

三次元有限要素法による回転機の 高速高精度数値解析技術の開発

プロジェクト責任者 中村雅憲(東洋電機製造)

プロジェクトメンバー 花岡幸司, 牧島信吾(東洋電機製造), 河瀬順洋, 山口忠, 中野智仁,
桜井裕司(岐阜大学), 西川憲明(海洋研究開発機構)

緒言

回転機の鉄心は、鉄心内に流れる渦電流を低減させるために、表面に絶縁処理を施した薄い鋼板を積み重ねて構成されている。このため、鉄心内に流れる渦電流およびそれによって生じる損失を精度よく計算するためには、鉄心の積層構造を考慮して解析する必要がある。しかしながら、そのような解析は計算規模および計算時間が膨大になるため、実現が困難であった。そこで今年度は、これまでに開発した並列計算手法を用いて、地球シミュレータ上で積層構造を考慮した埋込磁石構造回転機の詳細な渦電流解析を実現した。

支配方程式

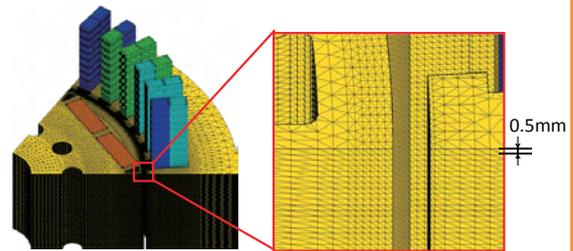
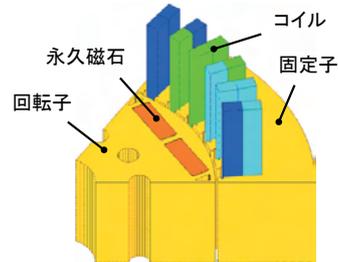
$$\text{rot}(\nu \text{rot } \mathbf{A}) = \mathbf{J}_0 - \sigma \frac{\partial \mathbf{A}}{\partial t} + \nu_0 \text{rot } \mathbf{M}$$

$$E = V_0 - RI_0 - L \frac{dI_0}{dt} - \frac{d\psi}{dt} = 0$$

$$\psi = \frac{n_c}{S_c} \int \mathbf{A} \cdot \mathbf{n}_s dv, \quad \mathbf{J}_0 = \frac{n_c}{S_c} I_0 \mathbf{n}_s$$

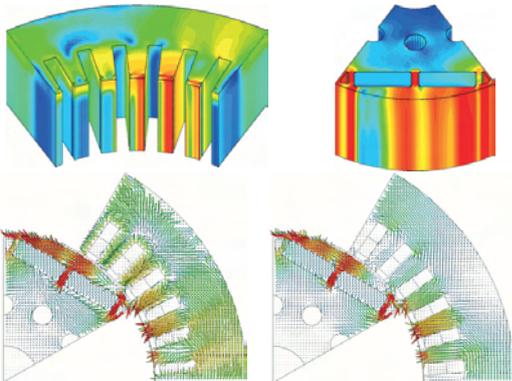
ν : 磁気抵抗率, \mathbf{J}_0 : 強制電流密度, \mathbf{J}_c : 渦電流密度, ν_0 : 真空の磁気抵抗率, \mathbf{M} : 永久磁石中の磁化, σ : 導電率, V_0 : コイルの端子電圧, R : コイルの実効抵抗, L : インダクタンス, I_0 : コイルの励磁電流, ψ : 総鎖交磁束数, n_c : コイルの巻数, S_c : コイルの断面積, \mathbf{n}_s : コイル断面の単位法線ベクトル, dv : コイル領域の微小体積

解析モデル



メッシュは軸方向に0.5mm(積層鋼板1枚の厚み)ごとに分割。

磁束密度

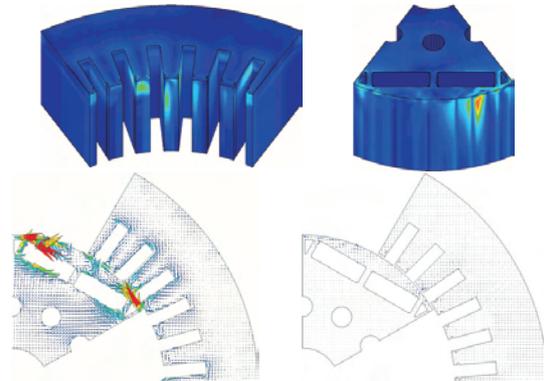


鉄心上面

鉄心中央

鉄心上部で磁束密度が高くなっており、鉄心上面からは磁束が漏れている。

渦電流密度

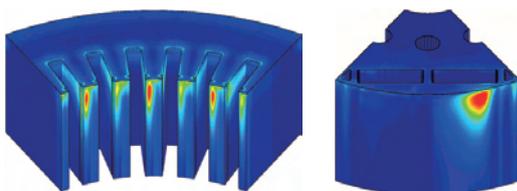


鉄心上面

鉄心中央

鉄心上面では渦電流が発生しているが、中央ではほとんど発生していない。また、回転子表面で渦電流が渦を巻いている様子が確認できる。

渦電流損密度



損失が鉄心上部に偏って発生している様子が確認できる。

結言

積層構造を考慮した回転機鉄心の詳細な渦電流解析が可能になった。

鉄心上面から漏れる磁束によって鉄心端部に渦電流および損失が偏って発生することが明らかになった。

今後、これらの解析結果がより高効率な回転機の開発に貢献することが期待される。