

日本物理学会2024年次大会
RHIC-sPHENIX実験
2024年運転における中間飛跡検出器
INTTのデータ読み出し

奈良女子大, 理研^A, 立教大^B, 都立産技大^C, JAEA^D

加納麻衣, 秋葉康之^A, 池本真尋, 榎園昭智^A, 加藤智也^B,
菊池陸大^B, 近藤崇^C, 宍倉遼太^B, 下村真弥, 辻端日菜子, 中川格^A,
糠塚元気^A, 長谷川勝一^D, 蜂谷崇, 藤原愛実, 森本菜央,

目次

- 研究背景
- Run2024におけるINTTのデータ測定
- データ読み出しの現状
- Event Mixup
- 研究内容
 - Mixup ヒット・イベントの割合
 - トリガーレートとの関係
- まとめ

研究背景

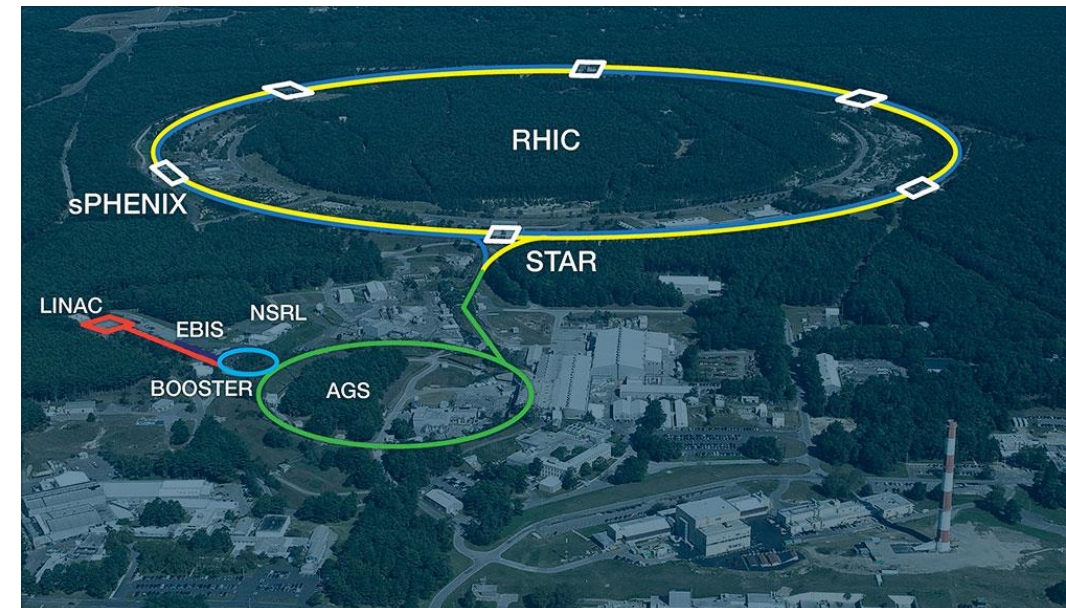
RHIC-sPHENIX実験 アメリカブルックヘブン国立研究所(BNL)

- RHIC (Relativistic Heavy Ion Collider) 加速器での実験
- 2000年-2016年まで稼働していたPHENIX実験を高度化、2023年より稼働
- クォーク・グルーオン・プラズマとCold-QCD研究を目的としている
- 昨年 (Run2023) では金原子核対 (200GeV) 衝突が行われ
今年 (Run2024) は陽子対 (200GeV) 衝突が行われている

120バンチある106nsごとに衝突がある

ビームクロックの話

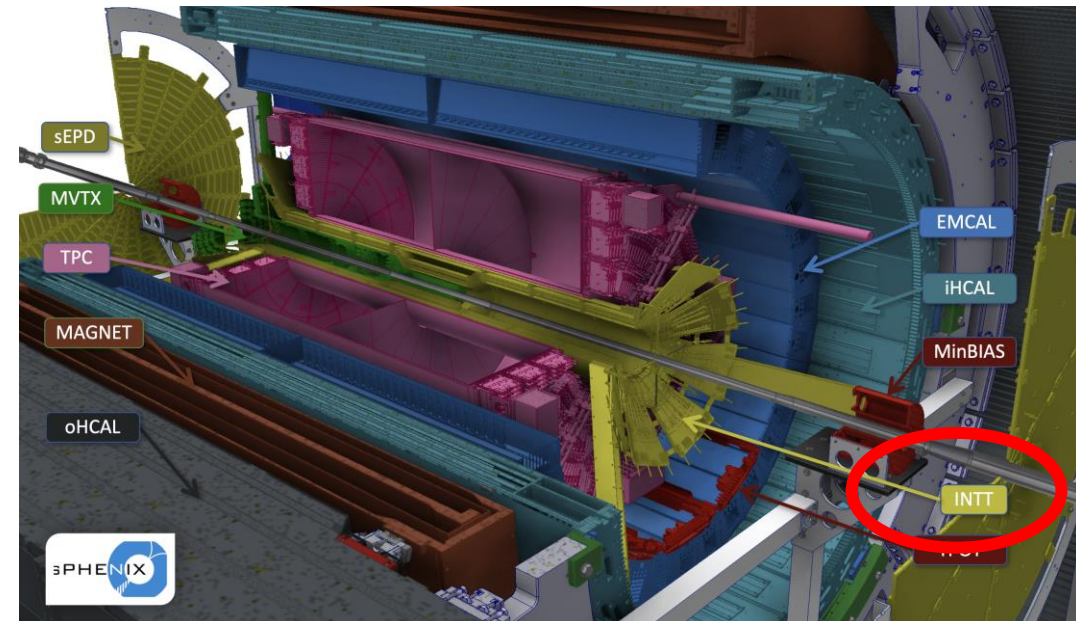
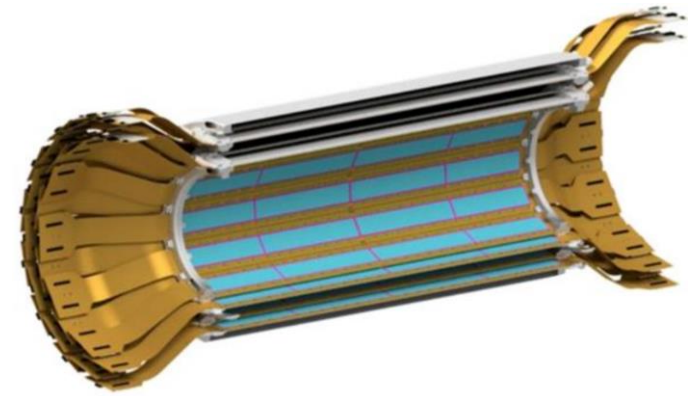
絵追加



研究背景

中間飛跡検出器INTT(INTermadiate Tracker)

- sPHENIX実験の飛跡検出器群の1つ
- ストリップ型シリコンセンサーを用いたバレル状の2層構造の検出器
- ビーム軸から $r = \sim 7.5, \sim 10$ cmに位置する、(アクセプタンスの話)
- 高速信号処理が可能のためデータ収集が早く、ビーム交差毎に処理する能力を持つ
- Run2024で2つのデータ読み出し方法で測定



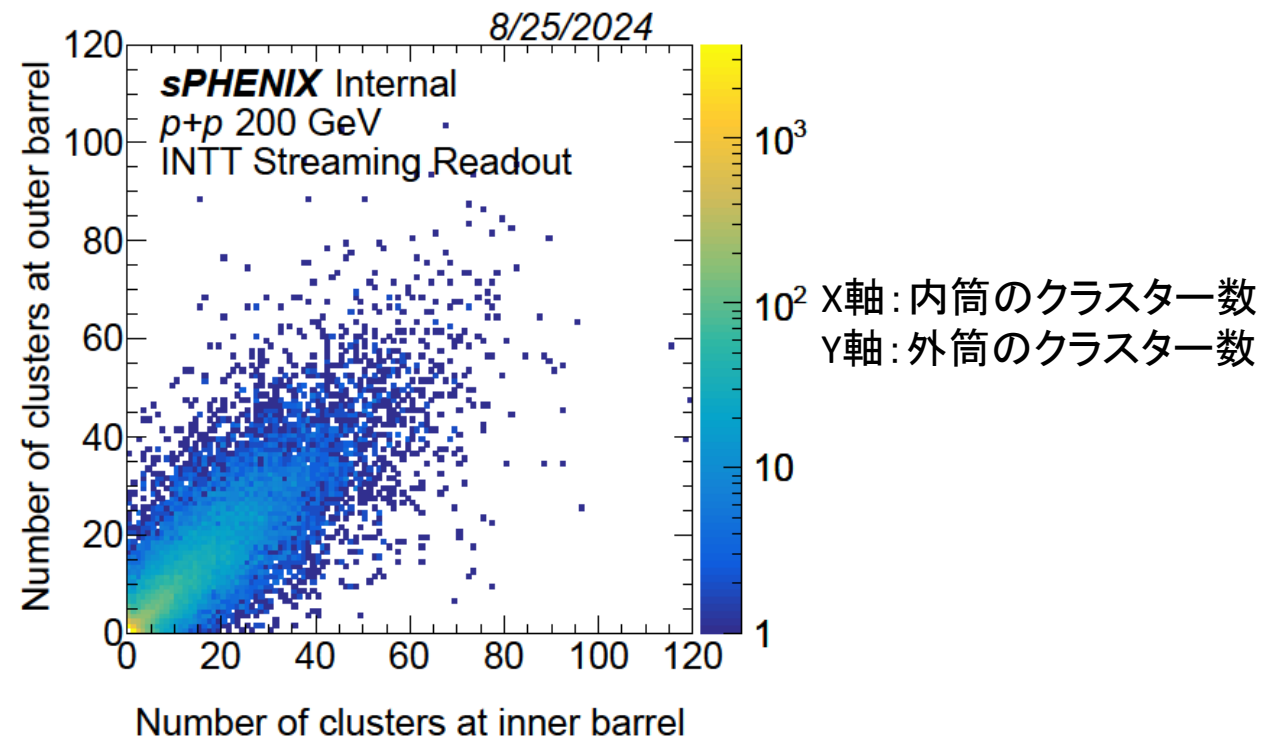
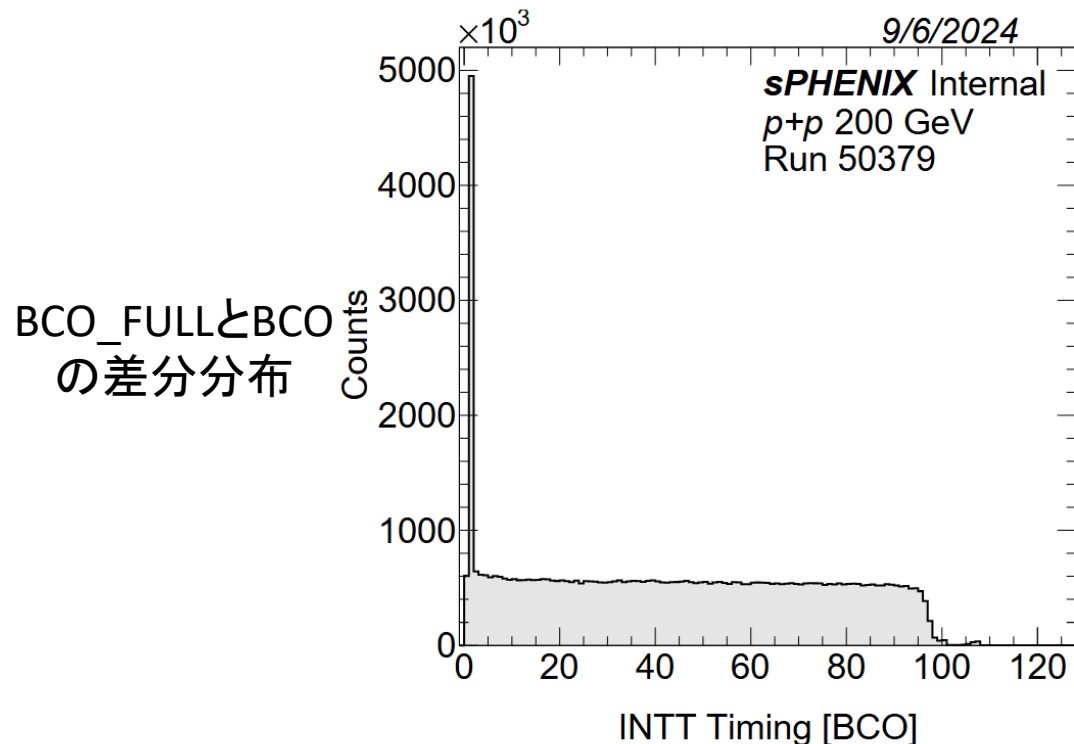
データ測定 トリガー読み出し

BCO:INTTのビームクロック

BCO_FULL:sPHENIXのビームクロック

トリガー読み出し:トリガーを受けとったタイミングの衝突のヒットを読み出す

トリガーからの延長時間内(8~10us)衝突のヒットも読み出す



ピークは衝突で発生した各ヒットは1クロックでタグ付け処理完了 INTTの2層のクラスター数に正の相関

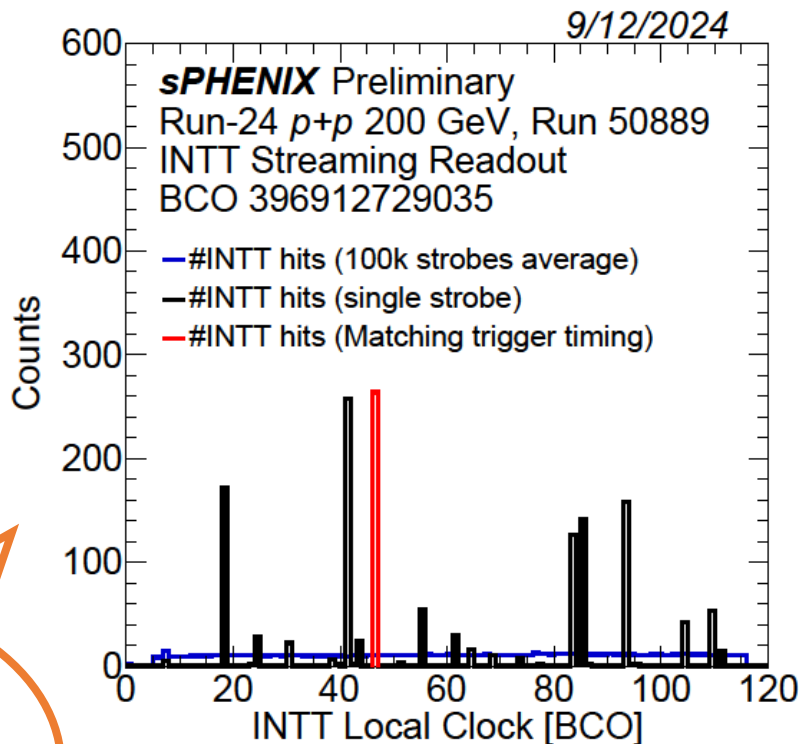
ビーム衝突による信号を確認

後ろに続くエントリーは読み出し延長時間の
ヒットによるもの

データ測定 ストリーミング読み出し

BCO:INTTのビームクロック
BCO_FULL:sPHENIXのビームクロック

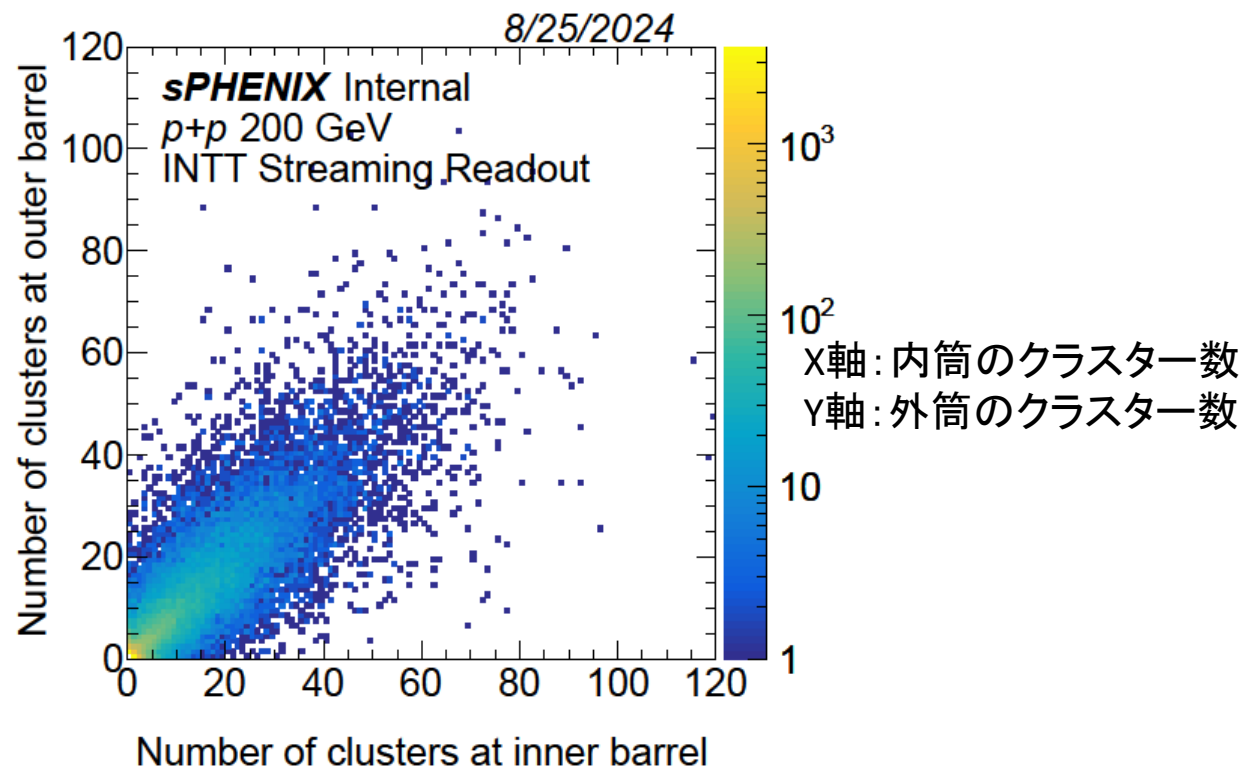
ストリーミング読み出し: 信号を受け取りストロボを生成、ストロボからRHIC の1周に相当する
120 クロック 分のデータを読み出す



BCO分布

多くの衝突事象
を読み出すこと
ができる！

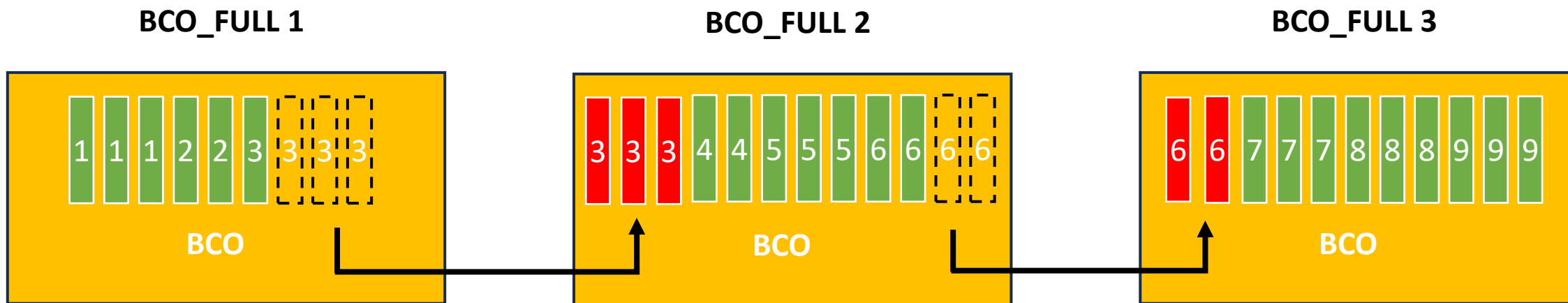
赤: 信号のタイミングのヒット
黒: 信号以外の120クロック以内
のヒットも測定



INTTの2層のクラスター数に正の相関
ビーム衝突による信号を確認

データ読み出しの現状Event Mixup

BCO:INTTのビームclk
BCO_FULL:sPHENIXのビームclk



2つの異なるビーム衝突事象のデータが混ざってしまう現象が起きている

この現象は金原子核衝突のRun23のみならずRun24でも確認

偏極陽子+陽子衝突実験ではビーム交差ごとにビーム偏極方向を変化させている

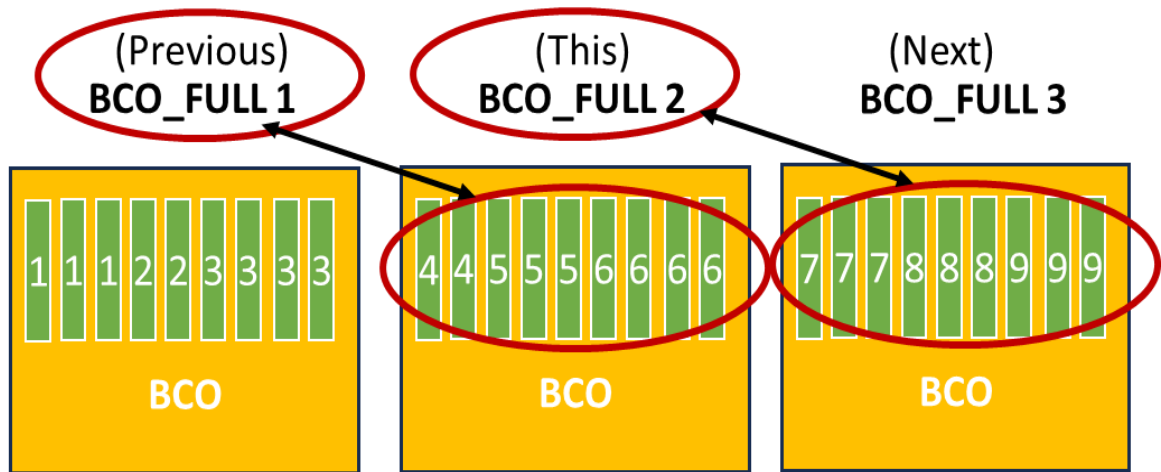
したがって1ビーム交差内でヒット識別が必要となる

この課題解決のため現象の理解が必須である

Run24におけるEvent Mixup

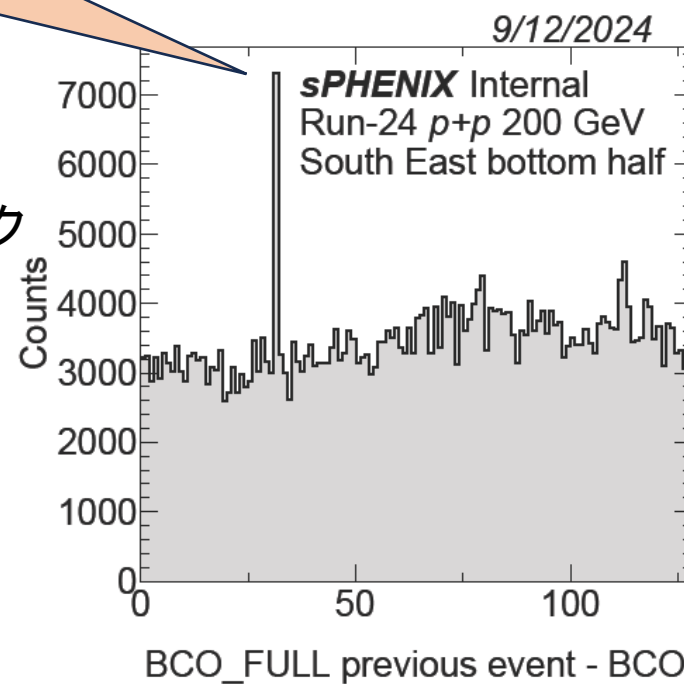
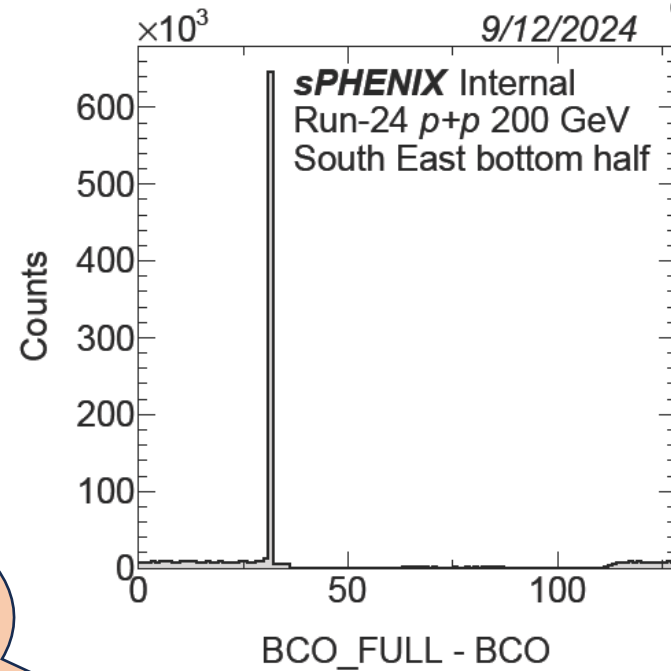
BCO:INTTのビームclk
BCO_FULL:sPHENIXのビームclk

同じイベントのBCO_FULL - BCO
ピークは衝突によるヒットを表す



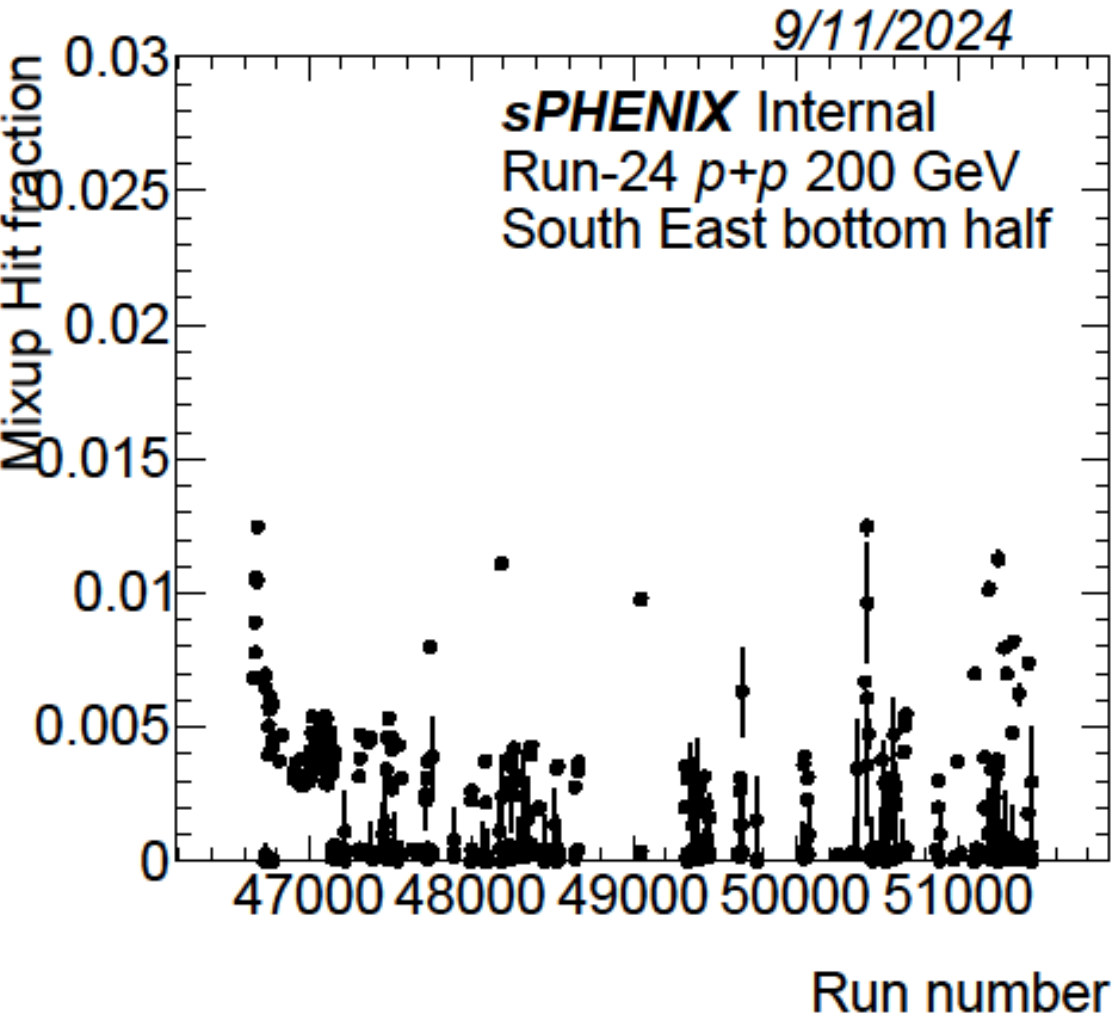
1つ前のイベントBCO_FULL - BCO
関連のない2つの値の差分にピーク
1つ前のイベントからヒットが混在

BCO_FULL-BCOと1つ前のイベントBCO_FULL-BCO
同じ位置にピーク
→Event Mixupが発生している

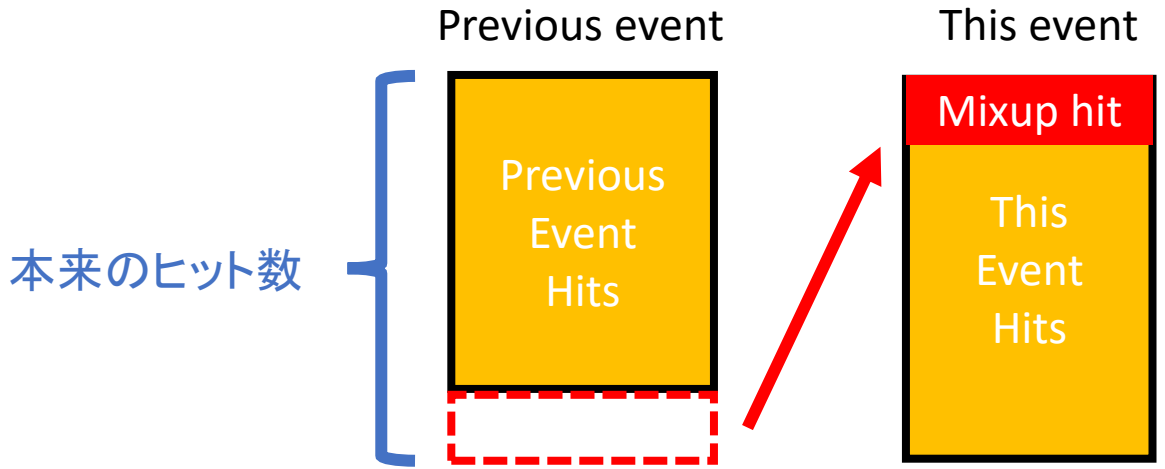


Mixup ヒットの割合 vs Run number

データタイプ: 物理データ
 測定日: 2024/06/25 ~
 データ読み出し: トリガー
 測定時間: 10分以上
 解析イベント数: 100k



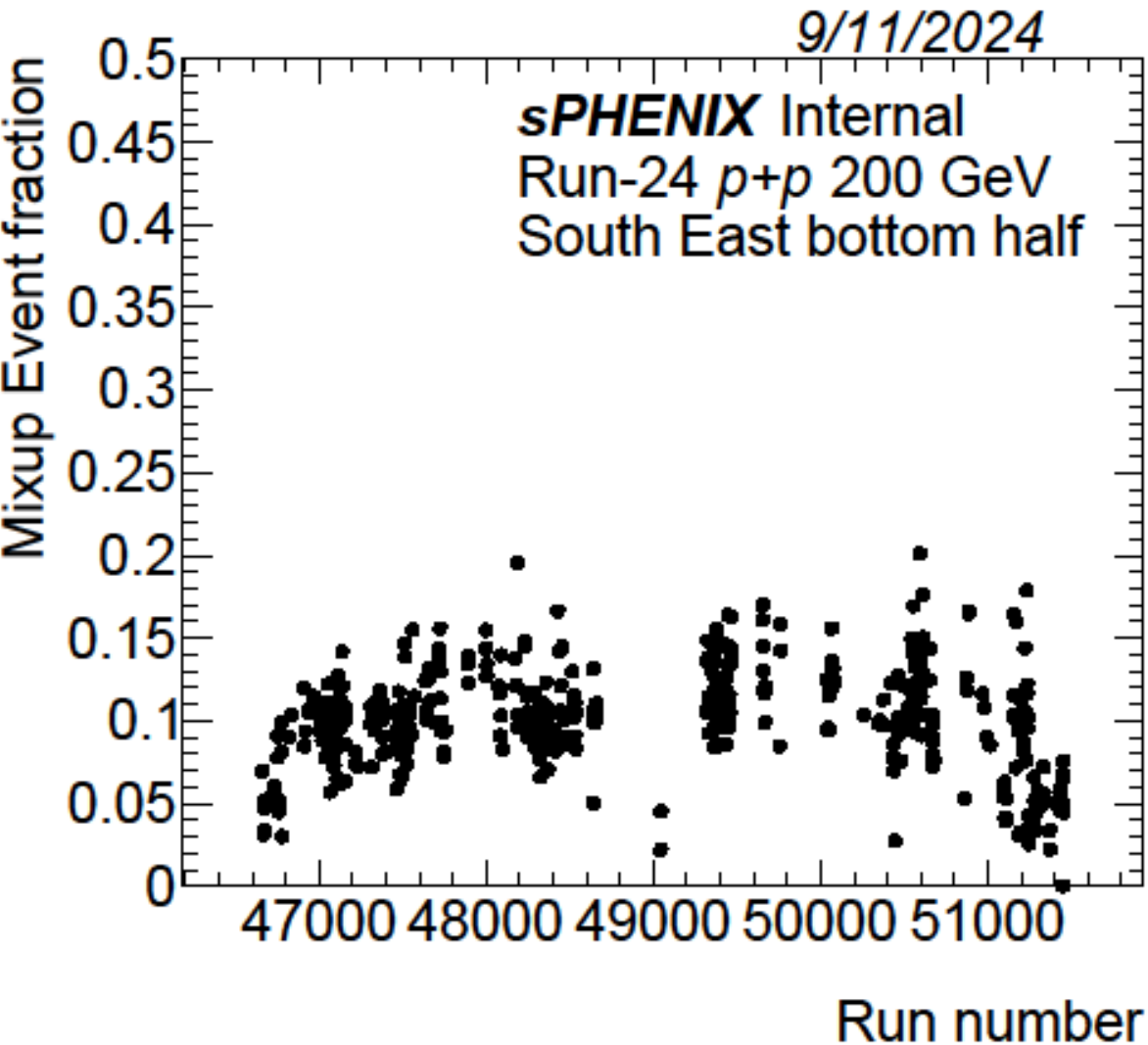
イベントごとにヒットの混在の割合 (平均)



- Run number依存性なし
- 漏れ出すヒットはおおよそ0.5~1%
- Mixupを確認されたRunにおいておおよそ4% 比べて低い結果

Mixup イベントの割合 vs Run number

データタイプ: 物理データ
測定日: 2024/06/25 ~
データ読み出し: トリガー
測定時間: 10分以上
解析イベント数: 100k

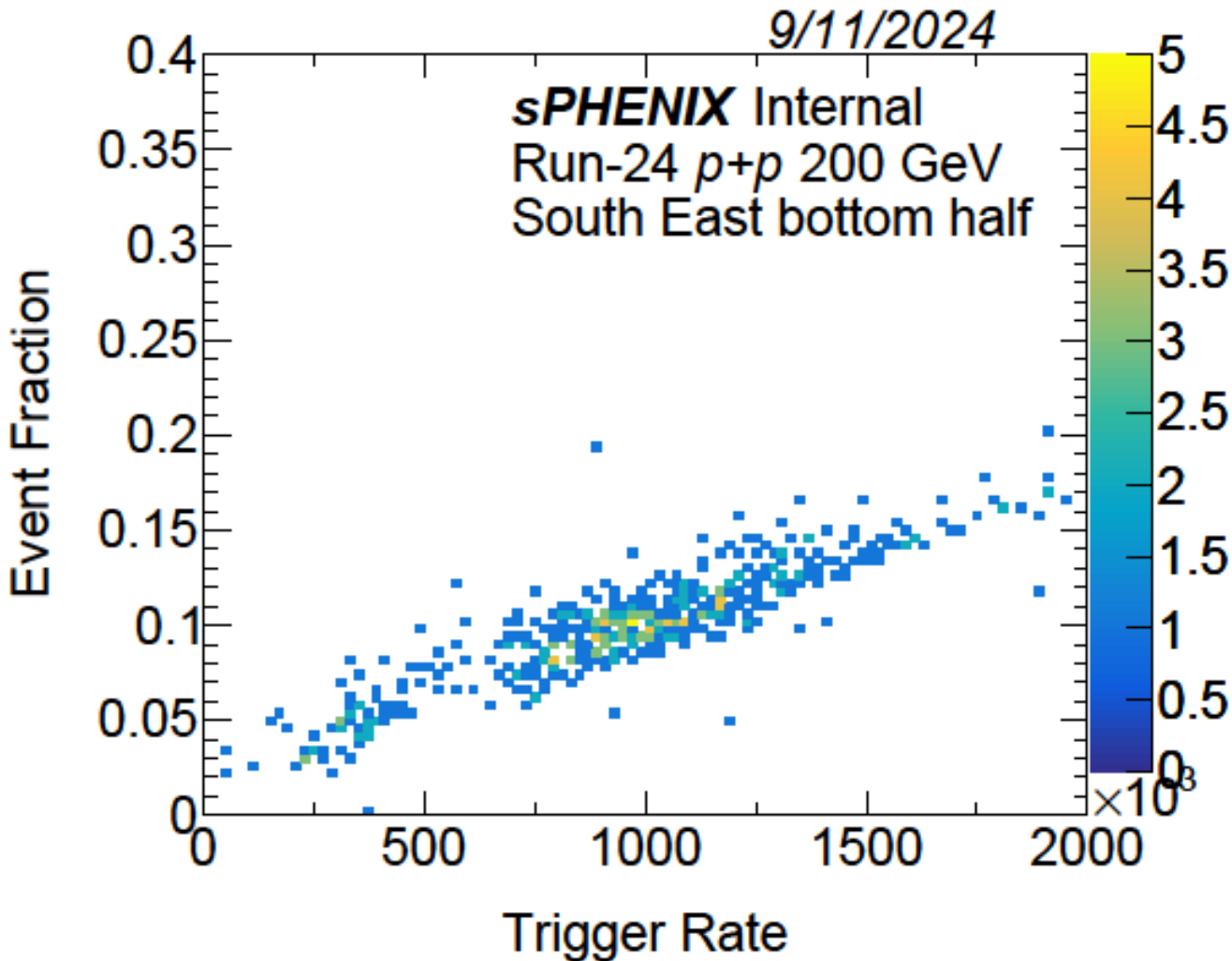


Run内でのMixupが起こるイベントの多さ
Mixupの起こりやすさ

- Run number依存性なし
- Mixupの起こりやすさ5%~15%
- Run23での割合は5%~15%ほど
同様な結果が得られた

Mixup イベントの割合 vs 衝突レート

データタイプ: 物理データ
測定日: 2024/06/25 ~
データ読み出し: トリガー
測定時間: 10分以上
解析イベント数: 100k



Mixupイベントの割合と衝突レートに相関

→衝突事象の間隔が短ければ短いほど
Event Mixupは起こりやすくなる

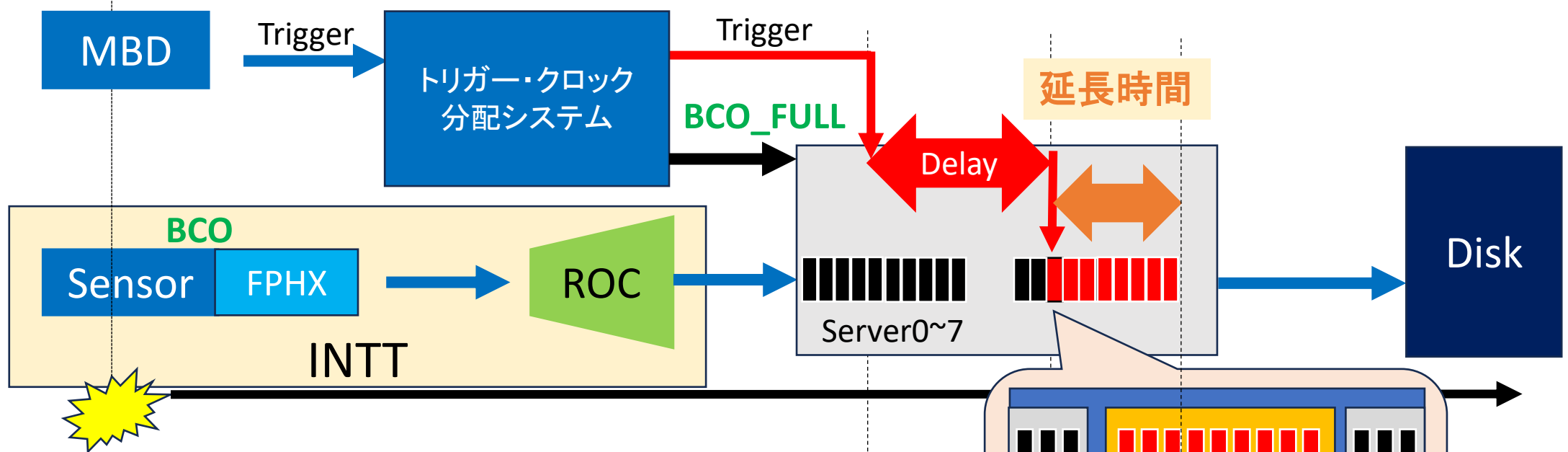
まとめ

- Run2024においてINTTはトリガーとストリーミングと2種類のデータ読み出し方法で、ビーム衝突のデータの測定が出来た
- Event Mixupという2つの異なるビーム衝突事象のデータが混在する現象が陽子対衝突でも確認された
- Event Mixupの起こりやすさは衝突事象の間隔と関係する
- ストリーミング読み出しでもEvent Mixupがあることが確認されている
- さらに調査を行い、問題解決のため現象の理解を深める

Back up

トリガー データ読み出し

BCO(Beam clock counter) : INTTのビームクロック 7bit
BCO_FULL : sPHENIXのビームクロック 40bit



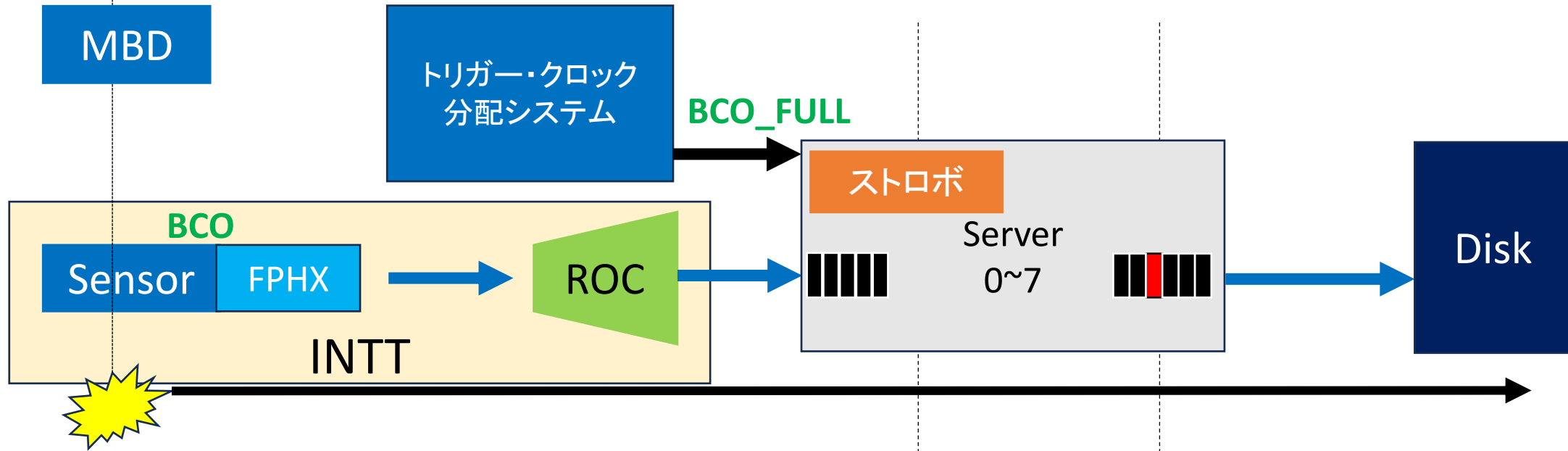
読み出しシステムの動作

1. 衝突をMBD(トリガー検出器)で検出し、トリガー生成
2. INTTで検出したヒットを全てサーバーに送る
3. トリガーをサーバーで受信し、そのタイミングのヒットを選びイベントとする
4. 読み出し延長時間内(8~10μ秒)のイベントを選び後方に送る
5. Diskにデータを保存

ストリーミング データ読み出し

BCO: INTTのビームクロック 7bit

BCO_FULL : sPHENIXのビームクロック 40bit



読み出しシステムの動作

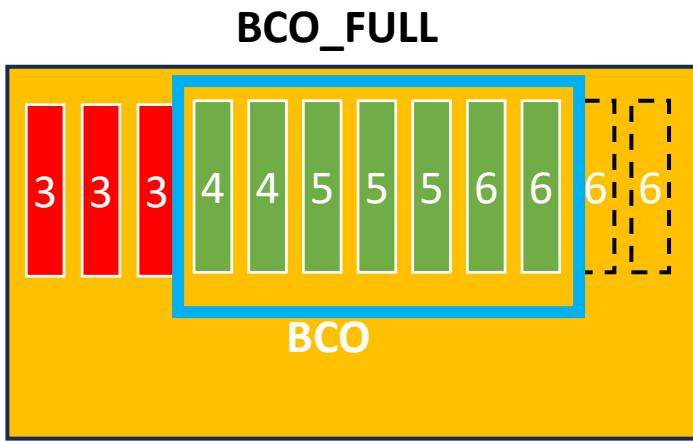
1. INTTで検出したヒットを全てサーバーに送る
2. INTT は クロック分配システムから信号を入力してストロボを生成
3. Diskにデータを保存

Run24ではストリーミング読み出しによるデータ測定も行われている。

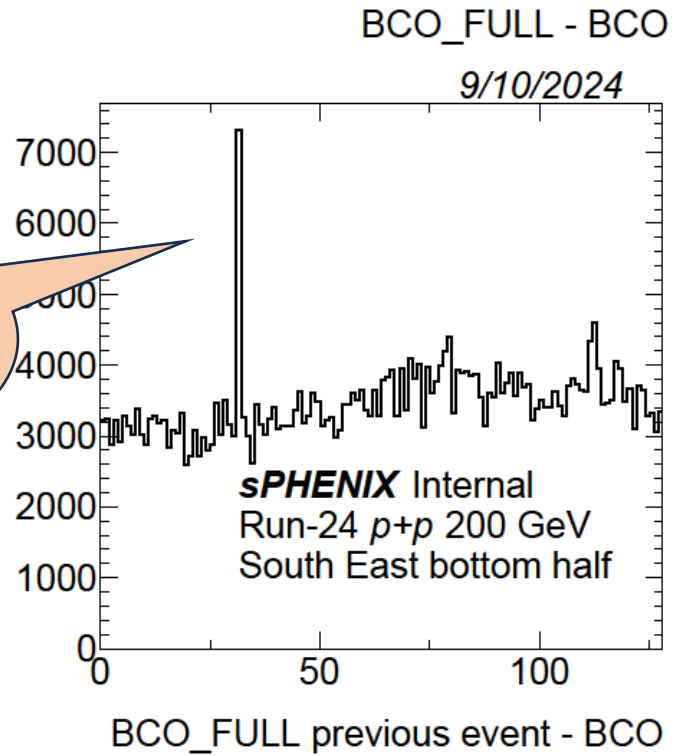
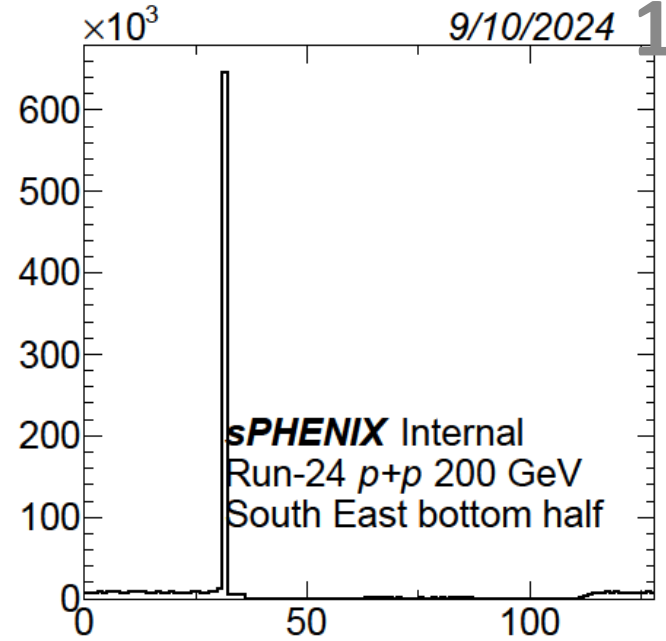
Mixupヒットの判定方法

- BCO_FULL - BCO を用いて判定
 - ① BCO_FULL(現在) - BCO(現在)
 - ② BCO_FULL(前) - BCO(現在)
 同じ位置にあるピークをMixupと定義

- ②に含まれる現在のイベントの衝突によるヒットをカット



Event Mixup



Mixup イベント・ヒットの割合

$$\text{Mixup Event fraction} = \frac{\text{Mixup Event}}{\text{All Event}}$$

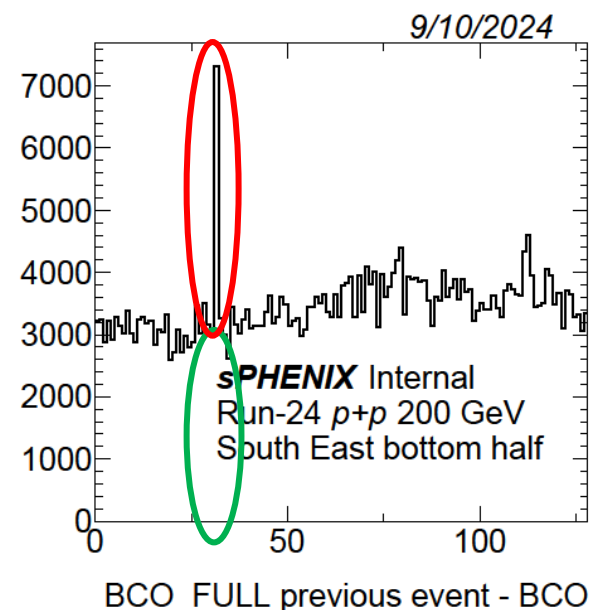
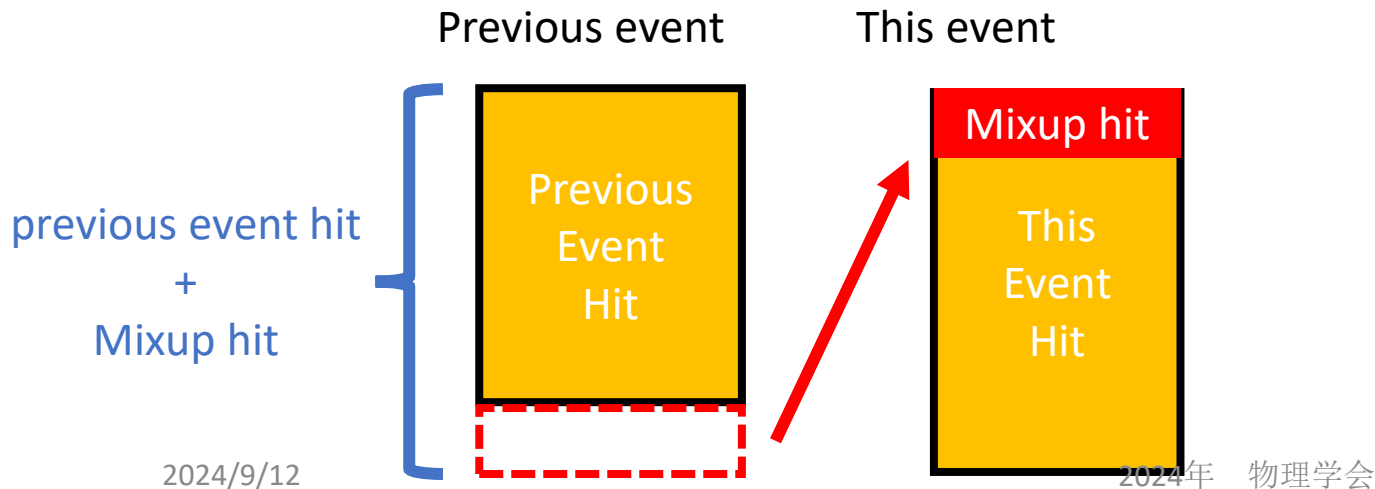
$$\text{Mixup Hit fraction} = \text{Mixup Bin Hit fraction(Average)} - \text{Random Hit fraction(Average)}$$

$$\text{Mixup Bin Hit fraction} = \frac{\text{Mixup Hit}}{\text{Previous Event Hit} + \text{Mixup Hit}}$$

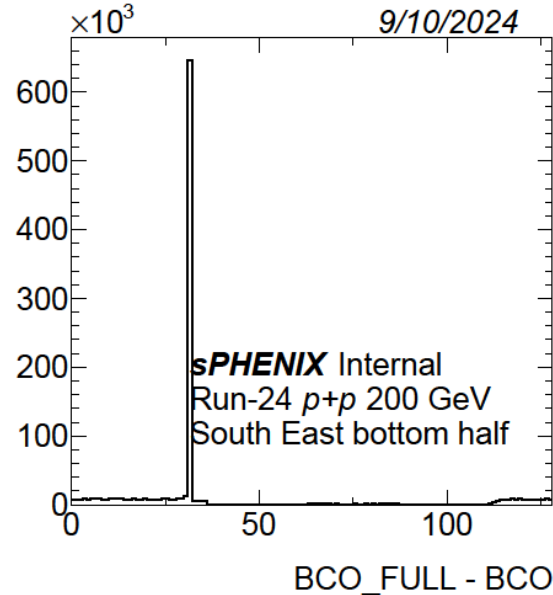
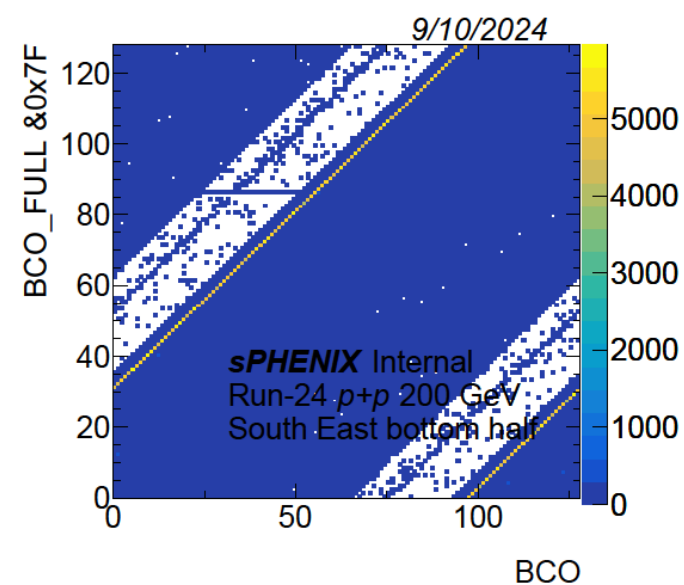
$$\text{Random Hit fraction} = \frac{\pm 2\text{bin from Mixup peak Hit}}{\text{Previous Event Hit} + \pm 2\text{bin Hit}}$$

$$\text{Average} = \frac{\text{Mixup Hit fraction}}{\text{Mixup Event}}$$

$$\text{Average} = \frac{\text{Random Hit fraction}}{\pm 2\text{bin Event}}$$

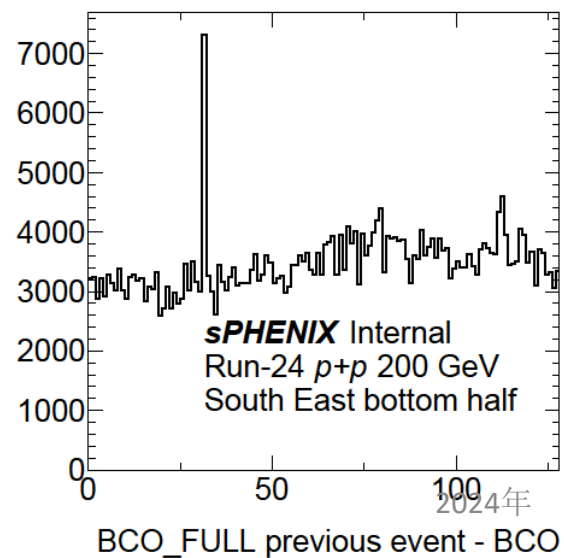
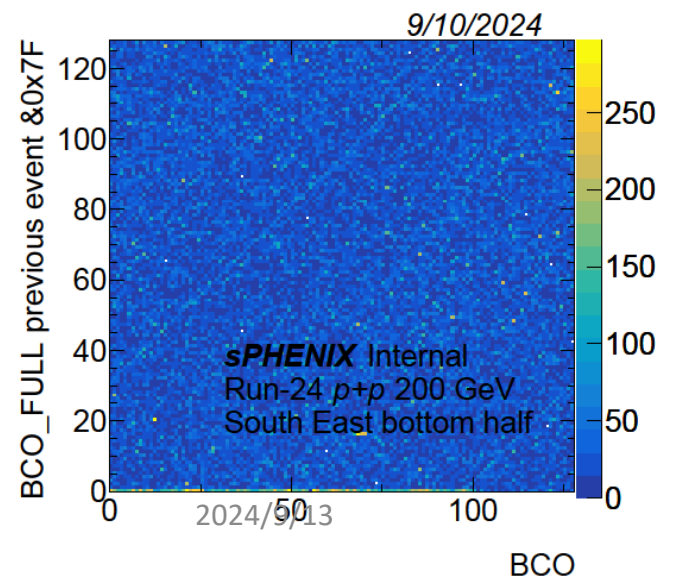


Run24におけるEvent Mixup



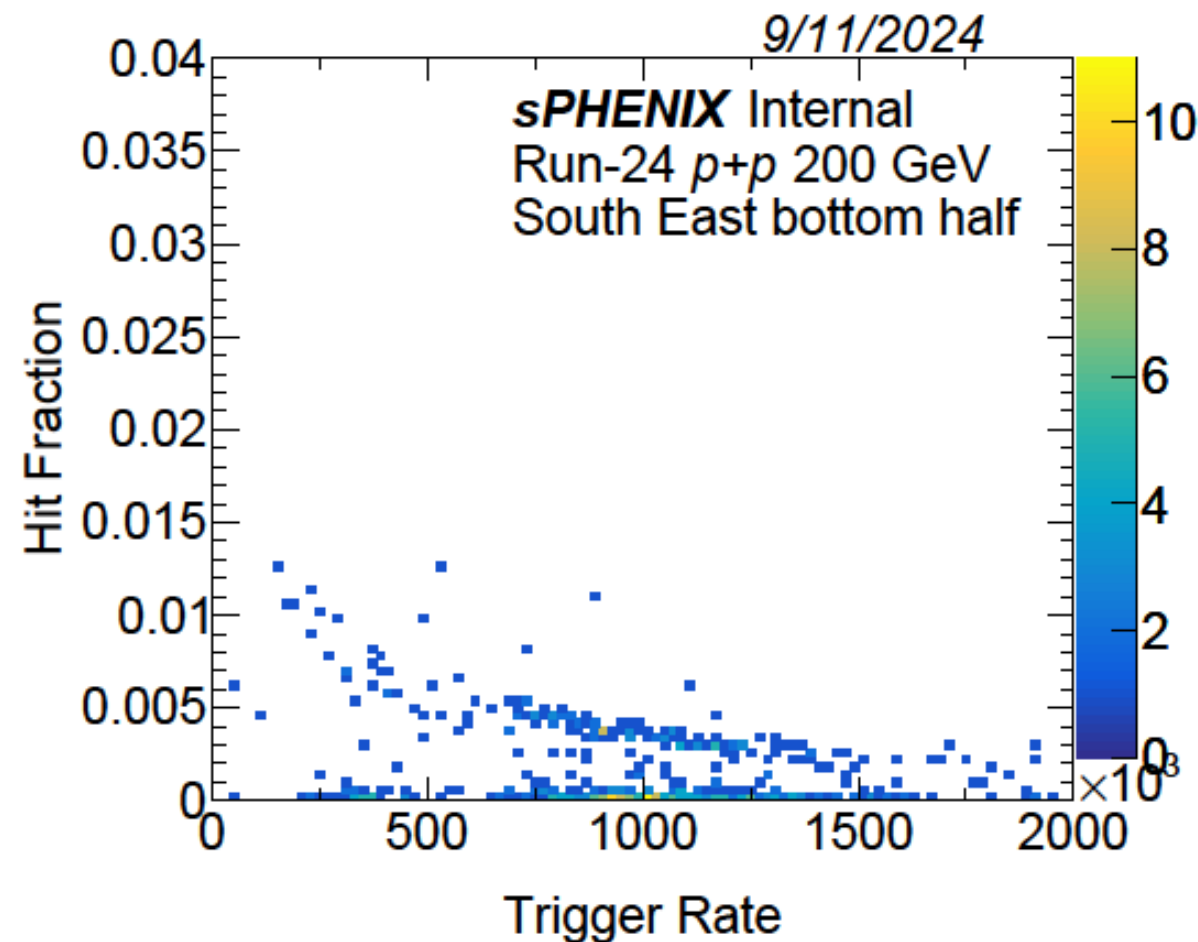
Run24で測定されたデータの結果

このデータにおいてはRun23の結果と同様に現象を示す相関とピークが確認された
今年の測定でもEvent Mixupは発生している



しかしヒット多重度との相関は
陽子対衝突であるためヒット多重度が低く
確認することが出来なかった

Mixup ヒットの割合 vs トリガーレート



- データタイプ: 物理データ
- 測定日: 2024/06/25 ~
- データ読み出し: トリガーモード
- 測定時間: 10分以上
- トリガーレート: 1秒当たりのトリガー数

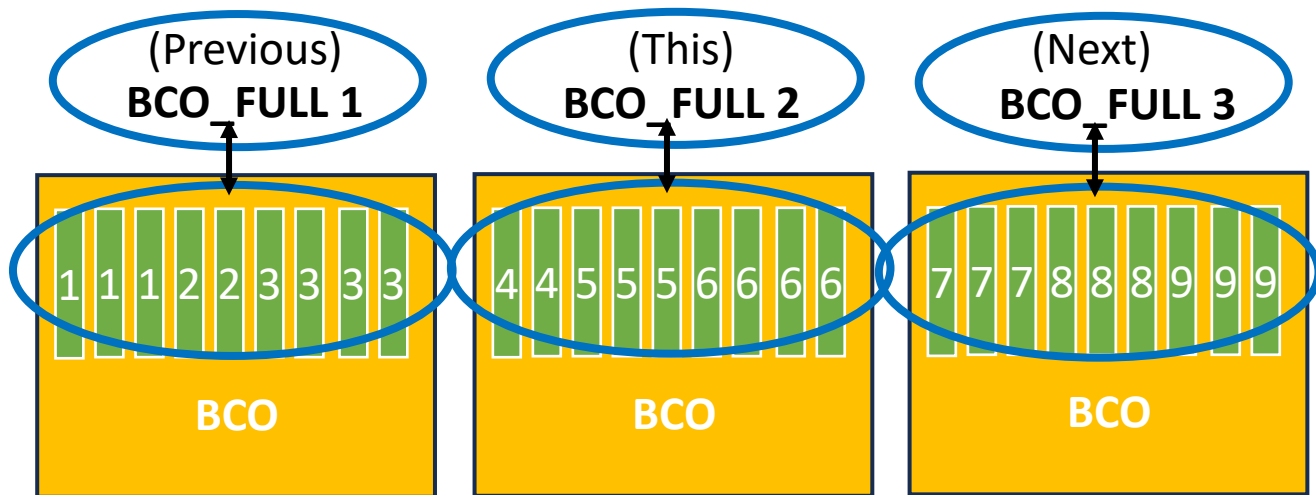
- Mixupヒットの割合はトリガーレートと相関がない
 - しかし複数のデータでトリガーレートが高くなるとヒットの割合が下がっているものがある
- 現在調査中

トリガー データ読み出しの現状 (Run23)

- Run23においてEvent Mixupという2つの異なるビーム衝突事象のデータが混在する現象を確認
- Event MixupはINTTの性能を悪化させるため解決が必須
- 混在するヒット数はヒット多重度と相関関係がある
- 金+金衝突実験ではこれら条件によらず混在の程度は、常に衝突あたり約10~30ヒット程度である
- ファームウェアのアップグレード後に現象の起こりやすさが減少
- ファームウェアの不具合である可能性が高い
- 春季大会で報告

データ読み出しの現状 Run23

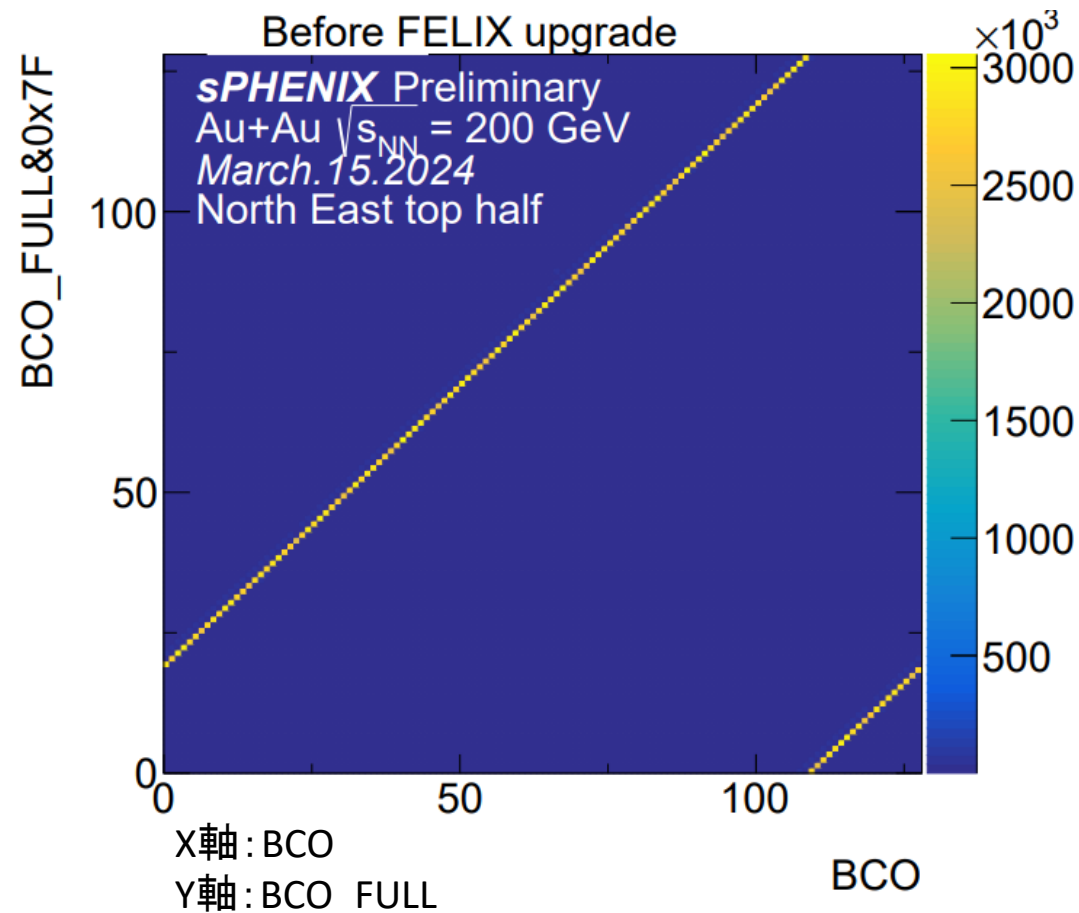
INTTのヒットデータでは同一の衝突によるヒットのグループを1つのイベントとしている



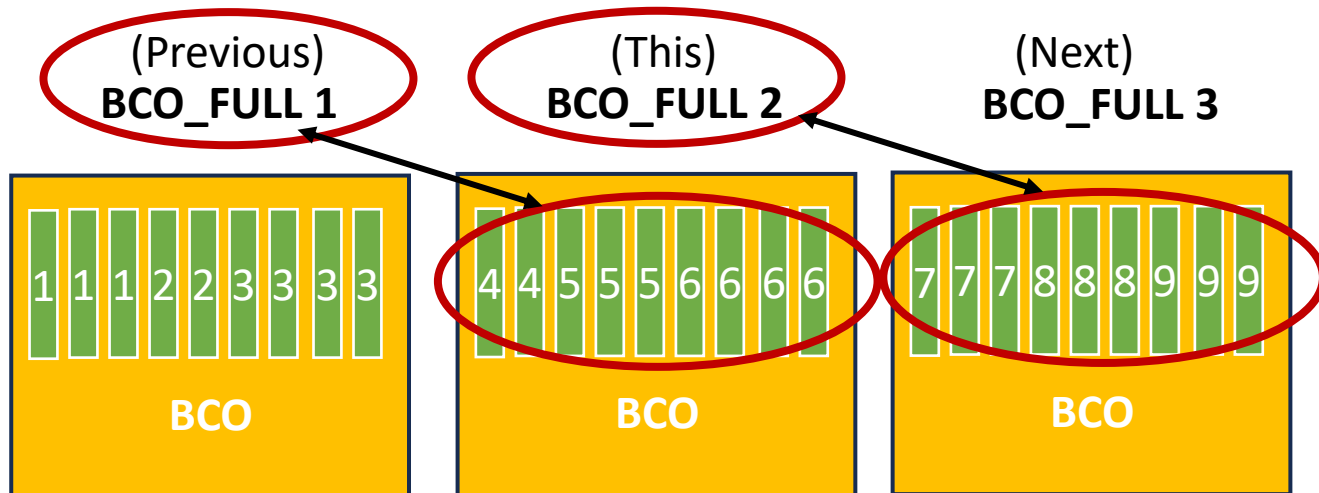
同一のイベント内のBCOとBCO_FULLの相関図で明確な相関

⇒ほぼ単一のビーム交差で各ヒットデータのBCOのタグ付けの処理が完了できている

同一のイベント内の
BCOとBCO_FULLの相関図

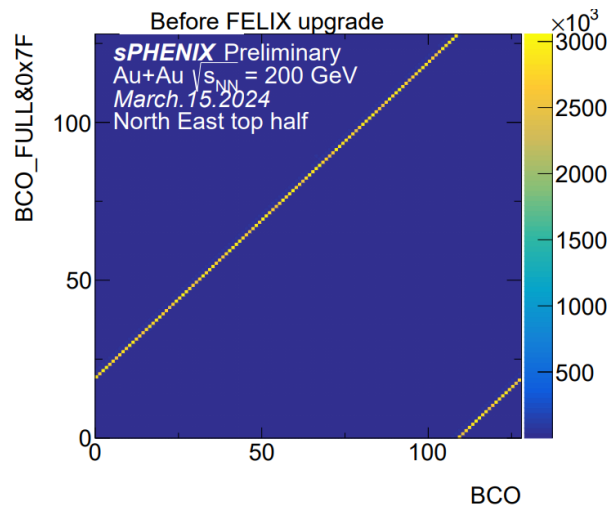


データ読み出しの現状 Run23

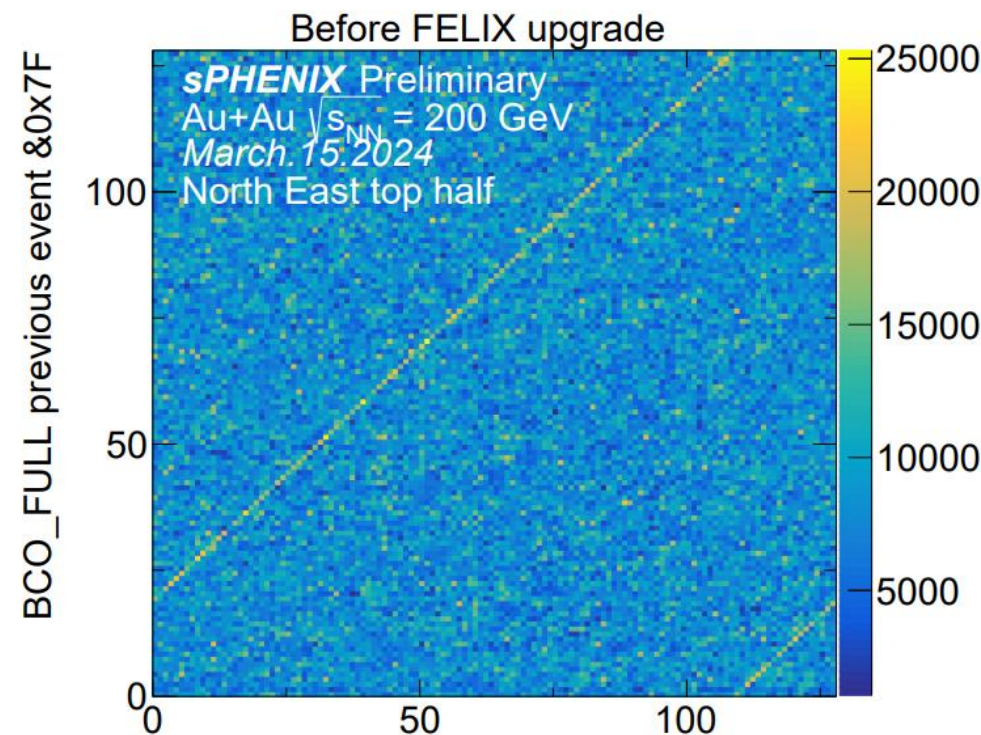


本来関連のない値同士のあるイベントのBCOと
1つ前のイベントのBCO_FULLには相関がないはず
しかし同一イベント内の相関図と同じ位置に相関を確認

⇒1つ前のイベントのヒットが現在のイベントに混在



BCOと1つ前のイベントのBCO_FULLの相関図



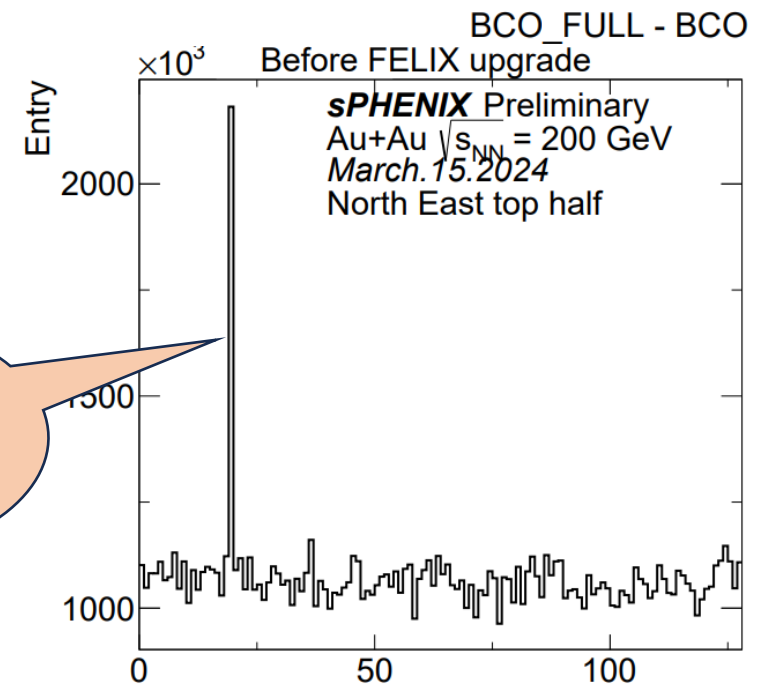
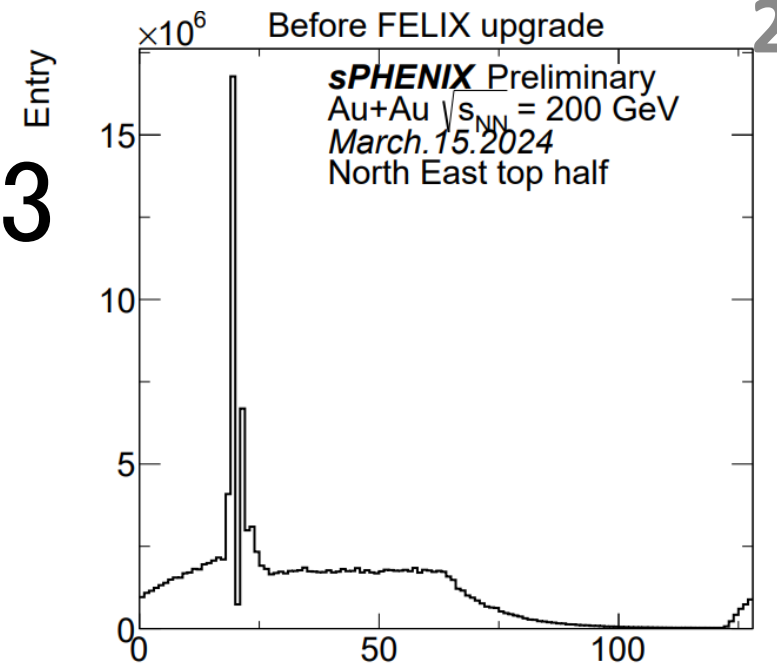
X軸: BCO

Y軸: 1つ前のイベントのBCO_FULL

BCO

データ読み出しの現状 Run23

- 同じイベントのBCO_FULL-BCO(上図)
ピークは衝突によるヒットを表している
- 1つ前のイベントのBCO_FULL-BCO(下図)
に上図と同じ位置にピークが見られる
これは1つ前のイベントからヒットが混在
Event Mixupが起きていることを示す

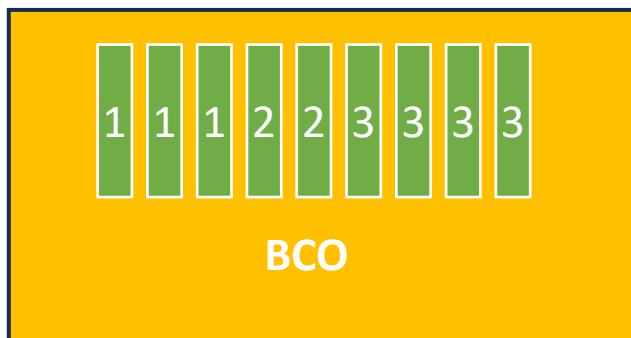


Event
Mixup

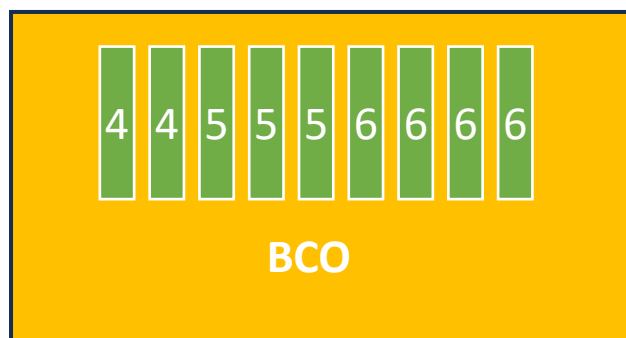
Event Mixup

正常な状態

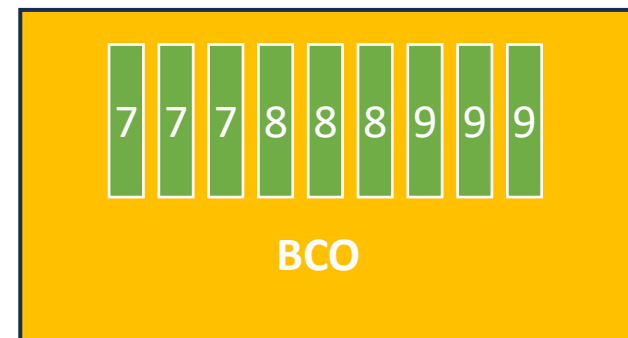
BCO_FULL 1



BCO_FULL 2



BCO_FULL 3

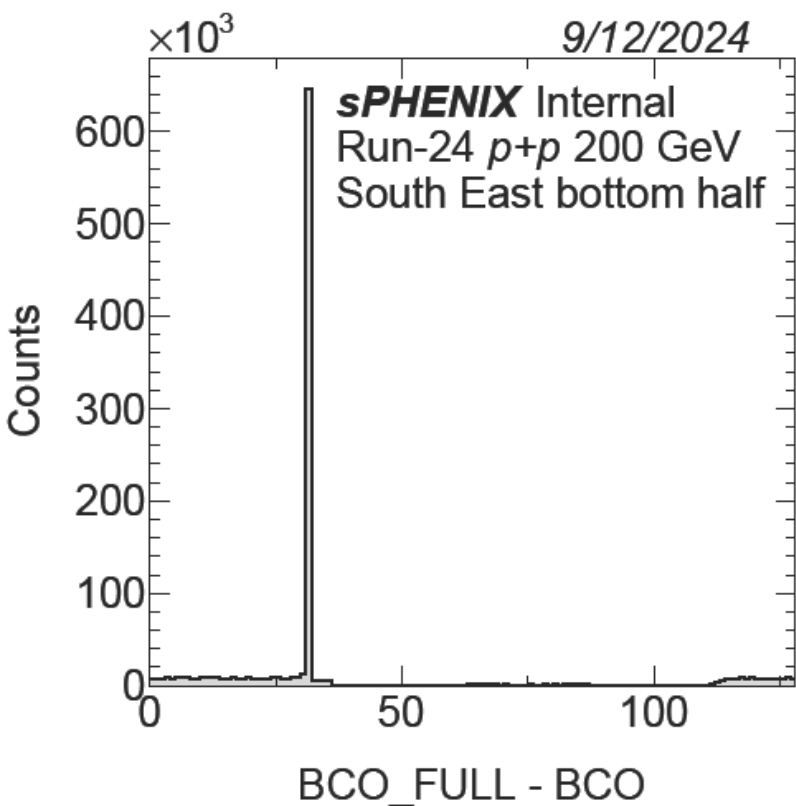


Run24におけるEvent Mixup

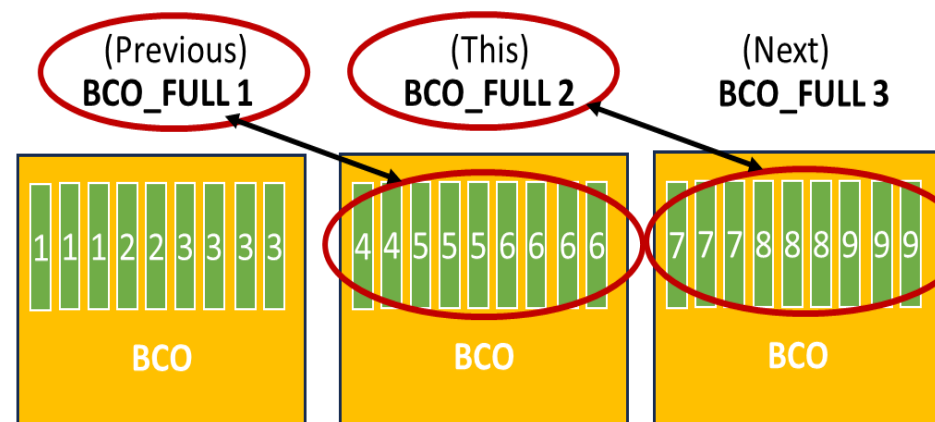
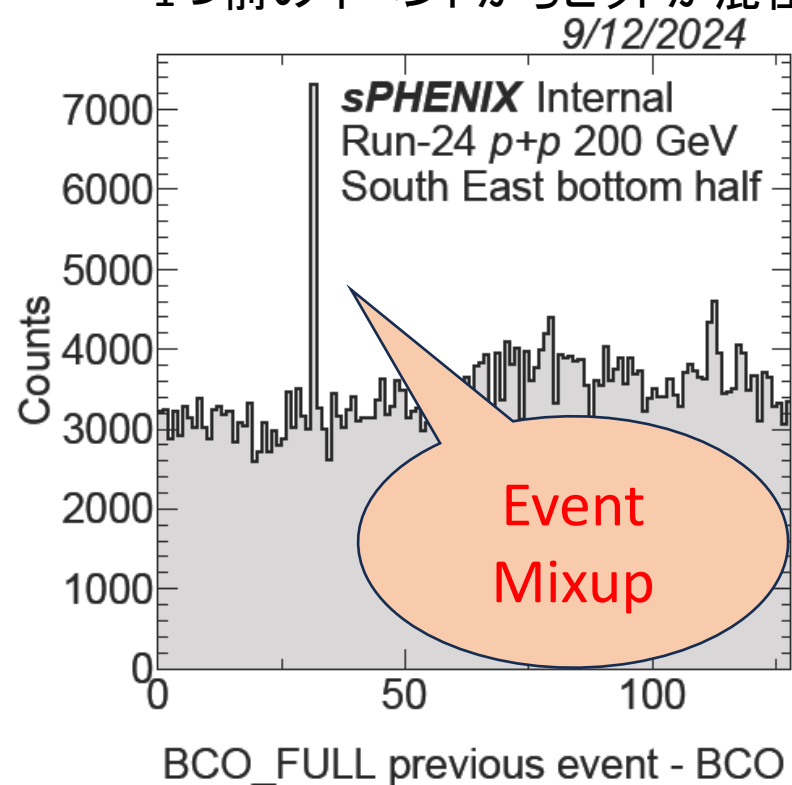
BCO:INTTのビームclk

BCO_FULL:sPHENIXのビームclk

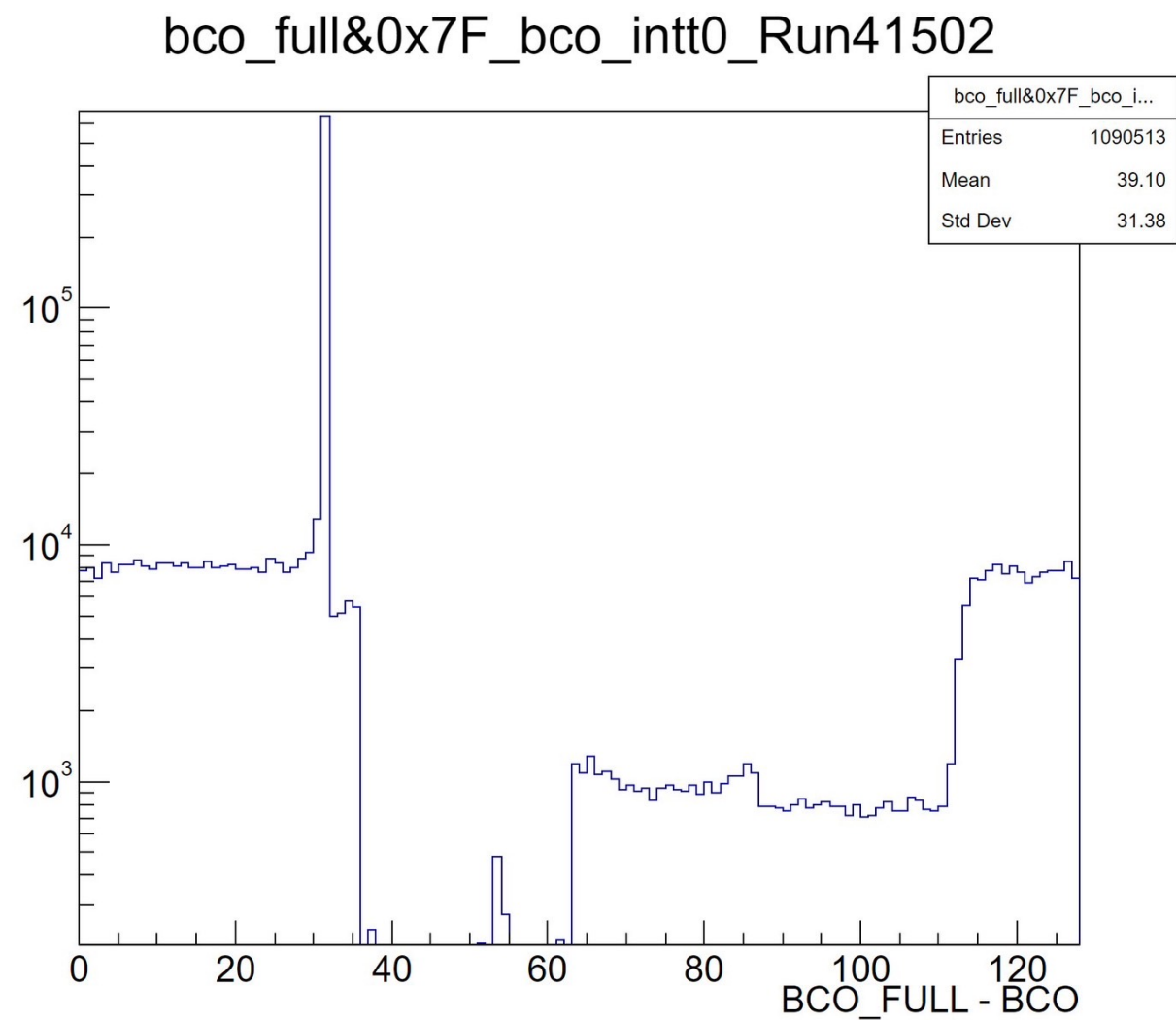
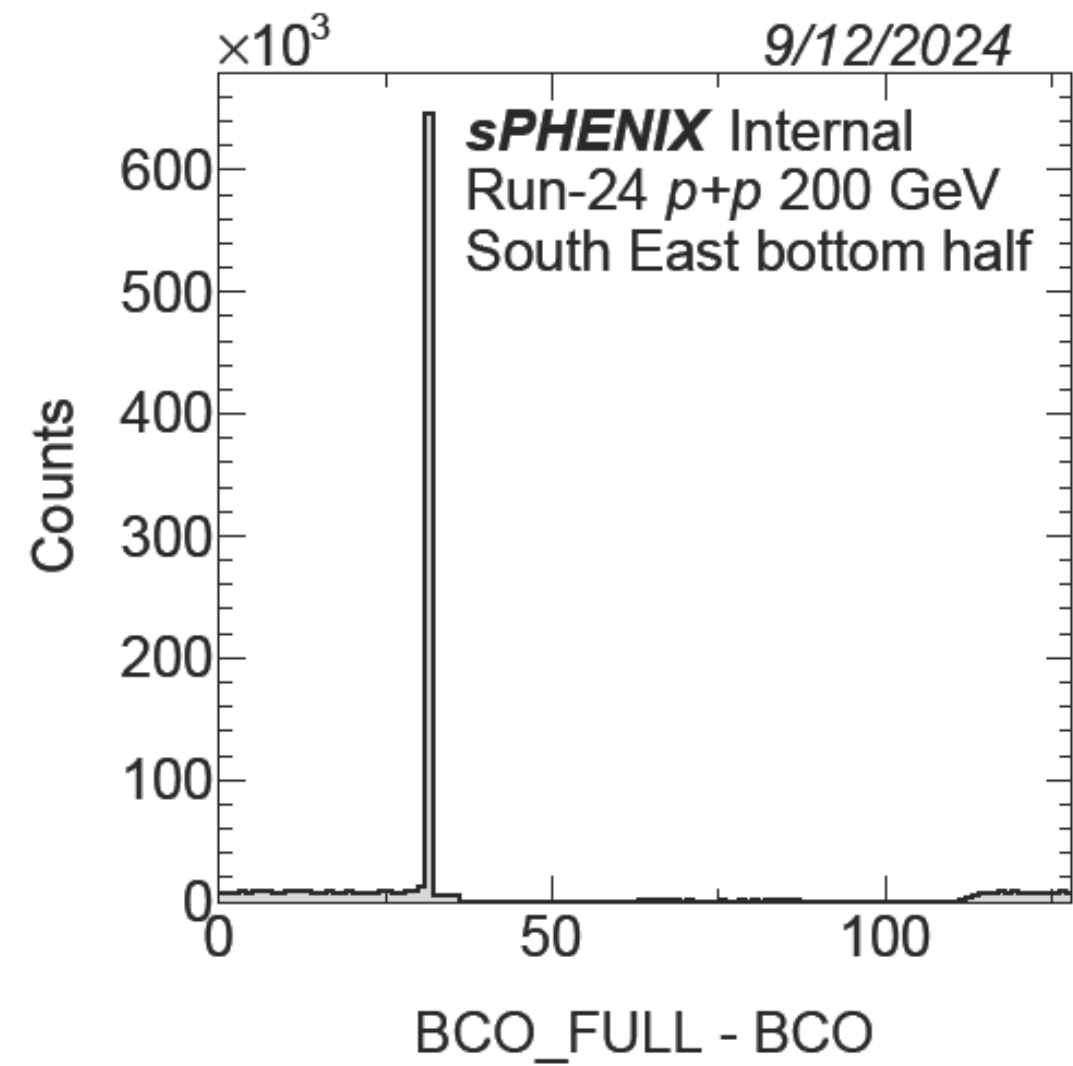
同じイベントのBCO_FULL - BCO
ピークは衝突によるヒットを表す



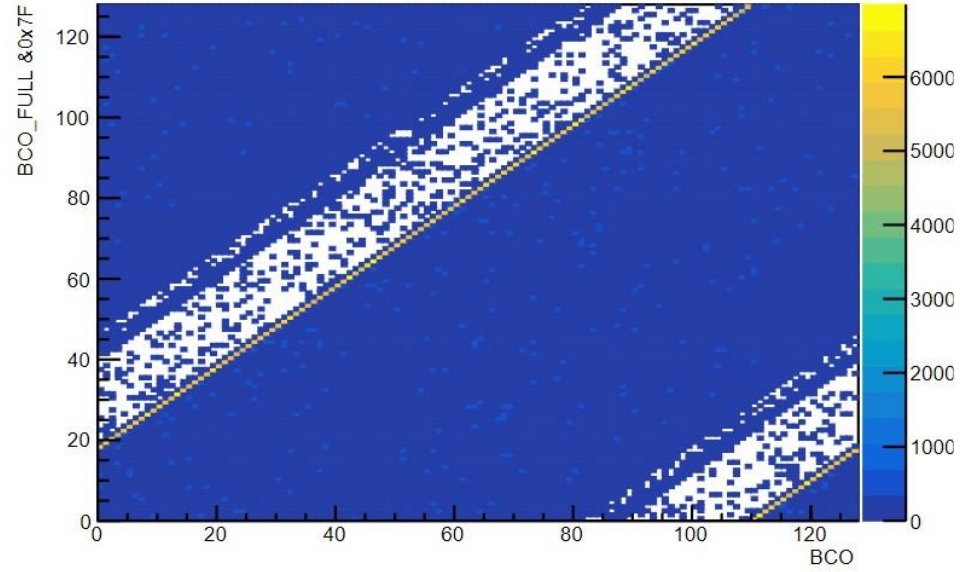
1つ前のイベントBCO_FULL - BCO
関連のない2つの値の差分にピーク
1つ前のイベントからヒットが混在



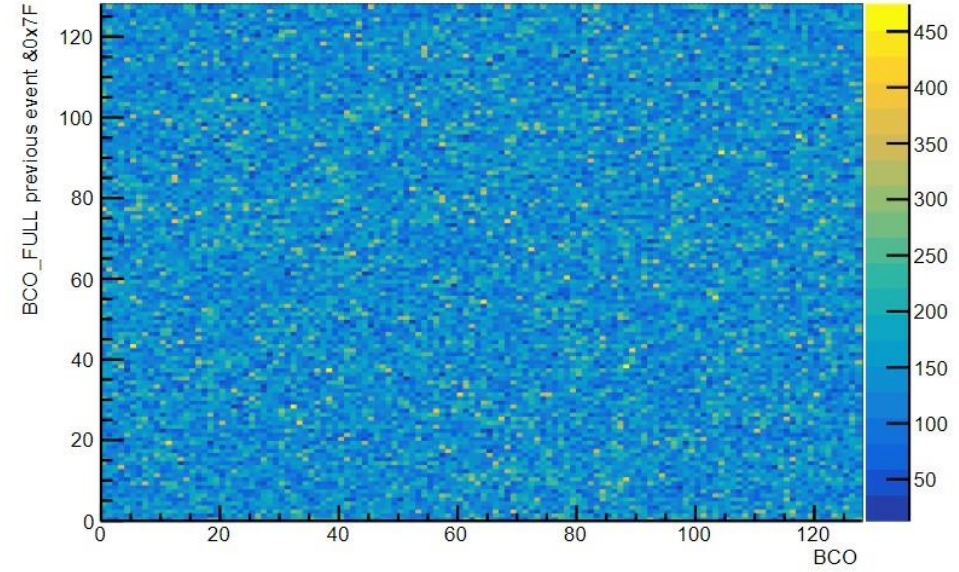
BCO_FULL-BCOと1つ前のイベントBCO_FULL-BCOに同じ位置にピーク
→Event Mixupが発生している



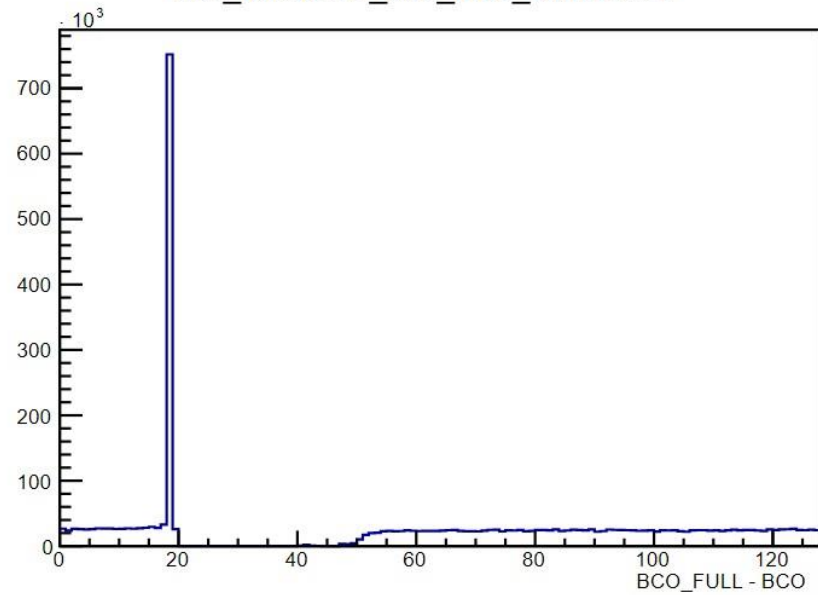
bco_full&0x7F_vs_bco_intt0_Run46681



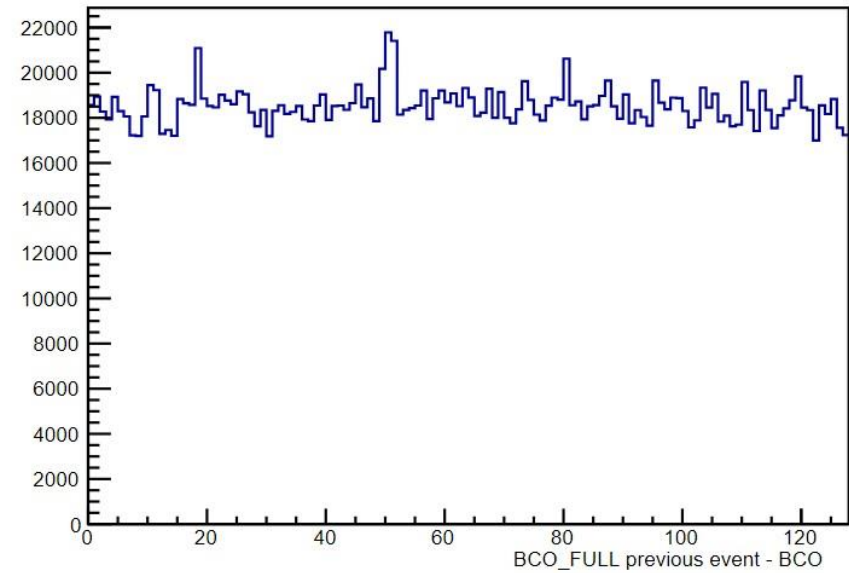
bco_full&0x7F_prev_vs_bco_intt0_Run46681



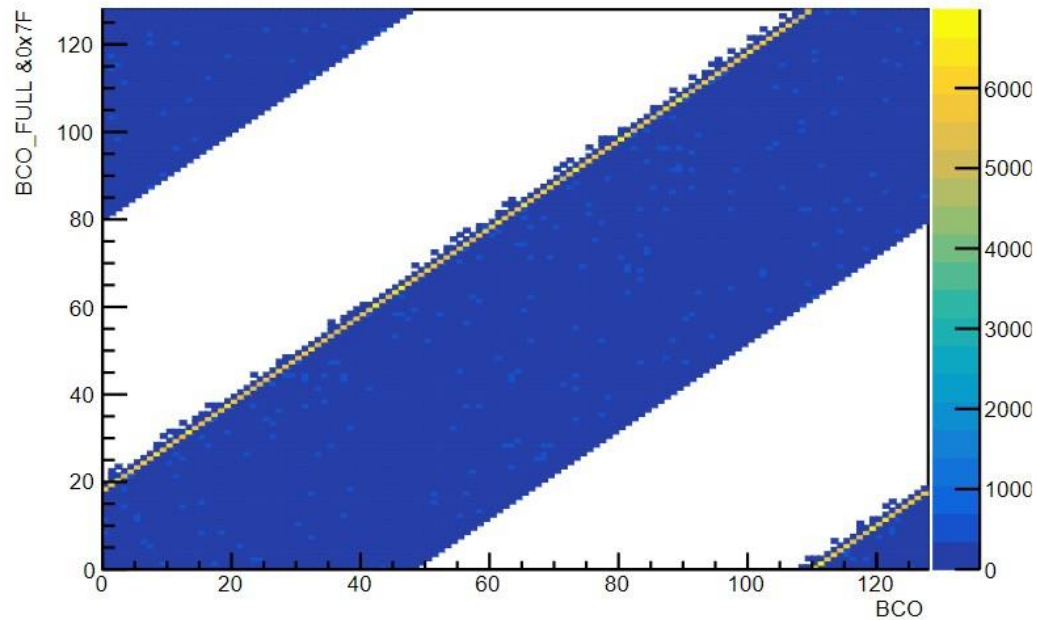
bco_full&0x7F_bco_intt0_Run46681



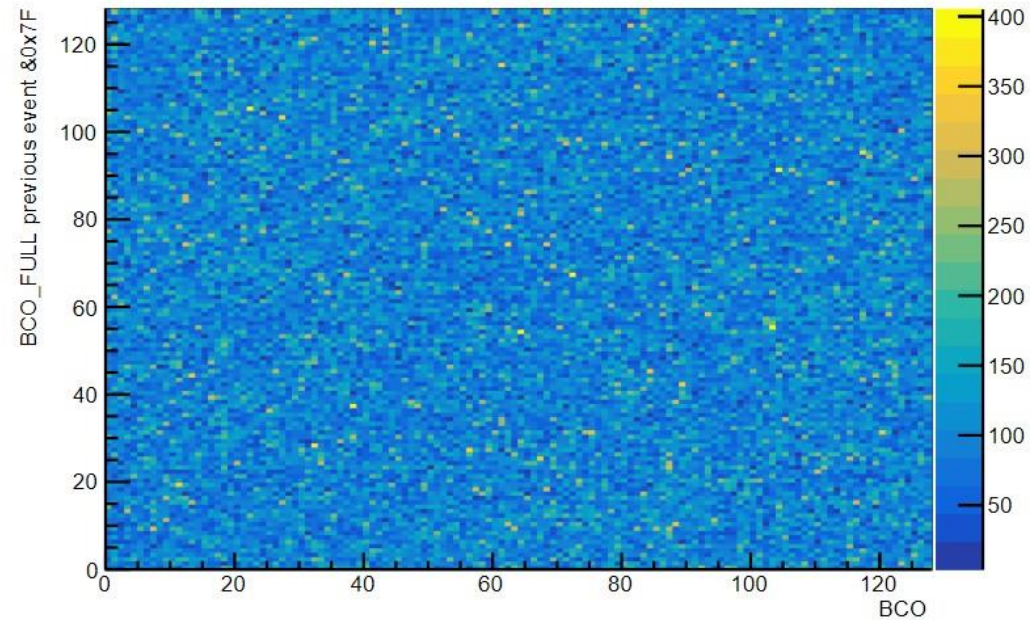
bco_full&0x7F_prev_bco_intt0_Run46681



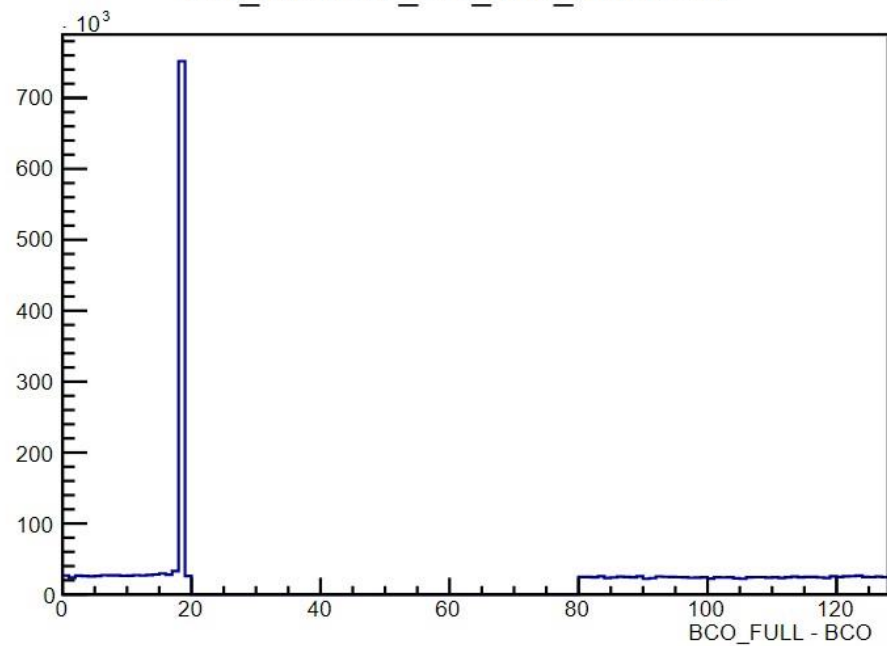
bco_full&0x7F_vs_bco_intt0_Run46681



bco_full&0x7F_prev_vs_bco_intt0_Run46681



bco_full&0x7F_bco_intt0_Run46681



bco_full&0x7F_prev_bco_intt0_Run46681

