

S-2S D1 についての TOSCA を用いた磁場計算

金築俊輔

2013 年 9 月 6 日

3次元静磁場解析ソフト TOSCA を用いて、D1 電磁石について磁場計算を行った。D1 の磁場強度と漏れ磁場の大きさを知ることが目的とした。

昨年の時点で、ANSYS を用いた D1 の計算を高橋仁さんに行ってもらった。今回 TOSCA でも同様の結果になるか（練習も兼ねて）計算してみた。また、検出器位置での漏れ磁場の大きさを見積もり、特別な配慮が必要かどうか検討したいと考えた。

1 モデリング

D1 の磁極、コイルの形状については、トークンから現段階での設計図面をもらい、それに大まかに合うようにモデルを作成した（図 1）。一部、コイルの最小曲げ半径を無視したところがある。トータルの電流量が 2500 A になるように電流密度を調整した。

磁極、ヨークの物性については、Q1 計算で調整した BH 曲線を用いた。

磁極間隙と、そこから下流へ伸ばす形で、粒子が通る部分に Gap セルを作成した。

Potential type 鉄芯 : Default(Total)、Gap : Default(Reduced)

Mesh (Element type) 鉄 : Quadratic、Gap : Quadratic

(Maximum Element Size) 鉄 : 30、Gap : 30、その他 : 100

(Maximum angle between elements) 30 deg.

対称性 ZX 平面について鏡映対称

境界条件 Farfield(X, Y, Z すべて) Tangential magnetic

対称面 ZX : Normal magnetic

Iteration Newton-Raphson update、最大回数 40、Convergence tolerance 1.0E-03

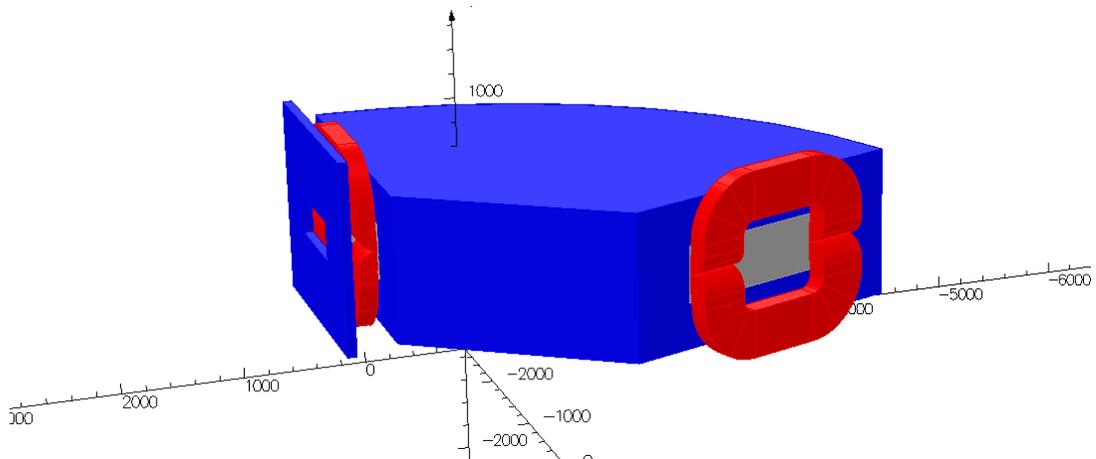


図 1 作成した D1 の形状。

2 解析結果

ここではビームの中心軌道を Z 軸、鉛直方向を Y 軸にとり、入口側の磁極端の位置を Z=0 とした。出口側は Z=3665 mm、エンドガードはそこから 240 mm 離れた位置に置いた。

結果を次の図に示す。確認のため、エンドガードなしの場合も計算した。

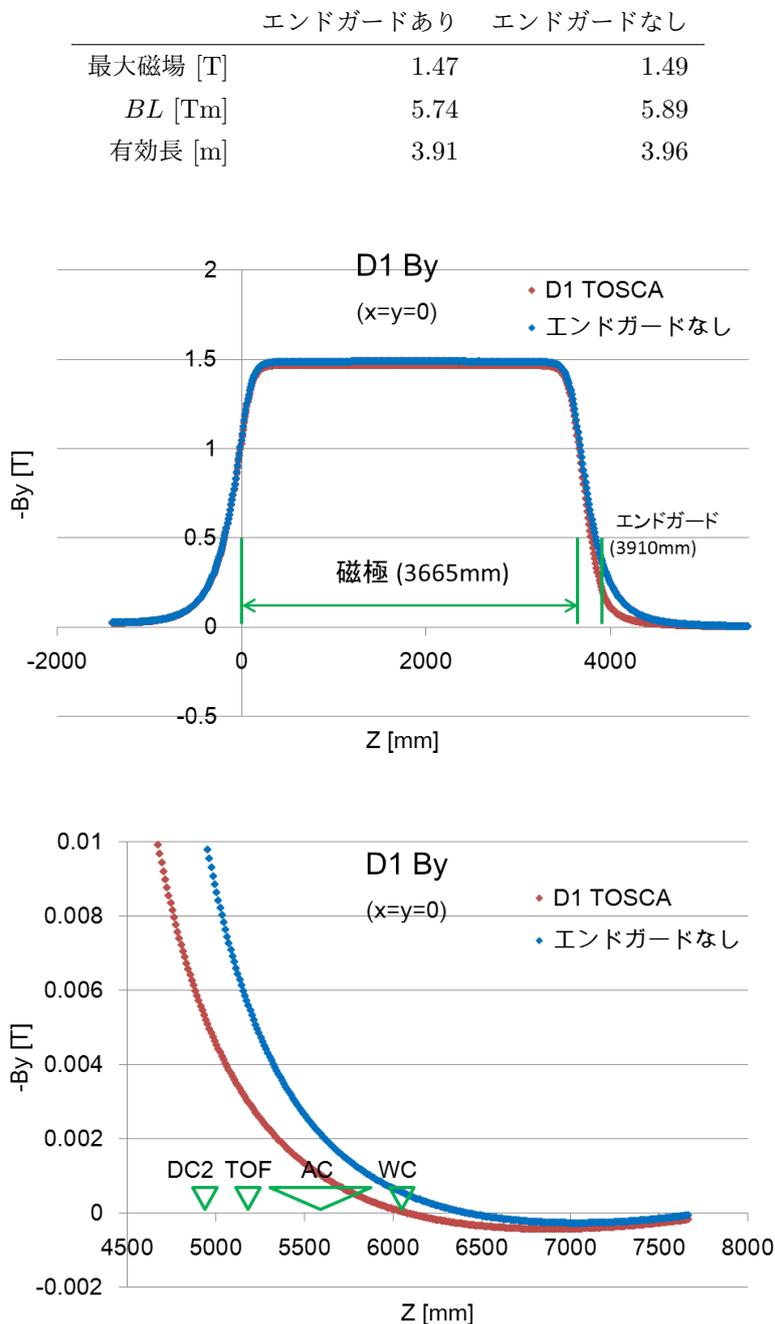


図2 Z方向磁場分布。

磁場強度は以前までの計算と大きく変わらない。

分布を見ると、 B_y が一度 0 になる地点があって、そこから向きが逆転している。この理由は理解していないが、エンドガードのある方が先に強度が落ちているのは直観に合う。ちなみに、メッシュの条件を緩く（時間がかからない方）して計算すると違った結果になった。緩い方が自然にも見える（図3）。本当はこちらを先にやり、大丈夫だと確認してメッシュを小さくしたりしたのだが、形が変わってしまった。

粒子識別検出器は 1.5~2.5 m あたり（図中の 5000~6000 mm）に設置する計画だが、その領域での磁場強度は、

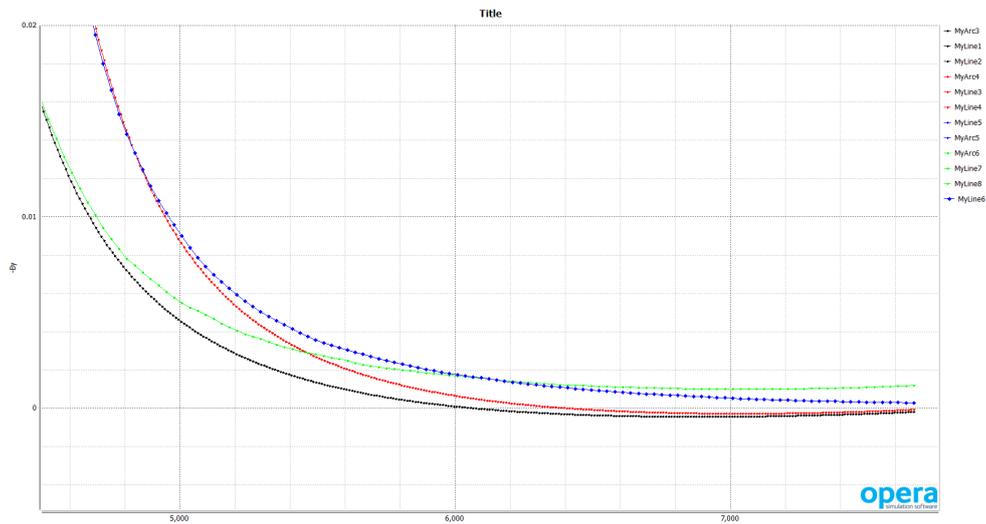


図3 Z方向磁場分布。黒、緑がエンドガードあり、青、赤がエンドガードなし。緑、青がメッシュサイズなどを大きくした方で、これはほぼ単調に0に近づいていっている、こちらの方が自然な気がする。より厳しく計算しようとGapセルを引き伸ばしたり、メッシュサイズを小さくして計算したらByが反転するようになった。

10~40G程度はあるように見える。HKSの人の話を聞くと、5 inchのPMTでは、磁場が5Gあれば動作しないと聞いている。HKSの水チェレンコフでは、漏れ磁場を相殺するためにバックアップコイルを用いている。対して、JPARC-E27ではSKSのすぐそこに置いたレンジカウンターが動作していたが、どんな条件だったか？ PMTの付け根に μ metalを付け、かつ磁気シールドで全体を囲うようにしていたと思う。SKSの漏れ磁場は？

3 まとめ

D1の計算を行った。磁場強度はこれまでの分解能・立体角の評価で用いていた値よりも大きいので、要求は満たしていると思われる。

磁極から離れたところでの磁場分布の形が理解できていないが、ざっくり10G程度の漏れ磁場があると予想される。開発中の水チェレンコフで5inch管を使うかどうかという議論が出ていたと思うが、2inchで工夫する方が良いのではないかと。(予算的にも4,5倍違う)