

# SLHCでのATLAS実験における内部トラックー を使ったLVL1ミューオントリガーの検討

所属：東大理、高工研<sup>A</sup>、神戸大自然<sup>B</sup>、東工大<sup>C</sup>、ハンブルク大<sup>D</sup>

小森雄斗、道前武、奥山豊信、徳宿克夫<sup>A</sup>、長野邦浩<sup>A</sup>、  
石川明正<sup>B</sup>、大町千尋<sup>B</sup>、岡田勝吾<sup>B</sup>、藏重久弥<sup>B</sup>、早川俊<sup>B</sup>、  
松下崇<sup>B</sup>、山崎祐司<sup>B</sup>、久世正弘<sup>C</sup>、管野貴之<sup>C</sup>、河野能知<sup>D</sup>

# ATLAS Detector & Trigger

## ◆ ATLAS Triggerは3つのLevelから構成

### LVL1 (Hardware based)

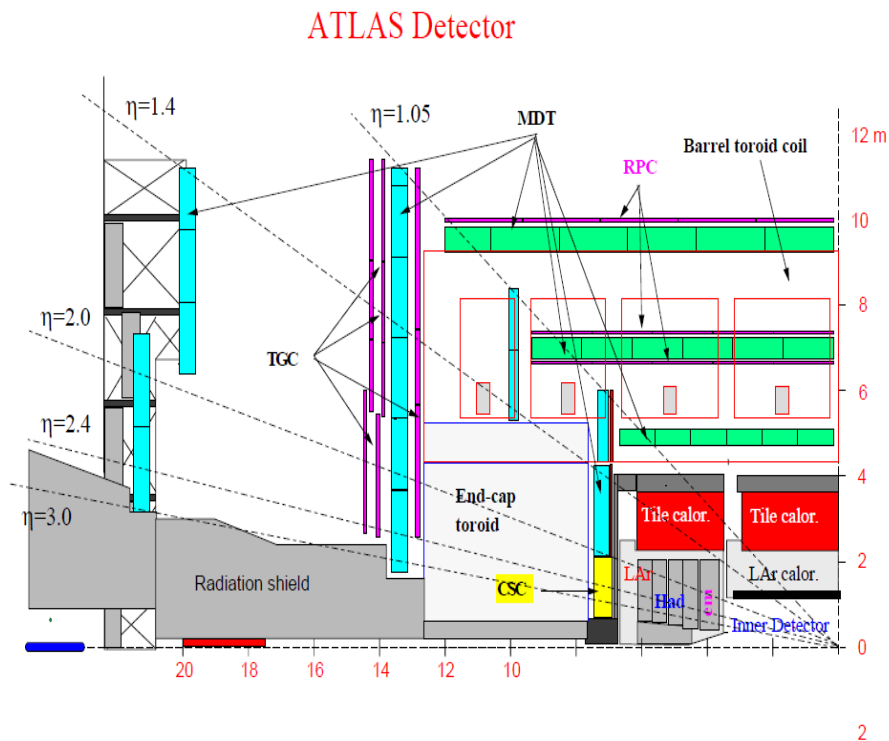
CalorimeterとMuon trigger-chamber systemからの情報に基づいてtriggerされるか決定される。内部飛跡検出器からの情報はLVL1の決定には含まれていない(Rate < 100kHz)

### LVL2 (Software based)

LVL1で識別されたRoI(Region-of-Interest、Geometricalな情報)内のデータを利用して解析され、Rateが1kHz程度まで落とされる

### Event Filter(=EF、Software based)

全てのATLAS DetectorからのEventに関する情報に基づき、Event-buildingをした後、EF processorがEventの選択、分類を行う(Rate ~ 200Hz)



# SLHC(Super Large Hadron Collider)

2018年以降を目途にLHCからSLHCへアップグレード

デザインミノシティ:  $1 \times 10^{34} [\text{cm}^{-2}\text{s}^{-1}] \rightarrow 1 \times 10^{35} [\text{cm}^{-2}\text{s}^{-1}]$

K.Nagano Hardware Track  
Trigger meeting, 24/Sep/2009

Physics Rateも比例して10倍となる

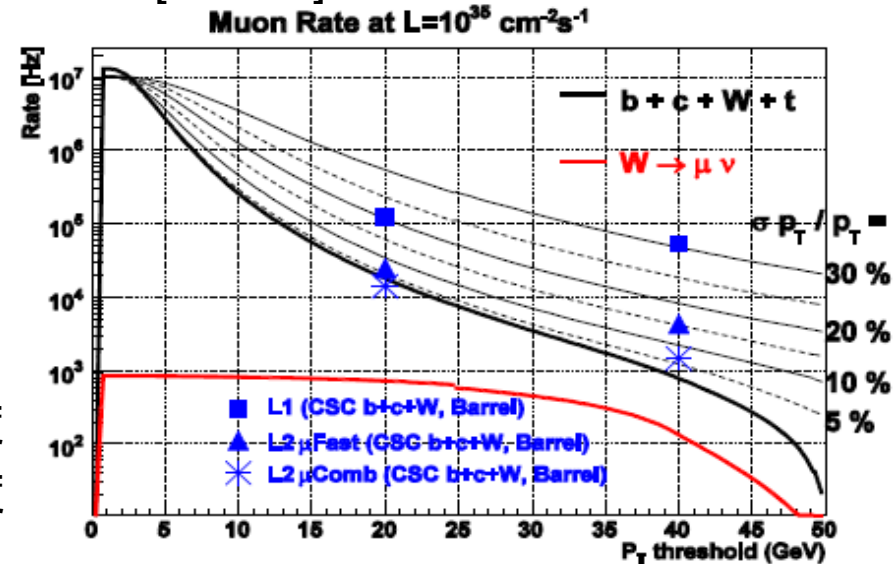
LVL1におけるMuonだけのRate@SLHC;

20GeV...~130kHz

40GeV...~50kHz

(バックグラウンド等を含まない場合)

現在LVL1のAccept Rateは全体で100kHz程度  
そのうちMuonに割り当てられるのは20kHz程度



→現在のままでは、少なくともLVL1の $p_T$  thresholdを40GeV

以上に上げる必要があるが、そうするとWからのシグナル

も大きく減らしてしまう(例えば、thresholdを20GeV→40GeVで1/6程度になってしまう)



分解能の高い内部飛跡検出器の情報をLVL1で使うことを考える

# LVL1で内部飛跡検出器を使用する方法

例えば候補として...

- ・磁場を使用して近接したストリップで高い $p_T$ のものを選ぶ方法(CMS、右図)(Hardware based)
- ・内部飛跡検出器から直接読み出してソフトウェアでのtrigger

今回の研究では、実際に内部飛跡検出器が効くかを調べるために、LVL2の内部飛跡検出器の情報を使って、LVL1 Muonとそれを組み合わせて、実際の効果を確認する

J. Jones et al, 2005

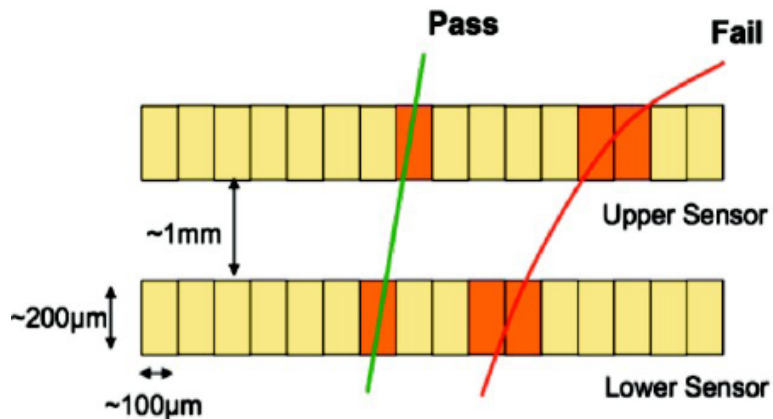
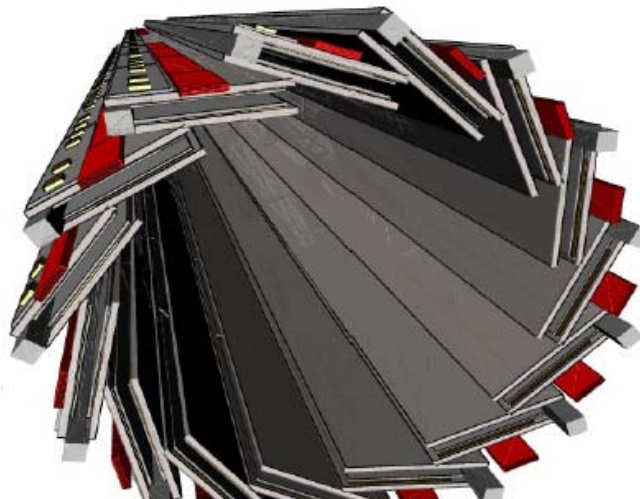


図: CMSでの例

Anders Ryd Cornell University  
Vertex09, Putten, The Netherlands,  
Sept. 13-18, 2009

# サンプル、解析

- サンプル

$pp \rightarrow bbX \rightarrow \mu X$ 、 $pp \rightarrow WX \rightarrow \mu\nu$   
のモンテカルロサンプルを使用

- 解析

現在のLVL1 Muon triggerに加えてLVL2の内部飛跡検出器のtrackの情報を要求し、LVL1 Muon trigger + LVL2 trackを”LVL1 track trigger”として考える

-- Rateを求めるまでの流れ --

- ・ LVL1 Muon と trackのマッチングアルゴリズムについて
- ・ 上記で定めた”LVL1 track trigger”に対する $p_T$  thresholdの決定
- ・ “LVL1 track trigger” Efficiencyの計算
- ・ Rateの計算

# LVL1 Muonとtrackのマッチングアルゴリズム

LVL1 Muonとtrackの距離(  $dR = \sqrt{d\phi^2 + d\eta^2}$  )を使って、マッチングさせるtrackの候補を絞る( $dR < 0.20$ )。その上で、候補となったtrackが複数存在した場合、1本を選び出す方法として;

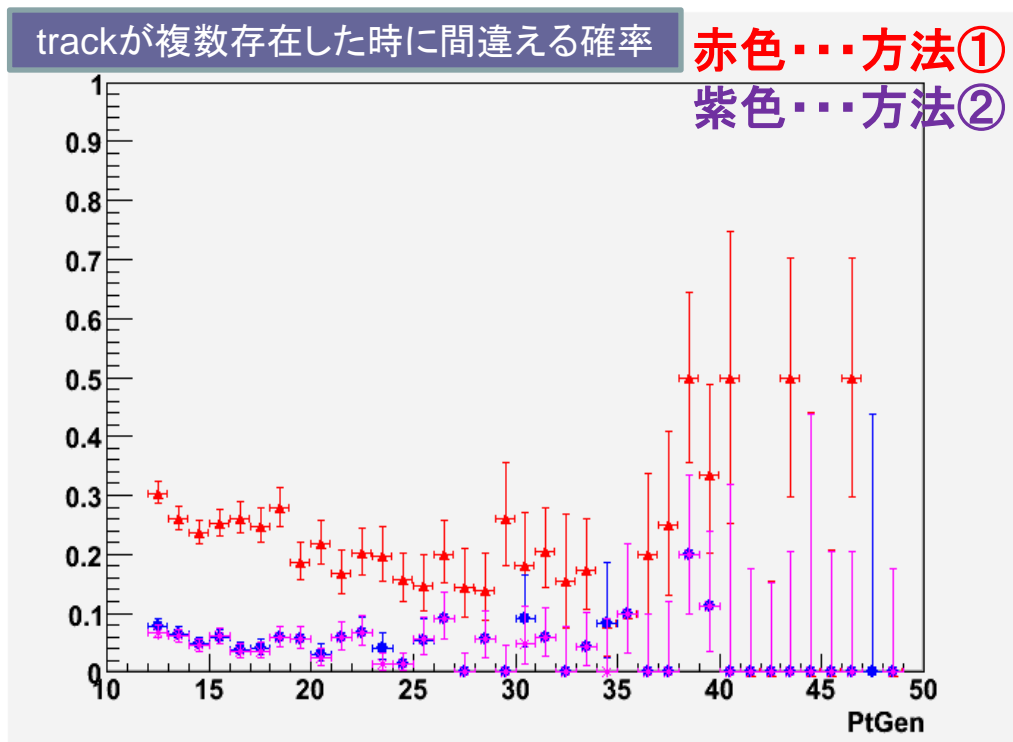
方法①・・・複数のtrackのうちdRが最小のものを選ぶ

方法②・・・ $p_T$ が最大であるものを選ぶ

方法②の方が全体的に、マッチングを間違える確率が少ない上、高い $p_T$ のもの落とさず残しておくことができる



今回は方法②を利用してRateを出してみる



※青色は、最大の $p_T$ を選ぶだけの場合

# “LVL1 track trigger”に対する $p_T$ thresholdの決定

## $p_T$ thresholdの決定方法

分解能を求め、分布が上から90%となる場所を選び、その横軸の値を $x$ とする。 $x$ の値を分解能と等値することにより、thresholdを求める

分解能の定義:

$$\frac{p_T^{track} - p_T^{true}}{p_T^{true}}$$

この式を $x$ と等値すると、 $p_T^{track}$ がthresholdとなる  
例えば、20GeVに対するthresholdは

$$p_T^{track} = 20(1 + x)$$

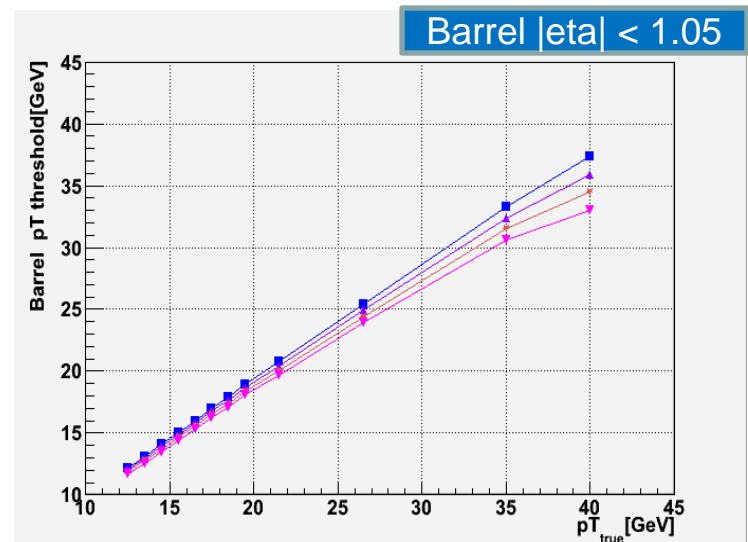
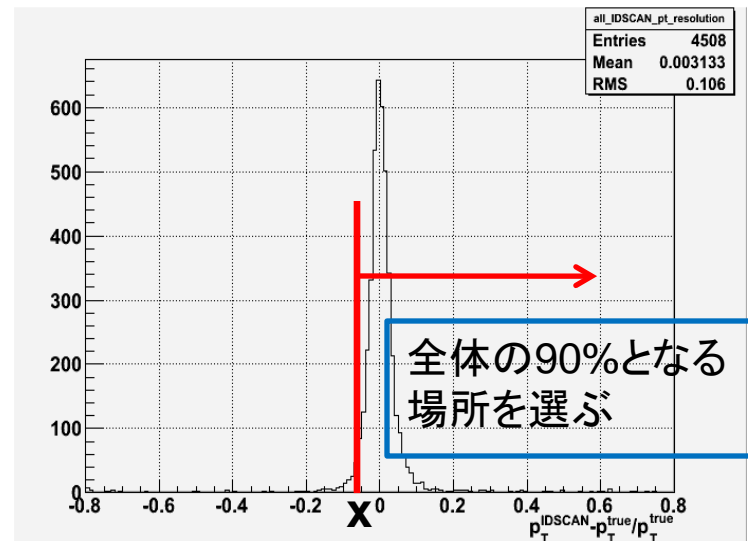
と定まる

右図;  $p_T^{true}$ に対する $p_T$  thresholdの値の変化  
青→“LVL1 track trigger”

(20GeVで約19GeV、40GeVで約37GeV)

紫→“LVL1 track trigger”で現在より $p_T$ の分解能が  
1.5倍悪くなった場合

橙→2.0倍悪くなった場合、桃→2.5倍悪くなった場合

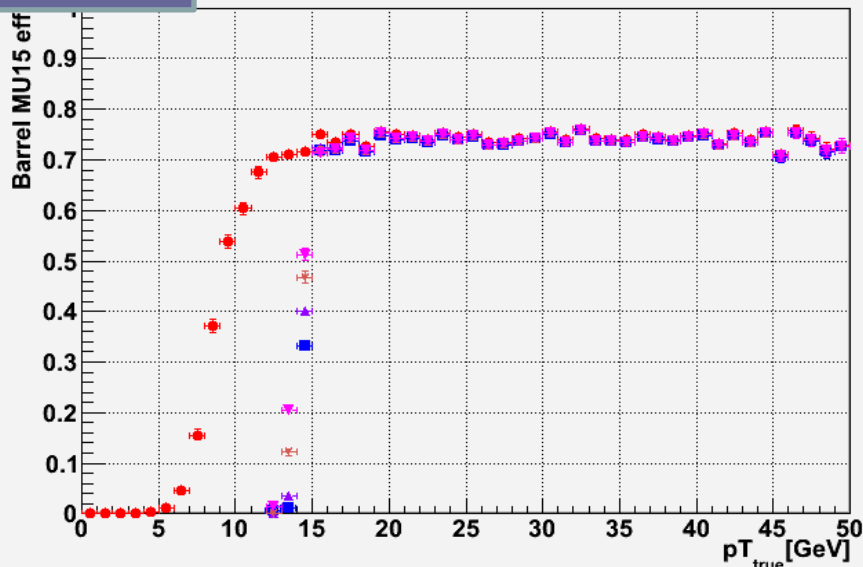


$p_T^{true}$ に対する $p_T$  thresholdの値の変化@Barrel

# “LVL1 track trigger” Efficiency

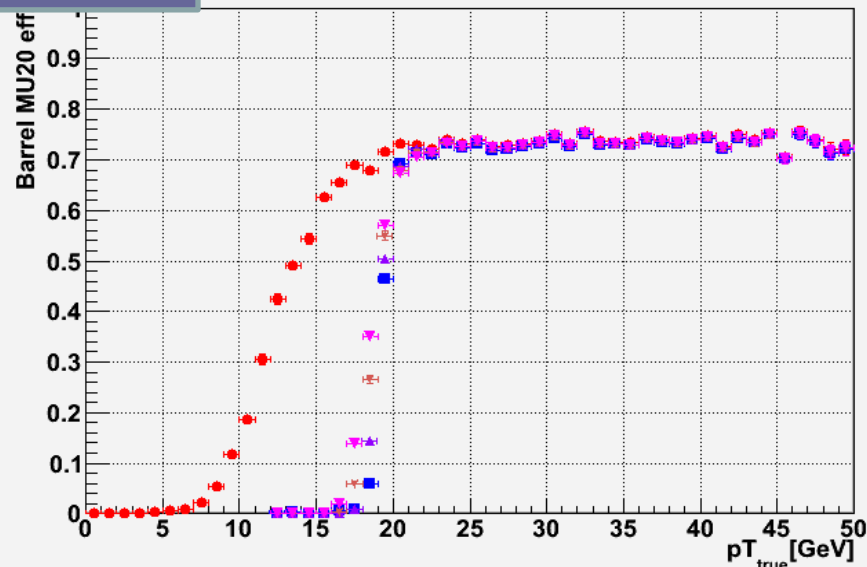
15GeV

Barrel  $|\eta| < 1.05$



20GeV

Barrel  $|\eta| < 1.05$

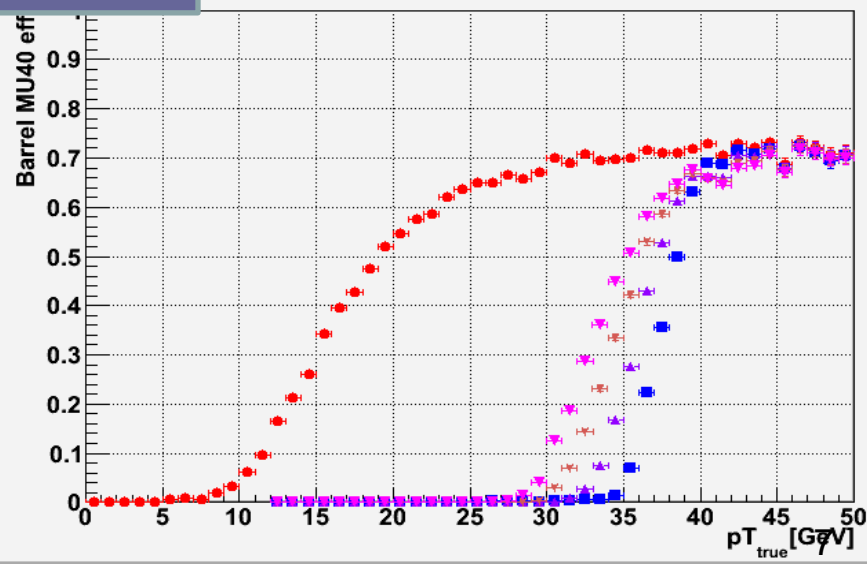


赤色が現在のLVL1のEfficiency  
青色が“LVL1 track trigger”のEfficiency  
(その他は $p_T$ の分解能が悪くなったもの)

→現在のLVL1と比べると、  
“LVL1 track trigger”では、threshold  
付近でのEfficiencyの立ち上がりが  
シャープになっている

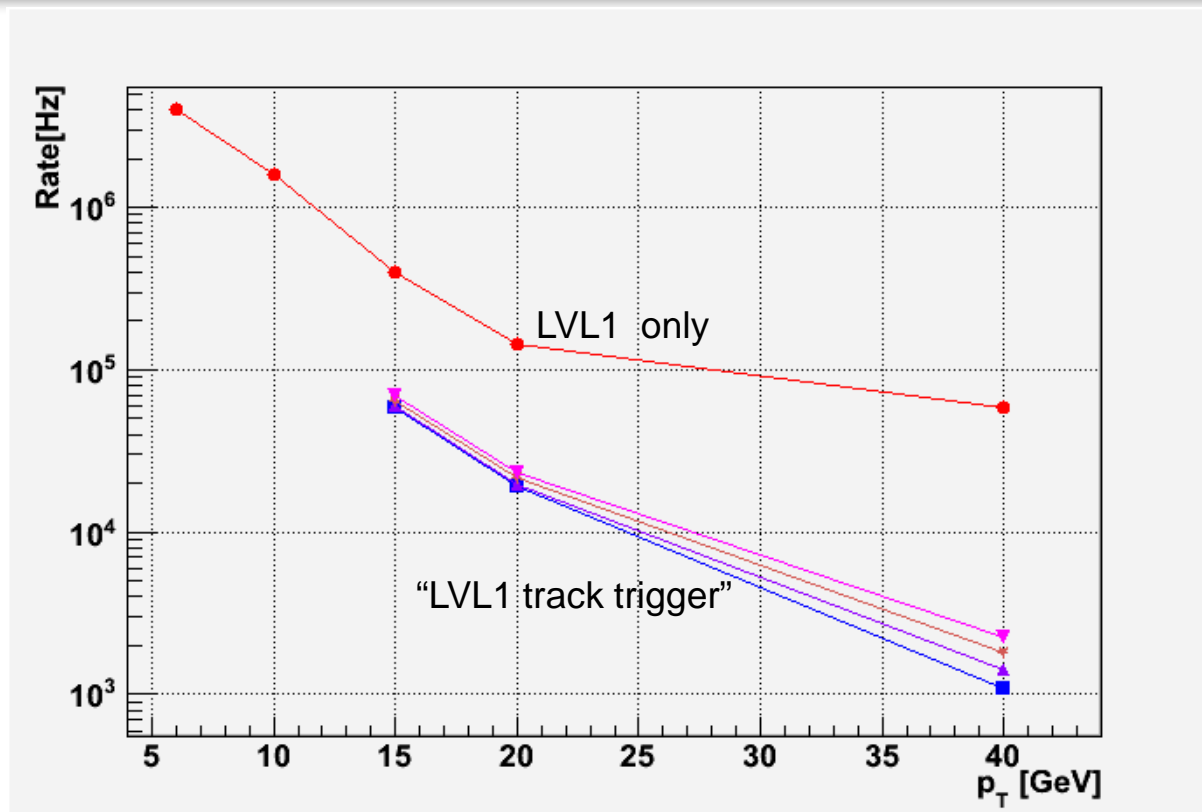
40GeV

Barrel  $|\eta| < 1.05$





# “LVL1 track trigger” Rate



Rate = Luminosity  $\times$  Cross Section  $\times$  Efficiency

20GeVでは“LVL1 track trigger”のRateは、LVL1 onlyのRateの0.15倍程度になっている

→LVL1、20GeV@SLHCでのRateは130kHzなので、“LVL1 track trigger”を使用すればthresholdを20GeVぐらいまで下げられそう

# まとめ

## 結論

- “LVL1 track trigger ”を考えることにより、本来SLHCでは、LVL1での thresholdを40GeV以上にする必要のあるところを、20GeV程度まで下げられることが確認できた

## 今後

- cavern/pileup backgroundを含むサンプルを使い、Rate等を計算し直す

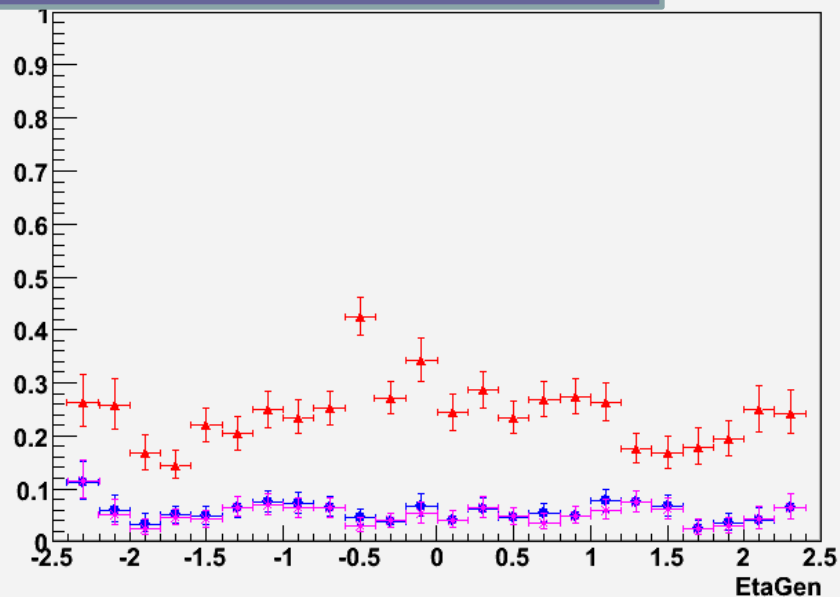
Back up

# “LVL1 track trigger”で間違える確率の $\eta$ 、 $\Phi$ 依存性

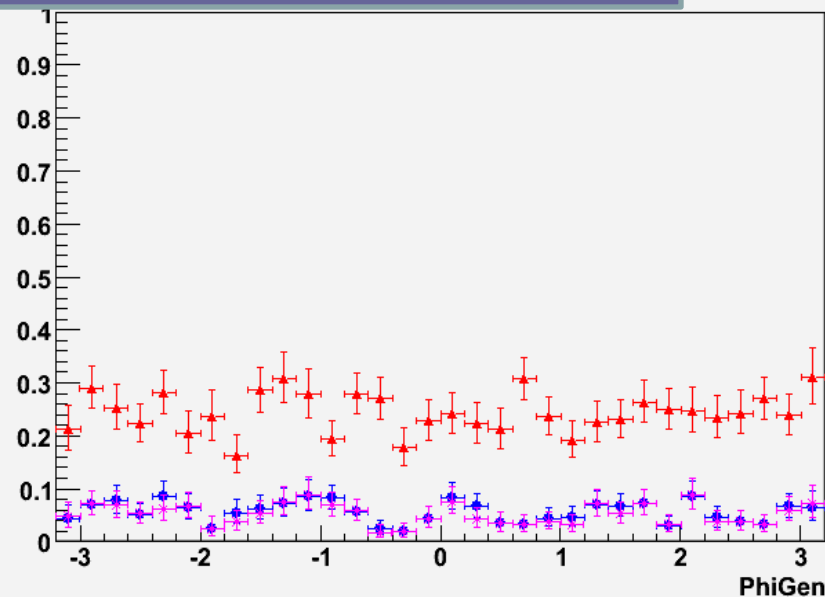
赤色・・・方法①

紫色・・・方法②

trackが複数存在した時に間違える確率( $\eta$ )

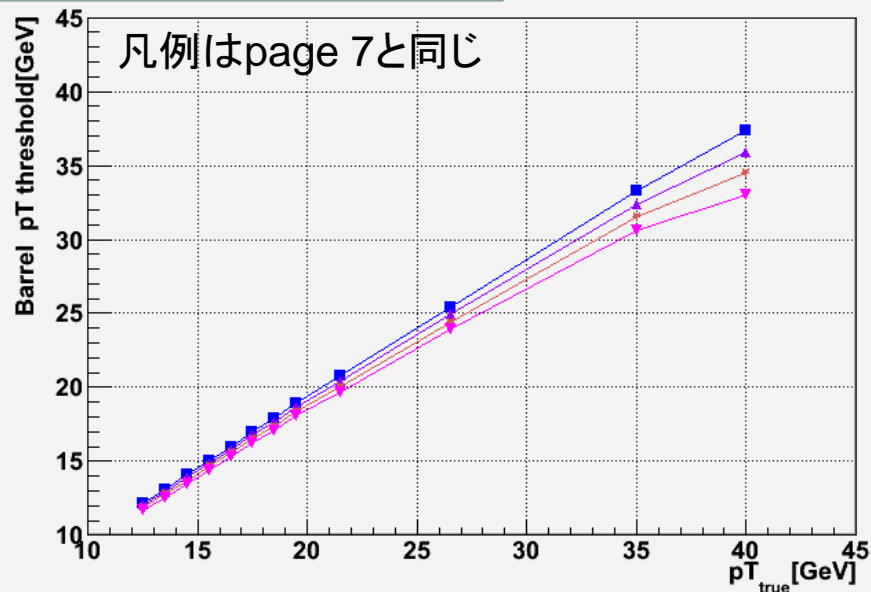


trackが複数存在した時に間違える確率( $\Phi$ )

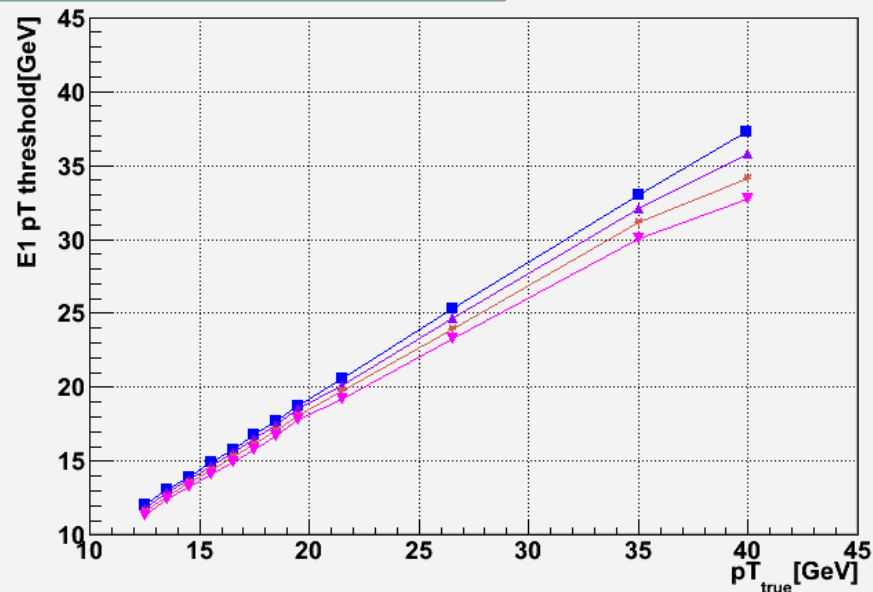


# $p_T^{\text{true}}$ に対する $p_T$ thresholdの値の変化

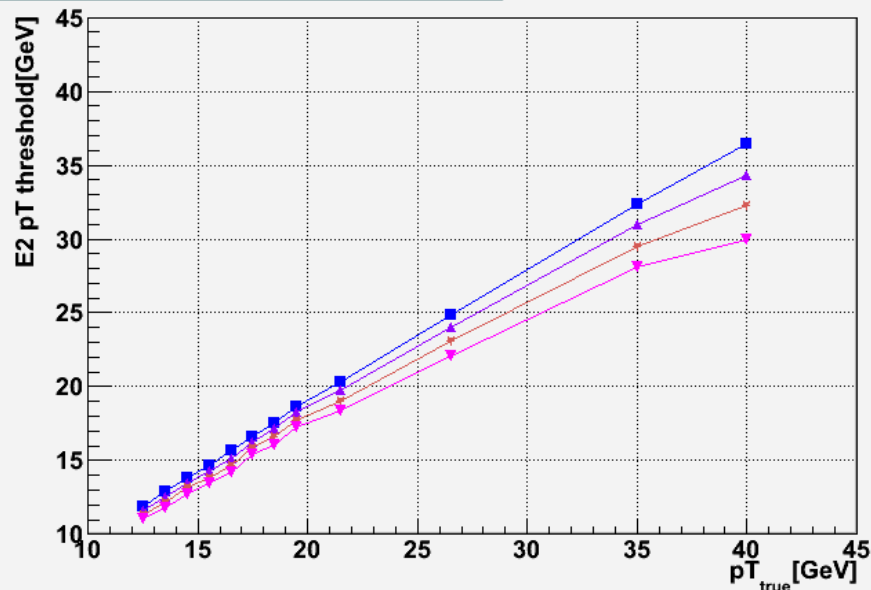
Barrel  $|\eta| < 1.05$



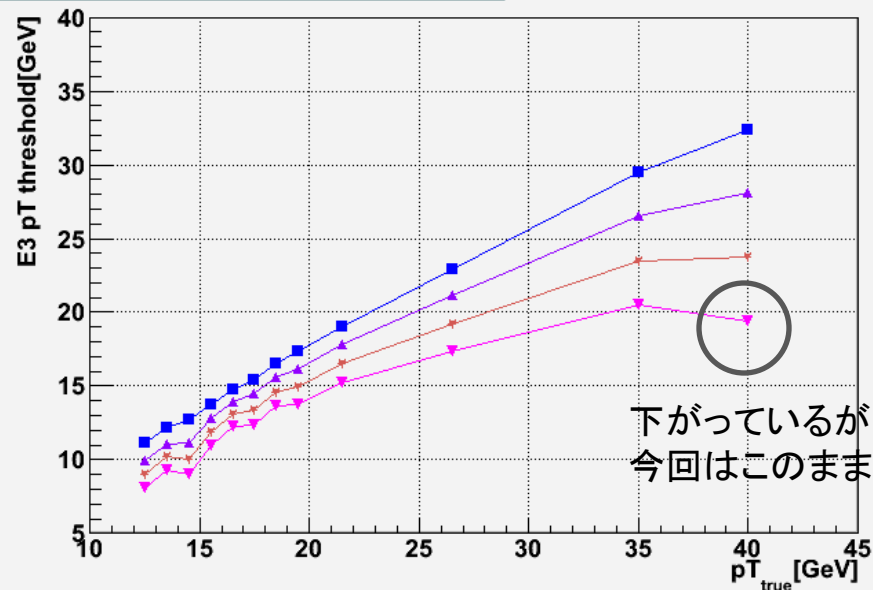
End-cap1  $1.05 < |\eta| < 1.5$



End-cap2  $1.5 < |\eta| < 2.0$

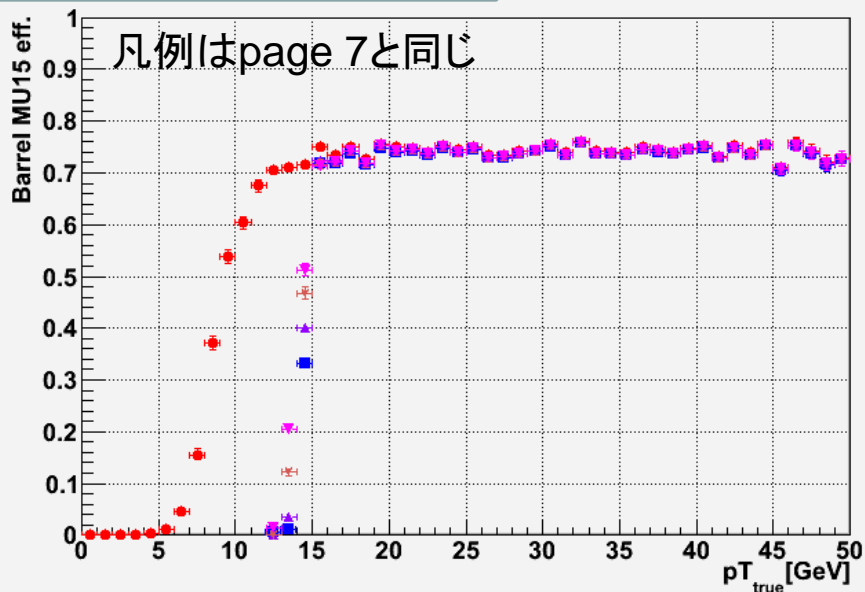


End-cap3  $1.5 < |\eta| < 2.4$

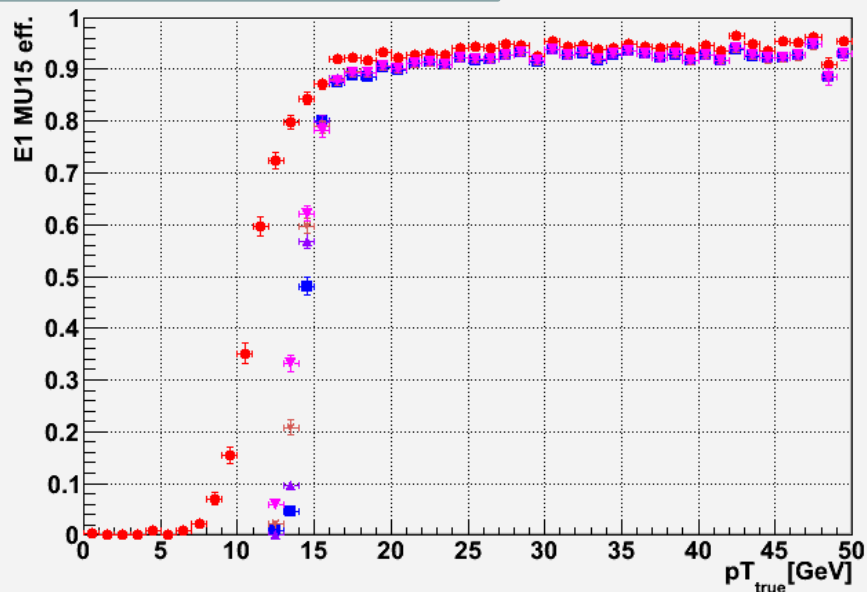


# “LVL1 track trigger” Efficiency (15GeV)

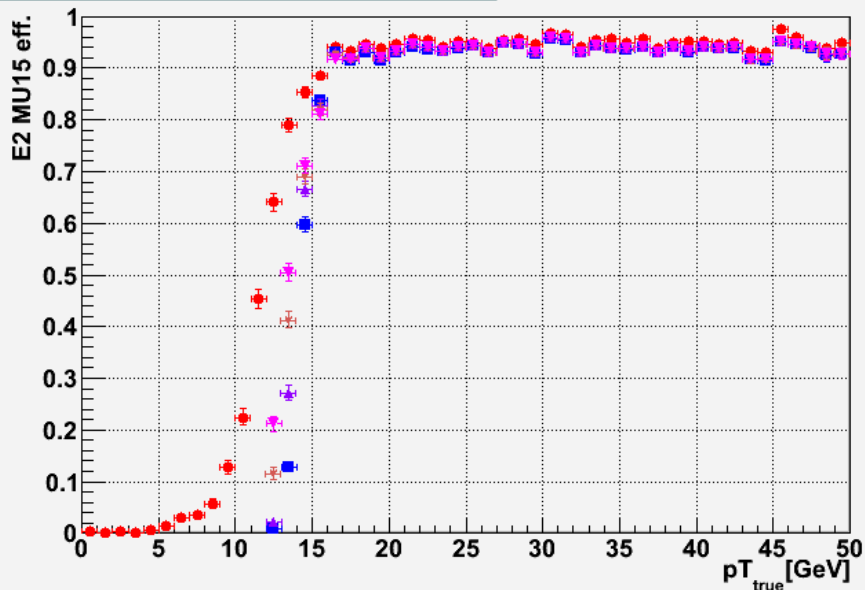
Barrel  $|\eta| < 1.05$



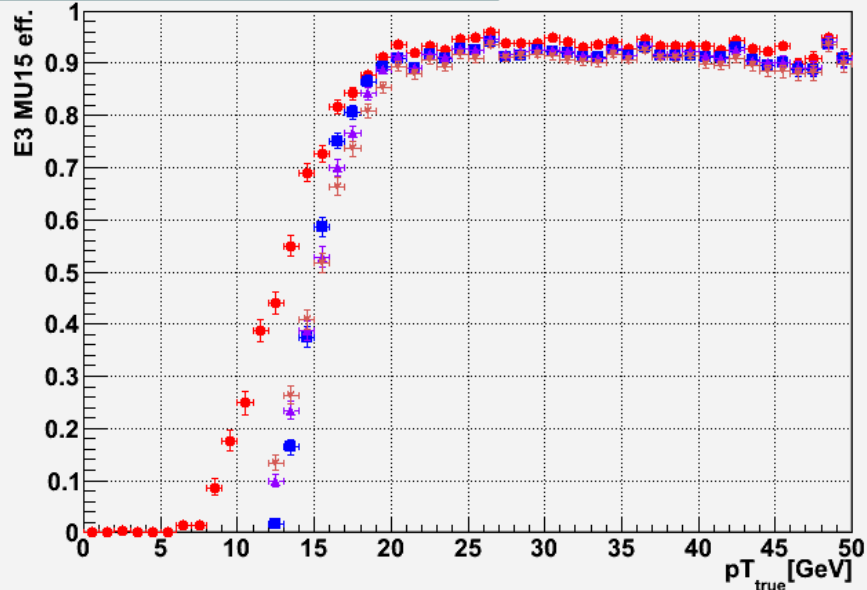
End-cap1  $1.05 < |\eta| < 1.5$



End-cap2  $1.5 < |\eta| < 2.0$

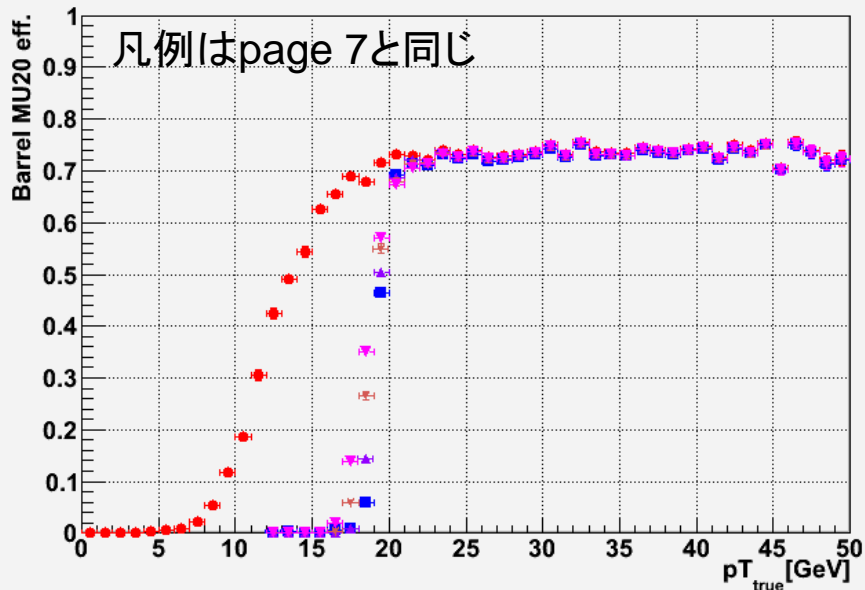


End-cap3  $1.5 < |\eta| < 2.4$

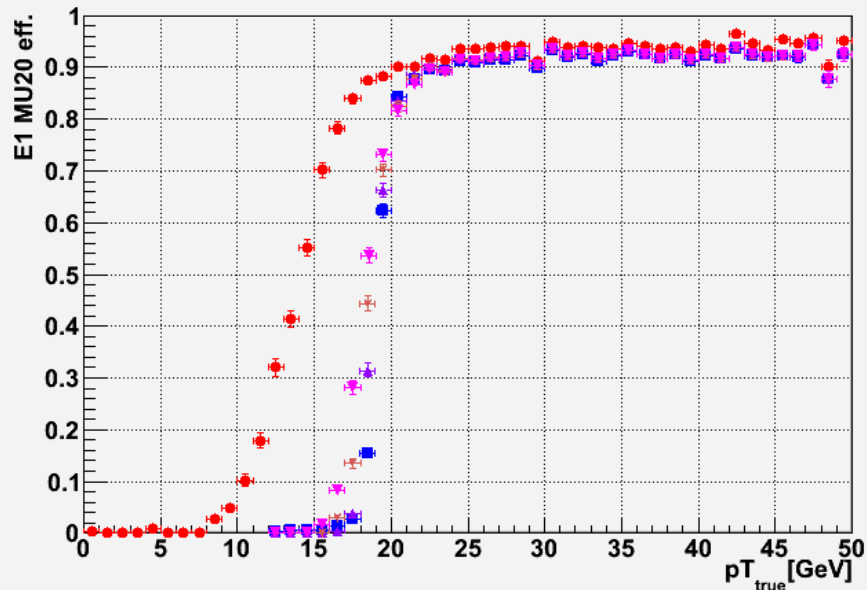


# “LVL1 track trigger” Efficiency (20GeV)

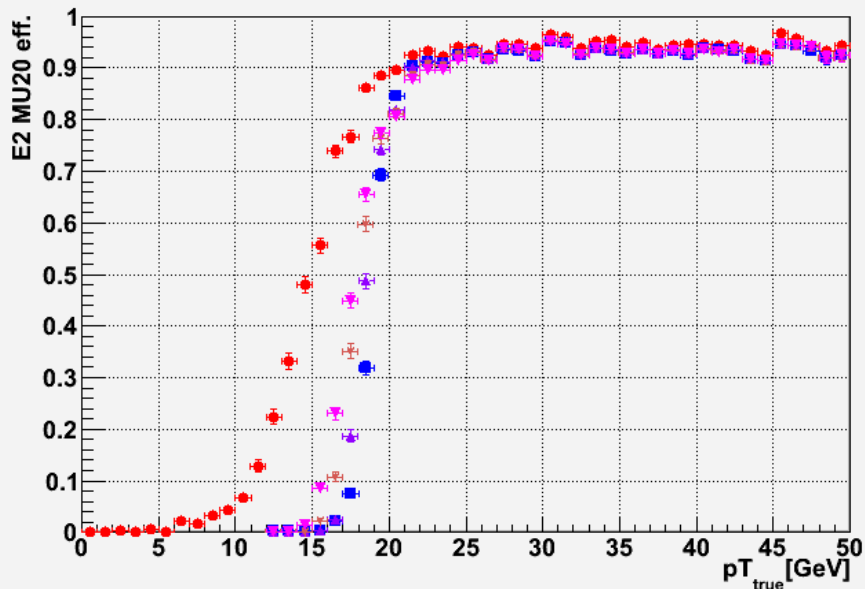
Barrel  $|\eta| < 1.05$



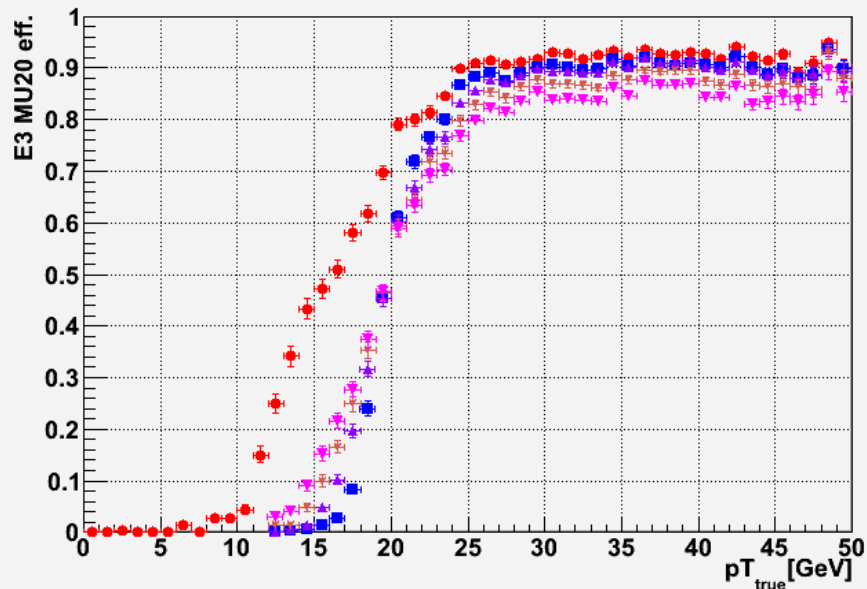
End-cap1  $1.05 < |\eta| < 1.5$



End-cap2  $1.5 < |\eta| < 2.0$

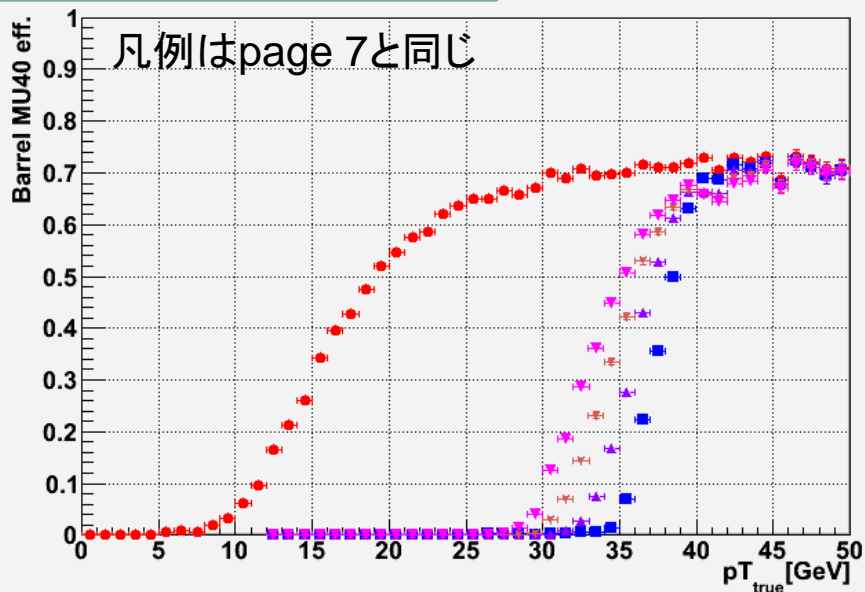


End-cap3  $1.5 < |\eta| < 2.4$

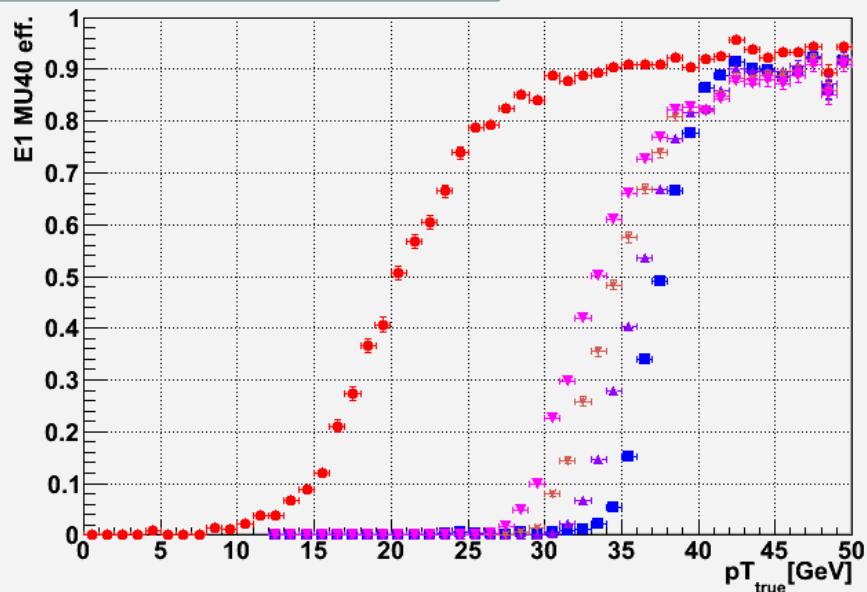


# “LVL1 track trigger” Efficiency (40GeV)

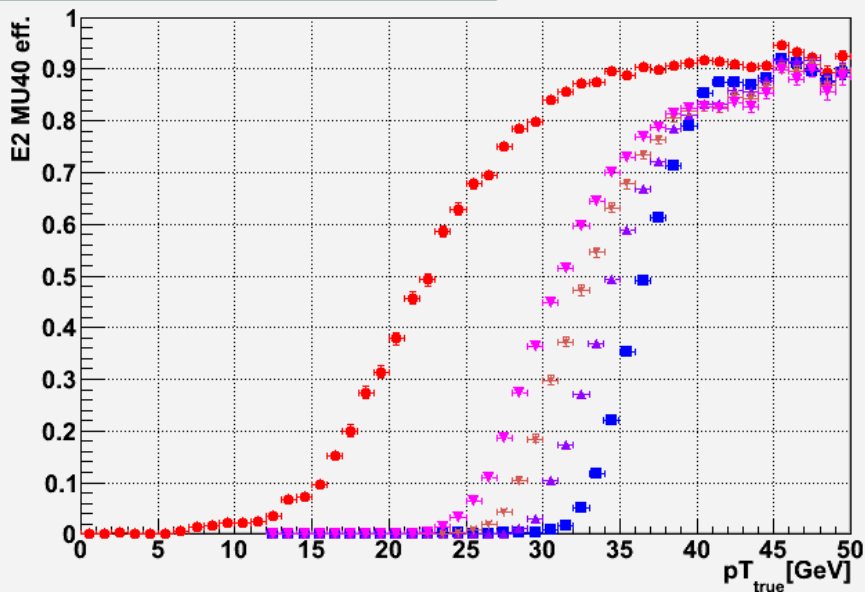
Barrel  $|\eta| < 1.05$



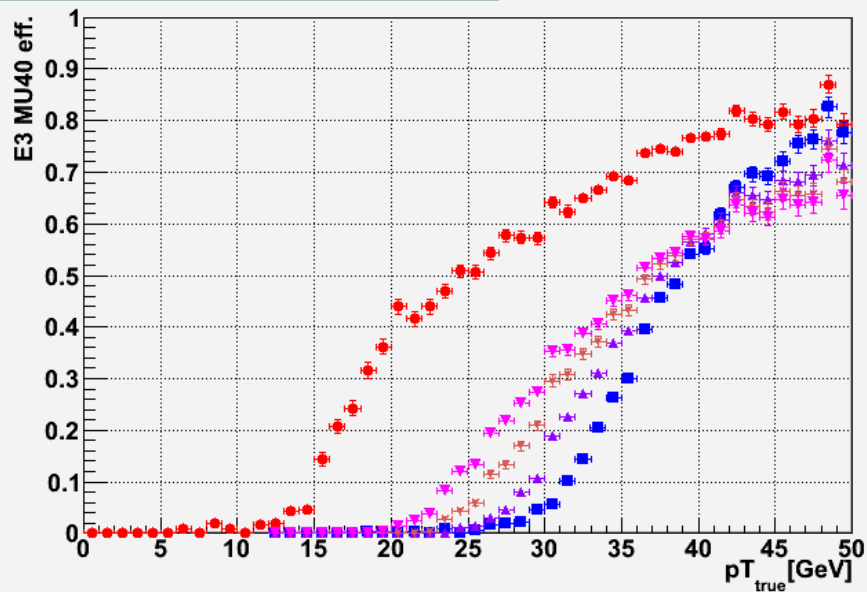
End-cap1  $1.05 < |\eta| < 1.5$



End-cap2  $1.5 < |\eta| < 2.0$



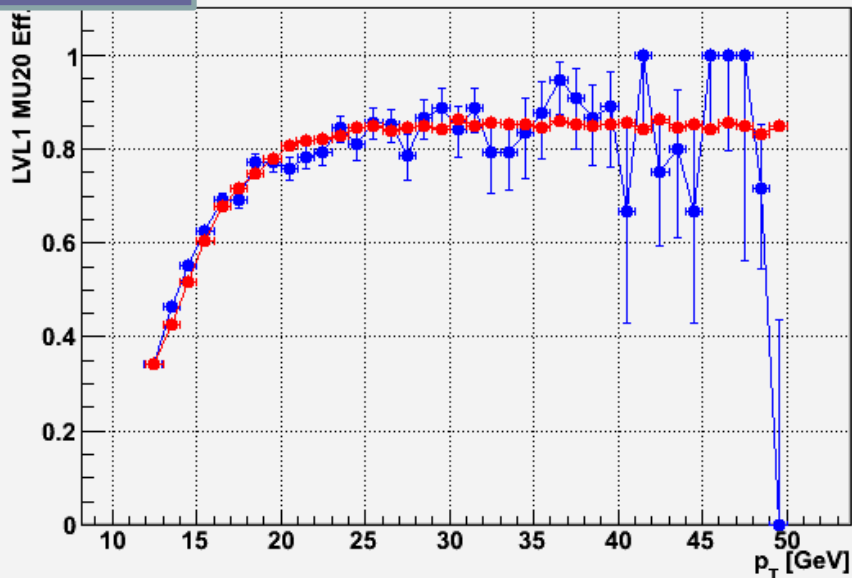
End-cap3  $1.5 < |\eta| < 2.4$



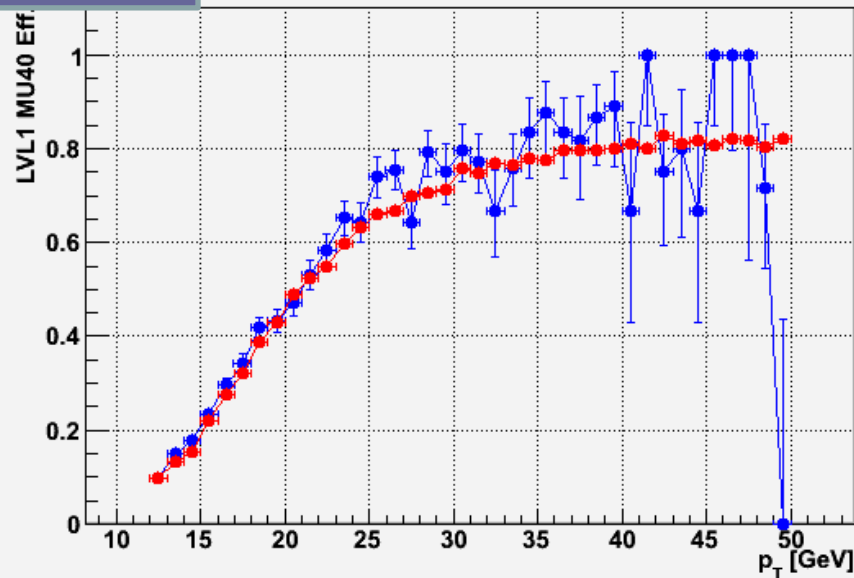


# LVL1 Efficiency

20GeV



40GeV



現在のLVL1のEfficiency  
青が $pp \rightarrow bbX \rightarrow \mu X$ 、赤が $pp \rightarrow WX \rightarrow \mu\nu$

# “LVL1 track trigger” Efficiency

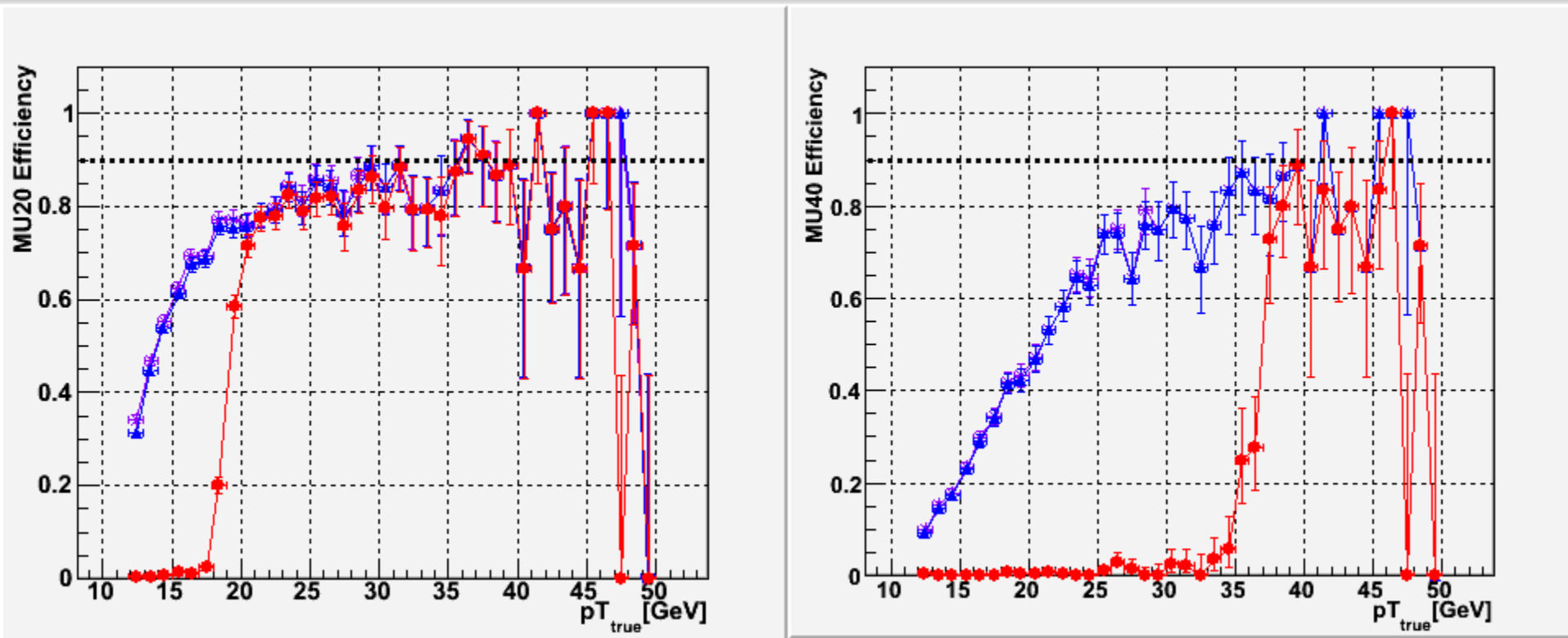


図:  $pp \rightarrow bbX \rightarrow \mu X$  を使用した場合の “LVL1 track trigger Efficiency”

紫色が現在のLVL1のEfficiency、赤色が“LVL1 track trigger”のEfficiency  
青色が現在のLVL1+trackを要求したのみのEfficiency