



- Title
- Introduction
- Motivation
- Tag&Probe method
- High pT efficiency
- Low pT efficiency
- Summary

Dai Kobayashi
Tokyo Institute of Technology
Feb.18 2013 19th ICEPP Symposium

ATLAS実験のミュオントリガー
に対するLow pTおよびHigh pTの
領域での効率評価

❖ Contents

- Introduction
- Tag&Probe method
- High p_T efficiency
- Low p_T efficiency
- Summary

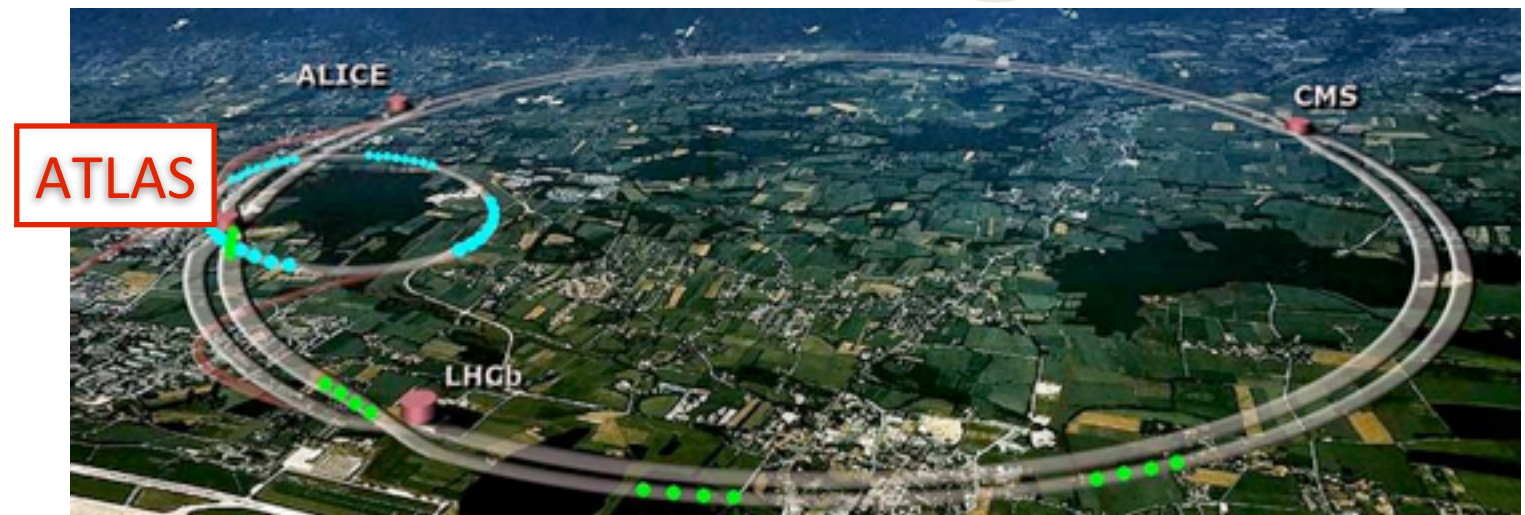
- ◎ 今回の発表では、LHCで行われているATLAS実験で使用されているミュオントリガーシステムの効率測定の方法、及び結果について話します。
- ◎ 以下のような流れで進めていきます。
 1. LHC、ATLAS実験について
 2. ミュオントリガーシステム
 3. トリガー効率の測定方法Tag&Probe
 4. High p_T のミュオンに対する効率測定
 5. Low p_T のミュオンに対する効率測定
 6. まとめ

❖ LHC and ATLAS

- Introduction
- Tag&Probe method
- High p_T efficiency
- Low p_T efficiency
- Summary

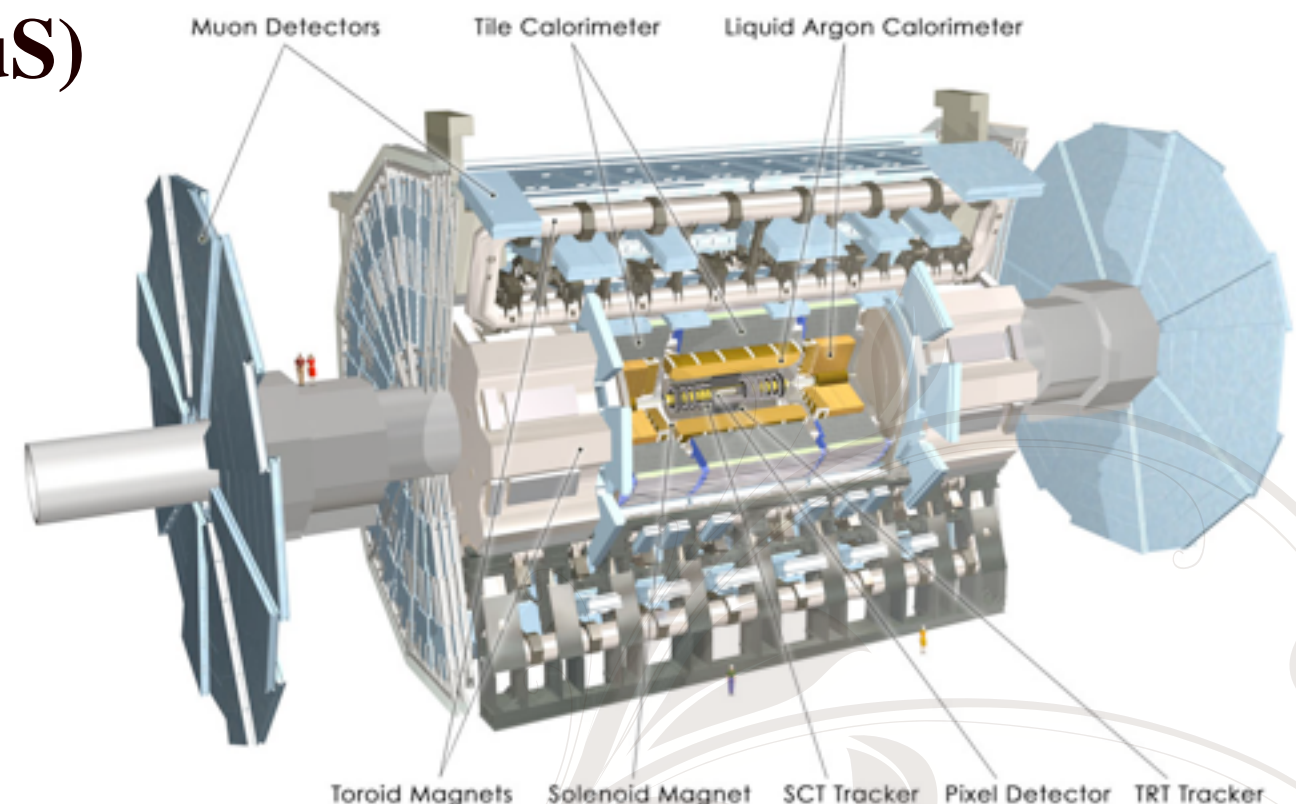
◎ LHC(Large Hadron Collider)

- 陽子陽子衝突型加速器
- リング周長 : 26.7km
- 重心系エネルギー : 8TeV(2012)



◎ ATLAS(A Toroidal LHC ApparatuS)

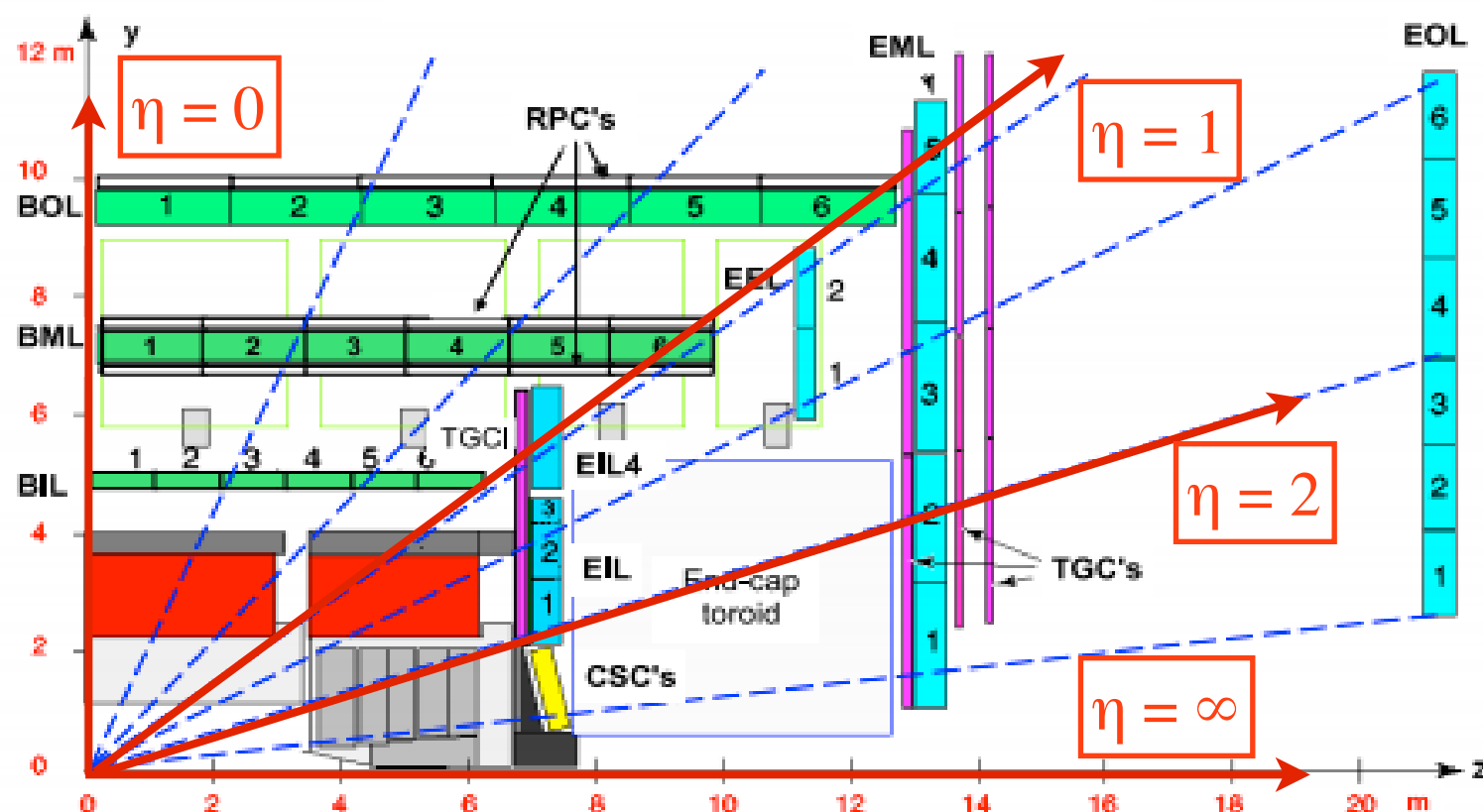
- Higgs粒子、SUSY粒子等の新物理の探索を主な目的とする汎用検出器。
- 大まかな構成としては、内側から
 - ・ 内部飛跡検出器
 - ・ カロリメータ
 - ・ ミューオン検出器というようになっている。



❖ Muon Detector

- Introduction
- Tag&Probe method
- High pT efficiency
- Low pT efficiency
- Summary

- ◎ ミューオンの検出器としては以下のようなものを使用し、トリガーにおいてもこれらの検出器の情報を用いている。



位置分解能は劣るが、応答速度が早いTGC, RPCはあらかじめ粗い選別をするために用いる。

その情報を受け取ったMDT, CSCによって、より精密な事象選別が行われる。

• MDT(水色・緑)

位置 : Barrel・Endcap部
位置分解能 : 約 $35\mu\text{m}$
用途 : 精密測定

• CSC(黄色)

位置 : Endcapの一部
位置分解能 : 約 $40\mu\text{m}$
用途 : 精密測定

• RPC (白)

位置 : Barrel部
位置分解能 : 約 10mm
用途 : トリガー用

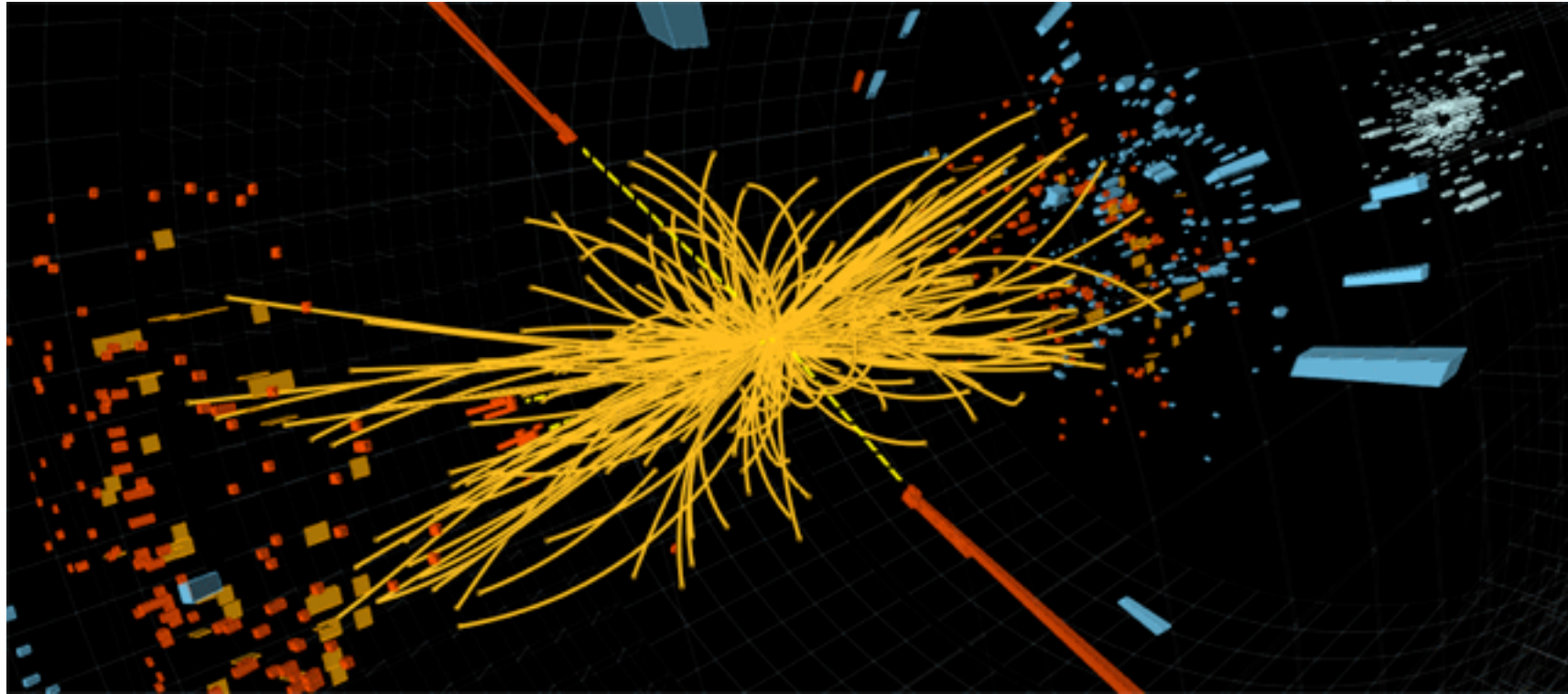
• TGC (紫)

位置 : Endcap部
位置分解能 : 約 $2\text{-}6\text{mm}$
用途 : トリガー用

❖ Trigger System

- Introduction
- Tag&Probe method
- High pT efficiency
- Low pT efficiency
- Summary

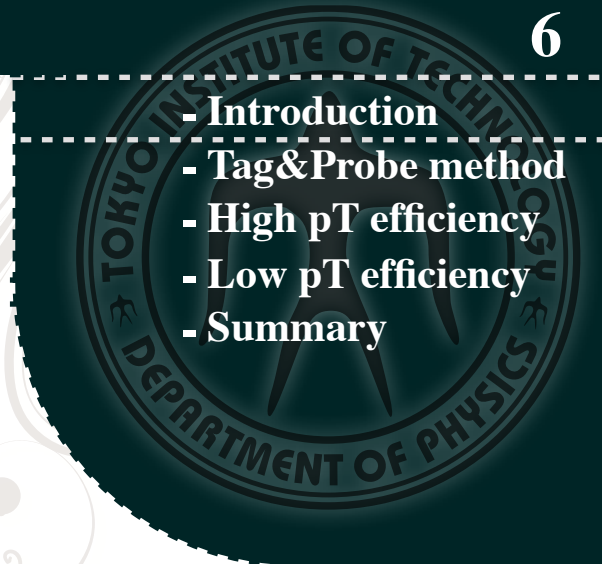
- ◎ ATLAS実験では、高頻度の衝突により、膨大な実験データが生み出されている。



- ◎ その全データを記録するのは不可能であり、興味のないイベントに関しては選別して除外し、かつ興味のあるイベントを効率よく記録する必要がある。
- ◎ この働きを担うのがトリガーシステムであり、今後の運転により、ルミノシティを上昇させることを考えると、ますます重要な役割を果たしていくことになる。

❖ Trigger System

- Introduction
- Tag&Probe method
- High pT efficiency
- Low pT efficiency
- Summary



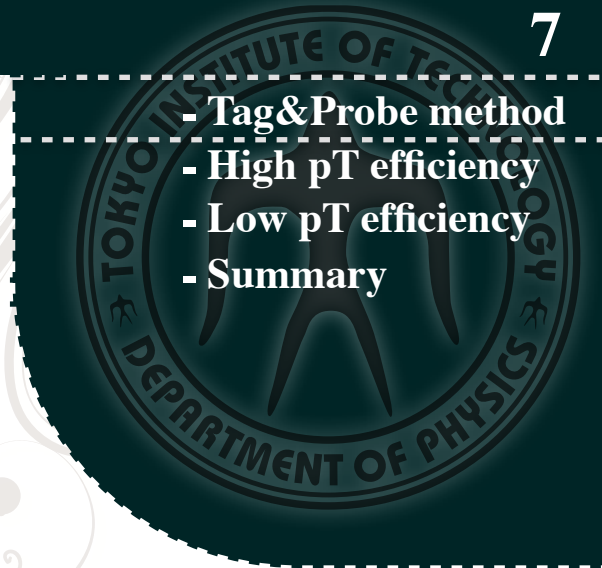
- ◎ ミューオントリガーシステムは、大きく3つの段階に分けられる。

L1(Level 1)	L2(Level 2)		EF(Event filter)
L1 (RPC,TGC)	muFast (MDT)	muComb (MDT+ID)	EF
Hardware level選別 データ取得の領域 (RoI)を指定する	Software level選別 RoIで指定された領 域のMDTの情報 からpTなどで選別 する。	Software level選別 内部検出器も利用 して詳細に選別。	Software level選別 処理速度の制限が 厳しくない。 ほぼofflineと同等に 詳細な選別。

- ◎ この研究では、トリガーの各段階について効率測定を行う。
- ◎ 特に、4[GeV]程度のLow pTのミューオンに対しても測定が行うということに重点を置いている。

❖ Tag&Probe

- Tag&Probe method
- High pT efficiency
- Low pT efficiency
- Summary

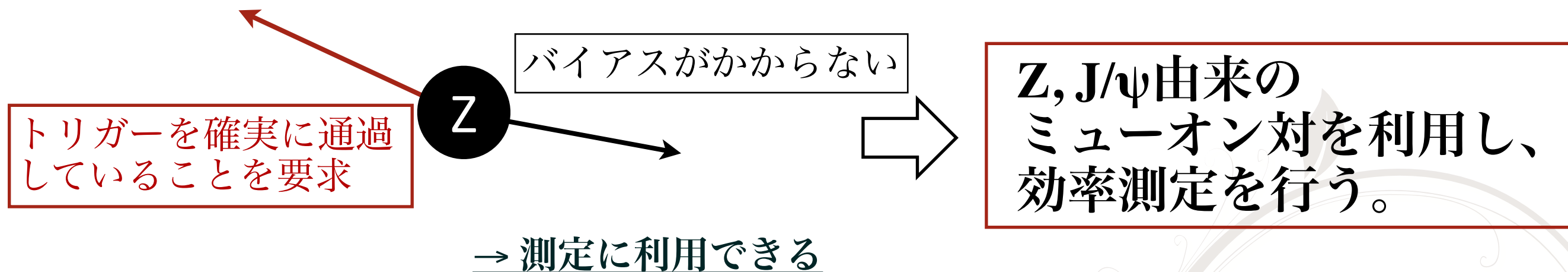


◎ 効率測定をするにあたり、Tag&Probeという手法を用いる。

- そもそも、トリガーによって取得された情報を用いてトリガーの効率を測るため、バイアスがかからないように評価を行うには工夫が必要である。

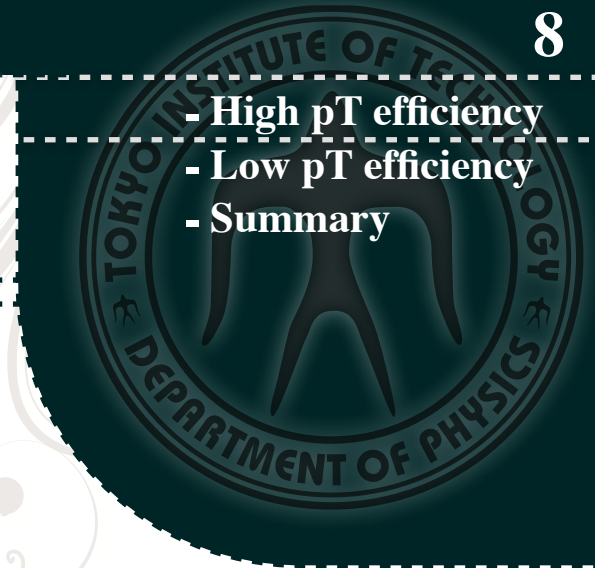
◎ ”イベントがトリガーされる”と言った場合、イベント中の全ミューオンがトリガーにかかっている訳ではない

- つまり、ZやJ/ψなどの粒子由来のミューオン対の片方があるEFまで通過している場合、もう一方のミューオンに関しては、トリガーを通過している保証はなく、どこかの段階でトリガーを通過できていない可能性がある。



❖ Z Tag&Probe(High pT)

- High pT efficiency
- Low pT efficiency
- Summary

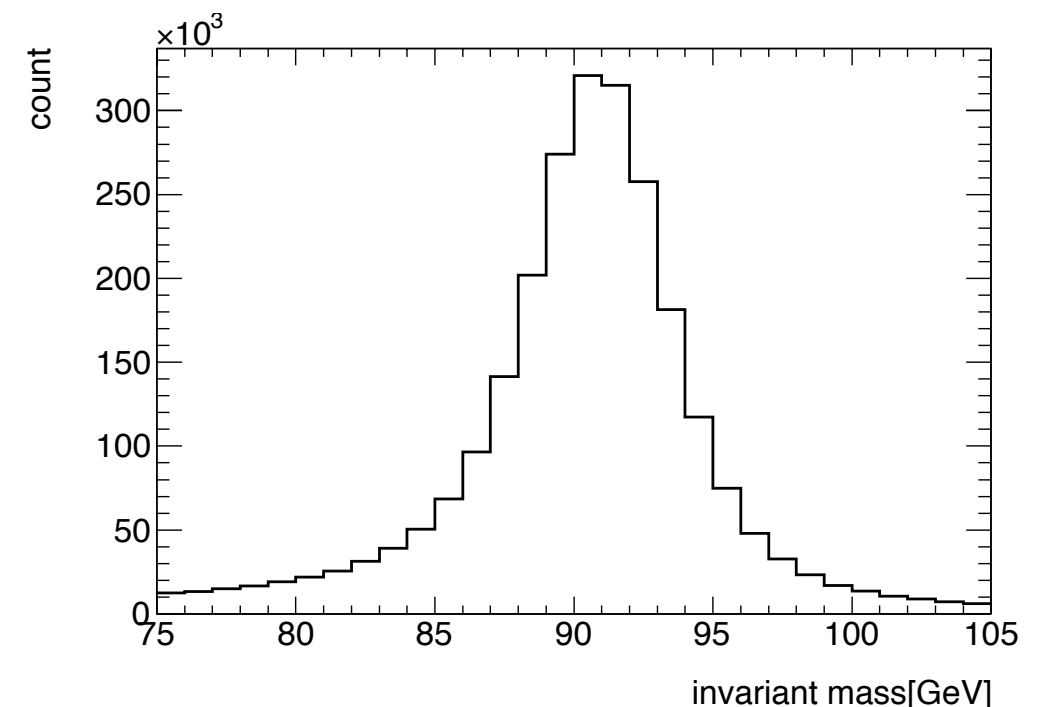


◎ High pTのミューオンに対する効率測定には、Z由来のミューオンを用いてtag&probeを行う。

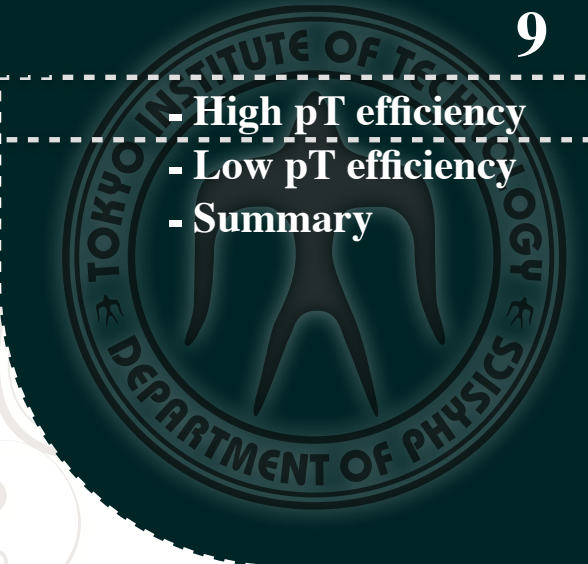
- 先に述べたように、Z由来のミューオン対の片方がEFまで通過している(Tag)ことを要求すれば、もう一方(Probe)がトリガーフリーになり、効率測定ができる。

◎ 具体的な方法

- まず、ミューオンにはある程度のカット（次頁）を設け、それを通過したミューオンについてのみ次のように進める。
- イベント中の逆符号のミューオン対の不変質量がZの領域であることを要求
 $75 < \text{Mass}_{\mu\mu} < 105 [\text{GeV}]$
- 次に、それぞれがEF_24GeVを通過しているかどうかを確認し、通過できていた場合は、もう一方のミューオンに対して効率を調べたいトリガーの各段階の通過について調べる。



❖ Offline cut & datasets



- High pT efficiency
- Low pT efficiency
- Summary

◎ Dataset、runnumber情報

- 2012年の前期運転のもの
- Inclusive samples(pre-selectionなし)

◎ Offline cutとtag、probeに対する要求

- $|\eta| < 2.4$
- $|Z_0| < 10[\text{mm}]$
- ミューオンの近くに他の粒子がないことを要求
- Inner detectorのクオリティカット

$$\eta = -\ln\left(\tan\left(\frac{\theta}{2}\right)\right)$$
$$dR = \sqrt{d\eta^2 + d\phi^2}$$

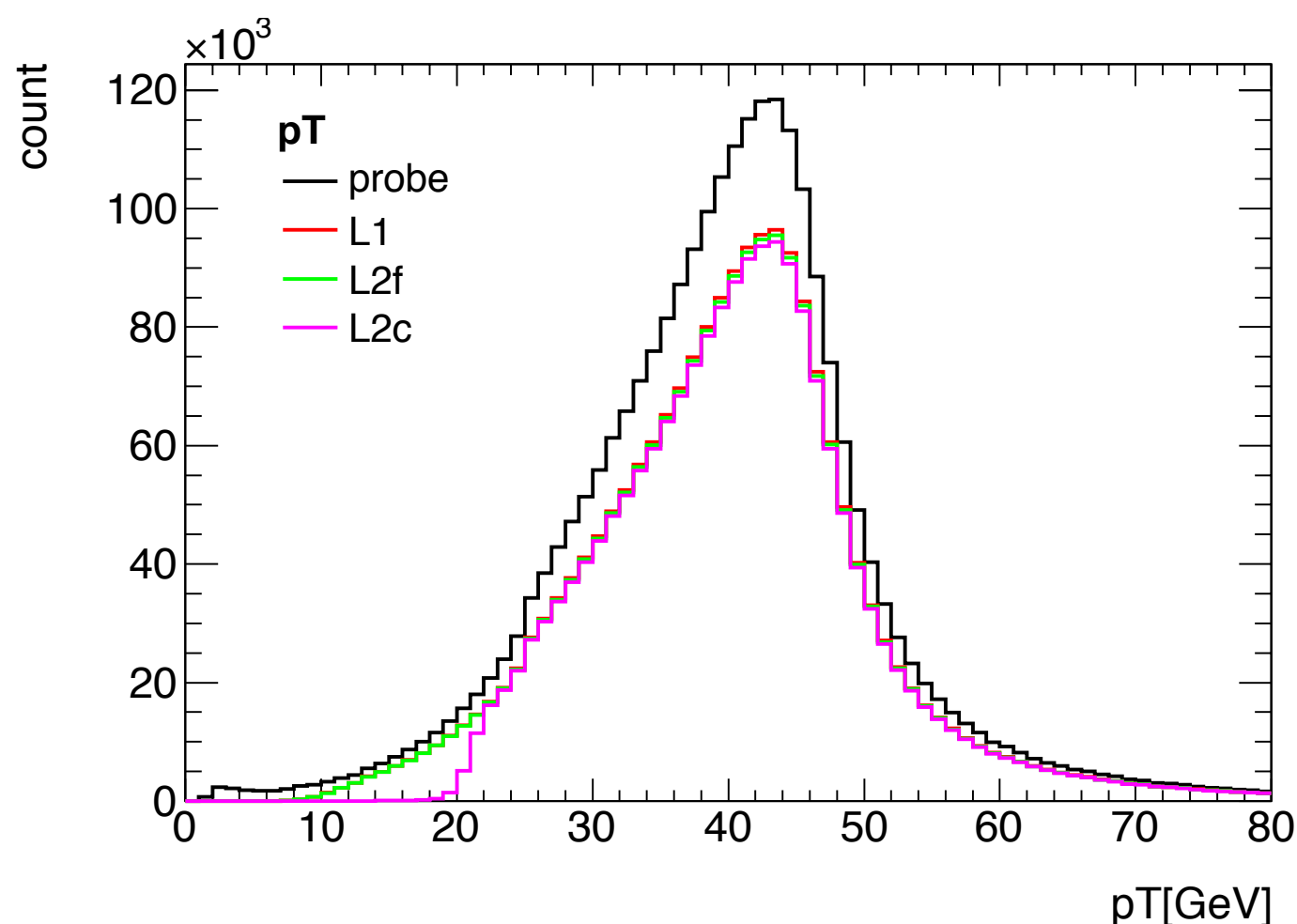
- Tag ミューオン : EF(24GeV)の通過を要求($dR(\text{offline vs EF}) < 0.5$)
 $pT > 25[\text{GeV}]$
- Probe ミューオン : 測定したいトリガーのL1の通過を要求($dR(\text{offline vs RoI}) < 0.5$)
muFast、muCombについては、トリガーの通過の可否が記録されているためそれを用いる。

❖ Muon pT

- High pT efficiency
- Low pT efficiency
- Summary

◎ Tagが成功した場合のprobe側のpT分布

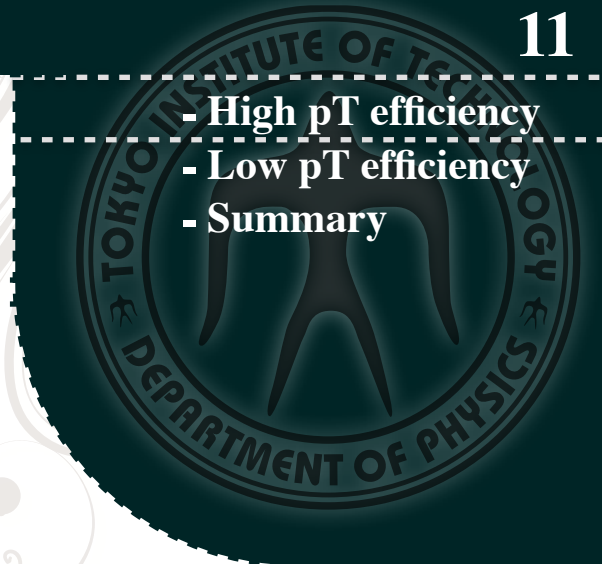
- 本研究では、High pTのトリガーの中でも、24GeVトリガーの効率を測定し、そこに導入した変更(後述)についても調べている。
- それぞれ要求なし、L1、L2(muFast)、L2(muComb)を通過したものの分布となっており、数が減っているのがわかる。
- L2(muComb)では22[GeV]で閾値を設けているため、切れている。



- 各段階毎にどのくらいの割合でトリガーできているのかを求めていく。
- 以降、効率測定の結果となるが、大きな特徴のあった部分についてのみ述べる。

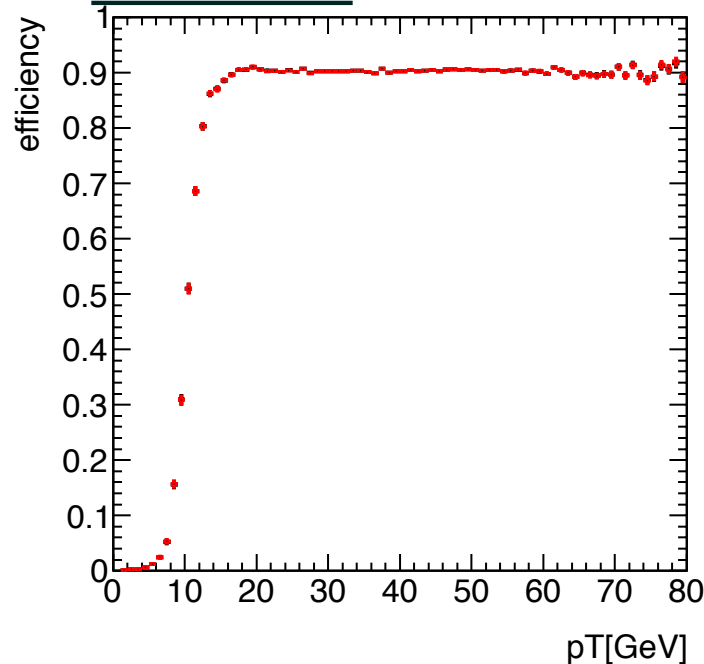
❖ Efficiency plot

- High pT efficiency
- Low pT efficiency
- Summary

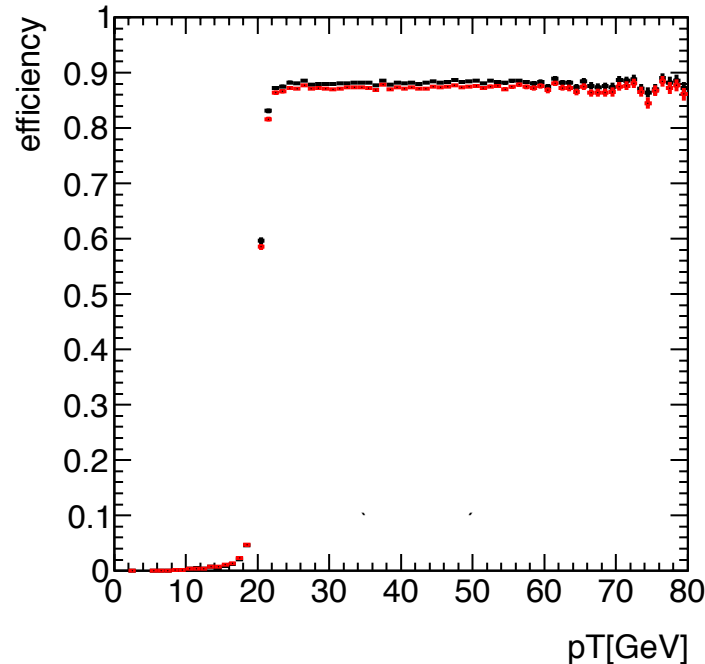


◎ 効率のpT依存性 (Endcap部分)

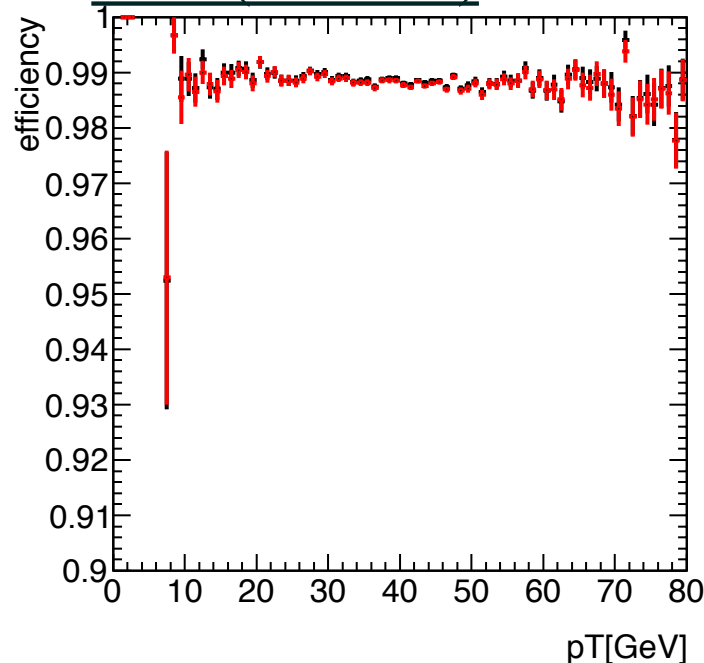
1. Level 1



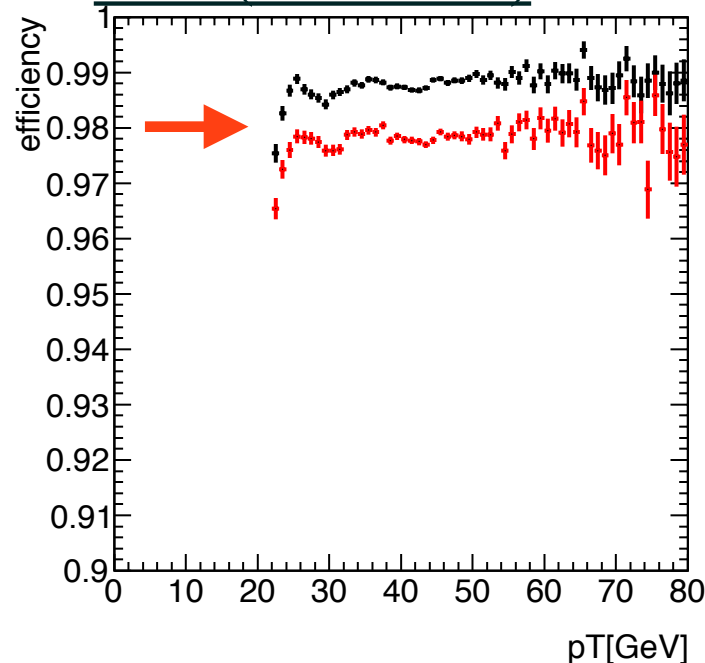
2. Level2 total



3. L2(muFast)



4. L2(muComb)



- 黒 : L2_mu24_tight
(muFast : 新しいアルゴリズム)
- 赤 : L2_mu24_tight_muFast
(muFast : 旧式のアルゴリズム)
- 90%程度の効率で安定して動いている。
- muCombは~1%の改良が見られる。
これは、muFastの段階での位置再構成を改良したため、IDとのマッチングを取る際の効率が上昇したものである。

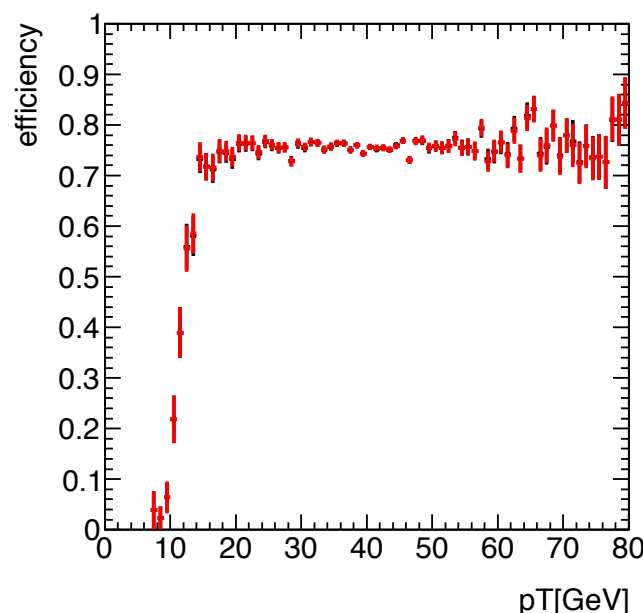
❖ Efficiency plot

- High pT efficiency
- Low pT efficiency
- Summary

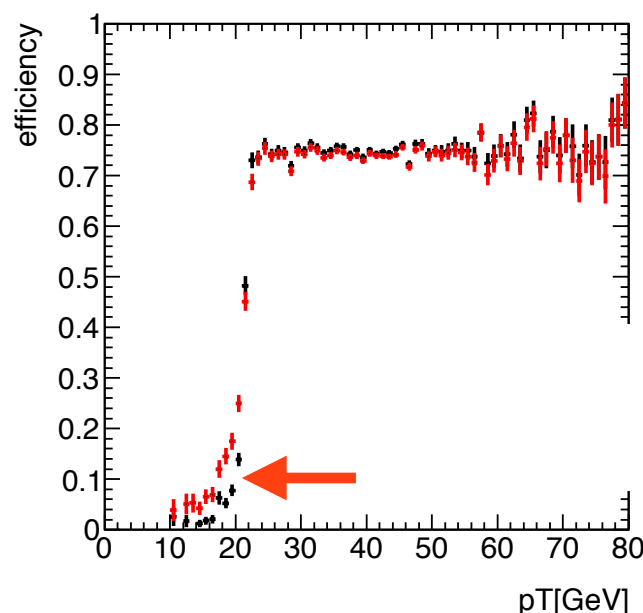
◎ 効率のpT依存性(Barrel LargeSP)

- 検出器の足がある部分にあたり、難しい領域になるが、位置のキャリブレーションなどを導入することでmuFastの効率が改善。

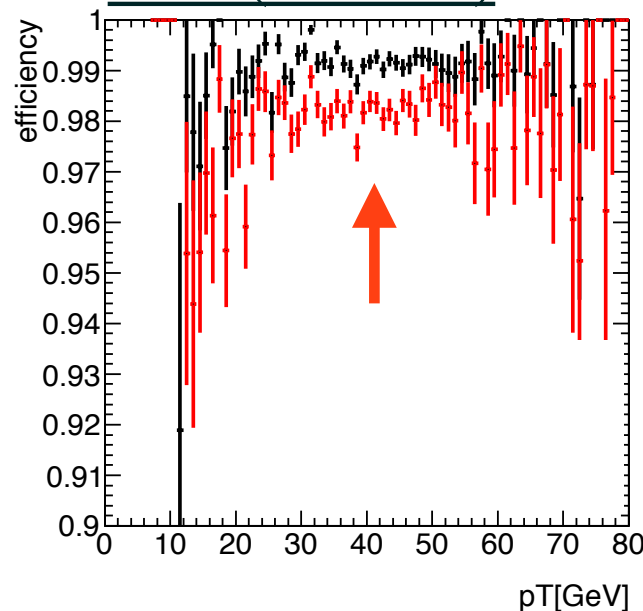
1. Level 1



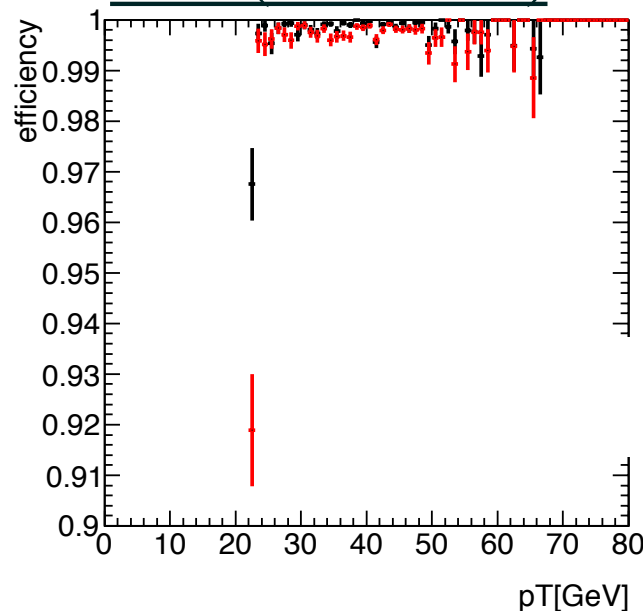
2. Level2 total



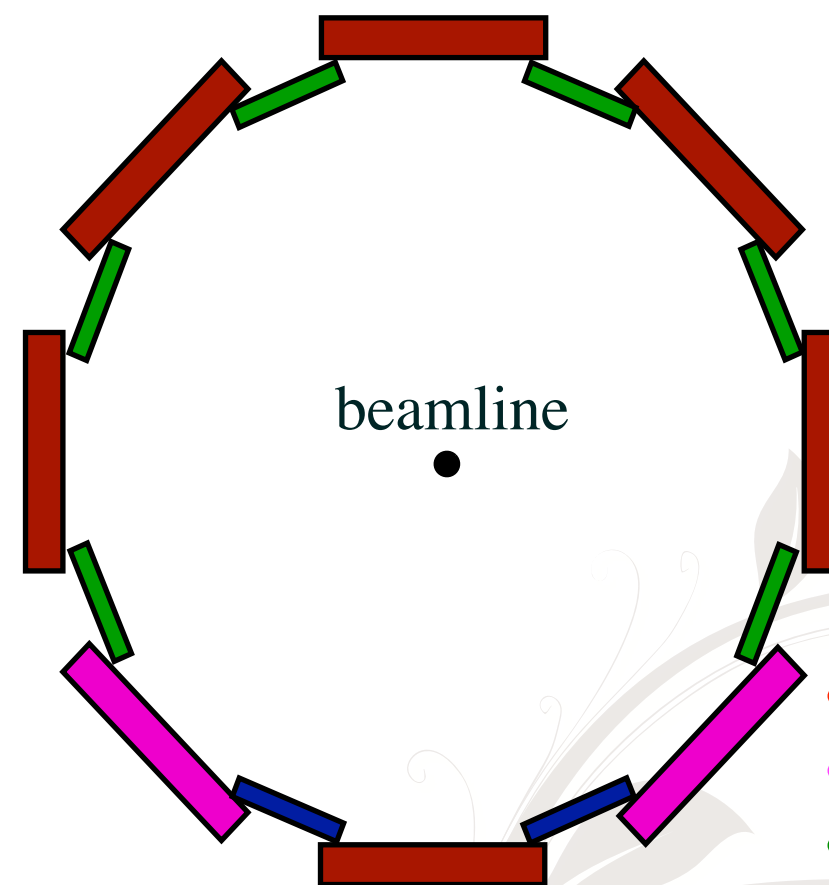
3. L2(muFast)



4. L2(muComb)



- 黒 : L2_mu24_tight (muFast : 新しいアルゴリズム)
- 赤 : L2_mu24_tight_muFast (muFast : 旧式のアルゴリズム)



- red : large
- pink: largeSP
- green: small
- blue: smallSP

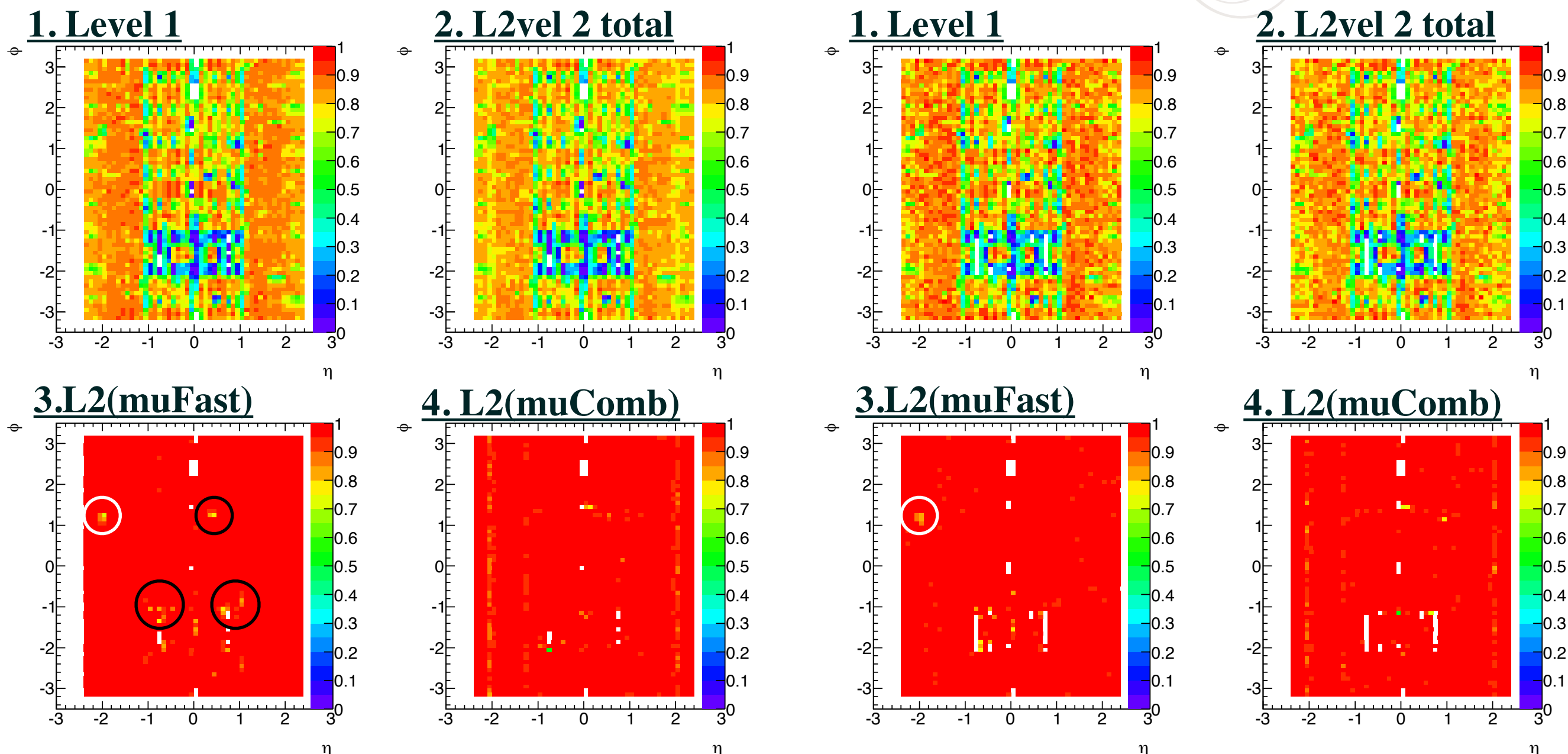
❖ Efficiency plot

- High pT efficiency
- Low pT efficiency
- Summary

◎ 効率の η - ϕ 二次元依存性

• 旧式アルゴリズム

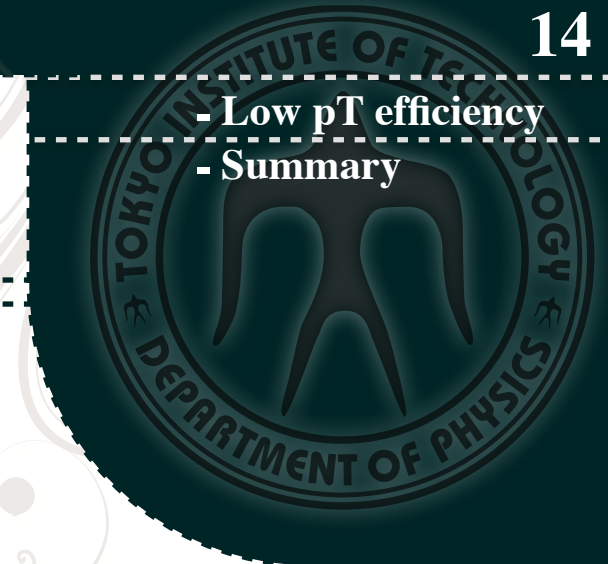
• 新式アルゴリズム



- 黒丸で示されている部分の非効率性はTGC/RPCのreadout error recoveryが働いており、L2_mu24_tightでは改善している。ただし、白丸内は変わらず非効率であった(調査中)。

❖ J/ψ Tag&Probe(Low pT)

- Low pT efficiency
- Summary

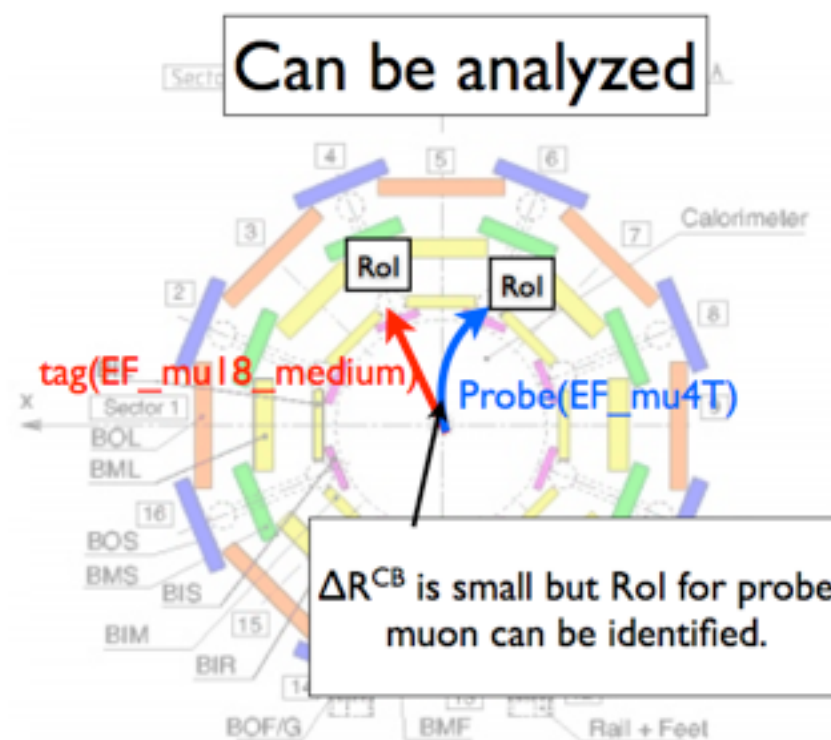
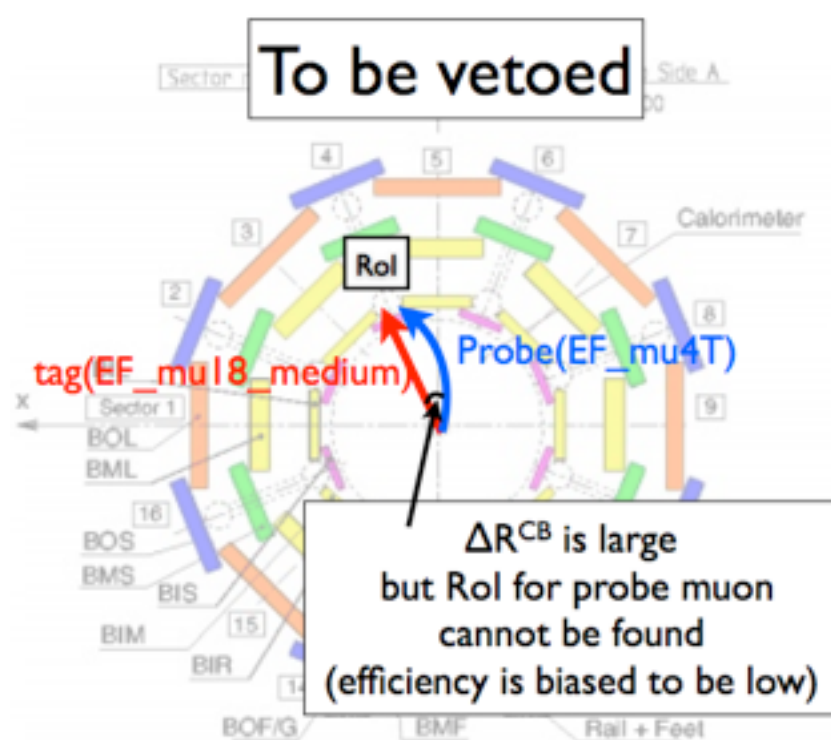


◎ Low pTのミュオンに対する効率測定には、
J/ψ由来のミュオンを用いてtag&probeを行う。

- しかし、Zに比べると困難な点が多い。
- High pTのミュオンに対するトリガーで、tagを要求しなくてはならない。
--> EF(18GeV)を要求し、用いるJ/ψはboostされているものを利用する。

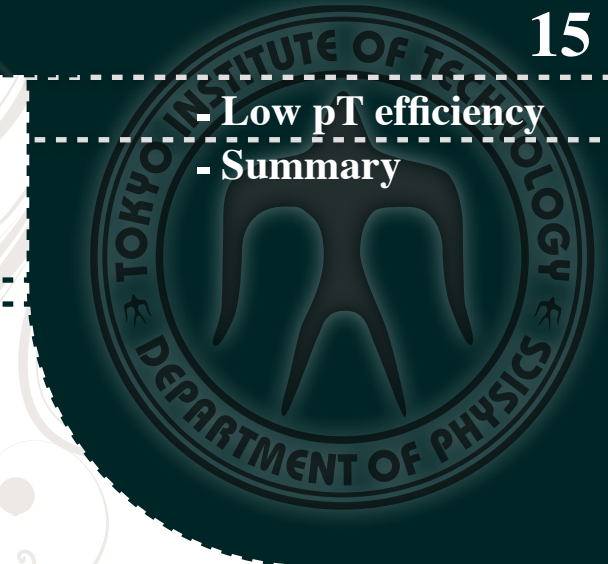
◎ Boostされたミュオンを利用することによる困難

- ミュオン対の飛跡が非常に近い。 --> 左図のようなものは、
low pTのミュオンは大きく曲がる。 tagとprobeを取り違ってしまう。



❖ Offline cut

- Low pT efficiency
- Summary



◎ 新たにJ/ψの信号を拾うために、2つの特殊なトリガーを導入し、これによって取得されたイベントを利用する。

- L2までに対してはEF_mu18_tight_Jpsi_EFFS、
EFに対してはEF_mu18_tight_L2_2mu4T_jpsimumuで取られたものであることを要求。

◎ Mass cut

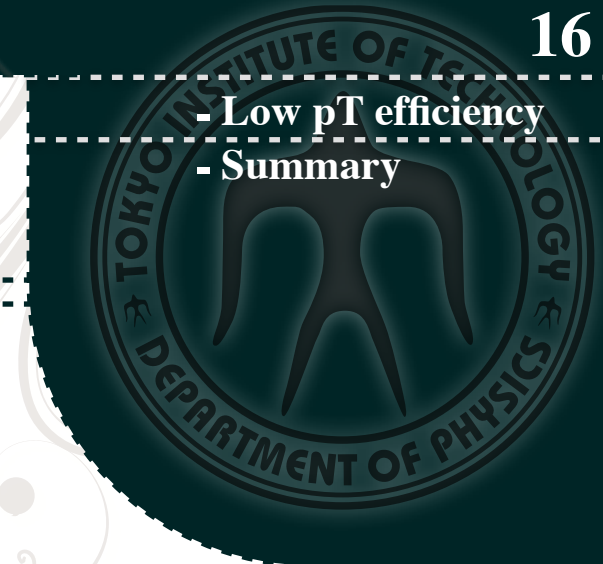
- J/ψのmass windowとして、 $2.8 < \text{Mass}[\text{GeV}] < 3.4$ を要求する。

◎ Offline cut

- $|\eta| < 2.4$
- $|Z_0| < 10[\text{mm}]$
- Inner detectorのクオリティカット
- 2つのミューオン間の $dR(dR_{\mu\mu}) > 0.2$
- Tag ミューオン : L1の段階で、 $dR(@\text{RoI layer}) < 0.08$
 $p_T > 18\text{GeV}$
EF(18GeV)まで通っていることを要求
- Probe : - L1を通過していることを要求($dR(@\text{RoI layer}) < 0.12$)

❖ Efficiency plot(L2(4GeV))

- Low pT efficiency
- Summary



◎ まず、L2(4GeV)に対する効率を測定した。

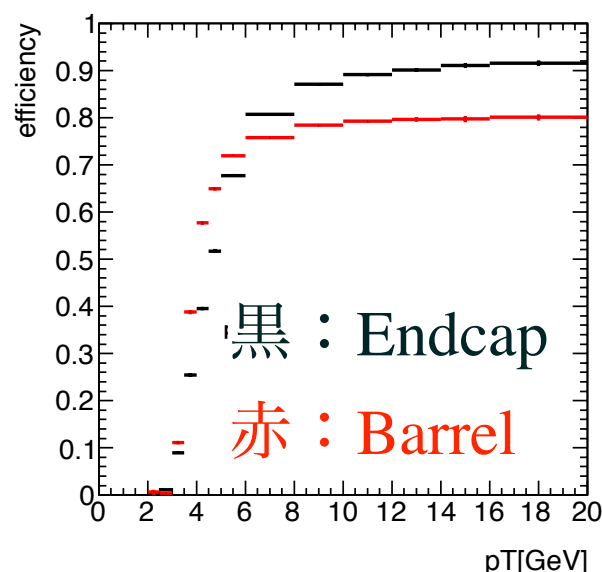
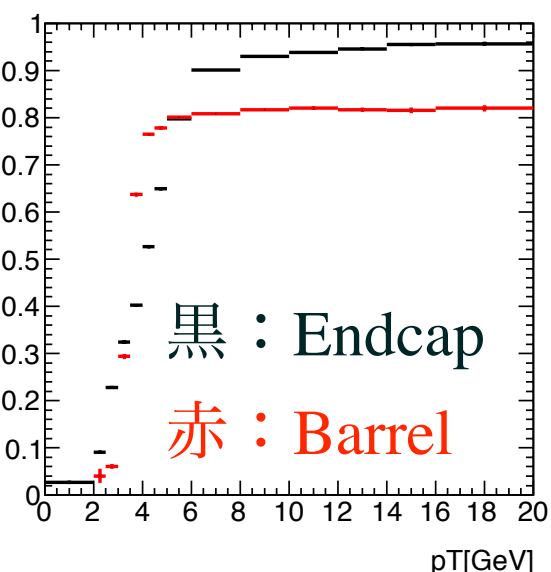
- 結果はpT分布、charge* η -pTの分布として示す。
- muFastの効率はlow pTでおかしな振る舞いが見える(調査中)。

• pT分布

• charge* η - pT分布

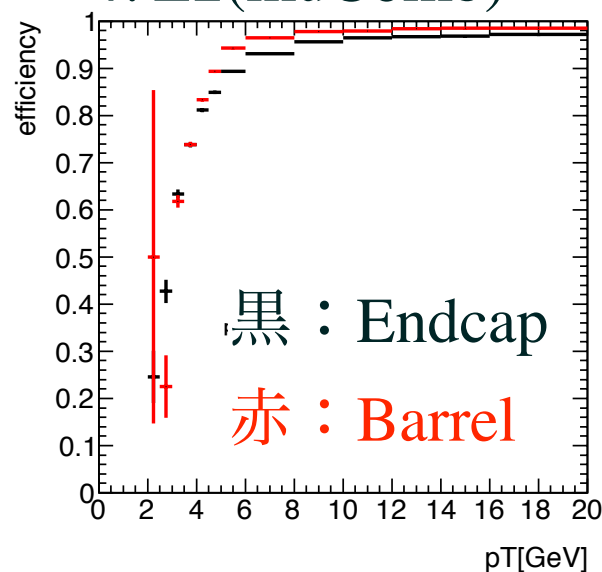
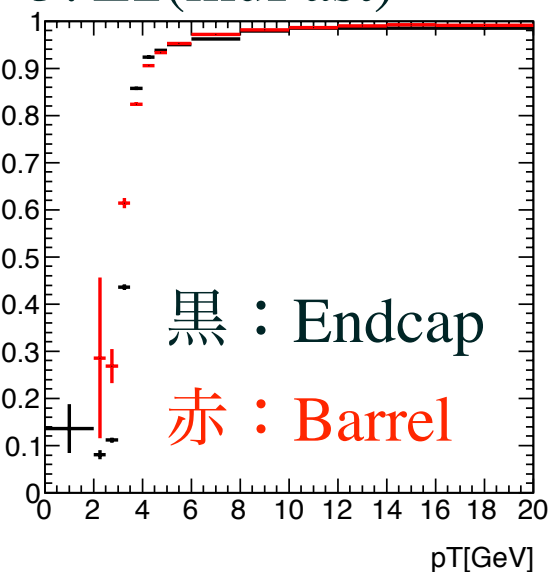
1. Level 1

2. Level2 total



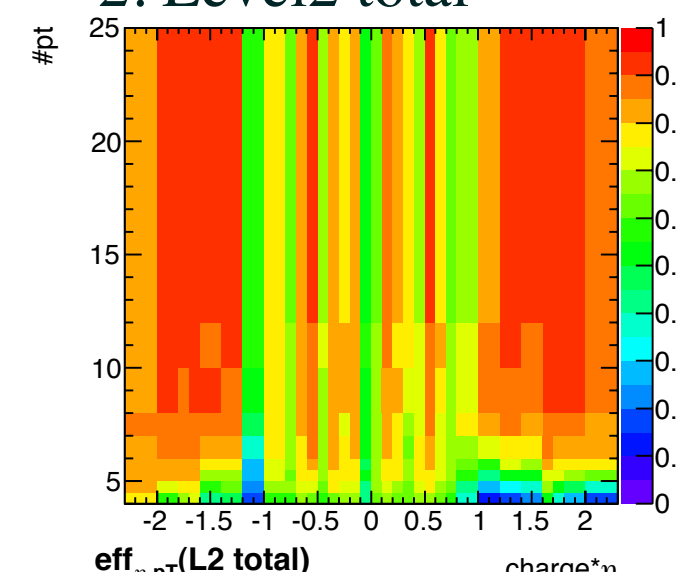
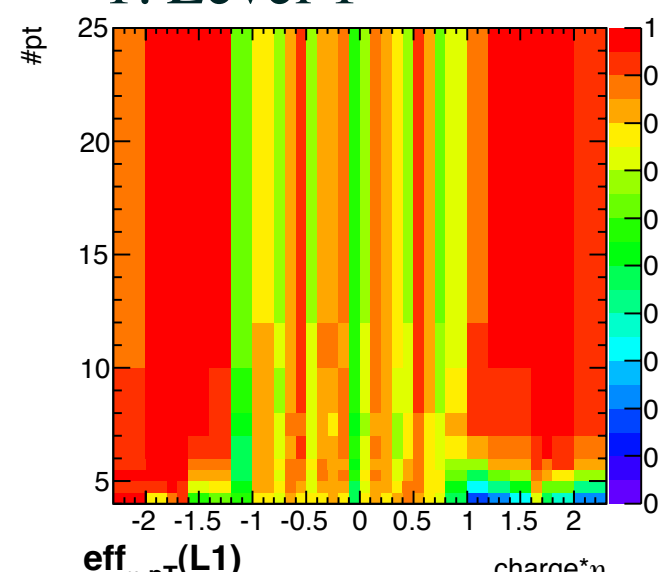
3. L2(muFast)

4. L2(muComb)



1. Level 1

2. Level2 total



eff _{η -pT}(L1)

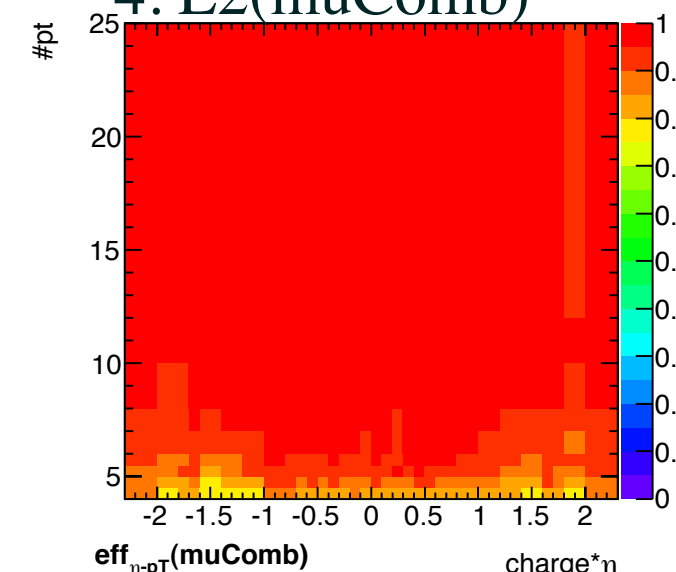
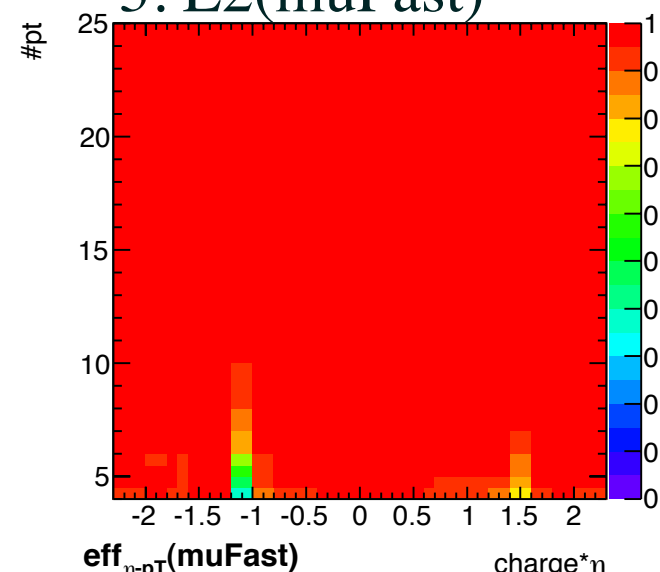
charge* η

eff _{η -pT}(L2 total)

charge* η

3. L2(muFast)

4. L2(muComb)



eff _{η -pT}(muFast)

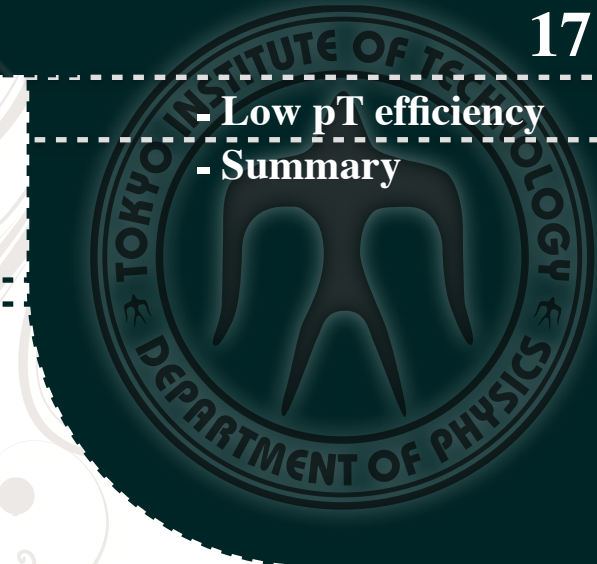
charge* η

eff _{η -pT}(muComb)

charge* η

❖ Efficiency plot(EF(4GeV))

- Low pT efficiency
- Summary



◎ 次に、EF(4GeV)の効率を個別に測り、先ほどの結果と合わせて最終的な効率を計算した。

• 結果はpT分布、charge* η -pTの分布として示す。

• pT分布

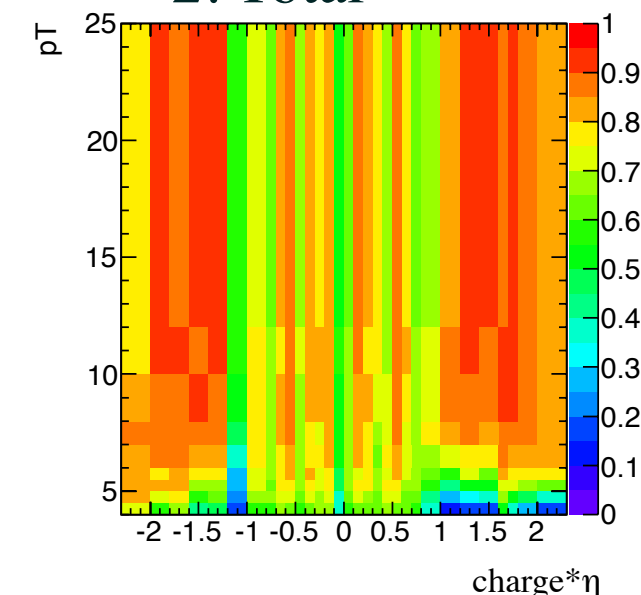
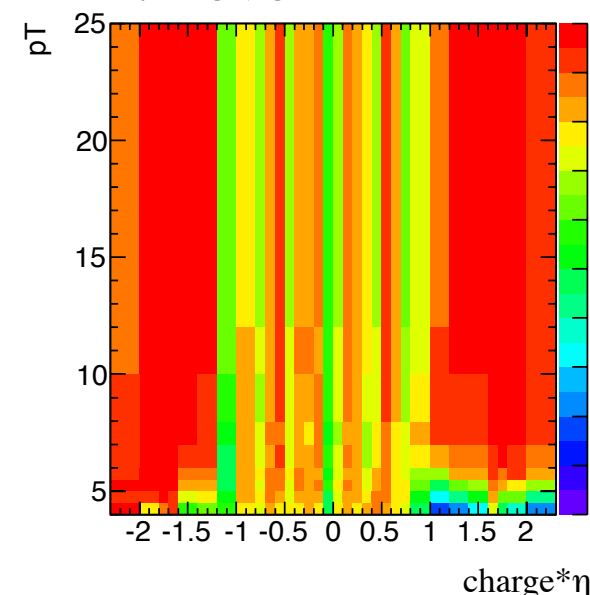
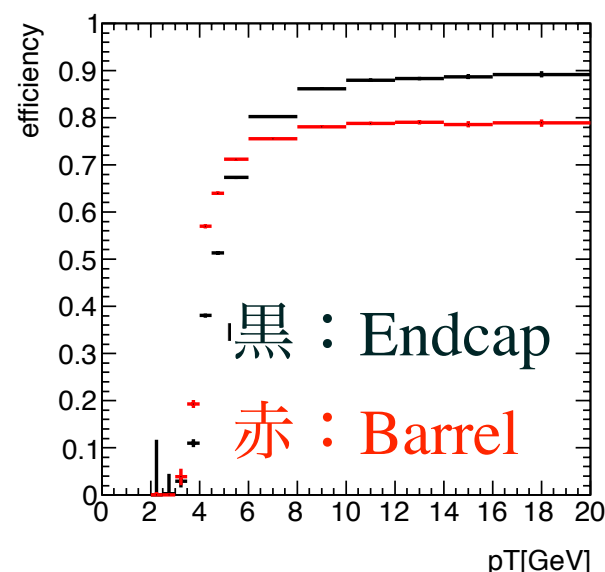
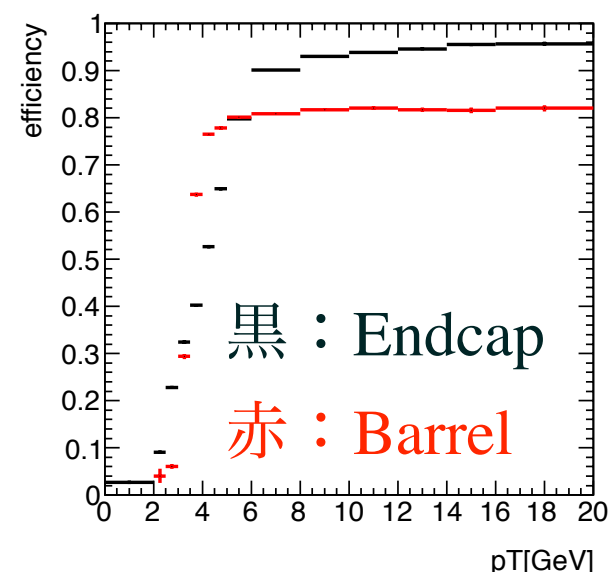
• charge* η - pT分布

1. Level 1

2. Total

1. Level 1

2. Total

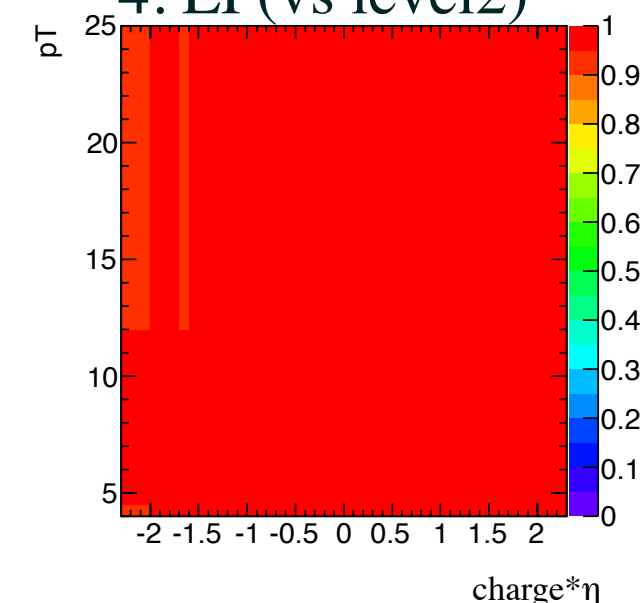
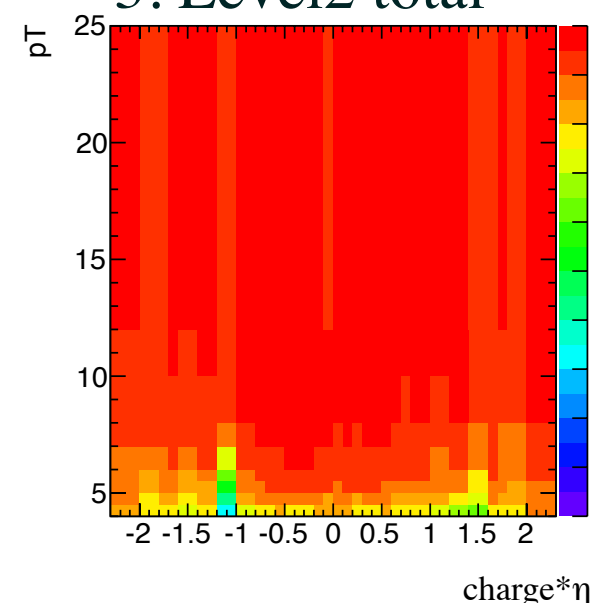
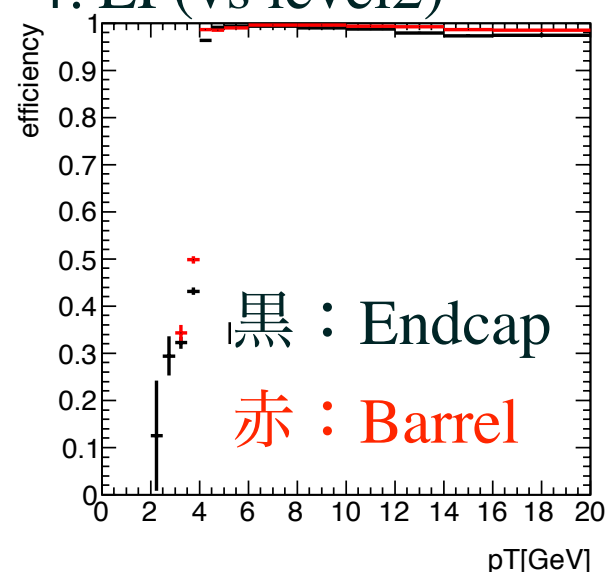
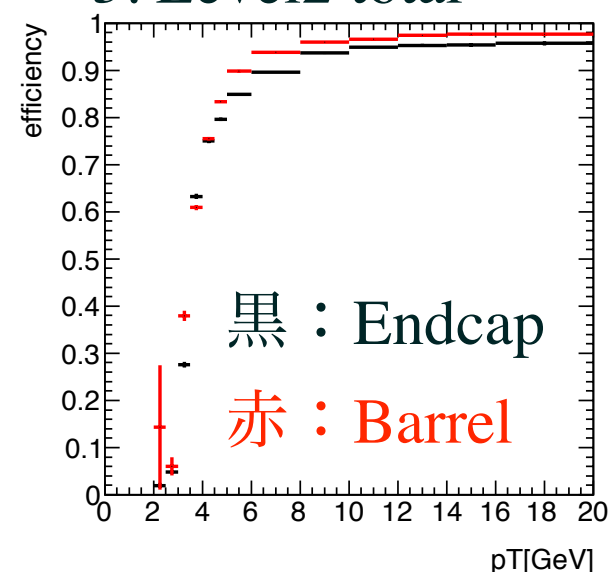


3. Level2 total

4. EF(vs level2)

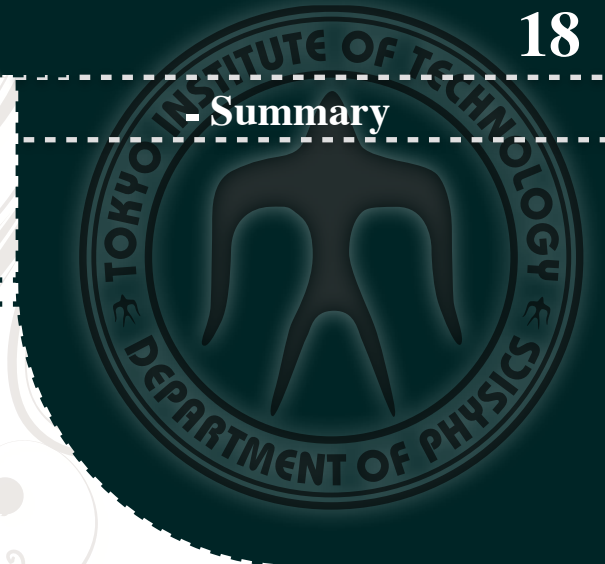
3. Level2 total

4. EF(vs level2)



❖ Summary & Future work

- Summary

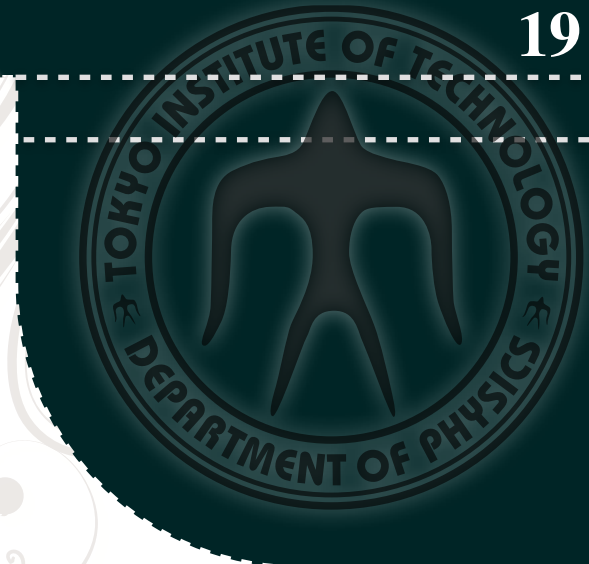


◎ まとめ

- ATLAS実験に於いては、データ量が膨大であるために、必要なデータを効率よく選別し、記録する必要がある。
- その働きをするミュオントリガーシステムについての効率評価を行うために、Tag&Probeという方法を用いた。
- Z, J/ψ由来のミュオンを利用することによって、High pTとLow pTのミュオンに対する効率を求めることができた。

◎ 今後

- 2012年の全runに対して効率測定を行うには至っていないため、今後はより多くのrunに対して効率を求めていく。
- 効率測定の結果、理由のわからない非効率がいくつか起きており、原因調査の必要がある。



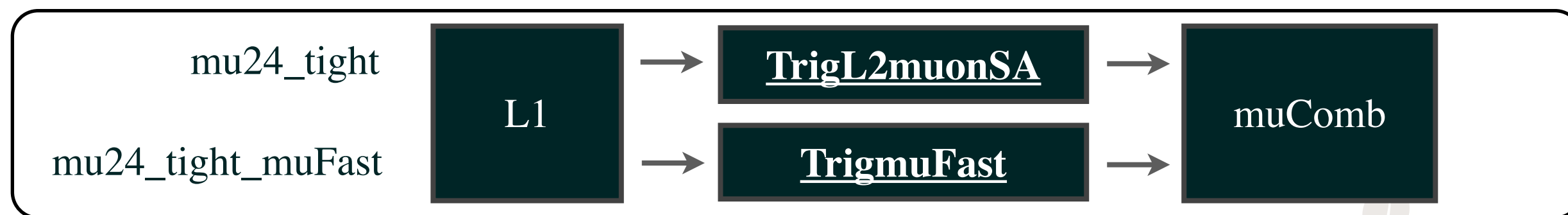
Backup

❖ Motivation

- Motivation
- Tag&Probe method
- High pT efficiency
- Low pT efficiency
- Summary

◎ この研究の目的としては、以下のようなものがある。

- まず、現状で動いているトリガーシステムが、どの程度の効率で働いているかを確認し、効率が悪くなっている領域がないかどうかをチェックすること。
- period Cからは石塚さん(東工大)らによってmuFastのアルゴリズムが新しくなり、TrigmuFastからTrigL2muonSAというものになった。
具体的には、Barrelでのresolution改善、野辺さん(東工大)による新たなLUTの導入、TGC/RPCの読み出しエラーのrecoveryの導入が主な改善点である。
しかし、比較のためにTrigmuFastも平行して、別のトリガーチェーンとして動いており、性能の変化を確認することができるため、この確認を行う。

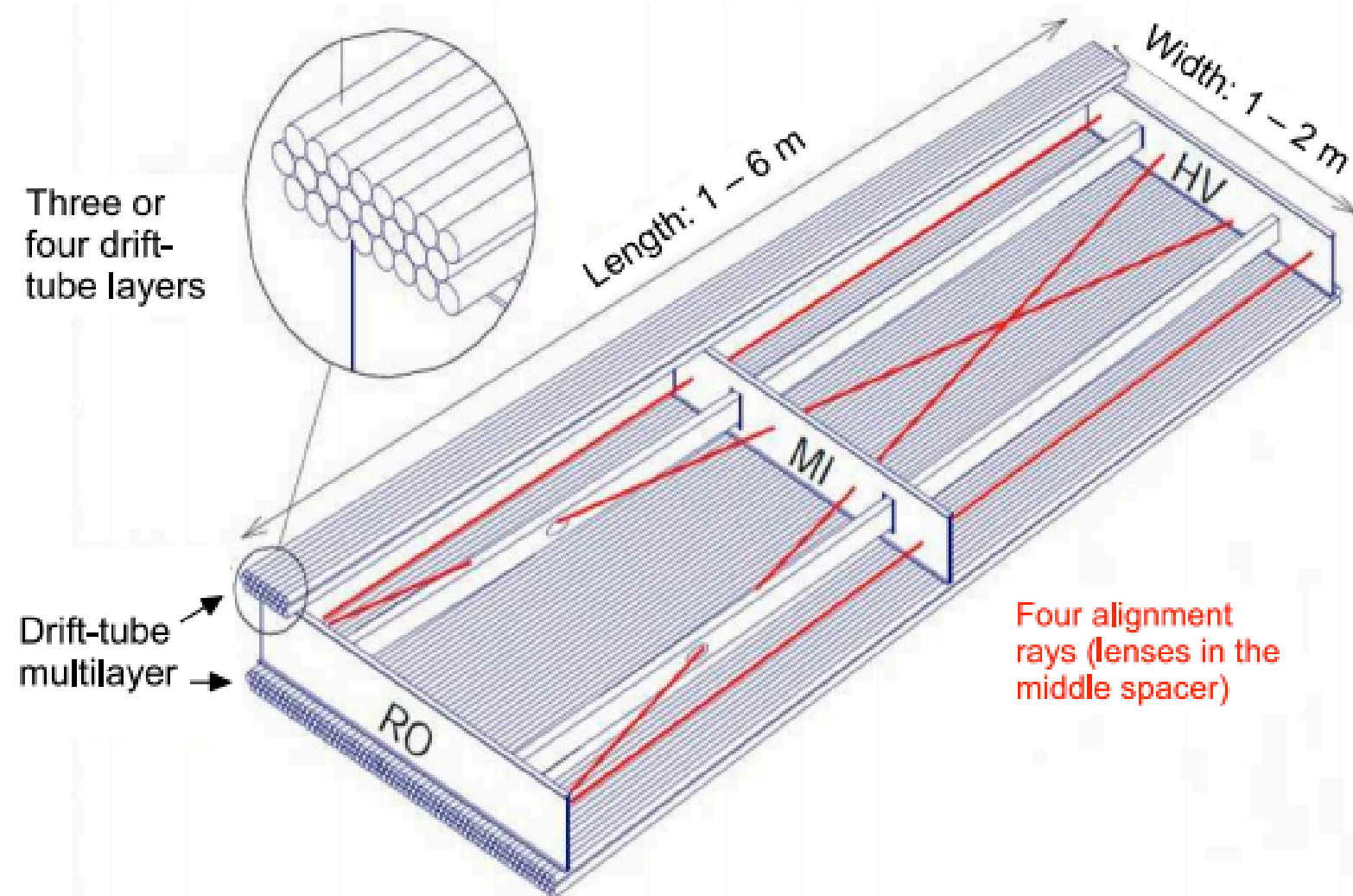


- 確認して効率が落ちているところ、または予期せず性能が改良している点があれば、その原因を調査する。

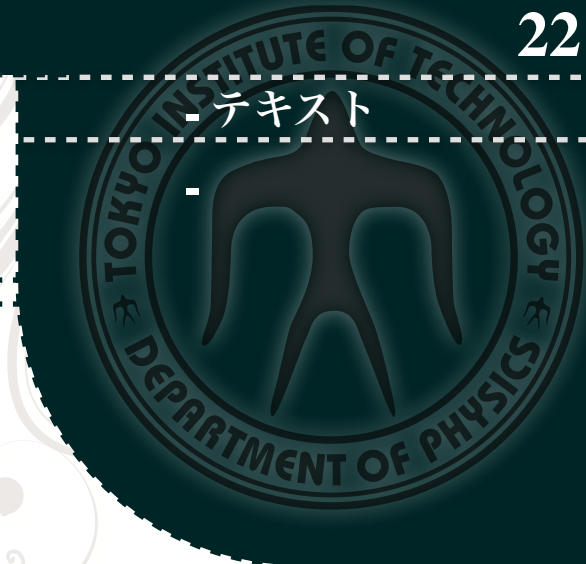
❖ MDT



◎ MDT(Muon Drift Tube)

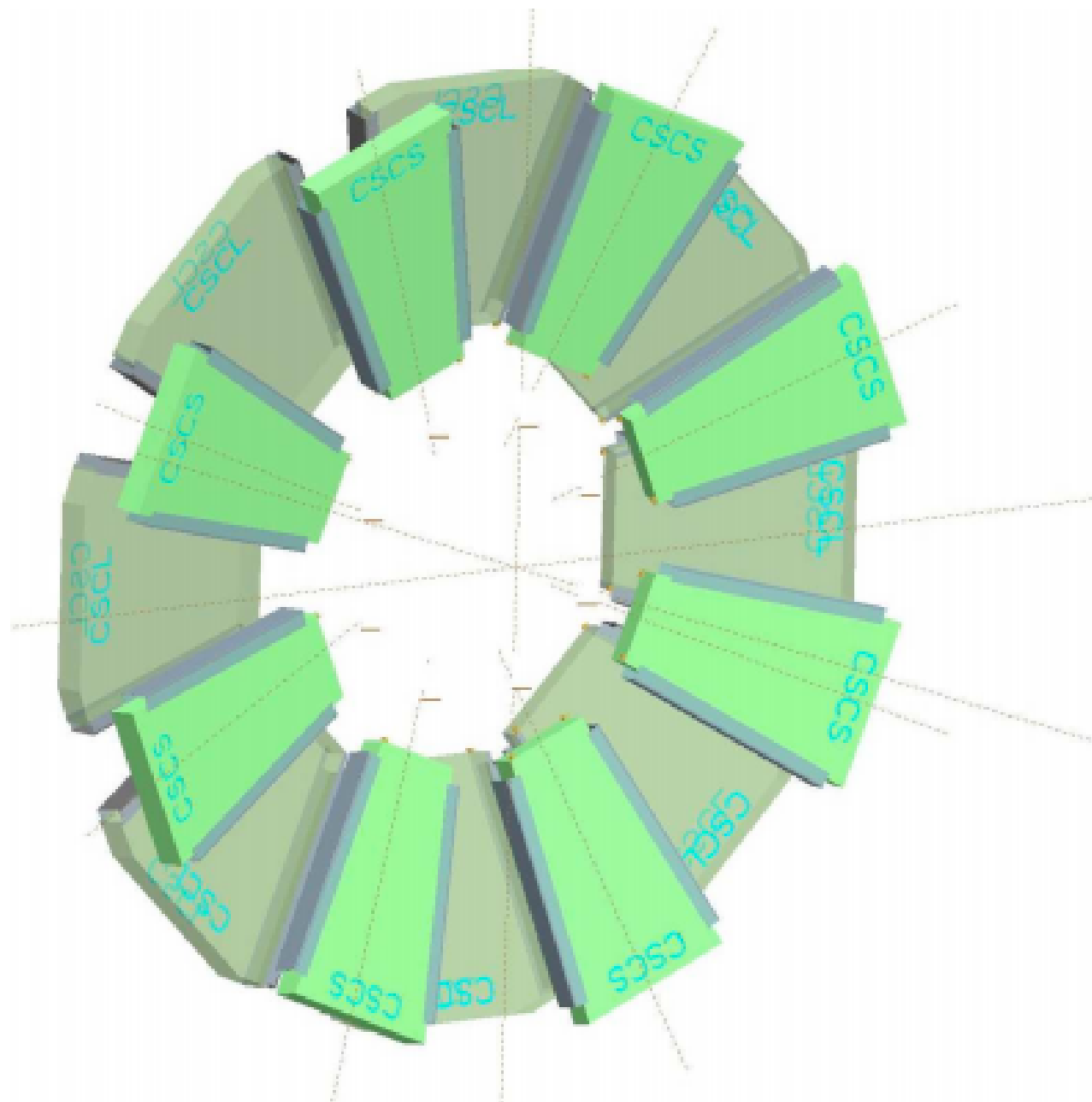


- 位置 : $|n| < 2.7(2.0)$
- 分解能 : $35\mu\text{m}(z\text{方向})$
- レート : $150\text{Hz}/\text{cm}^2$
- 3層で構成され、各層はそれぞれtubeが6層俵積みで構成される。
個々のtubeの分解能は、 $80\mu\text{m}$ だが、3層のtubeでセグメントを構成するため、全体として $35\mu\text{m}$ を実現する。



テキスト

◎ CSC(Cathode Strip Chamber)

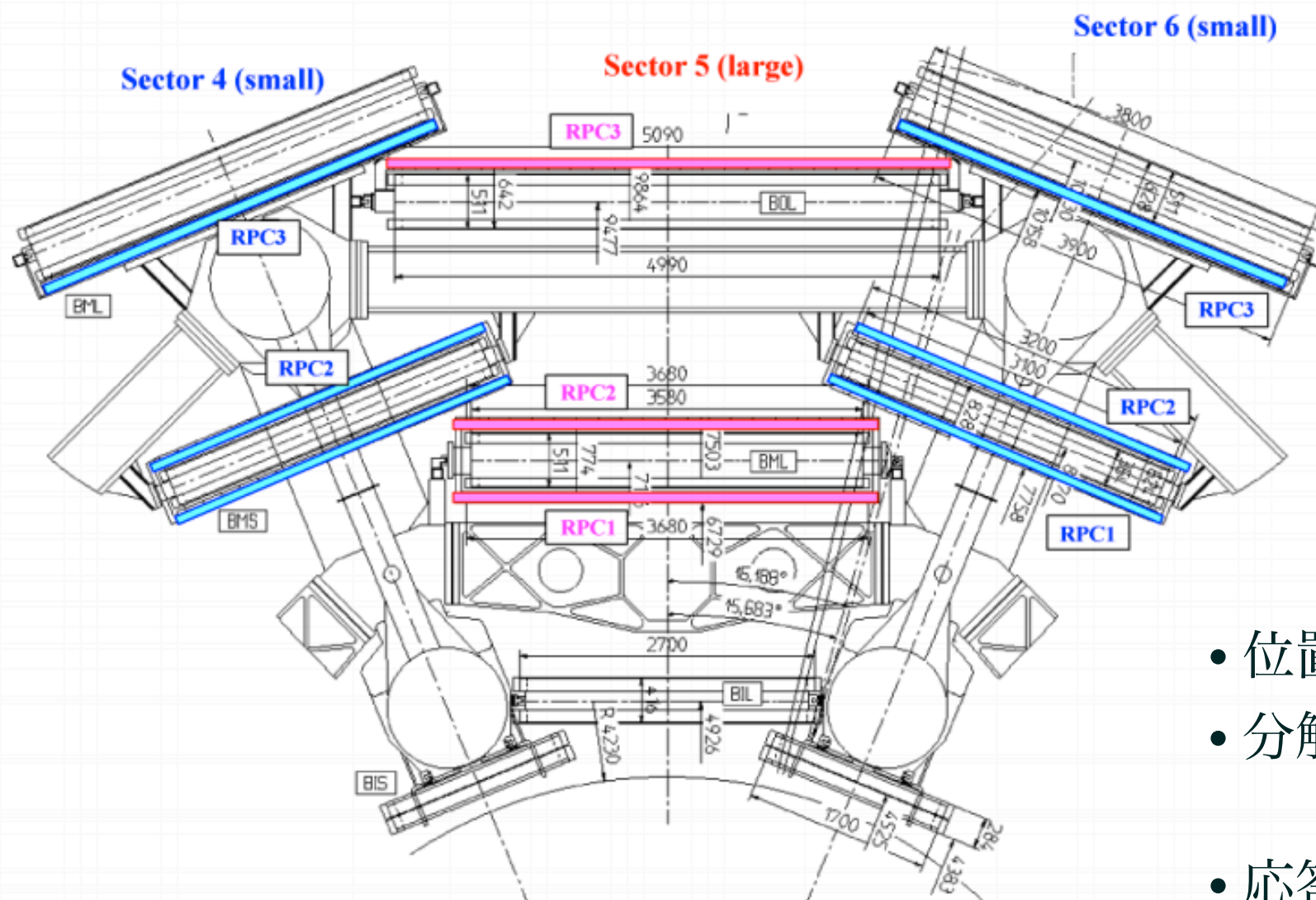


- 位置 : $2.0 < |\eta| < 2.7$
- 分解能 : $40\mu\text{m}$ (R方向)
- レート : $100\text{Hz}/\text{cm}^2$
- MWPC型。レートの高さで採用。

◆ RPC



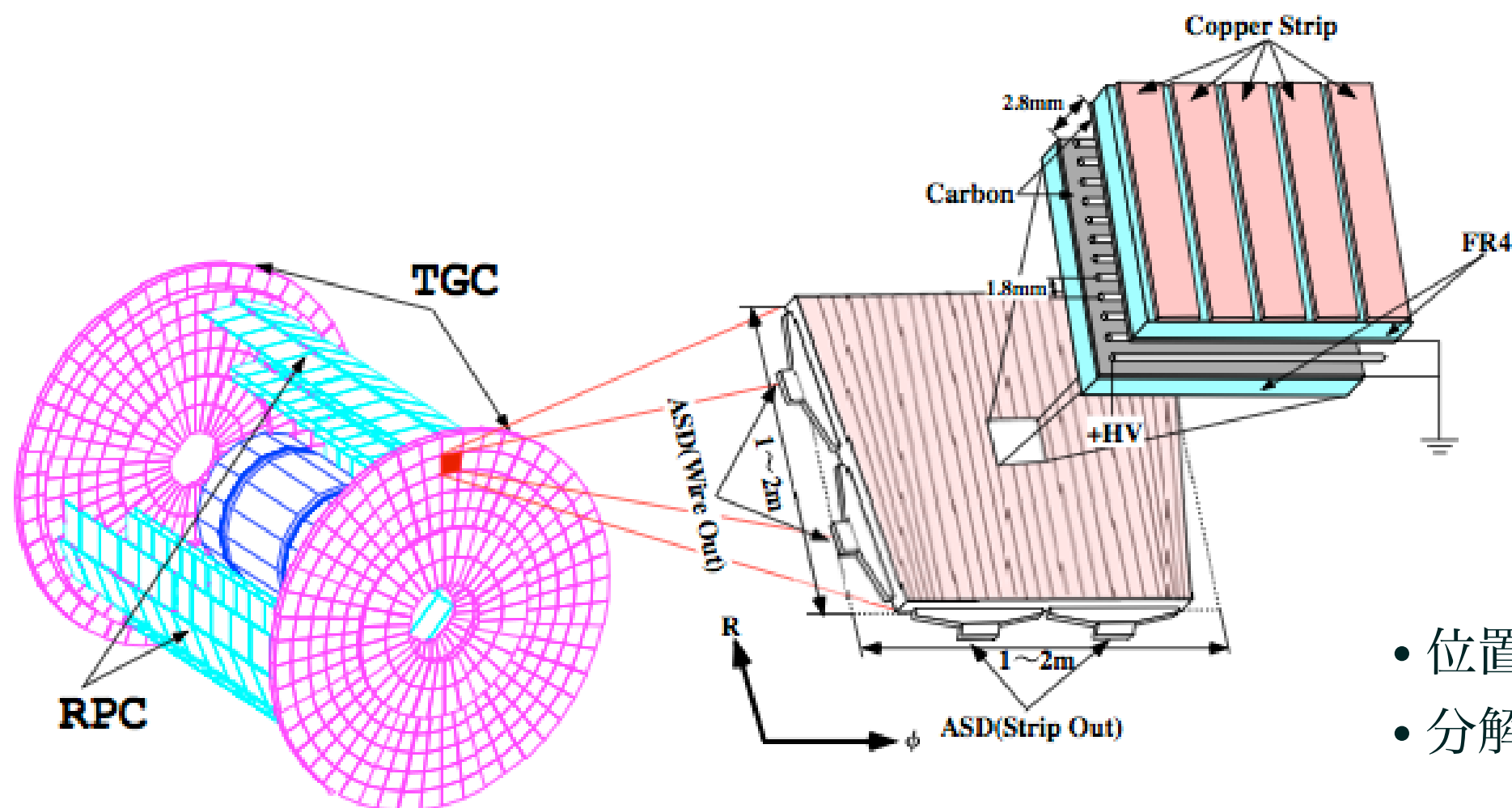
◎ RPC(Resistive Plate Chamber)



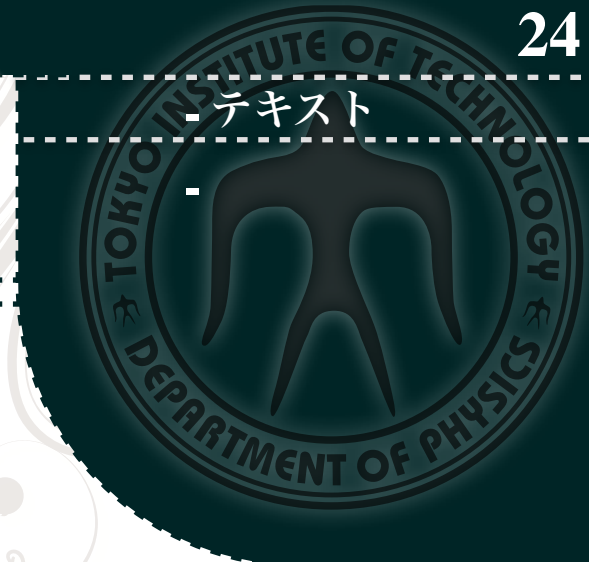
- 位置 : $|\eta| < 1.05$
- 分解能 : 10mm(z方向)
10mm(ϕ 方向)
- 応答 : 1.5ns
- 平行板にガスを封入した形の検出器。
ストリップが直行に重ねられており、
二次元の読み出しが可能。

❖ TGC

◎ TGC(Thin Gap Chamber)



- 位置 : $1.05 < |\eta| < 2.7$
- 分解能 : 2-6mm(R方向)
3-7mm(ϕ 方向)
- 応答 : 4ns
- 計5枚。MWPC型。

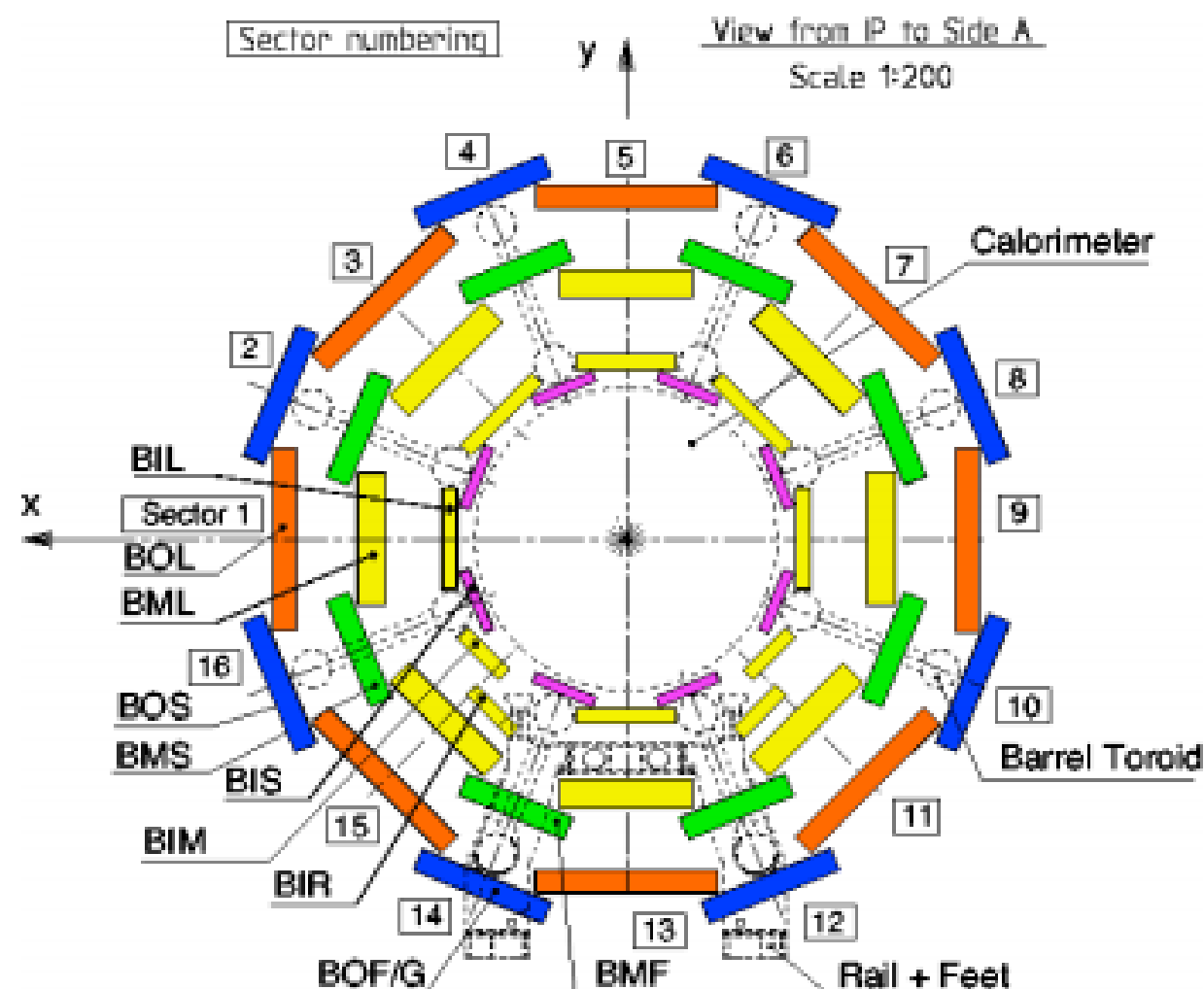
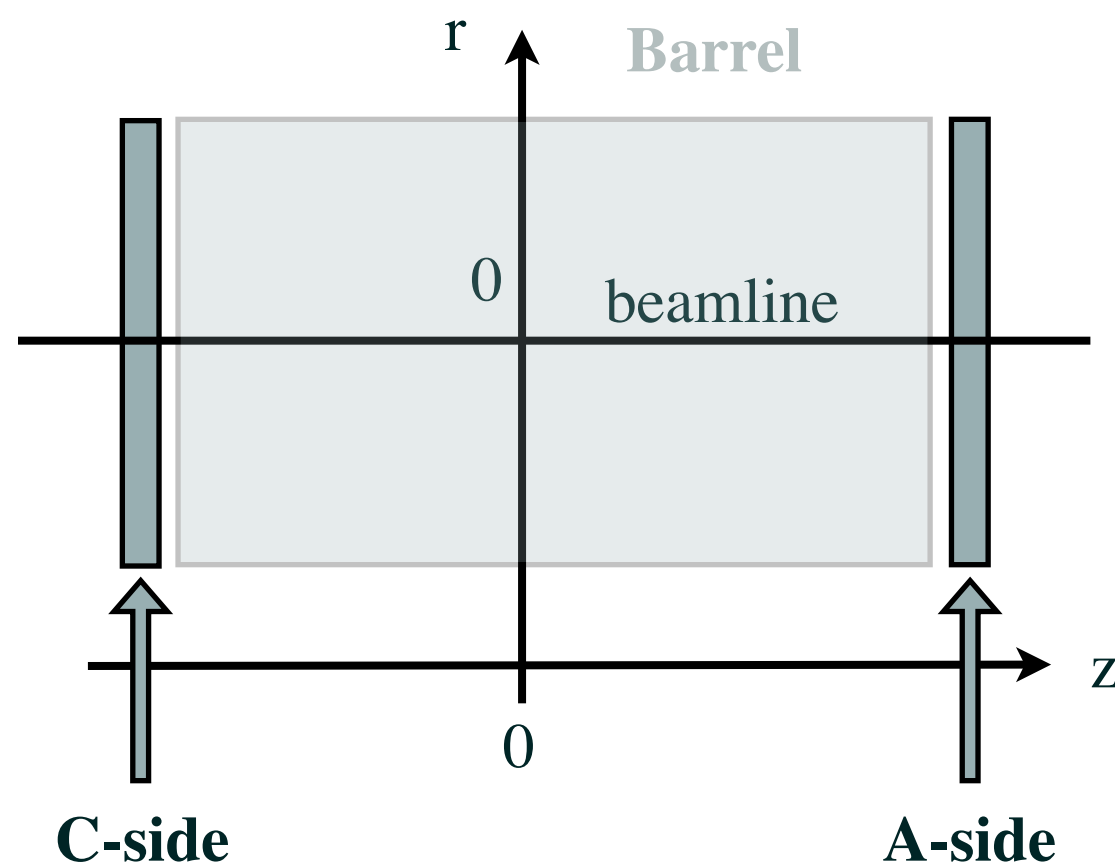


❖ Barrel and Endcap

- High pT efficiency
- Low pT efficiency
- Summary

◎ トリガー効率はそのそれぞれの領域毎に測定し、比較、評価を行う。

- Endcap部分は左図のようにA-side、C-sideが存在するが基本的には分けずにEndcap部分というくくりで示す。
- Barrel部分は4つに分類され、各々の性能も異なるため、それぞれについて効率を分けて計算した。



❖ Efficiency plot

- High pT efficiency
- Low pT efficiency
- Summary

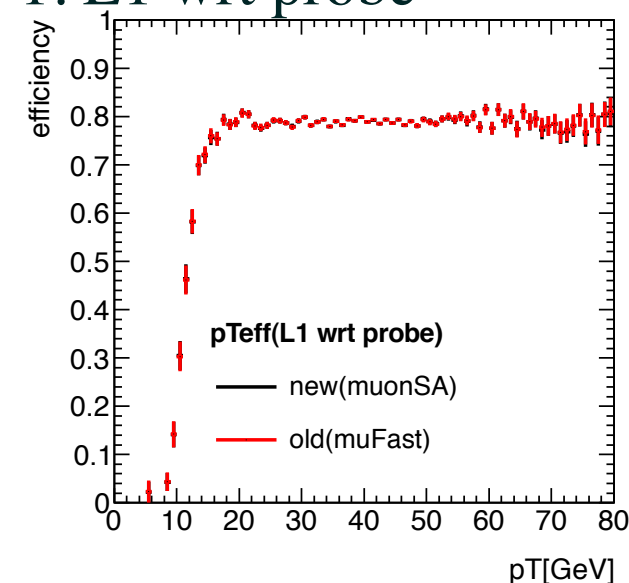
◎ 効率のpT分布(all **Barrel Large**)

- muFastの効率は微増ながら改良。
他はほぼ変化はなく80%程度で安定している。

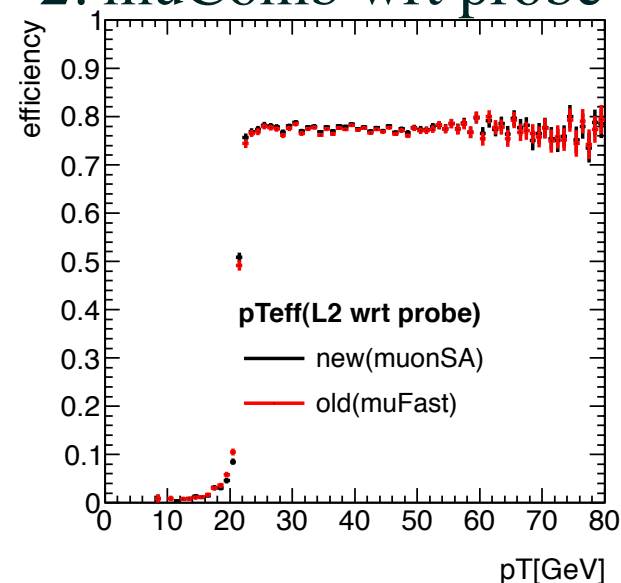
• Charge -1

• Charge +1

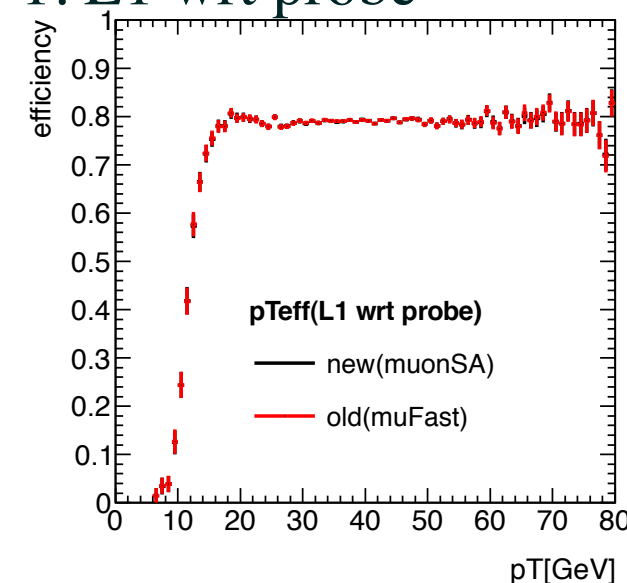
1. L1 wrt probe



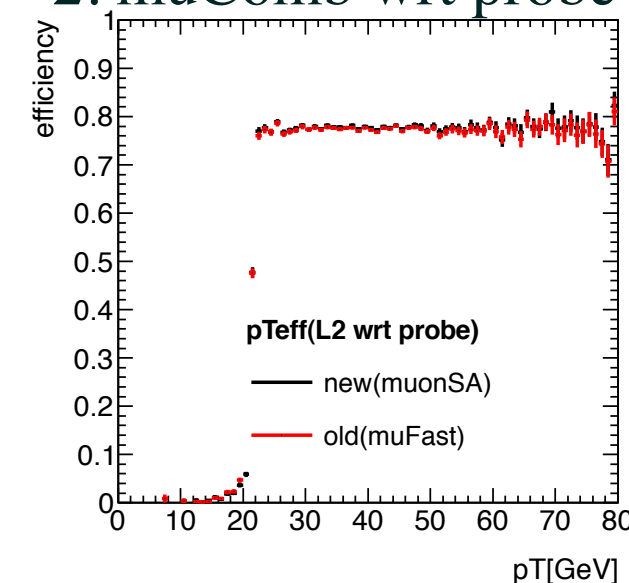
2. muComb wrt probe



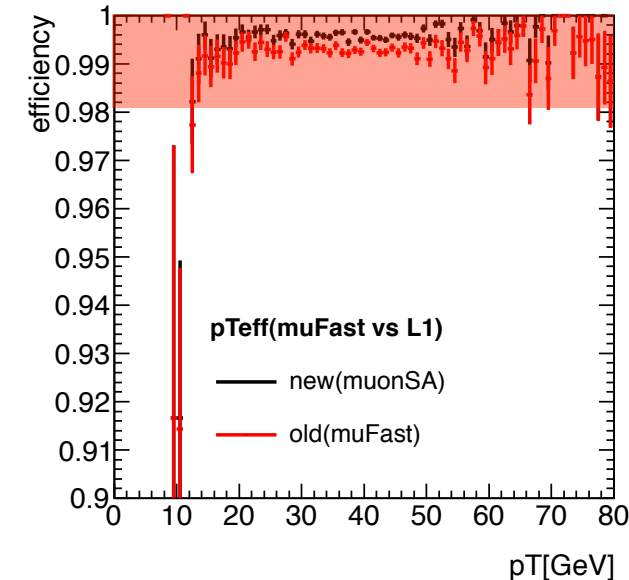
1. L1 wrt probe



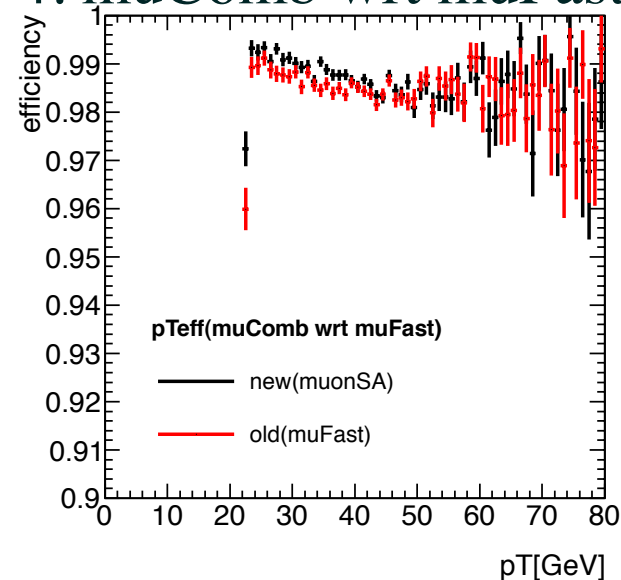
2. muComb wrt probe



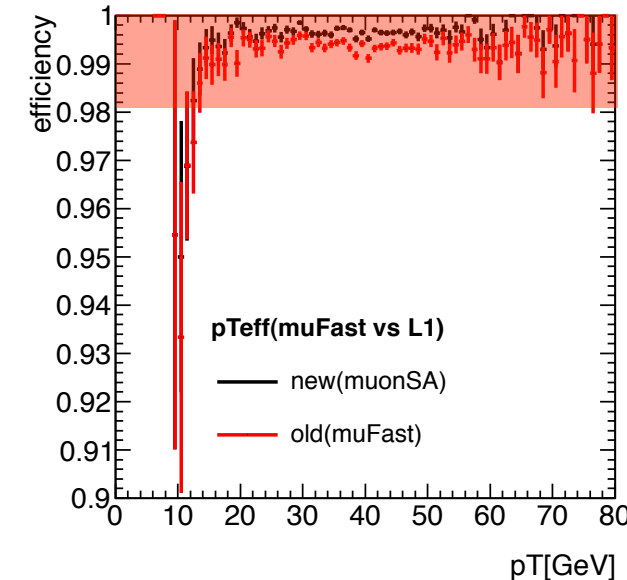
3. muFast wrt L1



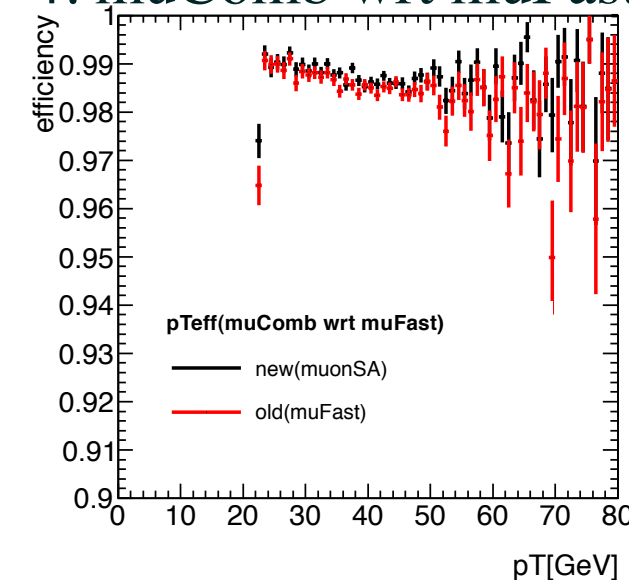
4. muComb wrt muFast



3. muFast wrt L1



4. muComb wrt muFast



❖ Efficiency plot

- High pT efficiency
- Low pT efficiency
- Summary

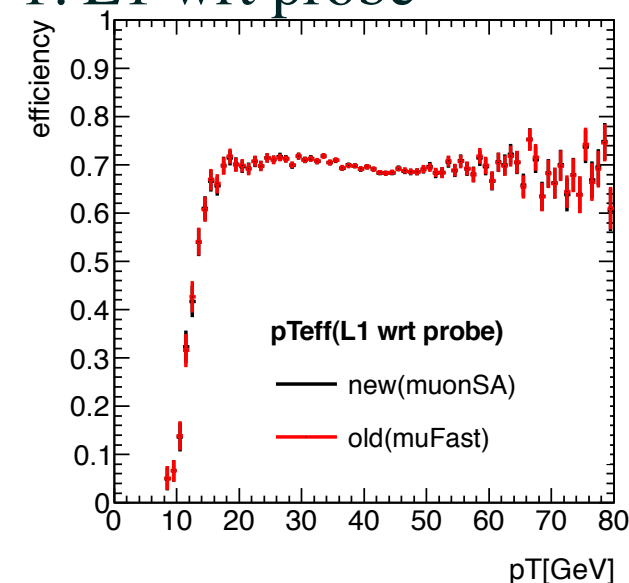
◎ 効率のpT分布(all Barrel Small)

- 同じく、muFastのefficiencyが微改良。

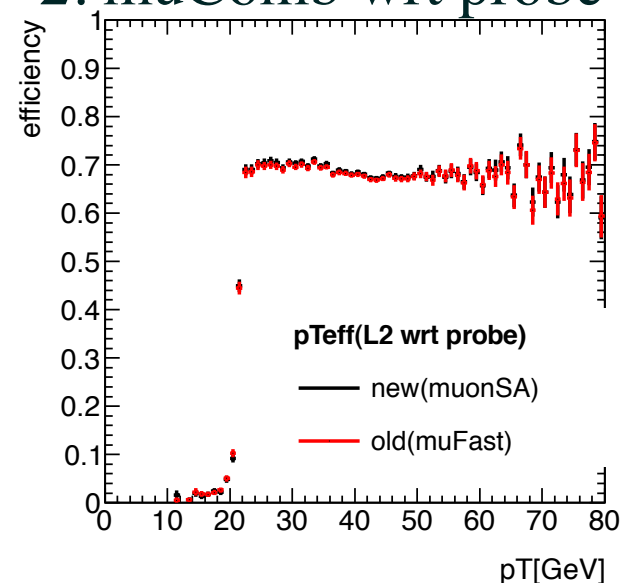
• Charge -1

• Charge +1

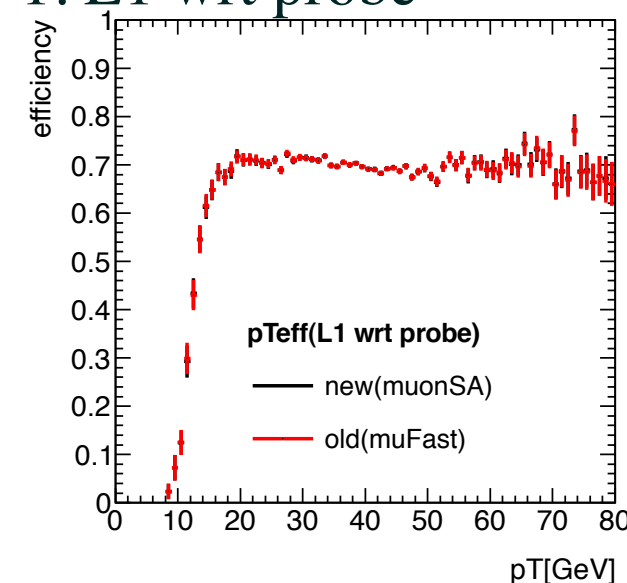
1. L1 wrt probe



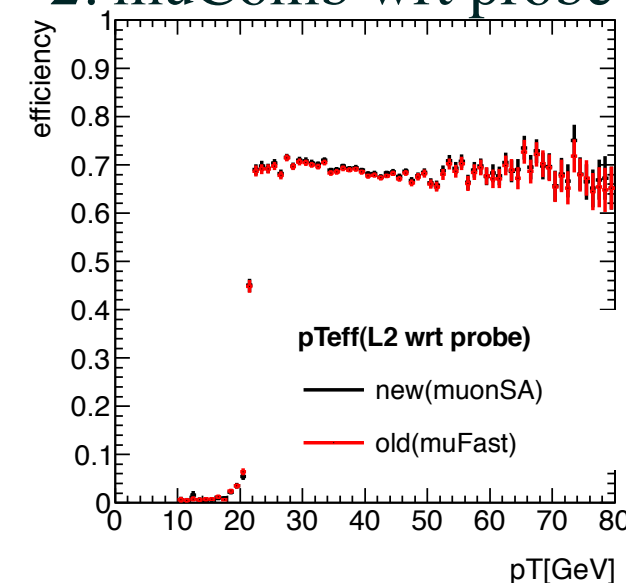
2. muComb wrt probe



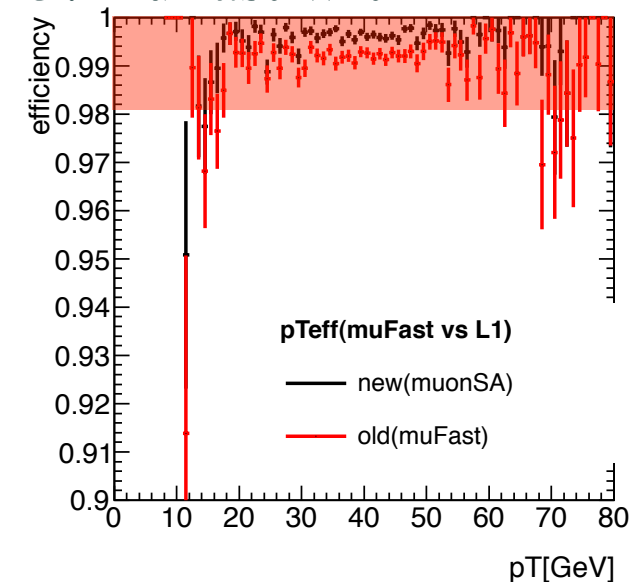
1. L1 wrt probe



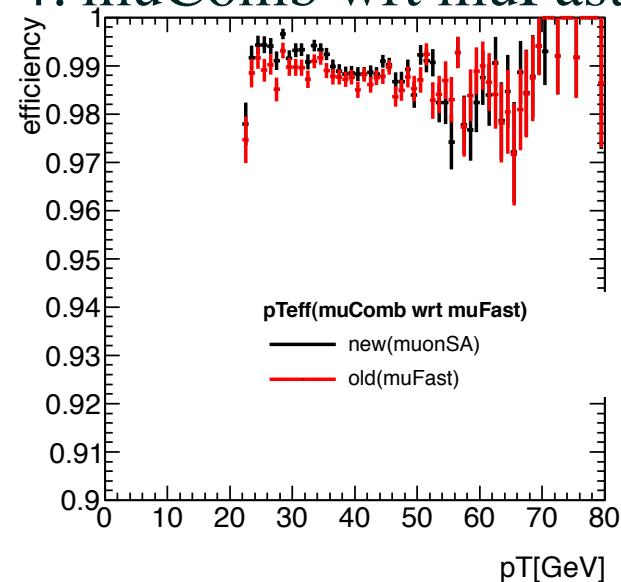
2. muComb wrt probe



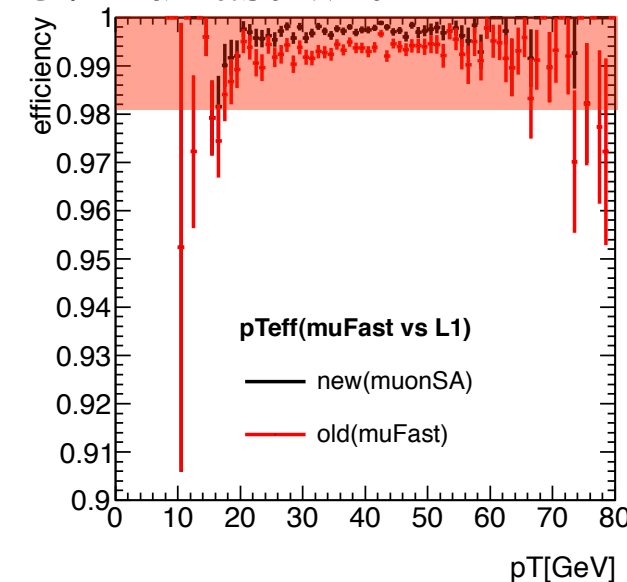
3. muFast wrt L1



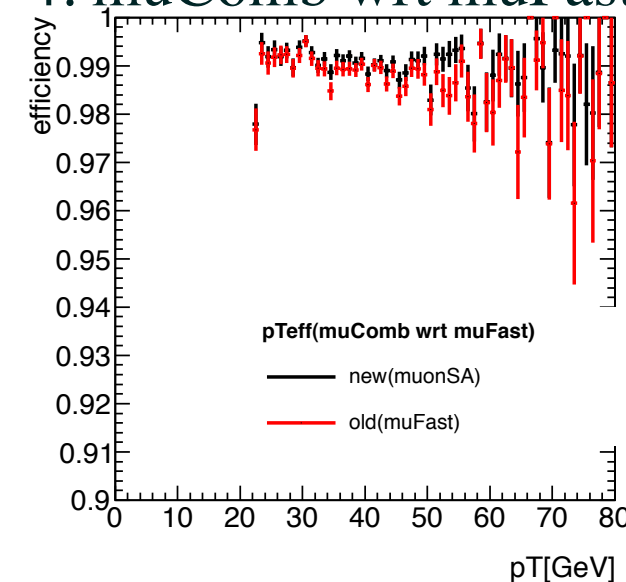
4. muComb wrt muFast



3. muFast wrt L1



4. muComb wrt muFast



❖ Efficiency plot

- High pT efficiency
- Low pT efficiency
- Summary

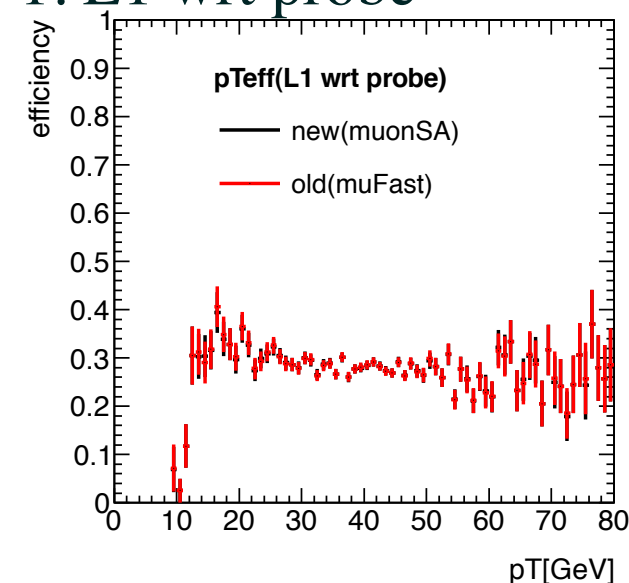
◎ 効率のpT分布(all Barrel SmallSP)

- 検出器の足の部分にあたり、効率は20%と総じて悪い。

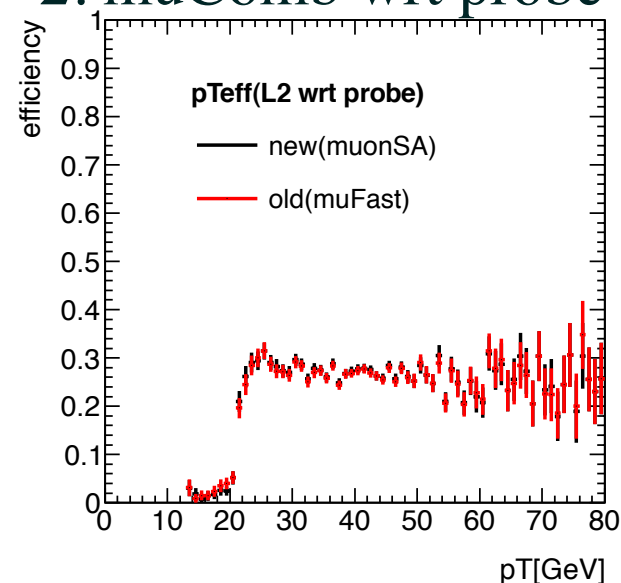
• Charge -1

• Charge +1

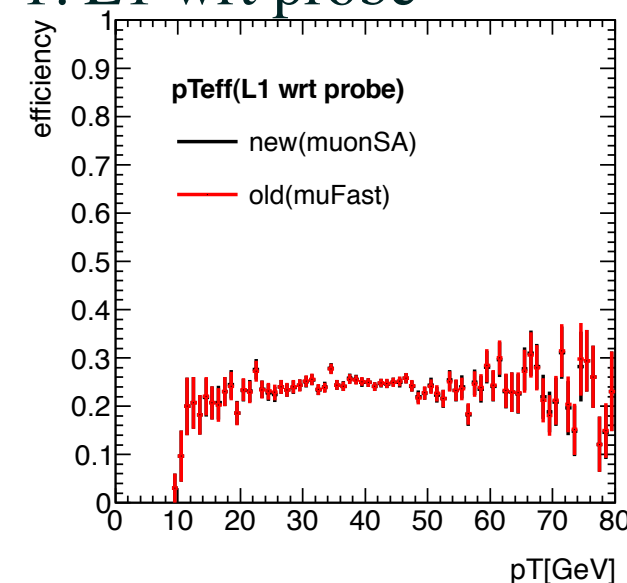
1. L1 wrt probe



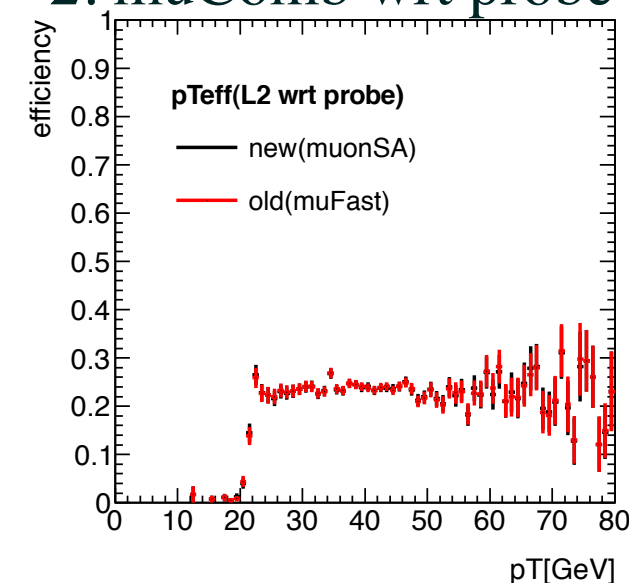
2. muComb wrt probe



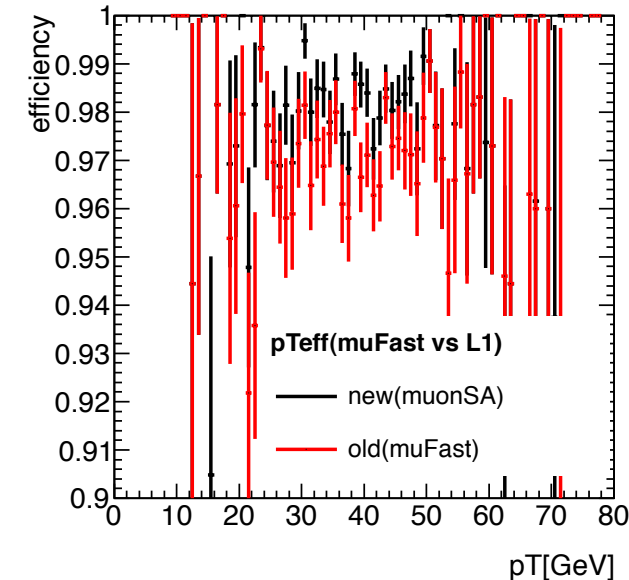
1. L1 wrt probe



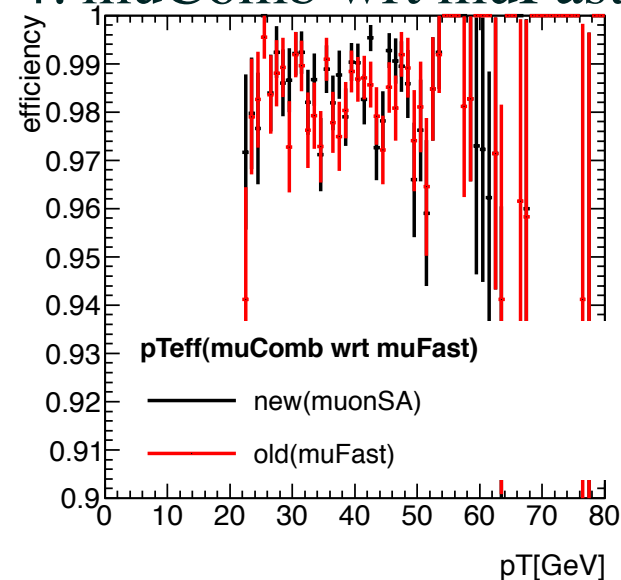
2. muComb wrt probe



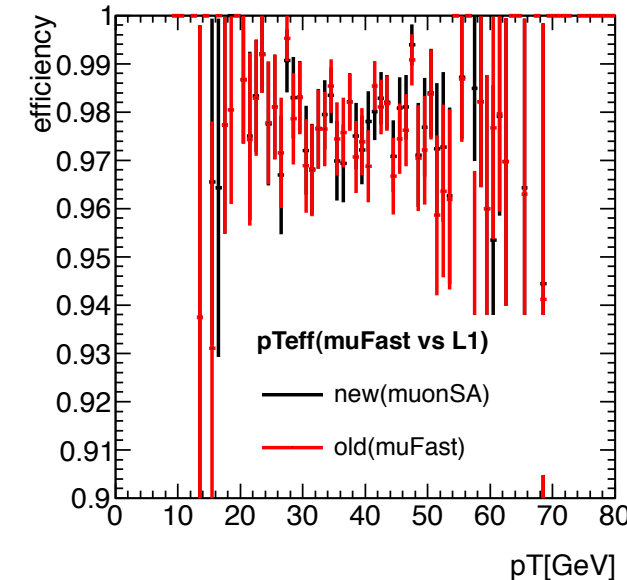
3. muFast wrt L1



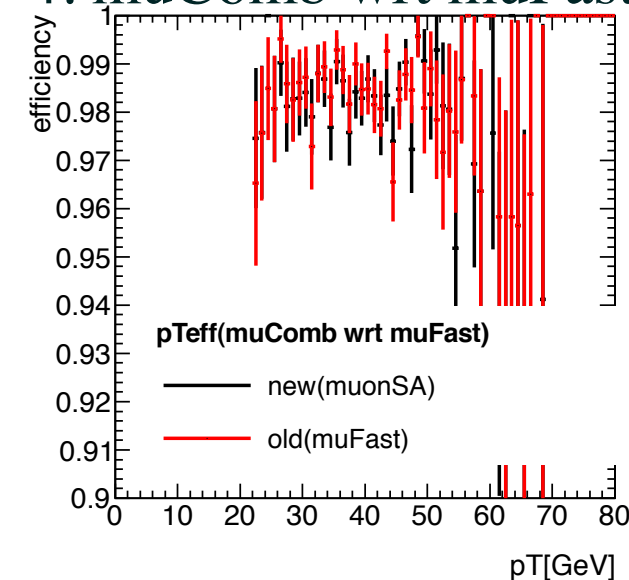
4. muComb wrt muFast



3. muFast wrt L1

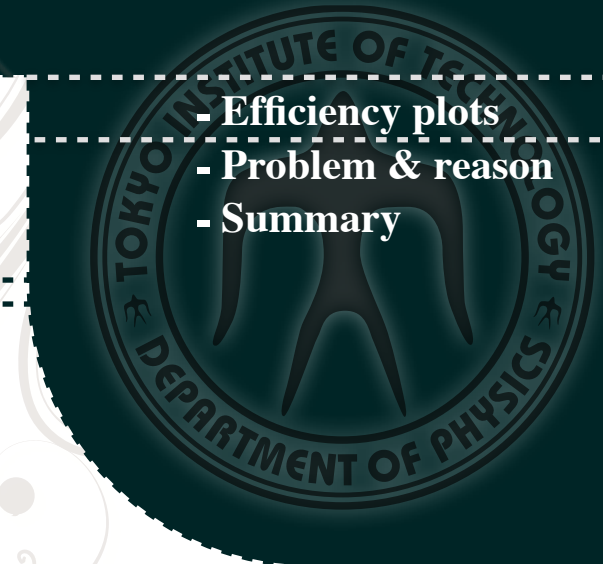


4. muComb wrt muFast



Efficiency plot

- Efficiency plots
- Problem & reason
- Summary

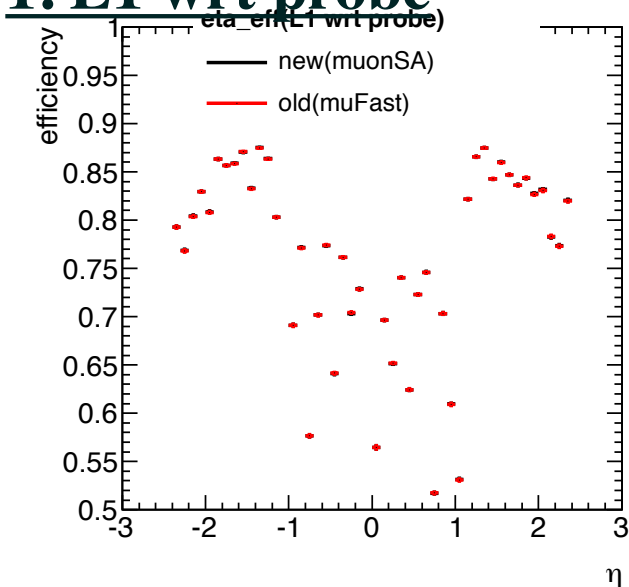


Efficiency as a function of η

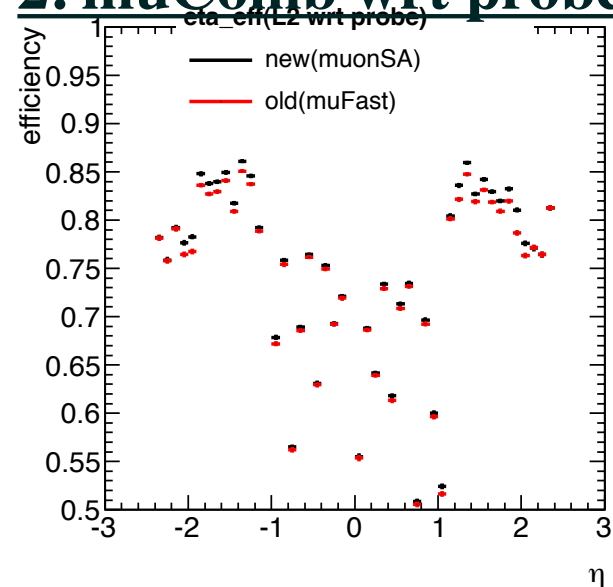
• Charge -1

• Charge +1

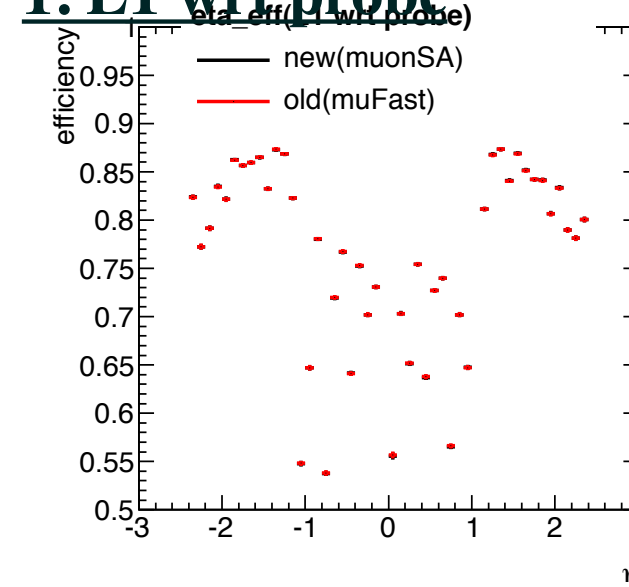
1. L1 wrt probe



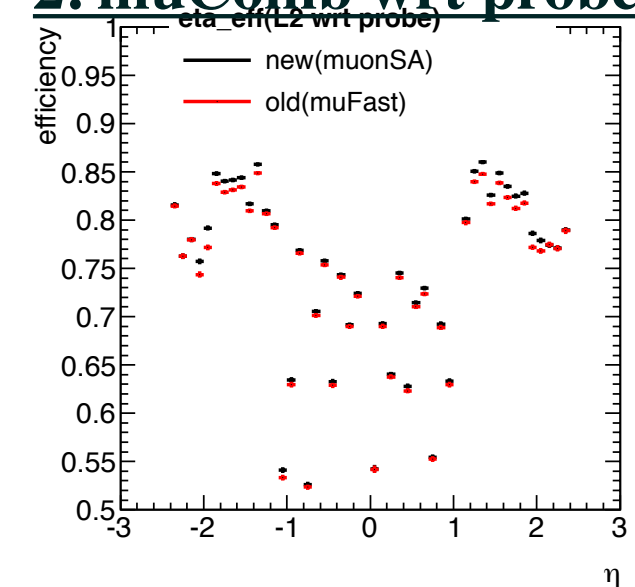
2. muComb wrt probe



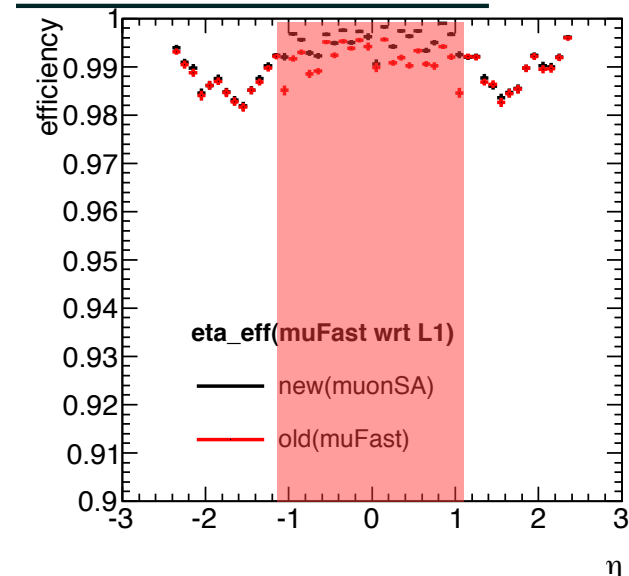
1. L1 wrt probe



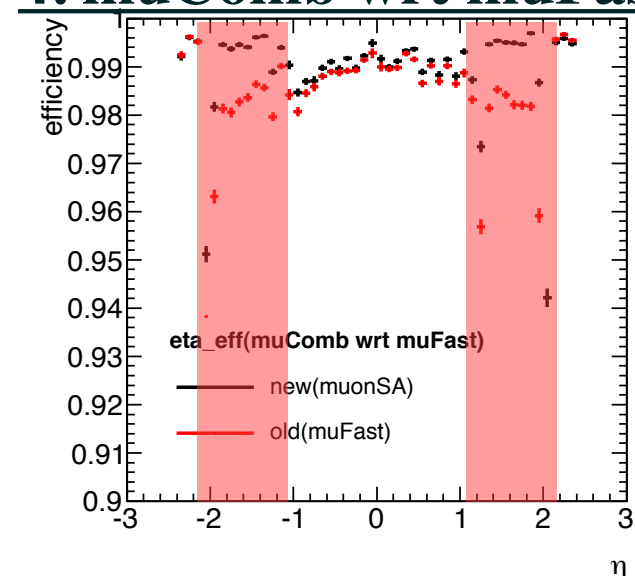
2. muComb wrt probe



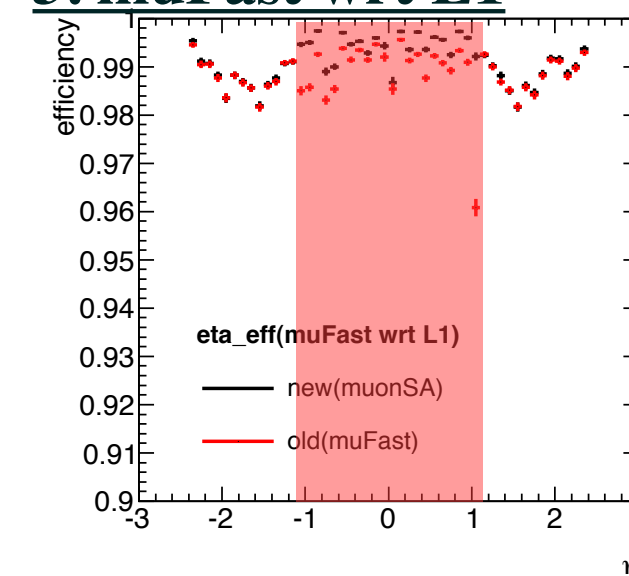
3. muFast wrt L1



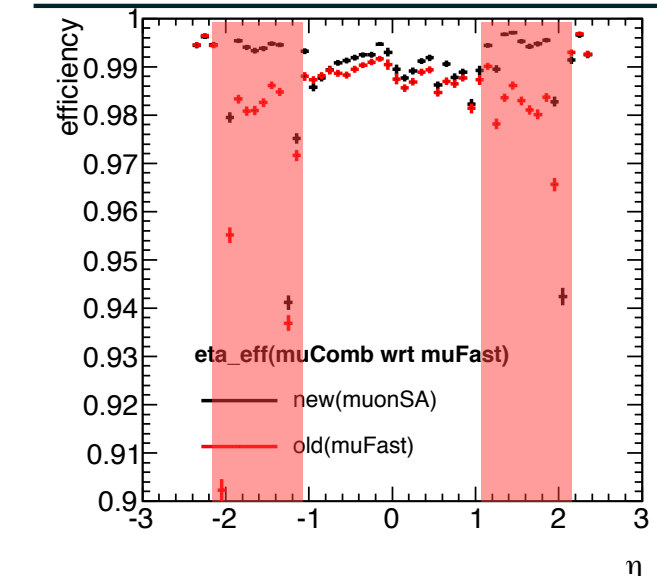
4. muComb wrt muFast



3. muFast wrt L1



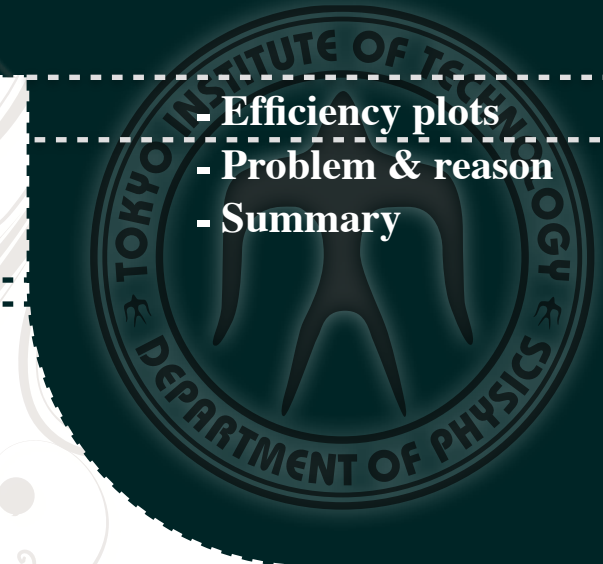
4. muComb wrt muFast



- In plot 3, efficiency of muFast at barrel is improved.
- In plot 4, efficiency of muComb at endcap(both side) is improved.

❖ Efficiency plot

- Efficiency plots
- Problem & reason
- Summary

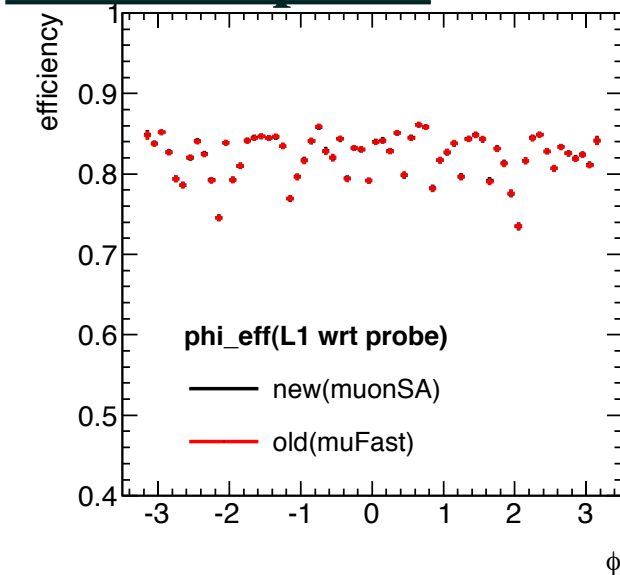


◎ Efficiency as a function of ϕ (endcap region)

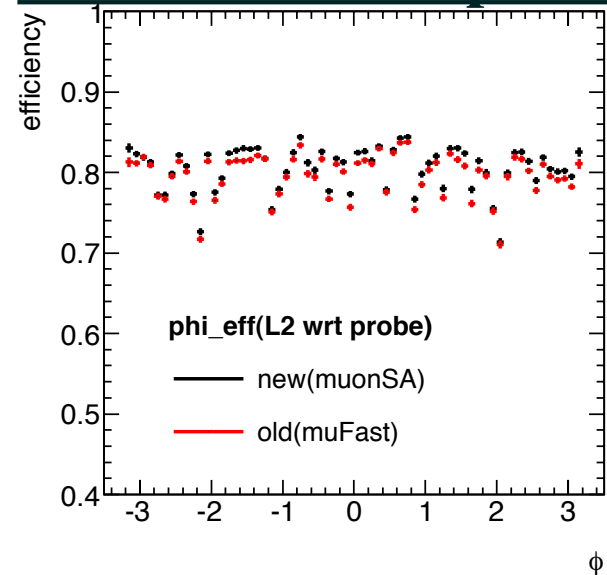
• A-side

• C-side

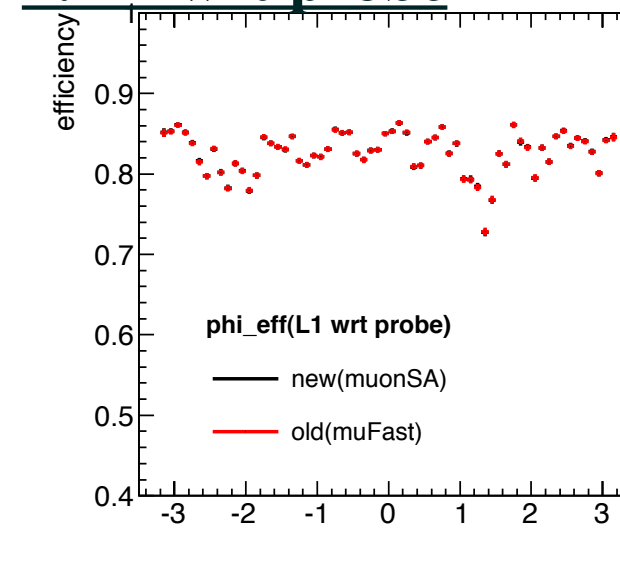
1. L1 wrt probe



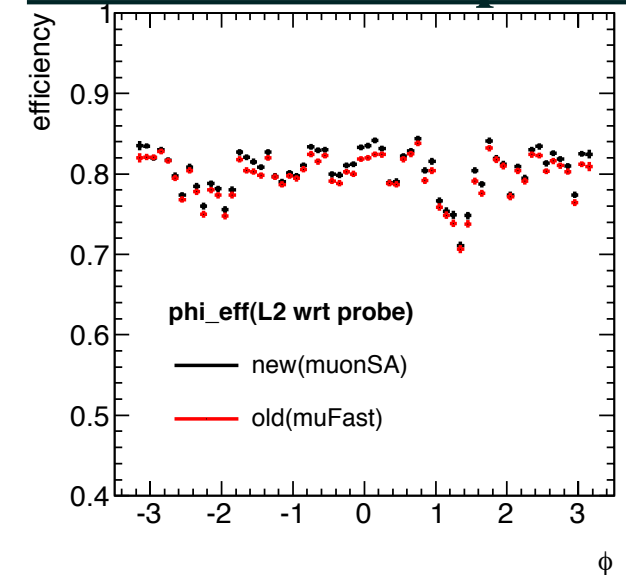
2. muComb wrt probe



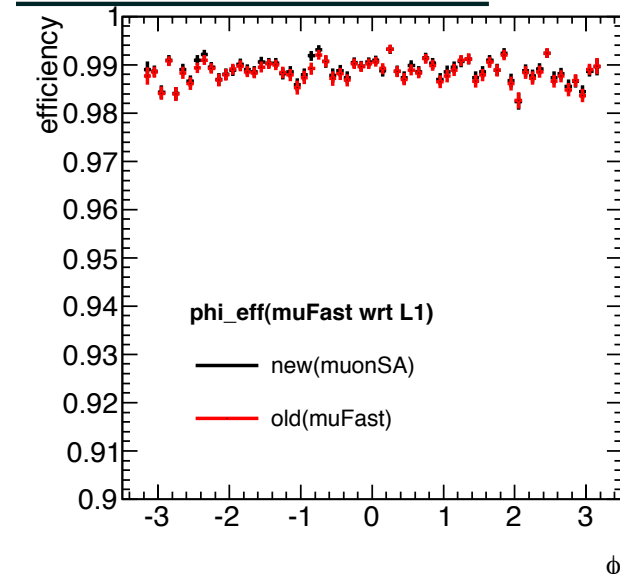
1. L1 wrt probe



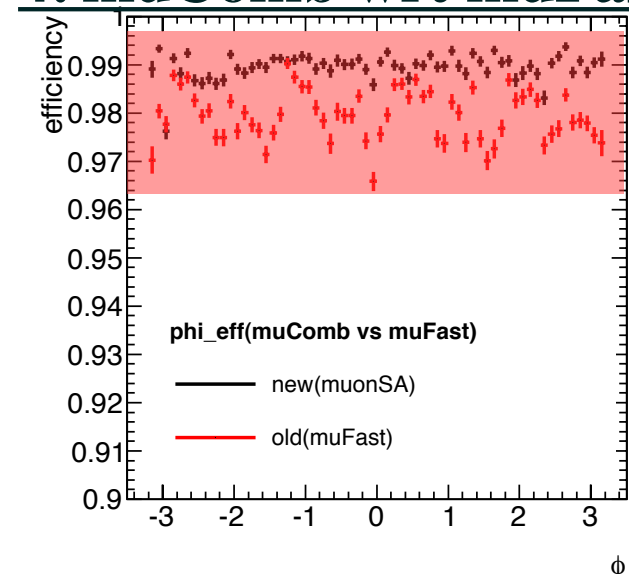
2. muComb wrt probe



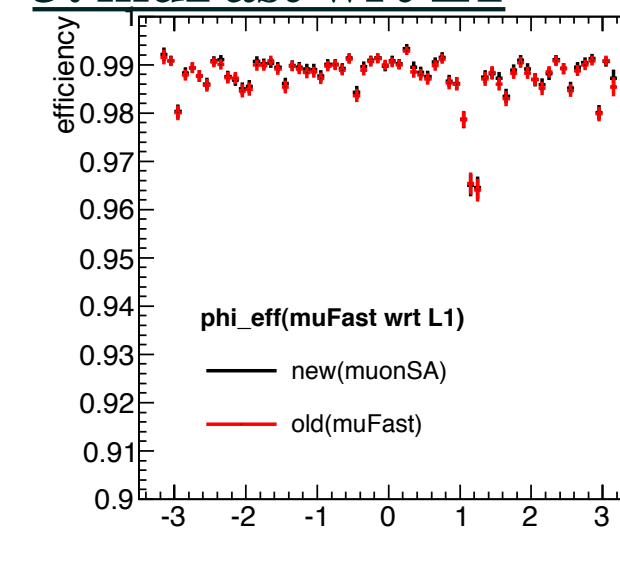
3. muFast wrt L1



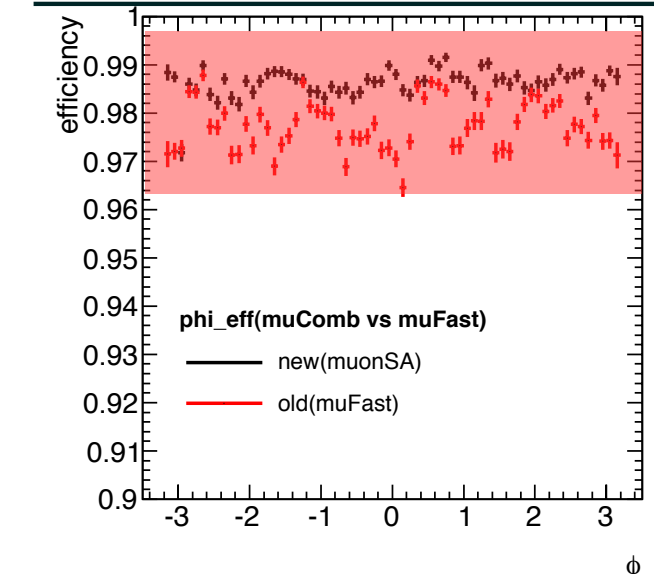
4. muComb wrt muFast



3. muFast wrt L1

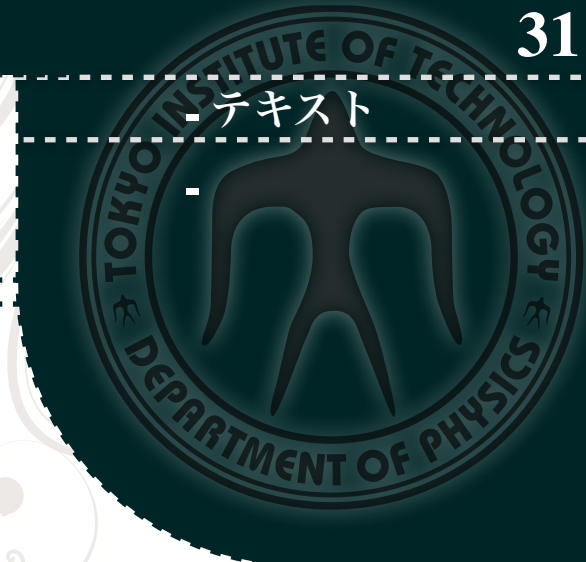


4. muComb wrt muFast



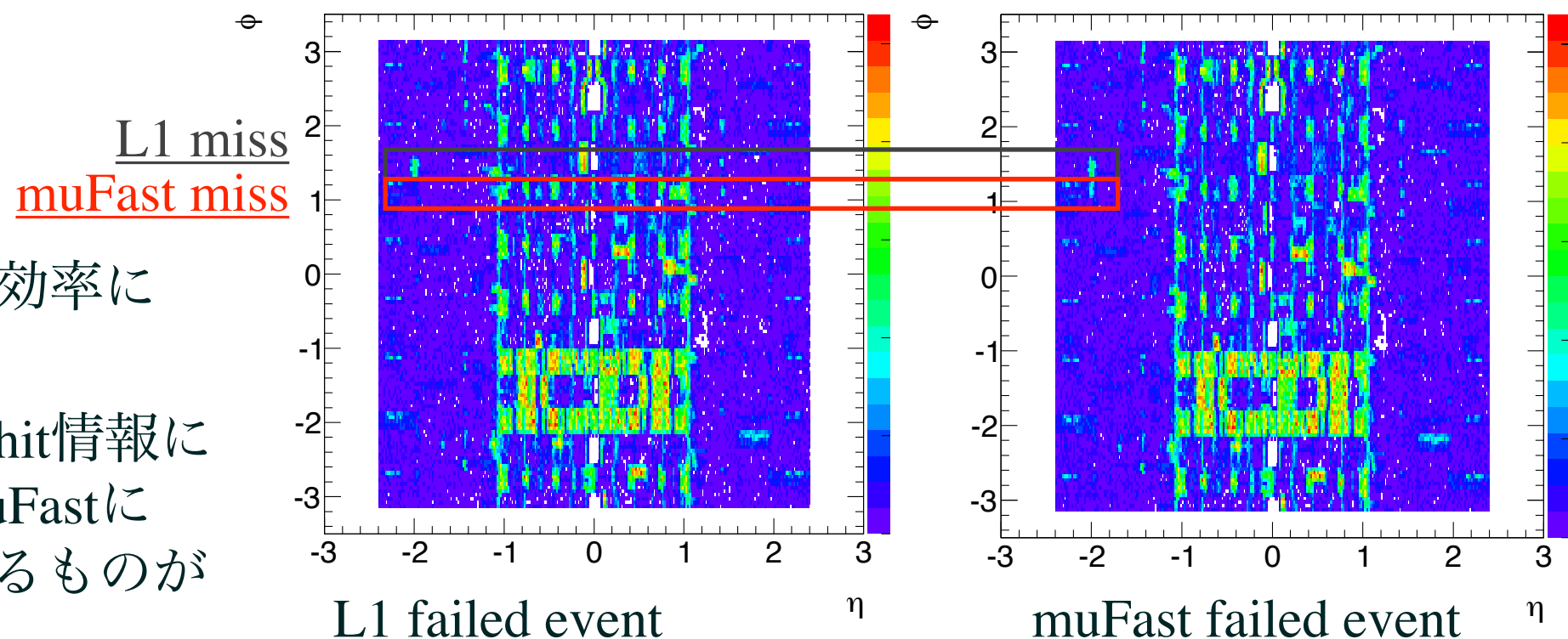
- In plot 4, efficiency of muComb is improved.
(from zig-zag in TrigmuFast to flat in TrigL2muonSA)

❖ Inefficiency



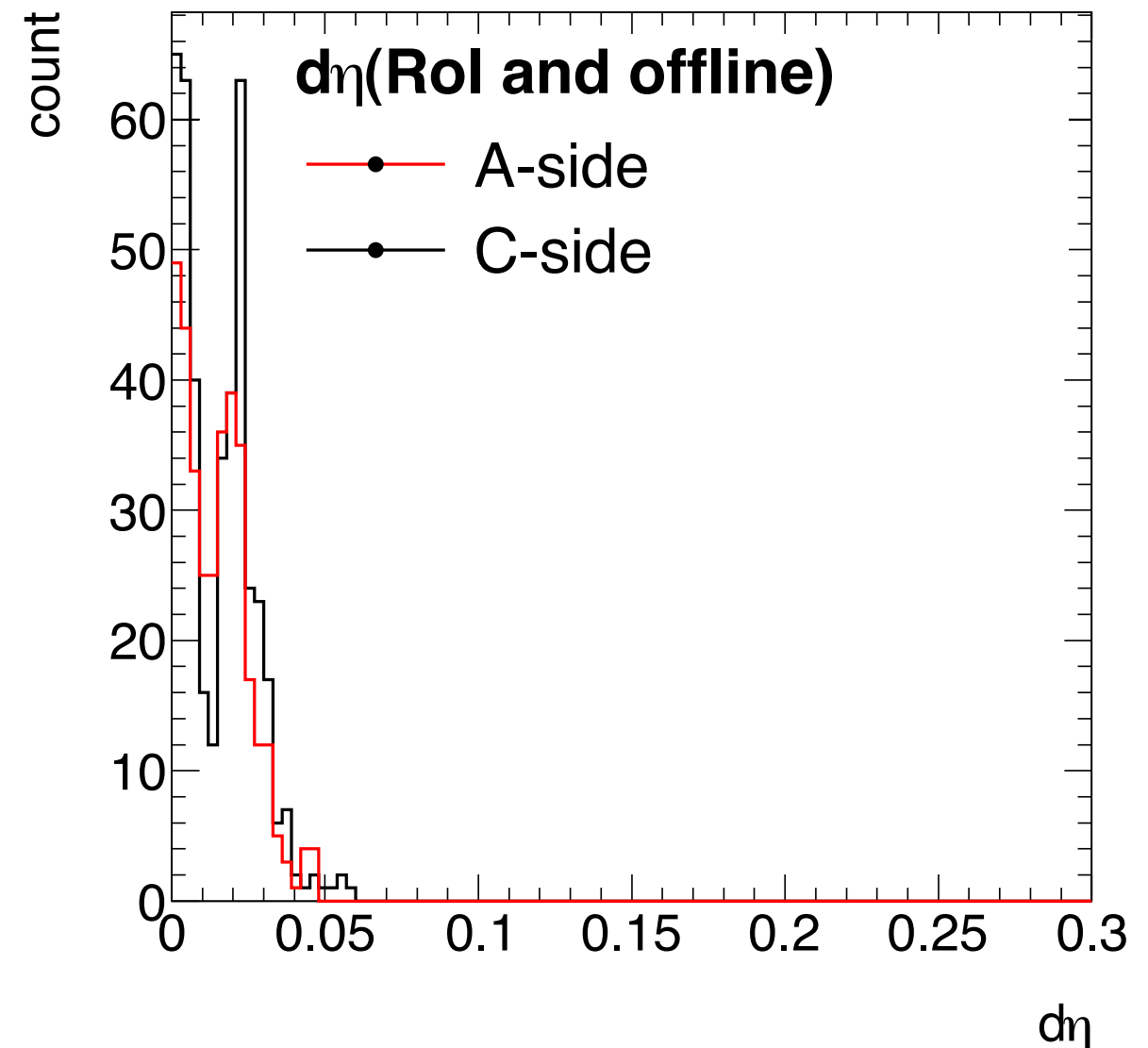
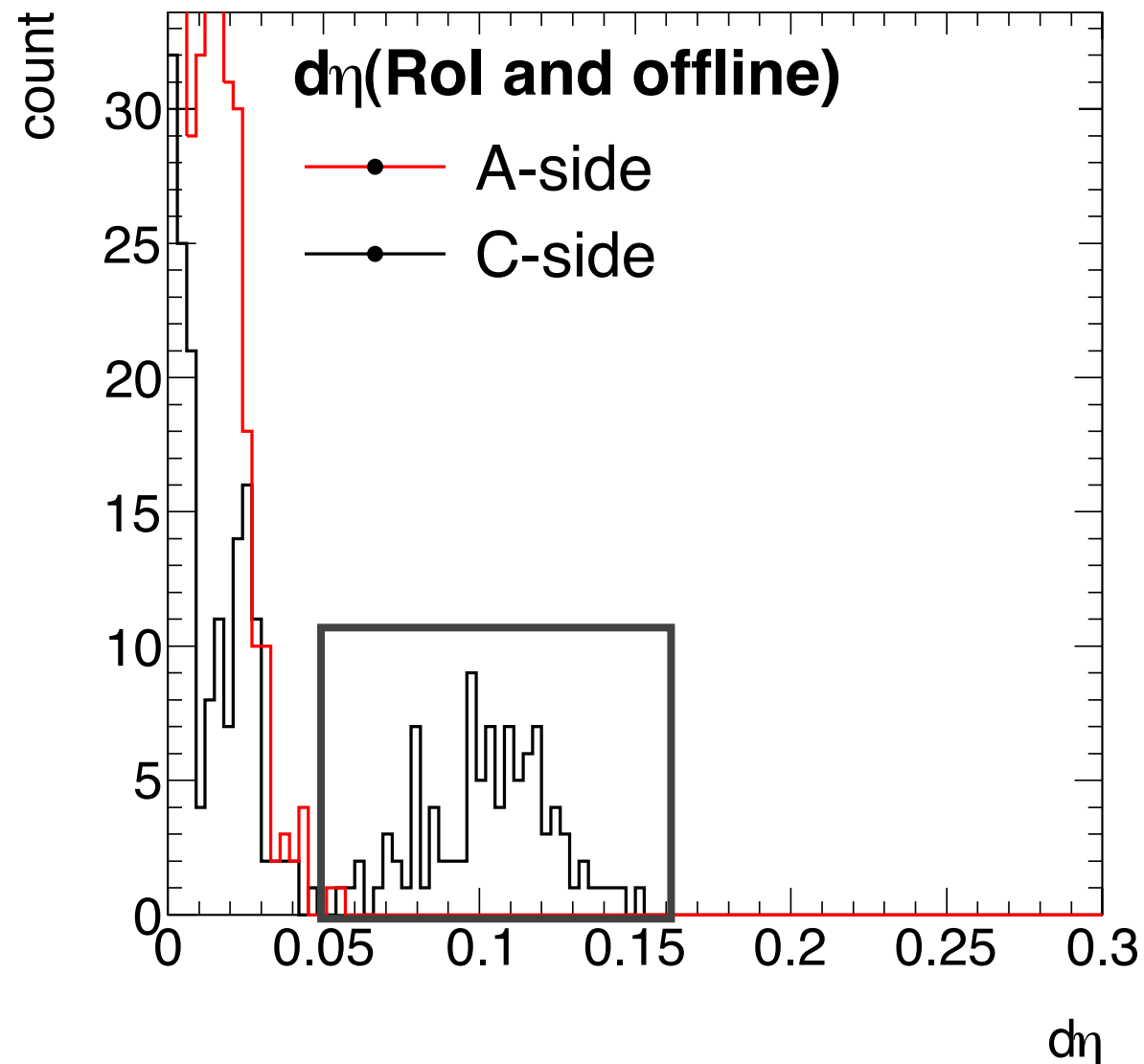
◎ $(\eta, \phi)=(-2.0, 1.2)$ で muFast が非効率になっている。

- よく見ると、Level 1 で非効率になっている領域が近い。
- よく見ると、TGC 部分の hit 情報に問題があり、最終的に muFast に渡される情報が誤っているものが多数であった。



Inefficient region

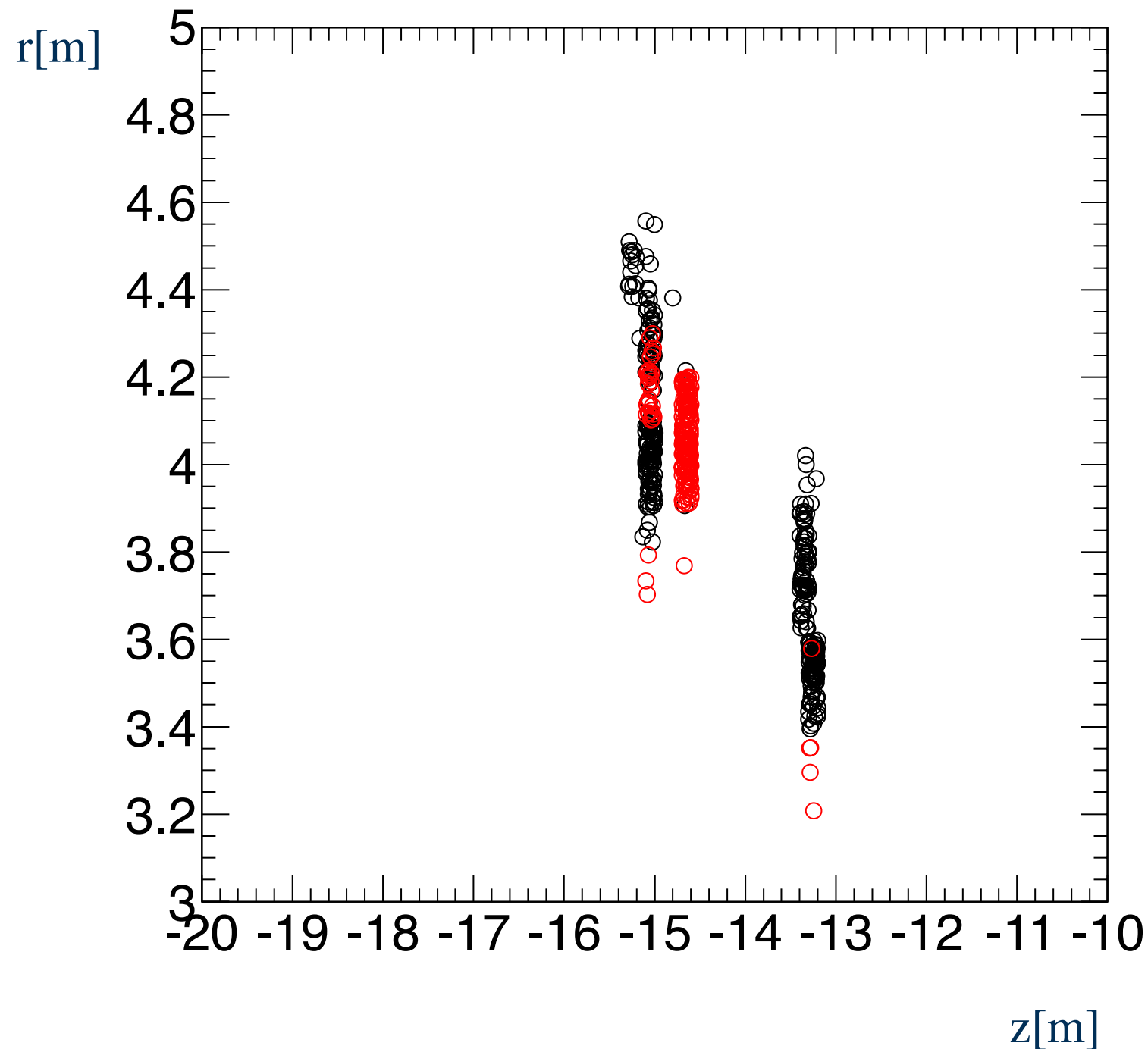
- $(\eta, \phi) = (-2.0(2.0), 1.2)$ と $(\eta, \phi) = (-2.0(2.0), -1.2)$ 付近
 - Roadのetaとofflineのetaでdetaを計算



- roadの η がofflineとズレているのが確認できる。（左図、黒）
- また、0.05以内に入っているものが非常に少ない。

$$(\eta, \phi) = (-2.0, 1.2)$$

• TGC(Mid1 と Mid2)のrz二次元分布



- 黒はroad と offlineの $d\eta$ が0.05以下

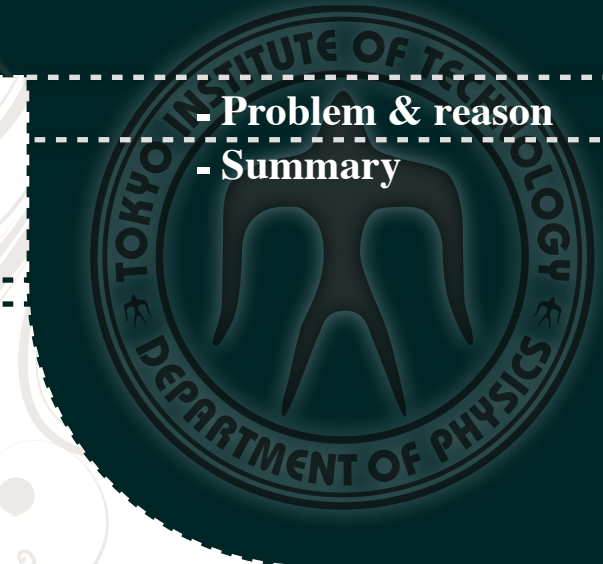
- 赤はroad と offlineの $d\eta$ が0.05以上

- 赤は z, r ともにMid1 と Mid2で同じ値が入っているものが多数 ($z: -14.6$ 付近 $r: 4.1$ を中心にばらつき)。

-->dummy?

❖ Problem & reason

- Problem & reason
- Summary



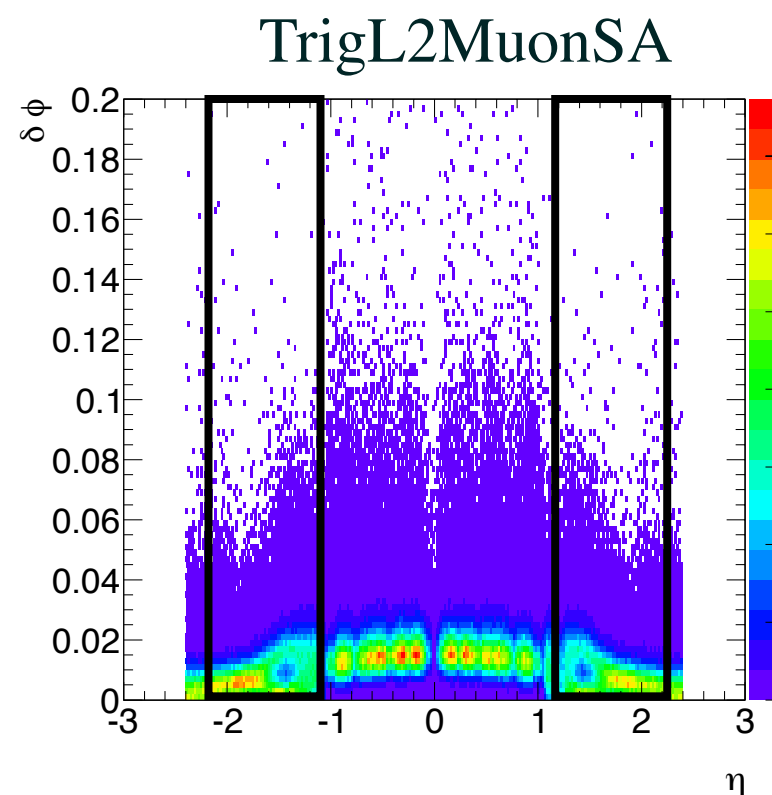
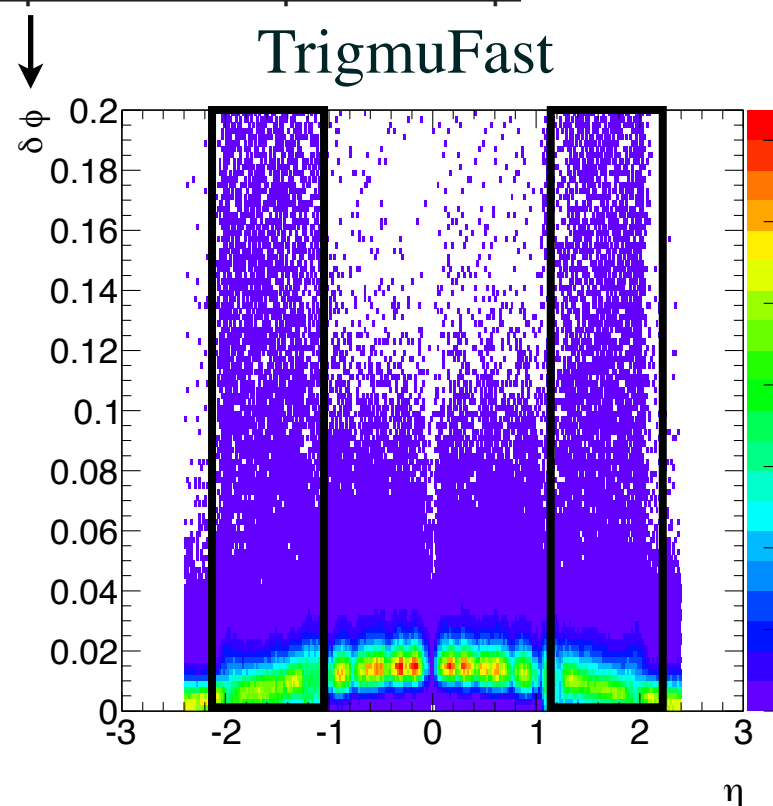
◎ About (A)

- In fact, in the old Trigmufast, "linear extrapolation" was done for position ϕ reconstruction at endcap.
- In TrigL2MuonSA, this extrapolation is not done(forgotten to implement).

◎ About “linear extrapolation”

- If there is no hit in TGC Inner layer, ϕ is linear extrapolated to inner from the middle layer by using position and angle of TGC ϕ fits. This extrapolated ϕ positions are not correct.

$$d\phi = |\text{muFast } \phi - \text{offline } \phi|$$

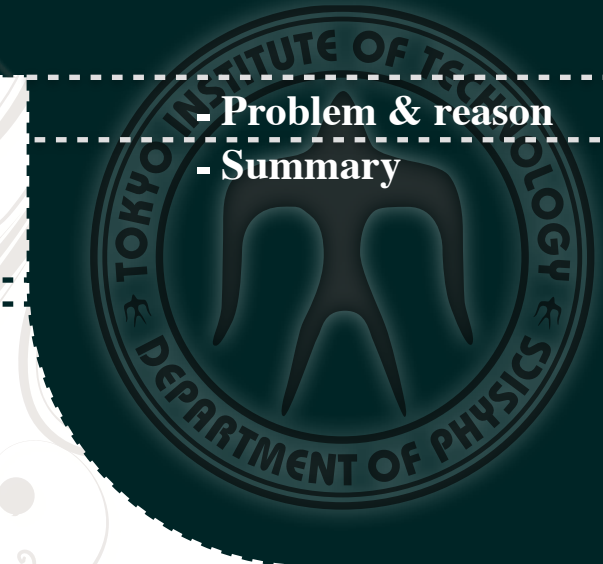


- $\delta\phi$ at endcap is improved not by doing this "linear extrapolation", which results in higher efficiency in subsequent muComb.

- A very lucky mistake for us. We are currently reviewing the TrigL2MuonSA's reconstruction method of η and ϕ .

❖ Problem & reason

- Problem & reason
- Summary



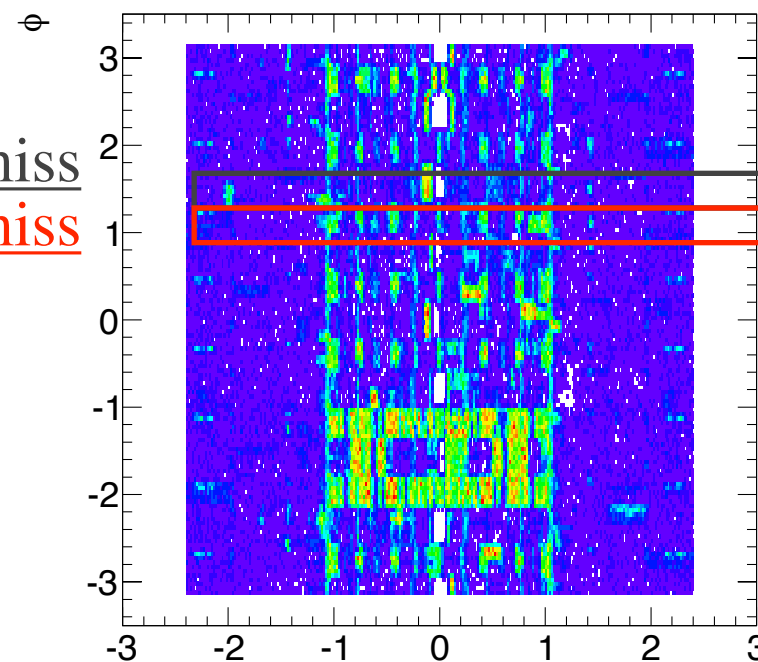
◎ About (B)

- The efficiency of L1 is also low at $(\eta, \phi)=(-2.0, 1.4)$

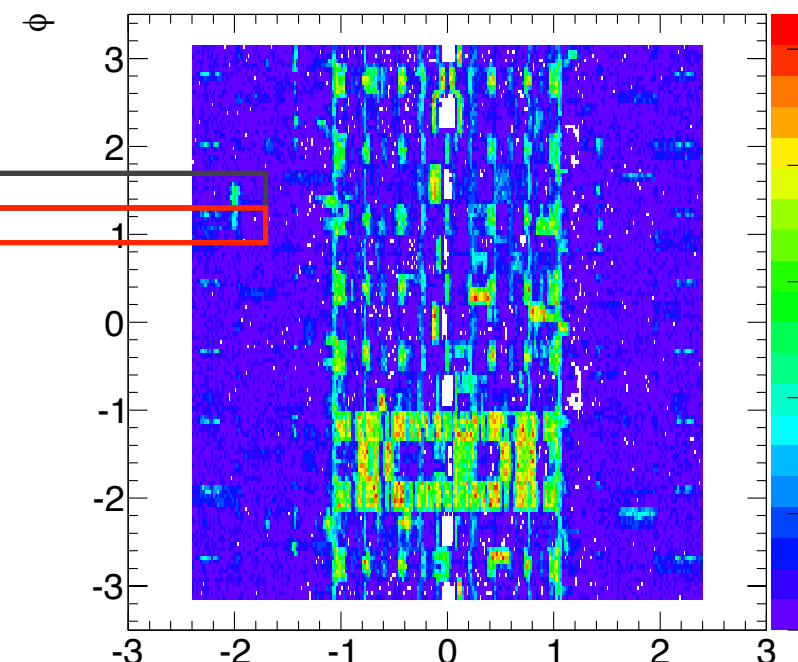
1) at $(\eta, \phi)=(-2.0, 1.4)$
--> L1 is inefficient.

2) at $(\eta, \phi)=(-2.0, 1.2)$
--> muFast (TrigL2MuonSA)
is inefficient.

L1 miss
muFast miss



L1 failed event



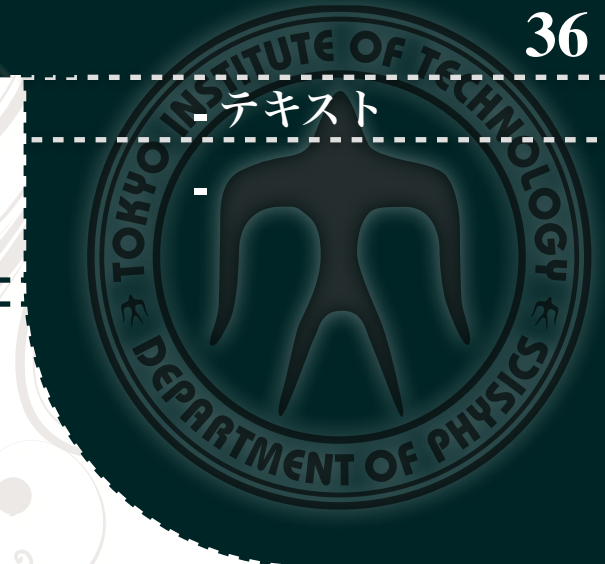
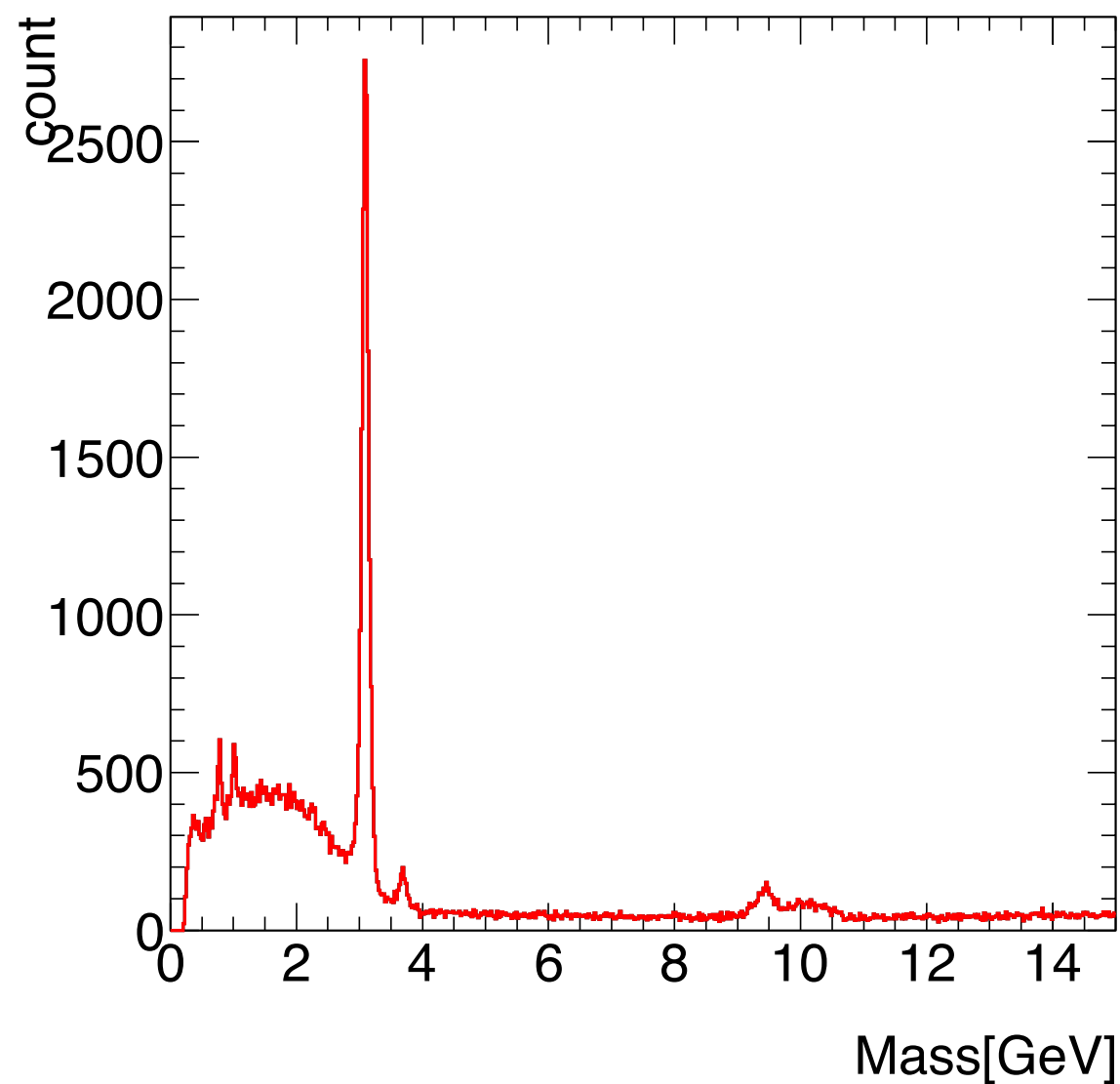
muFast failed event

◎ The reason of L1 failed (by Masaya ISHINO)

- Inefficient chamber in M1 --> small inefficient region due to 2 out of 3 coincidence
 - Two inefficient chambers in M4 and M6 --> dummy hits are used
--> degradation of delta R accuracy in 3 out of 4 coincidence
- > Due to mixture of these two effects, this region seems to be tricky in L1
(inefficient but not completely)

❖ Invariant mass

◎ J/ψ トリガーによる mass

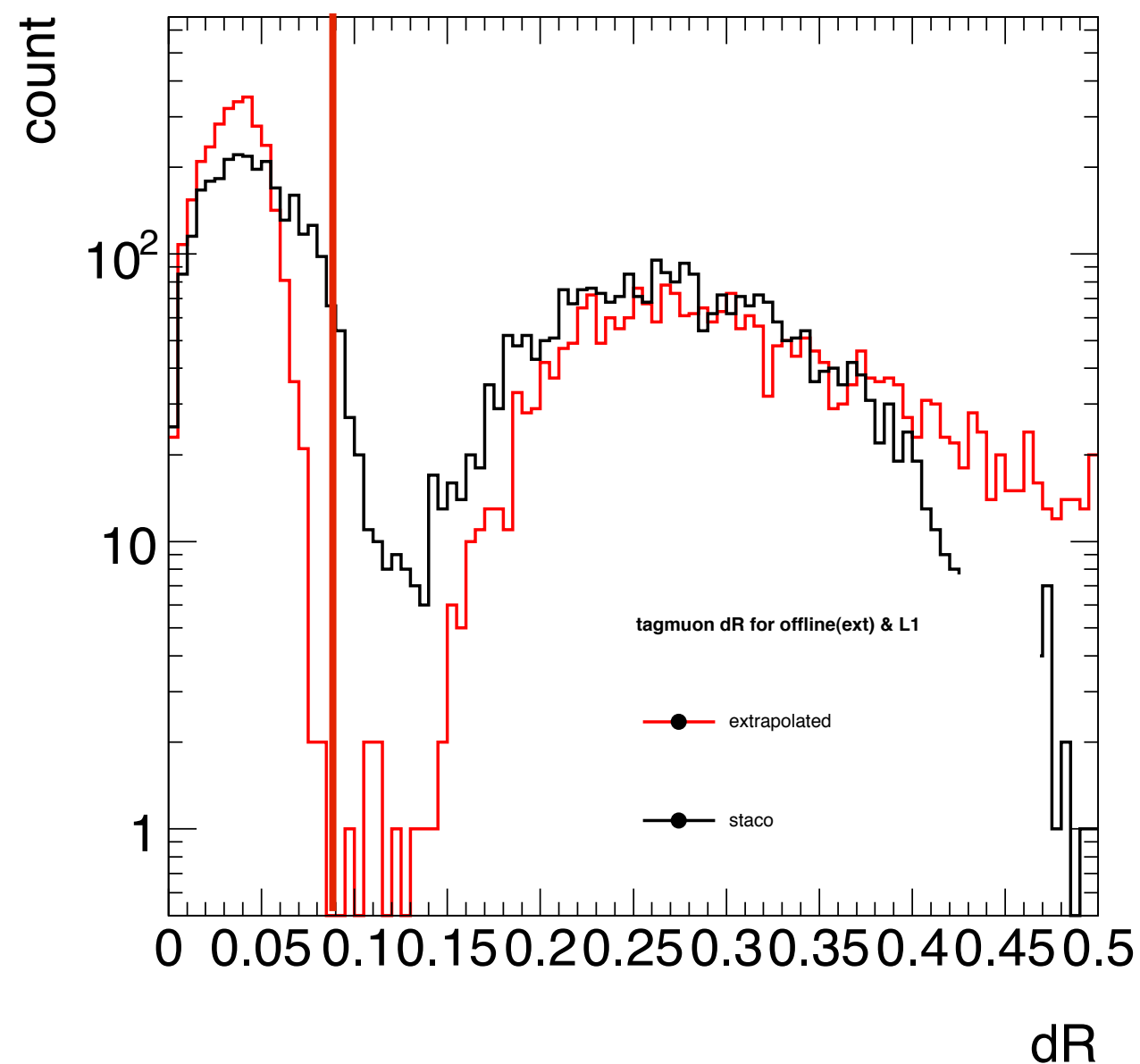
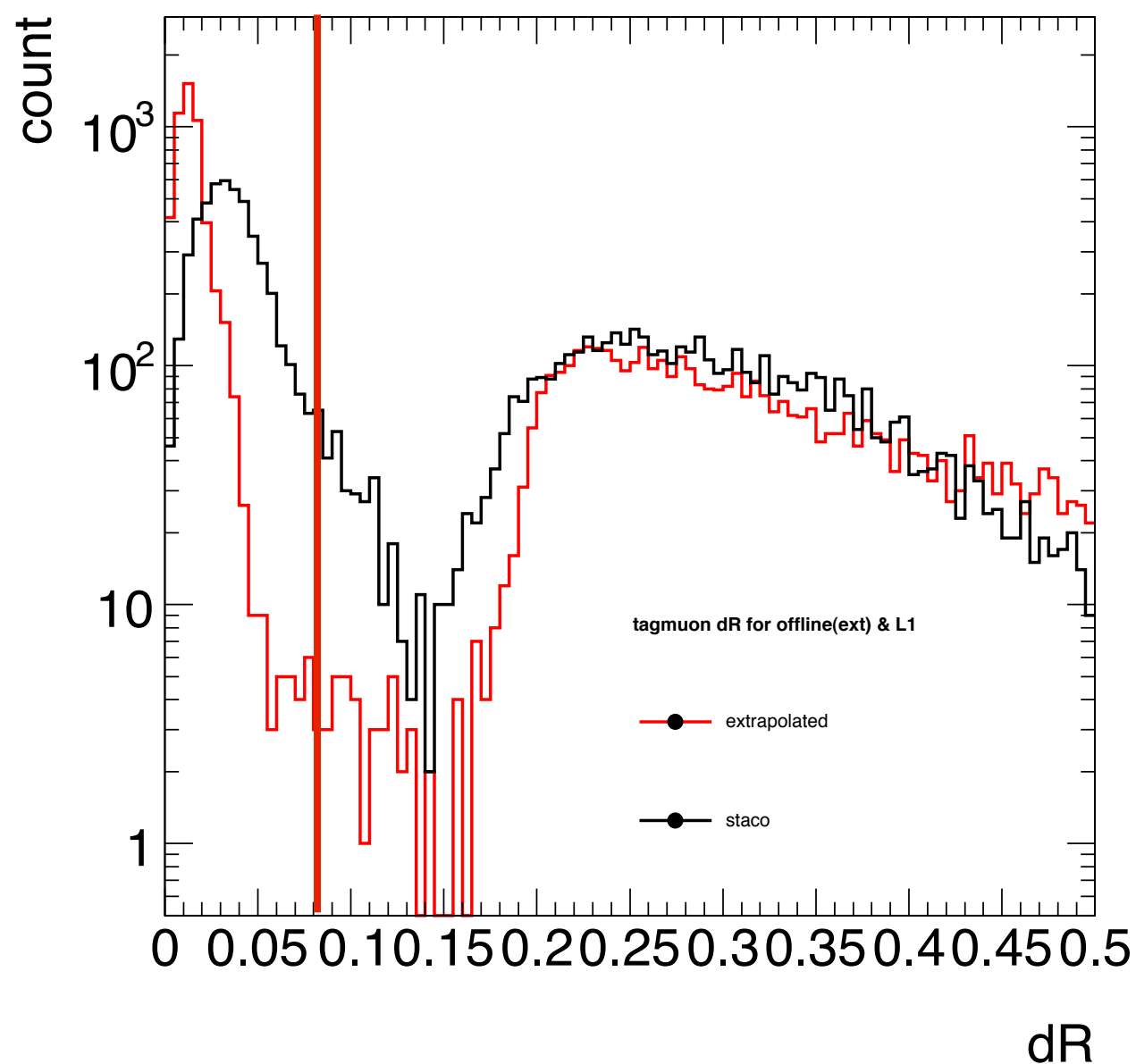


❖ Tag dR

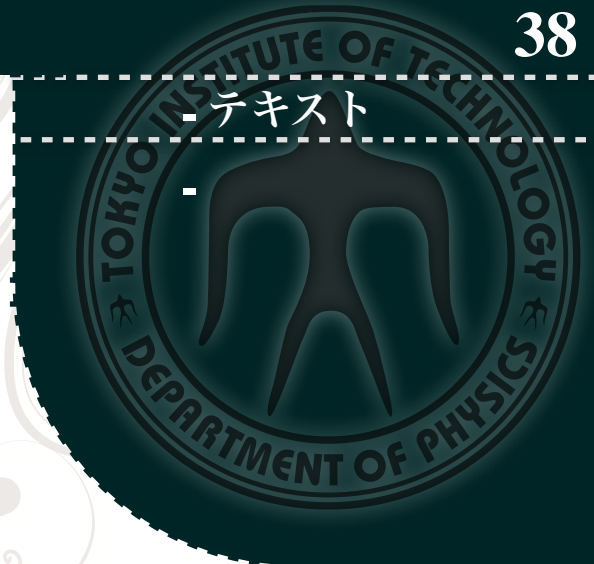


◎ offline muon と EF との matching dR

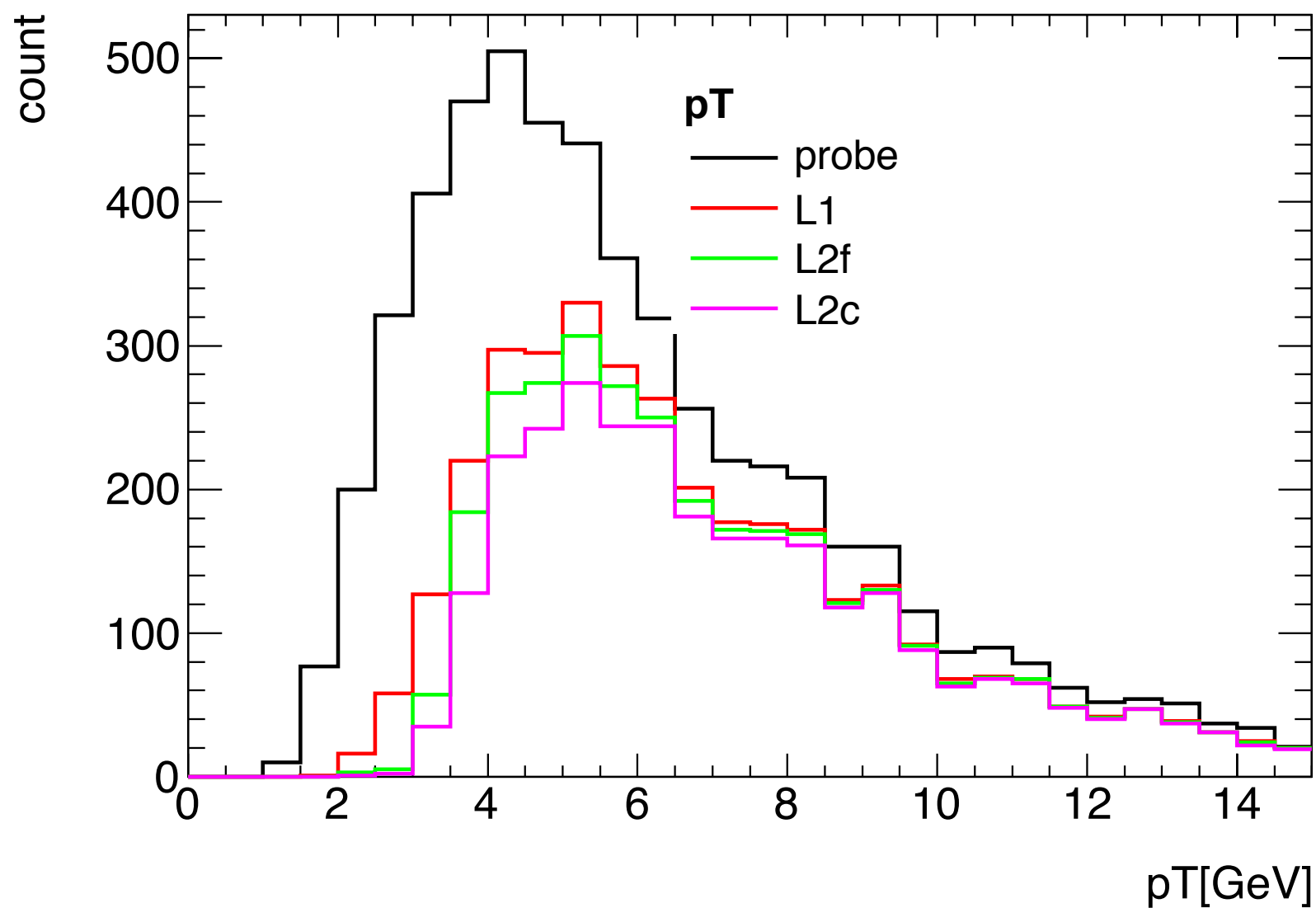
- Tagのselectionはとりあえず $dR < 0.08$ でかけている。
- Endcapは0.05まで狭められるかもしれない



❖ Probe muon pT

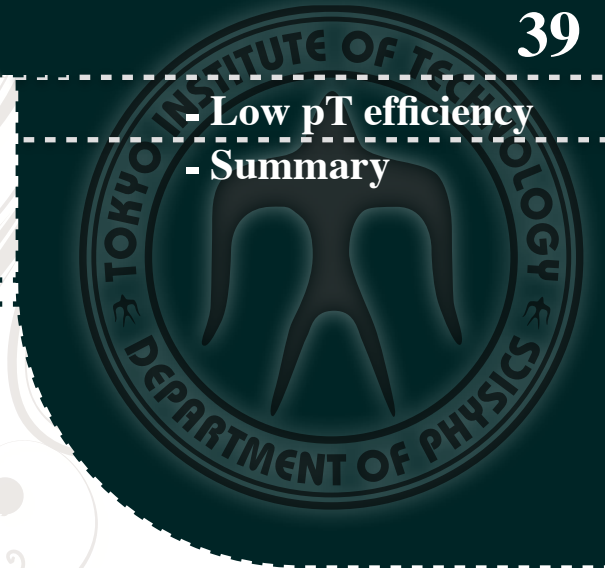


◎ probe muonのpT分布



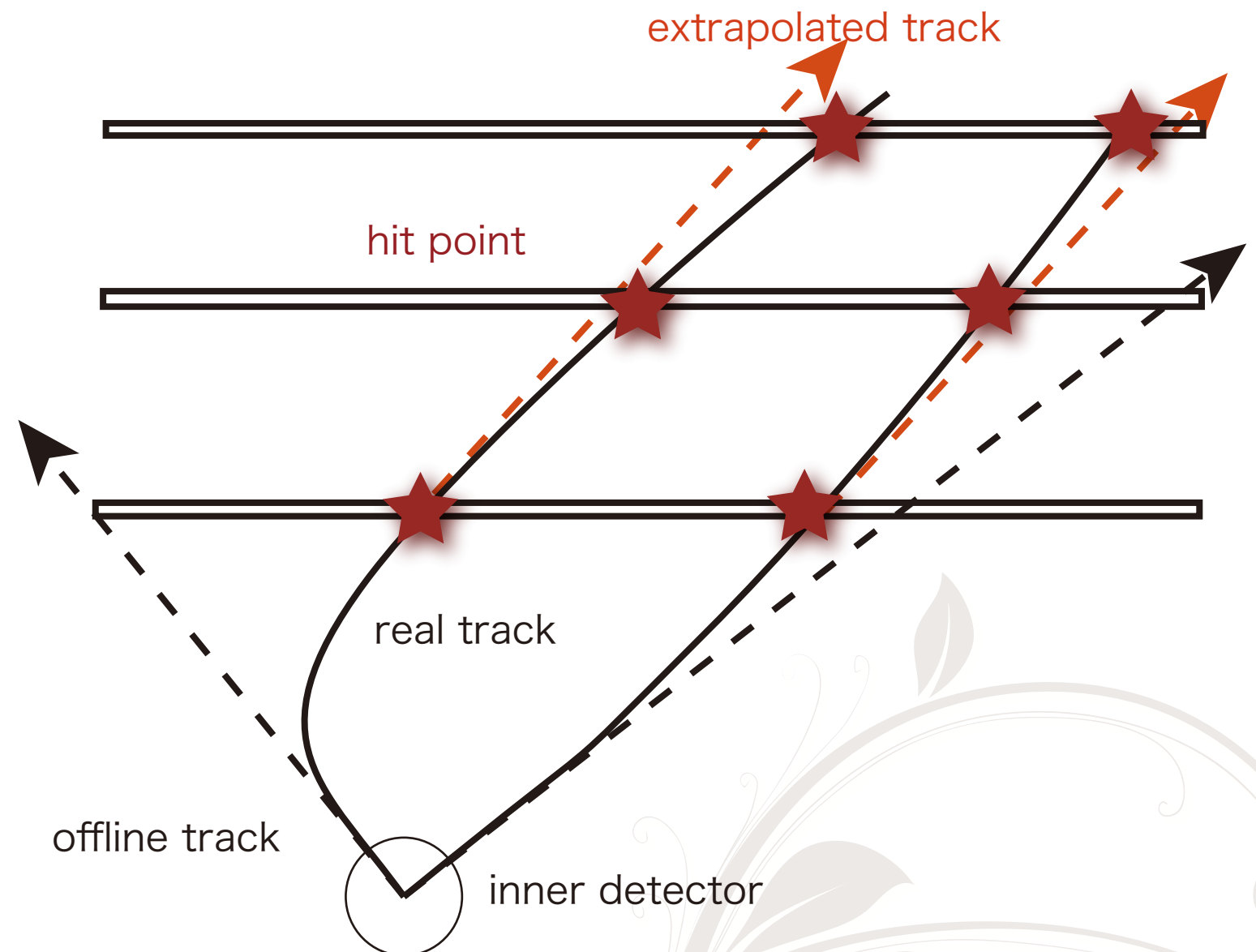
❖ Extrapolator

- Low pT efficiency
- Summary



◎ より内層のHit情報を外挿した、extrapolatorの情報を使用する。

- offline trackとdRを計算すると、取り違いが発生する。
- MDTもしくはTGCから外挿したtrackを利用したい
--> extrapolatorの導入
- offlineの代わりにextrapolated trackとdR計算し、取り違いを防止



❖ Problems...

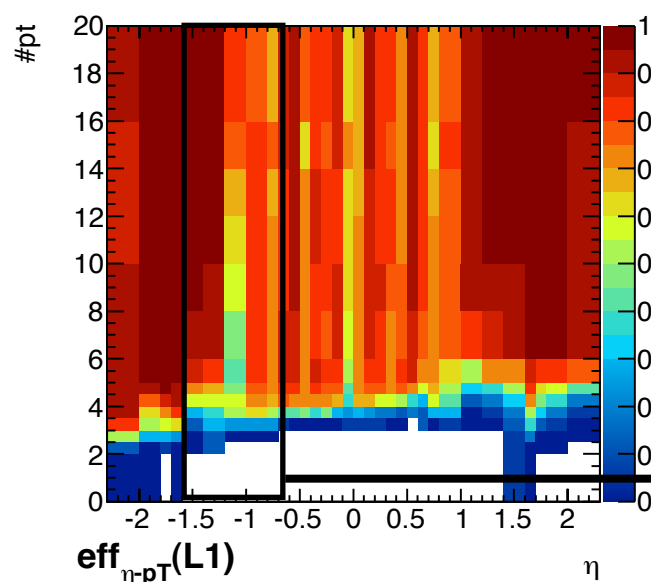
- Low pT efficiency
- Summary

◎ どちらのperiodでも、 $q \cdot \eta = -1$ では low pT ミューオンに対する muFast の効率が下がっている。

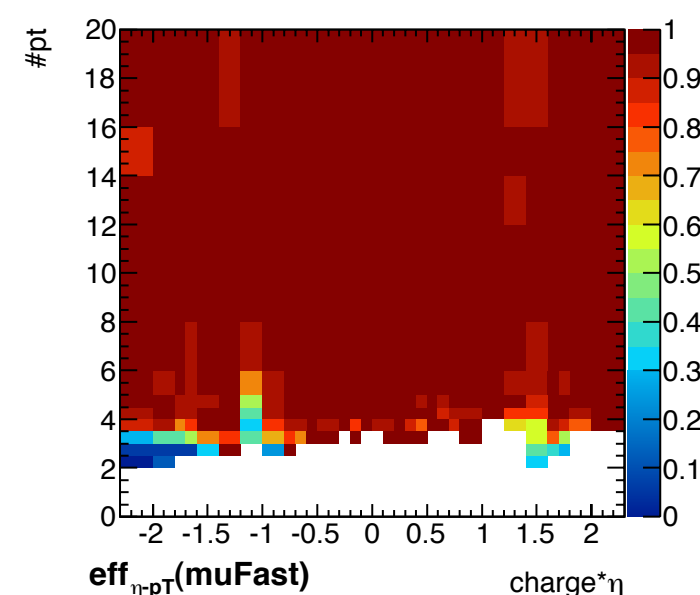
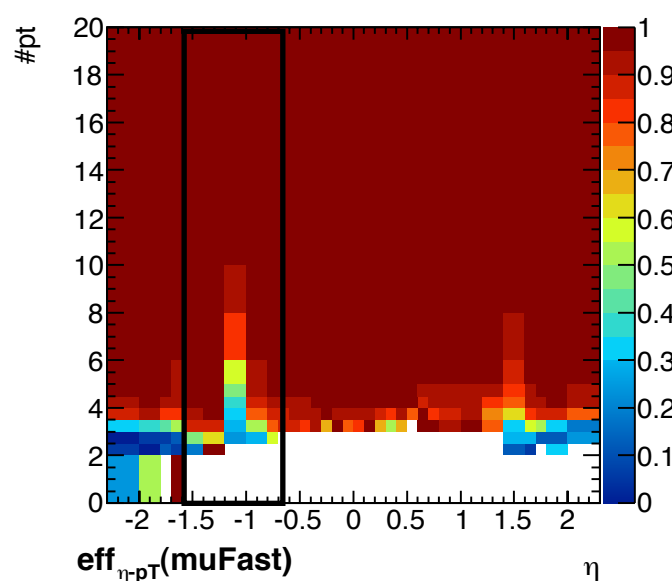
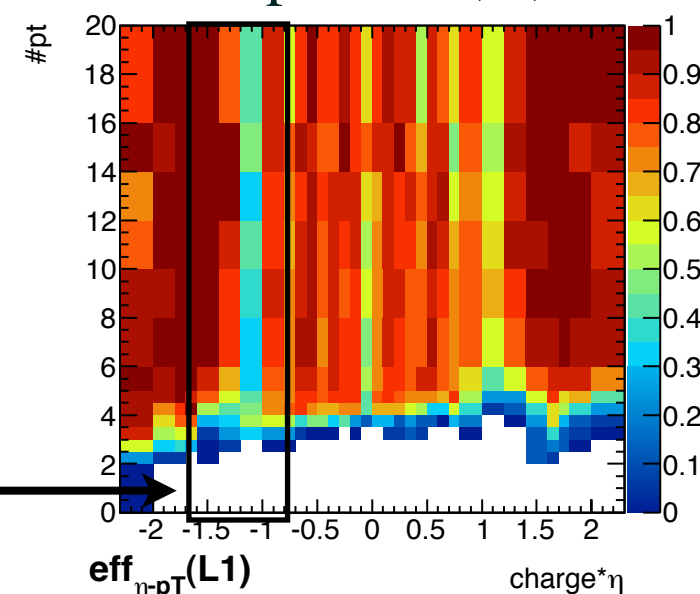
• しかし、この理由はわかっておらず、現在調査中。

• 更にこの領域では、period J,L,M で Level 1 が非効率になっており、調査が必要である。

• period B

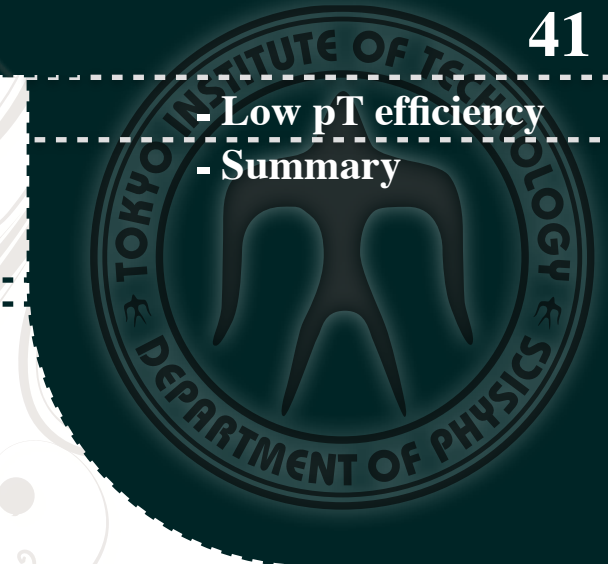


• period J,L,M



❖ Efficiency plot(L2_mu4T)

- Low pT efficiency
- Summary



◎ Endcap と Barrel それぞれでの比較を行う。

- 先ほど話したように、period BまではTrigmuFastが、period C以降はTrigL2muonSAがmuFastで使用されている。
- EndcapでのmuCombの効率改善はZで見られたものと同様の理由と考えられる。

• Barrel

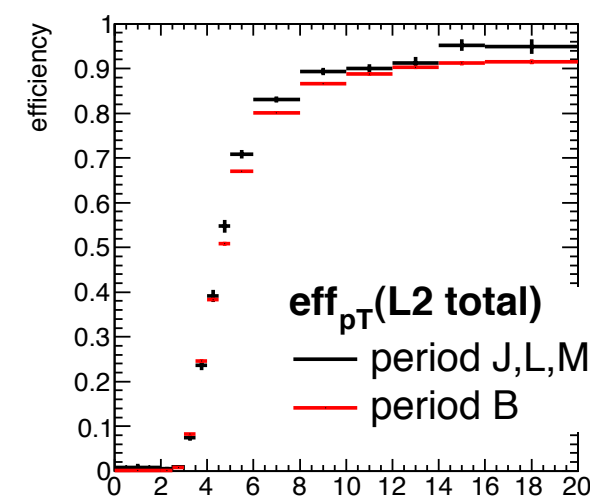
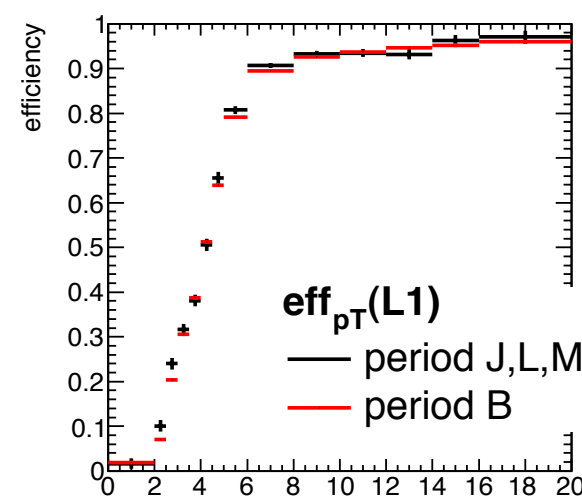
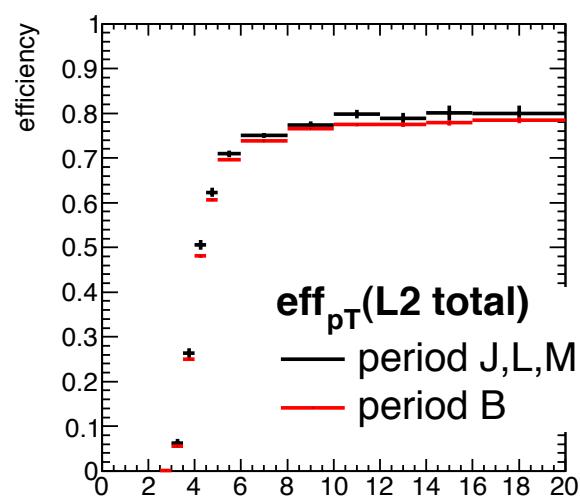
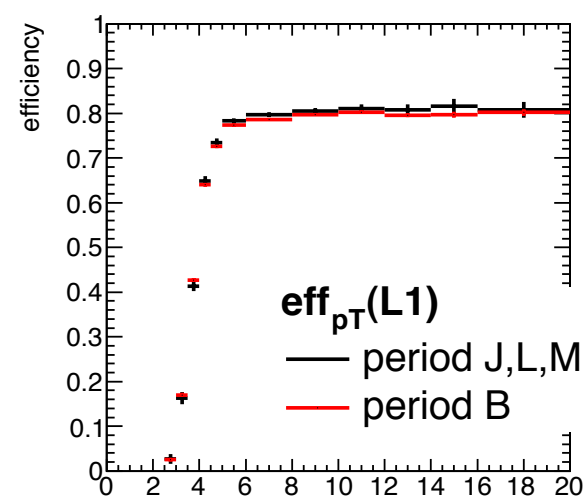
• Endcap

1. L1 wrt probe

2. muComb wrt probe

1. L1 wrt probe

2. muComb wrt probe

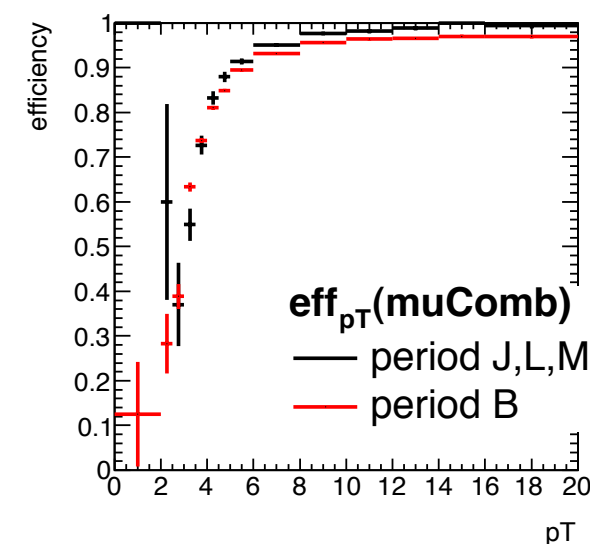
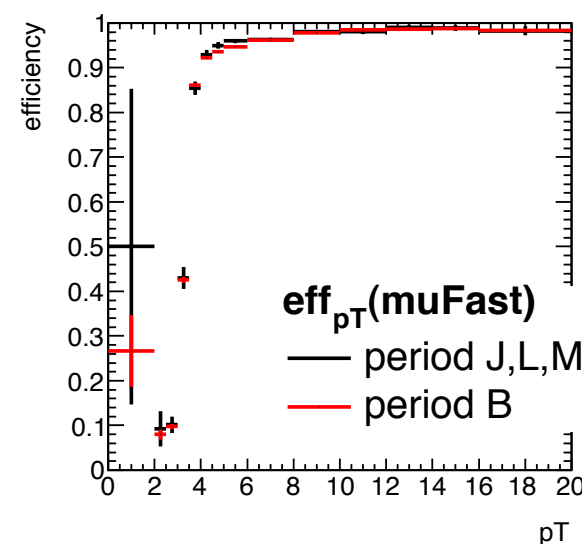
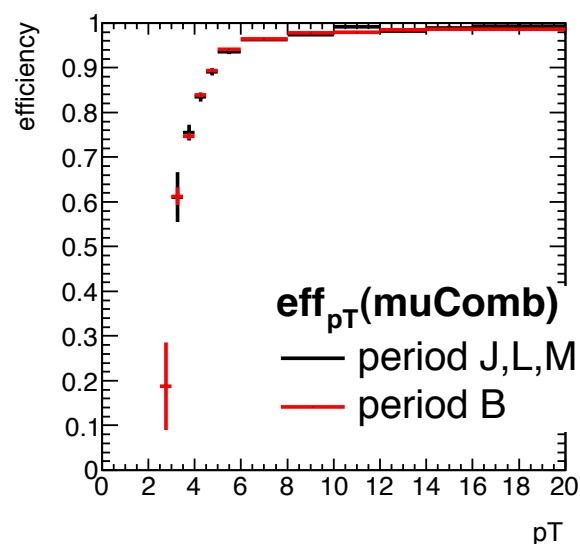
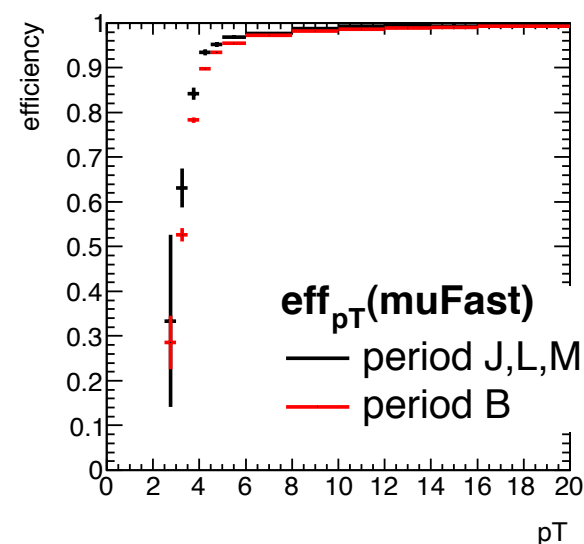


3. muFast wrt L1

4. muComb wrt muFast

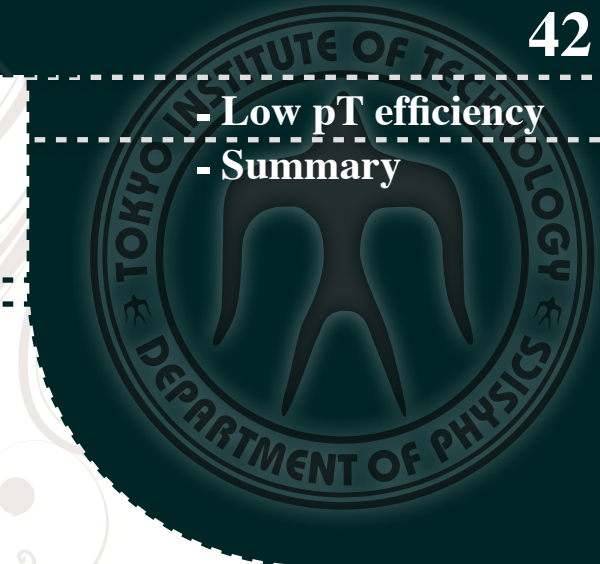
3. muFast wrt L1

4. muComb wrt muFast



❖ Efficiency plot(L2_mu4T)

- Low pT efficiency
- Summary



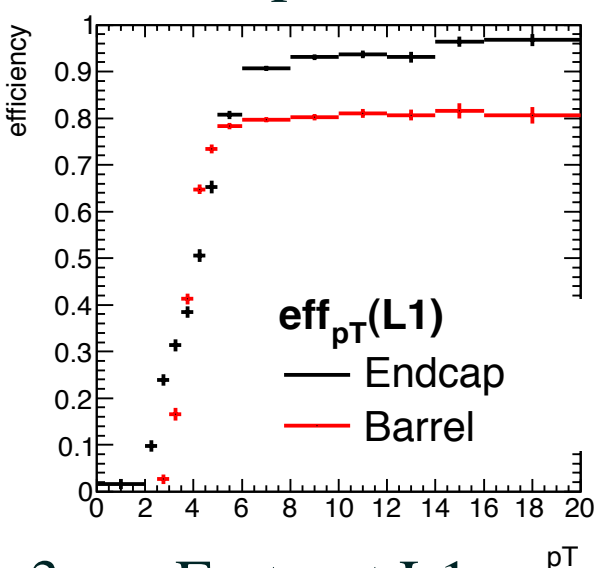
◎ period J,L,MでもL2_mu4Tトリガーチェーンについての効率を確認した。

• 結果はpT分布、 η - ϕ の分布として示す。

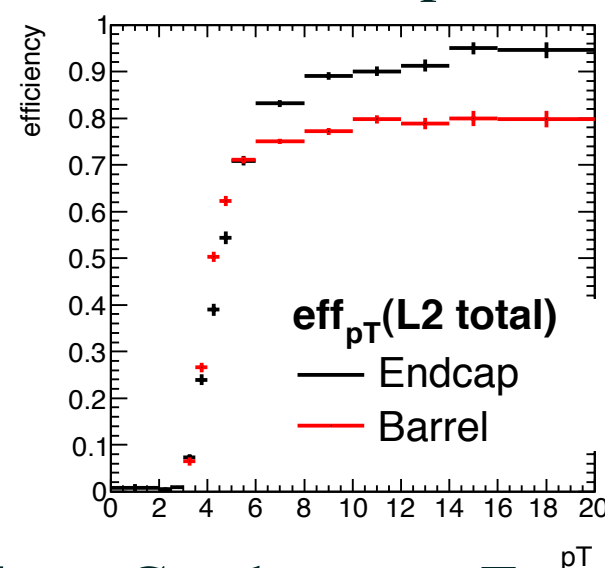
• pT分布

• $q*\eta$ - pT分布

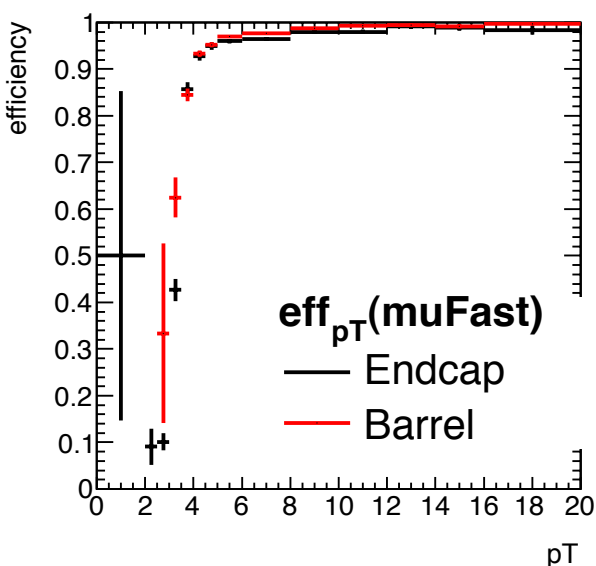
1. L1 wrt probe



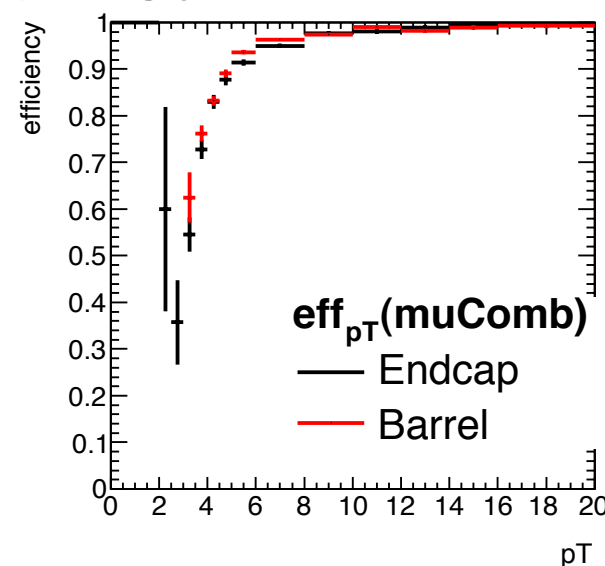
2. muComb wrt probe



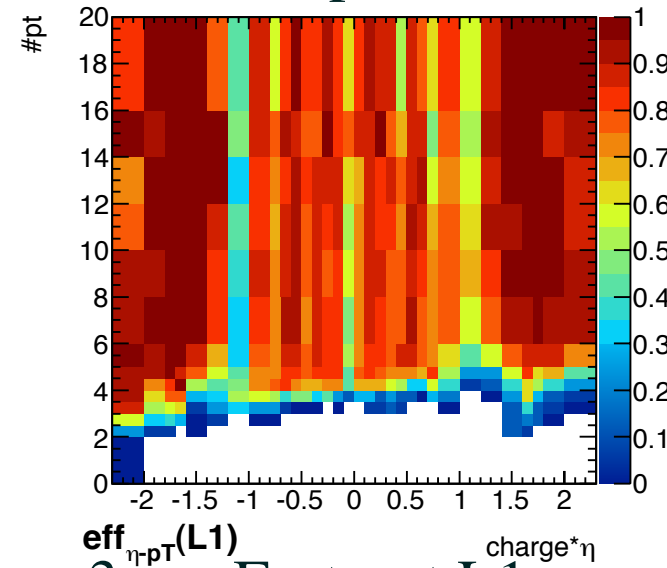
3. muFast wrt L1



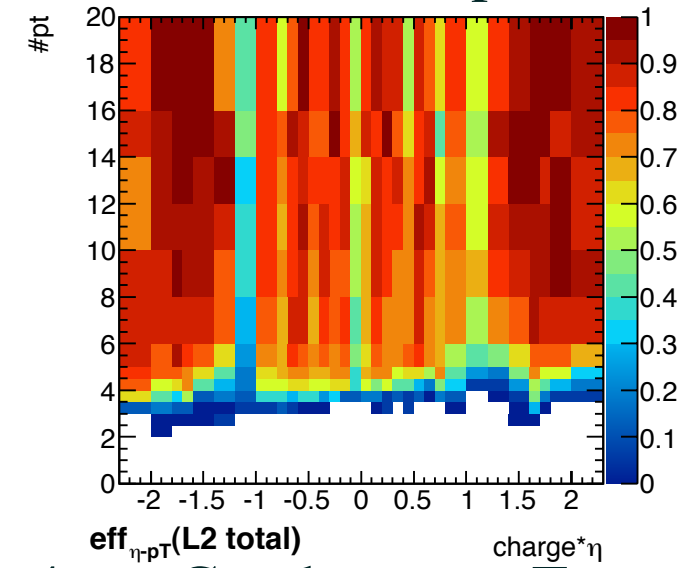
4. muComb wrt muFast



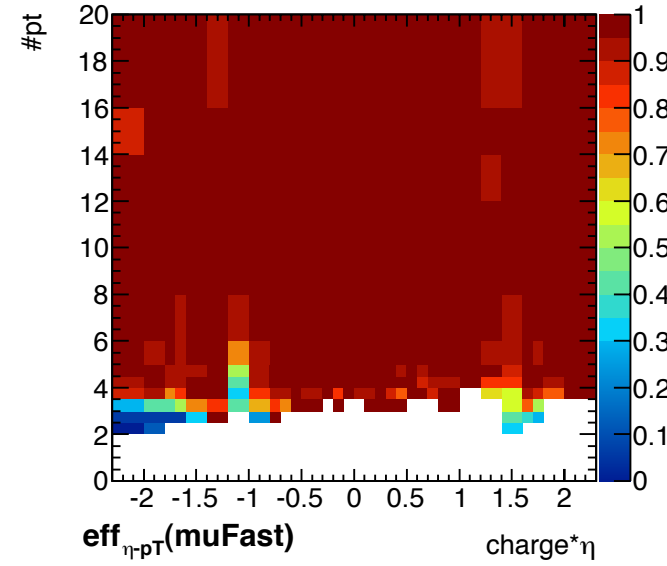
1. L1 wrt probe



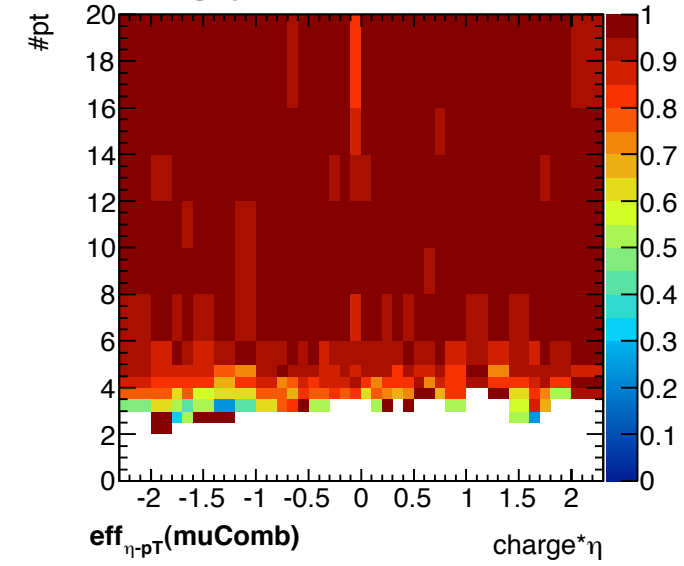
2. muComb wrt probe



3. muFast wrt L1

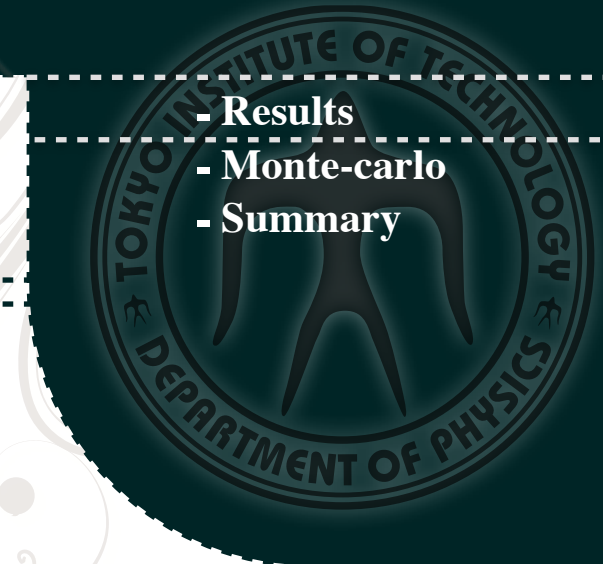


4. muComb wrt muFast



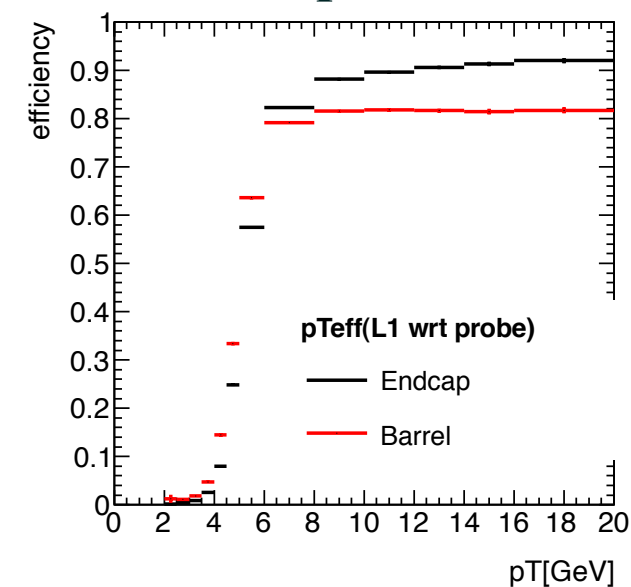
❖ Period B (EF_mu6)

- Results
- Monte-carlo
- Summary

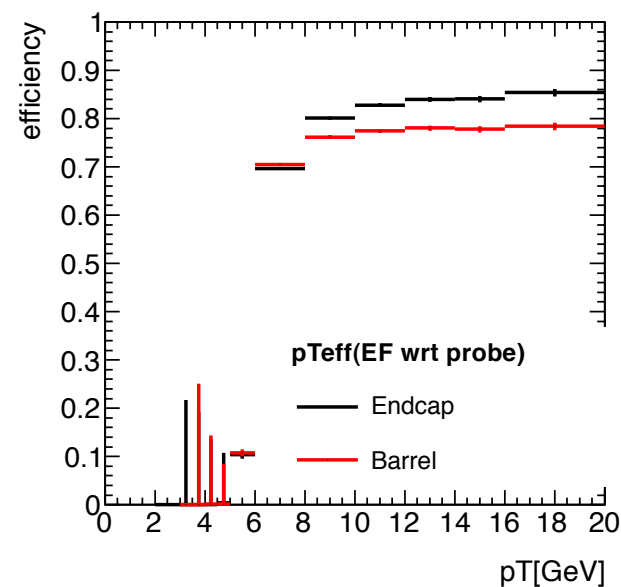


◎ I show efficiency as function of p_T
and $\text{charge} \times \eta \times p_T$ 2d-map.

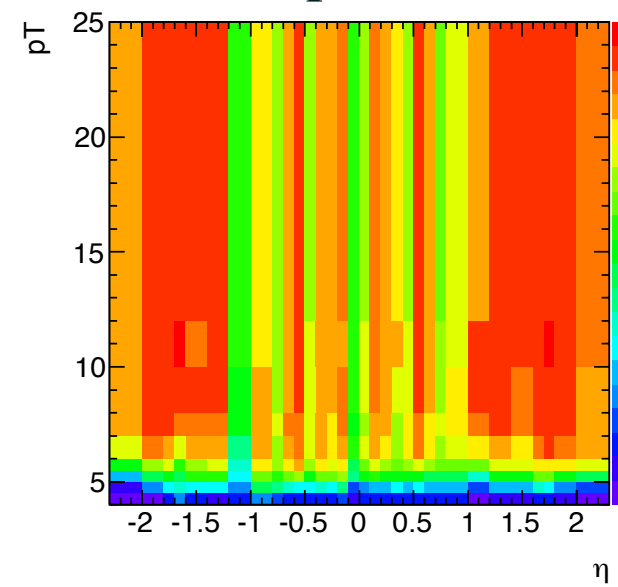
• L1 wrt probe



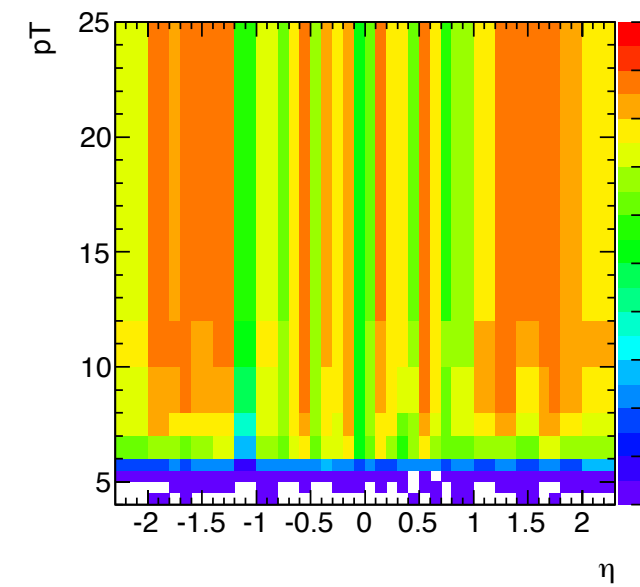
• Total



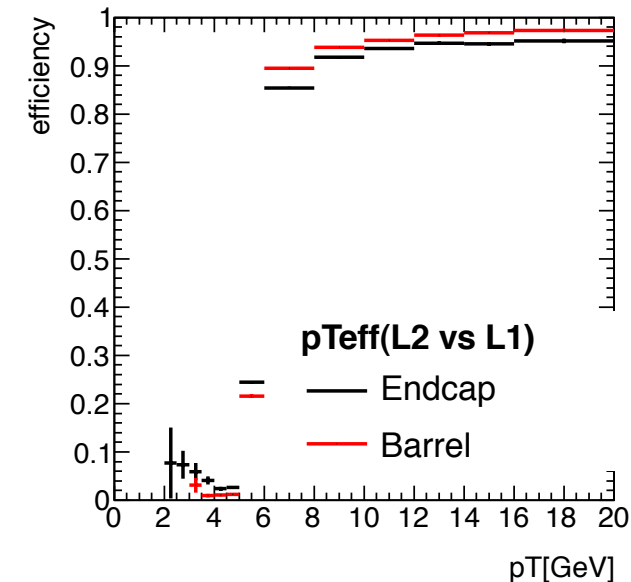
• L1 wrt probe



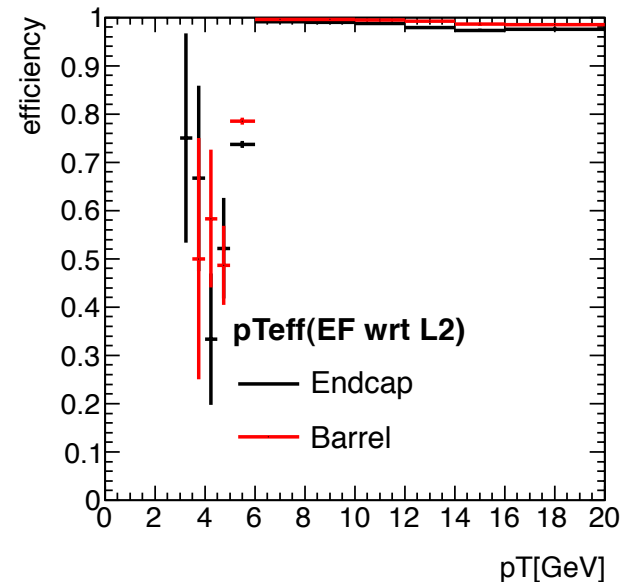
• Total



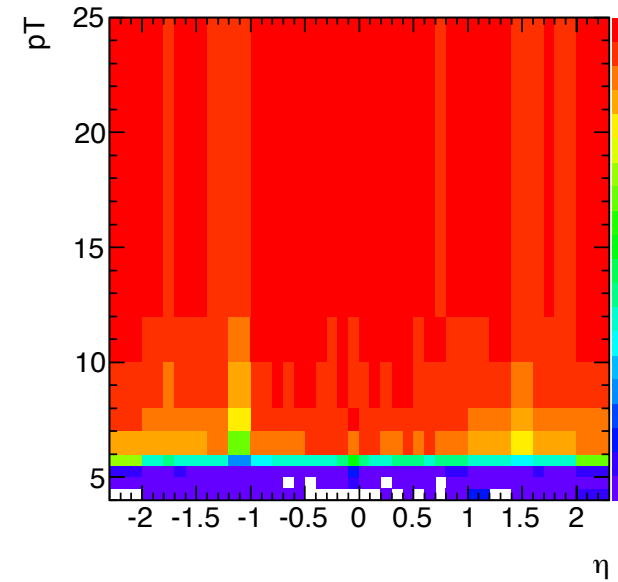
• L2 wrt L1



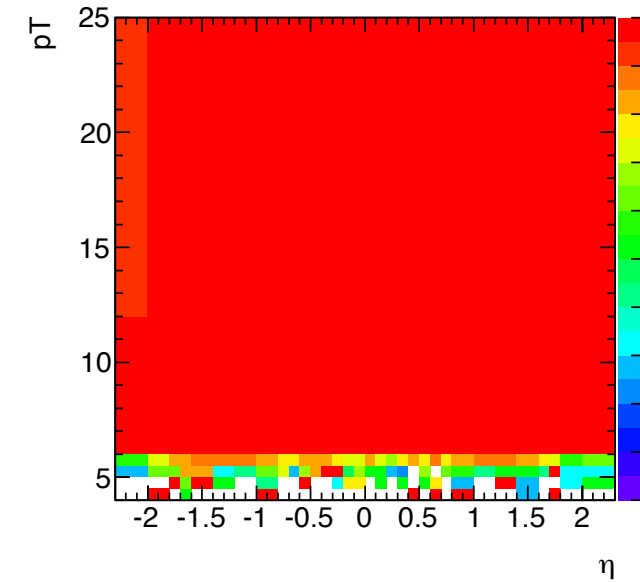
• EF wrt L2



• L2 wrt L1

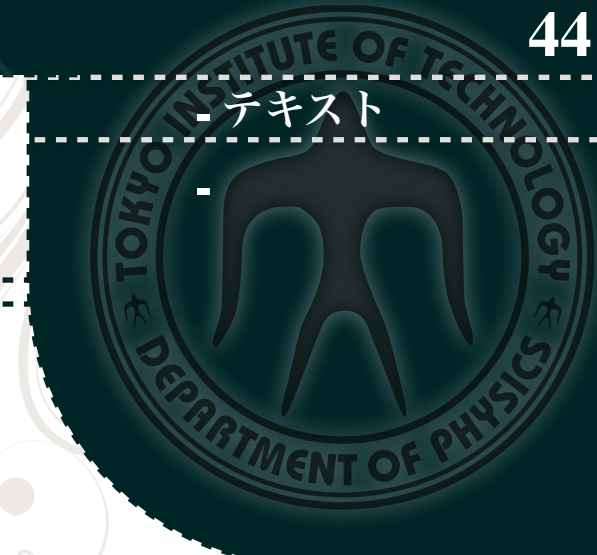


• EF wrt L2



❖ 倉庫

- テキスト



L1(Level 1)	L2(Level 2)		EF(Event filter)
L1(RPC,TGC)	muFast (MDT)	muComb (MDT+ID)	EF
ハードウェアレベルの選別。Level2に対し、データ取得する領域(RoI)を指定する役割を持つ。	ソフトウェアレベルの選別であり、RoIで指定された領域のMDTのhit情報からpTなどで選別する。	InnerDetectorのトラック情報と統合することで、更に位置、pTなどに対して詳細な選別をかける。	トリガーの最終段階であり、ほぼofflineでかけるものと、同等に詳細な選別をかける。

位置分解能は劣るが、応答速度が早いTGC, RPCはあらかじめ粗い選別をするために用いる。

その情報を受け取ったMDT, CSCによって、より精密な事象選別が行われる。