

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, 金谷奈央子^A, 浅井祥仁
(東大理, 東大素セ^A)

2013 September 23
JPS (Kochi University)

▶ 生成過程：強い相互作用で生まれる超対称性粒子

▶ トポロジー：1lepton+MissingEt+多数のJet

▶ 1lepton：

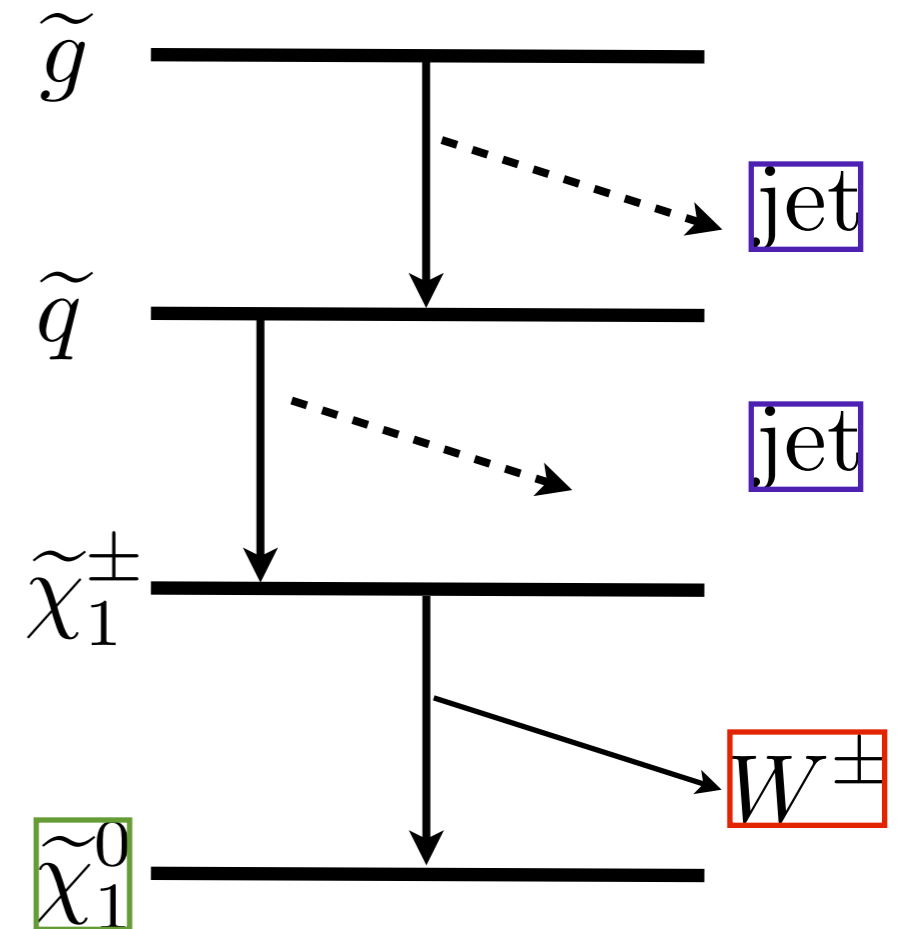
- ▶ 1本のLeptonを要求することで、QCD MultiJetの量をコントロール可能
→"発見"の際には不可欠なチャンネル

▶ Missing Et：

- ▶ R-Parityを保存するSUSYでは、中性のLSP(Lightest SUSY Particle)が検出器外に逃げる→観測されるエネルギーにアンバランス(E_T^{miss})が生じる

▶ 多数のJet：

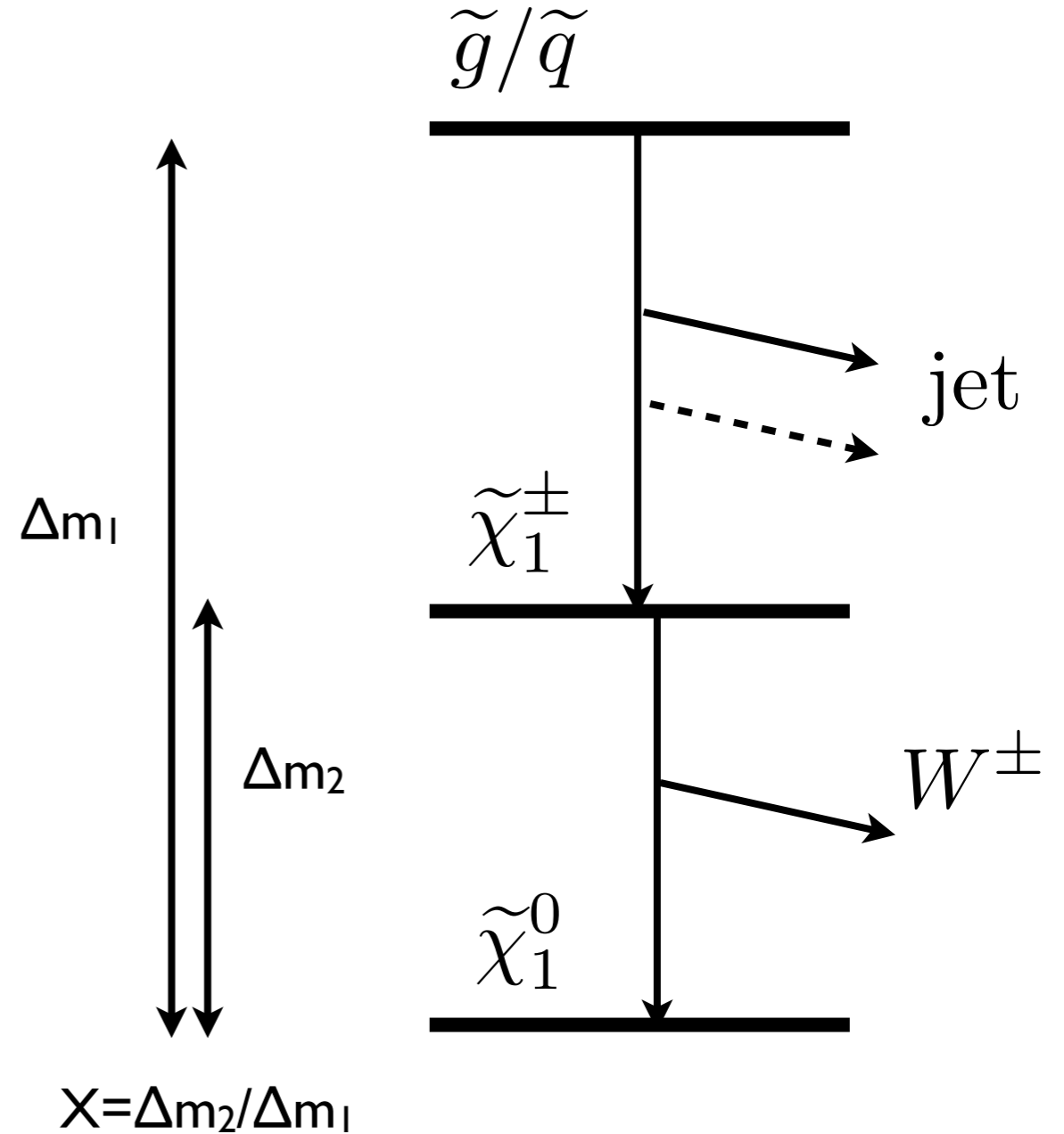
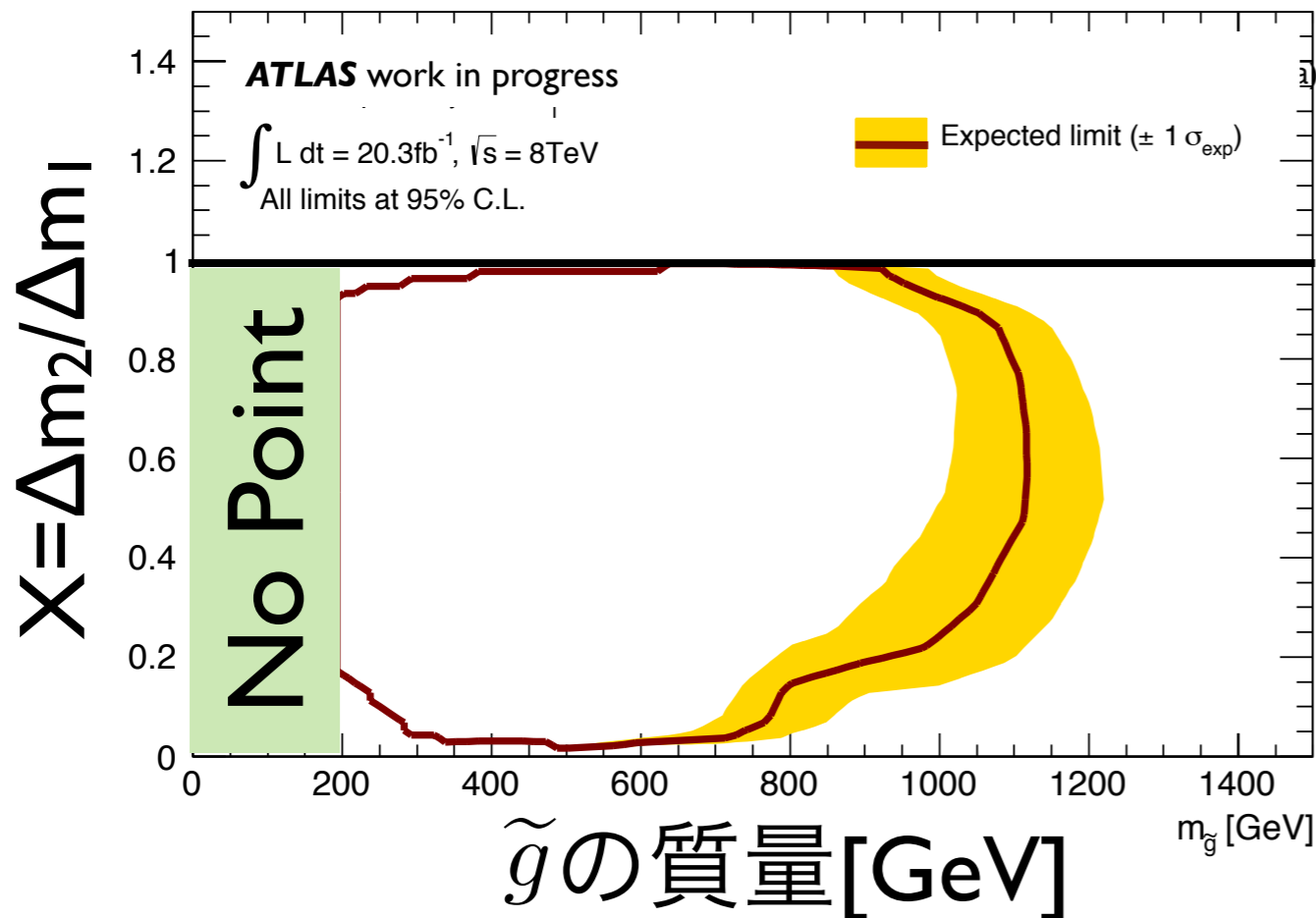
- ▶ 右上図のように、強い相互作用で生じるSUSYからは、一般に多数のJetが生じる



▶ $p_T > 25\text{GeV}$ のElectron or Muonが、丁度1本ある事象が本研究のターゲット。

- ▶ GluinoもしくはSquarkがはじめに対生成される事象を考える
- ▶ その事象のトポロジー(p_T^{jet} , E_T^{miss} , etc...)は、超対称性粒子たちの質量を決めることで自動的に決定される
- ▶ 超対称性粒子たちの質量を
"手で与えて"作った信号グリッド
→ Simplified Model

Simplified Modelの一例($m(\text{LSP})=60\text{GeV}$ に固定)





Signal Regionの決定 (Tight SR)

- ▶ Simplified Modelの注目する領域()での平均感度を最大化するようにSignal Regionのカットを選ぶ
- ▶ 様々なカットを試して、平均感度の分布を作る
- ▶ 平均感度の高い集団 (オレンジ) がどのようになっているかを見てカットを決定

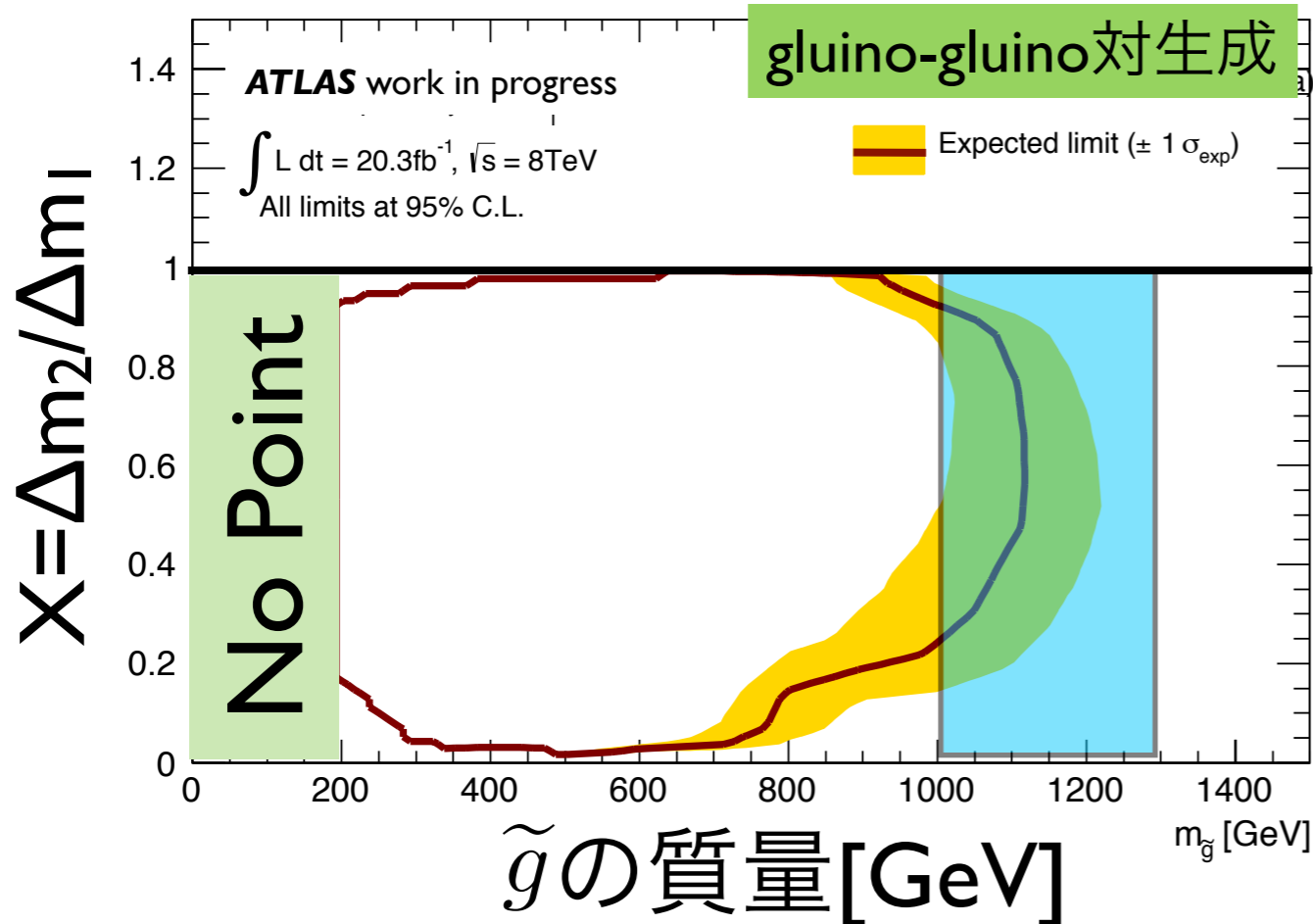
$$m_T = \sqrt{2p_T^{lep} E_T^{miss} (1 - \cos \Delta\phi)}$$

$$m_{eff} = p_T^{lep} + E_T^{miss} + \sum_{jets} p_T^{jet}$$

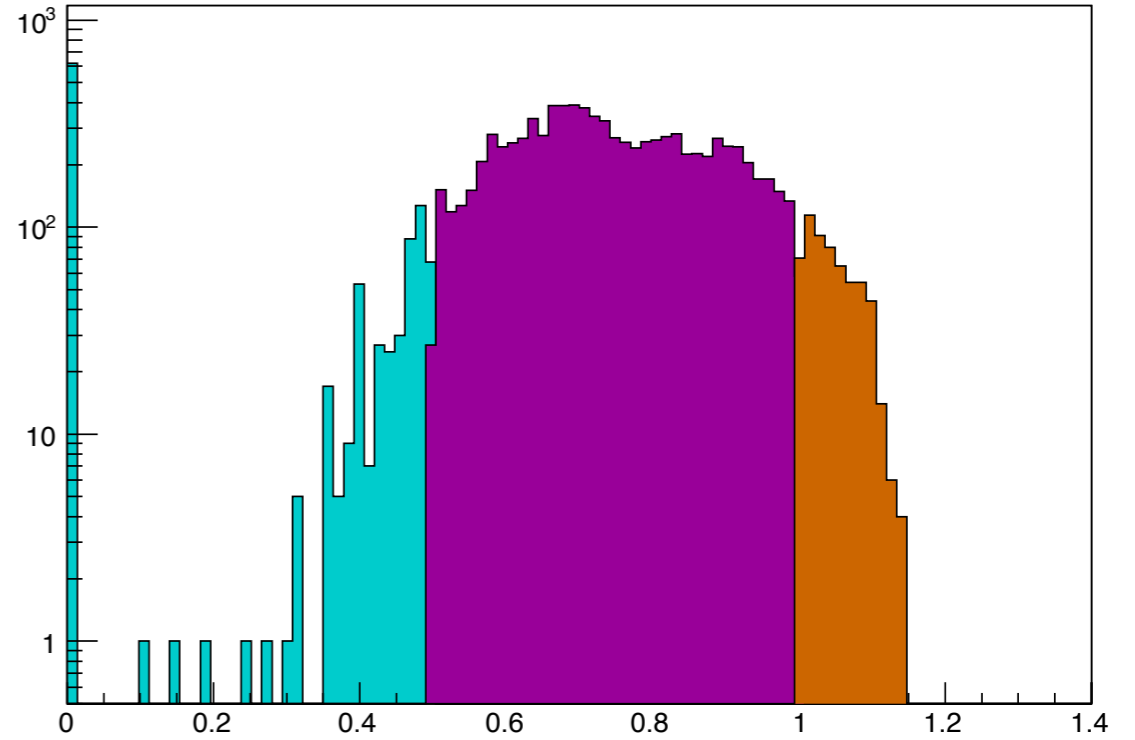
Tight SR : Jet5本以上, $p_T^{jet1} > 100$, $p_T^{jet2-5} > 40$, $m_T > 150$, $E_T^{miss} > 350$, $m_{eff} > 800$

in GeV

Simplified Modelの一例(m(LSP)=60GeVに固定)




平均感度のヒストグラム



平均感度の分布



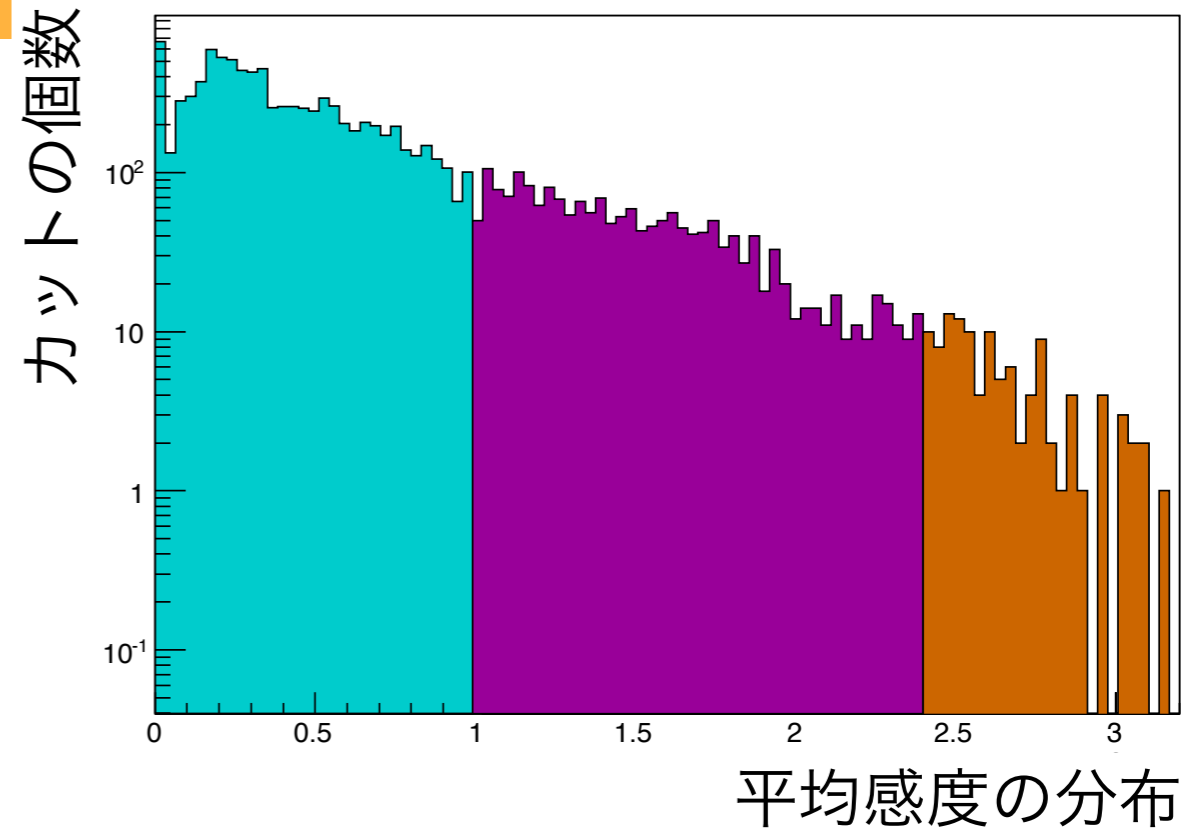
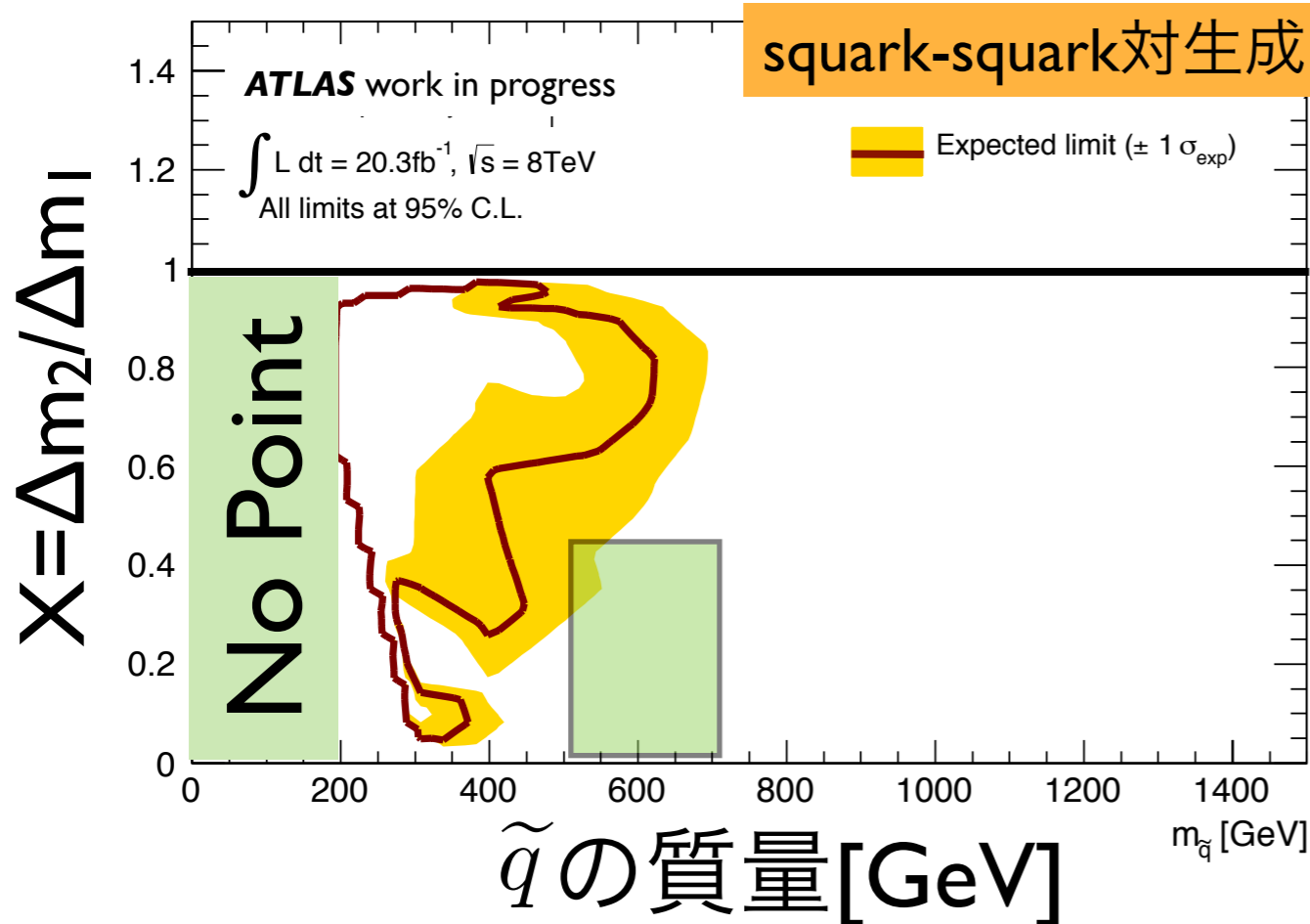
Signal Regionの決定 (Loose SR)

- ▶ Tight SRはカットが強すぎて、Squark-Squark productionで感度が良くない
- ▶ この部分 () の平均感度を向上させる新しいSignal Regionを追加 (Squark-Squark production向け)
- ▶ 平均感度の高い集団 (オレンジ) がどのようになっているかを見てカットを決定

Loose SR : Jet3本以上, $p_T^{\text{jet}1} > 100$, $p_T^{\text{jet}2,3} > 40$, $m_T > 150$, $E_T^{\text{miss}} > 250$, $m_{\text{eff}} > 500$

in GeV

Simplified Modelの一例($m(\text{LSP})=60\text{GeV}$ に固定)





▶ **W+jets** :

W \rightarrow lv と崩壊する事象は、LeptonとNeutrino(E_T^{miss})を伴い、背景事象となる
モンテカルロにより見積もる(Control Regionで規格化)

▶ **ttbar** :

ttbar \rightarrow bb lv lv と崩壊する事象のうち、1本のLeptonのみが検出された場合、背景事象となる。2つのNeutrinoにより大きな E_T^{miss} 、 m_T を持つ

ttbar \rightarrow bb lnu qq と崩壊する事象は、W+jets同様に背景事象となる
モンテカルロにより見積もる (Control Regionで規格化)

▶ **QCD multi-jet事象** :

QCD multi-jet事象のjetが誤ってleptonとして誤検出されてしまうと背景事象となる
Dataに誤検出率を掛けあわせて見積もる

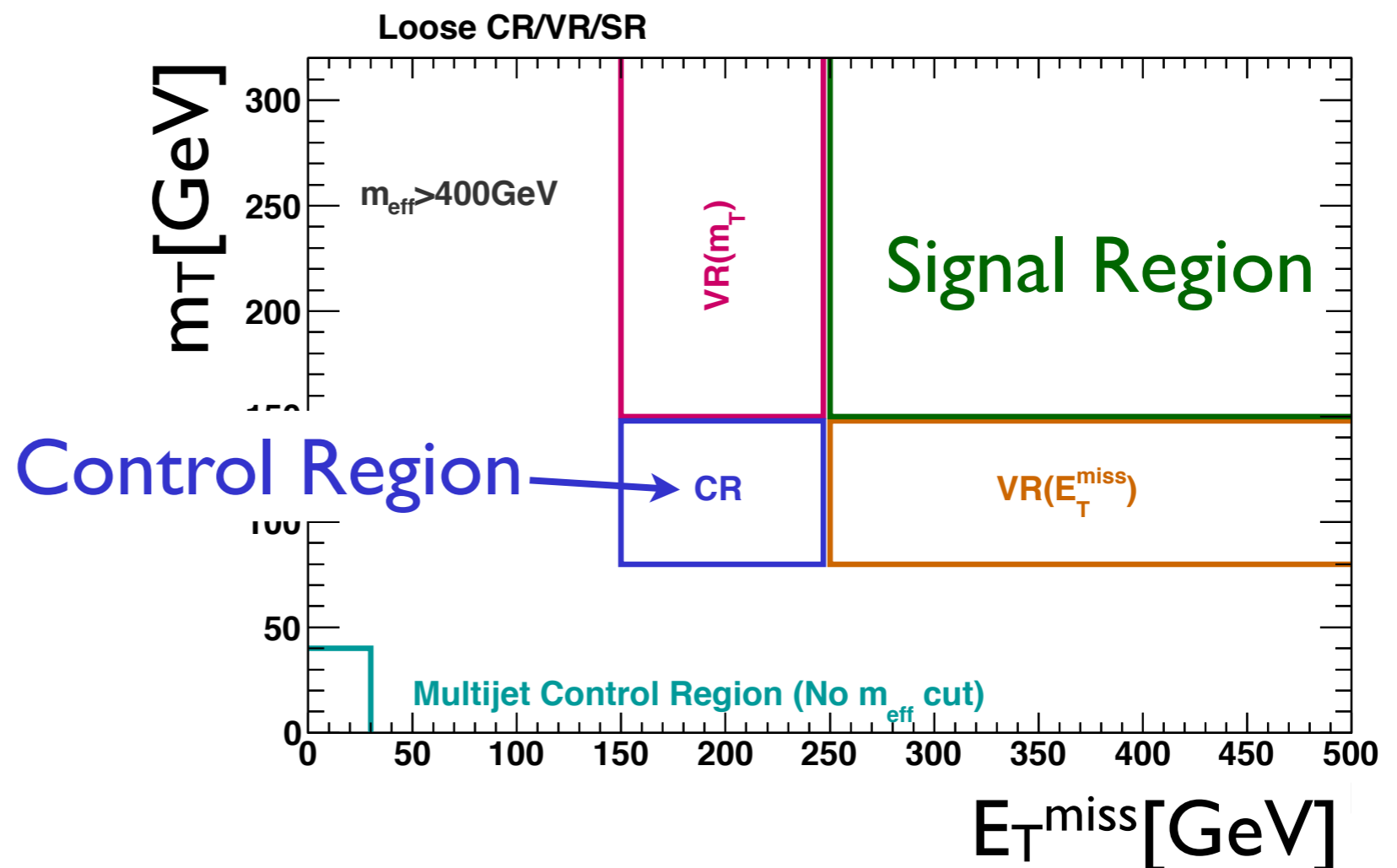
▶ **その他(Z+jets、Single top、Diboson、ttbar+V)** :

モンテカルロにより見積もる



Control Regionの決定

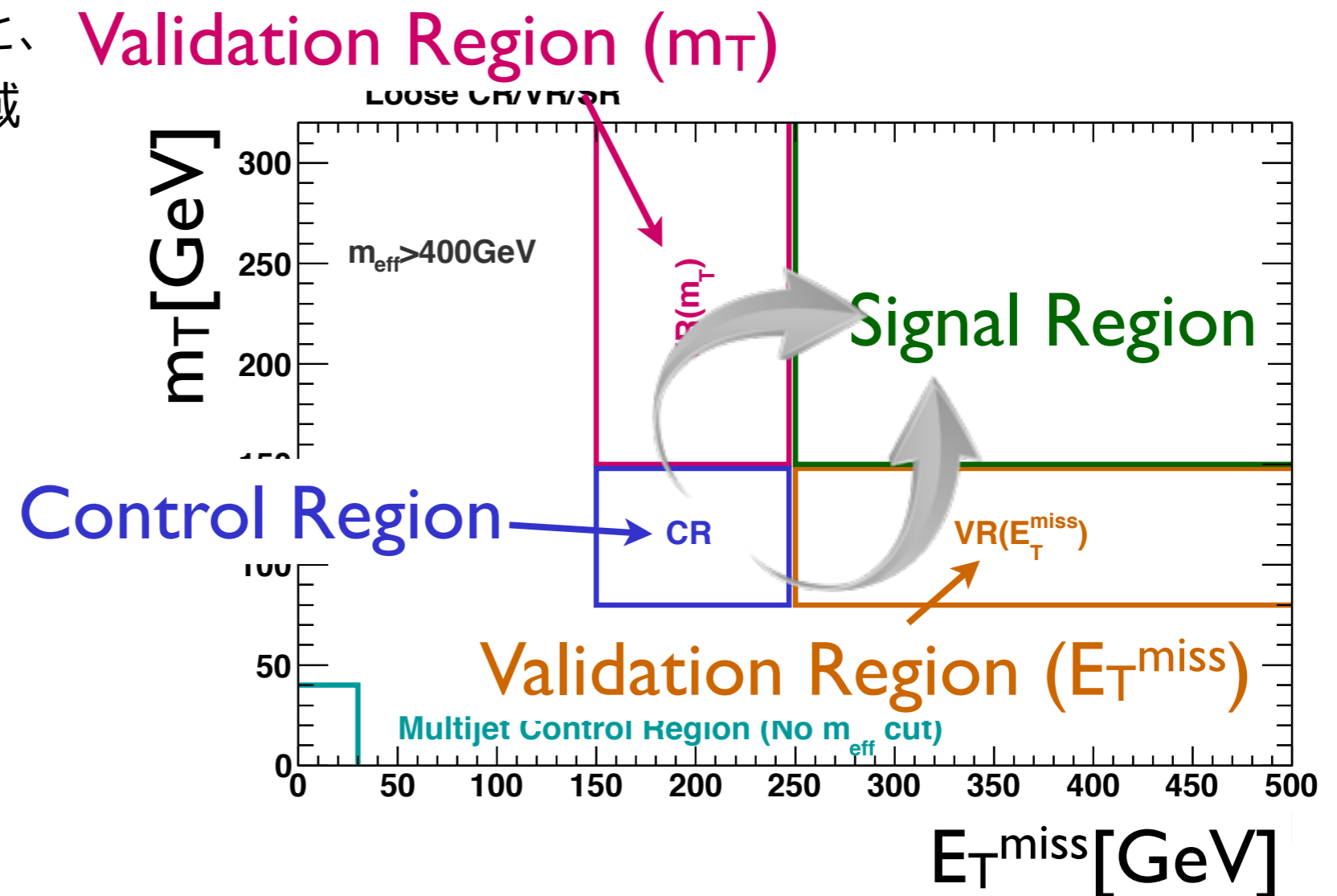
- ▶ Control Regionにおいて、主要なバックグラウンド事象(W+jets, ttbar)のモンテカルロを規格化する
→ モンテカルロ・シミュレーションの不定性をデータでキャンセル
- ▶ (1) Signal Regionと十分近く、(2) Signalが混ざり込まないような領域を設定
→ Signal Regionと
 - Jet数、 m_{eff} を共通にして、
 - m_T , E_T^{miss} どちらも低い領域を設定
- ▶ Signalの混ざり込みは、注目している領域で<10-20%程度
→ 問題ない





Validation Regionの決定

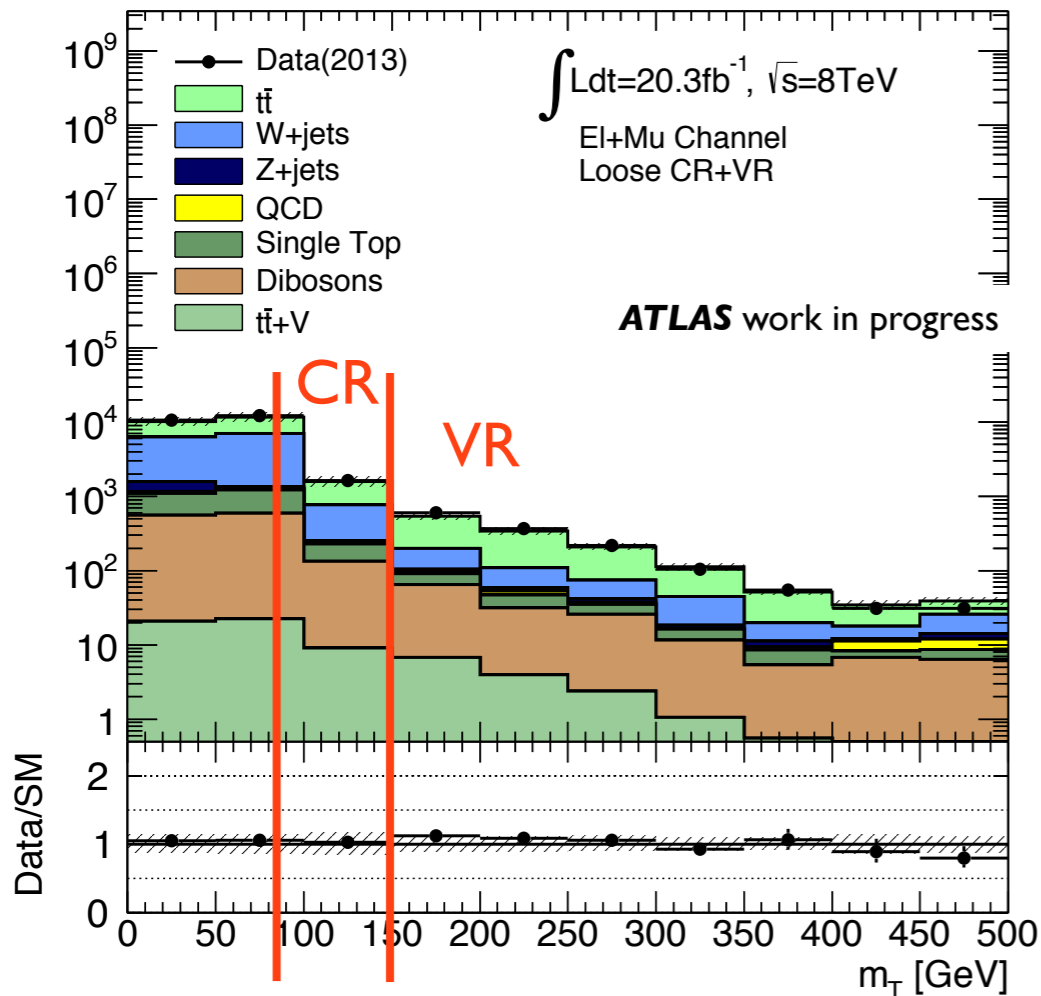
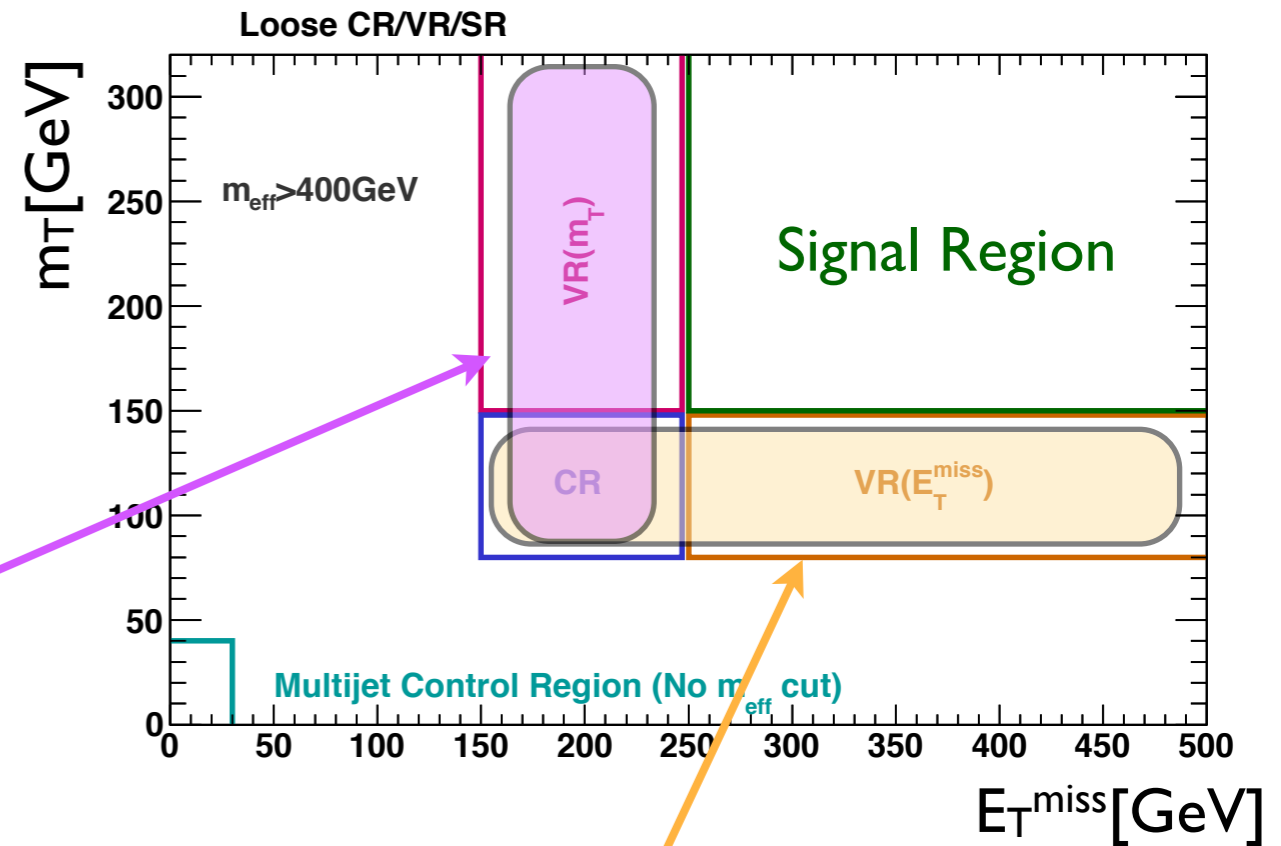
- ▶ Signal Regionには“サイドバンド”が取れない
→ モンテカルロとデータの一致具合を確認しづらい
- ▶ Signal Regionを挟み込むような領域を作り、そこでモンテカルロとデータの一致具合を確認する
→ Validation Region
- ▶ m_T 方面に伸ばした領域と、 E_T^{miss} 方面に伸ばした領域の二つを用意。



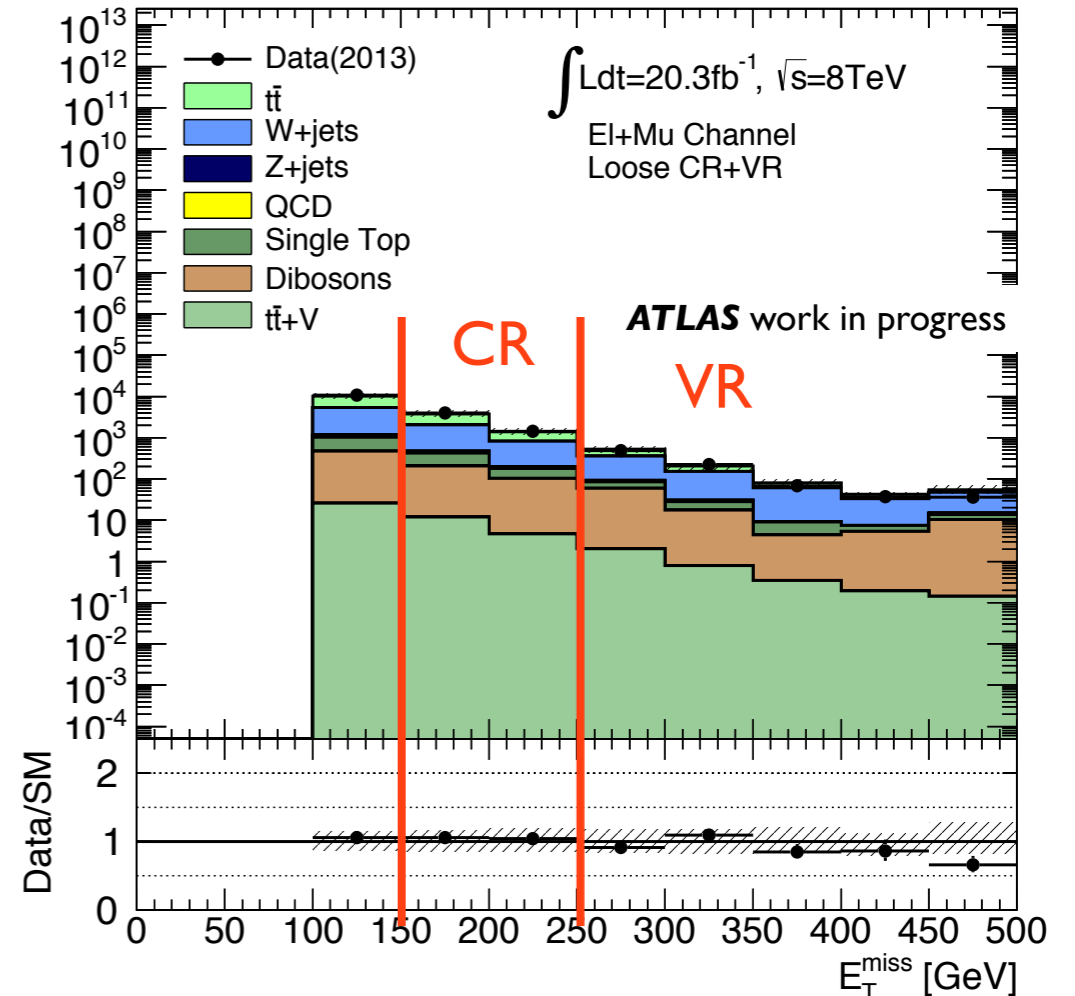


Validation Regionの分布

- ▶ Control RegionからValidation Regionへの外挿に使われている変数の分布。
- ▶ モンテカルロはデータを良く再現している。



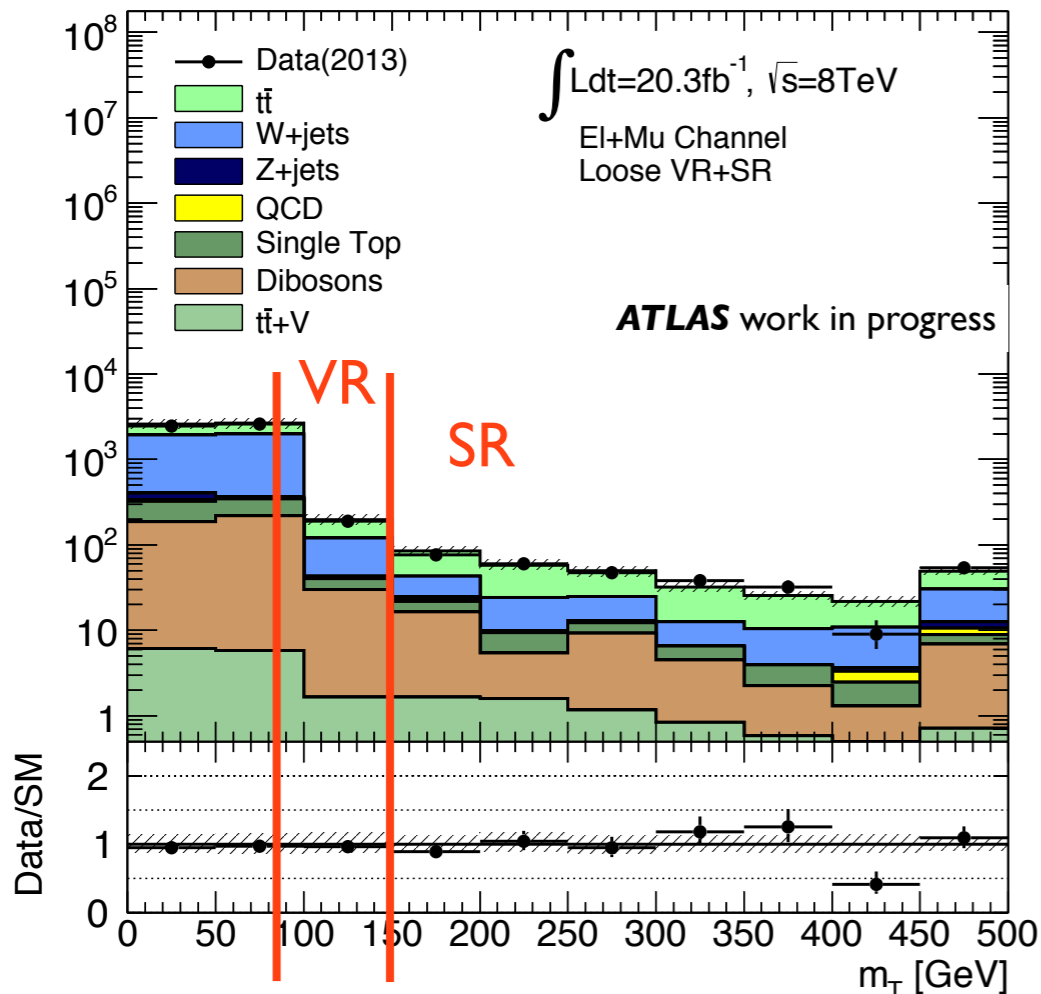
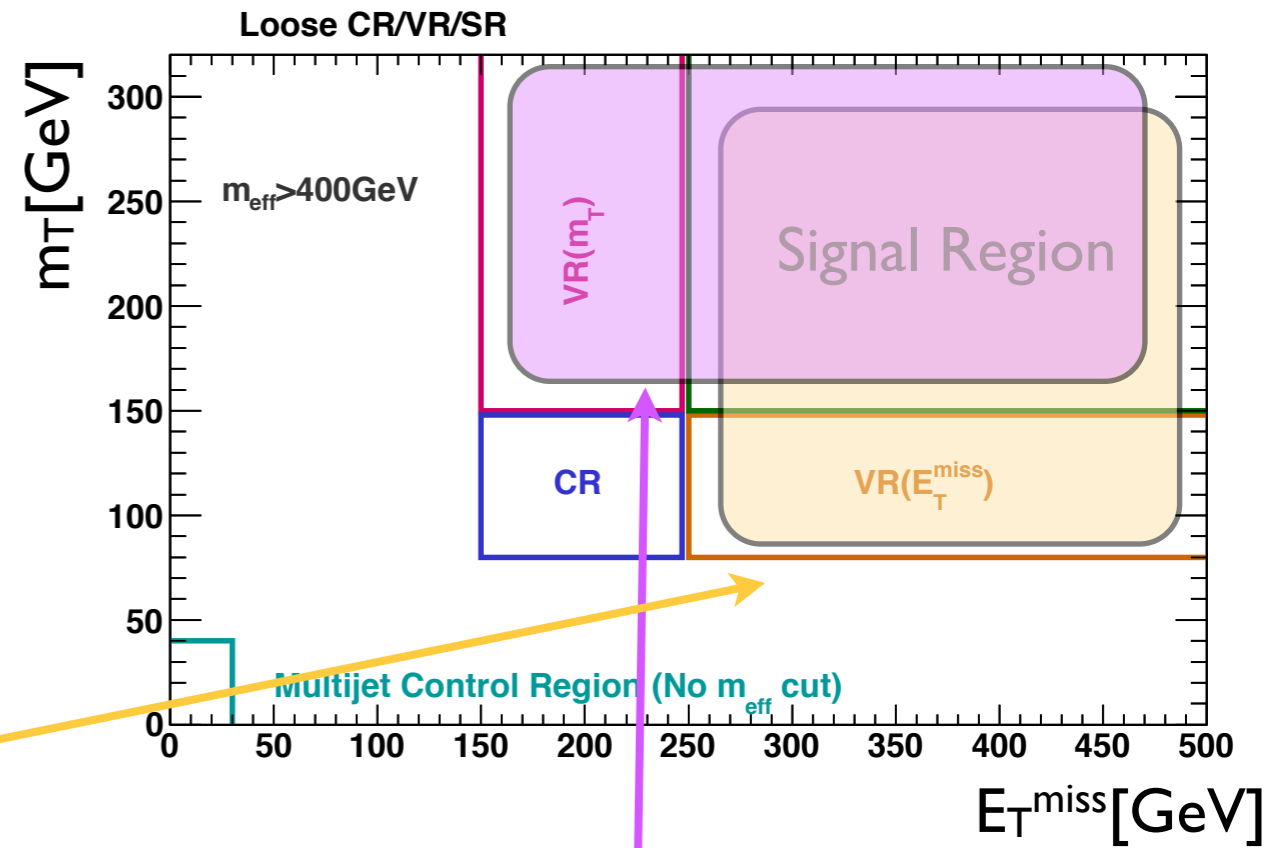
Loose Regions



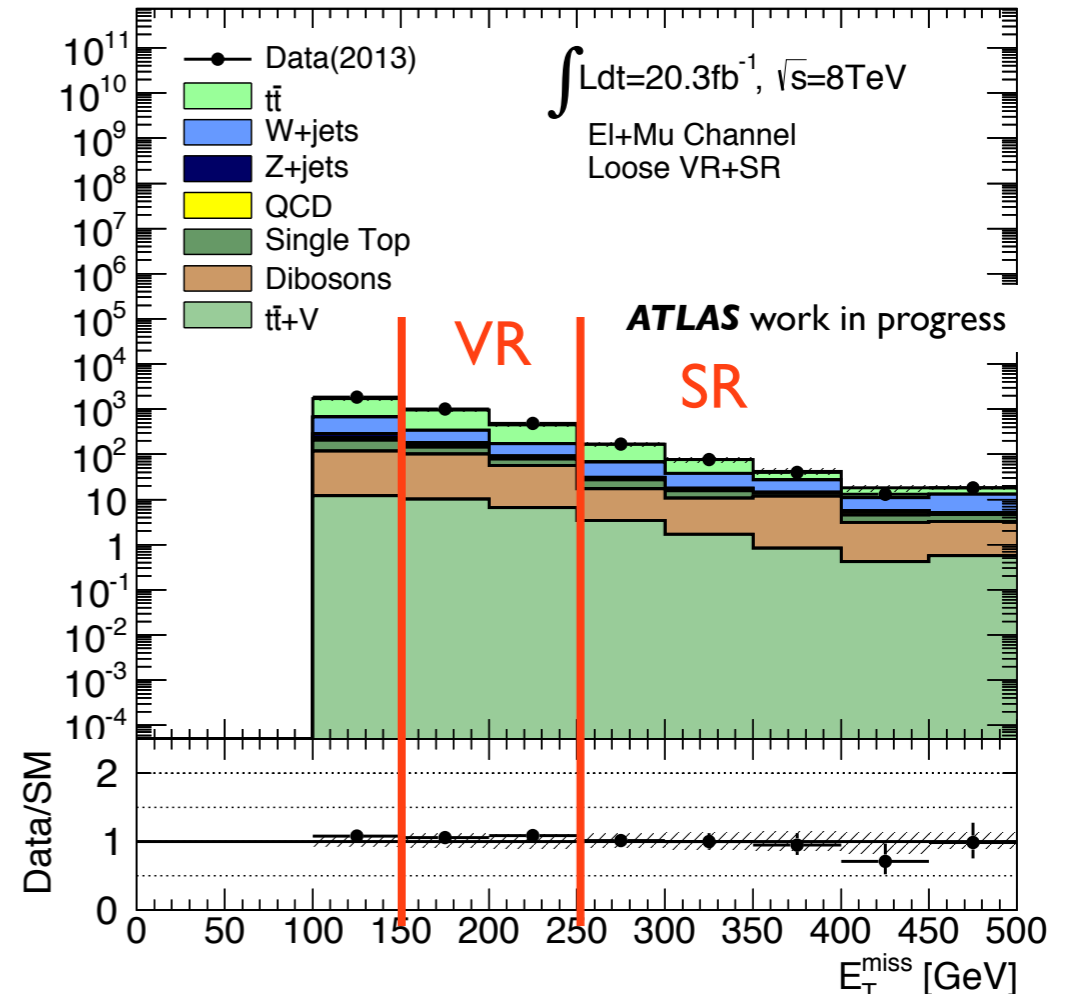


Validation Regionの分布

- ▶ Validation RegionからSignal Regionへの外挿に使われている変数の分布。
- ▶ Signal Region内に有意な超過は見られない



Loose Regions

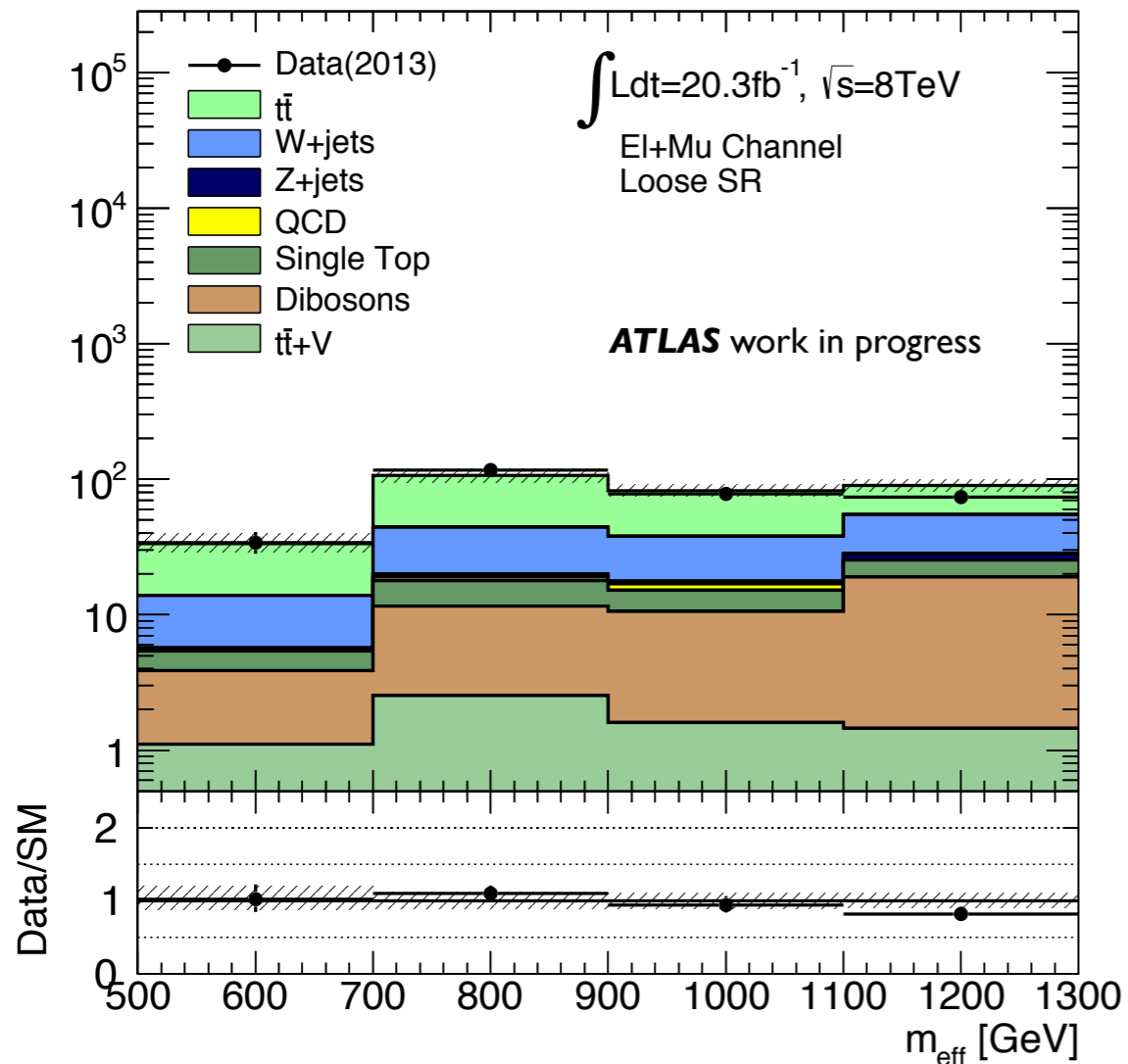




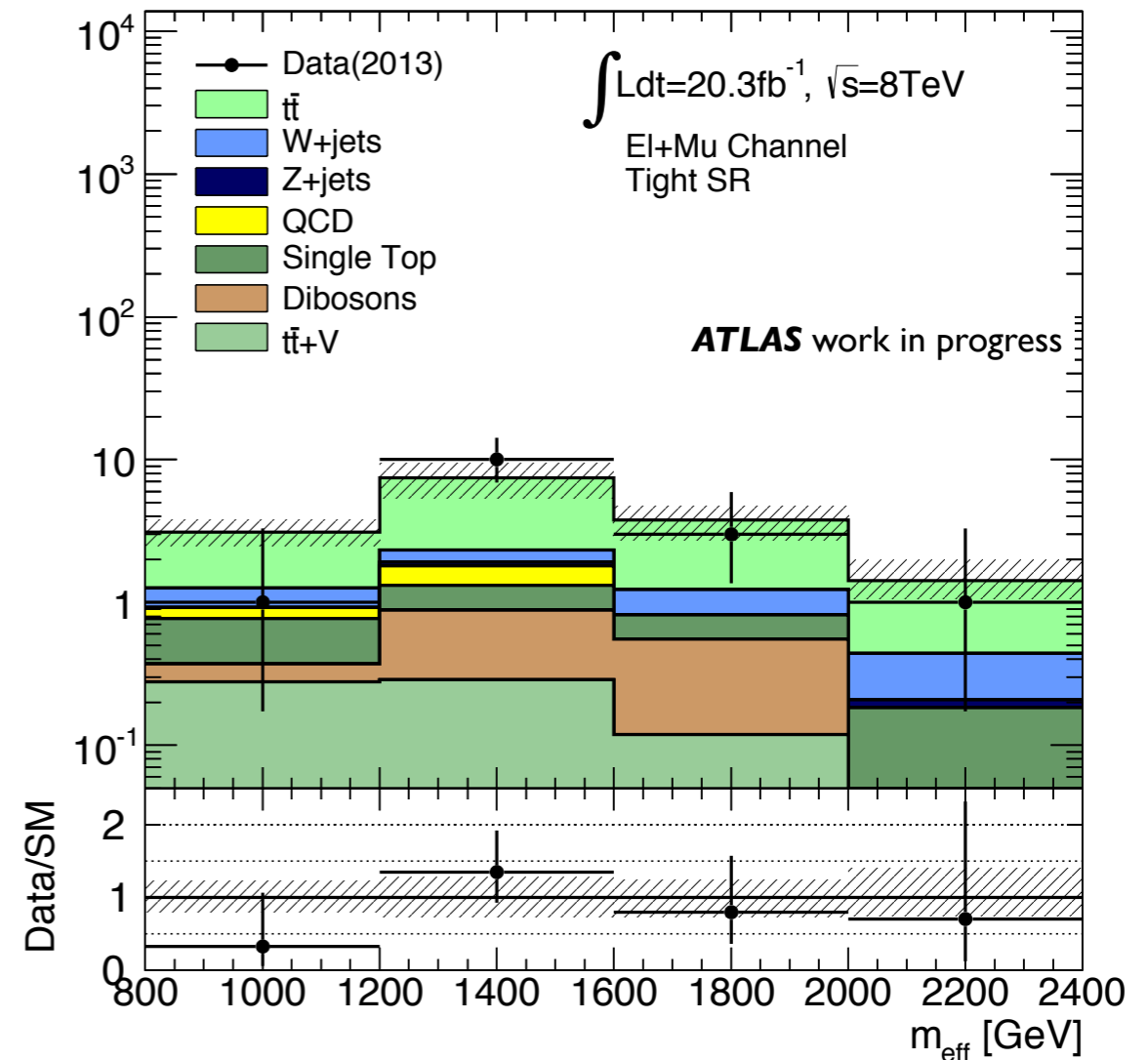
Signal Regionの分布

- ▶ Signal Regionでの m_{eff} の分布が下図。有意な超過は無い
- ▶ m_{eff} は生成された超対称性粒子の質量にほぼ比例する性質がある
→ 広い範囲の超対称性粒子に感度を持たせるため、
図と同じbinningで制限を計算する

Loose SR



Tight SR





Signal Regionの事象数

- ▶ Signal Region中の事象数が以下 (エラー = 統計 + 系統)
- ▶ Signal Regionは $t\bar{t}b\bar{a}r$ が主に占める
- ▶ データに有意な超過は見られない

(Minor backgroundは省略)

	El-ch	Mu-ch
Tight SR		
Obs.	8	7
Total Bkg.	7.5 ± 1.4	7.7 ± 1.4
$t\bar{t}b\bar{a}r$	5.0 ± 1.4	5.1 ± 1.4
$W+jets$	0.6 ± 0.5	0.7 ± 0.5
Loose SR		
Obs.	92	101
Total Bkg.	96 ± 10	116 ± 15
$t\bar{t}b\bar{a}r$	53 ± 10	50 ± 9
$W+jets$	25 ± 5	30 ± 6

- ▶ 検出器起源とモンテカルロの不定性の2つに分けられる
- ▶ Control Regionで規格化することで、大きな系統誤差はキャンセル
Control RegionからSignal Regionの事象数を外挿する際に付く不定性を評価
- ▶ ただし、Tight SRでは統計誤差が感度を決める主要因

検出器起源：

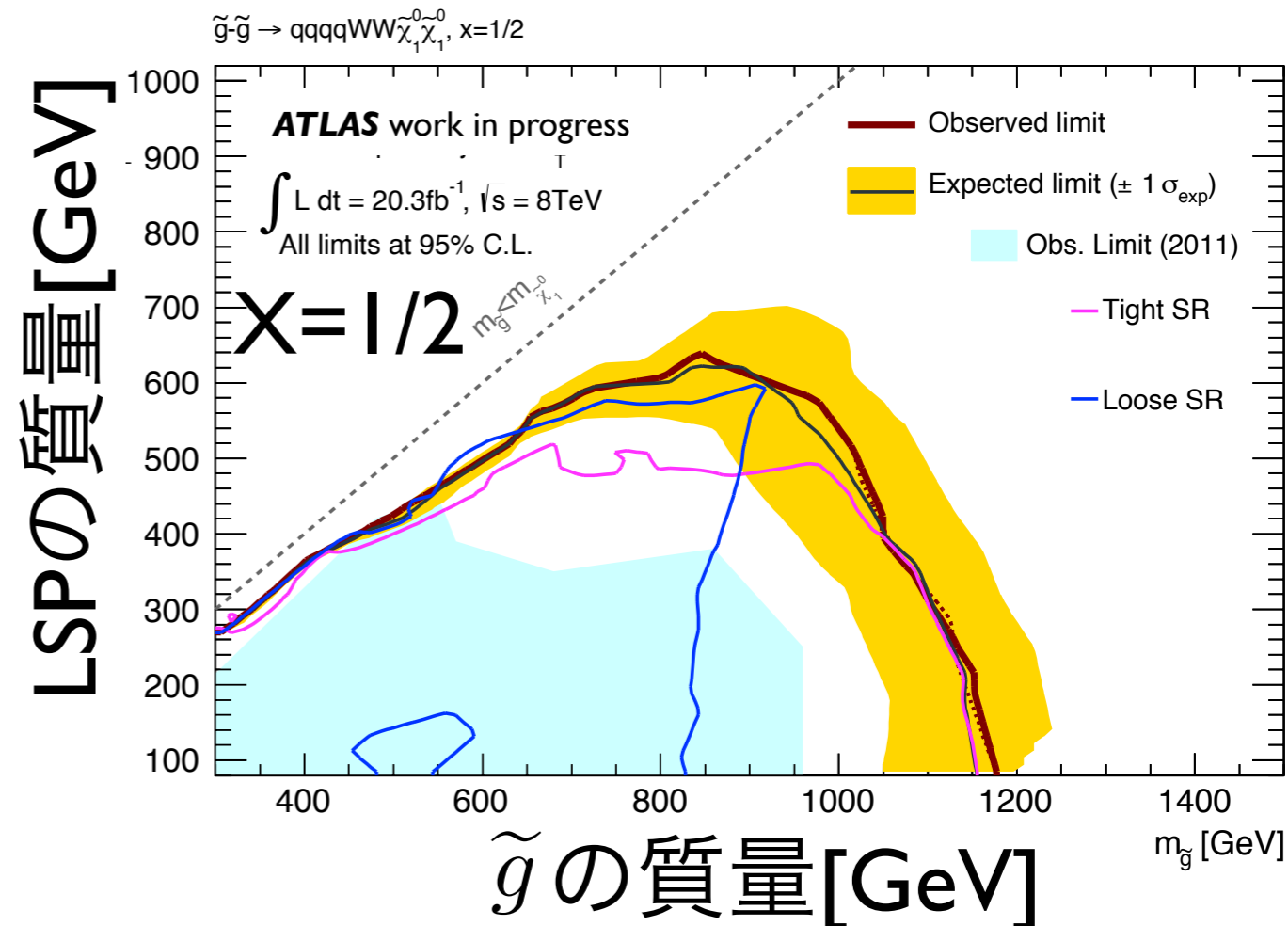
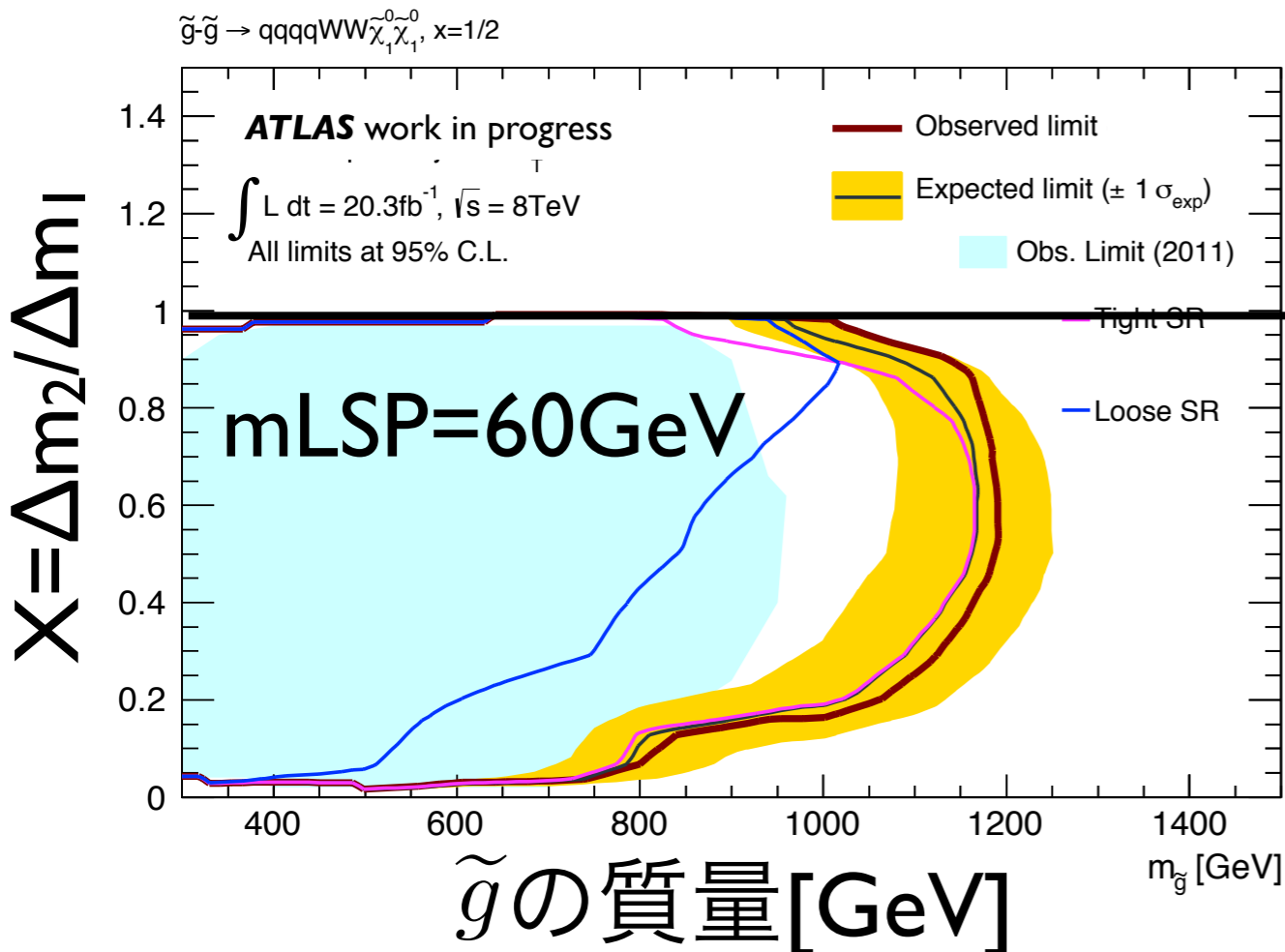
- JetのEnergy Scaleの不定性：~20%
- LeptonのEfficiency, Resolution等：<2%
- PileUp等：<2%

モンテカルロの不定性：

- (Generatorの設定パラメータを変化させて評価)
- W+jetsの不定性(CR->SR)：<15%
- ttbarの不定性 (CR->SR
主にParton Shower由来)：~15%
- その他のモンテカルロ：30%を適用

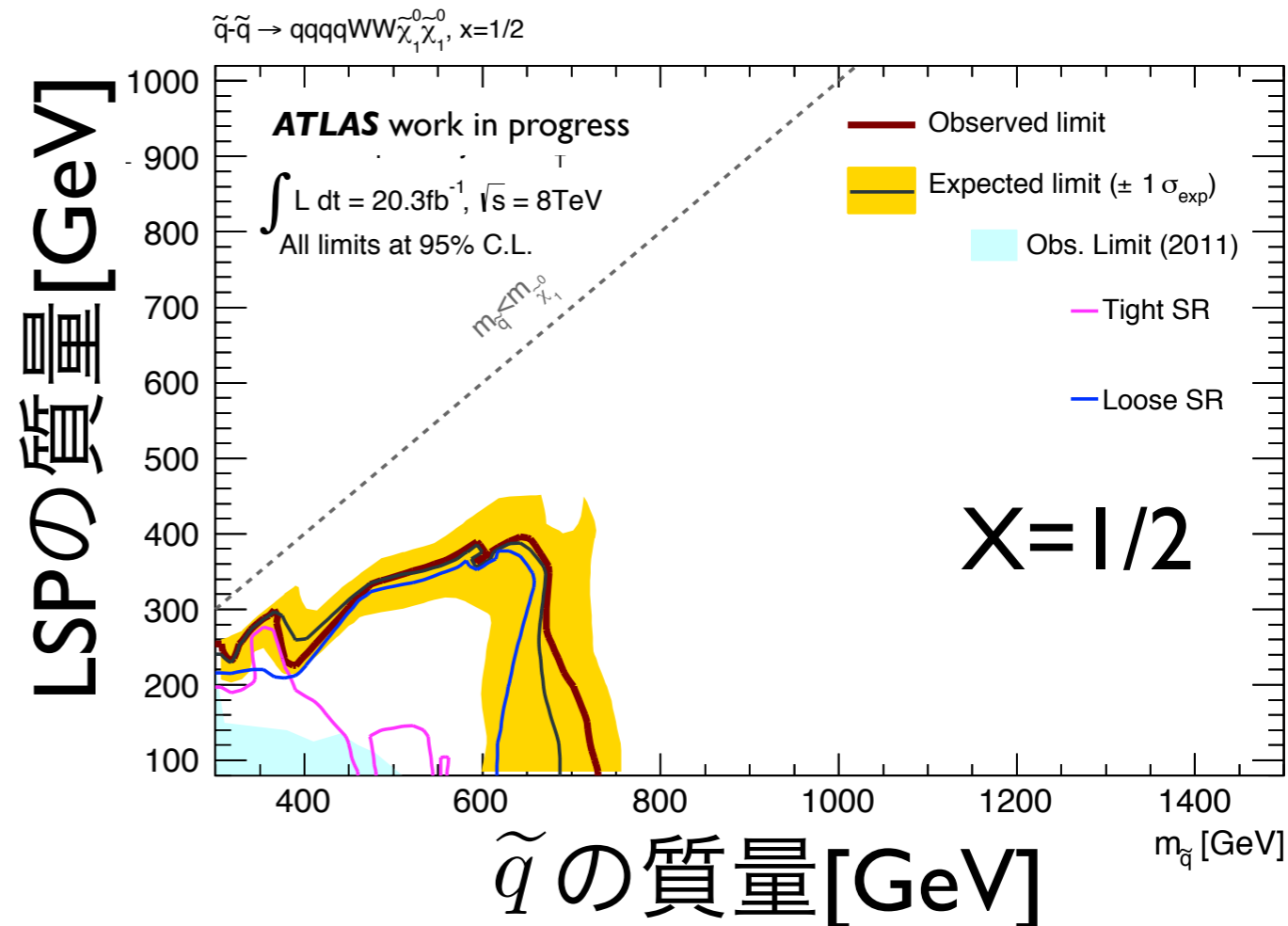
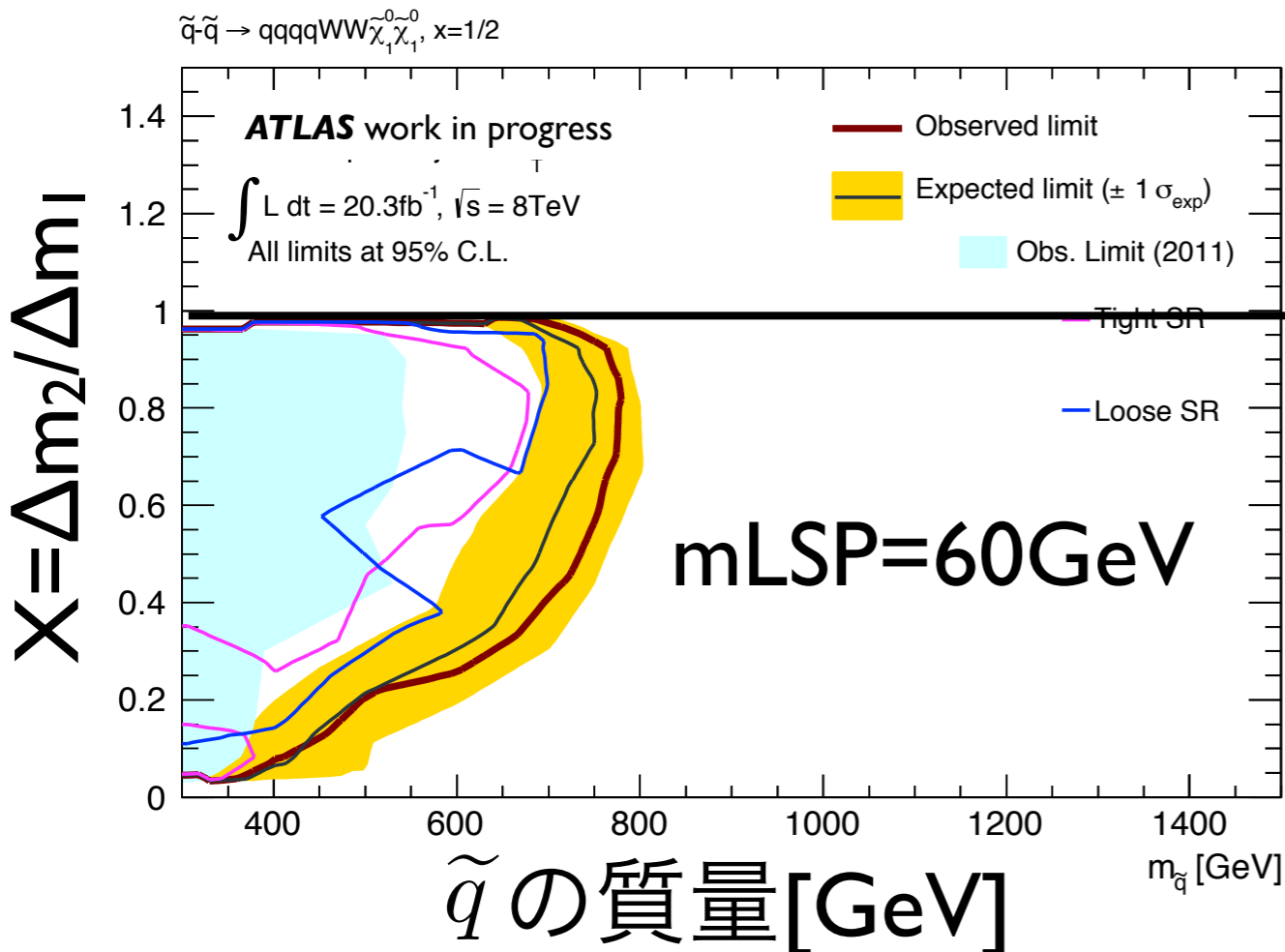


- ▶ Gluino-Gluinoが対生成されるようなモデルに対する制限を計算した
- ▶ マジENTA : Tight SR、青 : Loose SR それぞれ単独での制限を表す
→ 相補的に制限領域を広げていることが分かる
- ▶ 黄色 + 黒線 : 期待される制限の中心とその不定性。赤線 : 観測された制限
水色 : 2011年(7TeV, 4.7fb⁻¹)での結果
- ▶ $m(\tilde{g}) = 1.0 - 1.2 \text{ TeV}$ 程度を棄却





- ▶ 同様にSquark-Squarkが対生成されるようなモデルに対する制限
- ▶ Gluinoの崩壊から出てくる多数のJetが無くなるため、標準理論事象との区別が難しくなる → 質量に対する制限は弱くなる
- ▶ Loose SRが有効に作用して制限を広げている
- ▶ $m(\tilde{q})=0.6-0.8\text{TeV}$ 程度を棄却



- ▶ $\sqrt{s}=8\text{TeV}$, 20.3fb^{-1} のデータを用いて、強い相互作用によって生まれる超対称性粒子を、1leptonを伴う終状態で解析した
- ▶ 系統的なSignal Region決定法を開発。異なるトポロジをターゲットとして、2つのSignal Regionを設定した
- ▶ モンテカルロによってデータが正しく再現されていることを確認するため、Validation Regionを設定。問題なく再現されていることを確認した
- ▶ Signal Regionにデータの超過は見られなかった
- ▶ Simplified Modelに対して、生成された超対称性粒子質量の制限を導いた
 - ▶ gluinoに対して：1.0-1.2TeV程度
 - ▶ squarkに対して：0.6-0.8TeV程度