

LHC-ATLAS実験における 2レプトンモードを用いた 超対称性粒子の探索

東大理,東大素^A

田中薫,金谷奈央子^A

浅井祥二,小林富雄^A

日本物理学会 第66回春季大会

2011/3/26

アウトライン

- 1. イントロダクション
- 2. データ・モンテカルロ サンプル
- 3. バックグラウンドの評価
- 4. 事象選択
- 5. 解析
 - エレクトロン チャンネル
 - ミューオン チャンネル
- 6. 考察と結果
- 7. サマリーと展望

1. イントロダクション

LHCにおけるSUSYのイベントトポロジー

1, グルイーノ, スクォーク生成

2, ニュートラリーノは検出されない為

終状態は

マルチジェット + 横方向エネルギー損失
(MET)で特徴づけられる



マルチジェット+MET → SUSY発見の為のトポロジー

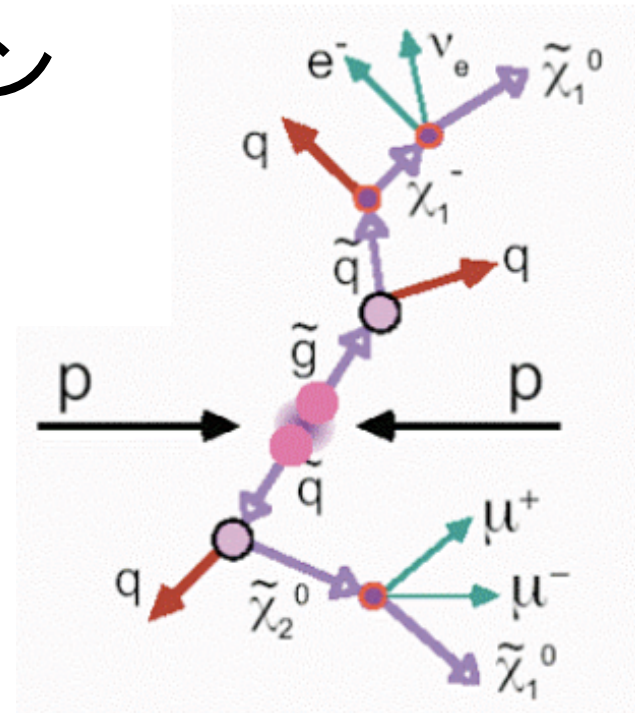
更に終状態に2レプトンを要求する。

0-レプトンや1-レプトンモードに比べて、

統計が少なくなるという欠点が存在するが、

一方で、QCDはもちろんW(lnu)+jetsのBG(バックグラウンド)も落とす事が出来る為、
スタンダードモデルの多くのBGを落とす事が出来る極めてクリーンなモードである事が分かる。

本発表は2レプトンを含むマルチジェット+エネルギー損失
終状態でのSUSYの探索について述べる。



$$\tilde{q}_L \rightarrow \tilde{\chi}_2^0 \rightarrow \tilde{l}_1 \rightarrow \tilde{\chi}_1^0$$

$$\tilde{g} \rightarrow \chi_1^- \rightarrow W + \tilde{\chi}_1^0$$

2. データ・モンテカルロ サンプル

- Data

2010年までにアトラスで取得した 35pb^{-1}

- Monte Carlo (MC) Sample (SM BG and SUSY signal)

Sample	Cross-section	Generator
QCD dijet	$1.05\text{e}7\text{ nb}$	PYTHIA
W + jets	31.4 nb	ALPGEN + JIMMY
Z/ γ^* ($\rightarrow\text{ll}$) + jets	3.20 nb	ALPGEN + JIMMY
ttbar	161 pb	MC@NLO
di-boson	7.10 pb	ALPGEN + JIMMY
SU4(SUSY signal)	41.5 pb	Herwig++

全てのバックグラウンドはMCを使って推定した

SU4のParameter

$$m_0 = 200\text{GeV}/c^2, m_{1/2} = 160\text{GeV}/c^2, \\ \tan\beta = 10, A_0 = -400\text{GeV}, \text{sign}(\mu) = +$$

3.バックグラウンドの評価

- Z(l) + jets バックグラウンド

Z(l) + jets を enhance させたコントロール領域で規格化。
MC で予言される分布を信じてシグナル領域へ外挿する。

事象選択

2レプトン CUT

Lepton $p_T > \{20\text{GeV}, 10\text{GeV}\}$

2-Jet $p_T > \{30\text{GeV}, 20\text{GeV}\}$

MET $< 40\text{GeV}$

$|M_{ll} - M_Z| < 5\text{GeV}$

- その他のバックグラウンド

その他のBGに関しては規格化、分布ともにMCと検出器シミュレーションを信じる。

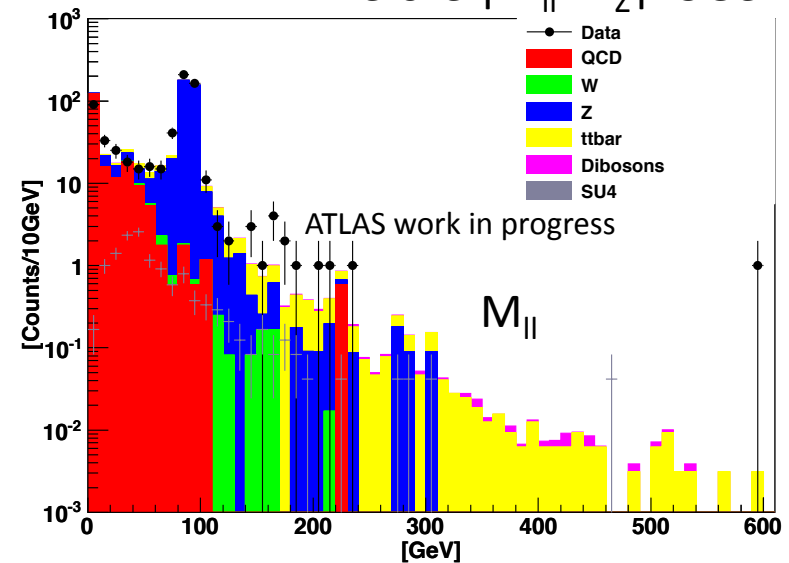
特にフェイクレプトン起源のバックグラウンドはデータを使って評価するべきであり、これは今後の課題である。

* M_{ll} : 2つのレプトンを組んだ不変質量

データとMCの比較 1

(Z->ee+jets)

Before $|M_{||}-M_z| < 5\text{GeV}$



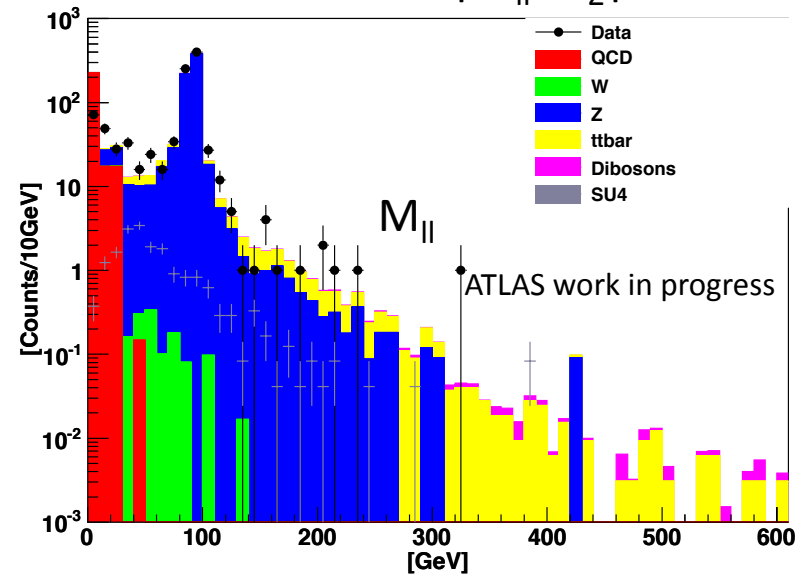
Z(ee)+jets MCの規格化係数 1.06 ± 0.07

ee channel	Data	BG	QCD	W	Z	ttbar	Dibosons	SU4
LeptonPt>20GeV 10GeV	(1.44e +- 0.012)e+04	1.38e+04 +- 51	2.56e+03 +- 39	215 +- 6	1.1e+04 +- 32	41.7 +- 0.4	25.7 +- 0.2	23 +- 1
Jet Pt >30GeV 20GeV	(8.13 +- 0.09)e +03	8.57e+03 +- 37	1.19e+03 +- 26	25.5 +- 2.0	7.31e+03 +- 26	26.2 +- 0.3	16.7 +- 0.1	14.9 +- 0.8
MET <40 GeV	593 +- 24	565 +- 11	159 +- 10	1.15 +- 0.30	395 +- 6	5.5 +- 0.1	4.49 +- 0.05	1.29 +- 0.2 3
$ M_{ }-M_z < 5\text{GeV}$	284 +- 17	274 +- 4.95	1.17 +- 0.83	0.083 +- 0.083	269 +- 5	0.285 +- 0.030	2.94 +- 0.04	0.166 +- 0.083

データとMCの比較 2

(Z->mumu+jets)


Before $|M_{||}-M_Z| < 5\text{GeV}$



Z(mumu)+jets MCの規格化係数 1.00 ± 0.05

mumu channel	Data	BG	QCD	W	Z	ttbar	Dibosons	SU4
LeptonPt>20GeV 10GeV	(1.43 +- 0.01) e+04	(1.64 +- 0.03)e+04	(1.97 +- 0.27)e +03	8.13 +- 1.07	1.44e+04 +- 37	37.5 +- 0.3	30.5 +- 0.2	22.2 +- 1.0
JetPt>30GeV 20GeV	(1.43 +- 0.01) e+04	(1.64 +- 0.03)e+04	(1.97 +- 0.27)e +03	8.13 +- 1.07	1.44e+04 +- 37	37.5 +- 0.3	30.5 +- 0.2	22.2 +- 1.0
MET <40GeV	921 +- 30	995 +- 59	261 +- 58	0.519 +- 0.188	718 +- 8	6.94 +- 0.15	8.12 +- 0.07	1.66 +- 0.26
$ M_{ }-M_Z < 5\text{GeV}$	506 +- 23	514 +- 7	0 +- 0	0 +- 0	508 +- 7	0.352 +- 0.033	5.73 +- 0.05	0.083 +- 0.059

4. 事象選択(2レプトン)

- Pre-selection (event cleaning)
- at least two leptons
- Lepton $p_T > \{20\text{GeV}, 10\text{ GeV}\}$
- $M_{ll} > 40\text{ GeV}$
- at least two jets $p_T > \{30\text{GeV}, 20\text{ GeV}\}$
- MET $> 100\text{ GeV}$
-  SS(same sign)
OS(opposite sign)

- 解析するチャンネル(2レプトン)

di-electronとdi-muon各々のチャンネルにおいて
OS/SSに分けてデータとSM BGの比較を行う。

それ故、以下の4チャンネルの解析を行った。

(1) OS di-electron

(2) SS di-electron

(3) OS di-muon

(4) SS di-muon

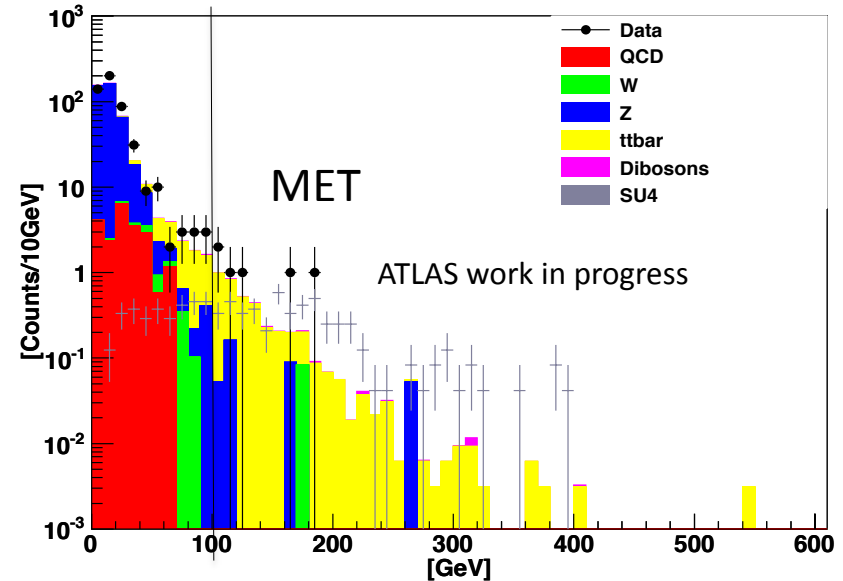
*なお、electron-muon channelに関しては現在研究中である。

5.解析

エレクトロン チャンネル の解析

- (1) at least two leptons
- (2) Lepton $p_T > \{20\text{GeV}, 10\text{ GeV}\}$
- (3) $M_{ll} > 40\text{ GeV}$
- (4) at least
two jets $p_T > \{30\text{GeV}, 20\text{ GeV}\}$
- (5) $\text{MET} > 100\text{ GeV}$
- (6) SS/OS

Before MET > 100GeV



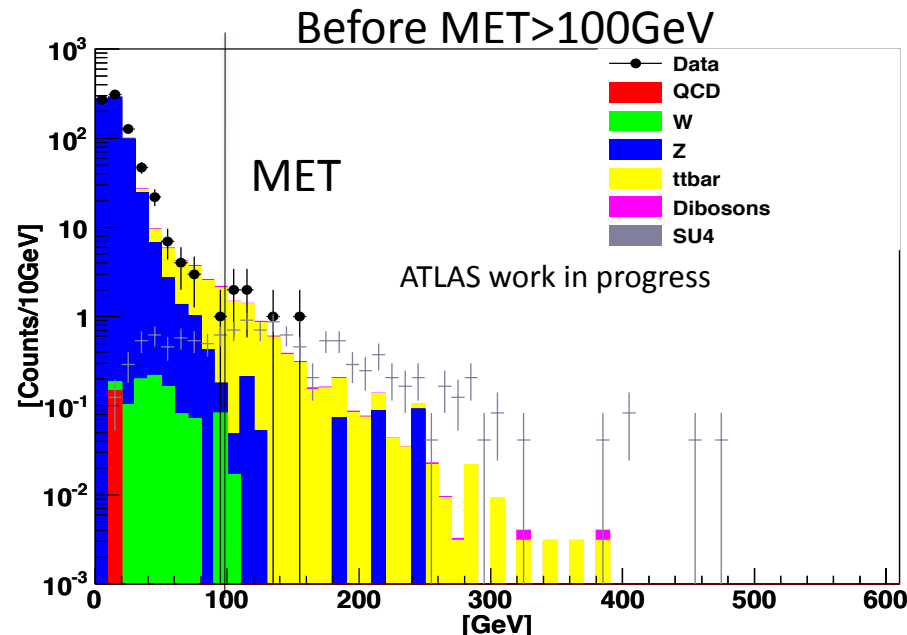
CUT FLOW

ee channel	Data	BG	QCD	W	Z	ttbar	Dibosons	SU4
LeptonPt>20GeV 10GeV	8.14E+03	8.89e+03 +- 38	1.19e+03 +- 26	25.5 +- 2.0	7.63e+03 +- 27	26.4 +- 0.3	16.9 +- 0.1	15.1 +- 0.8
Mll>40GeV	7.31E+03	7.78e+03 +- 30	297 +- 13	17.7 +- 1.7	7.43e+03 +- 27	21.6 +- 0.3	15.6 +- 0.1	9.11 +- 0.62
JetPt>30GeV 20GeV	496	456 +- 7	21.1 +- 3.5	2.4 +- 0.5	409 +- 6	18.6 +- 0.2	5.01 +- 0.06	8.27 +- 0.59
MET>100GeV	6	4.12 +- 0.22	0 +- 0	0.083 +- 0.083	0.374 +- 0.171	3.57 +- 0.11	0.0932 +- 0.0104	5.16 +- 0.46
SS	0	0.274 +- 0.029	0 +- 0	0 +- 0	0 +- 0	0.267 +- 0.029	0.00781 +- 0.00234	1.66 +- 0.26
OS	6	3.85 +- 0.22	0 +- 0	0.083 +- 0.083	0.374 +- 0.171	3.3 +- 0.1	0.0854 +- 0.0101	3.49 +- 0.38

ミューオン チャンネル の解析

- (1) at least two leptons
- (2) Lepton $p_T > \{20\text{GeV}, 10\text{ GeV}\}$
- (3) $M_{ll} > 40\text{ GeV}$
- (4) at least
two jets $p_T > \{30\text{GeV}, 20\text{ GeV}\}$
- (5) MET > 100 GeV
- (6) SS/OS

CUT FLOW



mumu channel	Data	BG	QCD	W	Z	ttbar	Dibosons	SU4
LeptonPt>20GeV 10GeV	1.43E+04	1.63e+04 +- 274	1.97e+03 +- 272	8.13 +- 1.07	1.42e+04 +- 37	37.6 +- 0.3	30.6 +- 0.2	22.4 +- 1.0
Mll>40GeV	1.31E+04	1.4e+04 +- 108	216 +- 102	5.91 +- 0.91	1.37e+04 +- 36	31.1 +- 0.31	28.0 +- 0.1	14.3 +- 0.8
JetPt>30GeV 20GeV	798	734 +- 8	0.147 +- 0.147	0.97 +- 0.26	697 +- 8	26.5 +- 0.3	8.96 +- 0.08	12.2 +- 0.7
MET>100GeV	6	6.16 +- 0.24	0 +- 0	0.0168 +- 0.0168	0.544 +- 0.204	5.43 +- 0.13	0.177 +- 0.016	7.95 +- 0.57
SS	0	0.0734 +- 0.0208	0 +- 0	0.0168 +- 0.0168	0 +- 0	0.0463 +- 0.0119	0.0103 +- 0.0027	1.86 +- 0.28
OS	6	6.09 +- 0.24	0 +- 0	0 +- 0	0.544 +- 0.204	5.38 +- 0.13	0.167 +- 0.016	6.08 +- 0.50

6. 考察と結果 1

- 2レプトンを要求した際の主なBackground

*OS

ttbar (83%):両方がleptonic崩壊する事でMET+2Lepton(OS)

Z(ll) +jets(9%):Same flavor 2 leptons(OS) に崩壊する。

分解能が原因でJet等のEnergyが低く見積もられ、MET生じる可能性がある

Others(8%)

*SS

ttbar(90%):片方がleptonic崩壊し、もう片方がhadronic崩壊する事でbblnqqとなる

Jetがfakeレプトンとして観測し、SSで見える)

Others(10%)

解析結果より

- エレクトロン チャンネル

SS: DataとBGで良い一致がみられる。

OS: Dataの方がBGに比べて若干多くみえる、原因に関しては現在スタディ中。

- ミューオン チャンネル

SS、OS各々に対してDataとBGで良い一致がみられる

考察と結果 2

以上の結果をまとめると以下の様になる

	ee(OS)	ee(SS)	mumu(OS)	mumu(SS)
Data	6	0	6	0
BG	3.85 +- 0.22	0.274 +- 0.029	6.09 +- 0.24	0.073 +- 0.021
SU4	3.49 +- 0.38	1.66 +- 0.27	6.08 +- 0.50	1.86 +- 0.28

(統計エラーのみ)

4つ全てのチャンネルにおいて、推定されるSM BGからの超過は見られなかった。
系統誤差に関しては現在スタディ中である

課題

ここまで事象数に対して示してきたが、以下の様な大きな課題が残っている。
MET分布において30~50GeV付近でデータとMCで大きなずれ
以上を踏まえた上で、MET>100GeVのカットでttbarが優位な事から
現段階ではデータとMCで厳密に比較する事はできない。

7. サマリーと展望

サマリー

1. 35pb-1のDataを用いたSUSY探索を2レプトンモードで行った。
2. MCは分布の形を信用し、Zをenhanceさせたコントロールリージョンで規格化を合わせた。
3. METの分布から、30~50GeV付近で、データとMCにずれが生じており、この課題を研究を続けていく中で解決する必要がある。

展望

1. データを用いたレプトンフェイク起源のバックグラウンド推定。
2. バックグラウンドに対する系統誤差の評価。
3. シグナルの系統誤差も正しく考慮した上で特定のモデルにおいて実験結果を解釈。