SMARTUQ®

AI for an Uncertain World

予測分析のための機械学習と
不確かさの定量化ソフトウェア

SmartUQ は、研究や設計開発、生産 / 製造部門など
様々なエンジニアリング領域でお使いいただける機械学習・AI ツールです。
強力な解析ツールと高精度な予測モデルを使い、ユーザーフレンドリーな GUI や拡張可能な API を提供します。
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、
予測モデリング、不確かさの定量化、設計・製造プロセス最適化、
実測データを使ったモデルキャリブレーションなどの機能を備えています。
ものづくりに関わる全ての製造業者からスタートアップ、エンジニアリングコンサルティング会社まで、
SmartUQ の提供するハイレベルな予測モデリングによって、
現実の不確実性を考慮した意思決定を強力にサポートします。

SmartUQは機械学習に必要なツールが全てパッケージ化されています

Step1
データ準備/前処理
(Data Preparation)

シミュレーションや実験のための実験計画法(DOE)や既存のデータを使ったデータサンプリング技術などは、専用の知識は不要でお使いいただけます

Step2
モデル構築/評価
(Modeling・Evaluation)

検証ツールとセットになっており目的に応じてモデル選択していくだけで簡単に現実の複雑なふるまいを再現できます

Step3
解析(Analysis)

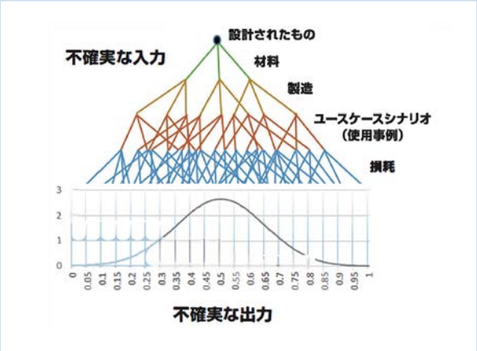
様々な確率的現象を可視化し、洗練されたGUIを使って簡単に共有できます。また自動化や複雑な解析のためにPythonAPIも利用可能です

不確かさの定量化(UQ)とは?

UQ（Uncertainty Quantification）とは、計算工学や実世界における不確かさを定量化する、すなわち統計的に特徴づけ、要因の特性を明らかにし、観察した結果から法則や事実を推論する帰納モデルによって表現することです。

シミュレーションや試験は、通常以下のような質問に答えるものです。「システムに単一のある入力を与えたときに何が起こるか？」しかし UQ はこの問いを発展させ、次のように問いかけます。「システムが不確実で、変化しうる入力範囲を持っている場合に、何が起こりうるか？」ということです。

現実の世界には不確かさがつきものです。 2 つの物理的な実験でまったく同じ出力値が得られることはなく、関連する多くの入力が未知であったり測定不可能であったりします。 不確かさは，エンジニアリングのモデリングや設計のほぼすべての側面に影響を与えます．エンジニアは長年にわたり、測定誤差、不確かな材料特性、未知の設計需要プロファイルに対して、安全係数を含めたり、設計を徹底的にテストすることで対処してきました。 不確かさの原因をより深く理解し、信頼性の度合いを定量的に把握できることで、より確かな意思決定を行うことができます。



困難な解析問題のためのソリューション

CAE や実験のデータから、センシングシステムでのビックデータの解析まで、SmartUQ はお客様の複雑なデータやエンジニアリングの問題を解決するためのソリューションを持っています。お客様のアプリケーションに依存しない SmartUQ の汎用性により、実験やシミュレーション、観測データを学習して予測モデルを構築したり、製造現場でのデジタルツインモデルを使って工程管理や予知保全での適用といったように、複雑な問題に対する幅広いご使用が可能です。SmartUQ のソフトウェアがお客様の競争力向上に貢献している例を以下にご紹介します。

実験やシミュレーションプロセスの加速化

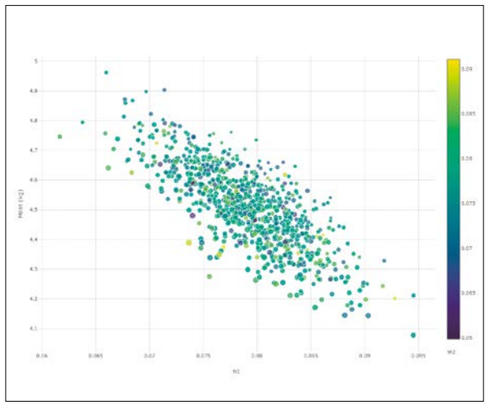
- パラメータ解析のためのシミュレーション実行数を最小化
- 実験計画法を活用した効率的な設計空間の探索
- 制約条件が多い複雑な多目的最適化の実現

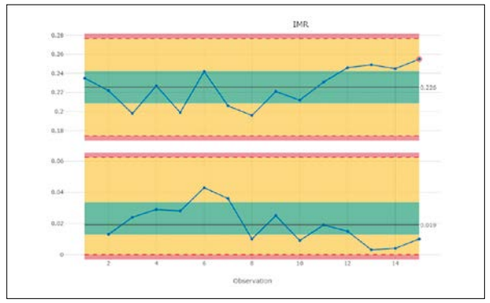
性能・製造ばらつきに対する不確かさの解析

- 品質工学のための統計解析ツール
- 最悪な状況においても安定した性能を実現できるロバスト最適化
- 不確かさ伝播を活用し、隠れた不良を事前に予測

モデルキャリブレーション／デジタルツイン

- シミュレーションモデルと現実のデータを常に参照可能なデジタルツインモデル
- バーチャルセンサーの構築
- スマートファクトリー化のための異常検出や予知保全





プロセス制御のための統計的工程管理ツール

- 様々なデータの種類に対応した管理図を実装
- OK ／ NG 判定用の高速な機械学習モデリング

不確かさを可視化した上での意思決定

- 様々なデータの不確かさを可視化した上での特性評価
- 従来の勘などに頼っていた技術を定量化することで合理的な意思決定と技術伝承を促進
- 現実のリスクに基づいた見えにくい要因を確率的に可視化

モデルV&V(検証と妥当性確認)

- シミュレーションモデルを実測値でキャリブレーションし、現実との不一致の程度を予測することでノイズとモデル不備の両方の検証が可能

実際のシステム(ビックデータ)への様々な適用

- 社内にある大量の過去データをモデル化し、ノウハウを定量化
- CAE や実験データ、運用データ、センサーデータなどあらゆるデータを統合

ものづくりに特化した機械学習パッケージ

データに基づいた意思決定のために産業界はデータドリブンエンジニアリングに移行しており、研究、設計、製造などのさまざまなデータの不確実性を考慮しながらも適切に管理および理解することがますます重要になっています。不確かさの定量化技術の方法を利用して、関与するリスクの量を知ることができれば、自信を持って意思決定を行うことができます。さまざまな部門からのデータを統合することにより、チームは各意思決定ステップでのリスクとそれらを軽減するための可能性のある道筋を選択することができます。

全部門にわたる生産性の向上

各コンポーネントの信頼性を確率的に解析できるようにすることで、従来のシミュレーションや実験の信頼性を各段に向上させることができます。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ることで、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。

設計のフロントローディング

時間のかかるシミュレーションの実行や試作の評価を、メンテナンスフリーな SmartUQ を組み合わせることで、エンジニアリングの時間を効率化することができます。自社でソリューションを開発するよりも弊社のテクニカルサポートを最大限に活用することで、その分より重要な課題に集中することができます。

品質の向上とリスクの軽減

簡単に使える高度な解析機能により、製品の信頼性や耐久性を最大化するための確率的な最適化を行って、重要な意思決定を行うための正確な情報を得ることができます。また CAE のモデルを実測値からキャリブレーションすることができます。つまりいくつかのパラメータが不確かなシミュレーションモデルを現実にあわせて逆解析を行うことで現実に一致させることができます。

高忠実度の燃焼シミュレーションは、膨大な計算資源を必要とします。そのため、特に不確実性のある状況で最適化する際に課題が生じます。低忠実度と高忠実度のシミュレーションを組み合わせた混合予測モデルを使うことで、大規模なシミュレーションを行わずに正確な確率論的解析を行うことができます。

3D 積層造形の結果は、繰り返しのたびに変化する可能性があるため、シミュレーションの精度を向上させるために、実測データを用いて製造シミュレーションをキャリブレーションすることが必要になる場合があります。

ワークフローを自動化

SmartUQ は、お手持ちの CSV のような入出力データセットをドラッグアンドドロップするだけで解析が始められる操作性を特徴としており、統計学を専門としていないエンジニアの方全員が使えるソフトウェアです。加えてエンジニアリング解析ワークフローを自動化し、他のツールと連携するためのフル機能を備えた Python API を提供しています。また、SmartUQ は、市販のシミュレーション・パッケージとの直接統合も可能です。

根拠に基づいた意思決定のために

製品の性能、期間、費用などの領域でリスクを予測することにより実世界でのばらつきに応じてシステムがどれだけ要件を満たしているかを定量化し、より良い意思決定を支援するための体系的で一貫性のあるアプローチを発展させることができます。

Step1 データ準備/前処理(Data Preparation)

実験計画法(DOE)とデータサンプリング

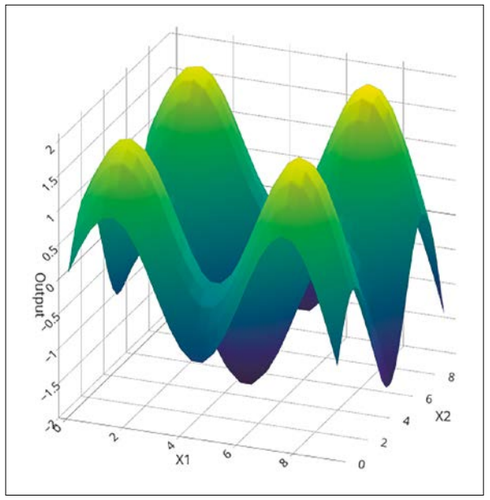
設計サイクルがタイトになり、エンジニアリングの課題がより複雑になるにつれ、企業は競争力を維持するためにシミュレーションや実機テストをフルに活用しなければなりません。忙しいエンジニアは、観測されたシステムを正確に表現するために十分なデータを収集する一方で、必要なデータサンプル数を最小限に抑えてコストをコントロールするという困難な作業に直面しています。SmartUQ の提供する実験計画法（DOE）とデータサンプリングは、エンジニアが重要な意思決定を行うのに十分な情報を確保するのに役立ちます。

最先端の実験計画法

SmartUQ の実験計画法（DOE）は、豊富な種類を取り揃えています。シミュレーションでの高次元入力用、連続値やカテゴリ入力の混在、制約のある設計空間や、関心に応じた部分のみを自動で増やすための適応的 DOE など、最新のシナリオに対応できるよう設計されています。

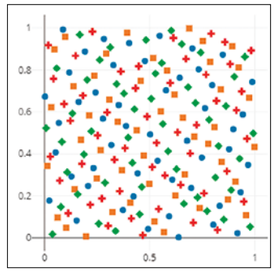
データサンプリング

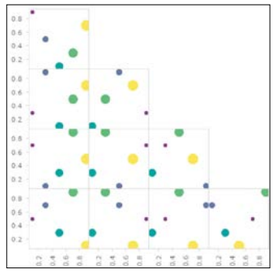
SmartUQ のデータサンプリングツールは、大規模なデータセットを分割して、フルデータセットのサブセットからなる空間充填型の DOE を模倣することができます。このツールは、既存の入出力データのペアを取り、設計空間を最もよく表すポイントを選択します。



適応型 DOE では、予測モデル作成に使用した DOE にインテリジェントにポイントを追加することで、予測モデルの精度を関心のある領域に絞って高めることができます。このプロセスは、望ましいレベルのフィッティング精度が得られるまで繰り返すことができます。

拡張型 DOE では、既存の DOE と組み合わせて DOE を生成し、新しいポイントが組み合わせた DOE の空間充填の特性を最大化することができます。





大量の入力次元の組み合わせであっても可視化することができます。

実験計画法（DOE）と
データサンプリングを使用するメリット：

- 高度な非線形系での学習
- 低次元モデルと高次元モデルを結合
- CAE と実験を組み合わせた実験計画法
- 高負荷なシミュレーションとテストの削減
- 不完全なデータセット
- 超大規模データセット

データの探索と視覚化

SmartUQ は、空間コンポーネントと時間コンポーネントを備えた 2 次元から 4 次元のさまざまなプロットでデータを探索し、出現する可能性のあるパターンをすばやく認識できるようにします。

数回のクリックで、大きなデータセットを視覚化し、根本的な関係や潜在的な外れ値を発見できます。

Step2 モデル構築/評価(Modeling・Evaluation)

機械学習による予測モデリング

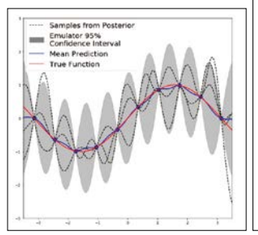
予測モデルは、別名で統計モデルや確率モデル、または数値シミュレーションを実行するために使用される代替モデルとしてサロゲートモデルと呼ばれることもあります。SmartUQ の予測モデリングでは、連続値だけなく、離散値やカテゴリ値なども扱えます。また大量の入力パラメータ、機能的 / 過渡応答、空間依存での応答予測、高忠実度のデータの低次元化、および非常に大きなサンプルサイズの予測も含む、幅広いシナリオをカバーしています。クリギングを使用した確率論的な空間予測空間および時間的に分散したデータを予測できる SmartUQ の機能により、数値シミュレーションや試作モデルの評価結果を表すデータを補完して大規模な空間の中で予測することが可能です。

また、SmartUQ は、ガウス過程回帰やカーネル法、ニュートラルネットワークやディープラーニング、加算モデル、ペナルティ付き回帰、応答曲面モデルなど、高度な予測解析や機械学習アルゴリズムの柔軟なセットを提供しています。

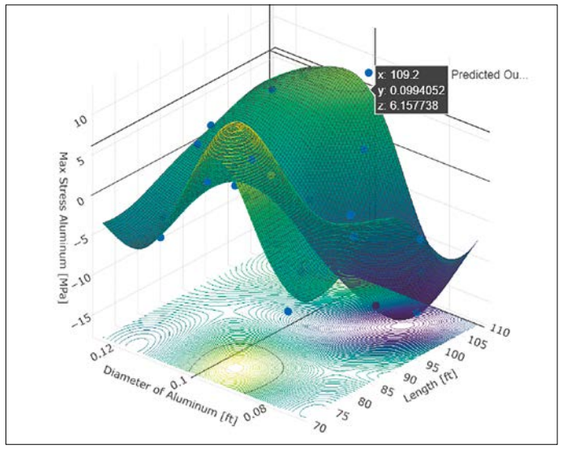
空間および時間や周波数などの関数応答予測モデル

空間的および／または時間的に分散したデータを直接予測することで、SmartUQ の機能を実現します。

予測モデリングにより、CFD/FEA や試作モデルの評価などの結果を表す関数を補間して大規模な空間で予測する事が可能です。



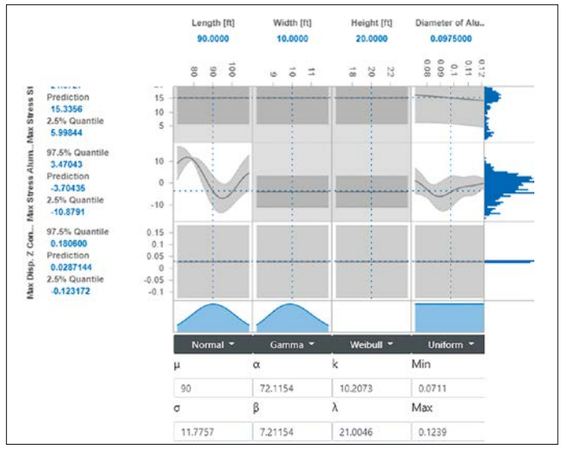
SmartUQ の重要なイノベーションの一つは、高次元システムでも高速かつ正確なガウス過程回帰（GP）モデリングを可能にするフィッティング技術です。



データの探索と視覚化

どの要因が重要で、無視できるのか、または個々の非線形性を加味しなくてはならないポイントを、全てのパラメータに渡り横断的に理解することは容易ではありません。

SmartUQ の革新的なマルチビュー機能を使って、多次元での相互作用を可視化し、入力の変化に対しての出力の個々の関係をリアルタイムで予測することができます。同時に予測の不確かさも信頼区間で表示されます。



マルチビュー機能は、すべての入力変数の予測曲面断面をリンクして表示することにより、設計空間をリアルタイムに不確かさも含めて可視化することができます。これは、3 次元の応答曲面では不十分な高次元の問題において、変数の相互作用や関係を特徴付けるのに有効です。

Step3 解析(Analysis)

可視化のための豊富な解析機能

効率的な設計・評価のためには後工程で手戻りを起こさないように十分な組み合わせを想定し事前検討を行うことが重要です。時間とリソースは常に限られており、時にはほんの一握りのデータポイントに基づいて重要な決定を下さなければならないこともあります。SmartUQ は、最小限のデータポイントから最大限の情報を引き出すお手伝いをします。強力な SmartUQ の解析機能を活用することで、設計空間を高速に探索し、より深い洞察を得て、より良い製品をより早く作り上げることができます。

確率的最適化／信頼性解析

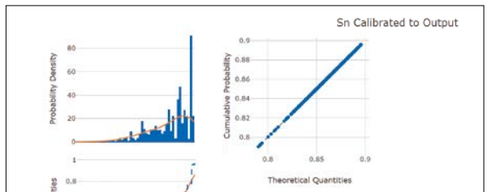
入力の不確かさを考慮した確率的最適化は設計の初期の段階で、的を絞ったロバスト設計を行うことができる強力な機能です。勿論、制約条件を持った最適化や多目的最適化も備えています。他にも、工学設計において、ある基準を最適化すると同時に、信頼性要件を満たすようにするための手法である信頼性に基づく最適化（RBO）を使えば安全性と製造コストの最適な妥協点を見つけることが可能になります。

感度解析

感度解析では、各入力パラメータが出力にどのように影響を与えるか、および出力に重大な影響を与える可能性のある入力パラメータ間の関係を示すことができます。ローカルな感度解析では、設計空間内の特定のポイントでの入力と出力の関係を示すことができますが、グローバル感度解析では、設計空間全体の関係を示します。

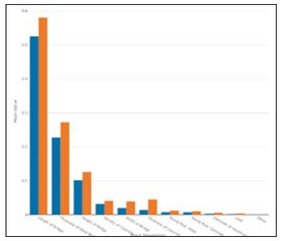
不確かさ伝播

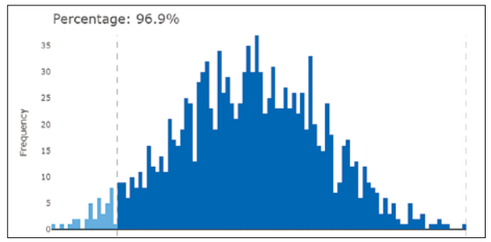
不確かさ伝播は、システムの各入力に関連する不確実性に基づいて、システムの出力の不確かさを計算します。すべてのモデル、予測、測定には不確かさが伴います。初期条件、環境パラメータ、測定誤差など、さまざまな入力の不確かさは、シミュレーションやテストの結果に予想外の影響を与える可能性があります。



逆解析の一般的な用途としては、環境条件、土壌特性、材料特性、複雑な構造物の慣性力などのパラメータの特性評価に用いることができます。

感度解析から得られた情報は、どの入力が最も関連性が高く、どの入力が無視できる可能性があるかを判断するのに役立ちます。





SmartUQ の不確かさ伝播の機能は、より多くの情報を集めたとしても低減することができない偶然的不確かさだけでなく、正しい情報を収集することで低減できるが、そのための費用や困難さのために低減できない認識論的不確かさにも対応しています。

統計的キャリブレーション

限られたシミュレーションやテストデータで作ったモデルであっても、後から実験や実測値のデータを用いてモデルのキャリブレーションを行い、モデルの“合わせこみ”つまり現実に即した予測モデルへとアップデートすることができます。こういったデジタルツインの為のキャリブレーションモデルだけではなく、シミュレーションと実験の比較検証ツールでは、その誤差を常に予測する不一致モデルを使って、モデル検証・妥当性（V & V）の為のメトリクスも提供します。

逆解析

逆解析は、実測値のデータを用いて、モデルの計測が困難な未知のパラメータを明らかにします。ベイズ統計学に基づいた逆解析の手法は、シミュレーションモデルの入力パラメータ値の推定、不確かさを定量化する上で重要な役割を果たします。

お客様の声

"SmartUQ はこれまで使ったツールの中で
最も予測精度が高い "

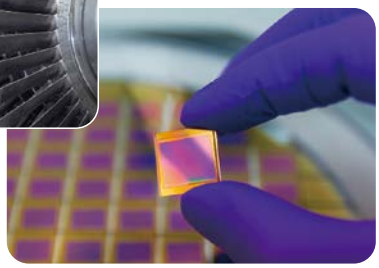
―――― 航空宇宙企業テクニカルフェロー

“ 私たちの不確かさの定量化の分野では、
現在 SmartUQ を中心的なツールとして使用しており、
このツールによって、何百万ドルもの費用と
何千時間もの作業時間を節約することができました "

―――― ジェットエンジン企業のエンジニア

“SmartUQ の適応型設計は、
必要なシミュレーションの回数を大幅に減らし
モデルの精度を大幅に高めることにつながりました
（予測誤差を 96％削減）"

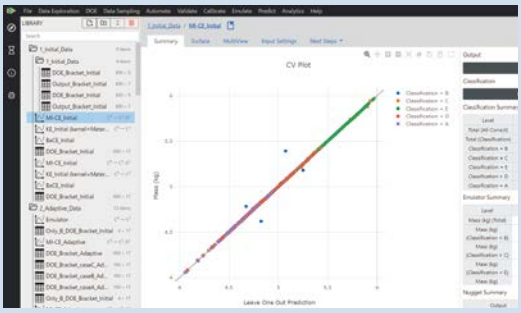
―――― 半導体メーカー



SmartUQ社について

SmartUQ はアメリカ、ウィスコンシン州を本拠地とする、シミュレーションや試験、および複雑な業務システムに独自の解析と不確かさの定量化ソリューションを提供するソフトウェアおよびコンサルティング会社です。 世界トップクラスの統計専門家チームが率いる SmartUQ は、エンジニアリング解析、不確かさの定量化、デジタルツイン、CAD/ CAE モデリング、シミュレーションの分野で豊富なバックグラウンドを持っています。

SMARTUQ®
AI for an Uncertain World



SMARTUQ導入を ご検討の方へ

SmartUQ ソフトウェアは、エンジニアがパワフルな解析を迅速かつ直感的に行えるよう、ユーザーフレンドリーな GUI を採用しています。統計に関する知識がないと使えないのだろうか？どのパラメータを準備すれば良いのか？必要なデータや解決したいテーマを特定することは簡単ではないはずです。無料トライアルや学習プログラムを含め先ずは当社まで課題をお聞かせください。

綿密なヒアリングと無料トライアル

デモを交えたヒアリングとお客様の課題に応じた課題設定を行います。

無料でのPoC（概念実証）

お客様のプロジェクトが本当に実現可能かどうか、効果や効用、技術的な観点から弊社で無料で検証します。

学習ポータルサイト&サポート

SmartUQ は、無料のオンライン学習プログラムを用意しております。加えて、お客様のチームのために、社内またはオンラインでトレーニングコースを実施することができます。

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/
SMARTUQ® AI for an Uncertain World https://kesco.co.jp/smartuq/

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。