

BPM INSTALLATION AT THE HIGH RADIATION AREA (J-PARC MR COLLIMATOR)

Kotoku Hanamura^{#,A)}, Takeshi Toyama^{B)}, Yoshinori Hashimoto^{B)}, Takao Oogoe^{B)}, Chikashi Kubota^{B)},
Masashi Shirakata^{B)}, Koji Ishii^{B)}, Kazuaki Niki^{B)}, Yoichiro Hori^{B)}, Masahiko Uota^{B)}, Satoru Otsu^{A)}

^{A)} Mitsubishi Electric System & Service Co.,Ltd

2-8-8 Umezono, Tsukuba, Ibaraki 305-0045

^{B)} High Energy Accelerator Research Organization (KEK J-PARC)

2-4 Shirakata-Shirane, Tokai, Naka-gun, Ibaraki, 319-1195

Abstract

J-PARC Main Ring (MR) delivers nearly 200 kW proton beam at the maximum for physics experiments. Aiming to accelerate 1 MW beam in future, we are planning to increase the beam loss capacity in the MR collimator system during the summer shutdowns in 2012 and 2013. The Beam Position Monitors (BPMs) will be re-allocated. Its workplace is high radiation area reaching to the dose rate of 1 mSv/h. Previous installation and alignment methods would cause much more radiation dose for personnel. To reduce the personnel dose, we examine BPM installation in high radiation area.

高放射化領域 (J-PARC MR コリメータ部) における BPM 設置の検討

1. はじめに

J-PARC MR には、3-50BT と入射部にコリメータが設置されており、ビームロスを局所化することで他の大部分の機器の放射化を最小限にしている。ビームロスの局所化は機器の放射線損傷やメンテナンス時の被ばく軽減のために重要になっている。

現在、ニュートリノターゲットへの最大安定ビーム供給値は 2.56 秒当たり約 10^{14} protons で約 190kW である。今後の陽子ビームの大強度化に向け、コリメータシステムの増強が必要で、それに伴い MR コリメータエリアの一部機器の配置変更を行う。

配置変更を行うビームモニタ機器には、ビームの重心を計測するビームポジションモニタ (BPM) [1] がある。今回は BPM、支持架台、信号ケーブルの新規作製を行う。また BPM 設置手順と設置位置測量に関する検討を行った。



図 1 : MR コリメータ

2. MR コリメータ

2.1 コリメータの役割

MR コリメータでは、機器の放射化をリング全体に拡げない様、ビームハローをコリメータで削っている。そのため、コリメータ部の機器の放射化が深刻である。機器配置変更する際の被ばく線量を抑えることが重要になる。

2.2 コリメータ部の配置変更

MR コリメータ 3 台のうち、最上流部の 1 台を撤去して、2 台の「コンパクト・コリメータ」を設置予定である。2013 年には、下流部も大幅な変更が予定されている。

四極電磁石 #007, #009 上流側に設置されている BPM のエリアに新規コリメータ、シールドを設置するので、四極電磁石の下流に移設する。

2.3 コリメータ部の線量

四極電磁石 #007, #009 付近の線量は 2012/7/13 17:00 に測定を行った。(ビーム停止は 2012/7/2 5:00) 結果を表 1、表 2 にまとめる。

このような高放射化領域では、作業は短時間に距離を取り遮蔽をして、被ばくを最小限に抑えなくてはならない。

表 1 : #007 付近の線量

場所	線量(μSv/h)
①コリメータ 1 下流側フランジ	650
②BPM	250
③四極電磁石上流側ダクト	180
④四極電磁石下流側ダクト	173
⑤コリメータ 2 上流側フランジ	760

[#] hanamura@post.kek.jp



図 2 : #007 機器配置

表 2 : #009 付近の線量

場所	線量(μSv/h)
①BPM 上流側ベローズ	650
②四極電磁石上流側ダクト	1800
③四極電磁石下流側ダクト	280
④コリメータ 3 上流側フランジ	1950



図 3 : #009 機器配置

3. 従来の BPM 校正・設置・測量方法

3.1 BPM 校正

BPM をビームライン上に設置する前に、精密な位置校正をする必要がある。これは、BPM 作製時に起こる電極位置のずれや変形による誤差等による、1 台毎に違う誤差を把握するためである。BPM はワイヤ法により位置感度のマッピング^{[2],[3]}を行うために、XY ステージ^[4]に設置される。機械的位置の基準を BPM の基準座とし、電気的に求まる位置を校正する。

3.2 BPM 設置

BPM はステアリング電磁石のコイル間に設置される。MR 建設当時は、ステアリング電磁石を二分割した状態で BPM の設置を行った。支持架台は下流の四極電磁石に固定して BPM を設置した。

3.3 BPM 測量

設置した BPM 上部に測量器^[5]を載せ、Laser Tracker (LT) を使用して四極電磁石の上部にある基準座からの精密な相対座標を測定する。測定された座標と校正データから、ビーム位置を算出する。

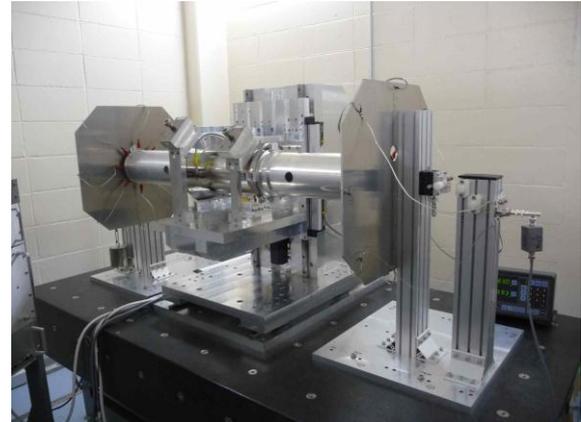


図 4 : BPM 校正データ測定装置

4. 2011 年のコリメータ部 BPM 移設

2011 年 11 月に#008, #010, #011 の BPM 移設作業が行われた。BPM、BPM 用信号(セミリジッド)ケーブル、ステアリング電磁石といった機器は、既存の(放射化された)ものを使用した。その際、従来の BPM 設置、測量方法で行われ、現場での作業時間が掛ったことで、モニタ関連の移設作業のみで最大約 200 μSv の被ばくが線量計により確認された。

これらの反省から、現場作業を極力減らして作業時の被ばくを低減する方法を検討した。



図 5 : #011BPM 設置 (2011 年 11 月)

5. コリメータ部 BPM 設置検討

5.1 機器の新規作製

#007, #009 で使用していた BPM、BPM 用信号(セミリジッド)ケーブル、支持架台及びステアリング電磁石は、MR コリメータでのビームロスにより放射化している。BPM、信号ケーブル、支持架台は新規に作製、ステアリング電磁石は予備機を使用する。

5.2 高放射化場作業時間の低減

高放射化場での作業を極力避けるには、放射線が発生しないエリアで予め BPM 設置・信号ケーブル配線・測量と二分割したステアリング電磁石を復元する。

また、ステアリング電磁石を設置するトンネル内の床面に、位置決め可能な台座を設置する。そこに BPM と一体になったステアリング電磁石を載せて、指定された位置に BPM が設置されるようにする。

これにより、BPM の位置調整にかかる時間を大幅に短縮することが可能になり、高放射化場での作業を最小限にすることが可能になる。

5.3 測量方法の簡素化

従来の測量器を使用した測量を行うと、測量器の脱着には残留放射線量の高いビームラインに身体を近づけなければならない。従来の手法では時間を要し被ばく線量の増加に繋がる。

そのため、BPM 本体に Corner Cube Reflector (CCR) を載せることができる基準座を取付けることにした。

また、ステアリング電磁石上部に CCR を載せることができる台座を作製した。BPM の座標とステアリング電磁石上部の座標の関係を求めておくことで、BPM の座標を算出することが可能である。LT のレーザが比較的切れにくいステアリング電磁石の上部の座標を測定することで、LT の設置位置を容易に選ぶことが可能になる。



図 6 : LT 測定試験

5.4 新規 BPM の設計

BPM に直接 CCR を置くことができる構造にして、測量の際、必要最小限の CCR の移動のみで測量できる様な設計を行った。設計段階で LT のレーザが切れずに測定できる範囲を検討した結果、既存 BPM の全長 330mm を新規 BPM では 380mm に変更をした。BPM の全長を伸ばすことで LT からのレーザが切れない範囲を拡大することが可能になった。

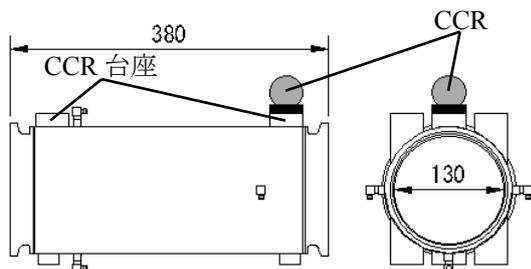


図 7 : 新規 BPM 検討図

5.5 作業エリアの遮蔽

高放射化場における放射線防護で遮蔽は重要である。コリメータ部の Jaw からの被ばくを防護するための鉛蓋を準備している。機器の配置変更時の際、Jaw が露わにならない様に鉛蓋で覆う。

現在、取扱いが容易で、作業に合った遮蔽体の準備も進行中である。

5.6 耐放射線部品への変更

高放射化場で使用する部品を耐放射線部品に変更を行う。ステアリング電磁石や信号ケーブル中継盤で使用していたガラス繊維強化プラスチック (G-10) の部品を PEEK (PolyEther Ether Ketone) 樹脂の部品に変更を行う。今後、長期に渡るビームロスに耐え、損傷を未然に防ぐために必要である。

6. まとめ

MR コリメータ部の配置変更に向けた、設計・製作を進めている。7 月末での進捗状況は BPM 設計が終了し、新規 BPM 製作が開始されるところである。設計した BPM をもとに支持架台設計を行い、製作の準備が進められている。8 月中に BPM 製作完了後、BPM 校正用データの測定を行い、9 月中にはコリメータ部に設置される予定である。

2013 年には引き続き #008, #010, #011 の配置変更が計画されている。ビーム運転再開後には、大強度のビーム供給が予定されているため、作業環境は更に厳しくなると想定される。さらなる検討が必要になると考えられる。

今回の検討により、高放射線場での被ばくを低減することが期待できる。

参考文献

- [1] 外山 毅 他, J-PARC 50GeV Ring の BPM 検出器, 第 14 回加速器科学研究発表会
- [2] 三浦孝子 他, J-PARC 主リング用ビーム位置モニターのキャリブレーション, 第 3 回日本加速器学会年会・第 31 回リニアック技術研究会
- [3] 橋本義徳 他, J-PARC MR BPM の校正データの解析, 第 4 回日本加速器学会年会・第 32 回リニアック技術研究会
- [4] 花村幸篤 他, J-PARC 50GeV シンクロトロン BPM 校正装置開発, 第 3 回日本加速器学会年会・第 31 回リニアック技術研究会
- [5] 花村幸篤 他, J-PARC 50GeV シンクロトロン BPM 測量器の開発, 第 4 回日本加速器学会年会・第 32 回リニアック技術研究会