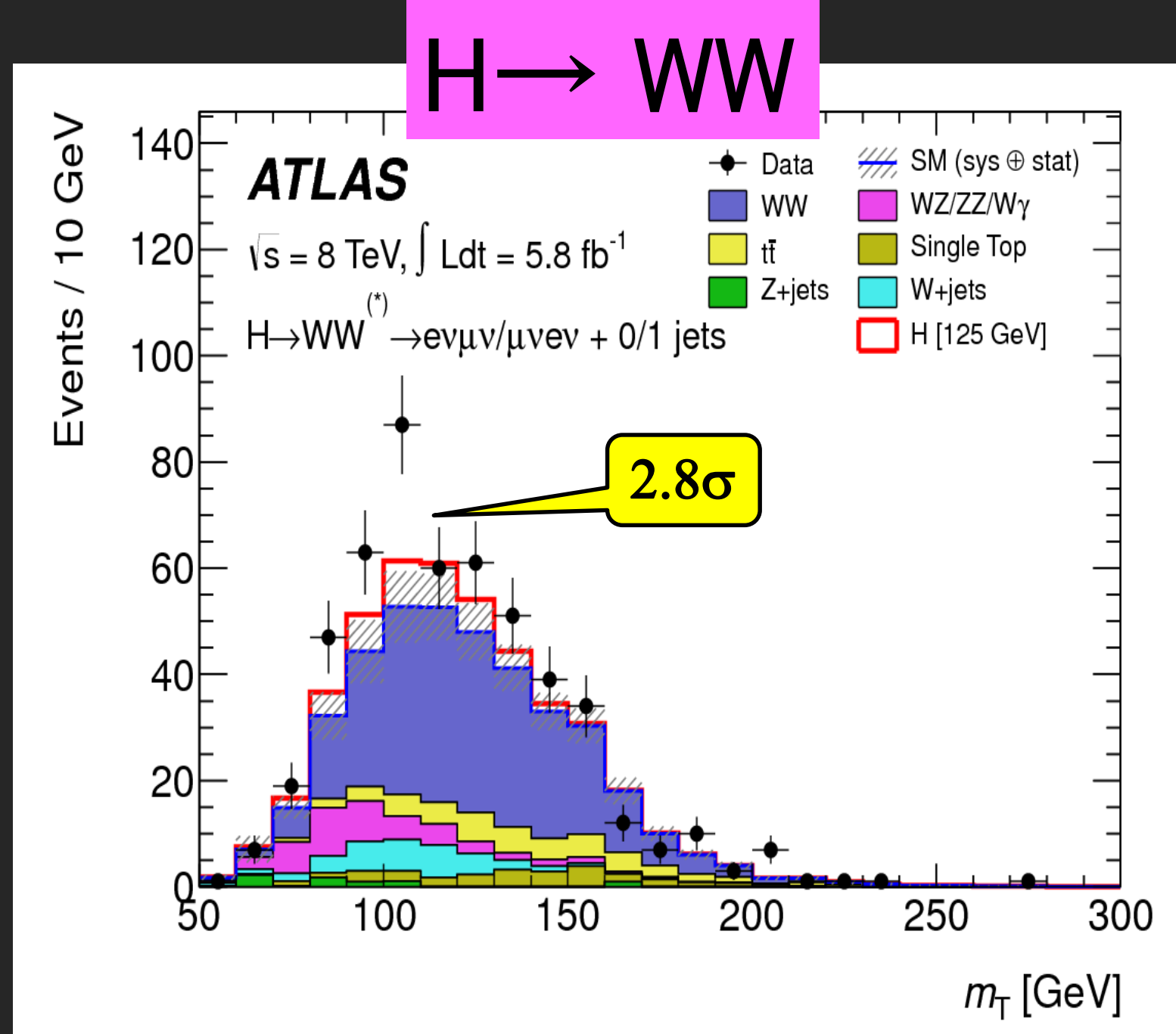
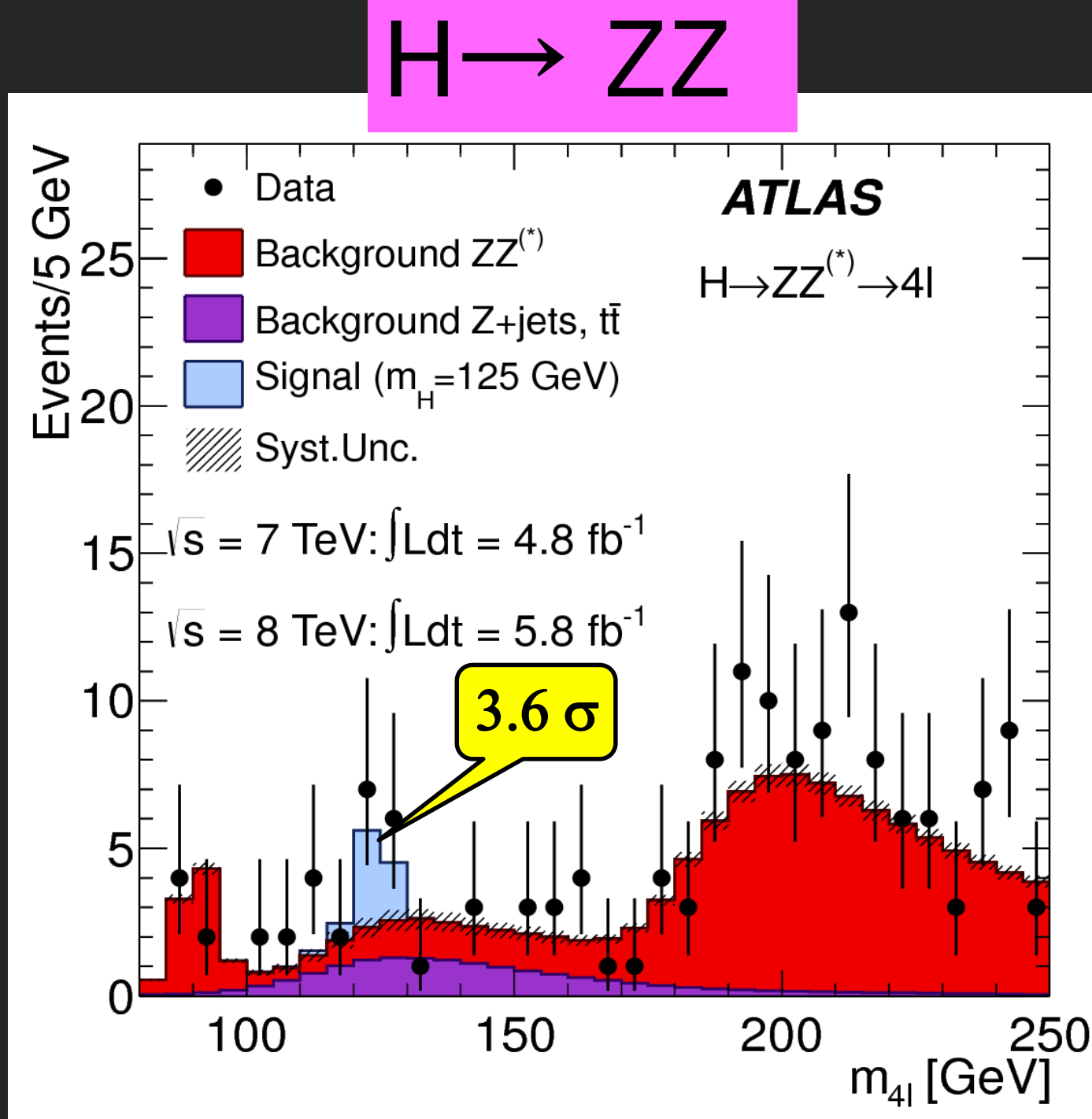
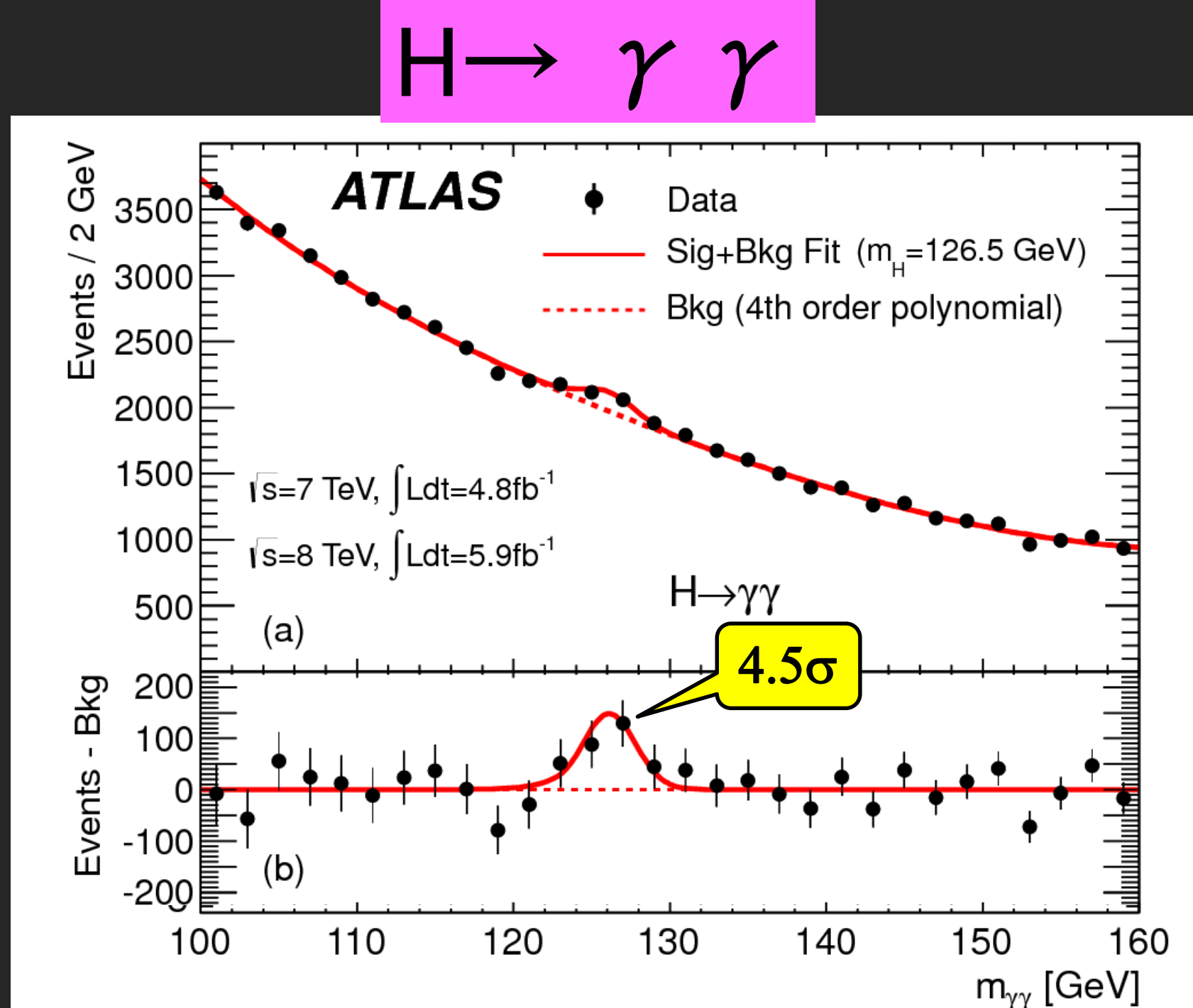


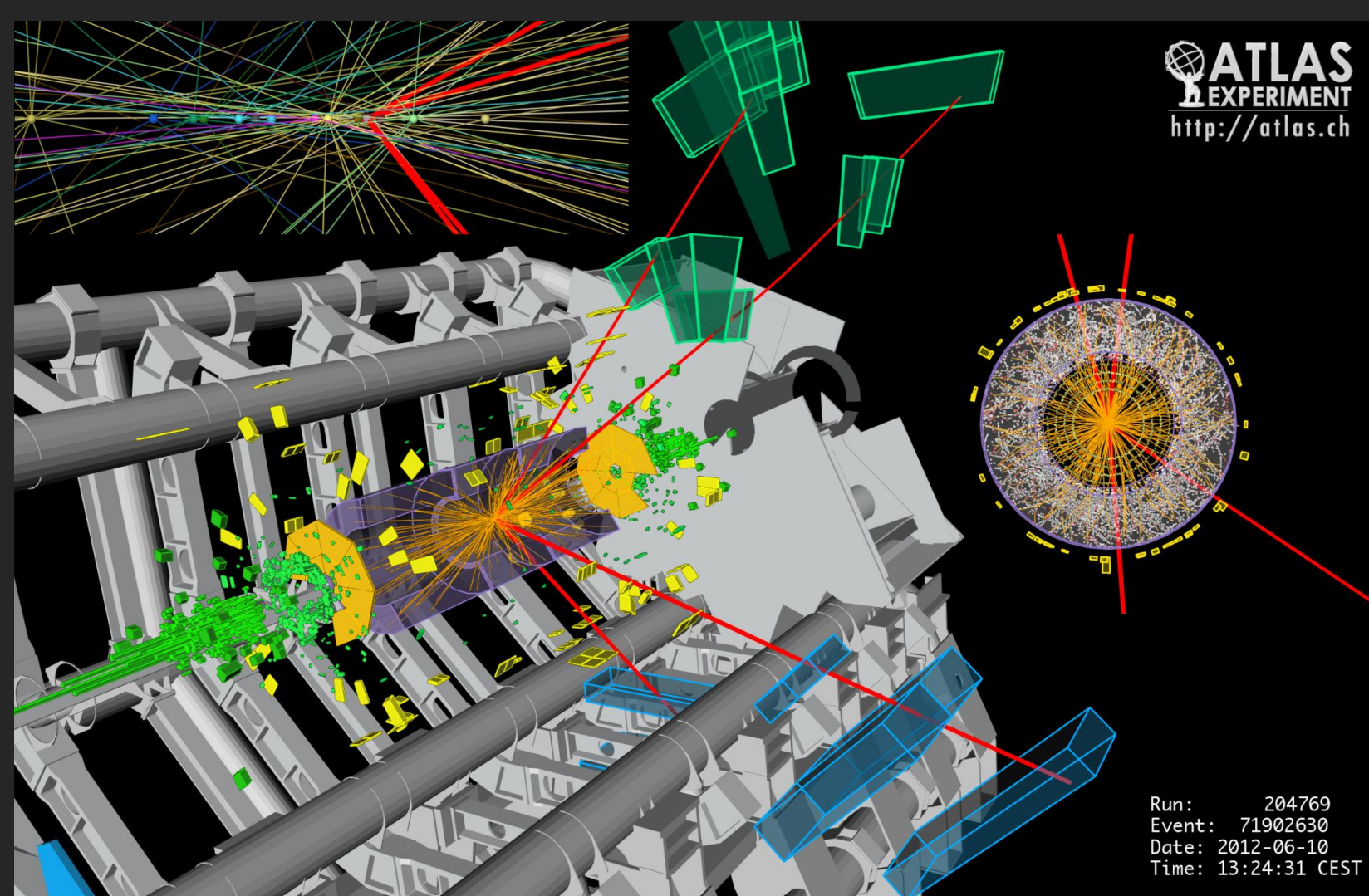
# 2016年夏までの成果:ヒッグス粒子発見から精密測定へ

## 2012年7月4日 ヒッグス粒子と考えられる新粒子を発見

質量の起源として存在が1960年代から予言されていたヒッグス粒子は、質量は予測が難しく、LHCでは100GeV-1,000GeVの範囲を広く探索してきた。そして質量 125 GeV 付近に新しい粒子を発見した！



4つのミュオン粒子を検出した事象(質量は125.1 GeV)



$p_T$  (muons) = 36.1, 47.5, 26.4, 71.7 GeV  
 $m_{12} = 86.3$  GeV,  $m_{34} = 31.6$  GeV, 15 reconstructed vertices



CERN歴代の所長さんたち



祝賀会(ATLAS Higgs WG)



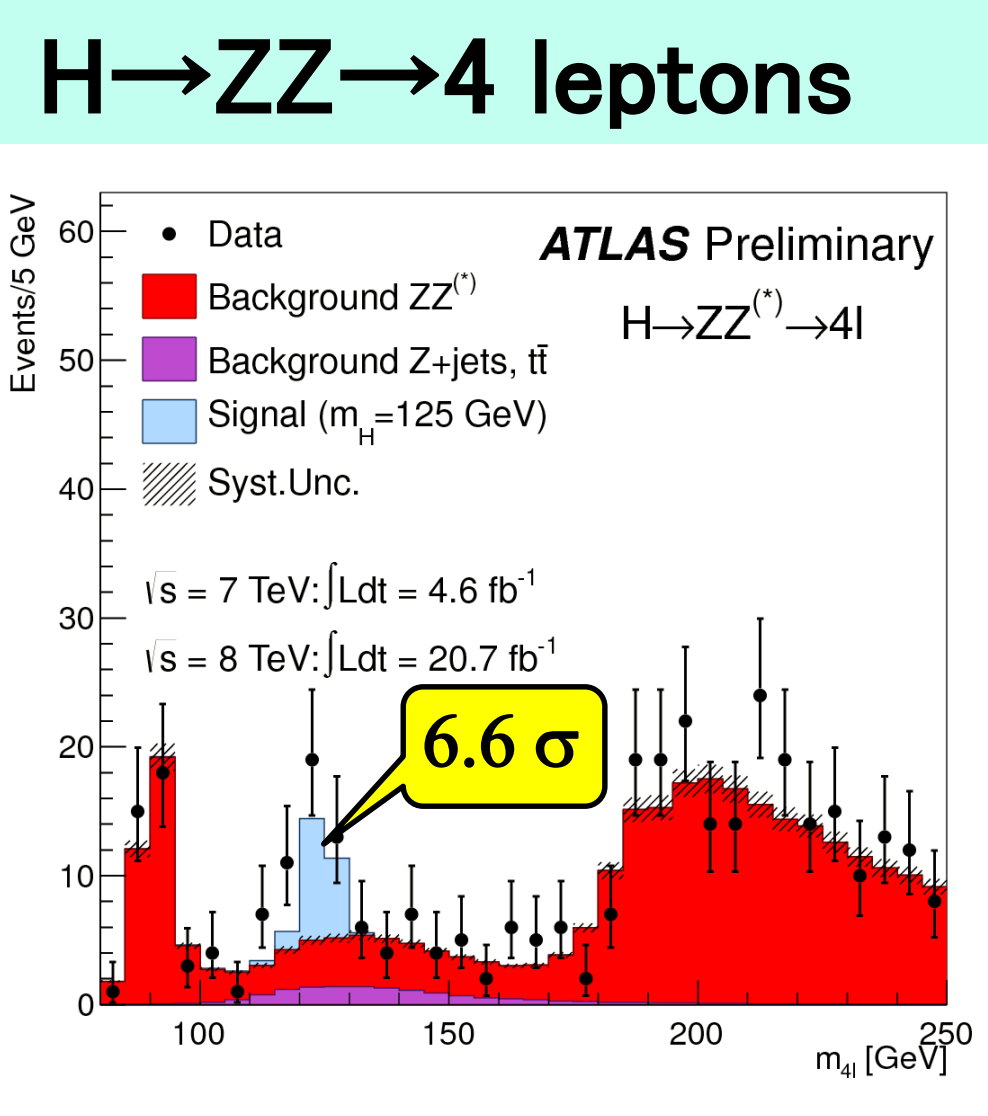
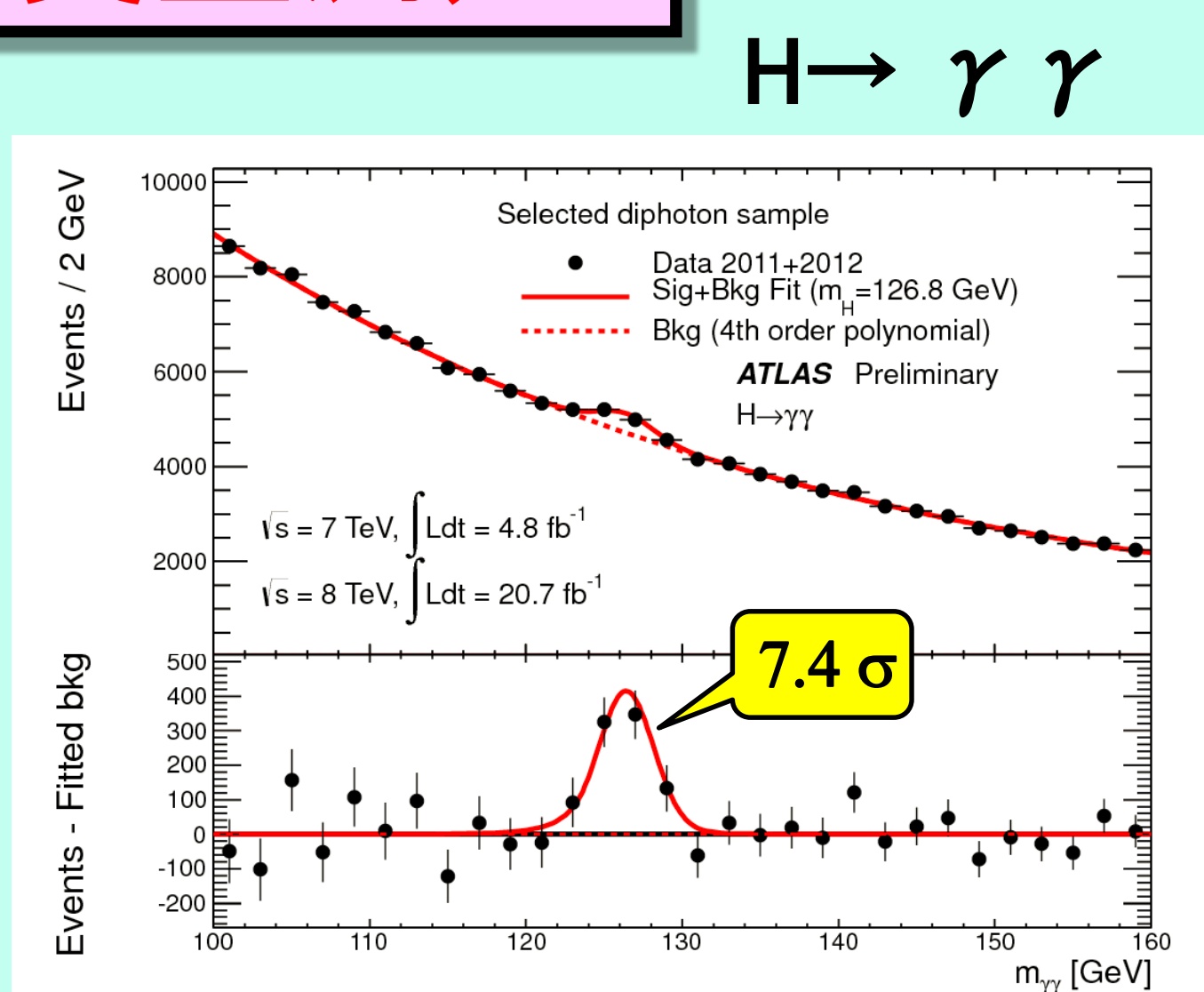
日本の新聞(2012年7月5日朝刊)

## ヒッグス粒子の精密測定へ

LHC実験はヒッグス粒子発見だけでなくその精密測定も可能にする能力を持つ。これまでに取得したデータを精密に調べた結果、新粒子が標準理論ヒッグス粒子と矛盾しないことがより鮮明になってきた。

### 質量測定

追加データで統計精度が上がった。



ヒッグス粒子の質量は  
 **$125.09 \pm 0.21 \pm 0.11$  GeV**

統計誤差 系統誤差  
 すでに0.2%の精度!!

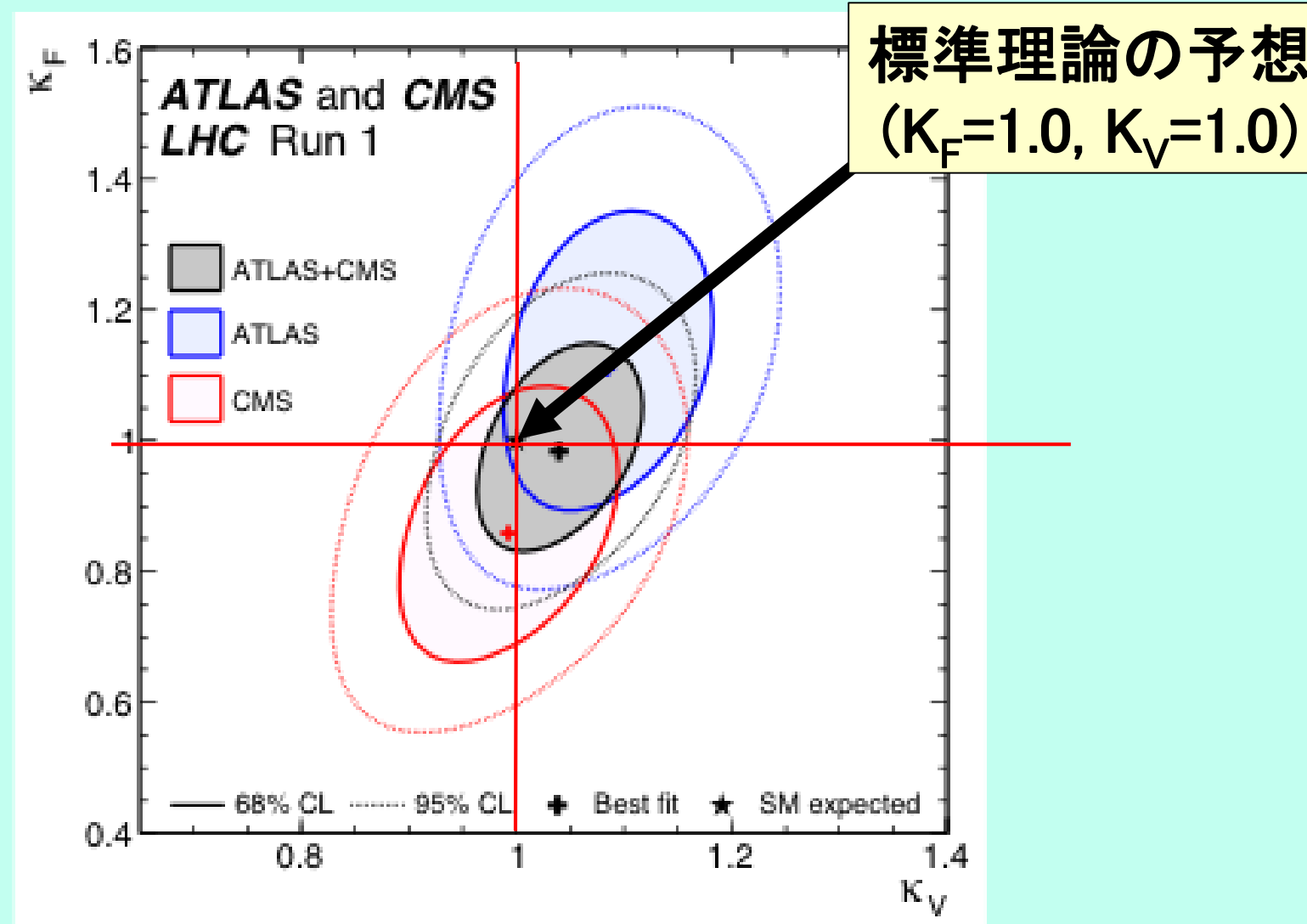
Decay Channel	Total	Stat.	Syst.
ATLAS H → $\gamma\gamma$	$126.02 \pm 0.51$ ( $\pm 0.43 \pm 0.27$ ) GeV		
CMS H → $\gamma\gamma$	$124.70 \pm 0.34$ ( $\pm 0.31 \pm 0.15$ ) GeV		
ATLAS H → ZZ → 4l	$124.51 \pm 0.52$ ( $\pm 0.52 \pm 0.04$ ) GeV		
CMS H → ZZ → 4l	$125.59 \pm 0.45$ ( $\pm 0.42 \pm 0.17$ ) GeV		
ATLAS-CMS $\gamma\gamma$	$125.07 \pm 0.29$ ( $\pm 0.25 \pm 0.14$ ) GeV		
ATLAS-CMS 4l	$125.15 \pm 0.40$ ( $\pm 0.37 \pm 0.15$ ) GeV		
ATLAS-CMS $\gamma\gamma$ +4l	$125.09 \pm 0.24$ ( $\pm 0.21 \pm 0.11$ ) GeV		

ATLASとCMSの合同結果(2015年3月)

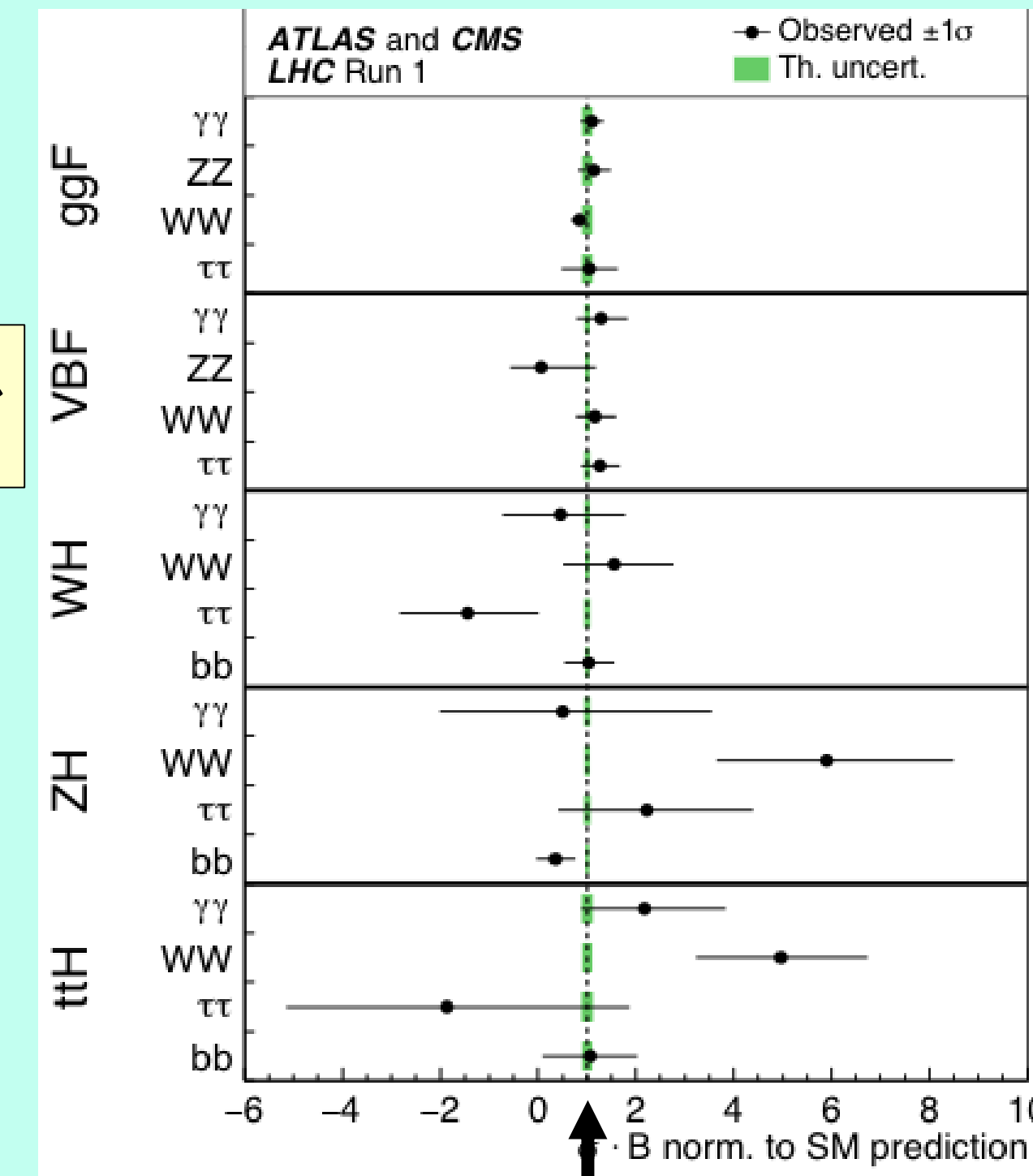
### 標準理論との比較

arXiv:1606.02266 (2016)

標準ヒッグス粒子のいろいろな生成・崩壊モードごとに信号の頻度を標準理論の予想と比較



ヒッグス粒子とフェルミオン, ボゾンとの結合強さ  $K_F, K_V$  の許容範囲

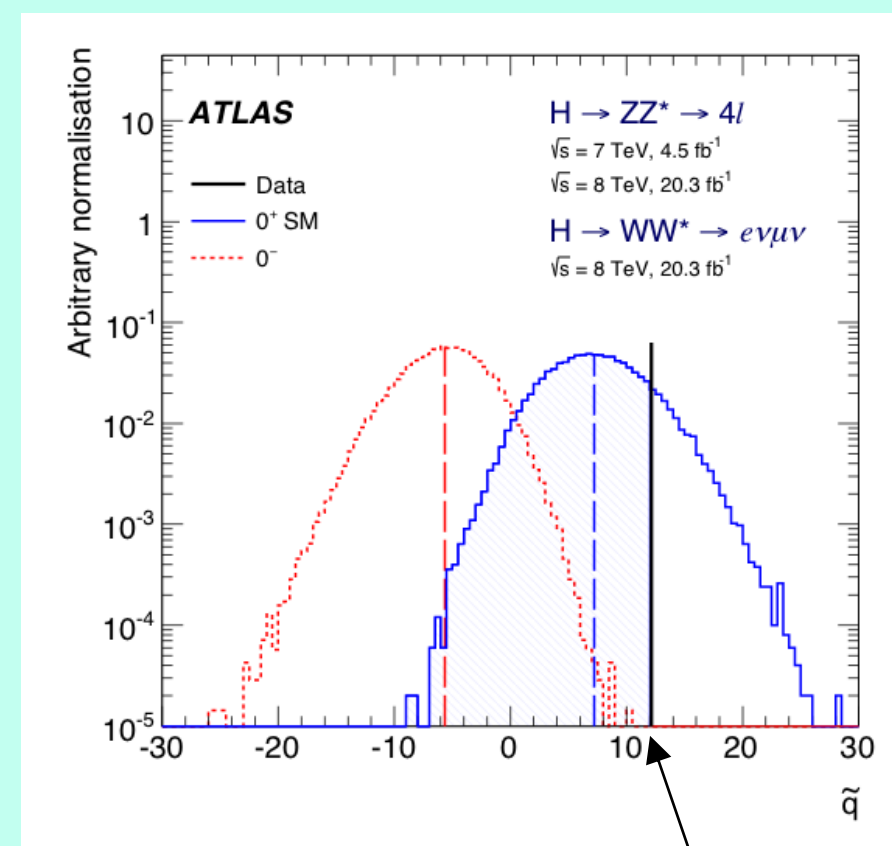


標準理論からのズレはない!!

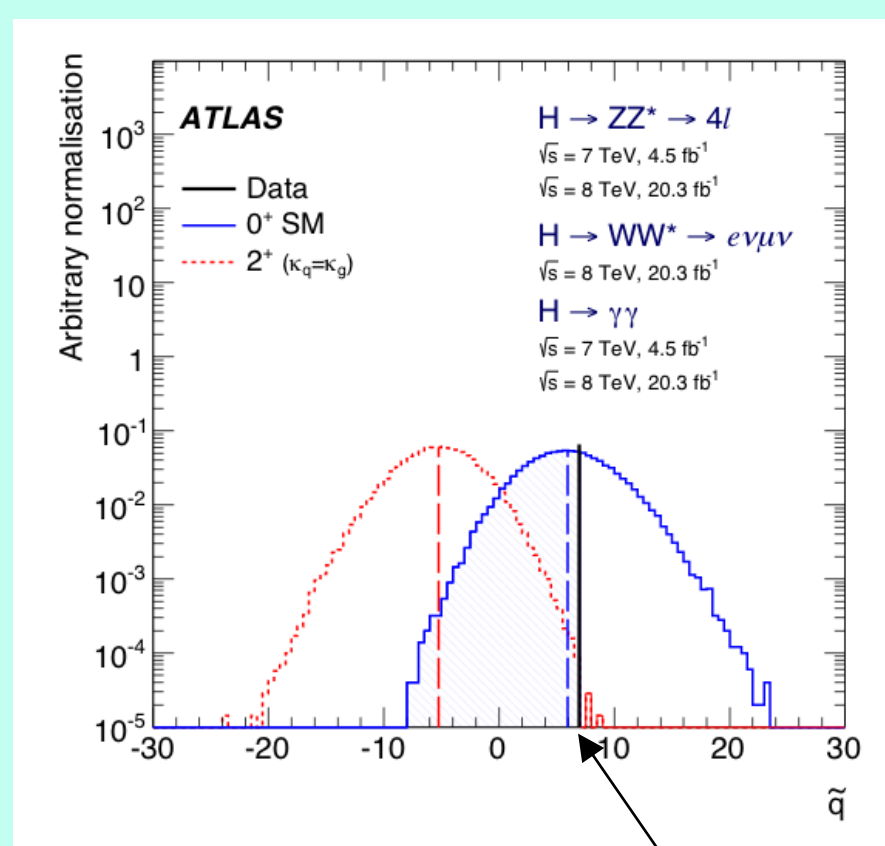
### スピン・パリティ測定

Eur. Phys. J. C 75 (2015) 476  
 arXiv:1506.05669

標準理論のヒッグス粒子はスピン  $J=0$  パリティ  $P=+$  をもつはず。 $\gamma\gamma$ に崩壊するので新粒子はスピン1ではない。崩壊した4個のレプトン( $e, \mu$ )や2つの $\gamma$ の角度相関分布を測り、親粒子をスピンパリティ  $J^P=0^+, 0^-, 2^+$  などと仮定した場合との一致度を調べた。



$J^P=0^-$  (赤),  $0^+$  (青), データ(黒)



$J^P=2^+$  (赤),  $0^+$  (青), データ(黒)

結論: 発見された新粒子のスピンは0、パリティは+である。

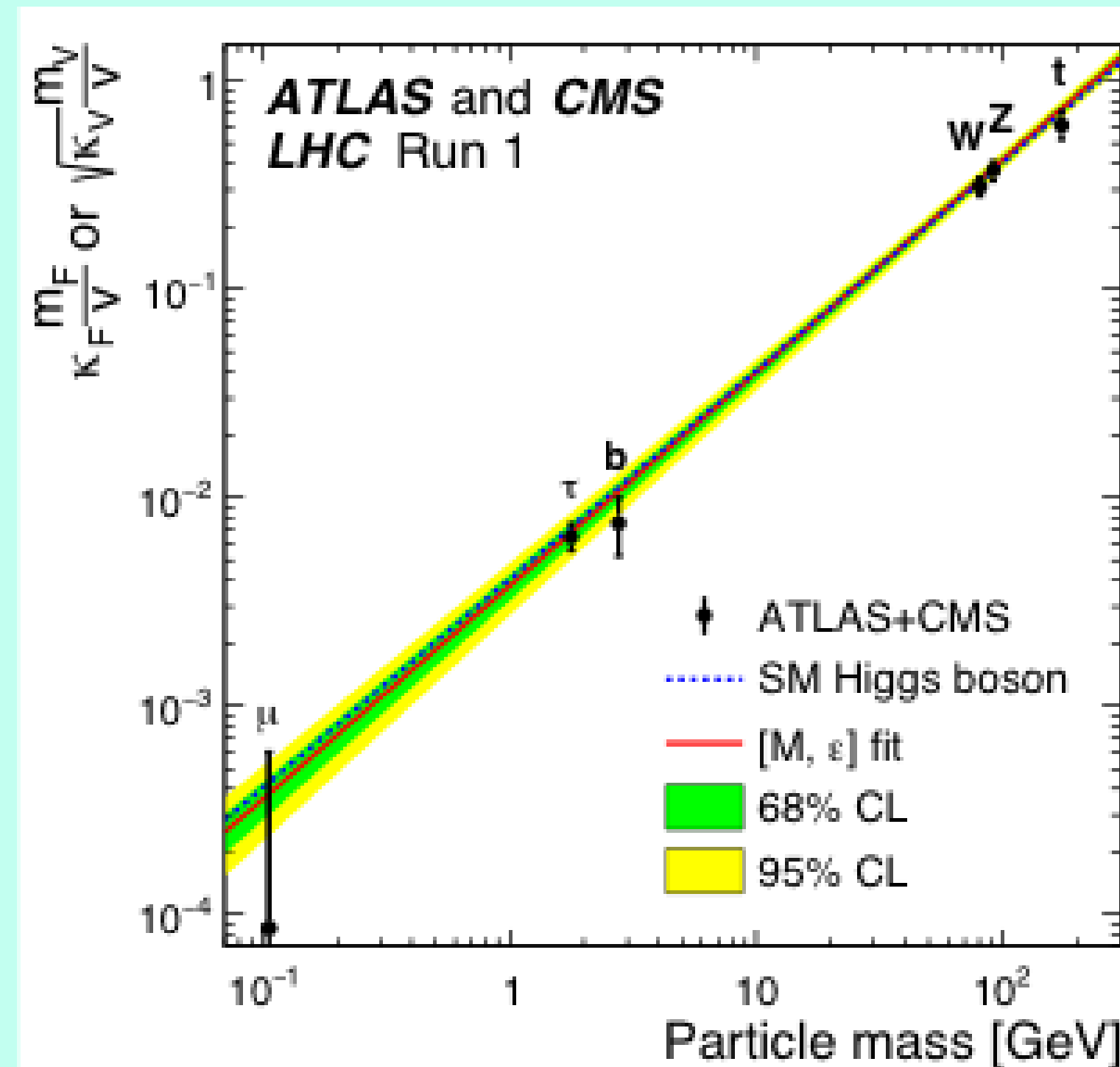
### 湯川カップリングの確認

arXiv:1606.02266 (2016)

ヒッグス場は弱い力を伝えるWやZ粒子が質量をもつようにするために導入された。ところが副産物として、電子やクォークなどフェルミオンの有限質量も同時に説明できる。その場合、ヒッグス粒子とフェルミオン  $f$  を結ぶ力の強さ  $\lambda$  (湯川カップリングと呼ぶ) は

$$L_{Yukawa} = -\frac{m_f}{246 \text{ GeV}} \bar{\psi}_f \phi_H \psi_f + m_f \bar{\psi}_f \psi_f$$

のようにフェルミオンの質量  $m_f$  に比例するはずである。



湯川カップリングと粒子の質量の相関