

3D Calculation of Rebuncher B₀ Magnet with Isotropic Inter-Pole

2010/07/23

Yasushi Arimoto

KEK

Abstract

異方性中間磁極型Rebuncher用B₀電磁石の3次元磁場計算の結果を示す。

1. Geometry

3次元磁場解析に用いた座標系及び寸法の概略を以下の図に示す。磁石の対称面(メディアンプレーン)をx-z平面にとりビーム軸をz軸とした。ビーム軸とポール端面が交わる点を原点とした。

また電流密度は170 A/cm²とした。流す電流は51000 A・Turnとなる。Anisotropic Inter-pole(異方性中間磁極)は図でz軸方向に隙間をあけながら強磁性体(鉄)鋼板を積層したもので、z軸方向の磁気抵抗は大きく、y軸方向の磁気抵抗は小さく(鉄と同じに)なっている[1]。

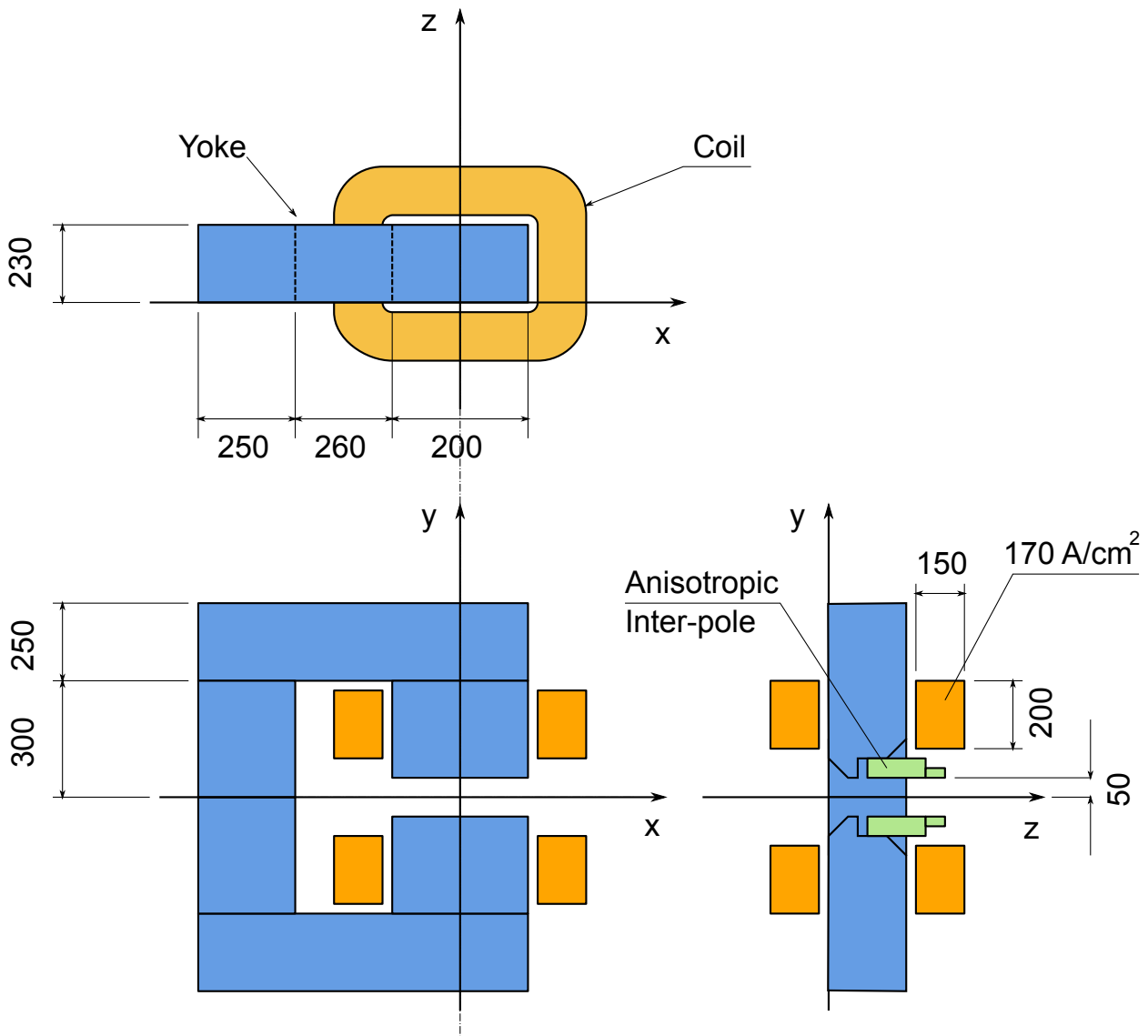


図1:座標軸と磁石の寸法(単位は mm)

2. 3次元モデル

磁場分布と鉄ヨークの磁束密度の強度を図2に示す。ヨーク上の磁束密度を見ると磁極部は若干飽和しているようである。このためコイル部の磁極を太らせる必要があるかもしれない。磁極間のメッシュサイズは1cm程度とした(図2、3中に表示されている軸は前節のものとは異なっている。)

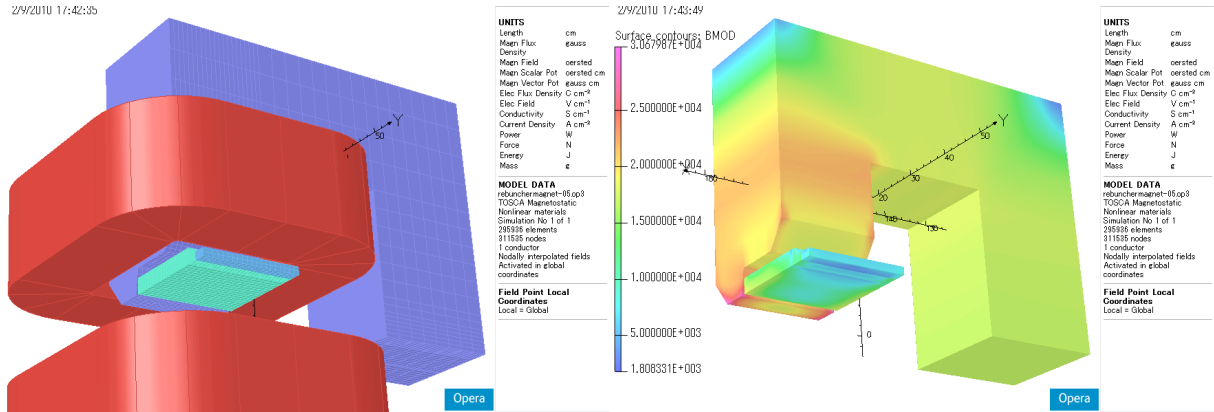


図2:左：電磁石3次元モデル。右：ヨーク上の磁束密度

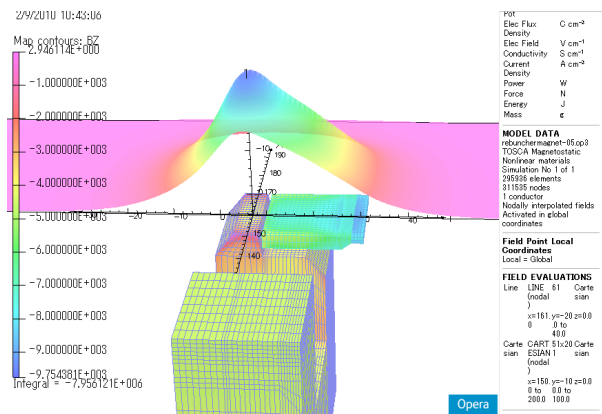


図3：Byの強度ヒストグラム(メディアンプレーン)

3. 磁場分布

3.1. z vs. B_y

z 軸上における B_y 成分の磁場分布を図4に示す。右図は今回の3次元計算の結果で、左図は今回の結果と2次元計算の結果を同じスケールにして重ねたものである。磁極が飽和ぎみのため3次元計算では勾配がゆるくなっている、最大値は1Tに到達していない。これは次期3Dモデルの計算(ギャップ間隔を130 mmに増やしたもので)調整を行なっていく。おおむね2次元の磁場勾配は再現出来ているといえる。なお2次元計算での電流は45000 A・Turnであり、3次元計算のものより、10%程度低い。

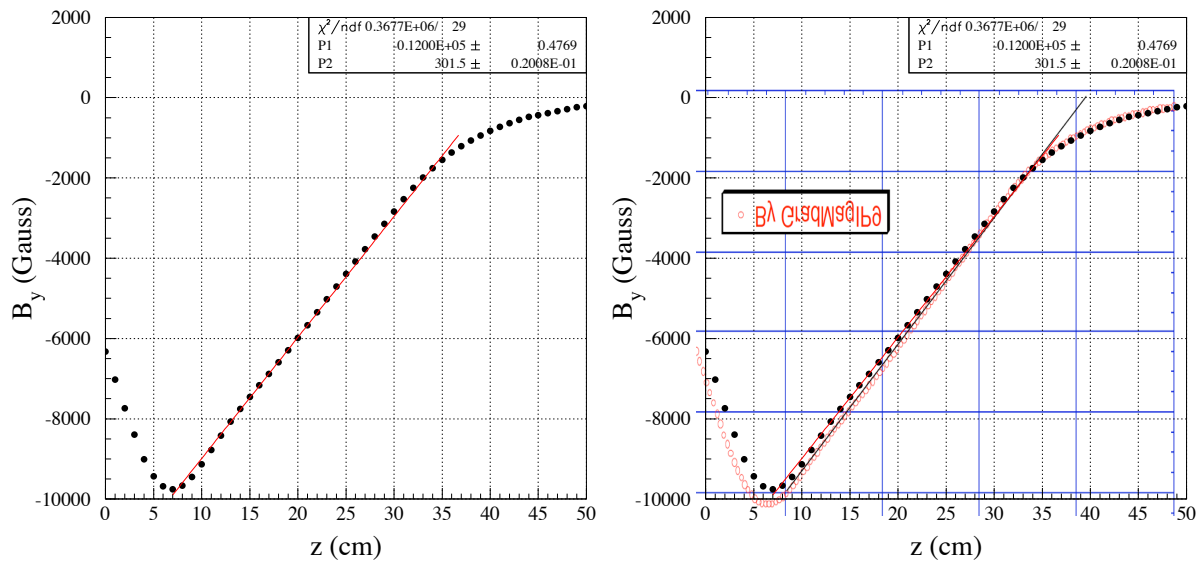


図4：右図： z vs B_y ($x=0$ cm, $y=0$ cm)。左図：右図に2次元計算の結果を重ねたもの。

3.2. x vs. B_y

次に x 軸方向の有効領域を見るために B_y 成分を x 軸の関数として図5にプロットした。各々のプロットは z 方向の位置が異なる。またいずれも $y=0$ cm上のものである。 B_y の減少が90%以内の領域を有効領域とすると x 方向の有効領域は ± 8 cmである。ビームダクトの横幅は5 cm (± 2.5 cm) なので、磁極の幅は現状よりも狭めることが出来る。

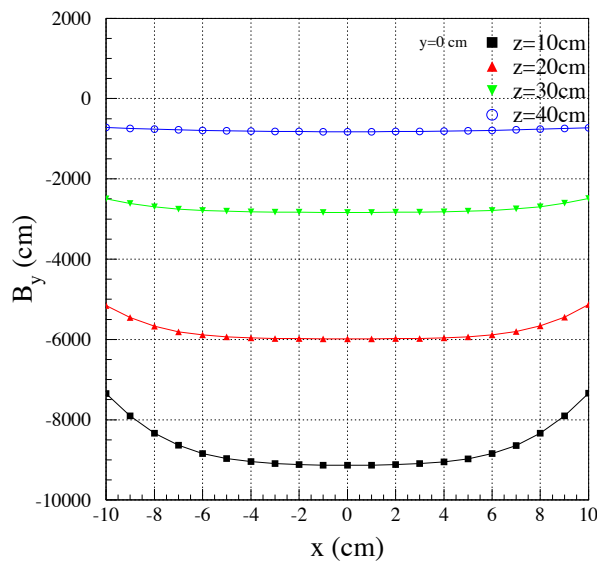


図5: x vs B_y

3.3. y vs. B_y

次に高さ方向の有効領域を見るために、 y 軸を横軸に、 B_y 成分を縦軸に図6にプロットした。図中の各プロットは z 軸方向の位置が異なる。これらのプロットはすべてビーム軸上($x=0\text{cm}$)である。

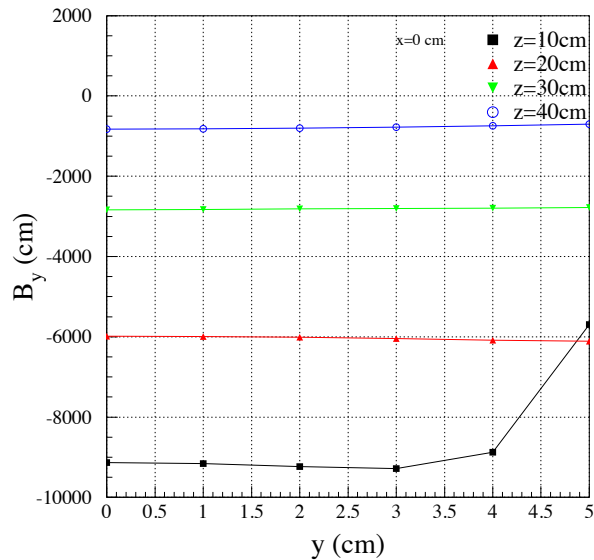


図6: y vs B_y

4. まとめ

- 異方性中間磁極型Rebuncher B0 電磁石の3次元計算を行なった。
- おおむね2次元計算を再現出来た。
- 磁極が少し飽和しており、最大磁束密度が1 Tに到達出来ていない問題点が見つかった。これは以下の対策を施すことで起磁力を増やすことなく、解決可能と思われる。
 - x 軸方向の磁極幅を狭める(発生磁束を小さくする)。
 - コイル部の磁極を太らせる(ポール内の磁束密度を減らす)。
- x 軸方向の磁極幅は10 cm程度、今より狭めることが可能である。
- 今後は磁極間隔を13 cmにしたモデルを作成する(RFコイル挿入領域を確保するため)。

Reference

[1] Iwashita Y, *et. al.*, “Magnetic Field Distribution Control with Anisotropic Inter-Pole Magnetic Field”, IEEE Trans. on Applied supercond **16-2**, 1286-1289 (2006).