

# LHC-ATLAS 実験における $H \rightarrow WW \rightarrow l\nu l\nu$ を用いた ヒッグス粒子の性質測定のための背景事象の研究

岸本巴、藏重久弥、山崎祐司、Li Yuan、<sup>A</sup> 増渕達也、<sup>B</sup> 吉原圭亮

神戸大理、<sup>A</sup> 東大素セ、<sup>B</sup> 東大理

Sep 21 2013

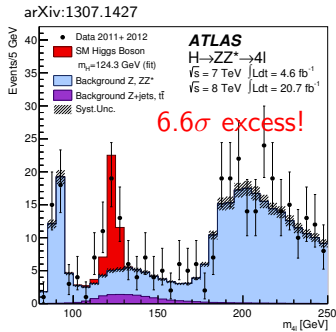


# Introduction

- ヒッグス粒子発見を発表 2012/07/04
- その性質測定が非常に重要：
  - 質量、結合定数、スピン
  - 本当に標準模型ヒッグスなのか？

## ● $H \rightarrow WW^* \rightarrow l\nu l\nu$ の特徴

- $\gamma\gamma, ZZ^* \rightarrow 4l$  と比較して質量分解能が悪い
- 崩壊分岐比は大きく、背景事象も比較的に少ないため  
結合定数やスピンの測定に高感度



# Analysis strategy

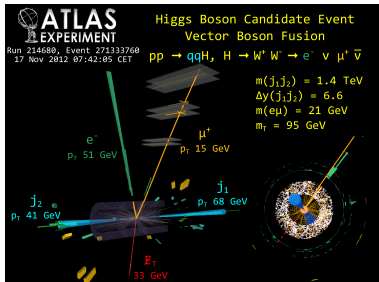
## ● 信号の特徴

- 高横運動量のレプトンが二つ (逆電荷)  
+ 横消失エネルギー ( $E_T$ )

## ● 終状態、ジェット数で解析を分割

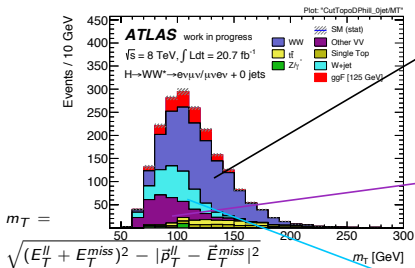
$$\left\{ \begin{array}{l} e\mu/\mu e \\ ee/\mu\mu \end{array} \right\} \times \left\{ \begin{array}{l} 0 \text{ jet} \\ 1 \text{ jet} \\ \geq 2 \text{ jet} \end{array} \right\}$$

- $e\mu$  :  $p_T^{\text{electron}} > p_T^{\text{muon}}$
- 各チャンネルで事象選別を最適化



現在、 $e\mu/\mu e$  (Different Flavour) + 0 jet チャンネルが  
高統計で背景事象も少なく測定精度を決定している

# Background estimation in Different Flavour



WW, Top, Z+jets  
 コントロール領域を用いてMCを規格化

WZ/ZZ/W $\gamma$ /W $\gamma$ \*  
 シミュレーションを用いた見積もり

**W+jet Fake Factor** × コントロール領域

信号領域の数  
 $N_{\text{one id+one fake}}$

コントロール領域の数  
 $N_{\text{one id+one anti-id}}$

Fake Factor  

$$N_{\text{one id+one fake}} = \frac{N_{\text{id obj}}}{N_{\text{Anti-id obj}}} \times N_{\text{one id+one anti-id}}$$

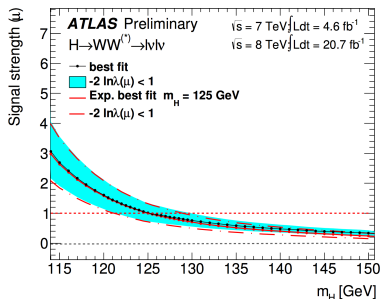
MCを用いた見積もりが困難、データを用いた見積もり

# Moriond results: ATLAS-CONF-2013-030

- 125 GeV における信号強度 ( $\mu_{obs} = \sigma/\sigma_{SM}$ ):

$$\mu_{obs} = 1.01 \pm 0.21(\text{stat.}) \pm 0.19(\text{theo.system.}) \pm 0.12(\text{expt.system.}) \pm 0.04(\text{lumi.})$$

Uncertainty on $\mu$	up (%)	down (%)
Statistics	+21	-21
Signal Yield	+12	-9
WW Normalization	+12	-12
Objects/ DY background	+9	-8
Signal Acceptance	+9	-7
MC Statistics	+7	-7
W+jet fake factor	+5	-5
Other Bkgs. (Theory)	+5	-4
<b>Total</b>	<b>+32</b>	<b>-29</b>



- $H \rightarrow WW^* \rightarrow l\nu l\nu$  を用いた解析は、理論的誤差/系統誤差が支配的になりつつある

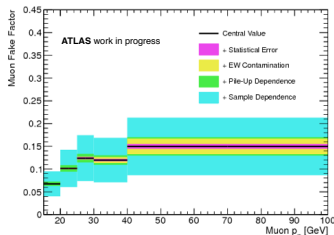
# Present situation of systematics

- Diboson 事象に対する理論的誤差:

	$W\gamma^*$	WZ	$W\gamma$	ZZ
0 jet	<b>16%</b>	4%	<b>11%</b>	4%
1 jet	<b>29%</b>	4%	<b>53%</b>	4%

- W+jets 事象に対する系統誤差:
  - Fake Factor はデータから di-jets 事象を用いて計算。
  - Di-jets 事象と W+jets 事象の jet の組成の違いが主な系統誤差、約 40%

## Muon Fake Factor

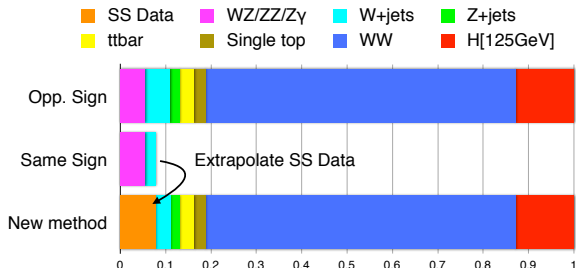


→ この Diboson 事象に対する理論的誤差と W+jets 事象に対する系統誤差を削減するのが本研究の目的

# The idea

- 終状態が **Same Sign(SS)** のデータを用いた、  
W+jets + di-boson(ZZ/WZ/W $\gamma$ /W $\gamma^*$ ) の見積もり方法の開発

Background composition in 0/1 jet bin :  $e\mu$  and  $\mu e$  channel



$$\begin{aligned}
 \bullet \quad n_{OS}^{\text{diboson}} + n_{OS}^{\text{Wjets}} &= n_{SS}^{\text{data}} + (n_{OS}^{\text{Wjets}} - n_{SS}^{\text{Wjets}}) \\
 &= n_{SS}^{\text{data}} + \text{fakefactor} \times (n_{OS}^{\text{WjetsC.R}} - n_{SS}^{\text{WjetsC.R}})
 \end{aligned}$$

# The idea

- Di-boson 背景事象を”full data-driven”で見積もる事が可能

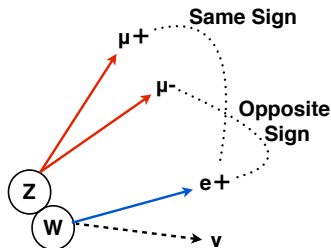
- Normalization/shape 共にデータから見積もられる
- 理論的誤差が不必要

← Di-boson 事象が OS=SS であるという仮定に基づく

- W+jets 事象も一部が SS データから見積もられる

- Fake factor によって見積もるのは  $n_{OS}^{Wjets} - n_{SS}^{Wjets}$ 、約 40%の減少

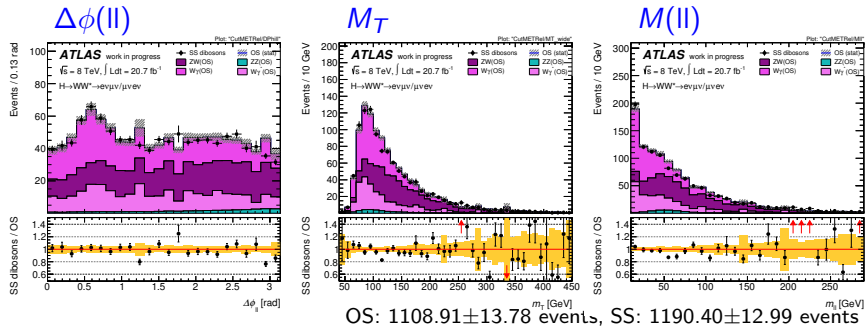
→ W+jets 背景事象に対する系統誤差も削減することが可能





# The assumption

- Diboson 事象が **OS=SS** であるという仮定を MC を用いて確認
- イベント選別：
  - $p_T^{lead} > 22 \text{ GeV}$ ,  $p_T^{sublead} > 10 \text{ GeV}$ ,  $E_{T,rel}^{miss} > 25 \text{ GeV}$
- $\Delta\phi(\ell\ell)$ : レプトン間の  $\Delta\phi$ ,  $M_T$ : 横質量,  $M(\ell\ell)$ : ダイレプトンの不変質量

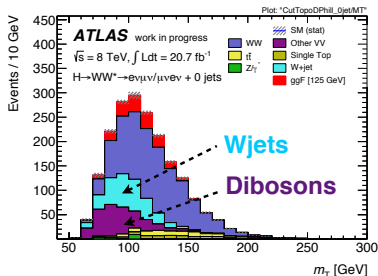


- Normalization/shape が OS と SS で一致!

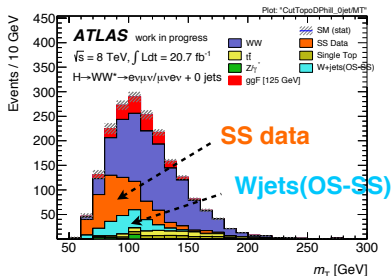
# New method vs current estimation

- 0jet 信号領域\* における横質量:

現行の見積もり方法



新しい方法



- " $n_{OS}^{diboson} + n_{OS}^{Wjets}$ " を " $n_{SS}^{data} + (n_{OS}^{Wjets} - n_{SS}^{Wjets})$ " で置換
- $1787 \pm 13 \rightarrow 1789 \pm 25$  events. 有意な差はない

\*  $p_T > 22, 10$  GeV,  $m_{ll} > 10$  GeV,  $E_{T,rel}^{miss} > 25$  GeV,  $n^{jet}=0$ ,  
 $\Delta\Phi_{ll,MET} > 1.57$ ,  $p_{T,ll} > 30$  GeV,  $m_{ll} < 50$  GeV,  $\Delta\Phi < 1.8$

# Systematic uncertainties

- 信号領域における各背景事象数：事象数  $\pm(\text{stat.})\pm(\text{syst.})$

	$W\gamma$	$W\gamma^*$	$WZ$	$ZZ$	$W\text{jets}$	SSData	Total	Err.
0j Old	53.3 $\pm 2.96 \pm 5.9$	24.8 $\pm 1.5 \pm 4.0$	17.5 $\pm 0.9 \pm 0.7$	1.2 $\pm 0.1 \pm 0.1$	165.9 $\pm 2.5 \pm 66.4$		262.7 $\pm 4.2 \pm 66.8$	25%
0j New					90.1 $\pm 3.1 \pm 36.1$	159.2 $\pm 14.0 \pm 0.0$	249.3 $\pm 14.3 \pm 36.1$	16% <i>36% down</i>
1j Old	18.3 $\pm 1.7 \pm 9.7$	5.3 $\pm 1.2 \pm 1.5$	12.6 $\pm 0.7 \pm 0.5$	0.9 $\pm 0.1 \pm 0.0$	47.68 $\pm 1.6 \pm 19.1$		84.7 $\pm 2.7 \pm 21.5$	25%
1j New					22.7 $\pm 1.9 \pm 9.1$	62.0 $\pm 8.3 \pm 0.0$	84.8 $\pm 8.5 \pm 9.1$	15% <i>40% down</i>

- 0j:  $263 \pm 4(\text{stat.}) \pm 67(\text{syst.}) \rightarrow 249 \pm 14(\text{stat.}) \pm 36(\text{syst.})$
- 1j:  $85 \pm 3(\text{stat.}) \pm 22(\text{syst.}) \rightarrow 85 \pm 9(\text{stat.}) \pm 9(\text{syst.})$

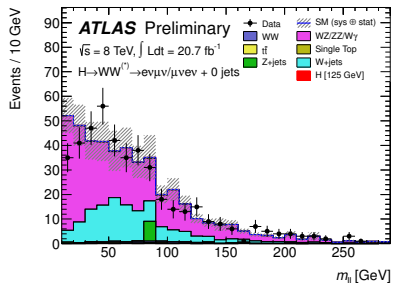
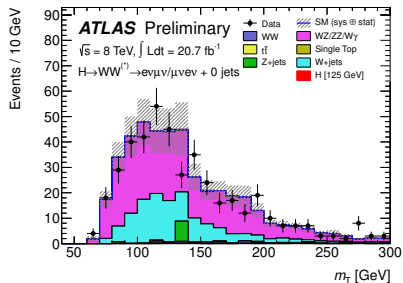
**Di-boson と W+jets に関する誤差を約 40%削減!**

# Summary

- $H \rightarrow WW \rightarrow l\nu l\nu$  を用いた解析では系統誤差が支配的になりつつある
- **SS data** を用いた di-boson と  $W$ +jets 事象の見積もり方法を開発した
  - Di-bosons 事象は normalization/shape 共にデータから見積もられるため、**理論的誤差が不要**
  - $W$ +jets 事象も一部 (約 40%) がデータから見積もられる
  - Di-boson と  $W$ +jets 事象に関して約 40%の系統+統計誤差の削減
  - 将来、高統計下ではより強力

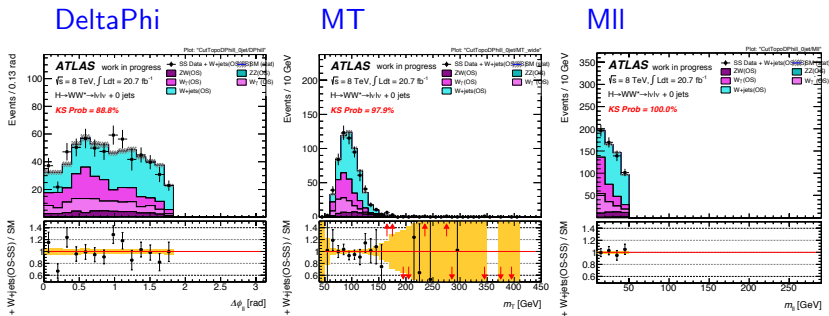
# Backup

# Same Sign plots



# OS-SS vs Nominal MC

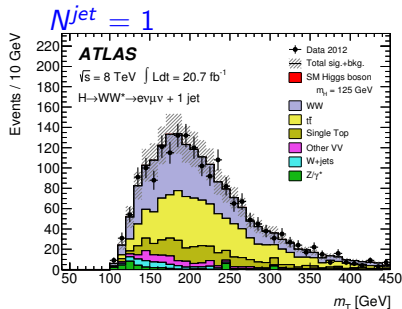
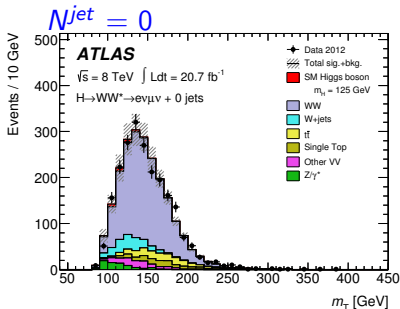
- "SS Data + DD Wjets(OS-SS)" vs "di-boson(OS) + DD Wjets(OS)"  
new method
our current estimate
- **Dots** : 新しい方法
- **Histograms** : 現行の方法



# WW control region

- 事象選別:

- $p_T > 25, 15 \text{ GeV}, m_{ll} > 10 \text{ GeV}, E_{T,rel}^{miss} > 25 \text{ GeV}$
- $\Delta\Phi_{ll,MET} > 1.57, p_{T,ll} > 30 \text{ GeV}, 50 < m_{ll} < 100 \text{ GeV}$



- Normalization factor 0jet:  $1.16 \pm 0.04$ , 1jet:  $1.03 \pm 0.06$



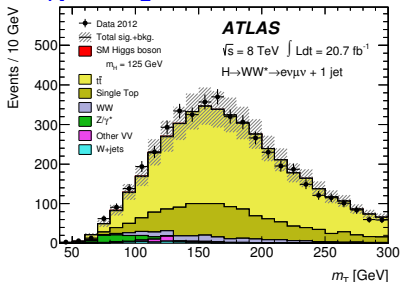
# Top control region

- Top 0jet: Jet Veto Survival Probability method

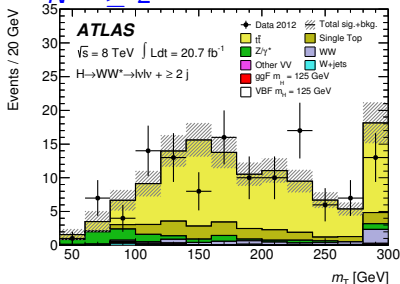
$$N_{top}^{exp}(0j) = N_{all}^{Data-non-top} \times \frac{N_{top,0j}^{MC}}{N_{top,all}^{MC}} \times \left( \frac{P_1^{Btag,data}}{P_1^{Btag,MC}} \right)^2$$

- Top 1jet: b-jet を要求,  $\Delta\Phi$ ,  $m_{ll}$  カットを取り除く

$N_{jet} = 1$



$N_{jet} \geq 2$

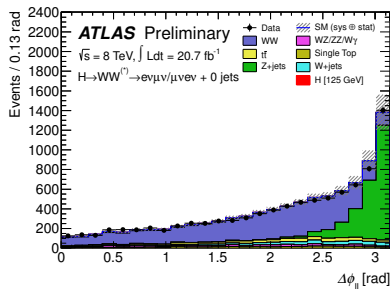


- Normalization factor 0jet:  $1.07 \pm 0.03$ , 1jet:  $1.04 \pm 0.02$

# Z+jets control region

- 事象選別:

- $p_T > 25, 15 \text{ GeV}, m_{ll} > 10 \text{ GeV}, E_{T,rel}^{miss} > 25 \text{ GeV}$
- $m_{ll} < 80 \text{ GeV}, \Delta\Phi > 2.8$



- Normalization factor 0jet: 0.90, 1jet: 0.91