

BEAM-DYNAMICS STUDY BASED ON MEASURED MAGNETS DATA OF SAGA LIGHT SOURCE

Y. Iwasaki^{1,A)}, T. Tomimasu^{A)}, K. Yoshida^{A)}, S. Koda^{A)}, Y. Takabayashi^{A)}, H. Ohgaki^{B)}

^{A)} SAGA Light Source, 8-7 Yayoigaoka, Tosushi, 841-0005

^{B)} Institute of Advanced Energy, Kyoto University, Gokanoshō, Uji, Kyoto 611-0011

Abstract

Based on the measured magnetic field data and alignment data, beam-dynamics of Saga Light Source storage ring has been studied by using TRACY2 tracking code. There is no serious multipole error, but magnet misalignment shrinks the dynamical aperture. The COD can be suppressed less than 500 μm both in horizontal and vertical planes by the corrector magnets whose maximum kick angle of 1 mrad.

SAGA Light Source電子蓄積リング 電磁石試験データに基づくビームダイナミクスの検討

1. はじめに

佐賀県立九州シンクロトロン光研究センター (SAGA Light Source) は佐賀県が整備するシンクロトロン光施設であり平成16年度中の完成に向け現在装置の据付および調整が進められている^{[1][2]}。

光源装置は250MeVのリニアックおよび周長75.6mの1.4GeV電子蓄積リングより構成されている。電子蓄積リングは8回対称のDB型のラティスであり、エミッタンスは25nmradを目標としている。コンパクト、低エミッタンス、3m程度の長直線部、多数のビームポート (20本程度) が設置可能、超伝導ウィングラ導入可能という方針のもとラティスは設計され現在の形が採用された^[3]。

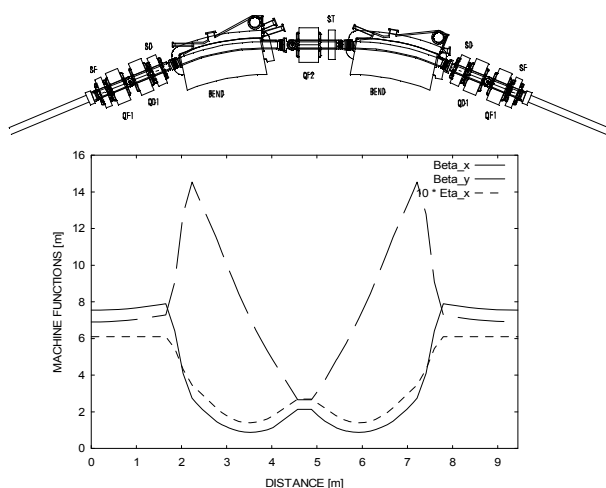


図1. 基本セルのラティスおよびマシン関数

電子蓄積リングには16台の 22.5° 偏向電磁石、40台の4極電磁石 (QF1:16台、QD1:16台、QF2:8台)、32台の6極電磁石および16台のステアリング電磁石が設置されており、6極電磁石には水平方向・垂直方向ステアリングが内蔵されている。ステアリング

電磁石以外の電磁石はBINP(Budker Institute for Nuclear Physics)により製作・磁場計測され、川崎重工業株式会社により架台の製造および電子蓄積リングへの設置が行われた。水平方向・垂直方向ステアリングはIDX社製である。

今回のレポートでは実際に製作・設置された電磁石のデータをもとにビームスタディーを行った結果を報告する。なお、計算コードにはALSにて開発されたTRACY2^[4]を使用した。

2. 磁場データ

電磁石を製作するにあたり、入射時の振幅、真空チャンバーの大きさ、ボア径、磁場分布のシミュレーション結果を考慮し、各電磁石の中央での有効磁場領域を表1のように規定した。

偏向電磁石 (入射時/蓄積時)	水平方向 $-30\text{mm} \sim +40\text{mm} / \pm 28\text{mm}$ 垂直方向 $\pm 20\text{mm} / \pm 20\text{mm}$
四極電磁石 (入射時/蓄積時)	水平方向 $\pm 25\text{mm} / \pm 25\text{mm}$ 垂直方向 $\pm 25\text{mm} / \pm 25\text{mm}$
六極電磁石 (入射時/蓄積時)	水平方向 $\pm 20\text{mm} / \pm 20\text{mm}$ 垂直方向 $\pm 20\text{mm} / \pm 20\text{mm}$

表1. 電磁石の有効磁場領域

ただし、ここで有効磁場領域は磁場誤差が偏向電磁石 $\pm 2 \times 10^{-4}$ 以下、四極電磁石 $\pm 1 \times 10^{-3}$ 以下、六極電磁石 $\pm 3 \times 10^{-3}$ の領域と定義している。多極成分の許容値は各次元からの誤差がそれぞれの有効磁場領域内において規定の磁場誤差以内であることを条件として決めている。多極成分の規定値を主成分の比に対して表すと表2のようになる。ここで係数は円柱座標系で表したものである。多極成分を円柱座標系で主成分の比に対して表現すると計測値からコードへの記述が便利である。

¹ E-mail: iwasaki@saga-ls.jp

偏向電磁石	$\alpha_0/\alpha_0 < 2 \times 10^{-4}$
四極電磁石	$\alpha_0/\alpha_1 < 1 \times 10^{-3}$
六極電磁石	$\alpha_0/\alpha_2 < 3 \times 10^{-3}$

表2. 多極成分の許容値

偏向電磁石にはホール素子により計測されたマッピングデータより8極成分までの多極成分、4極・6極電磁石についてはハーモニックコイルにより計測された多極成分のうちビームダイナミクスに影響の大きい低次からそれぞれ14極、12極成分までを含めて計算を行った。これはTRACY2には一度に記述できるマルチポール成分に制限があるためだが、実際高次の項からの寄与はほとんど無視できる。図2に偏向電磁石 (BM1)、図3に4極電磁石 (QF1-02)の磁極中心での入射時および蓄積時磁場分布を示す。どの電磁石についても多極成分の規定値が満足されている。SAGA Light Sourceは入射エネルギーが250MeVであり、ダンピングタイムが1秒程度であることから、入射時に広い有効磁場領域が取れるようシムが設計された。

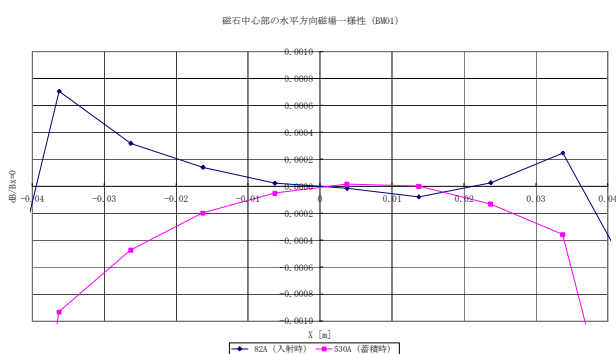


図2. 偏向電磁石水平方向磁場分布 (電磁石中心)

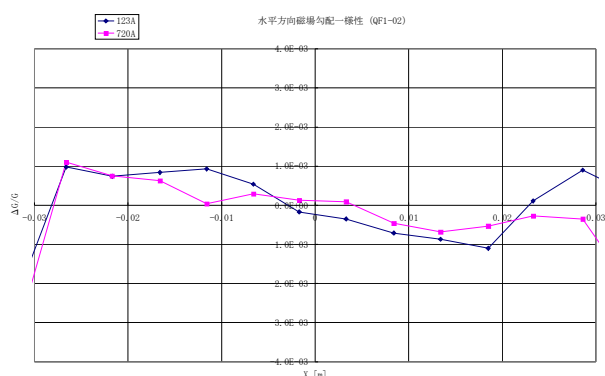


図3. 四極電磁石水平方向磁場分布 (電磁石中心)

3. アライメント

電子蓄積リングのアライメントは長直線部の交点および単直線部の交点に設置された計16箇所の基準点を参照して行った。架台はロッドエンドベアリング方式となっており、SF、QF1、QD1、SD1は1組と

して共通架台に載せられている。基準点はレーザートラッカー (SMX Tracker4500) を用いて設置した。全ての基準点は指定した座標値に対して100 μm 以下の精度である。表3に各電磁石の設置要求精度を示す。

	X軸方向	Y軸方向	Z軸方向	Z軸回転
偏向電磁石	$\pm 0.5\text{mm}$	$\pm 0.5\text{mm}$	$\pm 0.5\text{mm}$	$\pm 0.2\text{mrad}$
4極電磁石	$\pm 0.2\text{mm}$	$\pm 0.2\text{mm}$	$\pm 0.5\text{mm}$	$\pm 0.5\text{mrad}$
6極電磁石	$\pm 0.2\text{mm}$	$\pm 0.2\text{mm}$	$\pm 0.5\text{mm}$	$\pm 0.5\text{mrad}$

表3. アライメント要求精度

4. CODおよびダイナミックアパーチャー

図4に実際のアライメント結果を反映させたCODおよび補正後のCODを示す。1mrad以下のキック角で水平方向・垂直方向とも500 μm 以下にできる。図5に計測されたミスアライメントに加え標準偏差100 μm (2 σ でカット) のランダムなミスアライメントを含めた場合のCOD分布を示す。これは、基準点の設置誤差や測量器の設置誤差等の影響や、原因は不明であるが4極電磁石の中にボア径中心と基準点中心が200 μm ほどずれているものがあつたことを考慮したものである。計算は100回のランダムな設置誤差に対するCODの統計をとった。この場合でも所定のキック角でCODは補正できる範囲内であつた。

図6にダイナミックアパーチャーの計算結果を示す。なお、トラッキングは入射時の磁場データで行っている。

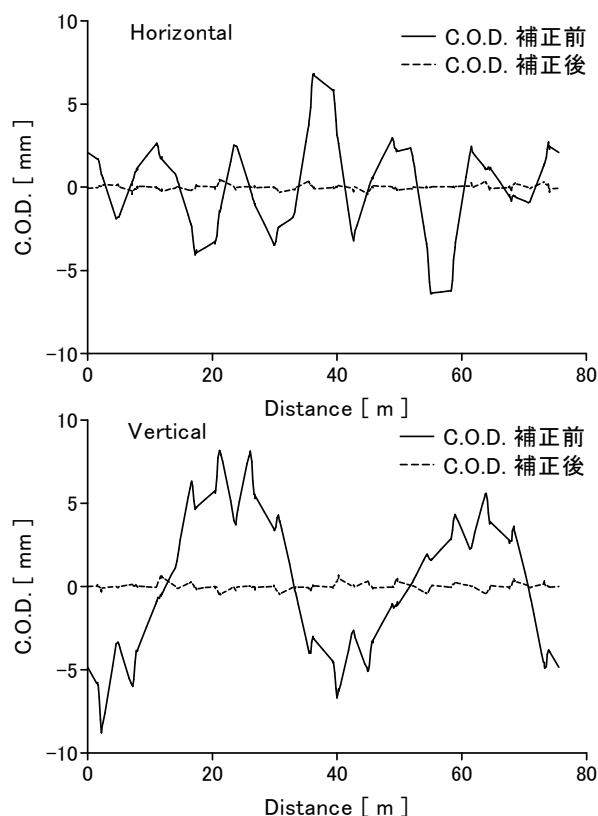


図4. アライメントデータに基づくCOD分布

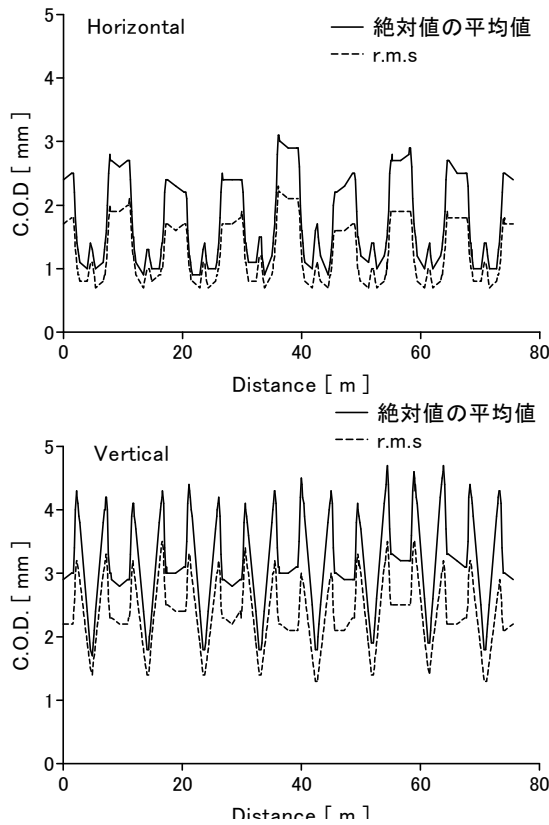


図5. 計測されたミスアライメント及びランダムな設置誤差を含めたCOD分布

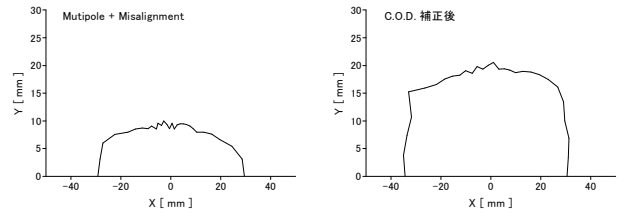


図6. ダイナミックアパーチャー

5. 結論

多極成分は規定値内にありダイナミックアパーチャーの縮小はそれほど大きくはない。それぞれの電磁石ごとではQFからの寄与が最も大きい。ミスアライメントを含めるとダイナミックアパーチャーは大幅に縮小されるが、1セル3組のピックアップ型BPMおよび5組のステアリング電磁石により、最大キック角1mradでCODは500 μ m以下まで補正され、ダイナミックアパーチャーは回復する。電子蓄積リングにはデマルケスト発光式のスクリーンモニタが3台設置されており^[5]、COD補正前のビームハンドリングに使用する。

現在電子蓄積リングはほぼ全系の真空が立ち上がり高周波系の調整^[6]も進められている。電子蓄積リングへは今秋の入射が予定されている。

6. 謝辞

膨大な量の磁場データ、アライメントデータをまとめていただいた川崎重工業株式会社土田氏および黒田氏に感謝します。

参考文献

- [1] T. Tomimasu, et al., "Construction of SAGA Light Source", Proceedings of the 1st Particle Accelerator Society of Japan Meeting, Funabashi, Aug. 4-6, 2004.
- [2] K. Hanakawa, et al., "HIGH FREQUENCY BURST ELECTRON GUN SYSTEM FOR SAGA LIGHT SOURCE", Proceedings of the 1st Particle Accelerator Society of Japan Meeting, Funabashi, Aug. 4-6, 2004
- [3] Y. Iwasaki et al., "LATTICE DESIGN OF SAGA SYNCHROTRON LIGHT SOURCE", Proc. of PAC03, Portland (2003), p.3270.
- [4] J. Bengtsson, E. Forest and H. Nishimura, "Tracy Users Manual", unpublished.
- [5] Y. Takabayashi, et al., "Beam profile monitors at SAGA Light Source", Proceedings of the 1st Particle Accelerator Society of Japan Meeting, Funabashi, Aug. 4-6, 2004.
- [6] S. Koda, et al., "Construction of RF system for storage ring at SAGA-LS", Proceedings of the 1st Particle Accelerator Society of Japan Meeting, Funabashi, Aug. 4-6, 2004.

