

# ETAS ASCMO-STATIC V5.11



ユーザーガイド

## 著作権について

本書のデータをETAS GmbHからの通知なしに変更しないでください。ETAS GmbHは、本書に関してこれ以外の一切の責任を負いかねます。本書に記載されているソフトウェアは、お客様が一般ライセンス契約あるいは単一ライセンスをお持ちの場合に限り使用できます。ご利用および複写はその契約で明記されている場合に限り、認められます。

本書のいかなる部分も、ETAS GmbHからの書面による許可を得ずに、複写、転載、伝送、検索システムに格納、あるいは他言語に翻訳することは禁じられています。

© **Copyright 2023** ETAS GmbH, Stuttgart

本書で使用する製品名および名称は、各社の（登録）商標あるいはブランドです。

MATLABとSimulinkは、The MathWorks, Inc.の登録商標です。その他の商標のリストについては、[www.mathworks.com/trademarks](http://www.mathworks.com/trademarks)を参照してください。

ASCMO-STATIC V5.11 | ユーザーガイド R01 JP | 04.2023

## 目次

1	安全と個人情報保護	7
1.1	本製品に関する注意事項	7
1.2	製品の正しい使用法	7
1.3	対象ユーザー	7
1.4	安全に関する注意事項の記述書式	7
1.5	安全に関する注意事項	8
1.6	個人情報保護に関する注意事項	9
1.6.1	データの処理	9
1.6.2	技術的／組織的な対策	9
2	ETAS ASCMOについて	10
2.1	ETAS ASCMOの概要	10
2.1.1	実験計画法（DOE : Design of Experiment）	10
2.1.2	モデルベース適合	10
2.2	ASCMO-DYNAMICの概要	11
2.3	より詳しい情報について	12
3	インストール	13
3.1	ASCMO-STATICのバージョンとアドオン	13
3.2	準備	13
3.2.1	ユーザー権限	13
3.2.2	その他のソフトウェア要件	14
3.3	インストール	14
3.3.1	スタートメニュー	17
3.3.2	ファイルとディレクトリ	18
3.3.3	Pコードバージョン	18
3.4	ライセンス管理	19
3.5	アンインストール	20
4	ASCMO-STATICの基礎	21
4.1	応用分野	21
4.2	実験計画法（DOE : Design of Experiment）	22
4.2.1	実験計画立案のプロセス	23
4.2.2	古典的な実験計画	23
4.2.3	DoEに基づく実験計画	24
4.2.4	ASCMO-STATIC ExpeDesによる空間充填実験	26
4.2.5	実験手順用の重要な境界条件	27

4.2.6	DoE手法の利点	27
4.2.7	DoE手法の制限事項	28
4.3	ASCMO-STATICで行うモデルトレーニング	28
4.3.1	データ測定要件	28
4.3.2	外乱要因、ドリフト、実験の再現性	30
4.3.3	グローバルモデルとローカルモデル	30
4.3.4	モデリングのプロセス	30
4.3.5	ASCMO-STATICのモデルタイプ	31
4.4	モデルの評価と改良	38
4.4.1	モデル品質の可視化	39
4.4.2	モデル品質判定の手法とデータ	43
4.4.3	変数RMSEおよびR2	43
4.5	ASCMO-STATICの高度な設定	44
4.5.1	高度な設定の有効化／無効化	45
4.5.2	高度な設定の概要	46
4.6	最適化	53
4.6.1	最適化手法	53
4.6.2	最適化目標	54
4.6.3	進化的アルゴリズム - 親の選択と生存者の選択	55
4.7	モデル評価（モデルスクリーニング）	56
4.7.1	入力値のグリッド定義	57
4.7.2	入力ポイントのインポート（"Import Input Points from File" タブ）	58
4.7.3	マップを入力として使用（"Use Inputs from Maps" タブ）	58
4.7.4	モデル予測の結果（評価結果）	59
5	ASCMO-STATICの操作	60
5.1	ASCMO-STATICのユーザーインターフェース	60
5.2	ASCMO-STATICユーザーインターフェースのエレメント	60
5.3	インターセクションプロット	64
6	チュートリアル: ASCMO-STATICの操作	66
6.1	測定対象エンジンの入力と出力	66
6.2	モデリング用データ	67
6.3	モデルトレーニングの準備	68
6.3.1	ASCMO-STATICの起動	68
6.3.2	トレーニングデータのロード	69
6.3.3	入力と出力の割り当て	70
6.3.4	データの視覚的な妥当性確認	72
6.3.5	コンフィギュレーションの保存とロード	75

6.3.6	測定データのインポート	75
6.3.7	トレーニングデータセットのレビューと編集	76
6.4	モデルトレーニング	84
6.4.1	モデルトレーニングの開始	84
6.4.2	モデルトレーニングのまとめ	86
6.5	モデルの改良	86
6.5.1	出力変数の変換によるモデル改良	86
6.5.2	外れ値の識別と削除によるモデル改良	86
6.6	可視化	90
6.6.1	インターセクションプロット (ISP)	90
6.6.2	入力と出力の2D/3Dプロット表示	94
6.7	最適化	99
6.7.1	1つの目標の加重合計を使用する単一目的最適化	99
6.7.2	複数の動作ポイントで行う最適化	105
6.7.3	多目的最適化	109
6.7.4	グローバル最適化	116
6.7.5	適合	118
6.8	走行サイクル予測	125
6.8.1	走行サイクルデータ	125
6.8.2	走行サイクルトレースを用いた動作ポイントの重み設定	133
6.8.3	走行サイクルトレースを用いた動作ポイントの位置設定	134
6.8.4	走行サイクルの動作ポイントの重みを用いた性能予測	135
6.8.5	走行サイクルの性能予測のための単位変換規則	136
6.8.6	走行サイクルトレースに沿った最適化 (グローバル最適化)	137
6.8.7	走行サイクルトレースに沿った最適化 (手動操作)	137
6.9	走行サイクルのグローバル最適化	138
6.9.1	最適化問題	138
6.9.2	最適化する動作ポイントと重みの定義	139
6.9.3	走行サイクル予測のための単位変換設定	142
6.9.4	最適化用パラメータの定義	142
6.9.5	最適化の実行	145
6.10	モデルのエクスポート	147
6.10.1	MATLAB®へのエクスポート	147
6.10.2	INCA/MDAへのエクスポート	149
6.10.3	Pythonへのエクスポート	151
6.10.4	Simulink®モデルへのエクスポート	153
6.10.5	Excelマクロへのエクスポート	155
6.10.6	Cコードへのエクスポート	156

6.10.7	GT-SUITEへのエクスポート	158
6.10.8	FMIへのエクスポート	158
7	チュートリアル : ASCMO-STATIC ExpeDesの操作	160
7.1	ASCMO-STATIC ExpeDesの操作ステップ	162
7.2	ステップ1 : 一般設定	163
7.2.1	入力の設定	164
7.2.2	測定量の設定	165
7.3	実験計画の可視化	166
7.4	ステップ2 : 範囲制限 ("Constraints")	168
7.4.1	"Map" / "Curve" タイプの制限	170
7.4.2	"Formula" タイプの制限	172
7.4.3	マップ / カーブの管理	174
7.5	ステップ3 : 入力タイプの設計 ("Input Design Types")	179
7.6	ステップ4 : 入力の圧縮 ("Input Compression")	185
7.6.1	圧縮の設定	186
7.6.2	ビュー	186
7.6.3	圧縮の適用例	186
7.7	ステップ5 : ソート規則 ("Sorting Rules")	186
7.8	ステップ6 : ブロック構成 ("Block Configuration")	188
7.9	ステップ7 : 付加ポイント ("Additional Points")	190
7.10	ステップ8 : 演算入力 ("Calculated Inputs")	191
7.11	ステップ9 : エクスポート ("Export")	192
8	お問い合わせ先	194
	用語集	195
	図	197
	索引	199

# 1 安全と個人情報保護

本章には、使用目的、対象となるユーザー、安全性や個人情報に関する情報が記載されています。

本製品を使用する際には、ユーザーの負傷やデバイスの損壊などを避けるため、「ETAS Safety Advice - 安全上のご注意」([Help > Safety Advice](#))、および下記の注意事項をよくお読みいただき、その指示に従ってください。

## 1.1 本製品に関する注意事項

本製品を安全に使用するには、一般的な注意事項に加え、以下の要件も守ってください。

- 本製品の準備や操作を行う前に、本製品を使用する環境が所定の条件を満たしていることを確認してください。各条件については、使用するPCやハードウェアのドキュメントを参照してください。

## 1.2 製品の正しい使用法

ETAS ASCMOツールファミリーは、オフラインデータに基づくモデリングや、モデルベース適合、さらには物理値モデルのパラメータの効率的な最適化を目的としています。稼働中のシステムで直接動作することは意図されていません。

ASCMO-STATICとASCMO-DYNAMICを使用すれば、少量の測定データから複雑なシステムの挙動を正確にモデル化することができます。このモデルは、入力パラメータの分析と最適化に使用したり、他のシミュレーション環境においてプラントモデルのブラックボックスとして使用することもできます。これとは対照的にASCMO-MOCAは、定義された構造を持つ既存の物理値モデルを使用して、モデル自体のパラメータを調整して最適化します。その結果は「提案」として扱われるもので、後続の処理を行う前に検証を行う必要があります。

製品の不適切な使用や安全に関する注意事項に従わないことにより生じた一切の損害について、ETAS GmbH は責任を負いません。詳細は [Help → Safety Advice](#) を参照してください。

## 1.3 対象ユーザー

このユーザーガイドは、自動車用ECUの開発および適合の分野に携わる技術者の方を対象としています。本書の内容をご理解いただくには、計測や、制御ユニットのエンジニアリングに関する専門知識が必要です。

## 1.4 安全に関する注意事項の記述書式

以下の「安全に関する注意事項」は、人身事故や物的損害につながる危険性を警告するものです。



**危険**

**危険**：記載事項を守らないと死亡または重傷のリスクが高い危険性について説明しています。

**警告**

**警告**：記載事項を守らないと死亡または重傷のリスクを招く可能性のある危険性について説明しています。

**注意**

**注意**：記載事項を守らないと軽～中程度の負傷のリスクを招く可能性のある危険性について説明しています。

**ご注意ください！**

**ご注意ください！**：記載事項を守らないと物的損害を招く可能性のある状況について説明しています。

## 1.5 安全に関する注意事項

**ご注意ください！****誤った実験計画による損害**

ASCMO-STATIC ExpeDesにおける誤ったエンジン設定は、エンジンやテストベンチの損傷を招きます。例：ノッキングが多発するような点火角度設定などにより、動作ポイントがエンジンに過大なストレスを与え、損傷の原因となります。

- － 実験計画の一般設定は、システムと対象物に適合している必要があります。誤った設定の例：最大6000rpmのエンジンに対して、実験計画内で10000rpmが設定されている
- － 動作ポイントは、許容値の範囲内に制限してください。ETAS ASCMOは、エンジンパラメータに関する情報を一切持っていません。
- － 実験計画をエクスポートする前に、一般設定においてエンジン負荷の範囲を制限してください。
- － 実験計画を使用するには、その内容を検証する必要があります。

7.2「ステップ1：一般設定」（ページ163）および7.11「ステップ9：エクスポート（"Export"）」（ページ192）を参照してください。

## 1.6 個人情報保護に関する注意事項

ユーザーの個人情報保護の問題はETASにとっても重要な案件であるため、本項では、本製品（および）によってどのようなデータが処理されるか、どのような種類のデータを使用するか、また個人情報の保護のためにユーザー自身がどのような技術的対策を講じるべきか、といった内容について説明します。さらに、本製品が個人情報を保存する場所や、その削除方法について、詳しく説明します。

### 1.6.1 データの処理

本製品の使用時には、個人データが処理されます。本製品の購入者は、GDPR（General Data Protection Regulation：EUの一般データ保護規則）のArticle4 No. 7に従ってデータ処理を行う法的責任があります。製造者であるETAS GmbHは、当該データの不適切な扱いに関して、いかなる場合も責任を負いません。

また、ETASライセンスマネージャでユーザーベースライセンスを扱うと、以下のような個人データが、ライセンス管理の目的で記録される可能性があります。

- － 通信データ：IPアドレス
- － ユーザーデータ：ユーザーID、WindowsのユーザーID

### 1.6.2 技術的／組織的な対策

本製品は、個人データを記録する際に暗号化を行いません。記録されるデータの機密保持のため、ユーザー側のITシステムに適した技術的対策または組織的対策を講じてください。

ログファイル内の個人データは、オペレーティングシステムのツールを用いて削除することができます。

## 2 ETAS ASCMOについて

本章ではETAS ASCMOの概要をご紹介します。

### 2.1 ETAS ASCMOの概要

**ASCMO** (**A**dvanced **S**imulation for **C**alibration, **M**odeling and **O**ptimization) は、「実験計画法」(DoE : Design of Experiment) と呼ばれる手法により得られる測定データに基づいて、未知のシステムの入出力挙動をモデリングするためのツールです。

システムを物理式で正確に定義できない場合は、このような「データに基づくモデリング」を行うことが必要となります。この手法では質の高いモデルを作り上げることができるので、たとえば、内燃機関の大域的挙動といった複雑な関係もマッピングできます。

モデリングが終わると、ETAS ASCMOはシステムの挙動を「視覚化」し、モデルを使用して「適合」/「最適化」を行うための各種選択肢を提示します。ここで適合作業を行い、「内燃機関」システムのモデリングと最適化を実現します。

ここで使用されるモデリングと最適化の手法は、入力変数によって出力変数の値が連続的に変化するようなシステムにも適用できます。

#### 2.1.1 実験計画法 (DOE : Design of Experiment)

「実験計画法」は、未知のシステムをデータに基づいてモデリングするための手法です。

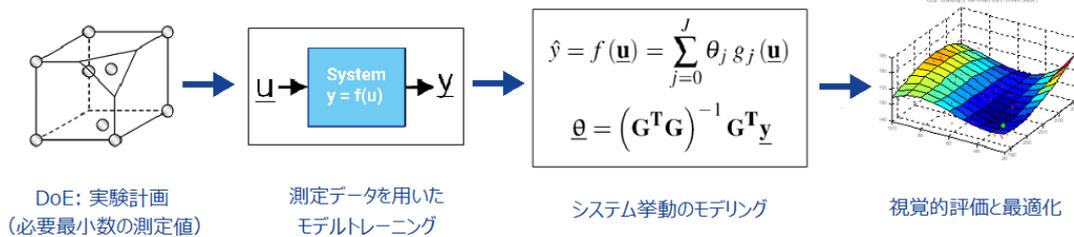


図 2-1: 実験計画の立案からモデルベースの最適化まで

最初のステップは実験計画の立案です。ここで立案した計画に基づいて最小限の測定を行うことにより、モデルトレーニングに用いられるデータが得られます。

モデルは数学的近似法を基礎とし、測定対象システムの挙動を再現することができます。

モデリングの最終目的は、システム挙動を評価し最適化することです。内燃機関を例にとれば、パフォーマンスの最大化、および燃費と排ガス排出量の最小化を実現するための最適な出力変数を導き出す入力変数を決定することにあります。

#### 2.1.2 モデルベース適合

昨今のECUの適合作業は、さまざまな要因により複雑化の一途をたどり、コストも増大しています。

主な要因としては以下のようなものが挙げられます。

- － 派生車種の多様性
- － テスト対象（エンジン、車両）の可用性の低下
- － 燃費、排出物、診断に関する要件の厳格化

このように複雑化した適合作業は、従来の「古典的な」手法では扱いきれなくなってきました。定型的な作業を自動化したとしても、以下のようなステップを反復的に行う必要があります。

- － ECUパラメータの測定と変更
- － 実験車両／エンジンのレスポンス測定
- － 測定値の解析
- － 段階的な最適化

この手続きをすべて実行することにより、1つの最適なデータセットが算出されます。

ASCMO-STATIC または ASCMO-DYNAMIC でのモデルベースの適合では、以下のような処理がすべてモデル上で行えるため、実験計画の立案後に行う実システム上での計測作業は、1回だけですみます。それ以外はすべてモデル上で行われます。

- － 最適化目標を定義した後に、1回の最適化実行により最適なパラメータセットを算出できます。
- － マップを変更し、その結果得られる挙動を予測することができます。
- － 適合対象の仕様に応じた最適な結果を達成できます。
  - ・ 小型車の場合は燃費、スポーツカーの場合はトルク
  - ・ スポーティな運転挙動（トルクを即座に得られる） vs : 快適性

この場合、n回の反復により、最適化されたn個のデータセットが算出されます。

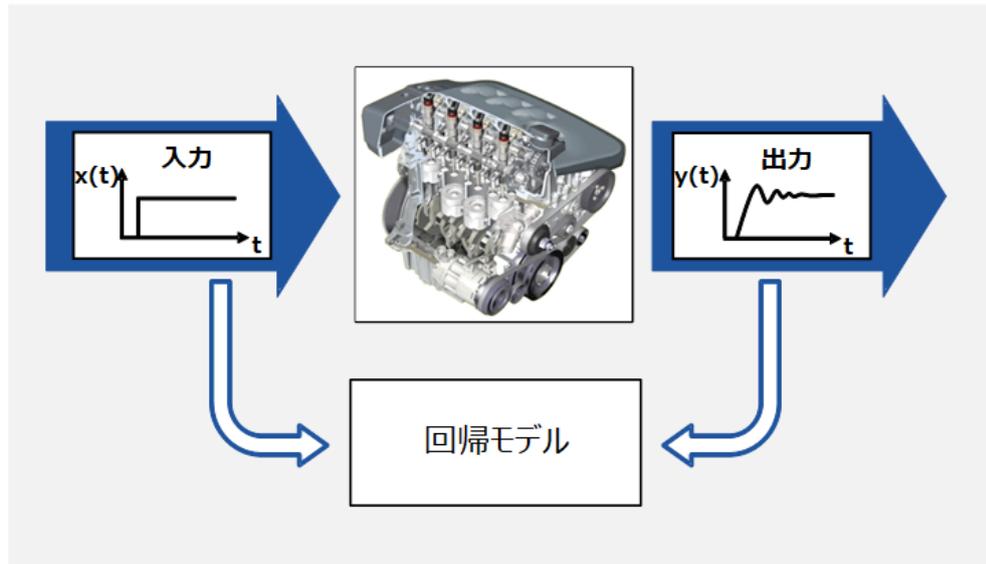
## 例

直噴エンジンの「モデルトレーニング」と「最適化」の一例を、6「チュートリアル: ASCMO-STATICの操作」（ページ66）という章で紹介しています。この例では、一連のマップがいくつかのファクタ（燃費、エンジンのスポーティさ、ばい煙、NOx 排出量）に関して最適化されています。

## 2.2 ASCMO-DYNAMICの概要

今日のモデルベース適合ツールでは、モデリング時に定常状態のエンジン挙動しか考慮しないため、動的影響を予測に反映させることができません。これでは、時間に依存する関係や過渡的な関係を伴う動的なエンジンプロセス（エンジン吸気系や排ガスエミッションなど）をシミュレートするには不十分です。

このような問題は、ETAS ASCMOのダイナミックモードを扱うASCMO-DYNAMICで解決することができます。



ASCMO-DYNAMICとASCMO-DYNAMIC ExpeDesについての詳細は、ASCMO-DYNAMICユーザーガイド (<installation>\ManualsフォルダのManual\_dynamic\_jp.pdf) に記載されています。

### 2.3 より詳しい情報について

本書（ユーザーガイド）だけでなく、特にユーザーインターフェースでの操作を行っている際には、オンラインヘルプをご活用いただくことをお勧めします。**Help > Online Help** を選択するとオンラインヘルプが開き、また F1 を押下すると、現在開いているウィンドウに応じたコンテキストヘルプが開きます。

Pコードバージョンの機能に関するヘルプを開くには、**Help > Interface Help** を選択します。

## 3 インストール

本章では、ソフトウェアのインストール準備とインストール方法、およびライセンス管理について説明します。

- 3.1「ASCMO-STATICのバージョンとアドオン」（下記）
- 3.2「準備」（下記）
- 3.3「インストール」（次ページ）
- 3.4「ライセンス管理」（ページ19）
- 3.5「アンインストール」（ページ20）

### 3.1 ASCMO-STATICのバージョンとアドオン

ETASの各種アドオンパッケージは、それぞれ個別のライセンスで管理されます。よく使われるアドオンとしては、以下のものがあります。

- **ASCMO-SDK**（Software Developer Kit：ソフトウェア開発キット）：[3.3.3「Pコードバージョン」（ページ18）](#)
- **ASCMO-GO**（Global Optimization：グローバル最適化）：[「グローバル最適化」（ページ54）](#)
- **ASCMO-ME**（Model Export：モデルエクスポート）：[6.10「モデルのエクスポート」（ページ147）](#)

ライセンスなどに関する詳細は、リリースノート（「Functions at a glance」の項）やETASホームページのダウンロードセンター（"オーダー情報"）を参照してください。

### 3.2 準備

インストールを行う前に、PCがシステム要件（リリースノート「System Prerequisites」の項を参照）を満たしていることを確認してください。またインストールを実施するユーザーは、オペレーティングシステムやネットワーク接続について必要なユーザー権限を持っていることを確認してください。

#### 注記

ソフトウェアのインストールや操作を行うには、Windowsレジストリデータベースに対するアクセス権が必要です。アクセス権が不明な場合は、システム管理者の方にお問い合わせください。

#### 3.2.1 ユーザー権限

ソフトウェア本製品のインストールと操作のためのユーザー権限については、以下の注記に従ってください。

##### インストール時に必要なユーザー権限

PCにソフトウェアをインストールするには、管理者のユーザー権限が必要です。詳細はシステム管理者の方にお問い合わせください。

### 操作時に必要なユーザー権限

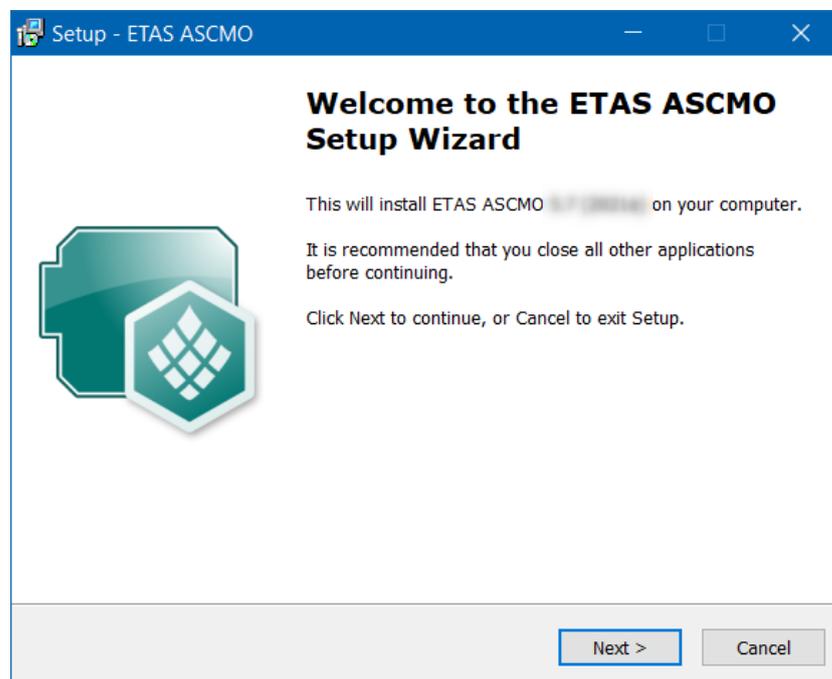
ソフトウェアの操作は、標準ユーザーのユーザー権限で行えます。

### 3.2.2 その他のソフトウェア要件

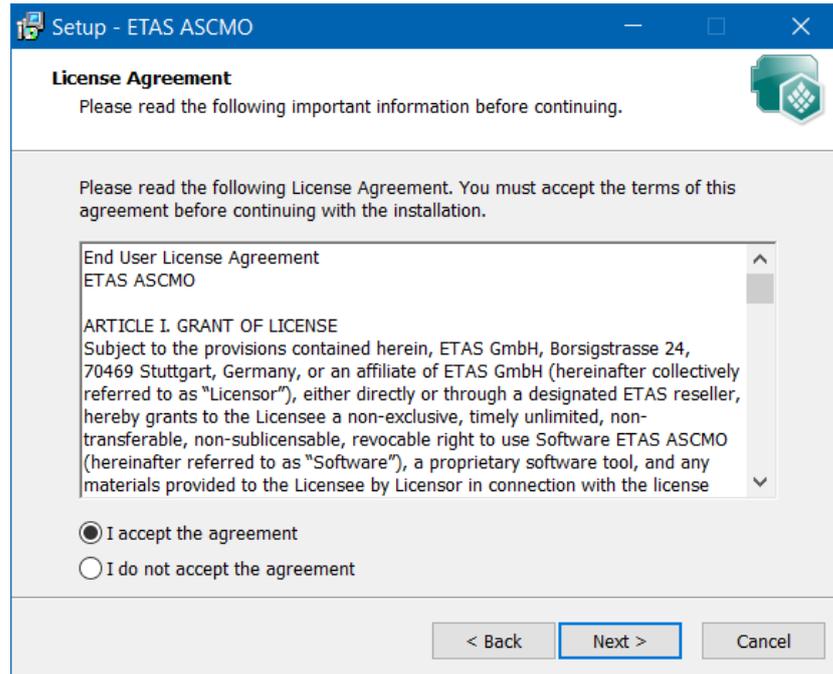
必要なソフトウェアコンポーネントがPCにインストールされていない場合は、ETAS ASCMOのインストール時にすべてインストールされます。

## 3.3 インストール

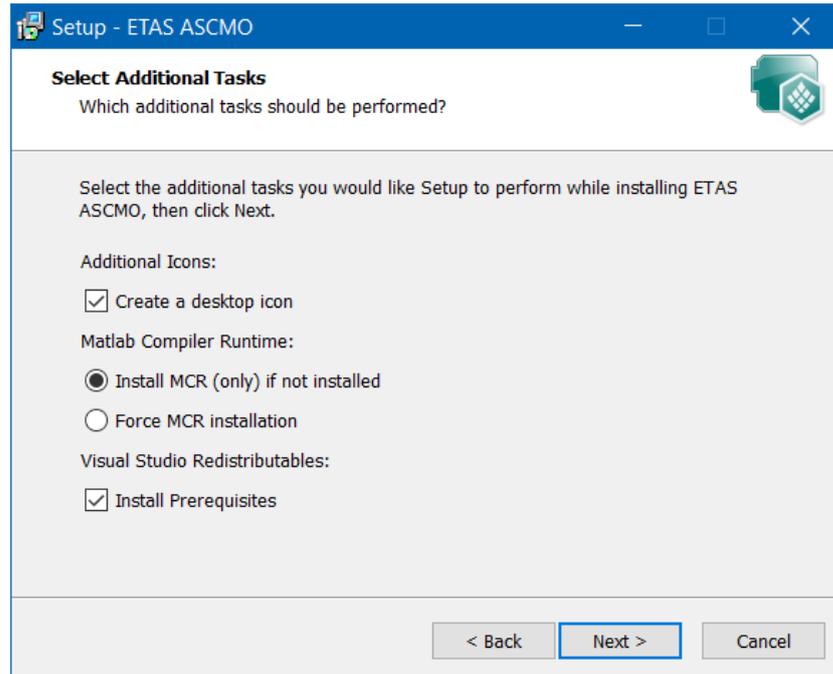
1. インストールファイルが格納されているディレクトリを開きます。
2. `Setup_ASCMO_x64.exe` というファイルをダブルクリックします。  
セットアップウィザードが開きます。



3. **Next** をクリックします。  
"License Agreement" ウィンドウが開きます。



4. ライセンス許諾書の内容をよく読んで、**I accept the agreement** オプションを選択します。
5. **Next** をクリックします。  
"Set Destination Location" ウィンドウが開きます。  
すでにPCにETAS ASCMOがインストールされている場合は、現在使用されているパス（インストール先フォルダとスタートメニューのフォルダ）が使用されます。
6. 提示されるデフォルトフォルダを承諾、または **Browse** をクリックして新しいフォルダを選択します。
7. **Next** をクリックします。  
"Select Start Menu Folder" ウィンドウが開きます。
8. 提示されるデフォルトフォルダを承諾、または **Browse** をクリックして新しいフォルダを選択します。
9. **Next** をクリックします。

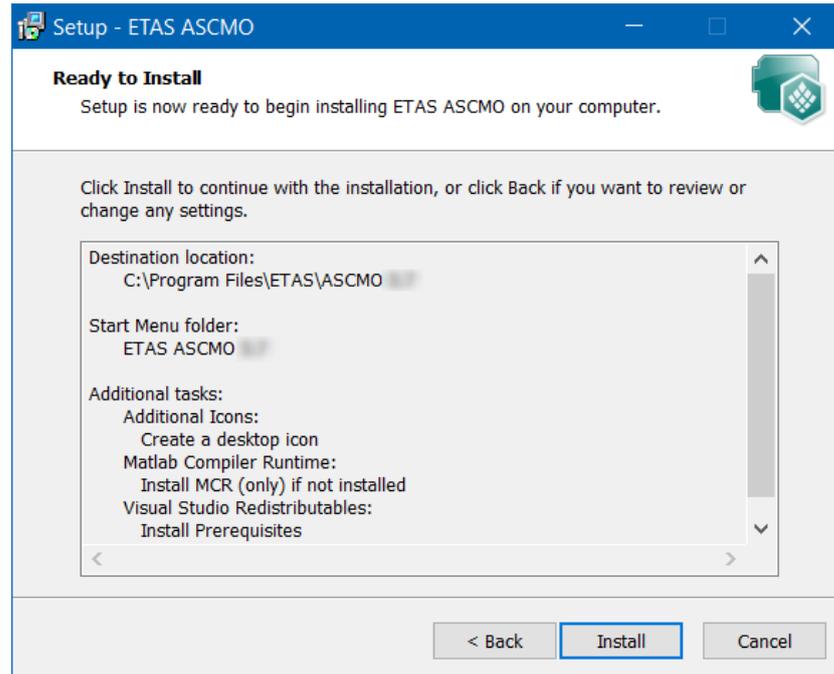


10. デスクトップアイコンを作成するには **Create a desktop icon** をオンにします。



11. MATLAB<sup>®</sup> Compiler Runtimeのインストールに関するオプションを選択します。
12. 必要に応じて **Install Prerequisites** をオンにします。
13. **Next** をクリックします。

"Ready to Install" ウィンドウが開きます。ここまでの各ウィンドウで入力した情報を確認することができます。



14. 設定内容を変更するには **Back** をクリックします。
15. **Install** をクリックしてインストールを開始します。  
インストールが実行されます。進捗インジケータにインストールの処理状況が表示されます。インストール処理がすべて終了すると、"Completing the ETAS ASCMO Setup Wizard" ウィンドウが開きます。
16. **Finish** をクリックします。  
⇒ インストールが完了します。ETAS ASCMOが起動できる状態になります。

### 3.3.1 スタートメニュー

インストールが正常に終了すると、インストーラの "Select Start Menu Folder" ウィンドウで設定したスタートメニューのフォルダに、以下のエントリが追加されます。

- **ASCMO Desk V5.11**  
ASCMO-DESKウィンドウが開き、ここからETAS ASCMOの各コンポーネントを起動することができます。
- **ASCMO Dynamic V5.11**  
ASCMO-DYNAMICを起動します。
- **ASCMO ExpeDes Dynamic V5.11**  
ASCMO-DYNAMIC ExpeDesを起動します。
- **ASCMO ExpeDes V5.11**  
ASCMO-STATIC ExpeDesを起動します。
- **ASCMO MOCA Runtime V5.11**  
ASCMO-MOCA Runtime（機能制限付き）を起動します。
- **ASCMO MOCA V5.11**  
ASCMO-MOCAを起動します。

### – ASCMO Static V5.11

ASCMO-STATICを起動します。

### – Manuals and Tutorials

ASCMOドキュメントフォルダ (<installation>\Manuals) を開きます。ここには以下の情報や文書が保存されています。

- ASCMOInterfaceDoc - インターフェースに関する文書が保存されたフォルダ
- Examples - 各種サンプルデータ (ASCMOプロジェクト、MF4/DICM/XLS/FMUファイル、テンプレート、プラグインなど) が含まれるフォルダへのショートカット
- HTMLフォルダ - インストール済みコンポーネント用のオンラインヘルプファイル (<F1> キーで開きます)
- Manual\_dynamic\_en.pdf/Manual\_dynamic\_jp.pdf - ASCMO-DYNAMICの基本機能に関するチュートリアルを含むユーザーガイド
- Manual\_en.pdf/Manual\_jp.pdf - ASCMO-STATICの基本機能に関するチュートリアルを含むユーザーガイド
- MOCA\_\*.pdf - ASCMO-MOCAの基本機能の説明やチュートリアルを含むユーザーガイド

## 3.3.2 ファイルとディレクトリ

プログラムに関連するすべてのファイルは、インストール時に指定された <installation> ディレクトリとそのサブディレクトリに保存されています。

<installation> のデフォルトはC:\Program Files\ETAS\ASCMO 5.11です。

MATLAB®/Simulink®用のPコードファイルは、<installation>\pCode\ascmo に保存されています。

詳細は、Pコードバージョンの項を参照してください。

## 3.3.3 Pコードバージョン

PコードバージョンのETAS ASCMO (3.3.2「ファイルとディレクトリ」(上記) 参照) は、MATLAB®から直接起動することができます。

### 前提条件

Pコードバージョンを使用するには、MATLAB® R2016a ~ R2019bがインストールされている必要があります。さらに、以下のMATLAB®ツールボックスも必要です。

- Optimization Toolbox™
- Statistics and Machine Learning Toolbox™

### ETAS ASCMOの実行

MATLAB®で、ディレクトリ <installation>\pCode\ascmo に切り替えます。続いてコマンドウィンドウに以下の表のコマンドを入力します。

コマンド	機能
AscmoDesk	ASCMO-DESKを起動します。
ascmo static	ASCMO-STATICを起動します。
ascmo expedes	ASCMO-STATIC ExpeDesを起動します。
ascmo dynamic	ASCMO-DYNAMICを起動します。
ascmo expedesdynamic	ASCMO-DYNAMIC ExpeDesを起動します。
ascmo moca	ASCMO-MOCAを起動します。
ascmo mocaruntime	ASCMO-MOCA Runtimeを起動します。
ascmo cyclegenerator	ASCMO Cycle Generator (スタンドアロン走行サイクルジェネレータ) を起動します。
ascmo scatterplot	ASCMO Scatter Plot (スタンドアロン走行サイクルジェネレータ) を起動します。
ascmo calibrationdataeditor	ASCMO-Calibration Data Editor (スタンドアロン走行サイクルジェネレータ) を起動します。

ETAS ASCMOツール (ASCMO Scatter PlotとASCMO-Calibration Data Editorを除く) 内で実行される全ステップは、コマンドを使用して自動化することができます。コマンドについての説明を参照するには、メインメニューから **Help > Interface Help** を選択してください。

## 3.4 ライセンス管理

本製品を使用するには、ライセンス契約に基づいて発行されたライセンスファイルが必要です。ライセンスファイルは、社内のツール管理者の方から、またはホームページのライセンスポータルサイト (<http://www.etas.com/support/licensing>) から入手できます。ライセンスファイルのお申し込み時には、製品購入時にETASから発行された「アクティベーション番号」が必要です。

Windowsスタートメニューから **E > ETAS > ETAS License Manager** を選択します。

ダイアログに表示される指示に従って操作してください。ETASのライセンスモデルについての説明や、ライセンスマネージャの操作方法 (ライセンスの確認、登録/削除、借用/返却など) については、ライセンスマネージャのオンラインヘルプを参照してください。オンラインヘルプを開くには、ライセンスマネージャで <F1> キーを押します。

### ライセンスマネージャのFAQ

FlexNet EmbeddedテクノロジーとETASライセンスマネージャについての詳細は、ETASウェブサイトのダウンロードセンターにある『[ETAS License Management FAQ](#)』をご覧ください。

## 3.5 アンインストール

### 注記

各コンポーネントを個別にアンインストールすることはできません。この処理によって **すべての** ETAS ASCMOコンポーネントがアンインストールされます。

ETAS ASCMOのアンインストールは、Windowsコントロールパネルの **プログラムと機能** から開始します。

#### **ETAS ASCMOをアンインストールする**

1. アンインストールを開始します。  
確認のメッセージが開きます。
2. **はい** をクリックして処理を実行します。
3. **OK** をクリックしてアンインストールを完了します。

## 4 ASCMO-STATICの基礎

本章では、ASCMO-STATICの基本概念について説明します。

主な内容は以下のとおりです。

- － 4.1「[応用分野](#)」(下記)  
本項では、ETAS ASCMOの応用分野について説明します。
- － 4.2「[実験計画法 \(DOE : Design of Experiment\)](#)」(次ページ)  
本項では、「[実験計画法](#)」について説明します。
- － 4.3「[ASCMO-STATICで行うモデルトレーニング](#)」(ページ28)  
本項では、ASCMO-STATICで行うモデルトレーニングについて説明します。
- － 4.3.5「[ASCMO-STATICのモデルタイプ](#)」(ページ31)  
ASCMO-STATICでは、生成されるモデルのタイプを選択することができます。本項では、各タイプについて設定できるパラメータについて説明します。
- － 4.4「[モデルの評価と改良](#)」(ページ38)  
本項では、ASCMO-STATICで作成したモデルの品質を評価する方法や、必要に応じてモデルを改良する方法について説明します。
- － 5.1「[ASCMO-STATICのユーザーインターフェース](#)」(ページ60)  
本項では、ASCMO-STATICのユーザーインターフェースについて概説します。
- － 4.5「[ASCMO-STATICの高度な設定](#)」(ページ44)  
本項では、詳細パラメータの概要と、高度な設定の表示切り替えの方法について説明します。
- － 4.6「[最適化](#)」(ページ53)  
本項では、さまざまな「[最適化手法](#)」とそれらに適用される「[最適化目標](#)」について説明します。
- － 4.7「[モデル評価 \(モデルスクリーニング\)](#)」(ページ56)  
本項では、モデルスクリーニング (Extra > Model Screening) によるモデル評価について説明します。

### 4.1 応用分野

ETAS ASCMOは以下のような分野に応用できます。

#### ECU (ガソリン/ディーゼル) の適合

- － エンジンパラメータの最適化： エミッション、O2 センサヒーターなど
- － 動的ファンクションの最適化： ドライブビリティ、過給圧など
- － ECUモデルのパラメータ化 (シリンダ充填率、トルクなど)

「[適合](#)」分野でETAS ASCMOを使用することには以下のような利点があります。

- － 測定と解析の工程全体の効率が大幅に向上します。
- － 複雑性を適切に扱うことができます。
- － データの品質が向上します。

- － モデルの再利用が可能になります。

#### システムやファンクションの研究開発

- － 実験エンジンの適合と評価を迅速に行えます。
- － 新規ファンクション（コントローラストラテジなど）のテストや開発に実エンジンのモデルを使用できます。
- － 未知のシステムの解析と最適化が可能です。
  - ・ ハイブリッド車（バッテリーサイズ、排気量など）
  - ・ スタータジェネレータシステム： ジェネレータ電流や軸受温度などのモデリング
  - ・ 噴射システムの開発（形状の最適化）
- － 「メタモデリング」が物理シミュレーションを加速します。

研究開発分野における主な利点は、システム理解が迅速化され向上することと、さまざまな方法でインパクト解析を行えることが挙げられます。

## 4.2 実験計画法（DOE：Design of Experiment）

「実験計画法」（DoE：Design of Experiments）は、測定データに基づき未知のシステムをモデル形式で記述するためのものです。DoEの手順には、統計的側面に基づく実験計画の立案とモデルの作成、さらにモデリングされたシステムの最適化が含まれます。

実験計画の立案は、測定の工数を最小限に抑えることを目的に行われ、測定を行うたびに実験計画に対していくつかの変数が修正されます。モデルトレーニングには数学的近似法が用いられます。

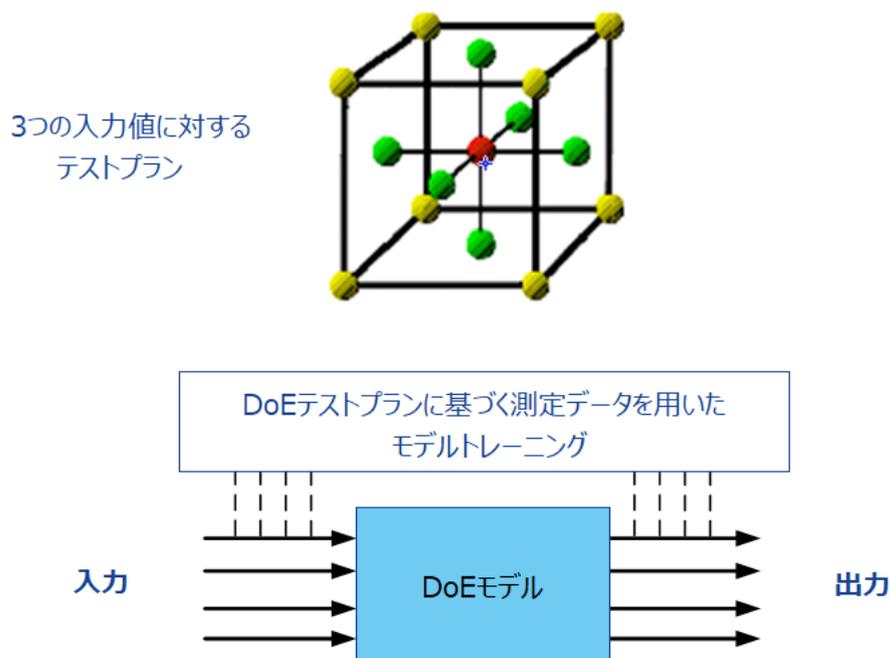


図 4-1: DoE計画から得られるデータによるモデルトレーニング

応用例としては、内燃機関の挙動をモデルとして記述する、といったことが挙げられます。ECUのマップの最適化は、実システムではなくモデルを使用して行われます。

### 4.2.1 実験計画立案のプロセス

第1世代の「古典的DoE」では、システム挙動は多項式ベースで記述されます。このプロセスのメリットは、わかりやすい確立されたプロセスであり、多くのツールを利用できることにあります。ただし、このプロセスでは単純な局所的関係（2次以内）しかマッピングできません。

このプロセスの大きなデメリットは、パラメータ化に多くの工数が必要なことや、外れ値に対してロバスト性が低いことです。

これより革新的なプロセスは「ニューラルネットワーク」をベースとしています。このプロセスでは、複雑な関係のマッピングも可能です。比較的わかりやすく、使用できるツールもいくつかあります。

デメリットとしては、やはりパラメータ化が必要であることや、過剰適合（オーバーフィッティング）の危険性があることが挙げられます。さらに、トレーニングや検証のために非常に多くの測定データが必要になります。

ETAS ASCMOは、「ガウスプロセス（Gaussian process）」をベースとする「第2世代のDoE」に属しています。このプロセスにおいては、任意の数の関係（内燃機関の大域的挙動など）をマッピングすることが可能です。

このプロセスには、「測定工数とモデル精度」の最適なバランスが保てるという非常に大きなメリットがあります。つまり、少ない測定工程で高いモデル精度を実現することが可能です。

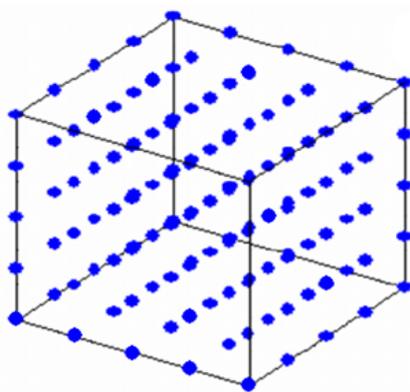
そのほかにも、以下のようなメリットがあります。

- － パラメータ化が不要
- － 外れ値に対するロバスト性
- － 優れた操作性

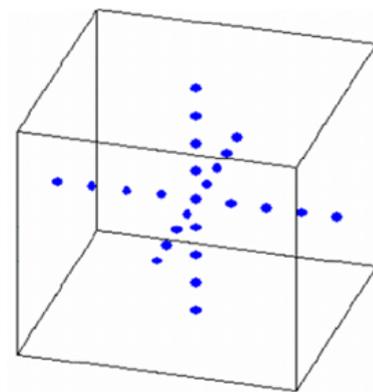
ただし、理論があまり説明的でないこと、またPCのメモリを比較的多く使用する、といったデメリットもあります。

### 4.2.2 古典的な実験計画

古典的な実験計画は、実験空間の「グリッド（格子）型」または「スター型」の測定に基づいて作成されます。



グリッド型：3個のパラメータ、  
5ステップ、125個の測定値



スター型：3個のパラメータ

図 4-2: 実験空間の測定 – グリッド型とスター型

## グリッド測定

一般的にグリッド測定は、モデルがなくても解析可能なため、どのようなタイプのモデリングにも適しています。

しかし、必要な測定値の数は指数関数的に増加します。変更するパラメータの数が3～4個より多くなると、この手法は実用的ではなくなってしまいます（表 4-1を参照してください）。また、非常に多くの測定を行ってもパラメータ空間の適切なカバー率を達成することができません。

4.2.2は、従来のグリッド測定とDoE手法に必要な測定値の数を比較したものです。DoE手法で必要な測定値の数は、グリッド測定とは異なり、パラメータの数が増えてもそれほど増加しません。これらの値は、期待される複雑さが中程度のシステム（7.2「ステップ1：一般設定」（ページ163）のオプション Expected System Complexity が Medium であるシステム）のものであります。

パラメータの数	必要な測定値の数	
	グリッド測定 (パラメータあたり5ステップ)	DoE手法 (空間充填)
1	5	5
2	25	10
3	125	20
4	625	35
5	3125	50
6	15625	70
7	78125	90
8	390625	115
9	1953125	145
10	9765625	175

**表 4-1:** 古典的なグリッド測定とDoE手法（空間充填）：パラメータ数に応じた測定工数

## スター型測定

スター型測定（図 4-2 の右側）では、一度に 1 個のパラメータしか変更されないため、グリッド測定に比べて測定工数が大きく低減されます。

しかしこのプロセスではパラメータ間の相互関係が軽視され、実際の最適値に到達できないことも多いため、複雑なシステムのモデリングには不適切です。

### 4.2.3 DoEに基づく実験計画

上述のプロセスに代わる最新世代の「DoEに基づく実験計画」として、D（またはV）最適計画と「空間充填実験計画」とがあります。

## D（またはV）最適計画

この実験計画は特に多項式モデルに適していて、多項式の次数に応じて精度が決まります。

しかしこの方法で実験計画を作成するには、システム挙動についての事前知識が必要で、パラメータのレベル数が少なくなければなりません。その結果、境界域の重みが大きくなり、個々のポイントの重要度が比較的高くなります。

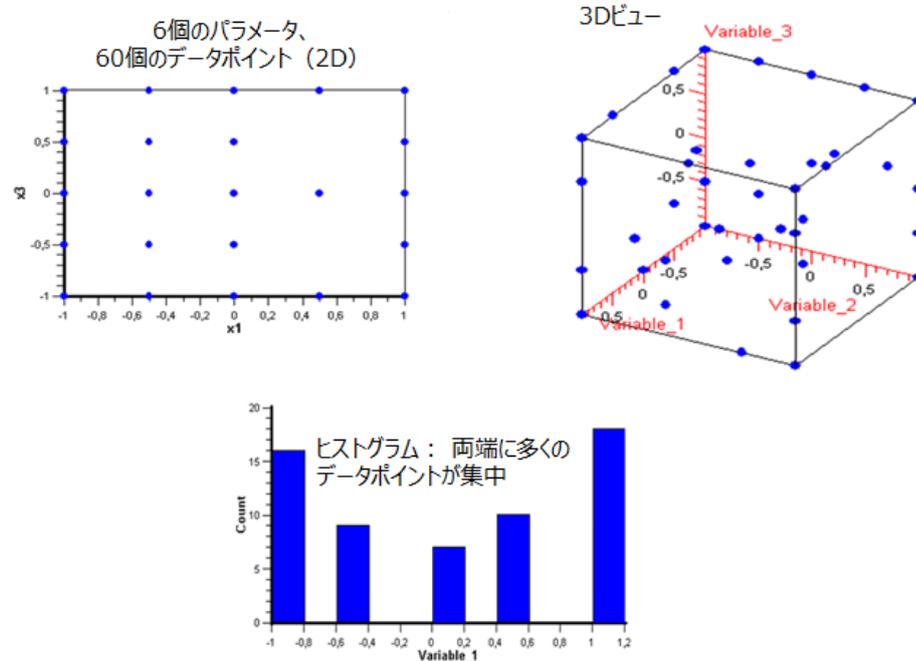


図 4-3: D最適計画の例

ETAS ASCMOで扱うには、このタイプの実験計画よりも「空間充填計画」の方が適しています。

## 空間充填計画

空間充填計画（ソボル、ラテンハイパーキューブなど）の特色は、測定ポイントがパラメータ空間内に均等に分布していることと、すべてのパラメータレベルの最適カバー率を実現できることです。

ここでは測定対象システムについての事前知識は必要なく、得られるデータはASCMO-STATICで行うモデルトレーニングに最適です。

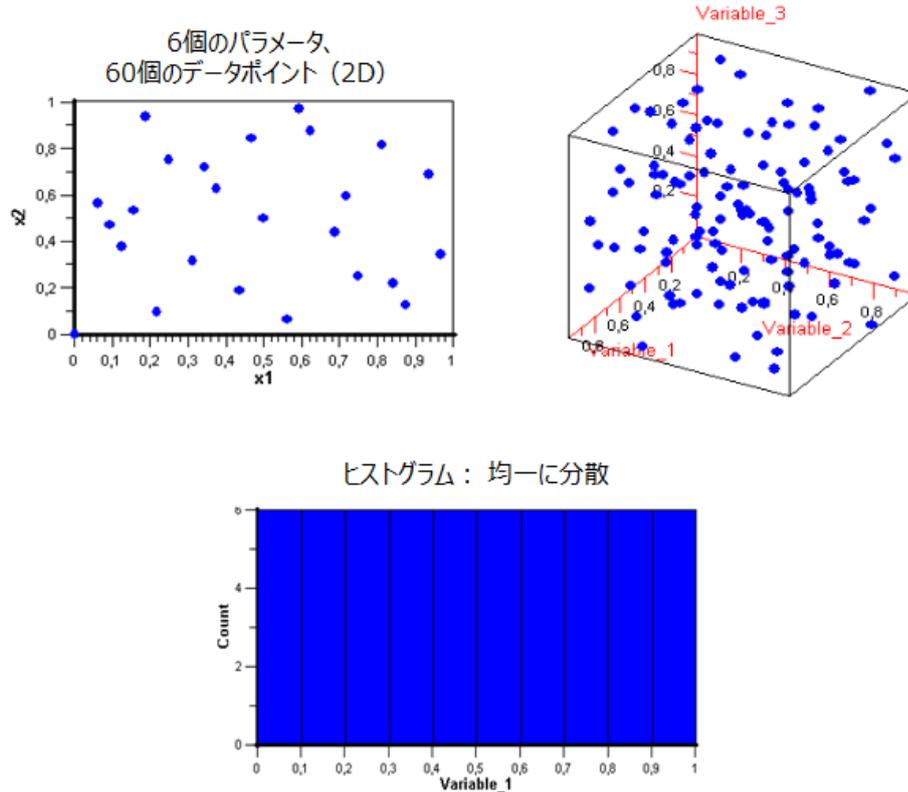


図 4-4: 空間充填実験計画の例

このような測定計画は、次項に示す ASCMO-STATIC ExpeDes などを用いて作成します。

#### 4.2.4 ASCMO-STATIC ExpeDesによる空間充填実験

ASCMO-STATIC ExpeDes は、DoE に基づいて空間充填実験計画を作成するためのツールです。ASCMO-STATIC でのモデルトレーニングには、エンジン回転数と負荷の動作ポイントのグリッド（格子）全体に計画点を分布させる必要がありますが、ASCMO-STATIC ExpeDes を用いてこれを効率的に行うことができます。

動作範囲の境界値を柔軟に設定したり、測定ポイントを限定的な範囲に圧縮したりできます。

ASCMO-STATIC ExpeDes を使用して実験計画を作成する方法は、7「チュートリアル：ASCMO-STATIC ExpeDes の操作」（ページ160）に説明されています。

図 4-5 は4個のパラメータ  $x_1, \dots, x_4$  の測定ポイントを示し、ここでは動作ポイントに依存する実験空間境界（赤と緑の面）が設定されています。

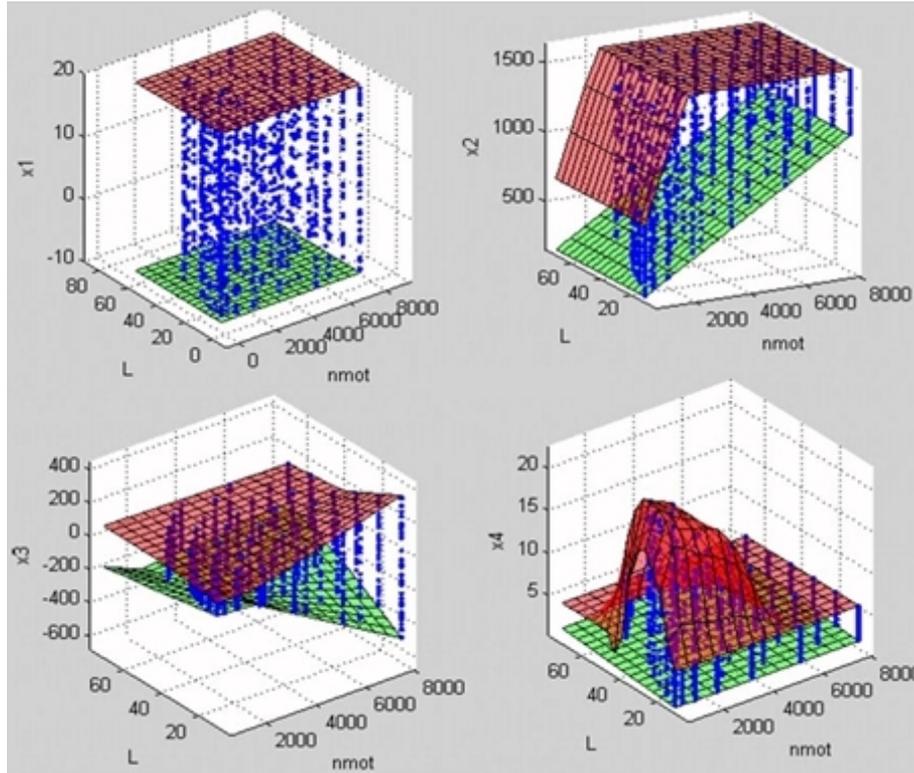


図 4-5: 測定ポイントと実験空間境界

#### 4.2.5 実験手順用の重要な境界条件

実験手順は、結果が再現可能である必要があります。特に、ドリフトのある測定変数を除外するか、少なくともそれを識別して適切に対応する必要があります。

##### 実験の再現性とドリフト

実験の再現性を明らかにして「時間的ドリフト」を見積もるには、複数の反復ポイントの測定を行う必要があります。これは実験の冒頭、中頃、終盤において行うことが推奨されます。

また時間的ドリフトとパラメータによる影響とが区別されるように、パラメータ測定は、名前の昇順や降順ではなくランダムな順序で行ってください。

##### テストベンチオートメーションの要件

テストベンチオートメーションの環境においては、運転不可能な条件により緊急停止して測定が中断されることがないようにしなければなりません。

そのためには、重要な変数（温度、ピーク圧力、ばい煙、失火など）の監視が必要です。値が限界値を超えた場合は、安全な中間ポイントに戻って所定の安定化時間を守る、といった対応も要求されます。

#### 4.2.6 DoE手法の利点

- － 測定工数を大幅に低減できます。
- － 平均化／平滑化により信号のノイズを除去できます。
- － 解析や最適化の工程を測定作業から分離できるため、試験設備（エンジンベンチ、シャシダイナモ、車両など）の使用率が向上します。

- ー 最適化目標が変わっても、新たな測定は必要ありません
- ー モデルは、不正確な可能性もある「システム挙動についての推定」ではなく、実際の測定に基づいて作られます。
- ー モデルから、パラメータ間の相互関係などのシステム挙動の説明、解析、文書化などを行うことができます。

#### 4.2.7 DoE手法の制限事項

- ー 微分可能な信号波形や連続微分可能な信号波形は、非常に的確にモデリングできます。関数の導関数が微分可能な場合、その関数は「連続微分可能」と言います。
- ー 微分不可能な信号波形は、的確には記述できません。
- ー S/Nの値が小さすぎると、モデルは意味を持たなくなります。

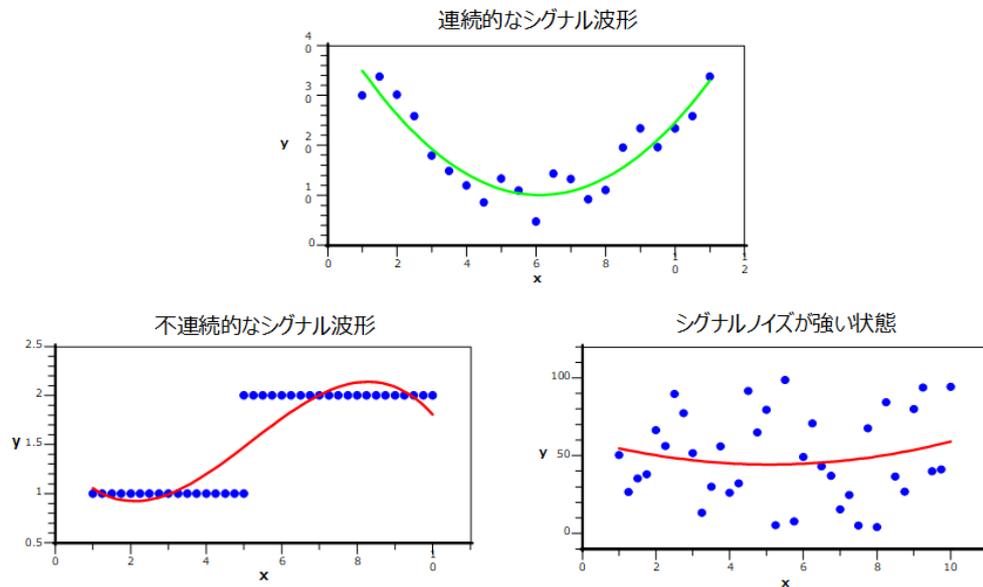


図 4-6: DoE手法に適した信号波形と適さない信号波形

### 4.3 ASCMO-STATICで行うモデルトレーニング

本項では、ASCMO-STATICで行うモデルトレーニングについて説明します。

- ー 4.3.1 「データ測定要件」(下記)
- ー 4.3.2 「外乱要因、ドリフト、実験の再現性」(ページ30)
- ー 4.3.3 「グローバルモデルとローカルモデル」(ページ30)
- ー 4.3.4 「モデリングのプロセス」(ページ30)
- ー 4.3.5 「ASCMO-STATICのモデルタイプ」(ページ31)

#### 4.3.1 データ測定要件

基本的に、ASCMO-STATICでのモデルトレーニングを成功させるには、1つの単純な原則を念頭に置いておく必要があります。それは「モデルの正確性はトレーニングデータに依存する」ということです。言い換えれば、不正確なデータや不完全に変更されたデータを使用してモデルをトレーニングすると、モデルの有用性は低くなってしまふ、ということになります。

DoEに基づいて得られたトレーニングデータを使用し、パラメータ範囲内の測定値の有意な変動に特に注目することによって、最適な結果が得られます（4.2「実験計画法（DOE : Design of Experiment）」（ページ22）を参照）。

測定中に想定される誤差原因については、4.3.2「外乱要因、ドリフト、実験の再現性」（次ページ）を参照してください。

### 注記

トレーニングに使用されるデータは、物理実験で得られたものである必要はなく、コンピュータシミュレーションの結果を使用することもできます。

### データの妥当性評価

測定後は、モデルトレーニングを行う前にトレーニングデータの妥当性評価を行うことをお勧めします。

その際には特に以下の点に注意してください。

- － すべてのパラメータが実験計画に従って変化し、計測対象のシステムが目的に合った動作モードを示しているか
- － 出力変数の値は物理的に意味のある範囲内になっているか
- － 0より大きくなければならないデータ（エミッション、燃料消費量など）に対しては、必要に応じてオフセットを加えたり差し引いたりしてください。
- － 反復ポイントは測定されているか？ またその結果はどのようになったか？

### 測定ファイル

測定データをASCMO-STATICにインポートするには、以下のようなファイルが必要です。

- － ファイルフォーマット：Microsoft Excel
- － 入力変数と出力変数が各列に1つずつ割り当てられていること
- － 変数名（単位を含めることも可能）が第1行（または第1行と第2行）に入力されていること

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	speed [rpm]	load [bar]	injection [deg CA]	ignition [deg CA]	fuel_pressure [bar]	EGR [%]	ex_cam [deg CA]	in_cam [deg CA]	SCV [°]	Fuel_mass [kg/h]	CoV [%]	Soot [F/SN]	NOx
2	800	0.8	19.4709	0.2545	18.1098	13.238	20.8012	-22.6259	1	0.552916244	5.3774513	0.08650385	
3	800	0.8	22.7538	-2.2528	10.6643	41.578	37.286	-17.0274	1	0.572418779	10.424491	0.30311664	
4	800	0.8	23.5745	1.2991	14.1211	21.564	8.4375	-40.8212	0	0.563930598	4.1069745	0.066854	
5	800	0.8	16.7011	-4.1593	15.5504	21.088	23.0335	-10.5541	1	0.558864104	12.387057	0.11768217	
6	800	0.8	34.1411	1.0119	11.4952	22.045	26.8113	-45.195	1	0.59859547	3.8791776	0.22398064	
7	800	1.7778	35.2775	-1.9005	19.015	9.7125	5.9502	-44.959	0	1.081065738	4.7891371	0.14899586	
8	800	1.7778	24.2238	-4.2493	13.7017	31.525	4.4346	-46.4936	1	0.908954181	7.8313797	0.21828725	
9	800	1.7778	16.7816	-0.7402	17.1201	43.868	37.443	-47.1756	0	0.812965207	4.4316852	0.05167109	
10	800	1.7778	26.1937	-2.9475	14.8164	18.797	39.1271	-32.5121	0	0.881746329	3.9007246	0.23805574	
11	800	1.7778	32.7603	-3.0607	11.9925	43.401	34.4116	-12.7334	0	0.833629265	5.0705967	0.31436919	
12	800	2.7556	13.4006	0.481	19.575	5.982	4.794	-18.3948	0	1.162479088	2.9544179	0.33931497	
13	800	2.7556	37.4154	-3.3695	16.5405	32.021	-0.4523	-7.2413	1	1.384573183	3.6616844	0.95000821	
14	800	2.7556	13.7251	-1.9774	12.2107	26.297	24.2054	-15.8599	1	1.179949204	3.5084389	0.47111527	
15	800	2.7556	33.6292	-3.6361	16.0594	14.793	31.2005	-30.7313	1	1.370680085	3.5836299	0.26899806	
16	800	3.7334	22.8779	-2.2658	16.6584	16.663	26.4276	-43.2946	0	1.612318456	1.3709393	0.14064169	
17	800	3.7334	35.7118	-0.1866	17.0771	4.5399	27.1693	-33.1719	0	2.104364043	2.0054577	0.33186433	
18	800	3.7334	15.633	-1.2262	10.8672	10.278	3.8035	-38.2332	1	1.515028485	3.3482255	0.79382561	
19	800	3.7334	21.9464	-5.4152	12.0882	30.652	25.5003	-34.6903	1	1.587987496	3.2568439	0.30689288	
20	800	3.7334	13.4595	-4.6203	16.9026	20.561	28.8383	-13.4327	1	1.615996618	4.1368152	0.54974639	
21	800	4.7112	16.7607	-1.0074	16.1878	9.4955	8.1898	-20.9447	1	2.204968769	1.190633	1.99608165	
22	800	4.7112	14.9598	-1.8497	17.0387	16.41	11.8535	-24.0508	0	2.285596686	2.4427312	1.71719167	
23	800	4.7112	21.4431	-0.0156	13.3917	14.257	4.5261	-15.3538	1	2.582587511	4.148339	2.29378406	
24	800	4.7112	17.2109	-1.3985	12.9966	14.692	34.019	-28.244	0	2.102591204	2.7290551	0.80713841	
25	1155.5556	5.6063	20.166	-2.3799	18.2145	14.73	5.9772	-38.4912	0	3.652603984	1.3533885	2.18951403	
26	1155.5556	5.6063	28.6861	-2.2914	18.5861	10.996	1.8934	-45.2336	1	4.014029913	3.1715251	1.05900758	
27	1155.5556	5.6063	33.2302	-0.6393	18.7843	8.2267	26.0411	-30.3143	0	4.712343569	1.6206187	2.08832276	
28	1155.5556	4.4762	25.9135	0.0234	17.4984	15.392	6.5119	-43.49	1	2.654935141	3.3937425	0.77749085	
29	1155.5556	4.4762	28.2245	1.2295	13.1383	22.967	19.7176	-20.8562	0	3.242141139	3.9718158	2.27082076	
30	1155.5556	4.4762	12.8179	0.2646	14.1642	19.34	13.8484	-47.4842	1	2.376326545	3.5720996	1.6328346	
31	1155.5556	4.4762	23.6988	-0.8511	11.8238	12.675	43.3779	-24.6839	0	2.712104168	3.3533623	1.37782248	
32	1155.5556	4.4762	18.4991	-1.6351	14.068	14.577	0.4592	-9.7057	1	2.854632856	5.4872199	1.73847319	

図 4-7: 測定データの例

空白行はASCMO-STATICで処理できるので、削除しておく必要はありません。また一部の値が空白になっても問題ありません。

### 4.3.2 外乱要因、ドリフト、実験の再現性

モデルの品質は測定データの品質に大きく左右されます。エンジンなどの測定に悪影響を与える可能性のあるファクタとしては、時間的ドリフトだけでなく、エンジン、オイル、給気の温度などの外乱要因も考えられます。

そのため、測定を行うたびに、特に所定の動作ポイントにおいて測定の時間範囲全体（測定の冒頭、中間、終盤）がカバーされるよう、反復ポイントの測定を行ってください。

これらの測定ポイントは実験の再現性（RMSE）の判定に使用されるため、高度な計測技術なしにモデルの精度を高めることはできません。

また一方では、このような測定を行うことにより、外乱要因に基づくドリフトを測定時刻または測定ポイント番号により識別することが可能です。この場合、外乱要因をモデルの入力とすることにより、ドリフトによる影響を補正できます。この外乱要因の補正を行うには、外乱要因と他のモデルパラメータとの間に相関関係がまったくないこと（つまりパラメータを「ソート」せずに測定すること）が重要です。

### 4.3.3 グローバルモデルとローカルモデル

ASCMO-STATICでは、モデルトレーニングとパラメータの最適化を「グローバルモデル」と「ローカルモデル」の両方について行うことができます。

「グローバルモデル」の場合は動作ポイントのグリッド（格子）があり、最初にシステム内で重要なすべての入力変数と出力変数が測定されます。

典型的な例としては、エミッション、燃料消費量、運転快適性などに関して最適なマップを生成することを目的とする内燃機関の測定が挙げられます。

システムに動作ポイントがない場合（O2センサなど）や、当面はシステムの動作ポイントが重要でない場合は、「ローカルモデル」で十分です。

ローカルモデルを使用できるケースとしては、システム開発／アドバンスエンジニアリングの分野においては数点のみの動作ポイント（アイドリング、中負荷、全負荷）で新しい噴射システムを評価するような場合、また適合終了後にアイドリングの最適化のみを行うような場合が考えられます。

### 4.3.4 モデリングのプロセス

古典的なプロセス（第1世代のDoEやニューラルネットワーク）では、システム挙動のモデリングは、多項式やニューラルネットワークのようなファンクションクラスだけで行われます。しかしこの方法では柔軟性に限界があり、過剰適合（オーバーフィッティング）の危険性も伴います（[図 4-8](#)を参照してください）。

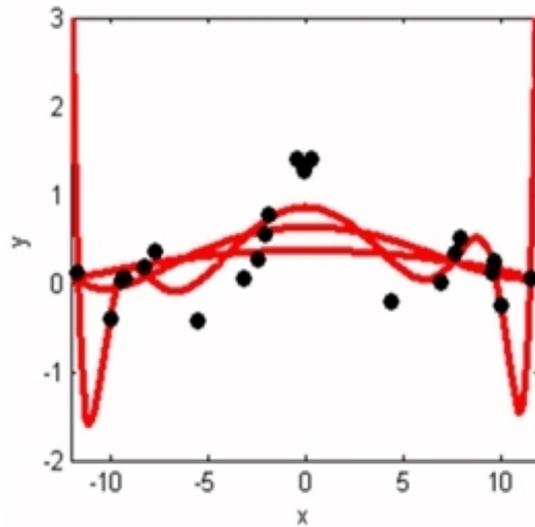


図 4-8: 多項式を使用したフィッティング

モデリングに関与していないデータを用いてモデル評価を行えば（Leave-One-Out 誤差：4.4.2「モデル品質判定の手法とデータ」（ページ43）を参照）、このような過剰適合は、モデル評価用変数（4.4.3「変数RMSEおよびR2」（ページ43）を参照）の値の著しい悪化によって顕著になります。

一方、ASCMO-STATICはガウスプロセスを利用し、理論上可能なすべてのファンクションを考慮してモデルトレーニングを行います。

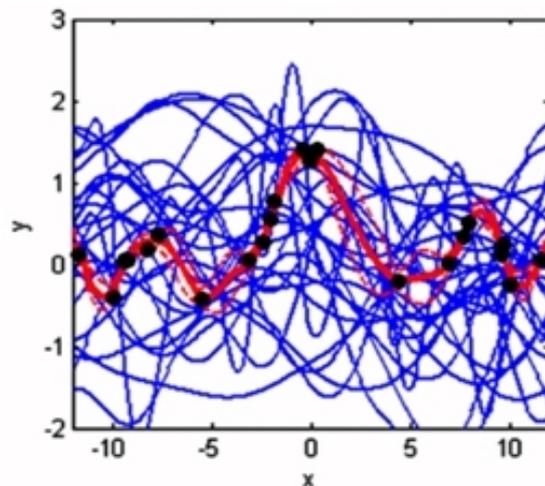


図 4-9: ASCMO-STATICによるフィッティング

このモデルトレーニングでは、誤差とデータの比較によりモデルが評価されます。この際、ファンクションの複雑度が低くなるように特別の注意が払われます。

### 4.3.5 ASCMO-STATICのモデルタイプ

ASCMO-STATICでは、生成されるモデルのタイプを選択することができます。本項では、各タイプのモデルについて設定できるパラメータについて説明します。

ASCMO-STATICのモデルには以下のタイプがあります。

- No Model (モデルを使用しない)
- ASC GP Model (ASC GPモデル)
- MLP Model (MLP モデル)

高度な設定 (Advanced Settings オプションがオンの状態) においては、さらに以下のタイプも使用できます。

- Polynom Model (多項式モデル)
- ASC Compressed Model (圧縮モデル)
- Classification Model (クラス化モデル)
- ASC GP-SCS Model (ASC GP-SCS モデル)

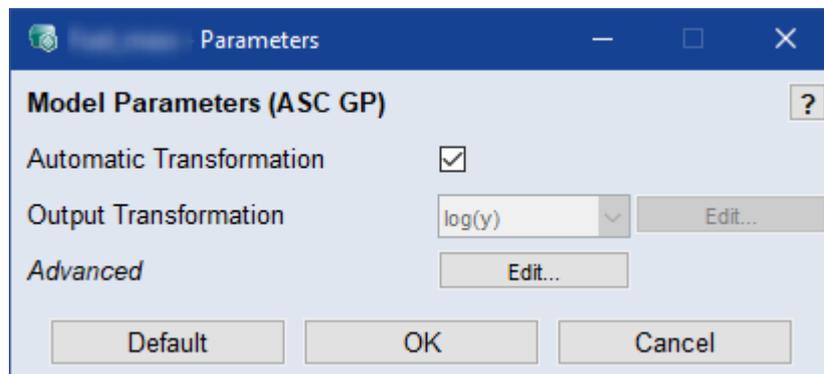
### No Model (モデルを使用しない)

データポイントとして測定データのみが表示されます。設定できるパラメータはありません。

### ASC GP Model (ASC GPモデル)

ここではASCMO Gaussian Process (ASC GP) が標準のタイプです。これが最も推奨されるタイプです。適したモデルサイズは、トレーニングデータポイントが4000以下、入力が15点以下です。トレーニング期間とメモリ消費量は、特にデータポイントの数に応じて増加します。データポイントの量がさらに多い場合は、他のモデルタイプの方が適している場合があります。

以下のパラメータ設定が行えます。



#### "Automatic Transformation" チェックボックス

モデルのトレーニング時に、自動的に最適なBox-Cox変換が決定されるようにしたい場合は、オンにします。

#### "Output Transformation" ドロップダウン

"Automatic Transformation" がオンでない場合は、モデルのトレーニング時に使用する出力のBox-Cox変換を選択します。

#### "Advanced" 編集ボタン

詳細はオンラインヘルプ (<F1>) を参照してください。

### MLP Model (MLP モデル)

Bosch ECU用フラットバッファフォーマットにエクスポートすることができるMLP (Multilayer Perceptron : 多層パーセプトロン) モデルです。

以下のパラメータ設定が行えます。

**Model Parameters (Multilayer Perceptron)**

Automatic Transformation

Output Transformation

Iterations

Multistart

Validations Ratio [%]   Use Test Data as Validation Data

Continue Training

**Layers** ⓘ

	Layer Name	Number of Neurons	Activation Function
1	Hiddenlayer_1	20	PrecTanh
2	Hiddenlayer_2	20	PrecTanh
3	OutputLayer	1	Linear

- **Automatic Transformation** チェックボックス

このオプションがオンになっていると、モデリング時において最適なBox-Cox変換が自動的に決定されます。
- **Transformation** ドロップダウン

自動変換が適していない場合は、出力のBox-Cox変換をここで手動設定することができます。
- **Iterations** 入力フィールド

10回の反復においてモデルパラメータが向上しなかったモデルトレーニングにおいて行う反復の回数を指定します。標準は200です。
- **Multistart** 入力フィールド

異なる開始値でオプティマイザを実行する回数を指定します。回数が多いほど所要時間が長くなりますが、最適なモデルが見つかる可能性が高くなります。
- **Validations Ratio [%]** 入力フィールド

検証サンプルの比率を定義します。値は、トレーニングデータからランダムに選択される検証サンプルの相対数です。
- **Use Test as Validation Data** チェックボックス

テストデータを検証データとして使用したい場合は、チェックボックスをオンにします。
- **Continue Training** チェックボックス

新しいトレーニングを開始する代わりに既存のトレーニングを続行するには、このオプションをオンにします。例：複雑な活性化関数（Activation Function）を使ってモデルトレーニングを行い、その後、ECUに合ったより効率的な活性化関数に交換して、トレーニングを続行します。

### – Layers 領域

常に1つ以上の隠れ層と1つの出力層が存在します。

Activation Functions : プルダウンメニューから活性化関数を選択します。

> Linear:  $y = x$

> RELU:  $y = \max(0, x)$

> LeakyRelu:  $y = \max(0.01 * x, x)$

> Sigmoid:  $y = 1 / (1 + \exp(-x))$

> PrecTanh:  $y = 2 / (1 + \exp(-2 * x)) - 1$

> Elliotsig:  $y = x / (1 + \text{abs}(x))$

### – Insert

隠れ層 (HiddenLayer\_n) を追加します。一般的には1~3個を使用します。

### – Delete

選択されている層を削除します

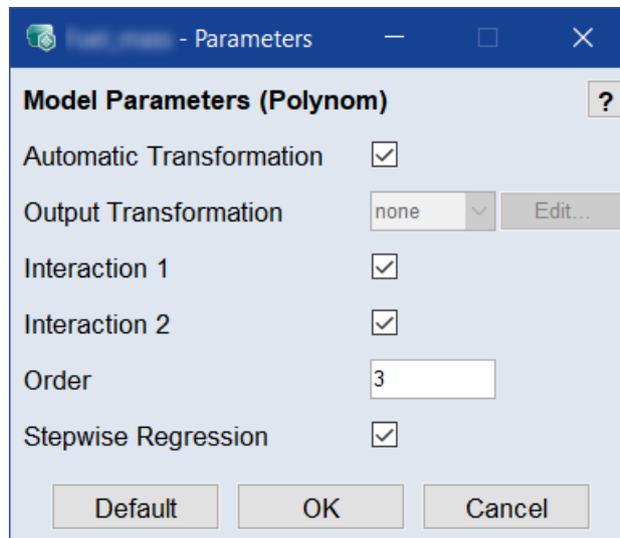
## Polynom Model (多項式モデル)



### 注記

モデルタイプ "Polynom" は、Advanced Settings オプション (**File > Options**) がオンになっている場合にのみ使用できます (参照: [Enabling the Advanced Settings](#)) 。

ここでは多項式モデルを作成することができます。以下のパラメータ設定が行えます。



### – Automatic Transformation

このオプションがオンになっていると、モデリング時において最適なBox-Cox変換が自動的に決定されます。

### – Output Transformation

自動変換が適していない場合は、出力のBox-Cox変換をここで手動設定することができます。"Automatic Transformation" オプションがオンになっていると、ここには使用される変換が表示されます。

### – Interaction 1/2

- 以下のような一次相関

$$x_i * x_j \quad (i \neq j)$$

- 以下のような二次相関

$$x_i * x_j * x_k \quad (i, j, k \text{ はすべて、または一部が異なる})$$

#### – Order

多項式の最大次数

#### – Stepwise Regression

このオプションがオンになっていると、回帰モデルが段階的に構築されます。ここでは5%未満のp値（有意レベル）を持つ各項が順に含まれます。新しい項が含まれることにより、すでに含まれている項の有意レベルが変わる可能性があります。p値が10%より高い項は、除去されます。このメソッドは**変数増減法**（Forward Selection Method）とも呼ばれます。

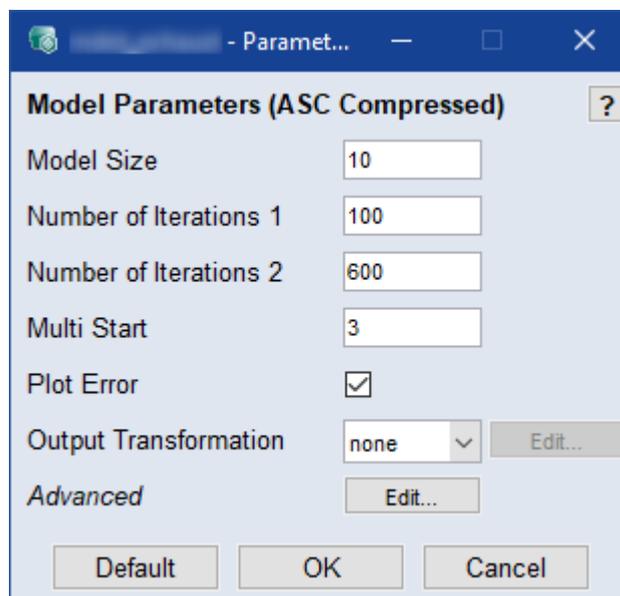
### ASC Compressed Model（圧縮モデル）



#### 注記

モデルタイプ "Compressed Model" は、Advanced Settings オプション（**File > Options**）がオンになっている場合にのみ使用できます（参照：[Enabling the Advanced Settings](#)）。

このモデルタイプでは、モデル内の基底関数の数を制限することができます（参照：[Model Compression](#)）。以下のパラメータ設定が行えます。



#### – Model Size

圧縮モデル用の基底関数の数

#### – Number of Iterations 1/2

モデルトレーニングにおいて行う反復の回数を指定します。回数が多いと結果は向上しますが、トレーニングの所要時間が長くなります。

- **Multi Start**

異なる開始値で圧縮を繰り返す回数を指定します。回数が多いとモデル品質が向上します。これにより、モデルトレーニングの所要時間は長くなります。

- **Plot Error**

モデルトレーニング中に発生した誤差の情報を表示します。

- **Output Transformation**

出力のBox-Cox変換は、ここで手動設定することができます。変換を利用することによりモデル予測を改善できます。トレーニングデータの値が負またはゼロの場合、このフィールドは無効になります。

- **Advanced**

"Advanced" に関する詳細は、オンラインヘルプ (F1) を参照してください。

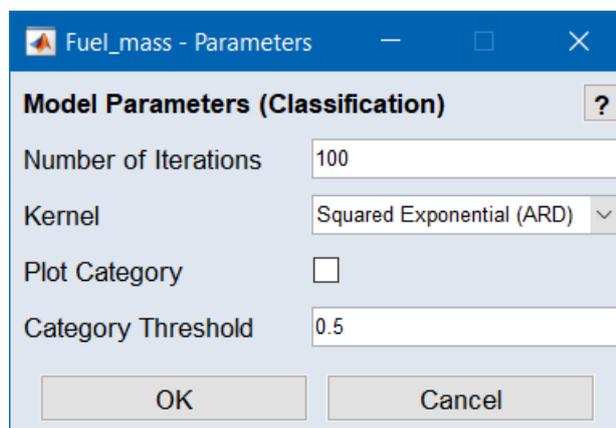
## Classification Model (クラス化モデル)

### 注記

モデルタイプ "Classification" は、Advanced Settings オプション (**File > Options**) がオンになっている場合にのみ使用できます (参照: [Enabling the Advanced Settings](#)) 。

このモデルタイプでは、既存の測定データ (入力値) を2つのクラス (クラス0とクラス1) に分類することができます。クラス化モデルに示されるカーブは、現在の入力値がクラス1に分類される確率と同じものになります。たとえば、エンジンノックのデータを特定の構成に含める (クラス1に分類する) か、それとも含めない (クラス2に分類する) かを指定することができます。

以下のパラメータ設定が行えます。



- **Number of Iterations**

モデルトレーニングにおいて行う反復の回数を指定します。回数が多いと結果は向上しますが、トレーニングの所要時間が長くなります。

- **Kernel**

モデルトレーニングに使用するカーネル関数を選択します。

- Squared Exponential (ARD) : よりソフトなカーブ特性値を使用します。
- Matern (ARD) : よりハードなカーブ特性値を使用します。過剰適合（オーバーフィッティング）を招く可能性があります。

#### – Plot Category

このオプションがオフの場合は、入力がクラス1に割り当てられる確率がプロットされます。オンの場合は、しきい値以上の確率値がクラス1に割り当てられ、クラスのメンバ数がプロットされます。

#### – Category Threshold

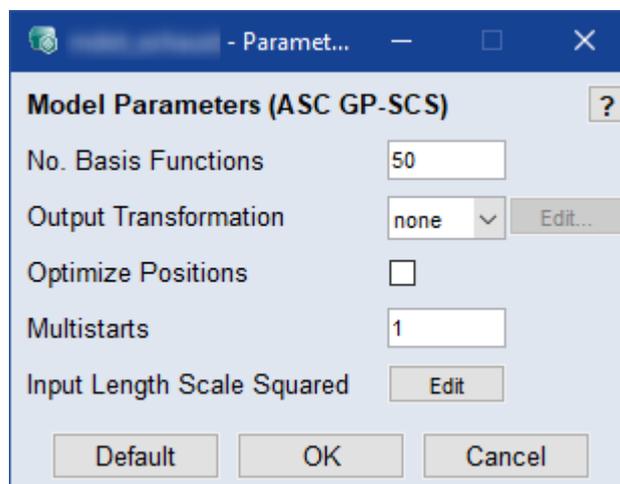
モデル評価において、ここで指定した「しきい値」以上の測定値をクラス1に割り当てます。このしきい値を有効にするには、Plot Category オプションをオンにする必要があります。

### ASC GP-SCS Model (ASC GP-SCS モデル)

#### 注記

モデルタイプ "ASC GP-SCS" は、Advanced Settings オプション (**File > Options**) がオンになっている場合にのみ使用できます ("**Options**" Window (ASCMO-STATIC) on page 1を参照してください)。

ASCMO Gaussian Process Sparse Constant Sigma (ASC GP-SCS) タイプのモデルは、トレーニングデータの数が多く場合に推奨されます。以下のパラメータ設定が行えます。



#### – No. Basis Functions 入力フィールド

早く収束させるには、実際のモデルトレーニングで使用するより小さなサイズ（20など）を指定してください。

#### – Output Transformation ドロップダウン

出力のBox-Cox変換を選択できます。none（デフォルト）、 $\log(y)$ 、Bounded、 $\log(y+c)$  などから選択することができます。出力変数の変換によるモデル改良を参照してください。

#### – Optimize Positions チェックボックス

このチェックボックスがオンの場合、ランダムに選択されたトレーニングデータの位置において基底関数が使用される代わりに、最適化位置において仮想的（疑似的）入力を使用されます。

トレーニングに使用する入力の数、"No. Basis Functions" オプションで指定します。

— **Multistarts** 入力フィールド

異なる開始値で最適化を実行する回数を指定します。回数が多いほど所要時間が長くなりますが、最適なモデルが見つかる可能性が高くなります。

— **Input Length Scale Squared** 編集ボタン

**Edit** をクリックすると、"Input Length Scale Squared" ウィンドウが開きます。ここで各入力のハイパーパラメータを編集することができます。入力のサイズに関するハイパーパラメータの値は、ガウス分布のベルカーブのコア幅です。

	Automatic	Value	Minimum
speed	<input checked="" type="checkbox"/>	4.311698433931024	0
load	<input checked="" type="checkbox"/>	4.162748486099696	0
injection	<input checked="" type="checkbox"/>	28.653122802823148	0
ignition	<input checked="" type="checkbox"/>	1121.5049130985208	0
fuel_pressure	<input checked="" type="checkbox"/>	1401.935990450709	0
EGR	<input checked="" type="checkbox"/>	170.4177243861345	0
ex_cam	<input checked="" type="checkbox"/>	1686.1098121446266	0
in_cam	<input checked="" type="checkbox"/>	117.7810288379637	0
SCV	<input checked="" type="checkbox"/>	552.6684129314954	0

**Automatic** をオンにすると、その入力に対して適切なハイパーパラメータが自動設定されます。オフにすると、任意の値を入力することができます。

## 4.4 モデルの評価と改良

本項では、ASCMO-STATICで作成したモデルの品質を評価する方法や、必要に応じてモデルを改良する方法について説明します。

- 4.4.1 「モデル品質の可視化」 (次ページ)
- 4.4.2 「モデル品質判定の手法とデータ」 (ページ43)
- 「変数RMSEおよびR2」 (ページ43)

### 4.4.1 モデル品質の可視化

ASCMO-STATICで作成したモデルは以下のようにして評価できます。

- － 「測定値とモデル予測を比較表示する」(下記)
- － 「トレーニングデータのサイズによる誤差」(次ページ)
- － 「インターセクションプロットにシグマを表示する」(ページ41)
- － 「モデル統計値の概要」(ページ42)

#### 測定値とモデル予測を比較表示する

**Model** メニューには、各出力のモデル予測と実際に測定されたデータとを比較するための一連のコマンドがあります。

**Model > Error (Leave-One-Out) > Measured vs. Predicted** を選択すると、下図のウィンドウが開きます。

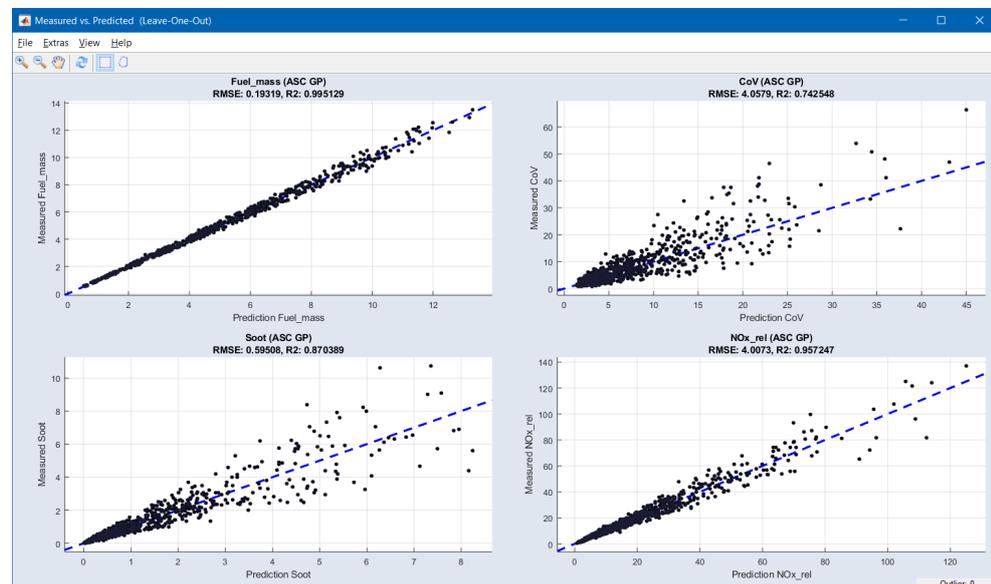


図 4-10: 測定データとモデルデータ

これらのプロットでは、測定値がY座標、モデル予測値がX座標として表示されます。両者が完全に一致すると、青色のライン上 ( $y = x$ ) にプロットされます。

青色のラインからの逸脱が大きいほど、測定値とモデル予測の差が大きくなります。このようにしてモデル品質を視覚的に判断し、外れ値を識別することができます (6.5.2「外れ値の識別と削除によるモデル改良」(ページ86) を参照してください)。

さらに、各出力について2つのパラメータ (RMSEと $R^2$ ) が表示されます (4.4.3「変数RMSEおよび $R^2$ 」(ページ43) を参照してください)。この例では、これらの値はLeave-One-Out手法により算出されています (4.4.2「モデル品質判定の手法とデータ」(ページ43) を参照してください)。

この他、以下の表示機能を利用して測定データとモデル予測を比較することができます。

- － 絶対誤差または相対誤差とモデル予測とを比較する

#### **Model > Error (<method>) > Error vs. Output**

モデル予測に対する誤差が表示されます。図 6-7: 「"Error vs. Predicted": モデル予測に対する絶対誤差」(ページ88) の例を参照してください。

- ー ヒストグラムと正規確率プロット（絶対誤差または相対誤差）を表示する

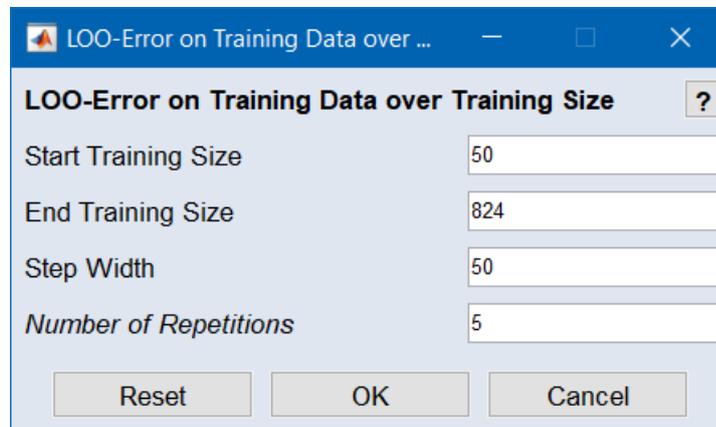
### Model > Error (<method>) > Probability Plot

正規確率プロットは、x 軸上にプロットされたデータが正規分布になっているかどうかを示すものです。誤差の実際の分布状況が、グラフ内の正規分布（ライン）と重ねてヒストグラムで描かれます。図 6-8: 「"Probability Plot" : 正規確率プロット」（ページ 89）の例を参照してください。

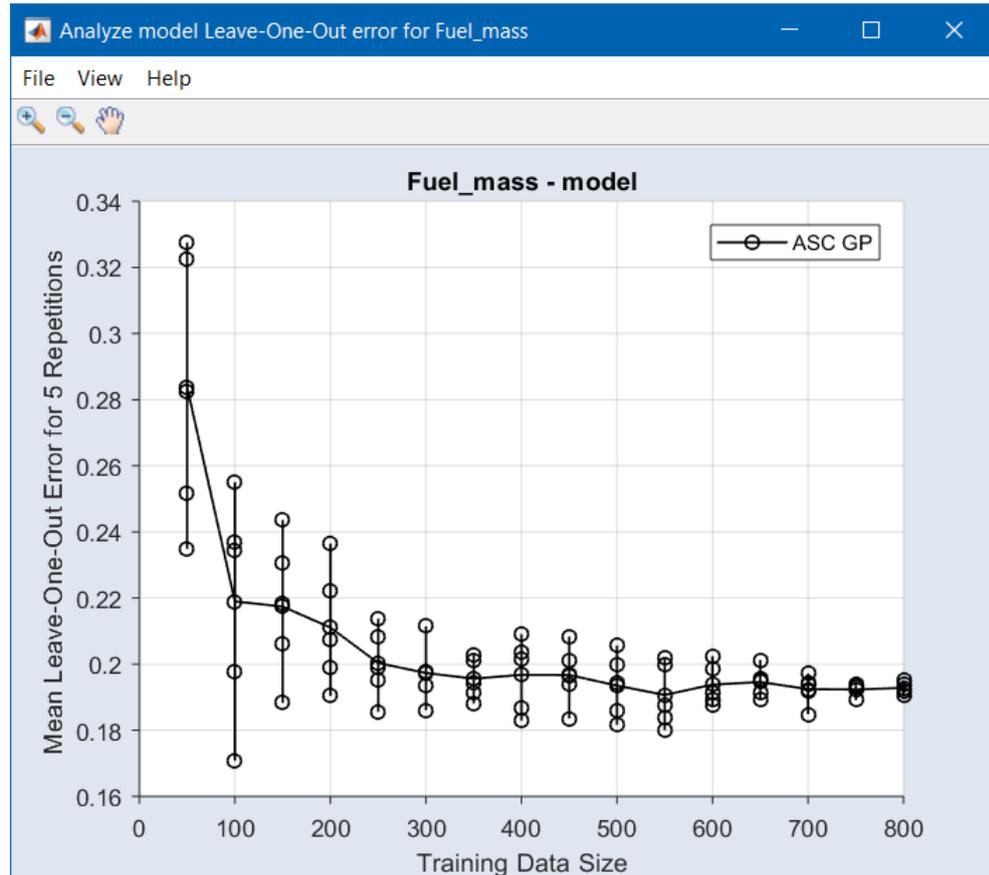
### トレーニングデータのサイズによる誤差

この機能は、使用されるトレーニングデータのサイズがモデル品質にどの程度影響するかを評価するのに役立ちます。

この機能を実行するには、**Model > Error (Leave One Out) > Error over Training Data Size**を選択します。ここでは、調査開始時のデータ量、調査終了時のデータ量、次のデータサイズまでの間隔、および異なるサブセットによる反復の回数を指定します。



すると、"Analyze model Leave-One-Out error for <output>" ウィンドウに、使用されたトレーニングデータサイズに対応するモデルの2乗平均平方根誤差（RMSE）が、出力ごとに表示されます。



トレーニングデータセットの指定数 ("Number of Repetitions" で指定した反復回数) のサブセットが解析用に選択され、それぞれの場合のLeave-One-Out 誤差が算出されます。グラフ上の実線は結果の平均値を表します。

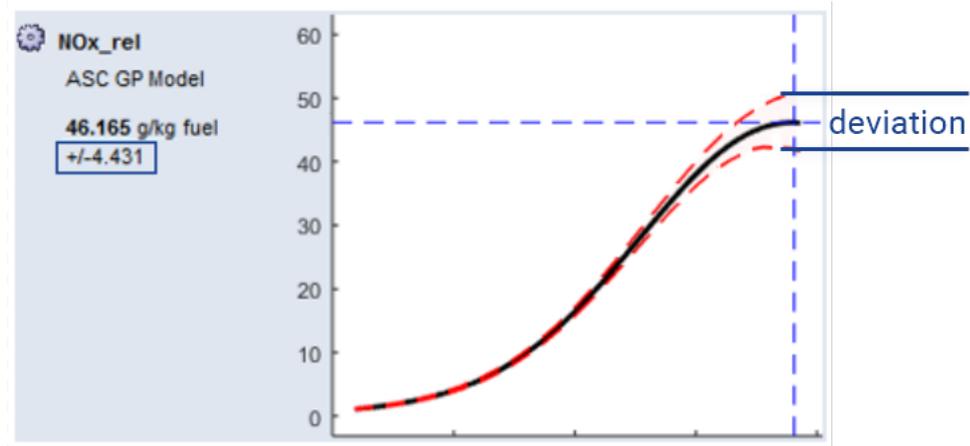
これを用いて、「使用するトレーニングデータを増やすとモデルを改良できる」、または「あるサイズから始めたがあまり改良が見られなかったのでトレーニングデータを減らしてもよい」などといったことを見極めることができます。

### 注記

サブセットの数が多いほど、この計算時間は長くなります。

### インターセクションプロットにシグマを表示する

**View > Show Model Sigma**を選択すると、標準偏差が直交座標系上に表示されます。赤色の破線は標準偏差の大きさを表し、出力値の隣には、現在選択されている入力値に対応する出力値の標準偏差の大きさが表示されます。



### モデル統計値の概要

**Model > Show Statistics** を選択すると、別ウィンドウが開き、モデリング対象の出力に関する変数、カバー率、正規確率プロットがまとめて表示されます。

Model Statistics				
File				
Fuel_mass	Training	Test	LOO	Training/LOO
RMSE	0.16102	NaN	0.19319	0.83351
R <sup>2</sup>	0.99662	NaN	0.99513	1.0015
nRMSE	0.012566	NaN	0.015138	0.83014
CoV	Training	Test	LOO	Training/LOO
RMSE	3.4076	NaN	4.0579	0.83974
R <sup>2</sup>	0.81845	NaN	0.74255	1.1022
nRMSE	0.073603	NaN	0.093176	0.78993
Soot	Training	Test	LOO	Training/LOO
RMSE	0.43413	NaN	0.59508	0.72953
R <sup>2</sup>	0.93102	NaN	0.87039	1.0697
nRMSE	0.051986	NaN	0.072239	0.71964
NOx_rel	Training	Test	LOO	Training/LOO
RMSE	3.065	NaN	4.0073	0.76484
R <sup>2</sup>	0.97499	NaN	0.95725	1.0185
nRMSE	0.024254	NaN	0.032231	0.75251

図 4-11: "Model Statistics" ウィンドウ

#### 4.4.2 モデル品質判定の手法とデータ

モデル品質の判定（RMSE と  $R^2$  の算出：4.4.3「変数RMSEおよび $R^2$ 」（下記）を参照）は、さまざまな手法（データ）を用いて行うことができます。ここではこれらのメソッドについて説明します。

##### Leave-One-Out (LOO) 手法

LOO (*Leave-One-Out method*) 手法においては、それぞれ  $n-1$  個のトレーニングデータを持つ  $n$  個のモデルが形成されます。その後、モデルトレーニングに関与しなかった 1 つのデータポイントのモデル誤差が算出されます。

この手法の大きなメリットは、それ以上測定を行わなくてもモデルを現実的に評価できることです。

##### テストデータ

上記の手法以外に、モデルトレーニングに関与しなかったテストデータセットとつきあわせてモデル予測を検証するという方法でも、モデルを現実的に評価することができます。

この場合のテストデータは、トレーニングデータとしてインポートされたデータの一部のみを使用して得られるため、無作為に選択された残りのデータが自動的にテストデータセットになります。

別の測定データを使用する手法もありますが、この場合はさらに測定作業が必要となります。

##### トレーニングデータ

この手法では、モデルトレーニングに使用したデータと同じものを使用します。

これはモデルを肯定的に評価しすぎてしまうため、ASCMO-STATICで行うようなガウスプロセスに基づくモデルトレーニングには適していません。

#### 4.4.3 変数RMSEおよび $R^2$

モデル品質の定量化には一連の変数が使用されます。ここではこれらの変数について説明します。

##### RMSE (Root Mean Square Error : 2乗平均平方根誤差)

RMSE (*Root Mean Square Error*) は以下のように定義されます。

$$RMSE = \sqrt{\frac{SSR}{n}}$$

##### 式 4-1: 2乗平均平方根誤差 (RMSE)

ここで、 $n$  は測定データの数です。また、SSR は以下の式で表されます。

$$SSR = \sum_{i=1}^n (X_{i,pred} - X_{i,meas})^2$$

##### 式 4-2: 残差二乗和 (SSR)

RMSEは、モデルについて予想される「ばらつき」（標準偏差）を表します。第2の測定値は、68%の確率でモデル予測値から1 RMSE未満（95.5%で2 RMSE未満、99.7%で3 RMSE、など）になります。

### 決定係数 $R^2$

決定係数 $R^2$ は、モデルトレーニング後に残るばらつき（SSR）を全測定データの平均値に関するばらつき（SST）と比較することにより導き出されます。

$$R^2 = 1 - \frac{SSR}{SST}$$

**式 4-3:** 決定係数 $R^2$  - ここでSSTは以下の式で表されます。

$$SST = \sum_{i=1}^n (X_{i,meas} - \bar{X}_{meas})^2$$

**式 4-4:** 二乗の総和（SST）

$R^2$ はファンクションの出力誤差を評価するための相対的な指標です。分散した測定データのどの部分がファンクションにより表されているかを示します。

### RMSEと $R^2$ を使用してモデルを評価する

ここで最も重要な指標は決定係数 $R^2$ で、この大きさに応じて以下のように評価されます。

- $0 < R^2 < 0.5$   
このモデルは信頼できる予測に適していません。
- $0.6 < R^2 < 0.8$   
このモデルは定性的予測に適しています。
- $0.9 < R^2 < 1$   
このモデルは非常に優れていて、定量的予測に適しています。

絶対誤差RMSEは、個別に以下のように評価する必要があります。

- 最良の場合、RMSEは実験再現性と同程度の望ましさになる可能性があります。
- $R^2$ が望ましい値であっても、モデリングされた変数の変動範囲が非常に大きい場合などは、RMSEが小さくなり過ぎてしまう可能性があります。
- $R^2$ の値が低くても、モデルの入力パラメータ全域にわたり、モデリングされた変数の変動範囲が僅かである場合などは、RMSEは十分に望ましい値になっている可能性があります。

## 4.5 ASCMO-STATICの高度な設定

本項では、詳細パラメータの概要と、高度な設定の表示切り替えの方法について説明します。

Advanced Settings というオプションがオンの状態でのみ表示されるメニューコマンドやオプションは、ユーザーインターフェース上に斜体で表示されます。

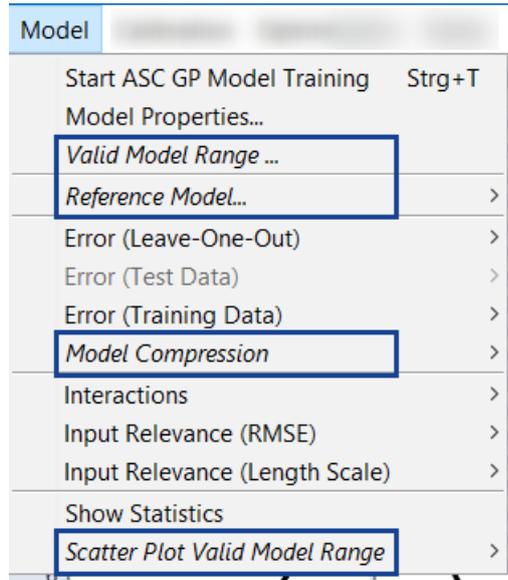


図 4-12: 「高度な設定」として表示されるメニューコマンドの例

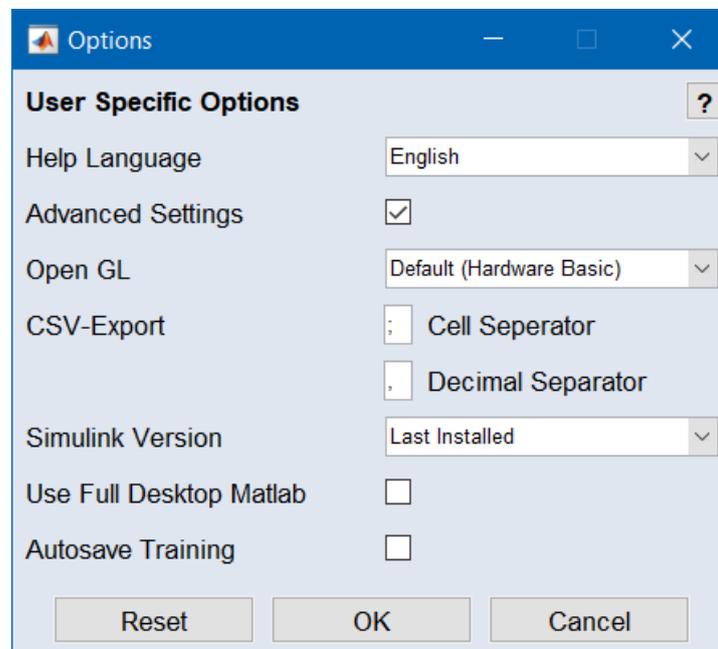


### 注記

高度な設定についての詳しい情報はオンラインヘルプ (<F1>) を参照してください。

#### 4.5.1 高度な設定の有効化／無効化

1. メインウィンドウで **File > Options** を選択します。  
"Options" ウィンドウが開きます。



2. **Advanced Settings** チェックボックスをオンにします。

3. **OK** をクリックします。

⇒ ASCMO-STATICにおいて高度な設定が行えるようになります。"Options" ウィンドウが閉じます。

**i 注記**

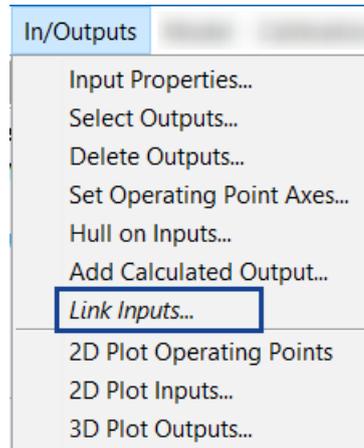
ASCMO-DYNAMICにおいて高度な設定（Advanced Settings オプション）のオン/オフを変更した場合は、次にプロジェクトを開いた後に新しい設定が有効になります。

## 4.5.2 高度な設定の概要

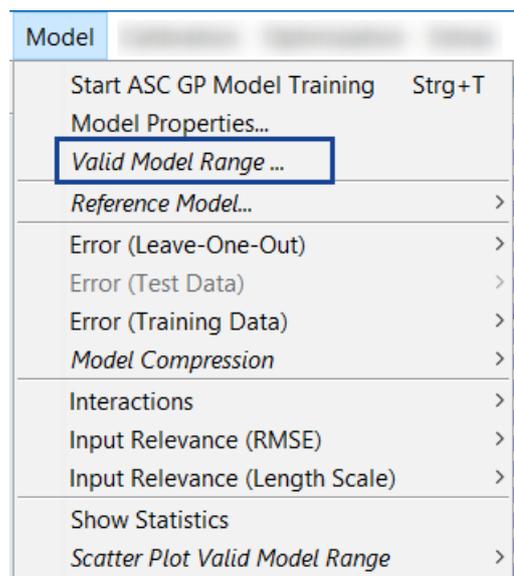
Advanced Settings オプションをオンにすると（**File > Options**）、ASCMO-STATICでは以下の機能が有効になります。

－ メニューコマンド

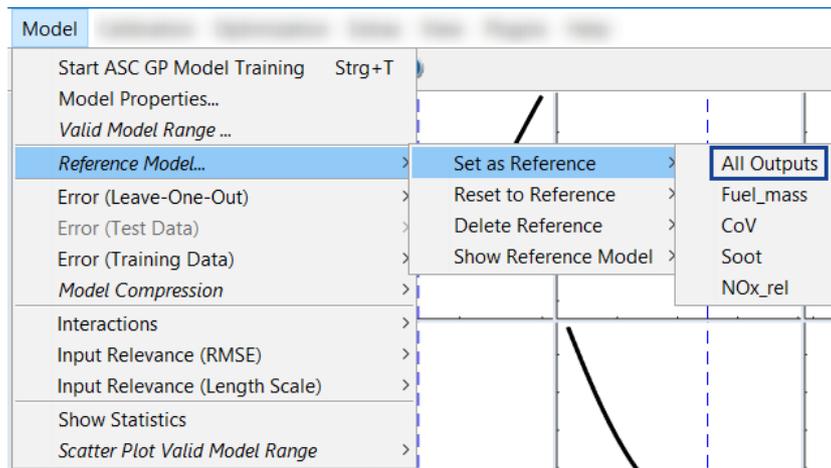
- **In/Outputs > Link Inputs**



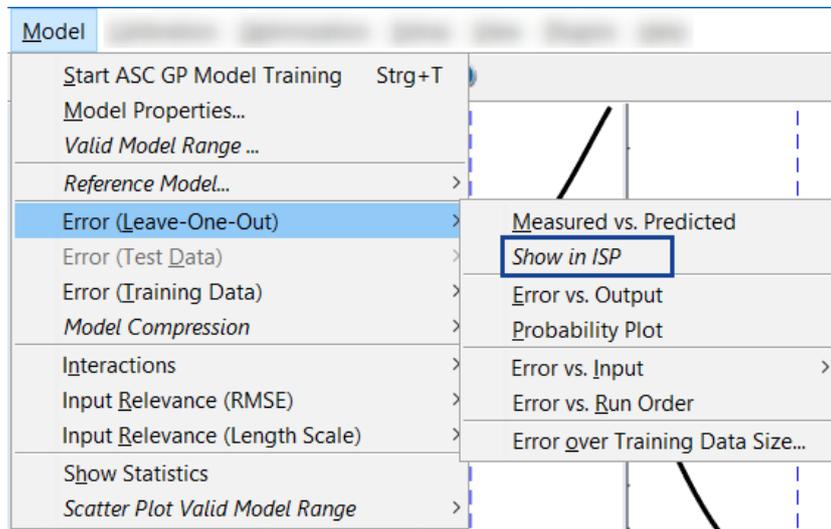
- **Model > Valid Model Range**



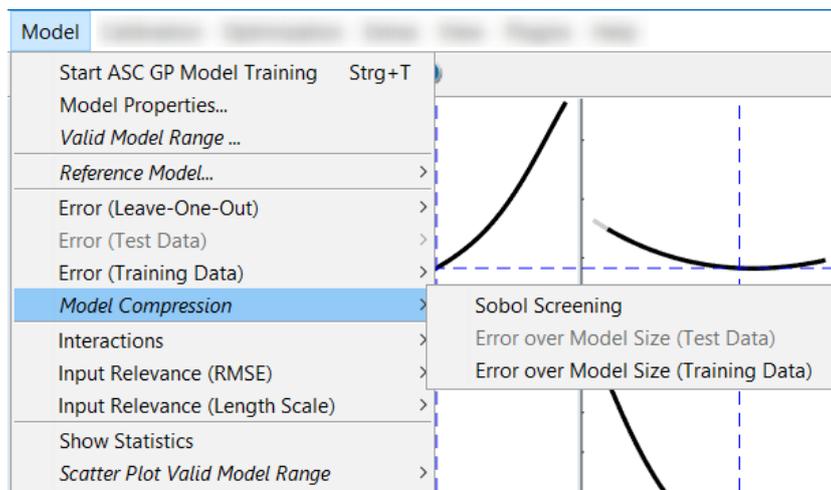
- **Model > Reference Model > \* > \***



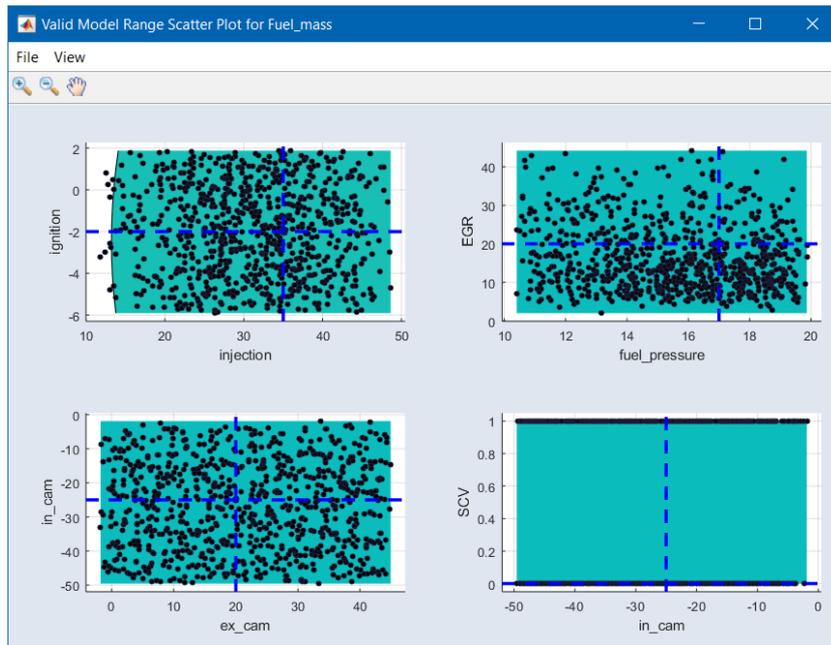
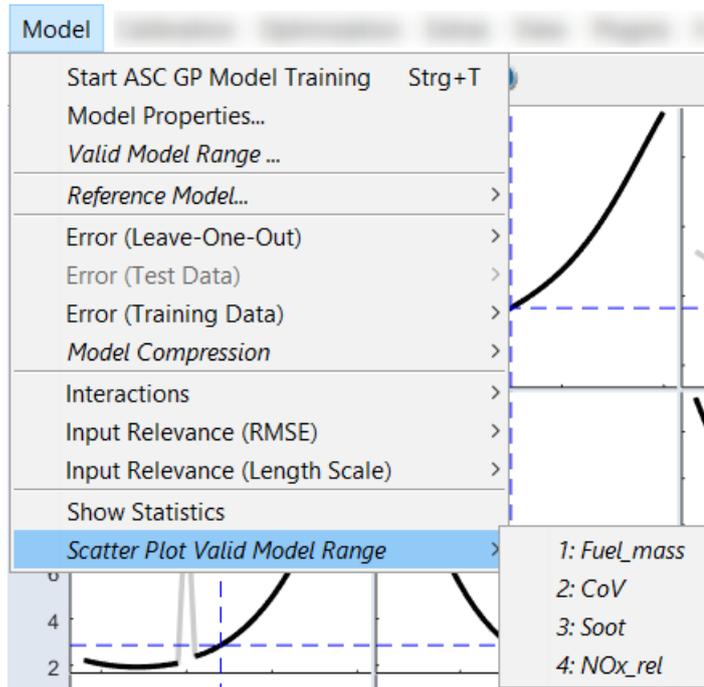
- **Model > Error (Leave One Out) > Show in ISP**



- **Model > Model Compression > \***

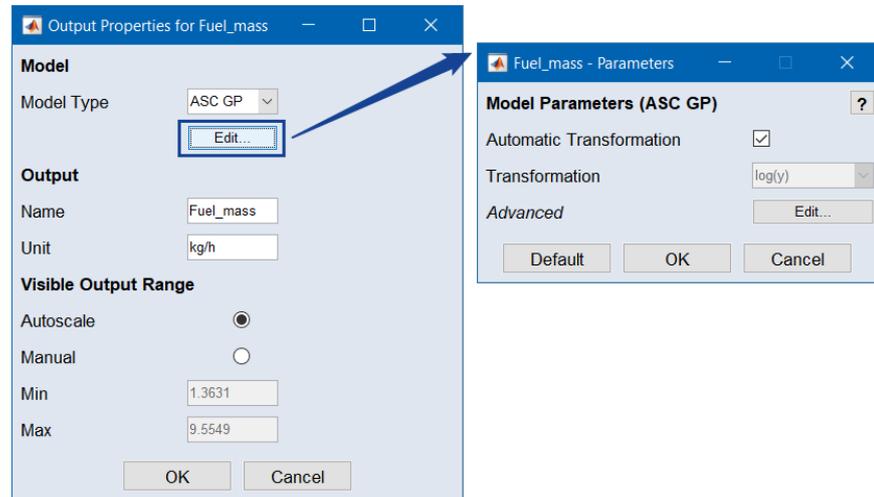


• **Model > Scatter Plot Valid Model Range > \***

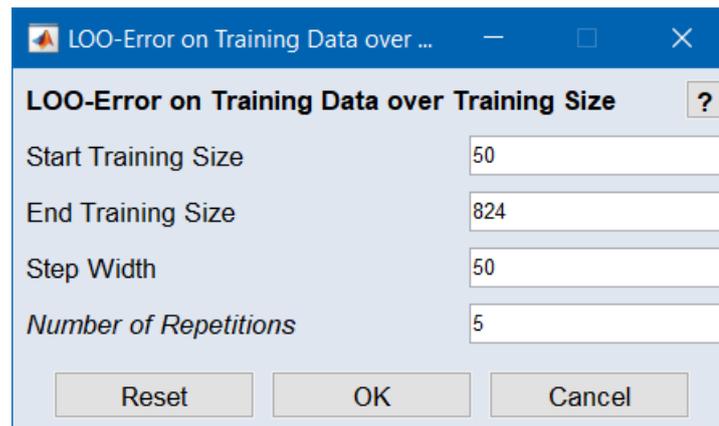


ー ダイアログウィンドウ

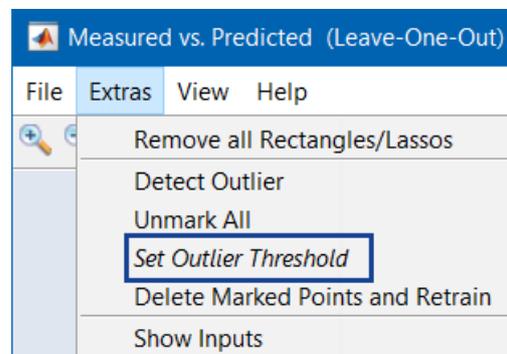
- 出力／モデルの詳細パラメータ（ASC GPモデルとCompressedモデル）

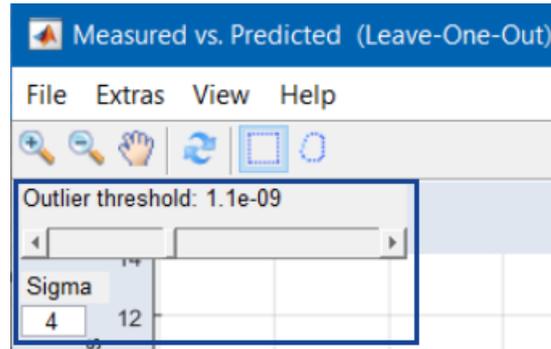


- **Model > Error (Leave One Out) > Error over Training Data**  
**Size:** "LOO-Error on Training Data over Training Size" ウィンドウの  
"Number of Repetitions" フィールド

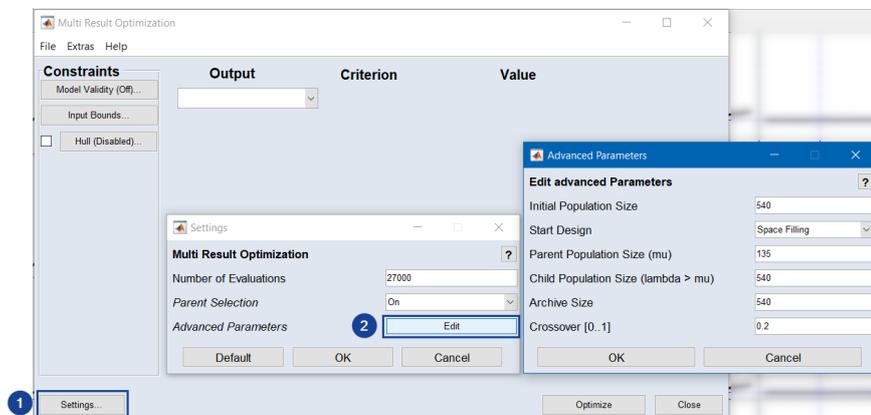
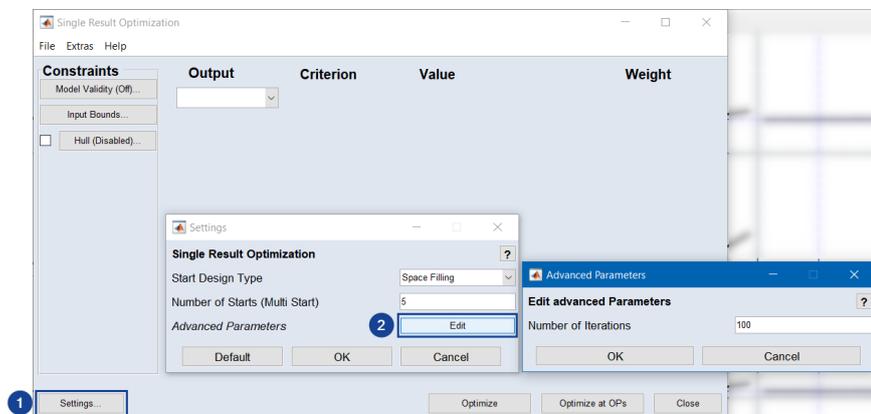


- ー **Model > Error (Leave One Out) > Measured vs. Predicted:**  
"Measured/Error vs. Predicted" ウィンドウのメニューエントリ "Set Outlier  
Threshold"、**Extras > Set Outlier Threshold** を参照してください。

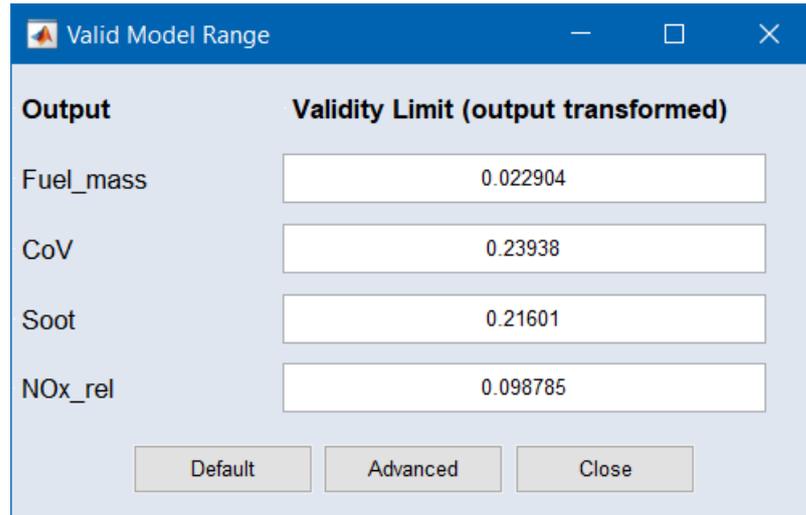




- **Optimization > \* Optimization** : "Single Result Optimization"/"Multi Result Optimization" ウィンドウの詳細設定
  - **Settings > Advanced Parameter: Edit**



- "Valid Model Range" ダイアログボックス  
 モデル出力の有効範囲を決定するためのしきい値（最大標準偏差の絶対値）を指定します。**Model > Valid Model Range** メニューオプションで、指定された範囲が表示されます。



The dialog box titled "Valid Model Range" contains a table with the following data:

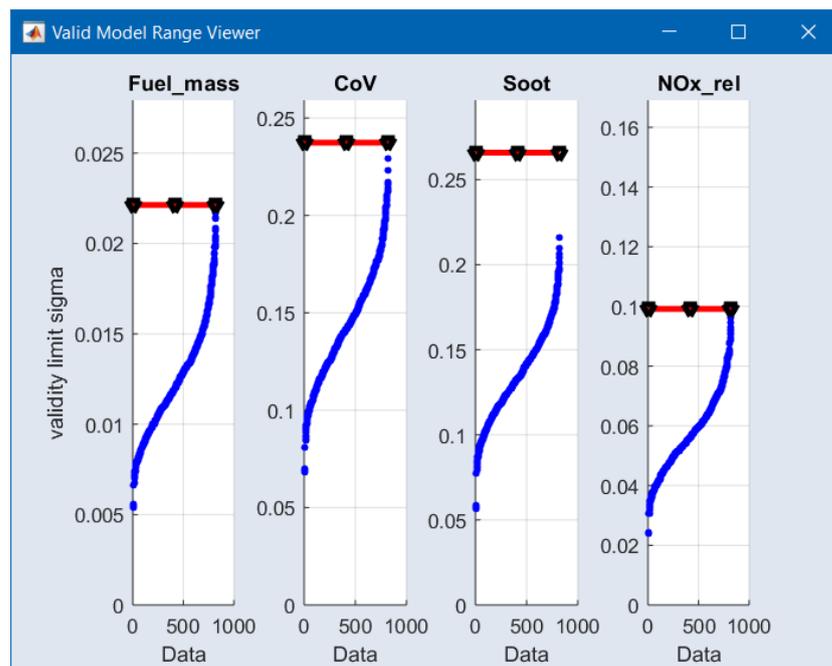
Output	Validity Limit (output transformed)
Fuel_mass	0.022904
CoV	0.23938
Soot	0.21601
NOx_rel	0.098785

Buttons: Default, Advanced, Close

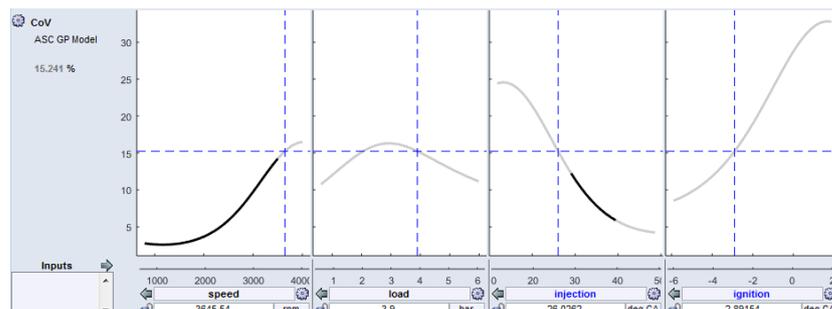
**Default** をクリックすると、ヒューリスティックな値が設定されます。

この値は出力のトレーニングデータの最大標準偏差に相当します。したがって、これより標準偏差の小さいモデル予測は、「有効である」と評価されます。

**Advanced** をクリックするとビューアが開き、データとしきい値が表示されます。黒い逆三角形の付いた赤い線で示されるしきい値は、マウスで移動することができます。



ISPビューでは、入力の無効値と無効範囲も表示されます。



– "Link Inputs" ダイアログボックス

各入力について、特定の条件下でモデル予測に影響を与えないようにすることができます。

- 例：speed == 2000 の場合、load への影響はなくなります。

The screenshot shows the 'Linked Inputs' dialog box with the following configuration:

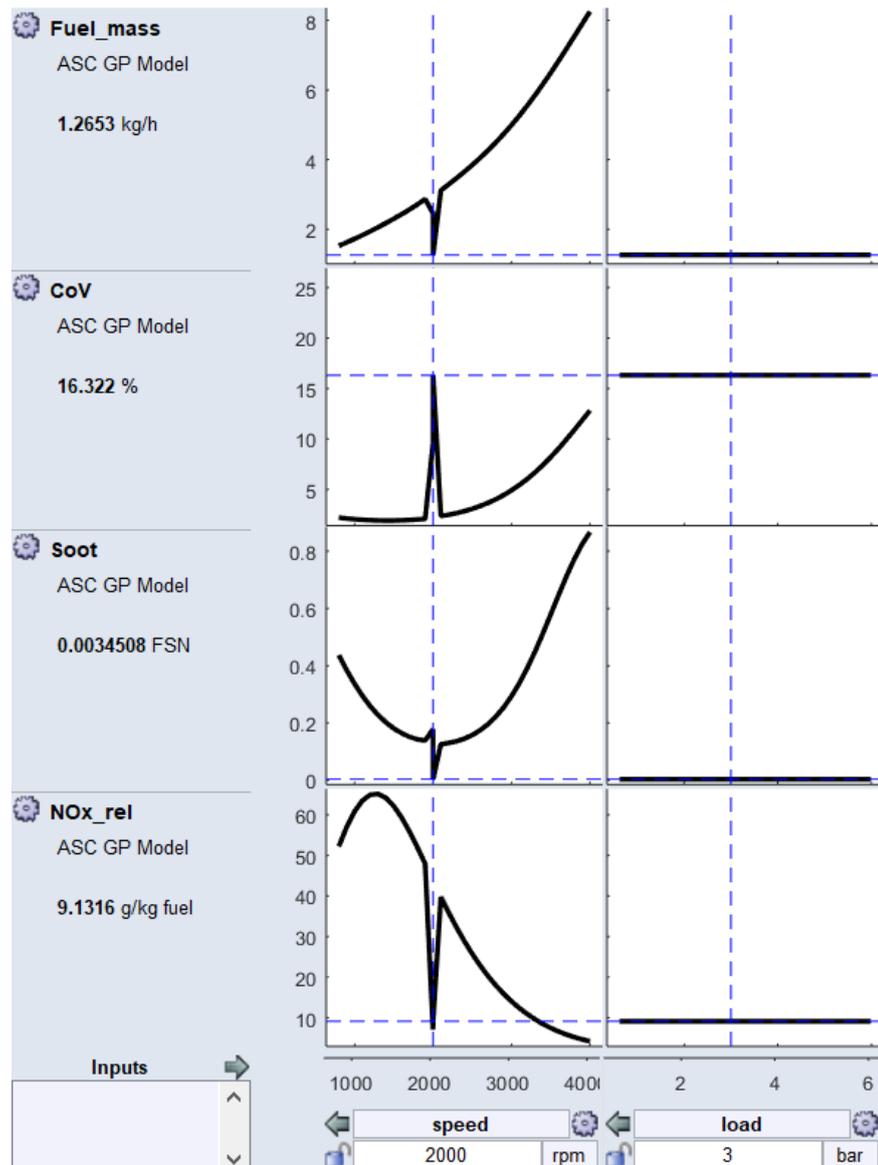
		Trigger Input		Trigger Value
speed	has no impact if	none	==	0
load	has no impact if	speed	==	2000
injection	has no impact if	none	==	0
ignition	has no impact if	none	==	0
fuel_pressure	has no impact if	none	==	0
EGR	has no impact if	none	==	0
ex_cam	has no impact if	none	==	0
in_cam	has no impact if	none	==	0
SCV	has no impact if	none	==	0

Buttons at the bottom: Default, OK, Apply, Cancel.

**i 注記**

ここでは複数の条件を同時に設定することができます。

ISPビューを見ると、loadが影響を受けなくなっていることがわかります。



## 4.6 最適化

本項では、さまざまな「最適化手法」とそれらに適用される「最適化目標」について説明します。

### 4.6.1 最適化手法

#### 単一目的最適化

1 個の変数、または複数個の変数の加重合計を、勾配降下法により最適化する手法です。この最適化の結果、好ましい最適化目標を達成するための一連の設定パラメータ（入力値）が得られます（4.6.2「最適化目標」（次ページ）を参照してください）。

エンジンにおいては、NO<sub>x</sub> 排出制限を守りながら燃料消費量を最低限にするための最適化などに利用されます。

単一目的の最適化を行うには、**Optimization > Single Result** を選択します。

### 複数の動作ポイントで行う最適化

単一目的の最適化を複数回（動作ポイントごとに1回）実行するものです。動作範囲全体をカバーすることによってマップが作成されます。

動作ポイントグリッドを定義すると、これらすべてのポイントにおいて自動的に最適化が実行されます。この結果作成されるマップでは、動作ポイントとは一致しない、別のグリッドノード（格子点）を設定できます。

複数個の動作ポイントで行う最適化を行うには、**Optimization > Single Result** を選択してから **Optimize at OPs** をクリックします。

#### 注記

"Single Result Optimization" ウィンドウの **Optimize at OPs** ボタンは、動作ポイント用の軸が選択されている場合にのみ表示されます（6.3.3「入力と出力の割り当て」（ページ70）を参照してください）。軸を選択するには **In/Outputs > Set Operating Point Axes** コマンドを使用します。

### 多目的最適化

一連のパレート最適解を得ることのできる「真の」多目的最適化です。最適化を行う際に他の目標（他の入力や出力の値など）を使用して解を選択することができます。

多目的最適化を行うには、**Optimization > Multi Result** を選択します。

### グローバル最適化

最適化手順が、すべての動作ポイントにおいて勾配降下法により同時に実行されます。その結果、複数の動作ポイントで逐次最適化を行った場合と同様の適合マップが作成されます。

目標条件に関しては、走行サイクル運転の予測データとその結果として作成されるマップ（2次導関数）の平滑度を考慮に入れることができます。コンポーネントが目標条件に与える影響（「加重」）は、個々の要件に合わせて設定することができます。

グローバル最適化を開始するには、**Optimization > Global Optimization** を選択します。

#### 注記

**Optimization** メニューの **Global Optimization** コマンドは、動作ポイント用の軸が選択されている場合にのみ表示されます（6.3.3「入力と出力の割り当て」（ページ70）を参照してください）。軸を選択するには **In/Outputs > Set Operating Point Axes** コマンドを使用します。

## 4.6.2 最適化目標

1個または複数個の出力の最適化については、一連の目標条件があります。これらについて下の表で説明します。

目標	値	意味
Minimize/ Maximize	なし	他に制限を設けずに最小値／最大値に最適化します。
	Hard Upper/ Lower Bound	上限／下限を設けて最小値／最大値に最適化します。
Target		目標値に最適化します。目標からの逸脱量が最小限に抑えられます。
Bound		境界値を使用して最適化します。
	Hard Upper / Lower Bound	<p>オブティマイザ用に固定の境界値を指定します。上限値または下限値を超えた場合は、最適化処理は結果を出さずに終了します。</p> <p>"Single Result at OPs" タイプの最適化の場合、以降の最適化には "weak upper/lower bound" 目標が使用されます。</p>
	Weak Upper/Lower Bound	<p>"Hard ... Bound" を弱めた「ソフト上限値」と「ソフト下限値」です。</p> <p>しきい値まで最小化／最大化し、それを超える値は最適化されません。</p>

表 4-2: 最適化目標の意味

### 4.6.3 進化的アルゴリズム - 親の選択と生存者の選択

進化的アルゴリズム (EA: Evolutionary Algorithm) は進化的計算 (Evolutionary Computation) のサブセットで、生物の個体群のシミュレーションなどに利用されるメタヒューリスティックな最適化アルゴリズムです。EA は、生物の進化から着想されるメカニズム、つまり「生殖」(reproduction)、「突然変異」(mutation)、「遺伝子組み換え」

(recombination)、「淘汰」(selection) などを用います。最適化問題に対する解の候補群が、1つの母集団 (個体群) として機能し、適合度関数によりその品質が決定されます。このような演算が反復実行され、母集団の進化が起こります。

#### 進化的アルゴリズムのシーケンス

ASCMO-STATICで使用される進化的アルゴリズムは、1つの「初期化」と、停止目標に達するまで反復実行される1つの「ループ」から成ります。多目的最適化の停止目標 (**Number of Evaluations**) は、"Multi Result Optimization" ウィンドウ (**Optimization > Multi Result > Settings**) で設定することができます。

1. 初期化 (Initialization) : 個体群である母集団の初期状態をランダムに生成します。これが第一世代となります。
2. 評価 (Evaluation) : 母集団内の各個体の適合度 (生存しやすい度合) を評価します。
3. 停止目標 (Number of Evaluation) に達するまで、以下の世代交代を繰り返します。

- i. 選択 (Selection) : 生殖に最も適した固体の選択
- ii. 遺伝子組み換え (Recombination) : 遺伝子の交差 (Crossover) による新種の固体の生成
- iii. 突然変異 (Mutation) : 子孫においてランダムに発生する変化
- iv. 評価 (Evaluation) : 上記 (ステップ2) を参照
- v. 選択 (Selection) : 新しい世代の決定

ここでASCMO-STATICは、以下の選択処理を識別します。

#### 親の選択 (Parent Selection)

この選択処理においては、評価と遺伝子組み換えに親世代が関わります。この背景として、ランダムな突然変異による新しい世代の生成があるため、最適化目標に向かって努力する必要はありません。これは、適合度関数に従って子を生成するより好ましいとも言えます。

#### 生存者の選択 (Survivor Selection)

この選択処理においては、評価と遺伝子組み換えに親世代が関わりません。

## 4.7 モデル評価 (モデルスクリーニング)

ASCMO-STATICでは、モデルスクリーニング (**Extra > Model Screening**) によりモデルの評価が行えます。特定の入力値に対するモデル出力値が **Results of Evaluation** フィールドに表形式で表示されます。この評価結果は、分布図に表示したり表形式でエクスポートしたりすることができます (**File > Export Results**、または <Ctrl> + <E>)。

The screenshot shows the 'Model Screening' window. The top section is for defining input points, and the bottom section shows the results of the evaluation.

Input	Min	Max	Precision	Definition Type	Count
speed [rpm]	797.1167	4002.768	0	Start & Stop	3
load [bar]	0.61879	5.9901	0	Start & Stop	3
injection [deg CA]	11.8306	48.6268	0	Start & Stop	3
ignition [deg CA]	-5.9075	1.8778	0	Start & Stop	3
fuel_pressure [bar]	10.4041	19.861	0	Start & Stop	3
EGR [%]	1.9963	44.2068	0	Start & Stop	3
ex_cam [deg CA]	-1.7761	44.9316	0	Start & Stop	3
in_cam [deg CA]	-49.5726	-1.8785	0	Start & Stop	3
SCV [-]	0	1	0	Support Points	2

	speed	load	injection	ignition	fuel_pressure	EGR	ex_cam	in_cam
1	797.1167	0.6188	11.8306	-5.9075	10.4041	1.9963	-1.7761	-49.5726
2	2.3999e+03	0.6188	11.8306	-5.9075	10.4041	1.9963	-1.7761	-49.5726
3	4.0028e+03	0.6188	11.8306	-5.9075	10.4041	1.9963	-1.7761	-49.5726
4	797.1167	3.3044	11.8306	-5.9075	10.4041	1.9963	-1.7761	-49.5726
5	2.3999e+03	3.3044	11.8306	-5.9075	10.4041	1.9963	-1.7761	-49.5726
6	4.0028e+03	3.3044	11.8306	-5.9075	10.4041	1.9963	-1.7761	-49.5726
7	797.1167	5.9901	11.8306	-5.9075	10.4041	1.9963	-1.7761	-49.5726
8	2.3999e+03	5.9901	11.8306	-5.9075	10.4041	1.9963	-1.7761	-49.5726
9	4.0028e+03	5.9901	11.8306	-5.9075	10.4041	1.9963	-1.7761	-49.5726
10	797.1167	0.6188	30.2287	-5.9075	10.4041	1.9963	-1.7761	-49.5726
11	2.3999e+03	0.6188	30.2287	-5.9075	10.4041	1.9963	-1.7761	-49.5726
12	4.0028e+03	0.6188	30.2287	-5.9075	10.4041	1.9963	-1.7761	-49.5726
13	797.1167	3.3044	30.2287	-5.9075	10.4041	1.9963	-1.7761	-49.5726
14	2.3999e+03	3.3044	30.2287	-5.9075	10.4041	1.9963	-1.7761	-49.5726
15	4.0028e+03	3.3044	30.2287	-5.9075	10.4041	1.9963	-1.7761	-49.5726

"Model Screening" ウィンドウでは、評価に使用する入力値を定義します。ここには3つのタブがあり、それぞれのタブにおいて以下の方法で評価を行えます。

- 4.7.1「入力値のグリッド定義」(下記)
- 4.7.2「入力ポイントのインポート ("Import Input Points from File" タブ) 」(次ページ)
- 4.7.3「マップを入力として使用 ("Use Inputs from Maps" タブ) 」(次ページ)

#### 4.7.1 入力値のグリッド定義

出力を計算するための各動作ポイントを手動で定義します。各ポイントの定義方法は、2つの定義タイプ (**Definition Type**) から選択できます。

定義タイプ: 始点と終点 (Start & Stop)

最小値 (Min) と最大値 (Max) の範囲で、等間隔のポイントが自動的に生成されます。ポイントの数 (Count) も任意に指定できます。

Input	Min	Max	Precision	Definition Type	Count
speed [rpm]	797.1167	4002.768	0	Start & Stop	3

上図の例では、3つのポイントが生成されます。入力の最小値 ("Min"の値) のポイントが1番目のポイント、最大値 ("Max" 列の値) のポイントが3番目のポイントとなります。2番目のポイントはASCMO-STATICによって生成され、このケースでは他の2つのポイントのちょうど中間点となります。

### 注記

"Definition Type" 列で "Support Points" を選択すると、自動計算された値が表示されます。

#### 定義タイプ : ブレイクポイント (Support Points)

それぞれのポイントの値を、値の配列として定義します。

Input	Min	Max	Precision	Definition Type	Count
speed [rpm]	797.1167	4002.768	0	Support Points	3

"Count" 列の値を大きくすると、新しいポイントの値が計算され、配列に追加されます。また配列の値を直接編集すると、それに合わせて "Count" 列のポイント数も自動的に更新されます。

#### 4.7.2 入力ポイントのインポート ("Import Input Points from File" タブ)

入力値が格納されているファイルを指定して読み取ります。一般的に、ロードできるフォーマットは、\*.xls、\*.csv、\*.txt、\*.ascii です。たとえば、入力値をテンプレートとして保存しておくことにより、異なるモデルにおいて同じ入力値に対する出力値を調べることができます。

### 注記

"Rounding of Values" フィールドのオプションで、読み込んだ値を丸めることができます。

#### 4.7.3 マップを入力として使用 ("Use Inputs from Maps" タブ)

### 注記

"Model Screening" ウィンドウの "Use Inputs from Maps" タブは、動作ポイントの軸が選択されている場合に限り表示されます (「入力と出力の割り当て」を参照)。軸を選択するには **In/Outputs > Set Operating Point Axes** コマンドを使用します。

入力値を読み取りたいマップから動作ポイントリストを取得します。以下のタイプのリストやマップを使用できます。

- **Manual OP grid**

出力値を算出したい動作ポイントを手入力で設定します。速度 (speed) と負荷 (load) などの動作ポイント軸を定義します。他の値は既存のマップから読み取られません。

- **Grid nodes from Maps**

マップを選択して、出力値の計算に使用するブレイクポイントを読み取ります。

- **OP lists**

既存の動作ポイントリストを選択して、出力値の計算に使用する動作ポイントを読み取ることができます。

- **Driving Cycles**

走行サイクルを指定して、走行のトレースデータから出力値の計算に使用する入力値を読み取ります。

– **OP list from file**

ASCMO-STATICにインポートされていない動作ポイントリストを使用するには、ファイルを指定してリストを読み取ることができます。読み取られたリストはモデル予測にのみ使用され、ASCMO-STATICへのインポートは行われません。



**注記**

**Allow duplicates** オプションをオンにすると、動作ポイントのコピーがモデル評価に含まれます。

#### 4.7.4 モデル予測の結果（評価結果）

モデル評価の結果は、指定された入力から算出された出力値です。この出力値は "Results of Evaluation" 領域に表形式で表示されます。

以下のオプションを選択して、モデル評価に影響を与える設定や制限を定義することができます。

– **Use Map Bounds**

マップの境界（Calibration > Map Bounds over OP）を超えるモデル予測の入力値を無視します。

– **Label Points Outside Hull as NaN**

指定されている外殻（In/Outputs > Hull on Inputs）の外側の入力値を "NaN"（非数）としてマークします。外殻評価は出力ごとに行われます。

– **Calculate Model Sigma**

各出力値についてモデルの不確かさ（モデルシグマ）を計算し、"Sigma <Output>" 列に表示します。以下の "Label non-valid Points as NaN" オプションを使用する場合は、このオプションをオンにする必要があります。

– **Label non-valid Points as NaN**

モデルの有効範囲外の値に "NaN"（Not a Number）というラベルを付けます。



**注記**

このオプションは、**Calculate Model Sigma** オプションがオンになっている場合にのみ使用できます。

評価結果の数は "Number of Evaluations" フィールドに表示されます。この数は、一般的には "Result of Evaluation" テーブルの列数で、モデル予測の計算の所要時間に影響します。

**Compute Model Prediction** をクリックすると、指定された入力値を用いたモデル予測の計算が実行されます。

## 5 ASCMO-STATICの操作

### 5.1 ASCMO-STATICのユーザーインターフェース

本項では、ASCMO-STATICのユーザーインターフェースについて概説します。

メインメニューの機能と、それに関連する各種ダイアログウィンドウについての詳細な説明は、コンテキスト依存のオンラインヘルプ（<F1>、または **Help > Online Help**）に記載されています。本書内のチュートリアル（6.6「可視化」（ページ90）を参照）でもユーザーインターフェースの操作について紹介されています。

### 5.2 ASCMO-STATICユーザーインターフェースの要素

下図は、ASCMO-STATICのユーザーインターフェースでプロジェクトを開いたところを示しています。このメインウィンドウは「ISPビュー」とも呼ばれ、入力に対する出力の依存関係がインターセクションプロットとして表示されます。

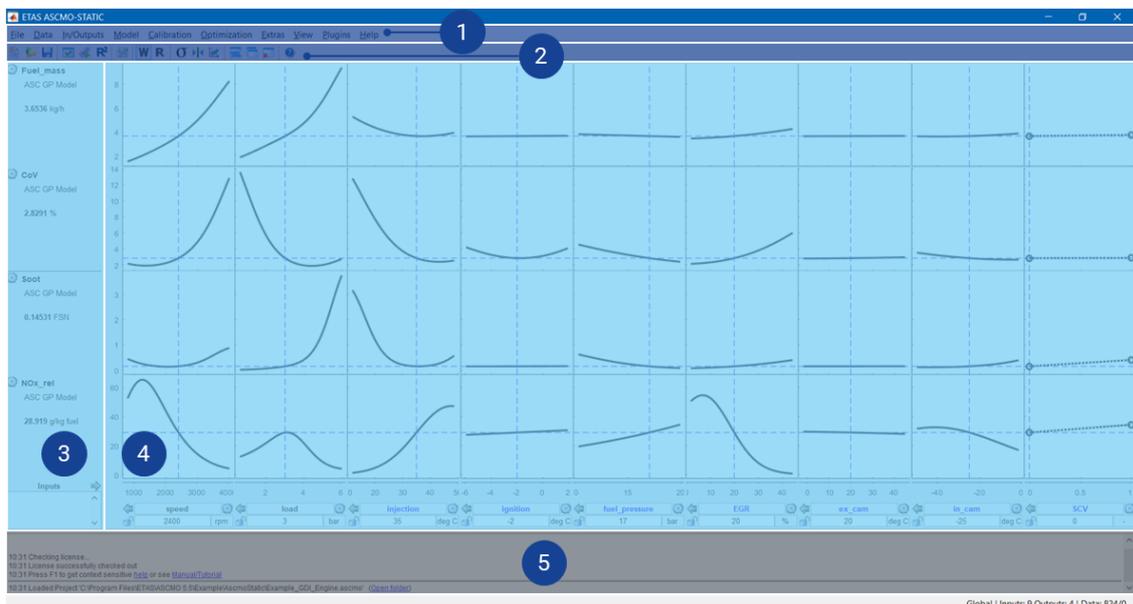


図 5-1: ASCMO-STATICグラフィカルユーザーインターフェース (GUI) – プロジェクトが開いた状態

GUIは以下の領域に分かれます。

- ①メインメニュー
- ②ツールバー
- ③出力
- ④メイン作業ウィンドウ：インターセクションプロット（ISPビュー）と入力
- ⑤ログウィンドウ
- ステータスバー（最下行）：現在のステータス情報

ユーザーによる操作の多くはメインメニューから実行します。また、入力領域（下部）、出力領域（左部）、インターセクションプロット（5.3「インターセクションプロット」（ページ64）を参照）は、それぞれ相互的に関連して機能します。これらについて以下に説明します。

## メインメニュー

メインメニューと各種ウィンドウ、ダイアログボックスの機能については、文脈依存のオンラインヘルプ (<F1>) に詳しく説明されています。

## 入力

入力  $x_1, \dots, x_n$  (インターセクションプロットの下) と出力  $y_1, \dots, y_m$  (インターセクションプロットの左) によりマトリクスができ、その交点にはそれぞれのインターセクションプロット  $y_1 = f(x_1), \dots, y_m = f(x_n)$  が表示されます。

下図は、"NOx\_rel = f(injection)" と "NOx\_rel = f(ignition)" のインターセクションプロットです。

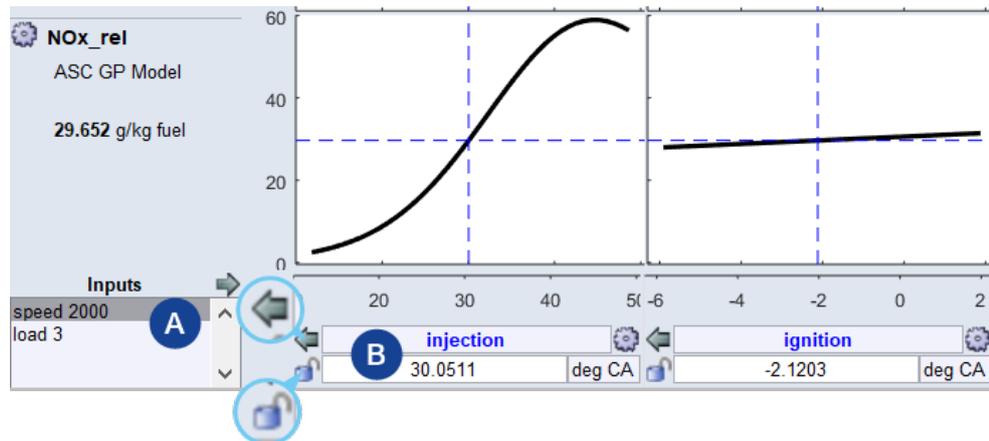


図 5-2: ISPビュー : 入力

### — 非表示化されている入力のリスト (A)

ISPビューに表示されていない入力が一覧表示されます。リスト内の入力をダブルクリックすると、その入力がISPビューに再表示されます。

### — 入力の名前 (B)

名前フィールドの右側にある  アイコンをクリックすると、"<input> - Parameters" ウィンドウが開きます。

ここでは、入力の名前、単位、表示範囲、その他の設定を変更することができます。

### — 入力の現在値 (B)

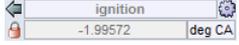
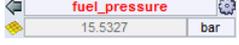
値を変更するには、このフィールドの値を直接変更するか、インターセクションプロット内をクリックします。

### — 入力の非表示化

入力を非表示化する際に、ステータス (ロック、アンロック、マップ使用) は変わりません。

### — 入力の状態の変更

以下の状態があります。

アンロック	<p>手動操作または最適化処理により値を変更できます。</p> <p>入力名は青色で表示され、値フィールド (2) の編集が可能です。</p>	
ロック	<p>値は固定されています。手動操作でも最適化処理でも変更できません。</p> <p>入力名は灰色で表示され、値フィールド (2) は読み取り専用となります。</p>	
マップ使用	<p>値は、現在の速度と負荷に応じて適合マップから補間されます。</p> <p>入力名は赤色で表示され、値フィールド (2) は読み取り専用となります。</p>	

## 出力

モデリングされる出力は、インターセクションプロットの左側に表示されます。

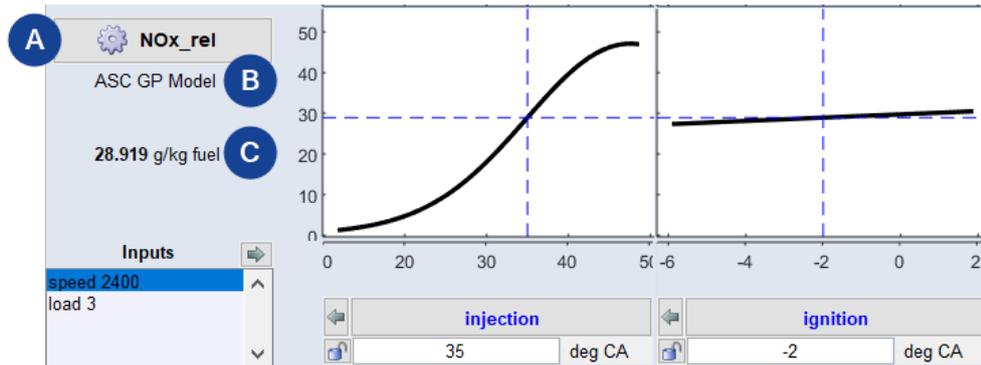
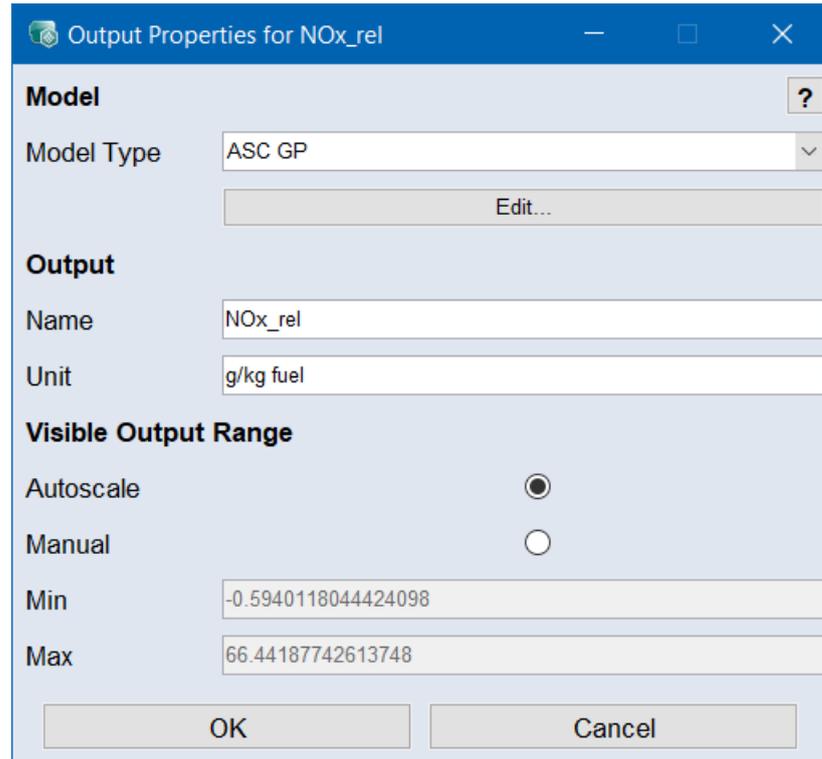


図 5-3: ISPビュー : 出力

### 一 出力の名前 (A)

このボタンをクリックすると、"Output Properties for <output>" ウィンドウが開きます。



このウィンドウで、モデルタイプの選択や、モデルパラメータへのアクセス（**Edit** ボタン）、出力の名前、単位、表示範囲、その他の設定変更が行えます。

たとえば、ここでモデルタイプを選択することができます。出力の変換（6.5.1「出力変数の変換によるモデル改良」（ページ86）を参照）はモデルパラメータ内で手動で定義でき、これらのパラメータには **Edit** ボタンでアクセスできます。詳しい内容はオンラインヘルプ（<F1>）を参照してください。

#### － 出力のモデルタイプ (B)

ここをクリックすると、モデルパラメータを定義するダイアログボックスが開きます。モデルタイプについての詳細は、4.3.5「ASCMO-STATICのモデルタイプ」（ページ31）を参照してください。

#### － 出力の現在値 (C)

入力の現在値に対応する出力値が表示されます。

### ログウィンドウ

メインウィンドウの下部には、実行されているコマンド（機能）についての情報やエラーメッセージなどが表示されます。

ログウィンドウ内の青い下線部分は、文脈依存のヘルプ情報へのリンク（**help** は文脈依存のHTMLフォーマットヘルプ（F1）、**Manual/Tutorial** はPDFマニュアル）や、最適化処理の一部として実行される操作や機能に関する情報（例：“Created new project. You should check your training data.”）になっています。

```
13:56 Press F1 to get context sensitive help or see Manual/Tutorial
13:56 A demo file with measured data is being opened and columns of data are assigned as inputs and o
13:56 Reading C:\ETAS\ASCMO \Example\AscmoStatic\Example_GDI_Engine.xls (Sheet 1)
13:56 Importing data: 824 x 13 ...
13:56 Fit Map bounds to data
13:56 Created new project. You should check your training data \(Data->Check Training Data\).
```

図 5-4: ログウィンドウに表示される情報の例

### ログファイルを保存する

1. ログウィンドウ内でマウスを右クリックし、ショートカットメニューから **Save Log to File** を選択します。  
"Save Log file As" ウィンドウが開きます。
2. ファイル名を指定して **Save** をクリックします。  
ログファイルが保存されます。

## 5.3 インターセクションプロット

ある 1 個の出力についてモデルトレーニングを行うと、以下の形式の関数が導き出されます。

$$Y_{\text{output}} = f(x_{\text{input}_1}, \dots, x_{\text{input}_n})$$

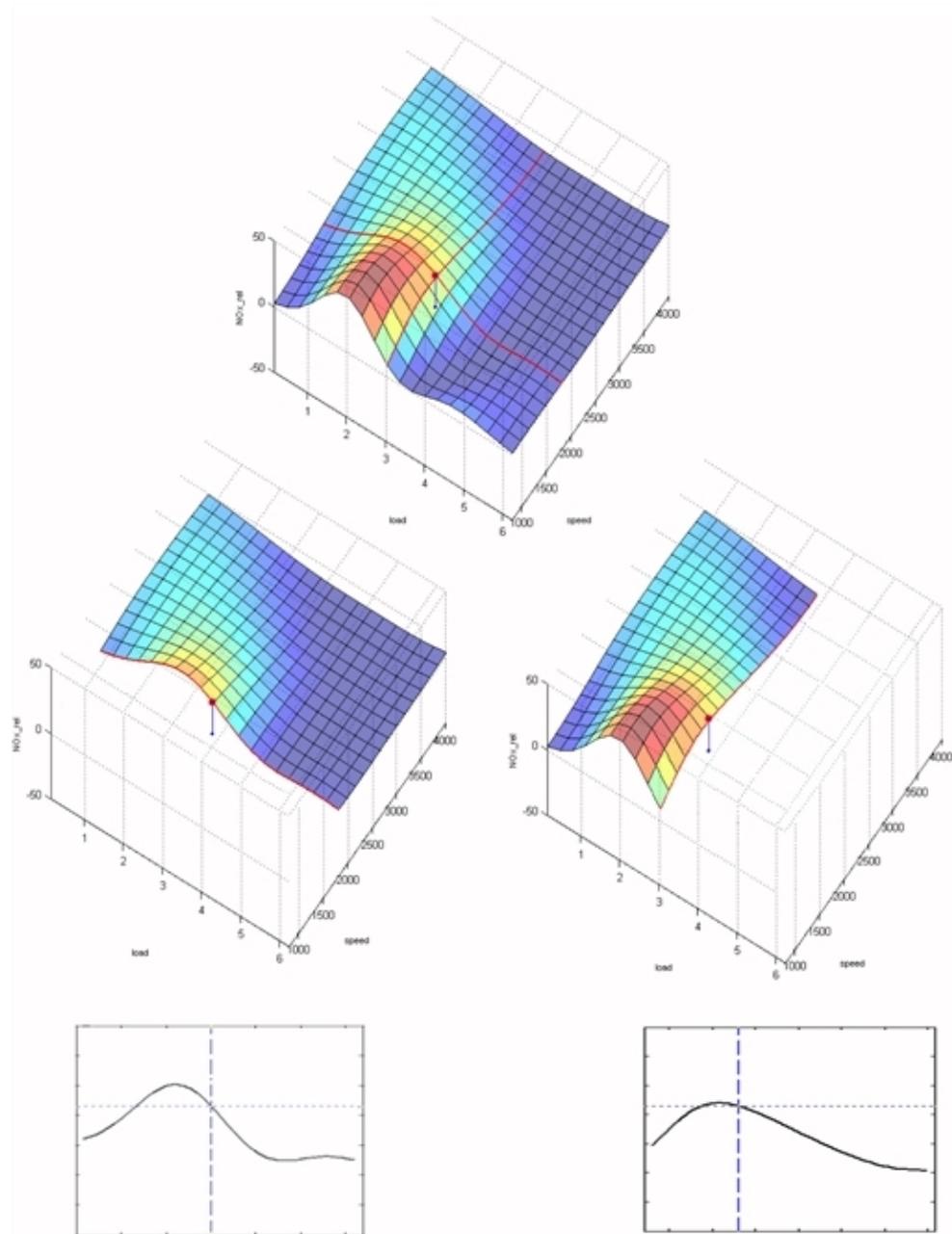
これを表示すると  $n+1$  次元空間の超平面になり、 $n > 2$  ではグラフィック表示できなくなります。

そこで、ASCMO-STATICのメインウィンドウでは超平面をグラフィカルに表示する代わりに、この超平面を通る  $n$  個の交点を表示します。これは「インターセクションプロット」と呼ばれます。これらの各交点においては1つの次元だけが変化して他の次元の値は定数になるので、以下のようになります。

$$Y_{\text{output}} = f(x_{\text{input}_1}), \dots, Y_{\text{output}} = f(x_{\text{input}_n})$$

$n$  個の入力と  $m$  個の出力がある場合、インターセクションプロットは  $n \times m$  個になります。入力  $x_1, \dots, x_n$  (インターセクションプロットの下) と出力  $y_1, \dots, y_m$  (インターセクションプロットの左) によりマトリックスが形成され、その交点においてそれぞれのインターセクションプロット  $y_1 = f(x_1), \dots, y_m = f(x_n)$  が表示されます。

1 つの出力が2 つの入力に依存する場合は、図 5-5のように表示されます。



**図 5-5:** 2次元交点のインターセクションプロットで表される $n+1$ 次元超平面 ( $n = 2$  の場合)

上図の例は、回転数 *speed* と負荷 *load* に対する出力 *NOx\_rel* (NOx の相対排出量) の依存性モデルを示しています。

第1の交点は定速の平面で発生します。このインターセクションプロットでは、NOx 排出量には負荷に対する関数依存性があることがわかります (図の左)。他のすべての入力パラメータ (この例では回転数のみ) は一定のままです。

第2の交点は定負荷の平面で発生します。このインターセクションプロットは、NOx 排出量が回転数に依存することを示しています (図の右)。

## 6 チュートリアル: ASCMO-STATICの操作

本章では、例を用いてASCMO-STATICの基本機能を紹介します。

このチュートリアルの以下のような内容で構成されています。

- 6.1「測定対象エンジンの入力と出力」(下記)

本項では、チュートリアルの概要のほか、測定対象となるエンジンの入出力、使用される測定データなどについて説明します。
- 6.3「モデルトレーニングの準備」(ページ68)

本項では、ASCMO-STATICの起動方法と、トレーニングデータセットの品質を評価して改良する方法について説明します。これによりトレーニング後のモデル品質を向上することができます。
- 6.4「モデルトレーニング」(ページ84)

本項では、データの読み取りからモデルトレーニングまでの一般的な手順を説明します。
- 6.5「モデルの改良」(ページ86)

本項では、トレーニングされたモデルを評価して改良する方法を説明します。
- 6.6「可視化」(ページ90)

本項の内容は、以降のステップを続けるにあたって必須のものではありません。しかしながら、ASCMO-STATICの操作に役立つモデル表示機能について説明されていますので、参考にしてください。
- 6.7「最適化」(ページ99)

本項ではASCMO-STATICのさまざまな最適化処理を実行します。また複数の動作ポイントにおけるグローバルな最適化の結果を活用する方法も習得します。
- 6.8「走行サイクル予測」(ページ125)

本項では、走行サイクルを使用してASCMO-STATICで予測単位変換規則を定義する方法を説明します。
- 6.9「走行サイクルのグローバル最適化」(ページ138)

本項では、ASCMO-STATICで走行サイクルのグローバル最適化を行う方法について、ディーゼルエンジンのモデルを例に用いて説明します。
- 6.10「モデルのエクスポート」(ページ147)

本項では、ASCMO-STATICモデルを他のツール (MATLAB<sup>®</sup>、INCA/MDA、Python、Simulink<sup>®</sup>、Excel、Cコード、GT-SUITE、FMI) 用にエクスポートする方法を説明します。

### 6.1 測定対象エンジンの入力と出力

このチュートリアルでは、層状給気を行う直噴ガソリンエンジンを例として使用しています。図 6-1 に示す入力と出力について測定されたデータを使用し、各入力/出力の詳細は表のとおりです。

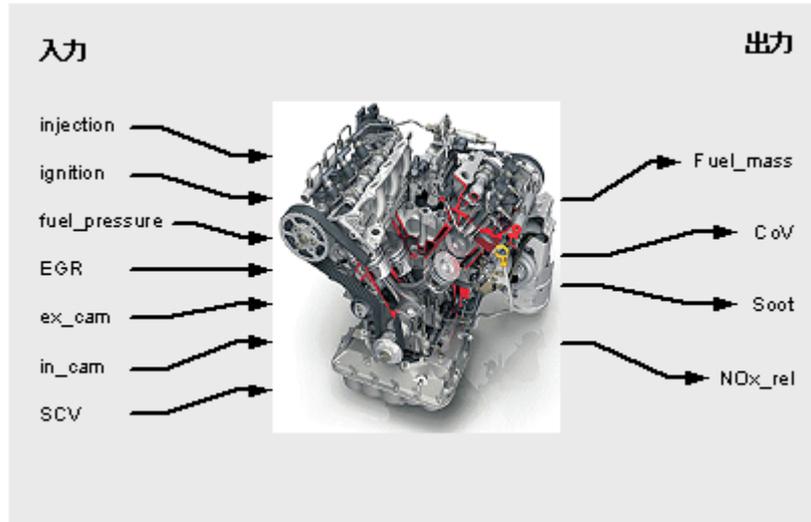


図 6-1: 測定とモデリングの対象となるエンジン

	名前	意味
入力	injection	噴射終了タイミング [° KW]
	Ignition	噴射終了タイミングから点火タイミングまでの差 [° KW]
	fuel_pressure	燃料圧力 [bar]
	EGR	EGR 率 [%]
	ex_cam	排気バルブの閉じ終わり角度 [° KW]
	in_cam	吸気バルブの開き始め角度 [° KW]
	SCV	スワール制御バルブ [ ]
動作ポイント	speed	エンジン回転数 [1/min]
	load	負荷 (平均有効圧力により定量化) [bar]
出力	fuel_mass	燃料質量 [kg/h]
	CoV	エンジンラフネス [%]
	soot	排煙濃度SN [ ]
	NOx_rel	NOx の相対排出量 [g/kg fuel]

表 6-1: 測定対象エンジンの入出力の名称と意味

## 6.2 モデリング用データ

チュートリアルで使用されるデータはExcelファイルExample\_GDI\_Engine.xlsに保存されており、以下のディレクトリに格納されています。

<installation>\Example\AscmoStatic (<installation> のデフォルトは C:\Program Files\ETAS\ASCMO 5.11)

このデータはASCMO-STATICでモデリングを行うためのトレーニングデータの要件を満たしています。

- － エンジンデータはDoE手法（空間充填法）により得られたもので、各測定値を互いに無関係に変化させて試験したものです。
- － 出力は、無意味な値になること（たとえば燃料消費量や排出量が0以下になり、出力の変換が不可能になるようなこと）はありません。

## 6.3 モデルトレーニングの準備

本項では、ASCMO-STATICの起動方法と、トレーニングデータセットの品質を評価して改良する方法について説明します。これによりトレーニング後のモデル品質を向上することができます。

### 6.3.1 ASCMO-STATICの起動

ETAS ASCMOを起動し、既存のプロジェクト、または新規プロジェクト用のトレーニングデータをロードします。

1. Windowsスタートメニューの**ETAS ASCMO 5.11**プログラムグループから、**ASCMO Desk V5.11** を選択します。

または

Windowsキーを押して、"ASCMO .." または "Desk" とキー入力し、**ASCMO Desk V5.11** を開きます。

"ASCMO-DESK" ウィンドウが開きます。

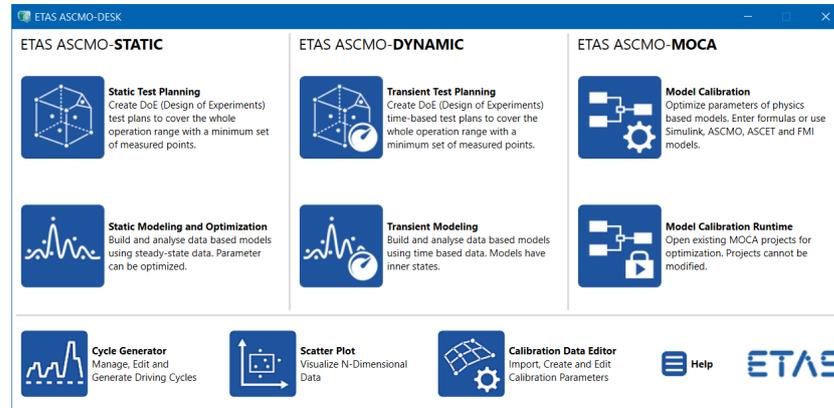


図 6-2: "ASCMO-DESK" ウィンドウ

2. "ASCMO-DESK" ウィンドウで "Static Modeling and Optimization" タイルをクリックします。

⇒ ASCMO-STATICが開きます。

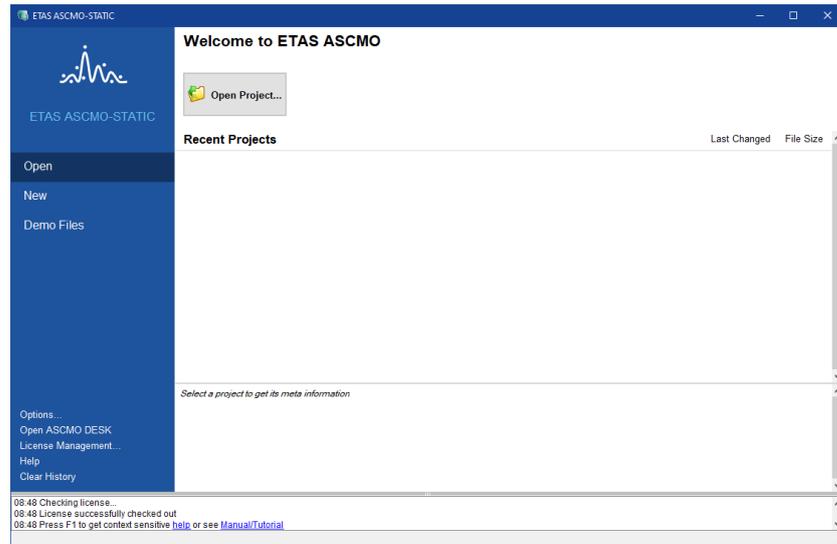


図 6-3: ASCMO-STATICスタートウィンドウ

### 6.3.2 トレーニングデータのロード

新しくプロジェクトを作成するには、まずモデルトレーニングに必要なトレーニングデータをロードする必要があります。

1. スタートウィンドウの左側のメニューパネルで、**New** をクリックしますASCMO-STATIC。



2. **Import Static Data...** をクリックします。

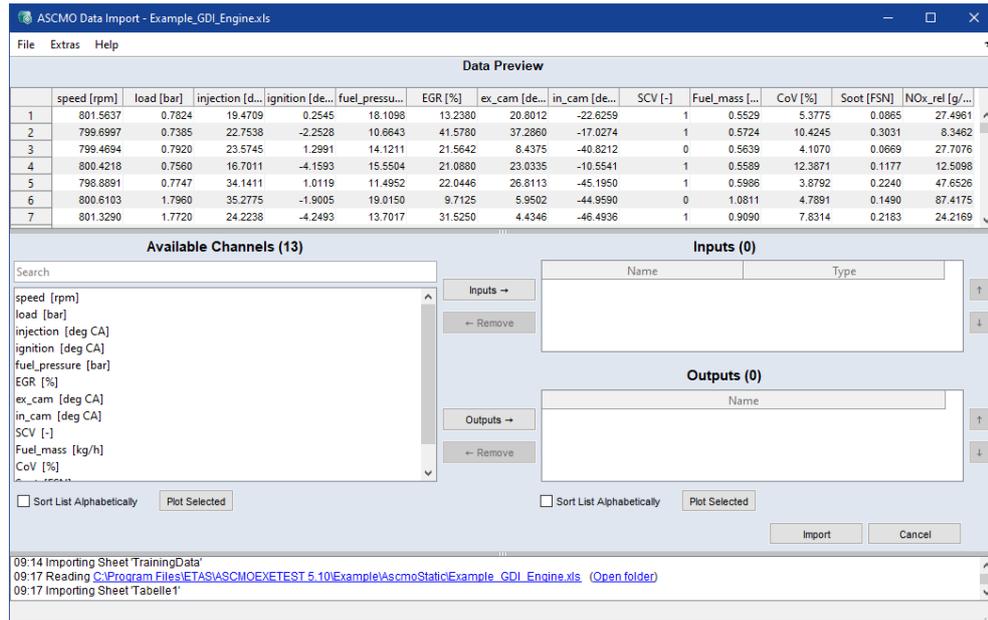
"ASCMO Data Import" ウィンドウとオープンファイルダイアログが開きます。

3. オープンファイルダイアログで、トレーニングデータが含まれるファイルを選択します。
  4. ファイルに複数のワークシートが含まれている場合は、"Measured Data" というシートを選択します。
  5. **開く** をクリックします。
- ⇒ データが読み取られます。

#### **i** 注記

ファイルのサイズによっては読み取り処理に時間がかかる場合があります。

データの読み取りが終わると、ファイルの情報が "ASCMO Data Import" ウィンドウに表示されます。



このウィンドウの上部 ("Data Preview" 領域) には読み取られたデータが表示され、左下部 ("Available Data" 領域) には各測定値列の名前が表示されます。これらの値をモデル入力 ("Inputs" 領域) とモデル出力 ("Outputs" 領域) に割り当てます。

### 6.3.3 入力と出力の割り当て

#### 入力変数 (Inputs) を選択する

モデルの入力変数を定義するには、以下のように操作します。

- 以下の測定変数を選択します (複数選択可能) :

- speed
- load
- injection
- ignition
- fuel\_pressure
- EGR
- ex\_cam
- in\_cam
- SCV

-  をクリックします。

⇒ 選択した変数が "Inputs" 領域に追加されます。

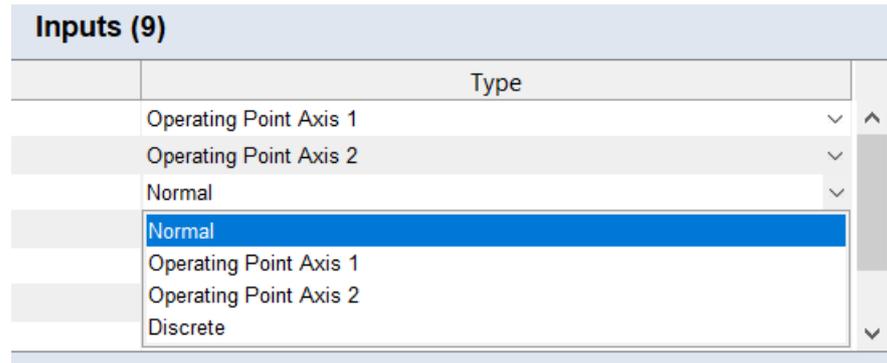
#### 動作ポイントを選択する (グローバルモデルの場合)

グローバルモデルの場合は、所定の入力を「動作ポイント」として宣言する必要があります。

1. "Inputs" 領域において、各入力の"Type" 列で以下を選択します。

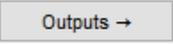
名前	タイプ
speed [rpm]	Operating Point Axis 1
load [bar]	Operating Point Axis 2
SCV	Discrete

その他の入力は Normal タイプとして使用します。

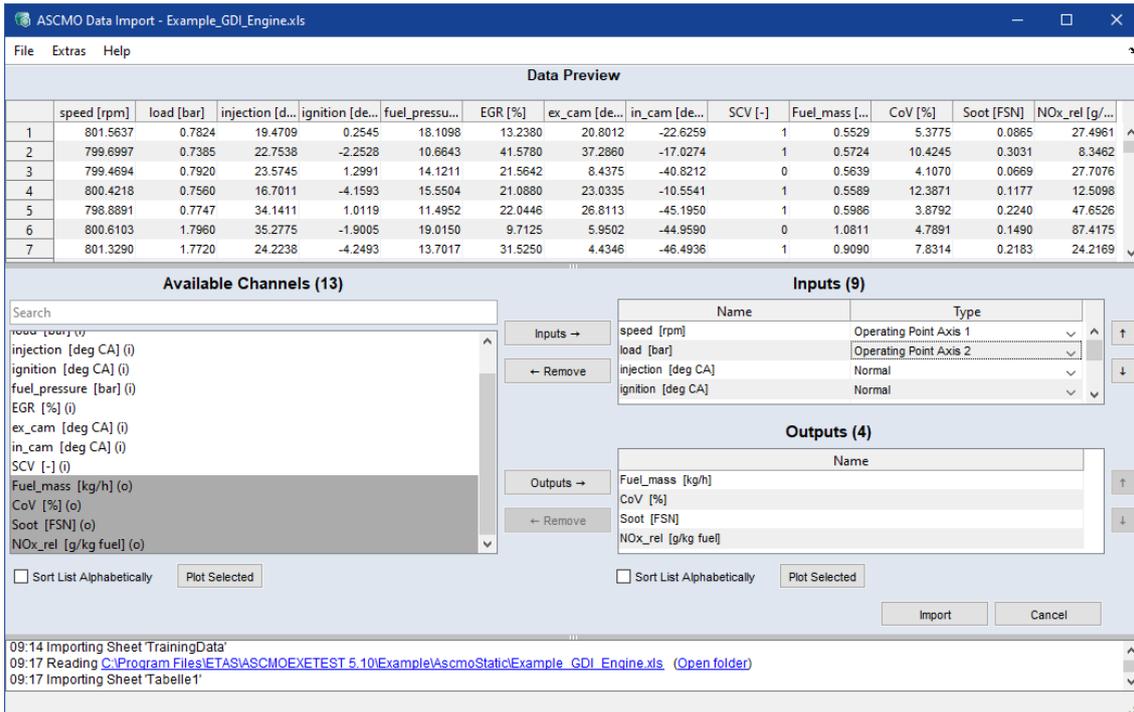


### 出力変数 (Outputs) を選択する

最後に、モデリングする出力変数を定義します。

1. 以下の測定変数を選択します：
  - Fuel\_mass
  - CoV
  - Soot
  - NOx\_rel
2.  をクリックします。
 

⇒ 選択した変数が "Outputs" 領域に追加されます。これでトレーニングデータの割り当てが完了しました。

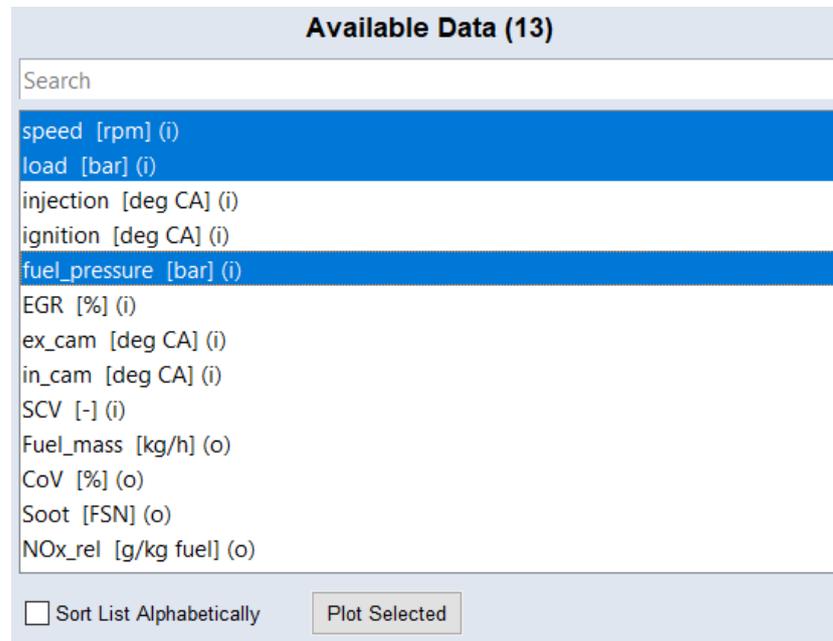


### 6.3.4 データの視覚的な妥当性確認

インポートを実行する前に、インポートする測定データの内容をグラフィカルに表示して確認することができます。

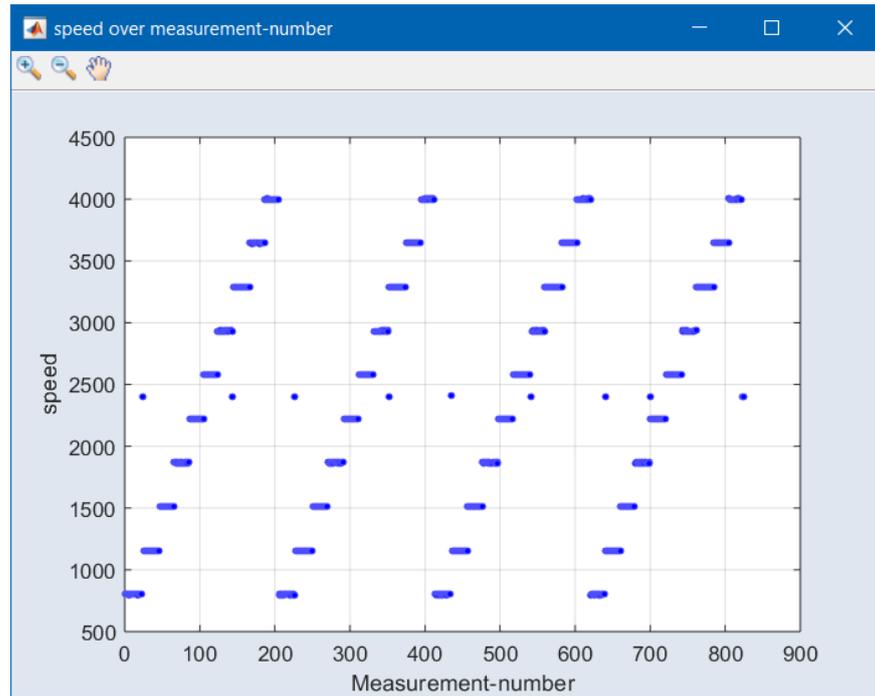
#### インポート前に測定データを表示する

1. "Available Data" フィールドで、1つ以上の測定変数を選択します。

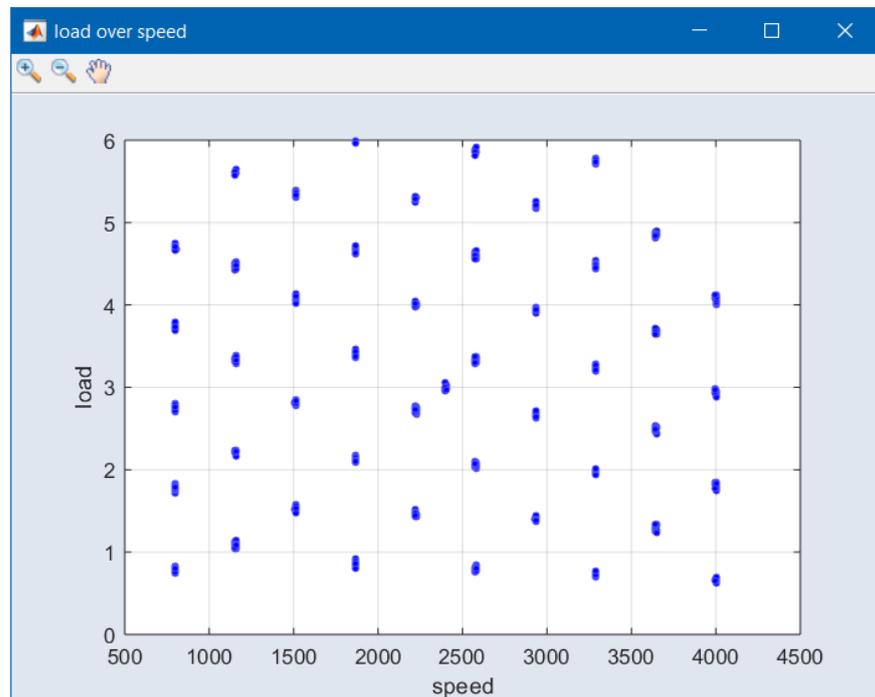


2. **Plot Selected** をクリックするか、**Extras > Plot Selected** を選択します。  
ウィンドウが開き、選択されている変数の数に応じて、以下の内容が表示されます。

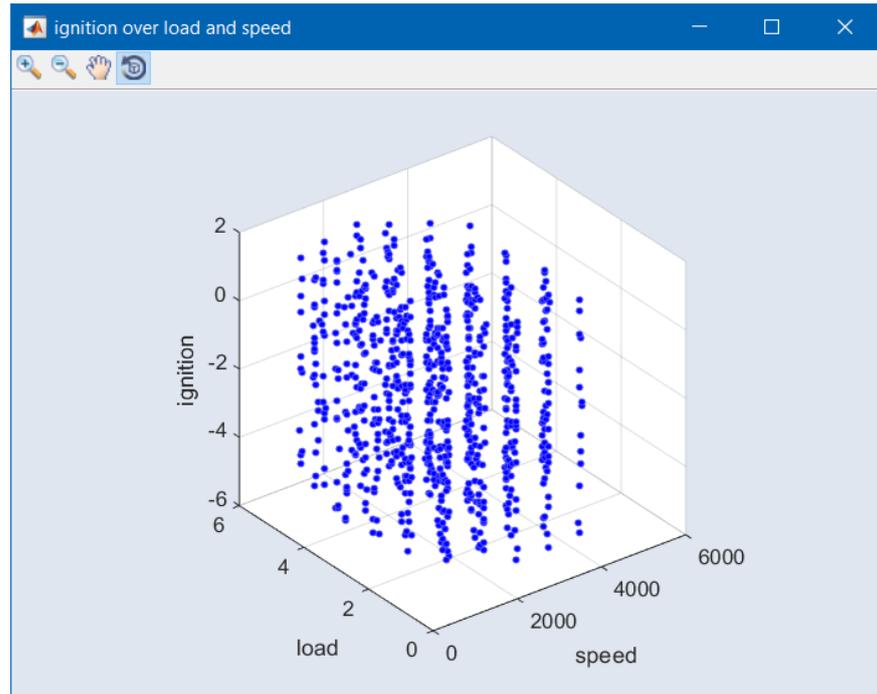
## A. 1個の場合：データ番号に対する測定データ



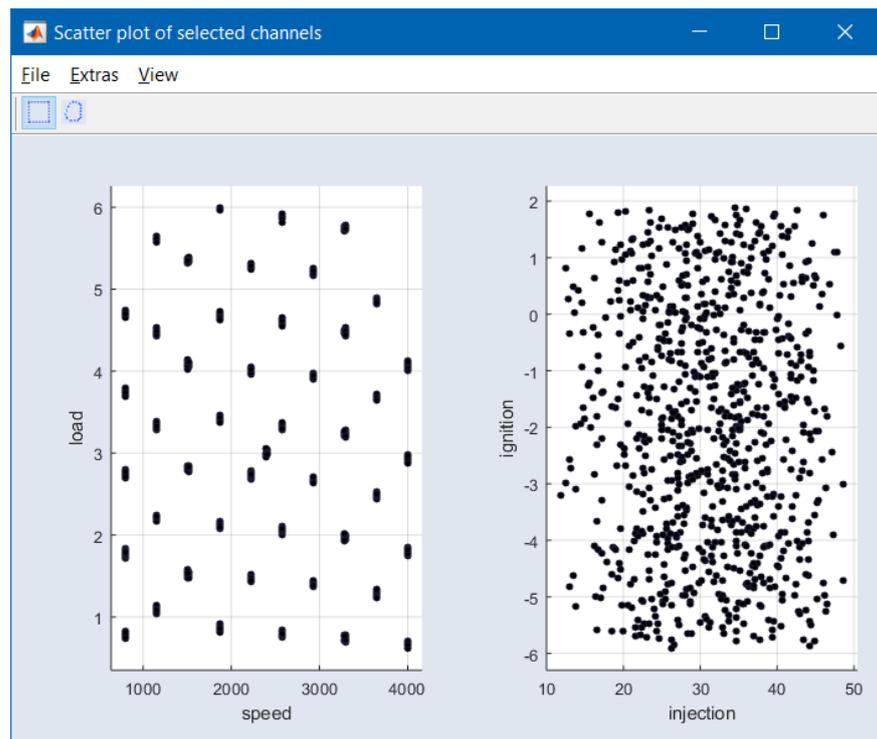
## B. 2個の場合：1つの測定データに対するもう1つの測定データ（例：speed に対する load）



## C. 3個の場合：2つの測定データで構成された面に対する1つの測定データ（例：speed-load の面に対する ignition）



## D. 4個以上の場合：一連の散布図



このウィンドウで、測定データが均一に分布しているかどうかを視覚的に確認することができます。

**i** 注記

3Dプロットの詳しい操作方法は、6.6「可視化」(ページ90)を参照してください。

### 6.3.5 コンフィギュレーションの保存とロード

コンフィギュレーションファイル (\*.ini) は、現在選択されているトレーニングデータの各列の "Inputs" グループ ("Type" も含む) と "Outputs" グループへの割り当てが設定されています。

#### コンフィギュレーションの保存とロードを行う

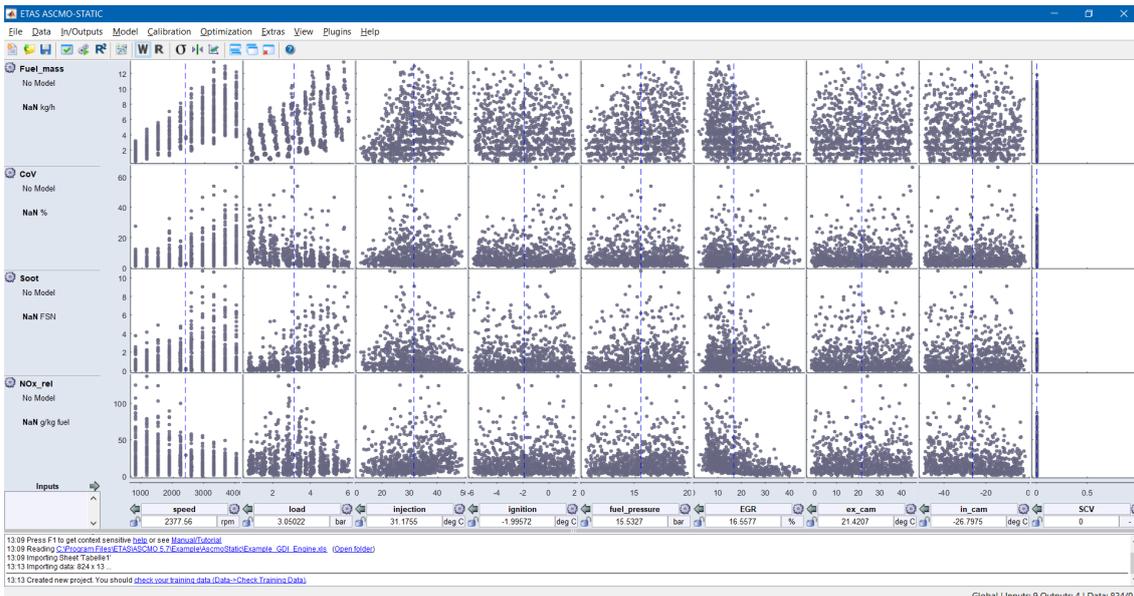
1. **File > Save Channel Config (\*.ini)** を選択します。
2. ファイル選択ダイアログボックスが開くので、現在のコンフィギュレーションを保存するファイルのパスと名前を入力し、**保存** をクリックします。
3. すでに保存されているコンフィギュレーションをロードするには、**File > Load Channel Config (\*.ini, \*.lab)** を選択します。

### 6.3.6 測定データのインポート

次に、モデルトレーニングに使用する測定済みデータをインポートします。

#### 測定データをインポートする

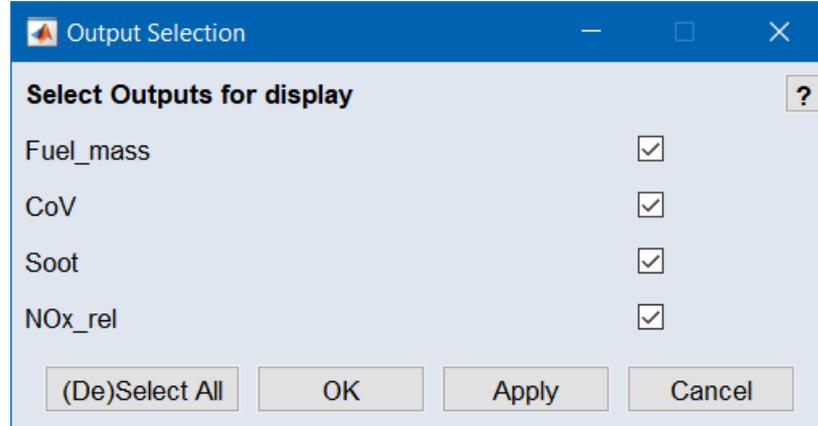
1. "ASCMO Data Import" ウィンドウで、**Import** をクリックします。  
⇒ 測定データがインポートされ、プロジェクトが作成されます。測定データはISP (intersection plot : 詳細は5.3「インターセクションプロット」(ページ64) を参照) ビューに表示されます。



ユーザーインターフェースの詳細については、5.1「ASCMO-STATICのユーザーインターフェース」(ページ60) を参照してください。ISPビューでの操作は、このチュートリアルの6.6.1「インターセクションプロット (ISP)」(ページ90) という項で説明されています。

### モデリング用の出力変数を選択する

1. **In/Outputs > Select Outputs** を選択します。



2. すべての出力を選択して、**OK** をクリックします。

次の作業に進む前に、ここでプロジェクトを保存しておきます。

### プロジェクトを保存する

1. **File > Save** を選択します。パスやファイル名を指定して保存するには、**File > Save As** を選択します。

## 6.3.7 トレーニングデータセットのレビューと編集

実際のモデリング（6.4「モデルトレーニング」（ページ84）を参照）はシンプルで、データの前処理は必要なく、初めてのユーザーでも実行できますが、ここで、ロードされたデータセットの分析を行っておくことをお勧めします。

### 注記

トレーニングデータのレビューと編集を省略する場合は、6.4「モデルトレーニング」（ページ84）に進んでください。

**Data** メニューにはモデル品質の向上に役立つツールが用意されていて、ロードされたデータセットの確認や変更を行うことができます。

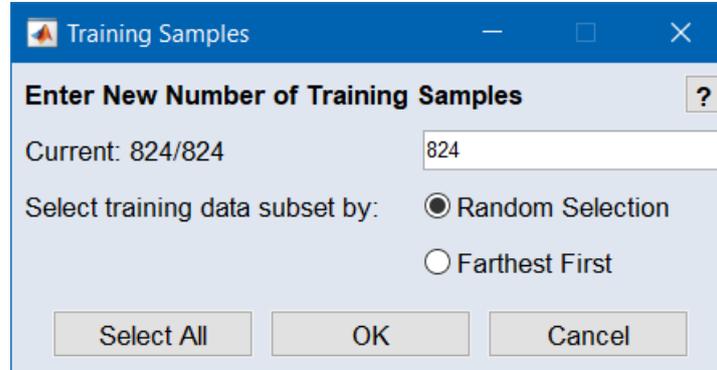
トレーニングに使用されない測定データはランダムに選択され、テストデータとして識別されます。希望の量を選択すると、削減されたトレーニングデータセットですべてのモデルが再トレーニングされます。指定されたトレーニングデータとテストデータの数は、メインウィンドウの右下にも表示されます。

### トレーニングサンプル数の設定

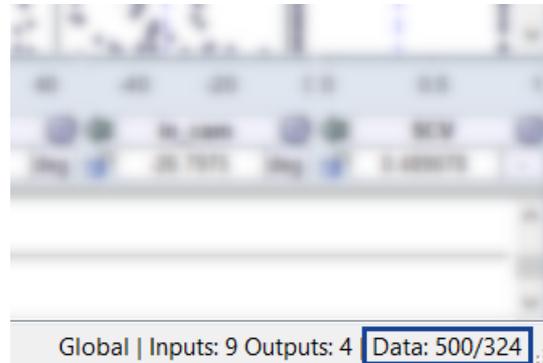
データインポート後はすべての測定ポイントがトレーニングデータとして使用される設定になっていて、使用する測定ポイントの数は最大数よりも少なくすることができます。モデルトレーニングを成功させるには当然、十分な数の測定ポイントを残しておく必要があります。

### トレーニングサンプルの数を減らす

1. メインウィンドウで **Data > Set Number Training Samples** を選択します。  
"Training Samples" ウィンドウが開きます。トレーニングサンプルの現在数が表示されます。

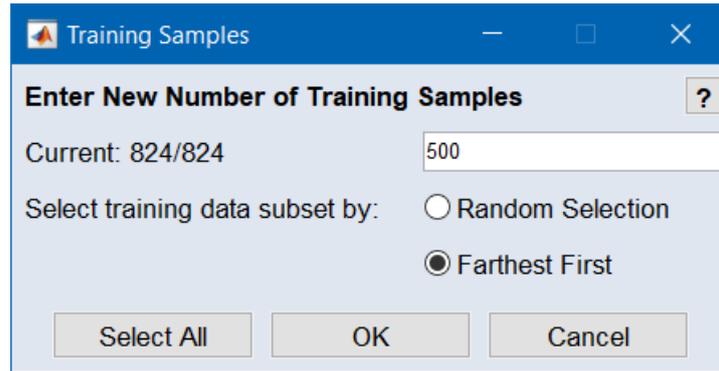


2. トレーニングサンプルの数を500に変更します。
3. **Farthest First** オプションをオンにします。  
Farthest First アルゴリズムが有効になり、測定ポイントの空間充填的サブセットが選択されます。詳しくはオンラインヘルプを参照してください。
4. **OK** をクリックします。  
⇒ "Training Samples" ウィンドウが閉じます。ステータスバー上の測定ポイントの数が増えます。



### トレーニングサンプルの数を最大化する

1. 再度 "Training Samples" ウィンドウを開きます。  
824個のデータサンプルのうち500個がトレーニングデータとして使用されています。モデルのテストには残りの324個のデータサンプルを使用できます。



2. **Select All** をクリックします。

"Training Samples" ウィンドウにおいて、トレーニングデータのサンプル数が最大数に変更されます。

3. **OK** をクリックします。

⇒ "Training Samples" ウィンドウが閉じます。ISP ビュー上の測定ポイントの数が更新されます。

### 注記

すでにモデルトレーニングを実施している場合は（6.4「モデルトレーニング」（ページ84）を参照）、トレーニングサンプル数を変更して確定すると、自動的にモデルの再トレーニングが行われます。

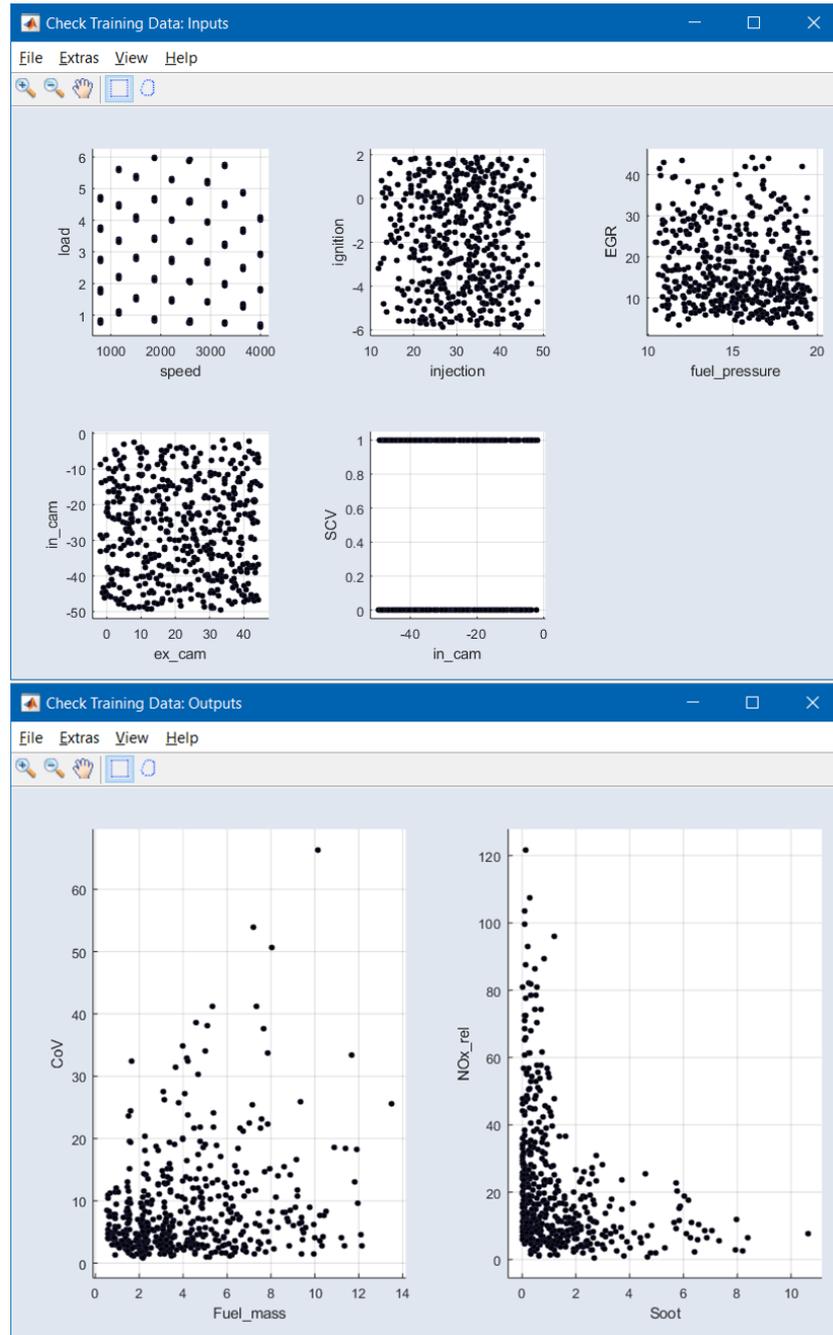
### トレーニングデータのチェック

**Data > Check Training Data** を選択すると、使用するトレーニングデータが空間充填的に分布しているかどうかを調べることができます。"Check Training Data: Inputs" ウィンドウと "Check Training Data: Outputs" ウィンドウが開きます。どちらのウィンドウにも、各入力／出力の測定値が他の入力／出力に対応してプロットされます。

#### **"Check Training Data" ウィンドウを開く**

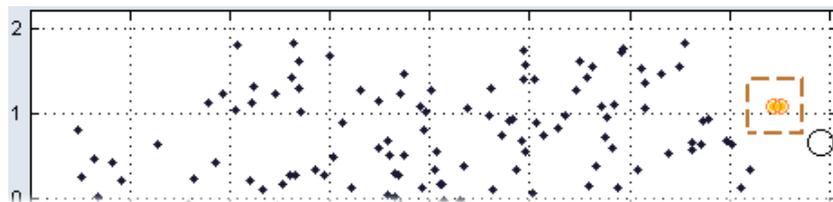
1. **Data > Check Training Data** を選択します。

⇒ "Check Training Data: Inputs" ウィンドウと "Check Training Data: Outputs" ウィンドウが開きます。



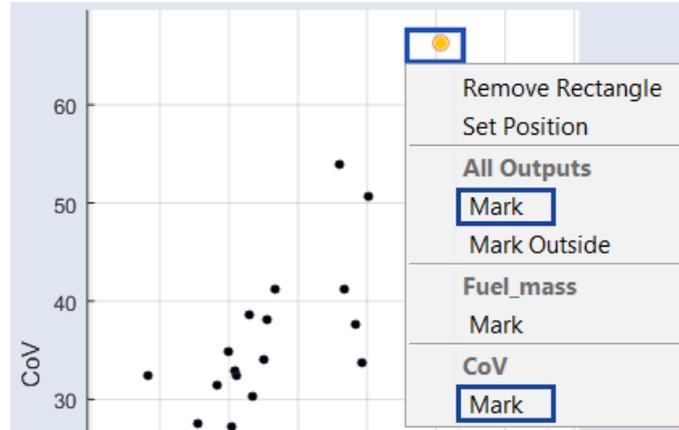
### プロット内の測定ポイントを削除する

1. "Check Training Data: \*" ウィンドウで外れ値を探します。
2. 1つ以上の外れ値が見つかったら、 ボタンをクリックして、そのポイントの周りに四角形の囲み線を描きます。



選択されたポイントは異なる色でハイライト表示されます。

3. 囲み線内のポイントを「外れ値」としてマークするには、その線を右クリックし、ショートカットメニューから **Mark** を選択します。



**All Outputs - Mark** を選択すると、全出力の外れ値がマークされます。

`<output_name> - Mark` を選択すると、その出力の外れ値のみがマークされます。

**All Outputs - Mark Outside** を選択すると、囲み線の外側のすべてのポイントがマークされます。

4. 描画した囲み線を消去するには、**Remove Rectangle** を選択します。  
ポイントのマークはそのまま保持されます。
5. マークしたポイントを削除してモデルトレーニングを再実行するには、**Extras > Delete Marked Points / Retrain** を選択します。

## 反復ポイントの分析

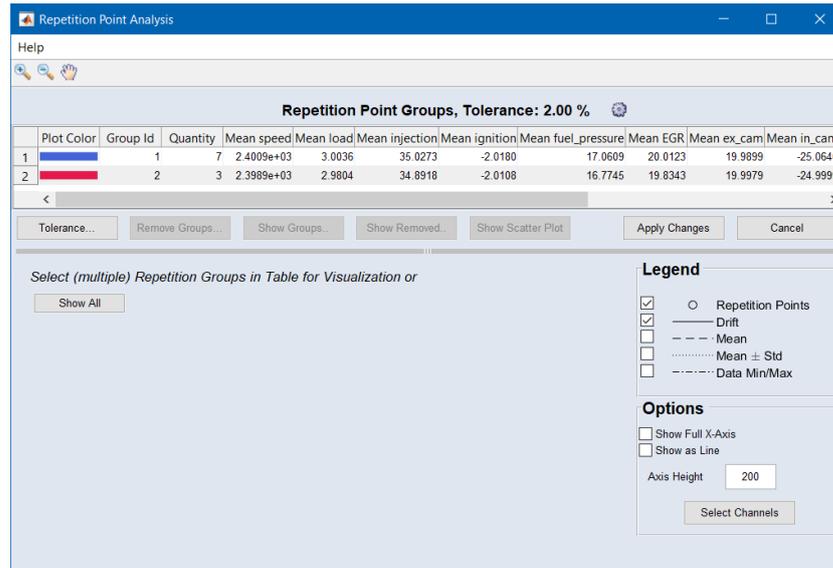
"*Repetition Point Analysis*"で、一連の測定値内において、指定された公差の値 (Current Tolerance Level) に基づいて決定された「反復ポイント」のグループを表示することができます。

これらの測定ポイントは実験の再現性 (RMSE) の判定に使用されるため、高度な計測技術なしにモデルの精度を高めることはできません。

一方では、このような計測を行うことで、外乱要因に基づくドリフトを測定時刻または測定ポイント番号によって識別することが可能になります。この場合、外乱要因をモデルの入力とすることにより、ドリフトによる影響を補正できます。この外乱要因の補正を行うには、外乱要因と他のモデルパラメータとの間に相関関係がまったくないこと (つまりパラメータを「ソート」せずに測定すること) が重要です。

### "Repetition Point Analysis" ウィンドウを開く

1. **Data > Repetition Point Analysis** を選択します。  
⇒ "Repetition Point Analysis" ウィンドウが開きます。このウィンドウには、指定された公差の値に基づいて決定された「反復ポイント」のグループが表示されます。  
各グループには識別子 ("Repetition Point Group ID" 列) が割り当てられています。"Quantity" 列にはそのグループに属するポイントの数が表示され、以降の列にはポイントの平均が表示されます。

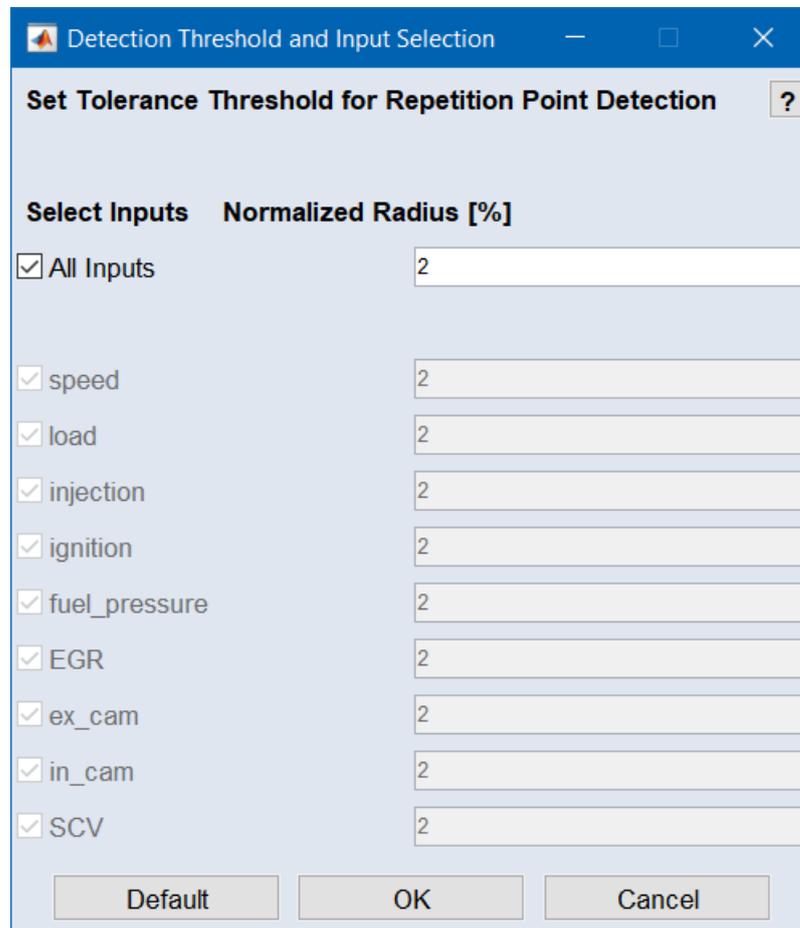


 ボタンで、反復ポイントの表示と編集を行うための以下のような機能が利用できます。

### 反復ポイント分析に使用する入力を選択して反復ポイントの基準値を設定する

1. "Repetition Point Analysis" ウィンドウで  を選択します。

"Detection Threshold and Input Selection" ウィンドウが開きます。すべての入力が反復ポイント分析用に使用されようになっています。



一般的には、すべての入力を使用してすべての反復ポイントを識別し、必要に応じて削除するようにすることをお勧めします。

2. 以下のいずれかを行います。
    - 評価したい入力を選択します。
    - **All Inputs** をオン/オフして、すべての入力を選択、または選択解除します。
  3. **OK** をクリックします。
- ⇒ "Repetition Point Analysis" ウィンドウで、反復ポイントグループが更新されます。

### 許容しきい値を設定する

許容しきい値 ("tolerance threshold") は、反復ポイントを決定する基準となるものです。値が大きいくほどより多くのポイントが反復ポイントとして識別されます。

1. "Repetition Point Analysis" ウィンドウで  を選択します。  
"Detection Threshold and Input Selection" ウィンドウが開きます。
2. "Normalized Radius in Percent" フィールドの公差しきい値を大きくします。
3. **OK** をクリックします。  
"Repetition Point Analysis" ウィンドウで、反復ポイントグループが更新されます。  
新しい反復グループのうち、グループメンバーの距離がしきい値未満のものが表示されます。既存のグループについては、距離が変更前のしきい値より大きいものと新しいしきい値未満のものがマージされます。
4. 公差のしきい値を 2 に戻します。

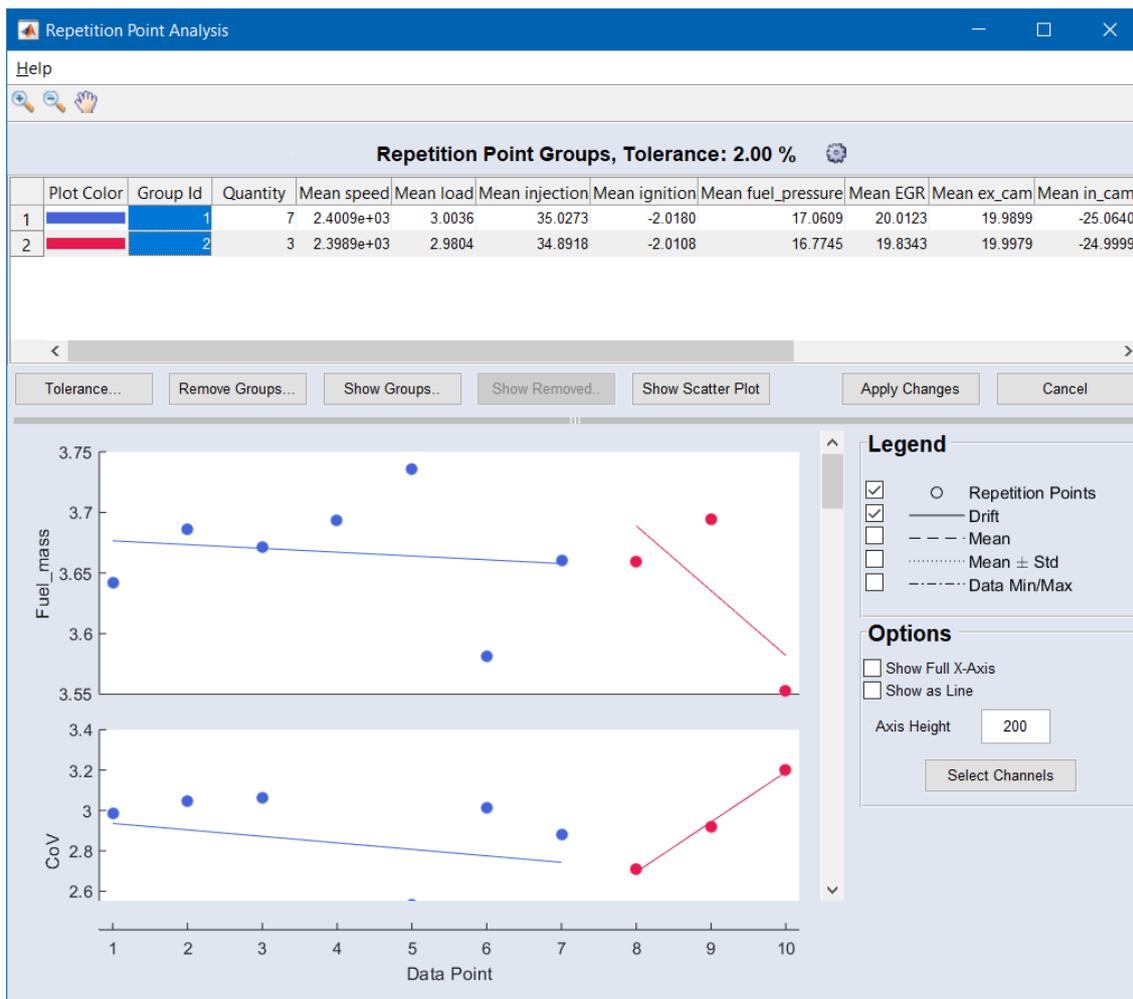
### 測定値のドリフトを表示する

"Repetition Point Analysis" ウィンドウには、各反復ポイントで測定された出力の詳細を表示することができます。ここではRMSE (*Root Mean Square Error*) のみ表示されます。

#### 注記

測定データのドリフトについての詳細は、「4.3.2 「外乱要因、ドリフト、実験の再現性」 (ページ30)」の項を参照してください。

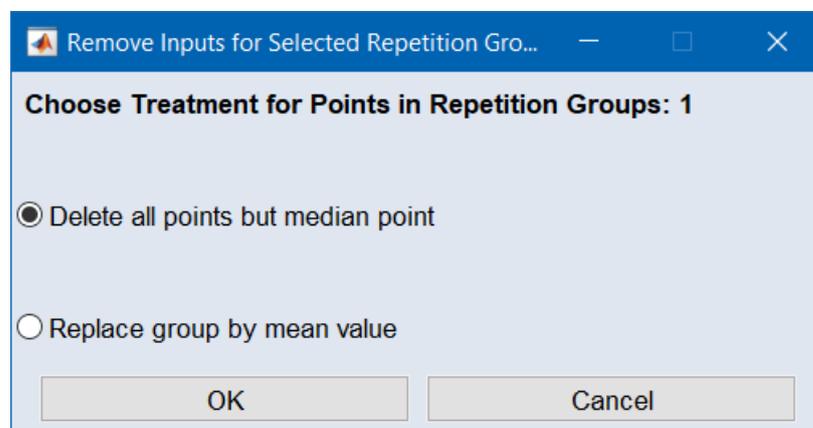
1. "Repetition Point Analysis" ウィンドウで、表示したい反復ポイントグループの行のいずれかのセルをクリックします。
  2. **Legend** 領域の **Drift** チェックボックスをオンにします。
- ⇒ ドリフトを示す線が表示されます。



### 反復ポイントを削除する

1. "Repetition Point Analysis" ウィンドウで、削除したい反復ポイントグループのいずれかの列を選択します。ここでは複数のグループを選択することもできます。
2. **Remove Groups** をクリックします。

"Remove Inputs for Selected Repetition Groups" ウィンドウが開きます。ここで、選択されたポイントセットを置き換える方法を指定します。



**Delete all points but median point** : 各ポイントは、リストのメジアンポイント（中央ポイント）に置き換えられます。

### 注記

グループ内の反復ポイントの数 ("Quantity") が等しい場合は、インデックスが平均のインデックスに最も近いポイントが選択されます。

**Replace group by mean value** : 各ポイントは、削除されるリストの平均値ポイントに置き換えられます。

3. いずれかの方法を有効にして、**OK** をクリックします。

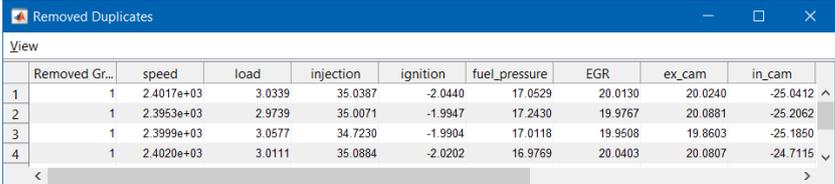
⇒ 選択された反復ポイントグループが削除されます。"Remove Inputs for Selected Repetition Groups" ウィンドウが閉じます。

### 削除された反復ポイントを表示する

削除された反復ポイントは、"Removed Duplicates" ウィンドウで確認できます。

1. "Repetition Point Analysis" ウィンドウで  **Show Removed** を選択します。

⇒ "Removed Duplicates" ウィンドウが開きます。



Removed Gr...	speed	load	injection	ignition	fuel_pressure	EGR	ex_cam	in_cam
1	2.4017e+03	3.0339	35.0387	-2.0440	17.0529	20.0130	20.0240	-25.0412
2	2.3953e+03	2.9739	35.0071	-1.9947	17.2430	19.9767	20.0881	-25.2062
3	2.3999e+03	3.0577	34.7230	-1.9904	17.0118	19.9508	19.8603	-25.1850
4	2.4020e+03	3.0111	35.0884	-2.0202	16.9769	20.0403	20.0807	-24.7115

削除された各データポイントの値が、ID ("Removed Group Id" 列) と共に表示されます。

## 6.4 モデルトレーニング

本項では、データの読み取りからモデルトレーニングまでの一般的な手順を説明します。

### 注記

モデルトレーニングの部分を省略する場合は、トレーニング済みのモデルを含むプロジェクト (<installation>\Example\AscmoStatic\Example\_GDI\_Engine.ascmo) をロードし、6.5「モデルの改良」(ページ86) に進んでください。

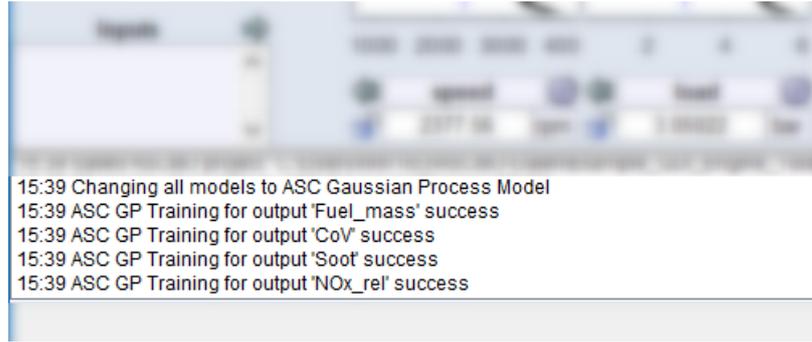
### 6.4.1 モデルトレーニングの開始

ここまでの準備が終わると、モデルトレーニングを実行することができます。

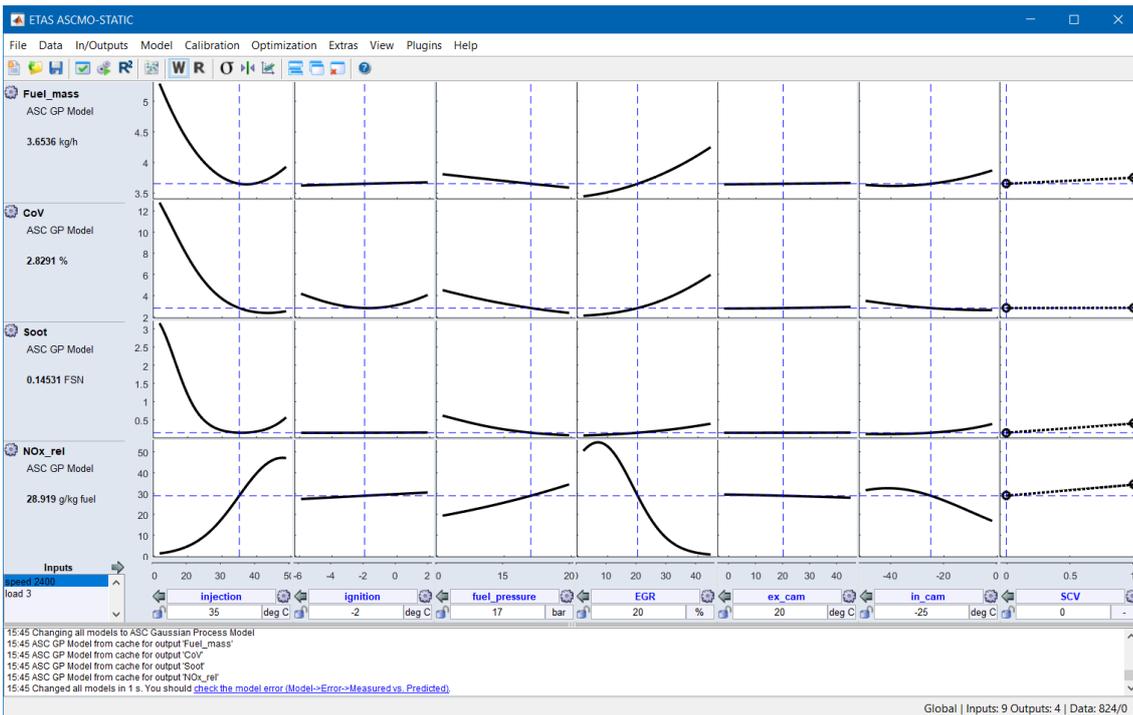
#### モデリングを実行する

1. **Model > Start ASC GP Model Training** を選択します。

モデリングが開始されます。モデリングの処理には多少時間がかかる場合があります。進行状況は画面下部のステータスウィンドウで確認できます。



モデルトレーニングが終了すると、インターセクションプロットが更新されます。



### 注記

燃料消費量や排出量などの変数に対して非常に大きな影響を与える変数（speed や load）は、以下のようにして非表示にすることにより、各プロットのスケールリングが調整されてデータが読み取りやすくなります。

2. 入力 speed および load の横の矢印をクリックします。



- ⇒ ここで、再度プロジェクトを保存しておくことをお勧めします。

## 6.4.2 モデルトレーニングのまとめ

以上でモデルトレーニングの工程が終わりました。トレーニングデータに基づき、すべての入力（ $n$  個）と出力（ $m$  個）の依存関係がモデリングされました。

これらの出力変数のモデルを使用して、最適化された出力変数（燃料消費量や排出量など）に対する最適な入力値を見つけることができます。

さまざまな最適化手法（6.7「最適化」（ページ99）を参照）を適用する前に、まず次項でモデルの評価と改良についてよく把握してください。

## 6.5 モデルの改良

本項では、トレーニングされたモデルを評価して改良する方法を説明します。

### 注記

モデルの評価と改良の部分を省略する場合は、6.6「可視化」（ページ90）または6.7「最適化」（ページ99）に進んでください。

### 6.5.1 出力変数の変換によるモデル改良

出力変数の変換（「Box-Cox変換」とも呼ばれます）により、モデルをさらに改良することができます。この場合、平方根、反転、対数などの関数が使用されます。

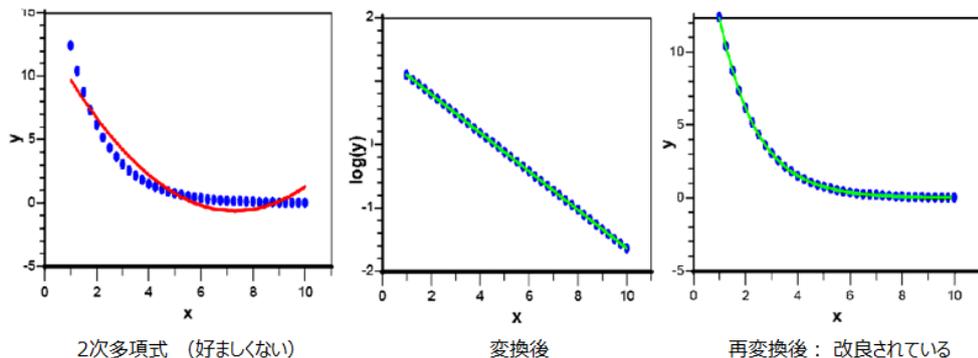


図 6-4: 変換によるモデル改良

これにより、入力変数に対して線形または2乗の関係を持たないエンジンベースのさまざまな振る舞いをマッピングすることができます。

最適な変換を決定するため、すべての変換が出力に適用され、RMSEが最も低いものが選択されます。実際には、特定の出力変数にどのような変換を適用すればよいかは、すでに十分な経験値が得られていることが一般的といえます。

### 6.5.2 外れ値の識別と削除によるモデル改良

モデル誤差（モデル予測を基準とした測定値の偏差）が大きい測定ポイントを「外れ値」と呼びます。

プロット上で視覚的に評価する（図 6-5参照）こともできますが、条件を定量的に解釈することもできます。残差が  $3-4 \times \text{RMSE}$  より大きければ外れ値の可能性がります。

視覚的評価は、「モデル予測に対する測定値」の表示 (**Model > Error (<method>) > Measured vs. Predicted**、<method> = **Leave-One-Out / Test Data / Training Data**) を利用して行います。

下図は、エンジンの測定データをモデル予測に重ねて表示しています。マークされたポイントは、ASCMO-STATICによって外れ値として識別されたものです。

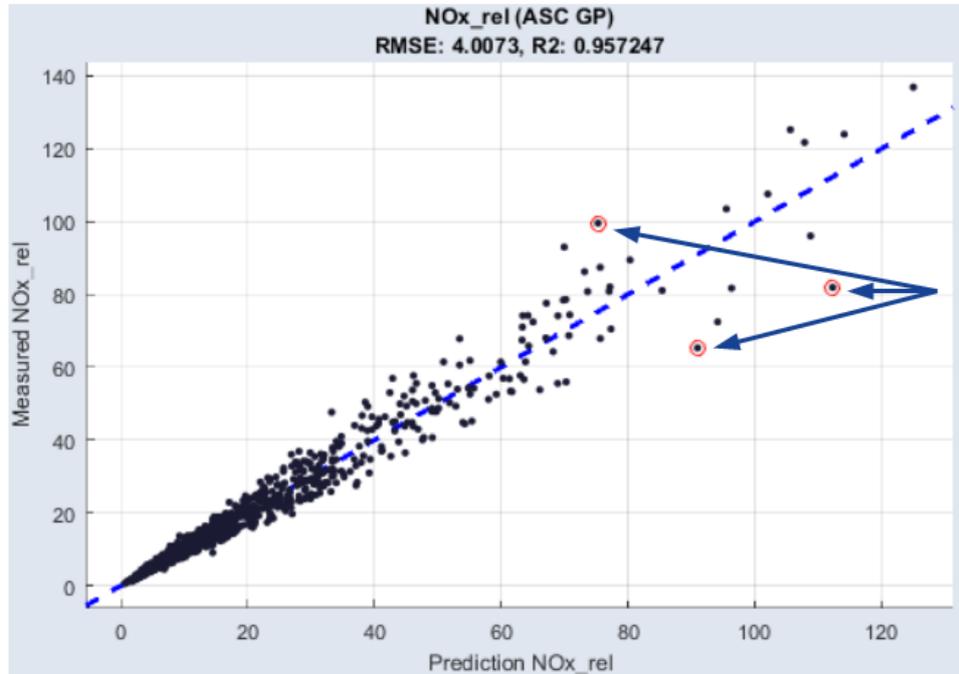


図 6-5: "Measured vs. Predicted" ディスプレイ内の外れ値

このような偏差が発生する原因としては、測定装置の不具合などに起因する単純な測定誤差があります。また、エンジンの運転限界付近の不安定な領域で測定が行われたためにモデルによるマッピングができなかった可能性も考えられます。

このような測定ポイントはモデルに悪影響を与えます。図 6-6 の緑色のグラフは青色のポイントに基づくモデリングから得られるものですが、赤色の外れ値も使用してモデルトレーニングを行うと、測定データから逸脱したグラフ (赤色) になってしまいます。

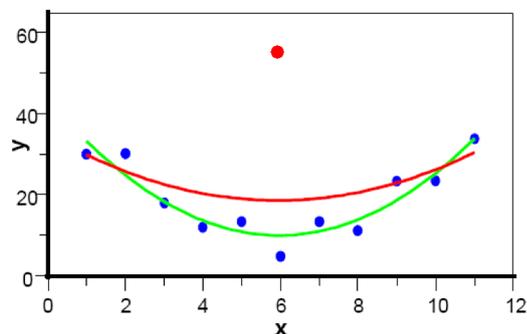


図 6-6: 外れ値を含めるモデリング (赤色) と削除するモデリング (緑色)

以下に、外れ値を識別して削除する方法について説明します。

### 外れ値を識別する

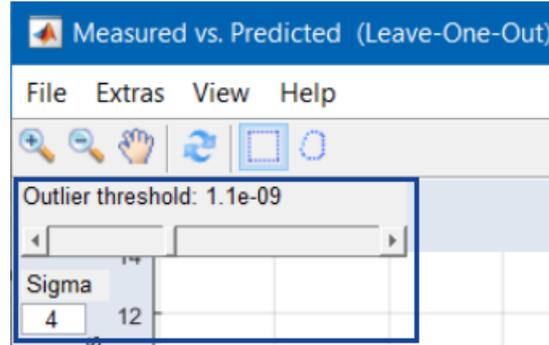
1. **Model > Error (Leave-One-Out) > Measured vs. Predicted** を選択します。

実際の測定値と、モデルによって予測された出力値が表示されます。

2. **Extras > Set Outlier Threshold** を選択します。

このメニューエントリは、Advanced Settingsがオンになっている場合にのみ使用できます。このオプションは、メインウィンドウの **File > Options** で設定できます。

スライダ ("Outlier Threshold:") と入力フィールド ("Sigma") が表示されます。



3. "Sigma" を 4 のままにし、有意水準を高くします。

有意水準が高いほど、外れ値の数が多くなります（赤色の部分）。

外れ値は、以下のように絶対誤差または相対誤差も表示できるようにしたりデータを正規確率プロットで表示したりすることにより、さらに明確になります。

4. 以下のいずれかを選択します。

- **Model > Error (Leave-One-Out) > Error vs. Output** を選択します。
- **Model > Error (Leave-One-Out) > Probability Plot** を選択します。

⇒ 選択したメニューコマンドに応じて、以下のいずれかのウィンドウが開きます。

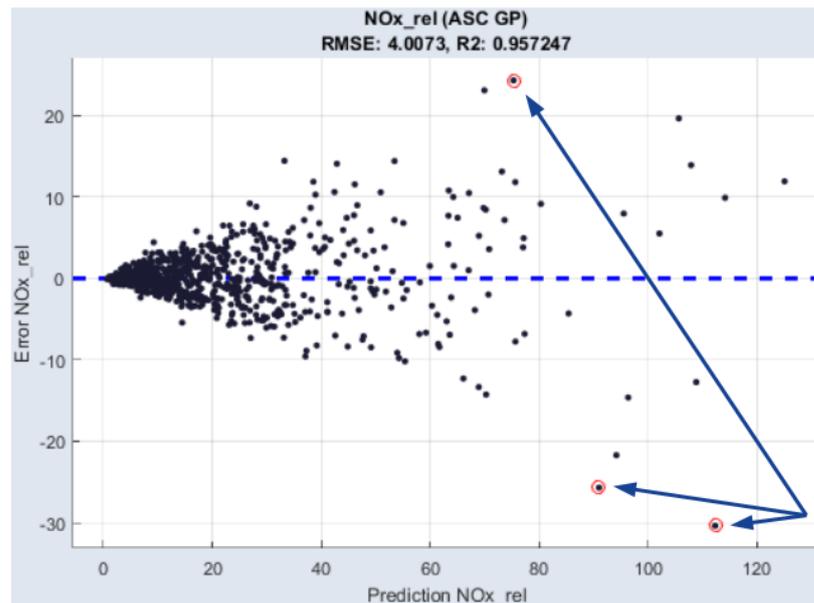


図 6-7: "Error vs. Predicted" : モデル予測に対する絶対誤差

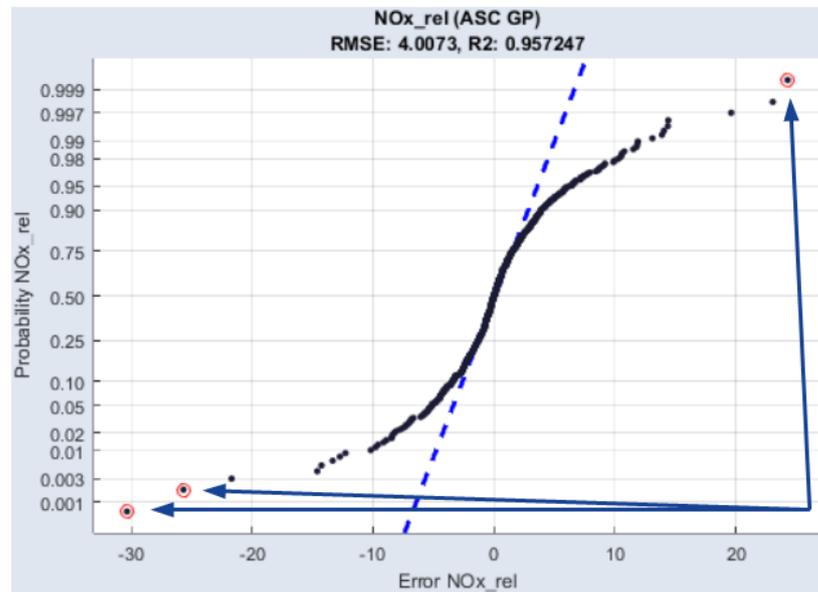
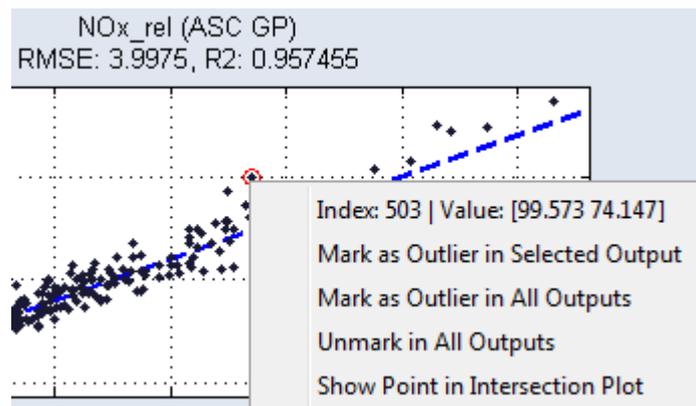


図 6-8: "Probability Plot" : 正規確率プロット

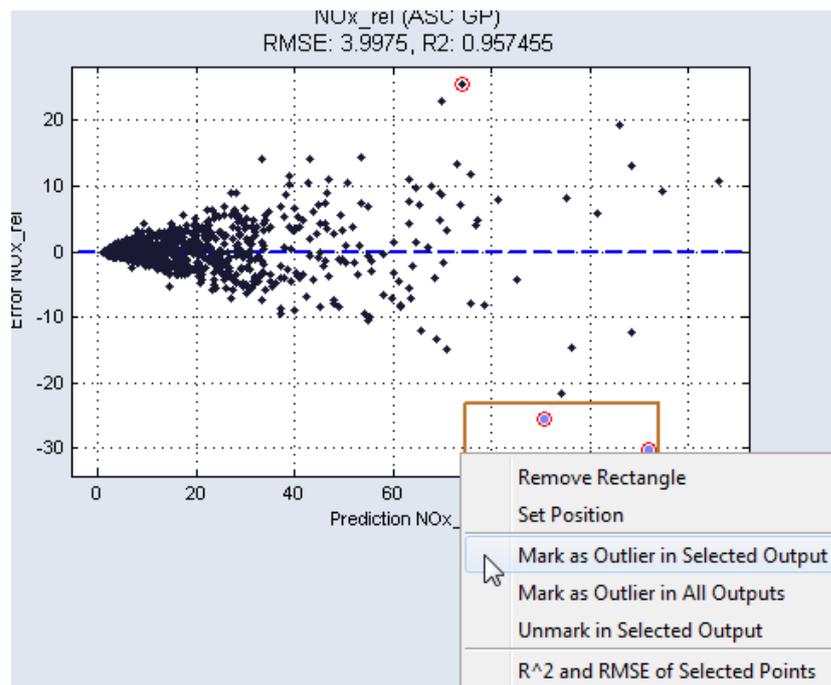
各ポイントを識別するには、ポイントを右クリックします。



### 外れ値を削除する

外れ値を1つ、または複数まとめて削除するには、以下のように操作してください。

1. **Model > Error (Leave-One-Out) > \*** で表示したプロット内で、マウスの左ボタンを押し下げたまま、選択したいポイントを囲むように四角形を描いて、1個または複数のポイントを選択します。  
選択したポイントがカラーで強調表示されます。
2. 必要に応じて、別の四角形を描いてさらにポイントを選択します。
3. 四角形内のポイントを外れ値としてマークするには、四角形の端を右クリックし、ショートカットメニューから **Mark as Outlier in Selected/All Outputs** を選択します。



この操作を取り消すには、ショートカットメニューから **Unmark in Selected Output** を選択します。

4. 選択した測定ポイントをトレーニングデータセットから削除するには、**Extras > Delete Marked Points and Retrain** を選択します。

⇒ データを削除した後は、出力用にモデルのトレーニングが再度行われます。

## 6.6 可視化

本項の内容は、以降のステップを続けるにあたって必須のものではありません。しかしながら、ASCMO-STATICの操作に役立つモデル表示機能について説明されていますので、参考にしてください。

### 6.6.1 インターセクションプロット (ISP)

入力に対する出力変数の依存性モデルが「インターセクションプロット」で可視化されます。インターセクションプロットの概要については、「5.3「インターセクションプロット」(ページ64)」の項を参照してください。

#### プロジェクトをロードする

保存済みのASCMO-STATICプロジェクトがある場合は、それを開いて作業を続行することができます。以下のように操作してください。

1. 以下のいずれかを行います。
  - ASCMO-STATICスタートウィンドウで **Open ASCMO Project** をクリックします。  
(「ASCMO-STATICスタートウィンドウ」(ページ69) を参照)
  - ASCMO-STATICメインメニューで **File > Open** を選択します。  
(「ASCMO-STATICグラフィカルユーザーインターフェース (GUI) - プロジェクトが開いた状態」(ページ60) を参照)

2. ファイル選択ダイアログボックスでプロジェクトファイル (\*.ascmo) を選択し、**開く** をクリックします。

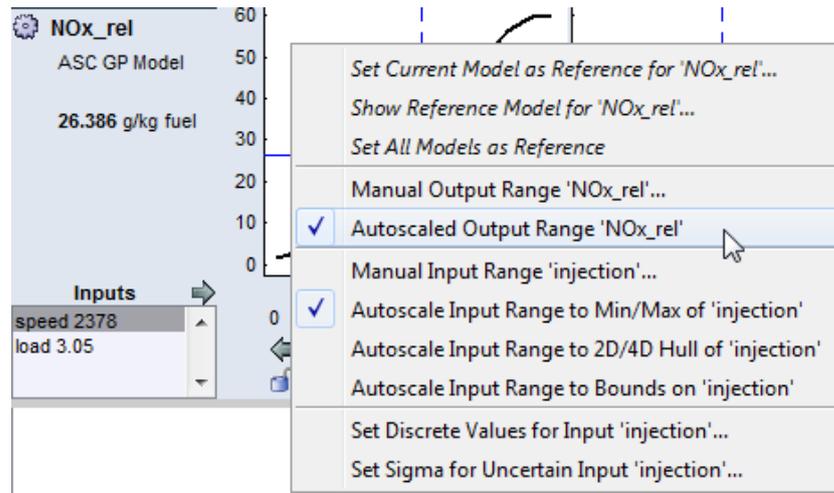
⇒ プロジェクトが開きます。

### 軸のスケールを設定する

基本的に、Y軸（出力）のスケールは自動設定されます。このスケーリングは手動で変更することができます。

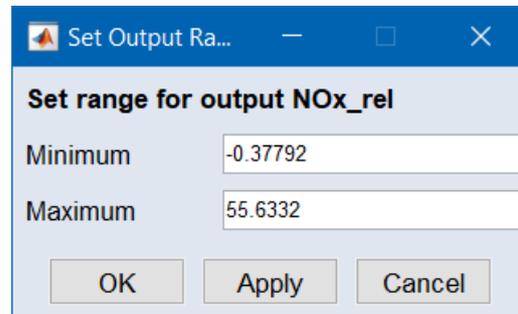
1. プロット内を右クリックします。

ショートカットメニューが開きます。**Autoscaled Output Range <output>** オプションがデフォルトでオンになっています。



2. **Manual Output Range <output>** を選択します。

⇒ 表示範囲を指定するためのウィンドウが開きます。



4. 最小値と最大値を入力し、**Apply** または **OK** をクリックします。

入力についても同様に、ショートカットメニューから手動 (**Manual Input Range \***) または自動 (**Autoscaled Input Range \***) で軸のスケールを設定することができます。

### 各入力の表示/非表示を指定する

1. **In/Outputs > Input Properties** を選択します。
2. "Input Properties" ダイアログボックスで、表示したい入力の **Show** オプションをオンにします。

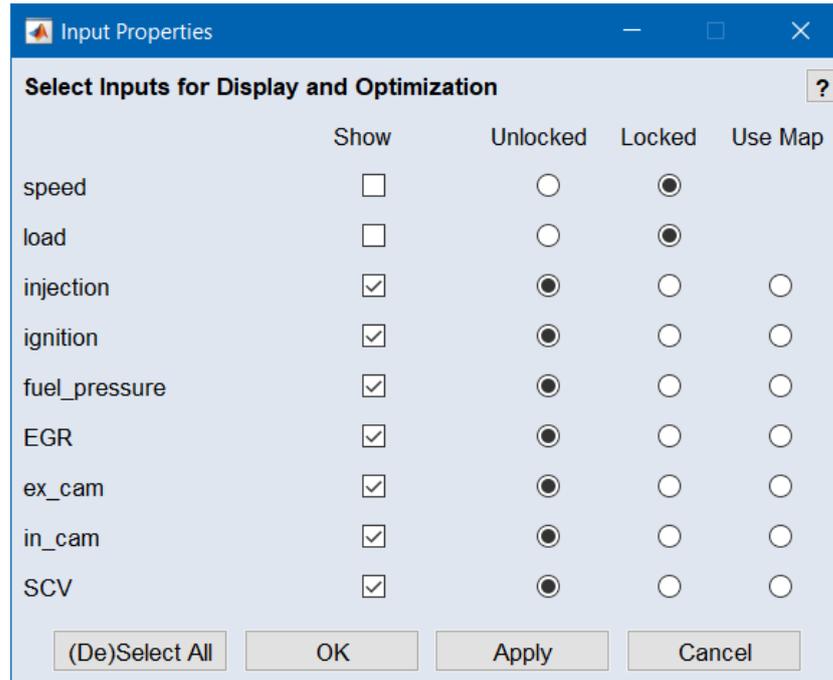


図 6-9: "Input Properties" ウィンドウ

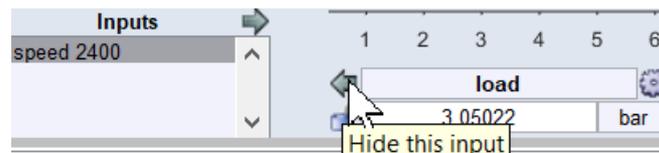
ロックされた入力は最適化されないため、一般的には、すべての入力について **unlocked** のデフォルト設定をそのままにしておくことをお勧めします。

3. **OK** をクリックします。

選択されていない入力のインターセクションプロットは表示されなくなります。その代わりに、入力の名前が左下に一覧表示されます。

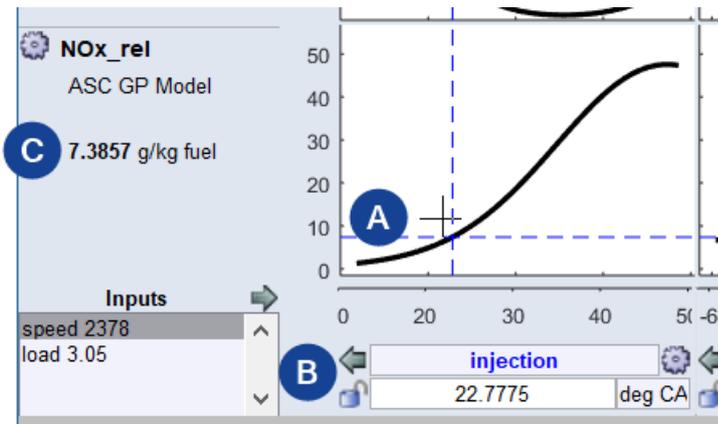
または、

各入力の名前の左側にある矢印をクリックして、その入力を非表示にすることもできます。



4. 非表示になっている入力のリスト内の名前をダブルクリックすると、その入力が再表示されます。また、<CTRL>キーで複数の入力を選択して矢印アイコンをクリックすると、それらを一度に再表示することができます。

### 入力の値を設定する



#### — 値を設定する (A)

プロット内のポイントをクリックして、X値を設定します。

連続的に値を操作するには、マウスの左ボタンを押し下げたままプロット内で十字カーソルをドラッグし、ボタンを離します。

#### — 入力の現在値 (B)

入力の値は、入力名の下フィールドに直接入力することもできます。

#### — 出力の現在値 (C)

各出力の値も表示されます。これに従って他のすべてのプロットの形状が調整されます。

### 結果を手動で最適化して保存する

ここでは簡単な最適化を手動で実行することができます。

1. **In/Outputs > 2D Plot Operating Points** を選択し、"Operating Points Manager" ウィンドウで動作ポイントを表示します。  
"Operating Points Manager" ウィンドウが開きます (図 6-10: ページ96参照)。
2. プロット表示部で、load の値が約3、speed の値が約3000の位置をクリックします。
3. すべての入力を調整して、Fuel\_mass 出力の値ができるだけ小さくなるようにします。  
Fuel\_mass 出力のインターセクションプロットを見ると、燃料消費量に対する影響が最も大きい入力 injection と EGR であることがわかります。
4. 望ましい設定 (Fuel\_mass の値は4に近くなります) を確定したら、メインメニューで **Extras > Evaluation List > Add Current Settings to List** を選択します。  
モデル評価リスト ("Model Evaluation List" ウィンドウ) が開き、ISPビューで現在セットされている値がここにコピーされます。

	speed [r...	load [bar]	injection ...	ignition [...]	fuel_pres...	EGR [%]	ex_cam [...]	in_cam [...]	SCV [-]	Fuel_mas...	CoV [%]	Soot [FS...	NOx_rel [...]
1	3000	3	31.1755	-1.9957	15.5327	16.5577	21.4207	-26.7975	0	5.1088	6.8790	0.4933	12.5486

- オプション : このデータを保存するには、このウィンドウのメニューから **File > Export** を選択します。

## 6.6.2 入力と出力の2D/3Dプロット表示

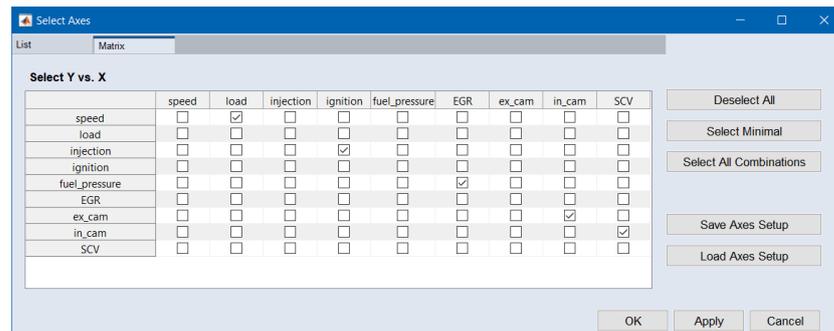
ISPビューには関数依存性を表示できるだけでなく、2個の入力を2Dプロットで表示したり、1個の出力と2個の入力を3Dプロットで表示したりすることもできます。

### 2個の入力を2D表示する

- In/Outputs > 2D Plot Inputs** を選択します。

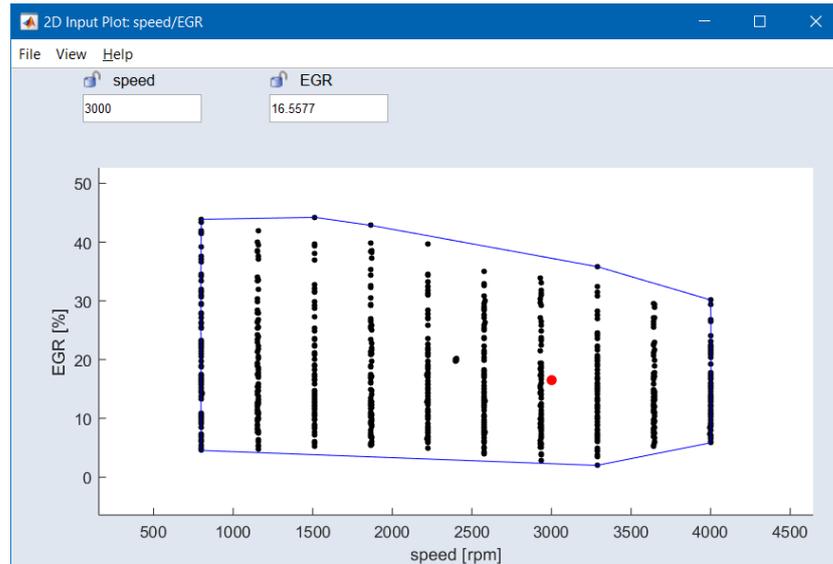
"Select Axes" ウィンドウが開きます。

- "Matrix" タブを開きます。



- Deselect All** をクリックして、プリセットされている選択内容をすべて解除します。
- "EGR" 行、"speed" 列のチェックボックスをオンにします。
- OK** をクリックします。

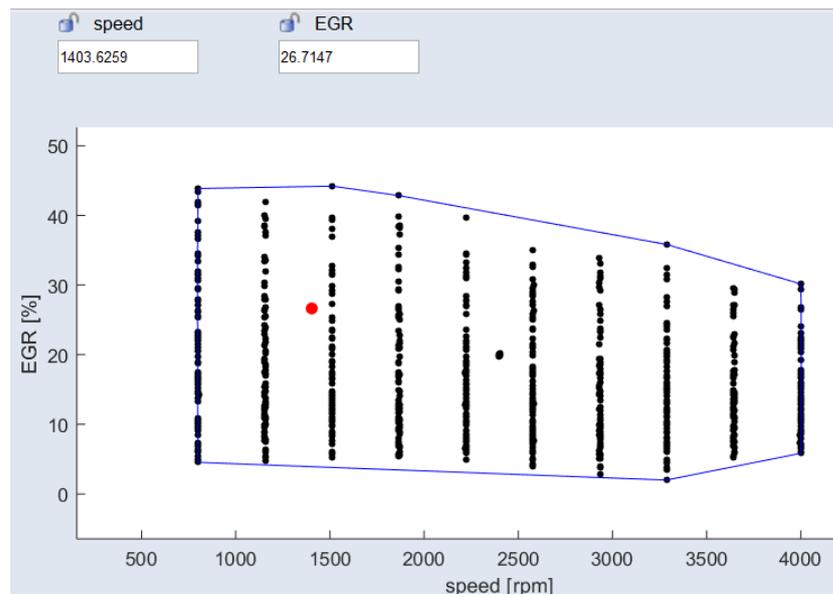
回転数に応じたEGR（排気再循環）の測定データが、黒色の点としてプロットウィンドウに表示されます。



赤色の点は、ISPビュー内で現在選択されているspeedとEGRの値を示しています。

6. プロット内の任意の1点をクリックします。

⇒ クリックされた位置に赤色の点が移動し、ISPビューが更新されます。



逆に、ISPビューでspeedまたはEGRの値を変更すると、2Dプロットが更新されます。

### 動作ポイント専用の2D表示を行う

グローバルモデルの場合は、動作ポイントを表示するための専用の2D表示が行えます。この表示機能は、"Operating Points Manager" ウィンドウ、または動作ポイントマネージャ (operating points manager) と呼ばれます。動作ポイントとして指定されている変数は、燃料消費量や排出量などの出力変数に最大の影響を与えることが多いため、ISPビューの外に個別に表示すると便利です。ISPビューでは、他の入力の影響力のダイナミズムが失われてしまう場合があります。

1. **In/Outputs > 2D Plot Operating Points** を選択します。

"Operating Points Manager" ウィンドウが開きます。

ここで、ナビゲーション (つまり動作ポイントの選択) を個別に行うことができます。

2. 必要に応じて、ISPビュー内の動作ポイントを非表示状態にすることができます。
3. 新しい動作ポイントを選択するには、以下のいずれかを行います。
  - プロット内をクリックします。
  - プロットの上にある入力フィールドに値を入力します（図 6-10: 下記の(A)）。
 現在の設定を動作ポイントリストに追加するには、**Add OP** をクリックします。
4. 動作ポイントが移動するたびにその動作ポイントから単一目的最適化が開始されるようになるには、**Extras > Optimize on Move** を選択します。
5. プロットに動作ポイントを表示する（図 6-10: 下記の(B)）には、**View > Show OPs** を選択します。
6. プロットに測定ポイントを表示する（図 6-10: 下記の(C)）には、**View > Show Measurement Points** を選択します。
7. プロットの凸包を表示する（図 6-10: 下記の(D)）には、**View > Show Convex Hull** を選択します。

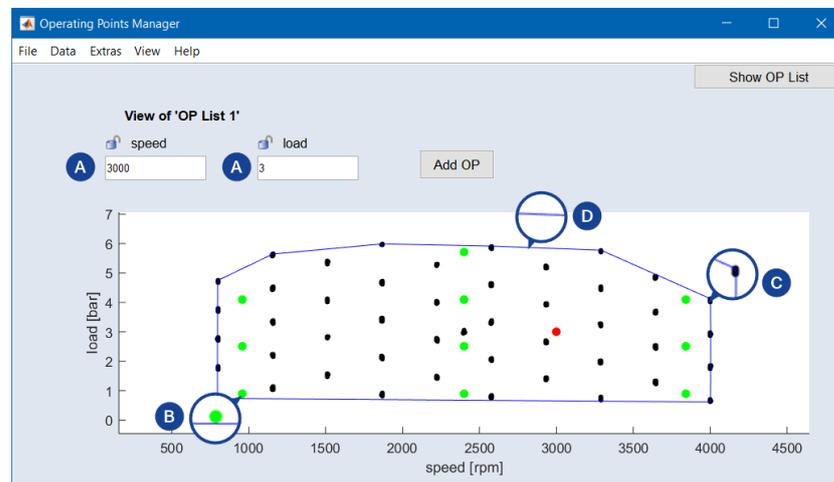
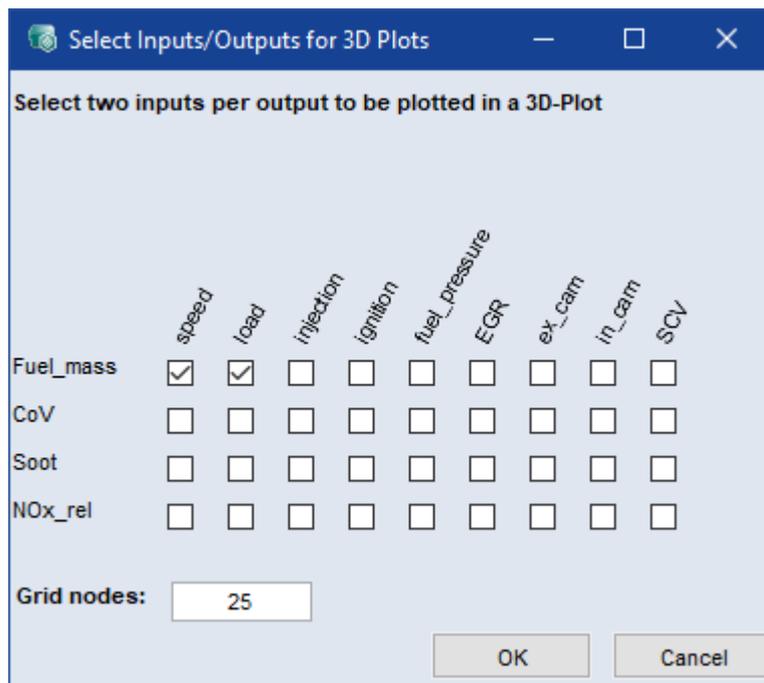


図 6-10: 動作ポイントマネージャ (A : 動作ポイント値の入力フィールド、B : 動作ポイント、C : 測定ポイント、D : プロットの凸包)

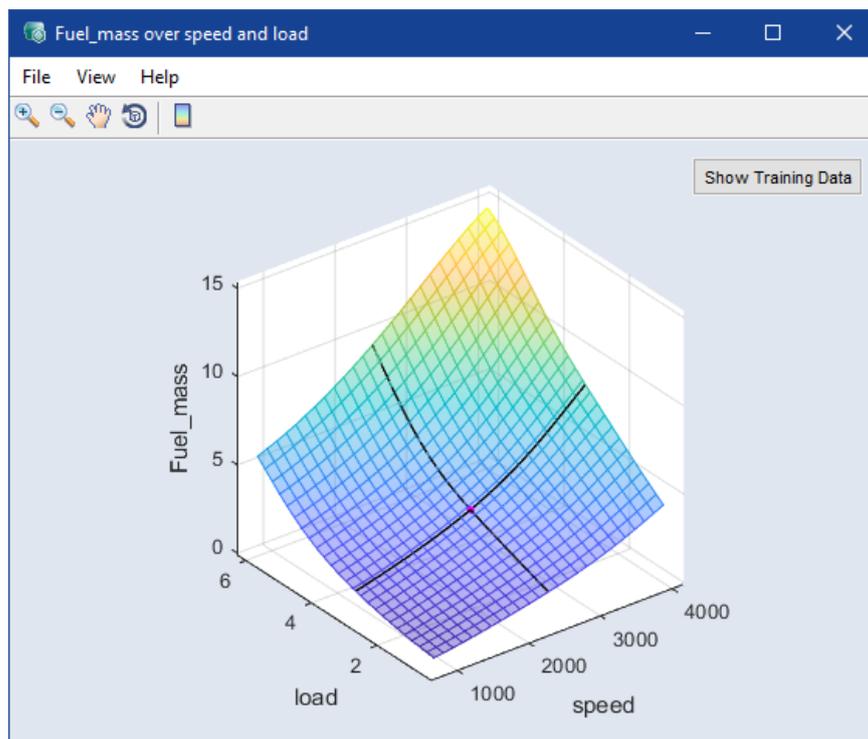
### 出力変数に対する入力変数の影響を3D表示する

モデリングされる出力に対する2個の入力の影響を可視化することもできます。

1. **In/Outputs > 3D Plot Outputs** を選択します。  
入力（出力1個に対して2個）を選択するためのウィンドウが開きます。
2. ここでは一例として、出力 "Fuel\_mass" に対して入力 "speed" と "load" を選択します。
3. "Grid nodes" フィールドに、軸あたりのグリッド数を入力します。
4. **OK** をクリックします。



speed/loadの値の範囲に対応する Fuel\_mass のモデルの3Dビューが表示されます。



黒い線の交点は入力の現在値を示していますが、このプロット内でこの位置を変更することはできません。

表示されている入力変数をISPビューで変更すると、プロット内のポイントの位置も更新されます。

- 3Dビューのツールバー内の **Insert Colorbar**  をクリックすると、プロットの右側に出力値のカラーバーが表示されます。

6. **Show Training Data** をクリックすると、トレーニングデータが表示されます。

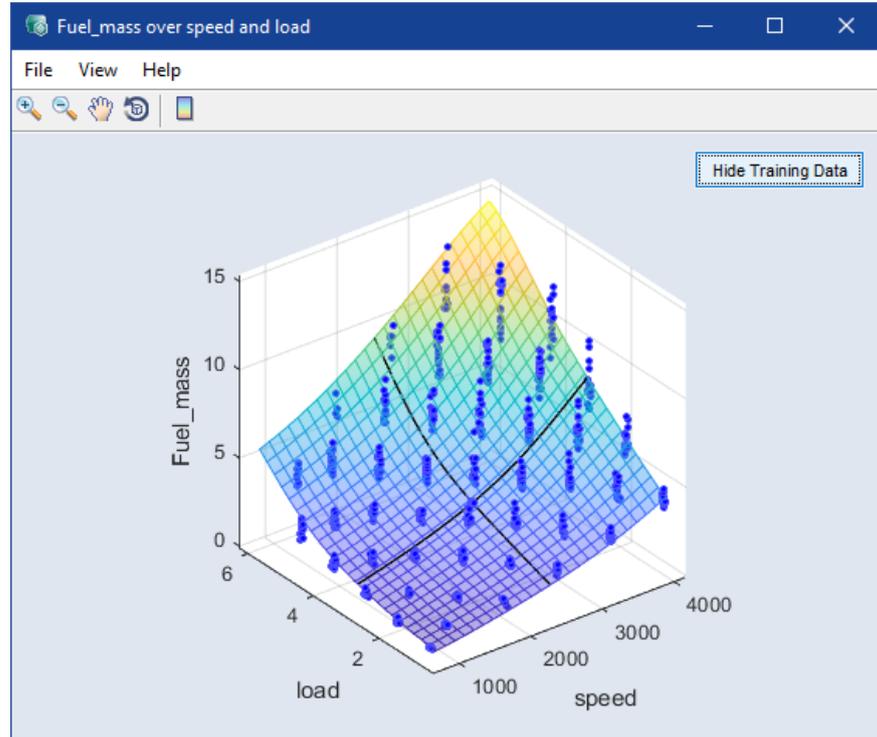


図 6-11: speedとloadに対するFuel\_massの3Dプロット - トレーニングデータ(青い点)とカラーバーが表示された状態

7. **View > Show Training Data Bounds** を選択すると、トレーニングデータの上下限值が表示されます。

適合マップ(例: 図 6-16: ページ120)と結果マップについても同様のコマンドが用意されています。

- 適合マップ: **View > Map Bounds**
- 結果マップ: **View > Single Result Bound / View > Global Optimization Bound**

詳細は6.7.5「適合」(ページ118)を参照してください。

### 3Dプロットの回転や反転を行う

1. プロットの回転や反転を行うには、**Rotate 3D**  をクリックします。  
プロットが回転モードに切り替わり、プロット上のマウスポインタが丸矢印に変わります。  
マウスの左ボタンを押し下げたままマウスポインタをプロット上で任意の方向に移動すると、プロットを回転したり反転することができます。
2. 回転モードを終了するには、再度 **Rotate 3D** をクリックします。

### 3Dプロットに等高線と凡例を表示する

必要に応じて、3Dプロットに等高線を表示することができます。等高線は、適合マップと結果マップにも表示できます。詳細は6.7.5「適合」(ページ118)を参照してください。

1. 3Dプロット内で **View > Contour Mode** を選択します。  
プロットに等高線が追加されます。プロットが回転し、speed - load面を上部から見下ろした表示になります。

2. 必要に応じてプロットを回転させます。

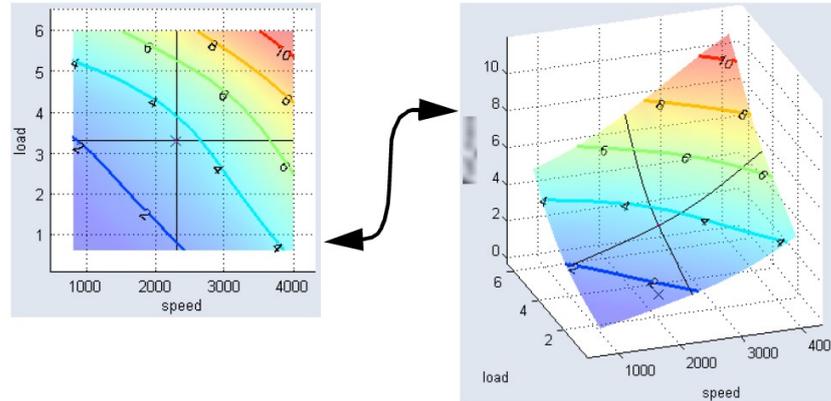


図 6-12: speedとloadに対する Fuel\_mass の3Dプロット (等高線モード)

3. 等高線モードの設定を変更するには、**View > Contour Options > \*** を選択します。

詳細はオンラインヘルプを参照してください。

**View > Contour \*** コマンドは、適合マップと結果マップでも使用できます。6.7.5「適合」(ページ118)を参照してください。

## 6.7 最適化

本項ではASCMO-STATICのさまざまな最適化処理を実行します。また複数の動作ポイントにおけるグローバルな最適化の結果を活用する方法も習得します。

本項では以下のトピックについて説明します。

- 6.7.1「1つの目標の加重合計を使用する単一目的最適化」(下記)
- 6.7.2「複数の動作ポイントで行う最適化」(ページ105)
- 6.7.3「多目的最適化」(ページ109)
- 6.7.4「グローバル最適化」(ページ116)
- 6.7.5「適合」(ページ118)

### 注記

走行サイクルのグローバル最適化については、6.9「走行サイクルのグローバル最適化」(ページ138)を参照してください。

### 6.7.1 1つの目標の加重合計を使用する単一目的最適化

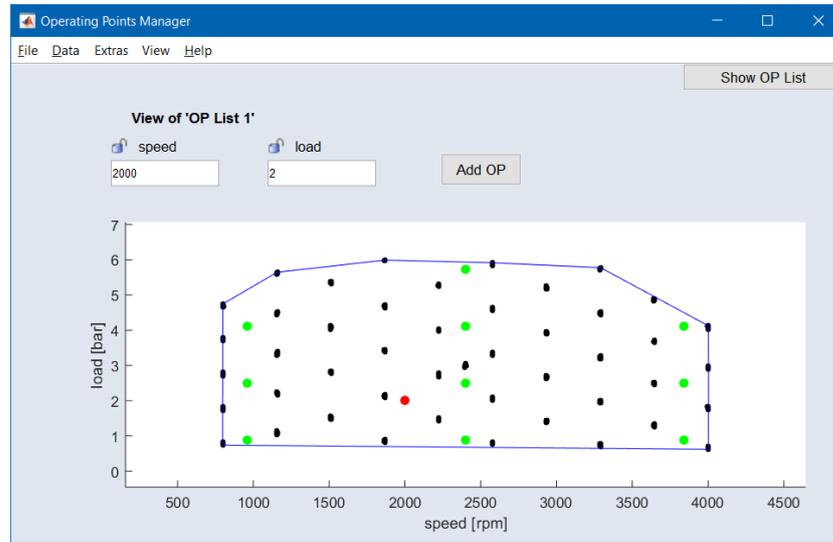
課題：燃料消費量 (Fuel\_mass) を最小限に抑えながら、エンジンラフネス (Cov)、ばい煙 (Soot)、NOx (NOx\_rel) などの変数を規定値以下に抑えます。

#### 動作ポイントを定義する

1. **In/Outputs > 2D Plot Operating Points** を選択します。

動作ポイントを定義する2個の変数 (loadとspeed) が別ウィンドウに表示されます。

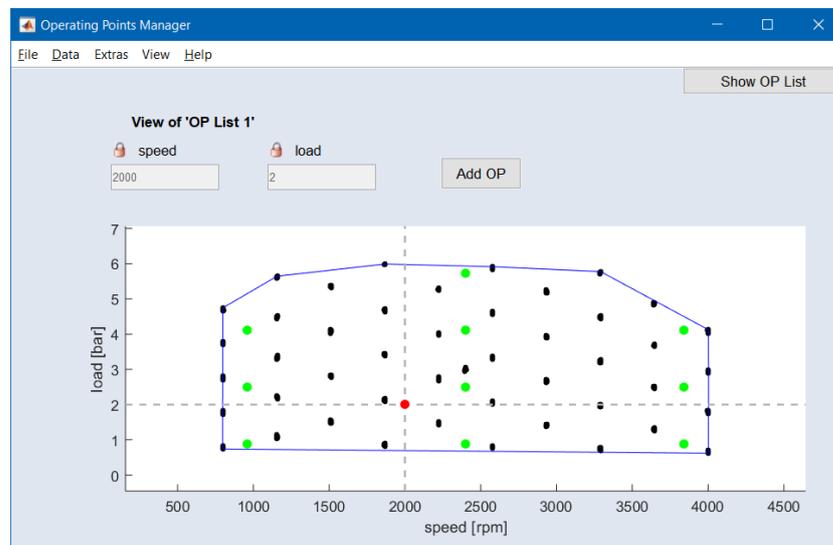
2. このウィンドウ内で、最適化を行う動作ポイントを指定します（例：speed = 2000 rpm、load = 2 bar）。



最適化実行中に speed と load の値が変化しないよう、これらの値をロックしておく必要があります。

3. "speed"と"load"の横にあるロックアイコン（）をクリックします。

⇒ 2つの入力がロックされ、アイコンがロック状態（）になります。



**入力フィールドが無効になり、プロット内の赤い点の位置が固定されます。**

1. **Optimization > Single Result** を選択します。

"Single Result Optimization" ウィンドウが開きます。"Output" 列で最適化する出力を選択し、他の列で最適化目標を指定します。

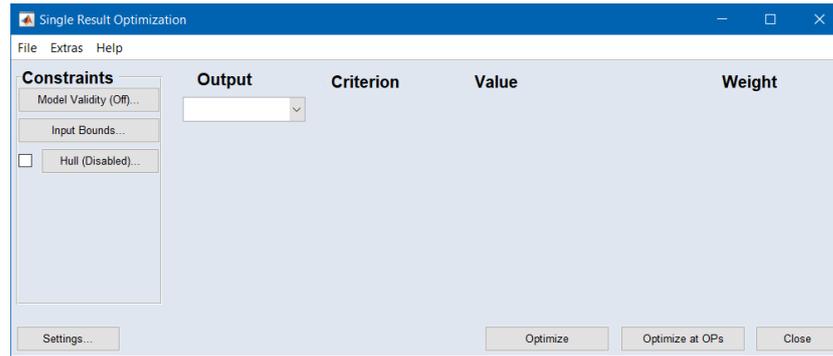
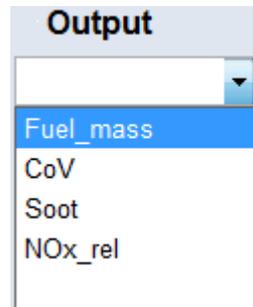


図 6-13: "Single Result Optimization" ウィンドウ

2. "Output" 列の空のセルをクリックします。



3. ドロップダウンリストから `Fuel_mass` を選択します。  
 選択された出力の最適化目標として、デフォルト値が設定されます。さらに新しい空の行が追加されます。
4. 同様に、他のすべての出力 (`CoV`、`Soot`、`NOx_rel`) を選択します。
5. 各出力の最適化目標を以下のように設定します。

Output	目標	Value			Weight	
Fuel_ mass	Minimize	None	-	-	Constant	1
CoV	Bound	Weak Upper Bound	Constant	5 [%]	Constant	1
Soot	Bound	Weak Upper Bound	Constant	0.3 []	Constant	1
NOx_rel	Bound	Weak Upper Bound	Constant	30 [g/kg]	Constant	1

### 最適化結果の範囲を制限する

"Single Result Optimization" ウィンドウでは、さまざまな方法で最適化結果をモデル出力の有効範囲に制限することができます。

1. 最適化結果が自動的にモデルの有効出力範囲内に収まるようにするには、以下のよう  
に操作します。
  - i. **Model Validity** ボタンをクリックします。  
"Valid Model Range" ウィンドウが開きます。
  - ii. このウィンドウで、有効なモデル範囲内に制限したいエレメントを有効にします。
  - iii. **OK** をクリックして設定内容を確認し、"Valid Model Range" ウィンドウを閉じま  
す。
2. 入力の最小値と最大値を設定するには、以下のよう  
に操作します。
  - i. **Input Bounds** ボタンをクリックします。  
"Input Bounds" ウィンドウが開きます。ここで入力の最小値と最大値を設定するこ  
とができます。

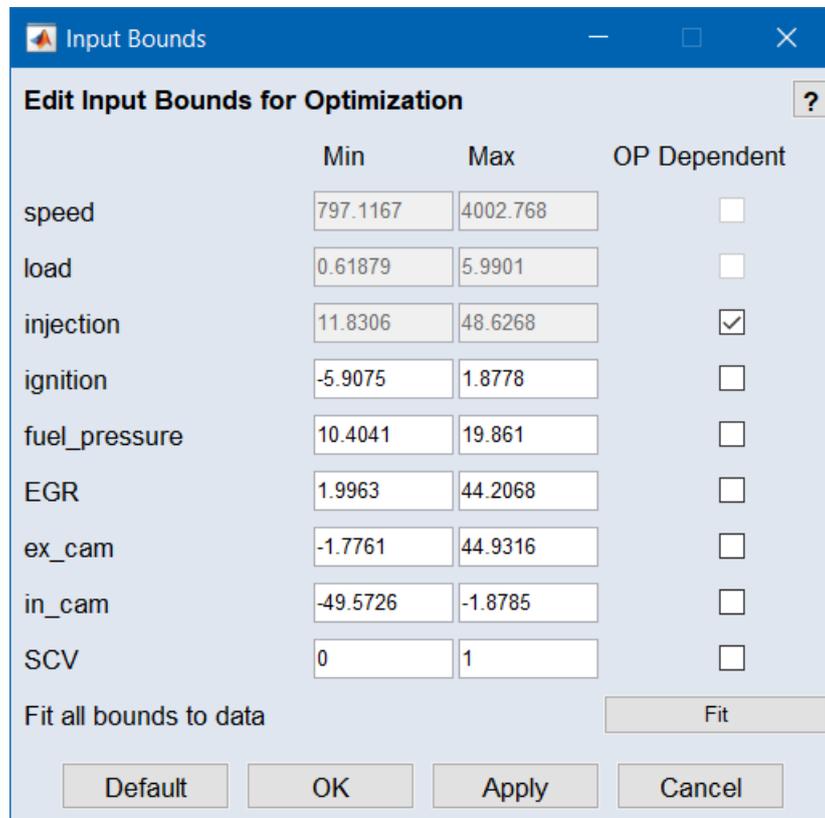


図 6-14: "Input Bounds" ウィンドウ

- ii. すべての境界値を測定データに合わせるには、**Fit** をクリックします。  
または  
入力ごとに制限を設定するには、以下のいずれかを行います。
  - 最適化用の有効な変動範囲 ("Min"/"Max") を入力します。
  - **OP Dependent** チェックボックスをオンにします。  
入力の "Map Bounds" ウィンドウが開きます。ここで、グリッドポイントを操作して  
パラメータの変動範囲を設定することができます。
- iii. **OK** をクリックして設定内容を確認し、"Input Bounds" ウィンドウを閉じます。

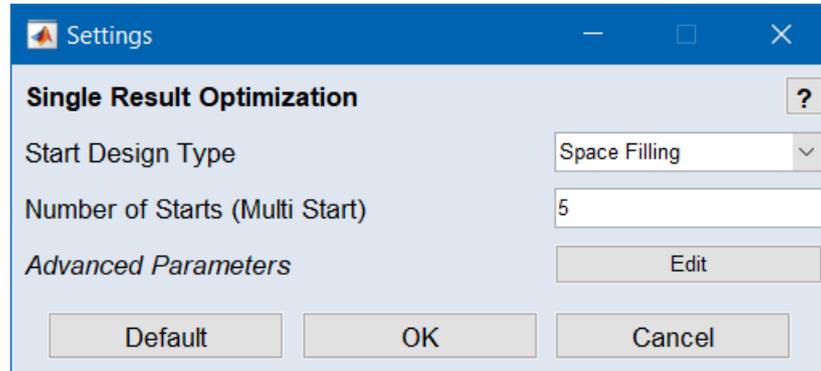
**i 注記**

OP Dependent Input Bounds オプションを用いてパラメータの有効な変動範囲を定義する方法についての詳しい情報は、[6.7.5「適合」](#)（ページ118）を参照してください。

3. パラメータの変化の範囲が、指定した外殻の範囲内のデータに限定されるようにするには、以下のように操作します。
  - i. **Hull** ボタンの横のチェックボックスをオンにします。  
 パラメータの変化の範囲が、指定した外殻の範囲内のデータに限定されます（**In/Outputs > Hull on Inputs**）。現在の設定は **Hull** ボタンで確認できます。

**単一目的最適化の設定を変更する**

1. "Single Result Optimization" ウィンドウの **Settings** をクリックします。  
 "Settings" ウィンドウが開きます。

**i 注記**

詳細パラメータをカスタマイズするための **Edit** ボタンは、"Advanced Parameters" オプションがオンになっている場合（[4.5「ASCMO-STATICの高度な設定」](#)（ページ44）を参照）にのみ表示されます。

2. "Start Design Type" ドロップダウンリストで、最適化に使用する探索開始点を指定します。  
 以下の設定が可能です。
  - Last** : ISPビューの現在の設定値が開始値になります。
  - Space Filling** : 開始値はソボルアルゴリズムにより空間充填的に選択されます。
  - All Edges** : 開始値 = 実験空間の全コーナー。母集団の残りは、ソボルアルゴリズムに従ってパラメータ空間に分散されます。
3. "Number of Starts (Multi Start)" 入力フィールドで、最適化の実行回数を指定できます。  
 グローバル最小値が必ず見つかるようにするには、さまざまな開始値を使用して複数回オ



1. 動作ポイントマネージャ (図 6-10: ページ96) で、**Extras > Optimize On Move** オプションをオンにします。
2. このプロット内をクリックして新しい動作ポイントを選択します (赤色の点)。  
⇒ 選択された動作ポイントについて、選択されている目標に基づく最適化が開始されます。

## 6.7.2 複数の動作ポイントで行う最適化

6.7.1「1つの目標の加重合計を使用する単一目的最適化」(ページ99) で説明されている方法は、バッチモードでも実行できます。一連の動作ポイントについてオプティマイザが連続的に実行されることにより、「グローバルな」最適化が行われます。

この最適化は、モデリングされた出力に基づいてマップを作成するための第1歩になります。

### 動作ポイントのグリッドを定義する

最初に、最適化を行いたいポイントを以下のようにして選択します。

1. **Calibration > Operating Points** を選択します。  
"Operating Points Manager" ウィンドウ (図 6-10: ページ96を参照) が開きます。
2. デフォルトとは異なるグリッドを作成するため、このウィンドウで **Data > Edit List > Redefine Grid** を選択します。  
"Redefine Grid for OP List <n>" ウィンドウが開きます。
3. このウィンドウで、以下のように操作します。
  - i. 各パラメータのドロップダウンリストから Begin/End を選択します。
  - ii. 入力フィールドに speed と load の範囲を入力します。
  - iii. "Count" 列にグリッド数 (例: 5x5) を入力します。

Input				Count
speed [rpm]	Begin/End	900	3900	5
load [bar]	Begin/End	0.80	5.8	5

Constrain to Operating Points Hull

OK Apply Cancel

- iv. **Constraint to Operating Points Hull** オプションをオンにすると、動作ポイントの外殻の外側に位置する動作ポイントは無視されます。
- v. **OK** をクリックして選択を確定し、ウィンドウを閉じます。  
等間隔のポイントからなる 2 次元グリッドが作成されます。各ポイントは動作ポイントマネージャに表示されます。

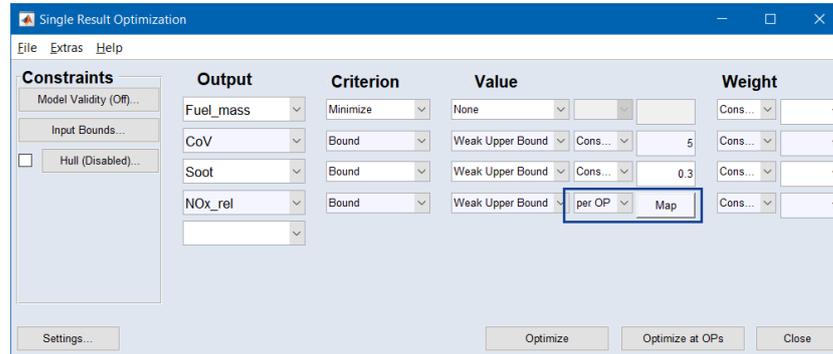
既存の動作ポイントリストをロードするには、動作ポイントマネージャで **File > Import** を選択します。

### 最適化目標を定義する

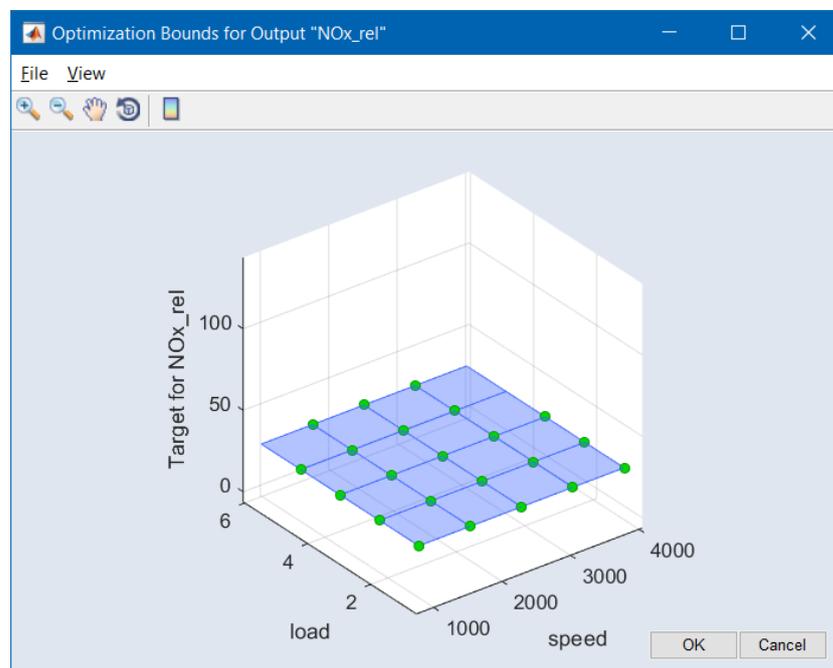
1. **Optimization > Single Result** を選択します。  
"Single Result Optimization" ウィンドウが開きます。このウィンドウには前回のローカル最適化の目標がロードされています。
2. NO<sub>x</sub>\_rel 出力の "Value" の中央の列を Constant から per OP に変更します。

"Value" の右の列が Map ボタンに変わります。

3. **Map** をクリックします。



定義されているすべての動作ポイントについて最適化されたプロットが開きます。

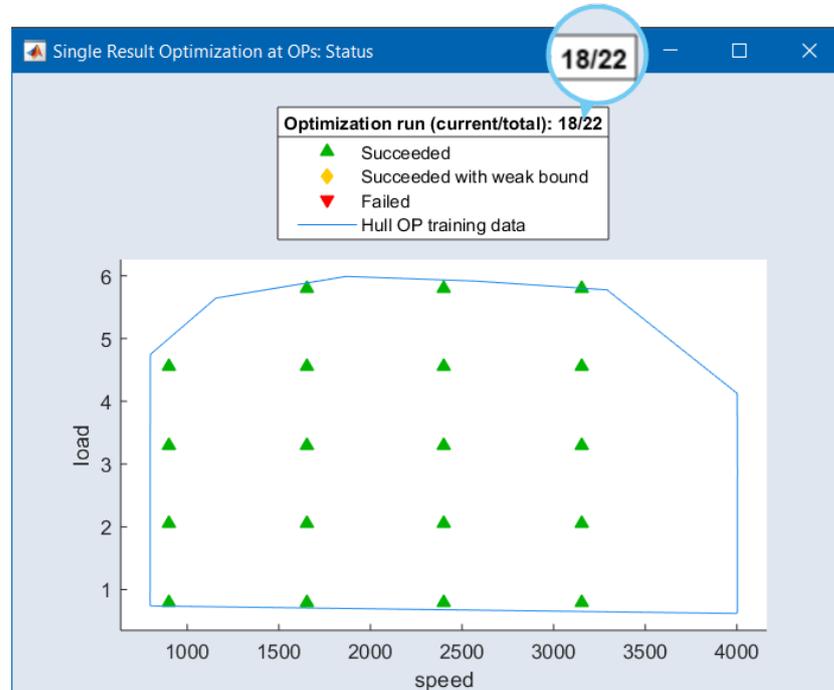


すべての動作ポイントの出力値には、Constant 設定のデフォルト値であった30がコピーされています。

4. 各動作ポイントの出力値は、以下のいずれかの方法で編集できます。
  - マウスでポイントを移動する
  - **View > Table** を選択して "Optimization Target Table for Output \*" ウィンドウを開き、値を編集する
5. 設定（各動作ポイントの値）が格納されているExcelファイルを読み込むには、**File > Import Map** を選択します。
6. このチュートリアルを続行するには、**Cancel** をクリックして変更内容をすべて破棄します。

### すべての動作ポイントで最適化を実行する

- "Single Result Optimization" ウィンドウで **Optimize at OPs** をクリックします。  
最適化が実行されます。  
別ウィンドウが開き、そこで各動作ポイントの最適化の進行状況を確認することができます。



各動作ポイントの最適化実行時には、最適値がISPビューにセットされ、さらにステータスウィンドウに出力されます。

緑色の動作ポイントにおいて最適化が成功したことが示されています。

- 各動作ポイントでの最適化の結果をテーブル形式で表示するには、"Single Result Optimization" ウィンドウの **Extras > Optimization at OPs > Show Results** を選択します。

"Optimization Results" ウィンドウが開きます。すべての動作ポイントについて最適化された結果が表示されます。

Optimization Results											
File	speed	load	injection	ignition	fuel_pres...	EGR	ex_cam	in_cam	SCV	Fuel_mass	CoV
1	900	0.8000	10.6849	2.0372	19.4411	15.8211	43.2512	-48.7538	0	0.5510	4.5590
2	900	2.0500	10.9050	1.9924	19.5046	21.4634	43.0120	-39.3752	0	0.9339	3.8266
3	900	3.3000	11.2086	-5.7405	13.0590	18.0938	43.0909	-44.7877	0	1.3578	4.4544
4	900	4.5500	11.4063	-5.7168	17.5334	17.6442	43.3641	-48.5802	1	1.8199	3.4003
5	1650	0.8000	14.8588	2.0077	19.3127	5.3288	43.5310	-49.5668	0	1.0784	4.5959
6	1650	2.0500	20.5414	1.9053	19.3837	5.1835	43.0752	-29.4065	0	1.8057	3.1933
7	1650	3.3000	16.1024	-5.7531	19.6152	4.8607	43.1944	-39.2612	0	2.4637	3.6881
8	1650	4.5500	15.5932	-5.7066	19.9072	10.8777	43.4829	-48.5644	0	3.1833	2.7880
9	1650	5.8000	15.4626	-5.7101	11.0192	6.2967	43.8716	-49.3392	0	4.0598	3.8805
10	2400	0.8000	21.5657	1.9699	19.1545	2.7403	43.8809	-49.6496	0	1.7898	5.5675
11	2400	2.0500	31.4304	1.8254	19.3065	3.5998	-1.7253	-25.3859	0	2.7340	3.8661
12	2400	3.3000	27.0903	-5.7566	19.6627	4.3643	43.6947	-43.2354	0	3.6557	3.7716
13	2400	4.5500	23.3966	-5.7363	20.0352	5.1466	44.0294	-48.8137	0	4.8042	2.9999

さらにこのテーブルには各動作ポイントの標準偏差も表示されます。

- "Optimization Results" ウィンドウで、テーブルの任意の1行をマークし、**File > Show Current Row in ISP View** を選択します。

⇒ 各入力の値とその入力に対応する出力がISPビューにセットされます。

このリストをExcelファイルにして保存することもできます (**File > Export**)。

#### 最適化結果を適合マップに転送する

- "Optimization Results" ウィンドウで **File > Apply Results to Calibration Maps** を選択します。
- メインウィンドウで **Calibration > Calibration Maps > \*** を選択すると、新しい適合マップが表示されます。



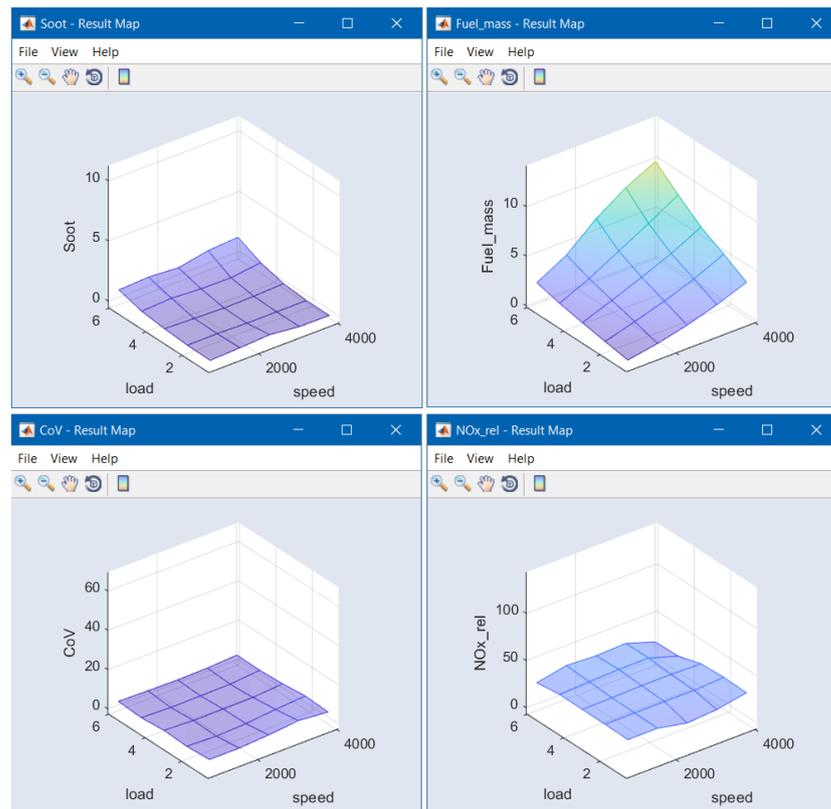
#### 注記

適合マップの扱いや可視化についての詳細は、[6.7.5「適合」\(ページ118\)](#) を参照してください。

#### 最適化実行後の出力変数の特性マップ (Result Map) を表示する

- Calibration > Result Maps > Open all Maps** を選択します。

すべての出力についての結果のプロットが開きます。



表示される各点は、最適化が実行された動作ポイントを表しています。

- これらのプロットのプロットを閉じるには、メインウィンドウで **View > Close Child Windows** を選択します。

### 注記

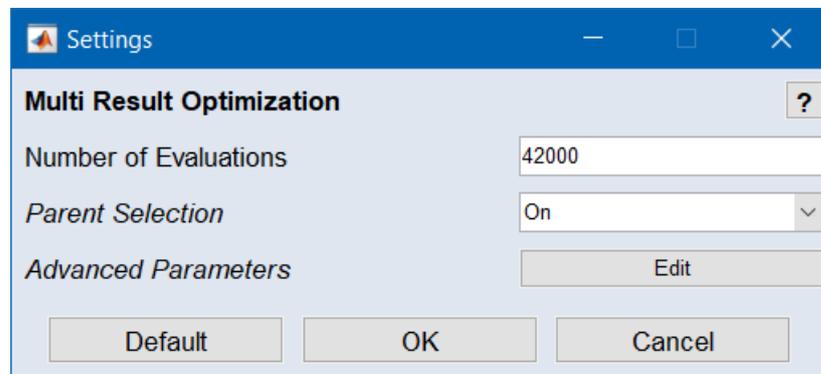
最適化実行後の入力変数のマップについては、[6.7.5「適合」](#)（ページ118）で説明しています。

## 6.7.3 多目的最適化

エミッションなどの値の減少と、燃料消費量などの値の増加が連動する、といった状況がよく見られますが、多目的最適化は、このようなトレードオフの関係がある出力の最適値探索に使用できます。

### 多目的最適化の設定を変更する

1. **Optimization > Multi Result** を選択します。  
"Multi Result Optimization" ウィンドウが開きます。
2. "Multi Result Optimization" ウィンドウの **Settings** をクリックします。



### 注記

詳細パラメータをカスタマイズするための **Edit** ボタンは、"Advanced Parameters" オプションがオンになっている場合（[4.5.1「高度な設定の有効化／無効化」](#)（ページ45）を参照）にのみ表示されます。

3. "Number of Evaluations" 入力フィールドで、全世代に渡る評価の最大数を指定できます。  
評価の最大数は、子を生成する親の数（"Advanced Parameters" の "Parent Population Size"）の約200倍である必要があります。
4. "Parent Selection" フィールドで、評価と遺伝子組み換えへの親の関与を有効にするかどうか（On/Off）を指定します。  
詳細は[4.6.3「進化的アルゴリズム - 親の選択と生存者の選択」](#)（ページ55）を参照してください。
5. **OK** をクリックして設定内容を確定します。

### パラメータの変動範囲を制限する

すべての入力について、モデリング時に考慮すべき範囲を以下の方法で定義することができます。以下のように操作してください。

1. "Multi Result Optimization" ウィンドウの **Input Bounds** をクリックします。

	Min	Max	OP Dependent
speed	797.1167	4002.768	<input type="checkbox"/>
load	0.61879	5.9901	<input type="checkbox"/>
injection	11.8306	48.6268	<input checked="" type="checkbox"/>
ignition	-5.9075	1.8778	<input type="checkbox"/>
fuel_pressure	10.4041	19.861	<input type="checkbox"/>
EGR	1.9963	44.2068	<input type="checkbox"/>
ex_cam	-1.7761	44.9316	<input type="checkbox"/>
in_cam	-49.5726	-1.8785	<input type="checkbox"/>
SCV	0	1	<input type="checkbox"/>

Fit all bounds to data  Fit

Default OK Apply Cancel

2. すべての境界値を測定データに合わせるには、**Fit** をクリックします。

または

入力ごとに制限を設定するには、以下のいずれかを行います。

- 最適化用の有効な変動範囲 (**Min/Max**) を入力します。
- **OP Dependent** オプションをオンにします。

入力の "Map Bounds" ウィンドウが開きます。ここで、グリッドポイントを操作してパラメータの変動範囲を設定することができます。

3. **OK** をクリックして選択を確定し、"Input Bounds" ウィンドウを閉じます。

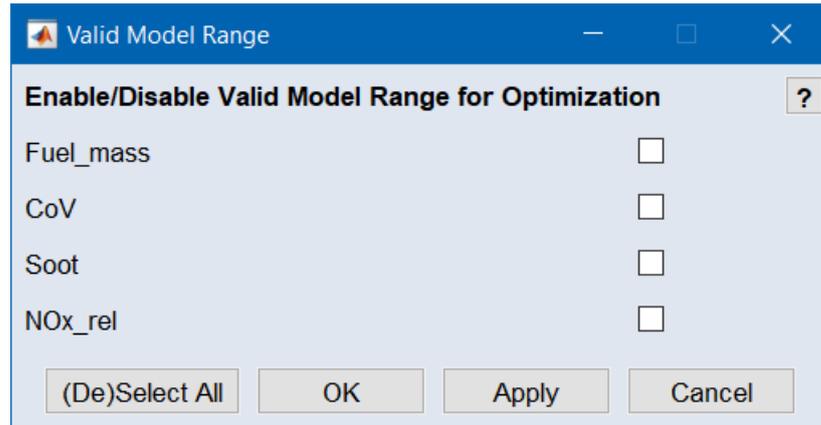
### 注記

OP Dependent Input Bounds オプションを用いてパラメータの有効な変動範囲を定義する方法についての詳しい情報は、[6.7.5「適合」\(ページ118\)](#) を参照してください。

### 最適化結果の範囲を制限する

最適化結果は、さまざまな方法でモデル出力の有効範囲に制限することができます。

1. "Multi Result Optimization" ウィンドウで、**Hull** ボタンの横のチェックボックスをオンにします。  
パラメータの変化の範囲が、指定した外殻の範囲内のデータに限定されます (**In/Outputs > Hull on Inputs**) 。
2. **Model Validity** をクリックします。



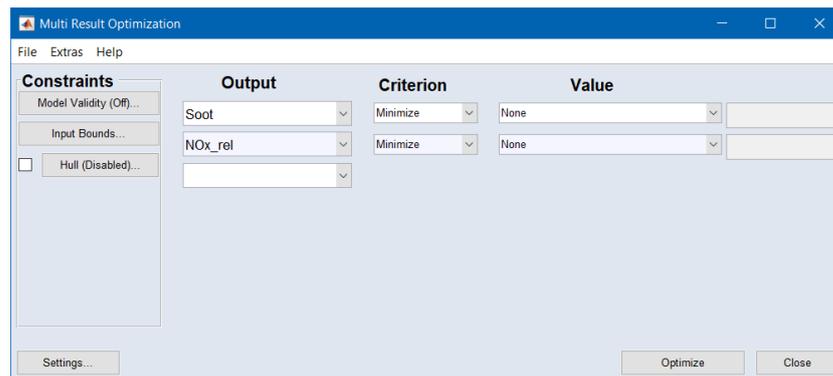
- このウィンドウで、有効なモデル範囲内に制限したいエレメントを有効にします。
- OK** をクリックして設定内容を確定し、"Valid Model Range" ウィンドウを閉じます。

### 注記

"Valid Model Range" ウィンドウ内のオプションは常にオンに設定し、後にオプティマイザが検出する解がモデル有効範囲に収まるようにしてください。このオプションを使用するには、各変数が有意な有効範囲を持っていることが前提条件となります。そうでない場合は、モデルトレーニングが不完全であることを示しています。

### 多目的最適化

- 必要に応じて "Multi Result Optimization" ウィンドウを開きます。
- 出力 `Fuel_mass` と `CoV` の "Output" 列で `Remove` を選択し、これらの変数を削除します。
- 2個の出力 `Soot` および `NOx_rel` について、最適化目標として `Minimize` を選択します。

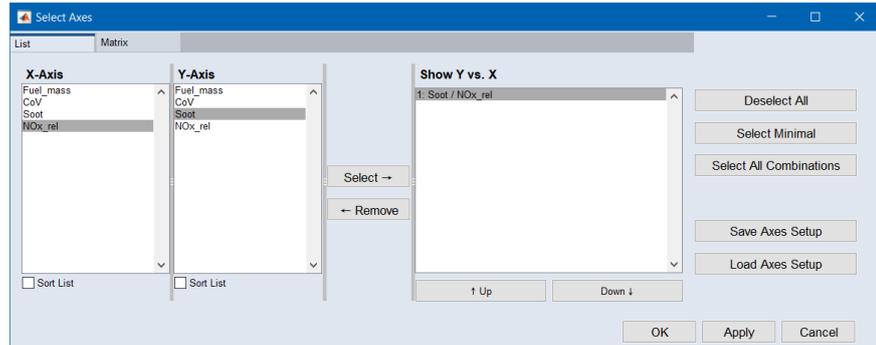


- 動作ポイントマネージャを開きます (図 6-10: ページ96を参照)。
- このウィンドウで、最適化を実行したい動作ポイントを選択します。
  - 2000 rpm
  - 2 bar (平均有効圧力)
- 「動作ポイントを定義する」(ページ99) を参照して、`speed` と `load` をロックします。
- "Multi Result Optimization" ウィンドウで **Optimize** をクリックします。  
最適化が開始され、ウィンドウ下部に進行状況が表示されます。

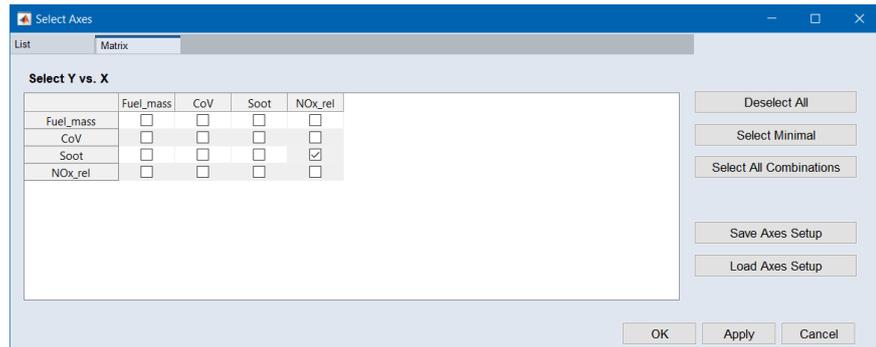


最適化が完了すると、"Select Axes" ウィンドウが開きます。

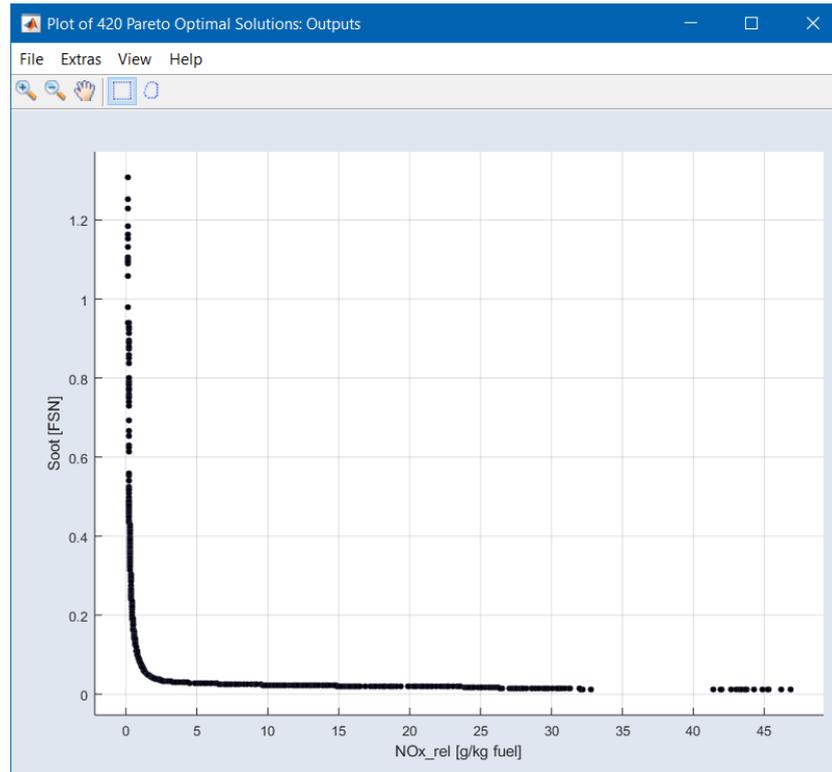
8. このウィンドウの"List" タブまたは"Matrix" タブで、表示する軸のペアを選択します。
  - "List" タブを使用する場合は、X軸フィールドで NOx\_rel、Y軸フィールドで Soot を選択して、**Select** → をクリックします。



- "Matrix" タブを使用する場合は、"Soot" 行と "NOx\_rel" 列の交点のチェックボックスをオンにします。



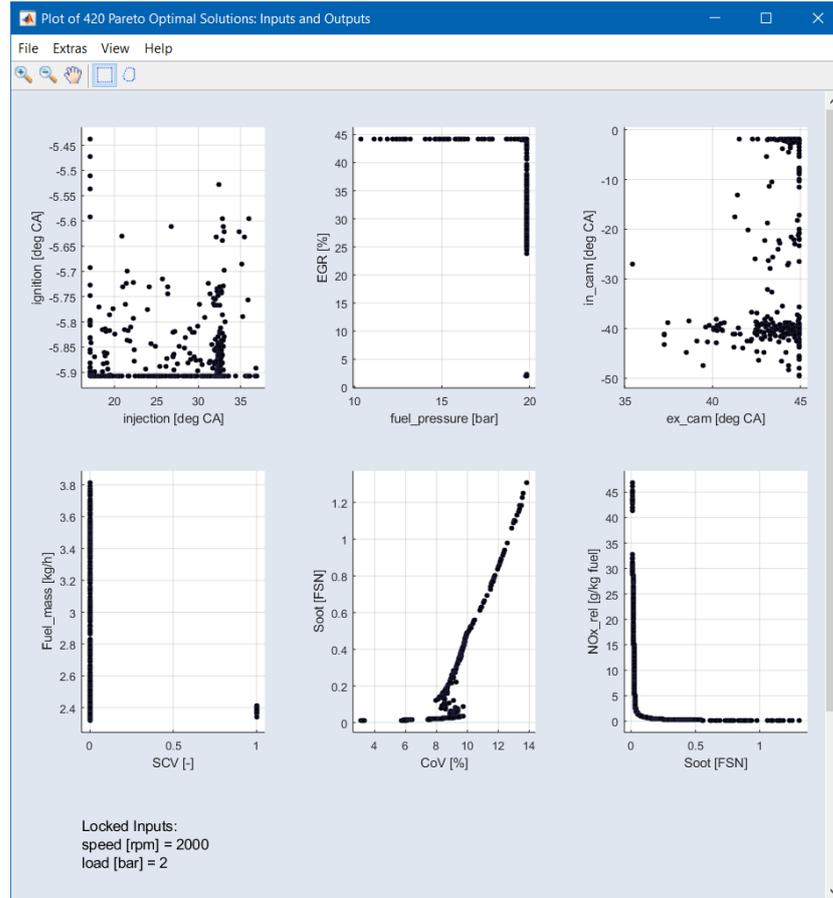
9. **OK** をクリックします。
  - ⇒ ばい煙と窒素酸化物の排出量の相互依存性がプロット表示されます。



**i 注記**

このプロット各点が最適化目標を満たすパレート最適解です。

さらに第2のウィンドウも開き、入力と出力の依存関係が表示されます。



"Inputs and Outputs" ウィンドウの機能については、「複数のパレート解に関するデータを表示する」(次ページ)を参照してください。

#### 個々のパレート解に関するデータを表示する

1. プロット内の任意の点(つまり最適化の解の1つ)を右クリックします。  
選択された解のショートカットメニューが開きます。
2. **Show Result in Other Views** を選択すると、この解がISPビューに表示されます。
3. **Show Result** を選択すると、この解に対応する入力の値が別ウィンドウに表示されま

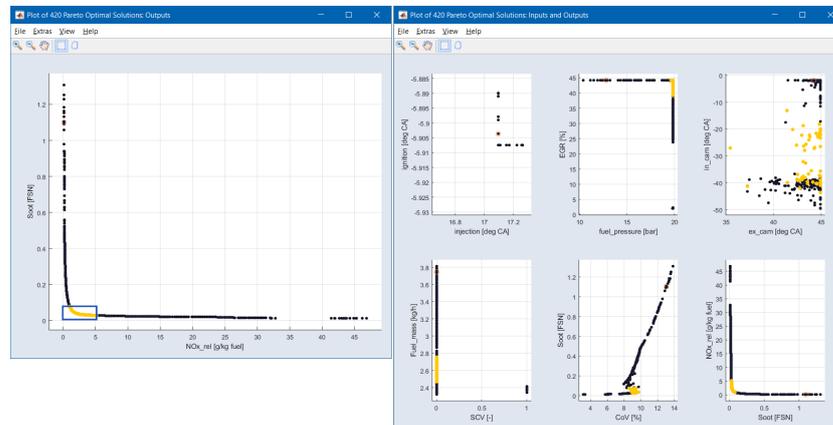
す。

Parameter	Value
speed	2000
load	2
injection	17.0962
ignition	-5.9075
fuel_pressure	15.8971
EGR	44.2068
ex_cam	44.9316
in_cam	-1.8785
SCV	0

### 複数のパレート解に関するデータを表示する

1. **Mouse selection** \* ボタンのいずれか（四角形または投げ縄）をクリックします。
2. 目的の解を囲む線（四角形または投げ縄）を描きます。 

囲み線の内側の解がカラーで強調表示されます。

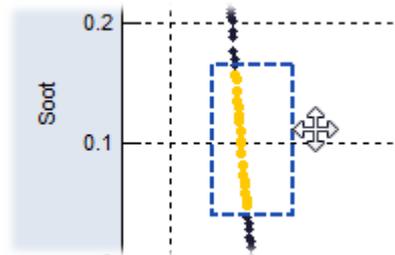


### 注記

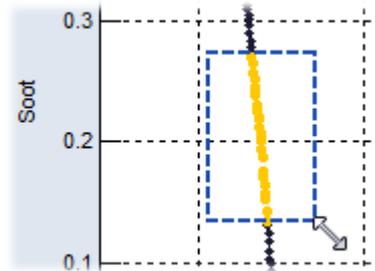
これらの解は、"Inputs and Outputs" ウィンドウ内の他のプロット内でも強調表示されるので、注目すべき入力に関する領域が特定できます。

3. 囲み線（四角形または投げ縄）の枠を右クリックします。  
ショートカットメニューが開き、そこで以下のアクションを実行できます。

- **Remove Rectangle / Remove Lasso** : 囲み線を消去し、解の選択を解除します。
  - **Set Position** : 四角形のみ。  
"Create Rectangle" ダイアログボックスを開き、四角形的位置を座標値で指定します。
  - **Mark** : 囲み線（四角形または投げ縄）の内側の解をすべてマークします。
  - **Show Number of Solutions** : 囲み線（四角形または投げ縄）の内側の解の数を表示します。
4. 囲み線（四角形または投げ縄）の辺をドラッグして移動して、異なるソリューションをマークすることができます。



5. 囲み線（四角形のみ）の囲み線の枠の頂点をドラッグして、枠の大きさを変更することができます。



投げ縄で囲んだ線は、サイズ変更できません。

6. **View > Select Axes** でさらに他の軸を追加すると、選択された領域がそれらの変数に与える影響も見ることができます。

### 結果を保存する

パレート最適解の集合全体、または選択された領域内の解をファイルに保存することができます。

1. 任意のプロットウィンドウから、**File > Export All Data / Export Intersection of Selected Data / Export Union of Selected Data** のいずれかを選択します。  
ファイル選択ウィンドウが開きます。
2. ファイル名を入力して **保存** をクリックします。  
⇒ 解がExcelファイルに保存されます。

## 6.7.4 グローバル最適化

単一目的最適化の場合は各動作ポイントについてバッチモードで順に最適化が行われますが、グローバル最適化では、すべての動作ポイントについて同時に最適化が行われます。

### 注記

**Calibration** メニュー、および **Optimization** メニューの **Global Optimization** コマンドは、データのインポート時に動作ポイント用の軸が選択されている場合にのみ表示されます（6.3.3「入力と出力の割り当て」（ページ70）を参照してください）。インポート後に軸を選択するには、メニューで **In/Outputs > Set Operating Point Axes** を選択します。

これにより、さらに以下の2つが可能になります。

- － マップの平滑度と勾配の考慮
- － 各動作ポイントに留まる時間に応じて加重された走行サイクルの合計値の観察（6.8「走行サイクル予測」（ページ125）を参照）

グローバル最適化に必要な条件と制限は、“Global Optimization” ウィンドウで設定できます。“Global Optimization” ウィンドウについての詳細は、ASCMO-STATICオンラインヘルプを参照してください。

### 最適化目標を定義する

1. **Optimization > Global Optimization** を選択します。

“Global Optimization” ウィンドウが開きます。

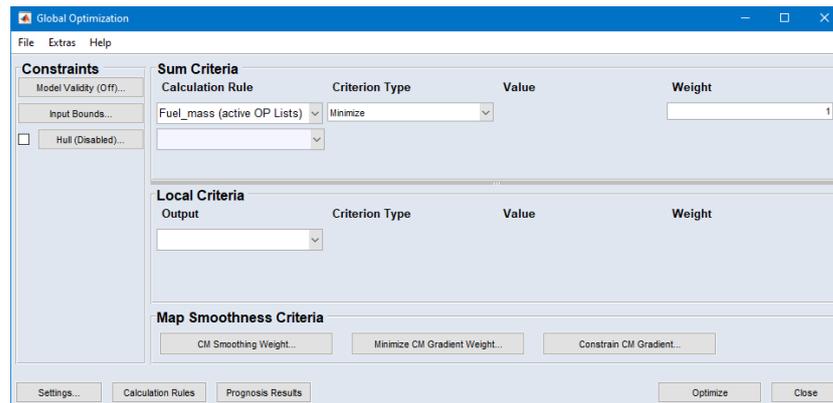


図 6-15: “Global Optimization” ウィンドウ

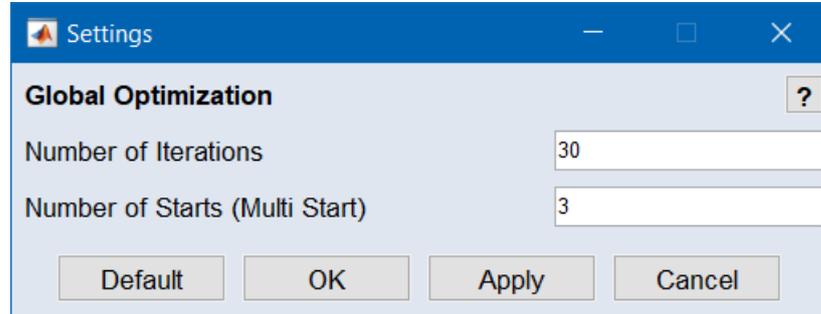
2. “Sum Criteria” 領域で、4つの出力をすべて選択し、条件のタイプを **Minimize** にします。
3. “Constraints” 領域で、以下を行います。
  - **Input Bound** ボタンをクリックして、パラメータの変動範囲を制限します（「パラメータの変動範囲を制限する」（ページ109）を参照）。
  - **Hulls** ボタンの横のチェックボックスをオンにして、パラメータの変化の範囲が、指定されている外殻（**In/Outputs > Hull on Inputs**）の範囲内のデータに限定されるようにします。

### 注記

最適化のためのパラメータ変動の定義についての情報は、6.7.5「適合」（次ページ）を参照してください。

### グローバル最適化の設定を変更する

1. "Global Optimization" ウィンドウの **Settings** をクリックします。  
"Settings" ウィンドウが開きます。



2. "Number of Iterations" フィールドに、モデルトレーニングにおいて行う反復の回数を指定します。  
回数が多いと結果は向上しますが、トレーニングの所要時間が長くなります。
3. "Number of Starts (Multi Start)" フィールドに、最適化の実行回数を指定します。各ポイントを異なる開始点で最適化します。
4. **Apply** または **OK** をクリックして設定を適用します。  
**Default** をクリックすると標準設定に戻ります。

### 最適化を実行する

1. "Global Optimization" ウィンドウの **Optimize** をクリックします。  
⇒ 最適化が実行されます。

### 最適化目標を保存する

1. "Global Optimization" ウィンドウで **File > Save Criteria** を選択して、最適化目標を \*.cocrit ファイルに保存し、他のプロジェクトで利用できるようにします。

## 6.7.5 適合

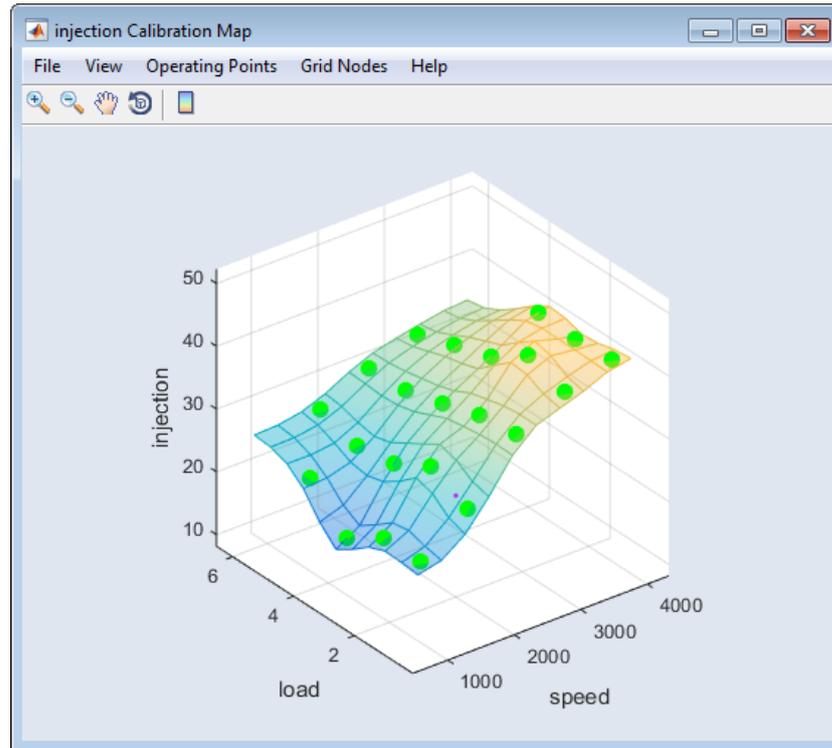
本項では、グローバル最適化で得られたマップを編集します。

### 注記

**Calibration** メニュー、および **Optimization** メニューの **Global Optimization** コマンドは、すでに動作ポイント用の軸が選択されている場合にのみ表示されます (6.3.3「入力と出力の割り当て」(ページ70) を参照してください)。軸を選択するには **In/Outputs > Set Operating Point Axes** コマンドを使用します。

### 適合マップを見る

1. **Calibration > Calibration Maps > Open all Maps** を選択します。  
複数のウィンドウが開き、最適化で得られたすべての入力のマップがそれぞれ表示されます。  
下図は injection 入力の適合マップです。



カラー表示された各点は、最適化が実行された動作ポイントです。

- 最適化結果が測定データの範囲内に収まった点は緑色でマークされます。
- 入力の境界値（試験時に測定された最小値と最大値）の点は赤色でマークされています。
- この境界値と、当該動作ポイントに適用される測定範囲の境界との間の値は、黄色でマークされています。

2. 測定範囲の境界を表示するには、適合マップウィンドウで **View > Map Bounds** を選択します。

### 注記

これらの境界は、先に調整して測定範囲に合わせておく必要があります。「[境界を測定範囲に合わせる](#)」(次ページ)を参照してください。

- ⇒ 適合マップのプロット内に、測定範囲の境界が描かれます。

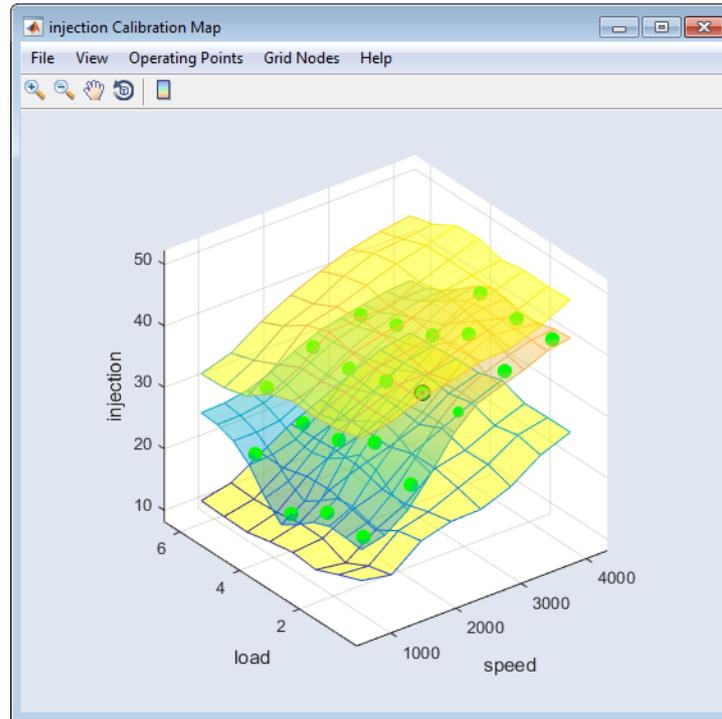
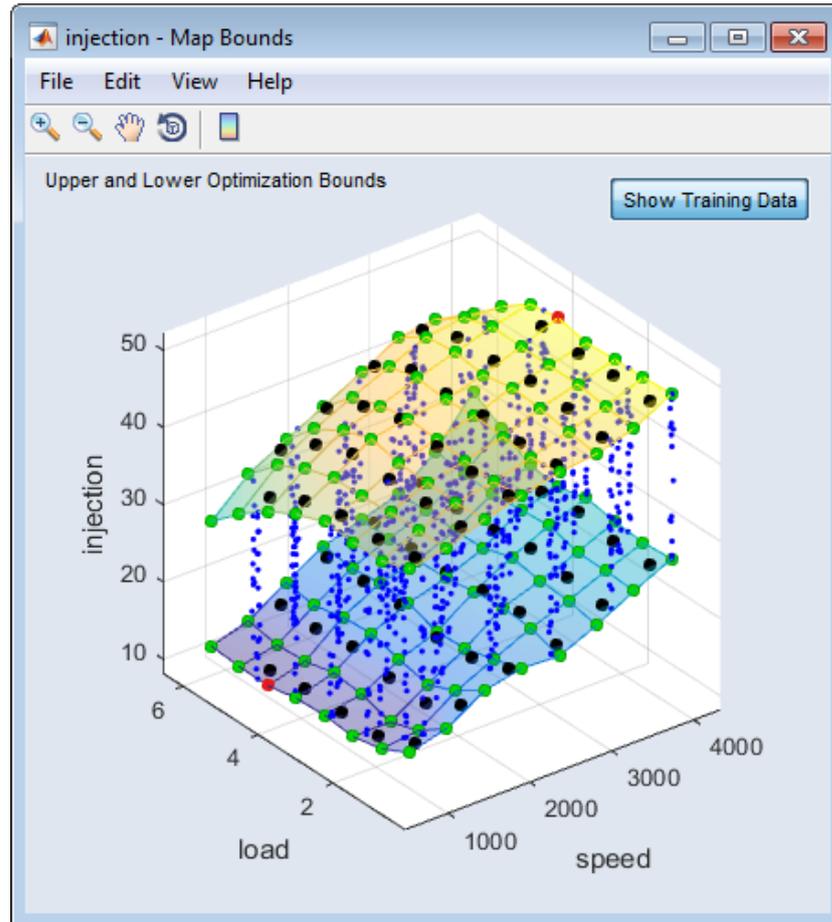


図 6-16: 適合プロット (マップの境界が表示された状態)

#### 境界を測定範囲に合わせる

1. **Calibration > Map Bounds over OP > <input\_name>** を選択します。  
ここでは<input\_name>として *injection* を選択します。  
"injection - Map Bounds" ウィンドウが開きます。
2. **Edit > Fit Bounds to Data** を選択します。  
"Fit Map Bounds to Data" ウィンドウが開きます。
3. このウィンドウで、必要に応じて以下の操作を行います。
  - マップ境界の平滑度係数を入力します。
  - "Grid Nodes" 領域でグリッドを調整します。
  - 変更内容をすべての "<input\_name> - Map Bounds" マップに適用するには、**Apply to all maps** オプションをオンにします。
4. **OK** または **Apply** をクリックして続行します。  
*injection* 入力の測定範囲の下限と上限を表す面が、測定データに合わせて調整されます。

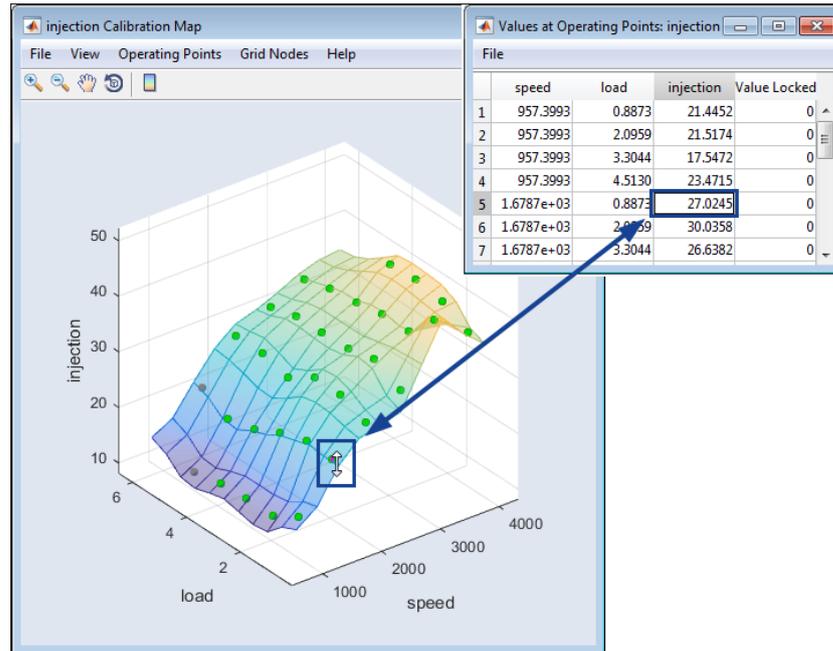


5. ウィンドウを閉じます。

各入力について個別に境界を調整する代わりに、**Calibration > Map Bounds over OP > Fit Bounds to Data / Fit Bounds to Min/Max** を選択して、全入力について一度に調整することもできます。

#### 動作ポイント上の値を変更する

1. "injection Calibration Map" ウィンドウで **Operating Points > Table of Values at OPs** を選択します。  
"Values at Operating Points: injection" ウィンドウが開きます。
2. "injection Calibration Map" ウィンドウのマップ上にカラー表示されている動作ポイントのいずれかにマウスポインタを置き、マウスの左ボタンを押し下げます。  
マウスポインタが上下矢印に変わります。同時に、テーブル内でそのポイントがマークされます。



3. マウスボタンを押し下げたまま、そのポイントを動かします。  
テーブルとISPビュー内の injection の値も変化します。
4. "Values at Operating Points: injection" ウィンドウで、別の動作ポイントの injection の値を変更して <ENTER> を押します。  
⇒ 変更された値に応じてプロットが調整され、**View > Update ISP Online** オプションがオンの場合はISPビューも調整されます。  
また、プリセットされている走行サイクルにこれらの変更が与える影響について予測することもできます。

### 予測ウィンドウを開く

1. **Calibration > Prognosis > Results** を選択します。  
"Prognosis Results" ウィンドウが開きます。

Name	Prognosis	Change
Fuel_mass [kg/h]	4.2572	-8.2 %
CoV [%]	4.8492	5.0 %
Soot [FSN]	0.80941	-16.7 %
NOx_rel [g/kg fuel]	4.6753	43.4 %

2. "injection Calibration Map" ウィンドウのマップ内の点を前述（「動作ポイント上の値を変更する」(前ページ)）のように動かします。  
この変更が出力に与える影響が、直ちに"Prognosis Results" ウィンドウに反映されます。

### グリッドのノードを調整する

1. "injection" マップの表示を見やすくするため、プロットウィンドウの **View > Map Bounds** をオフにします。
2. **Grid Nodes > Grid Nodes > Define Grid Nodes** を選択します。  
"Change Grid Node Vectors" ウィンドウが開きます。
3. 適合マップ内のグリッドノードの数を変更するには、以下のように操作します。
  - i. "Count" 列にノードの数を入力します。

#### 注記

**Apply to all Maps** チェックボックスをオンにすると、変更されたグリッドノード数がすべてのマップに適用されます。

- ii. **Apply** をクリックします。  
上図の例では、マップに8 x 8の等間隔のグリッドノードが描かれます。各軸の値は、それぞれ等間隔になります。

または

グリッドベクトルを直接入力するには、以下のように操作します。

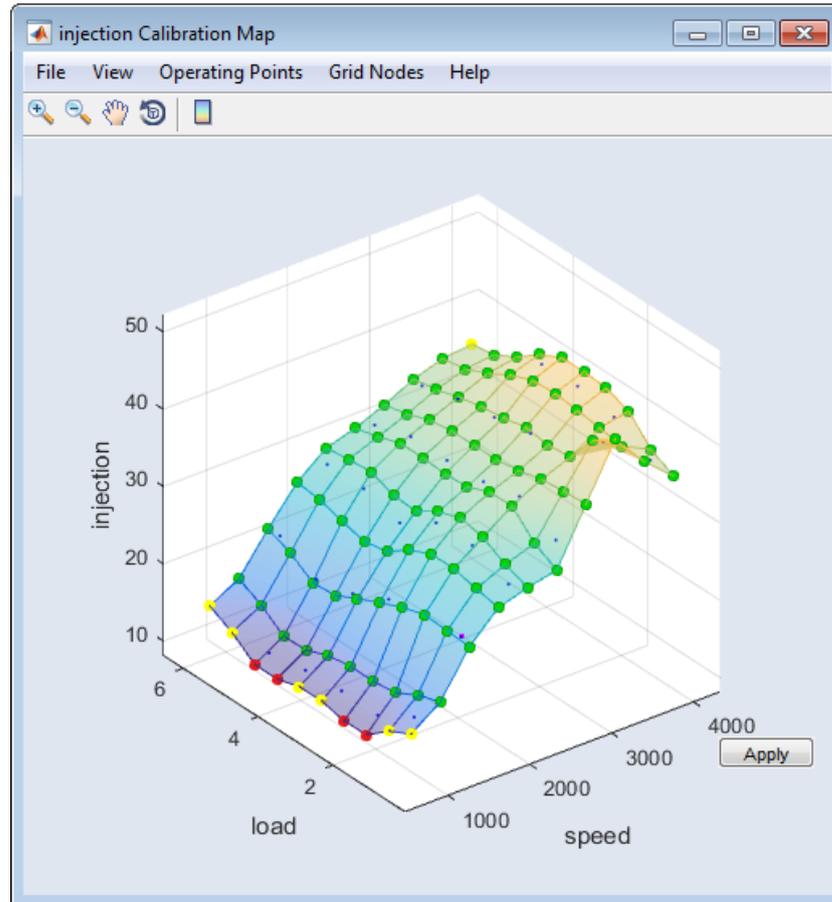
- i. 各入力のコンボボックスから **Support Vector** を選択します。  
グリッドノードのベクトルが、各入力マップのフィールドに表示されます。
- ii. 各要素の値を適宜変更し、**OK** をクリックします。  
マップのグリッドノードが設定に応じて調節されます。"Change Grid Node Vectors" ウィンドウが閉じます。

#### 注記

ベクトル (Support Points) を追加または編集すると、"Count" 列の値は自動的に調整されます。

### マップを編集する

1. "injection Calibration Map" ウィンドウで、**Grid Nodes > Edit Grid** を選択します。  
動作ポイント上の **injection** の最適化された値と同じく、選択されたグリッドノードの値 (補間により算出されたもの) がカラーの点でマークされます。最適化が行われた動作ポイントも小さな点で表示されます。

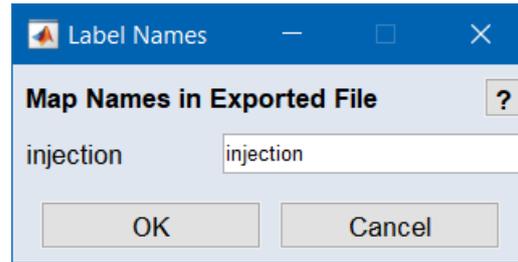


2. マップのオリジナルの状態を保存するには、**File > Set as Reference Page** を選択します。
3. グリッドノード上の値は、「動作ポイント上の値を変更する」(ページ121) で説明した方法で編集することができます。
4. マップの状態をリセットして最適化結果に戻すには、**File > Reset from Reference Page** を選択します。

### 適合マップを保存する

マップを最適化し、必要に応じて編集を行ったので、最後にそれをエクスポートします。

1. "injection Calibration Map" ウィンドウで、**File > Export** を選択します。  
ファイル選択ウィンドウが開き、ここではマップをDCMファイル (\*.dcm) またはCSVフォーマット (\*.csv) として保存することができます。デフォルトファイル名は <project\_name>\_CM\_Injection.\* です。
2. 下図のウィンドウで、保存するラベル名を入力して **OK** をクリックします。



⇒ マップが保存されます。

## 6.8 走行サイクル予測

本項では、走行サイクルを使用してASCMO-STATICで予測単位変換規則を定義する方法を説明します。

過渡走行サイクルデータは車速の変化を時間軸上に並べたデータです。走行サイクルは、車両の性能（燃費や汚染物質排出量など）をさまざまな方法で評価するためのものです。

燃費と汚染物質排出量のテストは、シャシダイナモにおいて施行されます。テールパイプにおいて計測された排気は、車両の性能値となります。走行サイクルはASCMO-STATIC等のシミュレーションでも使用できます。

### 6.8.1 走行サイクルデータ

走行サイクルデータはASCMO-STATICの要件に一致している必要があります。これは、走行サイクルデータの軌跡が動作ポイント軸上に広く分布している必要があることを意味します。ASCMO-STATICでは一般的に、エンジン回転数 *speed* と負荷 *load* が動作ポイント軸として使用されます。

計測データの要件についての詳細は4.3.1「データ測定要件」（ページ28）を参照してください。

#### 走行サイクルデータをインポートする

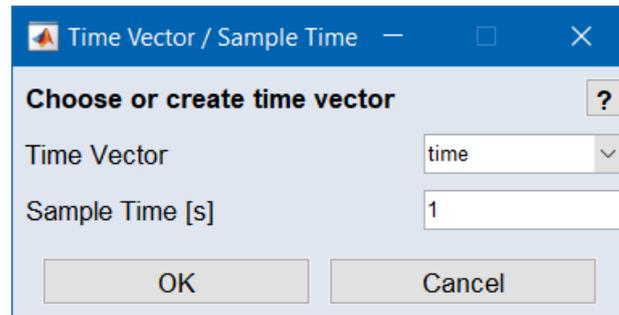
##### 注記

**Calibration** メニューは、データのインポート時に動作ポイント用の軸が選択されていた場合にのみ表示されます（6.3.3「入力と出力の割り当て」（ページ70）を参照してください）。インポート後に軸を選択するには、メニューで **In/Outputs > Set Operating Point Axes** を選択します。

1. **Calibration > Driving Cycles** を選択します。  
"Driving Cycle Manager" ウィンドウが開き、メッセージ "No Driving Cycle loaded, click to import" が表示されます。
2. "Driving Cycle Manager" ウィンドウで、以下のいずれかを行います。
  - **File > Import Driving Cycle** を選択します。
  - "No Driving Cycle loaded, click to import" というメッセージをクリックします。
 ファイル選択ウィンドウが開きます。

3. ファイル選択ウィンドウで、<installation>\Example\AscmoStatic ディレクトリ内のファイル Example\_Cycle\_Trajectory.xls を選択します。
4. **開く** をクリックします。
5. ドロップダウンリストから time を選択します。

"Time Vector" ドロップダウンリストから、時間情報が含まれる列を選択します。選択しなかった場合は、ASCMO-STATICが自動的に、"Sample Time" に入力された値に基づく時間ベクタを作成します。



6. **OK** をクリックします。

"Import Data" ウィンドウが開きます。ASCMO-STATICは、ロードされたファイルの入力名を動作ポイント軸と合わせることを試みます。



7. プロジェクト内の名前 ("Project Import" 列) がファイル内の名前 ("Import Name" 列) と異なっている場合は、手動で変更します。
8. "Time Base" と "Other settings" は、デフォルト値を使用します。
9. インポートされたファイル名と異なる名前を走行サイクル名として使用するには、"Dataset Name" フィールドに任意の名前を入力します。  
この名前は、ASCMO-STATICのユーザーインターフェースで使用されます。
10. **Import** をクリックしてインポート処理を開始します。  
⇒ 走行サイクルデータファイルがインポートされます。"Driving Cycle Manager" ウィンドウにデータがテーブル形式で表示されます。

### 注記

複数の走行サイクルを使用するには、**File > Import Driving Cycle** を選択し、"Modification Mode" として Add を選択してインポートするか、または **File > Load Database** で既存のデータベース (\*.cycles) をロードします。ASCMO-STATICはそれらすべての走行サイクルを使用してサイクル予測を行います。

インポートされたデータは、これらの走行サイクルデータを使用した単位変換規則に基づくグローバル最適化に利用することができます（メインメニュー：**Calibration > Prognosis > Calculation Rules** : "Driving Cycle Based" タブ）。

### "Driving Cycle Manager" ウィンドウ（走行サイクルマネージャ）

メインウィンドウで **Calibration > Driving Cycles** を選択すると、"Driving Cycle Manager" ウィンドウが開き、プロジェクトの走行サイクルを管理することができます。このウィンドウは大きく3つの領域（走行サイクルリスト、データテーブル、統計情報）に分かれています。

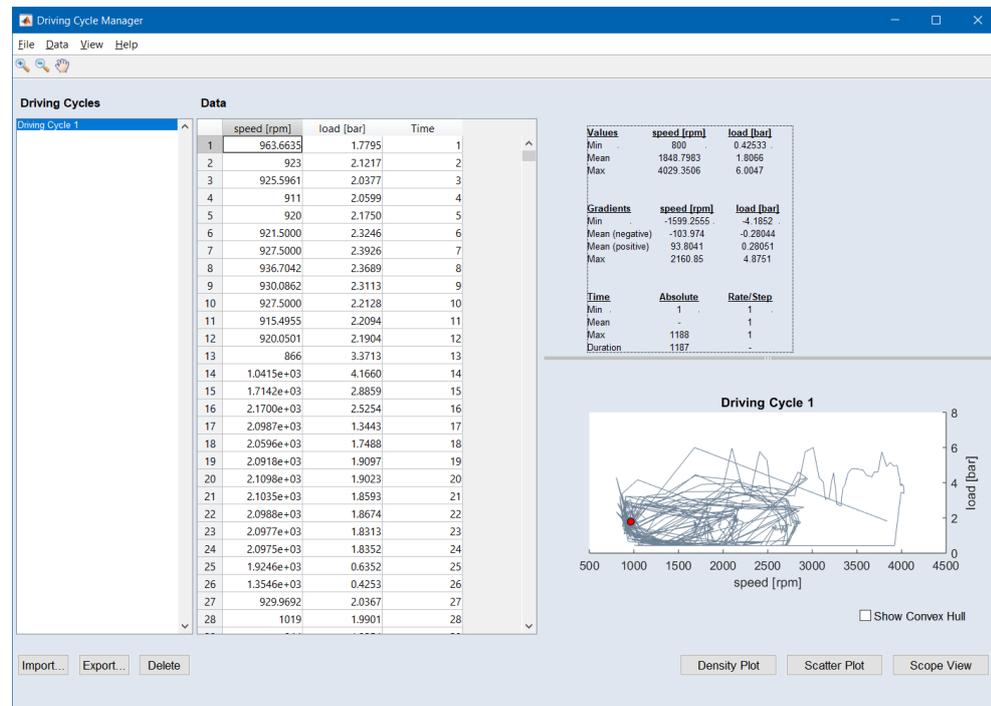


図 6-17: "Driving Cycle Manager" ウィンドウ

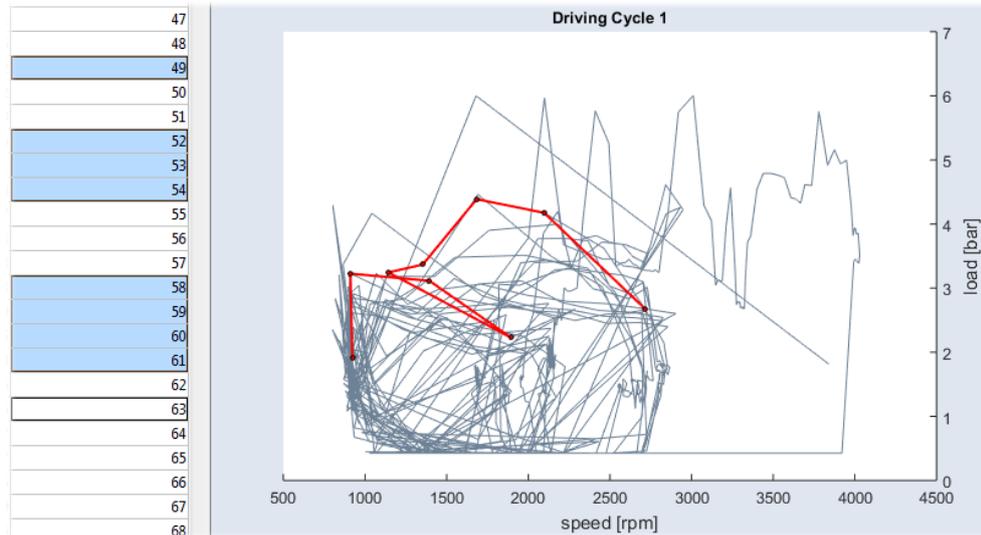
**File** メニューからは、**Load/Save Databases** と **Import/Export Driving Cycles** コマンドを実行できます。

これらのコマンドについての詳細は、オンラインヘルプ（<F1> または **Help > Online Help**）を参照してください。

**"Driving Cycles" ペイン** : ウィンドウ左側の "Driving Cycles" ペインには、現在プロジェクトで使用できる走行サイクルのリストが表示されます。1つまたは複数の走行サイクルを選択できます。

**"Data" テーブル** : ウィンドウ中央の "Data" テーブルには、左側のリストで選択された走行サイクル（複数可）のデータテーブルが表示されます。

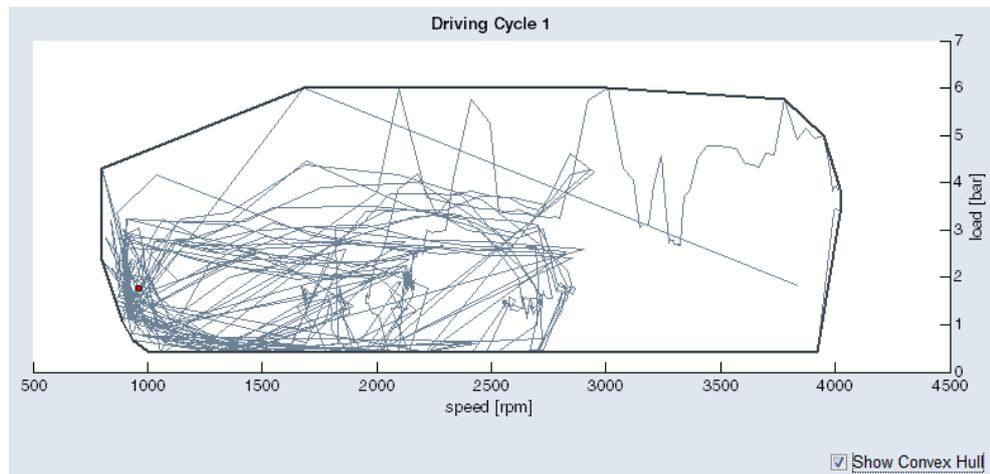
テーブル内の任意のセルを選択すると、その行に対応するポイントが、右側のプロット上で赤い点で示されます。複数の行を選択することもできます。その場合、複数のポイントを示す赤い点と各ポイント間を接続する赤いトレース線が表示され、"Statistics" 領域（統計領域）の表示内容が選択範囲のみの情報に更新されます。



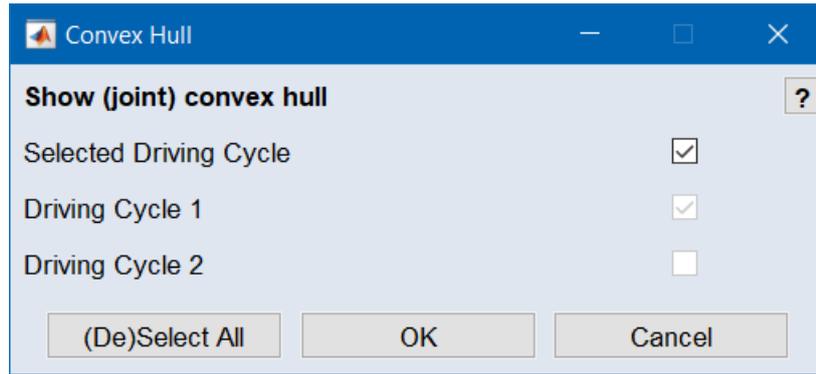
走行サイクルのデータは編集可能で、行（複数可）を選択して編集や削除を行うことができます。ただし、左側のリスト内で複数の走行サイクルが選択されている場合は、編集は行えません。プロット上の任意のポイントをクリックして選択することもできます。

**"Statistics" 領域（統計情報）**：ウィンドウの右側には、選択されている走行サイクルの各種統計値とプロットが表示されます。

**Show Convex Hull** オプションをオンにすると、プロット上に凸包が表示されます。



**View > Convex Hull Selection** で、凸包の計算に使用する走行サイクルを指定することができます。

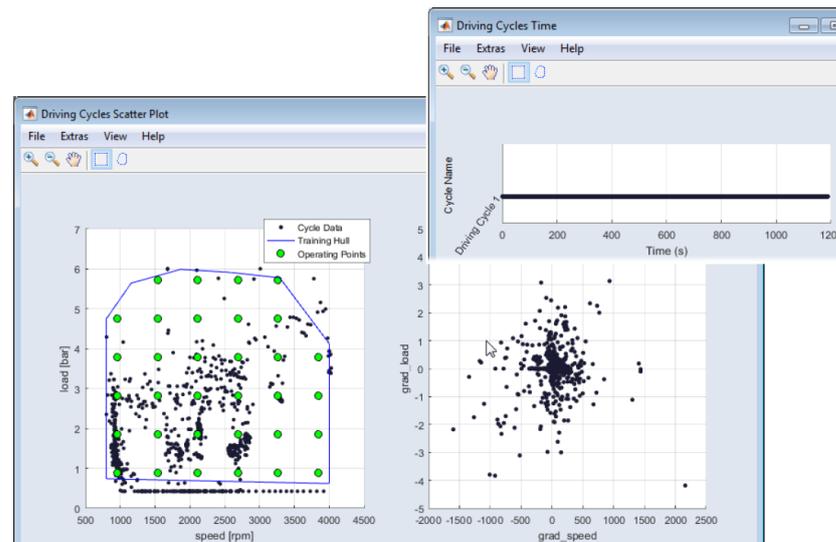


### 走行サイクルデータを散布図で表示する

1. "Driving Cycle Manager" ウィンドウで **View > Scatter Plot** を選択します。
2. "Show Scatter Plot" ウィンドウで、プロットしたい走行サイクルを選択し、**OK** をクリックします。

または、**Scatter Plot** ボタンをクリックします。"Driving Cycles" ペインで選択されている走行サイクルがプロットされます。

"Driving Cycle Scatter Plot" ウィンドウが開き、選択した走行サイクルの動作ポイントと勾配のプロットが表示され、さらに "Driving Cycle Time" ウィンドウが開きます。これらのウィンドウでも他の散布図と同様に、囲み線を描画することができます。



### 注記

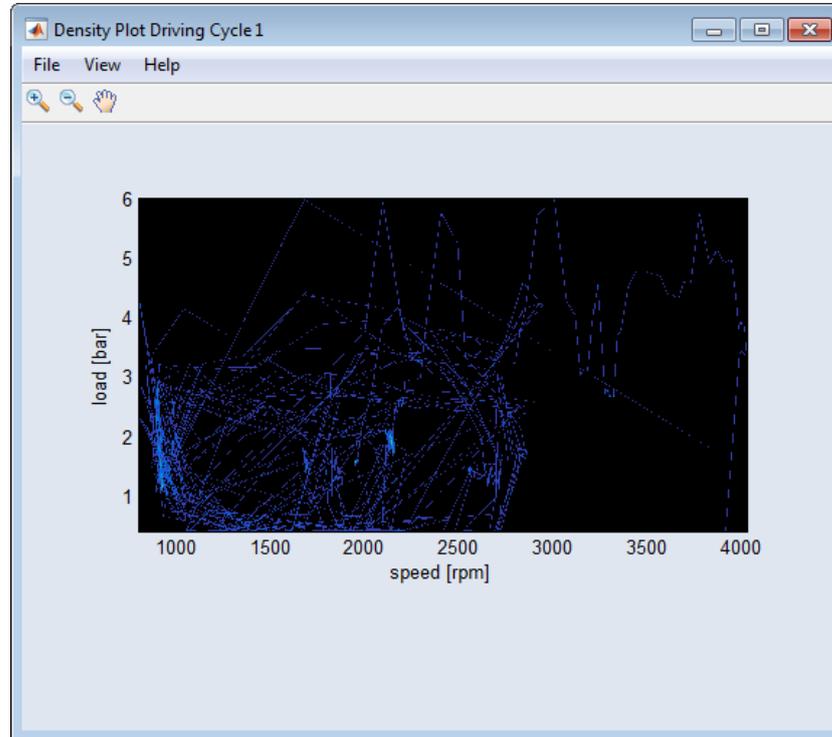
ここでは1つの散布図に複数の走行サイクルが表示されるので、各走行サイクルを比較することができます。

### 走行サイクルデータを密度プロットで表示する

1. "Driving Cycle Manager" ウィンドウで **View > Density Plot** を選択します。
2. "Show Density Plot" ウィンドウで、プロットしたい走行サイクルを選択し、**OK** をクリックします。

または、**Density Plot** ボタンをクリックします。"Driving Cycles" ペインで選択されている走行サイクルがプロットされます。

⇒ 選択されている走行サイクルごとに "Density Plot Driving Cycle" ウィンドウが開きます。

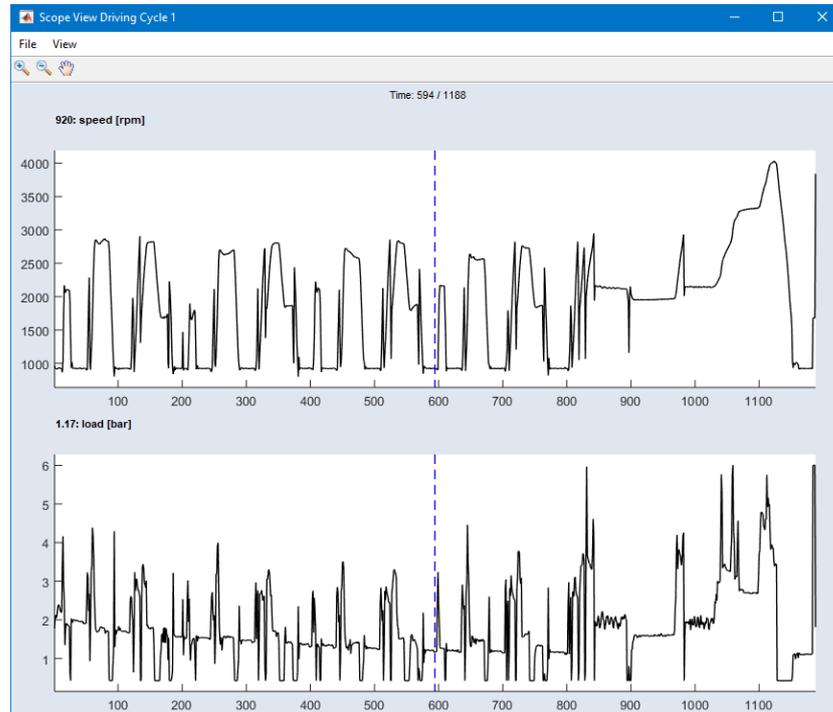


#### 走行サイクルデータをスコープビューで表示する

1. "Driving Cycle Manager" ウィンドウで **View > Scope View** を選択します。
2. "Show Density Plot" ウィンドウで、プロットしたい走行サイクル（複数可）を選択して **OK** をクリックします。

または、**Scope View** ボタンをクリックします。"Driving Cycles" ペインで選択されている走行サイクルがプロットされます。

- ⇒ 選択されている走行サイクルごとに "Scope View Driving Cycle" ウィンドウが開きます。



### 走行サイクルを生成する

一般的に、モデル（排出量モデルなど）の品質は、異なる一連の「走行サイクルセット」で性能を試験することによって評価することができます。

さらに、RDE（Real Driving Emissions：実走行時の排ガス測定）に対応するには、モデルをさまざまなバリエーションの走行サイクルで評価して、可能な限り広範囲の走行条件をカバーすることが重要となります。

ASCMO-STATICでは、既存の走行サイクルセット（路上やテストベンチで実際に計測されたもの）を基に、複数の「仮想走行サイクル」を生成することができます。生成された走行サイクルは、既存の走行サイクルに類似し、それぞれ異なる特徴を持っています。

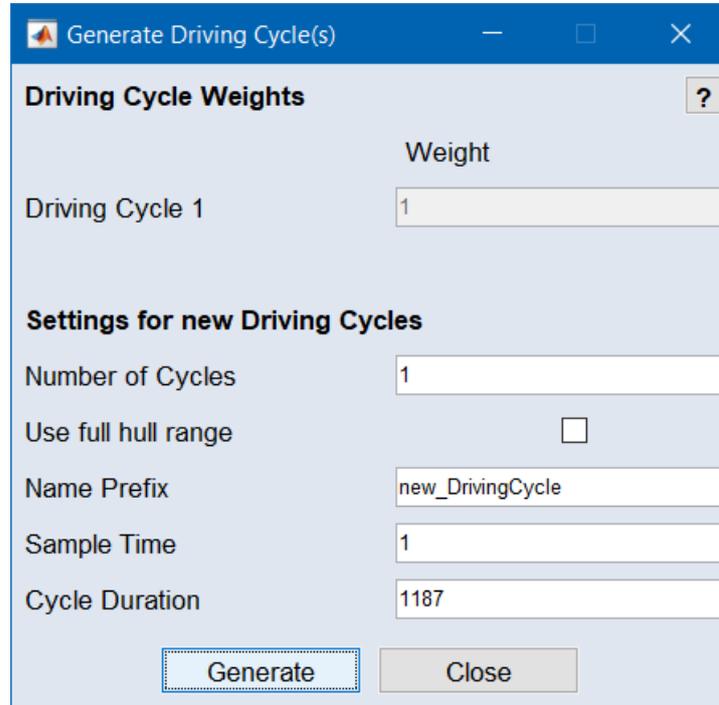
#### 注記

ASCMO-STATIC（GUI: Calibration > Driving Cycles）またはASCMO Cycle Generatorで生成された走行サイクルは、既存の走行サイクルに類似しています。規制には適合しておらず、ベースとなった走行サイクルの特性を満たしていることもありません。生成は、確率モデル（マルコフ連鎖）に基づいて行われたものです。

生成されたサイクルは、RDE認証などの正式な目的で用いられることを前提したものではありません。

1. "Driving Cycle Manager" ウィンドウで、**Data > Generate Driving Cycle (s)** を選択します。  
ダイアログウィンドウが開き、使用できる走行サイクルのリストが表示されます。
2. 新しい走行サイクルのベースとして使用する走行サイクルを選択し、OK をクリックします。

- "Generate Driving Cycle(s)" ウィンドウが開きます。  
OK をクリックして続行します。



- 必要に応じてパラメータを設定します。  
各パラメータについての詳細は、ASCMO-STATICのオンラインヘルプに記載されています。
- Generate** をクリックします。  
⇒ 設定に従って新しい走行サイクルが生成され、"Driving Cycle Manager" ウィンドウの "Driving Cycles" ペインに追加されます。

### 走行サイクルデータを適合マップで表示する

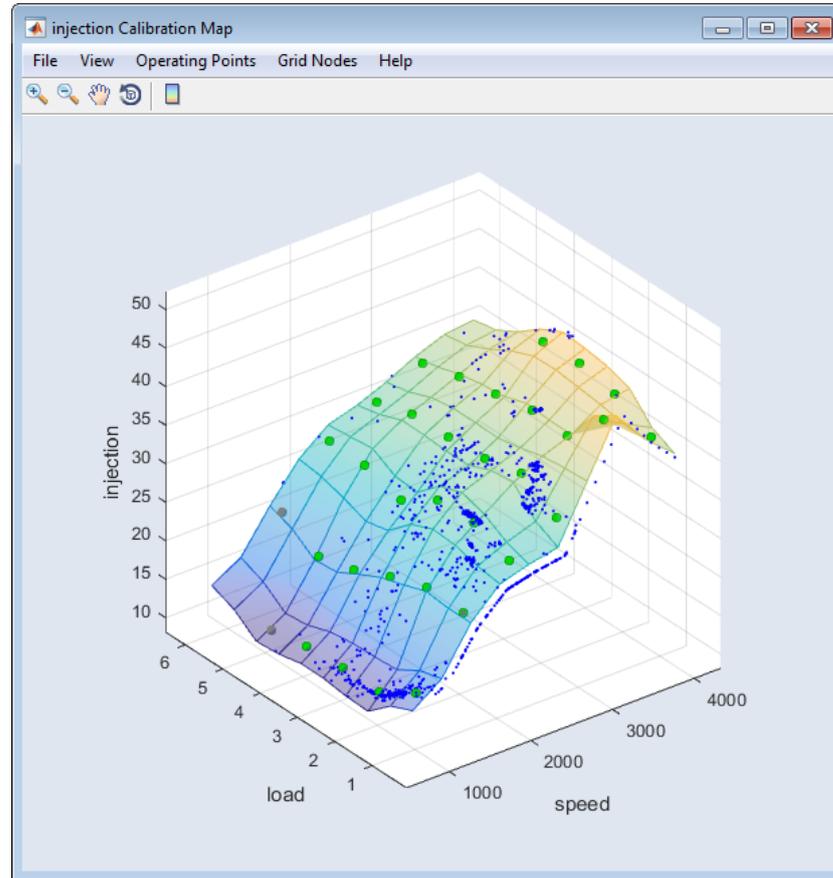
適合マップ（メインメニューで **Calibration > Calibration Maps > \*** を選択して開きます）に走行サイクルの軌跡を表示することにより、走行サイクルで使用される領域を可視化することができます。

#### 注記

**Calibration** メニューは、データのインポート時に動作ポイント用の軸が選択されていた場合にのみ表示されます（6.3.3「入力と出力の割り当て」（ページ70）を参照してください）。インポート後に軸を選択するには、メニューで **In/Outputs > Set Operating Point Axes** を選択します。

- "<input> Calibration Map" ウィンドウで **View > Driving Cycle** を選択します。  
プロジェクトに複数の走行サイクルが含まれる場合は、走行サイクルを選択するための "Driving Cycle in Map" ウィンドウが開きます。

- 表示したい走行サイクルを選択して、**OK** をクリックします。  
⇒ 走行サイクルの軌跡が適合マップ上に青い点で表示されます。



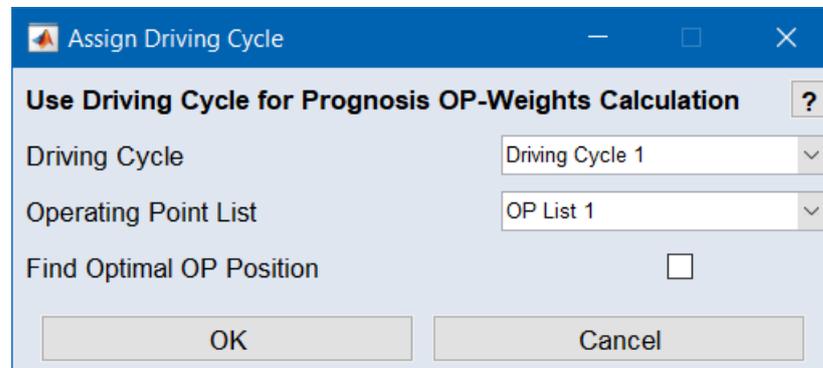
### 6.8.2 走行サイクルトレースを用いた動作ポイントの重み設定

1つ以上の走行サイクルを使用して、動作ポイントに重みを割り当てることができます。

#### 走行サイクルトレースを使用して動作ポイントの重みを設定する

- "Driving Cycle Manager" ウィンドウで **Data > Assign OP Weights using a Driving Cycle** を選択します。

"Assign Driving Cycle" ウィンドウが開きます。



- "Driving Cycles" コンボボックスで、重み付けに使用したい走行サイクルを選択します。

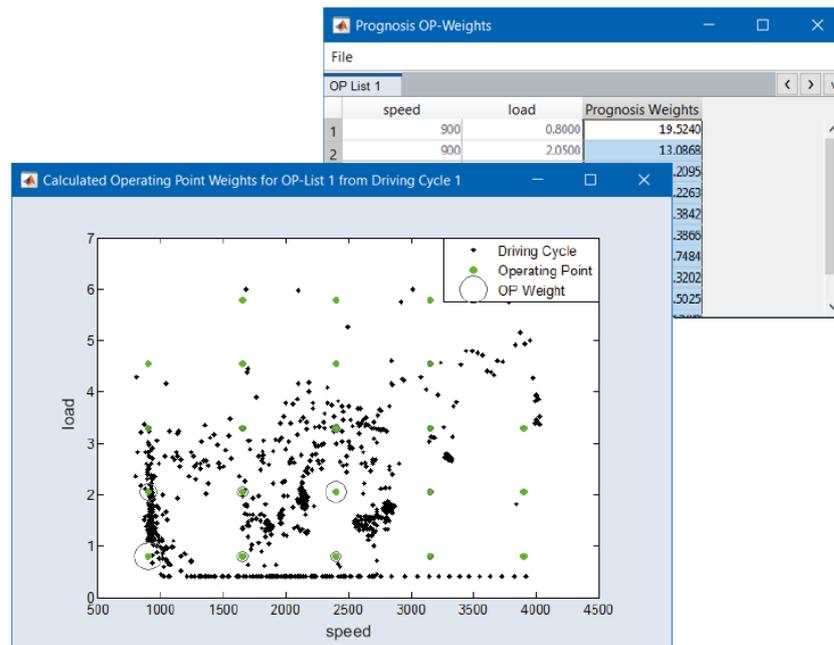
- "Operating Point List" コンボボックスで、重み付けを行いたい動作ポイントリストを選択します。

**注記**

このチュートリアルでは、これらのオプションはデフォルト設定をそのまま使用できます。

- OK** をクリックします。

"Prognosis OP-Weights" ウィンドウと "Calculated Operating Point Weights from Driving Cycle 1" ウィンドウが開きます。



"Prognosis OP-Weights" ウィンドウでは、走行サイクルで定義された動作ポイントの重みを、必要に応じて手動で変更することができます。

- "Prognosis Weights" 列に重みの値を入力します。

OP List 1	speed	load	Prognosis Weights
1	900	0.8000	19.524

- <ENTER> を押して値を確定します。

### 6.8.3 走行サイクルトレースを用いた動作ポイントの位置設定

重みのほかに、動作ポイントの位置も走行サイクルトレースから設定することができます。

**注記**

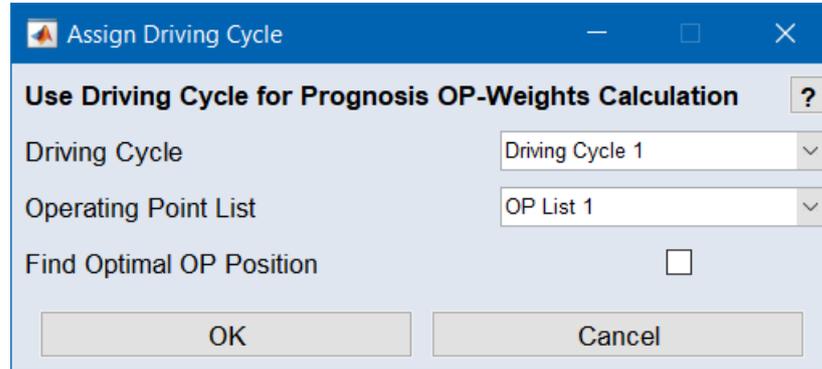
動作ポイントを走行サイクルトレースに割り当てると、動作ポイントに設定されていた重みと位置は削除されます。

**走行サイクルトレースを用いて動作ポイントの位置を設定する**

1. "Driving Cycle Manager" ウィンドウで **Data > Assign OP Weights using a Driving Cycle** を選択します。

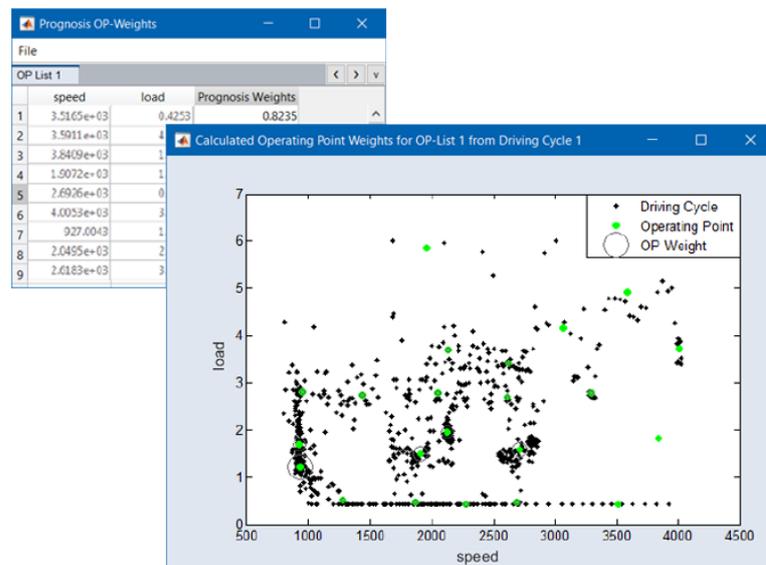
"Assign Driving Cycle" ウィンドウが開きます。

2. 使用したい走行サイクルと動作ポイントリストを選択します。
3. **Find Optimal OP Position** チェックボックスをオンにします。



4. **OK** をクリックして割り当てを確定します。

⇒ "Prognosis OP-Weights" ウィンドウと "Calculated Operating Point Weights from Driving Cycle 1" ウィンドウが開きます。動作ポイントの位置が変更されています。



#### 6.8.4 走行サイクルの動作ポイントの重みを用いた性能予測

走行サイクルに沿った動作ポイントの重み設定が完了すると、単位変換設定を行っていない状態でも、走行サイクルに基づいた性能予測が可能になります。

### 注記

**Calibration** メニューは、データのインポート時に動作ポイント用の軸が選択されていた場合にのみ表示されます（6.3.3「入力と出力の割り当て」（ページ70）を参照してください）。インポート後に軸を選択するには、メニューで **In/Outputs > Set Operating Point Axes** を選択します。

#### 単位変換設定を行わずに走行サイクル性能予測をする

1. **Calibration > Prognosis > Results** を選択します。  
⇒ "Prognosis Results" ウィンドウが開きます。最適化を繰り返して実行する際に、結果を参照することができます。

最適化の実行についての詳細は、6.7「最適化」（ページ99）を参照してください。

## 6.8.5 走行サイクルの性能予測のための単位変換規則

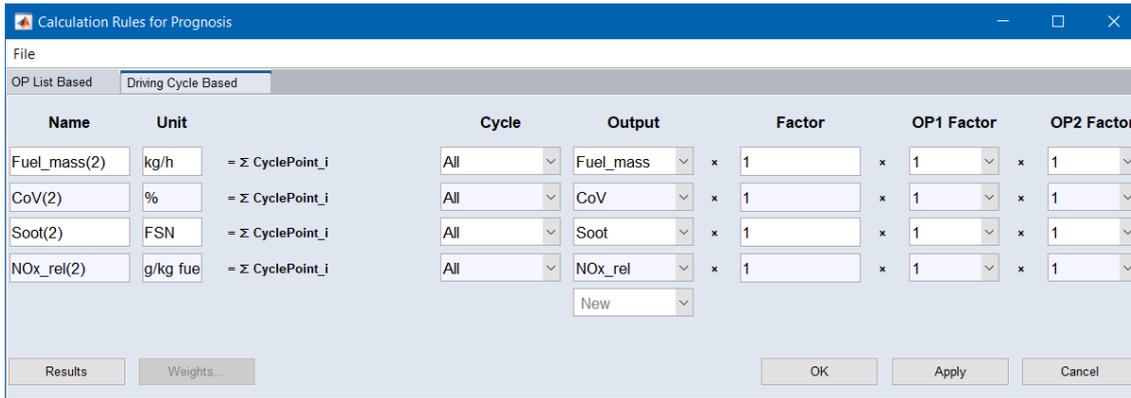
固定的な測定値からサイクル値を得るには、いくつかの変換（時間ベースの測定からルートベースの予測への変換など）が必要になります。本項ではそのような単位変換規則を定義する方法（ISPビューから **Calibration > Prognosis > Calculation Rules** を選択）を説明します。

### 注記

**Calibration** メニューは、データのインポート時に動作ポイント用の軸が選択されていた場合にのみ表示されます（6.3.3「入力と出力の割り当て」（ページ70）を参照してください）。インポート後に軸を選択するには、メニューで **In/Outputs > Set Operating Point Axes** を選択します。

#### 単位変換を定義する

1. **Calibration > Prognosis > Calculation Rules** を選択します。  
"Calculation Rules for Prognosis" ウィンドウが開きます。このウィンドウの内容についての詳細は、ASCMO-STATICのオンラインヘルプ（<F1>）に記述されています。
2. "Calculation Rules for Prognosis" ウィンドウで、"Driving Cycle Based" タブを選択します。
3. "Output" 列で4つの出力（Fuel\_mass、CoV、Soot、NOx\_rel）を順にすべて選択します。



4. **Apply** をクリックします。

⇒ 予測パラメータが変更されたという旨の情報メッセージが、ログウィンドウに表示されます。

### 単位変換をインポートする

サイクル予測の単位変換規則をインポートするには、以下のように操作します。

- "Calculation Rules for Prognosis" ウィンドウで **File > Import Settings (\*.ini) > Template** を選択します。  
"Load Prognosis Calculation Rule from ini" ウィンドウが開きます。
- 単位変換規則が含まれるファイル (\*.ini) を選択し、**開く** をクリックします。  
"Load Prognosis Calculation Rule" ウィンドウが開きます。
- 使用したいテンプレートベースの単位変換規則を適切な出力に割り当てます
- 必要に応じて **Clear All Before** オプションをオンにします。

#### 注記

**Clear All Before** オプションをオンにすると、既存の単位変換規則はインポート時に削除されます。

**Clear All Before** オプションをオフにすると、インポートされた設定が既存のものに追加されます。

5. **Apply** をクリックします。

⇒ ログウィンドウに、単位変換規則を変更したことを示すメッセージが表示されます。

## 6.8.6 走行サイクルトレースに沿った最適化（グローバル最適化）

走行サイクルに依存する動作ポイントの重みと位置を単位変換によって設定したので、これを用いてグローバル最適化を行うことができます。グローバル最適化についての詳細情報は、[6.9「走行サイクルのグローバル最適化」](#)（次ページ）を参照してください。

## 6.8.7 走行サイクルトレースに沿った最適化（手動操作）

自動化されたグローバル最適化に加えて、適合マップを手動で編集して最適化を行うこともできます。最適化で得られたデータは、適合マップに転送されます。新しい適合マップの動作ポイントは、「最適化」によって変更することができます。適合マップを調整した結果は、"Prognosis

Results" ウィンドウ (**Calibration > Prognosis > Results**) に直接反映されます。適合マップを適合して最適化する方法についての詳細情報は、6.7.5「**適合**」(ページ118)を参照してください。

### 注記

**Calibration** メニュー、および **Optimization** メニューの **Global Optimization** コマンドは、すでに動作ポイント用の軸が選択されている場合にのみ表示されます (6.3.3「**入力と出力の割り当て**」(ページ70)を参照してください)。軸を選択するには **In/Outputs > Set Operating Point Axes** コマンドを使用します。

## 6.9 走行サイクルのグローバル最適化

一般的な燃焼エンジン (乗用車やトラックなど) については、各種テストサイクルにおいて、法的に定められた排ガスのしきい値条件 (Euro 6規格など) に適合していることを証明する必要があります。そのため適合を行う際には、所定のしきい値条件を満たして最良の消費率を実現すると同時に、圧力や温度のしきい値といったその他のすべての制限事項にも従わなくてはなりません。

走行サイクルには、固定的な動作ポイントのリストとして定められているものと、エンジン回転数と負荷による過渡走行サイクルとして定められているものがあります。静的情報に基づいて信頼性の高い動的な結果を予測するには、過渡走行サイクルの動作ポイントをできる限り削減し、代表的な動作ポイントのリストにする方法が一般的です。

本項では、ASCMO-STATICで走行サイクルのグローバル最適化を行う方法について、ディーゼルエンジンのモデルを例に用いて説明します。

### 6.9.1 最適化問題

走行サイクルのグローバル最適化で使用するディーゼルエンジンモデルの入力と出力は下表のとおりです。

入力	動作ポイント	出力
Airmass [mg/Str]	Speed [1/min]	NOx [g/h]
SOI [° CA]	Load [bar]	Particle [g/h]
pRail [bar]		Noise [dB]
qPilot1 [mm3/Str]		Fuelmass [kg/h]
qPilot2 [mm3/Str]		BSFC [g/kWh]
tiPilot1 [μs]		
tiPilot2 [μs]		
Swirl [%]		

表 6-2: ディーゼルエンジンモデルの入力と出力

## モデリングデータ

走行サイクルのグローバル最適化に使用するディーゼルエンジンモデルのサンプルは、Example\_Diesel\_Engine\_Model.ascmoに収められています。このファイルは、`<installation>\Example\AscmoStatic`ディレクトリ（`<installation>`のデフォルトはC:\Program Files\ETAS\ASCMO 5.11）にコピーされています。

また、このチュートリアルステップでは以下のファイルも使用します。

- Example\_Diesel\_Engine\_OP\_List.xls

最適化を行う動作ポイントのリストが定義されています。

- Example\_Diesel\_Engine\_OP\_Weights.xls

走行サイクル予測に使用される個々の動作ポイントの重みが定義されています。

### サンプルモデルを開く

1. ASCMO-STATICの起動画面で、**Open Demo Project** または **Open ASCMO Project** をクリックします。
2. ファイル選択ダイアログボックスで、以下のファイルを選択します。  
Example\_Diesel\_Engine\_Model.ascmo  
（`<installation>\Example\AscmoStatic`ディレクトリ）  
モデルが開きます。このモデルは、オリジナルの内容のまま再利用できるように、書き込み禁止になっています。
3. モデルを変更して保存する場合は、別の名前で保存してください。

## 6.9.2 最適化する動作ポイントと重みの定義

最適化する動作ポイントは手動で入力でき、ファイルから読み込むことも可能です。ファイルには各動作ポイントの重みも定義しておくことができます。「[動作ポイントの重みを定義する](#)」（次ページ）を参照してください。

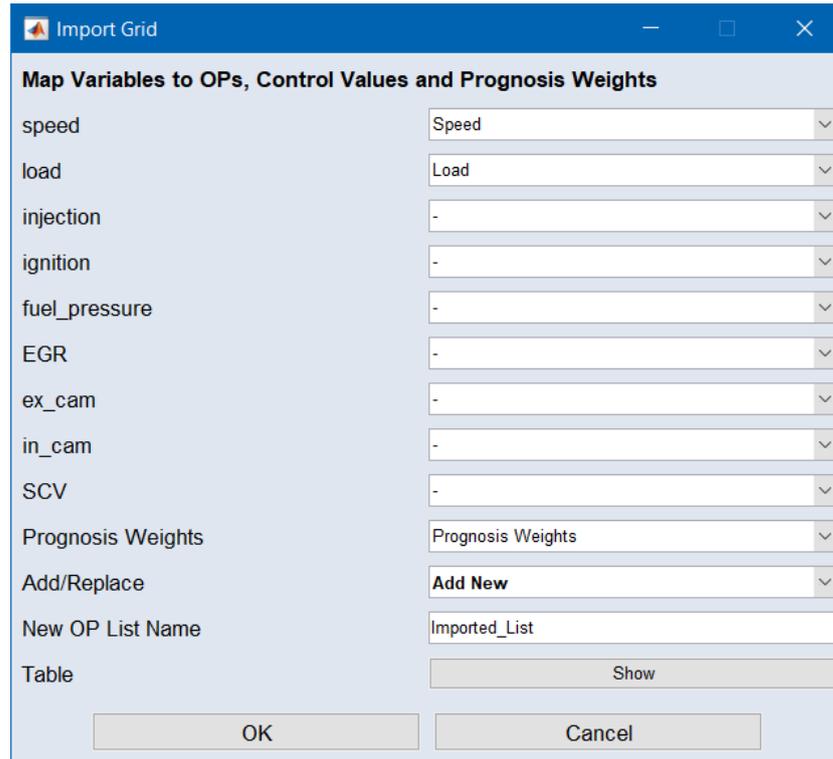


### 注記

**Calibration** メニューは、データのインポート時に動作ポイント用の軸が選択されていた場合にのみ表示されます（6.3.3「[入力と出力の割り当て](#)」（ページ70）を参照してください）。インポート後に軸を選択するには、メニューで **In/Outputs > Set Operating Point Axes** を選択します。

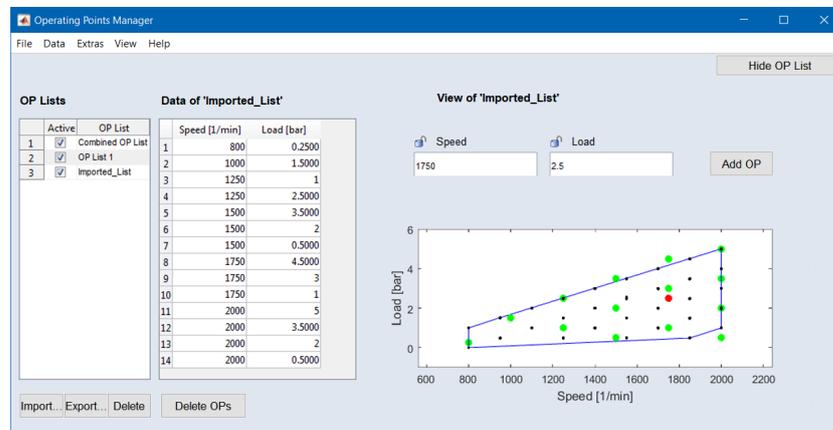
### 最適化する動作ポイントを定義する

1. **Calibration > Operating Points** を選択します。  
"Operating Points Manager" ウィンドウが開きます。
2. 必要に応じて、**Show OP List** をクリックして動作ポイントリストを表示します。
3. 定義済みの動作ポイントのリストをロードするため、**File > Import** を選択します。
4. ファイル選択ダイアログボックスで、以下のファイルを選択します。  
`<installation>\Example\AscmoStatic\`  
Example\_Diesel\_Engine\_OP\_List.xls
5. "Import Grid" ダイアログボックスで下図のように選択します。



6. **OK** をクリックします。

リストがインポートされます。インポートされたデータは、"Data of '<list name>'" テーブルと "View of '<list name>'" プロットに表示されます。既存のリストはそのまま保持され、"Combined OP List" に全リストの内容がマージされます。



7. あるいは、**Data > Add New List > \*** を使用して動作ポイントのグリッドを作成することもできます。

### 動作ポイントの重みを定義する

動作ポイントの重み付けは、動作ポイント自体の定義と同じく、手動で、または重みの値をファイルから読み込んで行うこともできます。

1. **Calibration > Prognosis > Weights** を選択します。

"Prognosis OP-Weights" ウィンドウが開きます。

2. 編集したいリストのタブを選択します。

このチュートリアルでは "Imported\_List" を編集します。

3. "Prognosis Weights" 列に値を入力します。

または

4. **File > Import** を選択します。

5. 以下のファイルを選択します。

Example\_Diesel\_Engine\_OP\_Weights.xls

"Operating Point Prognosis Weights Import" ウィンドウが開きます。

6. **OK** をクリックして設定内容を確定します。

⇒ ファイルから情報が読み込まれます。

動作ポイントの重みは、軌跡を測定して算出することもできます（走行サイクルマネージャで **Data > Assign OP Weights using a Driving Cycle** を選択）。この処理では、測定すべての時間ステップがそれぞれ1つの動作ポイントに割り当てられ、それを合わせた結果が、各動作ポイントの重みになります。走行サイクルデータを用いて単位変換規則を定義する方法については、6.8「走行サイクル予測」（ページ125）を参照してください。

### 複数の動作ポイントリストを使用する

動作ポイントのセットを複数使用する場合は、以下のようにして複数のリストをセットアップすることができます。

1. **Calibration > Operating Points** を選択します。

"Operating Points Manager" ウィンドウが開きます。

2. 必要に応じて、動作ポイントリストを表示します。

3. リストを追加するには、**Data > Add New List > Define Grid** を選択します。

"Define New Grid" ウィンドウが開きます。

Input				Count
speed [rpm]	Begin/End	800	2000	8
load [bar]	Begin/End	0.25	5	8

Constrain to Operating Points Hull

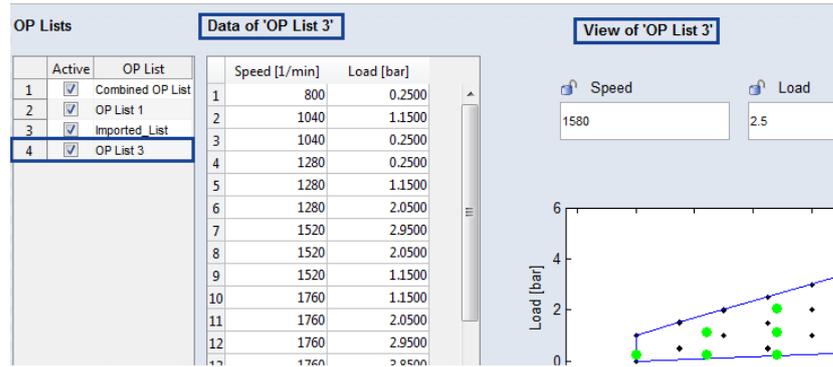
OK Cancel

4. 各軸の動作ポイントの数を入力します。

詳しい情報はオンラインヘルプ <F1> に記載されています。

5. **OK** をクリックします。

⇒ 新しいリストがセットアップされ、動作ポイントマネージャ（下図参照）と別のウィンドウに表示されます。リストは単独で選択、または他のリストと合わせて選択することができます。



複数のリストがセットアップされていると、これらを使用して走行サイクル予測を行うことができます。

### 6.9.3 走行サイクル予測のための単位変換設定

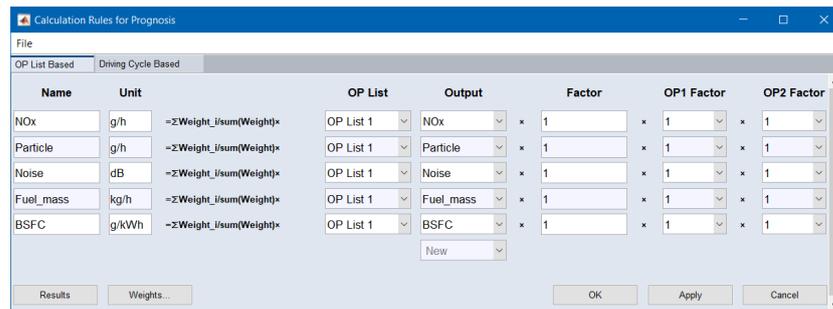
固定的な測定値からサイクル値を得るには、いくつかの変換（例：時間ベースの測定 → ルートベースの予測）が必要になります。

#### **i** 注記

**Calibration** メニューは、データのインポート時に動作ポイント用の軸が選択されていた場合にのみ表示されます（6.3.3「入力と出力の割り当て」（ページ70）を参照してください）。インポート後に軸を選択するには、メニューで **In/Outputs > Set Operating Point Axes** を選択します。

#### 単位変換を定義する

1. **Calibration > Prognosis > Calculation Rules** を選択します。  
⇒ "Calculation Rules for Prognosis" ウィンドウが開きます。



各設定項目の内容は、ASCMO-STATICオンラインヘルプ（<F1>）を参照してください。

### 6.9.4 最適化用パラメータの定義

最適化を開始する際には、先にすべての変数についてパラメータの許容変動範囲を定義しておく必要があります。

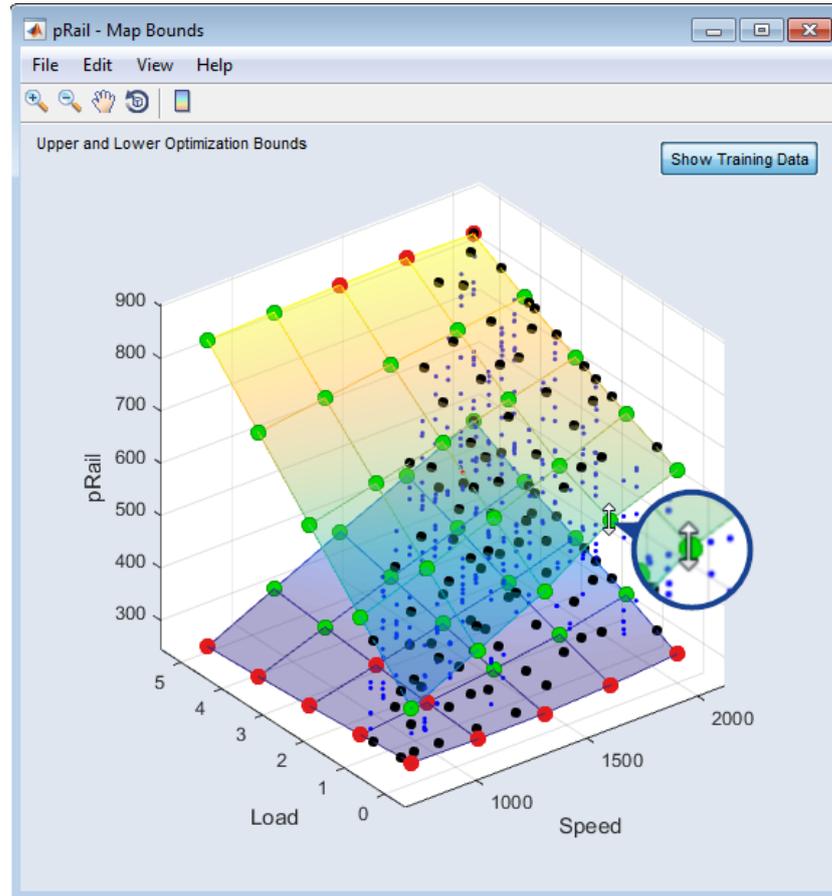
 **注記**

**Calibration** メニューは、データのインポート時に動作ポイント用の軸が選択されていた場合にのみ表示されます（6.3.3「入力と出力の割り当て」（ページ70）を参照してください）。インポート後に軸を選択するには、メニューで **In/Outputs > Set Operating Point Axes** を選択します。

**パラメータの変動範囲を制限する**

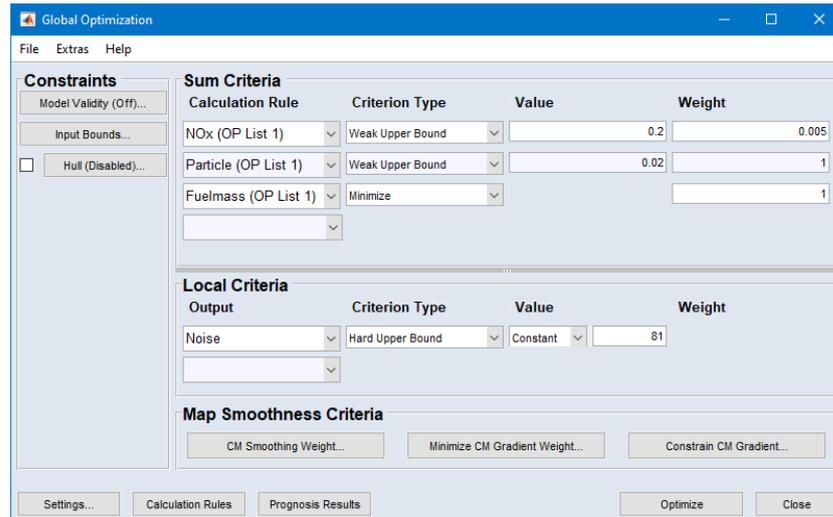
1. **Calibration > Map Bounds over OP > Fit Bounds to Data** を選択します。  
すべての "<input> - Map Bounds" ウィンドウが開きます。さらに "Fit Map Bounds to Data" ウィンドウが開きます。後者のウィンドウでは、**Apply to all Maps** がオンになっています。
2. "Fit Map Bounds to Data" ウィンドウで、必要に応じて以下の操作を行います。
  - マップ境界の平滑度係数を入力します。
  - "Grid Nodes" 領域でグリッドを調整します。
3. **OK** または **Apply** をクリックして続行します。  
すべての入力の有効範囲が実測値の範囲に調整されます。これにより各パラメータは、すべての動作ポイントにおいて実測範囲内の値にしか調整できなくなります。

- この境界値を手動で変更するには、緑色の動作ポイントの1つをクリックします。  
⇒ マウスイカーソルが上下矢印になり、境界を上下に動かせるようになります。



### 最適化のパラメータを設定する

- Optimization > Global Optimization** を選択します。  
"Global Optimization" ウィンドウが開きます。
- "Sum Criteria" 領域で、汚染物質排出量のしきい値を入力します。
  - NO<sub>x</sub> : Weak Upper Bound / 0.2 g/km
  - Particle : Weak Upper Bound / 0.02 g/km
- 出力の計算ルールを定義します。  
ASCMO-STATICオンラインヘルプには、欧州の走行サイクルにおいてg/hで測定された汚染物質排出量をg/kmに変換する方法が記載されています。
- 燃料消費を最小量に抑えるため、出力 Fuelmass の目標を Minimize にします。  
その他にも、たとえばエンジンノイズ Noise が80dBを超えないようにする、というような目標も定義できます。これは、"Local Criterion" (Hard Upper Bound / 80 dB) として指定でき、これはすべての動作ポイントに対して ("Value" = Constant) 、または個々の動作ポイントごとに ("Value" = per OP) 設定することができます。



5. 最適化結果をモデル出力の有効範囲に制限する方法は、「最適化結果の範囲を制限する」(ページ101)を参照してください。

⇒ 次に、各最適化目標の重み付け（優先度決定）を行います。

#### 最適化目標の重み付けを行う

- "Sum Criteria" 領域の "Weight" 列に、各全体目標の重みを入力します。
- "Local Criteria" 領域の "Weight" 列に、各ローカル目標の重みを入力します。  
数値が大きいほど重みが大きくなります。

#### 注記

目標タイプが Hard Upper Bound または Hard Lower Bound の場合は、重みの値は入力できません。

### 6.9.5 最適化の実行

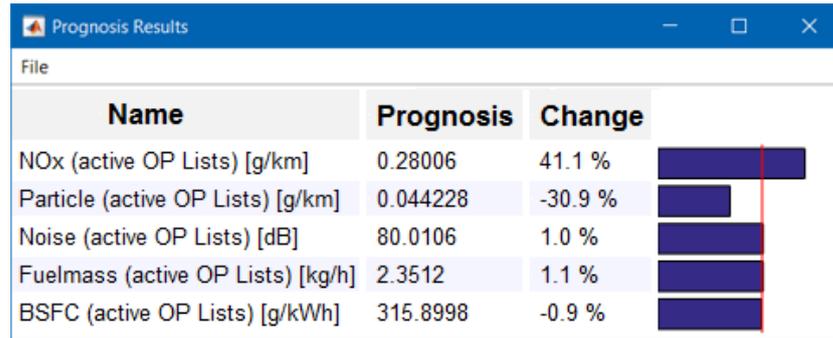
すべてのパラメータと条件の定義が終了したので、ここで最適化を実行します。

#### 注記

**Calibration** メニューは、データのインポート時に動作ポイント用の軸が選択されていた場合にのみ表示されます (6.3.3「入力と出力の割り当て」(ページ70)を参照してください)。インポート後に軸を選択するには、メニューで **In/Outputs > Set Operating Point Axes** を選択します。

#### 最適化を実行する

- 最適化を開始する前に、"Prognosis Results" ウィンドウを開きます (「単位変換設定を行わずに走行サイクル性能予測をする」(ページ136)を参照してください)。このウィンドウには、現在の (つまり最適化されていない) アプリケーションパラメータを使用した出力値の予測が表示されます。
- "Global Optimization" ウィンドウで、**Optimize** をクリックして最適化を開始します。最適化が終了すると、その結果が "Prognosis Results" ウィンドウに表示されます。



Name	Prognosis	Change
NOx (active OP Lists) [g/km]	0.28006	41.1 %
Particle (active OP Lists) [g/km]	0.044228	-30.9 %
Noise (active OP Lists) [dB]	80.0106	1.0 %
Fuelmass (active OP Lists) [kg/h]	2.3512	1.1 %
BSFC (active OP Lists) [g/kWh]	315.8998	-0.9 %

3. 目標 (Fuel\_mass の重みなど) を編集し、最適化を再実行します。

⇒ 予測結果が変わります。

### 適合マップをチェックする

1. メインウィンドウで **Calibration > Calibration Maps > Open all Maps** を選択して、マップをそのまま確定するか、それともさらに平滑化を行う必要があるかを調べます。
2. 必要に応じて、以下のようにしてマップ平滑化 ("CM Smoothing") の重みを大きくします。
  - i. "Global Optimization" ウィンドウで **CM Smoothing Weight** をクリックします。
  - ii. "Map Smoothing" ウィンドウで、マップの平滑度を調整します。  
0 (平滑化を行わない) から1 (非常に強い平滑化を行う) までの値を入力できます。
3. 必要に応じて、以下のようにしてマップの勾配を最小化します。
  - i. "Global Optimization" ウィンドウで **Minimize CM Gradient Weight** をクリックします。
  - ii. "Minimization of Calibration Map Gradient" ウィンドウで、各軸についてマップの勾配を最小化するための重みを設定します。  
0 (最小化を行わない) から1 (非常に強い最小化を行う) までの値を入力できます。
4. 必要に応じて、以下のようにしてマップの個々の入力について勾配の許容限度を設定します。
  - i. "Global Optimization" ウィンドウで **Constrain CM Gradient** をクリックします。
  - ii. "Limitation of Calibration Map Gradient" ウィンドウで、勾配の許容限度を設定したい入力と動作ポイントの組み合わせをオンにします。  
許容限度は、各動作ポイントについて個別に設定できます。
  - iii. 入力フィールドに、入力ポイントと動作ポイント軸の勾配の下限値と上限値を入力します。
5. 最適化を繰り返します。

この最適化処理は、要件に合う結果が得られるまで、結果を調べて重みを変更する処理を繰り返し実行します。

## 6.10 モデルのエクスポート

本項では、ASCMO-STATICモデルを他のツール（MATLAB<sup>®</sup>、INCA/MDA、Python、Simulink<sup>®</sup>、Excel、Cコード、GT-SUITE、FMI）用にエクスポートする方法を説明します。

### 注記

演算されたモデル（Calculated Models）のエクスポートは行えません。

### 6.10.1 MATLAB<sup>®</sup>へのエクスポート

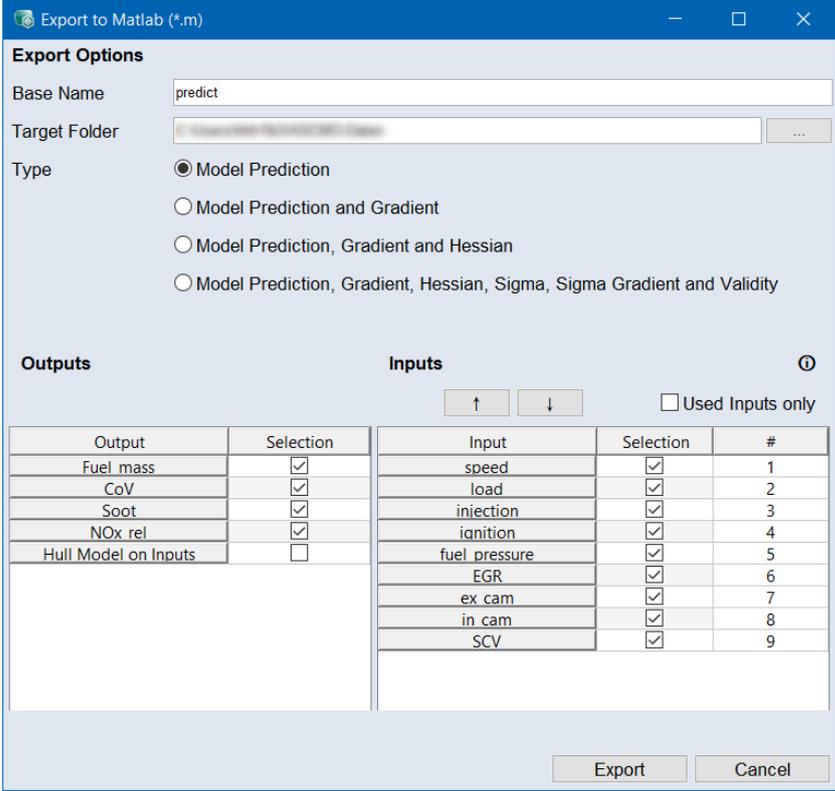
MATLAB<sup>®</sup>へのモデルのエクスポートでは、エクスポートのタイプを選択することができます。

- － Model Output (Basic) [（次ページ）](#)
- － Model Output and Gradient [（次ページ）](#)
- － Model Output, Gradient and Hessian [（次ページ）](#)
- － Model Output, Gradient, Hessian, Sigma, SigmaGrad and Validity [（次ページ）](#)

#### モデルをMATLAB<sup>®</sup>用にエクスポートする

1. **File > Export Model > Matlab** を選択します。

"Export to Matlab (\*.m)" ウィンドウが開きます。



**Export Options**

Base Name:

Target Folder:

Type:

- Model Prediction
- Model Prediction and Gradient
- Model Prediction, Gradient and Hessian
- Model Prediction, Gradient, Hessian, Sigma, Sigma Gradient and Validity

**Outputs**

Output	Selection
Fuel mass	<input checked="" type="checkbox"/>
CoV	<input checked="" type="checkbox"/>
Soot	<input checked="" type="checkbox"/>
NOx rel	<input checked="" type="checkbox"/>
Hull Model on Inputs	<input type="checkbox"/>

**Inputs**

Used Inputs only

Input	Selection	#
speed	<input checked="" type="checkbox"/>	1
load	<input checked="" type="checkbox"/>	2
injection	<input checked="" type="checkbox"/>	3
ignition	<input checked="" type="checkbox"/>	4
fuel pressure	<input checked="" type="checkbox"/>	5
EGR	<input checked="" type="checkbox"/>	6
ex_cam	<input checked="" type="checkbox"/>	7
in_cam	<input checked="" type="checkbox"/>	8
SCV	<input checked="" type="checkbox"/>	9

Export Cancel

2. エクスポートに関する以下の情報を設定します。

**Base Name** : エクスポート先のファイルのベースネーム (<base name>\_<Output>)

**Target Folder** : エクスポート先の場所

**Type** : エクスポートするデータのタイプ (内容)

3. エクスポートする出力 (**Outputs**) と入力 (**Inputs**) を選択します。必要に応じて入力の順番を変更でき、"Used Inputs only" オプションも使用できます。
4. **Export** をクリックします。
  - ⇒ エクスポート処理が開始され、指定されたパスにファイルが保存されます。

### "Model Output (Basic)" タイプ

各モデル/出力ごとに、モデル予測を行うMスクリプトが作成されます。

#### 注記

作成されたMスクリプトはASCMO-STATICのコードを使用しないため、使用する際にASCMO-STATICがインストールされている必要はありません。ただしMATLAB<sup>®</sup>へのエクスポートを行う際には、MATLAB<sup>®</sup>環境がインストールされている必要があります。

Y1 という名前のモデル出力については、predict\_Y1.m というスクリプトが作成されます。呼び出しは次のようになります。

```
>> Y = predict_Y1(x)
```

ここで  $x$  は入力の数と同じ長さのベクトルです。この関数の戻り値はスカラ型のモデル予測です。

#### MATLABプロンプトの例 (入力は4個、出力名はY1) :

```
>> x = [0.3 7.5 100 66.1];
>> y = predict_Y1(x)
>> y =
>> 0.503
```

また、列の数が入力の数に等しい行列を入力することもできます。各行はモデルの入力値に対応します。出力はベクトルで、その*i*番目の要素が*i*番目の入力行 (入力値) のモデル予測になります。

### "Model Output and Gradient" タイプ

### "Model Output, Gradient and Hessian" タイプ

### "Model Output, Gradient, Hessian, Sigma, SigmaGrad and Validity" タイプ

Y1 という名前のモデル/出力については、predict\_Y1.m というスクリプトと predict\_Y1.mat というファイルが作成されます。

モデル予測以外に以下のような出力値を使用する場合は、MATLAB<sup>®</sup>クラスへのエクスポートが必要になります。

- モデル予測の勾配
- モデル予測のヘッセ行列
- モデル予測のシグマ (標準偏差)
- シグマの勾配
- モデルの有効性 (モデルの有効範囲)

勾配は、勾配最適化をASCMO-STATICモデルと共に使用するような場合に必要となります。

### 注記

"Model Output, Gradient, Hessian, Sigma, SigmaGrad and Validity" タイプのエクスポートを行うと、ほとんどすべての情報がエクスポートされるため、\* .mat ファイルのサイズが非常に大きくなる可能性があります。

#### 出カタイプ "Model Output and Gradient" の例 :

```
>> M = predict_Y1;
>> [y, yGrad] = M.modelval_ygrad([0.3 7.5 100 66.1]);
```

#### 出カタイプ "Model Output, Gradient and Hessian" の例 :

```
>> M = predict_Y1
>> Y = M.modelval(x)
>> [Y, Ygrad, Yhessian] = M.modelval_hessian(x);
```

#### 出カタイプ "Model Output, Gradient, Hessian, Sigma, SigmaGrad and Validity" の例 :

```
>> M = predict_Y1
>> Y = M.modelval(x)
>> [Y, Ystd_1, Ystd_2] = M.modelval_std(x)
>> [Y, Ygrad, Yhessian, Ystd_1, Ystd_2, Ystd_1grad, Ystd_2grad, Ystdgrad_t, Validity] = M.model-val_ygrad_std(x)
```

### 注記

MATLAB®/Simulink®がPCにインストールされていない場合は、**File > Export Model > Simulink Script** で、モデルをMATLAB®スクリプト (\*.m) にエクスポートすることができます。後にこれを用いてSimulinkモデルを生成することができます。詳細は、オンラインヘルプを参照してください。

## 6.10.2 INCA/MDAへのエクスポート

モデルをINCA用の演算シグナルとしてエクスポートします。演算シグナルは、Perl モジュール (\*.pm) としてINCA/MDAの所定のディレクトリに保存されます。

## モデルをINCA/MDA用にエクスポートする

1. **File > Export Model > INCA/MDA** を選択します。

"Export to INCA/MDA (\*.pm)" ウィンドウが開きます。

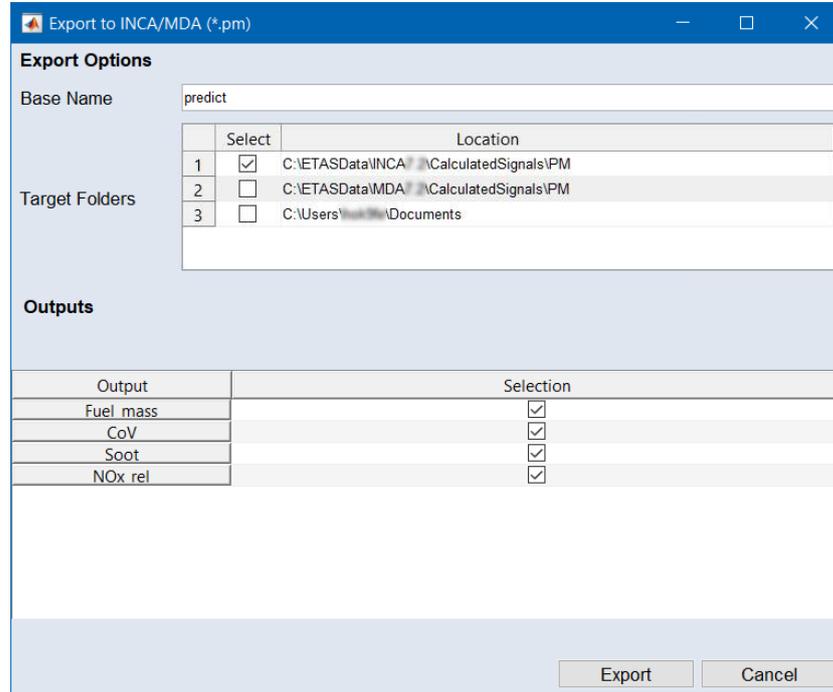


図 6-18: "Export to INCA/MDA" ウィンドウ

2. "Location" 列で、INCA/MDAのバージョンを選択します。

### 注記

INCA/MDAへのエクスポートを行うには、V6.2以降のINCA/MDAが必要です。それより古いバージョンのものは、インストールされていても "Export to INCA / MDA" ウィンドウに表示されません。

3. "BaseName" フィールドにファイル名を入力します。

実際のエクスポートファイル名は次のようになります : <Basename>\_<Output>.pm

4. 出力 (**Outputs**) を選択します。
5. **Export** をクリックします。

⇒ "Location" 列に表示された場所にデータがエクスポートされます。

### 注記

エクスポートされたデータをINCAやMDAで使用方法については、各製品のユーザーガイドやオンラインヘルプを参照してください。ユーザーガイドはETASウェブサイトのダウンロードセンター ([https://www.etas.com/ja/products/download\\_center.php](https://www.etas.com/ja/products/download_center.php)) から入手できます。

### 6.10.3 Pythonへのエクスポート

Pythonへのモデルのエクスポートでは、エクスポートのタイプを選択することができます。以下に、エクスポートの各タイプについて説明します。いずれのタイプについても、各モデル/出力ごとのPythonクラス (\*.py)、MATファイル (\*.mat)、および呼び出しが含まれるファイル (ModelEvaluationExample.py) が作成されます。

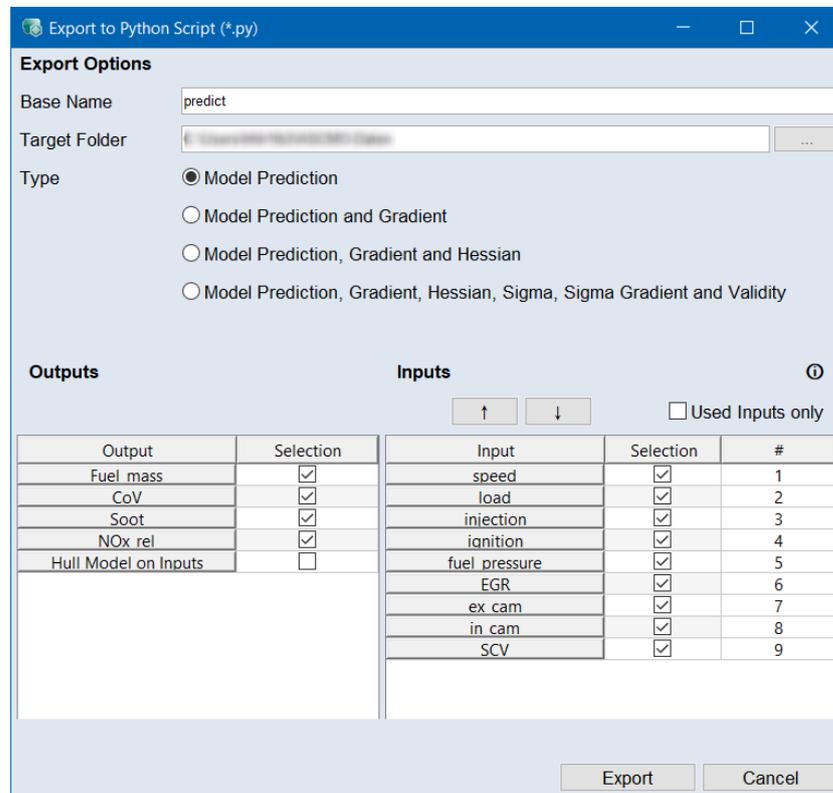
#### 注記

このエクスポートを実行するには、インストールされているPythonに "NumPy" および "SciPy" というパッケージが含まれている必要があります。Pythonのインストール状態についての詳細情報は、システム管理者の方にお問い合わせください。

#### モデルをPython用にエクスポートする

1. **File > Export Model > Python** を選択します。

"Export to Python (\*.py)" ウィンドウが開きます。



Output	Selection	Input	Selection	#
Fuel mass	<input checked="" type="checkbox"/>	speed	<input checked="" type="checkbox"/>	1
CoV	<input checked="" type="checkbox"/>	load	<input checked="" type="checkbox"/>	2
Soot	<input checked="" type="checkbox"/>	injection	<input checked="" type="checkbox"/>	3
NOx rel	<input checked="" type="checkbox"/>	ignition	<input checked="" type="checkbox"/>	4
Hull Model on Inputs	<input type="checkbox"/>	fuel pressure	<input checked="" type="checkbox"/>	5
		EGR	<input checked="" type="checkbox"/>	6
		ex_cam	<input checked="" type="checkbox"/>	7
		in_cam	<input checked="" type="checkbox"/>	8
		SCV	<input checked="" type="checkbox"/>	9

2. エクスポートに関する以下の情報を設定します。

**Base Name** : エクスポート先のファイルのベースネーム (<base name>\_<Output>.py)

**Target Folder** : エクスポート先の場所

**Type** : エクスポートするデータのタイプ (内容)

3. エクスポートする出力 (**Outputs**) と入力 (**Inputs**) を選択します。必要に応じて入力の順番を変更でき、"Used Inputs only" オプションも使用できます。
4. **Export** をクリックします。

- ⇒ エクスポート処理が開始され、指定されたパスにファイルが保存されます。  
 モデル出力の名前が Y1 の場合、predict\_Y1.py というスクリプトと  
 predict.mat というMATファイル、さらに ModelEvaluationExample.py という  
 ファイルが作成されます。



### 注記

pyスクリプトはASCMO-STATICのコードを使用しないため、使用する際にASCMO-STATICがインストールされている必要はありません。

モデル予測以外に以下のような出力値を使用する場合は、Pythonクラスへのエクスポートが必要になります。

- － モデル予測のシグマ（標準偏差）
- － モデル予測の勾配
- － シグマの勾配
- － モデルの有効性（モデルの有効範囲）

勾配は、勾配オプティマイザをASCMO-STATICモデルと共に使用するような場合に必要となります。

#### 出カタイプ "Model Output (Basic)" の例 :

```
from numpy import array, NAN import scipy.io
from predict_Y1 import *

xtest = array ([[0.3, 7.5, 100, 66.1]])
M = predict_Y1()
[Yval] = M.modelval(xtest)
```

#### 出カタイプ "Model Output and Gradient"、 "Model Output, Gradient and Hessian"、 "Model Output, Gradient, Hessian, Sigma, SigmaGrad and Validity" の 例 :

```
from numpy import array, NAN
import scipy.io
from predict_Y1 import *

xtest = array ([[0.3, 7.5, 100, 66.1]])
M = predict_Y1()
[Yval] = M.modelval(xtest)
[Yval, Ystd1, Ystd2] = M.modelval_std(xtest)
[Yval, Ygrad, Yhessian, Ystd1, Ystd2, Ystd1_grad, ↵
  Ystd2_grad, YstdGradNoBoxCoxTrans, Validity] = ↵
  M.modelval_ygrad_std(xtest)
```

## 6.10.4 Simulink®モデルへのエクスポート

### **i** 注記

エクスポートを行うには、PCにSimulink®がインストールされている必要があります。

Simulinkモデルファイル (\*.mdl、\*.sxl) と共に、データを含むMスクリプト (\*.m) がエクスポートされます。これらのスクリプトはSimulinkモデルを開くと自動的に開始されます。このスクリプトに入力データを定義することもできます ("inputData") 。

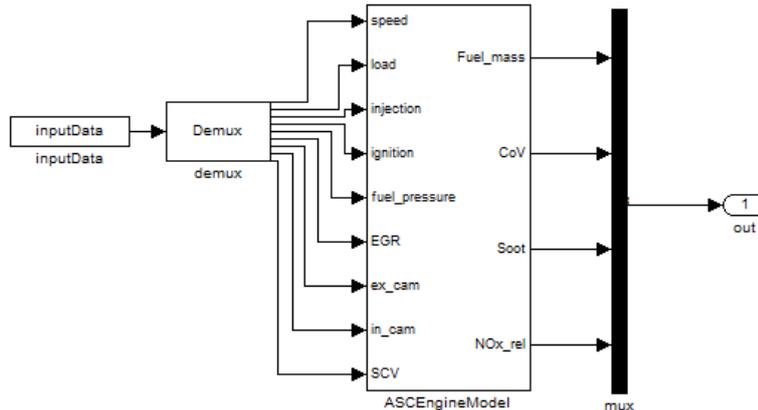


図 6-19: Simulinkにエクスポートされたモデル（視認性のために簡略化したもの）

動的に作成されるファイルだけでなく、SファンクションとCコードもエクスポートされます。

- － Simulinkでのシミュレーションには、Sファンクション (call\_asc\_predict\_novar.mexw32 などのDLLファイル、または \*.t1c ファイル) が必要です。
- － ETAS LABCAR でモデル予測を行うためのコードをSimulinkモデル用に作成するような場合 (Simulink® Coder™、以前はReal-Time Workshop®) は、Cコードが必要です。

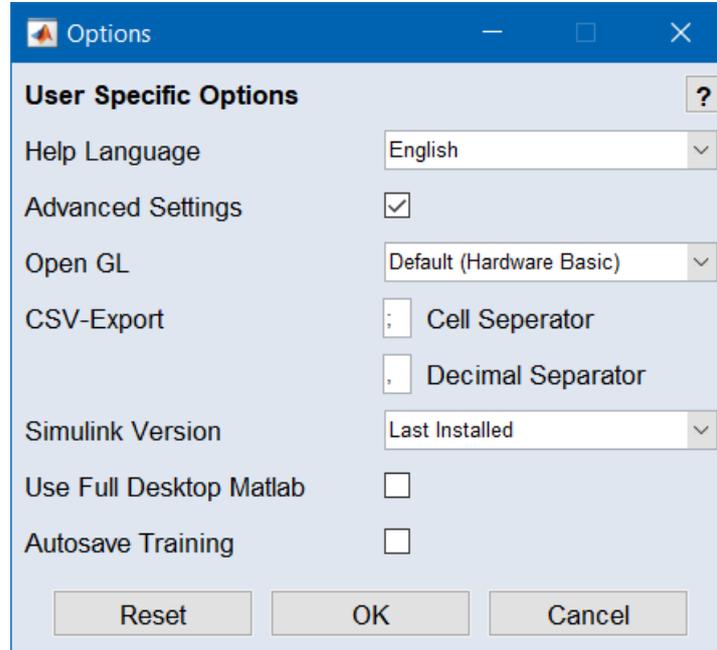
### **i** 注記

エクスポートされたモデルは複数のインスタンスとして使用できます。

Simulinkモデルはバージョンに応じて異なります。PCに複数バージョンのSimulinkがインストールされている場合、ASCMO-STATICは、デフォルトにおいて、バージョンの新旧には関わらず、最後にインストールされたバージョンを使用します。しかし、エクスポート時にはバージョンを指定してエクスポートすることができます。

### エクスポート先のSimulinkバージョンを指定する

1. メインウィンドウで **File > Options** を選択します。  
"Options" ウィンドウが開きます。



2. "Simulink Version" ドロップダウンメニューで、使用したいバージョンを選択します。
3. **OK** をクリックします。

### モデルをSimulink®用にエクスポートする

1. **File > Export Model > Simulink Model** を選択します。  
⇒ "Export to Simulink Model (\*.mdl/.slx)" ウィンドウが開きます。
3. エクスポートに関する以下の情報を設定します。

**Target File** : エクスポートファイルの保存先のパスと、ファイル名 (`<file name>_<model name>`) を指定します。必要に応じて "Used Inputs only" オプションも使用できます。

4. **Export** をクリックします。  
⇒ エクスポート処理が開始されます。選択されているバージョンのSimulinkモデルが作成されます。各ファイルは指定されたパスに保存されます。

#### 注記

MATLAB®/Simulink®がPCにインストールされていない場合は、**File > Export Model > Simulink Script** で、モデルをMATLAB®スクリプト (\*.m) にエクスポートすることができます。後にこれを用いてSimulinkモデルを生成することができます。詳細は、オンラインヘルプを参照してください。

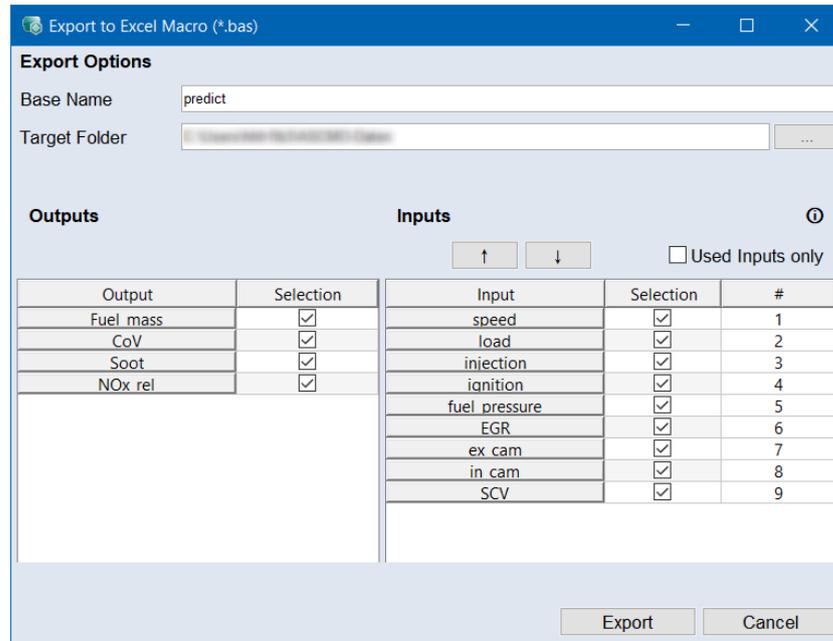
## 6.10.5 Excelマクロへのエクスポート

Excelのエクスポートを行うと、出力ごとにVBAスクリプト (\*.bas) が作成されます。つまり、Y1 という出力に対しては predict\_Y1.bas というVBAスクリプトが作成されます。

### モデルをExcel用にエクスポートする

1. **File > Export Model > Excel Macro** を選択します。

"Export to Excel Macro (\*.bas)" ウィンドウが開きます。



2. エクスポートに関する以下の情報を設定します。

**Base Name** : エクスポート先のファイルのベースネーム (<base name>\_<Output>.bas)

**Target Folder** : エクスポート先の場所

3. エクスポートする出力 (**Outputs**) と入力 (**Inputs**) を選択します。必要に応じて入力の順番を変更でき、"Used Inputs only" オプションも使用できます。
4. **Export** をクリックします。  
⇒ エクスポート処理が開始され、指定されたパスにファイルが保存されます。

エクスポートされたスクリプトファイルは、以下のようにしてMS Excelにインポートします。

- Excel 2003 : **Tools > Macro > Visual Basic Editor**
- Excel 2007/2010/2013/2016 : **Developer** リボン > **Visual Basic**
- VBAエディタから : **File > Import File**

\*.bas ファイルのインポートが終了すると、Excelでモジュール M\_predict\_Y1 が利用可能になります。Visual Basicエディタは閉じることができます。モデル予測はExcel用の関数として提供されます。以下のように、モデル予測用の入力データ (例 : A2、B2、C2、D2) を入力し、予測結果のセル (E2) で関数 (例 : "=predict\_Y1 (A2:D2) ") を使用してください。

E2		fx =predict_Y1(A2:D2)			
	A	B	C	D	E
1	Input1	Input2	Input3	Input4	Prediction
2	0,3	7,5	100	66,1	0.50300749

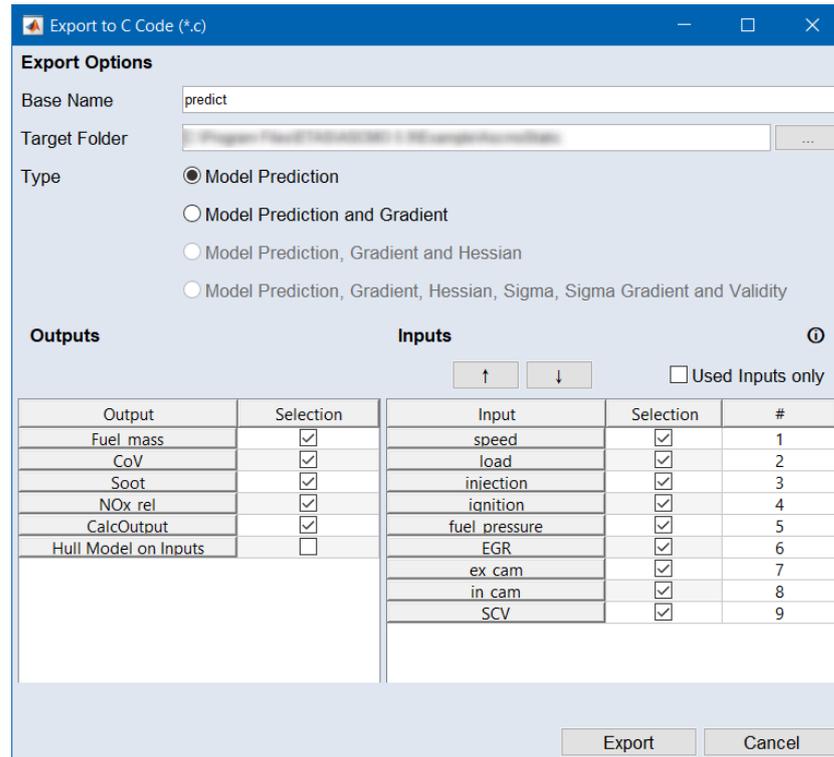
### 6.10.6 Cコードへのエクスポート

モデルをCコードとしてエクスポートすると、出力ごとに \*.c ファイルが作成されます。

#### モデルをCコードにエクスポートする

1. **File > Export Model > C Code** を選択します。

"Export to C Code (\*.c)" ウィンドウが開きます。



2. エクスポートに関する以下の情報を設定します。

**Base Name** : エクスポート先のファイルのベースネーム (<base name>\_<Output>.c)

**Target Folder** : エクスポート先の場所

**Type** : エクスポートするデータのタイプ (内容)

3. **Outputs** (入力の外殻モデルを含む) と **Inputs** 必要に応じて入力の順番を変更でき、"Used Inputs only" オプションも使用できます。を選択します。

4. **Export** をクリックします。

⇒ エクスポート処理が開始され、指定されたパスにファイルが保存されます。

エクスポートを実行すると、モデルファイル (\*.c) に加え、出力タイプに応じて以下のファイルが生成されます。

タイプ	生成されるサンプルファイル	用途
Model Output (Basic)	mexPredict.c	MATLAB MEXファイルの生成
	slPredict.c	Sファンクションの生成
Model Output and Gradient	mexPredictGrad.c	MATLAB MEXファイルの生成

**MEXファイル** : mexファイルは、エクスポートされたASCMO-STATICモデルから、MATLAB®で以下のようにして生成することができます。

```
mex mexPredict.c -DNUMINPUTS=<n_inputs>
-DALLFUNC=predict_<output> -output predict_<output>
```

これにより、ファイル predict\_<output>Matlab.mexw64 が生成され、MATLAB®から以下のように呼び出すことができます。

```
>> predict_<output>Matlab ([1.1 2.2 3.3 ...])
```

この結果は以下ようになります。

```
ans = 23.32343
```

**Sファンクション** : エクスポートされたASCMO-STATICモデル用のSファンクションは、MATLAB®で以下のようにして生成することができます。

```
mex slPredict.c -DNUMINPUTS=<n_outputs>
-DALLFUNC=predict_<output> -output predict_<output>
```

これにより、ファイル predict\_<output>Simulink.mexw64 が生成されます。

**エクスポートファイルのフォーマット例 (3つの有効な入力を持つモデル) :**

```
#include <math.h>

void predict_Fuel_mass(double* pInArray, double*
pOutPrediction)
{
[...]
```

上記の例は以下のように使用できます。

```
extern predict_Fuel_mass(double*, double*);
double modelInput[3];
double modelOutput;
modelInput[0] = 1.1;
modelInput[1] = 2.2;
modelInput[2] = 3.3;
predict_Fuel_mass(modelInput, modelOutput);
```

ここで、modelOutput変数には入力ベクトル [1.1, 2.2, 3.3] 用のモデル予測が格納されます。

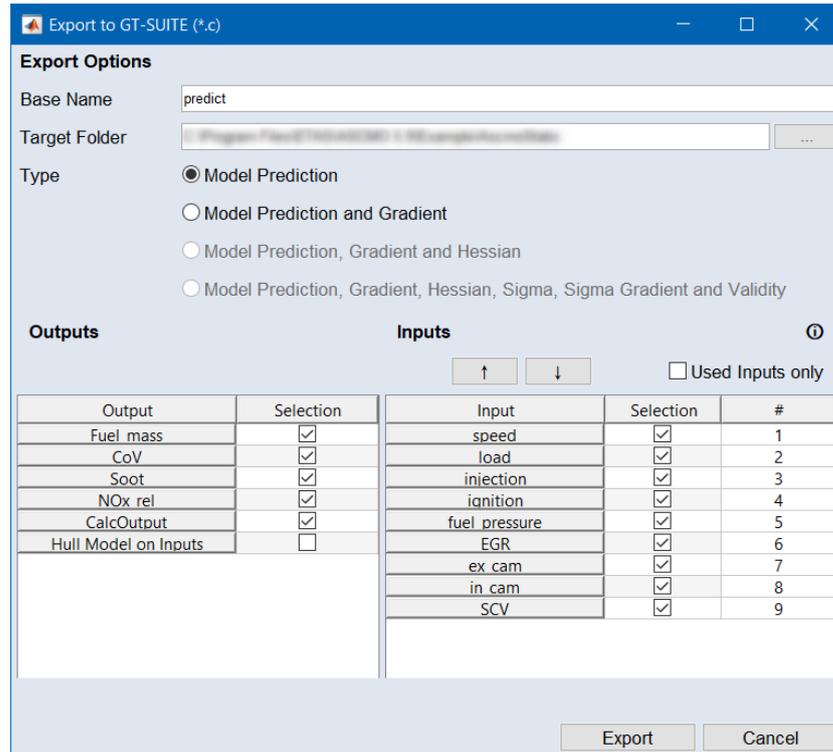
### 6.10.7 GT-SUITEへのエクスポート

GT-SUITEへのモデルエクスポートはコードエクスポート機能の拡張バージョンで、ASCMO-STATICモデルをGT-SUITE (V2016) に直接ロードして使用することができます。モデルと出力をGT-SUITEにエクスポートすると、モデル/出力ごとに\*.cファイルが1つずつ作成されます。

#### モデルをGT-SUITE用にエクスポートする

1. **File > Export Model > GT-Suite** を選択します。

"Export to GT-SUITE (\*.c)" ウィンドウが開きます。



2. エクスポートに関する以下の情報を設定します。

**Base Name** : エクスポート先のファイルのベースネーム (<base name>\_<Output>.c)

**Target Folder** : エクスポート先の場所

3. **Outputs** (入力の外殻モデルを含む) と **Inputs** を選択します。必要に応じて入力の順番を変更でき、"Used Inputs only" オプションも使用できます。
4. **Export** をクリックします。  
⇒ エクスポート処理が開始され、指定されたパスにファイルが保存されます。

### 6.10.8 FMIへのエクスポート

ASCMO-STATICモデルを、FMI (Functional Mockup Interface) 規格に準拠する FMU (Functional Mockup Unit) としてエクスポートすることができます。FMIは Modelisar Consortiumによって策定されたツール非依存の規格です。拡張子 \*.fmu の圧縮ファイルに保存されたXMLファイルとコンパイル済みコードを用いて、ダイナミックモデル同士のモデル交換と連成シミュレーション (Co-Simulation) をサポートします。

これにより、ASCMO-STATICモデルを他のツールを用いた以降のプロセスに使用することが可能になります。

Y1という名前のモデルには、predict\_Y1.fmu が作成されます。このファイルには、CコードとWindows (32/64ビット) 用DLLファイル、および入出力仕様のXMLメタディスクリプションが含まれます。

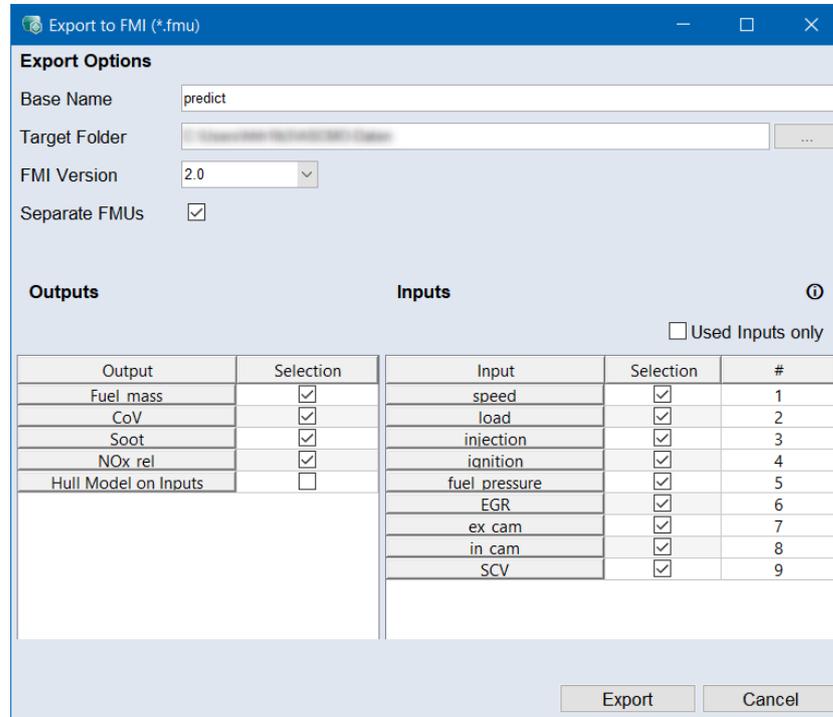
### 注記

FMI規格についての詳細な情報は、FMIのウェブサイト (<https://www.fmi-standard.org/>) を参照してください。

## モデルをFMI用にエクスポートする

1. **File > Export Model > FMI** を選択します。

"Export to FMI (\*.fmu)" ウィンドウが開きます。



2. エクスポートに関する以下の情報を設定します。

**Base Name** : エクスポート先のファイルのベースネーム (`<base name>_<Output>.fmu`) を定義します。

**Target Folder** : エクスポート先の場所

**FMI Version** : FMIバージョン (1.0 または 2.0)

3. エクスポートする出力 (**Outputs**) と入力 (**Inputs**) を選択します。必要に応じて入力の順番を変更でき、"Used Inputs only" オプションも使用できます。

4. **Export** をクリックします。

⇒ エクスポート処理が開始され、指定されたパスにファイルが保存されます。

## 7 チュートリアル : ASCMO-STATIC ExpeDesの操作

ASCMO-STATIC ExpeDesは、空間充填による統計的実験計画を作成するためのツールです。ASCMO-STATIC ExpeDesは、動作ポイント（速度／負荷）のグリッド空間内への測定値の分散を計画するのに最適で、これはASCMO-STATIC ExpeDesでのモデルトレーニングを行うための要件となります。

### ASCMO-STATIC ExpeDesで実験計画を作成する際の規則

実験計画の作成時には以下の規則が適用されます。

- － 作成された実験計画は常に有効で、いつでもエクスポートすることができます。
- － 実験計画は次の作業ステップに移る際に自動的に更新されますが、手動で更新するには、ツールバーの **Apply changes and update viewer** アイコンをクリックするか、メニューコマンド **View** → **Update** を実行します。  
いずれかの変更内容が無効である場合は、現在のステップに留まって内容を訂正するか、または変更を破棄して次のステップに進むこともできます。
- － 各ステップは任意の順に実行できますが、実際にはここで示されている順で実行することをお勧めします。
- － 処理中には、**View** メニューにより実験計画の内容をいつでも可視化することができます（7.3「[実験計画の可視化](#)」（ページ166）を参照）。
- － 各ステップ間の依存関係により自動的に設定変更が行われると、メッセージペインに警告メッセージが表示されます。たとえば、範囲の制限（Constraint）に使用されている入力ステップ1において削除されると、その制限は自動的に削除されます。

### ASCMO-STATIC ExpeDesを起動する

ASCMO-STATIC ExpeDesは、Windowsスタートメニュー、または "ASCMO-STATIC ExpeDes" ウィンドウ（「["ASCMO-DESK" ウィンドウ](#)」（ページ68）参照）から起動します。

1. ASCMO-STATIC ExpeDesを起動するには、以下のいずれかを実行します。
  - Windowsスタートメニューの **ETAS ASCMO5.11** プログラムグループから、**ASCMO ExpeDes V5.11** を選択します。
  - "ASCMO-DESK" ウィンドウで "Static Test Planning" タイルをクリックします。

ASCMO-STATIC ExpeDesスタートウィンドウが開きます。ASCMO-STATIC ExpeDesを空のプロジェクトで起動し（New > **Empty Project**）、デモプロジェクト（**Demo Files**）または既存のプロジェクト（Open > **Open Project/Recent Projects**から選択）を開くことができます。

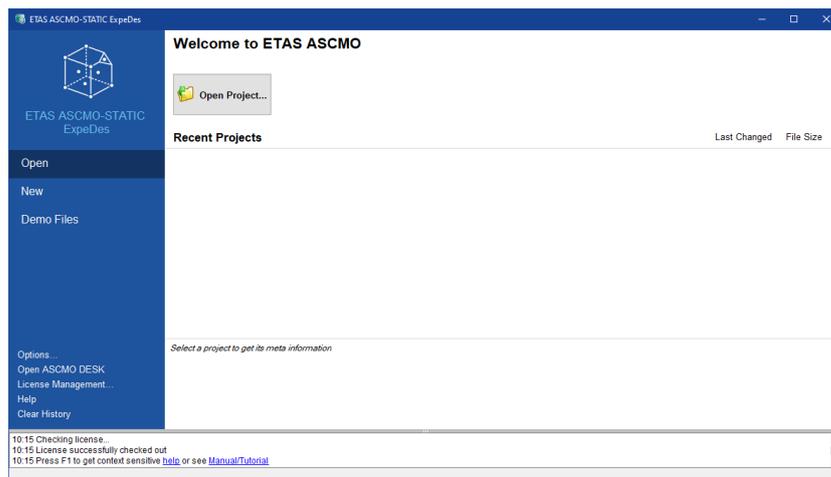


図 7-1: ASCMO-STATIC ExpeDesスタートウィンドウ

2. ASCMO-STATIC ExpeDesメインウィンドウを空のプロジェクトで開くには :
  - a. 左側のメニューパネル内の **New** をクリックします。



- b.  をクリックします。

ASCMO-STATIC ExpeDesメインウィンドウの第1ページが開き、デフォルト設定が表示されます。

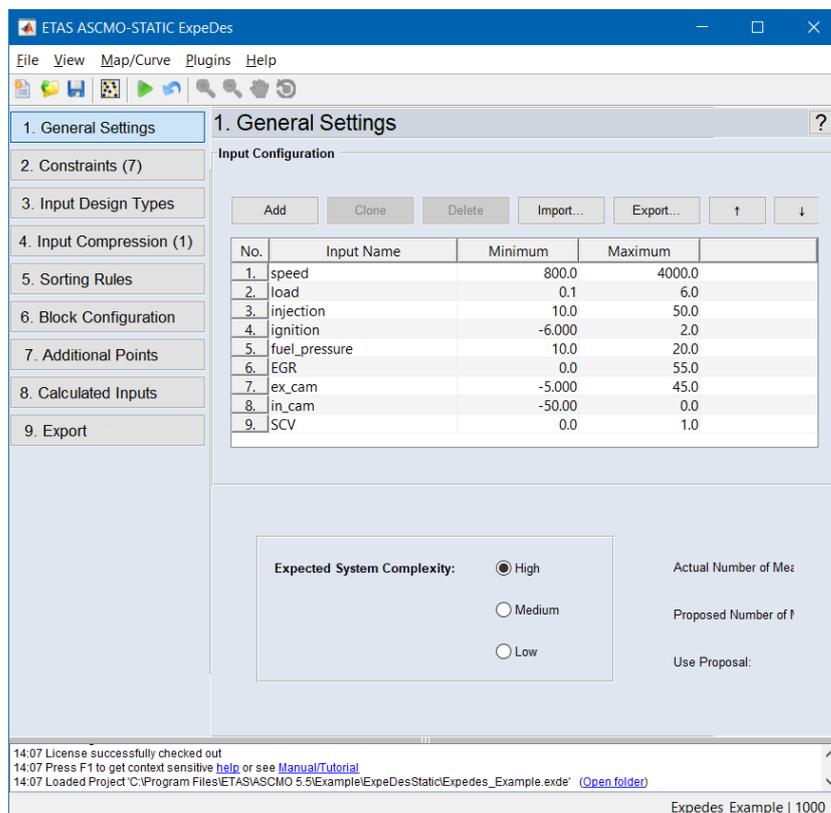
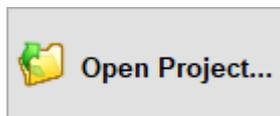
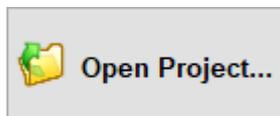


図 7-2: ASCMO-STATIC ExpeDesメインウィンドウ

3. ここで既存のASCMO-STATIC ExpeDesプロジェクトを開くには、以下のように操作します。
  - i. ASCMO-STATIC ExpeDesメインウィンドウで、左側のメニューパネル内の **Open** をクリックします。



- ii.  をクリックします。  
オープンファイルダイアログが開きます。
- iii. 開きたい \*.exde ファイルを選択し、**Open** をクリックします。  
選択したプロジェクトが開き、ASCMO-STATIC ExpeDesメインウィンドウに表示されます。

メニューとツールバーの機能の詳細については、オンラインヘルプ (**Help > Online Help**)、またはその状況依存トピック (<F1>) を参照してください。

## 7.1 ASCMO-STATIC ExpeDesの操作ステップ

このチュートリアルでは、ASCMO-STATIC ExpeDesを用いて実験計画を作成する方法、ステップを追って説明します。

### ご注意ください！

#### 誤った実験計画による損害

ASCMO-STATIC ExpeDesにおける誤ったエンジン設定は、エンジンやテストベンチの損傷を招きます。例：ノッキングが多発するような点火角度設定などにより、動作ポイントがエンジンに過大なストレスを与え、損傷の原因となります。

- － 実験計画の一般設定は、システムと対象物に適合している必要があります。誤った設定の例：最大6000rpmのエンジンに対して、実験計画内で10000rpmが設定されている
- － 動作ポイントは、許容値の範囲内に制限してください。ETAS ASCMOは、エンジンパラメータに関する情報を一切持っていません。
- － 実験計画をエクスポートする前に、一般設定においてエンジン負荷の範囲を制限してください。
- － 実験計画を使用するには、その内容を検証する必要があります。

7.2「ステップ1：一般設定」(次ページ) および7.11「ステップ9：エクスポート ("Export")」(ページ192) を参照してください。

#### － 7.2「ステップ1：一般設定」(次ページ)

最初のステップとして、実験計画の測定ポイント数、および入力の数とコンフィギュレーションを定義します。

#### － 7.3「実験計画の可視化」(ページ166)

計画データは、グラフやテーブルで表示して、いつでも評価することができます。

- **7.4「ステップ2 : 範囲制限 ("Constraints")」** (ページ168)

このステップでは、ある変数の測定値の制限範囲を、他の1つまたは2つの変数の関数として定義します。
- **7.5「ステップ3 : 入力タイプ的设计 ("Input Design Types")」** (ページ179)

このステップでは、各入力の測定方法を定義します。
- **7.6「ステップ4 : 入力の圧縮 ("Input Compression")」** (ページ185)

このステップでは、測定空間の各領域ごとに測定ポイントを圧縮することができます。
- **7.7「ステップ5 : ソート規則 ("Sorting Rules")」** (ページ186)

このステップでは、入力のソート規則を定義できます。これにより、対象システムの特性に合わせた方法で実験計画を実行することができます。
- **7.8「ステップ6 : ブロック構成 ("Block Configuration")」** (ページ188)

このステップでは、実験計画を、個別に測定できる複数のパーツ（「ブロック」）に分割できます。各ブロックは実験計画の要件に相当します。
- **7.9「ステップ7 : 付加ポイント ("Additional Points")」** (ページ190)

このステップでは、必要に応じてポイント（実験計画のポイント以外の、特定の基準に従って反復的にアプローチされて測定されるポイント）を定義します。
- **7.10「ステップ8 : 演算入力 ("Calculated Inputs")」** (ページ191)

チュートリアルではこのステップは省略します。
- **7.11「ステップ9 : エクスポート ("Export")」** (ページ192)

このステップでは、プロジェクトおよび実験計画自体のプロパティが表示されます。データのエクスポートは、いくつかのフォーマットで行えます。さらに、データを散布図や3Dプロット、テーブルとして視覚化することもできます。詳しくは「実験計画の可視化」を参照してください。

## 7.2 ステップ1 : 一般設定

### ご注意ください！

#### 誤った実験計画による損害

ASCMO-STATIC ExpeDesにおける誤ったエンジン設定は、エンジンやテストベンチの損傷を招きます。例：ノッキングが多発するような点火角度設定などにより、動作ポイントがエンジンに過大なストレスを与え、損傷の原因となります。

- 実験計画の一般設定は、システムと対象物に適合している必要があります。誤った設定の例：最大6000rpmのエンジンに対して、実験計画内で10000rpmが設定されている
- 動作ポイントは、許容値の範囲内に制限してください。ETAS ASCMOは、エンジンパラメータに関する情報を一切持っていません。
- 実験計画をエクスポートする前に、一般設定においてエンジン負荷の範囲を制限してください。
- 実験計画を使用するには、その内容を検証する必要があります。

7.2「ステップ1：一般設定」（前ページ）および7.11「ステップ9：エクスポート（"Export"）」（ページ192）を参照してください。

最初のステップとして、実験計画の測定ポイント数、および入力の数とコンフィギュレーションを定義します。

**1. General Settings** [?]

Input Configuration

Buttons: Add, Clone, Delete, Import..., ↑, ↓

No.	Input Name	Minimum	Maximum
1.	speed	800.0	4000.0
2.	load	0.1	6.0
3.	injection	10.0	50.0
4.	ignition	-6.000	2.0
5.	fuel_pressure	10.0	20.0
6.	EGR	0.0	55.0
7.	ex_cam	-5.000	45.0
8.	in_cam	-50.00	0.0
9.	SCV	0.0	1.0

Expected System Complexity:  High,  Medium,  Low

Actual Number of Measurements: 1000

Proposed Number of Measurements: 600

Use Proposal:

図 7-3: ASCMO-STATIC ExpeDes ステップ1：一般設定 ("General Settings")

### 7.2.1 入力の設定

新しいASCMO-STATIC ExpeDesプロジェクトを作成すると、数個の入力が自動的に作成されます。これらは適切な名前を付けて設定する必要があり、入力の追加が必要になる場合があります。

#### 新しい入力を定義する

1. 新しい入力を追加するには **Add** をクリックします。  
新しい入力が入力のリストの末尾に追加されます。  
行番号をクリックして特定の行を選択してから **Add** をクリックした場合は、その行の下に新しい入力追加されます。
2. 既存の入力の複製を作成するには、その行を選択して **Clone** をクリックします。  
オリジナルの入力の下に <input\_name>\_2 という名前の複製が作成されます。

#### 入力を設定する

入力を設定するには、以下のように操作します。

1. 設定したいセルをクリックします。  
セルが入力モードになります。
2. 値を入力して <ENTER> を押します。  
以下のパラメータを設定できます。

**Input Name** : 測定する入力量の名前

**Minimum / Maximum** : 入力の測定範囲の上下限值



### 注記

入力の名前は一意である必要があります。

3. 矢印ボタン ↑/↓ を使用して、リスト内の各入力の順番を変更することができます。



### 入力の名前をインポートする

1. **Import** ボタンで、以下のいずれかのフォーマットのファイルから名前のリストをインポートすることができます。
    - ラベルファイル (\*.lab) – ETAS INCA用の変数ラベルファイルなど
    - MS Excel (\*.xls, \*.xlsx)
    - カンマ区切りのテキストファイル (\*.csv)
    - コンフィギュレーションファイル (\*.ini) – ETAS ASCMOチャンネル設定ファイルなど
- ⇒ ウィンドウが開くので、実際にインポートする名前を選択します。

### 入力を削除する

1. 削除したい行を選択して、**Delete** をクリックします。

## 7.2.2 測定量の設定

実験計画における測定値の数は、手動設定するか、または "Expected System Complexity" 領域のオプションを使用して設定する必要があります。以下のオプションがあります。

- **Low** : 入力と出力がほぼ直線的な依存関係を持つシステム。
- **Medium** : 挙動が2次または3次の多項式にほぼ相当するシステム (例: エンジンのローカルな動作ポイント)
- **High** : 多項式では表現しきれないような複雑なシステム (例: 操作域を超えたエンジンの挙動)

### 測定値の数を設定する

1. "Actual Number of Measurements" フィールドに数を入力します。  
または  
"Expected System Complexity" 領域で、システムに適したオプションを選択します。

"Proposed Number of Measurements" フィールドに、選択したオプションに応じた測定値の数が提示されます。

 **注記**

提示される測定値の数は、入力の数とシステムの複雑度に依存します。

2. 提示された値を使用するには、**Use Proposal** オプションをオンにします。

測定値の数が多く場合は、測定値を小さなブロックに分割し（7.8「[ステップ6 : ブロック構成 \("Block Configuration"\)](#)」（ページ188）を参照）、モデリング時において、所望のモデル品質を実現するためにこのサイズのブロックがいくつ必要になるかを試してみることをお勧めします。

 **注記**

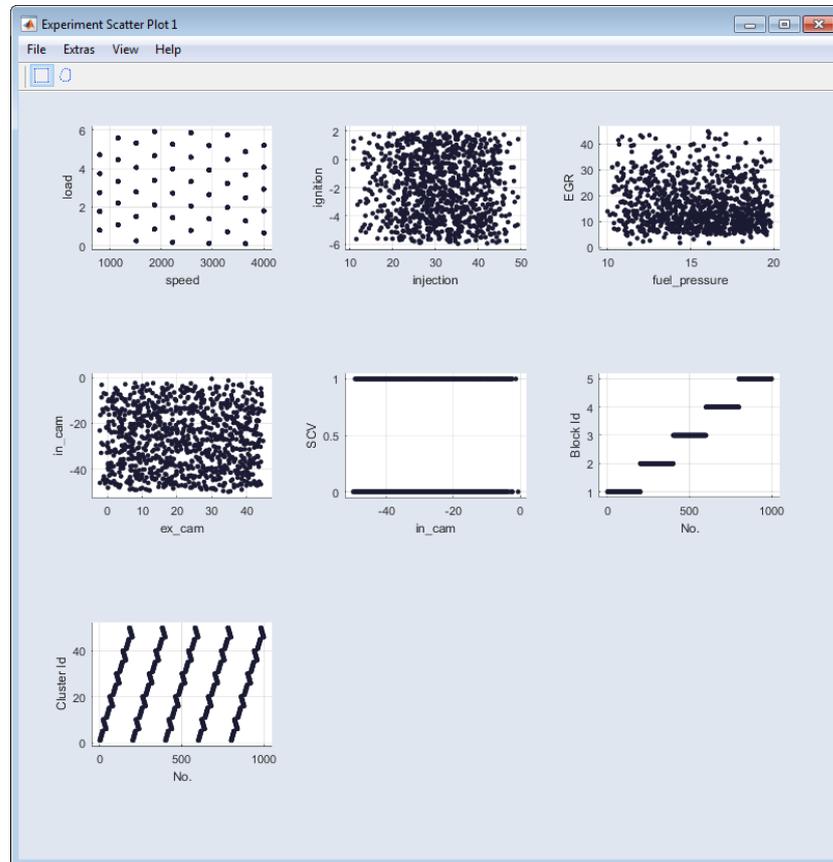
ステップ1 ("General Settings") の設定内容から実験計画が作成されます。作成された実験計画は、\*.xls または \*.csv フォーマットでエクスポートできます。実験計画をエクスポートする方法については、7.11「[ステップ9 : エクスポート \("Export"\)](#)」（ページ192）を参照してください。

## 7.3 実験計画の可視化

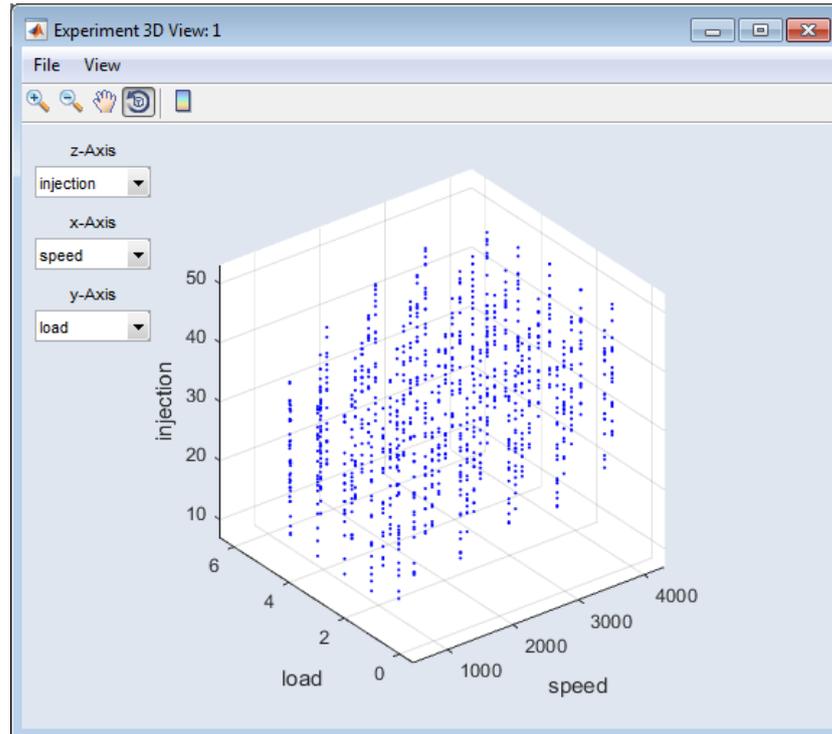
計画データは、グラフやテーブルで表示して、いつでも評価することができます。

## 実験計画を可視化する

1. 実験計画の2次元プロットを表示するには、ASCMO-STATIC ExpeDesメインウィンドウで **View > Scatter Plot** を選択します。



2. "Experiment Scatter Plot" ウィンドウで、**View > Select Axes** を使用して、表示する軸を選択します。
3. 3次元プロットを表示するには、ASCMO-STATIC ExpeDesメインウィンドウで **View > 3D View** を選択します。



表示する軸は、プロットウィンドウ内で直接選択できます。

- 測定計画のデータをテーブル形式で表示するには、ASCMO-STATIC ExpeDesウィンドウで **View > Table View** を選択します。

	Block Id	Cluster Point...	speed	load	injection	ignition	fuel_pressure	EGR	ex_cam	in_cam	SCV	Repetition Id
1	1	0	1400	3.0500	30	-2	15	28	20	-25	1	1
2	1	0	2400	3.0500	30	-2	15	28	20	-25	1	2
3	1	0	2400	3.0500	30	-2	15	28	20	-25	1	3
4	1	0	2400	3.0500	30	-2	15	28	20	-25	1	4
5	1	1	800	0.8000	23.7796	1.3514	17.1127	40.1851	13.5890	-25.7751	1	0
6	1	0	2400	3.0500	30	-2	15	28	20	-25	1	4
7	1	1	800	0.8000	20.9072	-0.8425	17.7774	18.7656	23.8921	-5.4804	1	0
8	1	0	2400	3.0500	30	-2	15	28	20	-25	1	4
9	1	1	800	0.8000	22.7538	-2.2528	10.6643	41.5780	37.2860	-17.0274	1	0
10	1	0	2400	3.0500	30	-2	15	28	20	-25	1	4
11	1	1	800	0.8000	21.9331	0.0455	12.5257	43.4932	11.1850	-43.6204	0	0

## 7.4 ステップ2 : 範囲制限 ("Constraints")

このステップでは、ある変数の測定値の制限範囲を、他の1つまたは2つの変数の関数として定義します。

The screenshot shows the '2. Constraints' window. At the top, there are 'Add', 'Delete', and arrow buttons (A). Below is a table of constraints (B):

	Show	Constraint Name	Constraint Type	Active
1.	<input checked="" type="checkbox"/>	FullLoad	Curve	<input checked="" type="checkbox"/>
2.	<input type="checkbox"/>	Injection	Map	<input checked="" type="checkbox"/>
3.	<input type="checkbox"/>	Ignition	Map	<input checked="" type="checkbox"/>
4.	<input type="checkbox"/>	Fuel_Pressure	Map	<input checked="" type="checkbox"/>
5.	<input type="checkbox"/>	EGR	Map	<input checked="" type="checkbox"/>

Below the table is a graph for 'Curve Constraint: FullLoad' (C). The x-axis is 'speed' and the y-axis is 'load'. The graph shows a curve with data points and a dashed red line representing the constraint. To the right of the graph are 'Display Options' (D) and 'Processing Method' (E) settings.

**Display Options:**

- Measurement:
- Upper:
- Lower:

**Processing Method:**

- Points Deleted: 0
- Cutoff
- Limit
- Shrink

**Global Limits:**

- Maximum: 6
- Minimum: 0.1

**Table E (Upper/Lower):**

speed	load
800	5.2000
1500	5.9614
3200	5.8000
4000	5.2000

図 7-4: ASCMO-STATIC ExpeDesステップ2 : 範囲制限 ("Curve" タイプ)

これらの制限条件について、追加や削除、インポート、可視化、設定が行えます。

#### 制限を追加、削除、管理する

1. 新しい制限を作成するには、**Add** をクリックします (図 7-4: 上記のAを参照)。  
リストの末尾に新しい制限の行が追加されます。
2. "Constraint Name" 列のセルをクリックして、制限の名前を入力します。
3. "Constraint Type" 列のセルをクリックして、コンボボックスから制限のタイプを選択します。  
次のタイプから選択できます : Map、Curve、Formula  
これらのタイプについての詳細は、7.4.1「"Map"/"Curve" タイプの制限」(次ページ)と7.4.2「"Formula" タイプの制限」(ページ172)を参照してください。
4. "Active" 列で、使用したい制限をアクティブにします。
5. 上下の矢印ボタン ↑ ↓ を使用して、リスト内の各制限の順番を変更することができます。



6. **Delete** をクリックすると、選択されている行が削除されます。

Curve タイプと Map タイプの制限の設定方法は、7.4.1「"Map"/"Curve" タイプの制限」(次ページ)を参照してください。

Formula タイプの制限の設定方法は、7.4.2「"Formula" タイプの制限」(ページ172)を参照してください。

ウィンドウ下部に表示される情報 (図 7-4のC、D、E) は、"Constraint Type" の設定に依存します。

## 7.4.1 "Map" / "Curve" タイプの制限

### 変数を選択する

- "Show" 列で、編集したい制限をアクティブにします。  
ウィンドウ下部にその制限の内容が表示されます。"x-Axis" / "y-Axis" コンボボックス (マップの場合はさらに "z-Axis" コンボボックス) も表示されます。
- 各コンボボックスで、軸に割り当てる入力を選択します。  
カーブの場合の依存関数は  $y(x)$  で、マップの場合は  $z(x, y)$  です。

### 測定ポイントと制限のグラフ表示

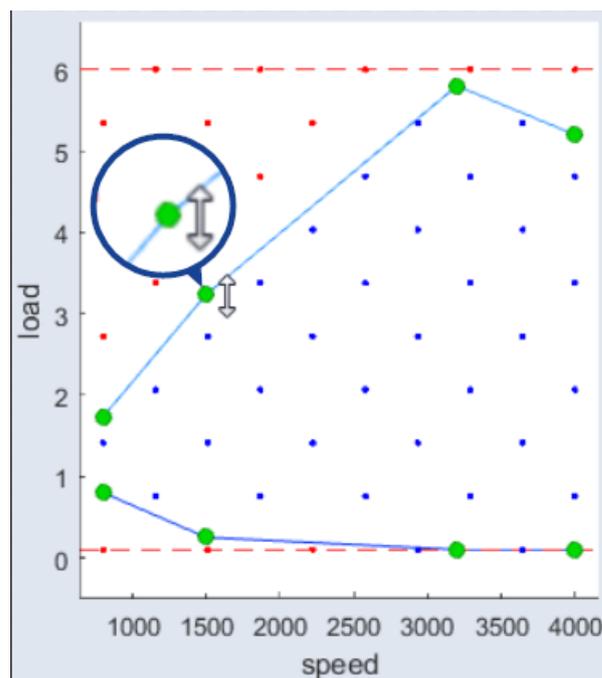
リスト内で選択された制限の内容が完全に定義されていると、現在の実験計画の測定ポイントが2D (カーブ - 図 7-4: 前ページを参照) または3D (マップ) でプロット表示されます。

どちらの入力も適切にクラスタ化 (7.5「ステップ3: 入力タイプ的设计 ("Input Design Types")」 (ページ179) を参照) されているので、結果は純粋なグリッドになります。

測定ポイントの表示 / 非表示は、**Measurement** オプション (図 7-4: 前ページ内のD) で切り替えます。プロット内に表示される大きなサイズの点を動かして、領域の制限を変更することもできます (「グリッドノードの表示 / 編集用テーブル」 (次ページ) を参照)。

### 測定範囲の制限を変更する

- "Show" 列で、編集したい制限をアクティブにします。  
ウィンドウ下部にその制限の内容が表示されます。
- 制限プロット (図 7-4: 前ページのC) 内で、制限ライン / 領域の点にマウスポインタを合わせ、マウスボタンを押し下げます。  
マウスポインタが上下矢印に変わります。
- マウスボタンを押し下げたまま、その点を所望の位置にドラッグします。  
以下の図は、低速域において負荷の制限をかけた例を示しています。



4. "Processing Method" 領域では、制限の外側に出るポイントをどのように扱うかを決定するオプションを選択します。

このオプションについては、以下の "Processing Method" についての説明を参照してください。

プロット表示にはツールバーの各ボタン (**Zoom In**、**Zoom Out**、**Pan**、**Rotate 3D**) を利用することもできます。



右側のテーブル (図 7-4: ページ169のE) の "Upper" および "Lower" タブには、制限されるポイントを表す値が表示され、この値を直接変更することもできます。「[グリッドノードの表示／編集用テーブル](#)」(下記) を参照してください。

制限の表示と編集には以下のようなオプションも使用できます。

#### — Display Options

- **Measurement** : 定義されたすべての制限によって算出される測定ポイントの表示／非表示
- **Upper/Lower** : 制限によって定義される上下限の表示／非表示
- **Points Deleted** : 制限によって削除される測定ポイントの数

#### — Processing Method : 測定範囲が制限される場合、測定ポイントの数を処理するためのいくつかのオプションが利用できます。

- **Cutoff** : 測定範囲外になるポイントを除外します。これらのポイントの数はプロットの下の "Points Deleted" に示されます。
- **Limit** : 測定範囲外のポイントを削除せずに、新しい制限範囲内に移動します。
- **Shrink** : 除外されてしまうポイントを、除外せずに測定範囲内に移動し、測定ポイントを密集させます。

#### — Global Limits : 変数を制限するためのグローバルな上下限值 (7.2「[ステップ1 : 一般設定](#)」(ページ163) で定義)

### グリッドノードの表示／編集用テーブル

ウィンドウ右端にあるテーブル (図 7-4: ページ169のE) でもグリッドノードを編集することができます。上限と下限の制限にそれぞれ専用のタブが用意されています。

#### グリッドノード数を変更する

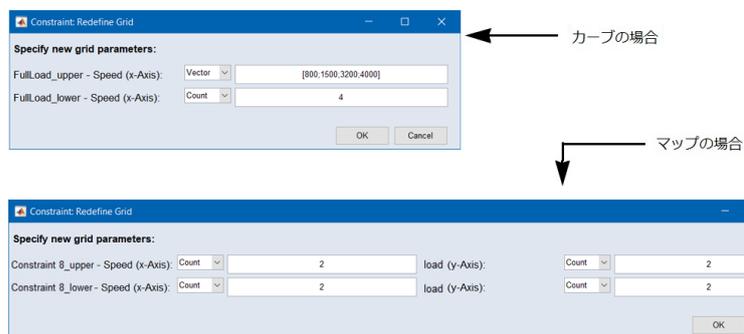
制限に使用されるマップ／カーブを定義するポイントの数を変更するには、以下のように操作します。

 **注記**

ポイントの数は2～20の範囲です。

1. **Redefine Grid** をクリックします。

"Constraint: Redefine Grid" ウィンドウが開きます。



## 2. 制限軸のポイント数を変更するには、以下のように操作します。

- i. 制限軸のコンボボックスで、Count を選択します。  
ポイント数は、それぞれの制限軸の入力フィールドに表示されます。
- ii. 新しい値を入力します。

## 3. 制限軸のグリッドベクトルを直接指定するには、以下のように操作します。

- i. 制限軸のコンボボックスで、Vector を選択します。  
ベクトルは、それぞれの制限軸の入力フィールドに表示されます。
- ii. ベクトルの値を編集します。

**i** 注記

Count タイプの場合、各グリッドポイントは等間隔になります。Vector タイプの場合は、各グリッドポイントを不均等に分散することができます。

4. **OK** をクリックします。

設定に応じてポイントが変更されます。"Constraint: Redefine Grid" ウィンドウが閉じます。

## 7.4.2 "Formula" タイプの制限

各入力が機能的に相互依存している場合、測定対象となるシステムが設定不可能な状態になることを避ける必要があります。これは、式を用いた制限を定義することにより実現できます。

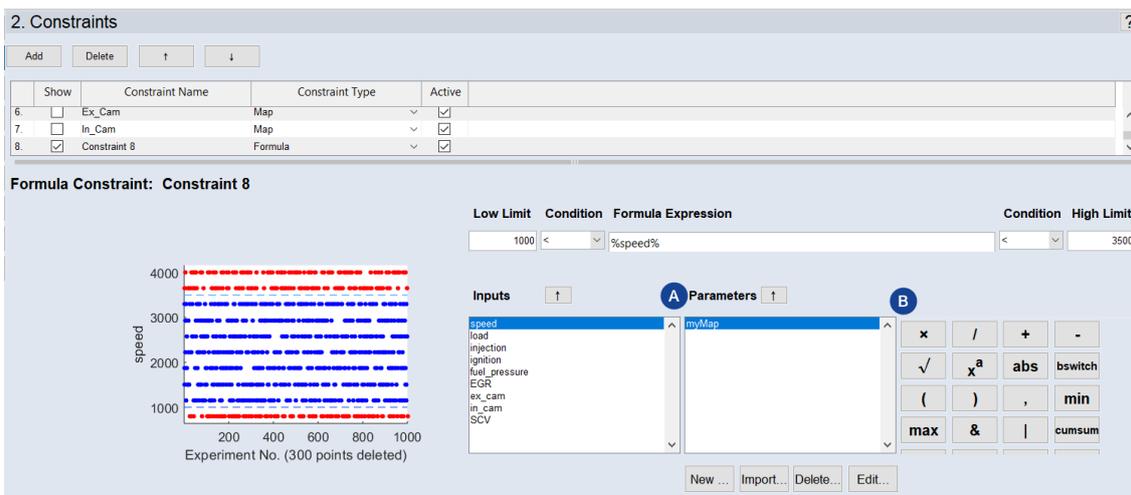


図 7-5: ASCMO-STATIC ExpeDes ステップ2 : 範囲制限 ("Formula" タイプの例)

## 式の定義

"Low Limit" と "High Limit" フィールドで式の上限值と下限値を指定します。このフィールドにはスカラの数値を入力します。

"Condition" コンボボックスでは比較演算子を選択します。選択できる演算子は、none（上限値または下限値を指定しない場合）、<（小なり）、<=（小なりイコール）のいずれかです。

"Formula Expression" フィールドには式を入力します。ここには任意のMATLAB関係式を入力できます。式に違反する測定ポイントが排除されます。変数として、"Inputs" 領域と "Parameters" 領域に表示された入力またはマップ／カーブ（2D／1D）を使用することができます。演算子は、直接キー入力するか、またはボタン領域（図 7-5: 上記のB）を使用して入力します。

## 例

噴射時刻  $T_1$  および  $T_2$  において測定を行うマルチポイント噴射の場合、噴射間隔  $\Delta T$  について以下の関係が成り立っていることを確認する必要があります。

$$T_1 + \Delta T < T_2$$

入力  $T_1$  および  $T_2$  だけでなく  $\Delta T$  も、他の入力の関数を表すマップ（または既存のマップ）の形で定義できます。

## 入力とマップ ("Inputs" / "Parameters" フィールド)

- **Inputs** : "Inputs" リストには、実験計画のすべての入力が一覧表示されます。いずれかを "Formula Expression" フィールドに挿入するには、名前をキー入力するか、または  ボタンを使用します。
- **Parameters** : "Parameters" リストには、実験計画のすべてのマップが一覧表示されます。いずれかを "Formula Expression" フィールドに挿入するには、名前をキー入力するか、または  ボタンを使用します。

"Parameters" リストの下にあるボタンで、マップ／カーブの作成、インポート、削除、編集が行えます。

### 7.4.3 マップ／カーブの管理

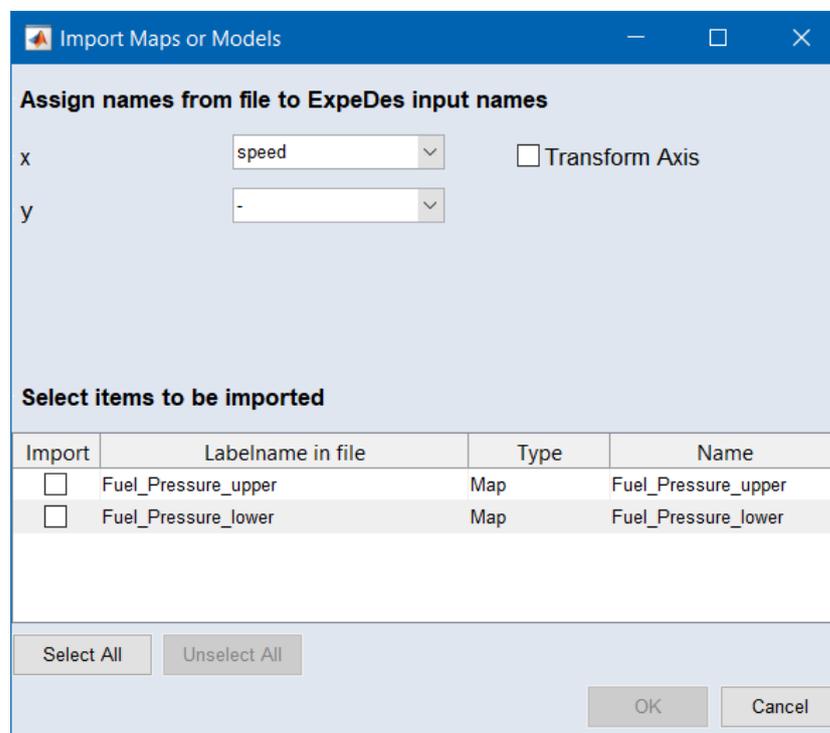
本項では、制限に使用されるマップ／カーブの管理方法（作成、編集、削除、インポート、エクスポート）の方法について説明します。

#### マップ／カーブのデータをインポートする

制限に使用するマップやカーブのデータが所定のフォーマットのファイル（\*.dcm、\*.cdfx、\*.csv、\*.xls、\*.xlsx、\*.xslm、\*.ascmo）に保存されている場合は、それをインポートして使用することができます。

1. マップ／カーブをインポートしたい**制限**について、**Show** 列をオンにします。
2. **Parameter/Model > Import** をクリックします。  
ファイル選択ウィンドウが開きます。
3. インポートしたいファイルを選択して、**開く** をクリックします。

"Import Maps or Models" ウィンドウが開きます。ファイルに保存されているマップ／カーブの一覧が表示されます。



4. コンボボックスで、カーブの場合はX軸、マップの場合はX軸とY軸に割り当てる入力を選択します。  
カーブの場合は、Y軸に入力を割り当てても無視されます。
  5. "Import" 列のチェックボックスで、インポートしたいアイテムを指定します。
  6. "Name" 列に、インポートするアイテムの一意的名前を入力します。
  7. **OK** をクリックします。
- ⇒ 選択されたアイテムが、現在選択されている制限にインポートされます。  
インポート後、**Scale/Shift** をクリックしてスケールとオフセットを加えることにより、上下限値を変更して範囲を調整することができます。

 **注記**

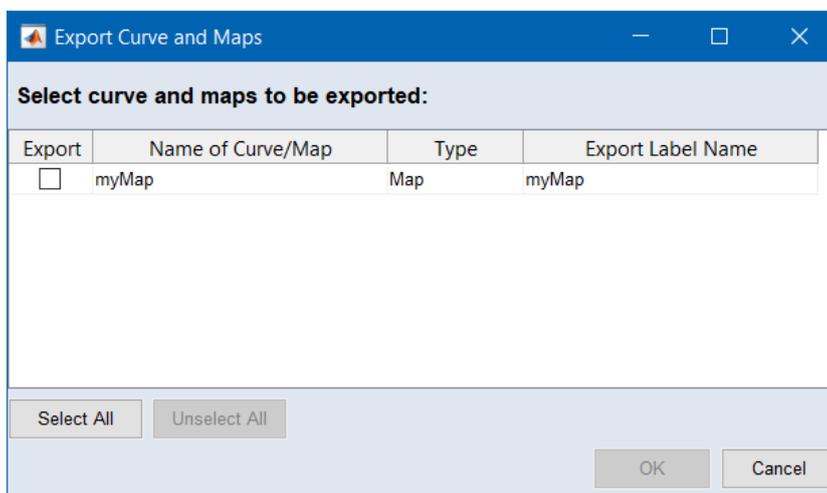
下側の境界を広げるには、負のオフセット値を入力します。

インポートしたマップ／カーブを制限に割り当てる方法は、「既存のマップ／カーブを制限に割り当てる」(次ページ)を参照してください。

### マップ／カーブのデータをエクスポートする

現在表示されている制限のマップ／カーブや、ASCMO-STATIC ExpeDesプロジェクト内で定義されているマップ／カーブをエクスポートすることができます。使用できるエクスポートフォーマットは、\*.dcmと\*.csvです。

1. 現在表示されている制限のマップ／カーブをエクスポートする
  - i. テーブル領域 (図 7-4: ページ169のE) で、**Export** をクリックします。  
"Save Constraint Maps" ウィンドウが開きます。
  - ii. ファイルタイプを選択します。
  - iii. ファイルの場所と名前を指定して、**保存** をクリックします。  
"Specify label names" ウィンドウが開きます。
  - iv. このウィンドウで、マップ／カーブの名前 (ラベル) を入力します。
  - v. **OK** をクリックします。  
上限と下限に使用されるマップ／カーブがエクスポートされます。
2. ASCMO-STATIC ExpeDesプロジェクト内のマップ／カーブをエクスポートする
  - i. ASCMO-STATIC ExpeDesウィンドウで、**Parameter/Model > Export** を選択します。  
"Export Curve and Maps" ウィンドウが開きます。



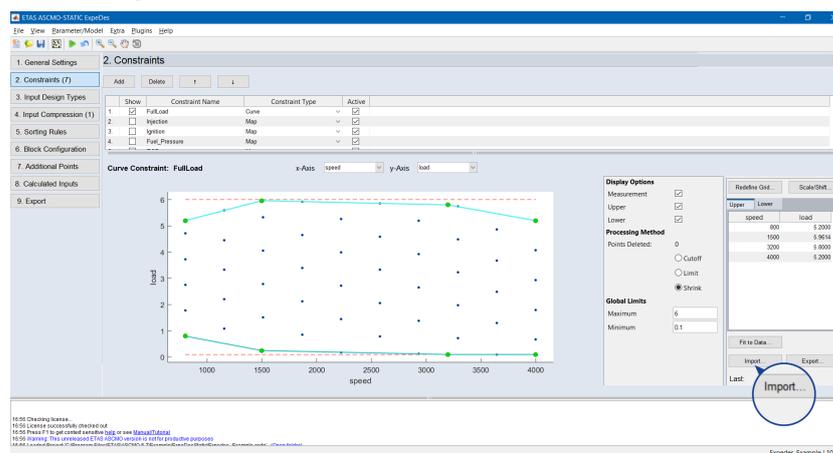
- ii. "Export" 列で、エクスポートするマップ／カーブを選択します。  
すべてのマップ／カーブを選択するには **Select All**、選択解除するには **Unselect All** をクリックします。
- iii. **OK** をクリックします。  
"Save Constraint Maps" ウィンドウが開きます。

- iv. ファイルタイプを選択します。
- v. ファイルの場所と名前を指定して、**保存** をクリックします。  
マップ/カーブがエクスポートされます。"Export Curve and Maps" ウィンドウが閉じます。

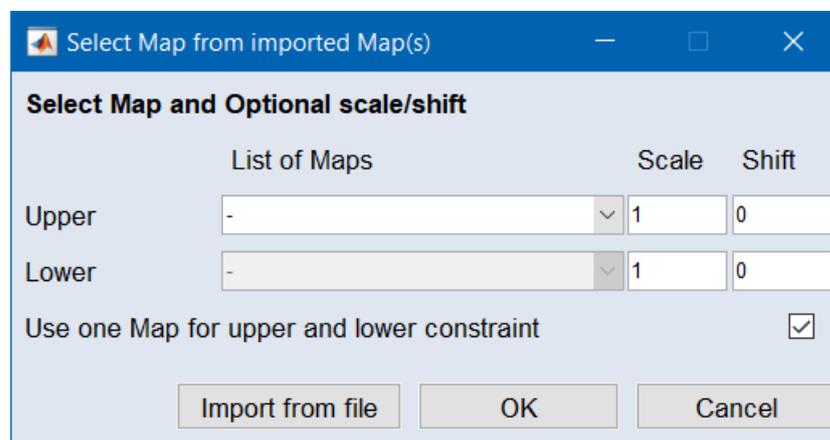
### 既存のマップ/カーブを制限に割り当てる

マップ/カーブがASCMO-STATIC ExpeDesプロジェクト内に存在している場合は、**Import** ボタンで選択し、制限に割り当てることができます。

1. マップ/カーブのデータを割り当てたい制限を表示します。
2. 右下の **Import** ボタンをクリックします (図 7-4: ページ169のE)。



"Select Map from imported Map(s)" または "Select Curve from imported Curve(s)" ウィンドウが開きます。



### 注記

ASCMO-STATIC ExpeDesプロジェクト内に使用できるマップ/カーブが存在しない場合は、上記ウィンドウの前にファイル選択ダイアログボックスが開くので、マップデータをファイル (\*.dcm, \*.csv) からインポートして使用します。

3. 上限と下限にそれぞれ異なるマップ/カーブを使用するには、**Use one map (/curve) for upper and lower constraint** オプションをオフにします。

- "List of Maps"/"List of Curves" 列で、上限と下限に使用するマップ／カーブを選択します。
- OK** をクリックします。

"Select Map from imported Map(s)" または "Select Curve from imported Curve(s)" ウィンドウが閉じます。上限と下限が制限に割り当てられ、表示されます。インポート後、**Scale/Shift** をクリックしてスケールとオフセットを加えることにより、上下限値を変更して範囲を調整することができます。

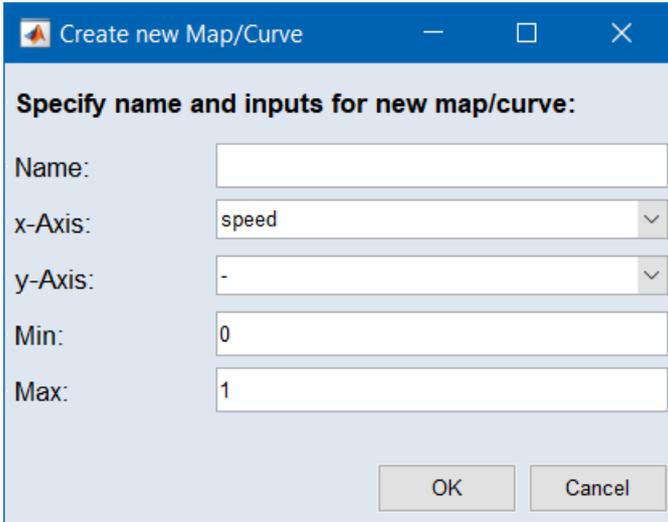
### 注記

下側の境界を広げるには、負のオフセット値を入力します。

### マップ／カーブを作成する

- 新しいマップ／カーブを作成するには、以下のいずれかを行います。
  - ASCMO-STATIC ExpeDesウィンドウで、**Parameter/Model > New** を選択します。
  - 変換式タイプの制限の "Parameters" フィールド (図 7-5: ページ173のA) で、**New** をクリックします。

"Create new Map/Curve" ウィンドウが開きます。

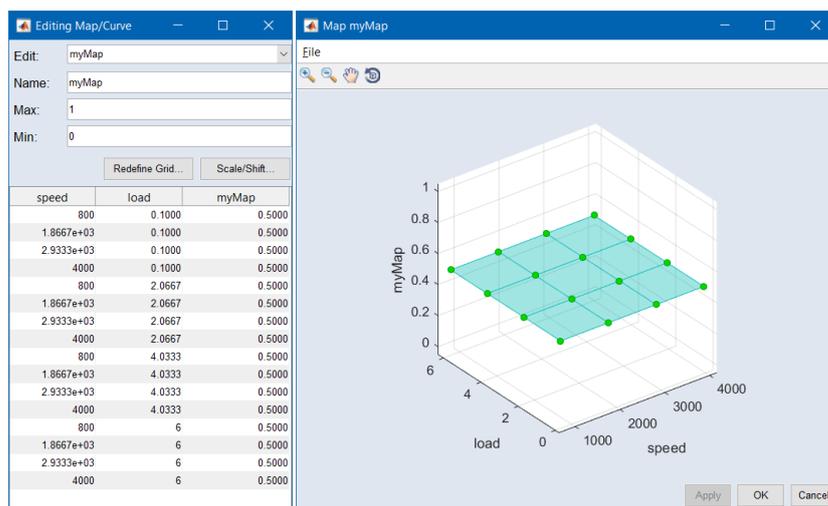


- 名前を入力して、マップ／カーブの入力を選択し、上限値 ("Max") と下限値 ("Min") を入力します。
- OK** をクリックします。  
"Editing Map/Curve" ウィンドウと "Map <name>" / "Curve <name>" ウィンドウが開きます。ここでマップを編集することができます。

### マップ／カーブを編集する

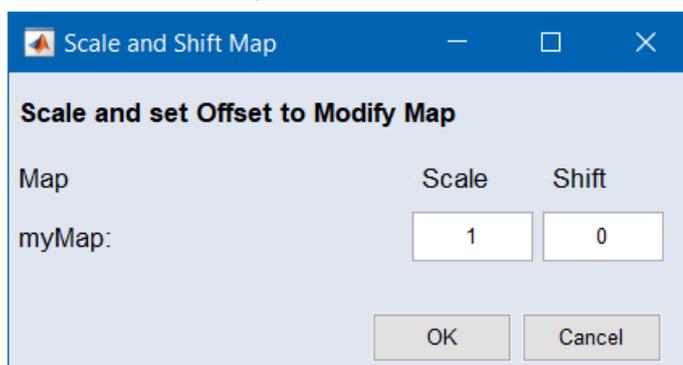
マップ／カーブは、テーブルとプロットのどちらでも編集することができます。

- 既存のマップ/カーブを編集するには、以下のいずれかを行います。
    - ASCMO-STATIC ExpeDesウィンドウで、**Parameter/Model > Edit > <map/curve name>** を選択します。
    - 変換式タイプの制限の "Parameters" フィールド (図 7-5: ページ173のA) で、**Edit** をクリックします。
- "Editing Map/Curve" ウィンドウと "Map <name>" / "Curve <name>" ウィンドウが開きます。



- グリッドポイントを再定義するには、**Redefine Grid** をクリックし、「グリッドノード数を変更する」(ページ171) を参照してグリッドを編集します。
- マップ/カーブのスケールとオフセットを指定するには、以下のように操作します。
  - Scale/Shift** をクリックします。

"Scale and Shift Map" ウィンドウが開きます。



- このウィンドウで、マップ/カーブのスケールファクタとオフセットを入力します。

**注記**

下側の境界を広げるには、負のオフセット値を入力します。

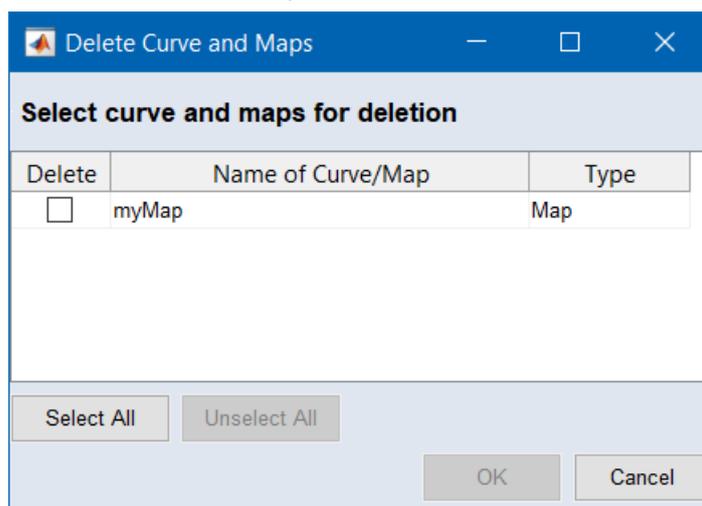
- OK** をクリックします。
- "Smoothness" のツマミを左右に動かして、マップ/カーブを平滑化することができます。

### マップ／カーブの名前を変更する

1. ASCMO-STATIC ExpeDesウィンドウで、**Parameter/Model > Edit > <map/curve name>** を選択します。  
"Editing Map/Curve" ウィンドウと "Map <name>" / "Curve <name>" ウィンドウが開きます。
2. "Name" フィールドにマップ／カーブの名前を入力します。
3. "Map <name>" / "Curve <name>" ウィンドウで **OK** をクリックして変更内容を確定し、2つのウィンドウを閉じます。**Apply** をクリックすると、変更内容は確定されますが、ウィンドウは閉じません。

### マップ／カーブを削除する

1. マップ／カーブを削除するには、以下のいずれかを行います。
    - ASCMO-STATIC ExpeDesウィンドウで、**Parameter/Model > Delete** を選択します。
    - 変換式タイプの制限の "Parameters" フィールド (図 7-5: ページ173のA) で、**Delete** をクリックします。
- "Delete Curve and Maps" ウィンドウが開きます。



2. "Delete" 列で、削除したいマップ／カーブを選択します。
3. **Delete** をクリックします。
4. 選択したマップ／カーブの削除を実行するには、**Yes** をクリックします。

## 7.5 ステップ3：入力タイプの設計 ("Input Design Types")

このステップでは、各入力の測定方法を定義します。

3. Input Design Types

No.	Input Name	Space Filling	Clustered	Sweep
1.	speed	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.	load	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.	injection	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.	ignition	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**Cluster Point Table**

Total Number of Measurement: 1000  
 Number of Cluster Points: 50  
 Number of Cut-off Cluster Points: 0

Add Delete Sort

ID	speed	load
1	800.0	0.8
2	800.0	1.778
3	800.0	2.756
4	800.0	3.733
5	800.0	4.711
6	1155.6	1.084
7	1155.6	2.209

Import Grid... Export Grid...  
 New Grid...  Cluster Region

**Cluster Point View**

Show Global Bounds  
 Show Curve Constraints

図 7-6: ASCMO-STATIC ExpeDes ステップ3 : 入力タイプ的设计 ("Clustered" タイプ)

各入力について、以下の3つの測定タイプから1つを選択できます。

- **Space Filling** : ASCMO-STATIC ExpeDesは、測定ポイントが空間充填的かつ疑似ランダムに分布する実験計画を作成します。
- **Clustered** : 「クラスタポイント」という考え方により、所定のパラメータについて空間充填アルゴリズムを無効化し、代わりに多くの測定値を空間内の数か所（クラスタ）に集中的に分布させることができます。

これは、入力設定に非常に多くの工数がかかる場合（エンジン測定用の動作ポイントなど）や、一部のパラメータが離散値しかとらない場合（量産用プロトタイプ部品など）に便利です。

あるパラメータを「クラスタ化された入力」（"Clustered"）として設定する場合、ユーザーはその測定ポイントも選択しなければなりません。ASCMO-STATIC ExpeDesには、測定ポイントをファイルからインポートする機能や測定ポイントの配置をグリッドとして作成する機能が用意されているため、測定ポイントを容易に定義することができます（「"Cluster Point Table" 領域（クラスタポイントテーブル）」（次ページ）を参照）。

**注記**

クラスタ化できる入力の数は3個までです。

- **Sweep** : スイープ ("Sweep") タイプの入力は、毎回の測定ごとに一部のポイントが複数回使用されます。

Input\_n が m 個のポイントからなる "Sweep" として定義されると、Input\_1 ... Input\_{n-1} についての実験計画が作成され、それら n-1 個の入力が毎回 Input\_n の m 個の値とともに測定されるように拡張されます。

ある入力を "Sweep" として設定する場合、ユーザーはその測定ポイントも選択する必要があります。ASCMO-STATIC ExpeDesには、測定ポイントをファイルからインポートする機能やグリッド配置を作成する機能が用意されているため、測定ポイントを容易に定義することができます（ページ184を参照）。

## 注記

"Constraints" (範囲制限) から "Input Compression" (入力の圧縮) までの設定内容も "Sweep" タイプの入力に影響を与えます。

## "Cluster Point Table" 領域 (クラスタポイントテーブル)

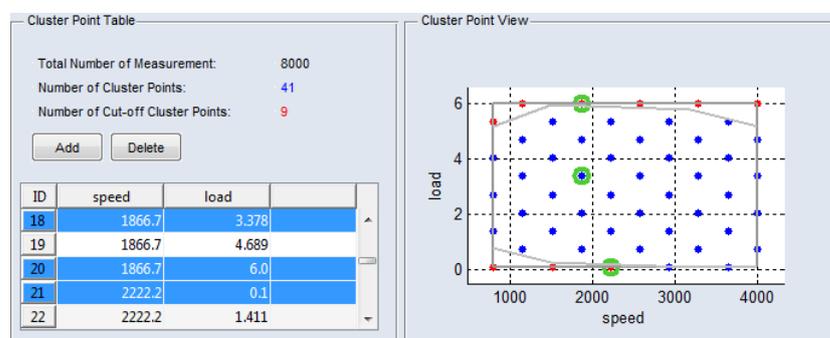
ここには現在定義されているクラスタポイントがテーブル表示されます。ポイントの選択、挿入、削除が行えます。

### ポイントの選択

1. "Cluster Point Table" 領域 ("Input Design Types" テーブルの左下) で、選択したいポイントの行をクリックします。

<SHIFT> または <CTRL> キーで複数のポイントを選択することもできます。

テーブル内で選択されたポイントは、右側のプロット上に緑色で表示されます。



### ポイントを追加する

1. あるポイントの次にポイントを追加するには、クラスタポイントテーブルでその行を選択します。

ポイントが選択されていない場合は、新しいポイントはリストの最後に追加されます。

複数行を選択すると、選択された各行の下にそれぞれ新しいポイントが追加されます。

2. **Add** をクリックします。

⇒ 新しいポイントが追加されます。新しいポイントの値は、2つのポイントの間に挿入された場合は前後の行の値に依存します。リストの末尾に追加された場合は、両軸の平均値が割り当てられます。

### ポイントを削除する

1. クラスタポイントテーブルで、削除したいポイント (1つまたは複数) を選択します。

2. **Delete** をクリックします。

⇒ 選択されたポイントが警告メッセージなしに削除されます。

### クラスタポイントをインポートする

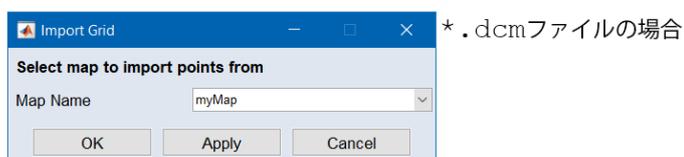
クラスタポイントのグリッドがファイル (\*.dcm, \*.csv, \*.xls) に保存されている場合は、インポートして使用することができます。

1. クラスタポイントテーブルの **Import Grid** をクリックします。

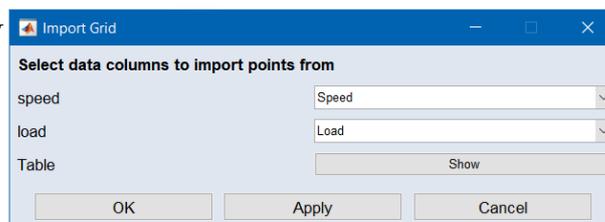
ファイル選択ウィンドウが開きます。

2. インポートしたいファイルを選択して、**開く** をクリックします。

"Import Grid" ウィンドウが開きます。内容は、インポートファイルのフォーマットに応じて異なります。ファイルに含まれるすべてのマップが "<map name>" コンボボックスに表示されます。



\*.xlsx/\*.csv  
ファイルの場合



3. インポートしたいマップを選択します。
  4. **OK** をクリックします。
- ⇒ カーブを選択した場合は、エラーメッセージが出力され、インポートは実行されません。マップを選択した場合は、そのマップがインポートされ、クラスタポイントのグリッドとして使用されます。

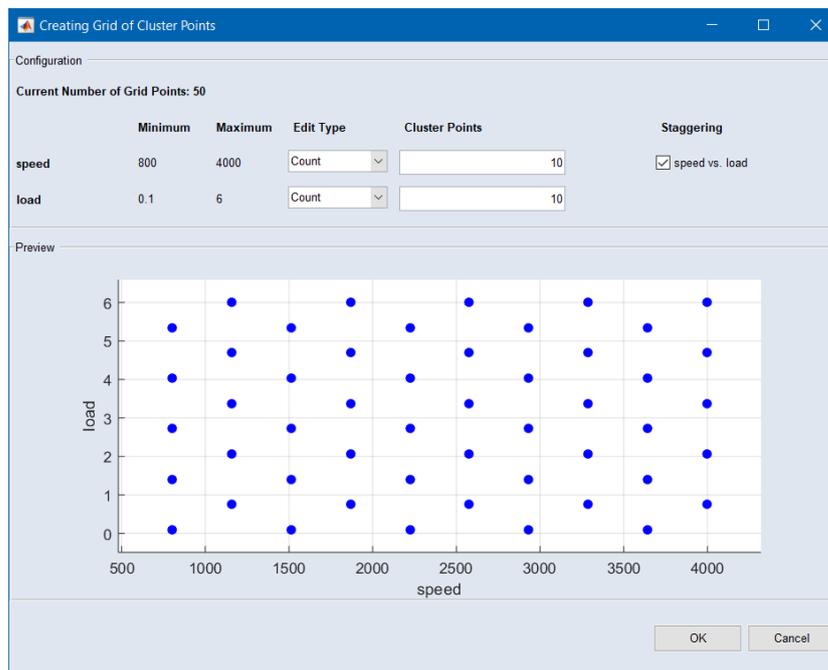
#### 注記

選択されたマップのいずれかの軸の値がクラスタ入力に定義された範囲を超えていても、警告は発行されません。このような値は、削除されます。

#### クラスタポイントを編集する

クラスタポイントの数を変更するには、以下のように操作します。

1. クラスタポイントテーブルの **New Grid** をクリックします。  
"Creating Grid of Cluster Points" ウィンドウが開きます。



2. 各軸のポイント数を変更するには、以下のように操作します。
  - i. 軸のコンボボックスで、**Count** を選択します。  
ポイント数は、それぞれの軸の入力フィールドに表示されます。
  - ii. 新しい値を入力します。
3. 各軸のグリッドベクトルを直接入力するには、以下のように操作します。
  - i. 制限軸のコンボボックスで、**Vector** を選択します。  
ベクトルは、それぞれの軸の入力フィールドに表示されます。
  - ii. ベクトルの値を編集します。

### 注記

Count タイプの場合、各グリッドポイントは等間隔になります。Vector タイプの場合、各グリッドポイントを不均等に分散することができます。

4. "Staggering" のオプションをオンにすると、グリッドポイント数が削減され、測定時の速度と負荷のバリエーションも削減されます。
5. **OK** をクリックします。  
⇒ 設定に応じてポイントが変更されます。"Creating Grid of Cluster Points" ウィンドウが閉じます。

## "Cluster Point View" 領域 (クラスタポイントビュー)

テーブルに定義されている値がここに表示されます。グローバルな境界や制限により切り取られたポイントは赤で表示されます。テーブル内で選択されているポイント（「ポイントの選択」(ページ 181) を参照) は緑色の丸で囲んで表示されます。

グローバル境界と制限の表示／非表示は、プロットの下オプションで切り替えられます。

### "Sweep Value Definition" 領域 (スイープ値の定義)

"Sweep" プロパティを持つ入力を選択すると、その入力のテーブルがこの領域に表示されます。ポイントの選択、挿入、削除が行えます。同時に、結果として得られた測定値の総数が "Total Number of Measurement" の値として表示されます。

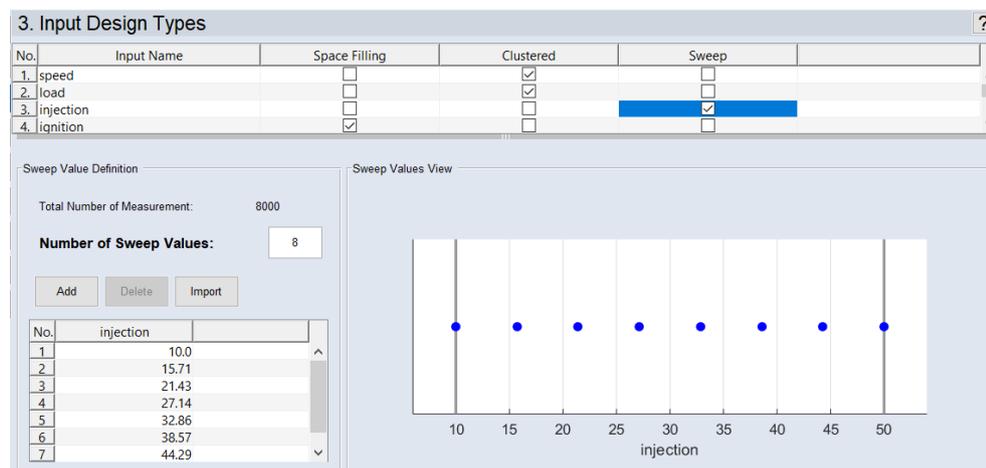


図 7-7: ASCMO-STATIC ExpeDes ステップ3 : 入力タイプの設計 ("Sweep" タイプ)

#### ポイントを選択する

- "Sweep Value Definition" 領域 ("Input Design Types" テーブルの左下) で、選択したいポイントの行をクリックします。  
 <SHIFT> または <CTRL> キーで複数のポイントを選択することもできます。  
 ⇒ テーブル内で選択されたポイントは、右側のプロット上に緑色で表示されます。

#### ポイントを追加する

- "Number of Sweep Values" フィールドの値を大きくして、<ENTER> を押します。  
 値を  $n$  にすると、 $n$  個の等間隔のポイントが作成されます。  
 または  
 あるポイントの次にポイントを追加するには、スイープ値テーブルでその行を選択します。  
 ポイントが選択されていない場合は、新しいポイントはリストの最後に追加されます。  
 複数行を選択すると、選択された各行の下にそれぞれ新しいポイントが追加されます。
- Add** をクリックします。  
 ⇒ 新しいポイントが追加されます。新しいポイントの値は、2つのポイントの間に挿入された場合は前後の行の値に依存します。リストの末尾に追加された場合は最大値が割り当てられます。

#### ポイントを削除する

- "Number of Sweep Values" フィールドの値を少なくして、<ENTER> を押します。  
 値を  $m$  にすると、 $m$  個の等間隔のポイントが作成されます。  
 または

スweep値テーブルで、削除したいポイント（1つまたは複数）を選択します。

2. **Delete** をクリックします。

⇒ 選択されたポイントが警告メッセージなしに削除されます。

### ポイントをインポートする

スweep値のリストがファイル（\*.csv、\*.xls、\*.xlsx）に保存されている場合は、インポートして使用することができます。

1. スweep値テーブルの **Import** をクリックします。

ファイル選択ウィンドウが開きます。

2. インポートしたいファイルを選択して、**開く** をクリックします。

"Import Grid" ウィンドウが開きます。ファイルに含まれるすべてのマップが "<map name>" コンボボックスに表示されます。

3. インポートしたいリストを選択します。

4. **OK** をクリックします。

⇒ リストがインポートされます。入力の許容範囲を超えている値があると、それらは破棄され、ログウィンドウに以下の警告メッセージが表示されます：

```
At least one value is outside the defined Min/Max range
of this input and will be discarded!
```

## 7.6 ステップ4：入力の圧縮 ("Input Compression")

このステップでは、測定空間の各領域ごとに測定ポイントを圧縮することができます。

各測定ポイント同士をより近くすることにより、モデル精度を向上できます。

**4. Input Compression**

No.	Input Name	Compression
6.	EGR	<input type="checkbox"/>
7.	ex_cam	<input checked="" type="checkbox"/>
8.	in_cam	<input type="checkbox"/>
9.	SCV	<input type="checkbox"/>

**ex\_cam**

Compression Configuration

Type

Positioned Compression

Edge Compression

Gain: 0

Position

Left Edge

Both Edges

Right Edge

View

Count

	-5--0	0-5	5-10	10-15	15-20	20-25	25-30	30-35	35-40	40-45
Count	112	103	98	95	92	93	95	98	103	111

図 7-8: ASCMO-STATIC ExpeDes ステップ4：入力の圧縮 ("Edge Compression" タイプ)

### 圧縮する入力を選択する

1. ウィンドウ上部のリストの "Compression" 列で、圧縮したい入力を選択します (図 7-8: 前ページのA)。  
⇒ ウィンドウ下部に、選択された入力の内容が表示されます。

#### 7.6.1 圧縮の設定

この領域 (図 7-8: 前ページのB) で、圧縮のタイプと方向を指定します。圧縮のタイプは2種類から選択できます。

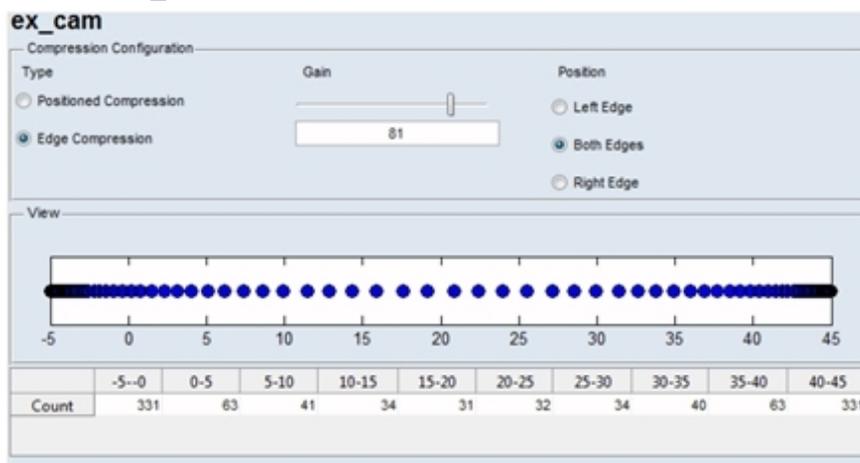
- **Positioned Compression** : このメソッドでは、自由に選択可能な1点に向けて圧縮が行われます。
  - **Gain** : "Position" で指定されている中心に向かう圧縮の度合い
  - **Position** : 圧縮の中心位置
- **Edge Compression** : 測定範囲の一方または両方の端に向けて圧縮が行われま
  - **Gain** : 圧縮の度合い
  - **Position** : 圧縮は、左端 (**Left Edge**)、右端 (**Right Edge**)、両端 (**Both Edges**) のいずれかの方向に行われます。

#### 7.6.2 ビュー

この領域 (図 7-8: 前ページのCとD) の上部には測定ポイントの位置がグラフィカルに表示され、設定された圧縮のようすがわかります。その下には、圧縮の結果得られた各区間の測定値数 ("Count") が表示されます。

#### 7.6.3 圧縮の適用例

下図では、ex\_cam の測定値が、測定範囲の両端に向けてゲイン81で圧縮されています。



### 7.7 ステップ5 : ソート規則 ("Sorting Rules")

このステップでは、入力のソート規則を定義できます。これにより、対象システムの特性に合わせた方法で実験計画を実行することができます。

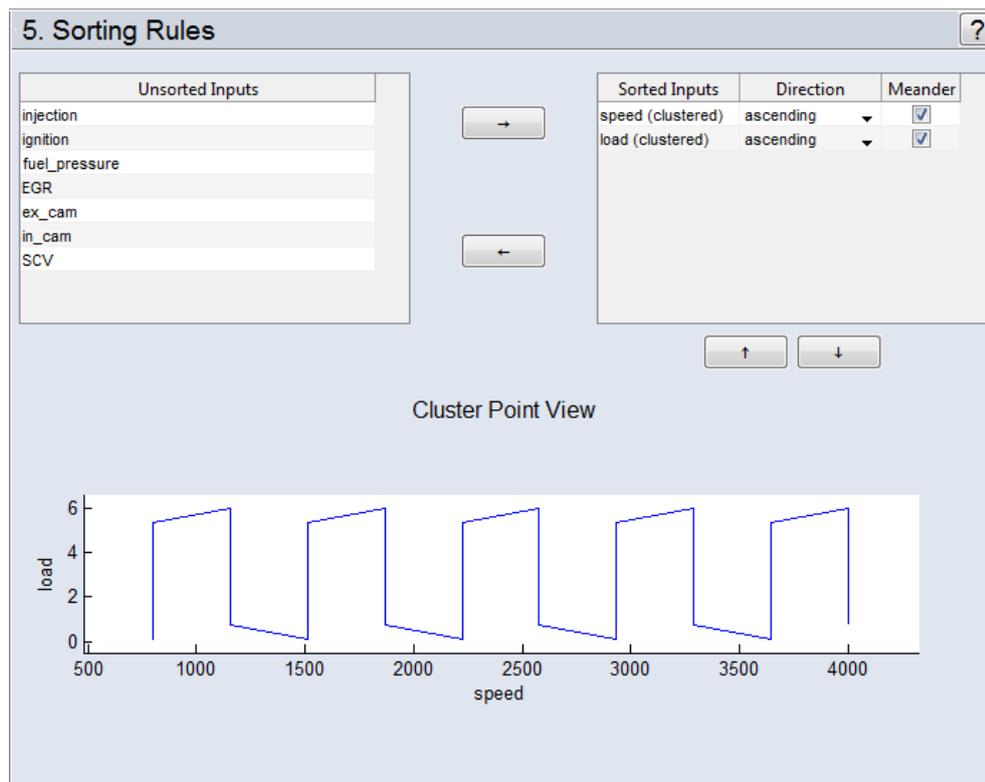


図 7-9: ASCMO-STATIC ExpeDes ステップ5 : ソート規則

このウィンドウには2つの領域があります。→ / ← ボタン (  /  ) を使用して、測定する入力を両フィールド間で移動させることができます。

#### "Unsorted Inputs" 領域 (ソートされない入力)

ソートされない入力が一覧表示されます。

#### "Sorted Inputs" 領域 (ソートされる入力)

ソートされる入力が一覧表示されます。

- **Direction** : 入力の処理方向 : "Ascending" または "Descending"
- **Meander** : このオプションをオンにすると、ソートされる入力のリストの先頭の入力が (上図の例では昇順に) 処理された後、ソートされる入力のリストの2番目の入力がリセットされることはありません。その代わりに、値は保持され、逆方向に処理されます。

図 7-9: 上記の例では、最高負荷が測定されて回転数が高くなった後、負荷は最小負荷にリセットされることなく保持され、この回転数において負荷が降順に処理されます。

#### 注記

"Meander" 条件は、ソートされる入力のリストの先頭エントリに対しては意味を持ちません。

ソートされる入力のリストにおける入力の順序は、↑ / ↓ ボタン (  /  ) で変更できます。

## "Cluster Point View" 領域 (クラスタポイントビュー)

上部で設定された測定の挙動がグラフィカルに表示されます。

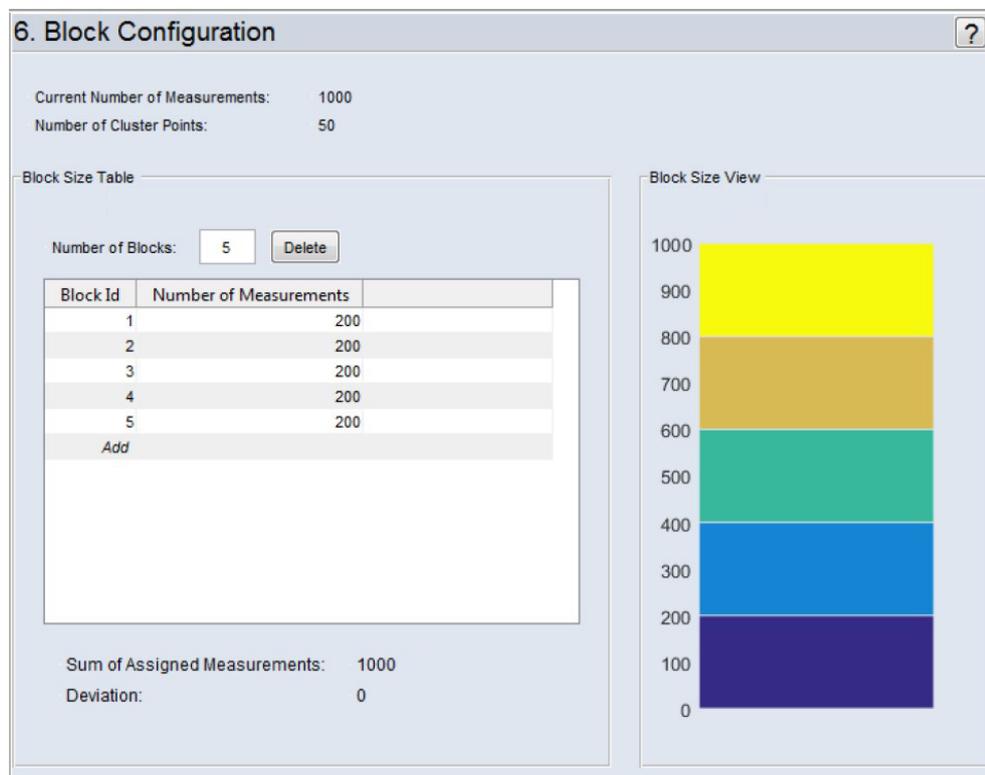
### 注記

この領域は、「クラスタ化された入力」がソート対象として選択されている場合にのみ表示されます。

## 7.8 ステップ6 : ブロック構成 ("Block Configuration")

このステップでは、実験計画を、個別に測定できる複数のパーツ (「ブロック」) に分割できます。各ブロックは実験計画の要件に相当します。

ブロック構成を利用することのメリットは測定工数を削減できる点にあります。小数のブロックを測定するだけで良好なモデル精度を実現できます。



**6. Block Configuration** ?

Current Number of Measurements: 1000  
Number of Cluster Points: 50

Block Size Table

Number of Blocks:

Block Id	Number of Measurements
1	200
2	200
3	200
4	200
5	200
Add	

Sum of Assigned Measurements: 1000  
Deviation: 0

Block Size View

1000  
900  
800  
700  
600  
500  
400  
300  
200  
100  
0

図 7-10: ASCMO-STATIC ExpeDes ステップ6 : ブロック構成

測定値の総数 ("Current Number of Measurements") とクラスタポイントの数 ("Number of Cluster Points") が一番上に表示されます。後者の値は測定ブロックの最小サイズを定義するために使用されるので、特に重要です。

## "Block Size Table" 領域 (ブロックサイズテーブル)

各ブロックのサイズを定義します。

定義済みの測定ブロックの合計サイズ ("Sum of Assigned Measurements") が表示されます。この値が現在の測定値の数 ("Current Number of Measurements") と異なる場合は、その差 ("Deviation") が赤で表示されます。

### ブロックの作成と編集を行う

- "Number of Blocks" フィールドにブロック数を入力して、<ENTER> を押します。  
nと入力すると、n個の同サイズのブロックが作成されます。

または

テーブルの最下行 (Block ID = Add) の "Number of Measurements" 列に、新しいブロックに割り当てる測定値の数を入力して、<ENTER> を押します。

Block Id	Number of Measurements
1	250
2	250
3	250
4	250
Add 200	

新しいブロックが追加されます。

- 既存のブロックの測定値の数を調整して、割り当てられた測定値の総数が現在の測定値の数と一致するようにします。

Current Number of Measurements: 1000	Number of Cluster Points: 50
---	---------------------------------

Block Size Table

Number of Blocks:

Block Id	Number of Measurements
1	200
2	200
3	200
4	200
5	200
Add	

Sum of assigned Measurements:	1000
Deviation:	0

#### 注記

割り当てられた測定値の総数が現在の測定値の数と一致していない場合、実験計画は無効になります。

### ブロックを削除する

1. ブロックサイズテーブルで、削除したいブロックを選択します。
2. **Delete** をクリックします。

ブロックが削除されます。削除されたブロックの測定値の数が "Deviation" として表示されます。

Block Size Table

Number of Blocks:

Block Id	Number of Measurements
1	200
2	200
3	200
4	200
Add	

Sum of Assigned Measurements: **800**

Deviation: **-200**

3. 各ブロックの測定値の数を調整して、すべての測定値がブロックに割り当てられるようにしてください。

### "Block Size View" 領域 (ブロックサイズビュー)

ブロックのサイズ ("Block Size Table" 領域に定義されている内容) がグラフィカル表示されます。

## 7.9 ステップ7 : 付加ポイント ("Additional Points")

このステップでは、必要に応じて付加ポイント (反復的に測定されるため「反復ポイント (repetition points) 」とも呼ばれます) を定義します。定義されたポイントは、実験計画のポイントに加えて、特定の目標に従って反復的にアプローチされて測定されます。

反復ポイントを定義する理由としては、以下のようなものがあげられます :

- 特定のポイントを複数回測定する必要がある場合 (測定期間内のドリフト効果を評価する場合など)
- 反復ポイントは、自動化テストの実施中に安定化ポイントとして使用することもでき、また、常に特定の開始ポイントから測定を開始する必要がある場合 (測定前の粒子フィルタ再生など) にも使用できます。

反復ポイントは、空間内の位置とユニークなID、および反復特性により定義されます。

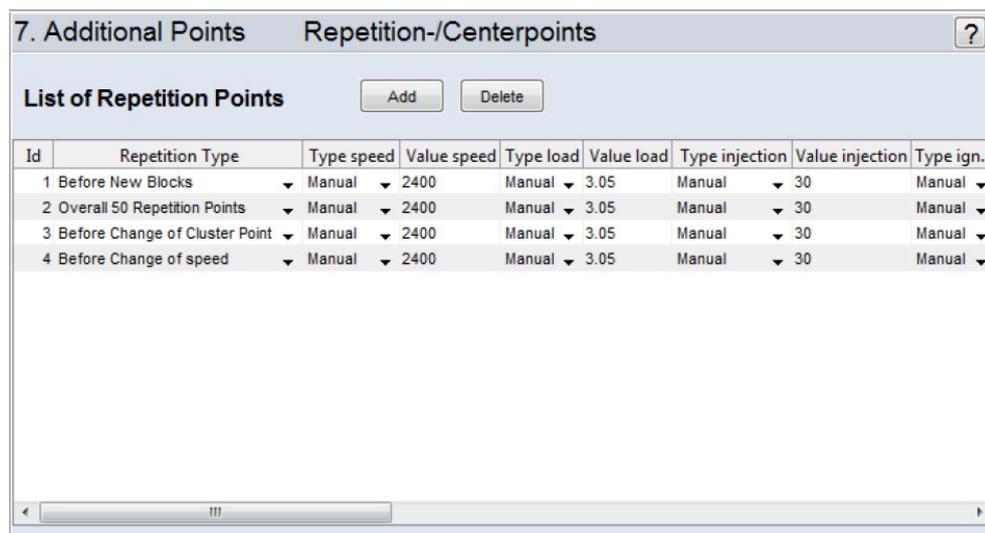


図 7-11: ASCMO-STATIC ExpeDes ステップ7 : 付加ポイント

### 反復ポイントを追加／削除する

1. 新しい反復ポイントをリストに追加するには、**Add** をクリックします。
2. 新しい反復ポイントの行で、以下のように設定します。
  - i. "Repetition Type" 列で、反復ポイントにアプローチする条件を選択します。
  - ii. "Type <input>" 列で、<input> の値を決定する方法を選択します。
  - iii. "Value <input>" 列で、Manual タイプの入力値を指定します。
3. 反復ポイントを削除するには、削除したいポイントのIDを選択して **Delete** をクリックします。

### 反復ポイントのリスト ("List of Repetition Points")

反復ポイントは以下のパラメータで定義します。

- － **Id** : 反復ポイントを識別するためのID
- － **Repetition Type** : どのような条件が満たされた時に反復ポイントにアプローチするかを選択します。各タイプの詳細は、オンラインヘルプに記載されています。
- － **Type <input>** : 入力のタイプを定義します。Manual、またはASCMO-STATIC ExpeDesプロジェクトに含まれるマップ／カーブを選択します。
- － **Value <input>** : 反復ポイントにおける入力 <input> の値を定義します。このフィールドは入力タイプが Manual の場合にのみ編集可能です。

## 7.10 ステップ8 : 演算入力 ("Calculated Inputs")

このステップでは、所定の式によって演算される入力を定義して追加することができます。

演算入力はすべてのビュー（散布図、スコープビュー、テーブルビューなど）に表示されます。それらは、実験計画とともにエクスポートされます。

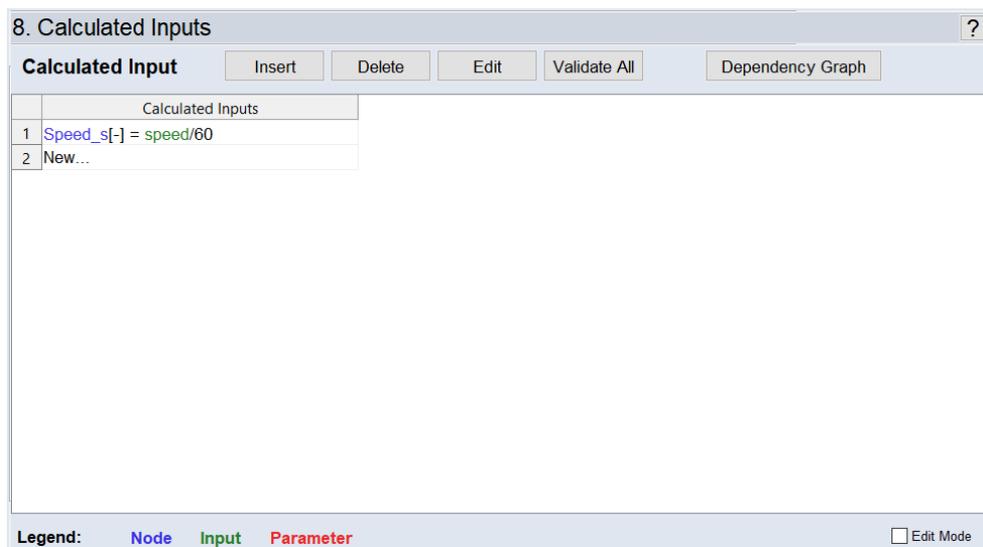


図 7-12: ASCMO-STATIC ExpeDes ステップ8 : 演算入力

チュートリアルではこのステップは省略します。詳細は、オンラインヘルプ (F1) を参照してください。

## 7.11 ステップ9 : エクスポート ("Export")

### ご注意ください！

#### 誤った実験計画による損害

ASCMO-STATIC ExpeDesにおける誤ったエンジン設定は、エンジンやテストベンチの損傷を招きます。例：ノッキングが多発するような点火角度設定などにより、動作ポイントがエンジンに過大なストレスを与え、損傷の原因となります。

- － 実験計画の一般設定は、システムと対象物に適合している必要があります。誤った設定の例：最大6000rpmのエンジンに対して、実験計画内で10000rpmが設定されている
- － 動作ポイントは、許容値の範囲内に制限してください。ETAS ASCMOは、エンジンパラメータに関する情報を一切持っていません。
- － 実験計画をエクスポートする前に、一般設定においてエンジン負荷の範囲を制限してください。
- － 実験計画を使用するには、その内容を検証する必要があります。

7.2「ステップ1 : 一般設定」(ページ163) および7.11「ステップ9 : エクスポート ("Export")」(上記) を参照してください。

このステップでは、プロジェクトおよび実験計画自体のプロパティが表示されます。データを各種フォーマット (\*.xlsx、\*.xls、\*.csv) でエクスポートすることができます。さらに、データを散布図や3Dプロット、テーブルとして視覚化することもできます。詳しくは7.3「実験計画の可視化」(ページ166) を参照してください。

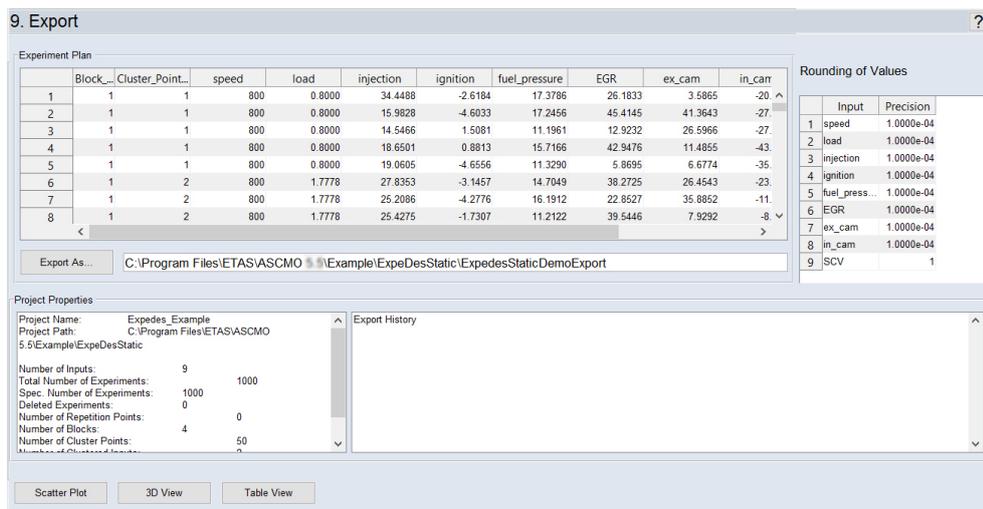


図 7-13: ASCMO-STATIC ExpeDes ステップ9 : エクスポート

### 値の丸め条件を変更する

"Rounding of Values" 領域で、測定対象システム（エンジンベンチにおける速度など）が設定する精度を指定することができます。

1. "Rounding of Values" 領域で、編集したい入力の "Precision" 列をクリックします。  
セルが入力モードになります。
2. 精度の値を入力します。

### 計画をエクスポートする

1. "Experiment Plan" 領域で、**Export As** をクリックします。  
ファイル選択ウィンドウが開きます。
2. エクスポートファイルのタイプを選択します。  
使用できるフォーマットは、\*.xlsx、\*.xls、\*.csv のいずれかです。
3. エクスポートファイルのパスとファイル名を入力、または選択します。  
既存のファイルを選択すると、そのファイルは警告なしに上書きされます。
4. **保存** をクリックします。  
または
5. 前回選択されたファイルのパス、名前、フォーマットでエクスポートするには、**Export** をクリックします。  
⇒ 設定に従って実験計画がエクスポートされます。

### "Experiment Table" 領域（実験計画のプレビュー）

これまでのステップで定義された設定に基づいて ASCMO-STATIC ExpeDes により作成された実験計画の全体が表示されます。

### "Project Properties" 領域（プロジェクトプロパティ）

"Project Properties" 領域の左側には、プロジェクトと実験計画のプロパティが表示されます。

"Project Properties" 領域の右側には、実験計画のエクスポート履歴が表示されます。

## 8 お問い合わせ先

### テクニカルサポート

各国支社の営業やテクニカルサポートについての情報は、ETASウェブサイトをご覧ください。

[www.etas.com/hotlines](http://www.etas.com/hotlines)



### ETAS本社

ETAS GmbH

Borsigstraße 24	電話 :	+49 711 3423-0
70469 Stuttgart	Fax :	+49 711 3423-2106
Germany	インターネット :	<a href="http://www.etas.com">www.etas.com</a>

## 用語集

### A

#### ACF

AutoCorrelation Function (自動相関関数)

#### ASC GP

ASCMO Gaussian Process

#### ASC GP-SCS

ASCMO Gaussian Process Sparse Constant Sigma

#### ASC GP-Spectrum

ASCMO Gaussian Process Spectrum

### C

#### CCF

Cross-Correlation Function (相互相関関数)

#### CNN

Convolutional Neural Networks (畳み込みニューラルネットワーク)

### D

#### DoE

Design of Experiment (実験計画)

### G

#### GPU

Graphics Processing Unit (グラフィック処理ユニット)

#### GRU

Gated Recurrent Update (ゲート付き再帰型更新)

### I

#### IACF

Inverse AutoCorrelation Function (逆自己相関関数)

#### ISP

InterSection Plot (インターセクションプロット)

### L

#### LSTM

Long Short-Term Memory (長短期記憶)

**M****MOCA**

与えられたデータを用いてファンクションのモデリング（MOdeling）と適合（CALibration）を行うためのツール

**N****NaN**

Not a Number（非数）

**NARX**

Nonlinear AutoRegression with eXogenous inputs（外生入力に伴う非線形自己回帰）

**O****ODCM**

Online DoE with Constraint Modeling（制限付きモデリングによるオンラインDoE）

**OP**

Operating Point（動作ポイント）

**R****RDE**

Real Driving Emissions（実路走行排気）

**RNN**

Recurrent Neural Network（再帰型ニューラルネットワーク）

**T****TCN**

Temporal Convolutional Network（時間畳み込みネットワーク）

**は****ハウストルフ距離**

1つのデータセットの全データポイントから他の全データセットのデータポイントまでの最大ユークリッド距離。



図 2-1: 実験計画の立案からモデルベースの最適化まで .....	10
図 4-1: DoE計画から得られるデータによるモデルトレーニング .....	22
図 4-2: 実験空間の測定 – グリッド型とスター型 .....	23
図 4-3: D最適計画の例 .....	25
図 4-4: 空間充填実験計画の例 .....	26
図 4-5: 測定ポイントと実験空間境界 .....	27
図 4-6: DoE手法に適した信号波形と適さない信号波形 .....	28
図 4-7: 測定データの例 .....	29
図 4-8: 多項式を使用したフィッティング .....	31
図 4-9: ASCMO-STATICによるフィッティング .....	31
図 4-10: 測定データとモデルデータ .....	39
図 4-11: "Model Statistics" ウィンドウ .....	42
図 4-12: 「高度な設定」として表示されるメニューコマンドの例 .....	45
図 5-1: ASCMO-STATICグラフィカルユーザーインターフェース (GUI) – プロジェクトが開いた状態 .....	60
図 5-2: ISPビュー : 入力 .....	61
図 5-3: ISPビュー : 出力 .....	62
図 5-4: ログウィンドウに表示される情報の例 .....	64
図 5-5: 2次元交点のインターセクションプロットで表される $n+1$ 次元超平面 ( $n = 2$ の場合) .....	65
図 6-1: 測定とモデリングの対象となるエンジン .....	67
図 6-2: "ASCMO-DESK" ウィンドウ .....	68
図 6-3: ASCMO-STATICスタートウィンドウ .....	69
図 6-4: 変換によるモデル改良 .....	86
図 6-5: "Measured vs. Predicted" ディスプレイ内の外れ値 .....	87
図 6-6: 外れ値を含めるモデリング (赤色) と削除するモデリング (緑色) .....	87
図 6-7: "Error vs. Predicted" : モデル予測に対する絶対誤差 .....	88
図 6-8: "Probability Plot" : 正規確率プロット .....	89
図 6-9: "Input Properties" ウィンドウ .....	92
図 6-10: 動作ポイントマネージャ (A : 動作ポイント値の入力フィールド、B : 動作ポイント、C : 測定ポイント、D : プロットの凸包) .....	96
図 6-11: speedとloadに対するFuel_massの3Dプロット - トレーニングデータ (青い点) とカラーバーが表示された状態 .....	98
図 6-12: speedとloadに対するFuel_massの3Dプロット (等高線モード) .....	99
図 6-13: "Single Result Optimization" ウィンドウ .....	101

図 6-14: "Input Bounds" ウィンドウ .....	102
図 6-15: "Global Optimization" ウィンドウ .....	117
図 6-16: 適合プロット (マップの境界が表示された状態) .....	120
図 6-17: "Driving Cycle Manager" ウィンドウ .....	127
図 6-18: "Export to INCA/MDA" ウィンドウ .....	150
図 6-19: Simulinkにエクスポートされたモデル (視認性のために簡略化したもの) .....	153
図 7-1: ASCMO-STATIC ExpeDesスタートウィンドウ .....	161
図 7-2: ASCMO-STATIC ExpeDesメインウィンドウ .....	161
図 7-3: ASCMO-STATIC ExpeDes ステップ1: 一般設定 ("General Settings") .....	164
図 7-4: ASCMO-STATIC ExpeDesステップ2: 範囲制限 ("Curve" タイプ) .....	169
図 7-5: ASCMO-STATIC ExpeDes ステップ2: 範囲制限 ("Formula" タイプの例) .....	173
図 7-6: ASCMO-STATIC ExpeDes ステップ3: 入力タイプ的设计 ("Clustered" タイプ) .....	180
図 7-7: ASCMO-STATIC ExpeDes ステップ3: 入力タイプ的设计 ("Sweep" タイプ) .....	184
図 7-8: ASCMO-STATIC ExpeDes ステップ4: 入力の圧縮 ("Edge Compression" タイプ) ..	185
図 7-9: ASCMO-STATIC ExpeDes ステップ5: ソート規則 .....	187
図 7-10: ASCMO-STATIC ExpeDes ステップ6: ブロック構成 .....	188
図 7-11: ASCMO-STATIC ExpeDes ステップ7: 付加ポイント .....	191
図 7-12: ASCMO-STATIC ExpeDes ステップ8: 演算入力 .....	192
図 7-13: ASCMO-STATIC ExpeDes ステップ9: エクスポート .....	193

## 索引

## 2

2乗平均平方根誤差 ..... 43

## A

ASC GP モデル ..... 32

## ASCMO

Pコードバージョン ..... 18

アドオン ..... 13

## ASCMO-STATIC

ユーザーインターフェース ..... 60

起動 ..... 68

ASCMO-STATICチュートリアル ..... 66,159

ISPビュー ..... 90

グローバル最適化 ..... 116

モデルトレーニング ..... 84

モデルのエクスポート ..... 147

モデルの改良 ..... 86

モデルの評価 ..... 86

可視化 ..... 90

外れ値の削除 ..... 89

外れ値の識別 ..... 88

最適化 ..... 99

出力変数の変換 ..... 86

走行サイクル ..... 125

多目的最適化 ..... 109

単一目的最適化 ..... 99

適合 ..... 118

ASCMO\_GLOBAL\_OPTIMIZATION ..... 13

ASCMO\_MODEL\_EXPORT ..... 13

ASCMO\_SDK ..... 13

## B

Box-Cox変換 ..... 86

## C

Classificationモデル ..... 36

Compressedモデル ..... 35

## E

## ETAS

お問い合わせ先 ..... 194

ExpeDes ..... 26

一般設定 ..... 163

起動 ..... 160

操作ステップ ..... 162

ExpeDesチュートリアル ..... 160,193

ソート規則 ..... 186

ブロック構成 ..... 188

一般設定 ..... 163

実験計画のエクスポート ..... 192

実験計画の可視化 ..... 166

測定量 ..... 165

入力タイプ的设计 ..... 179

入力の圧縮 ..... 185

入力設定 ..... 164

反復ポイント ..... 190

範囲制限 ..... 168

## G

GP SCS モデル ..... 37

## I

ISPビュー ..... 90

## M

MLP モデル ..... 32

## MOCA

アンインストール ..... 20

## P

Polynomモデル ..... 34

## R

R2 ..... 44

モデル品質 ..... 44

RDE ..... 131

RMSE ..... 43

モデル品質 ..... 44

## あ

## 圧縮

入力の圧縮を参照 ..... 185

圧縮モデル ..... 35

安全に関する注意事項 ..... 7

## い

## インストール

MOCAのアンインストール ..... 20

ディレクトリ ..... 18

パスの指定 ..... 15

ファイル ..... 18

ユーザー権限 ..... 13

ライセンス許諾書 ..... 15

準備 ..... 13

インターセクションプロット ..... 64

## インポート

カーブ ..... 174

走行サイクル ..... 125

マップ ..... 174

え		最適化目標	54
エクスポート		定義	100
カーブデータ	175	し	
マップデータ	175	式	
モデル (ASCMO Static)	147	制限	172
実験計画 (ExpeDes)	192	実験計画法	
お		DoEによる実験計画	24
お問い合わせ先	194	ExpeDes	26
か		可視化	166
カーブ		境界条件	27
インポート	174	古典的実験計画	23
グリッドノードの変更	171	制限事項	28
削除	179	立案プロセス	23
作成	177	利点	27
制限	170	進化的アルゴリズム	55
制限への割り当て	176	親の選択	56
データのエクスポート	175	そ	
名前の変更	179	走行サイクル	125
編集	177	インポート	125
可視化	90	生成	131
き		データ	125
起動		動作ポイントの位置設定	134
ASCMO Static	68	動作ポイントの重み設定	133
ExpeDes	160	走行サイクルのグローバル最適化	
基本概念	21	重みの定義	140
最適化	53	動作ポイントの定義	139
モデルトレーニング	28	パラメータの定義	142
モデル品質	38	実行	145
く		ソート規則 (ExpeDes)	186
クラス化モデル	36	測定量	
グローバル最適化	54,116	設定 (ExpeDes)	165
け		た	
決定係数 R2	44	多項式モデル	34
こ		多目的最適化	54
高度な設定	44	単一目的最適化	53
有効化/無効化	45	ち	
個人情報保護	9	チュートリアル	66,193
コンセプト		ASCMO-STATIC	66
モデルタイプ	31	ASCMO Static	159
さ		ExpeDes	160
最適化	53,99	チュートリアルExpeDes	193
グローバル	54	て	
多目的	54,109	適合	118
単一目的	53,99	適合マップ	118
複数の動作ポイントにおける	54,105	編集	123

と		制限への割り当て	176
動作ポイント		編集	177
位置の設定 (走行サイクル)	134	名前の変更	179
重みの設定 (走行サイクル)	133		
に		も	
入力設定 (ExpeDes)	164	モデルエクスポート (ASCMO Static)	147
入力タイプ的设计	179	Cコード	156
空間充填	180	Excel	155
クラスタ化	180	FMI	158
スweep	180	GT_SUITE	158
入力の圧縮	185	INCA/MDA	149
点に向かう圧縮	186	Matlab	147
入力の選択	186	Python	151
端に向かう圧縮	186	モデルスクリーニング	56
例	186	モデルタイプ	31
は		ASC GPモデル	32
外れ値	86	Classificationモデル	36
削除	89	Compressedモデル	35
識別	88	GP SCSモデル	37
範囲制限 (ExpeDes)	168	MLP モデル	32
カーブ	170	No Model	32
カーブの割り当て	176	Polynomモデル	34
式	172	圧縮モデル	35
マップ	170	クラス化モデル	36
マップの割り当て	176	多項式モデル	34
反復ポイント (ExpeDes)	190	モデルトレーニング	28,84
削除	191	外乱要因	30
追加	191	グローバルモデル	30
ふ		再現性	30
付加ポイント (ExpeDes)	190	ドリフト	30
ブロック構成 (ExpeDes)	188	プロセス	30
ブロックの削除	190	ローカルモデル	30
ブロックの追加	189	モデル品質	
ブロックの編集	189	Leave-One-Out手法	43
へ		R2	44
変換		RMSE	43
Box-Cox	86	改良	38
出力	86	可視化	39
ま		テストデータ手法	43
マップ		評価	38,44
インポート	174	モデル評価	56
グリッドノード数の変更	171	ゆ	
データのエクスポート	175	ユーザーインターフェース	60
作成	177	ISPビュー	60
削除	179	高度な設定	44
制限	170	出力	62
		入力	61
		ログウィンドウ	63

よ	
用語集 .....	195
予測 .....	122
走行サイクルの動作ポイントの重み .....	135
単位変換規則 .....	136
ら	
ライセンス管理 .....	19