

LHC-ATLAS実験における $ZH \rightarrow \nu\nu bb$ 過程を用いたヒッグス粒子探索

木内健司、永井義一^A、原和彦、金信弘
筑波大学、*CPPM*^A

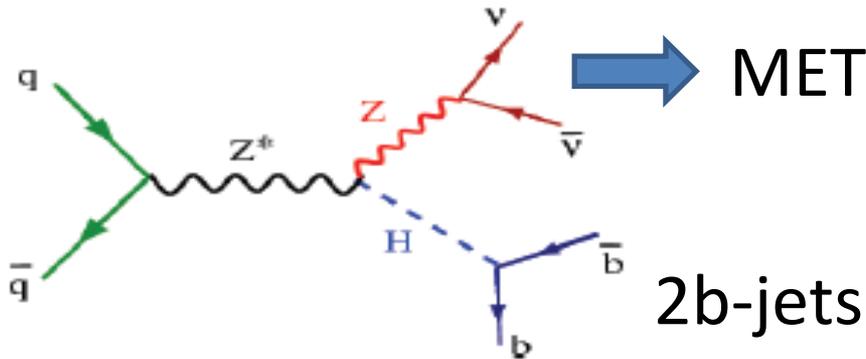
Outline

- Introduction
- ATLAS MET Trigger
- Studies of MET trigger for $ZH \rightarrow \nu\nu b\bar{b}$
 - understanding trigger turn on curve
 - evaluation of Scale Factor
- Summary

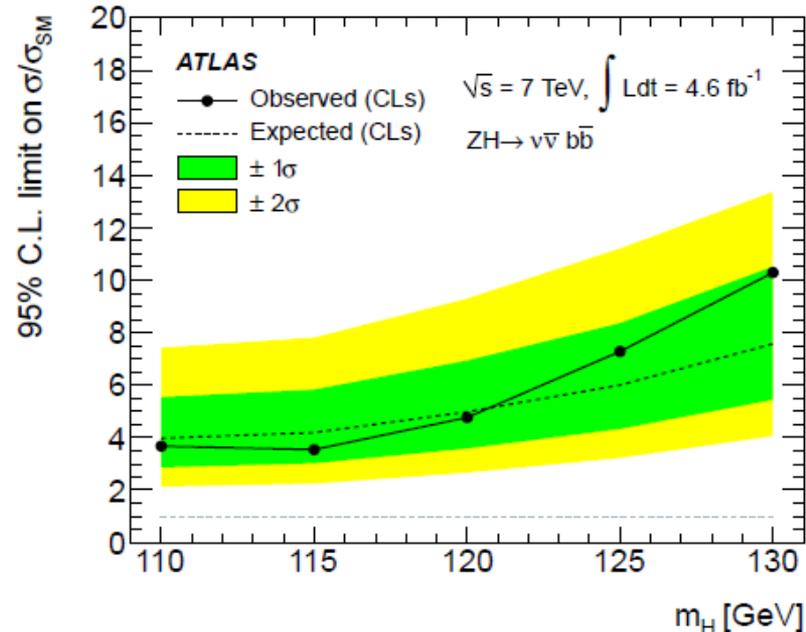
Introduction

- 新粒子は“標準模型”ヒッグスなのか？
 - ボゾン($H \rightarrow \gamma\gamma, WW, ZZ$)を用いた解析で発見
 - フェルミオン($H \rightarrow \tau\tau, bb$)への崩壊を確認することが必要不可欠
- $ZH \rightarrow \nu\bar{\nu}b\bar{b}$: 大きな横方向消失運動量(MET)と2つのb-ジェット
 - 崩壊分岐比 $Z \rightarrow (\nu_e\bar{\nu}_e + \nu_\mu\bar{\nu}_\mu + \nu_\tau\bar{\nu}_\tau) / Z \rightarrow (e\bar{e}, \mu\bar{\mu}) = 6$

$ZH \rightarrow \nu\bar{\nu}b\bar{b}$ のファインマン・ダイアグラム



2011年bbチャンネルで最高感度
6xSM @ 125 GeV



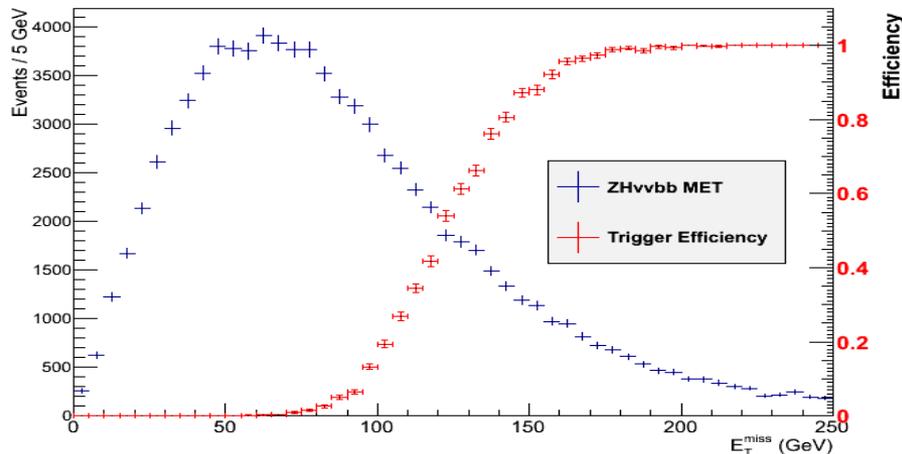
MET trigger

METトリガ: METを持つ事象を選別し記録する

- LHCの衝突回数: 20 MHz → トリガ後: 400 Hz前後
 - L1の計算時間: 2.5 us → 粒子の再構成は不可能
 - 再構成後に計算したOffline METに比べ解像度が悪い
- 緩やかな立ち上がり
- 背景事象: QCD事象のジェット測定ミスが作るMET
 - QCD事象の高い生成断面積
 - MET小さくなるにつれて指数関数的に増える

→ 高いしきい値

ZH → $\nu b\bar{b}$ のMET分布と2011年のトリガ効率



Peak lumi.: 7.0×10^{33}
Avg. lumi.: 5.0×10^{33}
の場合のトリガレート
METトリガ / 全体

↓ 20 MHz

Level 1

Peak L1 rate
1.8 kHz/56 MHz

Level 2

Peak L2 rate
310 Hz/5 KHz

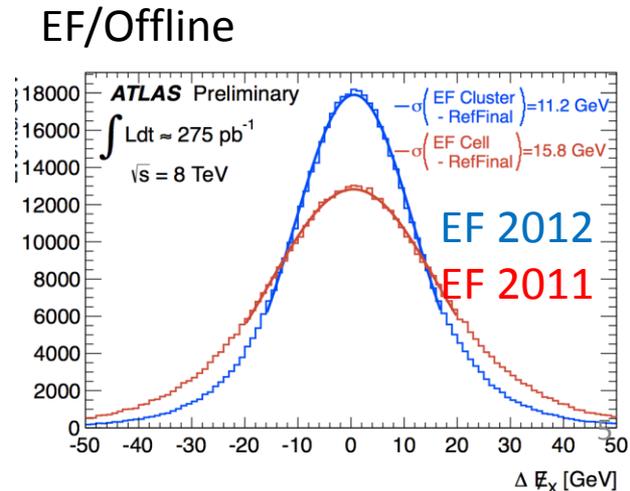
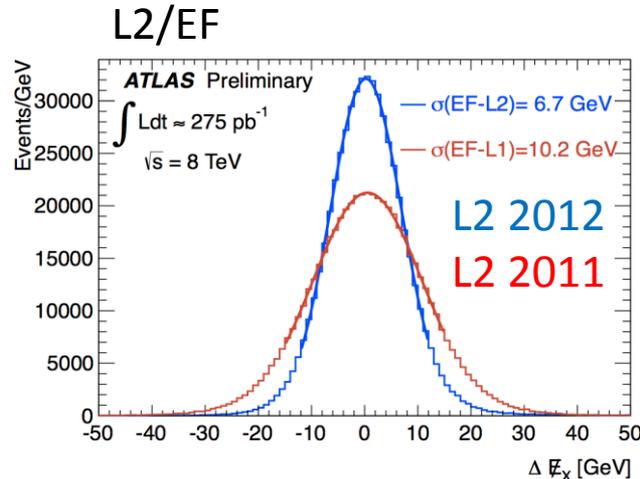
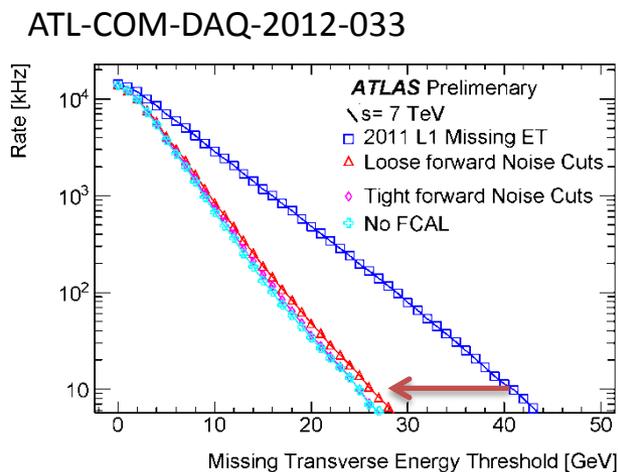
Event Filter

average EF rate
16 Hz/400 Hz

METトリガは信号の一部しか記録できない
→ トリガの難しさがボトルネック
より多くの信号を記録するよう改善が重要

2012年METトリガの改善点

- 新たなMETアルゴリズムの導入
 - Level 2 : カロリメータの全範囲情報の使用
 - Event Filter : クラスタリングの導入
- 擬似トリガレートの抑制
 - L1のカロリメータノイズを抑制
 - ビームトレイン初期の事象を棄却(カロリメータ信号構造に起因)



10 GeV 低い閾値

MET分解能各30%の改善!

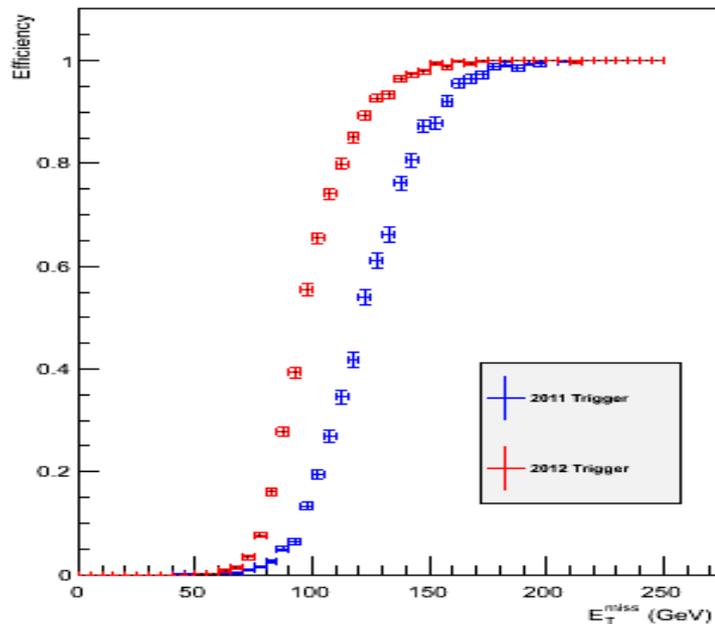
2012トリガでの $ZH \rightarrow \nu\nu bb$ 記録効率の上昇

2011トリガ : L1 50 GeV \rightarrow L2 60 GeV \rightarrow EF 70 GeV

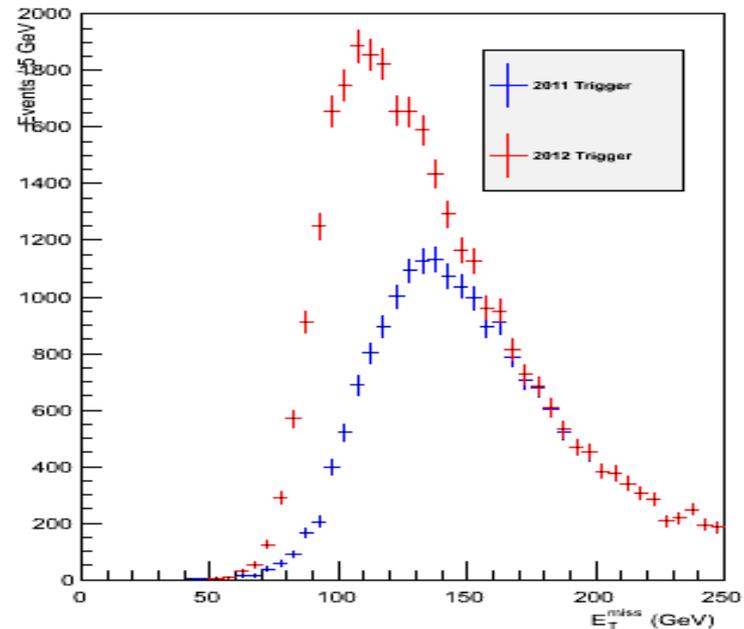
2012トリガ : L1 40 GeV \rightarrow L2 新45 GeV \rightarrow EF 新80 GeV

$ZH \rightarrow \nu\nu bb$ ($m_H = 125$ GeV) *pythia8* 300k event を用いて評価した

Trigger Efficiency



MET distribution

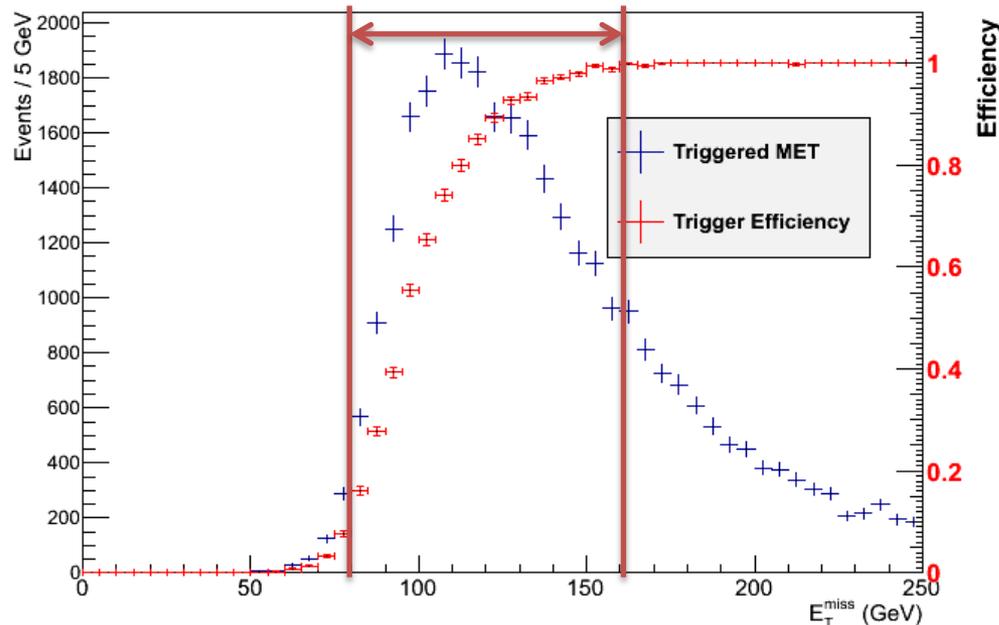


2011トリガ効率 : 2Jet+QCDカット通過事象 26 %, 全カット通過事象 69 %
2012トリガ効率 : 2Jet+QCDカット通過事象 38 %, 全カット通過事象 86 %

トリガ “turn on 領域” の解析

- $ZH \rightarrow \nu\nu bb$ では”Turn on 領域”の解析を行う
 - turn on領域、80 GeV – 160 GeVに多くの信号が存在する
- MCのトリガシミュレーションがデータを良く再現できていなければ解析を行うことができない！！

$ZH \rightarrow \nu\nu bb (m_H = 125 \text{ GeV})$ pythia8 MC 684 fb^{-1}
2ジェット事象の2012年トリガ効率とMET分布



トリガ turn on の形を
データ、MCで調べる

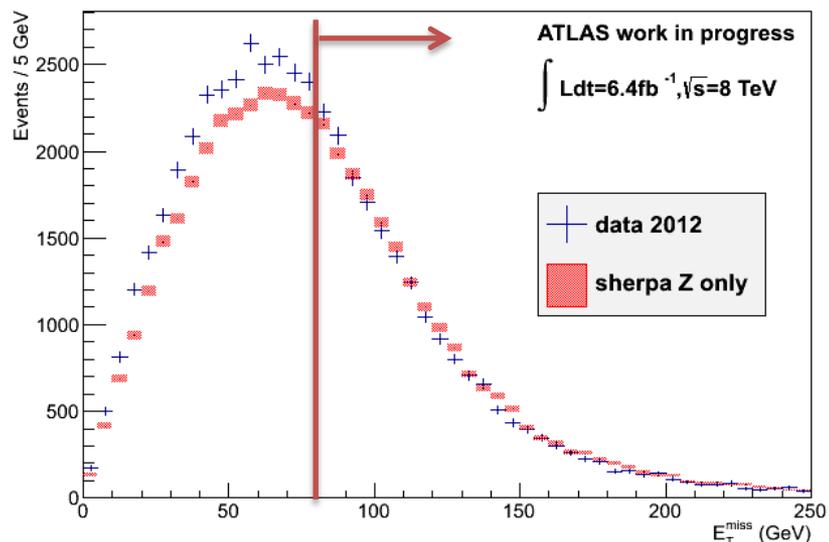
$ZH\nu\nu bb$ や $Z \rightarrow \nu\nu$ はデータの
turn on曲線が得られない
高純度で選別できMETを作る
物理事象が必要

W/Z事象を用いたMET分布のdata/MC比較

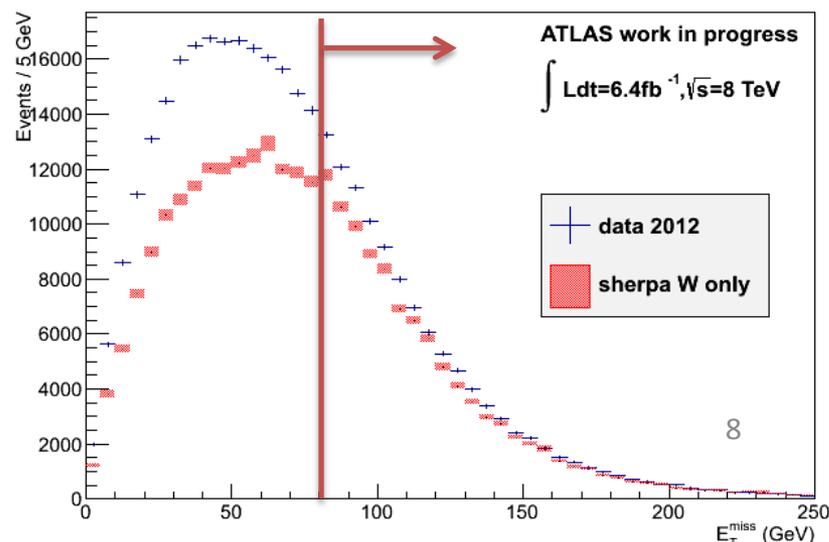
データ : 2012/05/20 - 2012/08/22 まで8TeV $6.4fb^{-1}$ のデータを使用
ミュオントリガでトリガし、 $W \rightarrow \mu\nu / Z \rightarrow \mu\mu$ の事象選別を行った
 μ 粒子の運動量成分を除外したMETを用いる

→METトリガは μ 粒子を考慮しない、 μ 粒子はニュートリノのように振舞う
MCジェネレータはW、Z共にSherpaを使用

$Z \rightarrow \mu\mu$ Purity $\sim 100\%$



$W \rightarrow \mu\nu$ Purity $\sim 90\%$



MET > 80 GeVの領域を対象として解析する

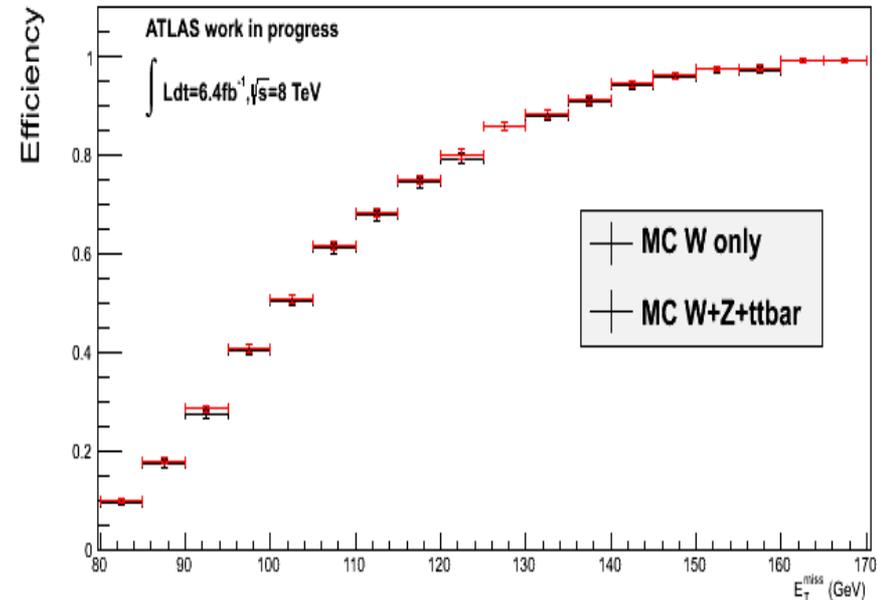
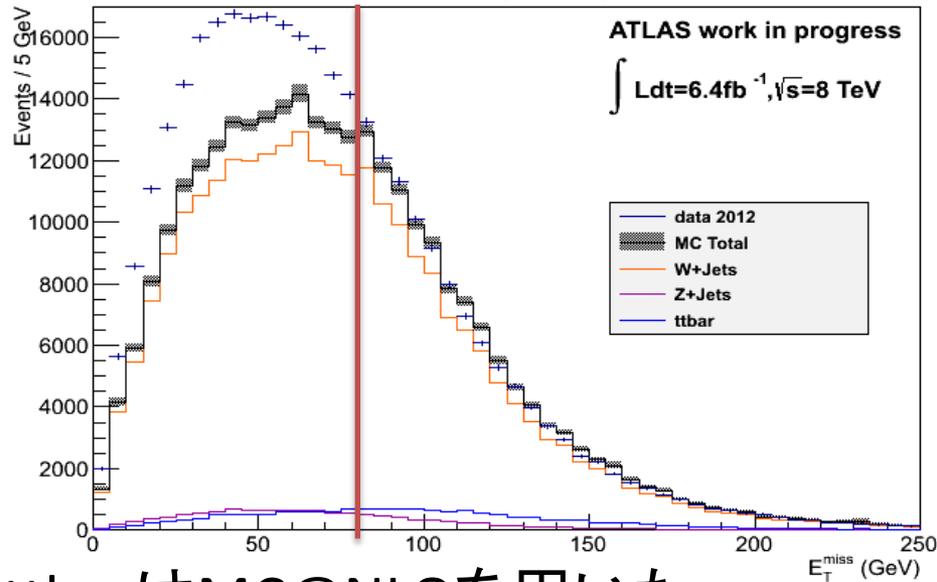
Z/W事象の純度を確認 → Z : $\sim 100\%$, W : $\sim 90\%$

誤差は統計誤差のみ

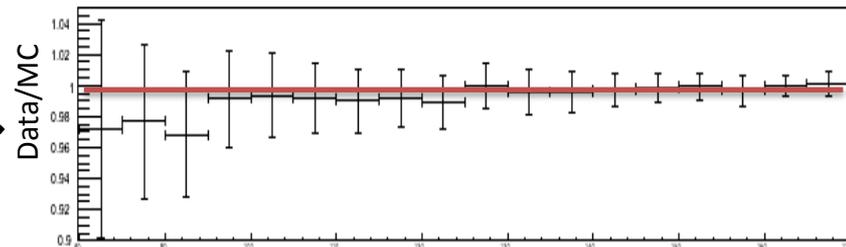
W選別時の背景事象混入による影響評価

主な背景事象はttbar、Z→mumu

W+Z+ttbar purity ~100%



ttbarはMC@NLOを用いた
2012年の統計量においては、
top(~9%)とZ(~3%)の混入は十分少なく、
統計の範囲内で整合性がとれている

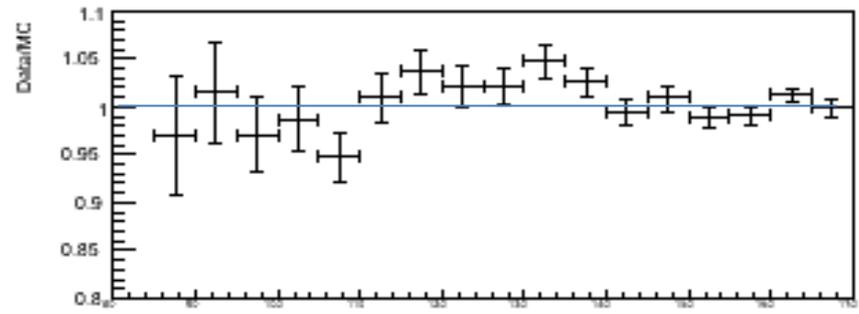
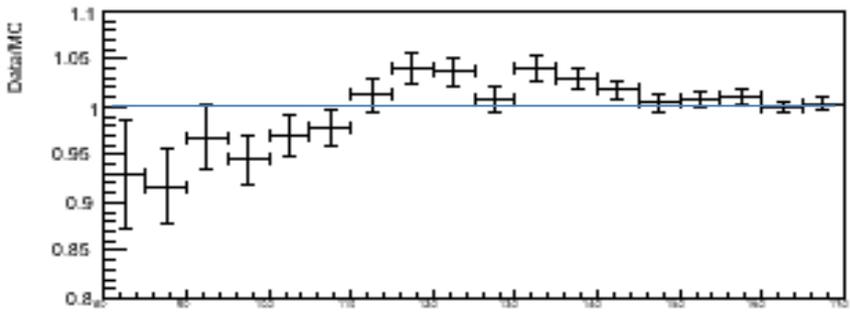
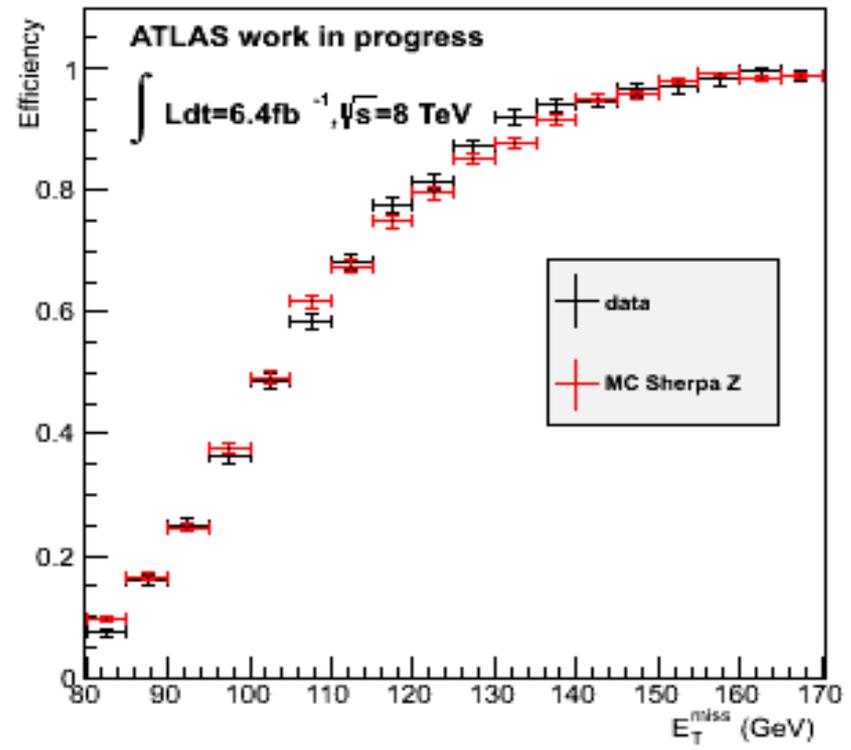
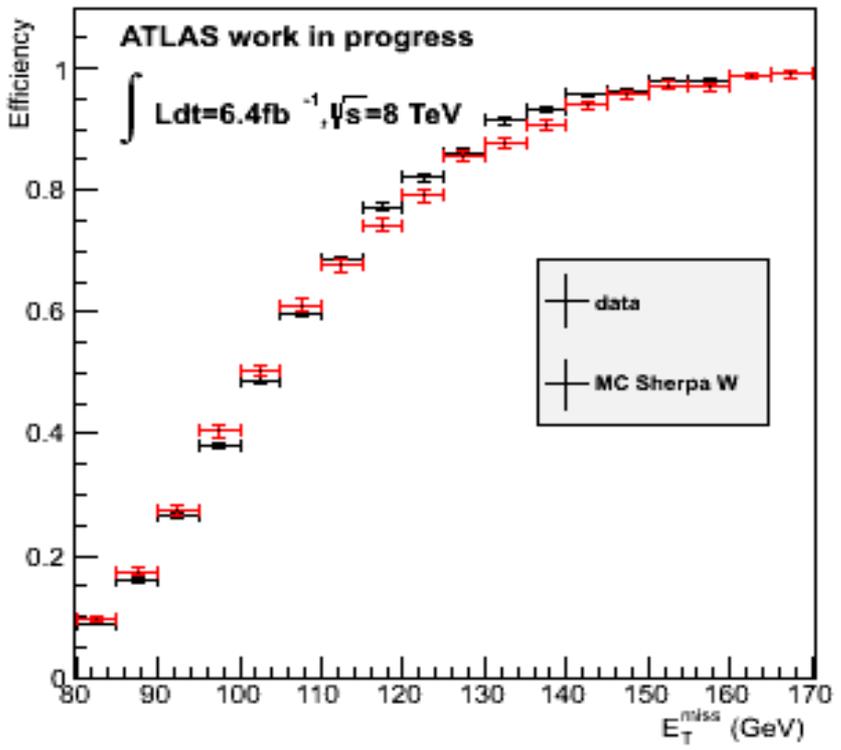


→背景事象の影響は統計の範囲内

データとMCの比較結果 : $W \rightarrow \mu\nu$ と $Z \rightarrow \mu\mu$ 事象

W->munu turn on curve

Z->mumu turn on curve

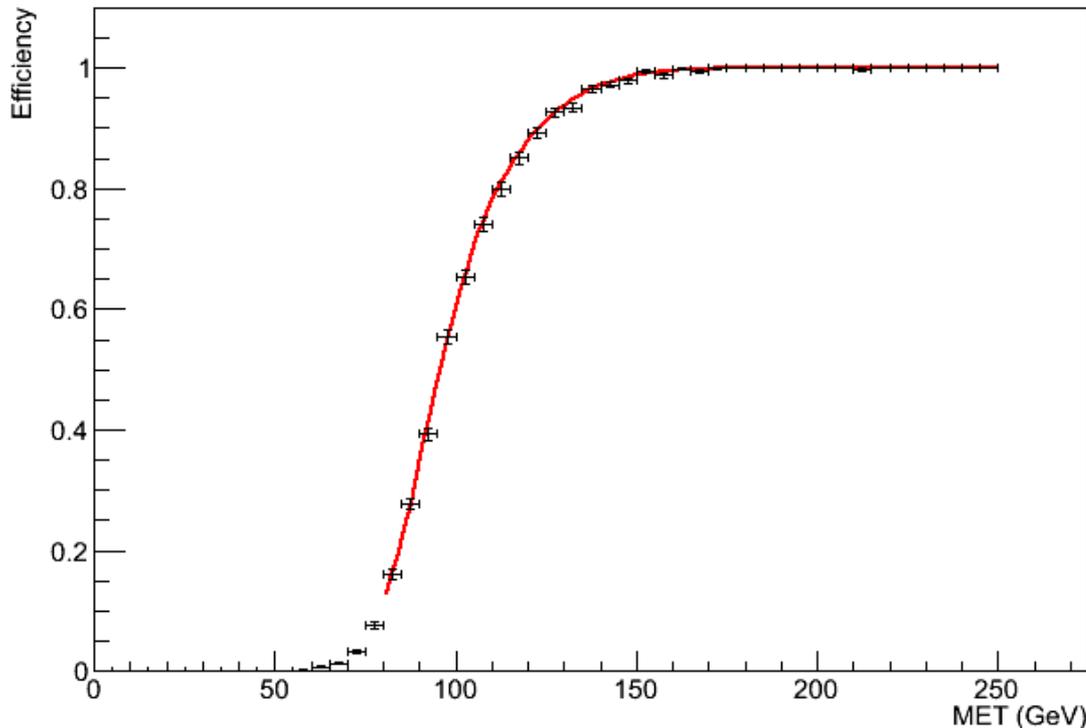


統計誤差だけでは理解できない違いが存在する

関数によるフィット：ZHvvbbの場合

各トリガレベルの曲線を別々に誤差関数でフィットする

- $Fit\ Func.(MET) = Erf_{L1} \times Erf_{L2} \times Erf_{EF}$
- $Erf(MET) = \frac{1}{2} \left(1 + \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^{\frac{MET-central}{\sqrt{2} \times resolution}} \exp(-t^2) dt \right)$

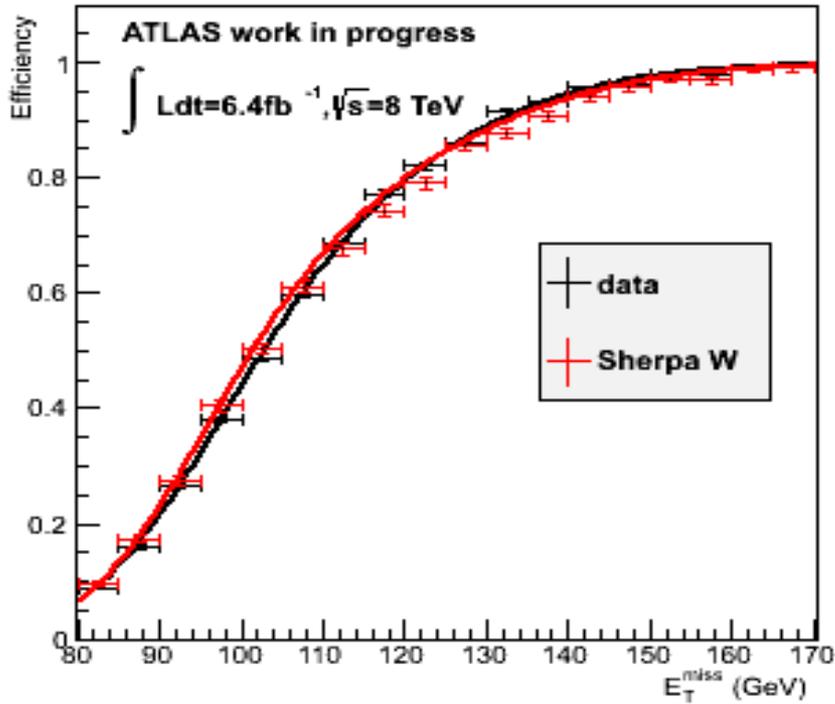


フィット結果から
各トリガレベルの
閾値の中心値と
分解能がわかる

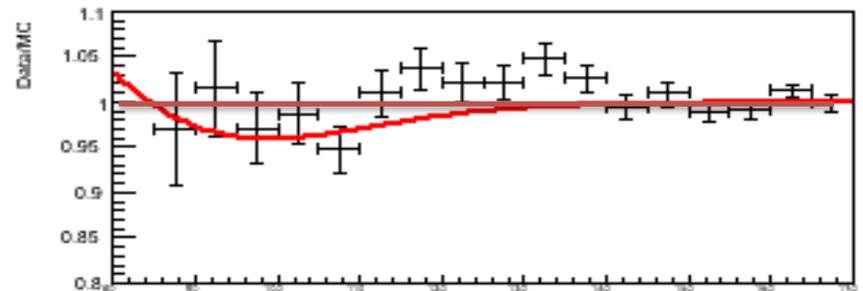
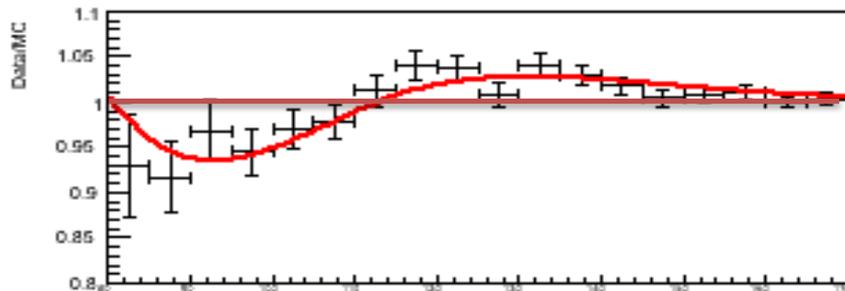
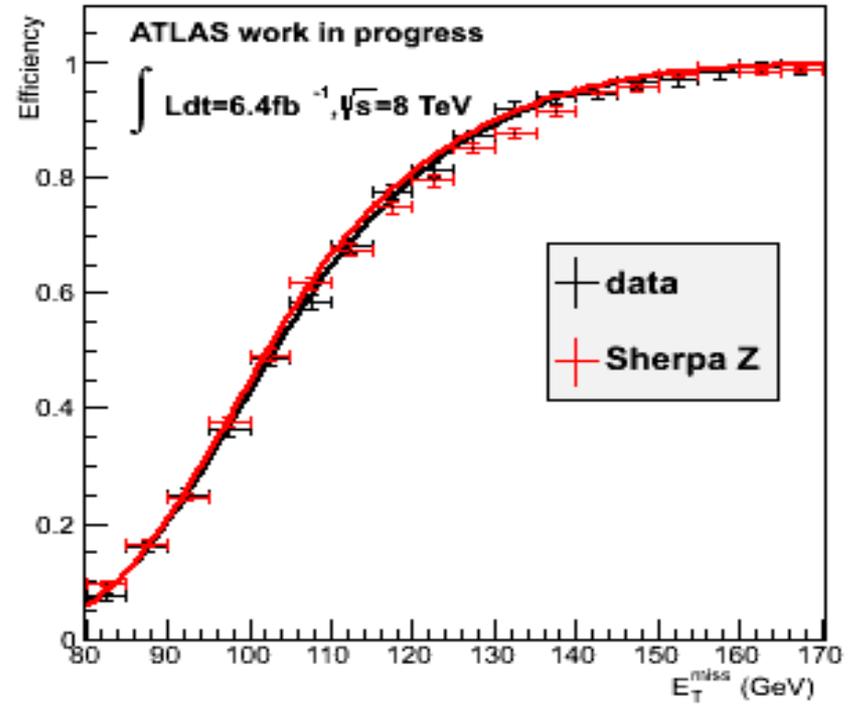
フィット範囲は80 GeV – 250 GeVとした

フィット結果と補正関数

W->munu turn on curve

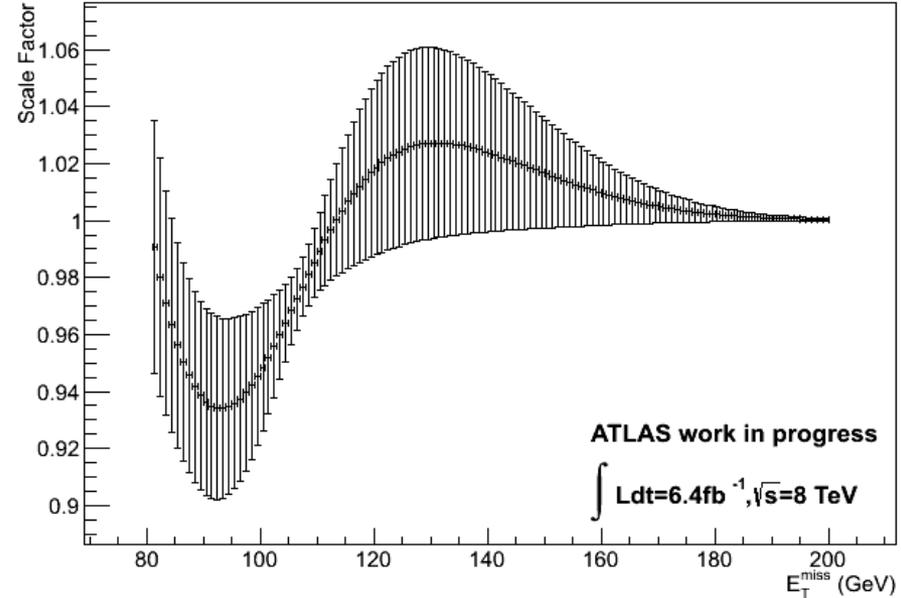
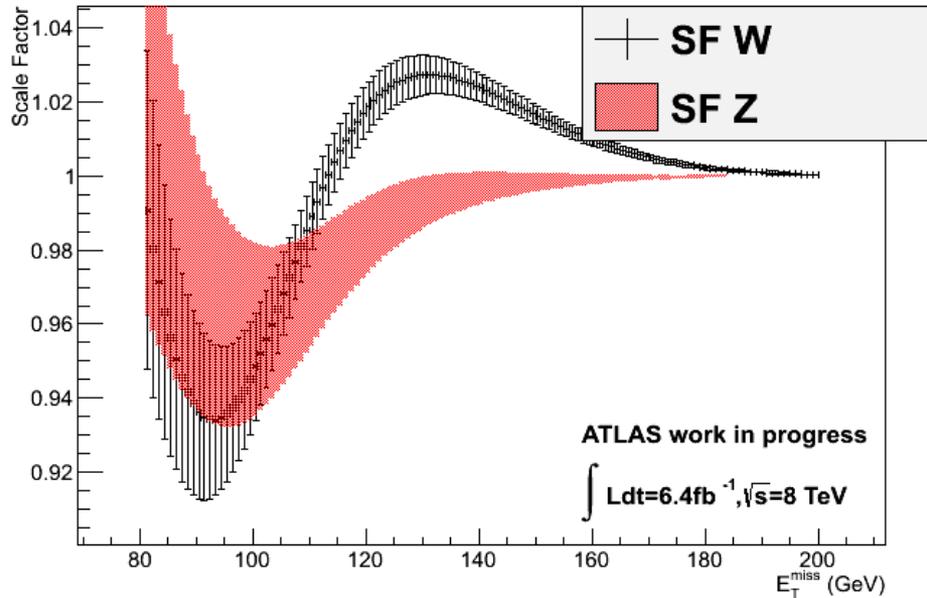


Z->mumu turn on curve



フィット結果から算出したScale Factorはよく一致している

補正関数の系統誤差



$W \rightarrow \mu\nu$ MC Sherpa \rightarrow dataをSFとし、誤差として以下を自乗和

- フィット結果の誤差 : Sherpa WおよびData Wの統計誤差より
- 物理事象依存性 : SF Sherpa W – SF Sherpa Z

今後MC生成による違いを見積り考慮する

補正量は最大で $7\% \pm 3\%$ @ 90 GeV 程度

まとめ と 展望

まとめ

- $ZH \rightarrow \nu\nu bb$ の記録効率が26(69)% \rightarrow 38(86)%に改善した
2012年METトリガのTurn on 領域の理解をするため
 - $W \rightarrow \mu\nu, Z \rightarrow \mu\mu$ を用いてデータ、MCの比較を行った
 - 効率曲線を誤差関数の積で関数化した
 - 取得したパラメータから補正する関数を計算した
 - 各補正関数は5%程度で一致している
 - 補正量は最大 $7\% \pm 3\%$ @ 90 GeV

展望

- $ZH \rightarrow \nu\nu bb$ 解析に2011年解析していなかった
MET < 120 GeV の領域を追加して測定する

バックアップ

BGRP7 trigger

- Trigger rate in first few bunches is high due to the unstable pedestal in Lar Calo.
- BGRP7 trigger avoid first 3 bunches.
 - lower threshold with same rate
 - ~10 % data loss

Available triggers in 2012

- -2012.5.19
 - xe80_tclcw (L1_XE50→L2_xe55→EF_xe80_tclcw)
 - xe80T_tclcw_loose
(L1_XE40_BGRP7→L2_xe55T→EF_xe80T_tclcw_loose)
- 2012.5.20-
 - xe80_tclcw_loose(L1_XE40→L2_xe55→EF_xe80_tclcw_loose)

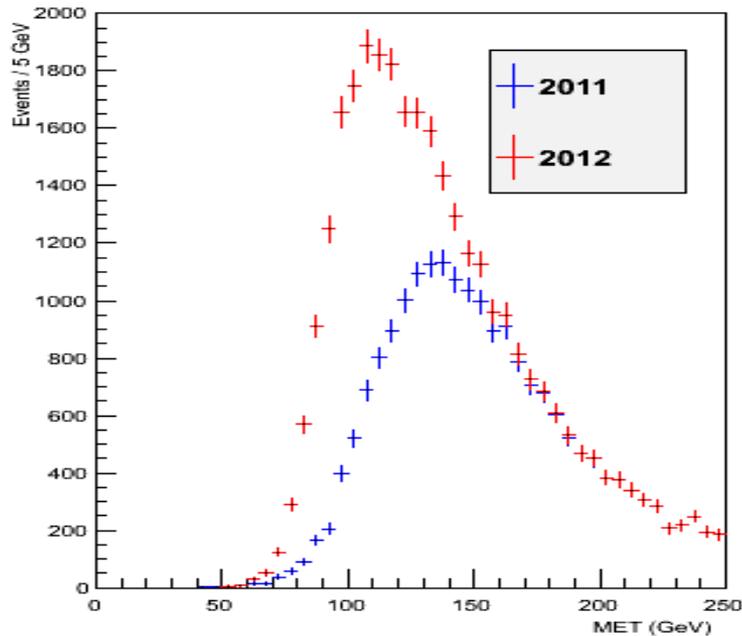
$ZH \rightarrow \nu\nu bb$ acceptance

シミュレーションを用いて改善されたトリガの性能を調べた

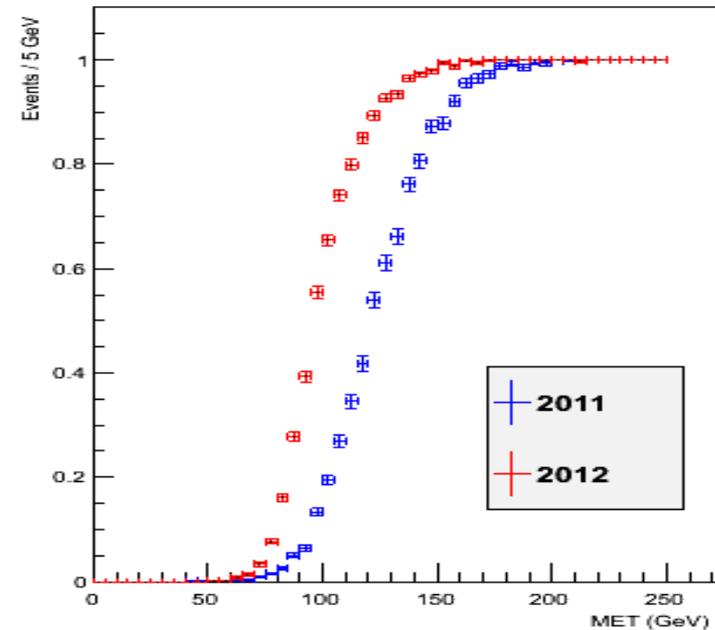
MC : $ZH \rightarrow \nu\nu bb$ ($m_H = 125$ GeV) pythia8

Cut : $1^{\text{st}} \text{Jet}_{\text{pt}} > 45$ GeV, $\text{Jet}_{\text{pt}} > 20$ GeV, $d\Phi(\text{min}(\text{jet}, \text{MET})) > 0.6$

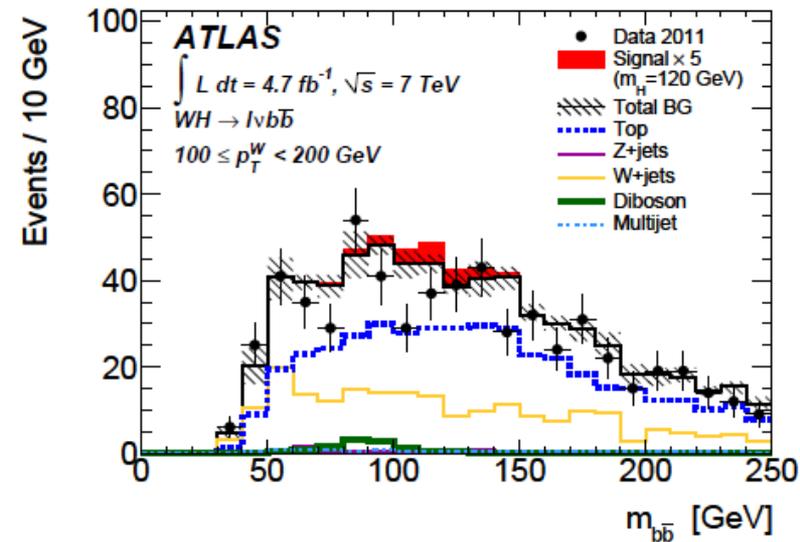
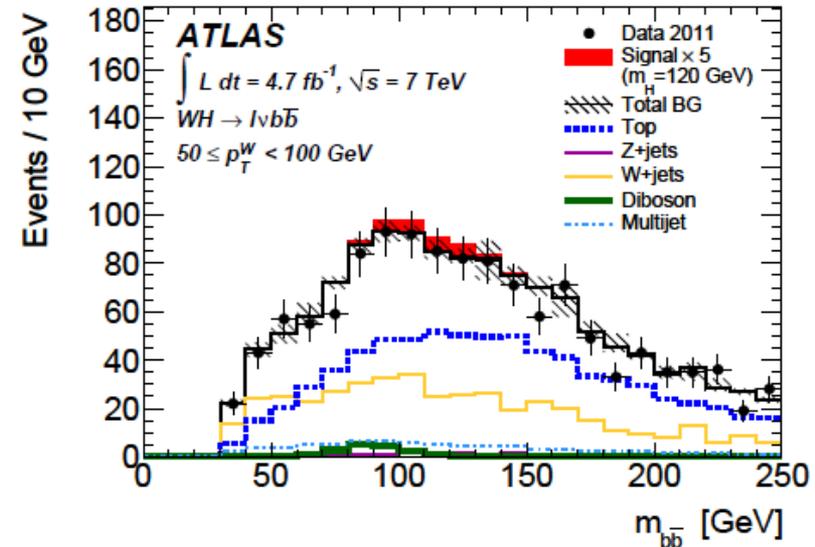
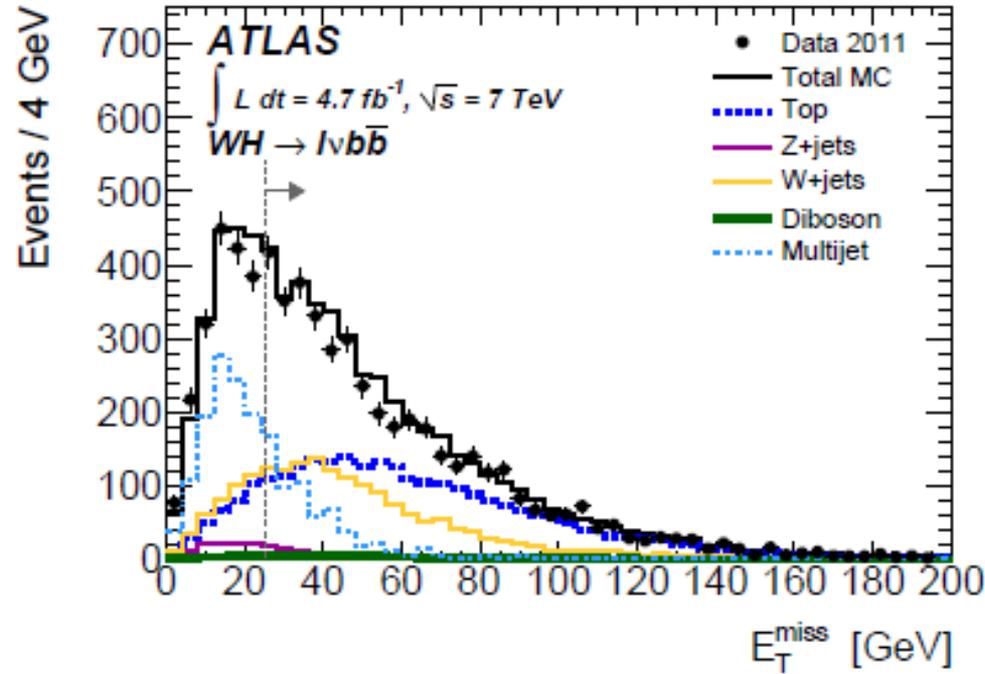
MET distribution



Trigger Efficiency



W+Jets background



2つのb-jetを要求した後のMET分布

W→munu 事象、および Z→mumu 事象の選別

- ミューオンの計算を除いたMET
 - $MET_{noMu} = MET_e + \cancel{MET_\mu} + MET_\tau + MET_{jet} + MET_{others}$
- データ、MCの比較にW(munu)+Jets、Z(mumu)+Jetsを用いる
 - ミューオンやジェットの定義はVH(H → bb)解析と同等

W

トリガ : 1 muon pT > 24 GeV
Muon : 1st pT > 25 GeV
50 GeV < Transverse mass < 120 GeV
電子(pT > 10 GeV), Z事象の排除

Z

トリガ : 1 muon + pT 13 GeV 2 muon
Muon : pT > 15 GeV (2 muon トリガ)
pT > 25 GeV and pT > 10 GeV (1 muon)
83 GeV < Mz < 99 GeV
電子(pT > 10 GeV)の排除

- ヒッグスに近いJetを選ぶ (1st Jet_pt > 45 GeV, 他Jet_pt > 20 GeV)
- W事象にはトップ・クォークを除外するためbジェットを除去
- QCD事象の排除: $d\Phi(\min(MET, jet)) > 0.6$

W および Z 選別

- W
 - EF_mu24i_tight and EF_mu36_tight
 - muon pt > 25 GeV
 - loose muon(pt > 10 GeV)=2