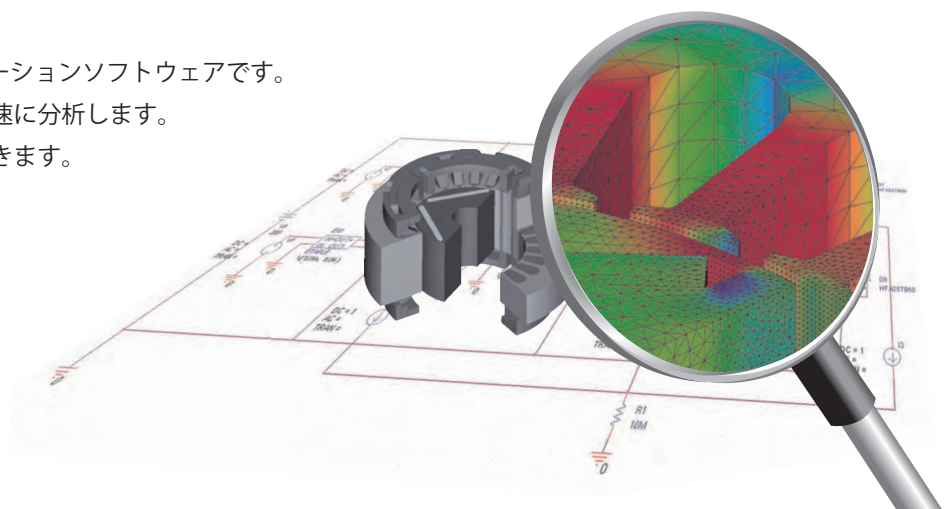


JMAG News Letter

March, 2010

JMAG は電気機器の設計・開発の為のシミュレーションソフトウェアです。
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。
少ない経験で迷わず確実に結果を得ることができます。



目次

[1] JMAG導入事例・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・P.4

サンデン株式会社 様

- 企業間を繋ぐRTモデルがエネルギーマネージメント開発環境を変える -

[2] Technical Report Vol.6・・・・・・・・・・・・・・・・P.8

精緻なモデリング技術（制御・回路）

～MBD (Model Based Design)に欠かせない高精度マシンモデル生成技術～

[3] 【無料配布中】JMAG-Express for Rotating Machines by JMAG・・・・・・・・P.11

～JMAG-RTモデル生成版のご案内～

[4] JMAG解析事例・・・・・・・・・・・・・・・・P.12

『制御シミュレータとJMAG-RTシステムを用いたIPMモータのベクトル制御解析』

『モータの浮遊容量解析』

『三相トランスの損失解析』

[5] 30日間無料トライアルのご案内・・・・・・・・P.15

株式会社 JSOL

変える力を、ともに生み出す。
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 cae-info@sci.jsol.co.jp 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 3月号のみどころ

電機機器の進化に伴い、モータドライブシステムの設計にも新しい方法論が望まれています。モータ設計と制御設計を協調して行うモデルベース開発はその有力な候補の一つです。

以前、モータ設計の多くはモータの開発担当者により個別に進められ、また高度なノウハウが必要なこともあり、モータ設計だけが、このモデルベース開発のフローから外れていることもありました。そのため、実機のモータとシステムの組み合わせ試験において、不整合が生じて手戻りが必要となるケースも多くみられていました。手戻りによる作業超過は、開発コストの増加だけでなく製品のリリースにも影響を与えるため、製品としての市場価値を失うことにもなりかねません。

その様な中、モータ開発のツールとして定評のあるJMAGでは、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制御系シミュレータに取り込むことを可能にしたソリューション"JMAG-RT"に注目が集まるようになりました。

今号では、車載用インバータを設計・開発されるサンデン様へのユーザーインタビューを通じてJMAG-RTをご紹介いたします。サンデン様は、モータメカ様より、製品の納入前に提出されるJMAG-RTモデルを使って事前検証をされる取り組みをされています。モータドライブシステムにおけるモデルベース開発の実例としてぜひご覧ください。

また、テクニカルレポートでは、緻密なモデリング技術～モデルベースデザインに欠かせない高精度マシンも出る生成技術～と題し、技術的見地からJMAGがもつモータモデル生成技術についてご紹介をしております。複雑なモータの挙動をどの様にして、制御回路シミュレーションで使用可能なモータモデルへと生成するのか、その一部をご紹介いたします。

ぜひ最後までご覧ください。

モデルベース開発を促進するJMAG-RT

- ・ユーザーインタビュー: サンデン株式会社様
- ・精密なモデリング技術(制御回路)～モデルベースデザインに欠かせない高精度マシンも出る生成技術～
- ・JMAG解析事例
 - 制御シミュレータとJMAG-RTシステムを用いたIPMモータのベクトル制御解析
- ・モータ設計ツール JMAG-Express【無料配布中】
 - JMAG-ExpressからもRTモデルの生成が可能です。
 - 制御回路シミュレータとの連携をお試しく下さい。

モータドライブシステムのモデルベース開発

JMAG® RT-Solution



JMAG-RTとは？

- ・モータードライブシミュレーションの構築を可能にするJMAGの機能です。
 - ・有限要素法で作成したモデルから、制御シミュレータ上で解析を実行するためのビヘイビアモデルを生成できます。
 - ・電磁界シミュレーションが得意とするトルク特性や、制御シミュレーションが得意とする各回路素子の損失などを同時に得る事ができます。
 - ・ECU設計、検証のためにリアルタイムシミュレータと連携させることができます。
- ※JMAG-RTの詳細は<http://www.jmag-international.com/jp/solutions/motordrivesystem.html> をご覧ください。
- ※無料配布中のJMAG-Express RT版の詳細は<http://www.jmag-international.com/jp/express/index.html> をご覧ください。

JMAG導入事例

サンデン株式会社

企業間を繋ぐRTモデルがエネルギーマネジメント開発環境を変える

RTモデルとは:FEAモデルから生成される制御シミュレーションで用いるビヘイビアモデル(モータモデル)です。

車載用インバータを設計・開発・販売するサンデン株式会社はモータ設計メーカA社の提案によりモータのビヘイビアモデルが作成でき、制御シミュレータ上で解析ができる『JMAG-RT』を利用したモデルベース開発を予定している。サンデン株式会社の開発本部電子開発2グループでインバータの設計開発担当の廣野氏、塚本氏、開発本部強電デバイスグループでモータの性能を評価担当の関根氏、サンデン株式会社の取引先で、モータ設計メーカの技術営業T氏にJMAG-RTの利用メリットをお聞きした。



サンデン株式会社
開発本部
電子開発2グループ
廣野 大輔 氏



サンデン株式会社
開発本部
強電デバイスグループ
関根 和孝 氏



サンデン株式会社
開発本部
電子開発2グループ
塚本 健郎 氏

ハイブリッド車用電動コンプレッサの性能向上に注力

貴社ではどのような製品開発に注力されていますか。

廣野氏 私どもは主に冷熱関係の仕事をしています。大きく分けるとコンビニやスーパーマーケットの冷凍冷蔵ショーケースや自動販売機を作っている流通システム分野、エコキュートや無線通信のモデムを作っている住環境分野、私たちが担当している自動車機器の分野になります。私の担当分野では、エアコンの圧縮機になるコンプレッサやHVACユニットの設計開発をおこなっています。最近では特に環境に優しいハイブリッド車用の電動コンプレッサの性能向上に注力しています。私と塚本は電動コンプレッサのモータ制御設計を担当し、関根はモータの性能管理を行っています。

最近では、お客様の開発スピードがどんどん速くなっています。それに伴い電動コンプレッサ納入も、従来は半年ぐらいのリードタイムは頂けていましたが、最近では2、3ヶ月以内で納期厳守といった場合が多く、大変短納期要求が強くなっています。モータは外注をしています。スピードだけでなく、小型化やコストなど要求が多くなってしまうので、モータメーカさんには色々ご迷惑をおかけしています。

エネルギーマネジメントとは？

モータメーカT氏 当社はモータ単体ではなく、周辺機器(例えばモータにギアや制御装置がつくところ)を含めた開発をおこなっています。

従来、お客様のニーズは省エネの問題、つまり効率に関することが多かったのですが、最近は特に自動車関連のお客様からエネルギーマネジメントという言葉をお聞きます。これはお客様が運転される全体領域の中でエネルギーをいかに無駄なく使えるか管理するということです。単純にピークトルクを追いかめるだけではなく、色々な運転領域でロスを出さない設計がトレンドになっています。一番使われるところだけを重要視するのではなく、バランスをとって効率を上げ、ロスは下げるといことですね。

電磁場解析の取組み

なぜ、制御設計者がモータの磁場解析をされるのですか？

廣野氏 当社はモータメーカさんに性能の要求を伝えるだけでなく、自分たちが欲しいコンプレッサの特性に合ったモータになっているか検証する専属の担当者を配置しています。関根が2年前に「磁界の状況を把握していないと効率が良いモータかどうか分からない」と話した事がきっかけで、制御設計者としてもモータを理解する必要性を感じJMAGを導入しました。

関根氏 電磁場解析は、初めての分野で最初は何を使っているのか分からない状態でしたが、ワークショップ(セミナー)に参加したおかげで、導入してから1ヶ月で解析ができるようになりました。今は普通に2次元で解析して、コンター図や電圧の波形を見えています。

関根氏 モーターメーカーさんに設計してもらったモーターが私どもの要求事項を満たしているか解析したり、試作回数をなるべく減らすためにTさんに変更依頼もおこないます。

廣野氏 モーターメーカーさんにはシミュレーション時に出来るだけ精度を高くしてもらうようにお願いしています。計算値や測定値が実際に私たちのモーター制御で回している時とズレてしまった場合、制御側は計り直すだけでなく、作り直すことになります。もちろん、熱・振動・強度・音など、制御以外の要素もたくさんありますが、制御屋の観点から言うと高精度なモーターモデル技術に期待をしています。

サンデン様が期待する精度を出す為にはどのようなことが重要になりますか。

モーターメーカーT氏 私どもはモーター設計をする際に、お客様の標準的なモデルや過去の製品を参考にしながら作っています。設計精度を上げる為には、実機と過去に設計された寸法にどれだけ差がでているか把握することがとても大切です。例えば、設計されたギャップが0.6で出来ているのに対し、作られたものが0.58だったというような場合です。現物とシミュレーションのコレクトファクターの把握が重要になります。

廣野氏 以前は何回も要求特性が出ず作り直しをしてもらっていましたが、最近は依頼してから1回で、ほぼ要求通りの特性が出るようになりました。

JMAGを導入した経緯を教えてください。

モーターメーカーT氏 JMAGを導入して4年になりますが、当社のCAEの歴史は10数年になります。制御を含め、合わせ込みをする際のシミュレーションがうまくいかず、JMAGに切り替えたという経緯があります。JMAG-RTを導入したのは最近です。モーターを検証する場合、モーター単独で検証しても意味がありません。お客様が私どものモーターを使う状態を想定し、お客様と一緒に開発・解析していかなければ、開発スピードが速く、的確なモーターをご提供することができません。サンデン様と当社間でのJMAG-RTを利用した開発は現在、検証段階ですが、これはサンデン様にとっても時間短縮につながります。何回も試作することがないように、シミュレーションである程度目鼻をつけておき、1、2回の試作で済ませたいというのが、サンデン様のご要求ですし、私どもは時間だけでなく、材料や人件費を押さえることができるようになります。

＜サンデン株式会社様のコンプレッサー＞



ハイブリッドコンプレッサー

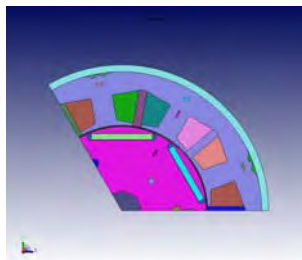


エンハンスHFC134a
コンプレッサー

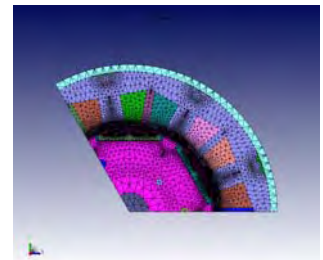


自然系冷媒
コンプレッサー

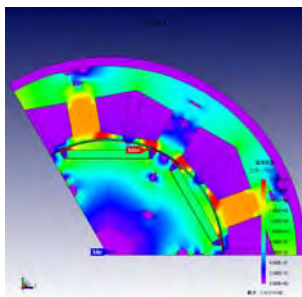
＜JMAGの解析結果1＞



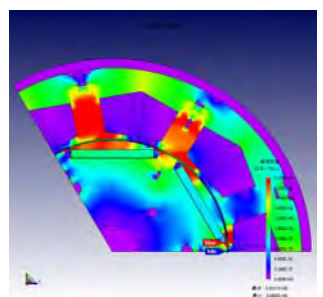
モデル図



メッシュ図



磁束密度分布(無負荷)



磁束密度分布(過負荷時)

JMAG-RTを利用した企業間取引のメリット

JMAG-RTの利用を決めたきっかけは何ですか。

廣野氏 以前、制御シミュレーションツールの理想モータモデルを使って検証を試みたのですが、あまりにも実機のモータと合わないことが判明しました。その時にお客様からJMAGは制御シミュレータ用のモータモデル(RTモデル)が生成できると教えてもらいました。その後、TさんからRTモデル利用のご提案をいただき、検証用のRTモデル作成の依頼をしました。まだ検証段階ですが、車両用の電動コンプレッサ向けのモータ解析にJMAG-RTを使っていきたいと考えています。

JMAG-RTの利用メリットはどのような点あるとお考えですか。

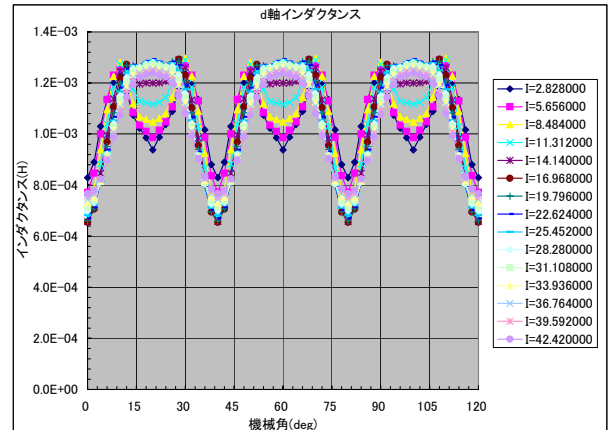
モータメーカーT氏 お客様と情報共有をしながら、モータ仕様を固めていけることが最大の利用メリットではないかと思います。私どもはお客様の要求仕様に応じてモータを作っていますので、『お客様から要求された内容を網羅できているか』、『お客様が要求した内容がモータとして受け入れられないスペックや内容になっていないか』を把握することは極めて重要です。もし、お客様がスペックや内容にこだわりがあるようでしたら、JMAG-RTのようなツールを使って、どうしたら良いか相談ができるようになります。検証結果と情報を共有しながら仕様を固めていけるということは重要です。JMAG-RTの最大のメリットは仕様決めと開発スピードの向上ではないでしょうか。

どのようにしてサンデン様へJMAG-RTモデルをお渡ししているのですか。

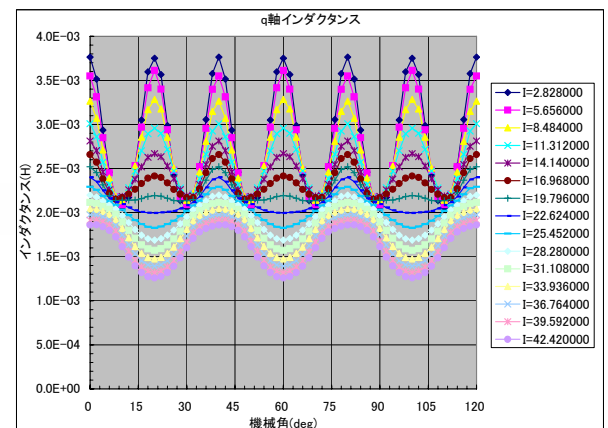
モータメーカーT氏 作成するにあたり、誘起電圧やトルク定数を現物や過去の事例と比較しています。『これだったら、精度に問題がない。』と検証してから、お客様にお出ししています。今回もLdLq、誘起電圧、トルク定数を確認してから廣野さんにお渡ししました。

廣野氏 RTモデルのデータ容量はメールで送れるぐらいのものなのでメールでいただいています。

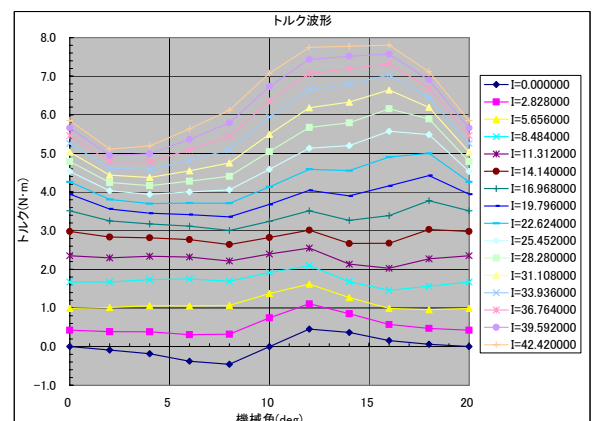
＜JMAGの解析結果2＞



d軸インダクタンス



q軸インダクタンス



トルク波形

モデルベース開発への期待

JMAG-RTに今後どのような期待をお持ちですか。

モータメカT氏 現在はトライ・アンド・エラーのように『ここの結果は良かったが、ここは少し足りないから、もう1回やり直し』ということを行っているのが現状です。サンデン様やその他のお客様にJMAG-RTを使っていたき、お客様が開発されている機械でモータを動かした時に的確な仕様になっているか検証いただければ、『定常状態で運転している分には問題ないが、過負荷や軽負荷のところで問題である。』というようなことがあらかじめ見えるようになります。それにより当社側はお客様から早くて的確な仕様の要求とフィードバックをいただけるので、開発スピードの向上に期待を持てます。JMAG-RTにはそういうメリットがあるわけですから、お客様の要求にうまく応える、あるいはお客様の要求を早くまとめることができる便利なツールだと思います。また、JMAG-RTのRTモデルは精度も高いので、単にモータの誘起電圧が合うとか合わないというだけでなく、可動の特性としてイレギュラーな動きがないか見ることができます。お客様からいただいた要求仕様に対して一発でこのモータが良いとか悪いとかを回答できるような形にしていきたいですね。

廣野氏 弊社の場合、まずはモータのパラメータを確認するところからJMAG-RTの利用を予定しています。現在でもLdLqのデータをTさんにいただいています。材料によって変わりますし、電流によっても変わる値なので、どうしても口頭やデータシートを頂くだけですと、それだけで実機を回すのは難しいです。まずはそういうパラメータを活用していきたいですね。将来的にはモータパラメータを利用して、圧縮機、モータ、インバータ、インバータ制御で連成解析をしていきたいと思っています。しかし、時間とお金の問題もあるので、どこまでシミュレーションできるかは課題になります。

昔は設計する人がある程度、モータ特性を把握してないとモータがうまく回らなかったのですが、JMAG-RTがあればモータを知らない制御設計者でもシミュレーション上でモータを回してしまおうのではないのでしょうか。さらに、JMAG-RTは高調波を正確に再現するので、その検証ができることも分かりました。実際にモータを作らなくても『このモータは合わない。』ということが分かるので制御側の開発が進みます。それが試作回数低減による経費の節減につながり、全体の工数はもちろん、実機での検証時間の短縮につながります。やはりそういうところのメリットは大きいのではないのでしょうか。



電動コンプレッサー



サンデン株式会社

設立	昭和18年(1943年)7月30日
資本金	11,037百万円
グループ従業員	8,750名(連結)
年商(連結)	216,690百万円(平成20年度)
代表取締役社長	鈴木一行

事業概要

自動車用のエアコンや自動販売機、エコキュートなどを生産している。1943年の創業以来、世界をフィールドに事業活動を展開し、コーポレートスローガンとして掲げる「Delivering Excellence」を実現するために、常に技術開発とモノづくりに基づいた、魅力のある製品、システム、サービスを世界中のお客様に提供し続けている。カークーラー用のコンプレッサーは主力製品で、国内自動車メカはもとより欧州の自動車メカにも納められている。

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

Technical Report Vol.6



精緻なモデリング技術（制御・回路） ～MBD (Model Based Design)に欠かせない高精度マシンモデル生成技術～

このテクニカルレポートでは、JMAGの技術開発内容をご紹介します。シリーズ最終号である今回は、モデリング技術の3回目「制御・回路モデリング」についてです。

●MBDの理想と課題

モータ制御・回路の分野においてMBD (Model Based Design)が注目されて久しいですが、MBDではモータの挙動を正確にあらわすモデルをもつことで、実機検証の前にシミュレーションによって制御アルゴリズムの検証を行います。MBDという開発手法は、ますます加速する製品開発期間の短縮および限界設計におけるものづくりにおいてその重要性を高めています。

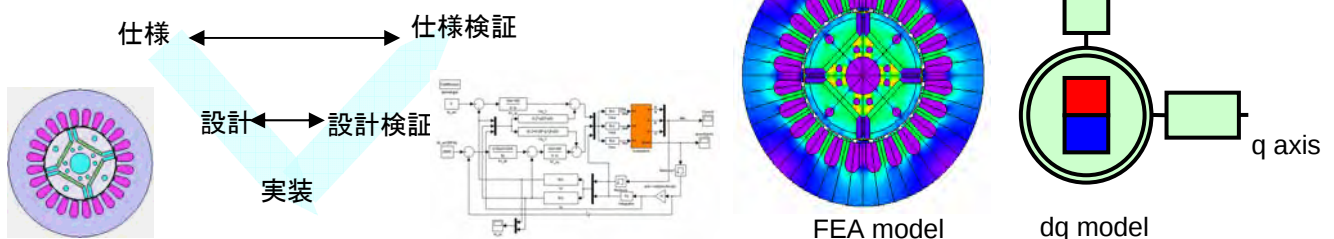
製品を早く市場に出すという要求は、従来分業化されてきたモータ設計と制御・回路設計の同期・並列化を促します。MBDではシミュレーションを用いたV字プロセスによって、設計工程であっても検証を行なうことができます。また、制御対象であるモータは小型化・高出力化が進み、磁気飽和や空間高調波が制御アルゴリズムに与える影響は無視できないものになっています。また逆に磁気飽和や突極性を利用したセンサレス制御の開発においてはモータの挙動を深く理解することが求められています。

こうした開発プロセス・製品要求の中でMBDの重要性は高くなるものの、実際にMBDを導入するにはいくつかの壁を克服する必要があります。設計工程の並列化が求められるもののモータ設計と制御・回路設計では使用するモデルが異なるため同時に検証をするためには適したツールが必要となります。また、ツールで使用するモデルには高い精度が要求されます。モータの挙動は駆動状態によっては非線形性が強く出るためにシンプな線形モデルでは十分に制御アルゴリズムを検証できないことがあるからです。

●モータモデルに求められる精度

高負荷・高回転で駆動するモータの挙動は複雑です。JMAGは有限要素法(FEA)の技術を中心にこうした挙動を正確にとらえます。高速で回転するモータでは鉄損などの損失を無視することができません。また、磁気飽和が進むとモータのインダクタンスは小さくなります。センサレス制御の重要なパラメータである起電圧波形においてはモータのスロット高調波の影響は重要です。モータ設計におけるこれらの重要な現象はJMAGによるシミュレーションで精度よく求めることができます。

一方で、制御シミュレーションで使用されるモータモデルのパラメータは集中定数が基本となります。たとえばPM同期モータの場合、等価回路は抵抗、インダクタ、磁石による起電圧により構成され、それぞれのパラメータが分かれば制御・回路シミュレーションでモータの挙動を知ることができます。しかし、前述のような複雑な現象をシミュレーションで再現するには、それらのパラメータをより精度よく与えることが必要となります。そのため、Look upテーブルなどを活用し、非線形性を考慮したインダクタンスをモデルに組み入れるなど制御シミュレーションで使用されるモータモデルの精緻化も進んでいます。こうしたモデリング技術の高度化の流れの中で、モータ設計で使用されるシミュレーションモデルから制御・回路シミュレーションで使用可能なモータモデルを生成することができるのが、JMAGのモータモデル生成技術です。



Technical Report Vol.6

●FEAをベースとした高精度モータモデル生成技術

JMAGがもつモータモデル生成技術とは、FEAモデルから制御・回路シミュレーションで使用可能なモデルを自動的に生成するものです。一番の強みとしてはモデルの精度が高いということです。しかし、制御・回路シミュレーションで使用されるモータのモデリングにもさまざまな方法があります。JMAGのモータモデル生成技術は、モデルに求められる精度やその生成時間に応じてモータモデルを提供します。

(a) 直接連携モデル

実際にはFEAと制御・回路シミュレーションの連携解析といったほうが分かりやすいかもしれません。モータモデルという観点からみるとこの方法はFEAモデルをそのまま制御・回路シミュレーションで使用するということになります。このモデルの精度はFEAと同等であるということが利点です。また、シミュレーションの結果として磁束密度などの分布を確認することができ、豊富な情報を得ることができます。ただし逐次FEAを行うため、要素数などモデルが大きい場合には計算時間がかかることが難点です。

(b) LdLqモデル

FEAモデルからモータのインダクタンスを生成する技術です。このモデル自体は数式で記述するモータモデルの基本となります。しかし、モータのインダクタンスは磁気飽和によって変化します。JMAGが生成するモデルは磁気飽和を考慮したLdLqモデルを生成します。モデル自体は一般的なものですが、JMAGによってパラメータの精度を高めることができます。

(c) JMAG-RTモデル

FEAモデルからモータのビヘイビアモデルを生成する技術です。ベースとなる考え方はLdLqモデルと同じですが、モータの非線形性のみならず空間高調波の影響などさらに精度を高めたモデルを生成します。

(b)や(c)の利点はベースとして従来の古典的モデルを用いつつ、そのパラメータの精度を高めることで制御・回路シミュレーションでの計算時間を(a)の手法に比べてはるかに短縮していることです。

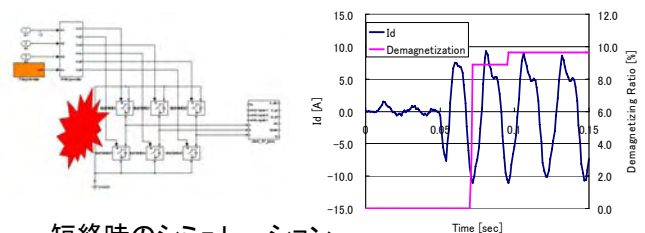
●なぜFEAをベースとしたモータモデルが必要なのか？

高精度なモータモデルの重要性はすでに述べたとおりですが、ではなぜそのモデルがJMAGのモデル(FEAモデル)から生成される必要があるのでしょうか？

ひとつは精度です。JMAGが採用している有限要素法による磁界解析は今やモータ設計においてはなくてはならないものとなっています。それはJMAGがもつ解析技術が複雑なモータの挙動を精度よくとらえることができ、またモータ設計においてもそのような精度が要求されているためです。もちろん制御・回路設計においても、同程度の精度をもってモータが評価されなければMBDを実現することは難しいです。つまりモータモデルを生成する場合においてもベースとなるモデルの精度が高いことは、そのままモータモデルの精度を高めることに繋がります。

次にモータモデル自体についてではありませんが、高い安全性についても触れておきたいと思います。制御アルゴリズムを検証する際、実機の実験では様々な状態が試験されます。その中でもモータを最大回転数で回す場合や故障時の状態をみるために回路を短絡させた場合などの実験は危険度が高く、実験にかかるコストもかかります。MBD自体はシミュレーションを行うことでそうした危険度・コストの低減を実現しますが、異常系の評価についてはモータの挙動は定常状態から大きくはずれます。その場合、重要になるのがやはりモデル精度です。つまり、シミュレーションにより高い安全性を確保するにも高精度モータモデルが必要になります。

FEAモデルからモータモデルが生成されるということはモータ設計と制御・回路設計において同じモータモデルを使用できることを意味します。これはMBDを実現する際に壁となるモータ設計者と制御・回路設計者のコミュニケーションの問題を解決します。シミュレーションツールは時として検証ツールだけでなく、コミュニケーションツールとしても機能します。モータ設計と制御・回路設計という2つのプロセスをJMAGとJMAGが生成するモータモデルがつなぎます。



短絡時のシミュレーション

Technical Report Vol.6

●高速に高精度なモータモデルを生成する技術

MBDには欠かせないモータモデル生成技術ですが、メリットばかりではなく解決すべき技術的課題もあります。シミュレーション時間と精度のトレードオフです。なぜJMAGがいくつかのモデル生成方法をもつかという背景には、この課題を解決するためにあります。またそれぞれの方法についてもデメリットを解決するための技術があります。

たとえば直接連携モデルにおいては計算時間が一番の問題となります。それは制御・回路シミュレーションの時間刻みでFEAの計算がおこなわれるためです。JMAGではサブサイクリングという手法を使うことで、FEAと制御・回路シミュレーションの時間刻みを独立に扱うことができます。モータで起きる現象と制御・回路で起きる現象のタイムスケールは異なるために時間刻みを調整することで計算時間の大幅な短縮を実現します。

LdLqモデルやJMAG-RTモデルにおいてはモデルの生成時間が問題です。この問題を解決するのが分散処理の技術です。これらのモデルの特徴はあらかじめ様々な駆動状態でのモータのパラメータを求めてモデルに持たせることです。そのために多数の計算を行うこととなりますが、それぞれの計算は独立しているためにコンピュータを複数台用意して処理を分散することができます。コンピュータ資源のコストが低価格化する中でこうした分散処理の技術は今後ますます重要になってくると考えられます。

最後にこのテクニカルレポートでもご紹介したソルバーの高速化の技術は、すべての方法において高速にモータモデルを生成することをサポートします。

●HILSでも動くJMAGのモータモデル

MBDにおいて設計の早い段階でのシステム検証としてHILS(Hardware In the Loop)が行われますが、JMAGが生成するモータモデルはHILSのツールであるリアルタイムシミュレータ上でも動作します。JMAGはディエスピーテクノロジーやOpal-RTといったリアルタイムシミュレータの開発会社とコラボレーションを組むことで、HILSでも使用できるモータモデルを提供しています。また、今後はさらに多くのシミュレータでJMAGのモータモデルが動作するようになることを目指しています。

●MBDを促進するJMAGの高精度モータモデル生成技術

今後MBDがさらに普及するために最も必要な要素の一つがシミュレーションツールの整備です。そしてその中核に位置するのがモータモデルにあると我々は考えています。JMAGが持つモータモデル生成技術は、高精度モデルの提供のみならず、モータ設計と制御・回路設計のプロセスを効率よく連携させます。JMAGの持つ解析技術がより幅広い領域で活用されるよう今後も機能開発を行っていきたいと考えております。

今回をもってテクニカルレポートのシリーズは終了します。JMAGの持つ解析技術をベースとなる「計算エンジン」「メッシュ生成エンジン」、またそれらを基盤としたモデリング「材料モデリング」「物理モデリング」「制御・回路モデリング」という視点でご紹介してきました。JMAGは今後も電気機設計に活用されるシミュレーションツールとして解析技術の開発を行っていきます。その中でまた視点を変えて皆様にJMAGの解析技術をご紹介したいと思えます。

【各テクニカルレポートの掲載月のご紹介】

過去のテクニカルレポートは過去のNewsletterでご覧いただけます。詳しくは以下のURLをご覧ください。
<http://www.jmag-international.com/jp/newsletter/>

Technical Report Vol.01 強力なシミュレーションエンジン
～なぜ、高速な計算エンジンが必要なのか～
2009年4月号掲載

Technical Report Vol.2 強力なシミュレーションエンジン
～JMAGが速度向上を実現できた理由～
2009年6月号掲載

Technical Report Vol.3 強力なシミュレーションエンジン
～JMAGのメッシュ生成エンジンの存在価値とは？～
2009年11月号掲載

Technical Report Vol.4 精緻なモデリング技術
～材料モデリング、限界設計に貢献する高い分析力～
2009年12月号掲載

Technical Report Vol.5 精緻なモデリング技術
～マルチフィジックスシミュレーションを支える
フレキシブルマッピング～
2010年1月号掲載

JMAG-Express

for Rotating Machines

- ブラシレスモータ (IPM/SPM) および誘導機の基本特性をワンクリックで瞬時に確認できます。
- 時間のない開発・設計ご担当者様でも素早く簡単にお使いいただけます。
- 解析の経験は問いません。

Step1



設計仕様を入力

特性: トルク、効率、銅損、鉄損、インダクタンス、トルク定数

Step2



ワンクリック

Step3



モータの基本特性を出力

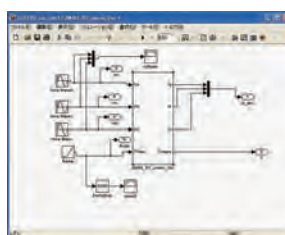
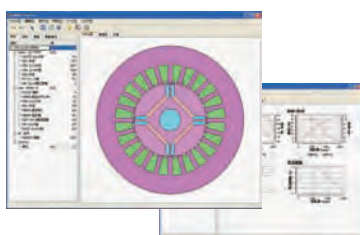
ユーザー様からのご意見による機能追加内容

NEW

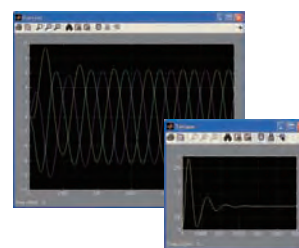
RTモデルの生成 (制御回路シミュレータとの連携) 2009/12

誘導機対応版リリース 2009/11

ブラシレスモータ (IPM/SPM) の特性を考慮したRTモデルを生成できます。



MATLAB (R) /Simulink (R)



MATLAB(R)/Simulink(R)および
PSIMにてお使いいただけます。

- テンプレートはユーザーの皆様のご要望に応じてJMAG-Expressのユーザーサイトに追加します。
- オリジナルのテンプレートをJMAGで作成し、JMAG-Expressでご利用いただくことも可能です。

JMAG-Expressの詳細はこちらから

www.jmag-international.com/jp/express/

jmag-express@sci.jsol.co.jp

JMAG解析事例

『制御シミュレータとJMAG-RTシステムを用いたIPMモータのベクトル制御解析』

解析初心者の方や新しい分野の解析に取り組もうとされる方がスムーズに解析業務を立ち上げられるよう、事例がガイドします。今回は、最新事例の中から「制御シミュレータとJMAG-RTシステムを用いたIPMモータのベクトル制御解析」、「モータの浮遊容量解析」と「三相トランスの損失解析」をご紹介します。

制御設計とモータ設計は独立したプロセスであり、協調設計が難しい状態にあります。

一方、高度なモータ開発のためにより詳細で正確なモータ挙動をシミュレーションにより得ることが求められており、そのためには磁界と回路/制御の連携解析が必要です。

JMAGは、回路/制御シミュレータとの連携により、モータの非線形性とモータドライバの制御特性の両方を考慮したシミュレーションを行うことができます。ここでは、制御シミュレータとJMAG-RTシステムを用いたIPMモータのベクトル制御解析事例を紹介します。

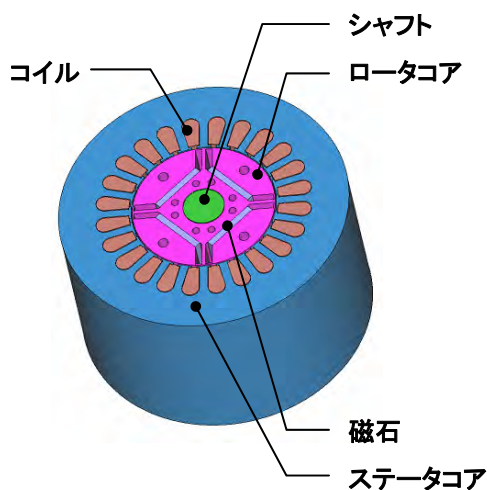


図1 解析対象

d軸q軸電流波形、トルク波形

IPMモータのベクトル制御解析を行った時の I_d 、 I_q 電流波形を図2に、トルク波形を図3に示します。RTモータモデルはモータの形状を考慮しているため、スロット高調波成分を含む電流、トルク波形が確認できます。一方、理想モータモデルの場合、スロット高調波成分は含まれません。また、q軸電流はRTモータモデルに比べ小さく評価されています。

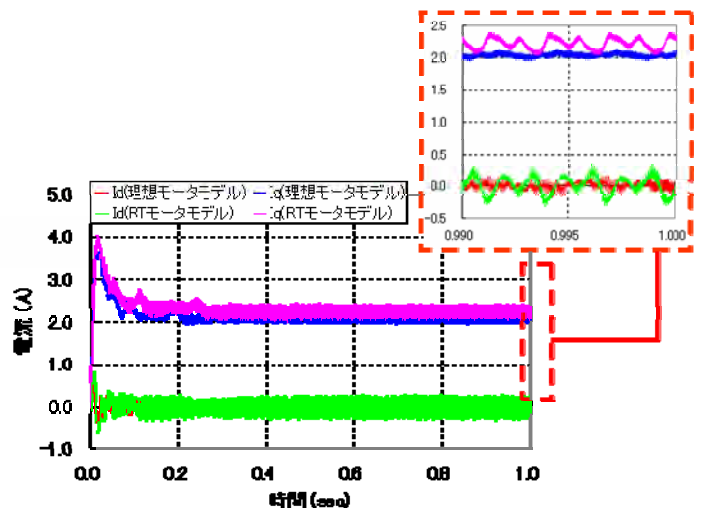


図2 I_d 、 I_q 電流波形

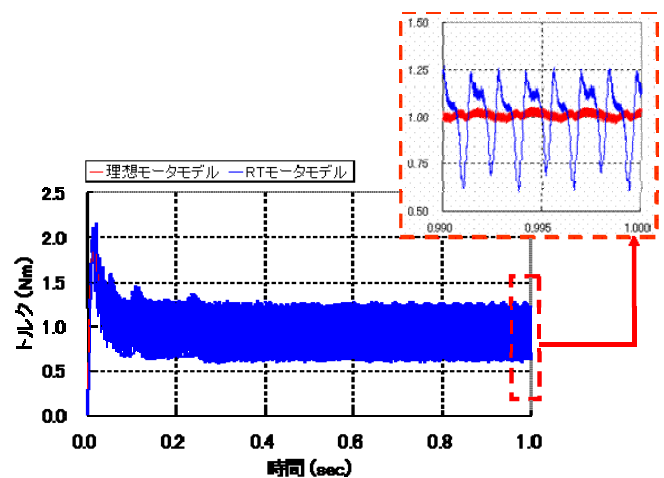


図3 トルク波形

JMAG解析事例

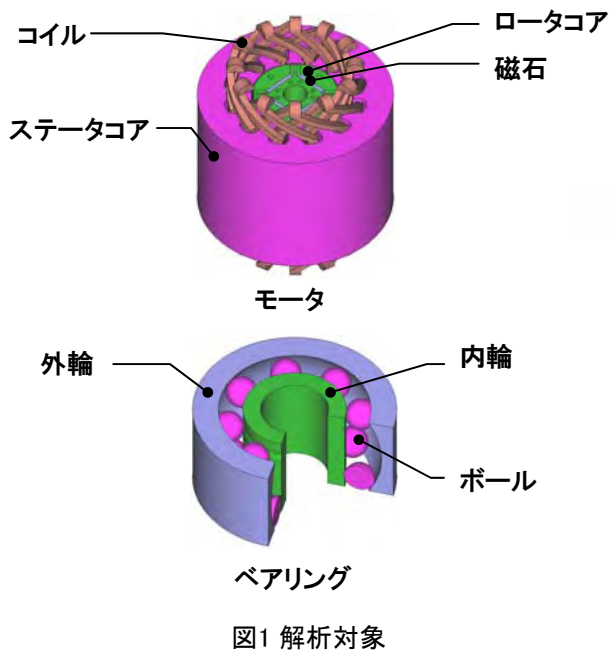
『モータの浮遊容量解析』

PWMインバータで駆動する交流モータは、家電などで広く使用されています。

PWMインバータ電源を用いる場合、モータに軸電圧が発生することが知られており、この軸電圧によってモータの信頼性や寿命が低下する場合があります。

軸電圧はモータの持つ浮遊容量により発生するため、解析により事前に浮遊容量を把握することは有益です。

ここでは、IPMモータのコイルとステータコア間、ロータコアとステータコア間、およびベアリングの内輪と外輪間の浮遊容量を求めた事例を紹介します。



電界分布

モータのコイルとステータコア間、ロータコアとステータコア間、ベアリングの内輪と外輪間にそれぞれ電位差を与えたときの電界分布を図2、図3、図4に示します。

コイルとステータコア間に電位差を与えた場合はコイルとステータコアの距離が近いスロット部の空気、ロータコアとステータコア間に電位差を与えた場合は同様にギャップ部空気、内輪と外輪間に電位差を与えた場合は導体であるボールを介して大きな電界が発生していることがわかります。

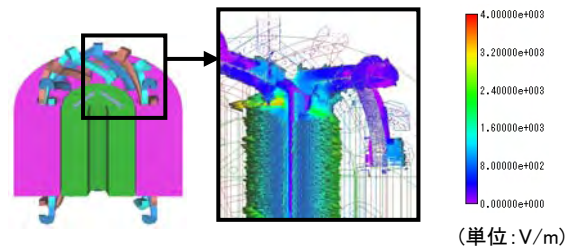


図2 電界分布
(モータのコイルとステータコア間に電位差を与えた場合)

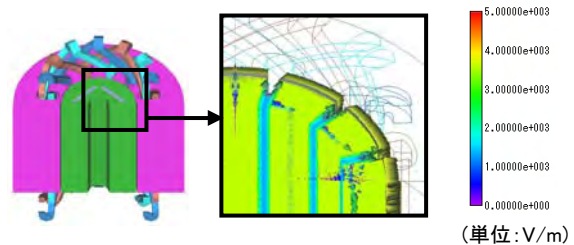


図3 電界分布
(モータのロータコアとステータコア間に電位差を与えた場合)

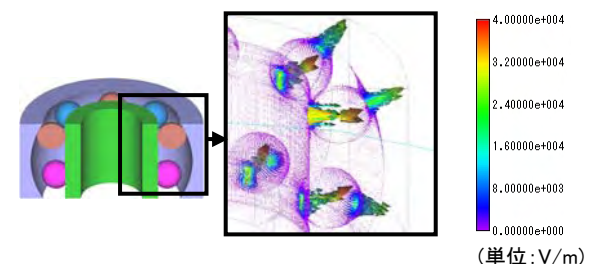


図4 電界分布
(ベアリングの内輪と外輪間に電位差を与えた場合)

浮遊容量

モータのコイルとステータコア間、ロータコアとステータコア間、ベアリングの内輪と外輪間の浮遊容量を表1に示します。

この浮遊容量によって軸電圧が発生します。

表1 浮遊容量

	モータの コイルと ステータコア間	モータの ロータコアと ステータコア間	ベアリングの 内輪と外輪間
浮遊容量 (pF)	32.56	83.79	7.87

JMAG解析事例

『三相トランスの損失解析』

近年、トランスに対する省エネや高効率化の要求が厳しく、損失低減の重要性が高まっています。トランスにおけるコアの鉄損やコイルの銅損は、熱として電力を消費するためトランスの温度上昇や効率低下の原因になります。トランス設計時にシミュレーションにより鉄損、銅損の分布や損失割合を把握し、事前に検討することは有益です。

本資料では、三相トランスの鉄損および銅損を求めています。

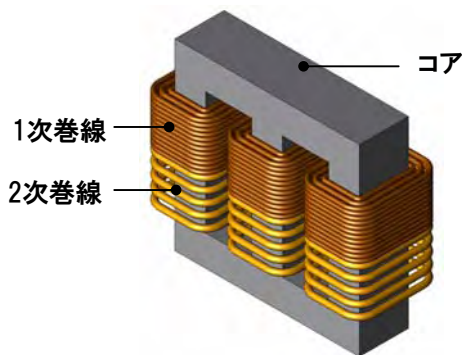


図1 解析対象

鉄損密度分布

コアの鉄損密度分布を図2、ジュール損失密度分布を図3、ヒステリシス損失密度分布を図4に示します。図2より内側の角部分の鉄損が高くなっていることがわかります。これは、磁束がコアの内部を最短経路で流れようとするためです。図3、図4より鉄損に占めるヒステリシス損失の割合が大きいことがわかります。

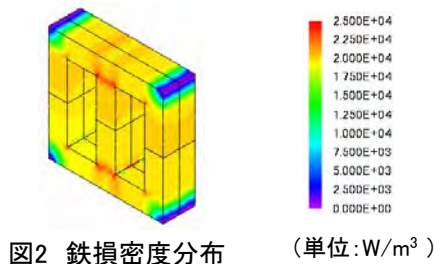


図2 鉄損密度分布



図3 ジュール損失密度分布

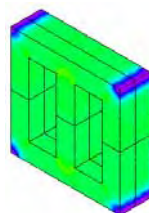


図4 ヒステリシス密度分布

電流密度分布、銅損密度分布

コイルの電流密度分布を図4に、ジュール損失密度分布を図6に示します。図5より、電流密度分布が相ごとにほぼ等しいことがわかります。図6より、1次巻線と比較して2次巻線のジュール損失が高くなっていることがわかります。これは2次側の電流値が大きいためです。

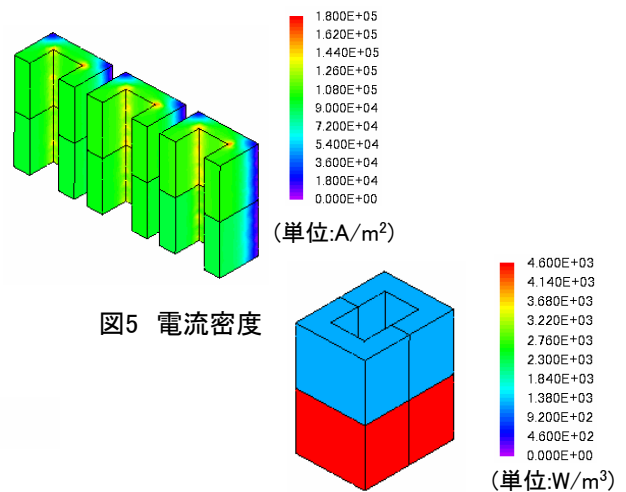


図5 電流密度

図6 ジュール損失密度分布

損失割合

各損失値および全体に占める割合を表1に示します。表1より、損失全体に対して鉄損の割合が大きいことがわかります。これより損失を減らすには鉄損の低減を検討することが効果的です。さらに、鉄損を減らすためにはヒステリシス損失の低減を検討することが効果的であると考えられます。

表1 損失割合

損失名		損失値 (W)	割合 (%)
鉄損	ジュール損失	120.25	32
	ヒステリシス損失	203.96	54
銅損		51.70	14

JMAGのWEBサイトでは、アプリケーションカタログを100事例以上掲載しております。
ぜひWEBページもご覧ください。

導入後検討のお客様へ

30日間無料トライアルのご案内

JMAGのご導入をご検討されているお客様を対象に30日間の無料トライアルをご用意しております。是非この機会にJMAG-Designerの使いやすさと様々なサービスをご体験ください。

30-Day Free Trial

お客様に1ヶ月のライセンスを貸し出しいたします。トライアル期間中は、JMAG が提供する様々なサービスをご利用いただくことが可能です。洗練されたプリポスト、高速な解析ソルバーをぜひお試しください。

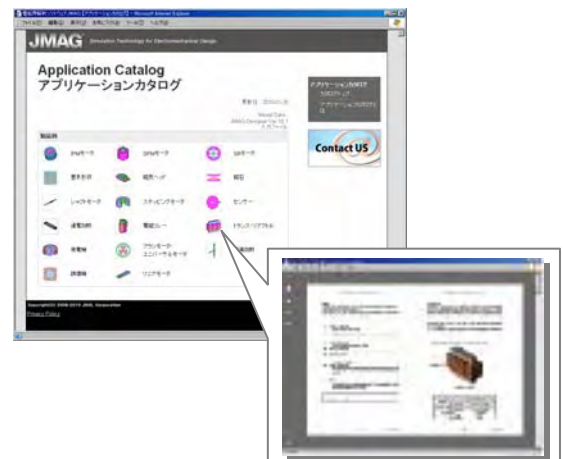
○ トライアル期間を有効にご活用いただける2つのサービス

1

JMAG アプリケーションカタログ

・JMAGは、モータをはじめとした多くのアプリケーションに適用可能なソフトウェアです。アプリケーションカタログでは、JMAGで適用可能なアプリケーションや解析機能を知っていただくために、様々な事例のご紹介をしています。

・解析初心者の方や新しい分野の解析に取り組もうとされている方にも簡単に解析を行っていただけるよう、アプリケーションノートとモデルデータをご用意しています。ご検討中もしくはご興味のある解析がありましたら、ぜひお試しください。

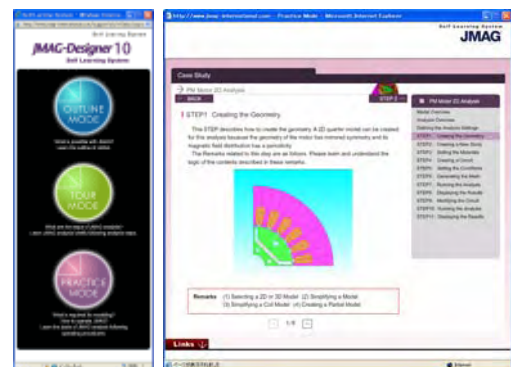


2

JMAG セルフラーニングシステム (SLS)

・JMAGの操作手順や解析方法を自己学習できるシステムです。解析モデルを作成する際のパラメータの導き方や解析例を通じてJMAGの操作方法を学ぶことができます。

・トレーニングに費やす時間や学習内容に合わせモードを選んで学習することができます。JMAG導入時にぜひお試しください。



お申込みは以下のURLからご覧ください。

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