

ATLAS実験におけるレベル2

ミュオントリガー

飛跡パターン認識法の改良

北村拓己(神戸大理)、藏重久弥(神戸大理)、山崎祐司(神戸大理)、松下崇(神戸大理)、
岸本巴(神戸大理)、徳宿克夫(高工研)、長野邦浩(高工研)、久世正弘(東工大理)、
石塚正基(東工大理)、管野貴之(東工大理)、野辺拓也(東工大理)

日本物理学会2012秋季大会

2012年9月14日 京都産業大学

目次

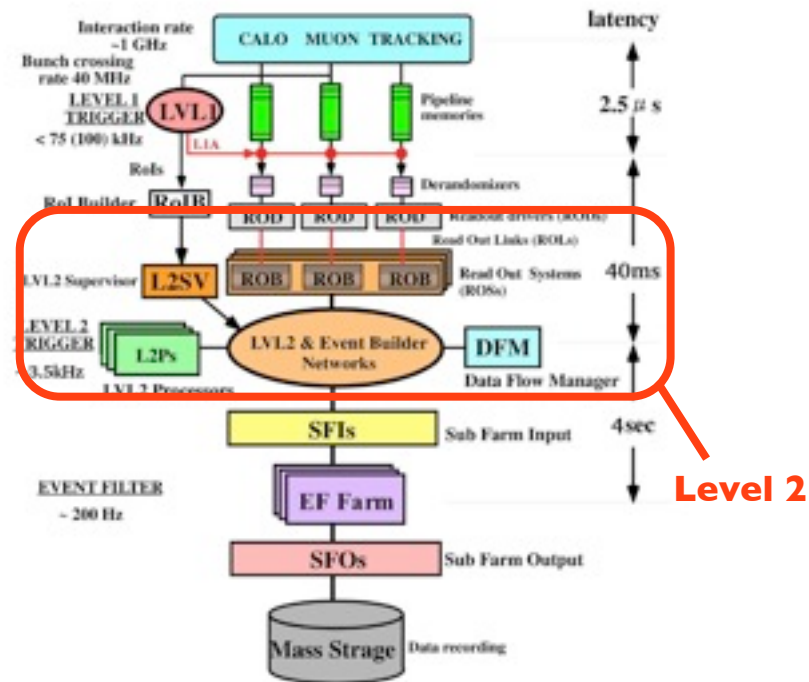
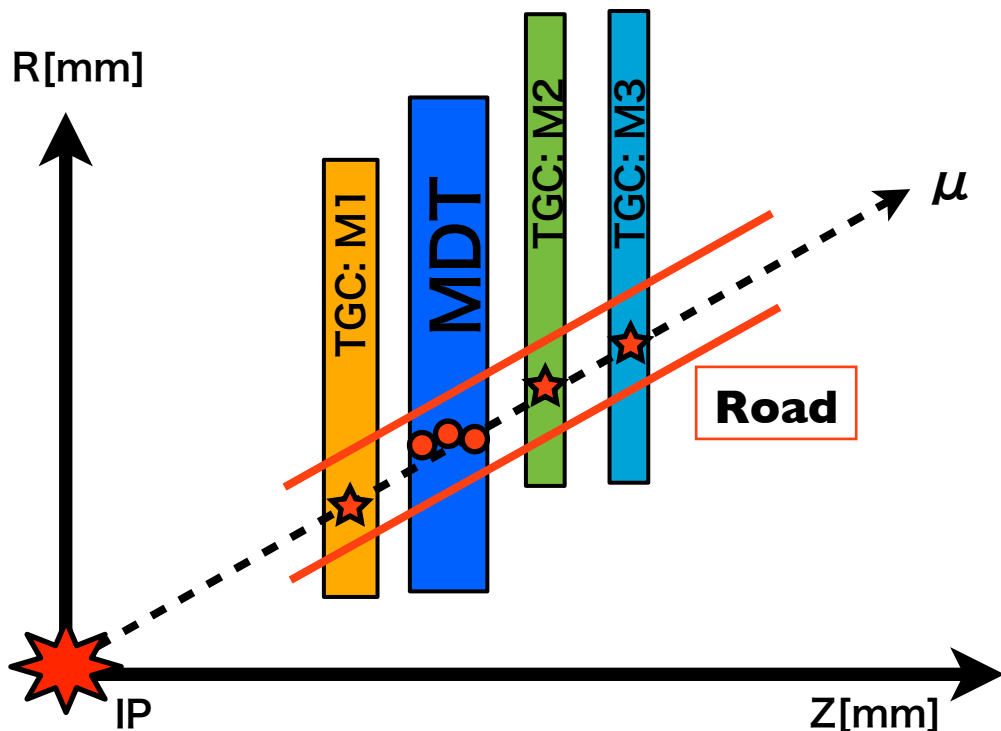
- 1, レベル2ミューオントリガーシステム
- 2, L2 MuonSAアルゴリズムの問題点と改良方法及び性能評価
 - 2-1, L2 MuonSAの問題点及び改良点
 - 2-2, 新L2 MuonSAの性能評価
- 3, まとめと展望

目次

- 1, レベル2ミュオントリガーシステム
- 2, L2 MuonSAアルゴリズムの問題点と改良方法及び性能評価
 - 2-1, L2 MuonSAの問題点及び改良点
 - 2-2, 新L2 MuonSAの性能評価
- 3, まとめと展望

レベル2ミュオントリガーシステム

- LVL2トリガー：トリガーシステムの第二段階
 - イベントレートをO(1)kHz程度まで落とす
- LVL1トリガーを用いて引かれた**Road**を利用する
 - Road付近のMDT(Monitored Drift tube)の情報を用いて、ミュオンの飛跡を再構成する

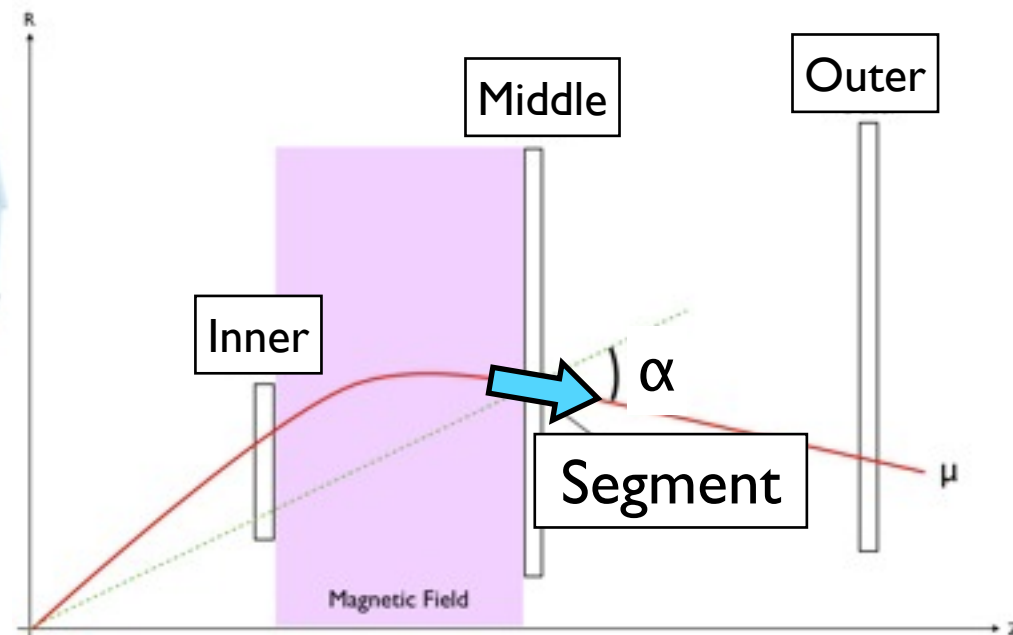
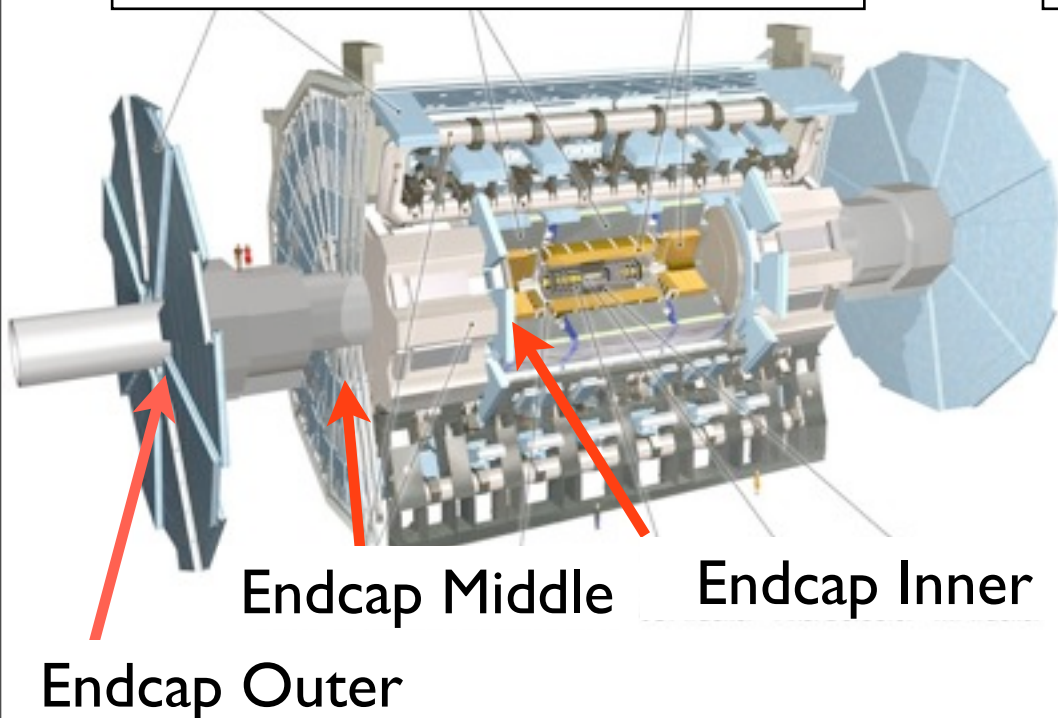


- L2 Muon SA (Stand Alone)
 - ミュオン検出器の情報のみを使用
- L2 Muon CB (ComBined)
 - L2 Muon SAの情報と内部飛跡検出器の情報を組み合わせる

Muon SAアルゴリズム(Endcap)

Endcap ミューオン検出器

track segment



Endcap領域でのMuon SAアルゴリズム

- ・各ステーションでMDTの情報から、**track segment**をつくる。
- ・Middle のtrack segmentとOuterのsegmentを結んだ線と、原点とMiddleを結んだ線で作られる角 α を算出。
- ・ α から右式を用いて p_T を計算。

$$\frac{1}{P_T} = \frac{-B + \sqrt{B^2 + 4C\alpha}}{2C}$$

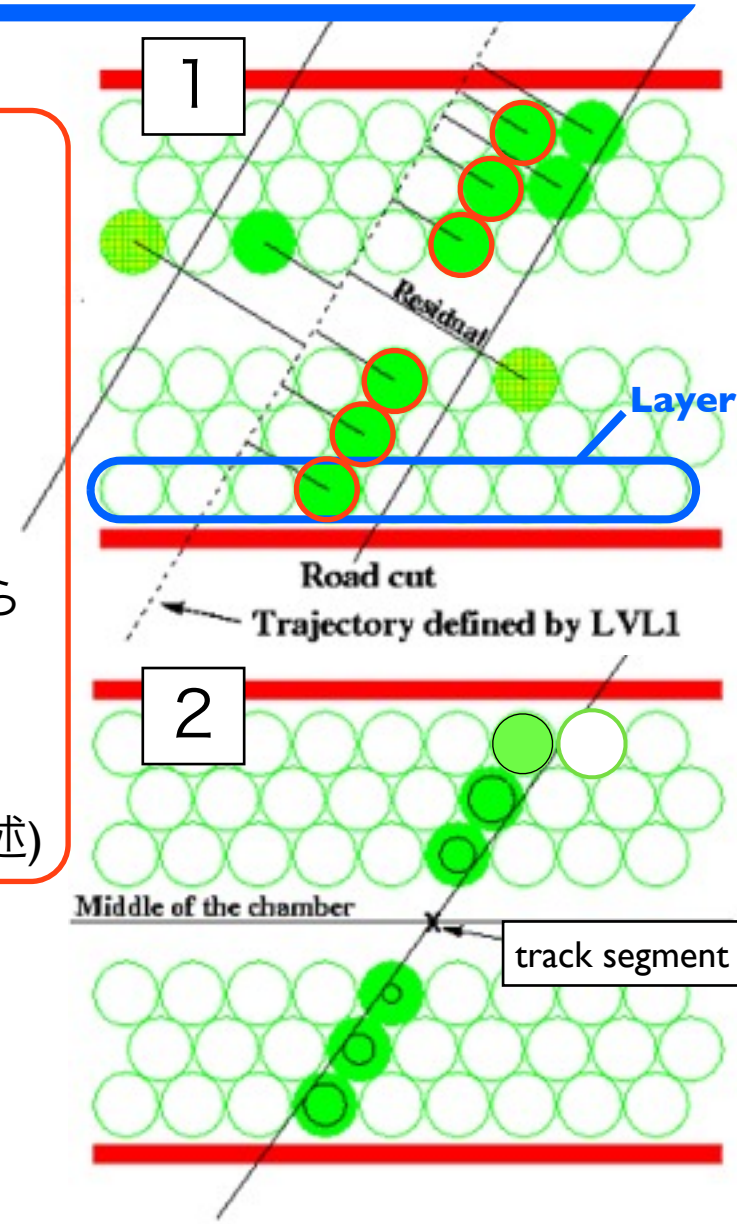
Segmentの見つけ方

1, LIで求めた軌跡と不定性から、Roadの中心と幅を決定
その中に入ったtubeうちもっともroadの中心に近いtubeを
各レイヤー1本選択する。

(Inner:最大8本、 Middle, Outer:最大6本)

2, 各station(Inner, Middle, Outer)ごとにMDTのドリフト時間から
ドリフト円を計算し、最小二乗法を用いて各tubeの
ドリフト円の共通接線を算出。

最もよくfitできたものをtrack segmentとする。(→詳細は後述)



本研究の目的

1, 2のステップで起き得る問題点の改良

目次

- 1, レベル2ミューオントリガーシステム
- 2, L2 MuonSAアルゴリズムの問題点と改良方法及び性能評価
 - 2-1, L2 MuonSAの問題点及び改良点
 - 2-2, 新L2 MuonSAの性能評価
- 3, まとめと展望

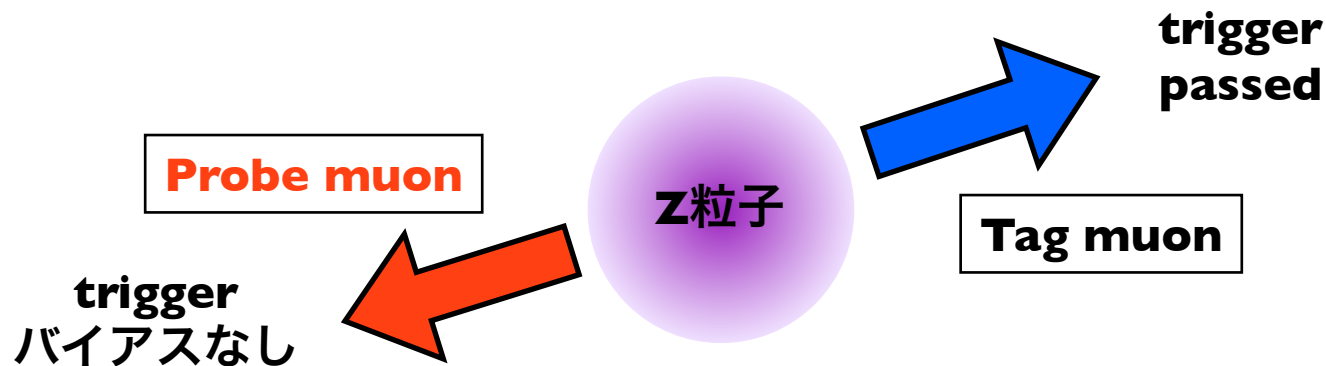
Data Set

- 使用したData : 2012年 8TeV 積分ルミノシティ78.0l pb⁻¹
- tag and probeを用いて Z→μμ事象を選び出す。

Tag and probe法

Tag : triggerをpassしたmuon、衝突点由来であることを要求、 $p_T > 20\text{GeV}$

Probe : Tag muonと逆電荷、 $1.05 < |\eta| < 2.4$ (Endcap)、衝突点由来、 $p_T > 20\text{GeV}$ 、 $M_{\mu\mu}$ が $M_Z \pm 10[\text{GeV}]$ 以内



triggerのバイアスがない**Probe muon**を選択。すべての検出器を用いて再構成されたものをOffline muonとする。

Offline muonをL2MuonSAの飛跡のリファレンスとする。

問題点：tubeの誤選択

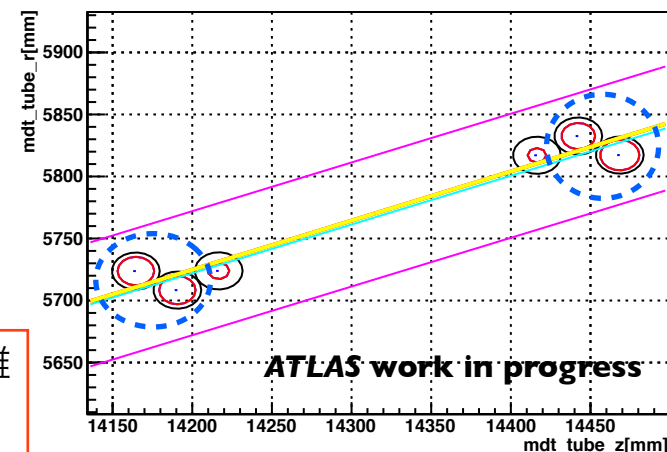
- 各stationでroad width内にtubeが3本以上ある場合に両端から2本ずつ選択し、左右の組み合わせを 2^4 (3本の場合は 2^3)回変えて χ^2 を計算。

$$\chi^2 \equiv \sum_i \left(\frac{dY_i}{\sigma_i} \right)^2$$

dY_i : 各チューブのドリフト円と共通接線との距離

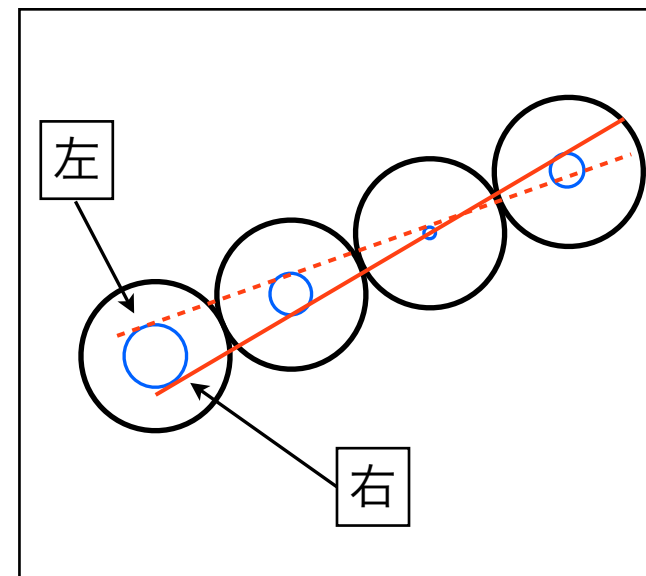
σ_i : 各チューブのドリフト半径の誤差

あるサンプルのイベントディスプレイ



左右の組み合わせ：一つのtubeに2つの共通接線に対する接点があり、各々の接点を”左右”と定義

16パターンの中から最も χ^2 の小さいものをsegmentとする。



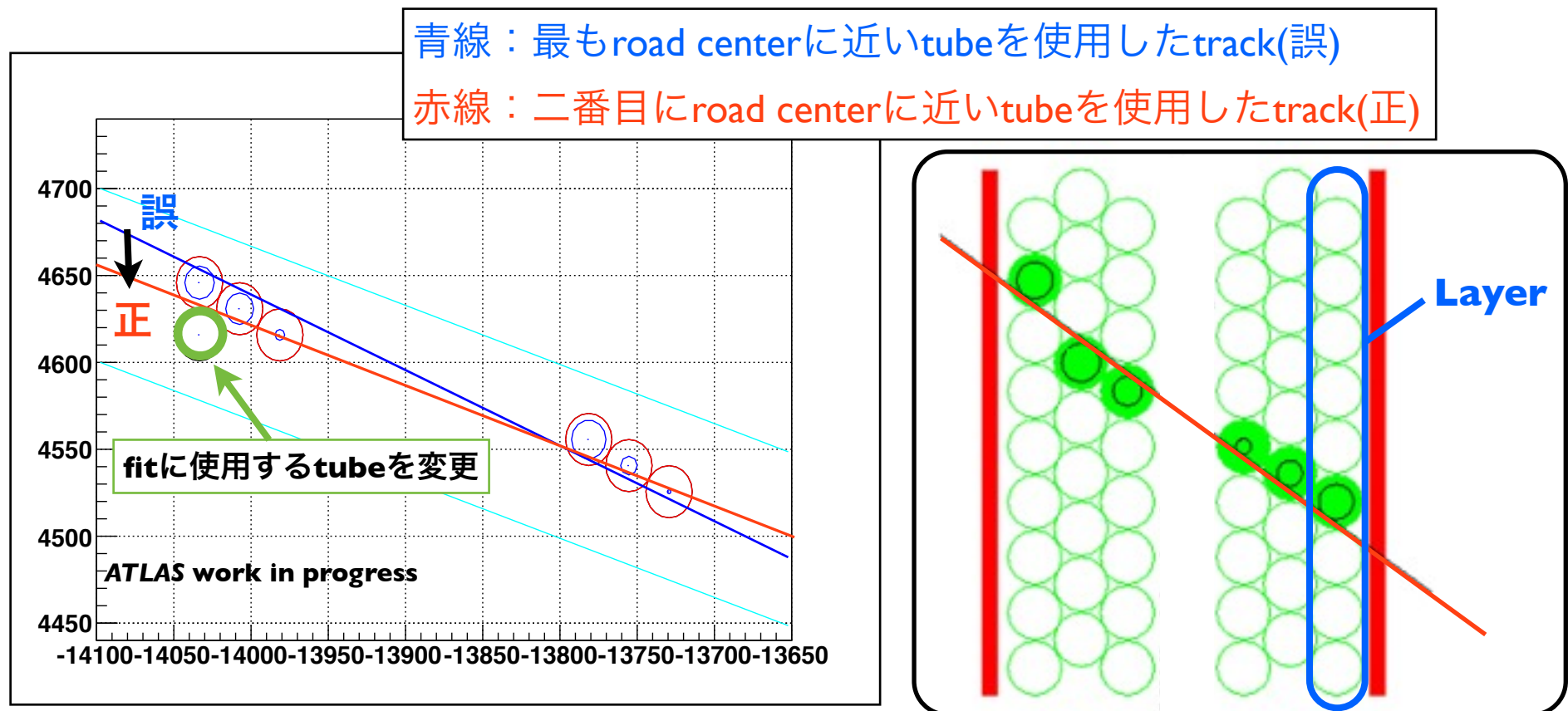
tube選択や左右のパターン認識を誤り、誤ったセグメントを求める場合がある

改良点 1 : 複数のtubeを使用

• New MuonSA :

各レイヤーで2本以上tubeがある場合、road centerに近いもの2本まで選択し使用するtubeの組み合わせを変える。

→最もx2の小さいパターンを選択



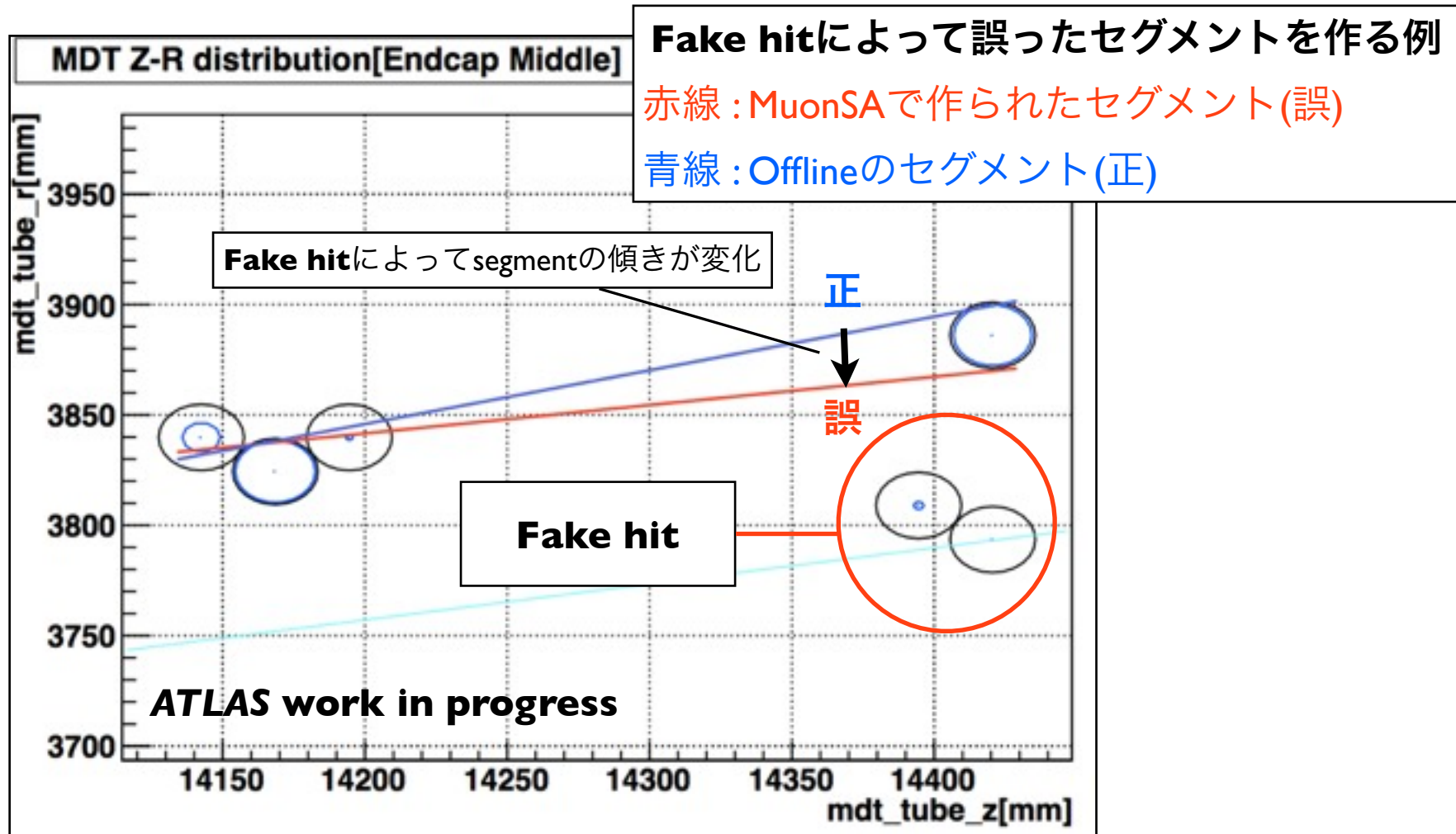
track fitのパターンが増え、より正しいtrackを求めることができる。

しかし、trackに関連のないtube(**Fake hit**)を選択してしまう可能性もある。

問題点 : Fake hit

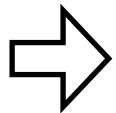
- Fake hit : road内のhitであるが、trackに関連のないhit(下図)

Fake hitは後のBunchのtrack由来のものが多い → Drift時間(Drift半径)が非常に大きい値となる。

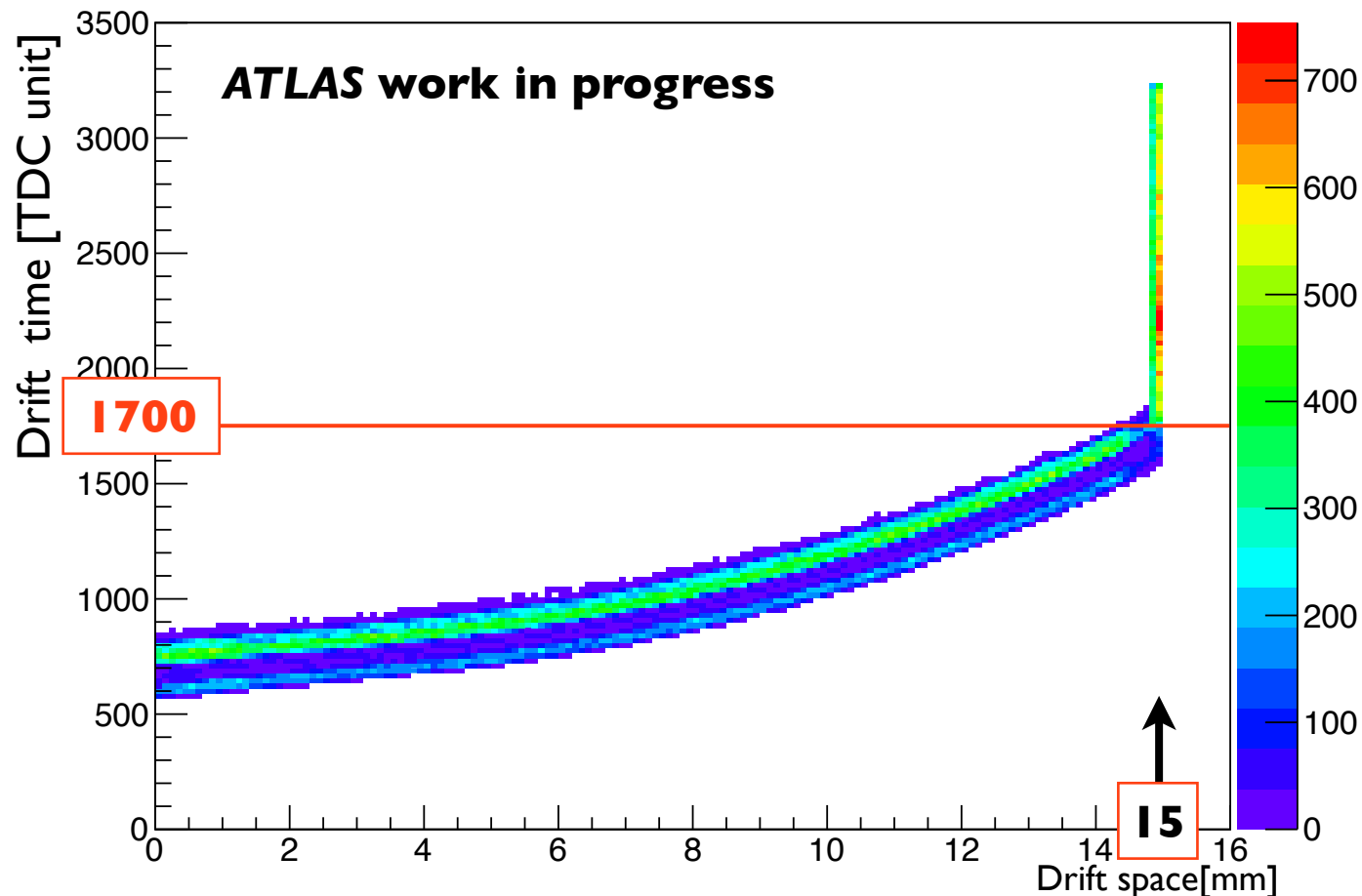


改良点2 : Drift time cut

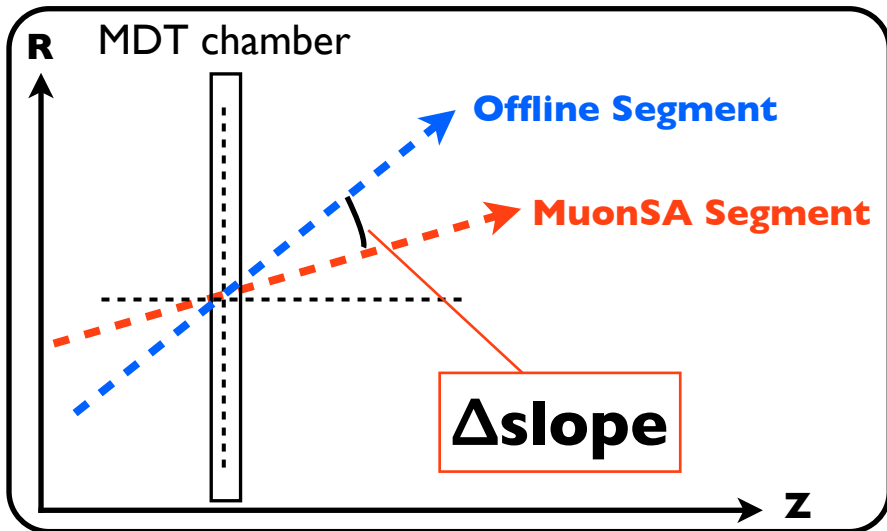
- Fake hitは後のBunchのtrack由来のものが多い → Drift時間(Drift半径)が非常に大きい値となる。
- MDTではドリフト時間を測定し、距離(ドリフト半径)に変換している。
→ドリフト時間が遅く、ドリフト半径の最大長(15mm)を超えてしまうtubeがある。



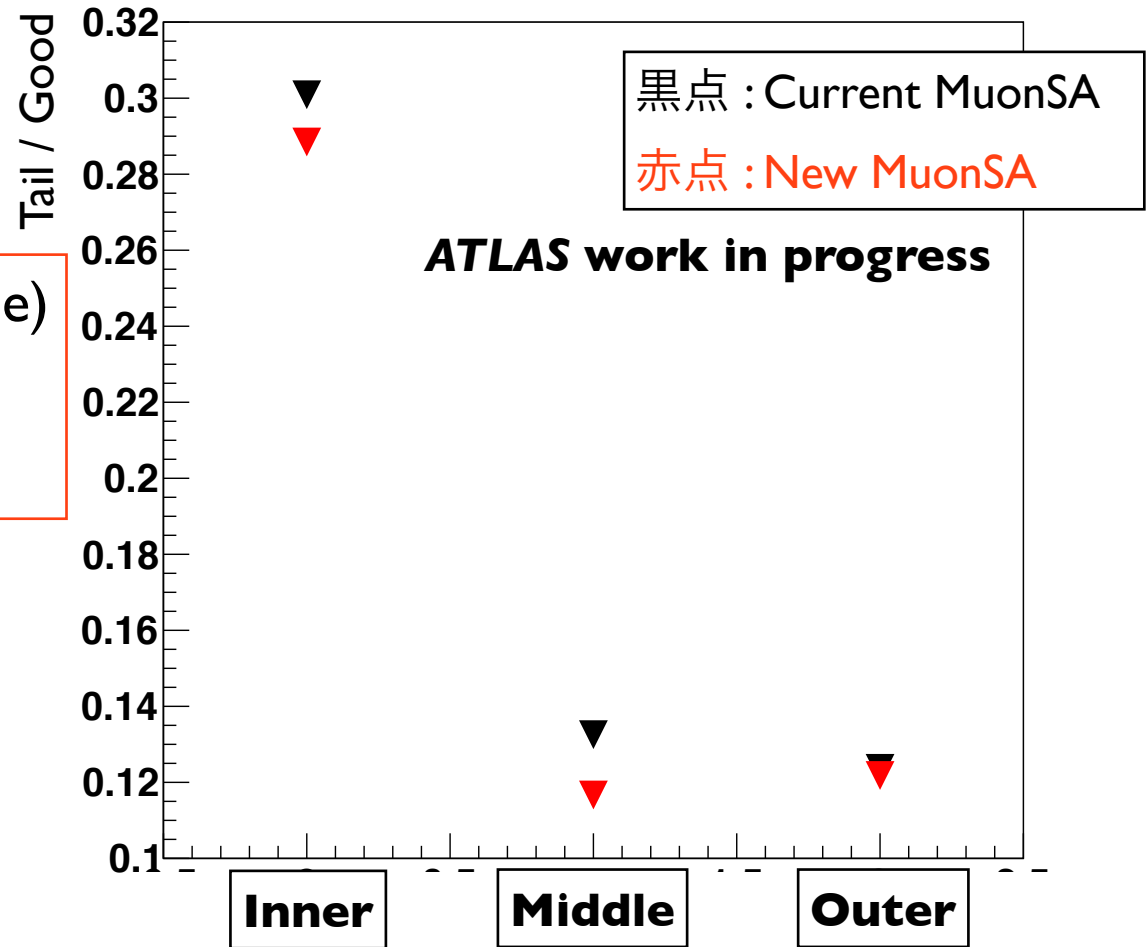
ドリフト時間1700の上限を設定



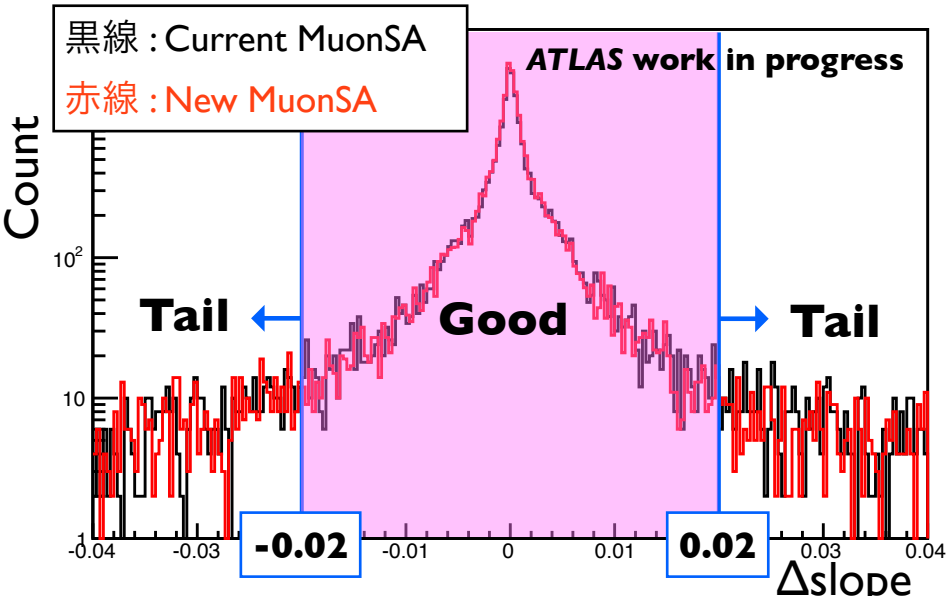
Drift time cutの効果



of Tail / # of Good
(segmentの向きを誤るイベントの割合)



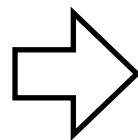
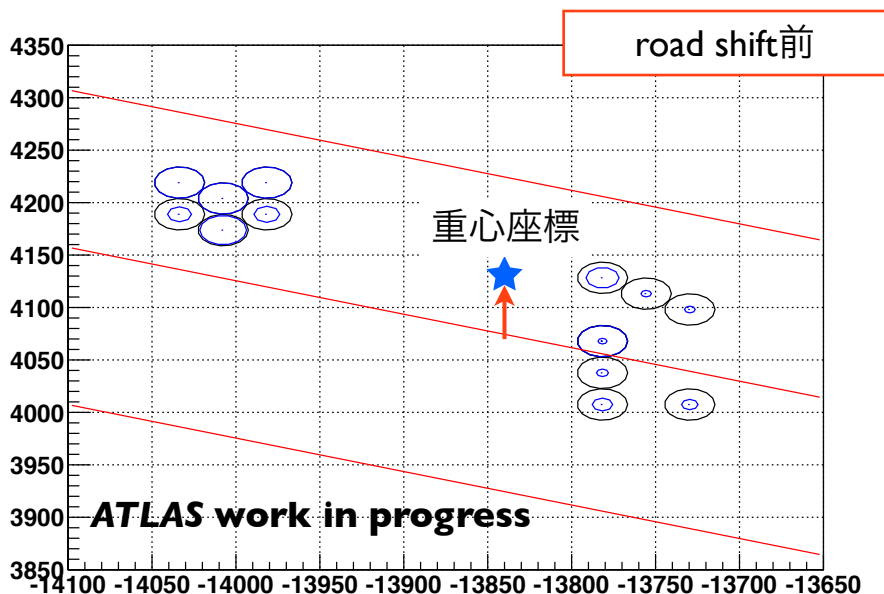
$\Delta slope = slope(MuonSA) - slope(Offline)$
Tail : $|\Delta slope| > 0.02$ のイベント
Good : $|\Delta slope| < 0.02$ のイベント



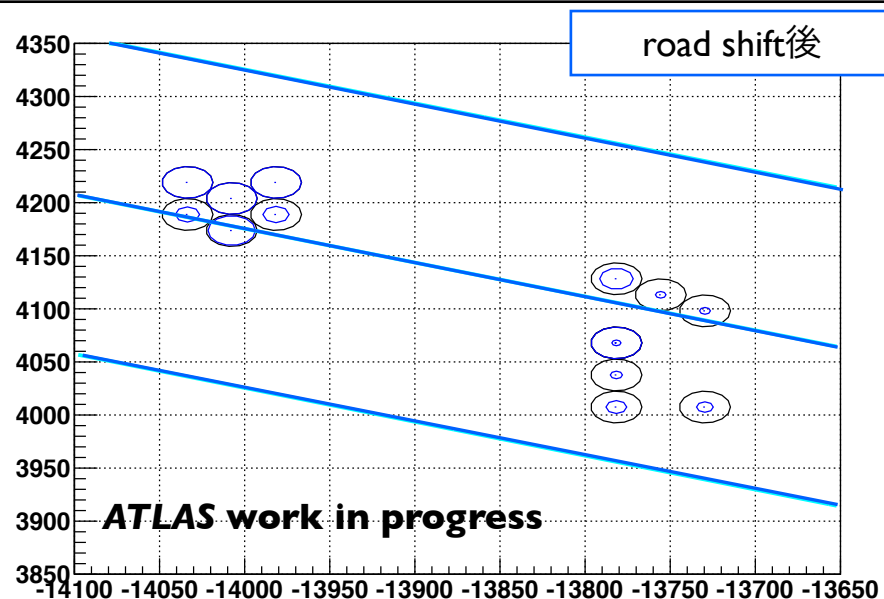
・ Tailのイベントを減少させる事に成功

改良点3 : Road Shift

- 1, 全tubeの座標の重心を計算(初回のroad幅はInner 150mm, Middle, Outer 100mm)
 - 2, 重心座標にroad centerをシフト。
 - 3, シフトした後、roadの幅を狭めてfake hitを削減
- roadをtubeの中心座標の平均点までシフト →より正確なroadをつくる
 - road widthを狭くとり →Roadから離れたhit(Fake hitの可能性が高い)を除く。



Current MuonSAでのroad width
Road width(Endcap) : Inner 100mm, Middle 100mm, Outer 100mm
TGC fitに失敗 : Inner 200mm, Middle 150mm, Outer 150mm



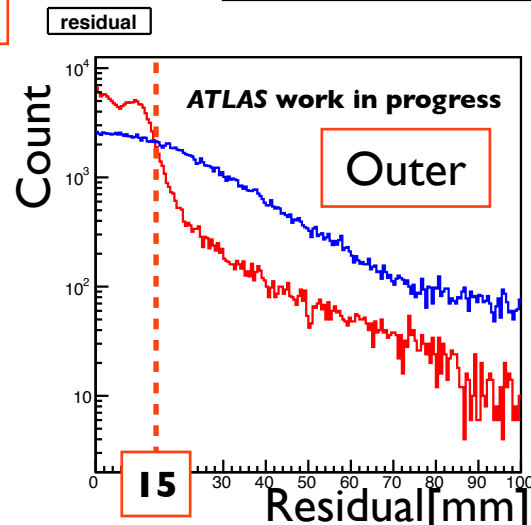
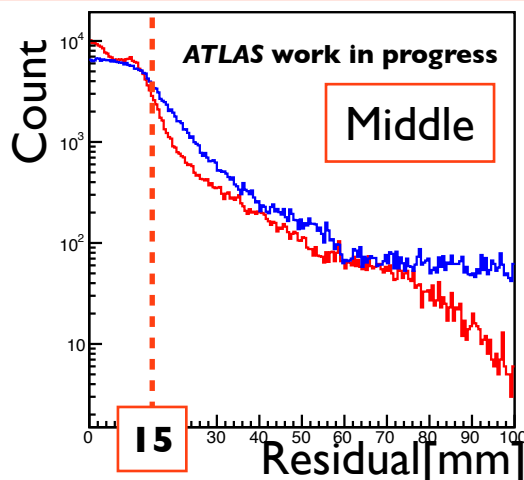
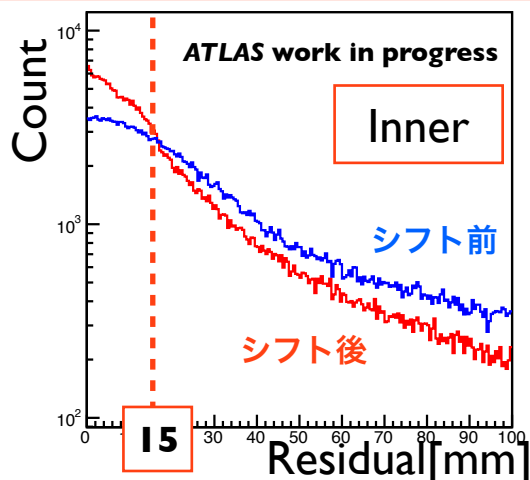
よりRoadが正しいであろう位置にシフトしていることがわかる

Road Shiftの効果

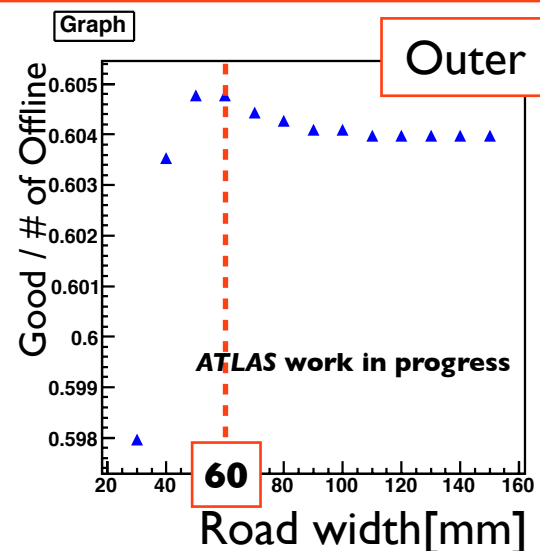
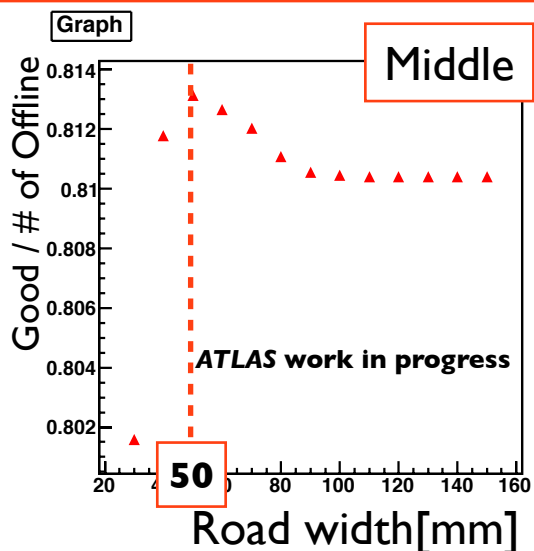
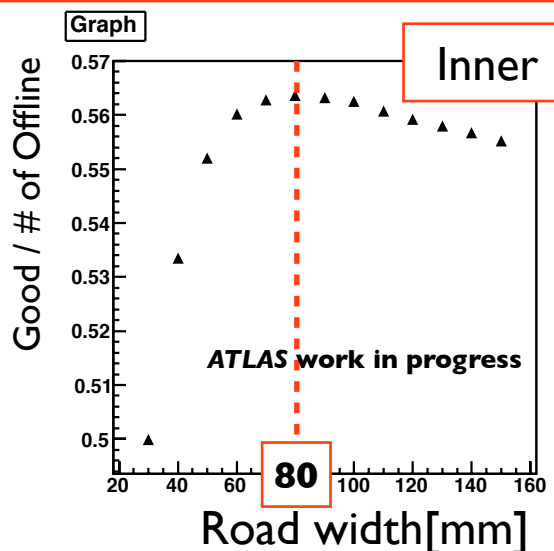
青 : Residual (road shift前)

赤 : Residual (road shift後)

Residual[mm] : Road centerからtubeの中心座標までの距離



road shift後のRoad width vs **Good / # of Offline segment** (正しく向きを再構成した割合)



• Roadをshiftさせることで向きが正しくなる確率が上昇した

目次

- 1, レベル2ミューオントリガーシステム
- 2, L2 MuonSAアルゴリズムの問題点と改良方法及び性能評価
 - 2-1, L2 MuonSAの問題点及び改良点
 - 2-2, 新L2 MuonSAの性能評価
- 3, まとめと展望

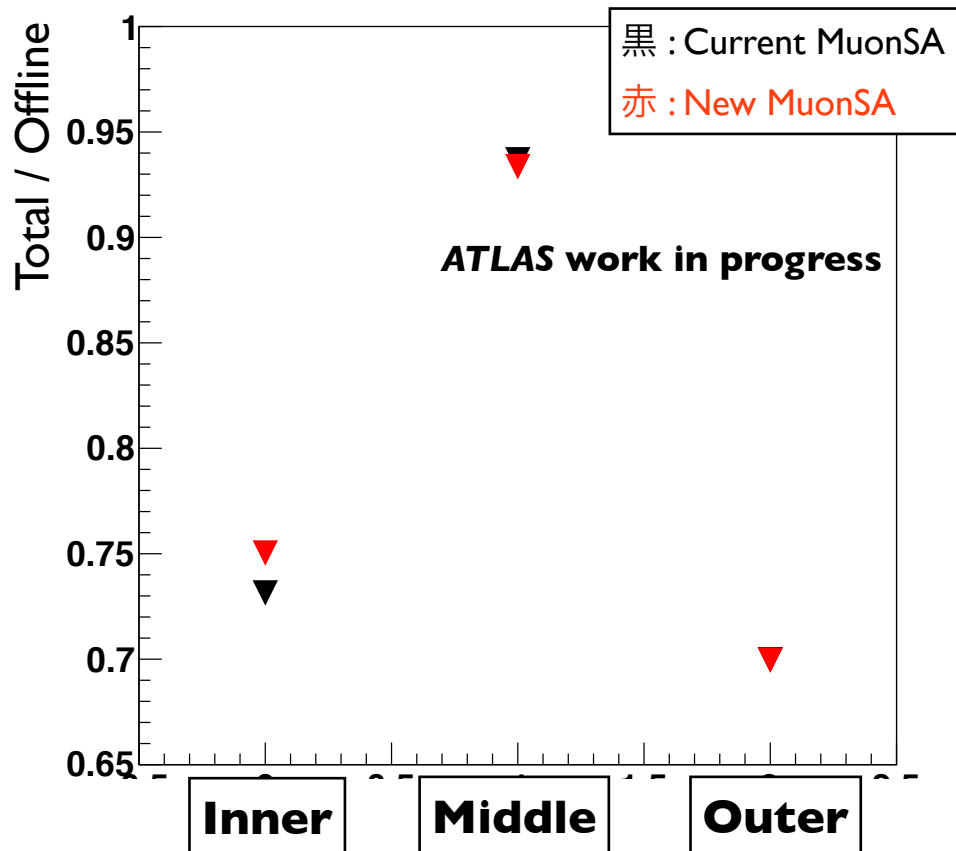
性能評価

Tail : $|\Delta\text{slope}| > 0.02$ のイベント

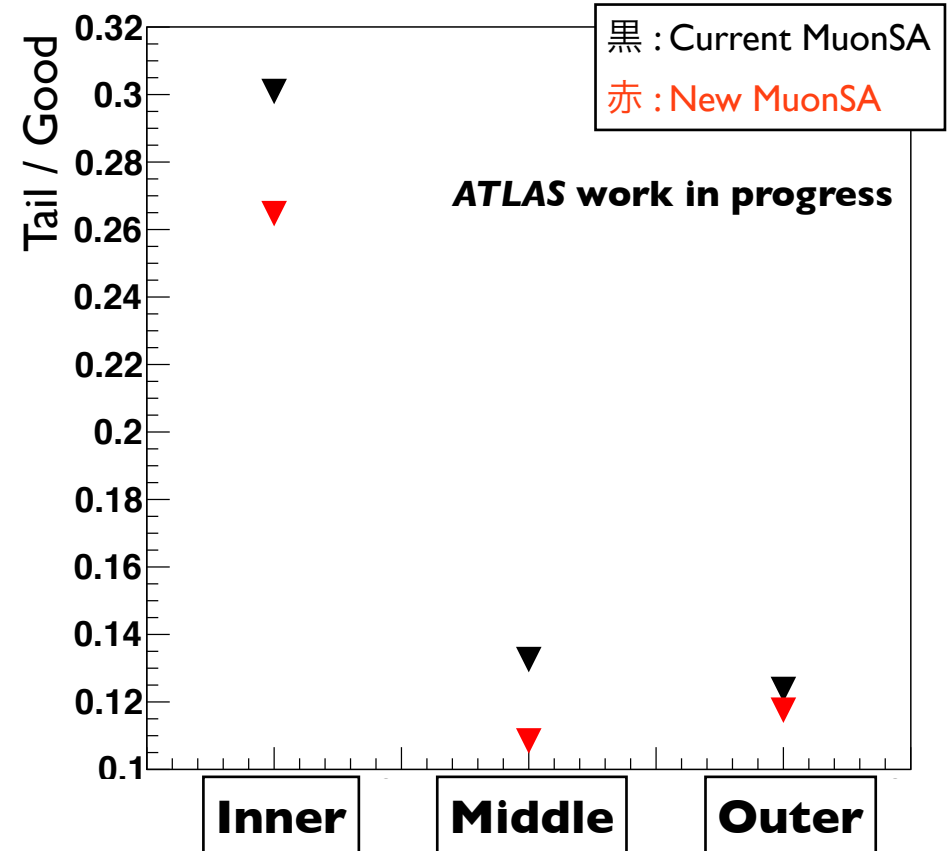
Good : $|\Delta\text{slope}| < 0.02$ のイベント

- これまでのすべての改良を用いたNew MuonSAとCurrent MuonSAの性能を比較

Total segments / # of Offline segments
(segmentが作られる確率)

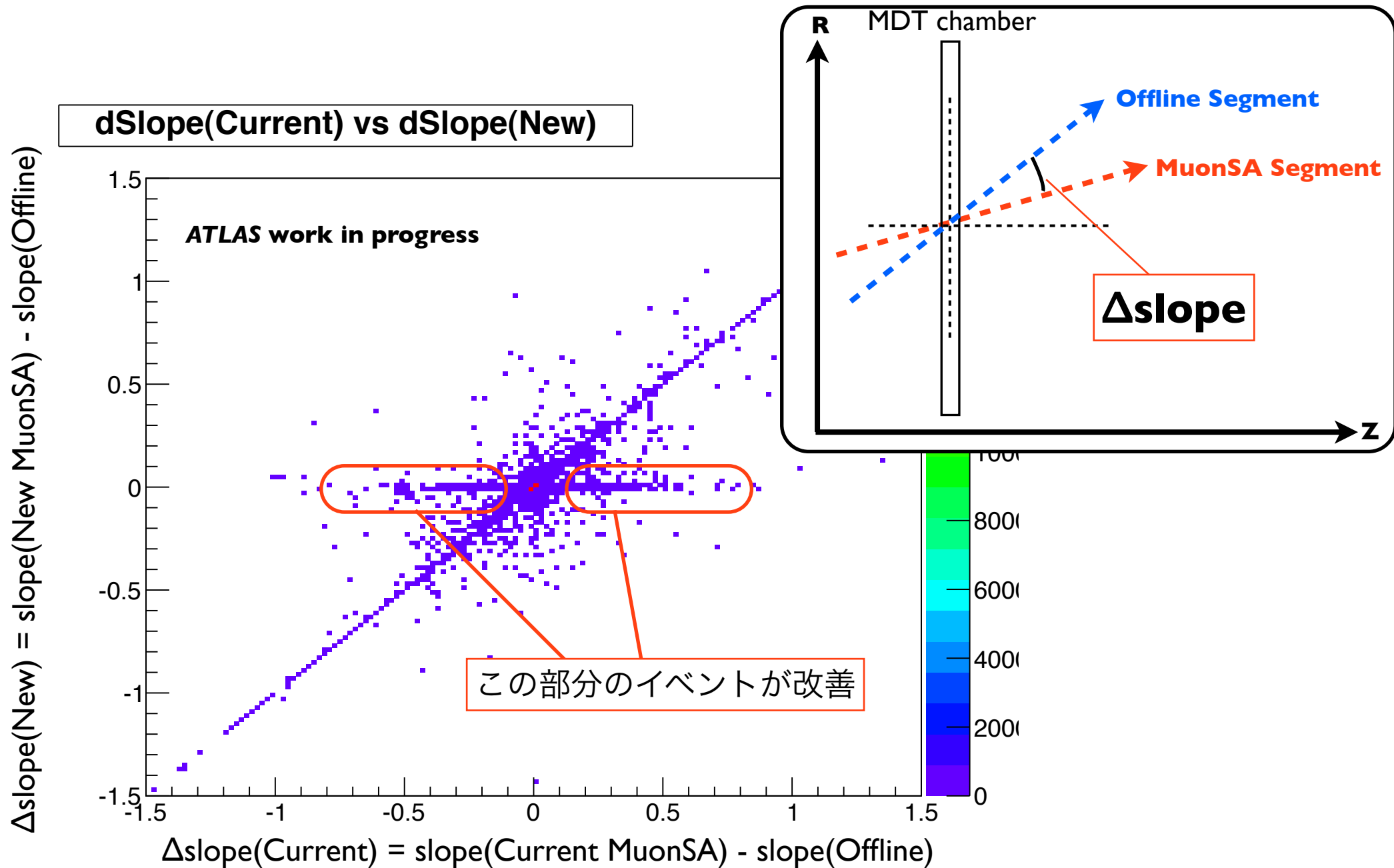


of Tail / # of Good
(segmentの向きを誤るイベントの割合)



・ **Segment**を見つける割合は保ったまま、**Tail**の割合を減少させる事に成功。

改善されたイベントの詳細

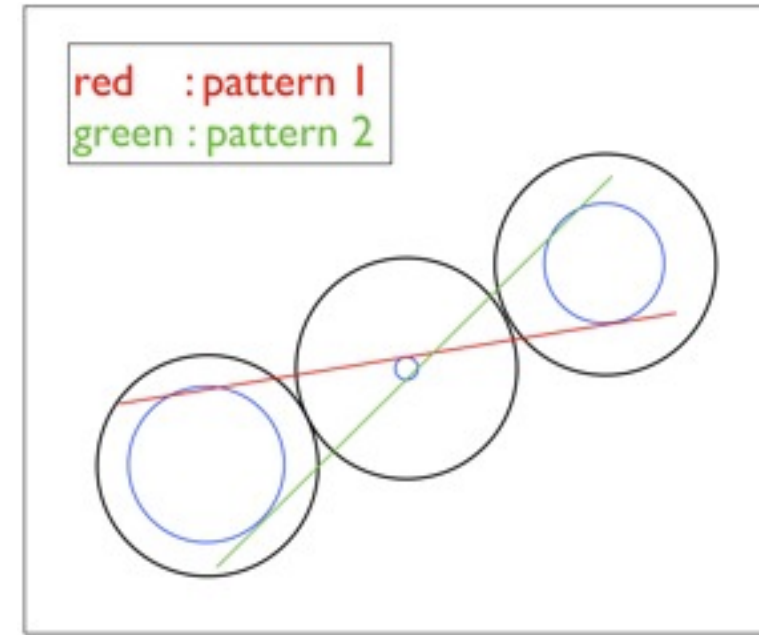


目次

- 1, レベル2ミューオントリガーシステム
- 2, L2 MuonSAアルゴリズムの問題点と改良方法及び性能評価
 - 2-1, L2 MuonSAの問題点及び改良点
 - 2-2, 新L2 MuonSAの性能評価
- 3, まとめと展望

今後の改良点

- 改良後もTail部分に残るイベント
 - 右図のように χ^2 が最小のパターンと、二番目に小さいパターンが対称性によって非常に近い値になる。
 - 現状の単一のステーションでのfitでは限界

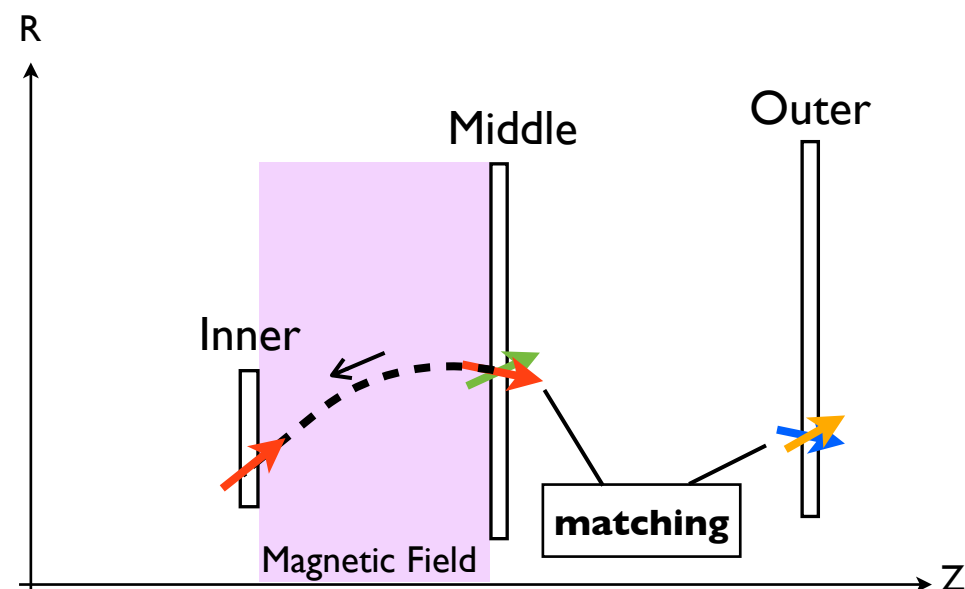


⇒ **ミドルとアウターで角度の合ったものを選択**

MiddleとOuterで各々複数個の候補を用意しておき、角度でマッチングをとる。→対称性の問題を解決

- すべてのsegmentを使いより高精度のtrack fitを実現したい

⇒ **Middle, Outerで p_T を計算し、その p_T を用いてInnerに外挿**



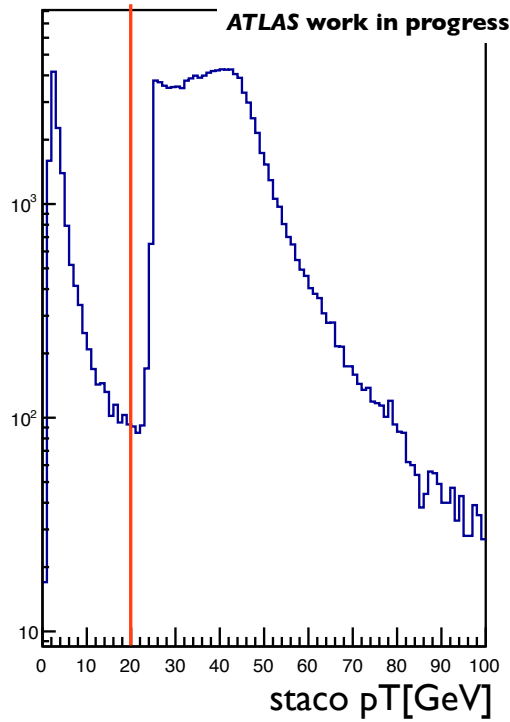
まとめ

- L2 MuonSAのパターン認識アルゴリズムの改良を行い、その性能を確認した。
- track fitの成功率を下げずに、Goodのイベント数を増やすことができた。
- 今後は各ステーションで求めたsegmentを同時に利用したアルゴリズムの開発を行いたい。

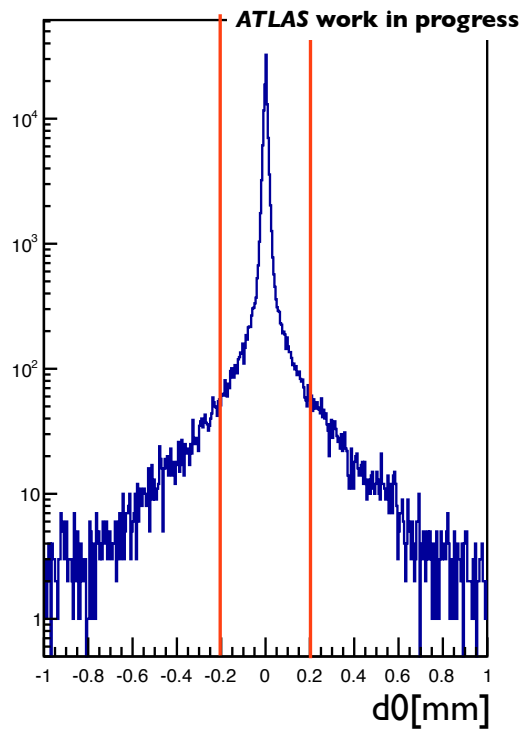
Back up

event selection

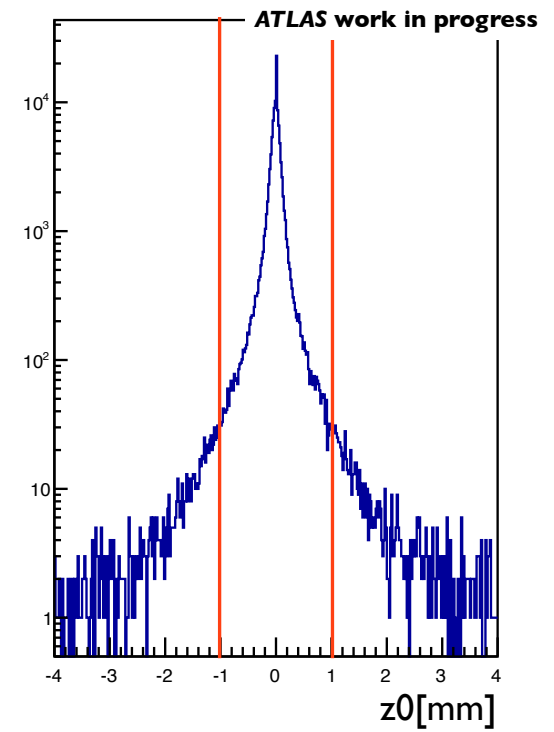
staco pT[GeV]



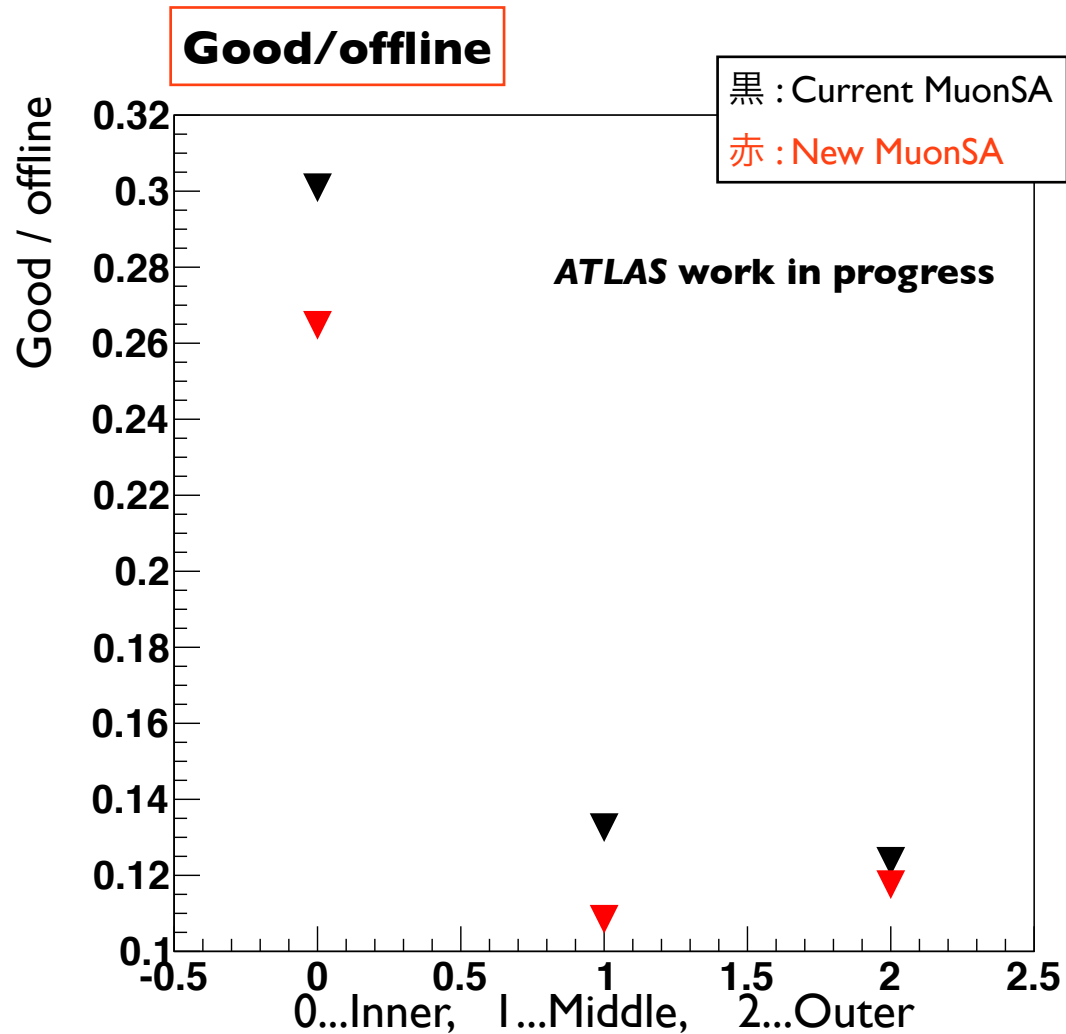
d0[mm]



z0[mm]



efficiency



Tail : $|\Delta\text{slope}| > 0.02$ のイベント
Good : $|\Delta\text{slope}| < 0.01$ のイベント

- efficiencyは向上し、なおかつTailのイベントが減少している。
→セグメントのMisreconstructionを改善
- InnerではDrift time cutのみのTail/Goodから、更に約2%程度削減できた。