

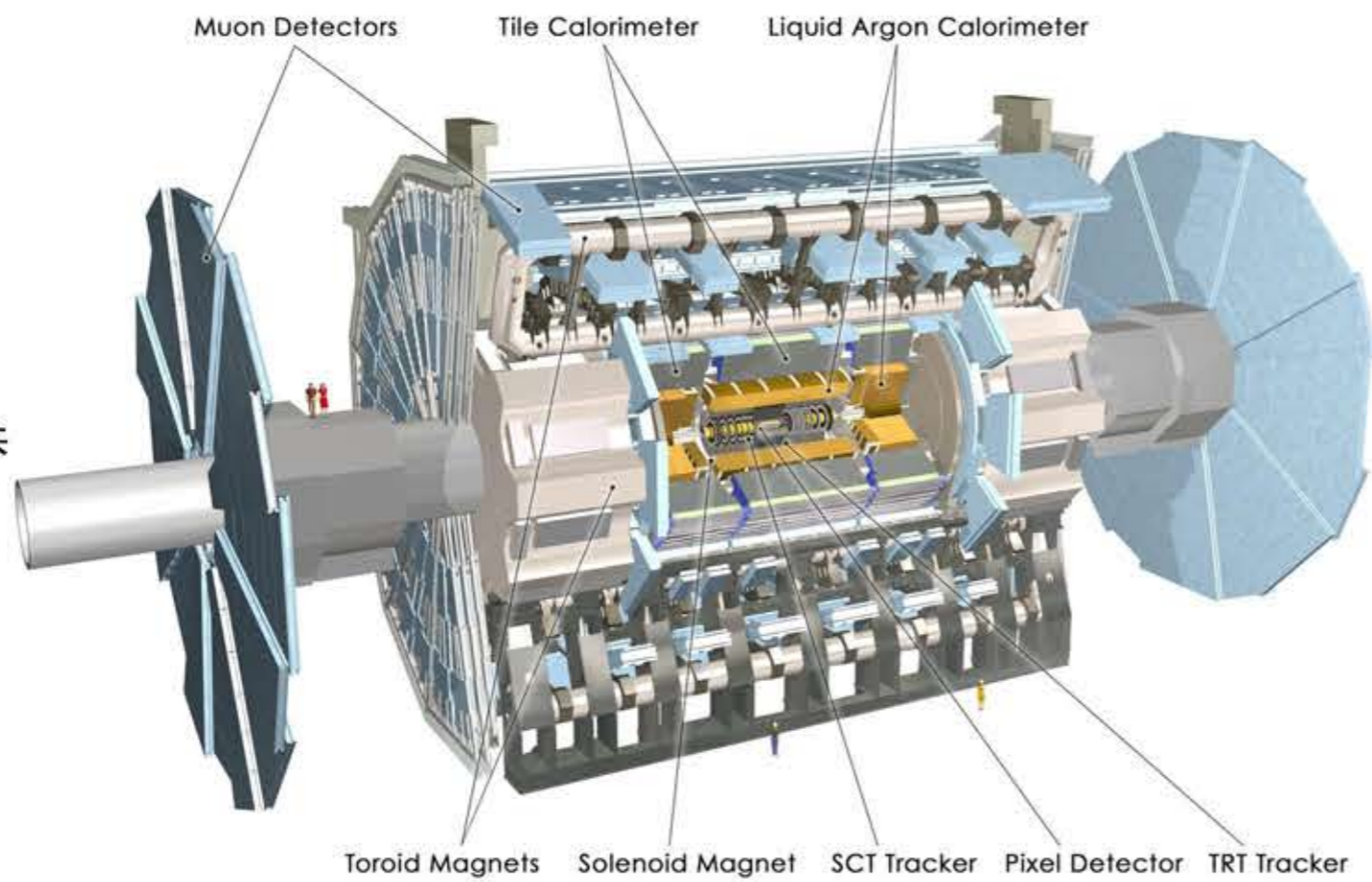
Higgs

ビッグバン宇宙が冷却し、 10^{-10} 秒後になるとヒッグス粒子は真空中に充満した。素粒子は、ヒッグスとの相互作用を通して運動が阻害され、慣性質量が生まれる。これが素粒子物理学の標準模型における質量の説明である。「真空」は空ではない。ヒッグスがすべての素粒子の質量起源となる。LHC加速器で陽子陽子衝突実験により、ATLASグループはヒッグス信号と矛盾しない新粒子を捉えたと発表した。

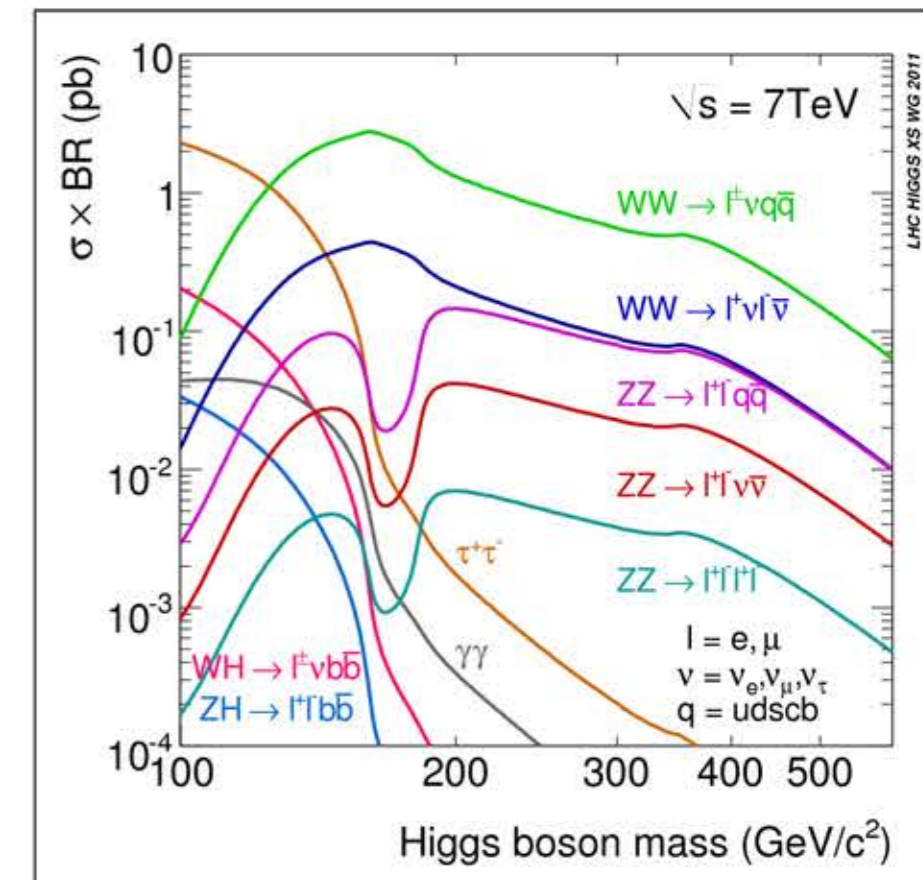
ATLAS 検出器

日本の15大学・機関を含む
3000人(院生700人)の国際共同研究グループ

Total weight : 7,000 t
Overall diameter : 24 m
Overall length : 46 m
~ 10^9 electronic channels
3000 km of cables

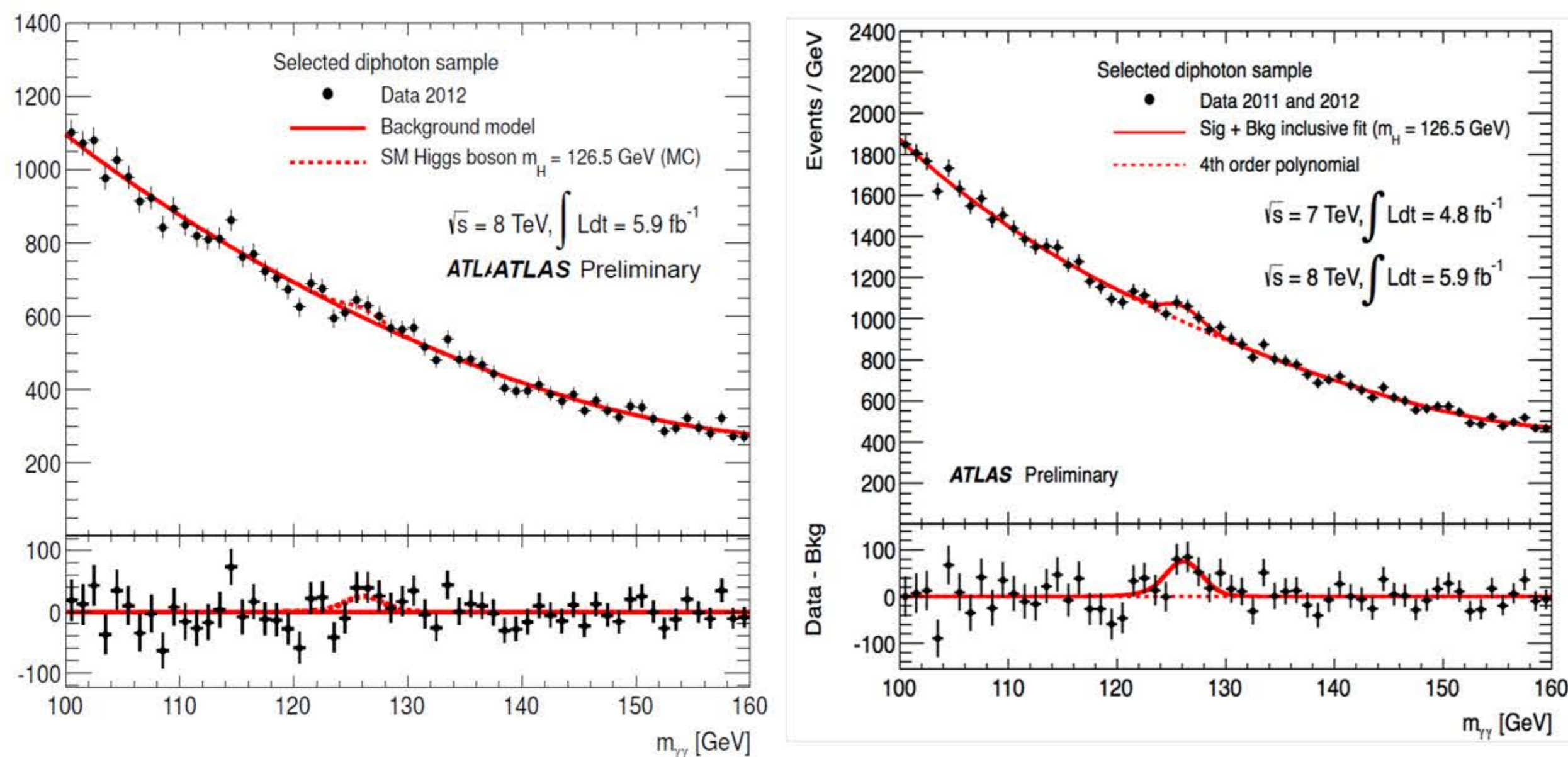


ヒッグスは(自分の質量より軽い)重い粒子に崩壊しやすい。探索する質量領域でどの崩壊モードが重要かわかる。LHC加速器は、2011年は陽子を3.5TeVに加速し正面衝突(重心系エネルギー7TeV)させた。図はヒッグスの未知の質量を横軸に、どのような終状態で観測できるかを示す。ヒッグスの発見には、エネルギー分解能に優れた崩壊モードで質量再構成することが有効である。2012年は重心系8TeVの衝突を継続している。



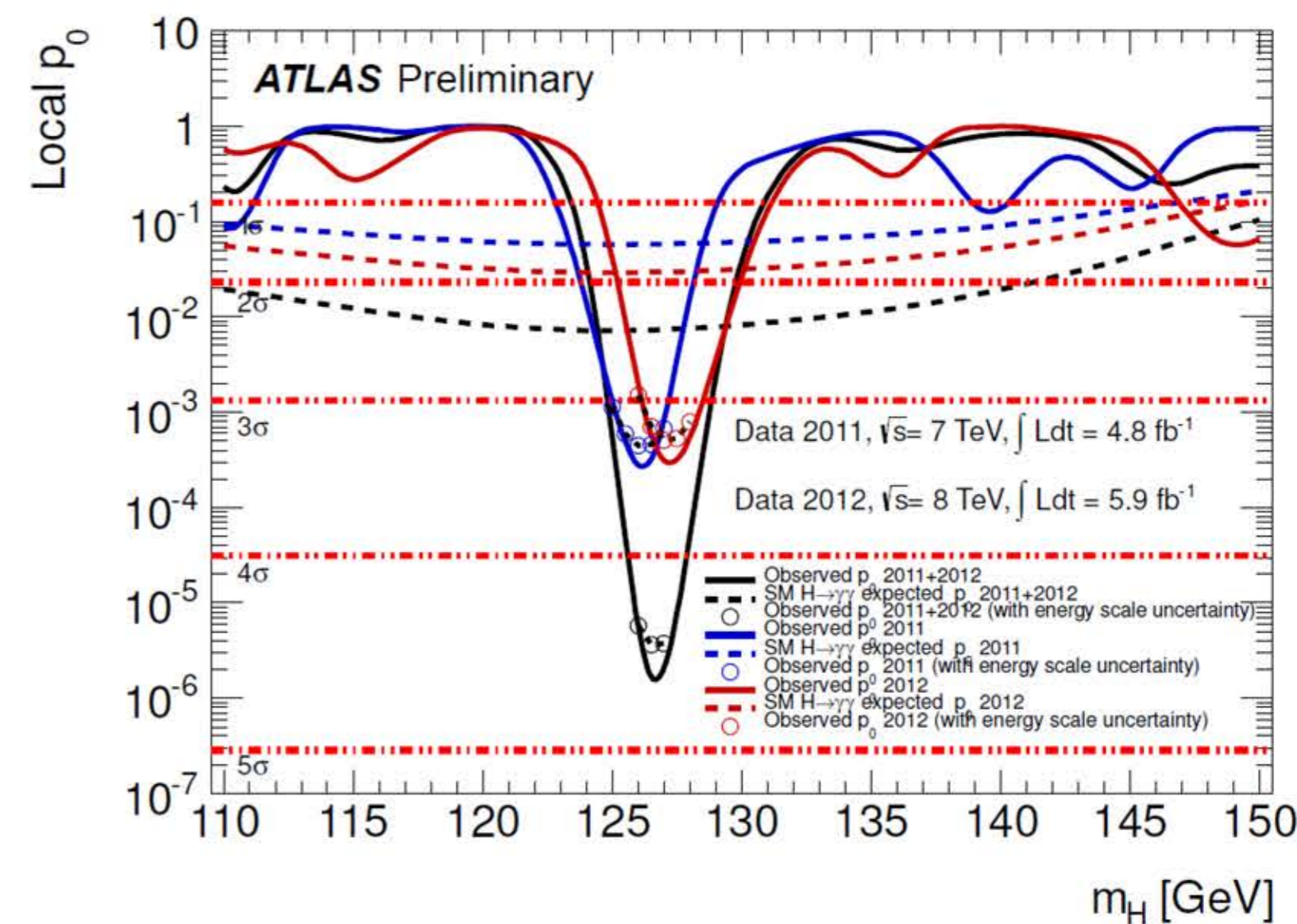
H → γγ : 2012年のみ(左), 2011+2012年(右)

γ 線のエネルギーは高性能カロリメータで精度よく測定でき、質量ピークを探すことで新粒子を見つけやすいが、一方で多くのバックグラウンドがある。図の連続的なカーブはバックグラウンドを示し、標準模型ヒッグスがあれば図に示した赤点線が加わる。下図はバックグラウンドを引いた分布で2011年、2012年に共通して126GeV辺りにバックグラウンドからの超過イベントが観測された。



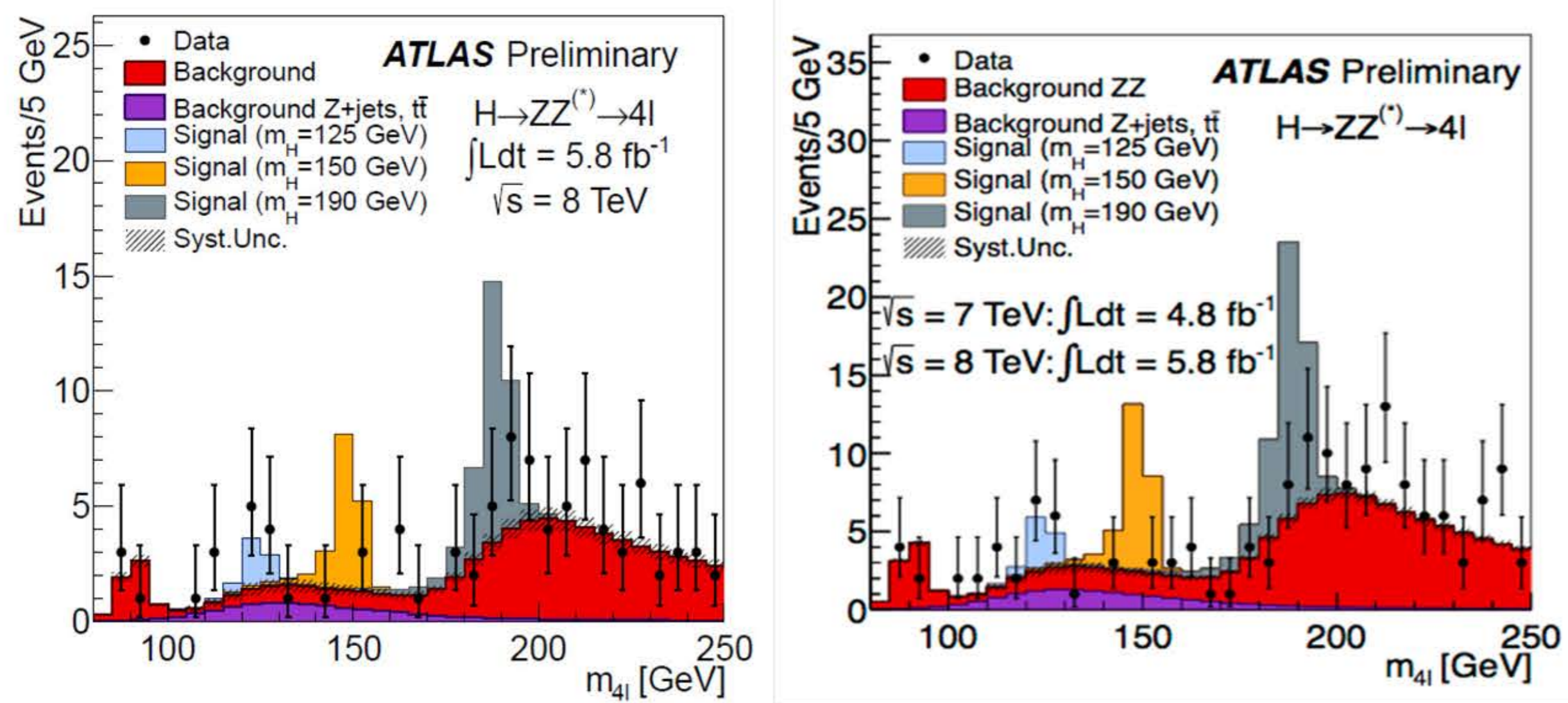
H → γγ 信号の統計的有意性

ATLASは2011年のデータから、ヒッグスは質量115.5GeV以下および131GeV以上では存在しないと結論している。この残された領域で超過イベントの統計的有意性を示す(青2011、赤2012、黒統合)。観測された超過をヒッグスがないとした仮定で理解すると127GeVに 4.7σ (LEE=3.6 σ)に相当する矛盾がある(点線は信号がない場合に期待できる平均の超過)。2011と2012年のピークのずれはエネルギー校正が完了していないため。



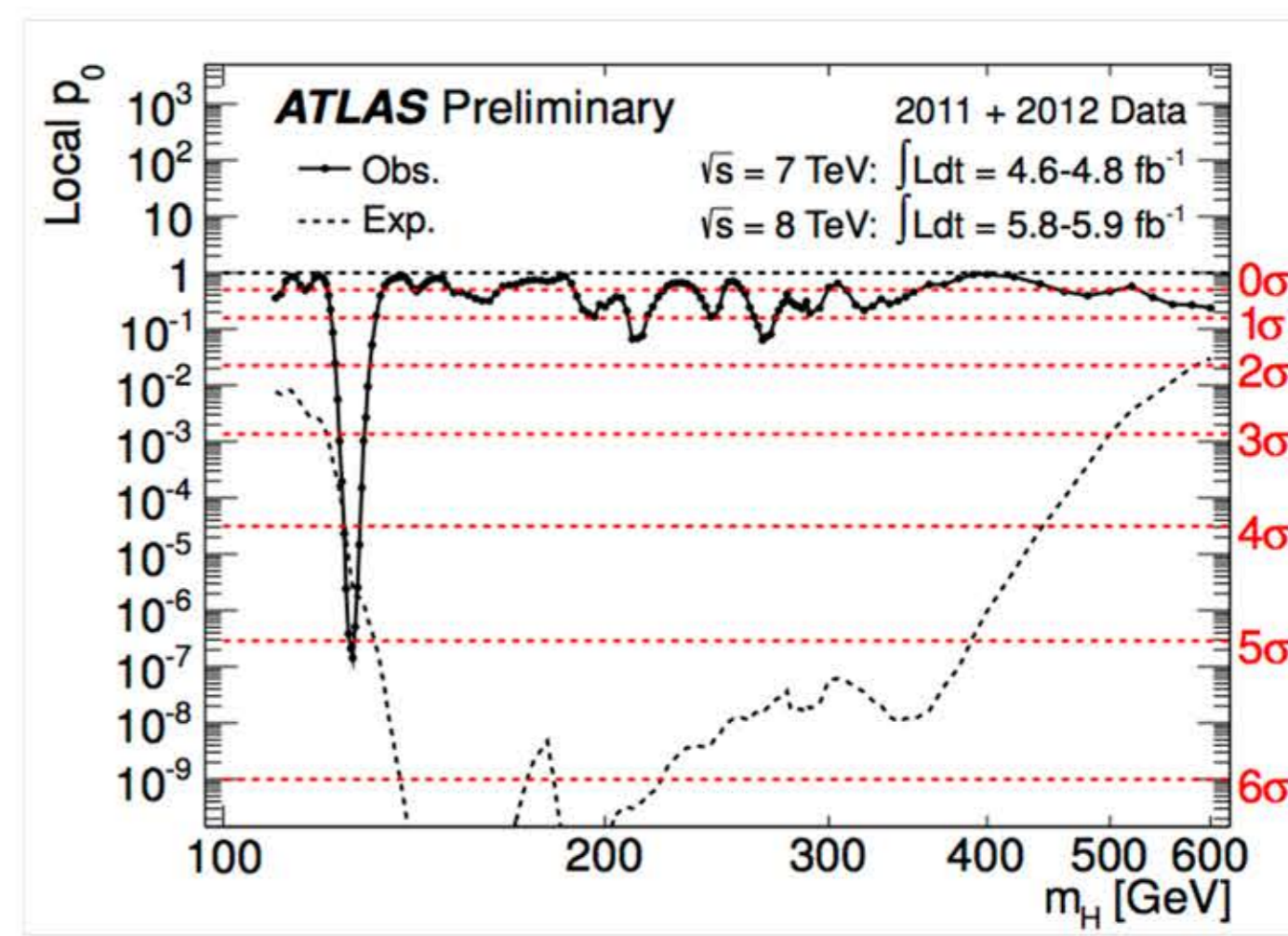
H → ZZ : 2012年のみ(左), 2011+2012年(右)

Z粒子はさらに $Z \rightarrow ee$, $Z \rightarrow \mu\mu$ に崩壊し、ヒッグスの質量分解能にも優れた測定ができる。このモードは観測できる数が少ないがバックグラウンド(赤+紫)も極めて少ない。図に3つのピークが描かれているが、これらはその質量のヒッグスがあると仮定した場合に期待できる質量分布。



H 信号の有意性

2011+2012年の $H \rightarrow \gamma\gamma$ と $H \rightarrow ZZ$ の信号を統合すると126GeVに 5σ (LEE=4.3 σ)に相当する超過がある。破線は標準模型ヒッグスがある場合に見えるであろう超過分。



結果の理解

2つの探索モードでまた独立な2つの重心系エネルギーで125-127GeVに 5σ 程度のヒッグスと思われる信号の超過が観測された。超過がヒッグス粒子の生成によるものとする、右図のような質量領域(最確値126.5GeV)と生成数(標準模型ヒッグスである場合は1になる)の領域に限定される。CMS実験は同時に 4.9σ の超過と 125.6 ± 0.6 GeVの質量値を発表した。2グループの結果から、新粒子の存在は確立されたが、これがヒッグス粒子であるか、特に標準模型ヒッグスであるかは確定されていない。

今後 ATLASは実験を継続し精密測定により標準模型ヒッグスであるか、他の崩壊モードでの観測もすることで、ヒッグスがあらゆる粒子の質量起源粒子であるかを解明していく。真空に質量の起源となる粒子が充満しているとする標準模型が正しいか！我々はまさに真空概念のパラダイムシフトを迎えようとしている。

質量と生成断面積の測定

2つのチャンネルで質量と生成断面積/標準模型ヒッグスの制限(等高線は1 σ と95%の範囲)

