

KEK 測定器開発テストビームライン共同利用実験成果報告書

2024年 2月 2日

1. 課題番号

2023ARTBL006

2. 課題名

AR-TB 用高位置分解能テレスコープシステム, 運動量測定用スペクトロメーターの開発と Belle II アップグレード用ピクセルセンサーの性能評価

3. 研究代表者

氏名: 山田美帆

所属機関: 東京都立産業技術高等専門学校

職名: 助教

連絡先: myamada@metro-cit.ac.jp

4. 実験参加者 (氏名、所属機関、職名または学年)

- 山田美帆, 都立産技高専, 助教
- 大森匠, 筑波大学, 修士2年
- 宮林謙吉, 奈良女子大学, 教授
- 田頭陽菜, 奈良女子大学, 修士2年
- 武田彩希, 宮崎大学, 准教授
- 坪山透, KEK, 研究員
- 幅淳二, KEK, 理事
- Tristan Fillinger, KEK, 研究員
- 石川明正, KEK, 准教授
- 中村克朗, KEK, 助教
- 住澤一高, KEK, 講師

5. ビームタイムの期間

エリア内準備期間: 12/13

ビーム使用期間: 12/14-12/19

撤収期間 12/19-12/20 (午前)

6. ビームの状況

ビームレート: ビーム運動量 2, 3GeV/c において最高レート約 600Hz

ビームサイズ: 6cm (水平) × 2cm (垂直)

7. 実験成果

ビーム試験セットアップを図 1 に示す。テレスコープとして INTPIX4NA センサーを 7 枚設置、DUT は DuTiP1 センサーである。また、磁石とテレスコープにより、マイクロスペクトロメータを構成している。最上流に設置した XRPIX5 センサーによりイベントトリガーを発行、さらにビームプロファイルモニターも兼ねている。

テレスコープ

AR-TB に最適化した高位置分解能テレスコープシ

ステムの開発を行っている。ピクセルサイズ 17 μm 角、

アナログ読み出しである INTPIX4NA センサーをトラックとして用いることにより高位置分解能を実現する。ヒットを検出したピクセルのみ読み出すゼロサプレスの実装により、DAQ レートの向上を確認したが、想定よりビームレートが低く、DAQ レートの限界を検証するには至らなかった。また、フルフレーム読み出し時と同等の位置分解能を持つトラックを再構成できていることを確認した。センサーでの多重散乱の影響を抑えるために最適化したビーム再構成方法[1]により、ビーム運動量 5GeV/c のときの位置分解能は $4.20 \pm 0.05 \mu\text{m}$ である。また、物質量の多い DUT を評価することを想定し、4 層目 INTPIX4NA を DUT と仮定し、その上流 3 枚のみを使用してトラックを再構成したところ、分解能は $9.24 \pm 0.10 \mu\text{m}$ であった。センサー間距離は 32mm であり、この程度近接して DUT を設置することができれば 10 μm 以下の分解能でトラックの位置情報を提供できることがわかった。

DuTiP1

Belle II アップグレード用崩壊点検出器として開発を行っている。各ピクセルにおいて、ヒットとイベントトリガーの同時計数を取ることで、興味あるヒットのみを記録し、背景事象を抑制することができる。ビーム試験においては、INTPIX4NA とのヒット位置の相関を得られた(図 2)。また、テレスコープにより再構成した

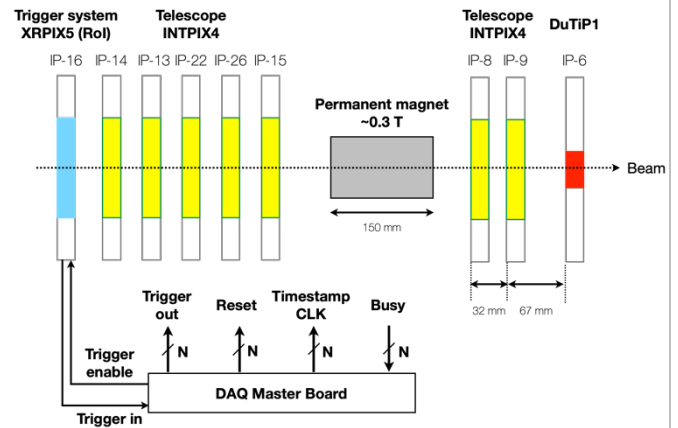


図 1 セットアップ

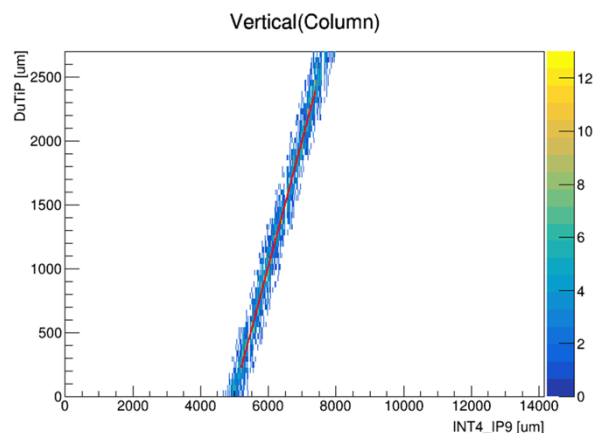


図 2 ヒット位置の相関

ラックを用いて、DuTiP1 のヒット検出効率と位置分解能を現在評価中である。全く異なるアーキテクチャであるINTPIX4NA と DuTiP1 が同期してデータを取得、イベントトリガーに付随したヒットとトラックが得られたことを確認できた。

マイクロスペクトロメータ

0.3T の磁石とテレスコープによりマイクロスペクトロメータを構成、ビーム運動量を見積もった。磁石の上流 2 枚でビームを再構成、入射位置を決定し、下流 2 枚のセンサーでのヒット位置との差を変位としてビーム運動量を求めた (図 3, 黒点, 赤点)。系統誤差は評価中である。また、磁石を取り除いた状態で 2/4mm 厚のアルミ板を挿入し、ビームの多重散乱からビーム運動量を求めた (図 3, 星印)。設定ビーム運動量との違いについては現在 Geant4 シミュレーションを通して詳細を検証中である。なお、磁場に対するビームの変位方向から、電子ビームであることが確認できた。

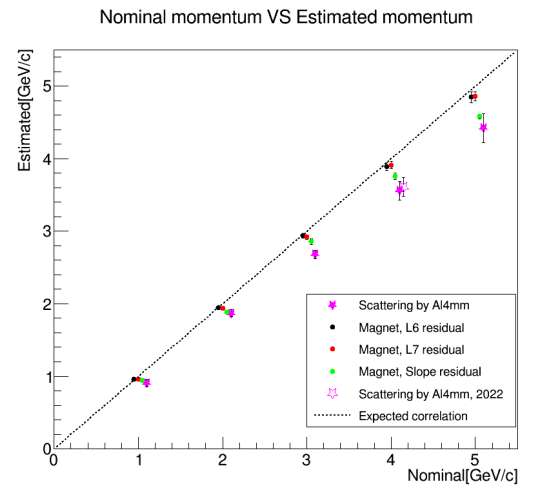


図 1 ビーム運動量測定結果

[1] H. Suzuki, et al., PTEP, Volume 2022, Issue 10, October 2022, 103C01

8. 結果の公表予定

2024 年物理学会 (春季大会) 大森匠, 田頭陽菜

2023 年度修士論文, 大森匠, 田頭陽菜

9. 今後の要望

kHz オーダーのビームの安定的な供給