

## 三次元動磁場解析プログラム

### EMSolutionの御紹介

# 核融合装置から磁気ヘッドまで

サイエンスソリューションズ(株)

## 1. はじめに

EMSolutionは電気機器の磁場、渦電流、電磁力などを解析する汎用三次元有限要素法解析プログラムです。近年、コンピュータの機能の向上により、電磁場解析の分野でも大規模な解析を高速で実行することができるようになり、電気機器の高性能化に資する様になりました。EMSolutionは、辺要素法、ICCG法、節点力法やスライド法等先進的解析技術を真っ先に開発導入し、お客様の高度な解析要求に応えてきました。計算容量の低減、計算速度の向上により、大規模高精度な解析を現実的なものにしてきました。大は核融合装置やリアモーターカー、発電機やモータ、変圧器や大電力送電機器、小は超小型モータや磁気ヘッド等の電磁場解析で幅広く活躍しております。電磁機器の効率化や最適化を果たすには、精度の良い解析が必要であり、そのための一つのツールとしてご利用下さい。

## 2. EMSolutionの特徴

EMSolutionは標準的な、三次元有限要素電磁場ソルバですが、その特徴としては次のような事柄が挙げられます。

- (1) A- $\phi$ 法、2ポテンシャル法、辺要素有限要素法、ICCG法等の最近標準的になった解析法を最初から取り入れ、解析の低容量化と高速化を行い、大規模解析を可能としました。
- (2) ICCG法と非線形繰返し計算をうまく組み合わせ、非線形計算の計算速度を向上させています。
- (3) 回転や並進運動に対しては、独自のスライド法を用い、運動時に再メッシュの必要が無く、また固定子と回転子のメッシュは整合していなくてもよくメッシュ生成を容易なものとしています。
- (4) 表面インピーダンス法やギャップ要素の採用により、渦電流表皮厚さの非常に小さい場合や、磁気回路中の非常に薄いギャップや導体中の絶縁ギャップが容易に取り扱えます。
- (5) 節点力法を独自に開発採用し、電磁力を分布も含め合理的に計算します。このことにより、Maxwell応力法のような積分面の煩わしい指定は不要です。
- (6) 二次元、三次元の解析が行え、同じレベルでそれらの比較が行えます。
- (7) 種々の対称条件や境界条件が与えられます。

(8) 外部回路結線は一般化されており、定電流あるいは定電圧回路を自由に組み合わせることができます。これを使えば、三相交流回路も扱えます。

(9) ソルバ開発に集中し、プレポスト処理は例えばFEMAPの様な汎用コードに任せています。多くのプレポストプログラムとのインターフェースを取っています。

## 3. 適用例

ここでは、三菱電機(株)先端技術総合研究所殿と(株)いすゞ中央研究所殿のご厚意により、EMSolutionをお使いになった研究の一端をご紹介させていただきます。これらの複雑大規模な解析はお客様のメッシュ生成技術の蓄積、大容量高速計算機の導入や不断の解析技術開発のご努力に負うところが大きいことはむろんですが、EMSolutionがその一助となっております。これらは回転を含む多ステップ、何十万要素を用いる過渡電磁気解析ですが、現実的な計算時間で解析が行われています。実験との一致もよく、電気機械特性の評価に役立っています。

図1は三菱電機(株)先端技術総合研究所殿で行われた、大型タービン発電機の解析モデル図です[1]。固定子と回転子を合わせて要素数が20万を越える大規模なモデルですが、非線形計算で1ステップを3.8時間(SUN Sparc 20)で解析されています。無負荷飽和特性や三相短絡特性をEMSolutionの計算結果と実測とを比較されていますが、良く一致しています。図2には計算された電機子巻線端部

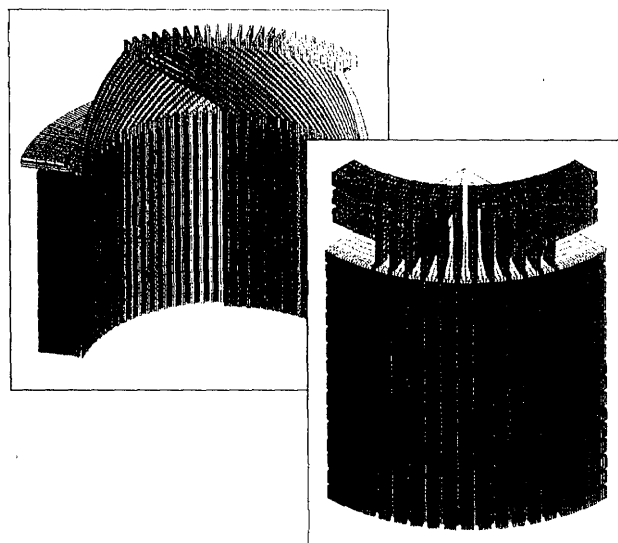


図1.大型タービン発電機の解析モデル

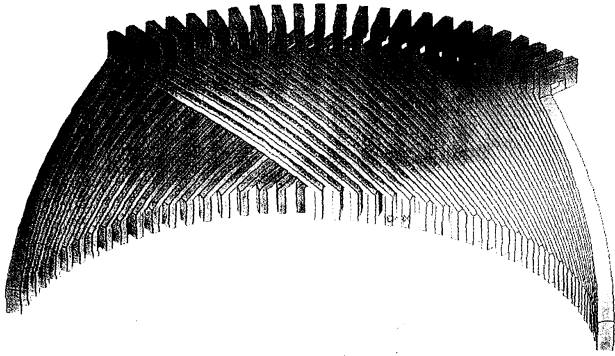


図 3.電機子巻線端部電磁力分布

電磁力分布例を示します。これらの結果は三次元解析を行って始めて得られるものです。

図3は(株)いすゞ中央研究所殿で行われた、大型車両等に用いられる永久磁石式リターダの解析モデル図です[2]。制動トルクやジュール発熱を計算します。本解析では、回転中の定常状態を求めため、定常に達するまで数1000ステップの計算をする必要が有りますが、現実的な計算時間で解析が可能になっています。図4は回転中の磁束密度分布を示します。これらの解析により、機器の最適化、高性能化に役立っています。

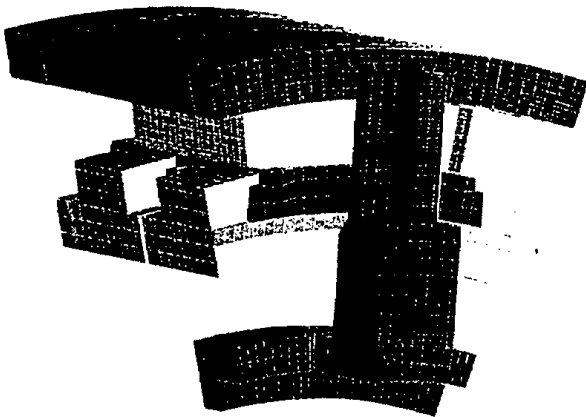


図 3. 永久磁石式リターダの解析モデル

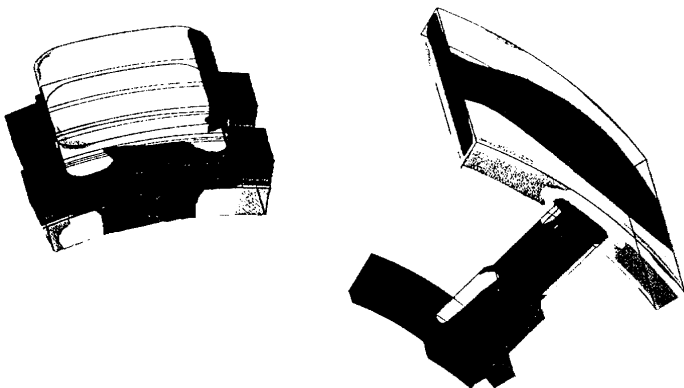


図 4. 回転中の磁束密度分布

次に弊社で解析しましたSRC (情報ストレージ研究推進機構)磁気記録シミュレーションWGの提案モデルの解析結果を示します。高速な磁気記録を目指す時、ヘッド中の渦電流により時間遅れが生じ問題になってきます。非常に微小な機器であり、実験計測は難しく、装置設計に於いて解析が重要なものとなります。図5に解析例を示します。表皮効果が顕著で表面付近のメッシュ分割の仕方が重要です。本モデルでは4面体要素で35万要素に達しています。それでも、70ステップの非線形計算で27時間(SUN Ultra 1)の現実的な時間で計算が終了します。



図5. SRC磁気ヘッドの解析(磁束密度分布)

EMSoltionでは、EWSに対応したUNIX版、PCに対応したWindows版を用意しております。また、DEC Alpha機にも対応しております。ご興味のある方は、EMSoltionに関してインターネットWeb (<http://www.ssil.com/em/EMSoltion/EMSol.html>)を公開しておりますので、是非ご覧下さい。EMSoltionの様々な解析例がご覧になれます。

参考文献

- [1]米谷、「タービン発電機の巻線端部に働く電磁力の三次元解析」、電気学会研究会資料SA-96-24、RM-96-74、1996。
- [2]小林、山田、小川、酒井、桑原、高橋、村松、「磁場解析による永久磁石式リターダの最適設計」、第6回日本機械学会 交通・物流部門大会、1997年7月。

サイエンスソリューションズ(株)  
 Science Solutions International Laboratory, Inc.  
 〒153-0065 東京都目黒区中町2-21-7  
 TEL:03-3711-8908 FAX:03-3711-8910  
 E-mail:kamearia@ssil.com  
<http://www.ssil.com/>  
 担当: リサーチグループ 亀有昭久