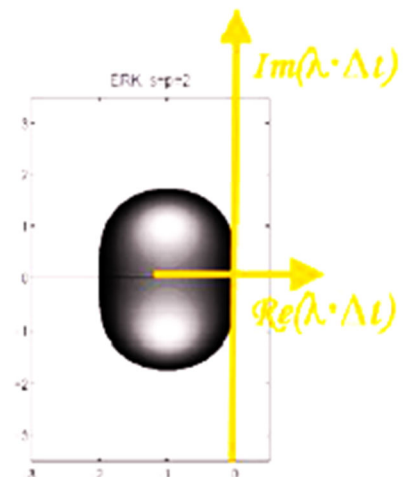


# オンラインセミナー モデルベース開発の 実践的活用セミナー

2023年 12月 6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/FMI の実践的活用 ..... 5
3. 品質工学ツール Advance/JIANT の概要と活用事例 ..... 39
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 ..... 59
5. OpenModelica サポートサービスと関連サービスのご紹介 ..... 75



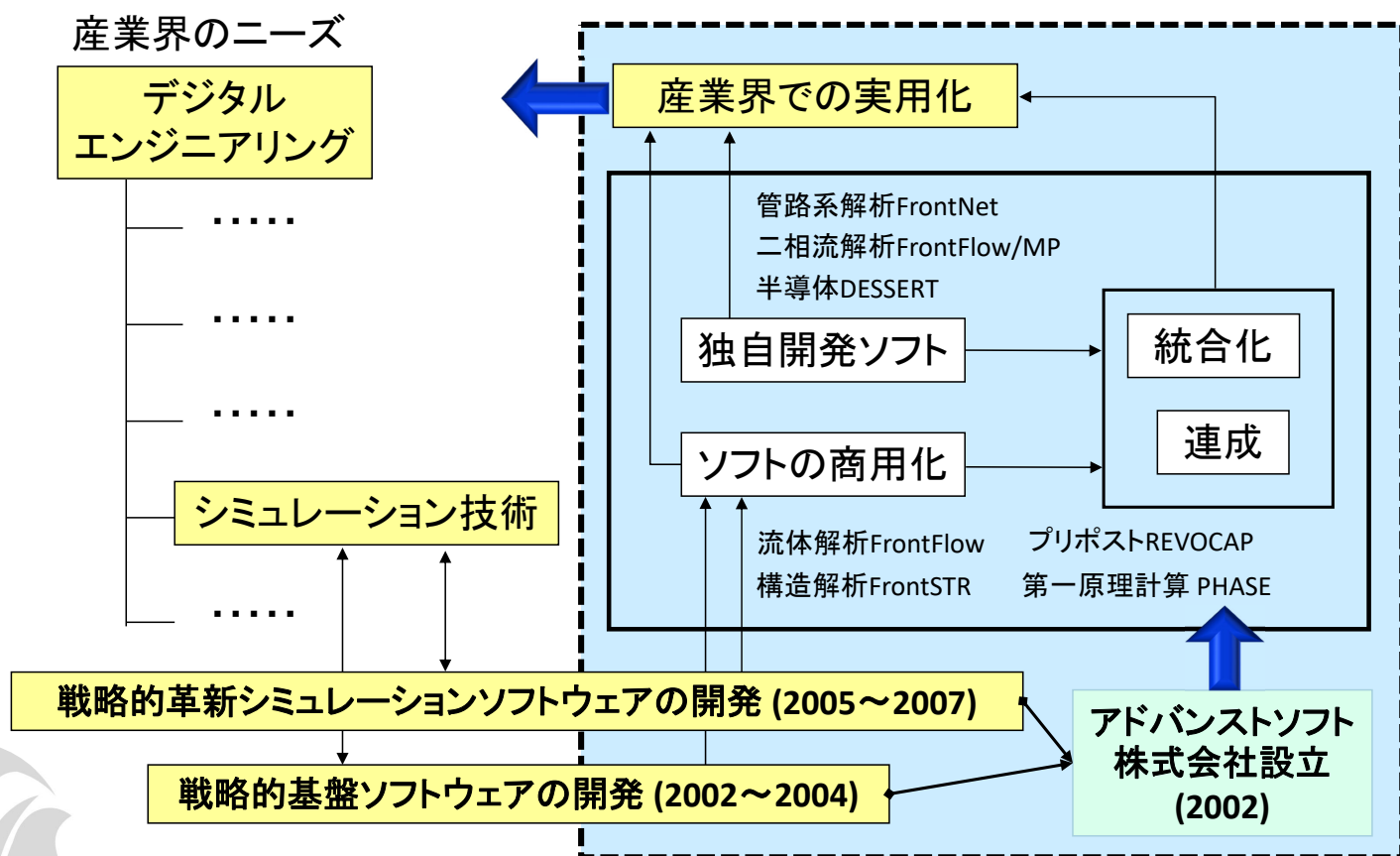


# アドバンスソフト株式会社のご紹介

## モデルベース開発の実践的活用セミナー

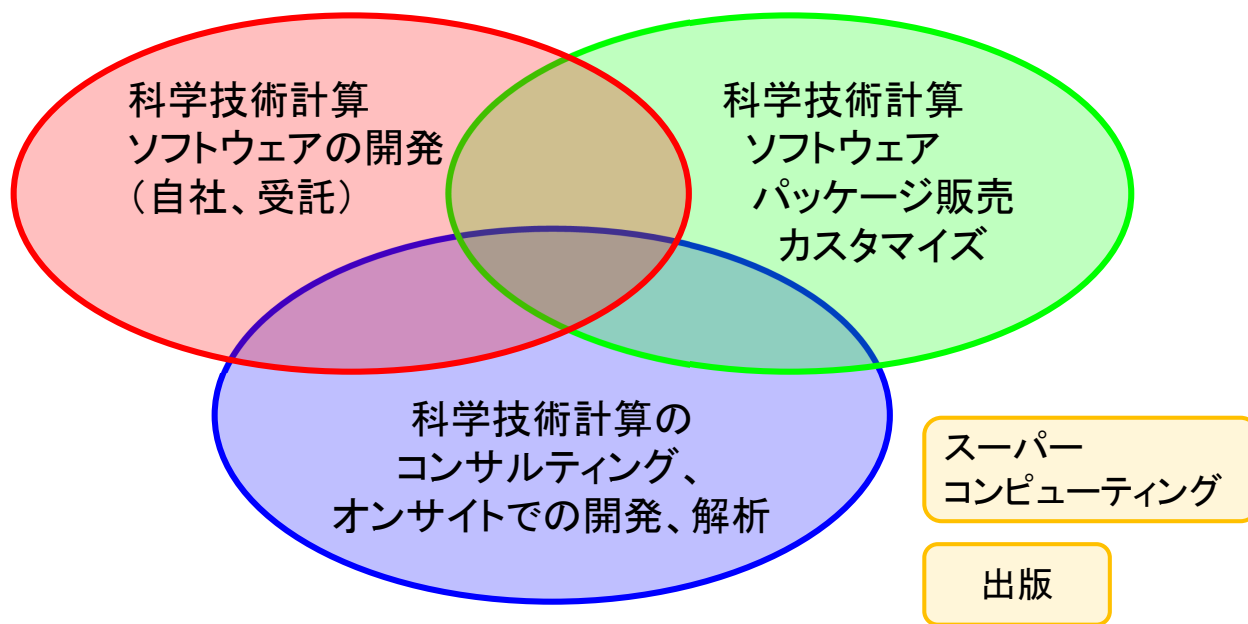
2023年12月6日（水）開催  
アドバンスソフト株式会社

# アドバンスソフトとは



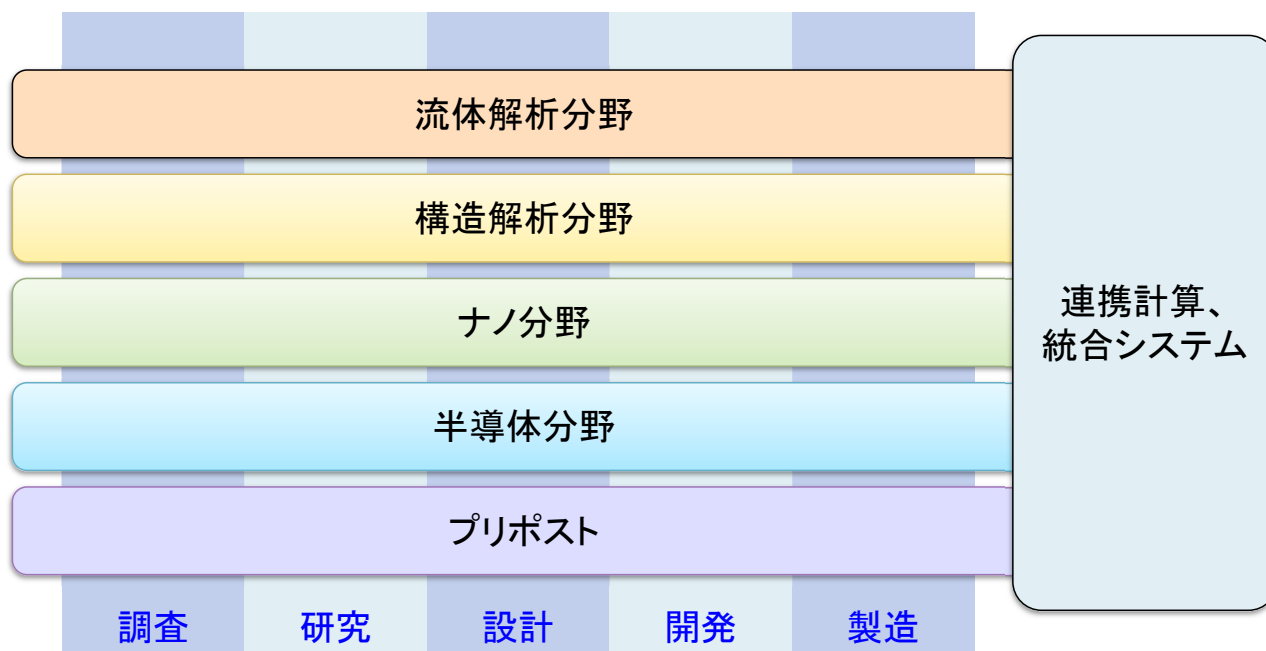
# 事業内容

## 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 <b>Advance/PHASE</b></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 <b>Advance/NanoLabo</b></p> <p>材料解析ソフトウェア QuantumESPRESSO と LAMMPS に対応した総合 GUI です。</p>	<p>流体解析ソフトウェア <b>Advance/FrontFlow/red</b></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>流体</p> <p>圧縮性流体解析ソルバー <b>Advance/FOCUS-i</b></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 <b>Advance/TCAD</b></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 <b>Advance/NeuralMD</b></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>流体</p> <p>気液二相流解析ソフトウェア <b>Advance/FrontFlow/MP</b></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>流体</p> <p>管路系流体過渡解析ソフトウェア <b>Advance/FrontNet</b></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 <b>Advance/ParallelWave</b></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 <b>Advance/FrontSTR</b></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>流体</p> <p>大気拡散影響予測システム <b>Advance/Emerg</b></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 <b>Advance/iMacLe</b></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、最小限の機能に絞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 <b>Advance/REVOCAP</b></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 <b>Advance/FrontNoise</b></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/FMI の実践的活用

アドバンスソフト株式会社  
研究員 佐藤 甫

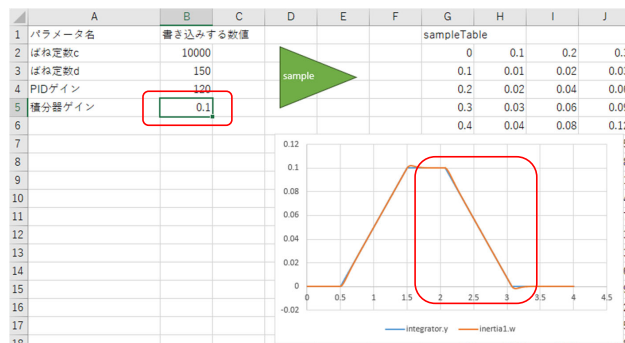
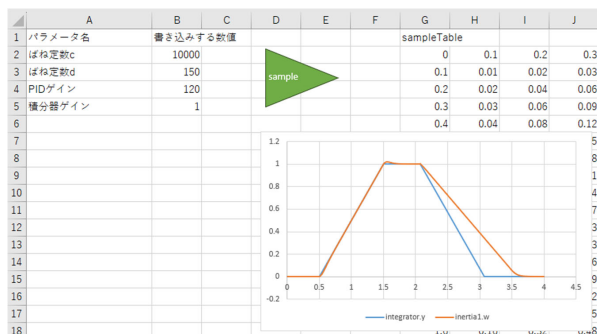
1

## 目次

- ExcelによるOpenModelicaモデルの運用
- Excel-VBAからOpenModelicaへの移植
- FMIセミナーの実施
  - 理論編
  - 実践編

2

# ExcelによるOpenModelicaの運用



- OpenModelicaで開発する + Excel操作で運用する
- 既存の解析プロセスをOpenModelicaでアップデート

# Excel-VBAからOpenModelicaへの移植

- 一般的な手続き型言語で書かれた解析プログラムを
- OpenModelicaのコードへと移植する。

```

If x >= 100 Then
  y = 1
Else
  y = 2 * z
End If
    
```

```

algorithm
  if x >= 100 then
    y := 1;
  else
    y := 2 * z;
  end if;
    
```

```

equation
  y =
Modelica.Fluid.Utilities.regStep(
  x >= 100, 1, 2 * z
);
    
```

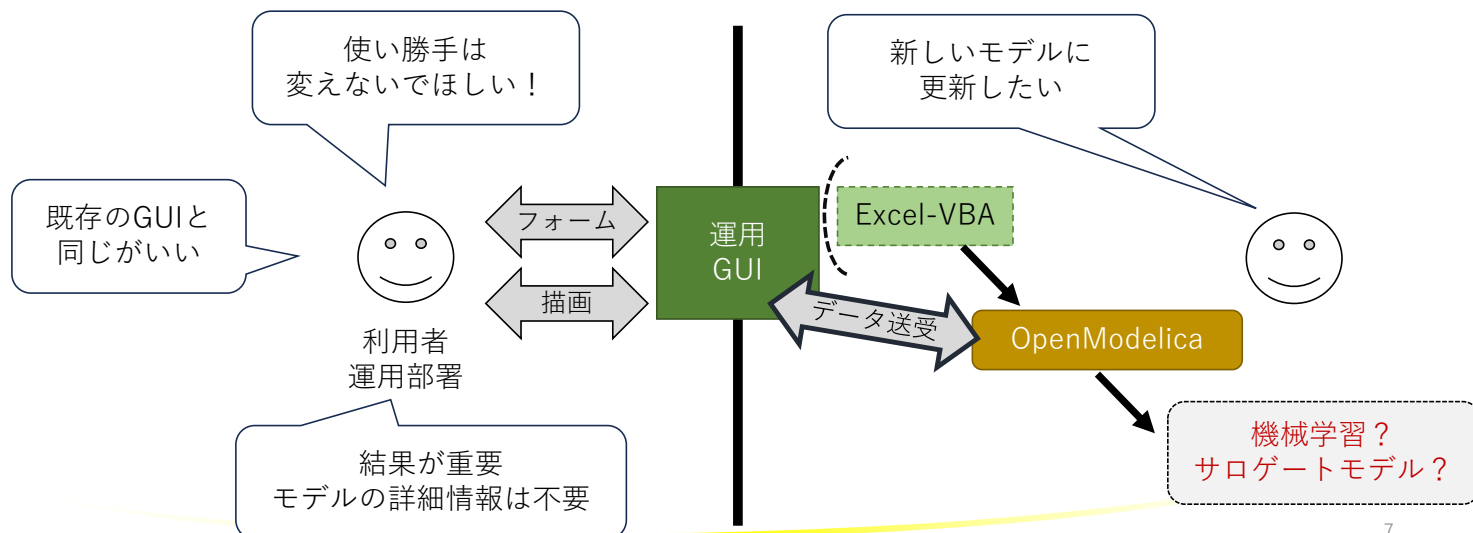
# FMIセミナーの実施

- FMI+制御モデルセミナーの実施
  - FMI 規格に関する座学
  - プラントモデル/制御モデルの理論と実装
- 「古田の振り子」の倒立制御

- ExcelによるOpenModelicaモデルの運用
- Excel-VBAからOpenModelicaへの移植
- FMIセミナーの実施
  - 理論編
  - 実務編

# ExcelによるOpenModelicaモデルの運用

- モデル流通の進展によるモデルの運用に関する実績を紹介

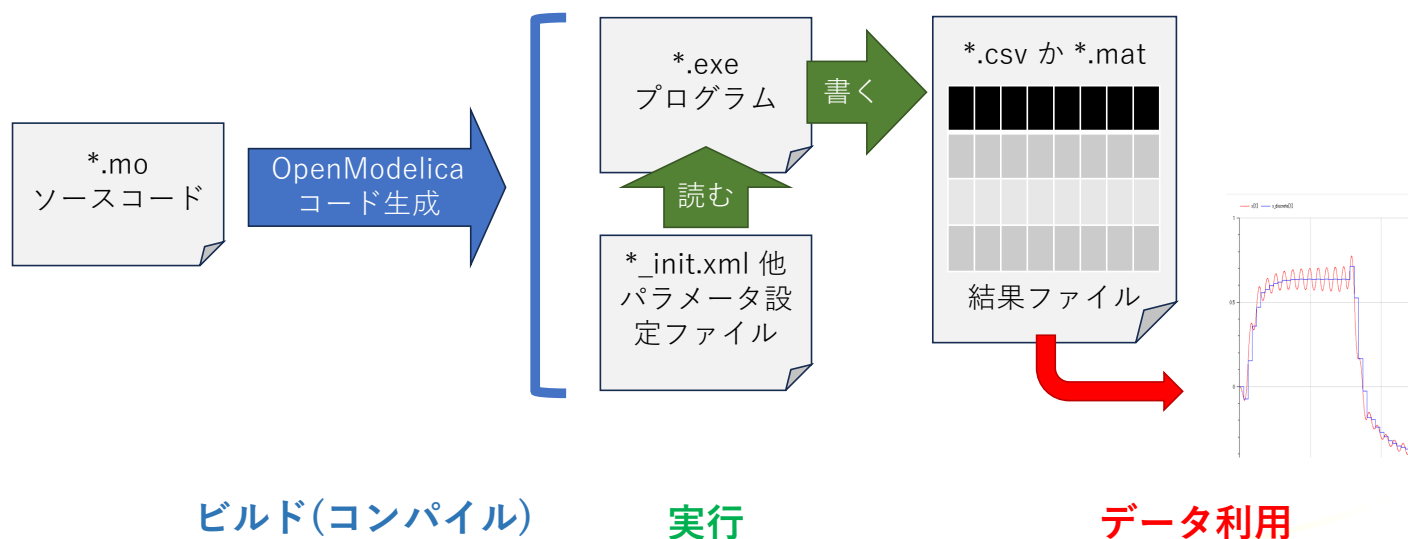


# OpenModelicaモデルの運用

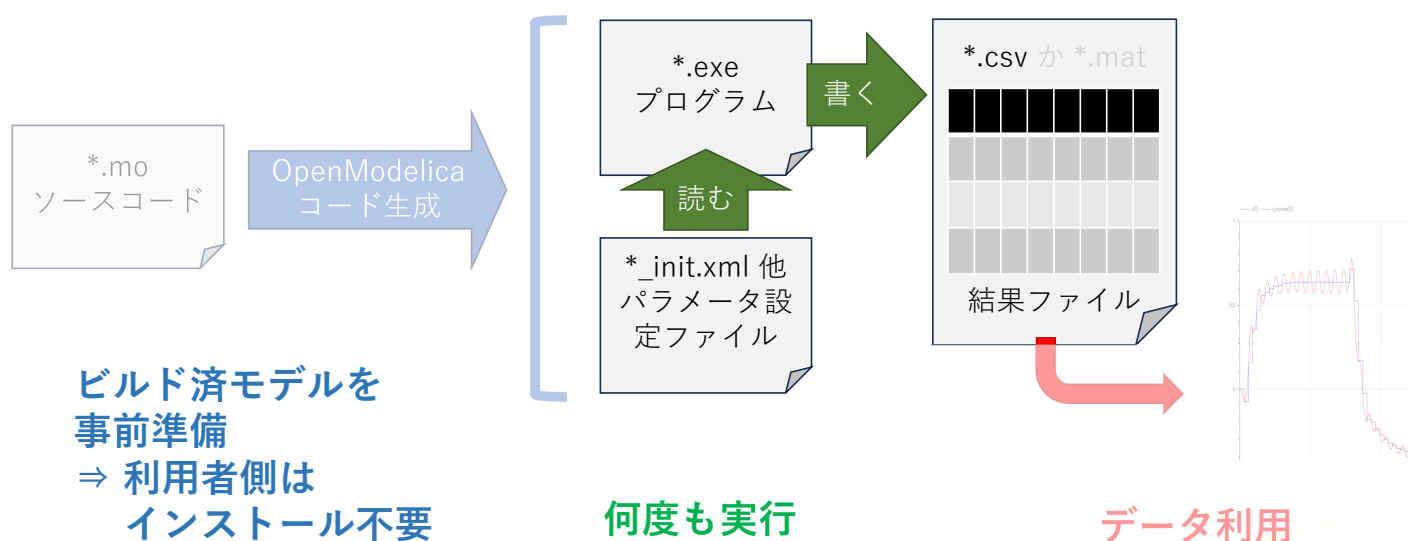
- OpenModelicaをインストールしていないPCでも運用したい!
- 容量削減 (モデル開発環境を削除して軽量化する)



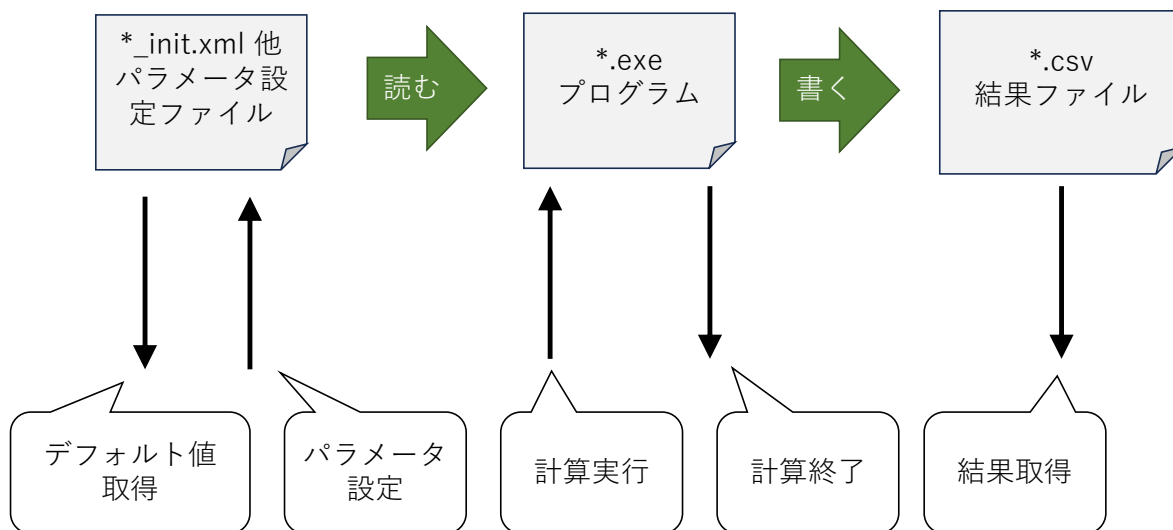
# OpenModelicaの実行シーケンス



# ビルド済モデルの利用

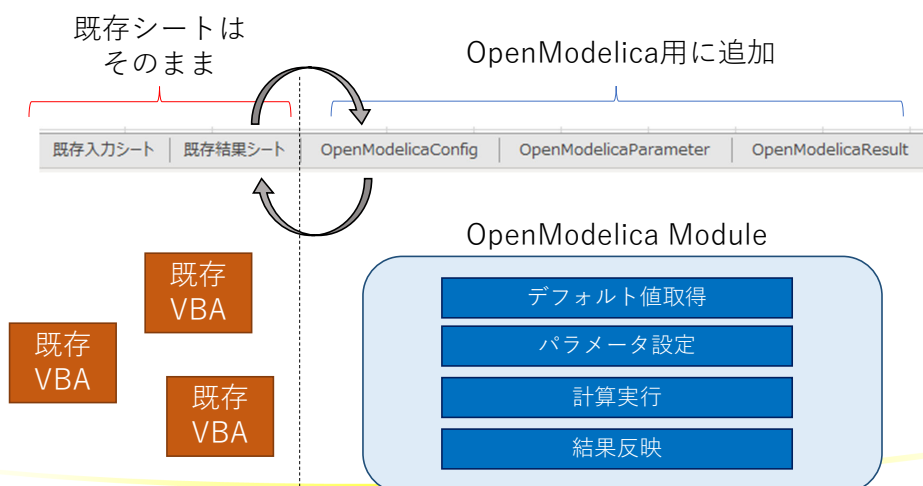


# OpenModelica用VBライブラリ

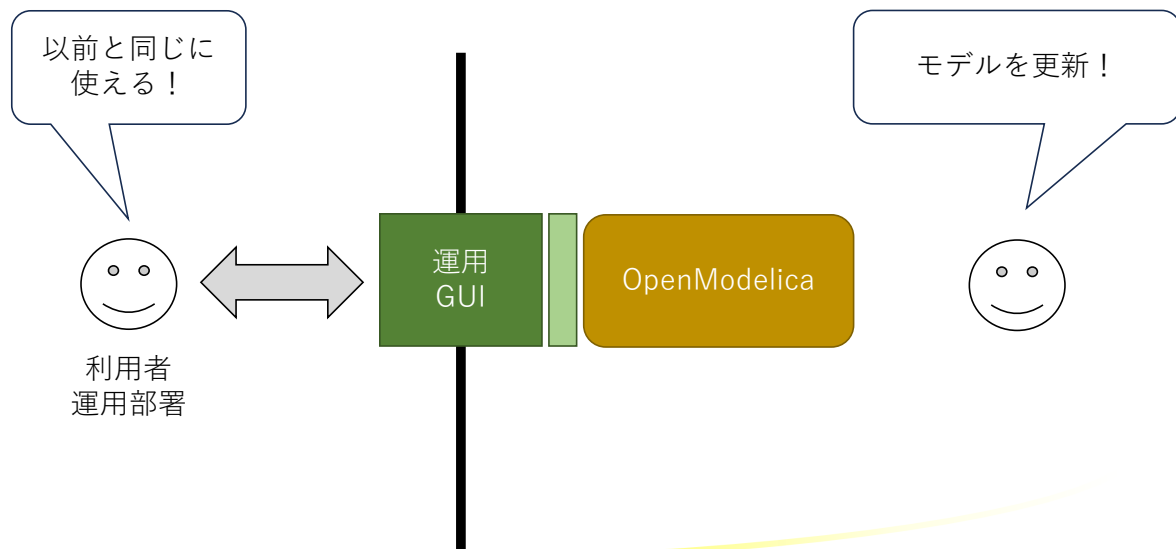


# OpenModelica用VBライブラリ導入

- VBライブラリはモジュール化されている
  - OpenModelicaから取得した情報を反映するシートを追加



# ExcelによるOpenModelicaモデルの運用

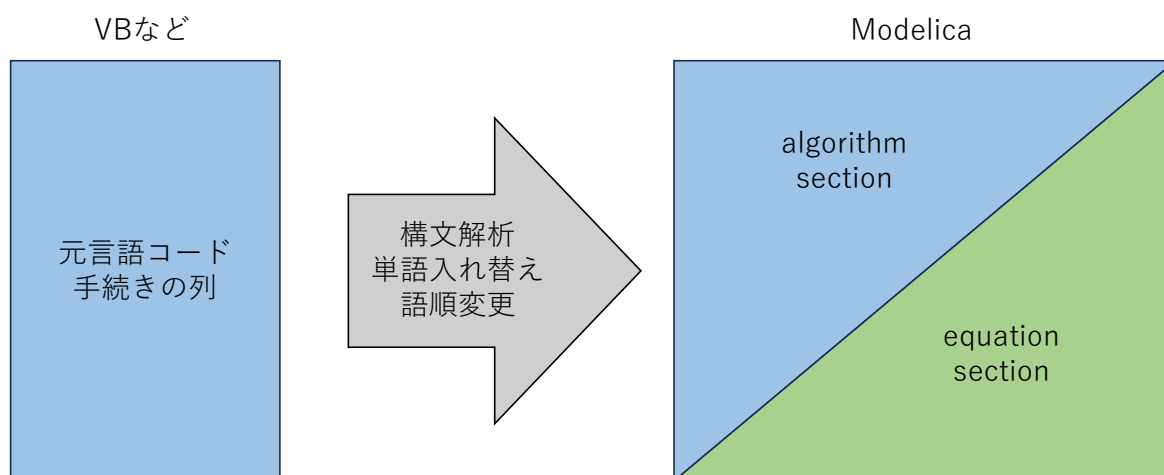


- ExcelによるOpenModelicaモデルの運用
- Excel-VBAからOpenModelicaへの移植
- FMIセミナーの実施
  - 理論編
  - 実務偏

# 背景

- (OpenModelicaのモデルをExcelで運用する手法を紹介した)
- では、既存モデルをどのようにOpenModelicaへ変換するか？
- VBコードを解析して、Modelicaコードへ変換する手法
  - そのほかの手続き型言語 C/C++, Fortran, Pythonにも適用可能

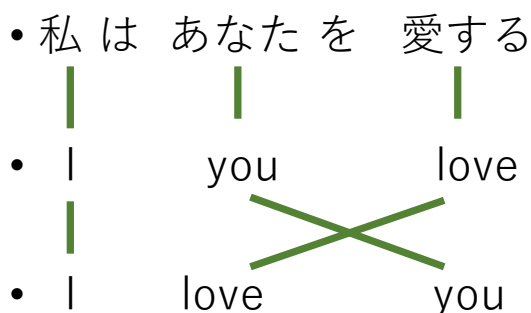
# OpenModelicaへの変換の流れ



# なぜOpenModelicaに変換するか？

- シミュレーションに特化した言語であるModelicaなら、機能性・保守性を向上できるのではないか？
  - 特にプラントモデル(物理モデル)に関してメリットがある
  - Modelica言語標準ライブラリを利用可能になる
    - 熱伝達モデル( $T, Q$ )は業種・製品を問わずに利用される傾向にある。

# 文章の解析手法



字句解析  
単語に分けるルール

構文解析  
単語の並び順と意味の関係

```
Dim sum As Integer, i As Integer
sum = 0
For i = 1 To 10
    sum = sum + i
Next i
```

```
int sum = 0;
for(int i = 1 ; i <= 10 ; i++)
{
    sum = sum + i;
}
```

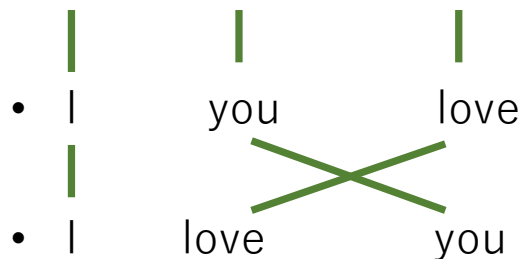
手続き型言語同士では  
字句はほぼ共通。  
構文も似ている。

# VB ⇒ Modelicaにできるか？

- VBプログラムを対象に解析&変換してModelicaコードは得られるが...

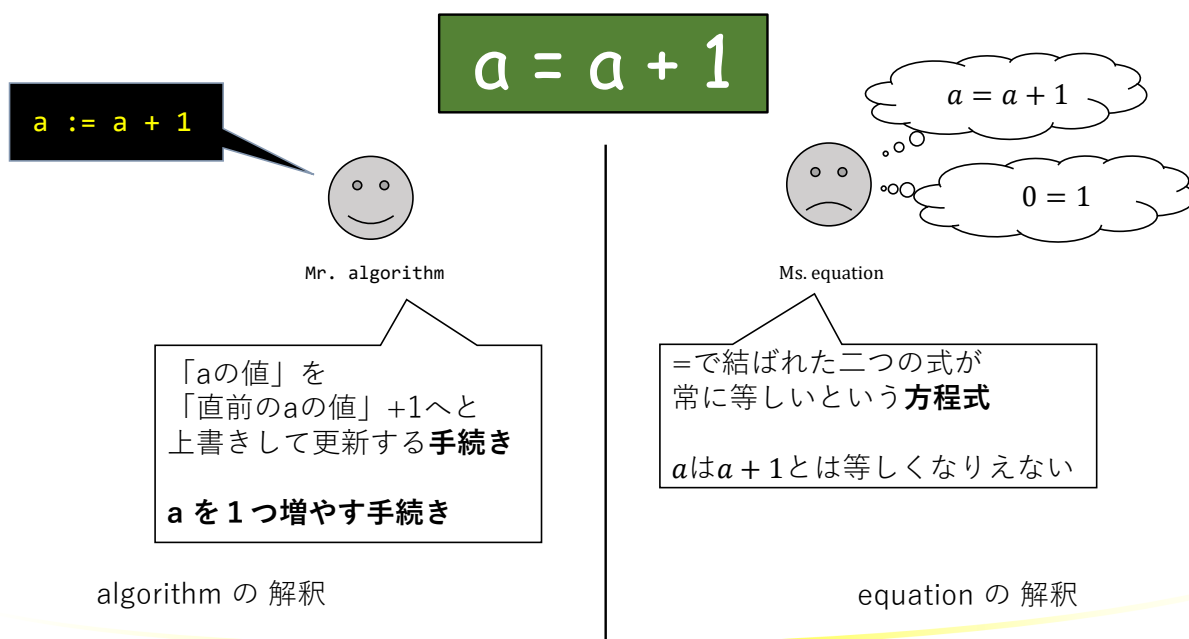
- 字句解析して単語を置き換え
- 構文解析して語順を入れ替え

• 私はあなたを愛する

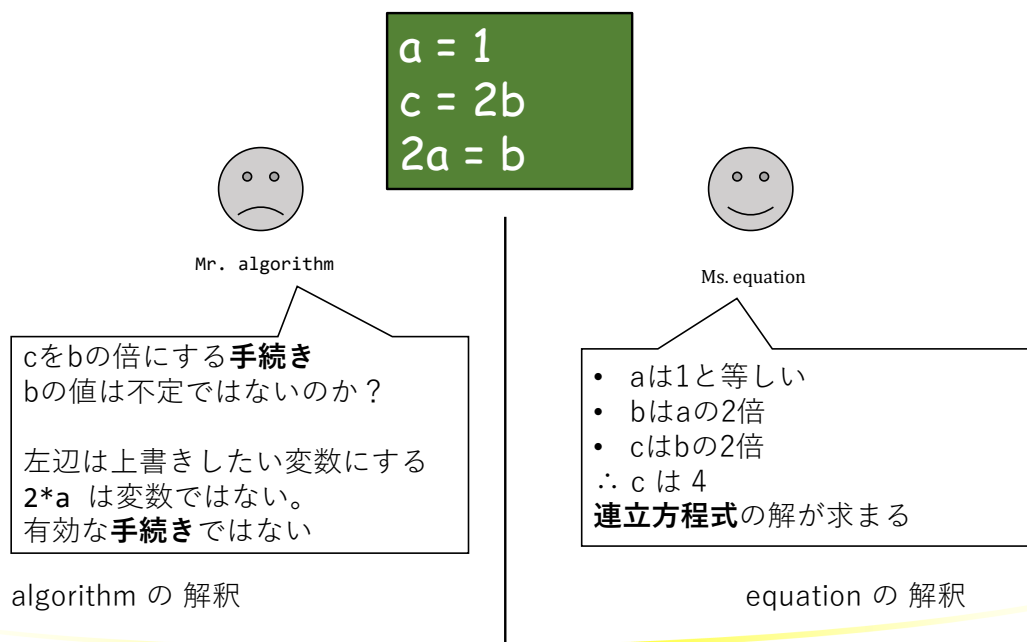


- *algorithm* にできても *equation* にできない場合がある
  - algorithm/equation の違いは何？

# algorithm と equation の解釈の違い①



# algorithm と equation の解釈の違い②



# algorithm と equation の違い

algorithm	equation
左辺と右辺の順番に意味がある (a:=bはb:=aに入れ替えられない)	左辺と右辺の順番に意味がない (a=bをb=aに入れ替えてもいい)
文の順番に意味がある どの変数から上書きするか	方程式の順番に意味がない 定義の順番と連立方程式は無関係
同じ変数に何度も代入していい 手順に従って上書き更新できる	変数と同じ数だけ方程式が必要 各方程式は独立している。
変数の数と文の数が <u>違っていい</u>	変数の数と方程式の数は <u>同じ</u>
VB, C, Python など手続き言語 Modelicaのalgorithmセクション	Modelicaのequationセクション

実は、Modelicaではセクションごとにalgorithmかequationか選択できるので  
すべてalgorithmでも実装することも可能である。  
一方、equationで実装したほ y が「Modelicaらしい」モデルになる。

## equation化する際の障害

- elseのないif文 ⇒ elseの条件を追加する
  - (algorithm) ある条件の場合のみ、変数を上書きする
  - (equation) ある条件では値が定義されるが、それ以外では未定義
- 同じ変数の使いまわしをしない
  - 変数の値を一度決めたら変えない
  - 別の変数を定義して、変数を分ける
  - 合計の計算などは、ベクトル関数へ

```
a := 1
b := a * 2
a := 3
c := a + b
```

3変数4文

```
a1 = 1
b = a1 * 2
a2 = 3
c = a2 + b
```

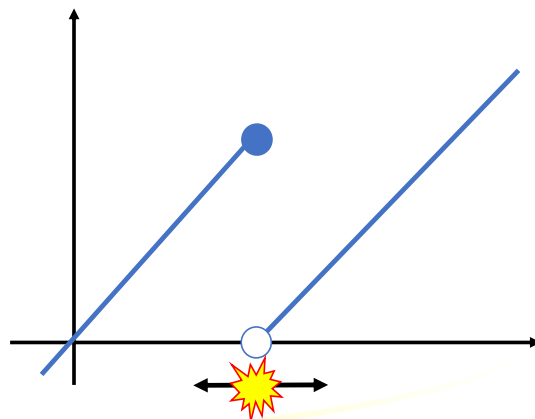
4変数4方程式

23

## equation化する際の障害 TLS

- torn linear system (TLS) 線形システムが引き裂かれる
  - algorithmでは、上書きするだけなので表面化しないが
  - equationでは、反復計算の収束が困難になる

```
algorithm
if x <= 1 then
  y := x;
else
  y := x - 1;
end if;
```

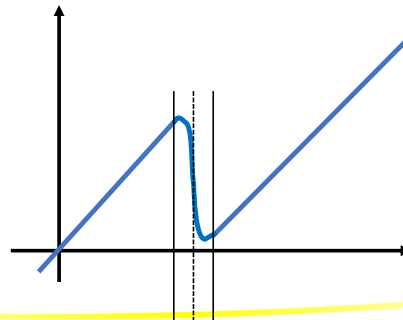


24

# TLS の解消

- MSL流体ライブラリの関数 逆流/順流切替用の関数
  - Modelica.Fluid.Utilities.regStep

$$\text{regStep}(x, y_1, y_2) = \begin{cases} y_1 & x > +\Delta x \\ f(y_1, y_2) & |x| < \Delta x \\ y_2 & x < -\Delta x \end{cases}$$



# 離散モデルの表現

- モデル変数や入力をベクトルで考え、更新ステップ*i*に従ったベクトル列と考える。
  - $U_i$       モデルへの入力をベクトル列で表したもの
  - $X_i$       モデルの内部状態をベクトル列で表したもの
  - $Y_i$       モデルからの出力をベクトル列で表したもの

$$X_{i+1} := F(X_i, U_i)$$

$$Y_i := G(X_i, U_i)$$

# 離散モデルをOpenModelicaへ実装

```

model Main
  constant Integer nU, nX, nY;
  parameter SI.Time dt = 1.0;
  input Real u[nU];
  discrete Real x[nX], y[nY];

algorithm
  when sample(dt, dt) then
    x[ 1] = ...;
    x[nX] = ...;

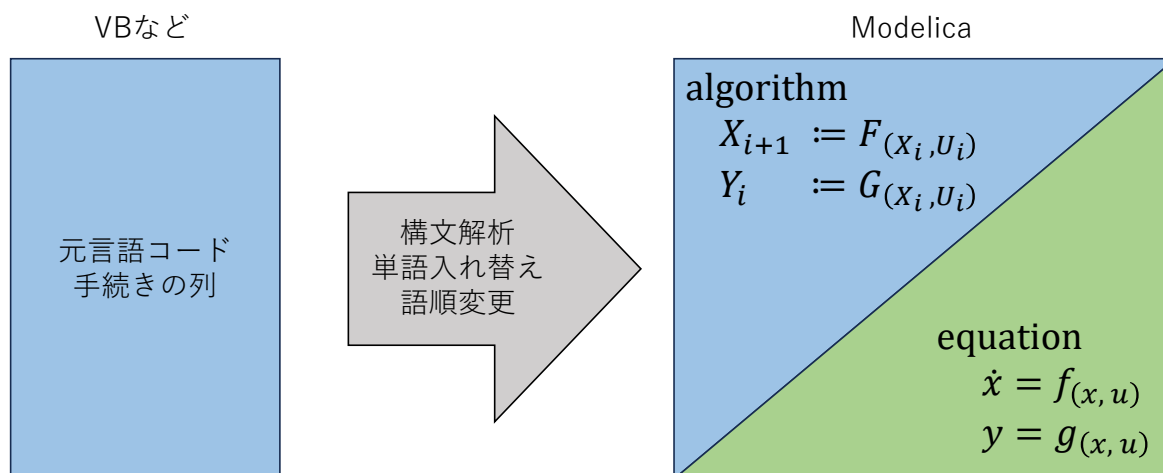
    y[1] = ...;
    y[nY] = ...;
  end when;
end Main;

```

when {dt秒に一度}

dt秒に一度  
前のxと今のuから  
次のxとyを計算する

# OpenModelicaへの変換の流れ



- ExcelによるOpenModelicaモデルの運用
- Excel-VBAからOpenModelicaへの移植
- FMIセミナーの実施
  - 理論編
  - 実務編

## FMIセミナーの実施

- FMI+制御モデルセミナーの実施
  - FMI 規格に関する座学
  - プラントモデル/制御モデルの理論と実装
- 「古田の振り子」の倒立制御
- 講義内容をダイジェストで紹介します。

# FMI活用ガイドの解説

- [FMI活用ガイド Ver.1.0.1](#) の内容について、必要な部分の解説を掘り下げて進めます。
- **P1 §1.1** は、活用ガイドで対応する章番号とページ番号を示しています。

## P4 §2.1

# FMI規格について

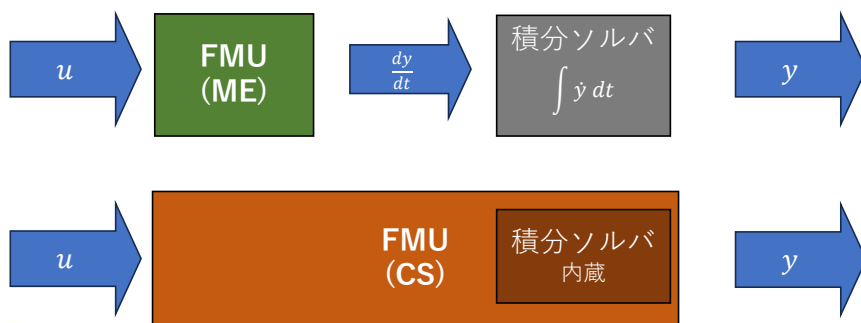
- FMI規格のバージョン
  - 1.x … 現在では使われない
    - MEとCSの実行形式が、個別に制定されていた。
  - 2.x … 現在主流、本講義で扱う
    - MEとCSの規格が統合された。
  - 3.x … 規格は制定されたが、現時点で実装したツールは少ない
    - 2.xの上位互換、新しい実行形式

**FMI活用ガイドが書かれた時点では  
Version 3.0 の仕様検討の段階でした。  
2023/07 現在の情報です。**

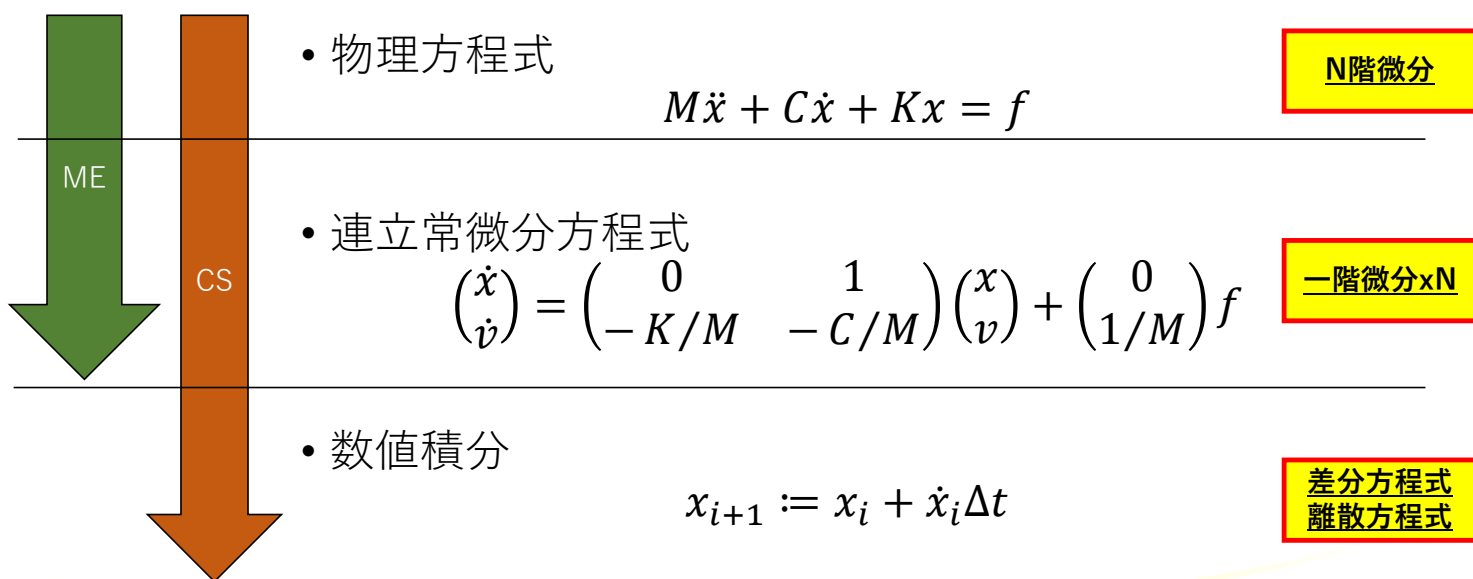
# ME, CS について

- MEではFMUにソルバを… **持たない**
- CSではFMUにソルバを… **持つ**

ソルバとは??  
積分を計算する機能



# モデル化と数値解法のイメージ



P5 §2.2.2

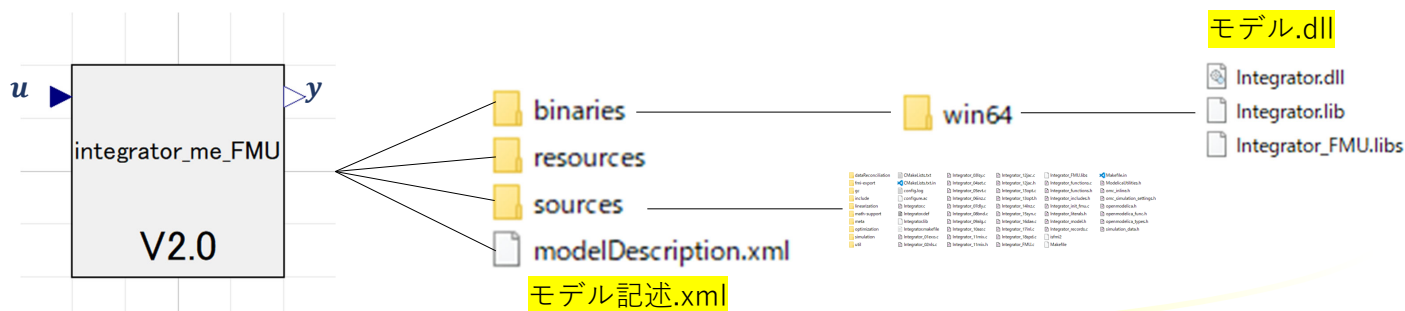
# .fmuの中身=(モデル記述.xml+モデル.dll)

$$y = \int u dt$$

```

1 model Integrator
2   input Real u;
3   output Real y;
4   equation
5     der(y) = u;
6 end Integrator;
7

```

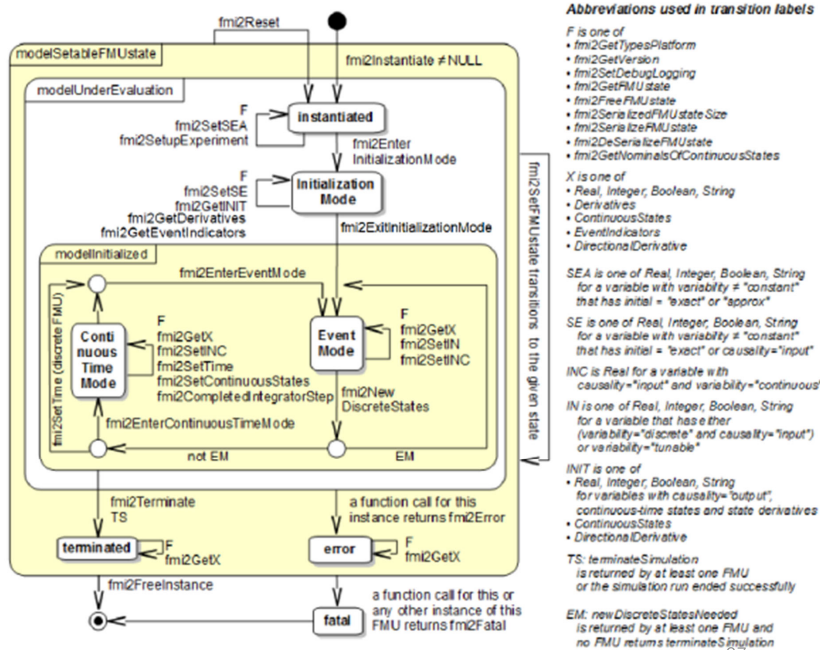
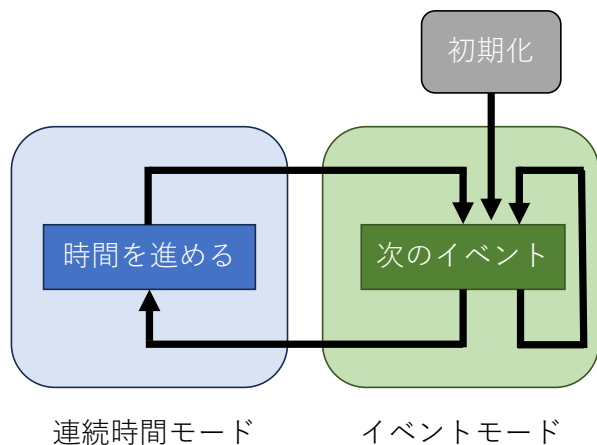


P7 §2.3 ~ P11 §2.4

# ModelExchange と Co-Simulationの違い

- ソルバを持たないME, 持つCS
  - 運用上どういう違いがあるか? 対処方法は?
    - [How to] [実践的なアプローチ]
  - 動作の仕組みがどのように違うか?
    - ガイドラインでは立ち入っていない、**もう一步詳しい背景を説明**
    - [Why] [理論的なアプローチ]

# MEの計算手順



Copyright ©2023 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

Figure 6: Calling sequence of Model Exchange C functions in form of an UML 2.0 state machine.

# 連続時間モードとイベントモード

「連続時間モード」では、  
変数は必ず連続的に(微分可能に)変化  
積分方程式を解く 時間が進む

$$T_1 < t < T_2$$

「イベントモード」は、  
同一時刻での不連続な変化  
積分値のリセットが可能

$$T_{1(\text{before})} \quad T_{1(\text{after})}$$

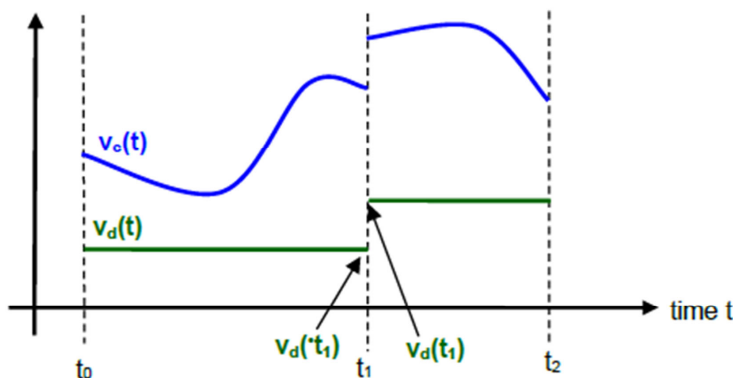


Figure 3: Piecewise-continuous variables of an FMU: continuous-time ( $v_c$ ) and discrete-time ( $v_d$ ).

Copyright ©2023 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

# CSの計算手順

各ステップの計算を繰り返す。

イベント/連続状態を区別しない。

⇒積分計算はfmu内のソルバで完結

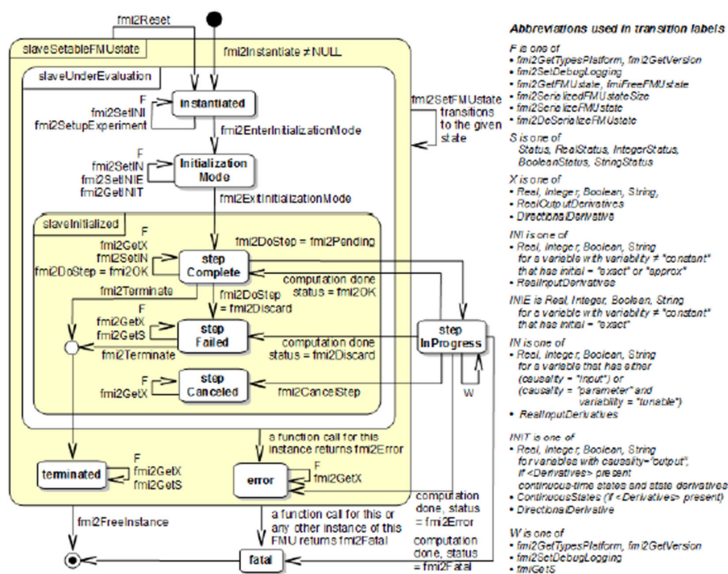


Figure 11: Calling sequence of Co-Simulation C functions in form of an UML 2.0 state machine.

# CSと計算プロセス

CSは、運用により3つの形態に分類されます。もっとも基本的なものがStand Alone (図2-7) であり、PC上でマスタとなるツールとFMUが1つのコアの上で動作します。

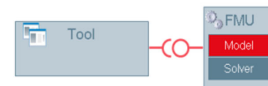


図2-7 Stand Alone Co-Simulation (8th International Modelica Conference 2011 講演資料より引用) [5]

2つ目の形態は、Tool Coupling (図2-8) であり、マスタとなるツールとFMUが別々のプロセッサもしくは別々のコアの上で動作します。

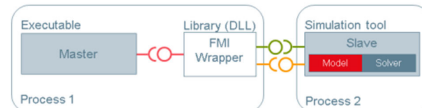


図2-8 Tool Coupling Co-Simulation (8th International Modelica Conference 2011 講演資料より引用) [5]

3つ目の形態は、Distributed (図2-9) で、莫大なコンピュータリソースを必要とするような大規模システムで適用されます。クライアント・サーバ方式の基本的な分散環境の上に、FMI規格に準拠した構成になっています。

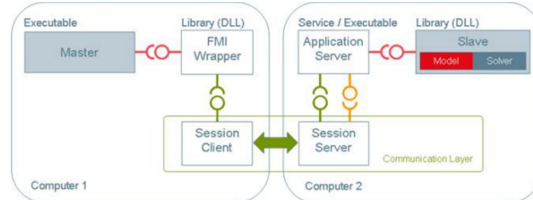
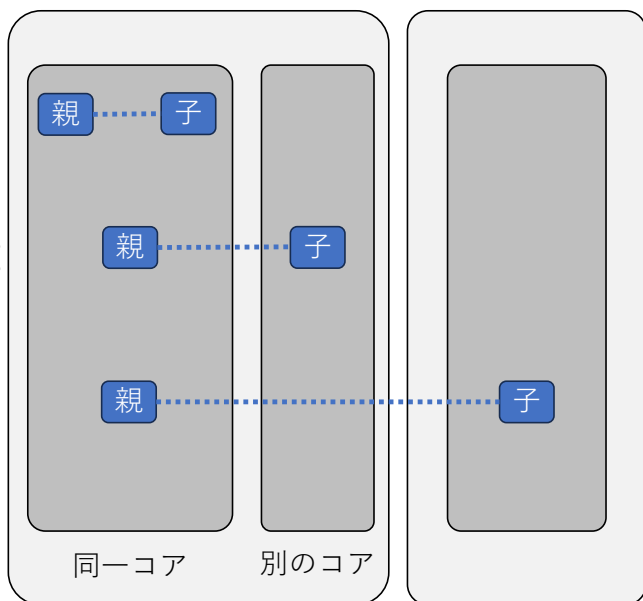


図2-9 Distributed Co-Simulation (8th International Modelica Conference 2011 講演資料より引用) [5]

Stand Alone



Tool Coupling

Distributed

同一コア

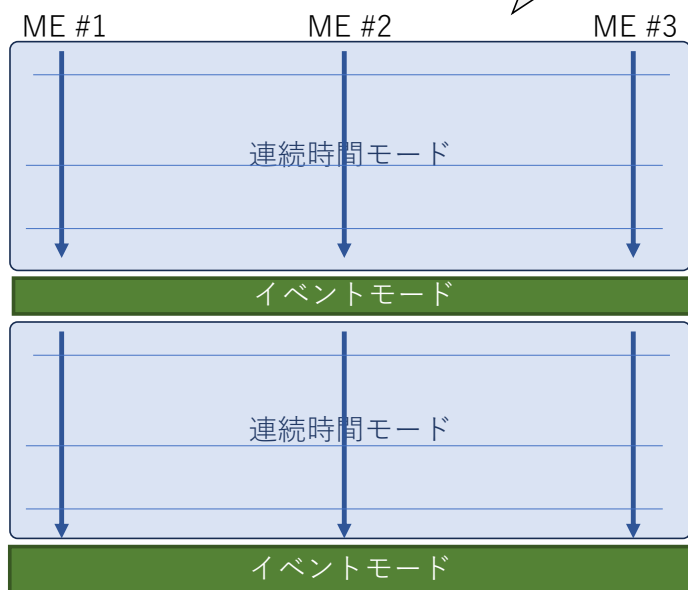
別のコア

同一PC

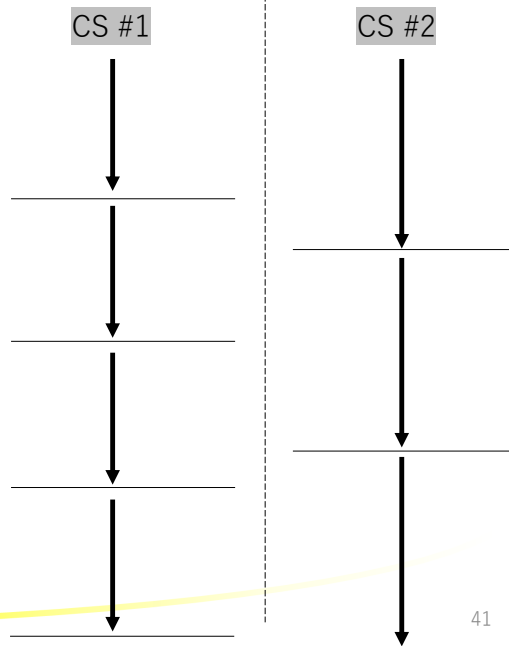
別のPC

# 通信遅延

ME同士は  
いつも同期



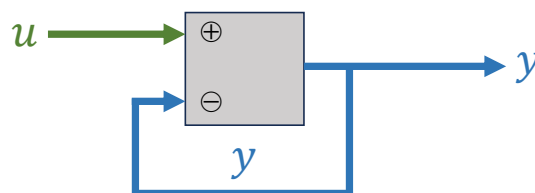
CSは、ソルバが別  
タイムステップが違えば？



# 代数ループとは？

- 代数方程式を解く順序が決まらないことによるトラブル
  - 精度が悪くなる
  - 速度が遅くなる

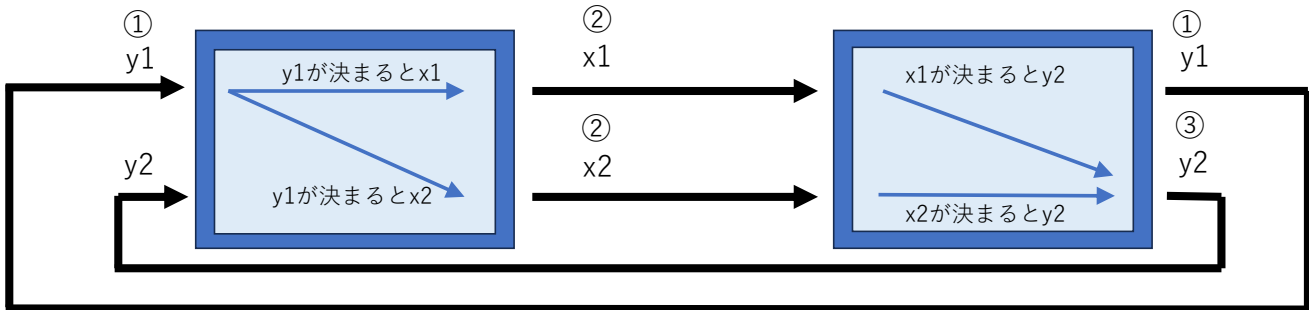
- AがきまればBがきまる
- BがきまればCがきまる
- ...
- YがきまればZがきまる
- ZがきまればAがきまる



- $y := u - y$ 
  - $y$ を決めないと $y$ が決まらない！？
  - 反復解法で $y$ を調整して求める

# モデル記述の活用

- 代数ループは計算順序が決まらないことで起きる。



- 端子同士の依存関係（あと・さき）を決めれば順序が決定可能になる

# ソルバとの相性(1)

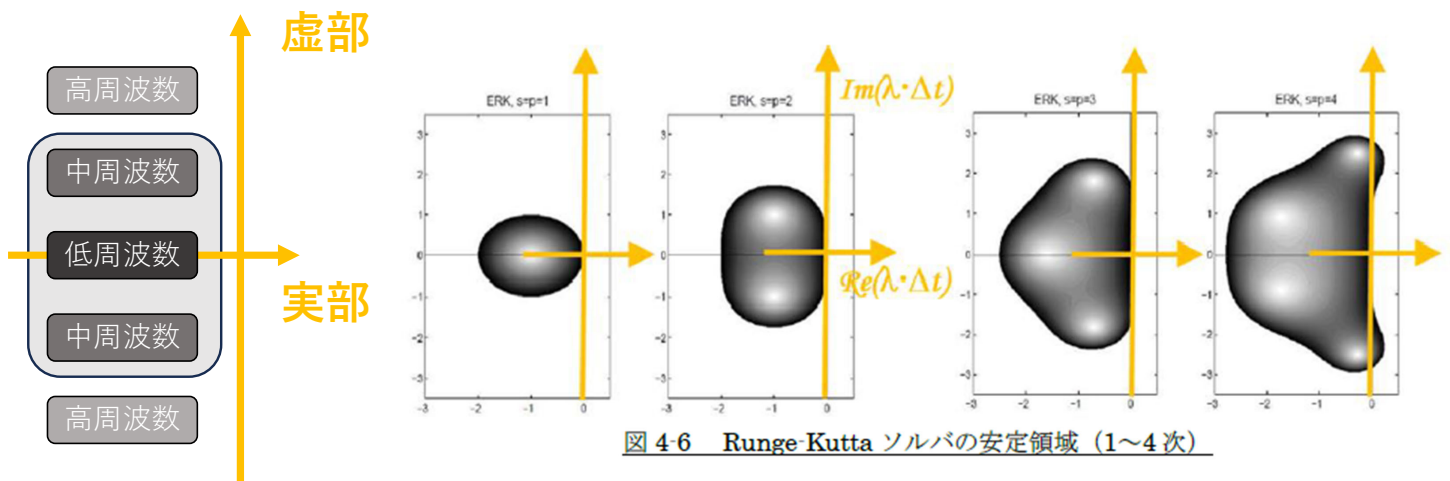


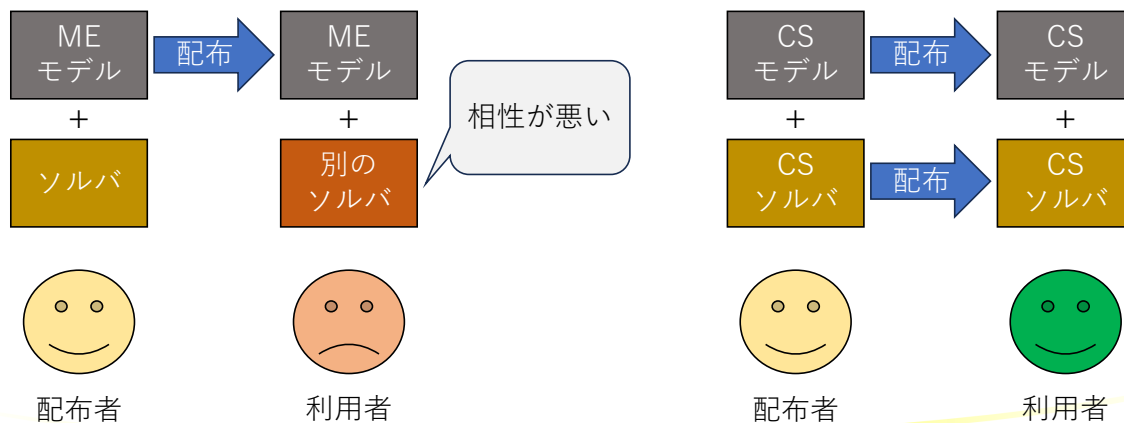
図 4-6 Runge-Kutta ソルバの安定領域 (1~4次)

※複素平面

積分ソルバの性能に応じて、収束可能な周波数の限界がある

# ソルバとの相性(2)

- MEはソルバを持たない⇔実際の結果は、利用者のソルバで計算
- CSは、作成時に使ったソルバを利用者も使う



## 4章まとめ：FMUの動作モード(ME/CS)選択の指針

表 4-1 ME/CSの特徴

- 代数ループ  
計算順序を明示！
- 通信遅延  
CSでは問題に…
- ソルバ相性  
CSなら確認可能

	Model Exchange	Co-Simulation
代数ループを含んだ FMU	FMU 生成不可能、もしくは安定性が損なわれるため、非推奨	生成元ツールのソルバにより安定した計算が可能 計算時間増大の可能性
通信遅延	発生無し	Communication Step Size の適切な設定が必要
可変タイムステップ ソルバ使用時	モデル/ソルバ相性の確認が必要	モデル/ソルバ相性は FMU 生成時に確認済
陽解法固定タイム ステップソルバ使用時	モデル最大固有値の抑制が必要	モデル最大固有値の抑制が必要
Core 分割	不可能 モデル全体で単一プロセス	可能 FMU 毎にプロセスを生成可能
推奨用途	制御モデル	複合物理システム 大規模モデルの並列計算処理 マルチレート Hardware in the Loop Simulation

# 経産省ガイドラインの原則

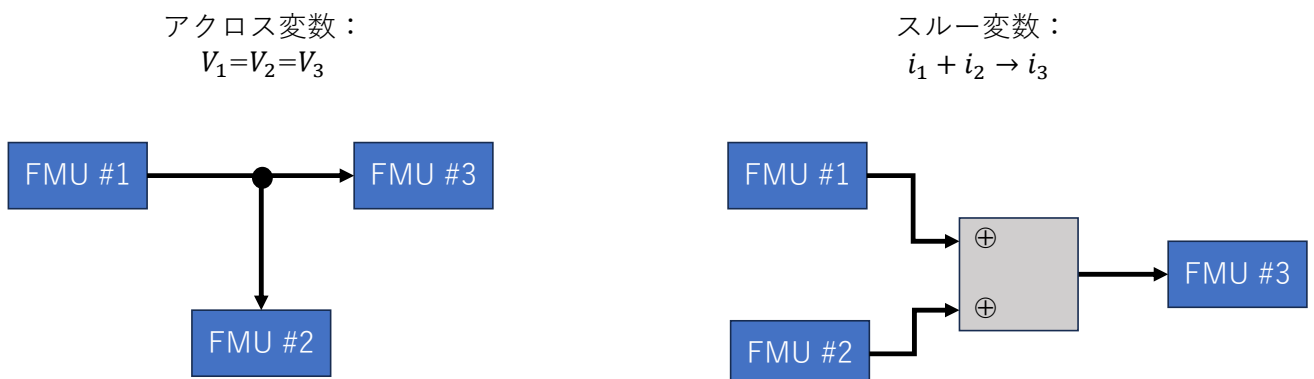
- 基本原則
  - 第一  
プラントモデル間はアクロス変数とスルー変数でつなぐ。また、アクロス変数とスルー変数の向きは互いに逆向きとする。
  - 第二  
エネルギーソースからエネルギーシンクへ流れる方向をエネルギーの正の向きとする。
  - 第三  
スルー量・アクロス量を蓄積する要素を基準として、全体のI/Fを考える。
  - 第四  
スルー変数の正負は、エネルギーの正の流れの向きと、スルー変数の入出力の向きが同じとき、正とする。
  - 第五  
入出力の単位はSI単位系、SI組立単位系を利用する。量記号はJIS規格を使用する。

47

Copyright ©2023 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

# アクロス変数とスルー変数

- FMUを接続するときに、追加のブロックが必要かどうか？



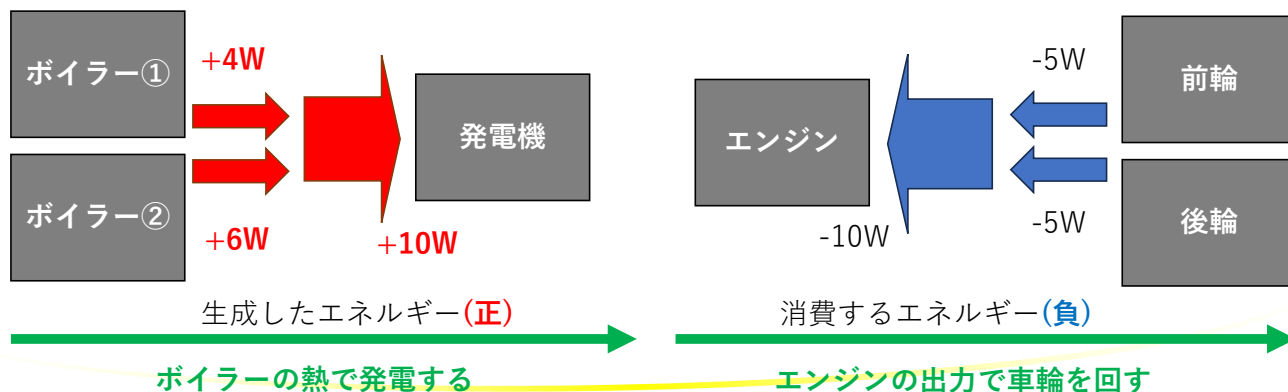
- アクロス変数は、=でつなぐ
- スルー変数は加算ブロックを追加

48

Copyright ©2023 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

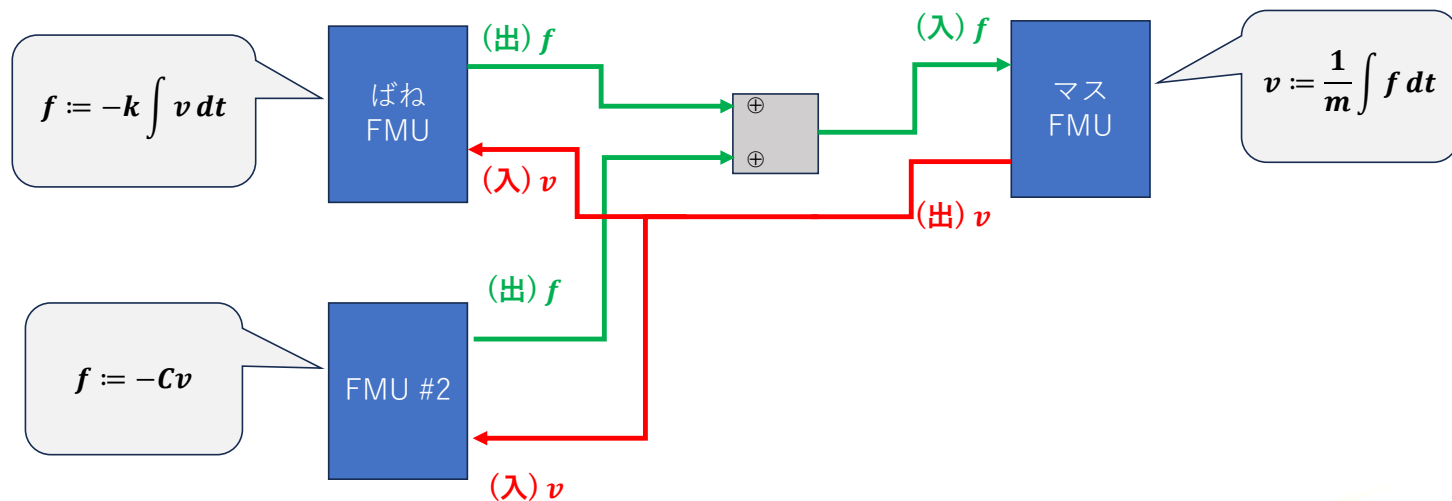
# エネルギーの向きと値の正負

- 第二  
エネルギーソースからエネルギーシンクへ流れる方向を**エネルギーの正の向き**とする。
- 第四  
スルー変数の正負は、**エネルギーの正の流れの向き**と、**スルー変数の入出力の向き**が同じとき、正とする。



49

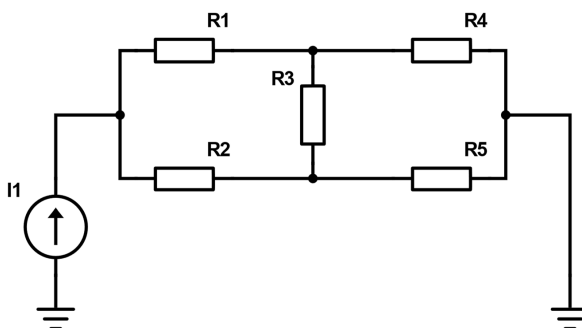
# ばね・マス・ダンパモデル



50

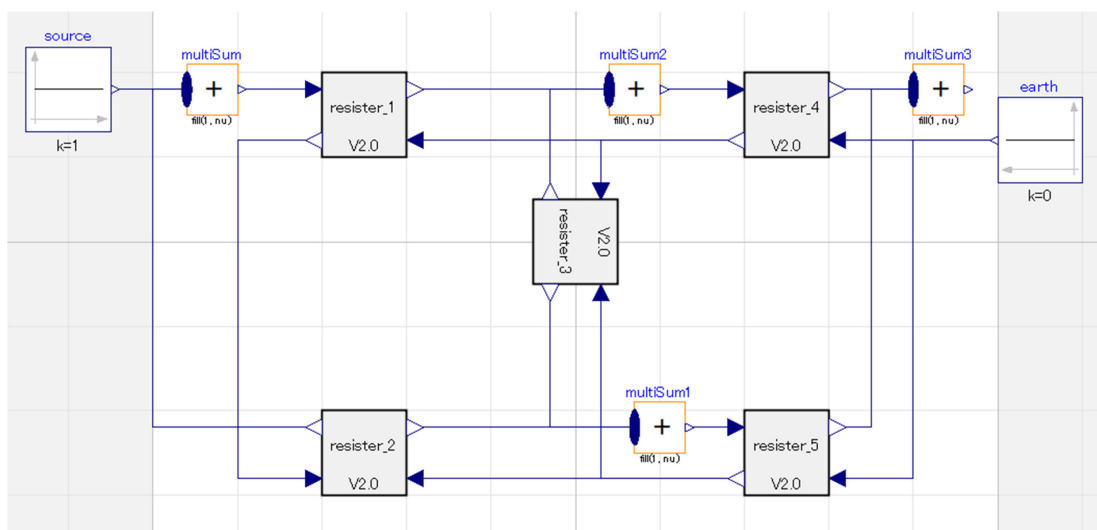
# ホイートストンブリッジのFMU設計

- ホイートストンブリッジ

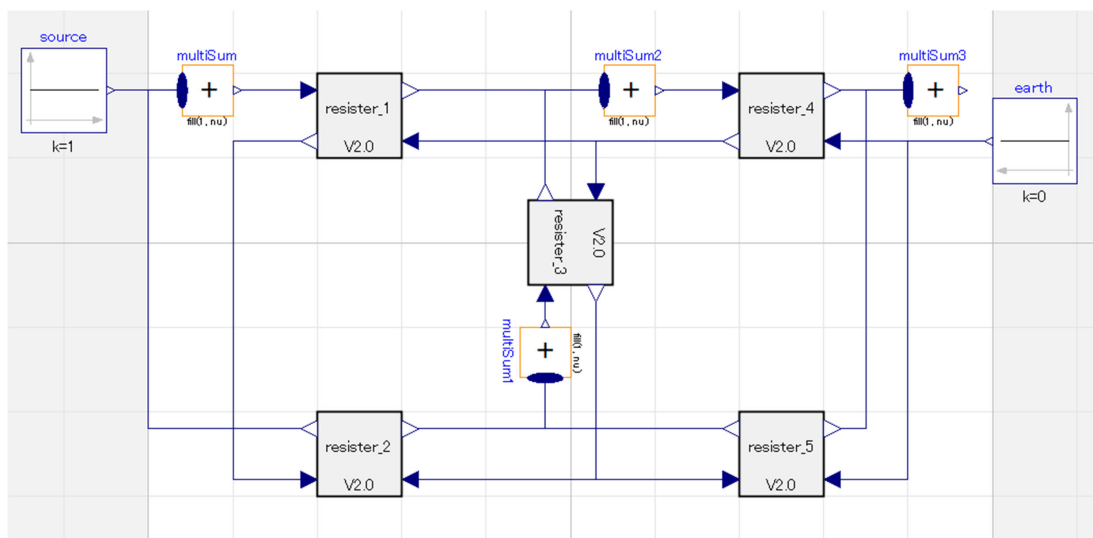


- $R1:R5 = R2:R4$  のとき
  - R3の電流が0になることを確認！

# ホイートストンブリッジのFMU設計



# ホイートストンブリッジのFMU設計

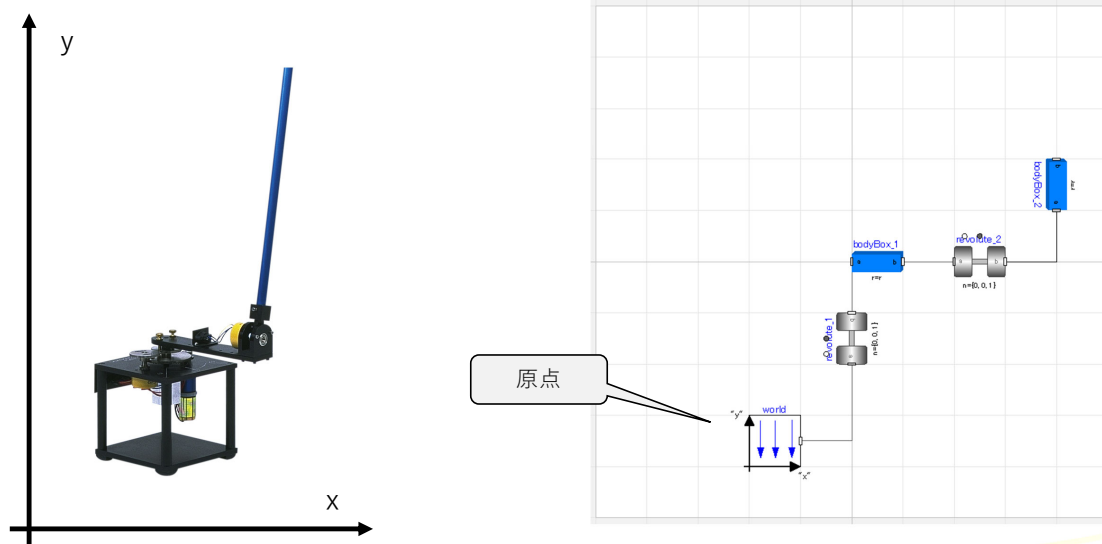


# 制御モデル実習

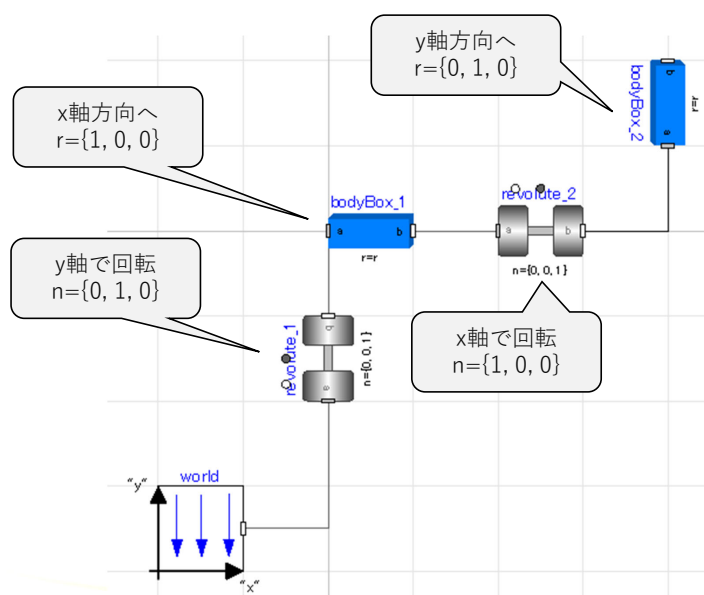
制御理論に従って、  
連続モデルを最適化

サンプリングレート設定  
離散制御モデル化

# 制御対象モデルの作成



# 制御対象モデルの作成



Modelica.Mechanics.MultiBody.World  
 Modelica.Mechanics.MultiBody.Joints.Revolute  
 Modelica.Mechanics.MultiBody.Parts.BodyBox



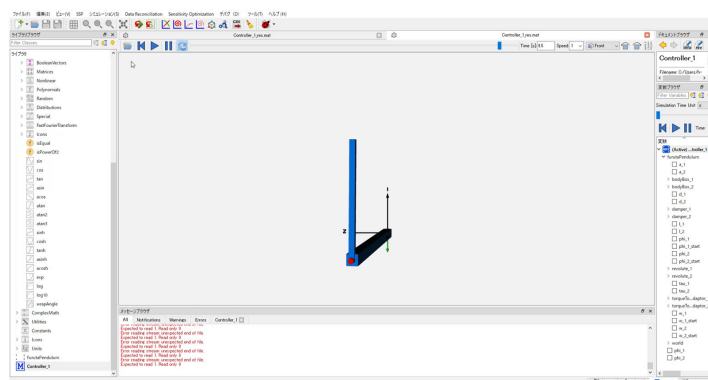
**Simulate with Animation**  
 から実行してください。

# 素朴な制御モデル

```

1 model Controller_1
2
3 import Modelica.Units.SI;
4 import Modelica.Constants;
5
6 FurutaPendulum furutaPendulum(
7   d_1 = 100,
8   d_2 = 100,
9   l_1 = 2,
10  phi_1_start = 0.1745329251994329,
11  phi_2_start = 0.08726646259971647,
12  w_1_start = 0,
13  w_2_start = 0
14 )
15 > annotation( ... );
16
17 SI.Angle phi_1 = Modelica.Math.wrapAngle(furutaPendulum.phi_1);
18 SI.Angle phi_2 = Modelica.Math.wrapAngle(furutaPendulum.phi_2);
19
20 equation
21
22 furutaPendulum.tau_1 = - 1e2 * phi_1;
23 furutaPendulum.tau_2 = + 1e5 * phi_2;
24
25
26
27 > annotation( ... );
28 end Controller_1;

```



# 状態フィードバック制御の行列表現

•  $u = -Kx$  とすると

$$\begin{aligned}
 \dot{x} &= Ax + Bu \\
 &= Ax + B(-Kx) \\
 &= (A - BK)x
 \end{aligned}$$

$$\begin{pmatrix} \dot{\varphi}_1 \\ \dot{\omega}_1 \\ \dot{\varphi}_2 \\ \dot{\omega}_2 \end{pmatrix} = \left( \begin{pmatrix} ? & ? & ? & ? \\ ? & ? & ? & ? \\ ? & ? & ? & ? \\ ? & ? & ? & ? \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} ? & ? \\ ? & ? \\ ? & ? \\ ? & ? \end{pmatrix} \begin{pmatrix} ? & ? & ? & ? \\ ? & ? & ? & ? \\ ? & ? & ? & ? \end{pmatrix} \right) \begin{pmatrix} \varphi_1 \\ \omega_1 \\ \varphi_2 \\ \omega_2 \end{pmatrix}$$

# Excelシートでテスト

	A[:, 1]	A[:, 2]	A[:, 3]	A[:, 4]		B[:, 1]	B[:, 2]		K[:, 1]	K[:, 2]	K[:, 3]	K[:, 4]	
A[1, :]	0.00E+00	1.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	B[1, :]	0.00E+00	0.00E+00	K[1, :]	0.00	0.00	0.00	0.00	- r 1
A[2, :]	0.00E+00	0.00E+00	1.26E+01	-1.33E-01	B[2, :]	-8.89E-01	-1.33E-01	K[2, :]	0.00	0.00	0.00	0.00	- r 2
A[3, :]	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.00E+00	B[3, :]	0.00E+00	0.00E+00		↑ φ 1	↑ ω 1	↑ φ 2	↑ ω 2	
A[4, :]	0.00E+00	0.00E+00	3.36E+01	-3.55E-01	B[4, :]	-1.33E-01	-3.55E-01						

制御理論(状態空間)について紹介  
 システムの特性を表現する行列A, B, Kを定義

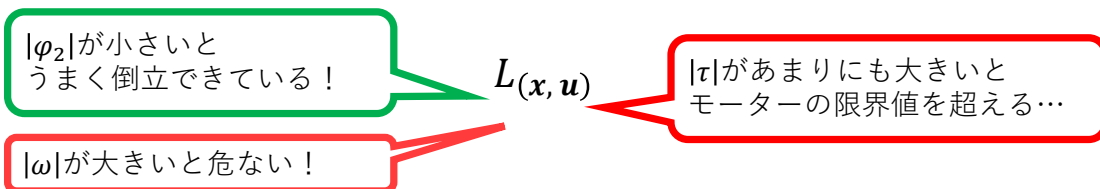
実際に成分を求めて、  
 制御理論に従って制御定数を設計

A-BK			
0.000000E+00	1.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
0.000000E+00	0.000000E+00	1.257710E+01	-1.332470E-01
0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	1.000000E+00
0.000000E+00	0.000000E+00	3.355460E+01	-3.554930E-01

[固有値計算サイトへのリンク](#)

# 最適制御の定義

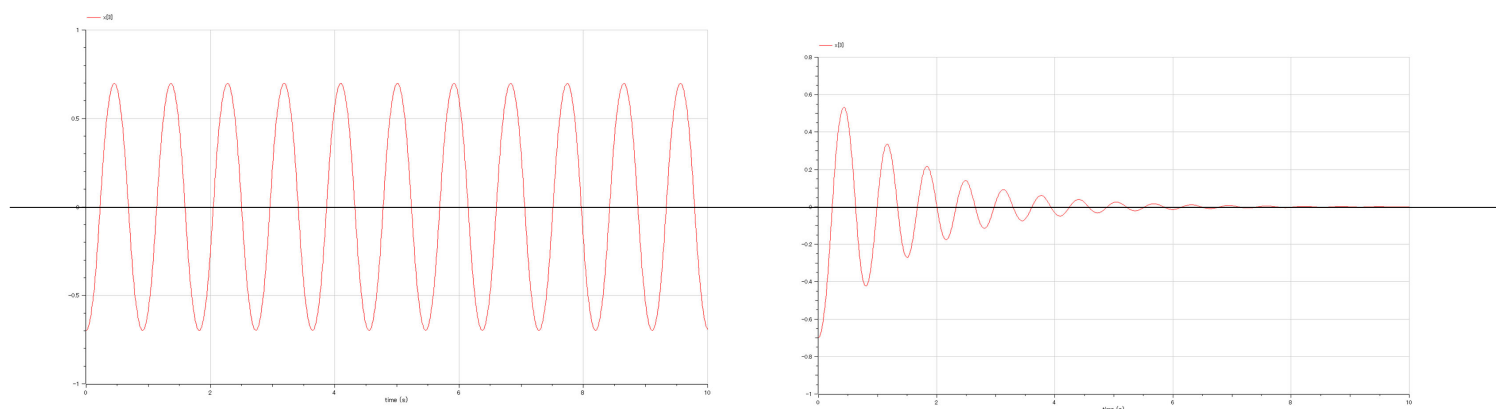
- 内部状態と制御入力を与えたとき、評価する関数L



- 一定時間の間の評価値を積分する。  
 評価値が最小となるuが最適制御であり、評価関数に依存する

$$\int L(x, u) dt$$

# 制御の評価関数Lの要件



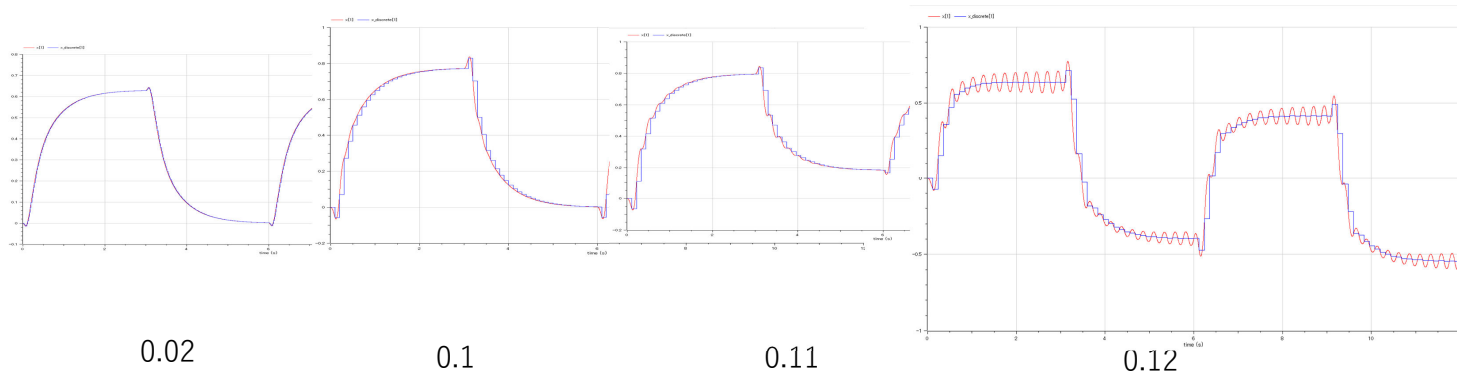
- 制御の結果 原点付近で行ったり来たりする場合
- 平均はどちらも0だが、右は収束していることがわかる。  
⇒値ではなく、値の絶対値を考慮した評価をしたい！

# スコアボード

- K と 60秒経過時のスコアを実験によって収集する

K[1]	K[2]	K[3]	K[4]	score[1] $\varphi_2$	score[2] $\omega_1$	score[3] $\omega_2$	score[4] $u$
0	0	-1000	0	1.55e1	9.60e2	7.44e2	1.54e7
0	0	-1000	-10	2.07e-1	4.96e1	1.37e1	2.03e5
0	0	-1000	-100	7.23e-2	3.95e2	1.39	3.75e4
0	10	-1000	-100	7.47e-2	2.15e1	1.62	4.04e4
<b>0</b>	<b>50</b>	<b>-1000</b>	<b>-100</b>	<b>9.33e-2</b>	<b>6.82</b>	<b>3.30</b>	<b>6.28e4</b>
0	75	-1000	-100	140e-1	8.03	6.80	1.17e5
0	50	-5000	-100	4.26e-2	2.30e1	1.59e1	9.24e5
0	100	-500	-100	1.12e-1	3.07e1	4.74e1	2.72e6

# サンプリング周期による変化



サンプリング周期	score[1] $\varphi_2$	score[2] $\omega_1$	score[3] $\omega_2$	score[4] $u$
0.02	1.79e-2	1.78	6.37e-1	2.00e4
0.1	3.99e-2	4.39	4.30	1.59e5
0.11	3.05e-2	3.82	4.29	1.83e5
0.12	1.18e-1	2.17e1	3.64e1	1.83e6

Copyright ©2023 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

03

# 制御モデル実習

制御理論に従って、  
連続モデルを最適化

サンプリングレート設定  
離散制御モデル化

Copyright ©2023 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

64

# 弊社のMBD業務

- MBD開発に関する教育
  - 講習会の実施
    - 規格書・経産省ガイドラインの解説
    - プラントモデル開発理論
    - 制御モデル開発とその理論
- モデルの開発
  - OpenModelicaによる新規開発
  - 既存アルゴリズムのOpenModelicaへの移植
- 運用補助
  - サポートサービス
  - 既存運用システムとの統合



# 品質工学ツール Advance/JIANT の概要と活用事例

アドバンスソフト株式会社  
研究員 小池晋太郎

## 目次

- JIANTの紹介
- 事例 JIANTを利用した多目的最適設計

# JIANTの紹介

Copyright ©2023 AdvanceSoft Corporation. All rightsreserved.

3

## JIANTとは

**JIANT**  
**JIANT**

- JAXAが開発しているロバストな設計を行うためのツール
  - JIANT : Jaxa Integrator for ANalysis Tools
- 宇宙の特殊性（と再現性改善）のため、品質工学をベースに新しい手法を考案
  - 結果が非線形となるケースが多い
    - 多水準の直交表をベースとする
  - 製品だけでなく運用方法も検討する必要がある
    - 誤差因子も設計対象とする
  - 部門（コンポーネント）毎の専門性・独立性が高く、調整が難しい
    - 設計範囲を見える化し、妥協案を探るためのセットベース設計

Copyright ©2023 AdvanceSoft Corporation. All rightsreserved.

4

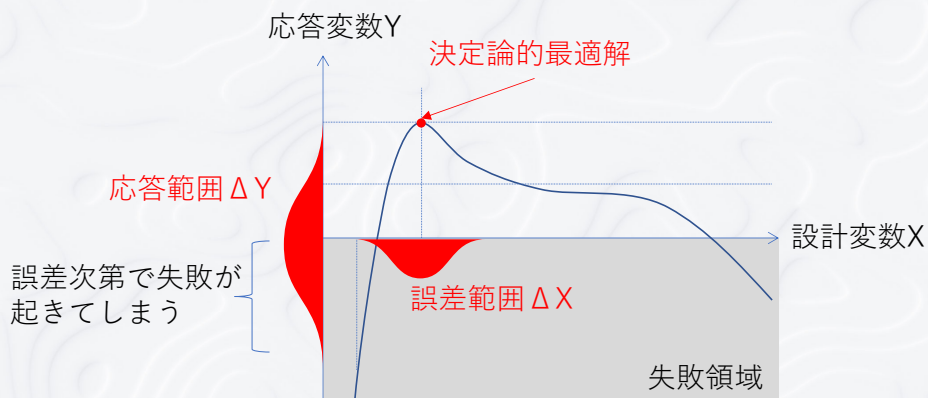
# 品質工学の概念

- **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

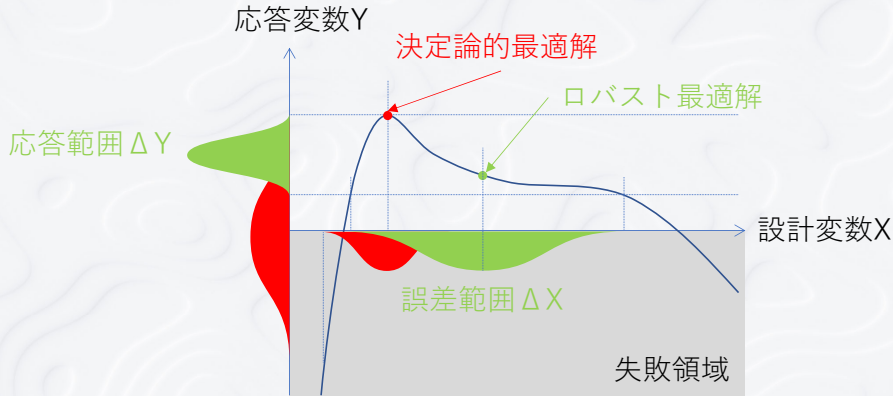
1. 使用環境に左右されない安定した（ロバストな）製品開発が可能  
使用環境や劣化ノイズに対する度合いをパラメータ毎に可視化した「**要因効果図**」を用いて判断できる
2. 総合的なコスト削減が見込める  
ロバストな製品の場合、試験や運用で発覚する設計問題による手戻りの可能性が減ることから、総合的なコスト削減が見込める
3. 開発期間の短縮  
**直交表**の利用により、必要なパラメータの組み合わせを残したまま間引くことができるため、より少ない試行回数で設計・開発を行うことができる

# ロバスト設計について



- ある設計変数についての決定論的な最適解を求めた場合、その設計変数とは関係のない要因のばらつきによって、最適解の周囲の誤差範囲でぶれが生じる
- 応答曲線次第では、上図のようにこの誤差範囲の応答が失敗領域に入ってしまうことがある

# ロバスト設計について



- 実際の製品開発を念頭に置いた場合、この誤差因子が大きくても応答が失敗領域にかぶらないような解が最適となり、これを求めるのがロバスト設計である
- 決定論的最適解とロバスト最適解はずれる場合が多く、CAEにおける設計でもこの誤差を念頭に置かなければならない

# 品質工学の実験計画法について(直交表)

L9(3<sup>4</sup>)直交表

	A	B	C	D
	1,2,3	1,2,3	1,2,3	1,2,3
実験1	1	1	1	1
実験2	1	2	2	2
実験3	1	3	3	3
実験4	2	1	2	3
実験5	2	2	3	1
実験6	2	3	1	2
実験7	3	1	3	2
実験8	3	2	1	3
実験9	3	3	2	1

(81回を9回で代替)

L18(2<sup>11</sup>×3<sup>7</sup>)直交表

	A	B	C	D	E	F	G	H
	1,2,3	1,2,3	1,2,3	1,2,3	1,2,3	1,2,3	1,2	1,2
実験1	1	1	1	1	1	1	1	1
実験2	1	2	2	2	2	2	2	1
実験3	1	3	3	3	3	3	3	1
実験4	2	1	1	2	2	3	3	1
実験5	2	2	2	3	3	1	1	1
実験6	2	3	3	1	1	2	2	1
実験7	3	1	2	1	3	2	3	1
実験8	3	2	3	2	1	3	1	1
実験9	3	3	1	3	2	1	2	1
実験10	1	1	3	3	2	2	1	2
実験11	1	2	1	1	3	3	2	2
実験12	1	3	2	2	1	1	3	2
実験13	2	1	2	3	1	3	2	2
実験14	2	2	3	1	2	1	3	2
実験15	2	3	1	2	3	2	1	2
実験16	3	1	3	2	3	1	2	2
実験17	3	2	1	3	1	2	3	2
実験18	3	3	2	1	2	3	1	2

(4374回を18回で代替)

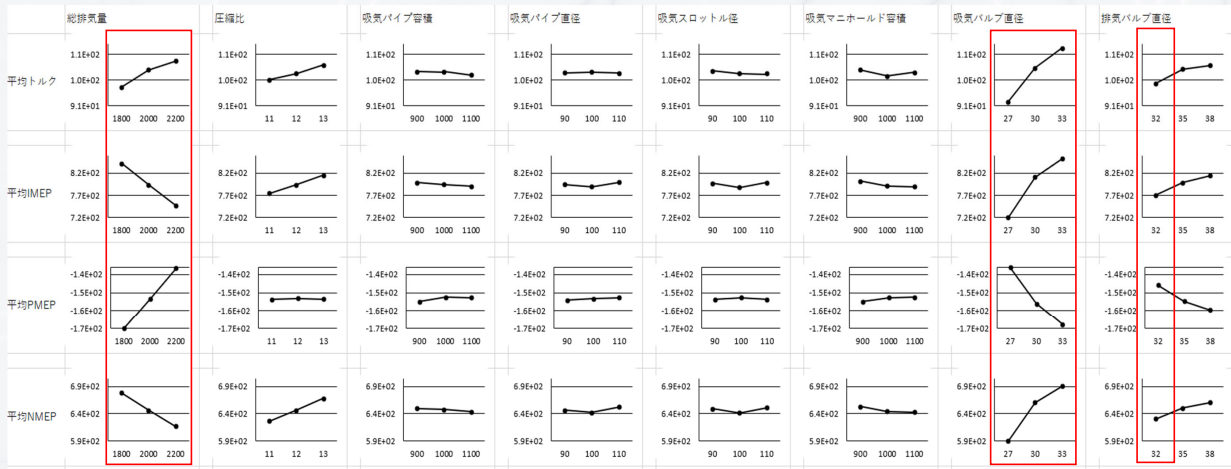
L36(2<sup>11</sup>×3<sup>12</sup>)直交表

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z
実験1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
実験2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
実験3	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
実験4	2	1	1	2	2	3	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
実験5	2	2	2	3	3	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
実験6	2	3	3	1	1	2	2	3	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
実験7	3	1	2	1	3	2	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
実験8	3	2	3	2	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
実験9	3	3	1	3	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1
実験10	1	1	3	3	2	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
実験11	1	2	1	1	3	3	2	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
実験12	1	3	2	2	1	1	3	2	2	1	1	3	2	2	1	1	3	2	2	1	1	3	2	2	1	1
実験13	2	1	2	3	1	3	2	2	1	1	3	2	2	1	1	3	2	2	1	1	3	2	2	1	1	3
実験14	2	2	3	1	2	1	3	2	1	1	3	2	1	1	3	2	1	1	3	2	1	1	3	2	1	1
実験15	2	3	1	2	3	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
実験16	3	1	3	2	3	1	2	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
実験17	3	2	1	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1
実験18	3	3	2	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2

(108万回を36回で代替)

- 品質工学では、ロバスト解を探すためのパラメータ探索に直交表を用いる
- 各パラメータに水準（離散点）を設け、組み合わせ総当たりではなくパラメータの関係性を網羅しつつ少ない回数での試行を行う事ができる
- 日本の製造業では3水準で行う事が多いが、詳細なロバスト解を得るためにJIANTでは多水準の直交表にも対応

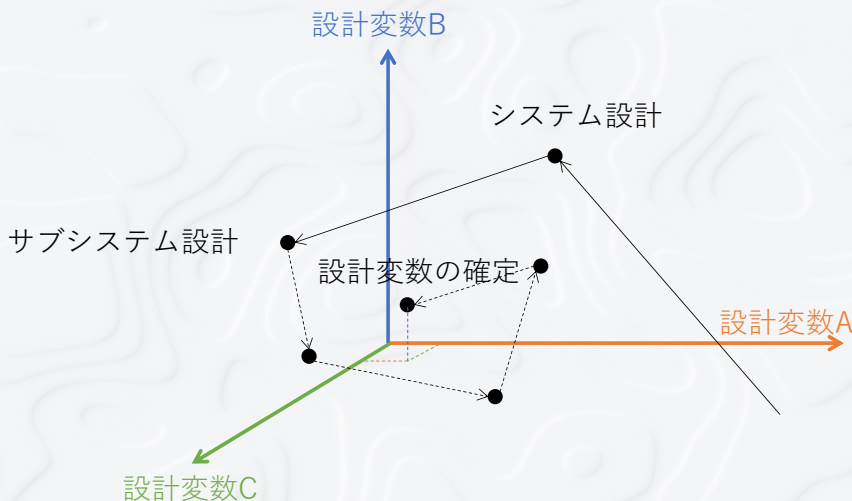
# 品質工学の実験計画法について(要因効果図)



- 直交表に従って計算を行った結果について、各設計変数ごとの応答パラメータへの感度をまとめたグラフを**要因効果図**という
- 設計変数が変動した際にどのように応答が変化するかを視覚的に確認できるため、ロバスト設計の際のパラメータ範囲の探索に有効

# セットベース設計とポイントベース設計

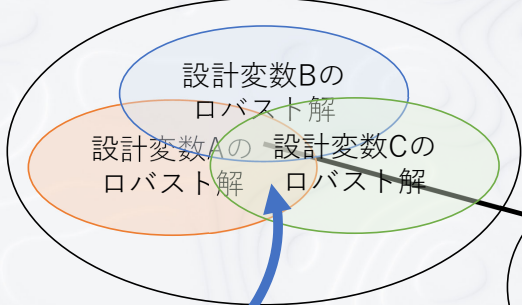
ポイントベース設計：設計段階ごとに最適な設計変数を推定していき、最終的な最適解を絞り込んでいく手法



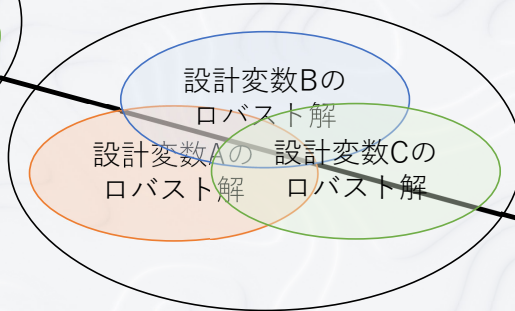
# セットベース設計とポイントベース設計

セットベース設計：設計変数・性能を範囲集合で表現し、多くの性能の範囲共通集合を満足するように設計変数の範囲集合を絞り込んでいく設計手法

システム設計



サブシステム設計



変数のロバスト解が重なる  
パラメータ範囲を採用

異なるレイヤーの設計でも、上位レイヤーの  
パラメータ範囲からさらに絞り込む

設計変数の確定

## ● JAXAでの使用例

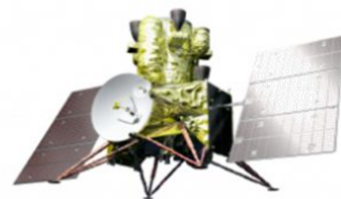
2018年度に、JAXAで開発中の火星衛星計画探査（MMX）の着陸シミュレーションに適用しました。この探査計画は、地球から遠く離れた火星衛星（ファオス等）に探査機を着陸させて様々な計測を行うのが目的です。火星衛星の環境は未知の部分が多く、写真で見える限りは地面が大きく凹凸した環境に見えます。そこで、地面の傾きや、探査機の姿勢など、想定される様々な状態を考慮し、どのような状態であっても93%の確率で火星衛星に着陸できる条件の算出を行いました。しかし、現在の探査機の形では、地面がほぼ水平（±3.75度以下）を探さないと実現が困難であるという結果でした。地面が水平な場所を探して着陸するのは困難であるため、MMXでは地面の傾きが±10度程度であっても安定して着陸できる様にするために、太陽電池パドルを小さく、足を踏ん張ったダンゴの様な形に改良して対応する事にしました。これは、JIANTを使う事により、MMXの設計の改良に繋がった事例になります。

### 火星衛星探査機(MMX)の設計変更

検討前の設計（2018年）



検討後の設計（2019年）



JAXA 新事業促進部HPより引用  
<https://aerospacebiz.jaxa.jp/mission-assurance-support/knowledge01/>

- ・転倒しないための着陸脚の大型化
- ・接地しにくい太陽電池パドル形状への変更

# 品質工学ツールとしてのJIANTの特徴

- ロバスト設計という「**わかりにくく/効果の高く/地味な**」業務を、技術障壁を減らして導入するためのツール
- 既存のシミュレーション業務で使用しているシミュレーションソフトウェア・モデルを**そのまま使用可能**
- ソフト用の**解析ツール定義体**を一度作ってしまえば、そのソフトで動く別のモデルに対しても**流用可能**
- 多水準の直交表を用いることで、**非線形な応答のパラメータ**に対してもロバスト設計が可能
- 結果に対して**機械学習**による補助的な解析を行い、ロバスト解の絞り込みをサポート

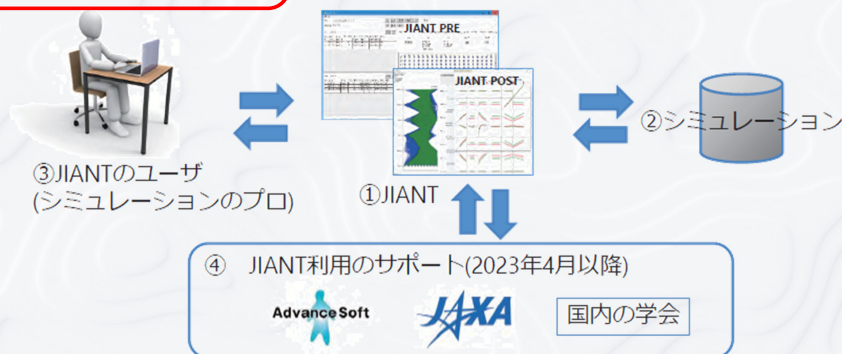
# JIANTの運用イメージ

## ユーザーの想定

- シミュレーション解析の業務経験がある
- Windows Batchの運用・管理ができる
- Excelを使ったデータ解析ができる

## 対応シミュレーションツール

- Windows Batchを介して起動可能なこと
- 入出力パラメータを外部制御可能なこと



## サポート内容

- JIANTとシミュレーションツールを繋ぐツール定義体の作成
- ロバスト設計のための解析手順のアドバイス

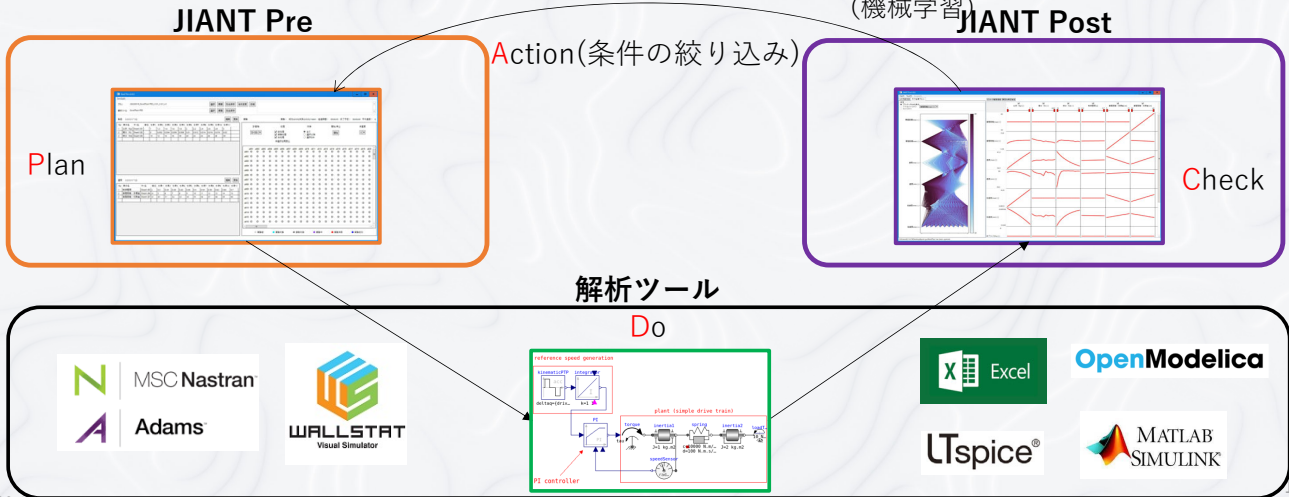
# JIANTでのPDCAサイクル

CA相当機能：Post画面（データ可視化が主）

1. 結果表示（要因効果図、平衡座標プロット、散布図など）
2. 指定したパラメータ範囲の要因効果図推定（機械学習）
3. 制約条件を満たすパラメータ範囲の算出（機械学習）

PD相当機能：Pre画面（データ蓄積が主）

1. パラメータ組み合わせ結果の自動生成（Plan）
2. シミュレーションの自動実行・結果回収（Do）
3. 集計結果とグラフの出力



Copyright ©2023 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

15

# JIANT Preでの直交表の編集

直交表の作成は、Pre GUIからExcelシートを起動させて編集する

プリセットから直交表の種類を選択可能  
多水準の幅広い種類の直交表が準備されている

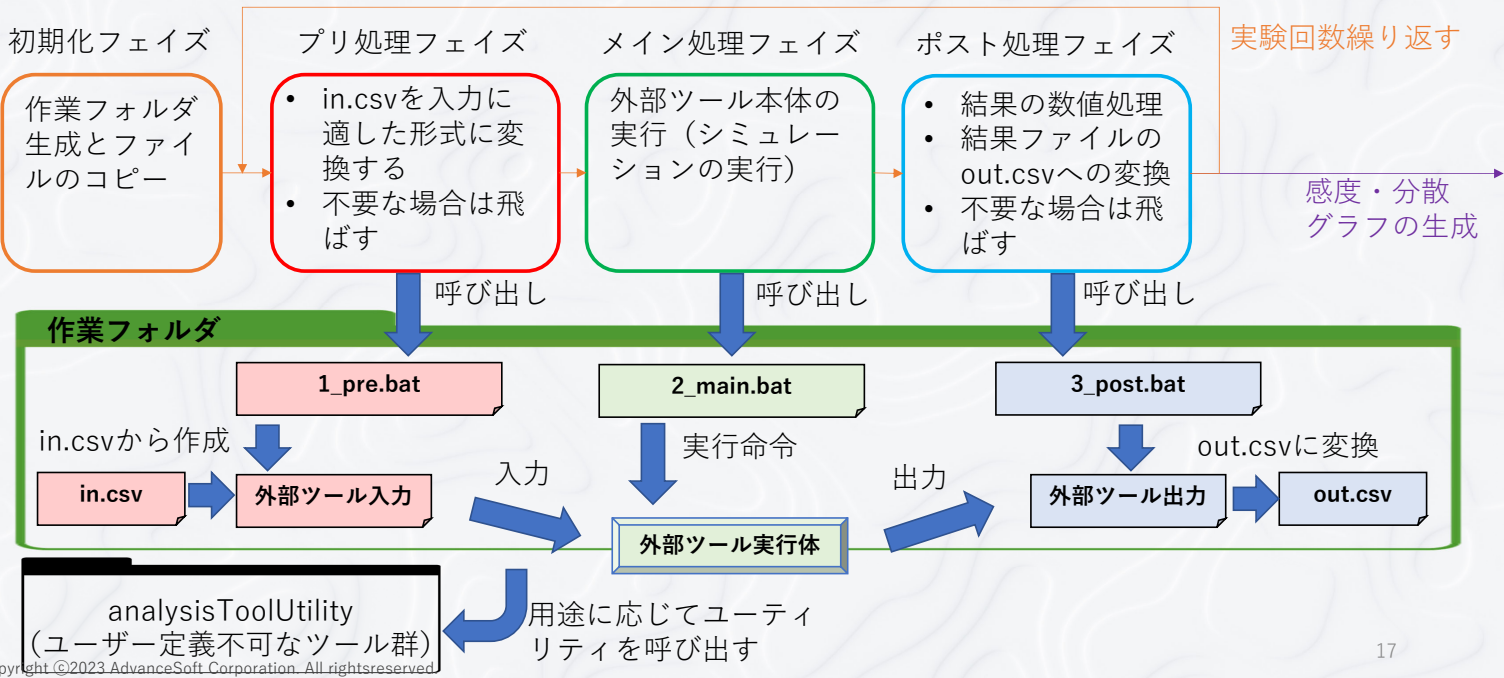
No.	表示名	キー名 (参考)	単位	水準1	水準2	水準3	水準4	水準5	水準6	水準7
1	比例 (Kp)	Sheet1.B1	-	1	2	3				
2	積分 (Ki)	Sheet1.B2	-	0	0.01	0.02				
3	微分 (Kd)	Sheet1.B3	-	10	20	30				

それぞれの設計変数に対して、各水準のパラメータを指定  
多水準用の数値の補間マクロを利用して、簡単に直交表を作成可能

Copyright ©2023 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

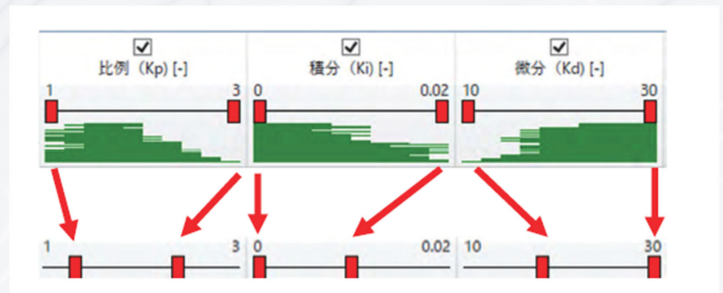
16

# JIANT Preでの解析ツールの基本動作



# JIANT Postでの機械学習による解析の補助

- 要因効果図を補間し、各応答パラメータに対する設計パラメータのロバスト範囲をJIANT Postが推定・提案する
- この推定を参考に、次の設計サイクルの水準の範囲を絞り込んでいく頃ができる

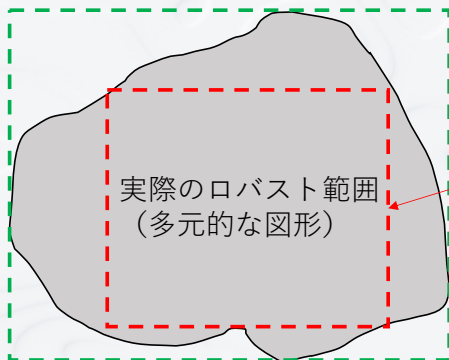


上位候補の傾向  
制約条件を満たす精度を優先



JIANTの推定を参考に、  
ユーザーが次の範囲を決定

下位候補の傾向  
選ばれた範囲の多元的な体積を優先



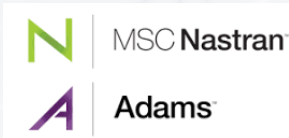
- 従来の品質工学で熟練の「カン」で行われていた範囲推定について、機械学習の導入によって**初心者でも容易に**できるようになる
- 既に品質工学のノウハウを持つ人間でも、参考地として推定を役立てることができる

# 動作環境

必須環境(動作確認済みバージョン)

- OS: Windows 10, 11
- Microsoft Excel (2016, office365)がインストール済み

連携実績のある外部ツール



…その他Windows起点で起動可能なCAEツールに対応可能 (要相談)

Copyright ©2023 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

## 事例① JIANTを利用した多目的最適設計

# JIANTによる検討の概要

## 【目的】

マツダ株式会社の複数車両の車両構造同時設計問題  
(パラメータ数が多く(222個)で、解が離散的に存在する問題)  
へのJIANT適用によるロバスト設計解の算出

## 【結果】

- JIANTが保有する直交表の制限 (今後の課題) により、パラメータ数を46個に絞った計算を実施。
- $L242 \times L242 = 58564$ 回の計算を実施しサロゲートモデル作成。

【成果】 アプローチ (その1) の要因効果図の利用により、パラメータ感度情報を取得。

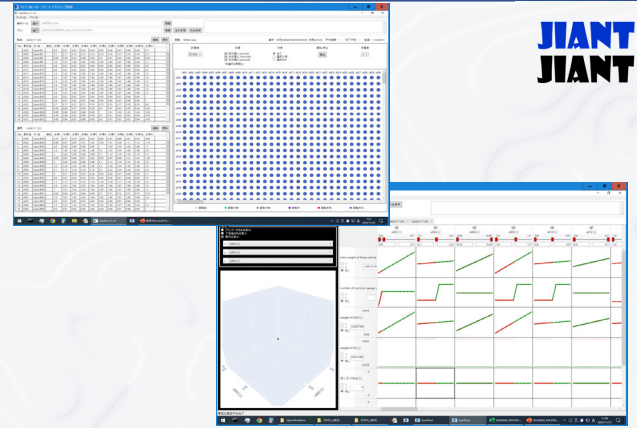
- ① 機械学習機能の推定機能を利用する事で、高速にパラメータ成立範囲を算出。
- ② 機械学習で得られた範囲は推定誤差が含まれるため、再度、計算をやり直して、シミュレーション
- ③ 品質工学結果だけのパラメータ成立解を算出。

【成果】 アプローチ (その2)

- ① リファレンスとして採用した結果より、良好な7個の最適解を算出した。

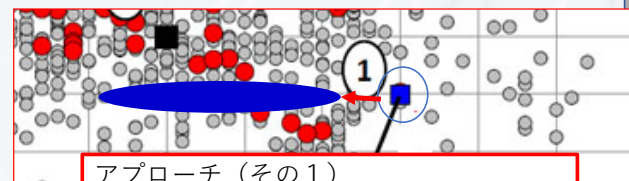
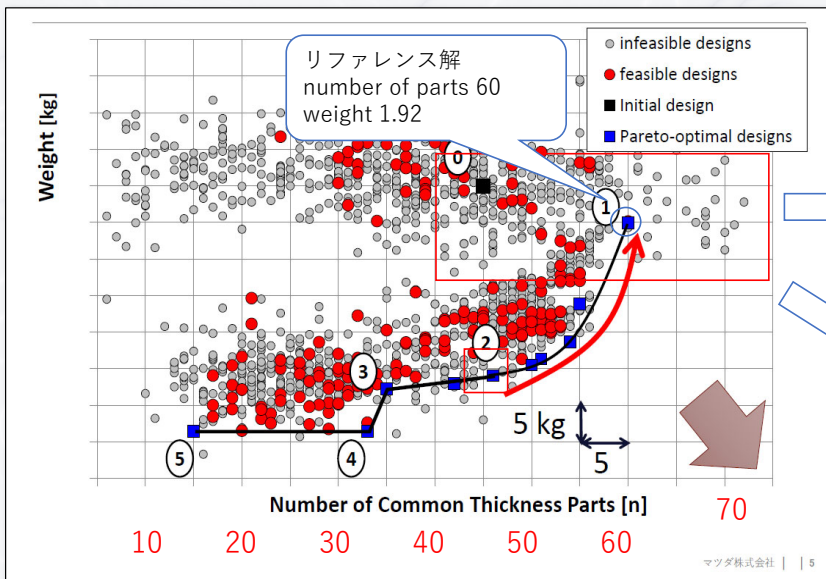
【今後の課題】 (2024年9月を目標に対応予定)

- ✓ 数百個のパラメータに対応できる直交表もしくは乱数表の追加。  
(パラメータ数が多い、電気回路設計、制御シミュレータへの適用が期待できる)
- ✓ 直交表では見つけられない局所最適解の算出機能 (GA等) の追加。

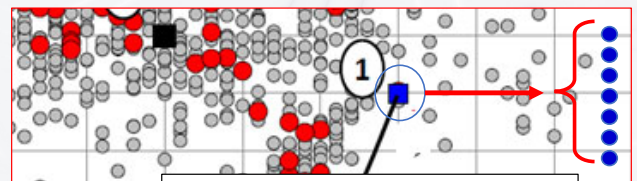


# 多目的設計問題への対応

今回の問題では、局所最適解が離散的に存在していたので、マツダ殿の最適解を起点として解の算出を試みた



アプローチ (その1)  
1つの最適設計解を起点とした、制約条件を満足できるパラメータ成立範囲 (ロバスト設計解) の算出

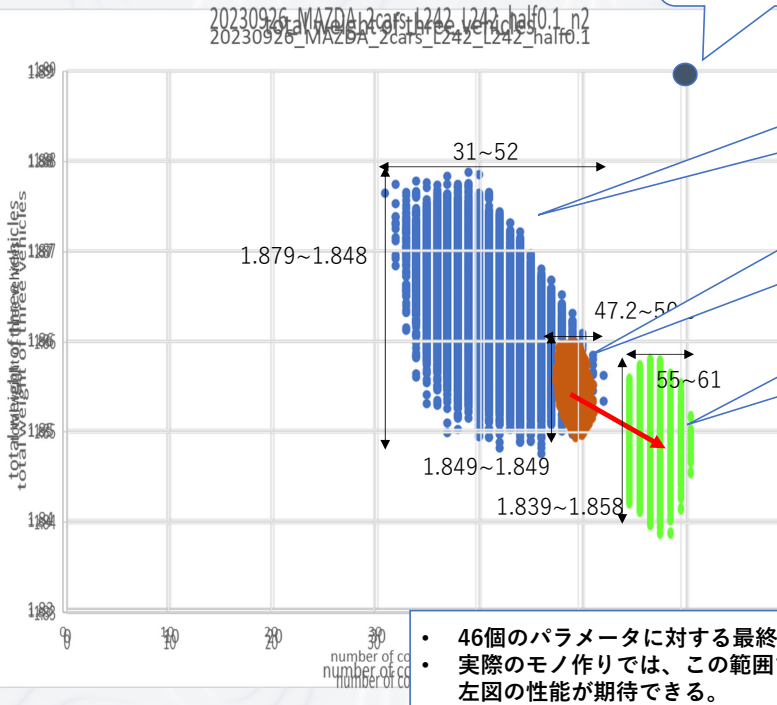


アプローチ (その2)  
1つの最適設計解を起点とした、他の最適設計解(7つ)の算出

- T. Kohira, H. Kemmotsu, O. Akira, T. Tatsukawa and T. Watanabe, "Proposal of benchmark problem based on real-world car structure design optimization", Proceedings of the Genetic and Evolutionary Computation Conference (GECCO '18),
- 大山 聖, 小平 剛央, 立川 智章, 渡辺 毅, 鋸持 寛正, 多目的進化アルゴリズムとFEM構造解析を用いた複数車種の車両構造同時設計最適化, 日本機械学会論文誌, 2019年 85巻 879号 p. 19-00293

# 算出結果

リファレンス解  
number of parts 60  
weight 1.92



① リファレンス解を起点にパラメータを振った結果ロバスト解だが結果は悪化した

② 上記①をもとに、機械学習機能の推定機能を利用してしながら良好な解を探索。(要因効果図の利用)

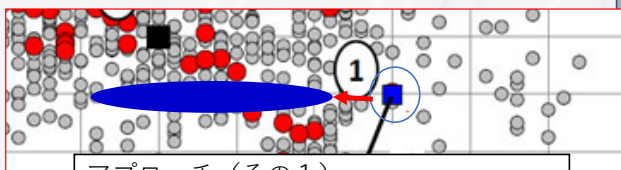
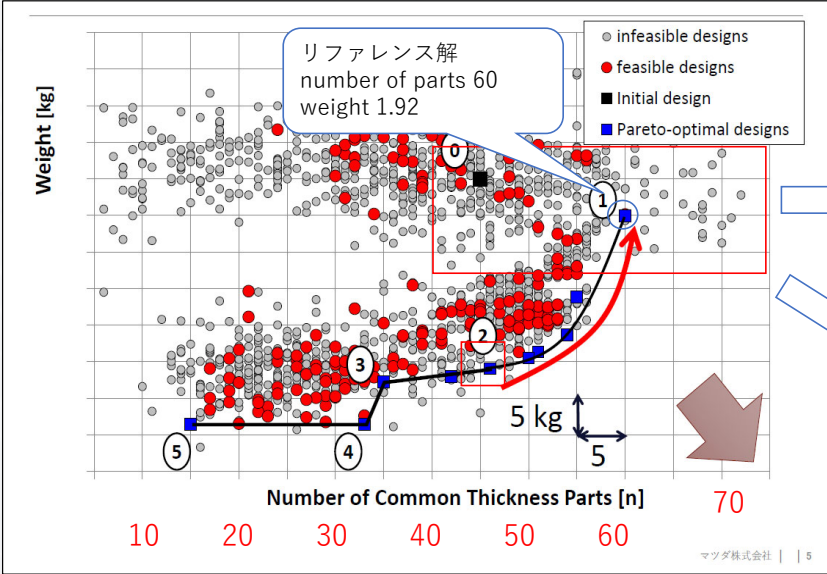
③ 上記②の結果は機械学習の推定結果であるため、シミュレーションを利用した再計算(検算)を実施。機械学習の誤差が無い結果が得られた

No.	表示名	成立範囲	No.	表示名	成立範囲
1	x002	0.6 0.61	24	x002	0.75 0.79
2	x003	2.1 2.15	25	x003	0.95 0.97
3	x004	0.35 0.45	26	x004	0.9 0.92
4	x009	1.6 1.65	27	x009	1.4 1.42
5	x010	0.8 0.85	28	x010	1 1.2
6	x012	0.6 0.7	29	x012	0.85 0.87
7	x013	1.4 1.44	30	x013	2 2.2
8	x014	1.8 1.84	31	x014	1.2 1.4
9	x015	1.4 1.44	32	x015	2.1 2.14
10	x016	1.8 1.84	33	x016	2 2.1
11	x018	1.4 1.44	34	x018	0.6 0.64
12	x019	1.6 1.65	35	x019	1.1 1.2
13	x020	0.9 0.95	36	x020	1.8 1.83
14	x021	0.9 0.95	37	x021	1 1.1
15	x022	0.7 0.74	38	x022	0.65 0.7
16	x025	0.35 0.39	39	x025	1.8 1.84
17	x029	0.95 0.96	40	x029	0.9 0.95
18	x030	0.45 0.54	41	x030	1.2 1.24
19	x032	0.35 0.39	42	x032	0.9 1.1
20	x034	0.85 0.95	43	x034	0.75 0.79
21	x036	2.2 2.24	44	x036	1.4 1.44
22	x038	0.3 0.49	45	x038	0.9 1.06
23	x039	0.4 0.5	46	x039	2.38 1.84

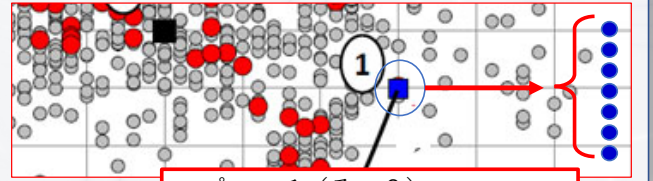
- 46個のパラメータに対する最終的なロバスト解。
- 実際のモノ作りでは、この範囲で管理しておけば、左図の性能が期待できる。

# 別アプローチの検討

今回の問題では、局所最適解が離散的に存在していたので、マツダ殿の最適解を起点として解の算出を試みた



アプローチ (その1)  
1つの最適設計解を起点とした、制約条件を満足できるパラメータ成立範囲(ロバスト設計解)の算出



アプローチ (その2)  
1つの最適設計解を起点とした、他の最適設計解(7つ)の算出

- T. Kohira, H. Kemmotsu, O. Akira, T. Tatsukawa and T. Watanabe, "Proposal of benchmark problem based on real-world car structure design optimization", Proceedings of the Genetic and Evolutionary Computation Conference (GECCO '18),
- 大山 聖, 小平 剛央, 立川 智章, 渡辺 毅, 鋸持 寛正, 多目的進化アルゴリズムとFEM構造解析を用いた複数車種の車両構造同時設計最適化, 日本機械学会論文誌, 2019年 85巻 879号 p. 19-00293

# 作業の方針

- 評価パラメータの設定
- 一次探索
  - ▶ 既存パレート解の共通パーツを前提として、その他パラメータについて2車種のパーツを共通したときに成立する解を探索
  - ▶ 7つの成立解を発見した
- 二次探索
  - ▶ 一次探索で見つけた成立解を起点に、その周辺の成立解を探索した
  - ▶ 12個のパラメータについて、ある程度の成立解の範囲があることが確認できた。

25

# 評価パラメータの設定

- Total Mass  
GAでの評価パラメータと同様、規格化した値を使用した。
- # of common parts  
GAでの評価パラメータと同様の共通パーツ数。後述の②の条件のためすべてのケースで1となる。
- Error count  
pop\_cons\_eval.txtの出力パラメータのうち、0以上の条件を満たしていないパラメータの数。
- Score  
Error countが1以上の時は0、0の時は2-Total Massを返す。成立条件を満たしたうえで質量が小さいほど高い値になる。

26

# 探索パラメータの絞り込みの手順

- 2車種148パラメータ全体の探索が現実的ではないことが事前検討で分かっているので、この数を減らしてより好条件の解の探索を行う方針を取った。
- 下記のように探索対象を限定することで、探索パラメータを24/148まで絞り込むことができた。

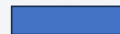
①2車種の全変数 $74 \times 2 = 148$



②2車種が同一のパラメータを持つという条件で74パラメータに絞り込み



③既存のパレート解を基準に、共通化しているものを除いた25パラメータに絞り込み

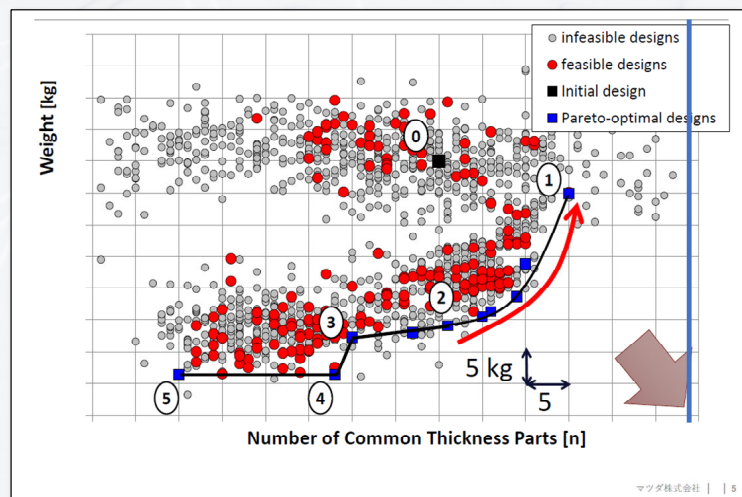


④直行表に合わせるため、③のうち最も誤差率の小さいものを除いて24パラメータに絞り込み



## ② 2車種が同一のパラメータを持つ条件のイメージ

問題の単純化のため、常に2車種のパラメータが完全一致している範囲内での探索を行った。  
# of common partsが常に1となり、グラフ上の青線の上の範囲に限定される。



# ③④既存のパレート解から絞り込み

2車種のパラメータが一致していないものを検索

その差の1.5倍の範囲を探索範囲として設定

該当する25パラメータのうち、最も差の範囲が小さいx029については中間値に固定

No	表示名	キー名	単位	水準1	水準2	水準3	水準4	水準5	水準6	水準7	水準8	水準9	水準10	水準11
1	x001	pareto.F1	-	0.875	0.885	0.895	0.905	0.915	0.925	0.935	0.945	0.955	0.965	0.975
2	x002	pareto.F2	-	0.625	0.615	0.605	0.595	0.585	0.575	0.565	0.555	0.545	0.535	0.525
3	x003	pareto.F3	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	x004	pareto.F4	-	0.225	0.275	0.325	0.375	0.425	0.475	0.525	0.575	0.625	0.675	0.725
5	x005	pareto.F5	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	x006	pareto.F6	-	0.15	0.15	1.55	0.85	140						
7	x007	pareto.F7	-	2.3	1.1	1.7	30							
8	x008	pareto.F8	-	0	0	1.8	0							
9	x009	pareto.F9	-	0	0	1.6	0							
10	x010	pareto.F10	-	0	0	0.8	0							
11	x011	pareto.F11	-	0	0	1.8	0							
12	x012	pareto.F12	-	0.525	0.825	0.675	25							
13	x013	pareto.F13	-	0	0	1.4	0							
14	x014	pareto.F14	-	0	0	1.8	0							
15	x015	pareto.F15	-	0	0	1.4	0							
16	x016	pareto.F16	-	0	0	1.8	0							
17	x017	pareto.F17	-	0	0	1.2	0							
18	x018	pareto.F18	-	0	0	1.4	0							
19	x019	pareto.F19	-	0	0	1.6	0							
20	x020	pareto.F20	-	0	0	0.9	0							
21	x021	pareto.F21	-	0	0	0.9	0							
22	x022	pareto.F22	-	0	0	0.7	0							
23	x023	pareto.F23	-	0	0	0.5	0							
24	x024	pareto.F24	-	0.875	0.975	0.925	5.555556							



この条件から直行表を作成

製品 L121(11^12)

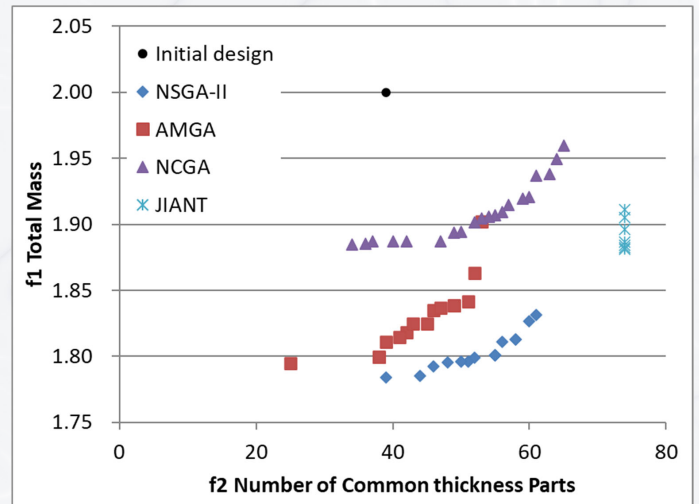
No	表示名	キー名	単位	水準1	水準2	水準3	水準4	水準5	水準6	水準7	水準8	水準9	水準10	水準11
1	x001	pareto.F1	-	0.875	0.885	0.895	0.905	0.915	0.925	0.935	0.945	0.955	0.965	0.975
2	x002	pareto.F2	-	0.625	0.615	0.605	0.595	0.585	0.575	0.565	0.555	0.545	0.535	0.525
3	x004	pareto.F4	-	0.225	0.275	0.325	0.375	0.425	0.475	0.525	0.575	0.625	0.675	0.725
4	x006	pareto.F6	-	0.15	0.29	0.43	0.57	0.71	0.85	0.99	1.13	1.27	1.41	1.55
5	x007	pareto.F7	-	2.3	2.18	2.06	1.94	1.82	1.7	1.58	1.46	1.34	1.22	1.1
6	x012	pareto.F12	-	0.525	0.555	0.585	0.615	0.645	0.675	0.705	0.735	0.765	0.795	0.825
7	x024	pareto.F24	-	0.875	0.885	0.895	0.905	0.915	0.925	0.935	0.945	0.955	0.965	0.975
8	x030	pareto.F30	-	0.425	0.435	0.445	0.455	0.465	0.475	0.485	0.495	0.505	0.515	0.525
9	x034	pareto.F34	-	0.875	0.865	0.855	0.845	0.835	0.825	0.815	0.805	0.795	0.785	0.775
10	x035	pareto.F35	-	0.875	0.885	0.895	0.905	0.915	0.925	0.935	0.945	0.955	0.965	0.975
11	x038	pareto.F38	-	0.225	0.255	0.285	0.315	0.345	0.375	0.405	0.435	0.465	0.495	0.525
12	x039	pareto.F39	-	0.375	0.385	0.395	0.405	0.415	0.425	0.435	0.445	0.455	0.465	0.475

運用 L121(11^12)

No	表示名	キー名	単位	水準1	水準2	水準3	水準4	水準5	水準6	水準7	水準8	水準9	水準10	水準11
1	x042	pareto.F42	-	0.975	0.965	0.955	0.945	0.935	0.925	0.915	0.905	0.895	0.885	0.875
2	x045	pareto.F45	-	1.05	1.03	1.01	0.99	0.97	0.95	0.93	0.91	0.89	0.87	0.85
3	x046	pareto.F46	-	0.875	0.865	0.855	0.845	0.835	0.825	0.815	0.805	0.795	0.785	0.775
4	x047	pareto.F47	-	1.9	1.78	1.66	1.54	1.42	1.3	1.18	1.06	0.94	0.82	0.7
5	x048	pareto.F48	-	2.35	2.21	2.07	1.93	1.79	1.65	1.51	1.37	1.23	1.09	0.95
6	x049	pareto.F49	-	0.9	1.02	1.14	1.26	1.38	1.5	1.62	1.74	1.86	1.98	2.1
7	x054	pareto.F54	-	2.4	2.24	2.08	1.92	1.76	1.6	1.44	1.28	1.12	0.96	0.8
8	x058	pareto.F58	-	0.75	0.89	1.03	1.17	1.31	1.45	1.59	1.73	1.87	2.01	2.15
9	x060	pareto.F60	-	1.3	1.18	1.06	0.94	0.82	0.7	0.58	0.46	0.34	0.22	0.1
10	x063	pareto.F63	-	0.875	0.885	0.895	0.905	0.915	0.925	0.935	0.945	0.955	0.965	0.975
11	x068	pareto.F68	-	0.65	0.75	0.85	0.95	1.05	1.15	1.25	1.35	1.45	1.55	1.65
12	x071	pareto.F71	-	0.85	0.87	0.89	0.91	0.93	0.95	0.97	0.99	1.01	1.03	1.05

# 一次探索の結果

- 14641の試行ケースのうち、7つだけpop\_cons\_eval.txtのパラメータがすべて0以上となるケースを発見した。
- Total MassについてもGA探索結果と変わらない程度の大きさ



## 二次探索の方針

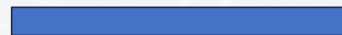
- 14641の試行ケースのうち、7つだけError count = 0を満たすものが見つかった。
- このケース数では要因効果図からの成立範囲推定は難しいので、それぞれのケースのパラメータに着目したところ、これらのケースは24パラメータのうち12パラメータについて共通であった
- よって他の50パラメータと同じく固定値とし、残りの12パラメータについて範囲探索を行った。

## 更なる探索パラメータの絞り込み

①2車種の全変数 $74 \times 2 = 148$



②2車種が同一のパラメータを持つという条件で74パラメータに絞り込み



③既存のパレート解を基準に、共通化しているものを除いた25パラメータに絞り込み



④直行表に合わせるため、③のうち最も誤差率の小さいものを除いて24パラメータに絞り込み



⑤7ケースで共通する値だったパラメータを除外して、12パラメータに絞り込み



探索パラメータを一次探索の条件に加えて、さらに12/148まで絞り込んだ

# 二次探索に使用した直行表

- 12パラメータに絞ったので、直行表を再度作成した
- 一次探索を行ったときよりも広い範囲で上限と下限を設定して探索

製品 L144(12^7) 編集 更新

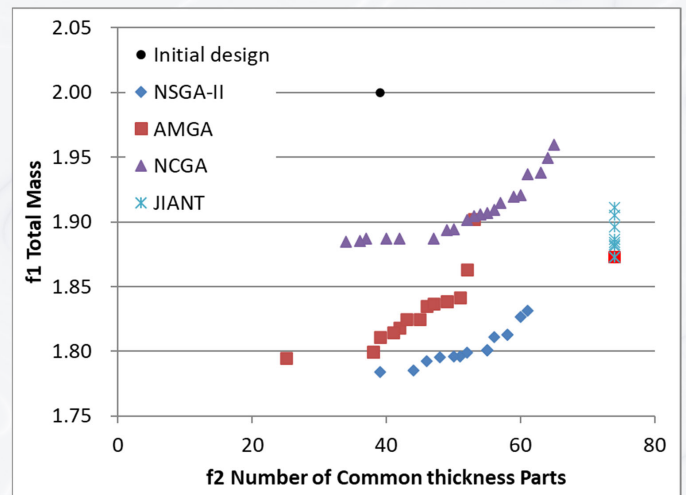
No	表示名	キー名	単位	水準1	水準2	水準3	水準4	水準5	水準6	水準7	水準8	水準9	水準10	水準11	水準12
1	x001	Input.B1	-	0.88	0.89	0.9	0.91	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.98	0.99
2	x002	Input.B2	-	0.52	0.53	0.54	0.55	0.56	0.57	0.58	0.59	0.6	0.61	0.62	0.63
3	x004	Input.B4	-	0.41	0.44	0.47	0.5	0.53	0.56	0.59	0.62	0.65	0.68	0.71	0.74
4	x006	Input.B6	-	1	1.07	1.14	1.21	1.28	1.35	1.42	1.49	1.56	1.63	1.7	1.77
5	x007	Input.B7	-	1.2	1.28	1.36	1.44	1.52	1.6	1.68	1.76	1.84	1.92	2	2.08
6	x012	Input.B12	-	0.62	0.64	0.66	0.68	0.7	0.72	0.74	0.76	0.78	0.8	0.82	0.84

運用 L144(12^7) 編集 更新

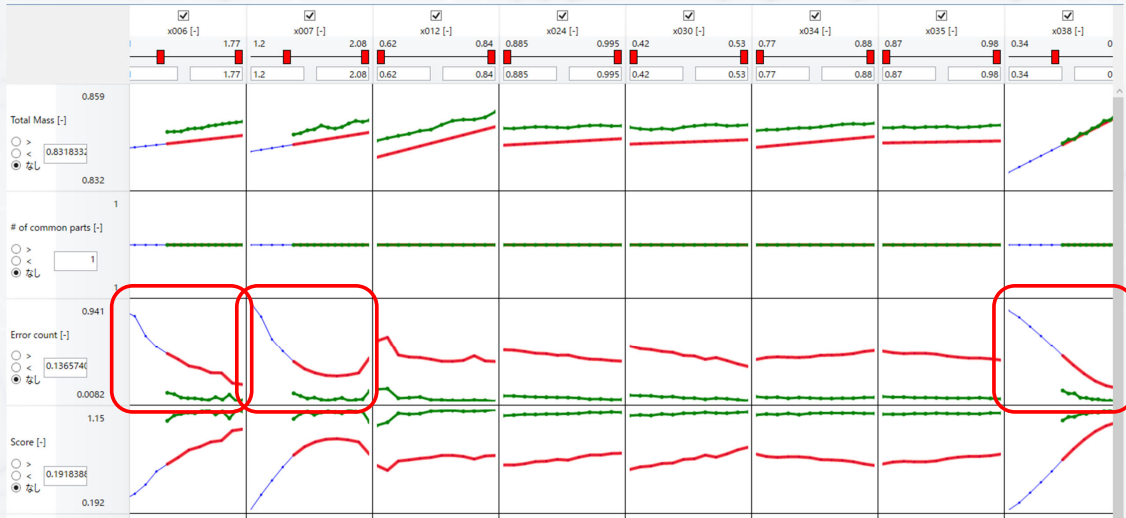
No	表示名	キー名	単位	水準1	水準2	水準3	水準4	水準5	水準6	水準7	水準8	水準9	水準10	水準11	水準12
1	x024	Input.B24	-	0.885	0.895	0.905	0.915	0.925	0.935	0.945	0.955	0.965	0.975	0.985	0.995
2	x030	Input.B30	-	0.42	0.43	0.44	0.45	0.46	0.47	0.48	0.49	0.5	0.51	0.52	0.53
3	x034	Input.B34	-	0.77	0.78	0.79	0.8	0.81	0.82	0.83	0.84	0.85	0.86	0.87	0.88
4	x035	Input.B35	-	0.87	0.88	0.89	0.9	0.91	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.98
5	x038	Input.B38	-	0.34	0.36	0.38	0.4	0.42	0.44	0.46	0.48	0.5	0.52	0.54	0.56
6	x039	Input.B39	-	0.38	0.39	0.4	0.41	0.42	0.43	0.44	0.45	0.46	0.47	0.48	0.49

# 二次探索の結果

- 7,310/20,736のケースがError count 0の条件を満たしていた。
- Total Massの最低値は一次探索より低いパターン（1.87程度）が見つかった。

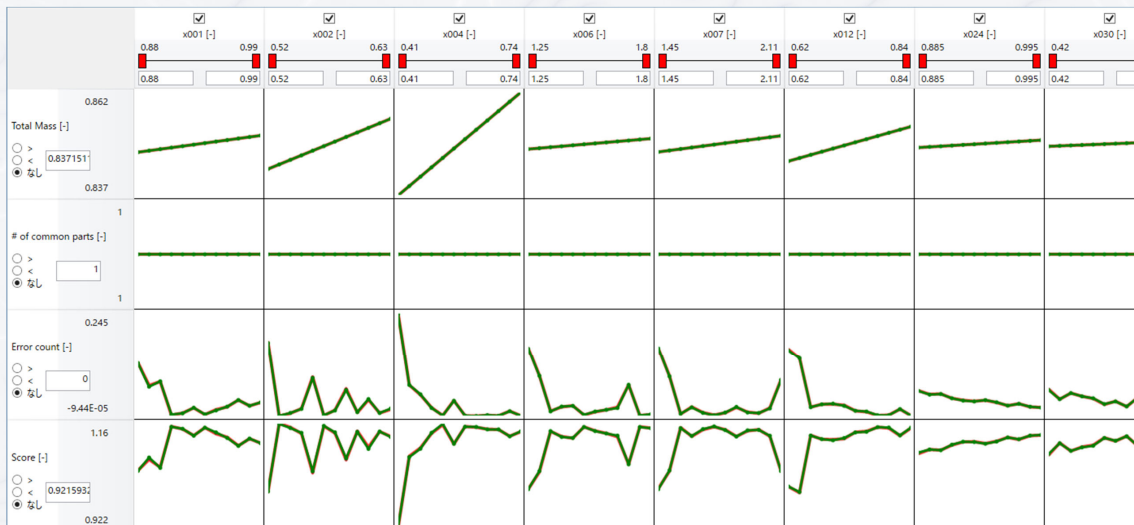


# 二次探索結果の解析



- 今回の探索では3割以上のケースがError count = 0の条件を満たしていたため、要因効果図を使った成立範囲の推定が可能となった。
- X006, x007, x038の3パラメータに明確な応答がみられたため、エラー数が大きい範囲を削った要因効果図予測を行うと、ほかのパラメータ応答も含めて0近くに張り付く予測が得られた。

# 三次探索結果



- 今回の探索では20,055/20,736のケースがError count = 0の条件を満たしていた。
- ほぼ成立範囲を絞り込むことができた

## ここからの方針

- 完全一致解を安定的に出せる範囲を確定し、この12パラメータを2~3水準の一つの直行表にする。
- もう一つの直行表で、今まで固定してきたパラメータのうち幾つかを選んでパラメータ範囲を振る。
- 範囲で成立するパラメータを見つけたら徐々にそれを増やしていき、なるべく多くのパラメータで広い成立範囲を見つけていく。

## 品質工学ツールAdvance/JIANTの販売

- **2023年4月**に販売開始
- **年間ライセンスのみ**の販売となります。
- E-mailによる問合せサポートが含まれます。

販売区分	サービス内容	販売価格(税抜)
民間顧客 (一般社団法人、国立研究開発法人含め)	ソフトウェア販売	お問い合わせください。
大学 (アカデミック価格)	ソフトウェア販売	お問い合わせください。

- 受託解析、受託開発は案件ごとにお見積りいたします



### 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@advansoft.jp](mailto:office@advansoft.jp)
- URL : <http://www.advansoft.jp/>

# 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

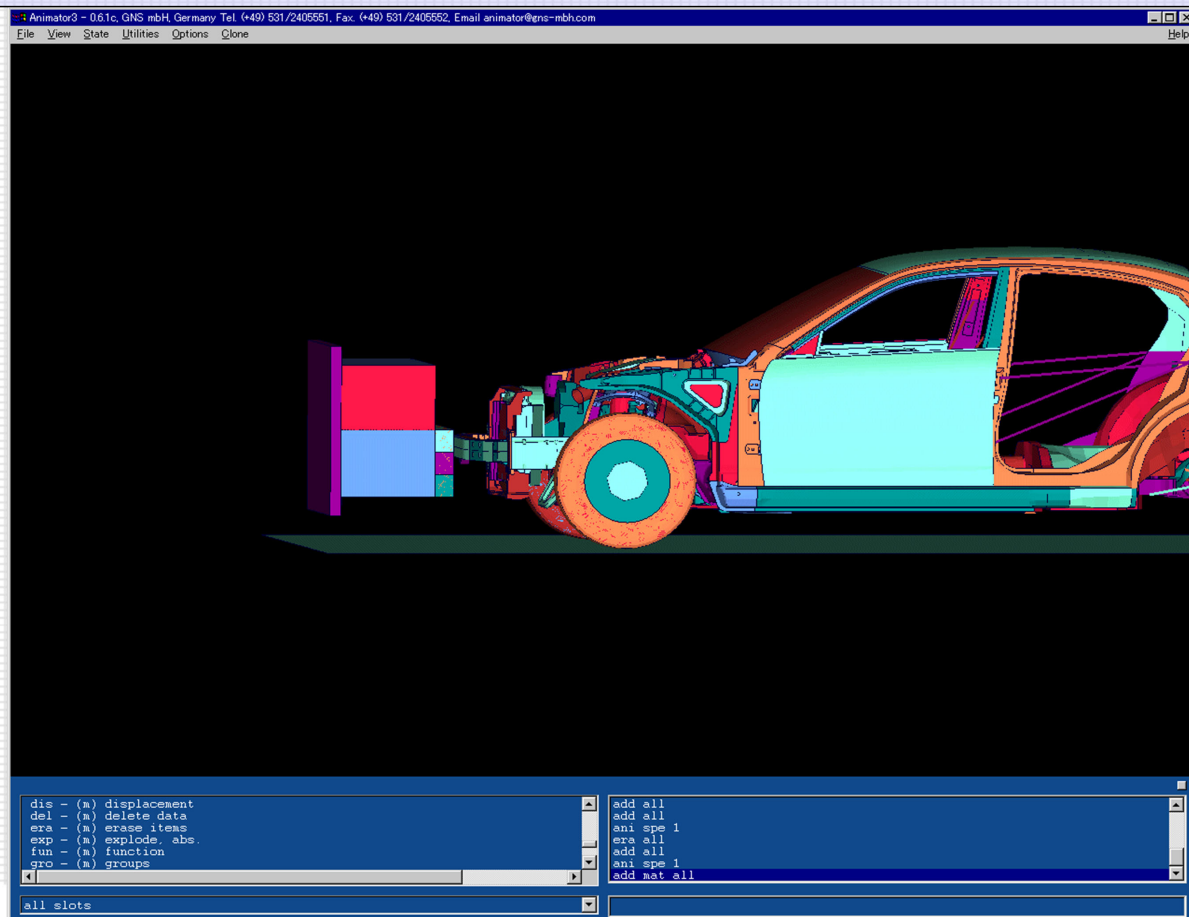
### ◇レイアウトの成立性

### ◇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)

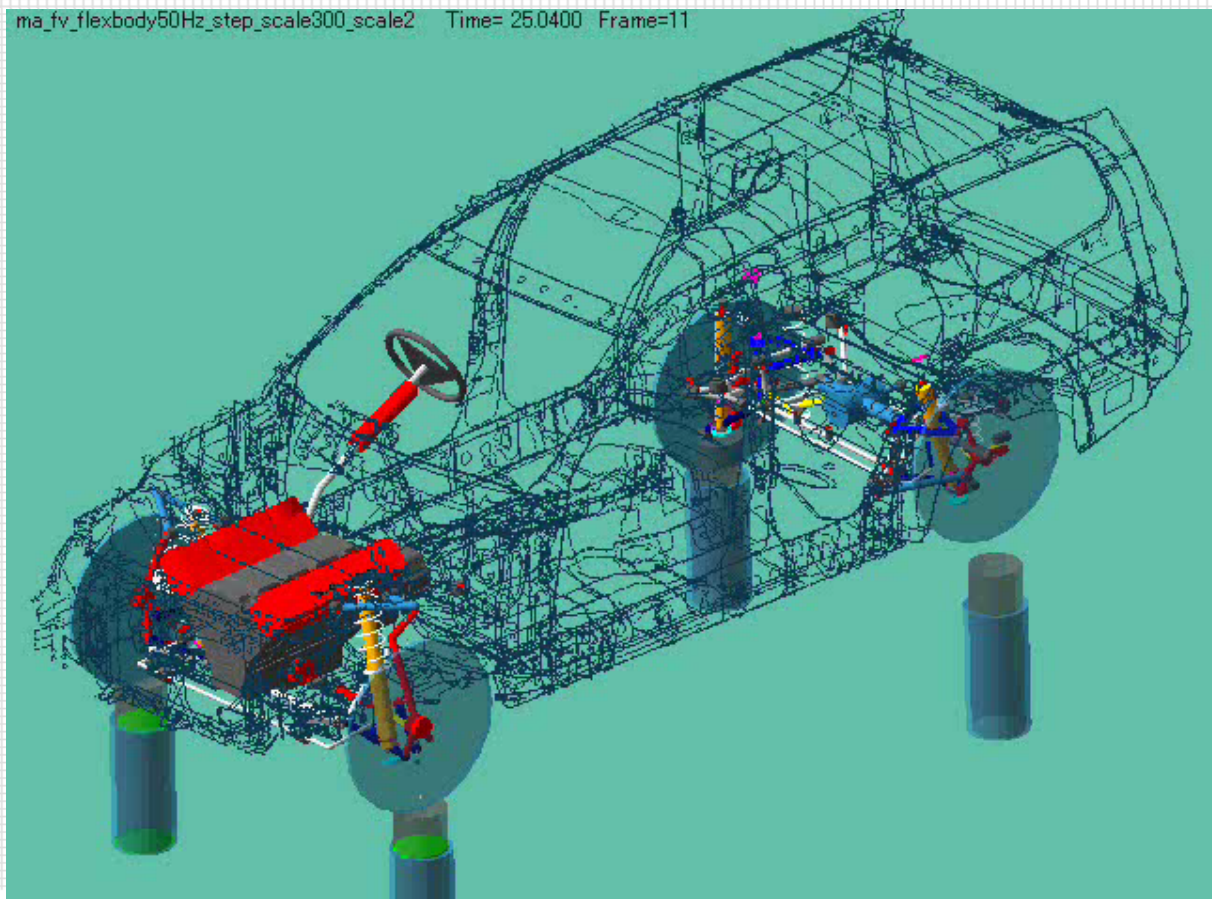
日産自動車(株)殿ご提供



# 自動車の乗り心地シミュレーション

日産自動車(株)殿ご提供

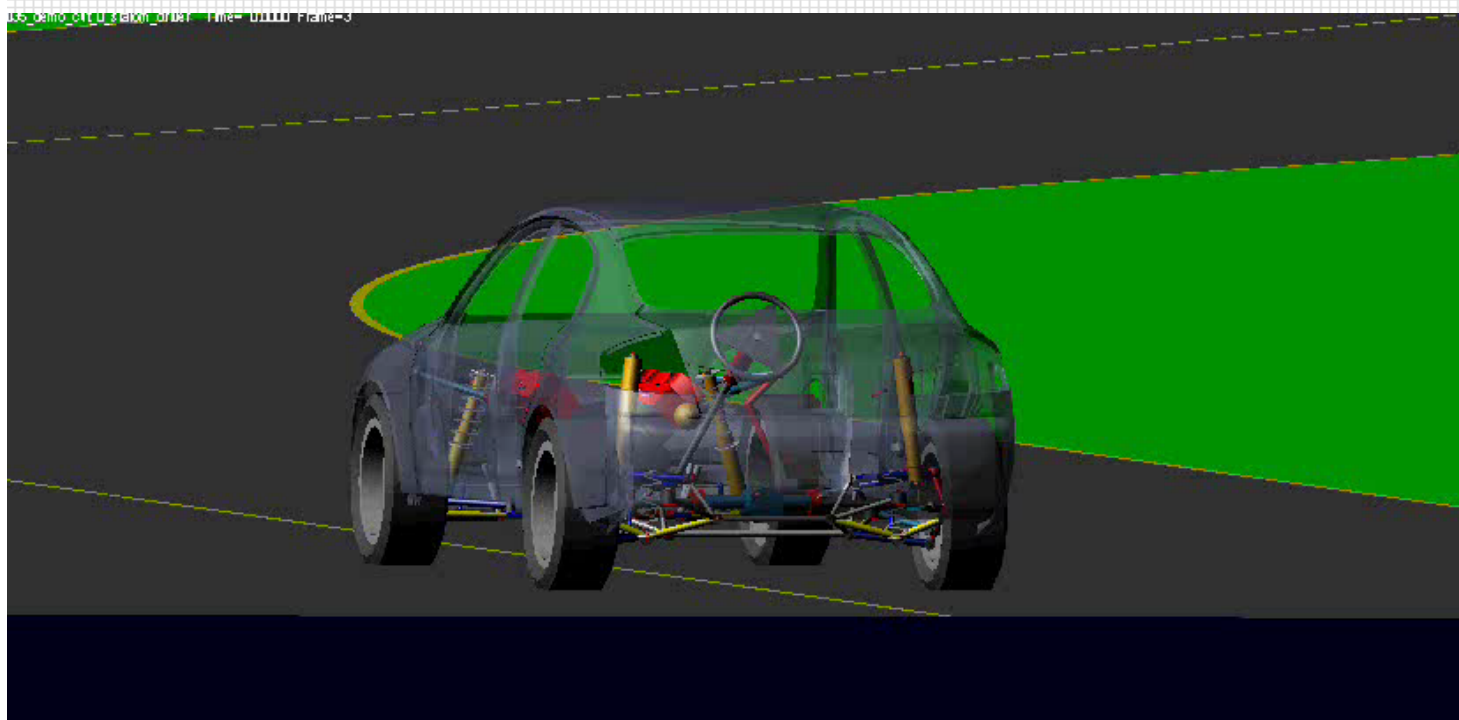
ma\_fv\_flexbody50Hz\_step\_scale300\_scale2 Time= 25.0400 Frame=11



# 自動車の操縦安定性シミュレーション

日産自動車(株)殿ご提供

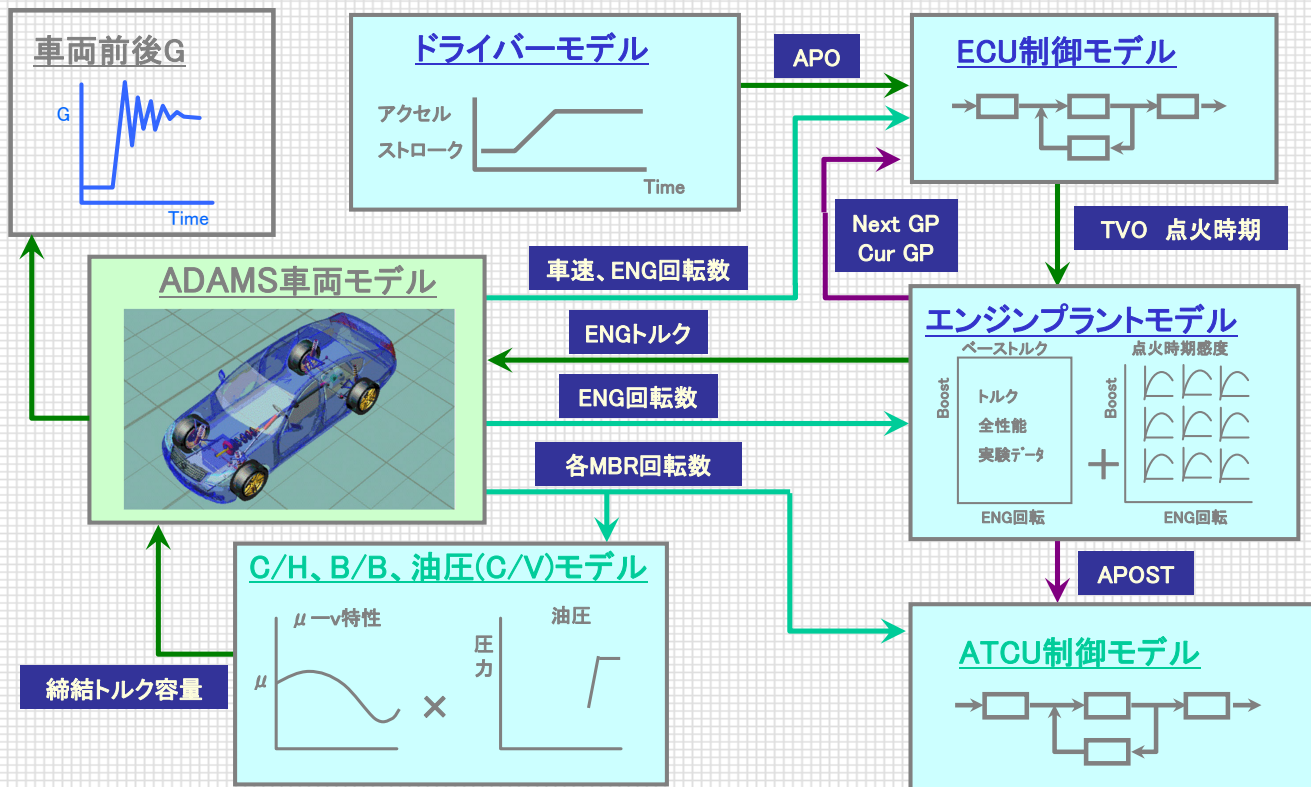
US5\_0000\_0110\_Simulation\_of\_Driving Time= 0.01100 Frame=3



# 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



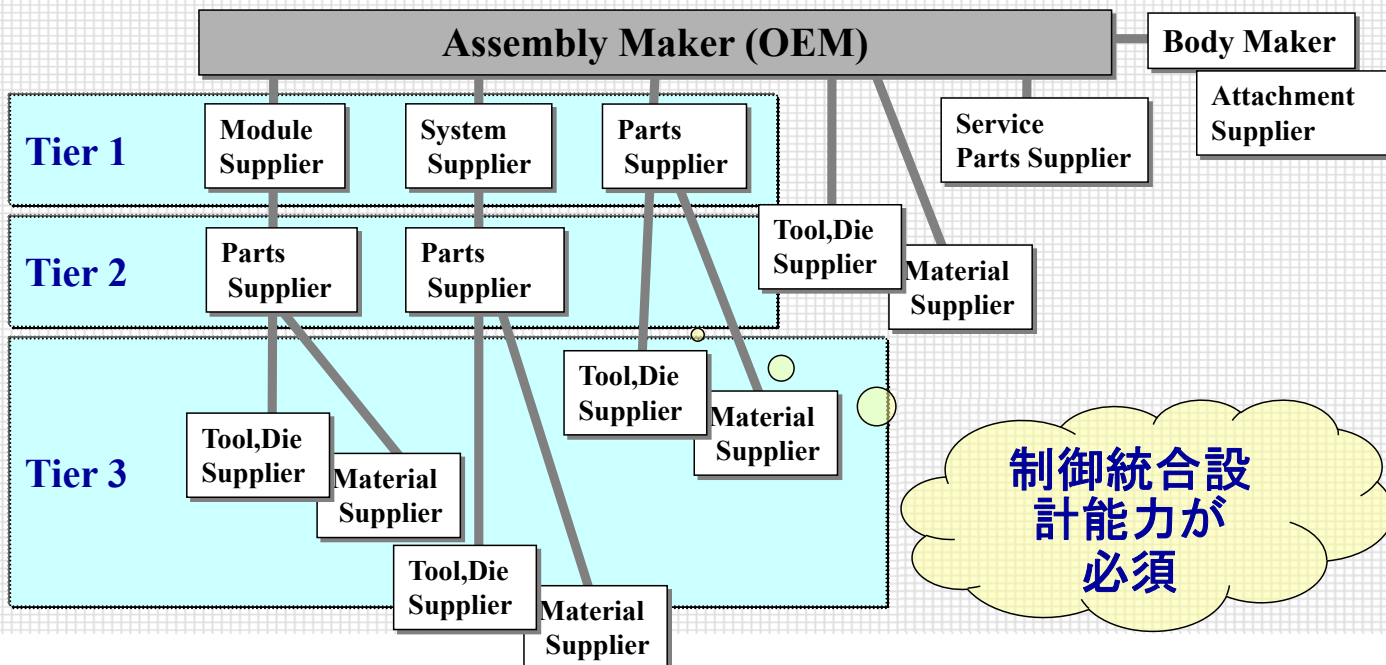
2022/11/30

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



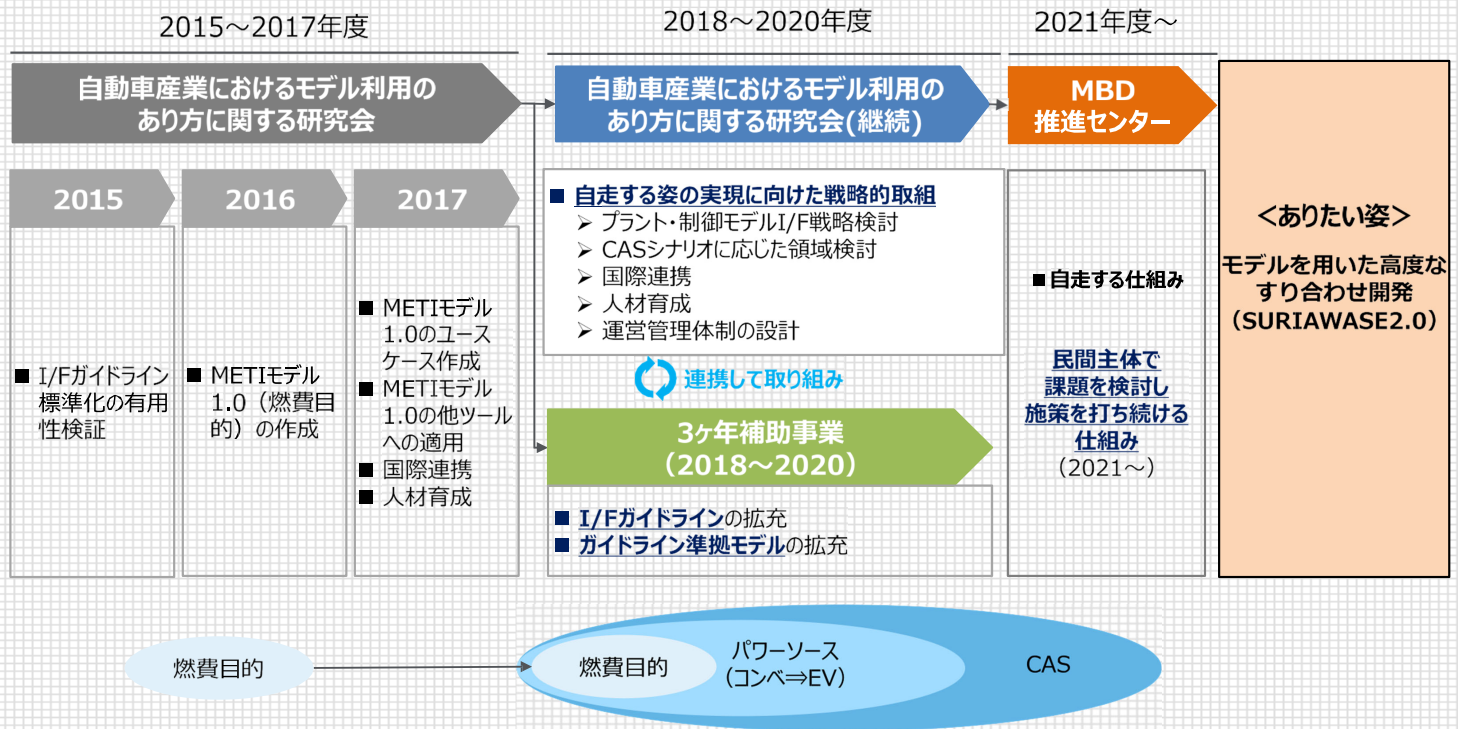
## MBD推進センターのご紹介

2023年9月23日

MBD推進センター JAMBE

# 設立経緯

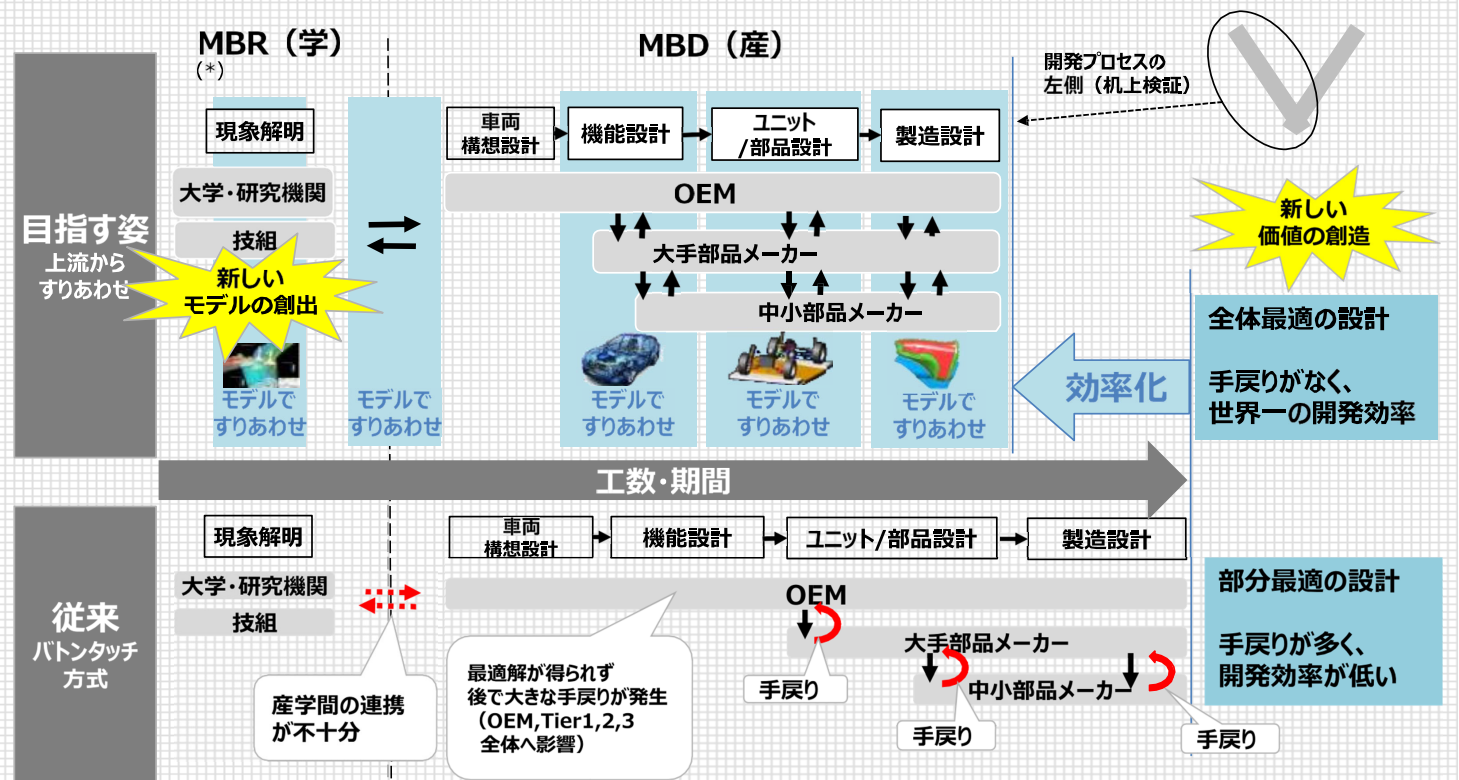
- 2015年より、経済産業省支援の下、「自動車産業におけるモデル利用のあり方に関する研究会」においてモデル流通のためのプラントモデルのI/F GL、準拠モデルの整備を行い、国際連携も進めてきた。
- 2018年度より、民間主体の自走する仕組みの検討を開始。2021年度MBD推進センターの設立に至った。



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)

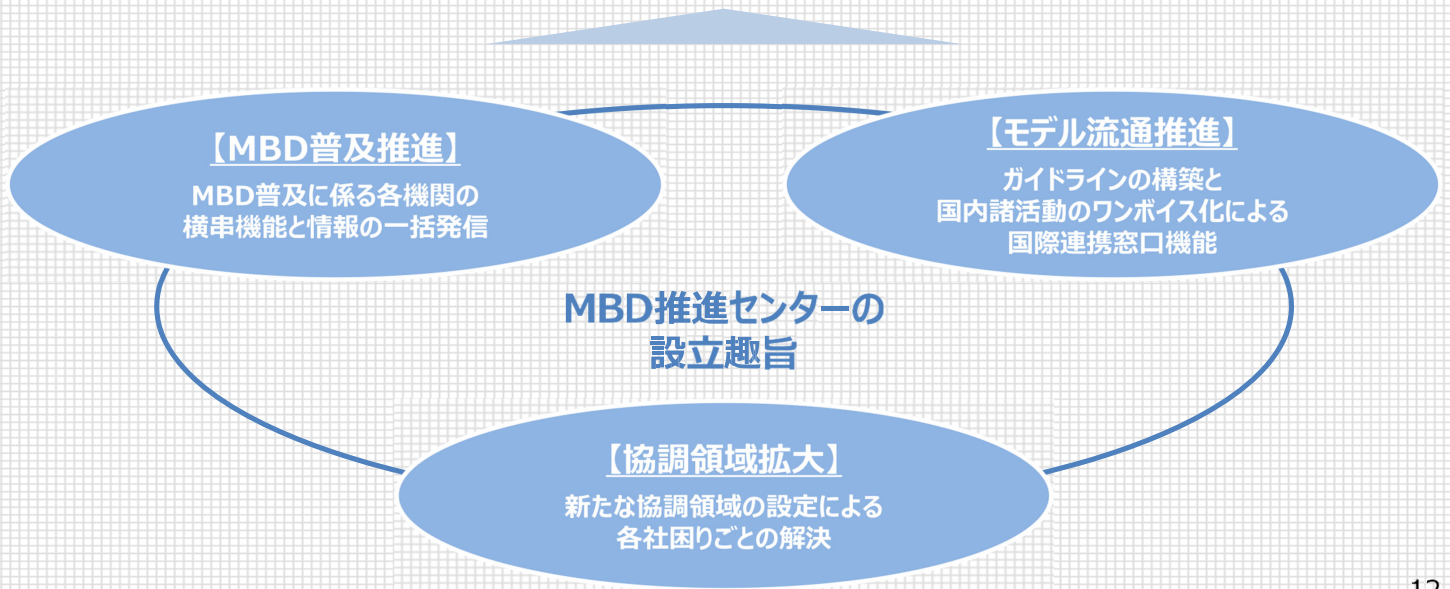
10

# MBD推進センターの役割

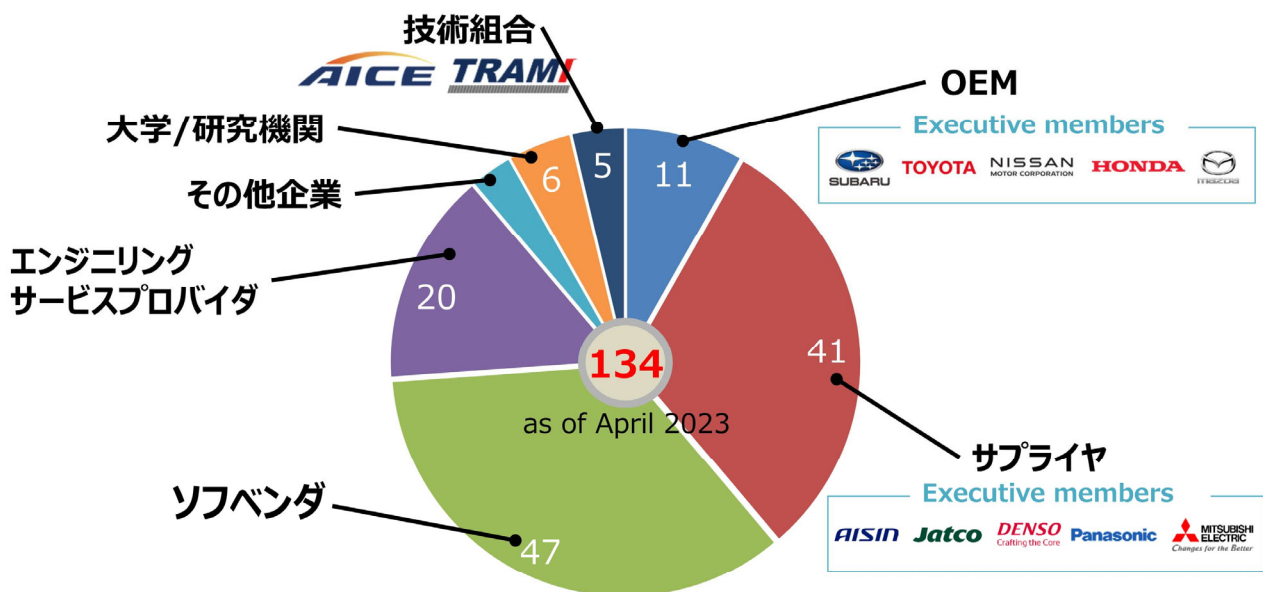
- SURIAWASE2.0の実現を目指し、  
MBD普及推進、モデル流通推進、協調領域拡大に向けた取り組みを実施

## 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を目指す



## JAMBE加盟企業/団体の構成



# 各委員会の活動



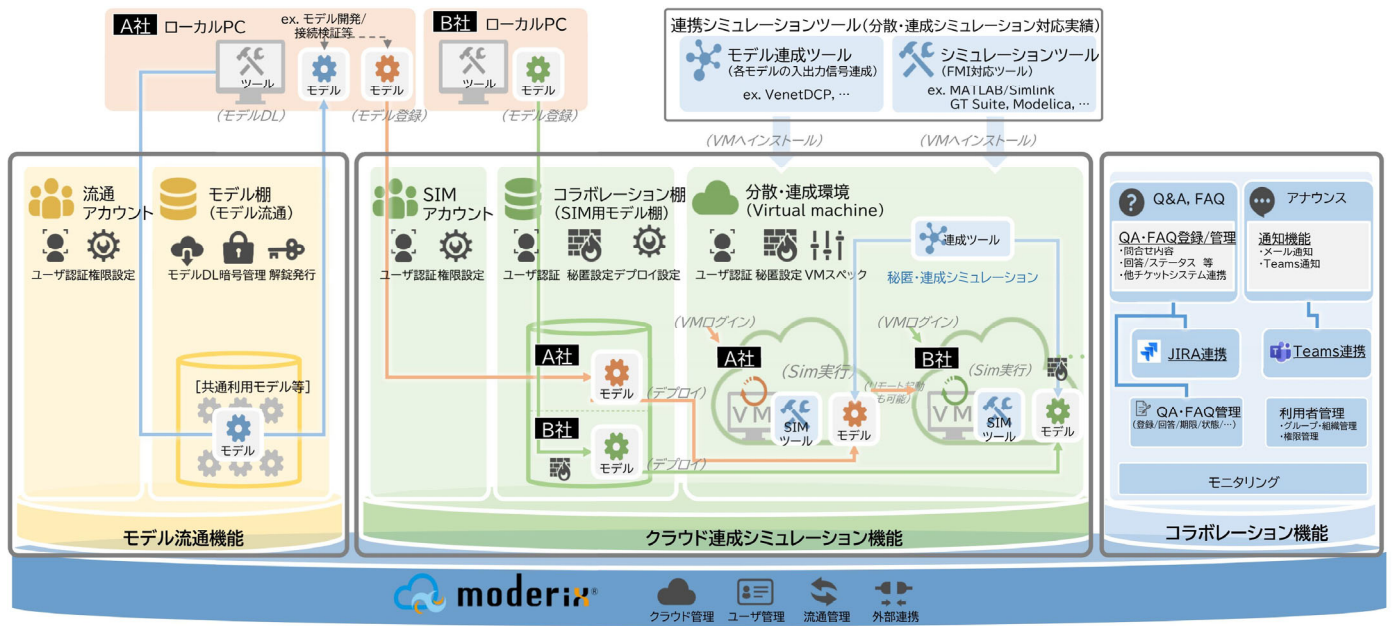
## 企画統括委員会について

企画統括委員会は、専門委員会等から提案された活動提案に基づく優先順の策定、将来に向けたJAMBEの方向づけに必要な独自タスクを実施することで、SURIWASE2.0実現に向けJAMBE全体をリードします。

参加人数：10社20名



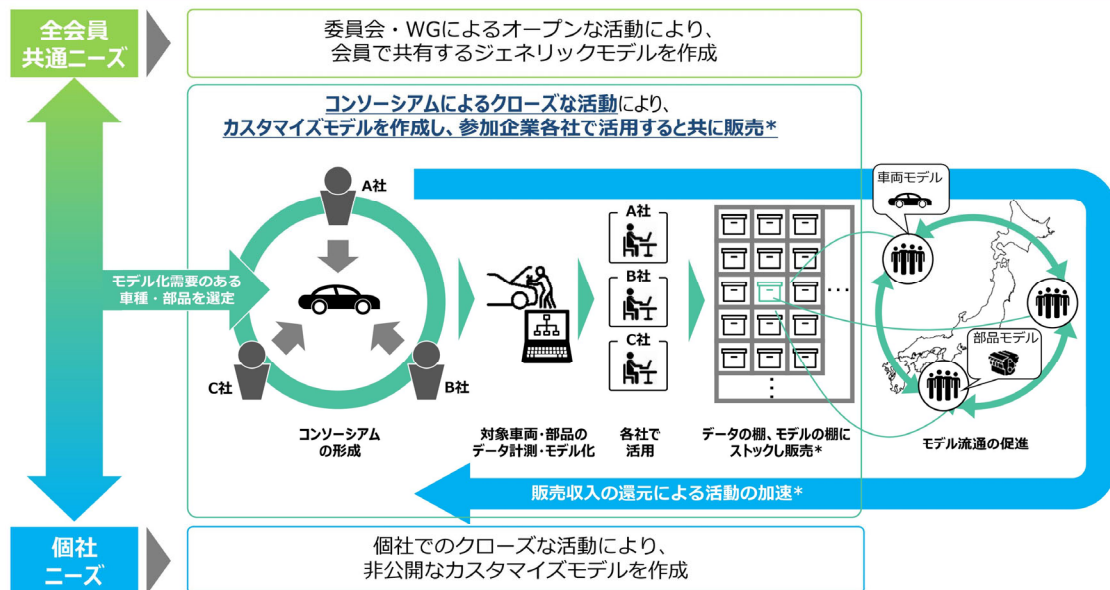
# モデル流通プラットフォーム機能イメージ



3

# カスタマイズモデル コンソーシアム の狙い

- 共通のニーズを持った会員が集まり、ミニコンソーシアムを形成してデータ計測とモデル化を共同で行う。
- 個社で対応するよりも安価かつ効率的にモデルを入手できるようにする。



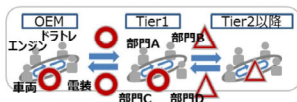
\*販売については将来の課題として検討する

## MBD普及推進の5つの取組み

- 人材育成、中小企業への普及、認知拡大を推進するため、5つの取組みを設定
- 人材育成と中小企業への普及については、それぞれWGを設置して活動中

左図の△を○にしていくために

STEP1



人材育成

教育の体系化と充足

- スキル獲得に必要な教育を体系化する
- モデル流通に関する独自教育を実施する

教育の全国展開

- どこにいても教育を受けられるようにする

左図の×を△にしていくために

現状



中小企業への普及

中小企業との連携と支援

- MBD/CAEの効能を理解していただく
- MBD/CAE導入と活用を支援する

認知拡大

ポータルサイト運営  
とニュースレター発行

- MBDの理解と利用を促進する
- JAMBEおよび参加各社の活動を発信する

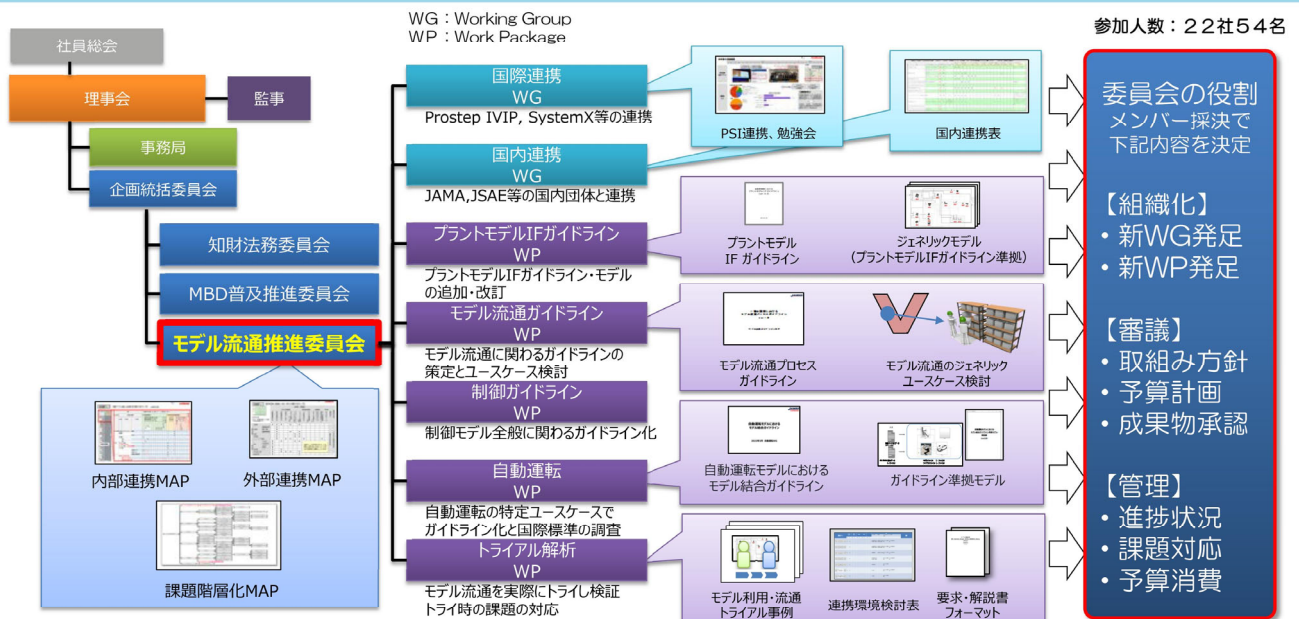
啓発イベント開催

- MBDの必要性と効能を理解していただく
- JAMBEの取組みを理解していただく

5

## モデル流通推進委員会について

モデル流通推進委員会は、現在2つのWGと5つのWPで構成、今年度は新たなWGを発足予定



1

# 委員会成果物の一般公開事例の紹介



JAMBEのホームページ  
<https://www.jambe.jp>

No.	カテゴリ Category	対象1 Target1	対象2 Target2	種類 Type	名称 Title	作成機関 Authoring agency	作成年月 Year
2000	モビリティプラットフォーム	乗車	乗車	ガイドライン	モビリティプラットフォームに関するモビリティプラットフォームガイドライン (PPT)	環境省/国土交通省	2019/03
2001	モビリティプラットフォーム	乗車	乗車	ガイドライン	自動車運転におけるプラットフォームモビリティプラットフォームガイドライン (自動車)	国土交通省/国土交通省	2020/03
2002	モビリティプラットフォーム	システム	システム	ガイドライン	自動運転システムにおけるプラットフォームモビリティプラットフォームガイドライン (システム)	国土交通省/国土交通省	2020/03
2003	モビリティプラットフォーム	システム	乗車	ガイドライン	自動運転システムにおけるプラットフォームモビリティプラットフォームガイドライン (システム)	国土交通省/国土交通省	2020/03
2004	モビリティプラットフォーム	乗車	乗車	ガイドライン	自動運転システムにおけるプラットフォームモビリティプラットフォームガイドライン (乗車)	国土交通省/国土交通省	2020/03
2005	モビリティプラットフォーム	乗車	乗車	ガイドライン	自動運転システムにおけるプラットフォームモビリティプラットフォームガイドライン (乗車)	国土交通省/国土交通省	2020/03
2006	モビリティプラットフォーム	乗車	乗車	ガイドライン	自動運転システムにおけるプラットフォームモビリティプラットフォームガイドライン (乗車)	国土交通省/国土交通省	2020/03
2007	モビリティプラットフォーム	乗車	乗車	ガイドライン	自動運転システムにおけるプラットフォームモビリティプラットフォームガイドライン (乗車)	国土交通省/国土交通省	2020/03
2008	モビリティプラットフォーム	乗車	乗車	ガイドライン	自動運転システムにおけるプラットフォームモビリティプラットフォームガイドライン (乗車)	国土交通省/国土交通省	2020/03
2009	モビリティプラットフォーム	乗車	乗車	ガイドライン	自動運転システムにおけるプラットフォームモビリティプラットフォームガイドライン (乗車)	国土交通省/国土交通省	2020/03
2010	モビリティプラットフォーム	乗車	乗車	ガイドライン	自動運転システムにおけるプラットフォームモビリティプラットフォームガイドライン (乗車)	国土交通省/国土交通省	2020/03
2011	モビリティプラットフォーム	乗車	乗車	ガイドライン	自動運転システムにおけるプラットフォームモビリティプラットフォームガイドライン (乗車)	国土交通省/国土交通省	2020/03
2012	モビリティプラットフォーム	乗車	乗車	ガイドライン	自動運転システムにおけるプラットフォームモビリティプラットフォームガイドライン (乗車)	国土交通省/国土交通省	2020/03
2013	モビリティプラットフォーム	乗車	乗車	ガイドライン	自動運転システムにおけるプラットフォームモビリティプラットフォームガイドライン (乗車)	国土交通省/国土交通省	2020/03
2014	モビリティプラットフォーム	乗車	乗車	ガイドライン	自動運転システムにおけるプラットフォームモビリティプラットフォームガイドライン (乗車)	国土交通省/国土交通省	2020/03
2015	モビリティプラットフォーム	乗車	乗車	ガイドライン	自動運転システムにおけるプラットフォームモビリティプラットフォームガイドライン (乗車)	国土交通省/国土交通省	2020/03

成果物の一部は一般公開しておりますので、是非ご参照いただき、JAMBEの活動成果をご理解いただけると幸いです

## FY2023活動計画：国際連携WG（4本の柱に沿って）

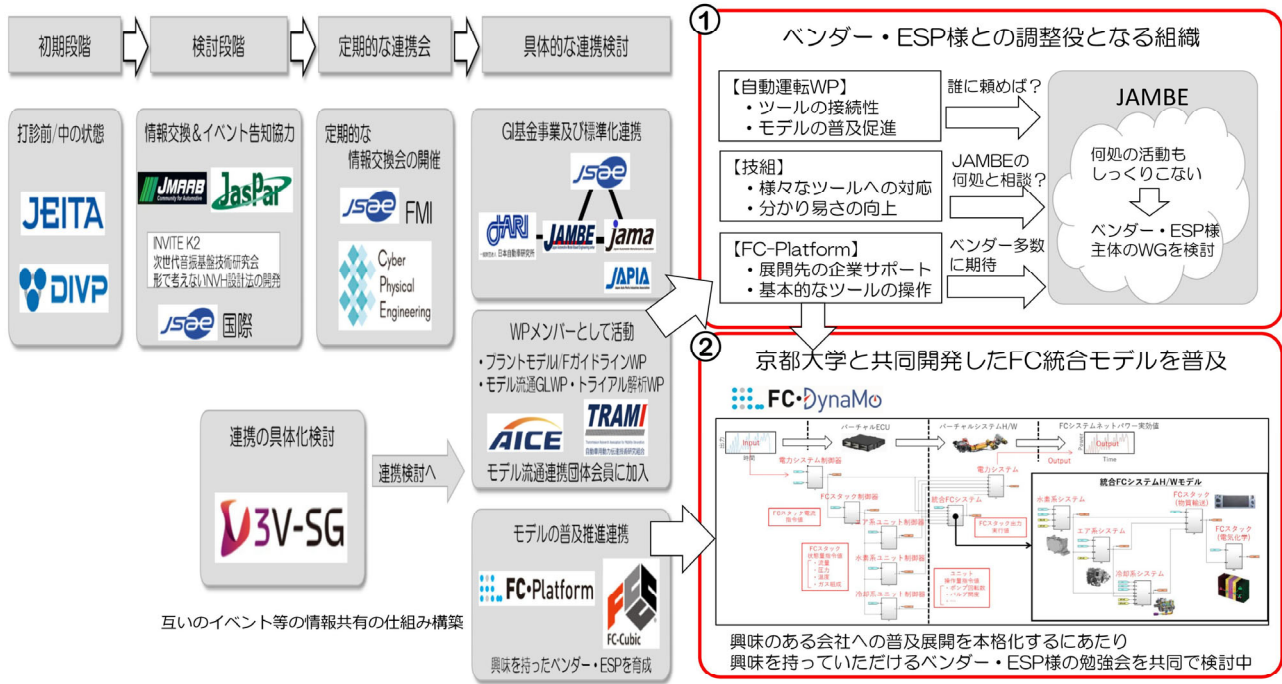


- ミッション**
- ① MBD/MBSEに関する国際団体の活動を日本国内に周知する [普及促進のための宣伝、アウェアネスの拡大]
  - ② MBD/MBSEの普及推進に向けた国際連携ロードマップを示し、他WGやWPの活動策定に資する情報を展開する [情報展開役]

<p><b>FY 2023活動</b></p> <p><b>① 関連</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 相互交流イベント (国際会議やワークショップ)</li> <li>2. 活動成果の展開と普及 (活動勉強会、PSI SmartSE新規白書等)</li> <li>3. 国際ネットワーク サロンの企画と立ち上げ【新規】</li> </ol> <p><b>② 関連</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>4. EU/USA他団体連携可能性検討</li> </ol> <p style="text-align: center;"><b>国際連携WG</b></p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;"> <p>WG内有志メンバー</p> <p>サロン/WG</p> <p>・サロン企画・運営</p> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;"> <p>PSI対応チーム</p> <p>・JAMBE内、国内団体へのブリッジ (メタデータ流通連携、ISO11010-X連携)</p> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;"> <p>SystemX対応チーム</p> <p>・ドッキング</p> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;"> <p>新規団体対応チーム</p> <p>・連携価値調査</p> <p>・ドッキング</p> <p>・状況を見て構成</p> </div> </div> <p>個別で活動し、WG会合で随時報告</p>	<p><b>概要</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. PSI Symposium 2023 講演1件 [5月]、JSAE公開フォーラム 講演1件 [7月]</li> <li>2. JAMBEガイドラインや準拠モデルの提供と WG定例会合 [毎月]、連携先団体との個別会議での意見交換やレビュー [適宜]、国際他団体の活動や出版物の勉強会 ※連携プラン先を明確化</li> <li>3. サロンWGの立ち上げ [7月]、サロン企画立案とサロン実施トライアル [~3月] ⇒国内企業の国外拠点、海外企業の国内拠点、国外大学とのネットワークや情報発信・取得の場を創生、外部講演済みの発表を行って頂くなど ※WG参加価値向上の施策、参加者に国際情報交換やビジネス創生の機会を提供 ※翻訳ITツール駆使による言語の壁低減、講演候補：IST SystemX活動Prj.勉強会</li> <li>4. INCOSE、PDES、AFNeT等候補団体へのドッキング [折を見て] 他団体連携可能性の調査</li> </ol>
--	---

WG内有志メンバー	【今年度計画】				【成果物】
	2023年度	4~6月	7-9月	10-12月	
1. 相互交流イベント		★ PSI Symposium 2023	★ JSAE 公開フォーラム	SmartSE Recommendation V3 勉強会	1. 講演資料
2. 協業活動成果の展開		PSI SmartSE、IRT SystemXとの意見交換/レビュー/勉強会	★	★	2. 勉強会報告書、資料
3. ネットワーキングサロン (トライアル)		サロンWG立ち上げ	サロン企画立案	★ サロン トライアル	3. サロン トライアル報告書
4. 他団体連携			調査/ドッキング(随時)		4. 調査/ドッキング報告書

# 国内連携WG 2023年度の活動



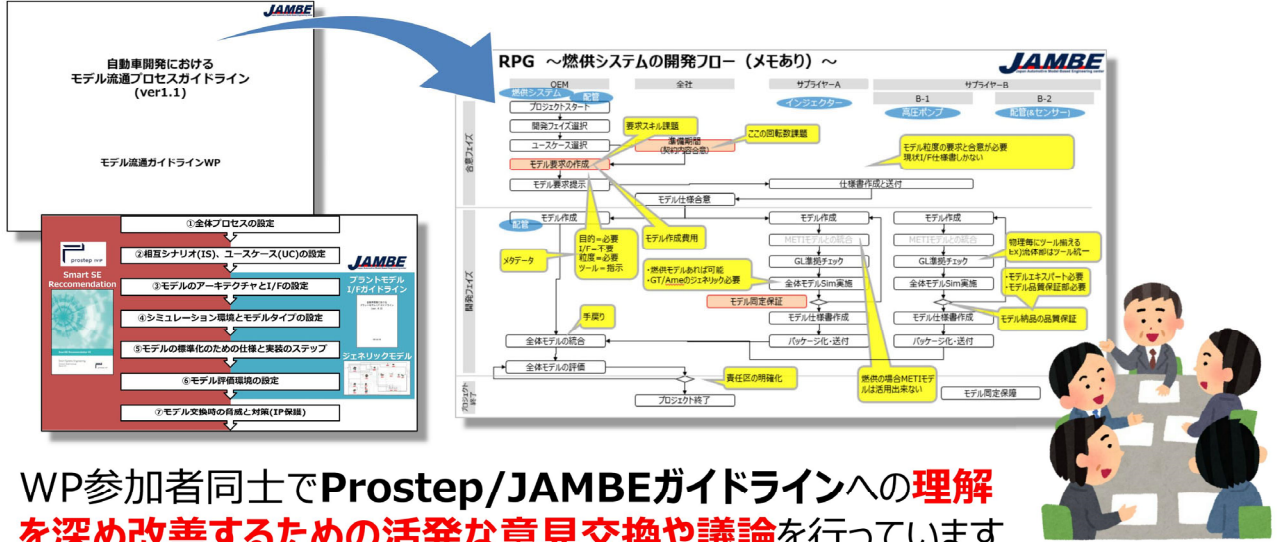
# 自動運転WP 2023年度の活動





## 活動2) モデル流通プロセスガイドラインユースケースの例示

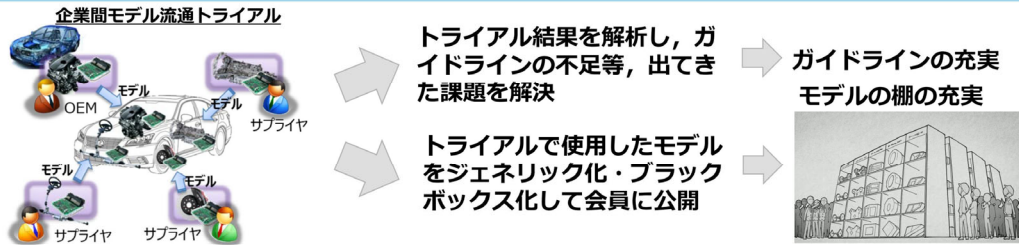
具体的なシステム開発のユースケースを例にとってガイドラインに当てはめロールプレイングをしながら、JAMBEが参照している欧州推奨ガイドラインへの理解を深めるとともに、JAMBEのガイドラインの課題の洗い出し/改訂提案の議論や意見交換を実施



WP参加者同士でProstep/JAMBEガイドラインへの理解を深め改善するための活発な意見交換や議論を行っています

## モデル利用に関するSWP

- 本SWPでは、これまでの個社内でのMBD利用から、OEM-サプライヤ間でのモデル流通によるMBDの促進を目指し、実際にOEM-サプライヤ間でのトライアルを通して課題を抽出するとともに、サプライヤにとってモデル流通の嬉しさを実感できる事例を積み重ねる



### これまでに実施したモデル流通トライアル

**FY2020-21**  
トヨタグループHEV熱信頼性モデルのレビュー→JAMBE内公開

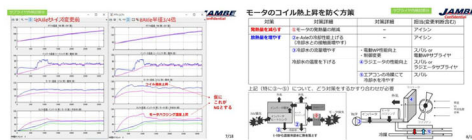
#### 活動の概要とポイント

対象：HEVにおける熱信頼性評価  
各社が分限したモデルを集約し、車両統合モデルを構築、ある走行パターンを考え、走行時の各部の温度を評価、ユニットモデルを投入しつつ全体の成り立ちを確認

モデルをまとめることで、開発現場に即ちの活用が促進  
ポイント1 開発上、社外へのモデル共有のハードルが不安  
ポイント2 安心点1

22の拠点にわたって、OEM・サプライヤで協力的な活動を展開

(成果) 協議に発展したシステムとその信頼性が保証された  
→開発フェーズ移行前にモデルだけで熱システムの測定およびコスト削減ができた



**FY2022 活動成果**  
SUBARU x アイシン モデル流通トライアル (新型eAxleが車両の熱特性に及ぼす影響調査)

### FY2023の取り組み

- FY2022実施のSUBARU x アイシントライアルの結果分析  
→モデル流通プロセスガイドライン、ジェネリックモデルの改善提案
- 会員企業 (サプライヤ) へのヒアリング  
→新たなトライアルの創出  
課題の抽出とJAMBE活動への提言

### 3.活動内容

プラントモデルI/F  
ガイドラインWP



- 見直し・拡張した「I/Fガイドライン」や「準拠モデル」は、JAMBEホームページで順次公開<sup>(\*)</sup>

No	カテゴリ Category	対象1 Target1	対象2 Target2	種類 Type	名称 Title	作成機関 Authoring agency	作成年月 Year	DL
20001	モデル接続I/Fガイドライン	車両	車両全体	ガイドライン 右よみ準拠モデル	平成28年度の取組（経済産業省プレスリリースにて公開） (https://warp.da.ndl.go.jp/info:ndl/jp/title/T0341576/www.meti.go.jp/press/2016/03/20170331010/20170331010.html)	経済省MBO研究会	2018/03	📄 IP
20002	モデル接続I/Fガイドライン	車両	車両全体	ガイドライン	自動車開発におけるプラントモデルI/Fガイドライン※ 採択版あり	経済省MBO研究会 ガイドライン構築委員会	2021/03	📄 IP 📄 EN
20003	モデル接続I/Fガイドライン	システム	エンジン	ガイドライン	-エンジンシステムにおけるプラントモデルI/Fガイドライン（PPT形式）	AICE	2021/03	📄 IP
20004	モデル接続I/Fガイドライン	システム	トランスミッション	ガイドライン	動力伝達システムにおけるプラントモデルI/Fガイドライン	TRAME	2021/03	📄 IP

(\*)成果物は会員限定公開後、一定期間を経て一般公開予定



# [OpenModelicaサポートサービス と関連サービスのご紹介]

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。

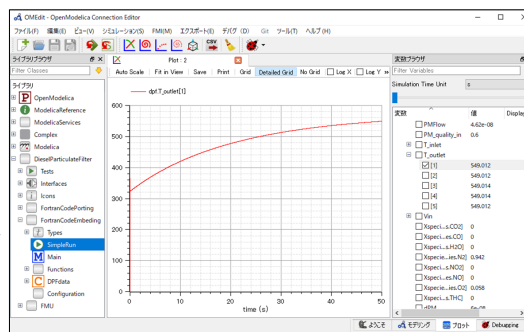
アドバンスソフトでは、秘密保持契約を結んだ上で、お客様のサポート依頼に対して具体的な回答を行います。

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

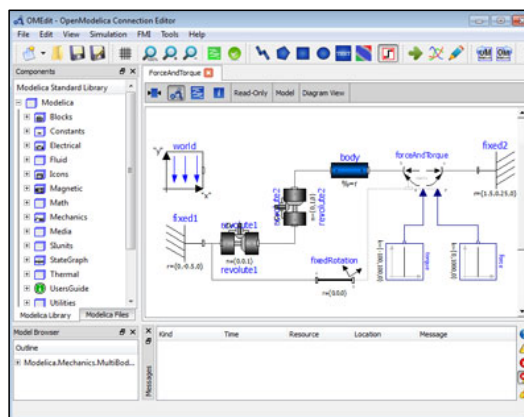
### ● サポートサービスの対象例

- 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。

## 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MDB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<sup>†1</sup>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。

## 品質工学ツールAdvance/JIANTに関するお知らせ

- 1ヶ月をめぐりにトライアルライセンス発行致します
- JIANTとお使いのCAEツールとの連成について  
のご相談に対応致します
- 外部ツールとの連成の為のツール定義体作成を受託  
業務として実施いたします

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。