

ATLAS検出器を用いたdi-jet+missingの研究

東大理， 東大素粒子センター^A

武市祥史， 浅井祥仁， 片岡洋介^A， 小林富雄^A

[1] motivation

squarkのmassは m_0 によって決まるところが大きい。

$$m^2(\tilde{q}) \approx m_0^2 + (4.5 - 5.5)m_{1/2}^2$$

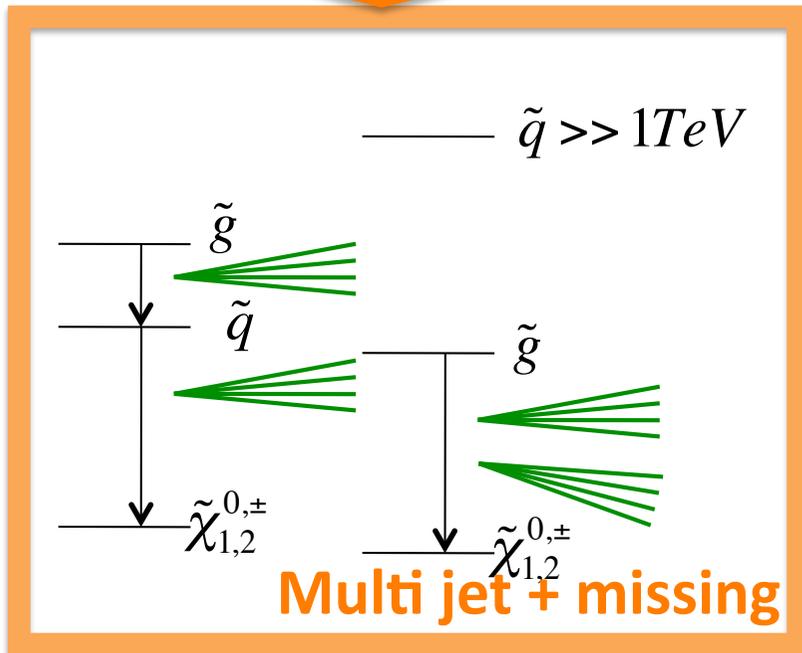
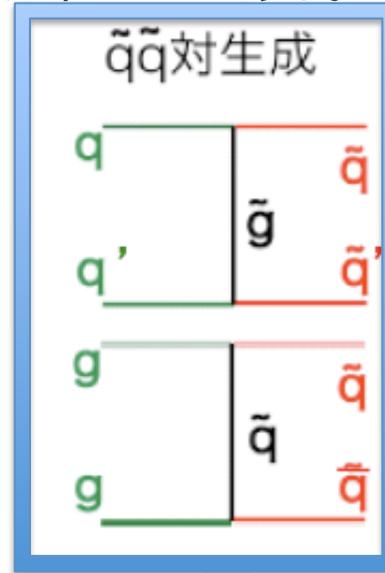
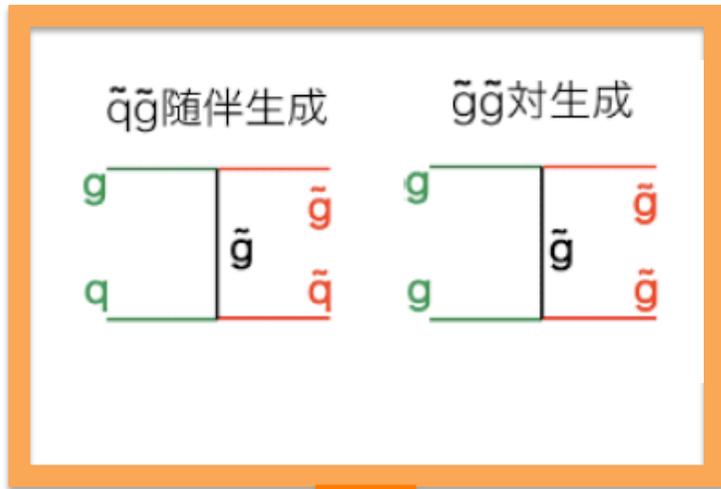
第2項はgauginoからのくり込み群方程式の効果でgluinoのmassと強い相関になる。
第1項の m_0 はGUTスケールの質量でその起源はわからないので手で入れている。
また、 m_0 の大きさはSUSY breaking scenarioに強く依存している。
 m_0 はfundamentalなパラメータである。

多くのモデルが $m_0 \gg \text{TeV}$ としている。

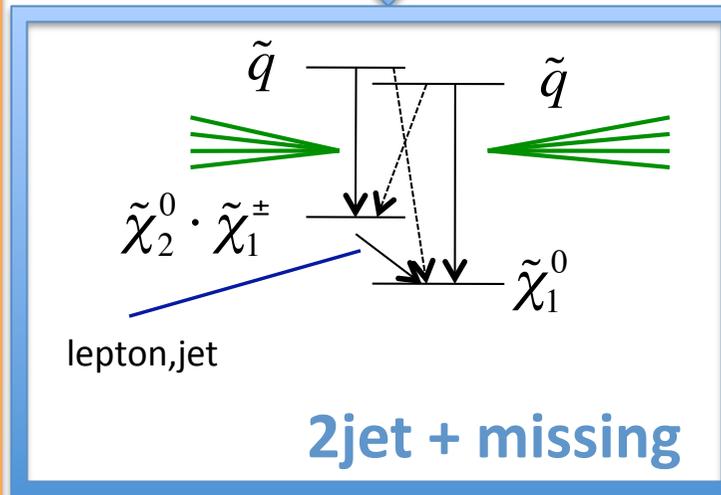
「 m_0 が小さく、 \tilde{q}, \tilde{g} が共にTeVオーダーなのか、
 m_0 が大きく、 $\tilde{q} \gg \tilde{g} \approx \text{TeV}$ なのかは、
SUSYのモデルを理解するための最初の分岐点である。」

\tilde{g} がTeVスケールにあるとして、 \tilde{q} がTeVスケールにあるか判断するには $\tilde{q}\tilde{q}$ 対生成があるかを確認すればよい。

LHCで予想される超対称性粒子の生成過程は3つある。



ATLASで標準的にカバーしている



$\tilde{q}\tilde{q}$ を見るには
**Exclusiveな
2jet+missing の
analysisが重要**

[2] イベントセレクション & サンプル

Standard model background としてATLASで標準的に用いられる

QCD: PYTHIA Jx sample

W/Z: ALPGEN sample

tt: MC@NLO を使用。

one-lepton mode

1. $N_{\text{jet}}(P_T > 50\text{GeV}, |\eta| < 2.5) = 2$, 3rd jet $P_T < 30\text{GeV}$

2. 1st jet $P_T > 100\text{GeV}$

3. $mE_T > 100\text{GeV}$

4. $mE_T > 0.2 * M_{\text{eff}} (= mE_T + P_{T1} + P_{T2})$

5. $S_T > 0.2$

6. $N_{\text{lep}}(P_T > 20\text{GeV}) = 1$

7. $M_T > 100\text{GeV}$

no-lepton mode

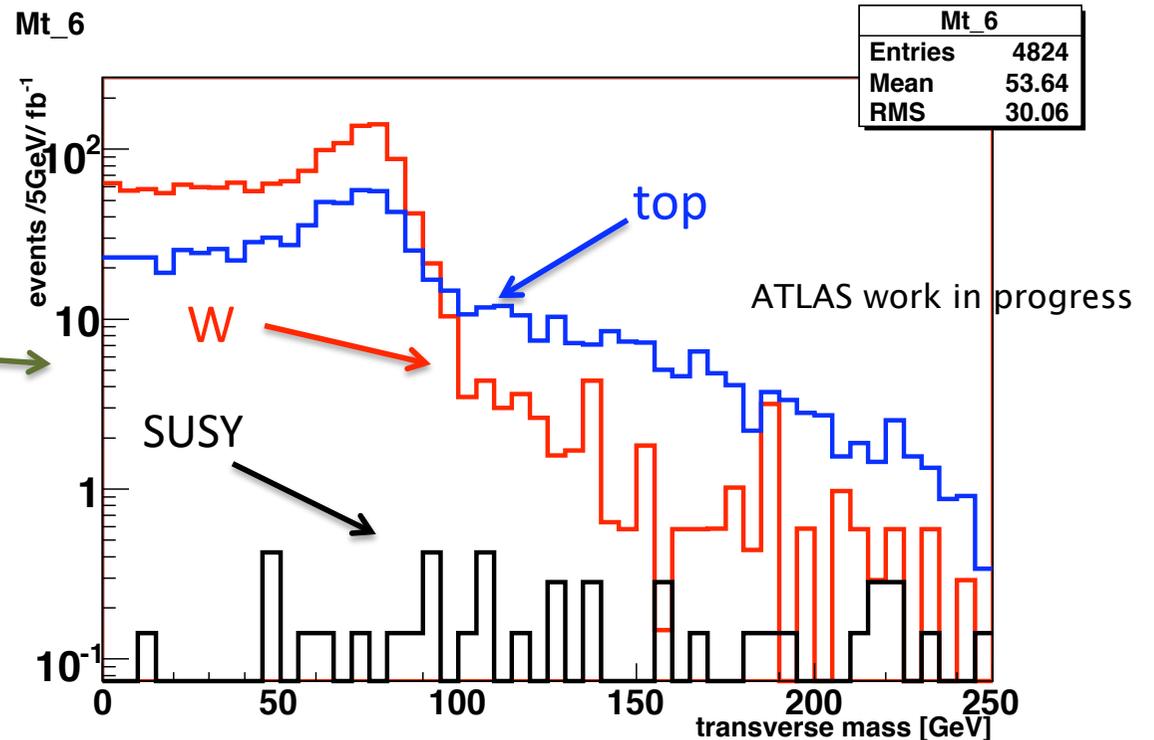
1. One leptonと同じ

2. 1st jet $P_T > 200\text{GeV}$

3. ~5. One leptonと同じ

6. $N_{\text{lep}}(P_T > 20\text{GeV}) = 0$

7. $\Delta\Phi(\text{Jet}, mE_T) > 0.2$



[3-1] Result

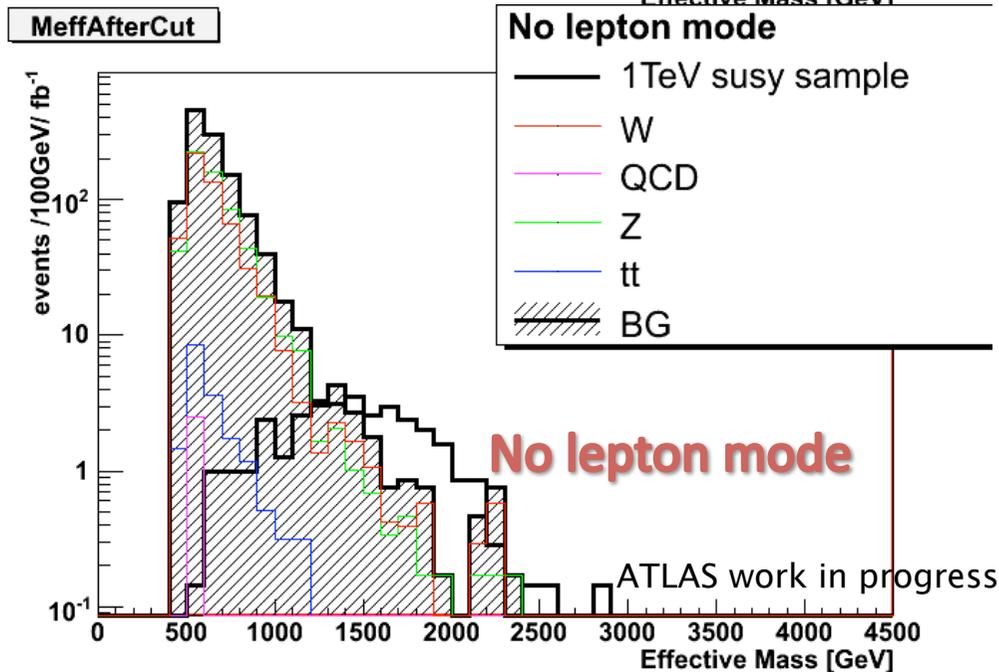
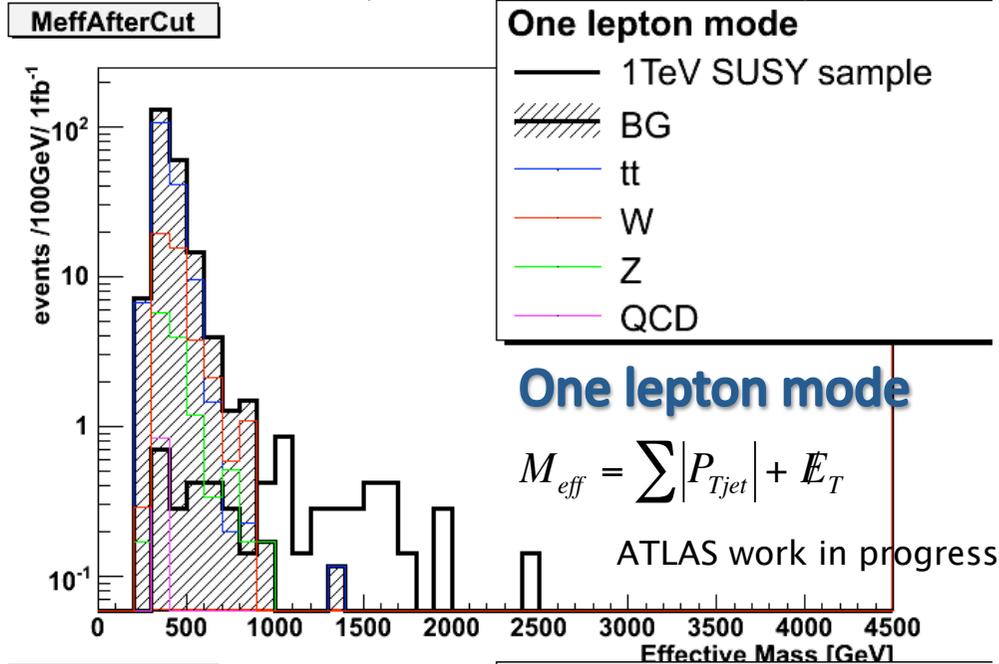
	1TeV SUSY
\tilde{u}_L	933 GeV
\tilde{u}_R	881 GeV
\tilde{g}	953 GeV

($m_0 = 400, m_{1/2} = 400, \tan\beta = 10$)

\tilde{q} (~1TeV)では、

Exclusiveな2jet analysisで
excessが見える。

Effective mass分布(1TeV SUSY生成イベントとSM BG)



主なBackgroundはone leptonでtop,W, no leptonでW,Z ⁵

[3-2] Result

	Heavy squark
\tilde{u}_L	3563GeV
\tilde{u}_R	3576GeV
\tilde{g}	857GeV

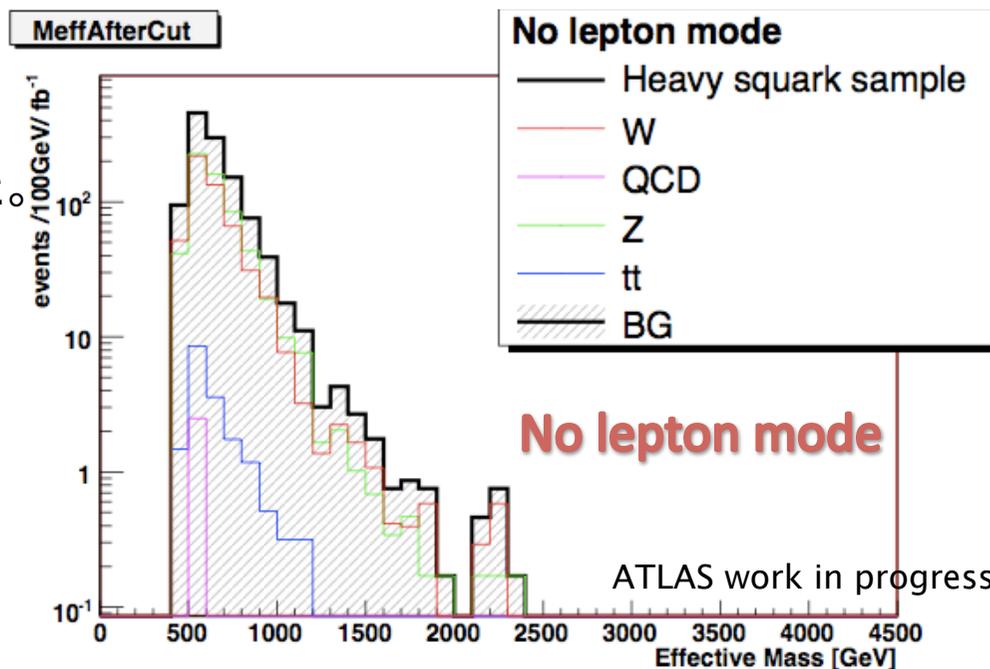
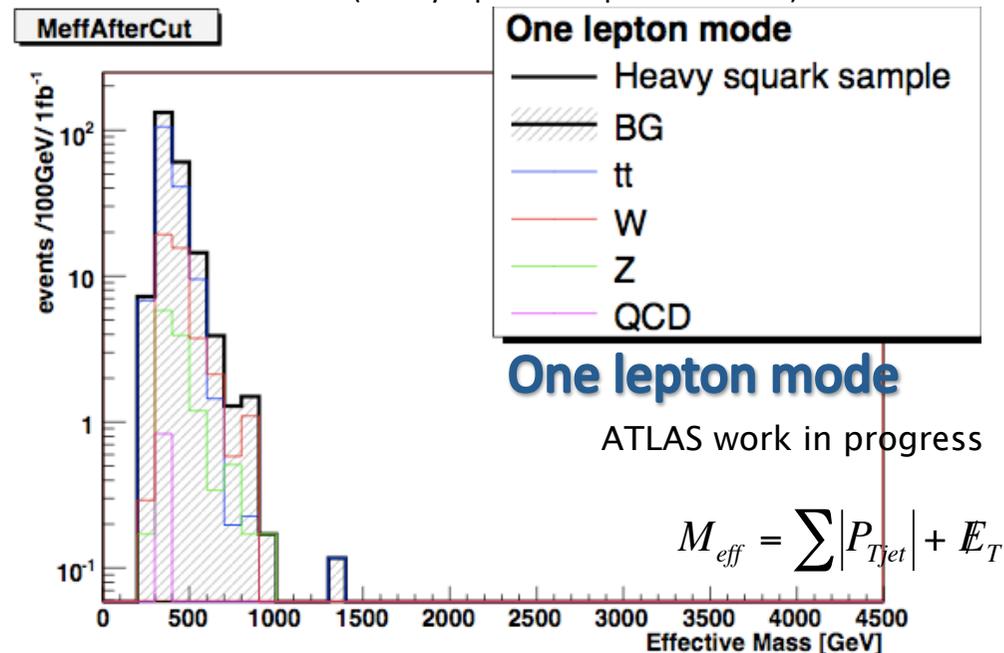
($m_0 = 3550$, $m_{1/2} = 300$, $\tan\beta = 10$)

$\tilde{q} \gg \tilde{g}$ (~1TeV) 場合 (Heavy squark)、
 $\tilde{q}\tilde{q}$ のイベントセレクションに掛からなかった。

1TeV SUSY sample で見え、
 Heavy squark sample で見えない。
 -> TeV オーダーの squark の suggestion.

Exclusive 2jet analysis は
 TeV オーダーの \tilde{q} をみる為に重要な analysis

Effective mass 分布 (Heavy squark sample と SM BG)



[4-1] Backgroundの評価：Mt 法

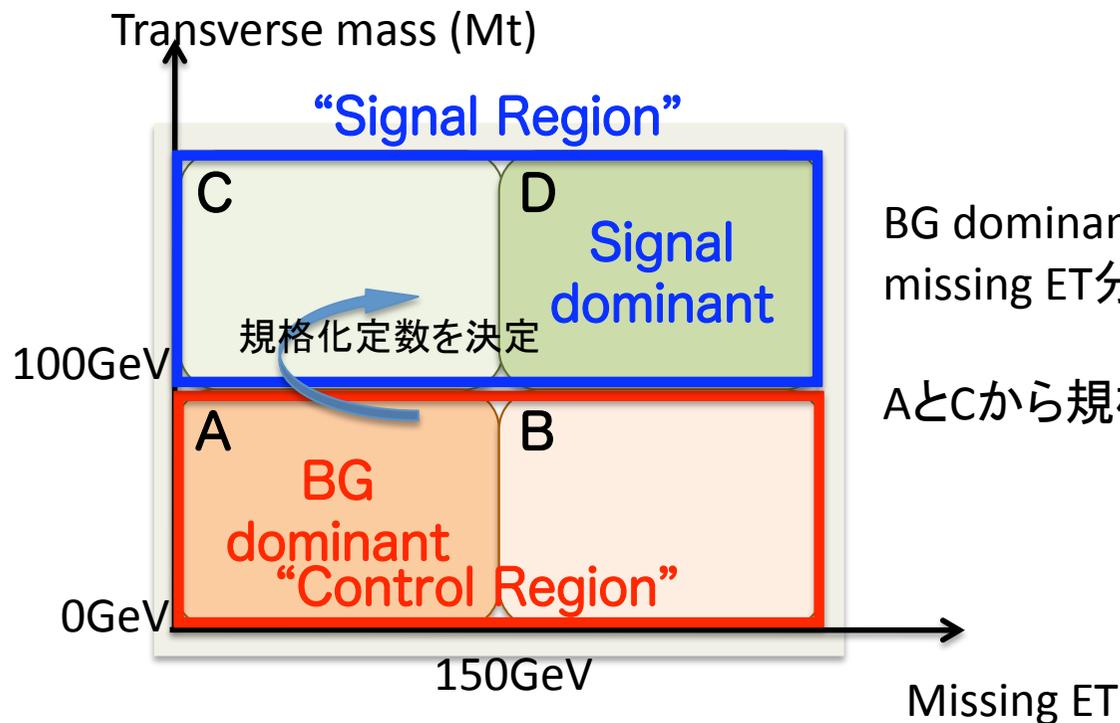
BGは実験データから見積もる必要がある。

評価法：

missing ETと無相関なtransverse mass(Mt)を使う。

$$M_t = \sqrt{2E_T P_{Tl}(1 - \cos\phi)} \quad (l = e, \mu)$$

$$\cos\phi = \frac{P_{Xl}E_X + P_{Yl}E_Y}{E_T P_{Tl}}$$



BG dominant領域とSignal dominant領域の missing ET分布は相似形となる。

AとCから規格化定数を決定しDのbackgroundを評価。

Mt < 100GeV :
W, ttが多い領域[Estimated BG]

Mt > 100GeV :
Signalが多い領域[True BG]

[4-2] Mt 法を用いたBackgroundの評価(one lepton)

True Background sample

One lepton modeのセレクション

Estimated Background sample

Signal と同じだセレクションを要求
しかし、BGを反映させるため

$M_T < 100\text{GeV}$

One lepton mode の要素
(True BG)

$tt \rightarrow bb \tau \nu e(\mu) \nu$: 16 %

$tt \rightarrow bbe(\mu) \nu e(\mu) \nu$: 5 %

W+jet : 79 %

(Estimated BG) :

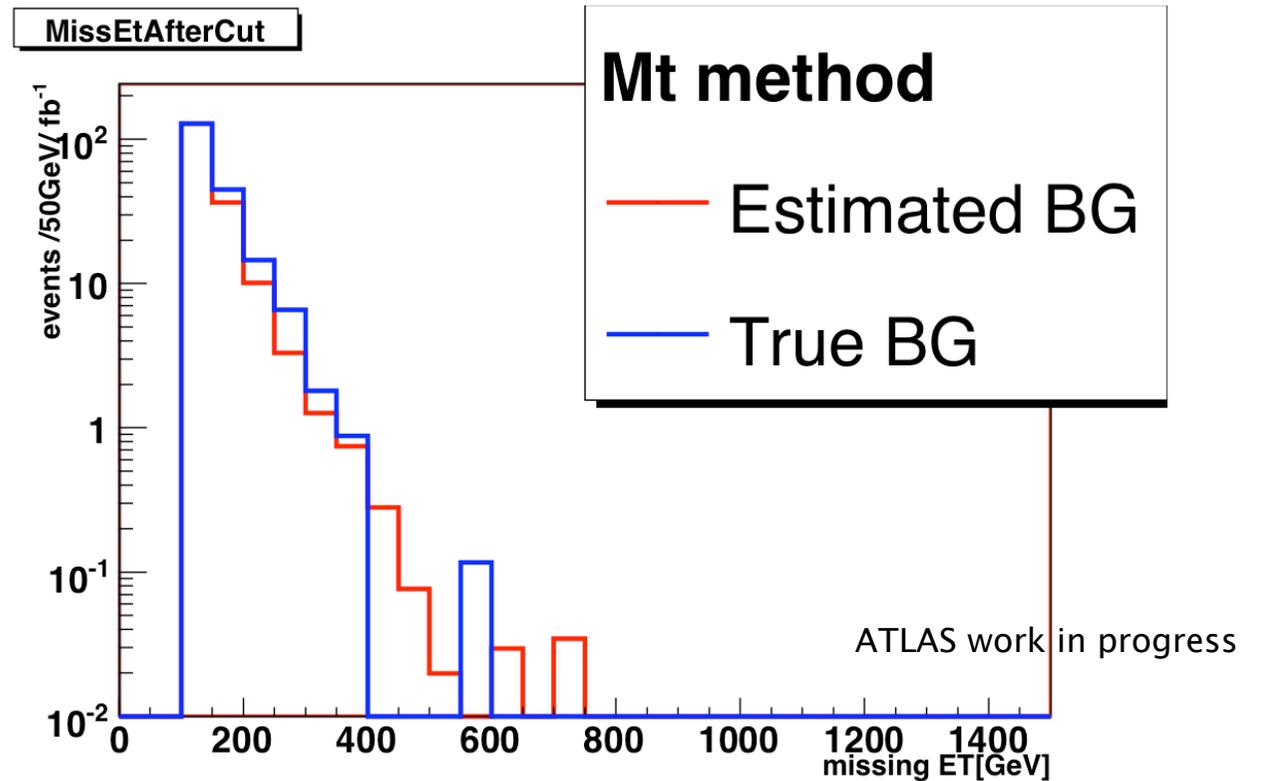
$tt \rightarrow bb \tau \nu e(\mu) \nu$: 9.9%

$tt \rightarrow bbe(\mu) \nu e(\mu) \nu$: 1.1%

W+jet : 90%

W(e/mu ν)がほとんど選ばれる。

Mt法で評価したBG分布と本当のBG分布



True BG

Estimated BG

mET > 300GeV

2.8 ± 1.7

2.5 ± 0.4

Mt法がうまく機能している。

[4-3] Mt 法を用いたBackgroundの評価(no lepton)

True Background

No lepton modeのセレクション

Estimated Background

One lepton modeのEstimated BGと同じ
(1st JetPtはトリガーのため200Gev以上)

No lepton mode
(Tru BG):

Z → ν ν : 68.1%

W → τ ν : 23.5%

W → e(μ) ν : 8.4%

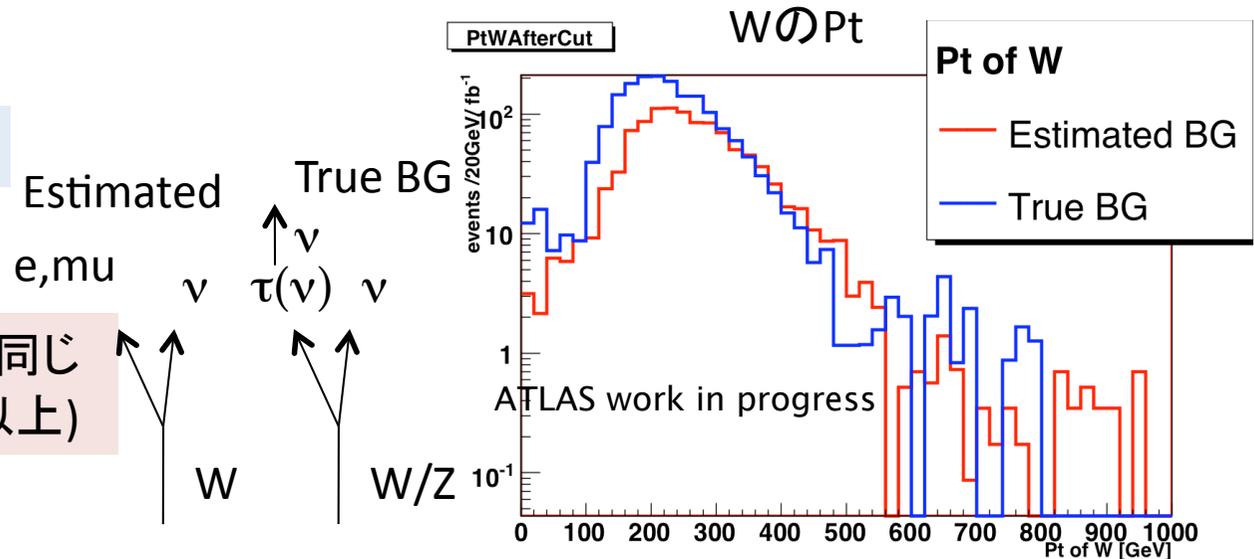
(P_T < 20 GeV)

(Estimated BG)

tt → bb τ ν e(μ) ν : 17 %

tt → bbe(μ) ν e(μ) ν : 1 %

W+jet : 82 %



$$P_T(W) > P_T(W) \text{ after } m_{E_T} > 100 \text{ GeV}$$

Control Sample とSignal Regionで違うkinematicsをとっている。

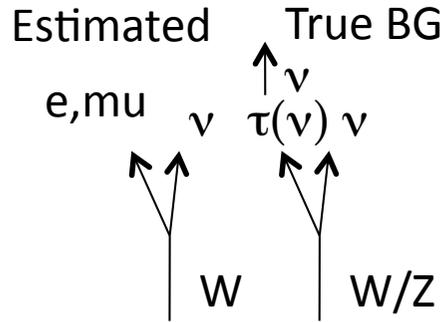
このままMt法で評価すると、

	True BG	Estimated BG
mET > 300 GeV	192 ± 14	30.4 ± 7.2

BGを補正する必要がある。

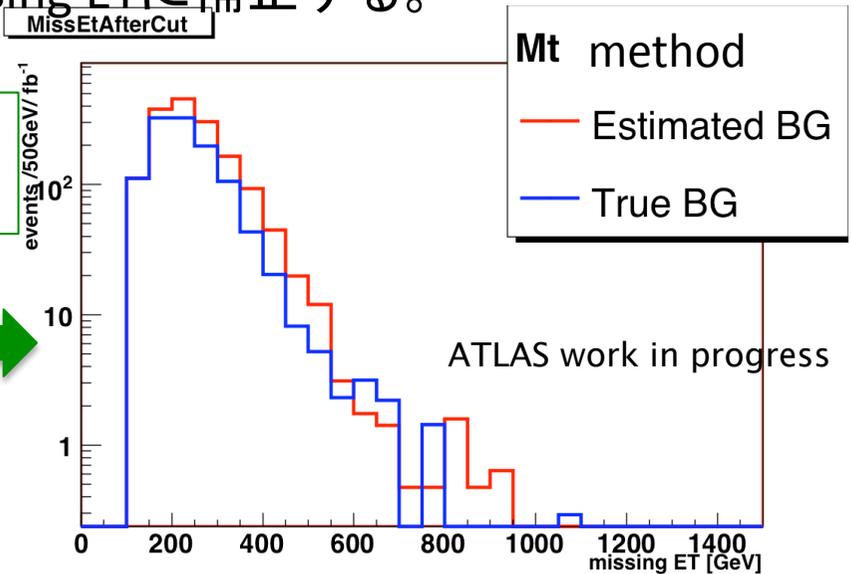
[4-4] Mt 法を用いたBackgroundの評価(no lepton)

同じkinematicsをとるようにleptonのPtをmissing ETに補正する。



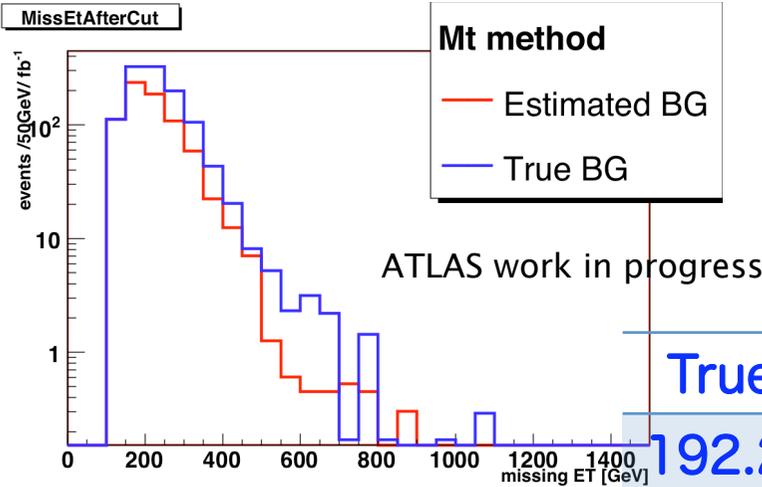
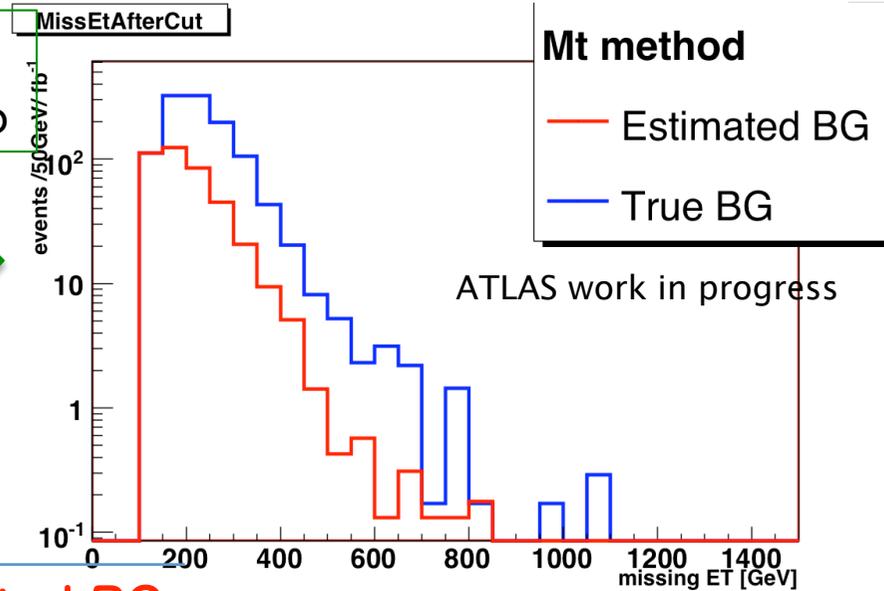
z->vvに対応するように
leptonを全てmissingにする

$$P_T(W) > P_T(W) \text{ after } m_{E_T} > 100 \text{ GeV}$$



W->tvに対応するように
leptonの半分以上をmissingにする

そこで、lepの3/4をmissingにすると...



True BG	Estimated BG
192.2 ± 14	208.0 ± 13

Conclusion

(1) Exclusiveな2jet analysis は squarkの存在を示すのに有用。

(2) One lepton modeでの主なbackgroundはtop/Wであり、
No lepton modeでの主なbackgroundはW/Zである。

(3) Mt法がbackgroundの評価に使うことができる。
One lepton modeについては、
Estimated BG, True BGともにWを選び有効に機能する。

No lepton modeについては、
EstimatedではW+jetがメインに対し、
True BGはZ- $\nu\nu$ が70%、
W- $\tau\nu$ が25%程度であり
trivialな方法では評価できない。

4 Type signals are examined: bulk heavy \tilde{q} light SUSY 1TeV SUSY

Particle	SU1	SU2	SU3	SU4
\tilde{d}_L	764.90	3564.13	636.27	419.84
\tilde{u}_L	760.42	3563.24	631.51	412.25
\tilde{b}_1	697.90	2924.80	575.23	358.49
\tilde{t}_1	572.96	2131.11	424.12	206.04
\tilde{d}_R	733.53	3576.13	610.69	406.22
\tilde{u}_R	735.41	3574.18	611.81	404.92
\tilde{b}_2	722.87	3500.55	610.73	399.18
\tilde{t}_2	749.46	2935.36	650.50	445.00
\tilde{e}_L	255.13	3547.50	230.45	231.94
$\tilde{\nu}_e$	238.31	3546.32	216.96	217.92
$\tilde{\tau}_1$	146.50	3519.62	149.99	200.50
$\tilde{\nu}_\tau$	237.56	3532.27	216.29	215.53
\tilde{e}_R	154.06	3547.46	155.45	212.88
$\tilde{\tau}_2$	256.98	3533.69	232.17	236.04
\tilde{g}	832.33	856.59	717.46	413.37
$\tilde{\chi}_1^0$	136.98	103.35	117.91	59.84
$\tilde{\chi}_2^0$	263.64	160.37	218.60	113.48
$\tilde{\chi}_3^0$	466.44	179.76	463.99	308.94
$\tilde{\chi}_4^0$	483.30	294.90	480.59	327.76
$\tilde{\chi}_1^+$	262.06	149.42	218.33	113.22
$\tilde{\chi}_2^+$	483.62	286.81	480.16	326.59
h^0	115.81	119.01	114.83	113.98
H^0	515.99	3529.74	512.86	370.47
A^0	512.39	3506.62	511.53	368.18
H^+	521.90	3530.61	518.15	378.90
t	175.00	175.00	175.00	175.00

1TeV
 $m_0=400, m_{1/2}=400, \tan\beta=10$

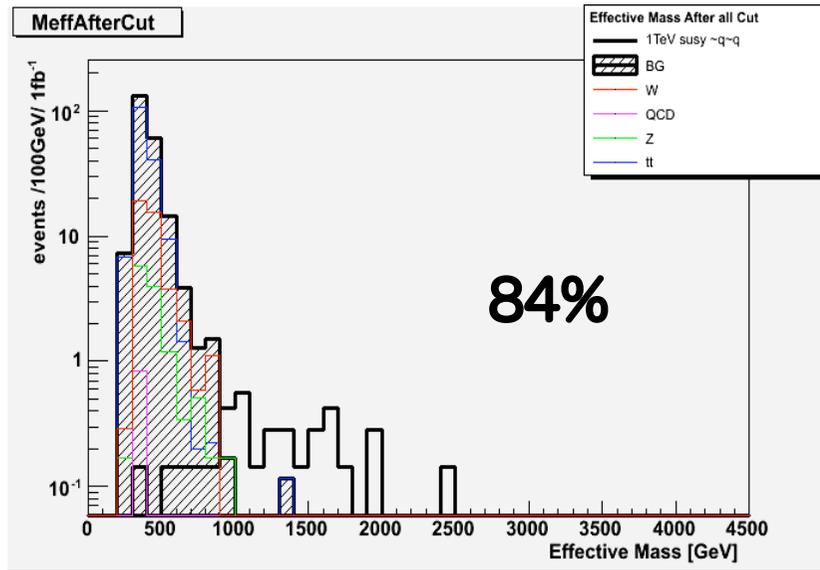
uL=933
uR=881

QCD: PYTHIA Jx sample
W/Z: ALPGEN sample
tt: MC@NLO

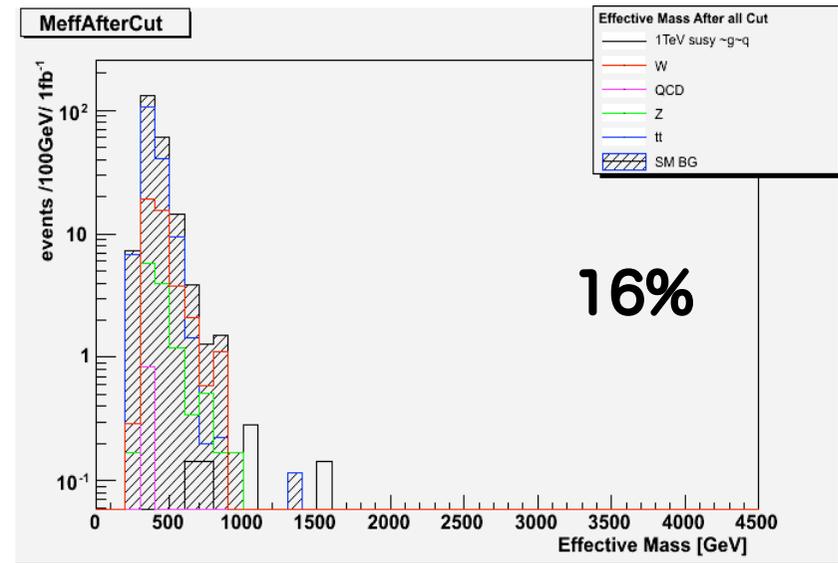
These are ATLAS standard.

g=953GeV
ch1=307GeV
Nu1=160GeV

σ 7.2pb 27.7pn 402pb 2.6pb



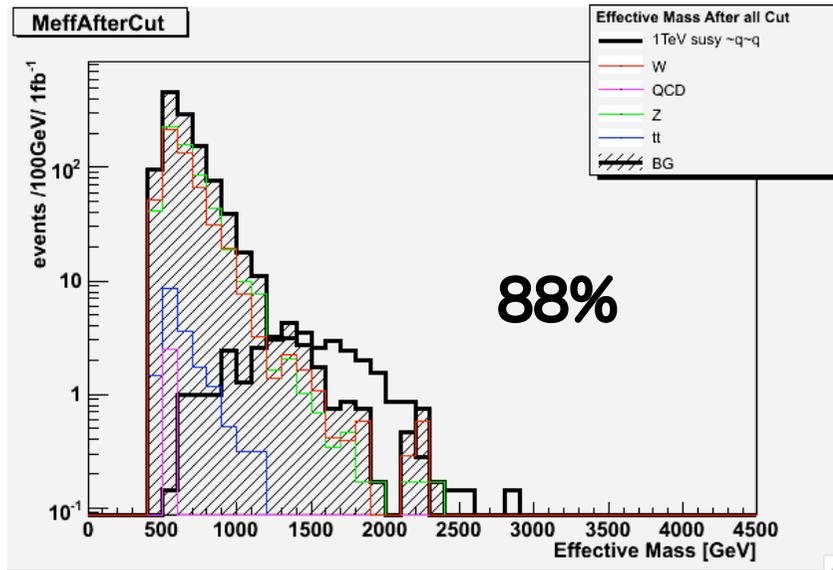
$\tilde{q}\tilde{q}$ のみを取ってきた



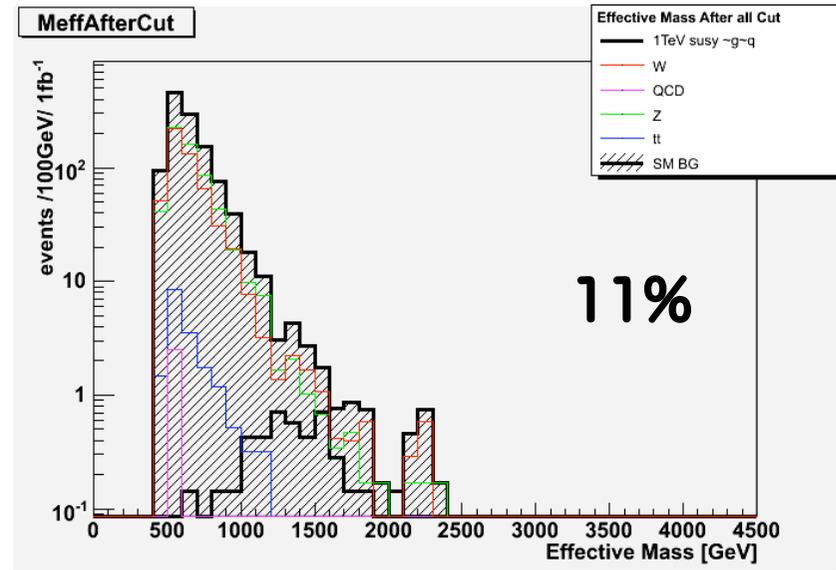
$\tilde{g}\tilde{q}$ のみを取ってきた

2jet
One lepton

1TeV SUSY(18,485events)	\tilde{g}, \tilde{g}	\tilde{g}, \tilde{q}	\tilde{q}, \tilde{q}
No Cut	1282	7798	5536
Njet = 2	4	109	708
1 st Jet > 100	4	109	708
mET > 100	4	103	676
mET > 0.2*Meff	4	91	572
St > 0.2	1	40	275
Nlepton = 1	0	5	34
Mt > 100	0	5	27



$\tilde{q}\tilde{q}$ のみを取ってきた



$\tilde{g}\tilde{q}$ のみを取ってきた

2jet
No lepton

1TeV SUSY(18,485events)	\tilde{g}, \tilde{g}	\tilde{g}, \tilde{q}	\tilde{q}, \tilde{q}
No Cut	1282	7798	5536
Njet = 2	4	109	708
1 st Jet > 100	4	109	708
mET > 100	4	103	676
mET > 0.2*Meff	4	91	572
St > 0.2	1	40	275
Nlepton = 0	1	31	239
mindPhi > 0.2	1	31	239