

COMSOL MULTIPHYSICS®

汎用工学シミュレーションソフトウェア
製品カタログ

“To develop easy-to-use
software for the modeling and
simulation of real-world
multiphysics systems”

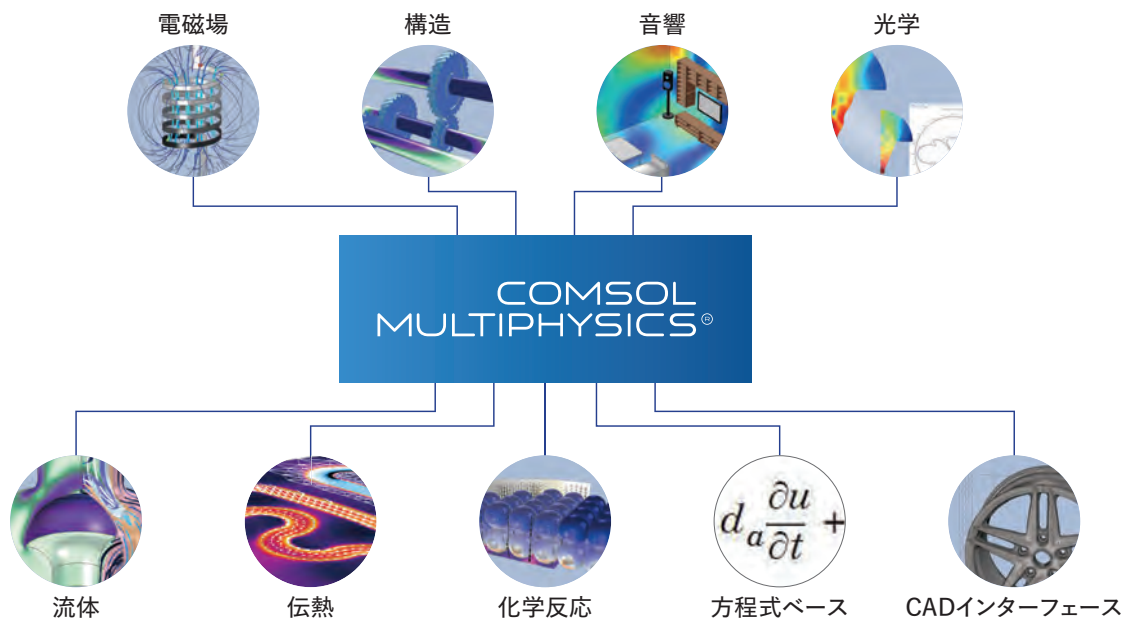
マルチフィジックス解析とは？

実現象と同じように、複数の物理現象の相互作用を加味しシミュレーションで同時に解く(連成解析)ことです。

以前は単一現象の解析が主体で、例えば構造解析や流体解析といったように、物理現象毎に解析ツールが異なっておりました。

しかし現実にはそのような現象は単独では発生しません。

実現象を考慮した設計やプロセスを正確にモデル化するためには、マルチフィジックス解析が必要になります。



COMSOL Multiphysics® によるモデリングとは、電磁気学、構造力学、音響学、流体力学、伝熱、および化学反応現象を、1つのソフトウェア環境で解析できるということです(シングルフィジックス)
また、これらの分野の物理現象を1つのモデルでまとめることもできます(マルチフィジックス)

こんな方々にマルチフィジックス解析をおすすめします

CAE解析部門のために…

どの物理現象でも1つのソフトウェアで完結できるということは、物理現象に応じて新しいツールを習得する必要はありません。どの部門も同じツールで統合できれば社内標準化が容易になります。

設計・開発のために…

近年の製品の複雑化にともない、製品全体の挙動を知るためには、マイクロ構造だけでなくマクロ構造の特性を事前に知ることが重要です。マルチフィジックス解析は、仕様決定のための構想設計において非常に強力です。

実験の促進のために…

実験のコストや時間を考慮すると、実験の代わりに数値シミュレーションに置き換えることは有用です。しかしマルチフィジックスに対応していない解析ツールでは、実験で起こる複雑な現象を正しく捉えることは困難です。

研究の理論や検証のために…

マルチフィジックス解析では、異なる複数の物理現象の支配方程式を同時に扱うことができます。大規模、複雑化した高度な専門分野においても、現象理論を数値モデルとして表現し、一般化できることが、必要になります。

COMSOL Multiphysicsの大きな特徴

COMSOL Multiphysics® は、有限要素法をベースとした汎用の統合シミュレーションソフトウェアです。電磁気、機械（構造）、伝熱、音響、流体、化学反応等の基本的工学分野から、応用分野として MEMS/NEMS、MicroTAS、光学、電池、半導体、プラズマ、電気化学、医療、バイオ、土木、地球科学等、あらゆる物理分野でご利用いただいております。

1 柔軟性

あらゆる物理現象の組み合わせに対応できること、すなわち複数の物理現象を無制限かつ自由に組み合わせて連成解析できるという、柔軟性が最も大きな特徴です。この柔軟性により、実工学現象に即した物理現象の解析が可能になります。

2 統一性

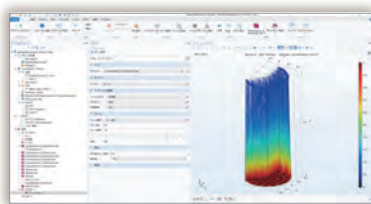
通常のシミュレーションツールでは解析プロセスに応じて独立したGUIを使用して作業を行うことが多い一方で、COMSOL Multiphysics® では解析条件の設定から、ソルバー、可視化までのすべてのプロセスが一貫して行える統合GUI環境を提供します。

3 透明性

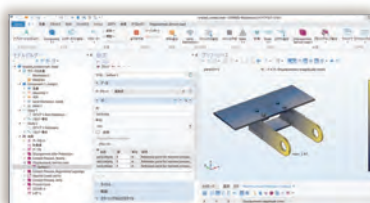
非常に高い透明性も研究者、開発者の皆様にご評価いただいております。通常はブラックボックス化されているソフトウェアの数理モデルや方程式などの内部情報が可視化されているだけでなく、また、高度な解析モデルのために、数式を編集することも容易に行えます。

4 先進性

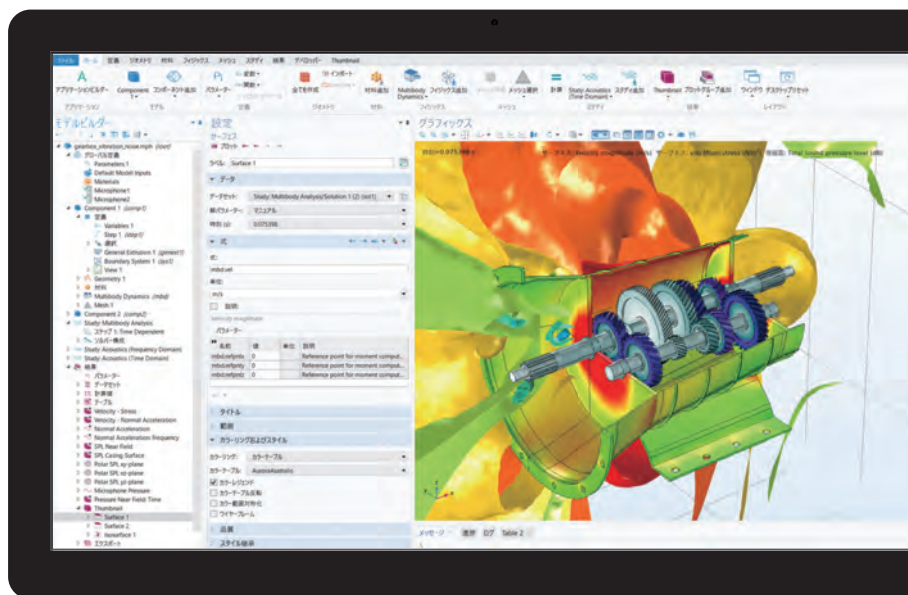
豊富なモデルの事例だけでなく、圧倒的な量の主要論文におけるデータベースが揃っております。一貫したソフトウェアの設計思想の下で、最先端の研究を長い間支えてきた実績がございます。



専門モジュールを追加すれば、更に強力な機能も得られます。



様々なチュートリアルモデルがあるので直ぐに解析をスタートすることができます。



美しく統合されたシームレスな操作性

COMSOL Multiphysics® 本体のプラットフォームには、統合環境 GUI により以下の共通機能が備わっており、形状モデリング、材料定義、物理モデルの設定から、メッシュ作成、計算実行可視化まで解析に必要な一連の機能が備わっています。基本機能だけで、マルチフィジックス解析が直ぐにスタートできます。

対話型のユーザーインターフェース

ユーザーフレンドリーな統合 GUI 環境 (COMSOL Desktop®) によって、便利で使いやすい操作や機能だけでなく、ウィンドウを自由に配置して、自分に合った快適な作業を行うことができます。



一貫したスムーズな作業フローの実現

モデリング機能

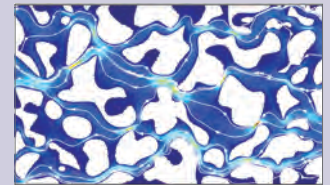
1 - 3 次元や軸対称モデルなど様々な形状モデルの作成が可能です。DXF や STL、NASTRAN などのデータフォーマットだけでなく画像データのインポート機能も備えています。またアドオンの CAD インターフェースでほとんどの 3D CAD のインポートに対応しています。



0-3 次元まで様々な表示スタイルに対応



外部形状データのインポート機能

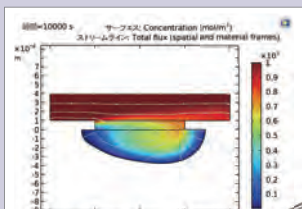


画像による計算の結果

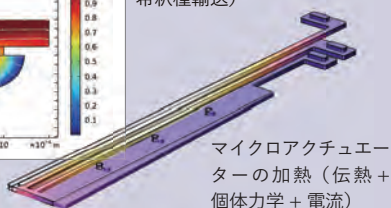
本体機能によるマルチフィジックス解析

本体のプラットフォームでは、マルチフィジックスカップリングを含めた、幅広い物理現象をモデル化するための事前定義されたフィジックスインターフェースを備えています。

- 【流体・伝熱系】層流、伝熱
- 【構造・音響系】固体力学、圧力音響 (周波数領域)
- 【化学工学系】希釈種輸送
- 【電磁気系】電流、静電場、磁場
- 【数式インターフェース】



ケミカルエッチング過程の予測 (層流 + 希釈種輸送)



マイクロアクチュエーターの加熱 (伝熱 + 個体力学 + 電流)

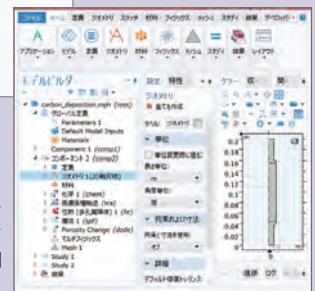
拡張し続けるアドオン製品群

基本機能だけでも豊富な物理インターフェースが付属していますが、後から必要な分野だけ追加することで、専門分野に特化した物理モデルをオプションモジュールとして使用できます。またお使いの Excel や MATLAB®/Simulink® と統合できる接続インターフェースも充実しています。



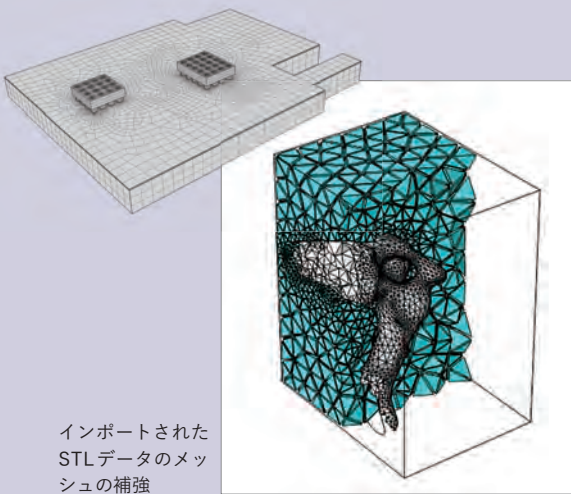
各フィジックスの詳細な説明付きです

複数のインターフェースを組み合わせるマルチフィジックスの問題を解く例



更に便利になったメッシュ機能

自動メッシュだけでなく、マニュアルでメッシングも可能です。スイープメッシュや境界層メッシュ、インポートされたメッシュの編集や修復ツールも備えています。



インポートされた STL データのメッシュの補強

最先端の数値解析を支えるソルバー

種類が豊富な解析手法を備えています。直接法/反復法、線形/非線形解析、定常/非定常解析、固有値解析、スイープ計算も簡単です。更にマルチコアおよびクラスタ計算のパフォーマンスも向上しました。

スタディ選択

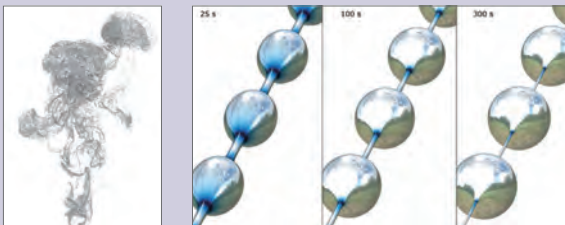
- 1. 一般スタディ
 - ① 線形解析
 - ② 非線形解析
 - ③ 定常
 - ④ 非定常
- 2. 連続解析
 - ① 連続解析 (線形)
 - ② 連続解析 (非線形)
 - ③ 連続解析 (非線形)
 - ④ 連続解析 (非線形)
 - ⑤ 連続解析 (非線形)
 - ⑥ 連続解析 (非線形)
 - ⑦ 連続解析 (非線形)
 - ⑧ 連続解析 (非線形)
 - ⑨ 連続解析 (非線形)
 - ⑩ 連続解析 (非線形)
- 3. 固有値解析
 - ① 固有値解析 (線形)
 - ② 固有値解析 (非線形)
 - ③ 固有値解析 (非線形)
 - ④ 固有値解析 (非線形)
 - ⑤ 固有値解析 (非線形)
 - ⑥ 固有値解析 (非線形)
 - ⑦ 固有値解析 (非線形)
 - ⑧ 固有値解析 (非線形)
 - ⑨ 固有値解析 (非線形)
 - ⑩ 固有値解析 (非線形)
- 4. 最適化
 - ① 最適化 (線形)
 - ② 最適化 (非線形)
 - ③ 最適化 (非線形)
 - ④ 最適化 (非線形)
 - ⑤ 最適化 (非線形)
 - ⑥ 最適化 (非線形)
 - ⑦ 最適化 (非線形)
 - ⑧ 最適化 (非線形)
 - ⑨ 最適化 (非線形)
 - ⑩ 最適化 (非線形)

連続解析の解法や行列ソルバーに関する詳細設定も可能

不連続ガラーキン法 (DG) による陽的時間発展の NDT (非破壊検査)

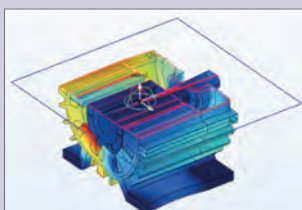
実用的で多彩な可視化ツール

0-3次元でのプロット表示、動画アニメーションやパワーポイントでのレポート出力に対応しています。



美しいアニメーションでの表示

リアルに表示するための様々なレンダリング技術



インタラクティブなクリッピング機能や部分的な透明化など使い勝手のよい機能が満載

柔軟で強力なカスタマイズ機能

ユーザ自らが数式インターフェースを使って偏微分方程式や常微分方程式を記述できるのは大きな魅力でしょう。この機能により特殊な物理現象も解析することができます。また MATLAB, JAVA, VBA 形式でのスクリプトファイル出力も可能です。

設定 特性

係数形式 PDE

ドメイン選択

優先関係および寄与

方程式

次を仮定して方程式表示:

スタディ 1, Eigenvalue

$$\lambda^2 \rho \mu \cdot \Delta d_{xy} + \nabla \cdot (-c \nabla u - \alpha u + \gamma) + \beta \cdot \nabla u + au = f$$

$$\nabla = \left[\frac{\partial}{\partial r}, \frac{\partial}{\partial z} \right]$$

拡散係数

c_In 1

c 等方性

吸収係数

a c_In*(1/r)^2+V_In 1/m³

ソース項

f 1 1/m³

基礎方程式系の係数を指定する方法だけでなく直接、任意の方程式を記述してカスタマイズしてみましょう。

COMSOL Multiphysics® プラットフォームには、固体力学、音響、流体流れ、伝熱、化学種輸送、電磁気などの分野に特化したコアなフィジクスインターフェースのセットが標準でインストールされています。

COMSOL 製品のアドオンモジュールを追加することで、コアパッケージを拡張することにより、特定の工学分野に適したモデリング機能を備えた、より専門的なユーザーインターフェースを利用できるようになります。すべてのアドオン製品とインターフェース製品は、COMSOL Multiphysics® を介してシームレスにつながります。

アドオン製品

(分野別専門モジュール・各種インターフェース)

化学工学系モジュール

- 化学反応工学
- バッテリーデザイン
- 燃料電池 & 電解槽
- 電気めっき
- 腐食解析
- 電気化学

多目的モジュール

- 最適化モジュール
- 不確実性定量化モジュール
- 材料ライブラリ
- 粒子追跡モジュール
- 液体 & 気体特性モジュール

インターフェース

- LiveLink™ for MATLAB®
- LiveLink™ for Simulink®
- LiveLink™ for Excel®
- CAD インポート
- デザイン
- ECAD インポート
- LiveLink™ for SOLIDWORKS®
- LiveLink™ for Inventor®
- LiveLink™ for AutoCAD®
- LiveLink™ for Revit®
- LiveLink™ for PTC® Creo® Parametric™
- LiveLink™ for PTC® Pro/ENGINEER®
- LiveLink™ for Solid Edge®
- File Import for CATIA® V5

構造 & 音響系モジュール

- 構造力学
 - ・ 非線形構造材料
 - ・ 複合材料
 - ・ ジオメカニクス
 - ・ 疲労解析
 - ・ ロータダイナミクス
- マルチボディダイナミクス
- MEMS
- 音響

流体 & 伝熱系モジュール

- CFD
 - ・ ミキサー
- ポリマー流れ
- マイクロフルイディクス
- 多孔質媒体流れ
- 地下水流
- パイプ流れ
- 分子流
- 金属プロセス
- 伝熱

電磁気系モジュール

- AC/DC
- RF
- 波動光学
- 光線光学
- プラズマ
- 半導体

Model Manager

Application Builder

COMSOL MULTIPHYSICS®

COMSOL Multiphysics® にはモデルを作成し、解析を行うためのモデルビルダーに加えて、アプリケーションビルダー、モデルマネージャーが内蔵されているシミュレーションプラットフォームです。

モデルマネージャー

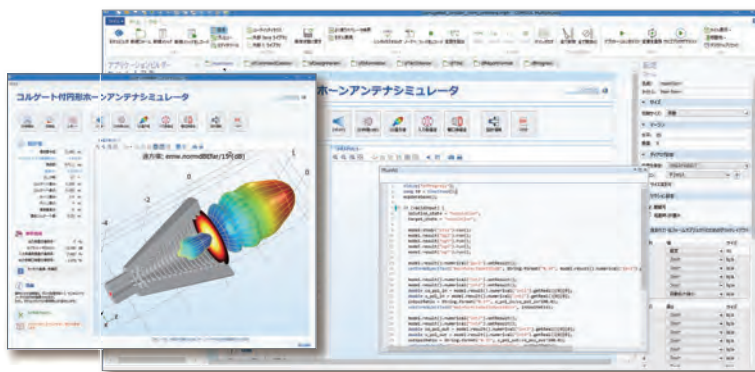
COMSOL Multiphysics®内からモデルやデータの保存、バージョン管理、検索を行うことで、作業を簡素化し、モデルファイルを効率的に管理そして共有することができます。

モデルマネージャーの特徴と機能

- ・モデルデータベース機能
- ・バージョンコントロール
- ・効率的なデータストレージ
- ・パワフルな検索機能
- ・モデルマネージャーサーバー
- ・モデルコンテンツの比較機能

アプリケーションビルダー

複雑な解析モデルをアプリ化することで、チーム内で共有するだけでなく設計や実験の部門、さらには会社間で共有することができます。この画期的なアプリ化ツールがあれば、解析モデルを利用者毎に最適なインターフェースに仕上げ強力なコラボレーションを実現できます。



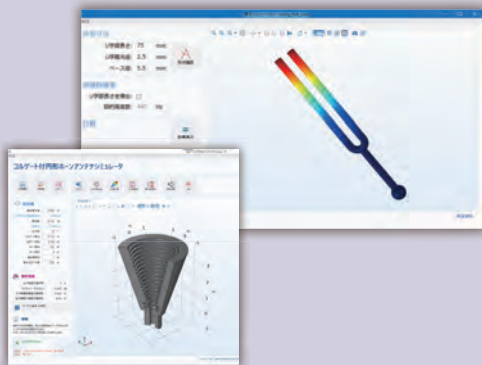
※アプリの作成はWindows® OS上にインストールされたApplication Builderで行えます。
※作成したアプリは、Windows®, Linux®, macOSいずれのOS上でも実行可能です。

2種類のアプリ配布形式

COMSOL Compiler™ (デプロイメント製品)

アプリケーションビルダーで作成したアプリを、各種OS(Windows, Linux, macOS)で単独動作できる実行形式ファイルに変換し、配布が可能です。

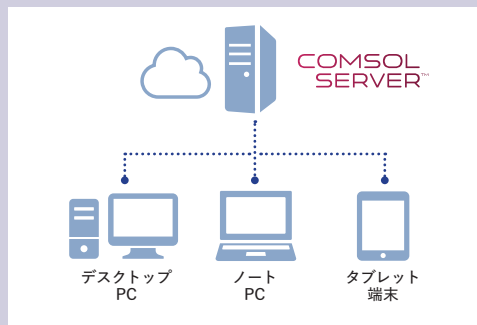
- 配布された個々のアプリでは、ライセンス認証は不要です。
- アプリ実行の際には、COMSOL Multiphysics®のインストールは不要です。また、ネットワーク接続も必要ありません。



COMSOL Server™ (デプロイメント製品)

COMSOL Server™を利用すれば、作成したアプリをネットワーク経由のWebアプリとして配信できます。

- 部門内の共有だけでなく、全世界の拠点・協業先・共同研究・学校など無限の利用可能性
- 計算はCOMSOL Server™側で行うので配信先の端末には負荷は掛かりません
- Webアプリなので、PCだけでなくタブレットやモバイルからも、パラメータ入力から計算、シミュレーション結果による可視化も自由に行うことができます。



推奨動作環境

CPU	SSE4 命令セットを搭載した Intel® 64 または AMD64 アーキテクチャベースの Intel® 64 ビットプロセッサ。macOS 11 および 12 の M1 プロセッサ（およびそれ以降）にも対応しています。
メモリ	CPU 実装コア数 × 4GB またはそれ以上。
ハードディスクまたは SSD	ソフトウェアのインストール領域として、4GB またはそれ以上の空き容量。
グラフィックス	OpenGL® 2.0 以降、または DirectX® 9.0(Windows® OS のみ) 以降、搭載メモリ 512MB またはそれ以上のグラフィックカード。
ネットワーク	オンラインでインストール / アップデートを行う場合は、インターネットと接続できる環境。 フローティングネットワークライセンス (FNL) において、ライセンスマネージャ PC とクライアント PC が別 PC の場合、ネットワーク上で両 PC 間の TCP/IP プロトコルによる接続が必要。
光学ドライブ	オンラインインストールが出来ない環境の PC の場合は、インストール時に DVD-ROM ドライブが必要。
アプリケーション	Adobe® Acrobat® Reader 10.1.9, 11.0.06 またはそれ以降。(PDF ドキュメント閲覧用)
クラスターコンピューティング	可能 (詳細はお問い合わせください)
OS (いずれも 64bit 環境のみ対応)	Windows® Windows® 11 / Windows® 10 / Windows® 10 Pro for Workstations / Windows® 8.1 / Windows® 7 SP1 / Windows Server® 2019 / Windows Server® 2016 / Windows Server® 2012 R2 / Windows Server® 2012 Linux® Debian® 9, 10, and 11 / RedHat® Enterprise Linux® 7.9 and 8.5 / CentOS® 7.9 and 8.5 Rocky Linux 8.5 / Oracle® Linux® 8.5 / Ubuntu® 18.04, and 20.04 / SUSE® Linux Enterprise Desktop® 15 SP3 / OpenSUSE® Leap 15.2 and 15.3 macOS macOS 10.14, 10.15, 11.0, and 12 (Intel プロセッサ) / macOS 11 and 12 (M1 プロセッサ)
バージョン6.0・2022年3月15日現在	
ライセンス形態 (COMSOL Multiphysics®)	フローティングネットワークライセンス (FNL) 導入ライセンス数を上限としてネットワーク上で同時利用可能。クラスターコンピューティングにはこのライセンスが必要です。 CPU 固定シングルユーザライセンス (CPU) 1 ライセンスにつき PC を 1 台指定。※リモートデスクトップ経由ではご利用いただけません。※同時に 1 ユーザのみ利用可能です。 利用者固定シングルユーザライセンス (NSL) 1 ライセンスにつき利用者を 1 名指定。※リモートデスクトップ経由ではご利用いただけません。※同時に PC を 2 台まで利用可能です。 クラスキットライセンス (CKL) 受講者用ライセンス 30 ユーザのセット。 ※教育機関における教育、授業用途向け限定のライセンスです。クラスターコンピューティングではご利用いただけません。詳細はお問い合わせください。
・COMSOL Multiphysics®, COMSOL Server™, COMSOL Compiler™の仕様とライセンス形態の詳細はお問い合わせください。	

※記載内容は改良のため予告なく変更される場合があります。詳細はお問い合わせください。

COMSOL社について

COMSOL Multiphysics® は、COMSOL AB(スウェーデン)により開発された、マルチフィジクス解析を前提とした有限要素法(FEM)ベースの汎用物理シミュレーションソフトウェアです。1998年より、COMSOL Inc.(米国)を拠点として全世界で販売されています。

計測エンジニアリング株式会社 (KESCO)について

KESCOは、2001年よりCOMSOLの日本総代理店として、ライセンス販売から技術サポート、トレーニング、セミナーまで、一貫した顧客サービスを展開しています。導入と運用は、長年の実績のある私共にお任せください。

導入までのサービス

COMSOL Multiphysics® は柔軟な汎用ツールであり様々なモジュール群で構成されている一方、お客様が何が必要かを判断をすることは簡単ではありません。KESCOは営業と経験豊富な専門のエンジニアチームにより、課題に応じた適切な提案を行います。

質の高いセミナー

KESCOのセミナーは各種レベルに合わせたトレーニングセミナーに加え、最先端の講師による外部講師セミナーで構成されています。全て無料でご参加いただけます。

手厚いサポート

エンジニアチームにお任せください。導入後のトラブルシューティングだけでなく、お客様の様々なご要望やご相談にお応えします。20年以上お客様に寄り添ったサービスを提供する私共が、経験を活かし、きめ細やかに対応いたします。

各種無料セミナー

▶ ライブからオンデマンドまで、WEBから簡単に
お申込みいただけます

まずは無料トライアルをお試しください

▶ COMSOL Multiphysics®/COMSOL Compiler™
COMSOL Server™をフル機能でご評価いただけます

膨大な事例集

▶ 例題は1500以上、そしてユーザ発表は
現在5000以上と全世界での事例から
インスピレーションを得ることができます

KESCO KEISOKU ENGINEERING SYSTEM 計測エンジニアリングシステム株式会社

〒101-0047 東京都千代田区内神田1-9-5 SF 内神田ビル
TEL:03-5282-7040 FAX:03-5282-0808
<https://kesco.co.jp/>



詳細お問い合わせは弊社または特約店へご連絡ください。

COMSOL <https://www.comsol.jp>

予測解析と 不確かさの定量化ソフトウェア

SmartUQは、実世界のばらつきや確率的な振る舞いをエンジニアリングに取り入れるための、強力な機械学習および不確かさの定量化(UQ)ソフトウェアツールです。SmartUQは、ばらつきを考慮した最適化のための予測モデルの構築、

および使いやすい解析機能がセットになっており、自動車、航空宇宙および機械、医療機器、半導体、エネルギー、土木などあらゆる業界において、高度で複雑な問題を解決し不確実性を考慮した意思決定プロセスを支援します。

SmartUQ導入のメリット

直感的な操作で誰でも使えるGUI

専用の統計・機械学習パッケージとして、洗練されたアルゴリズムにより、より大きなサイズのデータセットなどにも対応できる使いやすさとスケラビリティを備えています

+

統計解析や機械学習を行うための最新の手法を内蔵

単体だけでなくお使いのCAEツールと簡単に連携できます。またPython APIも利用可能です

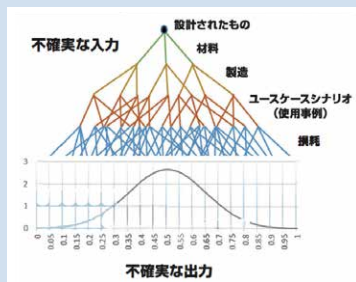
+

様々な業務で運用できる汎用統計解析ツール

設計や解析担当から、実験部門や生産技術、データサイエンティストまで、異なる部門からのデータを統合することで、根拠のある意思決定ができます

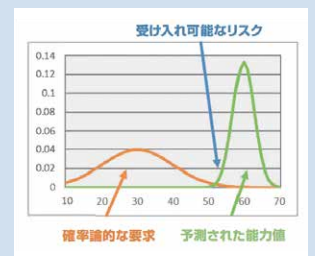
こんな課題をお持ちではありませんか？

- 高負荷なシミュレーションの加速化
- 設計のフロントローディング
- 製造ばらつきの制御
- ビックデータの解析
- 実験データの合わせ込み
- 多目的最適化
- ロバスト設計
- モデルV&V
- 仮想センサーの開発
- 根本原因分析
- リスク解析
- デジタルツイン解析
- 予知保全

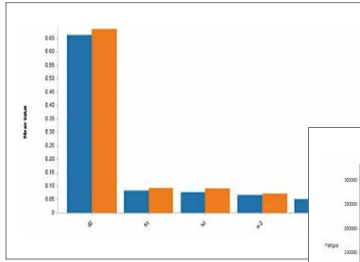


SmartUQの機能を一部紹介

- 最新の実験計画法 (DOE)
- 大量のデータを効率的に取扱うためのデータサンプリング
- 設計空間の探索
- 3次元以上の変数の相互作用の可視化
- 感度解析
- サロゲートモデルを使った最適化
- 統計的キャリブレーション
- データ同化
- 信頼性解析
- 不確かさの伝播
- 逆解析
- Python API

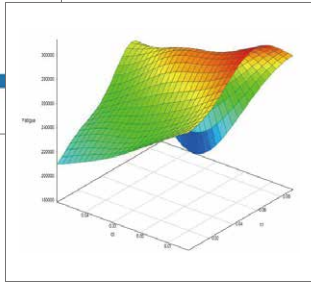


サロゲートモデルを使った感度解析、最適化による逆解析



感度解析によってモデルのどの入力ที่สำคัญなのか、どの入力が他の入力と相互作用しているのかを可視化できます。

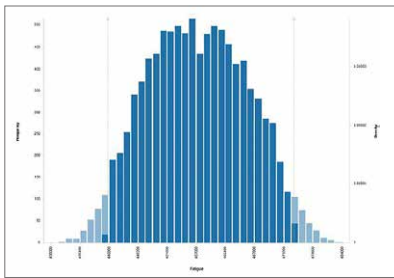
連続値だけでなく、離散値やカテゴリ値などの様々な入力も学習可能です。



お使いのCAEのモデルを使って 高速に学習できます

パラメータが多い、または高忠実度のシミュレーションは計算量が多すぎて、制約条件を持った最適化や多目的最適化、また感度解析は従来は困難でした。SmartUQの適応型実験計画法を使用してシミュレーションを最小限の回数だけ実行しサロゲートモデルを構築できます。このプロセスでは、既存のDOEと関連する結果データからエミュレータを作成し、エミュレータの精度を高めるために次の最適なシミュレーションポイントを追加します。必要最小限のシミュレーションで逆解析を行えることで設計のフロントローディングを加速することができます。

入力のばらつきが結果にどのような影響をおよぼすかを定量化



初期条件、環境パラメータ、測定誤差など、様々な入力の不確実性はすべて、シミュレーションや実験の結果に予想せぬ形で影響を与える可能性があります。



様々な不確かさを持った入力の下で 最適化を行うための確率論的解析ツール

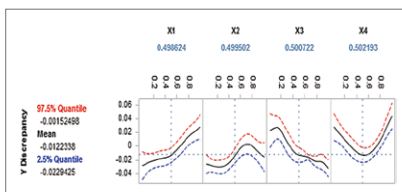
従来のシミュレーションやシステムのモデルに、様々な入力分布、例えば今までの製造データ、もしくは試作品でのテストデータのばらつきを入力データに取り込むことができます。これにより結果の不確実性を推定することができます。多数の入力パラメータの分布を考慮しなくてはならない場合、従来では大量のサンプルデータが必要でしたが、統計的な確率モデルを利用することで、製造工程で発生するばらつきを伴った性能を事前に予測することができます。現実との比較検証を踏まえたより高度なCAEを設計者が使えるようになります。

実験データとシミュレーションの差をキャリブレーション



大量のパラメータとばらつきの大きいフルエンジンモデルのキャリブレーションは通常非常に困難です。

ベイズキャリブレーションにより、モデルパラメータの不確かさを推定し、事前の入力分布の情報を取り込むこともできます。



シミュレーションを限りなく現実に近づけることで 設計サイクルタイムの短縮とコスト削減を実現

SmartUQでは実験で得た制御できない因子や測定不可能であるパラメータ、非線形のような実際の流体现象のノイズを含んだ測定値を、シミュレーションモデルに入れ込んでモデルをキャリブレーションすることが可能です。モデルのキャリブレーションとは、シミュレーション中にモデルのパラメータを調整することですが、そうすることでシミュレーションモデルが、観測された物理的または実験的データとよりよく一致ようになります。これは特に、検証試験の高い要求精度と限られた試験ユニットの場合に、強力な機能を発揮することができます。

▶ より詳しい内容をご希望の方はこちらのQRコードからお問合せください

