

小型シンクロトン偏向電磁石用ビームダクト内に誘起される 渦電流起因過渡的磁場の計算

Calculation of transient magnetic field due to eddy current induced in a beam duct at a bending magnet of a compact synchrotron

*塩原 滉平¹, 岩井 岳夫², 門叶 冬樹²

¹山形大学大学院理工学研究科, ²山形大学学術研究院

炭素線治療用小型シンクロトン偏向電磁石の磁極間隙短縮化を図って高さを低減させた 2 種類のビームダクトを試作した。3次元電磁場解析プログラムを用いて、作成したビームダクト体系に 1.5 T/s の変動外部磁場を与え、磁場変動中にビームダクト表面に誘起される渦電流が磁場分布に与える影響を算出した。

キーワード：炭素線治療、シンクロトン、偏向電磁石、ビームダクト、渦電流

1. 緒言

炭素線治療用小型シンクロトンでは、年間 1 億円を超える電気料金が発生し、施設運営における財政面での一つの障害になっている。加速器において最も消費電力の大きいシンクロトン偏向電磁石の磁極間隙を可能な限り小さくすることで、省エネルギー化につながる可能性がある。その目的でビーム通過領域を確保しつつ高さを低減した 2 種類の SUS-316L 製ビームダクトを試作した。試作したダクトは補強のためリブが多く取り付けてあり、ダクト断面が左右対称であるレーストラック型とダクト断面が左右非対称である変形型の 2 種類である。前回の学会ではそれらのビームダクトに対して 1.5 T/s の変動外部磁場を与え、渦電流による影響を実験的に評価した結果について報告した。本報告では Cobham 社製 3次元電磁場解析プログラム OPERA を用いて算出した渦電流の影響との比較を行い、試作ビームダクトの実用性について調査を行った。

2. 計算方法

3次元電磁場解析プログラム OPERA 内の解析プログラムの 1つである ELEKTRA の過渡解析モジュールを用いて、作成したビームダクト体系に 1.5 T/s の変動外部磁場を与え、ダクト内に誘導される渦電流および磁場分布の計算を行った。また、計算体系で真空ダクトの電気伝導率を 0 (磁場変動時に渦電流が流れない体系) に設定した場合の磁場解析結果との差を取ることで磁場変化時に現れる渦電流による磁場低下の影響を評価した。

3. 計算結果

2種類の試作ダクトにおいて 1.5 T/s の変動外部磁場を与えた際に発生する渦電流の影響について計算結果を図 1 に示す。その結果、渦電流による影響は最大で 0.15 mT 程度であることが分かった。さらに青線に示す変形型ダクトでは、断面およびリブ形状の非対称性の影響から渦電流による影響も非対称になり、実験結果に表れた傾向をある程度再現していることを確認した。

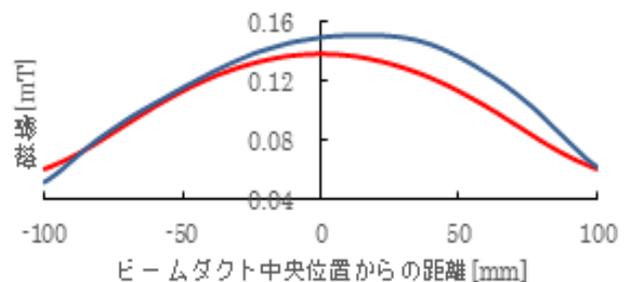


図 1 ビームダクトに発生する渦電流によって生成される磁場
赤線：レーストラック型ダクト 青線：変形型ダクト

*Kouhei Shiobara¹, Takeo Iwai², Fuyuki Tokanai²

1. Graduate School of Science and Engineering, Yamagata University, 2. Academic Assembly, Yamagata University