

TOF japan MTG

2024 年 11月 27日

信州大学

小野匡平

イントロダクション

➤ 最終目的

バックグラウンド環境下でのPID性能の評価

—ビームガスバックグラウンドやシンクロトロン放射のバックグラウンドが考えられる

➤ 現在行っていること

バックグラウンドなしのデータでのPID性能の評価

—Pythiaで作成したNCDISイベントを使って評価

➤ 先週までの進捗

PID性能のプロットは出させていたが、親の粒子情報が

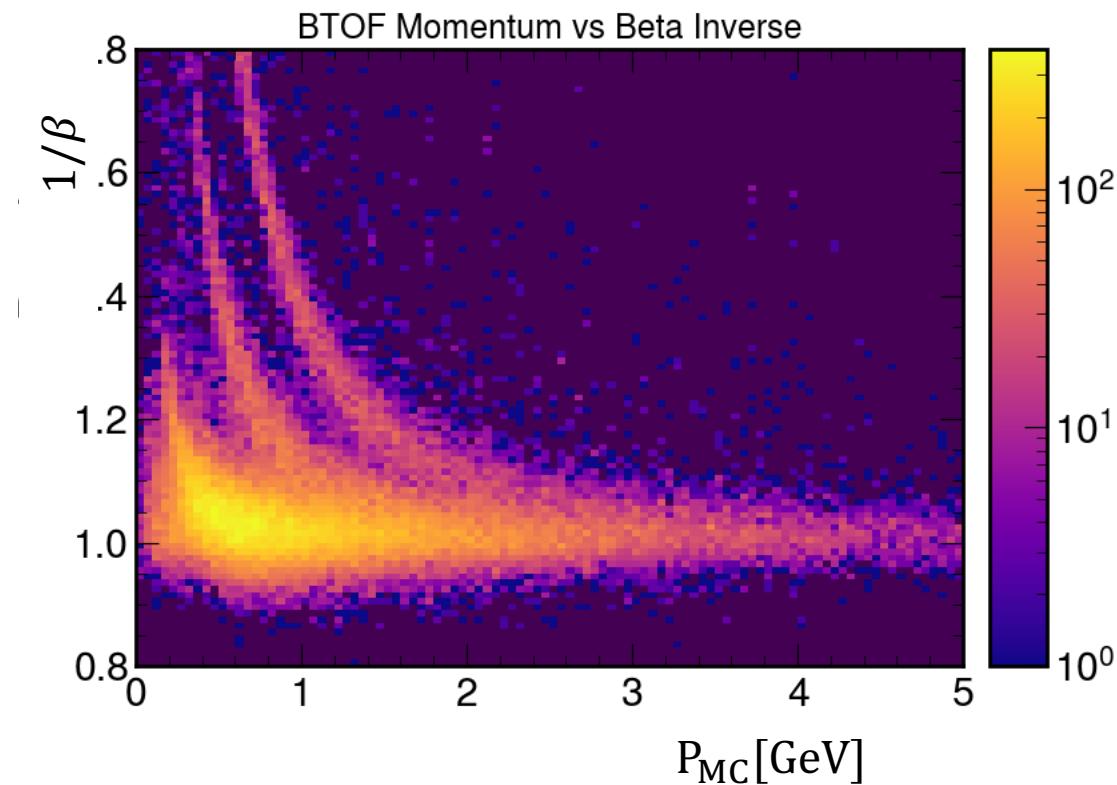
わからない→ MC, Track ,ToF hit 情報の紐付けが必要

➤ 今回行ったこと

PID性能の定量評価

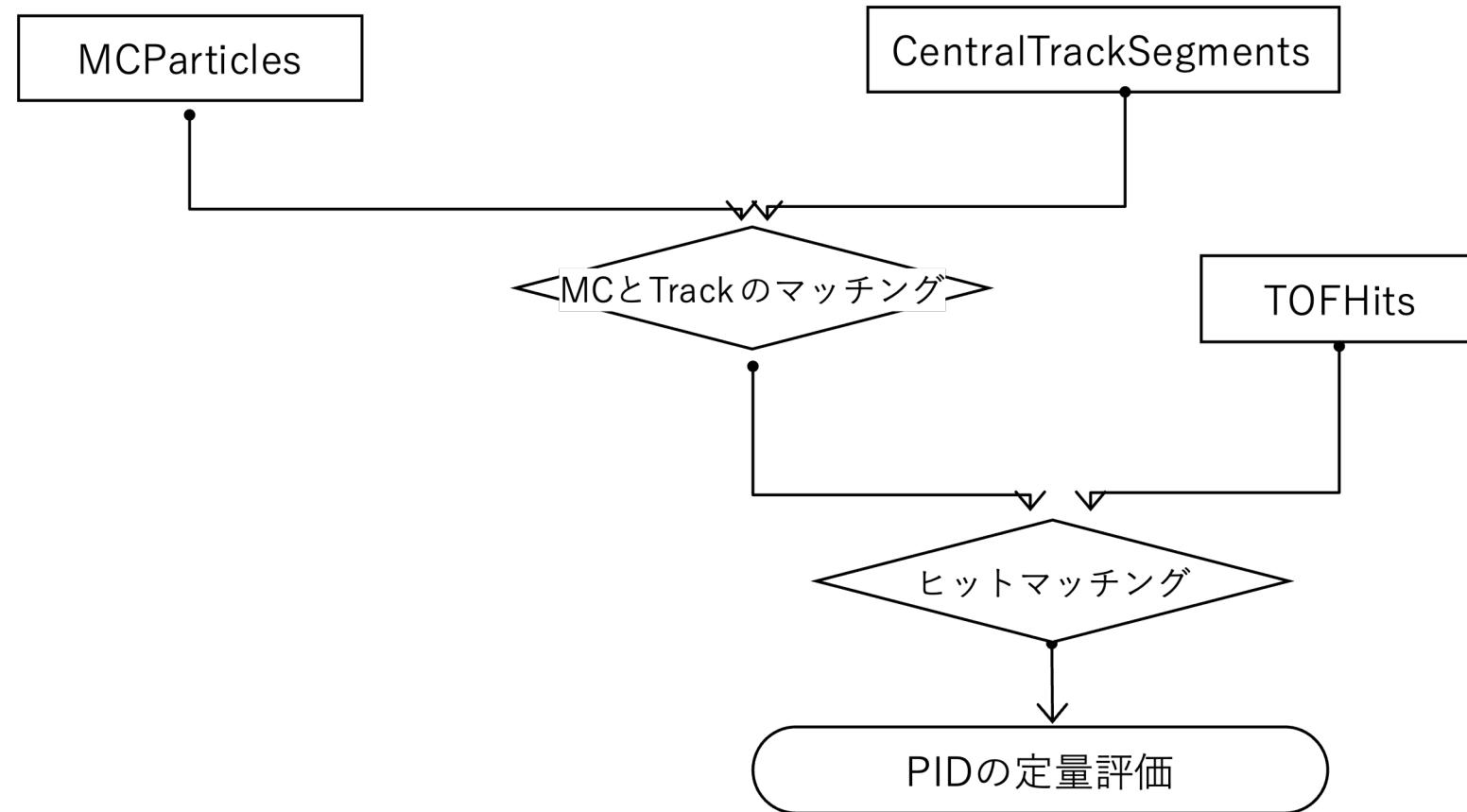
T_0 を導入し、PID性能を評価

ToFの測定時間の不確定性の導入し、PID性能を評価



定量評価の方法

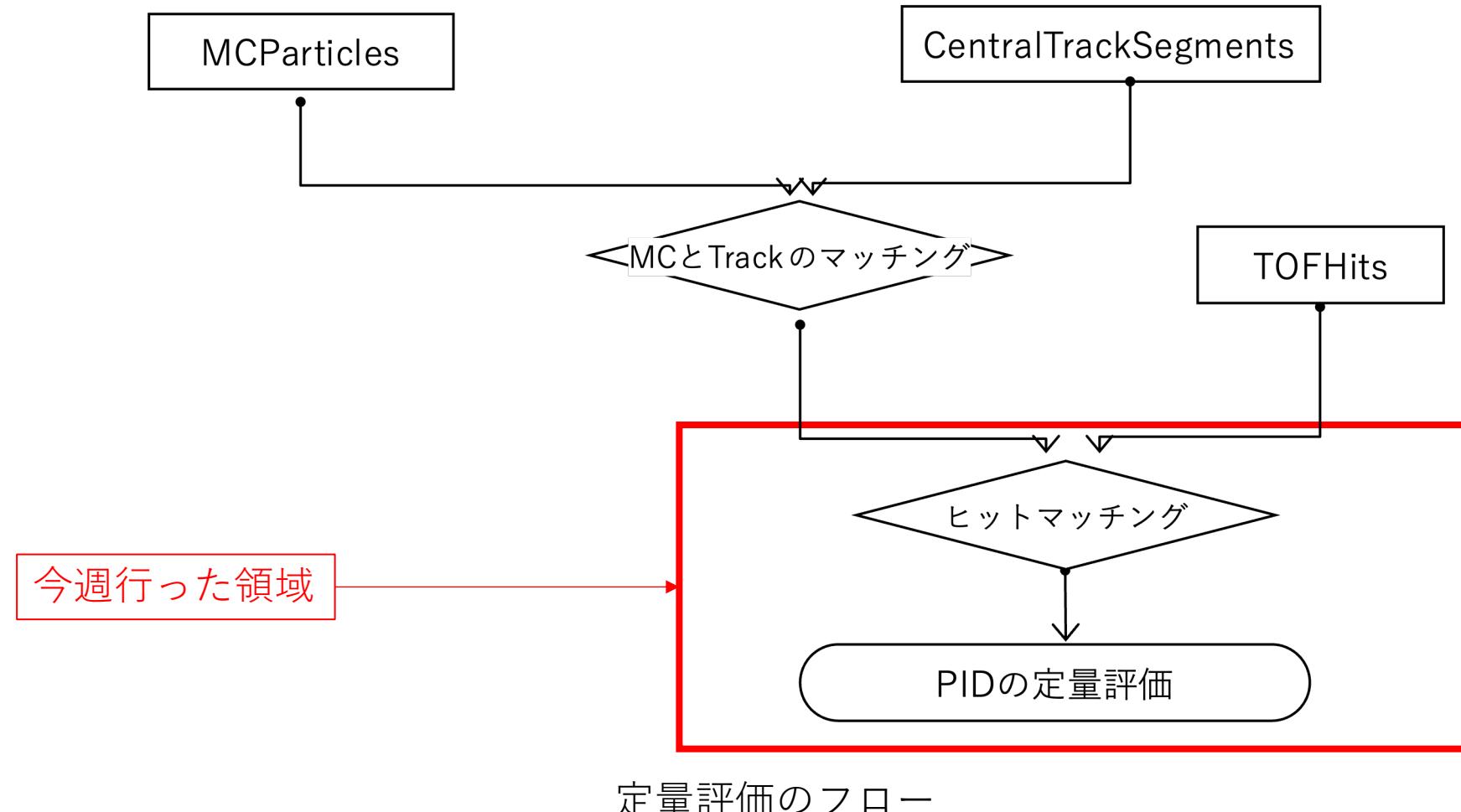
➤今週は、ヒットマッチング + 定量評価の一部を行った



定量評価のフロー

定量評価の方法

➤今週は、ヒットマッチング+定量評価の一部を行った



シミュレーションの設定

➤シミュレーション設定（先週からの変更点）

使用データ : ~~SIDIS~~

~~S3/cictest/EPIC/RECO/23.12.0/epic_craterlake/SIDIS/pythia6cic/1.0.0/18x275/q2_0to1/~~



前回発表したスライドのpathが間違っていたので訂正

S3/eictest/EPIC/RECO/23.12.0/epic_craterlake/DIS/NC/18x275/minQ2=1/

バージョン : EICrecon Ver 23.12.0

イベント数 : 50,000 → 500,000

生成方法 : Pythia SIDIS ep衝突事象

epエネルギー : 18x275 [GeV]

シミュレーションの設定

➤ 比較用のsingle particleのデータの設定

使用データ：

バージョン：ElCrecon Ver 24.6.0 ?

イベント数：100,000

生成方法：Particle gun π^- , K^- それぞれ原点から一様生成

以前自分で作ったデータ。今後正電荷含めイベント生成する予定

一旦比較用で使用する

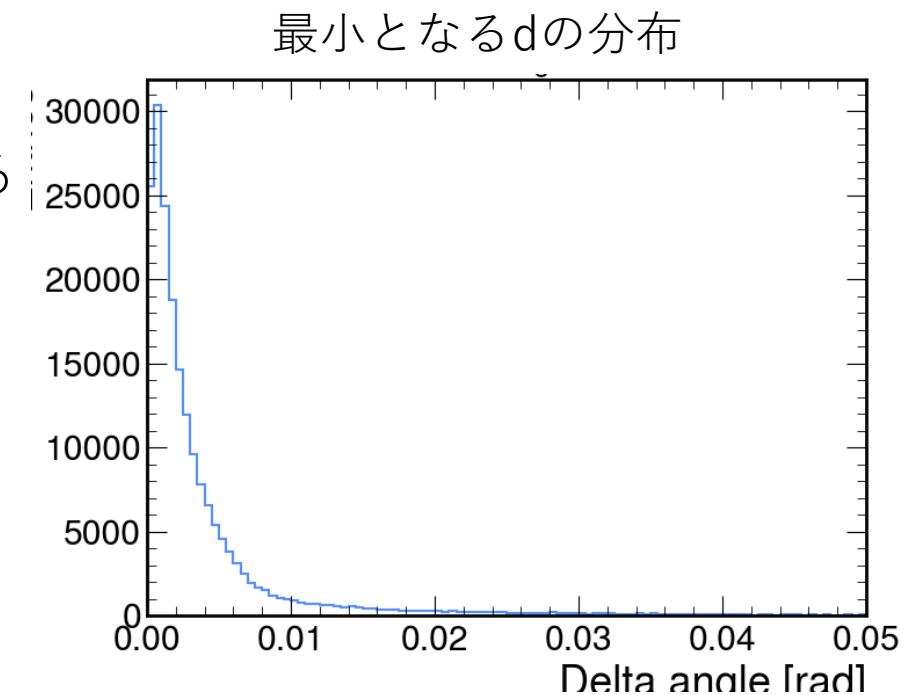
ヒットマッチングの実装

➤方法

ToFのhitとTrackの θ 、 ϕ のdを全通り計算して、

$$d = \sin\theta_{\text{ToF hit}}\sin\theta_{\text{Track}} + \cos\theta_{\text{ToF hit}}\cos\theta_{\text{Track}}\cos(\varphi_{\text{ToF hit}} - \varphi_{\text{Track}})$$

が最小になるようなものをマッチとみなし、
dの値が0.05未満であるものをToFのPID性能評価に使用する

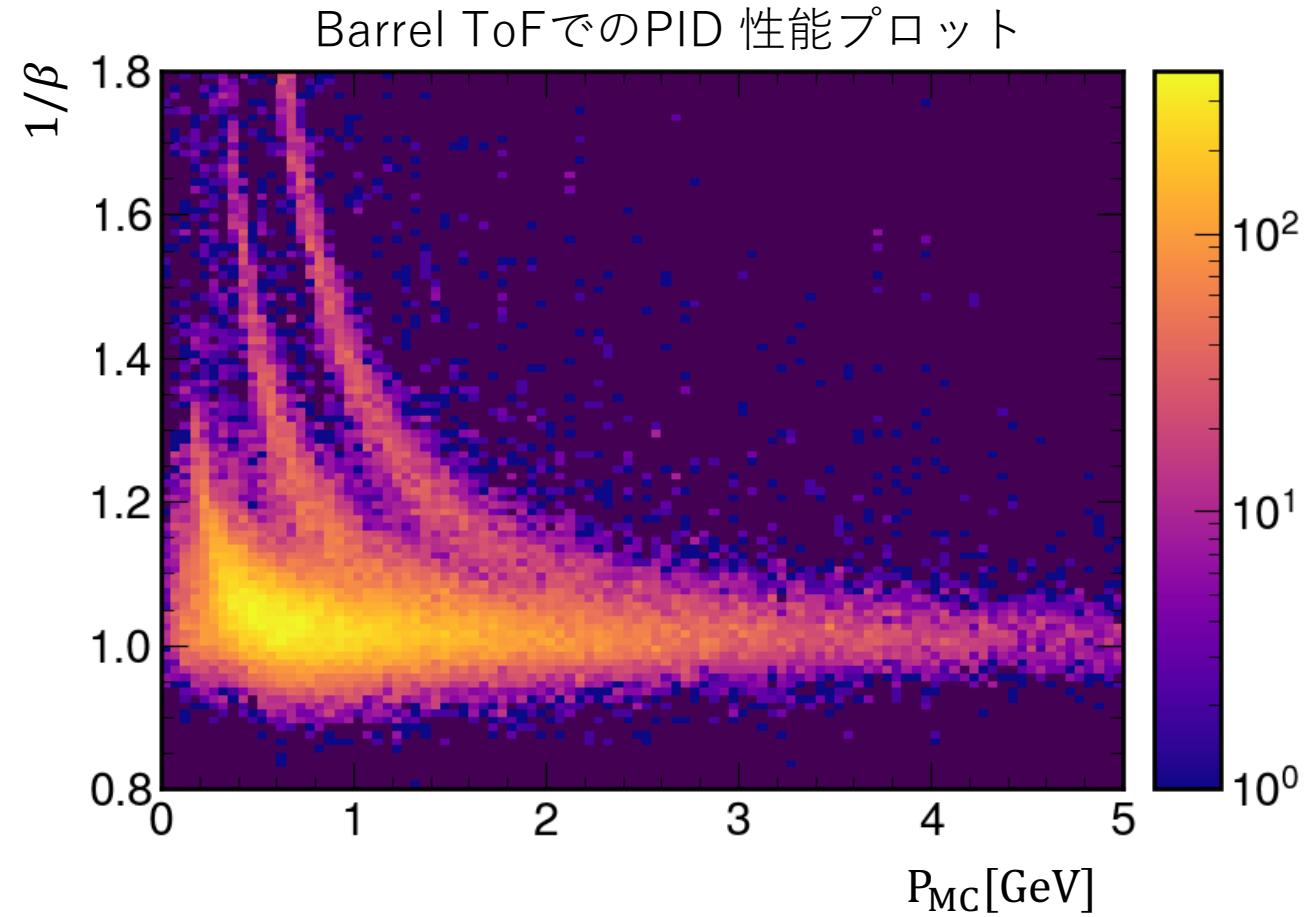


結果：Barrel ToFでのPID性能

➤ PID 性能のプロット

粒子の速度 β

$$\beta = \frac{\text{Trackの長さ}}{\text{ToF検出器の測定時間}}$$

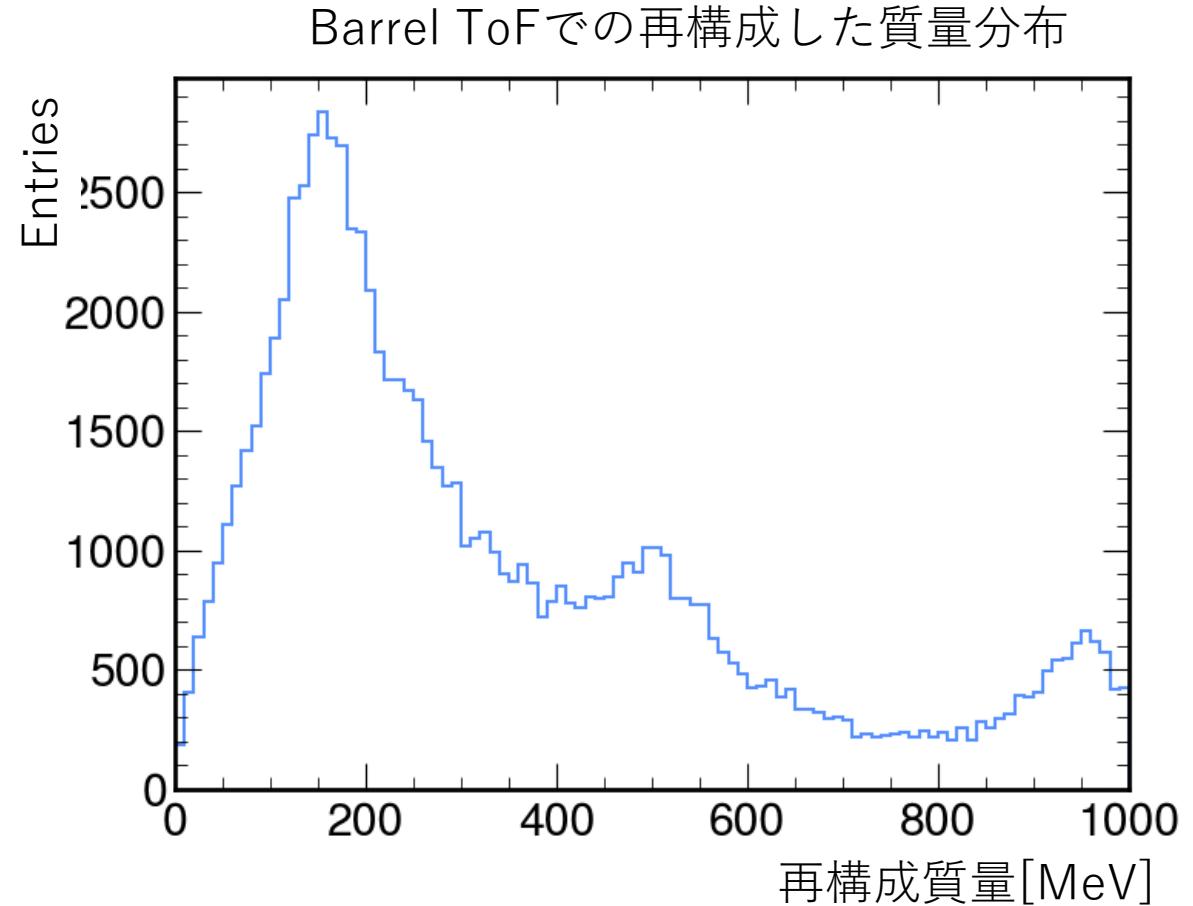


結果：Barrel ToFでの質量再構成

➤ 質量再構成のプロット

粒子の質量 m

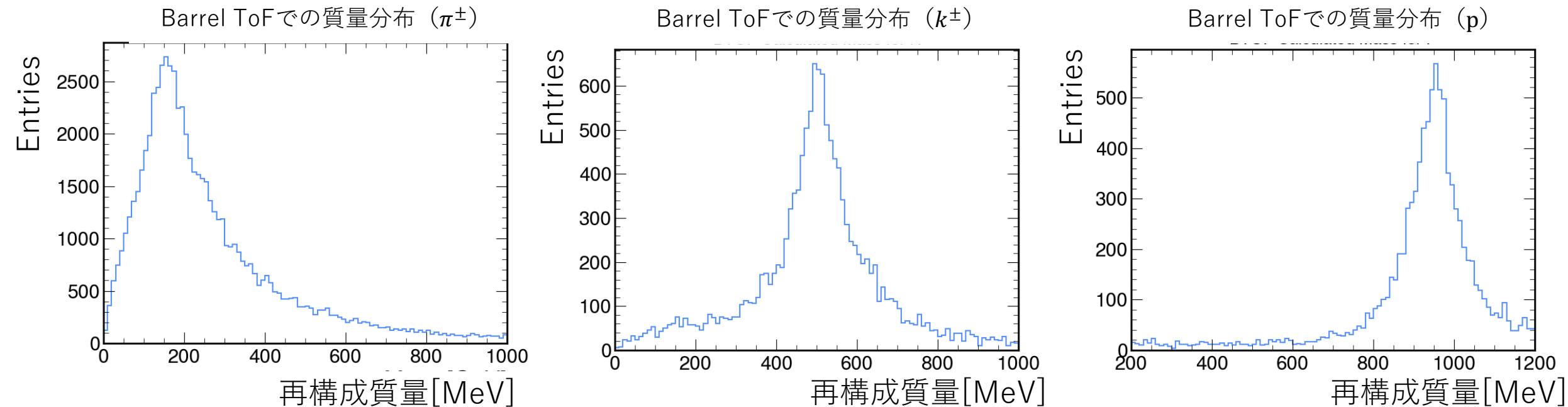
$$m = \frac{P_{MC} \sqrt{1-\beta^2}}{\beta}$$



結果：Barrel ToFでの粒子毎の質量再構成

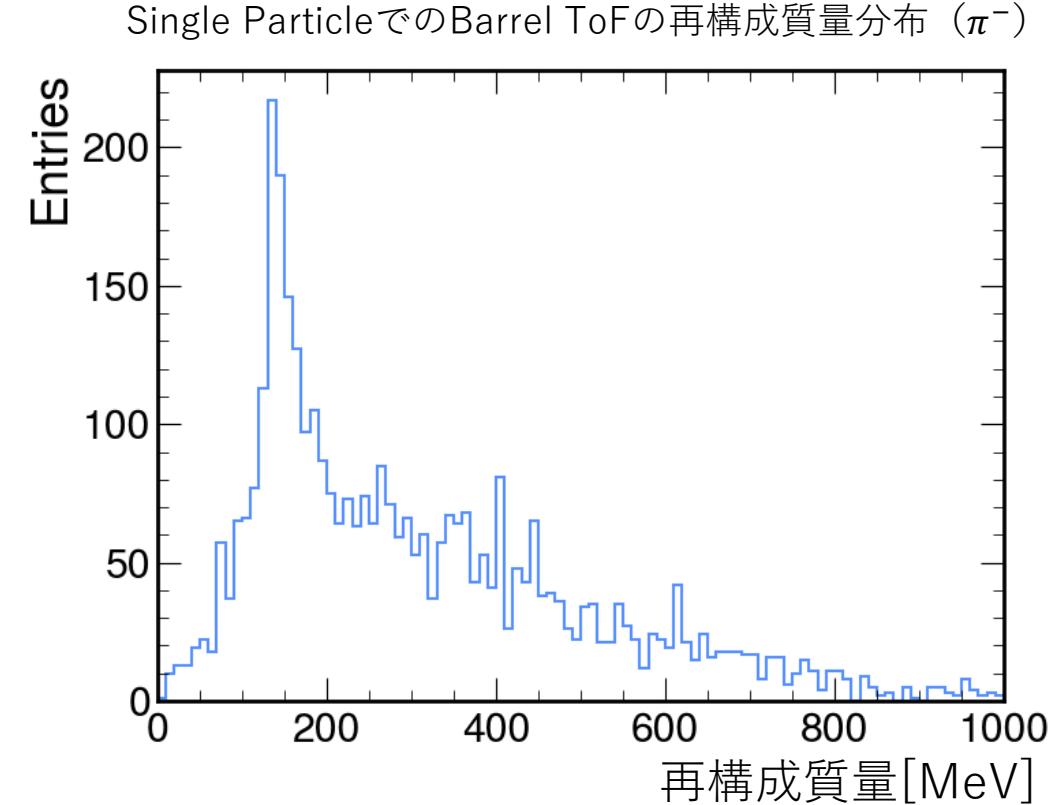
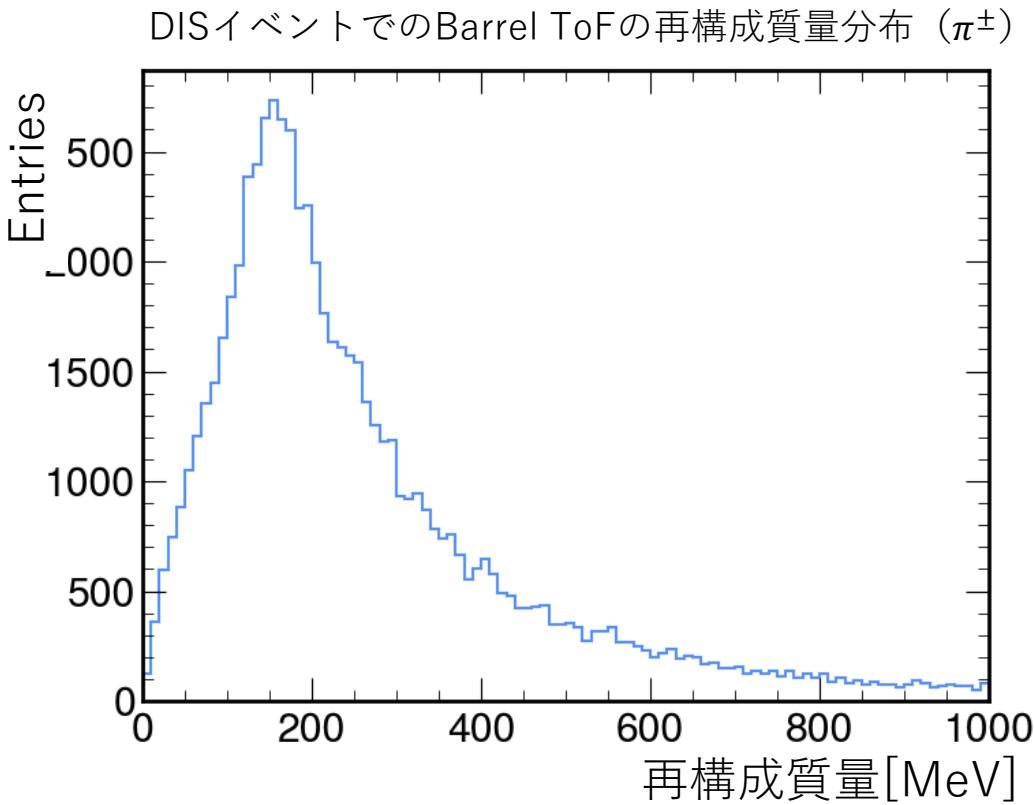
➤ 粒子毎の質量再構成のプロット

	質量[MeV]
π^\pm	139
k^\pm	493
p^\pm	938



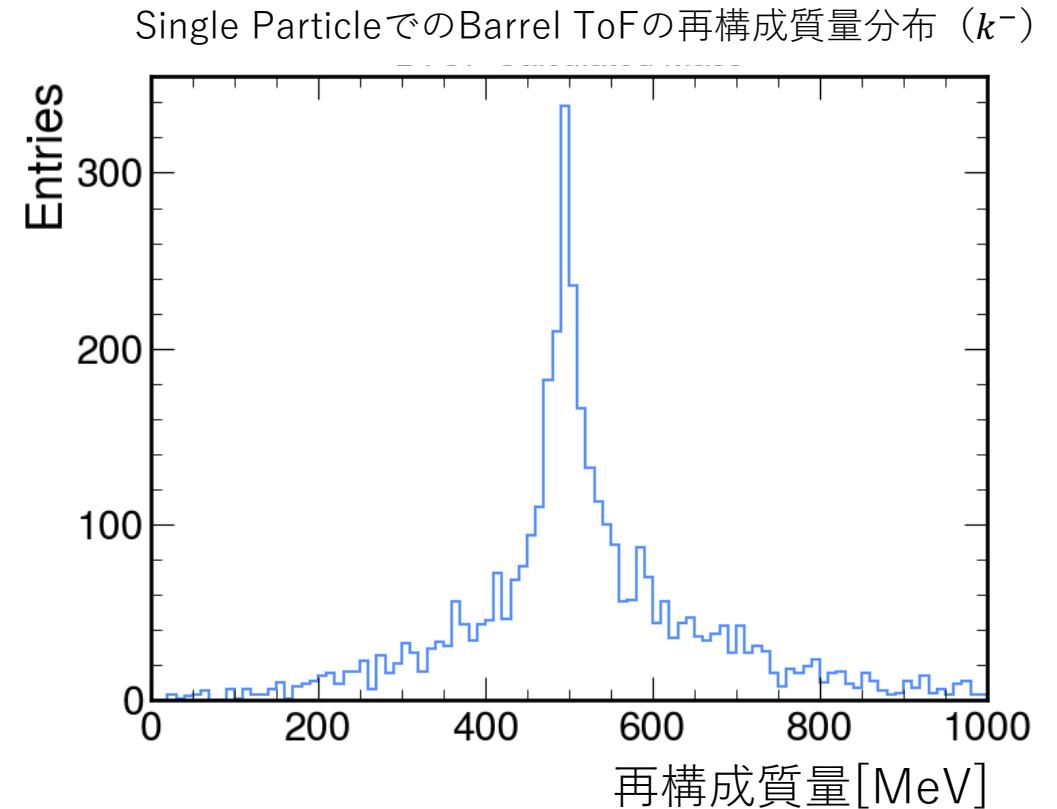
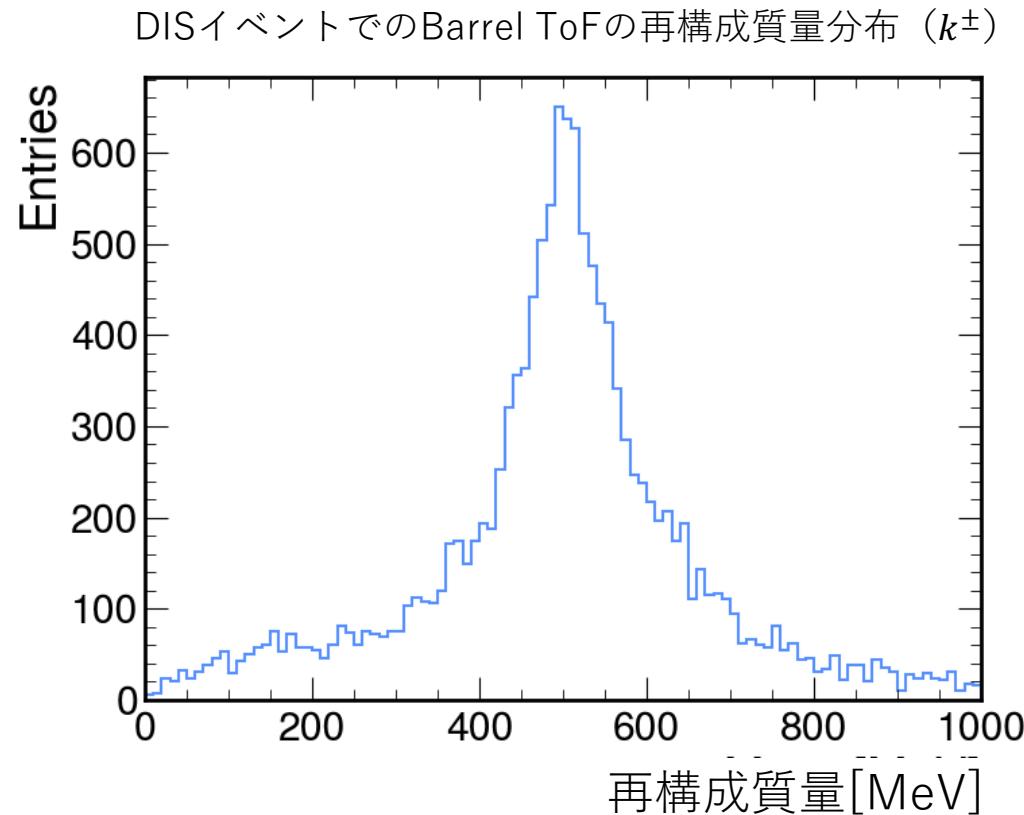
結果：Barrel ToFの質量再構成 DIS vs Single Particle

➤ Single Particleとの比較（左：DISイベント π^\pm 右：Single Particle π^- ）



結果：Barrel ToFの質量再構成 DIS vs Single Particle

➤ Single Particleとの比較 (左: DISイベント K^\pm 右: Single Particle K^-)



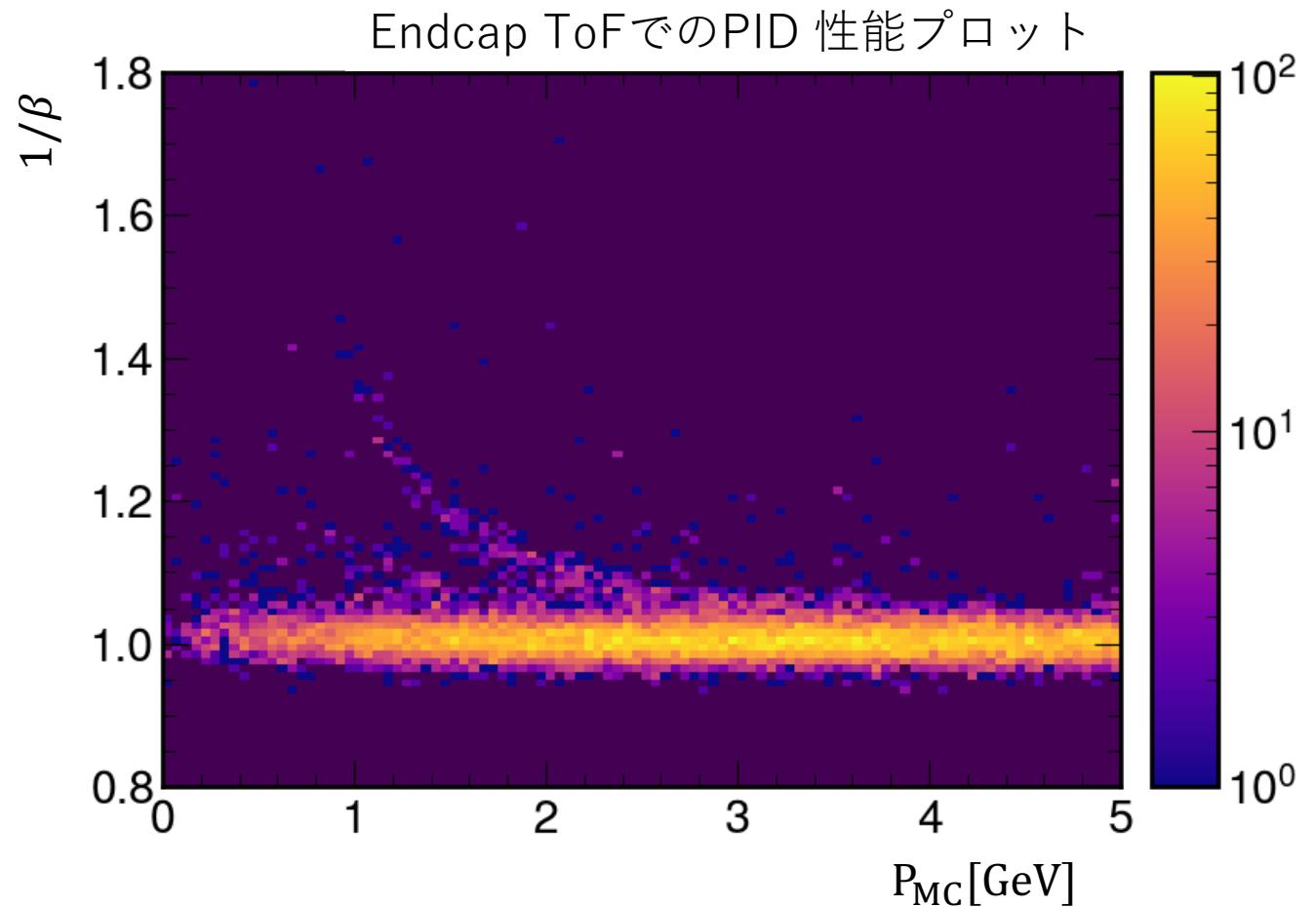
Single Particleの方がシャープになっている

結果：Endcap ToFでのPID性能

➤ PID 性能のプロット

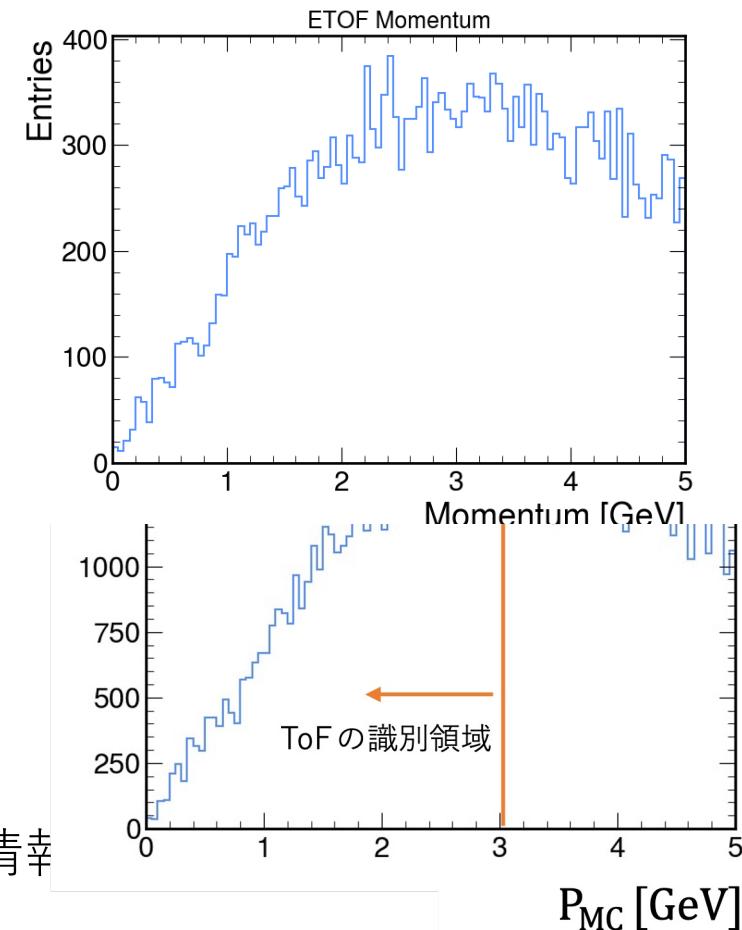
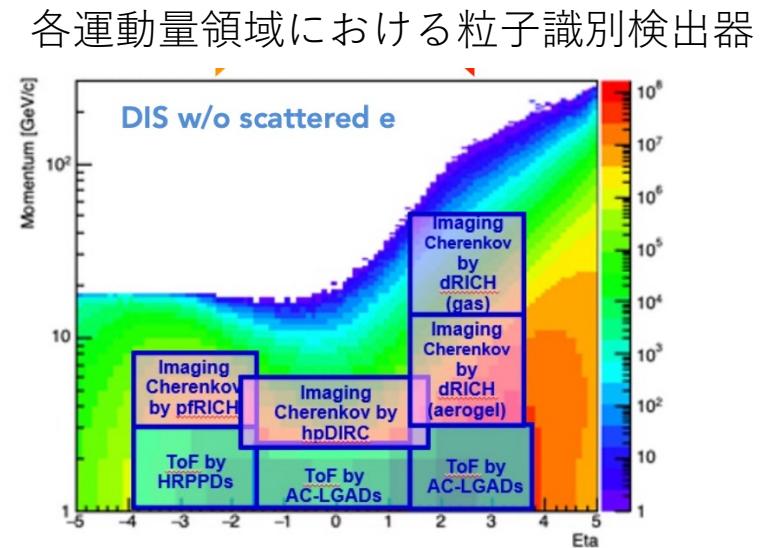
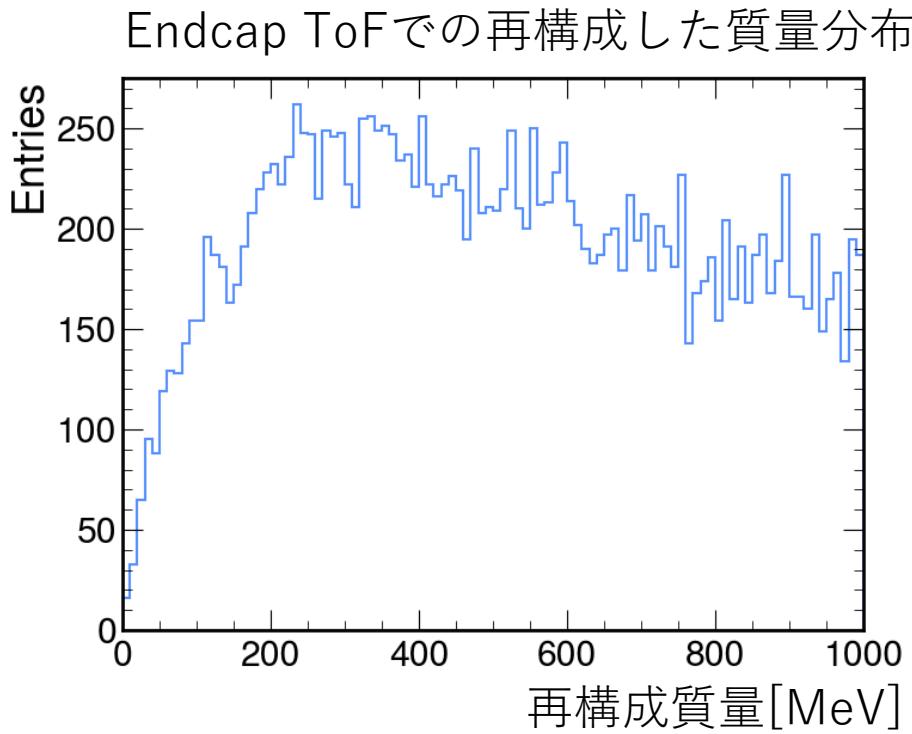
粒子の速度 β

$$\beta = \frac{\text{Trackの長さ}}{\text{ToF検出器の測定時間}}$$



結果：Endcap ToFでの質量再構成

➤ 質量再構成のプロット

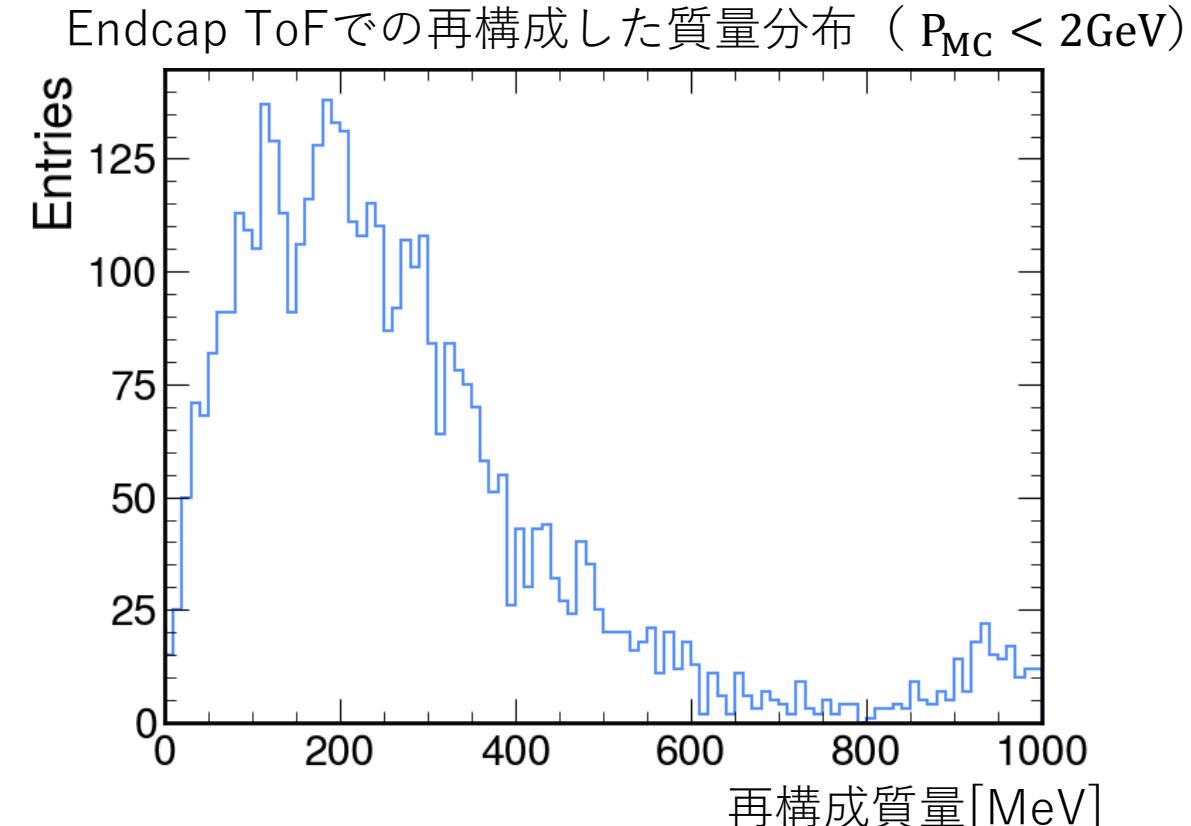
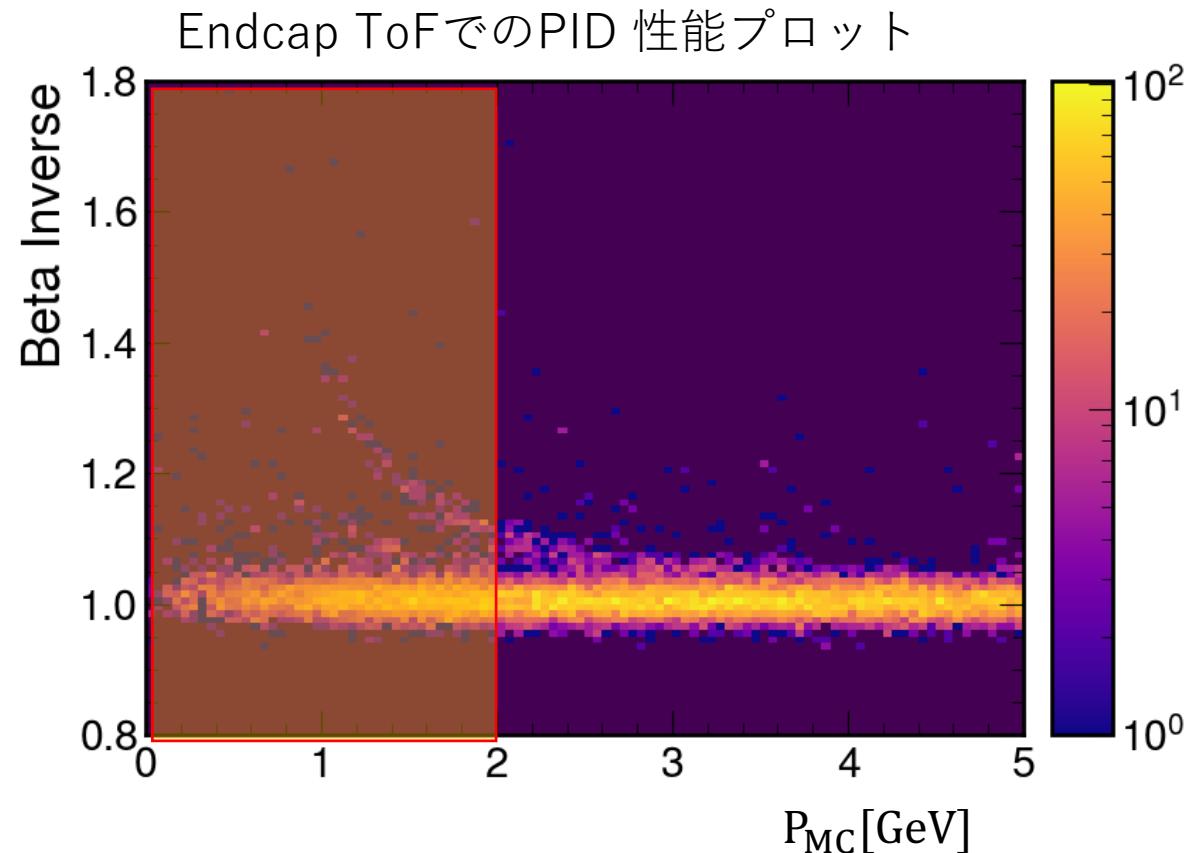


うまく質量再構成できていない

ToFの識別領域以外の運動量を持つヒットも多く含まれるため、ToF の情

結果：Endcap ToFでの質量再構成（低運動量領域）

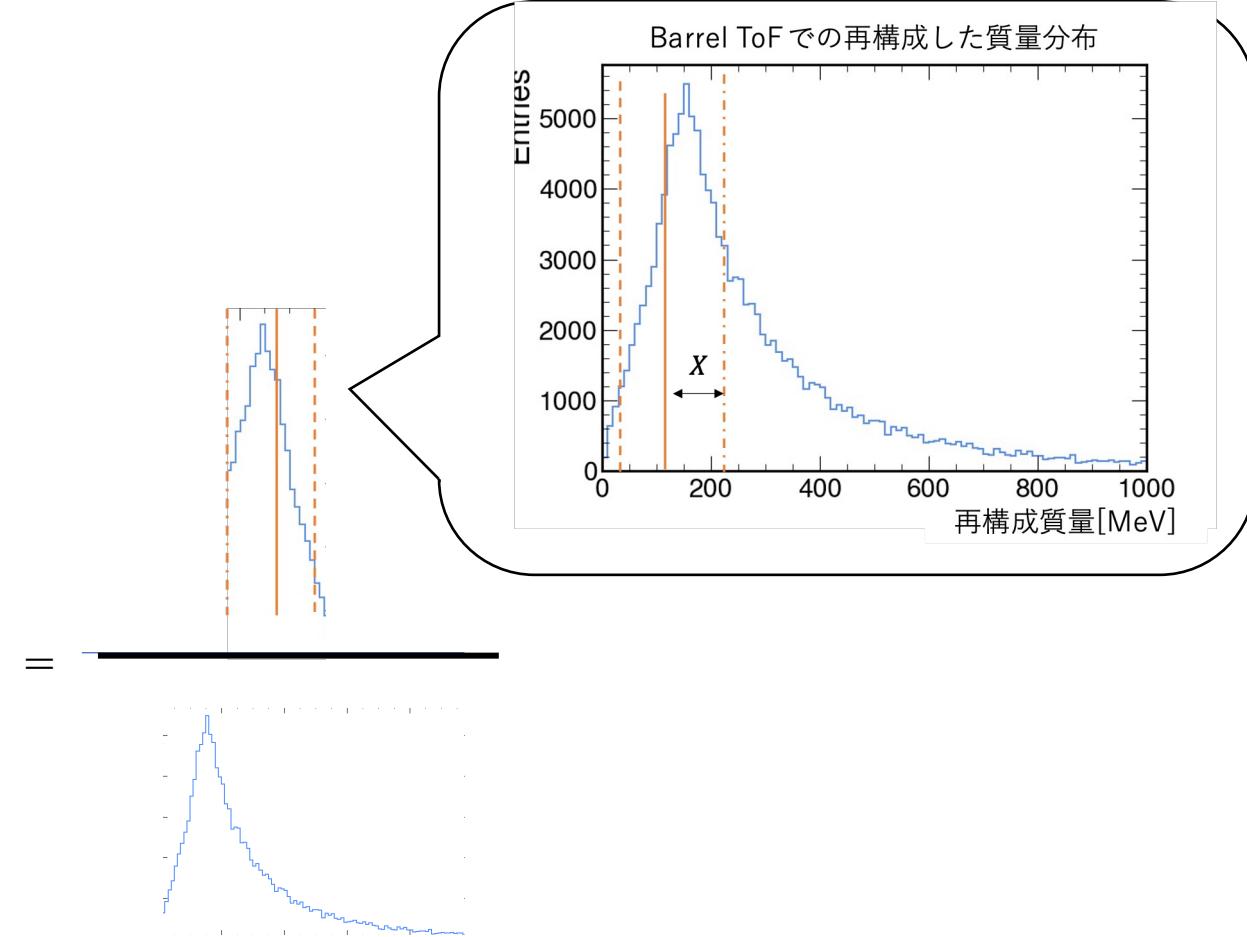
➤ PID 性能のプロット



ToFの運動量領域に限定すると粒子の識別はうまくいっているかも
2GeVは適当な値なので、検出器要件を確認する

PID性能の定量評価の方法

PID性能 = $\frac{\text{特定の粒子質量} \pm X \text{の範囲における粒子の数}}{\text{質量再構成に使われた全粒子数}}$



各粒子質量 $\pm X$ の範囲におけるPID性能を見る

T_0 を考慮に入れたPID性能の評価

今の解析だと $T_0 = 0$ になっているので、

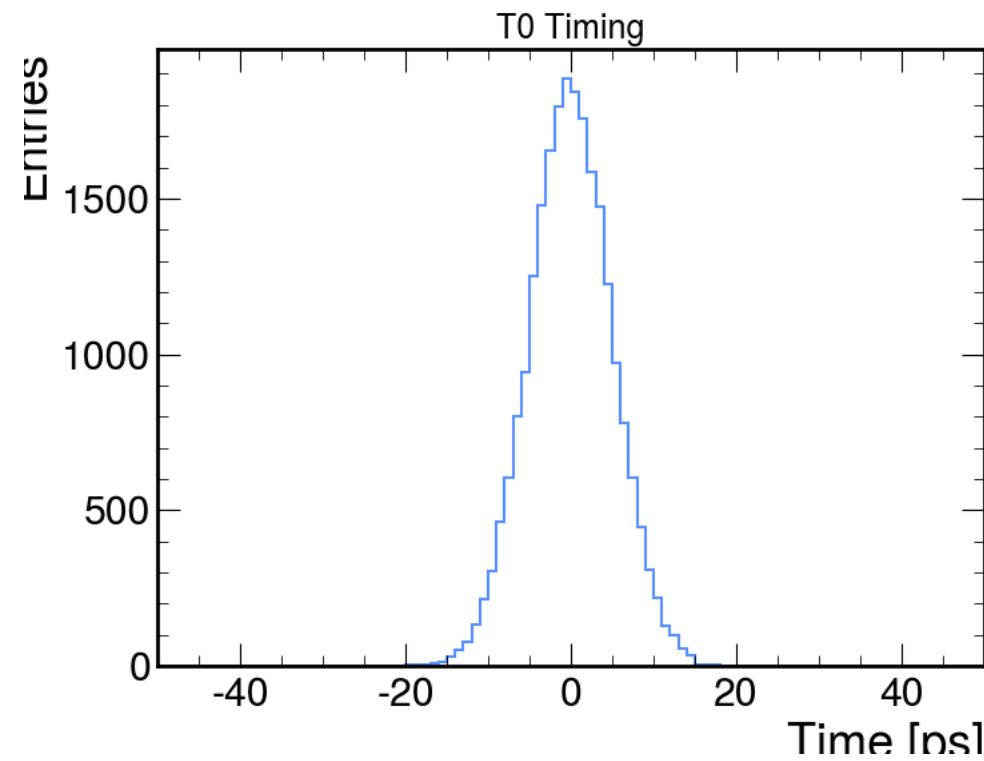
平均0、標準偏差5[ps]の正規分布になるように T_0 を与え、解析を行った
この時、

粒子の速度 β_{T_0}

$$\beta_{T_0} = \frac{\text{Trackの飛跡の長さ}}{\text{ToFの測定時間} - T_0}$$

粒子の質量 m

$$m = \frac{P_{MC} \sqrt{1 - \beta_{T_0}^2}}{\beta_{T_0}}$$



ToF hit の測定時間の揺れを考慮に入れたPID性能の評価

T_0 に加え、ToF hit の測定時間の揺れを考慮するために

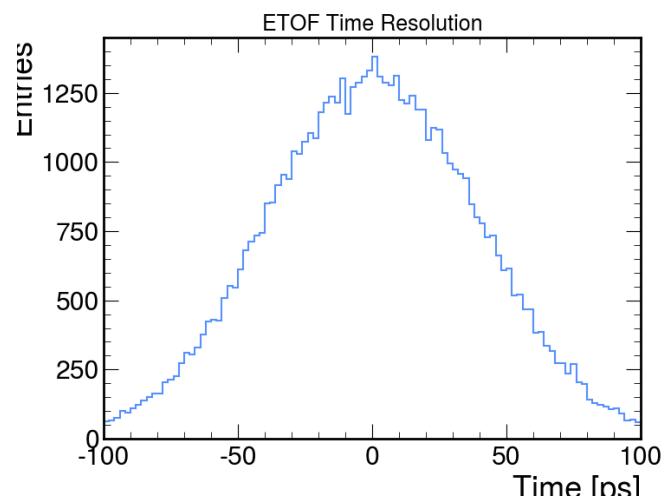
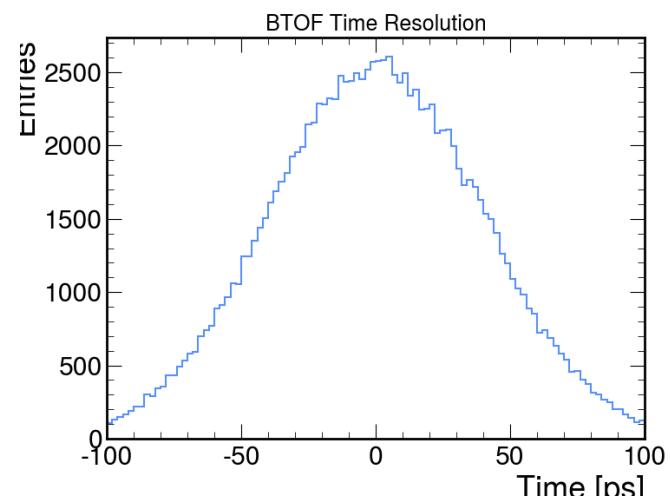
平均0、標準偏差40[ps]の正規分布になるように T_{Jit} を与え、解析を行った

粒子の速度 $\beta_{T_{Jit}}$

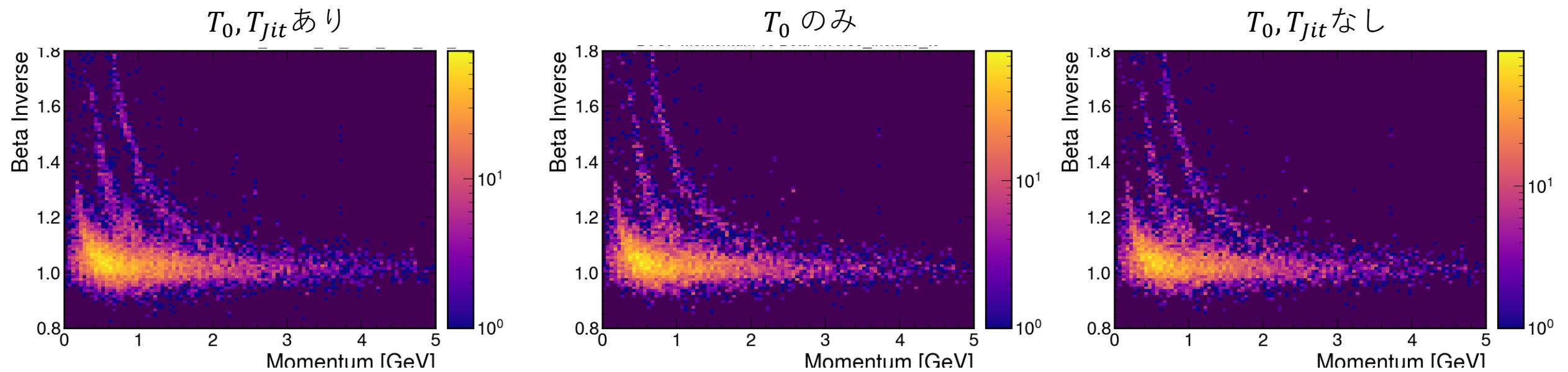
$$\beta_{T_{Jit}} = \frac{\text{Trackの飛跡の長さ}}{\text{ToFの測定時間} - T_{Jit} - T_0}$$

粒子の質量 m

$$m = \frac{P_{MC} \sqrt{1 - \beta_{T_{Jit}}^2}}{\beta_{T_{Jit}}}$$



PID performance 比較



Barrel ToF momentum PID性能 全運動量領域

	T_0, T_{Jit} なし	T_0 のみ	T_0, T_{Jit} あり
$\pi^\pm (39 < m < 239[\text{MeV}])$	41.77 %	41.71 %	38.31 %
$\pi^\pm (0 < m < 239[\text{MeV}])$	55.13 %	55.05 %	51.95 %
$k^\pm (393 < m < 593[\text{MeV}])$	50.43 %	49.70 %	48.54 %
$k^\pm (293 < m < 693[\text{MeV}])$	68.04 %	67.67 %	66.04 %
P ($838 < m < 1038[\text{MeV}]$)	60.10 %	60.40 %	57.55 %
P ($738 < m < 1138[\text{MeV}]$)	73.39 %	73.39 %	72.71 %

Barrel ToF momentum PID性能 ($p < 2 [\text{GeV}]$)

	T_0, T_{Jit} なし	T_0 のみ	T_0, T_{Jit} あり
$\pi^\pm (39 < m < 239[\text{MeV}])$	46.21 %	48.10 %	44.70 %
$k^\pm (393 < m < 593[\text{MeV}])$	60.91 %	59.45 %	59.42 %
P ($838 < m < 1038[\text{MeV}]$)	74.38 %	77.54 %	72.95 %

Endcap ToF momentum PID性能 全運動量領域

	T_0, T_{Jit} なし	T_0 のみ	T_0, T_{Jit} あり
$\pi^\pm (39 < m < 239[\text{MeV}])$	7.05 %	7.56 %	6.877 %
$\pi^\pm (0 < m < 239[\text{MeV}])$	11.99 %	13.80 %	11.68 %
$k^\pm (393 < m < 593[\text{MeV}])$	10.72 %	9.60 %	10.87 %
$k^\pm (293 < m < 693[\text{MeV}])$	18.87 %	19.49 %	18.61 %
P ($838 < m < 1038[\text{MeV}]$)	12.71 %	15.84 %	11.85 %
P ($738 < m < 1138[\text{MeV}]$)	21.00 %	24.28 %	20.04 %

Endcap ToF momentum PID性能($p < 2 [\text{GeV}]$)

	T_0, T_{Jit} なし	T_0 のみ	T_0, T_{Jit} あり
$\pi^\pm (39 < m < 239[\text{MeV}])$	35.68 %	32.00 %	44.70 %
$k^\pm (393 < m < 593[\text{MeV}])$	47.24 %	48.65 %	59.42 %
P ($838 < m < 1038[\text{MeV}]$)	73.48 %	91.67 %	72.95 %

まとめと展望

適切な値を考慮した解析を行う

BACK UP

先週の結果の一部修正

➤ 先週算出したMCとTrackのマッチングの方法やプロットを一部修正した

- Trackのグルーピング条件の角度のマージンの変更：

ϕ 、 θ のマージン $0.4 \rightarrow 0.15$

- マッチング時の粒子の運動方向の角度差に対する閾値の変更：

運動量空間の角距離 $0.4 \rightarrow 0.5$

- マッチング前のMC情報に対するフィルタリング条件の追加：

荷電粒子かつ安定粒子のみマッチングにかけるように変更

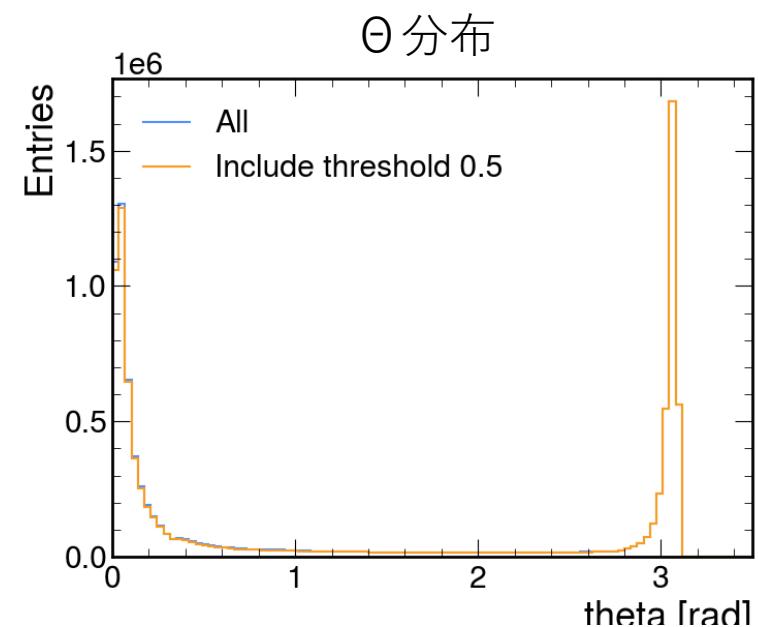
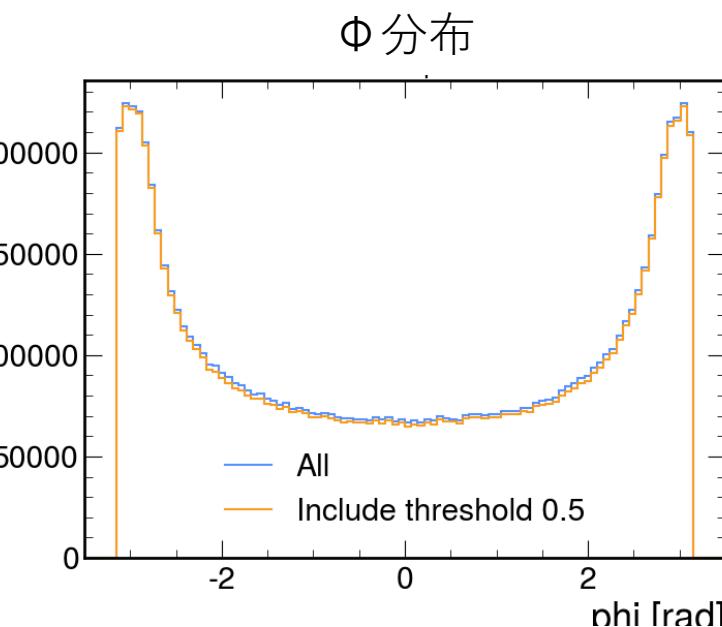
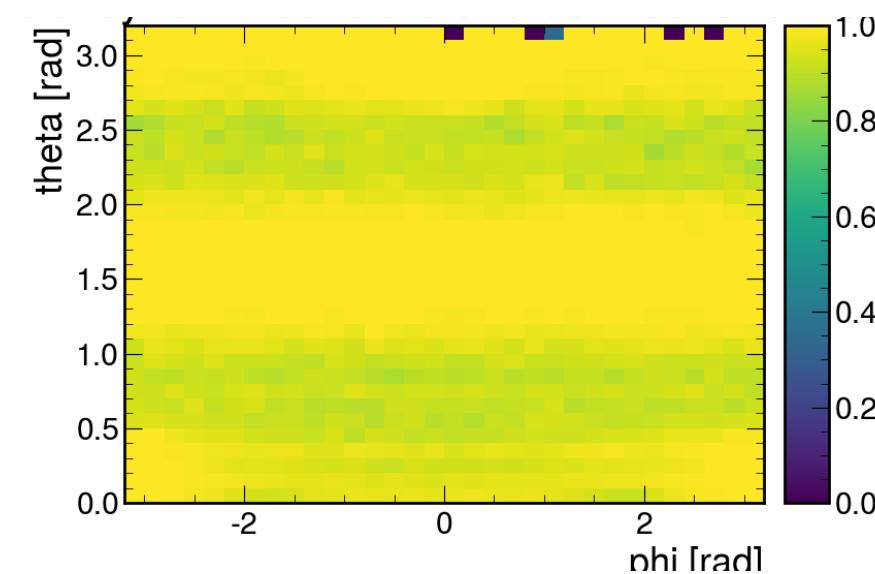
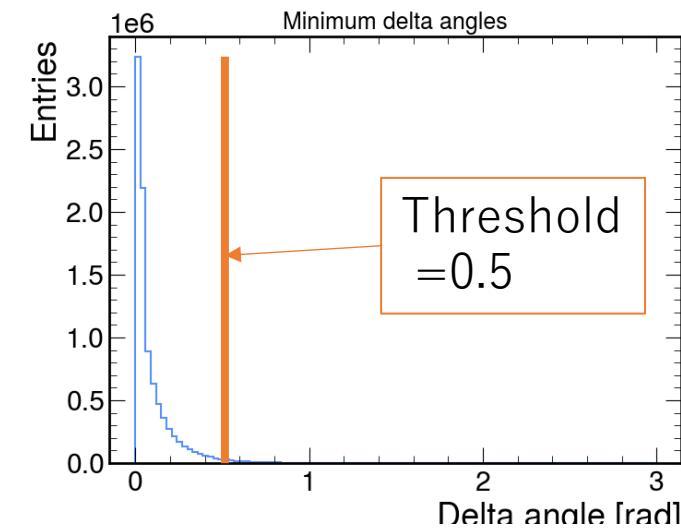
- プロットのBIN幅変更： $100 \rightarrow 32$

- 使用データの統計量変更： $50,000 \rightarrow 950,000$ イベント

MCとTrackのマッチング

➤ 修正後の結果

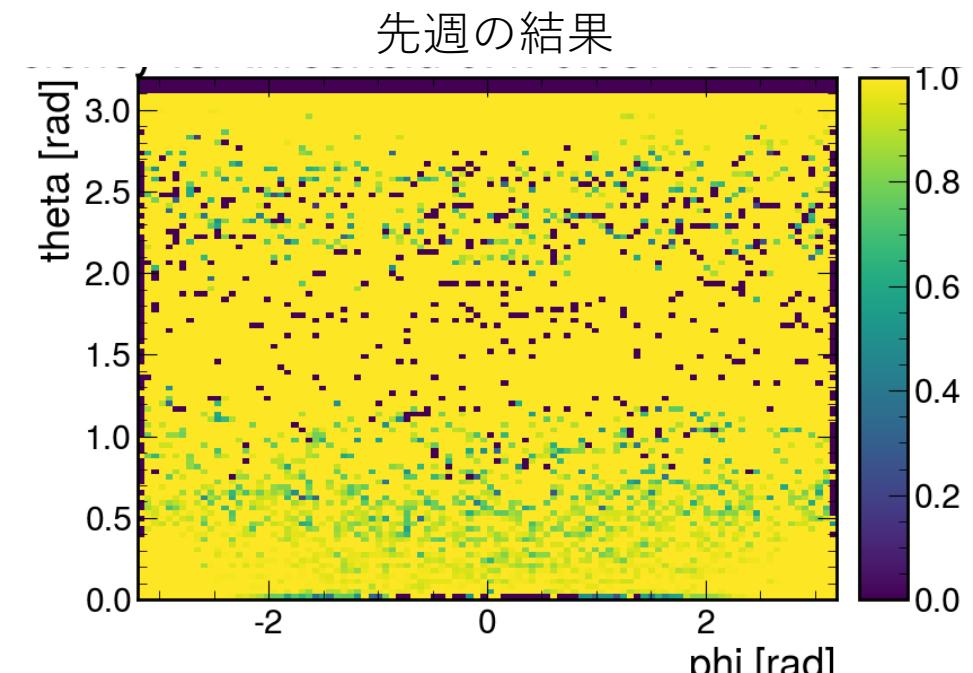
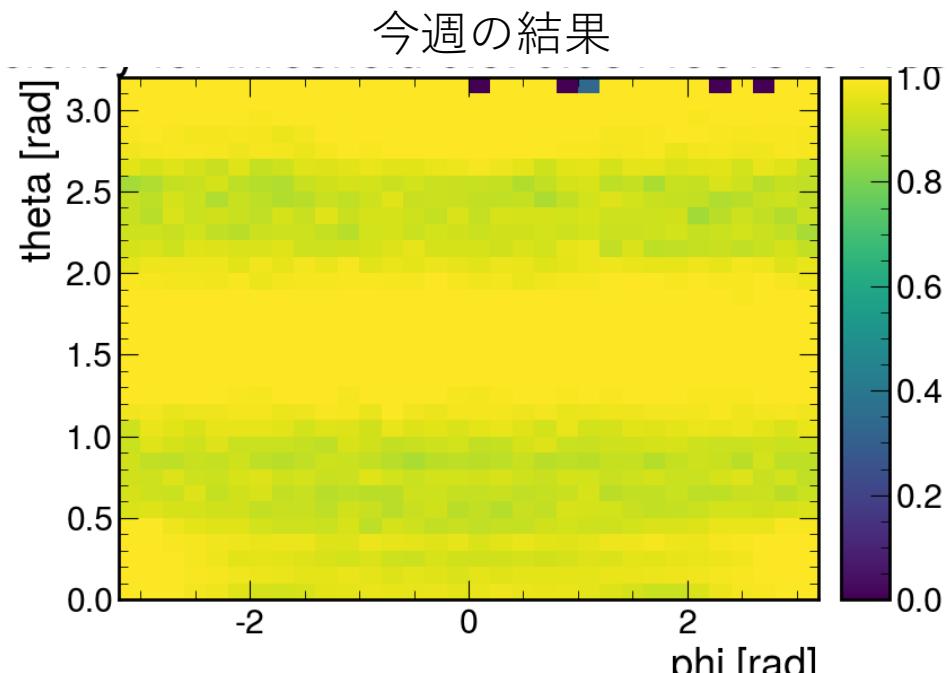
- 950,000 イベント
- Efficiency : $\frac{\text{マッチしたトラック数}}{\text{全トラック数}} = 98.1\%$



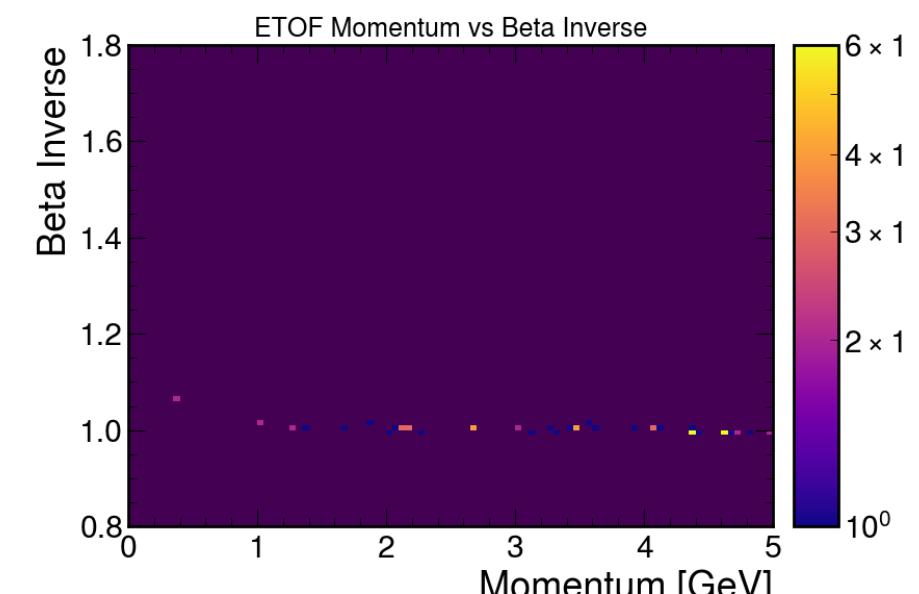
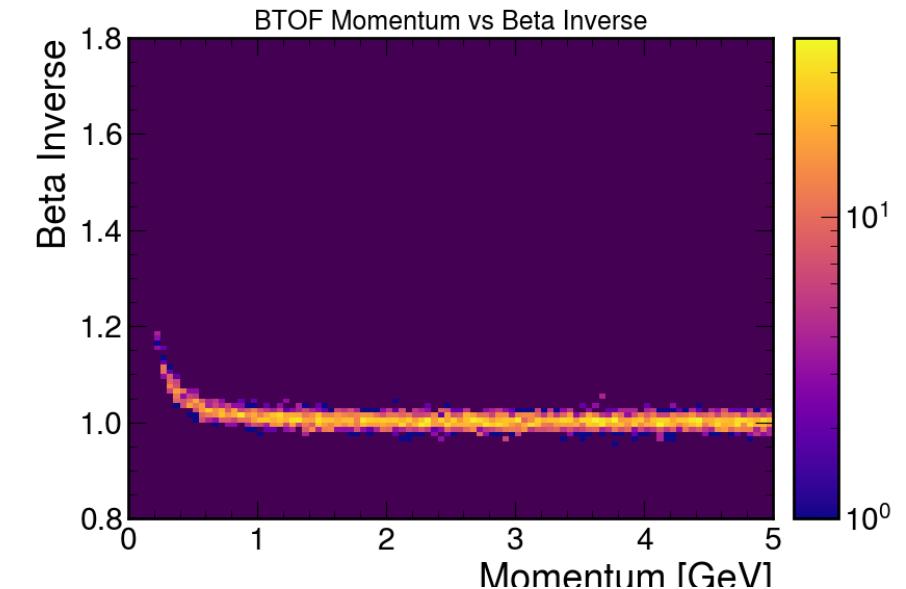
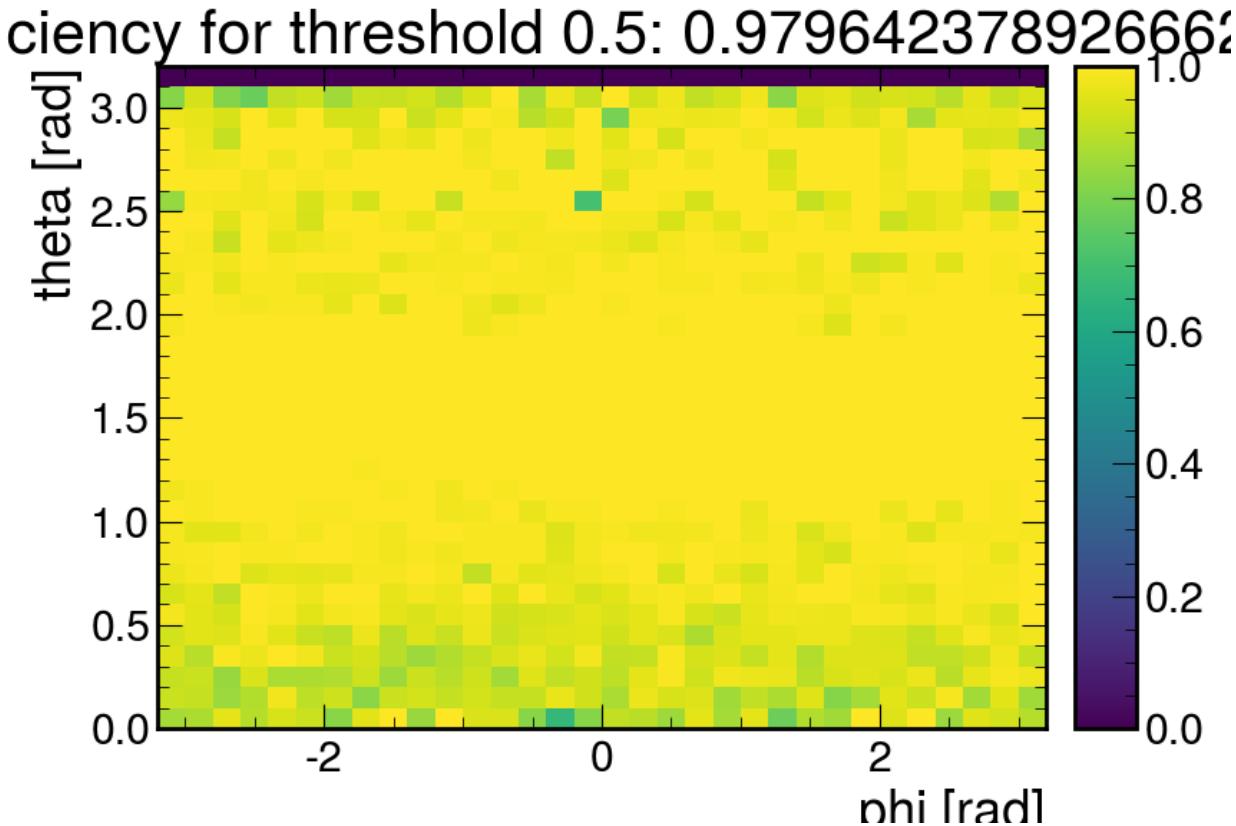
MCとTrackのマッチング

➤先週の結果との比較

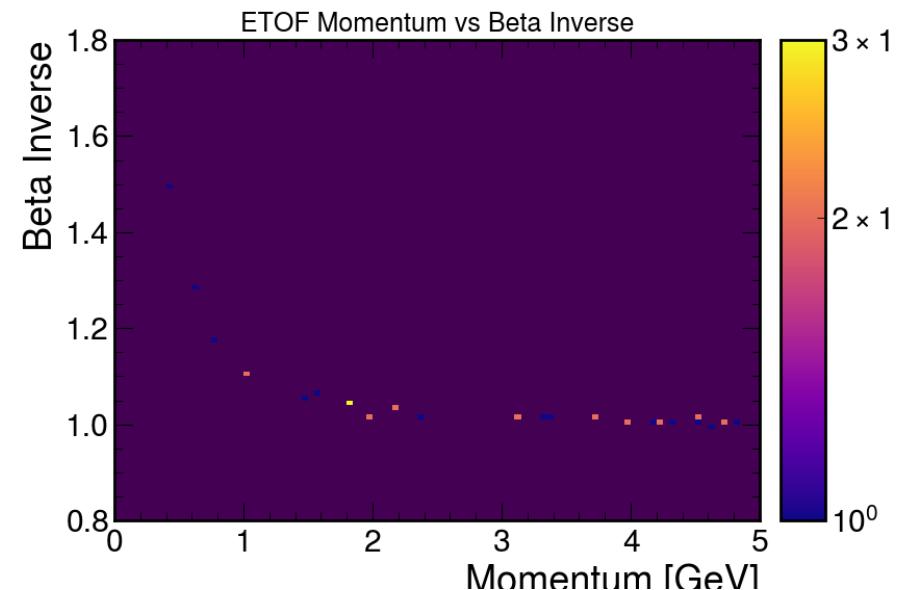
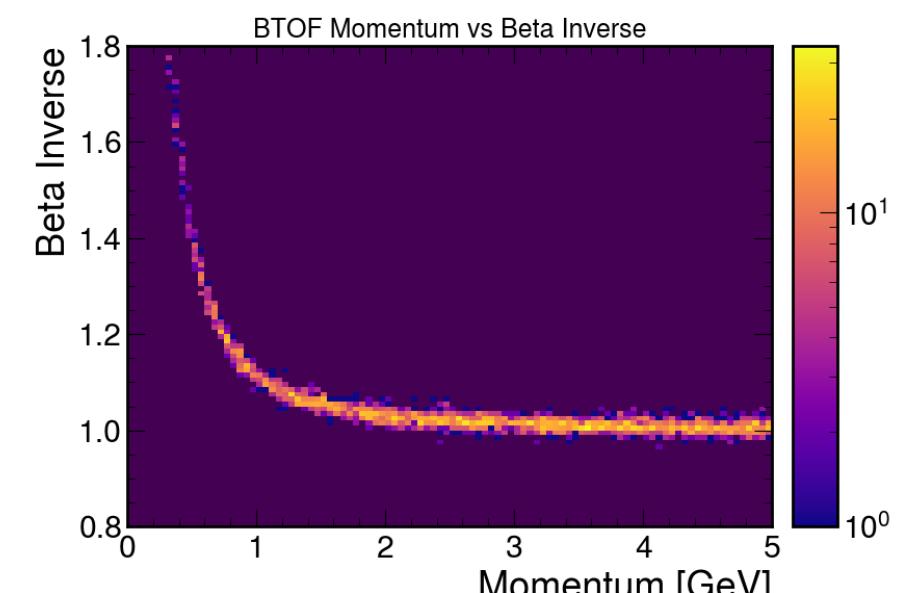
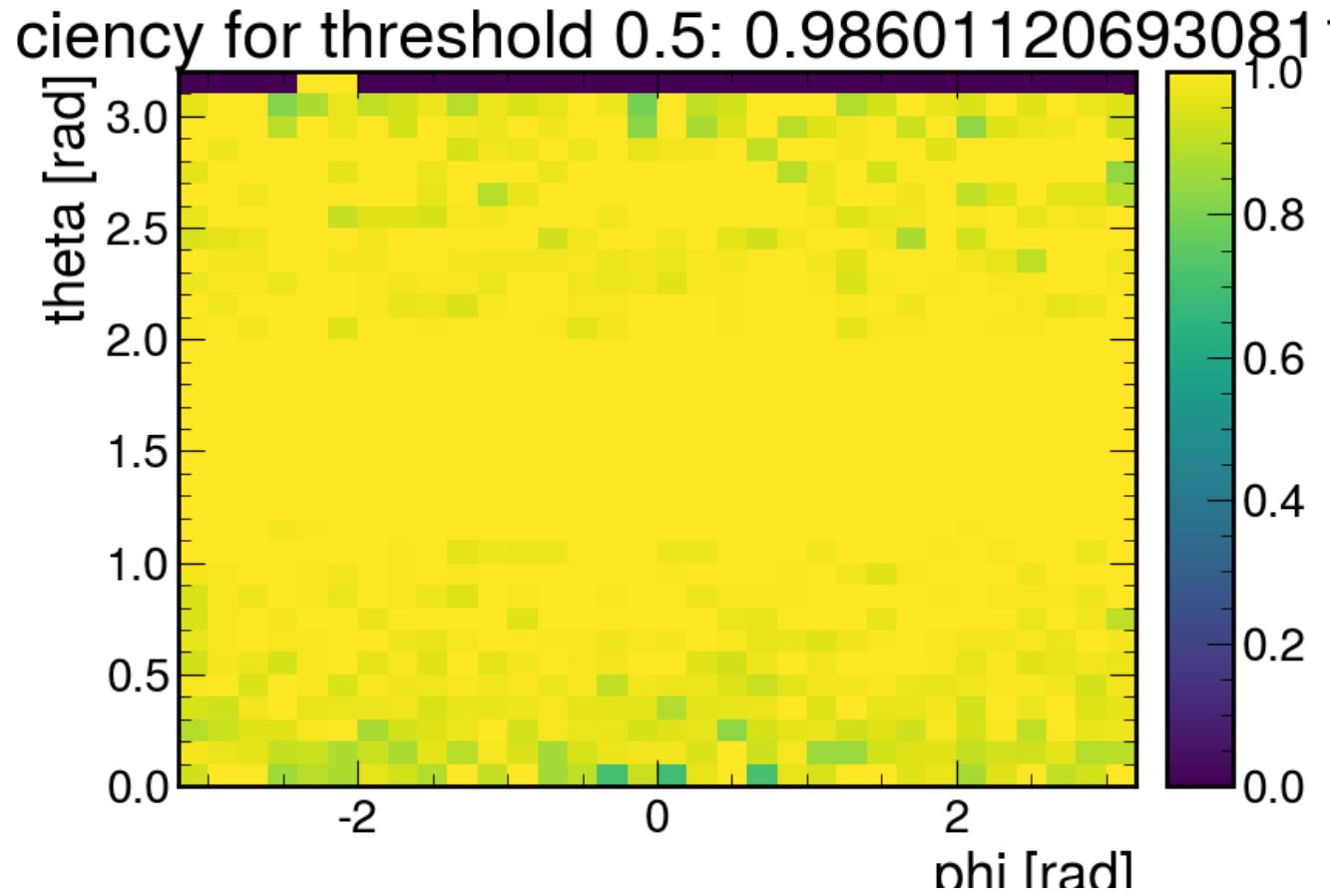
	今週の結果	先週の結果
イベント数	950,000	50,000
マッチング角度の条件	0.15	0.4
Efficiency	98.1%	98.7%



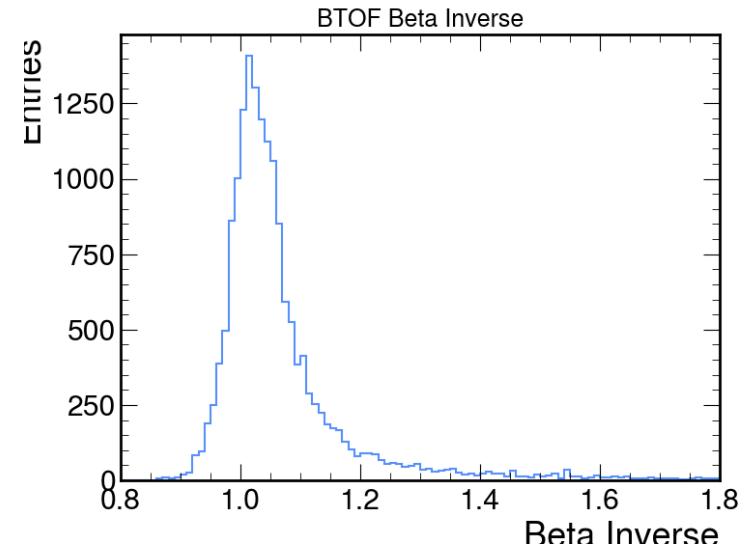
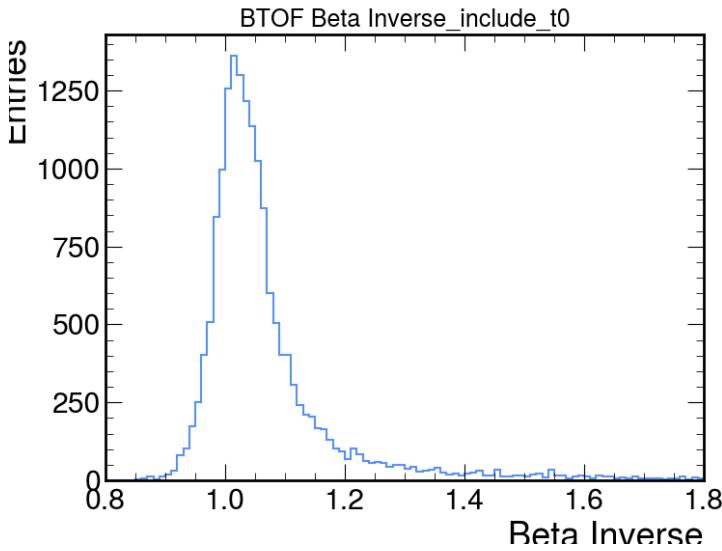
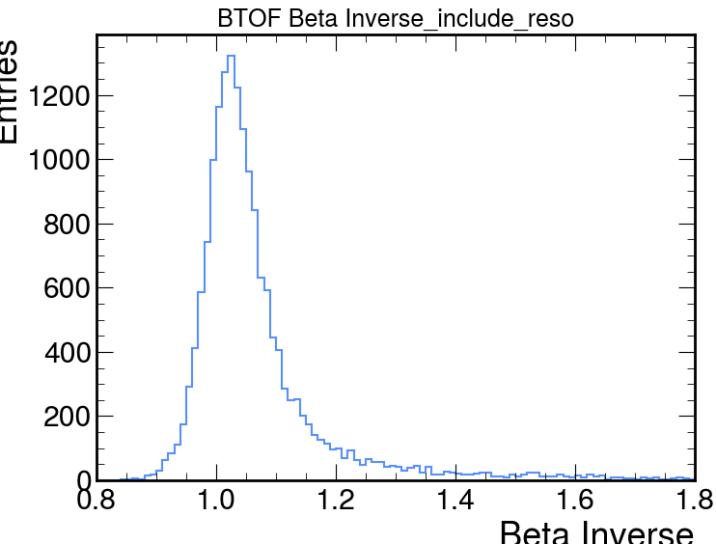
Single particle の結果 π^-



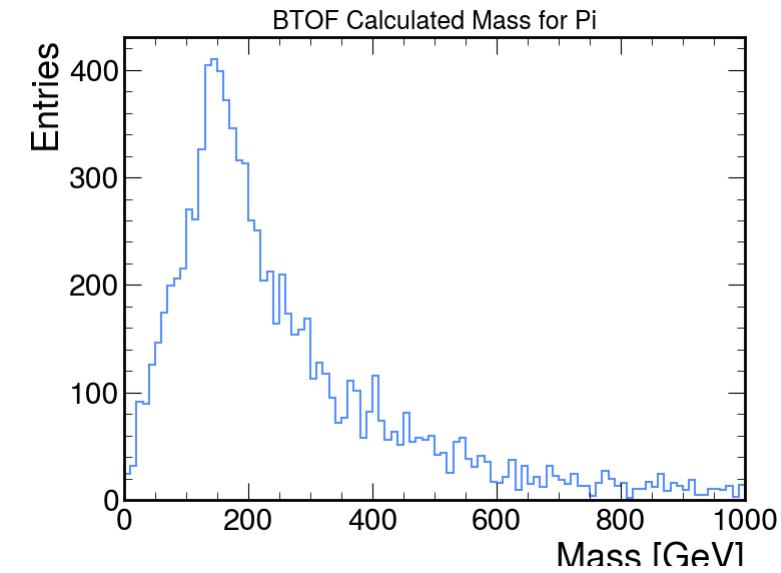
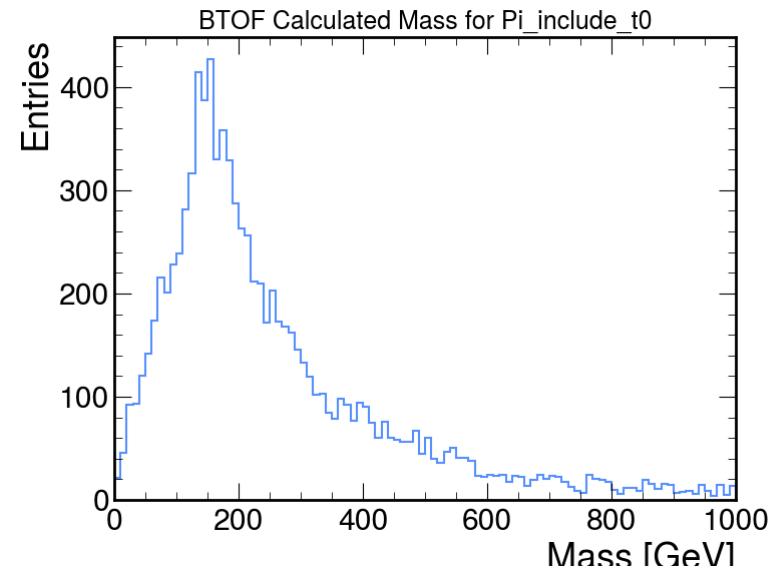
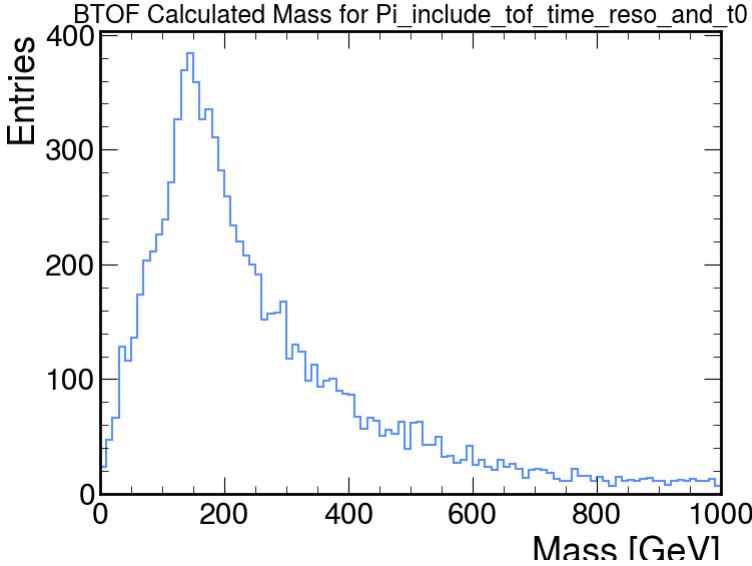
Single particle の結果 k^-



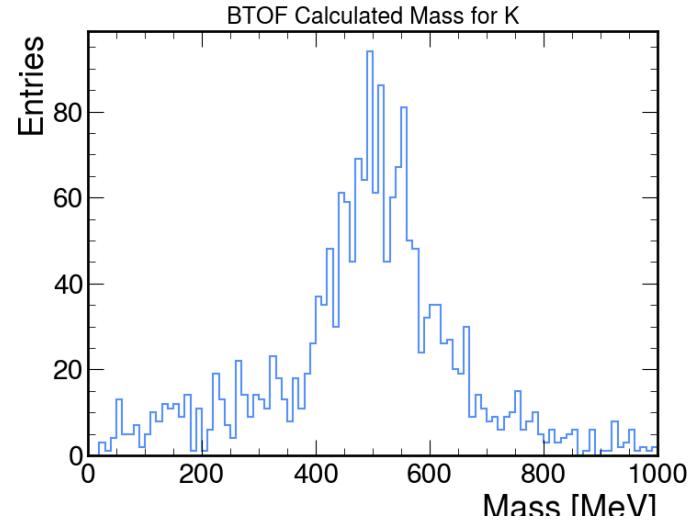
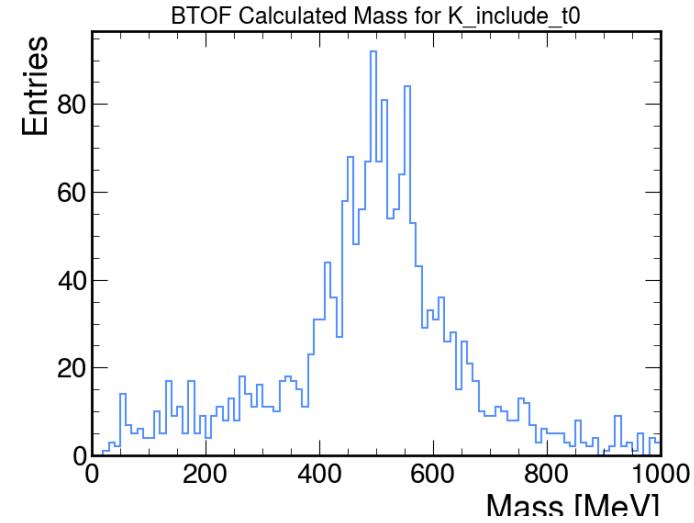
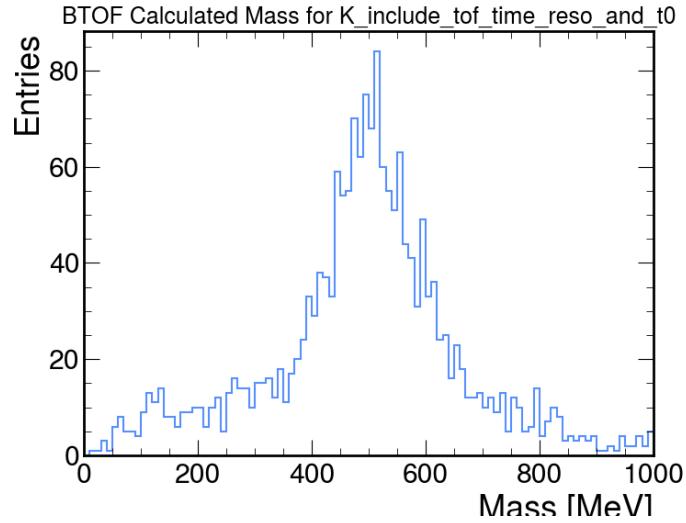
$1/\beta$ の結果



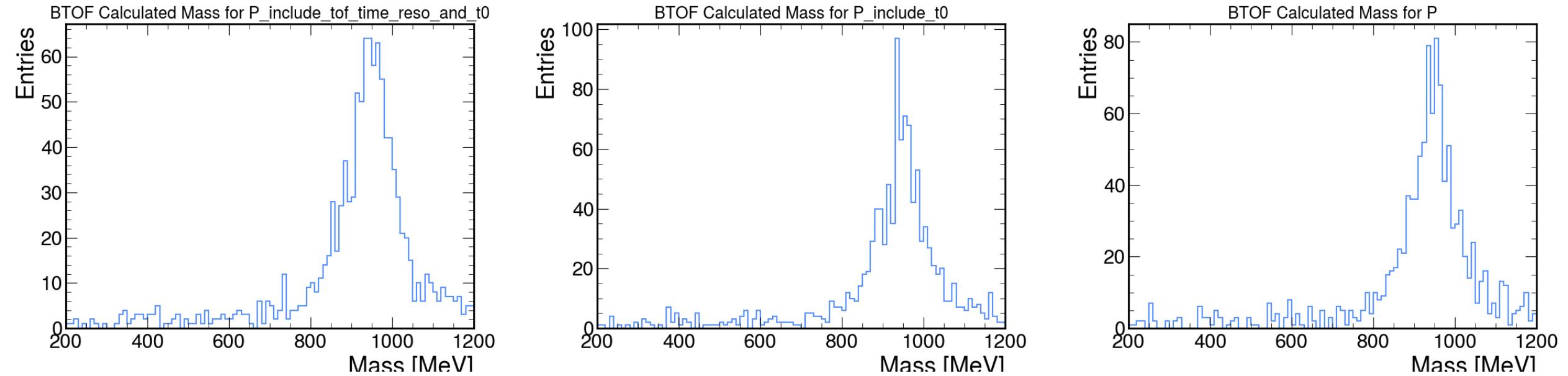
再構成した質量の結果 π



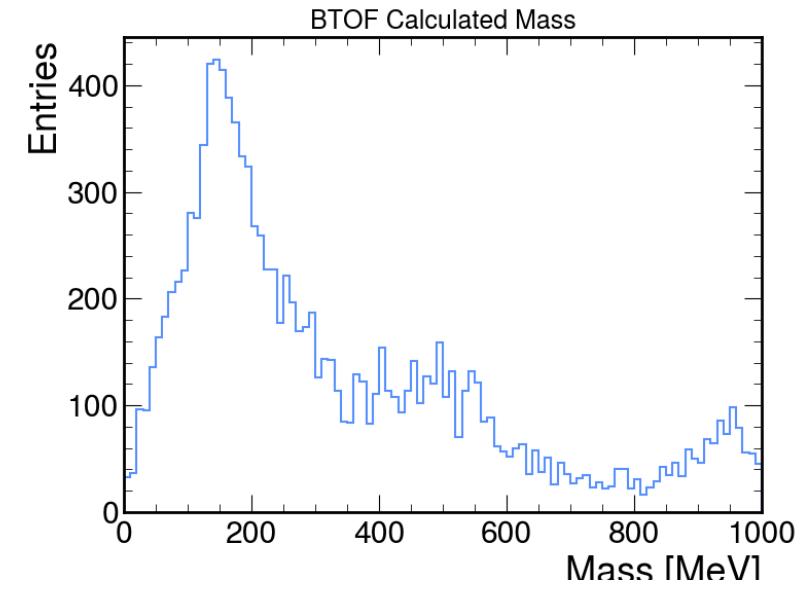
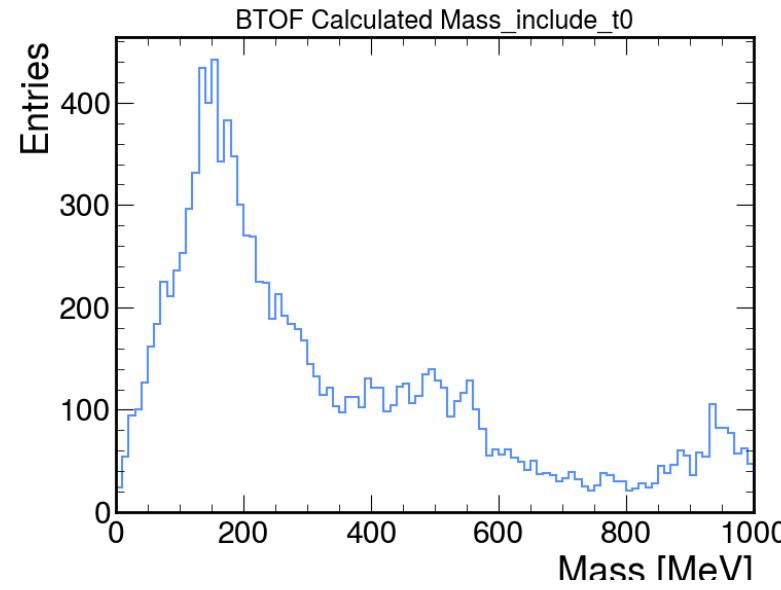
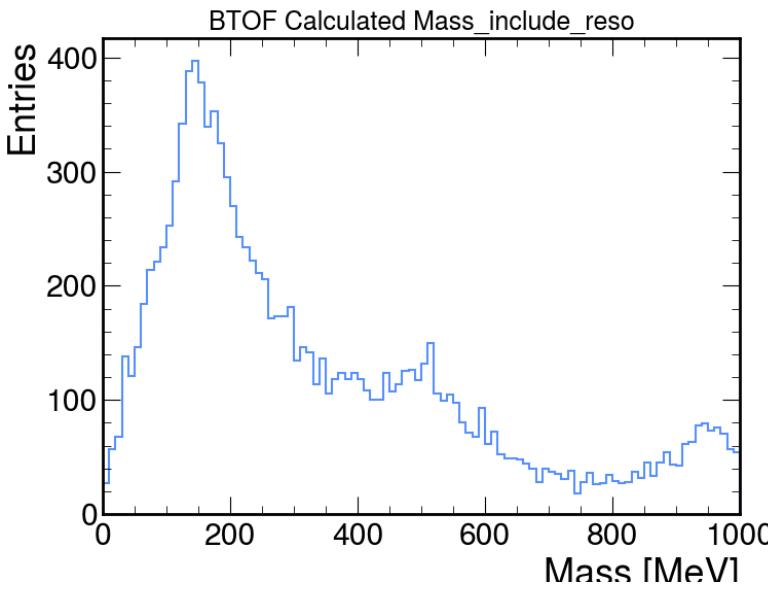
再構成した質量の結果 k



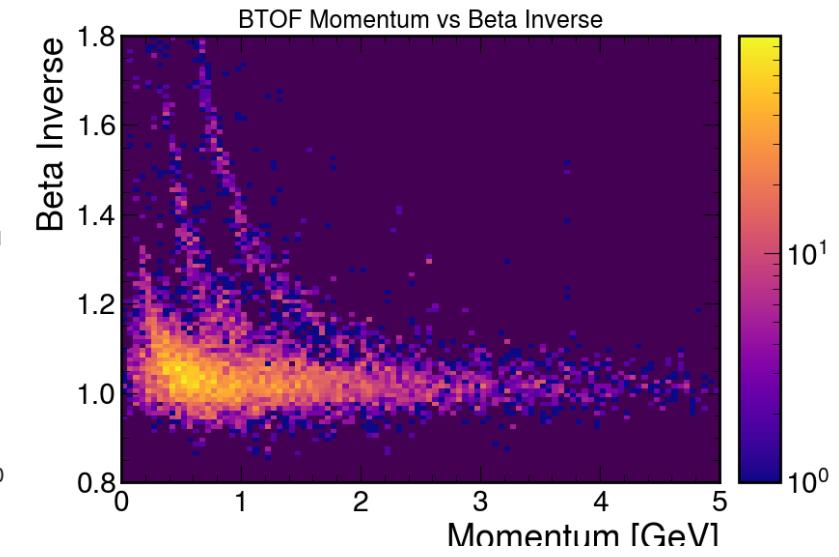
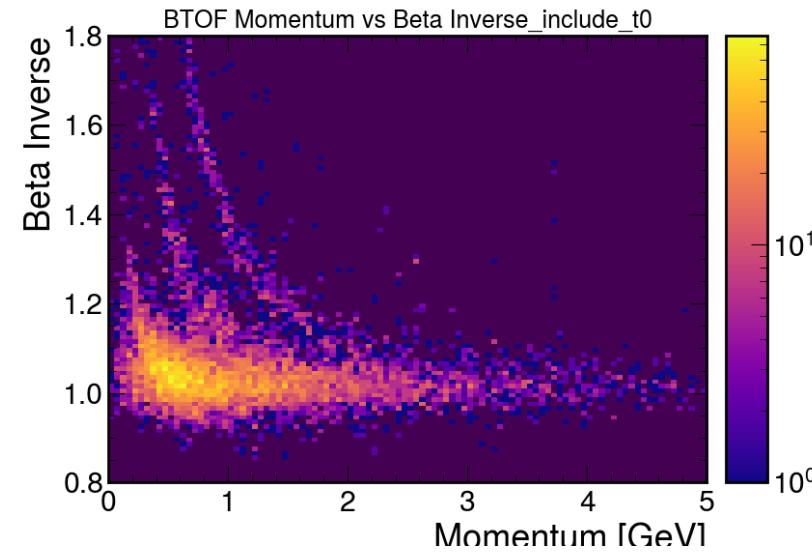
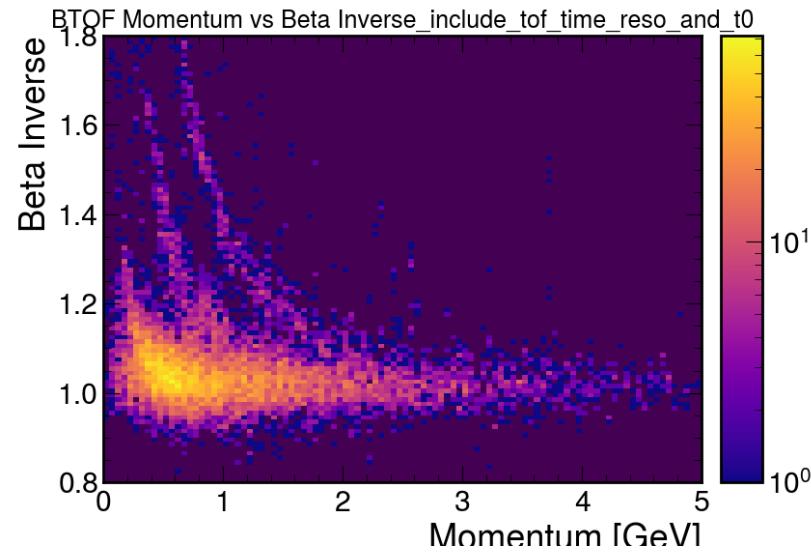
再構成した質量の結果 p



再構成した質量の結果



PID performance 比較



ヒットマッチングの実装

➤方法

MCとTrackの θ 、 ϕ の d を全通り計算して、

$$d = \sin\theta_{\text{MC}}\sin\theta_{\text{Track}} + \cos\theta_{\text{MC}}\cos\theta_{\text{Track}}\cos(\varphi_{\text{MC}} - \varphi_{\text{Track}})$$

が最小になるようなものをマッチとみなす