



LHC-ATLAS実験における 1レプトンモードでの超対称性粒子の探索

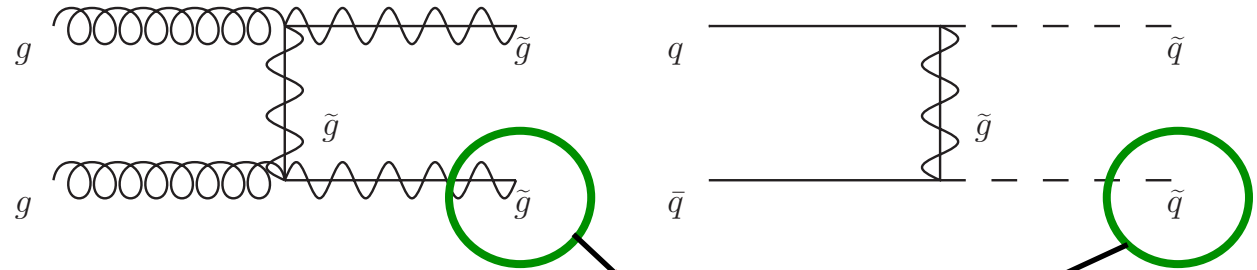
佐々木雄一、
片岡洋介^A、金谷奈央子^A、浅井祥仁

東京大、東大素セ^A

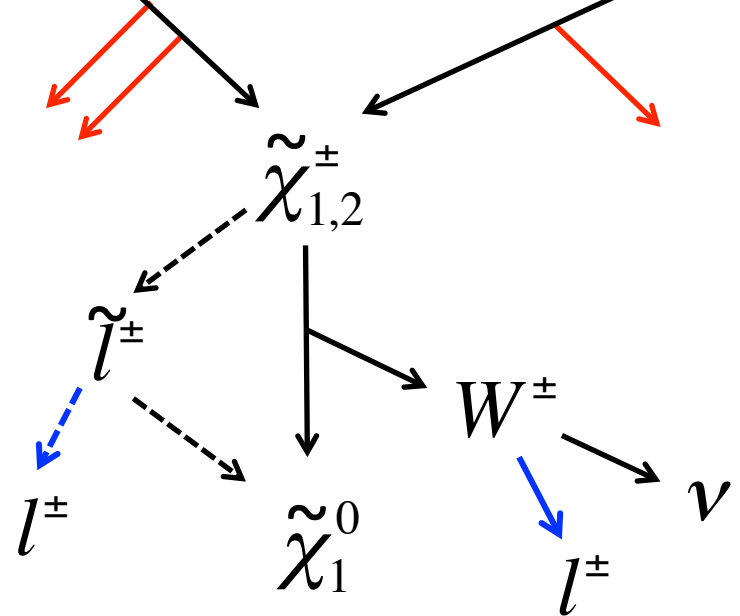
April 24, 2012

ターゲットとするトポロジー

- 強い相互作用で生成される超対称性粒子



- 横方向運動量の大きい複数のJet
- EWゲージノがWとLSPへ崩壊等
→主なLepton (Electron, Muon) source
本解析ではLepton 1本のみを要求
- LSPが検出器外に逃げる→大きな E_T^{miss}



以上のようなトポロジーを対象にして探索をおこなう。



Signal Regionの設定

3Jets SR :

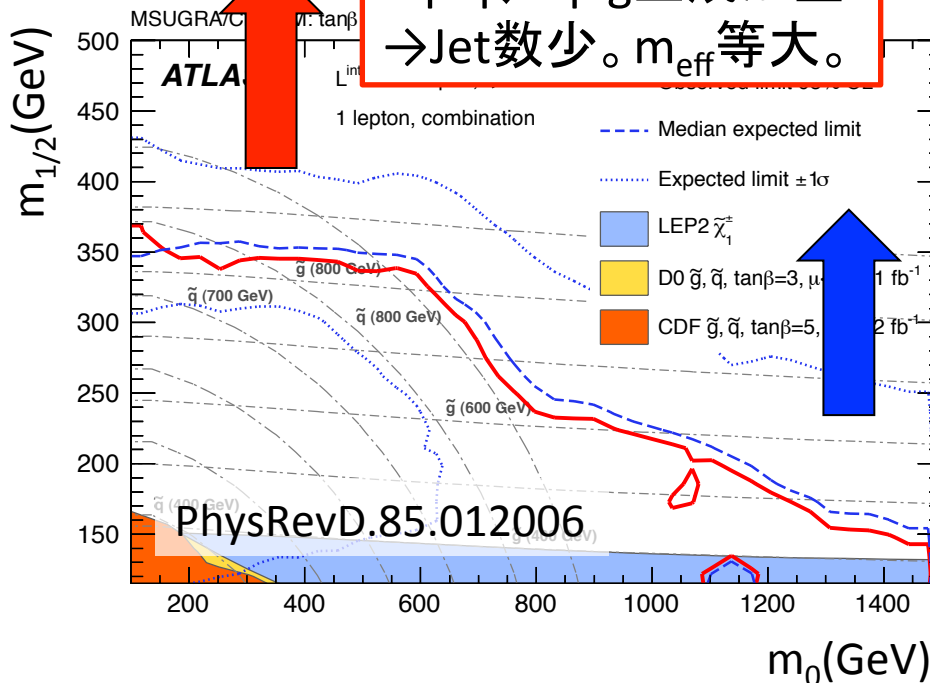
$$p_T^{\text{jet}} > 100, 25, 25 \text{ GeV}$$

$$E_T^{\text{miss}} > 250 \text{ GeV}, m_T > 100 \text{ GeV}$$

$$E_T^{\text{miss}}/m_{\text{eff}} > 0.2$$

$$m_{\text{eff}} > 1200 \text{ GeV}$$

$\sim q\bar{q}$ 、 $\sim q\bar{q}g$ 生成が主
 \rightarrow Jet数少。 m_{eff} 等大。



二つのSignal Region(SR)を設定した。

- **3Jets SR** : Jet数は少ないが、 m_{eff} ($=p_T^{\text{lep}}+E_T^{\text{miss}}+\Sigma p_T^{\text{jet}}$)が大きい領域用
- **4Jets SR** : m_{eff} 等は小さいが、Jetの本数が多くなる領域用

$\sim g\bar{g}$ 生成

\rightarrow Jet数大。 E_T^{miss} 、 m_{eff} 等小。

4Jets SR :

$$p_T^{\text{jet}} > 80, 80, 80, 80 \text{ GeV}$$

$$E_T^{\text{miss}} > 250 \text{ GeV}, m_T > 100 \text{ GeV}$$

$$E_T^{\text{miss}}/m_{\text{eff}} > 0.2$$

$$m_{\text{eff}} > 800 \text{ GeV}$$



主なバックグラウンドと使用データ

- 主なバックグラウンド:

W	<ul style="list-style-type: none">• W \rightarrow lv 崩壊によるLeptonとE_T^{miss}
tt	<ul style="list-style-type: none">• tt\rightarrowbblvqq 崩壊によるLeptonとE_T^{miss}• tt\rightarrowbblvv 崩壊のうち、一方のLeptonが検出されない場合
(QCD)	<ul style="list-style-type: none">• Multi-jet事象において、JetをLeptonと誤認した場合 (Signal Regionにはほとんど残らない)

その他: **Z**, Single Top, Diboson

- 使用データ:
2011年末までに取得した 4.7fb^{-1} のデータ。
1Electron($p_T^{\text{lep}} > 20\text{GeV}$;) / 1Muon($p_T^{\text{lep}} > 18\text{GeV}$) trigger。
解析ではそれぞれ $p_T^{\text{lep}} > 25\text{GeV}$ / $p_T^{\text{lep}} > 20\text{GeV}$ を要求。



W事象の見積もり

- MCを使用するが形状の不定性が大きい → データを用いて制限を掛ける。
- $p_T^{W/Z, \text{truth}}$ でMCサンプルを分割 → データの $p_T^{W/Z}$ に対してフィット。
- Generatorの不定性を減らせる(20% -> 10%)

フィット領域 :

Muon channel

$p_T^{\text{jet}} > 100, 25, 25 \text{ GeV}$

$E_T^{\text{miss}} > 30 \text{ GeV}, 30 \text{ GeV} < m_T < 100 \text{ GeV}$

注意: $m_T < 100 \text{ GeV}$ を要求

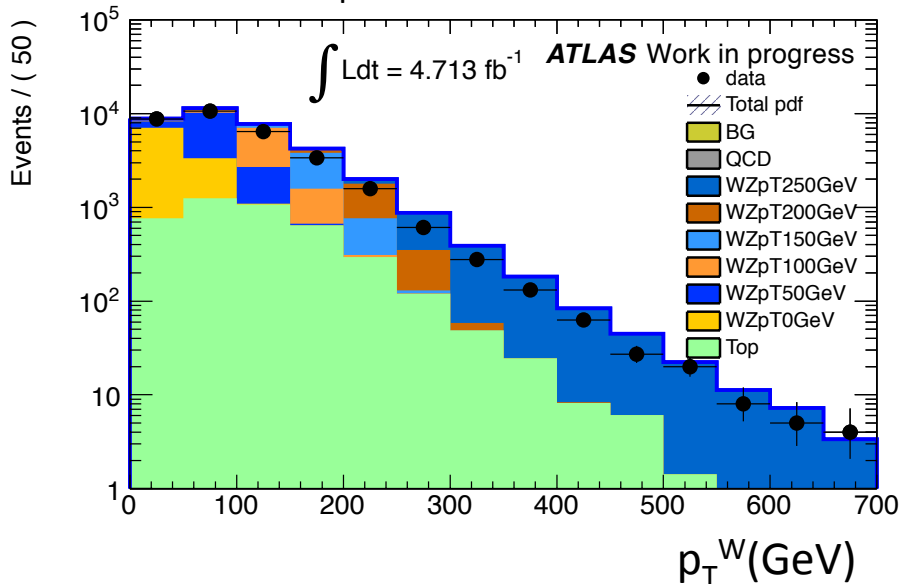
→ Signal Region とは完全に独立

青・黄: $W(p_T^W$ で分割)

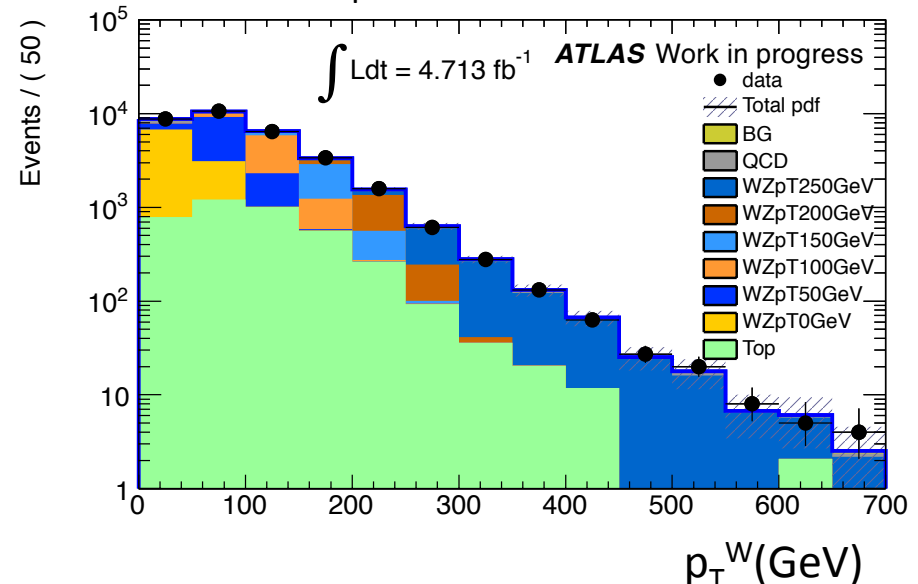
緑: tt

黒: データ

Fit前の p_T^W



Fit後の p_T^W





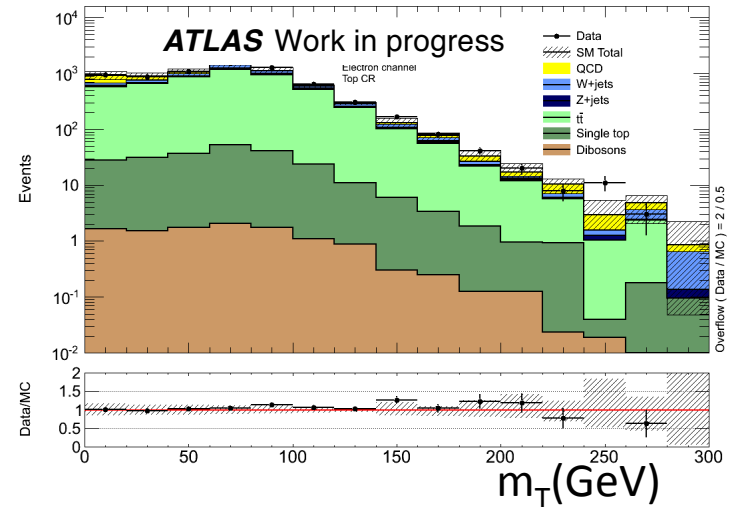
tt、QCD事象の見積もり

< tt > : $CR = b\text{-tag} + 40\text{GeV} < m_T < 120\text{GeV}$

分布形状はMCを信じて、
全体の数はControl Region(CR)で規格化。

-> Generatorの不定性が一部吸収される。
(残る不定性~25%)

右図はControl Regionの分布(Ele ch.)

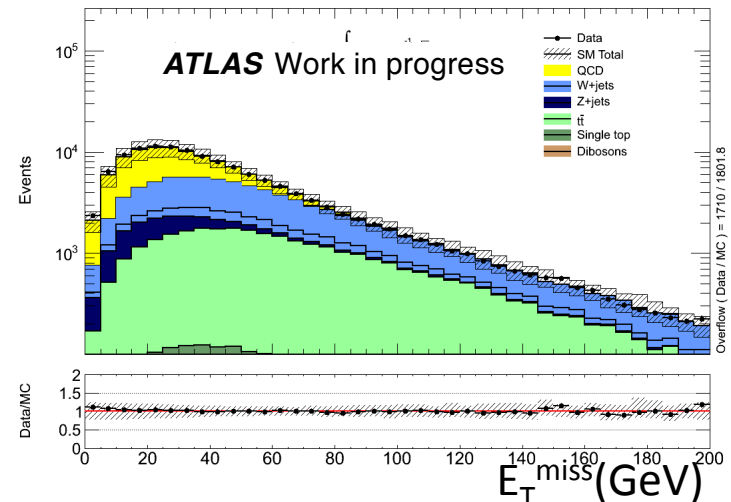


< QCD > : $CR = E_T^{\text{miss}} < 30\text{GeV}$

データを用いて求める。
一部Selectionを緩めて積極的に”間違えた”事象を作り、増分をQCDだと見積もる。
(不定性~30%。

Signal Regionでは<0.3事象程度の影響)

右図は E_T^{miss} 分布(Ele ch.)





Signal Region

3Jets Signal Regionでの事象数と m_{eff} 分布。

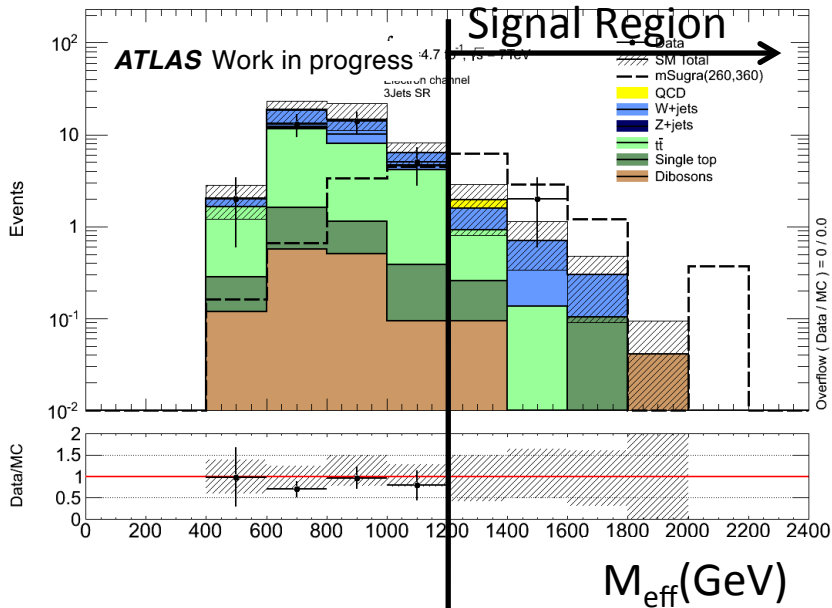
(統計+系統誤差。Totalにはその他Bkg.も含む)

Electron ch.
+ Muon ch.

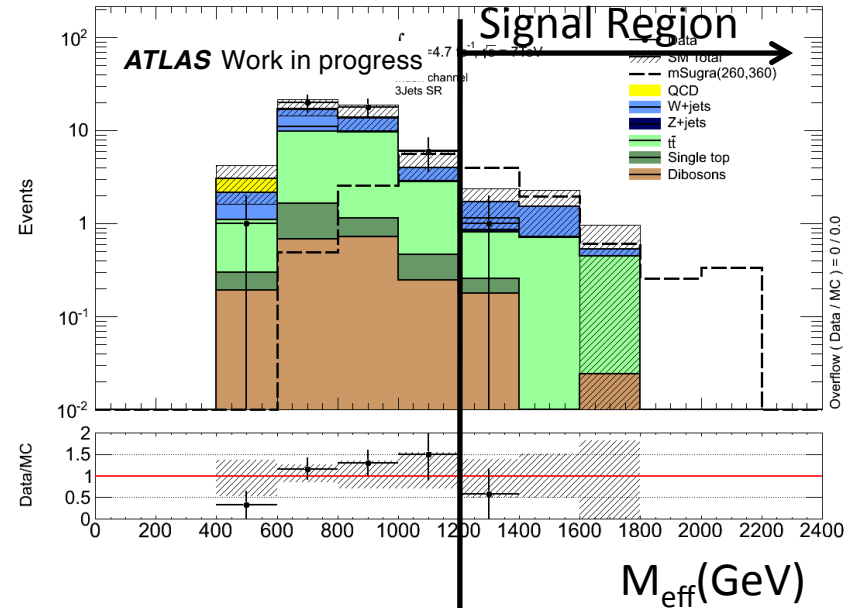
	Expected			Observed
	W	tt	Total	
	3.0 ± 1.7	0.8 ± 0.5	4.7 ± 2.3	3

$$m_{\text{eff}} = E_{\text{T}}^{\text{miss}} + p_{\text{T}}^{\text{lep}} + \sum p_{\text{T}}^{\text{Jet}}$$

Electron channel



Muon channel



$m_0=260, m_{1/2}=360$



Signal Region

4Jets Signal Regionでの事象数と m_{eff} 分布。

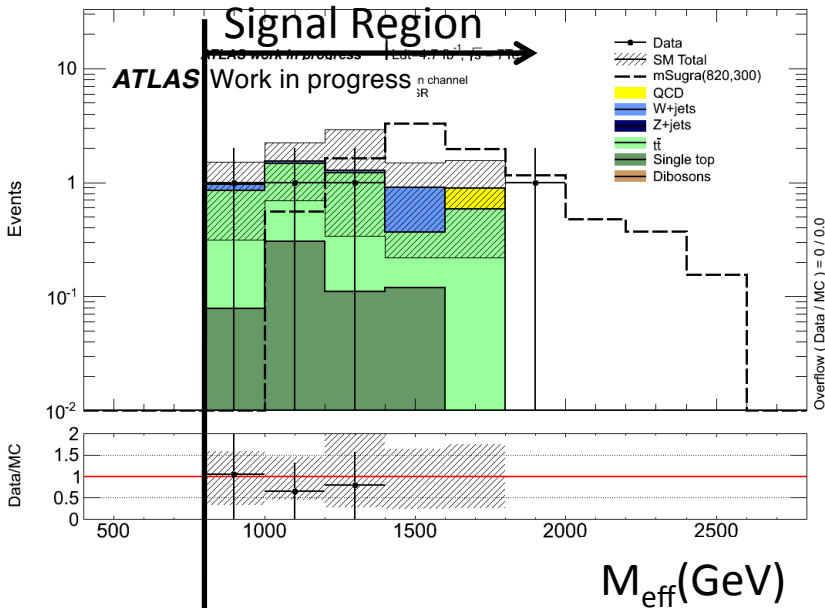
(統計+系統誤差。Totalにはその他Bkg.も含む)

Electron ch.
+ Muon ch.

	Expected			Observed
	W	tt	Total	
	1.5 ± 0.8	2.4 ± 1.4	4.7 ± 2.4	6

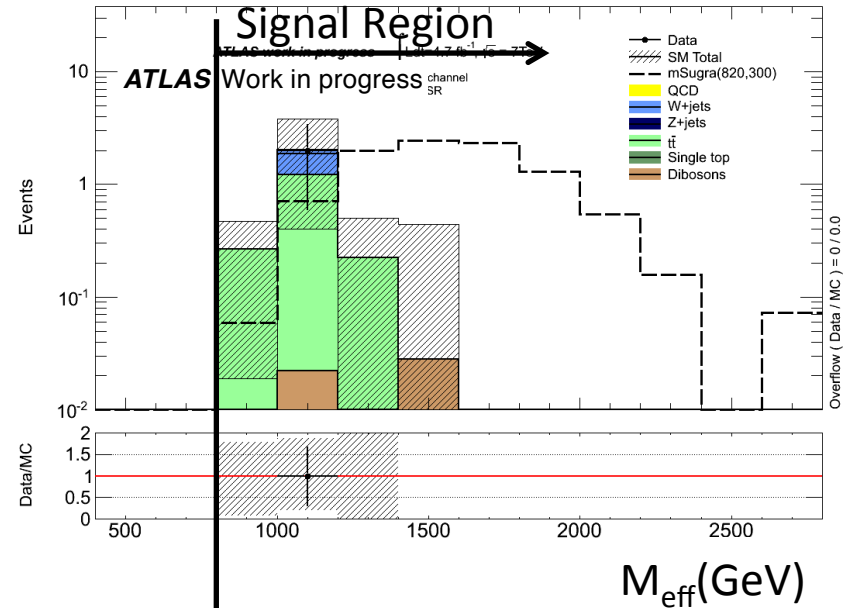
$$m_{\text{eff}} = E_T^{\text{miss}} + p_T^{\text{lep}} + \sum p_T^{\text{Jet}}$$

Electron channel



Muon channel

$m_0=820, m_{1/2}=300$

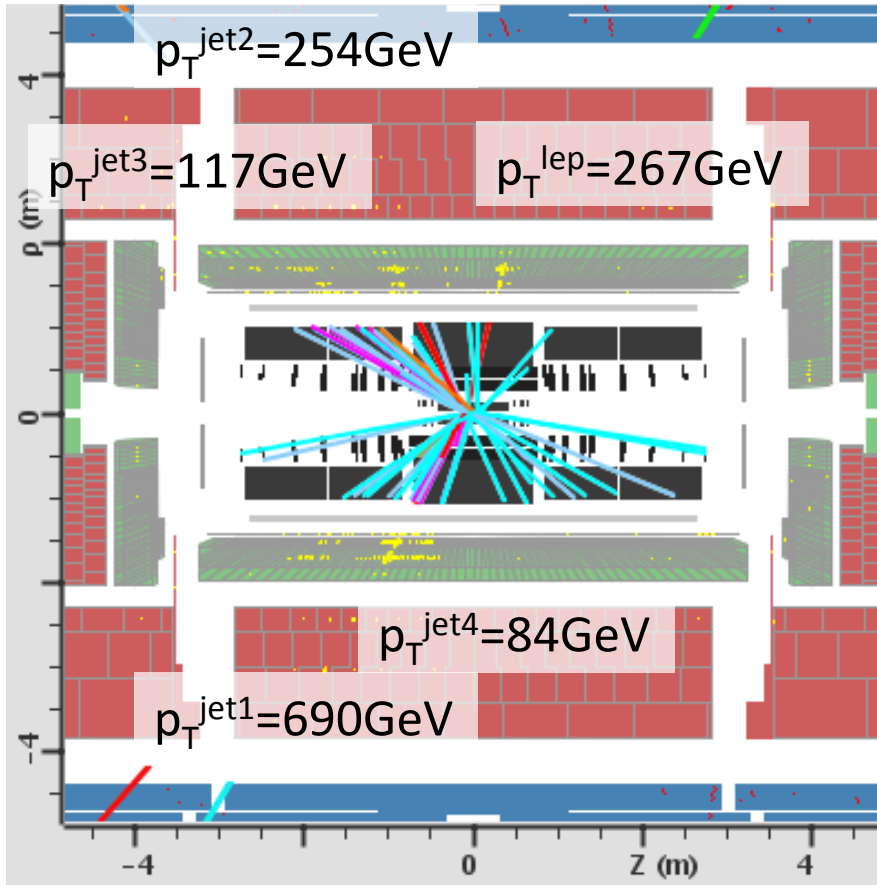




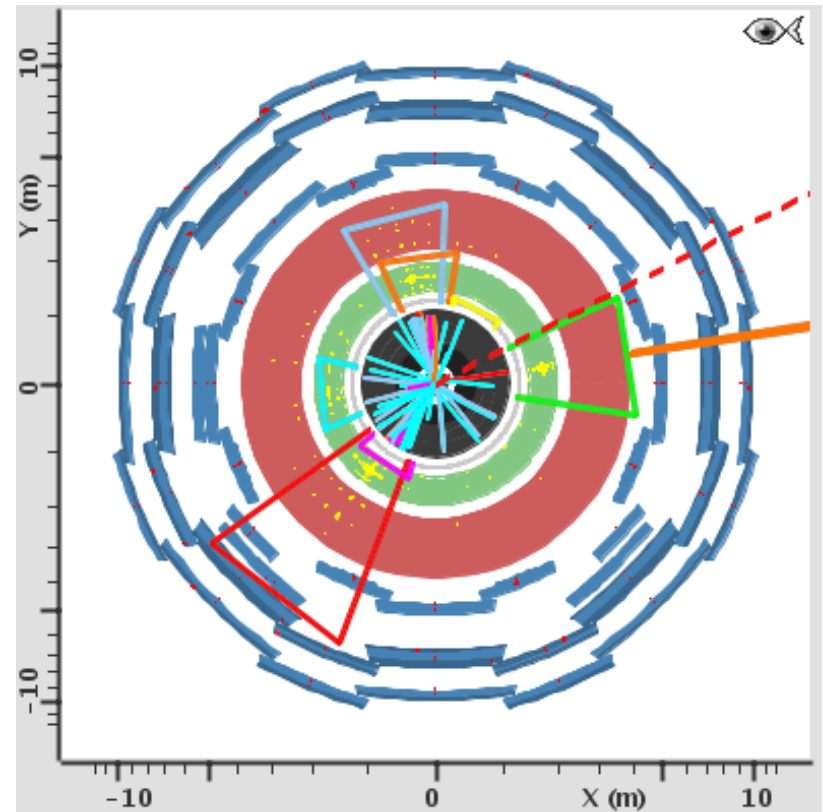
候補事象の例

標準理論事象として解釈するとW+jets。

$m_{\text{eff}} = 1817\text{GeV}$,
 $m_T = 105\text{GeV}$,
 $E_T^{\text{miss}} = 370\text{GeV}$
b-Jetなし。



ビームと平行な断面図



ビームと鉛直な断面図



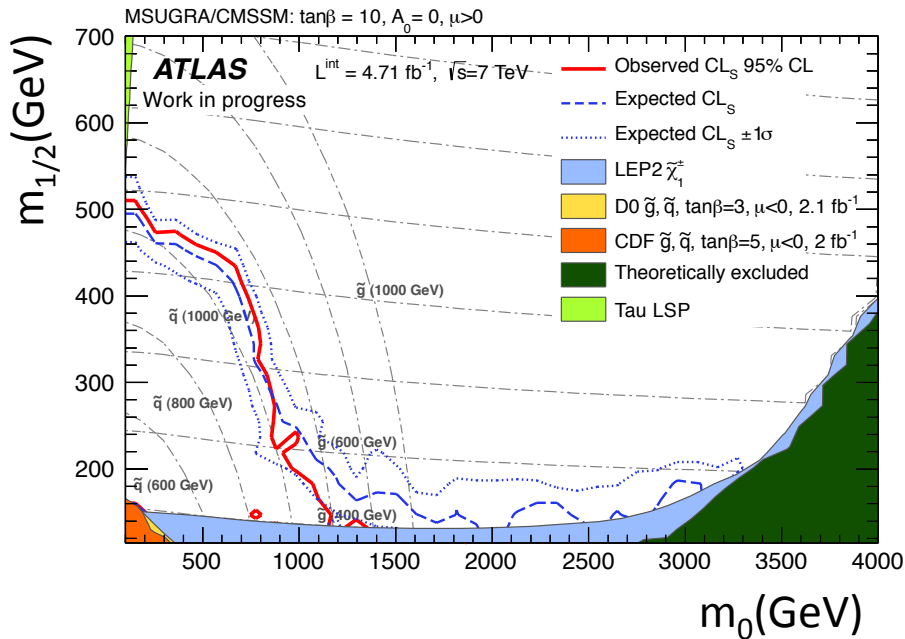
棄却領域のBin分けによる感度向上

広い質量範囲で超対称性粒子への感度を保つため、 m_{eff} (~超対称性粒子の質量) をbin分けして、後にCombineする。

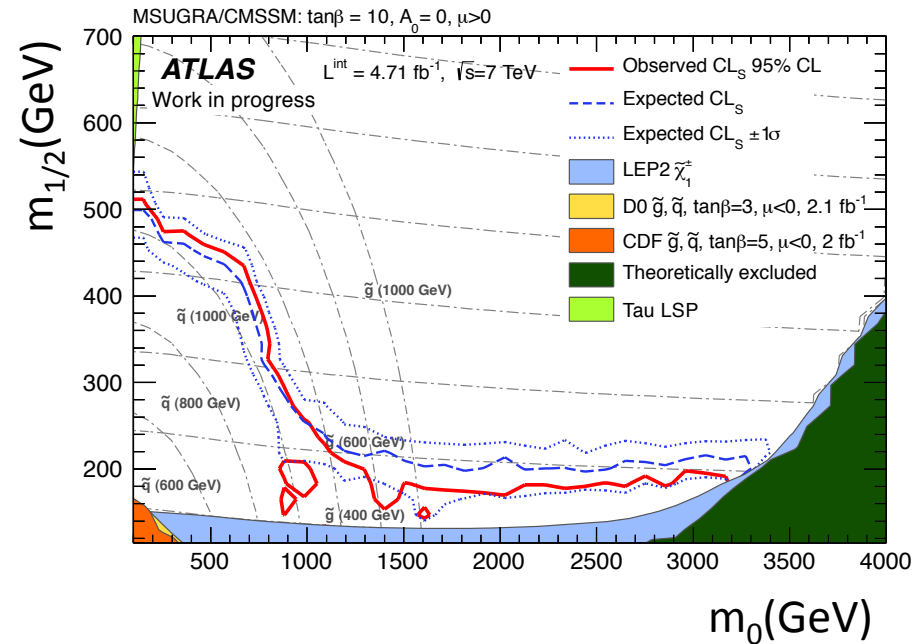
→ 棄却パラメータ領域の拡大

3Jets Signal Regionで見たbin分けの効果

1bin [800GeV -]



6bin [400 - 1600GeV] + overflow





まとめ

- 2011年末までに取得した $\sqrt{s}=7\text{TeV}$ 、 $L=4.7\text{fb}^{-1}$ のデータを用いて超対称性粒子探索を行った。
- 多数のJetと大きな E_T^{miss} に加えて、1本のLeptonを要求するトポロジーをターゲットとした。
- Signal Regionの最適化を行い、以前よりも積極的に感度を向上させた。
- p_T^W や m_{eff} の分布形状の情報を用いることで、系統誤差の減少・感度領域の拡大を目指した。
- $m(\sim q) = 1.2\text{TeV}$, $m(\sim g) = 0.8\text{TeV}$ までの領域を棄却。

Backup

So Heavy...



Backup

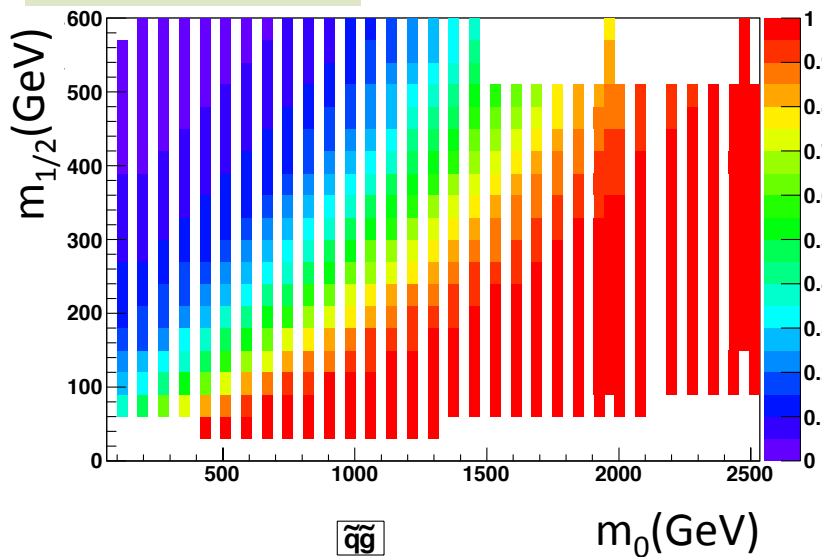




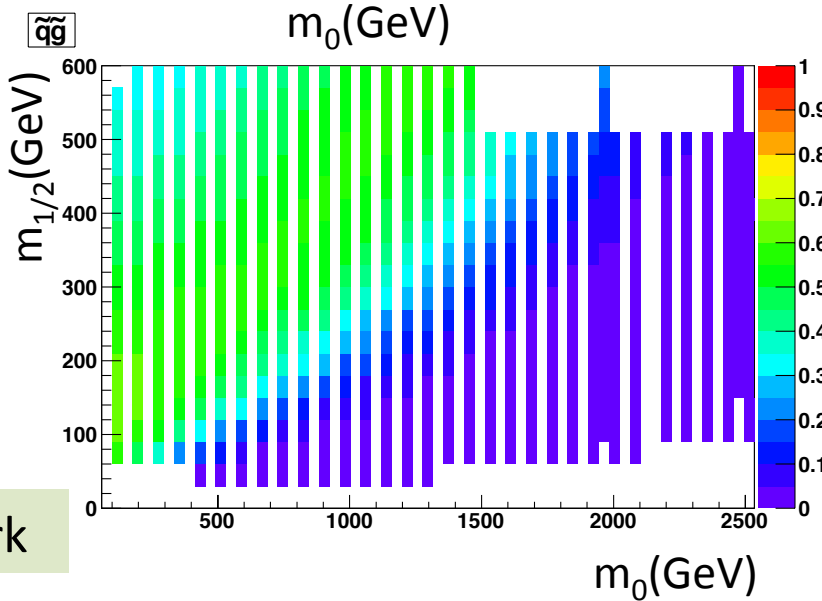
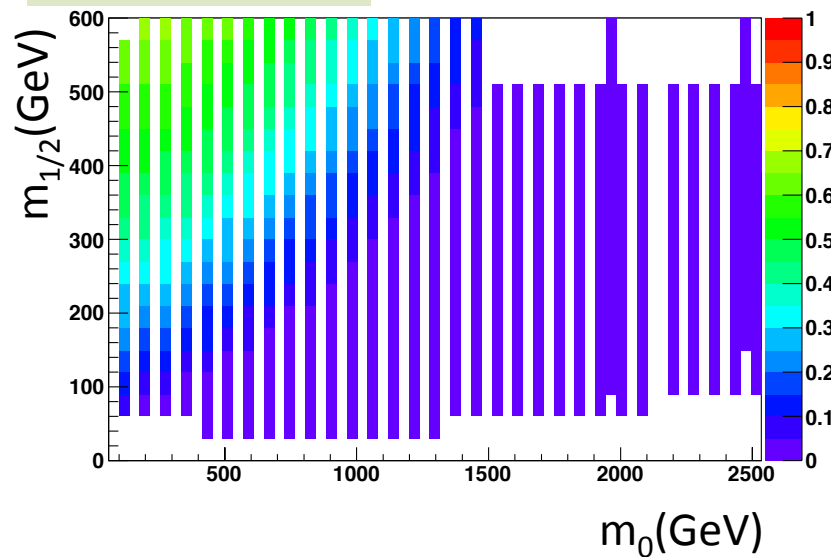
超対称性粒子の生成過程

縦軸: 生成割合

Glauino-Gluino



Squark-Squark



Glauino-Squark

Signal生成断面積の不定性

- Q^2 スケール
- PDF

→ 今回のリーチ付近で、20~30%の不定性



Leptonが出るプロセス

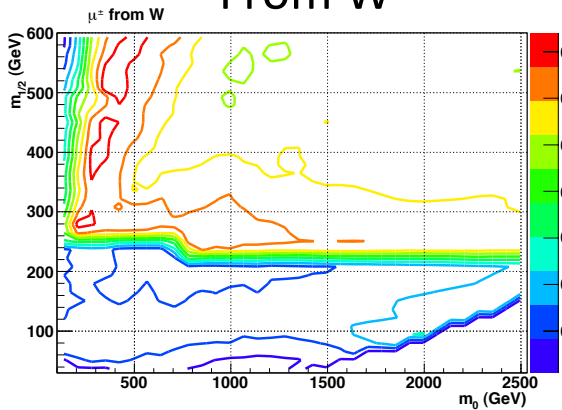
Muonとして認識された内の割合

縦軸: プロセスの割合

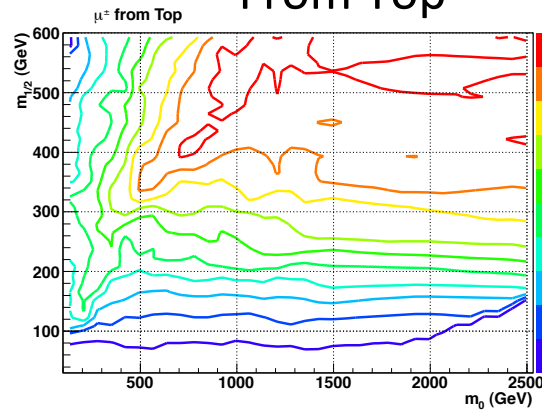
横軸: m_0 (GeV)

縦軸: $m_{1/2}$ (GeV)

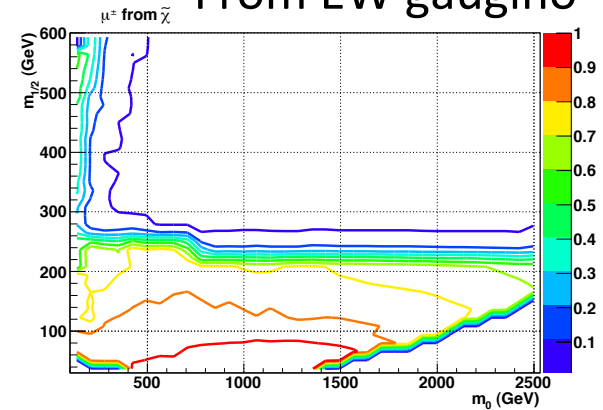
From W



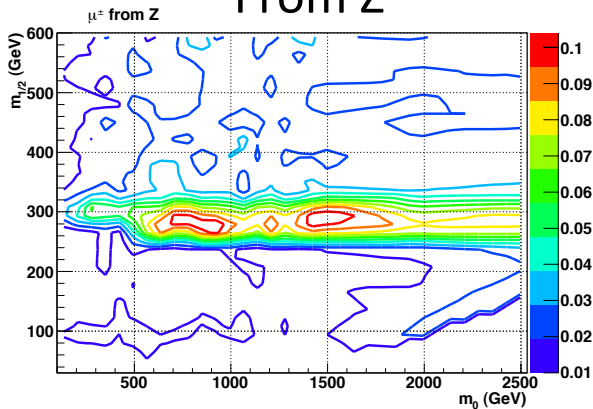
From Top



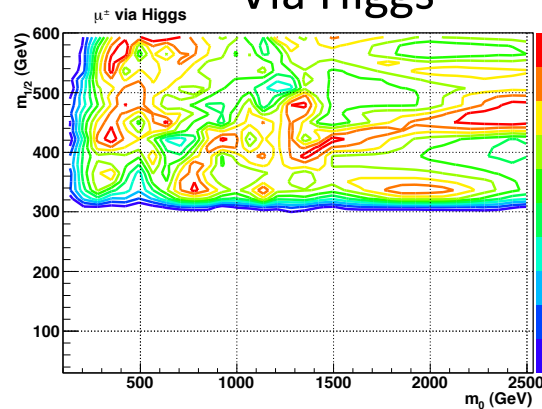
From EW gaugino



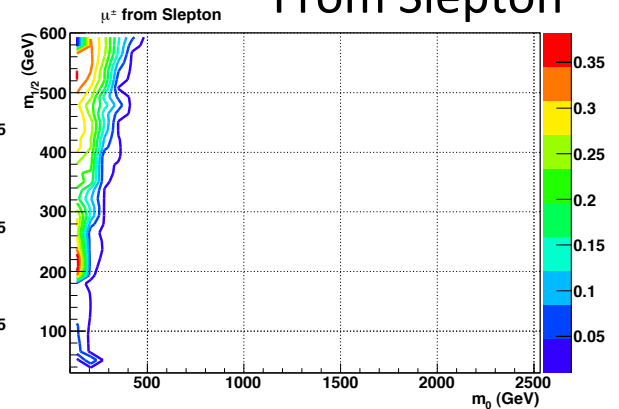
From Z



Via Higgs



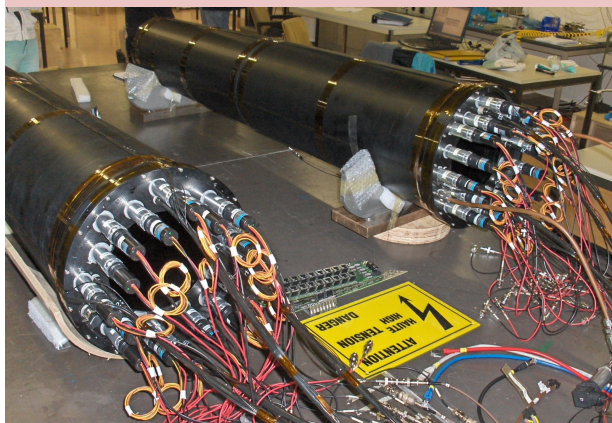
From Slepton



mSugra($\tan\beta=10, A_0=0\text{GeV}, \mu>0$)

Luminosityの測定

Lucidによるレート測定



$$L = \frac{\mu n f}{\sigma}$$

を用いてLuminosityを求める。

f : LHCの周回周波数(11kHz)

n : Bunch数

μ : Bunch当たりの非弾性衝突数
(LUCID)から求める。

σ : 非弾性散乱断面積

σ の校正

$$L = \frac{nf(I_1 I_2)}{2\pi \Sigma_x \Sigma_y}$$

を用いてLuminosityを求める。

I_1, I_2 : ビーム電流から計算した
Bunch中の陽子数

Σ_x, Σ_y : ビームの幅(Van der Merrス
キャン)

ビーム電流の取得

DCCT : ビーム電流をコイルで読み出す。

キャリブレーション不定性3%

→これがLuminosity不定性(3.7%)の主要因。





Generatorの比較 (tt)

AlpgenとMC@NLOを比較。

$$p_T^{\text{Jet}}=(>100,>25,>25,<80)\text{GeV}$$

$$m_{\text{eff}} > 400\text{GeV}$$

$$E_T^{\text{miss}} > 30\text{GeV}$$

$$E_T^{\text{miss}}/m_{\text{eff}}(3\text{jets}) > 0.3$$

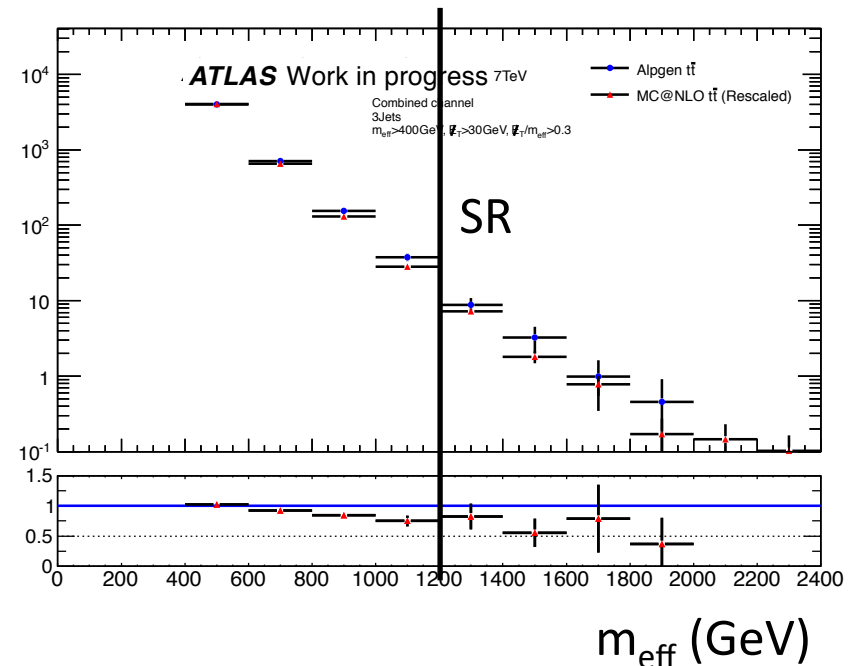
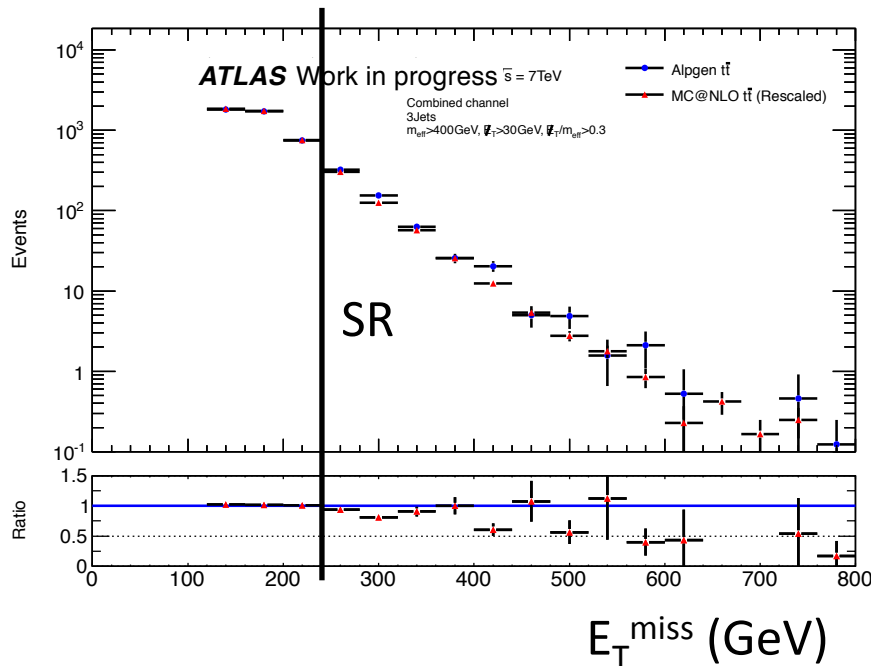
$$p_T^{\text{Jet}}=(>100,>25,>25,<80)\text{GeV}$$

$$m_{\text{eff}} > 400\text{GeV}$$

$$E_T^{\text{miss}} > 30\text{GeV}$$

$$E_T^{\text{miss}}/m_{\text{eff}}(3\text{jets}) > 0.3$$

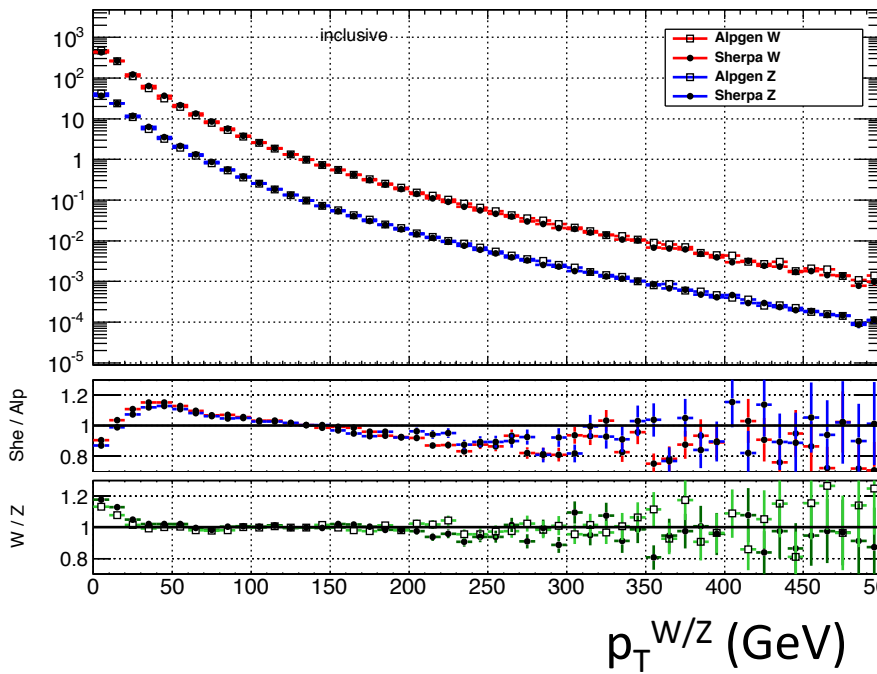
~25%の系統誤差



WとZの p_T 差

質量差の効果 $\rightarrow p_T < 50 \text{ GeV}$ の領域に限られる。
 それ以上の領域では差は見えない。

No selection applied



$p_T^{\text{Jet}} = (>100, >25, >25)$

