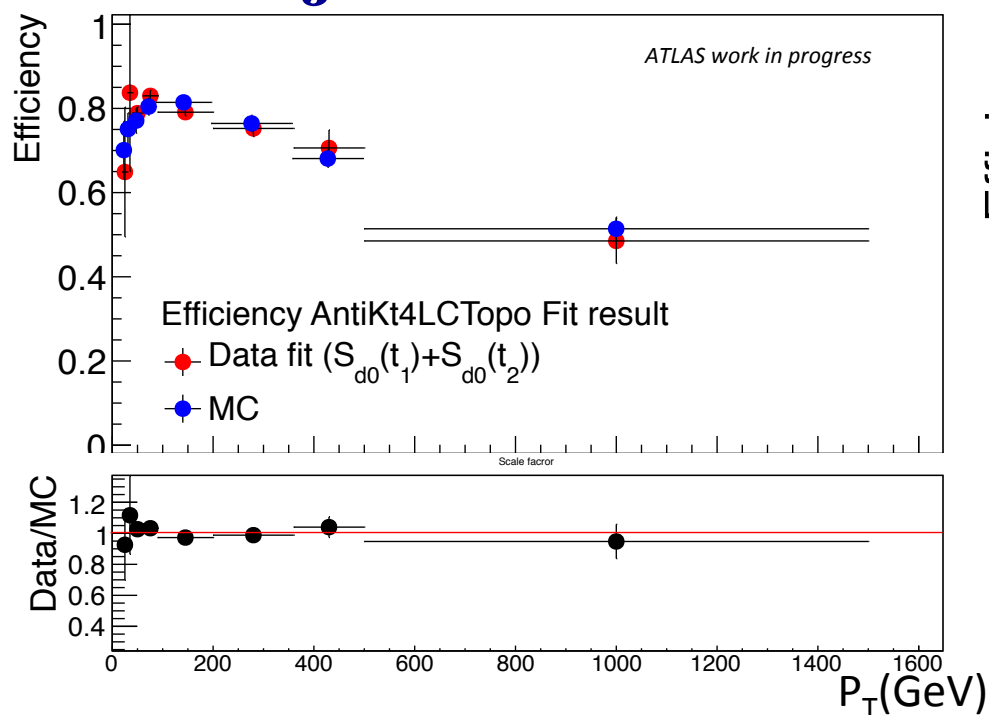
**track-jet  $S_{d0}(t_2)$**



# 結果の比較

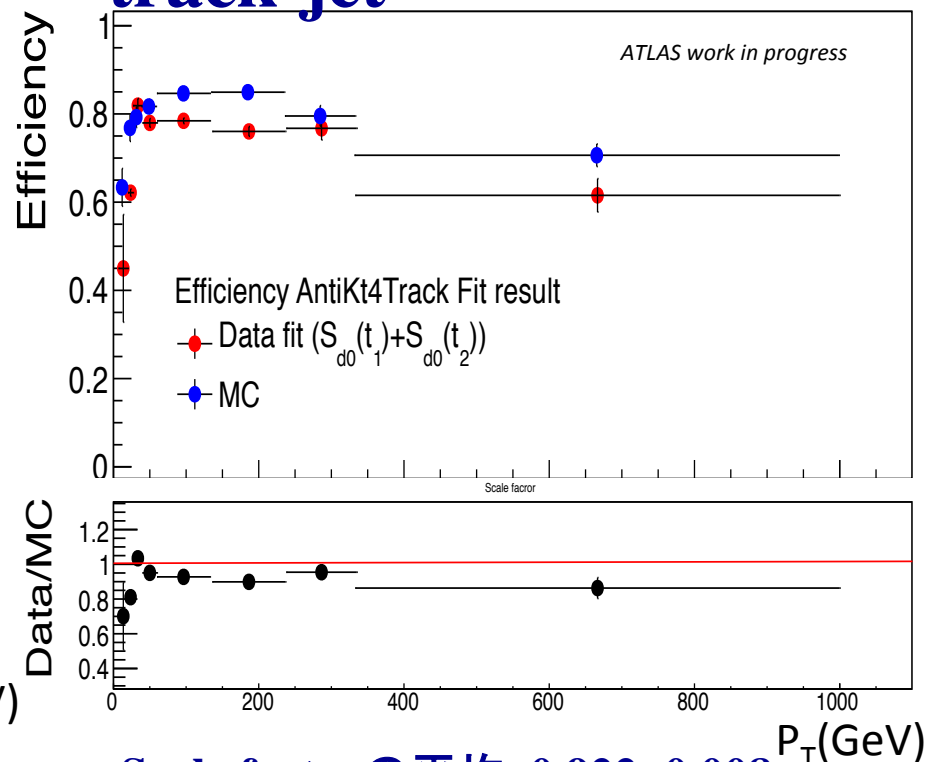
Data fitのplot点は $S_{d0}(t_1)$ と $S_{d0}(t_2)$ の結果の平均

## calo-jet



Scale factorの平均:  $0.998 \pm 0.012$

## track-jet



Scale factorの平均:  $0.922 \pm 0.008$

track-jetではb-タグ効率は高エネルギーでも高い  
 track-jetによるb-タグ効率はMCがデータより高め: 今後の研究課題

## まとめ

- 2015年からのLHCの運転再開後は高い運動量を持った物理の解析が重要となるため、用いられるb-タグも性能を上げる必要がある
- これまではカロリメーターから構成されるジェット (calo-jet) を用いてb-タグが行われてきた
- 内部飛跡検出器で再構成された飛跡から直接作られるtrack-jetは高い運動量領域での問題を解決しb-タグに特化していると期待され、研究が行われてきた
- 本研究ではLHC-ATLAS実験における8TeV MC とdataを用いてtrack-jetのb-タグ効率を調べるためにテンプレートフィットを行った
- フィットの結果を比較し、track-jetは予想通り高い運動量領域でb-タグの性能が良いことを確かめた

## 今後の展望

- track-jetのスケールファクターの詳細
- 他のMCの種類や、他のb-タグ閾値、ジェットの細さを変える、等を試し、間違いタグや系統誤差も含め評価する

## **Backup slides**

これまでのb-タグ：主にcalo-jet(カロリメーターのクラスターから構成)  
 $\sqrt{s}=7\sim 8\text{TeV}$ の2011~2012年のデータで、calo-jetによる20~300GeVの比較的低い  
 運動量領域でのb-タグ効率の調査済み

