

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

ービームガスバックグラウンドやシンクロtron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

ーPythiaで作成したNCDISイベントを使って評価

➤ 先週までの進捗

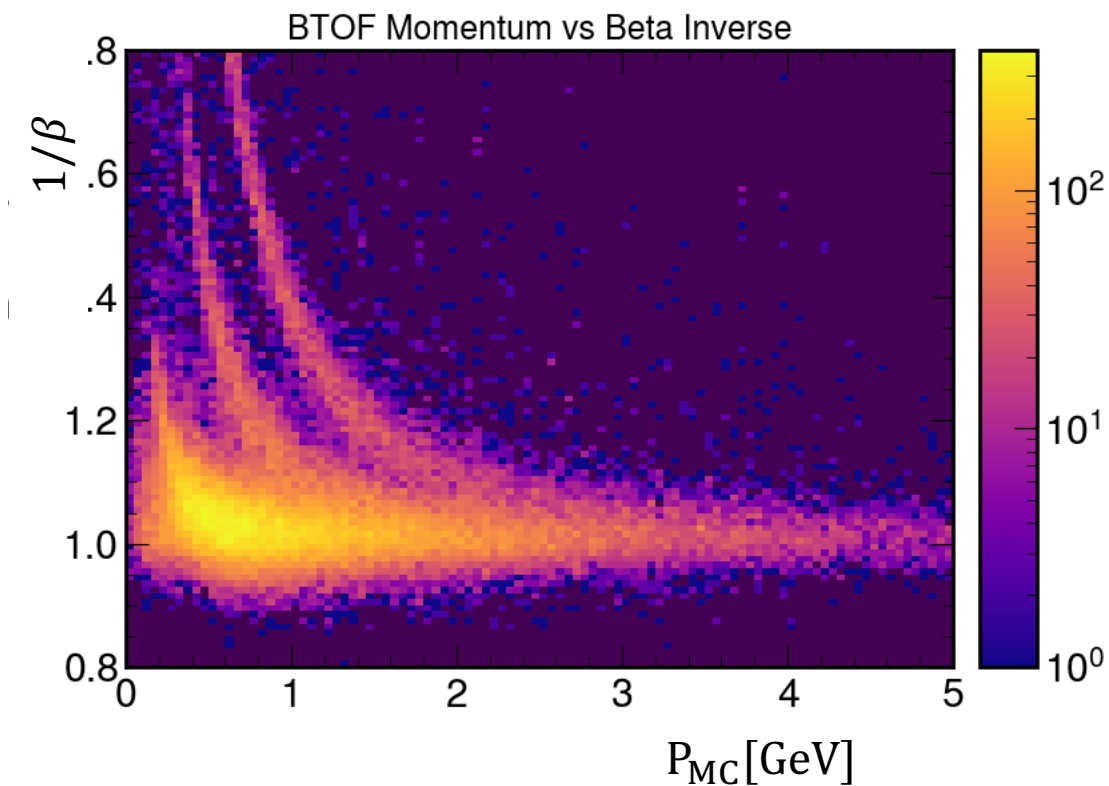
PID性能のプロットは出せていたが、親の粒子情報がわからない→ MC, Track ,ToF hit 情報の紐付けが必要

➤ 今回行ったこと

PID性能の定量評価

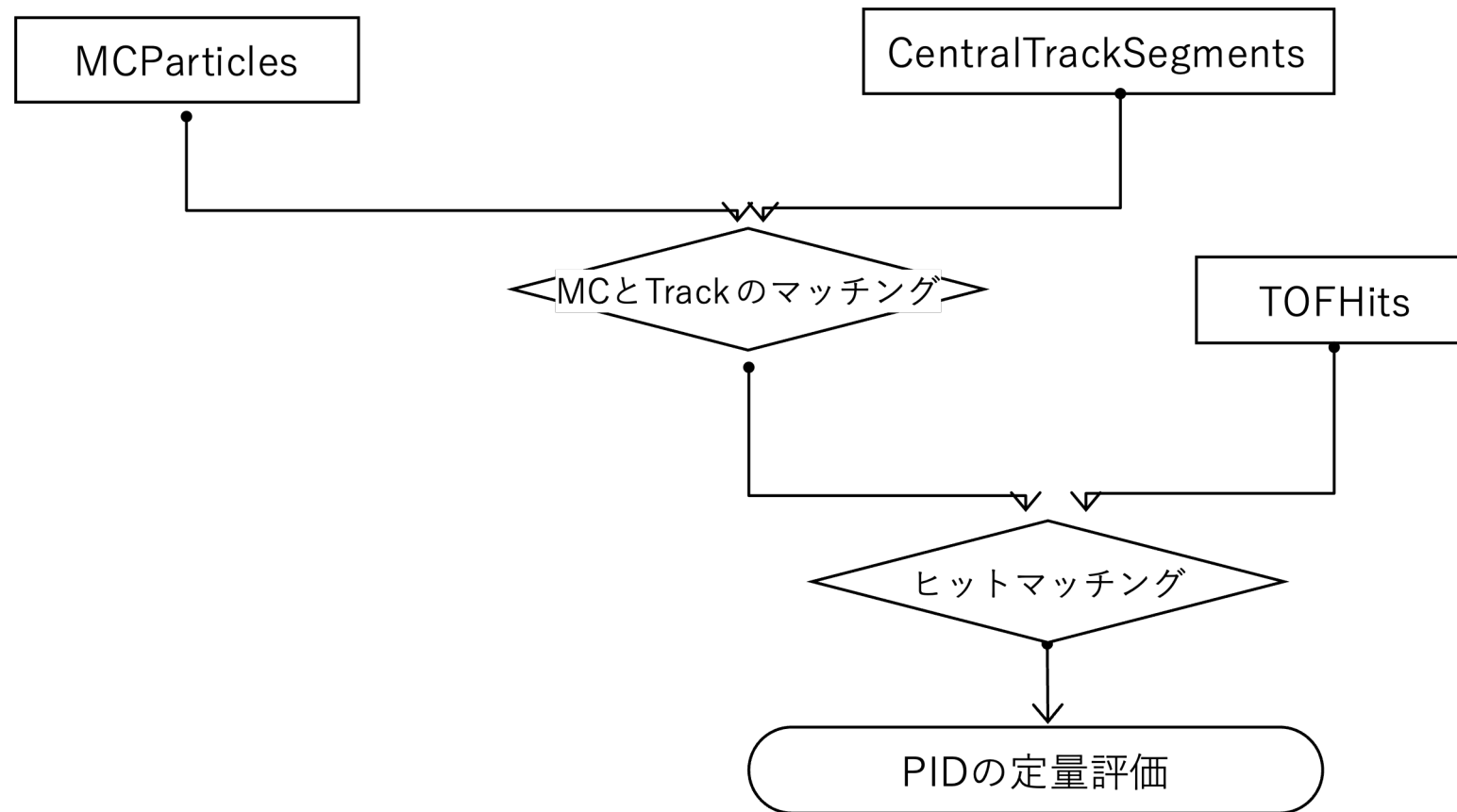
T_0 を導入し、PID性能を評価

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

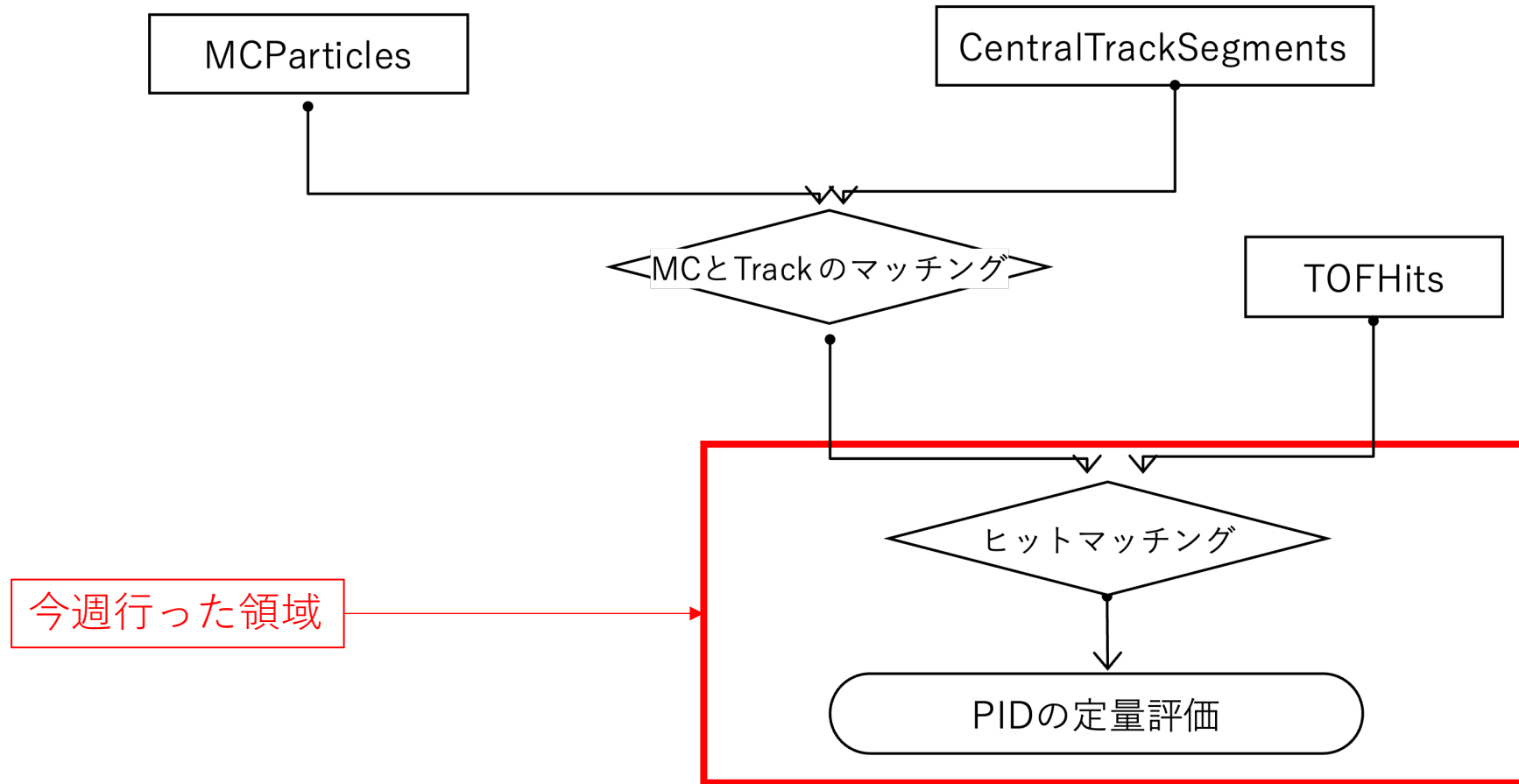
➤ 今週は、ヒットマッチング + 定量評価の一部を行った



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



定量評価のフロー

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/eicctest/EPIC/RECO/23.12.0/epic_craterlake/SIDIS/pythia6eic/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/eicctest/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

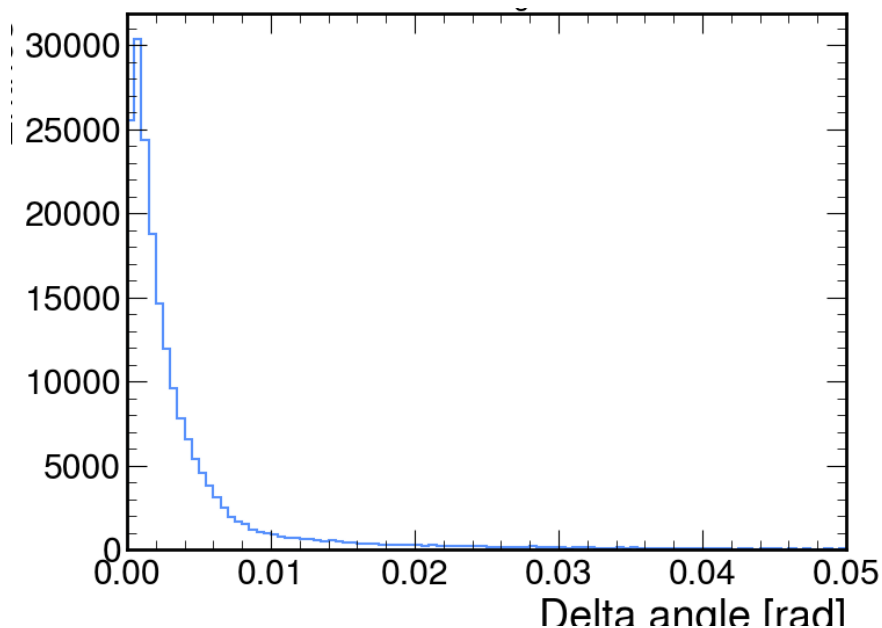
ToFのhitとTrackの θ 、 ϕ のdを全通り計算して、

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

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

最小となるdの分布

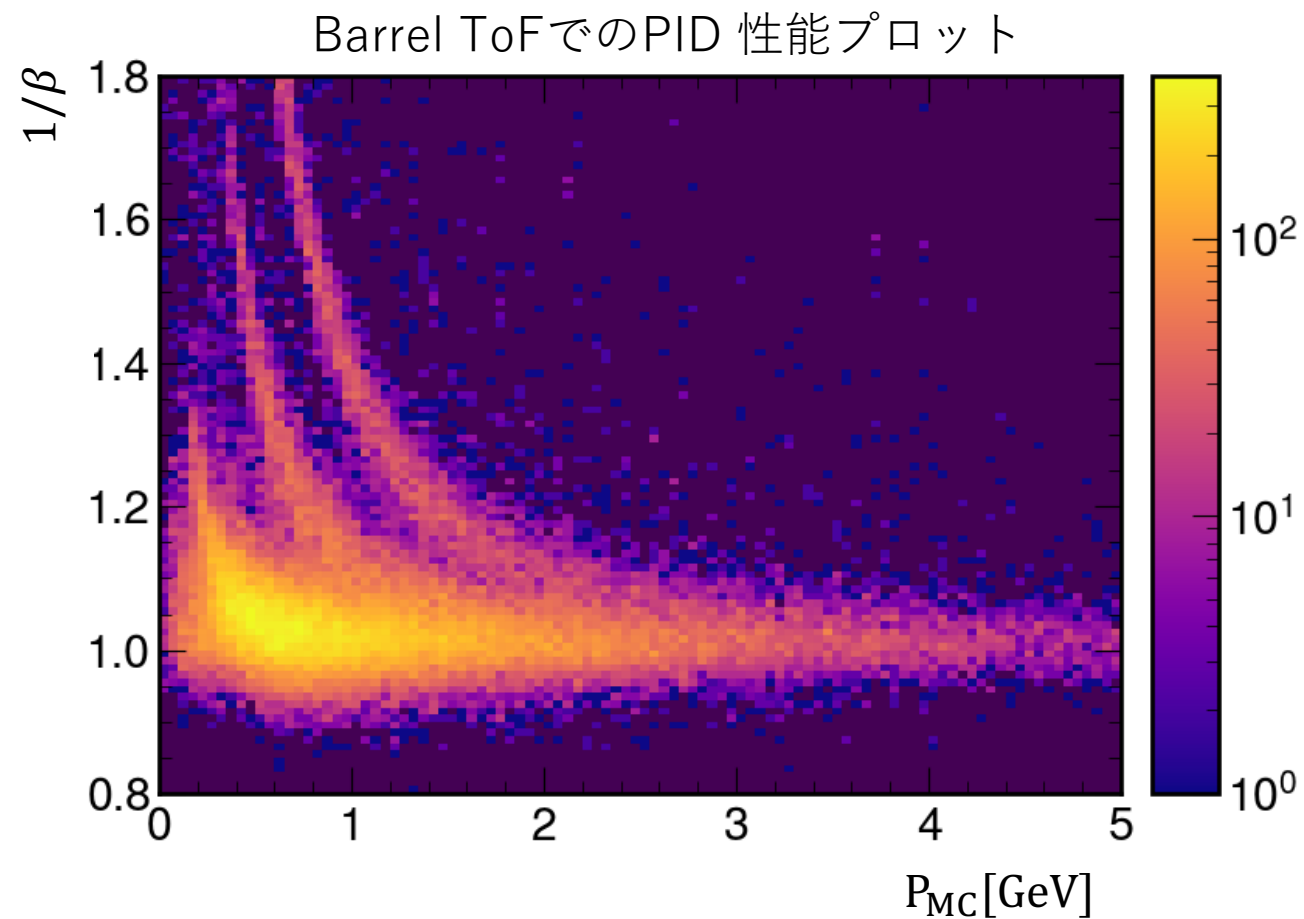


結果：Barrel ToFでのPID性能

➤ PID 性能のプロット

粒子の速度 β

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



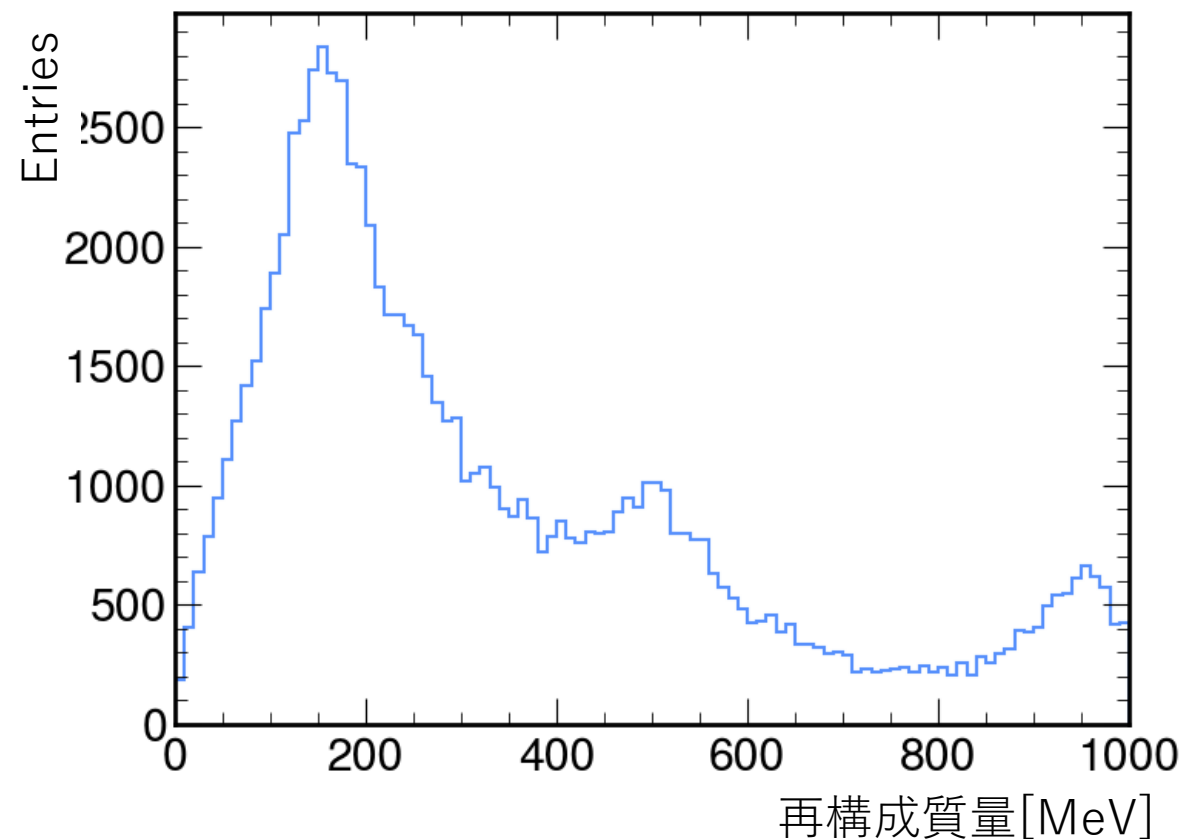
結果：Barrel ToFでの質量再構成

➤ 質量再構成のプロット

粒子の質量 m

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

Barrel ToFでの再構成した質量分布

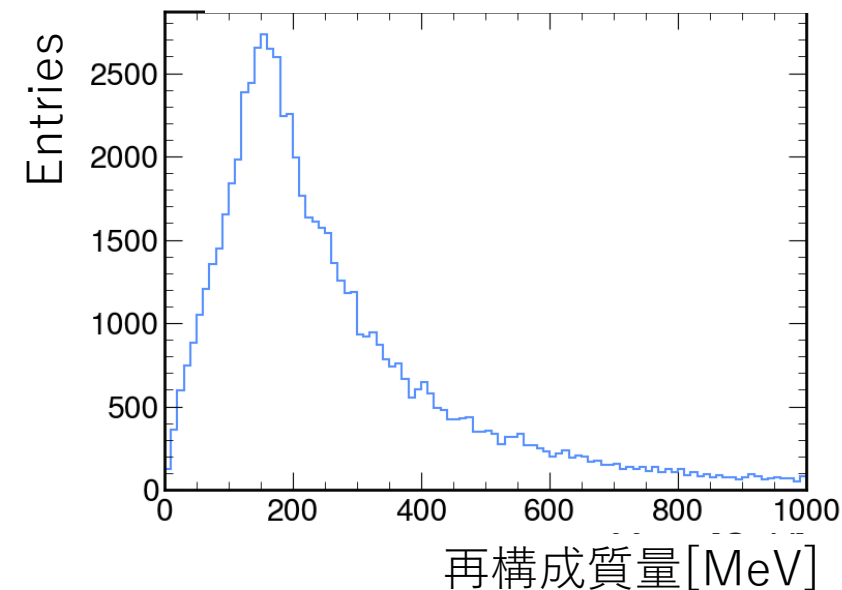


結果：Barrel ToFでの粒子毎の質量再構成

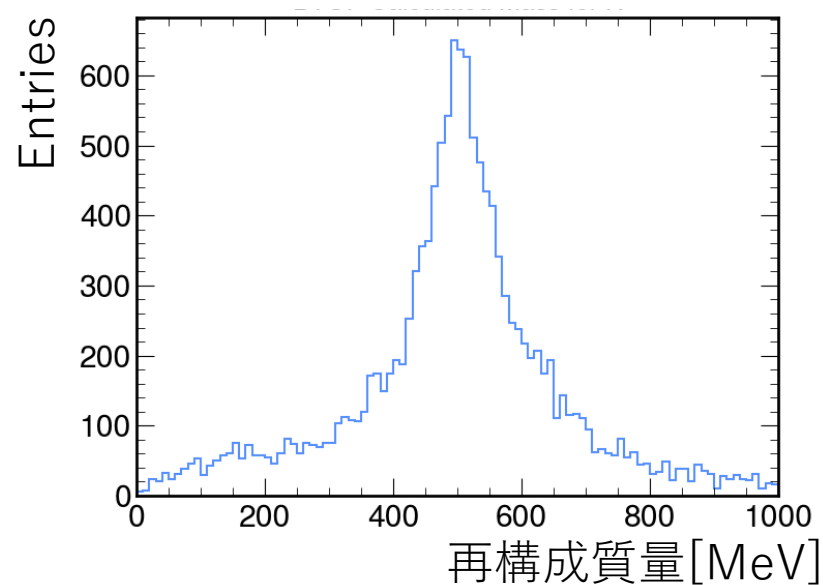
➤ 粒子毎の質量再構成のプロット

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

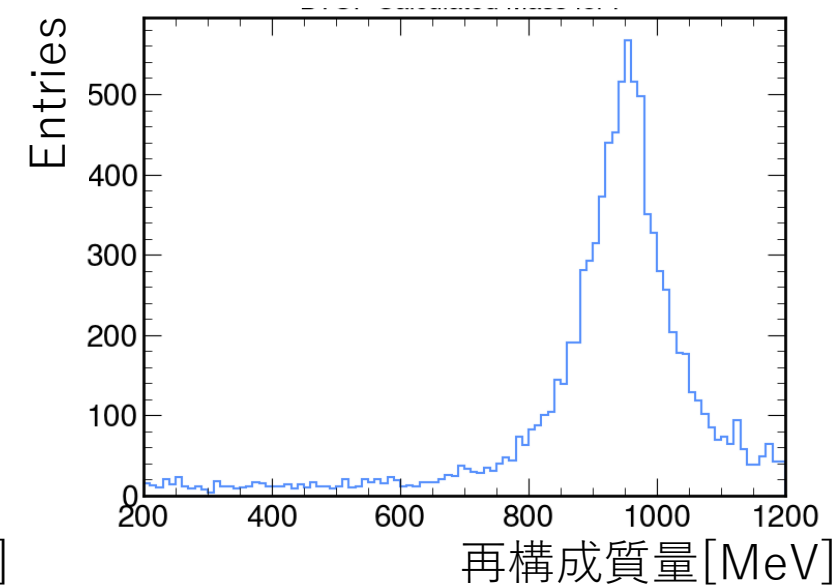
Barrel ToFでの質量分布 (π^\pm)



Barrel ToFでの質量分布 (k^\pm)



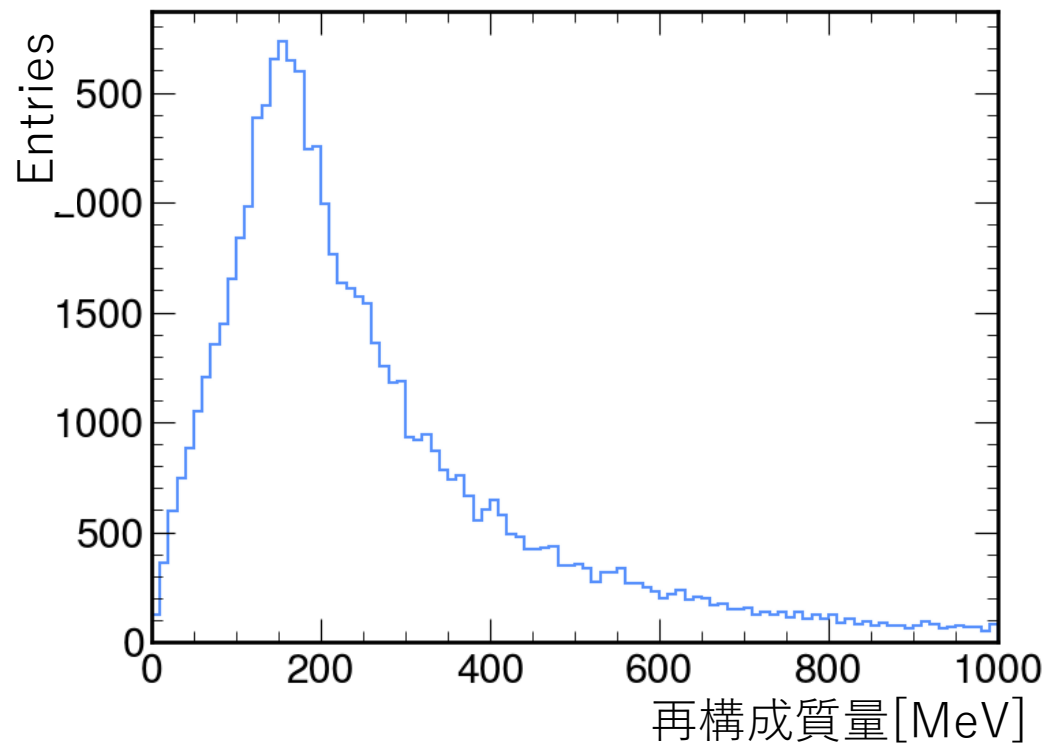
Barrel ToFでの質量分布 (p)



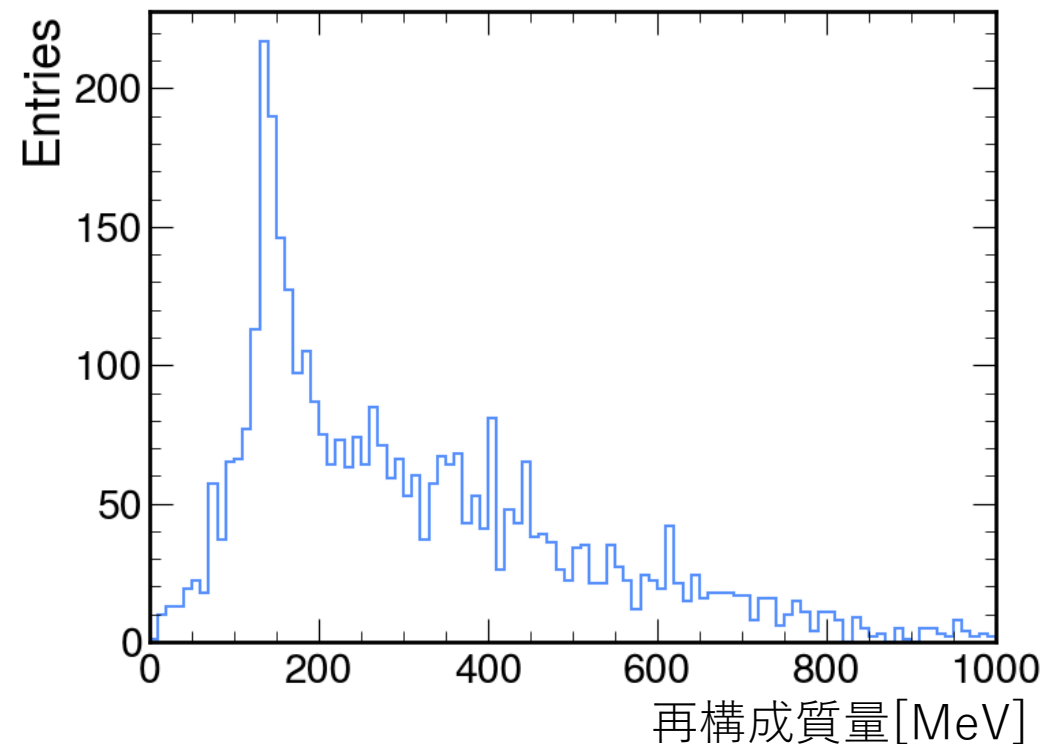
結果：Barrel ToFの質量再構成 DIS vs Single Particle

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

DISイベントでのBarrel ToFの再構成質量分布 (π^\pm)



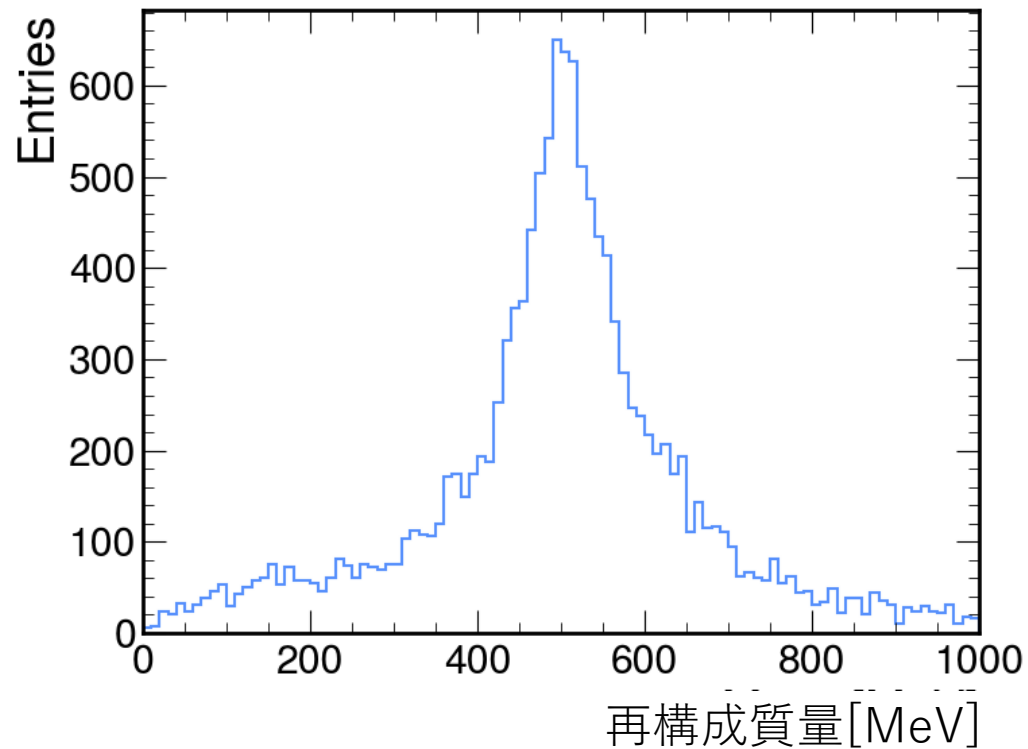
Single ParticleでのBarrel ToFの再構成質量分布 (π^-)



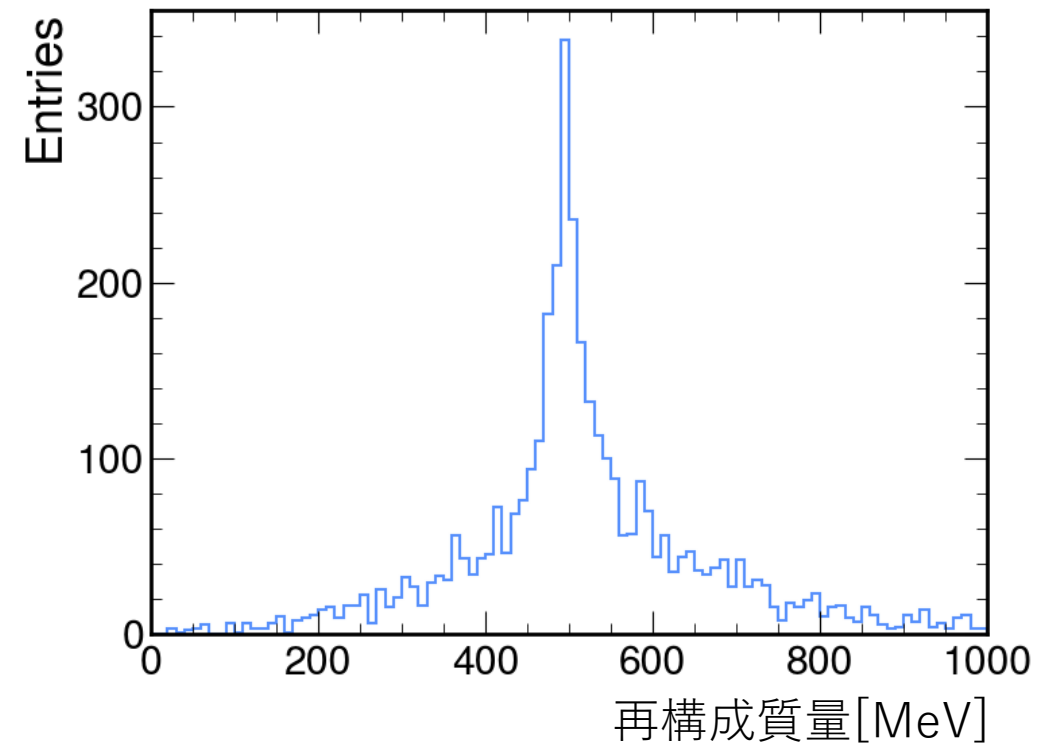
結果：Barrel ToFの質量再構成 DIS vs Single Particle

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

DISイベントでのBarrel ToFの再構成質量分布 (k^\pm)



Single ParticleでのBarrel ToFの再構成質量分布 (k^-)



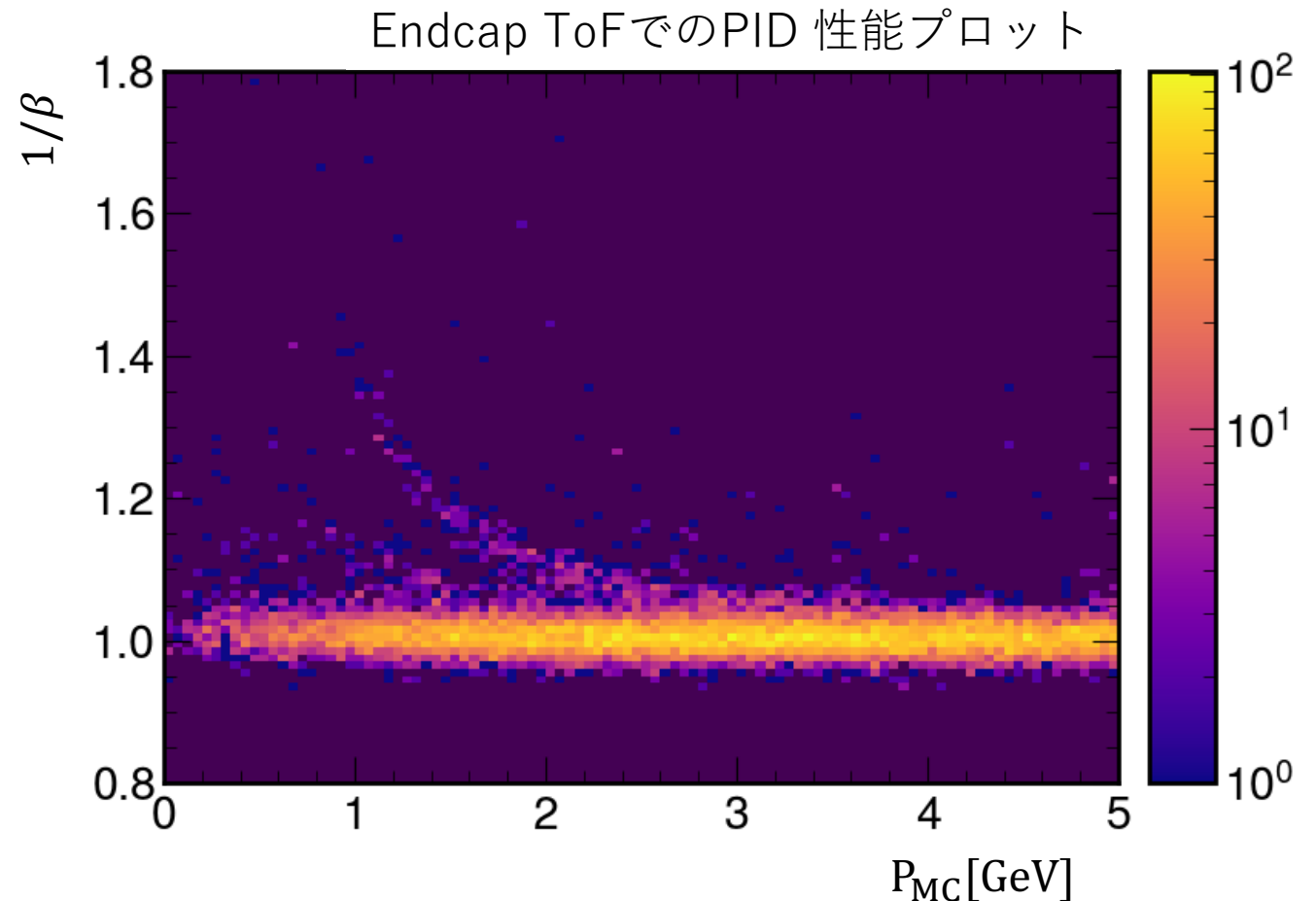
Single Particleの方がシャープになっている

結果：Endcap ToFでのPID性能

➤ PID 性能のプロット

粒子の速度 β

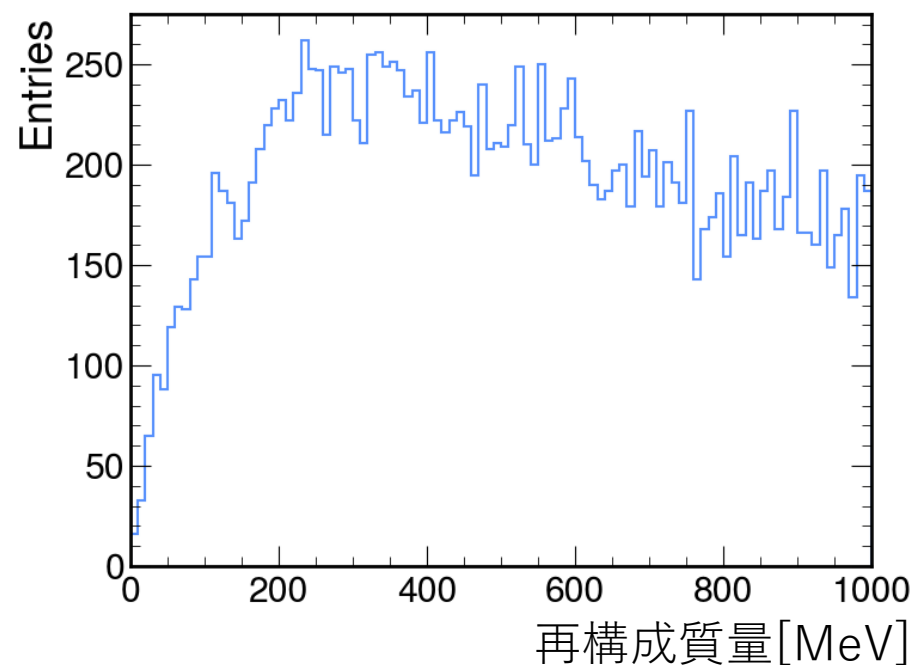
$$\beta = \frac{\text{Trackの長さ}}{\text{ToF検出器の測定時間}}$$



結果：Endcap ToFでの質量再構成

➤ 質量再構成のプロット

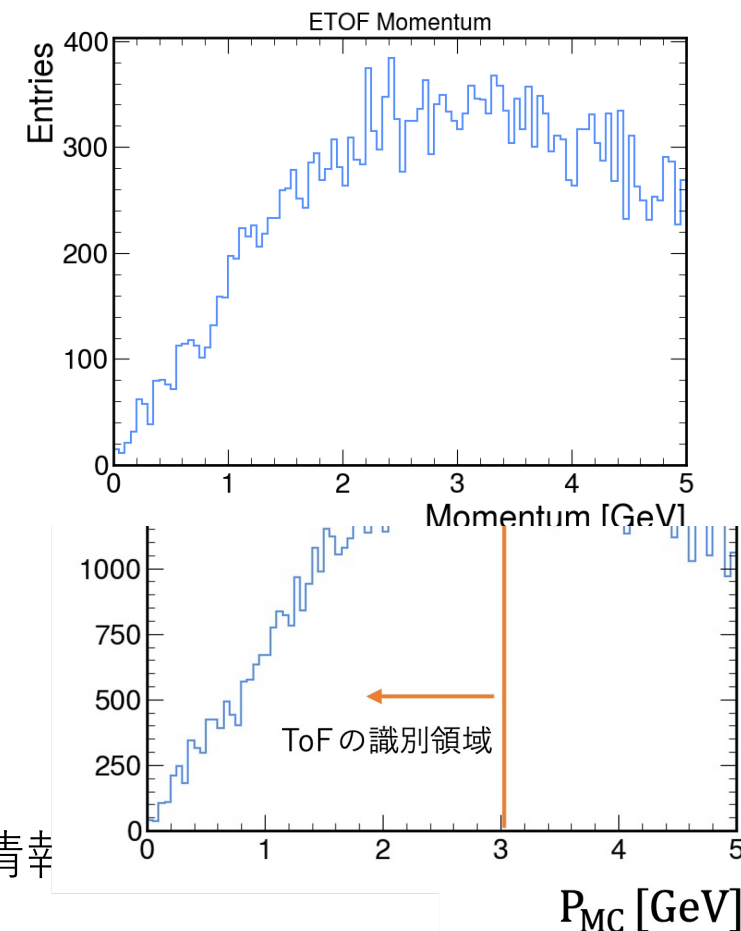
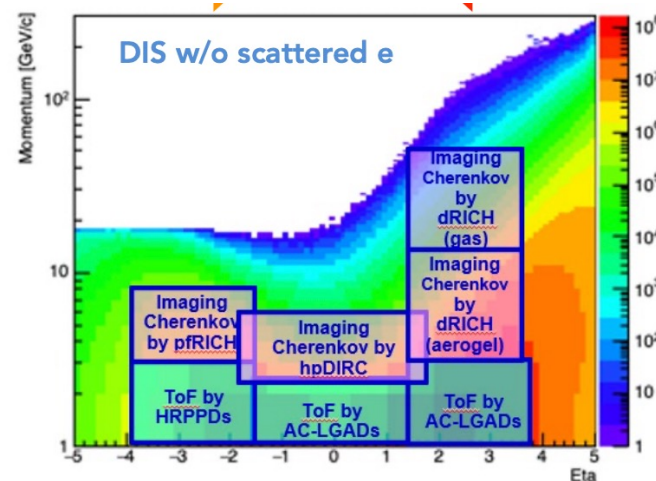
Endcap ToFでの再構成した質量分布



うまく質量再構成できていない

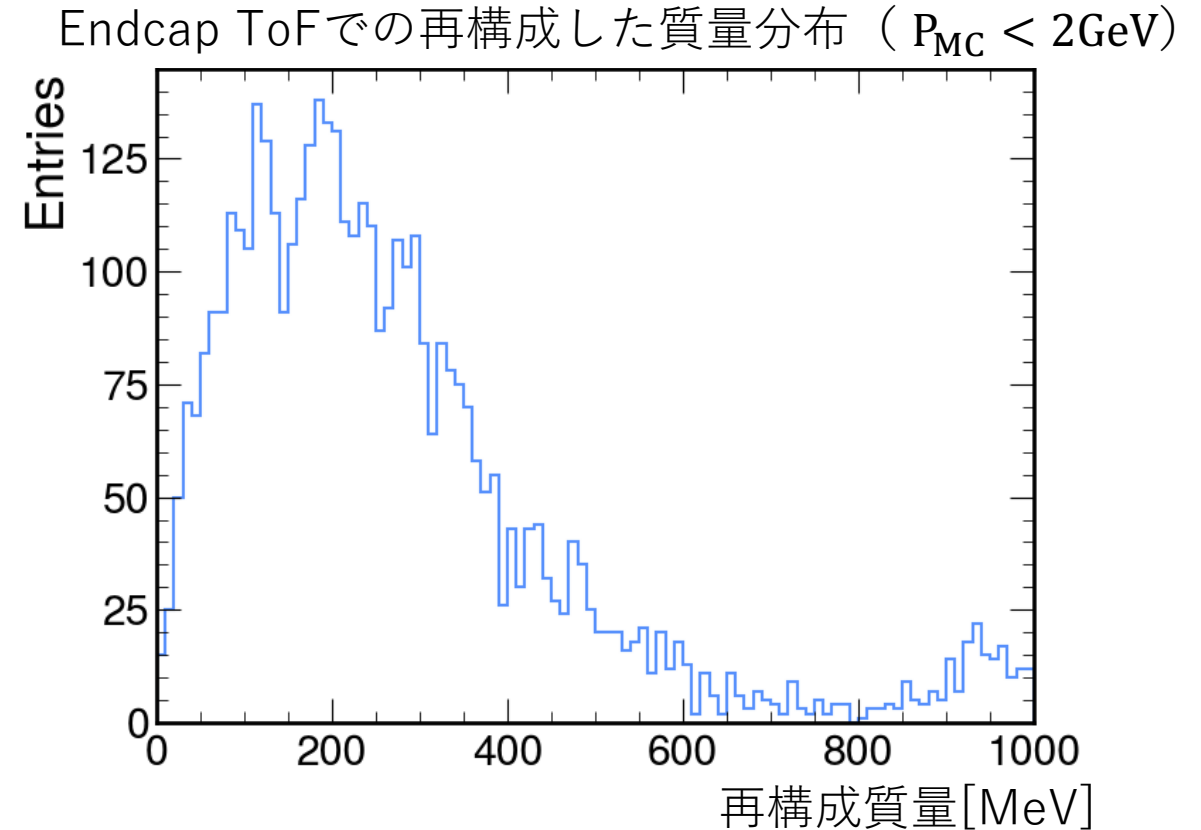
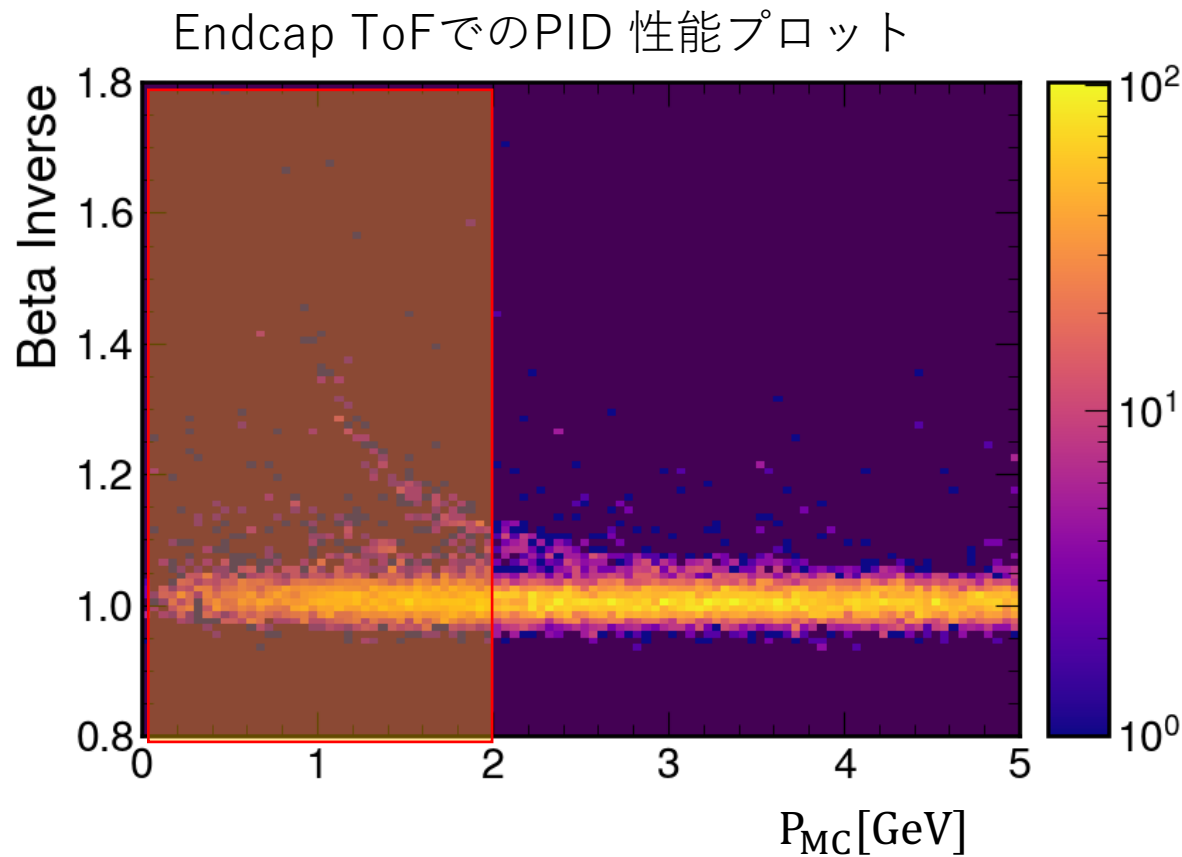
ToFの識別領域以外の運動量を持つヒットも多く含まれるため、ToFの情

各運動量領域における粒子識別検出器



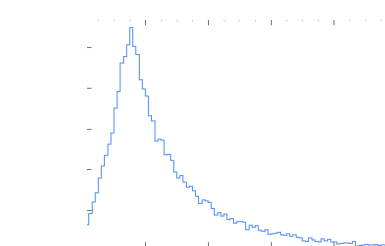
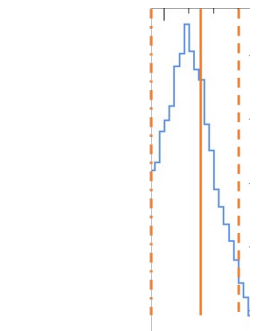
結果：Endcap ToFでの質量再構成（低運動量領域）

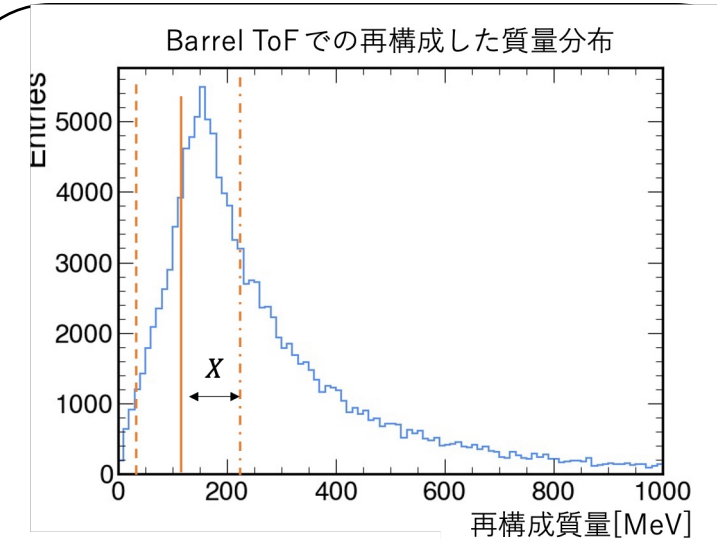
➤ PID 性能のプロット



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

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




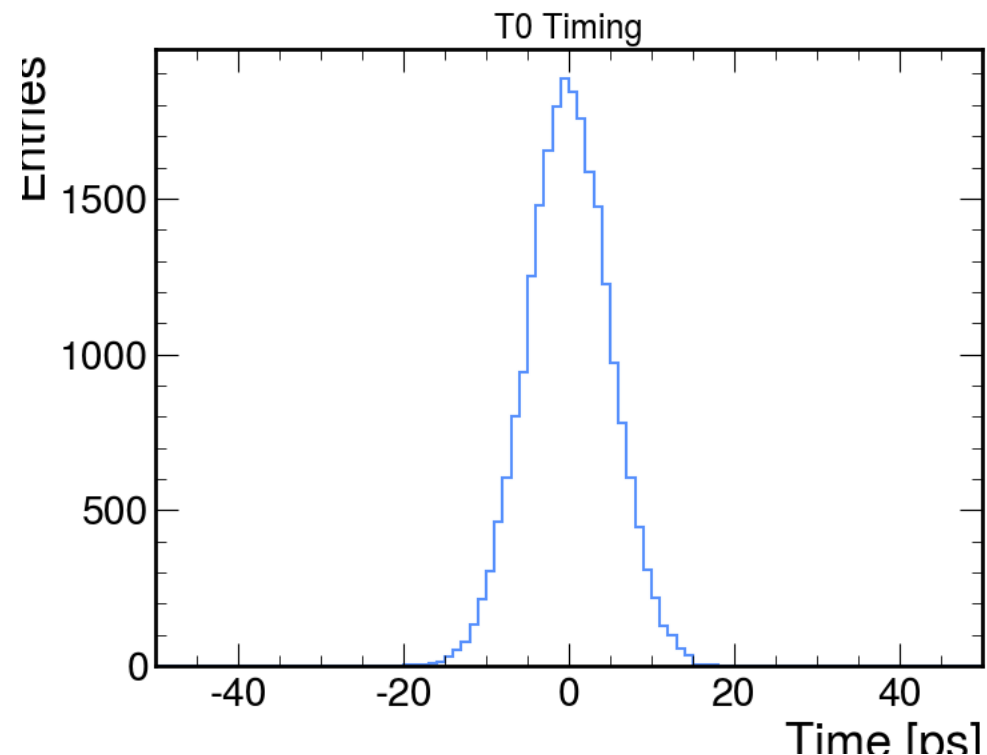
各粒子質量 $\pm X$ の範囲におけるPID性能を見る

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、

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

$$\text{粒子の質量 } m = \frac{P_{MC} \sqrt{1 - \beta_{T_0}^2}}{\beta_{T_0}}$$



ToF hit の測定時間の揺れを考慮に入れたPID性能の評価

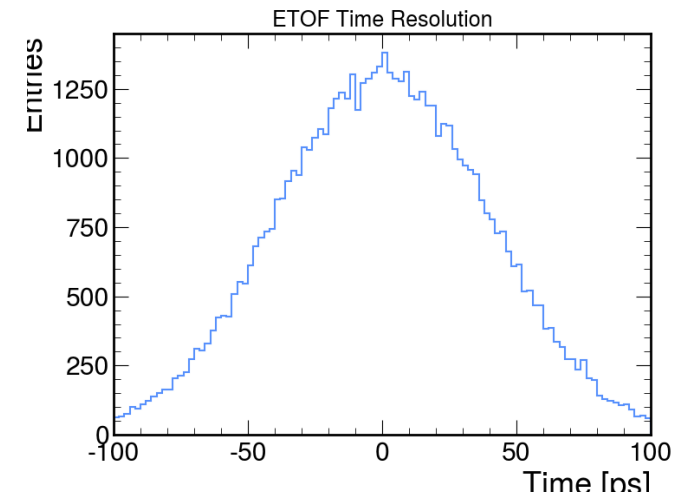
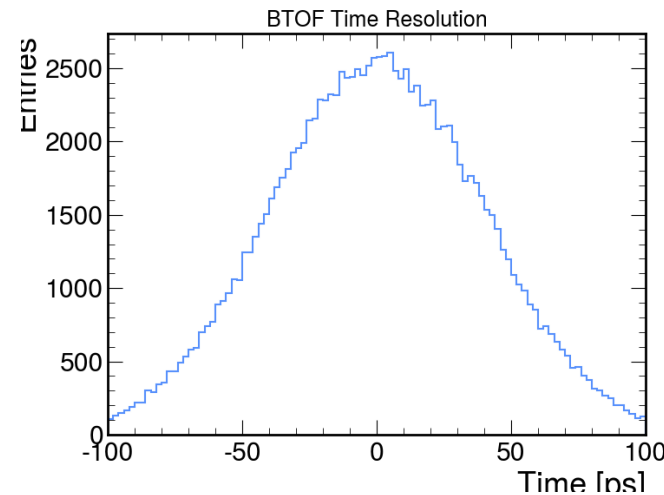
T_0 に加え、 ToF hit の測定時間の揺れを考慮するために
平均0、標準偏差40[ps]の正規分布になるように T_{jit} を与え、解析を行った

粒子の速度 $\beta_{T_{jit}}$

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

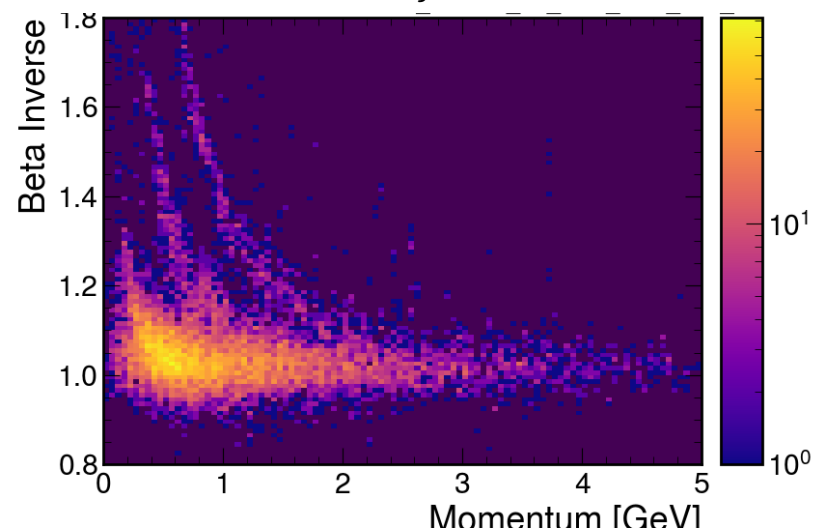
粒子の質量 m

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

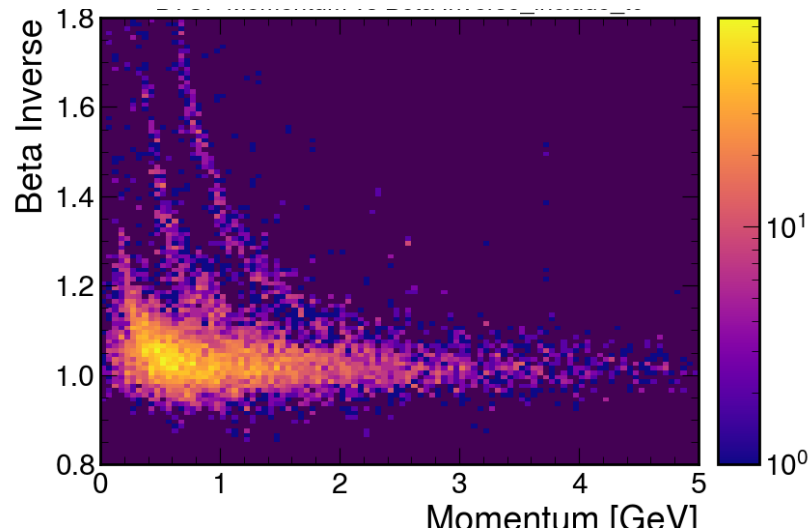


PID performance 比較

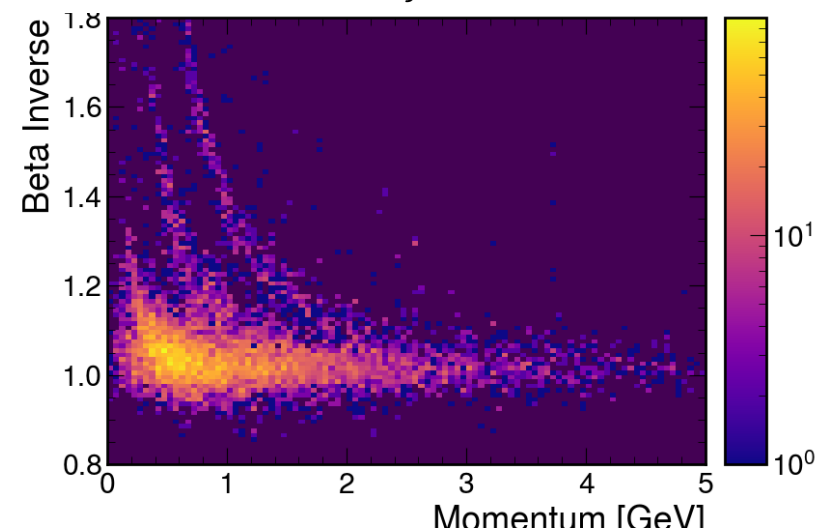
T_0, T_{Jit} あり



T_0 のみ



T_0, T_{Jit} なし



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
π^\pm ($39 < m < 239$ [MeV])	41.77 %	41.71 %	38.31 %
π^\pm ($0 < m < 239$ [MeV])	55.13 %	55.05 %	51.95 %
k^\pm ($393 < m < 593$ [MeV])	50.43 %	49.70 %	48.54 %
k^\pm ($293 < m < 693$ [MeV])	68.04 %	67.67 %	66.04 %
P ($838 < m < 1038$ [MeV])	60.10 %	60.40 %	57.55 %
P ($738 < m < 1138$ [MeV])	73.39 %	73.39 %	72.71 %

Barrel ToF momentum PID性能 ($p < 2$ [GeV])

	T_0, T_{Jit} なし	T_0 のみ	T_0, T_{Jit} あり
π^\pm ($39 < m < 239$ [MeV])	46.21 %	48.10 %	44.70 %
k^\pm ($393 < m < 593$ [MeV])	60.91 %	59.45 %	59.42 %
P ($838 < m < 1038$ [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
π^\pm ($39 < m < 239$ [MeV])	7.05 %	7.56 %	6.877 %
π^\pm ($0 < m < 239$ [MeV])	11.99 %	13.80 %	11.68 %
k^\pm ($393 < m < 593$ [MeV])	10.72 %	9.60 %	10.87 %
k^\pm ($293 < m < 693$ [MeV])	18.87 %	19.49 %	18.61 %
P ($838 < m < 1038$ [MeV])	12.71 %	15.84 %	11.85 %
P ($738 < m < 1138$ [MeV])	21.00 %	24.28 %	20.04 %

Endcap ToF momentum PID性能($p < 2$ [GeV])

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

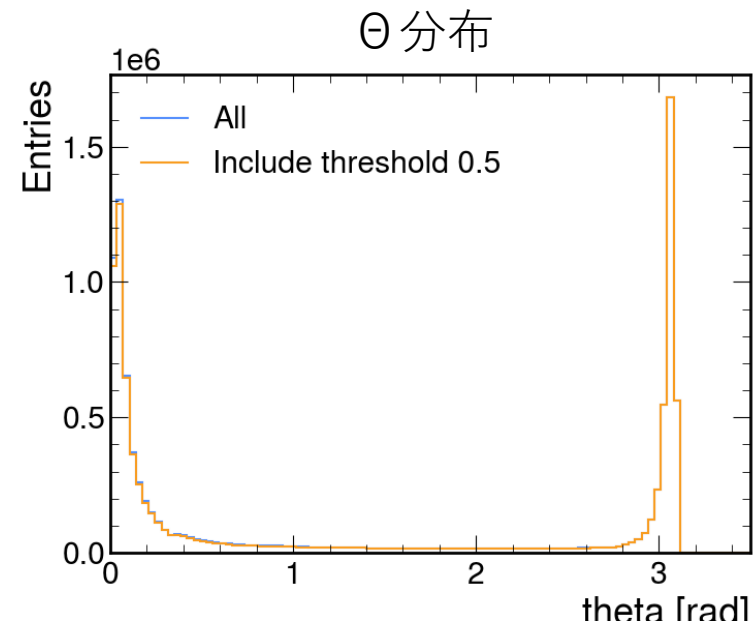
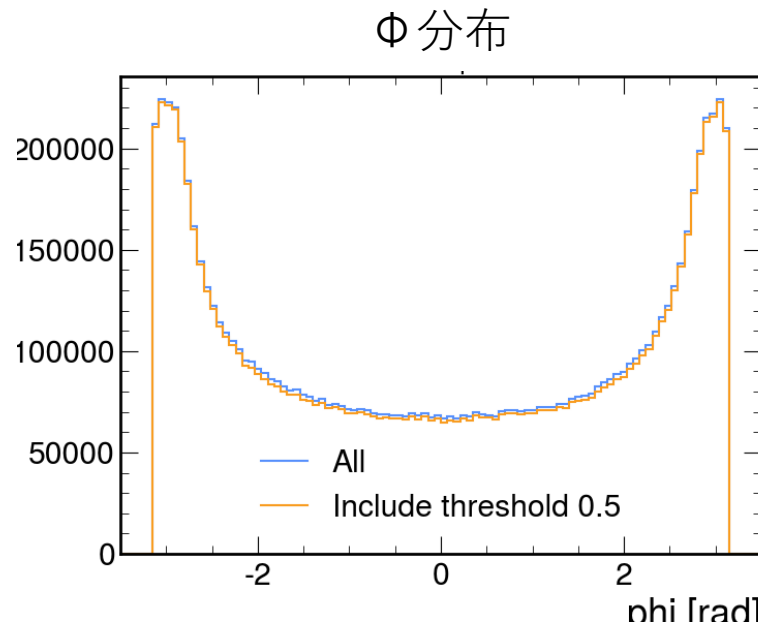
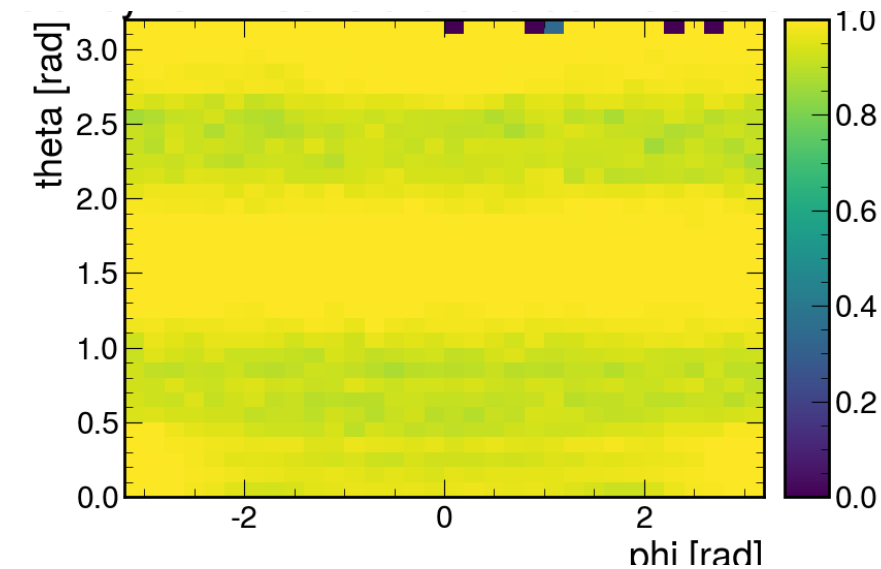
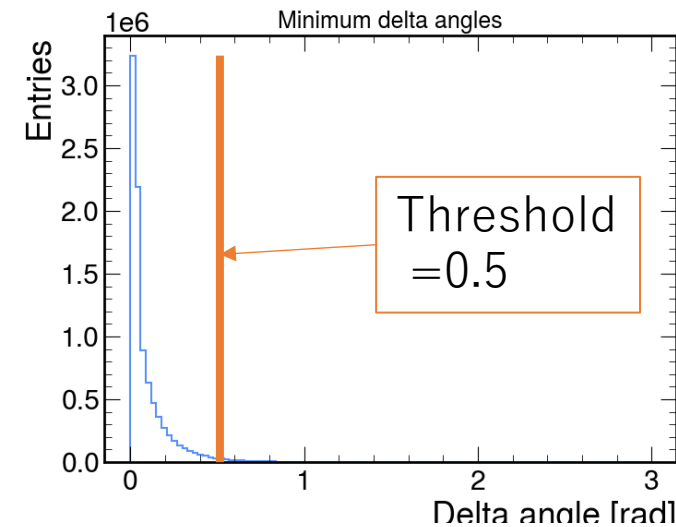
➤ 先週算出したMCとTrackのマッチングの方法やプロットを一部修正した

- 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
- プロットのビン幅変更： $100 \rightarrow 32$
- 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 : $\frac{\text{マッチしたトラック数}}{\text{全トラック数}} = 98.1\%$

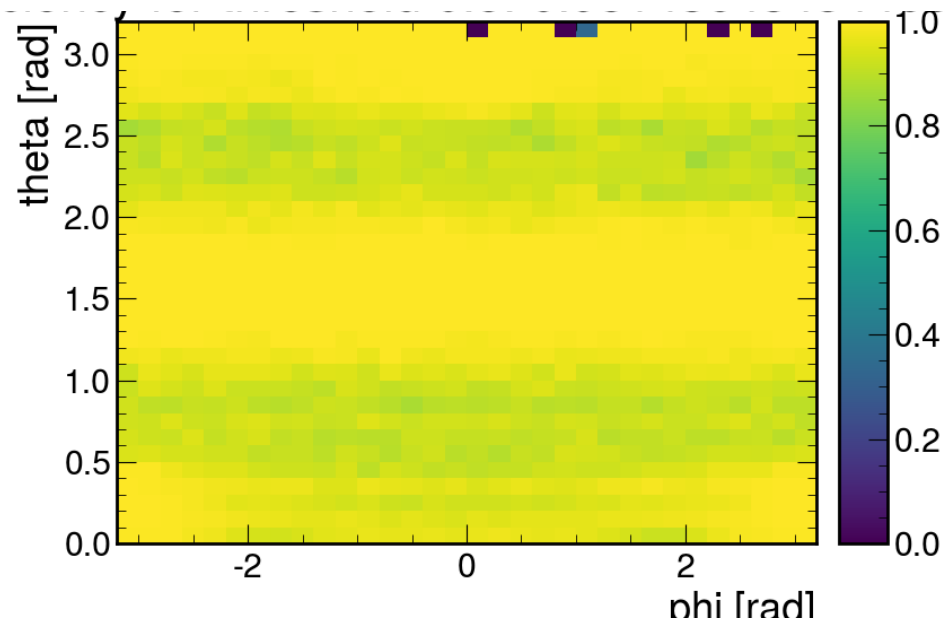


MCとTrackのマッチング

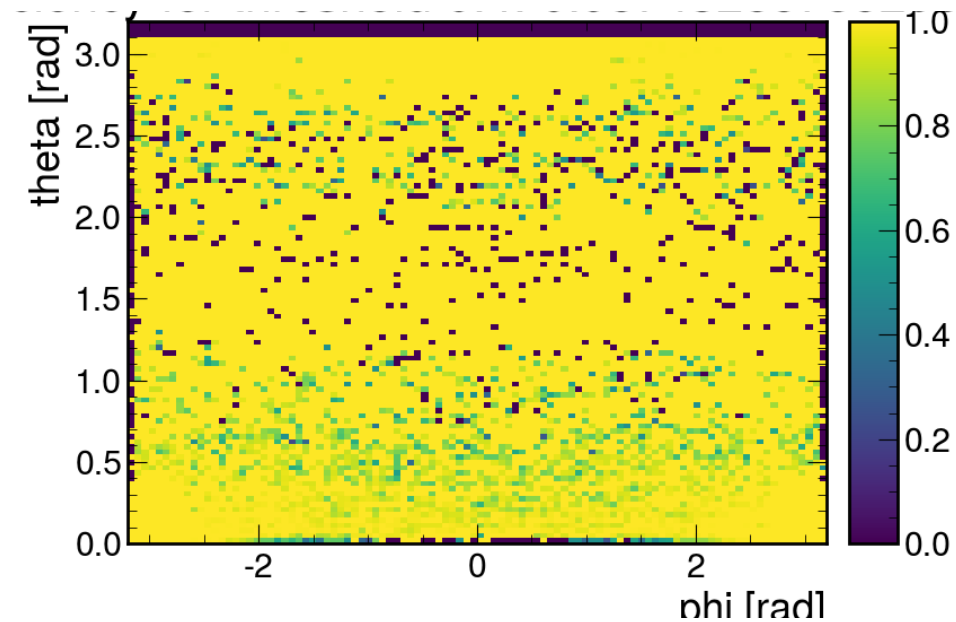
➤ 先週の結果との比較

	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%

今週の結果

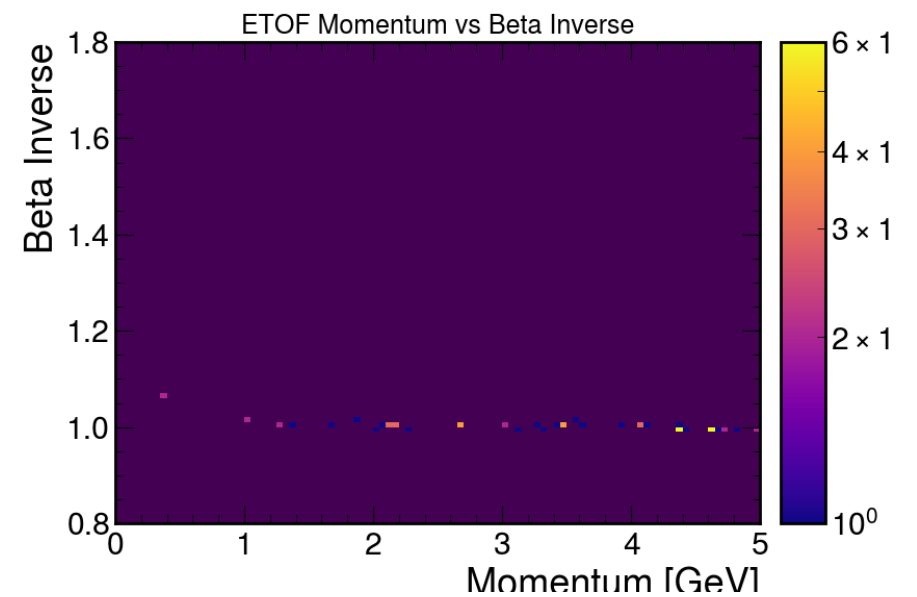
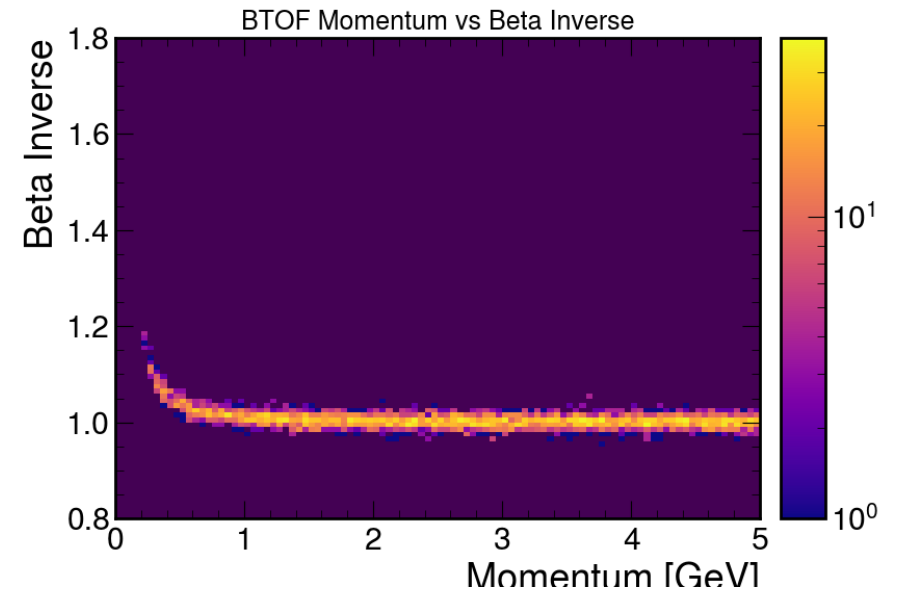
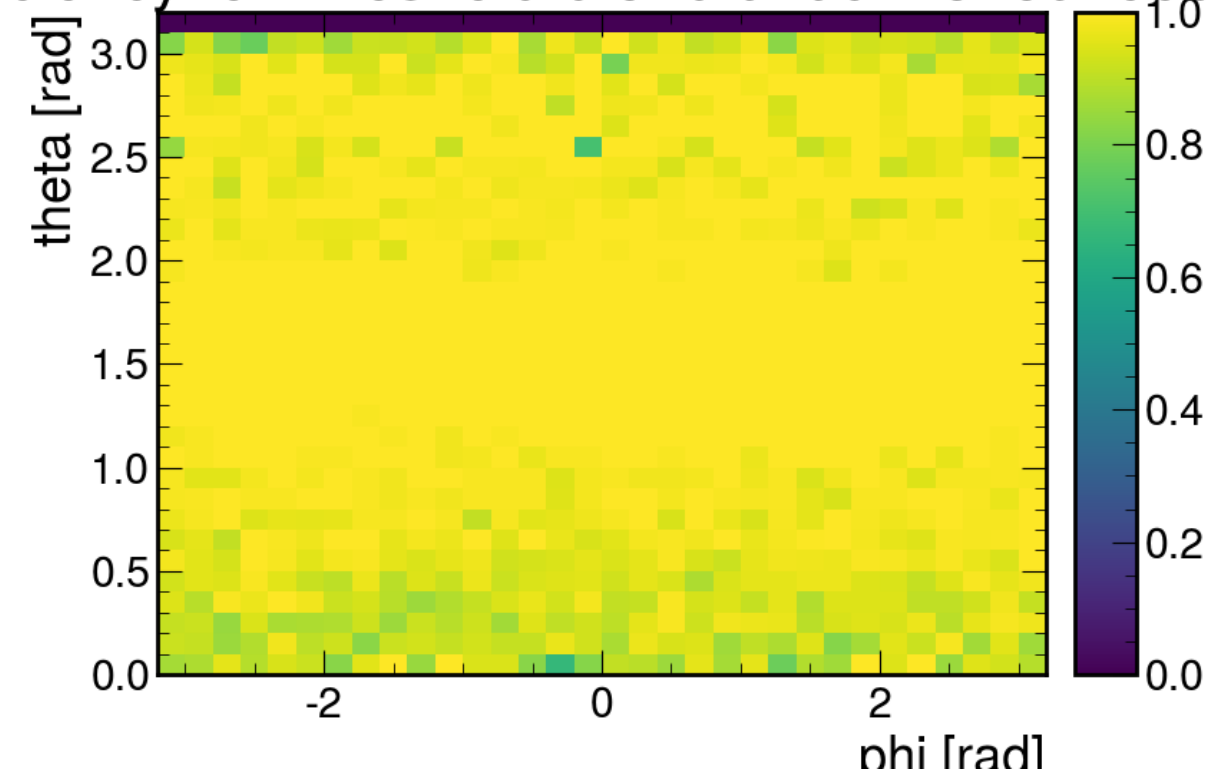


先週の結果



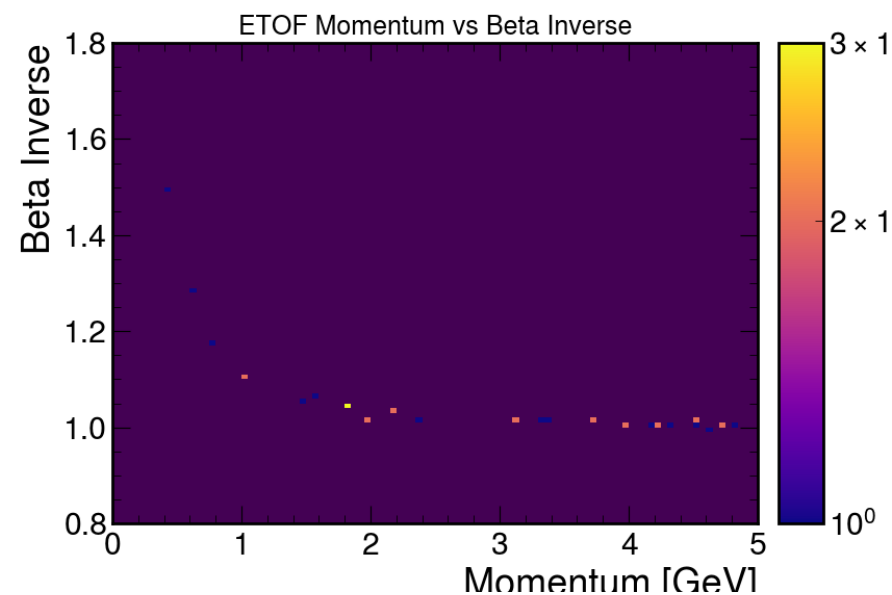
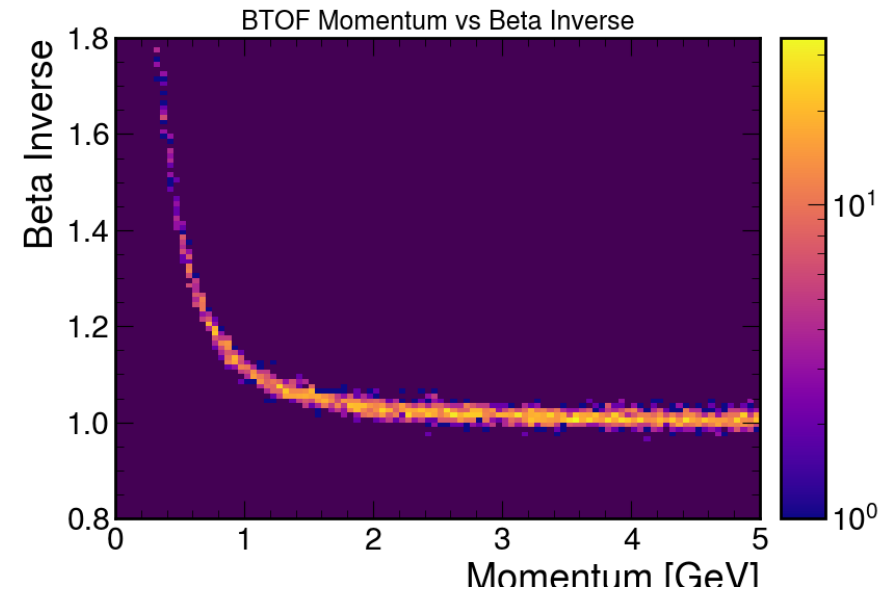
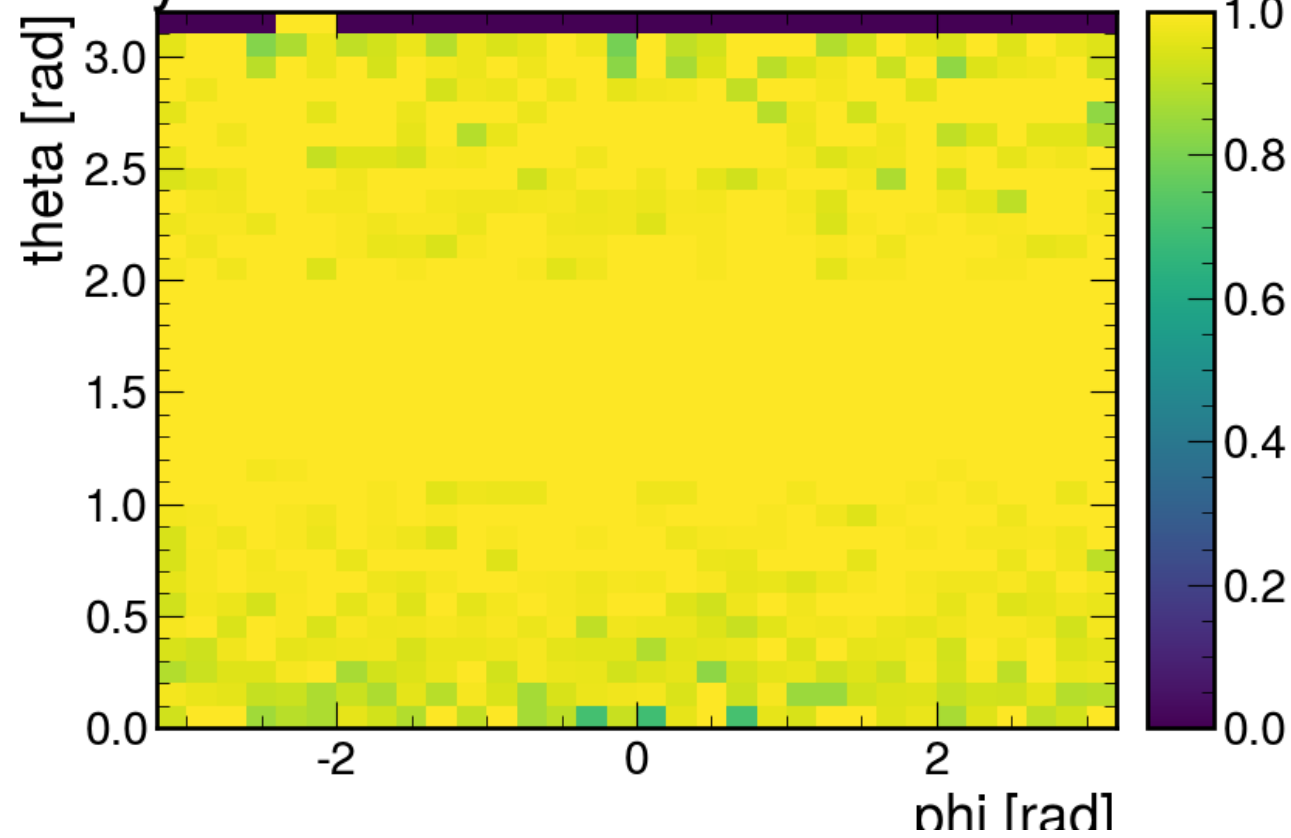
Single particle の結果 π^-

ciency for threshold 0.5: 0.979642378926662

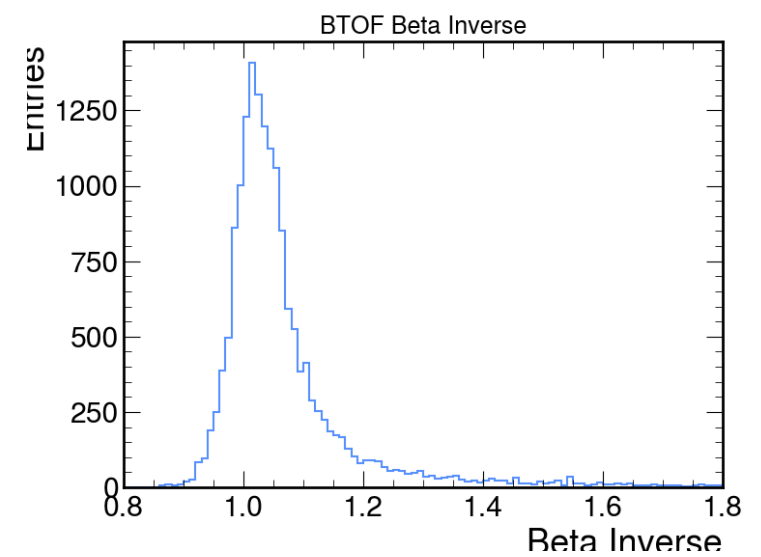
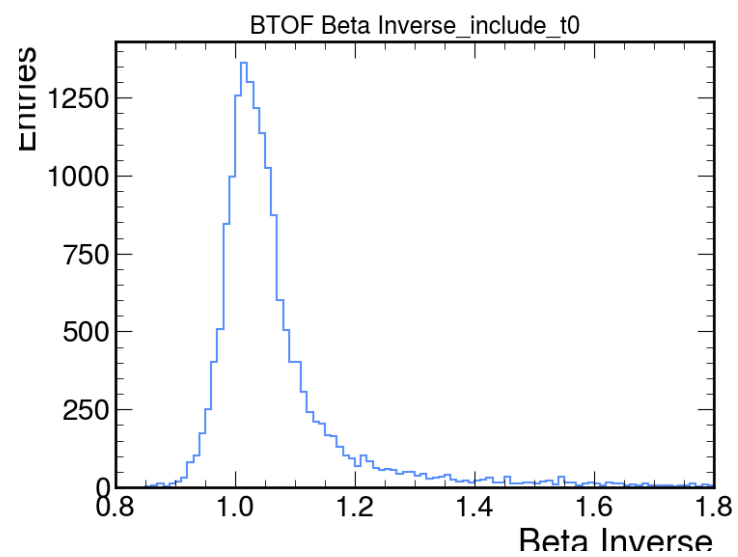
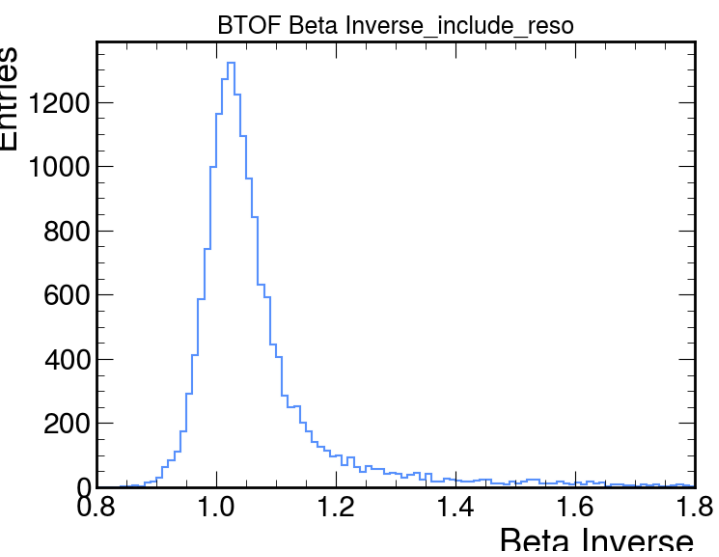


Single particle の結果 k^-

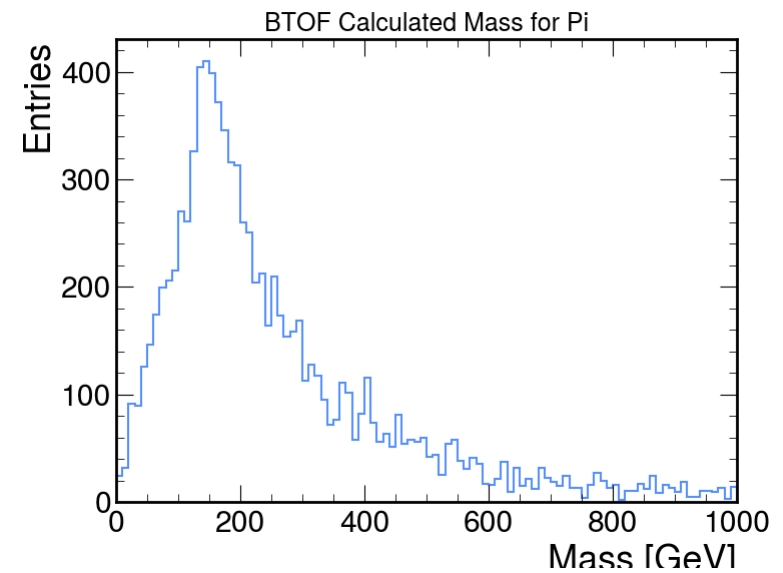
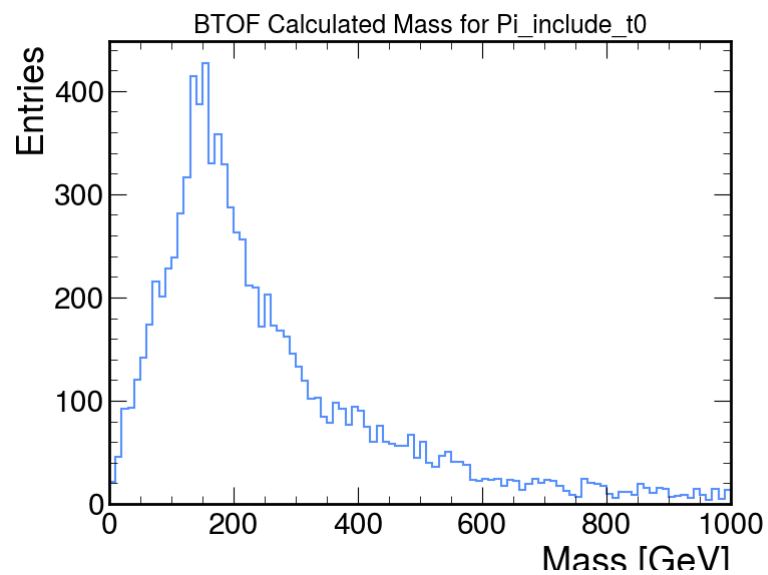
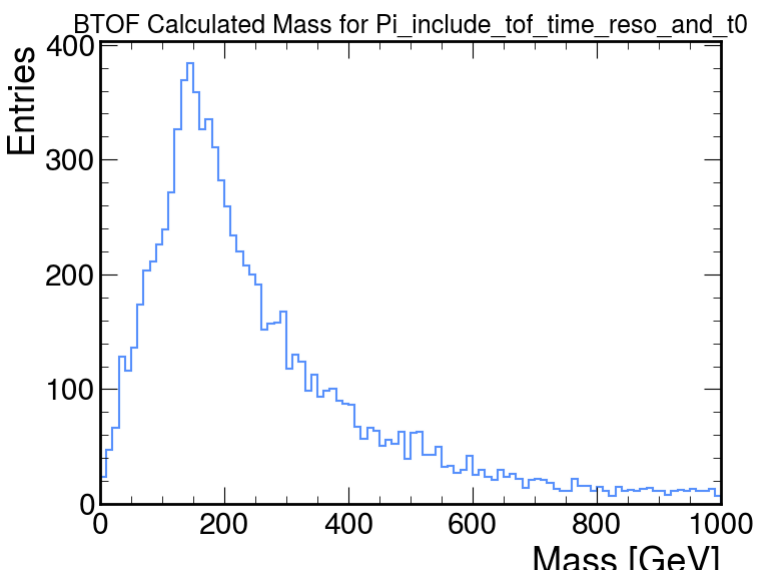
ciency for threshold 0.5: 0.98601120693081



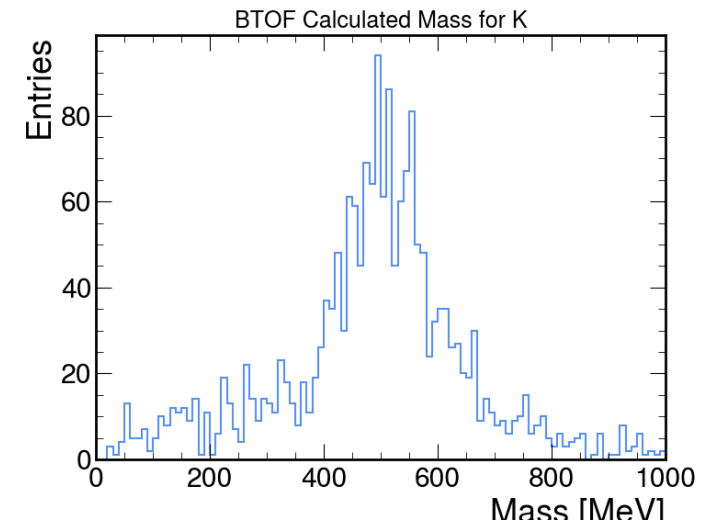
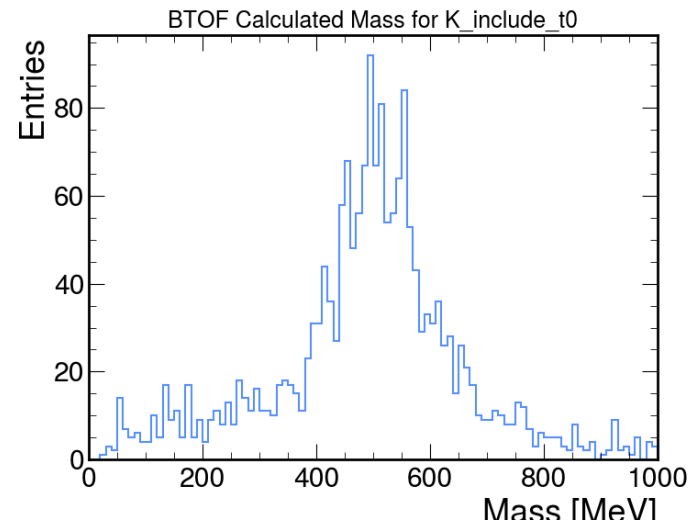
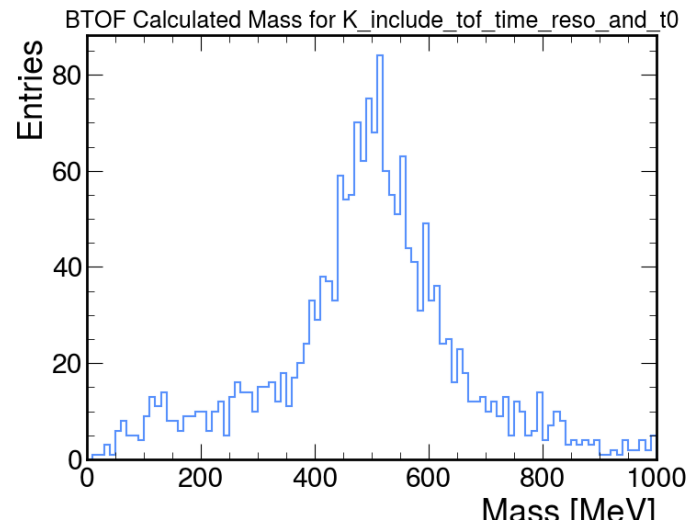
$1/\beta$ の結果



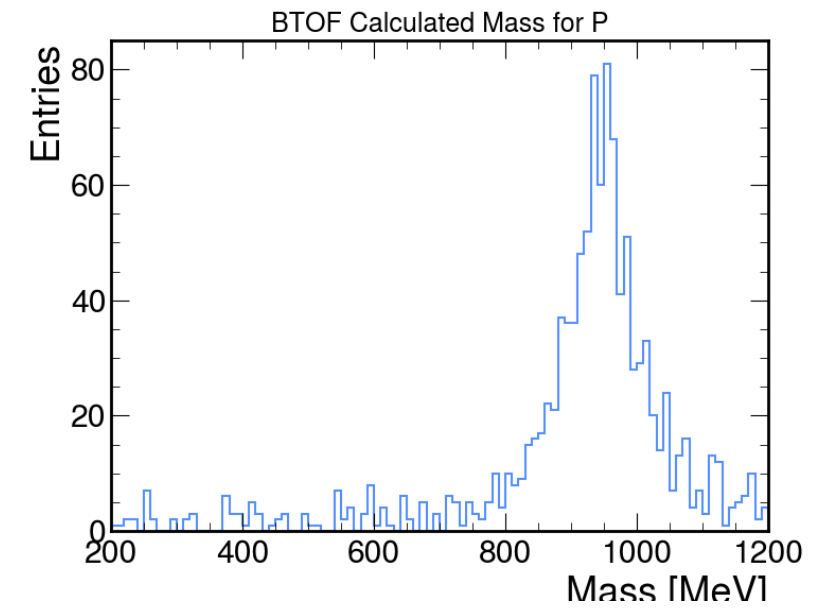
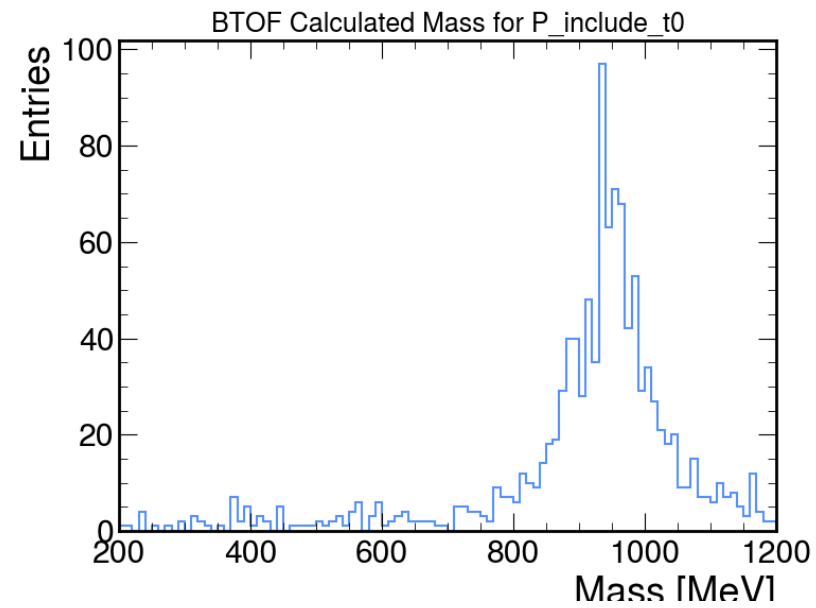
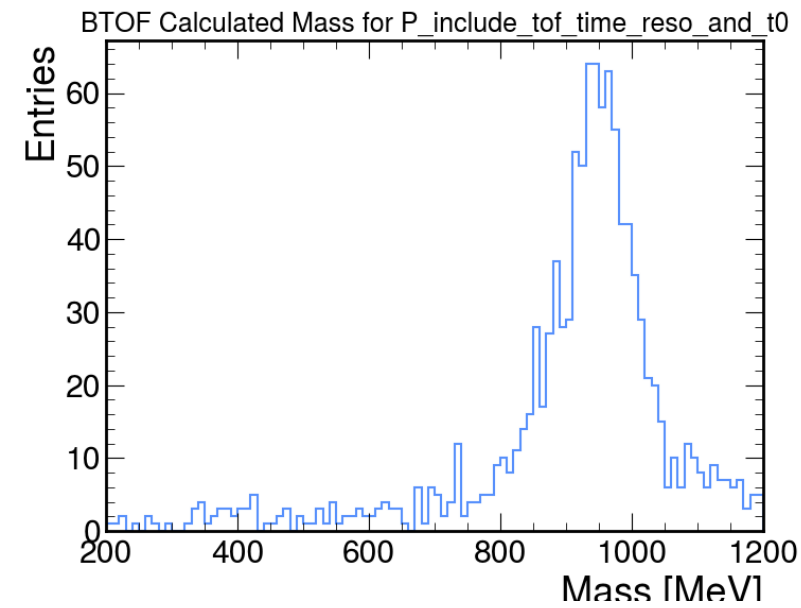
再構成した質量の結果 π



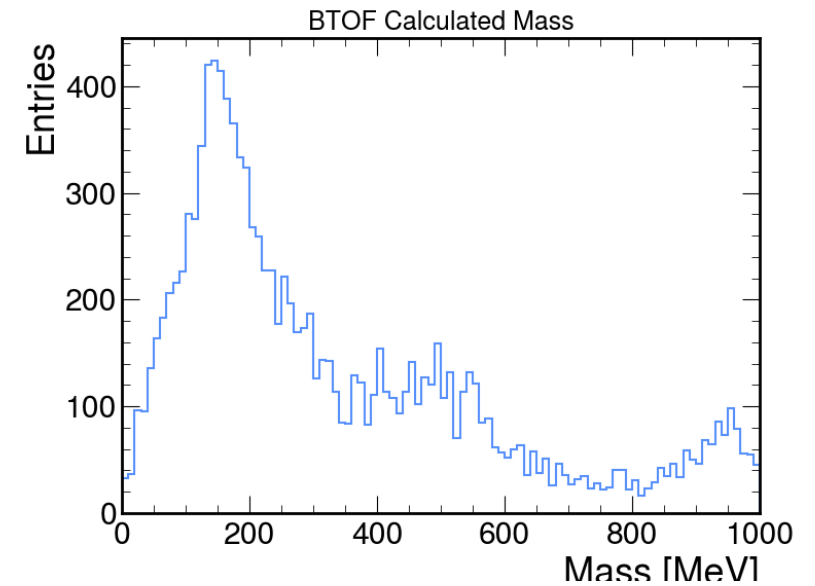
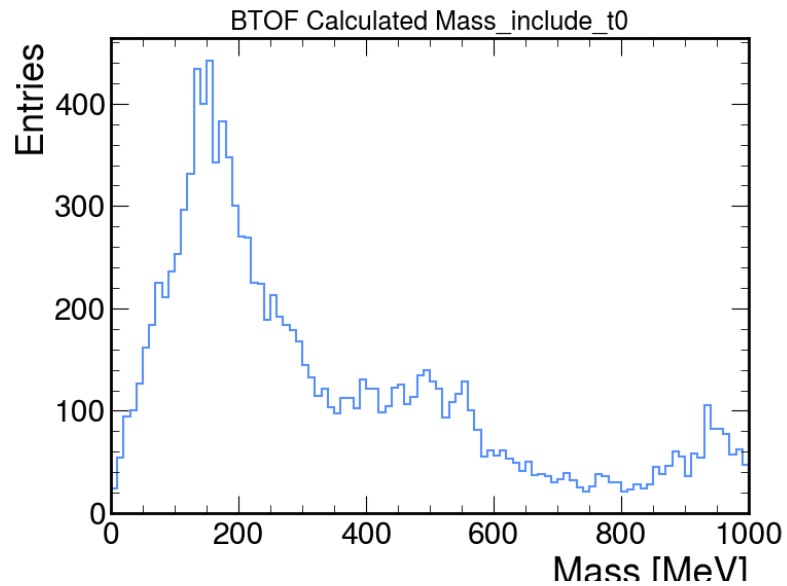
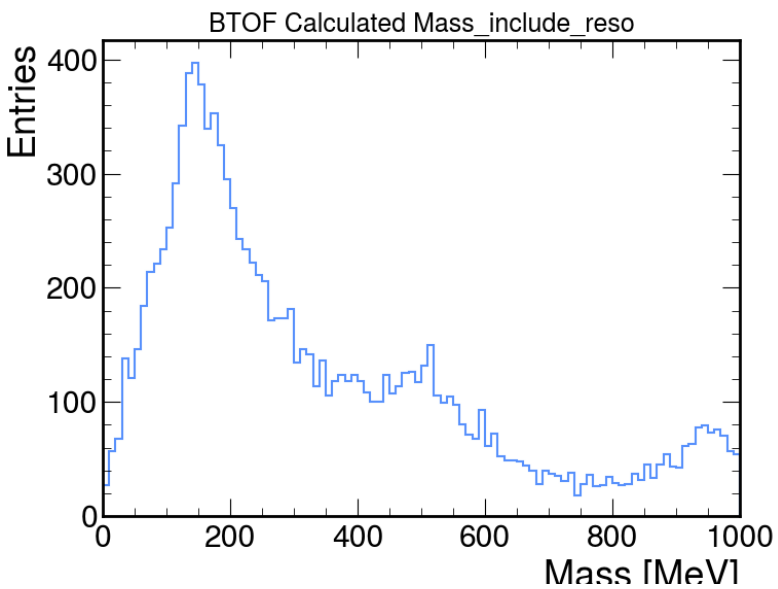
再構成した質量の結果 k



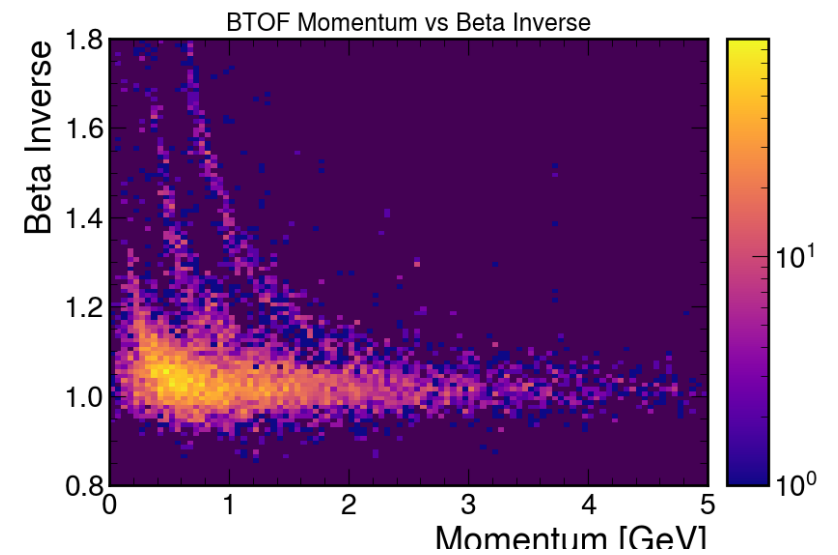
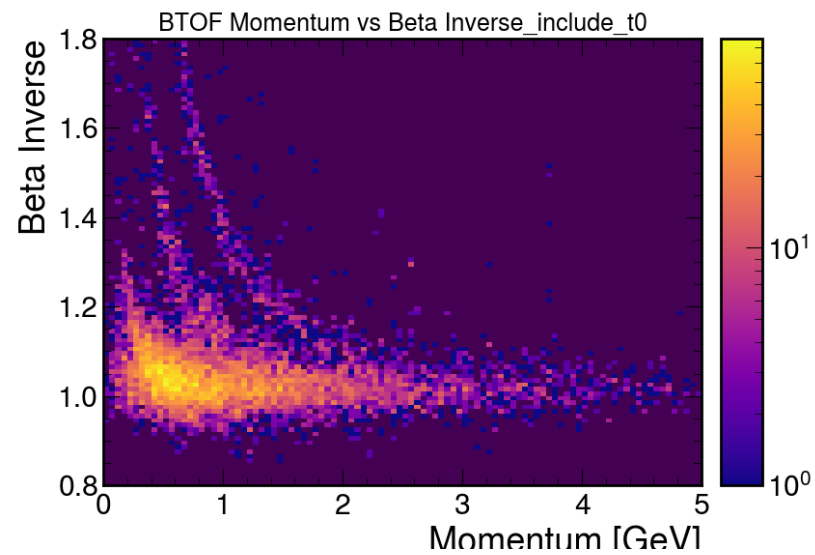
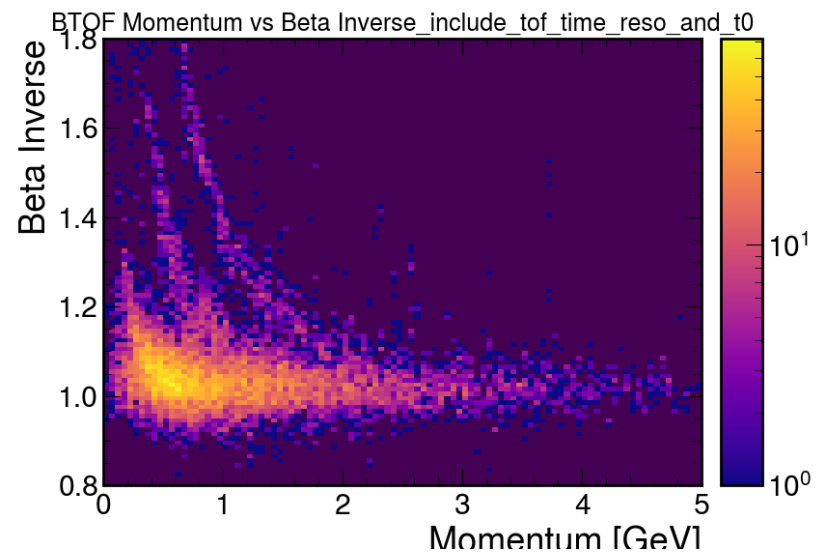
再構成した質量の結果 p



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