

RF チョッパーからの漏れビーム測定 MEASUREMENT OF LEAKAGE BEAM FROM RF CHOPPER

北村遼 ^{*,A)}, 不破康裕 ^{A)}, 栗山靖敏 ^{B)}, 宮尾智章 ^{C)}

Ryo Kitamura ^{*,A)}, Yasuhiro Fuwa ^{A)}, Yasutoshi Kuriyama ^{B)}, Tomoaki Miyao ^{C)}

^{A)} JAEA/J-PARC, ^{B)} Kyoto Univ., ^{C)} KEK/J-PARC

Abstract

The source of the leakage beam from the RF chopper in the MEBT1 of the J-PARC linac should be identified to reduce the beam loss towards the upgrade of the beam power of the J-PARC accelerators. The investigation of the leakage beam was carried out using the bunch-shape monitor in the MEBT1. As for the longitudinal measurement, the sensitivity of the beam monitor is important. As for the horizontal measurement using the BSM, it is an useful method to identify the source of the leakage beam. Some findings show the complexed beam behavior in the MEBT1.

1. はじめに

大強度陽子加速器施設 J-PARC のリニアックでは、ピーク電流 50 mA の負水素イオンビームを加速して幅広い実験施設へ供給している。リニアック上流の中エネルギービーム輸送系 (MEBT1) は 3 MeV まで加速されたビームの輸送系であり、図 1 に示す構成となっている。MEBT1 の重要な機能の一つとして、シンクロトロンへのビーム入射に合わせたバンチ列構造の形成がある。偏向電場を発生させる高周波ビームチョッパーと不要ビームを除去するスクレーパーを組み合わせて必要なバンチ列が作られる。チョッパーの過渡応答等に起因する漏れビームは不安定な軌道をとって下流加速器のビームロスへと繋がり、ビーム出力を制限する要因となる。本研究では今後の加速器出力増強 [1] に向けて、漏れビームの評価と対策を進めるべく、調査の現状を報告する。

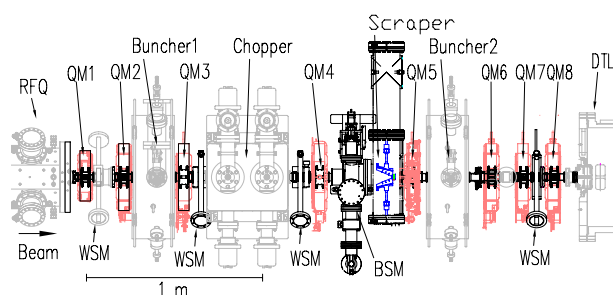


Figure 1: Configuration of the MEBT1 [2].

2. 縦方向ビームパラメータ測定

ビーム品質の基本的調査として、縦方向ビームパラメータを測定した [3]。図 2 にビームパラメータ評価におけるバンチャー振幅スキャンの結果を示す。縦方向ビームパラメータは以前の利用運転時条件と比べて同様であり、特段の調整を要するような大きな変化は無い。

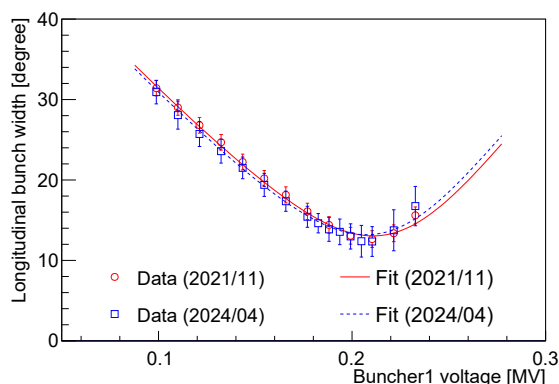


Figure 2: Dependence of the longitudinal bunch width.

3. 全チョップビームのプロファイル測定

利用運転では、シンクロトロンの入射条件に合わせて特定のビームバンチをスクレーパーで除去する「チョップ有り」条件に設定している。一方本研究のビーム試験では、チョッパーにてすべてのビームをチョップしてスクレーパーで回収する「全チョップ」条件に設定した。ビームプロファイルの測定には縦方向プロファイルモニタであるバンチシェイプモニタ (BSM) を使用した。また、横方向プロファイルモニタであるワイヤスキャナモニタと同様の原理で BSM の標的プローブに誘起された電流を測定することにより水平方向のプロファイルも測定した。図 3 にチョッパー振幅を変えた条件でのビーム縦横プロファイルの測定結果を示す。

縦プロファイルについて、プロファイルの片側に緩やかなテール構造が見られた。またチョッパー振幅を 60% 以上上げると信号がベースラインに埋もれてしまうため、今後感度の向上に向けた対策を実施する。水平プロファイルについて、チョッパー振幅の大きな条件で漏れビームが観測された。この漏れビームの特徴を調査することで、漏れビーム発生メカニズム解明と対策方針を検討できると考えられる。

* rkita@post.j-parc.jp

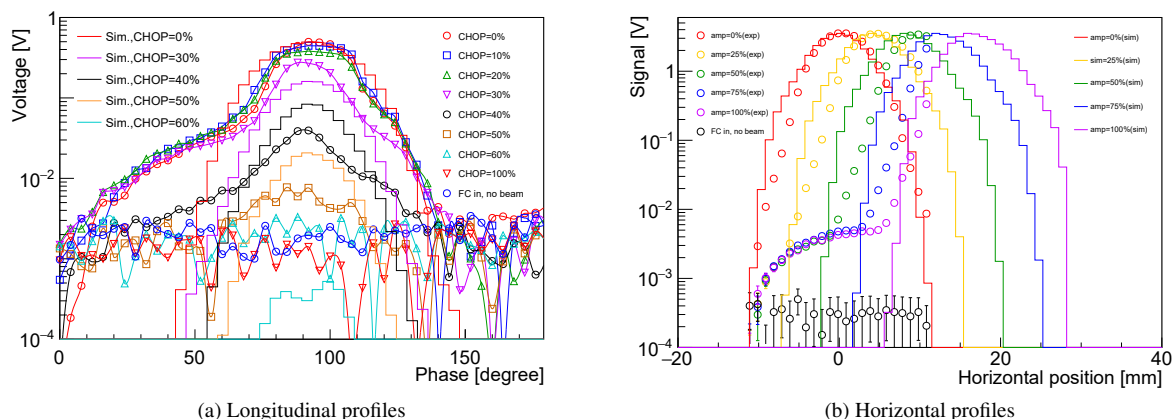


Figure 3: Longitudinal and Horizontal profiles measured with the BSM when the beam was fully chopped.

4. 漏れビームの特性調査

バンチャー及び四重極電磁石に対する漏れビームの依存関係を調査した。バンチャー振幅を変化させた場合、有意な応答は見られなかった一方、四重極電磁石のうちQM3の磁場勾配を変えた際に有意な応答が見られた。図4に電磁石の磁場勾配を変えたときの水平プロファイルの測定結果を示す。

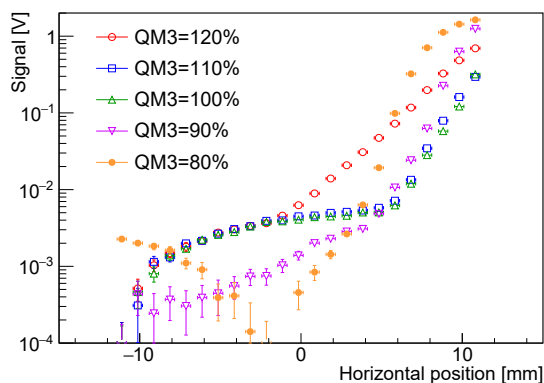


Figure 4: Dependence of the leakage beam on the QM3.

利用運転条件に比べて磁場勾配を下げた際に漏れビーム量が低下したのは、漏れビームの軌道が変わりチョッ

パー空洞でロスしたためであると考えられる。今後シミュレーションを用いた詳細な漏れビームの分析や追加のビーム試験による調査を予定している。

5. まとめと今後の展望

チョッパーからの漏れビーム低減により J-PARC 加速器のビーム出力向上が期待される。漏れビームの観測と分析を目的としたビーム試験を実施した。縦プロファイル測定では、測定感度の向上により漏れビームの測定を目指す。水平プロファイル測定では、漏れビームの四重極電磁石との依存関係が観測された。今後シミュレーション及び追加ビーム試験を通じた詳細な調査を進める。

参考文献

- [1] H. Hotchi *et al.*, “J-PARC 3-GeV RCS: 1-MW beam operation and beyond”, JINST **15** P07022 (2020).
- [2] R. Kitamura *et al.*, “Studies of transient response for RF chopper in the J-PARC linac”, TUP07, Proc. of PASJ2023, Funabashi, Japan, pp.280–281 (2023).
- [3] R. Kitamura *et al.*, “Measurement of the longitudinal bunch-shape distribution for a high-intensity negative hydrogen ion beam in the low-energy region”, Phys. Rev. Accel. Beams, **26**, 032802 (2023). doi.org/10.1103/PhysRevAccelBeams.26.032802