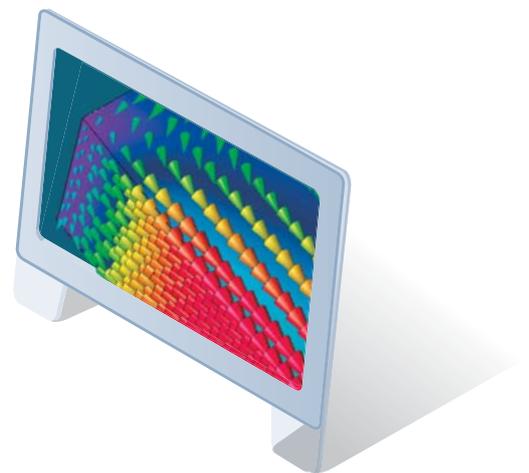


# JMAG Newsletter

## 2013 年 1 月号

今求められているのは、現象を正確にとらえること

JMAG は電気機器設計・開発のためのシミュレーションソフトウェアです。  
電気機器内部の複雑な物理現象を正確にとらえ、高速に分析します。  
強力な解析機能が設計・開発に新しい価値を創造します。



# 目次

## [1] JMAG導入事例

台湾国立成功大学モータ科学研究センター 様

## [2] プロダクトレポート

- JMAG-Designer Ver.12のご紹介 -

## [3] FEA解説 FEAが開発現場にもたらす効果とは何か?

- モータ設計にFEAは有効か? 第一回 初期設計に活用しよう -

## [4] JMAGを100%使いこなそう

- よくある問い合わせの中から -

## [5] JMAGを100%使いこなそう

- 第七回 条件に関するA to Z -

## [6] イベント情報

- JMAGユーザー会2012開催レポート -

- イベント開催レポート -

## [7] セミナーのご案内

- 定期開催セミナー案内 -



# 株式会社 JSOL

変える力を、ともに生み出す。NTT Data  
NTT DATAグループ

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](mailto: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 1月号のみどころ

皆様、本年も JMAG をよろしく願い申し上げます。

さて、今回のニューズレターは JMAG-Designer Ver.12 を中心にご紹介します。

昨年末にリリースいたしました、JMAG-Designer Ver.12 はダウンロードいただけましたでしょうか。各新機能開発担当からの開発にかけたメッセージをお届けしてまいります。ぜひ本記事をご覧ください、ご興味ある機能をお試しください。

また、JMAG 導入事例は、再生エネルギーの研究に取り組まれている、台湾国立成功大学モータ科学研究センター 謝旻甫 (Min-Fu Hsieh) 教授に JMAG への期待などをお聞かせいただきました。

その他、AtoZ では、磁界解析において頻繁に使用される条件について、その機能の特徴や使い方を、イベント情報では、2012 年 12 月に開催した JMAG ユーザー会 2012 の様子を参加者の声と共に振り返ってまいります。

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

# 台湾国立成功大学モータ科学研究センター様 再生エネルギー研究への JMAG 活用

去る 2012 年 5 月、台湾の JMAG 代理店 Flotrend 社主催で、台湾 JMAG ユーザ会を開催し、およそ 60 人の JMAG ユーザーにお集まりいただきました。

JMAG ユーザー会では、台湾国立成功大学モータ科学研究センター(The Electric Motor Technology Research Center (EMTRC))の研究員でもいらっしゃる Min-Fu Hsieh 助教授のご協力もあり、日本同様、活発な技術者交流が行われていました。本稿では、謝旻甫 (Min-Fu Hsieh) 教授の活動をご紹介します。

### —台湾国立成功大学モータ科学研究センターについて教えてください。

**謝旻甫教授** EMTRC は、台湾国内のモータ関連産業を支援するため、中国鋼鉄 (China Steel Corporation と共同で設立しました。

材料からシステムにわたるまで幅広く発展推進しています。Delta Electronics Inc., SUNON Industry Company, and Taiwan HITACHI Corporation 等々多くの企業を支援しています。

### —先生はどのような研究をされているのでしょうか。

**謝旻甫教授** 再生エネルギー(風力、波など)及び電気自動車が主となります。

レアアースや非レアアースの永久磁石モータ、非永久磁石モータ(例えば、ブラシレス二重給電又はリラクタンスモータ)、汎用磁気回路、着磁(特に後着磁技術)をテーマとして行っています。

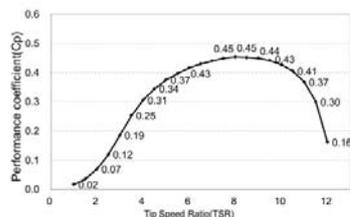
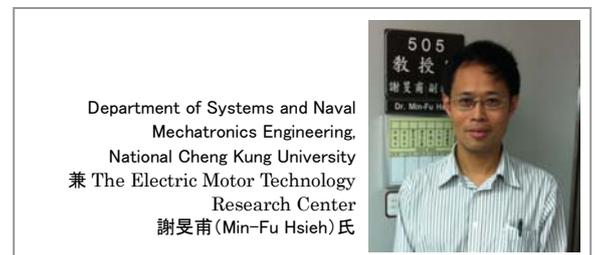


図 1 小さな風力タービンとその特性



### —先生のご専門である、電磁気学、再生エネルギーの現状について教えてください。

**謝旻甫教授** 電磁気学の応用範囲はとても広いですね。電子スピン、磁気コアメモリから、出力が数万ワットを超える風力発電機のような大型機まで、それらは、電磁気学と密接な関係をもっています。

学会でも、数多くの論文が発表されています。INTERMAG (IEEE 主催)には毎年数千の論文が投稿され、COMPUMAG や CEFEC にも毎回数百の論文が投稿されています。

近年、エネルギーやエコロジーについての関心が高まり、再生エネルギー、省エネルギーに関する技術の中で、特に発電機やモータが注目されるようになりました。これにより、電磁気学も大きく発展しました。

ここで、高温超伝導材料が大型風力発電機に使われ始めた事例を紹介しましょう。超伝導の線材やバルク材によって生じた磁場は、発電機のトルク密度や出力密度、効率を向上させることができます。その結果、増速機を不要とする直接駆動が可能となり、効率の向上に貢献できます。超電導技術は発電機にとって大変重要な技術となってくると考えられています。

一なるほど。発電機の効率向上へとつながるわけですね。発電機、モータの研究に関してもう少し詳しく教えてください。

**謝旻甫教授** 以前は、モータや発電機の開発時に効率の問題は重要視されていませんでした。

モータが様々な分野で利用されるとともに、省エネルギーや材料、システム制御などの技術も進歩し、高効率、高トルク密度、高出力を迫及した高性能モータを開発できるようになりました。これにより、ますます、多くの産業で高性能モータの開発が行われるようになりました。

例えば、エアコン用コンプレッサの駆動方法は、一定速度駆動から可変周波数駆動へ、さらに直流可変周波数駆動へ進化しています。

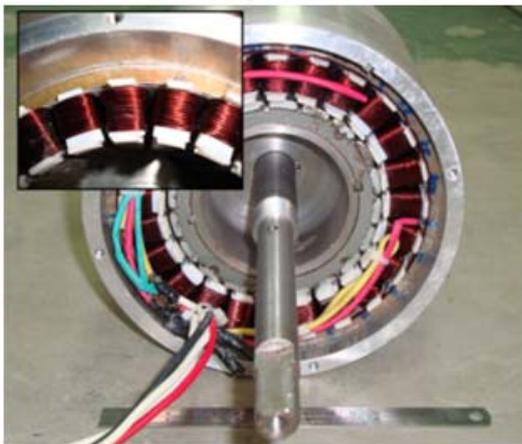


図2 永久磁石発電機(プロトタイプ)

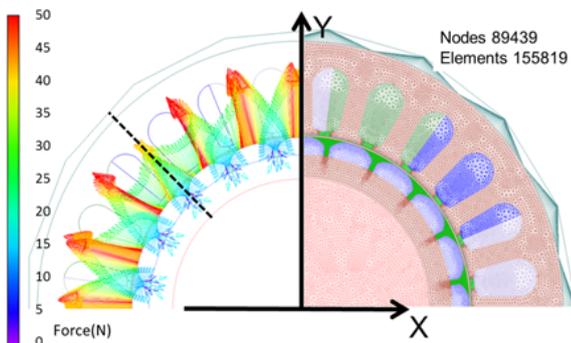


図3 JMAGの解析結果 左:電磁力 右:メッシュ

—モータに関する将来の展望はいかがでしょうか。

**謝旻甫教授** どのモータにも一長一短があります。どのような場面で使用するのか、コスト、体積、効率など、どの点を最重要視して開発するかに応じて、適切なモータの種類を選ぶ必要があります。

例えば、永久磁石モータ、AC モータとリラクタンスモータの3種のモータにはそれぞれの問題点があります。にもかかわらず、それぞれ異なるニーズを満たすため、いずれも電気自動車のモータとして使われています。

特に、一般的に成熟したモータだと言われているACモータについては、材料や設計方法について工夫することで高性能化が期待されています。今までACモータを視野に入れていなかった自動車業界もACモータの高性能開発に注目しています。

また、モータや発電機が高い性能を満たすためには、システムの中での整合性を考慮しなければいけません。今後、システム整合性についてますます重要になってくることでしょう。

—CAE への期待と人材育成について教えてください。

**謝旻甫教授** パソコンの性能向上や CAE ソフトウェアの発展のおかげで、モータの開発はかなり効率的になりました。

JMAG を使うことで、設計も正確さが増えています。だからこそ、CAE ソフトウェアを利用する人材の育成が産業界のキーポイントとなります。

人材を育成するためには、理論と実験、両方に重点を置く必要があります。

まず、基礎となる理論、知識を持っている技術者でなければ、CAE ソフトウェアを正確には扱えず、解析結果の検証、結果から物理現象を読み取る能力を持ってません。

そして、実験、実機試作の経験をもつことで、設計案の検証に CAE のパワーをより効果的に発揮させることができます。

台湾には優れた電機メーカーがありますが、研究能力は相当不足していて、中でもモータに関する CAE の人材が不足しています。そのため、CAE の人材育成は、

この産業の更なる発展のためには重要な課題といっても過言ではありません。

—最後にJMAG、JMAG台湾代理店のFlotrend社に一言お願いします。

**謝旻甫教授** Flotrend社が取り扱っているCFDソフトウェア、AcusolveとJMAGを組み合わせ、放熱のシミュレーションを行っています。Flotrend社はそれぞれのソフトウェアを熟知していて、短時間で立ちあげることができました。今後ますます、複数のシミュレーションツールを連携して使うことになるでしょう。サポートに期待します。

Min-Fu Hsieh 先生、どうもありがとうございました。

聞き手:FLOTREND CORPORATION 陳桂村



**Electric Motor Technology Research Center**

National Cheng Kung University (Chia-Jung Campus)

2F, Science & Technology Building

No.1, University Road Tainan 701, Taiwan

Tel: +886-6-2356783

Fax: +886-6-2356783

E-mail: em61130@email.ncku.edu.tw

[http://km.emotors.ncku.edu.tw/emotor/emtrc\\_en/index.php](http://km.emotors.ncku.edu.tw/emotor/emtrc_en/index.php)

# JMAG-Designer Ver.12 のご紹介

2012年12月にJMAG-Designer Ver.12をリリースいたしました。

本稿ではそれぞれの機能の開発責任者、担当者から注目ポイントをご紹介します。

## はじめに

私たちは、常に複雑な物理現象を高速かつ正確にとらえ、少ない操作で迷わず確実に結果を得ていただけるよう、日々開発を行っています。そして2012年12月に最新版JMAG-Designer Ver.12をリリースいたしました。

具体的な使い方については、バージョンアップセミナーなどで詳しくご紹介いたします。本稿では、各新機能開発担当からの開発にかけたメッセージをお届けしてまいります。

### ・シミュレーションエンジン

JMAGでは高速で安定したソルバー、メッシュの提供につとめています。Ver.12では、GPUへの正式対応、形状の自由度が高くかつ精度の良いメッシュを提供する拡張スライドメッシュをリリースします。

### ・物理モデリング

正確な分析を行うには精緻なモデリングが必要ですが、そのためにモデリングのためにいくらかでも時間をかけるわけには行きません。JMAGでは、精度と高速性を両立させたモデリング機能を提供します。Ver.12では、磁歪への対応のほか、積層鋼板の渦電流損失計算機能をリリースします。また、漂遊負荷損計算のため、コイルエンドモデリング機能、高調波電流の入力にも対応します。

### ・結果分析

より多くの設計パラメータの組み合わせについてシミュレーションを行うことで設計はより確実なものになります。JMAGでは結果を分析するための機能強化も図っており、V11では効率マップ、パラメトリック解析機能の強化につとめました。Ver.12では、最適化機能の搭載、差分評価、調波分析機能を追加します。

### ・より使いやすく

JMAGは電磁界解析を中心とした汎用のシミュレーションツールです。よりよいシミュレーションをしていただくために、多くの優れた機能を搭載しています。しかし、JMAGをご利用される設計者の多くは、解析の目的が決まっています。そこで、JMAGでは、モータ設計の方を対象とした、JMAG-Expressをご用意しています。Ver.12では、これまでのPMSM/IMに加えて、SRMにも対応しています。

また、モータ設計者以外の方にも、専用システムとしてご利用いただけるJMAG-VTBもインタフェースを新たにVer.2.0としてリリースいたします。

それでは、各機能について、みてまいりましょう。

## シミュレーションエンジン

### GPU対応

近年、グラフィックスの高速処理のためのハードウェアであるGPU(Graphics Processing Units)が注目されています。

そこでJMAGはいち早くGPUに対応しました。Ver.12.0では複数のGPUを並列して使用すること(マルチGPU)も可能となりました。

CPUとGPUの計算速度比較の一例を示しています(図1)。この例では、CPU4コアを使用する場合より、GPUを1ボード使用の方が約2倍近い計算速度となっています。マルチGPUにおいても、GPUのボードを増やすごとに計算時間が短くなっていることがわかります。

今後も更なる改良を続け、特にマルチGPUにおける処理速度の向上を図っていく予定です。

(三輪 将彦)

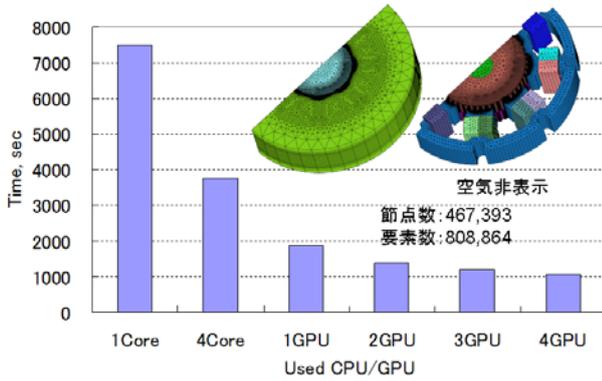


図1 HB ステッピングモータに対する GPU 適用例

使用計算機: CPU: Intel(R) Xeon(R) X5672@3.2GHz

GPU: Tesla C2070

※計算時間は求解部分のみで評価。

方程式の組み立てやファイル I/O の時間は除外。

## 拡張スライドメッシュ

回転機の三次元磁界解析を行う際のためのメッシュ生成機能として、JMAG ではスライドメッシュ機能と解析ステップごとにメッシュを生成する(パッチメッシュ)機能の2つを提供してきました。スライドメッシュ機能はスパッチメッシュ機能に比べて高精度な解析が可能である一方、適用可能な形状に制約がありました。そのため、ケースのある回転機やアキシシャルギャップタイプの回転機の解析を実施する場合には、パッチメッシュ機能を使用する必要がありました。

Ver.12 では、そのような回転機に対しても精度の良い解析を行うことができるよう、拡張スライドメッシュ機能を開発しました。この機能は、スライドメッシュ機能とパッチメッシュ機能を併用したものになっています。したがって、解析精度の観点から重要なエアギャップ部にスライドメッシュを張り、他の空気領域は解析ステップごとにメッシュを生成しなおすことで、解析精度の向上を図ることができます(図2)。

本機能は、JMAG が取り組んでいる回転機の高精度解析技術開発の一つの成果です。これまで、パッチメッシュ機能を用いて解析していた回転機モデルに対して、是非お試しください。

(松永 研介)

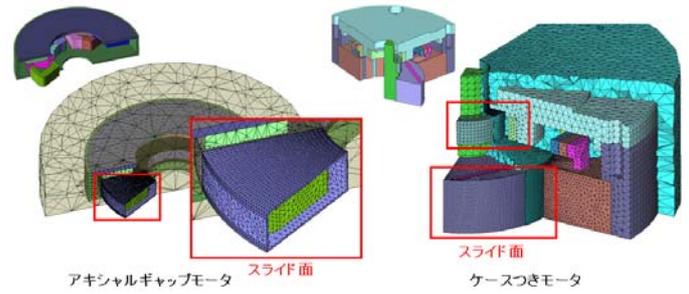


図2 拡張スライドメッシュ適用例

## 物理モデリング

### 磁歪への対応

電磁鋼板に磁束が流れると、磁歪が生じます。磁歪による形状の変化は微小であっても、電気機器に及ぼす影響は必ずしも小さいとは限りません。例えば、電力用変圧器では、磁歪は振動・騒音の主原因として考えられています。そのため、設計の際に磁歪に起因する騒音や振動を予測することは重要になってきます。

Ver.12 では、磁歪を考慮した構造・振動解析を行うことができるようになりました。磁界解析で求められた磁束密度を元に、磁歪特性を参照し、磁歪を生ぜしめる仮想的な力を磁歪力として計算します(図3左)。このようにして計算された力は、従来の電磁力と同様、JMAG の構造・振動解析で入力荷重として扱うことができます。また、磁歪力は電磁力設定ツールを介して他の構造解析ソフトウェアで利用することもできます。

変圧器のコアを対象に、磁歪による変位を解析した例であり、左右の脚が磁歪によって伸びていることが確認できます(図3右)。電力用変圧器のように試作が難しい場合であっても、本機能によって磁歪による影響を見積もることが可能になります。

JMAG では磁歪による振動・騒音課題のように、電磁界現象から派生した諸課題についても目を向け、電気機器の設計を強力にサポートしていきます。

(松永 研介)

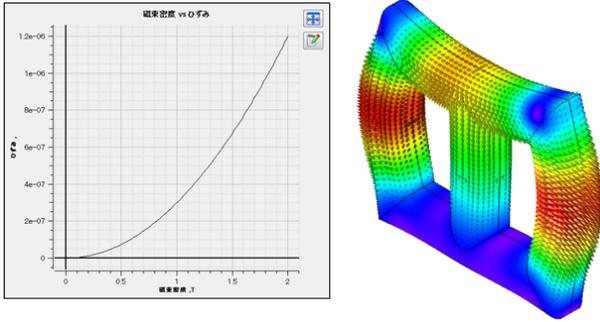


図3 変圧器鉄心における磁歪振動解析例

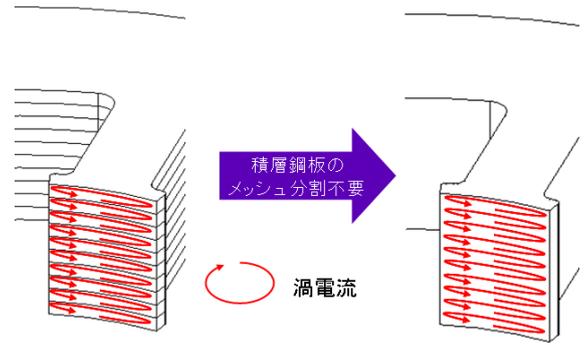


図4 本手法による積層鋼板内における渦電流分布イメージ

### 積層鋼板の渦電流損失計算機能

近年、回転機やトランスでは、電源の高周波化に伴い、積層鋼板内部に発生する渦電流損失が問題になっています。シミュレーションにおいて鋼板の損失を正確に見積もるためには、従来、積層鋼板1枚ごとに非常に細かなメッシュ分割を行い、三次元解析を行う必要がありました。その問題を解決すべく、簡単な設定で、鋼板内部の渦電流を考慮しながらの電磁界解析を可能にしました。

モータやトランスの積層コアにおける損失検討にお使いいただけるよう、三次元解析においてコアを塊として粗くメッシュ分割しても、内部で鋼板1枚ごとの渦電流を考慮した解析を可能にしました(図4)。また、二次元解析においても鋼板内部に発生する渦電流を考慮した解析が可能になります。たとえばトロイダルコイルモデルでは、従来三次元解析を行って求めていた積層内部の渦電流密度分布が、二次元解析でも得られます。

二次元回転機の解析に本機能を適用した例もご紹介いたします。本機能を適用することで、積層損失を考慮し、損失発生分だけ出力トルクが低下する様子が見られます。この例では、平均で8%のトルク低下につながりました(図5)。なお、高調波を考慮するため、電流電源において前節で示した高調波電流入力機能を使用しました。

従来の二次元解析モデルをそのまま流用できるので、設定はとてもシンプルです。積層の損失は気になっていたけど、三次元のメッシュを作るのが面倒と思われていた方は、是非お試しください。

(仙波 和樹)

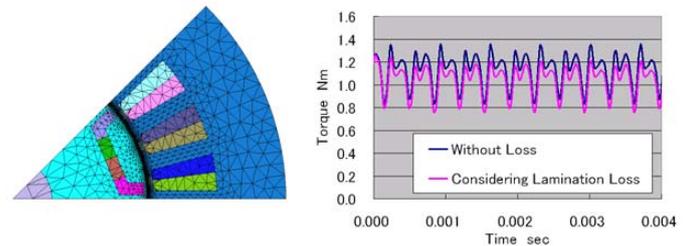


図5 二次元回転機での損失によるトルク低下

### コイルエンドモデリング機能

端部を含めた巻線形状のモデル化どのようにされていますか？ 漂負荷損のような物理現象を正確にとらえるには、巻線端部(コイルエンド)による影響は無視できません。しかし、この巻線端部の形状をCADで作るには、複雑な三次元スイープラインが必要となり、大変な思いをされた方もいらっしゃるのではないのでしょうか？

JMAG-Designer Ver.12 に新しく搭載されたコイルテンプレート機能なら、複雑な三次元スイープラインを定義する必要はありません。スロット数やピッチなどのパラメータを数値入力するだけで端部を含めた複雑な巻線形状を簡単に作成できます。また、コイルテンプレート機能では、巻線形状全体をモデル化できるだけでなく、事前に作成済みのコイルにスムーズに接続する形で端部のみをモデル化することもできます(図6)。ぜひお試しください。

Ver.12 のコイルテンプレートは、形状テンプレートの第一弾です。今後も巻線形状に限らず様々な形状テンプレートを追加してまいります。今後の形状テンプレートにもご期待ください。

(山下 優耶)

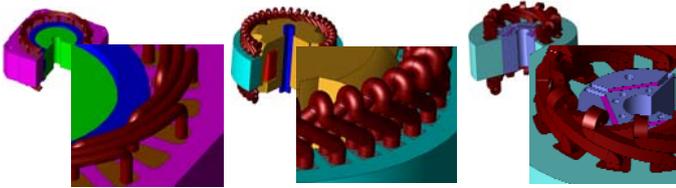


図 6 コイルテンプレートによるコイルエンドモデル化例

## 高調波電流の入力

電磁界解析において、簡単に高調波電流の設定が可能になりました。基本波の電流が設定されたデータを元に、高次の振幅および位相を瞬時に設定することができます。

最近では、PWM や回転機の高回転化により、駆動電流が高調波を含むケースが増えてきています。そのため、高調波電流の影響を電磁界解析で推定することが重要になっています。例えば電流波形制御において、基本波に高調波を加えることで出力が大きく変化することがあります。本機能を用いると、任意の次数の影響を簡単に評価することができます。

また、高調波電流には測定で発生するノイズが乗ることも多く、その状態で高調波鉄損の検討を行うと、本来ないはずの周波数成分が見えることになり、検討の妨げとなっていました。本機能により、実測の電流波形に対して調波分析を行い、主要因と思われる周波数成分のみを使用して電流波形を生成することが簡単にできます。

電磁界解析を使って高調波の影響を簡単に推定したいと考えておられる方には、大変おすすめの機能です。

(仙波 和樹)

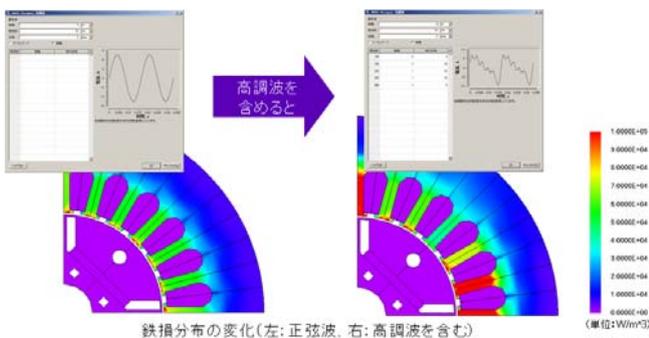


図 7 高調波電流入力

## 多目的ファイル出力

製品設計における要求は高まるばかりです。電気機器の設計においても、電磁気的な要求を満たすのは当然として、熱的にも振動騒音の面においても要求を満たす事が要求されます。この高い要求を迅速に解決するためには、電磁気設計と並行して熱設計、構造設計を並行して進めていく必要があります。

JMAG はこの開発課題の解決をサポートするため”多目的ファイル出力機能”を開発しました(図 8)。この機能により、JMAG で得られた高精度な電磁力分布や発熱分布を、他のソフトウェアでも簡単に活用することが可能となります。

JMAG で得られた高精度な解析結果(物理量の分布)を Nastran ファイル形式で出力します。汎用性の高いファイル形式なので、多くのソフトウェアで読み込み可能です。

- 他社のソフトウェアで作成されたメッシュモデルに、JMAG で得られた解析結果をマッピングします。別途マッピングツールを準備する必要がありません。Nastran 形式、Abaqus 形式、ANSYS 形式に対応します。
- JMAG の解析で得られる物理量を出力する事が出来ます。時間平均、区間平均、FFT 等の処理をした上で出力する事が出来ます。

JMAG はオープンインターフェースのコンセプトの元、他のソフトウェアとの連携性を高める事に力を入れてきました。従来の Abaqus 連携、LMS-Virtual.Lab 連携に加え、本機能開発により、解析結果の利用性が大きく高まりました。

(坂下 善行)

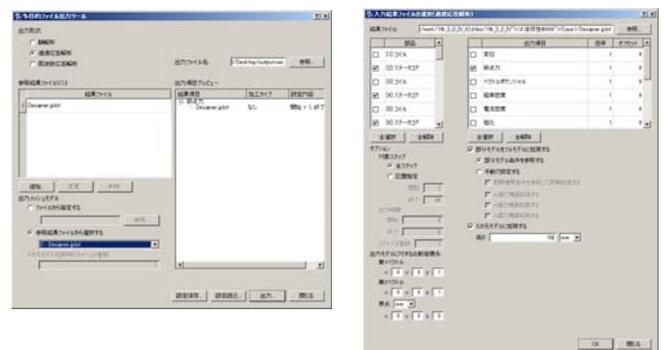


図 8 多目的ファイル出力設定画面

## 結果分析 最適化機能

Ver.12 で最適化機能が搭載されました。

パラメトリック解析機能により、大量の設計案を試すことが可能になりました。それらをより効率的に評価いただくため、最適化機能が強化されています(図9)。

- ・ パラメトリック解析設定の延長でそのまま最適計算までを実行できます。
- ・ パレート図による解の分布の確認や、異なるケース、ステディ間の分布量の差分を表示、結果に対する形状やパラメータの寄与度を確認できます。

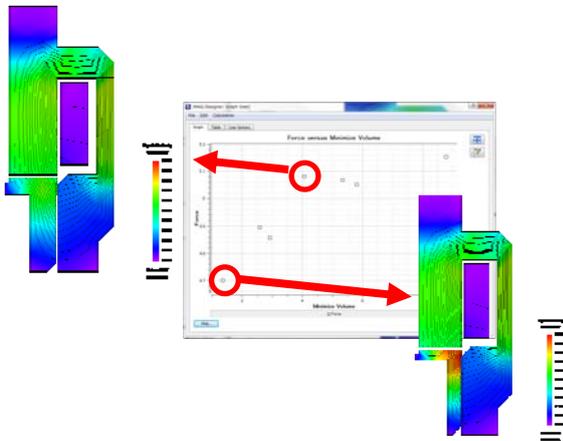


図9 アクチュエータを使っでの最適化事例

### 分布量の FFT 処理と分布量計算

コンターやベクトルの分布量に対して FFT 処理ができるようになりました。これにより、誘起電圧の高調波や鉄損、振動の原因の推定が可能になります。

また、分布量計算機能では、分布量に対して、平均値や最大/最小値、積分値、境界値以下/以上の値の算出などを行います。

### 複数結果間の差分表示

従来、形状や材料、条件などの違いによる分布量の違いは、目視で確認する、もしくは特定箇所の値で確認する必要がありました。本機能では、分布量の差分を可視化することができますので、詳細な分析が可能になります(図10)。

(ディビット・ディブ)

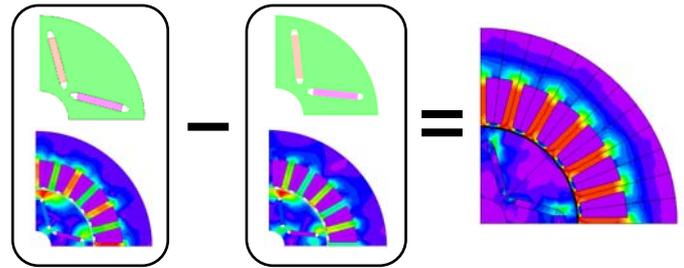


図10 磁石配置とフラックスバリアの違いが

ステータの磁束密度分布に及ぼす影響の確認

## より使いやすく

### JMAG-Express

JMAG-Express は、形状や巻線、回転数などのパラメータをテンプレートに沿って入力するだけで、モータの設計および評価を迅速に行える設計ツールです。有限要素法を用いているため、高精度な結果を得ることができます。

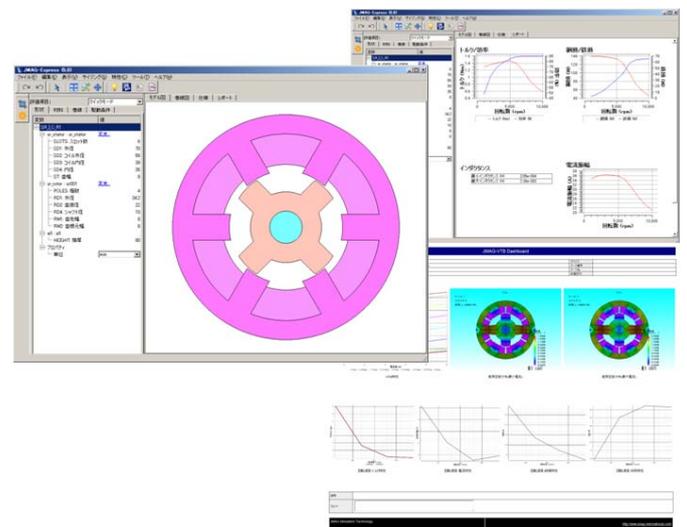


図11 JMAG-Express によるスイッチリラクタン্সモータの解析

(左:設定画面、右:解析結果)

Ver.11.1 では有限要素法を用いた高精度な結果は、PMSM の計算に限定されていましたが、永久磁石モータの代替候補のひとつとして注目されているスイッチリラクタン্সモータと誘導電動機に対応しましたので、その解析内容をご紹介します。

スイッチリラクタン্সモータは非線形性が強く、インダクタンスや鎖交磁束などの事前予測が難しいモータです。また、振動・騒音が生じやすいため、その対策のためにはトルクリ

ツールの把握などが欠かせません。JMAG-Expressでは、以下の評価が可能です(図 11)。

- ・  $\psi$ -I 特性
- ・ 静特性
- ・ 駆動特性
- ・ トルクリップル

誘導電動機は効率規制により従来の設計を見直す必要が出てくる可能性があります。JMAG-Express では、以下の評価が可能です。

- ・ 機器定数
- ・ 駆動特性
- ・ トルク特性
- ・ ラインスタート

この機会にぜひ JMAG-Express をお試しください。

**JMAG-SuperExpress は JMAG-Express に改称しました。**

## JMAG-VTB

電気機器の複雑化に伴い、詳細な物理現象の分析が求められる一方、開発期間の短縮やコストの削減により解析に費やす時間は減少しています。JMAG-VTB はそんな技術者の悩みを解決するため、“複雑な解析を簡単に”行うことができる次世代解析ツールとして誕生しました。今回はどうして複雑な解析を簡単に行えるのかを簡単にご説明いたします。

マルチフィジックスのような複雑な解析を行うには、物理現象ごとの解析モデルを作成し、適切な順番で連成させながら計算を実行する必要があります。JMAG-VTB では、解析の流れが予めフローとして登録されているため、ユーザは実行ボタンをクリックするだけで結果を取得することができます。目的の結果を得るために、どんな連成解析を行うのか、どんな順番で計算を実行するのかなどで迷うことはありません(図 12)。

また、どんな解析の場合でも解析モデルを作成するには、形状・材料・条件・メッシュ・結果処理などのパラメータを設定する必要があります。それらのパラメータには形状に依存するものも含まれているため、解析対象によって適切な値に変換する必要があります。JMAG-VTB では、解析目的ご

とに解析ノウハウが埋め込まれているため、ユーザが用意した形状データに適したパラメータが自動で入力されます。解析初心者であっても、どんなメッシュを生成したらいいか、ステップ条件の値はどう考えればいいのかなどで手が止まることはありません。

この機会にぜひ JMAG-VTB をお試しください。

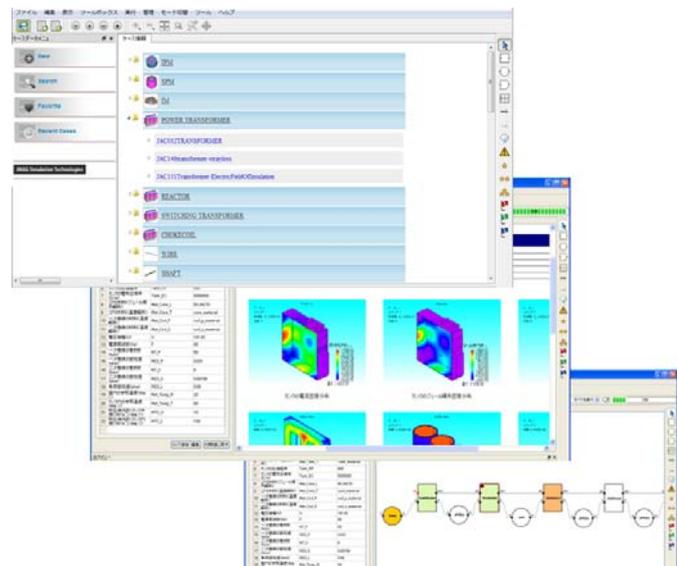


図 12 JMAG-VTB 起動時の画面とダッシュボード、ワークフロー

(割田 真弓)

## 最後に

いかがでしたでしょうか。本稿では伝え切れていない機能もございます。ただいま JMAG バージョンアップセミナー並びに各機能をご紹介します特別セミナーシリーズも開催中です。JMAG の最新機能をご活用いただき、皆様の業務にお役立てください。 **J**

文責 古林 としえ

FEA 解説 FEA が開発現場にもたらす効果とは何か？

# モータ設計に FEA は有効か？

## 第一回 初期設計に活用しよう

本稿ではモータを設計・利用されている方を対象に、シミュレーションを活用する効果を知って頂くことを目的としています。よりよいモータ設計のためにご参考頂ければ幸いです。

### はじめに

コンピュータ、ソフトウェアの進歩に伴い、モータ設計分野で有限要素法電磁界解析（以下 FEA）が活用され、実際に開発現場で成果が上がるようになってきました。一方、FEA を利用されていない方は、“FEA が良いということは分かっているが、検討に手間も時間もかかるので、結局従来の設計シートの方が早いのではないか？”と思われるかもしれません。本シリーズでは“なぜ、モータの設計に FEA が有効なのか？”を解説していきます。よりよいモータ設計に FEA を活用するための参考としていただければ幸いです。

### FEA のメリット

モータ設計分野において、FEA を使用するメリットを、従来良く使われている磁気回路法を使用した場合と比較して以下にまとめます。

- ・ モータの形状を細部まで表現できる
- ・ 磁気飽和を厳密に扱うことができる
- ・ 複雑な現象を可視化できる

#### (1) モータの形状を細部まで表現できる

FEA ではモータの形状を有限要素のメッシュであるがままに表現しますので、どの様な形状のモータであっても答えを得ることができます。それに対し、磁気回路法ではあらかじめ磁束が通る箇所を磁路として仮定する必要があります。仮定しなかった磁路は無いものとして扱われます。この点で FEA は複雑な磁路を持ったモータや、どう磁路を仮定すればよいかわからない新しいタイプのモータを検討したい場合に非常に有効です。

#### (2) 磁気飽和を厳密に扱うことができる

磁気回路法でも磁路に非線形の透磁率を与えれば磁気飽和の影響をある程度考慮することができます。しかし、磁気飽和が強くなってくると磁路の中でも透磁率の分布が起き、扱いが難しくなります。さらに磁気飽和が強くなると磁束が仮定した磁路から漏れていきますが、この現象を扱うにはどの経路で漏れるか磁路を特定する必要があります。それに対し、FEA では透磁率の分布や空間への漏れを考慮し、磁気飽和を厳密に扱うことができます。この点から、特に磁力が極めて強い希土類焼結系磁石を用いた昨今の永久磁石同期モータの設計では FEA は必須といえます。

#### (3) 複雑な現象を可視化できる

この点が FEA の最大のメリットといえます。モータの設計の結果、得られたトルクやインダクタンスなどマクロな量を見れば、モータの設計の善し悪しは分かりますが、本当に重要なのは“なぜそうなるか？”が分かるかどうかです。これが分からないと、よりよい設計を行う事が出来ません。FEA では実測するのが極めて難しいモータ内部の磁束の分布を可視化することができます。これによって局所的な磁気飽和を把握し、原因の把握と対策に生かすことができます。また、磁束だけではなく渦電流、磁石の減磁などを可視化することで、より高効率で信頼性の高いモータの設計が可能で

### 設計の各フェーズでの FEA の活用

モータの設計のフェーズをここでは便宜的に“概念設計、初期設計”、“詳細設計”、“設計を突き詰める”の三つに分けて、各フェーズで FEA のメリットがどのように生かせるかを今回から三回シリーズで解説していきます。

## 概念設計、初期設計段階

この段階ではモータの特性を概算し、体格、極数やスロット数、大まかなレイアウトを決めます。第一回では概念設計、初期設計段階での FEA の活用方法を紹介します。

### (1) 詳細設計段階

この段階では概念設計、初期設計段階で大まかに決定したデザインの各部の寸法や電流値などのパラメータを振ってパラメータスタディを行い、設計を最適化していきます。第二回では FEA による設計の最適化および、FEA の結果を分析し、設計への知見とする方法について紹介する予定です。

### (2) 設計を突き詰める

詳細設計で詰めた設計を更に突き詰めてよりよいモータを設計する場合や、実機試験で予想ほどパフォーマンスが得られない、不具合が生じた場合などの原因分析に FEA は有効です。例えば、永久磁石モータの磁石の渦電流、減磁、電磁鋼板にかかる応力の影響、誘導電動機の横流の影響など、FEA の高い分析能力が威力を発揮する事例を第三回で紹介する予定です。

## 永久磁石同期モータの初期設計

永久磁石同期モータはハイブリッドカーや電気自動車の駆動用、エアコンや洗濯機など、高いパフォーマンスと高効率要求される分野で使われているモータです。磁力の高い希土類焼結磁石を用いていること、高い出力密度が要求されることなどから鉄心の磁束密度が高くなりがち、という特徴があります。

ここでは、永久磁石同期モータの初期設計で FEA がどのように活用できるか見ていきます。

### 埋込磁石型永久磁石同期モータの特徴

昨今、永久磁石同期モータの中でもリラクタンストルクを併用できる埋込磁石型(以下 IPM)の採用例が増加しています。IPM はリラクタンストルクとマグネットトルクの按分を電流位相を制御することで実現できるので、広い運転域で高効率を実現できます。しかし、IPM は従来の表面磁石型よりもロータの設計の自由度が多く、且つ電流制御によりモータ内の磁路も変化するため、

従来の磁気回路法の適用が困難です。ある程度の制約を設ける事で磁気回路法を使用する事も可能ではありますが、設計の自由度に制約が課せられてしまいます。それに対し制約のない FEA では今まで試したことがないロータデザインを自由に試すことができます。IPM の様な設計の自由度が大きなモータでは大まかなレイアウトを決める初期設計段階でも FEA の活用は欠かせないといえます。

### 磁石レイアウトの検討

FEA の効果を手軽に体験できるツール JMAG-Express を使って、に示すような極あたり 3 枚の磁石を三角形に配置した IPM を試してみます(図 1)。この様な従来の設計経験が無い磁石配置をした場合、IPM の性格を決めるのに重要な dq 軸インダクタンスはどのようになるのでしょうか? 特性を算出した結果を示します(図 2)。JMAG-Express は FEA を使っていますが、1 秒以下でこれらの結果を導出することができます。この様に d 軸インダクタンス  $L_d$  は 12.7mH、q 軸インダクタンス  $L_q$  は 32.2mH と求まり、リラクタンストルクがどの程度期待できるのか、インバータの供給電圧の中でどのくらいの回転数まで回せそうかが瞬時に判明します。これ以外にも様々なレイアウトを気軽に試すことで、設計目的を達成するためにはどの様なレイアウトにすればよいのか指針を得ることができます。

この後 JMAG-Designer を用いて磁石の角度や埋込み深さ、フラックスバリアの形状などをパラメータスタディし、設計の最適化を行うという流れになります。

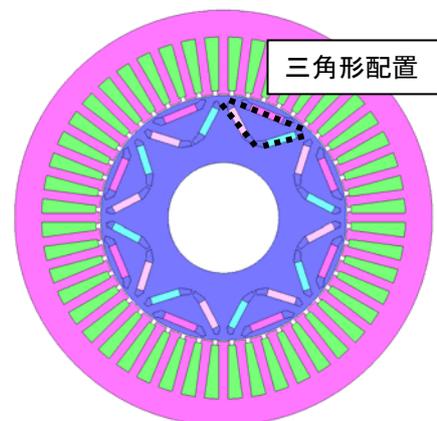


図 1 三角形磁石配置モータ

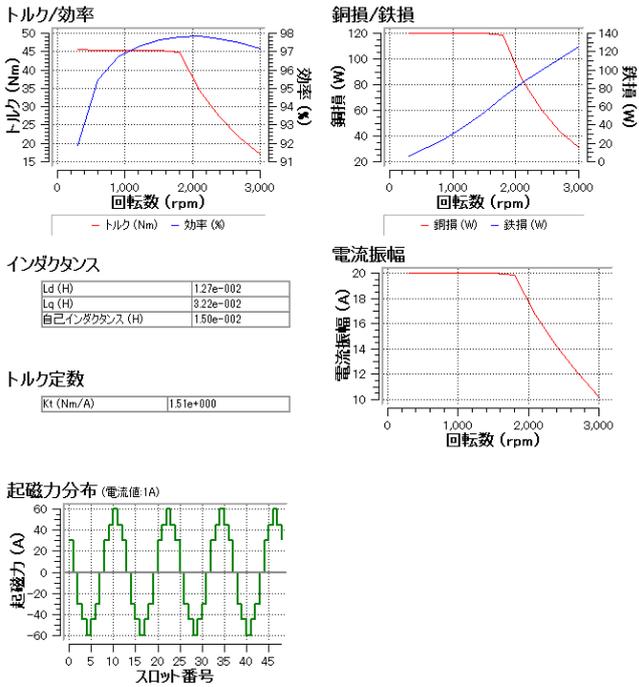


図 2 三角形磁石配置モータの特性

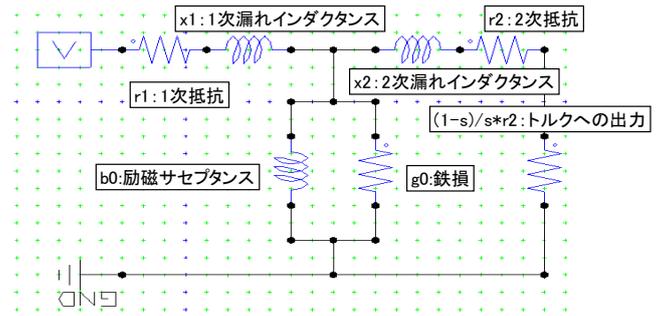


図 3 誘導電動機の T 型等価回路

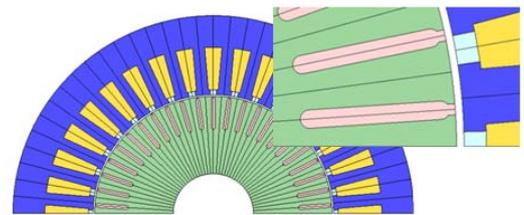


図 4 深溝型誘導電動機

## 誘導電動機の初期設計

誘導電動機は以前から幅広い分野で使われているモータですが、効率規制の導入や、レアアースの価格高騰に対する永久磁石モータの代替モータとして改めて注目されています。ここでは、誘導電動機の初期設計で FEA がどのように活用できるか見ていきます。

### 誘導電動機の T 型等価回路

誘導電動機の初期設計では T 型等価回路を使ってすべりに対するトルクや電流の特性算定することがしばしば行われます(図 3)。T 型等価回路で用いる漏れリアクタンスや 2 次抵抗など(以下機器定数)は誘導電動機の特性を決める上で重要なパラメータで、設計ではロータ拘束時や無負荷回転時の機器定数を磁気回路法やかごの形状から見積もります。

深溝かごを持つ誘導電動機に対して、ロータ拘束時と無負荷回転時の機器定数を求め、T 型回路よりすべりトルク特性を求めた結果確認します(図 4)。後に FEA で詳細解析を実施した結果を示していますが、T 型回路による算定では最大トルクを 60% 近く過大評価し、最大トルクとなるすべりも異なっていることがわかります(図 5)。なぜこのような結果になったのでしょうか。

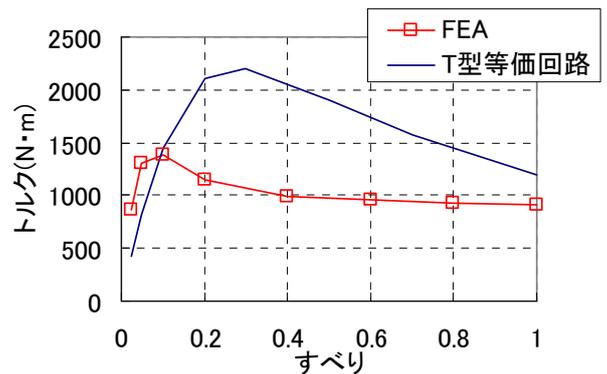
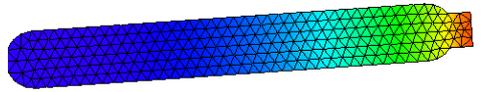


図 5 すべり特性の比較 1

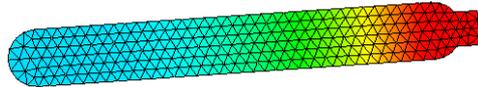
### FEA による機器定数の導出

原因を考察するために、すべり 1(すなわち拘束時)とすべり 0.5 でのバーの電流分布を確認します(図 6)。両者はコンターレンジを同一にしています。すべり 0.5 では電流がバー内部まで浸透し比較的均一な分布になっているのに対し、すべり 1 ではスロット開口部付近に偏っていることがわかります。この現象はすべりによってロータに鎖交する磁束の周波数が変わるために起こります。電流が分布を持つか均一かによって二次抵抗が大きく異なりますので(電流が偏るほど二次抵抗は大きくなる)、図 5 で特性が合わなかった理由は「拘

束時に求めた二次抵抗を他のすべりで用いたため」と推測できます。また電流分布が変わることで漏れ磁束が影響を受けることこのコンター図から予想できます。



(a)すべり 1



(b)すべり 0.5

図 6 バーの電流分布

この様に FEA を詳細解析で用いればバーの電流分布を考慮したすべり特性を求めることができますが、一方で計算時間がかかります。そこで、機器定数の導出に FEA を活用することを考えます。先の例に示したようにすべり 0.5 とすべり 1 において FEA で機器定数を導出し、T 型回路計算に用いてみます(他のすべりでは線形補間および外挿して機器定数を求めます)。結果得られるすべりトルク特性を確認します(図 7)。図 5 と比較して大幅に精度改善していることが分かります。FEA による詳細解析は確かに計算時間がかかりますが、今回紹介した FEA で機器定数を導出するための計算時間は数分で済みます。

図 7 すべり特性の比較 2

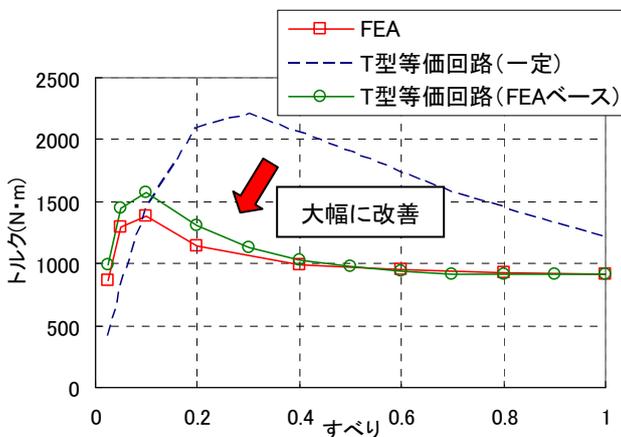
ここでは、初期設計段階でも FEA を活用することで誘導電動機の高精度に予測可能であることを紹介しました。今回のモデルではバーの形状は単純でしたが、これまで設計したことのない複雑なバーの形状の場合には知見がなく機器定数の見積もりが困難なため、FEA による機器定数の見積もりが更に有効に働きます。

## おわりに

“モータ設計に FEA は有効か？”の第一回目では初期設計段階での FEA の活用事例を紹介しました。

- ・ 埋込磁石型永久磁石同期モータは設計の自由度が大きく、設計の自由度に制約が課せられない FEA の活用が欠かせません。
- ・ 誘導電動機の初期設計段階では等価回路による特性算定が行われますが、FEA を用いて電流分布を考慮して機器定数を見積もることで特性算定の精度を大幅に改善することができます。J

(成田 一行)



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ご利用いただいておりますが、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ご質問を中心に毎号ご紹介しております。

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。ご興味のある項目よりお読み下さい。

## 操作方法

**Q1.**形状の異なるモデルに、解析済みモデルの材料や条件の設定を引き継ぐことはできませんか。

**A1.** 解析テンプレート機能をご利用下さい。

解析モデルの形状が変わっても、設定する材料特性や条件のパラメータは同じであることはよくあるかと思えます。そのような場合、解析テンプレート機能を使用すると設定しなおす手間を大幅に削減できます。解析テンプレートには形状以外の材料、条件、結果表示など各種設定情報をテンプレートとして保存されており、形状が異なるモデルにも設定を引き継ぐことができる機能です。設定対象は部品名で自動的に引き継がれます。部品ではなく、ソリッド面やエッジ等の設定情報に関しては、セット機能を利用することで引き継ぐことができます。

解析テンプレート機能は、JMAG-VTB でも使用しております。JMAG-VTB については、JMAG-Designer Ver.12 のご紹介のページをご覧ください。

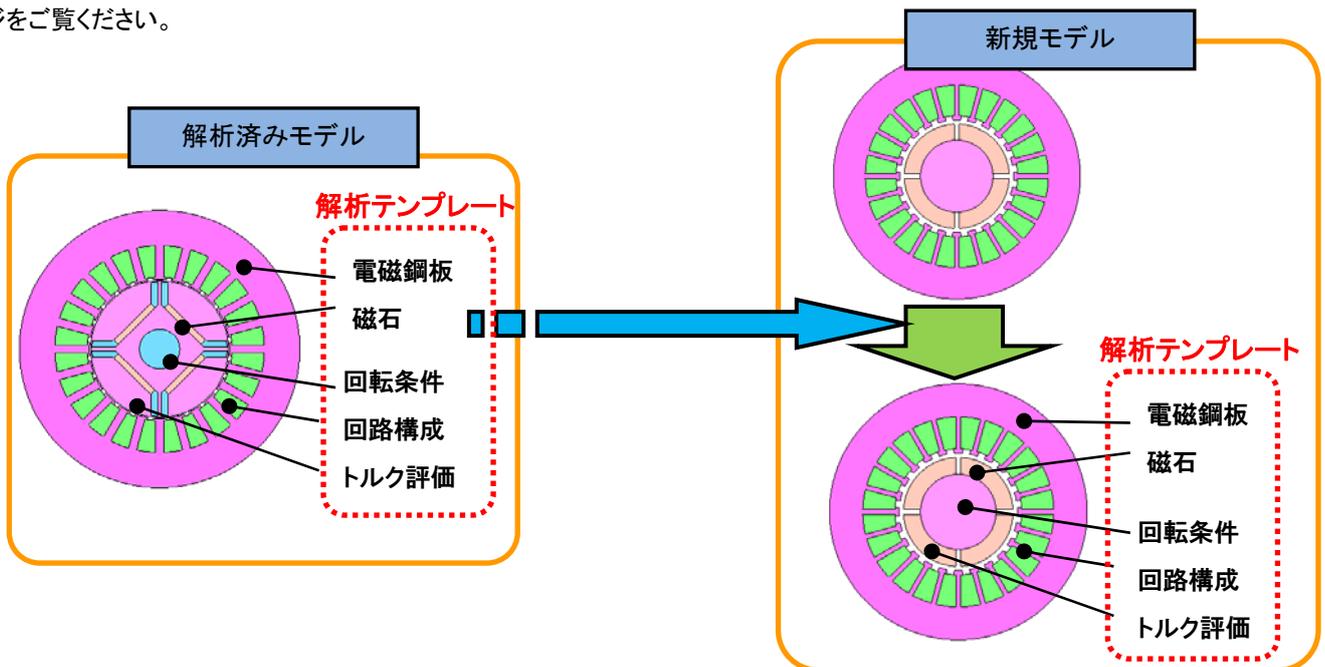


図1 解析テンプレート機能のイメージ

【その他資料等】

弊社ホームページで提供しておりますアプリケーションノートのモデルデータには、解析テンプレートもご用意しております。アプリケーションノートを利用される際には、解析テンプレートもお試しく下さい。

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

解析テンプレートやセット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 > 解析テンプレート](#)

[JMAG-Designer ヘルプ > 解析 > セット](#)

操作方法

**Q2.** 既に作成済みの SAT データに、JMAG で形状を追加することはできますか。

**A2.** 形状エディタを用いることで、形状を追加できます。

JMAG-Designer の形状エディタを利用することで、CAD で作成したモデルに対して部品の追加や部品および部品の一部の削除が可能です。ただし、SAT データにはモデルを作成したときの寸法情報が含まれませんので、寸法変更はできません。

部品を追加する場合は、新規にパートを追加し、スケッチから作成してください。

部品を削除する場合は、削除したい領域のスケッチを追加し、[押し出しカット]で削除して下さい。部品ごと解析対象から外す場合には、その部品を抑制して頂いても構いません。

形状エディタにモデルを読み込むためには、JMAG-Designer に SAT データを読み込み後に CAD リンクを確立するか、形状エディタで直接 SAT データを読み込んでください。

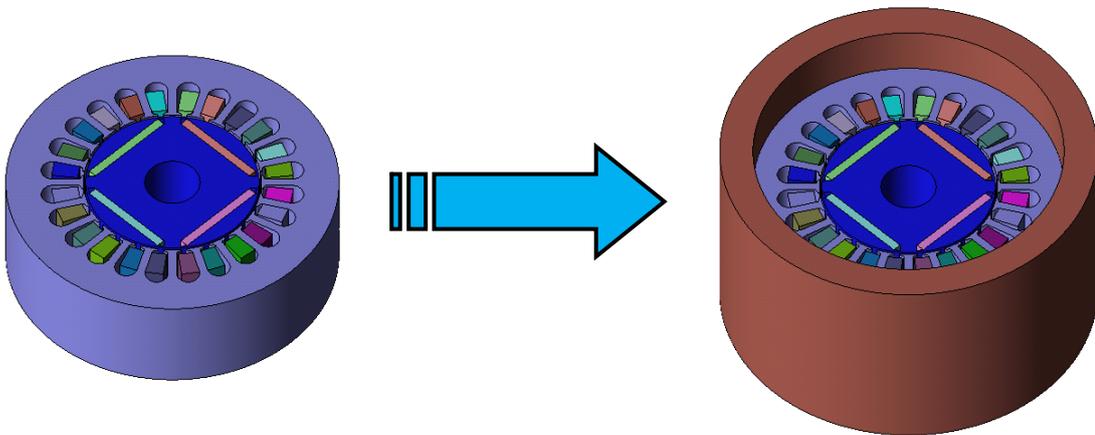


図 2 モータにケースを追加した事例

【その他資料等】

形状エディタでの形状追加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 > 形状作成 > 形状エディタでの 3 次元形状作成](#)

**Q3.** 誘導加熱現象を解析で検討するため、磁界解析と熱解析の連成に取り組もうと思っています。磁界解析と熱解析では現象の時定数が大きく違いますが、どのように連成させているのでしょうか。

**A3.** 磁界解析内では温度分布は変わらないと仮定して連成させています。

誘導加熱現象の場合、少なくとも数 kHz 以上の電源周波数で印加されるため、磁界解析では数ミリ秒程度の時間で定常状態に達します。一方、熱解析では数秒から数分程度の時間で変化するので、両者の時定数は大きく異なります。

磁界解析で使用する材料特性等には温度依存性があり、温度分布も存在するため、熱解析で求めた温度分布を考慮する必要があります。しかし、磁界解析の時定数である数ミリ秒程度の時間では、温度はさほど変化しませんので、磁界解析内では温度分布は変わらないと仮定することが可能です。

磁界解析と熱解析との双方向連成解析での物理量の受け渡しを図示します。熱解析では磁界解析で求めた損失分布を熱源として使用し、磁界解析では熱解析で求めた温度分布を元に温度依存性をもつ材料特性等を決定します。

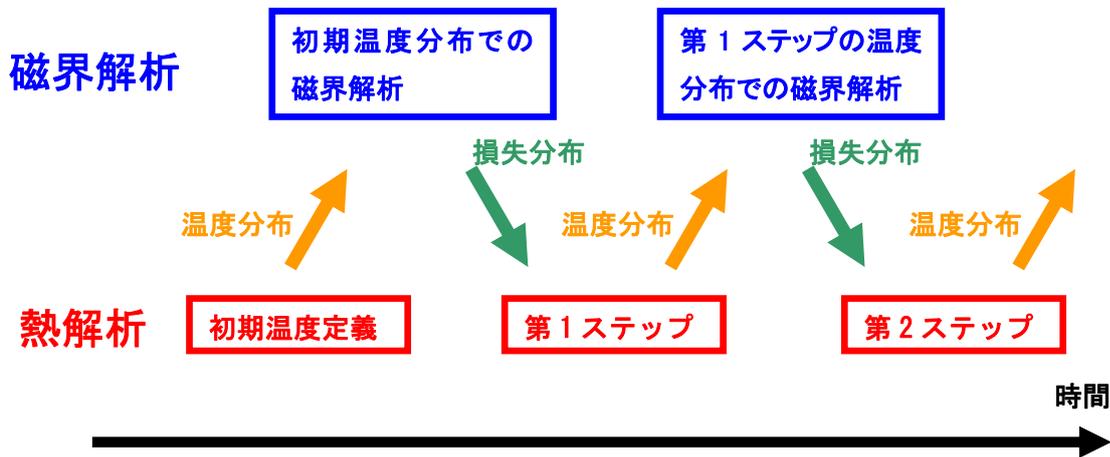


図3 磁界解析と熱解析の連成解析

【その他資料等】

弊社ホームページで提供しておりますアプリケーションノートには、磁界解析と熱解析の双方解析の事例も豊富に用意しております。是非とも、アプリケーションノートもご覧ください。

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

連成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 > 解析ごとの機能説明 > 連成解析

## 解析技術

**Q4.** 実測ではモータを紐でつるした状態で固有振動数を測定しますが、解析ではどのように設定すればよいのでしょうか。

**A4.** 拘束条件を設定せずに、固有値解析を行ってください。

部品の固有振動数は、どのように固定するかによって大きく変化します。実測では解析対象を紐でつるすのは、できるだけ無拘束状態に近づけることを目的にしています。解析で固有振動数を求める場合には、拘束条件を設定する必要はありません。拘束条件を何も設定せずに固有値解析を行ってください。

拘束条件を設定しない場合の1ステップから6ステップ目までの解析結果には、剛体モードが出力され、いずれも周波数は0Hzもしくはとても小さな周波数となります。7ステップ目が1次モードとなりますので、7ステップ目から結果を評価して下さい。また、固有値計算を開始する周波数を指定することができますので、こちらに1次モードの周波数よりも小さい値(例えば1Hz等)を入力して、剛体モードを結果から除いて下さい。

固有値計算の開始周波数は、[スタディのプロパティ]から設定できます。

## 【その他資料等】

固有値の設定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 > 解析 > 構造解析スタディのプロパティと条件設定 > スタディのプロパティ > 固有値

## トラブルシューティング

**Q5** 「電位が定義されていない回路があります」というワーニングは無視できますか。

**A5.** 回路では基準となる電位が必要です。電位が不定となる端子が存在しないかを確認してください。

JMAG の回路には基準となる電位が必要で、電位源素子やグランド素子のように、電位を指定する素子が必ず必要となります。本メッセージが出る場合、電位を指定する素子が存在しない、もしくは電位を指定する素子とつながっていないため、電位が決まらない端子が存在しております。電流源を使用している場合にも電位を指定する素子を設定して下さい。解析に使用した回路を再度、確認してください。

回路内にスイッチがある場合は、スイッチが開放されるタイミングで電位が決まらない端子が存在していないかを確認してください。スイッチの開放により切り離された回路側で評価すべき素子がないのであれば、このワーニングは無視して頂いて構いません。

## 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、合わせてご確認ください。

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 JMAG の利用方法も発見できることもあるかと思えます。弊社ホームページの FAQ も随時更新してまいりますので、JMAG Newsletter と併せてご利用

用頂き、解析業務を効率化させて頂きたいと思えます。JMAGを使用していて不明点や疑問点が生じた場合、JMAGテクニカルサポートをご利用下さい。JMAGを100%使いこなしましょう。 **J**

(服部 哲弥)

JMAG を 100% 使いこなそう

# 第七回 条件に関する A to Z

みなさんは JMAG を使いこなしていますか。

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

シミュレーションにおいて、条件の設定は特に注意して行うべき作業の一つです。シミュレーションは実現象と異なり、非物理的な条件を設定しても計算を実行できてしまうことが多く、計算結果を確認して初めて条件の設定の誤りに気づくことがあります。正確なシミュレーションを効率よく行うためには、条件の意味を知り、物理的に正しいパラメータを設定することが重要と言えます。

今回と次回の A to Z では、磁界解析において頻繁に使用される条件について、その機能の特徴や使い方をご紹介します。

## 条件の確認方法

JMAG-Designer の条件は、画面右側のツールボックスにあるツリービューから選択することができます。図 1 は、条件のツリービューの中から境界条件のみを展開した場合の表示となります。ツールボックス下の説明を表示するチェックボックスを ON にすることで、各条件の簡単な意味を確認することができます。更に詳細を知りたい場合には、右下のヘルプボタンを押すと、オンラインヘルプが開きます(図 1)。



図 1 条件のツリービュー

## 境界条件

有限要素法に基づくシミュレーションでは、必ず境界条件を設定しなければいけません。正しい境界条件を設定しないと、収束計算が発散したり、シミュレーション結果が物理的に不自然になったりします。一方、境界条件を適切に設定することで、計算領域を限定して計算規模(計算時間や結果ファイルのサイズ)を抑えることもできます。以下では、JMAG で扱える境界条件についてご紹介します。

## 周期境界(回転)・(並進)

モータなど形状および物理量の分布が回転方向や並進方向に周期的に繰り返される場合、周期境界条件を使用することで計算領域を縮小することができます。周期境界条件には、形状だけでなく物理量の分布も関係しますので、計算結果で得られる物理量の分布がどのようになるかを予測することが必要です。

周期境界条件を使用した場合、シミュレーションは部分領域のみで行われます。全体領域での物理現象はシミュレーションにおける部分領域の物理現象が周期方向に繰り返されたものとなります。回転機のように回転方向に周期性がある場合には回転周期境界条件を、リニアモータのように並進方向に周期性がある場合には並進周期境界条件を使用します。

周期境界条件には2つのタイプがあり、物理現象がそのまま繰り返されるタイプを周期境界条件、反転しながら繰り返されるタイプを反周期境界条件と呼びます。24極18スロットのモータでは、周期境界条件を用いて1/6モデルに縮小して計算することが可能です(図2)。4極12スロットのモータでは、反周期境界条件を用いて1/4モデルに縮小して計算することができます(図3)。

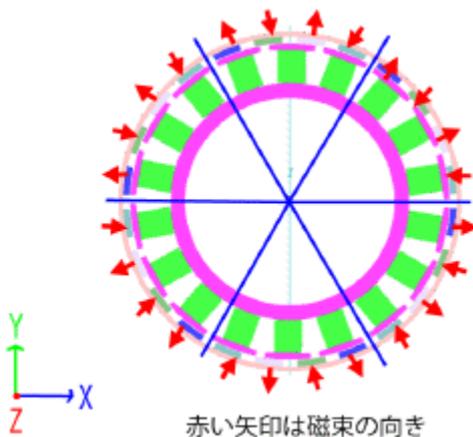


図2 24極18スロットのモータの周期境界条件

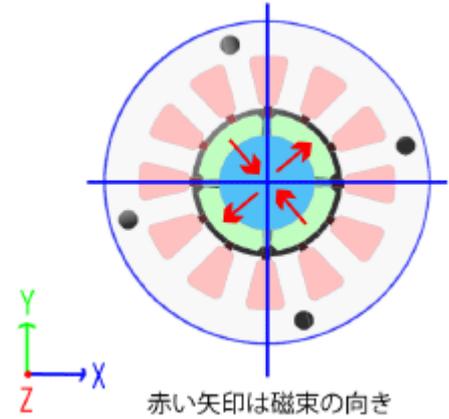


図3 4極12スロットのモータの周期境界条件

## 対称境界・自然境界

電磁石やトランスのように形状および物理量の分布に鏡面对称性があれば、その対称面に対称境界条件、もしくは自然境界条件を設定して、対称面の内側のみを計算領域とすることができます。例えば、図4のような電磁石モデルの場合、形状と発生する磁界の流れの対称性を考慮すると、上半分の1/4領域だけを計算すれば、残りの3/4の領域は計算した1/4領域の結果を折り返すことで得られることが分かります(図4)。図5のように部分モデルだけで計算を行う際には、対称面となる赤ラインの部分に対称境界条件、もしくは自然境界条件を設定しなければいけません(図5)。

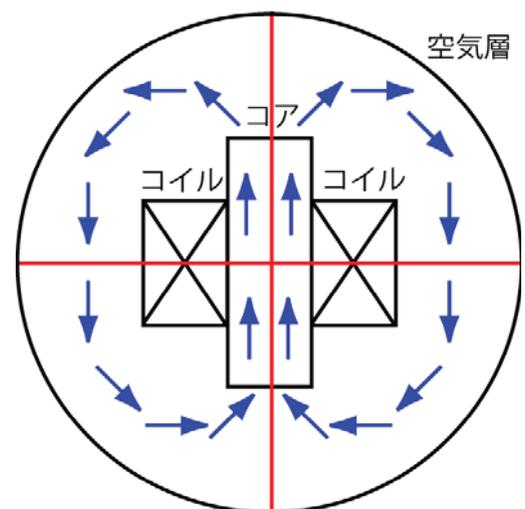


図4 電磁石モデル

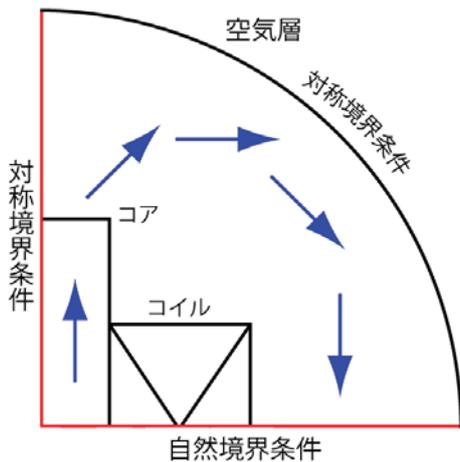


図 5 電磁石モデルの部分化と境界条件

数値解析では、正式には対称境界条件を Dirichlet (ディリクレ) 境界条件、自然境界条件を Neumann (ノイマン) 境界条件と呼びますが、JMAG では境界条件の意味をよりわかりやすく理解して頂くために、対称境界条件、自然境界条件という名称を使用しています。

対称境界条件は、その設定面を境に左右で磁束分布が対称性をもつような場合に設定します。磁束の連続性を考えると、設定面は磁束が決して横切らない面であればいけません。磁束が決して横切らない面は、逆に電流がかならず垂直に流入、流出する面と見ることができます。後述する電流条件の流入面には、電流が垂直に流入する面を選ぶ必要があるため、必然的に流入面＝対称境界条件の設定面となります。

自然境界条件は、その設定面を境に左右で磁束分布が対称性をもち、かつ磁束密度ベクトルが反転するような場合に設定します。磁束の連続性を考えると、設定面は磁束が垂直に流れる面であればいけません。

対称境界条件には、もう一つ別の用途があります。例えば、空間に置かれた電磁石の磁界分布解析を行う場合、理論上では磁界は無限遠方まで到達しますので、無限に広い計算領域を用意しなければいけません。しかし、そのような膨大な計算領域で計算することは計算コスト(計算時間や結果ファイルサイズ)の面で現実的ではありません。実現象に着目すると、磁界はモデルから離れるほど減衰しますので、適当な範

囲でそれより外には磁束が一切漏れないと仮定して、計算領域を最低限に絞った方が現実的と言えます。その場合に磁束がそれ以上漏れない箇所を定義する方法として、計算領域の最外面に対称境界条件を設定します。計算領域を縮小させ、かつ反復計算の収束性を高める計算テクニックとして頻繁に使用される方法です。具体的には、電磁石モデルのように磁束が空間に広がる現象を扱う場合でも、図 6 のようにモデル長のおよそ 5 倍程度の空気領域を確保してその外周に対称境界条件を設定すれば、実現象と比較してほとんど誤差無く計算することが可能です(図 6)。

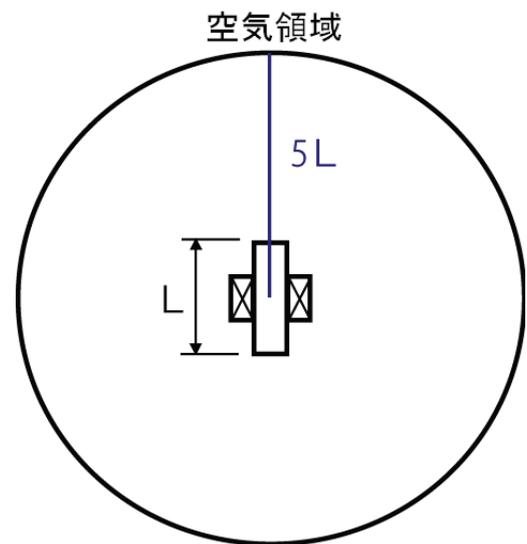


図 6 磁界解析で求められる空気領域の広さ

### ギャップ磁束境界

ギャップ磁束境界条件は、回転機のギャップより内側もしくは外側のローターのみをモデル化して、ギャップに流入する磁束量を別解析の結果から与えることで、ローター内部の詳細な計算、例えば磁石内に発生する三次元渦電流解析を行うための特殊な条件で、用途が限定されています。

例えば、IPM モータの磁石渦電流解析を行う場合、まともに三次元過渡応答解析を実施すると計算コストを多く要することになってしまいます(図 6)。しかし、ギャップ磁束境界条件を使用した磁石渦電流の解析では、図 7 の IPM モータモデルの二次元解析結果と図 8 に示すようなローターのみ三次元モデルを用意する

だけで、図9に示すような磁石渦電流の計算が数分～数時間で可能となります(図7,8,9)。

ただし、ギャップ磁束境界条件を用いる場合、参照する別解析の結果は二次元解析でなければいけない、ローターはソリッドモデルで用意しなければいけない等、モデルの準備において幾つか注意する点があります。

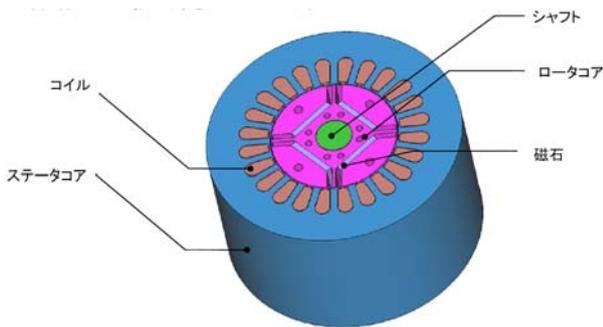


図7 IPM モーターモデル

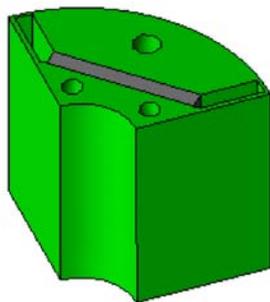


図8 ギャップ磁束境界条件を使用した磁石渦電流解析に必要なローターの三次元部分モデル

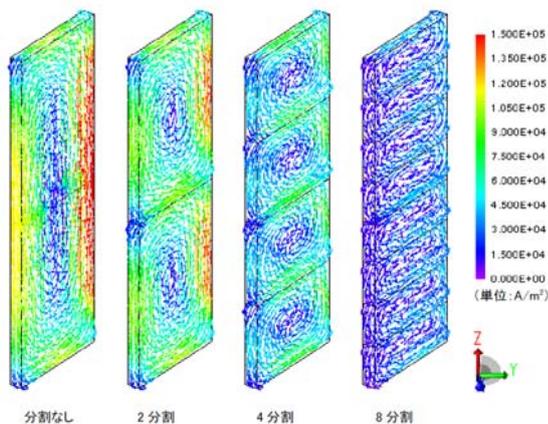


図9 磁石の分割による磁石渦電流の軽減

## スライド

モータの回転運動のように、可動部が時々刻々と変わるような場合、可動部と固定部は分離したメッシュモデルを用意しなければいけません。その可動部と固定部の接合部分を接続する条件がスライド条件になります。JMAG の自動メッシュ生成機能を使用する限りでは、メッシュ生成機能が自動的にスライド条件を付加しますので、ユーザーがスライド条件を意識する必要はありません。しかし、ローターとステーターのメッシュモデルを予め数種類用意し、その組み合わせを評価するような場合、それぞれのメッシュモデルをマージ読み込みした後は、ローターとステーターの接続部に必ずスライド条件を設定します。

スライド条件は、円筒面もしくは平面で可動部と固定部が完全に分離できるようなモデルに対してのみ使用可能です。回転軸とアウターローターの磁石がケースで一体化しているようなスピンドルモータの場合、ギャップを通る円筒面で可動部と固定部を完全に分離できないため、スライド条件は使用できません。この場合、後述するパッチメッシュ機能を用いて運動を扱います。

スライド条件を設定しないと、固定部、可動部は完全に切り離されたモデルとして扱われるため、あたかもギャップ部分で磁束が遮断されたような計算結果となってしまいます。スライド条件を設定するには、その設定面が回転方向、並進方向に一樣なメッシュでなければいけません(図10)。メッシュが一樣でない場合、回転子が移動した時に固定子側に対となる要素面がなくなってしまうため、計算エラーとなってしまいます(図11)。

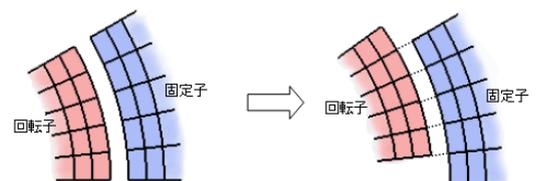


図10 スライド面が回転方向に一樣なメッシュの例

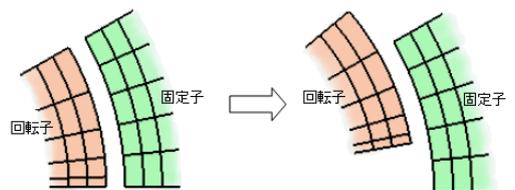


図11 スライド面が回転方向に一樣ではないメッシュの例

## 電流

JMAG では用途に応じて様々な電流の定義方法を用意しています。以下では、電流の各定義方法について特徴を紹介します。

### 電流

JMAG の中で最も直感的に電流を定義する方法です。コイルに流れる電流値、コイルのターン数、電流の流れる向きを設定するのみで使用することができます。コイルは素線 1 本 1 本を対象とするのではなく、コイルを束としてまとめて扱うため、コイルのターン数を入力します。電流の流れる向きは、部分モデルのように電流の流入面、流出面がモデルの断面(対称境界条件の設定面)に現れている場合には、流入面を指定するだけで、あとは JMAG がコイル内部での電流の方向を自動的に決定します。全体モデルのように電流の流入面が指定できない場合には、コイル内部のあるポイントでの電流の方向を指定すると、コイル全体における電流の方向を JMAG が自動決定します。

電流条件を使う上で覚えておきたい特徴は、電流条件を設定した部品(コイル)内部で電流に偏りが発生することです。本来、同一コイル内の各素線には同じ電流が流れるため、コイル断面を見た時に電流分布に偏りは発生しませんが、電流条件の場合には、コイルが一つのブロック、つまり一つの大きな素線として扱われるため、電流が流れやすい側に偏ってしまいます。コイル近傍の磁束分布が特別にモデル全体の解析結果に影響しないような場合には、電流条件における電流の偏りは特に問題はなく、電流条件は磁界解析の多くの場面で使用可能です。

### 電流密度

コイル近傍の磁束分布に注目する場合など、特にコイル電流を一様に流さなければいけない場合には、電流条件に代わって電流密度条件を使用することができます。電流密度条件を設定した部品(コイル)内部では、一様に電流が流れます。電流密度条件では、電流密度値[A/m<sup>2</sup>]を設定するため、コイルに使用する場合には、電流値、コイル束の断面積から予め電流密度値

を換算しておく必要があります。また、電流の流れる方向をベクトルで指定するため、電流の流れる方向が変わるような場合には、別々の電流密度条件を設定します。

### FEM コイル・FEM コンダクタ

コイルに流れる電流が既知の場合には電流条件、電流密度条件が使用できますが、回路の中で応答しながら時々刻々と電流が変化する場合、FEM コイル、FEM コンダクタを使用します。FEM コイル、FEM コンダクタは、電流条件や電流密度条件のように解析モデルに設定すると同時に、JMAG の回路エディタ上の回路素子と連携させます。磁界解析で FEM コイル、FEM コンダクタが受ける磁界の影響は、インダクタンスとして回路素子に反映されます。つまり、FEM コイル、FEM コンダクタを介して、磁界解析と回路解析の連成解析が行われることとなります(図 12)。

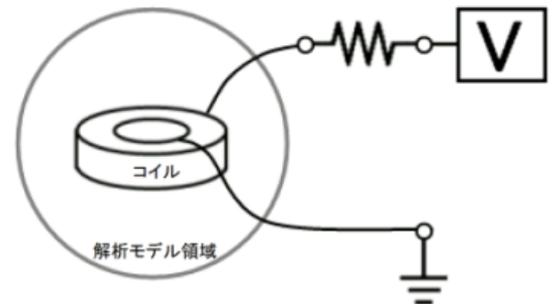


図 12 磁界解析と回路解析の連成

FEM コイルと FEM コンダクタの違いは、コイル内部の電流の方向および分布が、コイルが受ける磁界に影響されるか、されないかの違いとなります。FEM コイルは電流条件と同じく分布に偏りは生じますが、電流の流れる方向自体は外部の磁界に影響されません。一方、FEM コンダクタでは、外部の磁界に影響されながら電流の流れる方向と分布が決定されます。コイルの素線内部で生じる電流分布の偏りや素線同士の近接効果の解析を行う場合には、素線 1 本 1 本をモデル化して各素線に FEM コンダクタを設定することでその計算が可能となります。

## 運動

磁界解析の多くで運動を扱う必要があり、JMAGにも様々な運動の定義方法があります。以下ではJMAGが扱える運動の種類について、ご紹介します。

### 運動(回転)・運動(並進)

JMAGでは、単純な回転運動、並進運動は特に制限なく使用することができます。運動方法も、一定速度の他に、点列を指定して時刻ごとに回転数や速度を変化させることもできます。また、運動方程式に則って、磁界解析で計算される電磁力から時々刻々の位置変化する運動も定義することができます。その場合、負荷トルクや摩擦トルクといった外部負荷も合わせて指定することができます。

更に複雑な運動方法を扱いたい場合には、ユーザーサブルーチンを使用することもできます。JMAGが一部開放していますソースコードをユーザーがカスタマイズし、JMAGのソルバーモジュールを再構築することで、独自の運動を定義した専用のソルバーモジュールを作成することができます。ただし、そのためにはプログラミング環境が必要となりますのでご注意ください。

単一の可動部が単純に回転、並進運動する以外の運動の例としては、回転機解析の場合に限り、ローター中心が回転中心とずれるような偏心運動を扱うことができます(図13)。

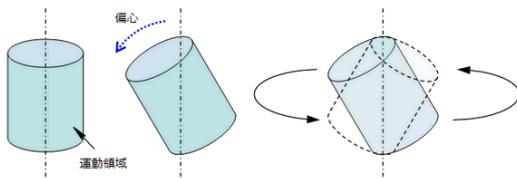


図13 偏心を考慮した運動

また、複数の可動部の運動については、二次元解析では解析手法にFEM+BEMを使用することで可能となります。三次元解析の場合、パッチメッシュ機能と呼ばれる、解析ステップごとにメッシュを切りなおす手法を使うことで可能となります。

運動による可動部、固定部の接触については、三次

元解析の場合にのみ、可動部と固定部がある瞬間に面接触するようなケースを扱うことができます。

## 出力

磁界解析では、各解析ステップで得られた磁界分布から後処理で電磁力や損失を求めています。以下では、出力として得られる物理量の特徴についてご紹介します。

### 電磁力・トルク

電磁力の計算手法には、節点力、表面力、ローレンツ力の3種類があります。節点力、表面力は磁束密度から、ローレンツ力は電流密度から求められる力となります。節点力、表面力の計算精度は磁束密度値の計算精度の2乗に比例します。一方で、ローレンツ力の計算精度は電流密度の計算精度の1乗に比例します。そのため、節点力、表面力の方がローレンツ力より高い計算精度が求められ、誤差も発生しやすいと言えます。コイルに働く力を求める場合には、ローレンツ力を選んだ方が高い精度で計算されやすい傾向にあります。

節点力は最も一般的に使用される電磁力の計算方法です。使用制限として、接触している物体の吸引力を求めることができません。その場合には、表面力を使用します。

表面力は節点力と同様に使用することができ、計算領域を指定することで、接触物体の吸引力も計算できます(図14)。

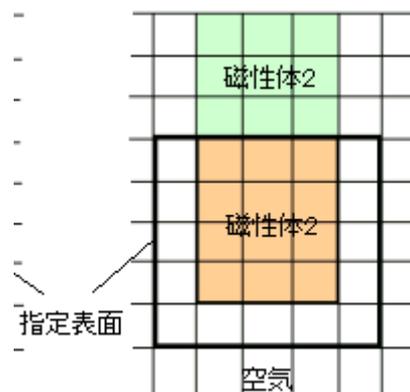


図14 接触する磁性体の吸引力を求める場合の表面力の計算領域の指定例

ただし、磁束分布が急激に変化する物性表面に表面力計算を指定すると、著しく計算精度が悪化する場合があります。そのため、電磁力の計算領域に更に空気領域を被せて、その空気表面に表面力計算を指定することをお勧めします。

## 発熱量

磁界解析における回路素子での発熱量を熱解析に渡す場合に設定します。この条件は磁界解析と熱解析の連成解析を実行する場合にのみ使用できる条件となります。

FEM コイル条件を使用した場合、前述の説明の通り電流分布に偏りが生じます。その偏った電流分布に基づいてジュール損失を求め、それを熱解析の熱源として渡してしまうと、本来均一に発熱するはずのコイルの各素線の温度が結果的に大きく異なってしまう場合があります。それを防ぐため、発熱量条件では、磁界解析と熱解析の特性の違いを考慮して、磁界解析で得られるジュール損失分布をコイル内で平均化した上で熱解析の熱源として渡すという工夫を行っています。

## 鉄損

鉄損は、磁界解析で得られた磁束密度分布を元に後処理で計算されます。そのため、鉄損がトルクに与える影響は考慮されないため、厳密にはエネルギー収支は満たされていません。しかし、通常の磁界解析では計算が極めて難しいヒステリシス損を高い精度で推測することができます。鉄損はヒステリシス損とジュール損を分離して算出するため、それらの割合を見比べる際に有用となります。また、分布量として JMAG で確認することができるため、どの部分に高い鉄損が発生しているかを視認することができます。

鉄損は材料メーカーから提供された高精度な鉄損データを参照して計算が行われています。また、ユーザーが独自にデータを追加作成して計算することもできます。計算で使われる手法は複数のオプションから選択でき、扱う解析対象に合った手法を探すことができます。

## 磁束

ある面を透過する磁束密度の面積分量を計算します。電流条件や FEM コイル条件が設定されている場合には、それらを鎖交する磁束が JMAG の中で自動的に計算されています。磁束条件を事前に付け忘れた場合でも、Designer V12.0 では、結果の計算によって後から再計算することもできます(図 15)。

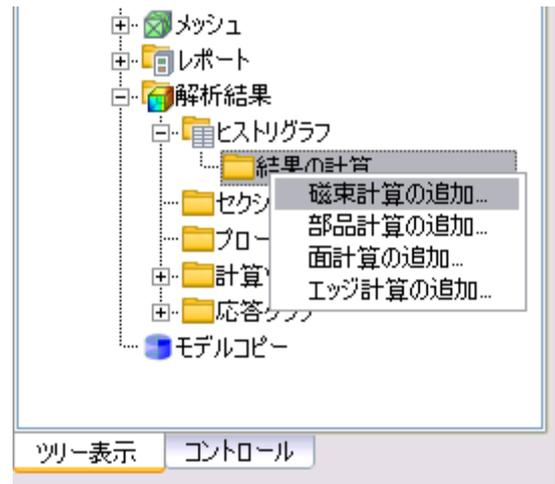


図 15 磁束計算の追加

## 最後に

今回は、磁界解析において頻繁に使用される、特に重要な条件について、その機能の意味や使い方についてご紹介させて頂きました。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。お楽しみに。J

(三輪 将彦)

## イベント情報

## JMAG ユーザー会 2012 開催レポート

JMAG ユーザー会 2012 は、多くのユーザー様にご講演いただきました。また、ワークショップでは最新のソリューションを紹介いたしました。その他、テクニカルパートナーによる展示を企画し、開催いたしました。

本稿では、講演、ワークショップにご参加いただいた方の声とともに、JMAG ユーザー会 2012 を振り返って参りましょう。

## JMAG ユーザー会 2012

## 開催概要

主催：株式会社 JSOL

日時：2012年12月12日(火)～13日(水)

場所：東京コンファレンスセンター品川(日本:品川)

URL：<http://www.jmag-international.com/jp/conference2012/>



## 講演

講演では、様々な分野の第一線でご活躍されている方々をお招きし、最新のトピックスや JMAG を使用した事例の発表、開発の成果や業務で苦労したことなどを講演いただきました。



## 基調講演

(12月12日 10:40～11:40)

基調講演に、千葉工業大学 山崎 克巳氏をお招きし、年々高まっている回転機の損失低減や高効率化を電磁界解析を用いて各種回転機の損失分析を行い、得られた知見を基に形状最適化を行って特性改善を達成した事例の紹介や知見についての講演を行っていただきました。

## 回転機の損失解析と形状最適化

千葉工業大学 工学部

電気電子情報工学科

教授 山崎 克巳氏



## モータ設計 1 セッション

(12月12日 12:40～14:10)

モータ設計時における様々な磁界解析の活用事例をご講演いただきました。どの講演に対してもたくさんの質問を頂き、活気のあるセッションとなりました。

## リフトモーションに適した円筒状リアモータの開発

株式会社安川電機

エネルギー変換技術グループ

豊田 昭仁氏



## 小型モータにおける磁石の着磁解析について

日本電磁測器株式会社

技術開発部・生産部

取締役 部長 堀 充孝氏



### SRモータのトルクリップル解析と トルクリップル低減法

株式会社サムスン横浜研究所

ER Center, AR-1 Lab. AR-11

専任研究員 山根 太志氏



ようと講師の方に多くに質問が投げかけられました。

### 三木プーリにおける磁場解析を中心と した CAE 普及へ向けての取組み

三木プーリ株式会社

開発部

主席 服部 成亨氏



### 電力、大型機セッション

(12月12日 12:40~14:10)

大型変圧器、大型発電機、超伝導マグネットに関するご講演を頂きました。

今回のユーザー会で初めてこのようなセッションを設けましたが、大型機特有の数値解析の困難さを感じ取っていただけたのではないのでしょうか。我々はこれら困難さを解消すべく、今後も邁進していく所存です。

### 油入変圧器実規模モデルの 各部磁界解析

富士電機株式会社

変圧器部 設計第一課

課長補佐 鈴木 崇之氏



### モータ開発における JMAG-Designer の 活用

リョービ株式会社

住建機器本部 技術部

高尾 建吾氏



### JMAG-SuperExpress を活用した IPM モータの開発事例

パナソニック株式会社 アプライアンス社

技術本部 モータ開発センター

小川 登史氏



### 大形回転機設計と FEM 解析

東芝三菱電機産業システム株式会社

回転機システム事業部

大形回転機第一部 設計課

主任 坪井 雄一氏



### 連携連成セッション

(12月12日 16:30~18:00)

日本国内に留まらず、グローバルに活躍されている企業の方々から連携解析をテーマにご講演いただきました。

シミュレーションの世界でも電磁界に留まらず、制御、熱、振動、音といった複合領域を連携・連成させた評価の重要度が年々上昇傾向になってきている様子を感じていただけたのではないのでしょうか。

### JMAG を用いた超伝導マグネットの設計

住友重機械工業株式会社

技術研究所 物理応用グループ

吉田 潤氏



### Creating Simulation Models based on Measuring Results of Brushed DC-Motors using JMAG-Designer

Valeo Wiper System Bietigheim

R&D Center

Dipl.-Engineer Mechatronics Matthias SCHONDELING 氏



### 設計者展開セッション

(12月12日 16:30~18:00)

企業で解析を主導的に進められている方に、磁界解析技術をどの様に社内展開していくかをテーマに御講演いただきました。解析技術を深める事以上に、解析業務を開発業務に効率的に展開し、人材を育成していくかに苦労されているユーザーが多く、参考にし

**熱-磁界連成最適化による  
永久磁石同期モータの小形化設計手法と  
試作機による性能評価**

株式会社日立製作所  
研究開発本部 日立研究所  
岩崎 則久氏



**運用技術セッション  
(12月13日 9:30~11:30)**

JMAG を用いた社内システムによる設計、開発業務の自動化や JMAG の高速ソルバーによる計算効率化など、様々なテーマで JMAG を工夫して運用されている事例をご紹介します。

JMAG がもはや解析専任者のための専用ツールではなく、設計担当者にとって必須の設計ツールとして幅広く使用されていることを感じて頂けたのではないのでしょうか。

**磁気式回転角度センサの高精度化実現の  
為の効率的な3次元最適化設計手法**

多摩川精機株式会社  
技術品質統括部 技術管理課  
工学博士 小島 隆臣氏



**ミツバにおける JMAG の運用紹介**

株式会社ミツバ  
技術開発部 技術開発第一課  
チームリーダー 高草木 竜一氏



**HEV・EV 用モータ  
初期設計自動化システムの開発**

スズキ株式会社  
四輪電動車設計部 第5課  
先行開発チーム  
青山 真大氏



**高速モータの電磁界解析事例紹介  
(JMAG-GPU ソルバを用いた事例)**

株式会社島津製作所  
航空機器事業部 技術部  
主任 光岡 大輔氏



**モータ設計 2 セッション  
(12月13日 9:30~11:30)**

国内外の方々から HEV/EV や家電向け PM モータに関して様々な切り口で講演をいただきました。

費用対効果を狙った電磁鋼板選定に始まり、パフォーマンスを保ちつつ、レアアースを低減する方法、振動・騒音対策およびリアルタイムシミュレーションまで多岐に渡っており、シミュレーションが実設計に活かされている様子を実感いただけたのではないのでしょうか。

**Evaluation of Different Electrical Steels and  
Iron Loss evaluation of inter-locks vs welds  
vs bonded lamination cores  
in IPM Hybrid Motor using JMAG.**

Tempel  
Sr. Electric Motor Design Engineer  
Charles R. Frontczak 氏



**部分拡散法による  
レアアース低減マグネットの開発**

株式会社本田技術研究所  
四輪 R&D センター  
井上 雅志氏



**Vibration Optimization of  
Concentrated Stator and IPM Rotor**

Emerson  
Hermetic Motor  
Section Manager Alvin Lee 氏



**HILS 環境における  
IPM モータのシミュレーション**

株式会社東芝  
生産技術センター 制御技術センター  
研究主務 鈴木 信行氏



**利用技術セッション  
(12月13日 14:40~16:40)**

「JMAG はモータしか計算できないのか。」と思われがちですが、実は様々な分野で活用されています。

本セッションでは様々な分野での JMAG の設計者への展開や試作レスへの取り組みなどの事例をご紹介頂きました。

### デジタル AV 機器の電磁界解析

パナソニック株式会社  
AVC ネットワークス社 技術統括センター  
デジタルマニュファクチャリンググループ  
チームリーダー 房安 浩嗣氏



### 磁界 CAE を用いた アドバンスドキーレス開発

マツダ株式会社  
電子開発部  
シニアスタッフ 吉田 俊秀氏



### 残留磁化による吸引力解析 ～実体との相関性確認～

日井国際産業株式会社  
機能品製造部 初期管理課  
篠崎 美晃氏



### モータ設計 3 セッション

(12月13日 14:40～16:40)

このセッションでは、先進的な回転機の開発をするために JMAG をご活用いただいている事例をお話いただきました。

電気自動車の駆動用回転機的设计、磁石渦電流の高速な推定、ならびに SR モータ開発事例等、いずれも最先端の開発、研究テーマに電磁界解析を適用されておりました。同時に JMAG に対する多くのご要望も頂戴しました。ご発表いただいた講演者の、より高性能な回転機開発を目指す熱意が伝わるセッションでした。

### スキューつき永久磁石モータの特性改善

株式会社 SIM-Drive  
インホイールモータ開発部  
モータ開発室長 遠藤 研二氏



### JMAG-SuperExpress による 磁石の渦電流損解析

三菱電機株式会社  
姫路製作所 EM 設計グループ  
茅野 慎介氏



### トラクション用途向け SR モータ開発への JMAG の適用

日本電産株式会社  
車載事業本部 開発第 2 部  
牧野 祐輔氏



### パートナーセミナー

(12月12日 14:20～14:50)

モータ制御開発のための  
高精度モータ HILS 及び RCP  
dSPACE Japan 株式会社  
宮野 隆氏



(12月12日 14:50～15:20)

電子システムの理想: SaberRD および  
JMAG-RT を用いたモータ駆動システムの  
ケース・スタディ  
Synopsys, Inc.  
Alan Courtney 氏、Kurt Mueller 氏



(12月12日 16:30～17:00)

Integrated Acoustic Simulation of a  
Switched Reluctance Motor Drivetrain  
as part of a Multi-physics approach  
to Electric Vehicle Optimization  
LMS International  
3D Simulation Division  
Productline Manager Koen De Langhe 氏



(12月13日 14:40～15:10)

Multi-physics simulation between JMAG  
and Abaqus, and its applicability to  
three-field simulation of cell phone  
speaker acoustic response  
Dassault Systemes SIMULIA  
Brad Heers 氏



## JSOL による発表

(12月12日 9:40~10:40)

12月13日 16:40~17:20)

### JMAG 開発計画 I、II

株式会社 JSOL

山田 隆

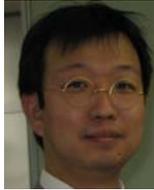


(12月13日 9:00~9:30)

### JMAG Ver.12 新機能のご紹介

株式会社 JSOL

小川 哲生



(12月13日 9:00~9:30)

### 重電機器設計における JMAG の取り組み

株式会社 JSOL

佐野 広征



講演者の皆様から「講演用の資料作成が大変だった。JMAG の新機能を使いながら仕上げていくので、JSOL にサポートしてもらえてよかった」「学会とは違い、ユーザー同士の活発な意見交換ができる場所だったことに驚いた」「業務課題を共感できる人と出会える良い機会だった」などと通常業務と並行しながら講演資料を作成いただくことの大変さ、ユーザー会で講演いただいて有意義だったというご意見をいただきました。

参加者からは、「例年以上に様々なジャンルの話が聞けてよかった」「両日とも通訳が入って講演が聞きやすかった」とのお声を頂戴いたしました。来年も皆様にとって魅力的な講演となるよう、より一層の努力をいたします。

## ワークショップ

会期中、講演以外の企画も充実させ、皆様にとって楽しくためになる、有意義な時間を過ごしていただきたいという思いから、昨年まで行っておりました分科会と JMAG セミナーをワークショップとして開催いたしました。JSOL からの情報だけではなく、参加者の方と解析技術の方向性や、JMAG への機能要望などを自由にお話しいただける技術交流の場として活用いただきました。参加者の方から「ワークショップでしか聞けない情報を得られてよかった」「初心者でもわかりやすい言葉になおしてくれて、理解ができた」「新機能につ

いてどんな場面で使えばいいかなんとなくわかるようになった」というお声もいただきました。これからも、ユーザー会で有意義な時間を過ごしていただけるように企画をパワーアップさせてまいります。

## ワークショップタイトル一覧

- W-01 知りたい！JMAG-Designer Ver.12 の新機能
- W-02 欲しい解析結果が簡単に得られる JMAG-VTB
- W-03 JMAG-Designer を 100%使いこなす
- W-05 モータ設計について語ろう その 2
- W-06 マグネットレスモータ解析の現状と課題
- W-07 電動機の振動騒音解析への取り組み
- W-08 高精度・高セキュアなモータモデルを目指して
- W-09 Ver.12 最適化機能のご紹介
- W-10 パラメトリック機能活用のキモ
- W-11 今よりもっと高精度・高速な電磁界解析を実現するために
- W-12 最新ポスト処理機能を用いた解析結果の評価技術
- W-13 形状エディタを 100%使いこなす
- W-14 電磁界解析における材料特性、特に鉄損のモデリングについて
- W-15 誘導加熱の解析機能を使いこなす
- W-16 CAE は大型変圧器の課題をどこまで解決できたのか？
- W-17 連携・連成機能を用いたマルチフィジックス解析 ~他 CAE ソフトとどうつなぐか~
- W-18 JMAG-Express の全て



## 出展

JMAG のテクニカルパートナー企業、23 社に出展いただきました。展示会場で最新ソリューションについて鋭い質問をしている場面や、参加者と出展者が昼食を片手に談笑している場面があり、最新の技術についての情報を取得いただけたのではないかと思います。

出展社 5minits プレゼンは、「プレゼントラリーもあり楽しめた」「昼食をとりながら見れたのでよかった」と好評をいただきました。

JMAG ブースでは、JMAG-Designer Ver.12 のお披露目や JMAG-Designer 移行相談会を行いました。

また、今年初めてプレゼントラリーを行いました。多くの参加者の方から応募をいただき、楽しんでいただけたようです。

プレゼンを聴講した方や、ブースにお立ち寄りいただいた方から「JMAG との連携事例を聞いてよかった」「試作の相談に乗っていただけた」など有意義な話が聞いてよかったとの声をいただいております。出展社の皆様、本当にありがとうございます。

dSPACE Japan 株式会社

株式会社 NEAT

日本シノプシス合同会社

日本ナショナルインスツルメンツ株式会社

Myway プラス株式会社

メンター・グラフィックス・ジャパン株式会社

## カタログ出展

株式会社ダイドー電子

TDK 株式会社



## 出展社一覧

### 材料

JFE スチール株式会社

信越化学工業株式会社

日立金属株式会社

### 計測

横河メータ&インスツルメンツ株式会社

### ハードウェア

SCSK 株式会社

エヌビディア ジャパン

神戸市／計算科学振興財団

### 試作・設計コンサル

有限会社モーシオンシステムテック

### CAE

株式会社 IDAJ

サイバネットシステム株式会社

エルエムエスジャパン株式会社

### MBD

株式会社エー・アンド・デイ

ディエスピーテクノロジー株式会社

ご参加いただいた皆様、ユーザー会の楽しさを思い出していただけたでしょうか。

ご都合が悪く参加いただけなかった皆様、実際に参加された方からユーザー会に参加する楽しさを知っていただけたでしょうか。

来年もユーザー会の会場でお会いできることをスタッフ一同楽しみにしております。 

(五十嵐 智美)



イベント情報

# イベント開催レポート

2012年10月～12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、皆様もご参加ください。

## JMAG ユーザー会 2012 in USA

### 開催概要

主催 : Powersys Solutions

日時 : 2012年10月16日(火)

場所 : WESTIN DETROIT METROPOLITAN AIRPORT HOTEL(アメリカ:デトロイト)

URL : [http://www.powersys-solutions.com/usersconference\\_jmag\\_usa\\_2012.php](http://www.powersys-solutions.com/usersconference_jmag_usa_2012.php)



北米では初めてとなる JMAG ユーザー会をデトロイトで開催しました。2日間のプログラムで初日はハンズオンを含めたトレーニング、二日目に13の講演をいただきました。参加者数は70名程度で産業界、大学、技術パートナーの方々が来場されました。

基調講演は Texas A&M University の Prof. Toliyat から Magnetic Gear に関する講演をいただき、場所がデトロイトということもあり自動車業界からトヨタ、クライスラー、ゼネラルモーターズの方々からの発表もありました。

アメリカという国柄もあり、質疑応答も活発に行われ、参加者同士でのコミュニケーションをとっている場面も多く見かけることが出来ました。来年も同時期にデトロイト周辺で開催予定ですので是非足をお運びください。

(鈴木 雄作)

### プログラム

9:00	<b>Magnetic Gears</b> Hamid A. Toliyat, Texas A&M University (Keynote Speaker of the conference)
9:45	<b>Resistivity analysis of stacked planar Litz structure using Finite Element Method</b> Tsuyoshi Nomura, Toyota
	<b>Inductor loss-simulation using JMAG-Designer and comparison with measurement results</b> Kayoko Seto, Toyota
10:30	<b>Estimating the effects of partial flux linkages on the resistance of PMAC motor windings</b> John Suriano, Nidec
11:15	<b>High Fidelity Hardware-in-the-Loop Simulation with JMAG-RT and NI VeriStand</b> Nick Keel, National Instruments
11:45	<b>Flux Focusing Magnetic Gear Design Using JMAG</b> Jonathan Bird, University of North Carolina - Charlotte
13:15	<b>Designing Novel Doubly-Fed Machines using JMAG</b> Andy Knight, Alberta University
13:45	<b>Effects of manufacturing process on IPM motor losses</b>

	Hossein Dadkhah and Anand Sathyan, Chrysler
14:15	<b>Multiscale Noise and Vibration models for a Switched Reluctance-based drivetrain for EV and HEV</b> Ramana Kappagantu, Ph.D. - Sr. Technical Specialist, LMS Americas
15:00	<b>Evaluation of Different Electrical Steels in IPM Hybrid Rotating Machines</b> C.R. Frontczak, Tempel
15:30	<b>Highlights of the latest developments of OPAL-RT solutions</b> Sebastien Cense, OPAL-RT Technologies Inc.
16:15	<b>JMAG Roadmap and Introduction to JMAG V12</b> JSOL Corp.
17:00	<b>Electric Machine Design and Selection for General Motors e-Assist Light Electrification Technology</b> Sinisa Jurkovic, General Motors
17:30	<b>Multi-Physics Applications and Opportunities Enabled Through JMAG and Abaqus Co-simulation</b> Brad Heers, Simulia

## SIMULIA Regional User Meeting

### 開催概要

主催 : Dassault Systemes SIMULIA

日時 : 2012年10月18日(木)

場所 : St.John's Golf and Conference Center

URL : <http://www.3ds.com/company/events/gl-mi-regional-user-meeting/>

Simulia が各国内で開催している Regional User Meeting にドイツに続きアメリカでも JMAG を出展、発表しました。

特に、Abaqus' Co-Simulation Engine (CSE)を使った JMAG と Abaqus の連携事例に注目をいただきました。構造解析と磁界解析の連成ニーズがますます高まっていることが感じられました。 

(古林 としえ)

## ワイヤレス給電技術の基礎と電磁界解析技術・事例

### 開催概要

主催 : 日本テクノセンター

日時 : 2012年10月19日(金)

場所 : 日本テクノセンター研修室(日本:日本橋)

URL : <http://www.j-techno.co.jp/>

JSOL は、他社主催のセミナーでも積極的に情報発信を行っていきたくと考えています。

今回は、様々な分野の技術系のセミナーを主催している株式会社日本テクノセンター主催の「ワイヤレス給電技術の基礎と電磁界解析技術・事例」セミナーの講師を務めました。本セミナーは二部構成で、前半は株式会社テクノバの井田先生より、ワイヤレス給電の基礎と最新動向をテーマに、非接触給電に関する最新の技術動向が紹介され、テクノバ社で研究開発を進めている非接触給電装置に関する実験結果の報告がされました。

後半は JSOL より、非接触給電分野における開発で JMAG の解析能力が貢献できる事を、解析事例を、交えて紹介しました。ワ

イヤレス給電に対する技術者が集まり、様々な質疑応答が行われた有意義なセミナーでした。J

(坂下 善行)

## GT-SUITE Conference Day

### 開催概要

主催 : GAMMA TECHNOLOGIES

日時 : 2012年10月22日(月)

場所 : Steigenberger Airport Hotel(ドイツ:フランクフルト)

URL : <http://www.gtisoft.com/training/conference-event.php?Id=320>

Gamma Technologies 社主催の、European GT-SUITE Conference に参加しました。

今秋にリリースされた GT-Suite から、GT-SUITE と JMAG-RT の連携が可能となりました。そこでリリースに先駆けて European GT-SUITE Conference にて、Gamma Technologies 社より、JMAG ならびに JMAG-RT のソリューションをご紹介いただきました。

GT-SUITE は Gamma Technologies 社が開発された、業界屈指の自動車総合シミュレーションプラットフォームです。燃費や、騒音等のエンジン評価、冷却系システム評価などにご利用されています。JMAG-RT モータモデルを GT-SUITE に取り込むことにより詳細なモータドライブのシミュレーションが可能となります。J

(古林 としえ)

## Integrated Electrical Solutions Forum (IESF) China Automotive 2012

### 開催概要

主催 : Mentor Graphics

日時 : 2012年10月25日(木)

場所 : Sheraton Shanghai Hongkou Hotel(中国:上海)

URL : <http://mentorg.com.cn/aboutus/view.php?id=165>

MentorGraphics が主催する IESF (Integrated Electrical Solutions Forum) が中国上海で開催され、JMAG も出展いたしました。

IESF では MentorGraphics が扱う様々なプロダクト、様々な分野にわたってプレゼンテーションが用意されており、大変多くの参加者がいました。

JMAG からは SystemVision 上で利用可能な JMAG-RT ソリューションを紹介しました。会場には SystemVision ユーザーだけでなく、JMAG を知っている方もおり、この分野でも高精度なプラントモデルの重要性が高まっていると感じました。J

(佐野 広征)

## PSIM ユーザー会 2012

### 開催概要

主催 : Myway プラス株式会社

日時 : 2012 年 10 月 26 日(金)

場所 : 新横浜グレイスホテル(日本:横浜)

URL : <http://www.myway.co.jp/products/psim/seminar/user/2012/index.html>

PSIM の日本での代理店、Myway プラス株式会社主催の PSIM ユーザー会 2012 が開催されました。モータドライブを PSIM で解析されている方を中心に約 50 名の参加がありました。

JSOL は講演及び出展をいたしました。講演では、モータドライブシステムのモデルベース開発を完成させるために必要な JMAG-RT モータモデルの紹介を行いました。講演後には、今後 JMAG-RT に取り組みたいという意見を多数頂き、高精度なモータモデルを必要とされていることを感じました。J

(服部 哲弥)

## MATLAB EXPO2012

### 開催概要

主催 : MathWorks Japan

日時 : 2012 年 10 月 30 日(火)

場所 : グランパシフィック LE DAIBALE DAIBA(日本:台場)

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

MATLAB EXPO は MathWorks 主催のカンファレンスです。約 20 社の出展もあり盛況でした。

特にHILS系ベンダーでは、JMAGのパートナーのブースJMAG-RTを利用したデモンストレーションが行われていました。JMAGのブースでは、問い合わせも多くあり、HILS分野におけるJMAGのプレゼンスも着実に根付きつつあると感じた展示会でした。J

(西尾 隆行)

## LMS Conference Japan 2012

### 開催概要

主催 : エルエムエスジャパン株式会社

日時 : 2012 年 11 月 1 日(木)

場所 : 東京コンファレンスセンター品川(日本:品川)

URL : <http://www.lmsjapan.com/lmsconferences2012>



LMS Conference は、LMS 社が世界各国で開催しているカンファレンスです。日本では、11 月 1 日に東京コンファレンスセンター品川で開催されました。JSOL は講演及び出展をいたしました。カンファレンスは、300 名近い参加者が集まり、熱気が非常に溢れていました。

カンファレンスの講演テーマは機器の振動騒音対策に関する講演が多く、参加者も振動や騒音に関わる技術者が多く参加していました。また、AMESim を使ったシステムシミュレーションの講演では、スマートグリッドに自動車も組み込まれていこうという指針も示されていました。

JSOL は、芝浦工業大学、エルエムエスジャパン株式会社、JSOL の三者で行った電動機の振動騒音についての実測とシミュレ

ーションの比較について成果報告を行い、電動機の構造解析技術について、幾人かの技術者と議論しました。

展示ブースでは JMAG の製品紹介を行いました。システムシミュレーションの技術者から、JMAG-Express や JMAG-SuperExpress についての質問を多く受けました。電機設計に明るくない技術者がシステムを検討するにあたり、モータの特性を簡単に算出できるツールの存在は、彼らの興味を引いたようです。 **J**

(坂下 善行)

## CEFC2012

### 開催概要

主催 : IEEE

日時 : 2012年11月11日(日)~14日(水)

場所 : 大分オアシスタワーホテル(日本:大分市)

URL : <http://www.cefc2012.org/>

CEFC は IEEE 主催の電磁気学の数値解析(Electromagnetic Field Computation)に関する国際学会です。参加者は大学を中心に、数値解析の最新の研究をされている方々が参加され、発表件数は約 500 件でした。

講演内容は、モータを中心として、変圧器、アンテナなど磁気製品に関するものや新しい数値解析手法に関する提案が多く含まれていました。特に材料の磁気特性のモデリングに関する発表が多く、E&S モデルや Jiles Atherton モデルに関する提案やパラメータ同定のパネルが目を引きました。

JMAG は数値解析シミュレータですので、本学会のような基礎的な解析技術、研究・課題を積極的に参考にして、皆様の設計に役立つ機能を提供し続けていきます。数値解析の動向に興味がある方は是非、一度ご参加下さい。 **J**

(橋本 洋)

## IDAJ CAE Solution Conference 2012・GT-SUITE Conference Day

### 開催概要

主催 : 株式会社 IDAJ

日時 : 2012年11月16日(金)

場所 : パンパシフィック横浜ベイホテル東急(日本:横浜)

URL : <http://www.idaj.co.jp/icsc2012/gtsuite.html>

株式会社 IDAJ 主催の GT-SUITE Conference Day で弊社山田が「モデルベースデザインを推進する高精度モータモデル JMAG-RT のご紹介」というタイトルで講演いたしました。モータ開発のツールとして定評のある電磁界解析ソフトウェア「JMAG」と、モータ設計者が作成したモータモデルの特性をそのまま GT-SUITE に取り込むことを可能にしたソリューション「JMAG-RT」をご紹介いたしました。

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の高精度なモータモデル作成のためのソリューション「JMAG-RT」を、これからも様々な場面でご紹介いたします。 **J**

(五十嵐 智美)

## 上海 IDAJ ユーザー会

### 開催概要

主催 : 株式会社 IDAJ

日時 : 2012 年 11 月 19 日(月)~20 日(火)

場所 : 上海中油ホテル(中国:上海)

URL : <http://www.idaj.cn/CAEconference2012>

中国の JMAG Group メンバーである IDAJ CHINA 主催による JMAG ユーザー会が開催されました。

IDAJ CHINA のユーザー会では他にも GT-Power や modeFrontier など JMAG と関連のあるプロダクトについてもユーザー会が行われました。

昨年に引き続き JMAG ユーザー会は午前、午後を含む1日を使って行われました。JMAG をすでに使われている方、これから使われる方多くの方にご参加いただきました。FAW などの大企業や上海大学などの研究機関からは JMAG の活用事例、JMAG から新バージョンの紹介を行いました。午後は「JMAG サロン」と銘打って活発な技術ディスカッションが展開されました。来年はぜひお越しください。 

(佐野 広征)

## JMAG-LMS Virtual.Lab Seminar

### 開催概要

主催 : LMS International 共催 : Powersys (JMAG 欧州代理店)

日時 : 2012 年 11 月 22 日(木)

場所 : LMS フランスオフィス (パリ・フランス)

URL : <http://www.powersys-solutions.com/seminar-LMS-2012.php>

LMS 社と共同でモータの振動騒音トレーニングセミナーを開催しました。JMAG、LMS Virtual.Lab 両ソフトウェアを同時に使ったトレーニングは珍しく、JMAG ユーザ様、LMS Virtual.Lab ユーザ様双方に大変好評でした。セミナー中も活発に質問が飛び交い、振動騒音への高まりを感じた1日でした。 

(古林 としえ)

# JMAGセミナーのご案内

JMAGでは導入ご検討のお客様、ご使用中のお客様に向けて、幅広いセミナーをご用意しております。

毎月 東京・名古屋・大阪定期開催

## JMAG体験セミナー

受講時間: 13:30 ~ 17:00  
対象: JMAGの導入をご検討中の方  
費用: 無料

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。

1月~2月 東京・名古屋・大阪で開催

NEW

## JMAG特別セミナーシリーズ

受講時間: 10:00~17:30  
対象: 導入をご検討、ご利用中の方  
費用: 無料

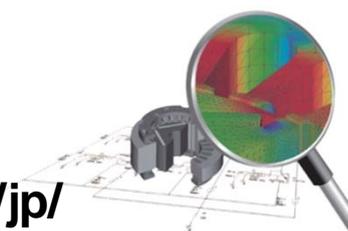
特にご紹介したい機能や事例などトピックに特化したセミナーを開催します。  
JMAGユーザの方のみならず、各機能、JMAGのソリューションにご興味をお持ちの方、導入を検討されている方も必見です。  
同日に複数のイベントを開催します。あわせて参加をご検討ください。

ラインナップ

1. 「設計業務を効率化するためには」  
対象者: CAE導入をご検討中の方で、解析のための設定時間を短縮されたい方  
JMAGをご利用中の方で自動化を検討されている方
2. 「今よりもっと高速な電磁界解析を実現するために」  
対象者: まる一日かかる計算を一晩に短縮したい方、同じ時間で二倍の設計案を評価されたい方
3. 「効率マップの簡単描画方法」  
対象者: モータの効率マップを手軽に作成したい方
4. 「磁界解析と構造/熱解析の組み合わせ効果」  
対象者: 磁界と共に構造や熱の問題にも取り組みたいとお考えの方
5. 「JMAGでモータの三次元解析をしよう」  
対象者: より解析の精度を向上させたいとお考えの方
6. 「最新プリポストを使った解析結果の評価方法」  
対象者: JMAG-Designerの能力をフルに引き出して、解析の作業効率や分析能力を高めたい方
7. 「簡単高速モータ設計ツール」  
対象者: 日常的なモータの解析作業を定型化したいとお考えの方
8. 「制御品質を高めるJMAG-RTモータモデルをつくろう」  
対象者: モータドライブシステム全体の性能や信頼性の向上をお考えの方
9. 「JMAGと他CAEソフトウェア連携術」  
対象者: 複数の解析ツールを駆使して、より精密で複合的なシミュレーションをお考えの方

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/>



## (初級)トレーニングセミナー

毎月東名阪各会場で開催  
受講時間: 12:30 ~ 17:15  
費用: 無料

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。

## (中級)ワークショップ

毎月東名阪各会場で開催  
受講時間: 13:30 ~ 17:00  
費用: 30,000円(税抜き)

お客様ご自身の課題について、解析ができるようになることを目的とした実践的なセミナーです。初級セミナーのみでは解決できなかったモデル化上の問題点もクリアにし、解析テーマ毎の考え方や特定機能の操作について、実践的な例題を用いてハンズオン形式で学んで頂きます。お客様の解析対象に近い事例での学習となるため、実務に役立つ技術を取得することができます。

## スキルアップセミナー(解析技術者養成講座)

毎月1テーマを東京会場で開催  
受講時間: 13:30 ~ 17:00  
費用: 無料

JMAGによる解析技術の向上を目差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。

## JMAG-Designerバージョンアップセミナー

毎月東名阪各会場で開催  
受講時間: 13:30 ~ 17:00  
費用: 無料

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ますので、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。

## WEBセミナー

遠方のユーザー様、日中セミナーに参加できないユーザー様からのご要望にお答えし、WEBセミナーを開催しております。録画セミナーの場合、期間中お好きな時間に何度でも受講いただけます。「StudioユーザのためのJMAG-Designerクイック移行セミナー」、「バージョンアップセミナー」など再演のリクエストが高いセミナーを開催しております。

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/>



