

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 9月 02日

1. 課題番号

2024ARTBL004

2. 課題名

ATLAS ITk ピクセル検出器の試験と LGAD 検出器の開発

3. 研究代表者

氏名：中村浩二

所属機関：高エネルギー加速器研究機構

職名：助教

連絡先：koji.nakamura@kek.jp

4. 実験参加者 (氏名、所属機関、職名または学年)

- | | | |
|---------|-----|------|
| ● 中村浩二 | KEK | 助教 |
| ● 熊山 拓海 | 筑波大 | 修士学生 |
| ● 能瀬 大翔 | 筑波大 | 修士学生 |
| ● 菅原 里菜 | 筑波大 | 修士学生 |
| ● 前山滉太郎 | 筑波大 | 修士学生 |
| ● 西野 純矢 | 筑波大 | 修士学生 |
| ● 村山 由亜 | 筑波大 | 修士学生 |

- | | | |
|---------|-----|------|
| ● 堀越 一生 | 筑波大 | 修士学生 |
| ● 佐藤構二 | 筑波大 | 講師 |

5. ビームタイムの期間

(エリア内準備期間、ビーム使用期間、撤収期間がわかるように)

- | | |
|------|---|
| 6/10 | 8時半より準備開始
21時頃よりビーム使用開始
(6/10 21:00- 6/17 9:00 24時間ビーム使用) |
| 6/17 | 9時頃より撤収 |

6. ビームの状況

ビーム自体は基本的に安定していた。ビームレートは 1.4kHz 程度でビームの形も比較的丸いビームを実現することが可能であった。数 mm 角の領域のビームレートが前回と比較して 5-10 倍得られた。

7. 実験成果

本実験の目的は、2029年開始予定の High-Luminosity LHC 実験アップグレード内部飛跡検出器の一部であるピクセル検出器の開発および量産に伴い、現在製造している、先行量産品の検出効率を評価すること、さらに本量産品の読み出しの速さを利用した新しい検出器開発のための飛跡再構成システム(テレスコープ)としての利用を試験することを目的とした。さらに、CERN で開発されているモノリシック CMOS のピクセル検出器である MALTA 検出器や、時間分解能に優れた LGAD 検出器の読み出しもテストすることも目的とした。今回は、前回同様で上流の四重極電磁石の修正のおかげで、下流の四重極電磁石の効果が予想通り働いたこともあり、LGAD 検出器(1mm x 1mm)の試験も可能であった。トリガーを 3mm 角程度の Region of Interest (ROI)を含めて作ることによってデータ取得効率を向上させた。3mm 角の領域で約 100Hz のデータ取得が可能であった。データ解析は進んでいるが、以下、実験データの解析で得られたプロットを示す。

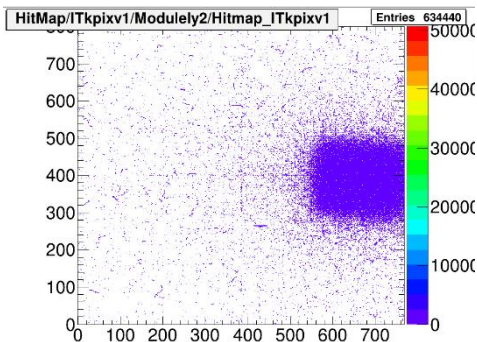


図 1 : ATLAS 実験用ピクセル検出器のヒットマップ。量産用のチップである ITkPix-v2 を搭載したモジュールのテストビームにおけるヒットマップを世界で初めて観測した。ただし、飛跡再構成システムとの同期ができなくなる問題が起こっていて、位置分解能や検出効率の測定はできなかった。DAQ を改善して次のテストビームで再測定を行う。

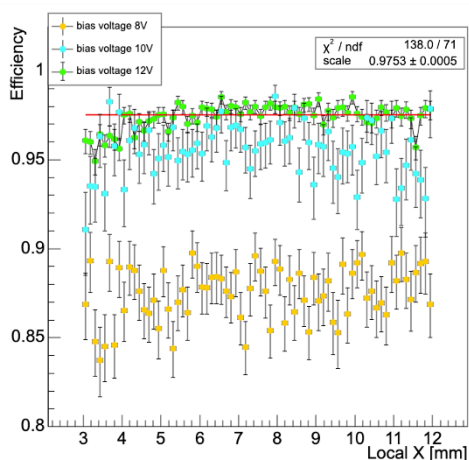


図 2 : MALTA 検出器の検出効率。センサー印加電圧-8,-10,-12V の時の検出効率の位置依存性分布。フィット結果は-12V のもので、検出効率 $97.5 \pm 0.1\%$ であった。-10V では $95.8 \pm 0.2\%$ 、-8V では $87.5 \pm 0.2\%$ となり、電圧の増加に伴い検出効率の上昇が確認できた。定性的な理解はまだ。

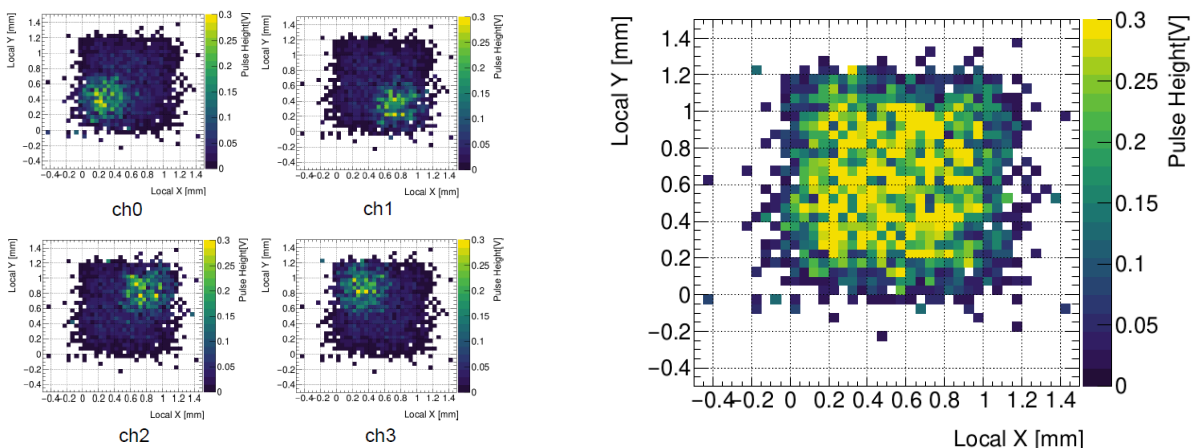


図 3 : LGAD センサー(500um 角パッド型 2x2 マトリックス)の信号サイズの位置依存性の分布。それぞれ各チャンネルからの応答(左)とすべてチャンネルからの波高の和(右)を示した。アラインメントがうまくできていて予想通りのマップが得られた。時間分解能の位置依存性等の解析はこれから。

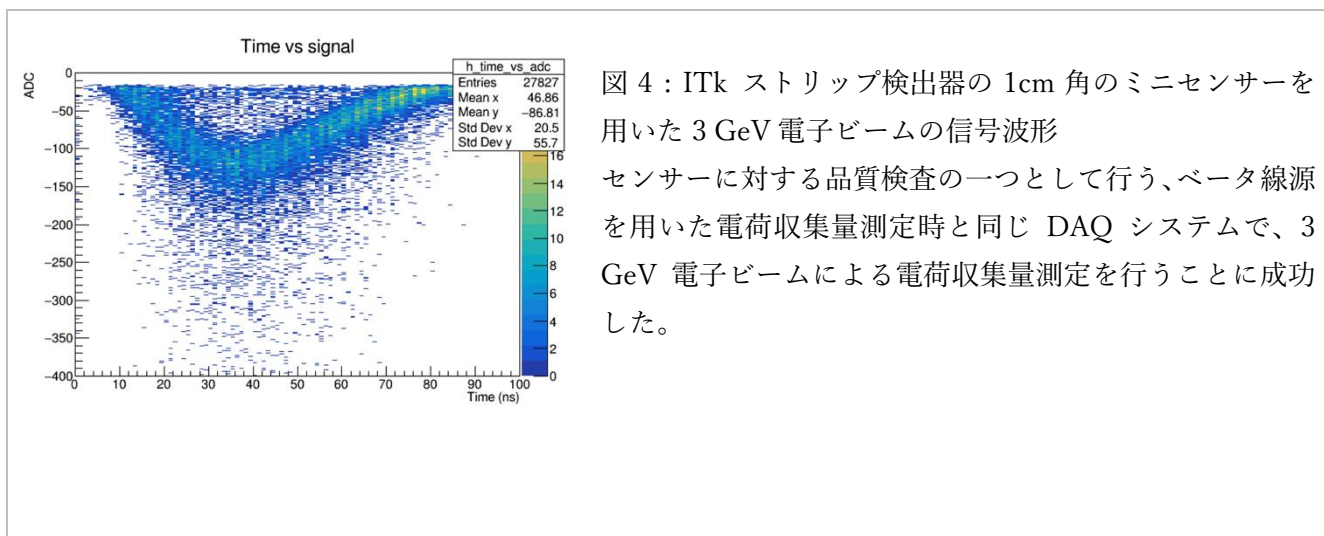


図 4 : ITk ストリップ検出器の 1cm 角のミニセンサーを用いた 3 GeV 電子ビームの信号波形
 センサーに対する品質検査の一つとして行う、ベータ線源を用いた電荷収集量測定時と同じ DAQ システムで、3 GeV 電子ビームによる電荷収集量測定を行うことに成功した。

8. 結果の公表予定

2024 年度修士論文および 2024 年 9 月に行われる日本物理学会で報告。

9. 今後の要望

- 1) トップアップ運転の際のビームインジェクションの際に大量の粒子が入射していて、半導体検出器は問題ないが、MCP-PMT の信号をオシロスコープで観測する際に電圧値が上がり過ぎてオシロスコープが故障した。アンプを入れる等の措置をするが、トップアップインジェクションのレートを少し抑えられる工夫をしてもらえると助かります。
- 2) ビームラインの周りに加速器からと思われるノイズがあります。こちらも調べ切れていないのですが、シールド等で対応(すでにしていただいたと聞いていますが)おねがいします。
- 3) リモートコントロール可能な XZ ステージがあると非常に便利です。
- 4) 乾燥窒素製造機が一台あると冷却の際の湿度調整が可能です。(なければボンベで対応は可能)

以上