

# タウ粒子を終状態に含む トップクォーク対生成断面積の測定

名古屋大学  
高エネルギー物理学 (N) 研究室

高橋 悠太  
戸本 誠, ATLAS Top Working Group

# Introduction

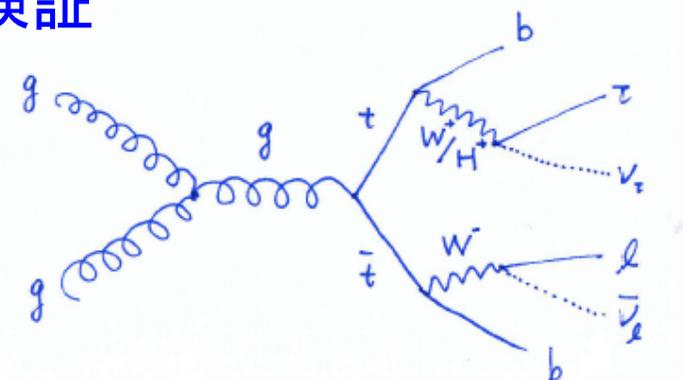
- 終状態に  $\tau$  を含むトップクォーク対生成断面積の測定

- $\sqrt{s}=7, 14$  TeV領域での初の標準模型検証

- 断面積 = Tevatron x 25

- 検出器の  $\tau$  同定能力の理解

- $H^+ \rightarrow \tau + \nu$ ,  $\tilde{\tau} \rightarrow \tau + \tilde{\chi}$



- ATLAS実験における観測数の見積もり

- $\sqrt{s} = 7$  TeV,  $\sigma_{tt} = 160$  pb,  $Br(\tau, \chi) = 10\%$

- 1600 事象 /  $100\text{pb}^{-1}$  → 実験初期に観測可能な物理量

- 生成断面積の測定 = 事象の数え上げ

- 事象選別の確立:  $tt(\tau, l)$  に着目 ( $l = \mu, e$ )

- $\tau$  の正確な数え上げ (同定効率, fake rate)

# 信号事象の特徴

以降、 $t\bar{t}(\tau, \mu)$  に限定  
(生成断面積 = 4 pb)

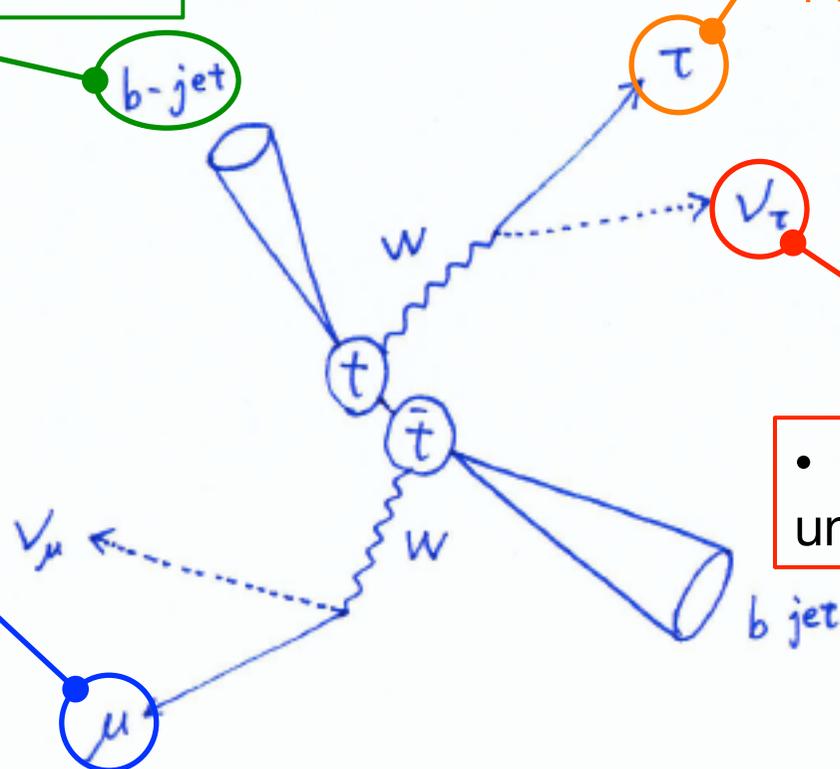
- 数mm程度の有意なインパクトパラメータ
- Secondary vertex の存在

同定効率 60%

b-jet

- 最外層の  $\mu$  粒子  
検出器まで透過

同定効率 95%  
トリガー効率 85%



- Hadronic 崩壊 (65%) に限定して再構成
- 奇数本 (特に1本、3本) の荷電トラック
- 電磁カロリメータでの Jet 半径  
( $<$  QCD jet,  $>$  EM jet) を利用して識別

同定効率 30%

- $\tau$ , Jet,  $\mu$  の energy  
unbalance から計算

# 背景事象と、事象選別のポイント

4/12

背景事象1  $W(\mu\nu) + \text{Jets}$

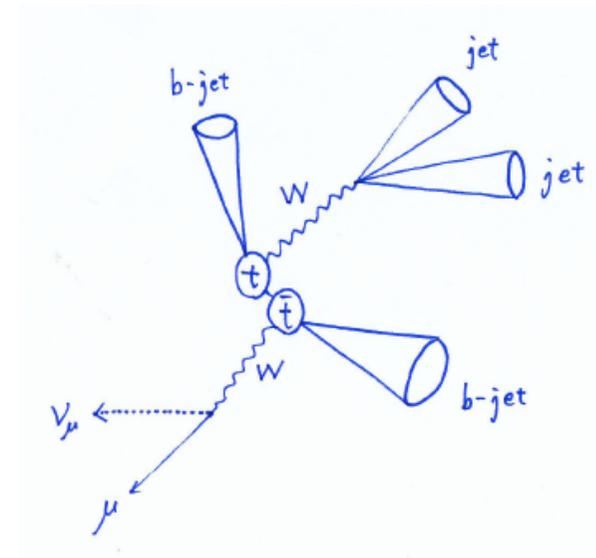
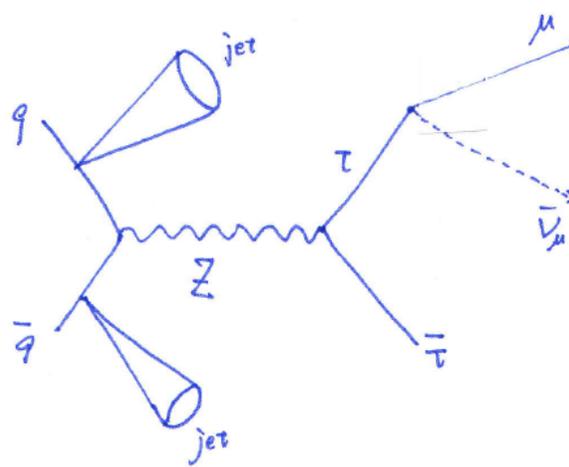
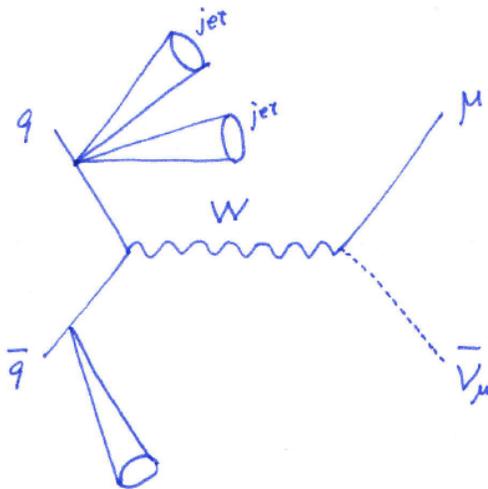
背景事象2  $Z(\tau\tau) + \text{Jets}$

背景事象3  $t\bar{t}(\mu, \text{jet})$

$\sigma = 9 \text{ nb}$ , 信号の **2000** 倍

$\sigma = 1 \text{ nb}$ , 信号の **250** 倍

$\sigma = 24 \text{ pb}$ , 信号の **6** 倍



- Jet を  $\tau$  に誤認識
- 信号よりも小さな  $\Sigma E_T$
- 必ずしも  $b\text{-jet}$  を伴わない

- 信号よりも小さな損失  $E_T, \Sigma E_T$
- 信号よりも小さな muon  $p_T$
- 必ずしも  $b\text{-jet}$  を伴わない

- Jet を  $\tau$  に誤認識

$\tau \rightarrow$  誤認識率を把握した上での選別

$\mu, \text{jet}, \text{損失 } E_T, \Sigma E_T$  : 分布から信号の有意さ( $S/\sqrt{S+B}$ )を最大にするところに設定

# 評価のためのデータセット

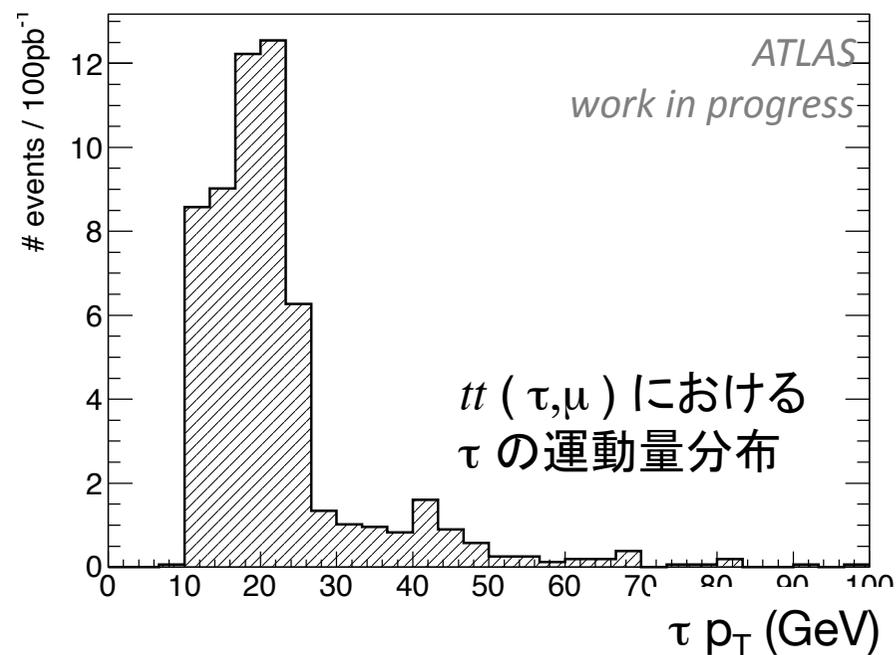
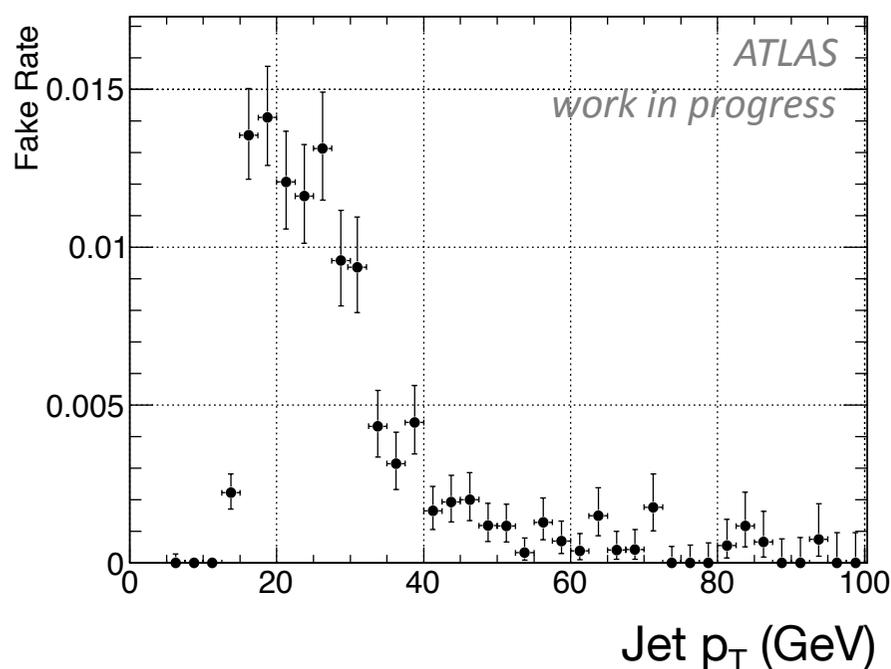
- ATLAS 実験の検出器シミュレーションを通じた MC simulation sample を用いる
  - 十分な統計量 ( $> 400\text{pb}$ )
  - 信号に加え、寄与すると考えられる全背景事象を網羅

	MC	積分ルミノシティ	事象数
信号事象	$tt$	$1.5 \text{ fb}^{-1}$	$1 \times 10^6$
背景事象	W + Jets	$0.4 \text{ fb}^{-1}$	$1 \times 10^6$
	Z + Jets	$0.4 \text{ fb}^{-1}$	$3 \times 10^5$
	Single top	$1.4 \text{ fb}^{-1}$	$1 \times 10^4$
	W+bb	$1.7 \text{ fb}^{-1}$	$5 \times 10^3$

- 積分ルミノシティ  $100\text{pb}^{-1}$  にスケールして評価

# 事象選別 (1) $\tau$ に対する選別

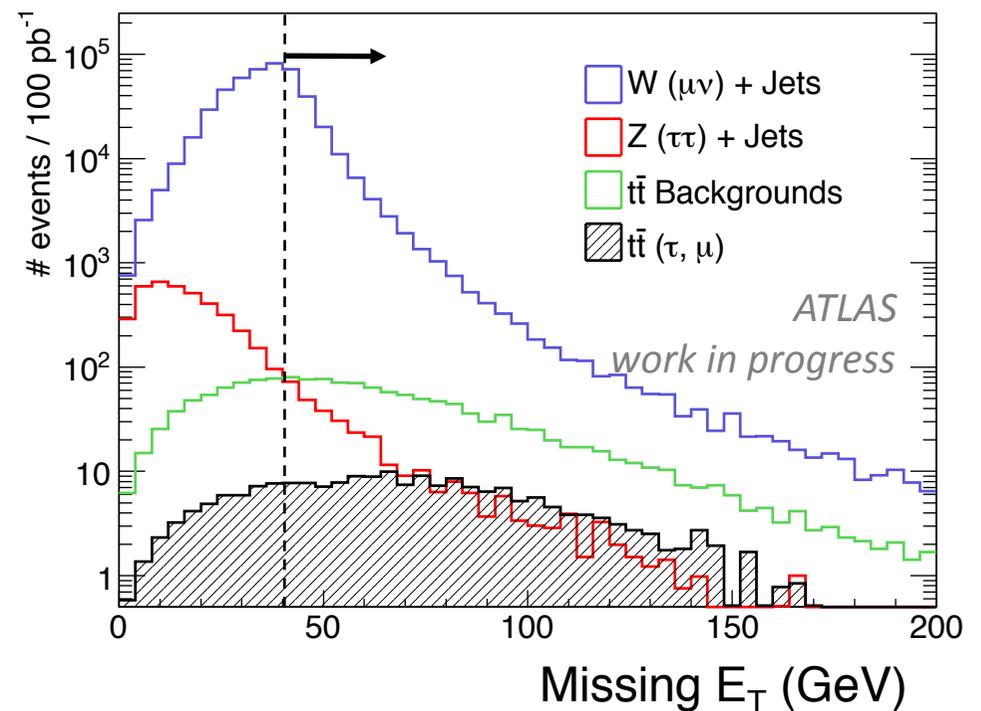
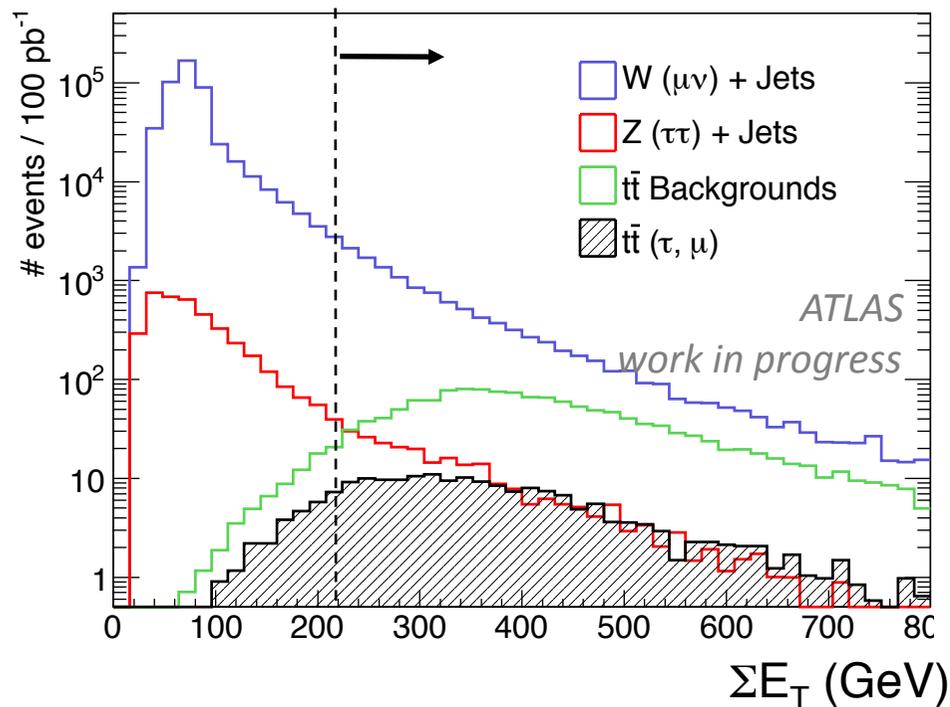
- $W + \text{Jets}, tt (l, \text{jet})$  の除去が目的
  - $\tau$  の 誤識別率の  $p_T$  依存性を把握した選別が必要
- $\tau$  の 誤識別率の評価 (MC を使用)
  - $tt (l, \text{jet})$  に於て、 $W$  由来の  $\text{jet} (\neq \tau)$  が  $\tau$  に誤認識される割合を調べる



誤識別率の観点からは高い  $p_T$  cut が良いが、統計との兼合い (Trade-off)  
 → 閾値を変化させ、信号の有意さ ( $S/\sqrt{S+B}$ ) が最大になる  $p_T > 10$  GeV に設定

# 事象選別 (2) $\mu$ , jet, missing $E_T$ , $\Sigma E_T$ <sup>7/12</sup>

- $\mu$ , jet, 損失 $E_T$ ,  $\Sigma E_T$ に対し、 $S/\sqrt{S+B}$ を指標に閾値を決定
  - $p_T > 20$  GeV の  $\mu$ 粒子 が 1本 ( 対 Z + Jets )
  - $E_T > 20$  GeV の Jet (うち1本は b-jet) が 2本以上 ( 対 W/Z + Jets )
  - 損失  $E_T > 40$  GeV ( 対 Z + Jets )
  - $\Sigma E_T > 220$  GeV ( 対 W/Z + Jets )



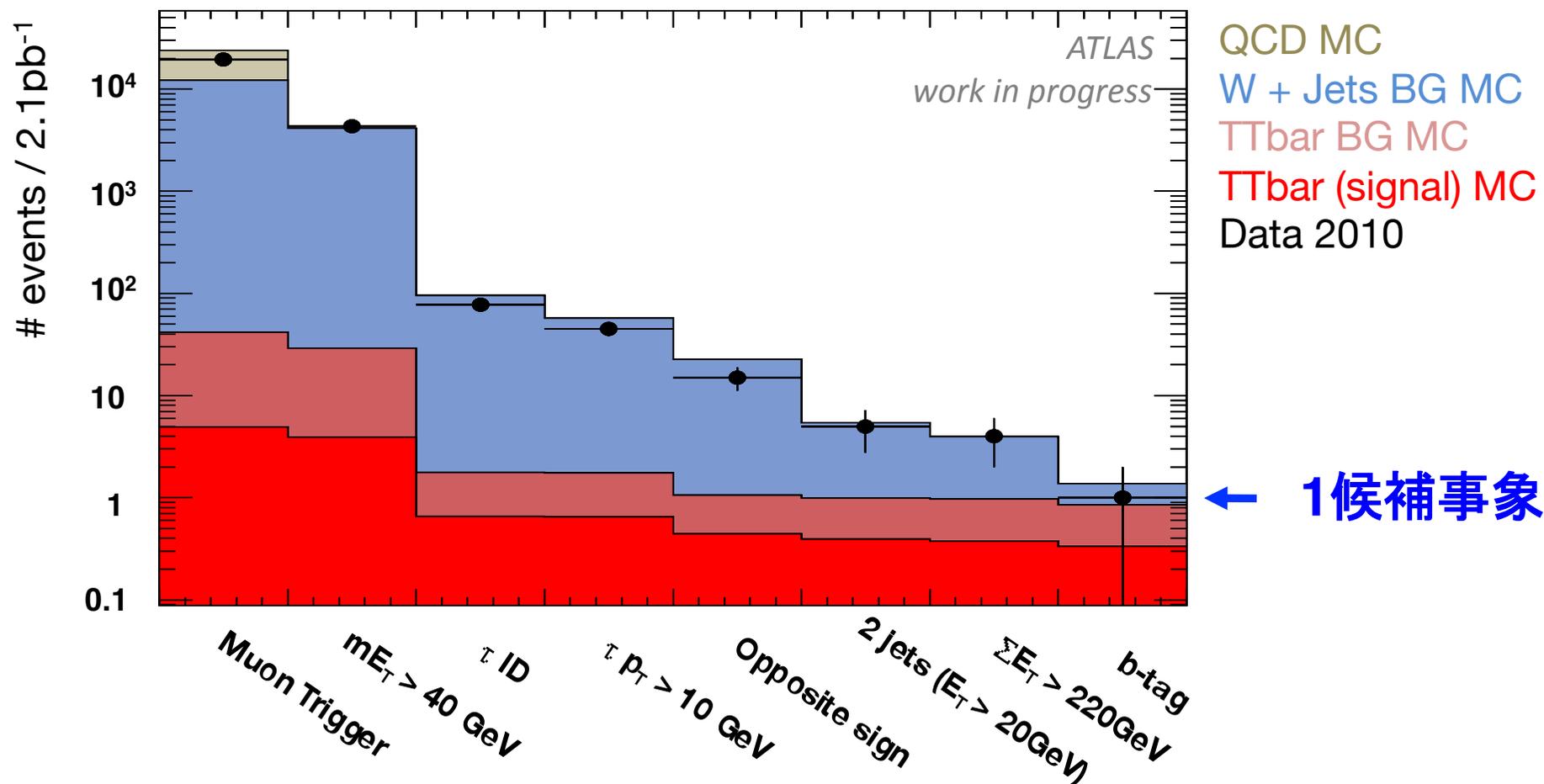
# 事象選別の結果 ( $100\text{pb}^{-1}$ )

selections	$tt (\tau, \mu)$	$tt$ BG	W + Jet	Z + Jet
<b>Muon Triggered</b>	<b>296</b>	<b><math>2.50 \times 10^3</math></b>	<b><math>6.25 \times 10^5</math></b>	<b><math>1.05 \times 10^4</math></b>
$p_T^\mu > 20\text{GeV}$	226	$1.71 \times 10^3$	$5.22 \times 10^5$	$4.31 \times 10^3$
$\tau$ - ID, $p_T^\tau > 10\text{GeV}$	43.0	86.1	$7.66 \times 10^3$	784
$Q_\tau \times Q_\mu = -1$	39.9	50.2	$3.38 \times 10^3$	738
$\geq 2$ jets ( $E_T > 20\text{GeV}$ )	35.3	48.9	412	88.4
損失 $E_T > 40 \text{ GeV}$	27.9	30.8	168	16.2
$\Sigma E_T > 210 \text{ GeV}$	27.7	30.5	88.1	13.9
B-jet	<b>20.7 (7.0%)</b>	<b>23.0 (0.9%)</b>	<b>8.0 (<math>1.3 \times 10^{-3} \%</math>)</b>	<b>1.0 (<math>0.9 \times 10^{-2} \%</math>)</b>

- 信号の選別効率 **は 7.0%**, W/Z + Jet 背景事象 **は >99.99% 除去**
  - 最も断面積の小さかった  $tt (\mu, \text{jet})$  が最大の背景事象を構成
  - 信号の有意さ ( $S/\sqrt{S+B}$ ) は 2.8
- $tt (\tau, \mu)$  と  $tt (\tau, e)$  を併せて  **$S/\sqrt{S+B} = 3.8$  (2011年初旬)**

# 実データを用いた $t\bar{t}$ ( $\tau, \mu$ ) 探索

- 今年5 - 9月に取得した [2.4 pb<sup>-1</sup>](#) の実データを使用
  - 観測期待値：信号 0.5, 背景事象 0.8



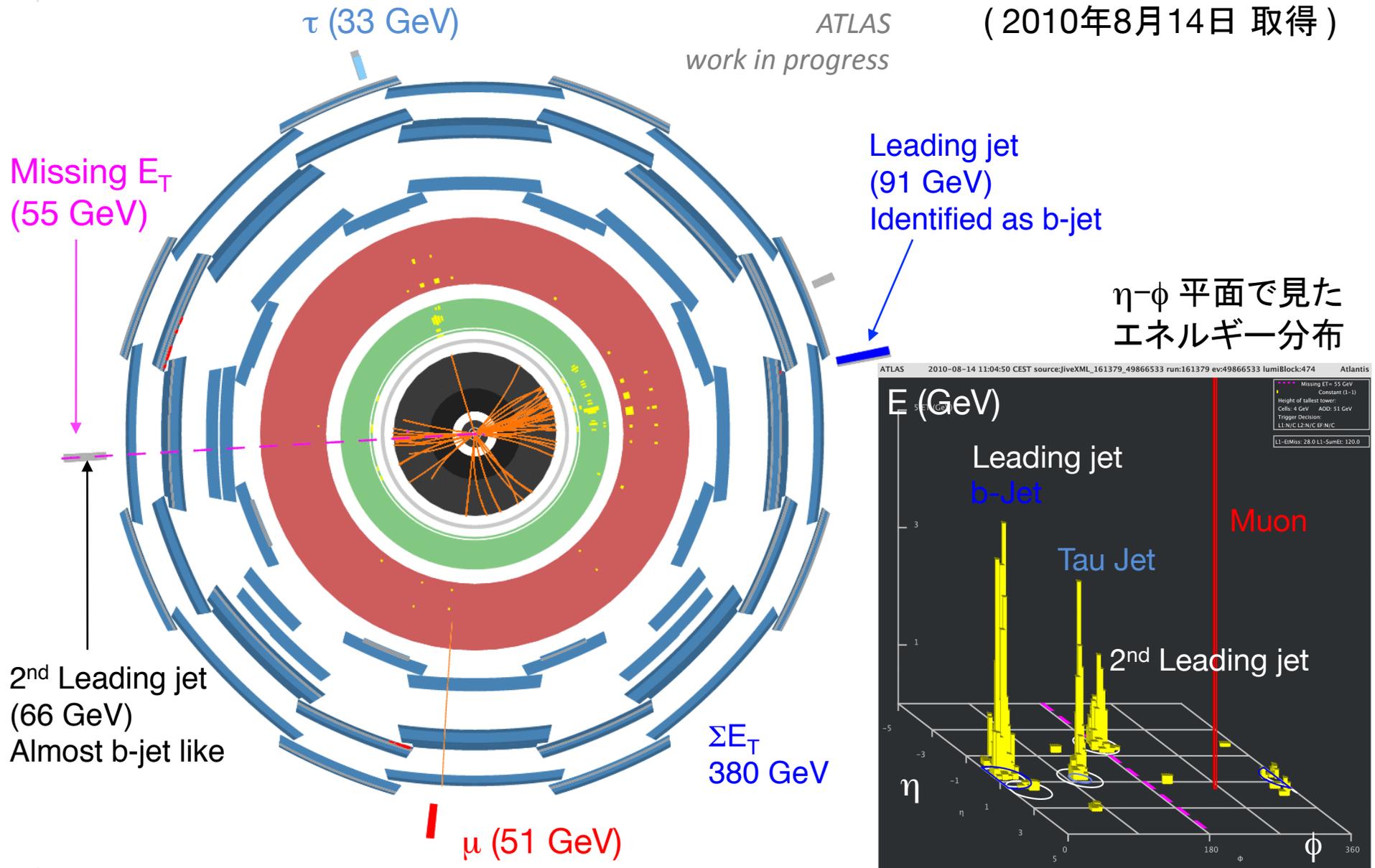
- まだ15% 程度の違いはあるが、実データ / MC の整合性確認

# $tt(\tau, \mu)$ 第一候補事象

ATLAS 2010-08-14 11:04:50 CEST source:jiveXML\_161379\_49866533 run:161379 ev:49866533 lumiBlock:474 Atlantis

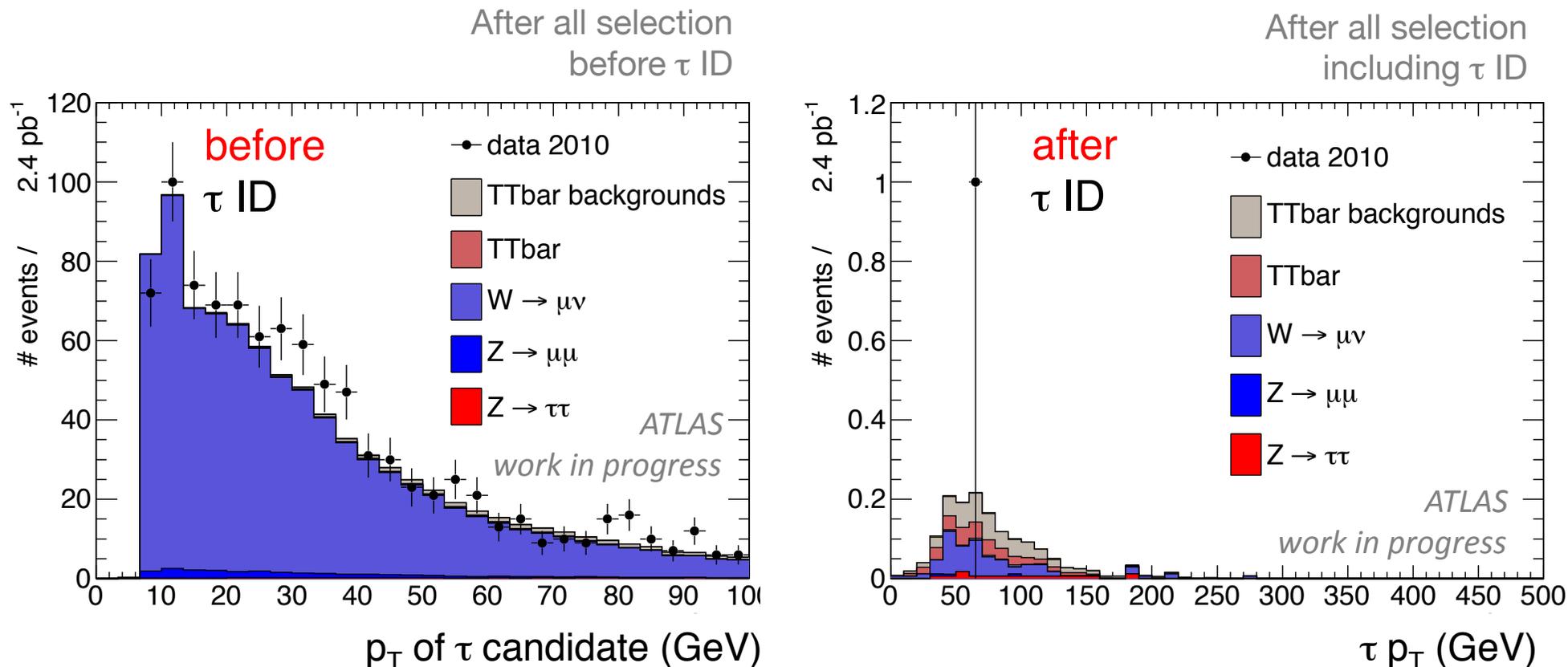
ATLAS  
work in progress

(2010年8月14日 取得)



# 今後の課題

- $\tau$  の 同定効率、誤識別率の評価



- $\tau$  ID を行う前は、殆ど  $W(\rightarrow\mu\nu) + \text{Jet}$  からの寄与
- $\tau$  ID を行ってやっとな、 $W+\text{Jet}$ ,  $t\bar{t}$  BG からの寄与が同程度
- Data driven な  $\tau$  の同定効率、誤識別率の評価が肝要

# Summary

---

- $tt(\tau, l)$  の事象選別手法を確立
  - 主な背景事象は  $W + \text{Jet}$ ,  $Z + \text{Jet}$ ,  $tt(\mu, \text{jet})$
  - $\tau$  の誤識別率、信号の有意さ ( $S/\sqrt{S+B}$ ) を指標に選別
    - 事象選別効率 7.0%, 背景事象 > 99.99% 除去に成功
  - $tt(\tau, \mu)$ ,  $tt(\tau, e)$  併せて  $S/\sqrt{S+B} = 3.8$  で観測可能
- 実データ (今年5 - 9月,  $2.4\text{pb}^{-1}$ ) を用いた  $tt(\tau, \mu)$  探索
  - 第一候補事象を発見
    - 期待値 : 信号 0.5, 背景事象 0.8
  - 実データ / MC の整合性も次第に確認出来てきている
- 今後、 $\tau$  の識別効率 / 誤識別率の測定を行い、2011年中に  $100\text{pb}^{-1}$  以上を用いた生成断面積測定を目指す