

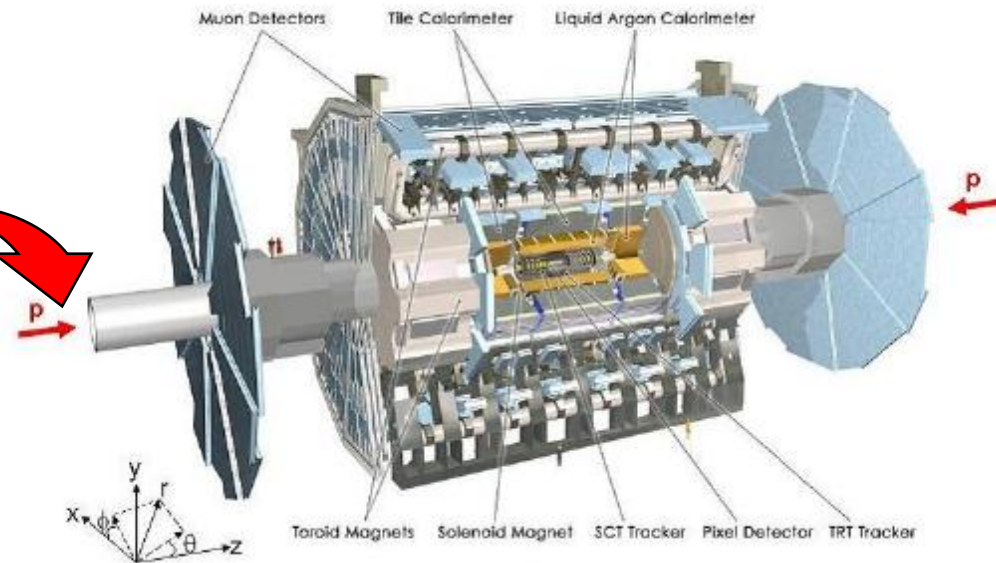
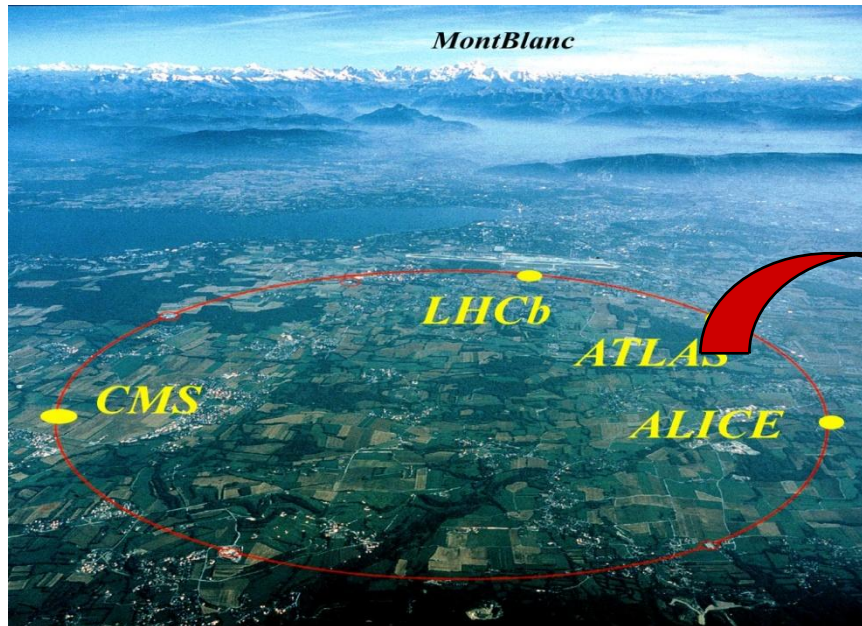
ATLAS実験での超対称性事象探索における No Lepton Modeバックグラウンドの 実験データからの評価

日本物理学会
2007/9/21 北海道大学

山崎高幸, 大川英希^A, 片岡洋介, 浅井祥二^A, 小林富雄

東京大学素粒子物理国際研究センター,
東京大学理学部^A

Introduction - LHC-ATLAS -



→LHC

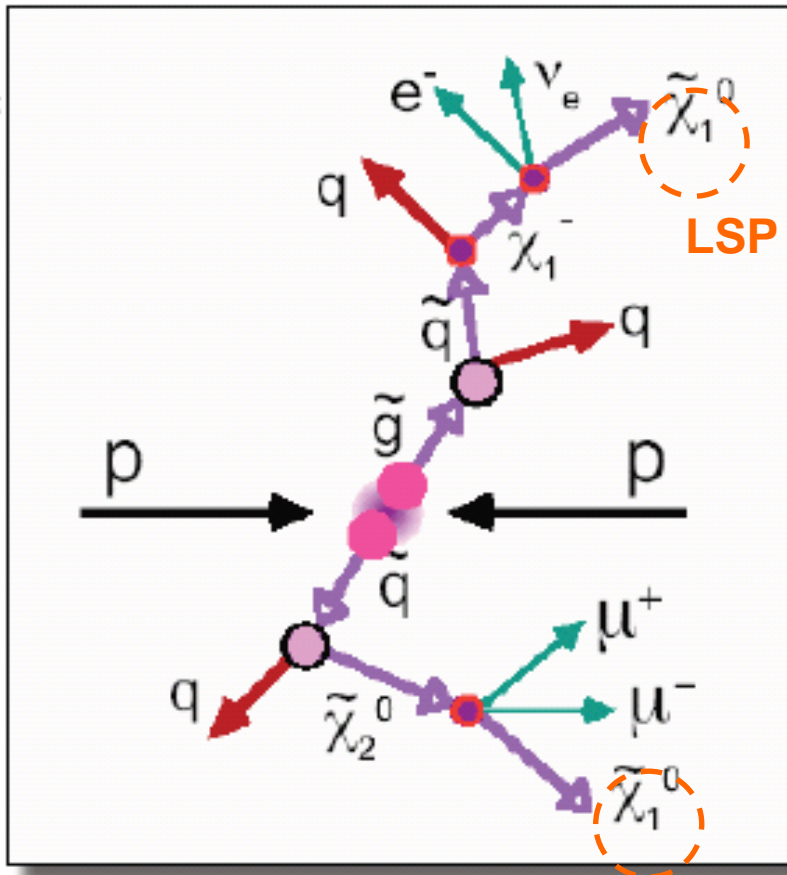
- **2008年**実験開始予定
- 陽子-陽子衝突型加速器
- 周長約27km
- 重心系エネルギー **14 TeV**
- ルミノシティ $10^{34} \text{cm}^{-2} \text{s}^{-1}$
- この発表では2008年末～2009年に到達可能な、積分ルミノシティ **1fb^{-1}** の場合について述べる

• 直径22m、長さ44m、総重量7000t

主要な物理ターゲット

- 標準理論で予測される全領域でのヒッグス粒子
- **超対称性粒子**

SUSYのイベントトポロジー



カスケード崩壊

\tilde{g} , \tilde{q} が生成され、high- P_T jetや leptonを放出しながらカスケード崩壊する

Rパリティは保存すると仮定

$$R = (-1)^{3(B-L)+2s}$$

B: バリオン数、L: レプトン数、s: スピン

超対称性粒子の数の偶奇は保存する

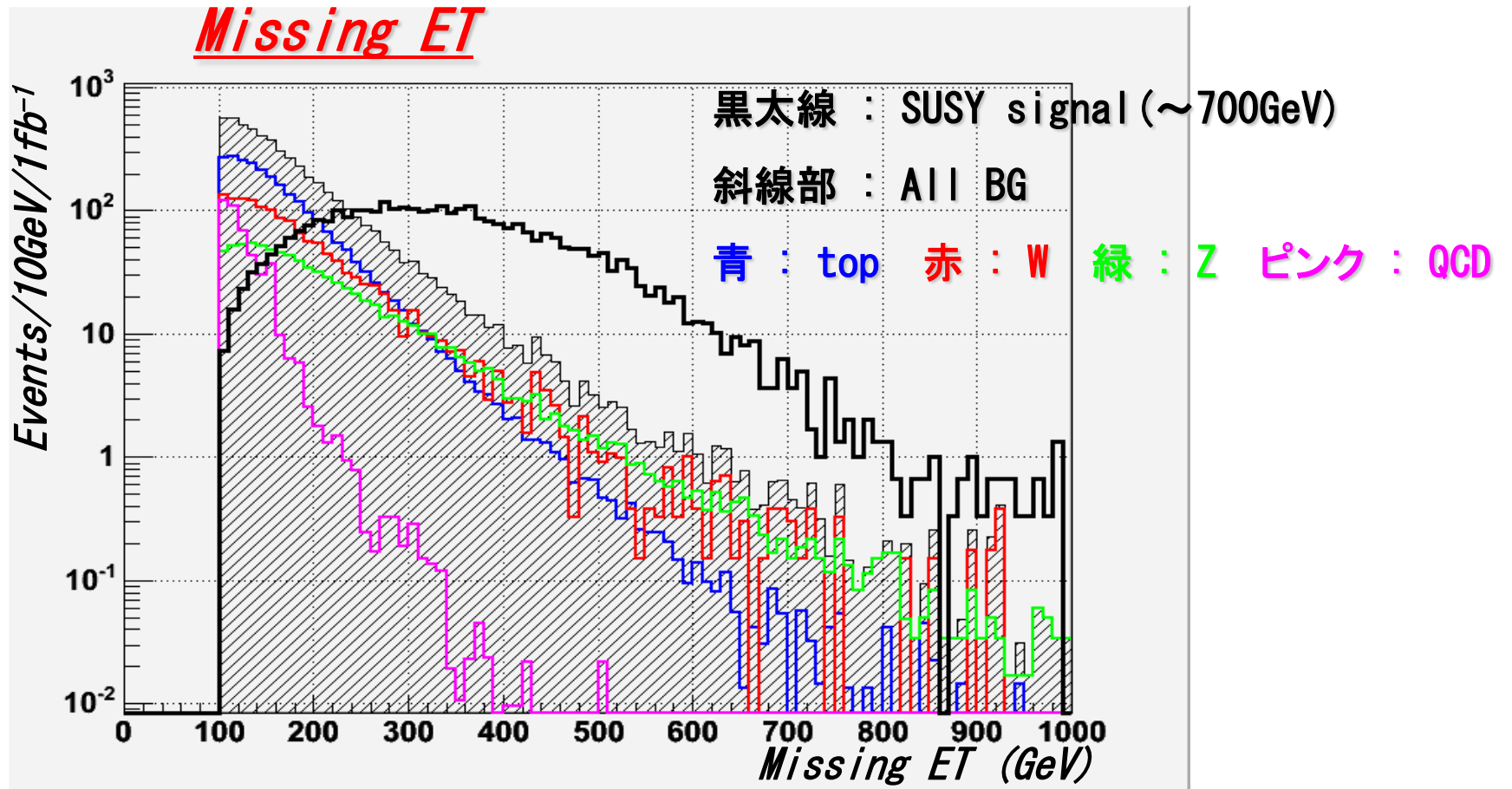
LSP (Lightest Supersymmetric Particle) が崩壊せずに残る

期待されるイベントトポロジーは
missing E_T + High P_T Multi-jet (+ leptons)

私は、leptonがない崩壊モード (No Lepton Mode) について話す。このモードはいろいろなモデルやパラメータを広範にカバーしている。

超対称性事象とNo Lepton Modeバックグラウンド

超対称性事象はMissing E_T などにおいてStandard Modelからのexcessとして現れる。



超対称性事象のイベントセレクション
 Jet数 ≥ 4 , 1st jet $P_T > 100\text{GeV}$, 2nd ~ 4th jet $P_T > 50\text{GeV}$,
 Transverse Sphericity > 0.2 , $mET > \text{Max}(100\text{GeV}, 0.2M_{\text{eff}})$
 これらに加えて、No Lepton Modeでは、 $\Delta\phi$ cutを課す。
 $\Delta\phi(E_T, 1^{\text{st}} \text{ Jet}), \Delta\phi(E_T, 2^{\text{nd}} \text{ Jet}), \Delta\phi(E_T, 3^{\text{rd}} \text{ Jet}) > 0.2$

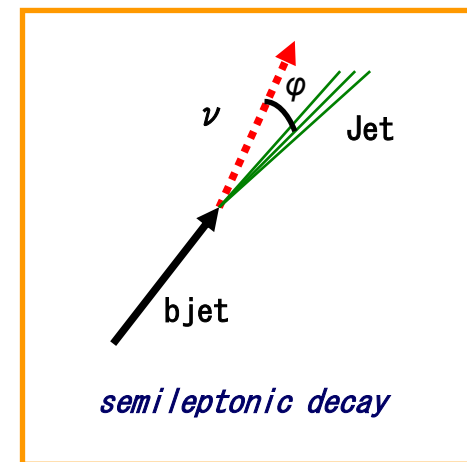
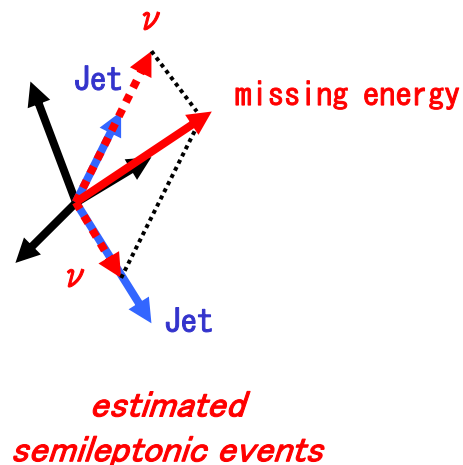
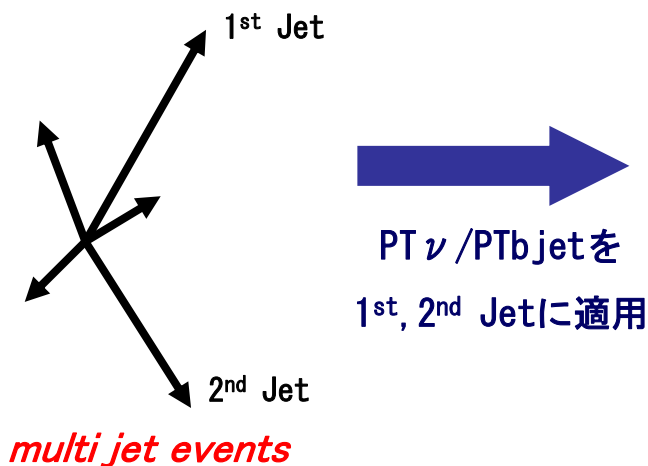
主なbackgroundはtop, W, Z, QCDの4つ。
 QCDはmETの小さな領域にしか効かない。

No Lepton Modeバックグラウンドの評価

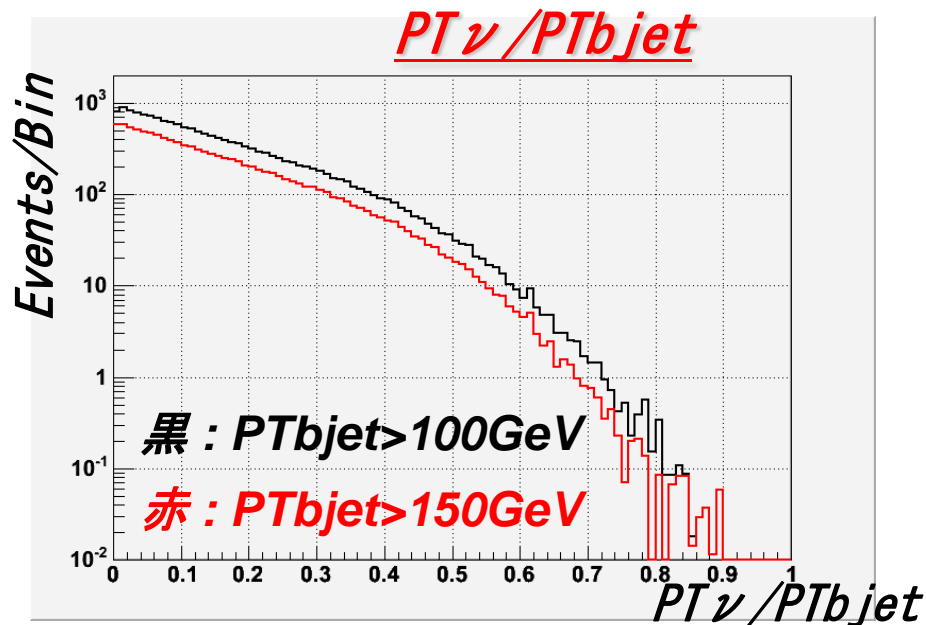
- ◆ No Lepton Modeにおける主要なバックグラウンドであるtop, W, Z, QCDの4つはいずれもMCからではなく実験データから評価しなければならない。
- ◆ $Z(-\nu\nu)$ については実データ ($Z\rightarrow ee/\mu\mu$) からreplace法によりnormalizationを含め20%以内の精度で評価可能
(http://atlas.kek.jp/sub/documents/jps200703/okawa_27pSH-2.pdf)
- ◆ 今回は、**QCD, top, Wバックグラウンド**の実データからの評価方法について述べる
- ◆ QCD BGについては、
 - (1) light flavor + 検出器の不完全さ (fake missing)
 - (2) heavy flavor (bb/cc) のsemileptonic decay (real missing)の2つの原因があるが、(1) fake missingについては検出器が正しく動けば小さいことが期待される。(→24aYC-4 大川)

QCDバックグラウンドの実データからの評価

- multi jetトリガーがかかったmulti jetイベントからQCDバックグラウンドを評価する



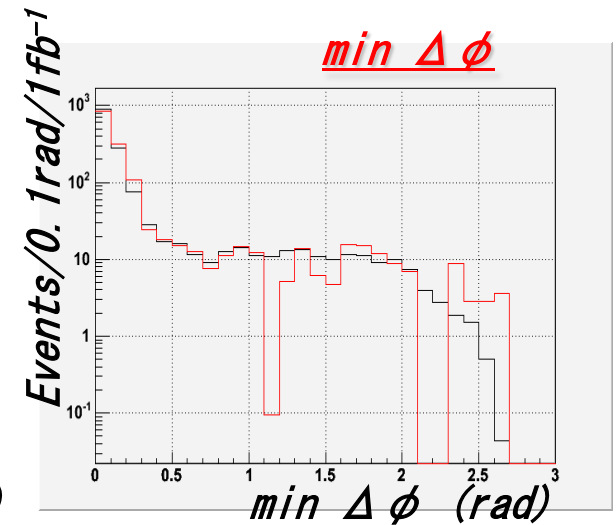
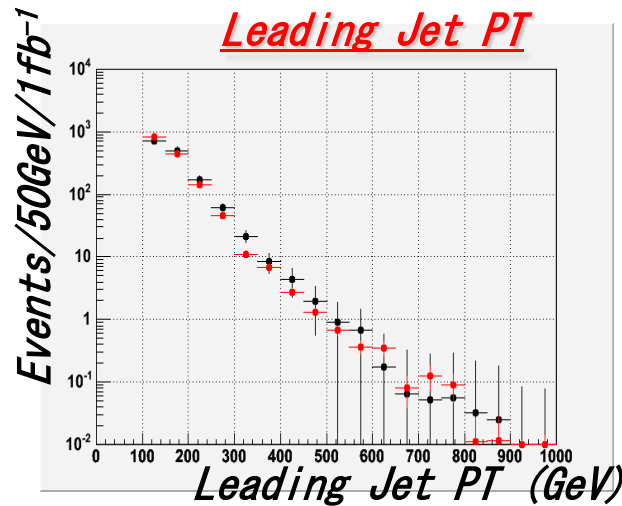
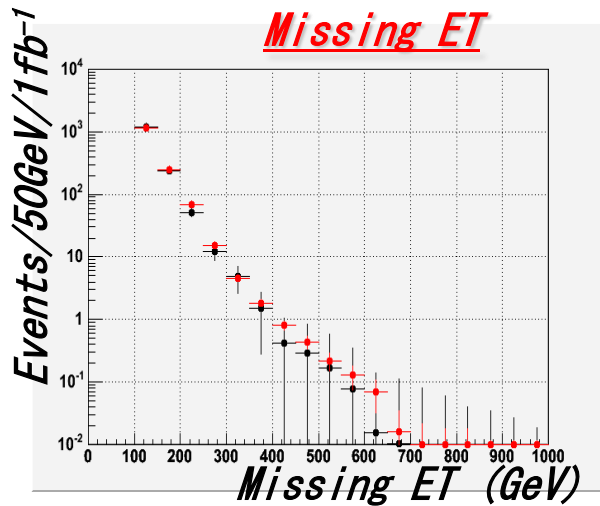
$(N_{50\text{GeV}} \geq 4 \ \&\& \ N_{100\text{GeV}} \geq 1 \ \&\& \ mET < 100\text{GeV})$



左図の分布はモンテカルロで得たものだが、semileptonic decay自体がよくわかっているプロセス(β 崩壊と同じ)であり、問題ない。

QCDバックグラウンドの実データからの評価

- Multi jet eventsから再現したsemi leptonic eventsに対してStandard selection ($\Delta\phi$ cut以外)を課した。



黒 : QCD BG

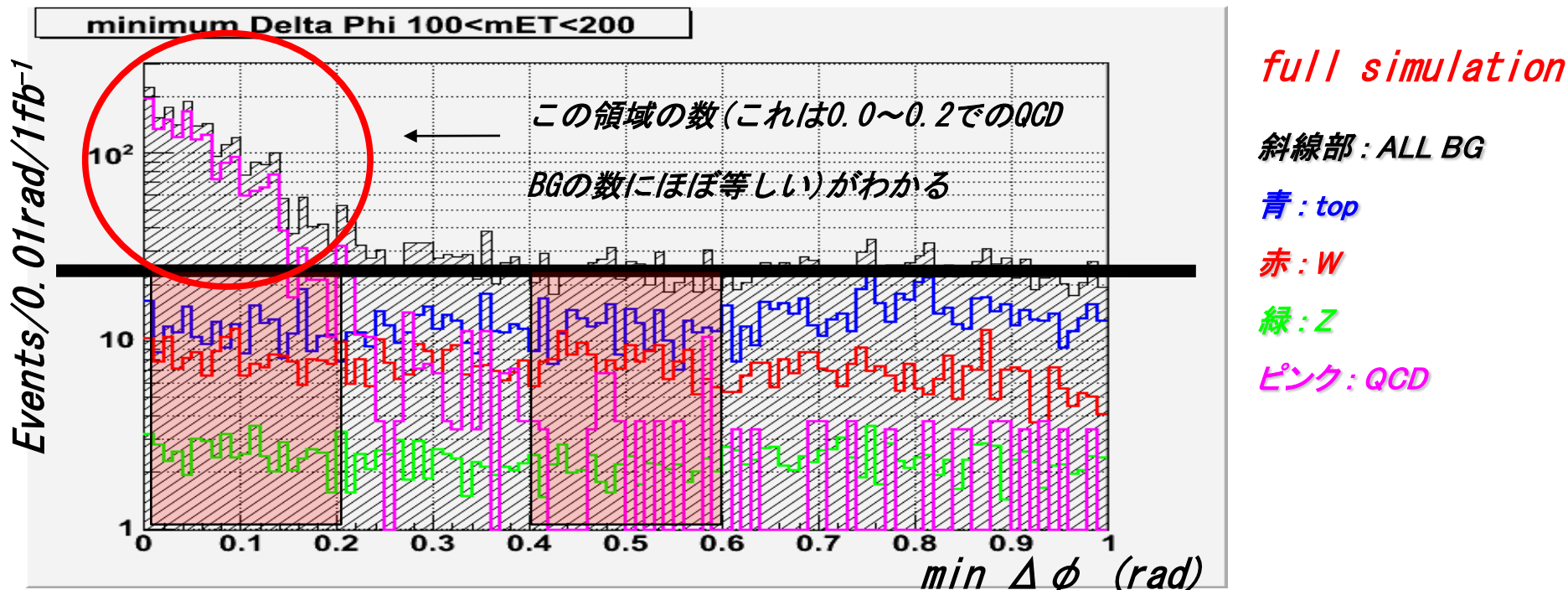
赤 : multi jet eventからの評価

	mET>150GeV	1st Jet PT>200GeV
QCD BG	310+/-17.6	271+/-16.5
Estimated BG	342+/-2.7	213+/-2.2

- ここでは評価したBGをnormalizeする際、QCD BGの全イベント数に合わせた。
- missing ETは非常によく一致する。さらに、QCDバックグラウンドに特徴的な $\min \Delta\phi$ 分布の再現性が高い。
- 実データからのNormalizationの決め方は次のページで述べる。

QCDバックグラウンドのNormalization

- QCD BGはmin $\Delta\phi$ 分布において0.0から0.2の領域に集中している。一方、他のBGはmin $\Delta\phi$ とは無相関でフラットな分布をしている。これを利用して、min $\Delta\phi=0.4\sim0.6$ のBGを0.0~0.2の領域に外挿し差し引くことでmin $\Delta\phi=0.0\sim0.2$ におけるQCD BGの数が分かる。

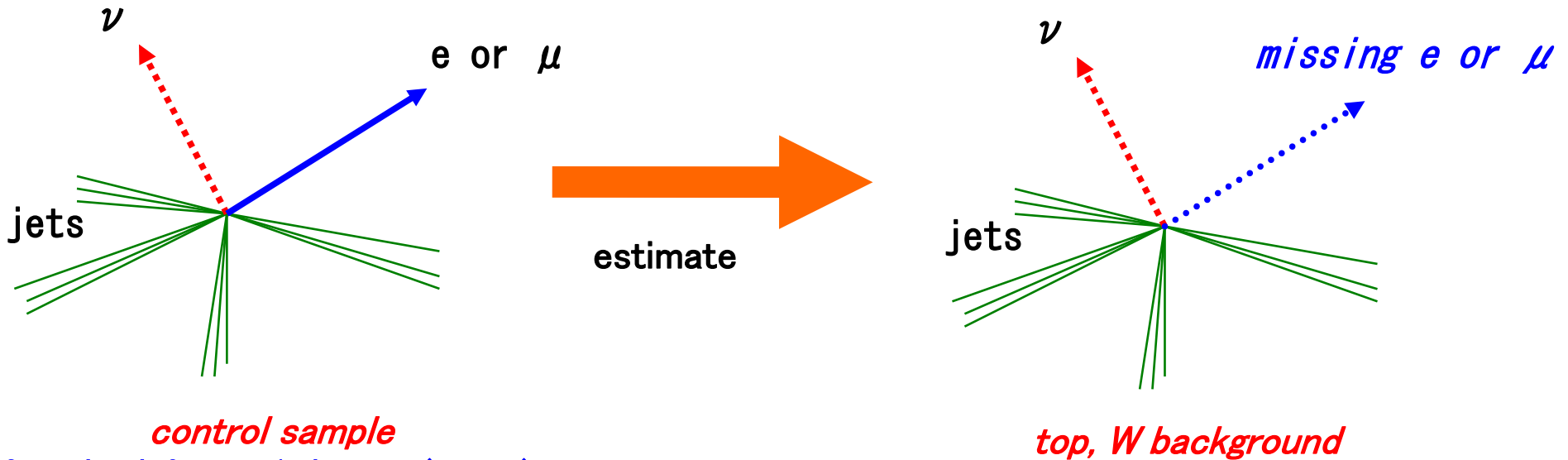


- min $\Delta\phi=0.4\sim0.6$ の領域を選んだのはQCD BGのtailによる系統誤差を防ぐため。
- $\Delta\phi$ cut後のQCD BGの数は以下の式で求まる。(QCDの比の部分のみMC factorを使う)

$$\frac{\text{\# of QCD BG (min } \Delta\phi > 0.2)}{\text{\# of QCD BG (min } \Delta\phi < 0.2)} \times [\text{\# of All BG (min } \Delta\phi < 0.2) - \text{\# of All BG (min } \Delta\phi = 0.4 \sim 0.6)]$$

top, Wバックグラウンドの実データからの評価

- top, Wバックグラウンドはcontrol sampleから評価する。



Standard Cut + 1 lepton(e, μ)
+ Transverse Mass < 100 GeV

top BGの9割

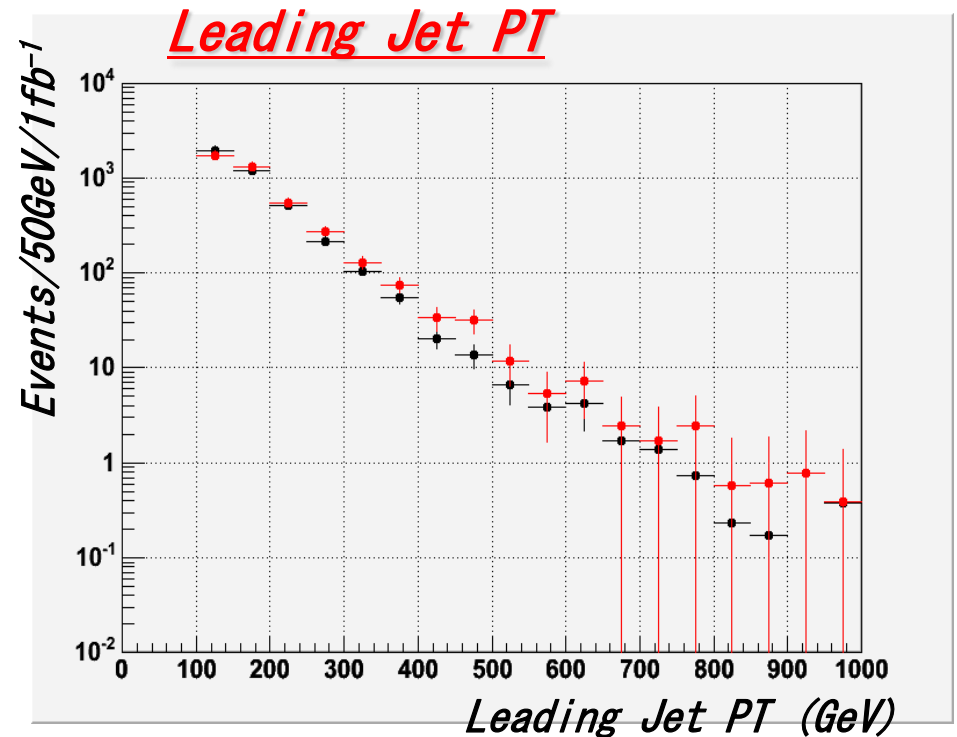
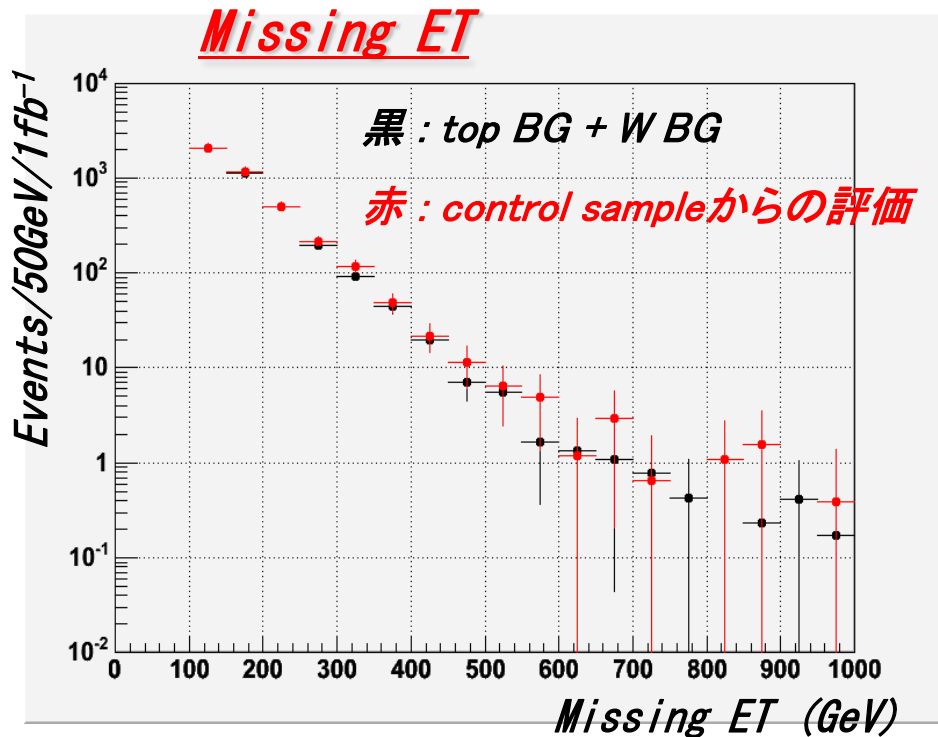
	$tt \rightarrow bbl \nu qq$	$W \rightarrow l \nu$
$\tau \rightarrow hadrons$	987 (42.6%)	624 (41.1%)
Out of Acceptance	899 (38.8%)	623 (41.0%)
Not Identified	433 (18.7%)	273 (17.9%)
TOTAL	2319 (100%)	1519 (100%)

top, W No Lepton Mode BGの3つの原因

- $\tau \rightarrow hadrons$
- Out of Acceptance* : 出てきたe, μ が再構成条件 ($PT > 20\text{GeV}$ && $|\eta| < 2.5$)を満たさない
- Not Identified* : 上記以外の理由 (isolation等)によりleptonとIDされない

top, Wバックグラウンドの実データからの評価

- $N(\text{top BG} + \text{W BG}) = N(\text{All BG}) - N(\text{評価した Z BG}) - N(\text{評価した QCD BG})$
- $m\text{ET}=100\sim 200\text{GeV}$ における $N(\text{top BG} + \text{W BG})$ に control sample の $m\text{ET}=100\sim 200\text{GeV}$ の数を合わせて Normalize する。



$\#(m\text{ET} > 300\text{GeV}) : 176 \pm 13.3$ (top BG + W BG)

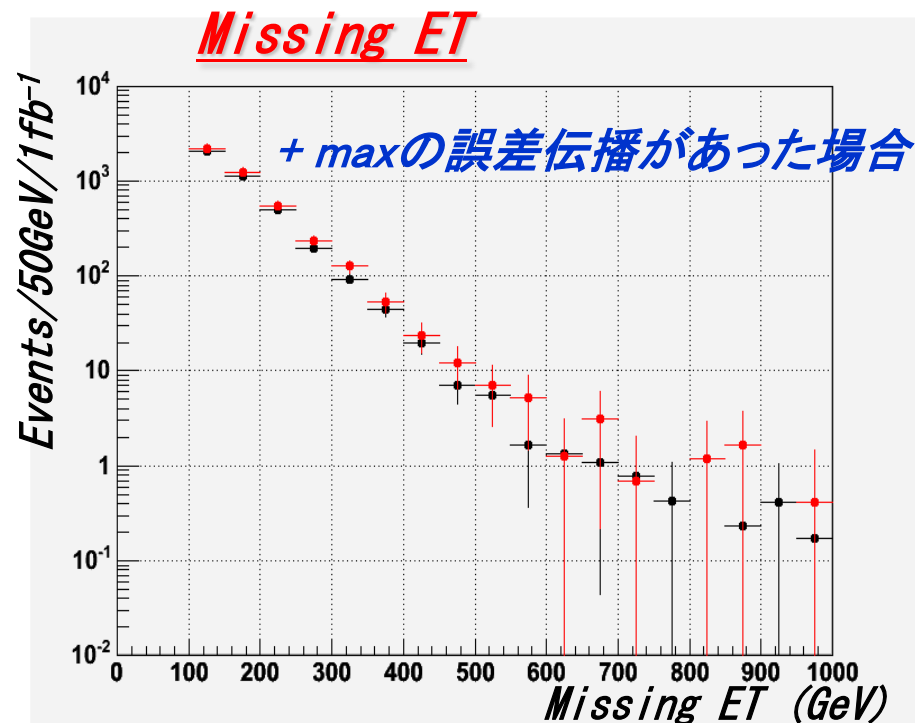
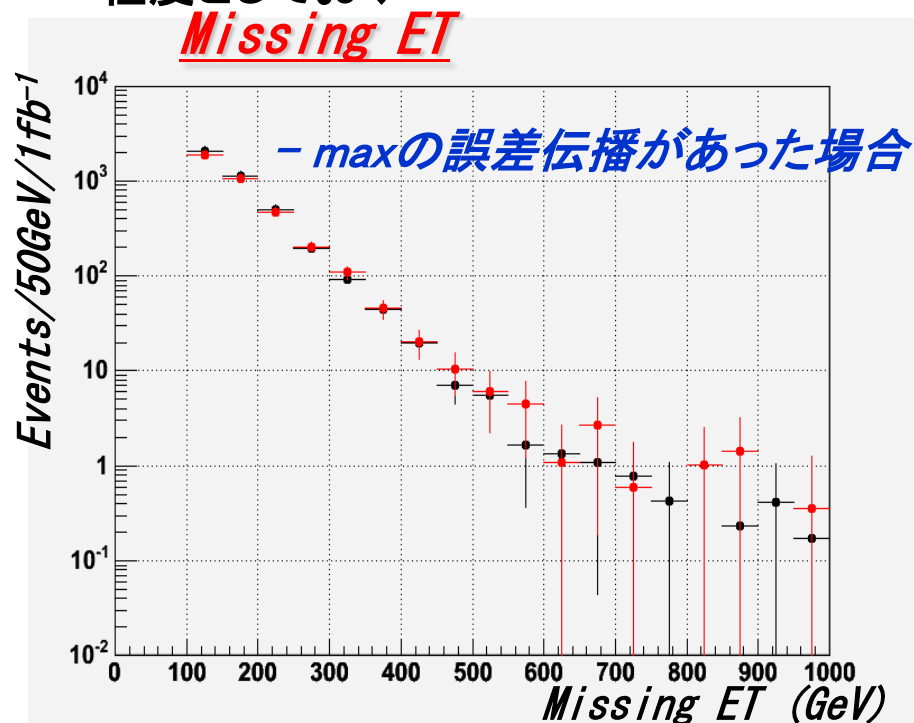
$\#(m\text{ET} > 300\text{GeV}) : 220 \pm 23.7$ (CSからの評価)

25% overestimation

25%のoverestimationはtop+W BGとcontrol sampleとの形が異なることに由来するもので、normalizationとは無関係。

top, W BGの実データからの評価 -誤差-

- この手法では誤差は N (estimated Z BG) と N (estimated QCD BG) から伝播する
- replace法によるZ BGの評価の誤差は $\sim 20\%$ であり、QCD BGについては調査中だが、 $\sim 50\%$ 程度としておく

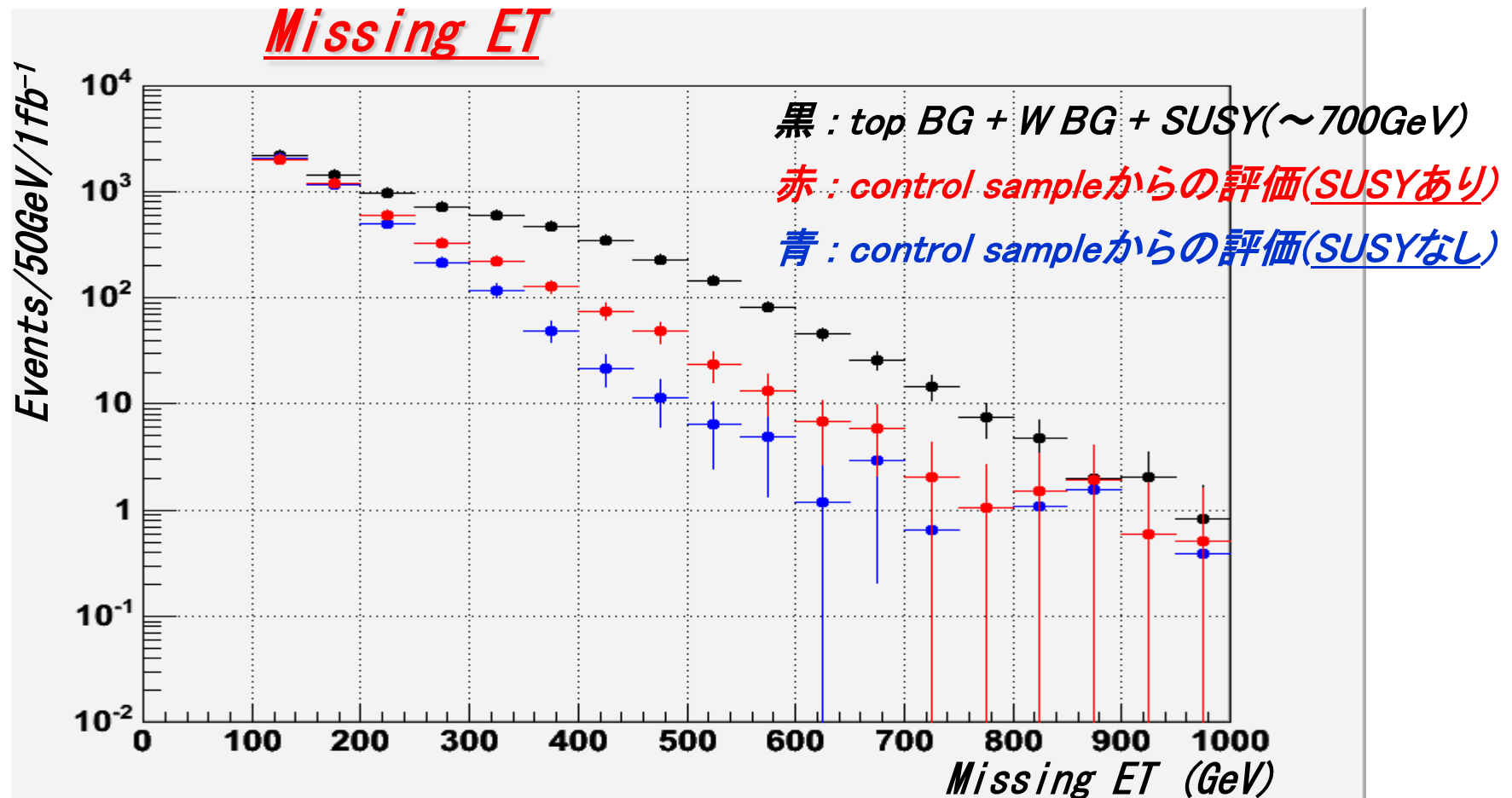


- | | |
|--|--|
| ➤ $\#(mET > 300 \text{ GeV}) : 176 \pm 13.3$ (top BG + W BG) | ➤ $\#(mET > 300 \text{ GeV}) : 176 \pm 13.3$ (top BG + W BG) |
| ➤ $\#(mET > 300 \text{ GeV}) : 202 \pm 21.8$ (CSからの評価) | ➤ $\#(mET > 300 \text{ GeV}) : 236 \pm 25.5$ (CSからの評価) |
| ➤ 15% overestimation | ➤ 34% overestimation |

-> 誤差の伝播によって生じる error は10%程度

SUSYがあった場合

- 超対称性粒子が存在した場合、control sampleによるtop, W BGの評価は overestimate してしまう (除く方法は次の講演 (秋元 21aZE-2))。しかし、top BG + W BG + SUSY signal のmissing ET などにおける excess が大きいいため、No Lepton ModeにおいてSUSYは発見可能。



まとめ

- ◆ 実験初期に超対称性粒子を発見するためには実験データからバックグラウンドを精度良く評価する必要がある
- ◆ No Lepton Modeの主要なバックグラウンドはtop, W, Z, QCDの4つ
- ◆ Z+Njetsはreplace法でZ→ee/ $\mu\mu$ からnormalizationを含め評価できる
- ◆ QCDはmulti jetから評価でき、 $\min \Delta\phi$ の情報からnormalize可能
- ◆ top, WはMT法から評価でき、Z, QCDの情報からnormalize可能
- ◆ 積分ルミノシティ 1fb^{-1} において No Lepton Mode バックグラウンドは実データから評価できる
- ◆ No Lepton ModeではSUSYが発見可能

Backup Slides

LHCにおける超対称性粒子の生成

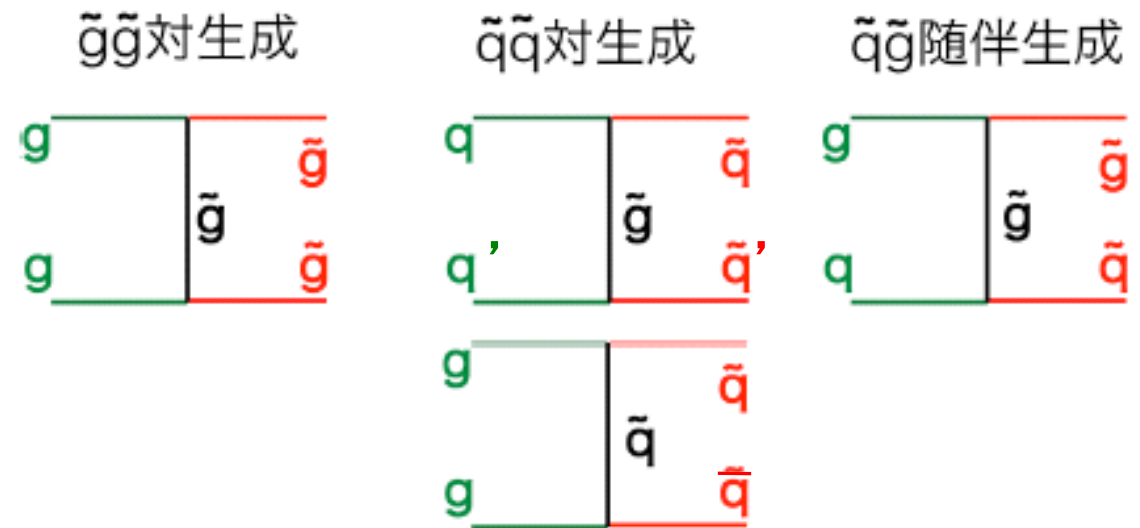
LHCは陽子・陽子衝突器

陽子はクォークとグルーオンで構成されているので、これらのパートンが衝突することでさまざまな粒子が生成される

LHCでは、squark, gluinoが多く生成されると予想される。

バーテックスは強い相互作用なので、この生成過程はモデルやパラメータ依存性が小さい。超対称性粒子の生成断面積は主にその質量に依存する。

予想される超対称性事象の例



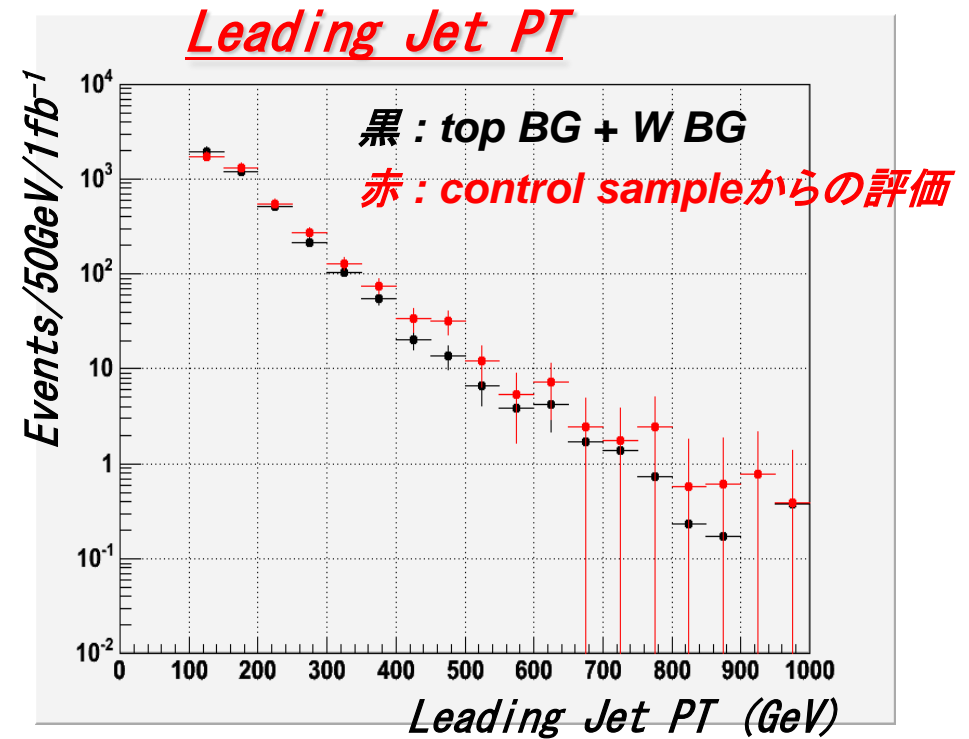
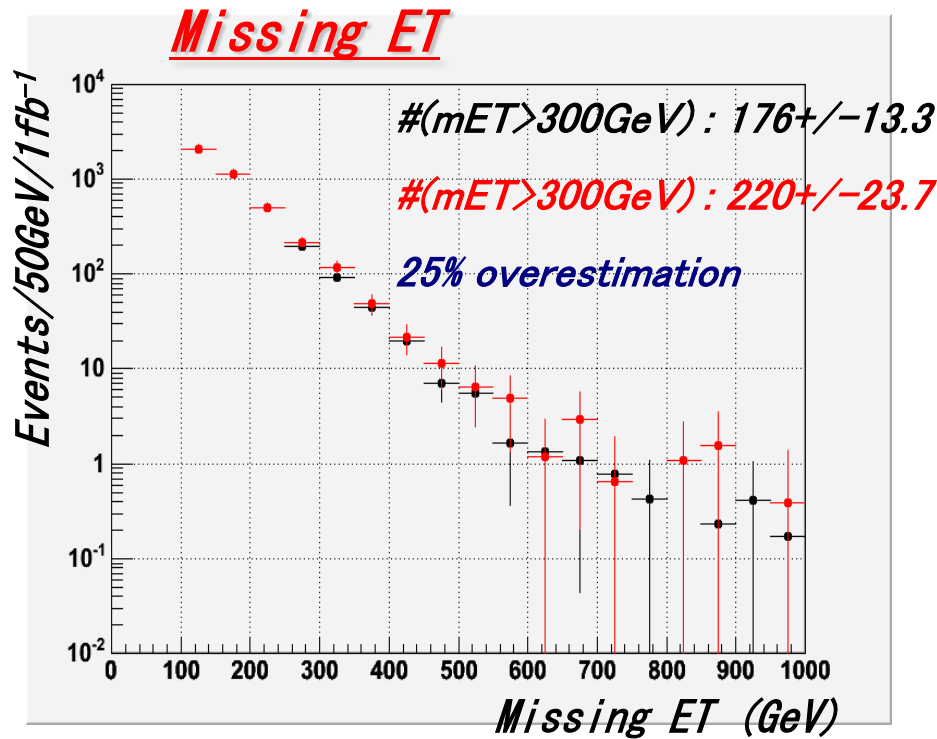
min $\Delta\phi$ の情報によるQCD BGの数の評価

fast	total	0.0~0.2	0.2~0.4	0.4~0.6	Est.
All BG(mET=100~200)	6163	2296	589	491	1805
QCD BG(mET=100~200)	2277	1842	147	33	

full	total	0.0~0.2	0.2~0.4	0.4~0.6	Est.
All BG(mET=100~200)	6190	2116	604	481	1635
QCD BG(mET=100~200)	2128	1666	171	49	

- min $\Delta\phi < 0.2$ の領域にあるQCD BGの数は正確に見積もれる。
- min $\Delta\phi < 0.2$ と min $\Delta\phi > 0.2$ の数の比はfullでもfastでもほぼ同じ
- Fast simulation 1842 : 435 → MC factor = 0.236
Full simulation 1666 : 462 → MC factor = 0.277

top, Wバックグラウンドのcontrol sampleからの評価



- Overestimateするのは $\tau \rightarrow \text{hadrons}$ の場合も Out of Acceptance の場合も overestimate するのが原因。
- Out of Acceptance の場合は当然だが、 $\tau \rightarrow \text{hadrons}$ の場合も $W \rightarrow \tau \nu$ の τ がアクセプタンス外に飛ぶ場合を含む分 lepton がアクセプタンス内に飛ぶ control sample に比べてソフトな反応になるため、control sample による評価では overestimate してしまう。
- ただ、kinematics が同じなので factor 1.25 におさまる。