

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^A、神戸大自然^B、東工大^C、ハンブルク大^D

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

ATLAS Detector & Trigger

◆ ATLAS Triggerは3つのLevelから構成

LVL1 (Hardware based)

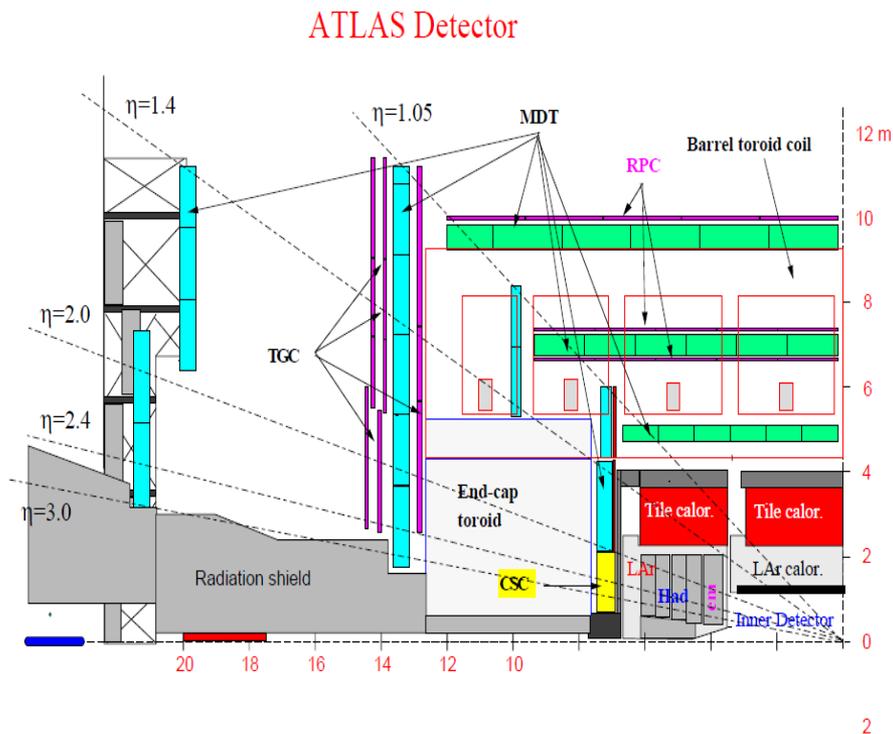
CalorimeterとMuon trigger-chamber systemからの情報に基づいてtriggerされるか決定される。内部飛跡検出器からの情報はLVL1の決定には含まれていない(Rate < 100kHz)

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

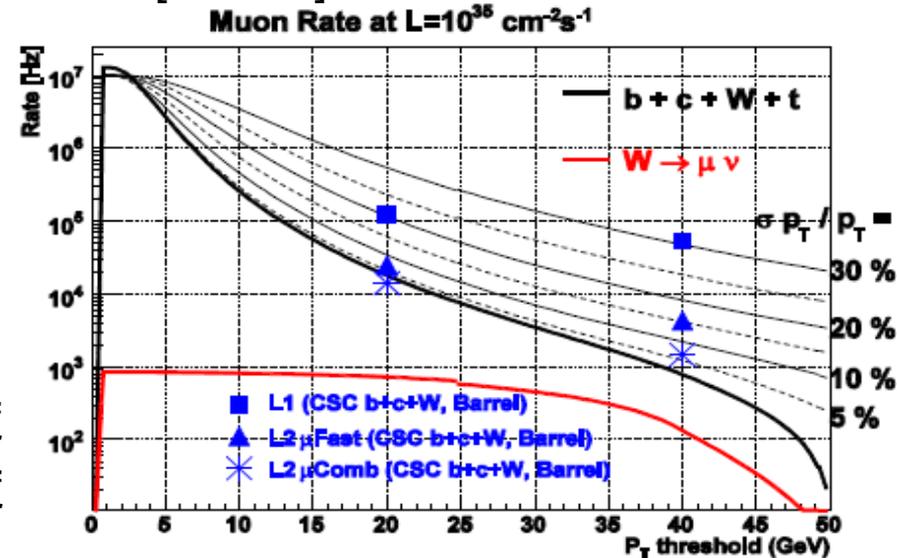
LVL1におけるMuonだけのRate@SLHC;

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

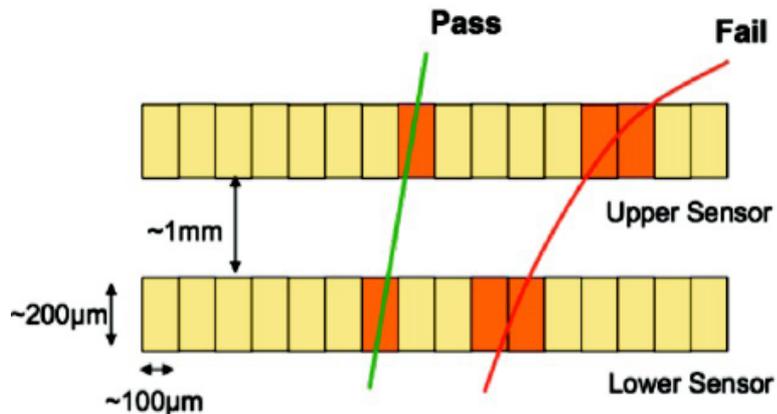
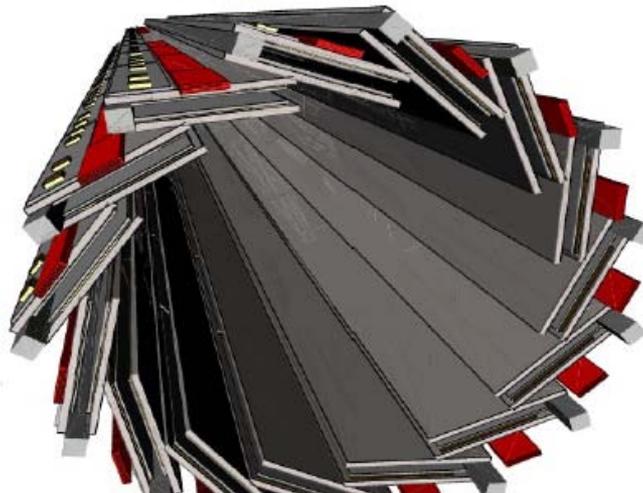


図: CMSでの例

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;

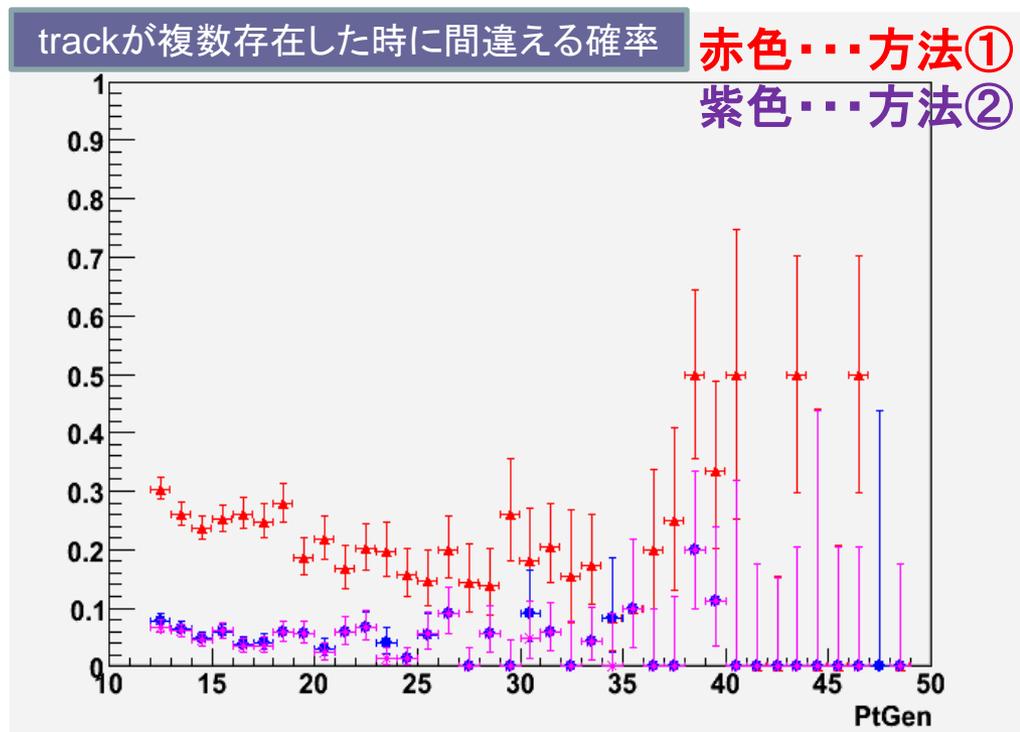
方法①・・・複数のtrackのうちdRが最小のものを選ぶ

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

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

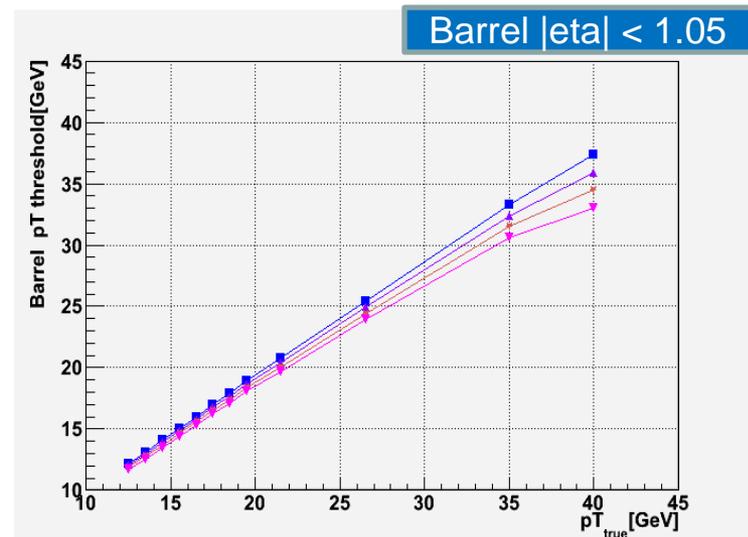
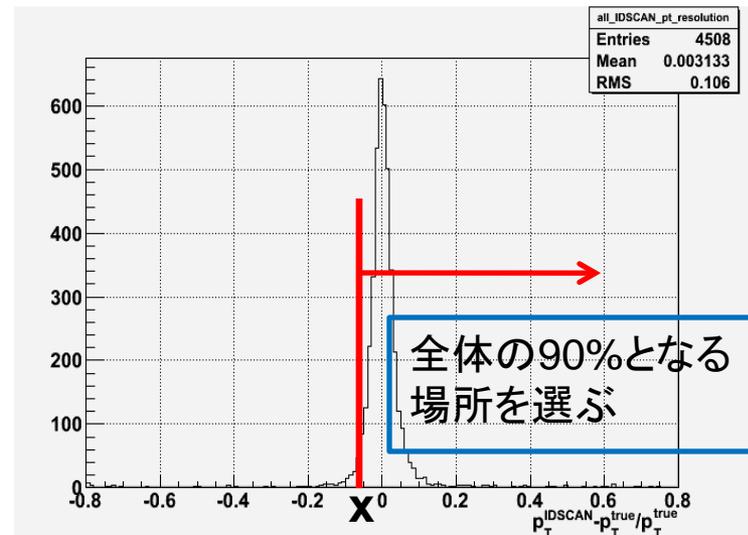
と定まる

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

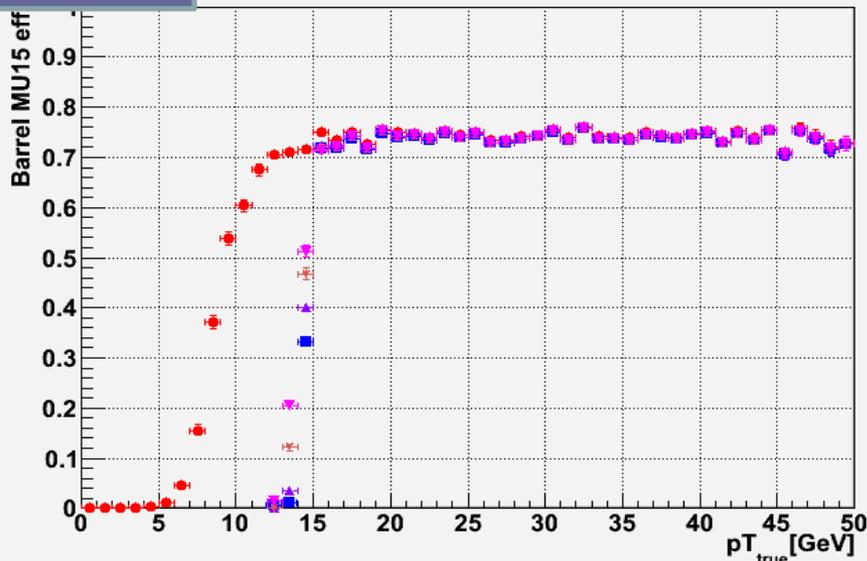


p_T^{true} に対する p_T thresholdの値の変化@Barrel

“LVL1 track trigger” Efficiency

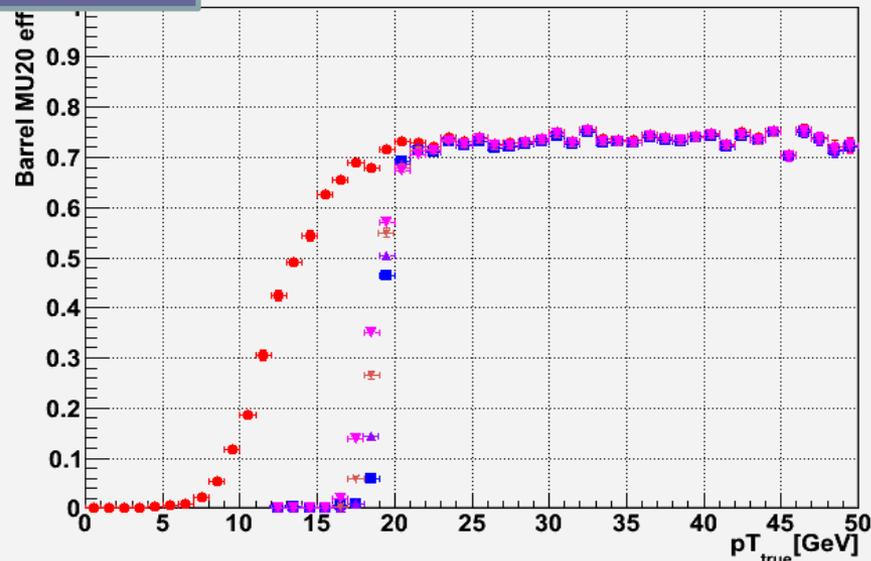
15GeV

Barrel $|\eta| < 1.05$



20GeV

Barrel $|\eta| < 1.05$

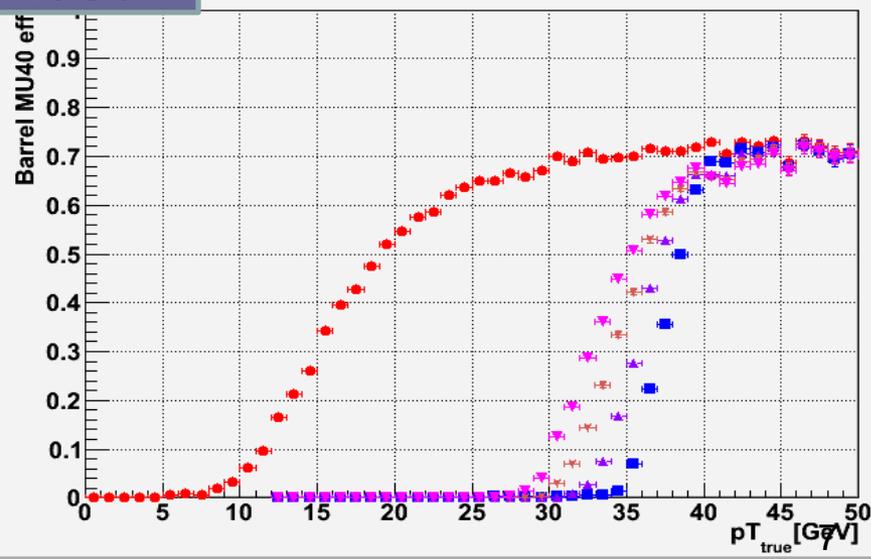


赤色が現在のLVL1のEfficiency
青色が“LVL1 track trigger”のEfficiency
(その他は p_T の分解能が悪くなったもの)

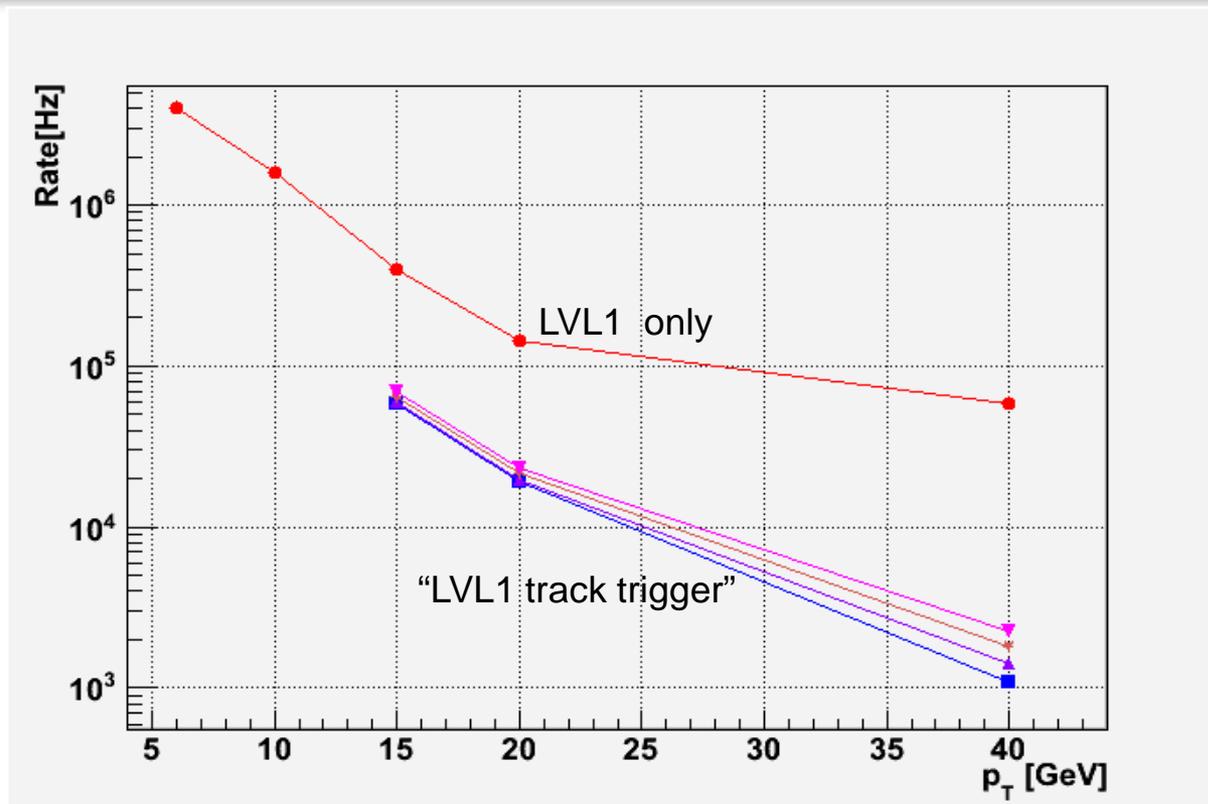
→現在のLVL1と比べると、
“LVL1 track trigger”では、threshold
付近でのEfficiencyの立ち上がりが
シャープになっている

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

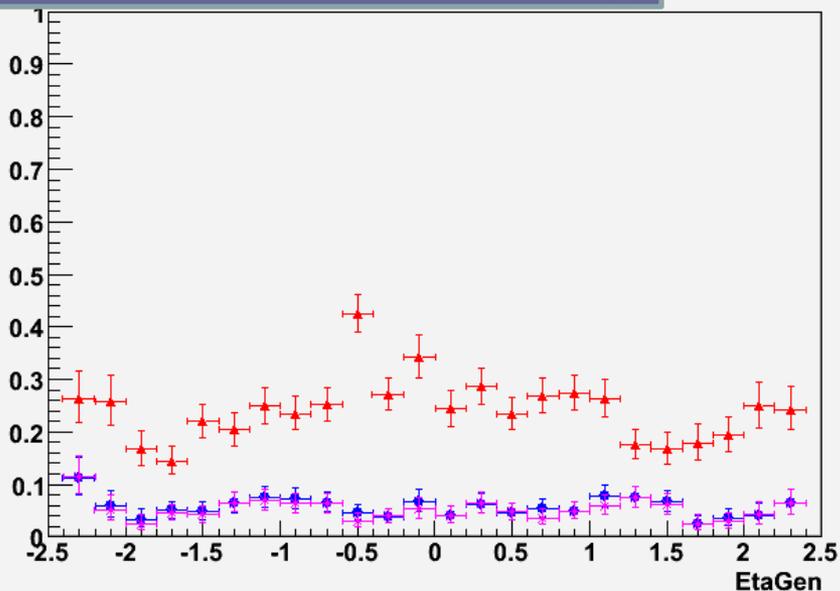
Back up

“LVL1 track trigger”で間違える確率の η 、 Φ 依存性

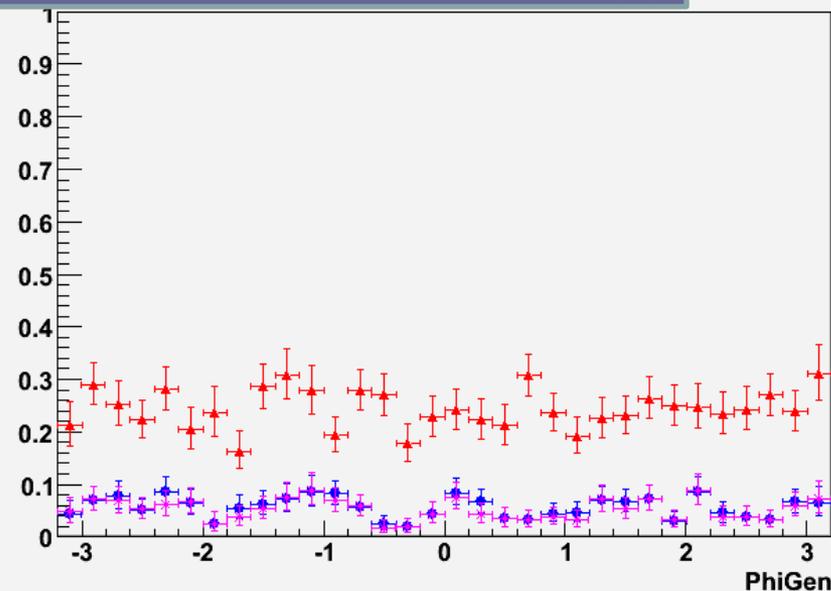
赤色・・・方法①

紫色・・・方法②

trackが複数存在した時に間違える確率(η)

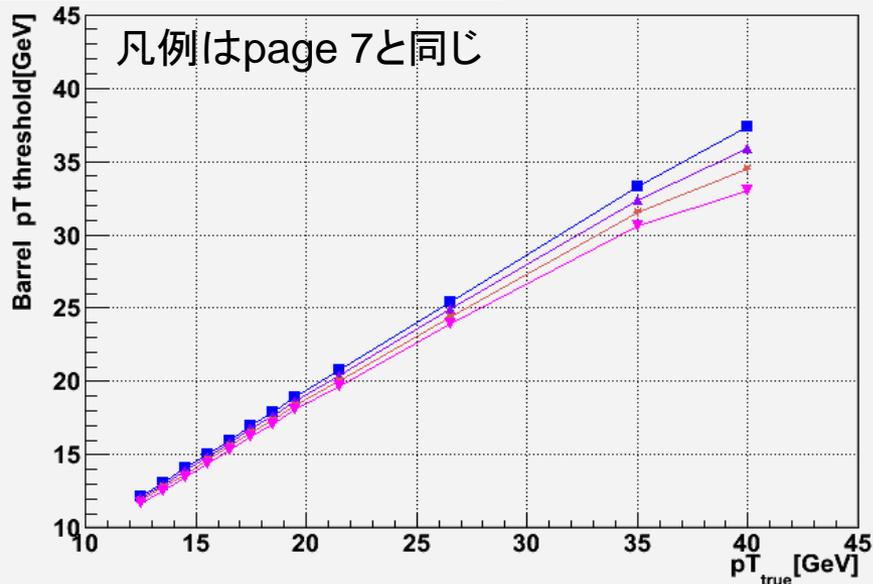


trackが複数存在した時に間違える確率(Φ)

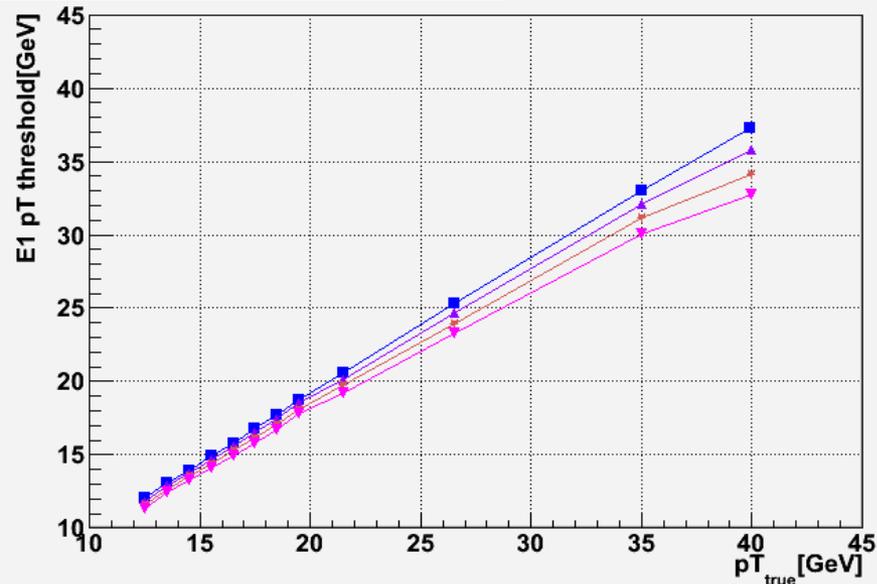


p_T^{true} に対する p_T thresholdの値の変化

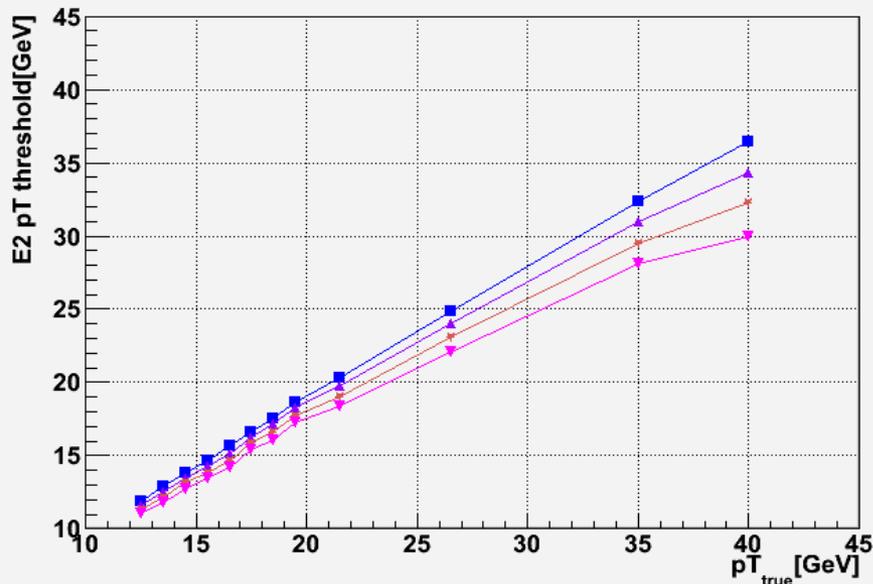
Barrel $|\eta| < 1.05$



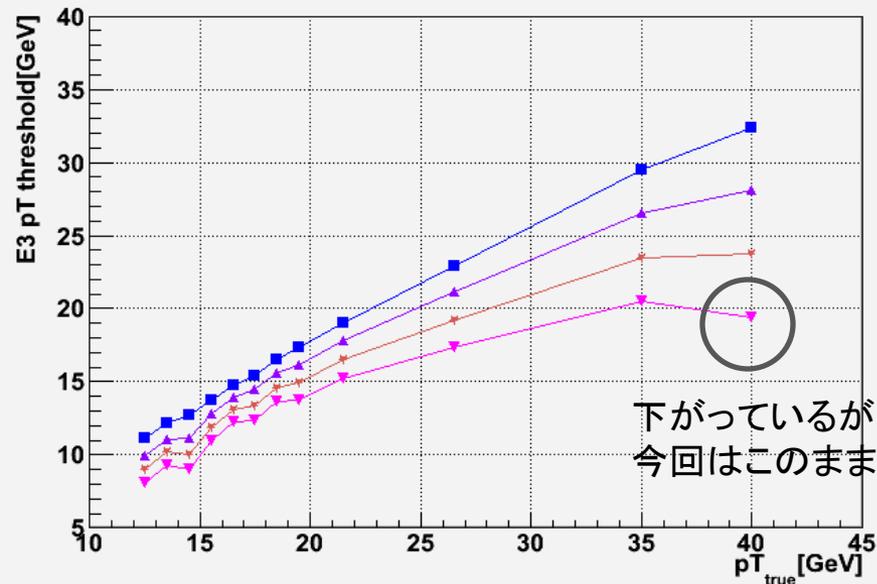
End-cap1 $1.05 < |\eta| < 1.5$



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

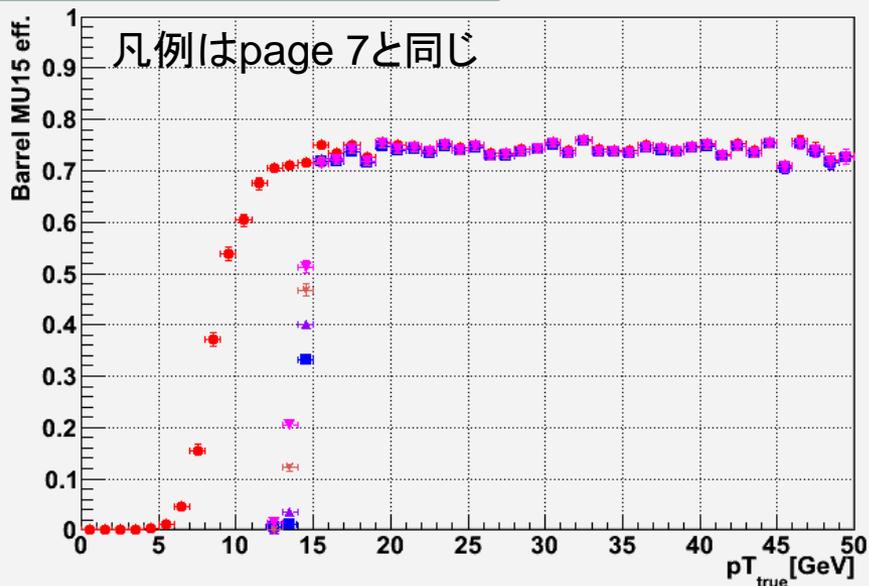


End-cap3 $1.5 < |\eta| < 2.4$

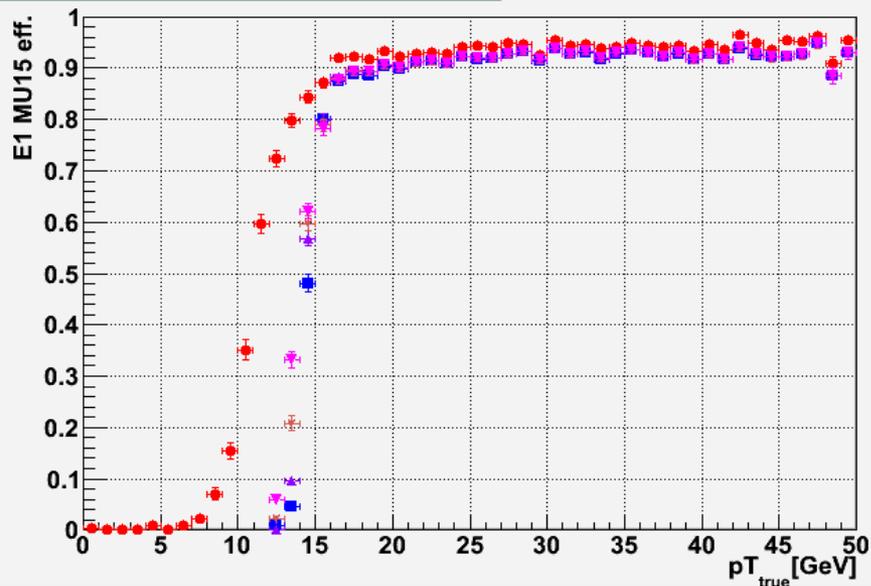


“LVL1 track trigger” Efficiency (15GeV)

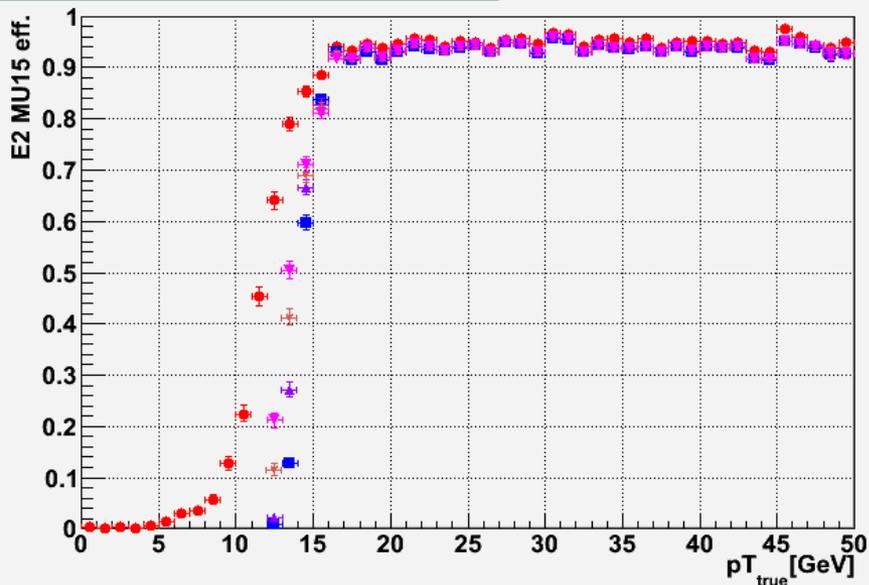
Barrel $|\eta| < 1.05$



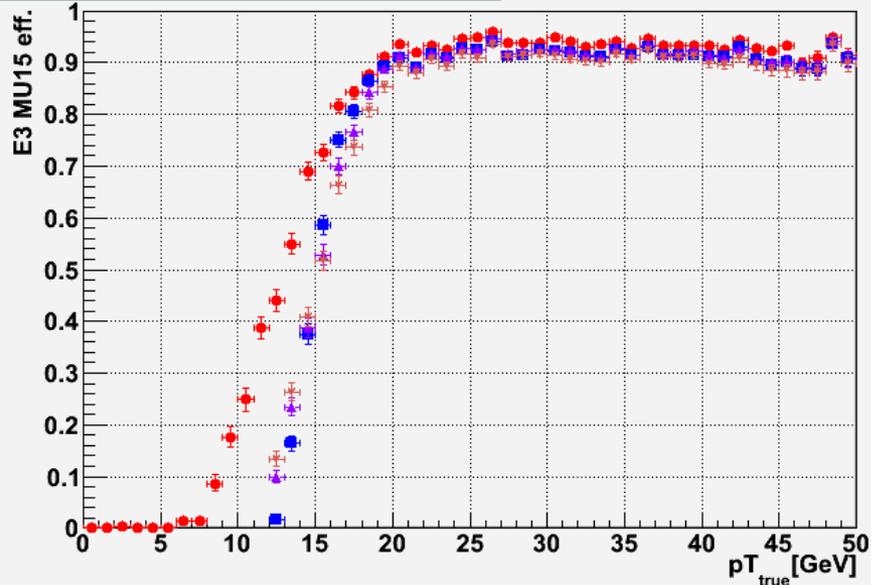
End-cap1 $1.05 < |\eta| < 1.5$



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

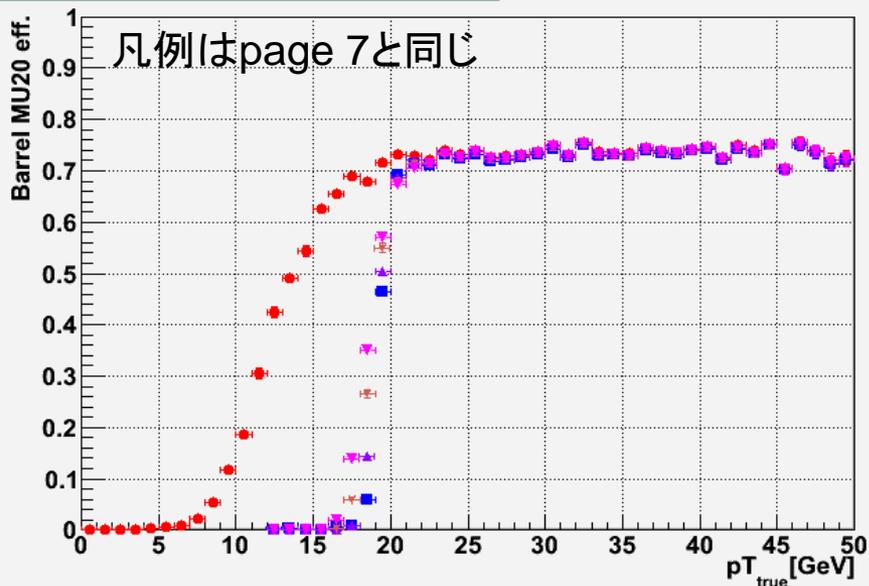


End-cap3 $1.5 < |\eta| < 2.4$

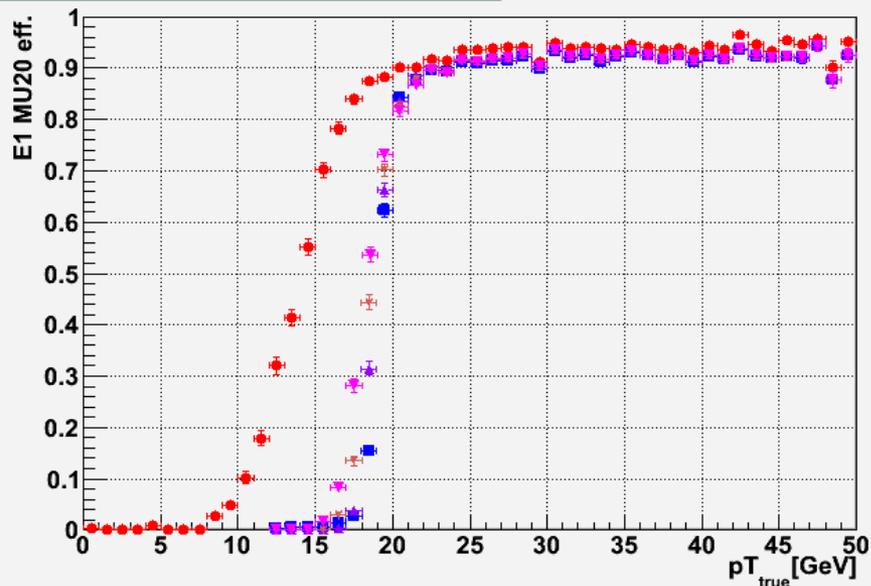


“LVL1 track trigger” Efficiency (20GeV)

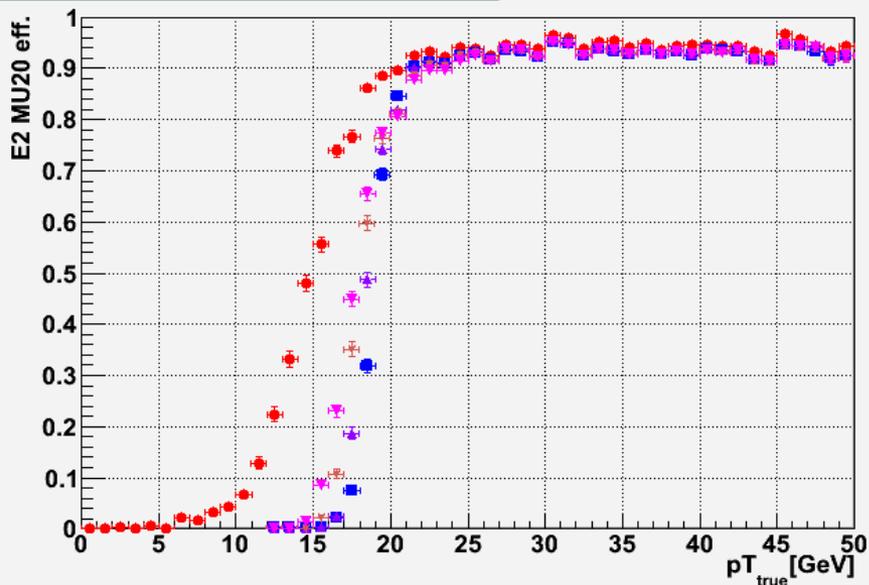
Barrel $|\eta| < 1.05$



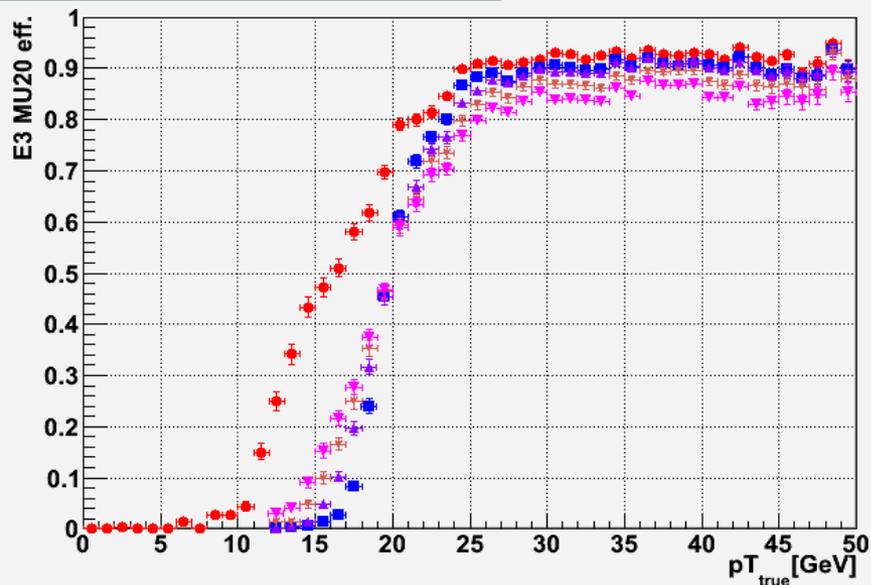
End-cap1 $1.05 < |\eta| < 1.5$



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

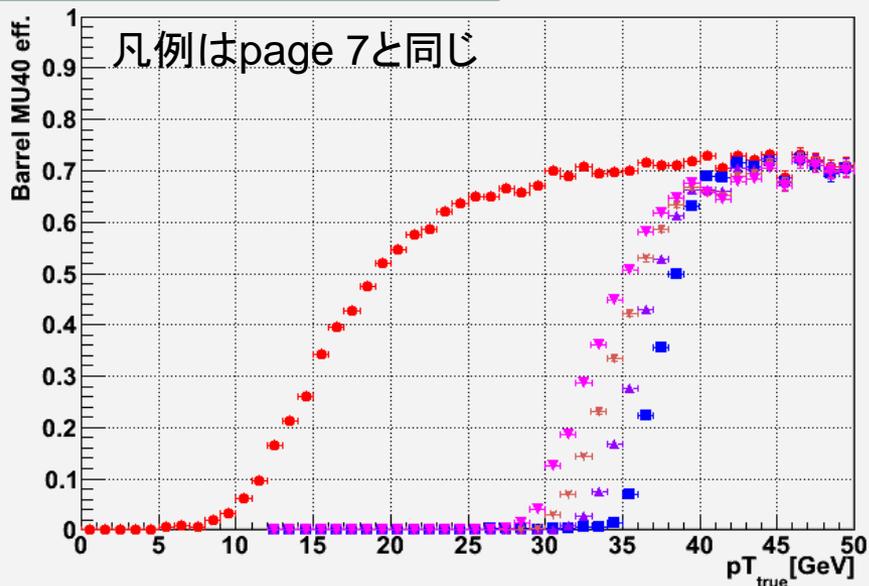


End-cap3 $1.5 < |\eta| < 2.4$

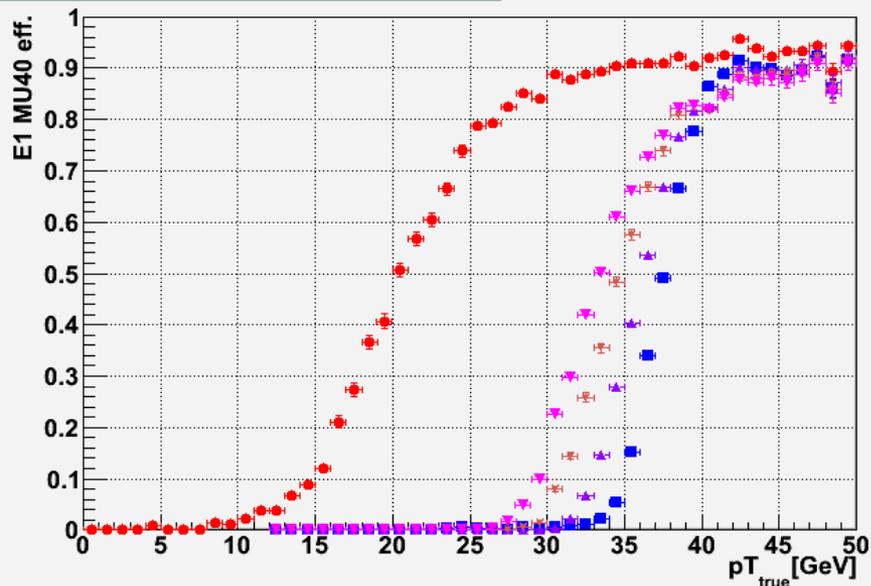


“LVL1 track trigger” Efficiency (40GeV)

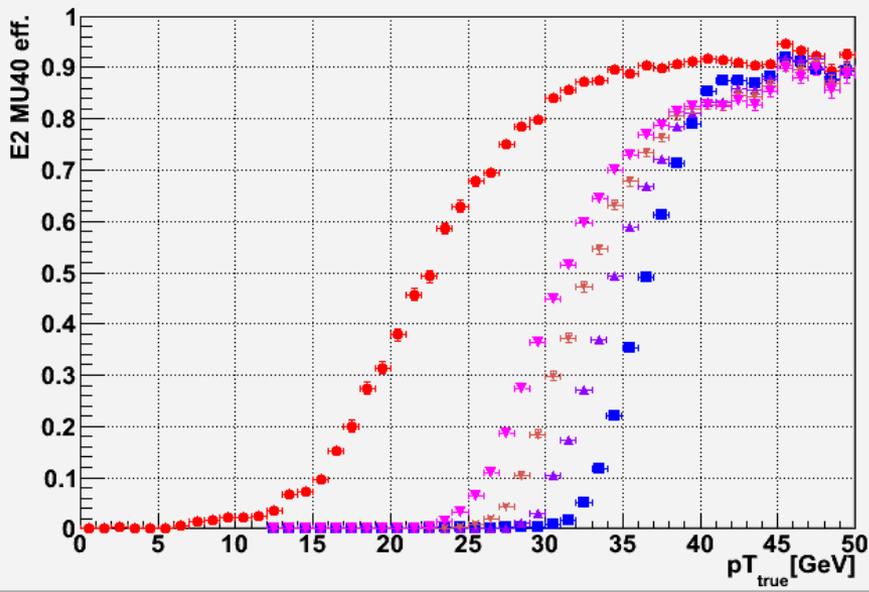
Barrel $|\eta| < 1.05$



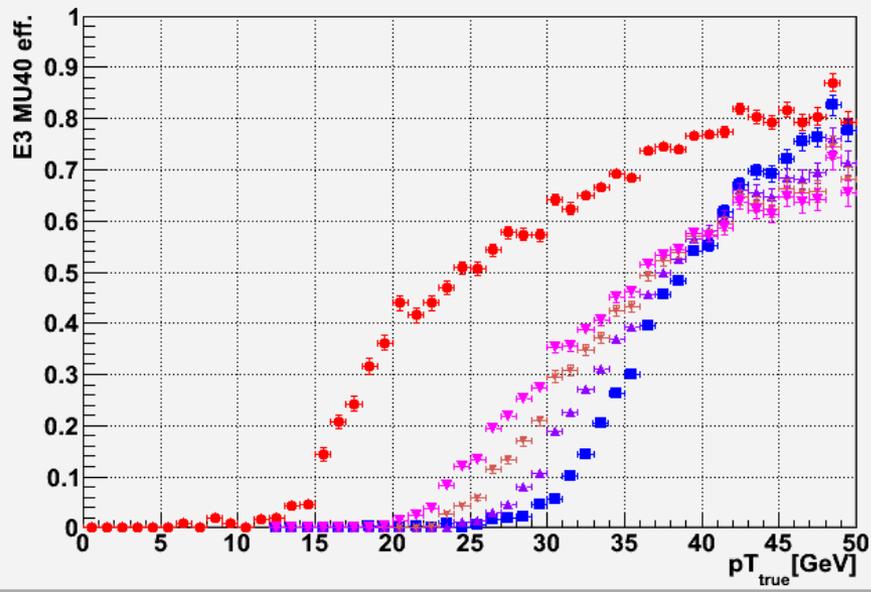
End-cap1 $1.05 < |\eta| < 1.5$



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

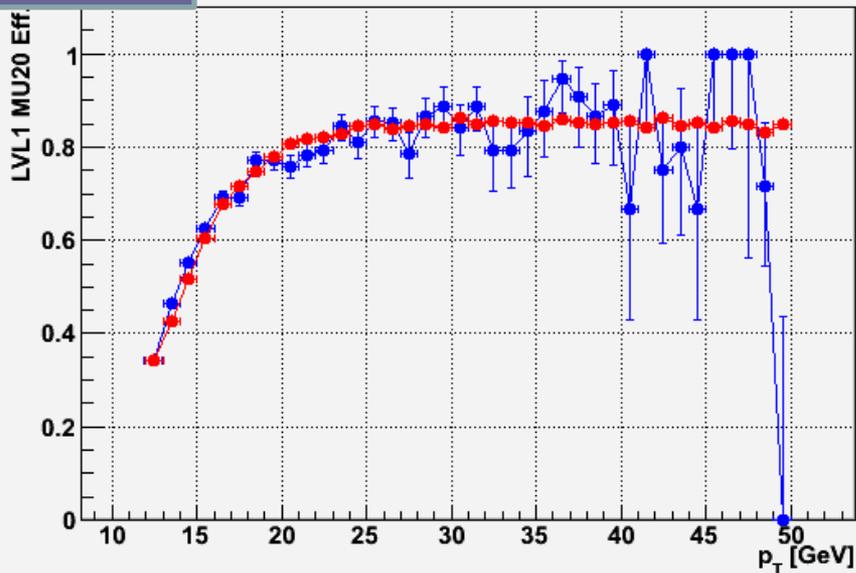


End-cap3 $1.5 < |\eta| < 2.4$

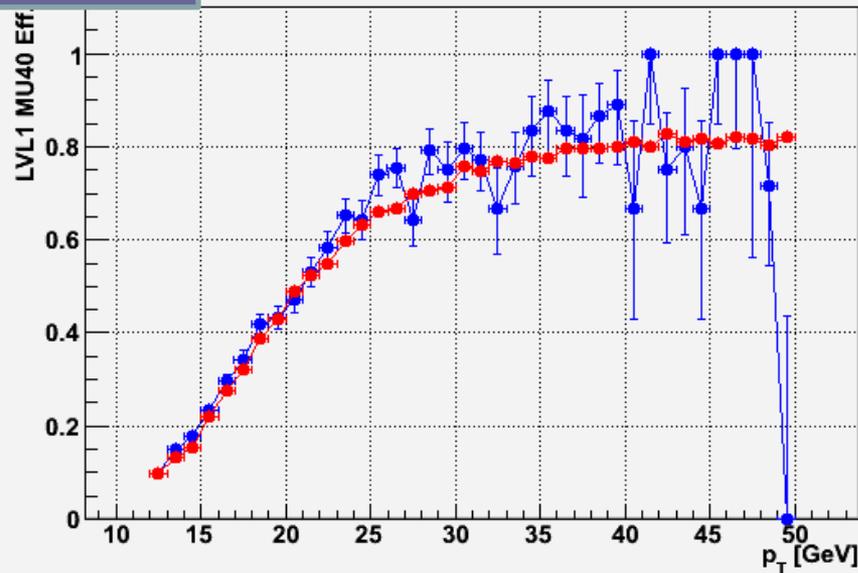


LVL1 Efficiency

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

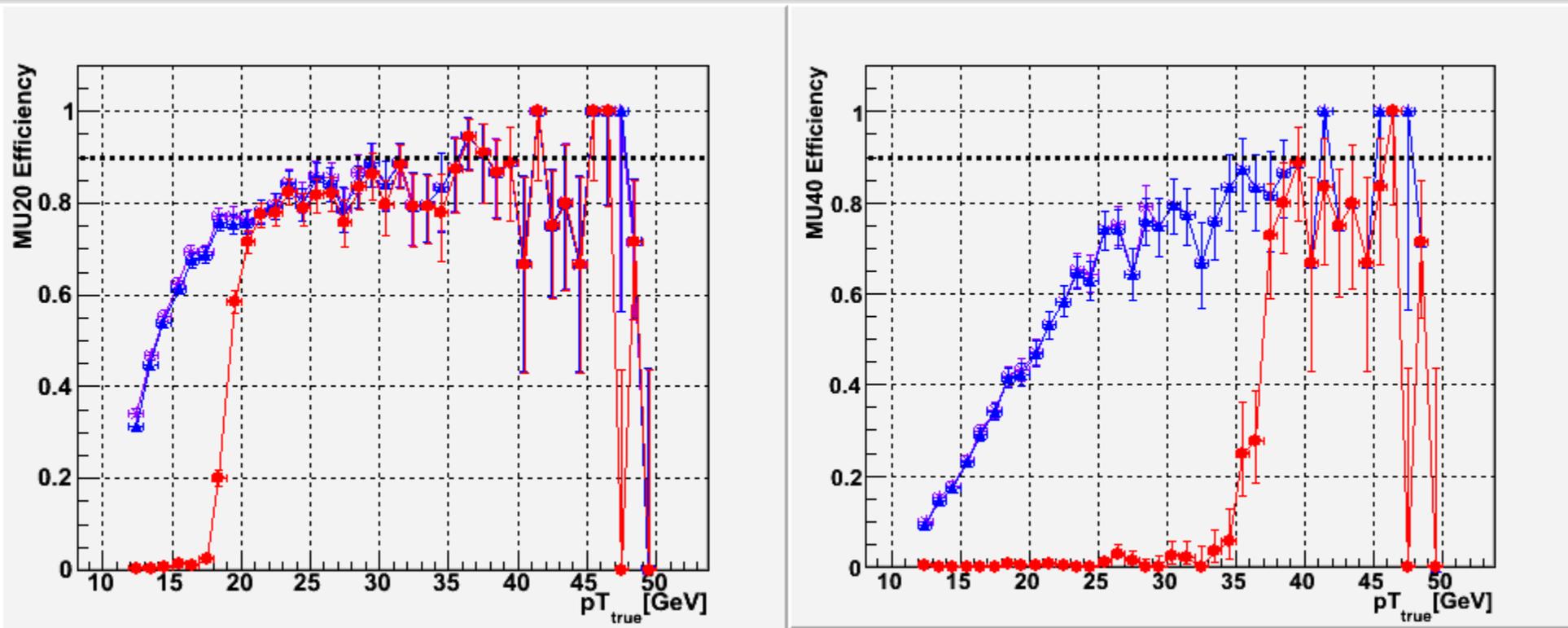


図: $pp \rightarrow bbX \rightarrow \mu X$ を使用した場合の “LVL1 track trigger Efficiency”

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