

日本物理学会 2009年秋大会

GR@PPA イベントジェネレータを用いた  
LHC-ATLAS 実験における  
W + jets 事象の研究

---

筑波大数理, 高工研<sup>A</sup>

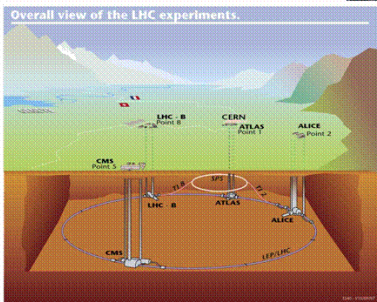
林隆康, 金信弘, 原和彦, 尾高茂<sup>A</sup>, 津野総司<sup>A</sup>

# 目次

- Introduction
- GR@PPA と ALPGEN
- 比較の方法
- GR@PPA、ALPGEN 比較
  - W 再構成
  - Jets
- まとめ / 今後

## LHC 加速器

- 欧州原子核研究機構 (CERN)
- 陽子・陽子衝突型円形加速器
- 地下約 100 m
- 周長約 27 km
- 重心系エネルギー: 14 TeV
  - 7 TeV → 10 TeV, 14 TeV
- ルミノシティ:  $10^{34} \text{cm}^{-2}\text{s}^{-1}$



2009年9月13日(火)

JPS 2009年 秋 / 筑波大 林 隆康

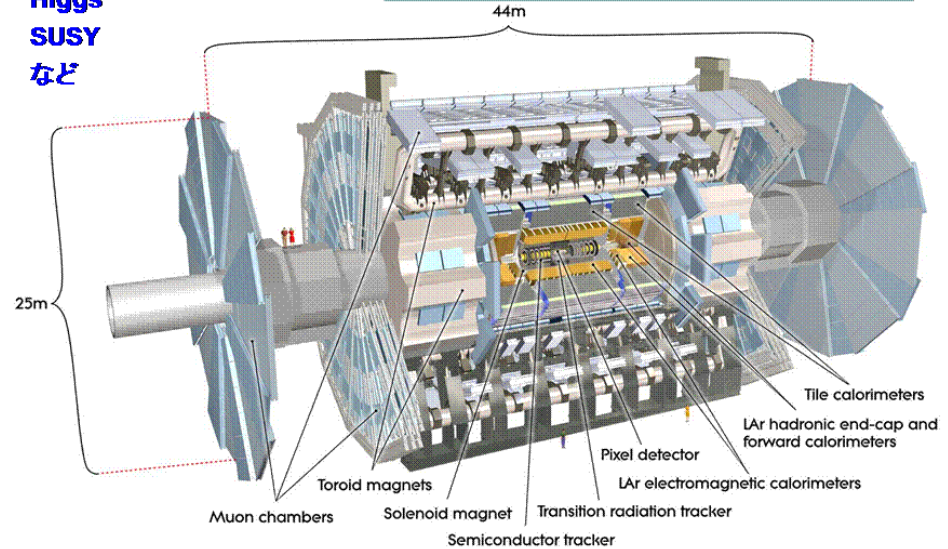
15

- ATLAS 検出器
  - 2つの汎用型検出器の1つ。

## ATLAS 検出器

- 汎用型粒子検出器
- SM 精密測定
- Higgs
- SUSY
- など

$$\text{pseudo rapidity } \eta = -\log\left\{\tan\left(\frac{\theta}{2}\right)\right\}$$



# Introduction

- $W + \text{jets}$  事象は、ATLAS 実験において Higgs、SUSY、top イベント等のバックグラウンドであるので、その性質を詳細に調べる事は重要である。
- GR@PPA はジェットの整合性がとれたイベントジェネレータとして現在開発中である。
- ALPGEN は  $W + \text{jets}$  事象において ATLAS 標準のイベントジェネレータの1つである。

- 本研究では、GR@PPA と ALPGEN を用いて生成した  $pp \rightarrow W + \text{jets}$  事象を、ATLAS の fast simulator である ATLFAST に通し、 $W + \text{jets}$  事象が ATLAS 検出器でどのようにとらえられるか、ジェットの運動学量分布等に着目して比較する。
- 両ジェネレータの比較は本研究が初。

- 重心系エネルギー 10 TeV の pp 衝突。
- 電子がジェットの bias となるのを避けるため、 $W \rightarrow \mu\nu$  channel を使用。

# GR@PPA と ALPGEN

## GR@PPA

- 1 jet イベントから 0 jet イベントに適用する PS の寄与を差し引いてジェット整合性をとる。
  - 現在は 1 jet まで。
  - Initial-state PS は GR@PPA が生成。
- Pythia で final-state PS、hadronization を行う。

	$\sigma$ [pb]
W( $\mu\nu$ )+ 0 j	11976.3
W( $\mu\nu$ ) + 1j	1574.6
total	13550.9

## ALPGEN

- 5 jets まで ME level で計算可。
- パートンとジェットの matching を行っている。
  - ジェットアルゴリズム依存
- Herwig で PS、hadronize

	$\sigma$ [pb]
W( $\mu\nu$ )+0 j	10125.7
W( $\mu\nu$ )+1 j	2155.5
W( $\mu\nu$ )+2 j	682.3
W( $\mu\nu$ )+3 j	202.0
W( $\mu\nu$ )+4 j	55.5
W( $\mu\nu$ )+5 j	16.3
total	13237.3

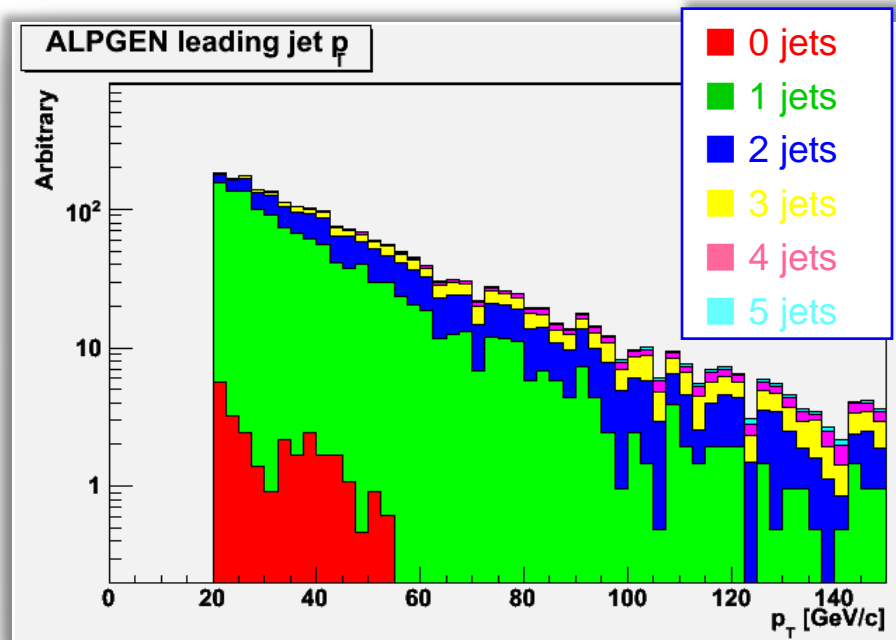
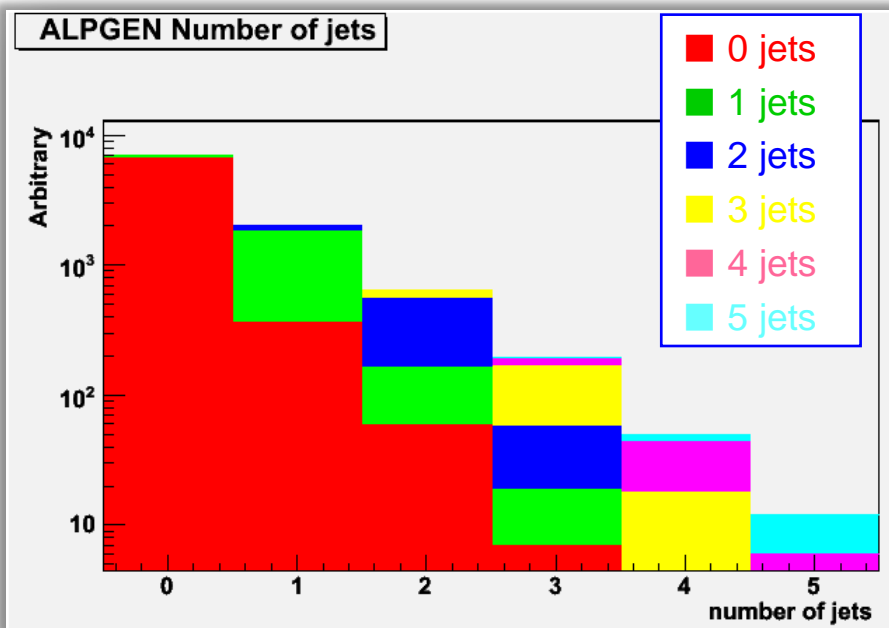
これらのイベントを ATLFast に通して比較

# 比較の方法

例: ALPGEN

ジェットについて

- Cuts for jets
  - $P_T > 20 \text{ GeV}$
  - $|\eta| < 4.8$



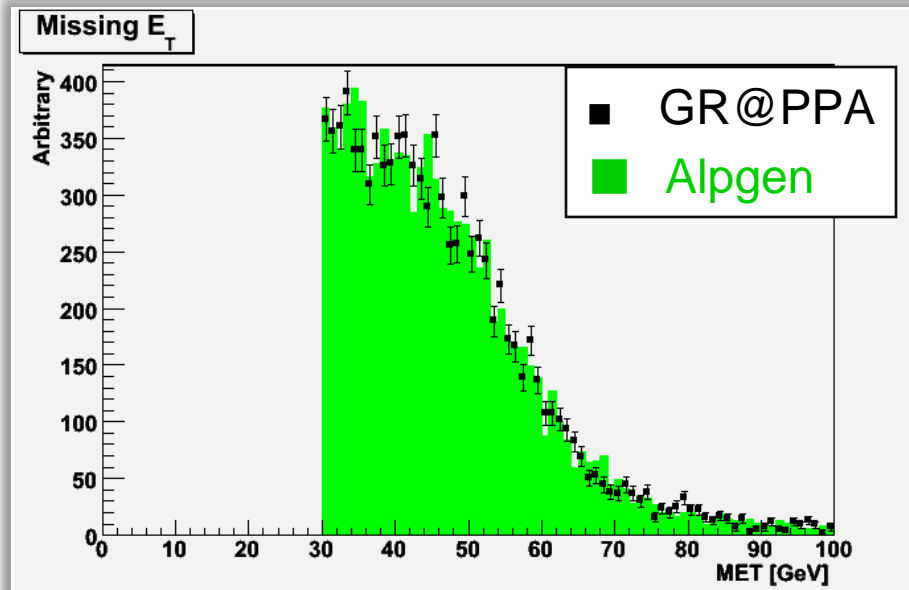
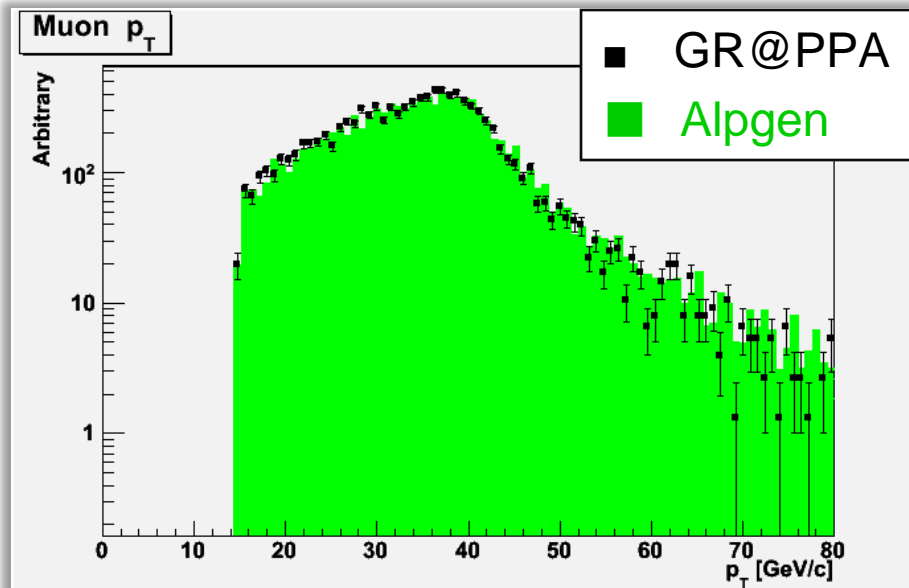
- ジェット数の区分けは事象生成の際便宜上なされたもので、物理的な 0 jet、1 jet ... を意味するものではない。

→ 全てのジェット数を足し合わせたもので比較

# GR@PPA、ALPGEN 比較 : W再構成 (1/2)

- ATLAS の標準的な cut を採用。
- Cuts for leptons
  - 1 muon / event
  - muon  $p_T > 15$  GeV
  - muon  $|\eta| < 2.5$
  - missing  $E_T > 30$  GeV
- Cuts for  $M_T^W$ 
  - $M_T^W > 20$  GeV

- 比較は cut を通ったイベント数が 10 K events になるようにそれぞれ normalize して行った。
  - G : 2.26 pb<sup>-1</sup> 相当
  - A : 2.57 pb<sup>-1</sup> 相当
- normalize 後の統計誤差。
- **ミュオン及び MET の分布は非常に良い一致を示している。**



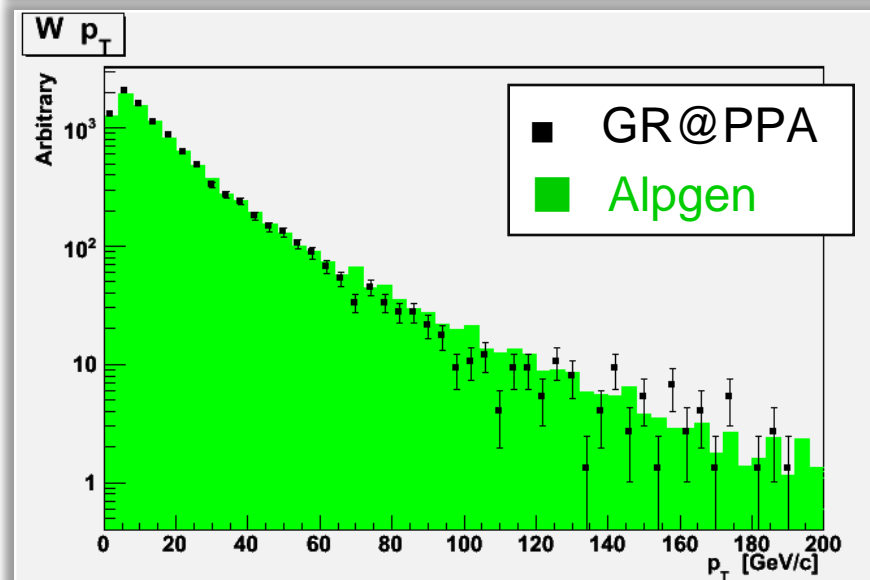
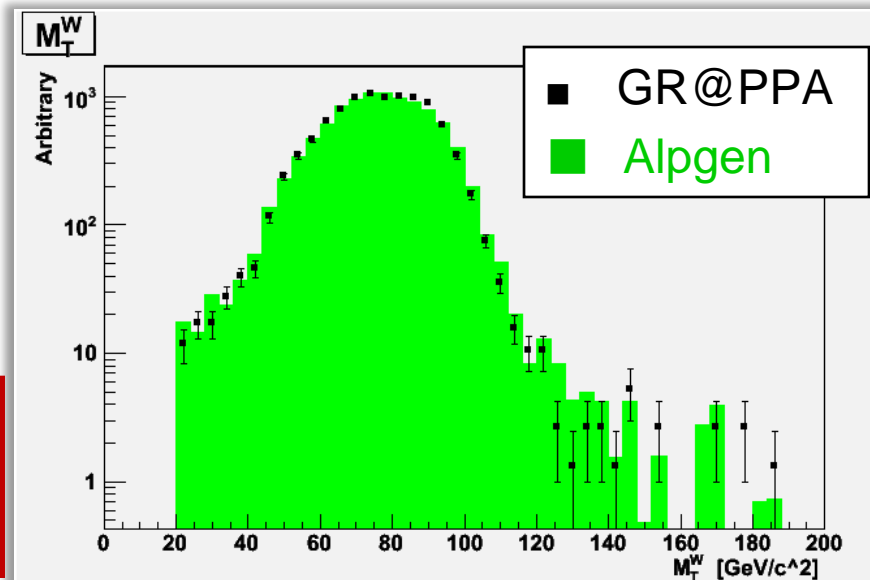
# GR@PPA、ALPGEN 比較 : W再構成 (2/2)

- ミューオンとMETよりWの
  - transverse mass  $M_T^W$
  - $p_T$を再構成。

$$\begin{aligned} (M_T^W)^2 &= (E_T^\mu + E_T^{\text{MET}})^2 - (\mathbf{p}_T^\mu + \mathbf{p}_T^{\text{MET}})^2 \\ &\simeq 2p_T^\mu p_T^{\text{MET}} (1 - \cos \phi) \end{aligned}$$

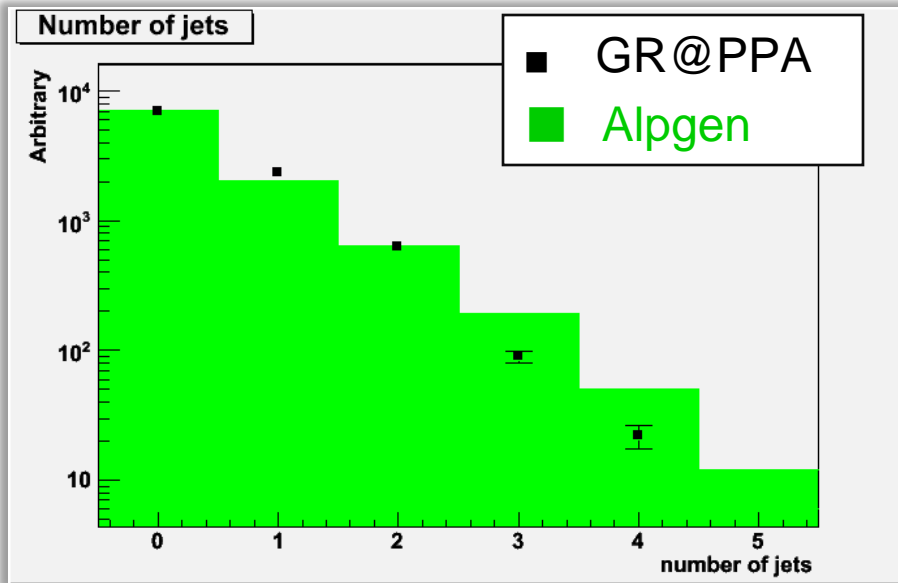
$$(p_T^W)^2 = (\mathbf{p}_T^\mu + \mathbf{p}_T^{\text{MET}})^2$$

- どちらの分布も良い一致を示している。

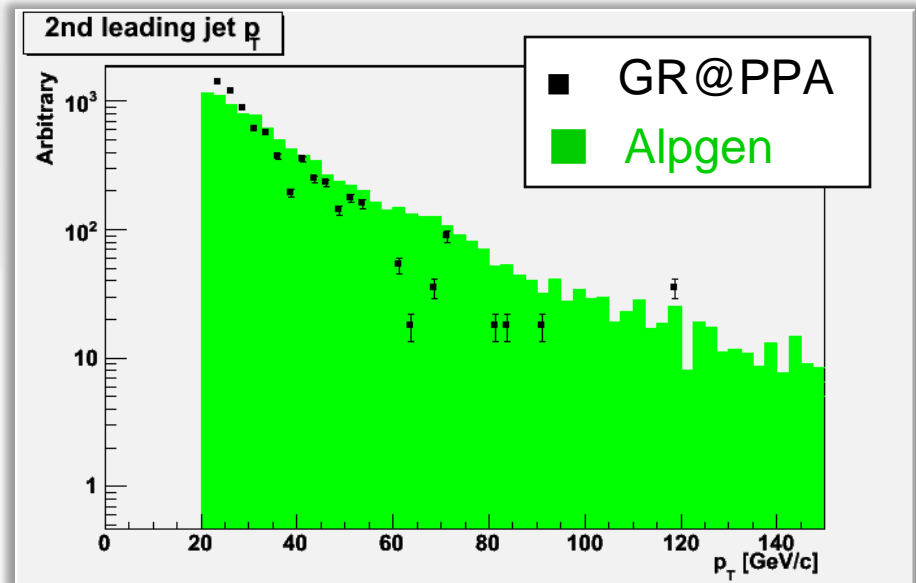
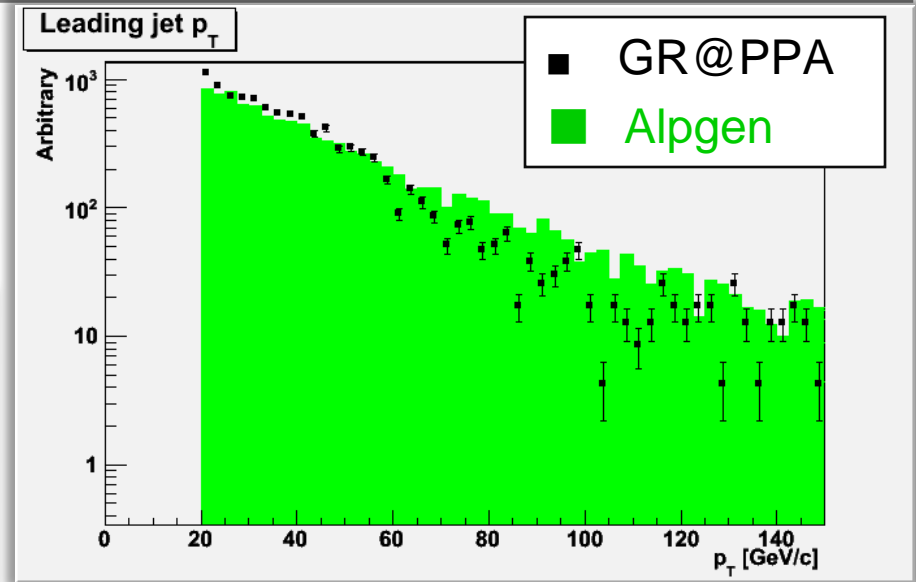


# GR@PPA、ALPGEN 比較 : Jets (1/2)

- Cuts for jets
  - jet  $p_T > 20$  GeV
  - jet  $|\eta| < 4.8$



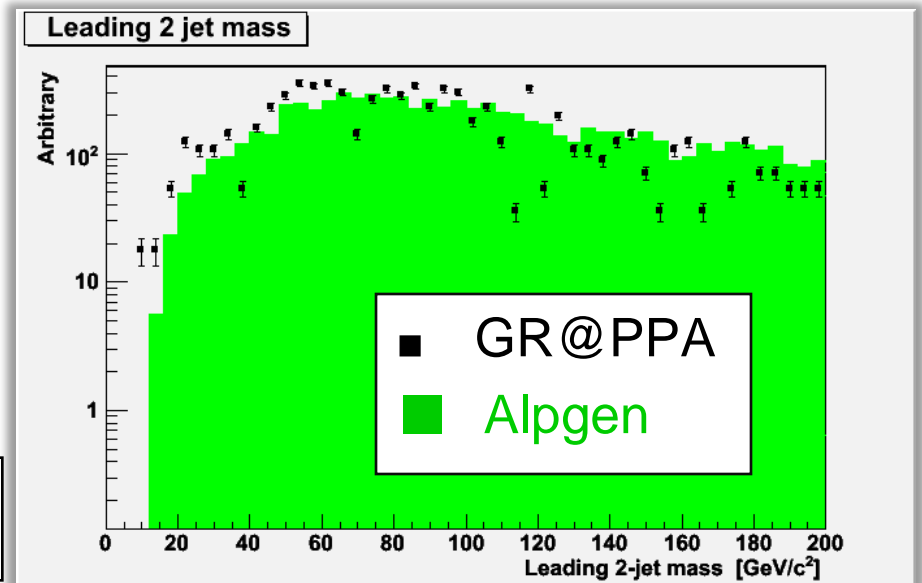
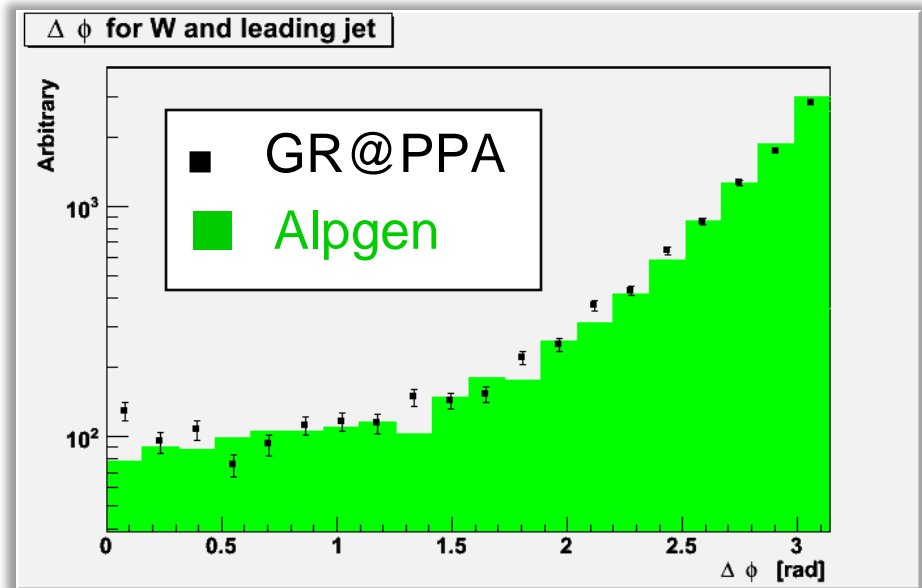
- ジェット数が多いところでは、ALPGEN の寄与が大きい。
  - GR@PPA の 2 jet 目以降はPS
  - PS が作るジェットは soft





# GR@PPA、ALPGEN 比較 : Jets (2/2)

- delta phi は一致している。
  - leading jet はどちらも ME level で生成されたものの寄与が大きいからと考えられる。
- 2-jet mass の peak の位置は GR@PPA の方が低い。
  - ジェット数が多いところの生成過程の違いが表れている。



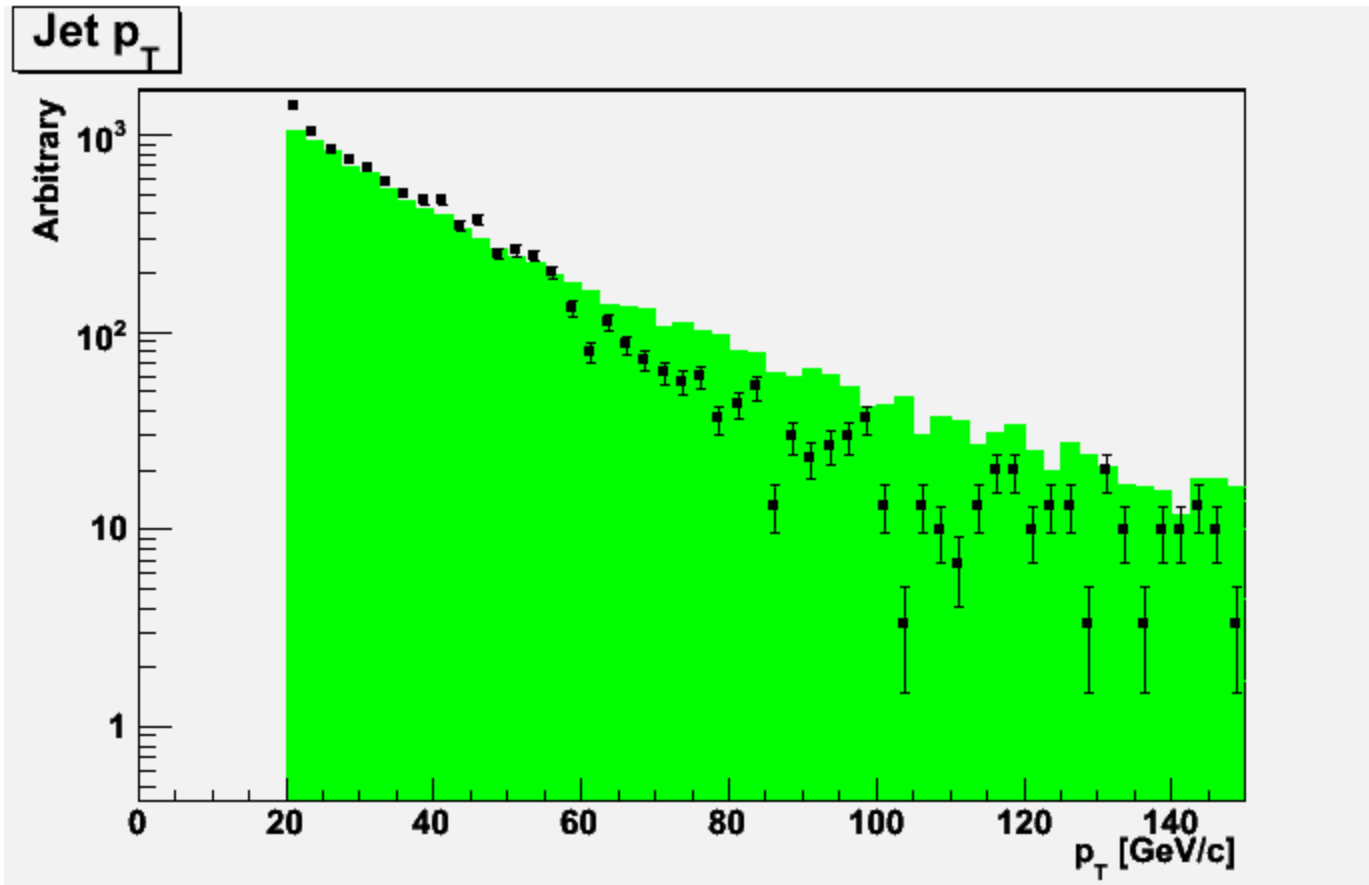
$$\left(M_{jj}\right)^2 = \left(E_{j_1} + E_{j_2}\right)^2 - \left(\mathbf{p}_{j_1} + \mathbf{p}_{j_2}\right)^2$$

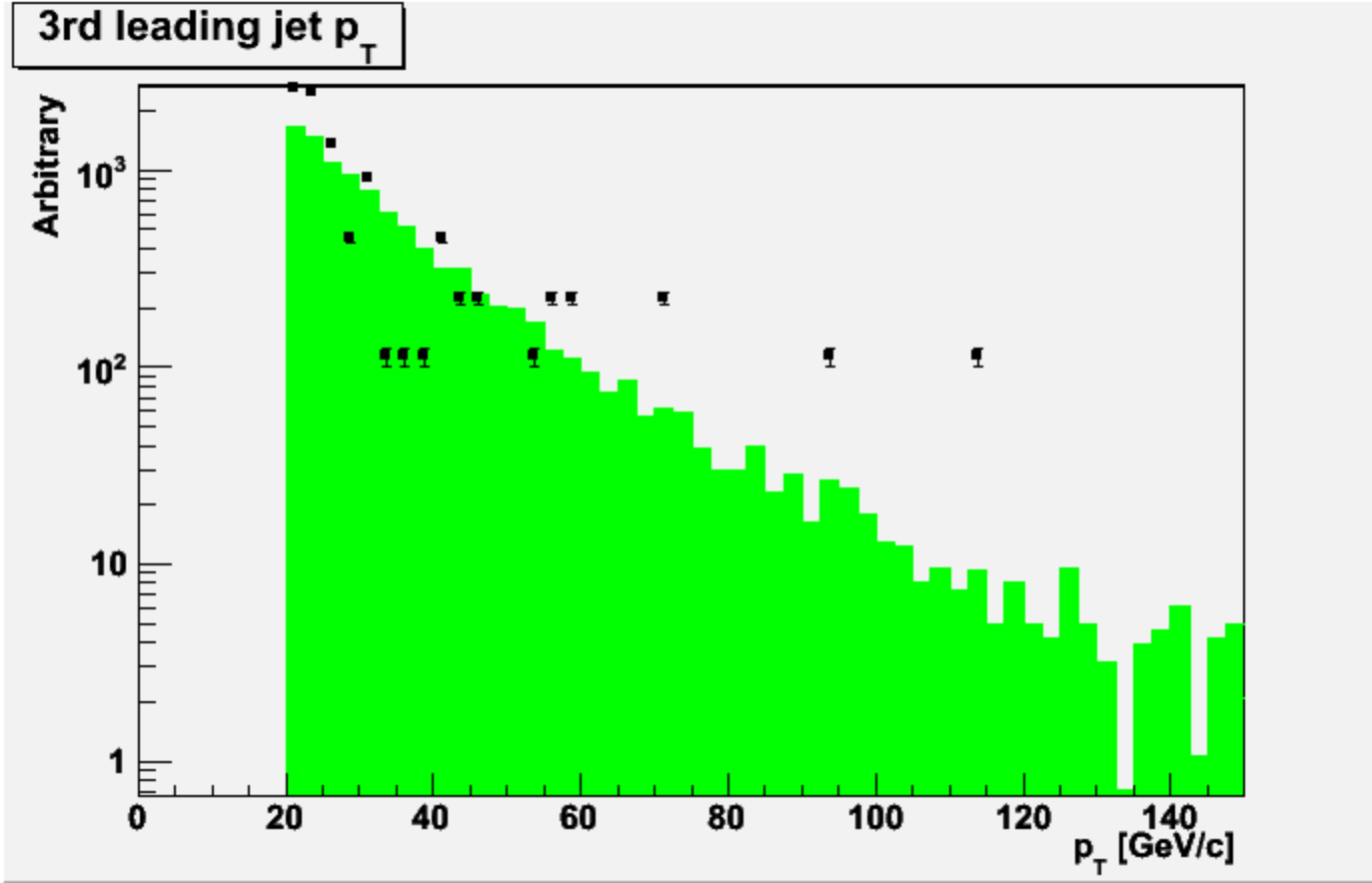
# まとめ / 今後

- 開発中の GR@PPA と ATLAS 標準の ALPGEN イベントジェネレータを  $W + \text{jets}$  生成事象について比較した。このような比較は初めての試みである。
- $W$  の運動学量の一致はよい。ジェット数の大きなところで、ジェットの  $p_T$  分布などに差が見られる。
  - GR@PPA は 1 jet まで、ALPGEN は 5 jet までという  $W + \text{jets}$  事象生成過程の違いだと考えられる。
- 統計量を増やして、定量的な評価を行う。
- Atfast を full simulation に合うように tuning する。
- $W + \text{jet}$  事象のバックグラウンドの評価をする。
- Full simulation に通し、ジェットのアルゴリズム依存性を含めて比較する。
- LHC 稼働後、実データと比較する。

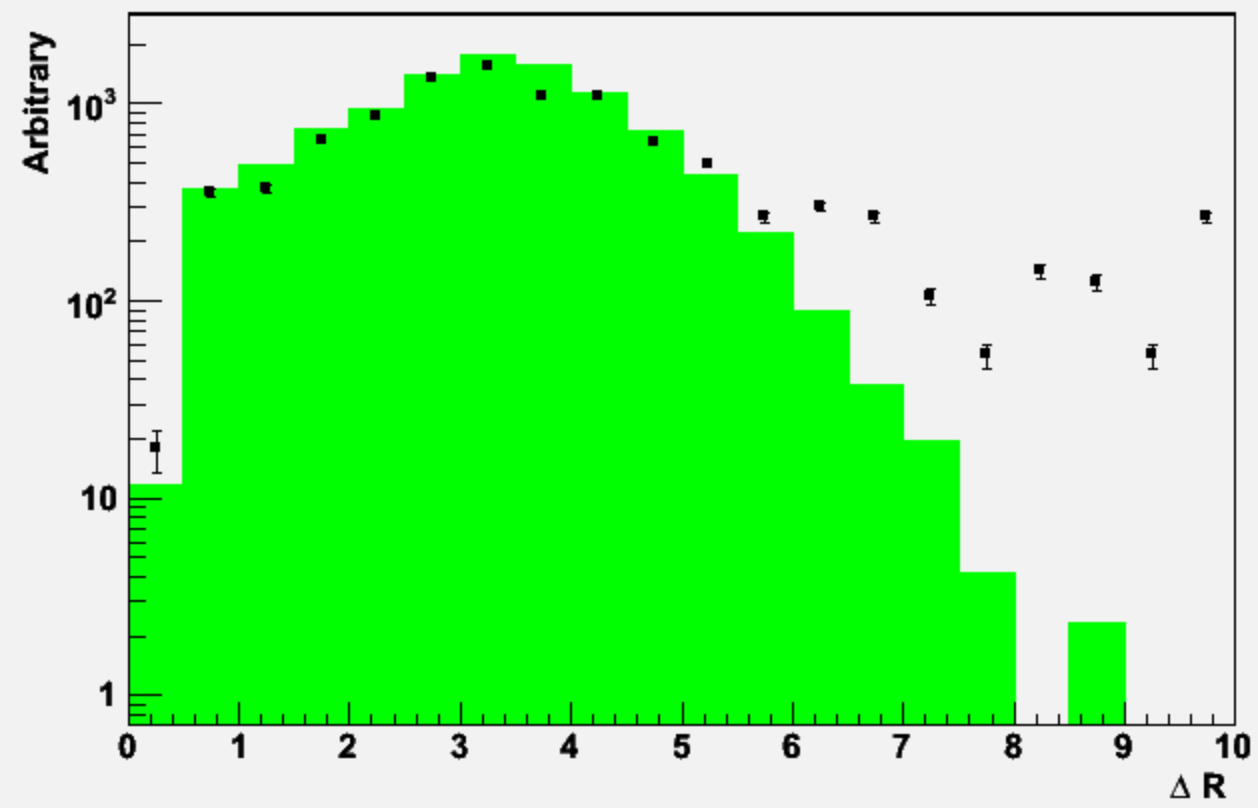
# Backup

---



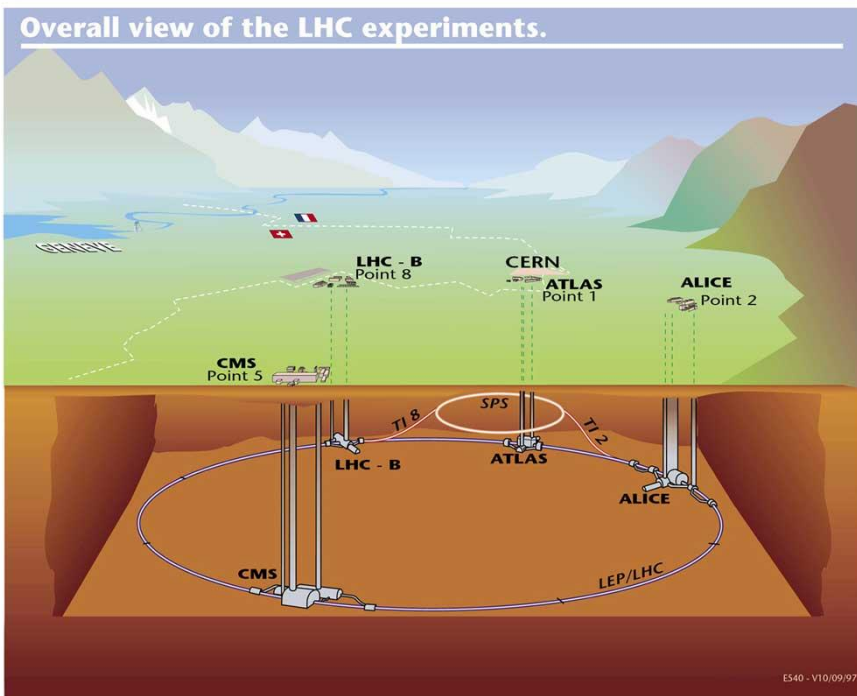


$\Delta R$  for leading 2 jets



# LHC 加速器

- 欧州原子核研究機構 (CERN)
- 陽子・陽子衝突型円形加速器
- 地下約 100 m
- 周長約 27 km
- 重心系エネルギー: 14 TeV
  - 7 TeV → 10 TeV, 14 TeV
- ルミノシティ:  $10^{34} \text{cm}^{-2}\text{s}^{-1}$



- ATLAS 検出器
  - 2つの汎用型検出器の1つ。

# ATLAS 検出器

- 汎用型粒子検出器
- SM 精密測定
- Higgs
- SUSY
- など

$$\text{pseudo rapidity} \quad \eta = -\log \left\{ \tan \left( \frac{\theta}{2} \right) \right\}$$

