

2023/1/24

宇宙線を用いた ラダー検出効率計算および タイミング依存性の測定

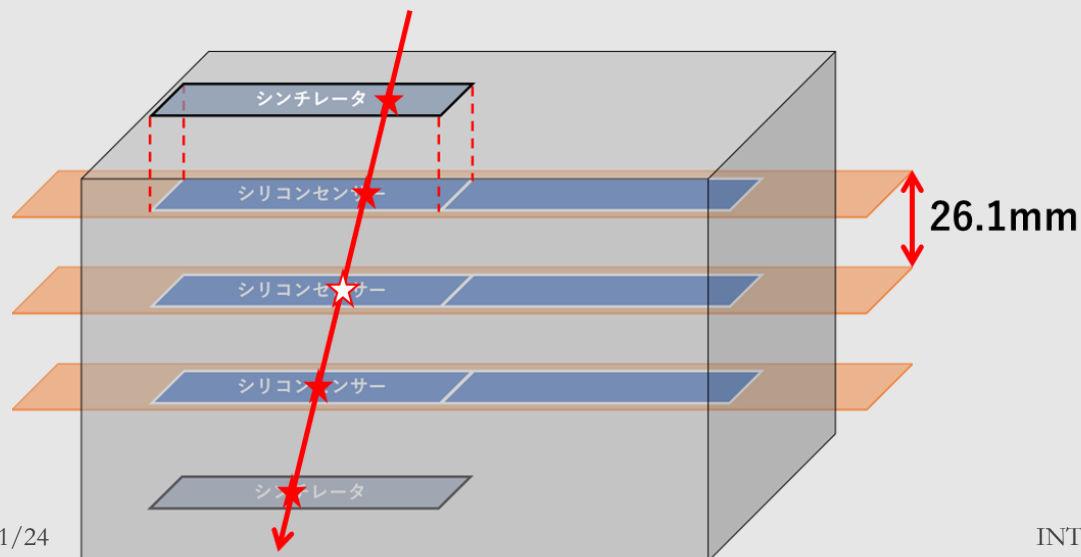
NWU M2 並本ゆみか

研究目的

- 宇宙線測定之目的: ビームテストとは異なり環境ノイズが少ない状況での測定で、
 1. 2021年ビームテストで得られた検出効率を検証
 2. BCOが検出効率に与える影響の確認
- INTTラダーの検出効率測定を目的として、ビームテストを3度行った
 - 2019年ビームテスト: 検出効率96% 予想値99%以上
 - INTTが独自に持つ時計(Beam Clock: BCO)が検出効率に影響している可能性がある
 - 2021年12月に東北大学電子光理学センターでビームテストを実施
 - 実験目的: 検出効率の測定、及びBCOが検出効率に与える影響の測定
 - 検出効率: 99%以上
 - BCOの影響はビームがハイレートであったためCAMAC TDCとの同期が取れず、測定できなかった

宇宙線測定セットアップ

- INTTラダー3本を暗箱内に平行に配置(ラダー間距離: 26.1mm)
- トリガー: 暗箱の上下に配置したシンチレーション検出器のcoincidence
 - INTTラダーのセンサー面積とシンチレータの面積は同じ
- BCOのタイミング、シンチレーション検出器のADCをCAMACを用いて測定

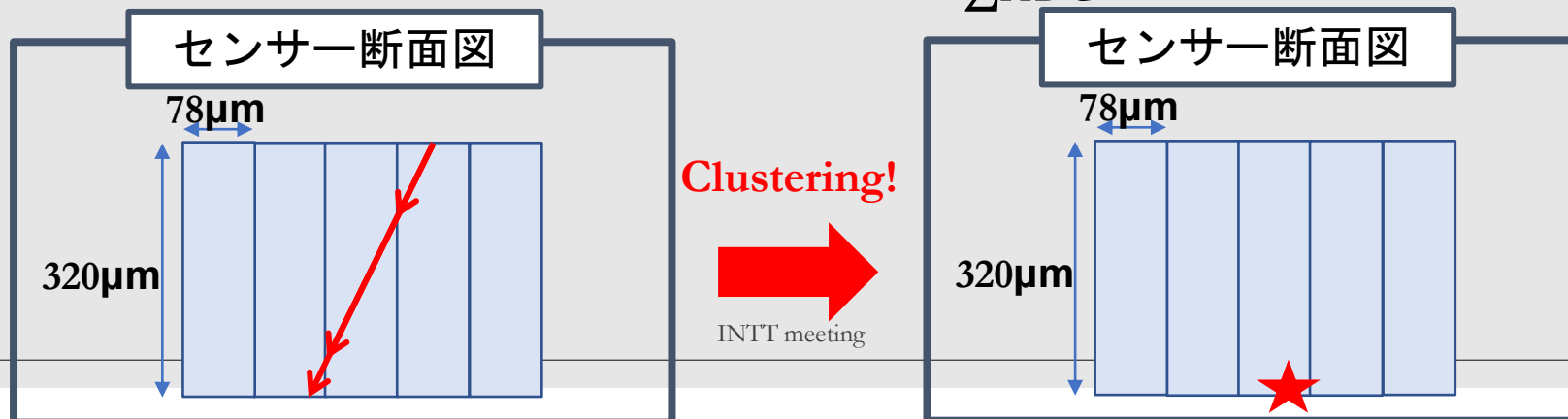


クラスタリング

- 宇宙線 hit は同一ラダー中の複数 channel にまたがることもあるので、それらの hit を一つにまとめるクラスタリングを行った

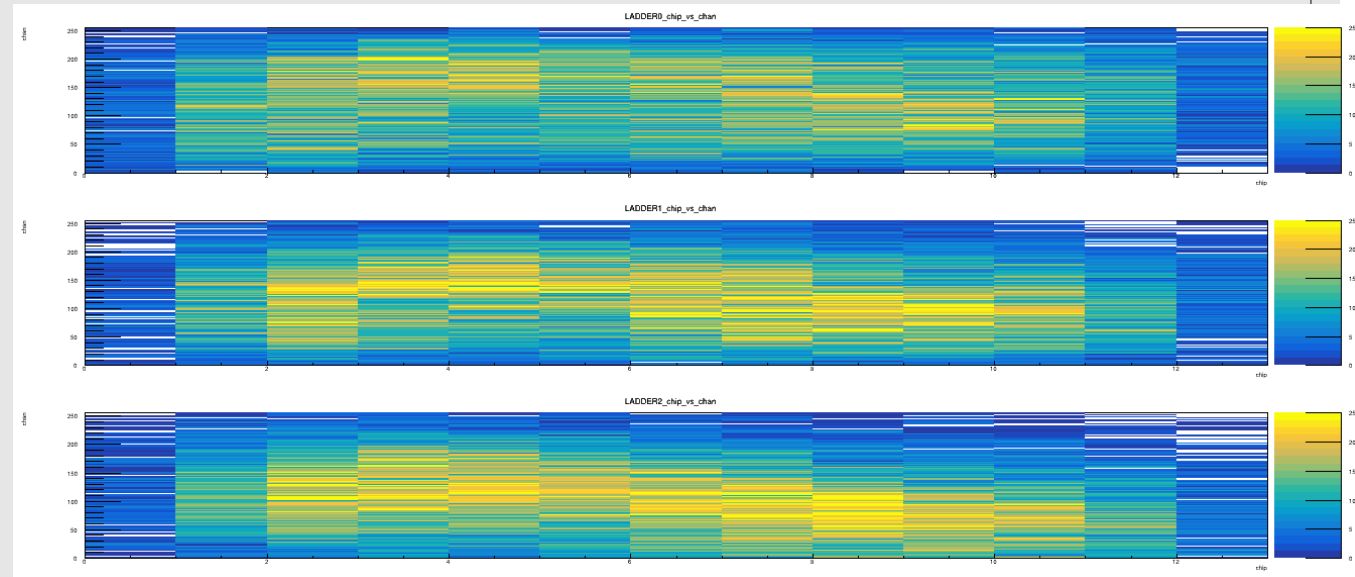
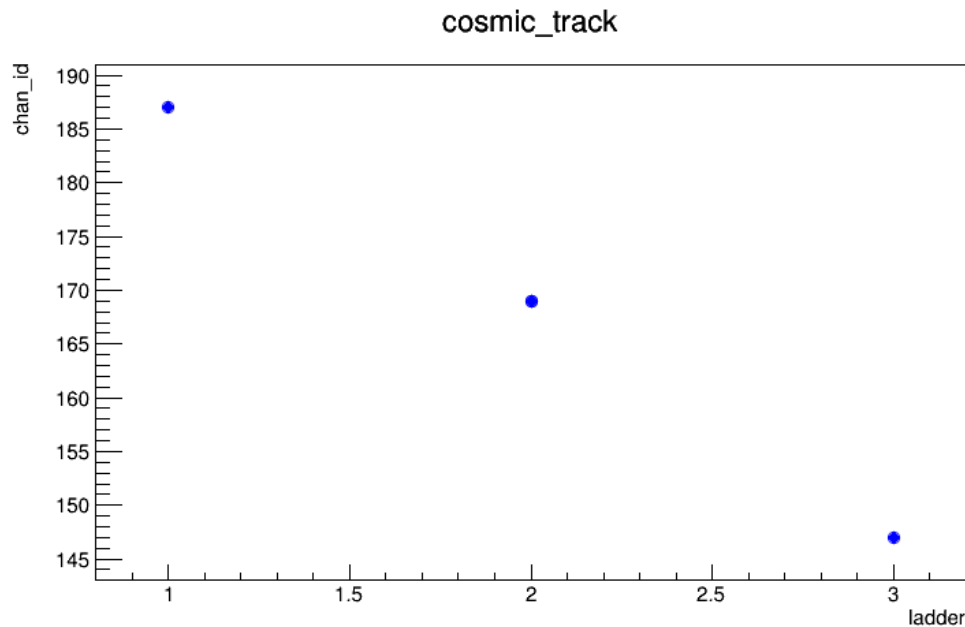
- Hit を BCO (タイミング) ごとにまとめる、このまとまりをイベントと呼ぶ
- 同一タイミングに来た hit をラダー、セルごとにわけける
- Hit のある channel 番号が隣同士であれば、ADC 値(宇宙線の損失エネルギーに相当)を用いて平均 channel 位置を求める

$$\text{Average channel} = \frac{\sum(ch \times ADC)}{\sum ADC}$$



宇宙線測定結果

- 左:横軸ラダー番号、縦軸channel番号として宇宙線測定結果をプロットした図
- 右:横軸chip番号、縦軸channel番号としたクラスター分布図をラダーごとに示した図
 - 宇宙線が3ラダーをまっすぐ貫いているのがわかる

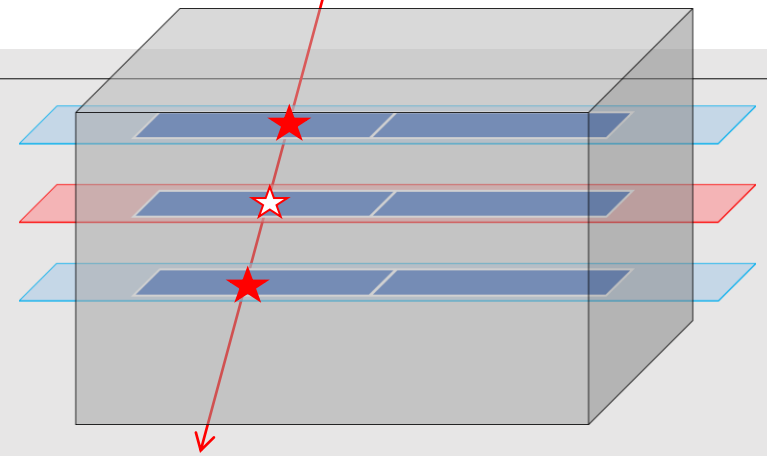


検出効率の定義

Ladder 1

Ladder 2

Ladder 3



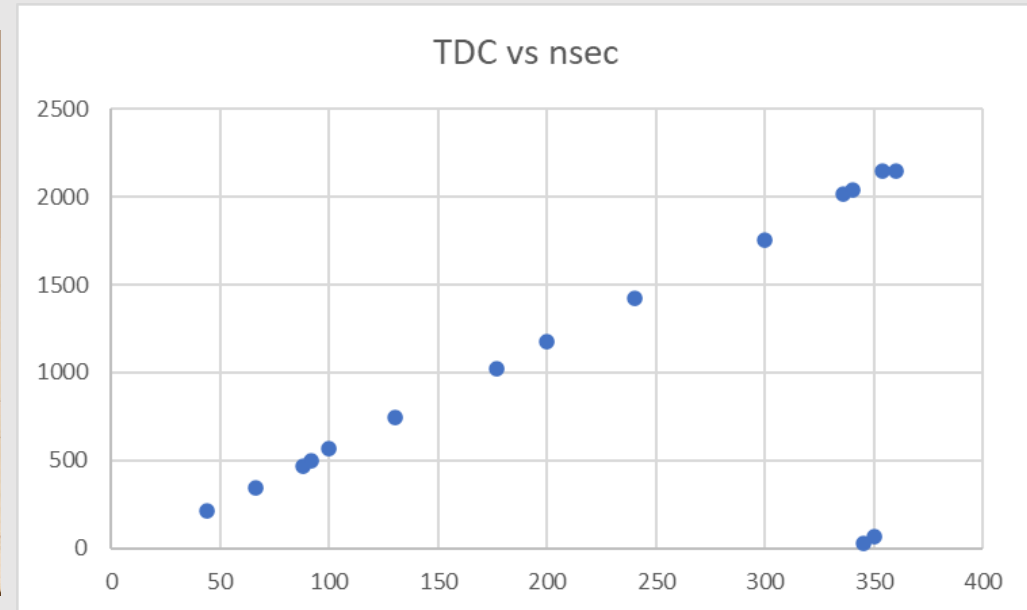
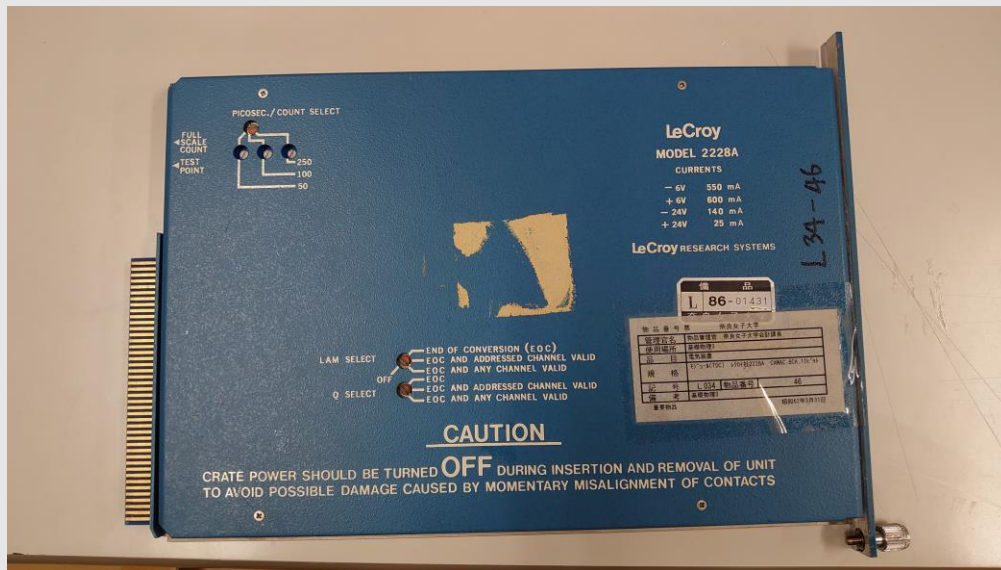
- 中央のラダーの検出効率を求める
- 上下ラダーがそれぞれクラスターを1つ検出した回数を分母
- 上下ラダーがそれぞれクラスターを1つ、中央ラダーがクラスターを1つ以上検出した回数を分子とする

$$\epsilon_{\text{Ladder 2}} = \frac{N(\text{Ladder 1 hit} \cap \text{Ladder 2 hit} \cap \text{Ladder 3 hit})}{N(\text{Ladder 1 hit} \cap \text{Ladder 3 hit})}$$

- 誤差は二項分布の統計誤差を用いた
- 中央ラダーに何もカットをかけない場合、検出効率は $\frac{10597}{10646} = 99.54 \pm 0.06\%$

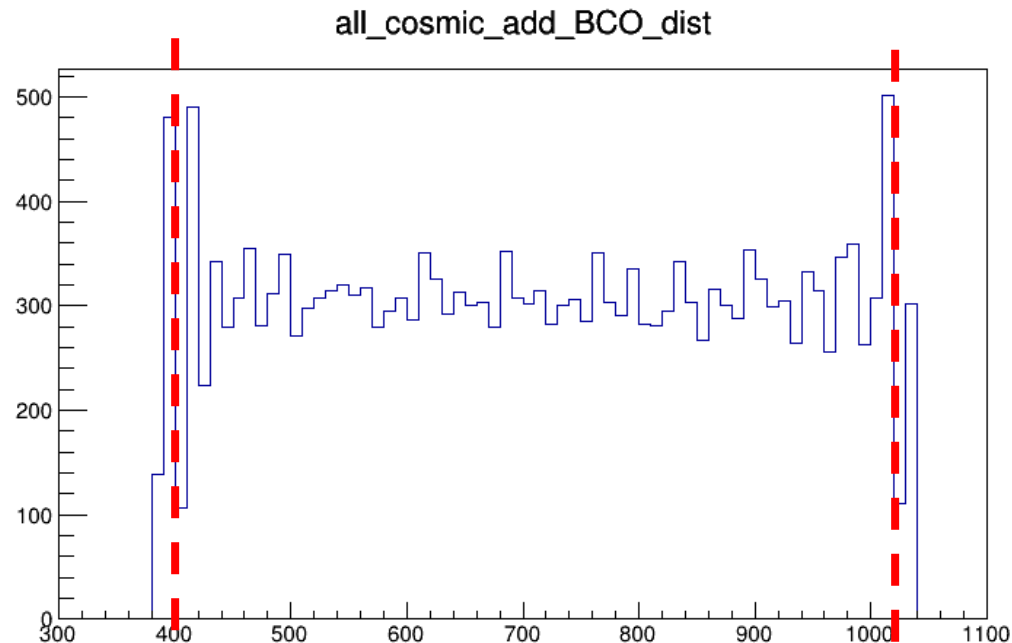
検出効率のBCO依存性測定

- BCOのタイミングはCAMAC TDCで測定されている
 - TDCモジュールの分解能は170psec: 1TDC値 = 170psec = 0.17nsec(2021年11月、ビームテスト前に確認済)



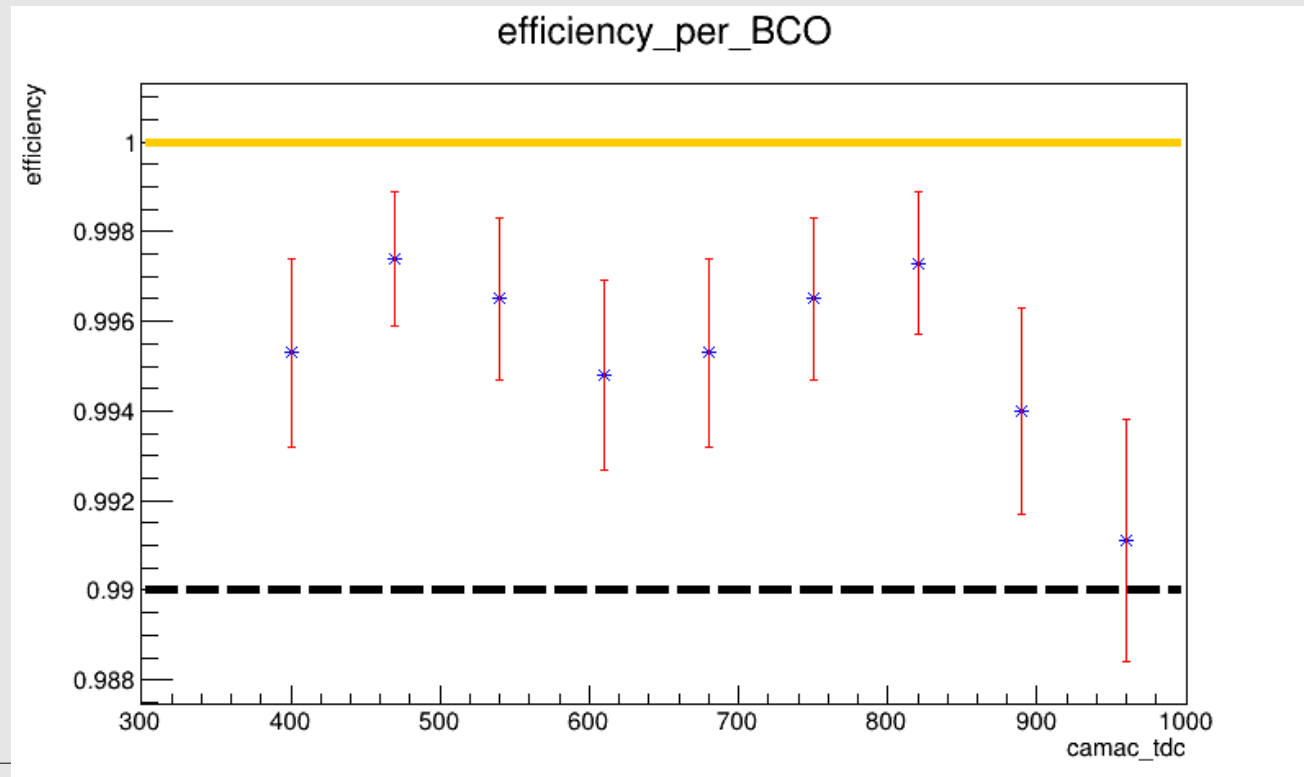
検出効率のBCO依存性測定

- BCOの測定結果は以下のようにになっている
- 400, 1000付近のピークは原因不明
- BCOの1周期は106nsec → TDC値に直すとおよそ620
- 測定結果のTDC値400-1020がBCOの1周期に相当すると考えられる



検出効率のBCO依存性測定

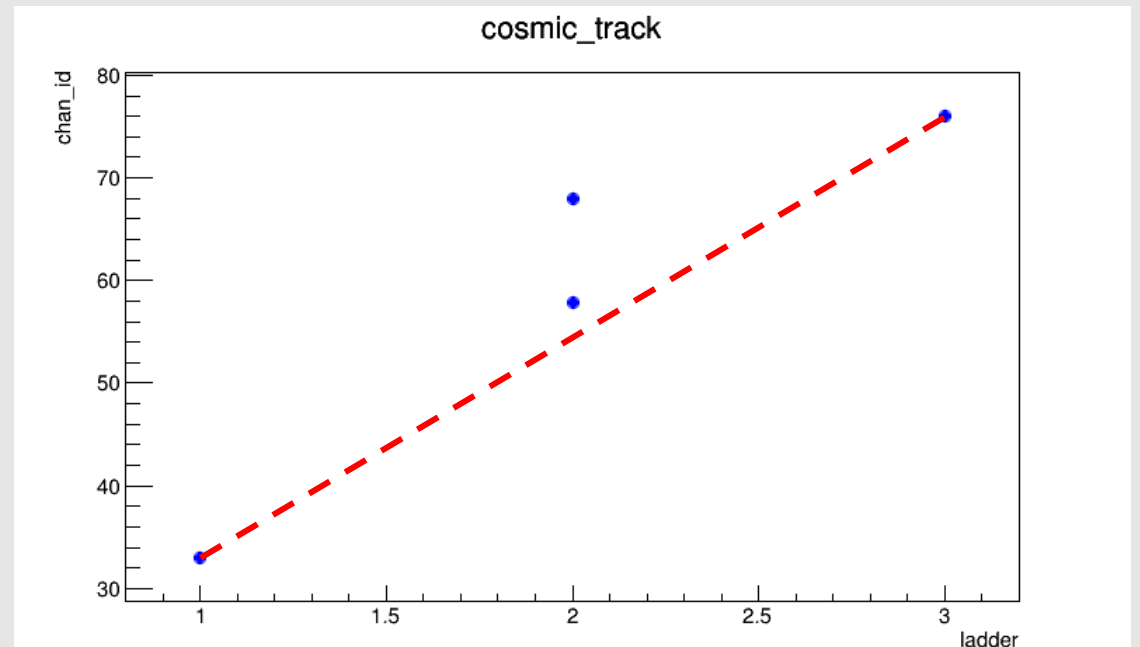
- BCO 1周期 106nsec = 620 TDC値を9つのグループに分け、それぞれで検出効率を求めた
- すべて検出効率99%以上を達成している



宇宙線測定で見つかった問題点

○ 複数クラスター

- 同一タイミングに複数個のクラスターが検出されることがある
- 上下ラダーから予想される位置に近いクラスターが宇宙線、遠いクラスターが回路由来のノイズであると考えていた

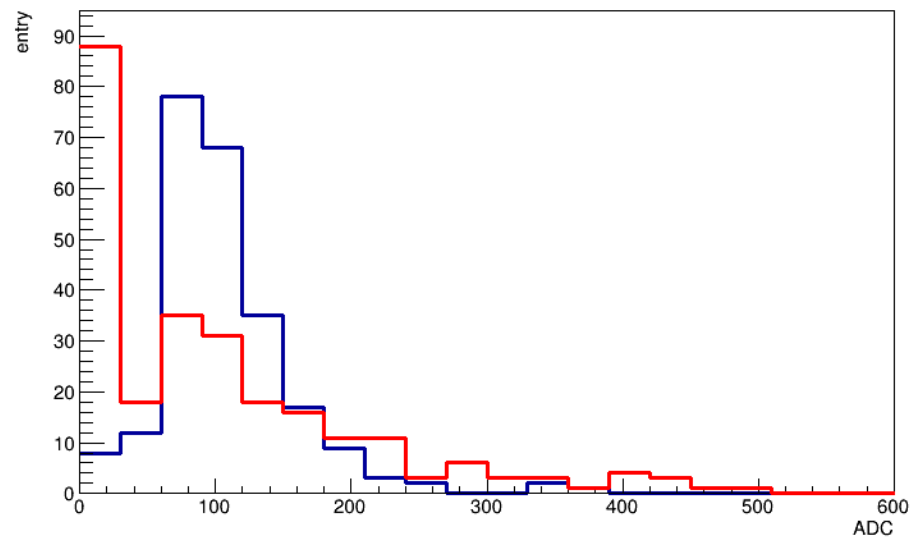


宇宙線測定で見つかった問題点

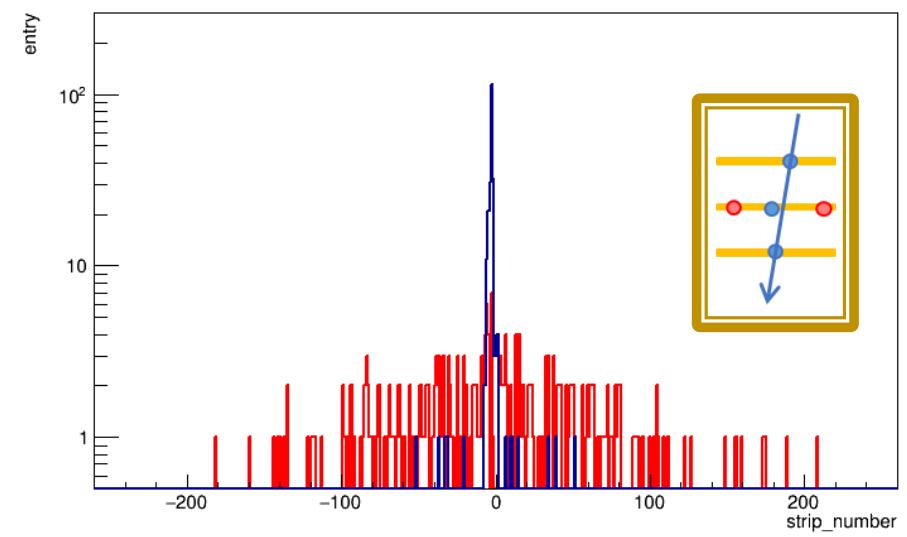
○ 複数クラスター

- 同一タイミングに複数個のクラスターが検出されることがある
- 上下ラダーから予想される位置に近いクラスターが宇宙線、遠いクラスターが回路由来のノイズであると考えていた

近/遠クラスターのADC分布



近/遠クラスターのResidual 分布



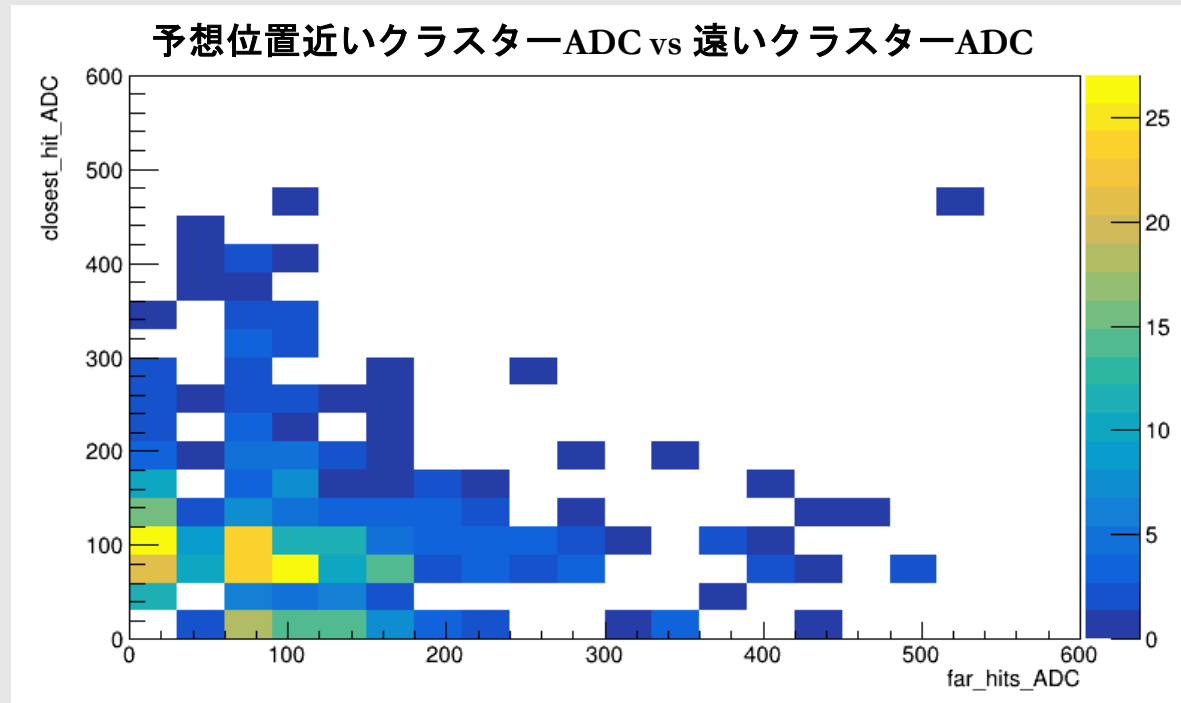
宇宙線測定で見つかった疑問

◦ 複数クラスター

- 同一タイミングに複数個のクラスターが検出されることがある
- 上下ラダーから予想される位置に近いクラスターが宇宙線、遠いクラスターがROCなどの回路由来のノイズであると考えていた
- 昨年11月のAsia meetingで、回路由来ではなくストリップによるクロストークで発生したノイズではないかとのコメントがあった
 - クロストーク: 平行に配線された信号線において、一方に流れた信号がもう一方に影響すること
- クロストークが起きている場合、回路由来のノイズに比べて信号が大きくなるはず

宇宙線測定で見つかった疑問

- 複数クラスターについて、予想位置に近いクラスターと遠いクラスターのADC相関を調べた
- クロストークが起きている場合、正の相関が見られるはずだが特に見られなかった

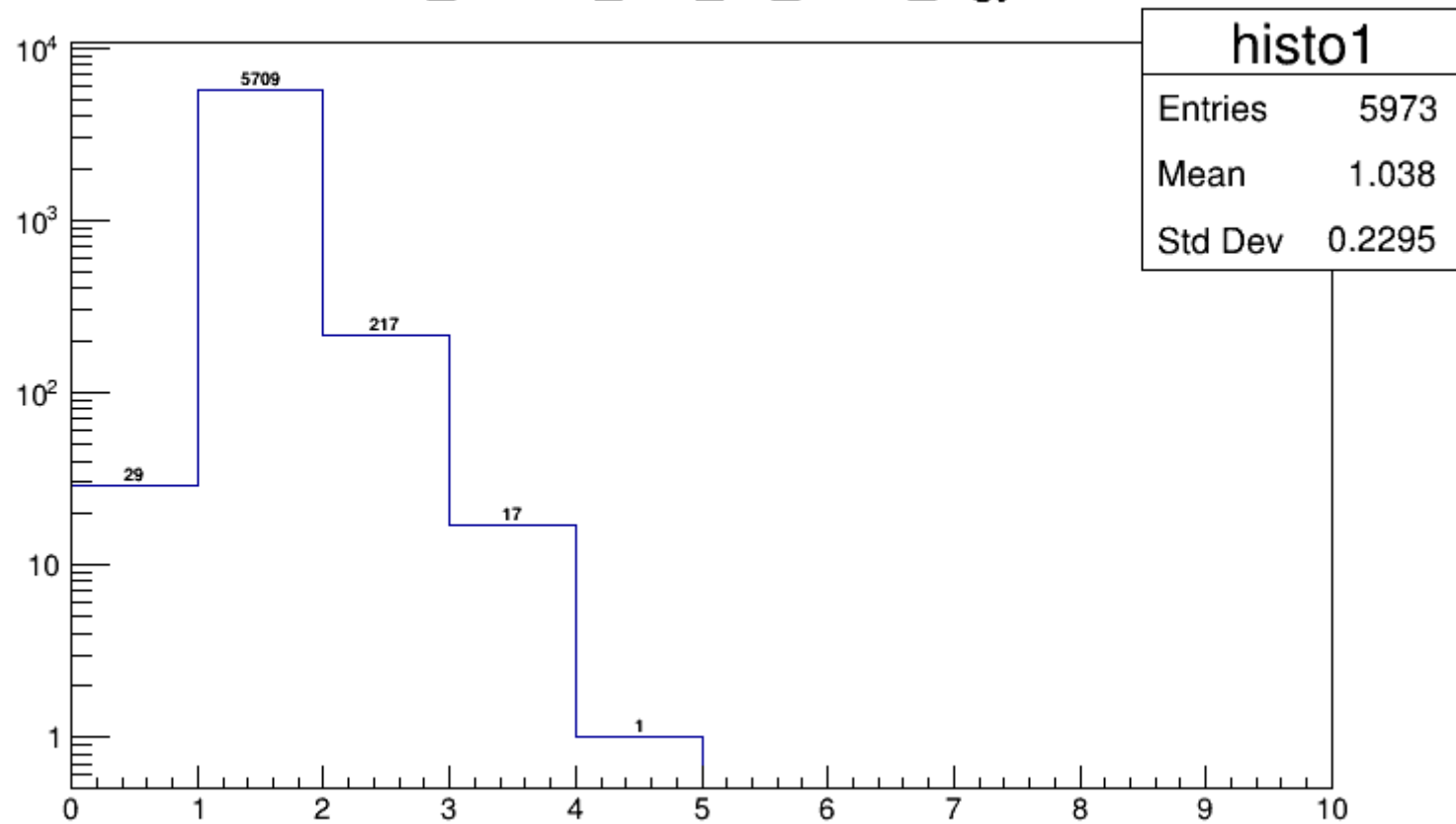


今後の課題

- INTTでクロストークが起きているのか検証する
- 検出効率の残り0.5%で何が起きているのか確認する

BACK UP

all_cosmic_add_L1_count_logy



Efficiency: Residual distribution cutting

- We fitted double-gaussian to the residual distribution.
- We cut the residual distribution by narrow and wide sigma and calculate the efficiency in each conditions.
- Wide 10σ shows $97.34 \pm 0.21\%$. It means about 2% are in outside of double-gaussian.
 - It is considered to be the effect of Coulomb scattering.

