

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

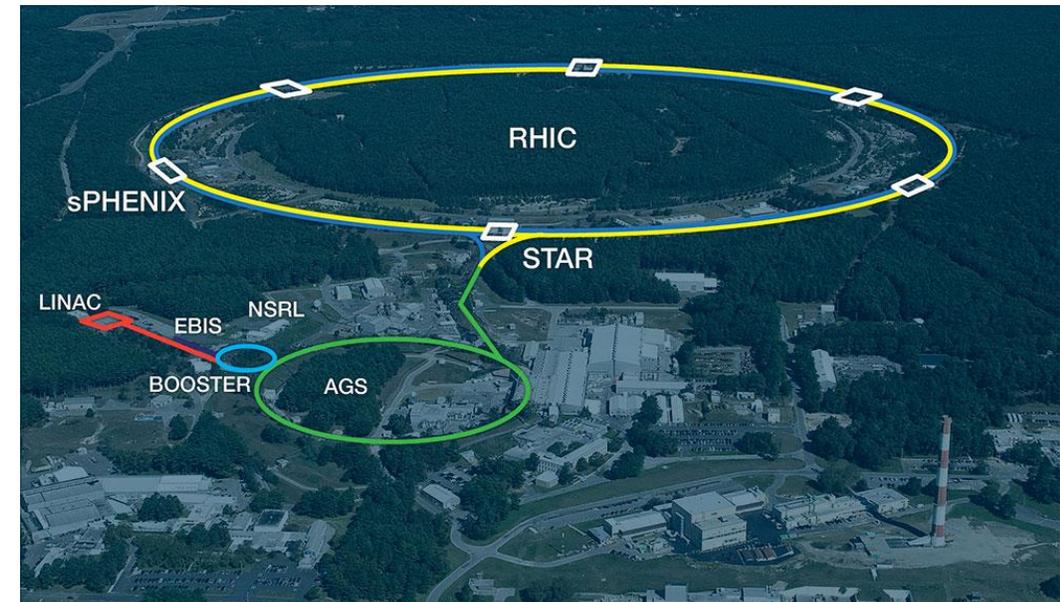
RHIC-sPHENIX実験 アメリカブルックヘブン国立研究所(BNL)

- 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

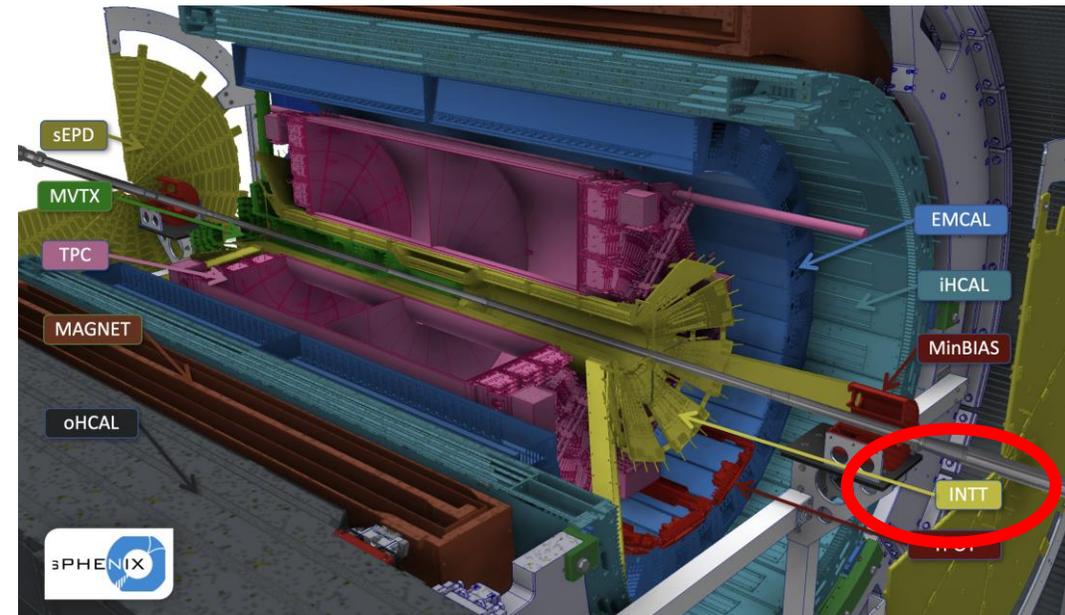
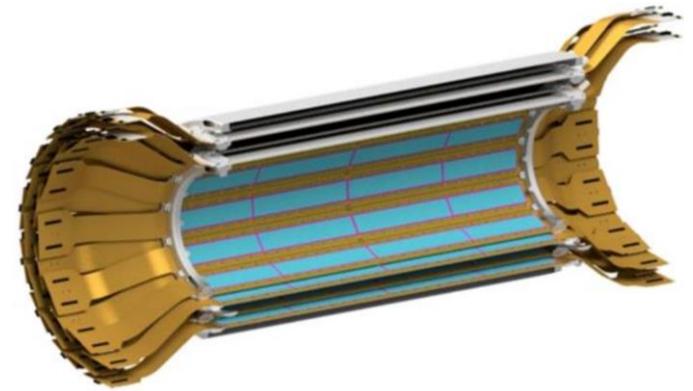
絵追加



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



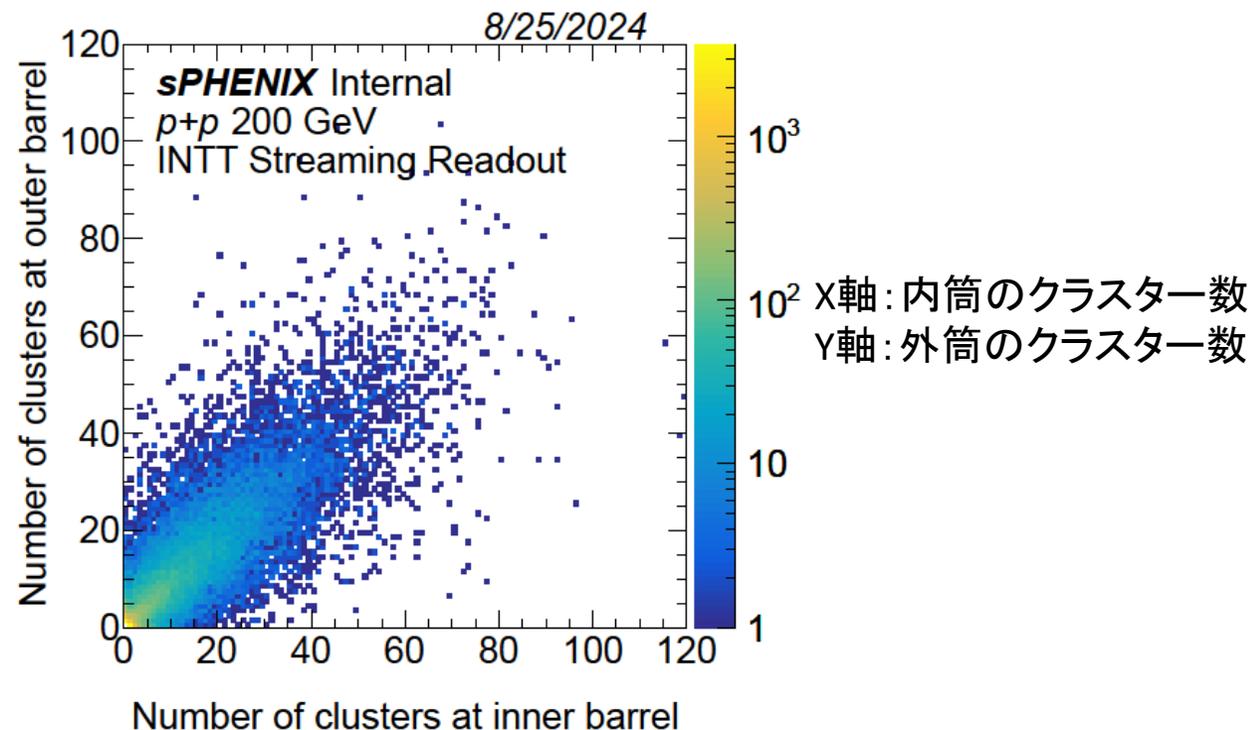
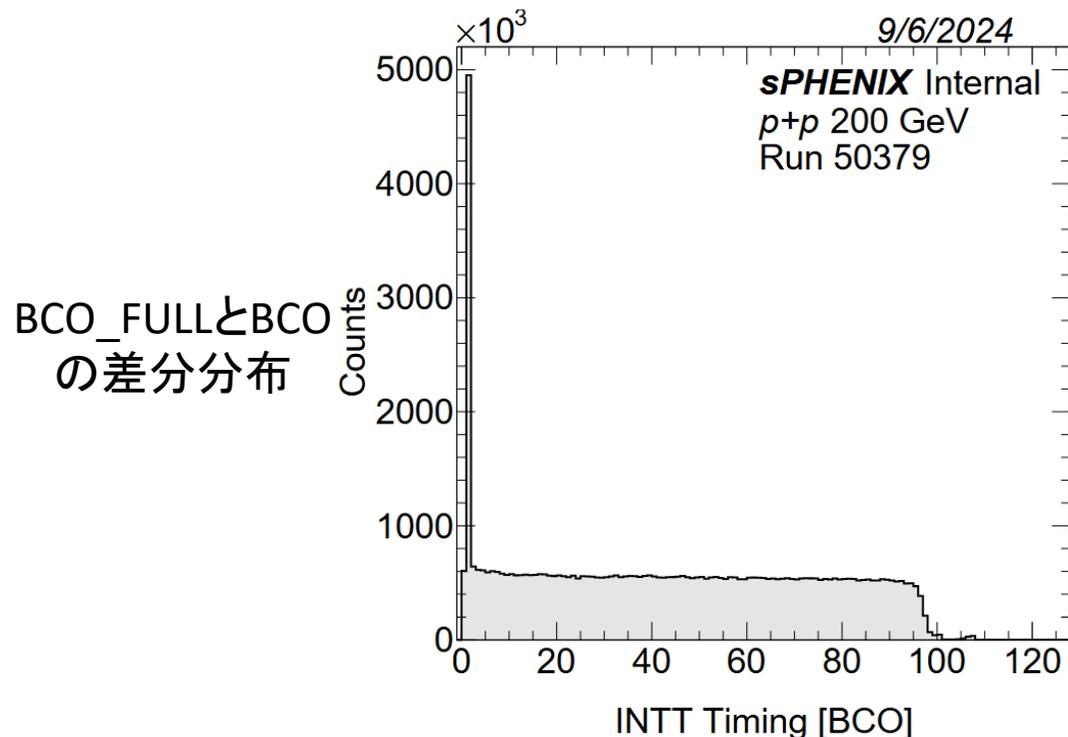
データ測定 トリガー読み出し

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

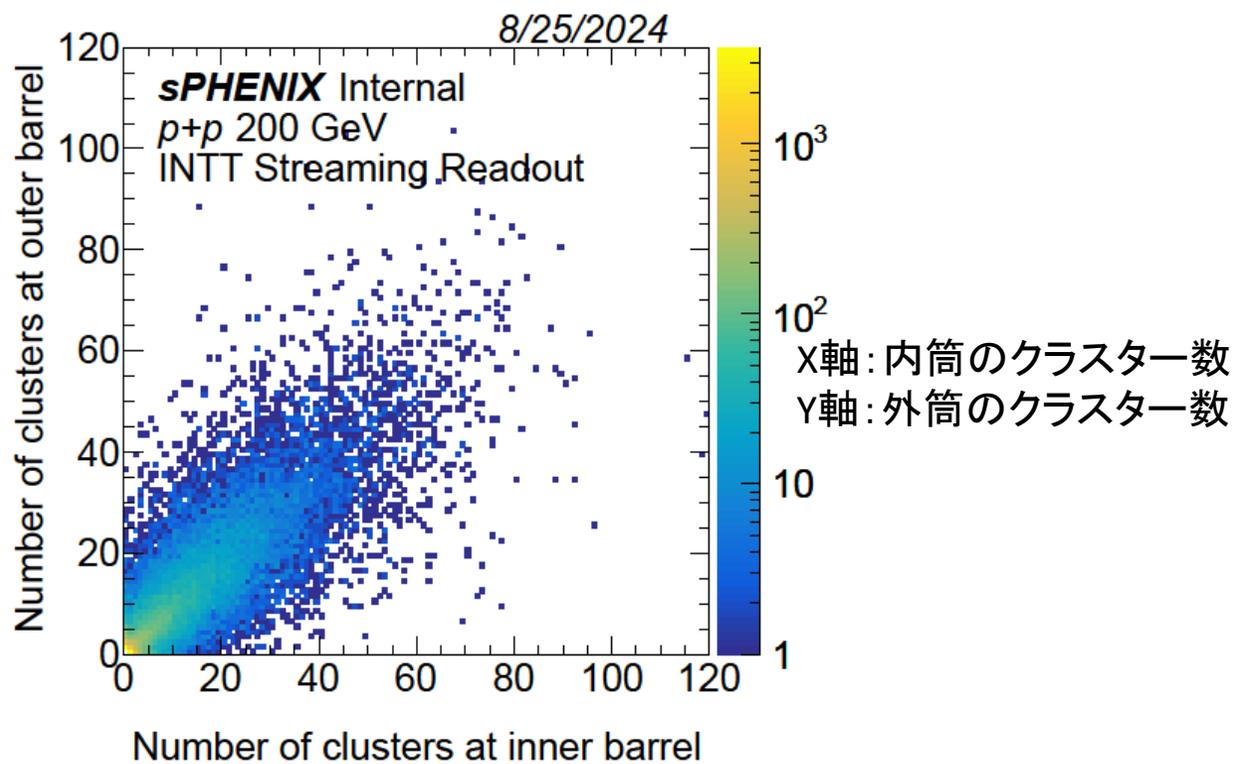
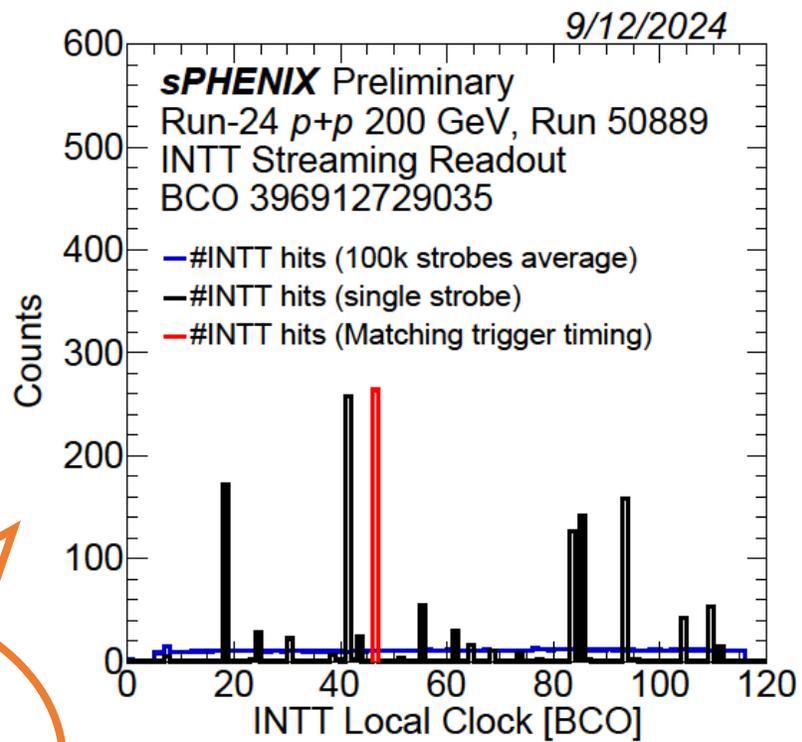
ビーム衝突による信号を確認

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

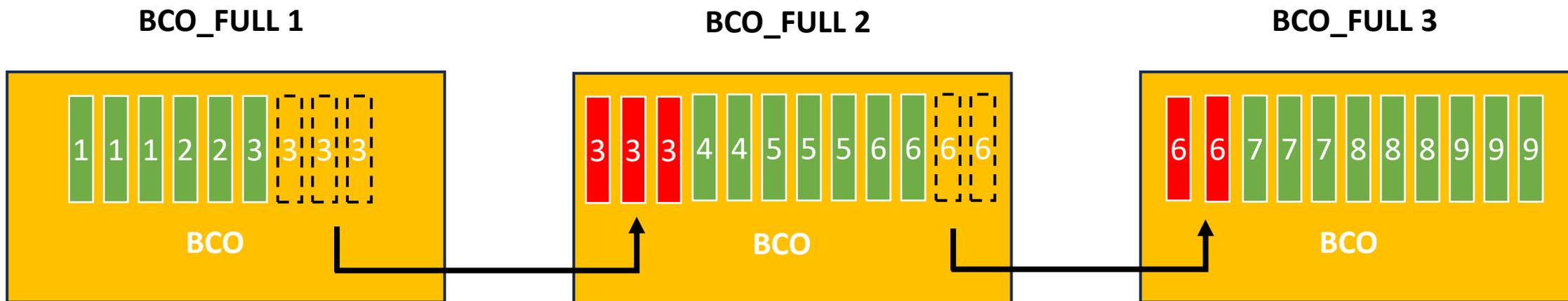
多くの衝突事象
を読み出すこと
ができる！

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

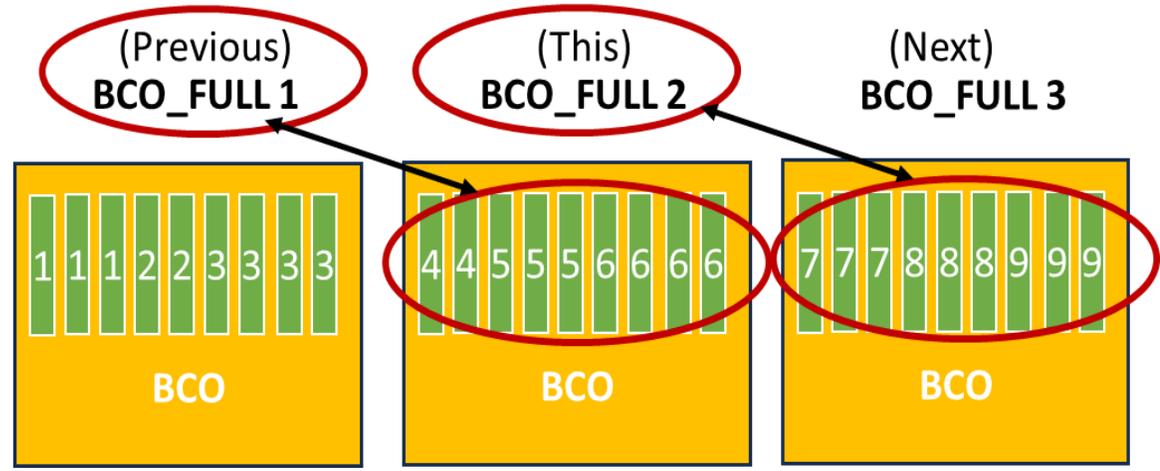
したがって1ビーム交差内でヒット識別が必要となる

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

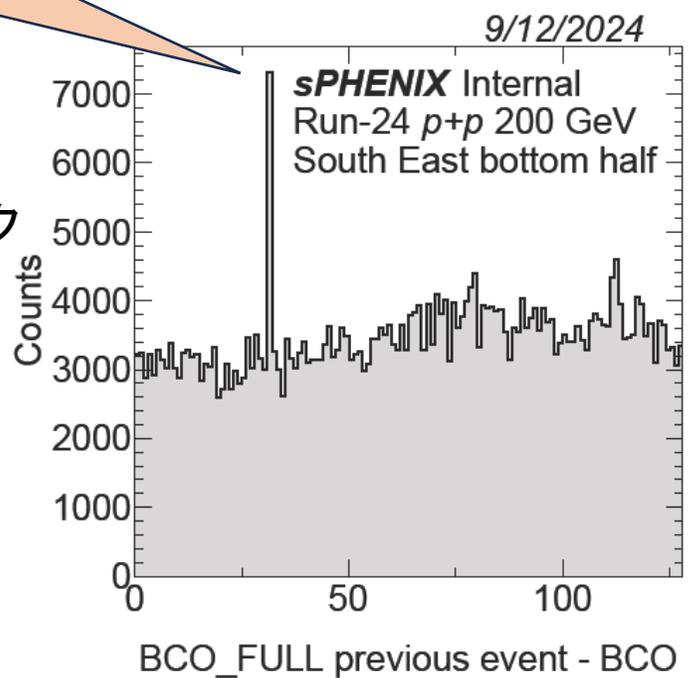
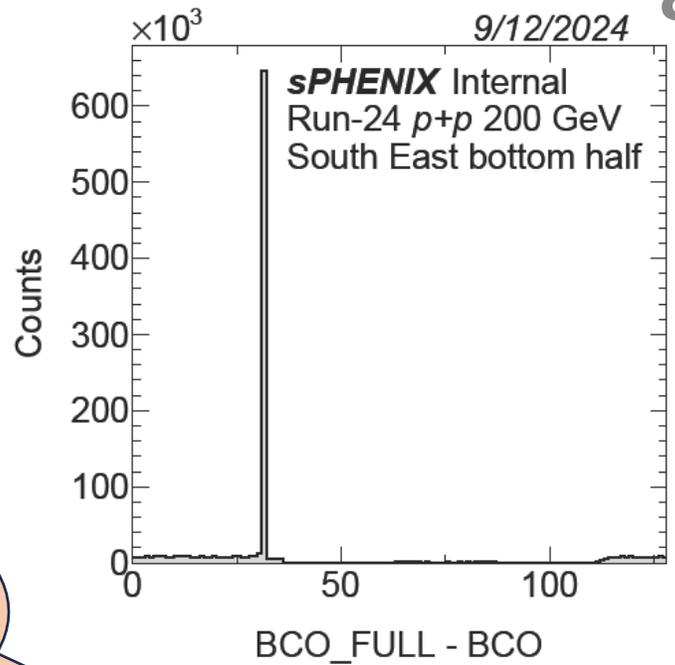
BCO:INTTのビームclk
BCO_FULL:sPHENIXのビームclk

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



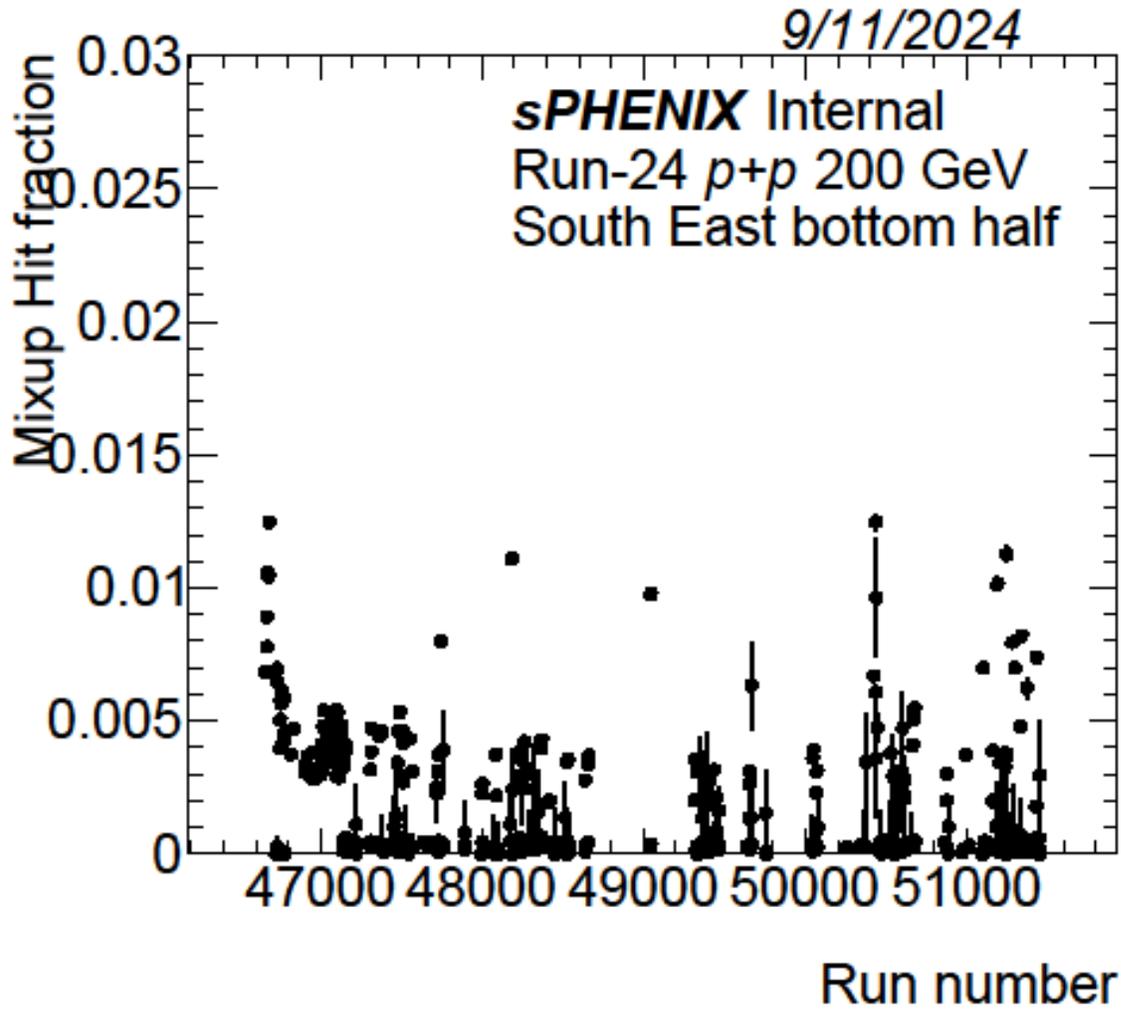
1つ前のイベントBCO_FULL - BCO
関連のない2つの値の差分にピーク
1つ前のイベントからヒットが混在

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

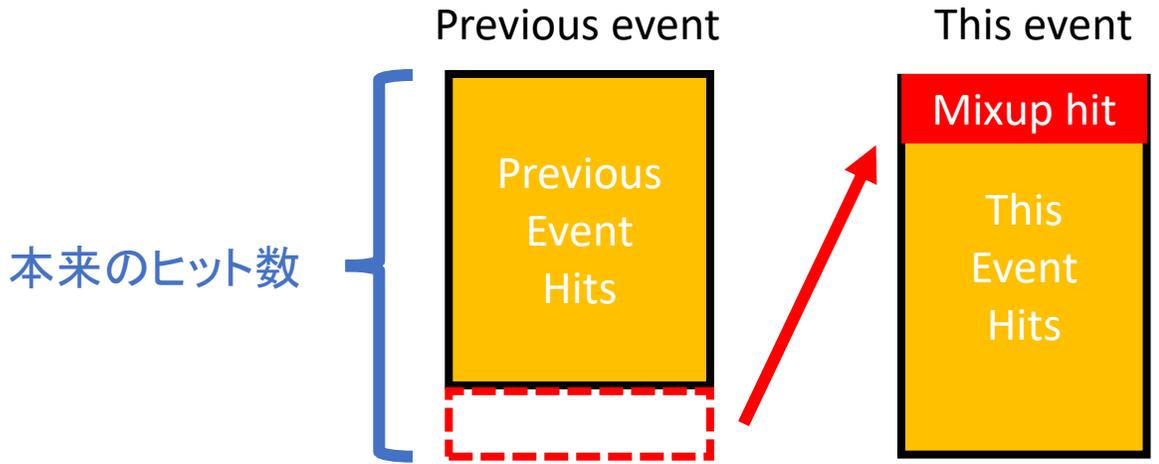


Mixup ヒットの割合 vs Run number

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



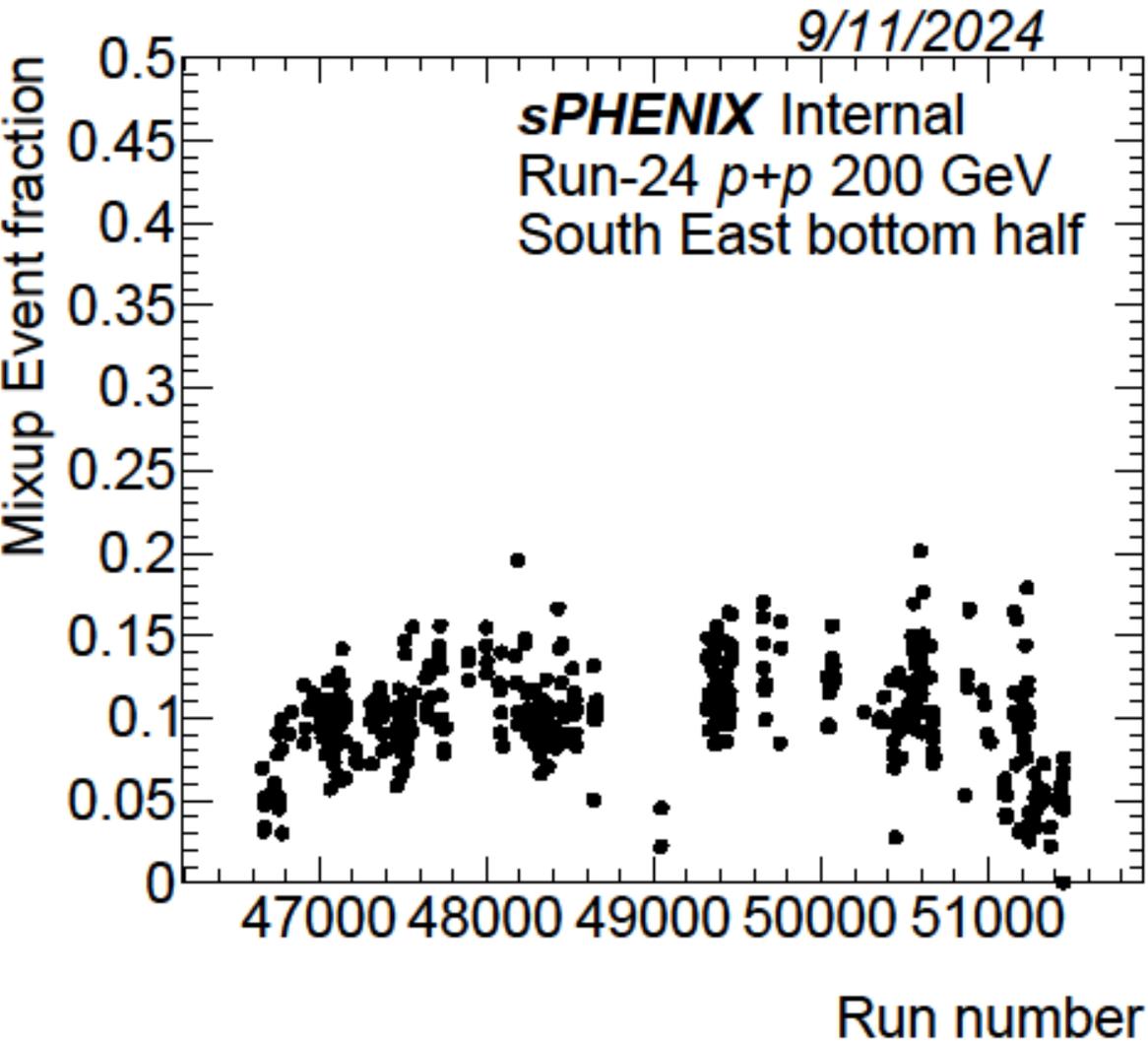
イベントごとにヒットの混在の割合 (平均)



- 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

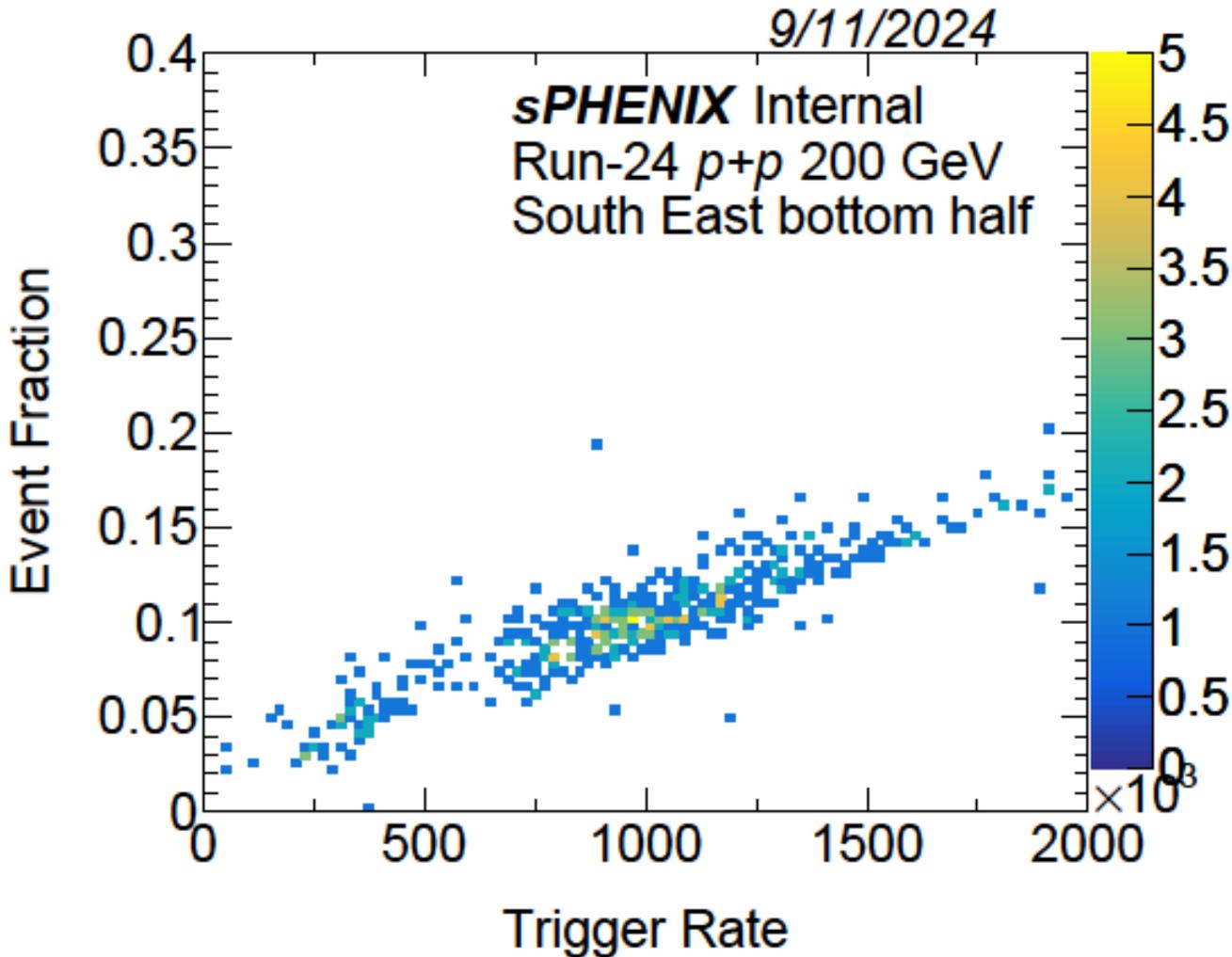


Run内でのMixupが起こるイベントの多さ
Mixupの起こりやすさ

- 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

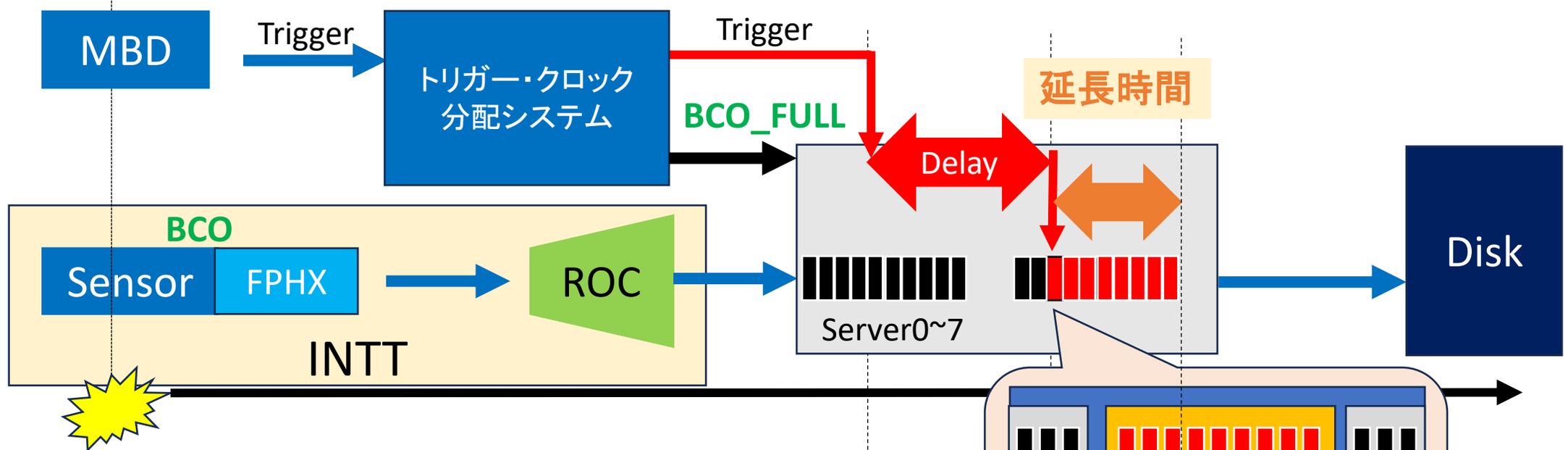
まとめ

- 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



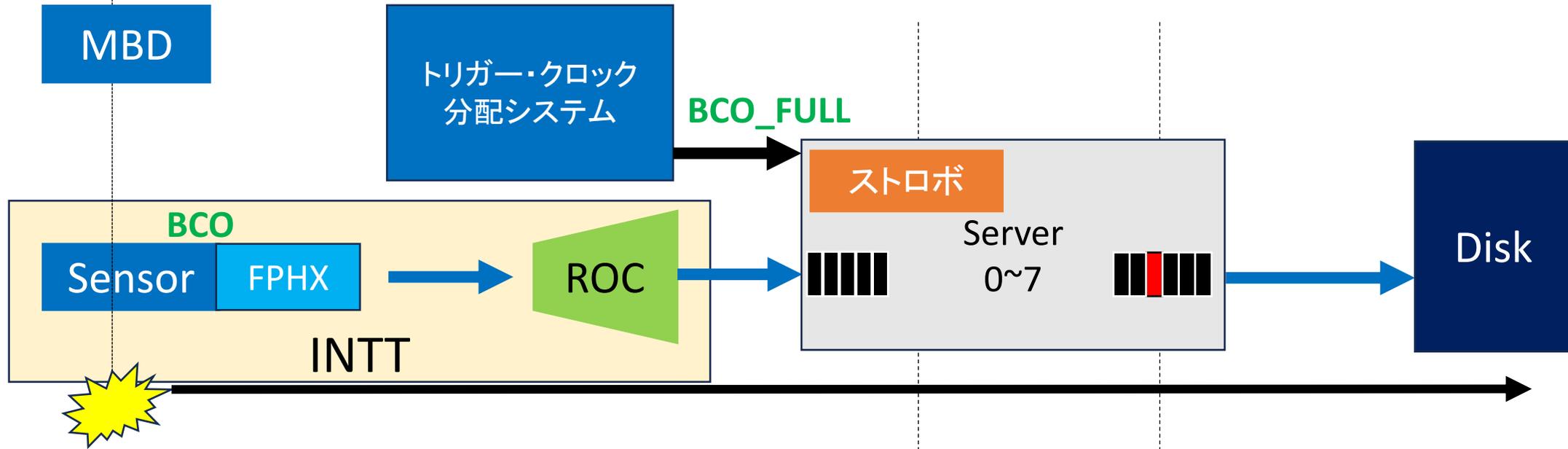
読み出しシステムの動作

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(8~10 μ 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

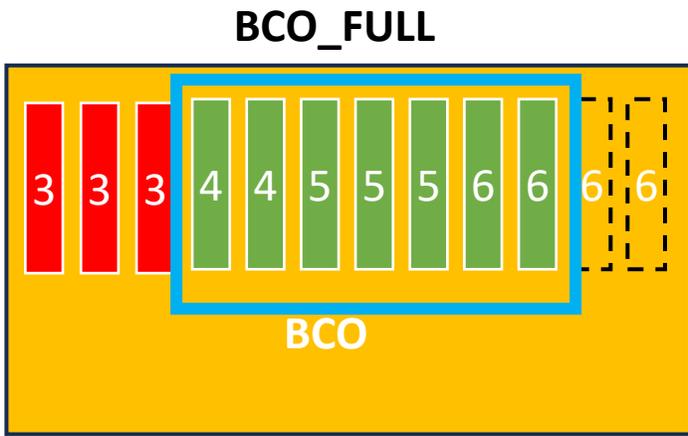
1. INTTで検出したヒットを全てサーバーに送る
2. INTT は クロック分配システムから信号を入力してストロボを生成
3. Diskにデータを保存

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。

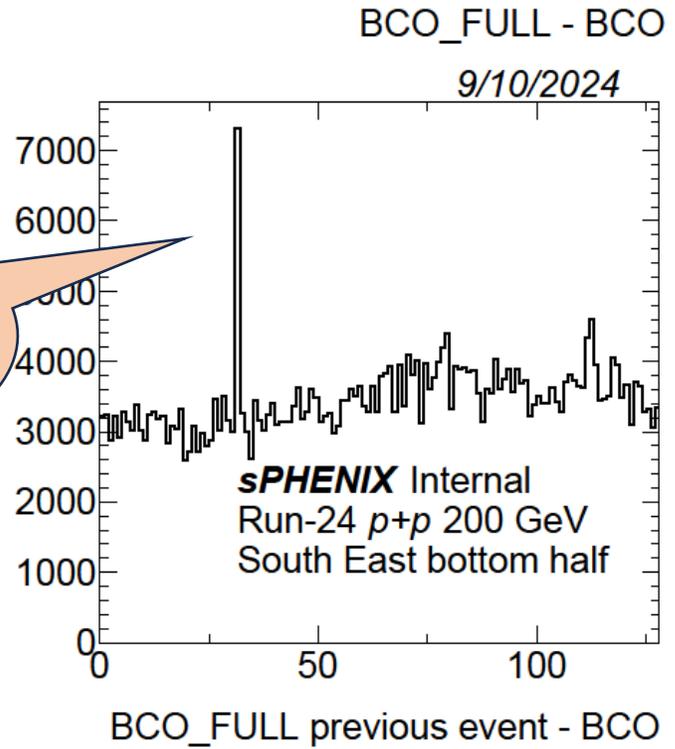
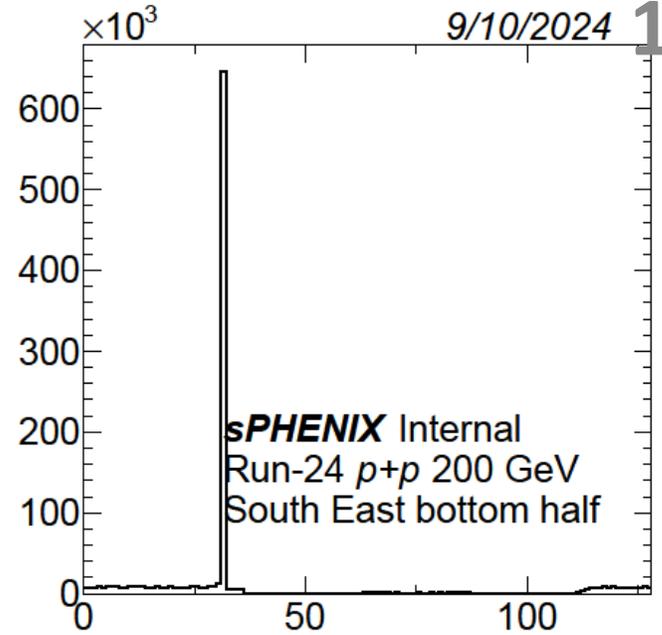
Mixupヒットの判定方法

- 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

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

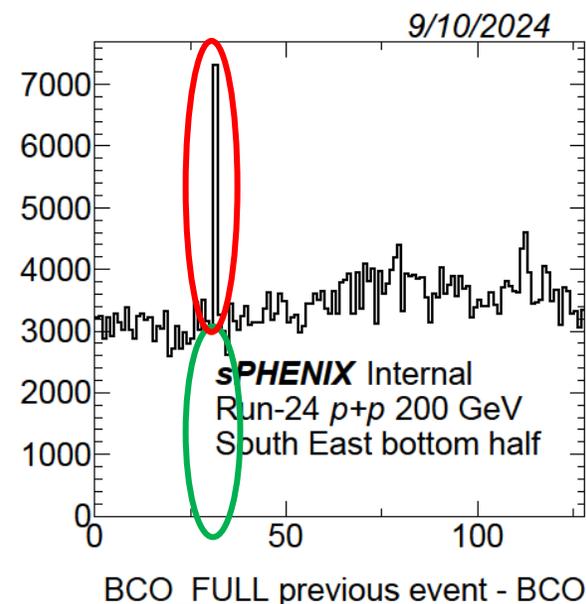
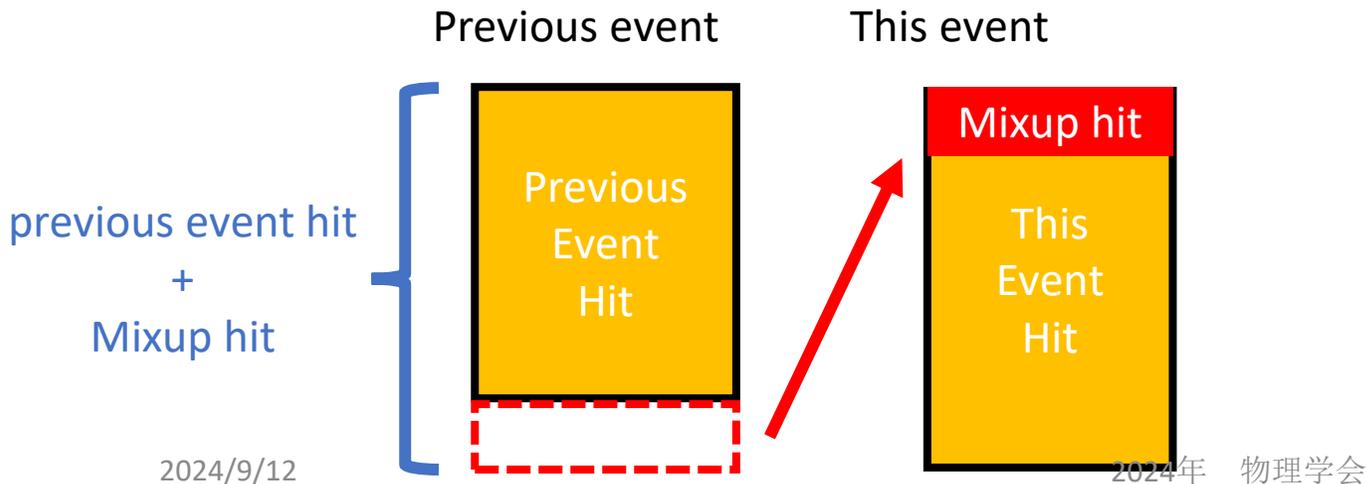
$$\text{Mixup Hit fraction} = \text{Mixup Bin Hit fraction(Average)} - \text{Random Hit fraction(Average)}$$

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

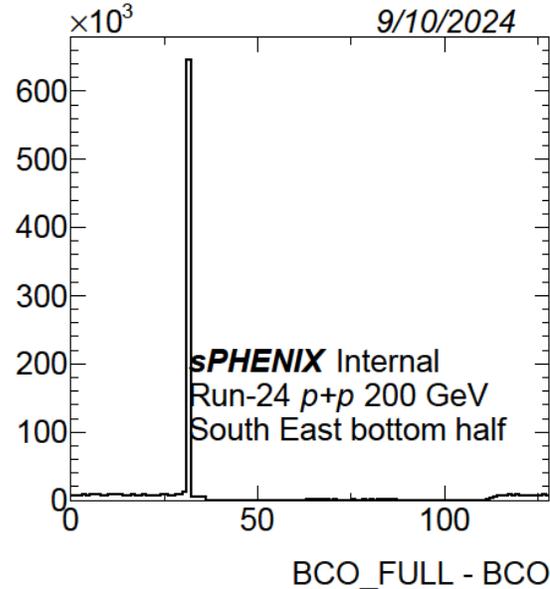
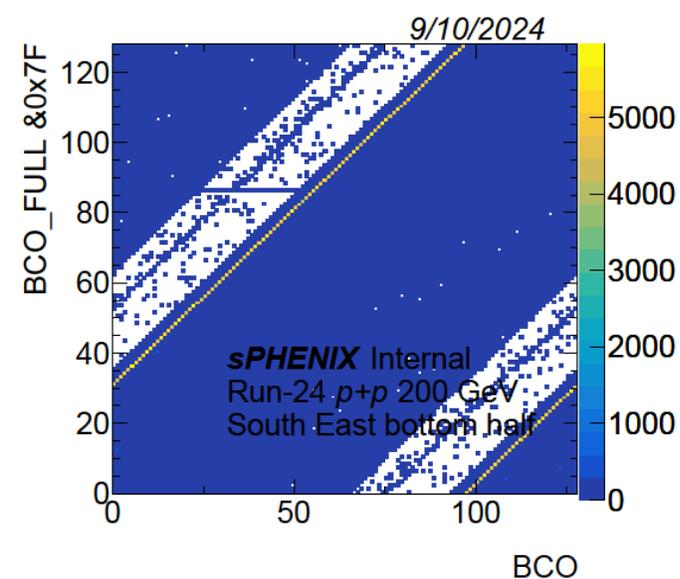
$$\text{Random Hit fraction} = \frac{\pm 2\text{bin from Mixup peak Hit}}{\text{Previous Event Hit} + \pm 2\text{bin Hit}}$$

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

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

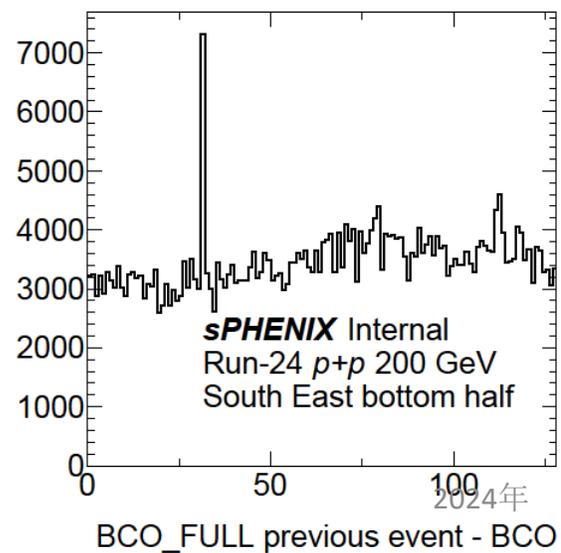
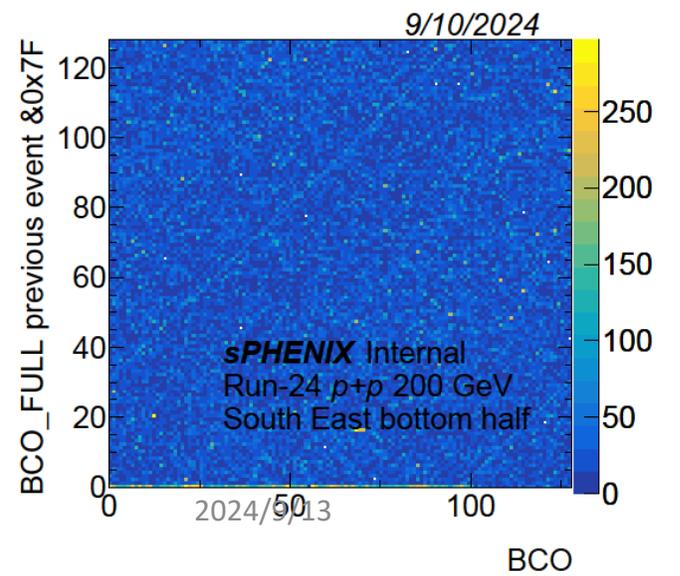


Run24におけるEvent Mixup



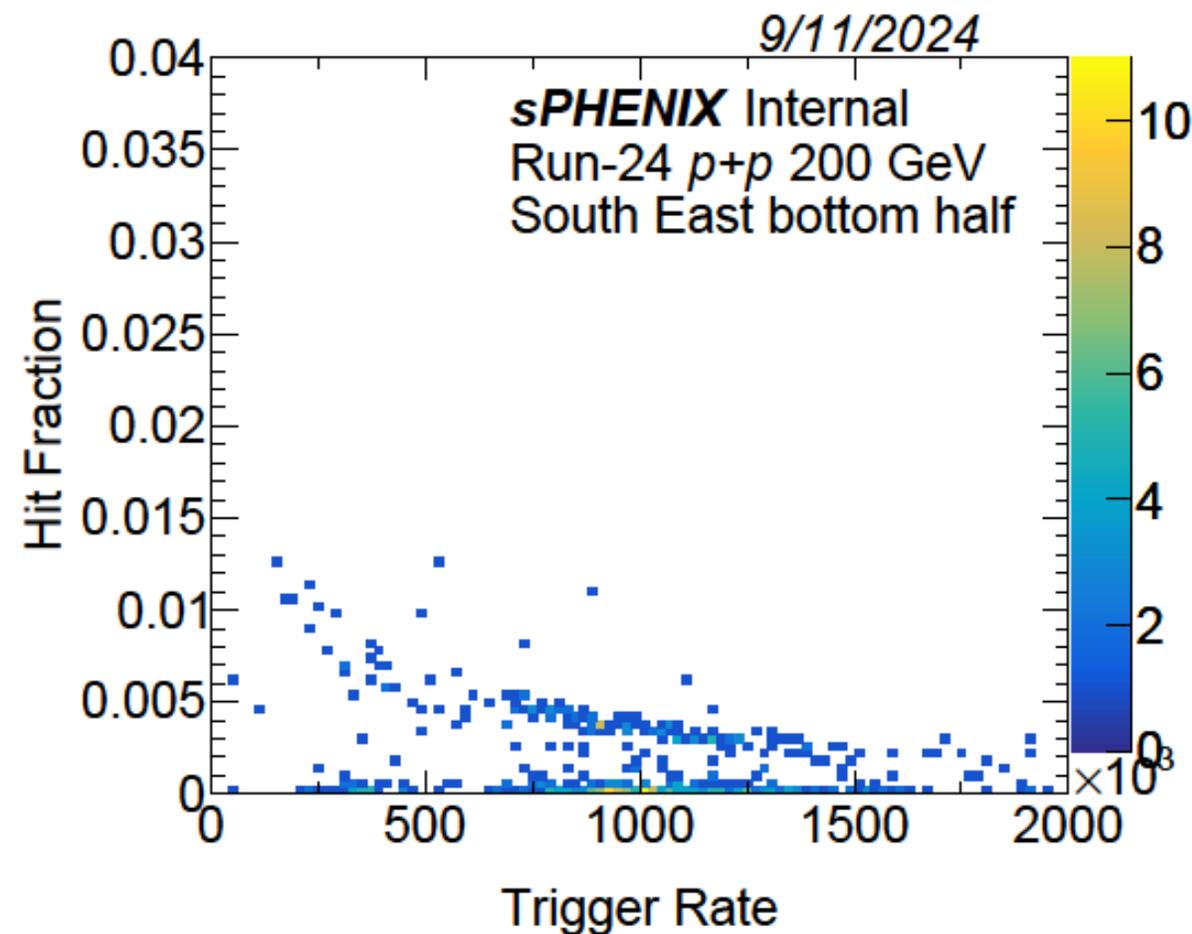
Run24で測定されたデータの結果

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

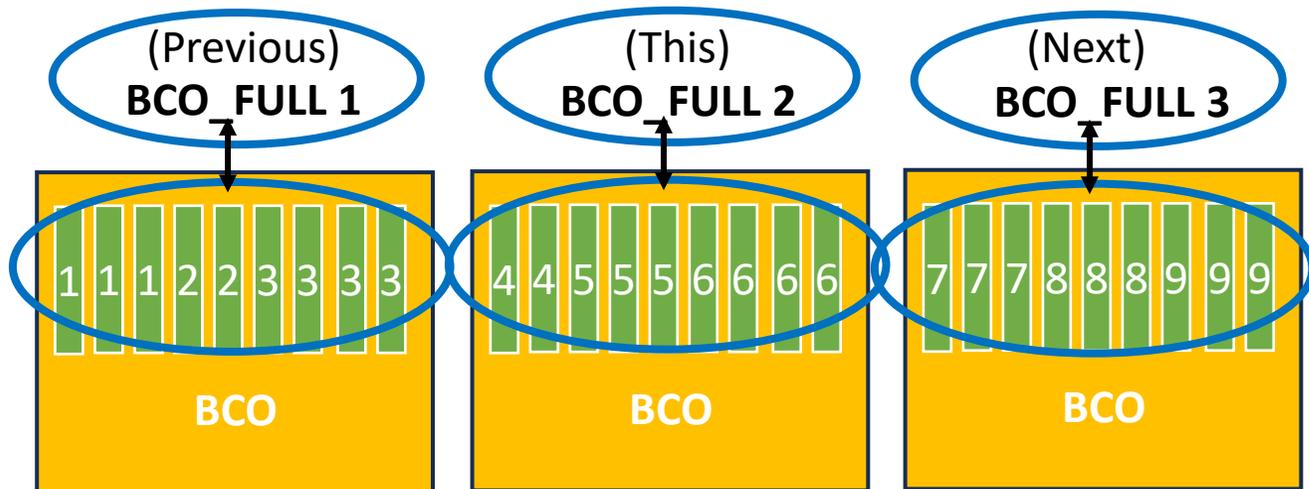
- Mixupヒットの割合はトリガーレートと相関がない
 - しかし複数のデータでトリガーレートが高くなるとヒットの割合が下がっているものがある
- 現在調査中

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

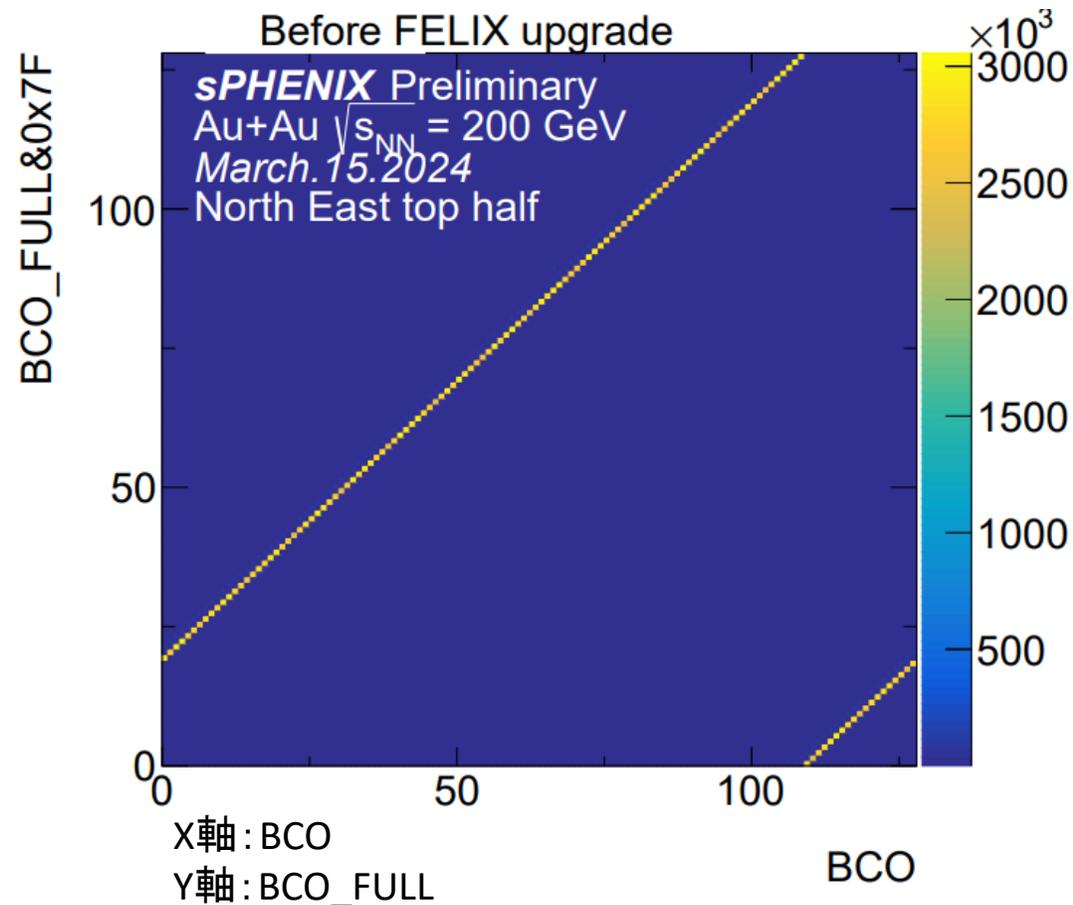
INTTのヒットデータでは同一の衝突によるヒットのグループを1つのイベントとしている



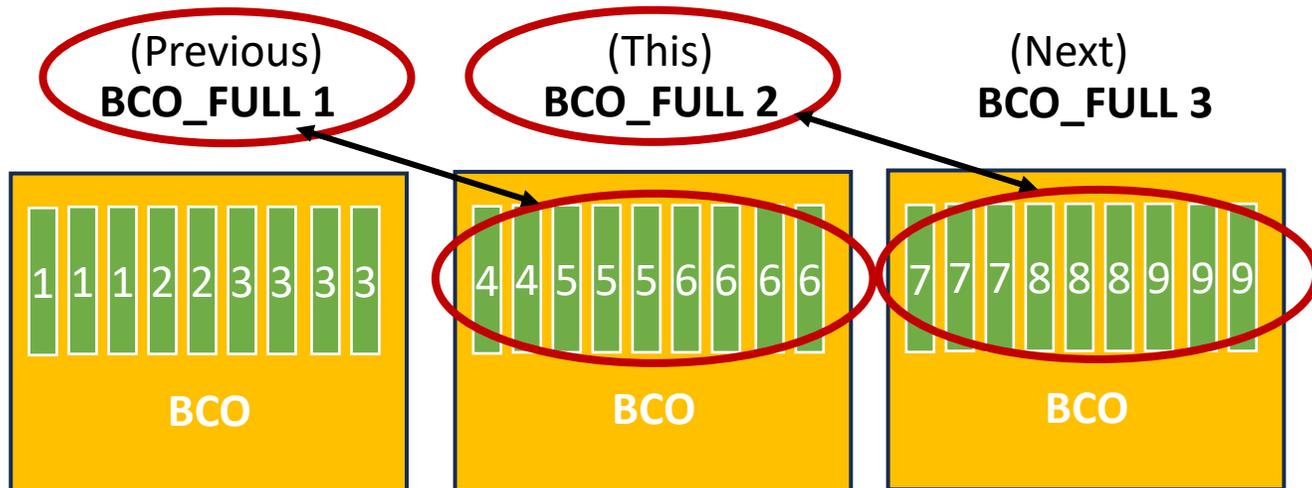
同一のイベント内のBCOとBCO_FULLの相関図で明確な相関

⇒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

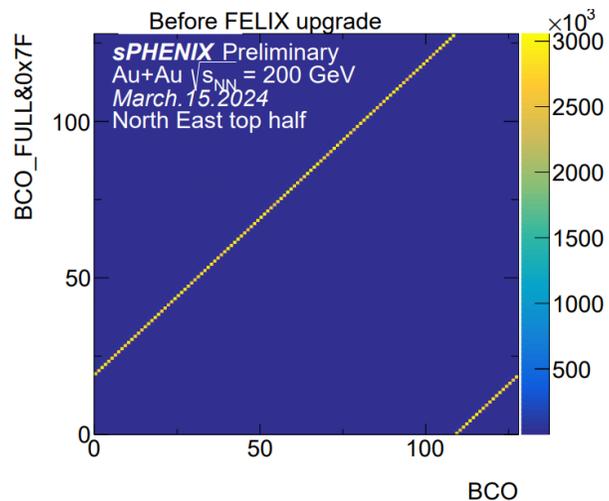


データ読み出しの現状 Run23

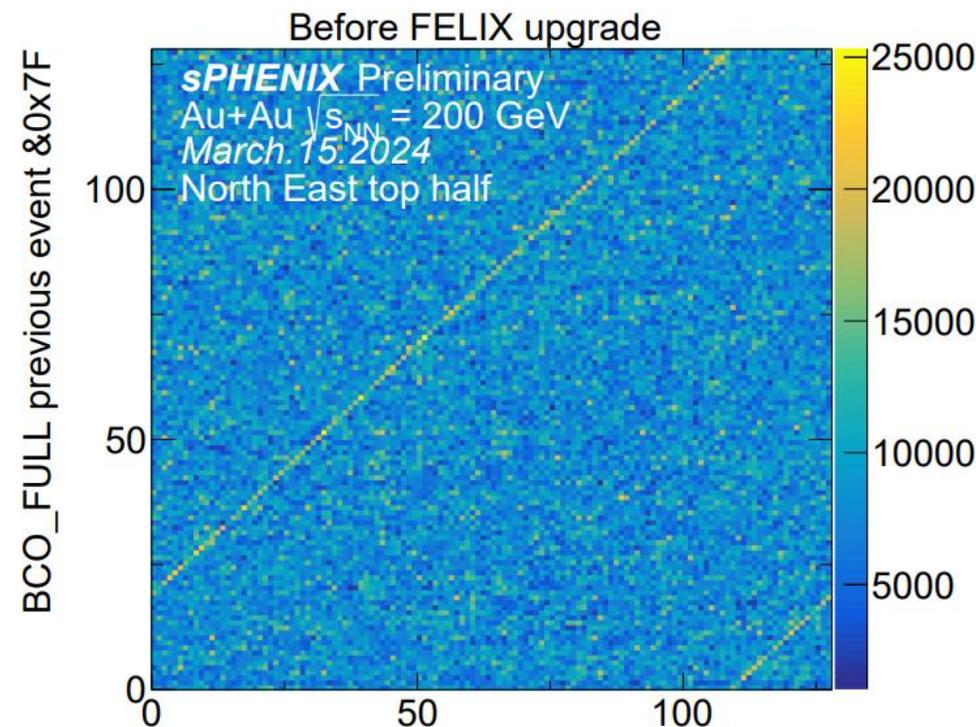


本来関連のない値同士のあるイベントのBCOと
1つ前のイベントのBCO_FULLには相関がないはず
しかし同一イベント内の相関図と同じ位置に相関を確認

⇒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



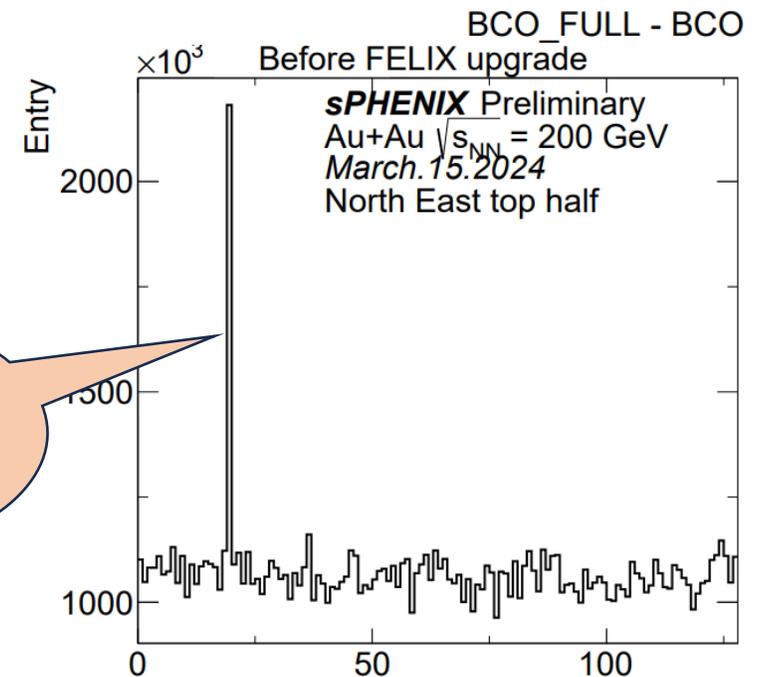
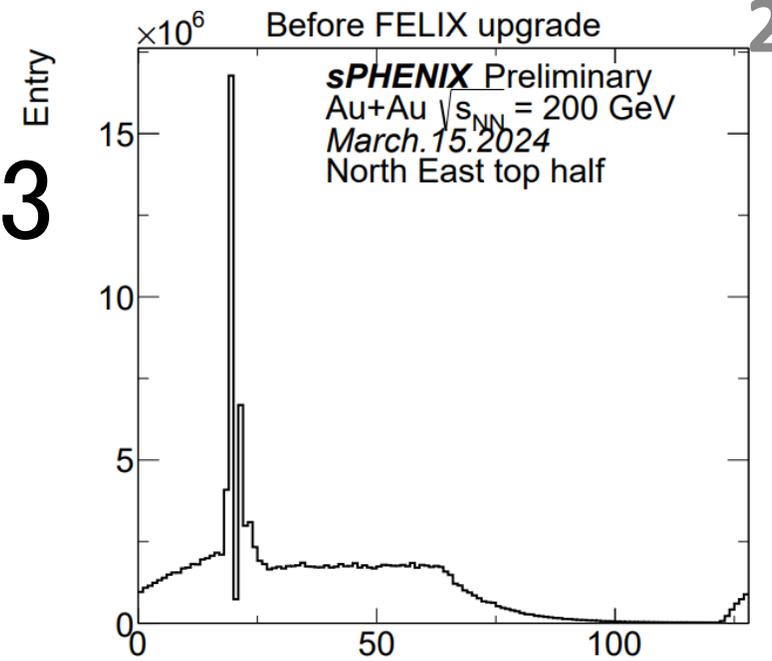
X軸: BCO

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

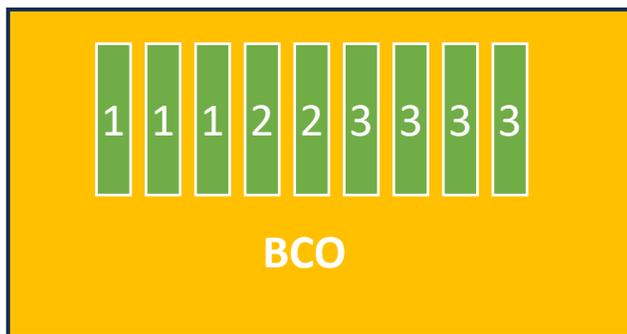


Event
Mixup

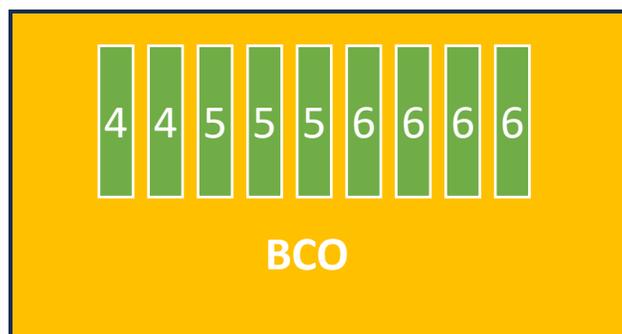
Event Mixup

正常な状態

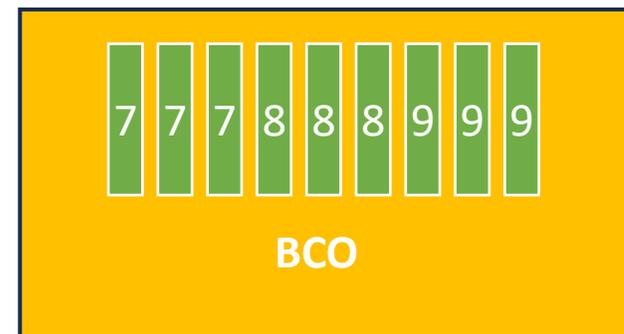
BCO_FULL 1



BCO_FULL 2



BCO_FULL 3

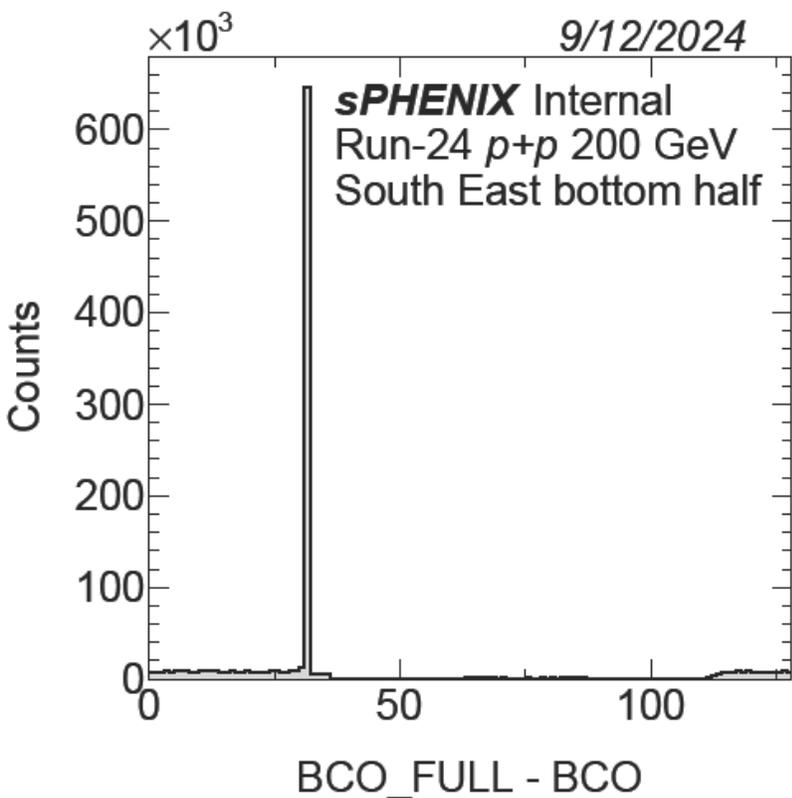


Run24におけるEvent Mixup

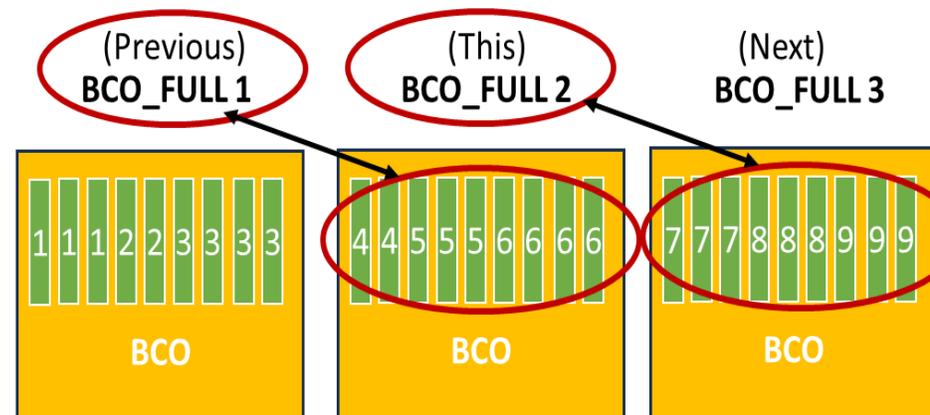
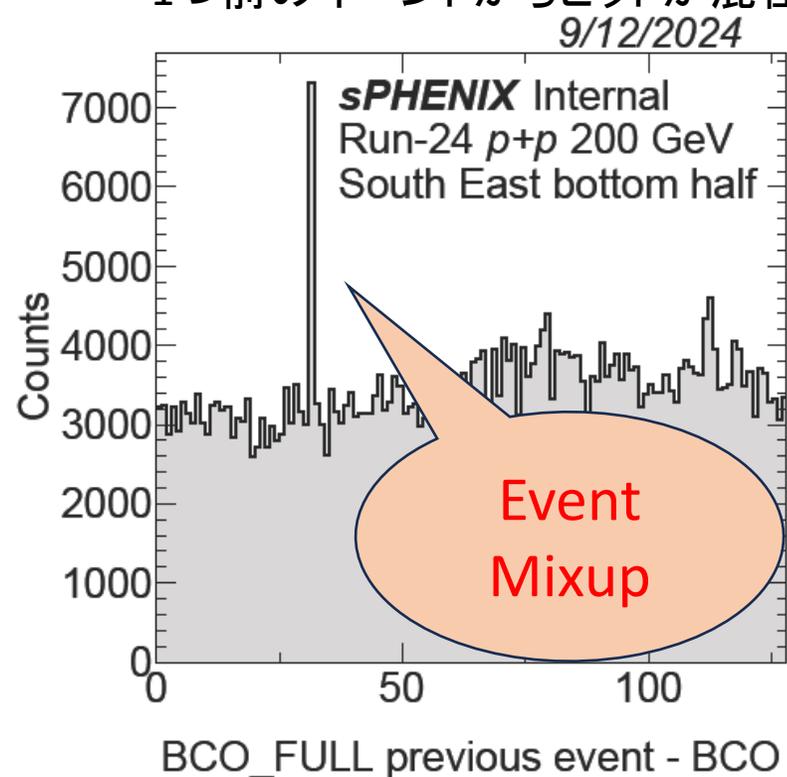
BCO:INTTのビームclk

BCO_FULL:sPHENIXのビームclk

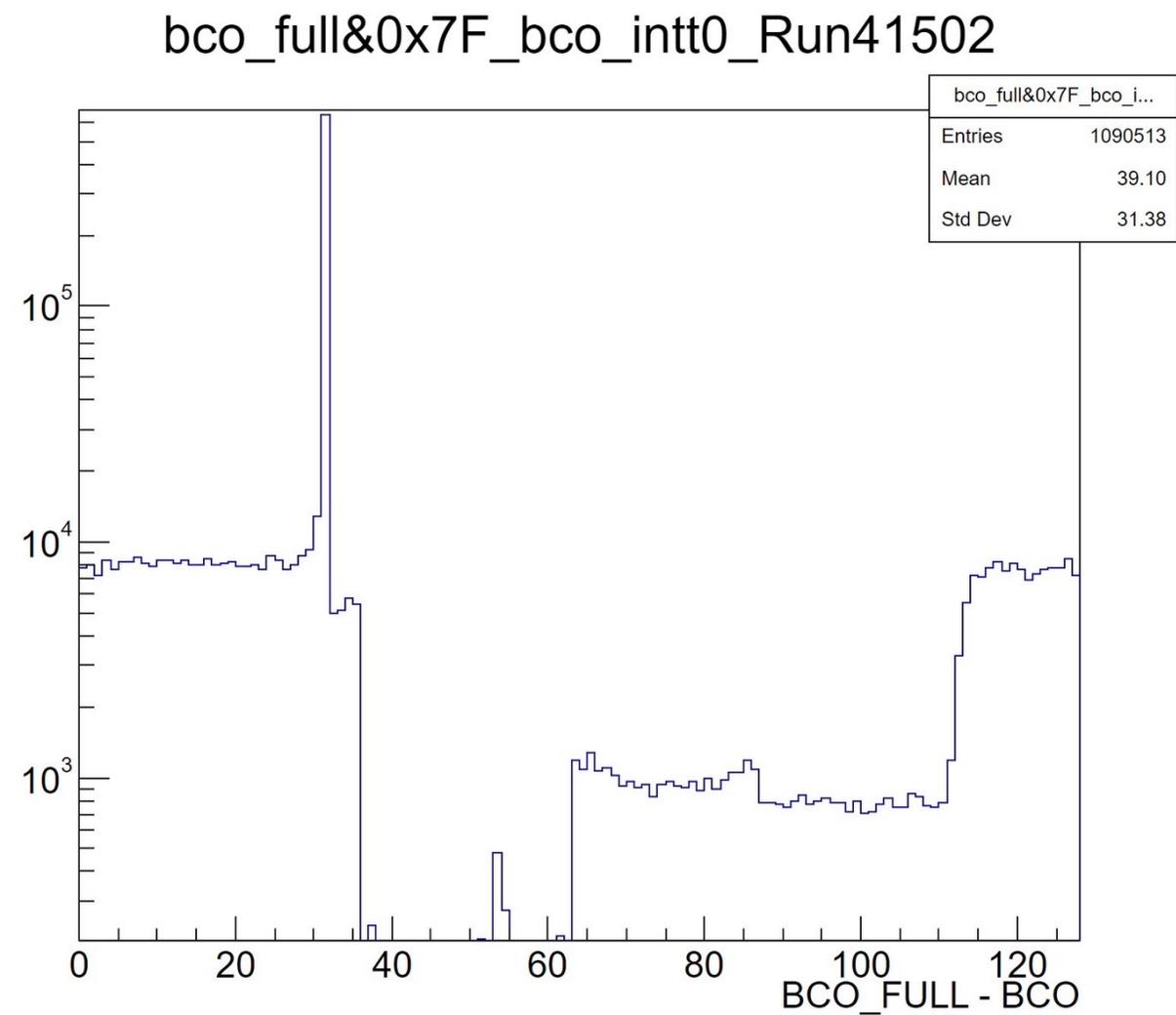
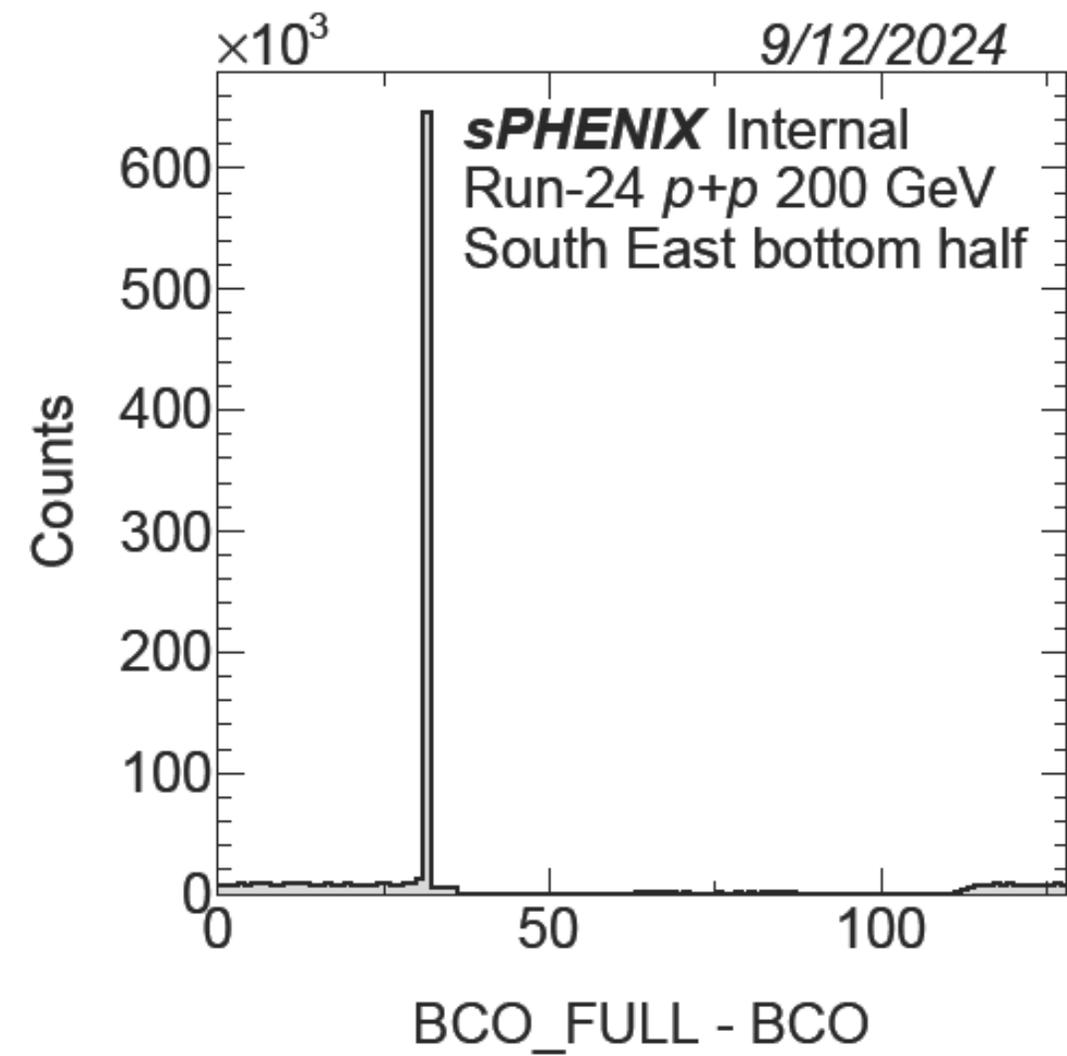
同じイベントのBCO_FULL - BCO
ピークは衝突によるヒットを表す



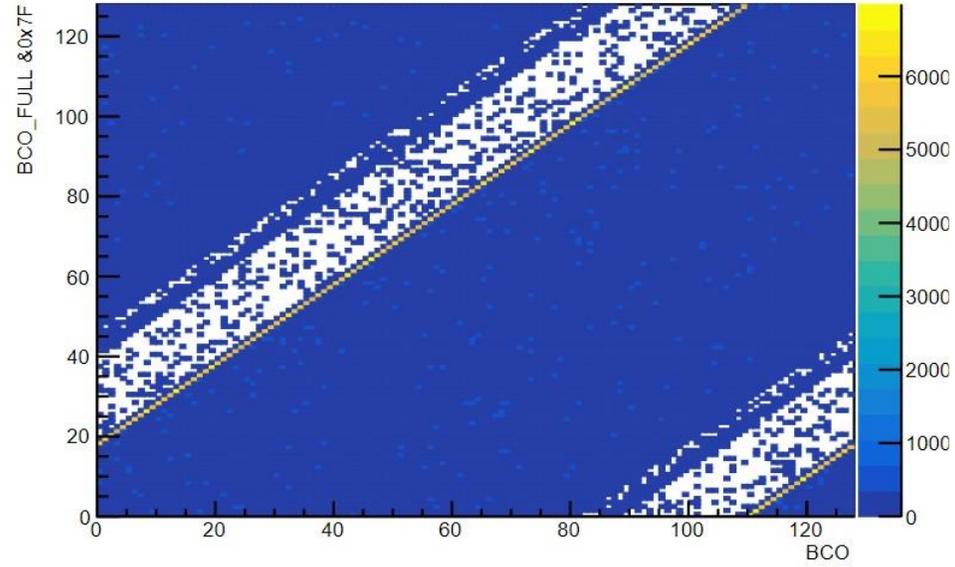
1つ前のイベントBCO_FULL - BCO
関連のない2つの値の差分にピーク
1つ前のイベントからヒットが混在



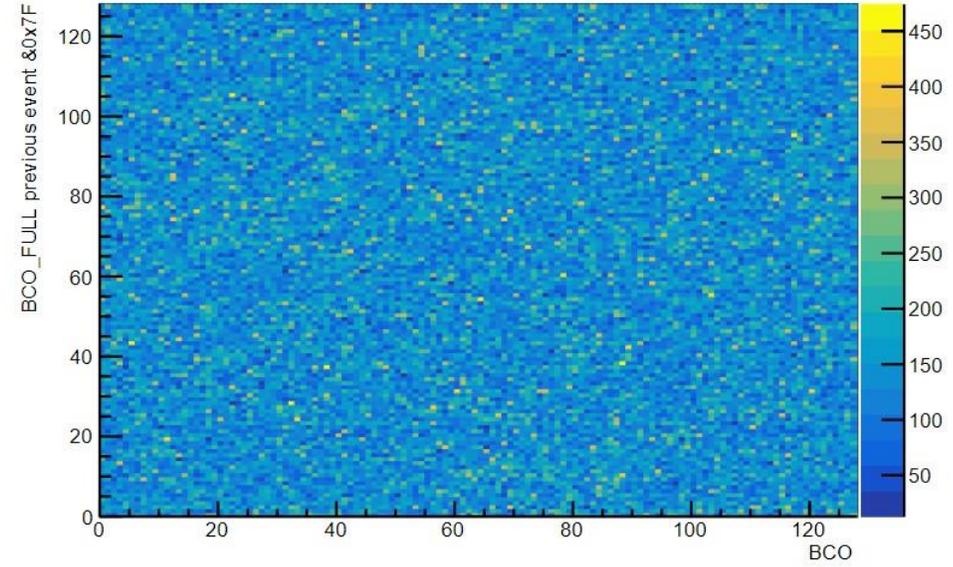
BCO_FULL-BCOと1つ前のイベントBCO_FULL-BCOに同じ位置にピーク
→Event Mixupが発生している



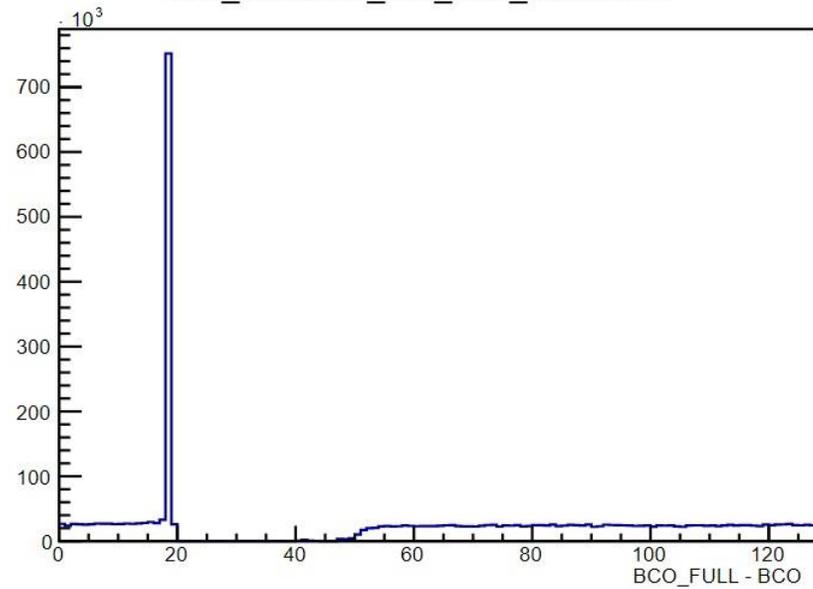
bco_full&0x7F_vs_bco_intt0_Run46681



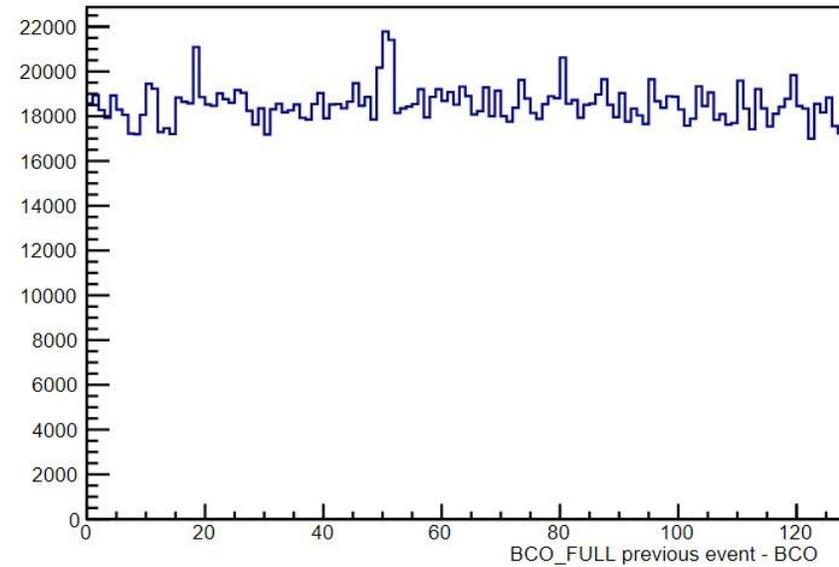
bco_full&0x7F_prev_vs_bco_intt0_Run46681



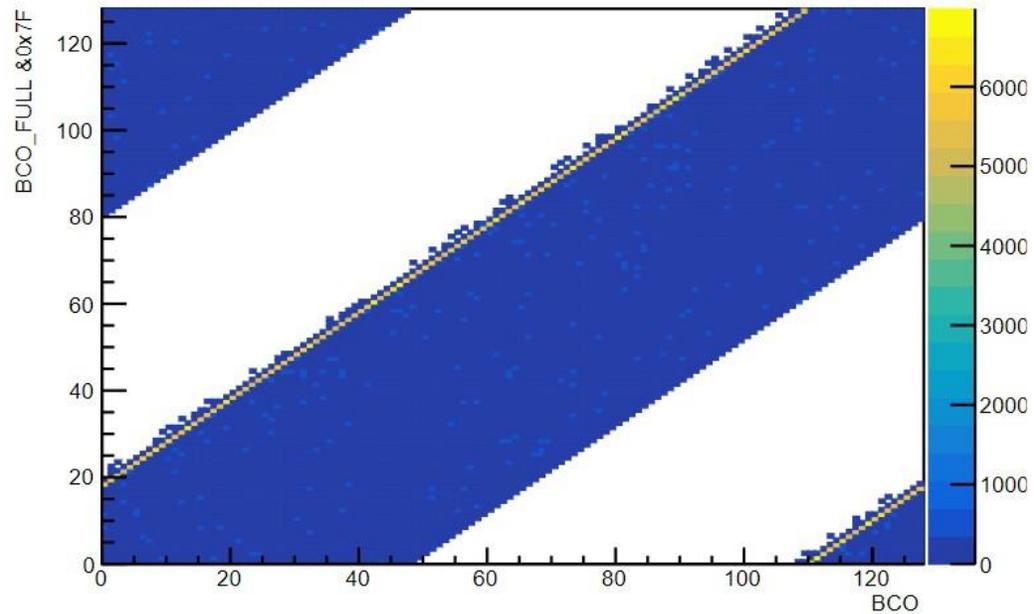
bco_full&0x7F_bco_intt0_Run46681



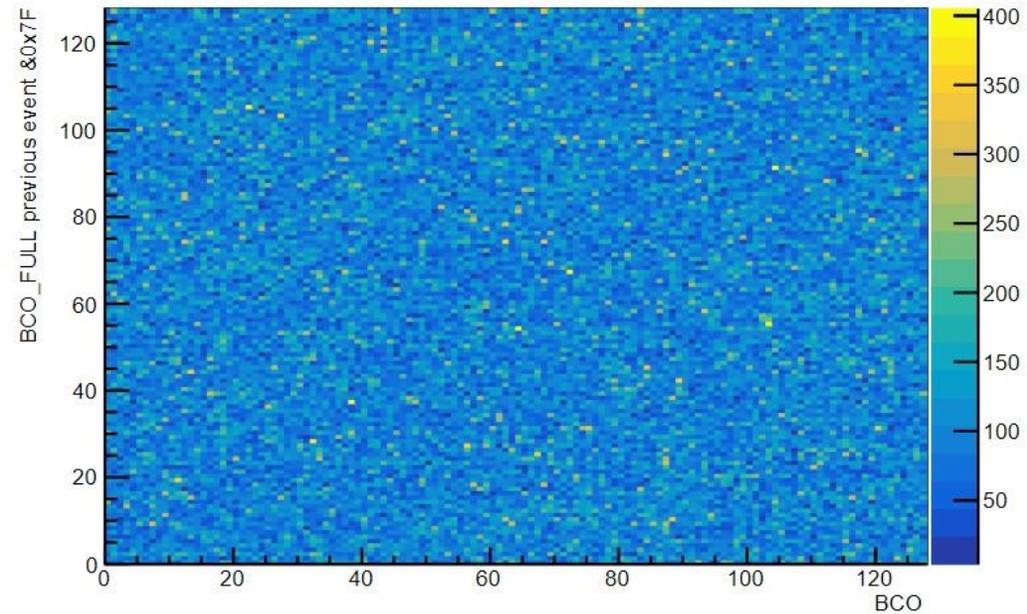
bco_full&0x7F_prev_bco_intt0_Run46681



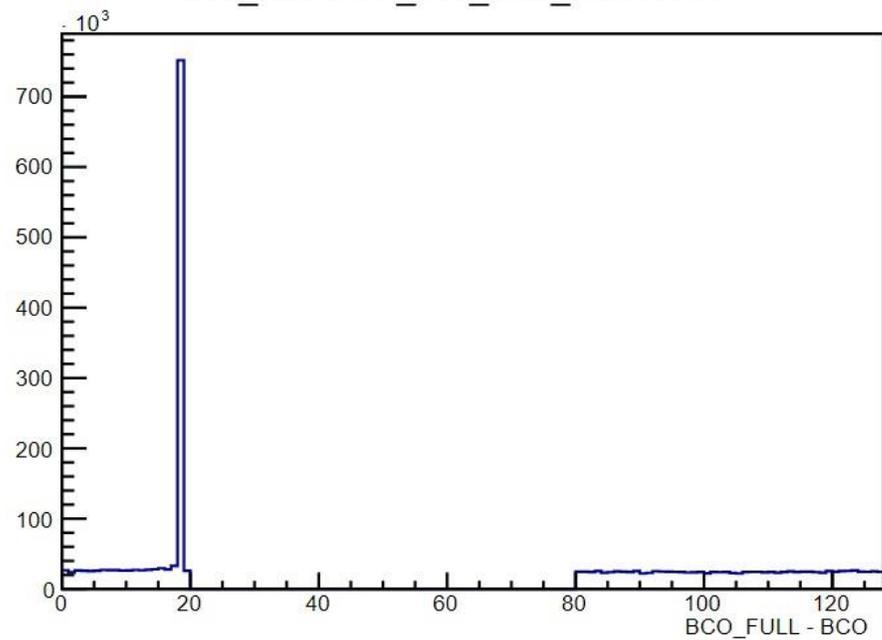
bco_full&0x7F_vs_bco_intt0_Run46681



bco_full&0x7F_prev_vs_bco_intt0_Run46681



bco_full&0x7F_bco_intt0_Run46681



bco_full&0x7F_prev_bco_intt0_Run46681

