

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

2025年 7月23日

1. 課題番号

2025ARTBL005

2. 課題名

ビームプロファイル測定 6

3. 研究代表者

氏名： 中野 英一

所属機関： 大阪公立大学大学院理学研究科

職名：教授

連絡先：nakanoe@omu.ac.jp

4. 実験参加者 (氏名、所属機関、職名または学年)

- 中野 英一 大阪公立大学 教授
- 吉田 聖稀 大阪公立大学 修士学生
- 宇野 彰二 KEK 特別教授
- 江成 裕二 KEK 准教授
- 岡崎 佑太 KEK 助教
- 田内 一弥 KEK 技術職員

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)

2025年5月

16日 エレキセットアップ

加速器側のワイヤーの位置の調整、ギャップの変更に応じてデータ収集。

運動量を 0.1 GeV/c 毎に変化させたデータの収集

チェンバーを稼働台の上に設置してステージ上でのプロファイル測定を開始

QSD の下流側を OFF にしてプロファイル測定

17日 Linac トラブルにより PF リングのビームに top up ができなくなったため

wire target 無しでデータ収集を行う。

QSD の設定を変化させてプロファイル測定

QSF の上流に $\phi 60$ の穴の空いた鉛のコリメーターをおいてプロファイル測定

18日 QRF、QRD、QSF、QSD の設定を変えてプロファイル測定。

19 時頃、ビームレート減少のため、データ取得を中止。

21 日 Linac が復旧し、この後の期間はビームタイムを使うユーザーが居なかったため、ビームタイムを有効利用することもあり、本来は 17 日～19 日で行う予定であった実験を行った。

18 日に引き続き、QRF、QRD、QSF、QSD の設定を変えてプロファイル測定。

22 日 鉛ガラスの印加電圧を上げて、top up の際のビームの揺れに起因するビーム強度の変化をオシロスコープの波高値で測定。

チェンバーを鉛ガラスの前に戻す。コリメーターを撤去。後片付け。

6. ビームの状況

エネルギー 6.5GeV、電流 50mA、寿命 600min 程度、Target 位置 12.74mm という状況下において、3 GeV で、3.5kHz 程度であった。Linac のトラブルにより、17 日から top up ができない状況となり、18 日で一旦データ取得を中断。

7. 実験成果

セットアップ

前期のビームテスト（課題番号 2024ARTBL018）のセットアップを用い、実験期間の後半は 2 台のチェンバーの内、鉛ガラス上流のチェンバーを稼働台上に移し、実験エリアの上流側に移動した（図 1）。Drift length が 8 cm の Jet Chamber 2 台を用いてビームのトラッキングを行い、鉛カロリメータを使ってエネルギー測定を行った。読み出しは Belle II CDC 用の ASIC (RAPID) を 4 つと Kintex-7 FPGA を搭載した RAYRAW 基板を用いた。トリガーは、シャッターの前に設置されているシンチレーションカウンターの信号(T0)を用いた。ガスは前期と同じ P10 (Ar/CH₄=90/10) を使用した。

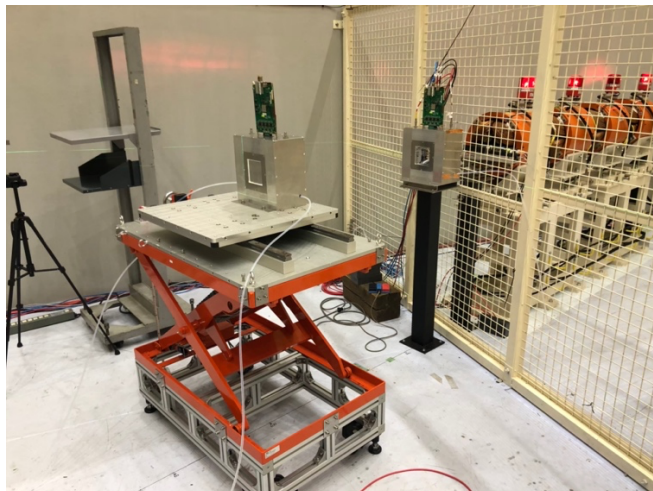


図 1：後半のセットアップ。Jet Chamber 1 台は QS の下流に固定。もう 1 台を稼働台に設置した。

また、後半の top up の際のビームの揺れに起因するビーム強度の変化の測定の際には、鉛ガラスの波高

値が大きすぎ、Analog Sum を行う NIM モジュールの出力が飽和してしまったため、鉛ガラスを中心の 1 本のみ用い、さらに PMT に印加する HV を -700 V まで下げて測定を行った。測定の際には信号を 10 dB 減衰させ、測定器開発プラットフォーム共通機器のオシロスコープ (テクトロニクス社 MDO34 3-BW-1000) を用いて、加速器の Top-up 信号をトリガーにしてデータ取得を行った。

測定結果

はじめに、ギャップフルオープン状態でビームプロファイルとレートの測定を行った。今回の測定では、前期に比べて wire target の位置が 3 mm ほどズレていた。QS の下流の位置に固定した Jet Chamber で得られた前期のビームプロファイル (ギャップの設定は不明) と今期のビームプロファイルを図 2 に示す。

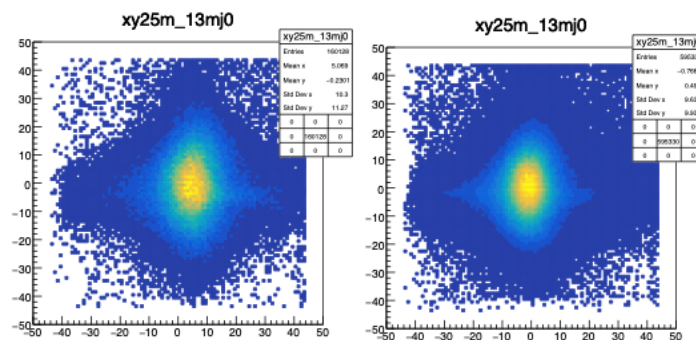


図 2: 5 月期(左)と 3 月期(右)の 3 GeV のビームプロファイル
(少しズレているのは Jet Chamber の較正ができていないため)

また、偏向磁石の電流値を変化させ、運動量を変えながら、T0 (シールドの出口に設置したシンチ) と T4(QSD の下流に設置したシンチ) を使ってビームレートを測定した。ギャップの設定を変えて取得した結果を図 3 に示す。T0&T4、T0 のみのどちらの場合でも、ギャップがフルオープンの時に比べて、フルクローズの場合はレートが 20%ほど下がる。

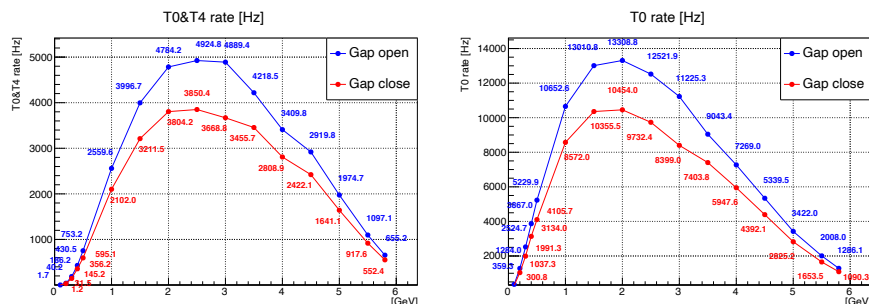


図 3: ビームレート。T0&T4 (左)、T0 のみ (右)。

その後、QSD の下流側を OFF にし、QSD の上流側のみを ON にした状態でビームプロファイル測定を行った。この設定は、今年の夏に行われる下流側の QSD をリング内に移設した後と似た状況下でビームプロファイル測定を行うためである。ここで、top up ができない状況となったため、先に、ビームライン研

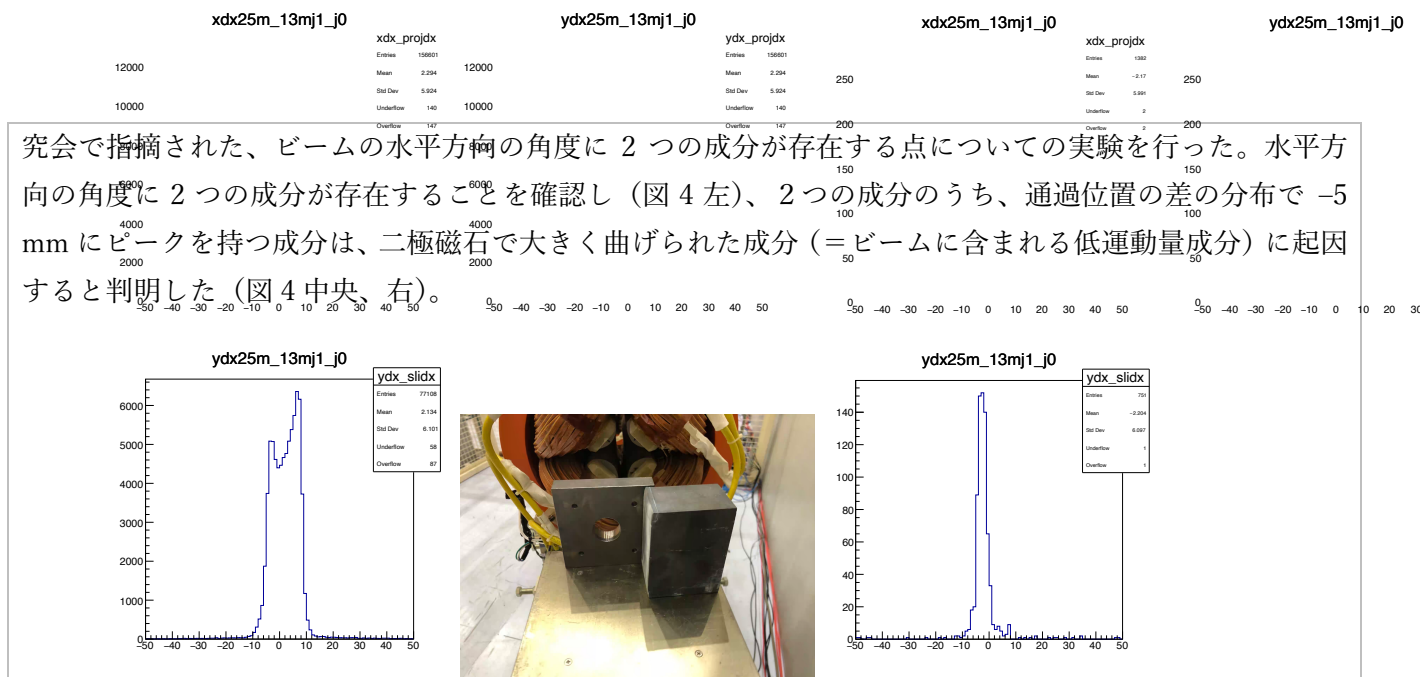


図 4: 上流チェンバーと下流チェンバーの水平方向の通過位置の差 (mm) (左、右)。QS 上流に設置したコリメーター (中央)。コリメーターの中心は想定されるビーム軸から 29 mm 通路側にずらしてある。

従って、コリメーターによって四極磁石の中心を通過する様な、設定した運動量のビームを選択すれば、余分な角度成分を除くことが可能となる。

Linac 復旧後に、四極磁石の設定を変えてプロファイル測定を行い、ビームプロファイルの広がり解析した。QSF の上流側に直径 30 mm、厚さ 20 mm のコリメーターを置き、設定した運動量のビームのみを用いた。ビームの広がり、コンバーターから 17 m 下流と想定している地点、すなわち、実験エリアの $z = 1.2$ m 近辺 (図 1) でのビームの強度分布の標準偏差 (σ) を用いた (図 5)。

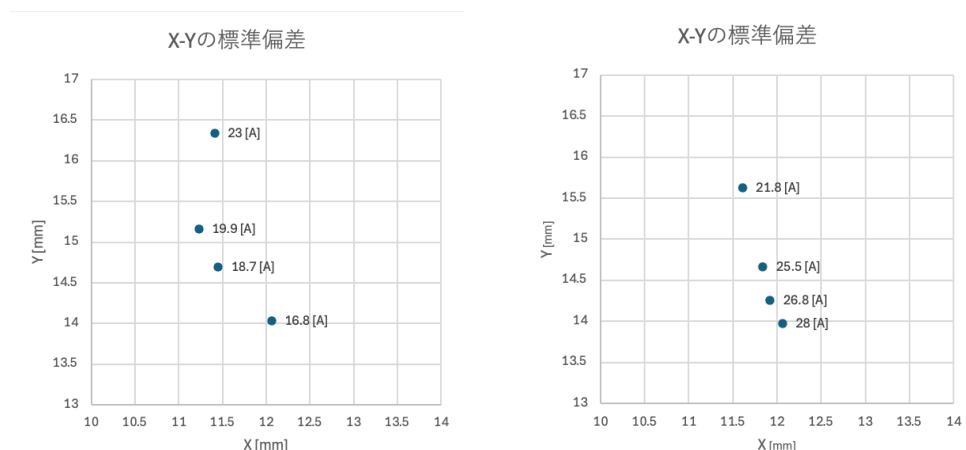


図 5: ビームの広がりの変化。横軸が水平方向の広がり、縦軸が垂直方向の広がり。
QSF を変化させた時 (左) と QSD を変化させた時 (右)。

QSF の電流を大きくすると水平方向に絞られ (23 A を除く)、QSD の電流を大きくすると垂直方向に絞られている傾向が見られ、シミュレーションでも同様の傾向が示された。

また、topping の際、PF-AR のビーム軌道の水平方向の振動により wire target にあたるビーム粒子の密度が変化するため、一時的にテストビームラインのビームレートが大きく増大することが分かっている。この現象を詳しく観測するため、鉛ガラス 1 本の波高値をデジタルオシロスコープで記録し、波高値の時間発展を解析した (図 6)。波高値の値を電子の個数に変換した値を縦軸としている。

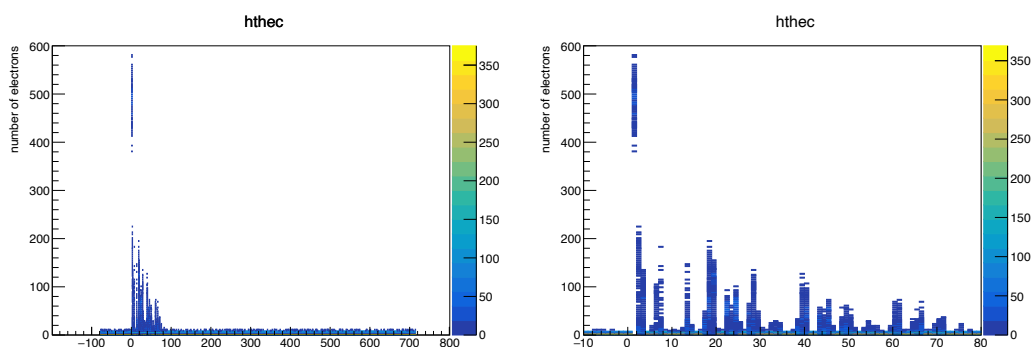


図 6 : Top-up 入射時の鉛ガラスで測定した電子の数。横軸の単位は周回数。-100 周 ~ 800 周 (左)。-10 周 ~ 80 周に拡大した図 (右)。

図をみると、100 周辺りで top up の影響が収束し、また、周回によってテストビームラインのビーム中の電子数が大きく変動していることがわかる。今後、詳細な解析を進めていく。

8. 結果の公表予定

日本物理学会第 80 会年次大会で公表の予定

9. 今後の要望

以上