

## Beam commissioning tools for J-PARC MR

Junpei Takano<sup>1,A)</sup>, Ainosuke Ando<sup>A)</sup>, Susumu Igarashi<sup>A)</sup>, Tadashi Koseki<sup>A)</sup>,  
Masahito Tomizawa<sup>A)</sup>, Guohui Wei<sup>A)</sup>, Noboru Yamamoto<sup>A)</sup>  
<sup>A)</sup> KEK Accelerator Laboratory  
1-1 Oho, Tsukuba, Ibaraki, 305-0801

### Abstract

Beam Commissioning of the J-PARC Main Ring (MR) at 3GeV had been done in May and June 2008. To minimize the Closed Orbit Distortion (COD), the COD correction tool was developed by using SAD. The MR hardware and the SAD are connected by EPICS network. The measured beam position data from the BPMs, which are located at whole ring, injection transport line, and beam dump line, is sent to EPICS Data Base (DB). The COD correction program gets the data via the EPICS, and calculates the steering strength to minimize the COD. Then the calculated results for the steering magnets are sent to the power supplies via the DB. With this COD correcting system, the distortion has been smaller successfully. However, the time dependence of the beam position was observed, which was caused by the leakage field of the injection septum magnet and the injection dump septum magnet. The analyzed data are shown in this proceeding.

## J-PARC MR ビームコミッショニングツールの開発

### 1. はじめに

J-PARC MRでは2008年5月および6月に入射エネルギーにおけるビームコミッショニングを行った。ビーム軌道は電磁石の設置誤差やフィールドエラーなどでCODが生じるが、これを小さくするためにCOD補正用プログラムをSAD<sup>[1]</sup>を用いて作成した。他にも四重極電磁石を調整してTuneの設定値を求めるプログラムやビームロスモニターの表示画面などのコミッショニングツールを開発したが、本稿では制御および測定のための総合的なコミッショニングツールの代表としてCOD補正について述べる。

### 2. MRのCOD補正

MRの機器類はEPICSネットワークを介して制御・測定を行う。運転用画面(OPI)はSADやMEDMを用いている。この仕組みの概略図を図1に示す。

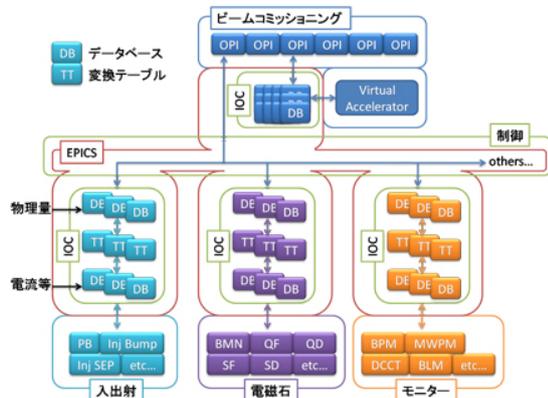


図1: MRの制御・測定システム

MR全周にわたって設置されている186台のBPMで得られた測定結果はDBに送られ、OPIに表示される。次にSADを用いた加速器のモデル(Virtual Accelerator)にビーム位置のデータを送り、COD補正計算を行う。このとき、使用するステアリングの数を指定してMICADO法<sup>[2][3]</sup>で計算する方法と、全ステアリングを用いてSVD法で計算する方法を選択できるようにしてある。今回のCOD補正ではSVD法を用い、水平および垂直方向それぞれ93台ずつ設置されている全ステアリングに対し、計算で得られた励磁量を電磁石電源に送り、再度ビームを入射し、BPMの測定結果を確認した。この一連の過程を数回繰り返すことでCODを小さくする。図2、図3に水平・垂直方向のCODとステアリングの蹴り角を示す。

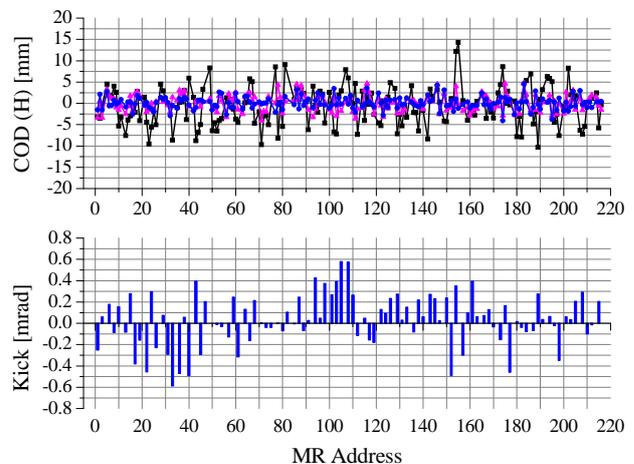


図2: Horizontal CODとステアリングの蹴り角  
黒: 補正前、マゼンタ: 補正1回、青: 補正5回

<sup>1</sup> E-mail: [junpei.takano@j-parc.jp](mailto:junpei.takano@j-parc.jp)

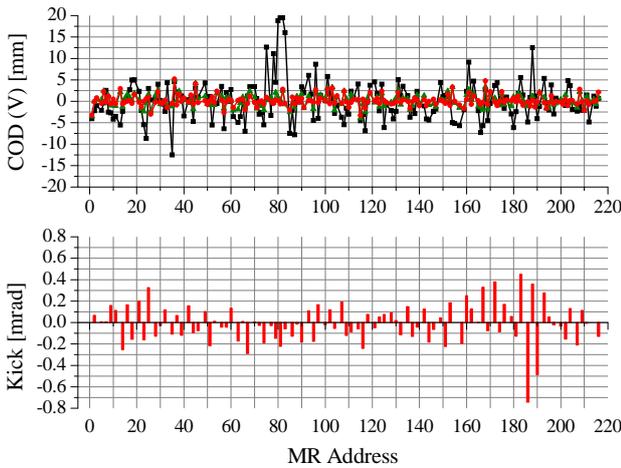


図3：Vertical CODとステアリングの蹴り角  
黒：補正前、緑：補正1回、赤：補正5回

図2および図3の下段に示しているステアリングの蹴り角はCOD補正5回目に設定した値である。次にCOD補正の回数とCODのRMSの関係を図4に示す。

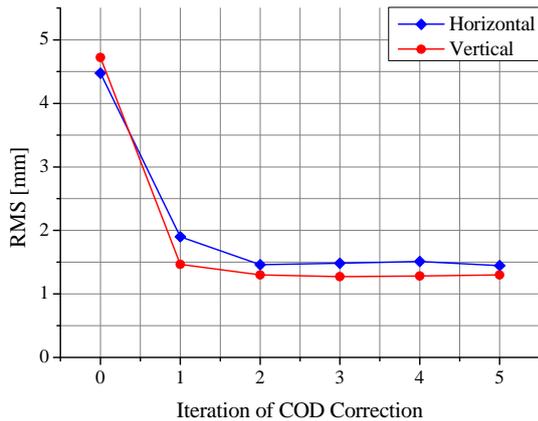


図4：COD補正の回数とCOD・RMSの関係

図4に示したように、COD補正は2回で収束していることがわかる。以上のようにSAD、EPICS、BPM、Steeringを用いたCOD補正システムでMRのCODを小さくすることができた。

### 3. 入出射セプタムのビーム軌道への影響

COD補正は入射セプタムおよび入射ダンプラインへの出射用セプタムが励磁されていないビーム入射後300msecのBPMデータを用いて行った。しかしながら、ひとつのBPMにおけるビーム軌道の時間変化を調べると図5に示すように、セプタムの影響が表れている。この問題をさらに詳しく解析するため、入射セプタムを励磁している時間である10～160msecおよび入射ダンプセプタムを励磁している時間である850～990msecのデータをそれぞれ平均し、セプタムの影響が無い220～830msecのデータを平均したものを基準に差分をとることでそれぞれのセプタムの影響を抽出し、解析を行った。

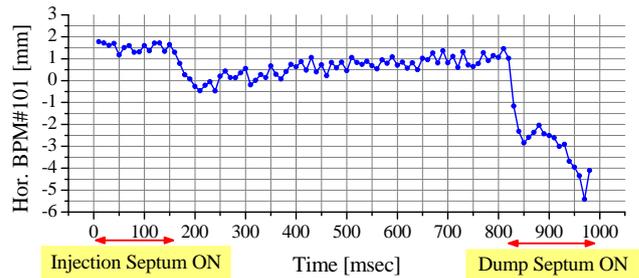


図5：ビーム位置の時間変化

図6、図7は入射セプタムおよび入射ダンプセプタムのビーム軌道に対する影響を調べるため、MICADO法でSingle Kickを与えて軌道補正したときのCODのRMSをまとめたプロットである。このとき通常のステアリングに加え、各セプタムの前後の位置においてもSingle Kickを与えた。

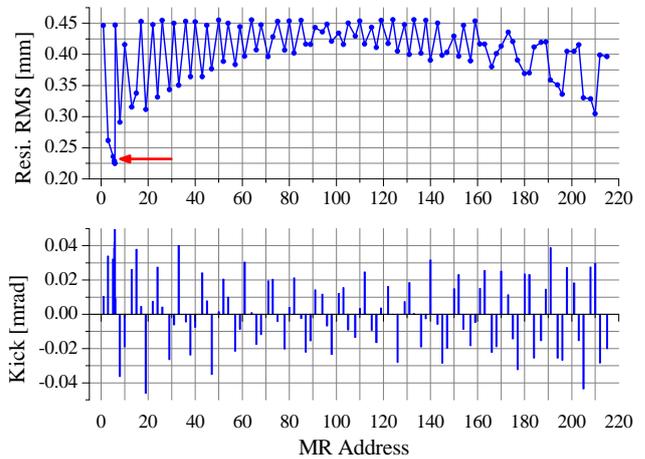


図6：Single Kickによる軌道補正(10～160msec)

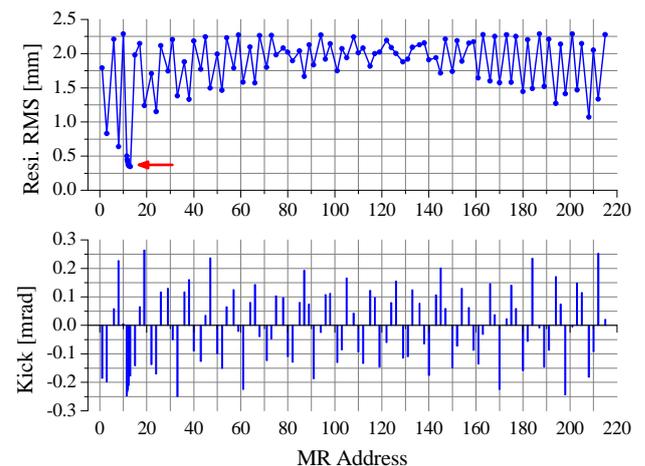


図7：Single Kickによる軌道補正(850～990msec)

図6、図7内に矢印で示したように、セプタムの位置においてSingle Kickを与えることでCODのRMSが最も小さくなるという結果を得られた。このときのセプタム位置における必要蹴り角から漏洩磁場を求めた結果を図8に示す。

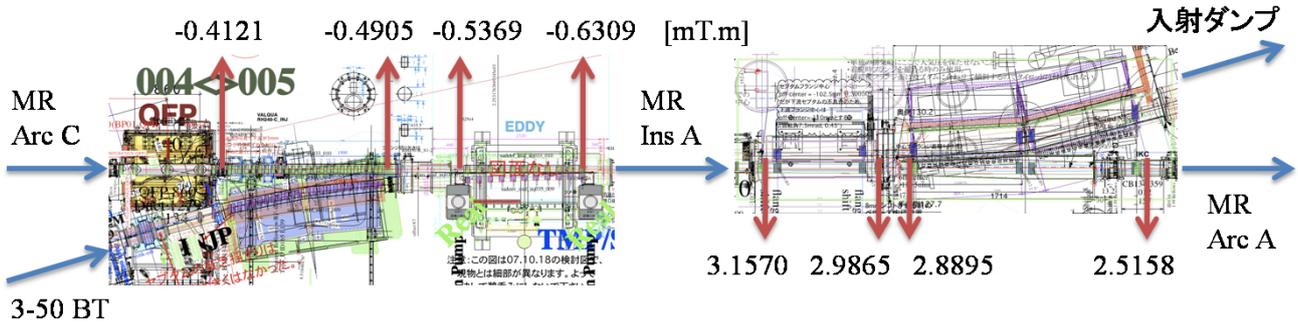


図8：各セプタムにおける漏洩磁場の解析結果

このビーム軌道の実測値から得られた漏洩磁場の解析結果は三次元磁場計算による解析結果とほぼ同じである[4]。

次に、全ステアリングを用いてSVD法で軌道補正した場合の解析結果を図9および図10に示す。

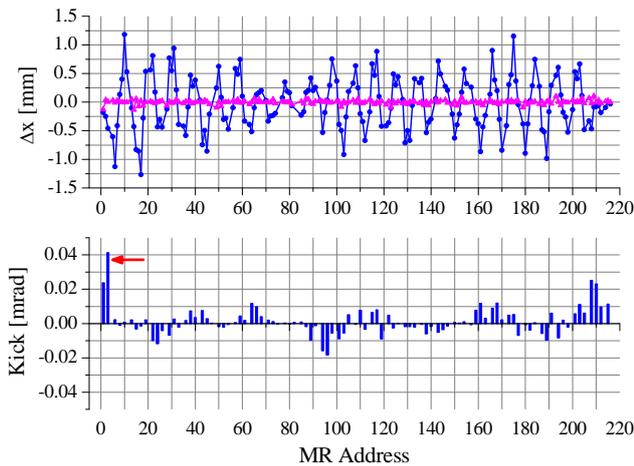


図9：入射セプタム励磁時の全ステアリングを用いた軌道補正

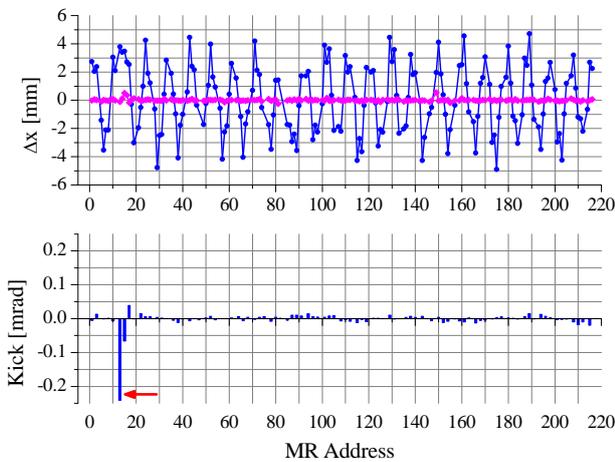


図10：入射ダンプセプタム励磁時の全ステアリングを用いた軌道補正

図9、図10内に矢印で示したように、各セプタム位置において最も蹴り角が必要であるという結果を得た。以上の解析結果より、各セプタムの漏洩磁場によってビーム軌道が影響を受けていることは明らかである。

#### 4. まとめと予定

EPICSで繋がられているBPM、ステアリングおよびSADによる加速器モデルを用い、ビーム軌道の測定、COD補正量の計算、ステアリング励磁量の設定という一連の過程を数回繰り返すことでMRのCODを補正することに成功した。

入射セプタムおよび入射ダンプセプタムの励磁中においてはその漏洩磁場によってビーム軌道に対する影響があることを確認した。この解析結果を受け、次の加速器運転に備え、夏季運転停止中に各セプタムの領域における漏洩磁場のシールドの強化を行う。

また、2008年12月より始まるMRにおけるビームの加速に向けて、さらにビームコミッションングツールの開発を進めていく。

#### 参考文献

- [1] SAD Home Page, <http://acc-physics.kek.jp/SAD/>
- [2] A. Ando and K. Endo, "Correction of closed orbit at injection in Alternating-Gradient Synchrotron", KEK-75-4 (1975)
- [3] B. Autin and Y. Marti, "Closed orbit correction of A. G. machines using a small number of magnets", CERN-ISR-MA/73-17 (1973)
- [4] Private communication with K. Fan