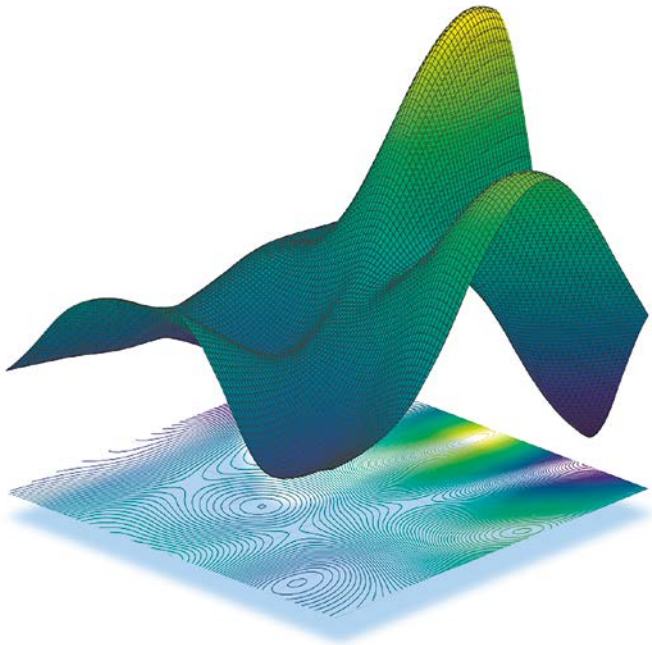
機械学習と不確かさの定量化ソフトウェア
—複雑な因果関係を可視化し、設計・試験・製造を支えるAI

SMARTUQ®

AI for an Uncertain World



複雑な現代のエンジニアリング問題を解決するための
SmartUQは、エンジンジェットメーカーの
プラット・アンド・ホイットニーと共同で開発された
機械学習と不確かさの定量化（UQ）専用ツールです

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

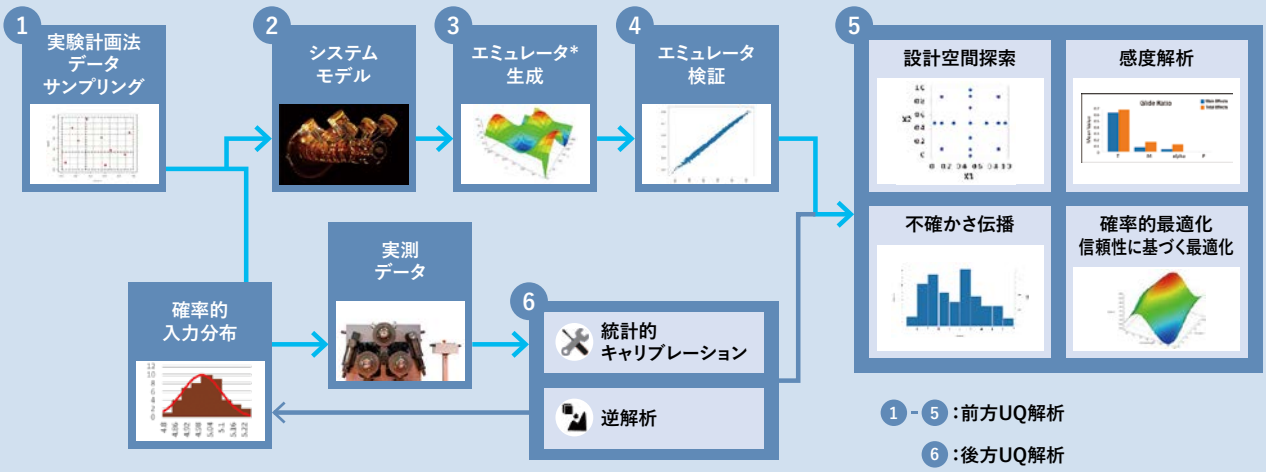
Step2
モデル構築/評価
(Modeling・Evaluation)

オートパラメータチューニングや様々なモデルの自動比較機能により誰でも簡単に予測モデルが構築できます

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

機械学習による予測モデリングワークフロー



・**エミュレータ**は、数値シミュレーションを模倣するための統計モデルで、**サロゲートモデルや代理モデルとも呼ばれています**
・**統計的キャリブレーション**を使うことで、シミュレーションと物理データの両方からの応答を入力とした場合のモデル誤差を特定可能

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、そのデータの信頼度を正しく定量化できれば、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。

確率的な信頼性評価で、設計から製造までの精度を向上

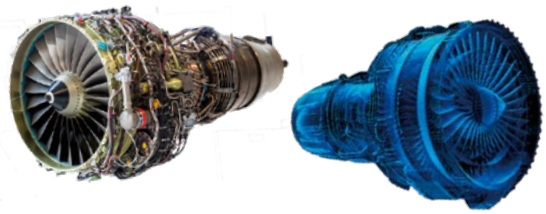
従来は定値での評価に頼っていたシミュレーションや実験に対し、SmartUQ は設計パラメータや製造ばらつきを確率的に扱うことで、信頼性を数値的に可視化します。これにより、現実の不確かさを踏まえたデータ活用が可能となり、設計・実験・製造現場の判断の質とスピードを大きく向上させます。

R&D・設計フェーズの加速と効率化を実現

時間のかかるシミュレーションや試作評価を、メンテナンスフリーで導入できる SmartUQ を活用することで、研究開発や設計現場の意思決定を効率化できます。機械学習に必要な機能がパッケージ化されており、設計者自身が少ないデータでも高速に予測モデルを構築・評価できるため、実験やシミュレーションの反復回数を削減し、全体の開発サイクルを加速させます。

デジタルと現実のギャップを埋めるキャリブレーション技術

従来、CAE の予測は実験や製造現場の結果と一致しないことが多く、設計判断に不確かさが残っていました。SmartUQ のキャリブレーション機能は、実測データを用いて CAE モデルを補正し、不確かなパラメータを現実に即した形で推定・更新します。これにより、信頼性の高い設計判断と、より現実的な最適化が可能になります。



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。

誰でも使いこなせる操作性や拡張性

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。

暗黙知を形式知に：ものづくり現場を支える可視化ツール

AI の導入が進む一方で、その出力結果の根拠が不透明な“ブラックボックス問題”が、多くの現場で課題となっています。SmartUQ は、製品性能・納期・コストといった複数要素のトレードオフ関係を可視化し、構造的に理解することで、モデルの“中身”を開きます。さらに、従来はエンジニアの経験や勘に依存していた予測の不確かさ（エラーバー）を、チーム全体で共有・活用できる定量的な情報へと変換。設計・開発における意思決定の透明性向上と、エンジニアリング知識の継承を支援します。

困難なエンジニアリング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。

① 効率的な設計空間探索と最適化

- 必要最低限の試行で、製品性能に直結する要因をしっかり捉え、多様な設計案のトレードオフを可視化
- 限られた試行回数で最適条件を導くベイズ最適化
- 多目的・制約付き最適化による設計案の比較と意思決定支援トレードオフ評価

② 不確かさの可視化と信頼性評価

- ばらつきを含んだ現実的な予測と、意思決定に必要な信頼性評価を可能に
- 信頼区間付きの確率的予測（サロゲートモデル）
- 偶然的・認識論的ばらつきを考慮した不確かさ伝播
- 不確かさの下での再現性の高いロバスト最適化

③ 現実に基づくモデルキャリブレーションとデジタルツイン

- 仮説モデルを現実のプロセスデータでキャリブレーション
- 未知パラメータの逆解析（物性値の推定等）
- バーチャルセンサーによる非直接測定項目の推定

④ 複雑な因果構造の可視化と要因解析

- 直感では捉えきれない交互作用やリスク要因を、機械学習モデルによって構造的に理解
- 統計解析では捉えにくい構造的な因果関係を解析
- 空間や動的な応答データを含む複雑な CAE モデルでの感度解析

⑤ 統計的工程管理（SPC）と品質モニタリング

- リアルタイムでのばらつき要因の確率的な理解
- 従来の勘や経験に頼っていた知見の共有化
- 技術伝承・工程最適化・品質管理の効率化

⑥ AIやシミュレーションモデルの信頼性を検証するツール

- 予測モデルの妥当性や限界を明確化し、現場で安心して使える AI へ
- シミュレーションと実測データの一致度を定量評価
- モデルの信頼性・精度・汎化性を客観的に比較

SMARTUQのライセンス形態について

SmartUQ は、ユーザーの用途や環境に応じた柔軟なライセンス体系をご用意しています。

1 製品エディション

GUI版／Pro版

Pro版は通常のGUI 機能に加え、SmartUQ のすべての機能を制御可能なPython API が付属しています。

2 ライセンス形態

NSLライセンス／FNLライセンス

マシン固定版とネットワークライセンスに対応しています。

3 商用ライセンスに加えアカデミックライセンス

4 配付用や可視化のための簡易ビューワーライセンスも展開可能

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

現代のエンジニアは、モデルを正確に表現するための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）により効率的なモデルの評価が可能になります。またビッグデータにおけるデータサンプリング技術やデータの前処理ツールは、エンジニア自身でノーコードでの重要なデータを確保することが簡単に実現できます。

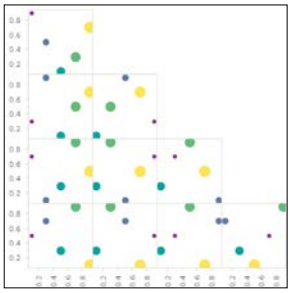
最先端の実験計画法

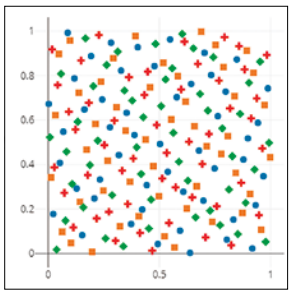
SmartUQ の実験計画法（DOE）は、解析の目的や設計空間の制約に応じて、情報価値の高い“評価点”を効率的に選び出す機能を備えています。高次元の入力変数やカテゴリ変数の混在、制約付き空間にも対応し、重要な領域に自動で試行を集中させる適応型サンプリング（ベイズ最適化など）を搭載しています。さらに、SmartUQ では予測の不確かさも可視化されるため、少数の評価点から得られるモデルでも、設計者が“どこまで信用できるか”を自ら判断可能です。これは単に試行数を減らすだけではなく、信頼に足る評価判断を“最小限のデータ”から導くという、新しいアプローチです。

データサンプリング

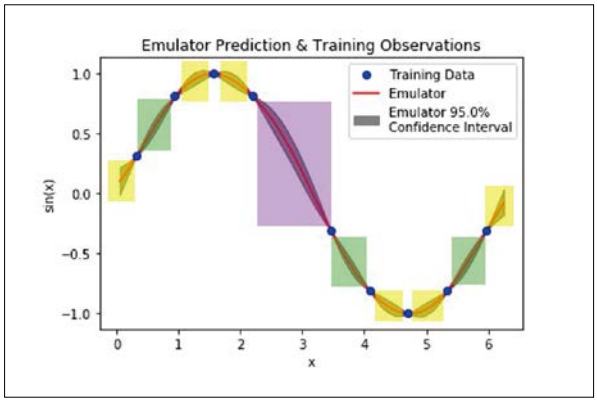
大量の実験・測定・シミュレーションデータが蓄積される今、すべてのデータを使って重い解析を始める前に、まずは意味のある“代表点”で傾向を掴みたいと感じたことはありませんか？ SmartUQ のデータサンプリング機能は、既存の入出力データから設計空間全体を最もよく代表するポイントを自動抽出。大規模データを分割しながら、情報価値の高いデータを圧縮することで、少数のデータからでもモデル構築・要因分析・傾向把握を高速に実施できます。これにより、初期段階から判断スピードを飛躍的に高めることが可能です。

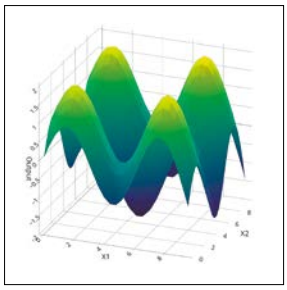
大量の入力次元の組み合わせであっても可視化することができます。





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。





SmartUQ のベイズ最適化は、限られた試行回数や計算リソースでも、最も有望な条件に効率よくアプローチできる設計探索手法です。初期の実験計画に基づく予測モデルに、価値の高い情報が得られる領域を自動的に判断し、新たな試行点を段階的に追加。これにより、関心領域の精度を集中して高めながら、最小限の試行で最適解に到達できます。

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：

- バッチ処理型のシミュレーション計画
- 複雑な交互作用をグローバルに学習できる空間充填型 DOE
- 検証用と学習用に容易に分割可能な DOE
- CAE と実験を統合する柔軟な実験計画
- 欠損やノイズを含むデータへの対応

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

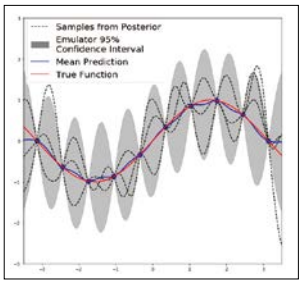
予測モデルは、別名で統計モデルや確率モデル、または数値シミュレーションを実行するために使用される代替モデルとしてサロゲートモデルと呼ばれることもあります。SmartUQ の予測モデリングでは、連続値だけなく、離散値やカテゴリ値なども扱えます。また大量の入力パラメータ、関数応答 / 過渡応答、空間依存での応答予測、高忠実度のデータの低次元化、および非常に大きなサンプルサイズの予測も含む、幅広いシナリオをカバーしています。クリギングを使用した確率論的な空間予測および時間的に分散したデータを予測できる SmartUQ の機能により、数値シミュレーションや試作モデルの評価結果を表すデータを補完して大規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

機械学習のアルゴリズムとしては、弊社独自のガウス過程回帰や、自動チューニング付きのニューラルネットワーク、従来の統計的回帰手法も実装しておりますが、いずれもどの予測モデルが適切なのか自動比較機能が実装されているので、エンジニアは結果に集中することができます。

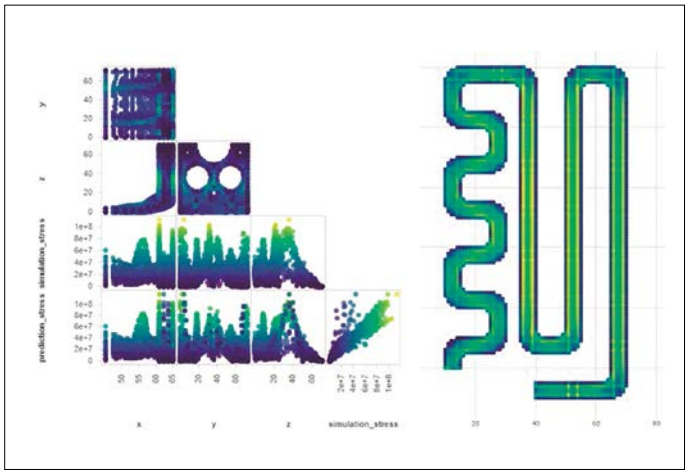
空間および時間や周波数などの動的な応答に対する予測モデル

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。

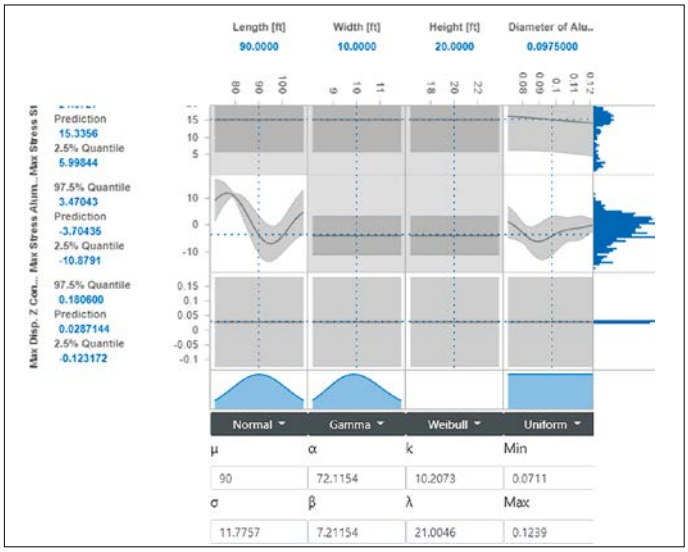


高次元での設計空間の探索は SmartUQ の様々なプロットを使って簡単に行うことができます。3 次元データでや過渡応答も高速予測や入力パラメータの感度を可視化できます。

データの探索と動的な視覚化

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

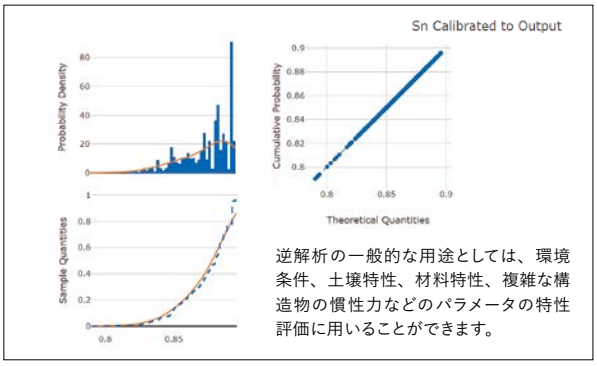
入力の不確かさを考慮した確率的最適化は設計の初期の段階で、的を絞ったロバスト設計を行うことができる強力な機能です。制約条件を持った最適化や多目的最適化も備えています。他にも、工学設計において、ある基準を最適化すると同時に、信頼性要件を満たすようにするための手法である信頼性に基づく最適化（RBO）を使えば安全性と製造コストの最適な妥協点を見つけることが可能になります。

動的な要因解析/感度解析

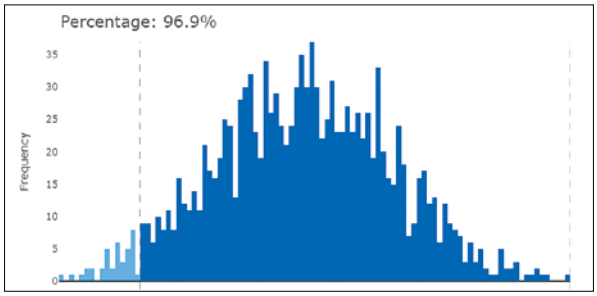
感度解析では、各入力パラメータが出力にどのように影響を与えるか、および出力に重大な影響を与える可能性のある入力パラメータ間の関係を示すことができます。ローカルな感度解析では、設計空間内の特定のポイントでの入力と出力の関係を示すことができますが、グローバル感度解析では、設計空間全体の関係を示します。

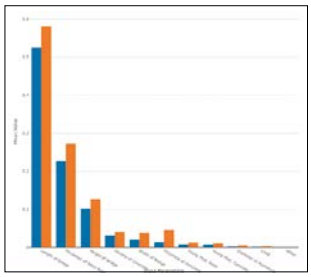
不確かさ伝播

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。





上／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。右下／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。

統計的キャリブレーション

SmartUQ は、限られたシミュレーションやテストデータから構築したモデルであっても、後から実験データや実測データを用いてキャリブレーション（補正）を行い、現実に即した予測モデルへと更新することが可能です。

このキャリブレーションでは、単なるパラメータの調整に留まらず、モデルの応答自体を補正できるため、より信頼性の高いデジタルツインを実現します。さらに、不一致モデル（Discrepancy Model）を活用することで、シミュレーションと実験の誤差を予測し続ける検証ツールとしても機能。これにより、モデルの妥当性（V & V）の評価指標が得られ、シミュレーションの信頼性を向上させることが可能です。

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

" これまで使った機械学習の中で
最も予測精度が高いのは SmartUQ ツールです "

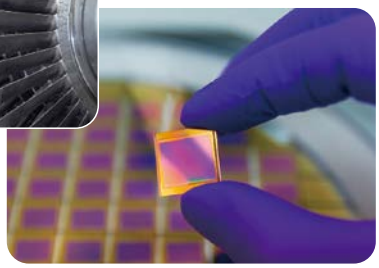
―――― **航空宇宙企業テクニカルフェロー**

“ 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 の現代的な実験計画法を使うことで、
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）"

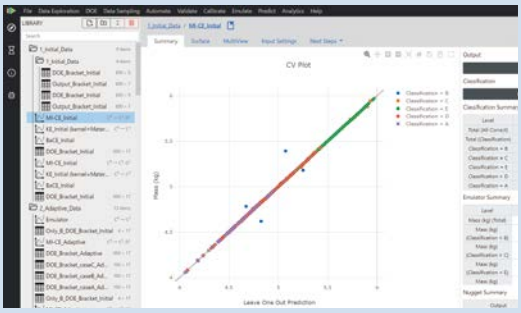
―――― **半導体メーカー**



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。