

LHC での超対称性の物理

(京大 野尻)

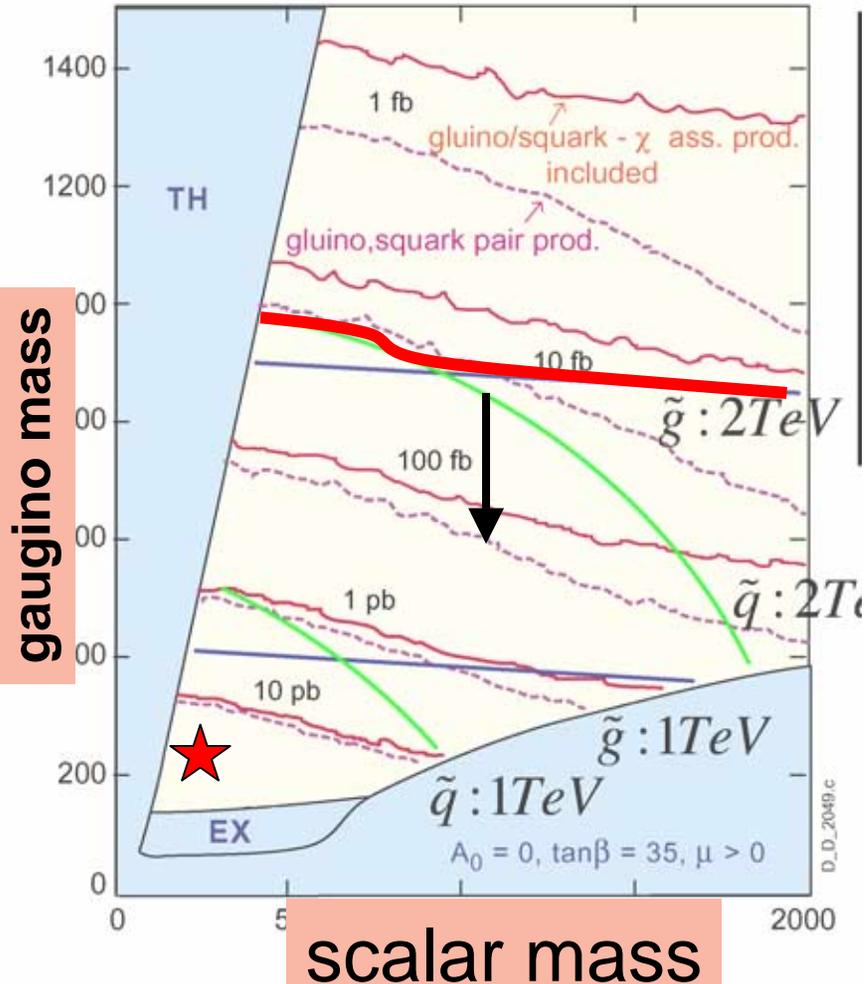
超対称粒子発見

スカラーのクォーク (n)

フェルミオンのグルオン (gluino)

- 超対称な暗黒物質 (LSP)
- 超対称性の破れの機構の研究
質量、相互作用の測定

1. 発見



生成断面積が大きい

LSP が安定で、測定されない。
⇒ SM background はほとんどない。
Meff + PT miss cuts.

2TeV squark、gluino を探索可能

超対称粒子が軽ければ大きな統計が期待できるので、

なるべく多数の物理情報を引き出したい。

★ famous SPS1a ...

2. 超対称性の破れの機構

“Hidden Sector (隠れたセクター)” ~F

超対称粒子の質量 F/M

- 超対称性の破れの機構に理論的な決定打はない

MSUGRA (80 s)

Gauge Mediation (GM) (94)

Anomaly Mediation (98)

Gaugino Mediation (00)

.....

.....

- 一番強い制限はFCNCとEDM。高いスケールの理論はきっと高い対称性を持っている。

例. MSUGRA

$m_0, M_{1/2}, A_0, \tan\beta$

(In MSUGRA)

m_0 : GUT scale でのscalar mass

$M_{1/2}$: GUT scale でのgaugino mass

F/M_{pl} : Gravitino 質量

(GM modelでは、コライダーで見ることができる。)

LHCの質量測定で実験的に検証可能

3. Dark matter?

一番軽い超対称粒子LSP

(ニュートラリーノかグラビティーノ)

が安定 暗黒物質

$$\Omega_b h^2 = 0.024 \pm 0.009 \ll \Omega_M = 0.113 \pm 0.01$$

相互作用の測定から暗黒物質密度へ

$$\Omega_{CDM} \propto \frac{1}{\langle \sigma v(\chi\chi \rightarrow \dots) \rangle}$$

あるいは宇宙の歴史の検証。(Late decay particle?)

LHCのパラメータ測定 I. (MSUGRA-的な模型の場合)

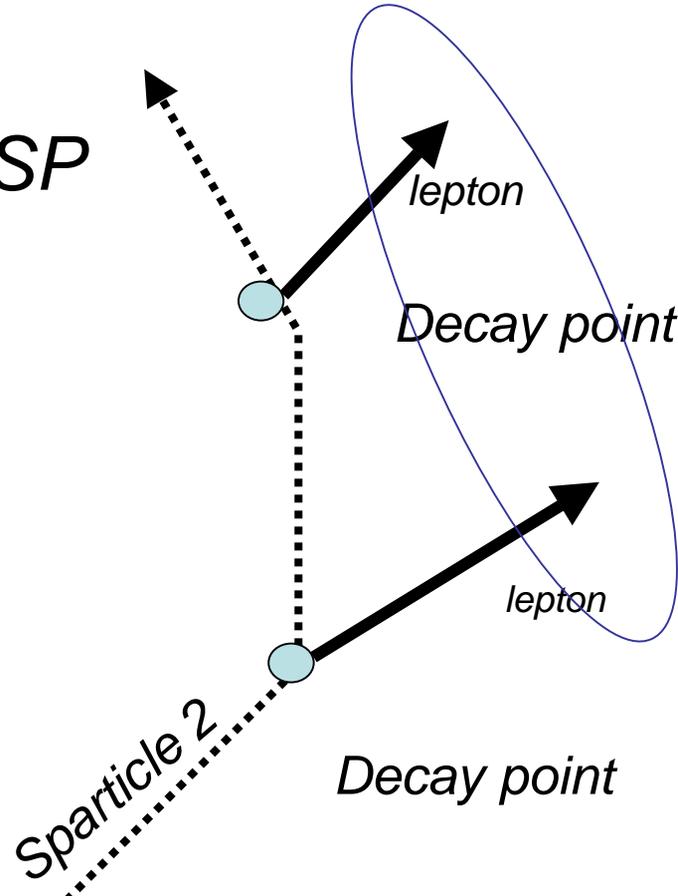
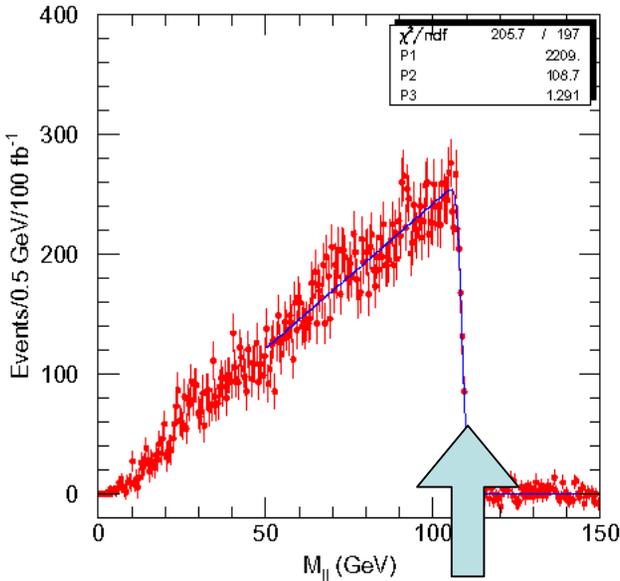
特定のチャネルを選び出すことが可能
(lepton , b jet , missing PT)
標準模型にない多段崩壊
バックグラウンドが少ない

分布のエンドポイントを選ぶ

Hincliffe, Paige (こういうことをするのはなぜか理論屋。。。。)

標準模型にはないような多段崩壊
チャンネルがある。

レプトンとジェットのあるチャンネルが有効 LSP

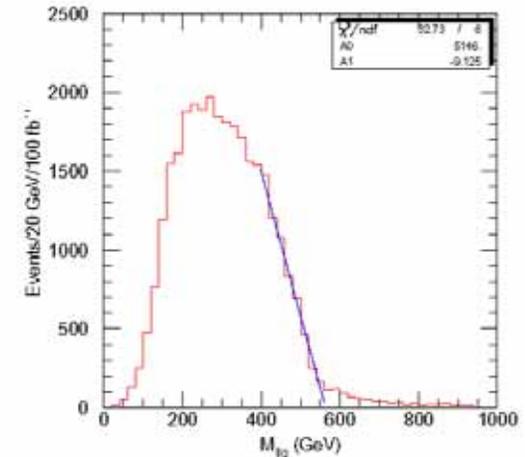
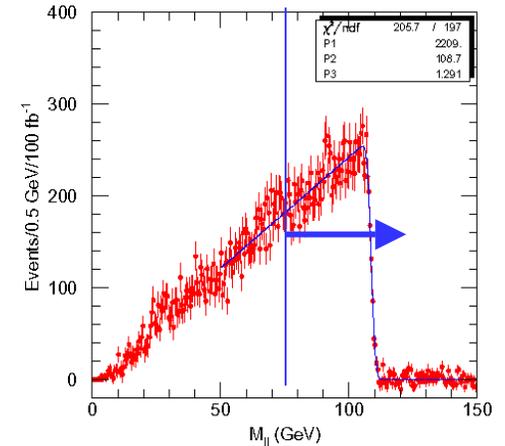
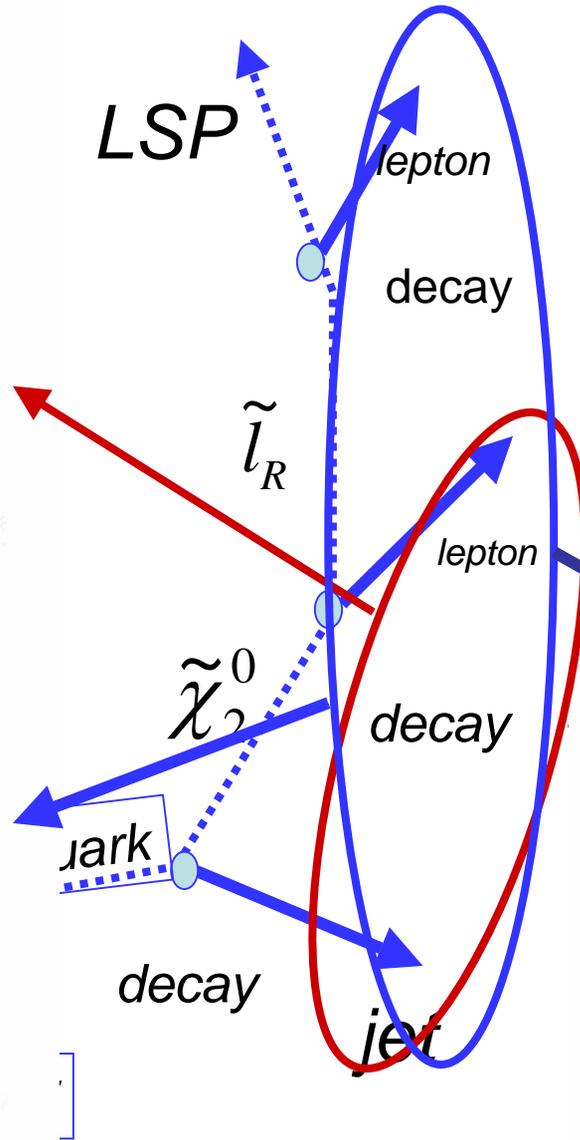
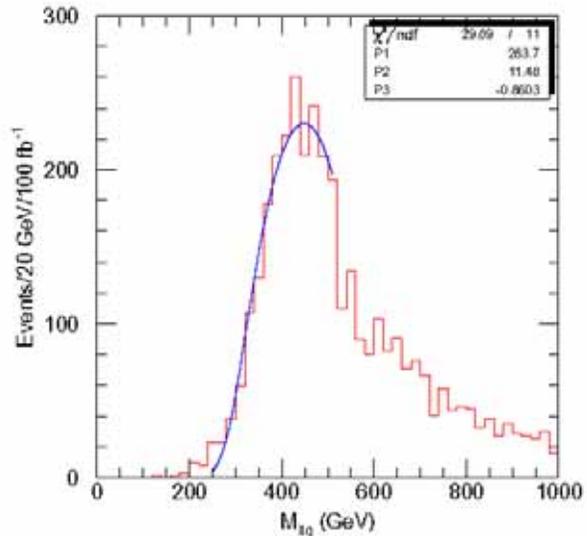
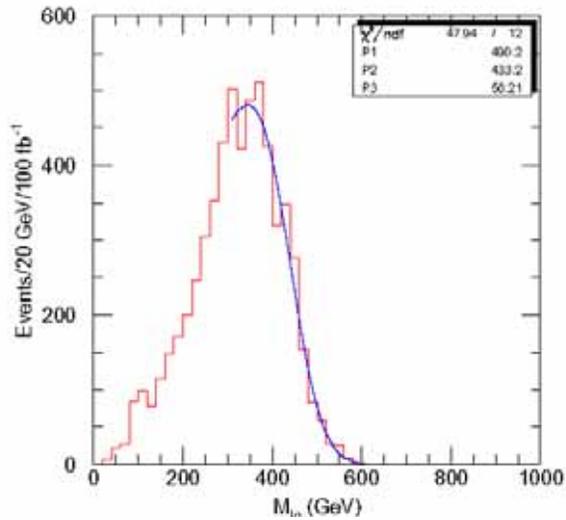


$$M_{\ell\ell}^{\max} = \sqrt{\frac{(M_2^2 - M_e^2)(M_e^2 - M_1^2)}{M_e^2}}$$

pp collision

jet

Jet Lepton の組み合わせで質量に迫っていく



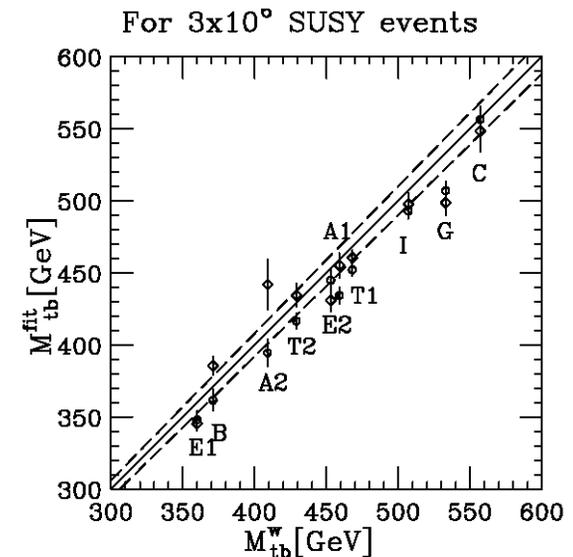
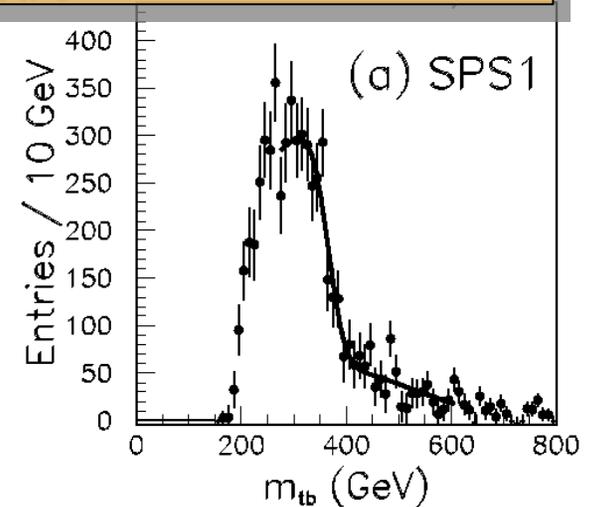
End Point 法をつかった b b jj (Stopの) 解析

(久野, 川越, 野尻 PRD68.035007)

$$\tilde{g} \rightarrow (t\tilde{t} \text{ or } b\tilde{b}) \rightarrow tb\tilde{\chi}_1^\pm$$

- Stop はBの物理に重要
- メインモード
- $t \rightarrow bW \rightarrow bjj$. というようなジェットのみでのチャンネルでも再構成ができることを示した。
- 二つのチャンネルが競合。分離のためにはスポットムの効果を決める必要がある。

SPS1aでは、endpointのエラーは
4GeV for 100fb^{-1}



SPS1a (Snowmass Point) での質量の研究 (LHC/LC study)

particle	mass	error(low)	stat+chi01	stat	error(high)	comment
\tilde{g}	595	16.3	15.1	7.0	8.0	bbll mode
\tilde{q}_L	540	21.2	20.8	2.6	8.7	jll mode
\tilde{q}_R	520	17.7	13.9	3.6	11.8	$M_{T2}10$ GeV sy:
$\tilde{\chi}_4^0$	378	14.6		6.6	5.1	high ll edge
$\tilde{\chi}_1^0$	96	13.4			4.7	jll
$\tilde{\chi}_2^0$	177	13.2			4.7	jll
\tilde{b}_1	492	average			7.5	jll mode
\tilde{b}_2	525	only			7.9	jll mode

LHCでも質量が数%で決まる場合があることを示した。(レプトンが多い場合)
難しいのと考えられているモデルもあって今後の課題。

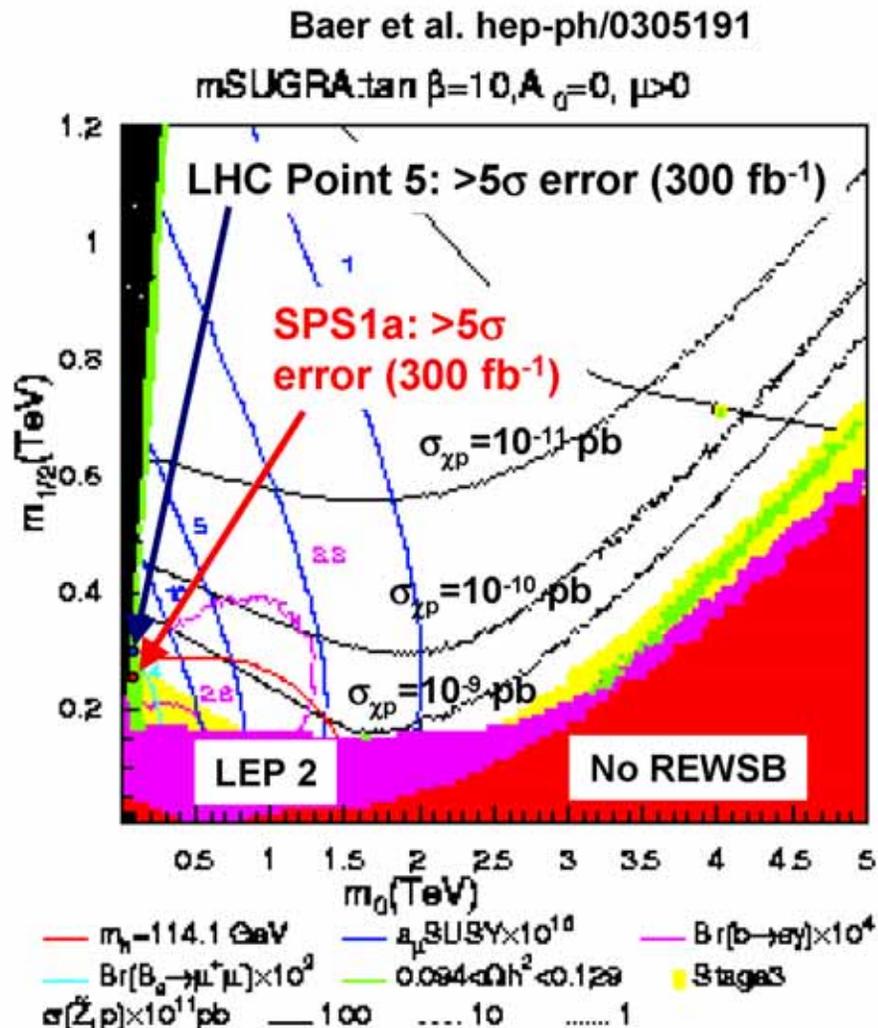
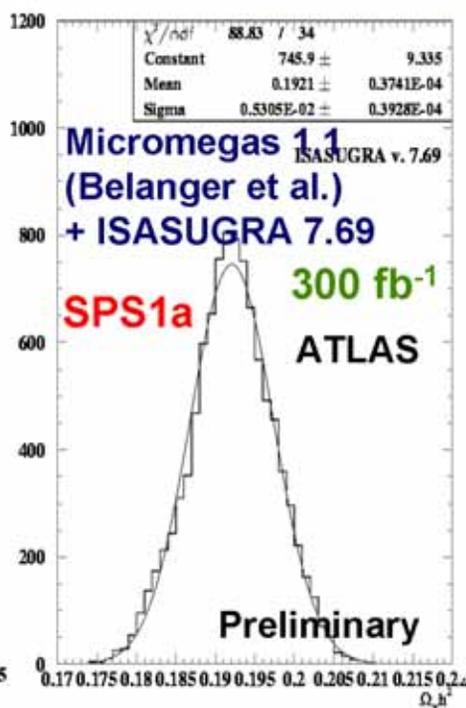
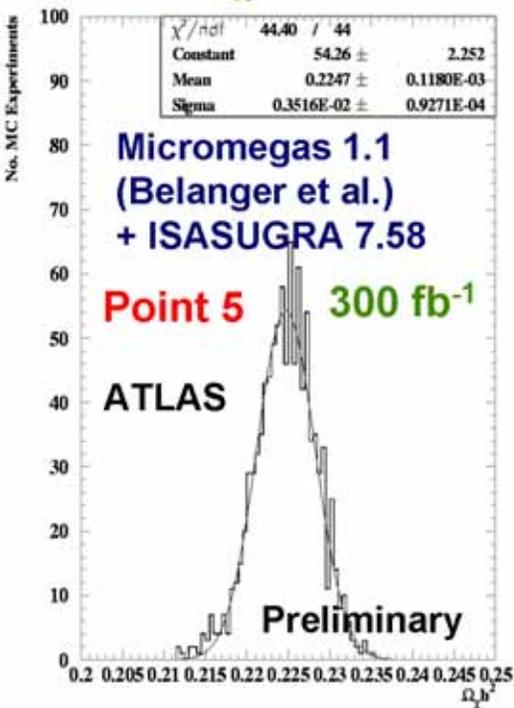
LSP 質量 \Rightarrow 暗黒物質の質量

Slepton の質量 \Rightarrow Dark matter 密度

Stage 3: Relic Density

By D. Tovey

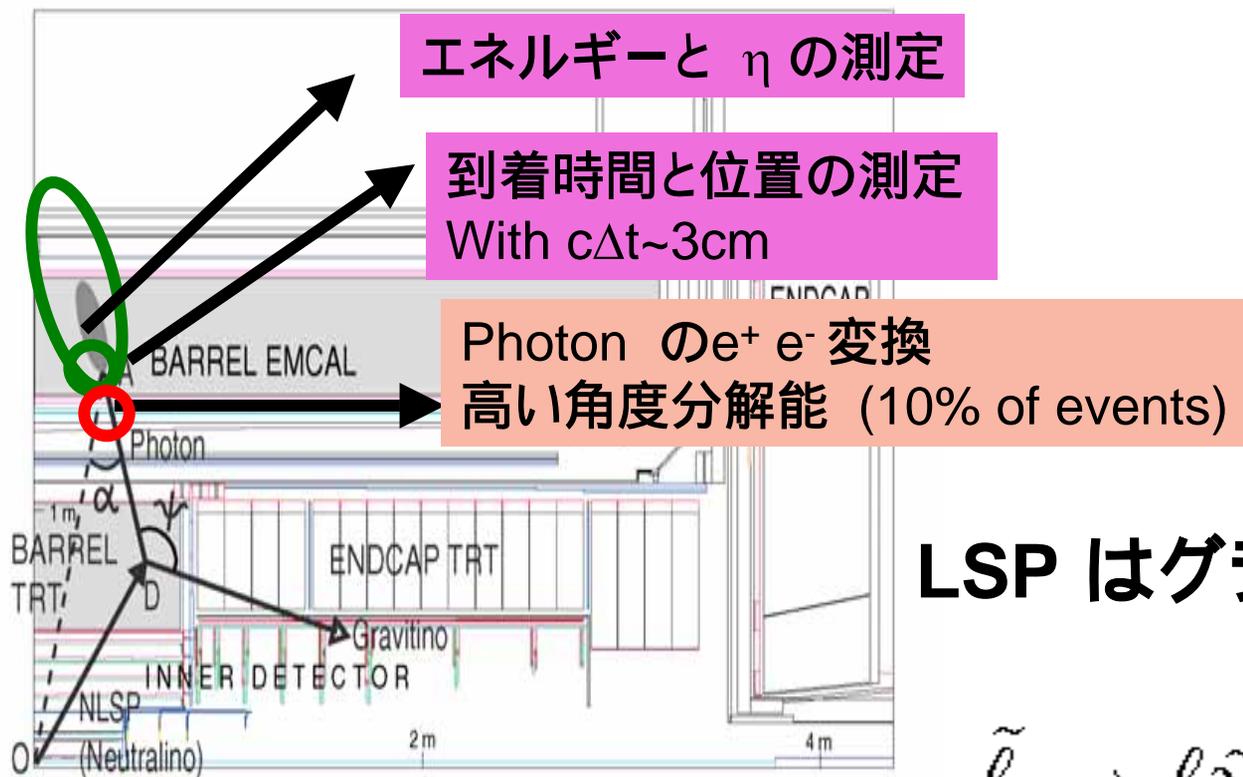
- Measurement precision for $\Omega_\chi h^2$ depends on region of parameter space (e.g. for 300 fb⁻¹)
- e.g. $\Omega_\chi h^2 = 0.2247 \pm 0.0035$ (Point 5)
- e.g. $\Omega_\chi h^2 = 0.1921 \pm 0.0053$ (SPS1a)



Parameter の測定 II

Gauge Mediation model. の場合

(川越、小林、野尻、越智 PRD 2004)



LSP はグラビティーノ

$$\tilde{l} \rightarrow l \tilde{\chi}_1^0 \rightarrow l \gamma \tilde{G}$$

などが、有用なモード

FIG. 1: Decay kinematics of the NLSP (the lightest neutralino $\tilde{\chi}_1^0$) in the ATLAS detector.

converted eventsの解析

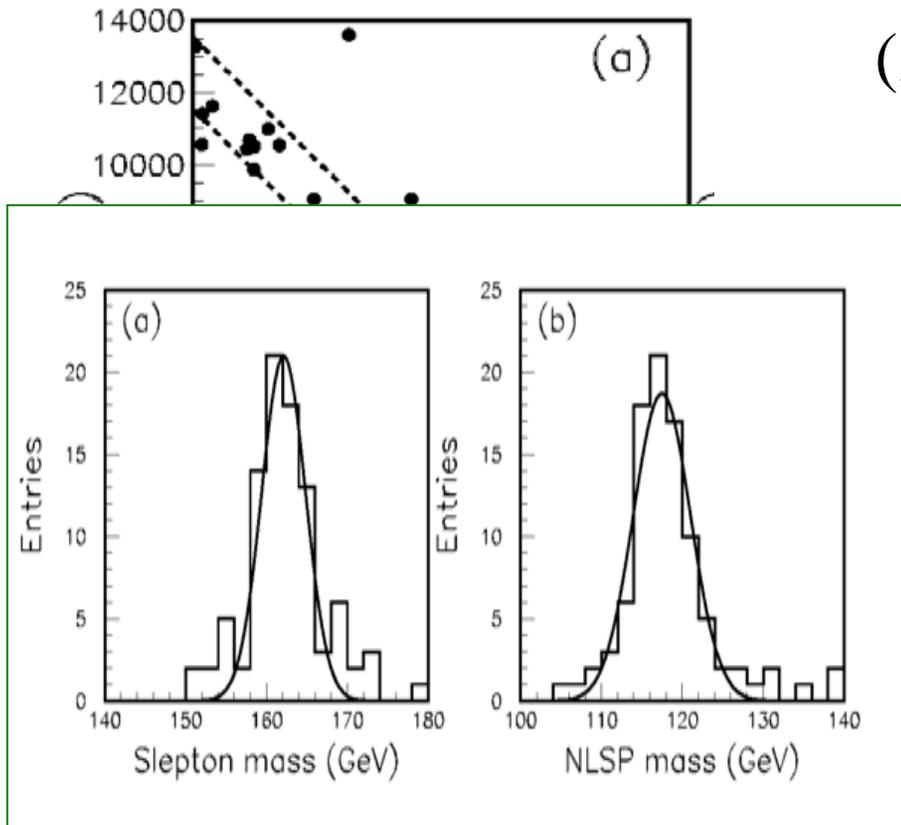
Study of the decay chain $\tilde{l} \rightarrow l\tilde{\chi}_1^0 \rightarrow l\gamma\tilde{G}$

$$(m_{\tilde{l}})^2 = a(m_{\tilde{\chi}_1^0})^2 + b$$

a b は photon 情報とレプトン運動量の関数

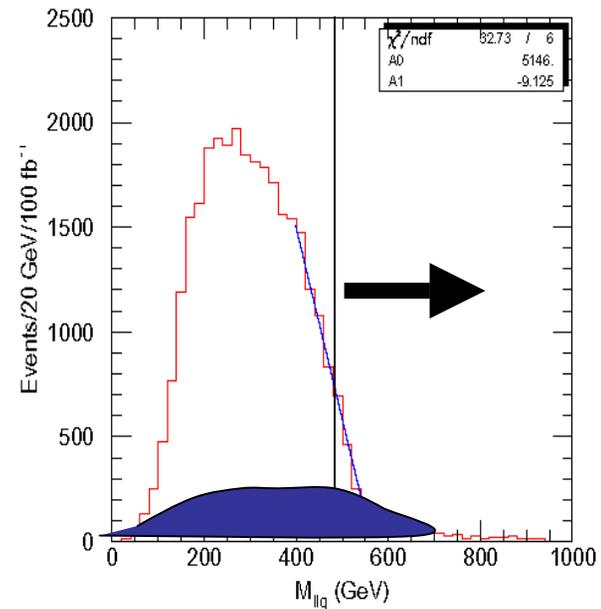
2 eventsで質量についてなにかいうことができる。

質量決定のあとはnon-converted イベントも含めて崩壊点、崩壊時間をもとめてLIFE TIMEの決定
gravitino の質量



end point の測定 (1996 snowmass ~)だけでいいか？

- LSPの運動量を決めていない。
- Endpoint 以下のeventを無視している。
- 高統計が必要
(discovery limit ぎりぎりではなにをすればいいか。)
- 質量の近い粒子があると不安。

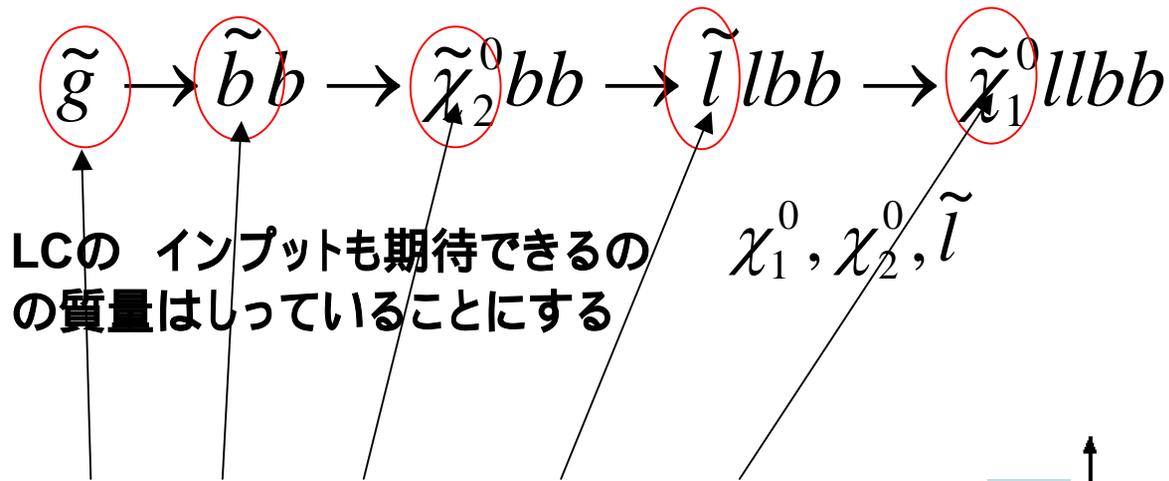


Mass relation method

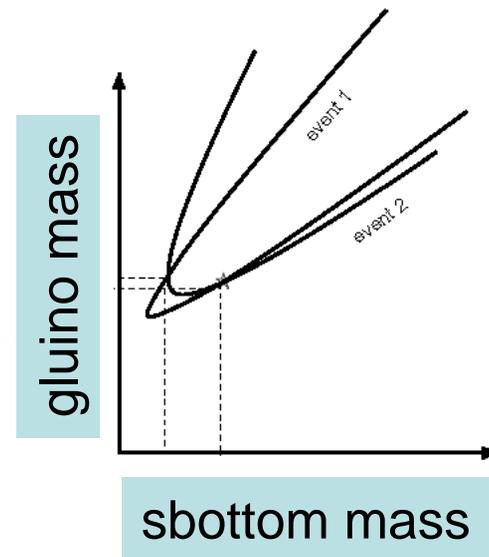
(質量条件法 at 2003 Les Houches workshop)

- 多段カスケードという超対称粒子のシグナルの特徴を生かしてイベントごとにLSPの運動量をとく。
- すべてのイベントを使う。
- 2、3イベントで質量についてなにかいうことができる。(up to jet energy resolutions)。

mass relation methodの例



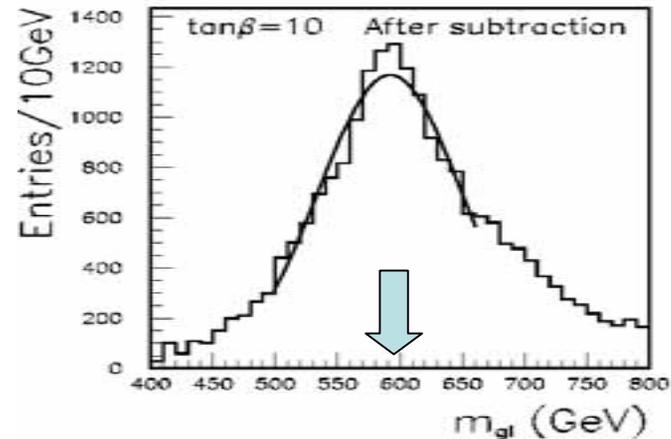
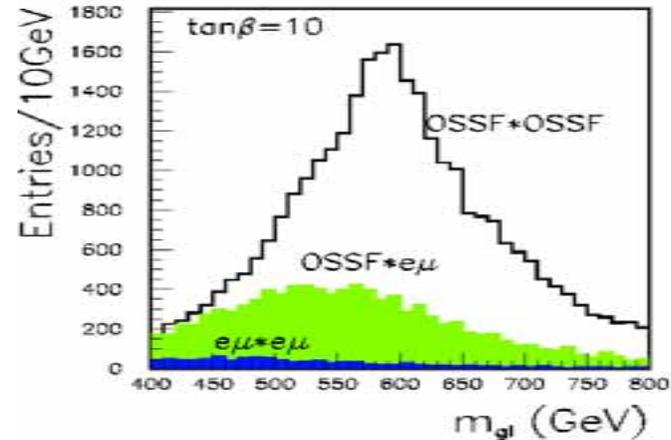
5つの質量条件
6つの未知数
(4つはneutralino 運動量
とgluino と sbottom の質量)



イベントは2次元質量空間のなかの楕円曲線
2イベントで質量が決まる。

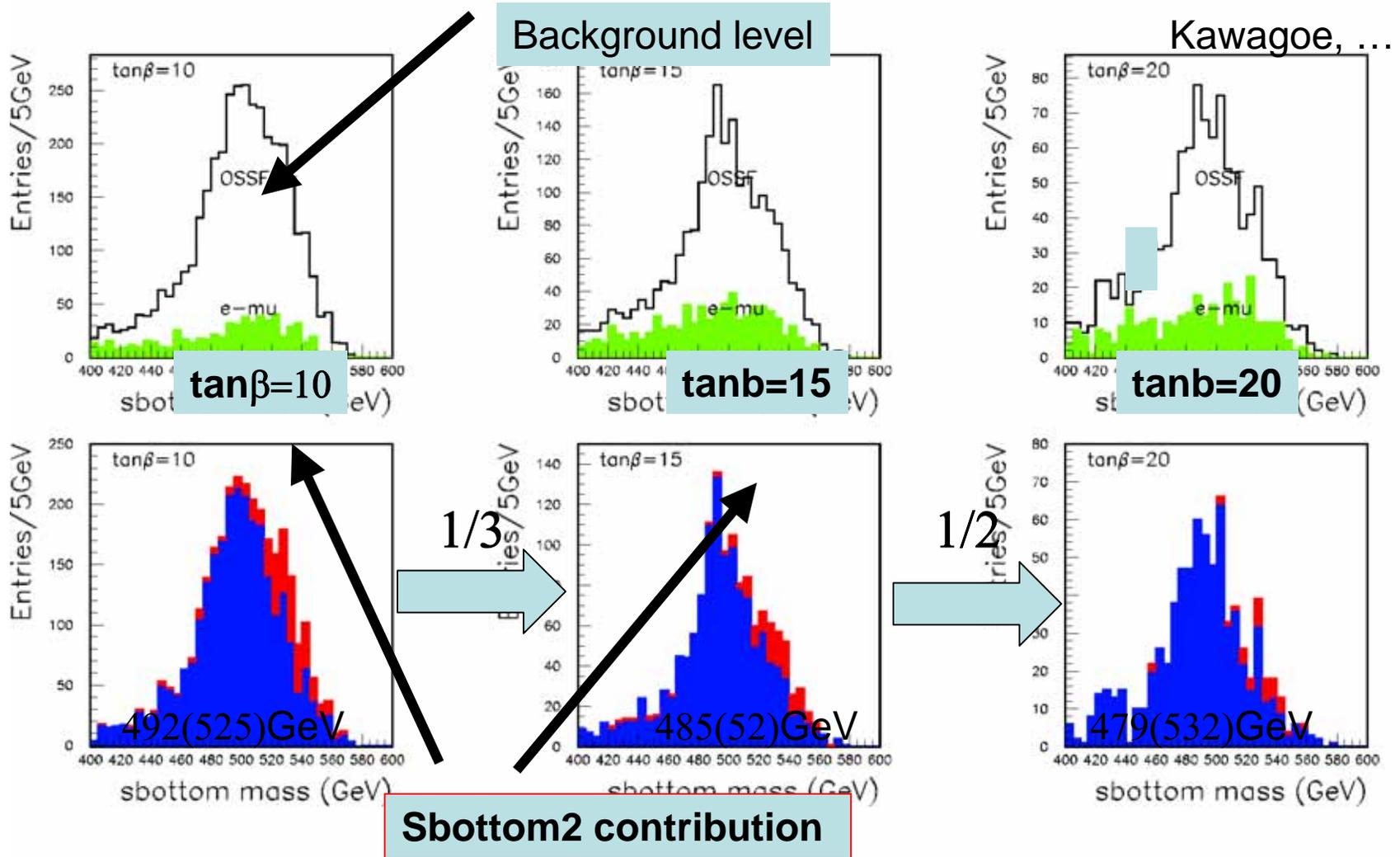
Gluino 質量解の分布

- ピークは正しい位置にくる。(ピーク位置の統計エラーは1 GeV)
- 一つの事象は10回以上使われている。
- 分布の幅は4ジェットのエネルギーとパートンエネルギーとの関係で決まる。



Distribution of signal + background (Background subtracted). 川越

Sbottom の質量の再構成

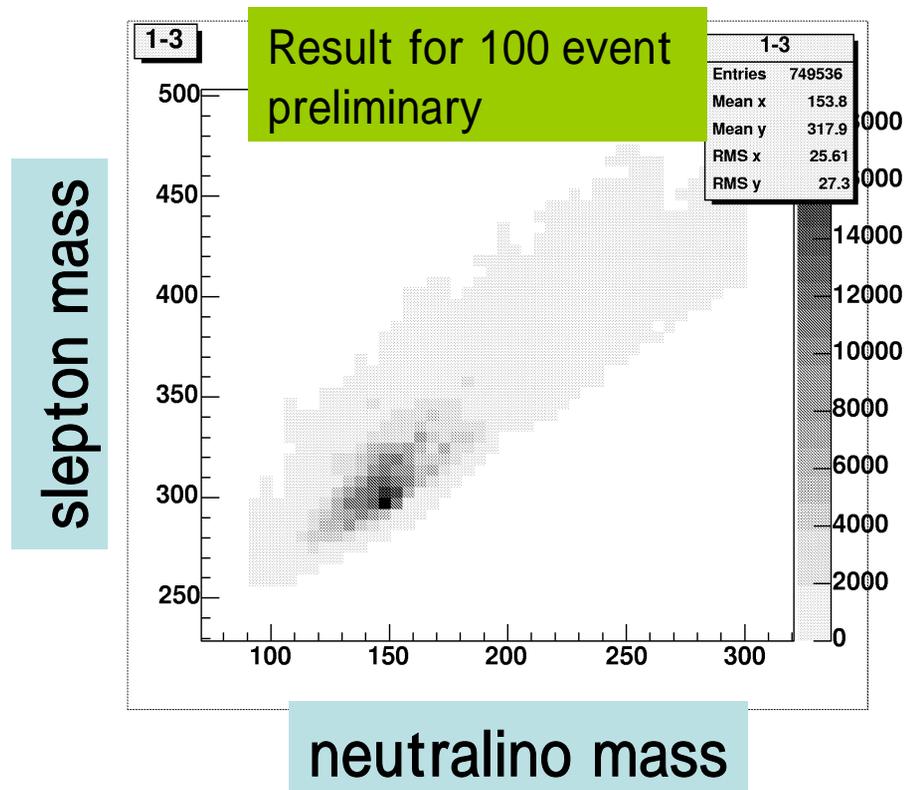


Likely-hood による解析

1 イベント =
質量 (5次元空間) の
確率分布 (~ 4次元空間)

5 イベントですべての質量
を決めることが原理的には
可能。

少数統計の場合の質量
測定の可能性が出てきた



(Lester 2004)

営業方針

- 国際共同研究
- 簡易シミュレーション

最後は実験屋さん

- 「モデルに特化した研究」をやるのではなくて、
「LHCでやれること」を増やすことが目標。
- 今までできないと思っていたことが、できるようになっている。

展望

遊べるのはあと3年