

INTT クラスタ一検出効率 進捗報告

宍倉遼太

概要

RHIC の陽子 + 陽子衝突環境下でINTT 実機が同様の高検出効率を
発揮できているか検証する。

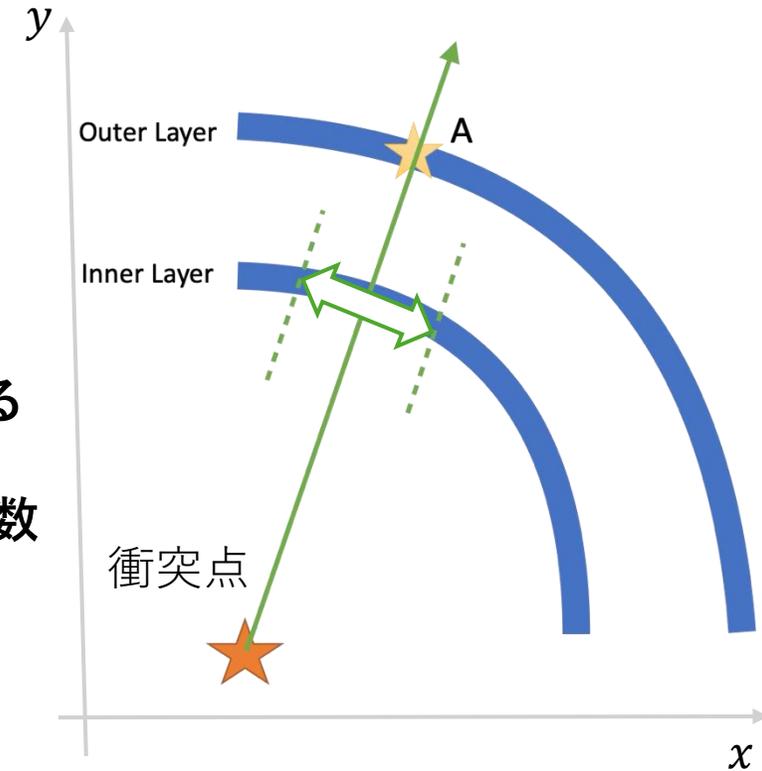


ビームテストの時とは異なり、INTT実機は**2層**しかない。
第3のヒットポイントとして**衝突点**を使用して検証中

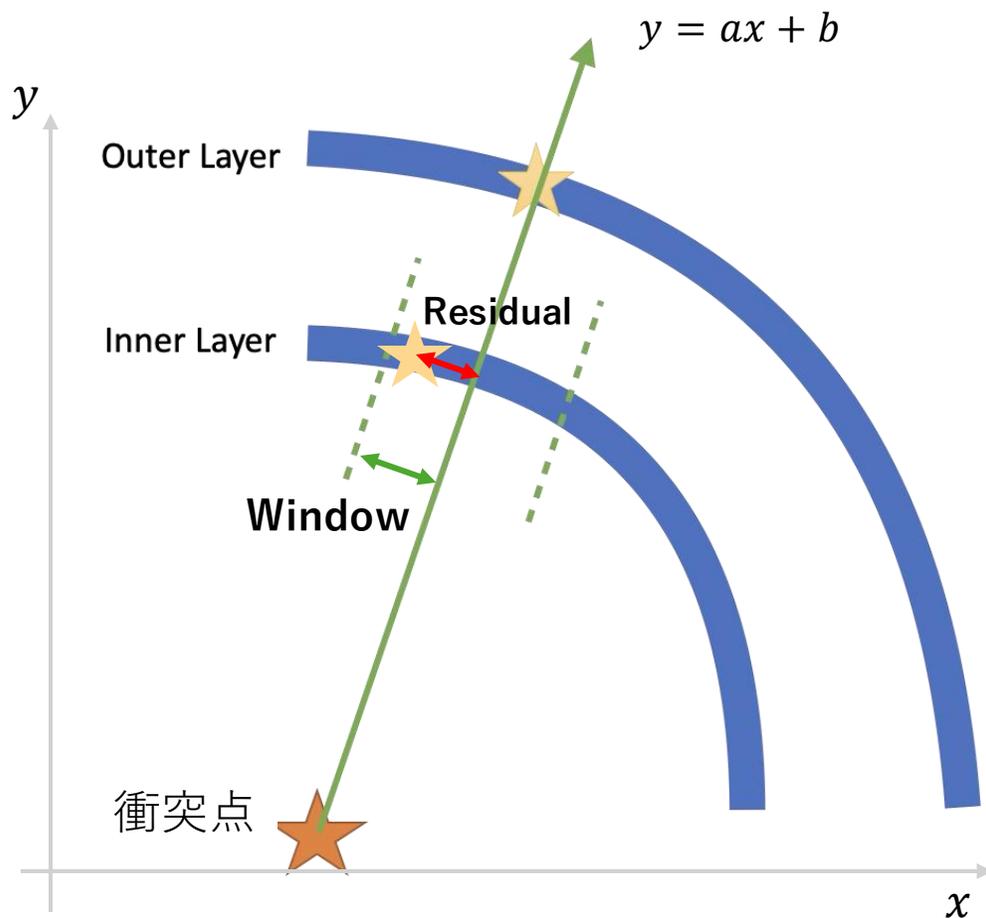
現在はシミュレーションで検証中

方法

1. 単一イベント内で外側層のクラスターの座標を取得する
2. 衝突点とクラスターAから、内側レイヤーで期待される範囲を特定する
3. 期待範囲内のクラスターの有無を確認し、それぞれの場合のクラスター数を数え検出効率を計算する。



2. 衝突点とクラスタAを結び、内側レイヤーで期待される範囲の設定

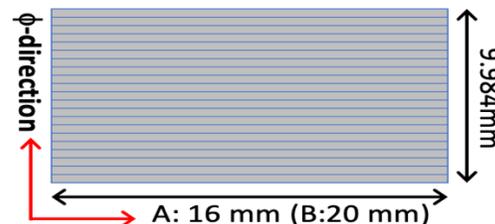


1. Outer Clusterと衝突点を通る直線を求める。
2. 直線とInner Clusterとの残差 (*Residual*) を以下の式から求める。

$$Residual = \left| \frac{a \cdot x_{in} - y_{in} \cdot b}{a^2 - 1} \right|$$

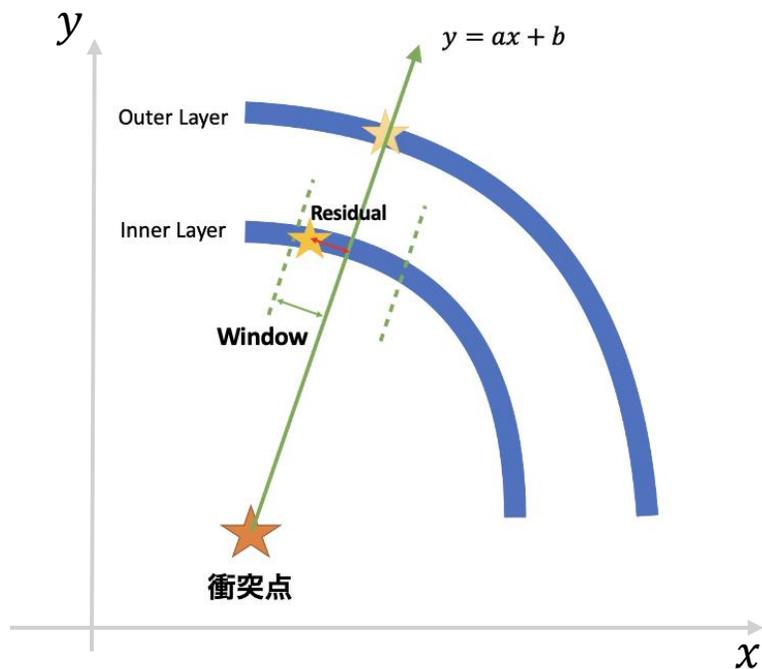
3. 期待される範囲 (*window*) を設定する。
今回はシリコンストリップ幅を元に設定した。

$$window = 78\mu m \cdot i \quad (i = 1, 2, 3, \dots)$$



シリコンストリップセンサー
厚さ 320 μm
ストリップ幅 78 μm
計128本のストリップ

3. 期待範囲内のクラスタの有無を確認し、それぞれの場合のクラスタ数を数える



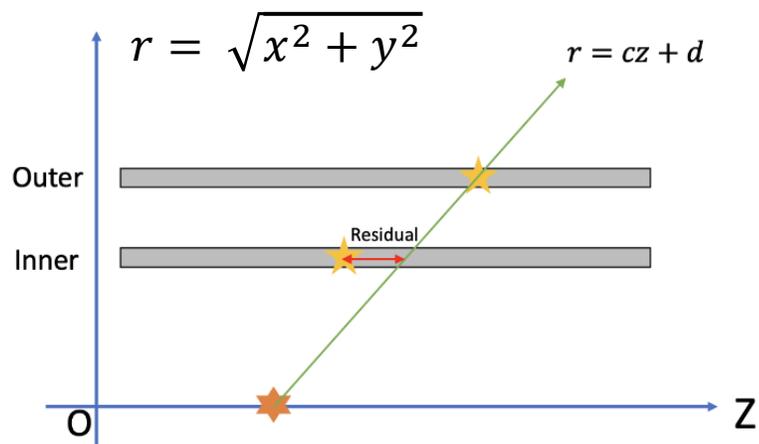
1. XY 平面、RZ 平面のresidual d_{xy} , d_z から以下の式の d^2 が最小となるInner Clusterクラスターを選択する。

$$d^2 = \left(\frac{d_{xy}}{\sigma_{xy}}\right)^2 + \left(\frac{d_z}{\sigma_z}\right)^2$$

σ_{xy} : x-y 平面におけるINTTセンサーの分解能 $78 \mu m$
 σ_z : z軸における INTT センサーの分解能 $20 mm$

選択した際にInner Clusterにタグ付けし、再度カウントされないようにする。

2. XY平面で期待範囲内($Residual < window$)にInner clusterが存在した際のOuter Clusterを N_{yes} としてカウントする。



3. 範囲内にInner clusterがない場合のOuter clusterを N_{no} としてカウントする。

検出効率 $\varepsilon = \frac{N_{yes}}{N_{yes} + N_{no}}$

使用したシミュレーション

シンプルなシミュレーション

- 一粒子(μ^-)/event
- $P_T = 200\text{MeV}$ または 1 GeV
- イベント数: 10K イベント
- 磁場: なし
- 入射位置: 固定 $(x, y, z) = (0, 0, 0)\text{cm}$
- 入射方向: $\phi = 0\text{ rad}$, $\eta = 0$ または 0.5
- Dead channelなし

二つのシミュレーションで
アルゴリズムを評価

本番環境に近いシミュレーション

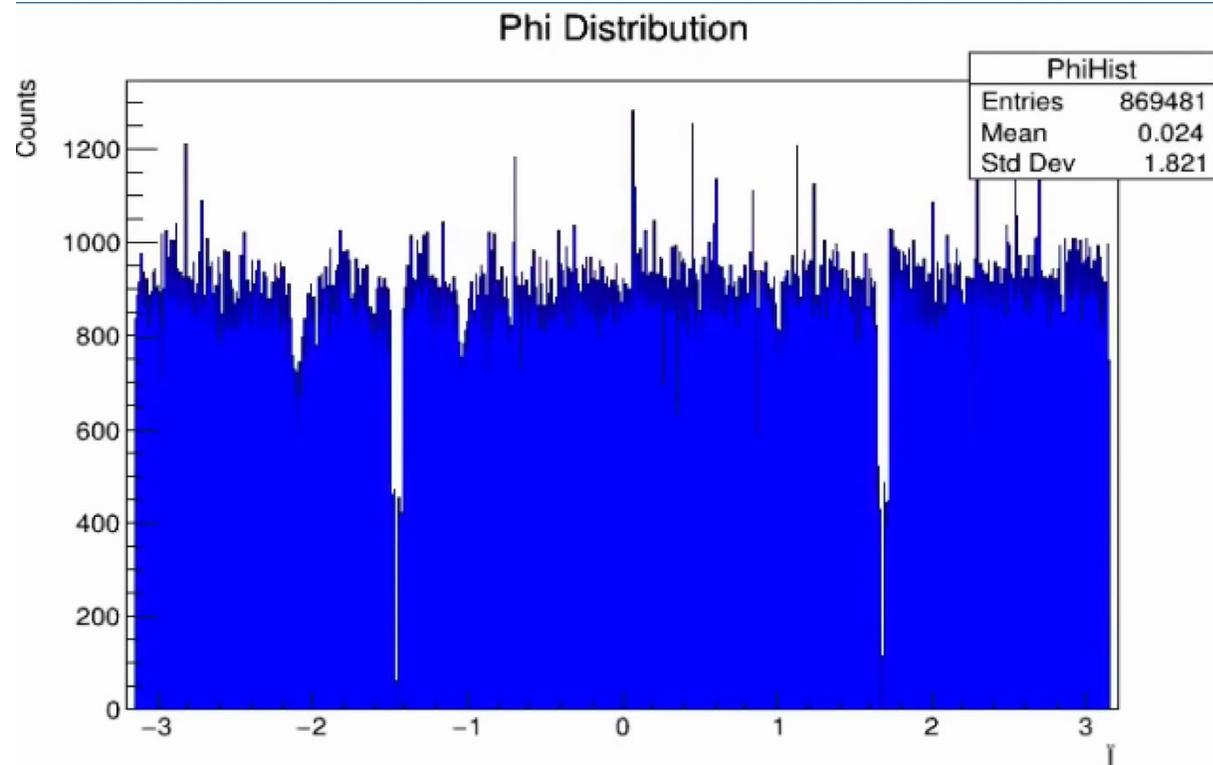
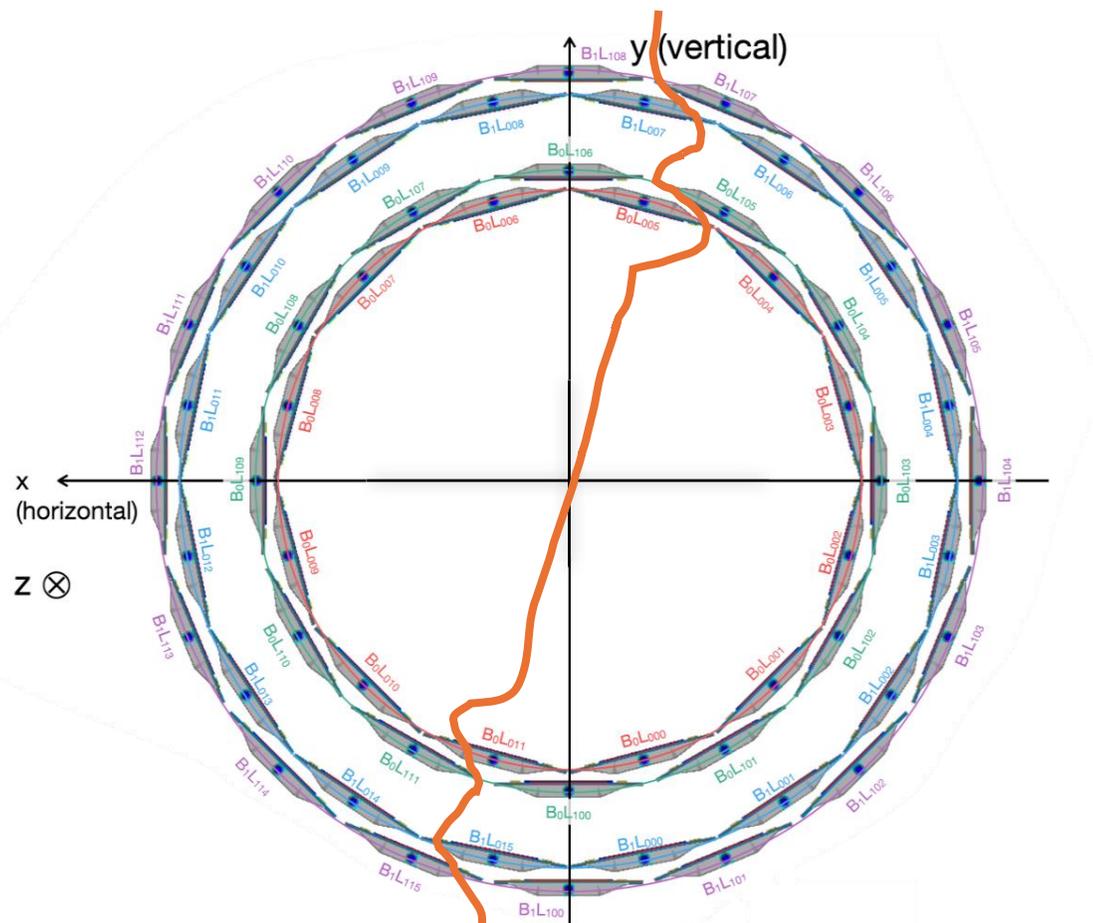
- PYTHIA8
- イベント数: 10K イベント
- 磁場: なし
- 入射位置: 固定 $(x, y, z) = (0, 0, 0)\text{cm}$
- Dead channelなし

使用したシミュレーション

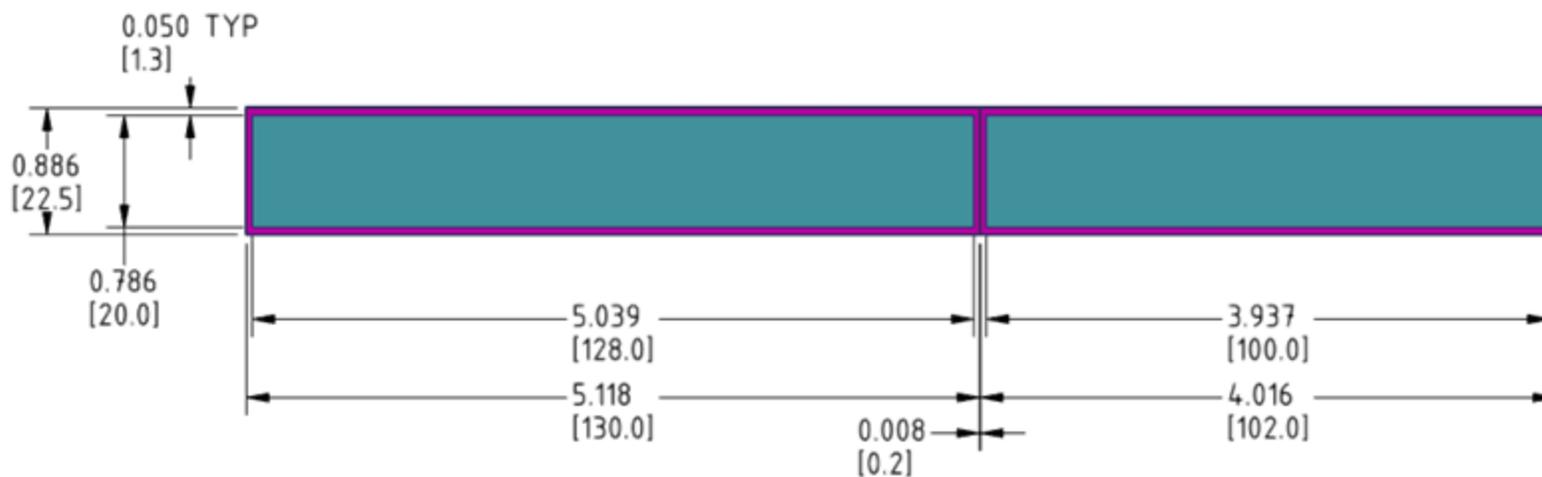
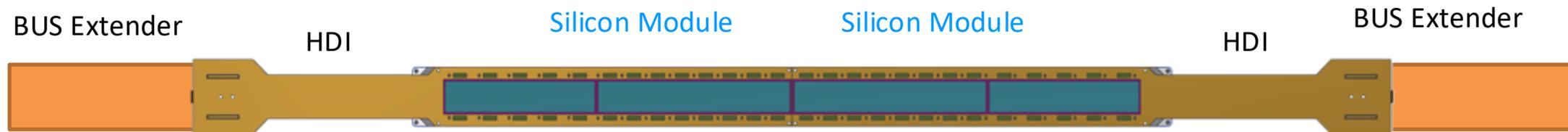
シンプルなシミュレーション

- 一粒子(μ^-)/event
- $P_T = 200\text{MeV}$ または 1 GeV
- イベント数: 10K イベント
- 磁場: なし
- 入射位置: 固定 $(x, y, z) = (0, 0, 0)\text{cm}$
- 入射方向: $\phi = 0\text{ rad}$, $\eta = 0$ または 0.5
- Dead channelなし

デッドエリア(バレル接合部)



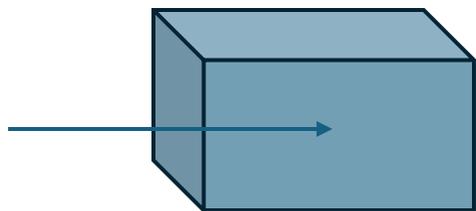
デッドエリア(センサー間)



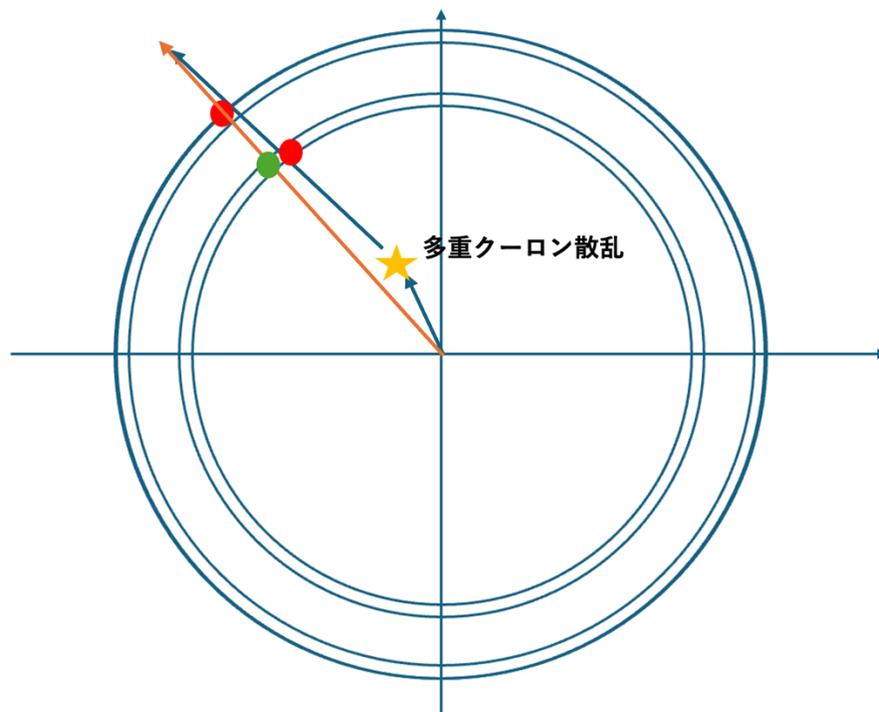
- Φ -length (single sensor) = 22.5 mm
- F-length (active area) = 20.0 mm
- Z-length type-A (single sensor) = 130.0 mm
- Z-length type-A (active area) = 128.0mm
- Z-length type-B (single sensor) = 102.0 mm
- Z-length type-B (active area) = 100.0 mm

物質との相互作用

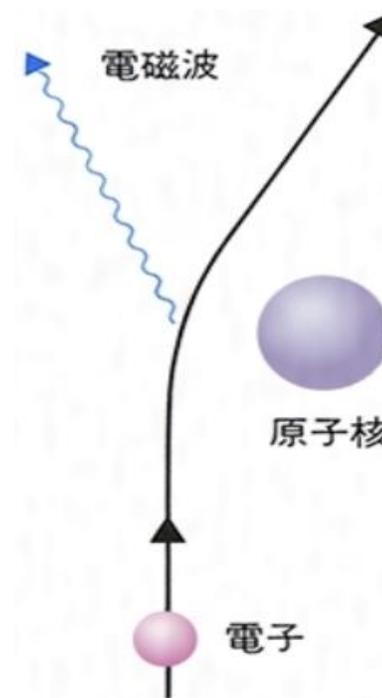
電離損失で止まる



多重散乱



制動放射で粒子生成

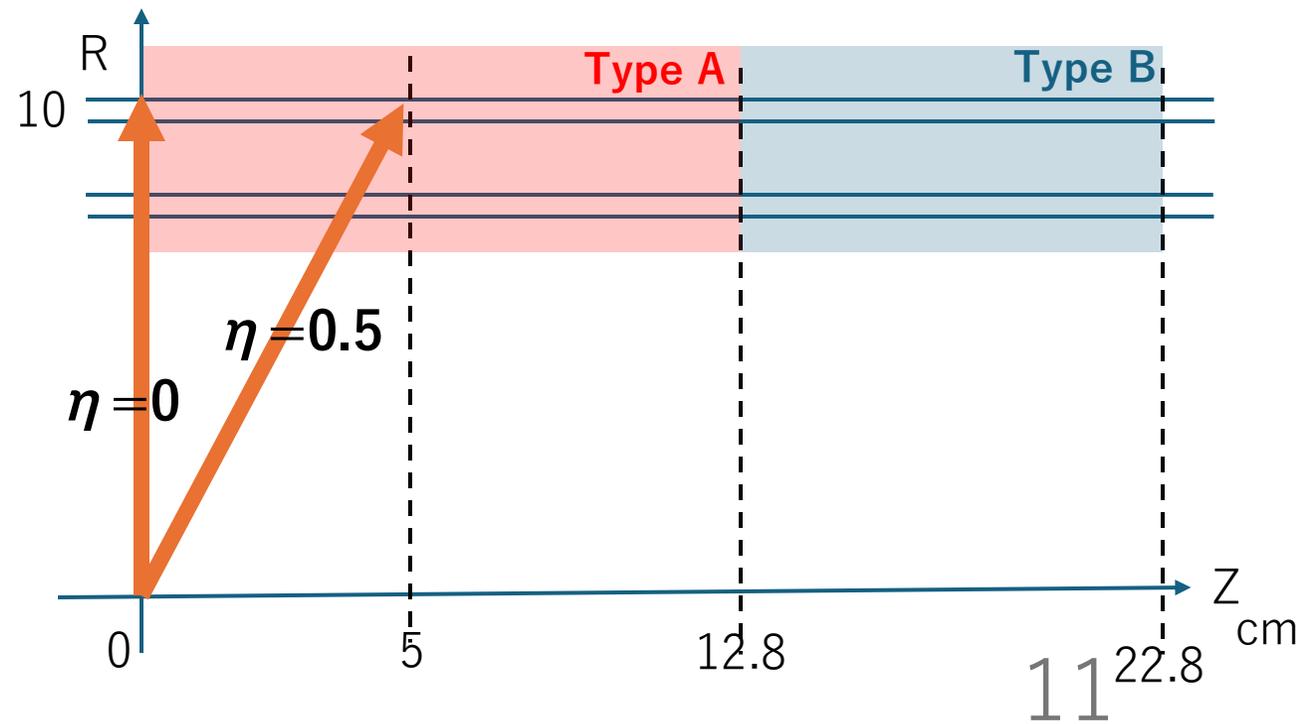
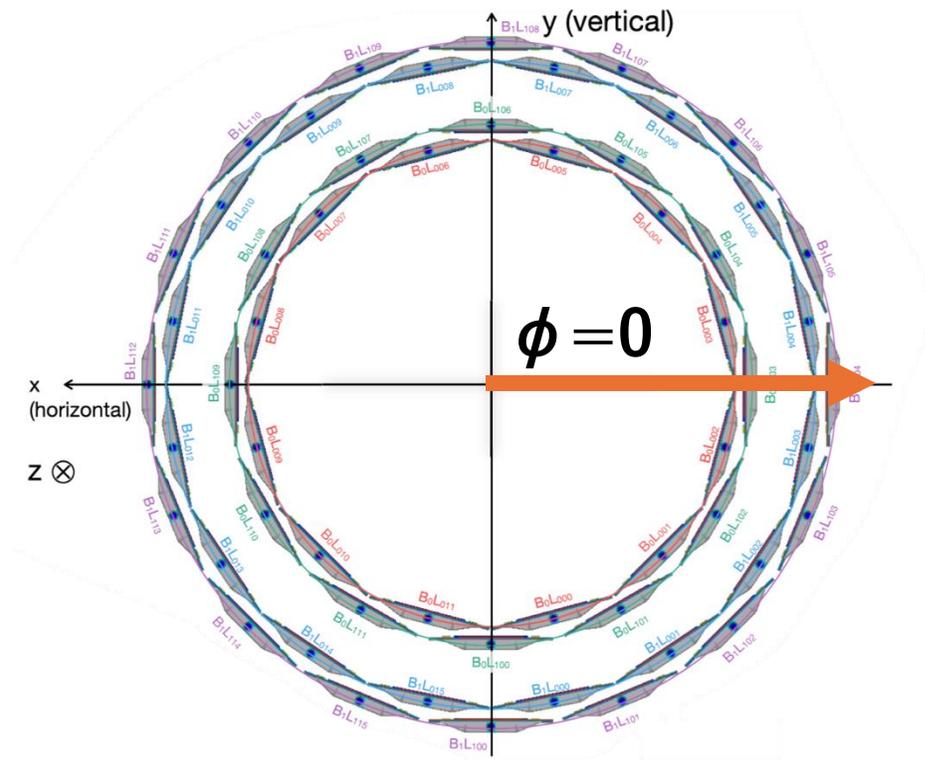


低 P_T

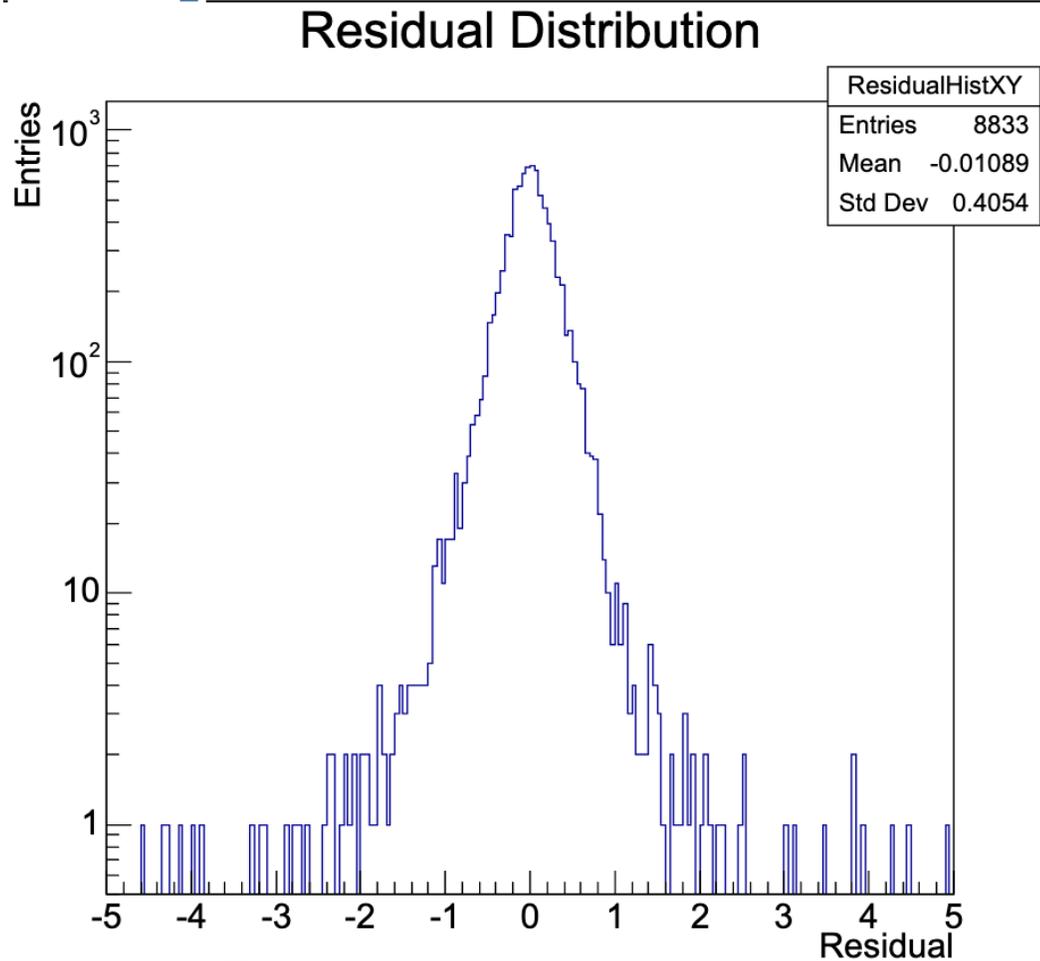
高 P_T

シンプルシミュレーション

- 一粒子(μ^-)/event
- $P_T = 200\text{MeV}$ または 1 GeV
- イベント数: 10K イベント
- 磁場: なし
- 入射位置: 固定 $(x, y, z) = (0, 0, 0)\text{cm}$
- 入射方向: $\phi = 0\text{ rad}$, $\eta = 0$ または 0.5
- Dead channelなし



結果(ミューオン)



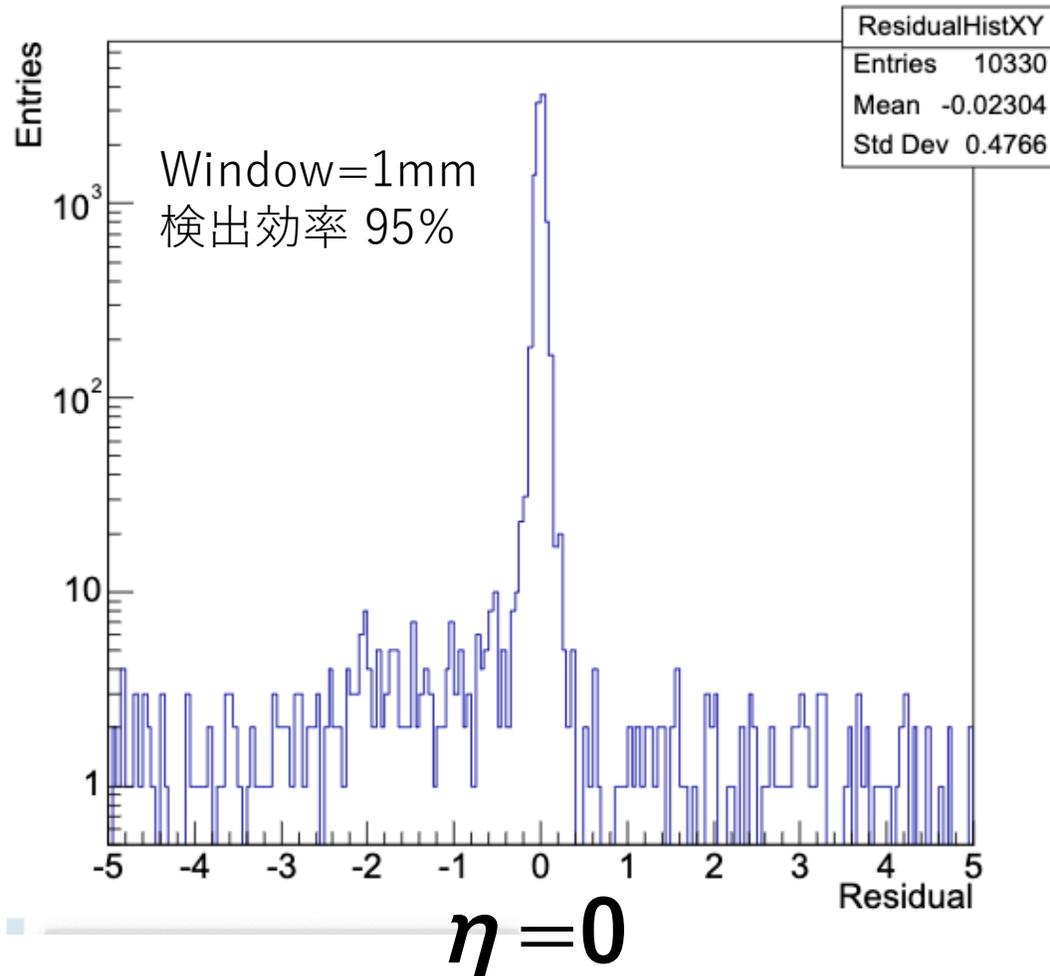
- 一粒子(μ^-)/event
- $P_T = 200\text{MeV}$
- イベント数: 10K イベント
- 磁場: なし
- 入射位置: 固定 $(x, y, z) = (0, 0, 0)\text{cm}$
- 入射方向: $\phi = 0, \eta = 0$

Window 1mmで97%

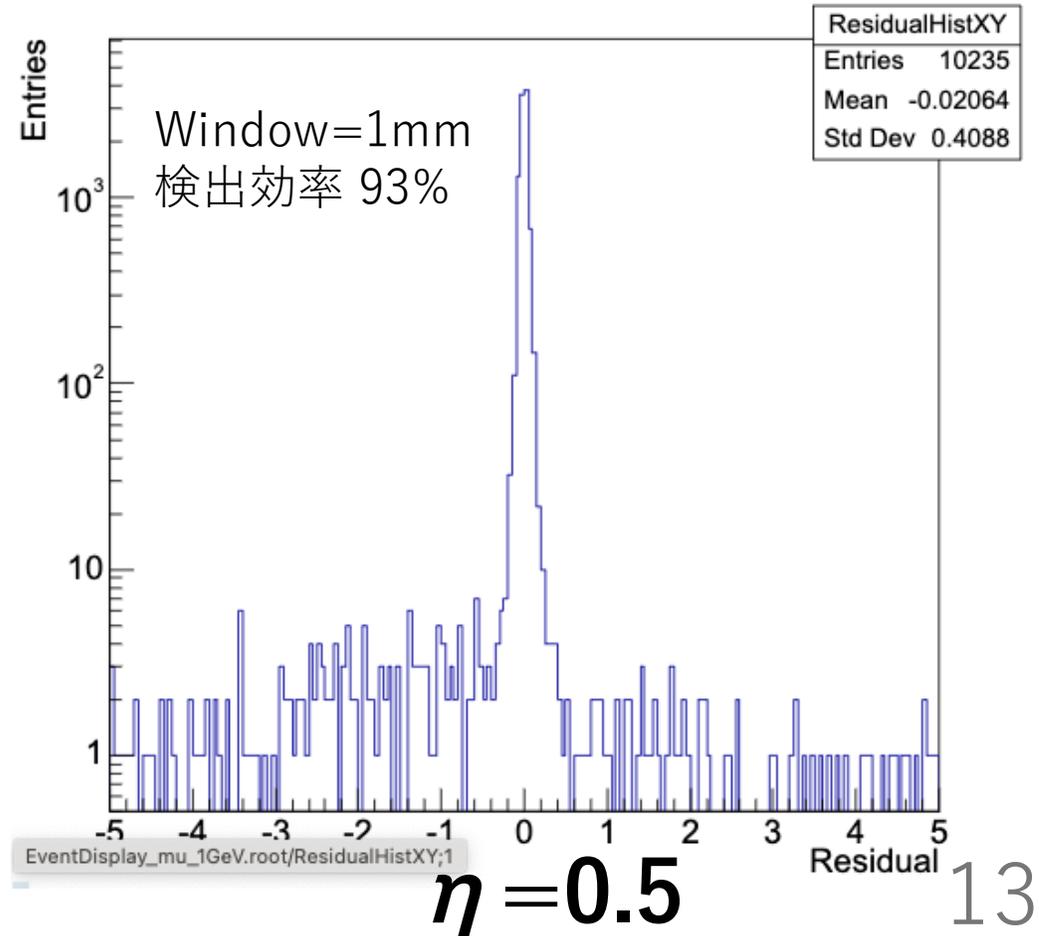
結果(η 方向の比較)

- 一粒子(μ^-)/event
- $P_T = 1$ GeV
- イベント数: 10K イベント
- 磁場: なし
- 入射位置: 固定 $(x, y, z) = (0, 0, 0)$ cm
- 入射方向: $\phi = 0$

Residual Distribution



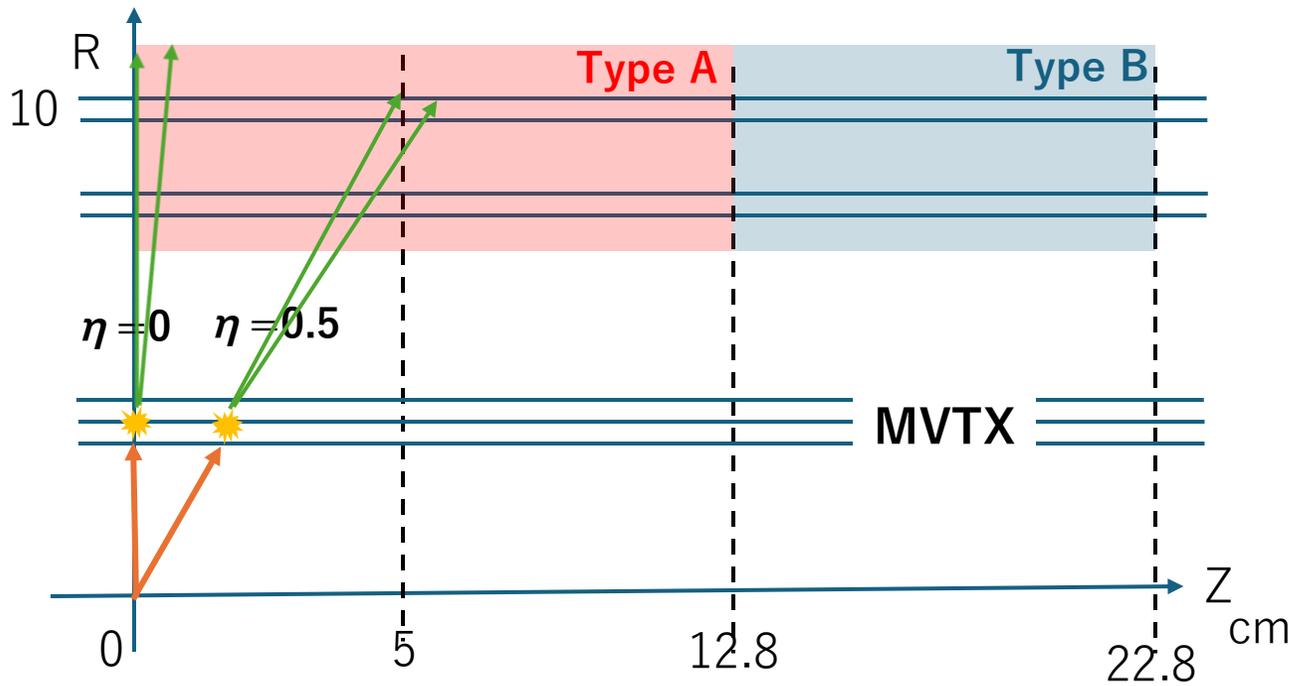
Residual Distribution



考察(η 方向の比較)

- 一粒子(μ^-)/event
- $P_T = 1$ GeV
- イベント数: 10K イベント
- 磁場: なし
- 入射位置: 固定 $(x, y, z) = (0, 0, 0)$ cm
- 入射方向: $\phi = 0$

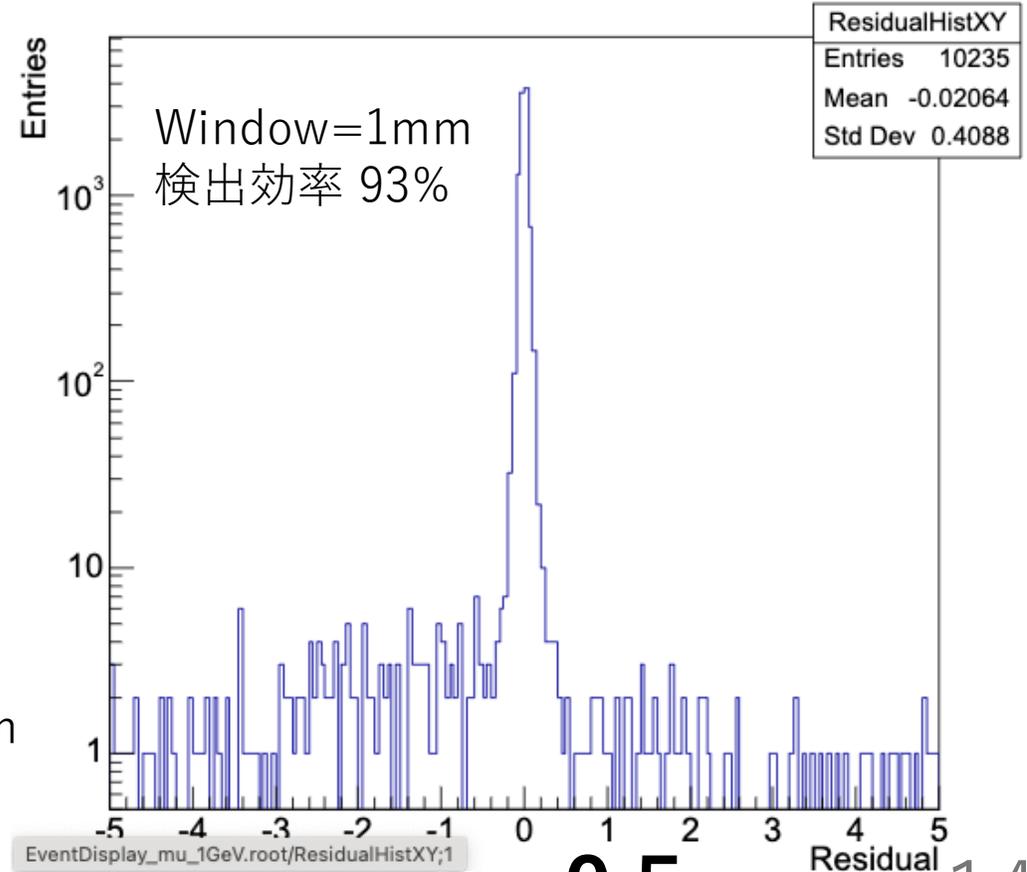
角度があると散乱した時の影響が大きい



デッドエリア影響

散乱した時の影響

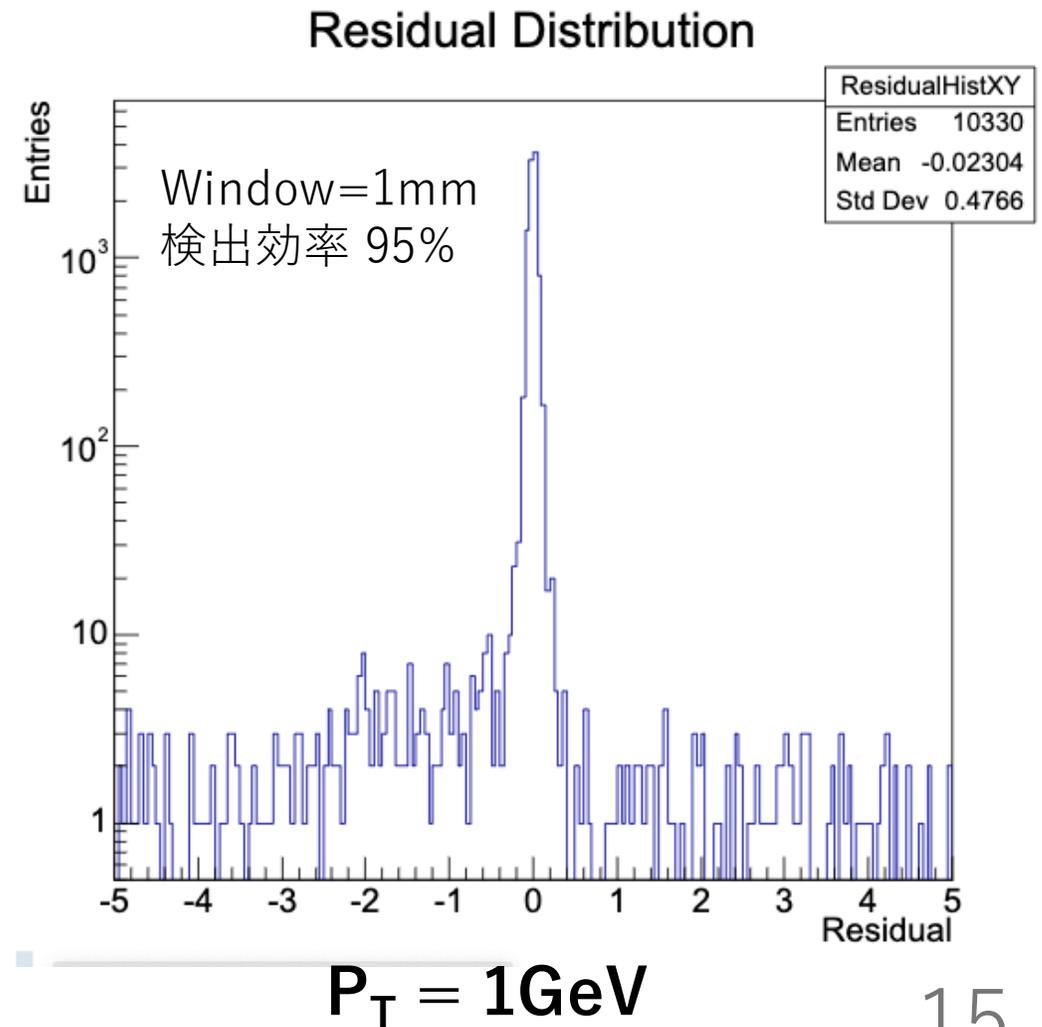
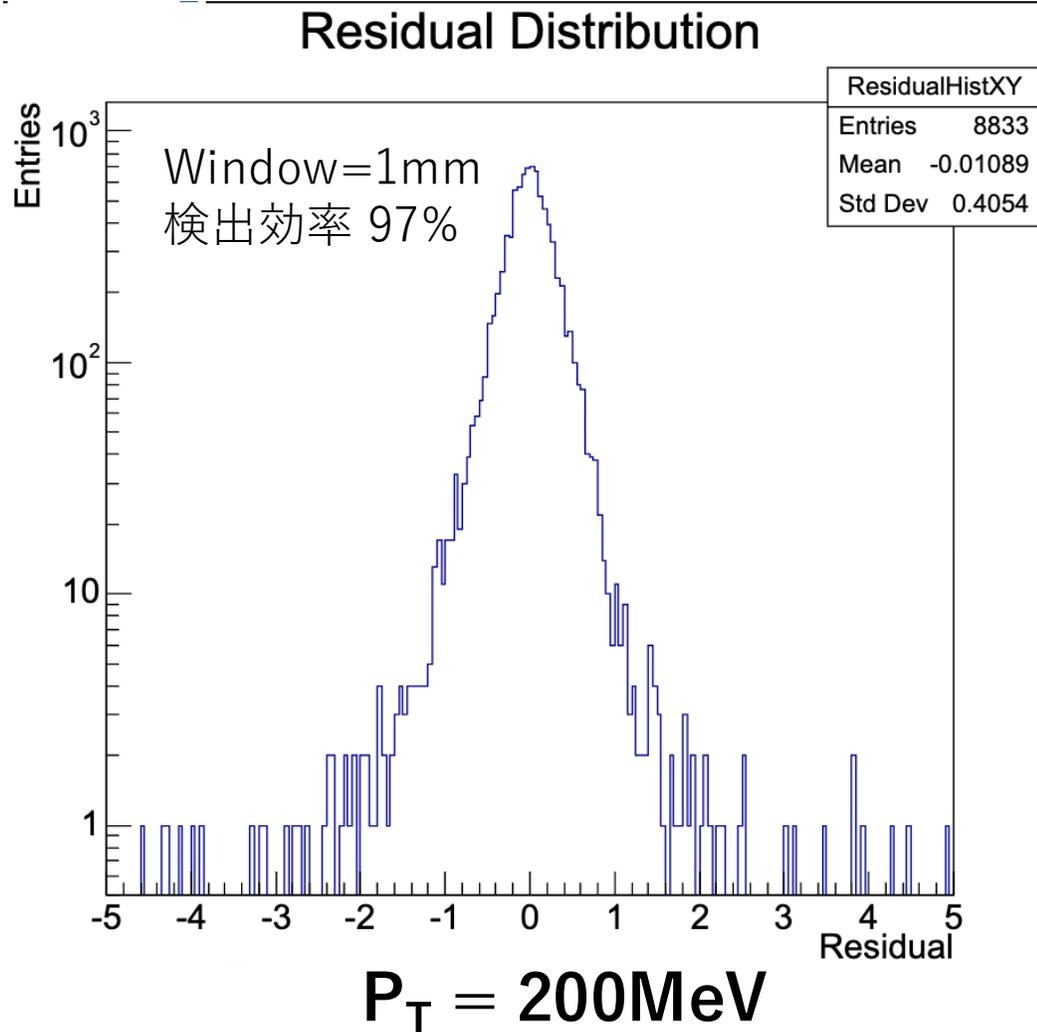
Residual Distribution



$\eta = 0.5$

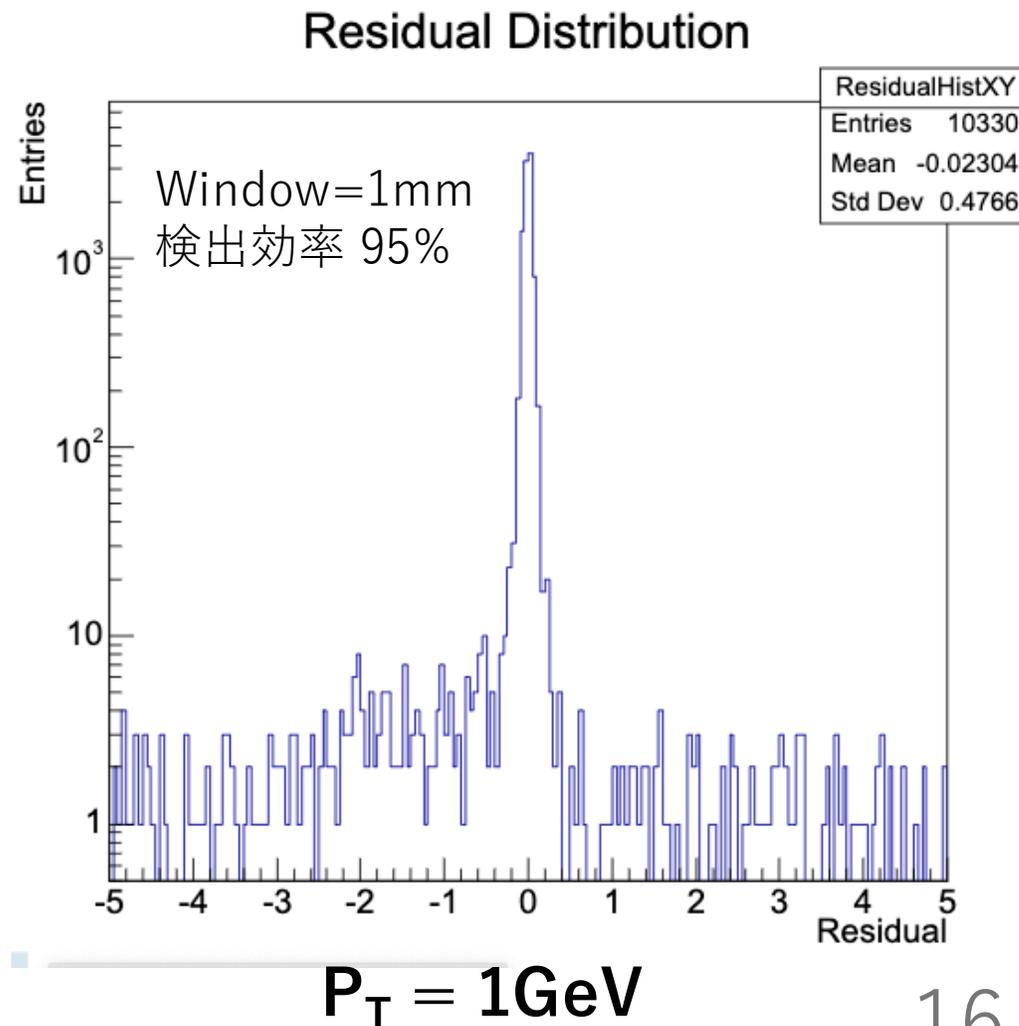
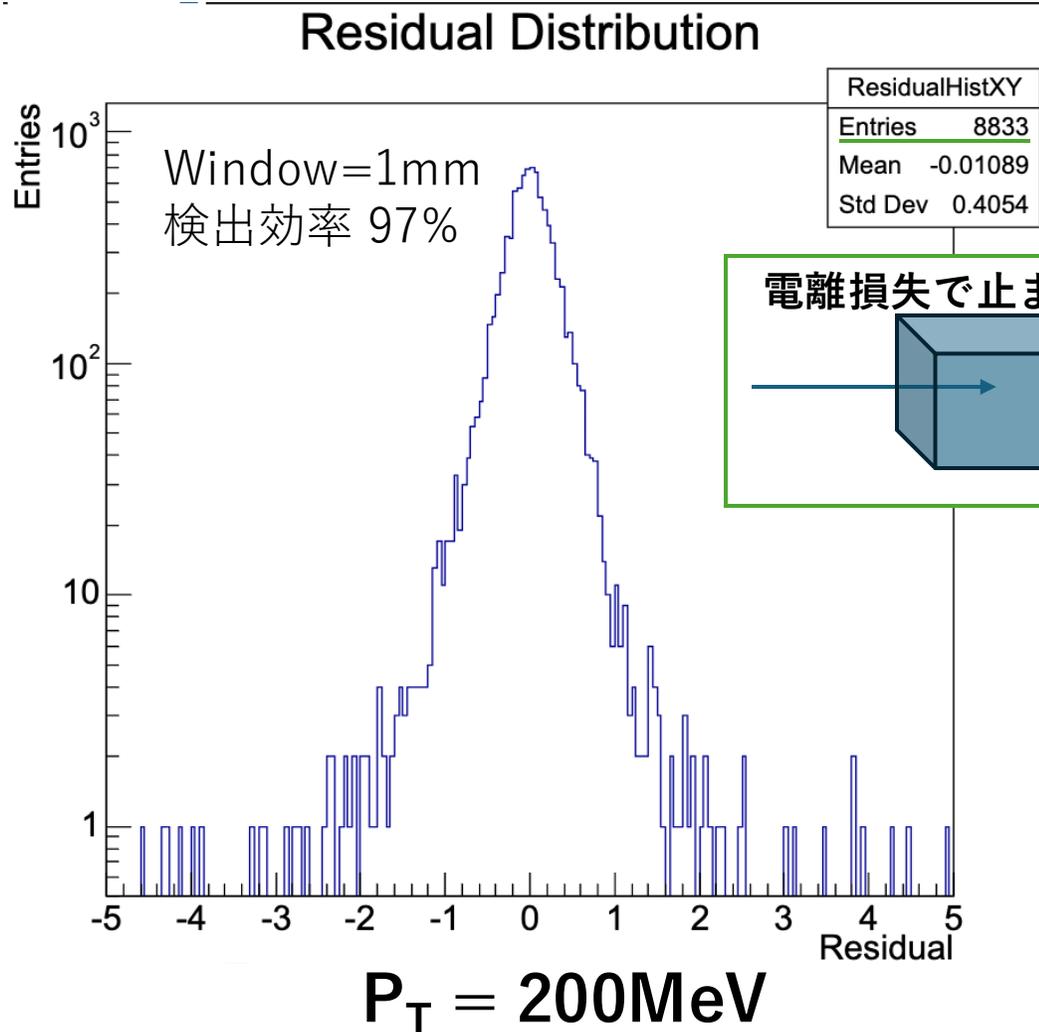
結果(異なるPtの比較)

- 一粒子(μ^-)/event
- イベント数: 10K イベント
- 磁場: なし
- 入射位置: 固定 $(x, y, z) = (0, 0, 0)$ cm
- 入射方向: $\phi = 0, \eta = 0$



結果(異なるPtの比較)

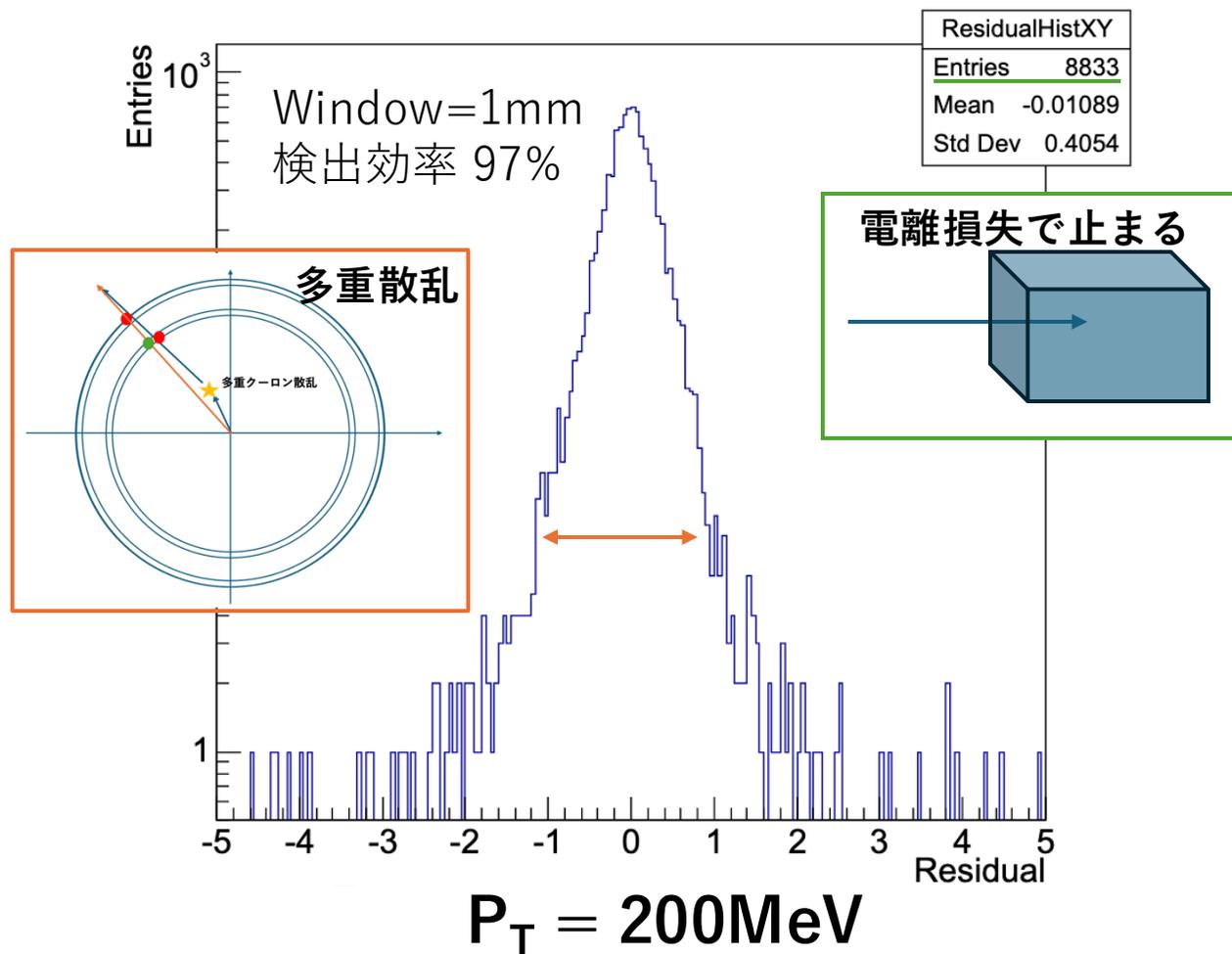
- 一粒子(μ^-)/event
- イベント数: 10K イベント
- 磁場: なし
- 入射位置: 固定 $(x, y, z) = (0, 0, 0)$ cm
- 入射方向: $\phi = 0, \eta = 0$



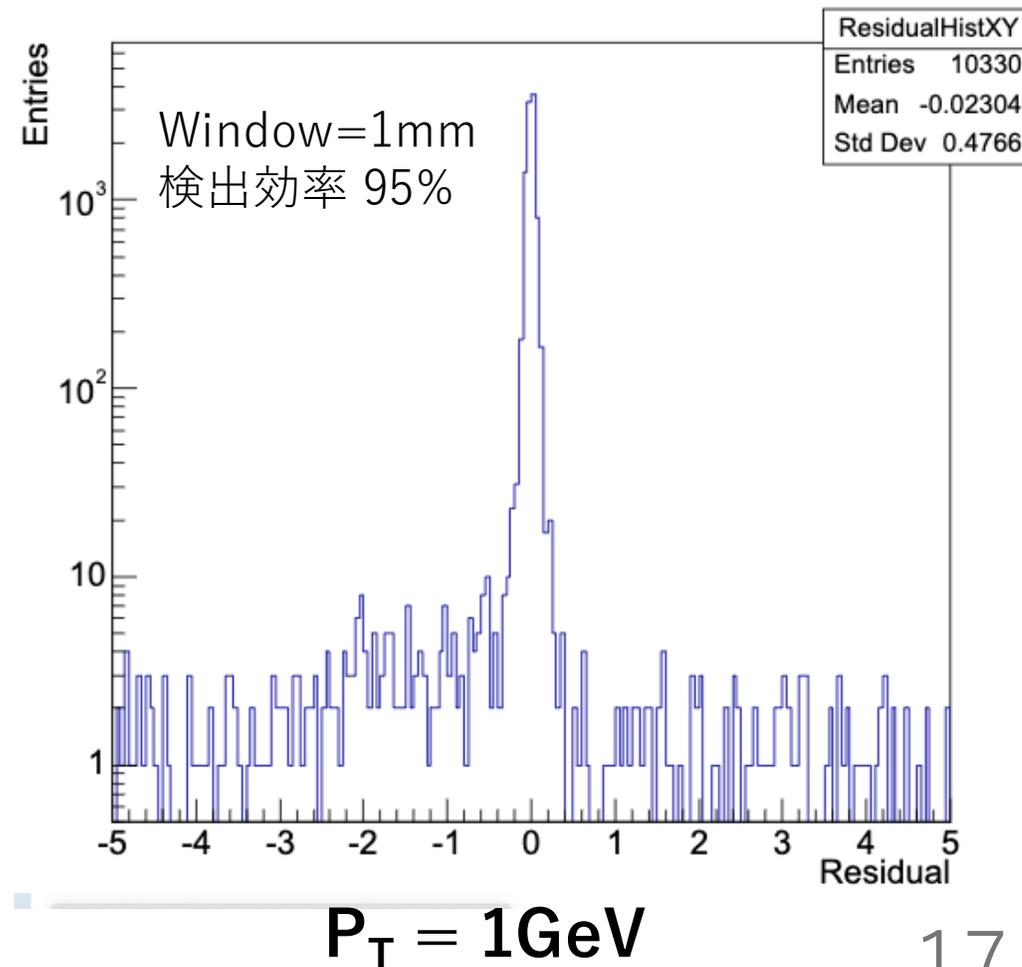
結果(異なるPtの比較)

- 一粒子(μ^-)/event
- イベント数: 10K イベント
- 磁場: なし
- 入射位置: 固定 $(x, y, z) = (0, 0, 0)$ cm
- 入射方向: $\phi = 0, \eta = 0$

Residual Distribution



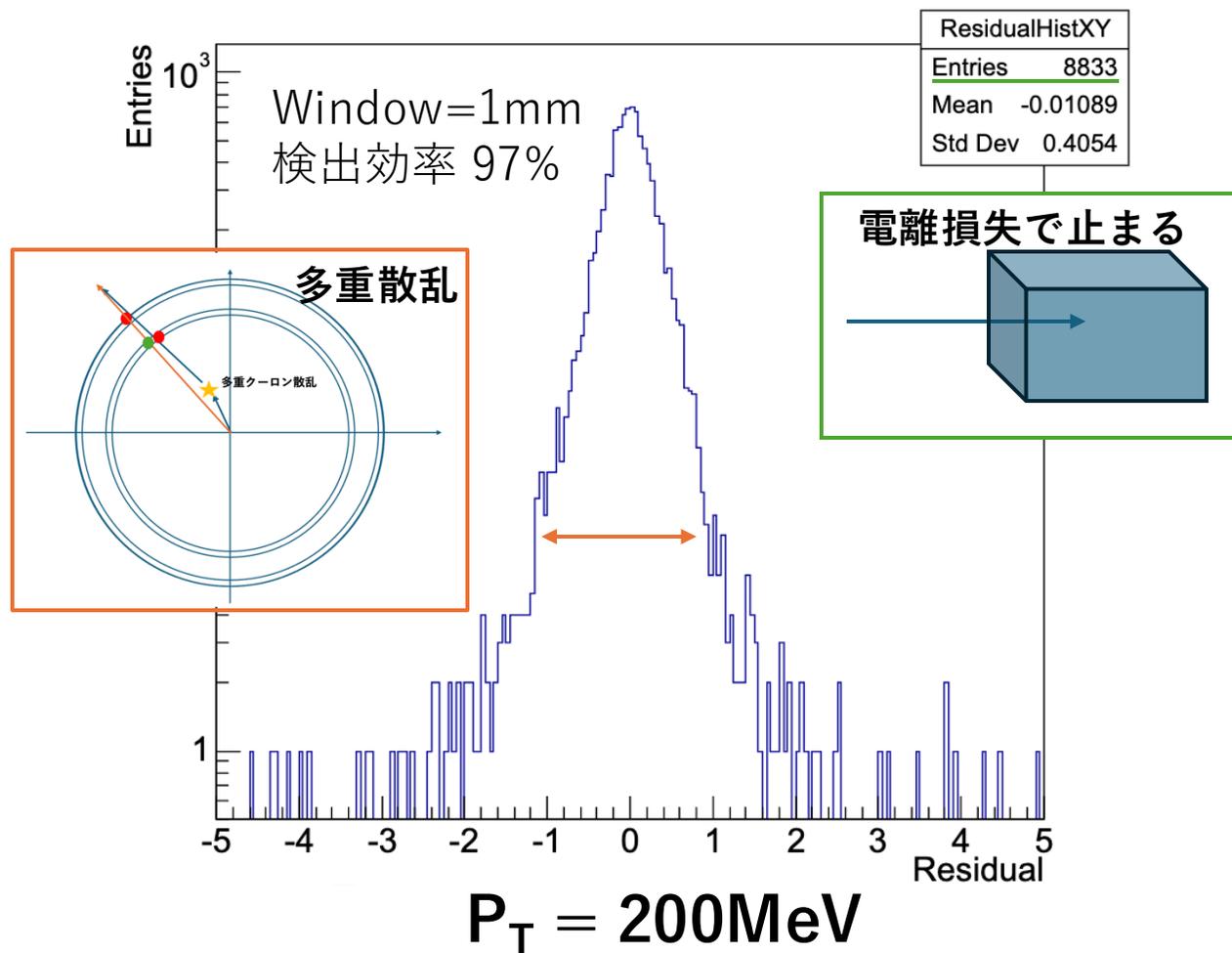
Residual Distribution



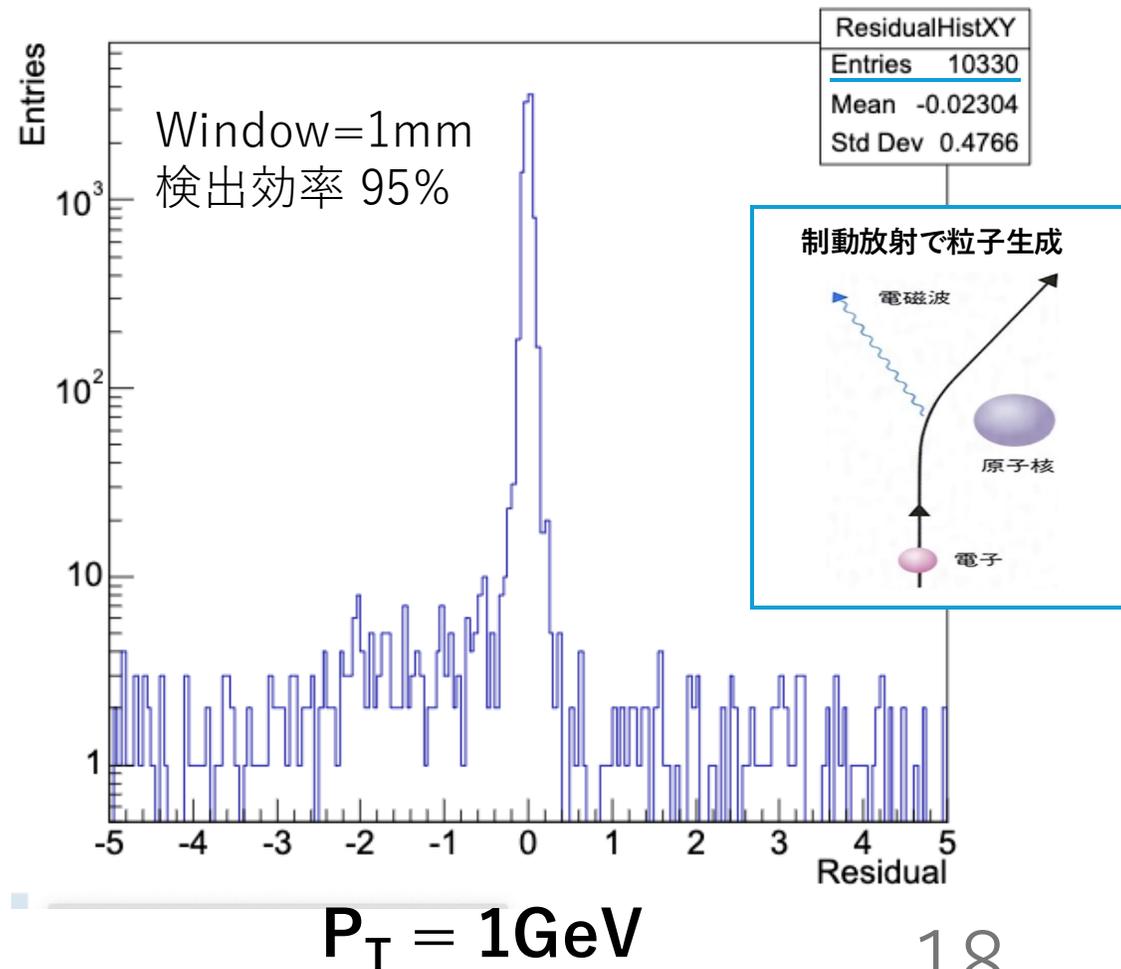
結果(異なるPtの比較)

- 一粒子(μ^-)/event
- イベント数: 10K イベント
- 磁場: なし
- 入射位置: 固定 $(x, y, z) = (0, 0, 0)$ cm
- 入射方向: $\phi = 0, \eta = 0$

Residual Distribution



Residual Distribution



使用したシミュレーション

シンプルなシミュレーション

- 一粒子(μ^-)/event
- $P_T = 200\text{MeV}$ または 1 GeV
- イベント数: 10K イベント
- 磁場: なし
- 入射位置: 固定 $(x, y, z) = (0, 0, 0)\text{cm}$
- 入射方向: $\phi = 0\text{ rad}$, $\eta = 0$ または 0.5
- Dead channelなし



Window 1mmで最大97%

本番環境に近いシミュレーション

- PYTHIA8
- イベント数: 10K イベント
- 磁場: なし
- 入射位置: 固定 $(x, y, z) = (0, 0, 0)\text{cm}$
- Dead channelなし

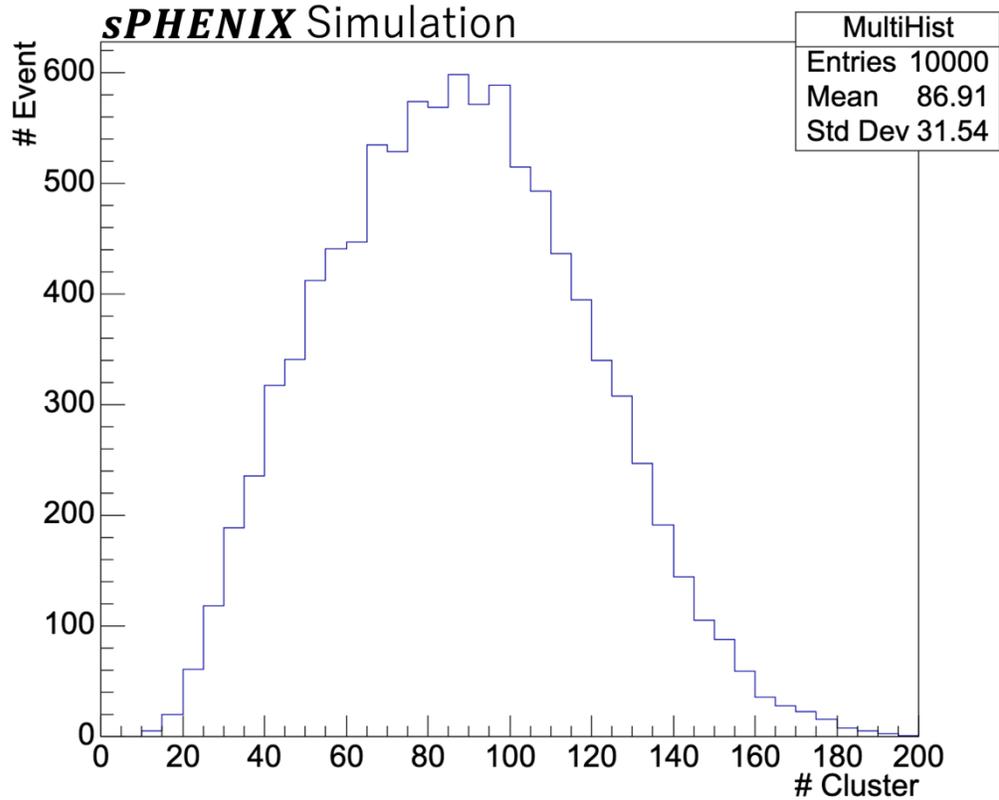
使用したシミュレーション

本番環境に近いシミュレーション

- PYTHIA8
- イベント数: 10K イベント
- 磁場: なし
- 入射位置: 固定 $(x, y, z) = (0, 0, 0)$ cm
- Dead channel なし

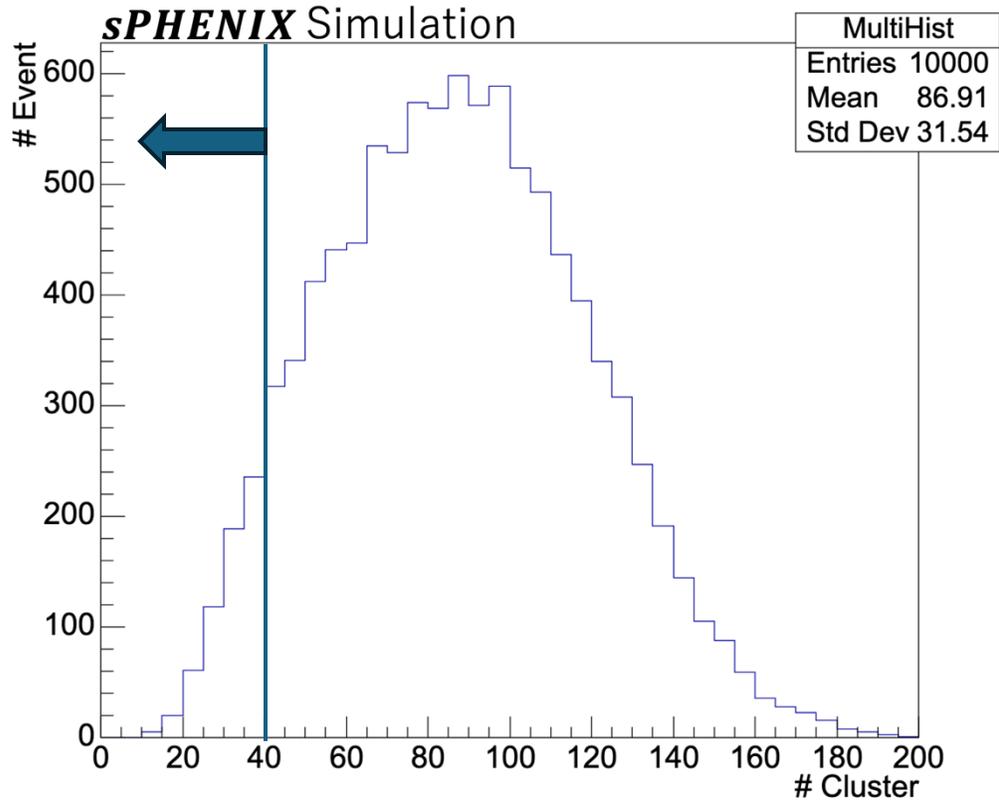
イベントディスプレイ (p+p)

多重度分布

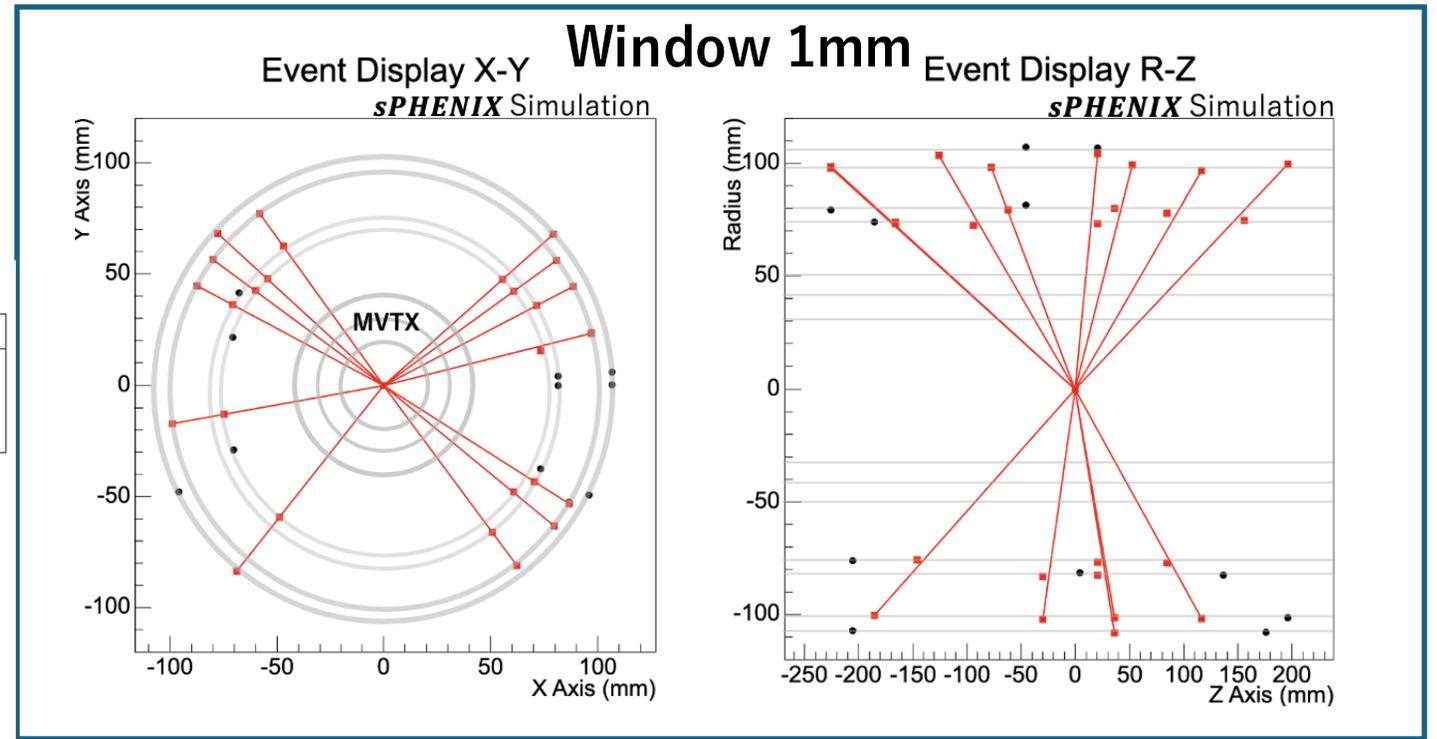


イベントディスプレイ (p+p)

多重度分布

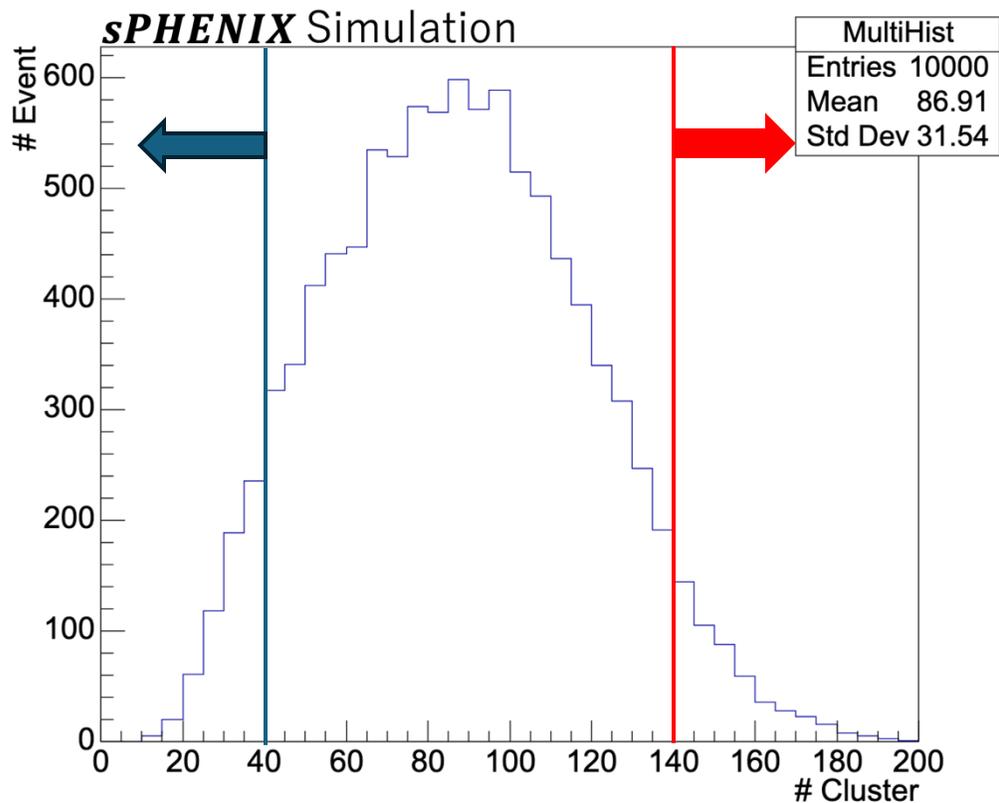


低多重度 クラスタ数 < 40



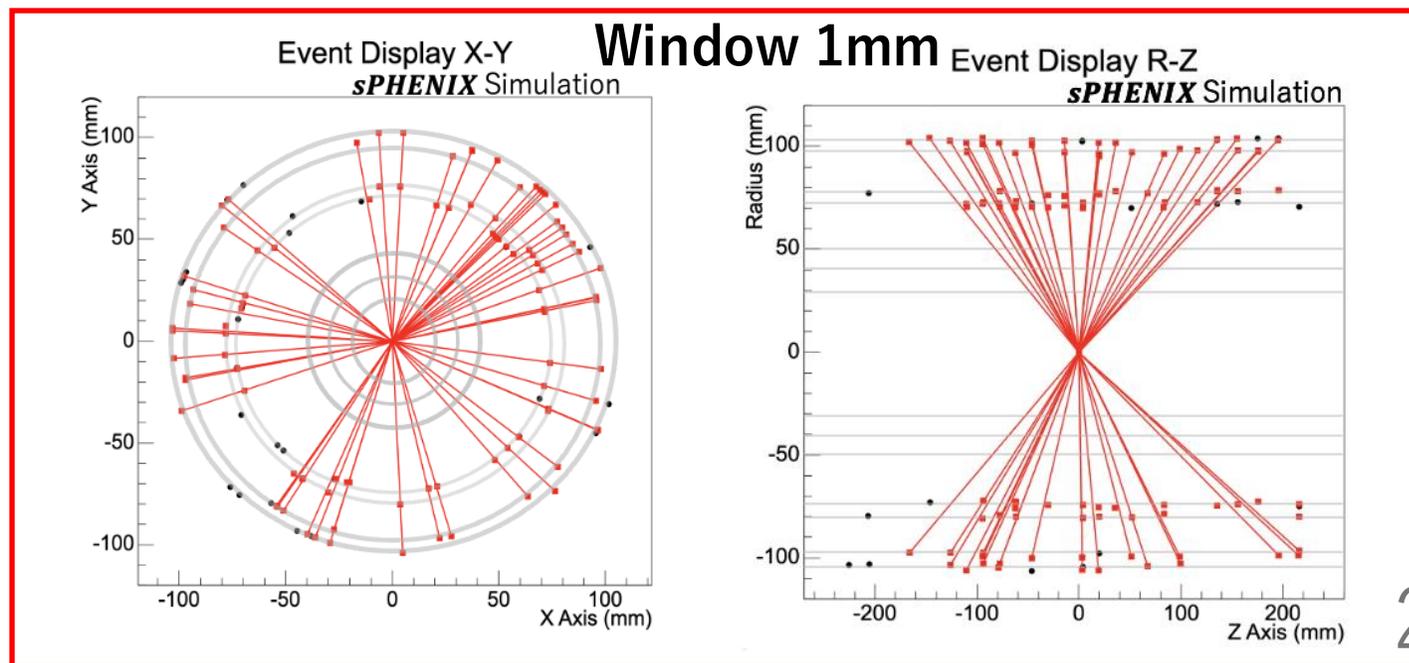
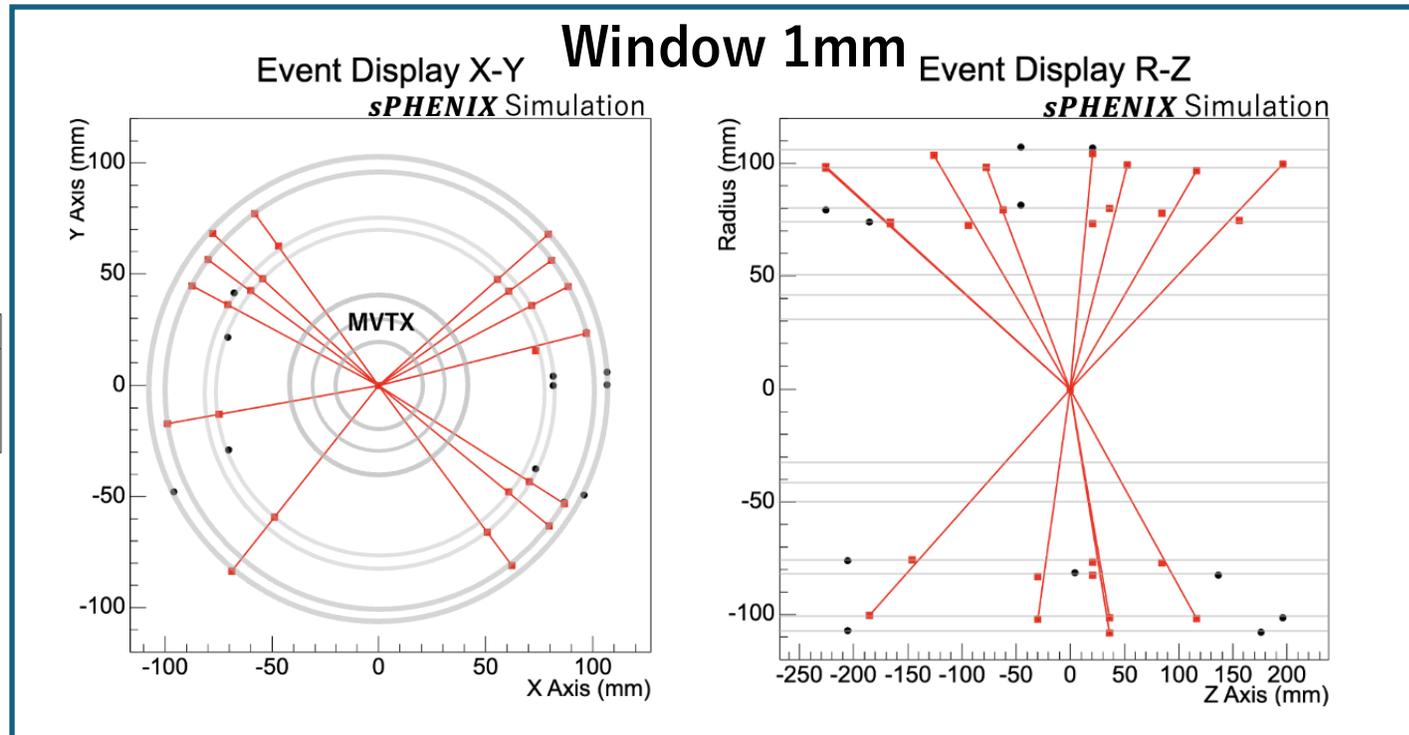
イベントディスプレイ (p+p)

多重度分布



低多重度 クラスター数 < 40

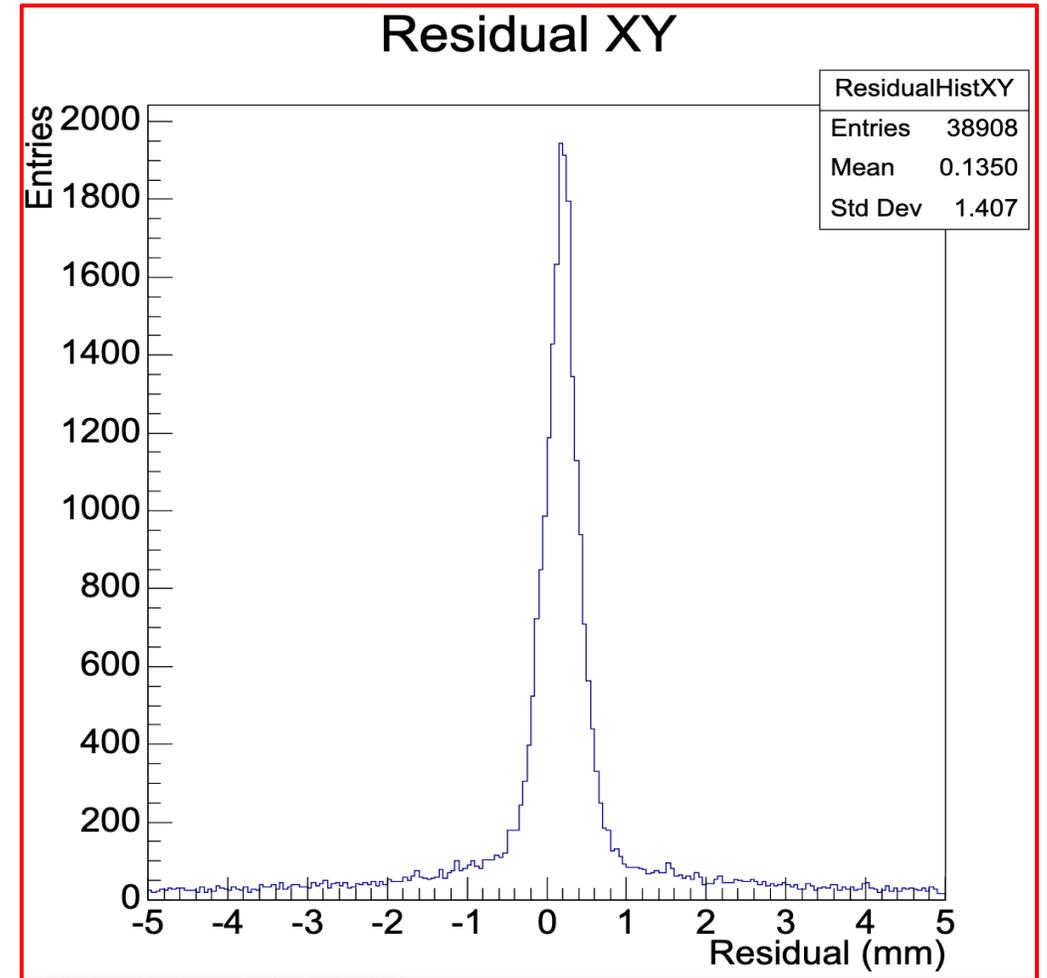
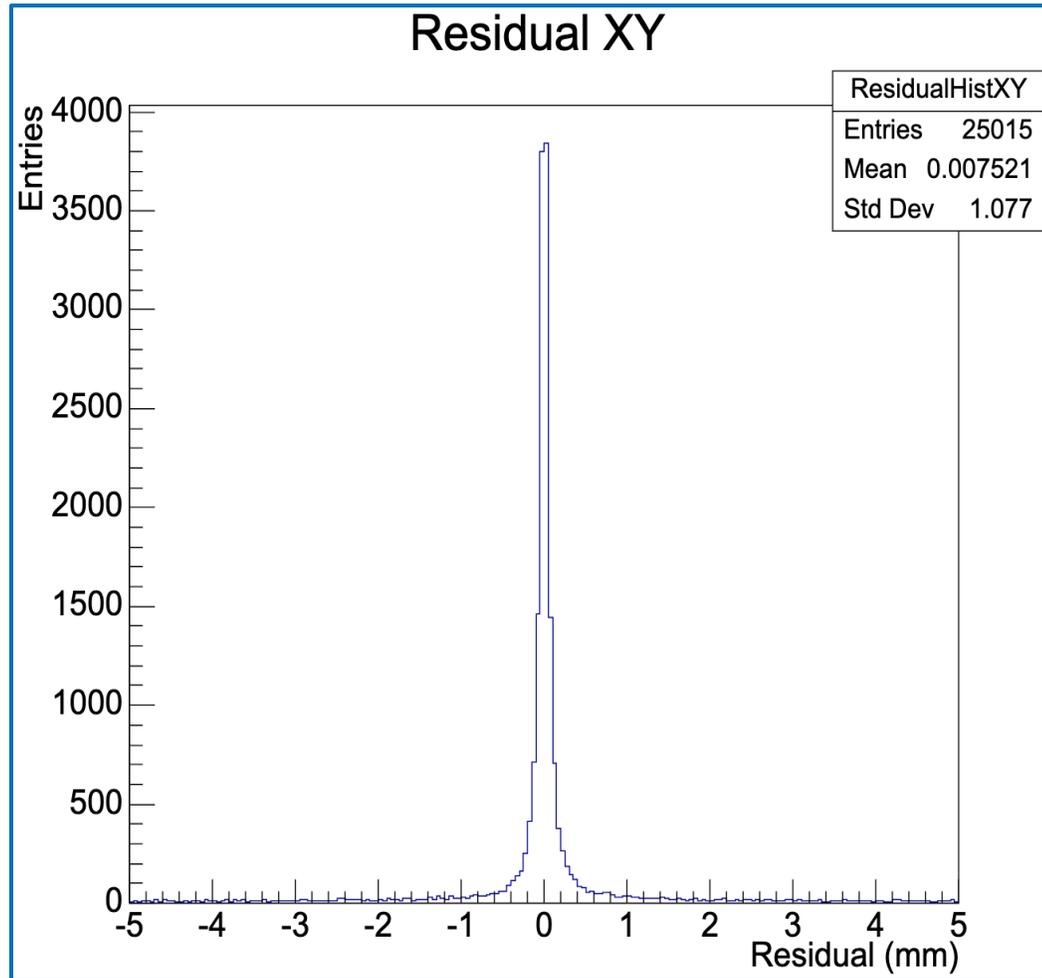
高多重度 クラスター数 > 140



残差分布(p+p)

低多重度 クラスタ数 < 40

高多重度 クラスタ数 > 140

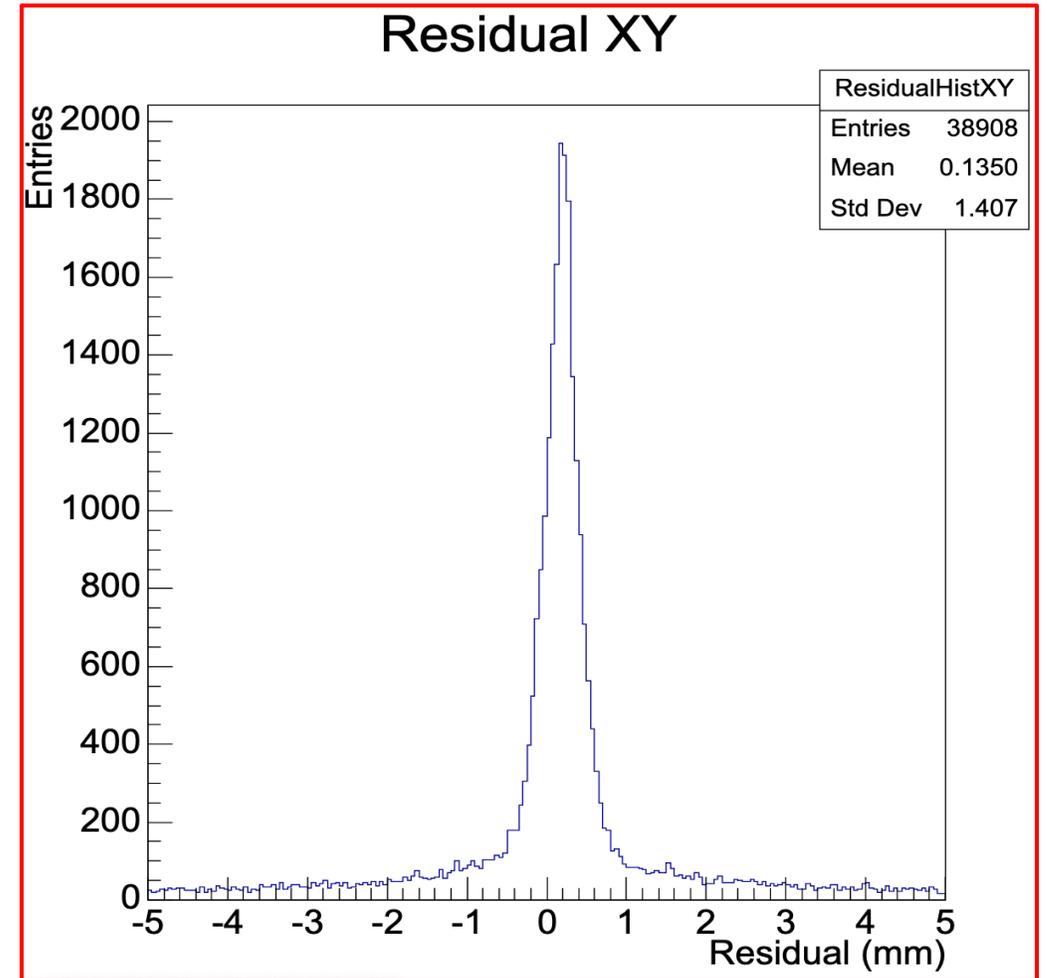
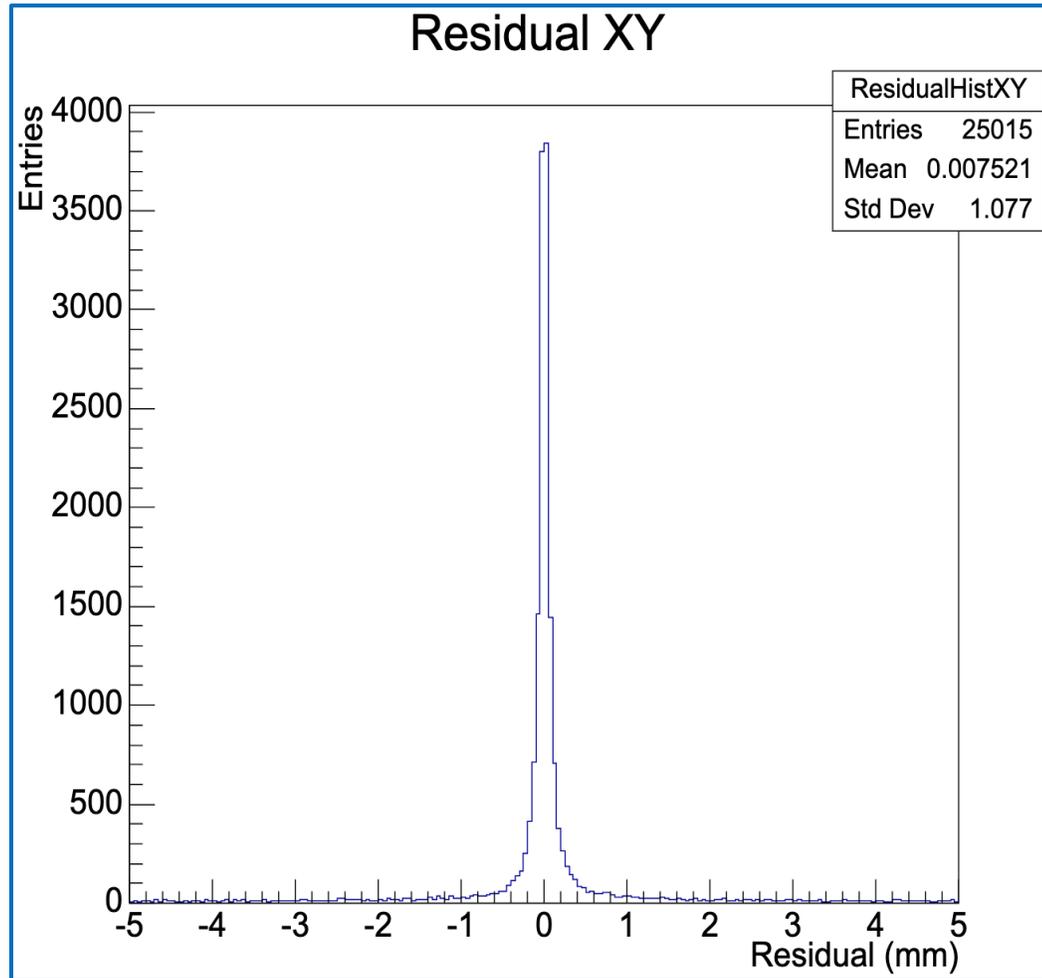


X軸: Residual

Y軸: 選ばれたクラスターペア数

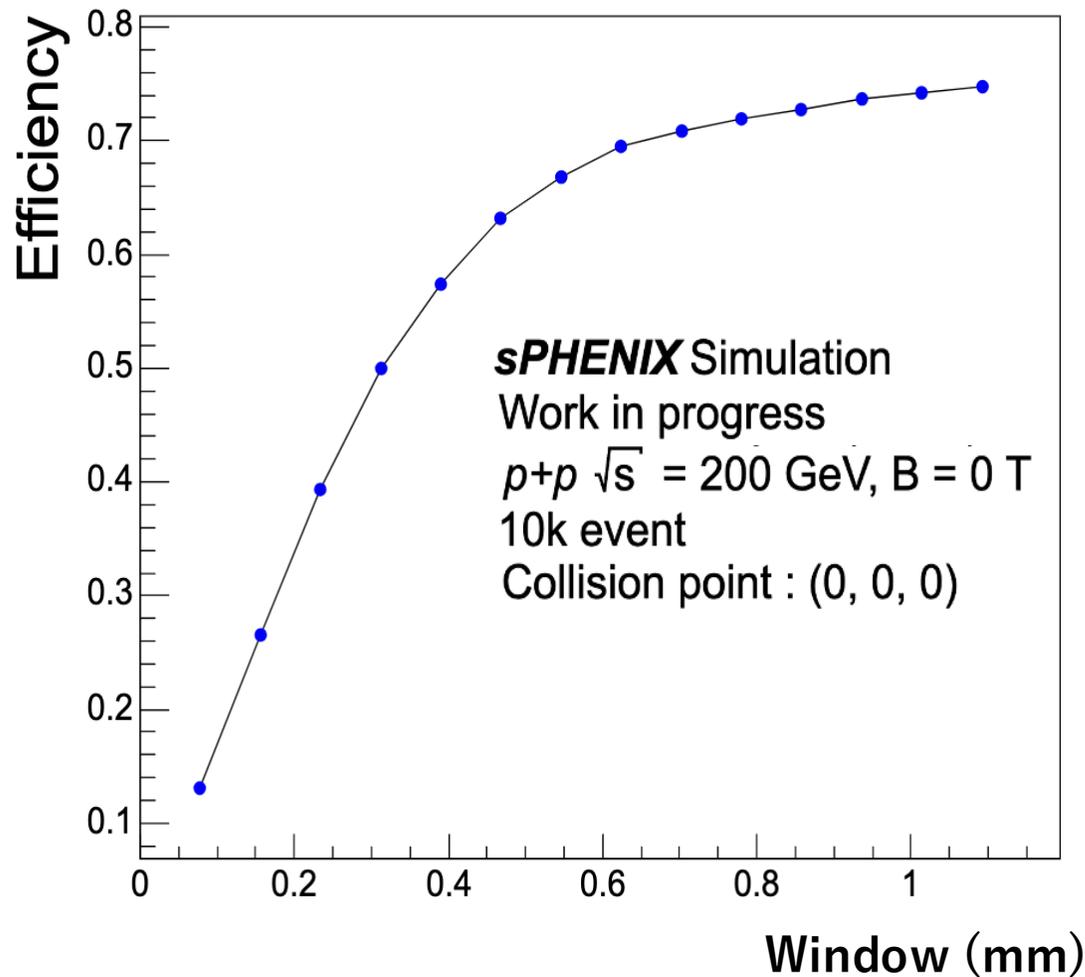
残差分布(p+p)

低多重度 クラスタ数 < 40
高多重度 クラスタ数 > 140



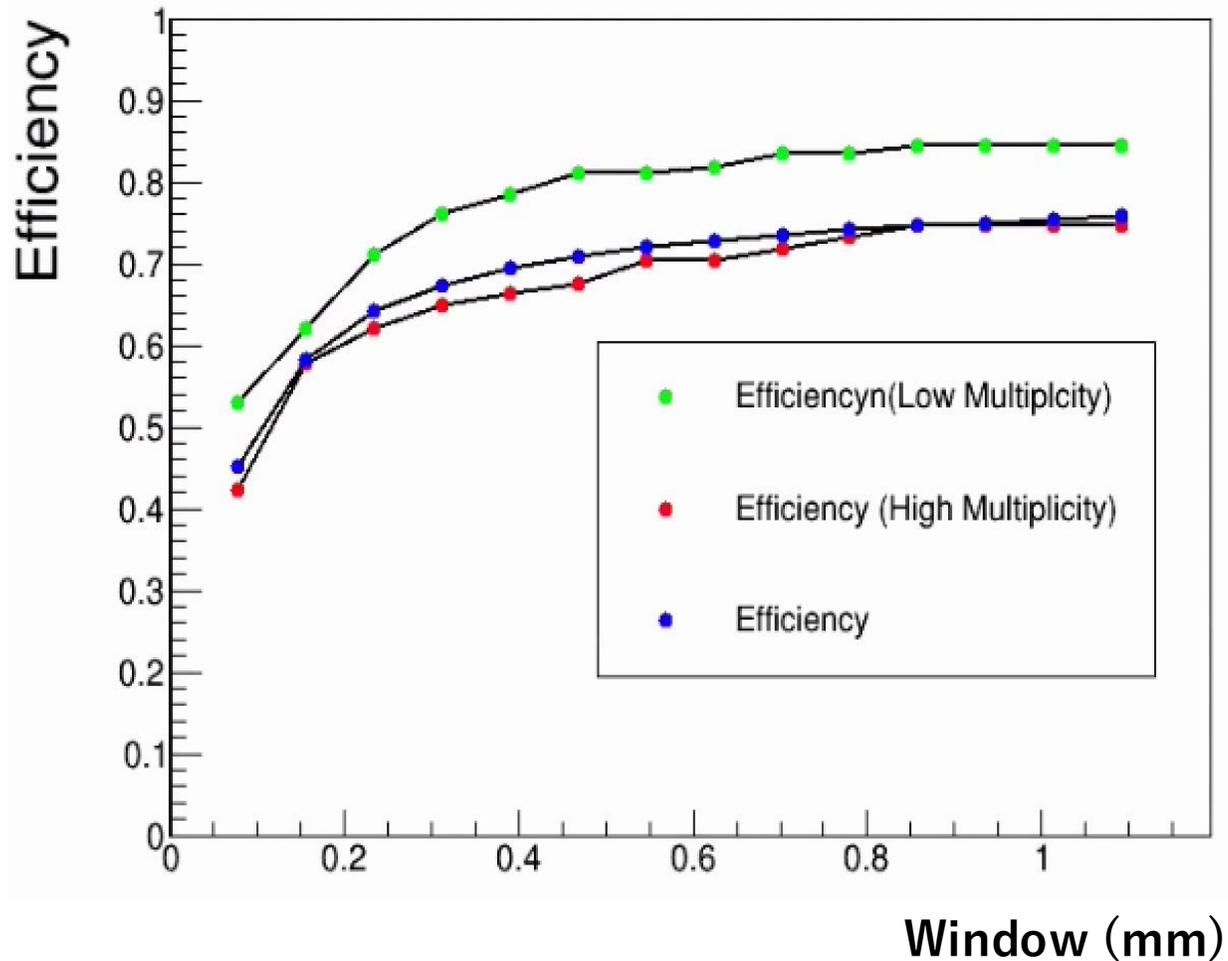
現在のアルゴリズムでは高多重度で適切なペアを選べていない

検出効率(p+p)



window幅1.09mm(strip3本)で75.8%

多重度ごとの検出効率



高多重度で74.6%
低多重度で84.3%

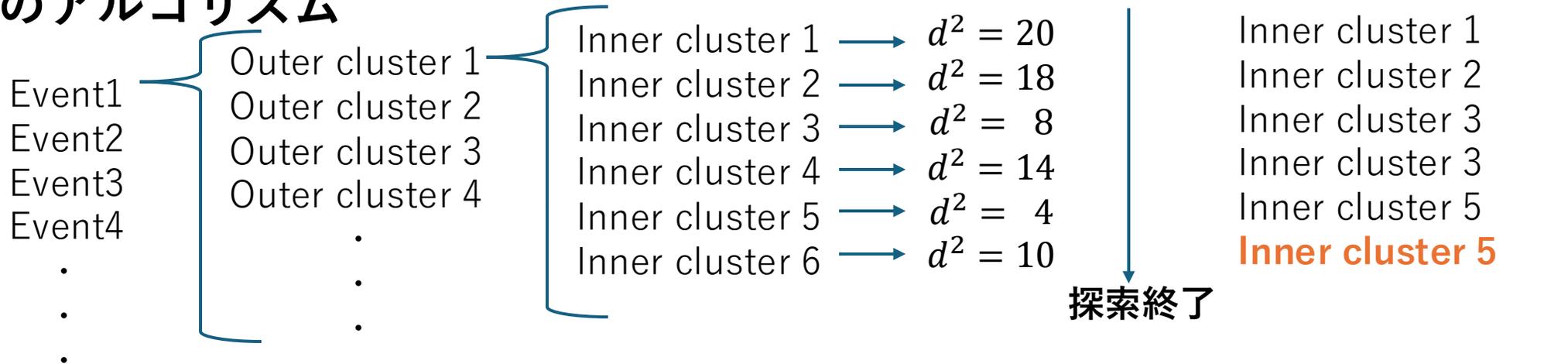
アルゴリズムの発展

$$d^2 = \left(\frac{d_{xy}}{\sigma_{xy}}\right)^2 + \left(\frac{d_z}{\sigma_z}\right)^2 \text{を計算}$$

初期値 $d^2 = 10000000$

最適なペアを
更新

現在のアルゴリズム



デメリット

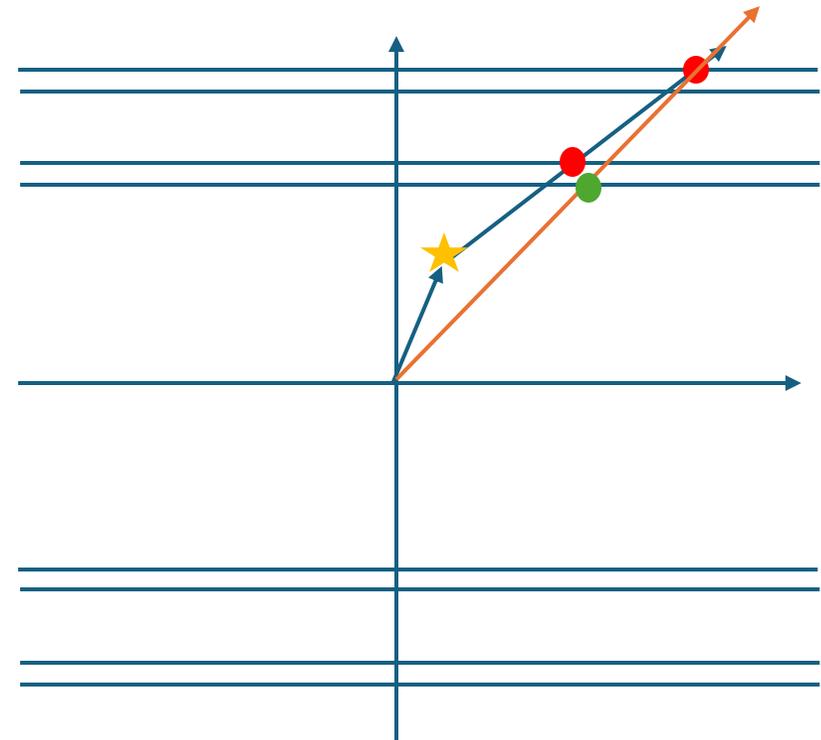
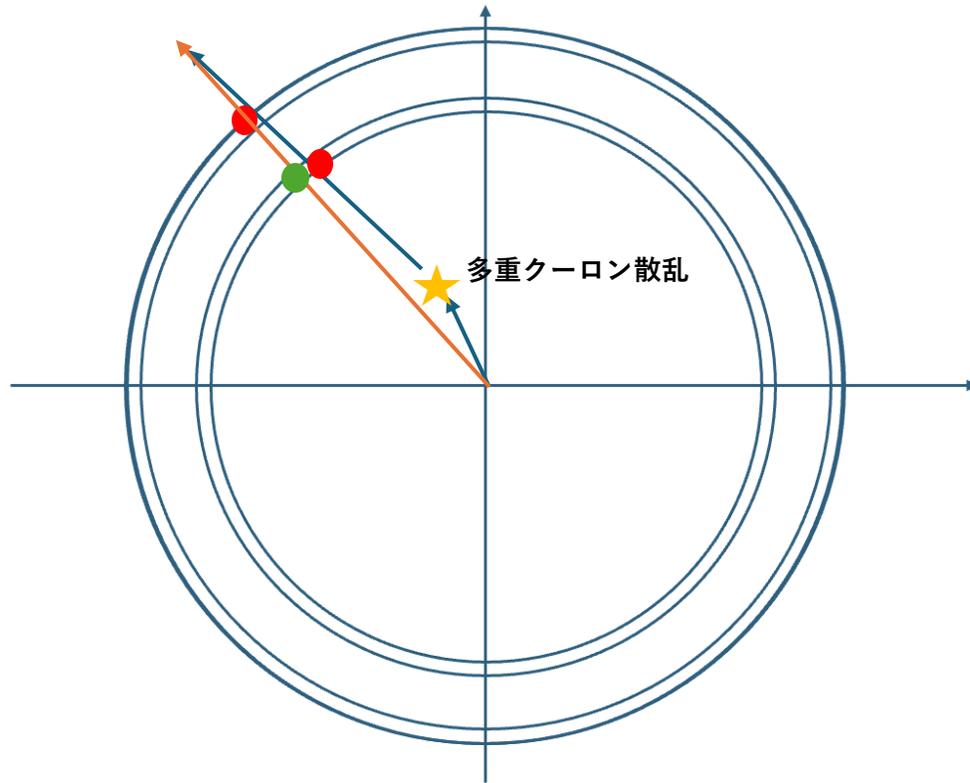
選ばれてはいけない外層クラスターが先にペアを作成した際に、本来のペアが選ばれない

- 例) ・ 多重散乱によって、Outer cluster と衝突点で軌跡を描けないもの
- ・ OuterのOverlap Areaでダブルカウントされたものもの

アルゴリズムの発展

選ばれてはいけない外層クラスターが先にペアを作成した際に、本来のペアが選ばれない

1. 多重散乱によって、Outer cluster と衝突点で軌跡を描けないもの

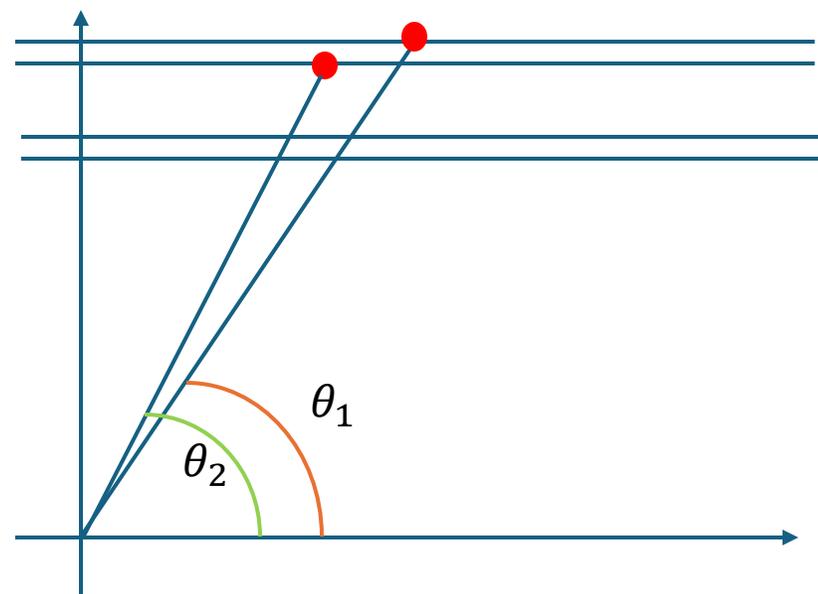
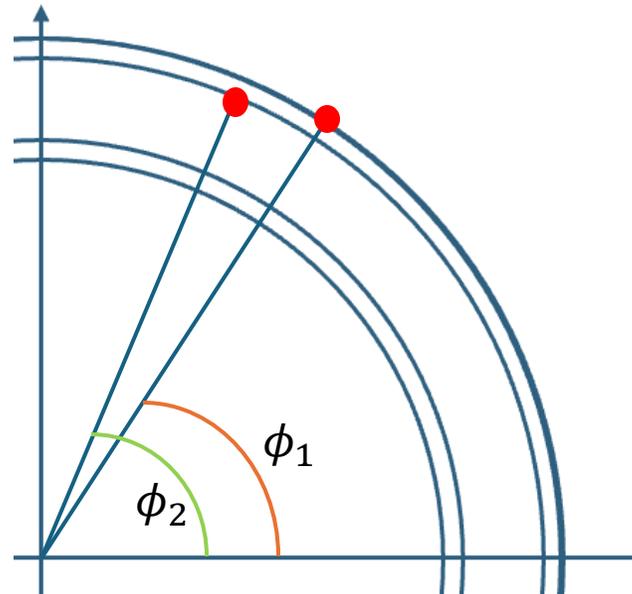


アルゴリズムの発展

2. OuterのOverlap Areaでダブルカウントされたもの

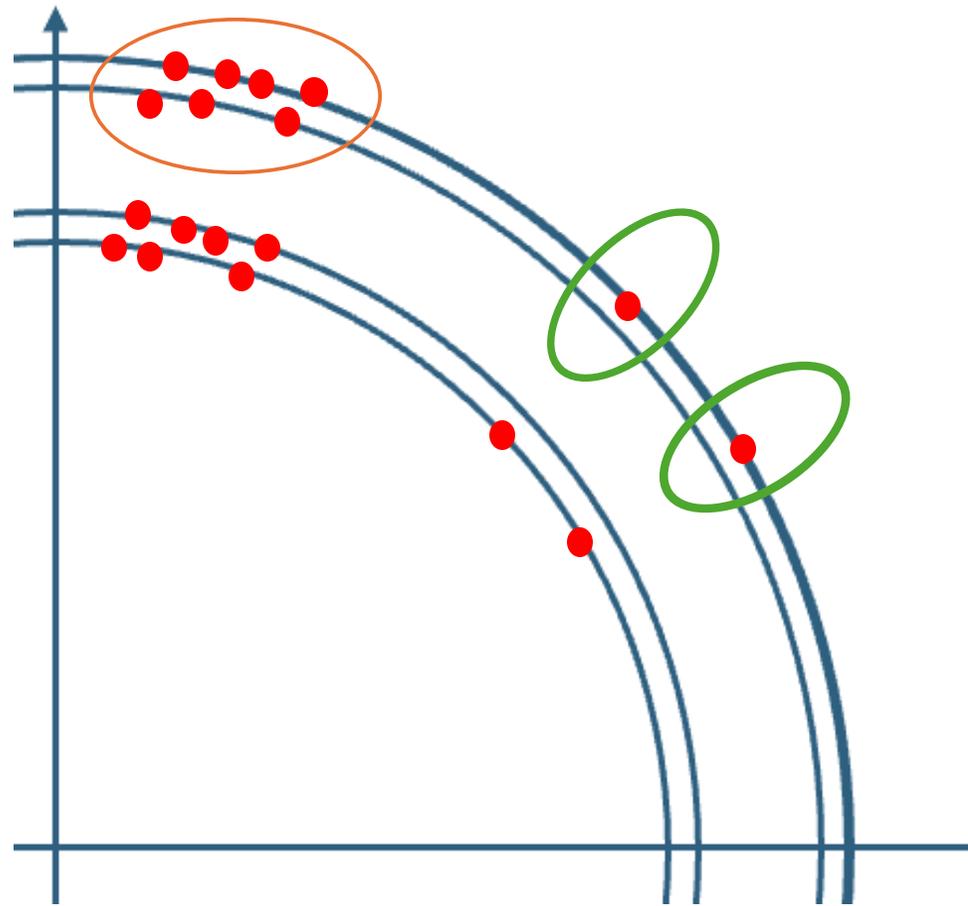
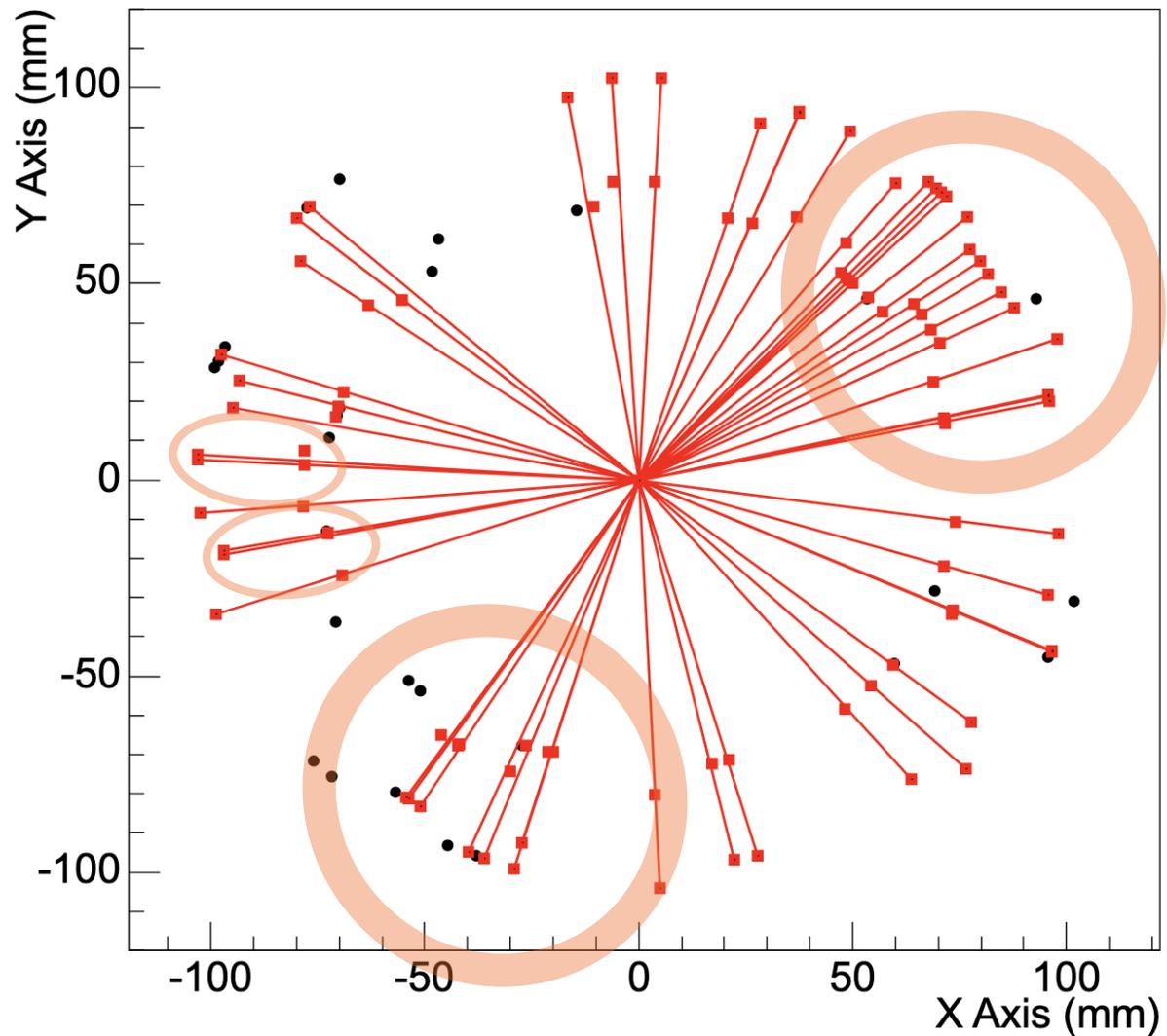
対策1

1イベントで、Outer clusterで $|\theta_2 - \theta_1| \approx 0$ かつ $|\phi_2 - \phi_1| \approx 0$ の時、無視して他のクラスターをVevtorに格納



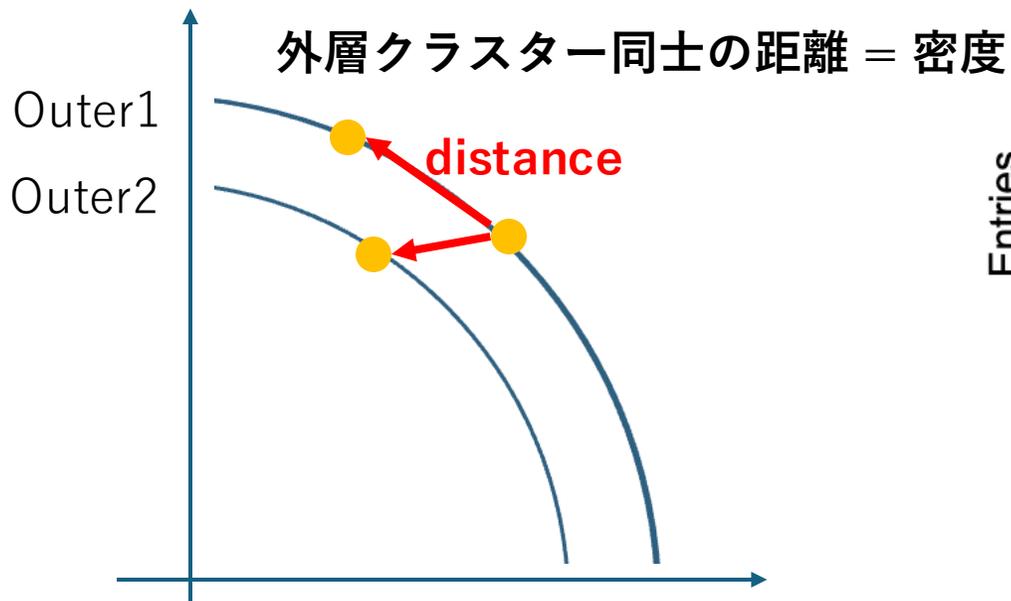
密度の高いエリアのカット

Event Display X-Y



密度の高いエリアを削る

Outerのみ



```

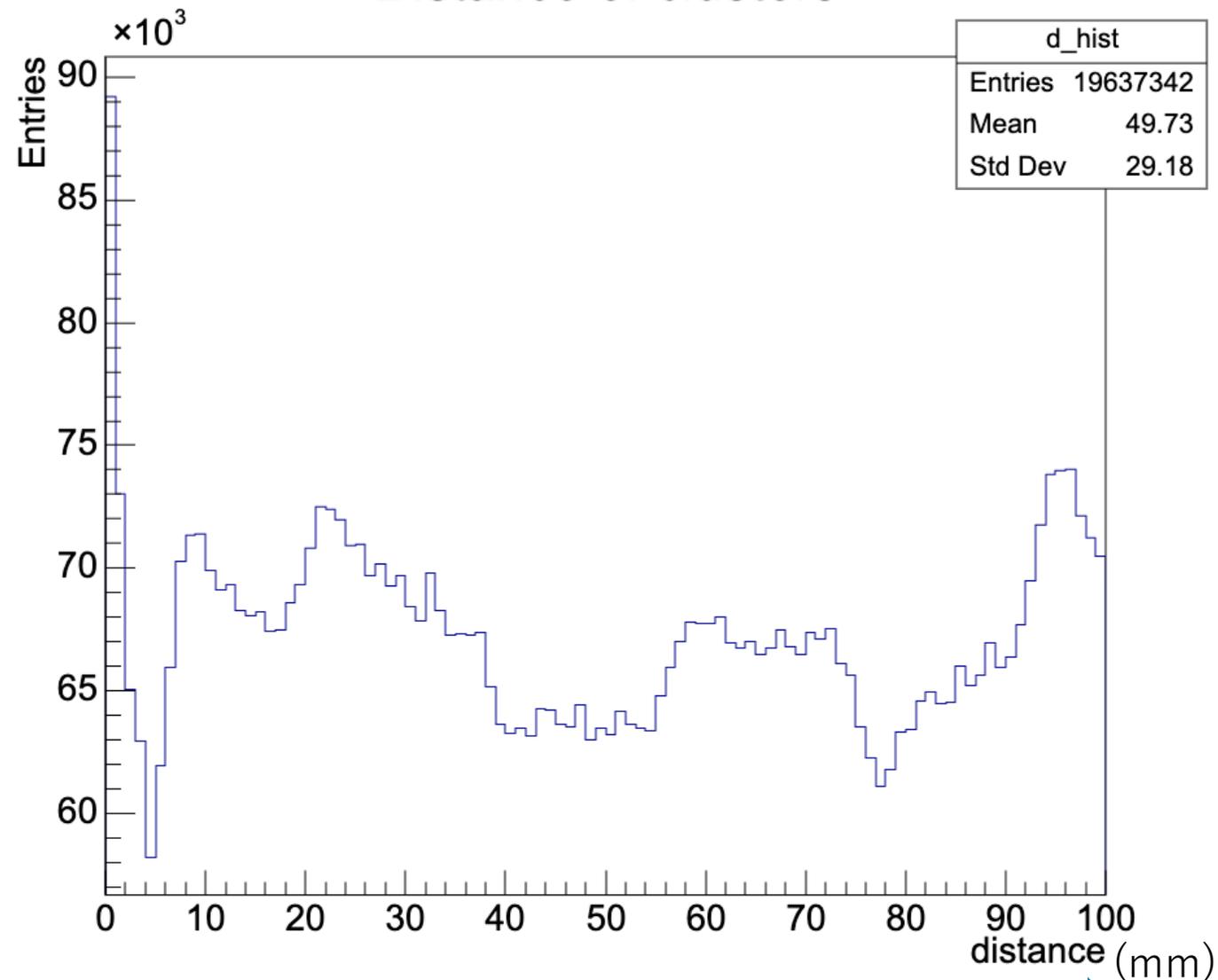
for (size_t i = 0; i < Clusters.size(); ++i) {
    if (lay->at(i) > 1) { // 外層のみループ
        for (size_t j = 0; j < Clusters.size(); ++j) {
            if (i == j || lay->at(j) < 2) continue;

            double dx = Clusters[i].X() - Clusters[j].X();
            double dy = Clusters[i].Y() - Clusters[j].Y();
            double d = std::sqrt(dx * dx + dy * dy);
            d_hist->Fill(d);

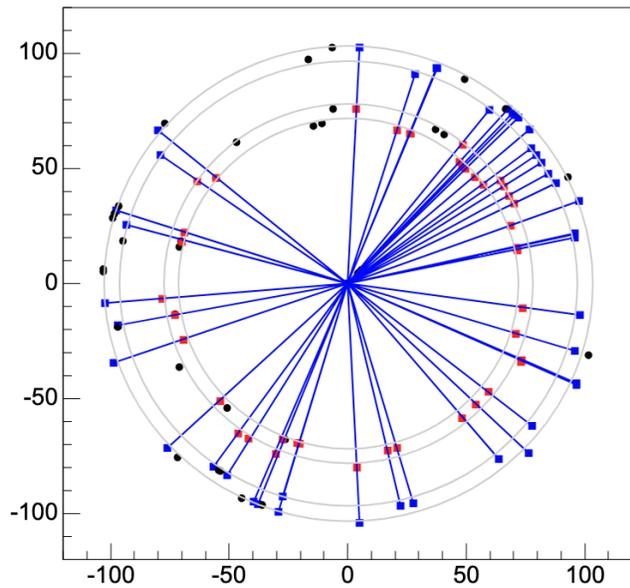
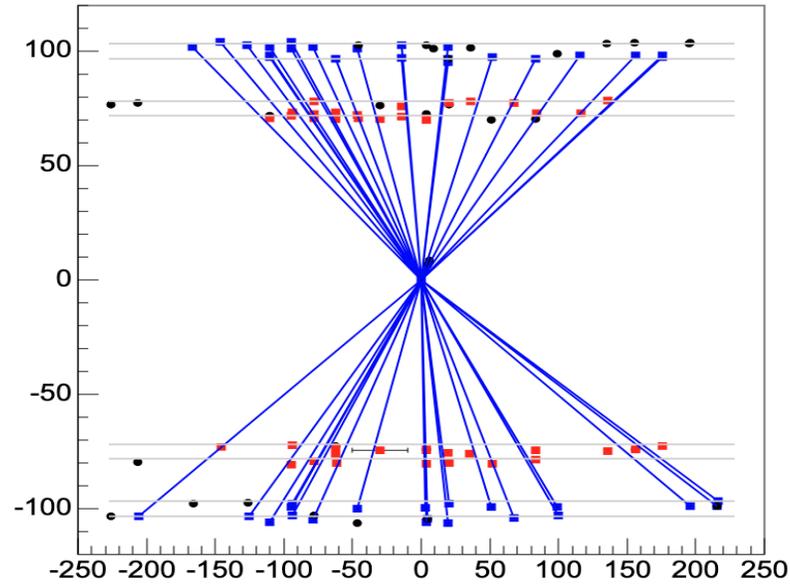
            if (d < 10.0) {
                labeledClusters.insert(i);
                labeledClusters.insert(j);
            }
        }
    }
}

```

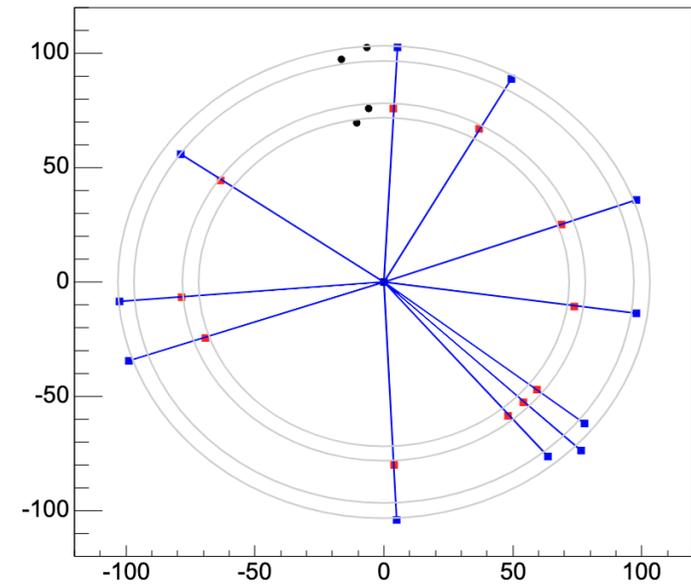
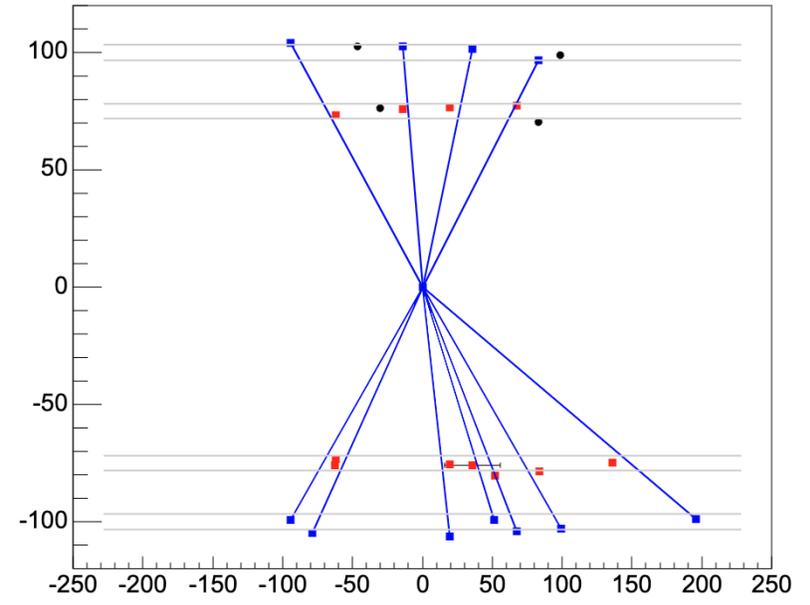
Distance of clusters



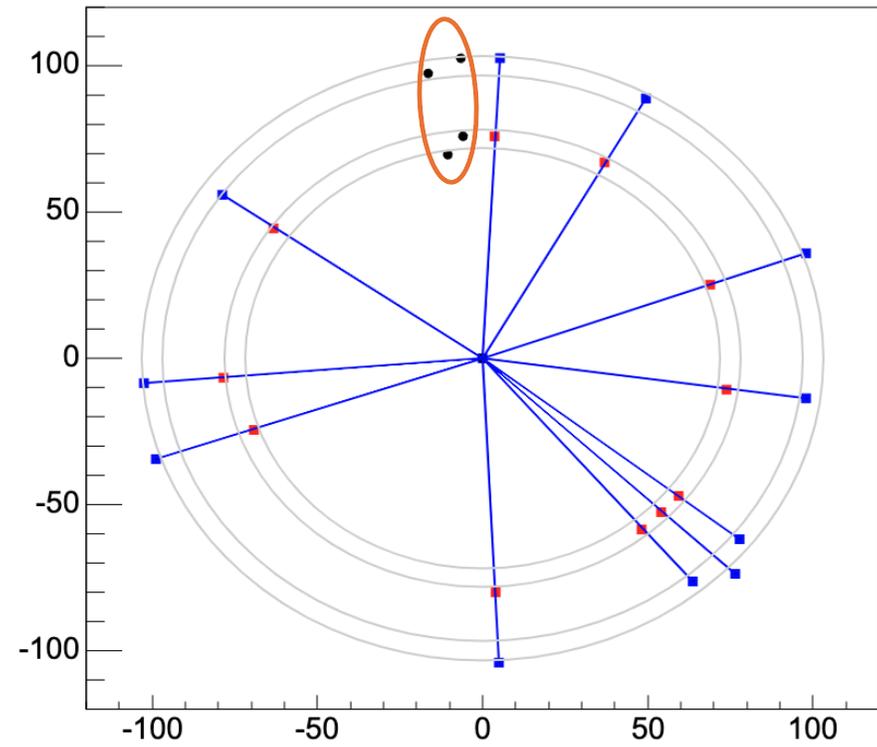
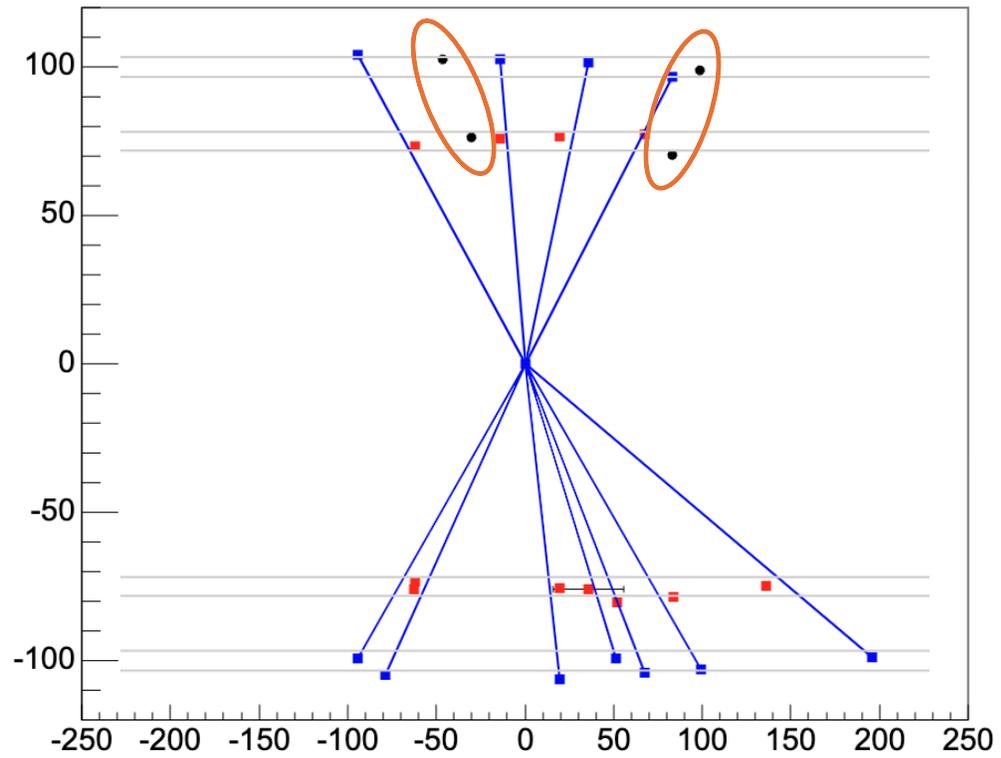
クラスター除去前



クラスター除去後(distance>10mm)



クラスター除去後



選ばれてもいいペアが存在する

今後の展開

- p+p(vertex固定) ← 現在
- p+p(vertex固定)+池本vertex導入
- p+p(vertex変動)+池本vertex導入
- p+p(実データ)+池本vertex導入

残差分布 (p+p)

低多重度

クラスター数 < 40

高多重度

クラスター数 > 140

