

Development of Remote Tilt-Adjustment Mechanism for Injection Bump Magnets of SPring-8 Storage Ring

Makoto Hasegawa^{1,A)}, Toshikazu Nakatake^{A)}, Taturou Nakanishi^{A)}, Kenji Fukami^{B)}, Takashi Ohshima^{C)}

^{A)} SPring-8 Service Co., Ltd. (SES)

2-23-1 Kouto, Kamigori-cyo, Ako-gun, Hyogo, 678-1205, Japan

^{B)} Japan Synchrotron Radiation Research Institute (JASRI/SPring-8)

1-1-1 Kouto, Sayo-cyo, Sayo-gun, Hyogo, 679-5198, Japan

^{C)} RIKEN/XFEL(X-ray Free Electron Laser)

1-1-1 Kouto, Sayo-cyo, Sayo-gun, Hyogo, 679-5148, Japan

Abstract

SPring-8 storage ring have four pulse bump magnets for beam injection. These magnets were made of 0.1-mm thick laminated silicon-steel of C-type configuration. Stored beam and injected beam are oscillated in vertical direction during beam injection by a field of horizontal component, B_x , on the medium plane if the field of the bump magnet has a tilt from the y-axis. Therefore, it is necessary to precisely measure the field directions of bump magnets. We use a search coil to measure the field B_x . The tilt angle of the magnet is measured by searching the angle at the minimum output voltage from the search coil. Tilt angle of the search-coil was calibrated by a dipole magnet of H-type configuration, which has a precisely machined relation of a pole face and a reference plane for an alignment. In this paper, we will show the frequency-dependence of the angle. Based on the result, we will align the bump magnets. In addition, we will design the tilt-control system for the magnets, which is used at a beam-based alignment to suppress the vertical oscillation.

バンブ電磁石の遠隔傾き調整機構の開発

1. Introduction

SPring-8ではトップアップ運転を行っており、ビーム入射時に入射用バンブ電磁石を60kHzの正弦半波にてパルス励磁する。バンブ電磁石を励磁すると入射ビームだけでなく蓄積ビームも垂直方向に振動する^[1]。原因としてバンブ電磁石のビーム進行方向s軸まわりの回転設置誤差が考えられる^[2]。そこで、バンブ電磁石の傾きの遠隔調整機構について検討した。

調整機構の開発に先立ち、バンブ電磁石の基準面とバンブ軌道上での磁場の傾きを調査するため、予備機にてサーチコイルを使用して磁場の傾き分布を測定した。励磁波形は100Hz~70kHzの正弦波とし、傾き分布の周波数依存性を求めた。

以上の測定結果を基に、バンブ電磁石の粗アライメントを行なったうえ、実際にビーム振動を見ながら遠隔調整機構により傾きの精密アライメントを行なう予定である。

SPring-8で使用しているバンブ電磁石は磁極の長さの違いによりBP1型、BP2型各2台の計4台がある。本稿では磁場の傾き測定を終了したBP1型、BP2型各1台の測定結果を報告するとともに、傾き調整機構についても紹介する。

2. Measurement

SPring-8で使用しているバンブ電磁石の基準面は平滑ではないためそのままでは基準面としては相応しくない。そのため新たな基準面を作成してバンブ電磁石に取り付けた。新基準面が水平になるようにバンブ電磁石を設置し磁場の傾きを測定する。実際にバンブ電磁石のアライメントを行う時にはここで求めた磁場の傾きとは逆に新基準面を傾けて粗アライメントを行う。

バンブ電磁石磁場の傾き分布測定装置を図1に示す。バンブ電磁石を正弦波で励磁し、ベークライト板に取り付けたサーチコイルで磁場を測定した。コイル面は磁場の主成分(B_y)に対しほぼ水平に取り付けた。磁場の傾きを調べるためにサーチコイルをシータステージによりs軸まわりに回転させ回転角度に対するサーチコイルの出力電圧を測定し、出力が0となる角度(以下Tilt)を求めた。この角度のx,y,s方向分布を測定するため、上記の装置をxysステージ上に乗せた。x軸の原点は蓄積リング平衡軌道上としギャップ内側を+、外側を-とした。y軸の原点はミディウムプレーン上とし上を+、下を-とした。s軸の原点はs軸の磁場中心とし写真左側が+、右側を-とした。回転角とサーチコイル出力電圧との関係が妥当であることを確認するため、同じサー

¹ E-mail: hasechin@spring8.or.jp

チコイルで磁場主成分を測定し(以下By)、サーチコイルの出力をByで規格化した。

バンブ電磁石磁場測定回路ブロック図を図2に示す。バンブ電磁石の励磁波形の出力及びサーチコイルの出力電圧測定にはFFTアナライザー (SRS社製SR785) を用いた。定電流電源のレファレンスにFFTアナライザーからの基準周波数の正弦波を入力した。励磁波形は100, 500, 1k, 5k, 10k, 30k, 70kHzとした。電源の出力とサーチコイルの出力電圧をFFTアナライザーに入力し応答特性及び位相を測定した。サーチコイルの傾きの絶対値については別途用意したH型の基準電磁石により較正した。

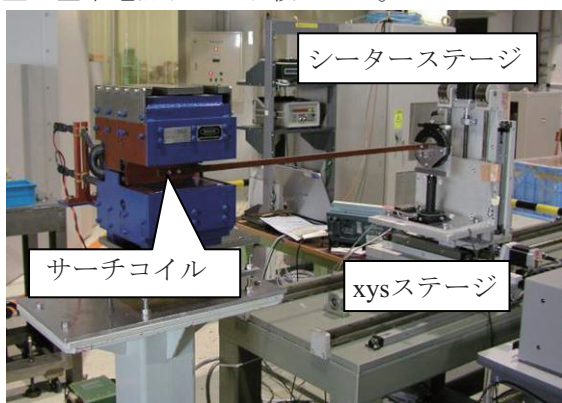


図1 バンブ電磁石磁場の傾き分布測定装置 (写真のバンブ電磁石はBP2型)

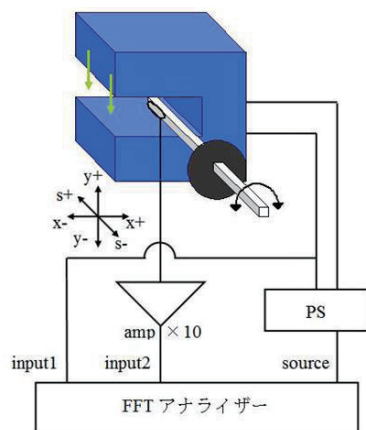


図2 バンブ電磁石磁場測定回路ブロック図

3. Result

バンブ電磁石 (BP2型) を70kHzで励磁したときのシーターステージの角度に対するサーチコイルの出力を図3に示す。この図はミディアムプレーンにおいてx=-20,-10,0,+10mmでの測定結果をs方向に積分したものである。一次関数で最小2乗フィッティングを行い、出力が0となるθの値を求めた。この結果、積分磁場のTiltはミディアムプレーンではx値によらずほぼ一定であることが分かった。同様の解析をy=-5,0,+5mmについても行った。結果を図4に示す。Tiltの値はミディアムプレーンから離れると水

平方方向の位置に大きく依存し変化することが分かった。

バンブ電磁石BP1型及びBP2型において周波数毎のTiltを図5に示す。両電磁石とも周波数依存性はほとんど見られなかった。70kHzでの測定結果をもとにBP1,2の粗アライメント時の基準面の傾きをそれぞれ1.3mrad, 2.9mradとした。

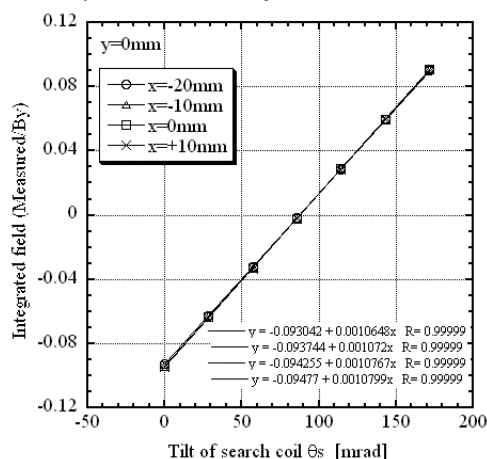


図3 サーチコイルの回転角度とバンブ電磁石積分磁場との関係

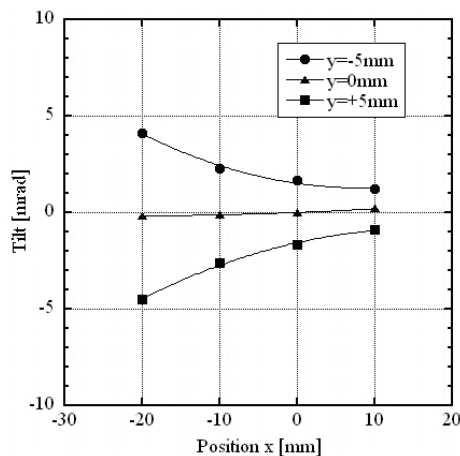


図4 バンブ電磁石x方向の磁場傾き分布

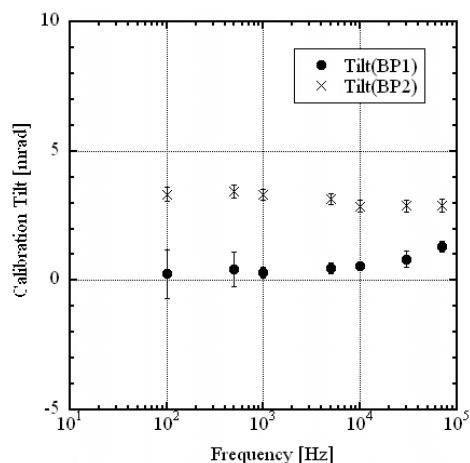


図5 基準電磁石にて較正したバンブ電磁石 (BP1型及びBP2型) のTilt

ミディアムプレーンから離れるとTiltがxに大きく依存するため、バンプ軌道上 (x=-15mm) ではビームはx方向磁場成分 (Bx) により垂直方向にキックされる。x方向磁場成分はポール両端に適切なシムを入れることにより小さくできる。コード“MAFIA”による磁場の計算結果から4.5mm角のシムを取り付けるとバンプ軌道上でBxをほぼ0にできることが分かった。そこで、4.5mm又は6mmの鉄製の角棒を、バンプ電磁石のギャップ開口部の上下に貼り付けてTiltを測定した。結果を図6及び図7に示す。1kHzではMAFIAの計算結果に近付いたが70kHzでは殆ど変化は見られなかった。

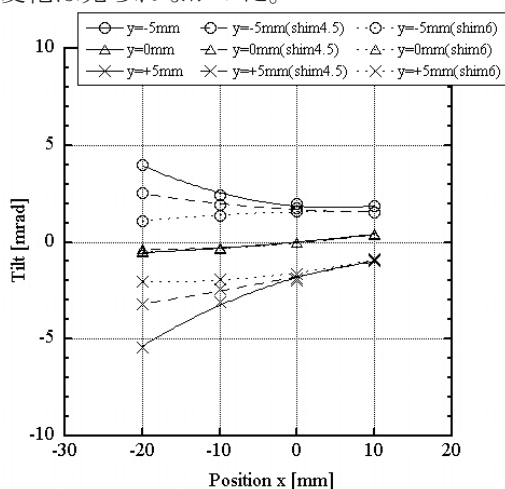


図6 シムの有無によるTilt比較 (1kHz)

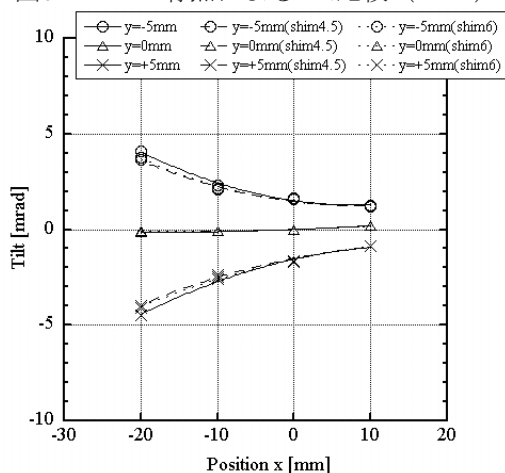


図7 シムの有無によるTilt比較 (70kHz)

4. Discussion

MAFIAの計算結果と測定結果が一致していない理由としては適切なシムを用意できなかったためだと思われる。70kHzでシムの有無によるTiltの変化が殆ど見られなかったのは磁束が鉄棒に集中して飽和している可能性がある。素材の変更(フェライト)や形状の変更(サイズ、積層素材の採用)を検討している。

5. Tilt-Adjustment Mechanism

バンプ電磁石遠隔傾き調整機構を図8に示す。バンプ電磁石の下に取り付けた調整機構は、ステッピングモーター及びウォームギアにより架台がs軸まわりに可動する。調整時にバンプ電磁石がチェンバーに接触して破損することを防ぐためリミットスイッチが取り付けられている。ステッピングモーターの遠隔制御及びのエンコーダーの読みにはNDS社製MCUを用いた。

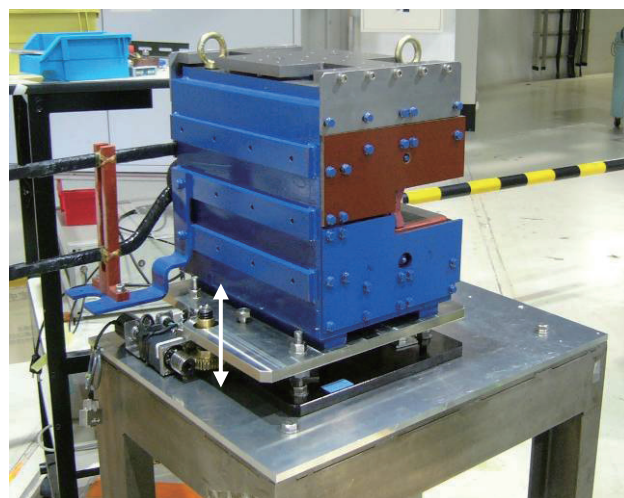


図8 バンプ電磁石遠隔傾き調整機構

5. Summary

粗アライメントの際に使用するBP1, BP2の基準面の傾きを磁場測定により決定した。今後、バンプ電磁石2台の磁場測定を行い、既に磁場の傾き測定が終了した2台と合わせた4台を遠隔傾き調整機構と共にインストールする。

参考文献

- [1] T. Ohshima, H. Tanaka, K. Soutome, S. Matsui, M. Takao, M. Masaki, H. Ohkuma and N. Kumagai, "Suppression of Stored Beam Oscillation Excited during Beam Injection", Proc. of the 9th European Particle Accel. Conf., Lucerne, 2004, p414.
- [2] S. Tanaka, T. Nakatake, M. Hasegawa, K. Fukami, T. Ohshima, "PRECISE MEASUREMENT OF HORIZONTAL COMPONENT FOR SPring-8 BUMP MAGNET"