

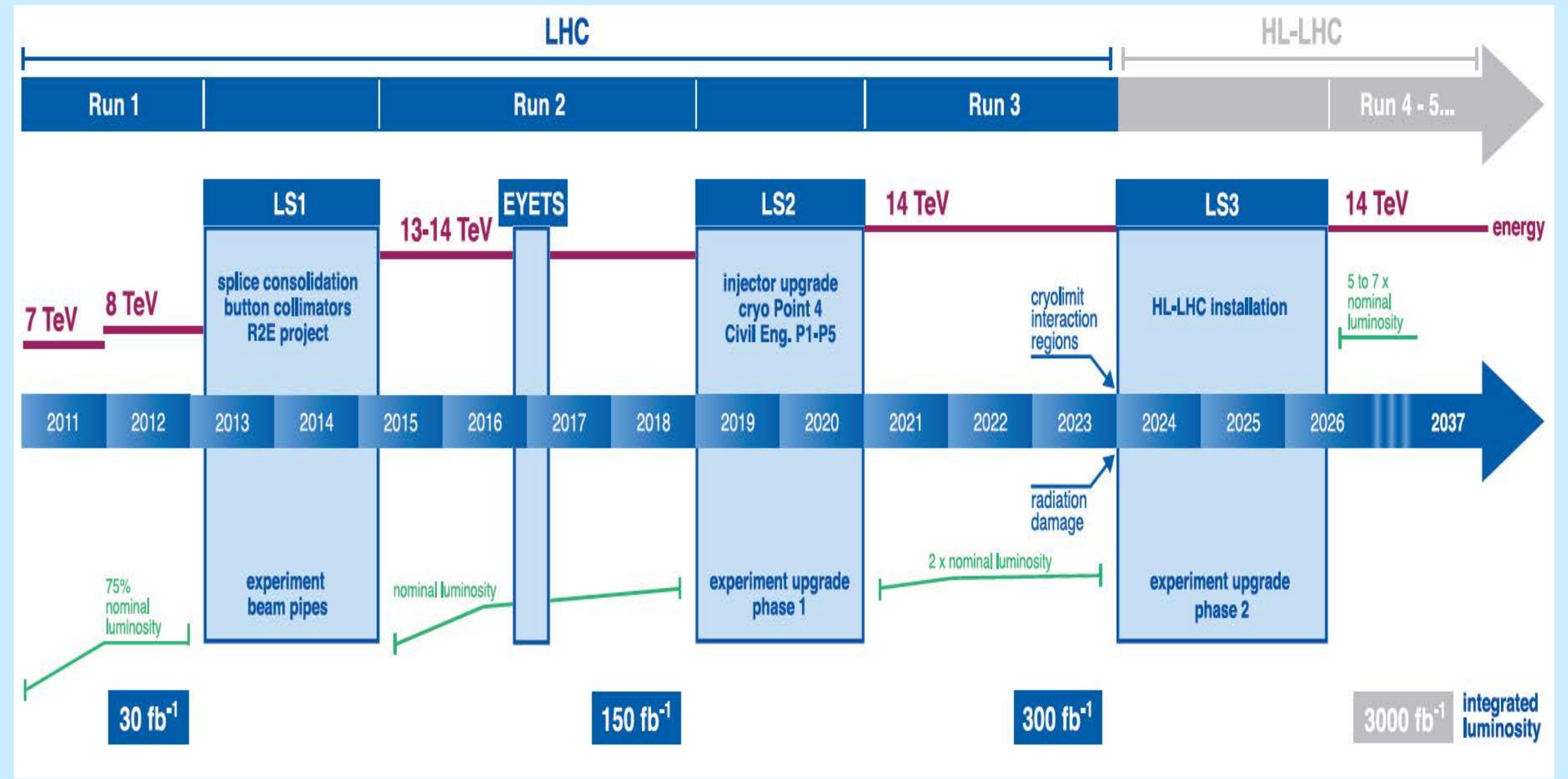
LHC-ATLAS 今後の展望

LHCのアップグレード

LHCはこれまで8TeV以下の衝突エネルギーで陽子-陽子衝突実験(Run1)を行ってきた。ATLAS実験は計 25fb^{-1} のデータを集め、ヒッグス粒子の発見という歴史的偉業を達成した。

現在、更なる発見を目指し、2倍近く高い衝突エネルギーを実現するためのアップグレードを行っている。2015年春から再開した実験(Run2)では13TeVのエネルギーからスタートし、加速器の慣らしが終わり次第、14TeVでの運転に切り替えていく。このRun2では、蓄積されるデータの量も 100fb^{-1} 以上に増やす。

LHCはその後も改良加え、以降予定されているRun3では約 300fb^{-1} 、さらにその後に予定されている高輝度実験HL-LHCでは計 3000fb^{-1} のデータを集め、最終的に現在の100倍以上のデータを蓄積することを目指す。

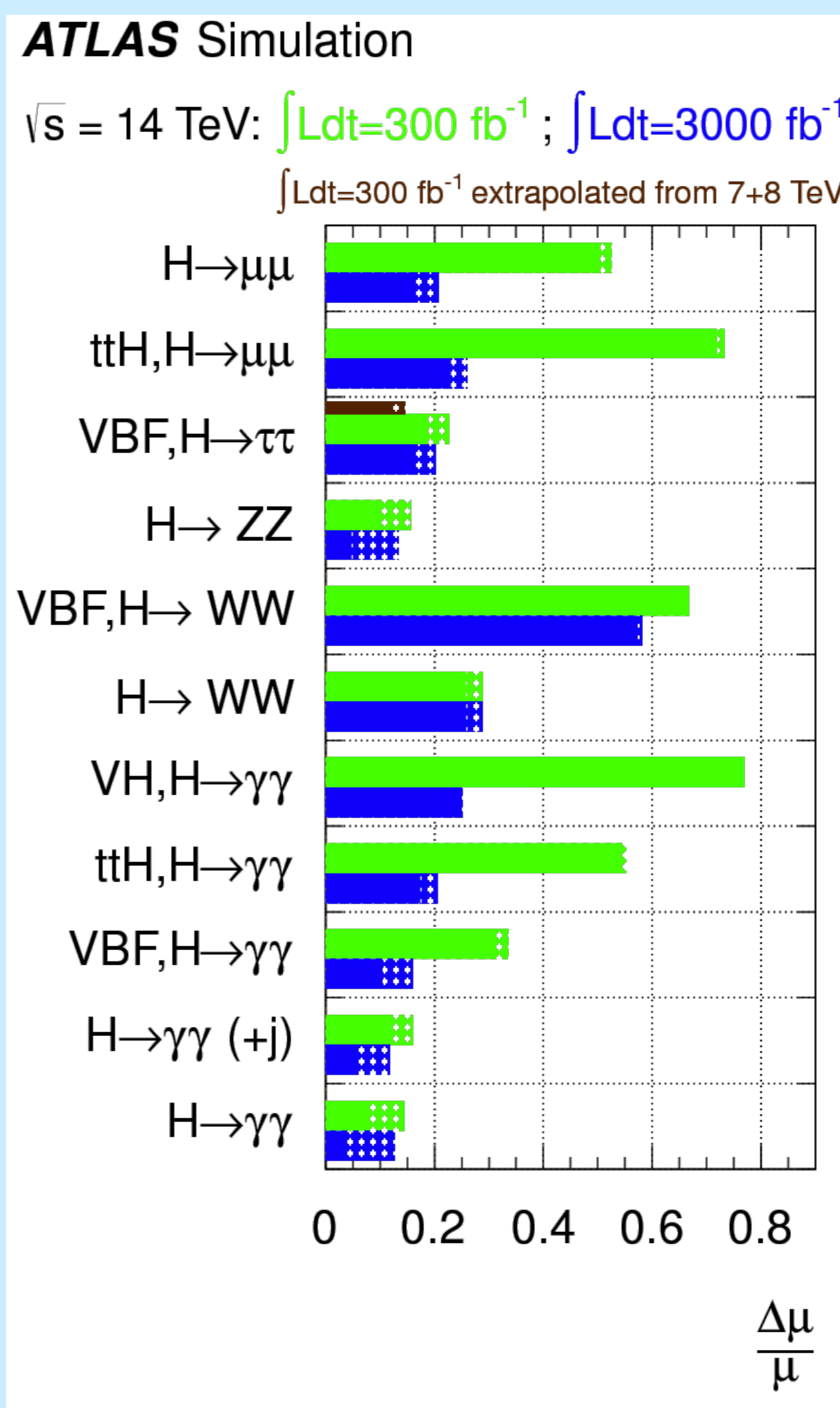


上の図はLHCの瞬間ビーム輝度(緑)と衝突エネルギー(赤)が年と共にどのように増えていくかを示している。LS1, LS2, LS3 は加速器の改良期間。

ヒッグス粒子の性質を精密に測定

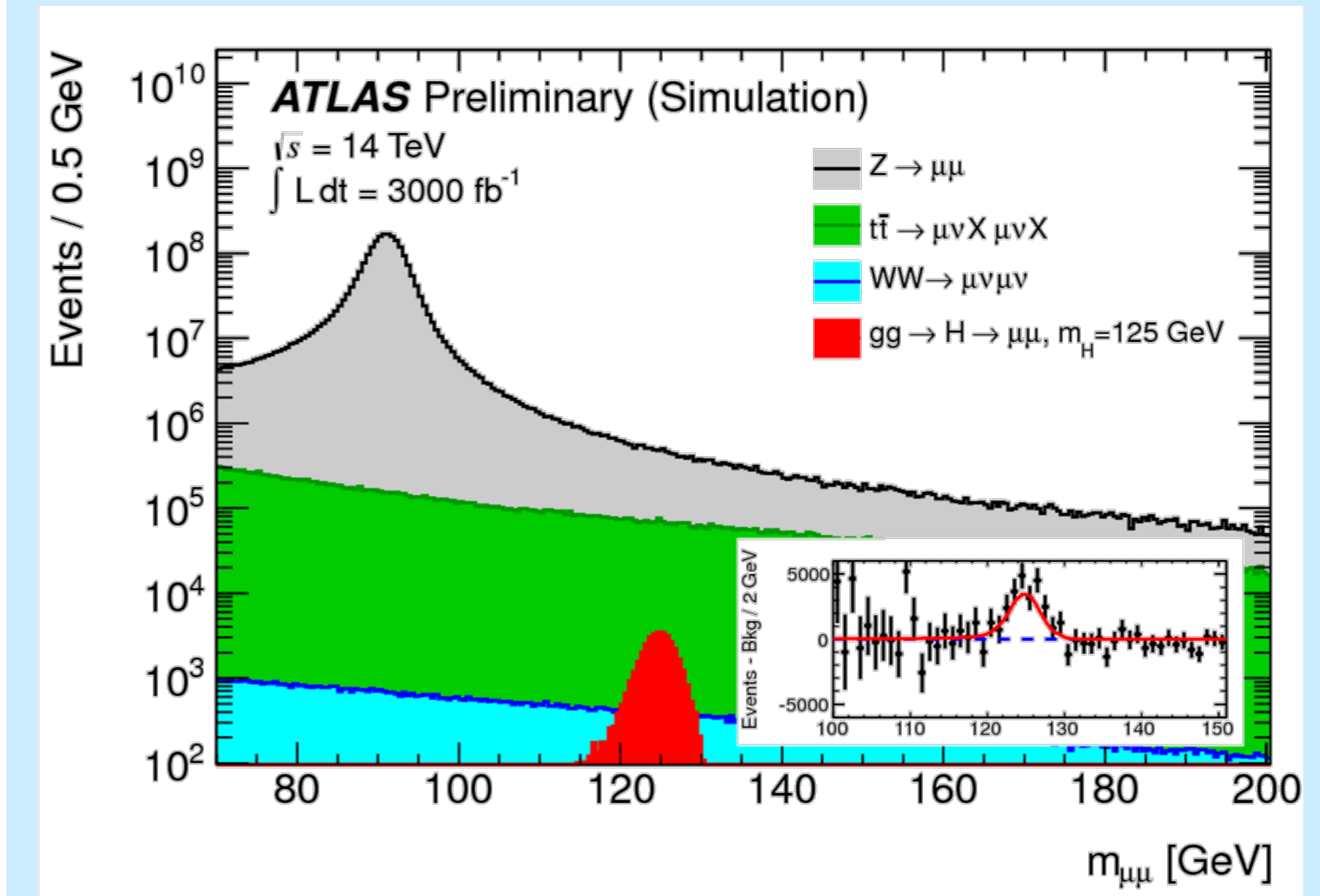
ヒッグス粒子の存在はRun1で確認されたが、その性質はまだ十分には調べられていない。Run2ではヒッグス粒子がこれまでの15倍ほど生成され、測定精度が約4倍になる。精度の高い測定を行い、見つかったヒッグス粒子が標準理論で予言されたものか、それとも新しい物理につながる粒子なのか、を確認することが重要である。

- ✓ 崩壊幅はとても細く(4MeV程度)、検出器の測定精度を超えているが、質量分布の裾を使って精度よく測定するという斬新なアプローチが考案されている。
- ✓ スピンやパリティはすでに 0^+ が強く示唆されている。
- ✓ CP非保存の寄与についても注意深く調査していく。
- ✓ 物質粒子への結合の強さを測定をし、その質量との関係を探る。特に $\tau\tau$ 、 bb 、そして $\mu\mu$ もデータの統計が上がれば測定可能。
- ✓ ヒッグス粒子のフェルミオンやゲージボソンへの結合定数は生成断面積の理論値と実験値の比($\mu = (\sigma_{\text{BR}})_{\text{data}} / (\sigma_{\text{BR}})_{\text{SM}}$)を測定することによって精査できる。



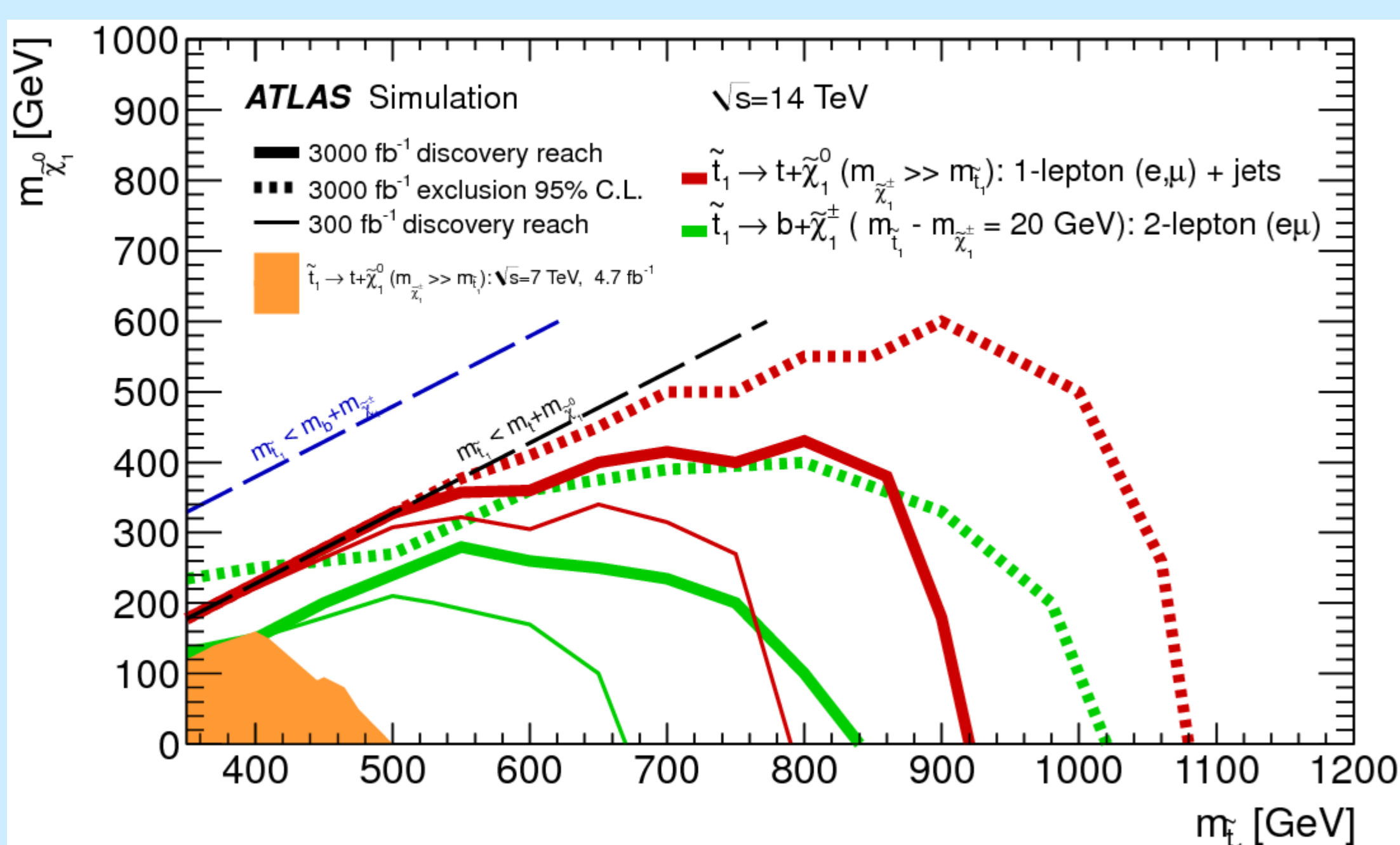
左の図はヒッグス粒子の各々の崩壊モードに対して信号強度(signal strength: μ)がどの程度の精度で測定されるかを示している。

下の図はHL-LHCにおいて観測が予想される $H \rightarrow \mu\mu$ の信号である。

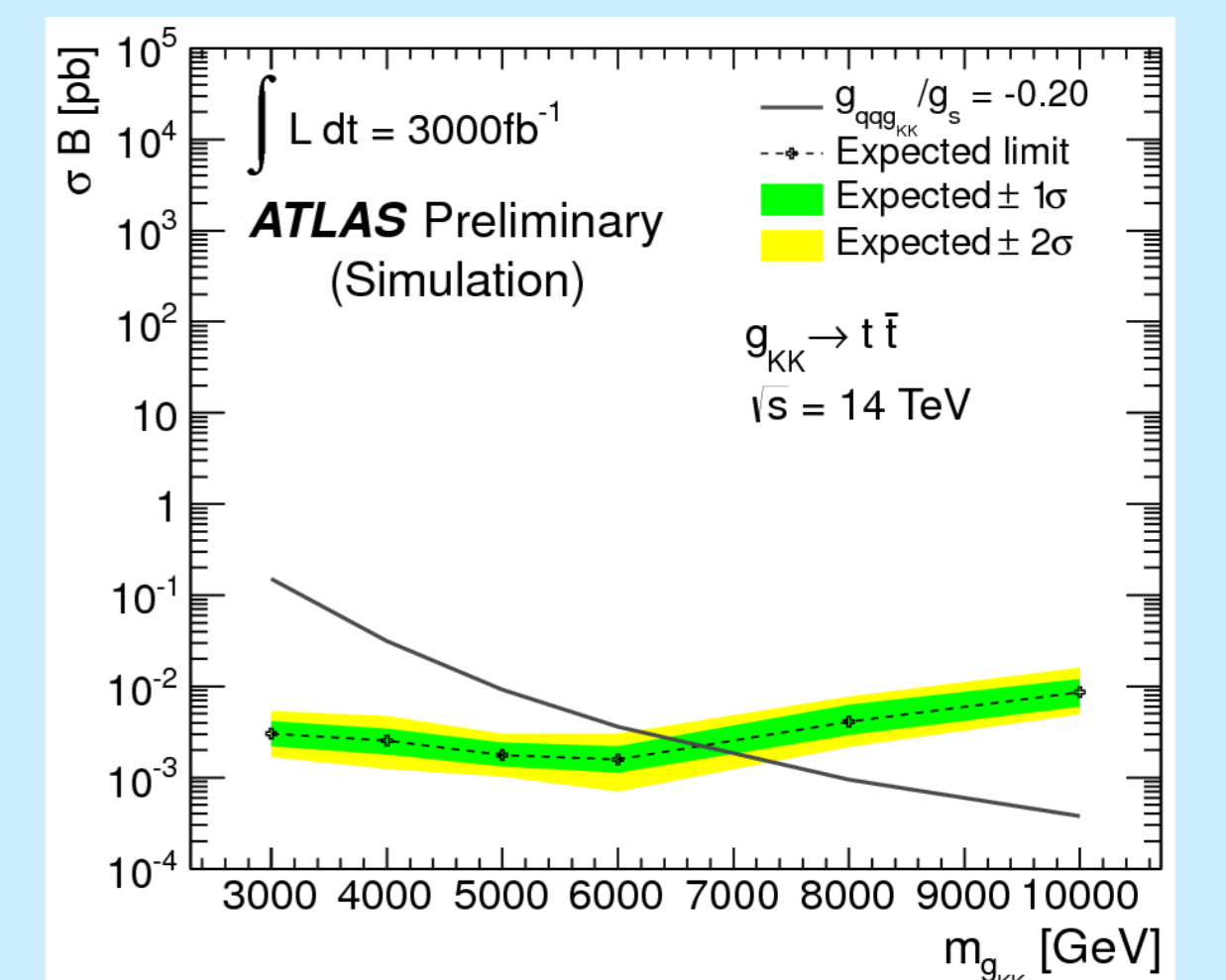
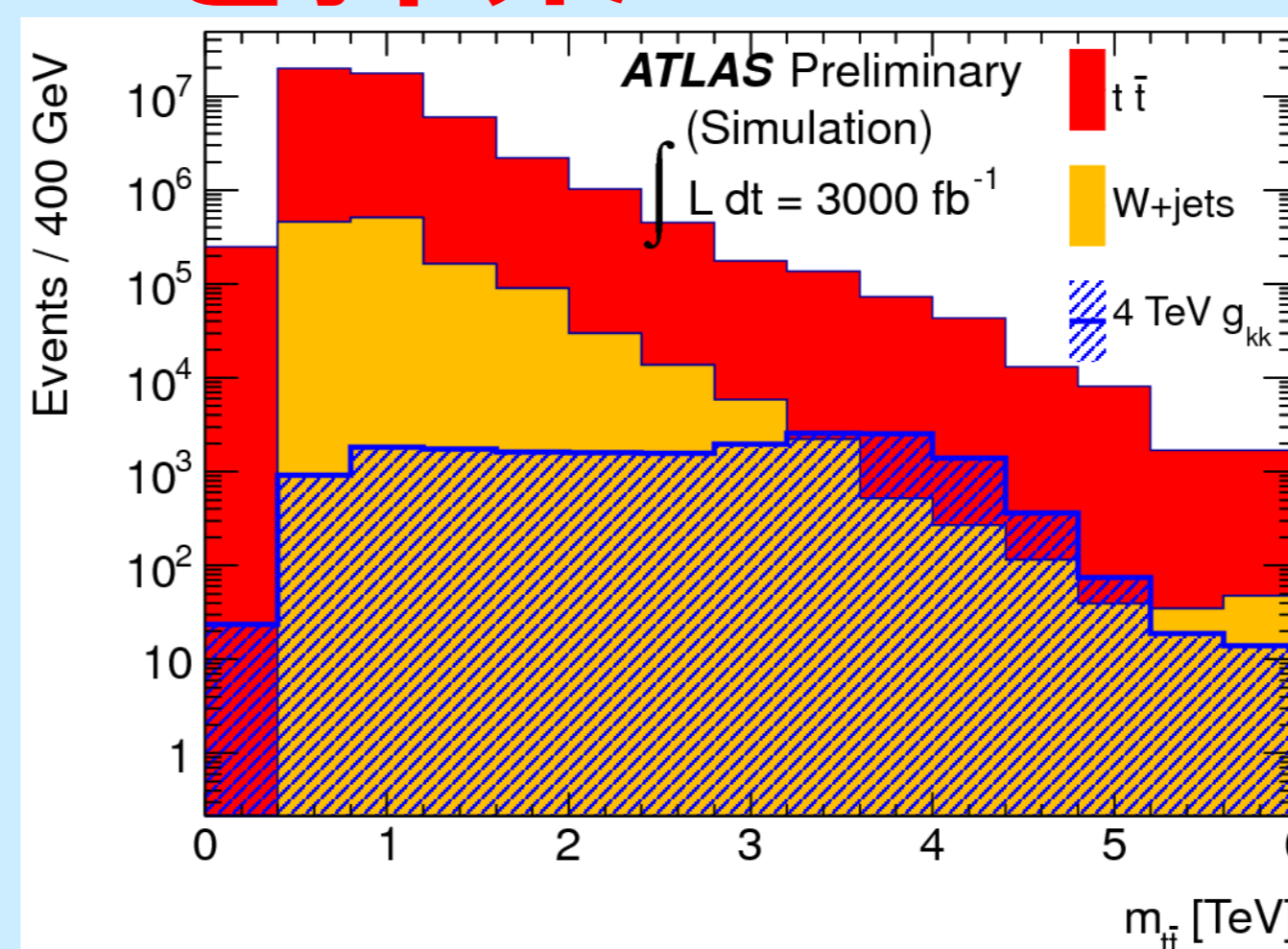


より高いエネルギースケールで新しい物理を探索

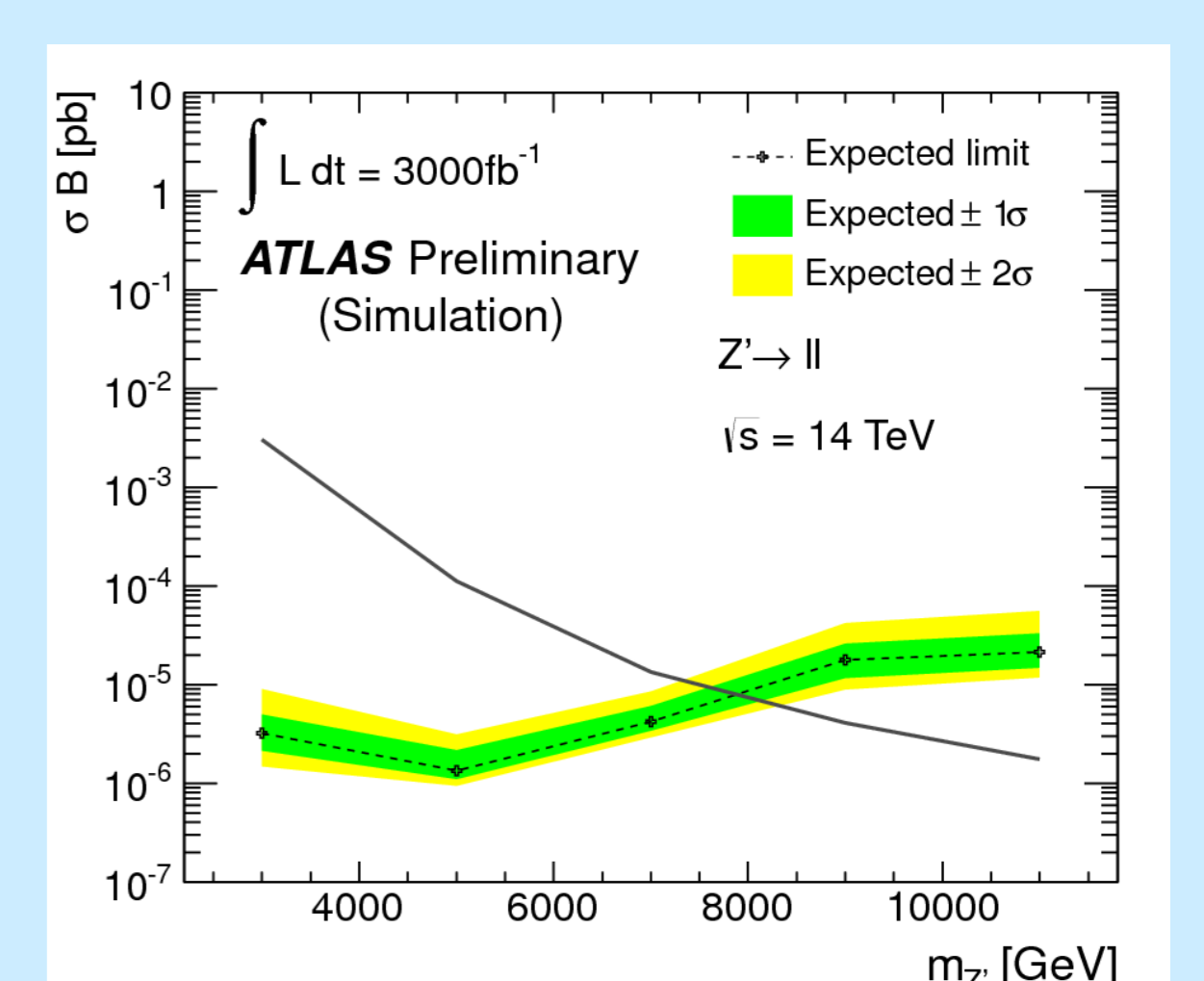
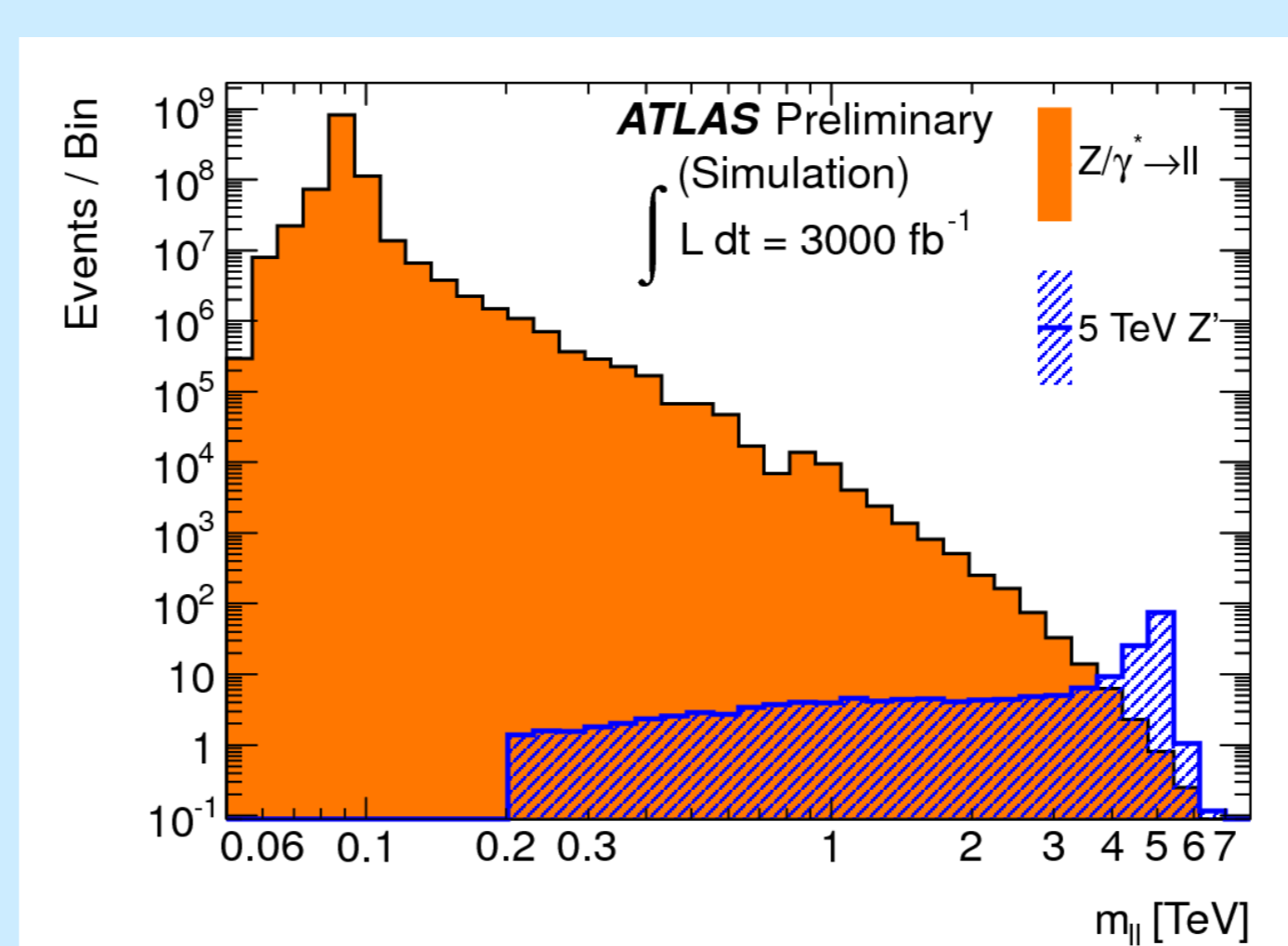
現在までの実験データには、素粒子標準模型を覆すような結果は見つかっていない。しかし、暗黒物質の存在等、標準模型ではうまく記述できない問題が明らかに存在している。これらを解決すべく、新たな理論が提案されているが、未だにそれらを裏付ける実験結果は得られていない。これは、加速器の衝突エネルギーやデータの量が不十分だからかもしれない。そのためRun2以降の14TeVの衝突エネルギーと膨大なデータにより、新しい物理現象が我々の目の前に姿を現すことが大いに期待されている。



この図はトップクォークの超対称性粒子の探索感度を示している。



余剰次元の理論から期待されるカルツァクライン・グラビトン g_{kk} をトップクォーク対の観測から探索する。左は、再構成したトップクォーク対の不変質量の分布で、4TeVの g_{kk} による信号の分布も示されている。右は探索から期待される生成断面積と崩壊分岐比の積の95%信頼度上限値と、理論予言値が示されている。



電子・陽電子対を使った未知の粒子 Z' 探索で期待されるものである。左は、再構成した不変質量の分布であり、 Z' が5TeVに存在した場合期待される信号の分布も示されている。右の図はHL-LHCで期待される生成断面積と崩壊分岐比の積の95%信頼度上限値と、理論予言値である。