

SUSY粒子の質量が縮退している場合の ATLAS実験による発見の可能性

2007/03/27

神戸大自然, KEK^A

岡田勝吾, 川越清以, 野尻美保子^A, 喜家村裕宣

Outline

- Introduction
 - SUSY Event Topology
- MMAM model
- Monte Carlo Event Samples
- Event Selection (SUSY Standard Cut)
- Results
 - Missing ET & Effective Mass
 - Significance
- Summary & Outlook

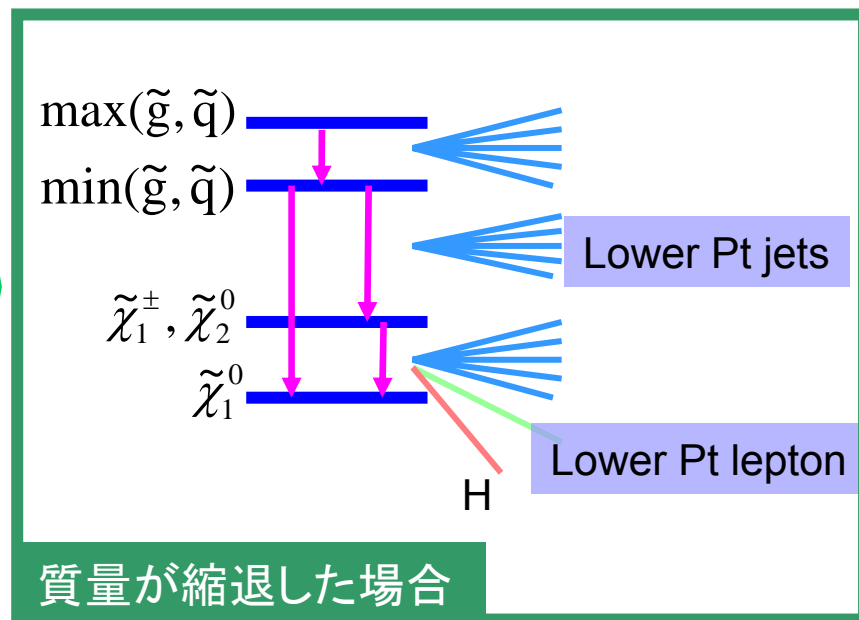
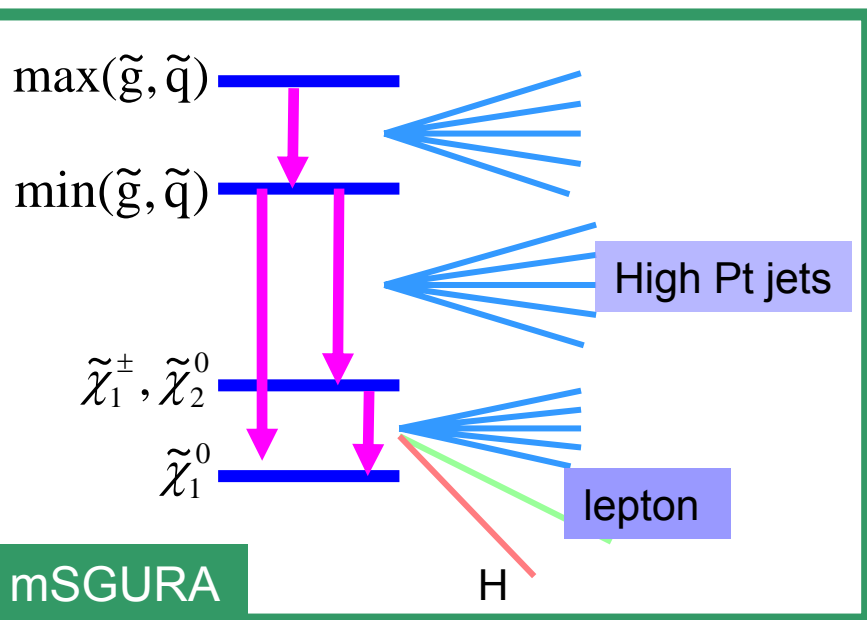
Introduction : SUSY Event Topology

■ mSUGRA

□ Gluino/SquarkとLSPの質量差が大きい為、High Pt Jets/Leptonsが生じる。

■ 質量が縮退した場合

□ Jets/LeptonsのPtが低くなる。⇒ **Backgroundの影響をさらに受けやすくなる。**



- 過去に、SUSY粒子の質量が縮退した場合の詳しい研究がされていない。
⇒ 今回、**MMAMモデル**を用いて研究を行った。

MMAM : Mixed Modulus Anomaly Mediation

- 2つのSUSY Breaking Parameterを持つ.

- F_T : Volume modulus のF term

- F_C : mSUGRAのcompensator fieldのF term

- SUSY粒子の質量は以下のパラメータで決定される.

$$R = F_C / F_T, \quad \tan \beta, \quad M_0 = \frac{F_T}{T + T^*} \quad (T : \text{volume modulus})$$

- 質量スペクトルは次のパラメータで決定される.

$$\alpha = \frac{R}{\ln(M_{\text{Planck}} / m_{3/2})}$$

→ α (or R)を変化させることで、SUSY粒子の質量スペクトルをmSUGRA-likeから Anomaly Mediation-likeまで変化させることができる。

→ MMAMはmSUGRAとAMの両方を含んだモデル.

Ref:

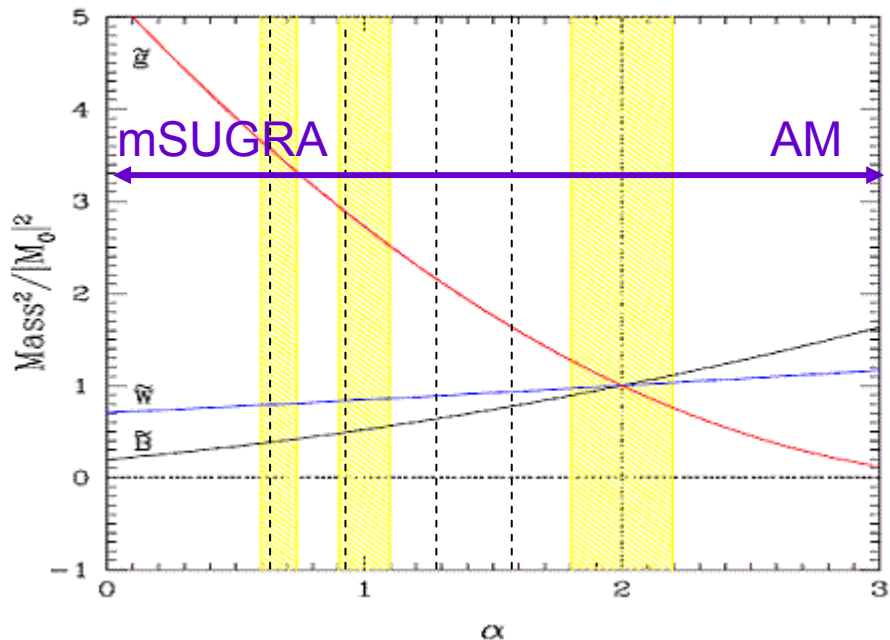
Kiyotomo Kawagoe and Mihoko M. Nojiri

“Discovery of supersymmetry with degenerate mass spectrum”

Phys. Rev. D **74**, 115011 (2006)

Gaugino Mass

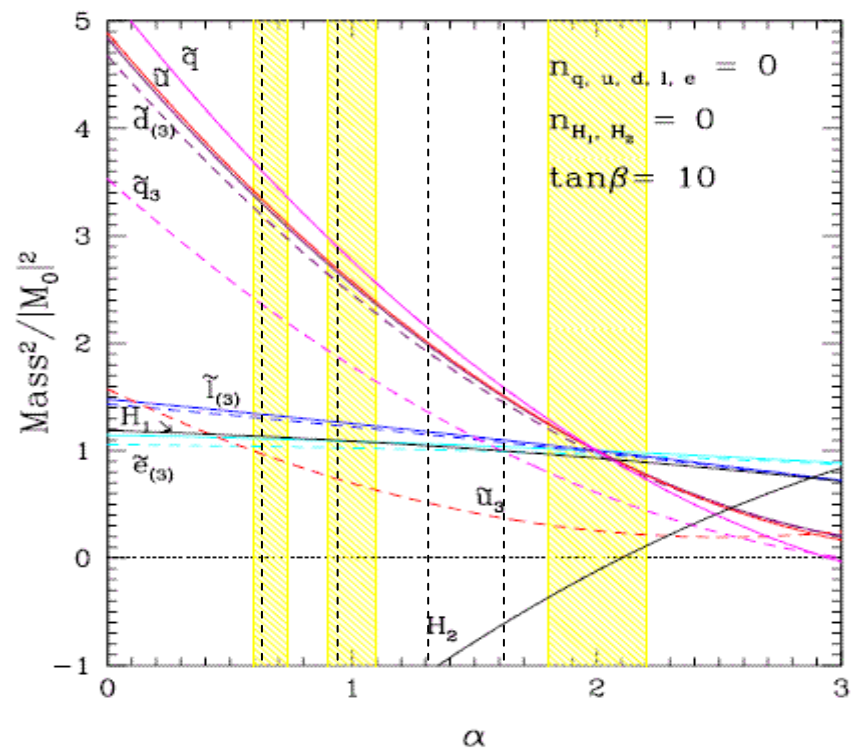
R=0.1 20 30 40 50



- α が大きくなるにつれ, Gauginoの質量差が小さくなっていくことが分かる.
- $\alpha=2$ で3つのGauginoの質量が同じになる.

Squark and Slepton Mass

R=0.1 20 30 40 50

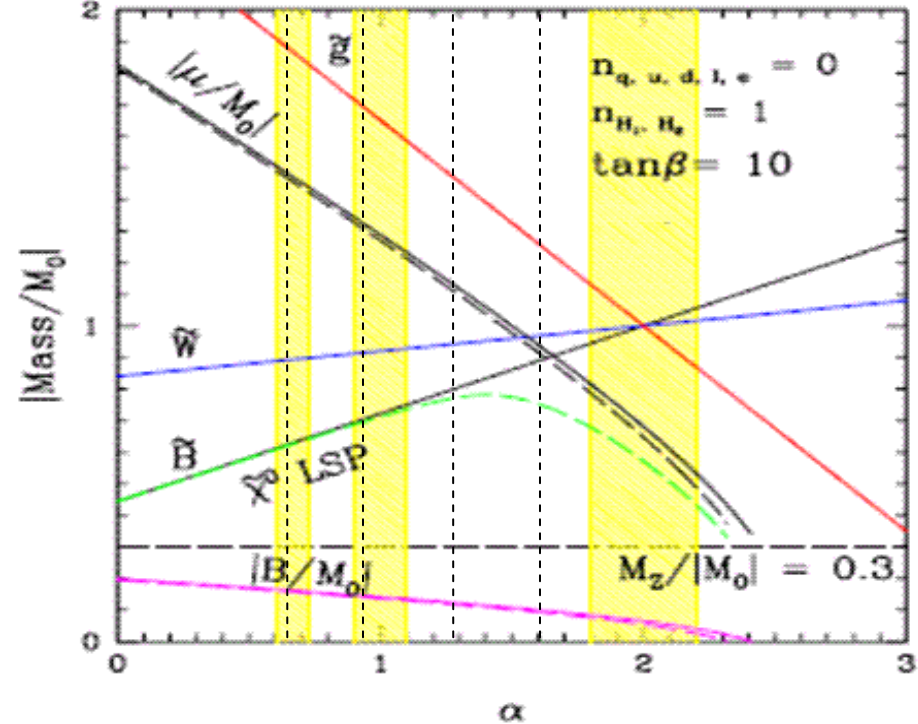


- SquarkとSleptonの間の質量差も α が大きくなるにつれて, 小さくなっていく.

Ref:
 Kiwoon Choi, et al.
 "Phenomenology of Mixed Modulus-Anomaly Mediation
 in Fluxed String Compactifications and Brane Model"
 hep-ph/0504037

Higgsino Mass

R=0.1 20 30 40 50



- $M_{\text{Gluino}} = M_{\text{Squark}} \sim 1.5 \text{ TeV}$
- GluinoとLSPの質量差が小さくなるように
 $n_{\text{matter}} = 0, n_{\text{Hu}} = n_{\text{Hd}} = 1, \tan \beta = 10$
 とパラメータを設定した.
- この時, $R=50$ ($\alpha = 1.58$) 付近で最も SUSY 粒子の質量が縮退している.
- $R=0.1, 20, 30, 40, 50$ としたときの縮退の効果について研究を行った.

- 各Rポイントでの, GluinoとLSPの質量 ($M_3(\text{GUT})=650\text{GeV}$)

R	0.1	20	30	40	50
M_{gluino} [GeV]	1493	1490	1488	1486	1486
M_{LSP} [GeV]	270	486	639	840	1039

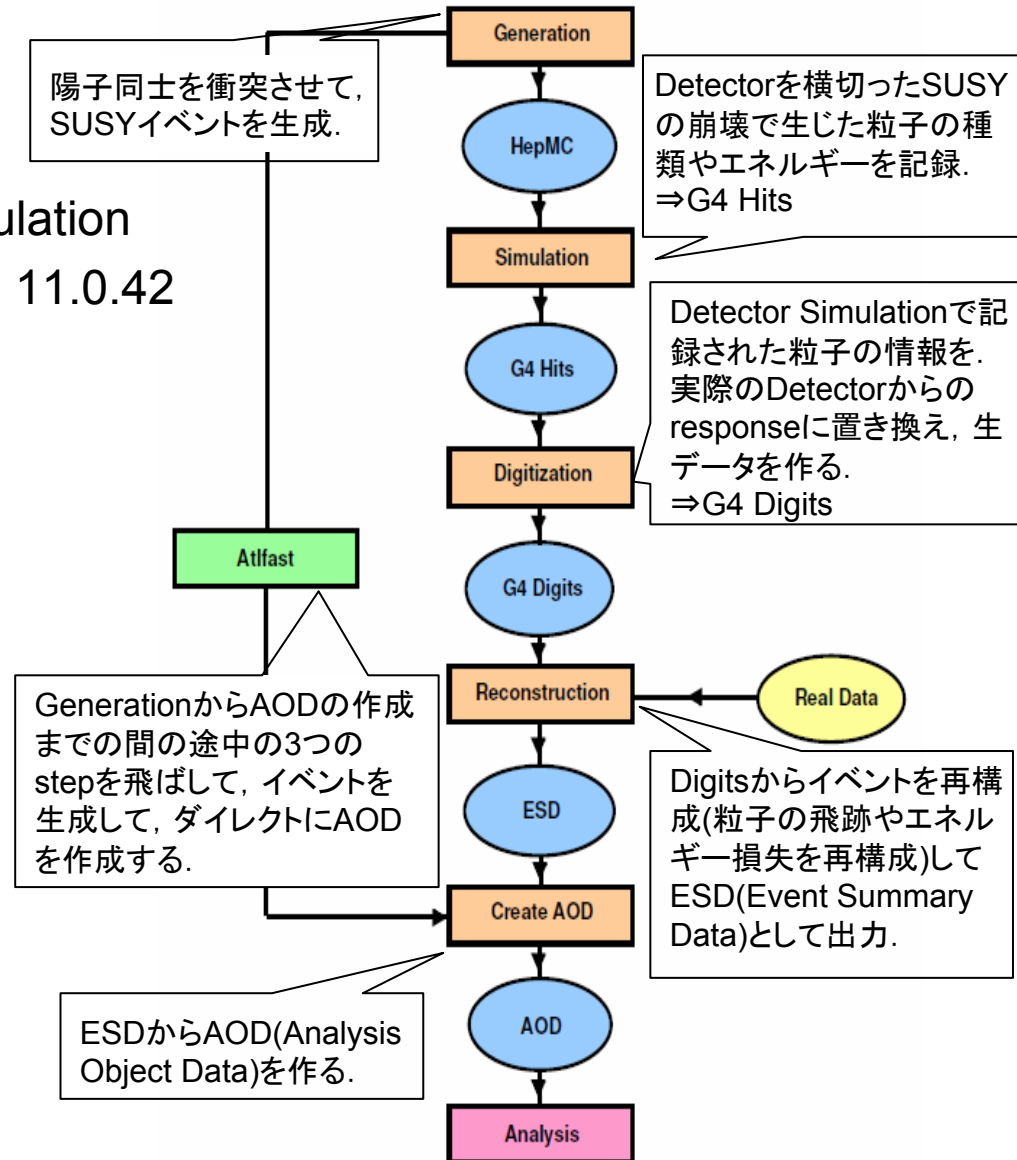
Monte Carlo Event Samples

Signal

- SUSY parameter calculation
 - isasusy 7.72
- Event generation + Detector simulation
 - Jimmy + ATLFAST in athena 11.0.42

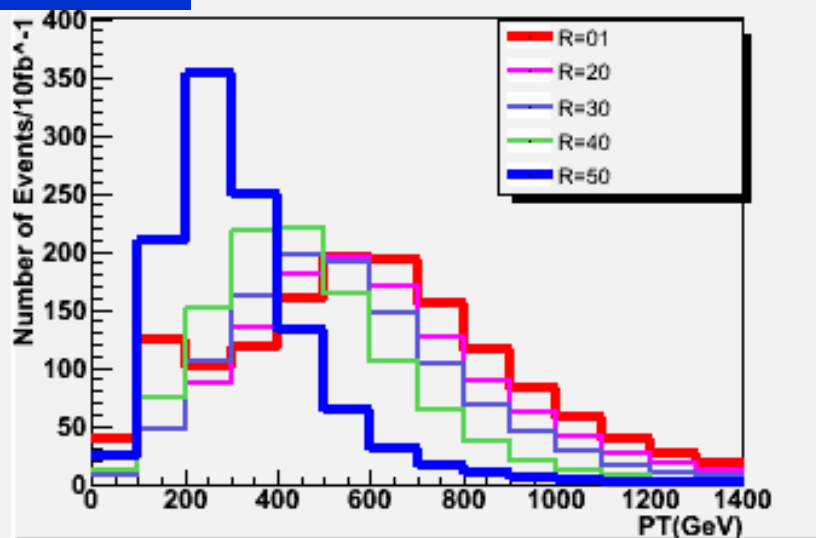
Background

- ATLFAST production (11.0.42)
 - Alpgen(v2.05) + Jimmy
 - ◆ ttbar+njets
 - ◆ W+njets
 - ◆ Z+njets
 - ◆ Multijets

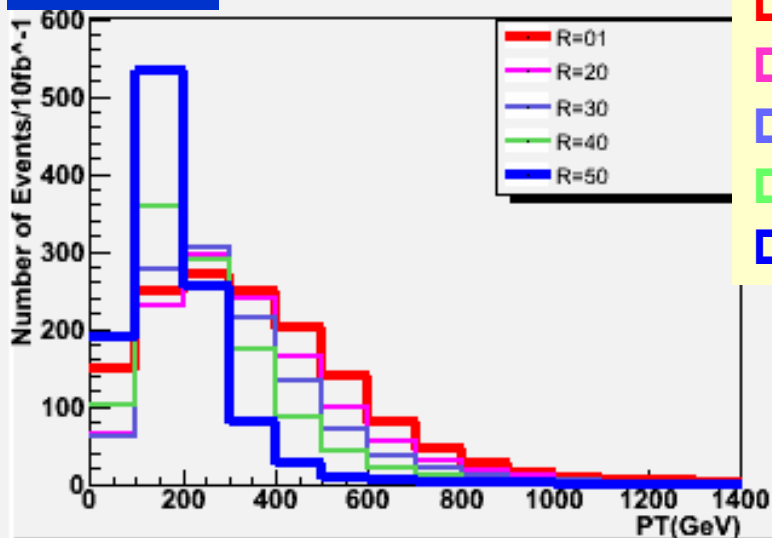


PT of leading 4-Jet : 10fb^{-1}

1st Jet

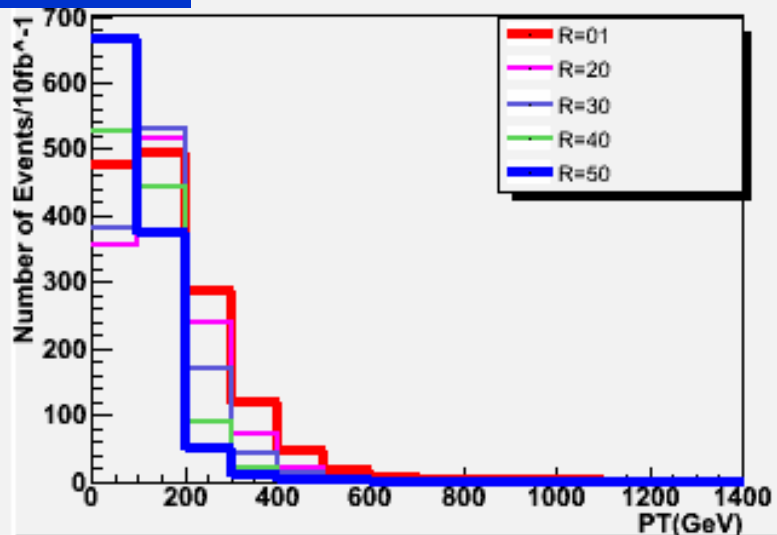


2nd Jet

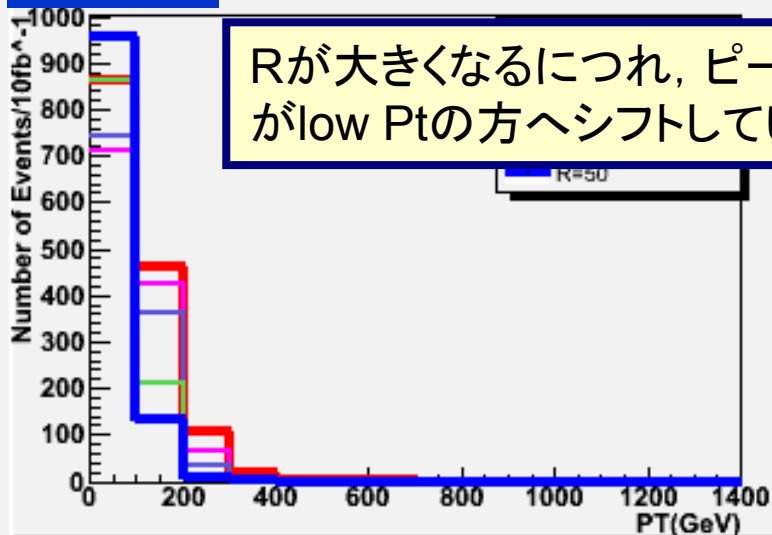


- R=0.1
- R=20
- R=30
- R=40
- R=50

3rd Jet



4th Jet



Rが大きくなるにつれ、ピーク的位置がlow Ptの方へシフトしていく。

Event Selection (SUSY Standard Cut)

■ 0-lepton mode

- # of jets ≥ 4 , $Pt(1st) > 100\text{GeV}$, $Pt(others) > 50\text{GeV}$, ($|\eta| < 2.5$)
- # of leptons = 0
- Missing $E_t > \max(0.2 * M_{\text{eff}}, 100\text{GeV})$
- $M_{\text{eff}} > 400\text{GeV}$
- $St > 0.2$

$$M_{\text{eff}} \equiv \sum_{i=1, \dots, 4}^{\text{leading4-jets}} P_T + E_T$$

■ 1-lepton mode

- # of jets ≥ 4 , $Pt(1st) > 100\text{GeV}$, $Pt(others) > 50\text{GeV}$, ($|\eta| < 2.5$)
- # of leptons ≥ 1 , only e/ μ with $Pt > 25\text{ GeV}$ ($|\eta| < 2.5$)
- Missing $E_t > \max(0.2 * M_{\text{eff}}, 100\text{GeV})$
- $M_{\text{eff}} > 400\text{GeV}$
- $M_t > 100\text{GeV}$
- $St > 0.2$

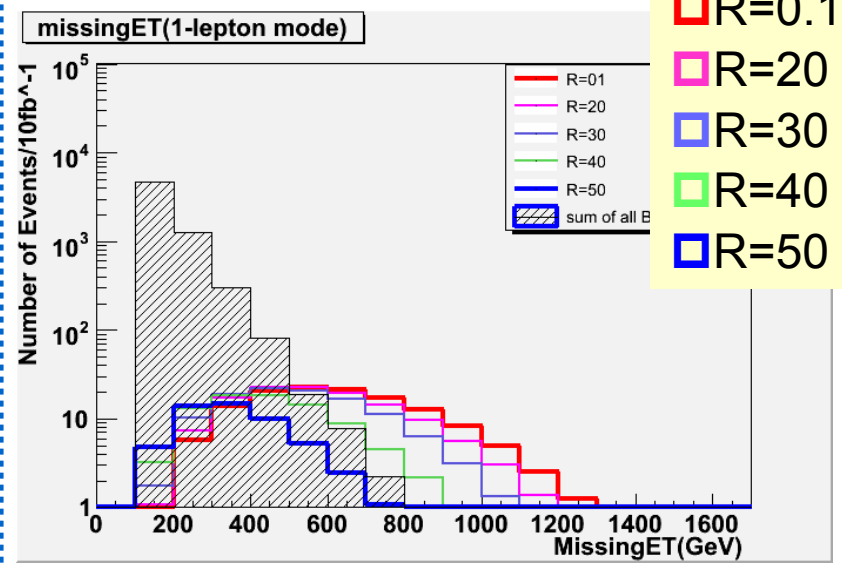
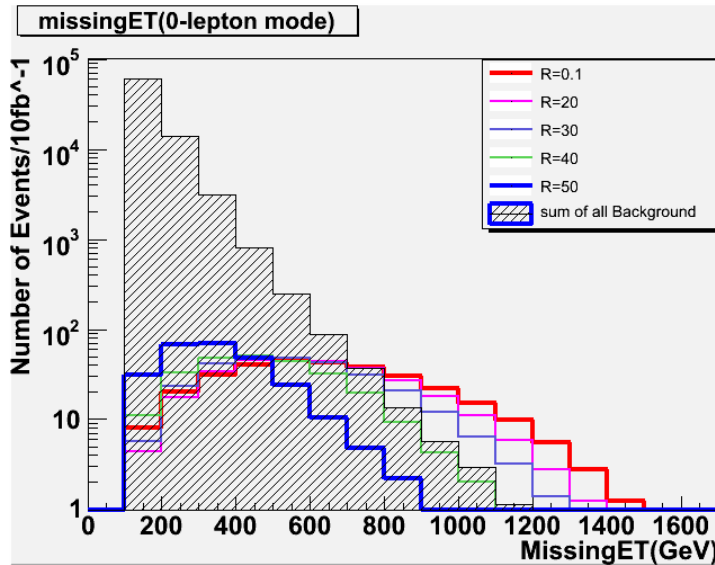
$$M_{\text{eff}} \equiv \sum_{i=1, \dots, 4}^{\text{leading4-jets}} P_T + \sum_j^{\text{leptons}} P_T + E_T$$

Results : Missing ET & EffectiveMass (10fb^{-1})

0-lepton mode

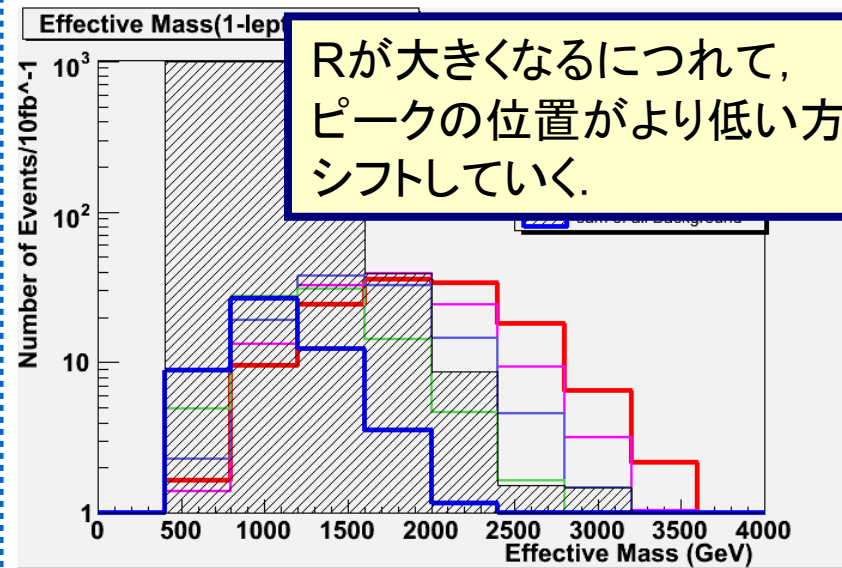
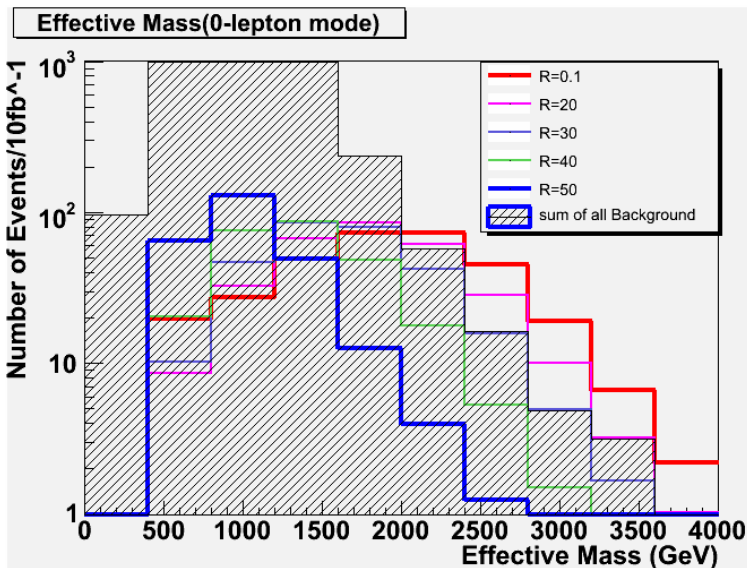
1-lepton mode

Missing ET



- R=0.1
- R=20
- R=30
- R=40
- R=50

EffectiveMass



Rが大きくなるにつれて、ピーク的位置がより低い方へシフトしていく。

Results : Significance (10fb^{-1})

0-lepton mode

1-lepton mode

■ R=0.1

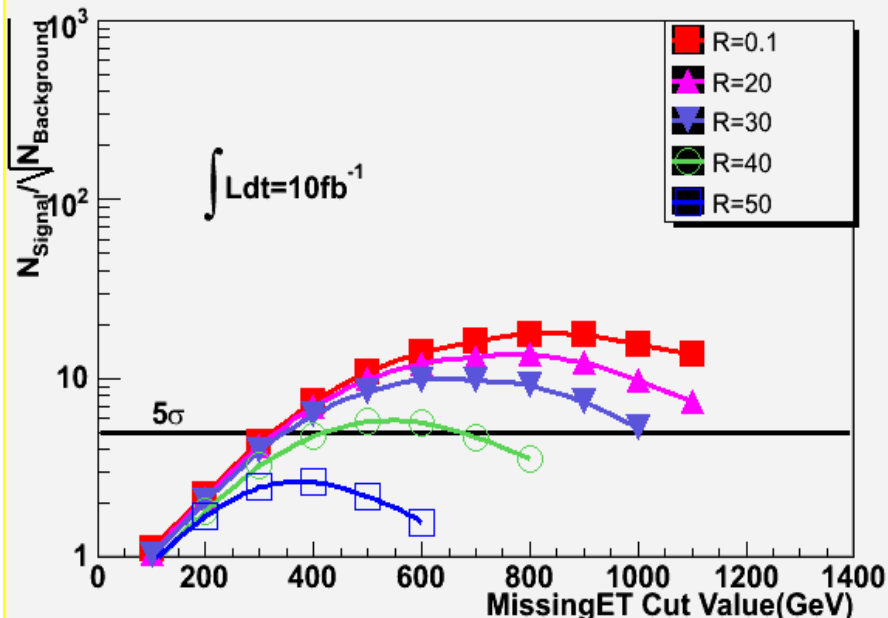
▲ R=20

▼ R=30

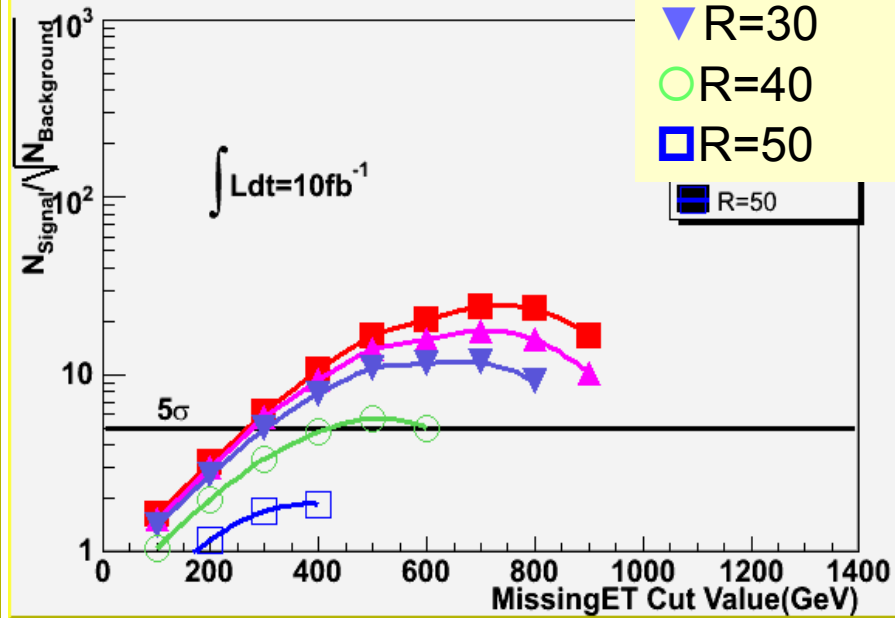
○ R=40

□ R=50

Signal Significance(0-lepton mode)



Signal Significance(1-lepton mode)



■ Significance = $N_{\text{Signal}} / \sqrt{N_{\text{Background}}}$ はMissingET Cutの値の関数.

□ Discoveryの定義はSignal > 10, Significance > 5とする.

■ 10fb^{-1} でR=40まで発見の可能性はある. R=50は難しい.

Summary & Outlook

■ Summary

- MMAMモデルのSUSY粒子のLHCにおける発見可能性の研究を行った.
- 質量の縮退による効果が, MissingET, EffectiveMass, PT of leading 4-Jetの各分布に現れた.
- 10fb^{-1} では0-lepton mode, 1-lepton mode とともに $R=40$ まで発見の可能性はある. しかし, $R=50$ は難しい.

■ Outlook

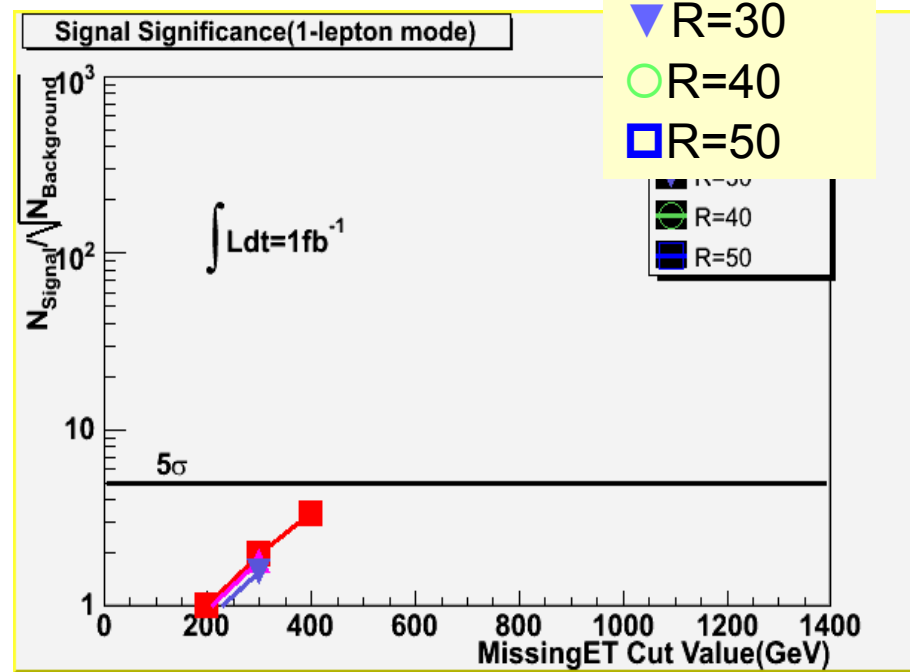
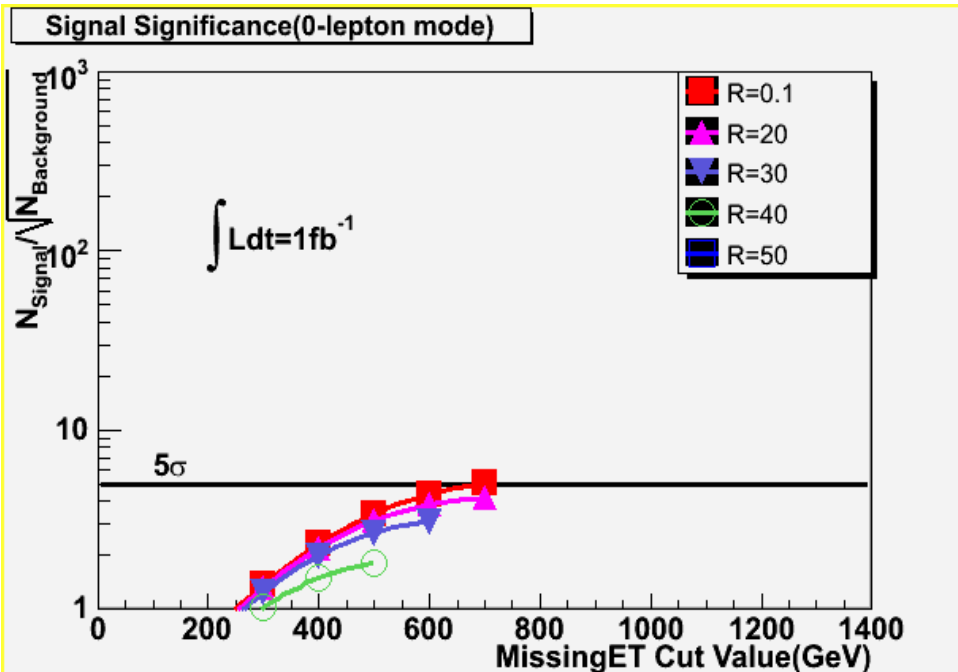
- Significance改善のための研究.
- Cross-sectionなどを用いてmSUGRAとMMAMの違いをつける.

Appendix : Significance (1fb^{-1})

0-lepton mode

1-lepton mode

- R=0.1
- ▲ R=20
- ▼ R=30
- R=40
- R=50



■ 縮退したSUSY粒子の 1fb^{-1} での発見は難しい。

Appendix : Cross-sections of Signals

R	Cross-section
0.1	156.9 fb
20	128.3 fb
30	120.7 fb
40	115.9 fb
50	113.4 fb

Appendix :

Cross-sections of Background Processes

Process	Cross-section
ttbar (->lvlv) + njets	98.7[pb]
ttbar (->lvqq) + njets	394.8[pb]
ttbar (->qqqq) + njets	394.8[pb]
W (-> lv) + njets	1014.8[pb]
Z (-> ee) + njets	158.9[pb]
Z (-> $\mu\mu$) + njets	158.7[pb]
Z (-> $\tau\tau$) + njets	158.9[pb]
Z (-> $\nu\nu$) + njets	912.8[pb]
Multi jets	$55.7 \cdot 10^6$ [pb]