

ATLAS検出器を用いた 1Leptonモードにおける 超対称性粒子探索

東大理, 東大素セ^A

佐々木雄一, 片岡洋介^A, 金谷奈央子^A,

山本真平^A, 浅井祥仁, 小林富雄^A

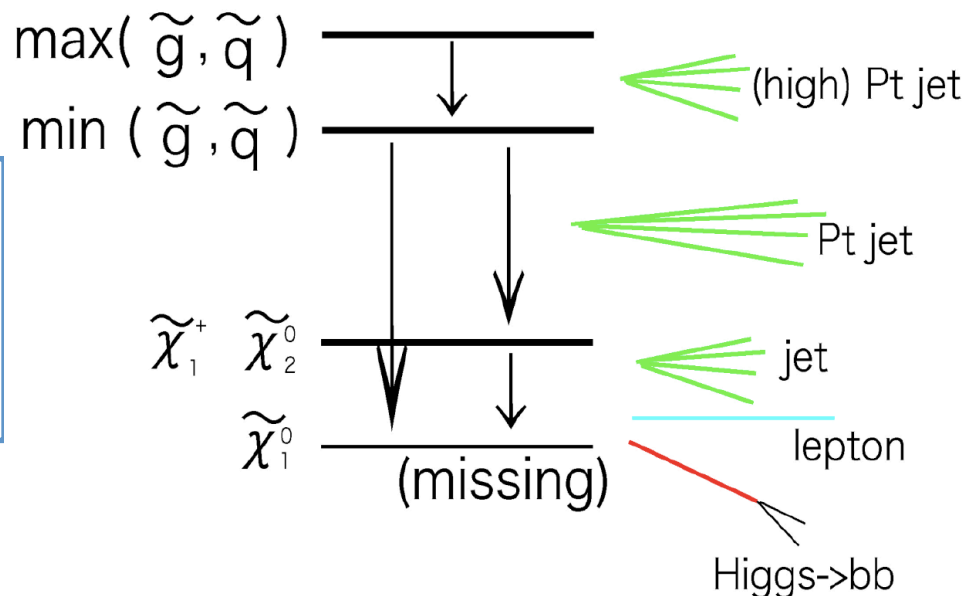
日本物理学会 第66回秋季大会

2010/10/14 九州工業大学

SUSY 1-Lepton Modeの概略

LHCでのSUSYのイベントトポロジー

1. グルイーノ/スクォークが生成。
2. Multi-Jetを出しながら、 χ となる。
3. $\chi \rightarrow \text{Lepton} + \text{LSP}$ に崩壊。



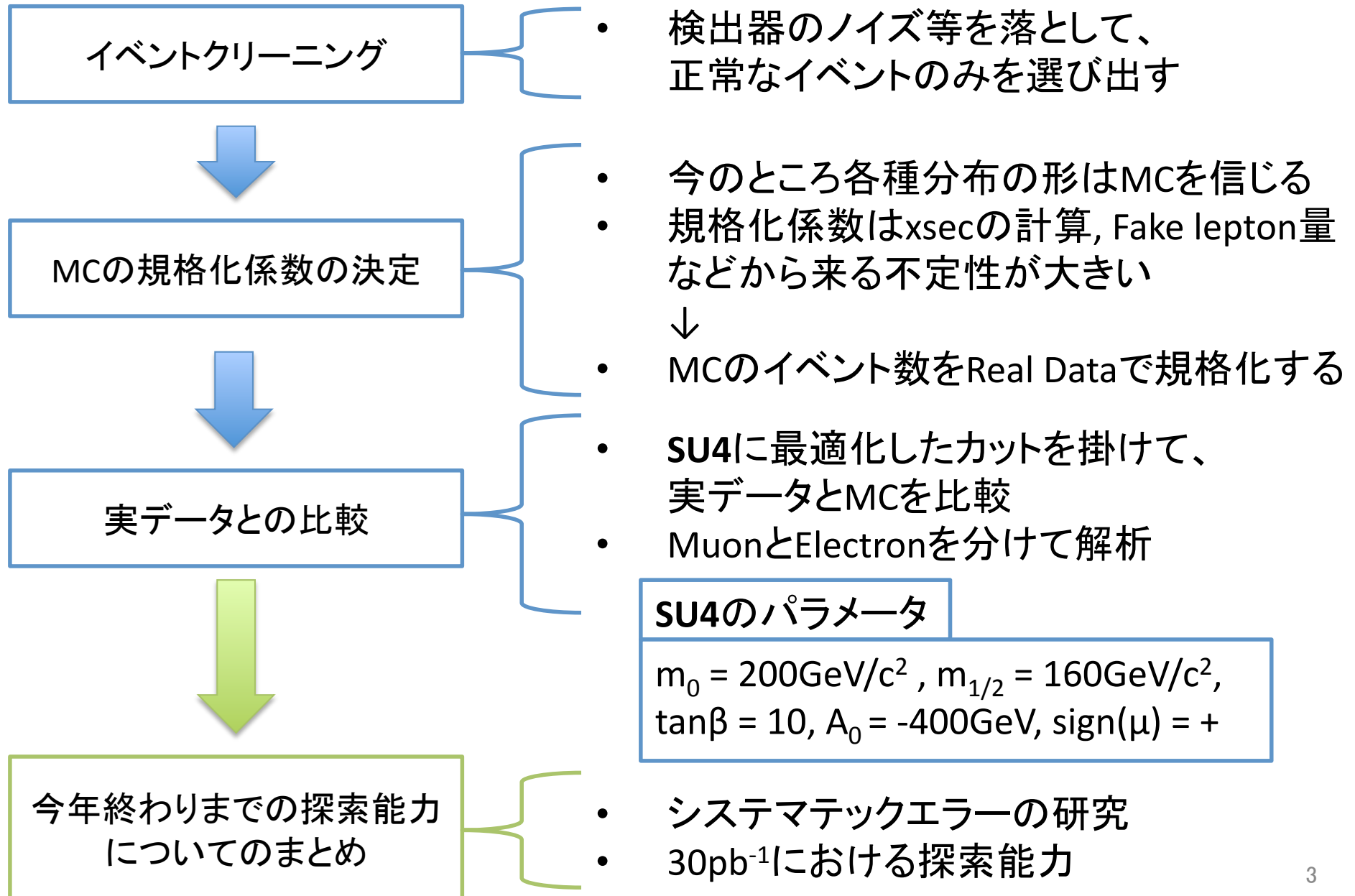
(High Pt) Multi Jet + Missing Et がSUSY発見の為の基本的なイベントトポロジー。
 +さらにLeptonを要求し、QCD Backgroundを効果的に落とすことが出来る。
 →実験初期から発見能力が高いイベントトポロジー

< 主なBG >

- W + Jets : WがLeptonic崩壊するとMissEtとLepton
- tt : 少なくとも一方がLeptonic崩壊するとMissEtとLepton

このトークでは、9月初頭までのデータ(2.9pb⁻¹)を用いた、1-Lepton ModeにおけるSUSY探索の結果について報告する。

解析のアウトライン

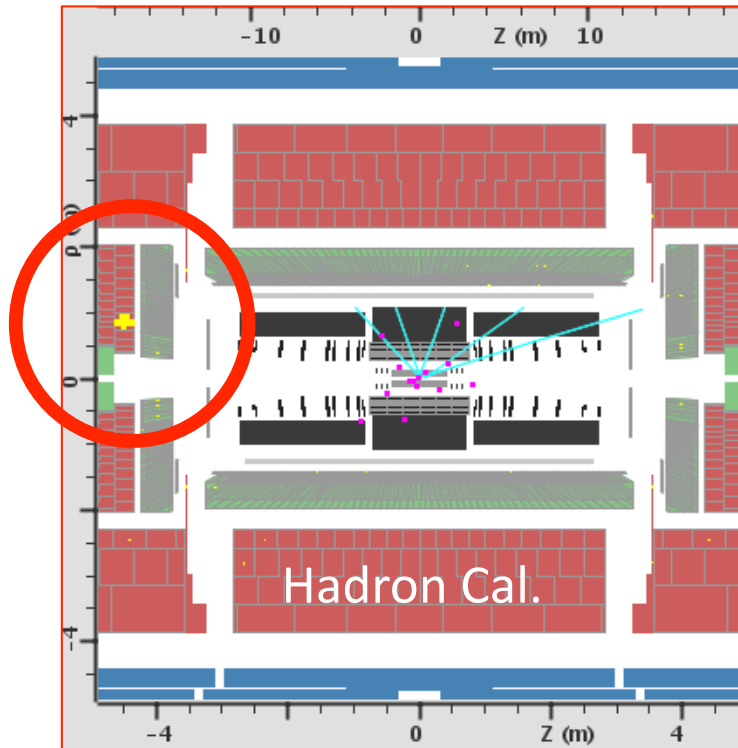


イベントクリーニング

検出器のノイズ

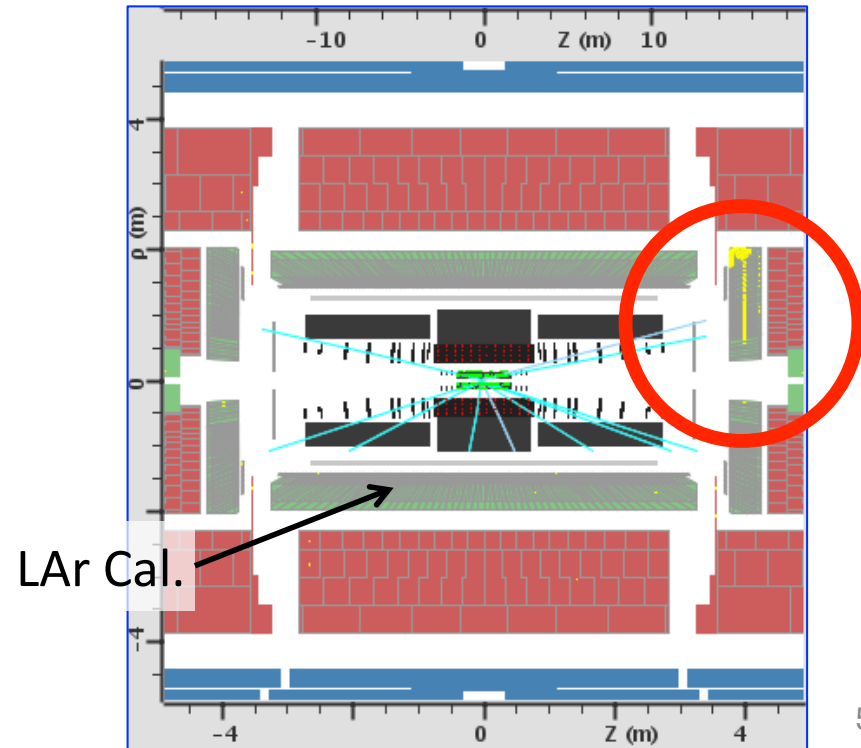
HEC (Hadron Endcap Calorimeter) noise

- 前方のハドロンカロリメータのCellが鳴る現象($\sim 1\text{MHz}$)。MissingEtに大きなテールを作る。
- Single Cellが鳴る \rightarrow 一本のJetに含まれるCellの数を見て落とせる。



LAr coherent noise

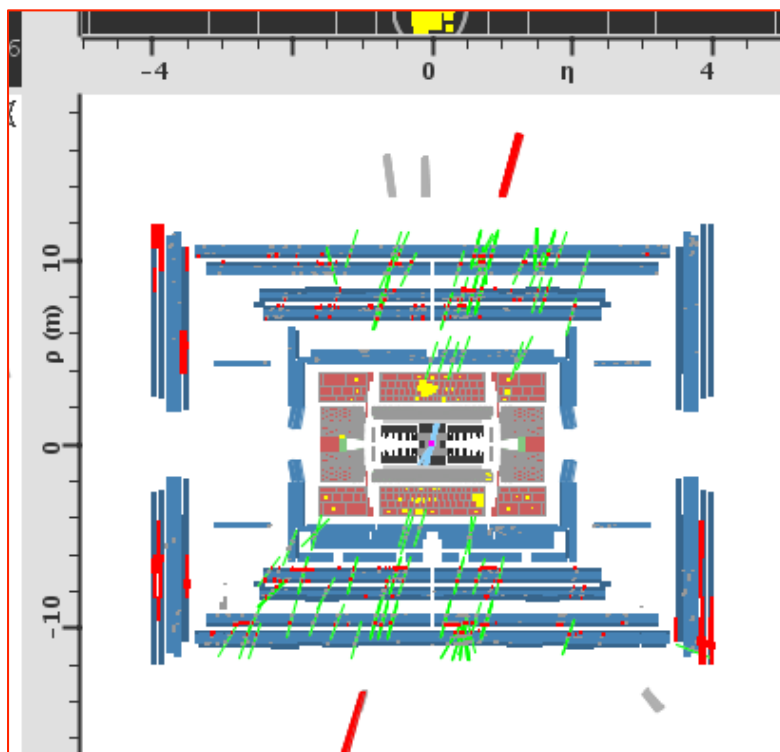
- まれに、LArにコヒーレントにノイズが乗り、大きなMissingEtを作る。
- LArは出力波形をモニタしているので、その波形を、「正しい波形」と比較して落とすことができる。



宇宙線、その他

Cosmic noise

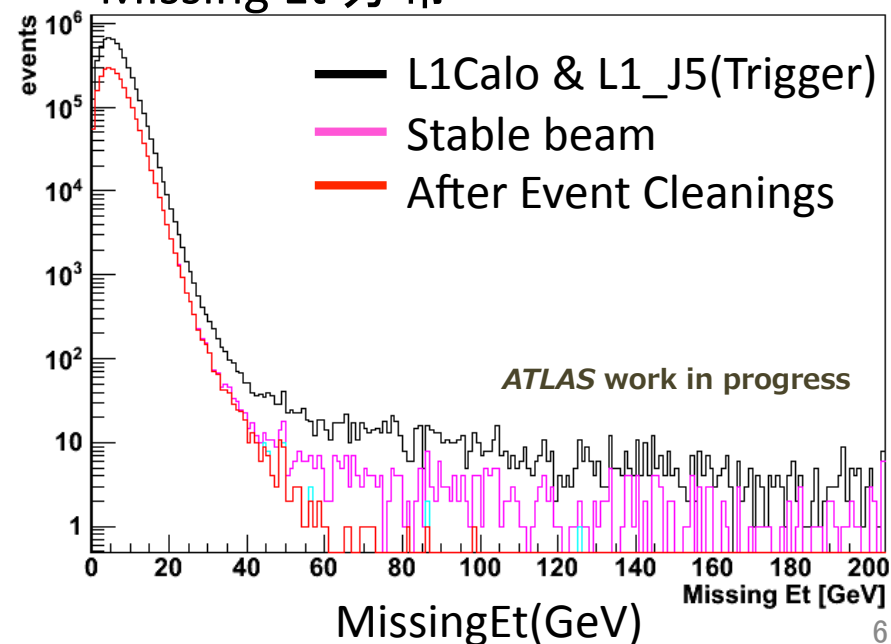
- 宇宙線が制動放射を起こし、カロリメータにエネルギーを落として100GeV程度のJetを作る(50mHz)。
- Collisionから50ns以内のイベントを選ぶことで落とせる。



その他

- 衝突点が正しく再構成されていることを要求する(Primary Vertex Cut)
→非衝突起源のイベントを落とせる。
- BeamがStableな状態のイベントのみを抜き出して使う(LumiBlock Selection)

イベントクリーニング前後の Missing Et 分布



実データに合わせたMCの規格化

QCDの規格化

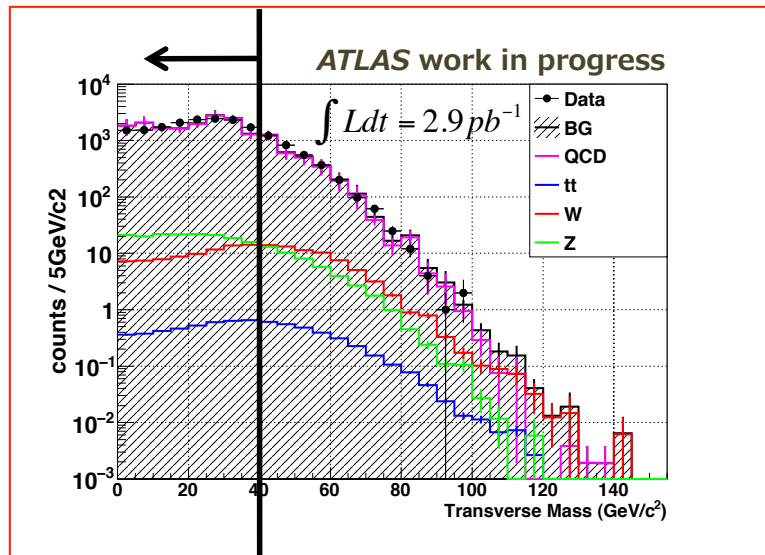
QCD事象を選び出した上で、
MCと実データを比較する。
→QCDの規格化係数の決定

QCD事象選択

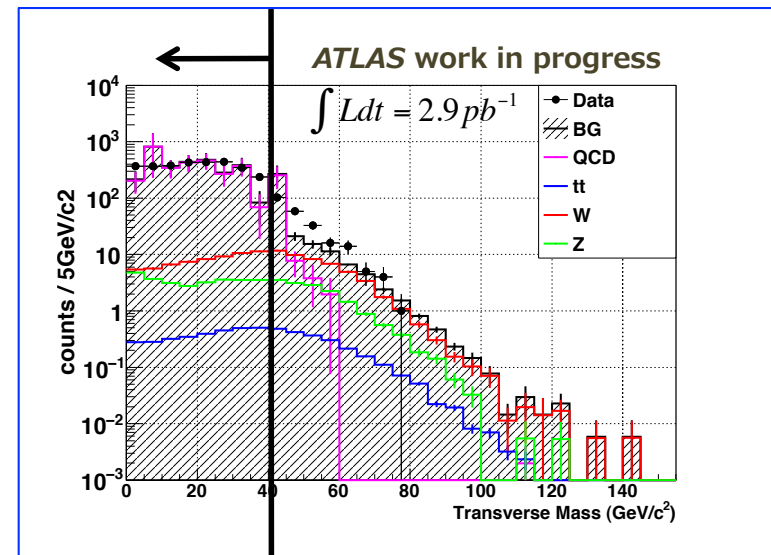
- 1-Lepton ($P_T^{1st\ Lepton} > 20\ GeV/c$)
- $P_T^{1st\ Jet} > 40\ GeV/c$
- $MissingE_T < 20\ GeV$
- $M_T (MissingE_T, Lepton) < 40\ GeV/c^2$

Fake Leptonの数はMCの不定性が大きい

↓
1-Leptonを要求した上で、
Real Dataに合わせる



Transverse Mass (MissEt Cut後)
<Electron Mode>



Transverse Mass (MissEt Cut後)
<Muon Mode>

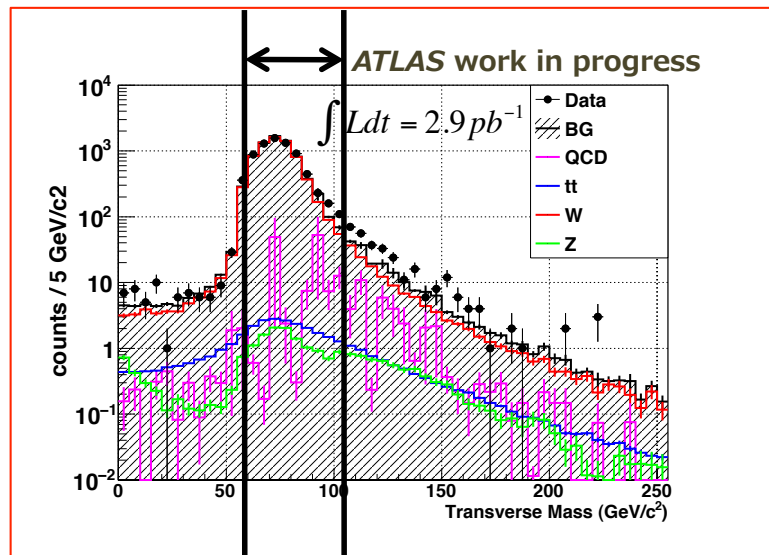
Wの規格化

同様に、W事象を選び出した上で、
MCと実データを比較。
→Wの規格化係数の決定

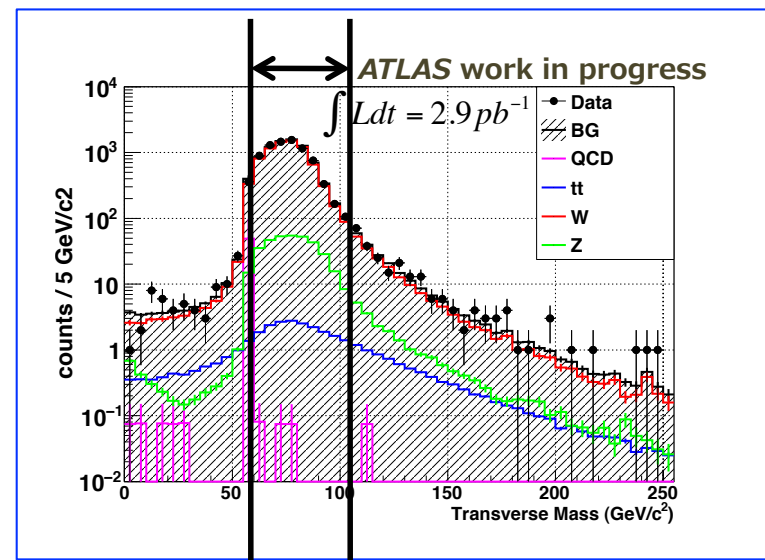
この際、QCDの規格化係数は
前頁の値を使用

W事象選択

- 1-Lepton ($P_T^{\text{1st Lepton}} > 25 \text{ GeV}/c$)
- Leptonの $E_{\text{T Cone20}} < 6 \text{ GeV}$
- $\text{Missing}E_T > 30 \text{ GeV}$
- $60 \text{ GeV}/c^2 < M_T (\text{Missing}E_T, \text{Lepton}) < 100 \text{ GeV}/c^2$



Transverse Mass (MissEt Cut後)
<Electron Mode>



Transverse Mass (MissEt Cut後)
<Muon Mode>

規格化のまとめ

< QCD >

- Fake Leptonの量はMCの不定性が大きい。Real Dataによる評価が必要。
→ 1-Leptonを要求した後に規格化し、Real DataのFake Lepton量に合わせた。

< W >

- Electron、MuonのReconstruction Efficiency、Trigger EfficiencyがMCとReal Dataとで10%程度の不定性
→ Real Dataに基づいた規格化で合わせた。

< Z >

- Wの規格化係数を使用した。

< tt >

- Next-Leading Orderまで計算したxsecと現在のLuminosityを信じて規格化係数を決定。

規格化係数 (Real Data / MC)

Mode	QCD	W (Z)
Electron	0.39 ± 0.03	1.03 ± 0.02
Muon	0.41 ± 0.08	0.96 ± 0.01

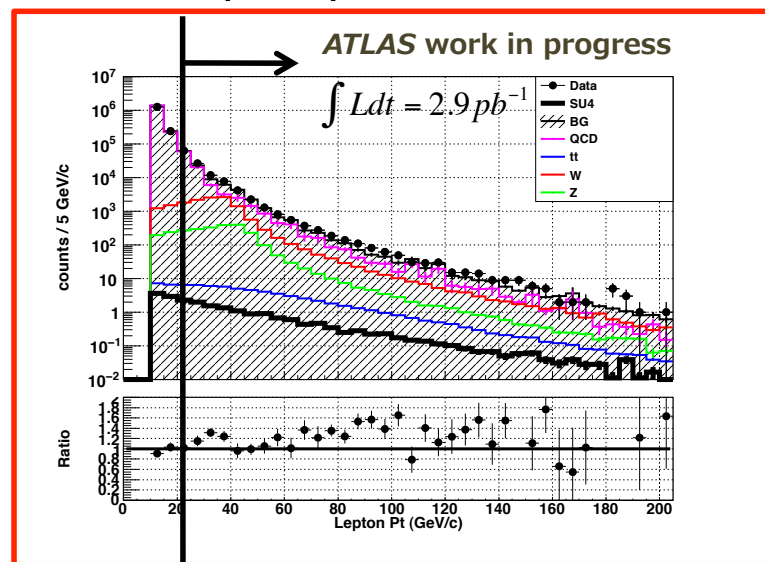
※MCのxsecと、
Real Dataから求めたxsecの比。
エラーは統計のみ。

1-LEPTON MODEの解析

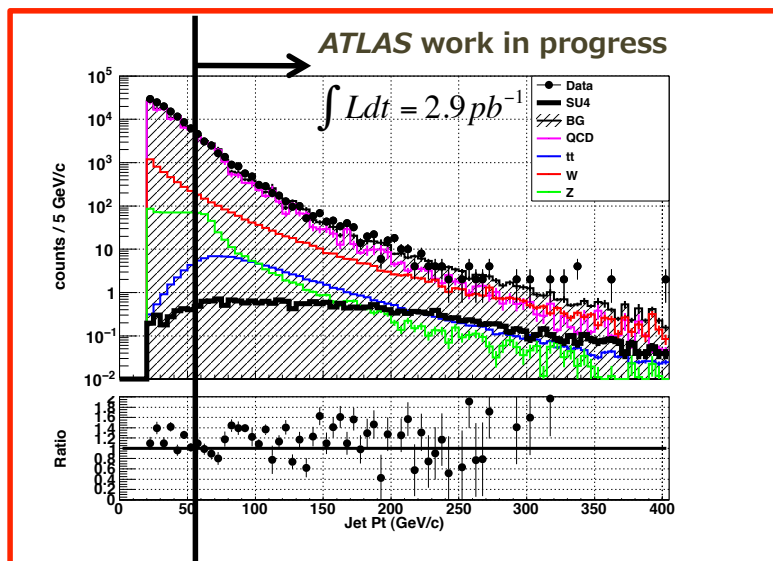
Electron Mode の解析 (1/2)

SUSY (1-Lepton mode) 事象選択

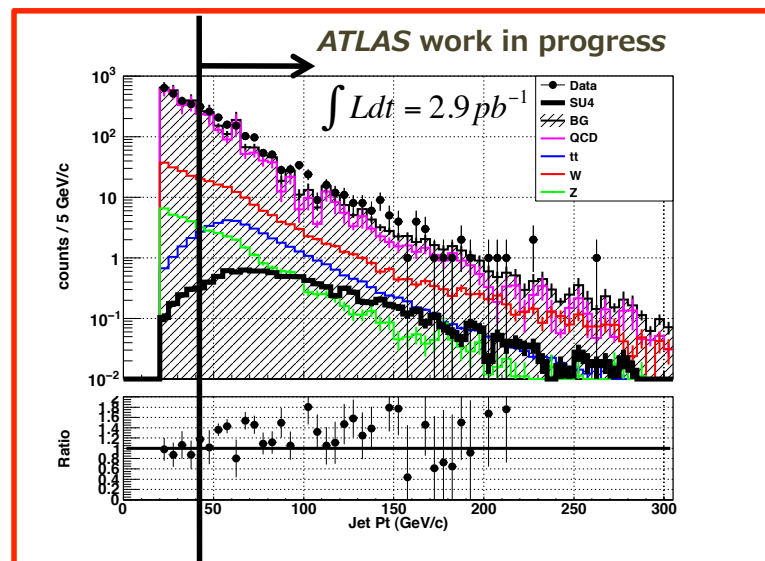
- 1-Lepton ($P_T^{1st \text{ Lepton}} > 20 \text{ GeV}/c$)
- At least 3-Jets
($P_T^{1st, 2nd, 3rd \text{ Jet}} = 60, 40, 40 \text{ GeV}/c$)
- Missing $E_T > 80 \text{ GeV}$
- $M_T(\text{Missing } E_T, \text{ Lepton}) > 100 \text{ GeV}/c^2$



Electron Pt



Leading Jet Pt (1-Lepton Cut後)

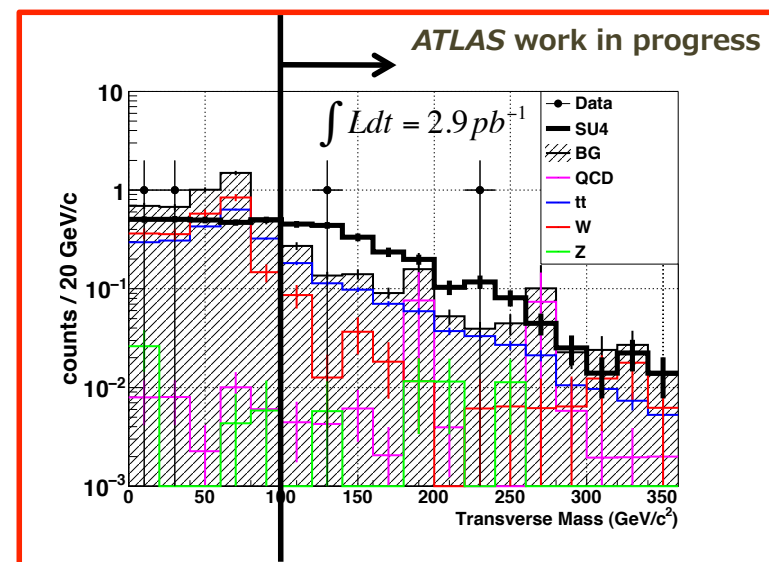


2nd Leading Jet Pt (1st Jet Pt Cut後)

Electron Mode の解析 (2/2)

SUSY (1-Lepton mode) 事象選択

- 1-Lepton ($P_T^{1st\ Lepton} > 20\ GeV/c$)
- At least 3-Jets
($P_T^{1st, 2nd, 3rd\ Jet} = 60, 40, 40\ GeV/c$)
- Missing $E_T > 80\ GeV$
- $M_T (MissingE_T, Lepton) > 100\ GeV/c^2$



Electron mode の Cut Flow

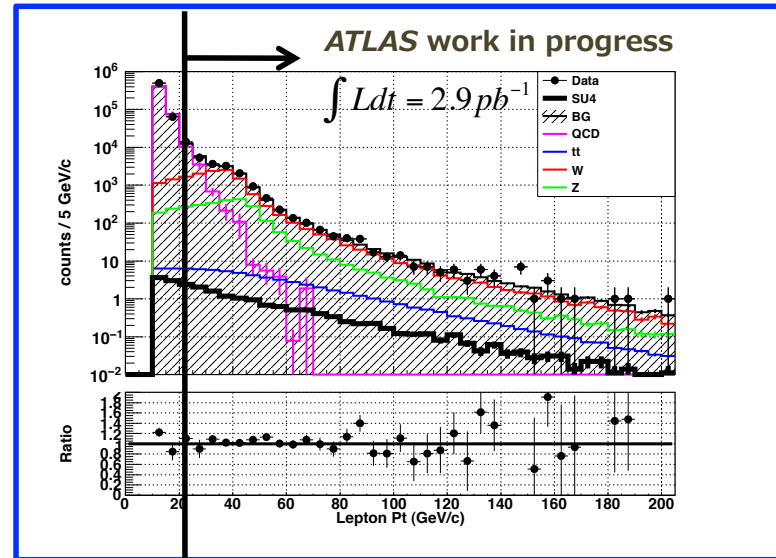
Transverse Mass (MissEt Cut 後)

Cut	Real Data	All BG	SU4	QCD	W	Z	tt
1-Lep.	1.2e5±3e3	1.1e5±9e3	13.1 ± 0.2	9.5e4±8e3	1.2e4±10	849 ± 2	56.9 ± 0.1
1 st Jet	6600 ± 80	6400 ± 400	11.5 ± 0.2	5800 ± 400	482±2	106 ± 1	47.5 ± 0.1
2 nd Jet	1620 ± 40	1400 ± 100	10.5 ± 0.2	1200 ± 100	139 ± 1	21.0 ± 0.4	41.2 ± 0.1
3 rd Jet	310 ± 20	190 ± 10	7.8 ± 0.2	140 ± 10	25.1 ± 0.4	4.3 ± 0.2	25.13 ± 0.09
MissEt	4 ± 2	5.5 ± 0.2	4.6 ± 0.1	0.2 ± 0.1	2.5 ± 0.1	0.08 ± 0.02	2.67 ± 0.03
Mt	2 ± 1.4	1.2 ± 0.1	2.12 ± 0.08	0.2 ± 0.1	0.25 ± 0.04	0.05 ± 0.02	0.68 ± 0.01

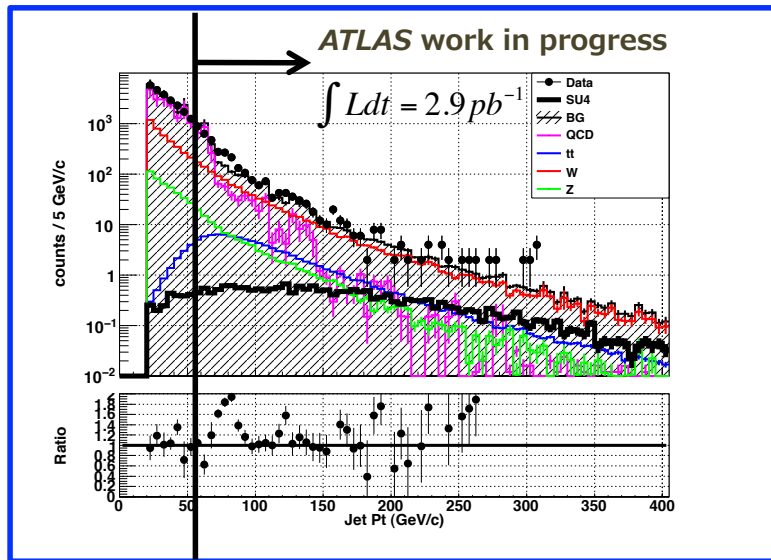
Muon Mode の解析 (1/2)

SUSY (1-Lepton mode) 事象選択

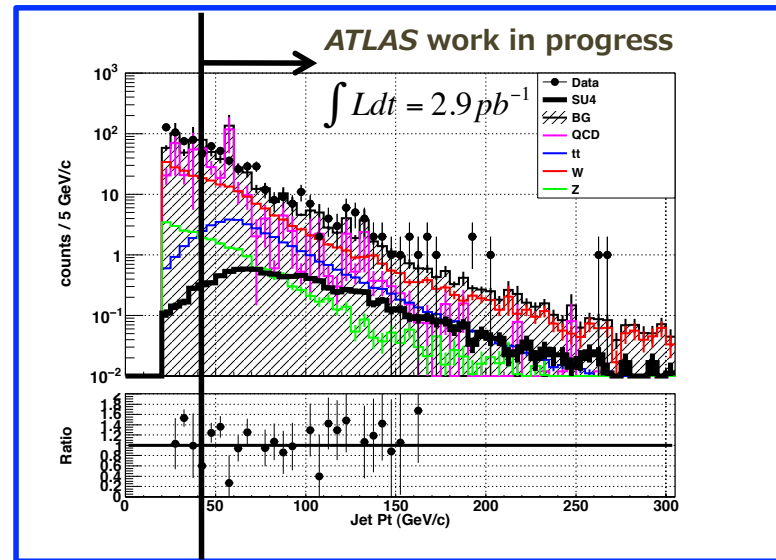
- 1-Lepton ($P_T^{1st \text{ Lepton}} > 20 \text{ GeV}/c$)
- At least 3-Jets
($P_T^{1st, 2nd, 3rd \text{ Jet}} = 60, 40, 40 \text{ GeV}/c$)
- Missing $E_T > 80 \text{ GeV}$
- $M_T (\text{Missing } E_T, \text{ Lepton}) > 100 \text{ GeV}/c^2$



Muon Pt



Leading Jet Pt (1-Lepton Cut後)

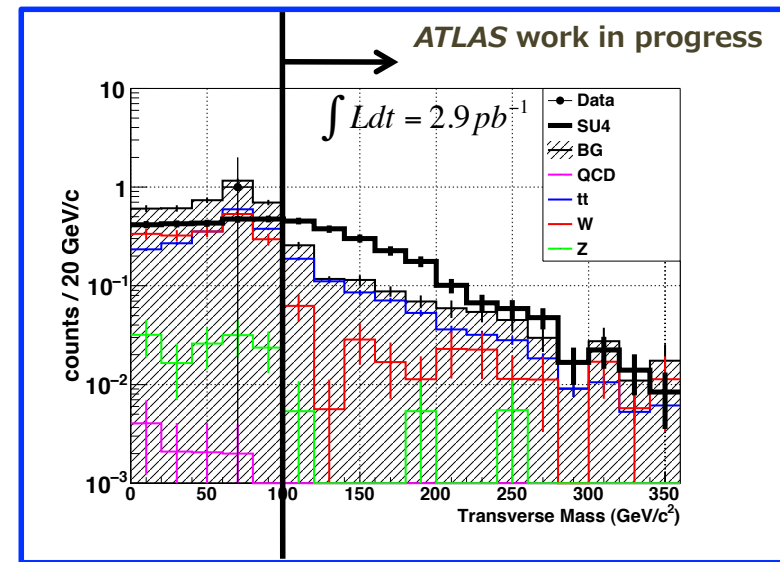


2nd Leading Jet Pt (1st Jet Pt Cut後)

Muon Mode の解析 (2/2)

SUSY (1-Lepton mode) 事象選択

- 1-Lepton ($P_T^{1st \text{ Lepton}} > 20 \text{ GeV}/c$)
- At least 3-Jets
($P_T^{1st, 2nd, 3rd \text{ Jet}} = 60, 40, 40 \text{ GeV}/c$)
- Missing $E_T > 80 \text{ GeV}$
- $M_T (\text{Missing } E_T, \text{ Lepton}) > 100 \text{ GeV}/c^2$



Transverse Mass (MissEt Cut 後)

Muon mode の Cut Flow

Cut	Real Data	All BG	SU4	QCD	W	Z	tt
1-Lep.	$2.8e4 \pm 2e2$	$2.7e4 \pm 2e3$	12.1 ± 0.2	$1.5e4 \pm 2e3$	$1.1e4 \pm 10$	802 ± 2	51.9 ± 0.1
1 st Jet	1340 ± 40	1300 ± 200	10.4 ± 0.2	800 ± 200	438 ± 2	42.5 ± 0.5	43.1 ± 0.1
2 nd Jet	380 ± 20	450 ± 90	9.6 ± 0.2	270 ± 90	127 ± 1	12.9 ± 0.3	37.5 ± 0.1
3 rd Jet	79 ± 9	65 ± 5	7.1 ± 0.1	17 ± 5	23.3 ± 0.4	2.7 ± 0.1	22.76 ± 0.08
MissEt	1 ± 1	4.8 ± 0.1	4.1 ± 0.1	0.01 ± 0.00	2.1 ± 0.1	0.15 ± 0.03	2.50 ± 0.03
Mt	0 ± 0	0.97 ± 0.04	1.90 ± 0.07	0.00 ± 0.00	0.28 ± 0.04	0.03 ± 0.01	0.67 ± 0.01

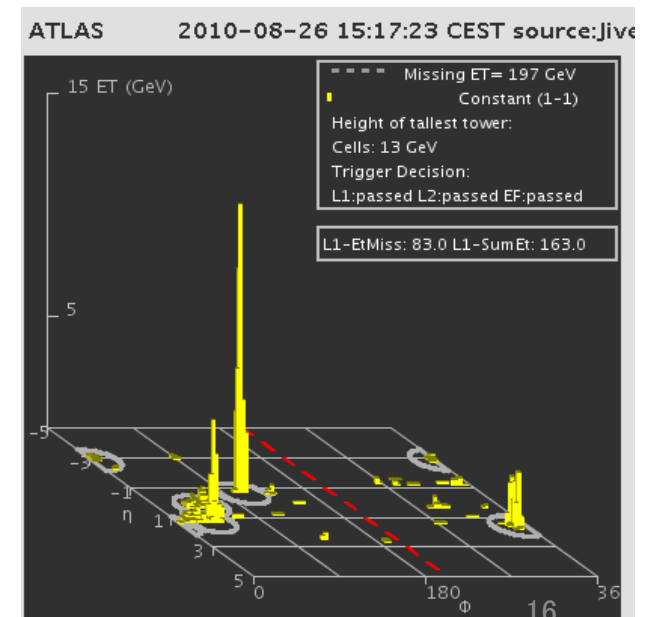
1-Lepton解析のまとめ

- Electron Mode と Muon Modeは独立なので、結果を足し合わせる。
- BGの期待値 2.2発。一方、SU4は(存在すれば)4.0発残っているはずだった。
- 実データで残ったイベントは2発 → 90%でのC.L.でSU4をexclude出来た。
(システマティックエラーなし)

	Electron	Muon	Sum
Real Data	2 ± 1.4	0 ± 0	2 ± 1.4
BG	1.2 ± 0.1	0.9 ± 0.0	2.2 ± 0.1
SU4	2.1 ± 0.1	1.9 ± 0.1	4.0 ± 0.1

<残ったイベントの例>

- $W \rightarrow e + \nu$ にJetが付随して出たイベント？
- 残ったもう一つは、おそらくハードなQCDイベント。



今年中のデータでの発見能力

システマティックエラーについて

1-Lepton解析で主要なシステマティックエラーとして考えられるのは、

1. Jetの補正に使う係数(Jet Energy Scale)の不定性
2. 積分Luminosityの不定性(11%)
3. Electron/MuonのReconstruction、Trigger効率のMCとReal Dataの差(10%)

Systematic ErrorによるBGの不定性	Electron Mode	Muon Mode
Jet Energy Scale	17%	15%
積分Luminosity	11%	11%
Reco. / Trig. Eff.	10%	10%
合計(二乗和)	23%	21%

システマティックエラーは、BGの不定性 ΔB として計上し、

$\frac{S}{\sqrt{B + (\Delta B)^2}}$ の形で発見能力を悪化させるとして考える。

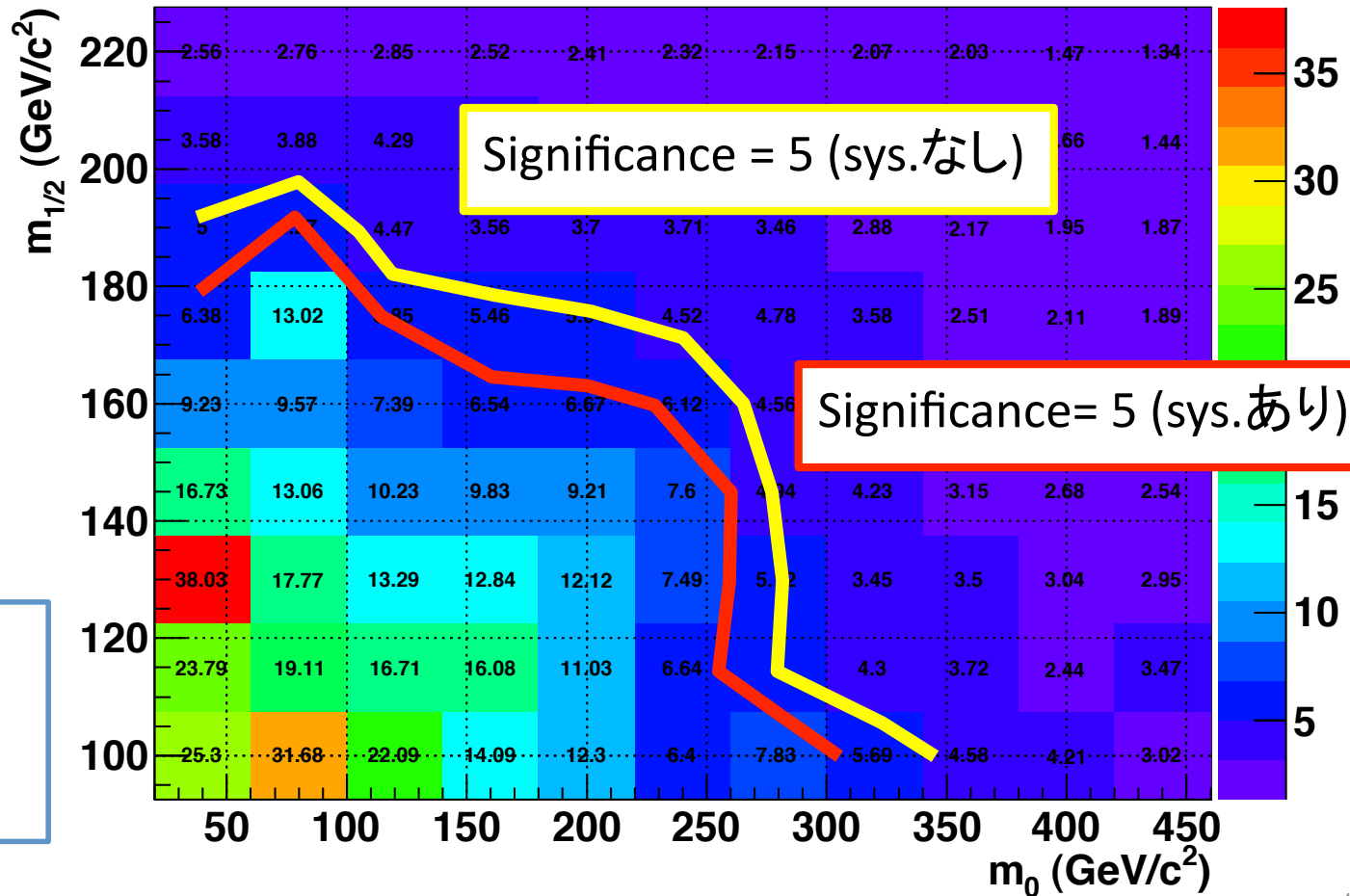
Significance @ 30pb⁻¹ (Electron + Muon Mode)

今年中に貯められる予定のデータ30pb⁻¹によって発見可能な範囲を図示した。
Electron Mode と Muon Modeの結果を合わせている。

Significance @ 30 pb⁻¹

tanβ = 3

ATLAS work in progress



m_g=400GeV/c²
m_q=450GeV/c²
まで発見可能

まとめ

1. 2.9pb^{-1} のReal Dataを用いたSUSY探索を、1-Lepton modeで行った。
2. MCは分布の形を信じた。QCD, Wをenhanceさせたコントロールリージョンで規格化を合わせた。
3. 探索はSU4に最適化したカットを掛けることで行った。
4. Electron Modeで2発、Muon Modeは0発で、合計2発イベントが残ったが、これはBGの見積もり(2.2 ± 0.1 イベント)とconsistentであり、SU4(期待値 4.0 ± 0.1 イベント)は90%C.L.でexcludeされた。
5. 今年中(30pb^{-1})に探索可能なパラメータ領域も見積もった。
このデータ量で、 $m_g=400\text{GeV}/c^2$, $m_q=450\text{GeV}/c^2$ の範囲まで探索が可能。