

LHC-ATLAS実験における 長寿命荷電粒子の探索

日本物理学会 2010年秋期大会

東裕也

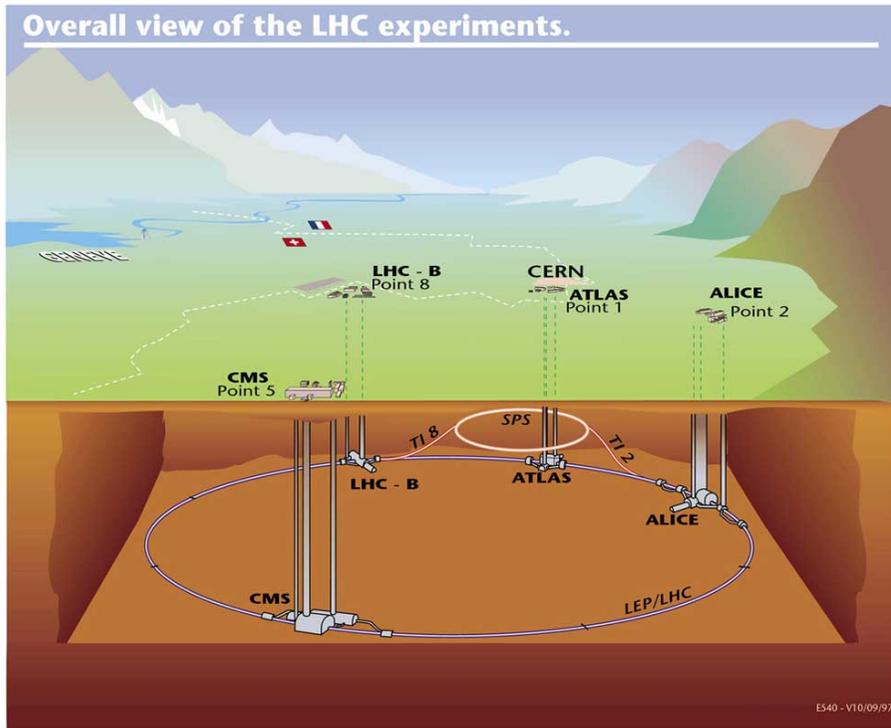
陣内修^A、浅井祥仁、小林富雄^B

東京大学大学院理学系研究科

東京工業大学大学院理工学研究科^A

東京大学素粒子物理国際研究センター^B

LHC-ATLAS 実験



LHC 加速器

最大重心系エネルギー 14TeV

design luminosity $10^{34} \text{cm}^{-2}\text{s}^{-1}$

2010,2011は重心系エネルギー 7TeV
で稼働

2011年度までにintegrated luminosityで
 1fb^{-1} を予定している。

LHC plan

| | E_{CM} (TeV) | integrated luminosity |
|------|-----------------------|-----------------------------|
| 2010 | 7 | $\sim O(10) \text{pb}^{-1}$ |
| 2011 | 7 | $\sim O(1) \text{fb}^{-1}$ |
| 2012 | long -shutdown | |
| 2013 | 13~14 | $O(1) \text{fb}^{-1}$ |
| 2014 | 13~14 | $O(10) \text{fb}^{-1}$ |

超対称性模型 (AMSBモデル)

ゲージノの質量の比 $\longrightarrow M_1 : M_2 : M_3 \approx 3 : 1 : 7$
bino wino gluino

ウィーノが最も軽いためLSPの主な成分がウィーノとなる。

チャージノの崩壊

$$\tilde{\chi}_1^\pm \rightarrow \tilde{\chi}_1^0 + \pi^\pm, e^\pm \nu$$

チャージノとニュートラリーノが非常に縮退しているため π または電子が非常にソフトになる。

チャージノの崩壊長は内部飛跡検出器内にまで及び、チャージノのトラックが観測可能となる。

この事象が作る信号は、 π もしくは電子が非常にソフトになるために特徴的な信号となる

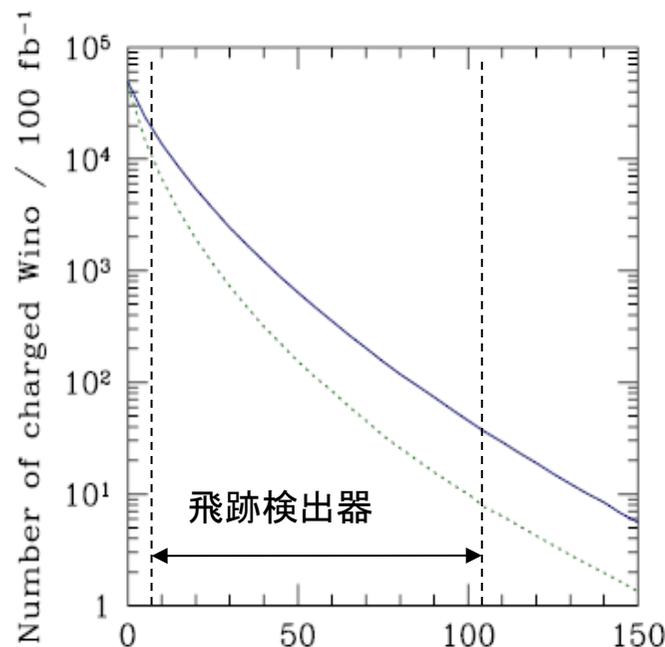
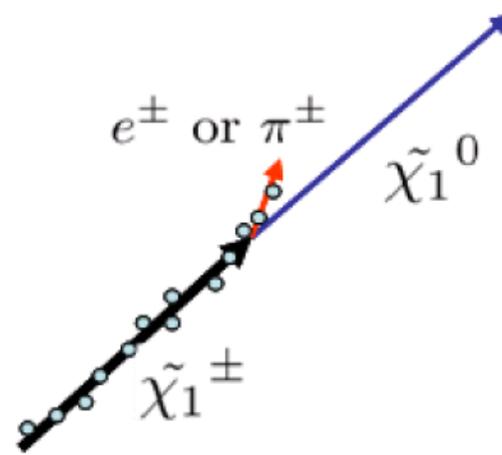
- **キントラック**

π もしくは電子が飛跡を作り再構成されたときにキントラックをつくる

- **消失トラック**

π もしくは電子が再構成できずにトラックが途中で消えたように見える

\rightarrow これらの信号の探索を行う

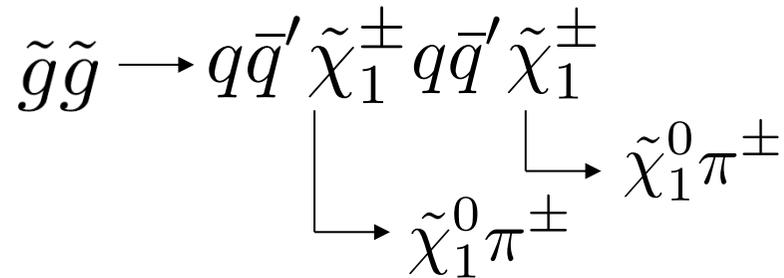


Winoの崩壊長 (cm)

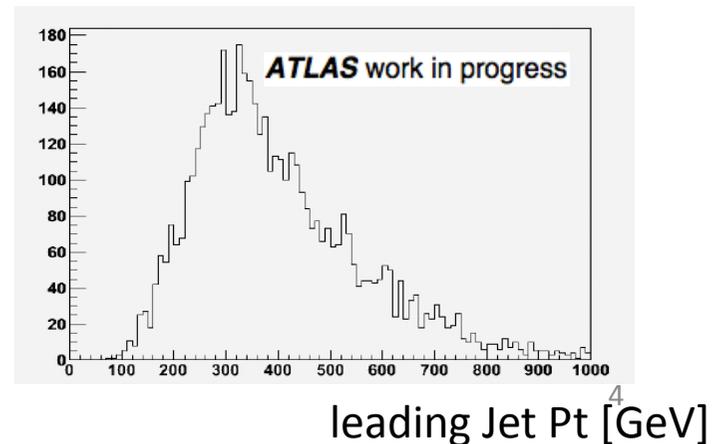
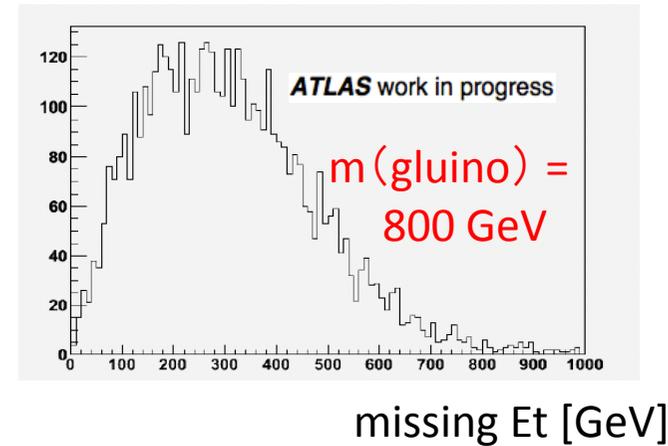
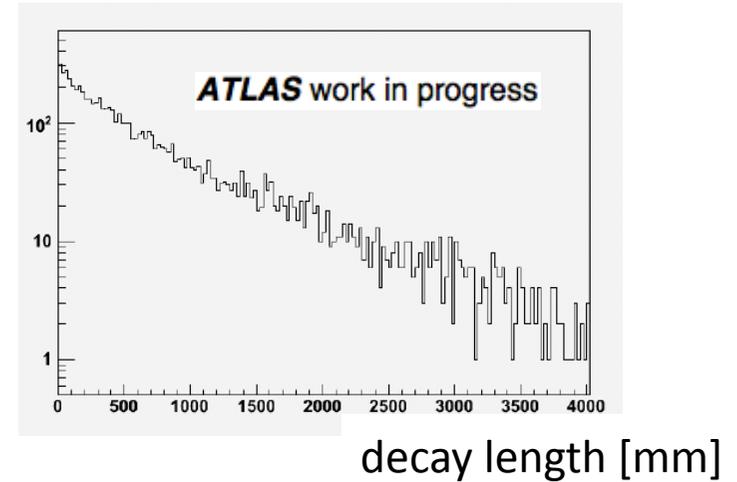
solid line $pp \rightarrow \tilde{g}\tilde{g}$
 dotted line $pp \rightarrow \tilde{W}\tilde{W}$

AMSB SUSYのイベントトポロジー

AMSB SUSYではグルイーノ対が生成され、以下のように崩壊をする。

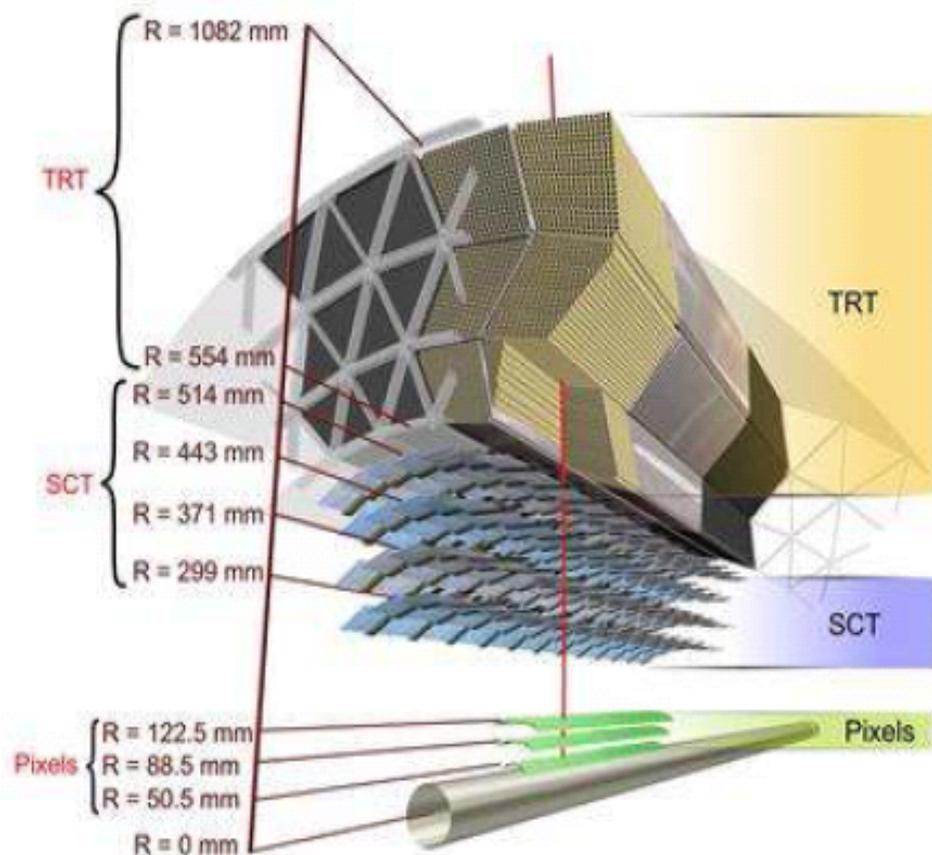


- **チャージーノ** **トラック**
チャージーノが検出器長に及ぶくらいの寿命をもったとき、内部飛跡検出器で飛跡が観測される。
- **大きなmissing Et**
チャージーノがカロリメータに達するまでに崩壊すると、大きなmissing Etをつくる。
- **大きな運動量を持った多数のジェット**
グルイーノが崩壊すると、大きな運動量を持ったジェットが多数生じる。



内部飛跡検出器

ATLASの内部飛跡検出器は
pixel,SCT,TRTの3つの検出器からなる。



Pixel 検出器

全3層からなる、最も内側にある
検出器

3層のうち、1番ビームパイプに近い
ものをb-layerと呼ぶ。

SemiConductor Tracker (SCT)

全4層からなる半導体検出器

ストリップ状のセンサーで読み出す
モジュールを2つ重ね合わせて、
粒子の位置を測定する

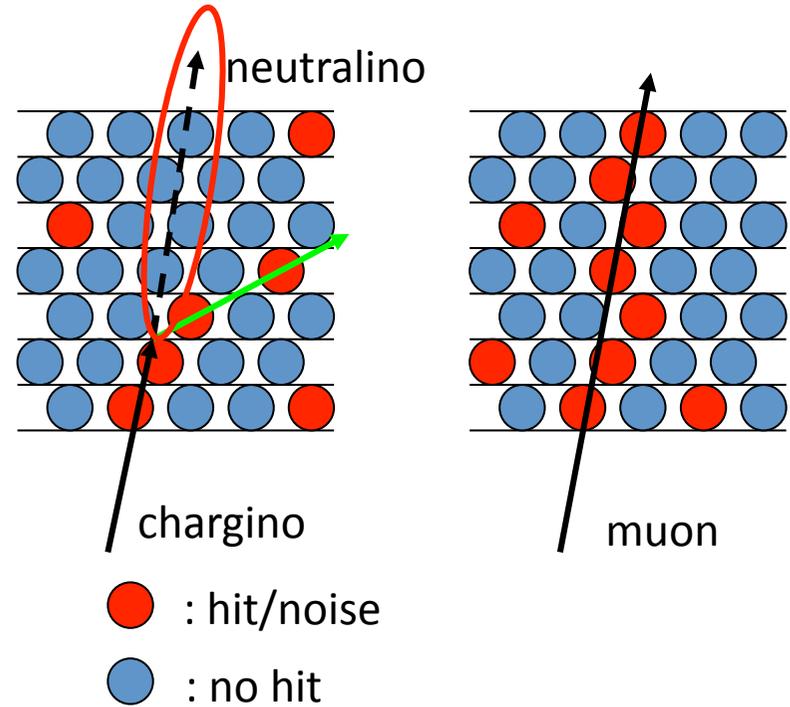
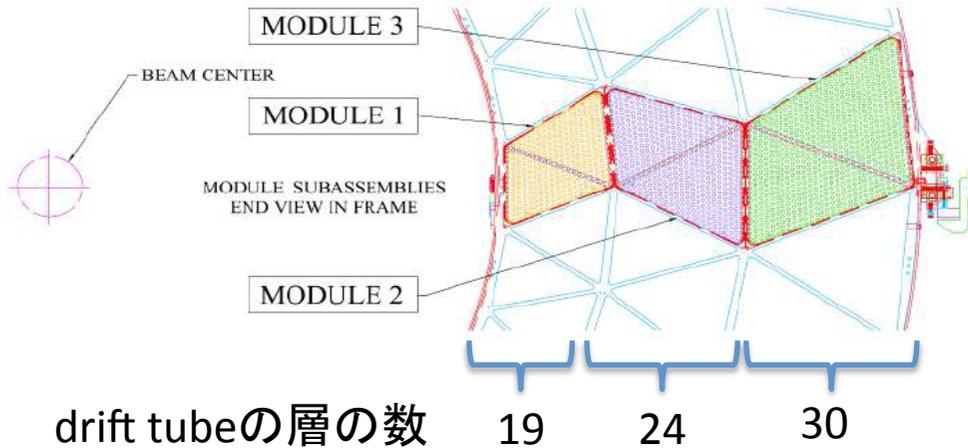
Transition Radiation Tracker (TRT)

全73層のdrift tubeからなる連続飛跡
検出器

gas: Xe (70%) + CO₂ (27%) + O₂ (3%)

遷移輻射を用いて粒子識別も行う
大きく3層構造をなしている

チャージーノ探索(1)

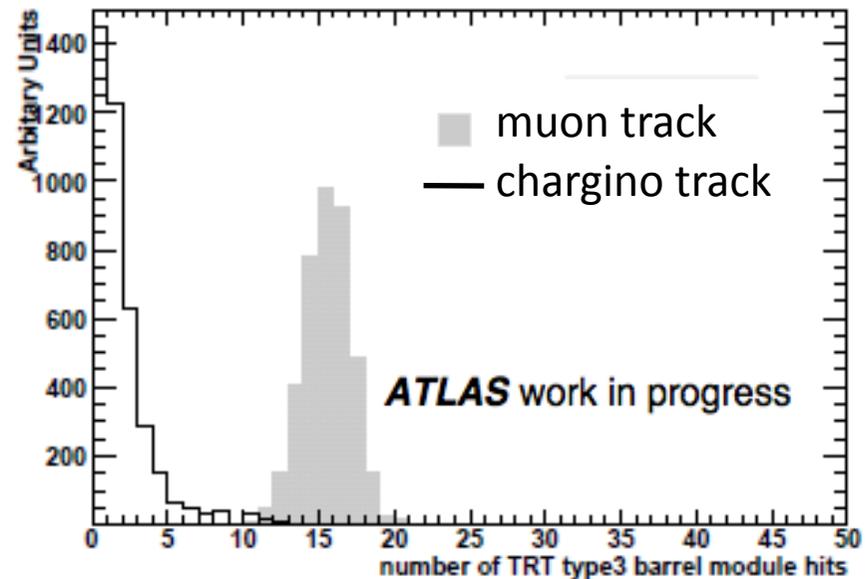


チャージーノのトラックを探索するのに TRT検出器を用いる。

トラックをTRTの各層に外挿し、ワイヤーとの距離がチューブの半径以下だった場合のヒット数を計測する。

TRTの3層目のhit数を測定することで、チャージーノとミュオンとで区別が可能。

チャージーノ: 5 hit未満
ミュオン : ~15



チャージーノ探索(2)

AMSB チャージーノを探索するのに以下のようなカットを要求する。
 大きなmissing Et 及び多数のhigh Pt jet のイベントの中でチャージーノ トラックを探索する

Kinematics selection

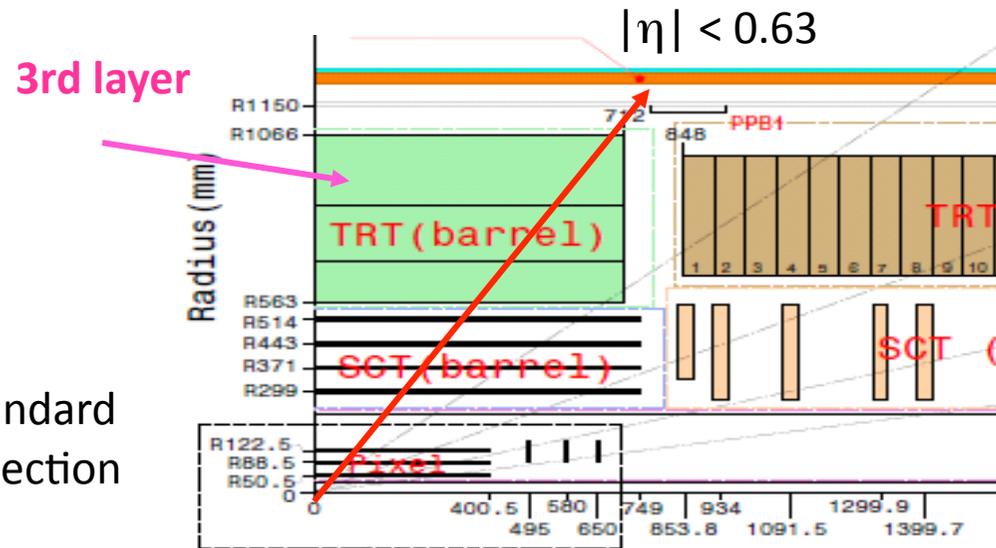
- a. missing Et > 70 GeV
- b. 1st Jet Pt > 70 GeV
- c. 2nd Jet Pt > 40 GeV
- d. 3rd Jet Pt > 40 GeV

解析に用いたトリガーは3jet 10GeV を要求
 integrated luminosity は 2.94 pb⁻¹

Track selection

- 1. P_T > 50GeV
- 2. |η| < 0.63
- 3. N(b-layer) >= 1
- 4. N(SCT) >= 6
- 5. |d₀| < 2mm
- 6. |z₀sin(θ)| < 2mm
- 7. χ²/ n.d.o.f < 2.0
- 8. TRT 3rd layer hits < 5
- 9. EM TopoCluster E_T matching to the track < 500MeV
 (trackから電磁カロリメータまで外挿しdR < 0.1で matchingを取ったクラスター)

ATLAS standard track selection



EM Cluster Et < 500 MeV

track quality

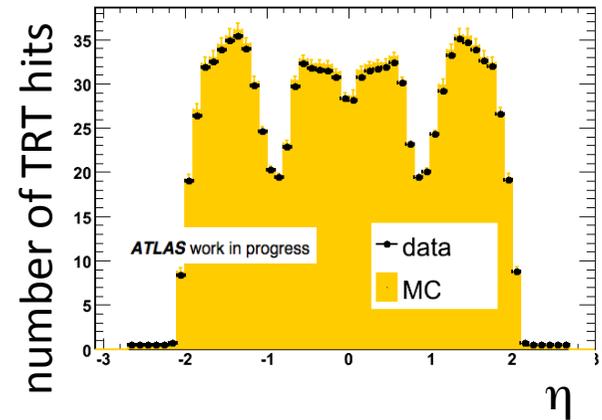
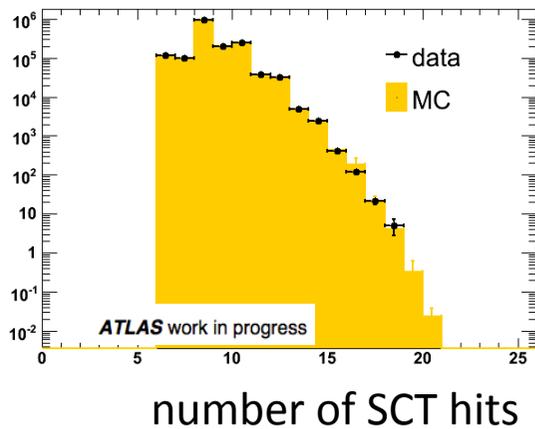
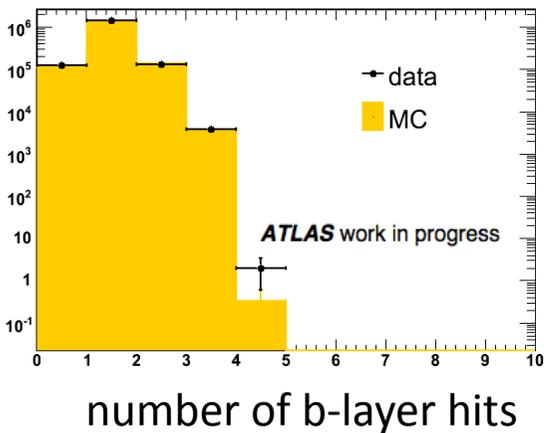
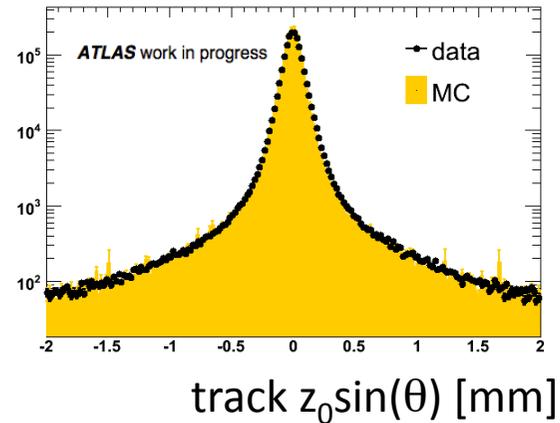
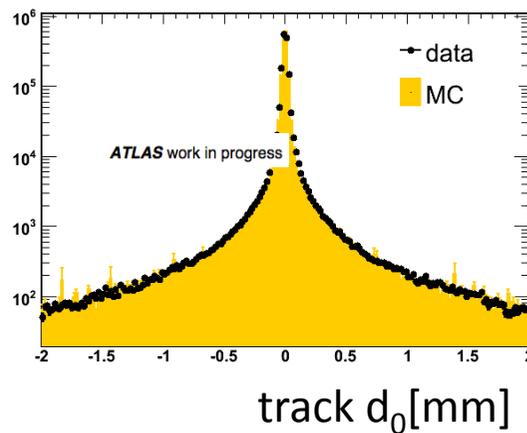
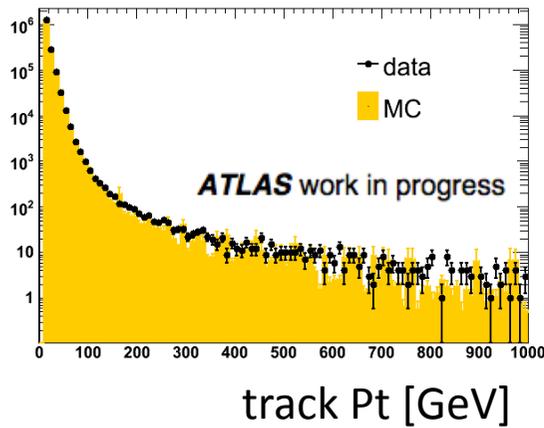
track quality はチャージノ探索に対し重要。

下図はtrack pt > 10GeV , number of pixel hits >=1 , number of SCT >= 6 を要求した際のtrack quality 分布である。

data と MCでよく再現ができています。

black : data

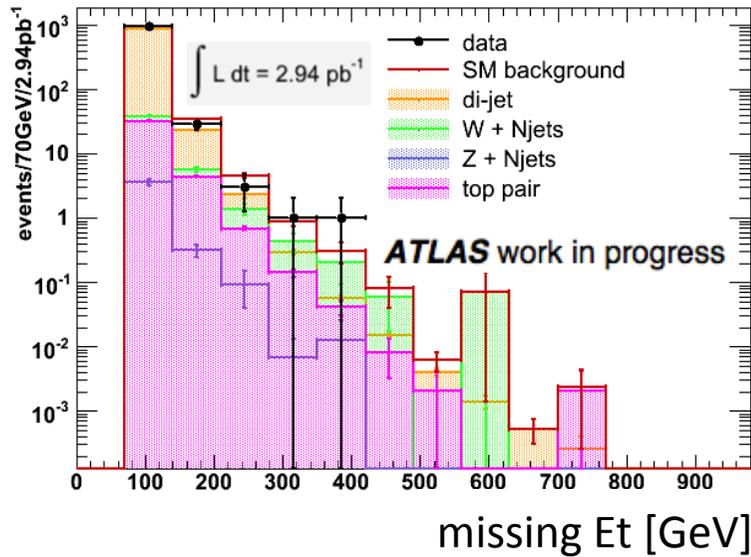
yellow : MC (di-jet sample : Pythia)



Kinematics selection

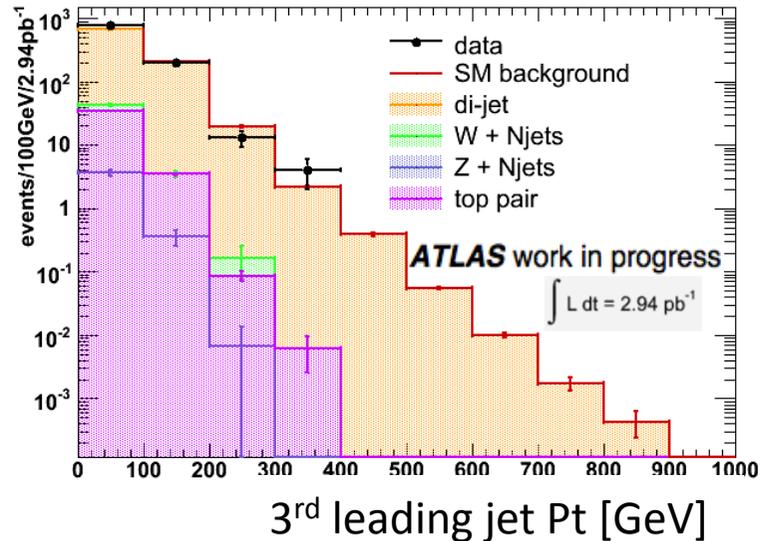
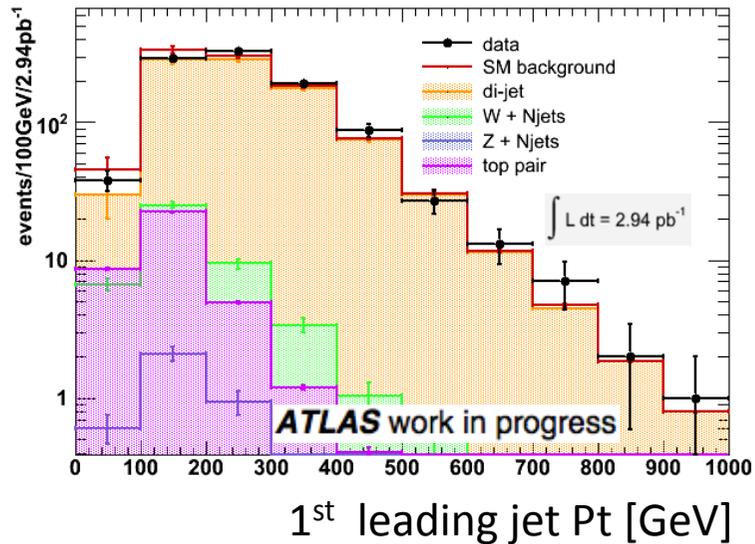
Kinematic selection として

missing Et > 70 GeV , 1st jet Pt > 70 GeV , 3rd jet Pt > 40 GeVを要求する。



QCD起源のmissing Et 分布がdataとMCでずれているため、今回の解析では3rd jet Pt > 40GeV, mEt > 70GeVの領域でnormalizationを行った。

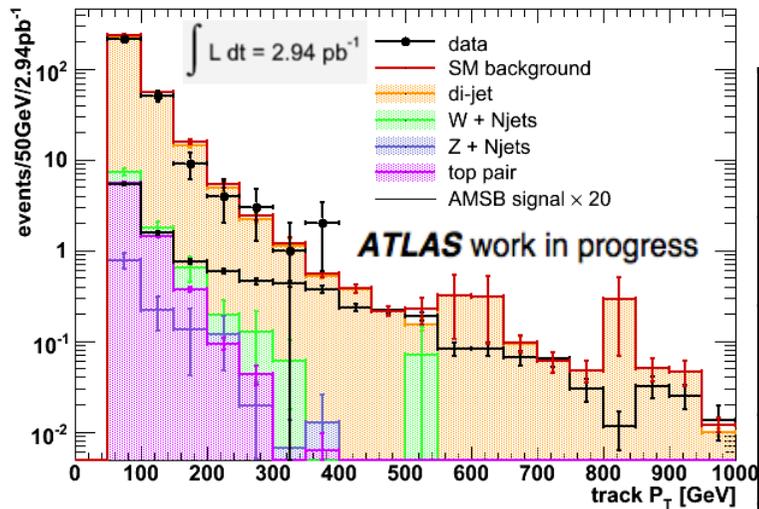
上図 : kinematics selection 後のmissing Et 分布
 下図 : kinematics selection後の1st leading jet Pt 分布(左)と3rd leading jet Pt 分布(右)
 kinematics selection後 990 events



kinematics selection後のtrack selection

Kinematics selection を要求後、track selectionを要求する。

下図はKinematics selection及びtrack selectionのSCT cut後のtrack Pt 分布



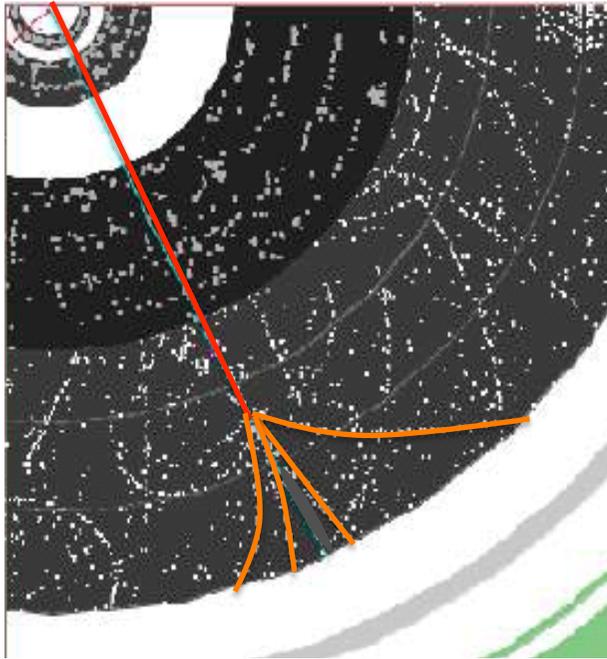
kinematics selection 後のtrack selection
のカットフロー (2.94 pb⁻¹)

| cut | data | standard model background | AMSB signal |
|---------------------------------------|------------|---------------------------|------------------|
| SCT | 283 +/- 17 | 320 +/- 8 | 0.53 +/- 0.008 |
| d ₀ ,z ₀ (θ) | 283 +/- 17 | 319 +/- 8 | 0.53 +/- 0.008 |
| χ ² | 264 +/- 16 | 302 +/- 8 | 0.51 +/- 0.008 |
| TRT | 1 +/- 1 | 1.19 +/- 0.32 | 0.052 +/- 0.002 |
| calo | 0 | 0.0080 +/- 0.0061 | 0.0045 +/- 0.002 |

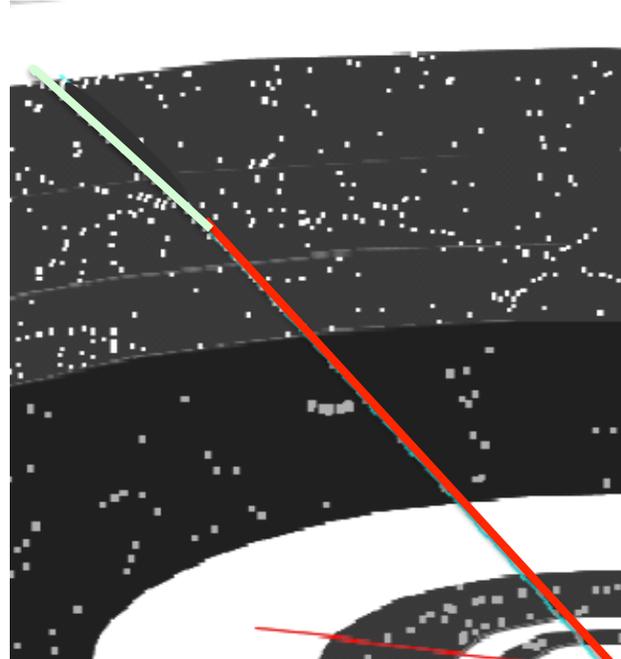
全てのtrack selection を要求した後に残ったtrack数はdataについては0。
2.94 pb⁻¹ではチャージノの候補はみつかっていない。

standard model background は 0.0080 +/- 0.0061 である。

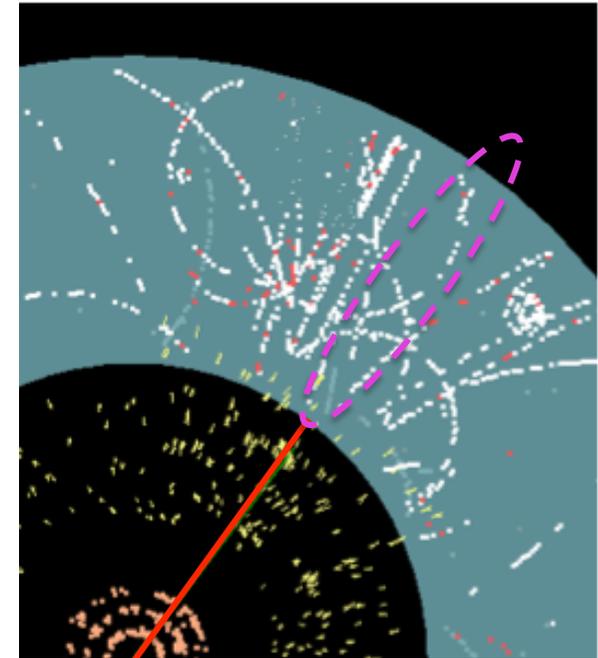
バックグラウンド



(1) 物質との非弾性散乱



(2) ハドロンのdecay in flight



(3) fake track

バックグラウンドの候補となるものは 3種類

(1) 物質との非弾性散乱

物質と非弾性散乱を起こして、外挿した場所にhitが存在しない。

(2) ハドロンのdecay in flight

ハドロンが崩壊してキンクトラックをつくる。

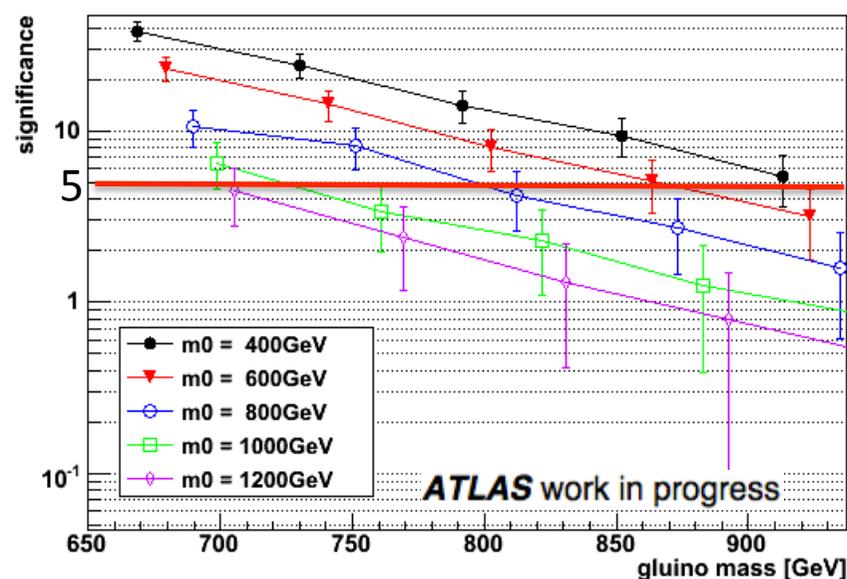
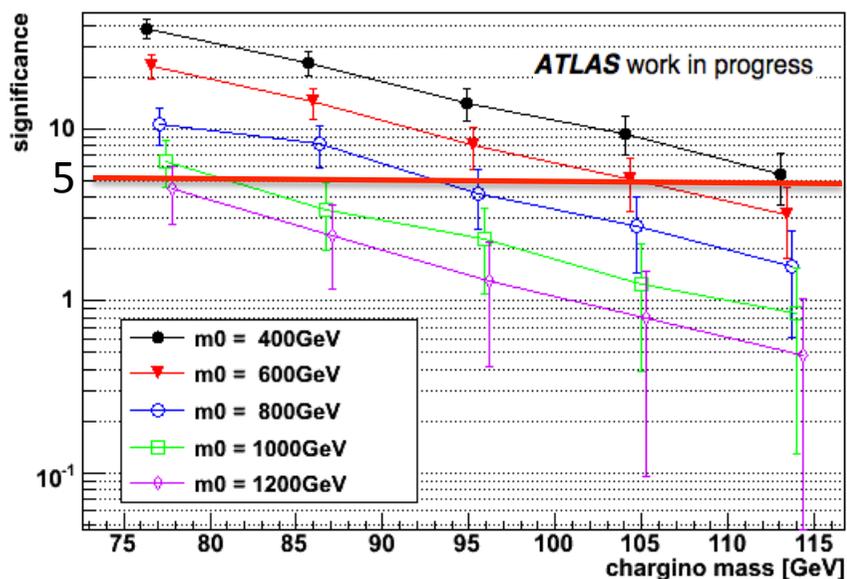
(3) fake track

pixelやSCTのノイズが偽トラックを作る。TRTに外挿してもhitは見られない。

チャージーノの発見能力

2011年度に期待される 1fb^{-1} のintegrated luminosityにおけるチャージーノの発見能力を評価する。 1fb^{-1} のバックグラウンド数、シグナル数をもちいてsignificanceを計算した。

$$\text{significance} = \frac{\text{number of signals}}{\sqrt{\text{number of background}}}$$



左図 チャージーノの質量を横軸に取ったときのsignificance

$m_0 = 600\text{ GeV}$ の場合にチャージーノの質量105GeV 程度まで発見可能(significanceが5以上)

右図 グルイーノの質量を横軸に取ったときのsignificance

$m_0 = 600\text{ GeV}$ の場合にグルイーノの質量にしておよそ860GeV まで発見可能である。

まとめ

- AMSB SUSYでは長寿命なチャージーノが予想されており、ATLASの内部飛跡検出器で観測が期待される。
- 現在,ATLASは 2.94 pb^{-1} のデータを取得。2011年度までに 1 fb^{-1} が予定されている。
- モンテカルロのtrack quality 分布はデータをうまく再現している。
- 全てのselectionを要求したあとでは、チャージーノの候補は見つかっていない。予想されるstandard model backgroundは 2.94 pb^{-1} のintegrated luminosity で 0.0080 ± 0.0061
- 1 fb^{-1} のデータで、 $m_0=600 \text{ GeV}$ の場合にチャージーノの質量は 105 GeV まで、グルイーノの質量は 860 GeV までで発見が可能である。