



3DEXPERIENCE®

OPERA

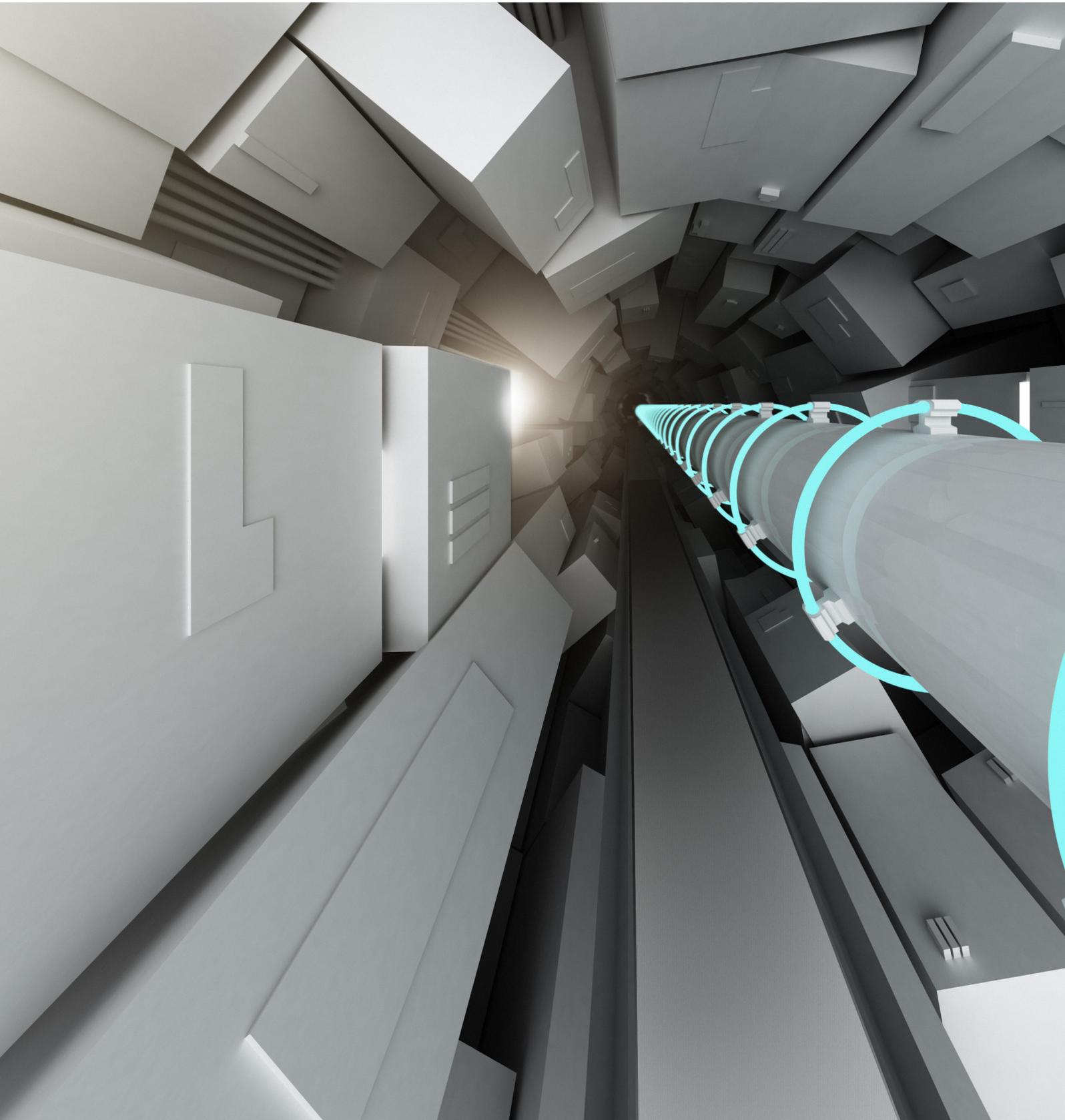
電磁場・マルチフィジックス解析

Operaは、現実問題に対して高精度の数値解析ソリューションを提供します：

- ・ 静電場
- ・ 静磁場
- ・ 低周波電磁場
- ・ 高周波電磁場
- ・ スペースチャージ
- ・ 熱問題
- ・ 応力問題

Operaの広範な能力によってモデルを忠実にシミュレーションできます：

- ・ モーション解析
- ・ トランジエントフィールド
- ・ 非線形材
- ・ 磁場ヒステリシス物性
- ・ 誘電損失
- ・ 外部回路
- ・ システムエンジニアリング
- ・ デバイスの最適化



標準機能やソルバー以外にも、より特別な状態を詳細に検証する専門モジュールが用意されています。例えば：

- 超電導クエンチ
- マグネットの減磁
- マグネトロンスパッタ

今日では、より洗練された複雑なエンジニアリング製品の開発が求められ、グローバルマーケットにおける競争はさらに激化しています。製品の成功の鍵は、以前より増してターゲットとなるマーケットに高度に適用させなくてはなりません。これを達成するためには、素材の低コスト化、高性能化、小型化、高効率化など異なる視点での最適化が必要となります。

優れたエンジニアリングスキルとともに、バーチャルプロトタイプを短期間で可能とするコンピュータモデリングとシミュレーションツールを利用した設計の自動化は、革新的設計チームをサポートする上で最も効果的とされる投資です。また、エンジニアリング規模と製品の高コスト化によっては、バーチャルプロトタイプが実設計への唯一の手段となる場合があります。

シミュレーションによってどのように革新的技術を正確に模擬できるのでしょうか。答えはシミュレーションの柔軟性と変更の容易さにあります。新製品のコンセプトに従ってモデル設計する時、シミュレーションツールを使うことによって、“こうしたら - どうだろう”というアプローチから、設計パラメータを変更し、その挙動を探るといった一連の流れが簡単にできます。これらのパラメータ変更は、最大の性能、高価な素材を最小限に抑える、モデルの最小化、最大のパワー密度、製造上の精度による感受性を最小限に抑えるといった設計上のあらゆる側面に対応できます。マンパワーに頼らず、目的をセットしたコンピュータリソースによる自動最適化ツールを使い、これらの要求に対して最適なソリューションを自動かつ簡単に見つけることができます。

革新性、業界をリード、信頼性など、製品に最も求められることに時間を集約し、最大限の生産性を得ることができます



プリプロセッサの機能：

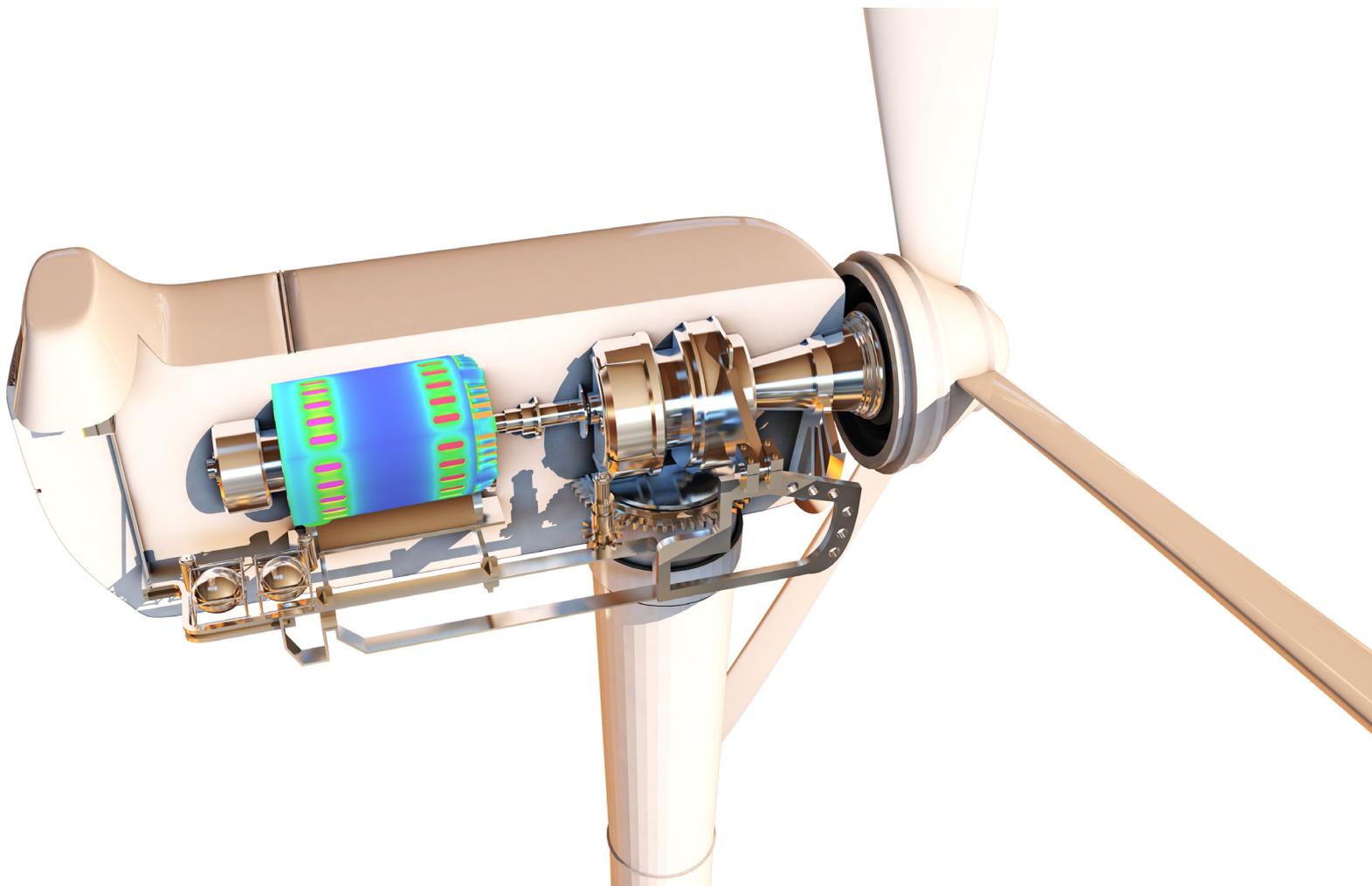
- 形状作成
- 2dスケッチによる作図
- 非線形材料
- BHカーブエディタ
- 材料のライブラリ
- 回路エディタ
- パラメータ化されたコンダクタ
- システムモデルとの連成
- CADとのインターフェース：
 - Parasolid
 - SAT
 - IGES
 - CATIA
 - Creo
 - NX
 - Solidworks

シミュレーションモデル作りを迅速に

モデルのコンポーネントや構成部品は、標準のCADからインポートしたり、パワフルなACISジオメトリカーネルを内蔵したOperaのビルトインモデラーを使用して作成できます。Operaの鍵となる機能は、どんなモデルでもパラメータを使って定義でき、“こうしたら - どうだろう”を追求し、設計モデルの最適化を可能としていることです。Operaのファイルには、データベース作成までのすべてのコマンド履歴が保存され、再実行したり修正することができます。このことによって、標準モデルから様々なバリエーションを加えた設計まで、モデルを自動的に検証するテンプレートを作成できます。

モデル解析を精度良く

Operaのソルバーは、何十年にも渡り、その時点で利用可能な計算リソースを、効率よく、安定的に、最も高い精度が得られるように設計、改良されてきました。特に、現在のマルチコアを搭載した計算リソースによって、マルチスレッドを利用して“大規模なシングルフィジックス問題”や“複雑なマルチフィジックス問題”の解析を可能としています。



解析結果の評価を効率的に

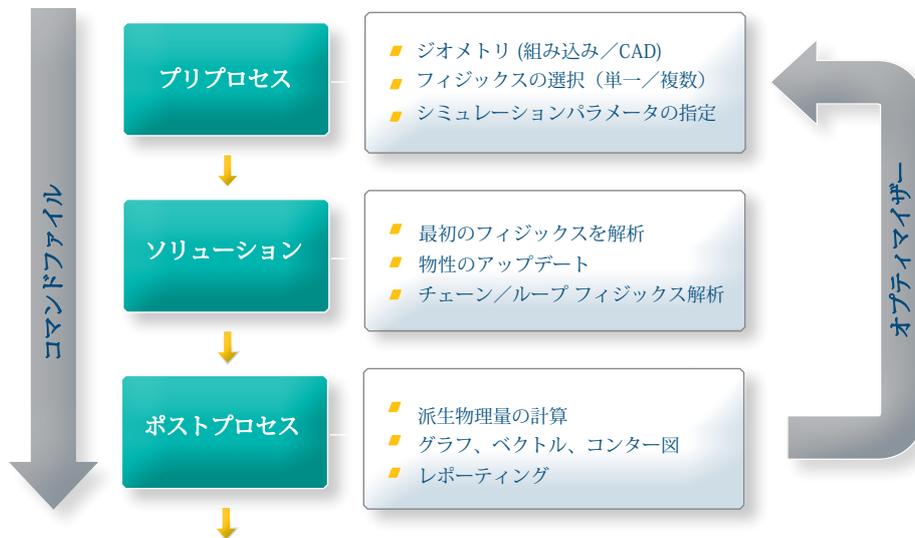
シミュレーションが終了したら、Operaのポストプロセッサで結果を簡単に検証できます。フィールド、温度、応力の表示に加えて、その結果より得られる物理量（応力、パワー損失、蓄積エネルギーなど）をユーザが扱いやすい形式や単位で計算、表示する多くの機能が用意されています。さらに、ポストプロセッサには解析された電場や磁場中での粒子軌道計算や表示など、アプリケーションに特化した機能も用意されています。

ポストプロセスには次の機能が含まれます：

- コンター図
- ベクトル
- グラフ
- ライン／表面の結果
- インテグラル
- レポート
- ASCII出力
- 軌道計算

設計の最適化をルーチンワークで

パラメータを変更し、モデルを再構築してその効果を検証するといった設計の最適化を簡単に行えます。この作業はオプションで提供される最適化モジュール（オプティマイザー）を使い自動的に行うこともできます。オプティマイザによる最適化問題のセットアップは短時間で行うことができ、あとは計算機に任せて、単一、または複数の目標に対するベストソリューションを計算で導き出します。オプティマイザーは、最少限のコスト、最大性能、製造の簡素化、小型化など（その他どんなパラメータでも）企業の掲げる設計目標の実現のため設計に要する膨大な労力を軽減します。



設計プロセスの自動化を簡単に

Operaでは、'マクロ'をセットアップして、設計プロセスを自動化することができます。形状、マテリアルの特性、シミュレーションのオプション設定を行い、モデルの設計、シミュレーションの実行、結果の検証を行うユーザ定義のダイアログやメニューを作成することもできます。

モデルの要素は、コンポーネントのライブラリとして保存できます。これらのパーツがパラメータ化されていれば、鍵となる形状を簡単にセットできるので、短時間で様々なモデルをつくり、解析することができます。

オプションのモジュールで高度な材料をモデリング：

- ・ 誘電損失
- ・ ハード磁性材料の減磁
- ・ ソフト磁性材料のヒステリシス

シングルかマルチフィジックスか... それは、ユーザが自由に選べます

Operalには、多くのフィジックスソルバーが開発されてきました。また、精度と効率を備えたソリューションを提供するための体系を開発しています。フィジックスソルバー間の結果の受け渡しは自動化され、チェーン体系で行います。

静電磁場解析

Static Electromagneticsモジュールは静磁場、静電場、DC電流フローを計算します。その方程式化は、必要とするコンピュータリソースを最小限に抑え、その一方で他の有限要素ソルバーでも使用されている桁落ちのエラーを最小にする業界標準の手法を採用しています。

低周波電磁場解析

Low Frequency Dynamic Electromagneticsモジュールは、Maxwell方程式において、変位電流を無視できる時間変化に対応したFE解析です。ハーモニック（AC定常状態）、またはトランジエントの時間変化を扱います。誘導される渦電流を解析できます。オプションのモジュールを使い、ソフト磁性材料のヒステリシス、ハード磁性材料の減磁の影響を直接的に計算できます。

高周波電磁場解析

HFモジュールは、フィールド方程式に変位電流成分を組み込み、完全な全波ソリューションを求めることができます。また、マルチ波長に対応したデバイスのシミュレーションが可能です。このモジュールは、導電性の閉キャビティ内の固有値を計算するModal HFモジュールと任意ジオメトリのハーモニック解析をするSteady-State HFモジュールの2種類で構成されています。

電磁場メカニカル解析

Electromagnetic Motionモジュールは、回転または直線運動する電動機器マシーンやそれに類したデバイス内の時間変化を伴うフィールドと渦電流を計算します。正常時と故障発生時、メカニカルな負荷変動の条件での電動機器を解析します。

スペースチャージ解析

Charged Particleモジュールは、静電場、静磁場における荷電粒子の相互作用を計算します。これには、スペースチャージ、自己磁場、相対論の影響を含む自己矛盾のないソリューションを提供します。Lossy Dielectricモジュールを使用して、誘電体への帯電とその影響をモデル化することもできます。

応力解析

Stress Analysisモジュールは、2種類の異なるタイプの解析ができます；Static Linear Stress解析では、外部（または内部）の力による変位、ひずみ、応力を計算します。

Eigenvalue解析は、除荷状態での構造体の固有モードと周波数を計算します。

熱解析

Thermal Analysisモジュールは、電磁場による発熱、または外部の熱源による、温度、熱流束、熱勾配を定常状態、またはトランジエントで計算します。熱伝導テンソル、比熱などの熱特性や熱源密度は、位置との関数として指定することができ、温度の依存性を考慮（非線形解析）することができます。

回路

電磁機器は、通常電気回路によって制御され、その回路は一般的に複雑でドライブ回路を考慮せずにデバイスの動的ふるまいを正確に表現することは不可能です。完全にインテグレートされたOpera Circuit Editorは、デバイスに接続された回路を定義、解析するグラフィカルシステムです。

マグネトロンスパッタ

マグネトロンスパッタの設計と最適化に対して、プラズマ、スパッタリング、薄膜蒸着の詳細なモデルと有限要素解析を結合させ、業界初の実用的なツールを提供します。

超電導クエンチ

熱、電磁場、回路を連成させたマルチフィジックスシミュレーションモジュールによって、常電導転移が始まったことによる超電導コイルの温度上昇、特性の変化、磁場を正確にシミュレーションします。

1つの解析結果は、Operaの自動化テクニック、またはASCIIデータファイルによる汎用のテーブルファイルで自動的に次の解析に受け渡されます。受け渡し物理量には以下が含まれます：

- 磁束密度
- 力
- 変位
- コイルによる熱
- 渦電流により損失
- ビームによる熱
- 温度



機能：

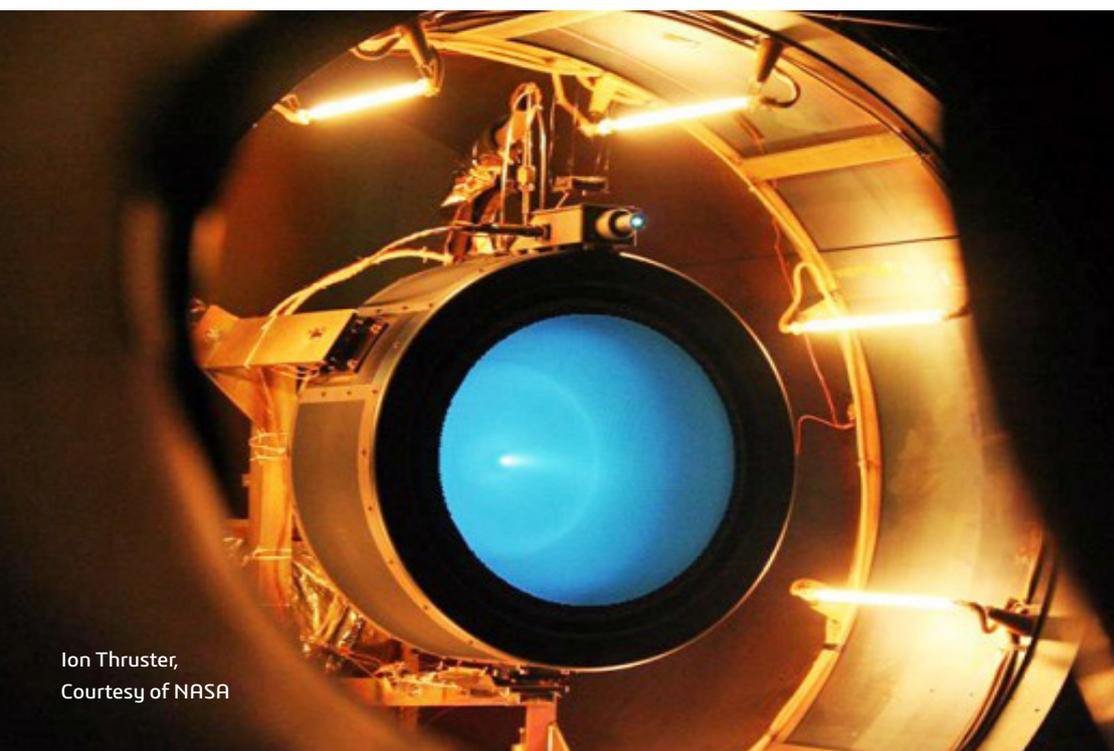
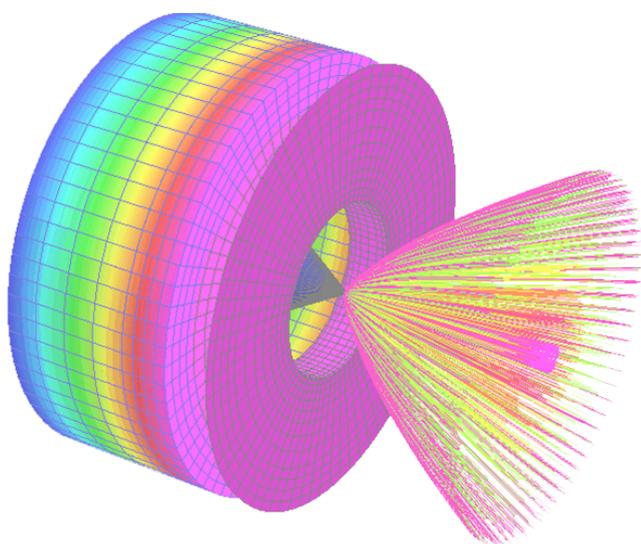
- ・ 自己矛盾のない、相対論を考慮したスペースチャージ解析
- ・ 電場と磁場を結合した軌道解析
- ・ ビームの自己磁場、電流、誘電体への帯電
- ・ マルチサーフェス、マルチボリュームのエミッションモデル
- ・ 1次、2次のエミッション
- ・ プラズマモデル
- ・ 計算が速く高精度

スペースチャージ

産業、医療、科学技術分野では、荷電粒子を利用し、そのふるまいに依存される製品が数多くあります。これらの製品では、荷電粒子の生成、操作、物質と電場との相互作用を正確に制御できるシステムを設計しなくてはなりません。NDTで使われるX線管、最先端のメディカルスキャナー、高エネルギー物理研究施設のイオン源、スパッタリングによる薄膜蒸着など、どんなアプリケーションにおいてもOperaのSpace Chargeモジュールは、多目的、高速計算、高い精度を可能にした設計と最適化機能を提供します。

アプリケーション

- ・ X線管
- ・ 電子・イオンビーム源、ビーム輸送システム
- ・ 磁場、電場のレンズや偏向システム
- ・ スパッタやイオンビーム注入
- ・ 電子顕微鏡やリソグラフィ
- ・ 質量分析
- ・ フィールドエフェクトディスプレイ



Ion Thruster,
Courtesy of NASA

マグネット

高性能なマグネットは、科学、医療、産業において重要な役割を担っています。導入数が比較的少なくてもマグネット設計は頻繁に行われることがあり、その製造にかかわる工作機械の調整は最小限に抑えなくてはなりません。また、材料コストも非常に高額になることがあります。このことは、プロトタイプ製作にも多大な時間と費用を必要とします。Operaソフトウェアツールによって、信頼性の高いヴァーチャルプロトタイプ製作が可能となり、最初から確実な設計ができます。最適化設計による磁場の品質は、ほとんどのアプリケーションにおいて重要なファクタとなります。

粒子加速器

- ・ダイポールステアリングマグネット
- ・4ポールフォーカスマグネット
- ・高次マルチポールコレクションマグネット
- ・キッカー、その他パルスマグネット
- ・ウィグラー、アンジュレータ、その他入射デバイス
- ・ディテクターマグネット

磁気共鳴画像 (MRI)

- ・超電導、常電導、パーマネントマグネットシステム
- ・傾斜場コイル

核磁気共鳴 (NMR)

- ・超電導、常電導、パーマネントマグネットシステム

分光器

イオン注入システム

陽子線治療施設

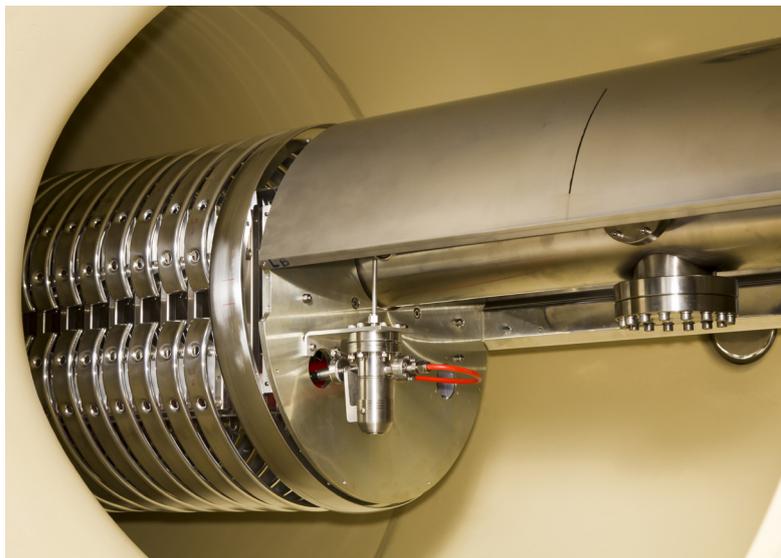
磁気分離

磁場による荷電粒子制御

- ・癌治療
- ・ドラッグデリバリー
- ・プラズマ閉じ込め

その他重要な設計考察：

- ・AC、ランプ、パルスマグネットでの損失
- ・インダクタンス
- ・メカニカルな力
- ・クエンチ保護回路



機能：

- ・パラメータ化されたコンダクタを用意
- ・高精度フィールド計算
- ・磁場による荷電粒子ビーム制御とフォーカス
- ・荷電粒子軌道解析によって、個々のマグネットやマルチマグネットシステムのビームパスを計算
- ・Operaのマルチフィジックスシミュレーションとして、損失と力を自動的に受け渡し、電磁場による影響を簡単に評価
- ・ACやトランジエント性能に関する、マグネットのインダクタンスと抵抗の影響をコイル巻線と電源回路との連成で解析。また、超電導のクエンチもモデル化可能

機能：

- ・ モーションソルバーには、メカニカルや電気回路との連成を含みます
- ・ 電源コントロールには、ソフト、スイッチング、PWM、電流、位置フィードバックを含みます
- ・ モーションソルバーでのスキュー構造モデリング
- ・ 偏心、故障時のオペレーション
- ・ 永久磁石の減磁
- ・ ヒステリシスの影響を含む損失計算

システムレベルのモデリング

Opera-2dとOpera-3dは、業界標準のソフトウェアと直接リンクすることにより、フルドライブや電気メカニカルのトランジエント特性を連成シミュレーションできます。あらゆるタイプの電気機器、リニアモーションデバイスの連成シミュレーションの中に、システム全体での不可欠な要素としてのOperaの専用の'ブロック'を定義できます。

電気機器開発環境

モータや発電機は、パラメータ入力のテンプレートを使い簡単にセットアップ、解析することができます。バックEMF、コギングトルク、ロードトルク、オープン/ショート回路特性曲線など、標準計算で有益な結果を得ることができます。応力解析を含む連成マルチフィジックス解析では、複雑な問題を迅速に解析する電気機器開発環境が用意されています。Opera Optimizerと直接連成することによって、ユーザーの要求仕様に基づく設計の改善、最適化を行うことができます。2d、3dの電気機器開発環境では、ユーザーの設計要求に適合させるためカスタマイズした多様なモデルを組み込むことができます。

電気機器

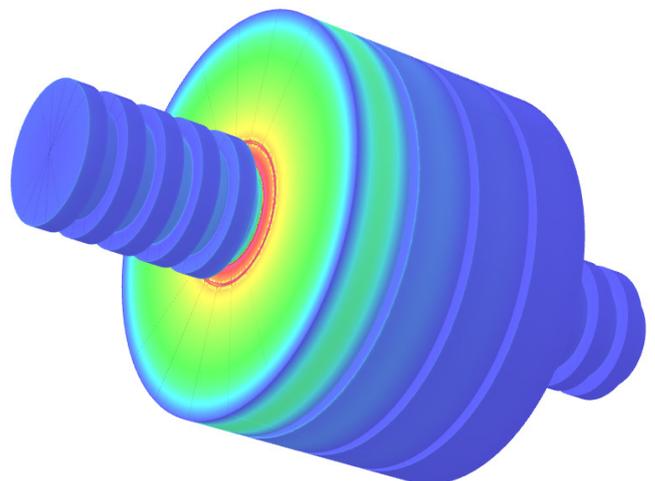
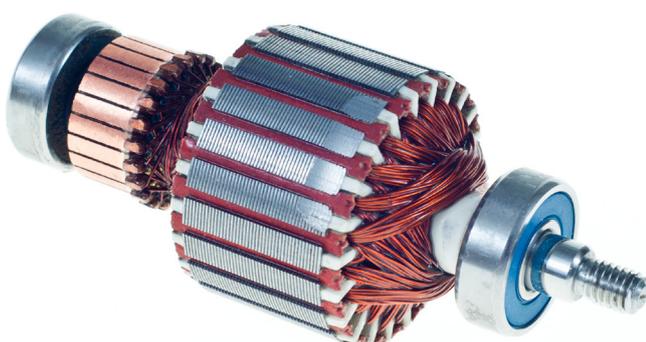
電気機器における、高効率、高信頼性、低コストといった今日の要求には、極めて高い精度と統合化されたシミュレーションツールが求められます。モータ/発電機、アキシアル/ラディアルフラックスタイプ、回転/リニアに関わらず、Operaは運動設計に対して問題に適したツールを提供します。Operaの統合化されたマルチフィジックス能力によって、多様な学術領域のアプローチを使って機器を完全に特性化できます。優れたスクリプト言語によって簡単にプロトタイプを製作、最適化を可能にします。その一方で、統合化されたマシン開発環境によって、カスタマイズされた機器設計を、迅速かつ簡単にセットアップすることが可能です。

迅速な設計

Operaのパラメータによるモデリングは、標準品の製作と新製品の設計コンセプトの検証において、正確で包括的なソリューションを提供します。下記のような機器形態をモデル化、解析することができます：

- ・ インダクション機器
- ・ シンクロナス機器
- ・ ブラッシュレス機器
- ・ SRM
- ・ クローポール発電機
- ・ アキシアルフラックス機器
- ・ 整流子機器
- ・ 外部ロータ
- ・ 磁気ギア
- ・ リニアモーション機器

減磁やヒステリシスのような現象を考慮に入れるため、複雑な材料特性を含めることができます。トランジエントモーションソルバは、現場で実証された非常に優れた機能を提供し、回転/リニアデバイス機器に誘導される渦電流の影響をシミュレーションできます。

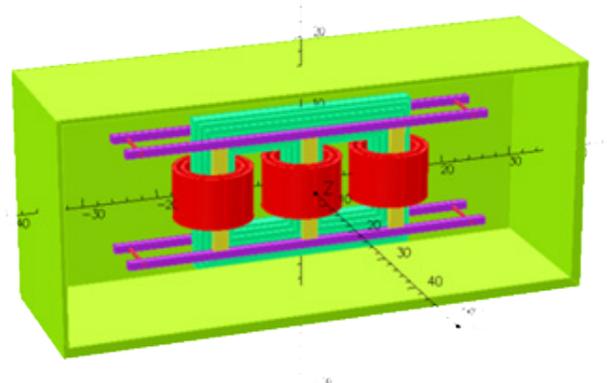
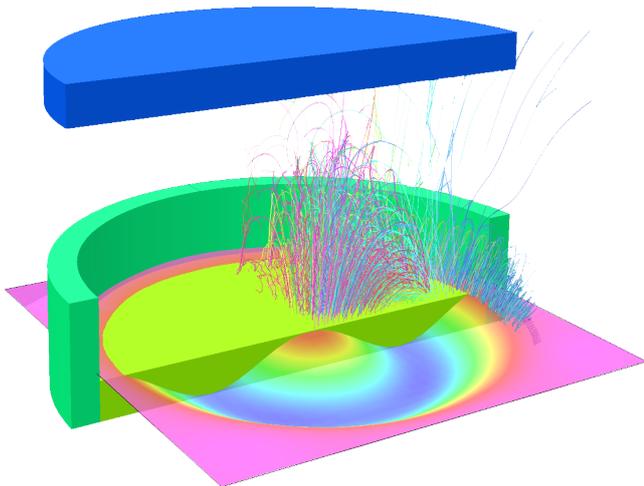
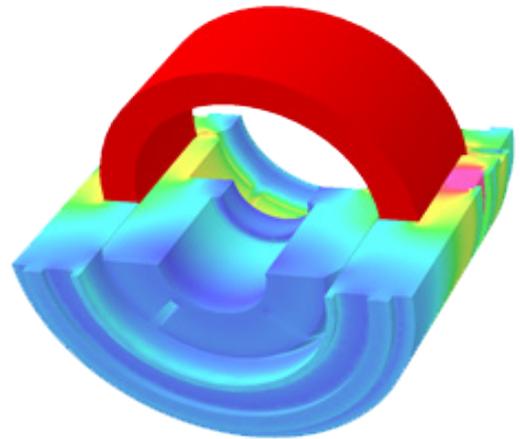
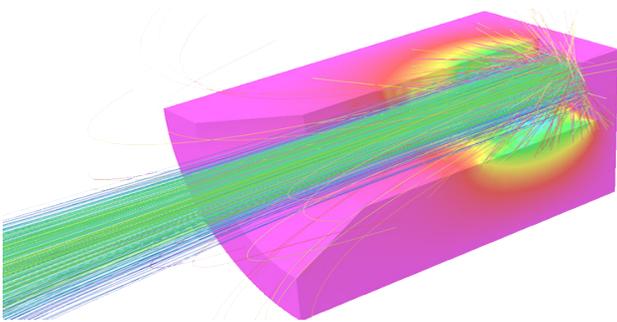
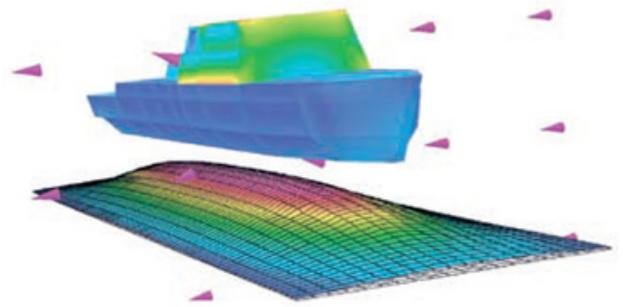
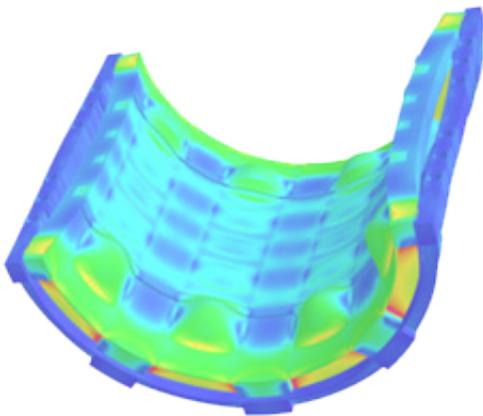


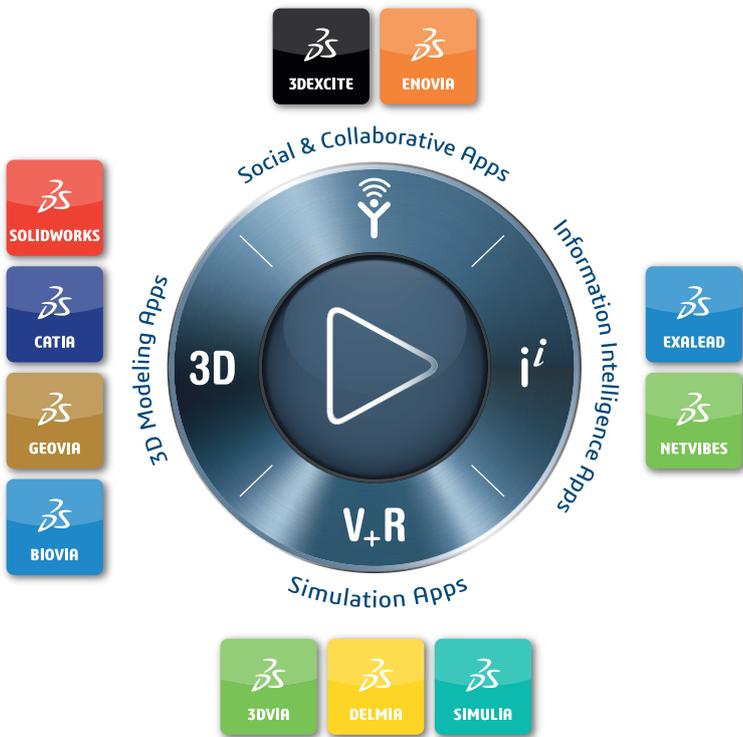
Operaは、多様な産業分野で多くのアプリケーションで検証、使用され成功を収めてきました。例えば：

- ・ 電気機器
- ・ アクチュエータ
- ・ 故障限流器
- ・ 粒子加速器
- ・ NMR/MRI デバイス
- ・ 非破壊検査
- ・ 磁気認識
- ・ RFキャビティ設計
- ・ カソード防食システム
- ・ 誘導加熱
- ・ 雷解析
- ・ 絶縁と接地
- ・ EMC / EMI
- ・ X-Ray デバイス

- ・ シールド
- ・ 磁気ギア
- ・ 変圧器
- ・ リアクタ
- ・ インダクタ
- ・ 永久磁石設計
- ・ 磁気攪拌
- ・ 電子顕微鏡
- ・ 陽子線治療デバイス
- ・ トランスデューサ
- ・ 磁気分離
- …その他

詳しくはoperaFEA.com





Our 3DEXPERIENCE® platform powers our brand applications, serving 12 industries, and provides a rich portfolio of industry solution experiences.

Dassault Systèmes, the 3DEXPERIENCE® Company, provides business and people with virtual universes to imagine sustainable innovations. Its world-leading solutions transform the way products are designed, produced, and supported. Dassault Systèmes' collaborative solutions foster social innovation, expanding possibilities for the virtual world to improve the real world. The group brings value to over 210,000 customers of all sizes in all industries in more than 140 countries. For more information, visit www.3ds.com.

Europe/Middle East/Africa

Dassault Systèmes
10, rue Marcel Dassault
CS 40501
78946 Vélizy-Villacoublay Cedex
France

Asia-Pacific

Dassault Systèmes K.K.
ThinkPark Tower
2-1-1 Osaki, Shinagawa-ku,
Tokyo 141-6020
Japan

Americas

Dassault Systèmes
175 Wyman Street
Waltham, Massachusetts
02451-1223
USA

SIMULIA Opera代理店：
極東貿易株式会社
〒100-0004 東京都千代田区大手町2-2-1
新大手町ビル7F
TEL:03-3244-3828
URL:<http://www.kbk.co.jp>