

LHC-ATLAS実験における

$H \rightarrow \tau\tau \rightarrow \ell\ell\ell\ell$ を用いたヒッグス粒子の探索

森永真央、中村浩二、田中純一、浅井祥仁

東京大 ICEPP



東京大学
THE UNIVERSITY OF TOKYO

Outline

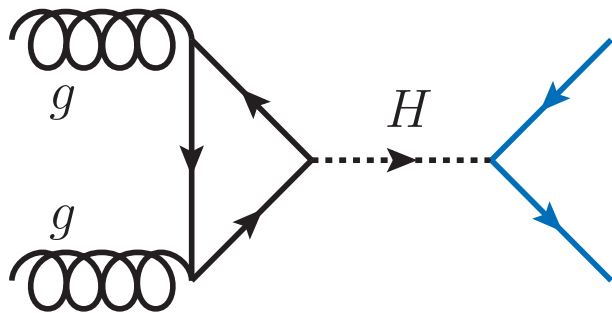
- Higgs production
- $H \rightarrow \tau\tau$
- 背景事象
- フェイクバックグラウンド → 今日の話題 1
- 事象選別
- ブーストカテゴリー → 今日の話題 2
- 結果
- まとめ

Higgs production

- 現在見えるヒッグス粒子の生成過程は主に3つ

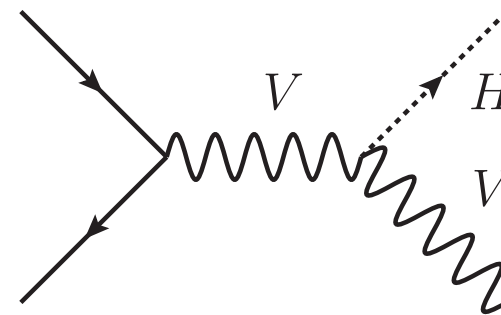
- **gluon-gluon Fusion(ggF)**

- 主な生成過程
- S/Nは悪い



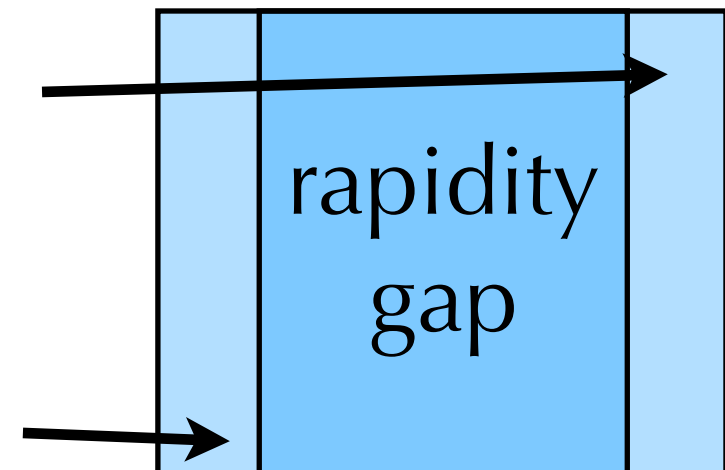
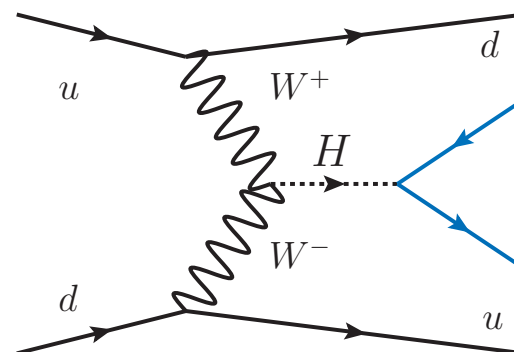
- **associated production(VH)**

- W/Zがヒッグスを出す
- S/N良くない



- **Vector Boson Fusion(VBF)**

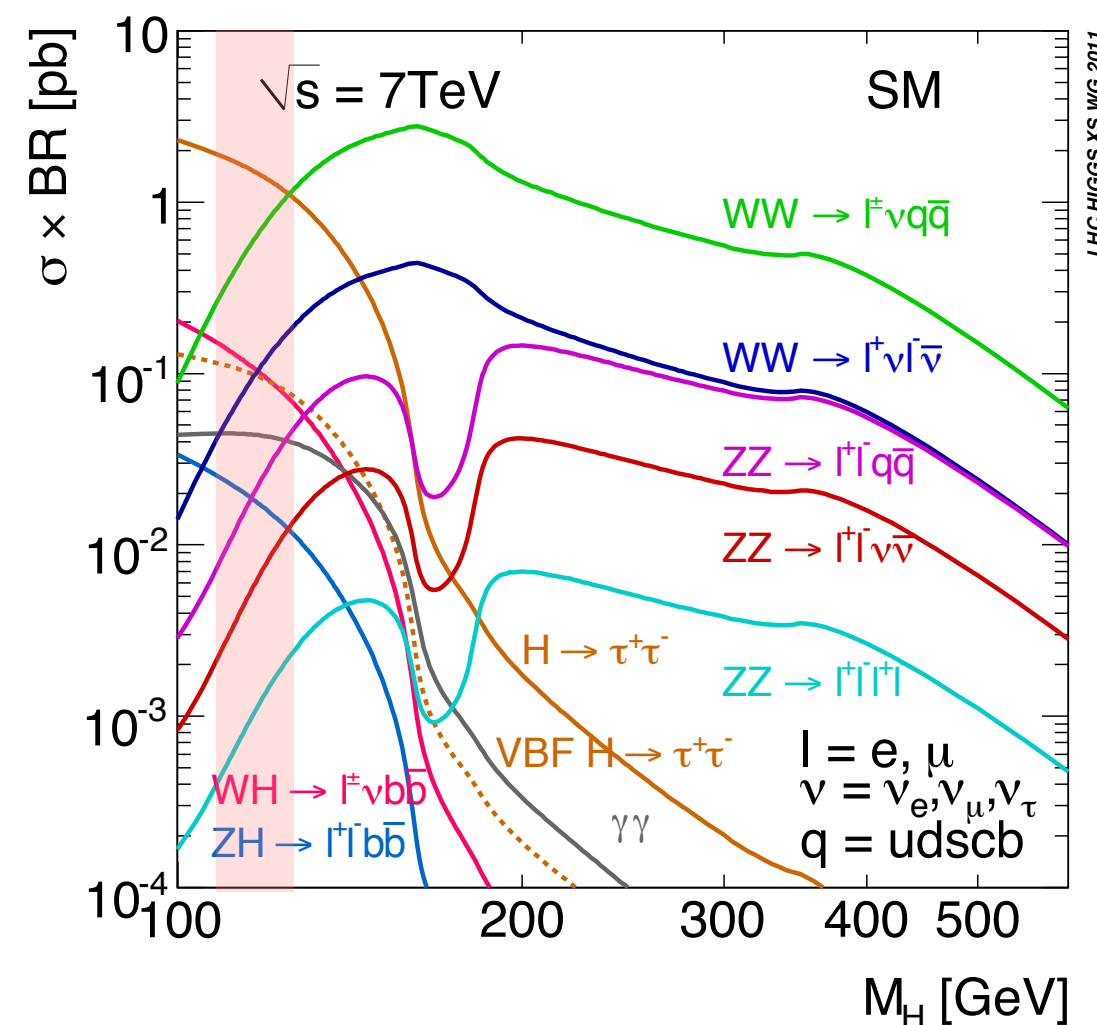
- 前後方にhigh p_T jet
- 最も感度がある
- S/Nは素敵
- TightにするとS/N~1も可能



- 本研究ではこの3過程に注目し、0,1,2jetに分けて解析を行った

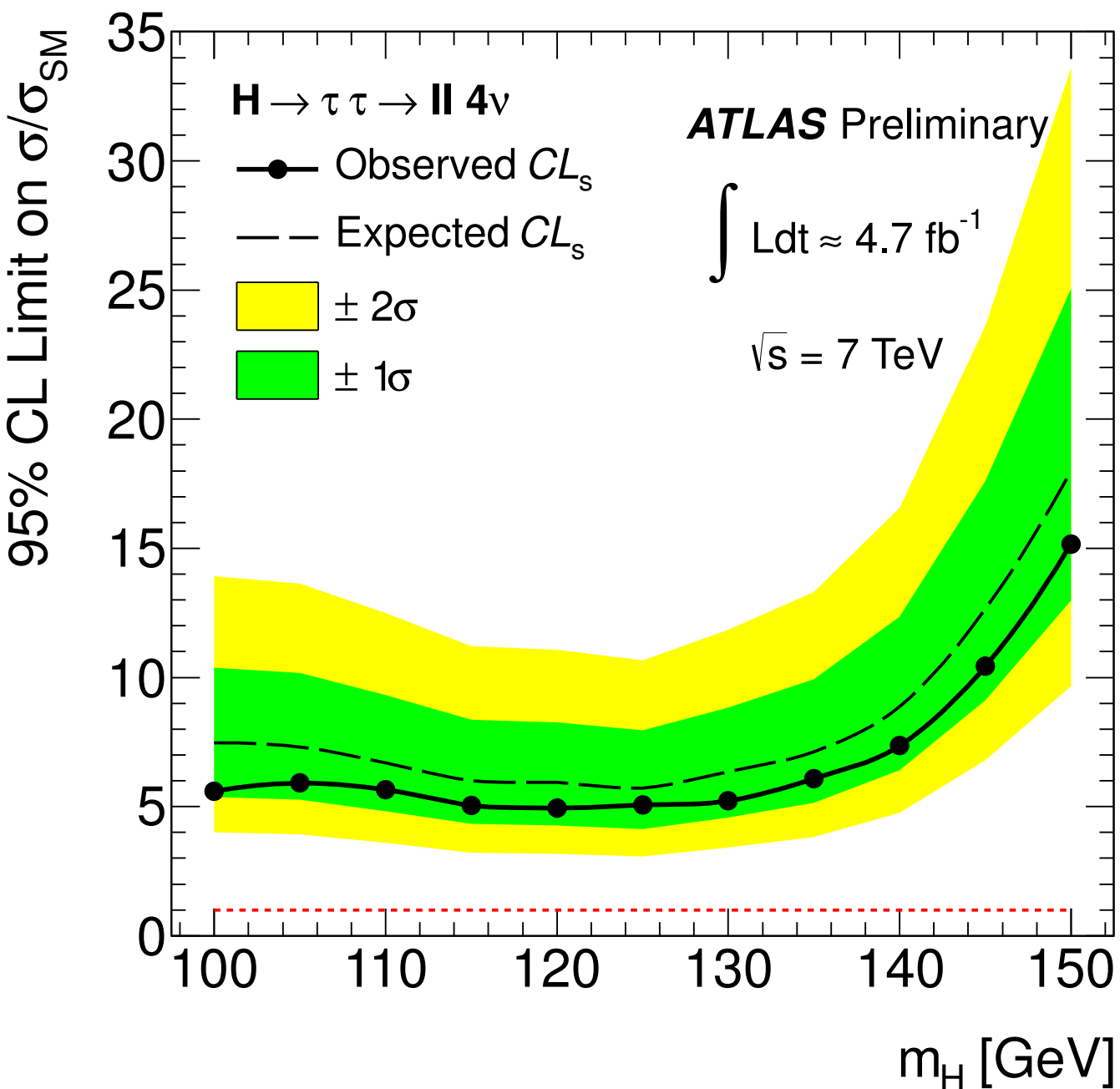
$H \rightarrow \tau\tau$ process

- タウレプトン対に崩壊するチャンネルは軽い領域で最も観測可能な事象数が多い
- $H \rightarrow \tau\tau$ channel
 - lephad $\sim 4/9$ (good sensitivity)
 - hadhad $\sim 4/9$ (bad S/N ratio)
 - lelep $\sim 1/9$ (small BG) This Talk
 - 終状態はelectron or muonが2つ
- $H \rightarrow \tau\tau$ での発見はフェルミオンの質量起源がヒッグス粒子による湯川結合であることの直接的な証明



➡低質量における発見でも重要、ヒッグス粒子の性質の測定にも重要

$H \rightarrow \tau\tau \rightarrow \text{lelep}$ の現状



- VBF, VH, 1jet, 0jetの4 categoryで解析を行った
- VBF, 1jetがsensitivityを持っている
 - VBFはまだLoose
 - TightにするためにはBG estimationが大事!!
 - 現在進行中でこの夏の解析の鍵!!
- 1jetについてHiggsがBoostしているトポロジーが面白い

Background

- **主な背景事象: 異符号の2leptonとMissing ETがあるプロセス**
 - $Z \rightarrow \tau\tau$: 最も大きいBG、 τ 粒子は本物 → **Embedding Method**
 - 実際のデータで $Z \rightarrow \mu\mu$ イベントの $\mu \rightarrow \tau$ と置き換えシミュレーション
 - Jetなどがデータをそのまま使用できる
 - $Z \rightarrow ee/\mu\mu$: 基本的にはMCを信じる
 - Missing E_T と m_{LL} 分布を用いて実際のデータで補正
 - **single top, ttbar, Diboson**: MCを信じて評価
 - **W+Jets, QCD**: Jet $\rightarrow$ leptonとfakeするevent
 - MCではfake eventsの評価は困難 → **data driven**で見積もる
- **Fake events**
 - 2012年は、Tight triggerになる
 - そのため、2011年で使った方法は適用できないかもしれない
 - 講演者は、新しい方法として**Fake Factor method**を研究した
 - W+Jets, QCDイベントについてこれを適用した

Fake factor method

- データから **Tight+Fakable lepton** なイベント (**Fakable CR**) を選択
- Tight lepton 1 本、Fakable な **LNT (Loose Not Tight)** lepton 1 本

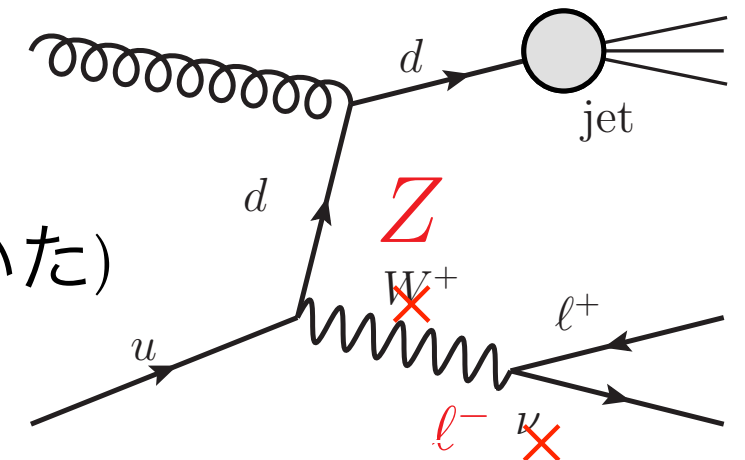
$$N_{1\text{Tight}+1\text{Fake}} = \frac{N_{\text{Tight}}}{N_{\text{LNT}}} \times N_{1\text{Tight}+1\text{LNT}}$$

Estimated Fake BG
Fake Factor
Fakable CR

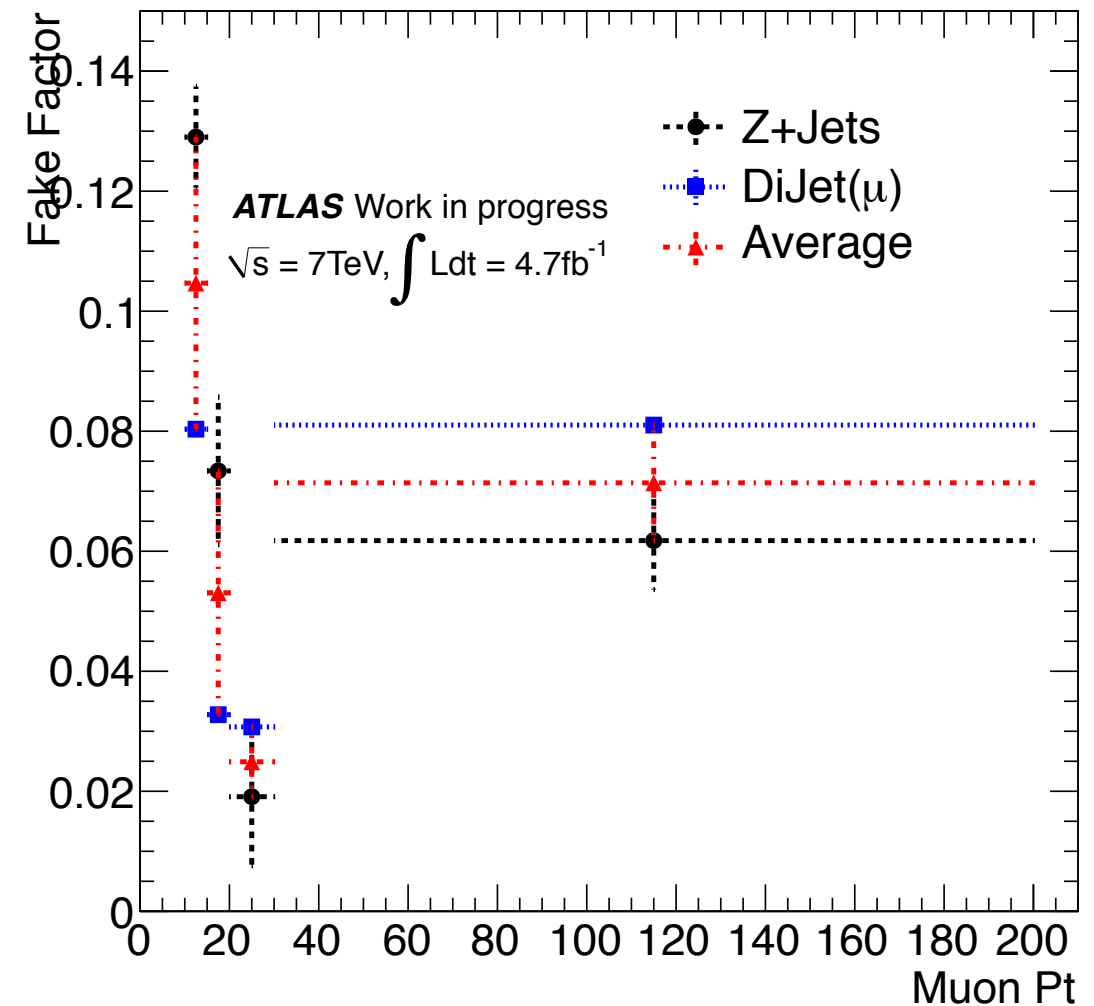
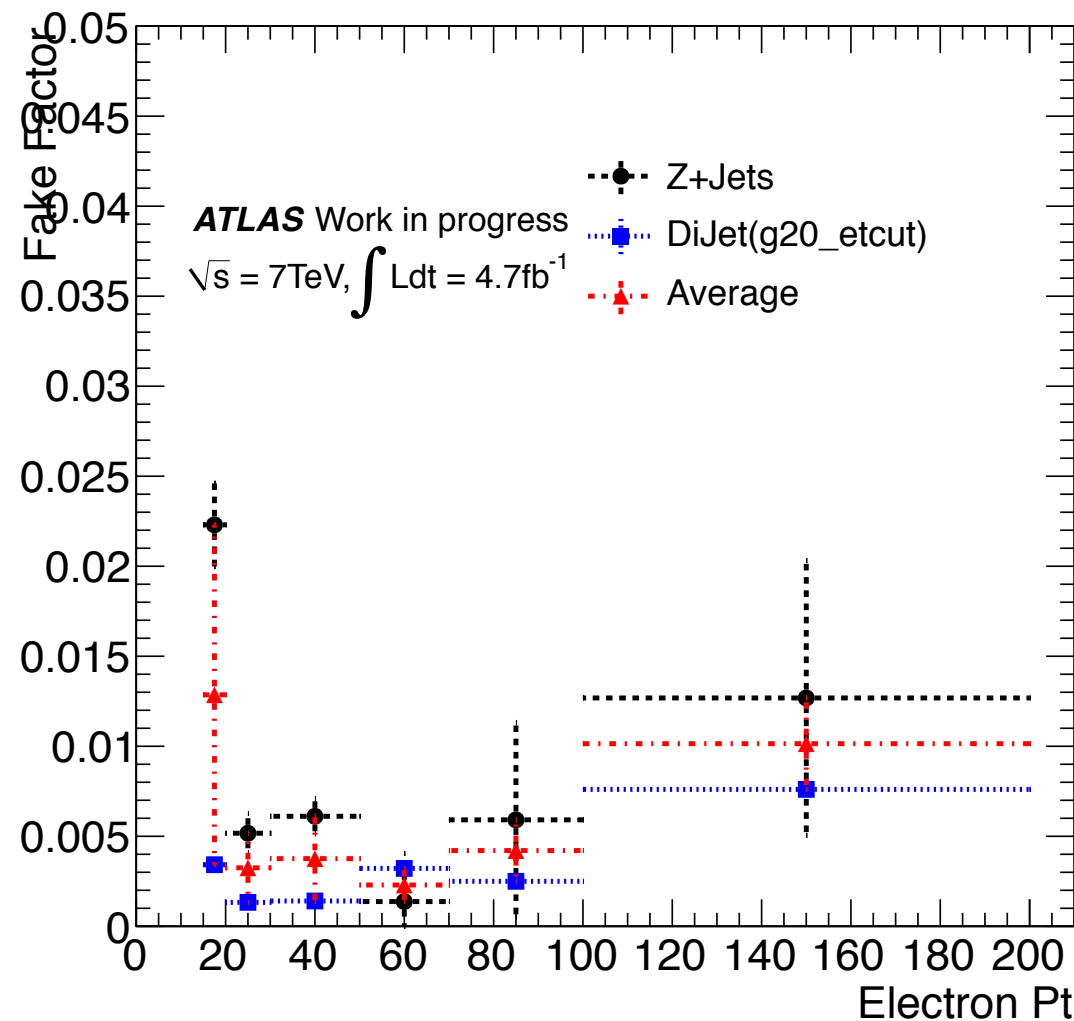
- Fake Factor を用いて Fakable CR から SR に Fake BG を外挿

- Loose だが Tight ではない lepton を **Loose Not Tight (LNT)** と定義

- Fake Factor は **Z+Jets** データから見積もる
 - まず Z をタグする、タグした Z の他に W/Z があればイベントを Veto する
 - **長所**: quark/gluon jet 比が W+Jets イベントと似ているためより正確
また Z からのレプトンでトリガーをかけるためバイアスが少ない
 - **短所**: 統計量が少なく、Diboson のイベントが残る
- また **Multi-Jet** からも見積もる
 - **長所**: 高統計 (→ Muon Fake は統計が少なく Dijet を用いた)
 - **短所**: trigger bias, gluon jet が多い

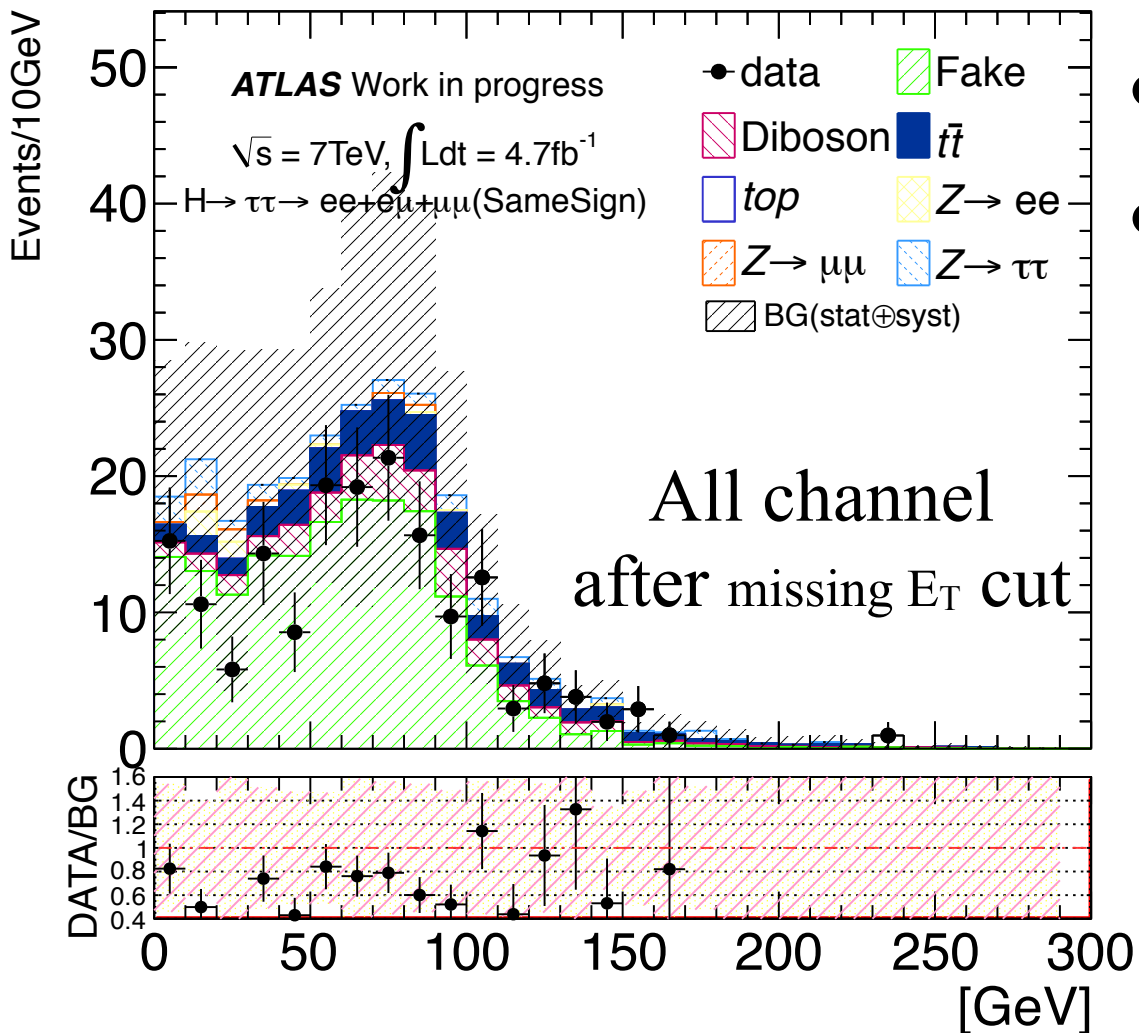


Fake Factor measurement



- Z+Jetsとmulti-Jetではquark/gluon jet ratioが違う
 - Fake factorにはそれを考慮する必要がある
 - Z+Jetsとmulti-Jetの平均を取り両値をカバーする大きな系統誤差をつける

Fake estimation check



- Same Sign CRでの1st leptonの横方向質量分布
- Same SignはOpposite Signに比べEW BGの寄与が少ないためcheckに用いた

Fake events Result		
	Official(Template)	Fake Factor
VBF	$1.3 \pm 0.8 \pm 0.6$	$2.00 \pm 0.26 \pm 0.83$
VH	$13 \pm 2 \pm 5$	$15 \pm 0.7 \pm 7$
1jet	$30 \pm 4 \pm 12$	$30 \pm 0.9 \pm 15$
0jet	$1183 \pm 12 \pm 473$	$3713 \pm 9 \pm 2858$

- 全てのカット後のfake eventsは現在のofficial methodと良い一致
 - Fake Factor methodではまだ大きな系統誤差がある(~60%)
- 2012年Runでは、isolation triggerが掛かっているためOfficial methodが上手く働かないかもしれない
 - 本方法が今年重要になる!!

Event Selection

Base Selection

- (1) **Trigger:** Exact 2lepton with O.S.
- (2) **Z,QCD suppress:** m_{LL} Veto, Missing E_T cut
- (3) **τ event enhance:** **Collinear**, $\Delta\phi_{LL}$ cut
- (4) **Jet Tag:** 1st Jet $p_T > 40\text{GeV}$

$$x_{1,2} = \frac{p_{\text{vis}1,2}}{p_{\text{vis}1,2} + p_{\text{miss}1,2}} \quad m_{\tau\tau}^{\text{collinear}} = \frac{m_{\ell\ell}}{\sqrt{x_1 x_2}}$$

- VBF,VHは2nd Jetまで要求
- VBF,VHをfailしたら1jet
- 1jetもfailしたらreject
- MCの不定性を小さくできる

2jet VBF

- (5) 2nd Jet $p_T > 25\text{GeV}$
- (6) $\Delta\eta_{JJ} > 3.0$:rapidity gap
- (7) **$m_{JJ} > 300\text{GeV}$**
- (8) Central Jet Veto

1jet

- (5) VBF,VH Veto
- (6) $m_{\tau\tau J} > 225\text{GeV}$

2jet VH

- (5) 2nd Jet $p_T > 25\text{GeV}$
- (6) $\Delta\eta_{JJ} < 2.0$
- (7) **$m_{JJ} < \text{is near } m_{W/Z}$**

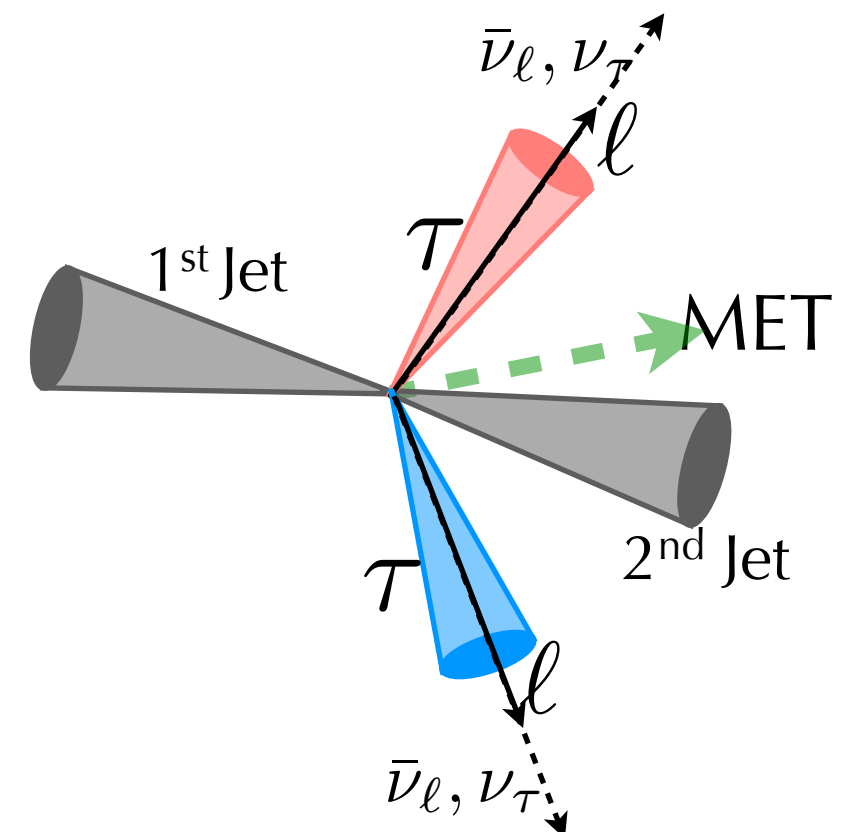
1st Jet $> 40\text{GeV}$

VBF

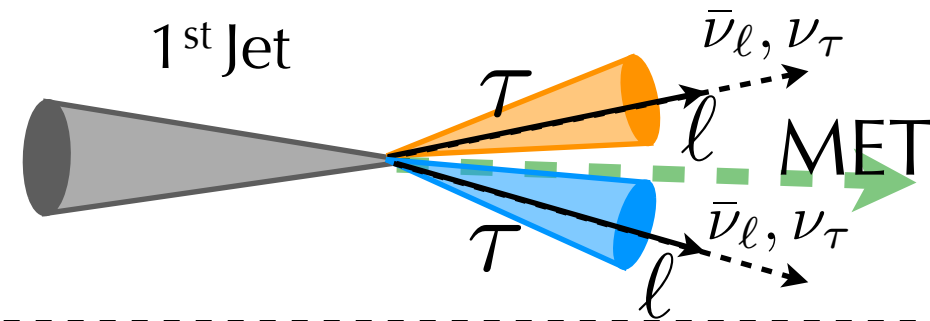
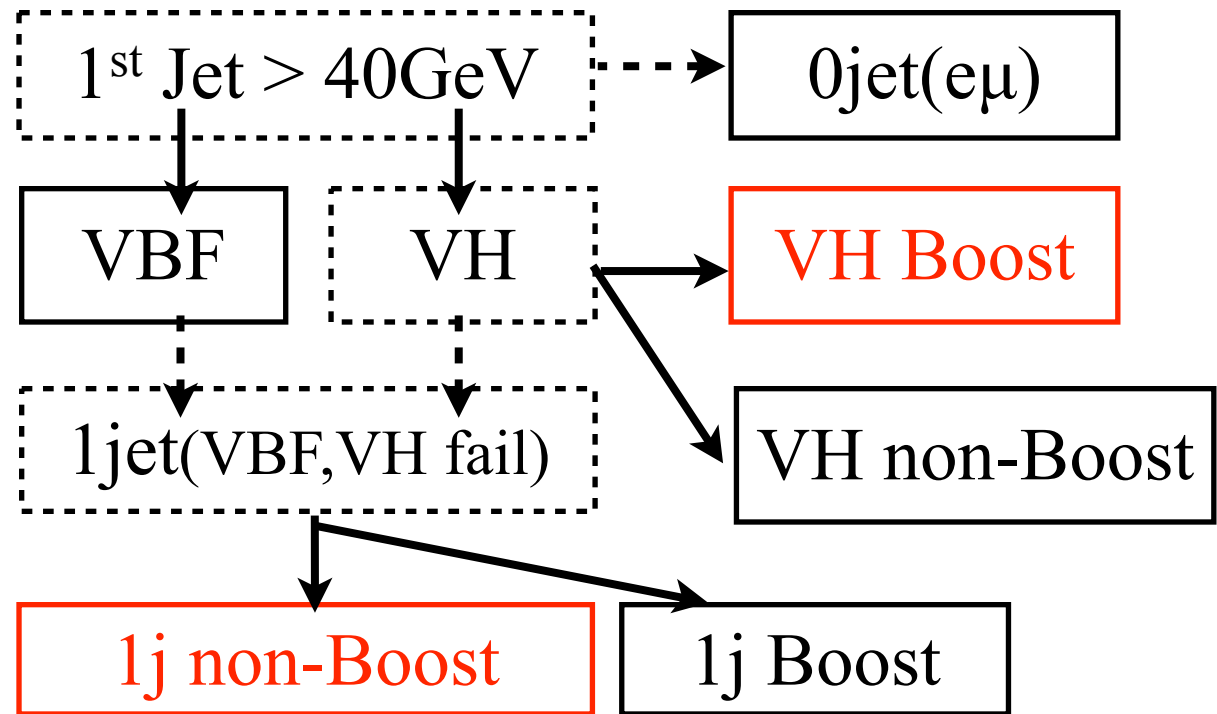
VH

1j(VBF,VH fail)

0jet(e μ)



Boosted category



$$S_{\text{Poi}} = \sqrt{2((s+b) \ln(1 + \frac{s}{b}) - s)}$$

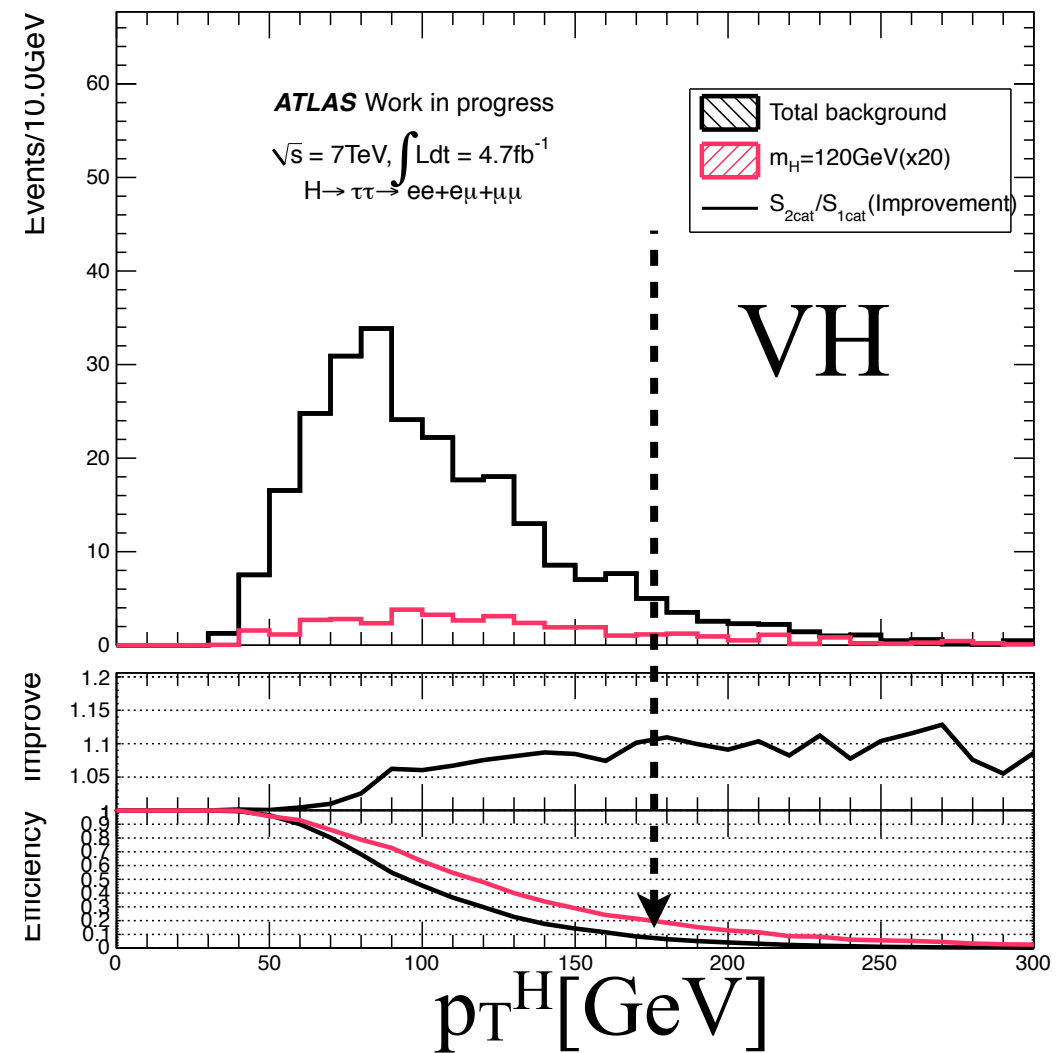
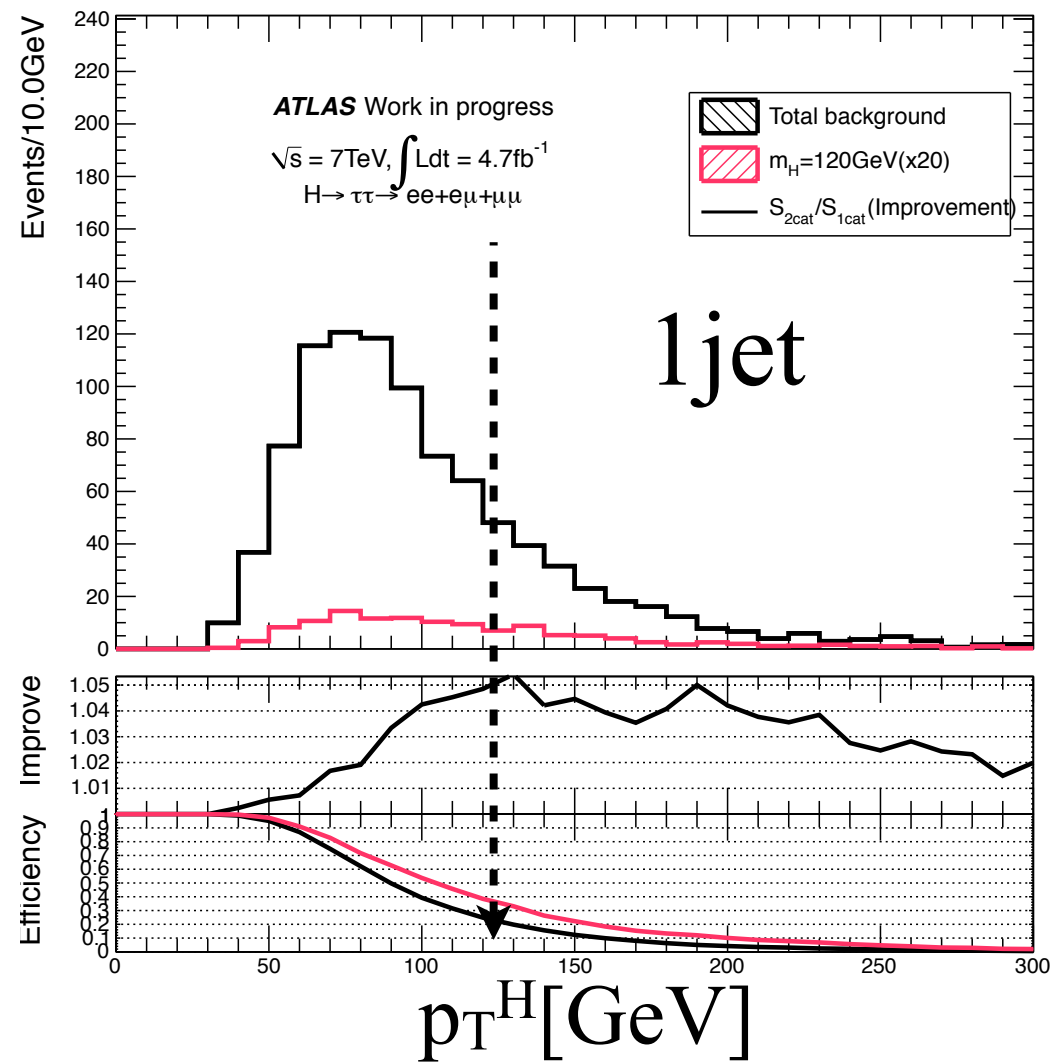
$$S_{1\text{categ}} = S(s_{\text{All}}, b_{\text{All}})$$

$$S_{2\text{categ}} = \sqrt{(S_{\text{high Pt}})^2 + (S_{\text{low Pt}})^2}$$

(Improvement = $S_{2\text{categ}}/S_{1\text{categ}}$)

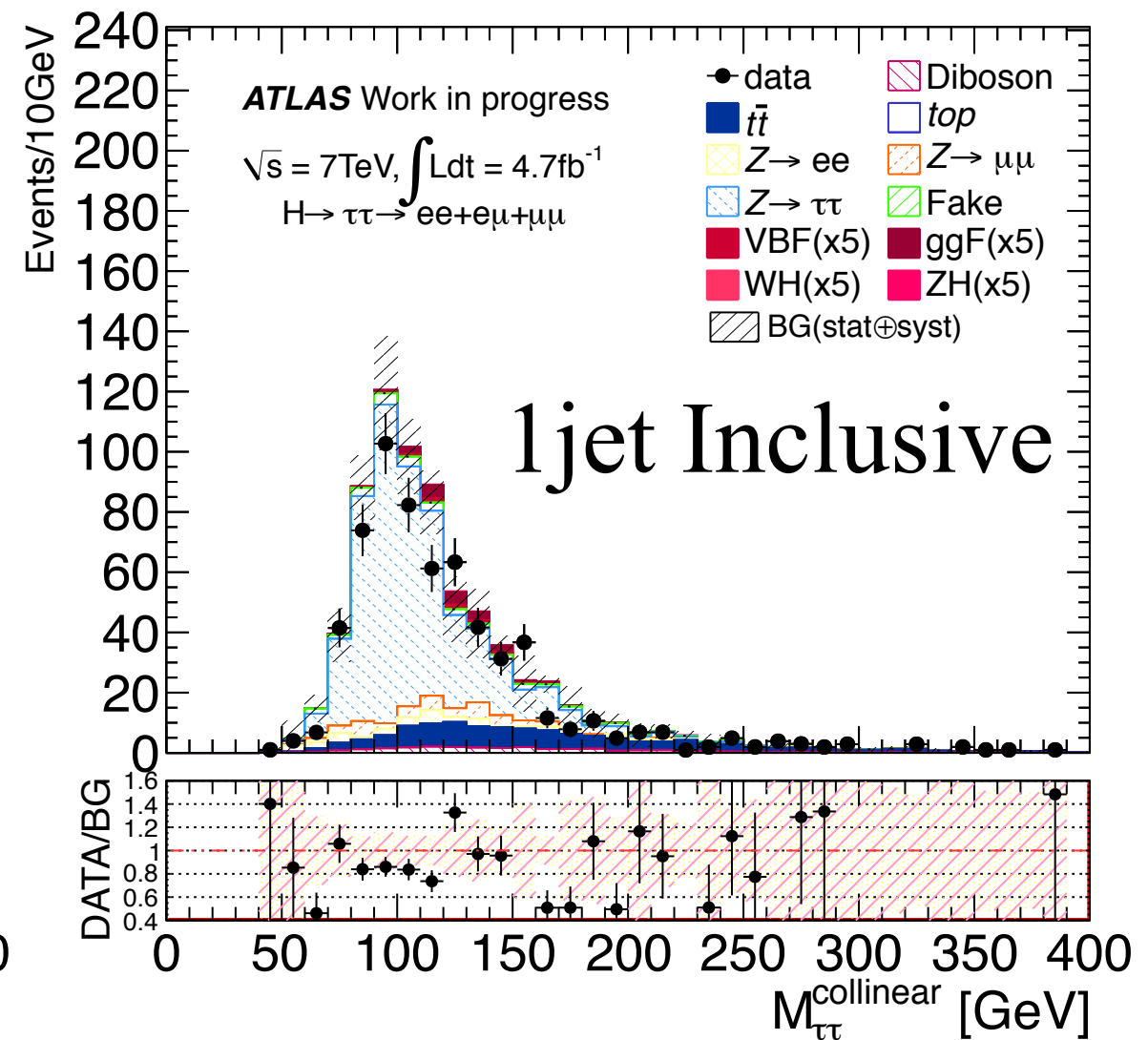
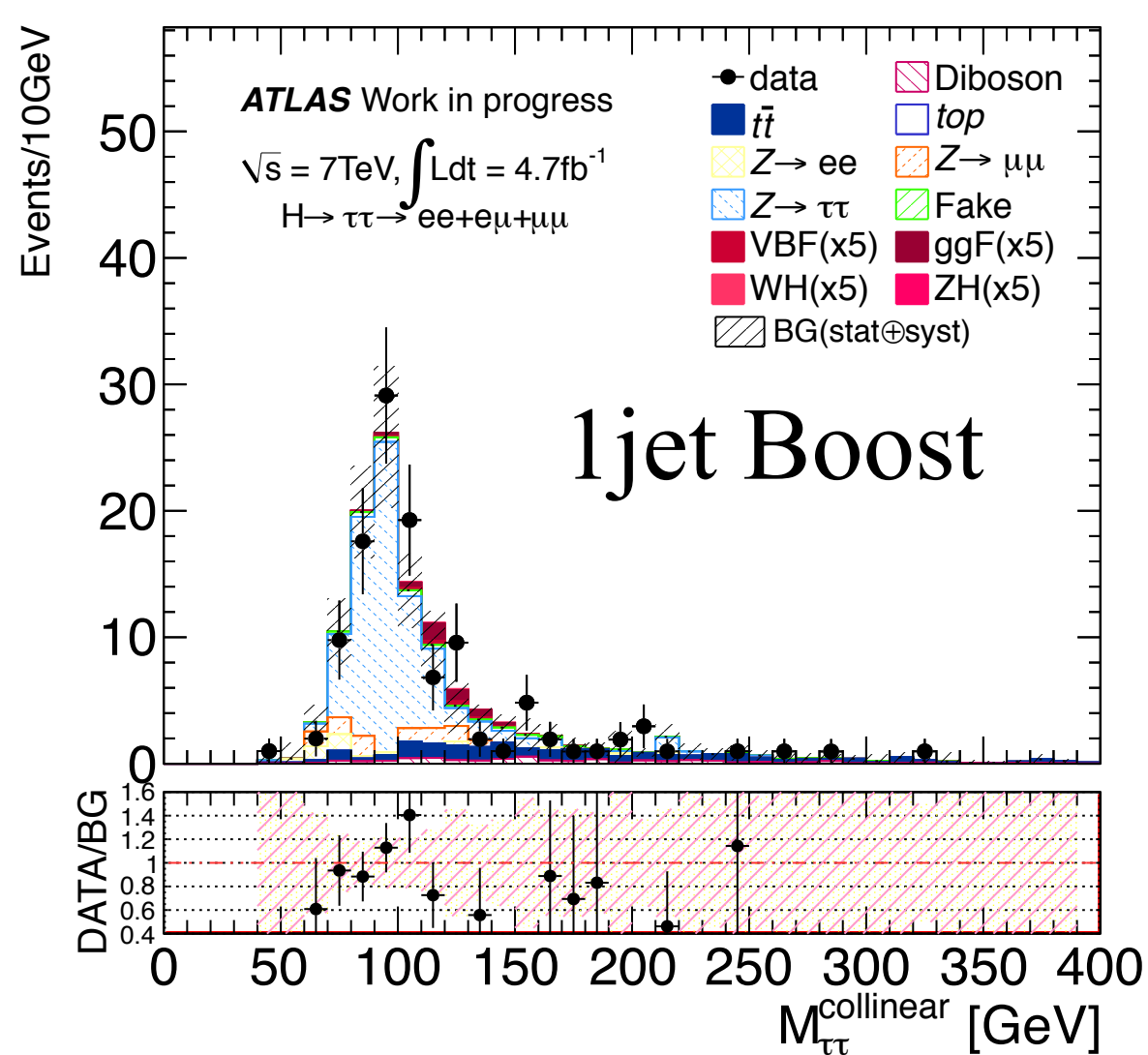
- ヒッグス粒子がBoostされているイベントを考える
- MotivationはS/Nを改善するカテゴリーゼーションで感度向上を期待
- 再構成されたヒッグス粒子の p_T^H についてPoisson significanceをスキャン
- Improvementが最大になる値で、High/Low p_T categoryに分割
- 基本的にはVH, 1jetについて適用した
- 2011年データで開発し、2012年データから適用する予定

Optimization



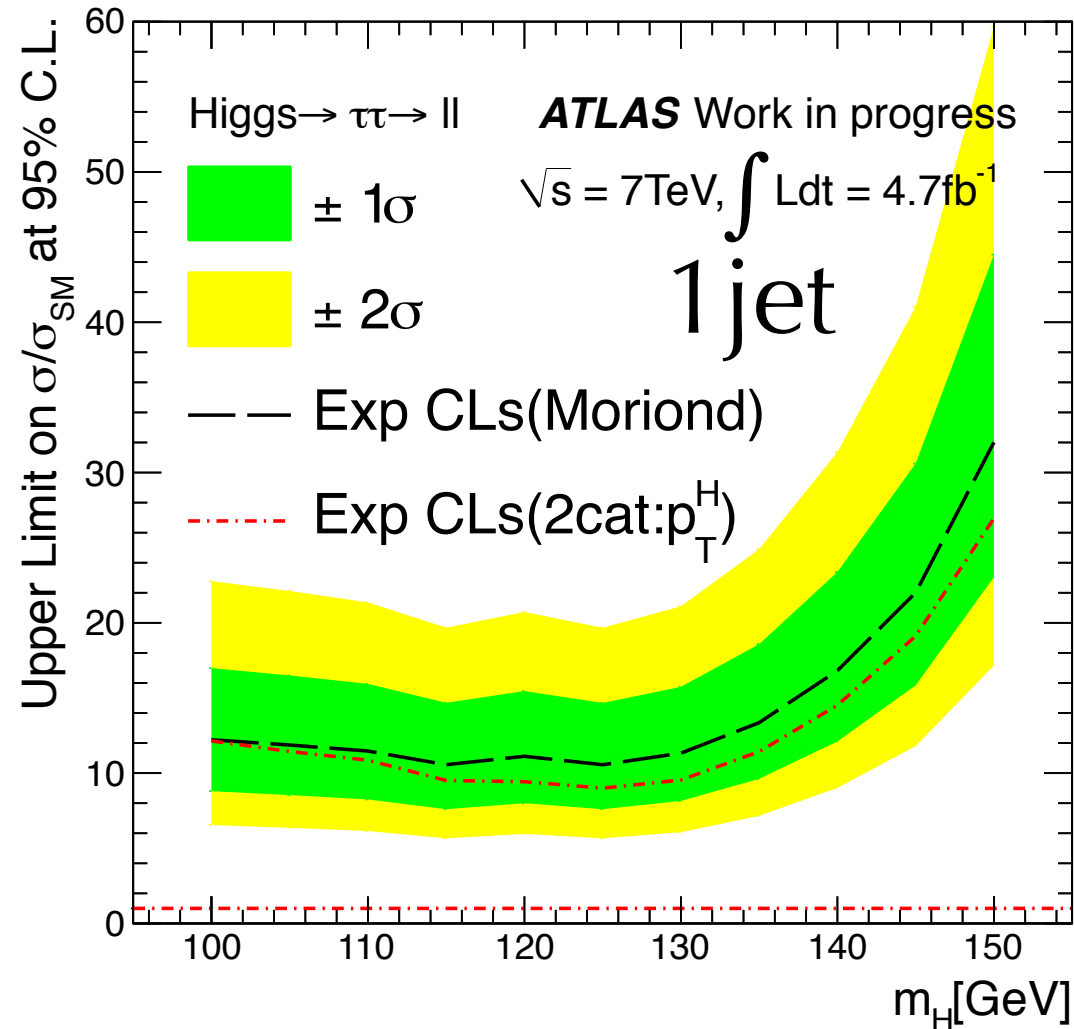
- p_T^H をhigh/low p_T に分けたときsignificanceが最大になる点
- 1jetは125GeV, VHは175GeV
- この値でcategoryをsplitする

Boosted Events

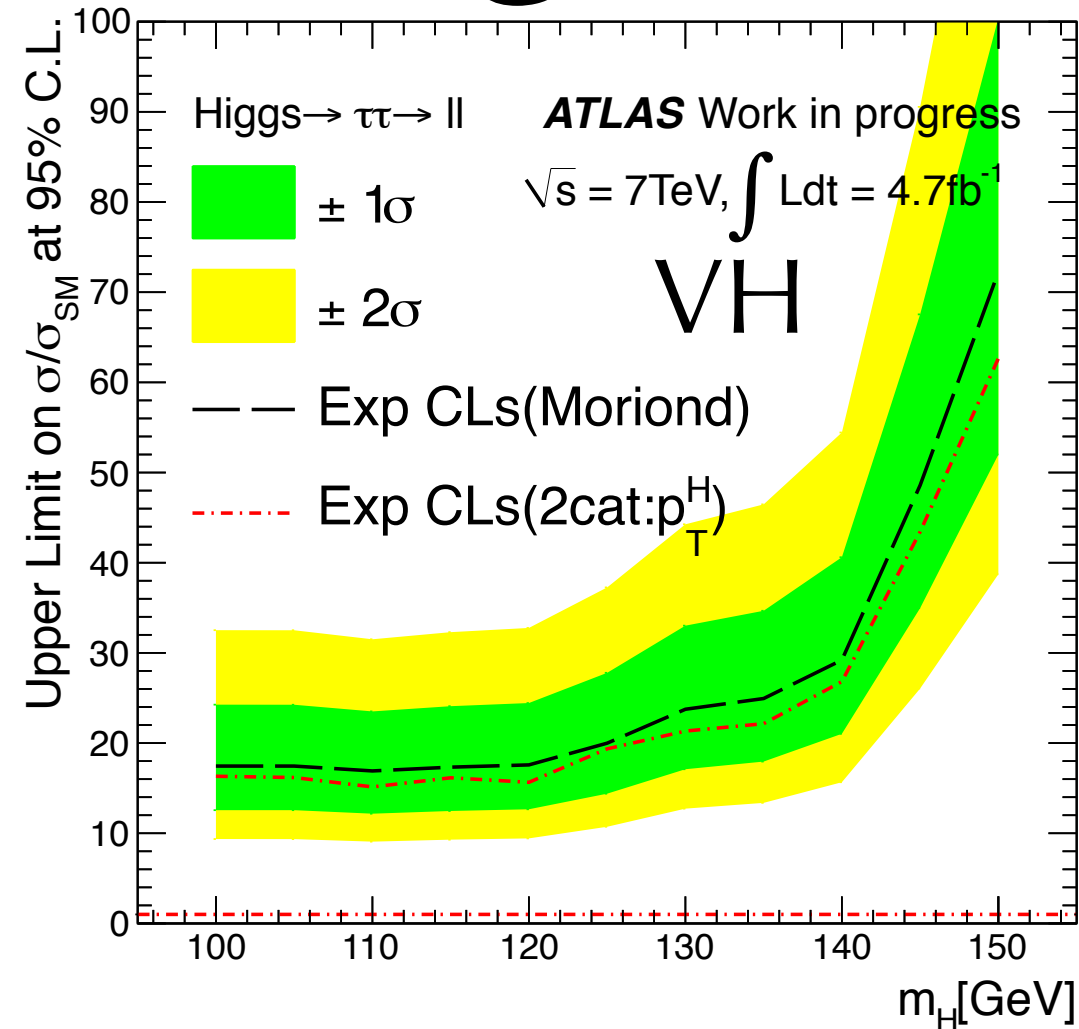


- $Z \rightarrow \tau\tau$ が支配的だが、mass resolutionが改善
 - HiggsがBoostされるためcollinear近似が綺麗に成立
- それぞれのcategoryに対してexclusion limitを付ける

Limit setting



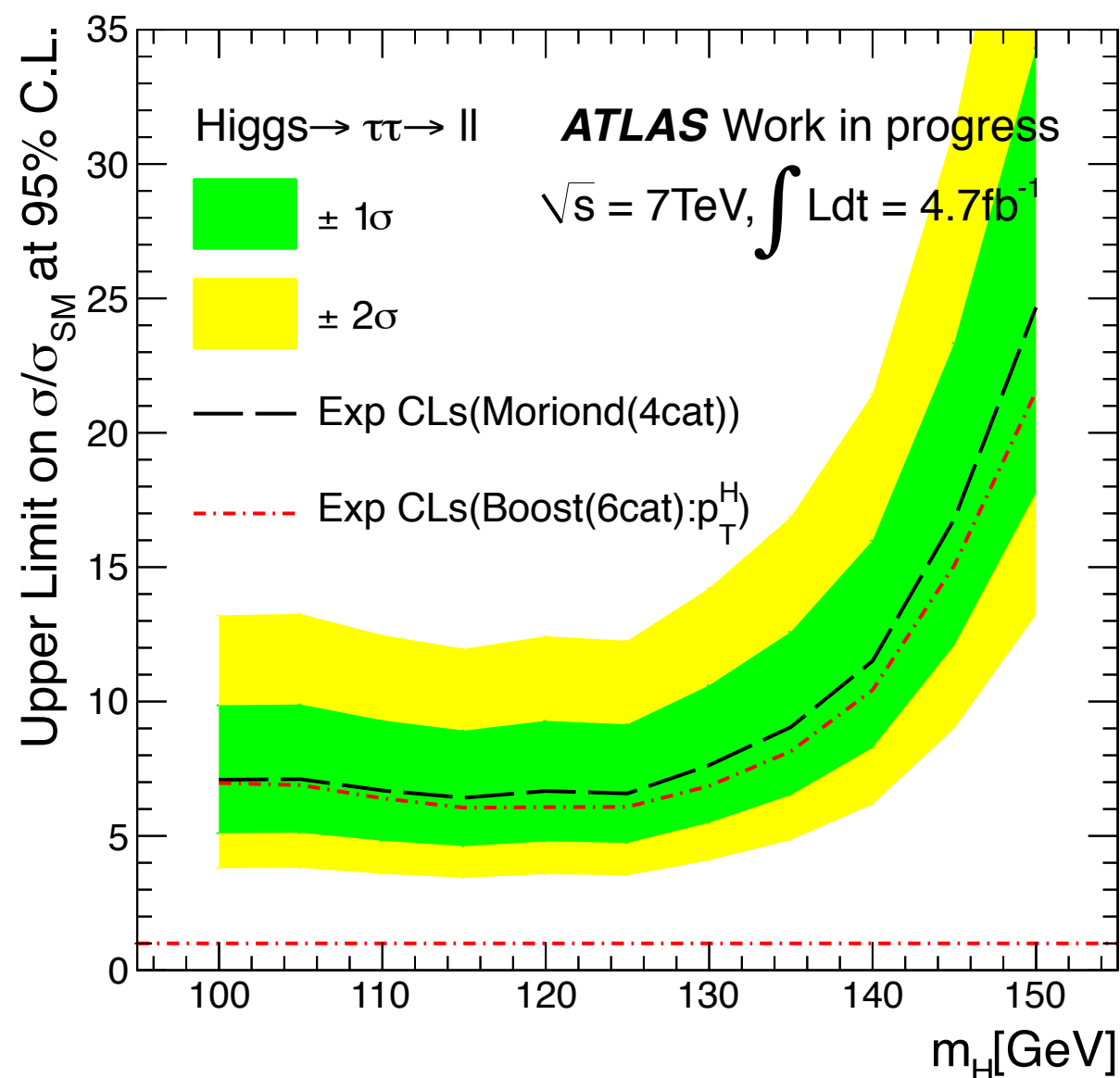
$m_H [\text{GeV}]$	115	120	125	130
Moriond	10.6	11.1	10.6	11.3
2cat: p_T^H	9.5	9.4	9.0	9.5



$m_H [\text{GeV}]$	115	120	125	130
Moriond	17.3	17.6	20.0	23.8
2cat: p_T^H	16.2	15.7	19.4	21.3

- 1jet, VHともに10%程度の改善を得た
- すべてのチャンネルをコンバインして比べる

Boosted result



- 黒: 2011年 categorization
- 赤: p_T^H を使ってBoosted

m_H [GeV]	115	120	125	130
Moriond	6.42	6.67	6.58	7.63
6cat: p_T^H	6.05	6.07	6.08	6.86

- Boosted category combinedで約10%改善
 - Jetより p_T^H を用いるほうが良い
 - 結果はgroupにproposal中

Conclusion & Plan

- 系統誤差が大きく、2012年解析で鍵となるfake eventsについて新たな方法を $H \rightarrow \tau\tau \rightarrow \text{lelep}$ に対して適用した
 - 既存の方法とコンシステントな結果を得た
 - Fake factorについてはさらに系統誤差を詰める必要がある
- Boost Higgsを $H \rightarrow \tau\tau \rightarrow \text{lelep}$ に対して初めて適用
 - ヒッグス粒子の生成断面積の制限について10%の改善を得た
- この夏の計画
 - VBF BG estimationに斬り込んでいく
 - 質量再構成についてもimproveしていきたい
 - 今年のデータで何が明らかになるか乞うご期待!!

「〇」
| 発 | ハハ
| 見 | °ω°)
| ! | / /
「〇」 (ゝ)
し へ”

Back Up!



Isolation

