

# 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 3 月 26 日

## 1. 課題番号

2023ARTBL012

## 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
- 久郷莉奈 大阪大学 M2
- 比江森友太 筑波大学 M2
- 倉持花梨 筑波大学 M2
- 柳瀬健太郎 筑波大学 M2
- 今村友香 筑波大学 M2
- 熊山拓海 筑波大学 M1

- 能瀬大翔 筑波大学 M1
- 菅原里菜 筑波大学 B4
- 前山洸太郎 筑波大学 M1
- 西野純矢 筑波大学 M1
- 村山由亞 筑波大学 B4
- 堀越一生 筑波大学 B4
- 廣瀬茂輝 筑波大学 助教
- 佐藤構二 筑波大学 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)

12/1 8時半より準備開始  
21時頃よりビーム使用開始  
(12/1 21:00- 12/6 8:00 24時間ビーム使用)  
12/6 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 1.6kHz 程度でビームの形も前回と比較して四重極電磁石の電流値通りにコントロールが可能であった。

## 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、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) を含めて作ることでデータ取得効率を向上させた。3mm 角の領域で約 20Hz 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。

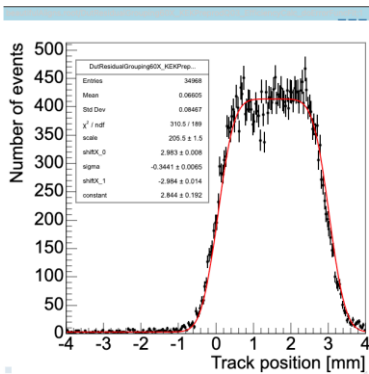


図1：飛跡再構成システム(テレスコープ)で再構成された飛跡位置(x軸: ビームに垂直平面の水平方向)と ATLAS 実験用ピクセル検出器の残差分布。ただし、ピクセル検出器は複数ピクセルのヒットをグループ化し、立ち上がりを用いてテレスコープの位置特定分解能を見やすくしたもの。この図から、位置特定分解能は、X方向  $344.1 \pm 6.4 \mu\text{m}$  Y方向  $264.4 \pm 6.3 \mu\text{m}$  の分解能が得られた。3GeV 電子ビームであることと、センサーの裏面に冷却用の 1mm の銅板が設置されていることが位置特定精度を悪化させている。

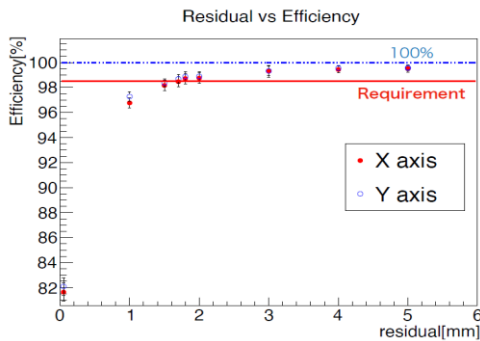


図2：ATLAS 実験用ピクセル検出器の検出効率を飛跡とヒットの残差カット値の関数で求めたもの。検出効率は、散乱の影響を考慮して残差カットを 2mm くらいにすることで ATLAS 要求値を満たすことが確認された。

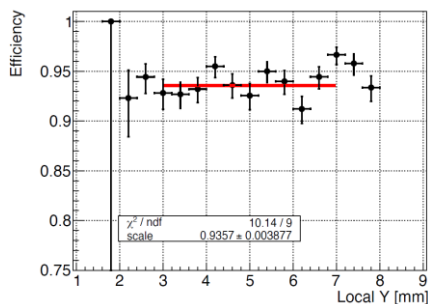


図3：CMOS モノリシック検出器 MALTA の検出効率の位置依存性分布。検出効率が  $93.5 \pm 0.4\%$  と低く観測されていて、飛跡再構成および検出器自体の理解を進めている。ちなみに本検出器は昨年3月に行われた Fermi 研究所での 120GeV 陽子線によるテストビームでも同様に低い検出効率が観測されていて検出器が原因である可能性が高い。

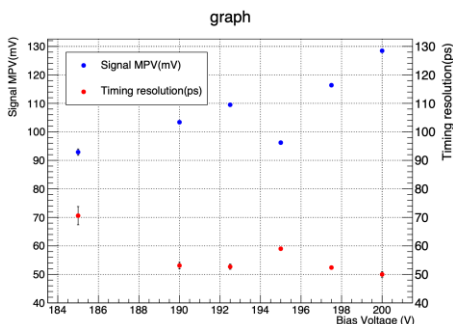


図4：LGAD センサーの信号サイズと時間分解能の印過電圧依存性。ベータ線で 35ps 程度の時間分解能が得られているが、AR テストビームラインでは 50ps 程度と十分な性能が得られていない。おそらく、信号のベースラインに乗るノイズが大きくジッターが大きくなったと考えられるが、現在原因調査中。

## 8. 結果の公表予定

2023 年度修士論文および 2024 年 3 月に行われる日本物理学会で報告。

## 9. 今後の要望

- 1) ワイヤターゲットの深さが毎回変わりレートとビームタイムの計算が難しいことがありました。で消えれば(なるべくレートが高い位置で)一定の運転をしていただけるとありがたいです。
- 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、シールド等に対応(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