

# LHC-ATLAS 実験における $H \rightarrow WW^* \rightarrow l\nu l\nu$ 崩壊チャンネルを用いたヒッグス粒子の 信号強度測定のための背景事象の研究

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

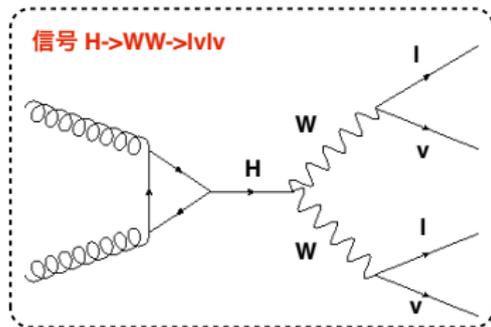
神戸大理、<sup>A</sup> 東大理、<sup>B</sup> 東大素セ

Mar 28 2014



# イントロダクション

- $H \rightarrow WW^* \rightarrow l\nu l\nu$  では終状態に2つのニュートリノを伴うため、不変質量の完全な再構成が困難。
- 従って質量分解能が悪く背景事象との区別が難しい。

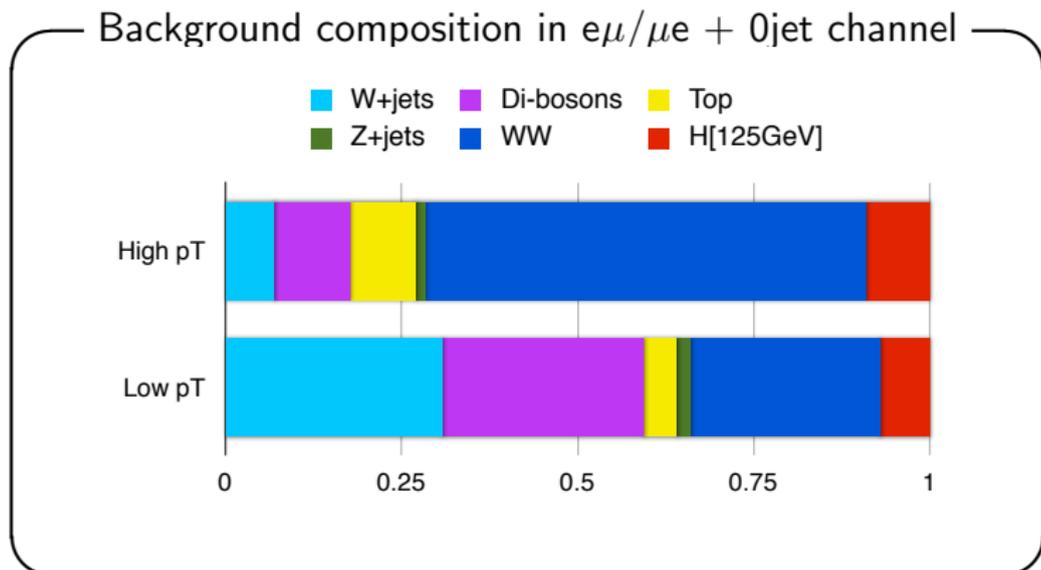


→ 予想される背景事象を正確に見積もる事が重要

- Lepton の  $p_T$  閾値を下げることで、統計誤差の改善を試みている。
  - $p_T^{\text{lead}} > 25, p_T^{\text{sublead}} > 15$  GeV (Moriond 2013, ATLAS-CONF-2013-030)  
→  $p_T^{\text{lead}} > 22, p_T^{\text{sublead}} > 10$  GeV
  - 約 10%の信号強度の測定精度の向上を予想。

# 信号領域における背景事象の割合

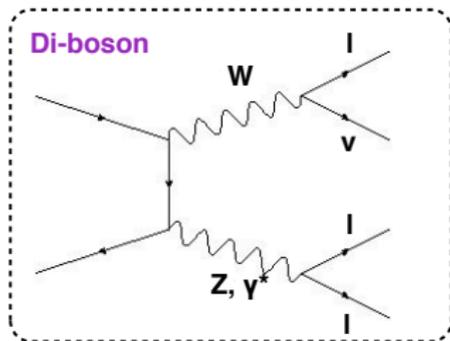
- High  $p_T$ :  $p_T^{\text{sublead}} > 15$  GeV, Low  $p_T$ :  $p_T^{\text{sublead}} = 10-15$  GeV



- Di-bosons( $wz/zz/w\gamma(*)$ ) と W+jets 背景事象の理解が重要。

## Di-boson 背景事象

- "Di-boson" 背景事象は  $W\gamma^*/WZ/W\gamma/ZZ$  事象からなる。
- MCシミュレーションをベースにした見積もりを行う。
- 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%

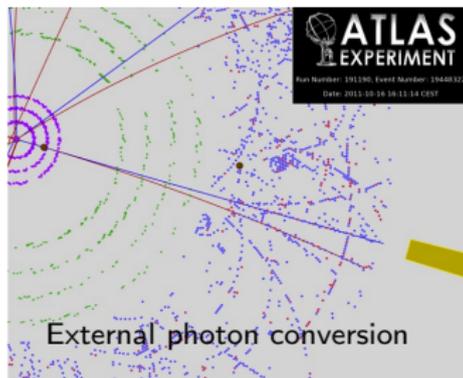
- 不定性の大きい  $W\gamma^*/W\gamma$  に関して、 $W\gamma^*/W\gamma$  が支配的な確認領域 (Validation Region(V.R.)) を選び出し MC の有効性を確認した。← update

# $W_\gamma/W_{\gamma^*}$ コントロールサンプル

- $\gamma$  ( $\gamma^*$ ) の external (internal) conversion の特性を利用する。

	$W_\gamma$	$W_{\gamma^*}$
# of leptons	1 electron(*1) + 1 muon	1 electron + 2 muons
Lepton $p_T$	>22, 10 GeV	>22, 10, <b>3 GeV</b>
Other	<b>Same Sign</b>	<b><math>M_{\mu\mu} &lt; 7</math> GeV(*2)</b>

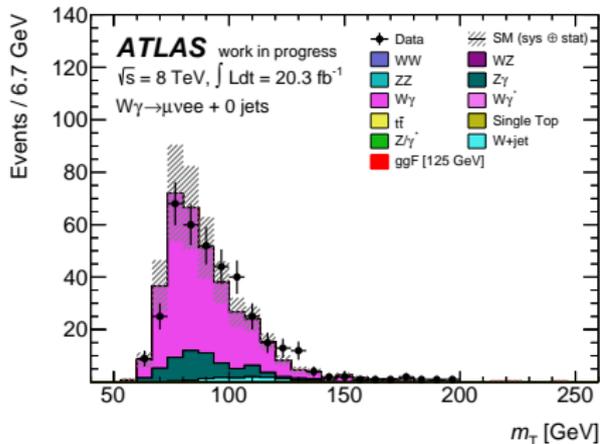
- $W_\gamma$ : photon conversion 由来の electron を選ぶために、electron の識別基準の一部 (内部飛跡検出器の最内層における hit 等) の要求を反転させる (\*1)。
- $W_{\gamma^*}$ :  $\gamma^* \rightarrow \mu\mu$  を選ぶために、 $M_{\mu\mu} < 7$  GeV を要求する (\*2)。



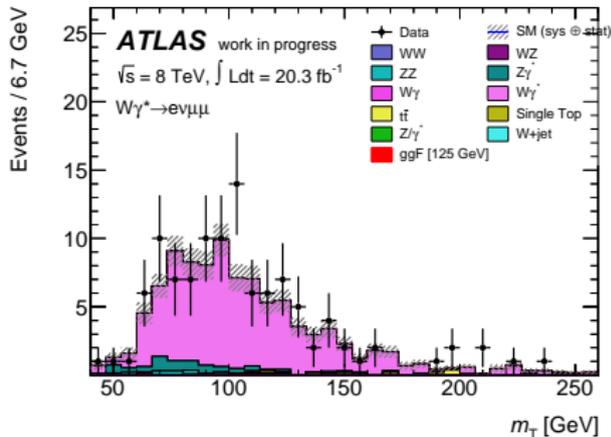
# データによる確認

- V.R. における横質量  $m_T = \sqrt{(E_T^{\ell\ell} + E_T^{\text{miss}})^2 - |\vec{p}_T^{\ell\ell} + \vec{p}_T^{\text{miss}}|^2}$

$W\gamma$  V.R.



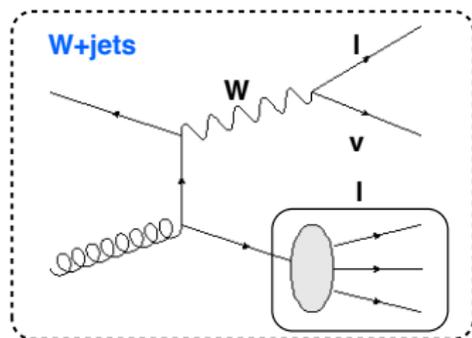
$W\gamma^*$  V.R.



- 誤差の範囲でMCがデータを再現している。

## W+jets 背景事象

- W+jets 背景事象の見積もり:
- Jet→lepton を正確にシミュレーションするのは難しい。  
Hadrons / Conversions / Heavy Flavour



### Fake factor method

- 1. Jet→lepton の fake factor ( $N_{id}/N_{anti-id}$ ) をデータから計算。
- 2. "id + anti-id" のコントロール領域をデータから構築。

信号領域の数

$N_{one\ id+one\ fake}$

Fake Factor

$$\frac{N_{id}}{N_{anti-id}}$$

コントロール領域の数

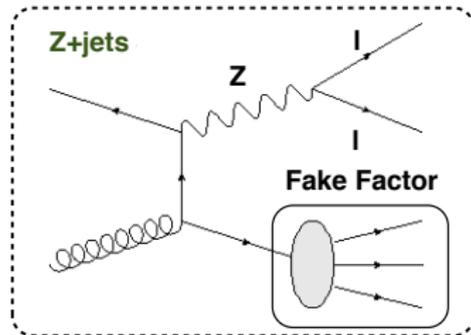
$N_{one\ id+one\ anti-id}$

## Z+jets Fake Factor

- Z+jets 事象を用いて Fake Factor (F.F.) を計算。 ← update
  - F.F. の計算には di-jets 事象を用いていた。MC を用いて di-jet と W+jets の F.F. の違いを系統誤差として課していた、約 40%.
  - Z+jets を用いることで、この系統誤差の削減を期待。

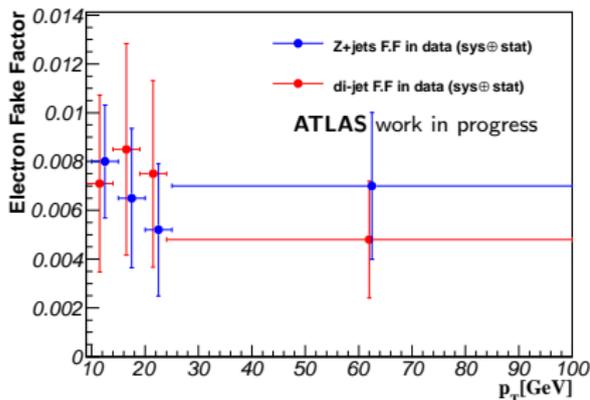
- Step1.  $Z \rightarrow ee/\mu\mu$  事象を選別。  
( $76 < M_{ee,\mu\mu} < 107$  GeV)
- Step2. Di-bosons(ZZ, W+X) を veto。
- Step3. 対象の Z 由来でない lepton に対し、id/anti-id を判別。

$$\text{FakeFactor} = N_{\text{id}}/N_{\text{anti-id}} \quad (1)$$

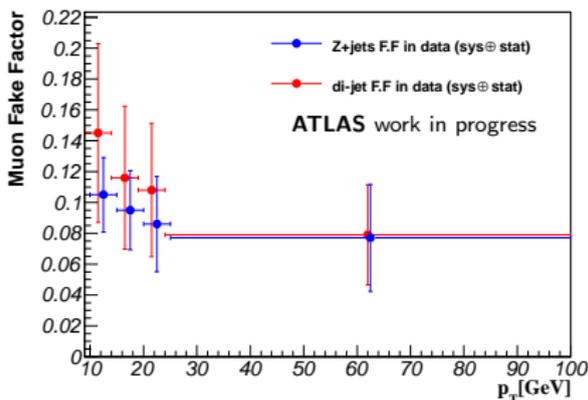


# Fake Factor とその誤差

## Electron Fake Factor



## Muon Fake Factor



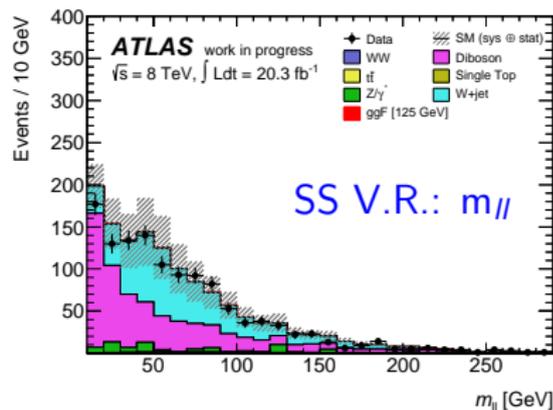
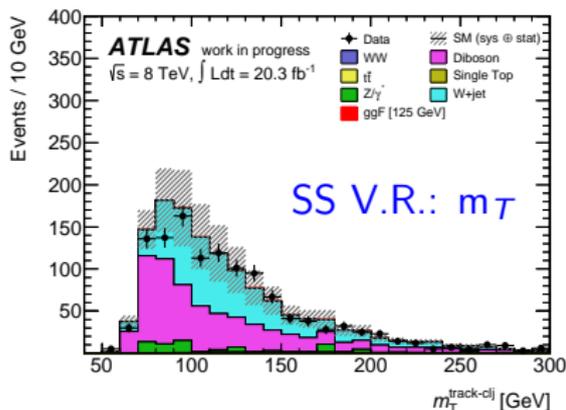
	10-15	15-20	20-25	25-
Z+jets F.F.	0.0080	0.0065	0.0052	0.0070
(stat⊕syst)	(29%)	(44%)	(61%)	(43%)
Di-jets F.F.	0.0071	0.0085	0.0075	0.0048
(stat⊕syst)	(51%)	(51%)	(51%)	(50%)

	10-15	15-20	20-25	25-
Z+jets F.F.	0.105	0.095	0.086	0.077
(stat⊕syst)	(23%)	(27%)	(36%)	(45%)
Di-jets F.F.	0.145	0.116	0.108	0.079
(stat⊕syst)	(40%)	(40%)	(40%)	(41%)

- Di-jet を用いる場合に比べて、20-30%の系統誤差の改善。

## Same sign イベントを用いた確認

- Same sign V.R.: 終状態のレプトンが同符号であることを要求。
- WW, Top, Z+jets が抑制され、**W+jets, dibosons(WZ/ZZ/W $\gamma$ (\*))** が支配的な領域となる。
- 信号領域と同じ選別を行うことで、W+jets, dibosons 背景事象の見積もりが信号領域においても有効かどうか評価することが可能。



- W+jets + dibosons がデータと良い一致。  
 → Fake Factor と diboson MC が信号領域において正しく動作。

## まとめ

- H $\rightarrow$ WW\* $\rightarrow$ lvlv の 0,1 jet channel では、low- $p_T$  ( $p_T^{\text{sublead}}=10-15$  GeV) で、W+jets, diboson(WZ/ZZ/W $\gamma$ (\*)) 背景事象の理解が重要。
- 理論的不定性の大きい W $\gamma$ /W $\gamma$ \* 事象に関して、V.R. を定義した。
  - MC が誤差の範囲でデータを再現。
- Z+jets を用いる Fake Factor の見積もり方法を開発した。
  - 既存の方法に比べ、20-30%の系統誤差の改善を示した。
  - Same Sign イベントを用いて Fake Factor が誤差の範囲で正しいことを確認。
- Same Sign イベントを同時 fit することで、系統誤差の削減を計画。

# Backup

# Object selection

## id electron

VTLH (10-20), Medium++ w/ Conv Bit and BLayer (25-)

$|z_0 \sin \text{w.r.t. PV}| < 0.4 \text{ mm}$

Impact parameter significance ( $d_0 \text{sig}$ )  $< 3$

TopoEtcone30Corr/Et  $< 0.20(10-15)$ ,  
 $< 0.24(15-20)$ ,  $< 0.28(20-)$

ptcone40/Et  $< 0.06(10-15)$ ,  $< 0.08(15-20)$ ,  $< 0.10(20-)$

## anti-id electron

! Medium++

0.4 mm

3

TopoEtcone30Corr/Et  $< 0.30$

ptcone40/Et  $< 0.16$

## id muon

Impact parameter significance ( $d_0 \text{ sig}$ )  $< 3$

Etcone30Corr/pt  $< 0.06(10-15)$ ,  
 $< 0.12(15-20)$ ,  $< 0.18(20-25)$ ,  $< 0.30(25-)$

ptcone40/pt  $< 0.06(10-15)$ ,  $< 0.08(15-20)$ ,  $< 0.12(20-)$

## anti-id muon

no cut

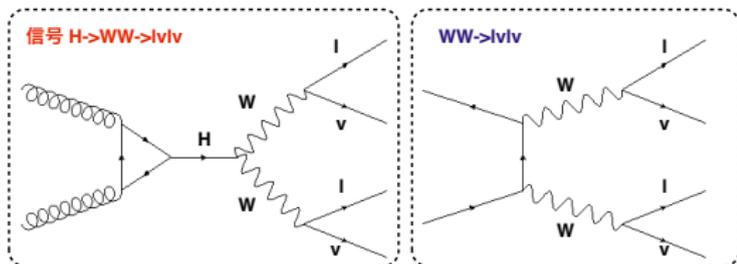
Etcone30Corr/pt  $< 0.15(10-15)$ ,  
 $< 0.25(15-20)$ ,  $< 0.30(20-)$

no cut

# Backgrounds

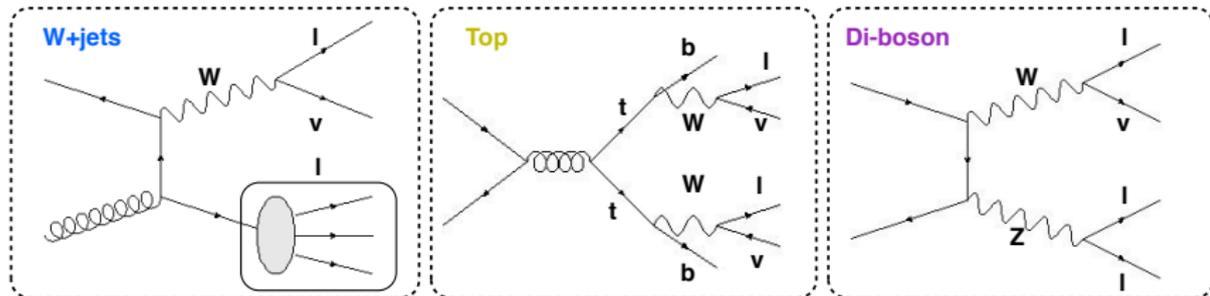
- Irreducible backgrounds:

- **WW**
- 終状態が信号と同じ!

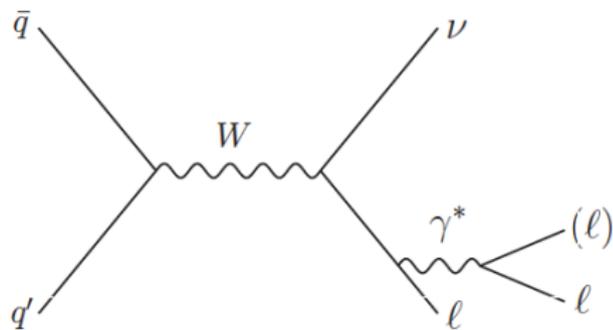
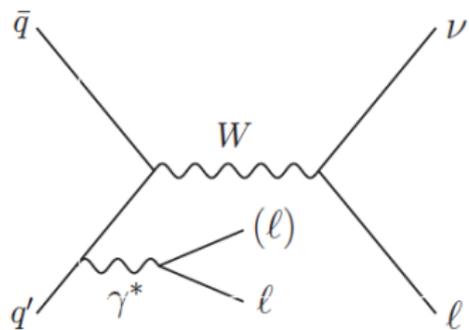


- Reducible backgrounds: **W+jets, Z+jets, Top, Di-boson**

- オブジェクト (muon, electron, jet..) の miss-ID 等が原因。



# ISR,FSR



# Fake Factor systematics

## ● Electron:

Z+jets F.F	Stat.	EW	SD
10-15	18%	11%	~20%
10-20	34%	19%	~20%
20-25	53%	25%	~20%
25-	30%	23%	~20%

Di-jets F.F	Stat.	EW	SD
10-15	7%	3%	~50%
10-20	9%	5%	~50%
20-25	8%	5%	~50%
25-	5%	3%	~50%

## ● Muon:

Z+jets F.F	Stat.	EW	SD
10-15	10%	27%	~20%
10-20	17%	5%	~20%
20-25	29%	9%	~20%
25-	34%	21%	~20%

Di-jets F.F	Stat.	EW	SD
10-15	1%	0%	~40%
10-20	1%	1%	~40%
20-25	1%	2%	~40%
25-	1%	9%	~40%

# Same sign イベントを用いた確認 (low- $p_T$ )

