

# Dilepton mode の バックグラウンドの研究

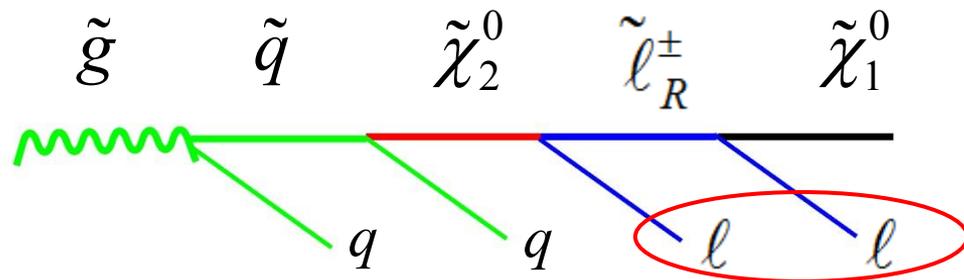
(2007年9月21日 日本物理学会@北海道大学)

東大理、東大素セ<sup>A</sup>

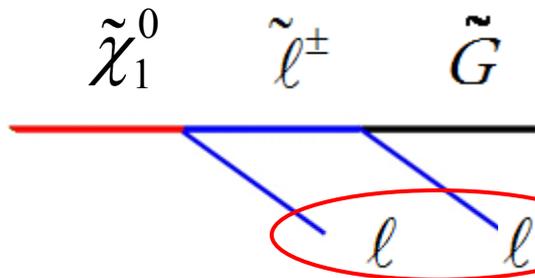
鈴木拓也、片岡洋介<sup>A</sup>、大川英希、  
富島佑允<sup>A</sup>、浅井祥仁、小林富雄<sup>A</sup>

# Dilepton mode の重要性

mSUGRA (LSP:  $\tilde{\chi}_1^0$ ) ( $m_0$  が小さいとき)



GMSB (LSP:  $\tilde{G}$ ) ( $N_m$  が大きいとき)



- Dilepton mode のイベントトポロジー
  - multi jets
  - **2 leptons**
  - Missing Et

質量を再構成する上で重要である

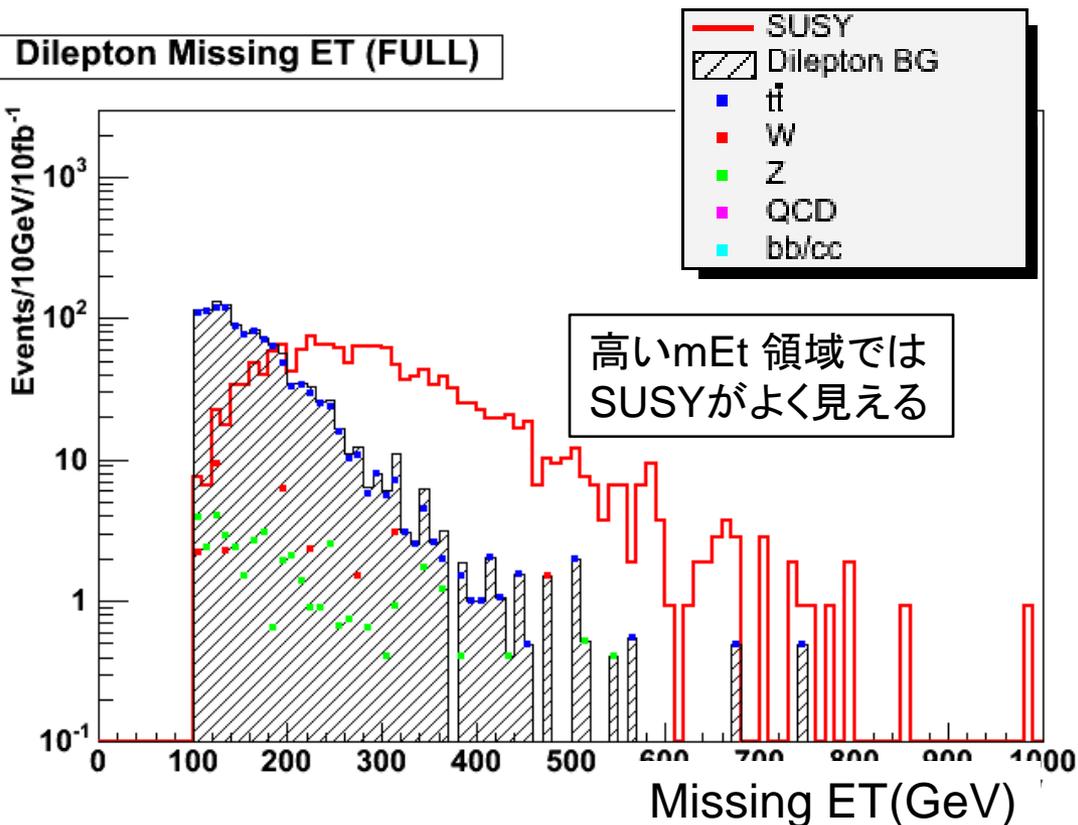
# Dilepton mode の発見能力

## ➤ SUSY signal

- $m_0 = 100\text{GeV}$ ,  $m_{1/2} = 300\text{GeV}$
- gluino:  $720\text{GeV}$ , squark =  $650\text{GeV}$

## ➤ Dilepton mode 条件

- $m_{\text{Et}} > \max(100\text{GeV}, M_{\text{eff}} * 0.2)$
- 1<sup>st</sup> leading jet  $p_t > 100\text{GeV}$
- 2<sup>nd</sup> ~ 4<sup>th</sup> leading jet  $p_t > 50\text{GeV}$
- $S_t > 0.2$
- 2 lepton with  $p_t > 10\text{GeV}$   
opposite sign



	Signal
SUSY	1564
BG	1193
Significance (@10fb <sup>-1</sup> )	45.3

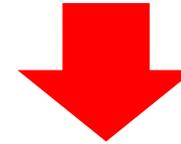
**discovery potential は十分ある**

# バックグラウンドについて

Process	Signal	
$tt \rightarrow bbl\nu\nu$	894	75.0%
$tt \rightarrow bbl\nu qq$	230	19.2%
$tt \rightarrow bbqqqq$	0	0%
$W(\rightarrow l\nu) + \text{jets}$	28	2.4%
$Z(l\nu, \nu\nu) + \text{jets}$	41	3.4%
Multijets	0	0%

Dilepton mode(Opposite Sign) の最大の BG は  $tt \rightarrow bbl\nu\nu$  である。

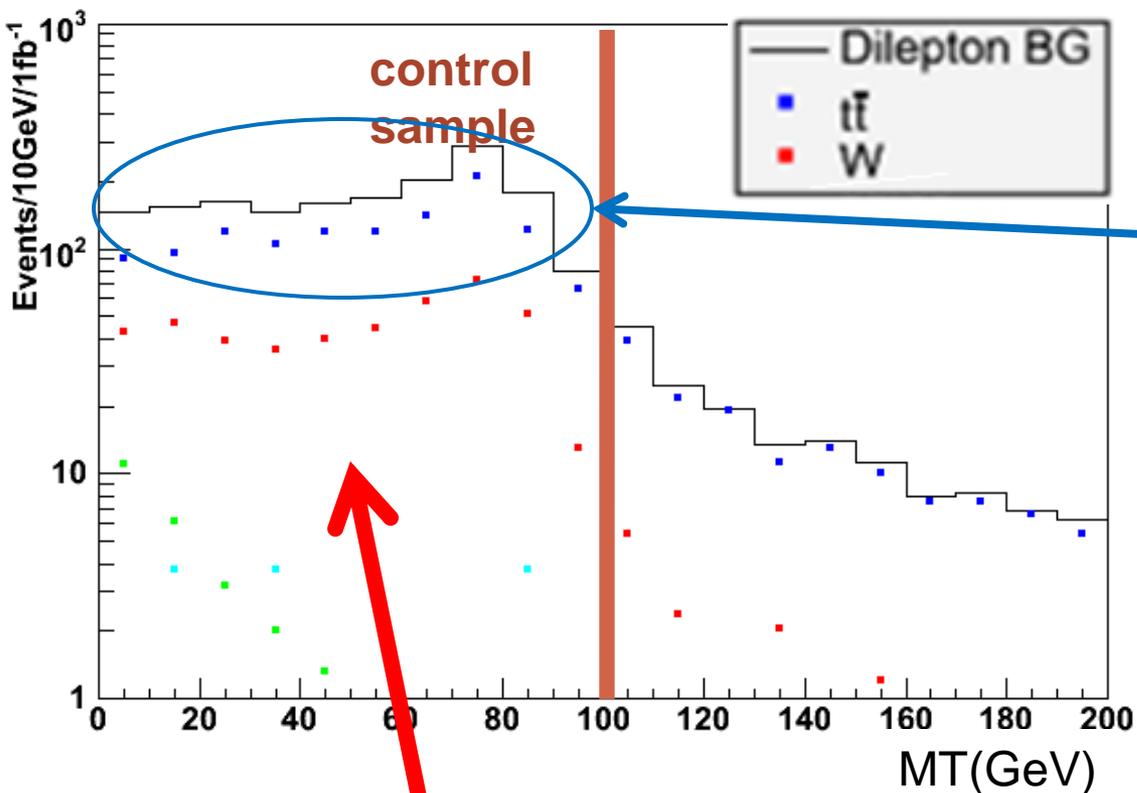
次に大きいのが  $tt \rightarrow bbl\nu qq$  であるが、これは主に bottom からの semi-leptonic decay が検出にかかったものである。



ここで top(95%) が主要な BG なので、top を Control Sample として選ぶ。

# Control Sample

Transverse Mass < 100GeV (FULL)



top が enhance されている領域

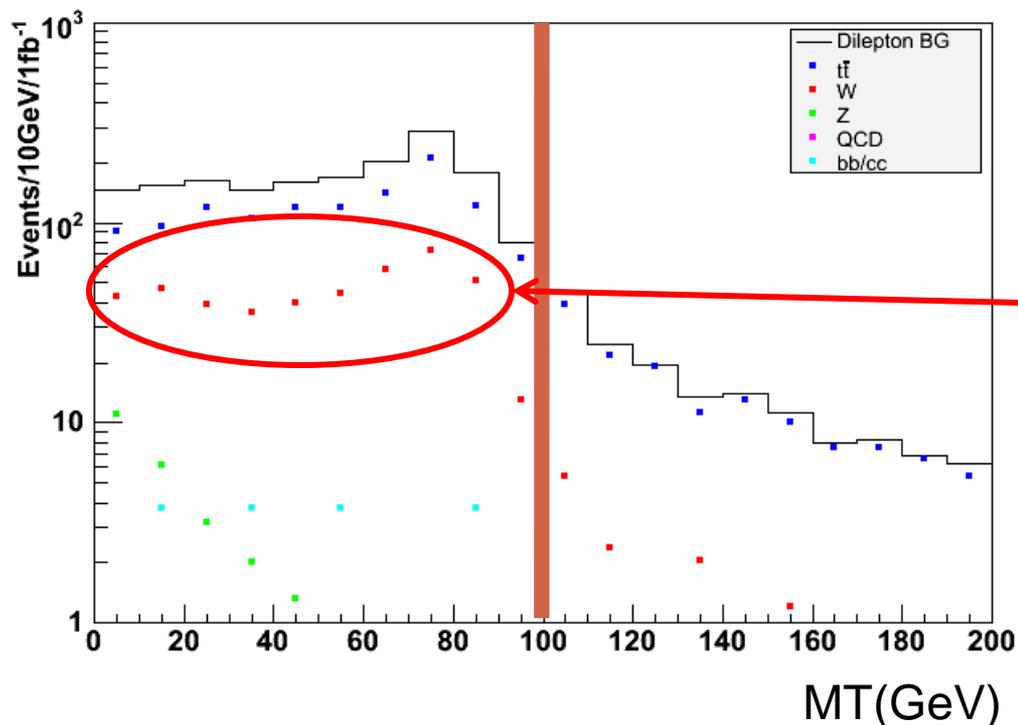
Process	signal	
$tt \rightarrow lnl$	117.7	7.0%
$tt \rightarrow lnqq$	1071.7	64.0%
$tt \rightarrow qqqq$	0.1	0.0%
W + jets	445.0	26.5%
Z + jets	27.2	1.6%
Multijets	14.9	0.9%

## Control Sample 条件

- $m_{Et} > \max(100\text{GeV}, M_{\text{eff}} * 0.2)$
- 1<sup>st</sup> leading jet  $pt > 100\text{GeV}$
- 2<sup>nd</sup> ~ 4<sup>th</sup> leading jet  $pt > 50\text{GeV}$
- $St > 0.2$
- 1 lepton with  $pt > 20\text{GeV}$
- $MT < 100\text{GeV}$

# W も寄与してしまう...

Transverse Mass < 100GeV (FULL)



Process	signal	
$tt \rightarrow lnl$	117.7	7.0%
$tt \rightarrow lnqq$	1071.7	64.0%
$tt \rightarrow qqqq$	0.1	0.0%
<b>W + jets</b>	<b>445.0</b>	<b>26.5%</b>
Z + jets	27.2	1.6%
Multijets	14.9	0.9%

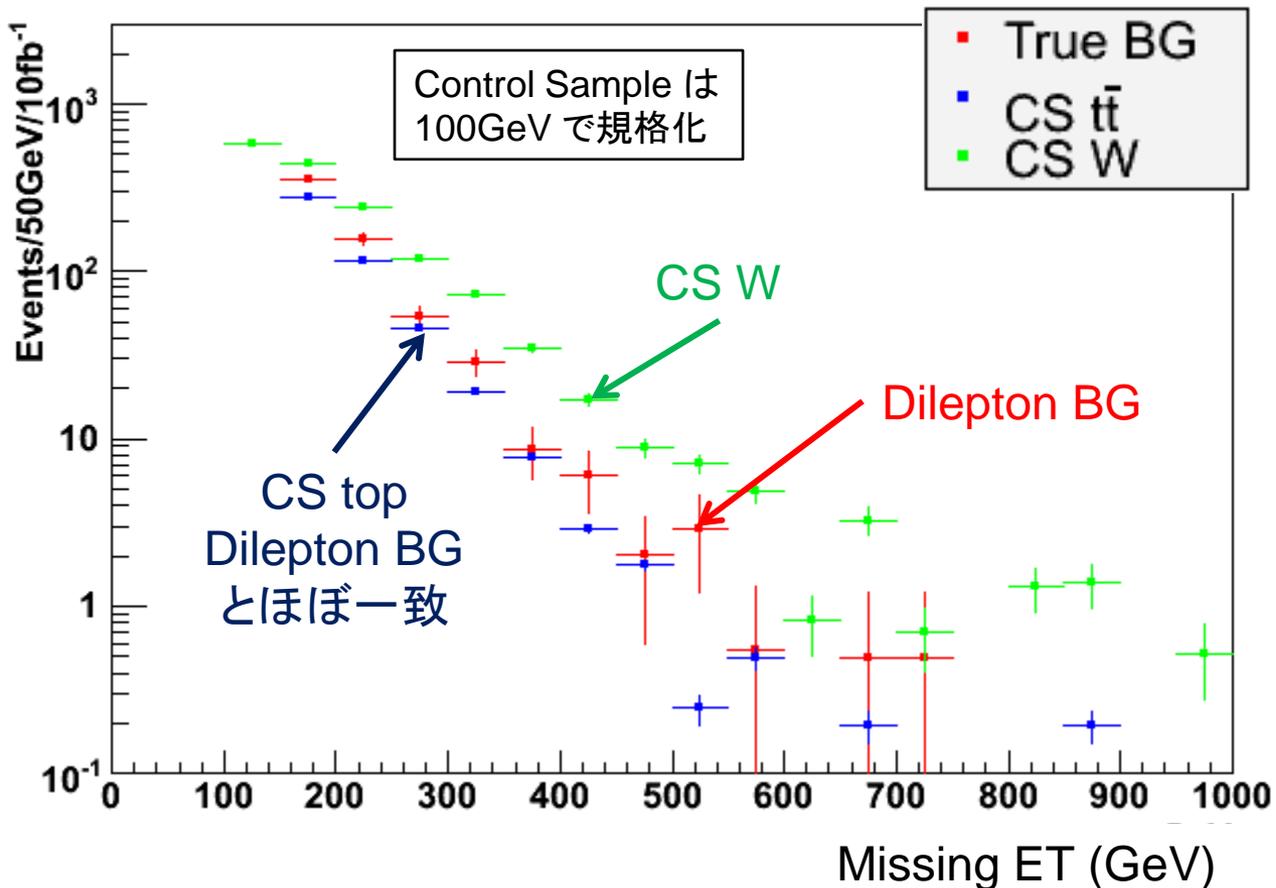
top と W は分離  
できない

Control Sample(CS) は W によって汚染されている。  
また、**dilepton mode の主要な BG は  $tt \rightarrow bbl\nu\nu$**  であつたのに対して **CS は  $tt \rightarrow bbl\nu qq$**  が主な要素となっている。

Dilepton と CS の  
分布を吟味する  
必要性がある。

# Control Sample 中の top と W

## Dilepton Missing ET (FULL)



### ➤ Dilepton BG

- $tt \rightarrow bbl\nu\nu$  (75%)
- $tt \rightarrow bbl\nu qq$  (25%)

### ➤ Control Sample

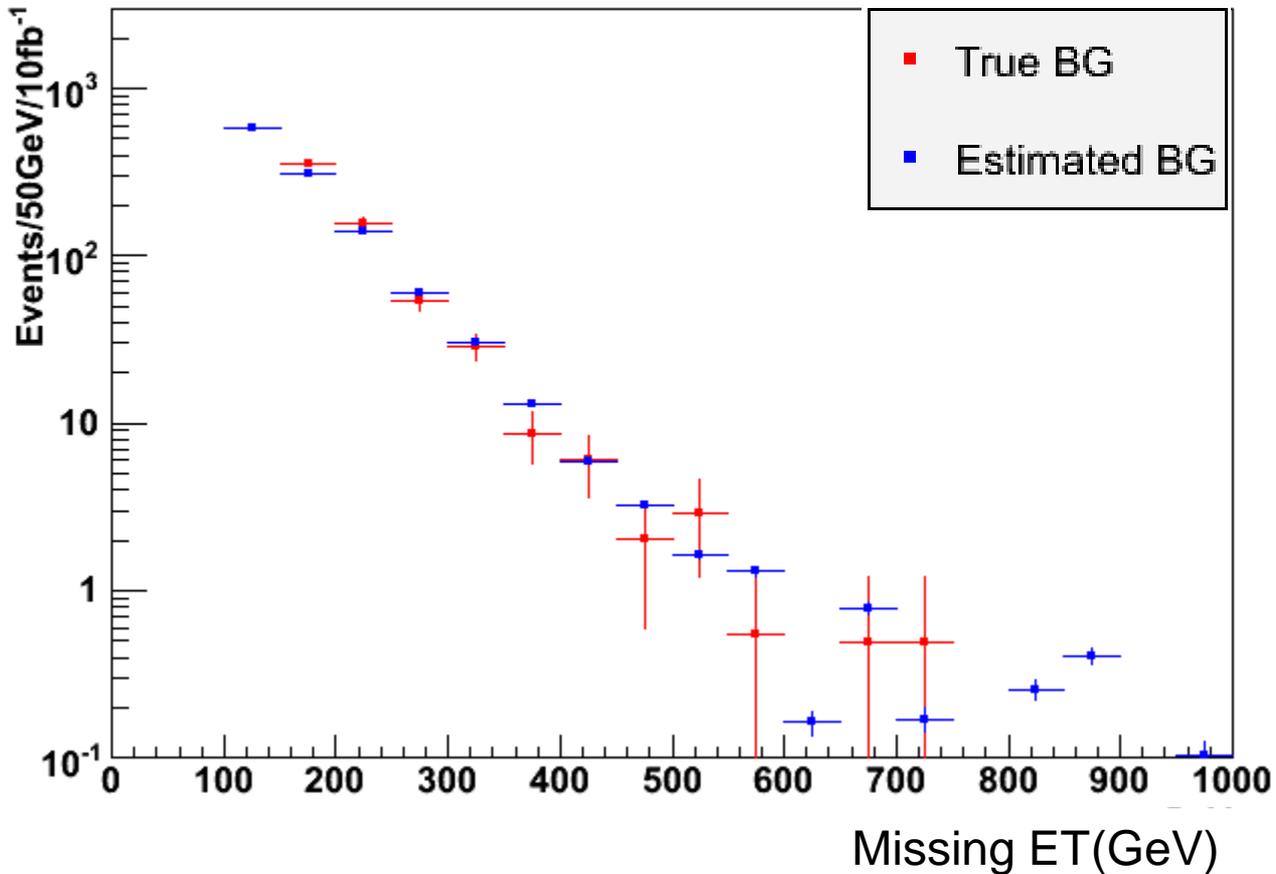
- $tt \rightarrow bbl\nu qq$  (65%)
- W (30%)

Dilepton の主な BG は  $tt \rightarrow bbl\nu\nu$  であるが、CS は主に  $tt \rightarrow bbl\nu qq$  である。

$tt \rightarrow bbl\nu qq$  は Dilepton の BG よりソフトで、W はハードである。

# Control Sample VS true BG

## Dilepton Missing ET (FULL)



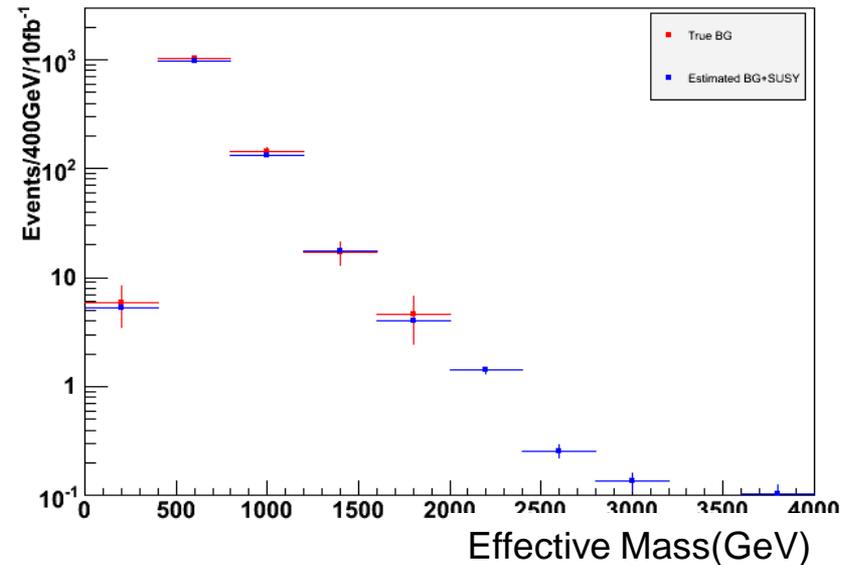
CS の top(70%)とW(30%)  
を混ぜると、dilepton mode の  
BG が再現される。

	Truth BG	Estimated BG
mEt >100GeV	1193 ±35	1100 ±8
mEt >300GeV	50 ±7	55 ±2

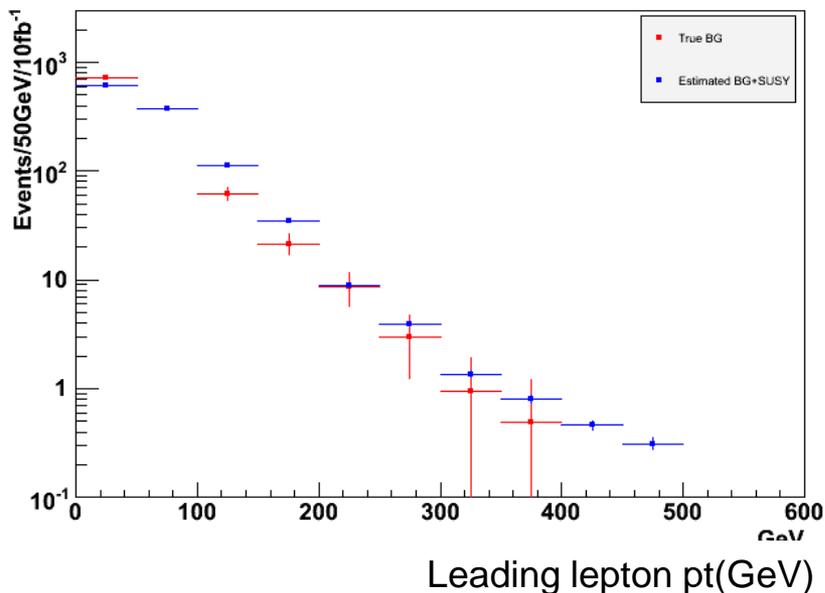
その結果 dilepton mode  
の様々な分布が再現される。

しかしこの方法は top と  
W の比率に大きく依存して  
いるので、そのsystematic  
error を調べる必要がある。

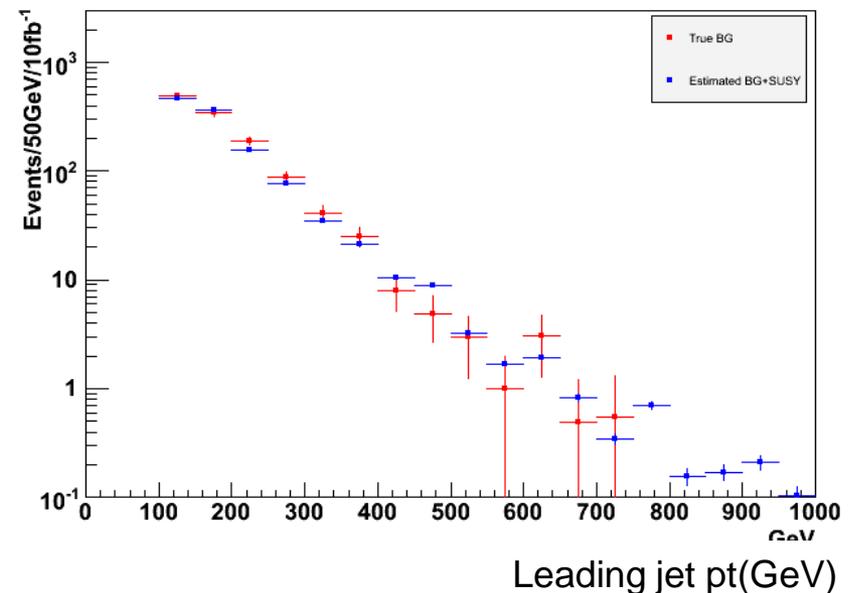
Dilepton Effective Mass (FULL)



Dilepton Leading Lepton Pt (FULL)



Dilepton Leading Jet Pt (FULL)



# Systematic error について (Fast Simulation)

Top	W	True BGに 対する誤差
Original	Original	11%
Scale:Pt→0.5Pt	Original	13%
PT:40→15GeV	Original	10%
$\Delta R:0.7 \rightarrow 0.35$	Original	3%
M:LO→NLO	Original	17%
Original	Scale:Pt→0.5Pt	28%
Original	PT:40→20GeV	42%
Original	$\Delta R:0.7 \rightarrow 0.35$	51%
M:LO→NLO	k-factor (k=1.12)	17%
M:LO→NLO	k-factor (k=1.40)	35%
M:LO→NLO	k-factor (k=1.68)	46%

➤ 変化させたパラメータ

- PT: Jet-parton の切り分け
- Scale: Renormalization Scale
- $\Delta R$ : Parton Separation
- M: Matrix 計算
- k-factor

top のサンプルのパラメータの  
変化には依存しないが、W の  
変化には大きく依存する。

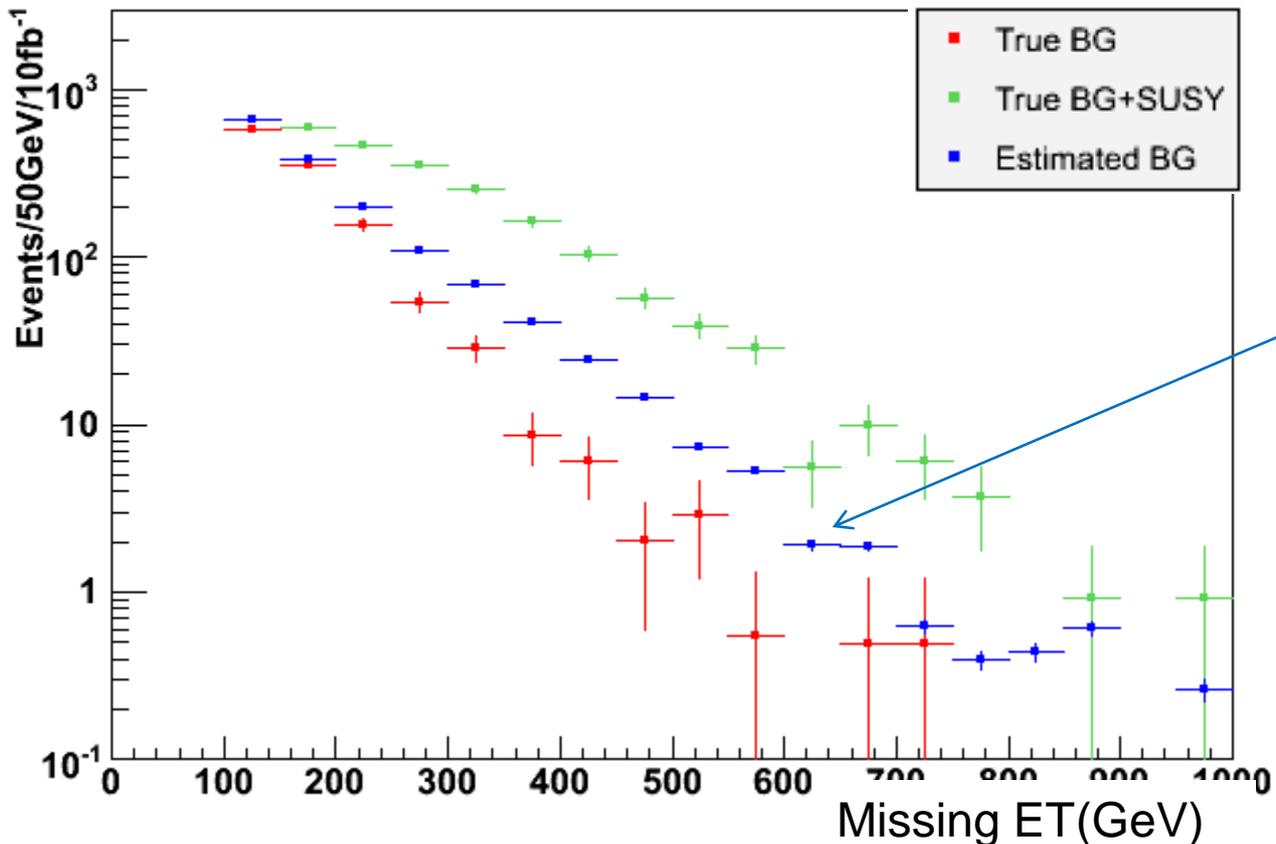
Systematic error は50%程度  
である。

(ただしここでは lepton pt > 20GeV)

# SUSYがあると...

	Truth BG	Estimated BG	Truth BG+SUSY
mEt > 100GeV	1193 ±35	1368 ±10	2758 ±53
mEt > 300GeV	50 ±7	151 ±3	1030 ±32

## Dilepton Missing ET (FULL)



Estimated BG は  
 Truth BG より過大評価  
 しているが、Truth BG+SUSY  
 の方がもっと大きい。

## まとめ

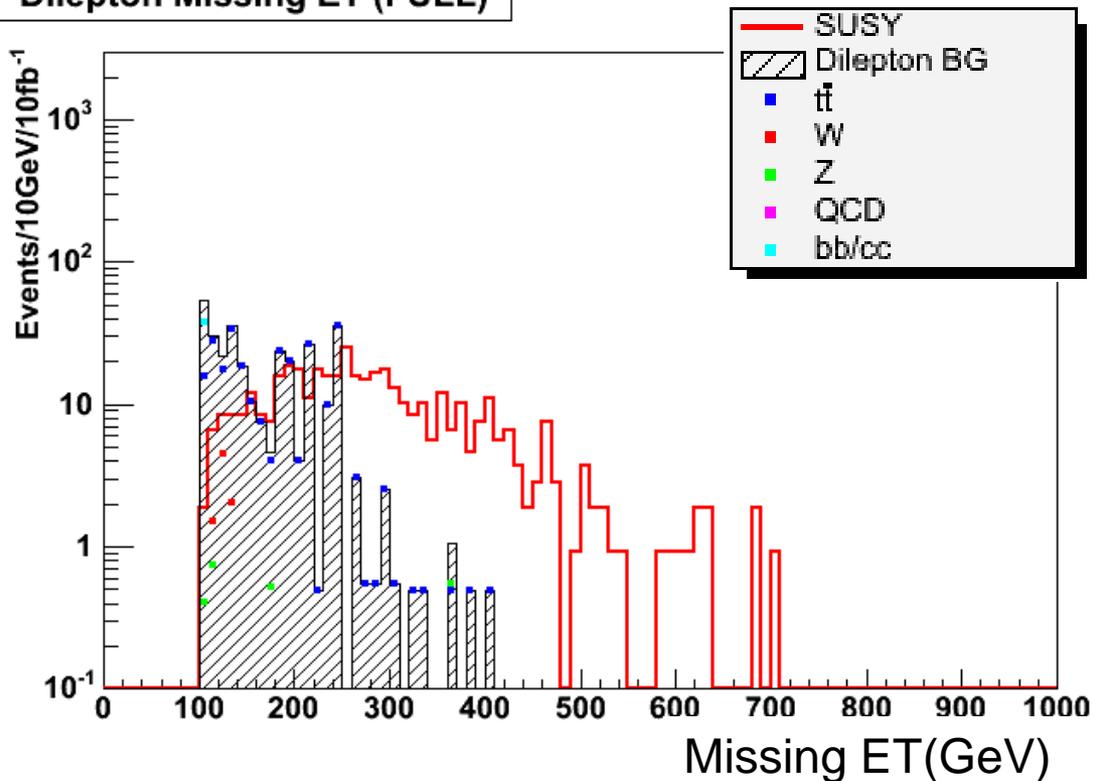
- Dilepton mode (Opposite sign) の主な BG は  $tt \rightarrow bbl\nu\nu$  である。
- 0 lepton, 1 lepton mode と並んで発見能力は高い上、質量の再構成ができるため重要である。
- BG は Control Sample で十分評価できる。
- この方法は  $W$  の Cross Section に大きくに依存するが、Systematic error は50%程度に抑えられる。

BACK UP

A decorative horizontal line consisting of a thick yellow bar on the left and a series of thin yellow and white lines on the right, extending across the width of the slide.

# Dilepton mode (Same sign)

Dilepton Missing ET (FULL)

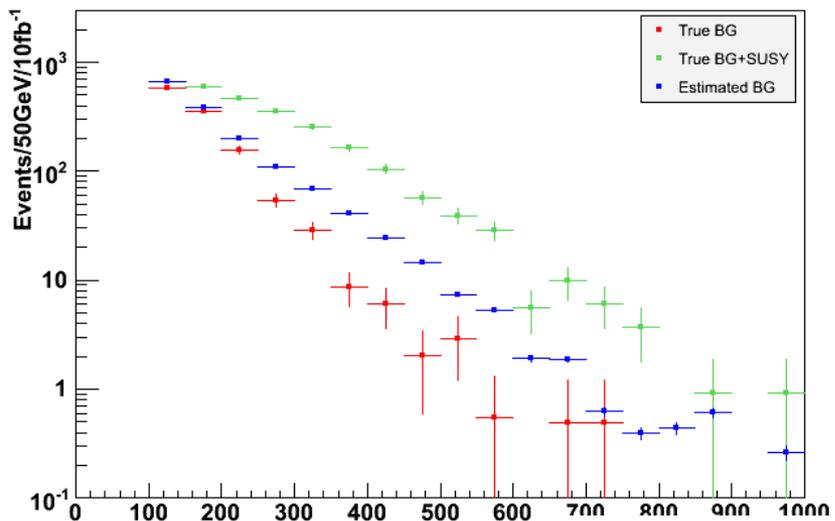


Process	Signal	
tt→bbllvv	35	11.1%
tt→bbllvqq	230	73.6%
tt→bbqqqq	0	0%
W(→lv) + jets	8	2.6%
Z (ll,vv)+ jets	2	0.8%
Multijets	37	11.9%

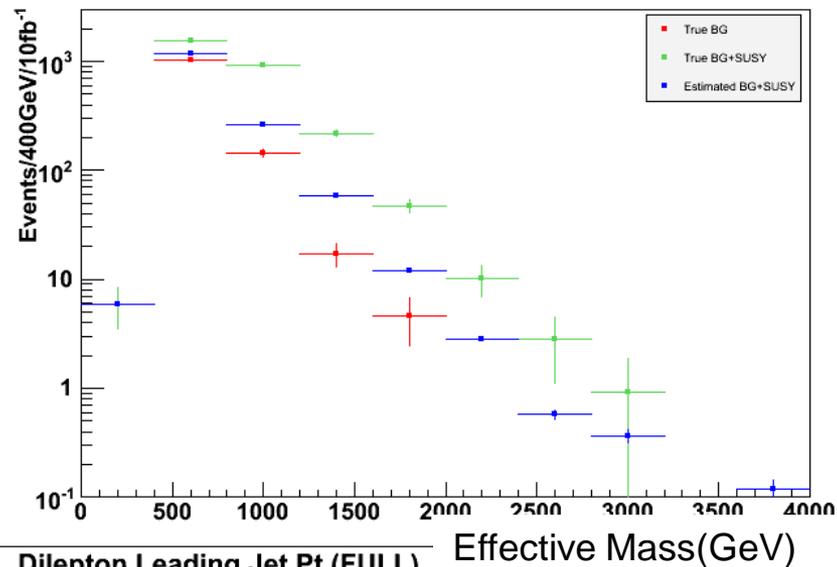
	Signal
SUSY	415
BG	312
Significance (@10fb <sup>-1</sup> )	23.5

# SUSYがあると...

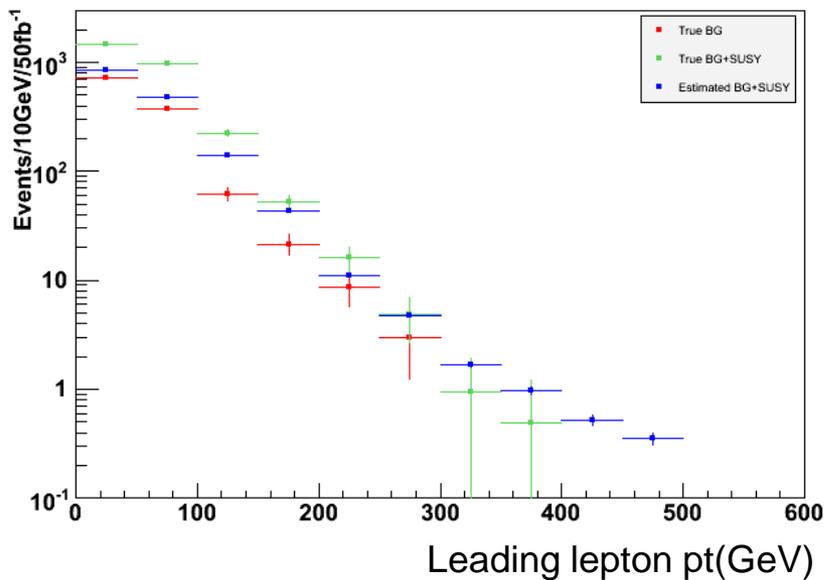
## Dilepton Missing ET (FULL)



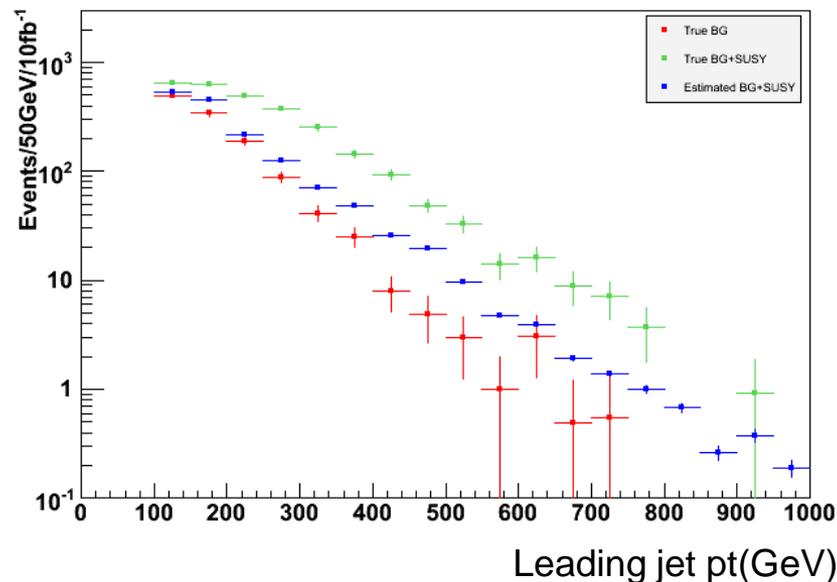
## Dilepton Effective Mass (FULL)



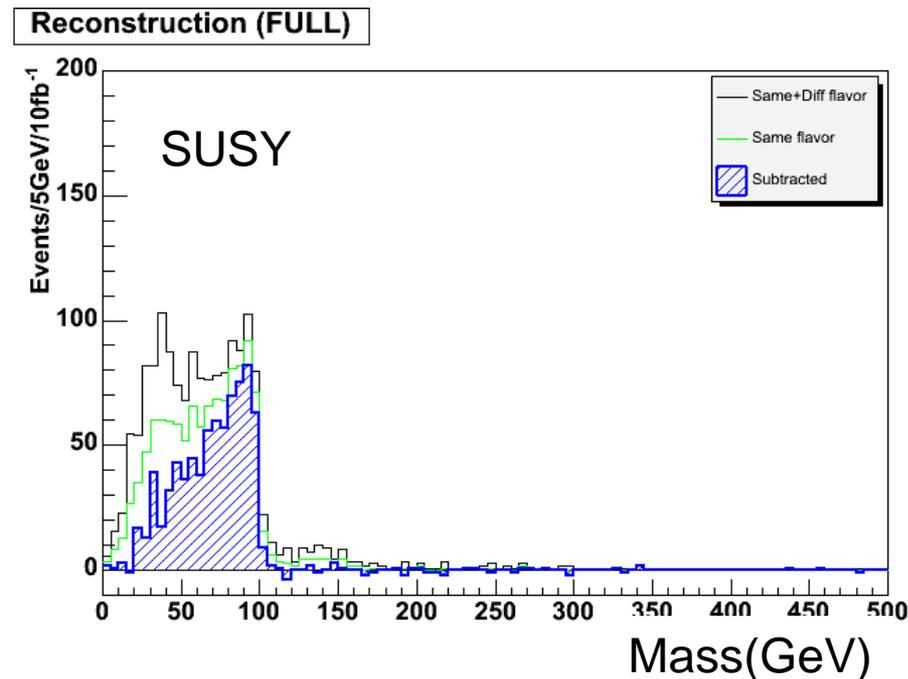
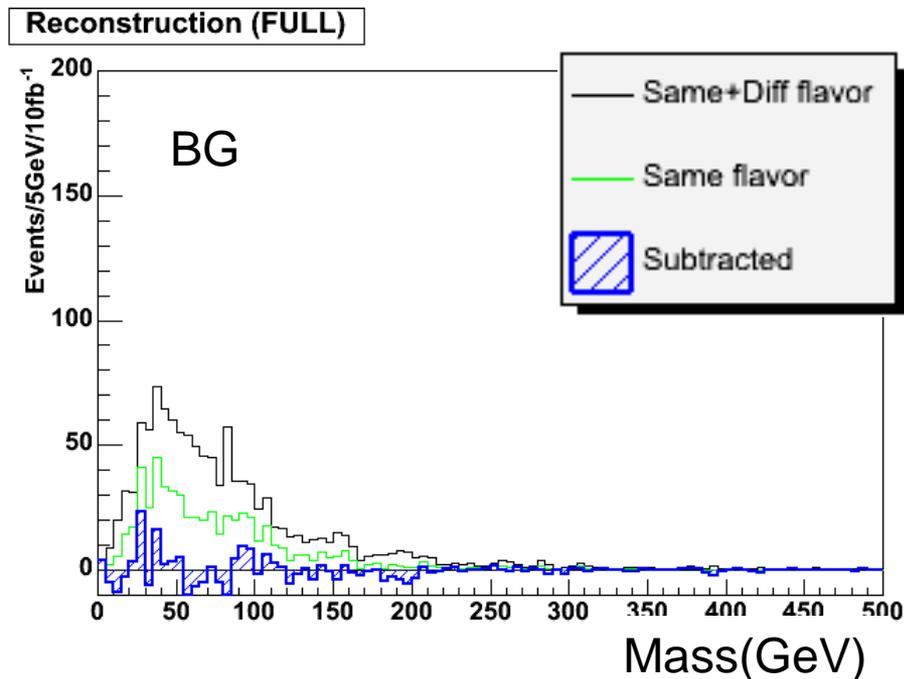
## Dilepton Leading Lepton Pt (FULL)



## Dilepton Leading Jet Pt (FULL)



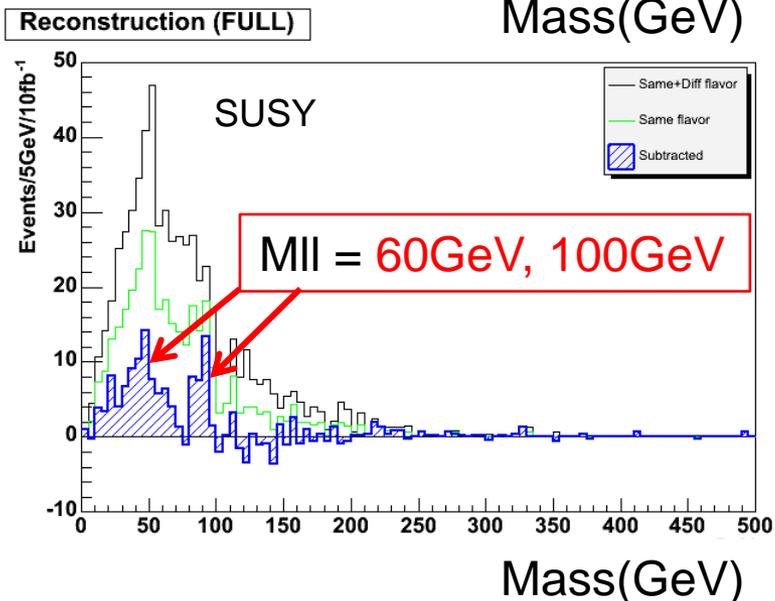
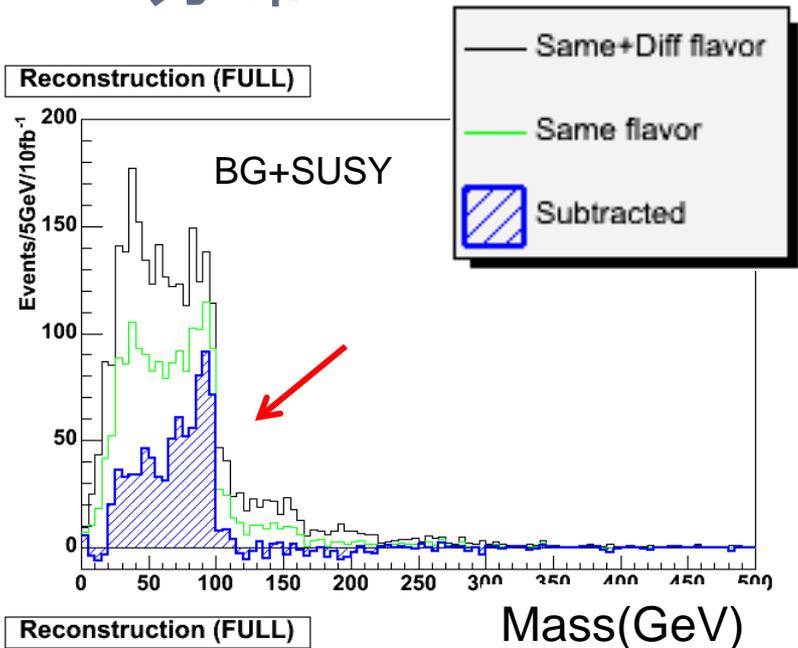
# Flavor Subtraction



$$\text{Flavor Subtraction} \\ (e+e- + \mu+\mu-) - (e+\mu- + \mu+e-)$$

実際の測定の場合、BG (主に $tt \rightarrow bbl\nu\nu$ )から来る dilepton は互いに相関を持たないので、**Flavor subtraction** によって BG を完全に消し、逆に互いに相関を持つ SUSYのシグナルのみを取り出すことができる。

# MII分布



## エッジの算出

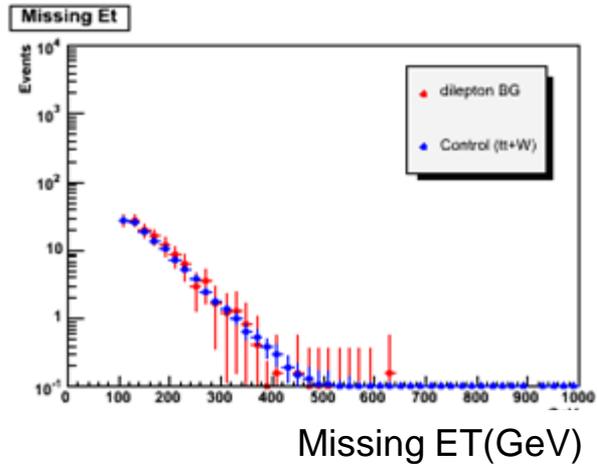
$$M_{\square\square}^{\max} = m(\tilde{\chi}_2^0) \sqrt{1 - \left( \frac{m(\tilde{\chi}_R^\pm)}{m(\tilde{\chi}_2^0)} \right)^2} \sqrt{1 - \left( \frac{m(\tilde{\chi}_1^0)}{m(\tilde{\chi}_R^\pm)} \right)^2}$$

### ➤ SUSY signal

- M(Z1) = 120GeV, M(Z2) = 220GeV
- M(ER) = 160GeV, M(EL) = 230GeV

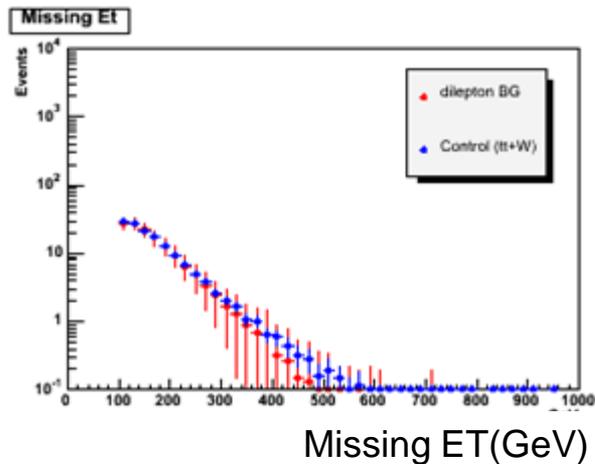
### ➤ 別のSUSY signal

- m0 = 70GeV, m1/2 = 350GeV
- M(GL) = 830GeV, M(Q) = 730GeV
- M(Z1) = 140GeV, M(Z2) = 260GeV
- M(ER) = 160GeV, M(EL) = 250GeV



トップのサンプルを変える  
(M-matrix: LO→NLO)

	Real BG	Estimated BG
mEt > 100GeV	$131.9 \pm 11.5$	$121.4 \pm 2.0$
mEt > 300GeV	$4.6 \pm 2.2$	$5.4 \pm 0.4$



Wのサンプルを変える  
(Parton shower pt: 40GeV→20GeV)

	Real BG	Estimated BG
mEt > 100GeV	$141.5 \pm 11.9$	$143.3 \pm 2.3$
mEt > 300GeV	$6.5 \pm 2.5$	$9.2 \pm 0.6$

トップとWの要素が変わっても、統計誤差は50%以内である。