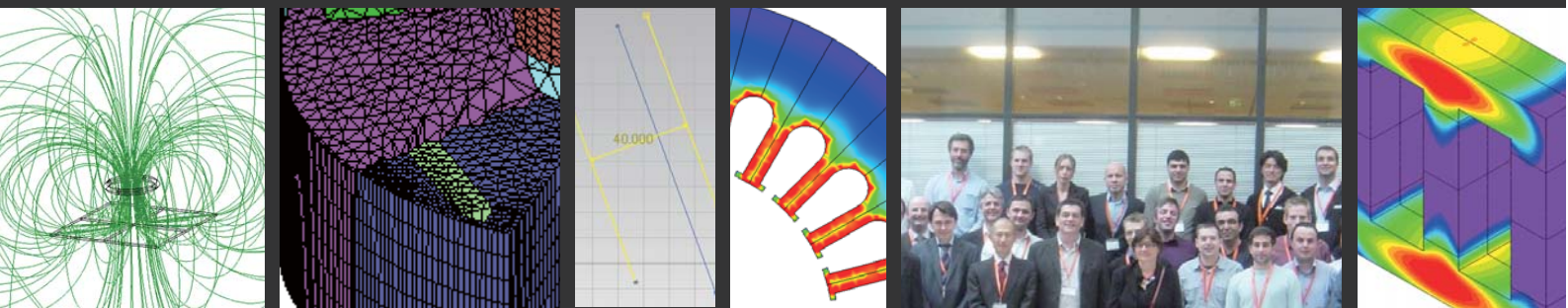


JMAG Newsletter



2013年6月号

目次

[1] JMAG導入事例 自動車の進化を支えるシミュレーションの活用

- マツダ株式会社様 JMAGは電気デバイス普及時代の到来を見据えたデファクトツール -

[2] プロダクトレポート JMAG-Designer Ver.12.1のご紹介

- 代表的な15の機能をご紹介します -

[3] FEA解説 第三回 より詳しく現象を把握するためのFEA

- よりよいモータ設計のための効果的なFEAの使い方 -

[4] 論文紹介 第四回 誘導加熱現象の適用事例

- さまざまな分野で利用されている誘導加熱現象を取り扱った論文の紹介 -

[5] 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 -

[6] JMAGを100%使いこなそう 第九回 熱解析に関するA to Z

- 熱解析の基本となる材料特性や各種条件 -

[7] イベント情報

- JMAGは損失の問題に取り組んでいます -
- JMAG欧州ユーザー会 開催レポート -
- 2013年7～9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 -

[8] 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 6月号のみどころ

最近暑くなってまいりましたが、皆様いかがお過ごしでしょうか。遅くなりましたが、JMAG Newsletter 6月号をお送りします。

JMAG 導入事例は、世界で唯一ロータリーエンジンを搭載した市販車を 40 年以上にわたり量産し、独自のクルマの進化シナリオを備えながら、着々と堅実に未来への準備を進めるマツダ株式会社の米盛様にインタビューいたしました。マツダの未来観から、最先端の創成領域に対して JMAG がどのような役割を果たしているかをお話いただきました。

テクニカル FAQ では、お問い合わせの多いご質問を中心に紹介します。今回は、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んでいる方にとって役立つ機能をご紹介します。また、3 月にテクニカル FAQ の WEB ページをリニューアルいたしております。皆様の疑問に対する回答が見つかりやすくなるように、解析機能やモータや加熱機などのアプリケーション別での検索ができます。まだご覧いただいていない方は JMAG テクニカルサポートと合わせてご利用ください。

世の中には星の数ほど論文や技術文章が存在します。論文紹介では、弊社エンジニアが読んで実際に役に立ったと思えた論文を紹介いたします。今回は、様々な分野で利用されている誘導加熱現象の文献を紹介いたします。

AtoZ でも、熱解析や熱との連成解析をより身近なものに感じていただけるよう、基本となる材料特性、各種条件に着目してご紹介しております。

最後に、2013 年 6 月にリリースした JMAG-Designer Ver.12.1 の新機能について紹介しています。Ver.12.1 は汎用インターフェースのマッピング機能が追加され、他ソフトウェアとの連携性が大きく向上しました。その他にもユーザーの皆様が使いやすくなる工夫を行っておりますので、プロダクトレポートで詳細をご確認ください。

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

マツダ株式会社様

自動車の進化を支えるシミュレーションの活用

ーJMAG は電気デバイス普及時代の到来を見据えたデファクトツールー

化石燃料を消費するクルマから電気を活用し、環境にも優しいクルマへ。今、クルマは、さらなる進化を遂げようとしている。その鍵を握っているのが電気デバイスという最新技術群であり、コア部品としてのモータだ。また開発の効率化をめざしシミュレーション技術を多用する流れも定着した。独自のクルマの進化シナリオを備えながら、着々と堅実に未来への準備を進めるマツダ。そこでも JMAG は、最先端の創成領域に重要な役割を果たしている。

ビルディング ブロック戦略と SKYACTIV TECHNOLOGY。マツダの未来観

—米盛様の所属が「革新研究創成部門 創成領域研究チーム 兼 先進車両システム研究部門 車両統合制御研究」となっていますが、これはどのような研究をなさるセクションなのですか

米盛氏 創成とは、「初めてできあがる」といった意味だそうですが、まさに従来からもなく、今もない新しい技術を生み出す活動を立ち上げていくセクションです。例えば、今までは考えられていなかった材料の組合せで、数倍の磁気性能が数分の一のコストになる新磁石が発明されたら、どんなモータに生まれ変わることができるだろうか、などと様々なありえそうな未来群を自由自在に発想し、その実現を支える技術群について、どうすればシステムとして統合的に構成できるかについて検討しています。わたし自身は、「自らの未来は、自らの力で切り開き、掴みに行くべし」といった表現をしています。

—具体的にはどのような分野での創成研究に取り組まれているのですか

米盛氏 そのお話をする前に、現在のマツダがめざしているクルマづくりを理解してもらう必要があります。

マツダは 2007 年 3 月に「サステイナブル “Zoom-Zoom” 宣言」を策定しました。これはクルマも、人も、地球も、みんながわくわくし続けられるサステイナブルな未来の実現にマツダが取り組んでいくことを宣言したものです。それに基づき 2008 年 6 月には、

マツダ株式会社
技術研究所 革新研究創成部門
創成領域研究チーム
兼 先進車両システム研究部門
車両統合制御研究
シニア・テクニカル・スペシャリスト
米盛 敬 氏



「2015 年までに世界で販売するマツダ車の平均燃費を、2008 年に比べて 30%向上させる計画」を発表しました。その実現に向けた戦略的な考え方が「ビルディングブロック戦略」です。

近年、ハイブリッド車や電気自動車など、新しい電気デバイスを搭載したクルマが登場し、自動車の性能はエンジン、トランスミッション、ボディー、シャシーなどの従来技術と、電気デバイスとの総合力で語られるようになりました。一部のメディアでは、あたかもハイブリッド車や電気自動車への淘汰がおきるかのよう、やや拙速に語られているように感じています。

しかしマツダは、2020 年においても自動車のパワートレインに占める内燃機関の割合も役割も依然として大きいと予測しています。内燃機関と電気デバイスの重合部分が拡大するのであり、電気デバイスだけに存在価値があるなどとは思っていません。そこで、クルマの基本性能である「ベース技術」を優先的に改良した上で、段階的に減速エネルギー回生システムやハイブリッドシステムなどの電気デバイスを組合せていく「ビルディングブロック戦略」を採用しました。



図1 ビルディングブロック戦略

一つまり、単純な技術の世代交代ではなく、既存技術に新技術が上乗せされて全体的には機能がより高い次元に進化するということです。

米盛氏 そうです。ベースとなる内燃機関の効率を向上させれば、ハイブリッド化する際も付加するモータやバッテリーなどの電気デバイスのバランスが当然変わります。こうしたメリハリをつけることで、マツダらしい走る歓びと優れた環境性能を両立するクルマを実現しようとしています。

そして、それを実現するために研究、開発されたすべての革新的な新世代技術群を総称して「SKYACTIV TECHNOLOGY(スカイアクティブテクノロジー)」と呼んでいます。2010 年秋には、量産エンジンとしては世界初となる高圧縮比 14.0 を実現した「SKYACTIV-G」を搭載した新型デミオを発売したのを皮切りに、2012 年には SKYACTIV 技術をフル搭載した CX-5 やアテンザを投入して高い評価を得ました。

世の中ではハイブリッド、電気自動車という一辺倒なシナリオが常態化しつつあるなかで、内燃機関の改善の余地はまだまだ大きいことを自らの力をたのみて示しました。これは私個人の見立てですが、自動車業界の開発動向にも一石を投げたのではないかと考えています。

開発スタイルの新潮流 MBD を支える JMA G

ービルディングブロック戦略と、その具体的な結実である SKYACTIV TECHNOLOGY。米盛さんの研究は、それらの、もう一歩先の未来を見た研究と位置づけられているのです。

米盛氏 詳しくはお話できませんが、わたしは主に、自

動車用のワイド レンジ ドライブ モータや機能複合システムの研究にあたっています。未来の、まだ姿の見えないものを探っていくのですから、どんどん自由自在にいろいろなテーマで検証を進めてよいのですが、そこには一つの“前提”のようなものがあります。

クルマの開発では、関係する全ての技術者たち、(会社の垣根も越えますので、それぞれの分野の匠といった方が、イメージが伝わるでしょうか) が、想像を絶するほどの議論や試行錯誤を重ねながら新型車の幹というかコンセプトを固めていきます。その際、試作車などを組み立てる前に、完成形を明確に予見できる能力が高ければ高いほど、いち早く効率的に問題点を摘出し、拡散する前に潰し込むことができます。そこで CAE が登場し、ある程度のイメージ化を手伝ってくれる。最近では、MBD(Model Based Development)と呼ばれる開発手法が取り入れられ、より源流でのシミュレーションも活発に展開されるようになっていきます。

MBD は、お客様のために限界設計を追求するための方法論の一つです。近年のクルマ、例えばハイブリッドが代表例ですが、内燃機関とモータとブレーキという非線形な動力装置同士が複雑に絡み合って動作しています。時には不連続に ON/OFF 動作もしながら、全体としては協調的に滑らかにトルクを操作するということは、実は極めて高度なワザなのです。しかも「高性能」「小型・軽量」「低コスト」「制御性」「超静粛・低振動」「高品質・長寿命・耐熱」などの沢山の評価指標を全て充足せねばならない。その時に、各システムの動的な特性表現といえる挙動モデルを事前に高精度に把握する能力に長けていれば、いち早くマシンのポテンシャルを引出し、お客様の望むシステムへ一歩近づけることができます。

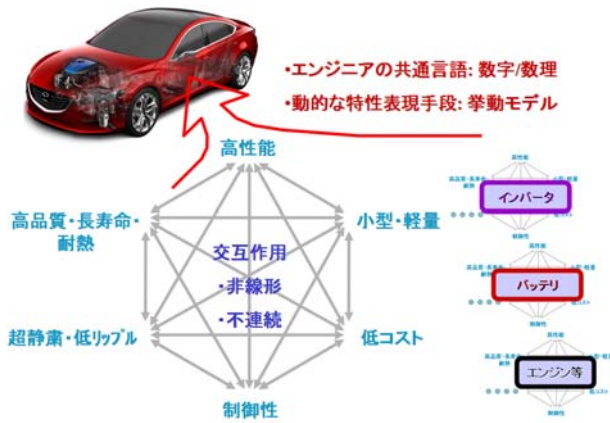


図2 構想設計

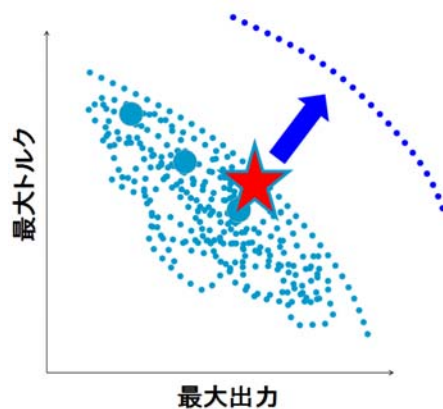


図3 ユニット開発

—そこで JMAG も役に立っているんですね

米盛氏 クルマでは洗練されたダイナミクスというのが重要な指標の一つなのですが、単純にトルクが太く変動が小さければそれでよいというものではありません。トルクの出方には、「こういう出方が気持ちよい」という長年の経験知があり、そこをめざすように研究が進められます。例えばバイクに乗ったことがある方ならわかりやすい例えと思うのですが、V 型エンジンの「ドドリュッ」というトルクのうねりは、すごくやる気をそそりますし、シングルの「タタタッ」という小気味よい音も、のんびりした其々の良い持ち味がありますよね。自動車の世界ではアクセル/ブレーキ ペダルとトルク(加減速 G)の出方、あるいは操作舵角と旋回Gの知覚関係には追求すべき理想像があるのです。電気系固有の内部変動成分すらも掌握し、卓越した操作能力を持ってい

れば、理想像に最短距離でたどり着けるのです。

—実際に、JMAG-RT でハードルの高い解析にあたられたのですね。

米盛氏 電気駆動車両の MBD における JMAG-RT の活用については、個人的にもレポートをまとめています。

電気駆動車両のモータ・ドライブ・システムの性能解析では、計算し易い理想的な条件に絞り込んで、モータの限界性能などの代表特性で相対的な良し悪しを論じるのが一般的です。しかし、これはモノの特性の一つを語ったに過ぎません。実際のモータは電池電圧の変動や内部部品過熱の影響を受けますし、おなじ設計図面の品物でも、極端に言えば一台一台の個体差があるのです。また、JMAG 単体では、モータが周辺システムに連結した状態での動作範囲や効率変化などの相互作用を厳密に再現できません。そこで「動的なシステムの限界設計」をめざすために、JMAG-RT を用いてシステム内部の相互作用やトレードオフをも一気に俯瞰する高速計算環境を構築しました。

・Mazda Dual Mode Drive System を選択



図4 MDMS システム

マツダ株式会社 技術研究所 米盛 敬氏

「電気駆動車両の MBD における JMAG-RT の活用事例」

JMAG ユーザー会 2011 発表資料より引用

—解析結果をどのように活用なさっていますか

米盛氏 詳細な机上実験レポートが全てのデザイン毎に自動生成され、既存技術を最大限に活用した場合の限界設計群の掌握が全自動で可能になりました。例

例えば、原始的なデザインで一度特性を掌握し、その進化用にゲーム理論の応用アルゴリズムを注入することで、さらに特性向上を試すといった膨大な試行錯誤作業を 24 時間ノンストップのコンピュータ群に任せています。さらに実験計画法のアルゴリズムを組合せ、最少のスタディで高相関にある因子を明確にしたり、特性に対して寄与度が高い因子に着目してさまざまなシミュレーションを行ったりすることも可能になりました。さらには、遺伝的アルゴリズムなどを活用して常識では発想しない突然変異的な組合せも試行して技術のブレイクスルーにつなげていく試みも行っています。

システム性能の動的限界の向上に関する挑戦としては、システム内部の熱律則(複数)の見える化や、フル加速時のバッテリー電圧降下との関係の見える化、コンピュータを活用し優れた設計群の共通法則のパターン抽出などがあります。様々な取り組みを行っていますが、計算作業そのものには、なるべくマンパワーの力点を置かないように、実は徹底的な自動化指向を根底に持っています。計算結果群を分析的に俯瞰し、よりよいアイデアをモデル空間の外から注入することは、世界最強のコンピュータにもできません。「膨大作業は機械に任せるように、技術者は人間にしかできないことに集中すべし」というスローガンで取り組んでいます。

クルマの世界でモータ開発の“共通言語”になっている JMAG

—JMAG を導入していただいた理由はどのようなものでしたか

米盛氏 研究所では 2006 年に JMAG が導入され、段階的に利用数を増やしてきました。研究所だけでなく現場の開発・設計部門などでも活用されています。

選定の理由は、何と言っても日本国内における電磁界解析シミュレーションソフトのデファクトスタンダードであったことです。そもそも MBD もそうですが、技術者の仕事は、計算結果を得た所で完結していません。むしろ議論の始点です。その結果を他の部門や協力会社の開発担当者などと共有し、一気にアドリブが効きにくくなる実機製作に進む前に検証効率、開発効率を

向上させることが大きな狙いなのです。

となれば、違う言語で話しては、業務の効率は向上しません。デファクトであることの意味は、現代の開発環境においては非常に価値のあることだと考えます。特に、電気駆動車両関係のモータ解析では、電機メーカーも JMAG を活用しているので、JMAG 以外のソリューションを使うことは考えにくいし、ツール変更は、カーメーカーの本来業務へ直結しない(必然性のない)努力を要することになります。

—サポート体制などについてご不満はございませんか

米盛氏 まず日本の永久磁石モータについては、常に専門業界でオーソライズされた最善の知見が盛り込まれていると承知しておりますので、不満はありません。また当社側からの活用提案にもスタッフの方が協力を惜しまずに即応してくださるので、導入以後、トラブルがあったとか業務が滞ったという記憶がありません。JMAG を使っている現場の最新の要求に沿って、新機能開発をしていただけているのもありがたいですね。

こうしたことから当社でも、当初は予想をしていなかったような部署でも JMAG を導入するようになり、まさに“共通言語”としての役割がますます発揮されているのが現状です。



—大変に嬉しい言葉をありがとうございます。

米盛氏 なぜ JMAG が国内でデファクトになり、日本の自動車メーカが共通言語として使うようになったかの理由はさまざまだと思います。初期の頃は、大学での研究成果をこのパッケージに具現するために大変な御苦労をなさったとも聞いています。

いずれにしても、わたし自身は、JMAG をモータの進化や善し悪しを論じるためのモノサシの一つとして使うのがよいだろうし、さまざまな技術提案は動的モデル、つまり JMAG-RT で提案していただけませんかと呼びかけています。いや、JSOL さんの肩を持つ訳ではなく、共通の言語のほうありがたいからです。

クルマの電気仕掛けを美しくするツール

—ソフトとしての改善点などについてお考えをお聞かせください。

米盛氏 CAE の結果と実際に試作される物を比較すると、1つの解析テーマ別に見れば非常に優れた解析結果を得られています。しかし個人的には、もう一歩踏み込んでマルチフィジックスで解析結果を得られるようになるのを望んでいます。

まず、設計図面データ(製造公差付)と実際物のブレが、パワーやトルクなどの特性にどのような影響が出るかを信頼性区間で示すような(今までにはなかった)「別角度からの検証」があります。2つ目に、JMAG はモータの電磁界解析ソフトなのですが、熱流体など他の有限要素法のシミュレーション ツールとも協調してカバー範囲を広げられないかという改善希望があります。3つ目に、シミュレーションのバーチャル データがモノづくりの匠である生産工程部門へ実データとして渡され、研究シミュレーションから生産シミュレーションまでが一気通貫で連動になるような仕組みをつくれないうことがあります。

研究・開発を高速のサイクルで回すには、其々の分野の匠全員が一緒に伴走しながらそれぞれの立場から口角泡を飛ばして設計図面を洗練させるのが究極の理想です。それが実現するまでは、設計者なりに想

う所あって尖ったものを送り出し、後工程たる製造部門が受け取る形にならざるを得ない。(これ自体は、一概に悪いことではありません。)しかし製造ラインが具現化し、例えば金型変更が困難な段階で、事後的に「ああしておけば良かったなあ」ということが発覚する事態は、ゼロが良いのです。

—いわゆる統合設計技術や統合生産技術との連携を深める必要があるということですか

米盛氏 すでにクルマの開発は、人が気持ちよいとは何かを工学的にとらえ、それを具体的にデザインに落とし込んでいく時代になっています。3次元 CAD などを駆使して形や材料、素材などを変えたらどうなるかのシミュレーションも片方では進められています。そうしたデータが統合設計技術などに送り込まれてきており、JMAG もまたその中の一つとして、シミュレーション結果を実際の生産システムに直結させていくことを考える時期に来ているのではないのでしょうか。

具体的には、モータだけでなくインバータまでは JMAG の守備範囲にしてもらいたいと思います。昨今の車両駆動用途の世界では、インバータのないモータはないのですから。(バッテリーは化学反応の世界なので、JMAG が直接フォローする必要はないでしょう。)その上でさらにシステム統合制御まで踏み込んでいただきたい。熱の考慮が必要不可欠な機能となります。JMAGの機能拡充にあたっては冷却器系や車体などとの関わりは定型がなく、どの部分に、どう手を付ければよいのか JSOL さんにも悩み所はあると思いますが、要望としてはお伝えしておきます。

—今後のクルマ開発における JMAG の役割を再度、定義していただけますか。

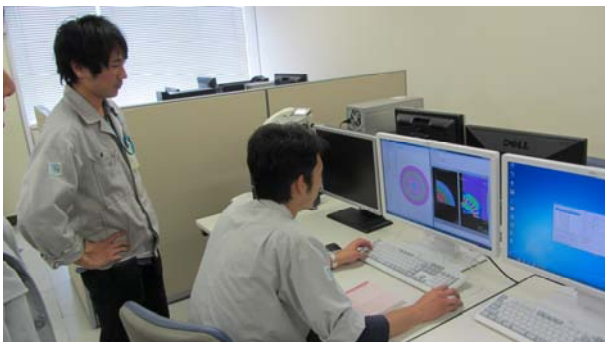
米盛氏 いろいろ要望を言いましたが、JMAG が研究・開発に不可欠なツールであることに全く変化はありません。今後、お客様の歓びに向かって自動車が進化し、形態が更に多様化と収斂を繰り返していく過程で、機能と部品の役割分担は都度、変化していくことが十分に予想されます。未来がどうなるのかは、常に流動的

であって、本質的に不確定なものなのです。しかも、ハイテクさえやっていれば安心という訳でもありません。だからこそシミュレーションの高度化や高精度化によって、より沢山の未来像を明確にイメージすることの重要性がまし、ますます大きな役割を果たすようにしていくべきなのです。

クルマ開発においてスタータやオルタネータといったトラディショナルな回転機から、近年はトラクション モーター、電気式過給器、更には回転機のみならずインジェクタなどの様々な電気デバイスがありますが、クルマの100年に及ぶ歴史で常に進化を続けてきたにもかかわらず、一度たりとも歩みを止めたことはありません。内燃機関ですらそうであったように、実は、まだまだ技術者の不断の努力と発想力次第によっては革新が起こせ、進化の伸び代を持っているのです。

現代のエンジンが、名工による多彩な彫刻刀を使った“芸術作品”だとするならば、電気デバイスは、まだまだ洗練の歴史も浅く、チェンソーで木を削っているような荒削り品のレベルだと思います。極めて個人的な意見であることは承知の上ですが、ため息が出るほどに美しいモータには、まだ出会っても、生み出せてもいません。

鉄や銅や磁石といった電磁材料が、本来秘めているポテンシャルを最大限に引き出すということは、飛行機の流線形やプロペラのように空気の流れを乱す“無駄なもの”を削ぎ落とすことに通じると思います。機能が自ずと形に現れて美しく洗練された製品に進化させるための道具として、これからも JMAG の切れ味に磨きを掛け続けていただきたいと思います。お互いに“The SKY is the Limit.”(可能性は青天井だ!)の開発スピリットで切磋琢磨し、お客様の歓びを叶える未来に向かって共に邁進していきましょう。

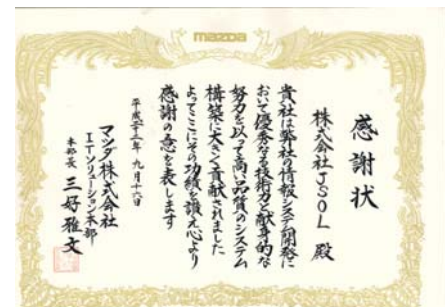


感謝状をいただきました。

JMAG を使ったハイブリッドモータの最適化システムなど、マツダ様のCAE環境構築への貢献を評価頂き、感謝状を頂きました。

弊社では、お客様の要望や課題を把握するよう努めておりますが、時々「JMAGが本当にお客様の役に立っているのか」と不安になることもあります。

そのため感謝状という目に見える形で評価いただいたことは大変うれしく名誉に感じました。この場をお借りし、御礼申し上げます。誠にありがとうございます。



商号 マツダ株式会社

(Mazda Motor Corporation)

資本金 2,589 億 5,709 万 6,762 円

連結従業員数 37,617 人

上場市場 東京証券取引所・市場第一部

代表者 代表取締役社長 小飼 雅道

事業概要

乗用車・トラックの製造、販売等を事業とし、ロータリーエンジンを搭載した自動車を40年以上にわたり量産・開発している世界で唯一の企業である。特に、ドイツ・英国を中心とする欧州やオーストラリアでのブランド評価は高く、2011年及び2012年のオーストラリアのモデル別自動車販売台数ではMazda3(アクセラ)が首位となった。

現在の企業キャッチフレーズは「Zoom-Zoom」

<http://www.mazda.co.jp/>

JMAG-Designer Ver.12.1 のご紹介

2013 年 6 月に JMAG-Designer Ver. 12.1 をリリース致しました。プリポスト、ソルバー、連携など、多岐にわたる新機能を追加していますが、中でも損失解析の精度向上、MBD 実現のためのツールと連携機能、形状エディタ機能の安定性と使いやすさの向上に特徴のある製品となっています。

本稿では、損失解析/MBD/形状作成を中心に Ver.12.1 の代表的な機能をご紹介します。

はじめに

本プロダクトレポートは、新しくリリースされた Ver.12.1 の各機能を 7 つのカテゴリーに分けて、開発の背景と趣旨をご紹介します。Ver.12.1 を特徴付ける 15 の機能をご紹介します。

材料モデリングと損失解析

モータをはじめとするデバイスの効率を極限まで高めるためには、シミュレーションにおいてもこれまで以上に精緻な材料モデリングと損失解析技術が求められます。

新しい材料モデリングと損失解析機能の特徴は、ヒステリシス特性と積層鋼板における渦電流の扱いを実現現象に即して、より直接的に扱っている点であり、高飽和領域や珪素鋼板の高周波域での精度向上を図っています。

また打ち抜き加工に伴う磁化特性の劣化を、歪による劣化領域を指定して解析できるようになりました。

高精度な鉄損計算

これまでの JMAG による鉄損解析は、後処理により周波数ごとの損失データと磁界解析による磁束密度分布から、ヒステリシス損失と渦電流損失の計算式に必要な係数を求めて損失の計算を行っていました。

Ver.12.1 では、コアのヒステリシス特性と電気伝導率を直接扱うことで、これまでよりも幅広い周波数/磁束密度の範囲で精度が得られる新しい手法を開発しまし

た。

1. ヒステリシス損失計算

ヒステリシス損失解析は、これまでの計算方法に加えて、新しく GUI から直接ヒステリシスループを定義できるようになりました(図 1)。

すでに材料データベース内に BH 特性と損失データがある材料特性は、直流磁化特性からヒステリシスループを自動生成して解析ができます。

磁束密度の振幅が同一であっても、ダイレクトにヒステリシス特性を考慮することにより、マイナーループの位置による損失の違いを反映した損失計算ができます(図 2)。これまでの計算手法に比べて、直流重畳または基本波に高周波成分が重畳された高飽和域でのヒステリシス損失の精度が大きく向上しました。

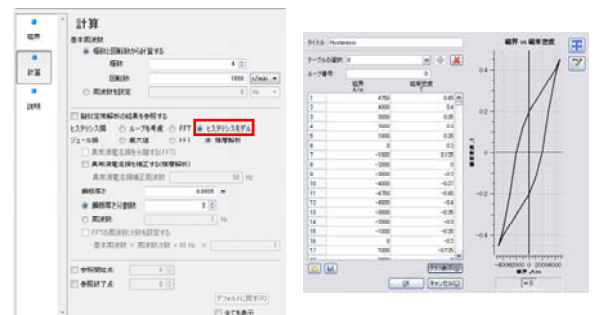


図 1 ヒステリシスループの GUI からの指定

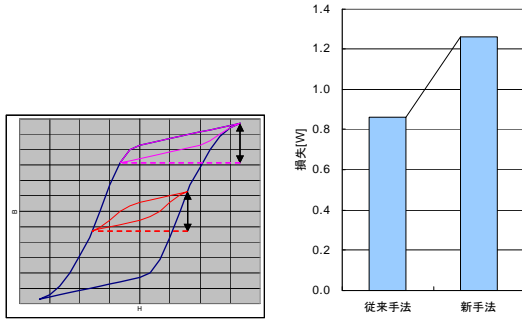


図 2 同一の振幅を持つマイナーループの位置による違い(左)とヒステリシス損失解析の新旧手法の違い(右)

2. 渦電流損失計算

渦電流損失解析では、Ver.12 から搭載されたラミネーションロスの機能を鉄損計算に利用した新しい計算手法を導入しました。この手法は、これまでの周波数ごとの損失データテーブルに基づく計算とは異なり、指定された電気伝導率に基づいて鋼板 1 枚ごとの厚みを考慮した解析を行います。2 次元モデルの場合も、積層方向の Maxwell 方程式を解いた結果を 2 次元解析への補正として考慮することで、積層構造を考慮した渦電流損失の算出が可能です。これまで解析周波数が損失データテーブルの範囲外となった場合に適用される外挿補間処理が不要になるため、特に高周波域で大きく見積もられる傾向にあった渦電流損失値の精度が大きく向上しています。

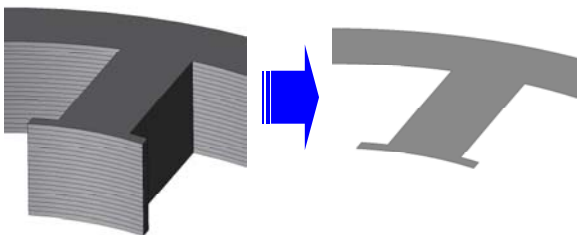


図 3 ラミネーションロスによる渦電流解析のイメージ

劣化を考慮したモデリング

JMAG は、加工劣化による磁化特性をモデル化するため、与えられた BH 特性全体にスケールファクタを乗じる、あるいは応力分布をマップするなどの手法を提供してきました。

新たに搭載された加工歪を考慮した解析機能の特徴は、加工処理による劣化領域を直接指定して解析できることです。劣化領域は、2 次元モデルであれば領域辺、3 次元モデルであればソリッド面を選択して、歪みを指定することで指定されます(図 4)。

加工歪による特性の変化は、磁化特性では、磁束密度-磁化補正係数テーブル、損失特性では、磁束密度-損失補正テーブルをそれぞれ指定します。

ティースとスロット周囲の加工劣化の有無による鉄損密度分布を比較すると、打ち抜き領域に沿った鉄損密度の増加を確認できます(図 5)。

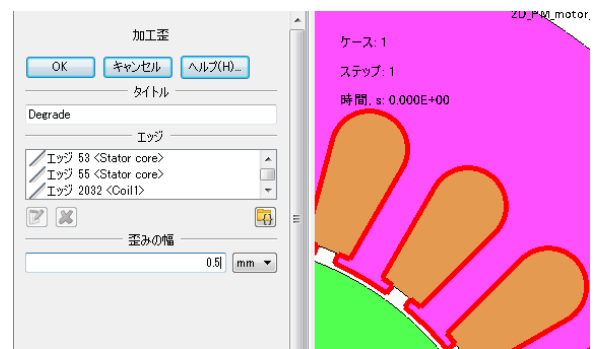


図 4 2 次元モデルにおける劣化領域の指定

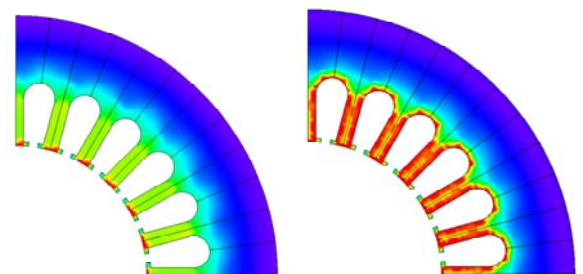


図 5 劣化の有無による鉄損密度分布の比較
(左図:劣化なし、右図:スロット部劣化あり)

JMAG-RT

JMAG-RT は、SILS/MILS 上だけでなく HILS 上での利用も広がっています。JMAG-RT の動作するアプリケーションの拡大と業務への定着に伴い、RT モデル生成時間の短縮や JMAG-RT の適用対象の拡大が求められるようになってきました。Ver.12.1 では、RT モデル生成時間の短縮、並列回路への対応、JMAG-RT Viewer の高精度化により、業務効率の向上をはじめ、

多様化する制御シミュレーションのニーズに応じています。

RT モデル生成時間の短縮

モータモデルの持つ形状の対称性や三相交流の周期性に着目して、計算ケース数を削減することで、RT モデルの生成時間を大幅に短縮しました。さらに RT モデル作成時に実行する磁界解析の非線形反復計算は、JMAG-RT 用に特化したチューニングを施すことでも計算の高速化を図っています。表 1 に Ver12.1 とそれ以前のバージョンによる RT モデル生成時間の比較した結果を示します。

表 1 新旧バージョンによる RT モデル生成時間の比較

	V12	V12.1
IPM (10kW, 6P18S)	6.3h	3.5h
IPM(1kW, 4P6S)	1.3h	0.8h
SPM(10kW, 10P15S)	19.0h	8.9h

並列回路対応

JMAG-RT は、これまで FEM コイルの回路構成が直列であることを前提としたモータモデルを提供してきました。対象となる回路が並列回路である場合は、RT モデル生成前後に、補正のための回路の換算処理が必要でした。

Ver.12.1 からは、並列回路を RT モデル生成時点で考慮することができるため、補正による処理が不要となり、使いやすくなりました(図 6)。なお各並列回路における循環電流は考慮されまいため、m 直列 n 並列構成は n 並列 m 直列構成と等価と見なされます。

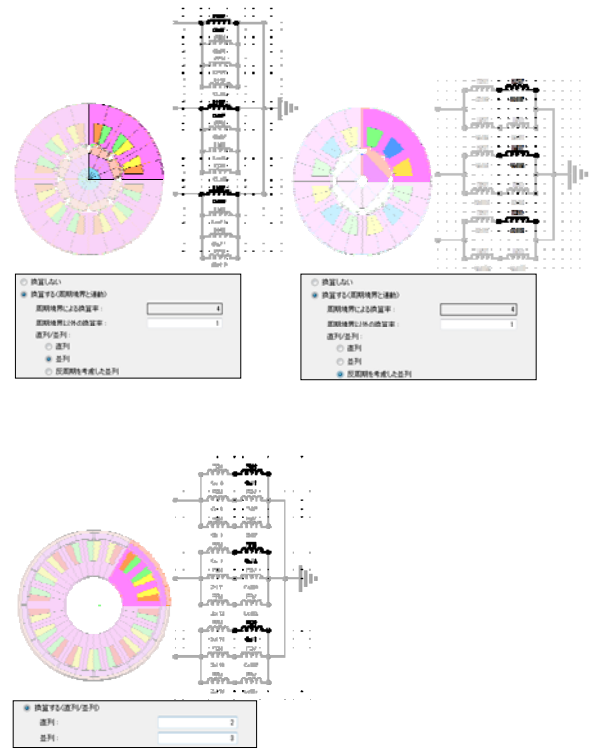


図 6 Ver.12.1 に対応する RT モデル向け並列回路の構成

JMAG-RT Viewer の空間高調波モデル対応

空間高調波モデルは、インダクタンスや磁束量などに磁化特性の非線形特性を反映するだけでなく、スロット高調波などの空間高調波も反映した精度の高いデータを提供します。この精度の高い RT モデルを JMAG-RT Viewer に反映させることで、これまでよりも高精度なトルク回転数特性や効率マップを提供することが可能になりました(図 7)。

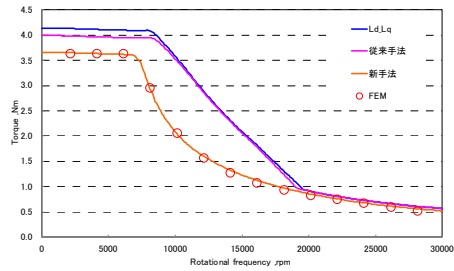


図 7 各計算手法による回転数-トルク特性の比較

モデルベース開発とマルチフィジックス

有限要素法電磁界解析(以下 FEA)によるモデルベース開発では、ひとつの CAD モデルから物理現象に応じた解析モデルの生成が必要であるだけでなく、相

互の結果を荷重条件としたデータのやり取りが必要になります。

Ver.12.1 では、多目的ファイル出力ツールの機能向上と Abaqus CSE 用のユーザーインターフェースを新たに用意することにより、モデルベース開発を加速します。

多目的ファイル出力機能

本機能は Ver.12 に初めて搭載され、J MAG で解析した結果を J MAG で生成したメッシュとあわせて Nastran 形式で出力する機能でした。

Ver.12.1 からは、上記の機能に加えて外部のアプリケーションで生成された Nastran 形式のメッシュデータを読み込んで、荷重条件として J MAG で計算された電磁力、損失を含む任意の物理量をメッシュデータにマップすることができます。

また、他の熱流体ソフトウェアによる解析結果から、出力される CSV 形式の熱伝達率分布を J MAG の熱伝導解析データに取り込み、熱伝達境界条件として設定することができます。熱伝達境界条件の温度依存性が小さい場合は、J MAG の熱伝導解析を利用することで、短時間に解析結果を得ることができます。

Abaqus CSE 用ユーザーインターフェース

Abaqus の CSE は、Abaqus と他ソフトウェアとの連成解析を制御する機能です。CSE を利用した連成解析では、コマンドラインからの入力やバッチファイルによる処理が必要となります。

Ver.12.1 では、J MAG との連成解析時には J MAG 側で GUI を用意しました(図 8)。ユーザーにとって使いやすい J MAG-Abaqus 連成解析の環境を提供しています。

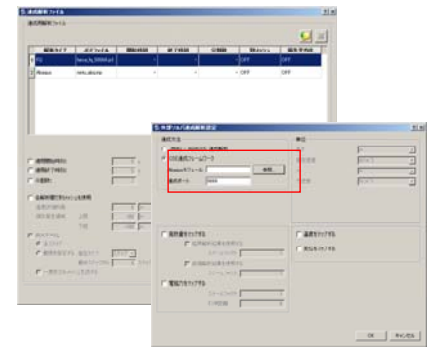


図 8 Abaqus 用インターフェースの GUI

トランス解析

小型の電源トランスでは、更に小型化を図るために駆動周波数の高周波化が進んでいます。高周波化による巻き線の表皮効果と近接効果のため、損失の増大や局所発熱が問題になっています。損失や局所発熱を低減するために、リッツ線の利用が増えてきており、それに伴いリッツ線を考慮した解析のニーズが高まっています。

リッツ線計算の向上

トランススタディで利用可能なリッツ線一束あたりの本数と解析の求解速度が大幅に向上しました(図 9)。

リッツ線は一束あたりの素線数が 100 本以上になることも珍しくありませんが、計算能力の大幅な向上により、トランススタディでの検討が可能になりました。

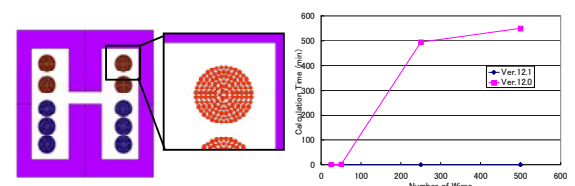


図 9 リッツ線の解析例(左)とバージョンの求解速度比較(右)

メッシュ機能

Ver.12 でリリースした拡張スライドメッシュ機能の拡充をしました。拡張スライドメッシュの適用範囲、計算速度が、前バージョンに比べて大きく向上しました。

拡張スライドメッシュの改善

新しい拡張スライドメッシュ機能は、これまでの機能

に積み上げメッシュ機能を組み合わせました(図 10)。
計算精度を維持しながら、モデル規模を縮小して計算の高速化を図ることができます。表 2 に従来手法との要素数、計算時間を比較した結果を記します。また拡張スライドメッシュ機能のフルモデルへの適用も可能になりました。(Ver.12 では部分モデルのみの対応)

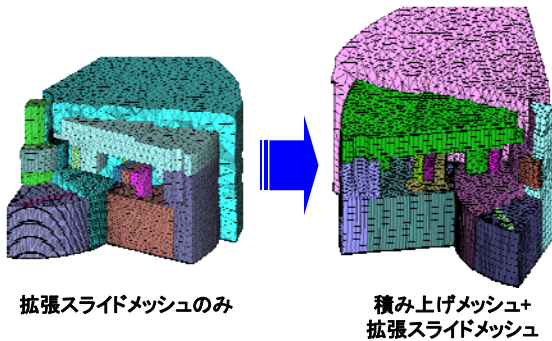


図 10 同一モデルに対するメッシュの違い

表 2 モデル規模と解析時間の比較

	Ver.12	Ver.12.1
要素数	39.2 万	18.5 万
節点数	9.0 万	6.6 万
解析時間	10h46m	5h33m

プリポスト機能

プリポスト機能では、2 次元モデルを材料/条件を継承して 3 次元モデルへ変換する機能をはじめ、セット機能の改善、FFT 処理による特定の成分に着目した最適化機能など、ユーザーの利便性、作業効率、詳細分析を可能にする機能を追加しています。

2 次元モデルから 3 次元モデルへの変換

本機能は、すでにある 2 次元モデルを押し出し操作により、簡単に 3 次元モデルを生成できる機能です。材料や条件はそのまま継承されるため、3 次元モデルに変換後、すぐに解析を実行することができます(図 11)。2 次元解析に続いて、対象の 3 次元効果を考慮した詳細な解析を行いたい場合に便利な機能です。たとえば、JMAG-Express で作成したモデルを 3 次元モデルとし

て容易に拡張できます。

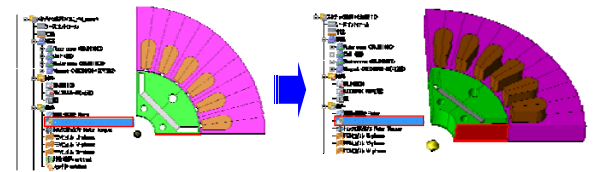


図 11 押し出しによる 3 次元モデルへの変換と材料/条件の継承

セット機能の改善

ある解析モデルの設定条件や結果処理を雛形として、他の解析モデルに適用する場合に大変便利な機能が解析テンプレートです。これまではセット情報のない CAD モデルに解析テンプレートを適用すると、解析テンプレートのセット情報が失われてしまう問題がありました。

新しいセット機能は、セット情報のない CAD モデルに対して解析テンプレートを適用した場合、空のセットを CAD モデルに生成します。これにより、ユーザーは空のセットに対して、どのようなソリッド/サーフェス/エッジ情報を設定すればよいかがわかるため、セット情報の再設定の手間を大きく減らすことができます。

最適化のための FFT データ

最適化による解析には、目的関数となる出力値の応答グラフへの登録が必要です。Ver.12 では、出力された任意のテーブル値を応答グラフとして登録できましたが、解析後に FFT による加工処理されたテーブル値については未対応でした。

現実の設計においては、特定の周波数、たとえば可聴域の騒音を抑えるといった対策が必要になることがあります。これに対応した解析を行うには、FFT 処理された波形の特定の成分だけを抑えるような最適化計算が必要となります。

新しい応答グラフ機能では、FFT 処理されたテーブル値を応答値として登録することで、FFT の結果を最適化計算に利用できるようになりました。図 12 に、モータの誘起電圧の 1 次成分を最大、3 次成分との比を最小にする目的関数を設定した事例の結果を示しました。フラックスバリアの形状を設計変数として各ケースにお

ける誘起電圧と、磁束密度の 3 次成分をその形状とともに提示しています。

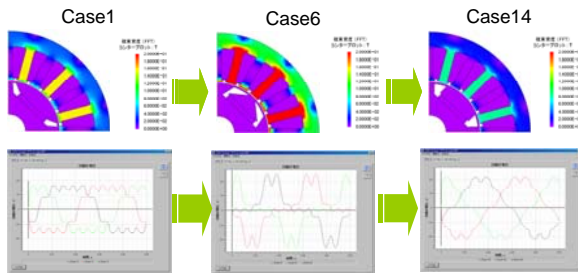


図 12 ケースごとの磁束密度 3 次成分の分布(上)と誘起電圧(下)の比較

3 次元モデルにおけるフラックスラインの描画

これまでのモデル上で指定された座標点からのフラックスラインの描画機能に加え、指定された断面を横切る 3 次元状のフラックスラインを描画することができるようになりました(図 13)。磁束密度や電流密度などのベクトル場を連続した流線として描くことで、解析対象の物理現象を磁気回路や電気回路として客観的に捉えることができます。

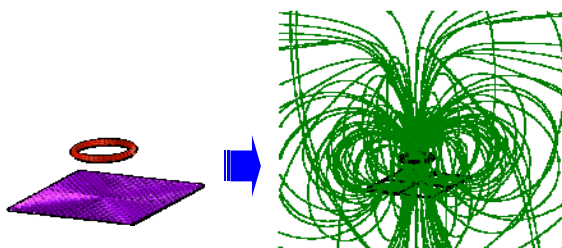


図 13 リング状コイルと導体板モデルの
電流密度分布(左)と磁束線分布(右)

形状エディタ

本稿の冒頭でもご紹介しましたが、Ver.12.1 の形状作成機能は高い安定性と使いやすさを目指して開発しました。

複数の設計変数を組み合わせて、実行するパラメトリック解析や最適化計算では、計算の過程で生じるさまざまな形状に対して、拘束条件の高い耐久性が求められます。新しい拘束機能は、この要求に耐えられるように耐久性を高めています。

また形状エディタは、多くの点で使いやすさを向上さ

せる機能を取り入れています。形状エディタ上で形状寸法やモデルの干渉状態の確認、拘束設定時のプレビュー表示、アセンブリモデルに対するフィーチャの一括設定、基本図形/拘束/領域の設定対象に応じた対象の選択指定ができるようになりました。

拘束機能のロバスト化と表示の改善

拘束機能は、アルゴリズムを改良することにより、耐久性を大幅に高めています。特に角度拘束の機能を大幅に強化することで、その耐久性を高めています。

その他、拘束条件に関する機能として、プレビューによる拘束状態の事前確認ができるようになりました。拘束が意図したとおりに設定されているか、想定外の動きがないかなど、条件の確定前に拘束状態を確認することができます(図 15)。またモデルマネージャ上で、設定された各拘束をその種類に応じて階層化して表示します(図 16)。設計変数として必要な拘束条件を容易に探し出すことができます。



図 14 拘束機能ロバスト化向上の一例

最適化計算時におけるケースごとのフラックスパリア形状

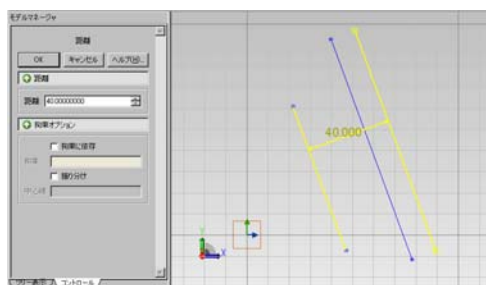


図 15 拘束設定時のプレビュー表示

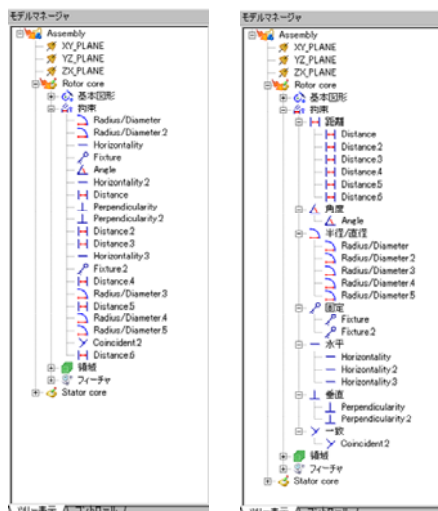


図 16 拘束条件の階層化(左図)

(右図は旧バージョンの拘束条件リストの表示)

形状エディタの改善

形状エディタでは、モデル形状作成時の操作性が大きく向上していますので、その中のいくつかをご紹介します。

ご要望の多かった形状エディタ上での寸法確認ができるようになりました。Designer 本体画面に移動することなく、形状を作成しながら、その都度寸法の確認ができますので、ミスによる手戻りを減らすことができます。また領域/ソリッド間の干渉チェック機能を追加しました。こちらもモデルを作成しながらモデルの干渉の有無をチェックできるため、ミスによる手戻りを減らすことができます。

形状編集機能も強化されています。複数のパートから構成されるアセンブリに対するダイレクトな編集が可能になりました。これまでは形状モデルに、フィーチャを設定する場合、パートごとに操作が必要でしたが、

Ver.12.1 からはアセンブリに対して直接フィーチャを設定することが可能になりました。図 18 は電磁リレーのフルモデルに対して、アセンブリに直接押し出しカットを適用して 1/2 モデルに変更した例を示しています。

また操作対象に対する選択フィルター機能を付けることで、編集操作を基本図形、拘束、領域のいずれかに(併用も可)選択して操作することが可能です(図 19)。この機能により、たとえば拘束のみを付け直したい場合、拘束選択フィルターをクリックすると、操作対象は常に拘束のみになり、基本図形や領域が誤って選択されることはありませんので、選択が容易になるだけでなく、ご操作によるミスも防ぐことができます。

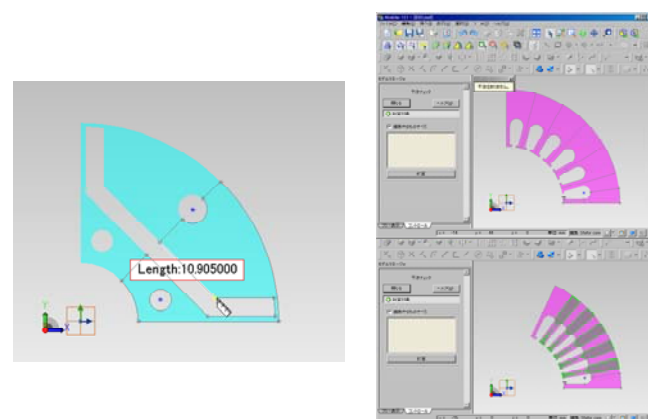


図 17 形状エディタ上での寸法の確認(左)と領域の干渉チェック

(右)

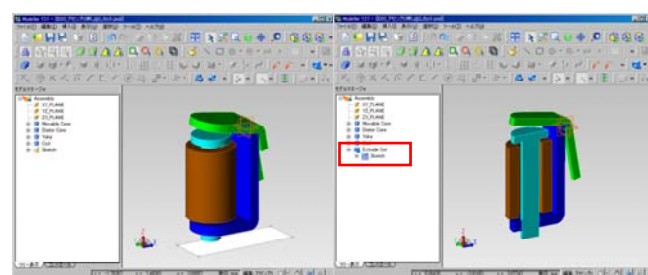


図 18 アセンブリに対する押し出しカット

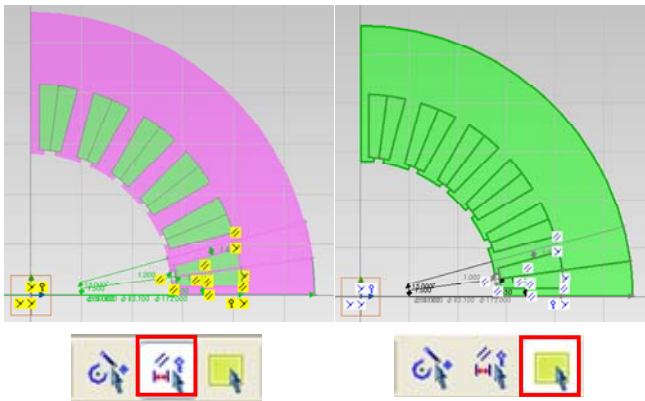


図 19 選択フィルターによる設定対象の選択(拘束選択(左)、領域選択(右))

おわりに

Ver.12.1 の新機能は現在開催中のバージョンアップセミナーにおいても、ハンズオン形式を取り入れて紹介していますので、本稿を読まれてご興味をもたれたお客様は、ご参加頂ければ幸いです。日程が合わない、外出が難しいというお客様は、WEB セミナー等を企画しておりますので、弊社サポート、スタッフまでお気軽にお問い合わせください。

(西尾 隆行)

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？

第三回 より詳しく現象を把握するための FEA

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

本連載では、“なぜモータ設計に有限要素法電磁界解析(以下 FEA)が有効なのか？”を解説してきました。第一回ではモータ設計の概念設計、初期設計段階における FEA の活用について述べ、初期設計から FEA を活用することにより、手計算では難しい自由度の多い設計案を高速に検討できることを示しました。第二回では詳細設計段階における FEA の活用として、細かい設計を詰めていくような試行錯誤で FEA が活用できることを紹介しました。最終回の今回はモータの中で起きている現象を詳しく把握するための FEA の意義について紹介します。

実測は性能の良否を教えてくれるが、何が課題かは教えてくれない

概念設計を経て、詳細設計された開発品が設計通りの性能を発揮出来ているかを評価するために試作機を製作され、測定器やテストベンチなどを使用して性能が測定されます。例えば、モータはテストベンチで測定することで、狙った通りの出力特性が出たのかどうかにより、設計の善し悪しが評価されます。その結果は明白で、白黒がハッキリ出ますが、性能が出なかった場合に何が悪かったのか、どこを直せば良いのかまでは教えてくれません(図 1)。測定結果を注意深く分析すれば、ヒントが見えてくることもあります。設計要素(原因要素)は沢山ありますので、原因を特定するのは容易ではありません。

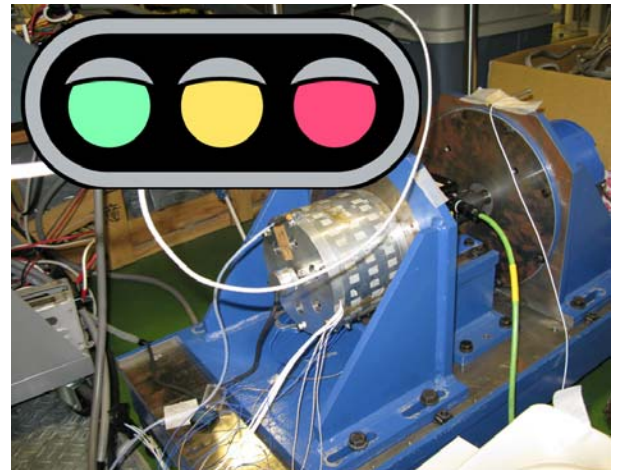


図 1 実測は良否とヒントを与えてくれるが…

実測も簡単では無い

実測自体も簡単ではありません。例えば、モータは損失の低減、効率の向上が常に目指され、開発ニーズは更なる損失の低減を求めています。しかし、一昔前に比べればモータの効率は向上しており、最近は当たり前前に存在している損失などの低減は大方片付けられており、よく目を懲らして見ないと見つけれられないような損失を低減することに注目が集まっています。重箱の中のご馳走はあらかた食べ尽くされており、隅っこに何か残っていないかを探している状態です。

鉄損の測定を例にとって考えて見ます。理屈から考えると、鉄損はヒステリシス損と渦電流損に分離されますが、それぞれを直接測定することは出来ないため、測定結果を理論式に沿って分離しています。従来、積層コアの損失を測定するためにはエプスタイン法を用いた測定が利用され、JMAG の鉄損ツールもこのデータを活用することで鉄損を実用的な計算時間で得ることが出来ており、この手法は現時点でもある程度の精

度を期待できるものと考えています。

しかし、モータの小型化、高性能化をより進めるため、従来は使わなかった高周波域、高磁束密度域で運転する場合が増えており、この運転域での鉄損にも注目が集まっています。この領域での損失には直流重畳が大きく影響しますが、エプスタイン法では直流重畳の影響が考慮されないため、高周波且つ高磁束密度時の損失の測定には不十分です。そのため、この結果を用いた解析の精度も不足することになり、精度を向上させるためには、何らかの手を打つ必要がありました。更に、高周波且つ高磁束密度時の損失を測定するためには高出力且つ高精度な電源装置が必要となるため、測定自体の難易度が上がっています(図 2)。

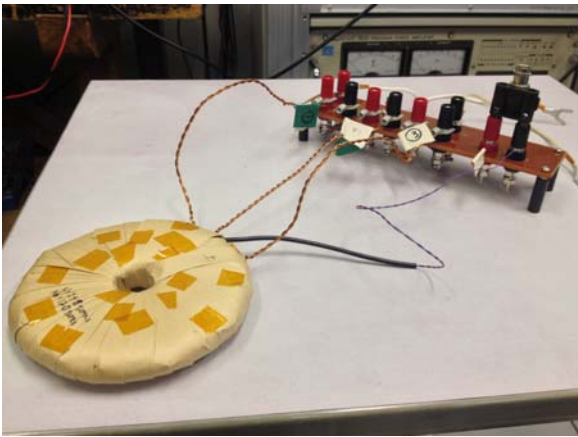


図 2 リングコアの損失測定風景

実現象の理解・分析を補強するために FEA を活用する

そこで効果を発揮するのが FEA の活用です。FEA は理屈の上では、様々な物理現象をモデル化することで複雑な現象を解析することが可能です。現実的には”全ての物理現象をモデル化する”ことは極めて難しいことですが、寄与度の大きいと思われる物理現象や注目している現象に注目してモデル化する事でその影響度を予測することは可能です。

上記で例としてあげている、実測が難しい鉄損を知るために、FEA では材料ヒステリシスループをトレースさせる、渦電流の挙動を直接解くなど、材料の振舞いを忠実にモデル化して解析を実施することは、それらの振る舞いを確認し理解する事を大いに助けるはずで

す。その解析結果と実験結果と突き合わせ、相互に補間することで、今まで理解出来なかった現象を理解可能となり、問題の対策を打つためのヒントを得ることが出来るはずであると考えています(図 3)。



図 3 解析結果は要因分析を助ける

予め、全ての物理現象についての評価を行い、設計されるような理想的な開発が行われれば、試作評価の段階で問題が発覚するようなことは無いはずですが、往々にして想定外のことが発生し、且つその原因が良くわからないというようなことが起きます。そのような状況でも実測結果と解析による予想を付き合わせ、使える情報は全て使い、原因特定を図って対策を打つことが、正しい取り組み方であると考えています。

実現象に近づけるために、理論に沿ってモデルの現実度を高めた J MAG の損失解析機能

“より詳細な現象を把握するための FEA”を実現するため、ここでは、最近リリースした J MAG-Designer の積層鋼板の材料損失の解析精度向上のための新機能について紹介します。

材料特性モデリング・鉄損の渦電流成分

FEA により積層鋼板の渦電流を精密に解析するためには、鋼板 1 枚 1 枚をモデル化して解析することが理想です。しかし、実際には計算規模が莫大になるので現実的ではありません。この問題を現実的な計算時間で解く機能が”積層鋼板の渦電流損失計算機能”です。この解析機能自体は J MAG-Designer Ver.12.0 でリリース済ですので、御存知の方も多いかと思いますが、

改めて御紹介します。

本機能は積層鋼板の板厚方向の渦電流(表皮電流)を磁束密度の時間変化と材料の透磁率、電気伝導度、板厚から1次元的に求めており、2次元の解析結果からも渦電流損失を求めることが可能になります。2次元解析の場合、イメージ的には2次元+1次元になります(図4)。

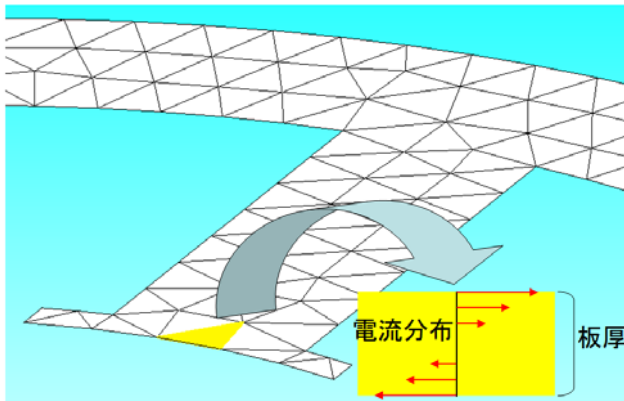


図4 積層鋼板の渦電流損失計算機能のモデル化イメージ

この手法は、板厚方向にはメッシュを生成しないので、計算時間を現実的な時間に抑えることが出来ます。また、3次元の解析モデルにも適用可能です。現実には存在する板厚方向に折り返す電流が無視されることや面内渦電流と区別して取り扱う必要があることなどの欠点がありますが、従来の鉄損解析ツールでは不可能な、過渡解析中での鉄損の渦電流分を見込んだ解析までを行うことが可能です。

実測(エプスタイン法)の問題として高周波、高磁束密度の測定が非常に難しいことが上げられます。この領域の測定を行うには、前述の通り高周波において、高品質且つ大電流の電源が必要になります。しかし、実際にそのような電源は入手が難しいため、低周波数での測定結果から、周波数の2次関数として外挿により測定範囲外の高周波の損失を求めます。そのため、周波数が高くなるほど上振れする傾向が強く、誤差を生む要因となっていました。

積層鋼板の渦電流損失計算機能では、渦電流損失をほぼ直接解く形になりますので外挿する必要はなく、周波数の上昇に伴って表皮厚が薄くなる現象も織り込

むことが可能になるので、精度の高い渦電流損失を求めることが可能となります。本機能と実測結果を突き合わせることで損失の高精度な損失の把握が可能になり、課題の解決の助けになると考えています。

材料特性モデリング・鉄損のヒステリシス成分

渦電流同様、ヒステリシス損失の解析精度向上のための機能をご紹介します。現象のモデル化のポリシーは、言うまでも無くヒステリシスきちんと追って解析することになります。

最近、PWM駆動される機器が増えていますが、PWM駆動の場合、機器に投入される電流波形は基本波に加えてスイッチングによる時間高調波が重畳される形になります。したがって、ミクロに見ると基本波により直流オフセットしているところに時間高調波で振動している形になります。そのため、磁気回路の動作状態も直流重畳されたマイナーヒステリシスループを巡ることになります。

エプスタイン法の測定は0点周りの交番磁界を加えて損失を測定するため、直流重畳した効果を評価することは出来ていません。比較的飽和していない動作状態であれば、直流重畳によりオフセットしたとしても影響は小さいですが、ケイ素鋼板の飽和域を使うようになると急激にヒステリシスループが大きくなってしまいます(図5)。そのため、直流重畳された場合と、されない場合でヒステリシス損失が異なってきます。

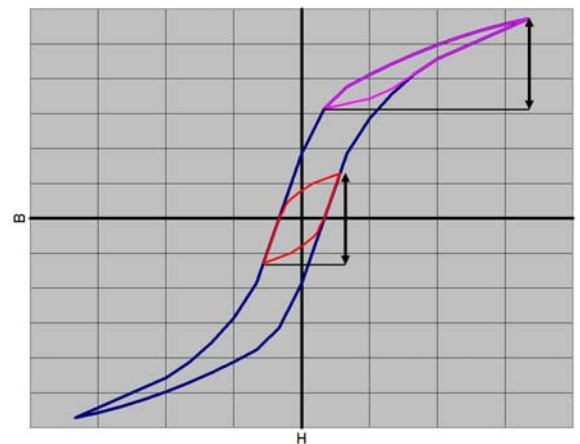


図5 ヒステリシス損失のイメージ

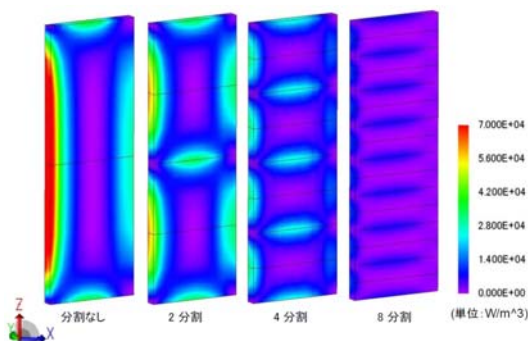
最近の電気機器は小型化を推し進めるために、動作磁束密度を高くして、ある程度の磁気飽和はやむを得ないと考えて設計される場合が多く、PWM 駆動の影響と相まってヒステリシス損失が想定よりも大きくなってしまいう危険性が増えています。

JMAG Designer Ver.12.1 からヒステリシスのマイナーループを考慮して磁界解析を実行する機能を実装しました。以前まではユーザーサブルーチンを使っでの実行となっていたのですが、今回からユーザーインターフェース上から設定可能となっています。課題となる材料ヒステリシスループの生成に関して、ユーザー自身がループを点列で定義する方法の他に、鉄損特性を持つケイ素鋼板に限っては、その材料データを活用して自動でヒステリシスループを生成する機能を実現しました。

形状モデリング・磁石渦電流損失の評価

永久磁石モータでは磁石の渦電流損失による磁石の温度症状とそれに伴う特性低下も大きな問題になります。磁石は回転子に組み込まれることが多く、回転中の磁石単体の損失はもとより、温度測定が技術的に難しいといえます。

この損失を解析で見込むためには、理想的には三次元解析を行い、磁石に流れる渦電流を模擬した解析を行うべきですが、三次元解析は計算規模が大きくなるため、実用的ではありません。第二回でもご紹介しましたが、二次元解析の結果を利用して、回転子部分のみ三次元解析を行う磁束密度境界条件を利用することで、実用的な計算時間で精度の高い磁石の損失



を算出することが出来ます(図 6)。

図 6 磁石渦電流損失による発熱分布

形状モデリング・漂遊負荷損算出のための機能

磁石渦損と同様な重箱の隅の損失として、漂遊負荷損があります。例えば、漏れ磁束やコイル端部がモータケースに生じさせる渦電流損が代表的です。これらの損失は比較的小さいこともあり、個別の測定が非常に難しくなります。

したがって、解析により損失を算出し、事前には定量的に小さいことを確認しておくことが重要となります。事後に損失が設計値を超えている事を確認した場合は、想定外の箇所に漂遊負荷損が生じていないかチェックすることになります。

漂遊負荷損はモータケースなどに生じるので、解析する場合はモータを構成する全ての部品をモデル化する必要があります、必然的に三次元解析を行う事になります。JMAG では三次元解析での計算精度を確保しつつ計算規模を抑えて、漂遊負荷損を求める事をサポートする機能として以下の三つの機能を実装しています。

- ・拡張スライドメッシュ、
- ・積み上げメッシュ
- ・コイルエンド作成機能

拡張スライドメッシュ生成機能は、従来の円筒スライドメッシュが使用できなかったモータカバーがオーバーハングしているような形状でもスライドメッシュを使用できるようになります。このため、パッチメッシュを使用した場合よりも安定して渦電流を求める事が可能になります(図 6)。

積み上げメッシュ生成機能はモータの様な金太郎飴状の形状を認識すると、その部分には二次元+押し出しで三次元メッシュを生成しますので、円周方向と軸方向の分割数を適切に設定する事が可能になります。この効果により、三次元モデルの計算精度を確保しつつ要素数の増加を抑える事が出来ます(図 7)。

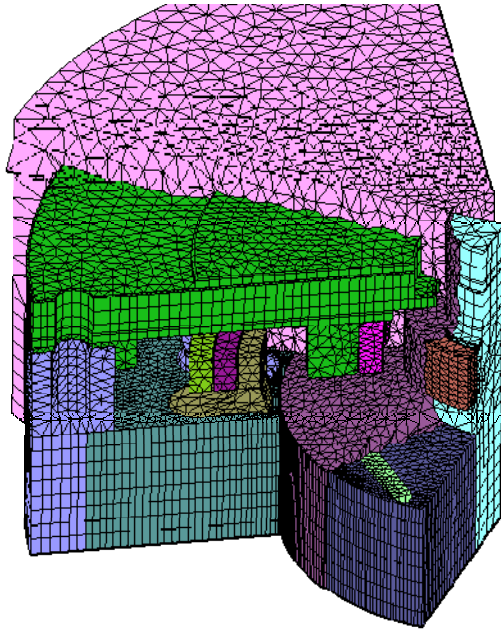


図7 拡張スライドメッシュと積み上げメッシュの組み合わせ例

コイルエンド生成機能は、CAD でも形状作成が難しいコイル端部のソリッドを簡単に作成する機能です。漂遊負荷損を考察のためには、コイル端部が作る磁界の影響を評価することになるので、コイルエンドのモデリング機能は必要になってきます(図8)。

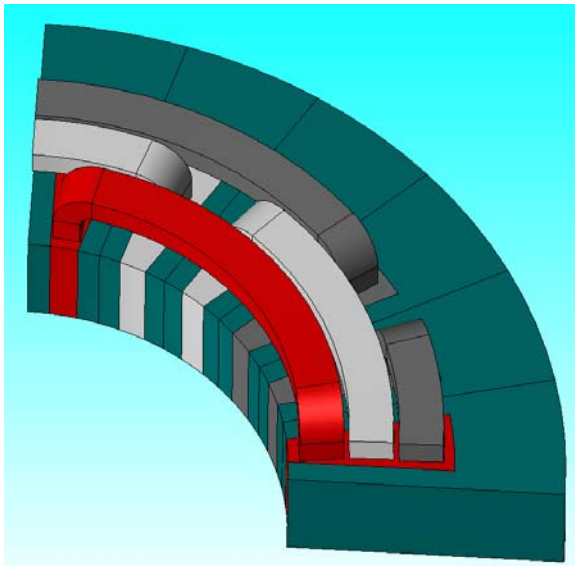


図8 コイルエンドテンプレートにより作成した形状

これらの解析機能により、漂遊負荷損の評価が容易になってきています。

詳細解析を実現するための計算速度向上策


これらの高精度計算は計算規模が大規模化することとは避けられません。そのため、大規模モデルを高速化に処理するソルバーが必須となります。JMAG ではソルバーの高速化を図るために、計算手法の見直しを行うと共に、ハードウェアの能力を引き出す事にも注力しています。複数 GPU/コアに計算を並列処理させて高速化する SMP や DMP は今や一般化して皆さんも御存知と思いますが、画像処理用の GPU(Graphic Processing Units)を用いて高速に計算させることも出来るようになりました。

これらのモデリング技術の開発、計算技術の開発により解析精度が向上していますので、実測データの分析をより強力にサポートが出来る様になってきています。

損失以外の詳細解析機能

損失を精度良く算出する機能を中心にご紹介しましたが、JMAG では損失以外についてもより詳細な解析を行うことが出来ます。例えば、構造解析と組み合わせることで応力による磁化特性の劣化を考慮する事や、熱流体解析を他のアプリケーションとの連成解析をより簡便に行えるように開発が進んでおり、複数の物理領域に跨った検討を行いやすくなっています。

おわりに

三回に渡って、モータの開発において FEA が有効であることを紹介させていただきました。JMAG は日々機能改善と性能向上を図っておりますが、JMAG を使用される方々からの要求も高まるばかりなため、いつもで経っても追いつかないのが現状です。我々は皆様の要求に引き離されないように開発を続け、少しでも皆さんの役に立てるツールを提供していきたいと考えております。 

(坂下 善行)

論文紹介

第四回 誘導加熱現象の適用事例

本稿では、さまざまな分野で利用されている誘導加熱現象の論文を紹介します。IEEE に掲載されている最新論文の中から、解決すべき課題や現象ごとに、どのような製品・技術で誘導加熱が利用されているのかを俯瞰してみました。皆様が抱える課題について、他の分野でも似た取り組みがあることをご覧頂けると期待して、18本の適用事例を記載いたします。

はじめに

誘導加熱解析は計算量が多くなりがちですが、近年の計算マシン性能の向上に伴って、設計の現場でもご活用頂ける環境が整ってきました。一方で、一言で誘導加熱といってもさまざまな分野で用いられており、その課題もさまざまです。本稿では、用途が多岐に渡る本現象について、課題毎に論文を俯瞰してみました。皆様の解決すべき事柄のヒントが他の分野の事例にある事を期待して整理してみましたので、ご参考頂ければ幸いです。今回の調査対象としては、電磁気的な現象論に注目し、IEEE Transactions on magnetics に近年掲載されている資料を調査しました。

誘導加熱現象とは

誘導加熱現象について簡単にご紹介致します。
コイルに交流電流を流したり、磁化を帯びた物体が高速に移動すると、近傍の導体に渦電流が発生します。この渦電流による発熱量が放熱量よりも顕著に大きくなると、温度上昇が観測され誘導加熱現象として認識されます。加熱現象の捉え方には大きく2通りあります。発生した熱を抑えるための抜熱設計を行うのか、積極的に物体の加熱に利用するかで、扱う現象が大きく異なります。本稿では後者の積極的な加熱の事例を中心に紹介を行います。積極的な加熱を目的とした誘導加熱方式は、従来の高温ガスによる加熱方式に比べて、局所加熱できる、急速加熱できる、作業環境がクリーンな状態にできる、ラインに組み込みやすい等の多くの利点があります。一方で、誘導加熱方式は装置が高額になりやすい、均一に加熱するにはコイルの設計

や通電状態の制御が重要になるなどの課題もあります。次項では課題ごとに関連する文献・分野をまとめてご紹介いたします。

課題ごとの適用事例

課題「均一に加熱する」

加熱コイルを用いた誘導加熱では、加熱コイルに対向するワーク表面に渦電流が発生し、温度が上昇します。その性質のため、温度を均一に高めたい場合、加熱コイルの形状や通電状態を十分に検討する必要があります。論文の傾向をみても、最適化手法を用いるのは均一性を目的関数とすることが多いようです。

IH 調理器のコイル設計では1組のコイルから7組のコイルに設計変更することで均一性を高める事例が報告されています[1]。1組のコイルだけの場合、コイルに対向する場所に発熱が偏り、その部分の被加熱体の寿命が短くなってしまいますが、コイルの数を増やす事で偏りを低減しています。コイル間で生じる近接効果を与える影響についても述べられています[2]。

非磁性の板材を搬送しながら加熱するコイルとしてソレノイド型とトランス型があります。後者のコイル形状について、複数のコイルを有する装置により、異なる幅の板材を均一加熱するための最適化計算が行われています [3]。アルミニウムの板材を搬送しながら均一に加熱するために、UVW3 相の加熱コイルを用いる事例も報告されています。本例では、均一性の評価のため、搬送方向の電力分布や磁束密度、渦電流分布の均一性も確認しています[4]。

課題「局所的に加熱する」

限られた範囲だけを熱することは誘導加熱現象の特性を十分に生かした加熱方式といえます。ワークに生じる損失は、コイルに対向した部分に集中します。電流量を多くすることで発熱量を増加すれば、熱が周囲に伝搬する前に、目的の個所の温度だけを急上昇させることができるからです。

電縫管の溶接箇所近傍に誘導加熱コイルを用いた3次元解析事例が報告されています。電縫管の解析では薄板の動きを表現する点で工夫されています[5]。

プリント基板のはんだ付けをリフロー方式で行う際に、従来は温風式や赤外線式が用いられます。しかし、基盤全体が加熱されると熱応力が発生し、予期せぬ欠陥が生まれる可能性があります。そこで、誘導加熱を用いた局所加熱が報告されています[18]。

焼嵌めを誘導加熱で行う事例も報告されています。焼嵌めとは、2以上の部品を固定するために、外側の部品を加熱して膨張させた後、内側の部品を挿入して冷却し、固着する手法です。本現象は単なる磁場と伝熱の連成解析にとどまらず、熱弾性体の変形解析も伴うため、複雑な連成解析を行うことになります[6]。

金属の表面の傷を探す探傷装置に誘導コイルを用いる事例も報告されています。傷がある場所には渦電流が集中するため、温度上昇する場所を赤外線カメラで測定することで傷の場所を特定する手法が示されています[7]。

課題「加熱効率を高める」

誘導加熱コイルを用いる方式では、磁束が空気中を通るため、空間中でエネルギーを消費します。そこで、加熱効率を高めるには相応の磁気的な工夫が必要となります。特に、非磁性体の場合、磁性体に比べて磁束が通りにくいため課題となりやすい傾向があるようです。

IH 調理器はフェライトコアを用いることでインダクタと鍋との間の結合度を増やしたり、アルミ箔を配置して、電子回路や周囲への磁束を遮蔽したりするなどの試みが行われています。IH 調理器の平面上コイルの効

率に着目した報告では、物性、巻き数、電流の周波数、ケーブルの種別、フェライトコアの配置などを変えた際の解析と実験との比較を示しています[8]。

アルミニウムのような非磁性体ワークの加熱効率を高めるために、直流磁場中にワークを配置し、高速回転することで誘導加熱する手法が提案されています。交流電流を用いず、直流電流や磁石を用いる点で興味深い方式です[9]。

課題「加熱コイルの回路定数を知る」

誘導加熱する際に必要な電流をどのように供給するかを考えると、通電状態を制御する視点から加熱コイルの回路定数に興味に移ります。IH 調理器などで回路定数を求める事例が見受けられます[8]。

アルミニウムの板材を搬送しながら加熱する方式についても検討されています。計算時間を短縮するため2次元解析を行います。コイルエンドの漏れインダクタンスを考慮することで計算精度を高めています[4]。

課題「漏れ磁束を防ぐ」

磁路を磁性体内に閉じ込める構造を有する装置は、誘導加熱方式では少数派ではないでしょうか。ですが、閉じ込めないと、磁束は周囲に広く漏れてしまいます。いくつかの分野では漏洩磁界を調整するためのシールド機構を有しています。

溶けた金属を浮遊させながら高温に加熱する装置が報告されています。周囲に磁束が漏れないように加熱コイルを配置しています[10]。

課題「電磁力の分布を知る・制御する」

対象物を高温に熱する為に大きな電力を投入しているということは、磁束密度も高くなるため、渦電流の発生によるローレンツ力を無視できなくなります。ローレンツ力の分布を抑制・調整する分野もあれば、ローレンツ力を積極的に用いて電導性液体を搬送する分野もありました。

高温で融解した液体金属用ポンプに関する報告があります。液体金属に外部から、ねじれ回転している

磁場を印加することで、金属を搬送する仕組みを用いています。断面内に生じるローレンツ力が不均一だと逆流するため、電磁力の均一性に注目した検討をなされています[11]。

搬送している板材に3相の交流場を印加する際に生じる力に関して、電磁力による吸引力とローレンツ力による反発力を比較している報告があります。両者の大小関係を決定づける周波数があることについて報告されています[12]。

課題「導電性液体を搬送する」

導電性を有する液体であれば、ローレンツ力を発生させることで、望む方向に流れを調整することが可能です。

溶けた金属内に回転磁界を発生させ、搬送するシステムについての紹介があります[11]。セラミックパイプ内の導電性液体が非圧縮性の状態で流れるときの誘導加熱問題を扱った電磁気と伝熱と流体の3連成解析の報告もあります[13]。溶かした金属に発生させたローレンツ力で浮上させ、非接触な状態で純度の高い金属を精製する報告もありました[10]。

課題「材料モデリング」

誘導加熱解析では、加熱対象となる材質の温度依存性を考慮することが精度面で重要となります。特に、磁性体の場合には温度依存性を考慮した磁化特性の入手が難しいため、課題となります。また、複雑な構造を有する合成材を解析で扱う際には簡略化の手法が求められます。

自動車用シャフト等の加熱に用いるビレットヒータの解析をする場合に、B-Hカーブの温度依存性の特性を考慮することが精度面で大事であると報告されています。炭素鋼の温度特性の一例としてご参考頂けると幸いです[14]。

重量比での強度や、化学的安定性に優れた繊維強化プラスチックの熱処理に誘導加熱は用いられています。解析的にはCFRPの多層構造をどのようにモデル化するか論点となり、電気特性の異方性の扱い方につ

いて記載されています[15]。

課題「高い制御性を利用する」

ガス式の加熱方式に比べて、誘導加熱は電流を制御するだけで発熱量を簡単に調整ができます。この制御性に注目した位置決め事例がありました。従来は部品を動かして位置を決めますが、より高精度な制御を目指して、誘導加熱を用いて熱弾性体を膨張させる手法が検討されています[16]。

課題「非接触性を利用する」

通電加熱やガス式の加熱方式と比べて、誘導加熱は完全に非接触な状態で対象物の温度を高めることができます。異物の混入を極力さける必要がある分野で積極的な利用が検討されています。

非接触加熱により金属を浮遊状態で融解することで純度の高い金属を精製する用途を例示しています[10]。癌治療における温熱療法として磁性流体を誘導加熱で温める方式があります。加熱量は、その磁性粒子の大きさや皮膜の厚さとの相関があるといった報告されています[17]。鋼板を搬送する際の自重によるたわみを防ぐために、接触型ピンチローラを用いて張力を与えると、表面に亀裂や皮膜の剥離などが起こります。そこで、誘導加熱コイルで、非接触に鋼板に電磁力を与える事例が報告されています[12]。

おわりに

商業的に確立している事例ばかりではありませんが、誘導加熱現象が多岐に渡る用途・検討に活用されていることを再認識することができました。個々の事例に固有の課題も見受けられますが、現象論に着目すると共通する部分も多いのではないのでしょうか。J

(橋本 洋)

ご紹介した論文一覧

- [1] L.C.Meng, K.W.E. Cheng, S.L. Ho, "Multicoils Design for Induction Cookers With Applying Switched Exciting Method", IEEE Trans. Magn., vol. 48, no. 11, pp.4503-4506, Nov. 2012.
- [2] L.C.Meng, K.W.E.Cheng, W.M.Wang, "Thermal Impacts of Electromagnetic Proximity Effects in Induction Cooking System With Distributed Planar Multicoils", IEEE Trans. Magn., vol.47, no.10, pp.3212-3215, Oct. 2011.
- [3] P.Alotto, A.Spagnolo, B.Paya, "Particle Swarm Optimization of a Multi-Coil Transverse Flux Induction Heating System", IEEE Trans. Magn., vol. 47, no. 5, pp.1270-1273, May. 2011.
- [4] J.Wang, Y.Wang, S.L.Ho, X.Yang, W.N.Fu, G.Xu, "Design and FEM Analysis of a New Distributed Vernier Traveling Wave Induction Heater for Heating Moving Thin Strips", IEEE Trans. Magn., vol. 47, no. 10, pp.2612-2615, Oct. 2011.
- [5] F.Dughiero, M.Forzan, C.Pozza, E.Sieni, "A Translational Coupled Electromagnetic and Thermal Innovative Model for Induction Welding of Tubes", IEEE Trans. Magn., vol. 48, no. 2, pp.483-486, Feb. 2012.
- [6] P.Karban, V.Kotlan, I.Dolezel, "Numerical Model of Induction Shrink Fits in Monolithic Formulation", IEEE Trans. Magn., vol. 48, no. 2, pp.315-318, Feb. 2012.
- [7] B.Ramdane, D.Trichet, M.Belkadi, J.Fouladgar, "3-D Numerical Modeling of the Thermo-Inductive Technique Using Shell Elements", IEEE Trans. Magn., vol. 46, no.8, pp.3037-3040, Aug. 2010.
- [8] J.Acero, C.Carretero, R.Alonso, J.M.Burdio, "Quantitative Evaluation of Induction Efficiency in Domestic Induction Heating Applications", IEEE Trans. Magn., vol. 49, no. 4, pp.1382-1389, Apr. 2013.
- [9] M.Fabbri, M.Forzan, S.Lupi, A.Morandi, P.L.Ribani, "Experimental and Numerical Analysis of DC Induction Heating of Aluminum Billets", IEEE Trans. Magn., vol. 45, no. 1, pp.192-200, Jan. 2009.
- [10] P.Sergeant, D.Hectors, L.Dupre, K.Van Reusel, "Magnetic Shielding of Levitation Melting Devices", IEEE Trans. Magn., vol. 46, no. 2, pp.686-689, Feb. 2010.
- [11] K.Ueno, T.Ando, "Theoretical Study of Induction Pump for Molten Metal Using Rotating Twisted Magnetic Field", IEEE Trans. Magn., vol. 48, no. 3, pp.1200-1211, Mar. 2012.
- [12] T.Yamada, K.Fujisaki, "Basic Characteristic of Electromagnetic Force in Induction Heating Application of Linear Induction Motor", IEEE Trans. Magn., vol. 44, no. 11, pp.4070-4073, Nov. 2008.
- [13] I.Dolezel, L.Dubcova, P.Karban, J.Cervený, P.Solin, "Inductively Heated Incompressible Flow of Electrically Conductive Liquid in Pipe", IEEE Trans. Magn., vol. 46, no. 8, pp.2899-2902, Aug. 2010.
- [14] H.Kagimoto, D.Miyagi, N.Takahashi, N.Uchida, K.Kawanaka, "Effect of Temperature Dependence of Magnetic Properties on Heating Characteristics of Induction Heater", IEEE Trans. Magn., vol. 46, no. 8, pp.3018-3021, Aug. 2010.
- [15] G. Wasselynck, D. Trichet, J. Fouladgar, "Determination of the Electrical Conductivity Tensor of a CFRP Composite Using a 3-D Percolation Model", IEEE Trans. Magn., vol. 49, no.5, pp.1825-1828, May. 2013.
- [16] I.Dolezel, P.Karban, P.Kropik, D.Panek, "Accurate Control of Position by Induction Heating-Produced Thermoelasticity", IEEE Trans. Magn., vol. 46, no. 8, pp.2888-2891, Aug. 2010.
- [17] X.Wang, J.Tang, L.Shi, "Induction Heating of Magnetic Fluids for Hyperthermia Treatment", IEEE Trans. Magn., vol.46, no.4, pp.1043-1051, Apr. 2010.
- [18] A.H.Habib, M.G.Ondeck, K.J.Miller, R.Swaminathan, Michael E.McHenry, "Novel Solder-Magnetic Particle Composites and Their Reflow Using AC Magnetic Fields", IEEE Trans. Magn., vol.46, no.6, pp.2187-2190, Jun. 2010.

JMAG を 100%使いこなそう

よくある問い合わせの中から

従来、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、最近は機械設計者などが専門外の電磁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まいります。

質問の内容は、“操作方法”、“解析技術”、“結果評価”、“トラブルシューティング”のように多岐にわたります。ラベルを付しておりますので、興味を持たれた項よりお読み下さい。

操作方法 (FAQ-885)

Q1. 自動記録機能によって記録したスクリプトは理解し難い場合があります。分かりやすく編集する方法について教えてください。

A1. ちょっとした工夫で記録したコードを編集すれば、コードの内容がぐっとわかりやすくなります。

記述された通り、自動記録機能により記録されたスクリプトのコードは長く、読みにくくなる場合があります。また、コマンドの引数の箇所にインデックスが代入されることが多く、コマンドのオブジェクトは一見で分かりにくいことがあります。

記録されたスクリプトを、分かりやすくするために、下記のような幾つかのルールをお勧めいたします。

(ルール 1) コメントをこまめに追加すること。

(ルール 2) 新しいオブジェクトを定義することにより、1 行の長いコードを、複数の短いコードに区切ること。

(ルール 3) 引数をインデックスから名前に書き直すこと。

例えば、回路の FEM コイルの U-phase coil の巻き数を 35 から 50 に変更する動作を、スクリプトの自動記録機能を利用すると、下記のような内容が記録されています。

```
Set app = designer
```

```
Call app.SetCurrentStudy(1)
```

```
Callapp.GetModel(0).GetStudy(1).GetCircuit().GetSubCircuit("StarConnection1").GetComponent("U-phase coil").SetValue("Turn", 50)
```

紹介されたルールに従い、下記のようなスクリプトに書き換えられます。

(ルール 1) コメントをこまめに追加すること。

(ルール 1)の適用: 対応する Designer 上での操作: スタディ > 回路 > 回路素子 > FEM コイル > U-phase coil > 巻き数 を 50 に変更する。

(ルール 2) 引数をインデックスから名前書き直すこと。

(ルール 2)の適用: インデックス1をスタディの名前"2D_PM_motor_load"に書き換えます。

```
Set study = model.GetStudy("2D_PM_motor_load")
```

(ルール 3) 新しいオブジェクトを定義することにより、1 行の長いスクリプトを、複数の短いスクリプトに区切ること。

(ルール 3)の適用: 1 行の長いスクリプトを、下記のような幾つかの短いスクリプトに書き直します。

```
Set study = model.GetStudy("2D_PM_motor_load")
```

```
Set circuit = study.GetCircuit()
```

```
Set subcircuit = circuit.GetSubCircuit("Star Connection1")
```

```
Set component = subcircuit.GetComponent("U-phase coil")
```

```
Call component.SetValue("Turn", 50)
```

【その他資料等】

スクリプトについては関心が高いため、これまでセミナー等でも何度となくテーマとして取り扱ってきました。JMAG のホームページでは、セミナーで使用了資料の一部を公開していますので、こちらをご参照下さい。

http://www.jmag-international.com/support/ja/documentation/pdf/uc2011_30.pdf(ユーザー認証あり)

「JMAG ユーザー会 2011」業務効率化セッション JMAG-Designer スクリプト(実践編)

解析技術 (FAQ-38)

Q2. モータの効率の算出方法を教えてください

A2. 効率は出力パワーと入力パワーの比率で表します。

モータの効率は、モータからの出力とモータに供給する入力との比率で表されます。

より詳細的に説明すると、モータの出力を、発生するトルクと回転数の積で、モータの入力を、出力と損失との和で算出します。そして、モータ損失として、銅損、鉄損と機械損・風損と考えられ、モータの効率の算出方法を式で書くと次のようになります。

モータの効率 = 出力 / 入力

出力 = トルク * 回転数

入力 = 出力 + 損失

損失 = 銅損 + 鉄損 + 機械損・風損

損失①. 銅損は、モータの巻き線を FEM コイルでモデル化し、入力として電圧を与えることで磁界解析内で考慮されます。

損失②. 鉄損は、JMAG-Designer の磁界解析時には考慮されていません。磁界解析後、鉄損計算ツールを用いて磁界解析の後処理として求めることが可能となります。

損失③. 機械損・風損も同様に JMAG-Designer の磁界解析時、考慮されていません。もし、損失に機械損・風損を考慮に入れる場合、構造解析や実測値で算出する必要があります。

操作方法 (FAQ-907)

Q3. 解析時間を短縮したいので、並列計算の機能を利用したいと考えています。2、4、8 並列の計算が行えるようですが、並列化する数と同じ数の解析ライセンスが必要となるのでしょうか。

A3. 並列計算用ライセンスは、並列化する数の半分の数だけ必要となります。

まず、実行する解析タイプのソルバーライセンスが1つ必要です。それに加えて、並列計算用ライセンスは並列化する数の半分の数だけ必要です。例えば、3次元過渡応答解析を4並列で実行する場合は、TRのライセンスが1つと、並列計算用のライセンスが2つ必要となります。なお、並列計算用のライセンスは、SMP というライセンス名です。

並列計算機能のほかに、JMAG-Designer では GPU (Graphics Processing Unit) を利用することにより、計算時間を短縮することも可能となります。GPU を利用した解析を行う際に、必要となる SMP のライセンスの数は次のとおりです。

GPU ボード数 1、SMP ライセンス 2 本

GPU ボード数 2、SMP ライセンス 3 本

GPU ボード数 4、SMP ライセンス 5 本

【その他資料等】

・共有メモリ型(SMP)については、次のヘルプをご参照ください。

[JMAG-Designer ヘルプ](#) > [解析ごとの機能説明](#) > [磁界解析](#) > [スタディのプロパティ](#) > [ソルバーコントロール](#) > [並列計算 \(SMP\)](#)

・GPU については、次のヘルプをご参照ください。

[Home](#) > [解析ごとの機能説明](#) > [磁界解析](#) > [スタディのプロパティ](#) > [ソルバーコントロール](#) > [GPU 使用](#)

結果評価 (FAQ-905)

Q4. ある断面を通過する磁束量を知りたいと考えています。どのような設定をすればいいでしょうか。

A4. 解析結果に対するポスト処理機能「結果の計算」をご利用ください。

JMAG-Designer Ver.12.0 以降では部品・面・エッジに対する計算機能が追加されました。たとえば、磁界解析後、“指定した任意の面を通過する磁束量(磁束密度の面積分)”を算出できるようになり、磁気等価回路との比較をより簡単に行えるようになりました。

注意点としては、解析する前に評価する面を選択できるようなモデリングをする必要があることです。

手順を以下に示します(図1)。

- ①. 磁界解析の計算を実行します。
- ②. プロジェクトマネージャのスタディ→解析結果→計算の結果を右クリックして“面の計算”を選択します。
- ③. 結果の計算プロパティのタイトルに“磁束量”と入力します。
- ④. 評価面を選択します。

- ⑤. 結果のタイプに“磁束密度”を選択します。
- ⑦. 結果の計算に“面積分”を選択します。
- ⑧. “OK ボタン”を選択します。

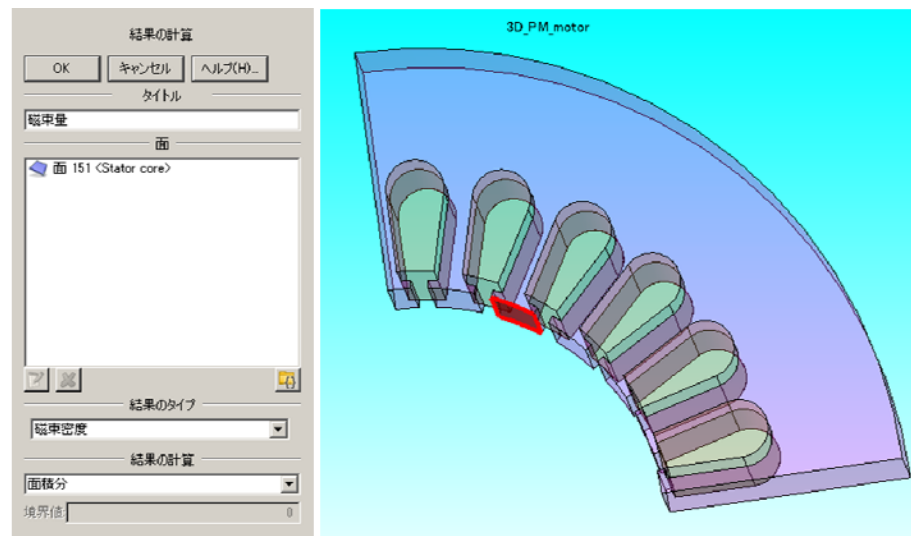


図 1 磁束密度の面積分

- ⑨. 結果の計算に“磁束密度:磁束量”が追加されます。
- ⑩. “磁束密度:磁束量”を右クリックして“表示”→“磁束量”を選択します。
- ⑪. “磁束量”の結果グラフが表示されます(図2)。

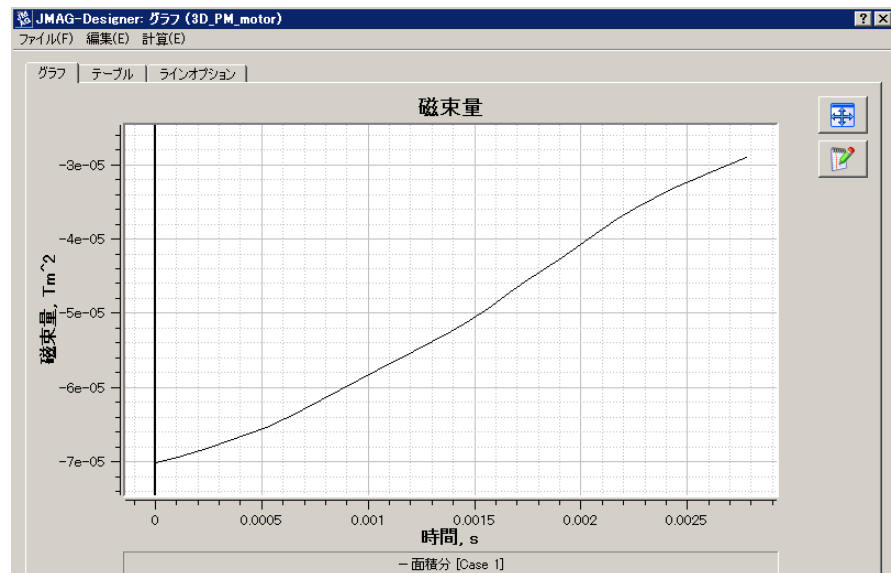


図 2 磁束量の結果

【その他資料等】

“部品・面・エッジ計算の追加”機能についての詳細については、以下のヘルプをご覧ください。

[\[目次\]タブより](#) > [結果表示](#) > [結果テーブル](#) > [部品・面・エッジ計算の追加](#) > [部品・面・エッジ計算](#)

Q5. MATLAB/Simulink で JMAG-RT モデルを用いた計算を実施したところ、'RT_simulink は存在しません'、というエラーが発生しました。対策を教えてください。

A5. このエラーは JMAG-RT モデル内で用いている S-Function の dll が見つからない場合に出 force されます。

'RT_simulink は存在しません'、というエラーが発生した場合、MATLAB/Simulink の[現在のフォルダ]に以下のファイルがあるかどうかご確認ください。

①. お使いの MATLAB /Simulink が 32bit 版の場合

RT_simulink.dll

②. お使いの MATLAB /Simulink が 64bit 版の場合

RT_simulink.mexw64

無い場合は下記のフォルダから、MATLAB /Simulink の[現在のフォルダ]に上記のファイルをコピーしてください。

・お使いの OS が日本語版の場合

JMAG-Designer のインストールフォルダ¥JMAG_RT¥Simulink¥ja

・お使いの OS が日本語版以外の場合

JMAG-Designer のインストールフォルダ¥JMAG_RT¥Simulink¥en

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、Newsletter と合わせてご利用頂き、解析業務を効率化させて頂きたいと思います。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-Designer を 100%使いこなしましょう。J

(高 明)

JMAG を 100% 使いこなそう

第九回 熱解析に関する 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

誘導加熱解析、熱減磁解析、熱応力解析・・・と聞くと、「発熱を扱う解析は難しそう」と思う方は少なくないのではないのでしょうか？

JMAG の熱解析ではシンプルな伝熱現象を扱います。そのため、磁界解析に比べると設定する材料特性や条件は少なく、その意味さえ理解できれば簡単に解析を実施することができます。一見難しそうに思える熱と磁界、熱と構造、熱と電界の連成解析も、高々熱解析の延長であり、仕組みさえしっかり理解できれば決して難しいものではありません。

熱解析、熱との連成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、熱解析の基本となる材料特性、各種条件に着目して、その意味をご紹介します。

材料特性

熱解析において設定しなければならない材料特性は、比熱[J/kg/deg C]、熱伝導率[W/m/deg C]と密度[Kg/m³]の 3 つのみです。比熱と熱伝導率は材料の編集ダイアログの熱特性タブで、密度は機械特性タブで設定します(図 1、図 2)。これらの材料特性は全て温度依存性のテーブル値として定義することができ、非線形性を考慮することができます(図 3)。密度の温度依存性は、高温時に金属の結晶構造が変化し密度が変わる変態現象を表現する時に使用します。

熱と磁界の連成解析の場合、磁界解析で用いるモデルをそのまま熱解析で使用することが多々あります。しかし、磁界解析のモデルには空気領域など伝熱解析

では必要としない部品が含まれているため、それを削除しなければいけません。その場合、部品の材料プロパティ画面で「この材料を熱解析の計算対象に含む」チェックボックスをオフにするだけで、その部品を削除することができます(図 4)。モデル上ではあたかも部品が残っているように見えますが、実際の計算では使用されず、計算時間を抑えることができます。



図 1 材料編集ダイアログの熱特性タブ

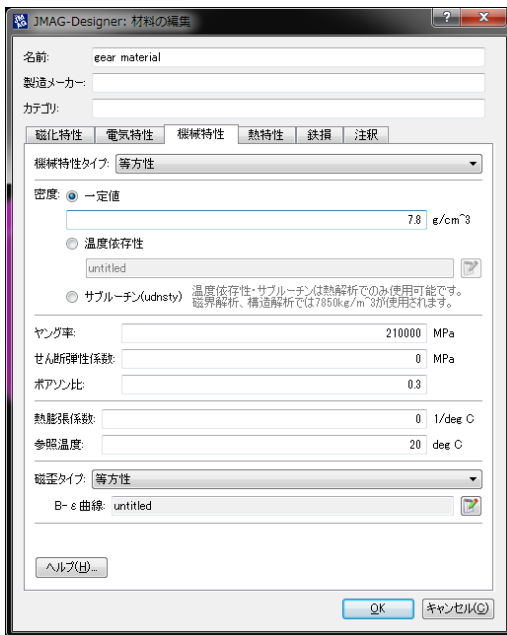


図 2 材料編集ダイアログの機械特性タブ

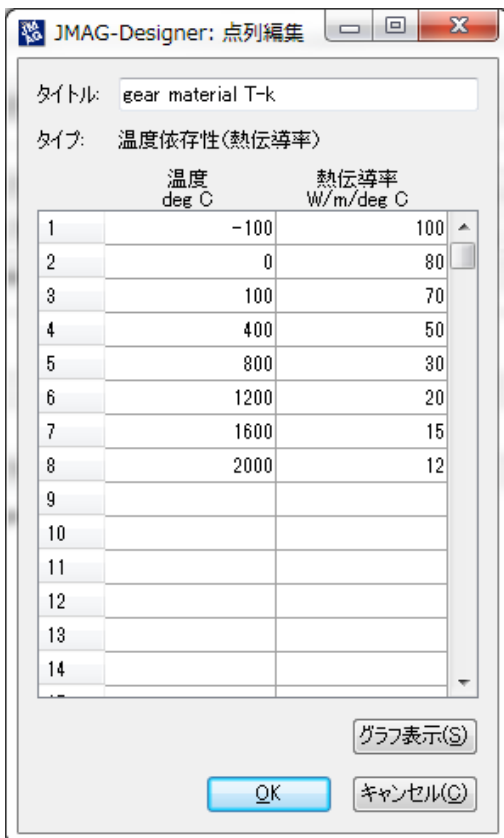


図 3 熱伝導率の温度依存性テーブル

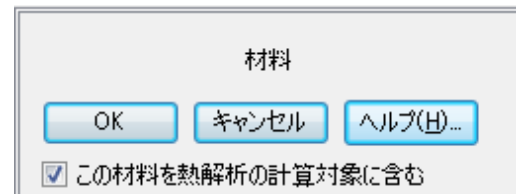


図 4 材料プロパティ画面

境界条件

熱解析は、設定できる境界条件の数が他の解析より多いのが特徴です(図 5)。

以下では熱解析固有の境界条件について、その意味と特徴を説明します。

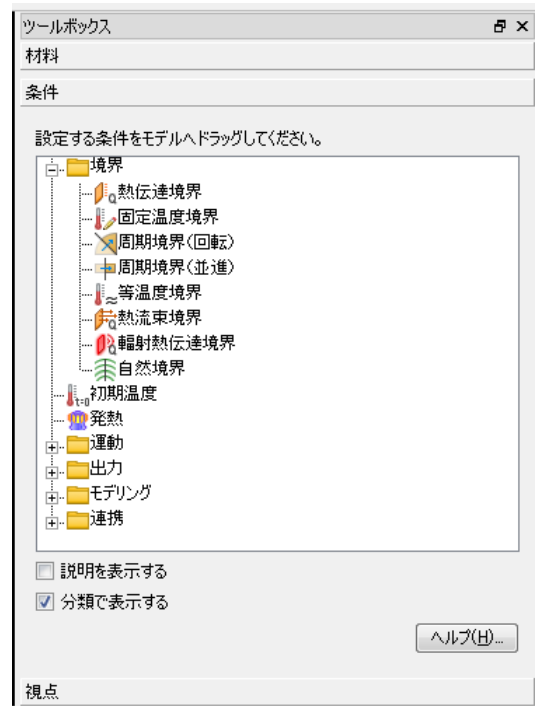


図 5 熱解析の境界条件リスト

自然境界

有限要素法解析における Neumann(ノイマン)境界に相当する境界条件で、熱解析では「断熱」を意味します。この境界条件を設定した面からは熱量の流出、流入が発生しません。J-MAG では部品表面に何も境界条件を設定しないと、この自然境界が設定されたことになります。解析領域を縮小するために部分モデルを扱う場合、その断面にはこの自然境界か周期境界を設定して下さい。

熱伝達境界

部品表面から出入りする熱量を熱伝達係数 $[W/m^2/deg\ C]$ で制御することができます。熱伝達境界を指定することで、境界面より外側の空気や液体を厳密にモデル化しなくても、境界面より外側への熱量の漏れなどを表現することが可能となります。

熱伝達境界条件では、係数の他に参照温度も指定します。ここでの参照温度とは、境界面より外側の周囲温度を意味しています。その温度は、ユーザーが値を直接指定する他に、後述する熱回路から得られる温度を参照させることもできます。

輻射熱伝達境界

熱輻射効果（物体表面間の熱輻射エネルギーの交換）を扱う場合に使用します。対象物が高温の場合には熱輻射の効果が顕著に現れますが、低温の場合にはその効果があまり現れません。そのため、低温の解析では輻射熱伝達境界条件を設定しないことが一般的です。

輻射熱伝達境界を設定すると、設定した面の広さに応じて多くの計算コスト（計算機メモリ量、計算時間）が必要となります。ですので、その効果をよく考え、設定面を必要最小限に絞らなければいけません。

輻射熱伝達境界をより深く理解して頂くために、以下では設定パラメータの意味と設定面の扱いの2つに分けて説明します。

輻射熱伝達境界の設定パラメータ

熱輻射伝達境界条件を指定した面から放射、吸収される熱輻射エネルギーの熱量密度（熱流束）は式(1)で定義されます。

$$I = \varepsilon \sigma F [(T + 273.15)^4 - (T_0 + 273.15)^4] \dots \dots \dots (1)$$

ここで、 I は熱流束 $[W/m^2]$ 、 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 $[deg\ C]$ を意味します。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、輻射係数には 0

～1 の値を指定します。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から内部で自動的に計算されます。

輻射熱伝達境界の設定面の扱い

輻射熱伝達境界は、その設定面を介して熱輻射エネルギーの交換を行います。熱輻射エネルギーの交換は遮蔽物が無い限り全方位が対象となります。ある輻射熱伝達境界の設定面から放出された熱輻射エネルギーの進行方向に別の輻射熱伝達境界の設定面があった場合、その面同士では熱輻射エネルギーの交換が行われることとなります。熱輻射エネルギーの進行方向に遮蔽物がある場合や遮蔽物も他の輻射熱伝達境界の設定面も無い場合には、熱輻射エネルギーの交換は行われず単に放射（吸収）のみが行われます。発熱体の表面から単純に熱が放射されるだけのケースでは、計算コストを下げ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ます。熱輻射エネルギー交換が行われる方位では、 T_0 は相手設定面上の温度となります。一方、熱輻射エネルギー交換が行われない方位では、 T_0 はユーザーが事前に設定した温度となります。なお、実現象では多重反射により熱が遮蔽物の裏側まで到達するケースがありますが、JMAG では多重反射考慮していません。

条件

熱解析固有の条件に、発熱と初期温度があります。その条件の意味は名称通りで決して設定が難しいものではありませんが、熱以外の解析と連成解析を行う時には極めて重要な条件となります。

以下では、これらの条件の意味を連成解析も踏まえて説明します。

発熱

熱源を定義します。総量 $[W]$ もしくは密度 $[W/m^3]$ で指定することができます。定常解析の場合には一定値

で指定しますが、非定常解析の場合には解析時刻ごとに異なる熱源をテーブルで指定することもできます。

熱源には磁界解析や電界解析で得られた損失を指定することもできます。磁界解析、電界解析の結果ファイルを指定するだけで、自動的に損失分布が熱源分布として読み込まれます。熱源は部品内で分布量、総量のどちらでも扱うことができます。熱源タイプを分布量とした場合、磁界解析や電界解析で得られた損失分布がそのまま熱解析の熱源分布として反映されます。磁界解析と熱解析でメッシュが異なる場合でも熱源分布を補間することができます。一方、熱源タイプを総量とした場合、部品全体に総量として熱量が与えられるので、部品内部での熱源分布は均一となります。磁界解析にてコイルをブロックとして扱う FEM コイル条件や電流条件を用いると、電流分布に偏りが生じ、ジュール損失分布も偏る場合があります。しかし、実際の現象では素線一本一本で損失が発生しており、熱源は一様に分布しています。そのような場合には、熱源タイプを総量とすることで、現実 に即した解析を行うことができます。

初期温度

解析時刻 0 秒の瞬間の温度を指定します。非定常解析の場合には、必ず指定しなければいけません。

初期温度は、部品や面、頂点単位で異なる温度を指定することができます。また、temp ファイルと呼ばれる JMAG 固有の書式で記載された節点 ID と温度のテーブルファイルがあれば、それを初期温度として取り込むこともできます。temp ファイルは、JMAG-Designer Ver.12.1 で改良された多目的ファイル出力ツールからも作成することができます。座標と温度が記載された csv ファイルと JMAG の熱解析の入力データ(jcf ファイル)があれば、熱解析の入力データのメッシュ情報に即した temp ファイルを多目的ファイル出力ツールを用いて出力することができます。

熱等価回路

部品や局所的な熱現象を集中定数として扱い全体の熱現象を等価回路で 1 次元的に解析することは、簡

易かつ高速な解析手法として今でもよく行われています(図 6)。

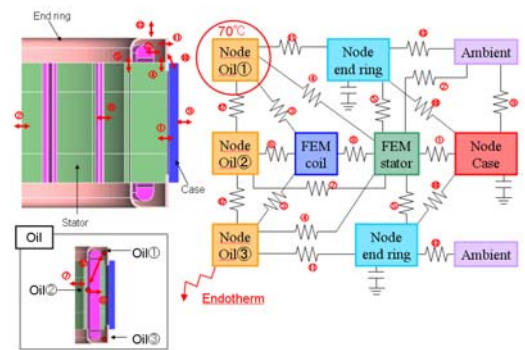


図 6 熱等価回路

JMAG においても熱等価回路を扱うことができ、有限要素法による詳細な熱解析と熱等価回路による簡易的な解析を連成して計算することができます。

以下では、代表的な熱等価回路の素子について紹介します。

熱抵抗素子

端子間の熱の伝わりにくさを表現するための素子です(図 7)。電気回路では抵抗に相当し、熱等価回路では頻繁に使用される素子の一つです。

端子間で伝わる熱量 Q は、(2)式で定義されます。

$$Q = 1/R \cdot (T_2 - T_1) \dots \dots \dots (2)$$

ここで、 Q は熱量[W]、 R は熱抵抗[deg C/W]、 T_1 、 T_2 は端子温度[deg C]を意味します。熱抵抗は一定値だけでなく、温度依存性のテーブル値としても定義することができます。

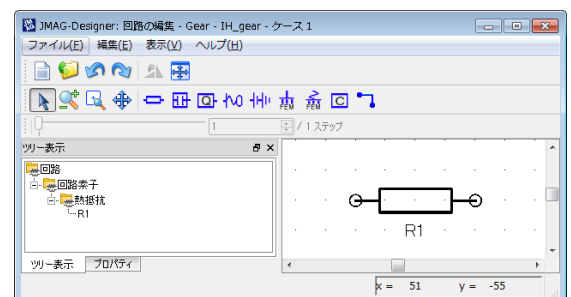


図 7 熱抵抗素子

熱伝達境界素子、等温度境界素子

熱等価回路と有限要素モデルをつなぐための接続素子です(図 8)。この接続素子を介して、熱等価回路と有限要素モデルは温度を互いに参照することができます。特別な設定パラメータはなく、境界素子の端子温度をどの熱伝達境界条件、等温度境界条件が参照するのかをプルダウンメニューから選ぶのみとなります。

用途の一例としては、離れている 2 つの有限要素モデルをつなぐ場合に用います(図 9)。例えば、本来ならば 2 つの有限要素モデルの間にはモデル化しなければいけない空気や液体があり、流体としての流れを考慮した熱解析を行わなければいけないと仮定します。しかし、そのような複雑な計算は非常に時間がかかり容易ではありません。そのような場合に 2 つのモデル間で熱量のやりとりが経験的にわかっているのであれば、その熱量のやりとりを熱等価回路で表現し、近似的に解析する方が効率的です。

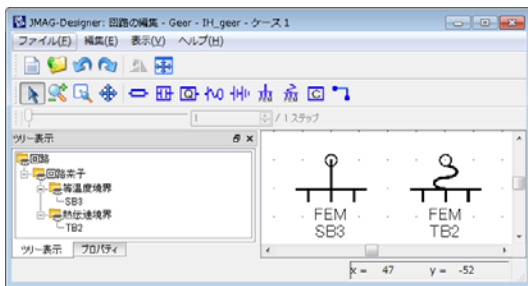


図 8 熱伝達境界素子と等温度境界素子

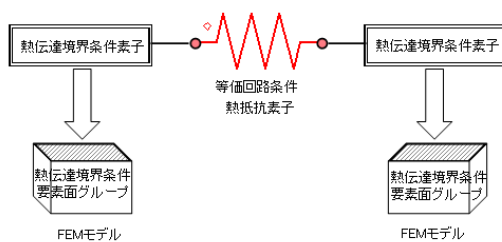


図 9 熱等価回路を用いた有限要素モデルの結合

条件を事前に設定しておくことで後処理の手間を省くことができます。何より、連成解析において熱解析の結果を参照する場合には、分布量ではなく何らかの代表値の方が都合がよい場合もあり、その時にはこの後処理条件が必須となります。

平均温度

指定された領域の平均温度を計算する条件です。この条件は磁界解析と連成する場合に、温度依存性の抵抗を設定した FEM コイルもしくは抵抗素子の参照温度を指定するために使用します。

熱流量

指定された面を通過する熱量を計算する条件です。JMAG-Designer のポスト機能でも、指定面での熱流束の結果を面積分することで同じ結果が得られます。

最後に

今回は、熱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)

出力

熱解析の結果を分布量ではなく平均値、合計値として利用するための後処理条件を紹介します。もちろん、JMAG-Designer のポスト機能には分布量の平均値や合計値を計算する機能がありますが、これらの後処理

イベント情報

JMAG は損失の問題に取り組んでいます

JMAG は損失の問題に取り組んでいます。ここでは、7 月に開催する「第 5 回 次世代の電磁界解析セミナー」について紹介いたします。

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（懇親会つき）

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）

定員：定員 200 名（好評につき、増席！）

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

セミナーへの思い

世界規模でエネルギー問題に多くの関心が寄せられており、エネルギー消費の多くを占める電気機器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 4 分野の英知を結集する必要があること、その内の 3 分野は私たちでは力不足であることに気がきました。そこで、各分野を代表する講師の方々のご指導を頂きながら、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。

一つ目の分野は材料の振る舞いです。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ています。

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。これには、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頂きつつ、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ています。

三つ目の分野は材料の開発です。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ています。

最後に私たち JMAG は、測定・アプリケーション・材料と三者の関係を、解析技術の開発を行うことで橋渡しし、皆様にお届けします。今回「次世代の電磁界解析」と題し、現在の最新技術に関するレビュー、次のステップに向けたキックオフを、各分野の第一線で活躍されている方々をお招きし開催いたします。是非ご参加ください。

講演プログラム

13:40	<p>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</p> <p>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。</p>
14:20	<p>材料の測定とモデリング技術の進展(仮題): 同志社大学 理工学部 電気工学科 教授 藤原 耕二 氏</p>
15:00	<p>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</p> <p>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。</p>
16:00	<p>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</p> <p>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。</p>
16:40	<p>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</p> <p>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。</p>
17:20	<p>JMAG の取り組み: 株式会社 JSOL 山田 隆</p> <p>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。</p> <p>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。</p> <p>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。</p> <p>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。</p> <p>本セミナーではこれら技術開発の一端ご紹介すると共に、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ご意見を頂戴したいと思います。</p>

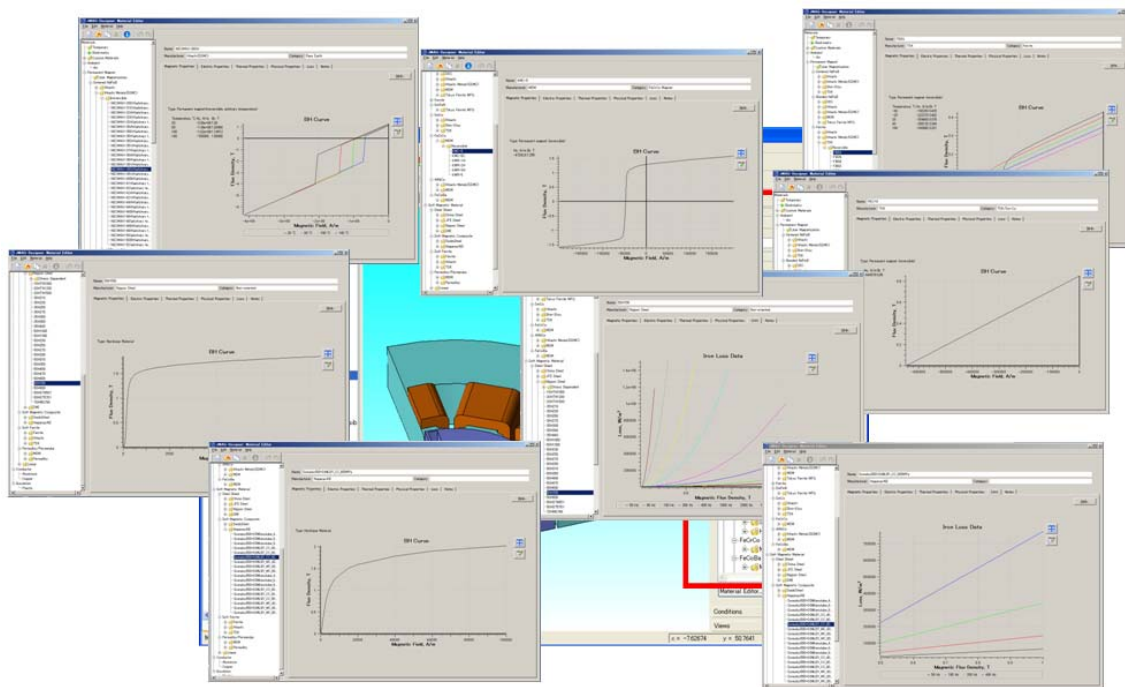
損失解析に関する JMAG の取り組み 電気機器の高効率化のために

損失解析は電磁界解析にとって 10-15 年の最重要課題のひとつでした。近年、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、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、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々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。

材料データの重要性にいち早く着目し、機能搭載

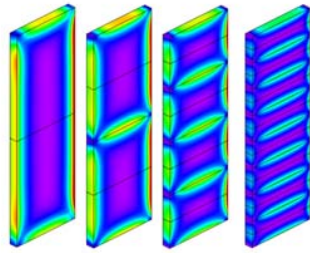
2000 年、横浜で第 2 回次世代の電磁界シミュレーションセミナーが開催されました。タイトルは「電磁界シミュレーションにおける材料モデリング」。材料メーカー、大学の先生、電気、自動車メーカーから材料モデリングの重要性と課題が提示されました。これが現在の JMAG の開発方針となって来ました。

同年には JMAG に材料データが搭載されました。ソフトウェアに各社材料メーカーの物性が搭載されるのは 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とのパッケージがあって初めて実現されるものでした。

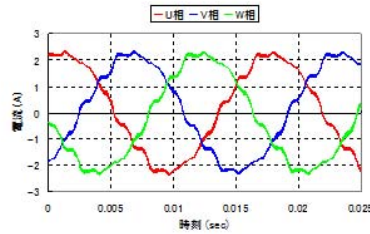


詳細な損失解析を実用性高く提供

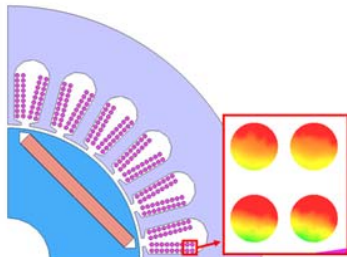
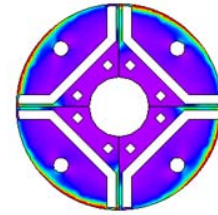
損失データが JMAG に搭載され鉄損解析が実用化されると、お客様からはさらに詳細な解析のご要望を受けるようになります。その要望に対して JMAG は「解析ができる」というだけでなく「簡単にできる」実用性をもって提供してきました。例えば、損失特性の応力依存性考慮です。JMAG で構造解析を行なった応力を計算して詳細に影響を見ることが可能ですし、部品ごとに応力値を入力して簡単に影響を見ることがもできます。また、高調波鉄損は JMAG-RT により高精度モータモデルを用いて高調波電流を短時間に精度よく求めることができて初めて実用化した解析でした。スイッチングトランスの損失解析においては高調波電流による素線の表皮効果、近接効果が重要です。素線をモデル化すれば解析できることはわかっておりますが、このモデル化を JMAG は自動化します。このように JMAG は詳細な損失解析を簡単に行えるように機能提供してきました。



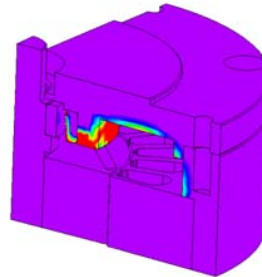
磁石渦電流損



高調波損失



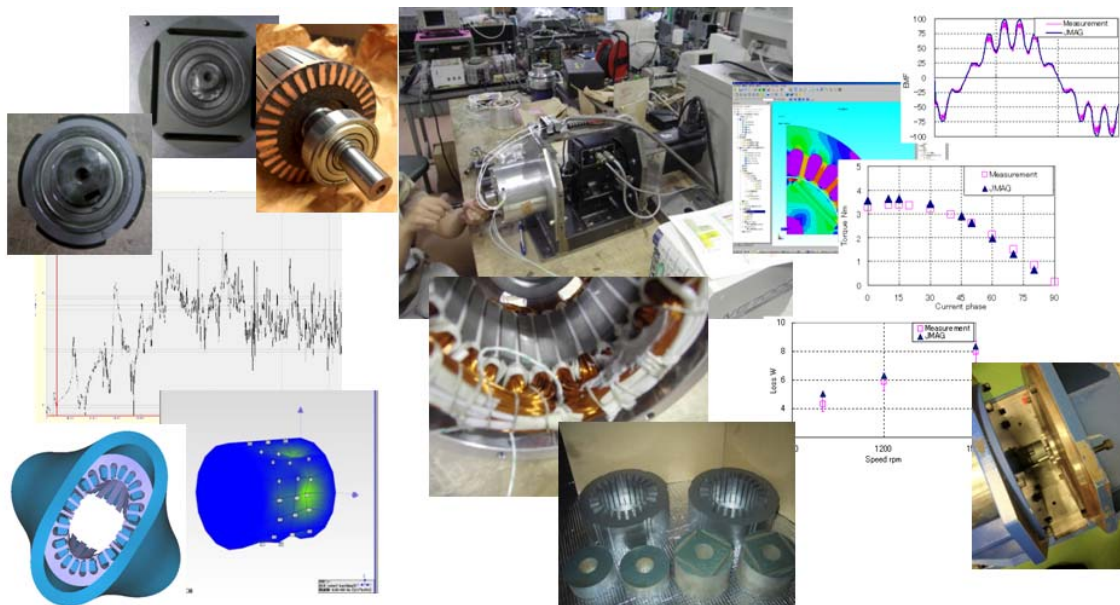
巻線交流損失



漂遊損

数値検証、実測比較に裏付けられた解析手法の信頼性

モータが高効率化され、損失が低減されることは、解析にとって高い精度を求められることになります。また高調波鉄損の影響など現象が複雑になると解析の精度を検証するのが難しくなります。JMAG は解析機能を提供するだけでなく、実機での検証を行い、モデル化の精緻に取り組んできました。また、磁石の高精度な渦電流損解析に必要なメッシュ生成技法などにも取り組んできました。その結果はメッシュ生成機能、解析機能、制御連携用の高精度モータモデルなど様々な機能に還元されてきました。



さらなる高精度損失解析に向けて

モータの高効率化はさらに進んでいます。同時に損失解析に求められる精度も格段に高まっています。加工歪の影響、より精緻な材料データとその測定技術など新しい技術の実用化が求められています。第5回次世代の電磁界セミナーでは最新の損失解析技術をご紹介します。ぜひご参加ください。

損失解析に関する JMAG の取り組み年表

年	出来事
2000	鉄損解析ツール搭載
	材料データベース搭載
	第2回次世代の電磁界シミュレーションセミナー開催 「電磁界シミュレーションにおける材料モデリング」
2003	応力依存性の磁界・損失解析機能搭載
2004	制御・回路連携機能を用いた高調波鉄損の評価が可能になる (JMAG-RT)
2007	磁石渦電流解析の高精度メッシュモデリング
	三村ほか、”永久磁石中の渦電流解析におけるメッシュ分割の影響について”， SA-07-26, RM-07-26, 2007 [1]
	三村ほか、”永久磁石中の渦電流解析におけるメッシュ分割の影響について(2)”， SA-07-78, RM-07-94, 2007 [2]
	スイッチングトランス用巻線交流損失解析機能搭載
2008	制御・回路を考慮した損失解析 実機での精度検証
	電気学会論文誌D(産業応用部門誌) Vol. 131 (2011) No. 11 P 1309-1315
	永久磁石同期機の磁界-制御/回路連成解析技術と損失評価 成田 一行 1), 山田 隆 1), 坂下 善行 1), 赤津 観 2)
2010	磁石渦電流損 高速解析機能搭載
	JMAG-RT モデルに鉄損情報搭載

文責:五十嵐 智美

イベント情報

JMAG 欧州ユーザー会 開催レポート

JMAG ユーザー会は世界各国で開催しています。2013 年度最初のユーザー会は欧州で開催しました。今回で 4 回目となりますが、今年も多くユーザーに御参加頂きました。その様子をレポートいたします。

JMAG Users Conference in Germany and JMAG Technical Day

開催概要

主催 : Powersys Solutions

日時 : 2013 年 4 月 10 日(水)~11 日(木)

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

URL : http://www.powersys-solutions.com/JMAG_UC/

セミナープログラム(2 日目)

09:00	2 training sessions in parallel ・Basic Training (including Introduction to JMAG V12) ・Intermediate/Advanced training (including Introduction to JMAG V12)
13:45	Round Table The roundtable discussion is an opportunity for the participants to get together and share feedback about their use of FEA software.
16:25	One-to-One Meeting

講演プログラム(2 日目)

09:45	Investigation of Proximity Losses in a Permanent Magnet Machine for electric vehicles David Bauer, Robert Bosch GmbH, Germany.
11:00	Development of electric motors in automotive applications using JMAG Software Mohamed Hadjali, Nidec motors & actuators, Germany.
11:40	Enhanced Simulation Quality for Electric Drives in Hardware-in-the-Loop Applications Bjoern Bobe & Matthias Deter, dSPACE GmbH, Germany.
14:00	Axial flux machine simulation with JMAG Dr.-Ing. Bogdan Funieru for Institute for Electrical Energy Conversion, Technische Universität Darmstadt, Germany.
14:40	Optimizing the Acoustic Performance of a Switched Reluctance Motor using a combined multi-physics & FEA simulation approach Ben Meek, Koen De Lange, Koen Vansant, Fabio Santos, Herman Van Der Auwerar, Jan Anthonis, LMS International N.V, Belgium.
16:00	Calculation of electromagnetic forces in claw-pole alternators for acoustic simulation Antoine Tan-Kim, VALEO EEM, France.
16:40	Linking Saber and JMAG for an integrated System Simulation Approach for Motor Drive Applications Andre Jennert, Synopsys Inc., Germany.

ヨーロッパの J MAG Group のメンバーである Powersys 主催による J MAG 欧州ユーザー会が開催されました。1 日目がテクニカルデイ、2 日目がユーザー事例講演という 2 日間で構成されています。

1 日目には、J MAG ユーザー様や J MAG の導入を検討されている方向けに技術トレーニングを実施しました。午前は、J MAG の熟練度に合わせて最新機能の紹介や基本機能について紹介を行い、J MAG-Express や J MAG-VTB など新しいソリューションに対して多くの御質問をいただきました。午後は、ディスカッション形式による J MAG へのリクエストなどについて議論しました。欧州では、初めての試みでしたが、参加者同士での積極的な意見交換もあり、技術交流のよりよい場所となりました。また、我々にとっても、開発へのよいインプットを頂く事が出来ました。

2 日目は参加者が 50 名を超える盛況ぶりでした。ユーザー事例発表では、Robert Bosch や Nidec motors & actuators、VALEO EEM、ダルムシュタット大学とテクニカルパートナーにご講演いただき、様々なテーマで活発な議論・意見交換がなされました。また、参加者からは「講演、ポスター展示などが参考になった」との声が多く寄せられ、ご満足頂けたと思っています。また、6 月にリリースした J MAG Designer Ver.12.1 を欧州で一足早くお披露目いたしました。

両日とも、機能紹介や事例紹介といった JSOL からの情報発信にとどまらず、J MAG に対するご意見ご要望も多数いただくことができ、中には PC を直接持ち込みご質問いただく方々もいらっしゃるなど、欧州での J MAG に対する期待の高さを改めて実感いたしました。**J**



文責:五十嵐 智美

イベント情報

2013 年 7～9 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頂き、我々の活動をご覧ください。ここでは、2013 年 7～9 月の出展イベントを紹介いたします。

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/>

Thermotec は 4 年ごとに開催されるアジア最大規模の工業炉・熱技術及び関連機器の展示会で、誘導加熱解析に力を入れている JMAG も出展いたします。ブースでは、誘導加熱シミュレーションのデモンストレーションを行います。高周波焼き入れや、誘導路の磁気設計、輪郭焼き入れなど電磁界と熱の動きを正確にとらえ、加熱設計に価値あるフィードバックが可能な JMAG をぜひ御体験ください。

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>

JMAAB Open Conference は、自動車関連で MATLAB を使用する JMAAB(Japan MATLAB Automobile Advisory Board)のカンファレンスで、自動車業界における様々なモデルベース開発への取り組みを支援する内容の講演を聴講することができます。JMAG ブースでは、MATLAB/Simulink(Mathworks 社)に取り込むことができる JMAG-RT を御体験いただけます。システム設計とプラント設計でモデルを共有することができる JMAG-RT の技術をご覧ください。

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>

日本テクノセンターが主催するセミナーにおいて JSOL のエンジニア、坂下が講師を務めます。まだ電磁界解析を知らない方向けに、電磁界の基礎から JMAG を用いてモータ性能を高めるシミュレーション解析のポイントまでをお伝えいたします。モータの開発を行うために必要な情報を分かりやすく解説いたします

MATLAB EXPO in 浜松

開催概要

主催 : MathWorks Japan

日時 : 2013 年 7 月 10 日(水)

場所 : アクトシティ浜松 コンgressセンター(静岡:浜松)

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

MathWorks 主催の MATLAB EXPO では、特に自動車業界向けの様々なモデルベース開発への取り組みを支援する内容の講演を聴講することができます。JMAG ブースでは、MATLAB/Simulink(Mathworks 社)に取り込むことができる JMAG-RT を御体験いただけます。会場でぜひ連携解析の有用性をお確かめください。

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/>

TECHNO-FRONTIER は、モータ技術展や EMC・ノイズ対策展など幅広い分野の開発設計・生産技術者が集まるアジア最大級の専門トレードショーとなる展示会です。JMAG のブースでは解析対象や実務の利用シーン別にブース内プレゼンテーションを行います。その他にも、6 月にリリースした JMAG-Designer Ver.12.1 や JMAG-Express など新製品のデモンストレーションも行います。TECHNO-FRONTIER へご来場の皆様、ぜひ 3C-201 の JMAG ブースへ足をお運びください。

また 7 月 19 日には、モータ技術シンポジウムにて山田が「モータ解析技術の動向とモデルベース制御への応用」と題した講演をいたしますので、是非ご参加ください。

寺子屋塾

開催概要

主催 : ボンドマグネット協会

日時 : 2013 年 7 月 26 日(金)

場所 : 株式会社東陽テクニカ・テクノロジーインターフェース(TI) センター(東京:日本橋)

URL : http://jabm.la.coocan.jp/others/BM_jyukuseibosyuu_130321.pdf

ボンドマグネット協会が主催する寺子屋塾において JSOL のエンジニア、西尾が講師を務めます。これから磁界解析を行う方に向けて、電磁界解析の基礎から JMAG を活用した磁石・磁性材料の解析事例をご紹介します。

NI Week 2013

開催概要

主催 : National Instruments Corporation.

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/>

NI WEEK は毎年NI社が主催するカンファレンスで、世界各国から総勢 3600 名程度のエンジニアが一堂に会する盛大なカンファレンスです。JMAG ブースでは、JMAG-RT と NI 社のモータ HILS との連携事例を紹介いたします。高精度プラントモデルとして提

供している JMAG-RT のデモンストレーションをぜひご確認ください。

■ 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/>

昨年に引き続き、JMAG の米国代理店である Powersys Solutions が 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。

ご覧いただきました通り、7 月は TECHNO-FRONTIER を始め、日本での活動が多くなります。各会場では、2013 年 6 にリリースしたばかりの JMAG-Designer Ver.12.1 の新機能をご体験いただけます。また、欧州だけではなく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。J

(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、JMAG Ver.12.1 バージョンアップセミナーと、リニューアルした JMAG 中級・機能別セミナーをご紹介します。
より効率的に解析を行っていただけるよう、新機能や各機能の使い方をご紹介しますので、ぜひご参加ください。

JMAG Ver.12.1 バージョンアップセミナー

開催概要

主催：株式会社 JSOL

日時：2013 年 7 月

場所：東京、名古屋、大阪の弊社セミナールーム

URL：<http://www.jmag-international.com/jp/seminar/v-up/v-up121.html>

本セミナーでは、2013 年 6 月にリリースいたしました JMAG-Designer Ver.12.1 についてご紹介いたします。新機能だけではなく、強化した機能やお試しいただきたい機能についてデモを含めて御紹介させていただきます。セミナーに御参加いただければ新しい JMAG-Designer Ver.12.1 の使いやすさや最新機能を実感していただけますので、是非御参加下さい。

JMAG 中級・機能別セミナー

開催概要

主催：株式会社 JSOL

日時：2013 年 6 月～9 月

場所：東京、名古屋、大阪の弊社セミナールーム

URL：http://www.jmag-international.com/jp/seminar/ws/func_training.html

本セミナーは中級者の方に解析技術を向上して頂くことを目的としたセミナーで、従来のワークショップをモデルチェンジしたものです。セミナーを 8 つの解析テーマに分け、各テーマに沿った機能にスコープを絞ってご紹介いたします。ハンズオンセミナーですので、実際に JMAG を触りながらのセミナーとなります。便利な操作方法や初めて知る機能があるかもしれません。ぜひご参加ください。

1.	回路	JMAG の回路機能を中心にご紹介。JMAG-RT と回路シミュレータの実施方法も紹介します
2.	自動化	設計の効率化を実現する様々なソリューションを紹介します
3.	最適化	最適化計算機能の使い方を紹介します
4.	連携、連成	連成解析機能を利用した解析事例を通じて、得られる成果や解析上のノウハウを紹介します
5.	結果評価	解析結果として得られる物理量の意味や、解析対象を評価する観点からどのような解析を行うべきかなどを紹介します
6.	形状作成	形状編集機能を中心に、形状パラメトリック解析までの一連の流れを紹介します
7.	メッシュ、ソルバ	皆様に効率的な解析を行っていただくためのメッシュ設定ノウハウやメッシュ生成機能、磁界解析ソルバを効率よく使うためのノウハウを紹介します
8.	材料	磁界解析における磁気飽和の扱いや、熱減磁など材料モデリングに関するノウハウを紹介します

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 4 月～6 月に開催したイベントの様子をアテナンダーが報告いたします。次回はぜひ、皆様もご参加ください。

Virtual Testing and Validation of Controller Software

開催概要

主催 : dSPACE Inc.

日時 : 2013 年 4 月 9 日(火)、4 月 11 日(木)

場所 : 9 日:Hotel Arista (アメリカ:イリノイ)

11 日:DoubleTree (アメリカ:ミシガン)

URL : http://www.dspace.com/en/inc/home/company/events/dspace_events/seminar_vet_il.cfm

dSPACE 社製の HILS などのツールを用いた制御システムの設計・検証プロセスの仮想化技術の紹介セミナーが開催され、自動車関連業界のテスト技術者やシステム設計者を中心に多数の参加者が集まりました。

セミナーでは、dSPACE システム製品のデモンストレーションや適用事例を交えた紹介が行われ、JMAG も JMAG-RT モーターモデルの HILS 環境への適用方法と運用事例について紹介を行いました。仮想検証環境を更に高精度化する JMAG-RT モーターモデルの事例については、検証技術者から多くの問合せを受け、関心の高さが窺えました。

(小川 哲生)

Electric Motor & Power Electronics Model Development, Real-Time Simulation and Controller Implementation using National Instruments and JMAG.

開催概要

主催 : National Instruments Corporation.

日時 : 2013 年 4 月 10 日(木)

場所 : National Instruments Livonia オフィス (アメリカ:リヴonia)

URL : <http://sine.ni.com/nievents/app/offering/p/offeringId/1450357/site/nic/country/us/lang/en>

National Instruments 社 Livonia オフィスにおいて、同社の Hardware In Loop Simulation(HILS)環境「LabVIEW」および、「VeriStand」における JMAG-RT を用いた Real Time Simulation 技術の導入セミナーを行いました。

セミナーでは上記 HILS 環境の機能詳細から、JMAG-RT を用いた解析を用いることで初めて捉えることができる電流・トルクパターンなど解析機能の有効性まで、実際の HILS 環境によるデモンストレーションを交えて紹介しました。デトロイトの自動車メーカー技術者やコントロール設計技術者、コンサルタントなど約 30 名の御参加をいただき、HILS システムにおける高精度モーターモデルの関心の高さを示していました。

(小川 哲生)

Automotive Testing Conference 2013

開催概要

主催 : National Instruments Corporation.

日時 : 2013 年 4 月 17 日 (水)

場所 : National Instruments 韓国オフィス (韓国:ソウル)

URL : <http://korea.ni.com/events/automotive2013>(韓国語のみ)

NI 社主催の自動車開発におけるテスト手法に関するカンファレンスに参加しました。参加者は300名程度で会場はほぼ満席という盛況ぶりでした。

講演においては、韓国 NI 社の技術者と JMAG の韓国代理店の技術者が共同で、NI 社の MotorHIL と JMAG-RT のコラボレーションに関する発表があり、JMAG-RT が MotorHIL 上で動作する高精度なモータモデルであることが示されていました。会場内には JMAG ブースを設け、参加された多くのエンジニアと接することができ、韓国でも高精度なモータモデルは注目され、有意義なディスカッションをすることができました。

(タニ 浩司)

Maplesoft Network Event: The Importance of System-Level Modeling in your Toolchain

開催概要

主催 : Maple Inc.

日時 : 2013 年 4 月 17 日 (水)

場所 : Cobo Centre (アメリカ:デトロイト)

URL : <http://www.maplesoft.com/company/publications/articles/view.aspx?SID=145913>

自動車設計におけるシステムレベル設計ツールとして、MapleSim をベースとしたシミュレーション環境の紹介セミナーが SAE Congress 会場にて開催され、自動車業界技術者の方々にご参加いただきました。

JMAG は Maplesoft のツールチェーンの 1 つとして、JMAG-RT による高精度モータモデルを用いた連携機能に関して実例を交えて紹介しました。既にシステムレベルシミュレーションを実践している参加者からも、その精度向上を目的とした JMAG-RT モデル導入の問合せをいただくなど、システムレベルシミュレーションの普及と運用の現場における高精度モータモデルへの需要の高まりを感じました。

(小川 哲生)

CAE サミット

開催概要

主催 : 株式会社大塚商会

日時 : 2013 年 4 月 24 日 (水)

場所 : 大塚商会 本社ビル (日本:東京)

URL : <http://event.otsuka-shokai.co.jp/13/0424cae/>



大塚商会が取り扱っている製造業界向けの各種解析システムを一同に展示した CAE サミットにて、弊社西尾が「CAD とシームレスに連携 電磁界解析ソフトウェア JMAG のご紹介」と題した講演を行いました。講演では、SolidWorks を始めさまざまな CAD、CAE とのシームレスな連携機能の紹介や、リーズナブルな大塚商会様向け導入パッケージ「JMAG99」の紹介をいたしました。

また、併設展示会場では、JMAG の最新技術を始め、解析に慣れていない技術者でも高度な解析を行えるようワークフローを搭載した JMAG-VTB や Abaqus をはじめとする振動や熱などの他ソフトウェアで解析した結果と連携した事例をご紹介いたしました。

(五十嵐 智美)

LMS Korea Seminar with JMAG

開催概要

主催 : LMS Korea、EMDYNE

日時 : 2013 年 4 月 24 日(水)

場所 : LMS セミナールーム(韓国:ソウル)

技術パートナーの LMS 社主催による JMAG との共同セミナーを韓国にて開催しました。これまでに、フランス、ドイツ、米国で開催しており、今後もイギリス、その他欧州でも実施を予定しています。

セミナーでは JSOL と弊社韓国代理店の EMDYNE 社の技術者により電磁界解析に関する紹介、JMAG 及び Virtual.Lab との連携解析の紹介を行いました。その後、LMS 社から連携を中心にして、AMESIM を含む LMS 社の CAE ソリューションの紹介がありました。自動車、電機関係の企業から約 30 名の方に御参加いただきました。参加者の多くが LMS 社のお客様で機械系技術者ということもあり、電磁界解析に対して、新鮮な話題に興味を持っていただけました。ディスカッションも多く、大変活気のあるセミナーとなりました。

(山田 隆)

Advanced MotorTech Training Course, BLDC and IPM Machine Design

開催概要

主催 : Advanced MotorTech LLC.

日時 : 2013 年 4 月 25 日(木)

場所 : Embassy Suite Hotel(アメリカ:ミシガン)

URL : http://www.advancedmotortech.com/pdf/IPM_BLDC8b.pdf

米国を中心に活動するモータ設計コンサルタント Dr. Keith W. Klontz 氏のモータ設計セミナーが開催され、産業用モータから自動車用モータ、医療用モータまで幅広い分野のモータ設計者が参加しました。

セミナーでは BLDC および IPM モータの性能原理から設計方法まで、同氏のノウハウを盛り込んだ実践的な解説が 3 日間にわたって開催されました。セミナーでは同機器に向けた解析および設計ツールとして JMAG の有効性をご説明いただき、JMAG の最新機能と解析事例の紹介を行いました。JMAG の高速ソルバー、JMAG-RT によるコントロールとの連携など、既に電磁界シミュレーションを実践されている参加者からも JMAG の特徴的な機能についてご興味をいただきました。

(小川 哲生)

SMMA 2013 Spring Management Conference

開催概要

主催 : SMMA

日時 : 2013 年 5 月 8 日(水)~10 日(金)

場所 : The Villas of Grand Cypress (アメリカ:フロリダ)

URL : <http://www.smma.org/2013-spring-management-conference.htm>

SMMA(The motor and motion association)はモータ、コントロールから材料まで、モータ開発に関わる各技術分野から 120 の企業・団体が参加するフォーラムです。

本会議は SMMA 会員企業におけるモータ技術、市場動向の共有と意見交換を目的として開催され、米国の主なモータ関連企業から約 100 名の参加者が集い、材料問題から市場分析まで熱心な議論が広げられました。また、会議内で開催されたモータ開発技術のチュートリアルでは、モータ設計への解析ツール活用の有効性の解説に交えて JMAG への言及もあり、モータ設計分野での電磁界解析ソフトウェアとしての期待の高まりを感じました。

(小川 哲生)

LMS French Vehicle Users Conference 2013

開催概要

主催 : LMS International

日時 : 2013 年 5 月 14 日(火)

場所 : Novotel Saint Quentin Golf National(フランス:パリ)

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

LMS French Vehicle Users Conference は LMS が毎年フランスの自動車業界向けに行う、NVH、System/Control シミュレーションのカンファレンスです。フランスだけではなく、北米や欧州などでも開催されています。初日は基調講演およびパネル ディスカッションが行われ、二日目にはセッションごとに最新機能紹介およびユーザーからの事例紹介が行われました。

JMAG は電機機器の詳細な振動、騒音シミュレーションを行う目的で Virtual.Lab と連携を取っております。JMAG グループからフランスの代理店である Powersys が出展および講演を行いました。講演のテーマはレアアースの入手性の問題が深刻になっていることを背景に、SR モータを対象にした電磁力による振動・騒音シミュレーションの紹介を行いました。講演後の質疑およびブースでの意見交換を通じて、トラクション目的のモータだけでなく、サーボモータ、アクチュエータ、センサなどの電機機器に対しても、電磁騒音解析のニーズが寄せられ、それに対するソリューションとして JMAG-Virtual.Lab 連携での貢献への期待が高まっていると感じました。この期待に応えるべく、今後も機能、事例などの紹介を行ってまいります。

(桐生 耕司)

32nd Annual WEMPEC Review Meeting

開催概要

主催 : Dassault Systemes SIMULIA

日時 : 2013 年 5 月 22 日(水)~23 日(木)

場所 : University of Wisconsin (アメリカ:ウィスコンシン)

ウィスコンシン大学マディソン校において、同学が主催する機器設計・パワーエレクトロニクスのコンソーシアム WEMPEC (Wisconsin Electric Machines and Power Electronics Consortium) の年間活動報告会が開催されました。

WEMPEC には米国内以外から自動車、航空機、産業機器、医療機器など各産業分野から 80 を超える基幹企業が参加しており、同分野における一大研究拠点となっています。同会議には約 300 名の参加者が集まり、研究成果に基づく技術共有や参加企業間の交流が盛んに進められていました。JMAG は同学における主要な研究ツールとして活用されており、電磁界解析から制御解析まで、JMAG を用いた研究成果も多く報告されていました。

(小川 哲生)

2013SIMULIA Community Conference

開催概要

主催 : Dassault Systemes SIMULIA

日時 : 2013 年 5 月 22 日(水)~24 日(金)

場所 : Hilton Vienna Stadtpark (オーストリア:ウィーン)

URL : <http://www.3ds.com/company/events/scc-2013/overview/>

SIMULIA Community Conference(以下 SCC)とは SIMULIA 関係者(ユーザー、パートナー、社員)のための例会で、毎年、北米と欧州で交互に開催されています。SIMULIA のユーザー会は別途、地域毎(10ヶ所以上)に RUM(RegionalUsersMeeting)として開催されています。

今回の SCC ではまず、自動車の燃費向上をテーマとした参加者 50 名程度のミーティングがあり、JSOL はパネラーとして参加しました。また、パートナー製品紹介としてプレゼンテーションを行い JMAG の機能を紹介いたしました。参加者は 60 名程ですが、一昨年、昨年に比べて急増しており、電磁界解析へのニーズ、興味が高まっていることを実感しています。また、プレゼン後にブースを訪れた参加者から、JMAG の使いやすさや速度などがよくわかった等、ありがたい言葉を頂きました。

パートナーミーティング、パネルセッションおよび朝夕に行われる全体セッションの中でも JMAG を重要なパートナーとして紹介していただきました。

(桐生 耕司)

人とくるまのテクノロジー展 2013

開催概要

主催 : 公益社団法人自動車技術会

日時 : 2013 年 5 月 22 日(水)~24 日(金)

場所 : パシフィコ横浜 (神奈川県:横浜)

URL : <http://expojsae.or.jp/>



人とくるまのテクノロジー展 2013 の Synopsys 社のブースにて高精度モータモデル JMAG-RT の紹介セミナーを開催させていただきました。

Synopsys 社の Saber と JMAG-RT の連携が行えるようになったことは、来場者の興味を引いたようで、当日のセミナーは開始とともに人が増え、最終的には立ち見が出るほどの盛況ぶりでした。人と車のテクノロジー展はほぼ 10 年ぶりの参加になりましたが、当時は今ほど参加者が多くなく、出展スペースにもかなりの余裕が見られ、親子連れで車のシミュレータに乗り込むといったほのぼのとした姿も見られたことを思うと、現在の盛況ぶりに隔世の感があります。出展者数、来場者数ともに当時よりも大きく増えており、大変活気がありました。また当時と比べ海外、特に中国をはじめとするアジア諸国からの出展が目立ち、時代の流れを感じました。

(西尾 隆行)

Coil Winding Berlin

– The World's largest International Coil Winding, Insulation & Electrical Manufacturing Exhibition –

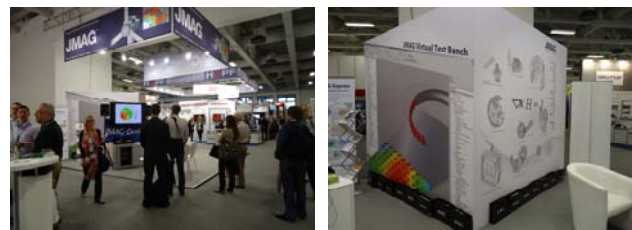
開催概要

主催 : CWIEME

日時 : 2013 年 6 月 4 日(火)~6 日(木)

場所 : Messe Berlin (ドイツ:ベルリン)

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



ドイツのベルリンで開催された CWIEME Berlin 2013 に JMAG のブースを出展致しました。電動機や変圧器等、電気機器を構成する巻線、積層鋼板、磁石、絶縁紙などさまざまな構成要素が出展されているこの分野では世界最大規模の展示会です。JMAG ブースでは JMAG-Express を初めとしたモータ設計者向けソリューションや大型変圧器向けソリューションなど、ブース内プレゼンテーションを通して紹介しました。電動機では誘導電動機に関する問い合わせが比較的多く、効率よりも廉価性が求められているようであり、永久磁石型電動機を中心とした効率重視の日本の市場とのトレンドの違いを感じました。

(西尾 隆行)

ITEC 2013

開催概要

主催 : IEEE

日時 : 6月16日(日)~19日(水)

場所 : Adoba Hotel Dearborn (アメリカ:ミシガン)

URL : <http://itec-conf.com/>

同会議は、自動車をはじめ航空機や船舶など、各輸送媒体の電化技術をテーマとして開催され、自動車業界および航空機業界を中心に米国内外から約200名が参加しました。ハイブリッド車や電気自動車など開発技術はもちろん、エネルギー供給など運用基盤技術まで広いテーマが議論され、輸送媒体の電化技術の裾野の広がりと普及に向けた技術の発展が窺われました。

JMAGの出展ブースにも自動車や航空機とその関連機器メーカーから多数の技術相談をいただき、同分野発展に向けた解析技術への要求の高まりが窺えました。

(小川 哲生)

LMS European Vehicle Conference

開催概要

主催 : LMS International

日時 : 6月19日(水)~20日(木)

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

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

LMS European Vehicle ConferenceはLMSが毎年、欧州自動車業界向けに行う、NVH、System/Controlシミュレーションのカンファレンスです。初日は基調講演およびパネルディスカッションが行われ、二日目に各セッション(Virtual.Lab, Imagine.Lab, Test.Lab)に分かれ最新機能紹介およびユーザーからの事例紹介が行われました。

JMAGは電機機器の詳細な振動、騒音シミュレーションを行う目的でVirtual.Labと連携を取っております。JMAGグループから欧州代理店であるPowersysが出展および講演を行いました。講演のテーマは、レアアースの入手性の問題が深刻になっていることを背景に、SRモータを対象にした電磁力による振動・騒音シミュレーションの紹介を行いました。講演後の質疑およびブースでの意見交換を通じて、トラクション目的のモータだけでなく、サーボモータ、アクチュエータ、センサなどの電機機器に対しても、電磁騒音解析のニーズが寄せられ、それに対するソリューションとしてJMAG-Virtual.Lab連携での貢献への期待が高まっていると感じました。この期待に応えるべく、今後も機能、事例などの紹介を行ってまいります。

(桐生 耕司)

今回は、アメリカと欧州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。JMAGは技術支援だけではなく、お客様のグローバル戦略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

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～ 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

全ての方向け 無料

- ・テーマや解析対象ごとに適時開催

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。



JMAC正規ユーザー様のみ



JMAC正規ユーザー様とトライアル中のお客様



JMAC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）

JMAC 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。JMAC-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、JMAC-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）

JMAC-Designer ver.12.1 バージョンアップセミナー

対象者：JMAC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

JMAC-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。

JMAC 初級トレーニングセミナー

ハンズオン

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

JMAC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JMAC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、JMAC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：JMACの導入を検討されているお客様／JMAC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、JMAC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。

JMAC 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／JMAC（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、JMAC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JMACを習得いただくコースとなります。

JMAC スキルアップセミナー

レクチャー

対象者：JMAC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

JMAC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。JMAC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JMAC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 JMAC-Designer クイック移行セミナー（録画）

対象者：JMAC-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

JMAC-Studioをお使いの方で、JMAC-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。JMAC-Studioで作成したデータを利用して、JMAC-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。

JMAC-Designer ver.12 バージョンアップセミナー（録画）

対象者：JMACユーザー様、特にJMAC-StudioからJMAC-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JMAC-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。

