

sPHENIX実験INTTシリコン検出器のデータ収集における信頼性検証

原田 智樹

指導教員 中川 格・村田 次郎

概要

1. 研究目的.sPHENIX実験とINTTシリコン検出器の紹介
2. ハーフエントリー問題について. INTT検出器の読み出しに一部のデータの欠損が起きるハーフエントリー問題についての説明
3. 解決方法の探索. 理研にあるINTT検出器のハーフラダーを用いて問題解決に迫る
4. INTT実機の現状. 実機におけるハーフエントリー問題のもたらす影響を実機のビームデータを用いて評価
5. 今後の展開. 実機のハーフエントリー問題解決へ向けての計画

1. 研究目的

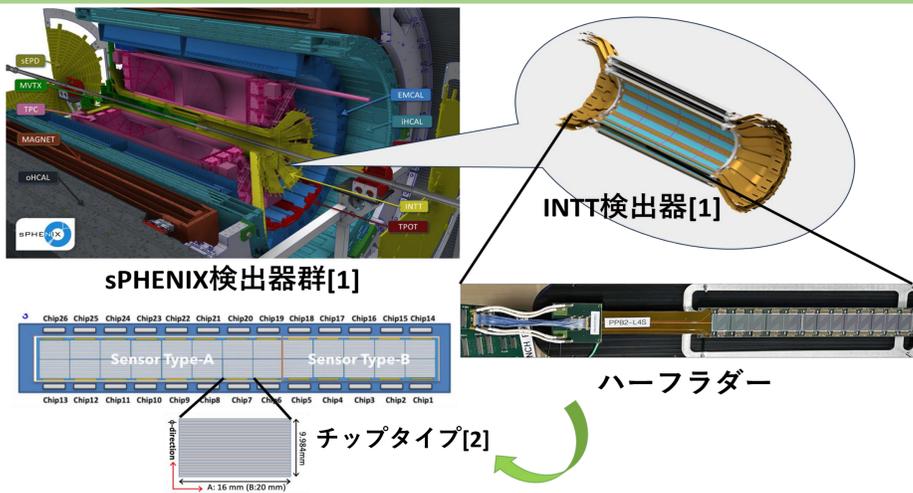
- ・ 金原子核衝突による、超高温高密度QCD物質のクォーク・グルーオン・プラズマの性質研究
- ・ 偏極陽子衝突による陽子スピン構造の研究

INTTとは

米国ブルックヘブン国立研究所の相対論的重イオン衝突型加速器に設置されたsPHENIX検出器群の一つ。円筒状に組まれたシリコンストリップ型検出器飛跡検出を目的とし、時間分解能や方位角方向の位置分解能に優れている。

機能

- ・ 多層構造
- ・ 読み出しチップ: 26個/ハーフラダー
- ・ チップタイプ: タイプA(9.984mm×16mm)、タイプB(9.984mm×20mm)
- ・ ストリップ数: 128チャンネル/チップ
- ・ 時間分解能: ビームのパンチ幅である106ns以下
- ・ 方位角方向のストリップ幅: 78μm



3. 解決方法の探索

仮説

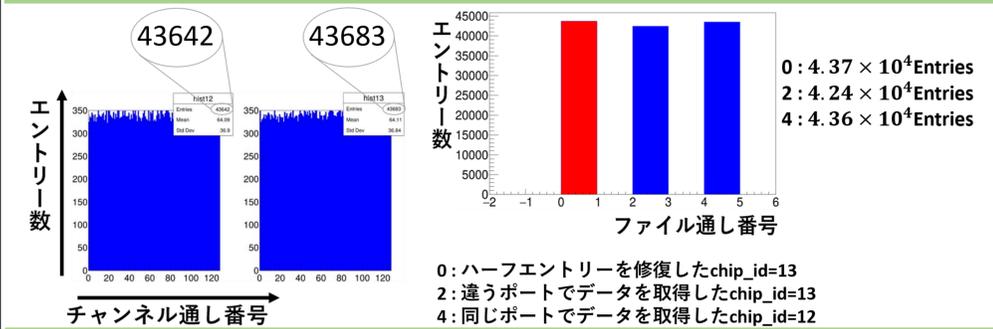
- ・ FPHXにはDigital Controlと呼ばれる稼働条件を変更する機能が装備されている。その稼働モードの一つに、本来1セットの出力ラインから送信されるデータを複製し、もう1セットの出力ラインにも送信する機能がある
- ・ ハーフエントリーは、2セットの出力ラインのうち1セットが断線してしまうことが原因だと予想

検証

もしハーフエントリーが仮説の通り出力ライン1セットの断線であるなら、データを複製するモードで稼働すれば、もう1セットの正常な出力ラインを通してすべてのデータが送信されるはずである。

結果

理研にてこの検証のための実験を行った結果、理研にあるすべてのハーフエントリーを持つチップのエントリー数を正常なデータ量に直すことに成功した。データ量が戻せたかの検証については、他の入力ポートの同じチップ、同じ入力ポートの隣のチップとのエントリー数比較を行った。

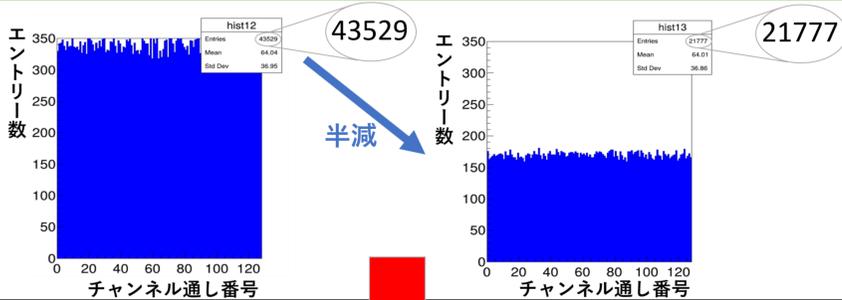


結果の検証

理研にて、検証したいハーフエントリーチップに対して近いチップ、近い入力ポートを用いてエントリー数の比較を行った。結果から、アクセプタンスが回復されたことが分かる。

2. ハーフエントリー問題について

理研のテストベンチでは、INTTの動作確認用にINTTシリコン検出器ラダーが設置されている。ここでは、後段の読み出し回路(ROC)から読み出しチップ(FPHX)に疑似アナログ信号を打ち込み、生成された信号を検出する。正常に動作していれば、打ち込んだ疑似信号でADCの閾値を超えた数だけ、生成信号が検出される。ところが、チップの一部に期待される半分しか信号数が検出されないチップが複数観測された。ここでは、これをハーフエントリー問題と呼ぶ。sPHENIX実験で現在稼働中のINTT検出器実験に着目する前に、転送ラインに着目して解決方法を探る。



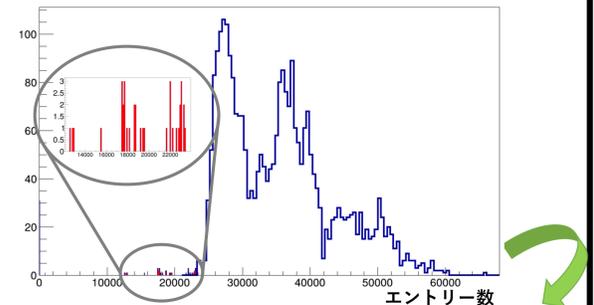
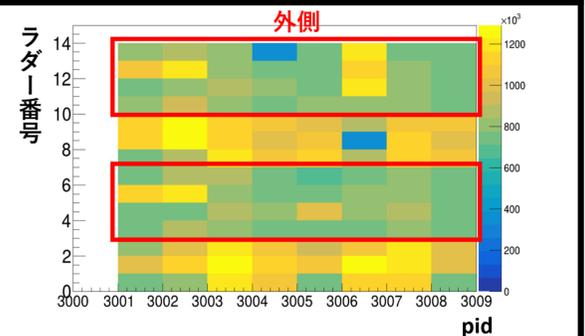
4. INTT実機の現状

- ・ INTT実機は多層構造であり、各チップは2つに分類できる

- ・ 備わっているPCは8機、ラダー番号(module)は14通り、全てで2912チップ

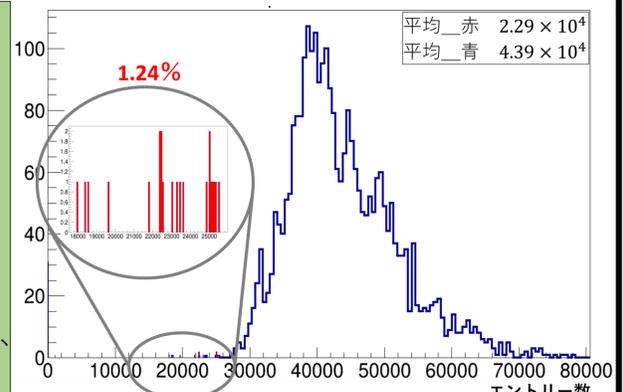
- ・ 内層、外層の違い、シリコンセンサーのタイプの違いからアクセプタンスの補正が必要

- ・ ラダー番号(module)ごとのエントリー数の比率、チップのタイプによるエントリー数の比率から、アクセプタンスの補正をした



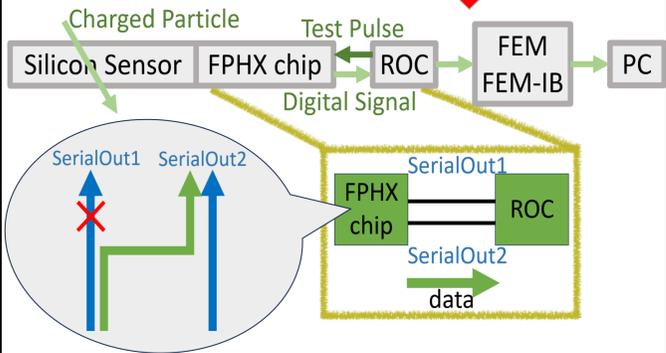
見積

実際にRHICで行われた実験データから、補正後の右図をフィッティングをすると、正常なチップのエントリー数の山に対して、エントリー数が半分の山が見えた。2912チップ中36チップがハーフエントリーをもつチップであることが分かった。割合は、全体の1.24%になる。



転送方法

- ・ FPHXでアナログ信号をデジタル信号に変換し、LVDS規格でROCにデータを転送している
- ・ FPHXには2セットのデータ出力ライン (SerialOut1, SerialOut2) が装備されており、ビット毎に別々の出力ラインを交互に使ってデータを転送している



5. 今後の展望

- ・ 本来2セットの出力ラインを使って送信するデータ量を1セットで全送信するので、レートによる弊害の検証が必要
- ・ 来るAu+AuランでDigital Controlパラメータを2通り変えてデータを収集
- ・ INTT実機のすべてのハーフエントリーチップの断線出力ラインの特定、アクセプタンスを回復させる

参考文献

- [1]RIKEN 糠塚元気.2024年JPS_sPHENIX_Cold-QCD
- [2]立教大学 藤木一真.2023年度卒業研究sPHENIX-INTT用読み出し回路基板ROCの再利用に向けた検査
- [3]立教大学 菊池陸大.2023年度卒業研究sPHENIXシリコン半導体検出器の信号振幅バイアス電圧依存性