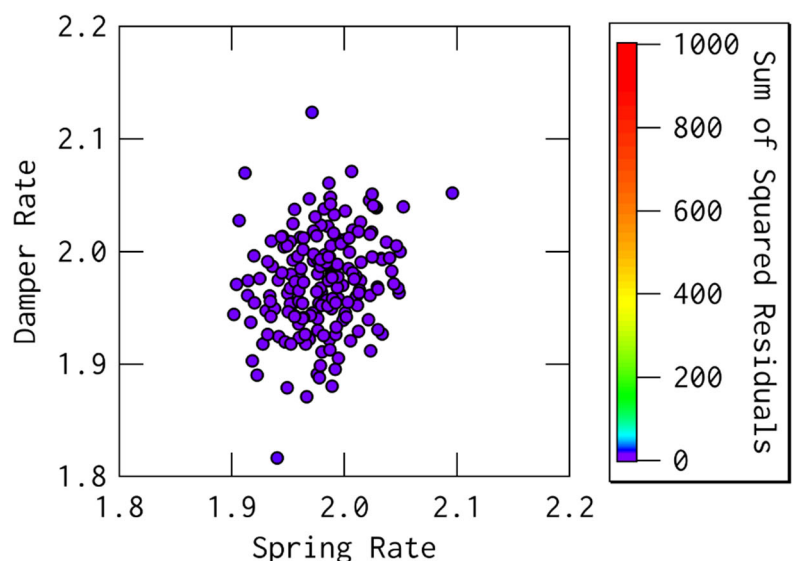


オンラインセミナー OpenModelica 活用セミナー

2022年11月30日(水) 開催

プログラム

1. アドバンスソフト株式会社のご紹介 主催者あいさつ 1
2. OpenModelica による 1DCAE の導入と活用事例 5
3. OpenModelica による他のソフトウェア機能（機械学習、
モデル予測制御、品質工学的手法）との連携事例 37
4. モデル流通によるすり合わせ強化を目指す「MBD 推進センター」のご紹介 49
5. OpenModelica サポートサービスと関連サービスのご紹介 67





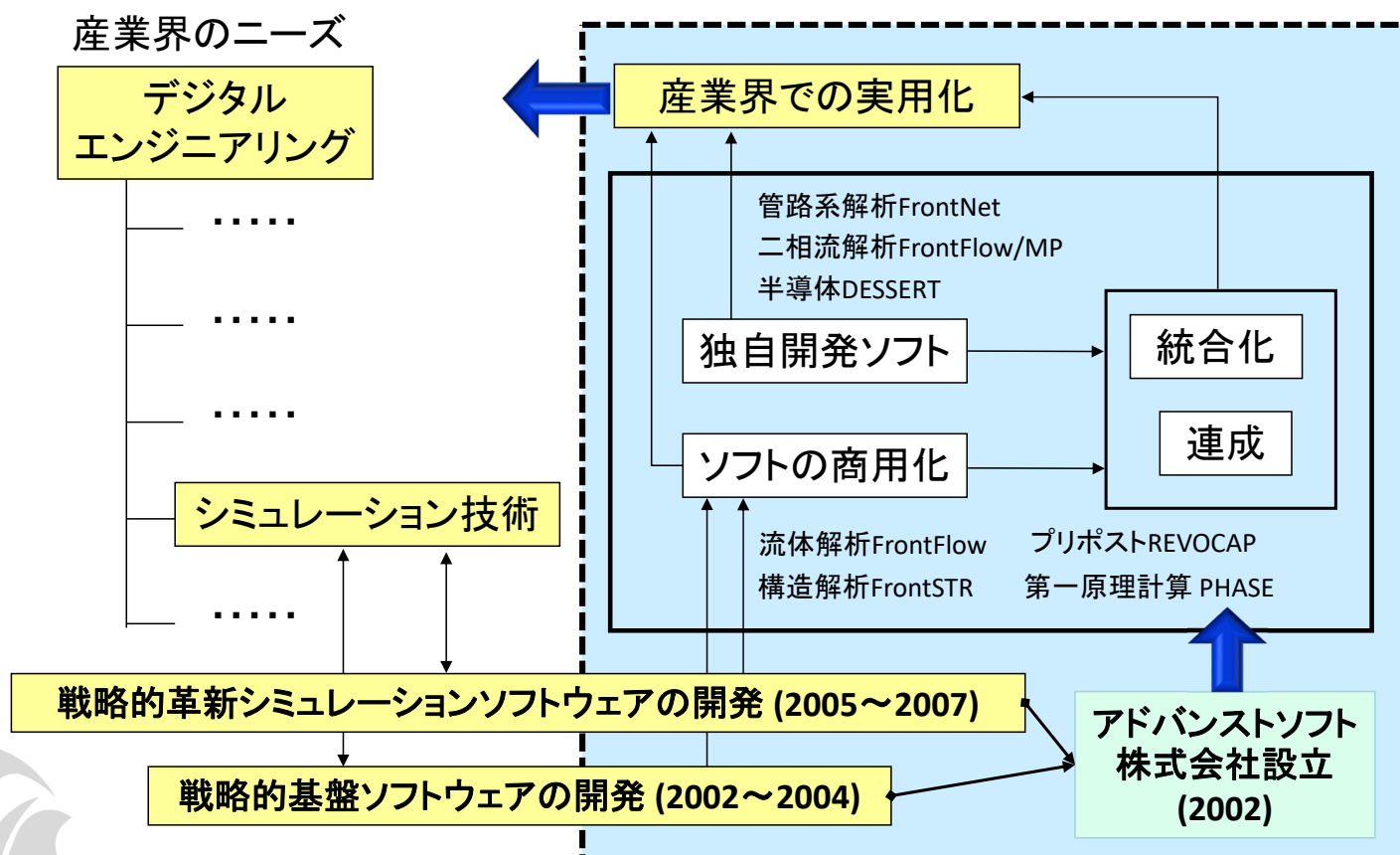
アドバンスソフト株式会社のご紹介

OpenModelica 活用セミナー

2022年11月30日（水）開催
アドバンスソフト株式会社



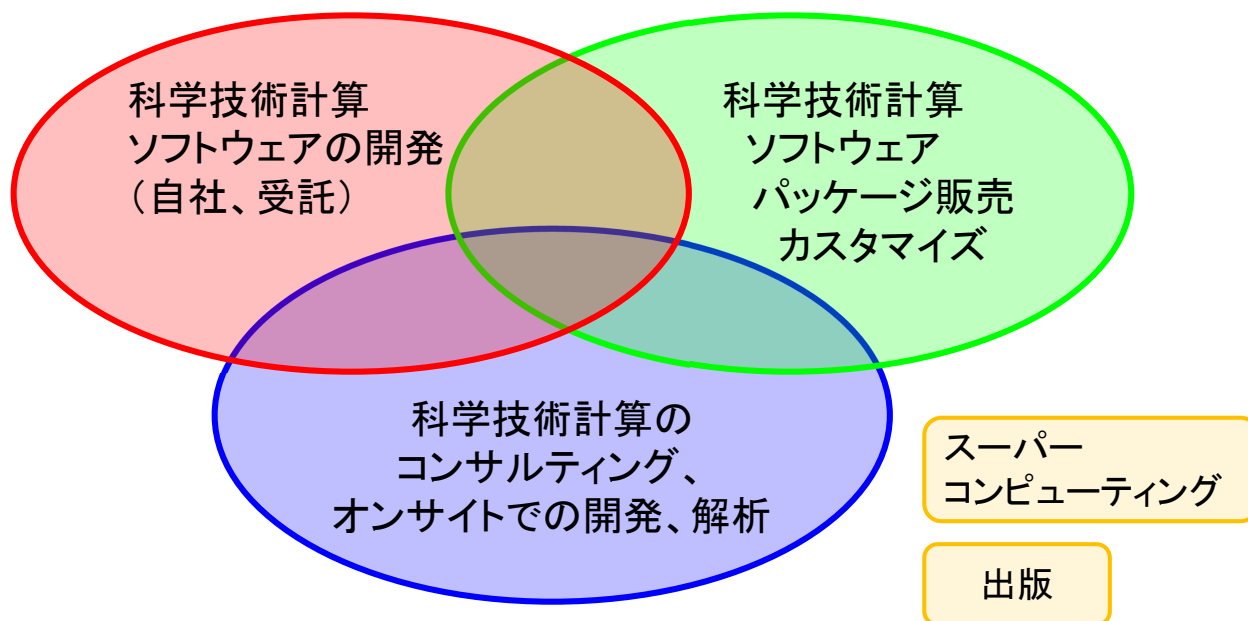
アドバンスソフトとは





事業内容

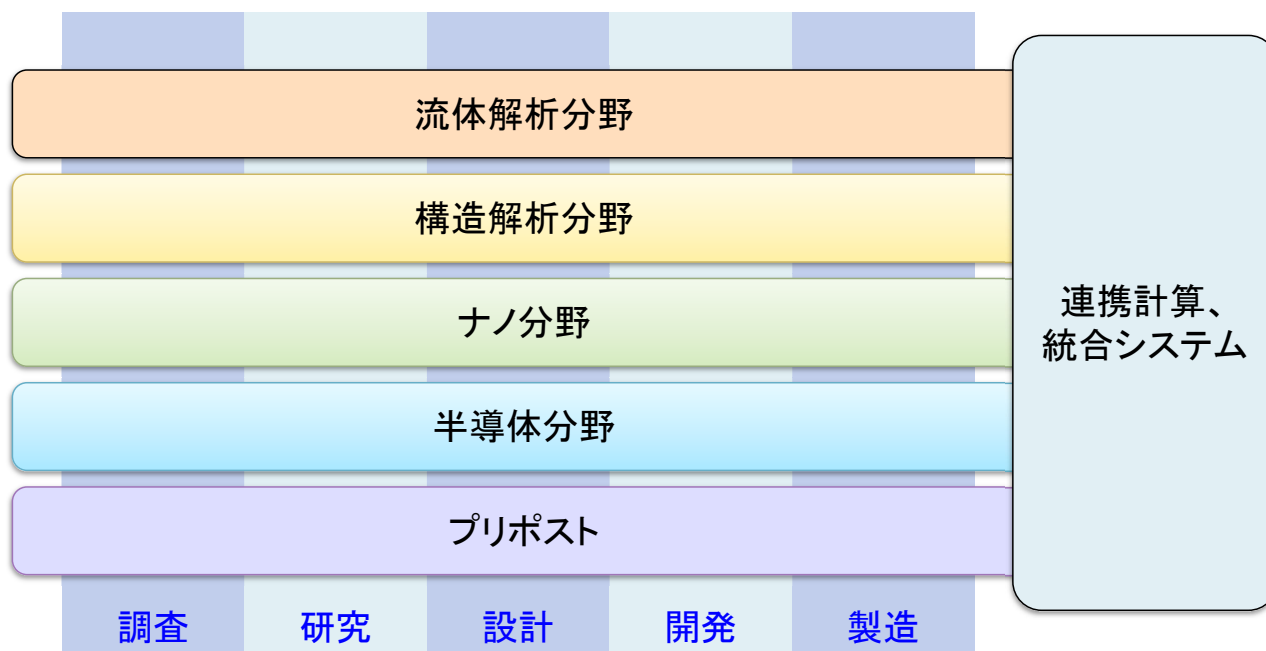
アドバンスソフトがご提供するサービス



科学技術計算ソフトウェアの開発を基礎とした、
科学技術計算に関する様々なソリューションをご提供します。



事業分野



産業の主要な分野のあらゆるフェーズで直面する課題に対し、
科学技術計算によるソリューションをご提供します。

ソフトウェアご紹介

<p>第一原理計算ソフトウェア Advance/PHASE</p> <p>密度汎関数理論に基づき、物質の性質を原子・分子レベルから解析する第一原理計算ソフトウェアです。</p>	<p>ナノ材料 GUI 付属</p> <p>ナノ材料解析統合 GUI Advance/NanoLabo</p> <p>ナノ材料 プリポスト</p> <p>材料解析ソフトウェア QuantumESPRESSO と LAMMPS に対応した統合 GUI です。</p>	<p>流体解析ソフトウェア Advance/FrontFlow/red</p> <p>非圧縮性から圧縮性流れまで、広範囲で複雑な流れに対応した汎用 3 次元流体解析ソフトウェアです。</p>	<p>圧縮性流体解析ソルバー Advance/FOCUS-i</p> <p>非構造格子に対応した圧縮性流体解析ソルバーです。特に遷音速や超音速の流れに適しており、高い並列化効率で計算出来ます。</p>
<p>大規模 3 次元 TCAD システム Advance/TCAD</p> <p>超微細半導体デバイスからパワーデバイスまで、高度な機能と使いやすい GUI を備えた 3 次元 TCAD システムです。</p>	<p>半導体デバイス GUI 付属</p> <p>ニューラルネットワーク分子動力学システム Advance/NeuralMD</p> <p>ナノ材料 AI・機械学習</p> <p>Neural Network Potential に基づいた分子動力学のソフトウェアです。第一原理計算の結果を教師データとして分子力場を作成します。</p>	<p>気液二相流解析ソフトウェア Advance/FrontFlow/MP</p> <p>沸騰と凝縮を伴う気液二相流の流動特性や伝熱特性を 3 次元で解析するソフトウェアです。</p>	<p>管路系流体過渡解析ソフトウェア Advance/FrontNet</p> <p>配管や流体機器から成る管路系内流体に対する 1 次元過渡解析の実用的なソフトウェアです。</p>
<p>大規模電磁波解析ソフトウェア Advance/ParallelWave</p> <p>マクスウェル方程式を FDTD 法で 3 次元的に解く電磁波解析ソフトウェアです。アンテナの電波解析から光の干渉や回折を考慮した光波解析まで幅広く適用できます。</p>	<p>光波・電磁波</p> <p>構造解析ソフトウェア Advance/FrontSTR</p> <p>構造</p> <p>固体の変形や熱伝導を、有限要素法を用いた 3 次元で解析するソフトウェアです。</p>	<p>大気拡散影響予測システム Advance/Emerg</p> <p>大気拡散物質の挙動予測と影響評価のためのソフトウェアシステムです。</p>	<p>AI・機械学習</p> <p>深層学習用ツール Advance/iMacLe</p> <p>機械学習のうち、ニューラルネットワークによる深層学習に特化、最小限度の機能に絞り込んだ比較的軽いツールです。</p>
<p>汎用プリポストプロセッサ Advance/REVOCAP</p> <p>解析の一連の流れをスムーズに行う事を実現した汎用プリポストプロセッサです。</p>	<p>プリポスト</p> <p>音響解析ソフトウェア Advance/FrontNoise</p> <p>音響</p> <p>環境騒音、機器内の共振等における音場を有限要素法を用いた 3 次元で解析するソフトウェアです。</p>	<p>自社による開発 (国プロ含む) 開発チームによる質の高いサポートサービス カスタマイズや機能追加も応相談 並列数無制限 (追加料金なし)</p>	

ソフトウェアの解析事例

解析事例Webページをご覧ください。

アドバンスソフト 事例集

検索

<http://case.advancesoft.jp>

- ソフトウェア名からだけでなく、産業分野別、解析分野別の検索が可能となりました。
- 最新の事例を掲載しました。今後も逐次最新事例を紹介します。

産業分野別	解析分野別
自動車・運輸	流体
材料・化学	爆発・燃焼
産業機械	構造
航空宇宙	振動音響
エレクトロニクス	ナノ・バイオ
建設土木	プリポスト
原子力	半導体デバイス
エネルギー	光・電磁波
環境・防災	

facebook、YouTubeでも関連記事を掲載中

<http://www.facebook.com/advancesoft.jp>

<http://www.youtube.com/user/advancesoft>



OpenModelicaによる 1DCAEの導入と活用事例

アドバンスソフト株式会社
研究員 佐藤 甫

内容

MBD/OpenModelicaセミナーの履歴

- ① 2020/12/22 MBDセミナー ※オンライン
- ② 2021/07/09 OpenModelicaセミナー ※オンライン
- ③ 2022/11/30 OpenModelica活用セミナー ※オンライン

- 1DCAEの概念
- OpenModelicaとModelica標準ライブラリ
- OpenModelicaのPythonによる外部制御
- [事例紹介1] 機械学習プログラムとの連携によるパラメータ同定
- [事例紹介2] 変圧器冷却システム
- [事例紹介3] 室内空調システム

内容

- 1DCAEの概念について
- OpenModelicaとModelica標準ライブラリ
- OpenModelicaのPythonによる外部制御
- [事例紹介1] 変圧器冷却システム
- [事例紹介2] 室内空調システム
- [事例紹介3] 機械学習プログラムとの連携によるパラメータ同定

1DCAE の概念

- モデルを活用した製品開発手法のひとつ。
- 常に変化し続ける外部環境に対応できる、柔軟な製品開発を実現する。
- 対象となる製品をひとつのシステムとして捉える。
- 個々の部品の詳細な仕様の検討に先立って、機能ベースのモデルでシステム全体を俯瞰的に検討することで、システムの本質を理解する。

1DCAE とは

- 製品を一つのシステムであるにとらえ、上流工程から一貫した設計をする。

概念設計

機能設計

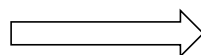
配置設計

構造設計

製造設計

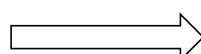
- その製品で何を実現するか？
- そのモデルで何を表現するか？

目的を設定



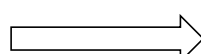
手段を検討

設計部門



製造部門

1DCAE



3D-CAD

個々の部品の詳細設計（形状・寸法など）に先立って、各部品で実現しなければならない機能^{機能}を洗い出す。

変圧器を冷却したい

円筒形

格子状断面

上下高さ

直径
円周方向均質

各点の寸法
 $\phi = 14\text{mm}$
...

冷媒は
絶縁体

絶縁油

単相液体

粘性

+ 温度依存性

非圧縮
 $\rho = \text{const.}$

比熱

変圧器温度が均質でX°C以下

管路

直線部分

細さ？粗さ？

交差点

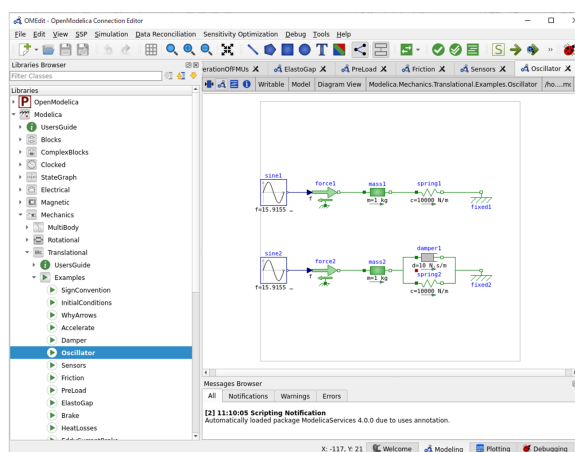
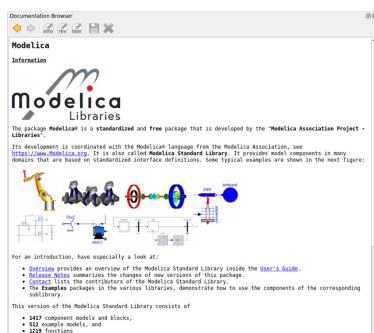
合流？分岐？

内容

- 1DCAEの概念について
- **OpenModelicaとModelica標準ライブラリ**
- OpenModelicaのPythonによる外部制御
- [事例紹介1] 変圧器冷却システム
- [事例紹介2] 室内空調システム
- [事例紹介3] 機械学習プログラムとの連携によるパラメータ同定

1DCAEにおけるOpenModelicaの役割

- 1DCAEの概念に基づいた
機能ベースのシステムシミュレーション



OpenModelicaの特長

• オープンソース・ソフトウェア (OSS)

- 無料である
 - ソースが公開されている
 - 利用コストを開発コストに転移できる
 - 実装や計算方法を、検証可能である

• モデルシミュレーションに特化

- プログラミング自体ではなく、モデルの記述に集中できる

OpenModelica 導入における課題の本質

• ソフトウェア開発の難しさ

- 開発者の人数？ スキルは？
- 開発のゴールはどこか？ 仕様は明確か？

• Modelica言語の学習コスト

- 独学では難しい。良いテキストがあるか？

• OpenModelica環境の変化 … バージョン対応

- 結局、どのバージョンを使えばいいのか？
- 作成者と利用者の環境をどう揃えるか

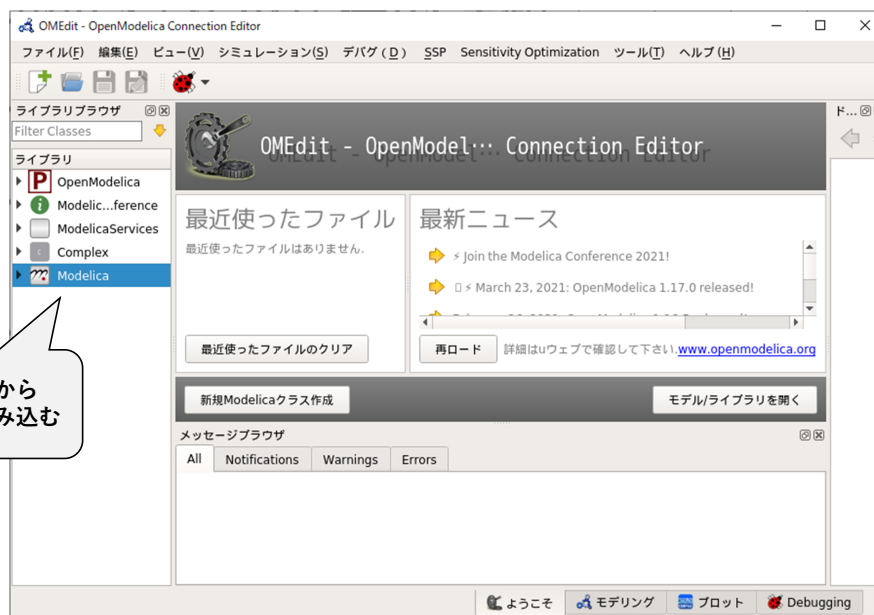
ソフトウェア開発の共通的な課題

- 複数人で足並みを揃えて開発する難しさ
 - 作業内容の分担
 - スキルのばらつき
 - 考え方の違い
- コーディング規約の導入 足並みを揃えるルール
 - 構成のルール（どこにあるかがすぐわかるように）
 - 名前のルール（他人がわかる。自分がわかればいいではだめ）
 - 機能の推奨/非推奨

コーディング規約を決める難しさ

- コーディング規約を決められる時点で、実力者
 - 具体的で実効的なルールには、根拠が必要
 - 現場の経験がなければ規約ができない
 - 規約がなければ開発できない
- 標準ライブラリのコーディング規約を叩き台に
 - 標準ライブラリの理解が深まる
 - 標準ライブラリは、高品質な設計の手本になる

Modelica標準ライブラリとは？



起動時から
自動で読み込む

Modelica標準ライブラリ命名規則

Modelica.UsersGuide.Conventions.ModelicaCode.Naming

Naming convention

Information

1. **Class and instance names** are usually written in upper and lower case letters, e.g., "ElectricCurrent". An underscore may be used in names. However, it has to be taken into account that the last underscore in a name might indicate that the following characters are rendered as a subscript. Example: "pin_a" may be rendered as "pin_a".
2. **Class names** start always with an upper case letter, with the exception of functions, that start with a lower case letter.
3. **Instance names**, i.e., names of component instances and of variables (with the exception of constants), start usually with a lower case letter with only a few exceptions if this is common sense (such as T for a temperature variable).
4. **Constant names**, i.e., names of variables declared with the "constant" prefix, follow the usual naming conventions (= upper and lower case letters) and start usually with an upper case letter, e.g., UniformGravity, SteadyState.
5. The two **connectors** of a domain that have identical declarations and different icons are usually distinguished by `_a`, `_b` or `_p`, `_n`, e.g., Flange`_a`, Flange`_b`, HeatPort`_a`, HeatPort`_b`.
6. A **connector class** has the instance name definition in the diagram layer and not in the `icon` layer.

1. 単語に関する規則
(大文字・小文字・区切り文字)
2. モデル名と関数名に関する規則
3. 個々の部品の名前に関する規則
4. 定数の名前に関する規則
5. コネクタ名に関する規則
6. コネクタ名に関する詳細な規則

【参考】 <https://doc.modelica.org/om/Modelica.UsersGuide.Conventions.ModelicaCode.Naming.html>

Modelica標準ライブラリにおける単語のルール

- 単語は、英数字と“_”からなる。

○	X
Dog1	犬1
position_start	position-start

- 最後の“_”以降は、添字として理解できるとよい

○	△	X	備考
position_start	startPosition	start_position	<i>position_{start}</i>
mass_1, mass_2, ...	mass1, mass2, ...		<i>mass₁, mass₂, ...</i>

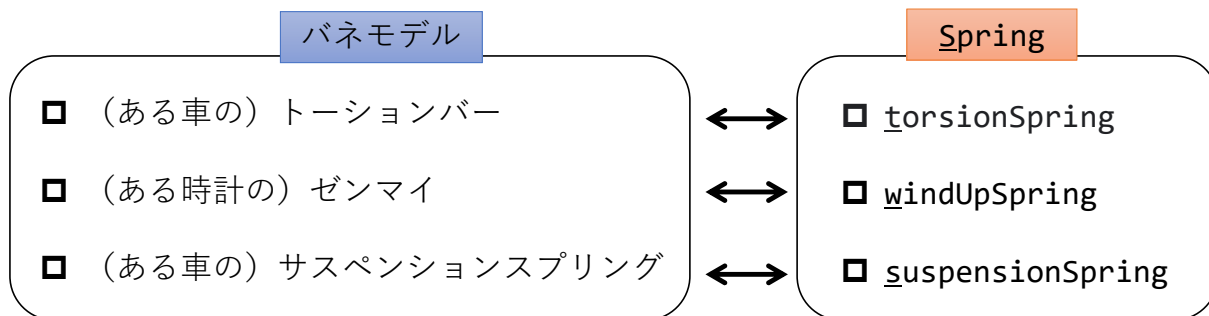
Modelica標準ライブラリにおける単語のルール

- Modelica標準ライブラリは、物理学における量記号で単語を省略する。
- 必要に応じて追加してコーディング規約に追加する。

Variable	Quantity	Variable	Quantity	Variable	Quantity
a	acceleration	HFlow	enthalpyFlow	r	radius
A	area	i	current	R	radius, resistance
C	capacitance	J	inertia	t	time
d	damping, density, diameter	l	length	T	temperature
dp	pressureDrop	L	Inductance	tau	torque
e	specificEntropy	m	mass	U	internalEnergy
E	energy, entropy	M	mutualInductance	v	electricPotential, specificVolume, velocity, voltage
eta	efficiency	mFlow	massFlow	V	volume
f	force, frequency	P	power	w	angularVelocity
G	conductance	p	pressure	X	reactance
H	enthalpy	Q	heat	Z	impedance
h	height, specificEnthalpy	Qflow	heatFlow		

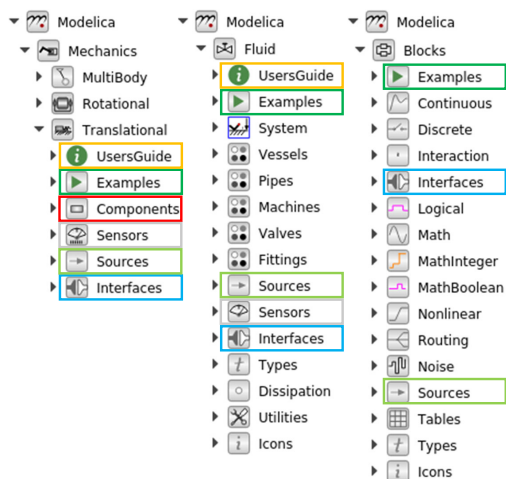
Modelica標準ライブラリにおけるモデル名と部品名のルール

- モデル名と、個々の部品名は、語頭が大文字か小文字で区別



Modelica標準ライブラリ構成の不文律

- 標準ライブラリの各物理ドメインで、共通する構成

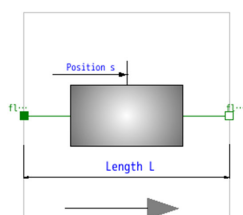


名前	役割
Examples	動作確認用モデル
UserGuide	モデル解説ドキュメント
Interfaces	入出力仕様※
Components	実際に使うモデル
Sources	境界条件
Sensors	物理量を数値で読み取る

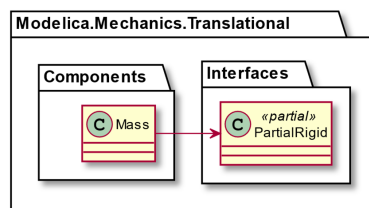


Modelicaにおけるインターフェース①

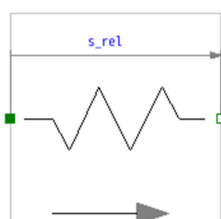
- 「質量要素」の部品モデルは、「PartialRigid」インターフェースを継承



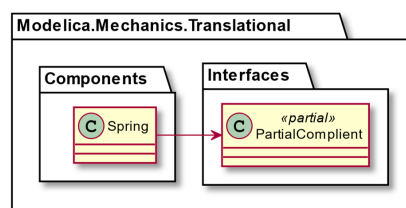
佐藤1



- 「ばね要素」の部品モデルは、「PartialCompliant」インターフェースを継承



佐藤2



スライド 19

```

佐藤1  @startuml
        namespace Modelica.Mechanics.Translational {
            namespace Interfaces {
                class PartialRigid <<partial>> {}
            }

            namespace Components {
                class Mass {}
            }

            Modelica.Mechanics.Translational.Interfaces.PartialRigid ¥
            <- Mass
        }
    }
    @enduml
    佐藤 甫,
    
```

```

佐藤2  @startuml
        namespace Modelica.Mechanics.Translational {
            namespace Interfaces {
                class PartialCompliant <<partial>> {}
            }

            namespace Components {
                class Spring {}
            }

            Modelica.Mechanics.Translational.Interfaces.PartialCompliant ¥
            <- Spring
        }
    }
    @enduml
    佐藤 甫,
    
```

Modelicaにおけるインターフェース②

- 「PartialRigid」 両端の距離 $L[m]$ が一定
⇒ 左と右が固定されている状態
- 「PartialCompliant」 両端の距離 $s_{rel}[m]$ が変化
⇒ 左右の間隔が伸び縮みできる。
- 共通の性質をくくりだす
コネクタ定義を一箇所にまとめ、接続法を統一する。

インターフェースの活用

- 標準ライブラリとの互換性を持つモデルを作成するためにインターフェースを活用する。
- モデルの設計
 1. MSLのインターフェースを把握しておく。
 2. 作りたいモデルのコネクタ構成を決める。
 3. コネクタ構成と対応するインターフェースを探す。
 4. インターフェースの前提条件を確認。
 5. インターフェースを継承する。
 6. 必要な方程式を実装する。

他のModelicaライブラリの活用

- 無料と有料の公開ライブラリのリンク

➤ <https://modelica.org/libraries.html>

名前	説明
Buildings	Modelica Buildings library
AixLib	A Modelica model library for building performance simulations
IBPSA	Modelica library for building and district energy systems developed within IBPSA Project
Annex60	Modelica library for building and district energy systems developed within IBPSA Project
IDEAS	Modelica library allowing simultaneous transient simulation of thermal and electrical systems at both building and feeder level.
BuildingSystems	Modelica BuildingSystems library
Modelica_Device Drivers	Free library for interfacing hardware drivers to Modelica models. There is support for joysticks, keyboards, UDP, TCP/IP, LCM, MQTT, shared memory, AD/DA converters, serial port and other devices.
ExternData	:page_facing_up: Modelica library for data I/O of CSV, INI, JSON, MATLAB MAT, SSV, TIR, Excel XLS/XLSX and XML files

まとめ：OpenModelica活用のポイント

- コーディング規約は、標準ライブラリのコーディング規約を叩き台にして決めるのが良い。
- 標準ライブラリとの互換性を持つモデルを作成するためにインターフェースを継承の起点として活用する。

内容

- 1DCAEの概念について
- OpenModelicaとModelica標準ライブラリ
- OpenModelicaのPythonによる外部制御
- [事例紹介1] 変圧器冷却システム
- [事例紹介2] 室内空調システム
- [事例紹介3] 機械学習プログラムとの連携によるパラメータ同定

24

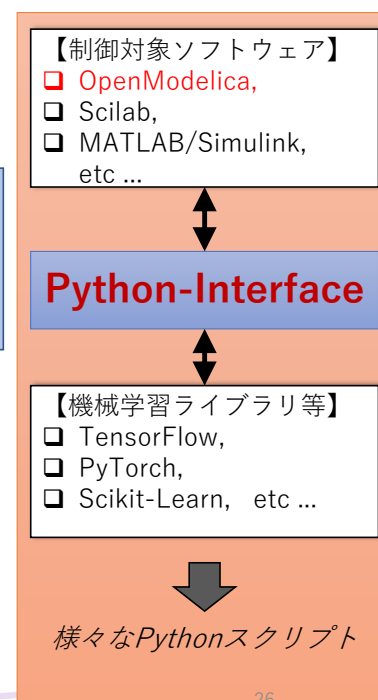
内容

- 1DCAEの概念について
- OpenModelicaとModelica標準ライブラリ
- OpenModelicaのPythonによる外部制御
- [事例紹介1] 変圧器冷却システム
- [事例紹介2] 室内空調システム
- [事例紹介3] 機械学習プログラムとの連携によるパラメータ同定

25

OpenModelicaのPythonによる外部制御

- 商用の高機能なツールには存在するような高度な機能、例えば最適化などの機能も、他のオープンソース・ソフトウェアと組み合わせることで実現が可能。
- OpenModelica のプロセスをPythonスクリプトから呼び出し、シミュレーションの実行やシミュレーション結果の外部保存、モデルパラメータへの読み書きなどを可能にする Python インターフェイスを開発。
- 例えば、PyTorch や TensorFlow、scikit-learn などの 機械学習ライブラリを組み合わせることで、ベイズ最適化や強化学習を利用した最適設計や解析の効率化を期待。
- **OpenModelicaを外部制御できるPythonインターフェイスは応用が利く。**

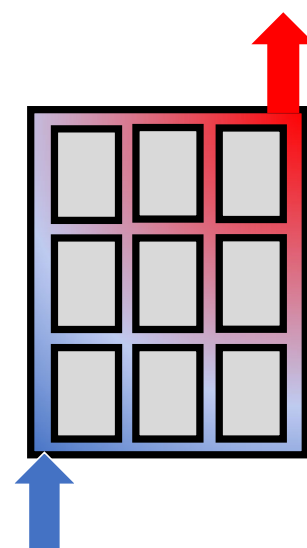


内容

- 1DCAEの概念について
- OpenModelicaとModelica標準ライブラリ
- OpenModelicaのPythonによる外部制御
- **[事例紹介1] 変圧器冷却システム**
- [事例紹介2] 室内空調システム
- [事例紹介3] 機械学習プログラムとの連携によるパラメータ同定

[事例紹介1] 変圧器冷却システム

- 格子状の配管に、冷却油を下から流し込み、対角線の位置にある出口から回収する
- 格子の中に変圧器がある。熱量[W]を各点で発生させる。



設計目標の明確化

- 均等かつ効率よく冷却すること
 - 冷却力 Q [W]
 - Q [W] は、熱源と冷却油の温度差 ΔT [K] に比例するだろう
 - Q [W] は、冷却油の流量 q [kg/s] に比例するだろう
流量は圧力差によって生じる。

∴ 温度と流量を軸にして考える。

製品の特性について考える

- 製品の特性や用途の考慮
 - 冷却油は非圧縮の流体である。
 - 圧力と温度が変わっても密度はそれほど変化しない
 - 流れはポンプによって強制されて、下から上に進む。
 - 垂直配管では重力の影響を考慮する
 - 水平配管では重力の影響を考慮しない
 - 配管の直線部における圧損
 - 分岐および合流部の圧損

Modelicaによる表現と実装

- 流量
 - Modelica.Fluid を活用
 - m [kg/s]
 - p [Pa]
 - h [J/kg]
- 冷却油の物性
 - Modelica.Media を活用
- 温度
 - Modelica.Thermal.HeatTransfer を活用
 - T [K]
 - Q [W]

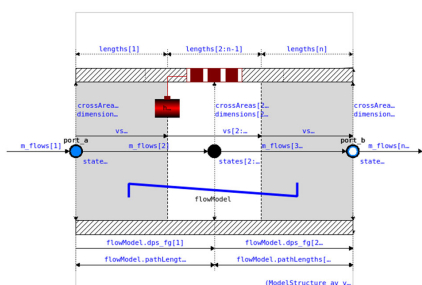
DynamicPipeによる管路の表現

長さ方向に n 分割する

- 流量[kg/s]
- 圧力[Pa]
- 組成[kg/kg]
- 比エンタルピー[J/kg]

以下のモデルは交換可能

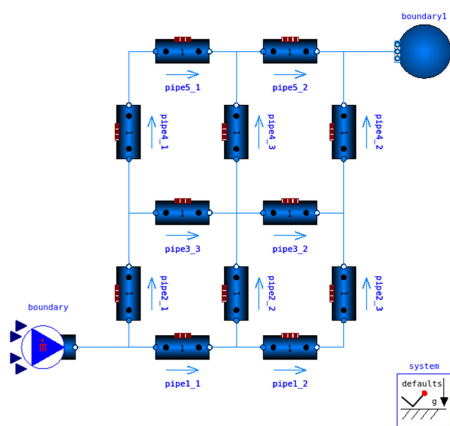
- 流速と圧損の関係
 - 層流
 - 乱流
- 熱と温度の関係
 - 壁面温度 = 流体温度
 - 一定の熱伝導率
 - ヌッセルト数の計算



Copyright ©2022 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

DynamicPipeによる管路の表現

- ModelicaのFluidモデルでは流路上の点と点同士の接続で流路を構成する
⇒ 基本的に0次元で構成する
- 流れ方向に分割したパイプ(1次元)を縦横に組み合わせて管路網を表現する
- 0次元(点)~1次元(線)のモデルで構成する。



Copyright ©2022 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

非圧縮液体モデル

- Modelicaでは熱力学的状態によって抽象的に流体を表現する。
- 非圧縮であるということは、熱力学的状態が圧力の影響を受けないということ。⇒熱力学的状態は温度Tのみの関数
- また、均質な冷却油に満たされていると考えて組成[kg/kg]を考えない

Copyright ©2022 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

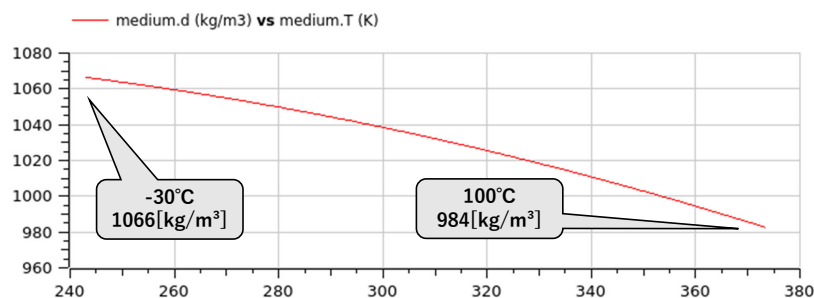
非圧縮液体モデル

```

11 package Glycol47 "1,2-Propylene glycol, 47% mixture with water"
12   extends TableBased(
13     mediumName="Glycol-Water 47%",
14     T_min = Cv.from_degC(-30), T_max = Cv.from_degC(100),
15     TinK = false, T0=273.15,
16     tableDensity=
17       [-30, 1066; -20, 1062; -10, 1058; 0, 1054;
18       20, 1044; 40, 1030; 60, 1015; 80, 999; 100, 984],

```

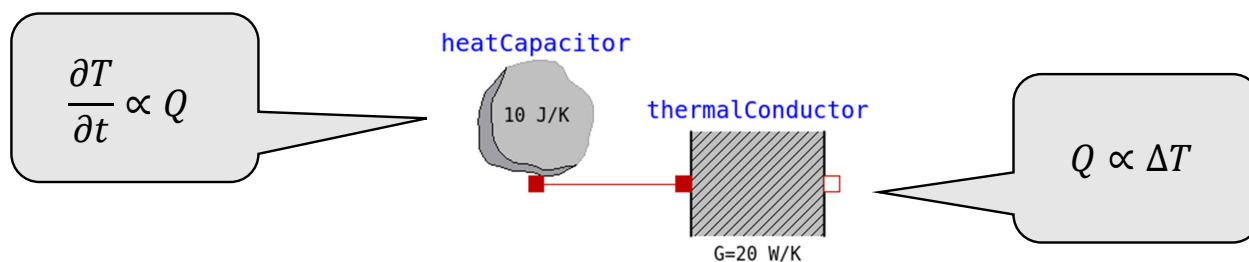
- 温度Tに対する以下の物性
 - 密度[kg/m³]
 - 熱容量[J/kg]
 - 熱伝導率[W/(m.K)]
 - 粘度[Pa.s]
 - 蒸気圧[Pa]



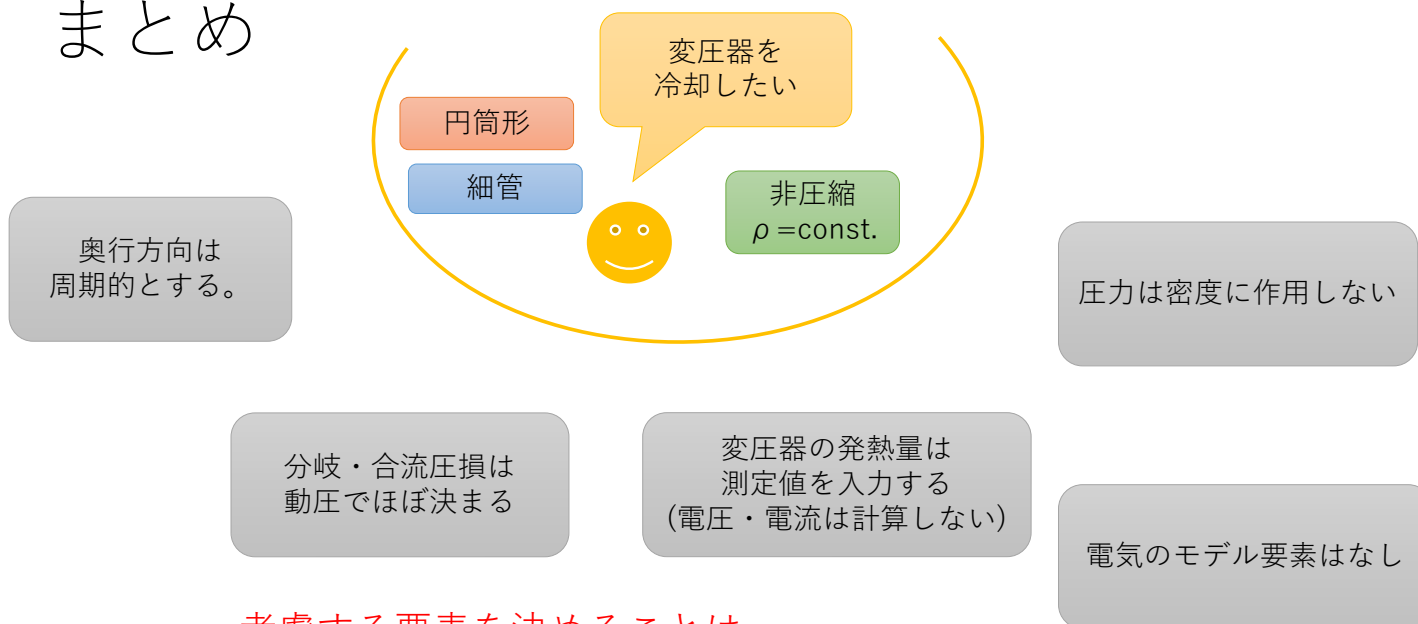
Copyright ©2022 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

熱モデル

- 温度 T [K], 熱量 Q [W]の間の方程式である。
- 線形特性のみ考える



まとめ



考慮する要素を決めることは
考慮しない要素を決めることでもある。

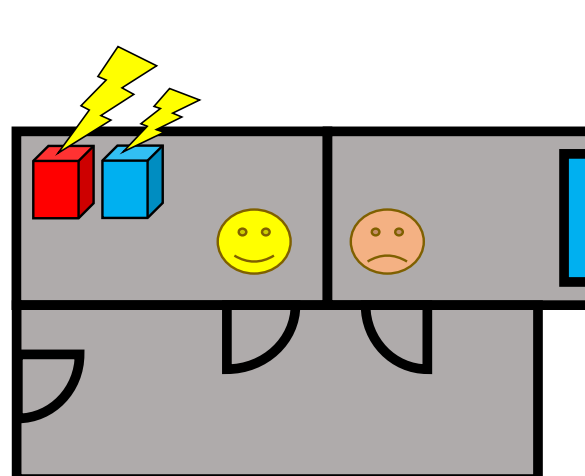
内容

- 1DCAEの概念について
- OpenModelicaとModelica標準ライブラリ
- OpenModelicaのPythonによる外部制御
- [事例紹介1] 変圧器冷却システム
- [事例紹介2] 室内空調システム
- [事例紹介3] 機械学習プログラムとの連携によるパラメータ同定

38

[事例紹介2] 室内空調システム

- ドアでつながったいくつかの部屋
 - エアコンのある部屋
 - 加湿器のある部屋
- 温度/湿度による住人の評価
 - 蒸し暑い
 - 寒すぎる
- 部屋の消費電力
 - 電力需要に対する関係



設計目標の明確化

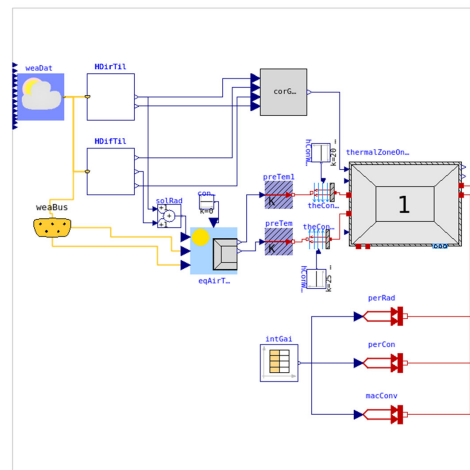
- 居住者が快適に過ごせること
 - 快適さを、**不快指数**で定義する
- 消費電力を抑える
 - 電力需要の分散(ピーク需要を抑える)
 - 総消費電力を抑える

システムの特徴について考える

- 流体要素 = 空気
 - 部屋からの流れ
 - ドア
 - 屋外との気密性
 - 湿度の計算
 - 空気/水蒸気の区別
 - 湿度による比熱の変化
 - 絶対湿度と相対湿度の変換
- 熱の流れ
 - 部屋の部材ごとの伝熱
 - 室内
 - 壁面
- 電力
 - エアコン
 - 加湿器

Modelicaによる表現と実装

- Buildings ライブラリの部品を使う
 - ModelicaのWebページで紹介されている
 - 建築界のデファクトスタンダード
 - OpenModelicaへの互換性サポート
 - Modelica標準ライブラリとの互換性

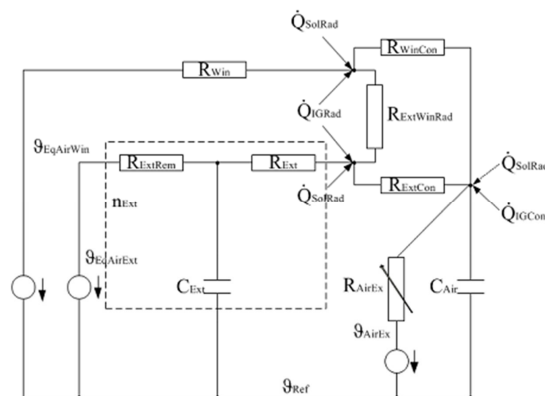


Copyright ©2022 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

部屋モデル

- 部屋容積分の空気と、複数の構成要素による熱回路で表現
 - すべての構成要素を0次元で表現している。

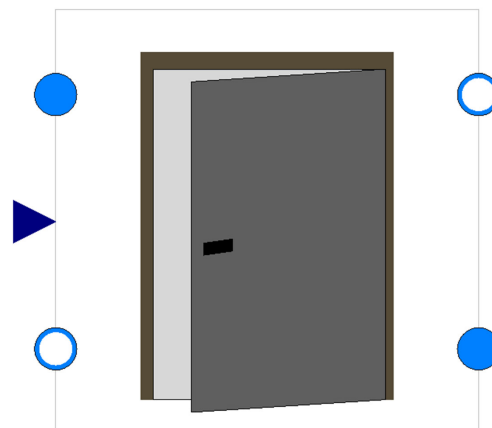
モデル名	構成要素
RC.OneElement	外壁 室内
RC.TwoElement	外壁 室内 内壁
RC.ThreeElement	外壁 室内 内壁 床板
RC.FourElement	外壁 室内 内壁 床板 天井



Copyright ©2022 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

ドア、気密性のモデリング

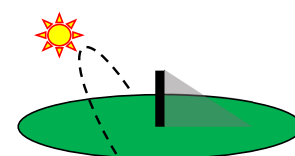
- ドアの開度と圧力差に対する流量の関係
- 部屋の気密性はC値[cm²/m²]で表す。1平米あたりの隙間面積
 - 国内の基準では、2~10のオーダー
 - 隙間:=部屋体積/天井高さ×C値



44

0D化に対する補正

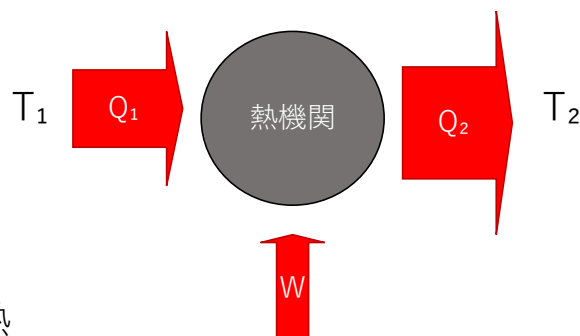
- ドアを通じて部屋間を流れる空気について、入った分の空気が出ていく限りは、総流量は0となる。
 - この時、総流量は0なのでFluidの計算によって熱は移動できない
 - しかし、部屋の温度差があれば、かき混ぜられた形で熱が移動
⇒部屋と部屋の間、熱抵抗を導入する。(ドア開度と関連させる)
- 日照量に対する窓の向き
 - 気象庁データベースから、日射量[W]を得ることができる
 - 窓の方角(南向き、北向き)によって影響を受ける。
⇒三角関数から、オフセットを引いて係数を決める。



45

エアコンのモデル化

- エアコンの本質は熱機関
 - 最大効率 η_{max} は可逆サイクルのとき
- **Coefficient of Performance, COP**
 - $COP := Q_1/W$ 【冷房】 低温側から取り出す熱
 - $COP := Q_2/W$ 【暖房】 高温側へ与える熱
- (運転強度[1], 外気温度[°C]) に対するCOPのデータよりテーブルを作成し補間することで消費電力と性能を決定

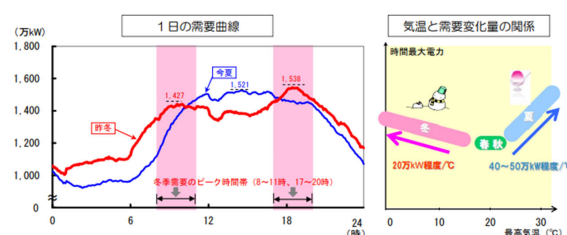


消費電力に対する評価

- 電力需要を反映したスコアを、時刻に対して設定する。
- 一日毎に消費電力×スコアを積算
 - 24時間を評価の最小単位とする。
 - 「需要のピークとずらした冷暖房」を評価

(参考) 冬季における電力需要の1日の推移(夏季との比較)

- 冬季は、暖房の使用量が多くなる午前(8~11時頃)と照明や家庭用需要の多くなる点灯帯(17~20時頃)に需要のピークが発生。
- 空調や照明等の使用時間が夏季に比べ長いため、1日のうちで電力需要の大きな時間帯が長い。また、深夜および早朝の電力需要は夏季に比べて大きい。
- 気温が1°C低下すると、時間最大電力が20万kW/°C程度増加。



まとめ

- 設計目標
 - 居住者の環境評価が高い
 - 電力需要を考慮した、総消費電力の低減
- 実装方針
 - Building ライブラリの活用
 - 機能ベースのモデルを利用
- 実装詳細
 - 三次元の室内空間を、0Dの構成要素で表現

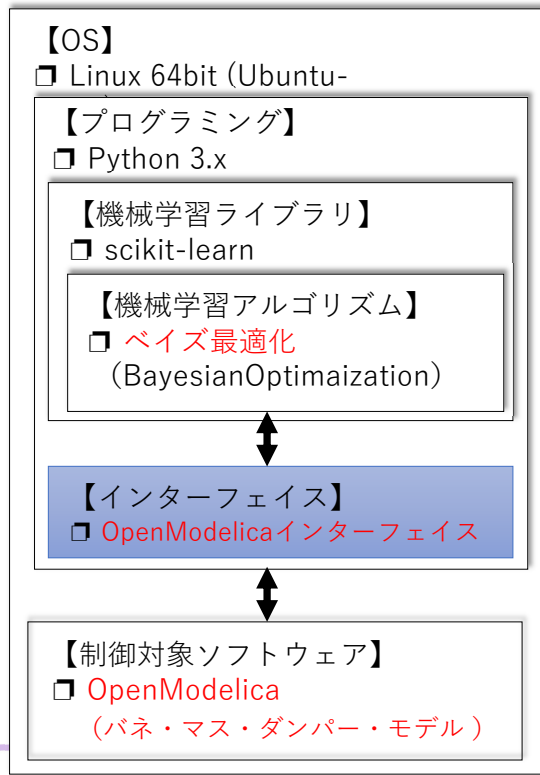
内容

- 1DCAEの概念について
- OpenModelicaとModelica標準ライブラリ
- OpenModelicaのPythonによる外部制御
- [事例紹介1] 変圧器冷却システム
- [事例紹介2] 室内空調システム
- [事例紹介3] 機械学習プログラムとの連携によるパラメータ同定

[事例紹介3] 機械学習プログラムとの連携によるパラメータ同定

概要

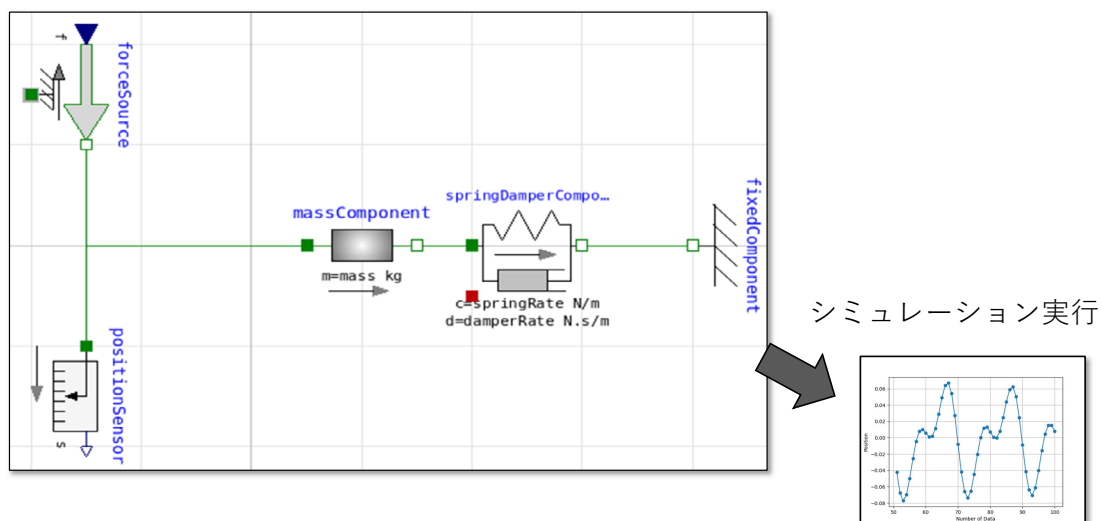
- 機械学習アルゴリズムとして **ベイズ最適化** を採用する。
- 対象モデルは、OpenModelicaで記述した単純な **バネ・マス・ダンパーモデル** とする。
- 予め対象モデルでシミュレーションを実施し、**ダミー実測データ** を準備する。
- **ベイズ最適化** を用いて、**ダミー実測データ** に対し、**バネ定数** と **ダンパー定数** の **パラメータ同定** を行う。



Copyright ©2022 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

対象モデル

- OpenModelicaで **バネ・マス・ダンパーモデル** を作成した。
- シミュレーションにより物体 (massComponent) の **位置の時間変化** を得る。



Copyright ©2022 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

ダミー実測データの作成

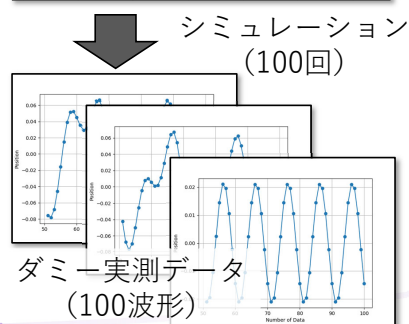
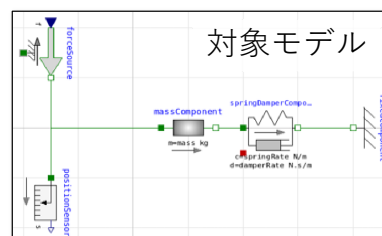
- 実測データの代わりに、OpenModelicaシミュレーションを実行して **ダミー実測データ** を作成する。
- 最適化パラメータは、**バネ定数**と**ダンパー定数**である。

シミュレーション条件

□ バネ定数	: 2.0 [N/m]	【固定】
□ ダンパー定数	: 2.0 [N・s/m]	【固定】
□ 物体の質量	: 1.0 [kg]	【固定】
□ 外力の周期	: 1.0 [Hz]	【固定】
□ 外力の強度	: ランダム [N]	

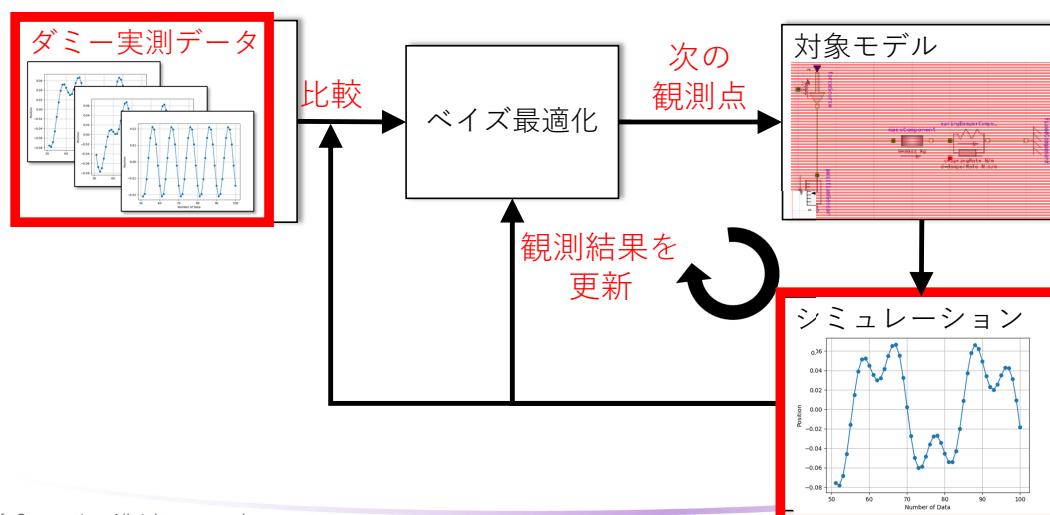
(中央値1.0, 分散0.1の正規分布)

※ 実測データには測定誤差やノイズなどが含まれることを想定



適用テストの概要 (ベイズ最適化)

- **ダミー実測データ** と **シミュレーション結果** が一致するように、**ベイズ最適化** を用いて **バネ定数** と **ダンパー定数** を同定する。
- 最適化パラメータは、**バネ定数**と**ダンパー定数**である。



ベイズ最適化の大まかな適用フロー

- ① 最初にランダムに 2 点 の観測を行う (初期観測)
- ② ①の測定結果から確率分布を求め、次の測定点
(バネ定数とダンパー定数) を決定
- ③ ②で決定したバネ定数とダンパー定数を指定してOpenModelicaのシミュレーションを実行
(計算時間間隔: 0.1 sec., 計算時間: 0 - 10 sec.)
- ④ 物体 (massComponent) の位置の時間変化を取得
- ⑤ ダミー実測データ (100波形) とシミュレーション結果の
残差二乗和の合計を求め、その値に - 1 を乗じて目的関数の値を算出
- ⑥ 上記を 2 5 6 回繰り返し、より目的関数の値が高いバネ定数とダンパー定数を探索

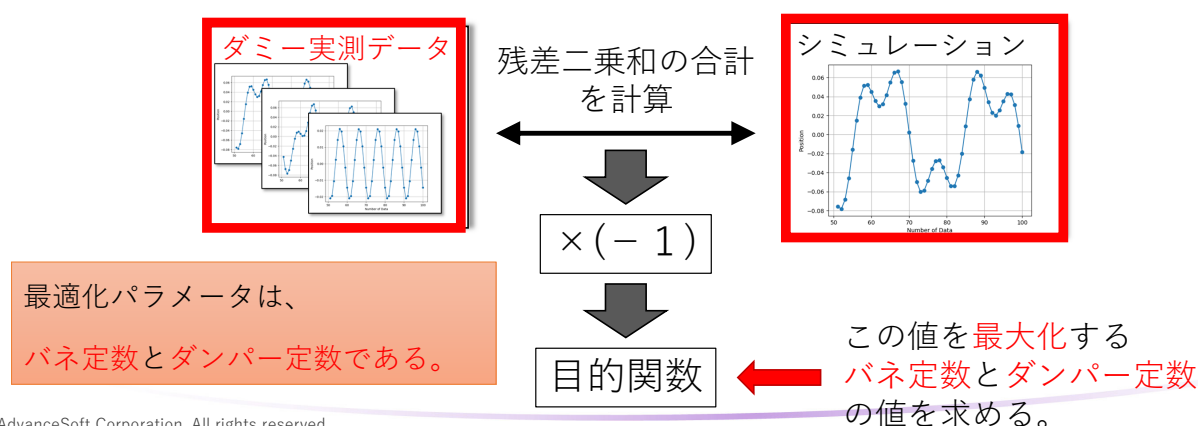
目的関数

□ ベイズ最適化において次の観測点を求める指標

□ 適用テストの目的関数:

ダミー実測データ (100波形) とシミュレーション結果の
残差二乗和の合計を計算し、その符号を負にした値

(一致しているほど値は0に近くなる。完全一致は0になる。)



実行環境

デスクトップで普段使いも兼ねる安価なワークステーション

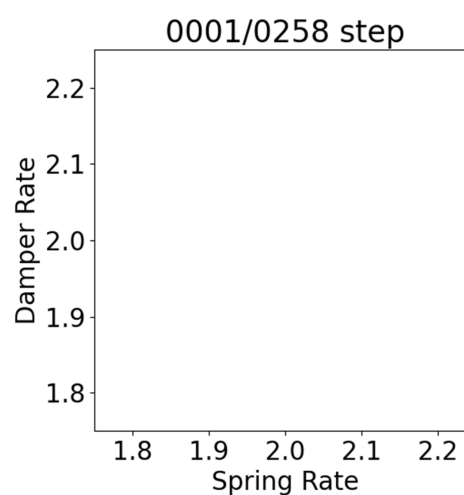
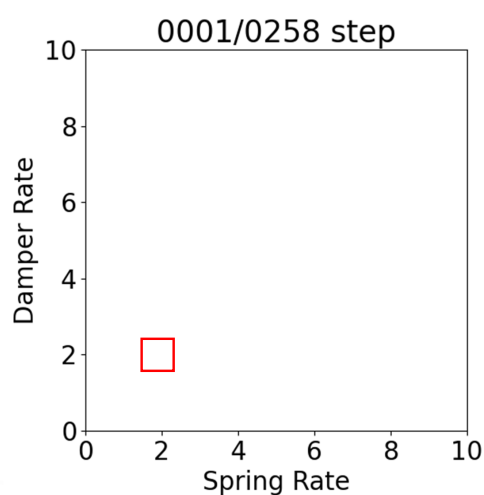
- OS : Windows Subsystem for Linux (Ubuntu-18.04)
@ Windows 10 Professional 64bit
- CPU : Intel Core i7-8700 CPU @ 3.20GHz
- メモリ : 32GB
- GPU : NVIDIA GeForce GTX 1050 Ti (適用テストでは未使用)

- 適用テストの所要時間 : 約 2 分

56

適用テストの結果①

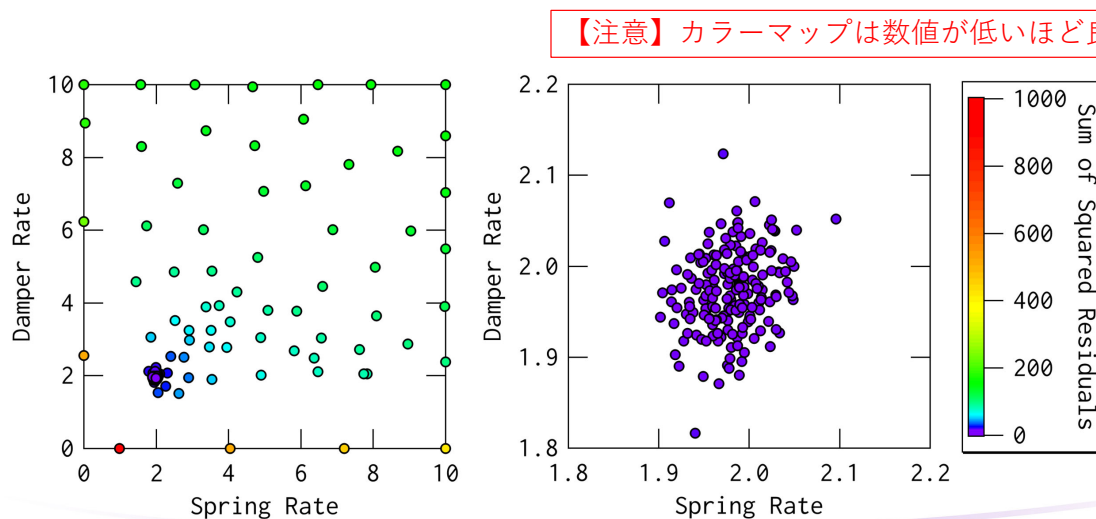
- ベイズ最適化を用いた結果、ダミー実測データ作成時の真値である
バネ定数 = 2.0、ダンパー定数 = 2.0 の近傍が重点的に探索される。



57

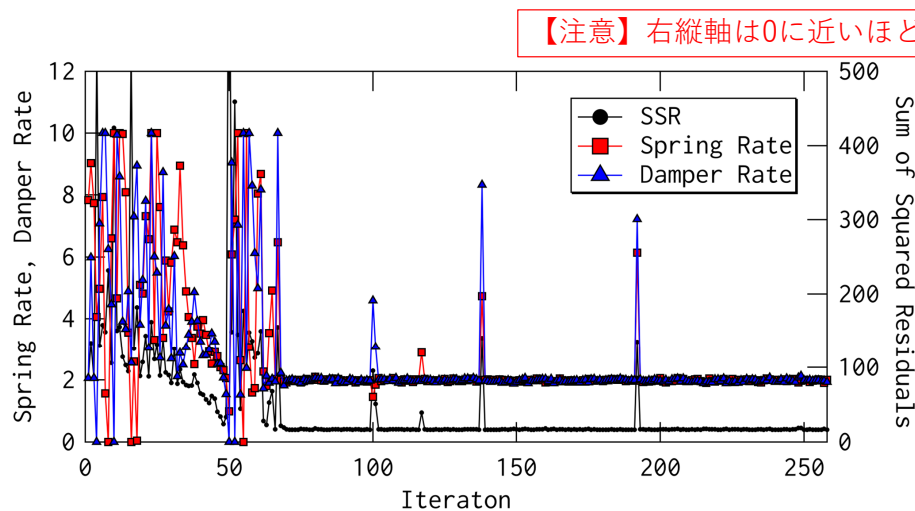
適用テストの結果②

- ベイズ最適化を用いた結果、ダミー実測データ作成時の**真値**である
バネ定数 = 2.0、ダンパー定数 = 2.0 の**近傍**が重点的に探索される。



適用テストの結果③

- **初期**は、広い範囲のバネ定数とダンパー定数を探索
- 繰り返し回数 **70 回 以降**は、**バネ定数 = 2.0、ダンパー定数 = 2.0 の近傍**を重点的に探索



バネ定数、ダンパー定数、および残差二乗和（合計）の推移

まとめ

- 「OpenModelica のPythonスクリプトからの外部制御という汎用性の高い 新たな枠組み を開発し、適用テストを行った。
- 適用テストでは、機械学習アルゴリズムとして ベイズ最適化 を採用し、対象モデルは、OpenModelicaで記述した単純な バネ・マス・ダンパーモデル とした。

<u>ダミー実測データ</u>	<u>ベイズ最適化 (258 step)</u>
<input type="checkbox"/> バネ定数 : 2.0 [N/m] 【固定】	<input type="checkbox"/> バネ定数 : 1.98593 [N/m]
<input type="checkbox"/> ダンパー定数 : 2.0 [N・s/m] 【固定】	<input type="checkbox"/> ダンパー定数 : 1.97402 [N・s/m]

- ベイズ最適化 で求めた値は、ダミー実測データ 作成時の値と 良く一致 した。

引用元

- https://www.global.toshiba/content/dam/toshiba/migration/corp/techReviewAssets/tech/review/2012/07/67_07pdf/a03.pdf
- <https://github.com/lbl-srg/modelica-buildings/releases/download/v9.0.0/Buildings-v9.0.0.zip>
- https://www.kyuden.co.jp/library/pdf/saving_energy/winter_1.pdf



アドバンスソフト株式会社

- 住所 : 〒101-0062
東京都千代田区神田駿河台四丁目3番地
新お茶の水ビルディング17階西
- TEL : 03-6826-3970
- FAX : 03-5283-6580
- E-mail : office@advancesoft.jp
- URL : <http://www.advancesoft.jp/>

OpenModelicaによる 他のソフトウェア機能との連携事例

アドバンスソフト株式会社
研究員 小池晋太郎

目次

- OpenModelica連携の意義
- 連携可能な環境について
- 連携の基本的な手法
- 事例1: Optuna連携によるハイパーパラメータの最適化
- 事例2: Tensorflow連携によるモデル予測制御
- 事例3: 品質工学ツールJIANTとの連携
- まとめ

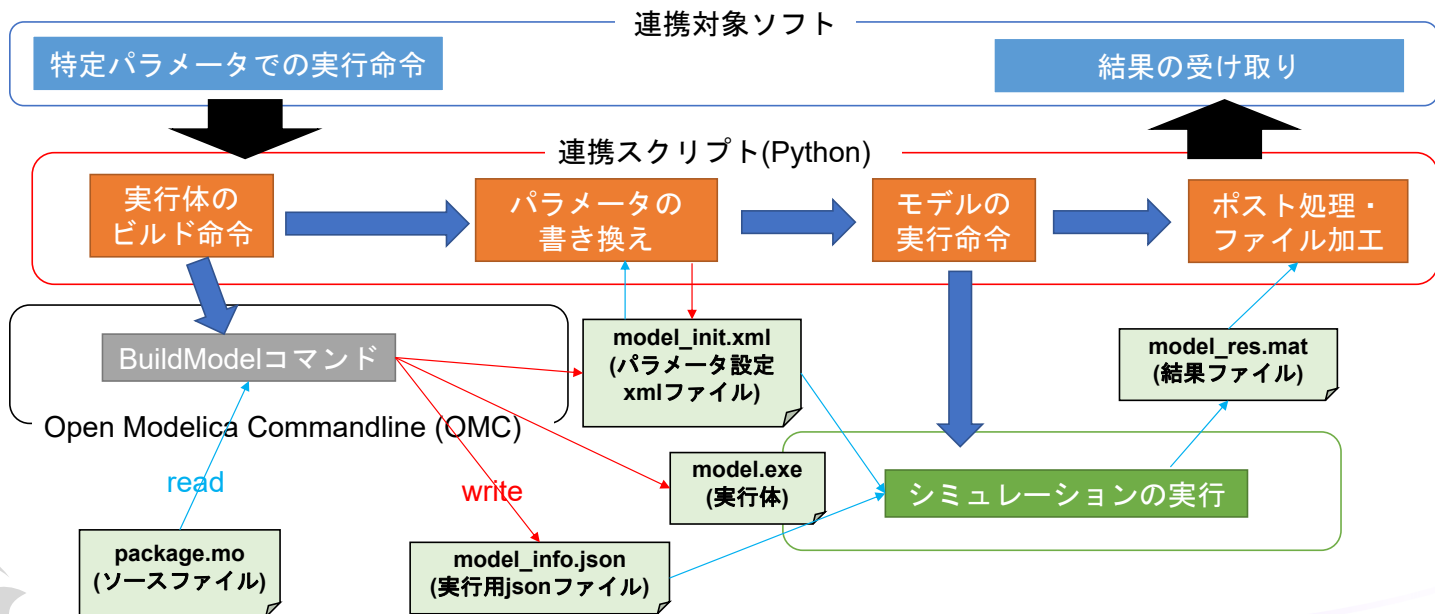
OpenModelica連携の意義

- 0D1Dシミュレーションには、大量のパラメータ設定の組み合わせの計算を行い、結果との相関から新たな知見を得るという活用方法が期待される
- これはハイパーパラメータ最適化や予測制御、ロバスト設計といった分野で必要なプロセスである
- OpenModelicaとこれらの分野のソフトで連携できる環境を構築することで、活用の幅を広げることができる

連携可能な環境について

対象ソフト	OpenModelica本体	OpenModelicaモデル
<ul style="list-style-type: none">• ユーザー設定で外部ツールの呼び出しが可能であること（batやshell経由も可）• mat, csvなどのデータファイルの読み込みが可能であること	<ul style="list-style-type: none">• 対象モデルを実行可能なライブラリが使用可能な状態であること• OMCのインストールされているパスを確認する	<ul style="list-style-type: none">• OMEdit上で指定時間のシミュレーションを完遂できることが確認できているモデルであること

連携の基本的な手法



事例1: Optuna連携による ハイパーパラメータの最適化

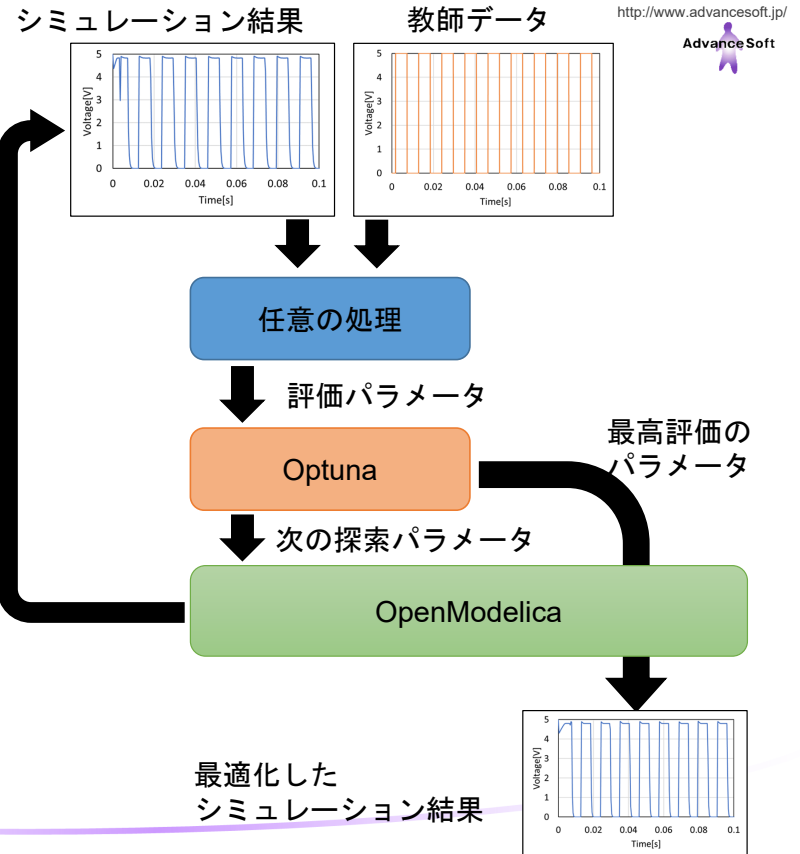
Optunaについて

Optunaはベイズ最適化を採用したpythonの機械学習ライブラリである。



使い方

- あるシミュレーションのハイパーパラメータのうち、探索対象となるパラメータとその探索空間を定める。
- シミュレーション結果に対して、目標とする教師データに近づいたことを評価するパラメータを計算する。
- この評価パラメータをOptunaに渡すことで、次の試行を行う探索パラメータを出力する。
- この探索パラメータを使ったシミュレーション結果についての評価パラメータを再度Optunaに渡す。
- これを繰り返し、最も評価の高い探索パラメータを最適化結果とする。



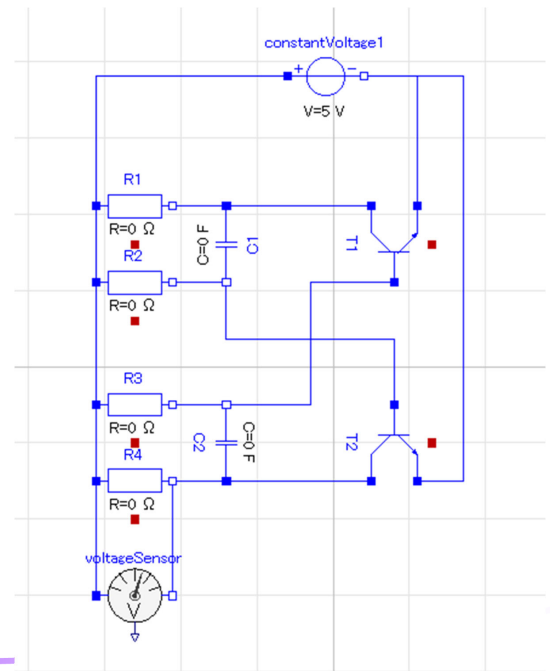
Copyright ©2022 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

http://www.advancesoft.jp/



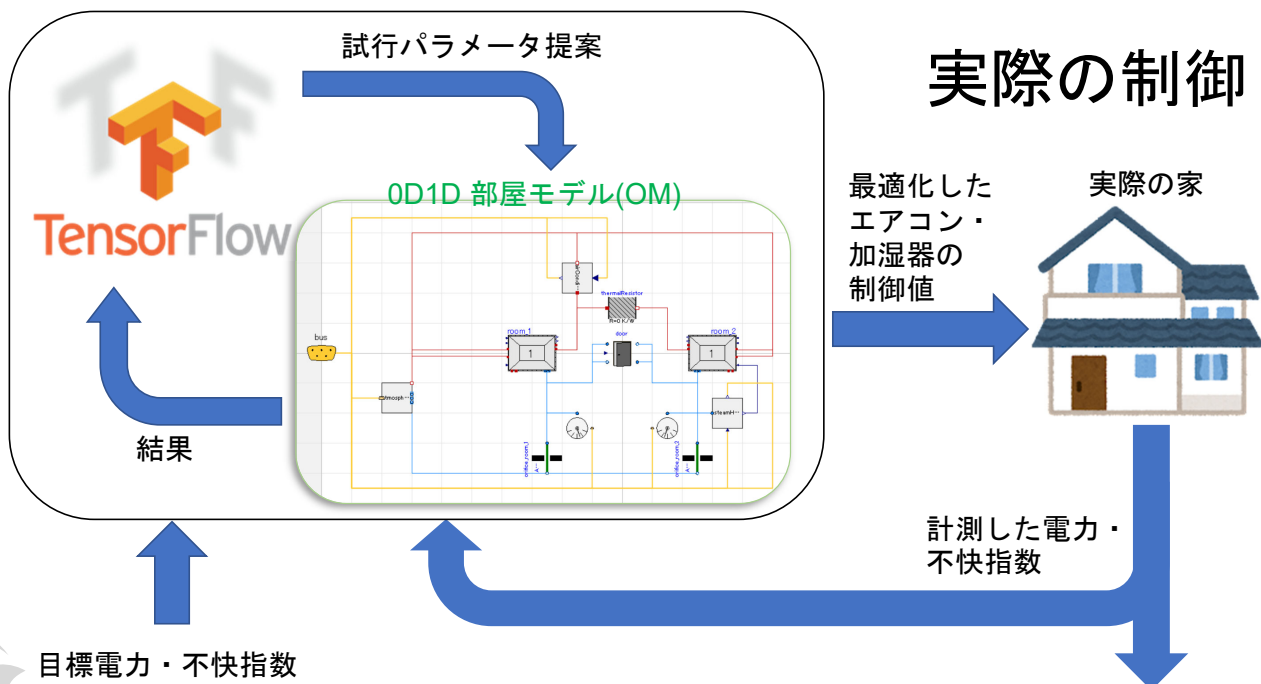
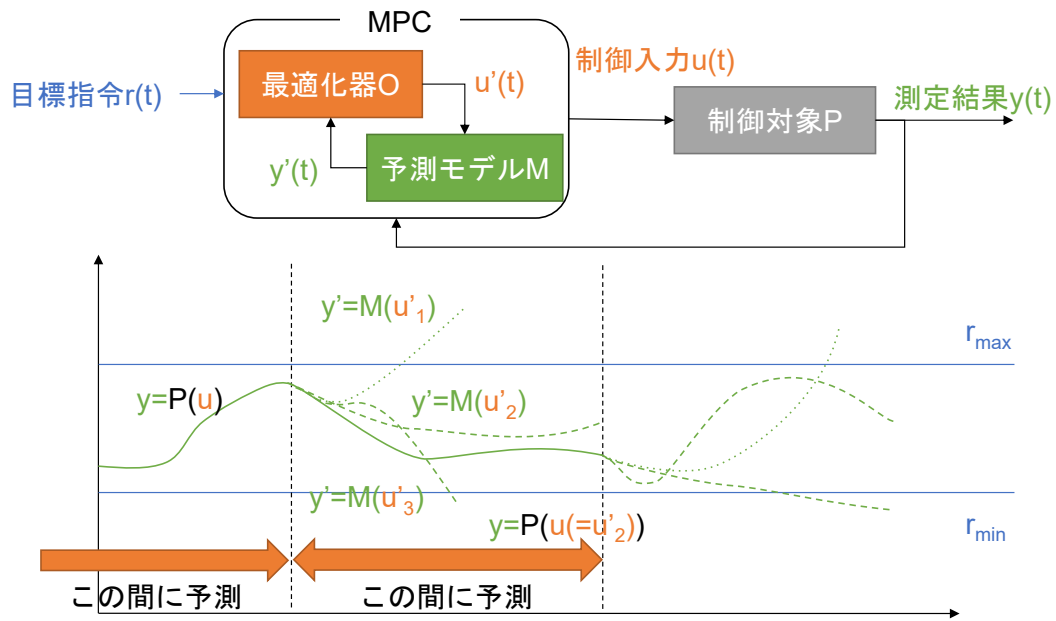
対象とするモデル

- 自作した無安定マルチバイブレータ（発信）回路モデルを対象とする
- $R_{gw}=R2=R3[\Omega]$, $C=C1=C2[F]$ のとき、
$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{\ln(2) \cdot 2RC} \approx \frac{0.721}{RC}$$
のパルスを発信する
- $R1, R4$ は発振周期にはほぼかわらないが、発振パルスの波形に影響する
- この R_{gw}, R_p, C を探索パラメータとし、 $R4$ にかかる電位差 $V(t)$ から計算した評価パラメータを使って最適化を行った
- 評価パラメータには、周波数と理想的なパルス波形との残差二乗平均を使用した



Copyright ©2022 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

モデル予測制御(MPC)について



事例3: 品質工学ツールJIANTとの連携

品質工学とは

- ロバスト（使用環境や劣化ノイズに対して頑健=高品質）な製品開発を目的とした技術的方法論
- 最適な条件を効率よく求める計測技術に近い汎用的な手法のため、様々な分野・作業工程に適用が可能

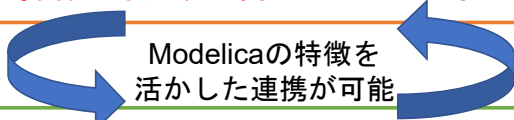
適用すると得られるメリット

1. 使用環境に左右されない安定した（ロバストな）製品開発が可能
使用環境や劣化ノイズに対する度合いをパラメータ毎に可視化した「要因効果図」を用いて判断できる
2. 総合的なコスト削減が見込める
ロバストな製品の場合、試験や運用で発覚する設計問題による手戻りの可能性が減ることから、総合的なコスト削減が見込める
3. 開発期間の短縮
直交表の利用により、必要なパラメータの組み合わせを残したまま間引くことができるため、より少ない試行回数で設計・開発を行うことができる

JIANTの特徴とOpenModelica連携の意義

JIANT : Jaxa Integrator for ANalysis Tools
JAXA開発のロバスト設計用ツール

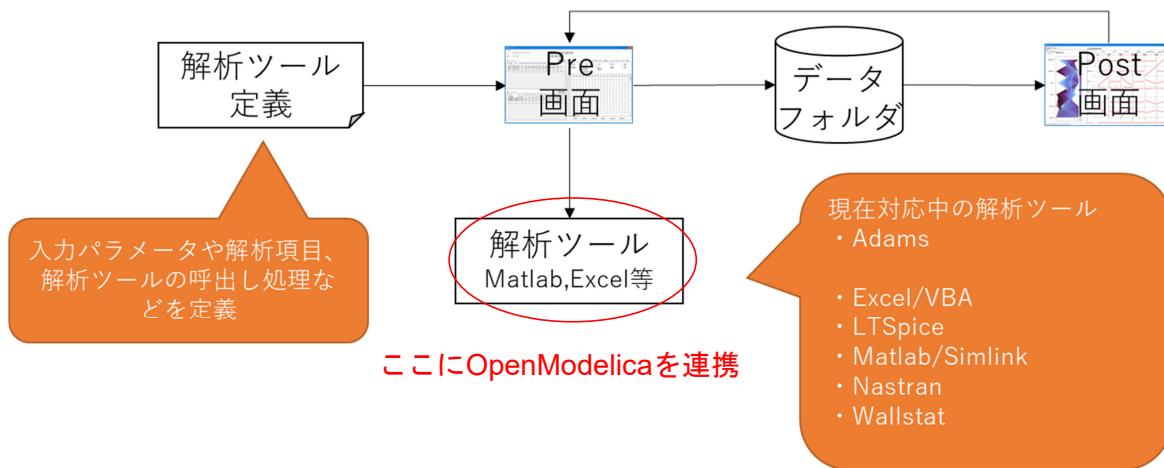
- 多水準の直交表をベースとすることで、**結果が非線形となるケースにも対応**
- 誤差因子も設計対象とすることで、製品だけでなく運用方法も検討可能
- 設計範囲を可視化し、妥協案を探るためのセットベース設計を導入することで、**部門（コンポーネント）毎の専門性・独立性が高いケースにも対応**



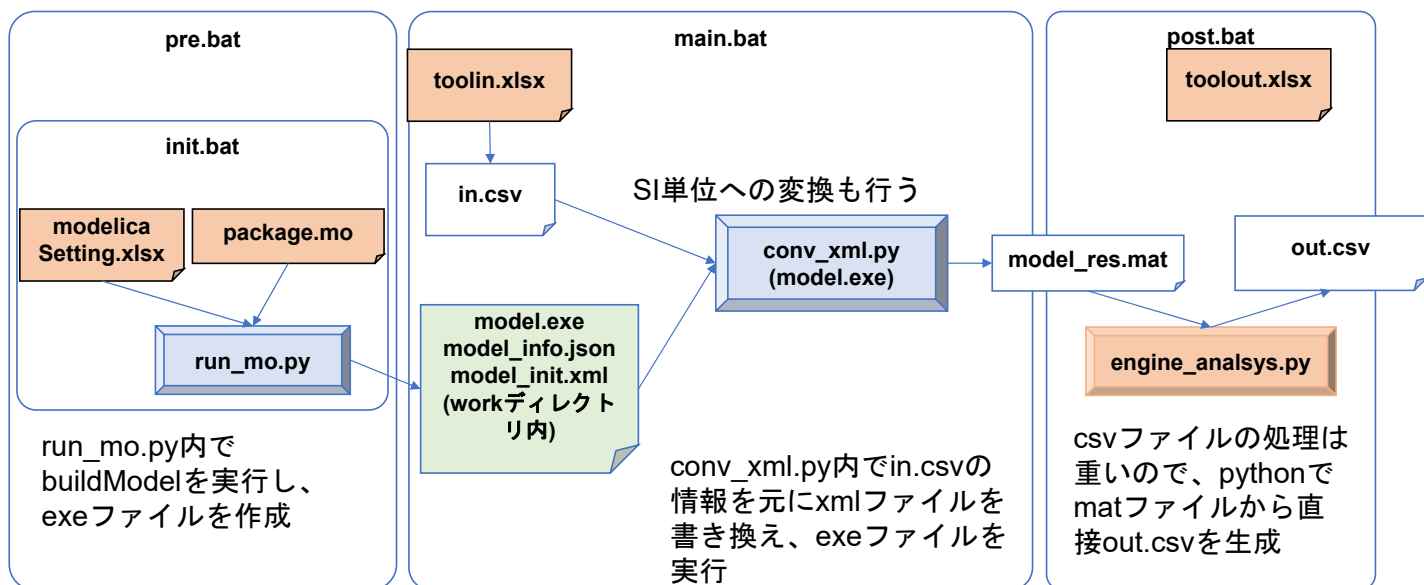
- 多数のモデルを非因果的に結合するようなシミュレーションを得意としているため、必然的に得られる**結果が非線形となるケース**が多く、多水準での評価が望ましい
- 電気回路、機械工学、流体、熱といった複数の系を組み合わせたモデルを作成可能なため、**コンポーネントごとの専門性・独立性が高いシミュレーション**を行える

Modelicaの特徴

連携の方法

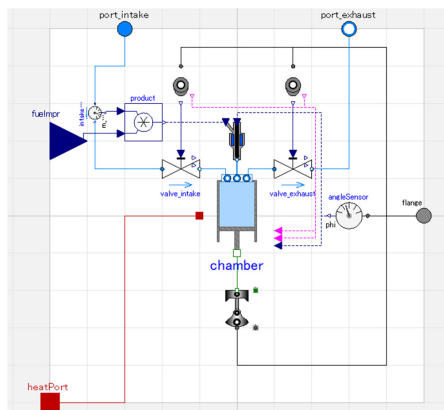
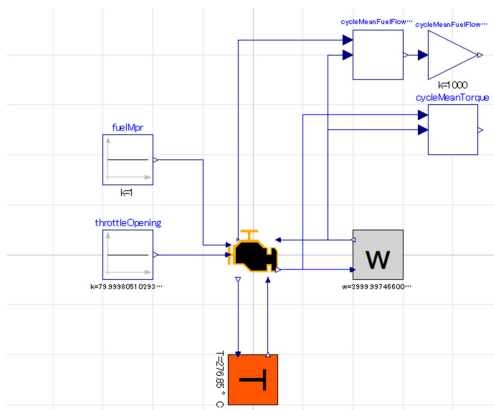


JiANT連携時のシーケンス



対象とするモデル

- JAMBE公開の4気筒エンジンのテストモデル
- OpenModelica 1.18.1で動作させるために修正あり



エンジンモデルのパラメータ一覧

製品パラメータ（寸法など）

表示名	キー名	単位	標準値
総排気量	engine.V_displacement	m3	0.002
圧縮比	engine.compressionRatio	-	12
吸気パイプ容積	engine.V_intakePipe	m3	0.001
吸気パイプ直径	engine.d_intakePipe	m	0.1
吸気スロットル径	engine.d_throttle	m	0.1
吸気マニホールド容積	engine.V_intakeManifold	m3	0.001
吸気バルブ直径	engine.d_valve_intake	m	0.03
排気バルブ直径	engine.d_valve_exhaust	m	0.035
排気マニホールド容積	engine.V_exhaustManifold	m3	0.002
排気パイプ直径	engine.d_exhaustPipe	m	0.04
コンロッド長	engine.l_connRod	m	0.138
クランクのオフセット長さ	engine.offset_crank	m	0
ボア径	engine.bore	m	0.086

運用パラメータ（タイミングやモデル定数）

表示名	キー名	単位	標準値
空燃比	engine.airByFuel	-	15
噴射開始角度	engine.injectionStart	deg	-70
噴射期間	engine.injectionPeriod	deg	1.8
Wiebe関数の係数	engine.m_wiebe	-	1
点火タイミング(BTDC)	engine.phi_combustion_begin	deg	0
燃焼終了タイミング	engine.phi_combustion_period	deg	60
排気バルブ最大開放タイミング(ATDC)	engine.exhaustValveCenter	deg	-125
吸気バルブ最大開放タイミング(ATDC)	engine.intakeValveCenter	deg	125
Woschniモデル係数C1(吸排気)	engine.c1_woschni_intakeExhaust	-	6.18
Woschniモデル係数C1(シリンダー)	engine.c1_woschni_compressionPower	-	2.28
Woschniモデル係数C2	engine.c2_woschni	-	0.00324
ウェイストゲートバルブ断面積	engine.Av_wastegate	m2	0.000003
Turbocharger rotor assembly inertia	engine.Inertia_tc	kg.m2	0.0001
Turbocharger initial speed	engine.w_tc_init	rad/s	15000
エンジンRPM	engine.Speed.w	rev/min	3000

実行画面とパラメータ水準設定

- 製品13パラメータ、運用8パラメータを3水準（RPMのみ2水準）で計算した
- 総当たりで約70億の組み合わせを、直行表を用いることで486の組み合わせに削減
- ケースごとの並列実行も可能なので、1ケース3分強の計算を5並列5.5時間で完了

The screenshot displays the software's parameter configuration and execution interface. On the left, there are two tables for parameter levels:

No	表示名	キー名	単位	水準1	水準2	水準3
1	総排気量	engine.V_displacement	cm3	1800	2000	2200
2	圧縮比	engine.compressionRatio	-	11	12	13
3	吸気パイプ容積	engine.V_intakePipe	cm3	900	1000	1100
4	吸気パイプ直径	engine.d_intakePipe	mm	90	100	110
5	吸気スロットル径	engine.d_throttle	mm	90	100	110
6	吸気マニホールド容積	engine.V_intakeManifold	cm3	900	1000	1100
7	吸気バルブ直径	engine.d_valve_intake	mm	27	30	33
8	排気バルブ直径	engine.d_valve_exhaust	mm	32	35	38

No	表示名	キー名	単位	水準1	水準2	水準3
1	空燃比	engine.airByFuel	-	14	15	16
2	噴射開始角度	engine.injectionStart	deg	-75	-70	-65
3	噴射期間	engine.injectionPeriod	deg	1.3	1.8	2.3
4	点火タイミング(BTDC)	engine.phi_combustion_begin	deg	-5	0	5
5	燃焼終了タイミング	engine.phi_combustion_period	deg	55	60	65
6	排気バルブ最大開放タイミング(ATDC)	engine.exhaustValveCenter	deg	-130	-125	-120
7	吸気バルブ最大開放タイミング(ATDC)	engine.intakeValveCenter	deg	120	125	130
8	エンジンRPM	engine.Speed.w	rev/min	3000	4000	

On the right, the execution control panel shows a grid of colored dots representing the 486 experimental runs. The legend at the bottom indicates the status of each run: 実験前 (grey), 実験対象 (cyan), 複製対象 (black), 実験中 (purple), 実験失敗 (red), and 実験成功 (blue). The status bar at the top right shows: 実験 実験: 成功:486/407/407(失敗:0/79/0)/486 経過時間: 05:24:18 平均速度: 00:00:00 終了:

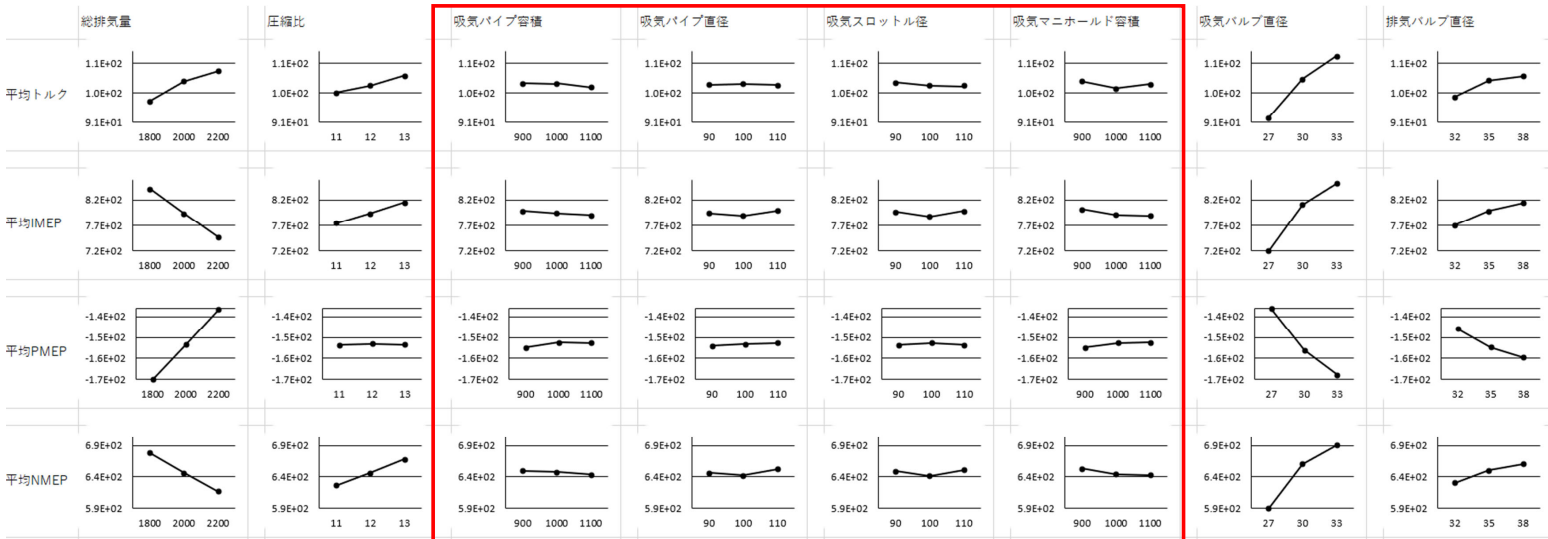
評価パラメータ

結果ファイルの時系列データをpythonスクリプトで読み込み、
 評価パラメータに下降してJIANTに読み込ませるcsvファイルを作成する

評価パラメータ	単位	説明
平均トルク	N.m	出力トルクの計測時間中の平均値
平均IMEP	kPa	4気筒すべての計測期間中の図示平均有効圧力
平均PMEP	kPa	4気筒すべての計測期間中のポンプ損失平均有効圧
平均NMEP	kPa	4気筒すべての計測期間中の正味図示平均有効圧力

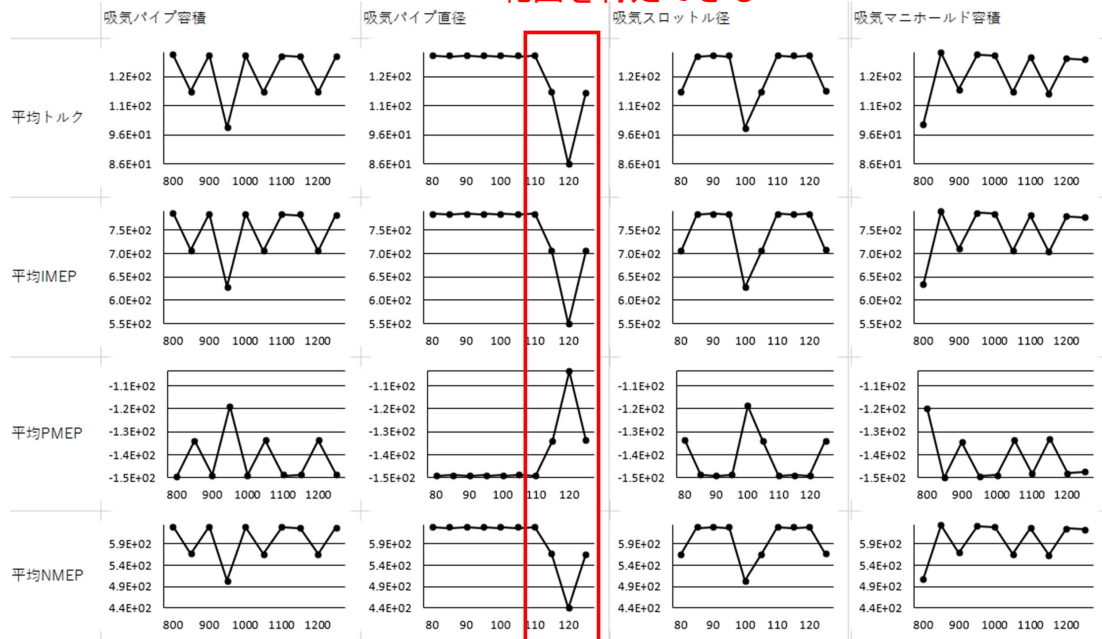
感度グラフの出力

製品パラメータの中で、感度の低いパラメータについてロバストな範囲をさらに検証する



多水準評価の実施

安全設計上問題のある
範囲を特定できる



まとめ

- OpenModelicaを外部ソフトから呼び出せるようにすることで、最適化や制御、ロバスト設計などの分野に活用できる
- pythonのベイズ最適化ライブラリとの連携により、条件を満たす最適なハイパーパラメータを探ることができた
- 機械学習を用いた予測制御において、実際の制御対象を模擬するシミュレータとして使用した
- 品質工学的手法で間引かれた条件でシミュレーションを実行し、その結果をツールに渡すことでロバスト設計にも活用できることを確認した

モデル流通によるすり合わせ強化を目指す「MBD推進センター」のご紹介

1980年代から始まった「自動車開発のデジタル化」は、2000年代の「3D-CADプロセス」、2010年代の「CAEプロセス」実現で大きな変革と成果をもたらした。この定着した「デジタル開発」はさらに進化し「性能設計・制御設計のデジタル化」を実現しようとしている。

実現のキーファクターは「企業間のモデル流通」である。3D-CADデータ流通の標準化以上に課題の多い「MBDモデル流通の基盤作り」が重要である。

アドバンスソフト株式会社
加藤 廣

CADとCAEの歴史的変遷

	CAD	CAE/MBD
1970年代	紙図面プロセス	車体構造解析の始り
1980年代	CAD/CAM一元化 「Cray to Die」→モデルレス	車体構造解析定着 10,000要素車体モデル
1990年代	データ衝 「DMU Digital Mock Up」→図面レス	衝突解析定着 100,000要素車体モデル
2000年代	超短縮プロセス 「デジタル試作」→試作レスへ	デジタル実験車 1,000,000要素車体モデル
2010年代	製品のデジタルツイン 3Dモデルマスター	空力・流体・燃焼解析定着 マルチフィジックス・モデル
2020年代	製造全般のデジタルツイン 工場・工程全体の3Dモデル化	MBDプロセス 制御と物理モデルの統合

DMUからデジタル試作車へ

■実物試作車と同様に

◇すべての構成部品を作りこむ

- ボルトナットまで

◇すべてのバリエーションを実装

- 数種のエンジン、数種のミッション、左ハンドル車、など

◇部品表システム(BOM)で手配

■デジタルの世界で試作車と同様に細部まで確認

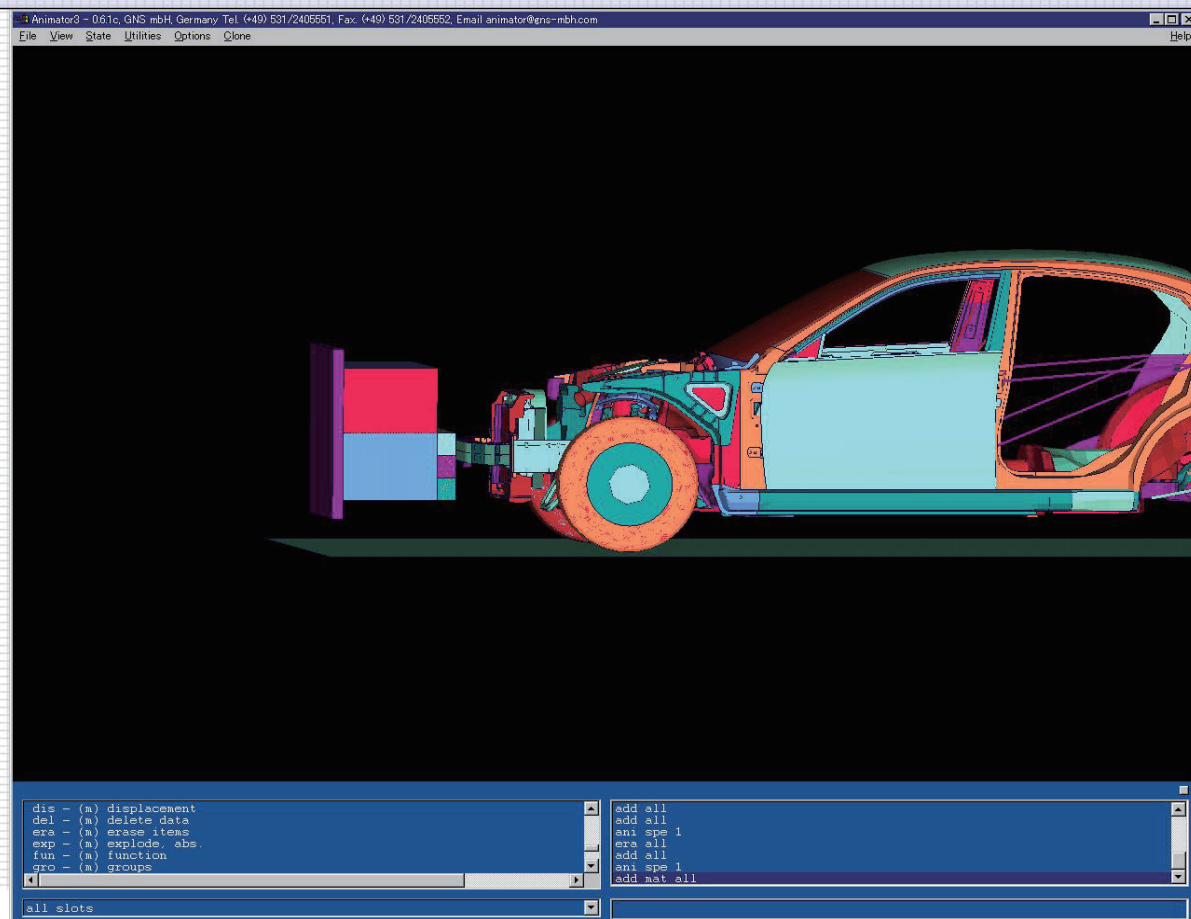
◇レイアウトの成立性

◇機能・性能の達成度合い

◇製造性・組立て性

自動車の衝突シミュレーション(フルラップ衝突)

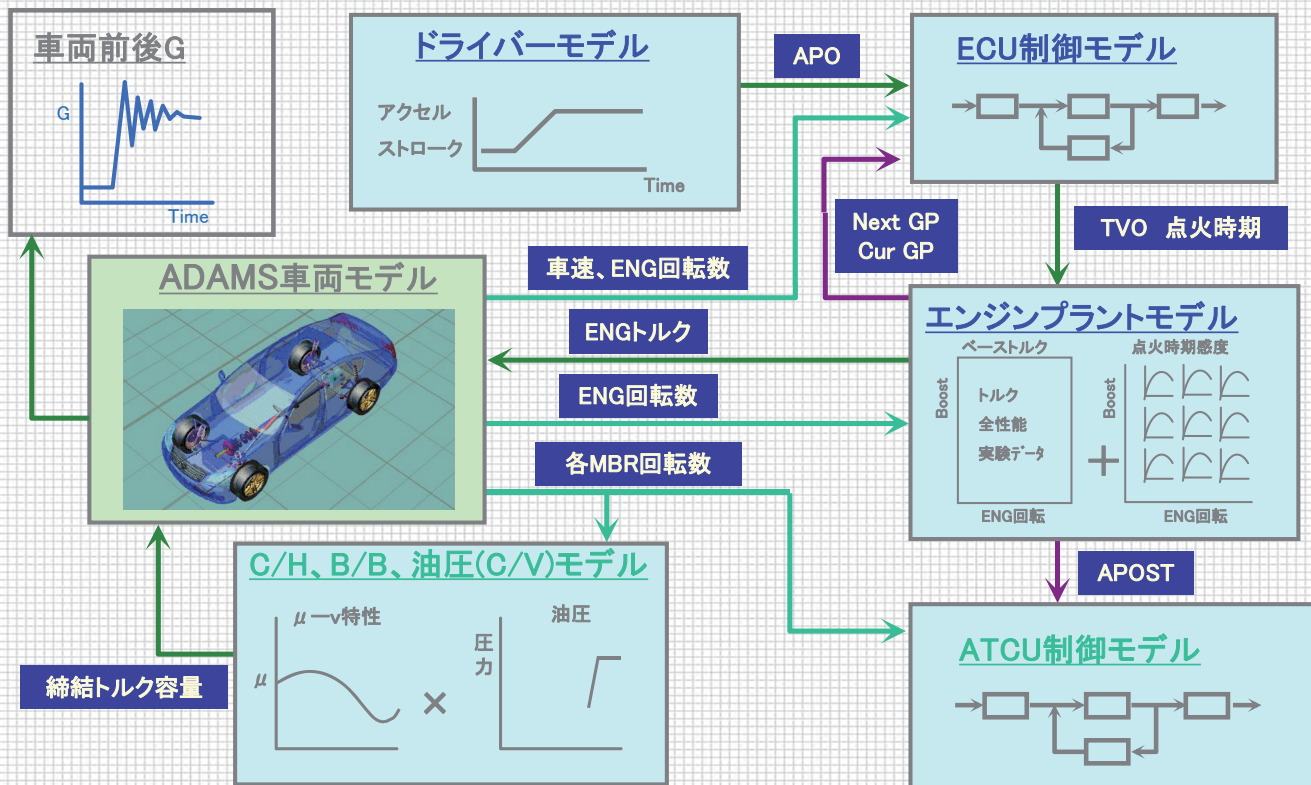
日産自動車(株)殿ご提供



NISSAN-FDV のシステム概要

特徴<その1>: ADAMS & MATLAB-制御系モデルとの連成解析

MATLAB/SIMULINK



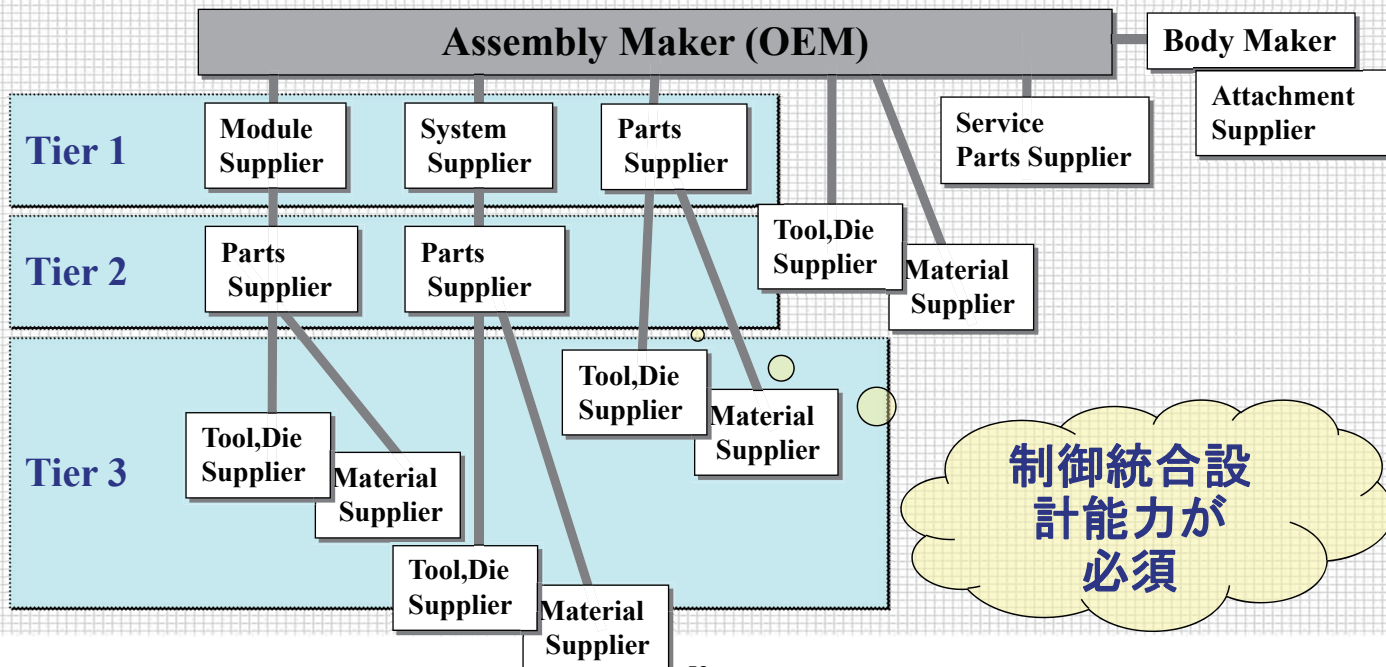
2022/11/30

7

「部品メーカー」から「システム・メーカー」「制御統合サプライヤ」への変化

■ ユニット、システムの性能設計はサプライヤーの責任

- Parts Supplier (Manufacturer)
- Parts Supplier (Design and Manufacturing)
- System Supplier (System Design and Manufacturing)
- Module Supplier (Design and Manufacturing for some portion of Vehicle)



「3D形状データ」流通から「モデル・データ」流通へ

- 1990-2010の間に、企業間をまたいだ「デジタルデータの流通」が不可欠となり、下記の活動が生まれた

■ ① CADデータ国際標準化活動「STEP」

- 異なったCADシステム間で3D-CADデータや図面データをやり取りできる「国際規格中間フォーマット」を設定するISOの標準化活動の一部(1980年代に始まり現在も続いている)

■ ② 自動車CALSプロジェクト

- 経産省主導で上記の「設計CADデータのSTEP」活動の他に「部品メーカーへの受発注のEDI」「整備マニュアルのSGML」等の標準化のテーマに加えて、「企業間デジタルモックアップ」や「CAD用データベースPDMシステムの検証」なども実施した
- (この成果は自工会に引き継がれ、実務展開に至っている)

■ システムの集約とデータ流通ルール作りで解決

- CADシステムがほぼ3つに集約され「標準フォーマット」と「個別変換システム」で対応
- 「データランク基準」の標準化などの運用面で対応

9

モデル・データ流通の課題、国・業界の動き

■ 車両モデルとコンポーネント(システム)モデル

- 車両挙動操縦性安定性シミュレーションモデルにおける主要コンポーネント
 - ◇ エンジン、トランスミッション、ブレーキ、ステアリング、駆動システム、タイヤ
 - ◇ 車両モデル:OEM、コンポーネントモデル:サプライヤ
- モデルをつなぐインターフェースを決めないとモデルの相互利用ができない
- モデル記述言語が異なっても交換できない

■ モデル交換はソフトウェアのやりとり

- CADモデルと異なりMBDモデルはプログラムそのものである
- 異なる言語のソフトウェア同士をどう結びつけるか?
- モジュール(ソフトウェア)を組合せるための入出力変数の一致や積分刻みなどの共通変数の一致も必要

■ 3Dモデルを変数で記述した0D/1Dモデルにリダクション

- モデルの粒度は目的により千差万別(車両モデルにとってT/Mは「変速比と変速効率」だが、T/Mモデルには構成要素に依存する無数の変数が有る)
- 上位モデルには詳細モデルでなく「リダクション・モデル」を組み込む

■ ノウハウを流出させないブラックボックス化

- モジュールを渡す時に「内部のモデルが分からないように」する必要がある

モデル・データ流通の課題、国・業界の動き

■ AICE(自動車用内燃機関技術研究組合)

- 次世代のICE(内燃機関)の燃焼技術研究などの技術研究に加え
- エンジンMBDモデル構築を課題の一つに上げている

■ TRAMI(自動車用動力伝達技術研究組合)

- 駆動・電動技術の産学連携の基礎研究による学のサイエンス進展・産学人材育成を通して日本の産業力の底上げと持続的な科学技術の発展に貢献する

■ SURIAWASE2.0(自動車産業におけるモデル利用のあり方に関する研究会)

- 2017/3月にフェーズ1の成果を公開
- 車両挙動操縦性安定性シミュレーションの基本モデルの定義とMatlab/Simulinkモデルの公開
- 今後、「NVHやEVモデルへの拡張」と「国際標準化への貢献」を検討

■ 自走する姿実現検討委員会→2021年JAMBE設立

- AICEやTRAMIの動きも踏まえて、SURIAWASE2.0の後の活動帯のグラウンド・デザインを検討中

11

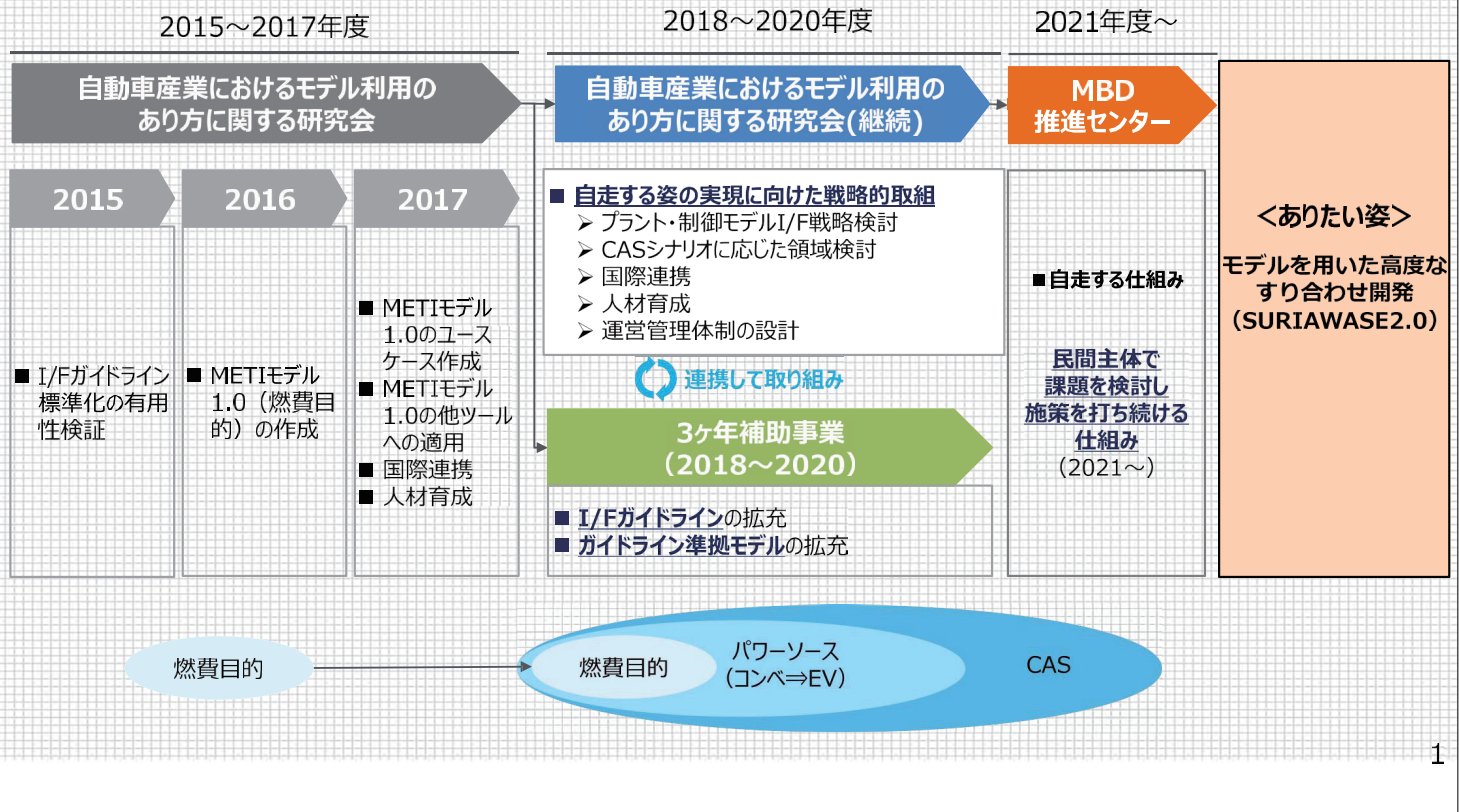


MBD推進センターのご紹介

2022年10月
MBD推進センター

設立経緯

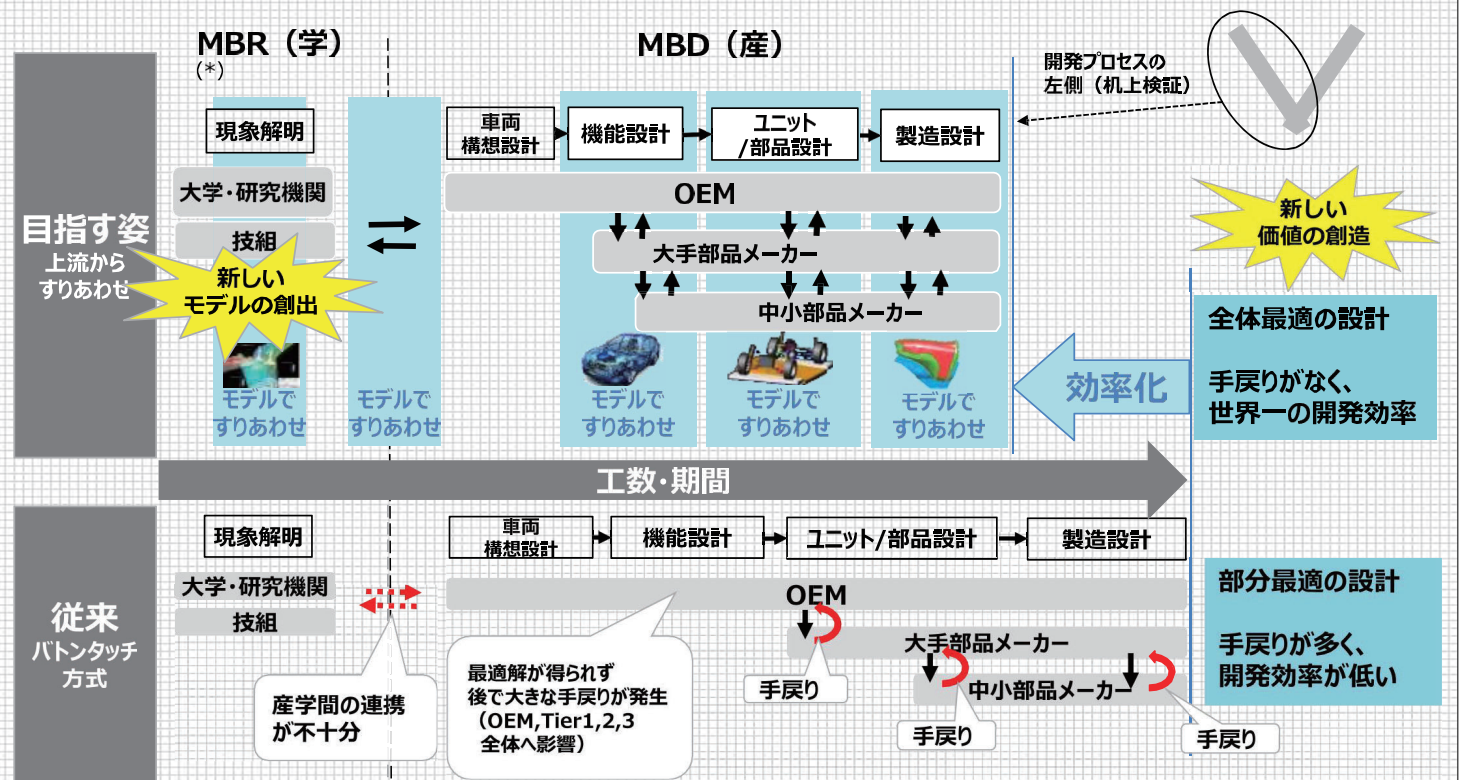
- 2015年より、経済産業省支援の下、「自動車産業におけるモデル利用のあり方に関する研究会」においてモデル流通のためのプラントモデルのI/F GL、準拠モデルの整備を行い、国際連携も進めてきた。
- 2018年度より、民間主体の自走する仕組みの検討を開始。2021年度MBD推進センターの設立に至った。



1

目指す姿 : SURIAWASE2.0が実現した状態

- 研究・開発・生産の業務プロセスを革新し、「世界一の開発効率」と「新しい価値の創造」を達成する。



(*) Model Based Research (モデルベースの考え方を研究領域に適用するアプローチ)

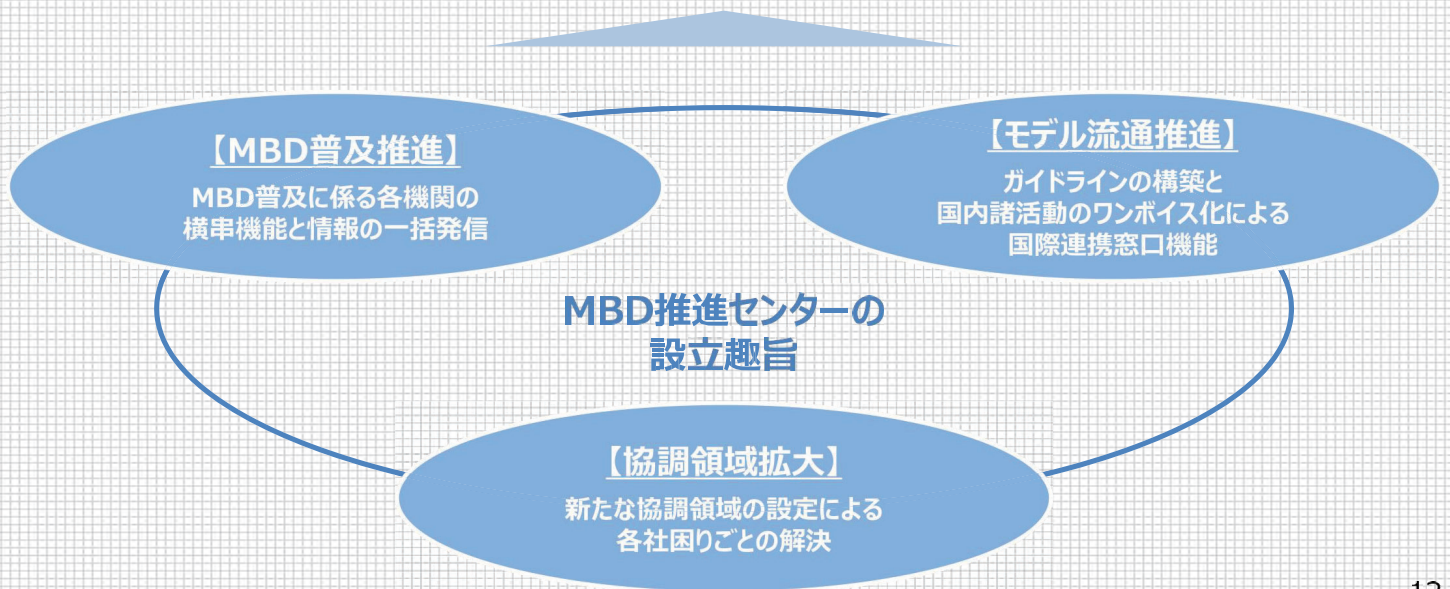
10

MBD推進センターの役割

- SURIAWASE2.0の実現を目指し、MBD普及推進、モデル流通推進、協調領域拡大に向けた取り組みを実施

SURIAWASE2.0構想

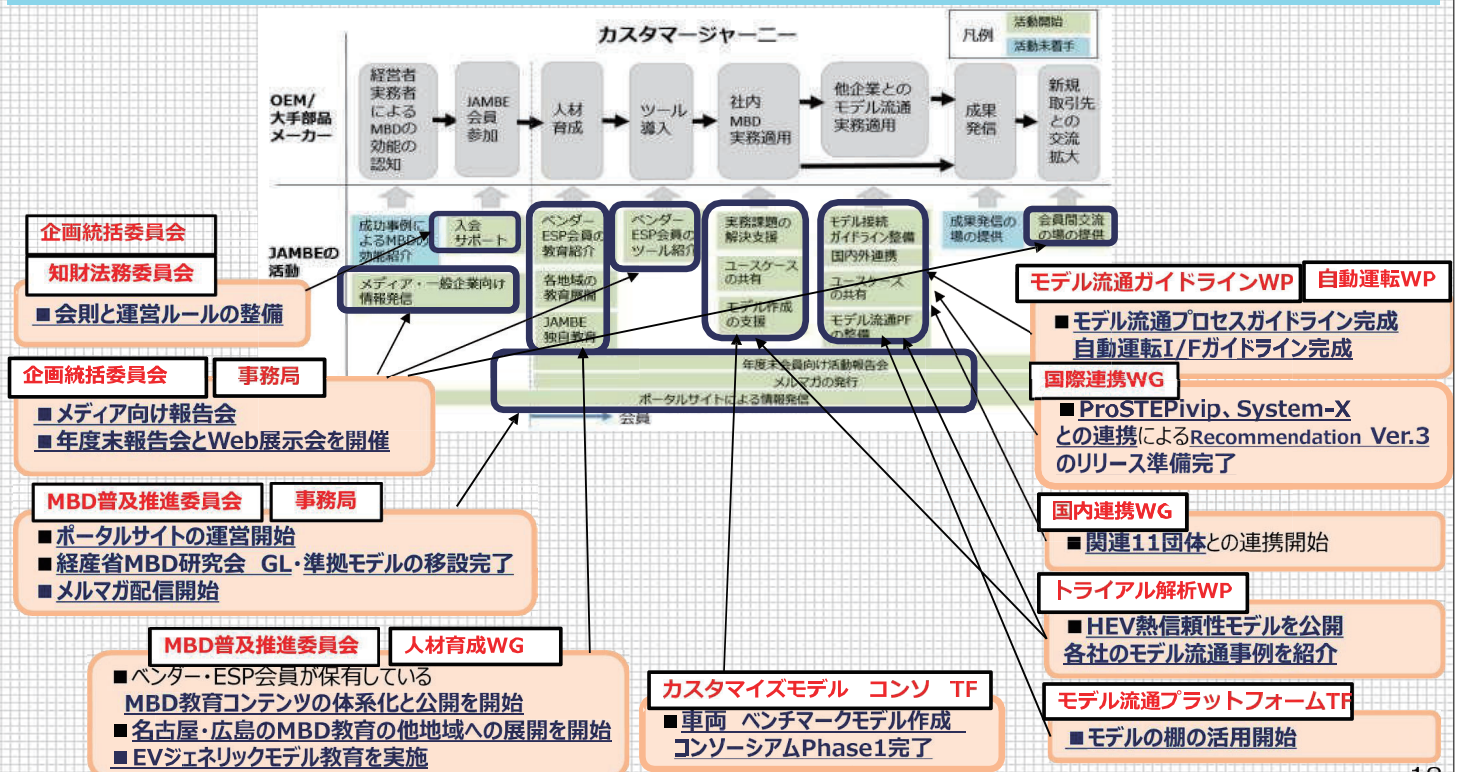
「車のものづくり革命」に先行するためには、自動車産業の徹底的な開発力の底上げが不可欠であり、**モデルによるバーチャルシミュレーションを駆使したすりあわせ力向上で、世界最先端の開発拠点を目指す**



12

2021年度 活動成果

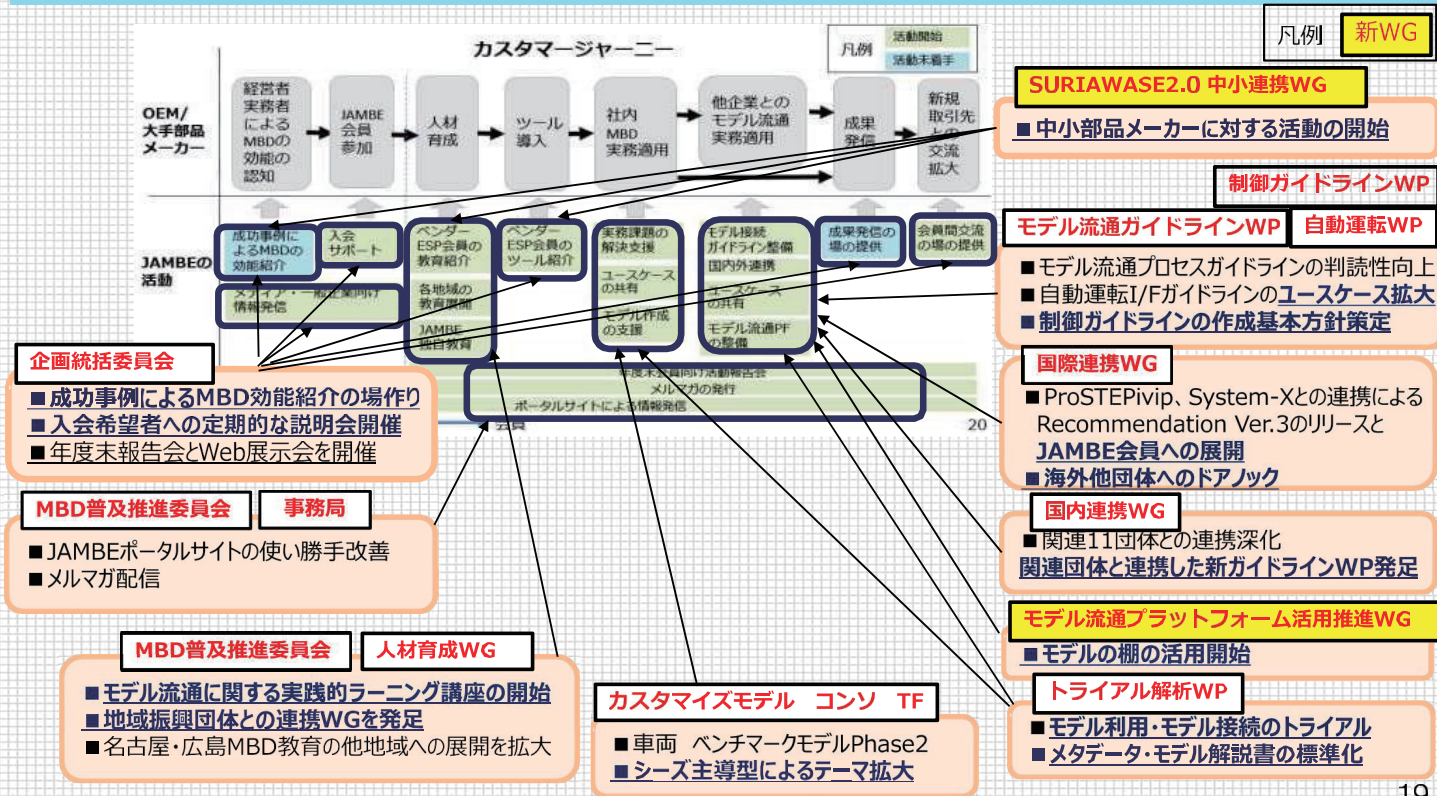
- 人材育成、MBD実務適用、モデル流通実務適用の領域を中心に活動を実施。
- ポータルサイト、メルマガ、年度末報告会・Web展示会など会員とのコミュニケーション環境の整備も行った。



18

2022年度 活動計画

● MBDの効能紹介、人材育成、MBD実務適用、モデル流通実務適用を中心に活動を充実する。



19

会員企業・団体 (2022年8月31日時点)

- 計109の企業・団体に会員として参加頂いている (契約締結手続き中を含む)。
- 自動車: OEM 10社、大手部品メーカー 28社、中小部品メーカー 0社
- ツールベンダー 46社、エンジニアリングサービスプロバイダ (ESP) 17社、商社 2社、人材派遣その他 2社
- 大学・研究機関 2団体、モデル流通連携団体 1団体、MBD普及連携団体 1団体

運営会員 (10社)	パートナー会員 (49社)	一般会員 (15社)
株式会社アイシン ジヤコ株式会社 株式会社SUBARU 株式会社デンソー トヨタ自動車株式会社 日産自動車株式会社 パナソニックオートモーティブシステムズ株式会社 本田技研工業株式会社 マツダ株式会社 三菱電機株式会社	株式会社IDAJ IPG Automotive株式会社 アドバンスソフト株式会社 アルプスアルパイン株式会社 アンソニー・ジャパン株式会社 EThermo株式会社 伊藤忠テクノソリューションズ株式会社 インテグレーションテクノロジー株式会社 ウーブン・プラネット・ホールディングス エイヴィエルジャパン株式会社 株式会社エクスモーション SCSK株式会社 NSW株式会社 エフ・イー・ヴィー・ジャパン株式会社 株式会社MCOR 株式会社OTSL 株式会社小野測器 ガイオ・テクノロジー株式会社 サイバネットシステム株式会社 シーメンス株式会社 株式会社JSOL 株式会社 図研 図研モデリックス株式会社 タタ・エレクシー・リミテッド ダッソー・システムズ株式会社	愛三工業株式会社 iASYS Technology Solutions株式会社 Crystal株式会社 KYB株式会社 株式会社鷺宮製作所 住友ゴム工業株式会社 株式会社東海理化電機製作所 豊田合成株式会社 株式会社豊田自動織機 株式会社パートナー 株式会社日立ソリューションズ 日野自動車株式会社 株式会社ヒロテック 株式会社フコク 株式会社明電舎
正会員 (15社) AZAPA株式会社 株式会社イー・アンド・ディ 株式会社NTTデータエンジニアリングシステムズ コンチネンタル・オートモーティブ株式会社 スズキ株式会社 ダイハツ工業株式会社 東芝デジタルソリューションズ株式会社 日本マイクロソフト株式会社 株式会社ネクスティ エレクトロニクス PwCコンサルティング合同会社 日立Astemo株式会社 華為技術日本株式会社 三菱自動車工業株式会社 矢崎総業株式会社 他1社	株式会社中央図研 dSPACE Japan 株式会社 株式会社テクノスター デジタルアーツ株式会社 デジタルソリューション株式会社 デジタルプロセス株式会社 株式会社電通国際情報サービス 東芝情報システム株式会社 東芝デバイス&ストレージ株式会社 トヨタテクニカルデベロップメント株式会社 日本NI 日本ケイデンス・デザイン・システムズ社 ニュートワークス株式会社 パーソルエクセルHRパートナーズ株式会社 パーソルテクノロジースタッフ株式会社 萩原エレクロニクス株式会社 PTOジャパン株式会社 株式会社日立産業制御ソリューションズ 富士通株式会社 プログレス・テクノロジー株式会社 株式会社マックスシステムズ 株式会社両毛システムズ 株式会社アルゴグラフィックス ネオリウム・テクノロジー株式会社	準会員 (16社) アクセンチュア株式会社 キャノンITソリューションズ株式会社 クオタシステムズ株式会社 株式会社構造計画研究所 サティアムベンチャーエンジニアリングサービス ジョイン・セフティ・システムズ・ジャパン株式会社 住友電装株式会社 株式会社ティアイスクエア 株式会社東京アルアンドデー 日本発条株式会社 株式会社ユタカ技研 ユニプレス株式会社 他4社
	アカデミア会員 (2団体) 国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構 広島工業大学 モデル流通連携団体 (1団体) 1団体 MBD普及連携団体 (1団体) 大分県自動車関連企業会	

※2022年8月31日時点で入会申込・契約締結済みの企業・団体名を記載しています 20

各委員会の活動

企画統括委員会 2021年度 活動成果

- センターの組織としての運営基盤の整備を完了。
- 会員向けに活動報告会開催とメルマガ発行を行うと共に、対外的な広報活動も行った。

運営基盤の整備

- ステアリングコミッティの企画・運営
- 基本理念・ビジョン・役割の定義
- 会則・共同研究契約書の整備
- 運営ルールの整備
 - 入退会ルール
 - 成果物の取り扱いルール
 - 予算管理ルール
- 会員メリット（嬉しさ）の定義

タスクフォース

- モデル流通プラットフォーム TF
- カスタマイズモデル コンソーシアム TF

広報活動

- ロゴの作成
- プレスリリース
- メディア向け説明会の企画・運営
- 取材対応



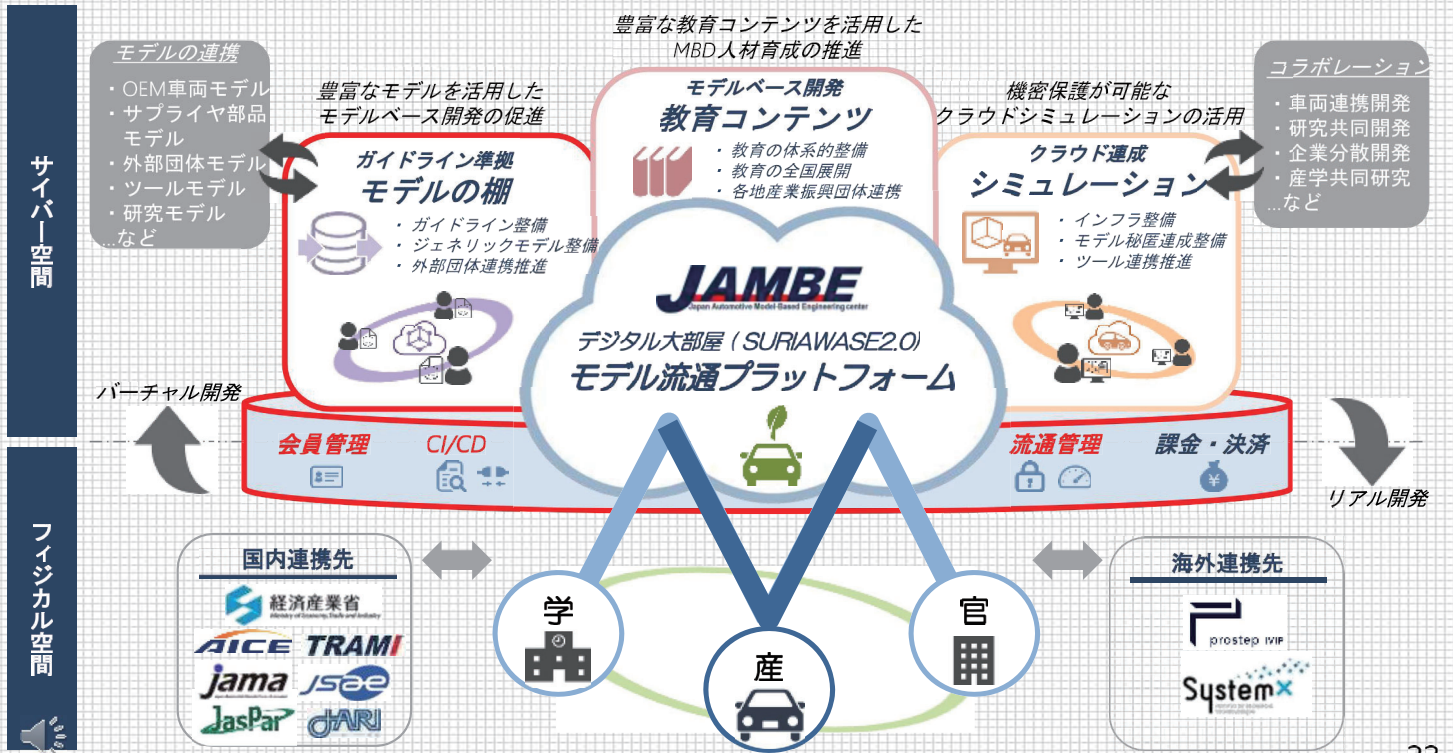
会員サポート

- 年度末活動報告会・Web展示会の企画・運営
- メルマガの企画・発行



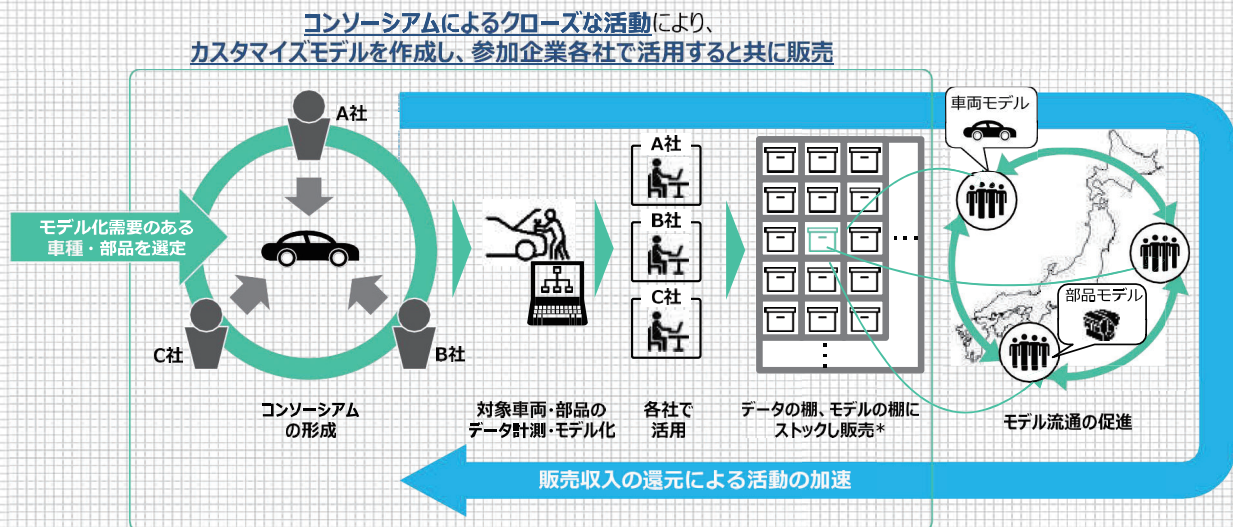
モデル流通プラットフォーム タスクフォース

- 2021年度の成果：モデルの棚の導入を完了。
- 2022年度の計画：「モデル流通プラットフォーム活用推進WG」へ移行し、モデルの棚の活用促進を図る。



カスタマイズモデル コンソーシアム タスクフォース

- 共通のニーズを持ったOEM/サプライヤが集まり、共同でデータ測定・モデル化をベンダー/ESPへ委託する。
- 完成したモデルを棚にストックし販売することで世の中への流通を促進する。



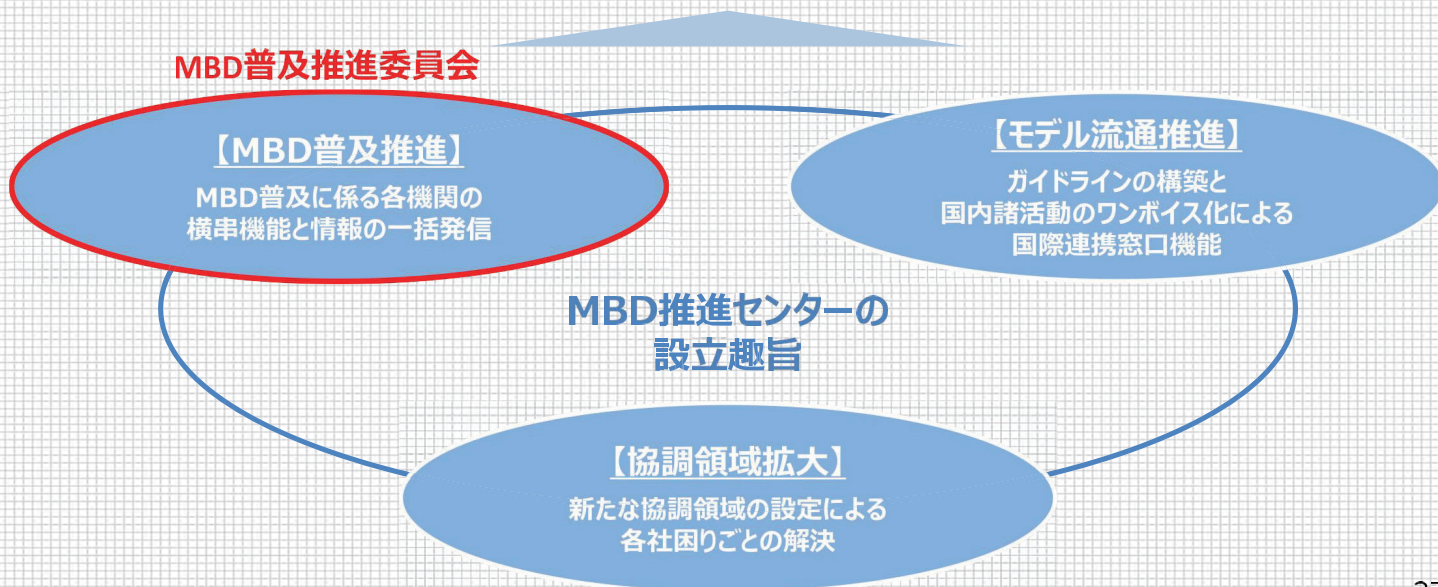
■ここでいうコンソーシアムは JAMBE自身のような、合意文書により形成された組織体ではなく複数企業が集まってコンソーシアム形式で一緒に検討を行い、同じベンダー・ESP様にデータ測定とモデル化を委託するマルチクライアント式の共同委託事業を指している。

MBD普及推進委員会

- SURIAWASE2.0実現に向け、各プレイヤーへのMBD普及を推進するための施策を立案し実行する。

SURIAWASE2.0構想

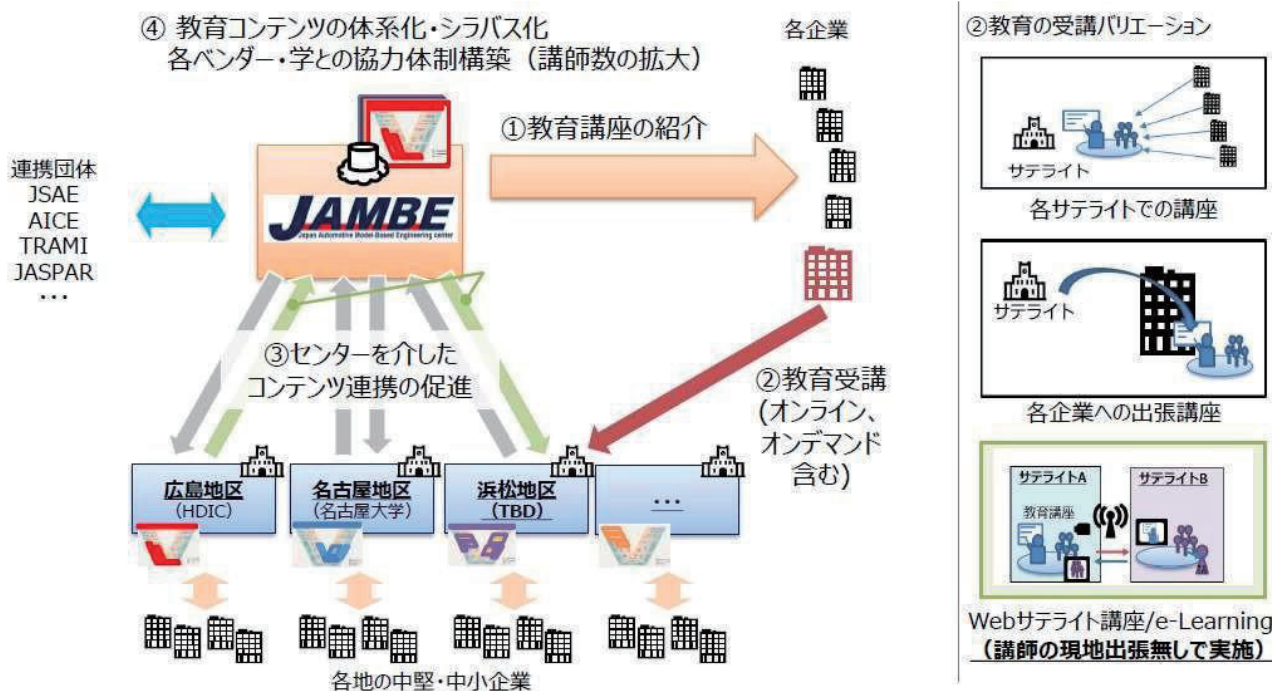
「車のものづくり革命」に先行するためには、自動車産業の徹底的な開発力の底上げが不可欠であり、**モデルによるバーチャルシミュレーションを駆使したすりあわせ力向上で、世界最先端の開発拠点を目指す**



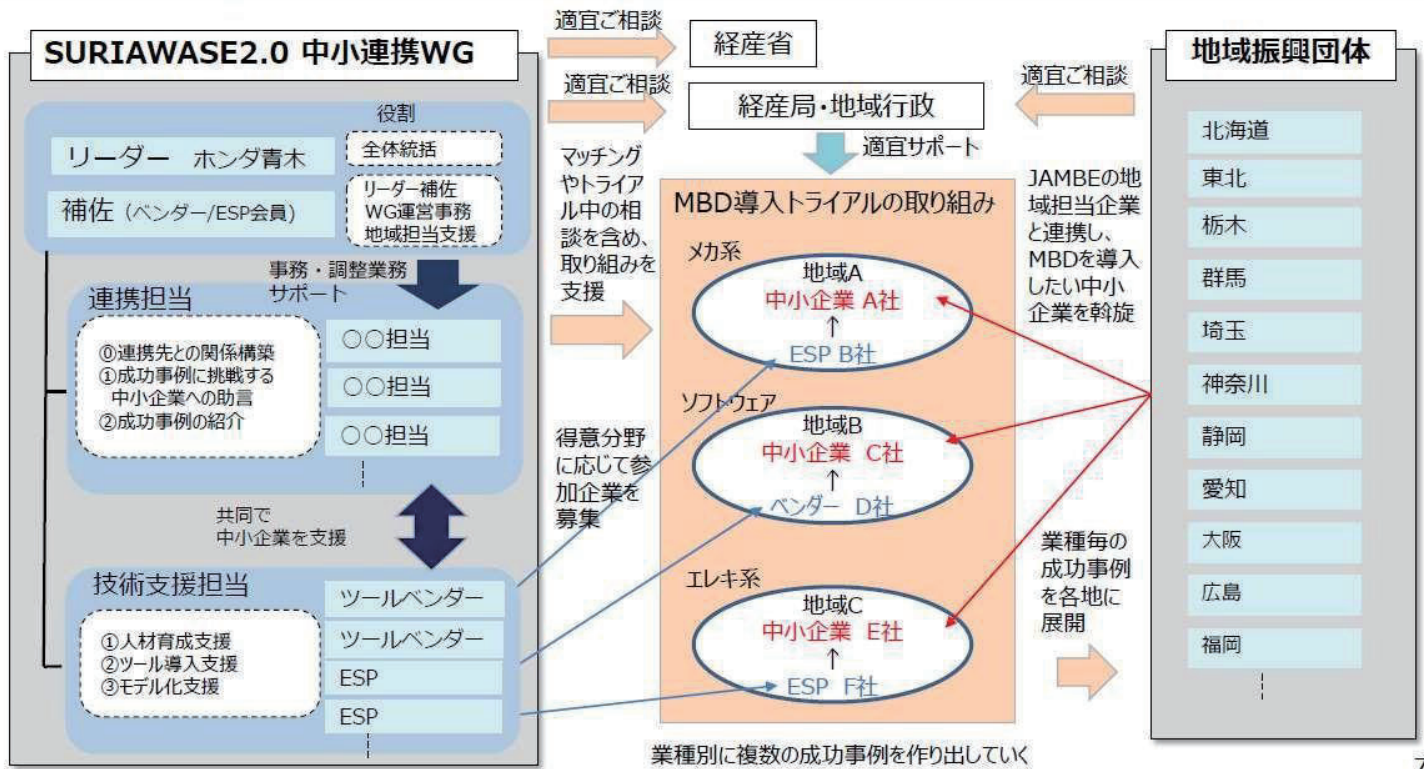
27

【A 教育の全国展開】 地域間における教育コンテンツの展開 **JAMBE** Japan Automotive Model-Based Engineering center

- 各地のMBDに関する教育講座について、オンラインを最大限に活用し、他地域からの受講を推進
⇒ 21年度は人材育成WG参加の各企業から16社22名が広島、名古屋の講座をリモート受講
⇒ 好評につき、22年度は受講枠を拡大して実施中



- MBDの導入にチャレンジする中小企業を発掘し、支援するために中小連携WGを設置。
- 各地振興団体と連携し、JAMBE会員企業による技術的支援を進め、業種別の成功事例を創出する。

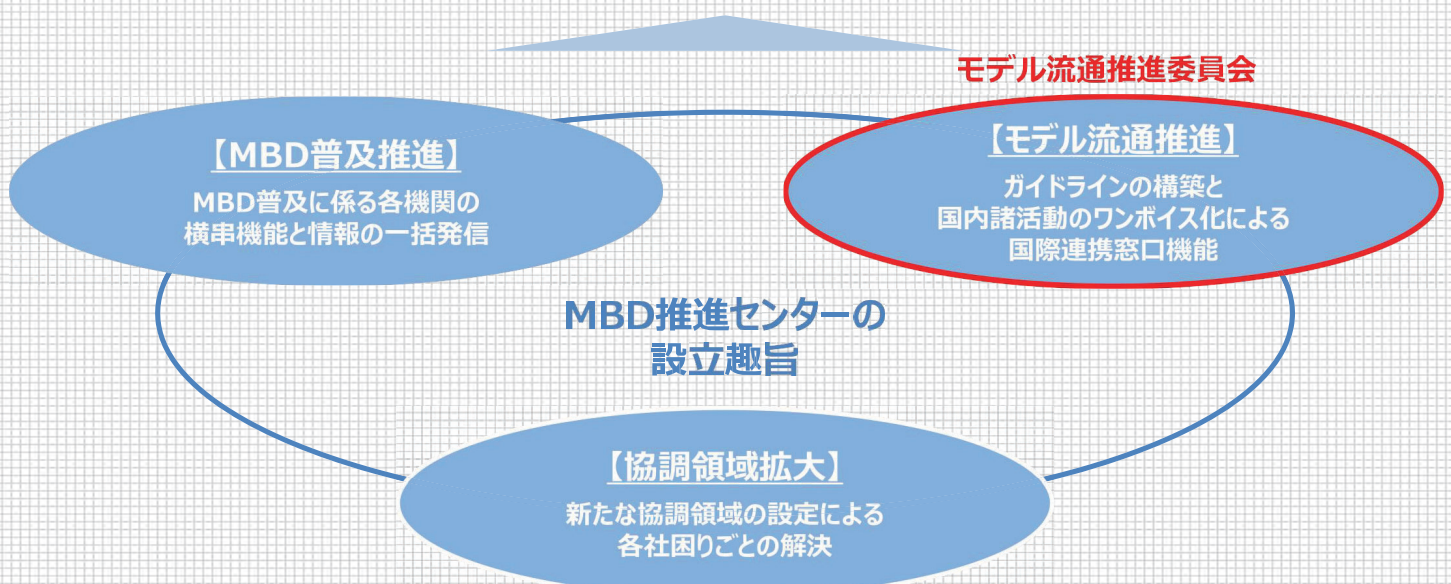


モデル流通推進委員会

- SURIAWASE2.0実現に向け、プレイヤー間のモデル流通を推進する施策を立案し実行する。

SURIAWASE2.0構想

「車のものづくり革命」に先行するためには、自動車産業の徹底的な開発力の底上げが不可欠であり、**モデルによるバーチャルシミュレーションを駆使したすりあわせ力向上で、世界最先端の開発拠点を目指す**



国際連携WG

(活動の目的) 欧州でモデル流通を推進する代表的団体であるEU ProSTEPivip / SystemXとWin-Winの関係で協力し、JAMBE活動成果を彼らの公式文書で公開し将来のグローバル標準への下地を造る

- | | |
|--|---|
| 21年度目標 <ul style="list-style-type: none"> • METI時代のMOUをJAMBEに適合させ更新 • ProSTEPivip “SmartSE Recommendation Ver3” 発行準備完了 • ドイツ/日本双方でのイベントで相互講演 | 22年度目標 <ul style="list-style-type: none"> • “SmartSE Recommendation Ver3”のJAMBE内での理解促進 • ドイツ/日本双方でのイベントでの相互講演の継続 • ProSTEPivip/SystemX 以外の欧州やUSAの連携団体調査 |
|--|---|

FY2021 活動成果

JAMBE会員向け情報

SmartSE Recommendation Ver3




- Ver3発行準備完了 (発行は6月予定)
- JAMBE発行予定の「プロセスガイドラインVer1.0」がクロスレファレンスの形で参照されることで打ち込み完了

相互講演

- PSIシンポジウム (5月10日) 100名超のオンライン参加
- JSAE春季フォーラム (7月5日) 310名のオンライン参加 Prostepを招待し相互講演実施

MEI model WG promotes the development through Model Exchange among OEM and suppliers.
(METI, Japanese Ministry of Economy, Trade and Industry)

PSIAE フォーラム「モデル交換システム開発を促進する」
自動車産業の成長に向けて「自動車向けモデル交換の推進」
2021.7.5

 <small>Yasuhiko Nishimura Director, Model Development PSIAE, JSAE PSIAE and JSAE PSIAE and JSAE PSIAE and JSAE</small>	 <small>Masahiro Kishikawa AGM, JSAE AGM, JSAE AGM, JSAE AGM, JSAE</small>	 <small>Kazuo Takasugi PSIAE Model Development PSIAE Model Development PSIAE Model Development</small>
---	--	--

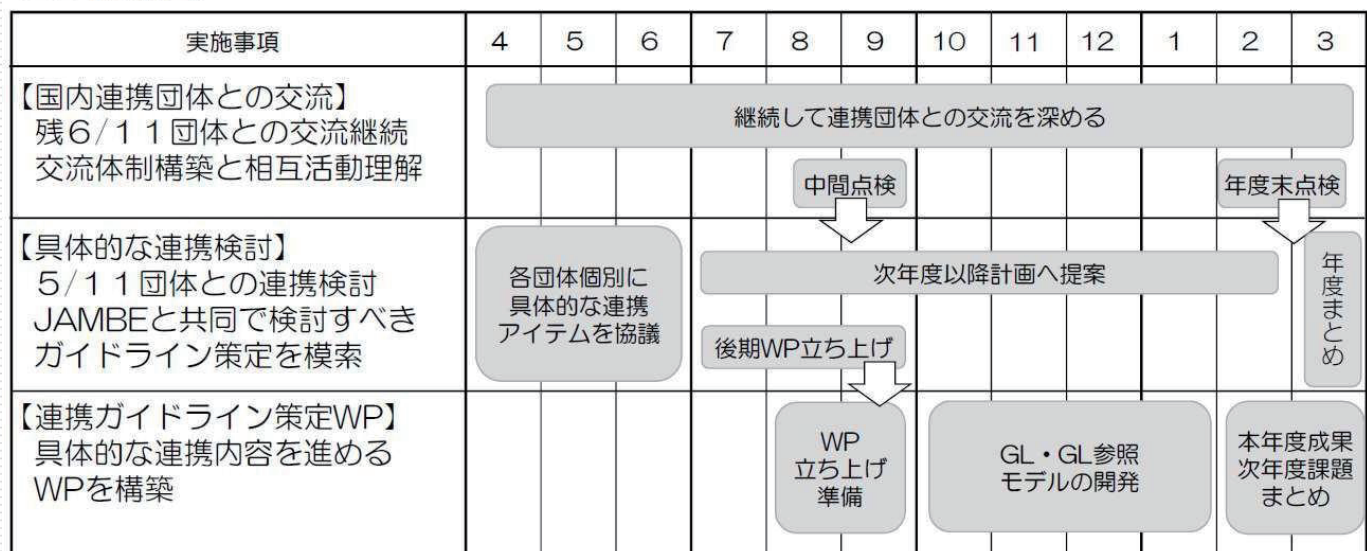
FY2022 活動内容

タスク	Q1			Q2			Q3			Q4		
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3
1. 協業の覚書締結 (新MOU)	★締結 & 発行											
2. 相互交流イベント (国際会議やWS)	PSI Sympo/WS 6月8-9日 Hitomi & Achiwa will join			JASE Forum 7月11日 14:00-17:30 PSI/SX Japan?								
3. 協業活動成果の公開 & 普及 (Recommendation Ver3)	★発行			★発行			★発行			★発行		
4. 新領域のGL ・プロセス (制御・自動運転) ・プラント (電機系・光2) ・データ (SMVD)	★打ち込み対象GL ロードマップ案											
5. EU/USA 他団体連携可能性検討	調査			報告 & 対応検討			報告 & 対応検討			ドアノック開始		
想定成果	□5月：新MOU締結			□6月：PSIシンポWS参加			□7月：JSAEフォーラム相互講演			□9月：Ver3翻訳、勉強会準備完		
	□9月：他団体との連携可能性検討			□10月：Ver3勉強会 (1回目)			□11月：Ver3勉強会 (2回目)			□12月：PSIシンポジウム JSAE春季大会WS ⇒ 申し込み		

国内連携WG 22年度の取組み

<22年度目標>
 関連団体と連携したガイドライン策定WPを発足し、今後の連携活発化の足掛かりとしたい

<22年度計画>



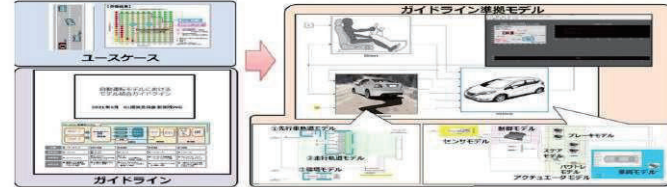
自動運転WP

(活動の目的) 自動運転の安全論証領域を代表事例としてGL構築の足掛かりを作り、順次拡充させていく

21年度 目標 MBD研究会で作成した自動運転GLのドラフト版をベースにWP活動を通じて、JAMBEで正式版として発行する

FY2021 活動成果

JAMAで検討している安全論証のユースケースを事例にGL・準拠モデルを作成



ドラフト版に対し144件の修正指摘があり、WPで議論し修正⇒正式版を発行

【検討内容】 ドラフトのガイドラインに対し144件の修正指摘あり



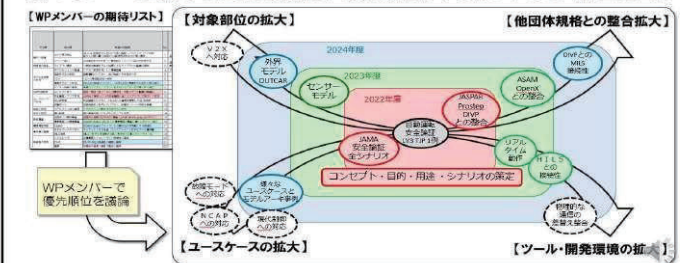
【成果物】
 ガイドライン
 自動運転モデルにおけるモデル結合ガイドライン
 参照モデル
 モデル解説書

【今後の活動】
 ・新事例の追加検討の継続が必須である
 ・シナリオ詳細の全体像を把握する
 ・各事例のシナリオを個別に検討する
 ・各事例のシナリオを個別に検討する
 ・各事例のシナリオを個別に検討する

22年度 目標 安全論証のシナリオ充実、関連団体規格の整合を確保したGL・GL準拠モデルを策定

FY2022 活動内容

WPメンバーで期待する活動を議論し、優先順位付けを行い、3カ年計画を立案



3チームに分割、ベンダー・ESPにサブリーダーを務めていただき活動を活性化

実施事項	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3
【コンセプトチーム】 目的・用途・適用シナリオ ツール等のコンセプト固め												
【団体規格チーム】 関連団体規格との 整合を確保												
【検証シナリオチーム】 JAMBEの安全論証で定義 されている全シナリオへの 対応へ拡充												

制御ガイドラインWP

(活動の目的) 制御モデルのニーズ拡大に対応するため、制御モデルの書き方(作法)をガイドラインとして定義する

21年度 目標 JAMBEの中で利用していく制御モデルとは何かを議論する(制御モデルの定義、要件など)

FY2021活動成果

【背景】
 ・プラントモデルの詳細化に伴い、制御モデルが必要なケース多
 ・電動化・自動運転/ADAS領域で先行的に制御モデルをトライ
 そもそも車両全体レベルの抽象度の制御モデルのガイドラインが必要

【ユースケース事例研究】
 過去の取り組みで作成されたモデルを具体例として、制御モデルの考え方について勉強会形式で実施

- GL構築委員会 3カ年事業 (METI) 事業概要とジェネリックモデルの紹介
- 事例1: HEVモデル
- 事例2: AD/ADASモデル

WP内で「制御モデル」に対する一定のイメージを共有

22年度 目標 ガイドライン作成基本方針決定に向けた、WP活動の具体的な方向付けと事例調査

FY2022活動計画

【方針】
 ユースケース、他団体成果物を事前調査を通して、WP活動での制御モデル・ガイドラインのスコープを定義

	2022年度			
	Q1	Q2	Q3	Q4
他団体の考え方調査	国内団体 WPメンバーで調査		調査結果まとめ	アウトプット(案) 1.制御モデル定義
ユースケースの調査	WPメンバーで事例を持ち寄って調査		まとめ	2.ガイドライン作成方針
WP活動の方向付け	計画	各活動の状況に応じ計画見直し (PDCA)	次年度以降に向けた方向性の議論	次年度計画

モデル流通ガイドラインWP

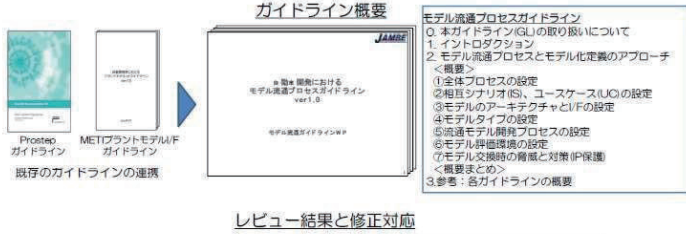
(活動の目的) 海外・国内の流通ガイドラインの融和と普及

21年度 目標
 ・モデル流通プロセスガイドラインの議論と初版の発行
 ・ガイドラインのステップアップ議論と2022年度活動計画の策定

FY2021 活動成果

モデル流通プロセスガイドラインの初版を発行

モデル流通プロセスガイドラインのドラフト版に対し委員会レビューを受けた結果(237件の提案や指摘)に対し修正要項目(109件)に修正対応した後、正式版として発行



22年度 目標
 ・ガイドラインをわかり易くするための議論と改訂版の発行
 (用語定義の明確化、流通課題の整理、モデル流通対象の明確化、モデル粒度の明確化、等)

FY2022 活動内容

モデル流通プロセスガイドラインの改訂版を発行

WPメンバーへのアンケート結果に基づき、ガイドラインをわかり易くするための改訂を進める



16

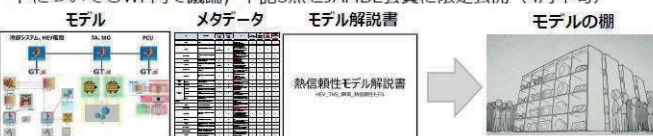
トライアル解析WP

(活動の目的) 様々なトライアルを通して、ガイドライン、準拠モデル等の必要なものを拡充し、モデル流通の推進を図る

21年度 目標
 ① トヨタグループのモデル流通事例で使用したモデルのレビューとJAMBE内限定公開
 ② 参加各社による事例紹介と次年度以降のトライアル内容の決定

FY2021 活動成果

-①トヨタグループHEV熱信頼性モデルの公開
 モデルのインターフェースに加え、メタデータ・モデル解説書のフォーマットについてもWP内で議論、下記3点をJAMBE会員に限定公開(4月中旬)



-②モデル流通事例の紹介
 WP内で各社のMBDやモデル流通の事例を紹介し、次年度に向けた共通課題を設定(モデル接続)。事例は今後、JAMBE内で広く共有予定。



22年度 目標
 ① モデル利用に関するトライアル
 ② モデル接続に関するトライアル
 ③ メタデータ・モデル解説書の標準化

モデル流通の推進を図る

FY2022 活動内容

- モデル利用に関するトライアル**
 自社の部品が車両に及ぼす影響について、実際に公開されたモデルを使ってトライアルを実施
- モデル接続に関するトライアル**
 - シミュレーション速度改善
 - シミュレーション操作性改善
 - 機密保持と再利用性
 課題出しのためのユースケースを作成し、社外ツールとの連携のトライアルを各社協力して進める
- メタデータ・モデル解説書の標準化**
 FY21に引き続き検討を継続

項目	1Q	2Q	3Q	4Q
モデル利用に関するトライアル	トヨタグループモデル公開	参加者募集 実施内容詳細決定	トライアル	まとめ・成果公開
モデル接続に関するトライアル	シミュレーションユースケース定義 ツールへの要求定義	ツールにおける実現可否検討, 課題抽出		
メタデータ・モデル解説書の標準化	モデル流通プラットフォームを用いたトライアル	国内外団体との連携	フォーマットの決定	

プラントモデルI/FガイドラインWP

(活動の目的) 既存(プラントモデルI/F)ガイドラインをより分かりやすく、使いやすい形へ進化していく。

21年度 目標 GL (ガイドライン) 準拠モデルの拡張

- ① ハイブリッドモデル熱モデル対応
- ② 既存モデルの部品ライブラリ化
- ③ 既存モデルのメンテナンス

22年度 目標

- ・勉強会の実施 (新規WP立ち上げに伴い)
- ・ガイドラインの海外・国内連携の検討
- ・ガイドライン準拠モデルのレベルUP

FY2021 活動内容

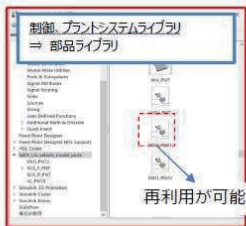
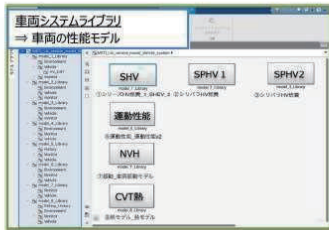
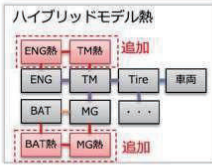
-ガイドライン準拠モデル拡張

①ハイブリッドモデルの熱モデル対応

FY20作成のHOT用HVモデルを (SHV,SPHV1, SPHV2) Coldモデルに拡張

②既存モデルの部品ライブラリ化

- 車両システム、及び部品モデルのSimulinkライブラリファイル [1式]
- ライブラリ化モデル再結合時の動作評価結果報告書 [1報]
- ライブラリ化したシステムモデルの結合マニュアル [1報]



FY2022 活動内容

-勉強会-

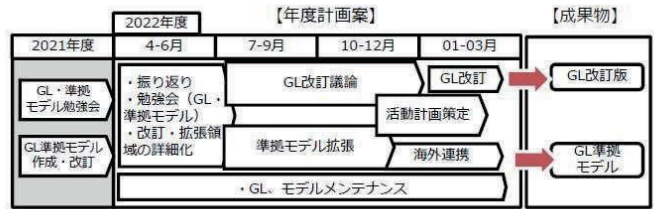
- ① プラントモデルI/Fガイドラインの勉強会(~FY2021の振り返り)

-ガイドライン連携-

- ② 海外に向けた連携
- ③ ガイドライン改訂案や国内連携

-ガイドライン準拠モデルレベルUP-

- ④ ガイドライン準拠モデルの活用検討
- ⑤ ガイドライン準拠モデルのメンテナンス
- ⑥ ガイドライン準拠モデルの拡張





[OpenModelicaサポートサービス と関連サービスのご紹介]

営業部 田口 浩一



OpenModelica のようなオープンソース・ソフトウェア（OSS）は、ソースが公開されており、無償で商用利用が可能のため、コストダウンが期待できる一方で、サポートがないことで業務が進まなくなる懸念があり、導入が避けられるという傾向があります。

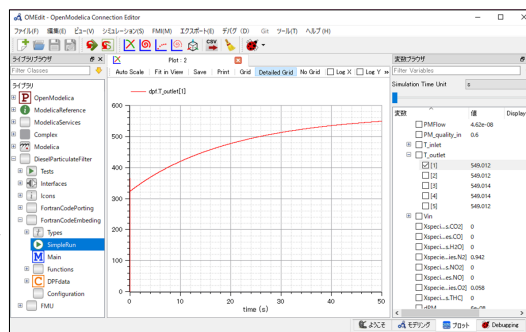
アドバンスソフトでは、秘密保持契約を結んだ上で、お客様のサポート依頼に対して具体的な回答を行います。OpenModelica や OSS 全般に関連する技術サポートをご検討中のお客様は、是非ともアドバンスソフトにご相談ください。



サポートの内容

● サポートサービスの対象例

- OpenModelica の使用法に関する説明
- Modelica 言語の文法に関する説明
- 計算実行時のエラーなどの問題改善に対する技術サポート
- モデル作成や計算結果の振る舞いに対する技術サポート

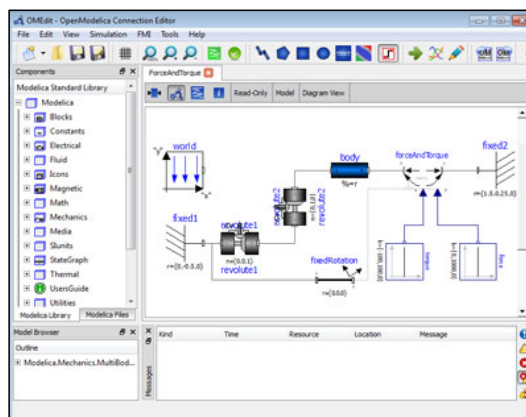


● 講習会の実施 (年間契約のみ)

- OpenModelica に関連する内容の講習会を実施します。
- 内容はお客様とのご相談により決定します。
(※3時間程度を想定しています。)

● お問い合わせの方法

- E-mail による問合せにご対応いたします。



サポートの種別

質問件数と工数には契約種別および契約期間ごとに下表のような上限があります。

契約種別	年間契約 (1年間)			月間契約 (1ヵ月間)		
	質問件数	工数	価格	質問件数	工数	価格
ゴールド	50件 (*1)	25人日	(*2)	5件	2.5人日	(*2)
シルバー	20件 (*1)	10人日	(*2)	—	—	—

(*1) 月間件数は5件までとします。

● サポートサービスの上限に到達した場合

- 契約期間の満了、または質問件数もしくは工数が上限に到達した場合は、契約は終了となります。
- さらにサポートサービスの継続が必要な場合は、新規にサポートサービス契約を締結する必要があります。

● 工数がかかることが予想されるご依頼の場合

- 実用的なモデル開発や定量的な合わせ込みなど、あらかじめ工数がかかることが予想されるご依頼の場合は、受託開発でのご発注をお勧めすることがあります。



アドバンスソフトの開発・解析サービス

お客さまのご要望に応じて科学技術計算ソフトウェアの新規開発、機能追加、受託解析等のサービスをおこないます。



1. 流体・構造・ナノ関連など幅広い分野のソフトウェアを開発し、解析経験がある技術者がお客様のご要望をお伺いいたします。

2. 最適な解析方法をご提案いたします。

3. お客様のご了解が得られましたら、モデリングを行い、解析を実施いたします。

4. 解析結果を可視化し、解析結果の評価や考察を行なって報告書を作成いたします。



MBD関連の受託業務例

[1] MBD統合プラットフォームの構築支援

FMU (Functional Mockup Unit) エクスポート機能を持つ既存のシミュレーションソフトウェアや、開発したコンポーネントモジュールを統合して、モジュール毎に差し替え可能なMBD統合プラットフォームの構築を行います。統合プラットフォームには、MATLAB/Simulink^{†1}やOpenModelicaを使用します。

[2] 既存プログラムのFMUモジュールへの移植作業

既存プログラム（言語は問わず）からFMUモジュールへの移植を行います。移植に際して、入出力ファイルの定義やグローバル変数の取り扱い、ログ出力の管理などを考慮しつつ、OpenModelicaのOMEdit機能を利用して、Model-ExchangeまたはCo-SimulationのFMUモジュールを作成します。

機械学習関連

MBDに限らずあらゆる分野全般において、検討しております。制御の最適化・自動化・省力化、異常検知、情報予測、定常的な監視データ取得、実験や実測データ等を研究開発に利用検討の際に機械学習による課題解決をご検討でしたら是非ともお声がけください。

◇アドバンス・シミュレーションセミナーのご案内

<p>第8回 12月9日/金 14:00~15:30 流体・データ同化</p>	<p>東北大学 流体科学研究所 航空機計算科学センター 教授 大林 茂 様 「流動現象のデジタルツインを実現するデータ同化流体科学」</p> <p>内閣府の科学技術基本計画において、日本が目指すべき未来社会の姿としてサイバー空間とフィジカル空間を高度に融合させた自律的社会環境がSociety 5.0として提唱されています。その中で、ものづくりの効率化や生産性向上に向けたデジタルツインの開発利用が進んでいます。デジタルツインの実現には、シミュレーションと現実を適切に融合させる技術が重要な鍵となります。その技術として、数値シミュレーションと計測データを使ってベイズ推定を実現するデータ同化が注目されています。この講演では、数値流体力学の発展形としてのデータ同化流体科学の概要といくつかの適用例を紹介します。</p>
<p>第9回 12月23日/金 13:00~17:00 特別セミナー[2]</p>	<p>「JAMSTECの最先端地球科学」 国立研究開発法人 海洋研究開発機構 付加価値情報創成部門 アプリケーションラボ 気候変動予測情報創生グループ 主任研究員 土井 威志 様 地球情報科学技術センター データサイエンス研究グループ グループリーダー 松岡 大祐 様 数理科学・先端技術研究開発センター 応用数理科学グループ 主任研究員 宮腰 剛広 様</p>
<p>第10回 2023年 1月20日/金 14:00~15:30</p>	<p>早稲田大学 総合研究機構 グローバル科学知融合研究所 研究院教授 高橋 桂子 様</p>

ご清聴ありがとうございました。

アドバンスソフトは、高度な技術力、開発力、人材を武器に、最先端理論を応用した解析シミュレーションソフトウェアを開発・販売しています。受託解析、受託開発、パッケージソフトウェア、コンサルティング等多様なソリューションを通じて、お客様の問題解決に即戦力として貢献します。

お問い合わせ先:ご担当営業まで
TEL:03-6826-3971 FAX:03-5283-6580
E-mail:office@advancesoft.jp



警告

このレポートに収録されている文章および内容については、ご自身のために役立つ用途に限定して無料配布しています。
このレポートを、販売、オークション、その他の目的で利用するには、著作権者の許諾が必要になります。
このレポートに含まれている内容を、その一部でも著作権者の許諾なしに、複製、改変、配布を行うことおよびインターネット上で提供する等により、一般へ送ることは法律によって固く禁止されています。