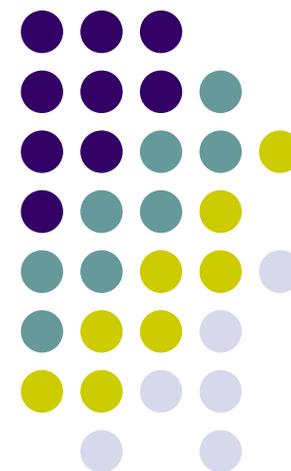


# LHC計画ATLAS実験における 超対称性の発見の研究

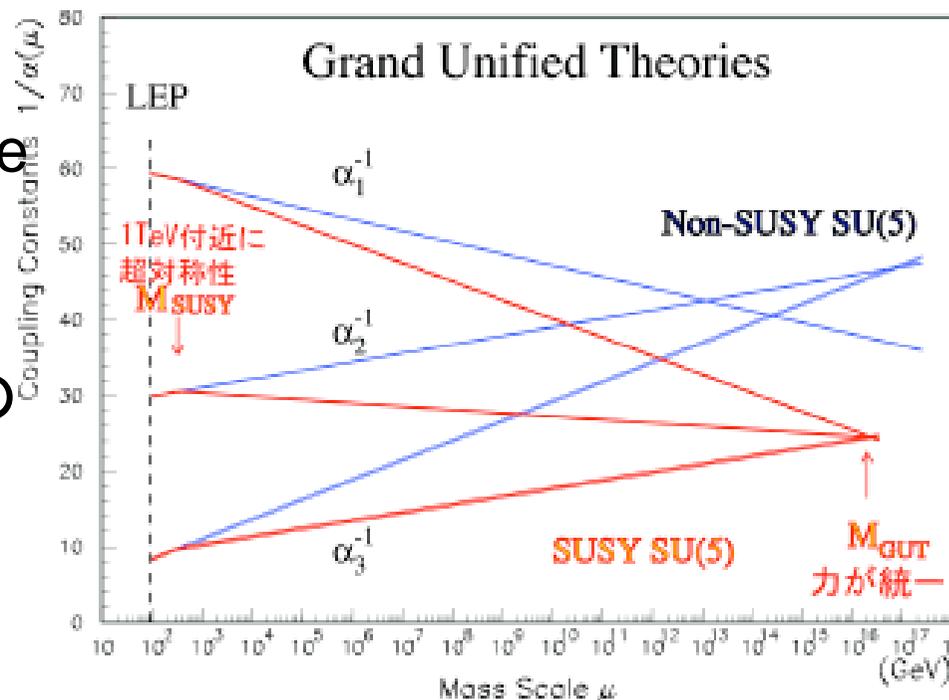
東京大学素粒子物理国際研究センター  
佐々木貴之、小林富雄、浅井祥仁、田中純一





# Motivation

- 階層問題
  - GUT Scale ( $10^{16}\text{GeV}$ ) と EW Scale ( $10^2\text{GeV}$ ) の2つのScaleがあるのは不自然
- Fine tuning
  - radiative correctionでHiggsの質量が発散
- 力の統一
  - SUSYが数TeV付近にあれば、GUT Scaleで力が統一
- ダークマター
  - LSPはダークマターの候補



LHCがカバーする領域



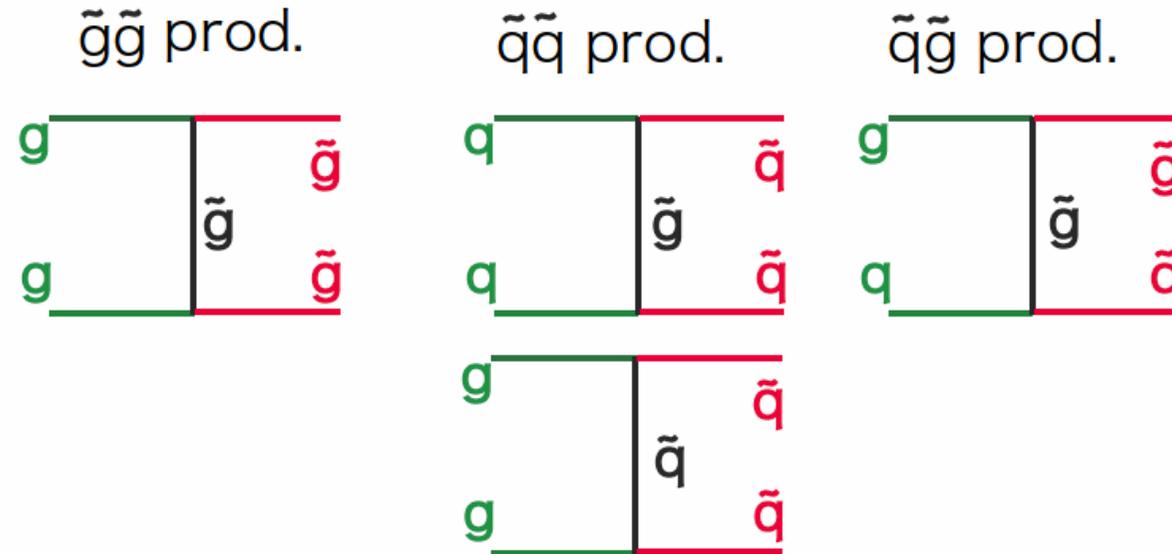
# SUSYとBackground

Process	Event rate at $2 \times 10^{33} \text{ cm}^{-2}\text{sec}^{-1}$	イベント数 $L=10\text{fb}^{-1}$
QCD(multijets)	HLT Triggered 40Hz	$10^8$
W+Jets( $W \rightarrow l \nu$ )	10Hz	$10^8$
Z+Jets( $Z \rightarrow ll$ )	1Hz	$10^7$
tt	1.6 Hz	$10^7$
bb: $P_T > 10\text{GeV}$	200 KHz (HLT 10Hz)	$2 \times 10^{12}$ ( $10^8$ inc. di-m)
<b>SUSY(1TeV)</b>	<b>20/h</b>	<b><math>5 \times 10^4</math></b>

- LHCでは**SUSY**の事象が大量に起こる
- その反面、バックグラウンドも多く、バックグラウンドをいかにコントロールするかが大切

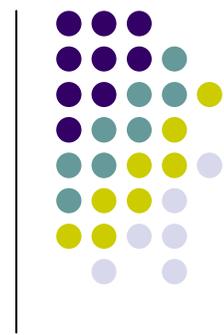


# LHCでのSUSYの生成

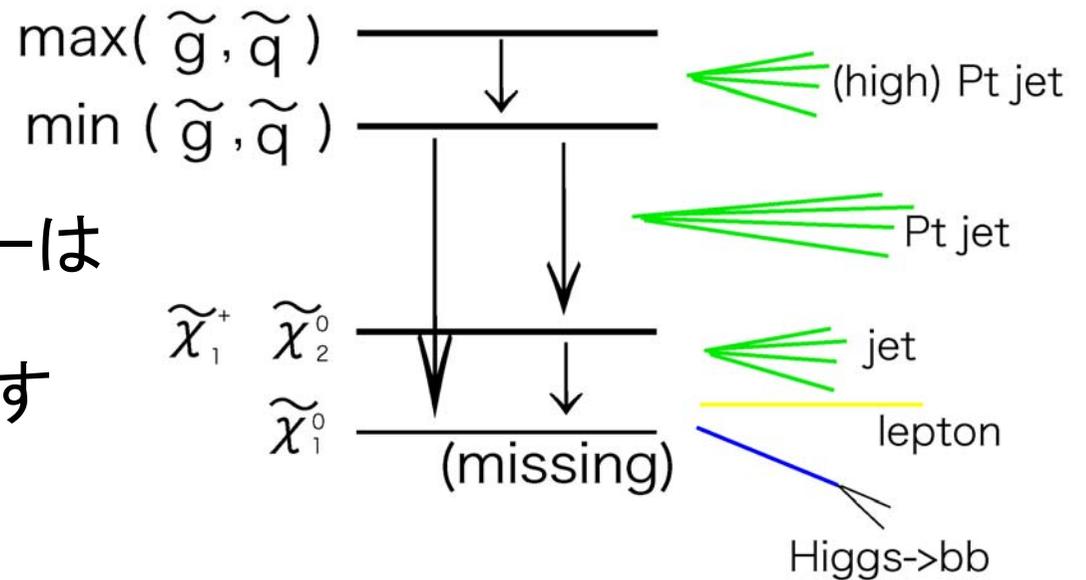


- LHCはハドロンコライダーなので、 $\tilde{g}\tilde{g}$ ,  $\tilde{q}\tilde{q}$ ,  $\tilde{g}\tilde{q}$  が大量に生成される
- バーテックスは強い相互作用なので、cross sectionは  $\tilde{g}$ ,  $\tilde{q}$  の質量で主に決まる(パラメータに強くよらない)

# SUSY粒子の崩壊



- 軽い粒子へと多段崩壊し複数のジェットを出す
- LSP ( $\tilde{\chi}_1^0$ ) はmissing
- SUSYのイベントトポロジーは **multijets+missing Et (+leptons)**  
このトポロジーでSUSYを探す



- 0 lepton mode
  - Leptonが無いモード 分岐比が多い
- 1 lepton mode
  - High pt isolated e/ $\mu$  が1つあるモード

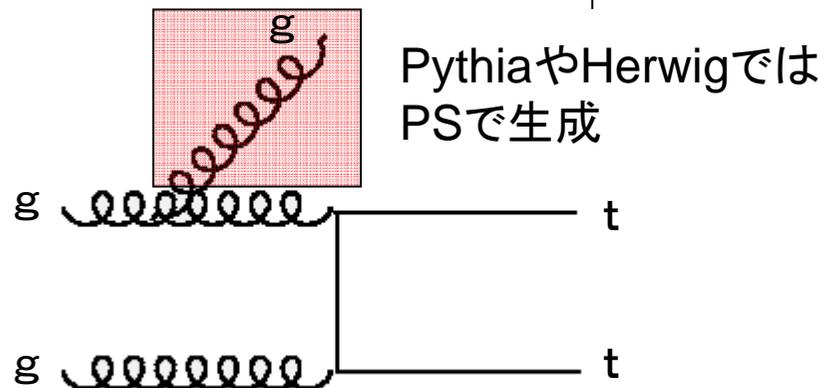
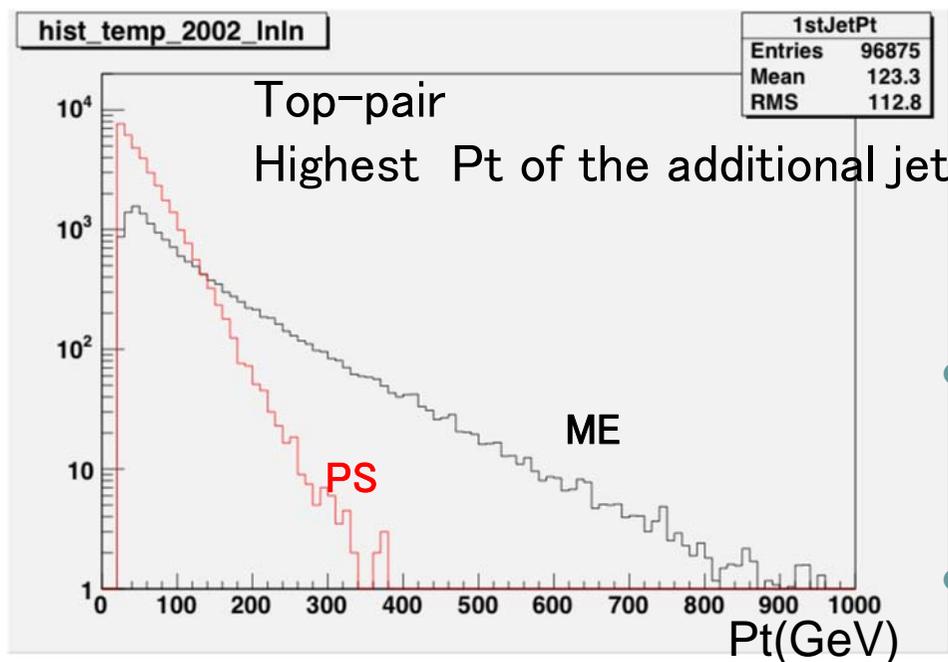


# バックグラウンドの評価

- multijet+missingEt(+leptons)を含むものが主なバックグラウンド
  - tt (wのleptonic decay mode)
    - $\sigma \sim 1\text{nb}$
  - W+Njets ( $W \rightarrow l\nu$ )
    - $\sigma \sim 10\text{nb}$
  - Z+Njets ( $Z \rightarrow \tau\tau / Z \rightarrow \nu\nu$ )
    - $\sigma \sim 1\text{nb}$
  - QCD(high Pt multijets)
    - $\sigma \sim \mu\text{b}$
- SUSY
  - $\text{Min}(\tilde{g}, \tilde{q})=1\text{TeV}$ 
    - $\sigma \sim 1\text{pb}$
  - $\text{Min}(\tilde{g}, \tilde{q})=1.5\text{TeV}$ 
    - $\sigma \sim 100\text{fb}$
  - $\text{Min}(\tilde{g}, \tilde{q})=2\text{TeV}$ 
    - $\sigma \sim 10\text{fb}$

SUSYのクロスセクションはバックグラウンドよりも4~6桁小さい

# バックグラウンドの生成



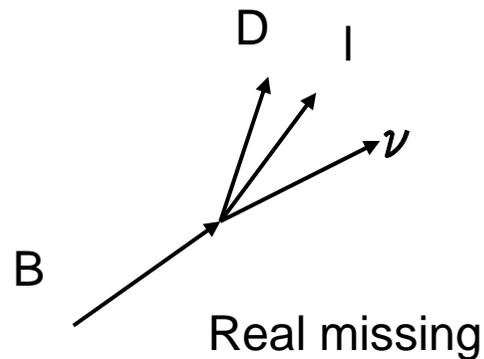
- パartonシャワー(PS)は高いPtの領域で良い近似ではなく、under estimation
- マトリックスエレメント(ME)はCollinearやSoftな領域で発散する
  - CollinearやSoftな領域ではPSが良い近似

# QCD Background

- QCDのバックグラウンドは2種類

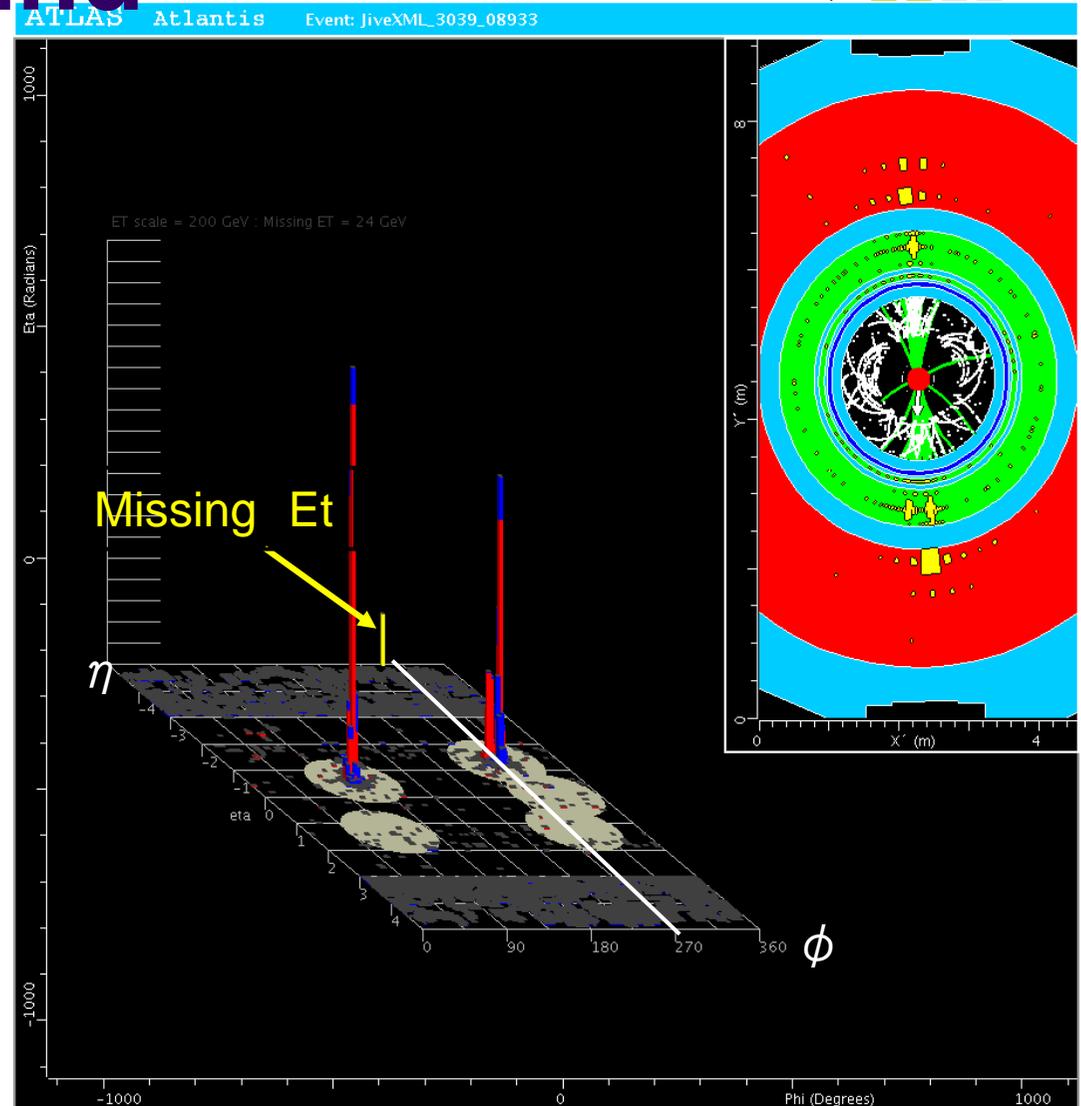
- Real missing

- b,cのsemileptonic decay から出る $\nu$ がmissingをつくる



- Fake missing

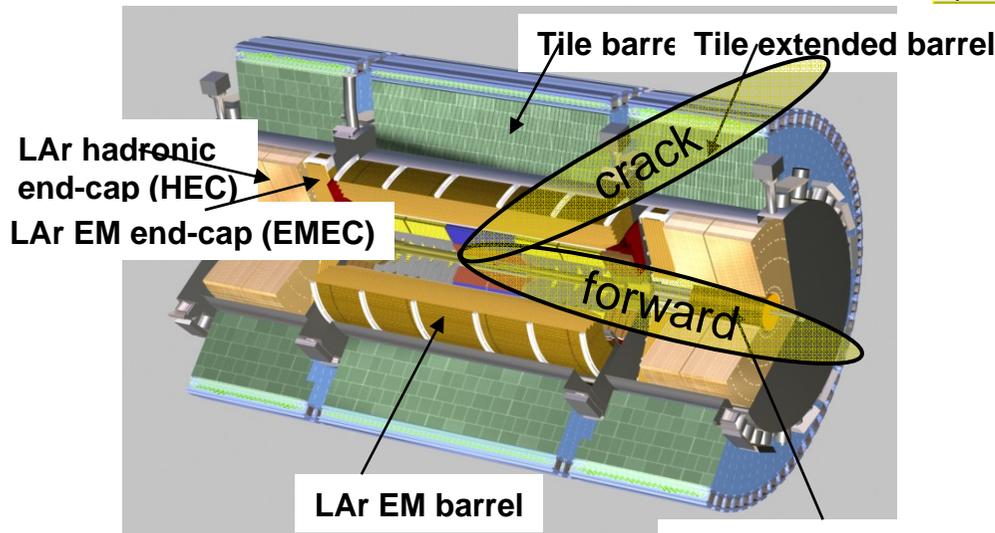
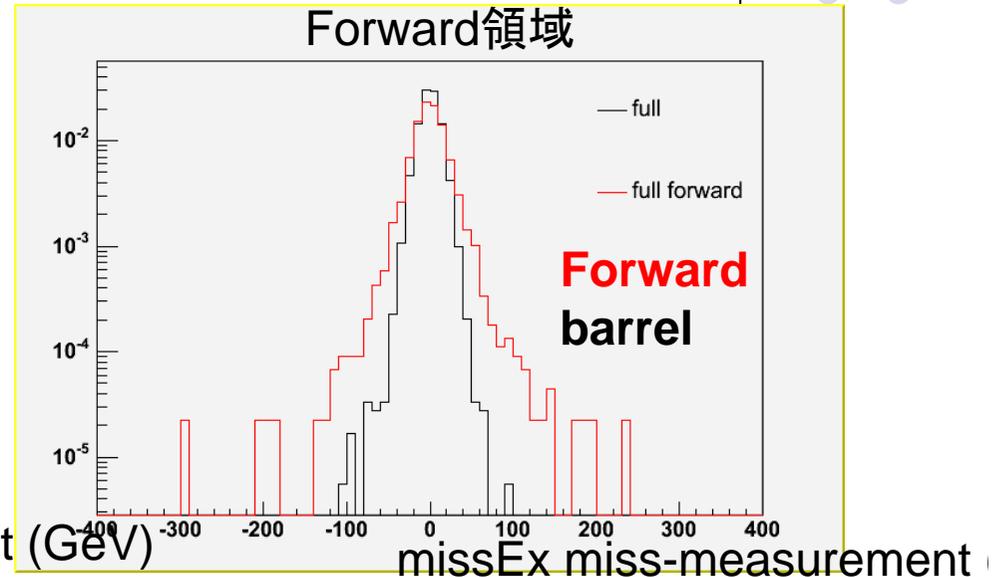
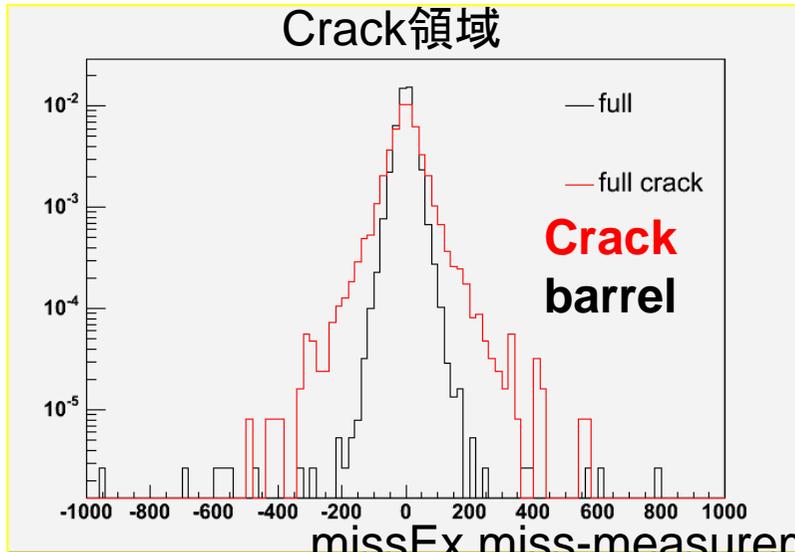
- Energyのmiss-measurement がmissingを作る
- QCDは $\sigma$ が大きいので、miss-measurement のテールからの寄与がある



Fake missing

# QCD BG

## Missing Et resolution

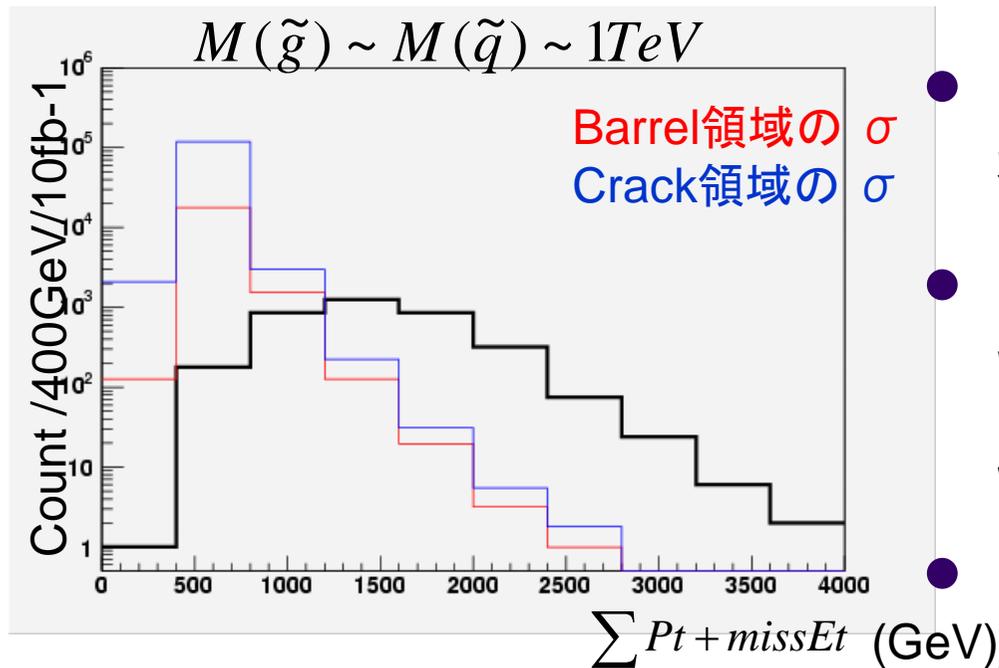
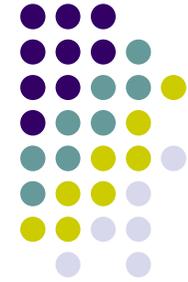


### ● Full Simulationによる評価

- Crack領域は、読み出し用のケーブルなど、物質が多い
- Forward Caloはradiative hardにするため、resolutionが悪い
- CrackやForwardにJetが飛ぶと $\sigma$ が約2倍
- FCAL テールが出る可能性がある

# QCD BG

## Missing Et miss-measurement

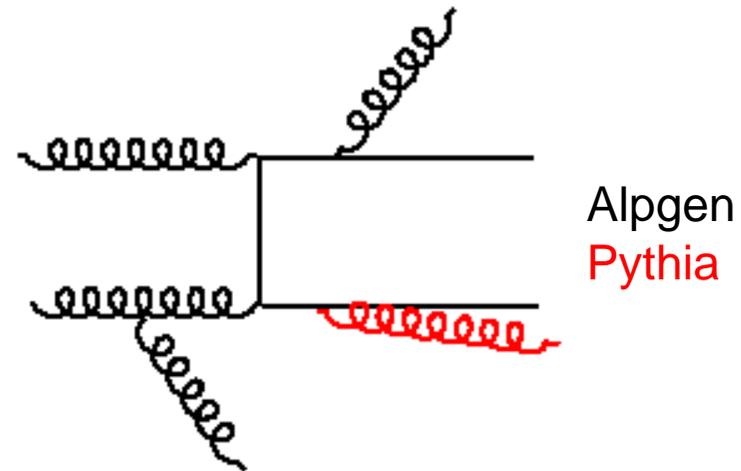


- MEを用いて4 jet sampleを生成
- Full Simulationで測定した $\sigma$ を用いて、Fast Simulationで評価
- Missing Etのresolution
  - Crack, forward領域
    - resolutionが悪い
    - Non Gaussian Tailがある可能性(調査中)

# Matching



- AlpgenでMEを生成
- PythiaでParton showerを追加してcollinearやsoft領域をカバー

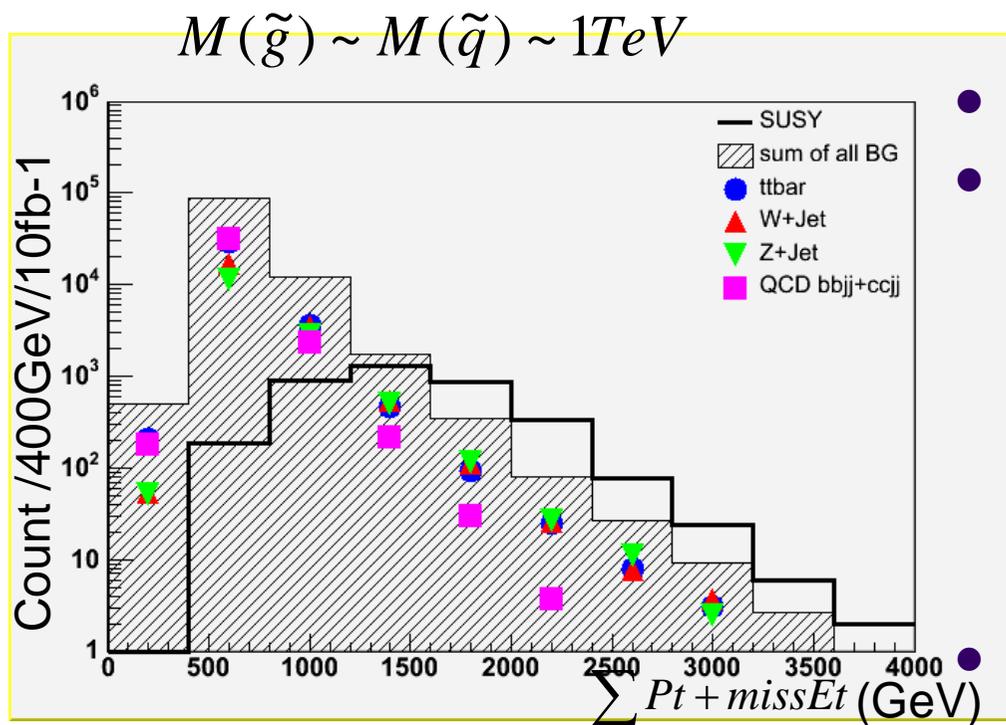


- Double Countを除くようにVetoをかける必要がある
- ・MEで作ったpartonから $R=0.7$ 以上離れているJetがあればVeto
  - Matchingを $tt+Njets, W+Njets, Z+Njets$ に適用





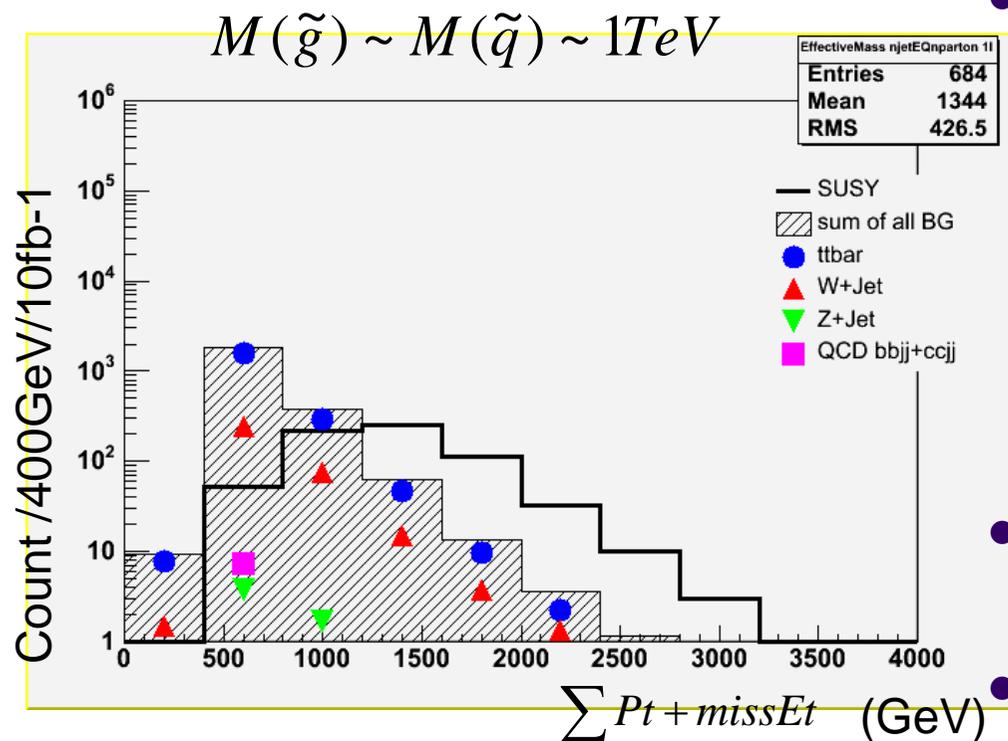
# 0 lepton mode



- 積算ルミノシティの10fb<sup>-1</sup>を仮定
- QCDはreal missingのみ
- SUSYのカット
  - No lepton
  - Missing Et > 100GeV
  - 4本以上のハードジェット  
Pt > 100GeV、Pt > 50GeV × 3本
  - Transverse Sphericity > 0.2
- バックグラウンドがパートンシャワーでの評価の数倍になる



# 1 lepton mode



- SUSYのカット

- 1 lepton
- Missing  $E_t > 100\text{GeV}$
- 4本以上のハードジェット  
 $P_t > 100\text{GeV}$ 、 $P_t > 50\text{GeV} \times 3$ 本
- Transverse Sphericity  $> 0.2$
- **Transverse mass  $> 100\text{GeV}$**

- QCD,  $Z \rightarrow \nu\nu$  のバックグラウンドをコントロール

- Lepton fakeのstudyが必要



# まとめと課題

- MEによるバックグラウンドの評価
  - PSによるBG評価の数倍
  - 0 lepton modeよりも1 lepton modeのほうが discovery potentialが高い
    - Lepton fakeのstudyが重要
- 課題
  - Missing Etのresolution、テールの調査
    - Crack, forward領域
  - カットパラメータの最適化

