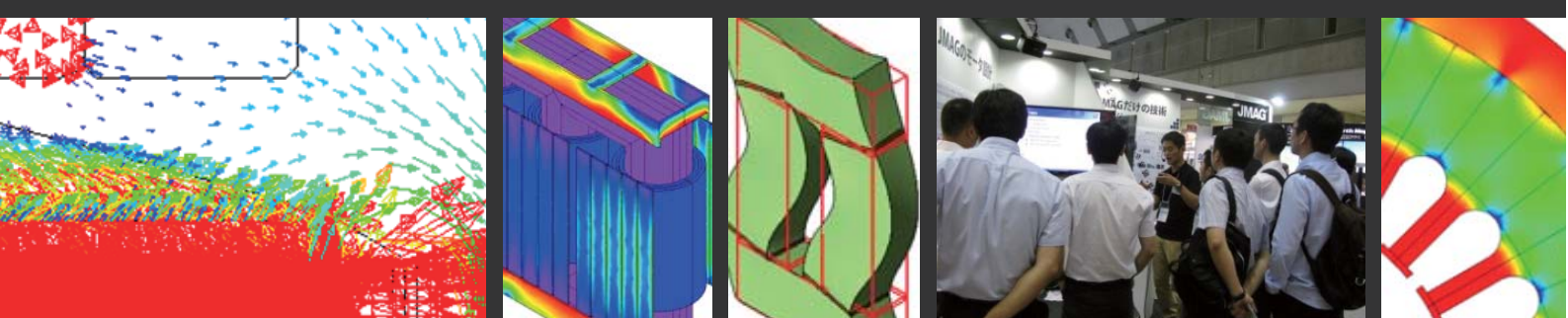


JMAG Newsletter



2013年9月号

目次

[1] JMAG導入事例 三次元解析を視野にJMAGを導入

- ベルン応用科学大学様 -

[2] プロダクトレポート DCブラシモータの設計事例紹介

- JMAG-Express Publicの特徴的な機能を活用したモータ設計事例をご紹介 -

[3] モータ設計講座 第一回 何故、モータ設計講座をJMAGがやるのか

[4] ソリューション JMAGの損失解析への取り組み

- 損失解析機能開発の歴史から、損失解析の精度まで -

[5] 論文紹介 第五回 これから大型変圧器の解析を始める方のための論文紹介その2

- これから大型変圧器の電磁界シミュレーションを始められる方が参考になる論文の紹介 -

[6] JMAGを100%使いこなそう よくある問い合わせの中から

- 電磁界解析を行うときに生じる基本的な疑問解決 -

[7] JMAGを100%使いこなそう 第十回 構造解析に関するA to Z

- 構造解析をより身近なものに感じて頂くために -

[8] JMAG 製品パートナー紹介 Gamma Technologies, Inc.様

- バーチャルカーシステム・GT-SuiteとJMAG-RTの連携 -

[9] イベント情報

- 第5回 次世代の電磁界解析セミナー -
- JMAGユーザー会開催案内 -
- 2013年9～12月の出展イベント紹介 -
- JMAGイチオシセミナー紹介 -
- イベント開催レポート -

[10] 定期開催セミナーのご案内

株式会社 JSOL

NTT DATA Global IT Innovator
NTT DATA Group

エンジニアリング本部

■東京 〒104-0053 東京都中央区晴海2丁目5番24号 晴海センタービル7階
TEL: 03-5859-6020 FAX: 03-5859-6035

■名古屋 〒460-0002 名古屋市中区丸の内2丁目18番25号 丸の内KSビル17階
TEL: 052-202-8181 FAX: 052-202-8172

■大阪 〒550-0001 大阪市西区土佐堀2丁目2番4号 土佐堀ダイビル11階
TEL: 06-4803-5820 FAX: 06-6225-3517

E-mail info@jmag-international.com URL <http://www.jsol.co.jp/cae/>

※記載されている製品およびサービスの名称は、それぞれの所有者の商標または登録商標です。

JMAG Newsletter 9月号のみどころ

猛暑厳しい中、皆様いかがお過ごしでしょうか。JMAG Newsletter 9月号をお送りします。

今月号の「JMAG 導入事例」は、2001年に初の商業化に成功した電動グライダーの駆動装置により「スイス技術大賞」を受賞したベルン応用科学大学の Andrea Vezzini 教授の研究内容および、ベルン大学における JMAG を用いた電磁界解析の取り組みをお伝えします。

「プロダクトレポート」では、モータの概念設計や初期設計段階で大変便利な無料ソフトウェア JMAG-Express Public の特徴的な機能を、DC ブラシモータの設計事例を用いて解説いたします。

JMAG は損失解析の精度向上に力を入れて取り組んでいます。去る 7 月 23 日に開催し、多くの方にご参加いただいた「次世代の電磁界解析セミナー」でご講演いただいた損失解析に対する取り組みや、損失解析における JMAG の現状について報告します。研究開発の最前線で損失解析がどのようなレベルで行われているか、JMAG が精度向上に向けて今後どのように取り組んでいくのか報告します。

「よくある問い合わせの中から」では、JMAG を使用していく中でお問い合わせの多い質問を中心に、より良い解析をするためにどうすればよいか一人で悩まれている方にとって役立つ機能をご紹介します。

世の中には星の数ほど論文や技術資料が存在しています。「論文紹介」では、これから大型変圧器の電磁界シミュレーションを始められる方の参考になる論文や技術資料を取り上げています。

JMAG を 100% 使いこなそう「AtoZ」では、構造解析について取り上げました。材料特性や各種条件の設定方法をわかりやすくまとめています。既にご利用されている方はもちろんのこと、これから構造解析に取り組まれる方も必見です。

JMAG Newsletter は、JMAG をご利用中の方はもちろんのこと、JMAG をまだお使いでない方々や JMAG を使い始めた方にも読んでいただきたいと思っております。お近くに JMAG 初心者の方がいらっしゃいましたらぜひご紹介ください。

本号も盛りだくさんの内容でお届けします。どうぞ最後までご覧ください。

株式会社 JSOL
エンジニアリング本部 電磁場技術部

JMAG 導入事例

ベルン応用科学大学 様

三次元解析を視野に JMAG を導入

ベルン応用科学大学の PM モータ専門チームは、高トルク、高出力密度の PM モータを研究対象として注目しています。JMAG を利用することで、設計段階から高い精度で性能や損失の推定が可能となりました。2008 年以来、同チームは三次元有限要素解析 (FEA) の利用を開始し、ダブルステータ型のような特殊形状モータの設計において成果を上げ、巻線方式を変更した場合の特性評価を行っています。今回はこれらの事例について紹介します。

ベルン応用科学大学

ベルン応用科学大学の産業エレクトロニクス学部は、同大学の 6 つの学部の中では最大規模の学部です。同学部はスイスが参加しているボローニャプロセスという大学改革制度の導入を受けて 1997 年に創立されました。それ以前は、独立したエンジニアリング単科大学で、エンジニアリング分野において 100 年以上の教育実績がありました。ベルン応用科学大学は、その応用研究開発の名だたる成果に加えて、産業界との協力関係により、独自ランキングではスイスの応用科学大学の中で最高レベルに位置しています。同大学は、スイスにある全ての応用科学大学の中で政府および外部からの資金援助において最も高いシェアを持つ大学のひとつであり、その研究活動が国際的に評価され、多数の賞を受賞しています。

2012 年には、同大学は外部からの資金援助を元に 280 を超える研究プログラムを実施しています。そのうち、45 プログラムはスイス技術革新促進庁と共同で、19 プログラムは各大学やスイス国立基金(SNF)と共同で、また 4 プログラムは欧州の研究開発の枠内で活動していました。

PM モータ(永久磁石同期モータ) 専門チーム

1996 年以来、Andrea Vezzini 教授率いる PM モータ専門チームは PM モータと関連するパワーエレクトロニクス分野を中心に研究しています。この間、同チームは産業界との密接な協力関係のもとに活動し、2001 年には電動モータグライダー用駆動装置の



初の商業化に成功しました。この功績が認められ「スイス技術大賞」を受賞しています。

このチームは 4 人の教授を擁し、彼らの専門分野は電機機器設計に必要な電磁気設計およびシミュレーション、機械工学 (CAD)、計算流体力学 (CFD) の分野を全て網羅しています。

PM モータ設計授業で JMAG を利用

Vezzini 教授は毎年スイスで工学の修士課程の学生を対象に、「PM モータの設計とシミュレーション」と題した 3 日間のゼミを行っています。

このゼミでは有限要素解析を用いた電機機器設計においてキーとなるポイントについての講義が行われます。この中には、電磁力計算の基礎知識に加えて、電機機器の寸法決定における最も重要なポイントも示されます。

講義の期間中に学生たちは、下記のテーマを学びます。

- 電磁エネルギー変換の基礎(磁界、場の方程式、電磁力、トルク、電磁エネルギー)
- 電磁界解析概論と電磁界に特化した有限要素法による数値解析、JMAG の基礎

- 課題: 磁気回路(パーミアンス法、有限要素法)
- 数値解法の応用問題: モデリング、パラメータの選定、適切な計算手法の選択、離散化
- 電気機器およびアクチュエータにおける数値法の応用手順: GM, ASM, PSM, SRM およびアクチュエータ
- 課題: 有限要素法による PM モータの磁気回路および性能評価
- 有限要素法を用いたコギングトルク、負荷トルク解析

講義は実習形式で行っており、数週間に渡って学生がチームを組んで JMAG を操作します。中には FEA ソフトを初めて使う学生もありますが、ほとんどの場合 JMAG を使いこなすまでに多くの時間はかかりません。理由は、直感的で分かりやすいユーザインターフェイス、パワフルなポスト処理、セルフラーニングシステムにあります。

実は JMAG 導入以前にも電磁界解析ソフトを保有していたとのことですが、当時はソフトの性能から二次元解析、しかも静磁界解析しか行えなかったそうです。その後、解析精度をレベルアップする必要性から、幾つかのソフトの選定を行い、結果 JMAG を導入することになりました。理由は、三次元過渡解析が精度よく高速に行えること、加えて操作が直感的で使いやすいからとの事です。この決断が、後述するプロジェクトの成功にも結びついています。

JMAG を用いた 3 つの研究分野への取り組み

Vezzini 教授率いる PM モータ専門チームは、“再生可能エネルギー”、“多様な環境に適した移動手段”、“新興国や発展途上国との持続的開発協力体制への取り組み”、の 3 つの研究分野に取り組んでいます(図 1)。



図 1 3 つの研究分野

PM モータ専門チームがその研究活動の中心にしているのが、次の 2 分野です。

- 超小型軽量高性能モータ
- 高効率 PM モータ

電動モータグライダー ANTARES

研究分野の一例としては、電動モータグライダー ANTARES(独 Lange Aviation 社)用 PM モータがあります(図 2)。

2001 年に PM モータ専門チームは、この PM モータで発明賞を受賞しました。このモータは初の商用電動グライダー用で、自己始動が可能です。



図 2 電動モータグライダー ANTARES

PM モータの特徴

電動モータグライダー用 PM モータの特徴を以下に示します。

- アウターロータ構造を採用し、相電圧波形が適切になるよう設計する事で高トルク密度を実現
- 低速(1,500rpm)時に高トルク(250Nm)と高効率(92%)を実現、かつ軽量(28.5kg)
- 完全一体型のロータ設計。ロータはプロペラと直結され一体で駆動される
- 大径ロータにより、空冷にも関わらず負荷 100%時で 10 分間の動作が可能
- このモータは Servax Landert Motoren AG により製品化された

当時のモータ設計には設計ツールと静磁界計算用の二次元 FEA ソフトが使われていました。

2012年にPMモータ専門チームは、新世代の電動グライダー用モータの開発を新たに受注しました。チームは Lange Aviation 社の電動グライダーから経験を積んでいましたが、運転時間の延長とさらなるトルク密度の向上という要求に直面しました。

この要求を解決するために、三次元電磁界解析による検討を重ね、最終的には非常に高トルク密度を持つダブルステータ型 PM 機を設計することが出来ました。本構造の採用により、冷却効果の向上に加えて、2つの独立型インバータの使用が可能になったことで、システム冗長性による信頼性確保と、中負荷時でも高効率運転が出来るようになりました。

集中巻と分布巻の比較

巻線方式として、分布巻と集中巻の比較を行いました(図 3)。モジュラ型集中巻の採用により、コイルエンドの高さの大幅な低減を可能にしています。また、分数スロットを採用することで総スロット数を削減しています。

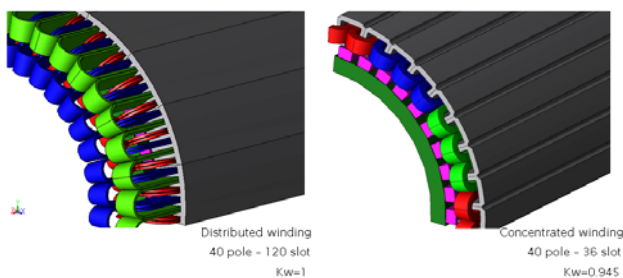


図 3 分布巻(左)と集中巻(右)

モータおよびモータドライブ仕様

下記の表 1 に、この機器用に決定したパラメータを示します。図 4 はモータ内部の磁束密度分布を示しています。

表 1 モータおよびモータドライブ仕様

出力	32 (kW)
DC-Link 電圧	210(Vdc)
回転速度	1875 (rpm)
動作部品質量	14.497 (kg)
動作部品外径	150 (mm)
積厚	165 (mm)
トルク	165.4 (Nm)
電流密度*	10 (Arms/mm ²)
電力密度	2.256 (kW/kg)
トルク密度	11.57 (N/kg)
相ごとの巻き数	36 (turn)

* 電流密度は占積率 50%で計算。

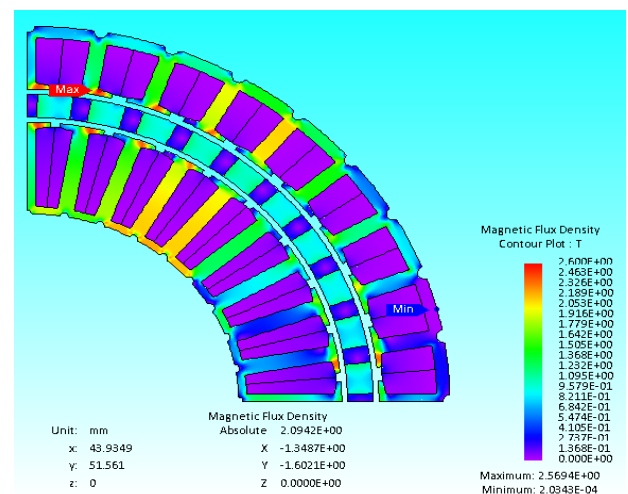


図 4 磁束密度分布

損失計算

損失計算は発熱量や昇温を評価する上で重要です(表 2と図 5)。損失が少なければ、使用する材料が少なくできるので軽量化につながります。損失計算で最も重要な要素は、実機に即した材料データの設定でした。(例: 積層一枚での磁気特性と積層した状態での磁気特性の違いの考慮)

表 2 入出力と各損失

出力	32,000(W)
巻線の銅損(150℃の場合)	1475.5(W)
ステータ鉄損	227(W)
磁石ジュール損	344(W)
チタンセパレータのジュール損	304(W)
入力電力	34,816(W)
効率	93.3(%)

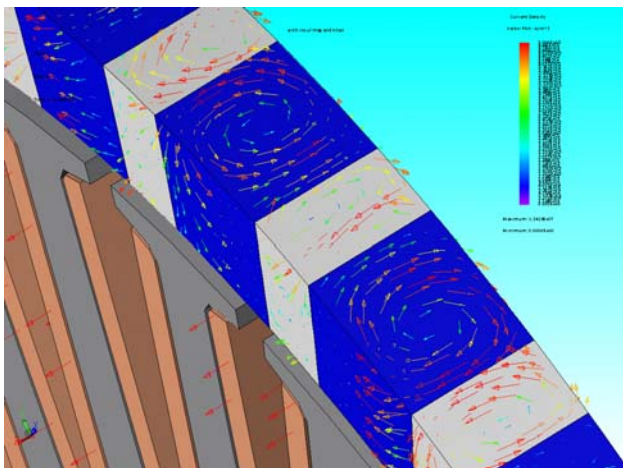


図 5 永久磁石とロータ表面の渦電流

熱解析

熱解析により各部品の温度と温度分布を評価されています(図 6, 図 7 と表 3)。温度を可視化することで熱の流れと冷却システムの検討ができます。

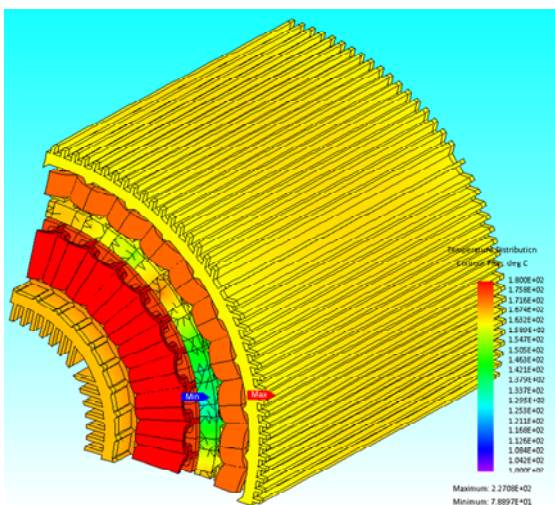


図 6 温度分布

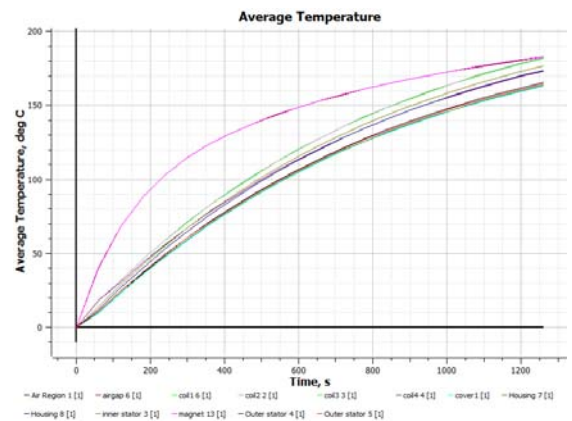


図 7 各部温度の時刻暦

表 3 各部の平均温度(20 分後)

Part	Inner stator	Outer stator	Magnet	Inner winding	Outer winding
Average temperature after 20 min. [°C]	175	165	182	182	176

まとめ

Vezzini 教授から”三次元電磁界解析を行ったことで性能と損失予測の精度が向上した”と仰っていただけました。また、”JMAG の計算速度の速さに加えて今日のハードウェアのさらなる強化により、三次元解析はより身近なものになっている”とのことです。微力ではありますが、Vezzini 教授の取り組みに、JMAG は貢献していきたいと考えています。



ベルン応用科学大学
電子コミュニケーションエンジニアリング学部

Quellgasse 21, CH-2501 Biel/Bienne ; Switzerland

<http://www.ti.bfh.ch/>

DC ブラシモータの設計事例紹介

2013 年 7 月にリリース致しました JMAG-Express Public の最新版では、DC ブラシモータの計算機能が追加されました。本稿では、今回追加された DC ブラシモータの解析機能を例にして、JMAG-Express Public の特徴的な機能を活用したモータ設計事例を御紹介します。

JMAG-Express Public とは

JMAG-Express Public とは、我々 JSOL がモータ設計者向けに提供している無償のモータ設計ツールです。設計パラメータとして形状寸法、材料、巻線および駆動条件をテンプレートに従って入力するだけで、モータ特性が瞬時に計算できます。JMAG-Express Public は、概念設計や初期設計段階で、大まかなレイアウトを決めるのに大変便利なツールです(図 1)。

これまでに対応していたモータは、ブラシレスモータ、誘導電動機、スイッチトリラクタンスモータでしたが、今回新たに DC ブラシモータに対応しました。

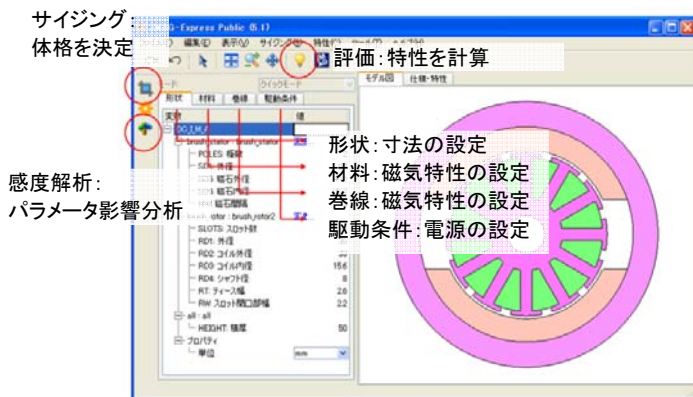


図 1 JMAG-Express Public メイン画面

モータの設計パラメータは、それぞれ形状、材料、巻線、駆動条件のタブで設定、変更を行うことができます。特性評価は評価ボタンをクリックすることで瞬時に実行できます。加えて、画面左側にはサイジング(体格の自動決定)、感度解析(設計パラメータの影響度分析)を行うことも可能です。

JMAG-Express Public によるモータ設計

今回新たに対応致しました DC ブラシモータの解析機能を例に JMAG-Express Public によるモータの概念設計の方法を紹介します。JMAG-Express Public を利用したモータの設

計フローを示します(図 2)。

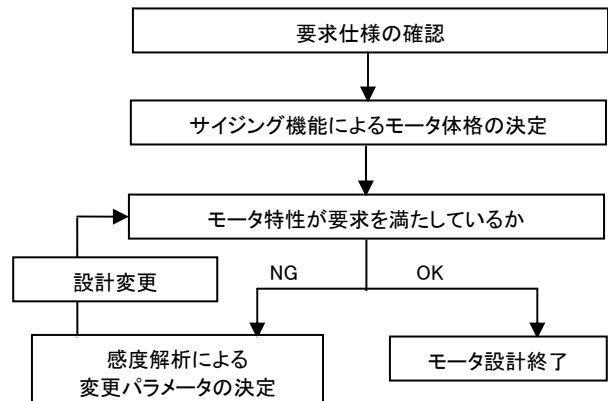


図 2 JMAG-Express Public を利用した設計フロー

サイジング機能により初期設計案を決定し、特性評価、感度解析により影響度の高いパラメータを分析します。引き続き、設計変更、特性評価というプロセスを繰り返しながら設計を進めます。

モータ体格を瞬時に決定

従来のモータ設計では、モータの体格は要求仕様の出力から、モータのロータ直径 $D(m)$ と積厚 $L(m)$ を決めていたかと思います。さらに、エアギャップ部に生じる推力密度、ロータ直径、積厚からトルクを見積もっていました。この場合、経験等から推力密度を求める必要があります、直径と積厚とのバランスも検討する必要があるため、大変手間がかかりました。ここで紹介する、JMAG-Express Public を使用すると、モータ体格を自動的に決定することができます。JMAG-Express Public にはサイジングという機能があり、モータの目標定格出力等の要求仕様を設定するのみで、お奨めの形状を提案します。最初にベースの形状タイプを選択するだけで面倒な計算も必要ありませんし、作成時間も瞬時です。

それでは JMAG-Express Public のサイジング機能を用い

てモータ体格を決めてみます。まず、形状を決定します。ロータとステータの組み合わせは自由に選択、変更できます(図3)。

形状タイプが決まれば、要求仕様を入力するだけで、JMAG-Express Public がモータ形状を提案します(図4)。

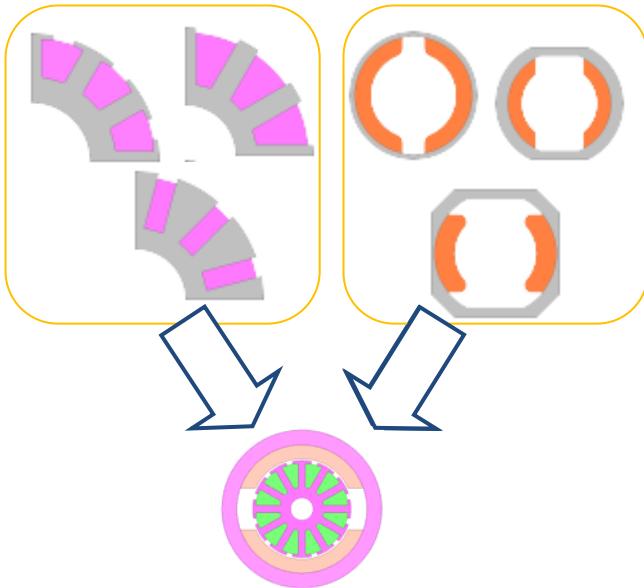


図3 モータ形状タイプの選択

モータ形状の定義方法として、既存のモータテンプレートを利用する以外にも、ロータ、ステータそれぞれに対して様々な形状タイプを組み合わせで作成することが可能です。

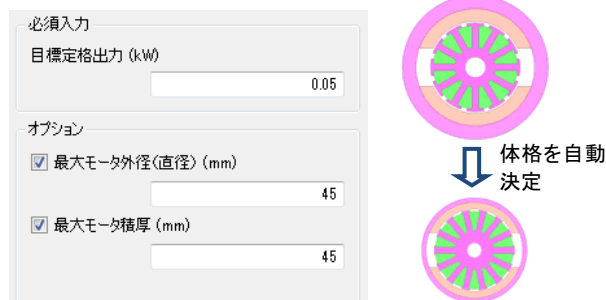


図4 サイジング機能(左:入力画面、右:結果)

メインウィンドウのサイジングボタンを押すと入力画面が開きます。ここで、目標定格出力(W)を定義し、必要に応じて最大モータ外径(直径)(mm)と最大モータ積厚(mm)を制約条件として指定することで、体格を算出します。

瞬時にモータ特性が確認可能

JMAG-Express Publicは設計パラメータを入力するだけで、モータ特性が瞬時に計算できます。DC ブラシモータの場合、誘起電圧定数、トルク定数、電流 vs トルク特性、回転数 vs

トルク特性、鉄損／銅損特性等のモータ特性が得られます。

瞬時にモータ特性が確認できるため、詳細な要求仕様を満たすための調整も簡単に行えます。例えば、回転数 10,000RPM で出力 50W 以上という要求は満たしているが、起動トルクが要求の 250mNm に足りていない場合を考えます。また、モータ形状から起動電流は 30A までしか投入できないとします。

起動トルクを上げるために、コイル巻き数を増やすことを検討します。ただし、ステータスロットに対して巻ける本数には制限がありますし、巻き数を増やすことで最大回転数は下がってしまいます。JMAG-Express Public には、素線径等のワイヤ情報を入力することでスロット内の占積率も確認できますので、回転数 vs トルク特性の結果を見ながら適切なコイル巻き数を簡単に決定することができます(図5)。今回は巻き数の初期設定 6Turn では、占積率が 26.2%でまだ余裕がありましたので、8Turn にあげて起動トルクを上げます。8Turn に増やすことで、要求を満たすモータが設計できました(図6)。



図5 巻線パラメータの設定画面

メインウィンドウの巻線タブから巻線パラメータの設定を行うことが出来る。今回は 6Turn での占積率が 26.2%で余裕があったため、8Turn に変更し起動トルクの向上を狙います。

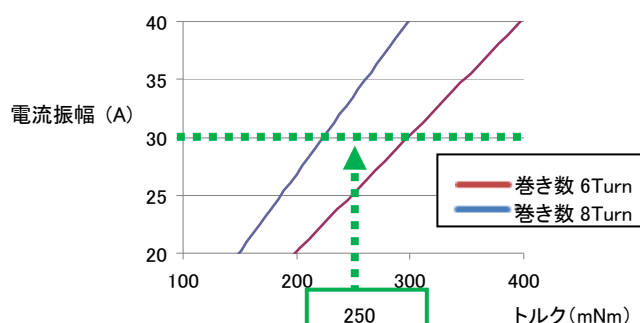


図 6 トルク vs 電流振幅

電流 vs トルク特性を比較します。同じ起動電流に対し 8Turn の場合は要求を満足する起動トルクが得られました。

設計変更方針もナビゲート

要求仕様を満たしていない場合、どの設計パラメータを変更すればいいのかを決定することは簡単な作業ではありません。どの設計パラメータを変更すべきかの判断に迷った場合には、JMAG-Express Public の感度解析機能が便利です。この機能は目的のモータ特性を指定するだけで、どの設計パラメータが指定した目的に対して感度（影響度）が高いかを示してくれます。

例えば、鉄損の低減を図る目的で、鉄損に対する各パラメータの感度を調べる場合を考えます。今回のモータでは 10,000RPM で出力 50W となる運転点での損失は銅損と鉄損が同程度となっています。次に鉄損を下げるために検討すべき設計パラメータ毎の感度を調査します。JMAG-Express Public の感度解析は”感度を調査したい目的関数となる物理量”と”調査したい運転点”を指定するだけで感度が計算できます。今回は目的関数に鉄損を指定し、10,000RPM で出力 50W となるトルク 50mNm を運転点として設定します（図 7）。

巻き数や定格電圧はモータ要件で決まっており変更できないとし、ここでは感度が二番目に高かったティース幅を変更して鉄損を下げることを試みます。鉄損は磁束の時間変化量の大きさによって決まりますので、磁気飽和が問題となるティース幅の感度が高くなっています。ティース幅を広くすることで磁束密度が下がり、鉄損を下げるすることができます（図 8）。もちろん、ティース幅を広げるとコイルスペースが小さくなりコイルの占積率を圧迫しますが、JMAG-Express Public ではコイルの占積率を簡単に確認できることは既に示しました（図 5）。

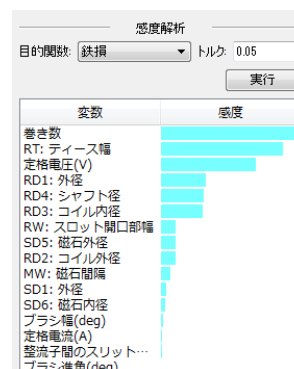


図 7 感度解析の設定と感度

メインウィンドウの感度解析ボタンで感度を確認出来ます。ここでは、鉄損に対する各パラメータに対する感度を示しています。巻き数、ティース幅の感度が高いことが分かります。

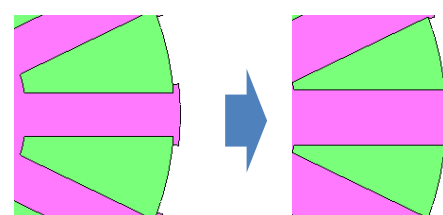


図 8 ティース幅の変更

鉄損を低減するため、感度解析で分析した結果にしたがって、ティース幅を広くします。寸法変更はメインウィンドウの形状タブで簡単に設定することができます。

JMAG-Express Public の入手方法

JMAG-Express Public のライセンスは Web ページから簡単に入手する事ができます。入手方法は以下の通りです。

1. ダウンロード
JMAG-Express Public の WEB ページにアクセスして、JMAG-Express Public をダウンロード。
2. ライセンスキーの取得
同じく JMAG-Express Public のページからライセンスキーの申し込み。
3. インストールとライセンスキーの設定
JMAG-Express Public をインストールし、送られてきたライセンスキーを入力。

○JMAG-Express Public WEB ページ URL

<http://www.jmag-international.com/jp/express/index.html>

最後に

JMAG-Express Public は、今回の DC ブラシモータ対応のように、今後も機能の改良、拡張をおこないます。

JMAG-Express Public は無償ですので、是非とも一度お使い下さい。 

(服部 哲弥)

モータ設計講座

第一回 何故、モータ設計講座を JMAG がやるのか

JMAG Newsletter の読者にはモータ設計に関する興味をお持ちの方が多くいらっしゃることもあり、今号より、モータ設計講座を連載する事となりました。といっても、我々は解析屋でモータ設計の専門家ではありませんので、講座というのも恐ろしい限りですが、我々が七転八倒してモータ設計を学ぶ姿をお伝えすることが、皆さまのモータ設計に少しでもお役に立てればと考え、連載をスタートさせようと思い至りました。

何故、JMAG がモータ設計講座をやることになったのか

JMAG は汎用磁界解析ソフトウェアで、解析対象は広く、電気機器などの電磁現象一般を扱う事が出来ます。しかし、モータの研究開発に JMAG をお使いのお客が多いことはご存知の方も多いと思います。そのため、解析機能開発もモータの解析を精度良く、便利に行う為のものが多く実装されています。

昔はモータの設計を行う技術者はほんの一握りにすぎず、磁界解析をモータ設計に活用する技術者は更に少なかったのが実情です。そのため、シミュレーションソフトウェアには使いやすさはあまり期待されていませんでした。経験豊富な専任の技術者がソフトウェアの使いにくさは何とか解決してしまっていたからです。

最近は様々な機器にモータが使用されるようになり、モータを設計したり、選定したりする技術者が増えています。それに伴い、ソフトウェアにも使いやすさが期待されるようになってきています。日常の JMAG のテクニカルサポートや、お客様を往訪していろいろお話を伺うことで貴重な情報を得ることは出来ますが、機密などの関係でその情報や要求は断片的で、その背景となる全体像を把握出来ない状況に、我々は歯痒く思うことも少なくありませんでした。そのため、ソフトウェアを作り、サービスを提供する立場の我々はどのようなソフトウェアを開発し、どのような情報を提供すれば、ユーザーに貢献できるのかを知るために、自分達もモータの設計について学び、ユーザーがどの様に JMAG を設計に使用しているのかを知るべきであるという考えに思い至りました。例えば楽器を作っている職人さんであれば、演奏家のように上手に奏でることは出来なくても、多少は演奏する事が

出来れば、全く演奏できない職人さんに比べ、楽器がどう使われるのかが解るため良い楽器を作る事が出来るのと同じ話です。まあ長々と書くような話ではありませんし、今更言う話かと思われた方もいらっしゃると思いますが、このような経緯でモータの設計について学ぼうと考えました。

また、JMAG のテクニカルサポートを行っているなかで JMAG の使い方ではなく、モータの設計や評価についてのご質問を受ける事も増えています。典型的な例として、「電圧駆動で解析するとトルクが常に負になってしまいます。バグですか？」というようなご質問を受ける事がありました。結局、JMAG のバグでは無く、設定回転数が高いため、電源電圧以上の誘起電圧を発生して常に負の電流が流れてしまう当たり前の現象だったというオチなのですが、そこに気づかず悩んでしまう方も少なからずいらっしゃいます。そのような方に安心して JMAG を使って頂くためには、モータ設計についての情報を提供すべきではないかと思い、モータの設計について学んだ事をモータ設計講座として展開しようという動機となりました。

教科書プロジェクト

この考えに基づいて、JMAG では数年前から「これからモータ設計をする方のための設計体験セミナー」を実施しています。このセミナーは 4~5 名の小規模なセミナーで、モータ設計をこれから行う初心者や興味をもっている方を対象にしています。設計対象はブラシレス DC モータで、要件に従ってモータの体格や主要寸法を割り出し、性能を概算するまでの一連の流れをレクチャーするもので、参加者が多いセミナーです。しかし、半日のセミナーで全てをお伝えすることは難しい面があることと、集合形式のセミナーでは参加が難し

い方も多くいらっしゃることも考え、教科書や参考書のようなきちんとした形にまとめて提供すべきだろうと思うようになりました。

まずは、我々のようなモータ設計初心者が学べるような、平易な教科書が無いかと色々探してみたのですが、日本国内では見つける事が出来ませんでした。これは、ブラシレス DC モータ自体が比較的新しい技術分野であるためなのかもしれません(JMAG がブラシレス DC モータの分野で多く使われている事と関係があるかもしれません)。

したがって、我々がモータ設計についてこれから学ぶ事を教科書の形にまとめ、JMAG-Express や JMAG-Designer の使い方と関連づけることで、JMAG ユーザーや JMAG 潜在ユーザーに貢献していこうと考えました(一応、営利企業ですので純粋なボランティアを行う事はありません)。

現在の構想では、教科書を JMAG-Express の副読本として位置づけ、JMAG-Express 上で設計パラメータを色々変更しながら実験することで、モータの設計の基礎を学べる形にしたいと考えています。そのプロトタイプとして JMAG-Express を使ったモータ設計の動画を下記 Web サイトで公開しておりますので、興味のある方は是非ご覧下さい。

<http://www.jmag-international.com/jp/express/index.html>

また、教科書リリースの暁には、皆様からのフィードバックを頂き、教科書自体をブラッシュアップしていきたいと考えていますので、是非とも皆様にもご協力いただきたいと考えています。

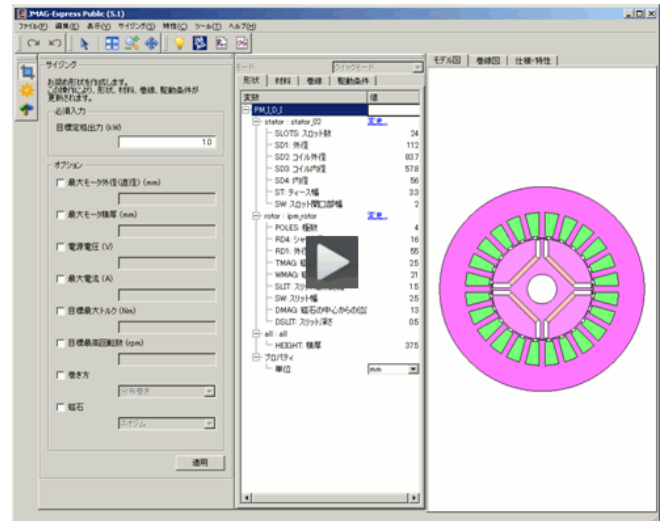


図 2 Web 動画スタート画面

Web ページのスライドショーでは、JMAG-Express を使用してモータの設計検討を行う様子を再現しています。初期段階では、サイジング機能を使い大まかな体格を決めてしまえるので、多種多様な設計案を試せるのが JMAG-Express の大きなメリットとなります。



図 3 パラメータ入力の様子

JMAG-Express の画面の下には変更したパラメータとその意味についての解説を記述しています。また、検討工程が右にリストアップされていますので、試行錯誤の過程等も俯瞰することが出来ます。



図 1 JMAG-international のトップページ

JMAG の Web トップから、JMAG-Express のページにジャンプインできますので、気軽にご覧になれます。

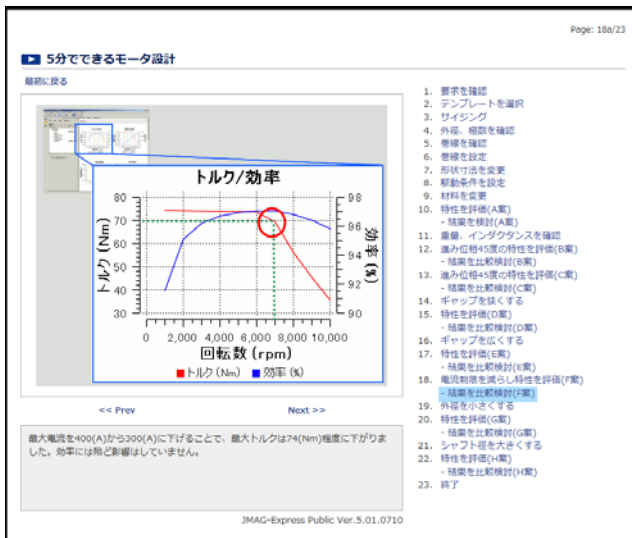


図4 解析結果とその分析

JMAG-Express で行った解析結果を理解し、どのような判断を下すべきかの例も下欄で解説しています。

次回から設計講座をスタート

連載第一回目は決意表明でした。第二回からは実際の教科書の内容に沿って、設計講座をスタートさせていきますので、ご期待ください

並行して、WEBでの情報公開やセミナー実施なども計画しておりますので、こちらもご期待頂ければと考えております。**J**

(坂下 善行)

コラム 集中巻と分布巻

モータ設計講座はモータ設計の流れの中での個別の判断に焦点を当てて解説しようと考えています。そこで、このコラムではモータ設計において気になる話題について取りあげ、JMAG を使って簡単な検証する事で、解き明かしてみようと考えています。

今回は集中巻と分布巻について取り上げてみたいと思います。集中巻の一般的な特徴としては、一極のティースにコイルを直接巻くので、分布巻のように複数のティースに渡ってコイルを巻く必要が無い事が挙げられます。その結果、コイルエンドの高さを低める事ができるので、モータの銅損を低減すると共にモータ自体の軸方向長さを詰めることができます。製造工程においても、分布巻に比べて工程や治具を減らせるメリットもあります。一方、極あたりのステータの歯数が最小限しか無いために磁路が不均一になる事が欠点です。このため、磁石磁束の利用率が低く、鎖交磁束の高調波成分を多く含んでしまい、トルク変動を生じやすい事や、鉄損が大きくなり易いデメリットを持っています。

したがって、外径に対して軸方向の寸法に制約があり、コイルエンドの高さを抑えたい場合や、比較的トルクの大きな領域で運転し、銅損の低減が優先される機器でのモータで、集中巻が有効であると言えます。

(参考資料; 埋込磁石動機モータの設計と制御; 武田洋次他共著; オーム社)

まずは、集中巻と分布巻で磁界解析を行ないました。解析モデルのロータ形状と積厚は同一とし、駆動条件も同じにしています。異なるのはステータ形状とコイルの抵抗だけです(図 1)。

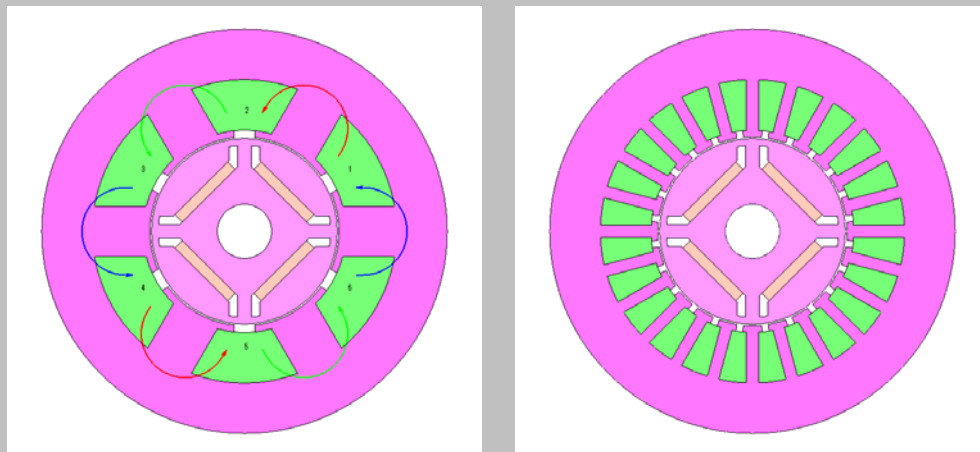


図 1 モータ形状 集中巻(左)と分布巻(右)

最初に無負荷誘起電圧を比較しましたが、波形が大きく異なっている事がわかります(図 2)。集中巻は基本波の振幅は分布巻とほぼ同じですが、スロット数が少ない分、高次成分の比率が異なる為に、波形の違いに現れています(図 3)。

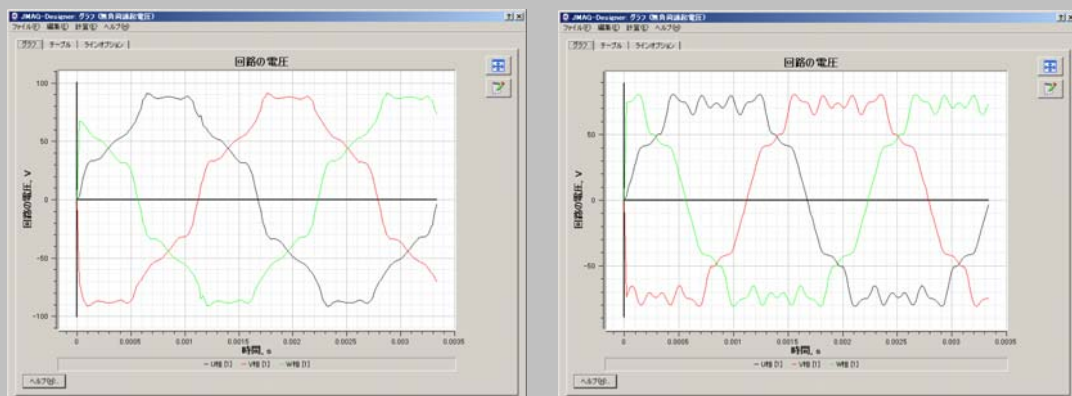


図 2 無負荷誘起電圧波形 集中巻(左)と分布巻(右)

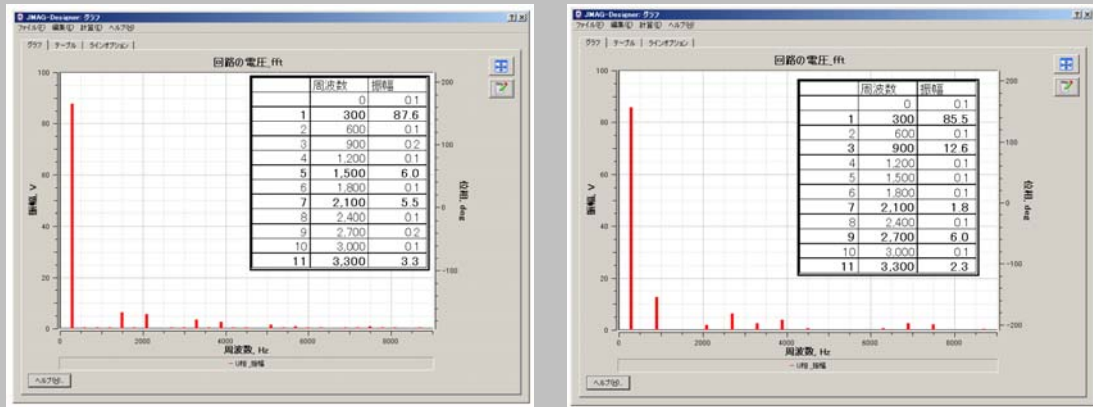


図 3 無負荷誘起電圧波形の周波数成分

集中巻(左)と分布巻(右)

負荷運転時の解析結果を見ると、電流進角に対する感度に違いが表れています。前述の通り、集中巻は磁路が不均一となるため、弱め界磁制御によるリラクタンストルクが得にくくなっています(図 4)。

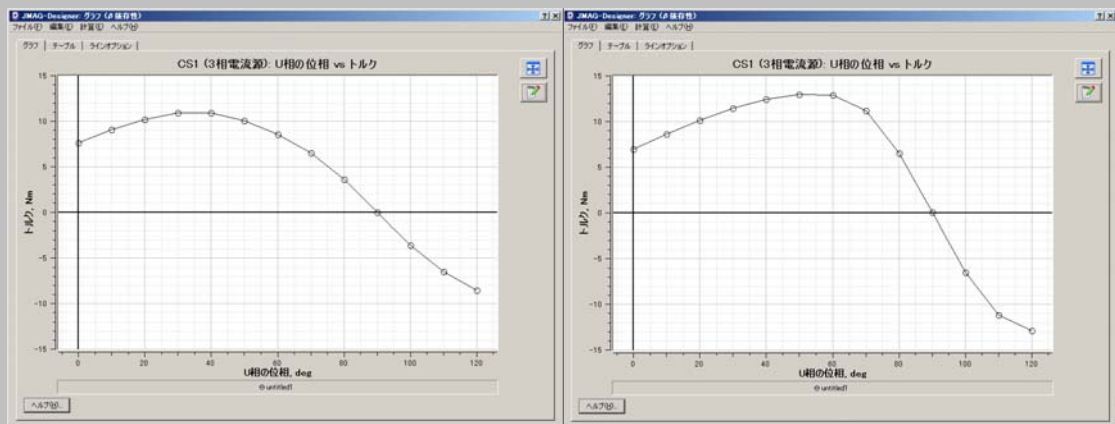


図 4 電流位相-トルク特性 集中巻(左)と分布巻(右)

それぞれの dq 軸インダクタンスは下記で、

集中巻; $L_d=1.900(\text{mH})$ / $L_q=2.163(\text{mH})$

分布巻; $L_d=1.412(\text{mH})$ / $L_q=2.057(\text{mH})$

dq 軸インダクタンス値からも、集中巻ではリラクタンストルクが期待しにくいことが解ります。

今回、解析して結果の中で特徴的だったのは、磁石の渦電流損です。集中巻は分布巻に比べて反磁界の変化が大きいため、磁石に生じる渦電流が大きくなっています(図 4)。分布巻の磁石に生じる発熱が 2.6(W)に対し、集中巻の磁石に生じる発熱は 23.4(W)に達しました。

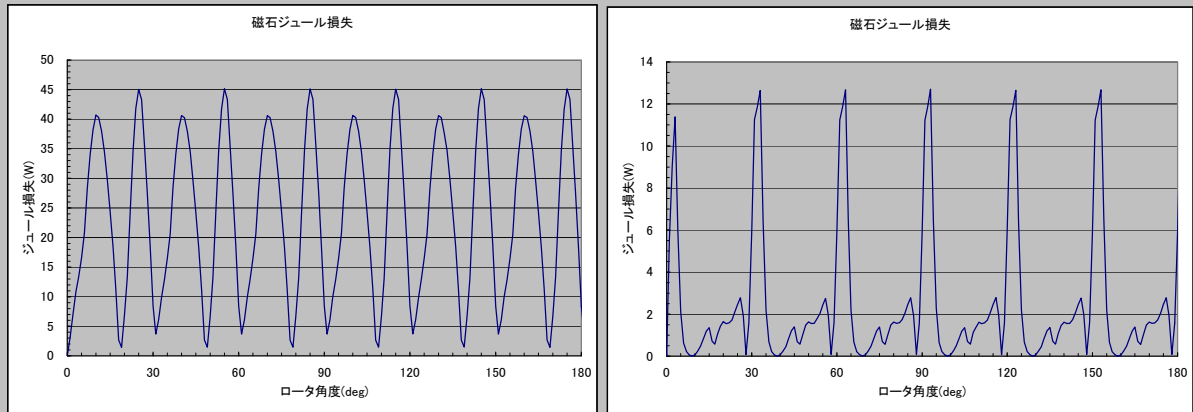


図 4 電流位相-トルク特性 集中巻(左)と分布巻(右)

磁石損自体はモータ全体の効率として見ると大勢に影響はありませんが、モータに使用されている材料で一番温度による影響を受けやすい磁石自身が発熱するわけですので、実際の設計時には熱減磁による性能低下や不可逆減磁への注意が必要になります。

また、鉄損に関しても、分布巻に比べて集中巻のロータ鉄損の方が大きくなるという結果が得られました(図 5)。鉄損の値は下記です。

集中巻;ステータ 64.4(W)/ロータ 21.6(W)

分布巻;ステータ 76.5(W)/ロータ 8.1(W)

※9000(rpm)/70(Apeak)

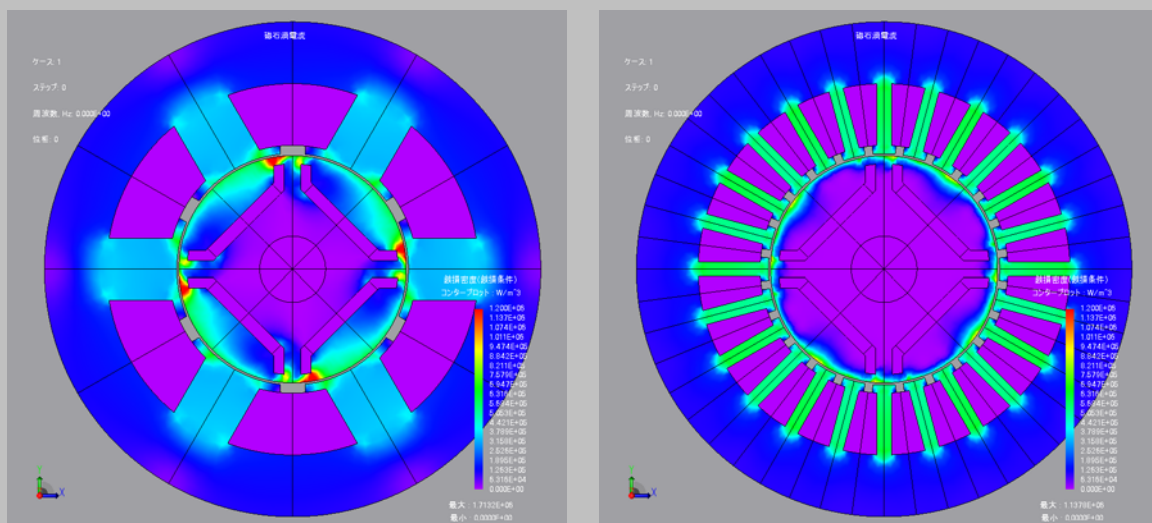


図 5 鉄損分布コンター 集中巻(左)と分布巻(右)

集中巻の方が鉄損の面からも、ロータの温度が上がりやすい傾向がある事が解りますので、集中巻を採用する際は、ロータの発熱量について十分注意する必要があると言えます。

このコラムで取り上げて欲しいテーマがありましたら応えていきたいと考えております。

テーマや内容に関するご意見などがございましたら、JMAG Newsletter 編集部まで、お気軽にお寄せください。

info@jmag-international.com

JMAG の損失解析への取り組み

JMAG はユーザの実務ニーズに応えるべく、90 年代後半から材料データ、モデル作成、解析機能の整備を続けてきました。近年、損失評価の高精度化への要求が一層高まっており、そのための機能開発を加速しています。

本稿では、JMAG の損失機能開発の歴史を示しながら、現状の損失解析精度がどのようなレベルまで達しているのか、JMAG が精度向上に向けて今後どのように取り組んで行くのか示します。

はじめに

損失解析は電磁界解析にとって 10-15 年来の最重要課題のひとつで、近年もその重要性は大きくなっています。損失解析と言ってもその内実は、解析手法、材料モデリング、実測との比較など多角的な視点があり、課題によってアプローチが異なります。課題や求められる精度は時代によって変化し、電気機器の高効率化要求により、詳細な現象の分析を高い精度で行うことが求められています。

高い要求に応えるには一朝一夕の技術開発では難しく、長年の実績と試行錯誤が必要です。ここでは JMAG がどのように損失解析というテーマに取り組んできたかをご紹介します。

JMAG の損失解析機能開発の歴史

JMAG の損失解析機能は 90 年代の鉄損解析ツールの開発に始まり、現在の加工歪の影響の取り込みまで、一つ一つ主要な要因を考慮することによる精度向上の歴史です(図 1)。

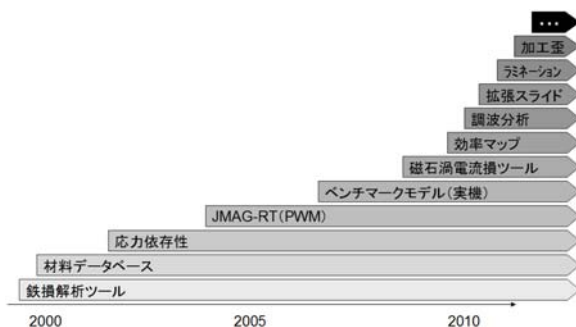


図 1 JMAG の損失機能開発の歴史

材料データの重要性にいち早く着目しデータベース機能を搭載

我々は 2000 年に横浜で第 2 回 次世代の電磁界シミュレーションセミナーを開催しました。タイトルは「電磁界シミュレーションにおける材料モデリング」。そこでは材料メーカー、大学の先生、電気・自動車メーカーから材料モデリングの重要性と課題が提示されました。これが現在の JMAG の開発方針となりました。

同年には JMAG に材料データベースが搭載されました(図 2)。解析ソフトウェアに材料メーカーの材料特性データが搭載されるのは JMAG が初めてです。材料データが重要であることに異論はないと思いますが、実際に機能として搭載するためには材料メーカー様の御協力があつて初めて実現されたものでした。

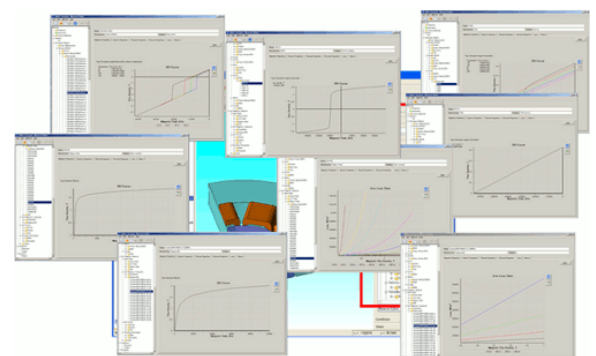


図 2 JMAG 搭載の材料 DB の一例

晴海プロジェクト 実測比較による実力検証

損失解析の実務レベルでの実力を評価するために、

我々は IPM モータを作成し(通称”晴海 1 号”)、実測と解析の比較を行いました(図 3、表 1)。(2008 年、芝浦工業大学との共同研究)。その結果、いくつかのポイントを押さえれば良好な一致が得られることがわかりました。なお、実機製作において、解析のための特別な措置はとらず、出来る限り一般的な製造方法を取りました。また、解析においても特別な手法、データは用いず、JMAG が一般に提供しているものを使用しました。

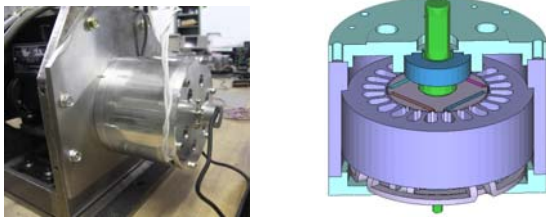


図 3 モータベンチとモータモデル

表 1 モータ仕様と測定条件

モータ仕様		測定条件	
極数	4	電源電圧(V)	150-300
スロット数	24	キャリア周波数(kHz)	6-15
ステータ外径 (mm)	150	回転速度 (RPM)	1000-6000
ステータ内径 (mm)	80	電流 (Apeak)	2-20
エアギャップ長 (mm)	1	電流位相 (deg.)	0-80
積厚 (mm)	50		
コア材料	35H360		
磁石材料	N39UH1		
巻数(turn/相)	128		
相抵抗(ohm)	0.46		

ポイント1:測定

・高精度に損失を評価するためには測定にも留意する必要があります

・鉄損は直接測定できないので、以下のように推定します

鉄損 $W_i = \text{入力 } P_{in} - \text{出力 } P_{out} - \text{銅損 } W_c - \text{機械損 } W_m$

・それぞれの誤差が鉄損の誤差に直結します(表 2)

表 2 鉄損測定の誤差要因

要因	影響理由	鉄損の誤差 (晴海1号の場合)
トルクセンサの分解能	トルクセンサの分解能がそのまま出力の算定精度となる。	0.2W@1800r/min
トルクセンサの温度補償	トルクセンサは温度ドリフト特性を持っているため、トルクセンサの温度変化を補償しないと出力の誤差となる。	0.3W/deg
コイルの温度	コイルの温度により抵抗が変化するため、銅損の算定精度に影響する。	0.05W/deg
ベアリングの温度	ベアリングの摩擦抵抗は温度によって変化するため、ベアリングの温度を測定しないと機械損の誤差となる。	0.2W/deg

ポイント2:高調波電流の考慮

PWM 駆動の様に相電流に高調波成分を含む場合はその影響を考慮しないと損失が合いません(図 4、5)。

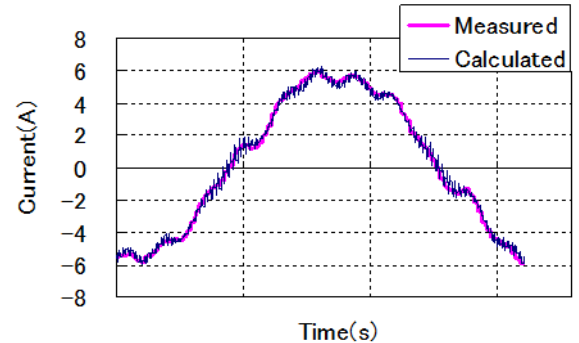


図 4 磁界-制御/回路連携で得られた電流波形

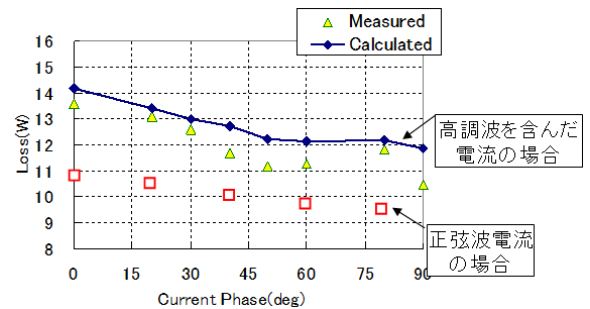


図 5 鉄損の比較

今後求められる損失解析の精度

現状、諸条件が整えば実測対比 10%程度の精度で解析できるようになっています。今後は、幅広い条件下でも現状同様もしくはそれ以上の精度が求められます。高精度化していくために考慮すべき要因を以下に示します(図 6、7)。

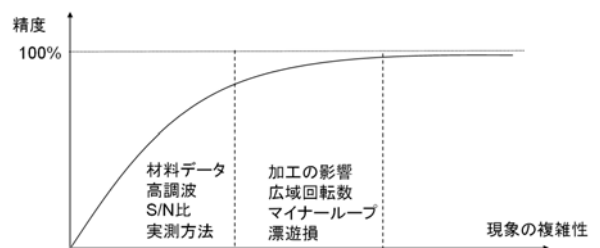


図 6 鉄損精度と要因

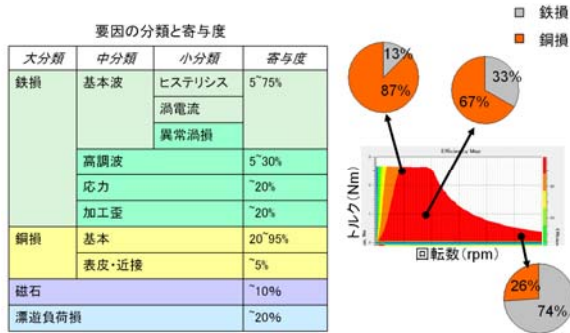


図 7 損失要因と寄与度

加工歪の影響

積層鋼板の打ち抜き時に生じる残留歪が鉄損に影響を及ぼします(図 8)。

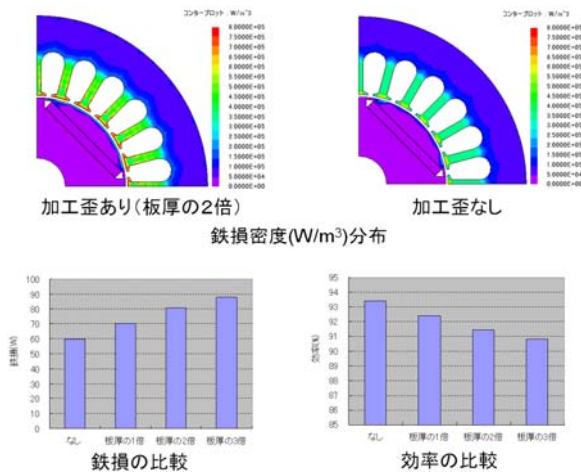


図 8 加工歪の鉄損、効率への影響

コイル損失:高調波の影響

PWM など高調波成分により素線内に表皮効果、近接効果が生じ、銅損が増加します。素線をモデル化することで素線内の電流密度分布の偏りを再現することが出来ます(図 9)。

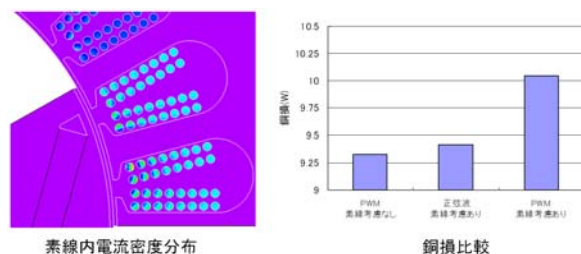


図 9 素線内電流密度分布と銅損比較

磁石渦電流損失とメッシュ分割

メッシュ分割の程度によって損失値は大きく異なります。四面体要素の場合、表皮部分に三角柱要素を挿入することで精度が向上します(図 10)。

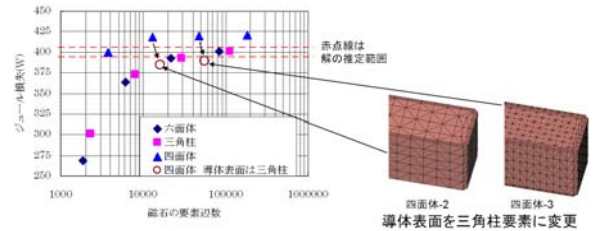


図 10 要素タイプごとの要素数に対するジュール損失比較

漂遊負荷損の影響

コイルエンド周りの磁束やコアの端部の磁束の変化が、ケースやコア面内に渦電流を発生させます。(図 11)。

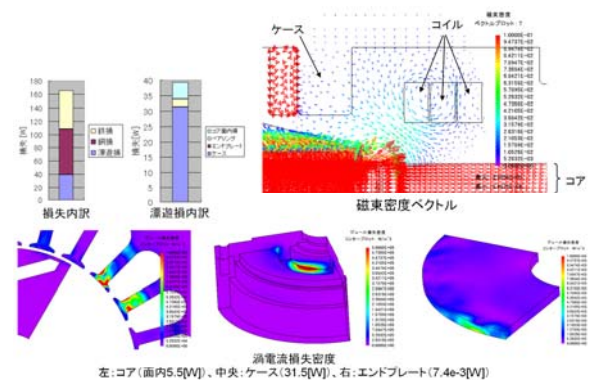


図 11 漂遊負荷損

おわりに

JMAG の損失解析機能開発の取り組みを紹介いたしました。損失解析に関して、現状のレベルでも諸条件が整えば 10%程度の誤差で評価いただけることを示しました。更なる精度向上のために新たな要因を取り込む機能開発を行なってまいります、それと同時に、これを高速に評価する技術開発も進めてまいります。ご期待下さい。J

(鈴木 雄作)

論文紹介

第五回 これから大型変圧器の解析を始める方のための論文紹介 その2

JMAG を用いた電磁界シミュレーションを行う上で有用な論文を御紹介します。第五回は、これから大型変圧器の電磁界シミュレーションを始められる方に向けて、参考になるとと思われる文献 12 本([1]～[12]参照)を示します。

はじめに

今号の論文紹介を担当する JSOL の西尾です。今年の JMAG Newsletter 3 月号で、これから変圧器解析を始められる方に向けて大型変圧器の論文を紹介させていただきました。今号も前回と同じ趣旨で、大型変圧器の教科書と漂遊損失解析の論文を紹介させていただきます。

なお本文内の図は、すべてイメージ図であり、論文からの引用、編集ではありません。

大型変圧器の教科書

今号は、はじめに変圧器の教科書に相当する文献を御紹介いたします。私自身が本格的に変圧器解析を始めて間もないので、変圧器全般に渡る教科書は必須アイテムなのですが、現在書店で手に入る専門の教科書は数多くはありません。

[1] 坪島茂, 羽田正弘著「図解変圧器—基礎から応用まで—」東京電機大学出版

本書は、変圧器専門の成書としては現在手に入る唯一の文献ではないでしょうか(回転機と併せての文献は多数ありますが)。この文献は変圧器の構成(材料、本体構造、付属品)から、基本特性、結線法、運用方法、試験方法、基本的な設計手順などがわかり易く紹介されており、これから変圧器の勉強を始められる方にとってはお薦めの一冊です。高校程度の物理知識と交流回路におけるフェーザ表示を知っていれば、すぐに読み始めることができますと思います。

[2] 萩野昭三著「変圧器の運転と試験(d-book シリーズ)」電気書院 (これ以外にも変圧器関連として 3 冊ありますが、品切れのようです)

こちらは A4 版 1 冊 20 ページ程度のソフトカバーのテキストで、変圧器の技術テーマ毎に分冊形式で出版されています。1 冊が千円前後と廉価で、組みしやすいのですが、巻によって絶版となっているのが残念です。

[3] 日本プラントメンテナンス協会編「変圧器のメンテナンス(電気設備保全シリーズ)」日本プラントメンテナンス協会

大型変圧器は稼働年数が 30 年を超えるケースも珍しくありません。それだけにメンテナンスが重要で、メンテナンスに関わる技術者も多く、変圧器についての基礎知識を広く共有する必要があります。本書は、変圧器の規格/構造にはじまり、運用と寿命の関係、コイル寿命の診断、保守/点検について平易に書かれています。変圧器の保守運用を勉強する入門書として適していると思われます。

論文紹介-漂遊損失解析について

3 月号では、電磁界現象に関わる有限要素法をベースにした大型変圧器解析の論文を網羅的に紹介させていただきました。一口に大型変圧器の電磁界解析といっても、さまざまな分野があり、それぞれの解析技術の成熟度は異なるようです。

今号は、大型変圧器の電磁界解析分野では利用の進んでいる漂遊損失解析の論文を御紹介します。

御紹介論文の検索と入手先

漂遊損失は解析テーマとしては古く、多くの文献がありますが、私が手に入れられる論文はネットなどに公開されているものを除けば弊社で購読している論文誌になりますので、予めご了承頂ければ幸いです。

論文の抽出にあたっては、まず IEEEExplore から、キーワード”Power Transformer Stray Loss”で検索し、ヒットした125件の論文のうち、弊社にあるIEEEのMagnetics部門から該当する論文を抽出しました。また弊社ではIEEJのB部門、回転機・静止器の合同研究会資料がありますので、こちらからも抽出しました。

[4] 斉藤達, 乾芳彰「変圧器タンクの磁束分布とわず電流損」電気学会論文誌B部門 96巻 9号 465-471, 1976

この論文は国内では、漂遊損失を定量的に議論した最も古い文献のひとつではないかと思われます。著者たちは、150MVAクラスの試験機(本体とタンクのみ)を実際に製作し、タンク周囲に発生する磁束密度を測定して解析結果と比較しています。解析はタンク壁をモデル化し、実測の磁界強さの分布を境界条件として与えることで磁束密度/磁束/渦電流を求めています。タンク内の漂遊損失は直接測定することができないため、タンク壁の温度分布を複数点測定し、タンク上の温度分布計算結果との比較を行っています。

この文献は、まだ電磁界FEAが広く利用される以前の時代(1976年)に書かれており、解析手法として差分法が利用されています。

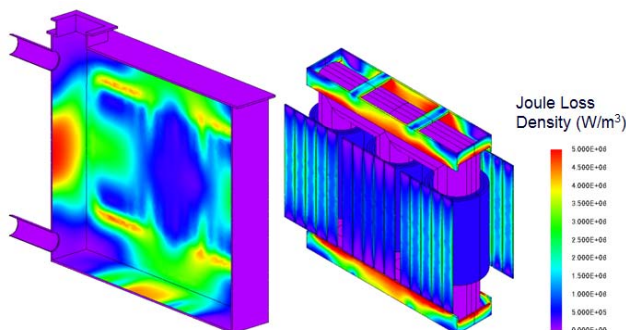


図1 タンクとその内部の漂遊損解析例

[5] Chen Yongbin, Yang Junyou, Yu Hainian, and Tang

Ren Yuan “Study on Eddy Current Losses and Shielding Measures in Large Power Transformer” IEEE Transactions on Magnetics., vol. 30, no.5, 3068-3071, 1994

漂遊損失解析は、複雑な構造物に生じる損失を扱う必要があるため、解析モデルが大規模になりがちです。漂遊損失をテーマにした解析では、如何に解析規模を抑えて解析精度を高めるかに工夫を凝らした論文が多いようです。

この論文は360MVAクラスの大型変圧器に対して、シールドを含む漂遊損失解析を扱った論文です。当時主流になりつつあった辺要素有限要素法を適用して、タンク、シールド、クランプ、あて板、カバーの漂遊損失を求めています。シールドの有無による磁束密度/漂遊損失への影響を比較も行っています。文献[4]の変圧器とは形状/体格が異なりますが、シールドなしケースでは、タンクにおける鉄心高さ方向の磁束密度分布が文献[4]の結果に類似しており、三脚鉄心変圧器の共通した特徴と思われます。また、タンクに対する遮蔽板の取り付け方によって、タンクの損失が大きく変わることが示されています。タンクに垂直に遮蔽板を配置することで、水平に配置した場合に比べて、全体の漂遊損失が60%以上低減することを示しており、遮蔽板の最適な配置はタンク壁面に垂直に立てることであると結論付けています。

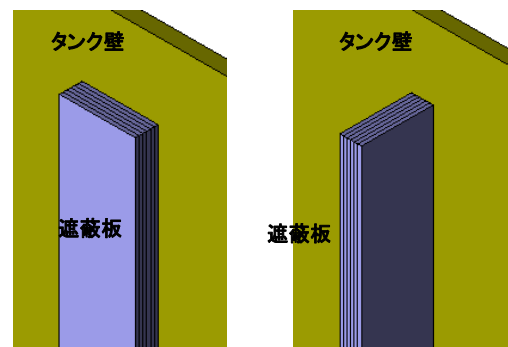


図2 遮蔽板のタンクに対する配置例

(右: 水平配置、左: 垂直配置)

[6] 貝沼研吾, 武達男, 伊藤政芳, 田中始男, 坪井始 “三相変圧器のタンク渦電流解析” 静止器・回転機合同研究会資料 SA-00-18, RM-00-83

漂遊損失を扱う解析モデルが大規模化する理由のひとつに、構造物に対して渦電流を考慮したメッシュが要求される

ことが挙げられます。

本論文は、200MVA クラスの変圧器を取り上げ、タンクに対して表面インピーダンス法を利用してモデル規模の低減を図っています。表面インピーダンス法は、設定された対象領域をインピーダンス境界として扱うため、境界面から外側のモデル化が不要になるという特徴があり、モデル規模を小さくすることが可能です(ただし、対象の厚みに対して表皮深さが十分に薄いことが必要)。論文では、漂遊損失を熱源とした熱解析までを行い、タンクの温度分布をサーモビューによる実測結果と比較することで、解析の結果の妥当性を結論付けています。

[7] Kurt Preis, Oszkar Biro, Gerhard Buchgraber, and Igor Tigar “Thermal-Electromagnetic Coupling in the Finite-Element Simulation of Power Transformers” IEEE Transactions. on Magn.etics, vol. 42, no.4, 999–1002, 2006

磁界-熱連成解析時の計算コストを抑える工夫は、この文献でも見ることができます。論文では低圧側ブッシングの大電流によるタンク部の漂遊損失と温度変化を電気伝導率と熱伝導率の温度依存性を考慮した双方向の連成解析を行い、タンクの局所過熱を見えています。双方向の連成解析では、磁界解析側の計算コストが問題になりますが、これを抑えるため、想定される電気伝導率の温度依存性が緩やかであることを利用して、電気伝導率の更新に伴う磁界解析の再計算を渦電流が発生する導体領域に限定して解析しています。再計算されない領域における磁束密度場などの整合性は、最初に計算された場の結果を導体周囲の境界条件として与えて辻褄を合わせています。

[8] Marisa Rizzo, and Janusz Turowski “Influence of Flux Collectors on Stray Losses in Transformers” IEEE Transactions. on Magnetics., vol. 36, no.4, 1915–1918, 2000

この論文では、複雑な三次元形状のモデル規模を抑える試みとして、三相の磁束の総和がゼロになることを利用した解析を行っています。一般に変圧器は三相の磁束の位相が異なるため、三脚鉄心をすべてモデル化する必要がありますが、この文献では三相の磁束の総和がゼロになることを利用することで、鉄心の厚み方向だけでなく、横方

向にも 1/2 としたモデル化を実現しています。

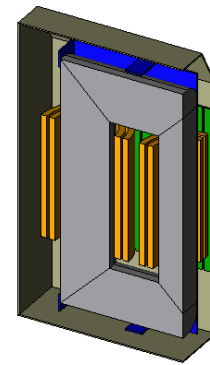


図3 変圧器 1/4 モデル例

[9] 高橋則雄, 中右貴明, 宮城大輔, 野川修一, 桑田稔 “積層鋼板モデリング手法を用いた斜角端部コアリアクトルの三次元渦電流解析” 電気学会論文誌B 部門 128 巻 1 号 277–282, 2008

漂遊損失は変圧器の短絡試験により評価されますが、このとき巻き線から積層鉄心に侵入する漏れ磁束が鉄心内に損失を発生させます。この損失も漏れ磁束により生じるため、漂遊損失として扱われます。

本論文は均質化法を含む積層構造のモデル化の妥当性について実測を含めて議論した内容となっており、変圧器鉄心の漂遊損失解析にも適用できるものと思われます。著者たちは、リアクトル表面から4枚の電磁鋼板のみを厳密モデル化したモデル(残部分は均質化法による)の結果を、積層すべてを厳密モデル化した結果と比較することで、モデルの妥当性を確認しています。また、実際に実機を作成して測定結果と本手法を適用した解析結果を比較することで、モデル化の妥当性を確認しています。

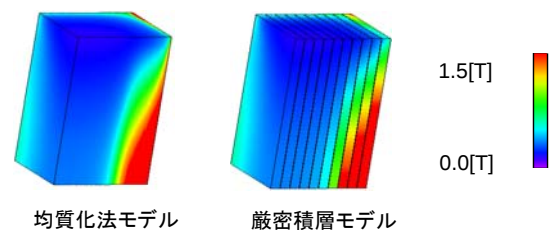


図4 均質化法モデルと厳密積層モデルの磁束密度分布比較例

[10] 林田広和 ” IPB(Isolated Phase Bus)接続箱および周辺金属構造物の 3 次元磁界解析による局部過熱検討” JMAG Users Conference 2010

漂遊損失解析は、弊社ユーザー会においても、お客様からご発表を頂いております。富士電機様からご発表を頂いた事例では、対象は変圧器そのものではなく、IPB 接続箱ですが、低圧側のブスバーから生じる漏れ磁束による接続箱内の局所過熱分布を解析で捉えており、接続箱の改善検討を示されています。また熱伝導解析による温度評価もあわせて示されています。

[11] Costin Ruja, “Using JMAG and ANSYS for coupled thermal solution of a high current bus bar exit in GSU transformers” JMAG Users Conference 2012 in Germany

接続箱の局所過熱を扱った事例を、ドイツで開催された弊社ユーザー会でご発表いただきました。JMAG の磁界解析で得られた損失の結果を熱流体解析ソフトから参照させることで、連成解析を実現しています。

[12] Yingying Yao, Chang Seop Koh, Guangzheng Ni, and Dexin Xie ”3-D Nonlinear Transient Eddy Current Calculation of Online Power Transformer Under DC Bias” IEEE Transactions. on Magnetics., vol. 48, no.2, 739-742, 2012

変圧器の運用段階では、発電所から一般家庭/工場に至る経路で、複数の変圧器が介在して電力伝送を行います。変圧器間の電力伝送は、地磁気や太陽の磁気嵐の影響により、大地電流として DC バイアスが変圧器の回路に重畳されることがあります。DC 成分は位相に関係なく、三相の電流をシフトするため鉄心の過飽和を引き起こし、安定した電力供給に重大な影響を及ぼす原因となります。この現象をシミュレーションで扱うには、非線形過渡問題を解く必要があり、解析負荷の大きい問題になります。

500kV 用送電ケーブルで接続された 2 台の三相変圧器に循環する DC 電流の影響を構造物に発生する渦電流の効果として議論しています。三相変圧器は単相変圧器を組み合わせたバンク構成であり、有限要素モデルとしては単相 1/8 形状をモデル化しています。論文では、DC バイアスを電圧源として含む系全体の回路方程式から求まる電流値を有限要素モデルに与えることで、構造物の渦電流を求めています。回路方程式に現れる誘起電圧には鉄心の飽和特性

を考慮する必要がありますが、著者たちは静解析、周波数応答解析から求まる磁束-電流テーブルを回路方程式に組み込むことで考慮しています。解析の結果、DC バイアス電圧が重畳されると、電流がシフトするだけでなく、振幅値も過大になること、また DC バイアス電流に対しては、その値の二乗に応じて構造物の漂遊損失が増加するなどの結果が報告されています。

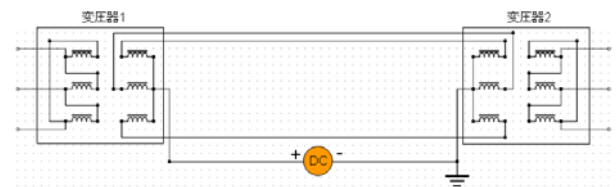


図 5 DC バイアスを考慮した変圧器の伝送路モデル例

おわりに

今号では、変圧器の漂遊損失解析に焦点をあてて論文を紹介させていただきました。

漂遊損失解析は、構造物の複雑さや渦電流の問題からモデル規模が大きくなりがちであり、10 年前までは、なかなか手の届かない問題でした。しかし近年ではメッシュ技術の進歩、ソルバーの高速化、ハードウェアの高速化により状況は大きく変わってきています。JMAG はいま変圧器をはじめとする大型機の問題に積極的に取り組んでいます。解析を通して見えてくる新しい技術のブレークスルーを期待して、本稿の筆を置かせていただきます。 

(西尾 隆行)

JMAG を 100%使いこなそう

よくある問い合わせの中から

JMAG は電気系を専門とする技術者を中心に御利用いただいておりましたが、最近は機械設計者等が専門外の電磁界解析に携わる機会も増えてきております。不慣れなツールを前に、より良い解析をするためにどうすればよいか一人で悩まれている方も多いのではないのでしょうか。

このコーナーでは、同じように悩まれていた方にとっての解決の一助となるべく、また JMAG が“便利なツール”となるべく、お問い合わせの多い御質問を中心に毎号御紹介しております。

質問の内容は、“操作方法”、“解析技術”、“トラブルシューティング”とカテゴリーを分類致しました。御興味のある項目よりお読み下さい。

トラブルシューティング FAQ-926

Q1. 形状パラメトリック解析を行うと、領域の形状が崩れます。

複数の領域からなる 2 次元モデルで、部品間の位置関係を変更するパラメトリック解析を行っています。領域全体を移動させたのですが、形状エディタの[平行移動]機能では領域は移動できませんでした。

そこで、基準となるエンティティと領域を距離拘束で制御しようとしたのですが、距離を変更すると形状が崩れてしまい正常に解析が行えません。

A1. [形状から拘束作成]機能を利用すると、領域形状を維持するための拘束が自動で設定されます。

形状を崩さないためには、距離拘束や角度拘束などの機能を使用して、領域を構成するエンティティ同士の釣り合いが崩れないようにする必要があります。領域を構成するエンティティを移動させた際に形状が崩れる場合、拘束が不足していることが原因と考えられます。形状が崩れる要因となるエンティティを確認し、拘束を追加してください。

なお、形状エディタに搭載されている“形状から拘束作成”機能を使用することで、選択範囲の形状の状態から拘束を設定できる箇所を自動判別し、自動で拘束を設定することができます。

補足：

形状パラメトリック解析を行うためには、プロジェクトマネージャ上にて[寸法]に変更したい形状のパラメータまたは拘束パラメータを指定する必要があります。[寸法]に登録されたパラメータは、[ケースコントロール]にて値をパラメータとして指定できます。

【その他資料等】

形状から拘束を自動設定する機能について詳しく知りたい方は以下のヘルプもご覧ください。

[JMAG-Designer ヘルプ](#) > [形状作成](#) > [形状エディタでの 2 次元形状作成](#)
> [基本図形に拘束を設定](#) > [形状から拘束を自動設定](#)

ケースコントロール機能を使用したパラメトリック解析について詳しく知りたい方は以下のヘルプもご覧ください。

[JMAG-Designer ヘルプ](#) > [解析](#) > [パラメトリック解析](#) > [パラメトリック解析](#)

Q2. ライセンスを取得できなかった場合にライセンスチェックを再度行えますか。

ネットワークのメンテナンスのため、夜間に瞬間的にライセンスサーバへ接続できなくなる場合があります。そのため、夜間に複数の解析を連続実行すると、数件がライセンスエラーとなってしまいます。ライセンスエラー時にライセンスチェックを一定時間後に再度行うような設定はできないでしょうか。

A2. 可能です。環境変数を使用して設定を行います。

ネットワーク接続に関するエラーによって発生したライセンスエラーの場合、そのままエラー終了するのではなく、再度ライセンスチェックを試行する設定が可能です。次の環境変数を使用してください。

再チェックを行う回数を設定する環境変数

変数名: JRI_LICENSE_RETRY

変数値: 再チェックを行う回数

再チェックする時間間隔を設定する環境変数

変数名: JRI_LICENSE_RETRY_INTERVAL

変数値: 再度ライセンスチェックを行うまでの時間間隔(秒)

これらの設定は、次の 4 つのエラーについて有効です。他のエラーの場合には再チェックを行いませんので御注意ください。

- -15 : Cannot connect to license server.
- -52 : FLEXlm vendor daemon did not respond within timeout interval.
- -96 : Server node is down or not responding.
- -97 : The desired vendor daemon is down.

環境変数を用いたライセンスチェックの設定には他にも、ライセンスの上限によってライセンスチェックが行えなかった場合に他の解析が終了してライセンスが空くまで実行を待つ設定などがあります。

【その他資料等】

ライセンスチェック機能について詳しく知りたい方は以下のヘルプをご覧ください。

[JMAG-Designer ヘルプ](#) > [はじめに](#) > [JMAG-Designer のライセンス操作](#) > [ライセンスチェックの設定](#)

Q3. 空気を媒介にした熱伝達はどのようにモデル化するとよいでしょうか。

被加熱体と周辺部品との間に空隙があり、熱は空隙内の空気を媒介として周辺部品へ伝播します。空気領域を予めひとつの部品として作成しておくことでモデル化しようと思いますが、他の方法はありますか。

A3. 熱等価回路が利用できます。また、空気を直接の媒介とせず、熱輻射効果によって熱が伝播する場合には、輻射熱伝達境界条件が有効です。

空隙によって隔てられた部品間の熱の受け渡しは、空気を媒介にしたものと熱輻射効果によるものに大別できます。空気を媒介にした熱の受け渡しをモデル化する場合、熱等価回路を利用すると大幅な要素数低減ができるため便利です。熱等価回路とは、熱伝達現象を熱抵抗のような集中定数で表すことで、熱伝達現象を電気回路のように一次的に解析する手法です。高温領域において影響の大きい熱輻射効果による熱伝達を考慮する場合は、輻射熱伝達境界条件を対向している各部品の表面に設定します。

熱等価回路を利用する方法

対向した各部品の表面に、それぞれ熱伝達境界条件を1つずつ設定します。熱伝達境界条件では、参照温度の設定を[回路素子を参照する]に設定し、対応する熱回路素子(熱伝達境界素子)を指定します。

熱回路編集画面にて、各熱伝達境界素子の端子を接続すると熱回路を介して2つの境界面で熱の受け渡しが可能になります。必要に応じて端子間に熱抵抗素子を設定することで、熱の受け渡しを調整することが可能です。

次に示すアプリケーションカタログにて、熱等価回路を使用して離れた部品間の熱を受け渡しするサンプルデータを紹介していますので、参照してください。

http://www.jmag-international.com/jp/catalog/130_BasicGeometry_ThermalConductivity.html

輻射熱伝達境界条件を利用する方法

輻射熱伝達境界条件を指定した面から放射、吸収される熱量密度(熱流束)は、式(1~3)で表されます。

$$I = \varepsilon \sigma F (T'^4 - T_0'^4) \quad \dots(1)$$

$$T' = T + 273.15 \text{ [deg K]} \quad \dots(2)$$

$$T_0' = T_0 + 273.15 \text{ [deg K]} \quad \dots(3)$$

I は熱流束[W/m²]、 ε は輻射係数、 σ はステファン・ボルツマン係数(定数)、 F は形態係数、 T は解析で得られる温度[deg C]、 T_0 は参照温度[deg C]です。

ユーザーが指定可能なパラメータは輻射係数と参照温度となります。一般に、輻射係数は0~1の値となります。JMAGでは、温度に対する輻射係数値をテーブルで指定することにより、輻射係数に温度依存性を持たせることができます。一方、形態係数は部品の位置関係より決まりますので、入力は不要です。

熱伝達境界条件を利用して解析時間を短縮する方法

輻射熱の計算では各要素面における形態係数を計算する必要があるため、大きな計算コストが必要になります。そのため、輻射による熱伝達のみを考慮したい場合、計算コストを抑えるために熱輻射を温度依存性の熱伝達係数に読み替えて熱伝達境界条件を使用することをお勧めしています。

熱伝達境界条件を使用した場合の熱流束 I は式(4)で表されます。

$$I = K (T' - T_0') \quad \dots(4)$$

前述の輻射熱伝達境界条件の式(4)において、放射のみを考えると形態係数は1とすることができますので、式(4)と比較して熱伝達係数 K を式(5)とすれば、熱伝達境界条件で輻射(放射)を考慮することができます。

$$K = \varepsilon \sigma (T'^2 + T_0'^2)(T' + T_0') \quad \dots(5)$$

操作方法 FAQ-928

Q4. 運動している物体の磁界-熱双方向連成では、運動をどのように設定すべきでしょうか。

A4. モデルの形状および解析条件によって、最適なモデル化の方法が異なります。可能であれば、[メッシュの変位を伴わない運動]機能の利用をお勧めします。

“固定子と可動子間のギャップの空気領域をどのようにメッシュ分割するか”により、3つのモデル化方法があります。以下にモデル化方法と対応するメッシュタイプの例をお勧めの順に挙げます。

メッシュの変位を伴わない運動

適用範囲は狭いのですが、適用できるとメリットが大きい機能です。

メッシュデータそのものは移動せず、温度分布などの物理量のみ運動条件に従ってモデル内を移動します。熱解析の運動条件にて、[メッシュの変位を伴わない]フラグをオンにしてください。磁界解析では運動条件を設定する必要はありません。メッシュタイプは[スタンダード]を選択します。

・**メリット**: 解析ステップごとにメッシュの再生成を行う必要がないため、トータルの計算時間が短縮されます。スライドメッシュを生成する必要がないので空気領域のメッシュ分割を粗くできます。

・**適用可能モデル**: 運動方向に一樣な形状となっているモデル。回転運動の場合は、回転軸で軸対称となっている形状である場合(図1)。並進運動の場合は、運動方向に一樣な断面が十分に長く続いている場合(図2)。

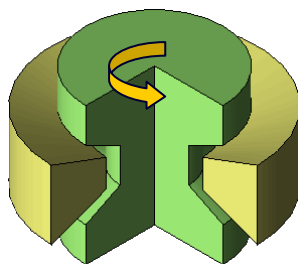


図1 回転運動モデルの例

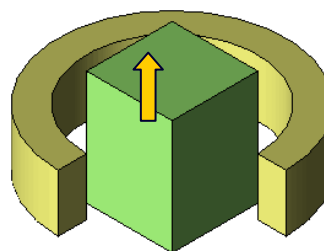


図2 並進運動モデルの例

スライドメッシュ機能を用いた運動

磁性体などで磁路が構成されている場合には有用な機能です。

空気領域も可動部と固定部に分けてメッシュを生成し、接触する面(スライド面)のメッシュを運動に合わせて整合させながら解析を行います。そのため、ステップ刻みとスライド面のメッシュ分割は、整数比であることが望ましいです。メッシュタイプは[スライドメッシュ]を選択します。

- ・**メリット**: 解析ステップごとにメッシュの再生成を行う必要がないため、トータルの計算時間が短縮されます。
- ・**デメリット**: 空気領域のメッシュサイズがギャップ面のメッシュ分割数に引きずられて、必要以上に小さくなる場合があります。特に誘導加熱を行う場合には磁路が空気中となるため、広い空気領域が必要となり影響が大きくなります。
- ・**適用可能モデル**: 可動部と固定部のギャップ面がモデルの端から端までひとつの円筒面(回転運動時)または平面(並進運動時)で定義できる場合(図 3、図 4)。

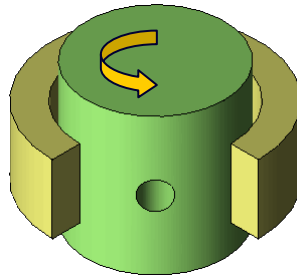


図 3 回転運動モデルの例

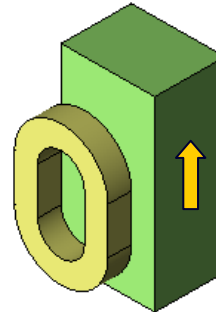


図 4 並進運動モデルの例

ステップごとにメッシュを生成する(パッチメッシュ)機能を用いた運動

解析対象を問いません。

解析ステップごとにメッシュを再生成する機能です。メッシュタイプは[解析ステップごとにメッシュを生成]を選択します。

- ・**メリット**: 複雑な形状であってもステップごとに空気領域が再生成されるため、解析が可能です。
- ・**デメリット**: メッシュ生成を毎ステップ行うため、トータルの計算時間が長くなります。
- ・**適応可能モデル**: 回転、並進ともに形状に制約はありません(図 5、図 6)。

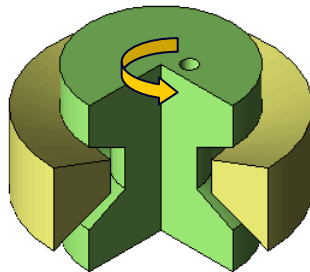


図 5 回転運動モデルの例

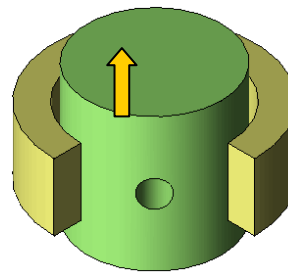


図 6 並進運動モデルの例

解析技術 FAQ-929

Q5. 誘導加熱解析を行っていますが、温度が想定ほど上昇しません。

A5. 発熱量が不足していないか確認してください。磁界解析で得られた発熱量より、
およその温度上昇を見積ってみましょう。

目標の加熱時間に対し解析結果の温度が極めて低く算出されるケースでは、多くの場合発熱量(ジュール損)が正しく求められていません。発熱量は加熱コイルの電流の 2 乗や周波数の 0.5~2 乗に比例します。特に、加熱コイルに流れる電流を正しく入力しているかどうか確認して下さい。

結果の妥当性を確認する際には以下の項目を実測または想定している値と比較して下さい。

- 1) 入力電力(電流と電圧の積)
- 2) 出力電力(被加熱体の発熱量:ジュール損)
- 3) 加熱領域の大きさと加熱時間から概算の必要電力を予測する

※JMAG では電流値を振幅で指定します。実効値を $\sqrt{2}$ 倍して入力して下さい。

必要電力の概算見積の例

被加熱体が円筒形状で側面を加熱する場合、時刻 10 秒で室温 20 度から 900 度に到達する際に必要なおよその電力 P_{out} は式(6～9)で見積もることができます。ここでは、熱の拡散を無視することで式を簡単化しています。渦電流が流れる範囲を深さ $D[m]$ と範囲 $L[m]$ で表しています(図 7)。

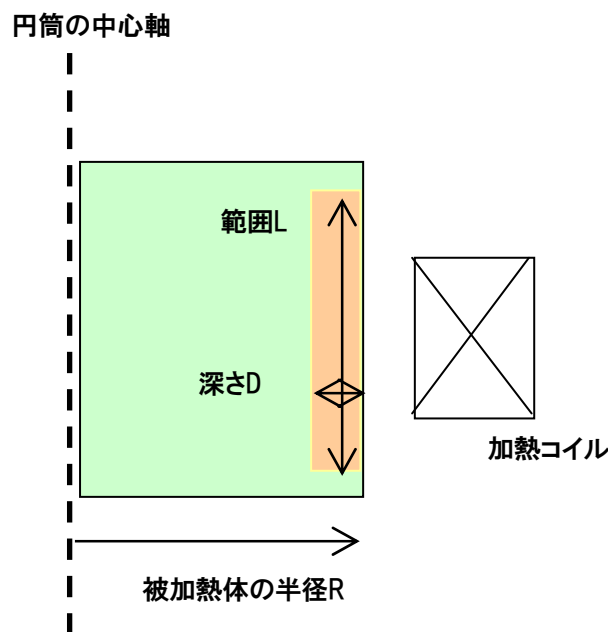


図 7 必要電力の概算見積の例題モデル

$$\rho C \partial T / \partial t - \nabla \cdot (k \nabla T) - Q = 0 \quad \dots(6)$$

$$Q = \rho C (900 - 20) / 10 \quad \dots(7)$$

$$V = \pi (R^2 - (R - D)^2) \cdot L \quad \dots(8)$$

$$P_{out} = VQ \quad \dots(9)$$

Q は発熱密度 $[W/m^3]$ 、 ρ は密度 $[kg/m^3]$ 、 C は比熱 $[J/kg^\circ C]$ 、 k は熱伝導率 $[W/m^\circ C]$ 、 T は温度 $[deg C]$ 、 t は時間 $[sec]$ 、 V は加熱領域の体積 $[m^3]$ です。

【その他資料等】

誘導加熱解析におけるモデル化や結果評価について詳しく知りたい方は以下の資料をご覧ください。

http://www.jmag-international.com/support/ja/documentation/pdf/uw2010_25.pdf

WEB 上でのテクニカル FAQ

弊社ホームページでもテクニカル FAQ を紹介しておりますので、合わせて御確認ください。

URL: <http://www.jmag-international.com/support/ja/faq/index.html> (ユーザー認証あり)

テクニカルFAQは、実際にお客様が疑問もしくは不明に思った問い合わせですので、ご覧いただくことで新しいJ MAGの利用方法も発見できることもあるかと思います。弊社ホームページのFAQも随時更新していきますので、J MAG Newsletter と併せて御利用頂き、解析業務を効率化させて頂きたいと思います。J MAG を使用していて不明点や疑問点が生じた場合、J MAG テクニカルサポートをご利用下さい。J MAG を 100%使いこなしましょう。 

(近藤 隆史)

JMAG を 100%使いこなそう

第十回 構造解析に関する A to Z

JMAG は日々進化し続けています。JMAG をお使いの方であっても、初めて知るような機能がまだあるかもしれません。また、操作方法に関しても、まだまだ知られていない便利な操作方法があると思います。JMAG の新機能や今まで知らなかった操作方法を知ることによって、みなさんの業務効率化を図ってみませんか？

本シリーズでは、JMAG に関する“知っておいてほしいこと”や“知って得する使い方”をご紹介します。

はじめに

JMAG をご使用の方の多くは「JMAG で構造解析をする」と聞いてもピンとこないのではないのでしょうか。電磁気的な現象の評価に JMAG をご活用頂いておりますが、構造解析となると振動現象など限定された用途でのご使用されているだけのことが多いようです。確かに、JMAG は電磁気的な現象を得意としており、その現象の分析精度を高めるための拡張機能として伝熱解析や構造解析との連携を提案してきました。一方で、伝熱解析や構造解析だけでも、シンプルな現象であれば十分に物理現象をご評価頂くことができます。

構造解析をより身近なものに感じて頂くために、今回の AtoZ では、JMAG の構造解析でどのような現象を扱えるのかと、材料特性や各種条件についてご紹介します。

解析モデルの次元

形状としては 2 次元解析と 3 次元解析を扱うことが可能です。JMAG の形状エディタで 2D スケッチとして薄板をモデル化した場合、2 次元解析モデルとして扱われます。図 1 に 2 次元解析での固有モードの例を示します。形状エディタでソリッドとして薄板をモデル化した場合、3 次元解析モデルとして扱われます。図 2 に 3 次元解析での固有モードの例を示します。3 次元解析であれば、板に垂直な方向の変形を評価することができます。

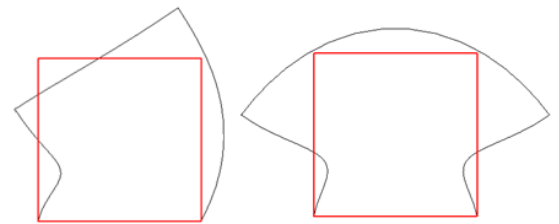


図 1 薄板の固有モードの例(2 次元解析)

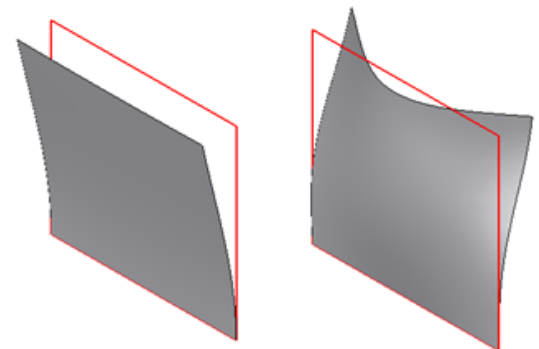


図 2 薄板の固有モードの例(3 次元解析)

解析タイプとスタディの設定

JMAG の構造解析は静解析、固有モード解析、周波数応答解析の 3 種類の解析タイプを扱います。JMAG-Designer のプロジェクトマネージャのモデルを右クリックして、構造解析の解析タイプを選択すると、対応するスタディが作成されます。

静解析では、ある部品に力が加わった際の変位や応力分布を求めることができます。特徴的な現象としては、遠心力による応力分布解析や熱膨張による変形、2 次元モデルでは圧入解析等を扱うことができます。

固有モード解析では、ある部品がどのような変形をうのかを、形状・材質・拘束条件を元に算出します。

(図 3)。電磁力などによる振動解析を行う前に、製品自体がどのような変形をしやすいのかといった特徴を把握することができます。

周波数応答解析では、ある部品に電磁力など加振力が働いた際の振動・音圧解析を行うことができます。加振力の周波数と固有モードが合うと、大きな振動・音圧を発生させる要因となります。

構造解析ではメッシュの依存性に注意が必要です。六面体要素を用いる際はデフォルトの 1 次要素でも解析精度を得ることができます。しかし、自動メッシュ生成など四面体要素を用いる際は、[スタディ]の[プロパティ]にて 2 次要素を選択して下さい。

固有モード解析と周波数応答解析では物体の固有モードを解析しますので、調べたい固有値の開始周波数と固有値数を指定します。開始周波数以上の周波数で低次のモードを指定した数分だけ算出します。

振動や音圧を評価する際には、周波数を指定して周波数応答解析を行います。指定した周波数成分の加振力と固有モードとの関係から振動の大きさを算出します。モーダル減衰比を指定することで、ある周波数の加振力が周囲の周波数にどの程度の影響を及ぼすのかを定義できます。モーダル減衰比が1であれば、固有モードと一致する周波数のみが振動に寄与するという定義になります。モーダル減衰比が0であれば、ある周波数成分の加振力が全ての固有モードに寄与するという不適切な設定となります。

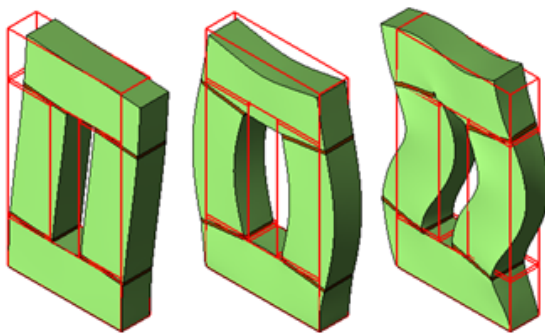


図 3 固有モードの例

材料特性

構造解析で用いる材料特性は、密度[g/cm³]、ヤン

グ率[MPa]、せん断弾性係数[MPa]、ポアソン比です。等方性材料の場合、ヤング率、せん断弾性係数、ポアソン比は、式(1)の関係が成立します。よって等方性材料ではいずれか2つの物性を設定すれば十分です。通常は、ヤング率とポアソン比を設定します(図4)。

$$G = \frac{E}{2(1 + \gamma)} \quad \dots (1)$$

但し、G はせん断弾性係数、E はヤング率、 γ はポアソン比です。

構造解析では温度分布を元に熱膨張現象を扱うこともできます。この現象を扱う際は熱膨張係数[1/deg C]と、基準となる参照温度[deg C]を指定します(図4)。高温になるにつれて変形量が大きくなります。

異方性の材質を扱う際は、ヤング率を各方向毎に設定する方法とマトリクス指定による方法の2通りの設定が可能です。熱膨張係数に関しては、各方向毎に設定します。異方性の材料に関しては、圧電解析を行うことができます。材料特性として圧電応力定数と比誘電率を指定します。比誘電率は電気特性タブで設定します。

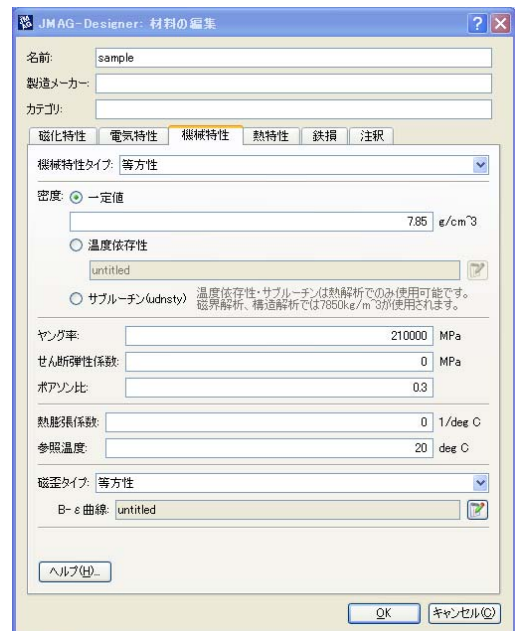


図 4 材料編集ダイアログの機械特性タブ

拘束条件

構造解析では物体を固定する場所を特定する必要があります。変位の基準となる場所を定義するという側面と、実機での拘束状態を正確に表現しなければ、解析結果に大きな影響を及ぼしてしまうという側面の2つがあるからです。以降では各拘束条件について紹介します。

拘束

全ての解析タイプで使用可能です。指定した箇所がある方向に対して変形しないという拘束を設けることができます。部品全体、部品の面、エッジ、頂点に設定することができます。例えば、解析対象が床に完全に固定されているのであれば、拘束条件を設定し、全方向を拘束してください(図5左図)。モデルが部分モデルの場合には断面に法線方向拘束を設定して下さい(図5右図)。

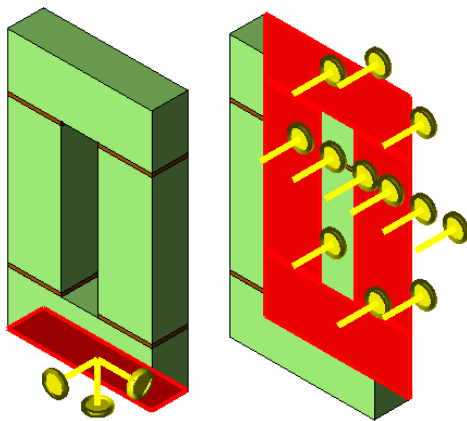


図5 完全拘束(左)と法線方向拘束(右)の例

剛体

全ての解析タイプで使用可能です。指定した箇所は全て相対的な位置関係が変わらず、一体となって動く状態になります。部品全体、部品の面、エッジ、頂点に設定が可能です。2以上の頂点間がある自由度を持つて結合している場合にはバネ条件を用いてください。

強制変位

全ての解析タイプで使用可能です。設定した箇所が指定した方向に変形する量を指定することで、応力分布を算出します。部品全体、部品の面、エッジ、頂点に

設定が可能です。周波数応答解析では、位相を設定することで、変位する箇所間での変形の位相ずれを表現できます。

周期境界(回転)

全ての解析タイプで使用可能です。解析対象を部分モデル化した際に、モデル断面と周期角度を指定します。解析範囲を狭めることで計算時間と計算に必要なとするメモリを削減することができます。

拘束を付ける際の注意事項

幾何的に周期性を有する形状の場合、周期境界(回転)条件を設定して、モデル化範囲を狭めることは解析コストの短縮につながる有用な手法といえます。一方で、構造解析では不用意に部分モデルを作成すると、実機で生じる固有モードを見落とした評価をする恐れがあります。例えば、2分の1モデルと4分の1モデルを考えます(図6)。いずれも、周期境界条件を設定しております。ところが、4分の1モデルにすると、2分の1モデルで現れる固有モードを表現できない場合があります。拘束条件を設定する場合はどのような固定状態なのかにご注意下さい。

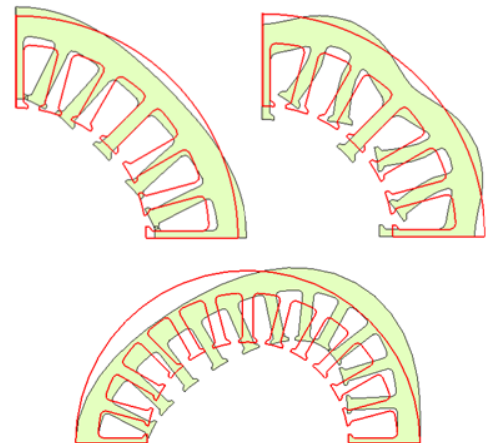


図6 4分の1モデルで表現できる固有モードの例(上2図)

4分の1モデルで表現できない固有モードの例(下図)

荷重条件

物体に力が働くと変形します。この力は荷重条件で設定します。以降では各荷重条件について紹介します。

集中荷重

静解析と周波数応答解析で使用可能です。ある1点に力が加わる状態を表現します。単位は[N]などです。周波数応答解析では位相も設定できます。

圧力荷重

静解析と周波数応答解析で使用可能です。ある面に圧力が加わる状態を表現します。単位は[MPa]などです。周波数応答解析では位相も設定できます。

体積荷重

静解析と周波数応答解析で使用可能です。ある部品全体に体積力が加わる状態を表現します。単位は[N]などです。例えば、部品全体に重力やローレンツ力が働く場合に用いることができます。周波数応答解析では位相も設定できます。

加速度荷重

静解析でのみ使用可能です。ある部品全体に加速度が加わる状態を表現します。単位は[m/s^2]などです。例えば、部品全体に重力が働き、たわみが生じるような場合、重力加速度を指定します(図7)。

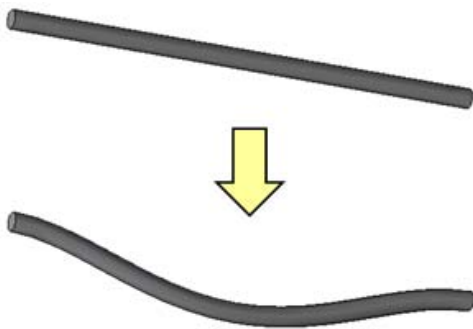


図7 重力加速度による丸棒のたわみ

遠心力

静解析でのみ使用可能です。ある部品が高速回転している際に働く遠心力で、部品内に生じる応力分布を求めます。単位は[r/min]などです。例えば、表面磁石型モータが高速回転する際の磁石の剥離解析に用います。高速回転する部品に条件を設定します(図8)。

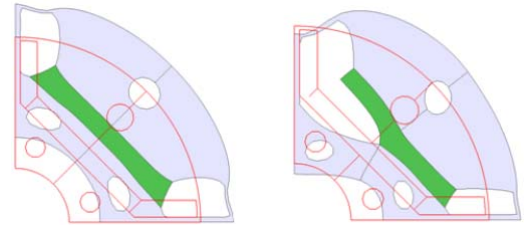


図8 遠心力による変形(左:完全接着、右:一部剥離)

電磁力

静解析と周波数応答解析で使用可能です。磁界解析で求めた電磁力を元に、応力・変形の解析や振動解析を行うことができます(図9)。部品に対して設定します。

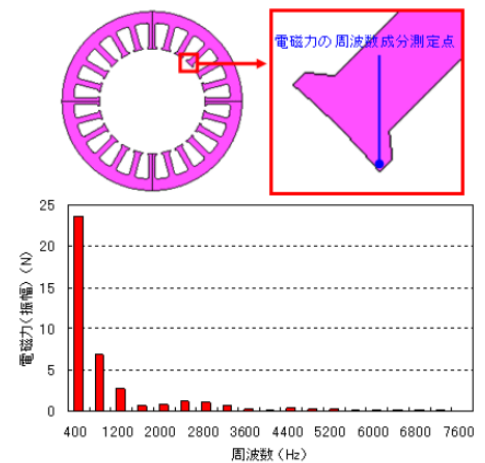


図9 電磁力の各周波数成分を抽出した例

温度荷重

静解析でのみ使用可能です。指定した温度、もしくは熱解析で求めた温度分布を元に熱膨張解析を行い、応力や変位量を算出します(図10)。単位は[°C]などです。部品全体、部品の面、エッジ、頂点に設定します。

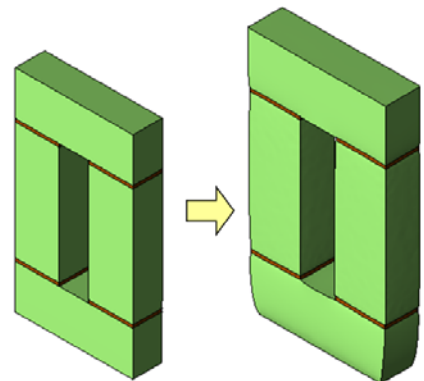


図10 熱膨張による変形

圧入

2次元静解析でのみ使用可能です。2物体間のエッジを選択し、締め代の幅を指定することで圧入時の応力分布を算出することができます(図11)。指定するのは締め代の幅なので、単位は[mm]などです。

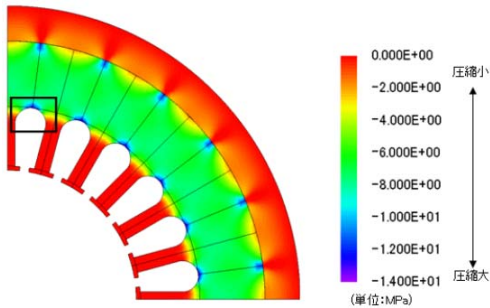


図11 圧入解析で得られた主応力分布

バネマス

2物体間が緩やかに結合したり、ある部品を簡略化することができます。以下に、機能を2つ紹介します。

バネ

全ての解析タイプで使用可能です。指定した2頂点間がバネでつながれている状態で、緩やかに結合している状態を表現します。単位は[N/m]などです。完全に相対位置を固定する場合は剛体条件を用いてください。

集中質量

固有モード解析と周波数応答解析で使用可能です。ある部品の形状を詳細にモデル化せずに、質点として扱うことが可能です。単位は[g]などです。質点とモデル化した形状とは、バネ条件などで繋がります。

電位境界

圧電材料を用いた解析を行うことができます。部品には異方性材質を設定し、圧電応力定数と比誘電率を指定します。ある部品が電極と接する部分に、電位を設定することで圧電解析が行われます。結果として、電位分布や変形の様子などを評価できます。部品全体、部品の面、エッジ、頂点に設定できます。単位は

[V]などです。固有モード解析と周波数応答解析では、電位に位相を設定できます。

出力:音圧

周波数応答解析で振動を評価する際に、物体表面に生じる加速度から、周囲に広がる放射音の評価をすることができます。放射音の評価面としては、球状と円筒状の2種類を用いることができます(図12)。

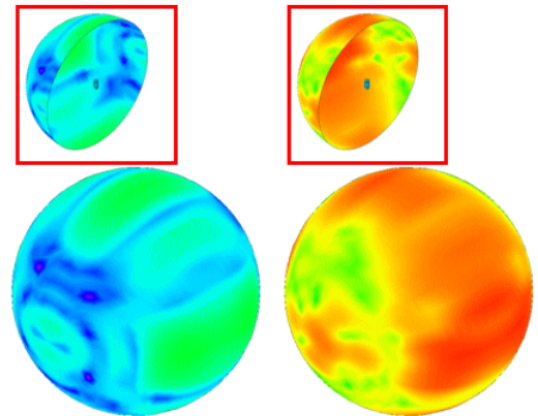


図12 音圧分布の例

(左:スペーサの剥がれなし、右:剥がれあり)

最後に

今回は、構造解析において使用される条件について、その機能の意味や使い方についてご紹介させていただきました。ご紹介したい条件はまだ沢山ありますので、次回も引き続きご紹介させて頂く予定です。J

(橋本 洋)

JMAG 製品パートナー紹介

Gamma Technologies, Inc.

Gamma Technologies 社が開発した、バーチャルカーシステム・GT-Suite と JMAG-RT の連携がはじまりました。任意の走行条件における燃費、騒音等のエンジン評価や冷却系システム評価などで定評のある GT-Suite の魅力をシニアエンジニアの Mike Arnett 氏に聞きました。

—GT-SUITE について教えてください。

Arnett 氏 Gamma Technologies 社が開発した GT-SUITE は、総合的な自動車モデルの開発において、燃費制御の検討、基本制御およびキャリブレーション開発、運転サイクル解析、またパワートレイン アーキテクチャ合成を検討するための幅広いプラットフォームを提供します。市場をリードする GT-POWER をベースにした GT-SUITE はリチウムイオンバッテリー、発電機、交流回路、制御部、ハードウェアと車内の冷却システム部品、車両力学、変速機、音響、排ガスの処理と流れなど自動車設計の基本構成の包括的なライブラリを提案します。このような構成要素はすべてシステムシミュレーションに用いられる 1 つのモデルにシームレスに統合可能なさまざまなサブシステムモデルの構築に利用できます。

—特に優れている点などを教えてください。

Arnett 氏 GT-SUITE は、システムレベルから実機のソルバまで数多くの強みを発揮します。システムシミュレーションに関心をお持ちの方々には、GT-SUITE の充実したテンプレートライブラリは総合的な自動車モデルの構築を通して、燃費制御解析、制御系の統合、最適化にご利用頂けます。また、GT-SUITE のテンプレートを利用することで多様な自動車サブシステムのより詳細な解析が可能となります。

GT-POWER は、燃焼、熱伝導、流体力学、音響解析を目的とした業界をリードする精密なエンジンモデルの構築に貢献します。排気口内の排出物のモデル化も可能なので、詳細な後処理システムの構築に役立ちます。一次元だけでなく、擬似的な二次元、三次元



的ソリューションも可能です。

ソフトウェアに同梱されている標準アプリケーションはそのまま利用することも、ユーザの目的に合わせて変更して利用することも可能です。エンジン細部のモデル化に加えて、詳細な冷却システムを設計するための拡張セットも用意されています。典型的な構成部品に用いられる冷却循環器の製作に加えて、エアコンや廃熱の再利用システムの解析も可能で、無流量環境下でも非常に安定しています。これらのサブシステムは、駆動系自動車力学モデルとして具現化されます。

このような異なる分野の複数のモデルをシームレスに一体化できることで、GT-SUITE はシステムシミュレーションの理想的なプラットフォームに位置づけられています。

—GT-Suite は、昨年 11 月に JMAG-RT の連携が可能となりました。具体的な利用シーンについて教えてください。

Arnett 氏 GT-SUITE は、仮想開発やシミュレーション産業を通じて数々の提携関係を築いてきました。このような提携関係により、GT-SUITE は他社製アプリケーションとの連携起動も万全です。フレキシビリティがユーザにとって双方のツールの価値をさらに高いものにしています。回転機械のモデル化において、GT は

JMAG-RT 形式のファイルを GT-SUITE で実行できるテンプレートを開発しました。この連携により、詳細なモータモデルの検証と車両モデルでの解析を可能にしました。自動車、制御系統、機器開発の各部門が連携しさまざまな検証に必要な機能をすべて備えた統合モデルの構築を可能にしています。制御装置開発、寸法設計、基本設計調整、燃料管理解析を JMAG-RT モデルを使って行えます。

また、JMAG-RT モデルを GT-SUITE 上に取り込む手順は、とてもシンプルです。GT-SUITE が用意しているテンプレート'JMAGMachine'(図 1)に、JMAG から書き出した RTT ファイルの保存場所を示すだけです(図 2)。ぜひご利用ください。

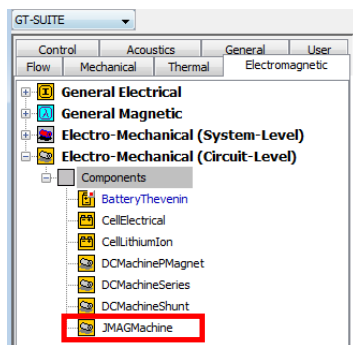


図 1 GT SUITE ライブラリーメニュー

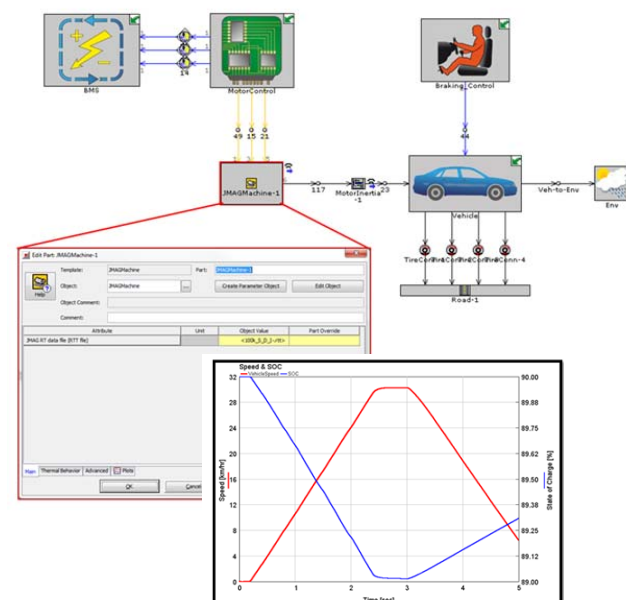


図 2 GT SUITE による加速/減速のシミュレーション
赤枠: JMAGMachine 設定画面
黒枠: 赤線 Speed 青線 State of Charge

—EV/HV 車など高度化、大電流化、複雑化するモータドライブシステムへの要求にこたえるためには、より高精度なモータモデルを使ったシミュレーション環境が必要となります。GT-SUITE と JMAG の連携はモータドライブシステムシミュレーションを強力に支援します。より詳細な情報をお聞きになりたい方は、弊社担当営業までお問い合わせください。

info@jmag-international.com



Gamma Technologies, Inc.

住所: 米国 イリノイ州 60559 ウェストモント オークモント レイン スト 220,601

Tel. +1(630)325-5848

Fax. +1(630)325-5849

事業概要

Gamma Technologies, Inc. Gamma Technologies 社(以下 GTI)は、GT-SUITE の CAE ソフトウェア“virtual vehicle and powertrain”を開発、ライセンス発行しています。このツールは、エンジン、パワートレイン、自動車業界での用途を目的に設計されました。GTI はソフトウェア製品の販売の他、ユーザサポート、トレーニング事業、また自社で所有する CAE ツールを用いたコンサルティング業全般を行っています。

GT-SUITE には、物理学ベースのモデルテンプレートのライブラリー式が格納されており、それには、流体、熱、機械、電気、磁気、化学、制御領域の各テンプレートが用意されています。それ以外に、さらに高度なモデルテンプレートも利用可能です。これらは、エンジン、自動車業界向けに特化した設計となっています。GT-SUITE アプリケーションには、エンジン、後処理、音響、冷却、自動車熱管理、自動車用変速機、駆動装置、ハイブリッド車、燃料噴射、燃料システム、潤滑油、油圧、エアコン、エンジン工学が含まれます。当社は、最先端のエンジンと自動車シミュレーションツールの構築ひとすじに進み続けます。また、綿密に設計したソフトウェアソリューションによりお客様に多大な生産性の向上をお届けするよう尽力します。

<http://www.gtisoft.com> (英語版サイトのみ)

日本代理店

株式会社 IDAJ

Tel. 045-683-1971

Fax. 045-683-1901

イベント情報

第5回 次世代の電磁界解析セミナー ～モータの高精度損失解析の実務への展開～

今回で第5回となる次世代の電磁界解析セミナーを去る7月23日にトラストシティカンファレンス丸の内にて開催いたしました。テーマを”モータの高精度損失解析の実務への展開”と設定し、材料、測定、アプリケーション、そして解析技術に関して、それぞれの分野の第一人者を講師に招き、今後のモータ開発における損失解析への要求を示すとともに、現在開発されつつある最先端の損失解析技術・評価技術について解説していただきました。このセミナーを起点として、皆様の今後の損失解析の方向性を見出す場となったとすれば、喜ばしい限りです。

開催概要

主催：株式会社 JSOL

日時：2013年7月23日(火)13:30～20:00（懇親会含む）

場所：トラストシティカンファレンス・丸の内（東京駅日本橋口直結）

参加者：165名

URL：http://www.jmag-international.com/jp/seminar/op/new_mag.html

開催趣旨

近年の日本を覆う環境問題、エネルギー問題は電気機器への省エネルギー要求をさらに厳しいものにしていきます。特に電力消費の半分以上を占めるといわれるモータの高効率化には継続的な改善が期待されています。このような状況で高効率であることは付加価値ではなく必須条件となりつつあります。

モータの高効率化のために、大型機での長年の努力は言うに及ばず、中小型機に関しても HEV やエアコンを中心に 20 年ほど前から精力的な研究開発が続けられてきました。その結果として、モータおよびそのドライブ技術は大きな進歩を遂げました。

この進歩の過程で、モータの設計開発にコンピュータを使った電磁界解析技術が取り込まれ、電磁界解析は先進的なモータ開発にはなくてはならない技術になりました。特に、損失評価や分析、損失を最小化させるための損失解析はモータの高効率化に大きく寄与しました。

ところが、ここに来て解析技術に新たな課題が見えてきました。モータが進化し、更なる損失の低減を要求されてきたため、解析に求められる精度は格段に高まり、これまでの解析技術だけでは不十分な場面が出てきました。そのため、新しい損失解析技術が望まれています。これに対し、解析技術研究の分野では材料測定と組み合わせた新しい方法が開発され有効性が確認されつつあります。

本セミナーでは、それぞれの分野の第一人者を講師に招き、今後のモータ開発において損失解析への要求を示すとともに、現在開発されつつある最先端の損失解析技術・評価技術について解説いただくことを目指しました。また、セミナーを起点として、参加者の方々と今後の方向性をディスカッションいたしました。

高精度損失解析に必要な四分野の技術

冒頭で述べましたようなエネルギー問題を受け、電気機器への高効率化要求が益々高まっています。一方で、高効率化つまり

は低損失化の取り組みは今までも積極的になされてきており、コストを維持したまま損失を低減することは例え 1%でも容易には成し得ない状況にあります。

この状況を打破するには何が必要なのでしょう。ひとつは材料特性を活かし切ることだと考えました。言うは易く行うは難し。材料特性を活かし切るためには関連する四分野である、材料分野、測定分野、アプリケーション分野、解析分野の英知を結集する必要があること、その内の三分野は私たちでは力不足であることに気付きました。そこで、各分野を代表する講師の方々の御指導をいただきながら、最良の解析機能を開発し、皆さまに提供したいと考えました。

一つ目の分野は測定技術です。例えば電磁鋼板磁気特性のマイナーループを含めた挙動、温度依存性、周波数依存性、加工劣化による損失への影響を正しく把握することが必要です。これには精緻な測定装置、技術が必要です。この分野から同志社大学の藤原先生をお招きしました。

二つ目の分野はアプリケーション技術です。モータやトランスといった電気機器の特性を理解し、それに適した材料に適した加工を施し、適した場所に配置する必要があります。加えて、例えばモータがインバータで制御された事象についても理解する必要があります。この分野には、電気機器設計、制御の知識と経験が必要です。モータ開発の将来像を芝浦工業大学の赤津先生に描いていただきつつ、大型回転機分野から三菱電機の米谷様、中型回転機分野からはダイキン工業の山際様をお招きしました。

三つ目の分野は材料の開発技術です。材料を活かしきるような製品設計が追究された結果、より詳細な細部への設計要求が明確になりました。実現には、材料を正しく測定・解析する技術と、材料を開発する技術が必要です。材料の分野から JFE スチールの戸田様をお招きしました。

測定・アプリケーション・材料の三分野の橋渡し役となる四つ目の分野である解析技術の開発を、私たち JMAG が引き続き務めさせていただければ幸いです。

最後に

予想をはるかに上回る参加申し込みをいただきましたことから、本セミナーのテーマであった”モータの高精度損失解析の実務への展開”に対する関心の高さを再認識いたしました。また、講師の方々からも非常に興味深い御講演をいただきました。この場をお借りして改めて御礼申し上げます。

当日にとらせていただきましたアンケートの結果から、90%以上の方が損失解析をモータ設計における優先課題と考えられており、98%の方が誤差 10%以内の精度での損失評価を求めておられることが分かりました。一方で、自社で材料測定を行なえる状況にある方は 21%でした。JMAG では引き続き損失解析の精度向上に向け技術開発を進めると共に、お使いいただける材料データの整備も行なってまいります。

セミナー後には、ささやかな懇親会を行わせていただきました。セミナー中の講演から質・量ともに高い情報がインプットされ、それを爆発させたかのように、非常に熱のこもったディスカッションが行われておりました。また、沢山の方から JMAG に向けての激励のお言葉も頂戴いたしました。本セミナーの様子は「イベント開催レポート」でもお伝えしています。 **J**

(鈴木 雄作)

セミナープログラム

13:40	これからのモータ開発と望まれる解析技術: 芝浦工業大学 工学部 電気工学科 准教授 赤津 観 氏 2020 年をターゲットとしたモータの開発動向とそれに伴う必要解析技術について述べる。背景には省エネ要求、レアメタル供給不安、新興国の台頭等によるモータ開発スピードの一層の高速化要求がある。一方で、開発対象は従来の永久磁石同期モータから多種多様なモータに移行しつつあり、かつ個別の解析内容も電磁界だけでなく応力、振動、熱、回路、制御等の multi physics の解析が当たり前となってきた。このような背景のもと、2020 年までのモータ開発ロードマップをベースに今後必要となるモータ開発およびそのモータ開発を行うための解析技術に焦点をあて、現状技術を認識した上での次世代電磁界解析技術を述べる。
14:20	磁性材料の特性評価とモデリング技術の進展: 同志社大学 理工学部 電気工学科 教授 藤原 耕二 氏
15:00	大規模損失解析の課題: 三菱電機株式会社 先端技術総合研究所 電機システム技術部 米谷 晴之 氏 発電機の端部部材に発生する渦電流解析など、大型回転機における大規模損失解析の実例を示し、解析を行う上で必要となる解析システムの構築を示す。また、大規模解析を実用化するための問題点を示す。
16:00	PM モータにおける損失解析の実情と課題: ダイキン工業株式会社 環境技術研究所 主席研究員 山際 昭雄 氏 電気学会で提案されている IPMSM モデル、および NEDO の Li-EAD プロジェクトで実施した PMASynRM において、JMAG を用いた損失解析の結果と実測との比較を行い、現状の損失解析レベルを紹介する。また、今後、実用面で必要となる損失解析の課題についても紹介する。
16:40	無方向性電磁鋼板の開発・利用技術の最新動向: JFE スチール株式会社 スチール研究所 電磁鋼板研究部 主任研究員 戸田 広朗 氏 近年、エネルギー効率利用の観点から、モータに対する高性能化・省エネルギー化の要求はますます厳しくなっており、鉄心材料である無方向性電磁鋼板にも更なる高性能化が求められている。本発表では、無方向性電磁鋼板の特徴と従来製品について述べた後、新規・高磁束密度材(JNP シリーズ)の磁気特性とそのモデル誘導モータへの適用・評価結果について報告する。また、電磁鋼板は、コンプレッサー用モータなど、圧縮応力が付与された状態で使用される場合もあるが、圧縮応力下の鉄損は、無応力下に比べて大きく増加することが知られている。その鉄損劣化を抑制するには、電磁鋼板の磁歪低減が効果的であり、特に磁歪がゼロとなる 6.5%Si 鋼では圧縮応力付与による鉄損劣化が極めて小さいこと、また、鋼板表層の Si 量が 6.5%で、板厚方向に Si 量分布を有する Si 傾斜磁性材料でも圧縮応力下の鉄損劣化が非常に小さいことを述べる。
17:20	JMAG の取り組み: 株式会社 JSOL 山田 隆 電気電子機器の小型化・高効率化を達成するには、電磁界解析による損失の高精度な推定が必須となっています。弊社 JSOL では、JMAG 1st バージョンのリリース以来30年、様々な技術開発を行いお客様の声に対応してまいりました。特にモータに対する損失解析については、その技術開発にどこよりも早く取り組み、Steinmetz の経験式を基にした鉄損計算ツールの提供、鉄損の材料 DB の搭載、応力依存性を考慮した磁界・損失解析機能の提供など、多くのユーザー様にこれら機能を使用していただけてきました。 また同時に、回路・制御を考慮した損失解析手法を提案、実機モデルとの検証を通じてその有用性を示すことで、ユーザー様に利用技術も提供してまいりました。 しかしながら、昨今の更なるモータの高性能化への要求に対しては、これまでの損失解析では不十分であり、いくつかの課題がクローズアップされるようになって来ました。例えば、ヒステリシスを考慮して鉄損計算精度を上げたい、上の鉄損ツールではエネルギー収支は保たれるのか？、誘導機のスキューを考慮するのは計算時間がかかりすぎてしまう、...といった課題です。 現在JSOLでは、損失高精度計算のためのこれら課題に対する取り組みとして、ヒステリシス材料データベースの搭載、回転機における渦電流損失・ヒステリシス損失の高速計算機能の開発、ロータスキューを有する回転機の高速計算、などの技術開発を続けております。 本セミナーではこれら技術開発の一端御紹介すると共に、損失高精度計算に対する開発ロードマップをお示しいたします。是非弊社の取り組みに対する皆様の御意見を頂戴したいと思います。
18:00	懇親会 セミナーで得た密度の濃いインプットをもとに、損失解析をテーマとした技術交流が盛んに行われました。

イベント情報

JMAG ユーザー会開催案内

今年の JMAG ユーザー会の参加申し込みは 10 月に開始いたします。JMAG ユーザー会は御参加いただく技術者同士のコミュニケーションを重視し、企画を立てております。電磁界解析の技術動向や利用状況などの情報を収集する良い機会ですので、ぜひ御参加ください。

JMAG ユーザー会 in JAPAN

開催概要

主催：株式会社 JSOL

日時：2013 年 12 月 4 日(水)～5 日(木)

場所：東京コンファレンスセンター(東京・品川)

URL：<http://www.jmag-international.com/jp/conference2013/>



ユーザー会全体像

私たちは、JMAG ユーザー会がお客様同士のコミュニケーションの場となるような機会を提供したいと考えております。今年も、JMAG の初心者の方からベテランの方まで、熟練度の差に関係なく有用な時間を過ごしていただけるよう、コンテンツを豊富に用意いたします。ユーザー会にまだ参加したことがない方でも安心して御参加いただけます。

講演

基調講演を始め、各分野の第一人者をお招きし、モータ、誘導加熱、トランスなど様々なセッションごとに、海外も含めた最新の技術トピックスや JMAG を使用した解析事例などを御講演いただきます。

ワークショップ&セミナー

昨年好評をいただいたワークショップとセミナーを今年も実施します。ワークショップは解析技術の方向性や JMAG の機能要望などを自由にディスカッションしていただく技術交流の場として御活用いただけます。セミナー(レクチャー)は開発者自らがプレゼンターとして機能について紹介し JMAG を深く知っていただくと共に、フィードバックを受ける事を目的としています。セミナー(ハンズオン)は文字通り、マシンを触っていただきながら JMAG を体験していただけるので新しい解析分野への挑戦を考えている方に最適です。

●ワークショップテーマ

構造・振動解析モデリング	モータや変圧器の振動解析のモデリング方法についてレビューを行います。 JMAG にも磁歪の計算機能や過渡構造解析への対応など新機能が追加されています。 新機能のご紹介を中心に開発方針に対するレビューをしていただき、今後モデリングにいて取り組む課題(精度、考慮すべき現象など)について意見交換いたします。
ここまで出来る JMAG の誘導加熱解析	生産技術として利用される誘導加熱現象を詳細に解析するためには、電磁気、熱、構造のマルチフィジックス解析が必要になります。これを如何に実務的に行うかということに関してのレビューを行います。
大型変圧器 最新解析事情	大型変圧器のモデリング方法についてレビューします。 細部部品のモデル化の課題となっている薄板のモデル化や大規模問題などに対して JMAG に機能が追加されております。大型変圧器の解析要求に対する JMAG の機能のレビューと今後取り組むべき課題について意見交換いたします。

高精度材料モデリング	JMAG-Designer Ver.13 で新たに追加された高精度損失解析機能を中心に加工歪など材料モデリング機能についてご紹介させていただき、高精度材料モデリングに関して情報交換いたします。
パラメトリック解析、最適化実践的活用法	JMAG の最適化機能は簡単に使えるのがポイントです。JMAG-Designer Ver.13 で更に使いやすく改良されました。パラメトリック解析と合わせて最適化解析の活用方法について提案いたします。
スモールマルチフィジックスの提案	マルチフィジックスを考慮するためには、複数のモデルを作成する、異なるソフトウェアとの連携を行うなど操作コストがかかるのが課題です。JMAG はマルチフィジックスを考慮するためのインターフェースの改良をすすめており、操作コストを大幅に低減します。複雑なマルチフィジックスを簡単に行える、スモールマルチフィジックスのアプローチを提案いたします。
多目的ファイル入出力ツールでつながる電気モデルと機械モデル	JMAG の解析結果を他のソフトに渡したい(例; JMAG 磁界→他社構造)といったリクエストのもと、多目的ファイル入出力ツールを開発いたしました。連携すべきソフト数が多く、利用目的も多様化しておりますので、この機会に皆様の要求にどの程度応えられているかのレビューしていただきます。
JMAG-RT モデルのさらなる活用にむけて	JMAG-RT モデルをより活用いただけるためには JMAG-RT はどうあるべきかについて意見交換いたします。今年度、JMAG は課題となっていたモデル生成時間の短縮に取り組んできました。その成果についてレビューしていただくとともに、モデル生成を行う側、モデルを利用する側(制御、システム設計、ECU 検証)の両方の視点から今後取り組むべき課題について意見交換いたします。
解析データの再利用	「以前に同じような解析を行ったが…」、「過去に行った計算の効率だけをすぐに参照したい…」と思ったことはありませんか？ 解析データ(モデル、結果)を有効活用、再利用する方法について意見交換をさせていただきます。
JMAG 社内教育のすすめ	JMAG の社内展開を考える際に、どのような運用マニュアルを整備すべきか、社内教育どうすすめるか、などでお困りになったことはありませんか？ JSOL から幾つかのケーススタディを提案させていただき、皆様と意見交換させていただきます。

●セミナー(レクチャー)テーマ

JMAG-Designer Ver13.0 の御紹介	JMAG-Designer の最新バージョン、Ver13.0 でご提供する新機能を紹介します。
JMAG の形状モデリング機能はこう使う	JMAG の形状モデリング機能の強化を図ってまいりました。本セミナーでは一般的な機能紹介ではなく、より実際の形状に近づけるためにはモデル作成をどのように行うべきかを示します。
JMAG の結果評価、分析機能活用法	従来のコンター図、ベクトル図、磁束線図、セクショングラフに加えて、応答グラフ、結果差分、分布量 FFT などの機能を結果処理に追加しています。これらのポスト機能の具体的な活用方法を御紹介します。
JMAG で高精度な計算を高速に行う	高速と高精度、一般的にこれは二律背反の関係にあります。JMAG では、解析目的に特化した機能開発を行うことで、これを実現します。事例を通じて機能を紹介します。
直動機向け JMAG ソリューション	アクチュエータ、電磁弁、インジェクタなど直動機の解析のための JMAG 機能について事例を通じて紹介します。
JMAG-Express で誘導機を設計する	ソフトウェアとしてではなく、設計ツールとしての JMAG-Express を提案します。誘導機の設計プロセスおよび T 型等価回路による設計案検討方法を紹介します。
JMAG-Express で IPM モータを設計する	ソフトウェアとしてではなく、設計ツールとしての JMAG-Express を提案します。IPM モータの設計プロセスを通じて、JMAG-Express が設計に有用なツールであることをお見せします。

●セミナー(ハンズオン)テーマ

JMAG で始める誘導加熱解析	高周波焼入れなどの熱処理に始まり、IH 調理器など幅広い分野で誘導加熱現象が JMAG は利用されています。JMAG を使ってどのような解析が出来るのか実際に体験していただきます。
体験セミナー 高周波トランス & 非接触給電	これから解析を始める方を対象にスイッチングトランス、リアクトル、非接触給電装置の解析を体験していただくハンズオンセミナーです。
汎用電磁界解析ソフトウェア JMAG-Designer 体験セミナー	電磁界解析ソフトウェア JMAG-Designer を操作し、直感的な GUI、豊富な材料データベース、高精度メッシュ、高速計算、パワフルな結果処理を体験いただきます。
解析自動化プラットフォーム JMAG-VTB 体験セミナー	電磁界解析や連成解析が多機能化、高度化する一方で、ある評価目的に対して適切な条件を選択する作業がときに複雑なものになっています。JMAG-VTB は、この複雑化した作業を自動化するためのプラットフォームです。実際に操作いただき体験して下さい。

展示ゾーン

最新バージョン JMAG-Designer Ver.13.0 をリリースに先駆けて展示ゾーンの JMAG ブースにて披露します。新機能や改善され

た機能をいち早くお試しください。

また、材料 DB にご提供いただいている材料メーカーをはじめ、ハードウェア/ソフトウェアのベンダー、内外の計測器メーカー、試作・設計コンサルティング会社など、様々な JMAG のテクニカルパートナー企業にもご出展いただく予定となっています。JMAG ユーザー会では、パートナー企業を通じて電気機器の開発に有用な様々な情報を提供します。

スポンサー

会社名	出展内容
ETAS K.K.	HIL test system for motor controls with high fidelity FPGA-based JMAG-RT model ETAS LABCAR is the high-end hardware-in-the-loop test environment for all automotive applications. The system is used for closed-loop tests of motor controllers of electric or hybrid electric vehicles. Therefore, the motor controller is connected to the ETAS open and flexible FPGA board which contains a high fidelity inverter and spatial harmonics JMAG-RT model.
dSPACE Japan 株式会社 	JMAG 対応:FPGA ベースの高精度モーター-HILS ハイブリッド車両等に使われるモーターを HILS でシミュレーションする為にはより正確なモーター、インバータのモデルを高速に演算する必要がある。dSPACE ではカスタマイズ可能な Simulink ライブラリ(ASM EC Lib)及び FPGA のライブラリ(XSG EC Lib)を用意している。本展示では JMAG-RT から FPGA にインポートされた詳細モーター(空間高調波モデル)を使い、クローズループにてリアルタイムシミュレーションする HILS を紹介する。
SCSK 株式会社 	HP Z820 Workstation 究極のパフォーマンスを実現するハイエンドワークステーションである、HP Z820 を展示致します。 HP Z820 は、1 台あたり最大 16 コア、メモリ 512GB を搭載可能なマシンであり、卓越したパフォーマンスと水冷ユニットの静粛性を実現致します。 また、JMAG のパフォーマンス情報、最新のマシン情報、その他解析業務に関わる特典情報もご紹介致します。どうぞご期待ください。
TDK 株式会社 	NEOREC シリーズ(NdFeB 磁石) FB シリーズ(フェライト磁石) 粉体制御技術、独自のプロセス技術を駆使して、モータのあらゆる用途、形状、特性をカバーする多彩な製品を提案しています。加えて資源問題には早期から積極的に取り組み、希少元素の使用量を低減しています。希土類焼結磁石では、重希土類元素フリーNdFeB 磁石「NEOREC47HF」を量産化、一方フェライト磁石では希土類元素フリー「FB-9RF」の展開を図っています。
サイバネットシステム株式会社 つくる情熱を、支える情熱。 	JMAG 解析プロセスの大幅な効率化と、高度な解析を実現します！ ・開発期間の短縮が急務である。 ・設計の複雑化に伴い、複合領域解析が必須。 ・ロバスト性を考慮した設計に取り組みたい。 このような開発現場の課題を、Optimus は様々なソフトウェアとの柔軟な連携、計算効率の高い最適化アルゴリズムの適用により解決します。本展示では JMAG-Designer ダイレクトインタフェースを利用した最新事例の御紹介やデモンストレーションを実施します。
ディエスピーテクノロジー株式会社 	バーチャルモータを使用したトルクリップルを低減できるコントローラ トルクリップルを低減できるコントローラは JAMG-RT に対応したバーチャルモータを内蔵しています。トルク指令をコントローラ内のバーチャルモータに与え、制御した結果を実モータに電流指令として与える事により、大幅にトルクリップルを低減する事が可能となります。また電流センサレス制御も可能です。
メンター・グラフィックス・ジャパン株式会社 	仮想プロトタイプングでの包括的なシステム・モデリング・テクニック 昨今の EV や HEV では、パワー・エレクトロニクス、ソフトウェア、制御系、メカニカルなどさまざまなドメインの中でも特にモータモデルと他のコンポーネントの検証が重要視されています。マルチドメイン・シミュレータの SystemVision®と JMAG-RT で生成された、さまざまな抽象度とのインテグレーションについて展示します。
有限会社 モーションシステムテック	1. モータ開発・設計ツール「SPEED」の有効性を紹介する JMAGとリンクすることで高速・高精度を実現 2. モータ開発・設計・試作支援業務を紹介する シミュレーション結果を具現化して最終確認する。 試作リードタイム約2ヶ月
株式会社NEAT 	JMAG-RT 対応モータ HILS RT-LAB RT-LAB はカナダ OPAL-RT 社によって開発された、リアルタイムシミュレータです。 JMAG-RT と連携する事により、高精度なモータ HILS 環境を構築することが可能になります。
株式会社エー・アンド・デイ 	A&D のモータソリューションの紹介 A&D のモータ HILS 装置はハイブリッドカー(HV・PHV)や電気自動車(EV)のモータ制御システム開発を効率良く行うためのリアルタイムシミュレータを提供します。モータモデルは JMAG による解析結果から得たパラメータテーブルを利用することで、電流高調波を再現可能な空間高調波 PMSM モデルをサポートいたします。 エー・アンド・デイならではのモータソリューションをご覧ください。

優先参加受付(アーリーバード)の開始の御案内

9 月初旬に優先参加受付(アーリーバード)を開始いたします。

アーリーバードにご登録いただいた方には、一般受付に先駆けて参加申し込みを御案内いたします。期間限定受付ですので、お早目にお申込みください。

JMAG ユーザー会の開催までの間、WEB ページにて最新の情報や準備状況をご覧いただけます。皆様と会場でお会いできますことを楽しみにしております。 

(五十嵐 智美)

イベント情報

2013 年 9～12 月の出展イベント紹介

JMAG は国内、海外問わず積極的にイベントに出展しております。ぜひイベント会場では JMAG のブースにお立ち寄りいただき、我々の活動をご覧ください。ここでは、2013 年 9～12 月の出展イベントを紹介いたします。

Altair Technology Conference

開催概要

主催 : Altair Engineering, Inc.

開催地、日程 :

韓国(ソウル)、2013 年 9 月 6 日(金) : Hotel Conrad Seoul

中国(北京)、2013 年 9 月 9 日(月)～11 日(水) : Beijing International Exhibition Center

イギリス(ウォリックシャー)、2013 年 9 月 10 日(火) : Heritage Motor Centre

台湾(台北)、2013 年 9 月 13 日(金) : 集思交通部國際會議中心

アメリカ(カリフォルニア)、2013 年 10 月 1 日(火)～3 日(木) : Hyatt Regency Orange County

URL : <http://www.altairatc.com/Default.aspx>

Altair Technology Conference は、Altair Engineering 社が世界各国で開催するユーザー会です。各国で JMAG を紹介いたします。

IEEE Energy Conversion Congress and Exposition 2013(ECCE 2013)

開催概要

主催 : IEEE

日時 : 2013 年 9 月 15 日(日)～19 日(木)

場所 : Colorado Convention Center(アメリカ:コロラド)

URL : <http://www.ecce2013.org/>

IEEE 主催の学会である ECCE2013 に出展いたします。ブースでは JMAG の最新機能紹介や事例紹介、JMAG-Express と JMAG-RT Viewer のデモンストレーションを行います。

Coil Winding Chicago

開催概要

主催 : CWIEME LTD

日時 : 2013 年 10 月 8 日(火)～10 日(木)

場所 : Donald E. Stephens Convention Center(アメリカ:シカゴ)

URL : <http://www.coilwindingexpo.com/chicago/>

コイルや巻線に関する世界最大級の展示会である Coil Winding Chicago は全米から技術者が集まり、大型トランスや風力発電関連のブースが立ち並びます。JMAG ブースでは、モータやトランスの解析事例を中心としたデモンストレーションを行います。ブース内プレゼンテーションも必見です。

Saber 製品セミナー

開催概要

主催 : 日本シノプシス合同会社

日時 : 2013 年 10 月 17 日(木)

場所 : ミッドランドスクエア会議室(日本:名古屋)

Synopsys 社主催のセミナーにて、Saber と JMAG-RT の連携事例について御紹介をいたします。

MATLAB EXPO 2013

開催概要

主催 : MathWorks Japan

日時 : 2013 年 10 月 29 日(火)

場所 : ホテル グランパシフィック LE DAIBA(東京・台場)

URL : <http://www.matlabexpo.com/jp/>

MATLAB EXPO は MathWorks 主催のカンファレンスです。JMAG ブースでは、MATLAB/Simulink(Mathworks 社)に取り込むことができる JMAG-RT を体験していただけます。是非、連携解析の有用性を会場でお確かめください。

LMS European Vehicle Conference

開催概要

主催 : LMS International

日時 : 2013 年 10 月 29 日(火)~30 日(水)

場所 : Kempinski Hotel Airport Munich(ドイツ:ミュンヘン)

URL : <http://www.lmsintl.com/2013-european-vehicle-conference>

LMS Vehicle Conference がドイツでも開催されます。JMAG ブースでは、LMS Virtual.Lab と JMAG の音・振動解析の連携解析事例を御紹介いたします。電気機器の振動解析に課題をお持ちの方は是非 JMAG ブースに立ち寄りください。

SMMA 2013 Fall Technical Conference

開催概要

主催 : SMMA

日時 : 2013 年 11 月 5 日(火)~7 日(木)

場所 : Marriott Tampa Airport Hotel(アメリカ:フロリダ)

URL : <http://www.smma.org/>

SMMA は、約 120 の企業や大学がメンバーとして参画している、モータ、モーションコントロール関連のコンソーシアムです。JMAG ブースでは、モータ設計ツール JMAG-Express を使ったモータ設計事例を御紹介いたします。モータの基本特性を 1 秒で計算する JMAG-Express を会場でご体験ください。

■ ソリューション別セミナー開催（JMAG ユーザー会と併設開催）

開催概要

主催：株式会社 JSOL

日時：2013 年 12 月 4 日（水）～5 日（木）

場所：東京コンファレンスセンター（東京・品川）

対象者：磁界解析ソフトウェアの導入を検討されているお客様、トライアルを始めるお客様

今年は JMAG ユーザー会と併設で、JMAG ユーザー様以外にも御参加いただけるソリューション別セミナーを開催いたします。

関連のある講演と、ワークショップ、セミナーに御参加いただけます。

開催テーマ

- ・モータ設計 1（PMSM）
- ・モータ設計 2（誘導機）
- ・誘導加熱設計
- ・大型変圧器設計
- ・JMAG-Designer 体験セミナーも同時開催を予定

10 月初旬に募集開始いたしますので、万障お繰り合わせの上、御参加ください。

秋は、主に日本、ドイツ、アメリカでの活動をいたします。また、世界各国で出展やセミナー開催を計画しております。ぜひ WEB ページにて情報をご確認ください。皆様のご来場をお待ちしております。 

（五十嵐 智美）

イベント情報

JMAG イチオシセミナー紹介

今回は、電気設計者のための構造解析基礎講座について御紹介をいたします。受講いただきますと、磁界解析経験者が基本的な構造解析を自力で行えるようになります。

電気設計者のための構造解析基礎講座

開催概要

主催：株式会社 JSOL

日時：東京:9月26日(木)、11月14日(木)、2014年1月30日(木)

名古屋:10月28日(月)

大阪:10月25日(金)

場所：東京、名古屋、大阪の各 JSOL セミナールーム

対象：磁界と共に構造の問題にも取り組みたいとお考えの方

セミナー受講効果：磁界解析経験者が基本的な構造解析を自力で行えるようになります。

URL：http://www.jmag-international.com/jp/seminar/op/structural_analysis.html

JMAG には、磁界解析以外にも構造/振動解析機能があります。当該機能を活用することで設計対象の電気設計に留まらず、構造設計も同時に検討することができます。

これから磁界解析に加えて構造の問題にも取り組もうとされている方、是非、本セミナーに御参加ください。きっとあなたの製品開発に貢献できることでしょう。

プログラム

1.構造解析とは

ー変位を解く、材料構成式、磁気回路とバネ、構造解析フロー

2.構造解析のモデル化

ー片持ちはりモデル化、荷重、拘束、材料、メッシュ

3.構造解析結果評価

ー変位、応力、固有モード

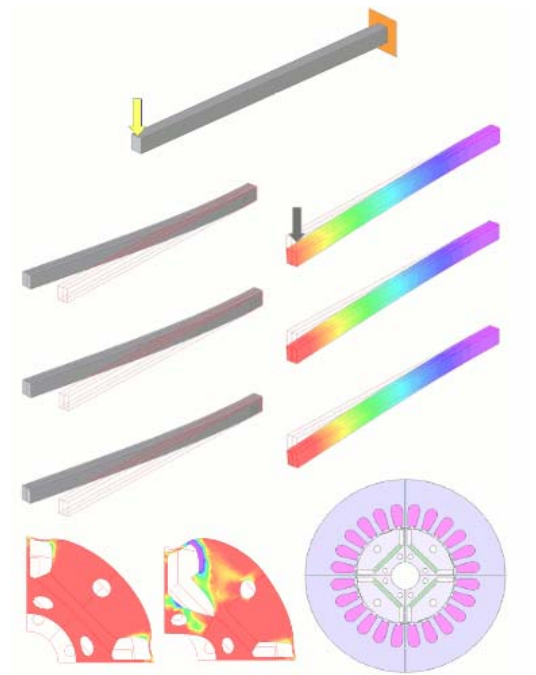
4.構造解析演習(ハンズオン)

ー片持ちはり：静解析、固有モード解析、周波数応答解析

ーモータ遠心力解析

ーバスバー熱応力解析

ーリアクトル振動解析



文責:五十嵐 智美

イベント情報

イベント開催レポート

2013 年 7 月～8 月に開催したイベントの様子をアテンド者が報告いたします。次回はぜひ、皆様も御参加ください。

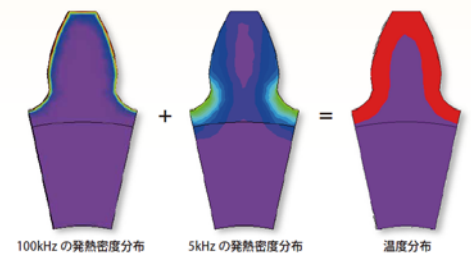
Thermotec 2013

開催概要

主催：一般社団法人日本工業炉協会
 日時：2013 年 7 月 3 日(水)～5 日(金)
 場所：東京ビックサイト(東京:有明)
 URL：<http://thermotec-expo.com/>



JMAGで計算した2周波法による温度分布



Thermotec は、工業炉・熱処理に関する展示会で 4 年に 1 度開催されています。

近年、JMAG も誘導加熱解析の提案に力を入れており、今回は初めて出展いたしました。他の出展社の多くは浸炭炉・誘導炉・電気炉のメーカーであり、それら加熱を支える技術として温度測定に関する展示をしている会社も多く見かけました。

JMAG のブースにご来場された方の多くは、誘導加熱コイルの設計に関心があっても解析は認知度が低いため、コイル設計のご相談をいただく場面が多くありました。ブース内では歯車の誘導加熱解析の事例のまとめと、薄板の均一加熱に関するコイル設計の事例を紹介いたしました。

展示会場や出展社講演では、高周波熱錬様や電気興業様を中心として、比較的多くの JMAG の解析事例を展示していただきました。皆様のご期待に応えるべく、同分野に関する解析環境を充実させていかなければならないと改めて感じる機会となりました。

(橋本 洋)

JMAAB Open Conference 2013

開催概要

主催：MathWorks Japan
 日時：2013 年 7 月 4 日(木)
 場所：東京コンファレンスセンター品川(東京・品川)
 URL：<http://www.mathworks.co.jp/company/events/conferences/jmaab-open-conference>

隔年で開催される JMAAB も今年で 6 回目となり、参加者も自動車業界の枠を超えて、さまざまなジャンルのメーカーから 350 名を超える参加者を集めて盛況に開催されました。JMAAB は各メンバーの会社の枠を超えたワーキンググループなどの活動を通して支えられていますが、今年はこれまでの活動の成果とこれからのあり方について講演を通してみる事ができました。

JMAAB の出展ブースは、HILS ベンダーである富士通テンも出展し、JMAG-RT 連携を展示していた相乗効果で JMAG のブースにも多くの来場者が立ち寄られ、お昼休みが終わるころには用意したパンフレット類が全てなくなるほどの盛況ぶりでした。ブースでは、JMAG-RT Viewer によるモータ特性のデモンストレーションや JMAG-RT を利用した自動車メーカーとサプライヤを結ぶサプライチェーン構築に向けたプレゼンテーションを行いました。

(西尾 隆行)

モータ設計のための電磁界の基礎と磁界解析実習 ～PC演習付～

開催概要

主催：日本テクノセンター

日時：2013年7月5日(金)

場所：日本テクノセンターセミナールーム(東京:新宿)

URL：<http://www.j-techno.co.jp/infos>

今年も、モータ設計に携わる方で電磁界解析の利用を考えている方に、電磁気学の基礎からJMAGを使った磁界解析を実習していただくセミナーの講師を弊社坂下が勤めました。

電磁気学の基礎については、ポイントになる電磁力と電磁誘導、材料の取り扱いについて直感的に理解していただける内容になるように心がけました。また、実習では一通りのモータ解析手順をハンズオンで体験していただきました。電磁界解析自体の面白さや、初心者でも簡単に解析を始められる JMAG に魅力を感じていただけたようです。

(五十嵐 智美)

MATLAB EXPO in 浜松

開催概要

主催：MathWorks Japan

日時：2013年7月10日(水)

場所：アクティシティ浜松 コンgressセンター(静岡:浜松)

URL：<http://www.mathworks.co.jp/company/events/seminars/seminar77612.html>

MathWorks Japan 主催の MATLAB EXPO in 浜松に出展いたしました。セミナーでは主に、自動車業界で行われているモデルベース開発事例紹介や MathWorks 製品の機能が紹介されました。

日産自動車株式会社パワートレイン開発本部の柿崎様の講演にもありましたが、モデルベース開発の裾野が着実に広がっていることを実感いたしました。JMAG ブースにも多くの来場者に立ち寄りいただき、連携事例などをご覧いただきました。

JMAG の次のステップとして、モータなどのプラントモデルの益々の高精度化、データベース化が挙げられ、JMAG もモデルベース開発に貢献してまいりたいと思います。

(鈴木 雄作)

TECHNO-FRONTIER 2013

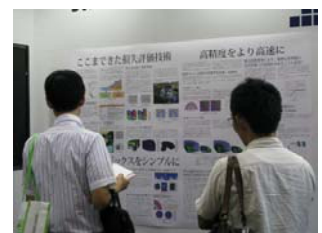
開催概要

主催：日本能率協会

日時：2013年7月17日(水)～19日(金)

場所：東京ビックサイト(東京:有明)

URL：<http://www.jma.or.jp/TF/>



東京ビックサイトで開催された TECHNO-FRONTIER 2013 は晴天にも恵まれ連日 3 万人を超える来場者が集いました。

JMAG ブースでは、6 月にリリースした JMAG-Designer Ver.12.1、モータ設計ツール JMAG-Express と、JSOL がリードするモータシミュレーション技術を御紹介しました。ご存知のとおり、モータは性能向上を目指して激しい技術競争が繰り広げられています。実測できない物理現象を捉え現象を分析したり、実測テストが困難な状態を評価したりするためにも FEA は欠かせない技術です。また、効率化、高精度化を求め、モデルベース開発の波はモータ設計にも迫ってきています。磁界と熱、構造、制御それぞれに対しての JMAG ならではのアプローチ法をプレゼンテーション等で御紹介いたしました。また壁新聞では、JMAG が取り組んでいる損

失評価技術の詳細と高精度高速化の御紹介記事をご覧ください、J MAG の技術の関心の高さに興味を抱いた方も多かったようです。来年もパワーアップした企画で皆様に J MAG をお届けいたしますので、ぜひブースにご来場ください。

(五十嵐 智美)

第 5 回 次世代の電磁界解析セミナー ～モータの高精度損失解析の実務への展開～

開催概要

主催 : 株式会社 JSOL

日時 : 2013 年 7 月 23 日 (火) 13:30～20:00(懇親会含む)

場所 : トラストシティカンファレンス・丸の内 (日本:東京・丸の内)

定員 : 200 名

URL : http://www.jmag-international.com/jp/seminar/op/new_mag.html



J MAG が取り組んでいる損失解析について、それぞれの分野の第一人者を講師にお招きし、今後のモータ開発において損失解析への要求を示すとともに、現在開発されつつある最先端の損失解析・評価の方法について講演いただきました。

講演の内容は、材料の応力下での損失の特性、モータの開発スピードについて具体的な説明を加えた磁場解析技術の将来像、大規模モデルならではの課題や問題点などを解説いただきました。有益で聞きごたえある内容だったのではないのでしょうか。

講演後には懇親会を行い、講演者との交流はもちろん、参加者同士または弊社エンジニアとの交流をお楽しみいただきました。J MAG が主催するイベントの中で懇親会を持たせていただくことが久しぶりであったためか、議論が大いに盛り上がりました。懇親会の中では、セミナーのテーマであった損失解析に留まらず、モータ設計ツール J MAG-Express や J MAG-Designer の新機能に関するフィードバックもいただくことができました。ありがとうございました。

今後、J MAG はますます損失解析に力を入れていきます。今後の J MAG の活躍をお楽しみに。

(五十嵐 智美)

NI Week 2013

開催概要

主催 : ナショナルインスツルメンツ株式会社

日時 : 2013 年 8 月 5 日 (月)～8 日 (木)

場所 : Austin Convention Center (アメリカ:テキサス)

URL : <http://www.ni.com/niweek/>

ナショナルインスツルメンツ株式会社(NI)は米国テキサス州オースティンに本社を置く、計測器・制御メーカです。その最大の技術イベントである NI Week が開催され、米国はもちろん世界各国から幅広い技術分野の参加者が集まる盛会となりました。

会場では、運用事例や開発経緯を交えた最新技術動向の紹介をはじめ、多彩な実演を含む製品展示やワークショップが開催され、参加者の交流と活気ある議論が広がっていました。

J MAG は NI と共に J MAG-RT による高精度 HILS についての発表を行いました。インバータや ECU を含めたモータドライブの適用事例やデモ、さらに開発が進むモータ解析ツールキットも紹介され、高精度 HILS 環境の一層の拡充を実感いただける機会になったと思います。

(小川 哲生)

今回は、日本で開催した展示会やセミナーを中心にレポートいたしました。J MAG は技術支援だけでなく、お客様の高精度、高効率化の一翼を担えるようこれからもよりよい製品を提供してまいります。

文責:五十嵐 智美

JMAGセミナーのご案内

JMAG では導入ご検討のお客様からご使用中のお客様まで、ニーズにあった幅広いセミナーをご用意しております。

導入ご検討中のお客様

体験セミナー

JMAG 体験セミナー

全ての方向け 無料

- ・PMモータ(3D)編
- ・モータ解析からRTモデル作成編
- ・誘導加熱編
- ・トランス編

ユーザー様、トライアル中のお客様

トレーニングセミナー

JMAG-Designer Ver.12.1 バージョンアップセミナー

全ての方向け 無料

- 内容： - 新機能および改善内容のご紹介、新機能を使った解析デモンストレーション
- JMAG-StudioのデータをJMAG-Designerで利用する方法デモンストレーション

JMAG 初級トレーニングセミナー

入門~初心者 有料

ハンズオン

- ・モータ編
- ・トランス編
- ・誘導加熱編
- ・センサー/シールド/電磁弁編

電磁界解析基礎講座

入門~初心者 無料

レクチャー

- ・電磁気学の基礎
- ・磁界解析入門

JMAG 中級・機能別セミナー

中級~熟練者 無料

ハンズオン

- ・回路
- ・最適化
- ・結果評価
- ・メッシュ、ソルバ
- ・自動化
- ・連携、連成
- ・形状作成
- ・材料

JMAG スキルアップセミナー

上級者 無料

レクチャー

- ・電磁界解析技術者養成講座
メッシュ / ソルバー / 形状作成、パラメトリック / 連成解析 / 回路連成解析 / 材料モデリング、鉄損 / 結果評価

WEBセミナー

Studioユーザのための JMAG-Designer クイック移行セミナー (録画)

全ての方向け 無料

- 内容： - jcfデータを用いたJMAG-Designerの活用法
- JMAG-Designerの形状編集機能クイック操作

JMAG-Designer Ver.12 バージョンアップセミナー (録画)

全ての方向け 無料

- 内容： - 新機能および改善内容のご紹介、新機能を使った解析方法
- JMAG-StudioのデータをJMAG-Designerで利用する方法

トピック別開催

主催セミナー

電気設計者のための 構造解析基礎講座

全ての方向け 無料

- 対象：電磁気設計と共に構造の課題にも取り組みたいとお考えの方
セミナー受講効果：電気設計者が基本的な構造解析を自力で行えるようになります。

お申し込み、開催日程はWEBサイトをご覧ください。

<http://www.jmag-international.com/jp/>

株式会社JSOL エンジニアリング本部

■東京 〒104-0053 東京都中央区晴海2丁目5番24号 晴海センタービル7階
TEL : 03-5859-6020 FAX : 03-5859-6035

■名古屋 〒460-0002 名古屋市中区丸の内2丁目18番25号 丸の内KSビル17階
TEL : 052-202-8181 FAX : 052-202-8172

■大阪 〒550-0001 大阪市西区土佐堀2丁目2番4号 土佐堀ダイビル11階
TEL : 06-4803-5820 FAX : 06-6225-3517

<http://www.jmag-international.com/>
info@jmag-international.com

※記載されている製品およびサービスの名称は、それぞれの所有者の商標または登録商標です。

【マークの見方】それぞれ次のお客様が受講可能です。  JMAG正規ユーザー様のみ  JMAG正規ユーザー様とトライアル中のお客様  JMAG導入検討中のお客様  すべてのお客様

体験セミナー（導入をご検討中のお客様）

JMAG 体験セミナー

対象者：磁界解析ソフトウェアの導入を検討されているお客様、トライアルを始めるお客様

開催会場：東京・名古屋・大阪（毎月定期開催）
受講時間：13:30～17:00
受講料：無料

 無料
全ての方向け

製品をご紹介するとともに、テキストに沿いながらご自身で解析を実習していただけます。実習内容を数種類用意しておりますので、お客様の実務に近いコースをお選びいただくことが出来ます。JMAG-Designerは解析経験の少ない人にも熟練者にも使いやすい電気機器設計・開発のためのCAEソフトウェアです。この機会に是非、JMAG-Designerの使いやすさをご体験下さい。

トレーニングセミナー（ユーザー様、トライアル中のお客様）

JMAG-Designer ver.12.1 バージョンアップセミナー

対象者：JMAGユーザー様

開催会場：東京・名古屋・大阪（毎月定期開催）
受講時間：13:30～17:00
受講料：無料

 無料
全ての方向け

JMAG-Designerの最新バージョンについてご紹介いたします。Designerの使いやすさをより向上させるために様々な機能を実装しております。実際に、操作をご体験いただけるハンズオンセッションを設けております。テーマ毎に小さなグループに分かれ、みなさまのリクエストを聞きながらすすめるので、みたいところ、知りたいところをじっくりとご確認いただけます。

JMAG 初級トレーニングセミナー

ハンズオン

対象者：JMAG導入を検討し、トライアル中の方／JMAGをご利用部署に新たに配属された方など／これからJMAGをご利用になる方

開催会場：東京・名古屋・大阪（毎月定期開催）
受講時間：12:30～17:15
受講料：30,000円（消費税別）

 有料
入門者～初心者

JMAGを使い始めたお客様向けに、解析対象をモデル化するために必要な基本的な知識や操作方法に重点をおいた、これからJMAGをお使いになるユーザー様向けのセミナーです。解析モデルの作成、材料設定の基礎から、解析結果までの手順を丁寧に説明しますので、JMAGの操作や概念など基本から学ぶことができます。お客様のニーズに合わせたコースをご用意しております。

電磁界解析基礎講座

レクチャー

対象者：JMAGの導入を検討されているお客様／JMAGでの解析をはじめたばかりの方

開催会場：東京（2013年8月28日）
受講時間：13:30～17:00
受講料：無料

 無料
入門者～初心者

磁気回路を設計する場合、磁束量に対して磁路が狭ければ磁束が溢れてしまいますし、逆であれば余計なスペースが無駄になってしまいます。また、電磁力やトルクを出すためには、うまく歪ませることが設計の焦点になります。本セミナーでは、開発を行うために必要となるであろう事柄に関して、JMAGを用いて解析と電磁気学や電気工学などが直観できるように、分かりやすく解説いたします。

JMAG 中級・機能別セミナー

ハンズオン

対象者：セルフラーニングシステムのプラクティスモード「学習する」を体験済みの方／JMAG（初級）トレーニングセミナーを受講済みの方／もしくは同等の経験を有する方

開催会場：東京・名古屋・大阪（毎月定期開催）
受講時間：13:30～17:00
受講料：無料

 無料
中級者～熟練者

形状作成や、回路連携など、JMAGの各機能にスコープを絞って、実際にお客様が効率的に精度よく解析いただくための情報を提供します。ハンズオン形式で実際に操作をしながらJMAGを習得いただくコースとなります。

JMAG スキルアップセミナー

レクチャー

対象者：JMAGをご利用中で、全回参加できる方

開催会場：東京（各テーマごとに毎月1回開催）
受講時間：13:30～17:00
受講料：無料

 無料
上級者

JMAGによる解析技術の向上を目指す方を対象とした電磁界解析技術者養成講座です。JMAGをお使いになるに当たって有用な解析ノウハウや情報を、月に1テーマ提供する座学形式のセミナーです。メッシュ、ソルバなどJMAGの機能にスコープを絞って、基礎的な考え方から、高度な応用方法までをお伝えします。新機能についても合わせてご紹介し、お客様が効率的な解析を行っていただくための情報を提供します。

WEBセミナー（遠方のお客様）

Studioユーザーのための JMAG-Designer クイック移行セミナー（録画）

対象者：JMAG-Studioをご利用のユーザー様

開催会場：インターネット上
受講時間：期間中は好きな時間に何度でも受講可能
受講料：無料

 無料
全ての方向け

JMAG-Studioをお使いの方で、JMAG-Designerへの移行を躊躇されているお客様に向けたWEBセミナーを開催します。JMAG-Studioで作成したデータを利用して、JMAG-Designerを簡単にお使いいただく方法をご紹介します。また、簡単な形状の作成方法もご紹介いたします。インターネットを使って録画セミナーをご覧いただけます。録画なので、好きな時間に受講することができます。

JMAG-Designer ver.12 バージョンアップセミナー（録画）

対象者：JMAGユーザー様、特にJMAG-StudioからJMAG-Designerへの移行をご検討いただける方

開催会場：インターネット上
受講時間：期間中は好きな時間に何度でも受講可能
受講料：無料

 無料
全ての方向け

本セミナーでは、2012年12月末にリリースいたしましたJMAG-Designer Ver.12について、2013年1月～3月に開催された集合セミナーの内容を抜粋してお届けします。インターネットを使って録画セミナーをご覧いただけます。録画なので、好きな時間に受講することができます。

