

ATLAS実験における Anomaly-mediation超対称性模型の探索と研究

西原一幸、浅井祥仁、小林富雄(東大素粒子センター)
伊部昌宏(SLAC)、諸井健夫(東北大)、柳田勉(東大理)

日本物理学会 2007年春季大会
@首都大学東京

Outline

[1] Introduction

- Anomaly-mediation超対称性模型
- Signal at LHC
- モンテカルロサンプル

[2] Discovery Potential

- Selection Cut
- 0 lepton mode
- 2 lepton mode

[3] Reconstruction

- Wino Decay Chain
- Bino Decay Chain

[4] Summary

[1] Introduction

- **Anomaly-mediation超対称性模型**
- **Signal at LHC**
- **モンテカルロサンプル**

Anomaly-mediation 超対称性模型

→Hidden sectorから量子異常を通して超対称性の破れが伝わる模型

- ・Gaugino mass の関係
- ・Chargino とNeutralino が縮退

$$M_1 : M_2 : M_3 \approx 3 : 1 : 7$$

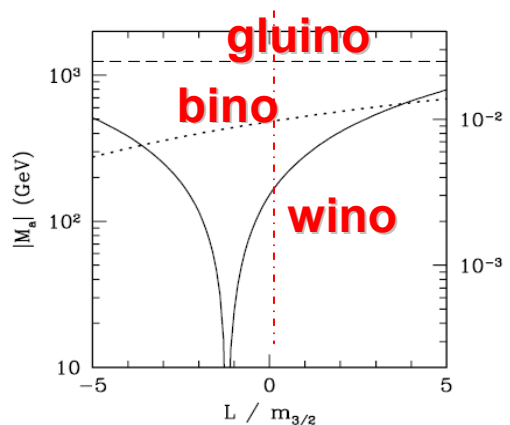
bino wino gluino

最近の論文では以下の2点が指摘されている (hep-ph/0610277)

M. Ibe T. Moroi T. Yanagida

(1) Wino mass は free parameter

Wino mass のみHiggs-Higgsino loop の効果に大きく依存する



(2) Large m0

m0の起源がKählerポテンシャルだと仮定するとm3/2と同じオーダー

$$m_0 \sim m_{3/2} \sim 10 - 100 \text{ TeV}$$

→FCNC, SUSY CP 問題の解決

Signal at LHC

Glauino対生成

$m_0(\text{大}) \rightarrow$ Squark, Slepton のmass (大)

重心エネルギー14TeVの陽子衝突型加速器LHCでは生成されない

Glauino対生成が主な生成過程 $pp \rightarrow \tilde{g}\tilde{g}$

$$\tilde{g} \rightarrow qq\tilde{W}^{\pm 0} \quad \tilde{g} \rightarrow qq\tilde{B}^0 \quad \tilde{B}^0 \rightarrow ff\tilde{W}^{\pm 0}$$

Event Topology

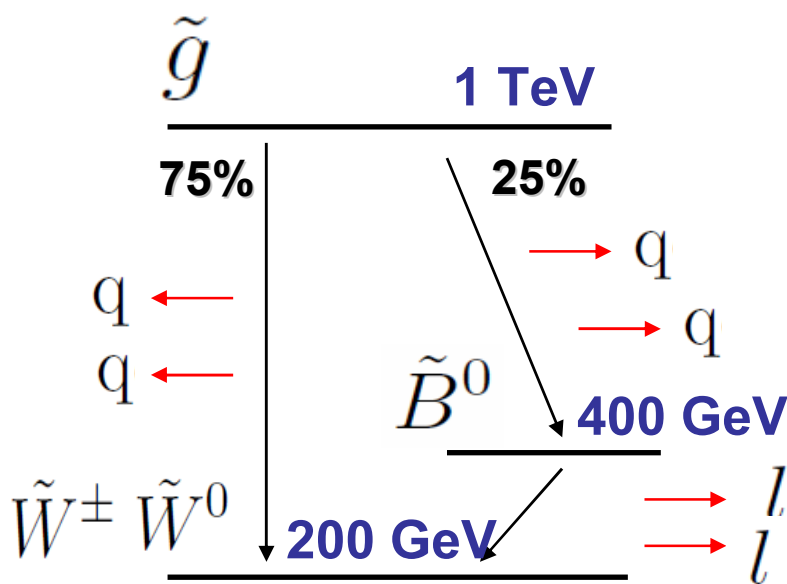
CharginoとNeutralinoのmassが縮退していることにより、
以下の3つのTopologyが考えられる

- (1) 4jets + long-lived charged particle
- (2) 4jets + missing + kink tracker
- (3) 4jets + missing

$$\tilde{\chi}_1^{\pm} \rightarrow \underbrace{\tilde{\chi}_1^0}_{\text{縮退}} + (\text{soft})\pi^{\pm}, e^{\pm}\nu$$

→今回は(3)についてのSimulationおよびその解析を行なった

モンテカルロサンプル



Signal

$$pp \rightarrow \tilde{g}\tilde{g} \quad (\sigma = 671 \text{ fb})$$

Generator: **MadGraph ver.4 + Pythia 6.3**

$$\tilde{g} : 1\text{TeV} \quad \tilde{B}^0 : 350, 400, 450\text{GeV}$$

$$\tilde{W}^\pm \tilde{W}^0 : 100, 200, 300, 400\text{GeV}$$

$$\text{Br}(\tilde{g} \rightarrow qq\tilde{W}^{\pm 0}) = 0.75$$

$$\text{Br}(\tilde{g} \rightarrow qq\tilde{B}^0) = 0.25$$

$$\text{Br}(\tilde{B}^0 \rightarrow l^+l^-\tilde{W}^0) = 0.3$$

を仮定

Background

Generator: **Alpgen v2.05 + Jimmy**

- $t\bar{t} + N \text{ jets}$ ($\sim 1\text{nb}$)
- $W + N \text{ jets}$ ($\sim 1\text{nb}$)
- $Z + N \text{ jets}$ ($\sim 1\text{nb}$)
- QCD Multi-Jets ($\sim 50 \mu\text{b}$)
- $b\bar{b} + N \text{ jets}, c\bar{c} + N \text{ jets}$ ($\sim 10\text{nb}$)

→今回はSignal, Background共にFast Simulationをおこなった

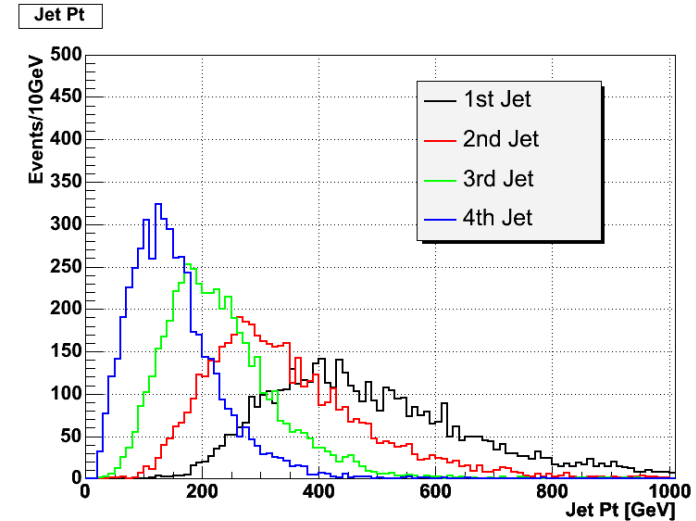
[2] Discovery Potential

- Selection Cut
- 0 lepton mode
- 2 lepton mode

Selection Cut

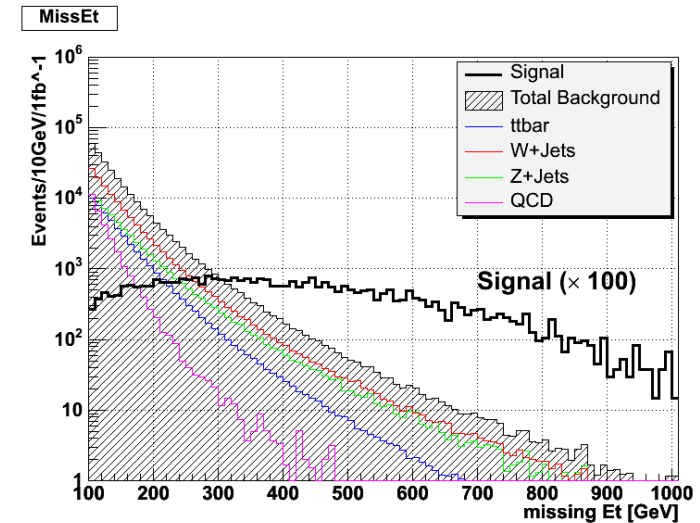
Backgroundと分離するためのCutを
以下のように最適化した

- # of Jets ≥ 4
- Jet Pt: $Pt(1^{st}) \geq 200\text{GeV}$
 $Pt(2^{nd}) \geq 100\text{GeV}$
 $Pt(3^{rd}) \geq 50\text{GeV}$
 $Pt(4^{th}) \geq 50\text{GeV}$
- missing Et $\geq \max(300\text{GeV}, 0.2M_{eff})$
- Transverse Sphericity ≥ 0.2



↑ Cut前のJet Pt分布(Signal)

↓ Cut前のmissing Et分布

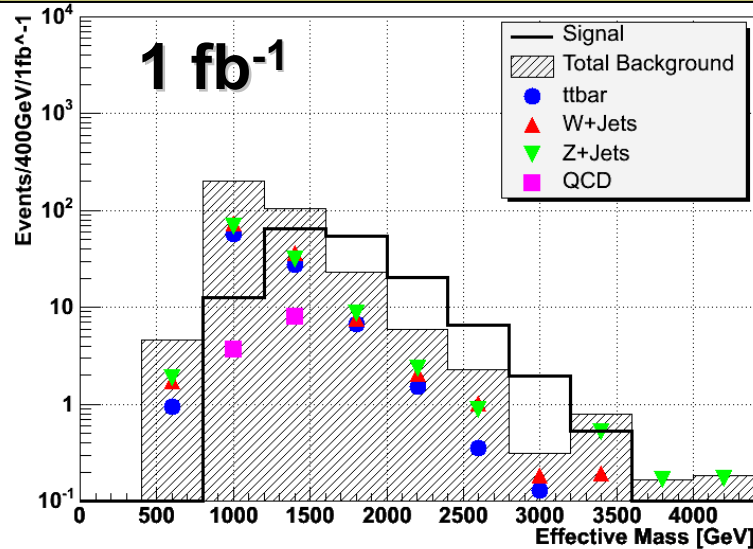


Discovery Potential (1)

Effective mass の定義 $M_{\text{eff}} = E_{\text{T}}^{\text{miss}} + p_{\text{T},1} + p_{\text{T},2} + p_{\text{T},3} + p_{\text{T},4}$

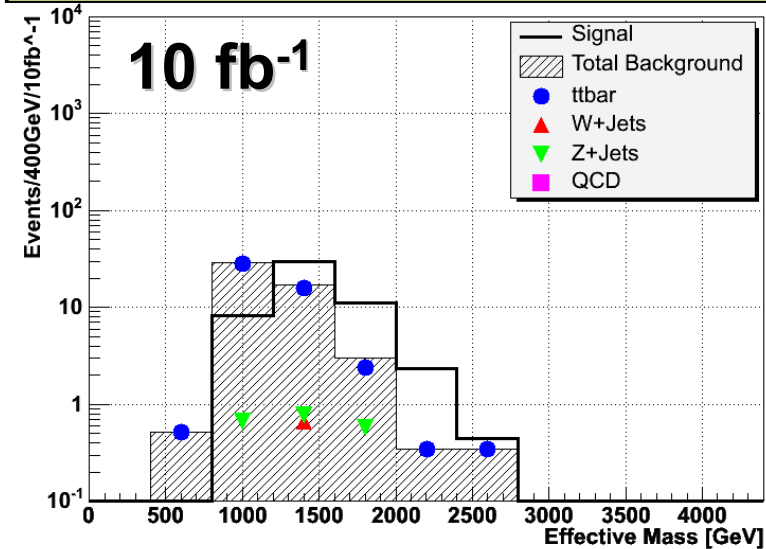
0 lepton または2 lepton を要求したときの Meff 分布にexcessがみられる

Meff 分布 (0lepton mode)



Signal: 84 Background : 33
 (1600GeV以上, 1 fb⁻¹のデータ量)

Meff 分布 (2 lepton mode)



Signal: 44 Background : 21
 (1200GeV以上, 10 fb⁻¹のデータ量)

Discovery Potential (2)

他のmass設定のMCサンプルでも同様に解析を行なった

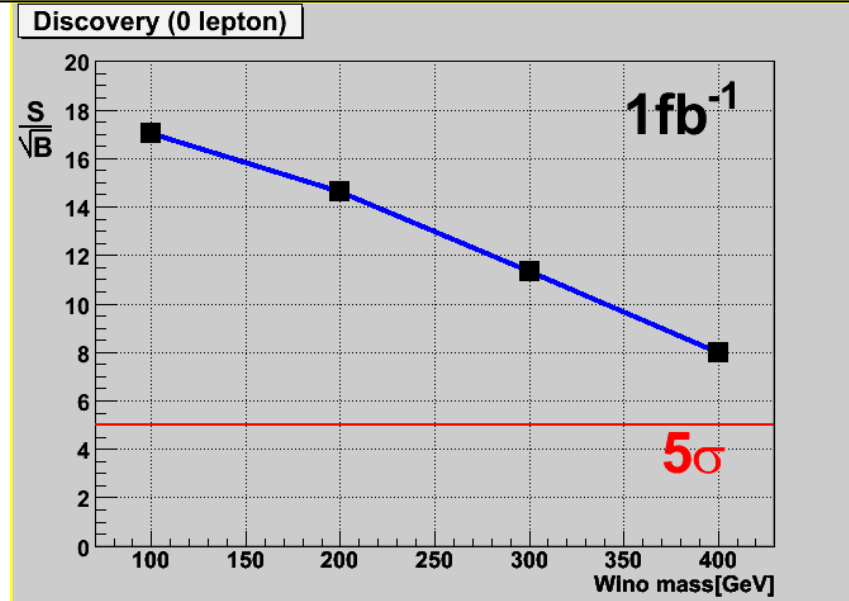
0 lepton mode: Wino mass = **100,200,300,400** [GeV], Gluino mass = 1TeV(固定)

2 lepton mode: Bino mass = **350,400,450** [GeV], Gluino mass = 1TeV(固定)

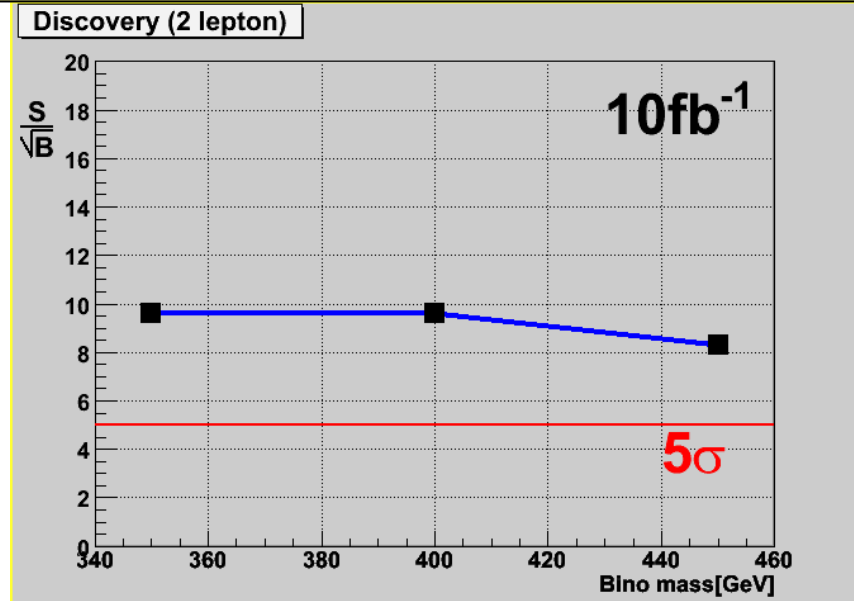
Wino mass = 200GeV(固定)

ATLAS Discovery: $S/\sqrt{B} > 5$ かつ $S > 10$

Discovery Potential (0 lepton mode)



Discovery Potential (2 lepton mode)

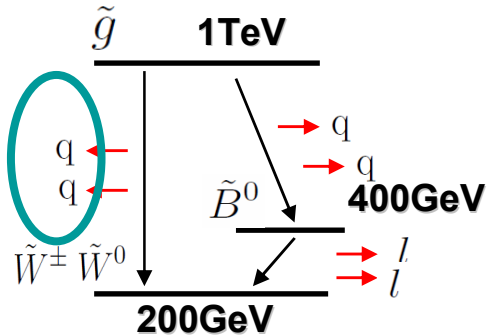


今回、wino, binoのmassを変化させたが、実際には断面積はgluinoのmassにsensitiveであり、1TeVより重い領域では急激に小さくなる。

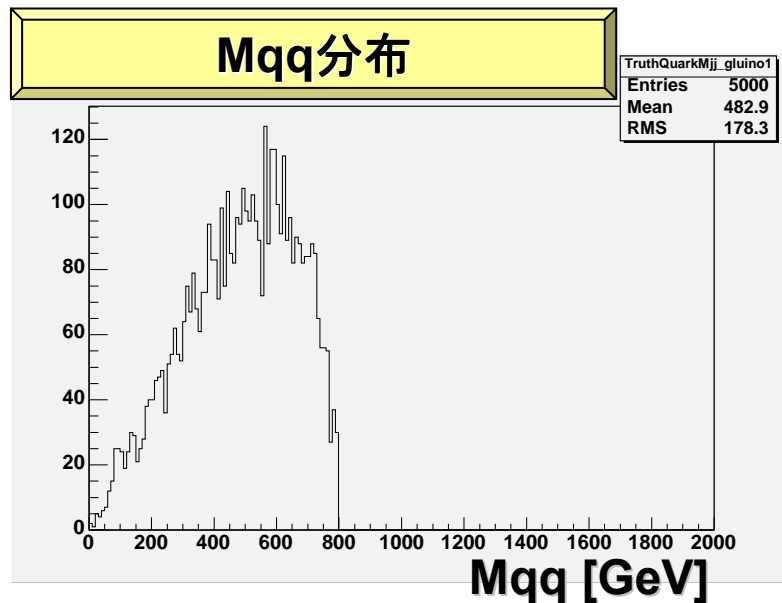
[3] Reconstruction

- Wino Decay Chain
- Bino Decay Chain

Wino Decay Chain (1)



0 lepton を要求し、左側のDecay Chainにおける、
 $\Delta M = M(\text{Gluino}) - M(\text{Wino}) = 800\text{GeV}$ を再構成する

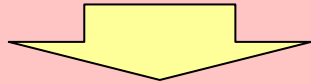


4本以上のJetから同じgluino起源である
 Jetを2本選び出しinvariant massを組む

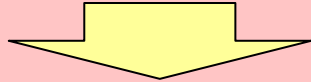
→ Hemisphere method の適用

Wino Decay Chain (2)

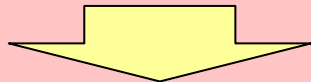
Pt > 50GeVかつ $|\eta| < 3$ のJetについて
Hemisphere methodを適用



各HemisphereにJetが**少なくとも2本**
あることを要求



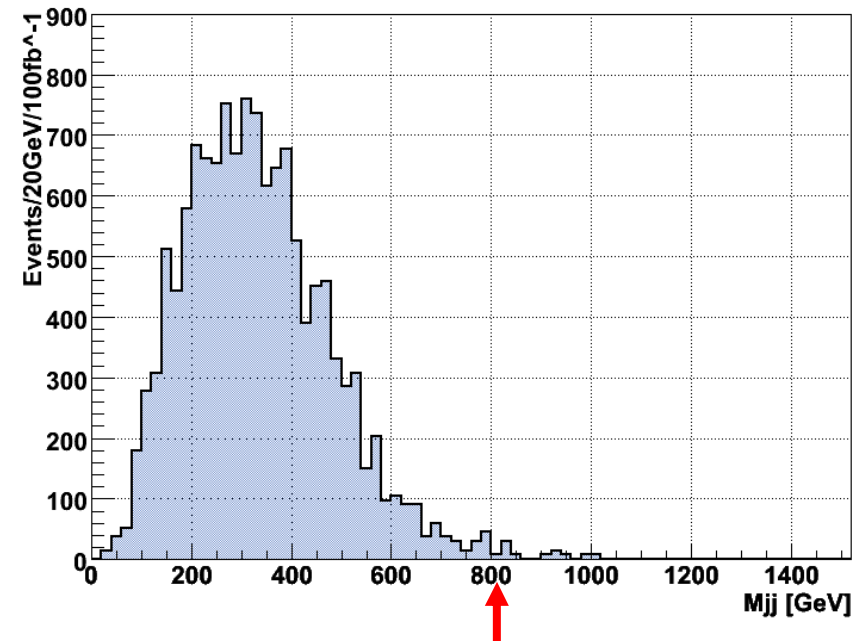
各Hemisphereで**high Pt 2本のJet**
で invariant mass を組む



組んだinvariant mass2つの差が
200GeV以下であることを要求

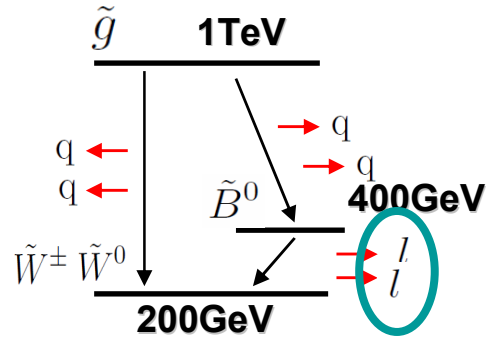
Hemisphere method を適用して組んだMjj分布

Mjj Gluino mass = **1TeV**, Wino mass = **200GeV**



- 全体の44%のイベントが正しくHemisphereで分離
- Mqq endpoint以上のtailが少ない
- fit方法は検討中

Bino Decay Chain (1)



2 lepton を要求し、左側のDecay Chainにおける、
 $\Delta M = M(\text{Bino}) - M(\text{Wino}) = 200\text{GeV}$ を再構成する

主なbackgroundは $t\bar{t} \rightarrow l\nu l\nu$

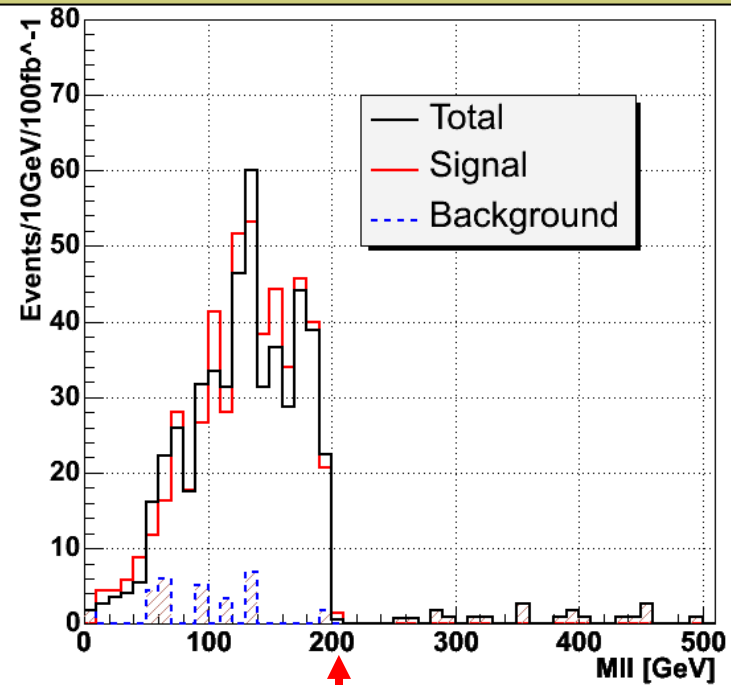
Signalでは同じflavorのレプトン
 ができるため、flavor subtraction

$$(e^+, e^-) + (\mu^+, \mu^-) - (\mu^+, e^-) - (e^+, \mu^-)$$

をおこなう

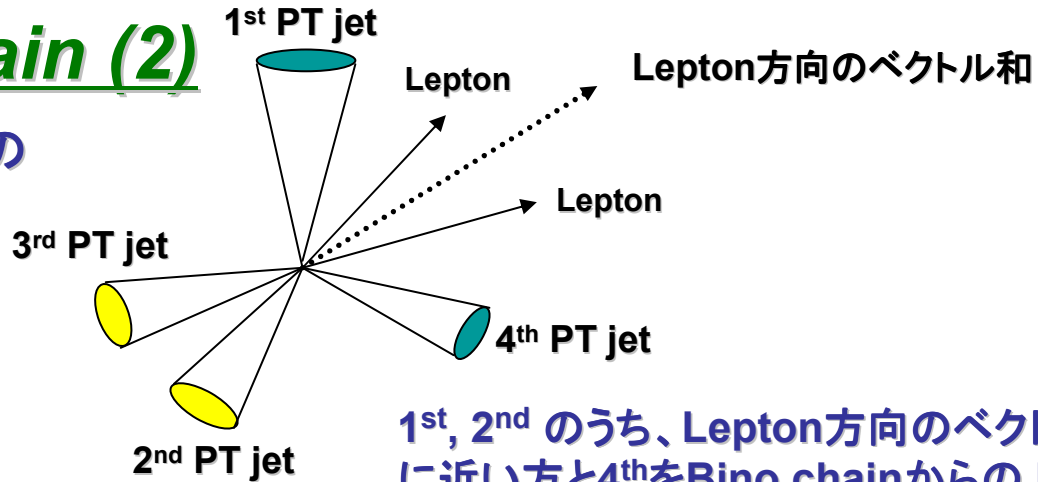
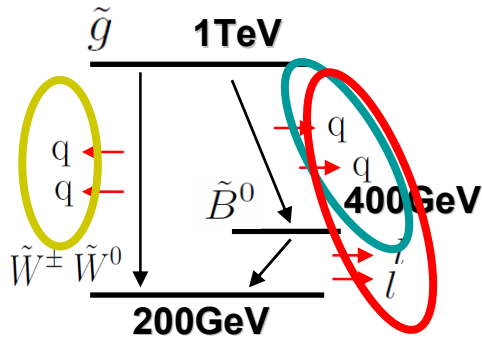
200GeVにきれいなedgeを見ることが出来る

2 lepton invariant mass 分布



Bino Decay Chain (2)

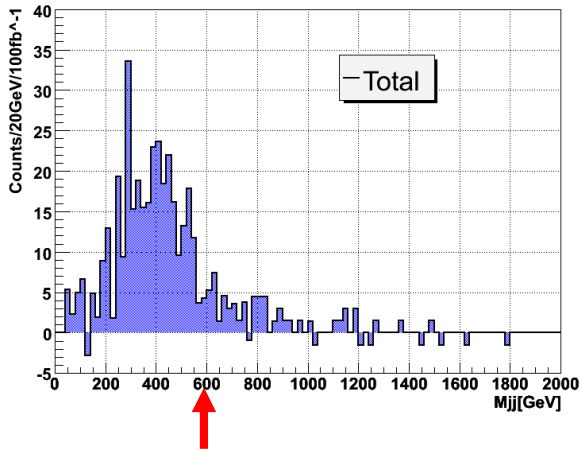
2 lepton を要求した上で他の massの差も再構成する



1st, 2nd のうち、Lepton方向のベクトル和に近い方と4thをBino chainからのJetとみなす

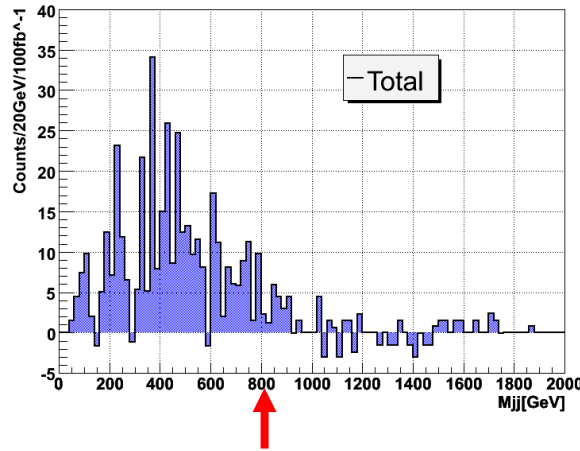
Bino decayからでる2nd low pt quarkは46%, 4th pt Jet へ

Mjj分布 (Bino chain)



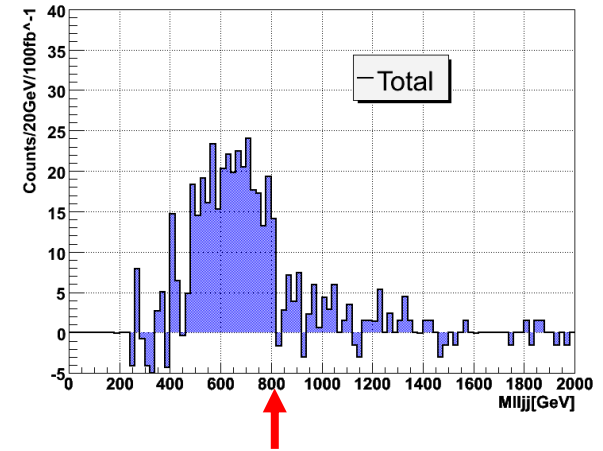
2007年3月27日

Mjj分布(Wino chain)



日本物理学会 2007年春季大会

Mlljj分布(Bino chain)



特に、Mlljj分布できれいなedgeが見える

Summary

- ATLAS実験においてAnomaly-mediation超対称性模型に基づき、 m_0 パラメータが大きくなるシナリオでのSimulationおよびその解析を行なっている

- Discoveryに関しては

0 lepton mode (1fb^{-1}) $\tilde{g} : 1\text{TeV}$ $\tilde{W}^\pm \tilde{W}^0 : 100, 200, 300, 400 \text{ GeV}$

2 lepton mode (10fb^{-1}) $\tilde{g} : 1\text{TeV}$ $\tilde{B}^0 : 350, 400, 450 \text{ GeV}$

で可能

$\tilde{W}^\pm \tilde{W}^0 : 200\text{GeV}$

- Reconstructionに関しては

Wino decay chain (0 lepton を要求, hemisphere method)

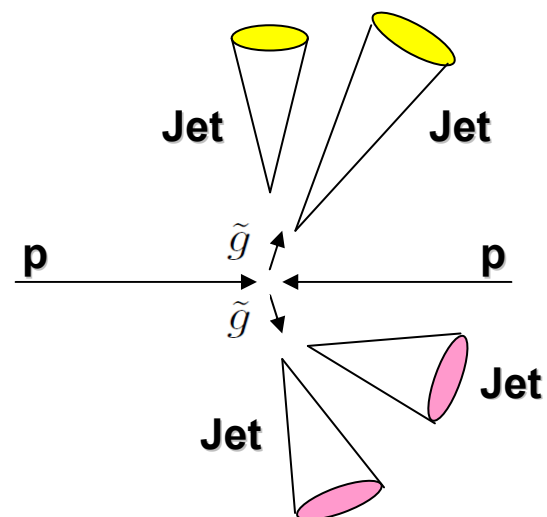
Bino decay chain (2 lepton を要求)

において全てのmassの差を決定できる

Backup slides

~ Hemisphere method ~

目的： 生成したgluino毎のJetに分離する
ここではobjectとしてJetのみを扱う



Step 1 軸の決定

軸1 → 最も大きい運動量を持ったobjectの方向

軸2 → 軸1からとの ΔR を使って $p \cdot \Delta R$ の最も大きいobjectの方向

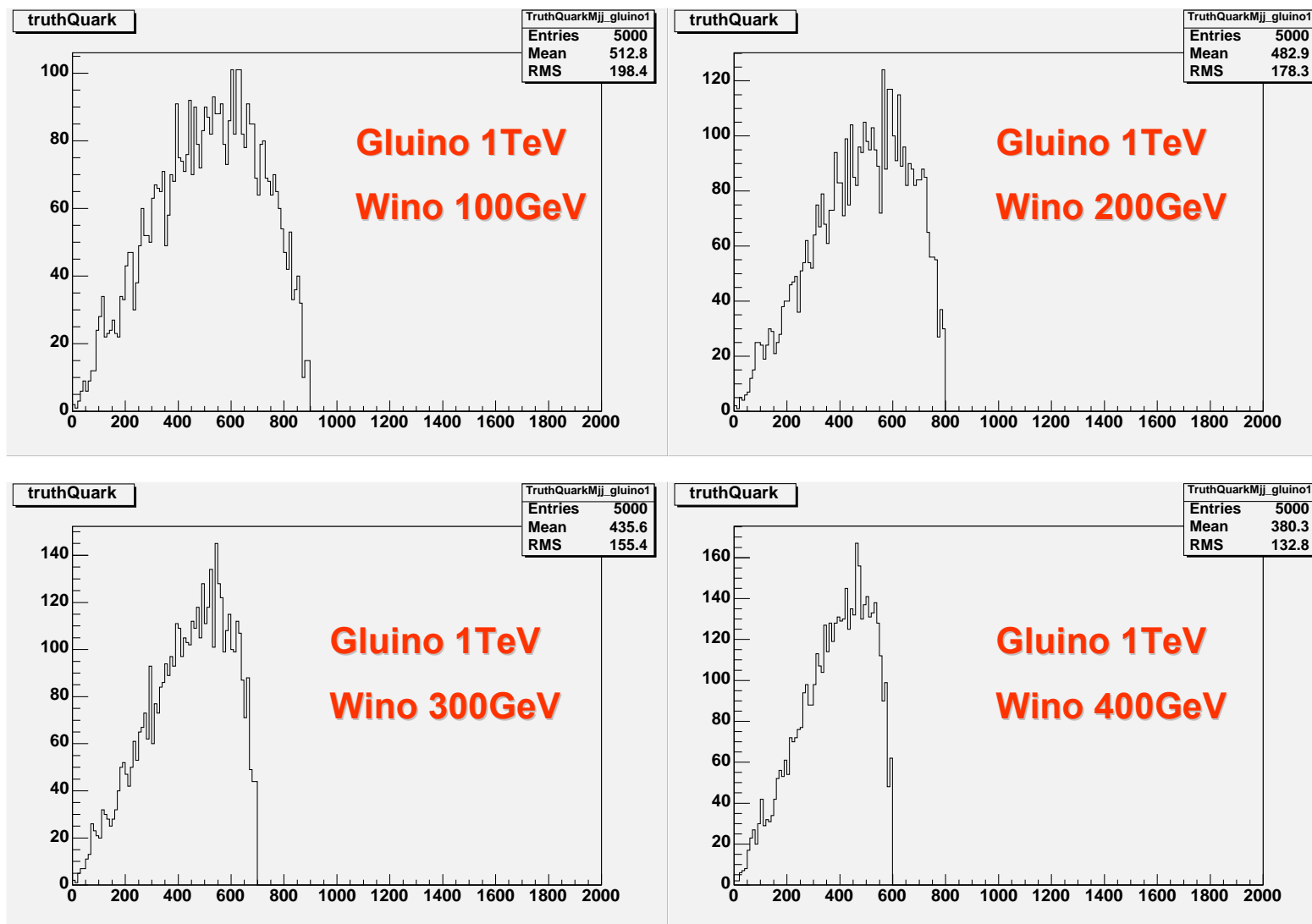
Step 2 objectの割り振り

自身の運動量ベクトルと軸の間の角度が狭い方に割り振る

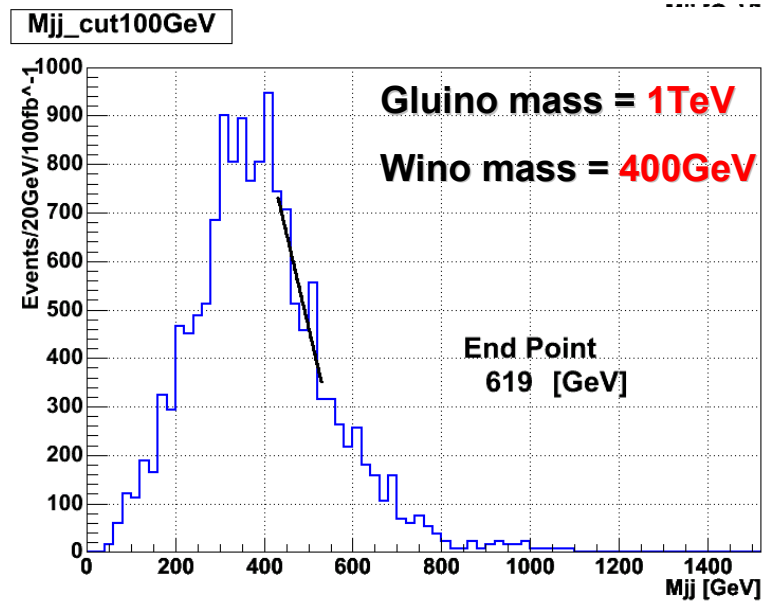
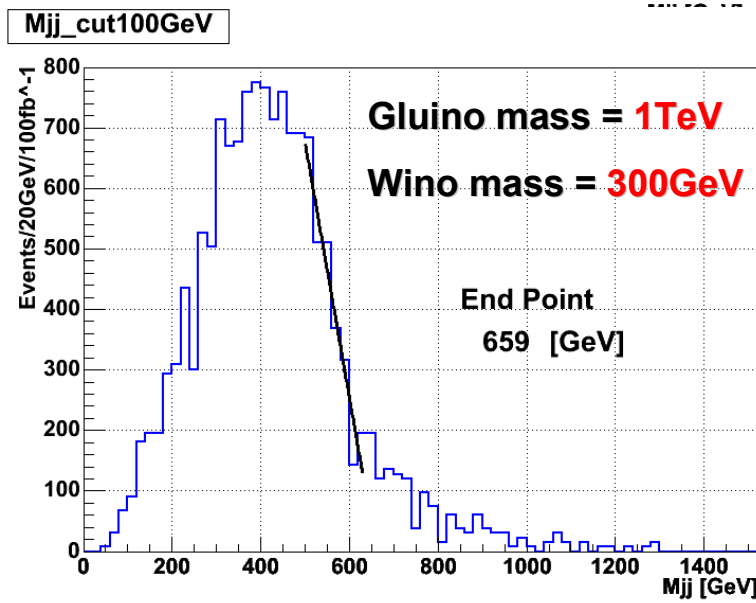
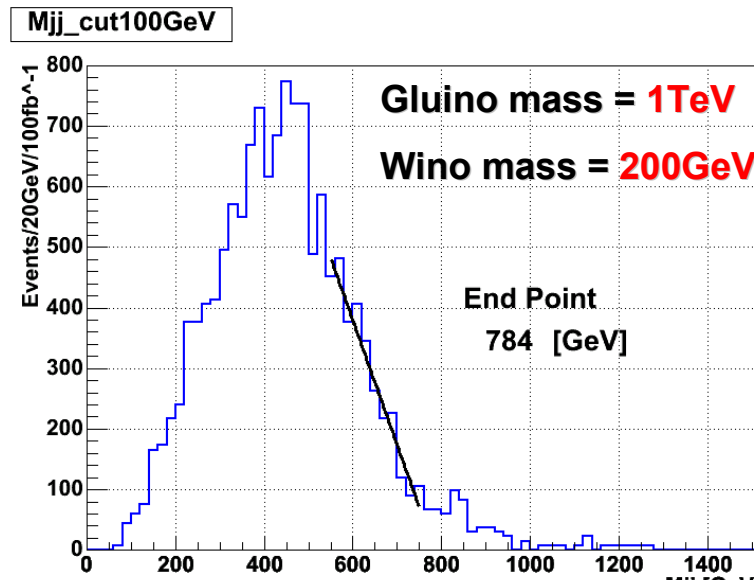
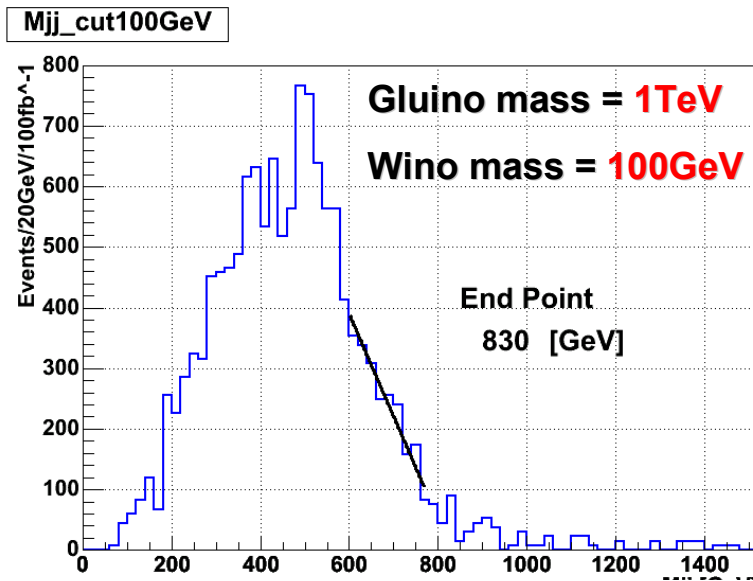
Step 3 繰り返し

軸をhemisphere毎のobjectの運動量ベクトル和で定義しなおし、
もう一度Step2の割り振りをおこなう。 objectのhemisphereへの
割り振りが変化しなくなるまで繰り返す。

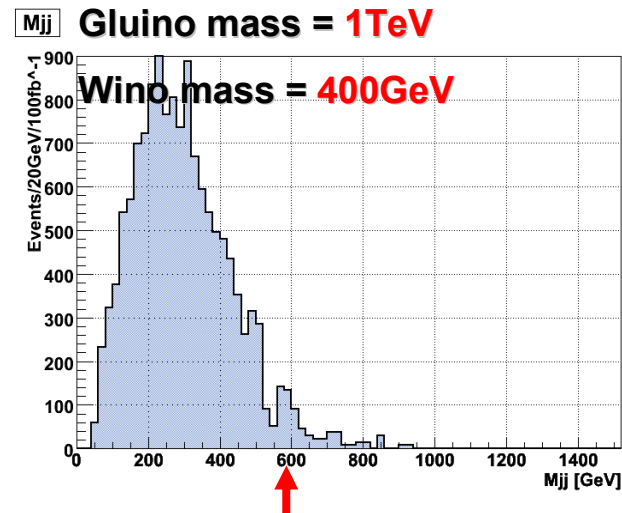
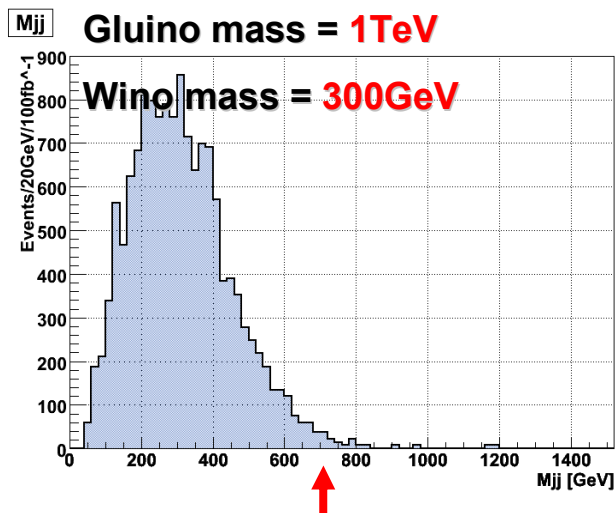
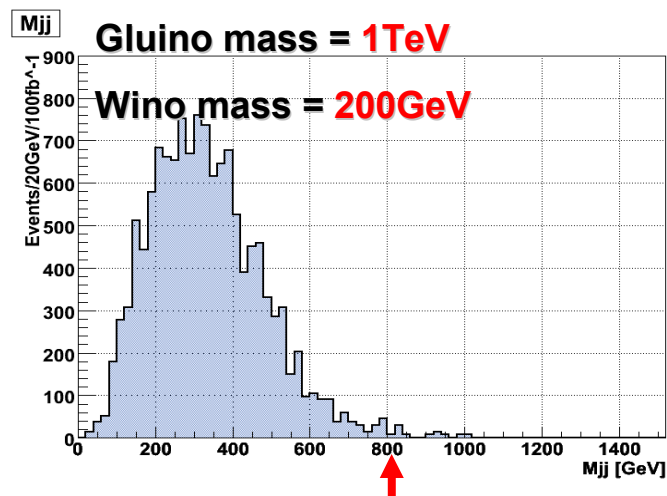
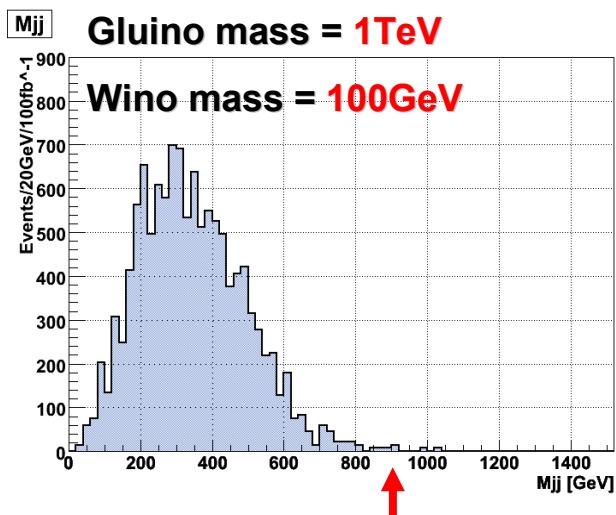
Mqq分布 (Bino Decay Chain)



Mjj分布 (Hemisphere method なし)

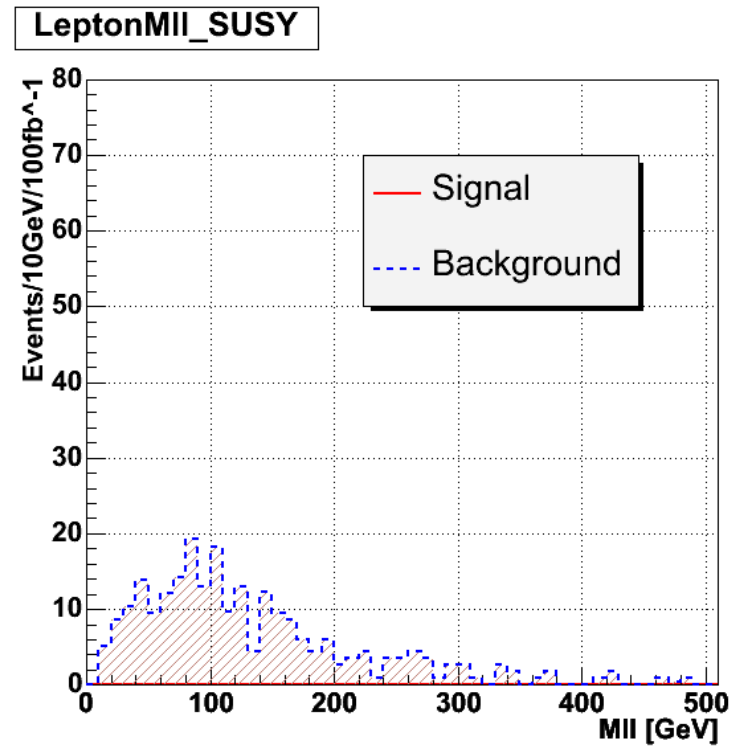
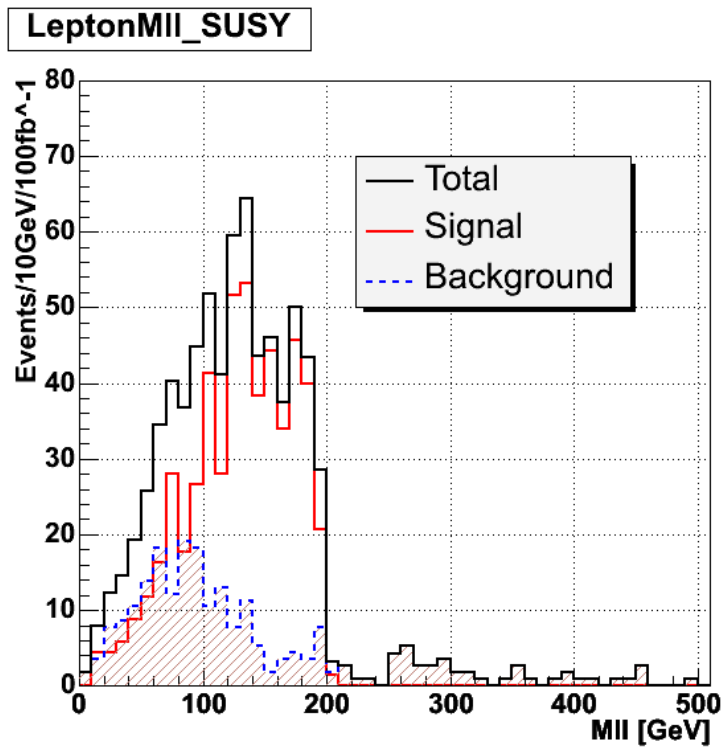


M_{jj}分布 (Hemisphere method 適用)



MII 再構成 (flavor subtraction前)

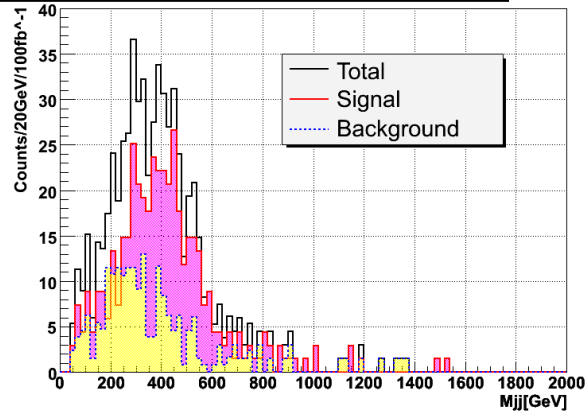
左絵: $e+e^-$ or $\mu+\mu^-$ 右絵: $e+\mu^-$ or $\mu+e^-$



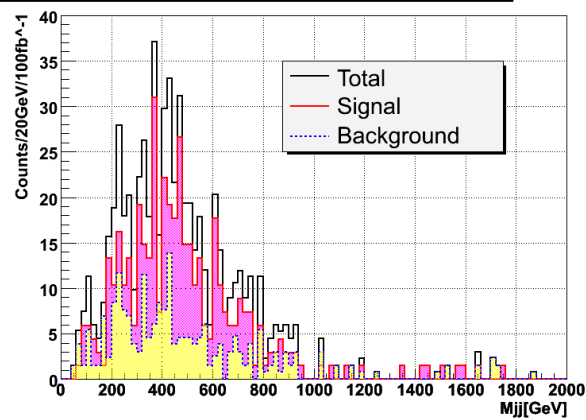
2 lepton mode での Mjj分布など (flavor subtraction前)

上段: $e+e-$ or $\mu+\mu-$ 下段: $e+\mu-$ or $\mu+e-$

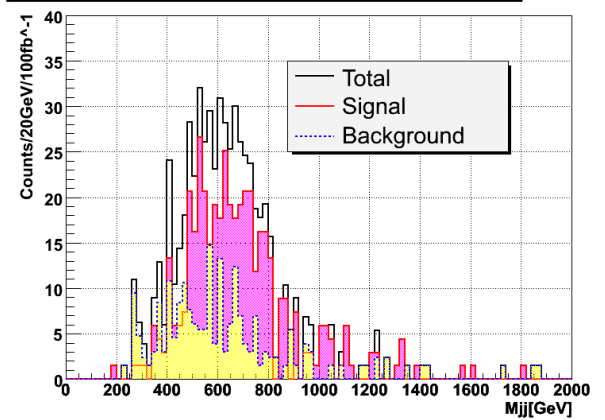
Mjj分布 (Bino chain)



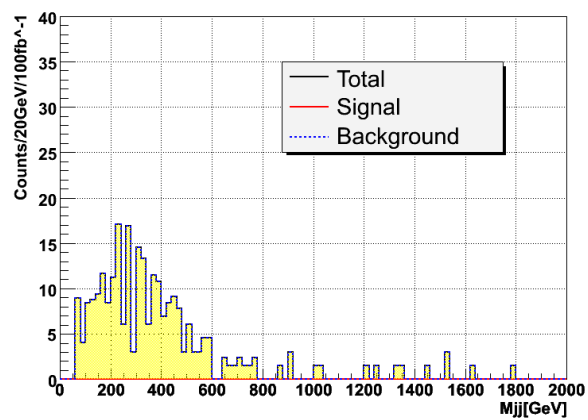
Mjj分布(Wino chain)



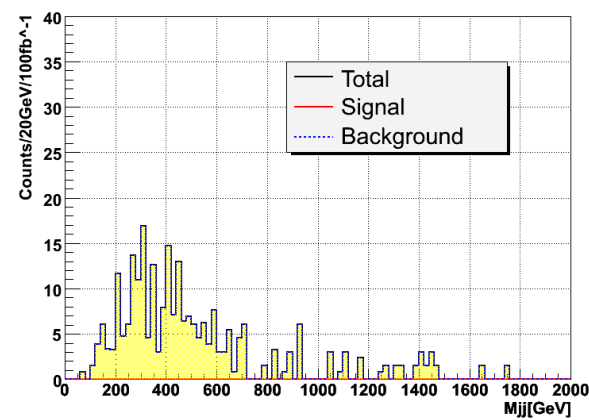
Mlljj分布(Bino chain)



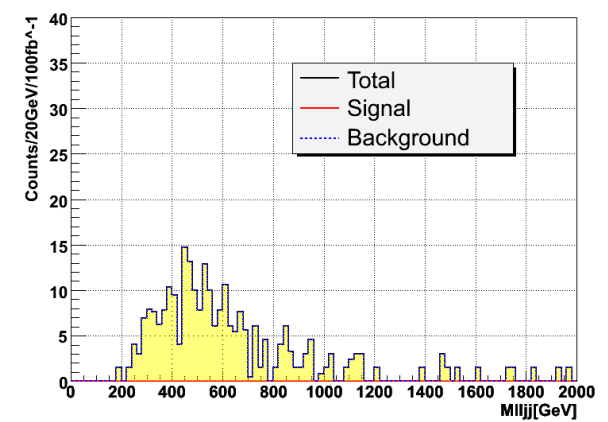
Mjj(Bino Decay Chain emu)



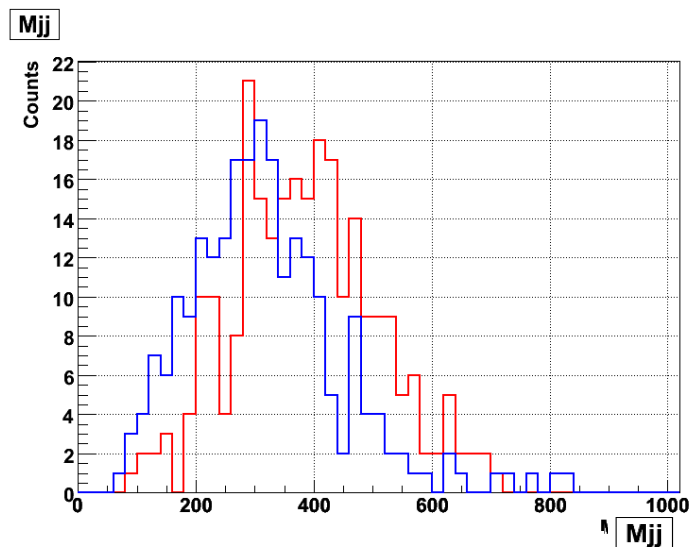
Mjjremain(Wino Decay Chain emu)



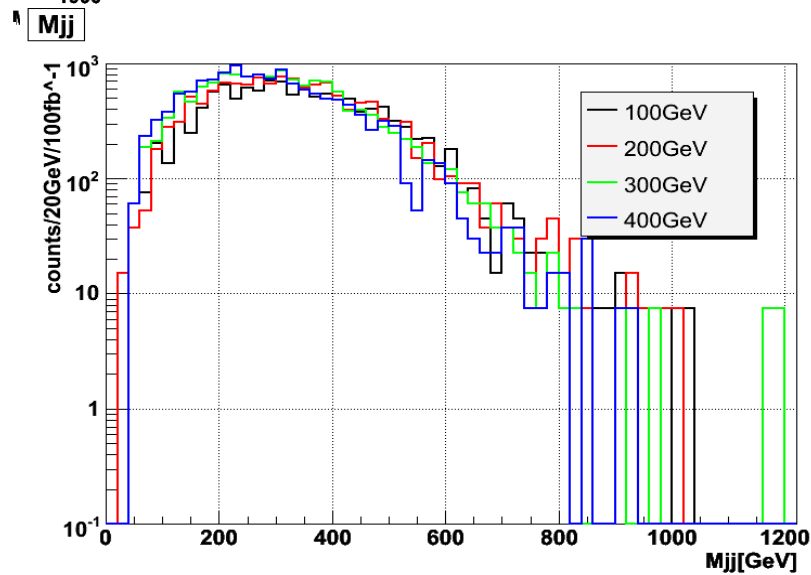
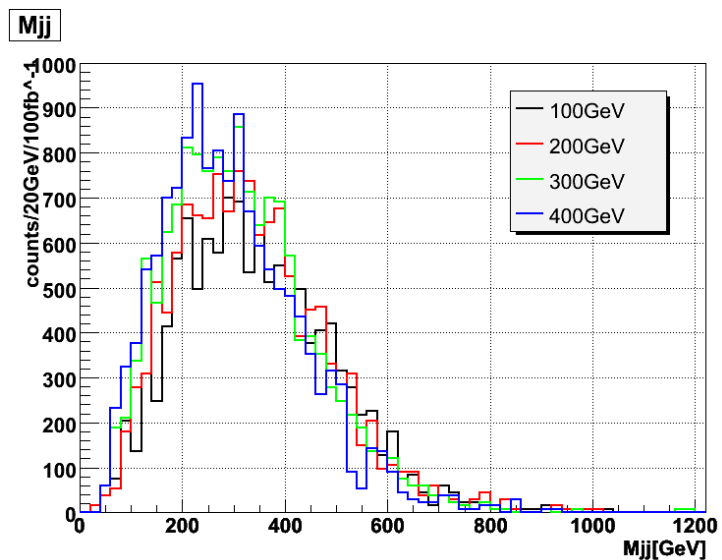
Mlljj(Bino Decay Chain emu)



Hemisphere method



Hemisphere method で
 正しく分けられたもの: 赤
 間違って分けられたもの: 青



Wino massを変化させたときの M_{jj} 分布(左:linear右:log)