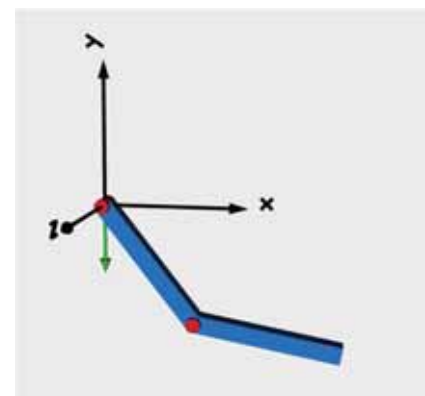


オンラインセミナー オープンソースソフトウェアを 利用したモデル流通

2020年12月22日(火)開催

プログラム

- | | | |
|----|---|----|
| 1. | 主催者あいさつ アドバンスソフト株式会社のご紹介 | 1 |
| | 第3事業部 松澤 邦裕 | |
| 2. | 招待講演
「自動車技術会での FMI 活用・展開活動の紹介」 | 3 |
| | TRI-AD (Toyota Research Institute-Advanced Development, Inc.)
平野 豊 様 | |
| 3. | MBD による自動車設計が本格化するに伴って必要となる企業間のモデル流通の課題 | 35 |
| | 顧問 加藤 廣 | |
| 4. | MBD プラットフォーム構築のための OpenModelica の活用に関する課題と取り組み | 53 |
| | 第3事業部 佐藤 甫 | |
| 5. | 関連サービス、モデルベース開発、支援サービスのご紹介 | 61 |
| | 営業部 田口 浩一 | |



アドバンスソフト株式会社 のご紹介と趣旨のご説明

第3事業部 松澤 邦裕

【オンラインセミナー】「オープンソースソフトウェアを利用したモデル流通」

2020年12月22日（火）

アドバンスソフト株式会社



Copyright ©2020 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

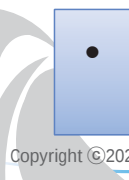
1

オープンソースソフトウェアを利用したモデル流通

- **モデルベース開発（MBD）の先に・・・**
 - ここ10年以内には「モデル流通」の時代
 - 「モデル流通」によるものづくりが世界標準になる
- **モデル流通 とは・・・**
 - 「モデル」を、企業内だけでなく、企業間も含め、産業構造全体で活用し、ものづくりの効率化に取り組むこと
- **モデル流通の課題**
 - 「モデル」は、機密情報やノウハウの塊
 - 異なるツール間・モデル間での連携の難しさ（FMIの活用）
 - 産業構造全体への普及（人材教育）

• オープンソース・ソフトウェア（OSS）の活用

- OpenModelocaによる開発サポートや受託開発、AI技術の活用



Copyright ©2020 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

2



自動車技術会 自動車制御とモデル部門委員会 FMI 活用・展開検討 WG

自動車技術会でのFMI活用・展開活動の紹介

「モデル流通を革新する！
FMIで繋がる連携シミュレーションの世界」

自動車技術会 2019年春季大会 フォーラム講演資料より抜粋

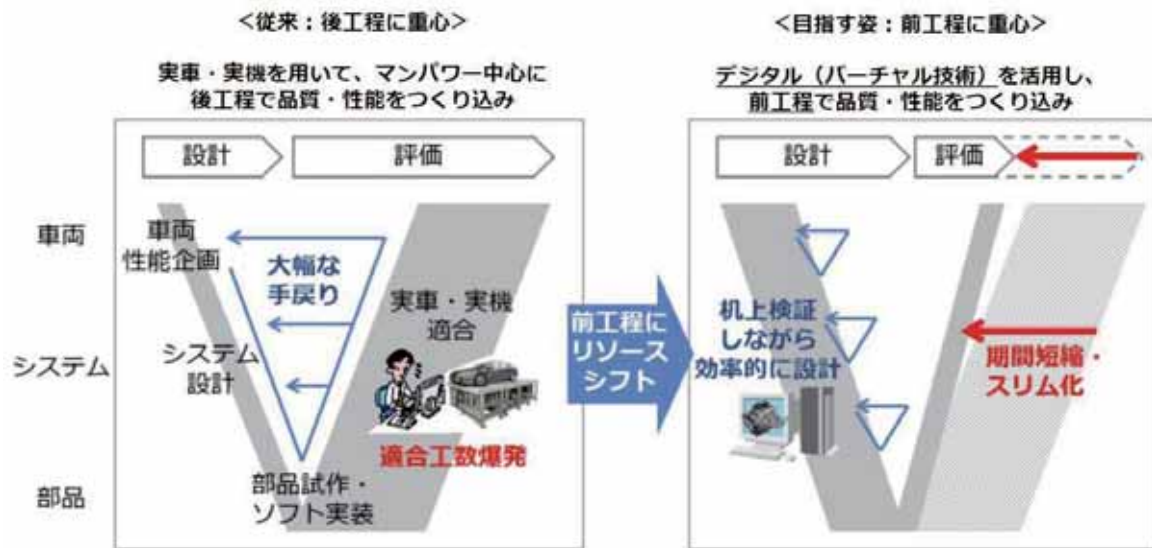
本講演の内容



1. FMI策定の背景
2. FMIの概要
3. FMIの2つの動作モード (Model ExchangeとCo-Simulation) について
4. FMIの活用時に留意すべきこと
5. 実践的な車両モデルを使ったシミュレーション事例の紹介

1. FMI策定の背景 モデルベース開発の重要性

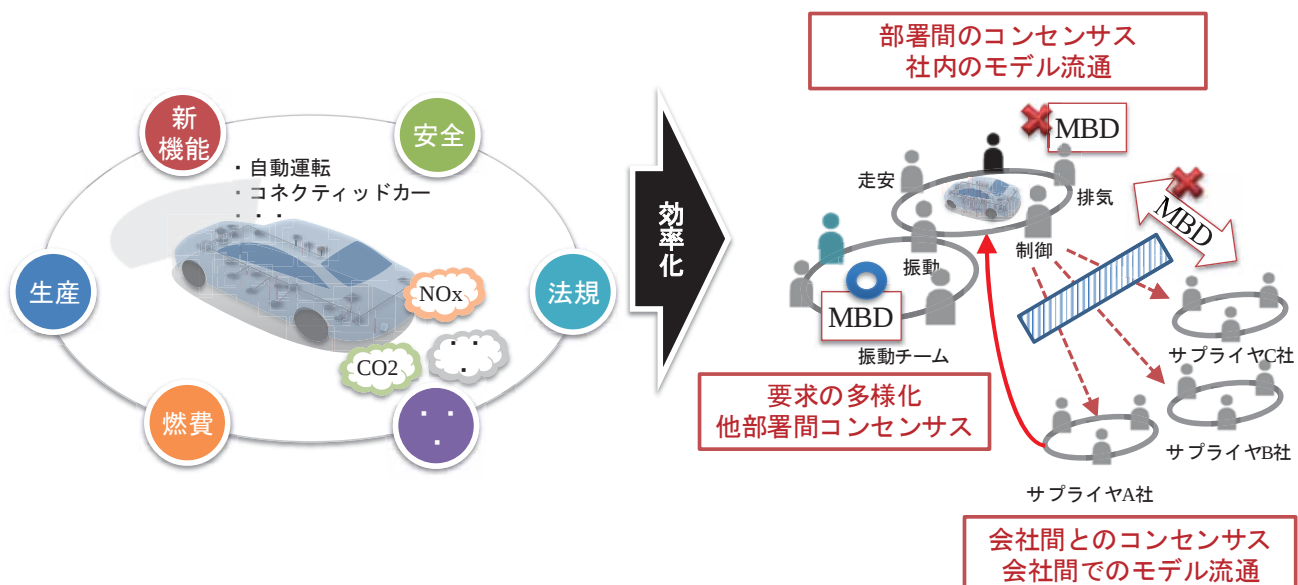
- 自動車開発はさらに複雑化・高度化しているが、開発期間の短縮と、高い機能性や信頼性が求められている。
- シミュレーションを活用したモデルベース開発の重要性が増している。



経済産業省 自動車新時代戦略会議（第1回）配布資料より引用

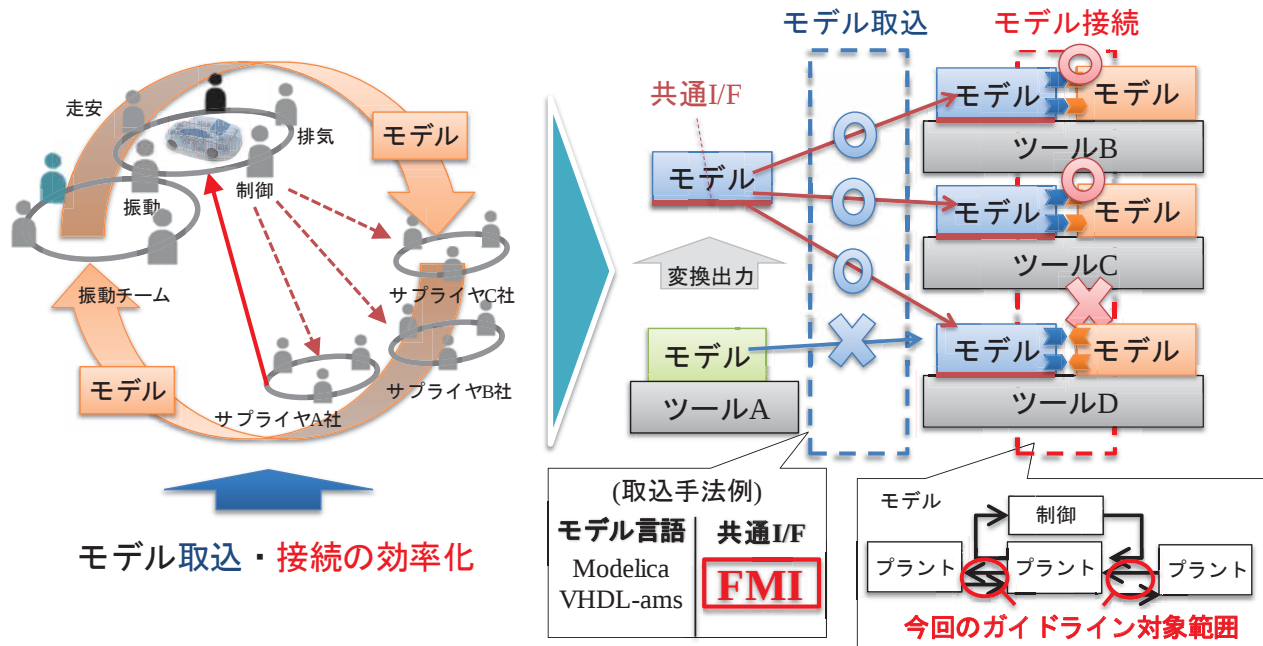
1. FMI策定の背景 モデル流通の必要性

- 社内の部署間あるいは他社と共通認識が可能な、実行可能なモデルによる要求と仕様のすりあわせが必要。
- シミュレーションモデルの流通が不可欠。



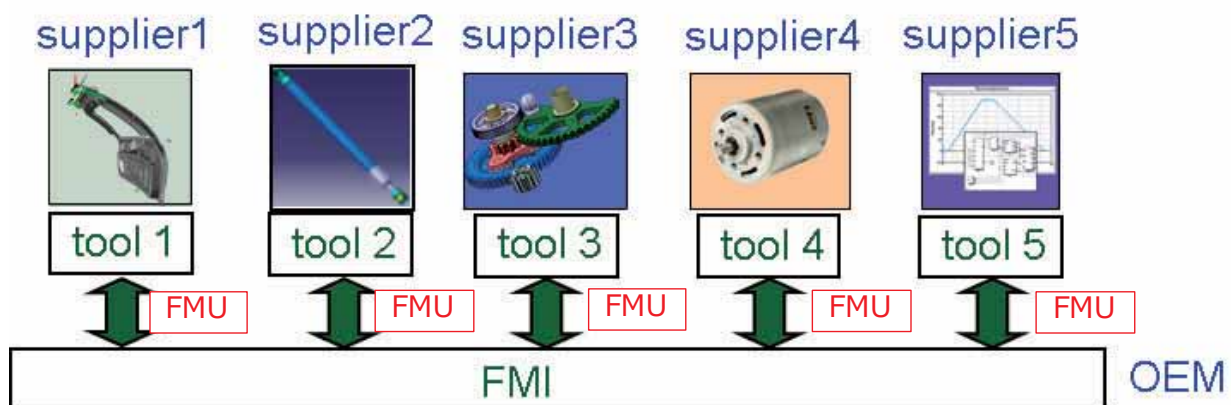
1. FMI策定の背景 モデル流通の必要性

- ツールや言語によらないモデルの取込ができ、モデル同士の接続ができることが必要



1. FMI策定の背景 モデル流通の課題 (ToBe)

- モデル流通の課題の解決手段として、FMIが世界標準になりつつある。
- FMIは、MODELISARにより策定されたモデル接続・流通の標準インタフェース仕様。
- FMIに対応しているシミュレーションツール間であれば、FMUとしてモデルのインポートやエクスポートが可能になる。



Blochwitz Torsten, Martin Otter, et al.
The Functional Mockup Interface for Tool independent Exchange of Simulation Models, Preprint of the
8th International Modelica Conference,(2011) より引用

メリット

- 標準化されたオープンな、特定のツールに依存しないAPIであること。
- シミュレーションモデルを、IPを保護したまま、パッケージ化して配布することが可能となること。
- シミュレーションモデルの接続・交換により、会社間・異業種間の連携が容易となること。
- 特定のシミュレーションツールの使い方に習熟していなくとも、そのモデルを“利用”できること。

課題

- シミュレーションモデルを個別に分割することによる、遅延等の課題。
- 数値計算の安定性や速度などの課題。
→ 後述。

1. 自動車技術会FMI活用・展開検討WGの活動概要

[背景]

- FMIによるモデル接続・流通への期待の高まり
- FMIは日本ではまだ良く知られておらず活用が難しい

[本WGの目的]

1. モデル接続のためにFMIを活用する方法の検討とそのガイドライン化
2. FMIを実使用モデル接続に活用した時の技術課題の検討
3. 得られた知見の展開とユーザ教育
4. 外部グループとの連携

fmi FUNCTIONAL
MOCK-UP
INTERFACE



9 9

fmi FUNCTIONAL
MOCK-UP
INTERFACE



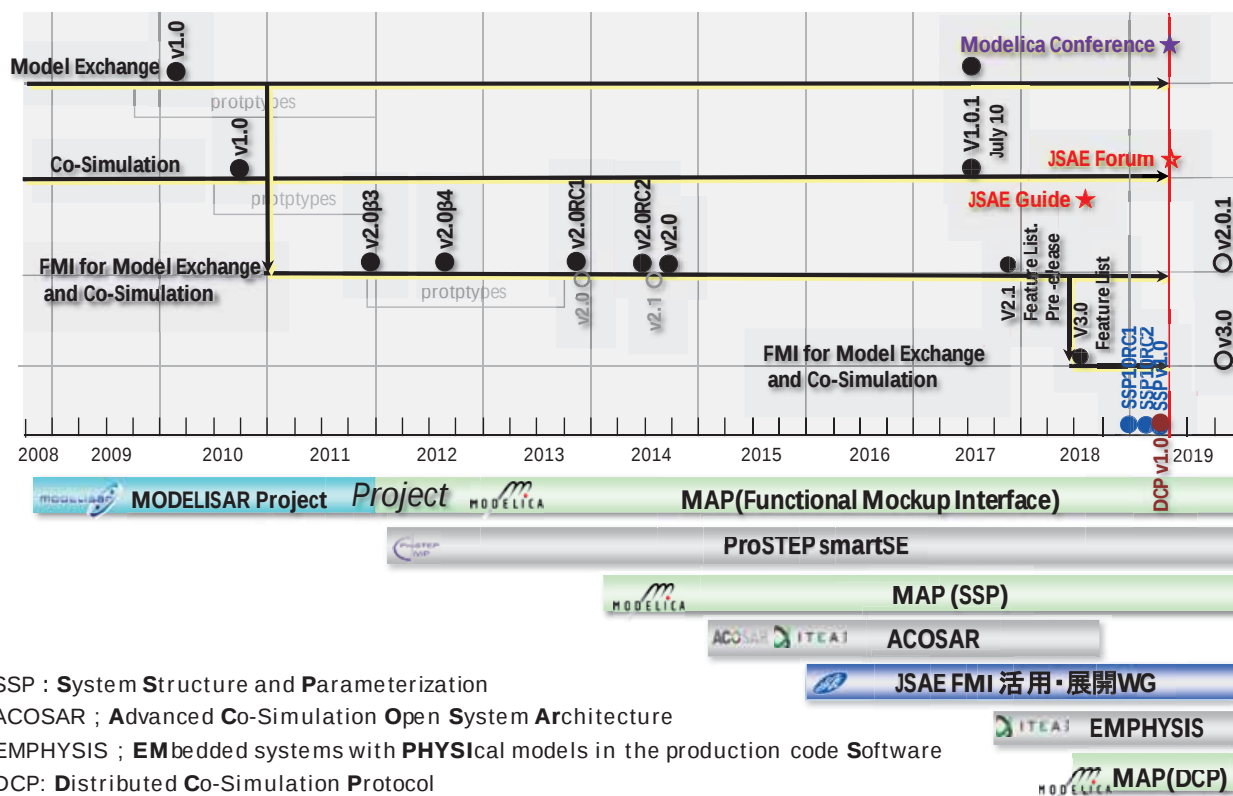
12 Peter Fritzson presenter. Courtesy MODELISAR project, Martin Otter et al



自動車技術会 自動車制御とモデル部門委員会 FMI 活用・展開検討 WG

10

2. FMIの歴史



自動車技術会 自動車制御とモデル部門委員会 FMI 活用・展開検討 WG

11

2. FMI 3.0 新機能リスト

•ポートとアイコン

ユーザーがFMUから一貫したシステムを構築し、modelDescription.xmlで構造化ポート(バスや物理コネクタなど)をより適切に表現してシステムをより直感的な表現の可能化

•配列変数:

FMUが多次元変数を伝達し、構造パラメータを使用してそれらのサイズ変更の可能化

•クロックとハイブリッドコシミュレーション:

FMU間で変数の変更を同期するためのクロックを導入しています。イベントとのコシミュレーションの可能化

•バイナリデータ型:

たとえば、複雑なセンサーデータを効率的に交換できるように、不透明なバイナリデータ型をFMU変数に追加

•中間出力値:

FMUからの通信時点間の中間出力値のアクセスを許可して、分析または高度なコシミュレーションマスターアルゴリズムのための関連サブシステムの動作を開示

•FMUsのソースコード:

modelDescription.xmlファイルに情報を追加して、FMUのソースコードを自動インポートするよう改善

自動車技術会 自動車制御とモデル部門委員会 FMI 活用・展開検討 WG

12

2. FMI関連プロジェクト



MA FMI Project

Functional Mockup Interface

<http://www.fmi-standard.org>

MA SSP Project

System Structure and Parameterization

<https://ssp-standard.org>

MA DCP Project

Distributed Co-Simulation Protocol

<https://dcp-standard.org/>



ProSTEP Smart Systems Engineering

<http://www.prostep.org/en/>



EMPHYSIS Project

Sept. 2017 - Aug. 2020



<https://itea3.org/project/emphasis.html>

EMbedded systems with PHYSical models In the production code Software



ACOSAR Project

Sept. 2015 – Aug. 2018

<http://www.acosar.eu/>

Advanced Co-Simulation Open System ARchitecture



OPTEMUS Project

Jun. 2015 - Feb. 2019

<http://www.optemus.eu/>

Optimized Energy Management and USE



OBELICS Project

Oct. 2017 - Sept. 2020

<https://obelics.eu/>

Optimization of scalaBle rEaltime models and functiOnal testing for e-drive Concepts



経済産業省 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

https://epc.or.jp/fund_dept/sim_foundation/2018model



Generic Simulator Interface for Simulation Model Access

<https://www.asam.net/standards/detail/xil-ma/>

自動車技術会 自動車制御とモデル部門委員会 FMI 活用・展開検討 WG

13

2. FMUの動作モード

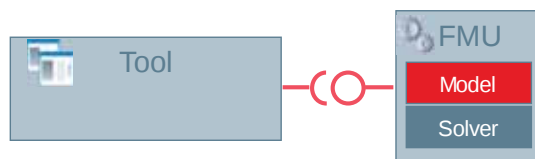


➤ FMI for Model Exchange



モデルに関する数式のみコード化され、数値計算ソルバは、FMUをインポートしたプラットフォーム側のものを利用

➤ FMI for Co-Simulation

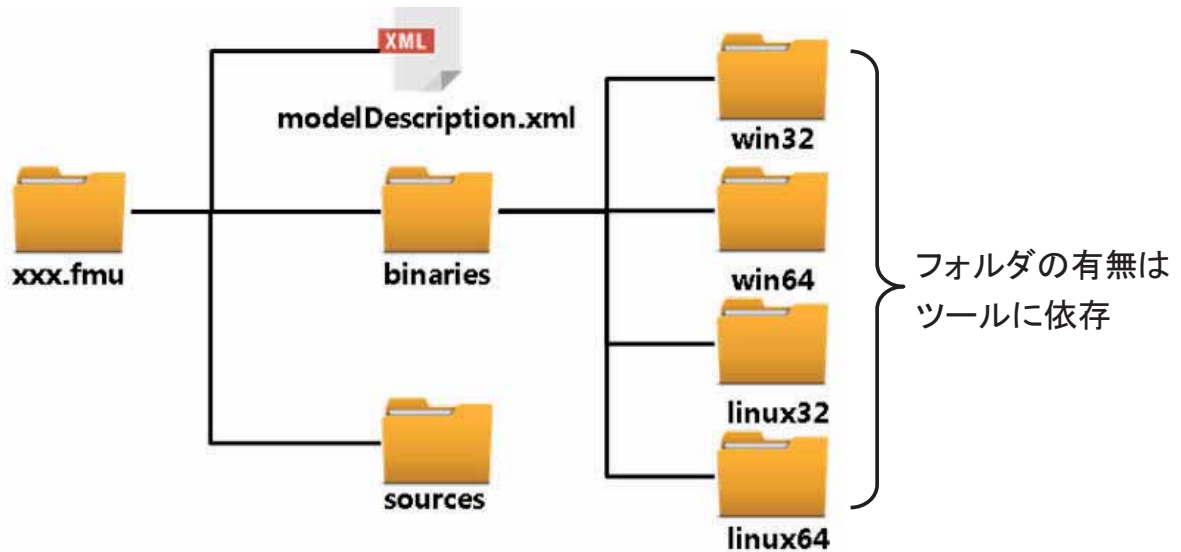


ソルバをモデルの数式共にコード化したもの

FMU: Functional Mockup Unit
Executable model generated for FMI

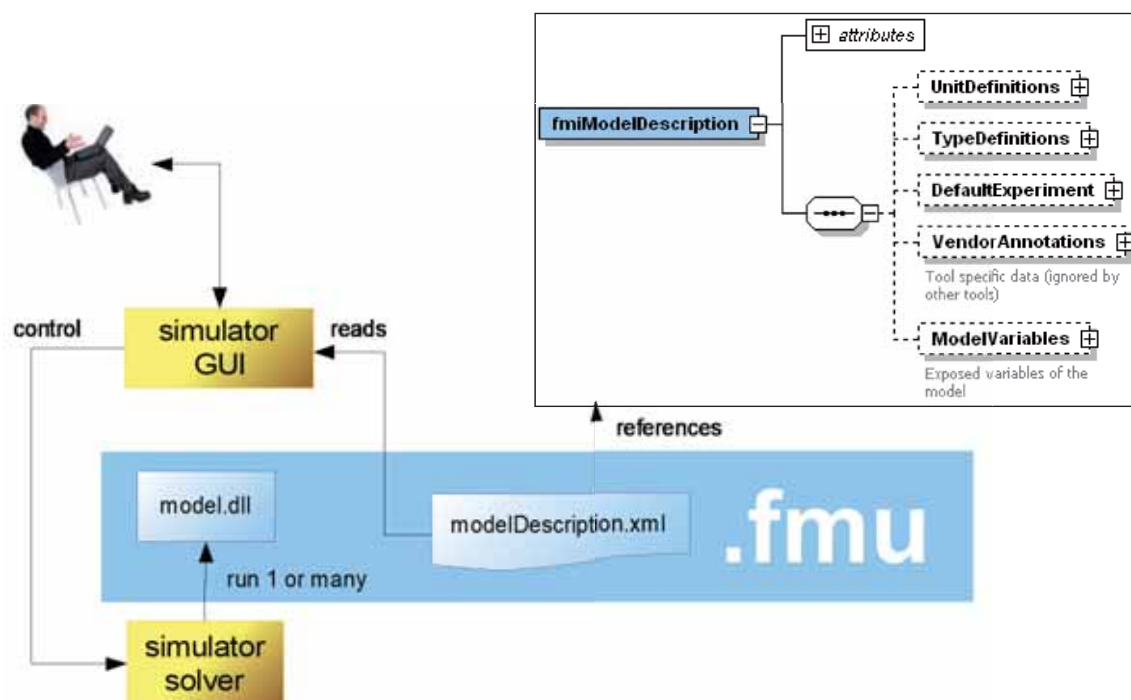
自動車技術会 自動車制御とモデル部門委員会 FMI 活用・展開検討 WG

14

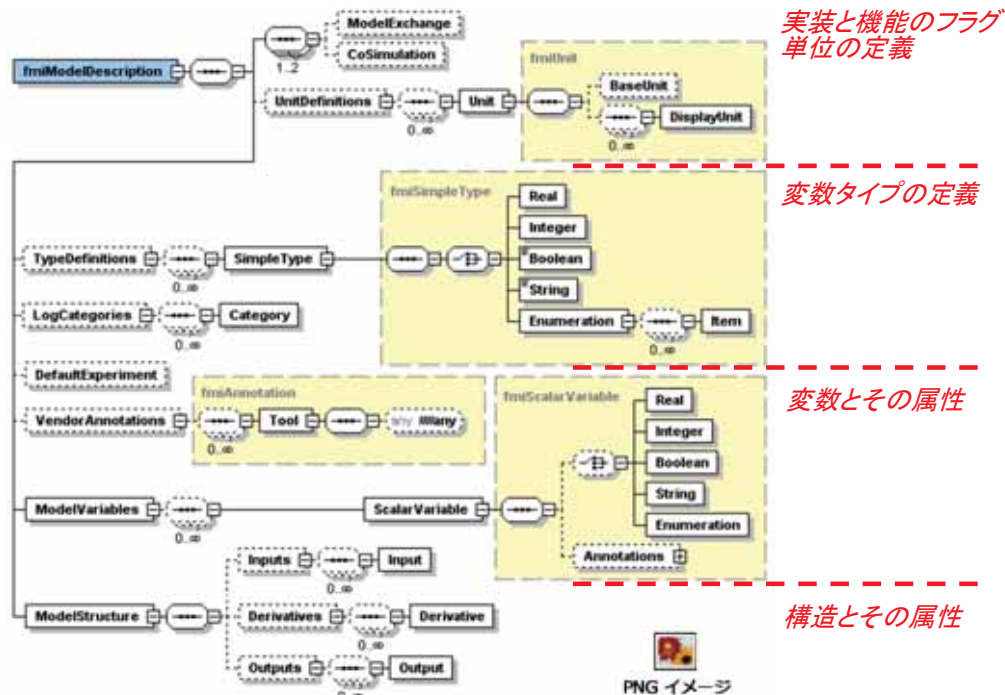


拡張子fmuの実態は、zip形式の圧縮ファイル
 => 拡張子をzipに変更し解凍すれば、内部ファイルへのアクセス可能

2. FMUのファイル構造



2. XML Model Descriptionファイルの詳細



Ref. : The Functional Mockup Interface for Tool independent Exchange of Simulation Models Modelica 2011, 21st, 22nd March

自動車技術会 自動車制御とモデル部門委員会 FMI 活用・展開検討 WG

17

2. ツールのFMIサポート状況

Legend: planned supported cross-check: passed

How do I add or update my tool?

FMU Export					FMU Import	
Name	License	Platforms	Co-Simulation	Model Exchange	Co-Simulation	Model Exchange
AMESim	\$	☺ 🍏 🍎	1.0 2.0	1.0 2.0	1.0 2.0	1.0 2.0
ANSYS SImplorer	\$	🍏	1.0 2.0	1.0 2.0	1.0 2.0	1.0 2.0
dSPACE SCALEXIO	\$	☺	1.0 2.0	1.0 2.0	1.0 2.0	1.0 2.0
Dymola	\$	☺ 🍏 🍎	1.0 2.0	1.0 2.0	1.0 2.0	1.0 2.0
FMI Toolbox for MATLAB/Simulink	\$	🍏	1.0 2.0	1.0 2.0	1.0 2.0	1.0 2.0
MapleSim	\$	☺ 🍏 🍎	1.0 2.0	1.0 2.0	1.0 2.0	1.0 2.0
OMSimulator	®	🍏 🍏 🍏	1.0 2.0	1.0 2.0	1.0 2.0	1.0 2.0
OpenModelica	®	🍏 🍏 🍏	1.0 2.0	1.0 2.0	1.0 2.0	1.0 2.0
PyFMI	®	🍏 🍏	1.0 2.0	1.0 2.0	1.0 2.0	1.0 2.0
PySimulator	®	🍏 🍏	1.0 2.0	1.0 2.0	1.0 2.0	1.0 2.0
SimulationX	\$	☺ 🍏 🍏	1.0 2.0	1.0 2.0	1.0 2.0	1.0 2.0

FMI Tools	2011	2012	2013	2014	2015	2017	2018	2020
Support	15	32	37	47	80 / 42	87 / 52	108	141
Planned		9	7	10	6	8	6	2

<https://fmi-standard.org/tools/>

自動車技術会 自動車制御とモデル部門委員会 FMI 活用・展開検討 WG

18

2. FMIクロスチェック結果一覧

FMI 2.0 ▾

Co-Simulation ▾

Windows 64-bit ▾

Legend: **successfully imported FMUs**[How do I add my FMUs and results to the cross-check?](#)

Importing Tool	20-sim	AMESim	AUTOSAR builder	CATIA	D5 - FMU Export from Simulink	Dymola	FMI Toolbox for Simulink	FMUSDK	MapleSim	MWorks	Silver	SimulationX
Adams	0	0	0	5	3	7	4	1	2	0	2	5
AMESim	0	0	0	5	4	13	4	4	3	0	2	5
ANSYS Simplorer	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0
AVL CRUISE M	0	0	0	10	4	6	4	1	4	1	2	5
AVL Model.CONNECT	0	0	0	0	3	10	2	4	2	0	0	0
CATIA	0	3	0	16	15	24	9	3	2	0	0	4
INTO-CPS Co-simulati...	1	6	0	10	3	17	12	12	6	0	1	3
Cosimate	0	0	0	0	3	0	0	2	0	0	0	0
Dymola	0	2	1	5	10	61	19	21	7	0	2	1
FMI Toolbox for MATL...	0	0	0	0	0	6	5	4	1	0	0	0
FMPy	1	2	1	11	19	25	9	8	11	1	2	5
GT-SUITE	0	0	0	3	0	3	0	0	3	0	0	0
Silver	0	3	0	5	4	24	9	16	3	0	2	0
SIMPACT	0	3	0	5	15	25	9	8	8	0	2	5
SimulationX	0	0	0	0	0	1	0	0	2	0	0	0
solidThinking Activate	0	0	0	0	4	6	0	0	3	0	0	0

2. FMI関連文献

fmi Home Downloads Tools Related Development Literature History FAQ

FMI Related Publications

Japanese Modelica Conference 2018

Keynote: 10 Years of FMI: Where are we now, where do we go?

FMI related conference papers ([link to proceedings](#)):

- Combustion Engine Mechanism Analyses Using Simulation
- Hyundai framework for vehicle dynamics engineering based on Modelica and FMI
- Automated Test of CVT Control Software, using FMI and Modelica Model

12th International Modelica Conference 2017

FMI User meeting (Agenda):

- Overview of FMI Project
- FMI is great but not magic
- Requirements for using FMI/ SSP for Development of Autonomous Driving
- Verification of model connection by FMI using acausal modeling tools
- ROBoMObil HiL Simulator using FMI technology
- The INTO-CPS Co-Simulation Orchestration Engine –Experiences with FMI 2.0 and proposed extensions
- ACOSAR –Advanced Co-Simulation Open System Architecture
- MA-Project System Structure and Parameterization – Current Status and Plans

FMI related conference papers:

- Improving Interoperability of FMI-supporting Tools with Reference FMUs
- The Embedded Simulation via FMI and its Application to the Simulation of Lifetime Tests Including Wear
- Integration Modelica with Digital Mockup Tool using the FMI

<https://fmi-standard.org/literature/>

HomePage

- <https://fmi-standard.org>
- <https://www.modelica.org/>
- <https://newsletter.modelica.org/>

Twitter

- @FMI_Info https://twitter.com/fmi_info
- @modelica <https://twitter.com/modelica>



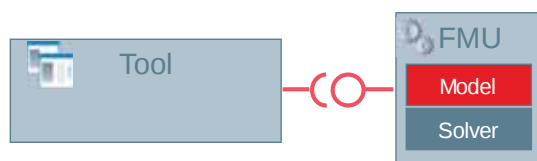
3. FMUの動作モード

➤ FMI for Model Exchange



モデルに関する数式のみコード化され、数値計算ソルバは、FMUをインポートしたプラットフォーム側のものを利用

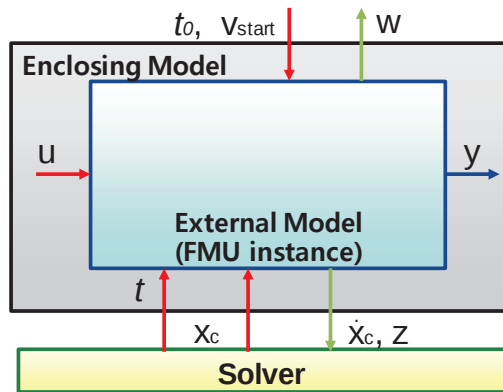
➤ FMI for Co-Simulation



ソルバをモデルの数式共にコード化したもの

FMU: Functional Mockup Unit
Executable model generated for FMI

3. Model Exchangeにおける信号の流れ



t 時間

v_{start} 変数

$u(t)$ 入力(連続時間および/または離散時間)

$y(t)$ 出力(連続時間および/または離散時間)

$w(t)$ ローカル変数(連続時間および/または離散時間)

$z(t)$ イベント指標(連続時間)

ローカル変数 w および/または出力 y の要素:

$x_c(t)$ 連続時間状態 (イベント間で連続)

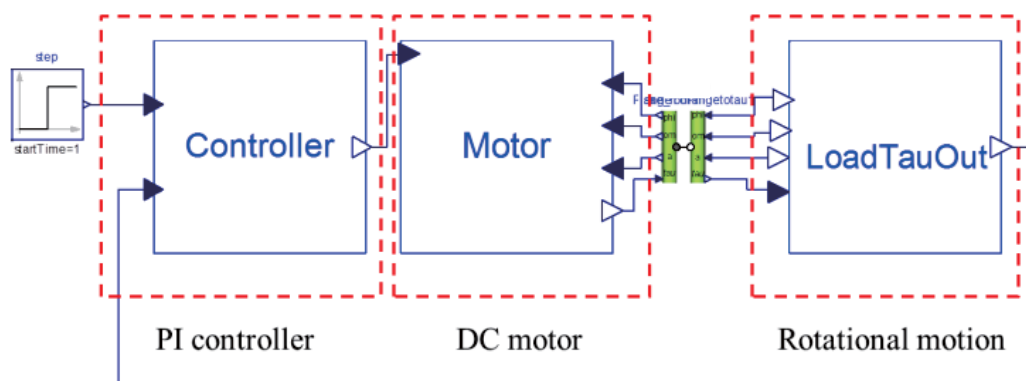
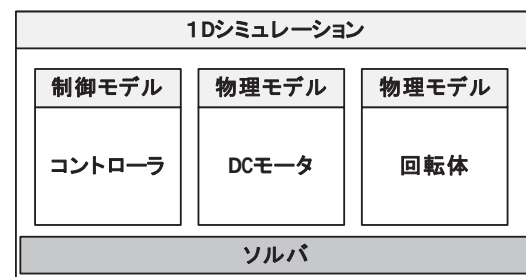
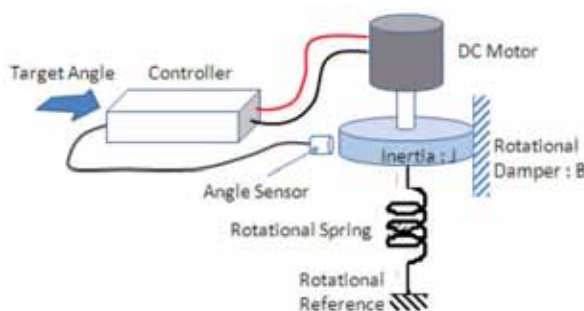
青矢印($\rightarrow$): FMUからの出力情報

赤矢印($\rightarrow$): FMUへの入力情報

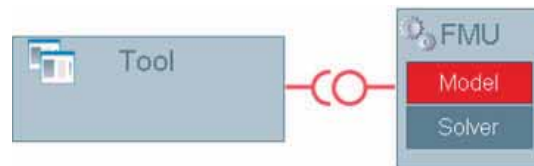
v_{start}, u, y, w, x_d は Real, Integer, Boolean, String型;

t, x_c, z はReal型.

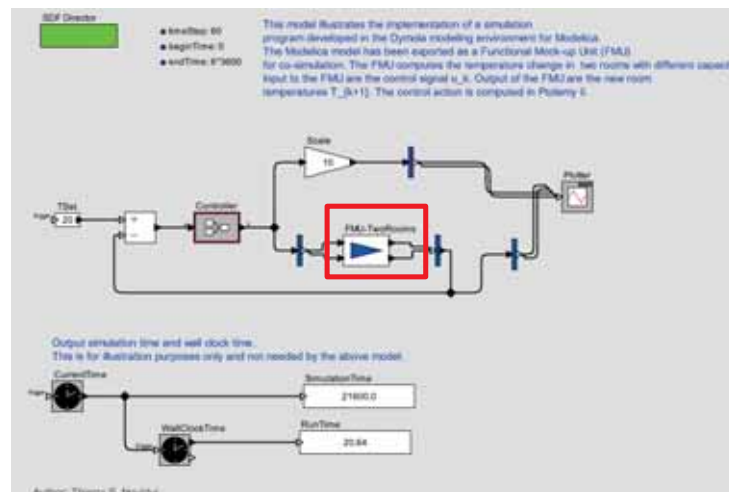
3. Model Exchangeの適用事例



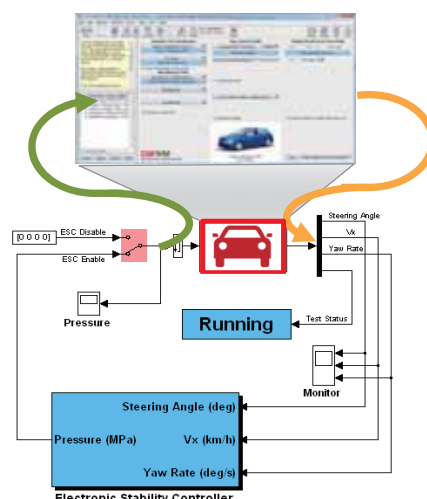
3. Co-Simulationの3つの形態 (Stand Alone)



プラットフォームアプリ(取込ツール)上で動作

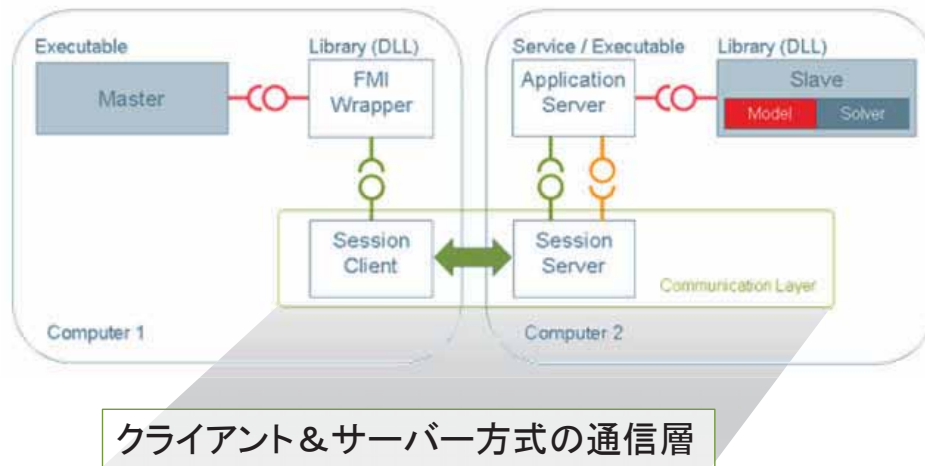


3. Co-Simulationの3つの形態 (Tool-Coupling)



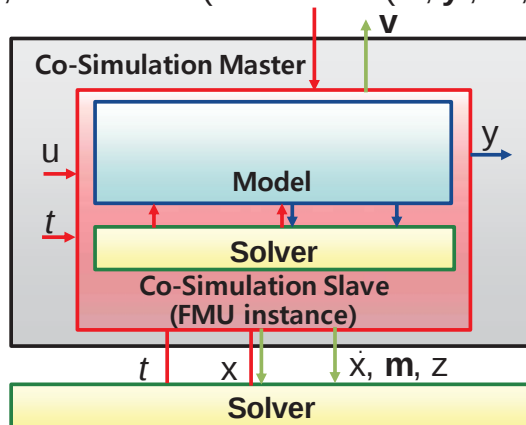
共有メモリや通信などを介して
ツール間で信号授受

3. Co-Simulationの3つの形態 (Distributed)



3. Co-Simulationにおける信号の流れ

$t_0, \mathbf{p}$, initial values(a subset of $(\mathbf{x}_0, \mathbf{y}_0, \mathbf{v}_0, \mathbf{m}_0)$)



- t 時間
- $\mathbf{m}$ 離散状態
- $\mathbf{p}$ Real、Integer、Boolean、Strings型のパラメータ
- $\mathbf{u}$ Real、Integer、Boolean、Strings型の入力
- $\mathbf{v}$ すべての開示変数
- $\mathbf{x}$ 連続状態(イベント間で連続)
- $\mathbf{y}$ Real、Integer、Boolean、Strings型の出力
- $\mathbf{z}$ イベント指標

Co-Simulationでは、以下 2つの基本的な機能を実現する必要があります。

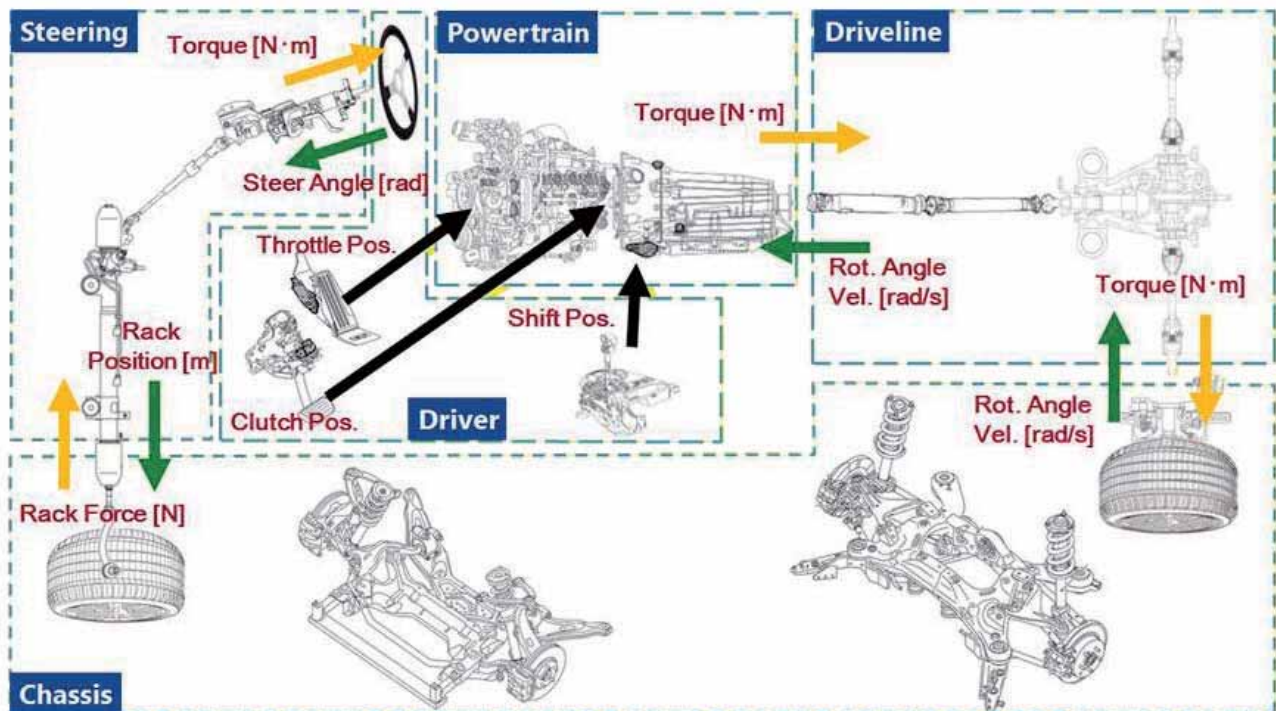
1. サブシステム間のデータ 受け渡し の機能
2. 全てのサブシステムのシミュレーションを同期 し、Communication Step Sizeを続行する機能

$t_{ci} \rightarrow t_{ci+1}$ from initial time

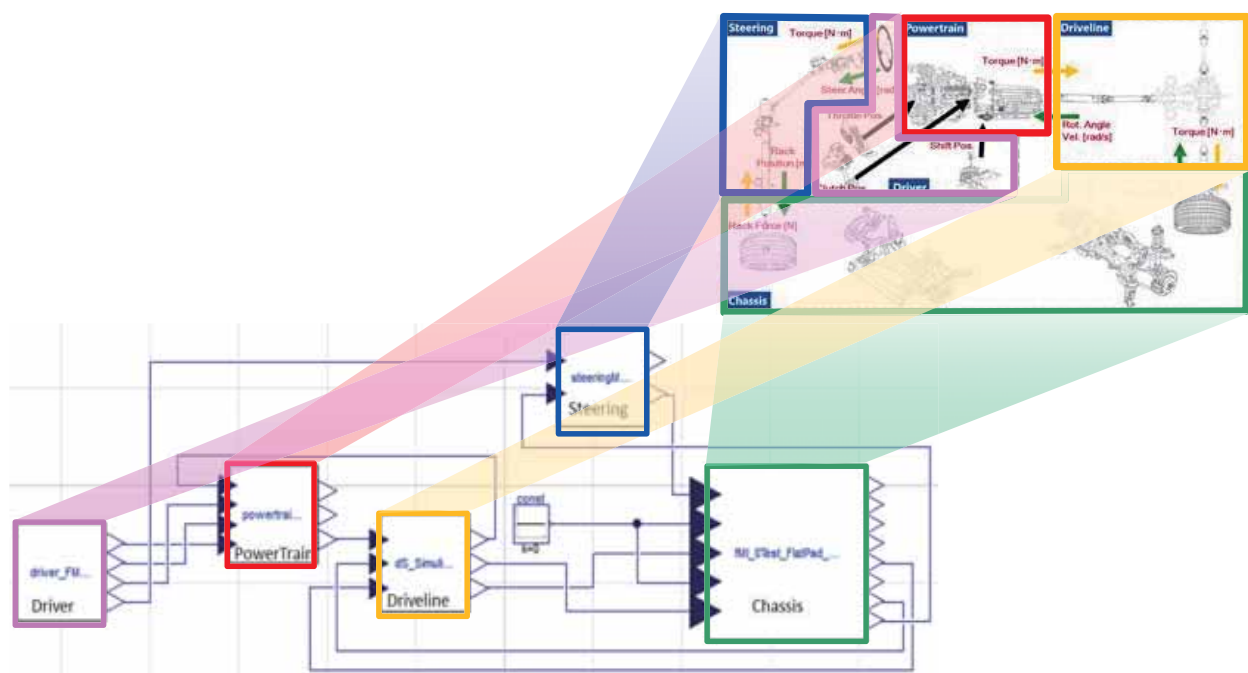
$t_{c0} := t_{start}$ to end time

$t_{cN} := t_{stop}$

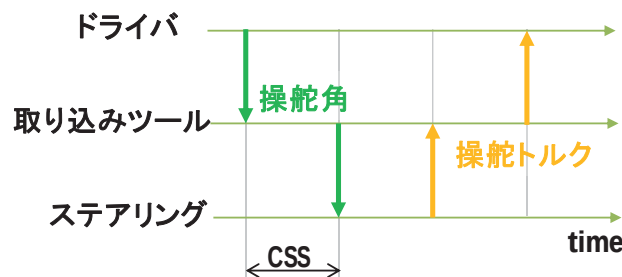
3. Co-Simulationでの適用事例（モデリング対象）



3. Co-Simulationでの適用事例（モデルへFMUの配置）



Dymolaに取り込んだモデル



CSS : Communication Step Size

4. FMIによるモデル交換/接続の課題

モデル作成

FMU生成

FMU取込

FMU接続

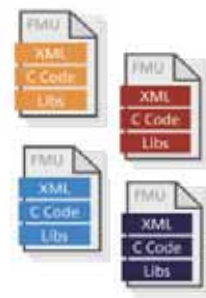
シミュレーション
実行

1) FMUを適切に生成/取込できるか？

各ツール間で、正しくモデル情報(XML形式)をやり取りできるか？

➤ 入出力変数/状態変数 タイプ/単位 etc.

→ FMI Cross check activityにて、各ツールベンダーが検証



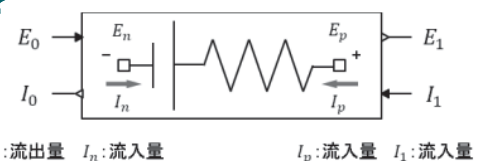
2) FMUと取り込み先モデルを、正しく接続できるか？

モデル間の入出力変数、正負の向きの設定はユーザー依存 → 交換者同士での合意が必要

経産省「自動車開発におけるプラントモデルI/Fガイドライン」などの活用

3) シミュレーション実行時に問題が起きないか？

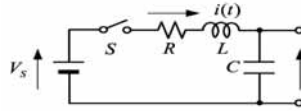
シミュレーションの安定性に関する知見が必要



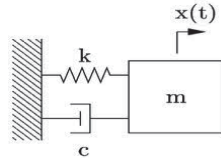
適切なソルバータイプ, 時間刻みの選択

FMIで通常扱う, OD物理モデルでは, 時間常微分方程式が扱われる

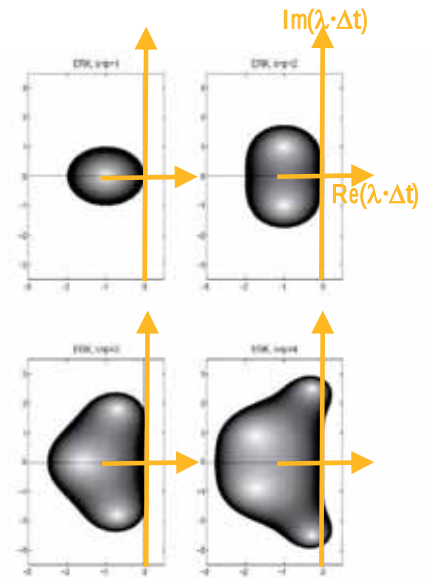
$$L \frac{d^2 q(t)}{dt^2} + R \frac{dq(t)}{dt} + \frac{1}{C} q(t) = V_s$$



$$M \frac{d^2 x(t)}{dt^2} + C \frac{dx(t)}{dt} + Kx(t) = F_{ext}$$



モデルは固有値(固有振動数)を持ち, ソルバーの収束範囲内に全ての固有値が入る必要がある

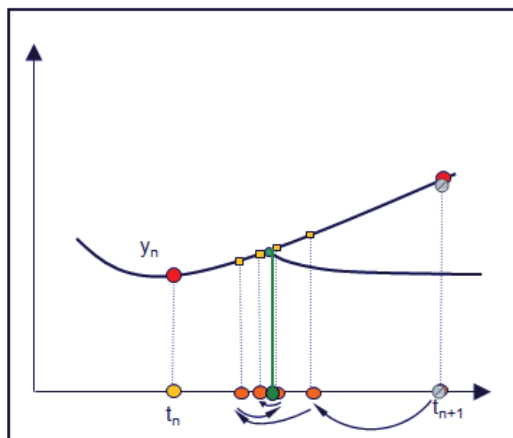


Runge Kuttaソルバーを用いた際の安定領域 (1~4次)

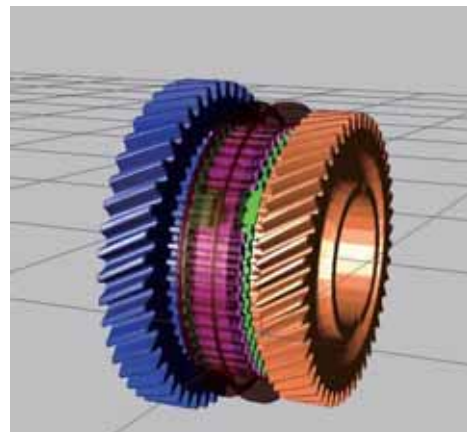
4. シミュレーションの安定性

不連続点処理

例えば, MTシンクロナイザー歯噛合い衝突時には, その前後でモデルの系が異なる衝突がいつ起きたか,精緻な解を求めるには,不連続点処理を行う



Discontinuity research



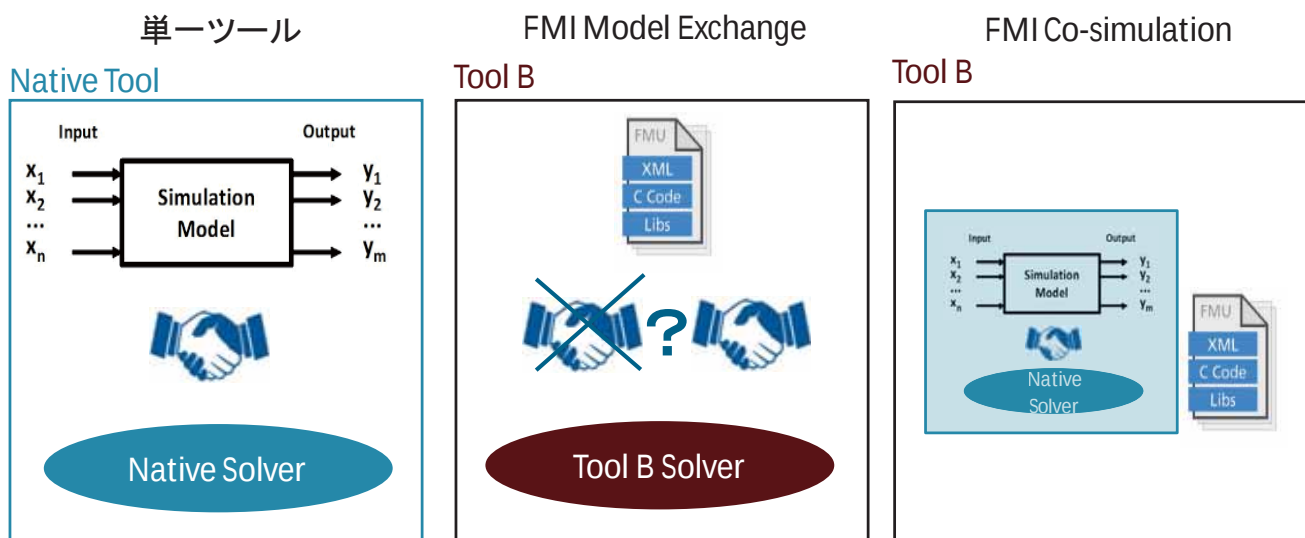
初期化問題

モデル全体が, DAE (Differential Algebraic Equation)として表現される場合, 積分計算される状態変数の初期値が明示的に与られておらず, $t=0$ における収束を解く必要がある。

$$\mathbf{F}\left(t, \mathbf{y}, \frac{d\mathbf{y}}{dt}\right) = \mathbf{0}$$

4. Model Exchangeでの課題と対策法

モデル・ソルバーの相性



Model Exchangeには, モデルとソルバーの相性問題が伴う

モデル・ソルバーの相性 対策法

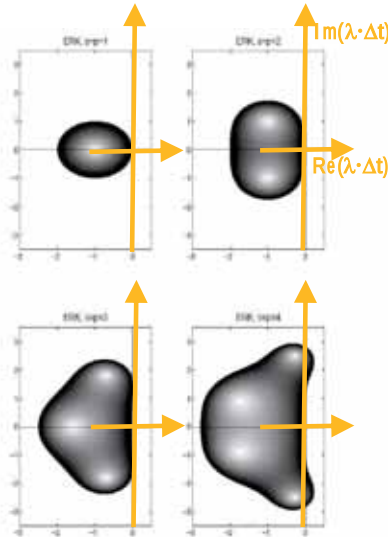
モデル/ソルバー相性を確保するには？



Case by caseでのモデル・ソルバー相性確認



各ツール共通に使えるソルバーを使用
例 : Explicit Euler, Runge-Kutta



Runge Kuttaソルバーを用いた際の安定領域 (1~4次)

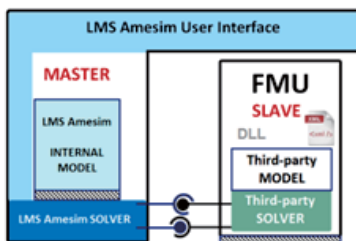
モデル最大固有値の抑制
(ソルバー収束領域の保証)

4. Co-simulationでの課題と対策法

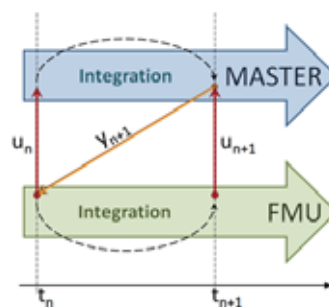
通信遅延の発生

Co-simulationでは、通信遅延の問題が避けられ無い

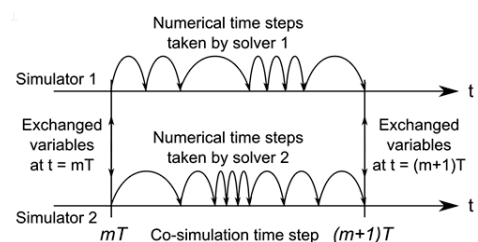
それぞれのソルバーでシミュレーション
を実行



- 1) Slaveの出力値を一定として保持したまま1通信間隔分の積分計算
- 2) 計算結果を、Slaveに渡す
- 3) Masterの出力値を一定として保持したまま1通信間隔分の積分計算



通信間隔間は、それぞれのソルバー
が任意のタイムステップをとる



安定性の悪化, 計算時間増大

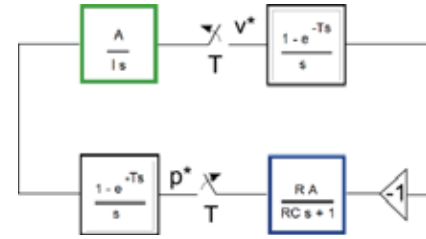
通信間隔中は, 出力が固定されるため数学的に
新たな演算が追加される

Loopを含む全体の系のZ変換より, 安定領域を計算すると,

$$M(z)H(z) = \frac{\omega_0 T}{2\zeta} \cdot \frac{1 - e^{-2\zeta\omega_0 T}}{(z-1)(z - e^{-2\zeta\omega_0 T})}$$

$$\omega_0 = \frac{A}{\sqrt{IC}} \quad \text{共振周波数}$$

$$2\zeta\omega_0 = \frac{1}{RC} \quad \text{ダンピングファクター}$$



安定領域は, 通信間隔(T)とダンピングファクターに依存する



$$\omega_0 T = 0.1, \quad \zeta = 0.1$$

$$\omega_0 T < 2\zeta$$

$$\rightarrow T < 0.3 \text{ ms}$$

Co-simulation通信間隔: fsampling > 3 kHz

単一モデル時の最低ステップ: fNyquist = 90 Hz

細かな通信間隔 → 計算時間大

4. Co-simulationでの課題と対策法

安定性の悪化, 計算時間増大 対策法

Communication interval
による通信遅延

安定性の悪化

適切な (Couplingの弱い)
箇所でのモデル分割

通信間隔ごとの
入力の不連続変化

計算時間の増大
(ソルバー反復数増大)

反復計算数が固定のソルバーを使用
例: Explicit Euler, Runge-Kutta

モデル変更コスト > 計算コスト

既存モデルのままCo-simulation

モデル最大固有値の抑制
(ソルバー収束領域の保証)



- **FMIによるモデル交換/接続の課題**

- 1) FMUを適切に生成/取込できるか？
- 2) FMUと取り込み先モデルを、正しく接続できるか？
- 3) シミュレーション実行時に問題が起きないか？

- **シミュレーションの安定性**

- 適切なソルバータイプ, 時間刻みの選択
不連続点処理
初期化問題

Model Exchange, Co-simulationでの課題と対策法

- 適切な位置でのモデル分割 (Co-sim)
高固有値の除去,
陽解法固定タイムステップソルバーの使用 (ME/Co-sim)

4. ME/CS選択の指針

Model Exchange と Co-simulation利点欠点を理解した活用が必要

	Model Exchange	Co-simulation
代数ループを含んだFMU生成	不可能	可能(計算時間増大の可能性あり)
通信遅延	発生無し	Communication intervalの適切な設定が必要
可変タイムステップソルバー使用時	モデル/ソルバー相性要確認	モデル/ソルバー相性はFMU生成時に確認済
陽解法固定タイムステップソルバー使用時	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exe	可能 各FMU毎にexeが生成
推奨用途	制御モデル	複合物理システム 大規模モデル(並列計算) マルチレート HILS

Case1 : 当WGベンチマークモデル

5-1. サンプルモデルの入手

5-2. モデルの構成

5-3. FMUの接続

5-4. FMUの設定

5-5. シミュレーション結果

Case2 : 経産省ガイドライン準拠モデル(紹介まで)

5-6. サンプルモデルの入手

5-1. サンプルモデルの入手

<https://www.jsae.or.jp/katsudou/detail1035.html>

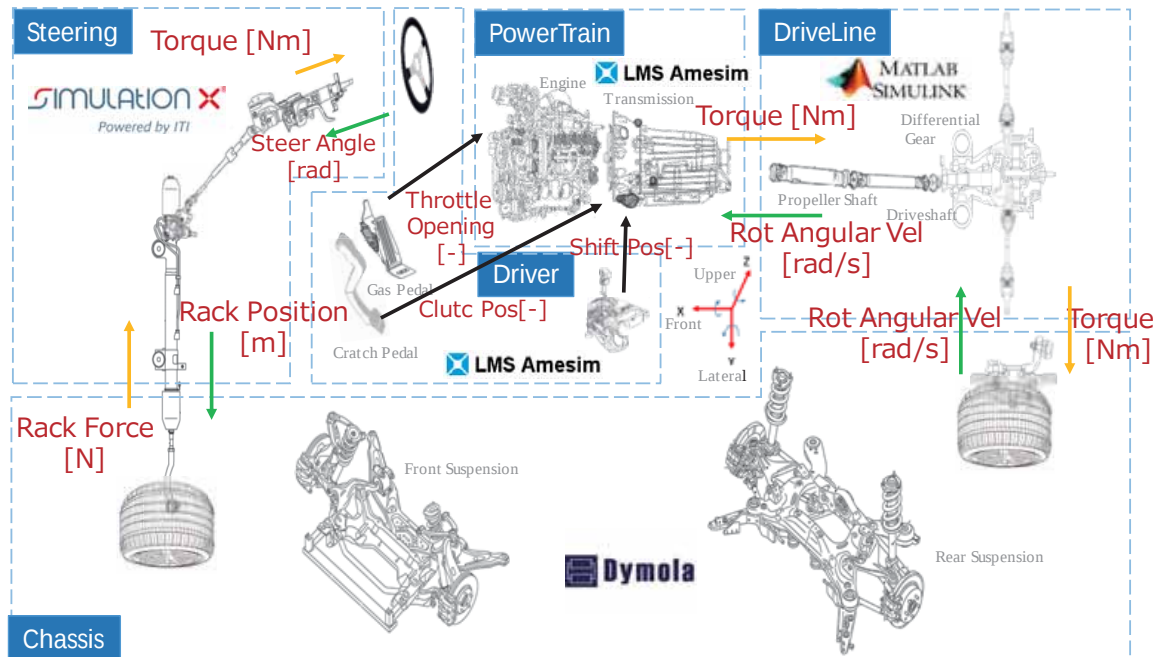


ZIPファイルの内容

サブシステムI/F定義書	: Sample_6p2_サブシステムI/F定義書.xlsx
シミュレーション結果	: Sample_6p2_Result.txt
Driver	: Driver_FMU_Export_Rev16.fmu
Power Train	: Powertrain_FMU_export_Rev16.fmu
Drive Line	: DS_Simulink.fmu
Chassis	: FMI_20_Blackbox_Euler_Test_FlatPad.fmu
Steering	: SteeringMechanismRackPinionInMetric.fmu

5-2. 車両モデル構成

複数ツールのサンプルモデルを組み合わせることで車両モデルを構成している

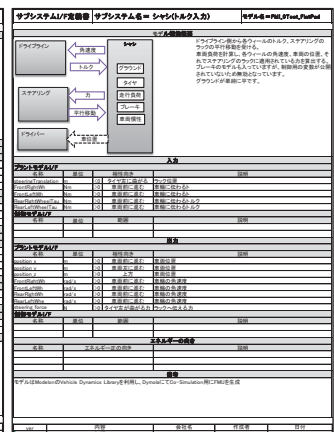
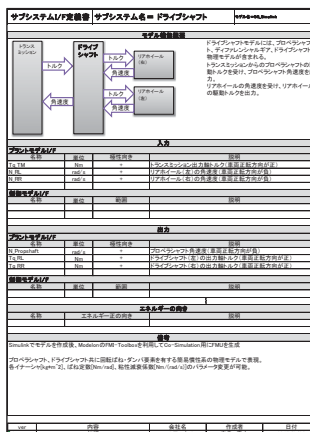
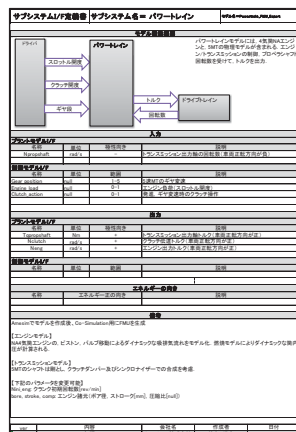
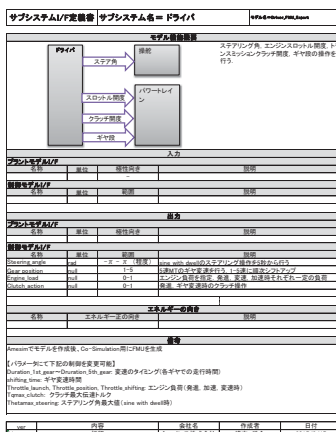
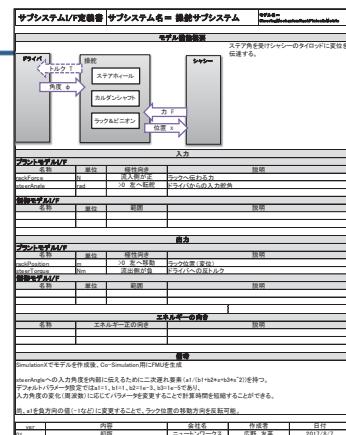


自動車技術会 自動車制御とモデル部門委員会 FMI 活用・展開検討 WG

45

5-2. サブシステムI/F定義書

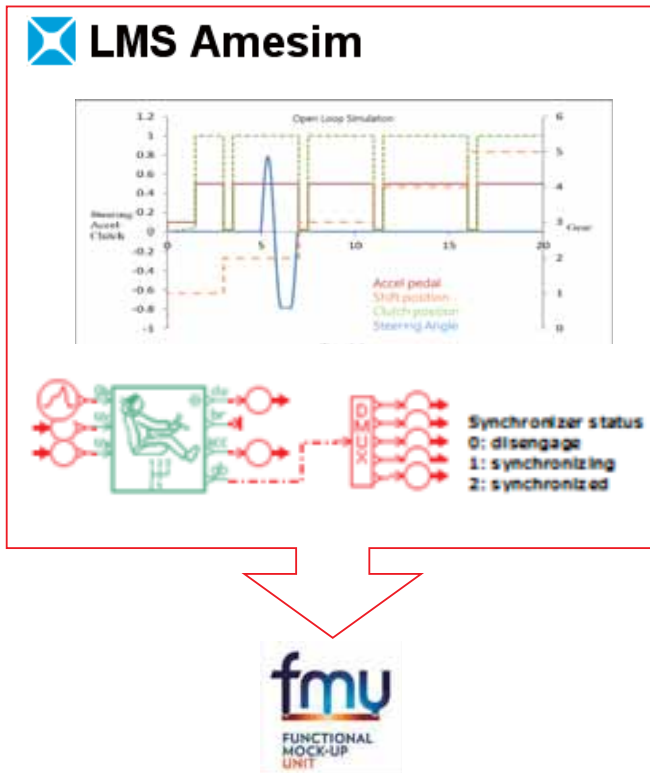
サブシステムI/F定義書 : Sample_6p2_サブシステムI/F定義書.xlsx
 シミュレーション結果 : Sample_6p2_Result.txt
 Driver : Driver_FMU_Export_Rev16.fmu
 Power Train : Powertrain_FMU_export_Rev16.fmu
 Drive Line : DS_Simulink.fmu
 Chassis : FMI_20_Blackbox_Euler_Test_FlatPad.fmu
 Steering : SteeringMechanismRackPinionInMetric.fmu



自動車技術会 自動車制御とモデル部門委員会 FMI 活用・展開検討 WG

46

5-2. Driverモデル : Driver_FMU_Export_Rev16.fmu

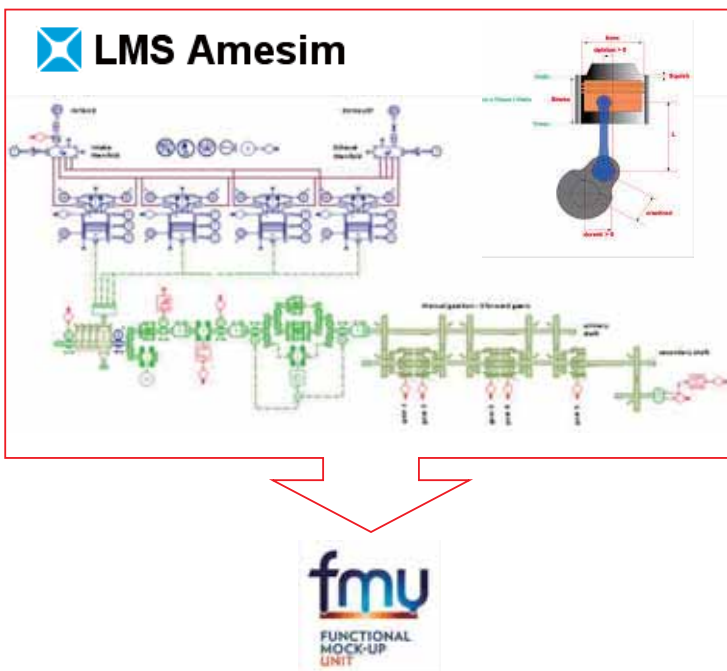


サブシステムI/F定義書		サブシステム名 = ドライバ		モデル名 = Driver_FMU_Export	
モデル機能概要					
ドライバ		操舵		ステアリング角, エンジンスロットル開度, トランスミッションクラッチ開度, ギヤ段の操作を行う。	
ステア角					
スロットル開度		パワートレイン			
クラッチ開度					
ギヤ段					
入力					
プラントモデルI/F					
名称	単位	極性向き	説明		
制御モデルI/F					
名称	単位	範囲	説明		
出力					
プラントモデルI/F					
名称	単位	極性向き	説明		
制御モデルI/F					
名称	単位	範囲	説明		
Steering_angle	rad	-π ~ π (程度)	sine with dwellのステアリング操作を5秒から行う		
Gear_position	null	1-5	5速MTのギヤ変速を行う。1-5速に順次シフトアップ		
Engine_load	null	0-1	エンジン負荷を指定。発進, 変速, 加速時それぞれ一定の負荷		
Clutch_action	null	0-1	発進, ギヤ変速時のクラッチ操作		
エネルギーの向き					
名称	エネルギー正の向き		説明		
備考					
Amesimでモデルを作成後、Co-Simulation用にFMUを生成					
【パラメータにて下記の制御を変更可能】					
Duration_1st_gear~Duration_5th_gear: 変速のタイミング(各ギヤでの走行時間)					
shifting_time: ギヤ変速時間					
Throttle_launch, Throttle_position, Throttle_shifting: エンジン負荷(発進, 加速, 変速時)					
Tqmax_clutch: クラッチ最大伝達トルク					
Thetamax_steering: ステアリング角最大値(sine with dwell時)					
ver	内容	会社名	作成者	日付	
01	初版	シーメンス株式会社	緒方 洋介	2017/8/17	

自動車技術会 自動車制御とモデル部門委員会 FMI 活用・展開検討 WG

47

5-2. PowerTrainモデル : Powertrain_FMU_export_Rev16.fmu

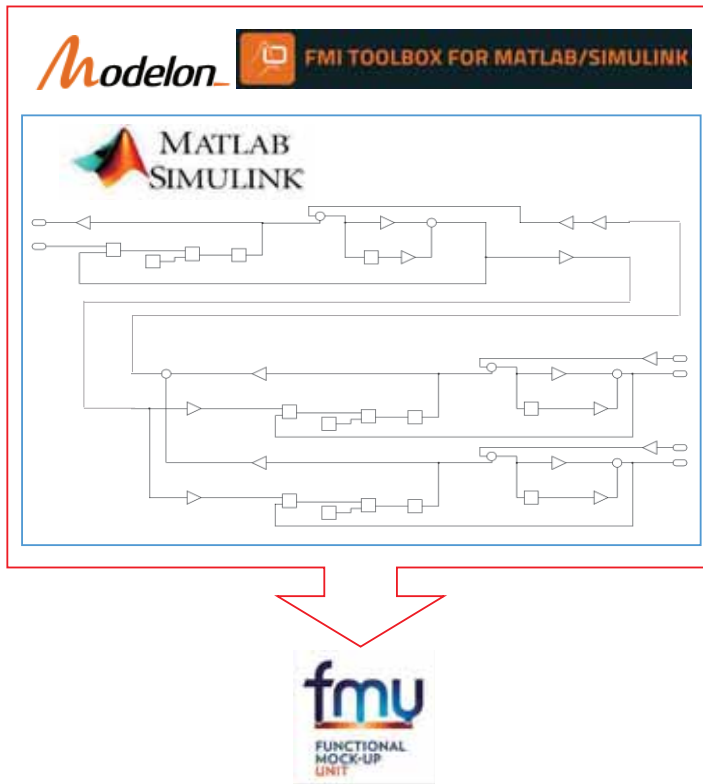


サブシステムI/F定義書		サブシステム名 = パワートレイン		モデル名 = Powertrain_FMU_Export	
ドライブシャフト スロットル開度 クラッチ開度 ギヤ段 パワートレイン トルク 回転数 ドライブシャフト パワートレインモデルには、4気筒NAエンジンと、SMTの物理モデルが含まれる。エンジン/トランスミッションの制御、プロペラシャフト回転数を受けて、トルクを出力。					
入力					
プラントモデルI/F					
名称	単位	極性向き	説明		
Npropshaft	rad/s	-	トランスミッション出力軸の回転数(車両正転方向が負)		
制御モデルI/F					
名称	単位	範囲	説明		
Gear_position	null	1-5	5速MTのギヤ変速		
Engine_load	null	0-1	エンジン負荷(スロットル開度)		
Clutch_action	null	0-1	発進、ギヤ変速時のクラッチ操作		
出力					
プラントモデルI/F					
名称	単位	極性向き	説明		
Toppropshaft	Nm	+	トランスミッション出力軸トルク(車両正転方向が正)		
Nclutch	rad/s	+	クラッチ伝達トルク(車両正転方向が正)		
Neng	rad/s	+	エンジン出力トルク(車両正転方向が正)		
制御モデルI/F					
名称	単位	範囲	説明		
エネルギーの向き					
名称	エネルギー正の向き		説明		
備考					
Amesimでモデルを作成後、Co-Simulation用にFMUを生成					
【エンジンモデル】					
NA4気筒エンジンの、ピストン、バルブ移動によるダイナミックな吸排気流れをモデル化。燃焼モデルによりダイナミックな筒内圧が計算される。					
【トランスミッションモデル】					
SMTのシャフトは剛とし、クラッチダンパー及びシンクロライザーでの合成を考慮。					
【下記のパラメータを変更可能】					
Nini.eng: クラッチ初期回転数(rev/min)					
bore, stroke, comp: エンジン諸元(ボア径, ストローク[mm], 圧縮比[null])					
ver	内容		会社名	作成者	日付
01	シミュレーションモデル		シーメンス株式会社	緒方 洋介	2017/8/17

自動車技術会 自動車制御とモデル部門委員会 FMI 活用・展開検討 WG

48

5-2. DriveLineモデル : DS_Simulink.fmu



サブシステムI/F定義書

サブシステム名 = ドライブシャフト

モデル名 = DS_Blackbox

トランスミッション

ドライブシャフト

リアホイール(右)

リアホイール(左)

トルク

トルク

トルク

トルク

角速度

角速度

角速度

角速度

ドライブシャフトモデルには、プロペラシャフト、ディフレンシャルギア、ドライブシャフトの物理モデルが含まれる。

トランスミッションからのプロペラシャフトの駆動トルクを受け、プロペラシャフト角速度を出力。

リアホイールの角速度を受け、リアホイールの駆動トルクを出力。

入力

プラントモデルI/F

名称	単位	極性向き	説明
Tq_TM	Nm	+	トランスミッション出力軸トルク(車両正転方向が正)
N_RL	rad/s	+	リアホイール(左)の角速度(車両正転方向が負)
N_RR	rad/s	+	リアホイール(右)の角速度(車両正転方向が負)

出力

プラントモデルI/F

名称	単位	極性向き	説明
N_Propshaft	rad/s	+	プロペラシャフト角速度(車両正転方向が負)
Tq_RL	Nm	+	ドライブシャフト(左)の出力軸トルク(車両正転方向が正)
Tq_RR	Nm	+	ドライブシャフト(右)の出力軸トルク(車両正転方向が正)

エネルギーの向き

制御モデルI/F

名称	単位	範囲	説明

備考

Simulinkでモデルを作成後、ModelonのFMI-Toolboxを利用してCo-Simulation用にFMUを生成

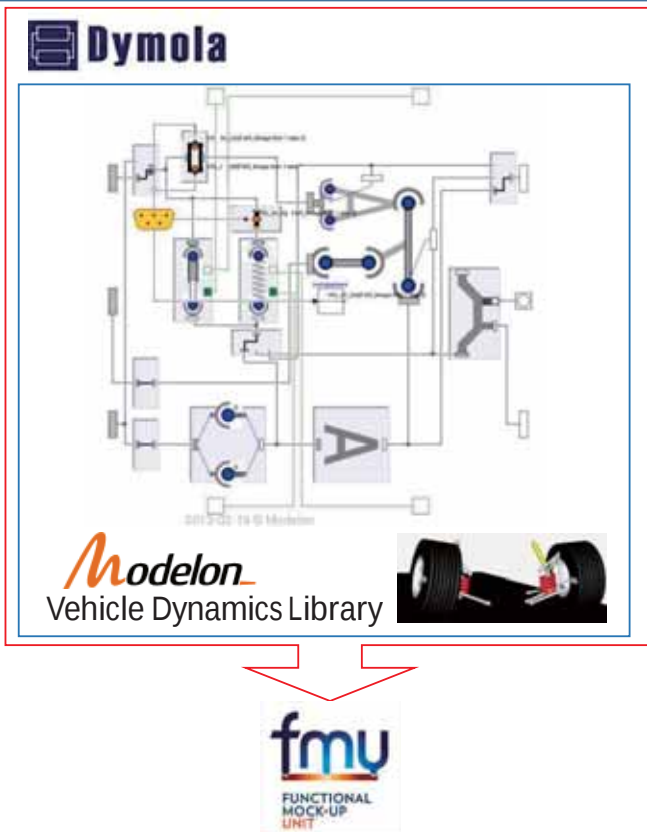
プロペラシャフト、ドライブシャフト共に回転ばね・ダンパ要素を有する簡易慣性系の物理モデルで表現。各イナーシャ[kg・m²]、ばね定数[Nm/rad]、粘性減衰係数[Nm/(rad/s)]のパラメータ変更が可能。

ver	内容	会社名	作成者	日付
01	初版	マスワークス	宅島 章夫	2017/8/20

自動車技術会 自動車制御とモデル部門委員会 FMI 活用・展開検討 WG

49

5-2. Chassisモデル:FMI_20_Blackbox_Euler_Test_FlatPad.fmu

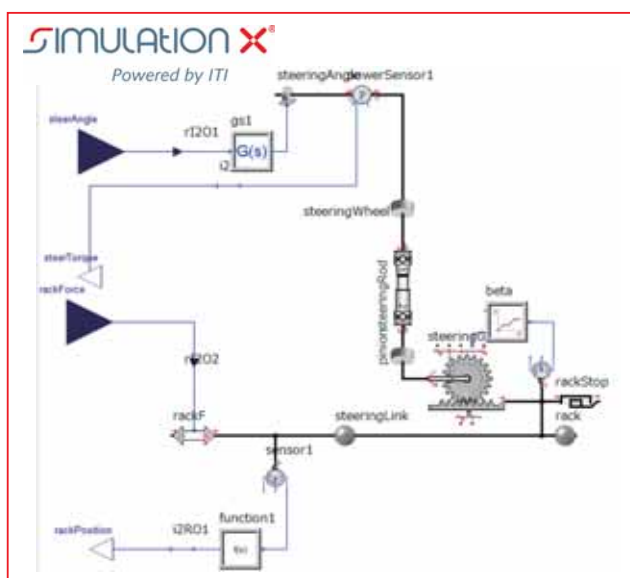


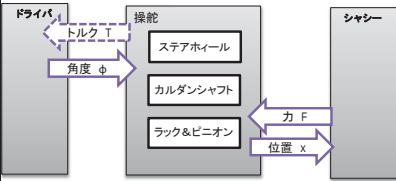
サブシステムI/F定義書		サブシステム名＝シャシ(トルク入力)		モデル名＝FMI_0Test_FlatPad	
ドライブライン 角速度 トルク ステアリング 力 平行移動 ドライバー 車位置 シャシ グラウンド タイヤ 走行負荷 ブレーキ 車両慣性 ドライブライン側から各ウィールのトルク、ステアリングのラックの平行移動を受ける。 車両負荷を計算し、各ウィールの角速度、車両の位置、それステアリングのラックに適用されている力を算出する。 ブレーキのモデルも入っていますが、制御用の変数が公開されていないため無効となっています。 グラウンドが単純に平です。					
入力					
プラントモデルI/F		説明			
名称	単位	極性向き			
steeringTranslation	m	<0	タイヤ左に曲がる	ラック位置	
FrontRightWh	Nm	>0	車両前に進む	車輪に伝わるトルク	
FrontLeftWh	Nm	>0	車両前に進む	車輪に伝わるトルク	
RearRightWheelTau	Nm	>0	車両前に進む	車輪に伝わるトルク	
RearLeftWheelTau	Nm	>0	車両前に進む	車輪に伝わるトルク	
制御モデルI/F		説明			
名称	単位	範囲			
出力					
プラントモデルI/F		説明			
名称	単位	極性向き			
position_x	m	>0	車両前に進む	車両位置	
position_y	m	>0	車両左に進む	車両位置	
position_z	m	>0	上方	車両位置	
FrontRightWh	rad/s	>0	車両前に進む	車輪の角速度	
FrontLeftWh	rad/s	>0	車両前に進む	車輪の角速度	
RearRightWh	rad/s	>0	車両前に進む	車輪の角速度	
RearLeftWhe	rad/s	>0	車両前に進む	車輪の角速度	
steering_force	N	>0	タイヤ左が曲がる力	ラックへ伝える力	
制御モデルI/F		説明			
名称	単位	範囲			
エネルギーの向き					
名称		エネルギー正の向き		説明	
備考					
モデルはModelonのVehicle Dynamics Libraryを利用し、DymolaにてCo-Simulation用にFMUを生成					
目次					
ver	内容	会社名	作成者	日付	
01	初版	Dassault Systemes KK	MORIO Guillaume	2017/8/7	

自動車技術会 自動車制御とモデル部門委員会 FMI 活用・展開検討 WG

50

5-2. Steeringモデル: SteeringMechanismRackPinionInMetric.fmu



サブシステムI/F定義書		サブシステム名 = 操舵サブシステム		モデル名 = SteeringMechanismRackPinionMetric	
モデル機能概要				ステア角を受けシャシーのタイロッドに変位を伝達する。	
					
入力					
プラントモデルI/F					
名称		単位	極性向き	説明	
rackForce		N	流入側が正	ラックへ伝わる力	
steerAngle		rad	>0 左へ転舵	ドライバからの入力舵角	
制御モデルI/F					
名称		単位	範囲	説明	
出力					
プラントモデルI/F					
名称		単位	極性向き	説明	
rackPosition		m	>0 左へ移動	ラック位置(変位)	
steerTorque		Nm	流出側が負	ドライバへの反トルク	
制御モデルI/F					
名称		単位	範囲	説明	
エネルギーの向き					
名称		エネルギー正の向き			説明
備考					
SimulationXでモデルを作成後、Co-Simulation用にFMUを生成					
steerAngleへの入力角度を内部に伝えるために二次遅れ要素($a1/(b1+b2*s+b3*s^2)$)を持つ。 デフォルトパラメータ設定では $a1=1, b1=1, b2=1e-3, b3=1e-5$ であり、 入力角度の変化(周波数)に応じてパラメータを変更することで計算時間を短縮することができる。					
尚、 $a1$ を負方向の値(-1など)に変更することで、ラック位置の移動方向を反転可能。					
ver		内容		会社名	作成者
01		初版		ニュートンワークス	日付
				広野 友英	2017/8/7

自動車技術会 自動車制御とモデル部門委員会 FMI 活用・展開検討 WG

51

5-2. 各サブシステムの特徴



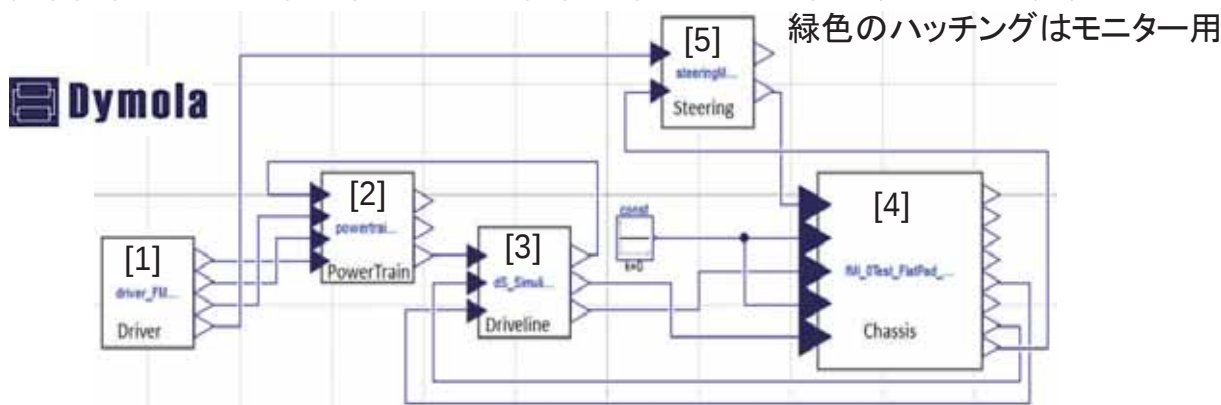
サブシステム	状態変数の数	Dynamics	FMU生成時のソルバ	
Driver	0	-	RK4	5e-05[s]
Power train	63	2.3 [kHz]	RK4	5e-05[s]
Drive line	6	3.2 [kHz]	RK4	5e-05[s]
Chassiss	40	10 [Hz]	RK4	1e-03[s]
Steering	12	240 [Hz]	CVODE	Variable Time Step

自動車技術会 自動車制御とモデル部門委員会 FMI 活用・展開検討 WG

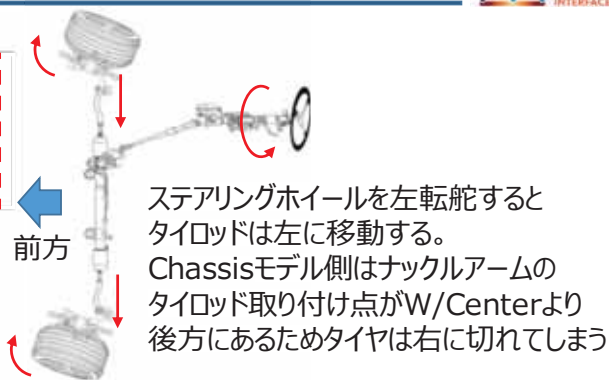
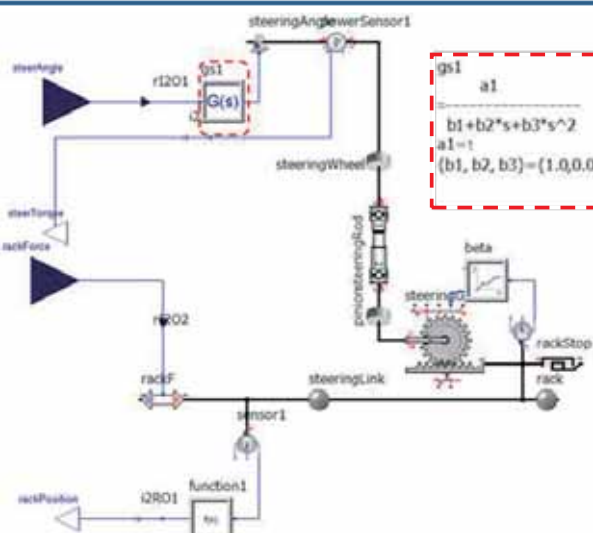
52

5-3. FMUの接続

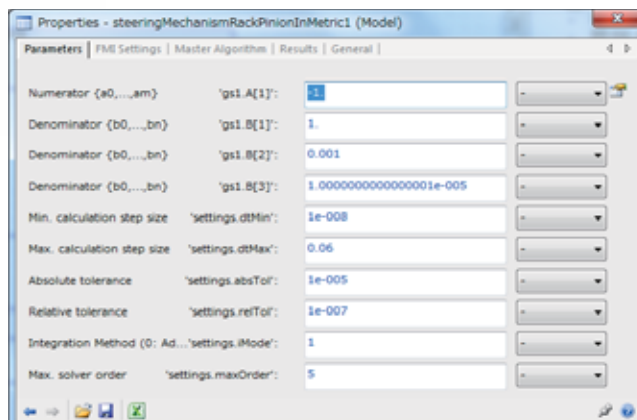
FMU 番号	端子 番号	端子 番号	入力端子		FMU 番号	FMU 名称	出力端子			端子 番号
					1	driver	Clutch_Action@xpseu	[-]	クラッチ	1
							Engine_Load@xpseu	[-]	スロットル開度	2
							Gear_position@xpseu	[-]	シフト位置	3
							Steering_Angle@xpseu	[rad]	操舵角	4
3	1	⇒	1	Npropshaft@xpseu	[rad/s]	Prop/Shaft回転速度				
1	3	⇒	2	Gear_position@xpseu	[-]	シフト位置				
1	2	⇒	3	Engine_Load@xpseu	[-]	スロットル開度				
1	1	⇒	4	Clutch_Action@xpseu	[-]	クラッチ				
2	3	⇒	1	Tq_TM	[Nm]	Prop/Shaftトルク				
4	7	⇒	2	N_RL	[rad/s]	後左輪D/Shaft回転速度				
4	5	⇒	3	N_RR	[rad/s]	後右輪D/Shaft回転速度				
5	2	⇒	1	steeringTranslation	[m]	ラック位置				
固定値[0]	3	⇒	2	FrontRightWheelTau	[N]	前右輪D/Shaftトルク				
3	3	⇒	3	RearRightWheelTau	[N]	後右輪D/Shaftトルク				
固定値[0]	4	⇒	4	FrontLeftWheelTau	[N]	前左輪D/Shaftトルク				
3	2	⇒	5	RearLeftWheelTau	[N]	後左輪D/Shaftトルク				
1	4	⇒	1	steerAngle	[rad]	操舵角				
4	8	⇒	2	rackForce	[N]	ラック軸力				



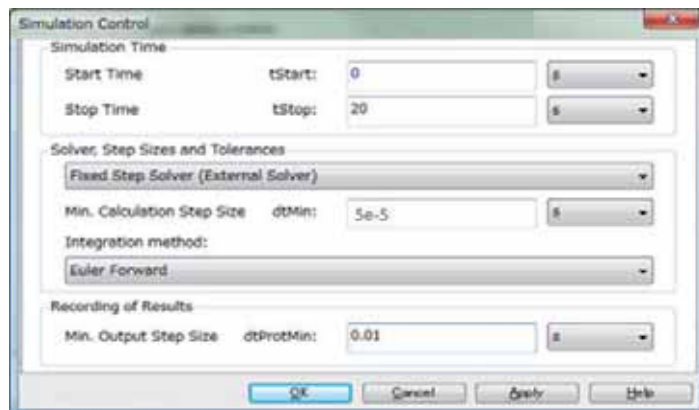
5-4. FMUパラメータの設定



Toolにより内部変数を変更
できるものと、否がある



Start Time	: 0 [s]
Stop Time	: 20 [s]
Solver, Step Sizes and Tolerances	: Fixed step Solver (固定ステップ)
Integration method	: Euler Forward (ODE1相当)
Min. Calculation Step Size	: 0.00005 (または5e-5) [s]
Min. Output Step Size	: 0.01 [s]・・・出力結果のサンプル時間なので任意



5-4. Communication Step Sizeの設定

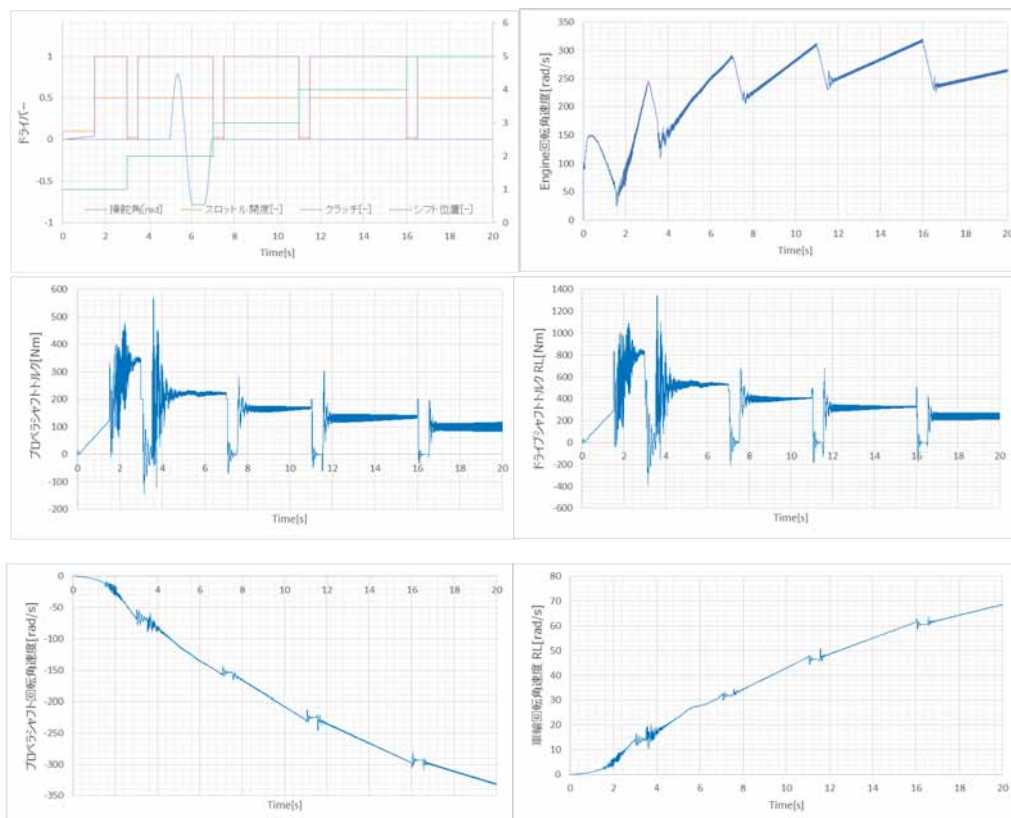
Setting	Driver	Power Train	Drive Line	Chassis	Steering
Communication Step Size	5.00E-05	5.00E-05	5.00E-05	1.00E-03	1.00E-03



ツールによって呼称は異なる。

Amesim	: Co-simulation Step Size
Dymola	: fmi_Communication Step Size
MapleSim	: MapleSim Sync Step
Simplorer	: TS Simplorer
SimulationX	: Communication Step Size hC

5-5. シミュレーション結果



自動車技術会 自動車制御とモデル部門委員会 FMI 活用・展開検討 WG

57

5-5. 別のツールでシミュレーションを実施

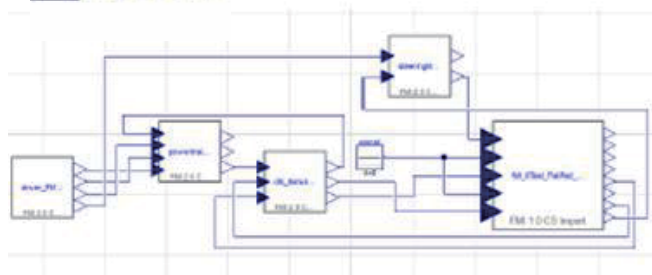
☒ LMS Amesim



MATLAB SIMULINK

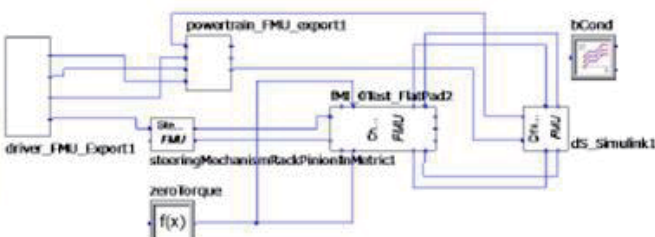


Dymola



SIMULATION X[®]

Powered by ITI

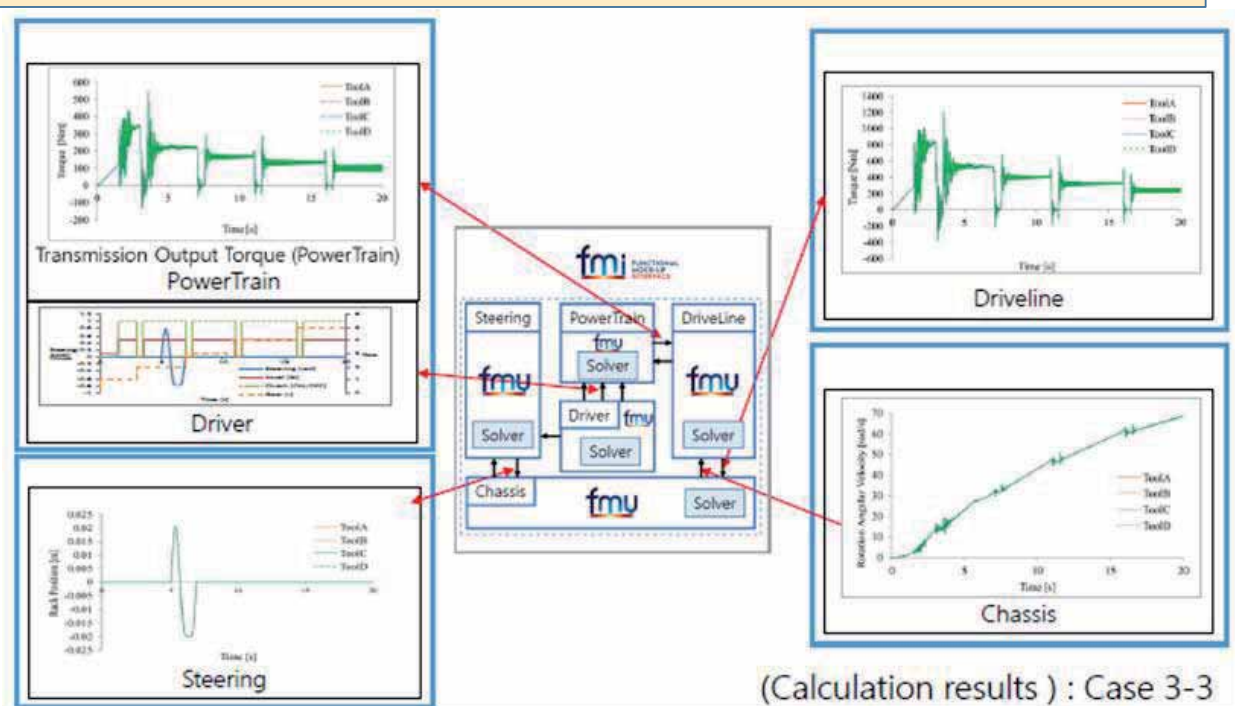


自動車技術会 自動車制御とモデル部門委員会 FMI 活用・展開検討 WG

58

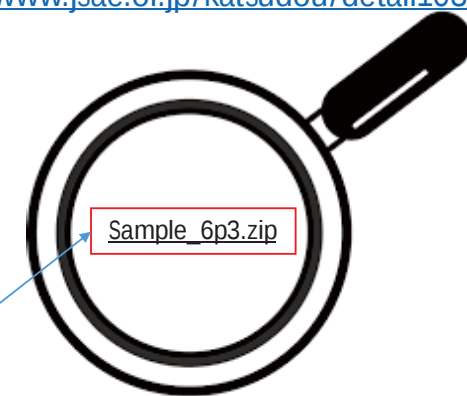
5-5. 異なるツールでのシミュレーション結果比較

- ツールが違っていても同等の結果が得られた



5-6. サンプルモデルの入手（経産省ガイドライン準拠モデル）

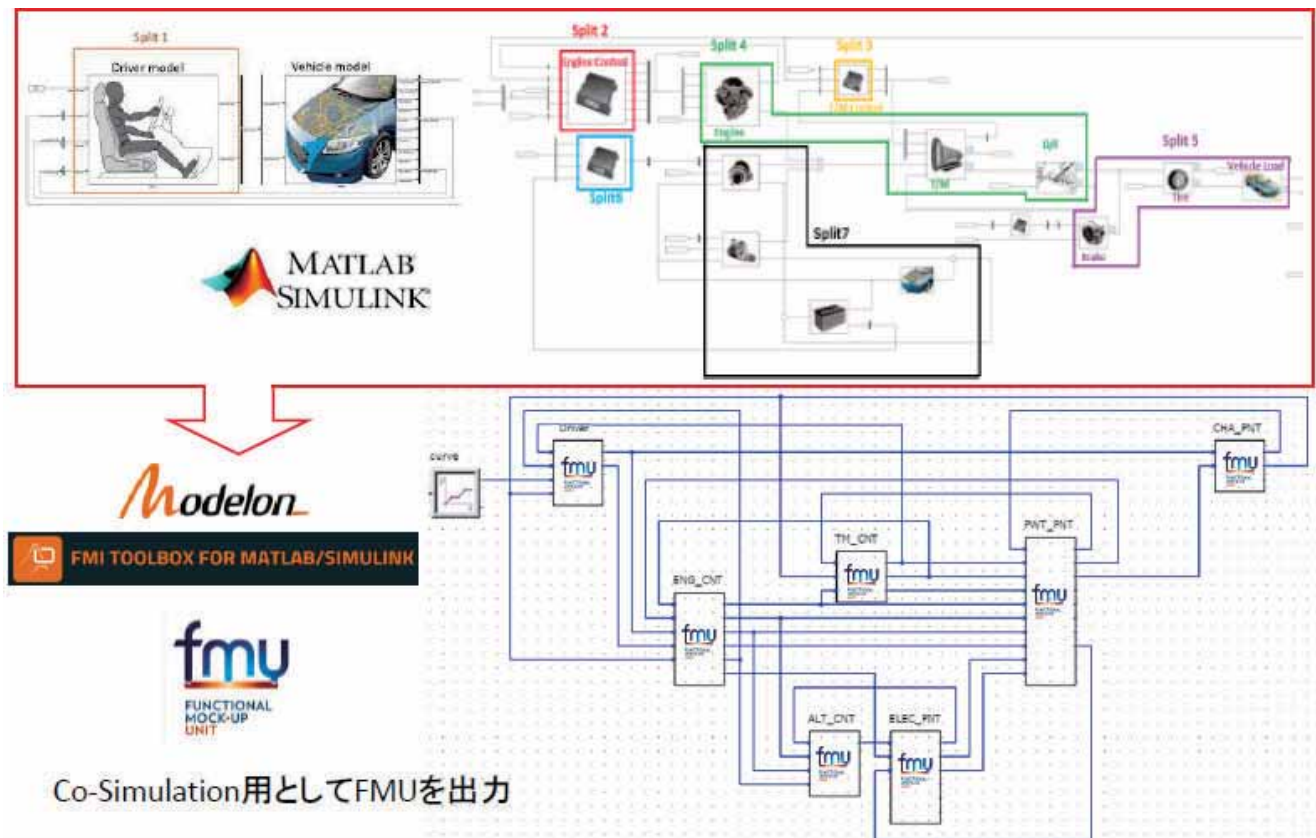
<https://www.jsae.or.jp/katsudou/detail1035.html>



ZIPファイルの内容

シミュレーション結果: Sample_6p3.txt
 目標車速(JC08)データ: jc08.csv
 Driver : Driver.fmu
 Engine Controller : ENG_CNT.fmu
 T/M Controller : TM_CNT.fmu
 Alternator Controller : ALT_CNT.fmu
 Power Train : PWT_PNT.fmu
 Chassis : CHA_PNT.fmu
 Electric : ELEC_PNT.fmu

5-6. 経産省ガイドライン準拠モデル



自動車技術会 自動車制御とモデル部門委員会 FMI 活用・展開検討 WG

61

終わりに

<https://www.jsae.or.jp/katsudou/detail1035.html>

本講演内容は、自動車技術会H/Pより、「FMI活用ガイドVer.1.0.1」として公開済。

1.活動目的
2.委員長・幹事(2018-19年度)
3.主な対象分野・事項
4.技術のロードマップ
5.報告事項

【モデル連携のための「FMI活用ガイド Ver.1.0.1」を発行しました】
技術会内「自動車制御とモデル部門委員会」は、「FMI活用ガイド Ver.1.0.1」を発行しました。下記ファイルをご覧ください。
(FMI活用ガイド発行にあたって)
自動車システムは複雑で、その複雑なシステムの開発においてシミュレーションを活用したモデルベース開発の重要性が高まっています。「自動車制御とモデル部門委員会」は、計測・制御・モデリング・モデルベース開発に関連する自動車業界の実用性に基づいた課題の解決に貢献すべく、自動車技術会と自動車制御学会の連携委員会として発足しました。
モデルベース開発では、運動のシステムや部品を組み合わせてシステム全体の振る舞いを検証するために、社内の開発環境あるいは開発者とのシミュレーションモデルの連携が求められています。しかし、開発者ごとの環境によって利用される様々なツールで記述されたモデルを連携するのは容易ではありません。このような背景から、チームに依存しないモデル連携のための共通インターフェースとして、欧州の自動車ソフトウェア規格としてFMI (Functional Mock-up Interface) が世界的に普及し始めていますが、日本のエンジニアにおいては、FMIの認知度が決して高いとは言えません。
連携委員会の「FMI活用・展開検討WG」は、「自動車業界共通のモデル開発・連携検討委員会」でモデル連携推進WGの「FMIガイドライン策定活動」「FMI活用モデリングツールを用いたFMIモデル連携ガイドラインVer.1.0」(2018年3月発行)を編纂し、FMIの普及と活用・展開を図ることを目的として活動を進めています。
これまでの検討成果として、FMIを活用する上での具体的な技術や注意点を活用ガイドとしてまとめたので、エンジニア間のコミュニケーションに少しでも貢献できると期待しています。
2018年9月
公益社団法人 自動車技術会「技術会報」
自動車制御とモデル部門委員会
FMI活用・展開検討WGメンバー
FMI活用ガイド Ver.1.0.1
Summary_Web.pdf
Summary_Web.pdf
Summary_Web.pdf
Summary_Web.pdf
Summary_Web.pdf

FMI活用ガイドVer.1.0.1

FMI 活用ガイド Ver.1.0.1			
2018年11月01日			
Revision	日付	変更内容	
1.0.0	2018/10/01	Ver.1.0.0 リリース	
1.0.1	2018/11/01	4章・5章を改訂。6章の最終章の改訂を完了	

自動車技術会 自動車制御とモデル部門委員会 FMI 活用・展開検討 WG

62

MBDによる自動車設計が本格化するに伴って 必要となる企業間のモデル流通の課題

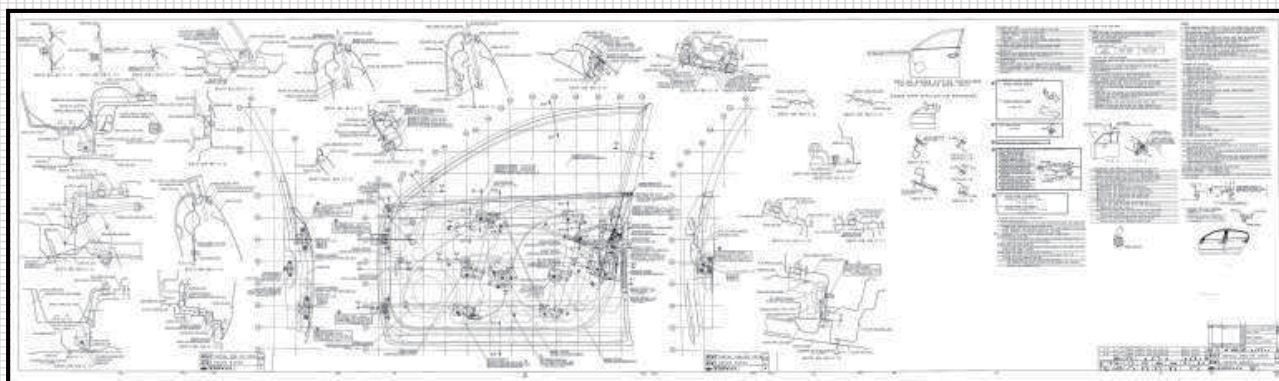
1980年代から始まった「自動車開発のデジタル化」は、2000年代の「3D-CADプロセス」、2010年代の「CAEプロセス」実現で大きな変革と成果をもたらした。この定着した「デジタル開発」はさらに進化し「性能設計・制御設計のデジタル化」を実現しようとしている。

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。

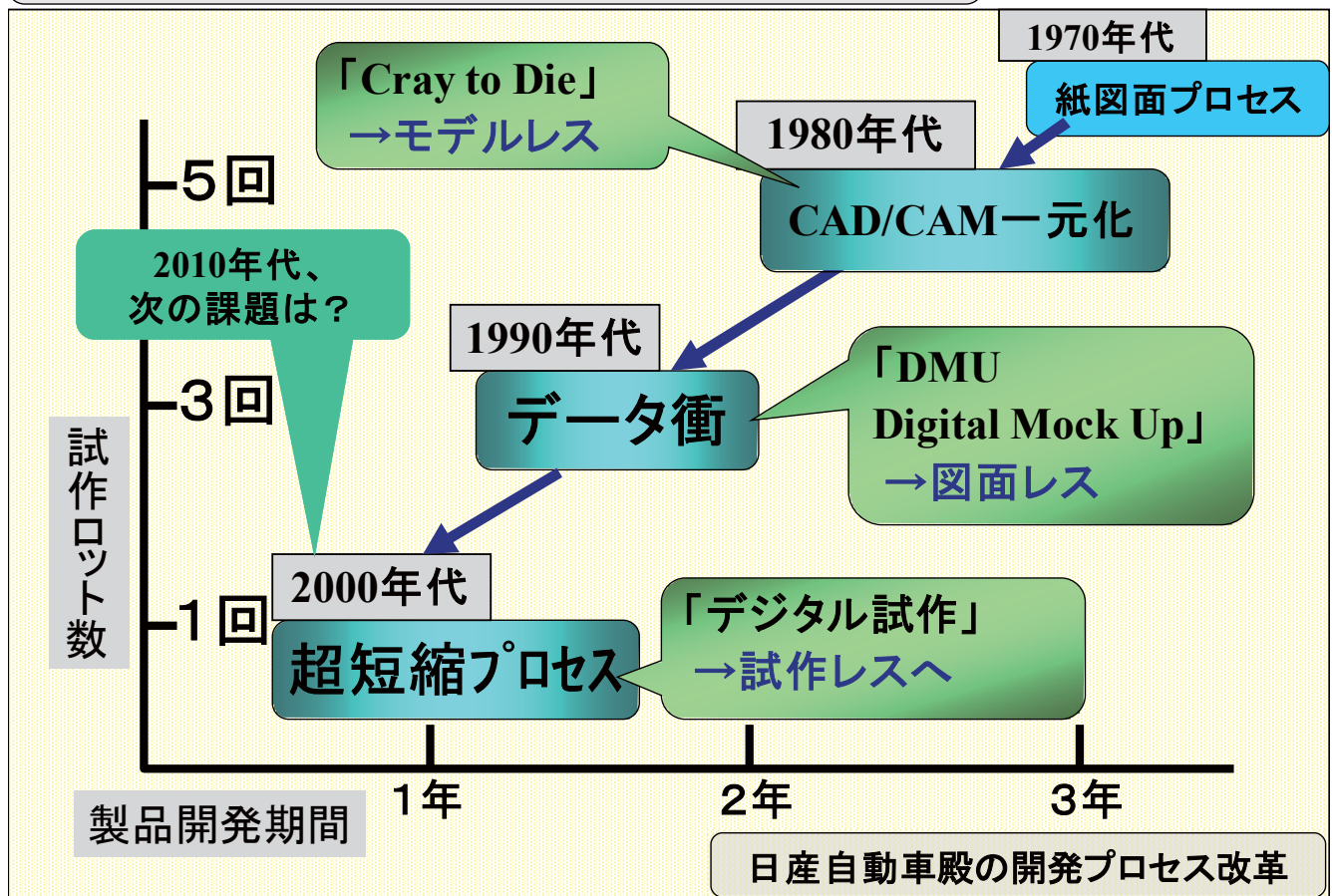
アドバンスソフト株式会社
加藤 廣

2D図面設計から3D形状設計への流れ

■ 自動車ドアアウター2D図面の例

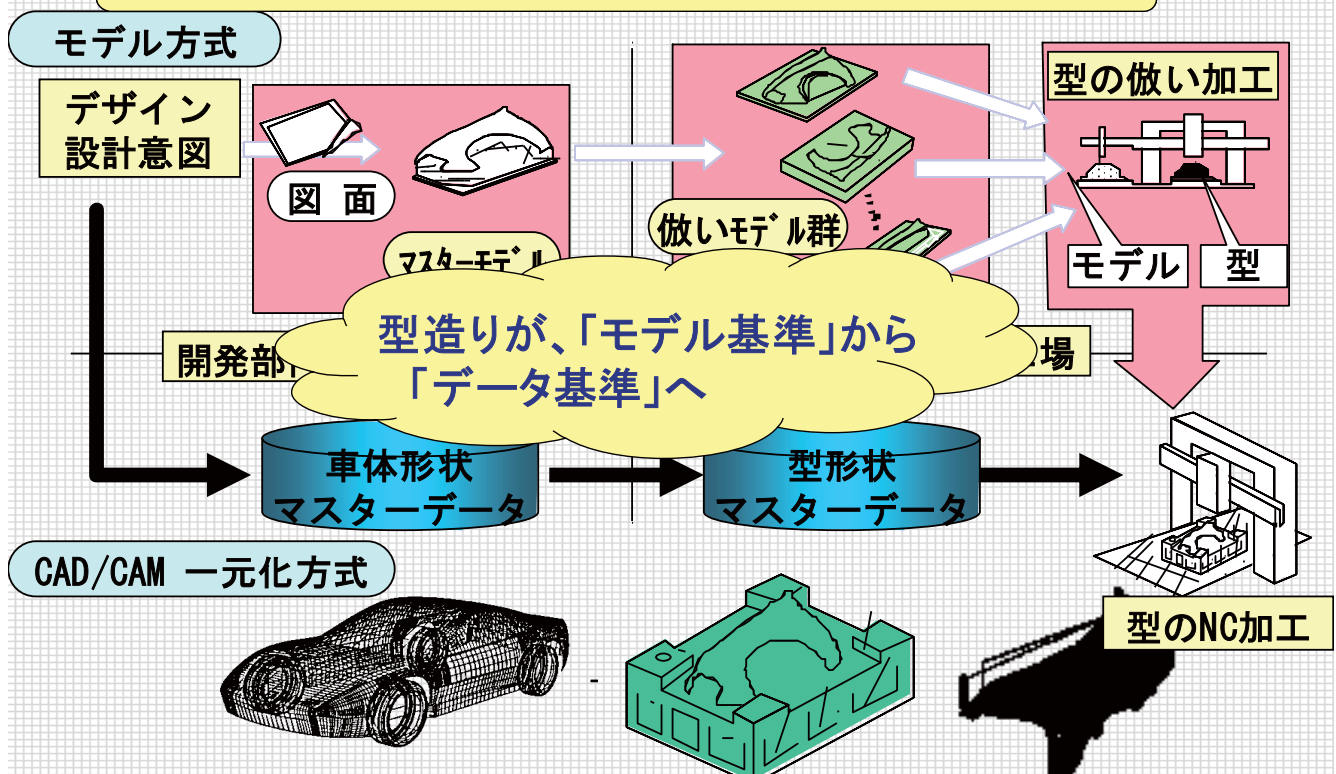


3つのR&D デジタルイノベーション



(第一次)CAD/CAM一元化プロセス

CAD/CAM一元化方式による型製作



(第二次)データ衝プロセス

DMUによるL/O計画業務の質向上

DMU: デジタル・モックアップ(Digital Mock-Up)

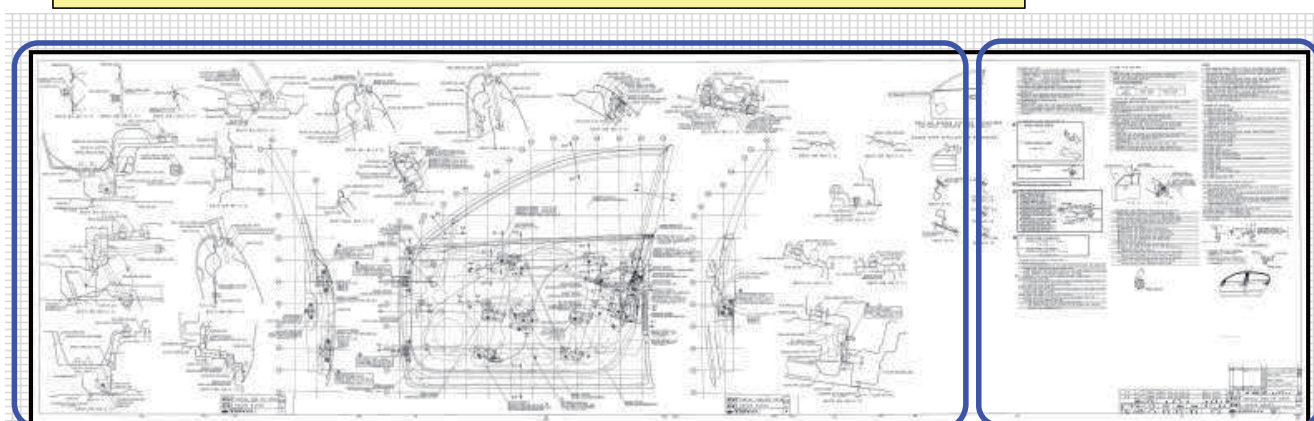


2020/12/21

All Rights Reserved, Copyright © KATOH ENGINEERING 2018

5

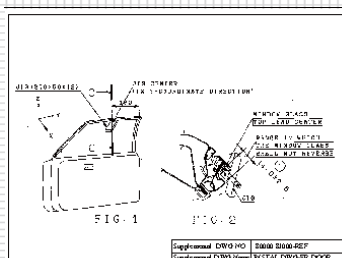
図面レス手配



3Dデータ



補足図



データノート

DATA NOTE				
DATE	2018.12.21	DESIGNER	Y. KATOH	REVISION
SUPPLEMENTAL DRAWING INFORMATION				
1. SUPPLEMENTAL DRAWING INFORMATION	2. SUPPLEMENTAL DRAWING INFORMATION	3. SUPPLEMENTAL DRAWING INFORMATION	4. SUPPLEMENTAL DRAWING INFORMATION	5. SUPPLEMENTAL DRAWING INFORMATION
1. SUPPLEMENTAL DRAWING INFORMATION	2. SUPPLEMENTAL DRAWING INFORMATION	3. SUPPLEMENTAL DRAWING INFORMATION	4. SUPPLEMENTAL DRAWING INFORMATION	5. SUPPLEMENTAL DRAWING INFORMATION
PART INFORMATION				
1. PART NAME	2. PART NAME	3. PART NAME	4. PART NAME	5. PART NAME
1. PART NAME	2. PART NAME	3. PART NAME	4. PART NAME	5. PART NAME
HISTORY				
DATE	2018.12.21	DESIGNER	Y. KATOH	REVISION
DATE	2018.12.21	DESIGNER	Y. KATOH	REVISION
NOTE (SPEC AND ANNOTATION)				
NOTE (SPEC AND ANNOTATION)				

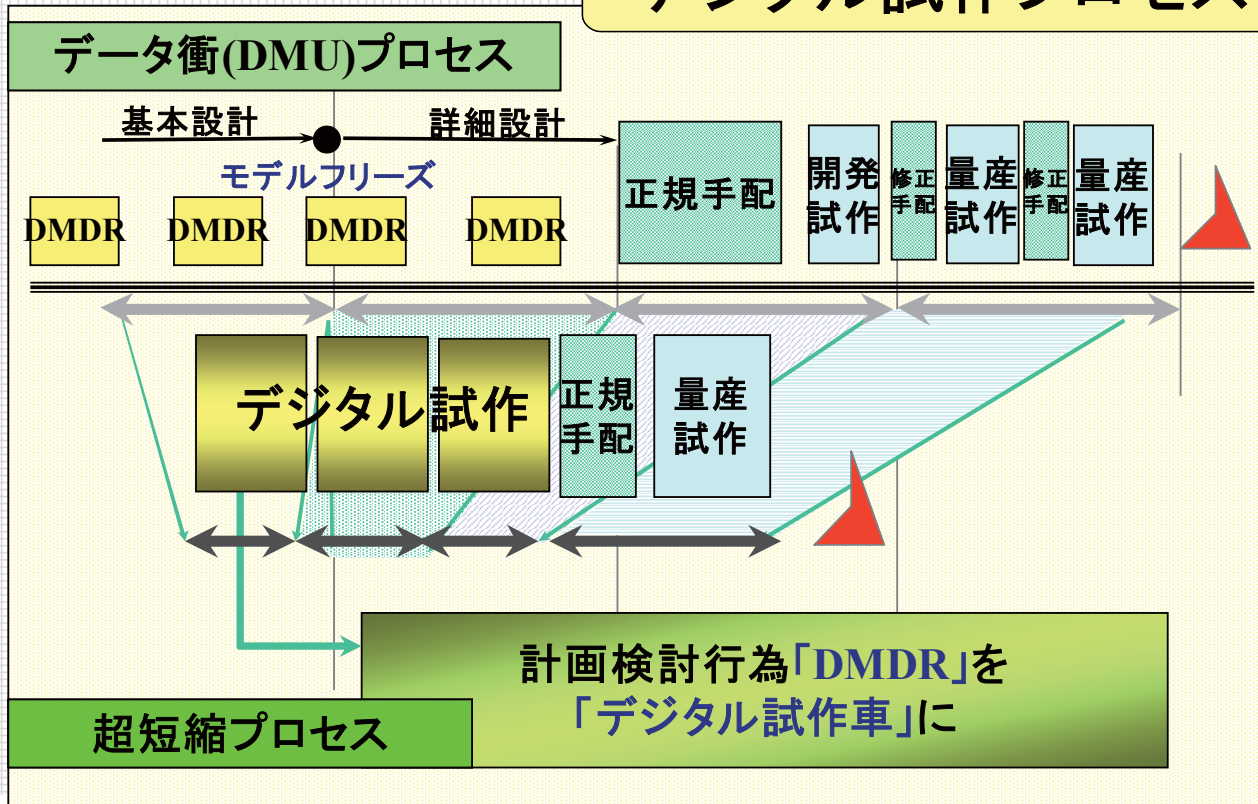
2020/12/21

All Rights Reserved, Copyright © KATOH ENGINEERING 2018

6

(第三次)超短縮プロセス

デジタル試作プロセス



2020/12/21

All Rights Reserved, Copyright © KATOH ENGINEERING 2018

7

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

方策1: ノウハウを組み込んだ設計支援システム

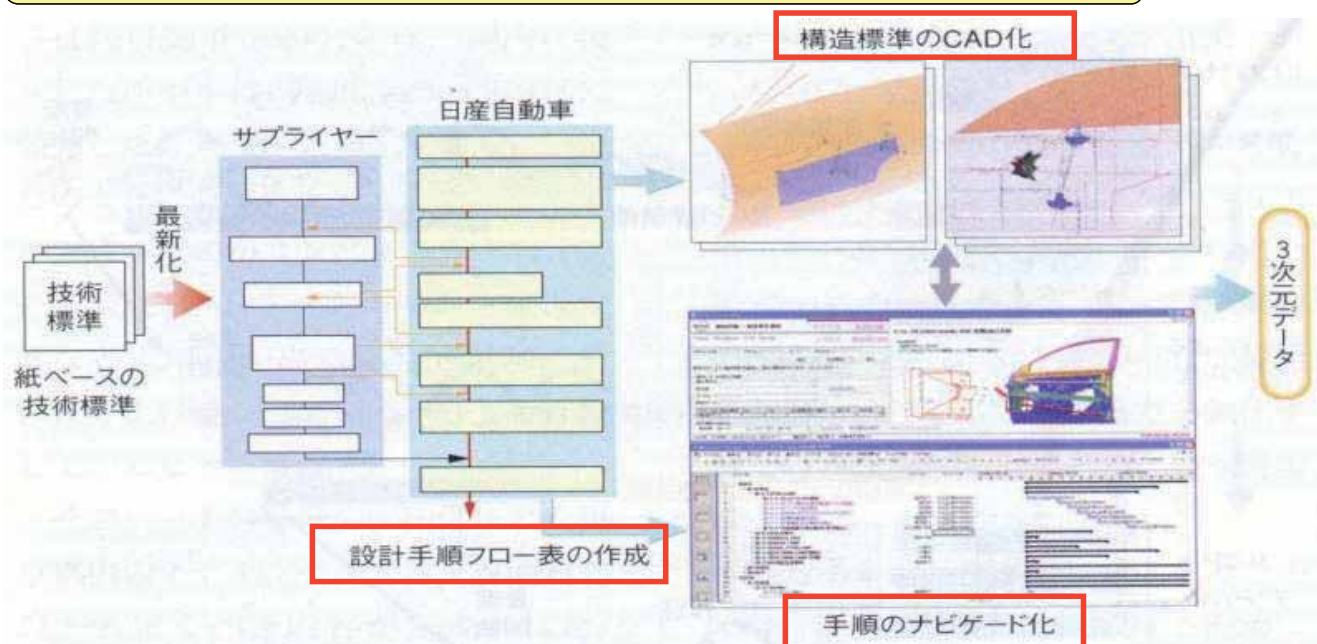


図3 ● ノウハウを組み込んだ設計支援システムの考え方

従来の技術標準書を基に、ベテラン設計者の設計の進め方をすべてフロー表として作成してある。設計者がこれから実施しようとする作業を指定すると、この手順がWebブラウザで参照でき、ひな型となる3次元データが提供される。設計者は手順に従って3次元データを改良していく。部品の位置関係が成立しない場合などは、警告を出す仕組みもシステムに盛り込んでいる。

「日経ものづくり」誌(2005/7)「V3P記事」

2020/12/21

All Rights Reserved, Copyright © KATOH ENGINEERING 2018

9

方策2: 解析領域の拡大

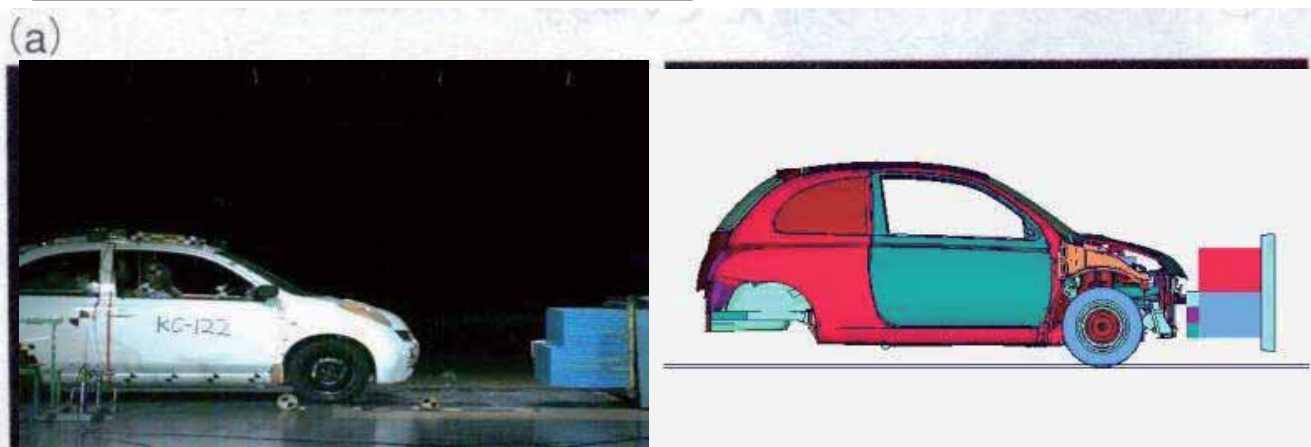


図4 ● 解析する項目数と精度

ノウハウを蓄積することで、解析の精度は上がり、また評価項目も増えている。例えば、近年では衝突解析の車体変形量は±10%以内で予測が可能になった (a)。「ノート」では、解析による評価項目を、すべての性能評価項目数の約45%にまで増やしている (b)。また、一発OK率は約95%まで向上している (c)。

「日経ものづくり」誌(2005/7)「V3P記事」

2020/12/21

All Rights Reserved, Copyright © KATOH ENGINEERING 2018

10

方策3: 工程シミュレーション100%化

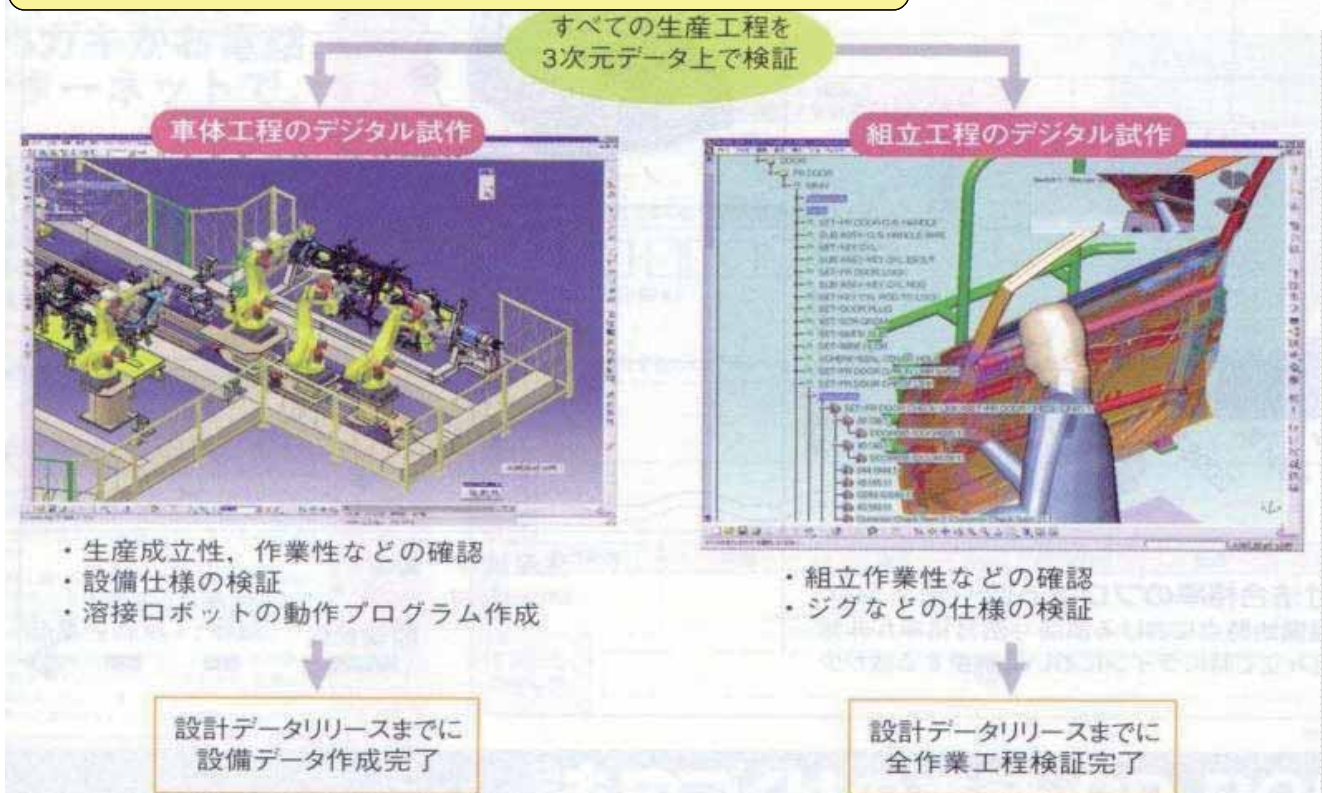


図5 ●すべての生産工程は3次元データで検証

「日経ものづくり」誌(2005/7)「V3P記事」

ロボットなどの機械設備を中心として組み立てる車体工程、人手作業に頼るところが大きい最終組立工程ともシミュレーションで検証。設計データリリースする前に、設備データ作成完了。組立作業性などの確認、ジグなどの仕様の検証。設計データリリースまでに全作業工程検証完了。図はすべて解決しておく。 11

V-3P achieved quality improvement

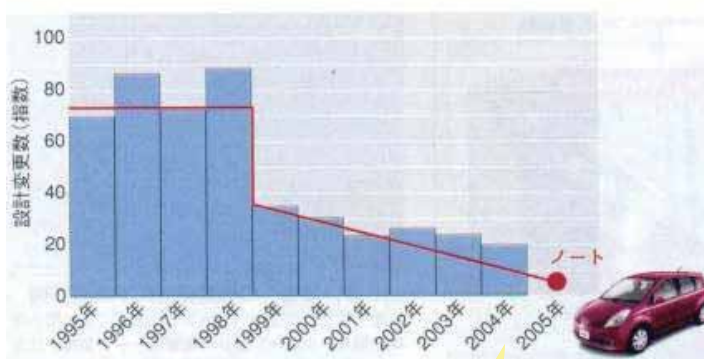


図7 ●設計変更の数は大幅に減少

1990年代後半の設計変更の数に比べると、「ノート」は10%以下になっている。

図8 ●部品寸法適合率のフロントローディング
ノートでは、開発時点における部品寸法適合率が非常に高いので、生産時にラインにおいて調整する数が少なくて済みます。



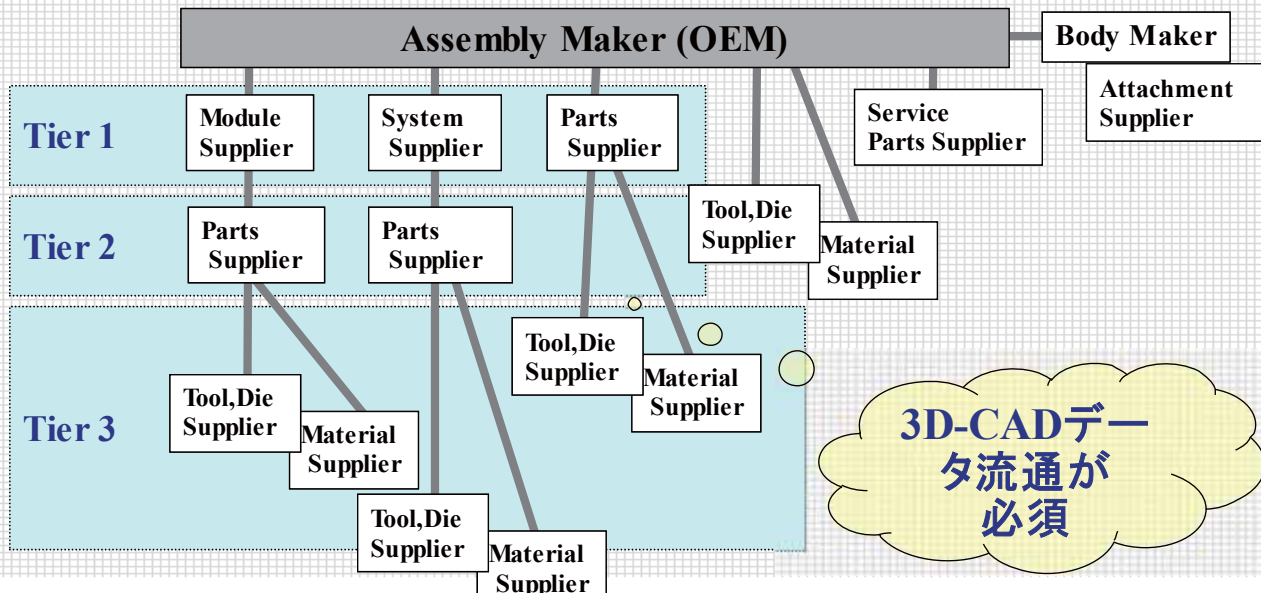
Design change reduce
1/10 in 7 years

Parts dimension accuracy become
higher, 10 months earlier

デジタルモックアップでサプライヤーへの依存が大きくなった

■ ユニット、システムの形状データ保証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)



2020/12/21

All Rights Reserved, Copyright © KATOH ENGINEERING 2018

13

実験による性能設計からCAEによる性能設計へ

実験業務例(1)

耐久試験



サスペンション耐久試験



トリア角耐久試験



耐食性試験による腐食事例
長距離走行後



エンジン耐久試験



ヘッドライトの経年劣化事例

ワラングシフト経年劣化事例

2020/12/21

All Rights Reserved, Copyright © KATOH ENGINEERING 2018

14

実験業務例(2)

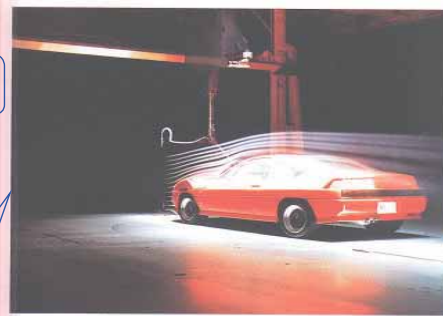
性能試験

車輻関係実験



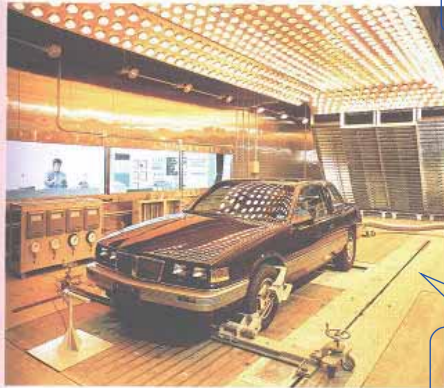
車輻振動

四輪油圧加振機



風洞実験

実車風洞



環境試験室

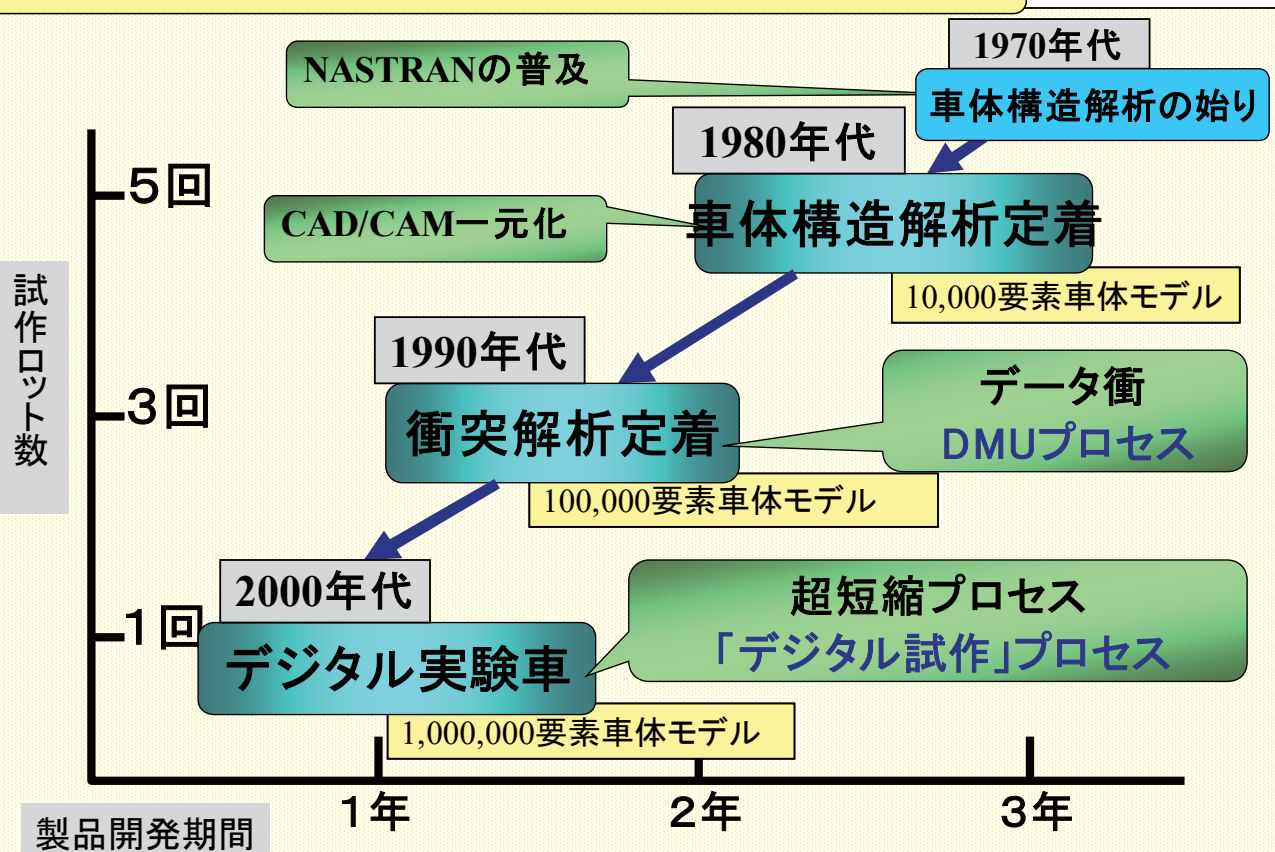
タイヤ試験

環境試験
(気温/湿度)



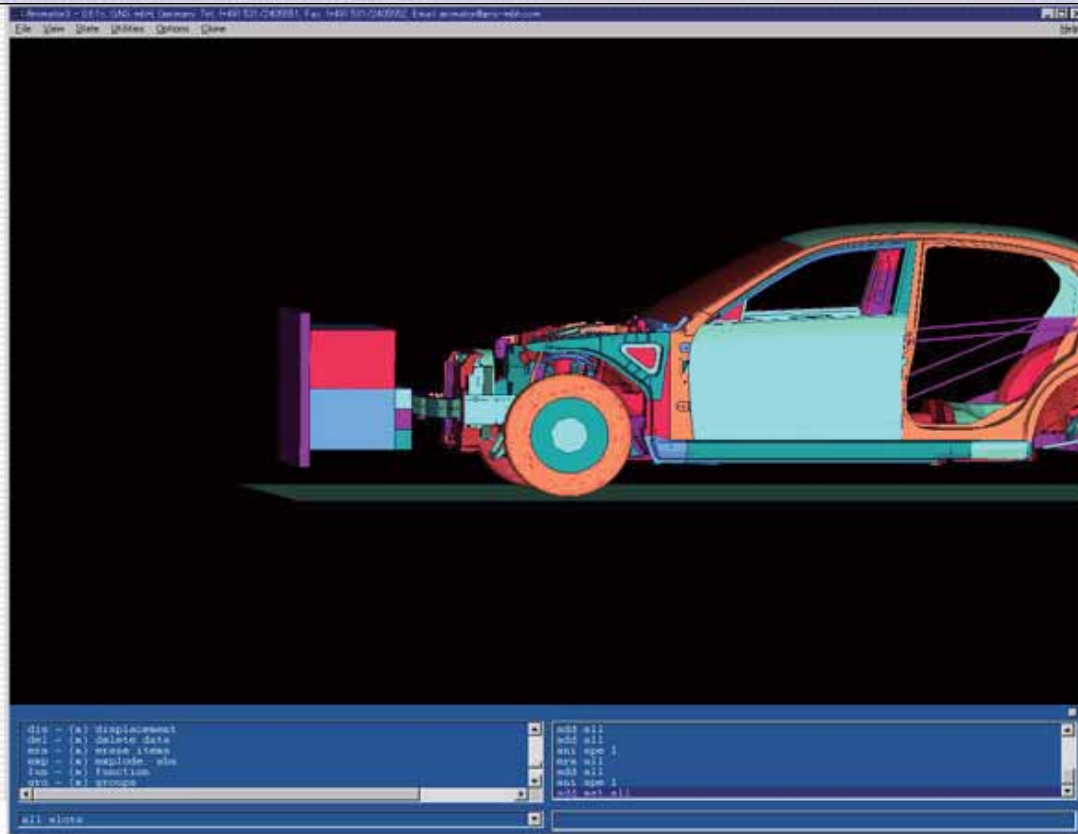
フラットベルト式タイヤテスター

解析シミュレーション技術の進歩



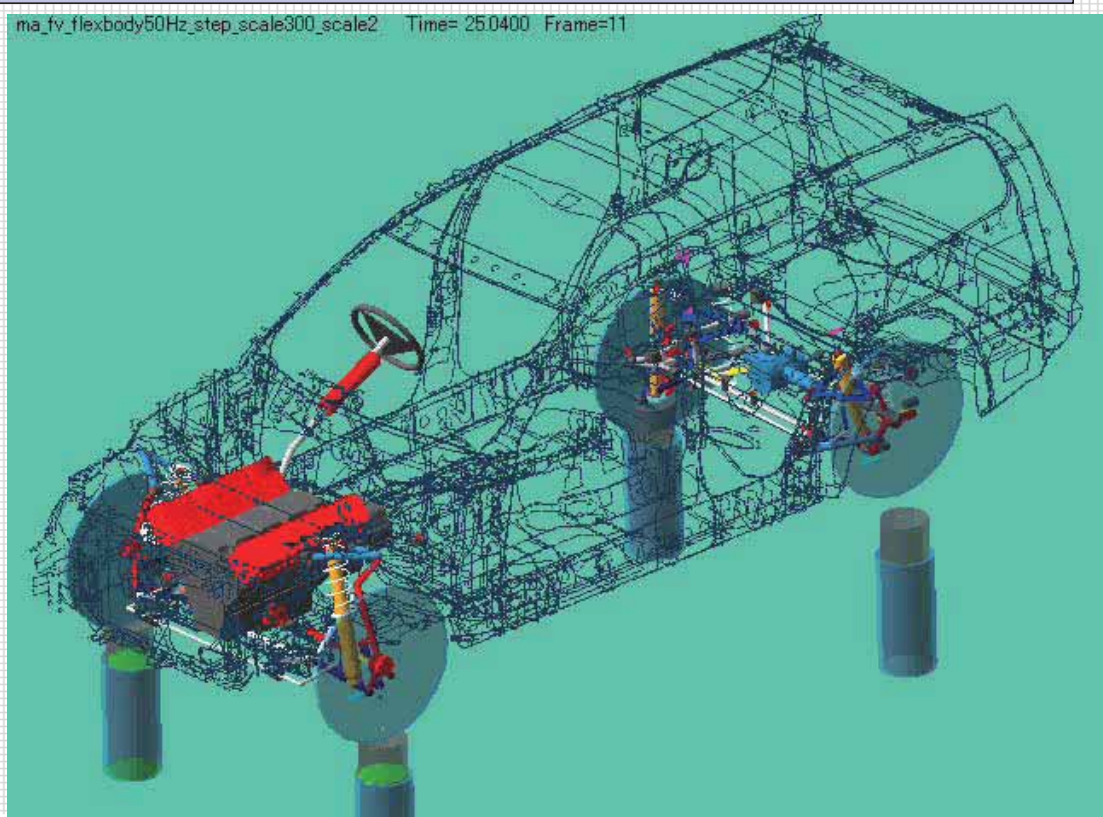
自動車の衝突シミュレーション(フルラップ衝突)

日産自動車(株)殿ご提供



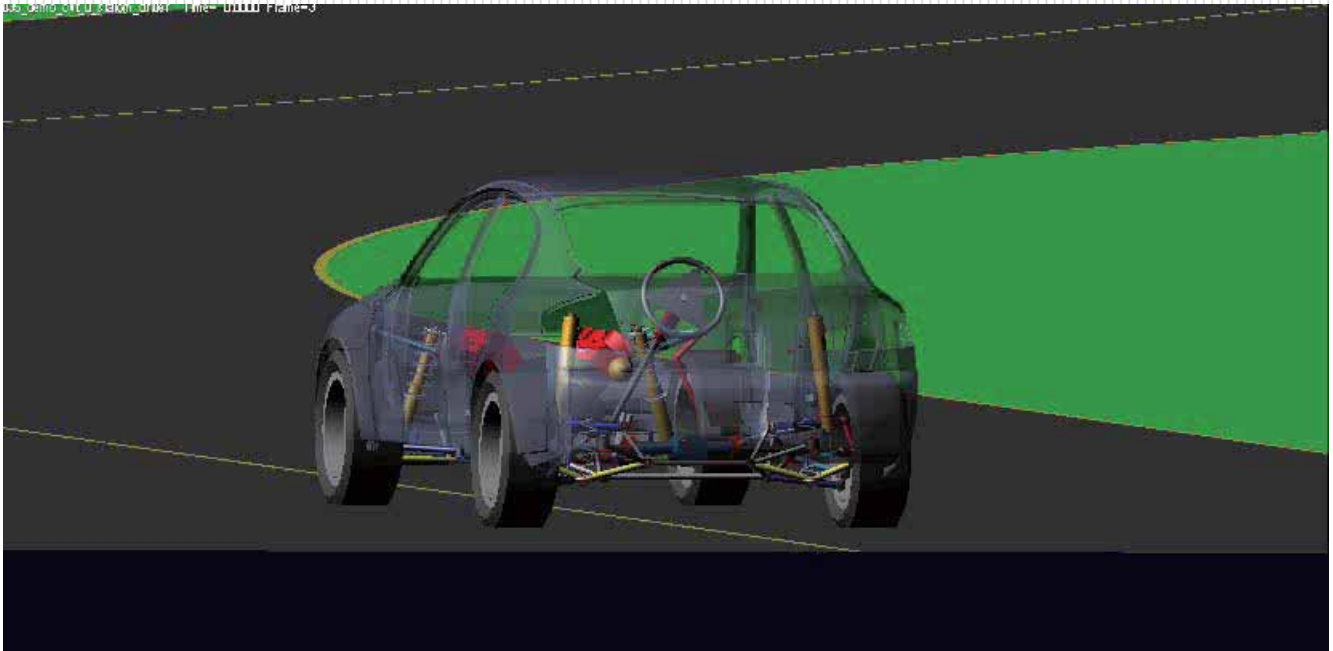
自動車の乗り心地シミュレーション

日産自動車(株)殿ご提供

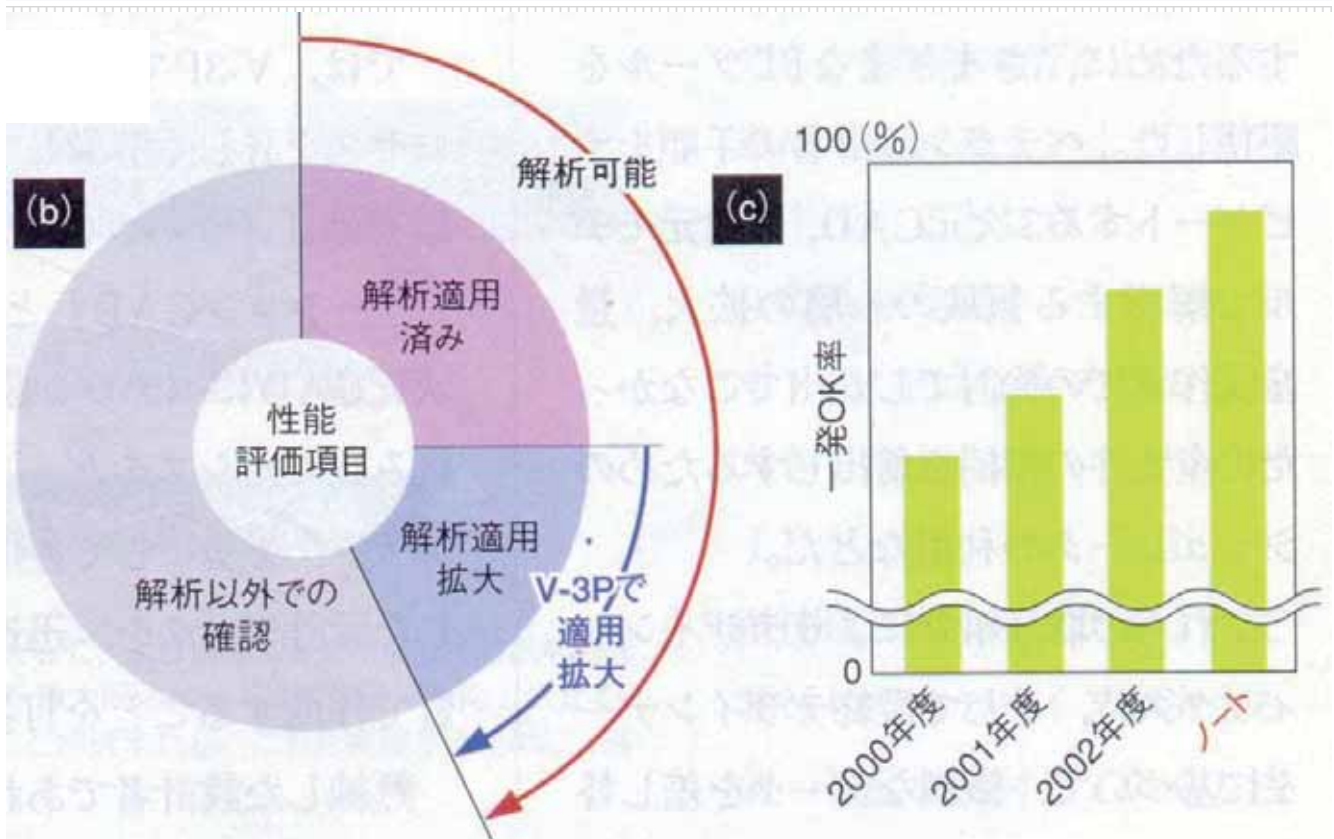


自動車の操縦安定性シミュレーション

日産自動車(株)殿ご提供



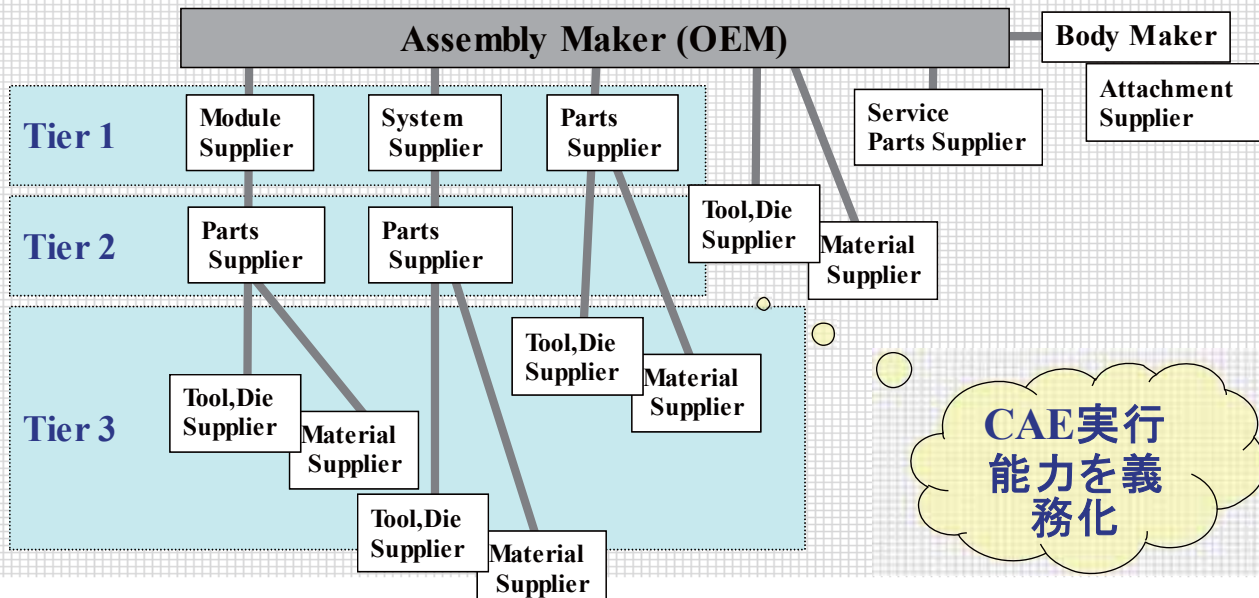
V-3Pでは性能評価項目の45%を解析シミュレーションで予測



性能設計でもサプライヤーへの依存が大きくなっている

■ ユニット、システム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)



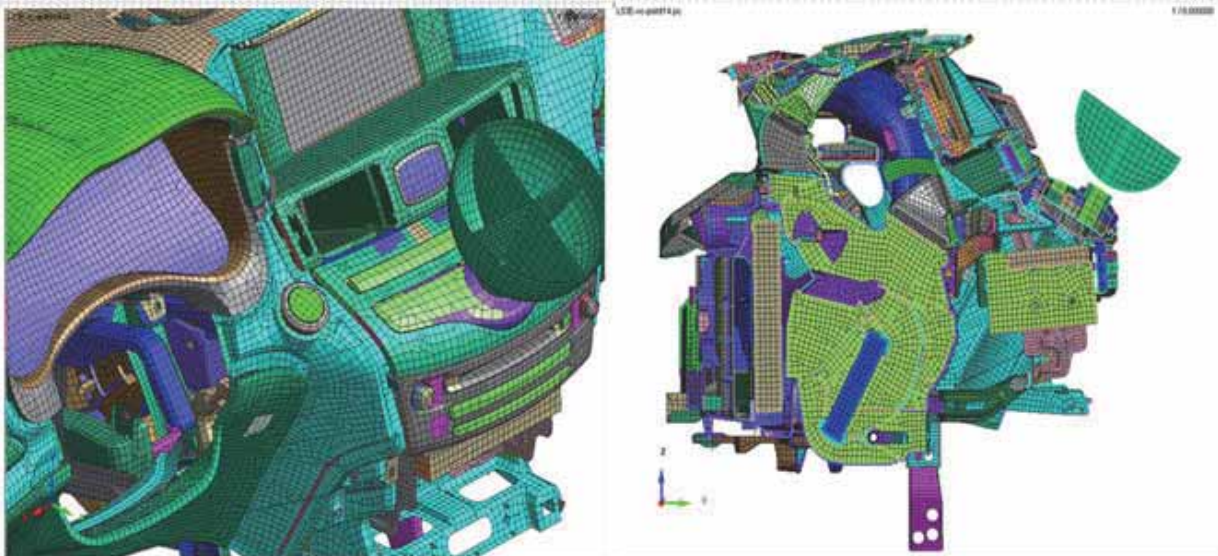
2020/12/21

All Rights Reserved, Copyright © KATOH ENGINEERING 2018

21

インストパネル開発におけるCAEの活用

インスト衝撃性評価



- ・構成部品: 約200部品
- ・モデル規模: 約30万要素

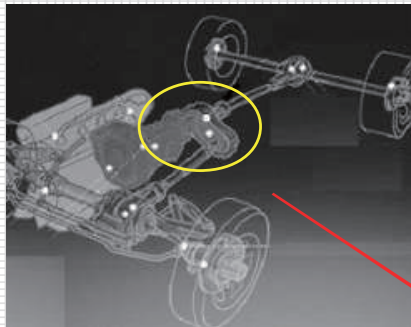
カルソニックカンセイ株式会社

2020/12/21

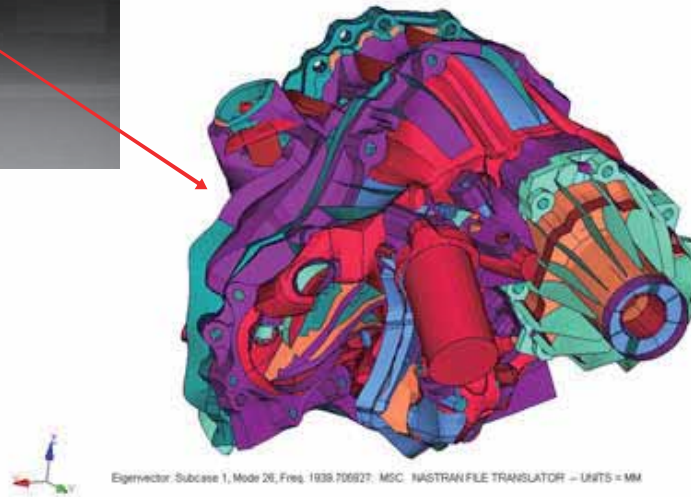
All Rights Reserved, Copyright © KATOH ENGINEERING 2018

22

4輪駆動差動装置のチェーンノイズ低減検討



Apply Sensitivity factor to concept design



株式会社ユニバース

2020/12/21

All Rights Reserved, Copyright © KATOH ENGINEERING 2018

23

性能を支配するもう一つの要素「制御設計」

■ エンジン「燃料噴射装置」から始まった電子制御による高性能化

- 噴射タイミングと量をマイコンで制御するところから始まった
- 出力性能を上げながら、燃費効率を革新的に改善

■ 制御対象が次々に拡大

- エンジンに留まらずトランスミッション、ブレーキ、ステアリングも電子制御化
- EV, HEV, PHEVではモーター駆動全体が制御の対象

■ 車両統合制御の時代

- 各コンポーネントを関連付けて制御
 - ◇ DCT車における「クリープ創出」や「坂道後ずさり防止」など
- もちろん自動運転の大前提であるが
- 当面は「うっかり事故」の撲滅に大きな成果を発揮するだろう

■ 性能設計とは？

- 動力性能や操縦性安定性などの車両性能を目標通りに仕立て上げること

2020/12/21

All Rights Reserved, Copyright © KATOH ENGINEERING 2018

24

設計対象の主要な車両性能項目と制御

- 動力性能
 - エンジン制御、T/M制御
- 操縦性安定性
 - ステアリング制御、サスペンション制御、ブレーキ制御
- 音振性能
 - 電子制御ダンパー、アクティブノイズコントロール
- 衝突安全性
 - 車体は制御対象外(基本骨格構造で決まる)、乗員保護は一部電子制御
- 空力性能
 - 基本性能は車の形状で決まる、電子制御スポイラー
- 燃費・排気処理性能
 - エンジン制御(燃焼制御、EGR制御など)
- モーター駆動性能
 - インバーター制御
- 自動運転へ
 - 「検知」「判断」「制御」の複雑統合制御

2020/12/21

All Rights Reserved, Copyright © KATOH ENGINEERING 2018

25

CAEによる性能設計に制御要素を加えた「制御統合CAE」

- 個々のユニットの制御が複雑になり
 - エンジンだけでも
 - ◇ スロットル、燃料噴射、点火制御、バルブ制御、EGR制御、など
- 対象ユニットも増え
 - エンジン、T/M、ブレーキ、4WD、駆動システム、、、
- 相互に依存性が出てきて
 - DCTの例
- 実機開発では時間軸で成り立たなくなった
 - 組み合わせが多すぎて
- MBDの必然性
 - 成立不成立の判断のみでなく最適解の追求ができるようになる

2020/12/21

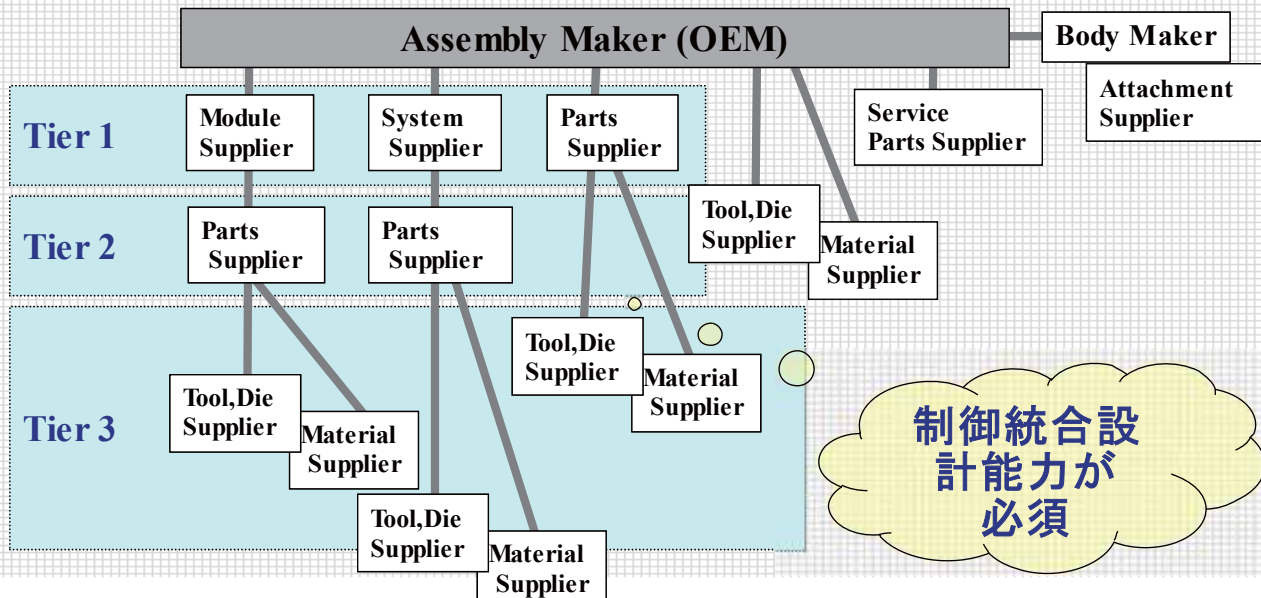
All Rights Reserved, Copyright © KATOH ENGINEERING 2018

26

「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)



2020/12/21

All Rights Reserved, Copyright © KATOH ENGINEERING 2018

29

企業間3D CADデータ流通の課題

■ 異なるCADシステム間でデータ変換が必要

- 各CADシステムは自身のプログラムでしか読み書きできないデータ・フォーマットでCADデータを記述

■ 同じシステム間でも誤差管理が不可欠

- 1/100mmや1/1000mmなど曲面同士が繋がっている、離れている、の判断がバラバラ
- 管理精度が異なると同じシステム間でもデータを使えない

■ 履歴付きCADデータの流通は不可

- データ作成履歴を遡ることでCAD形状の変更をできる便利機能だが、第3者では理解できない

■ 目的別CADデータ定義の細かさ管理

- 「CAM用詳細モデル」「レイアウト用ピン角モデル」など、目的によってCADデータの詳細度が異なる
- 「データランク標準」で企業間の解釈を統一、「レイアウト用はランク5ピン角モデルで」など

2020/12/21

All Rights Reserved, Copyright © KATOH ENGINEERING 2018

30

「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
- 「データリンク基準」の標準化などの運用面で対応

2020/12/21

All Rights Reserved, Copyright © KATOH ENGINEERING 2018

31

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

2020/12/21

All Rights Reserved, Copyright © KATOH ENGINEERING 2018

32

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

- 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

2020/12/21

All Rights Reserved, Copyright © KATOH ENGINEERING 2018

33

Thank you for your attention!

加藤 廣
アドバンスソフト株式会社
HKatoh@advancesoft.jp

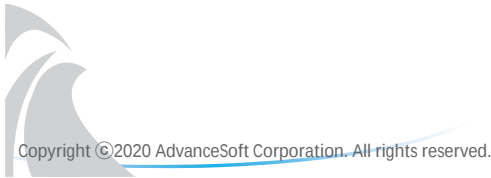
2020/12/21

All Rights Reserved, Copyright © KATOH ENGINEERING 2018

34

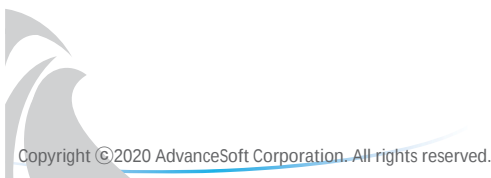
MBDプラットフォーム構築のための OpenModelicaの活用に関する課題と取り組み

第3事業部 佐藤甫



アジェンダ

- OpenModelicaのご紹介
- Modelica言語仕様の特長
- OpenModelicaの活用に関する取り組み
- OpenModelicaの活用に関する課題



OpenModelicaのご紹介

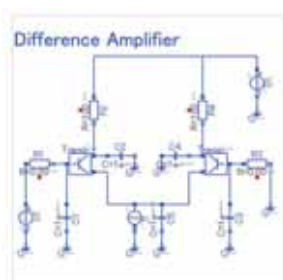
- MATLAB/Simulinkとの比較

	MATLAB/Simulink	OpenModelica
価格面	△ 商用ソフト	○ 無料
モデルライブラリ	△	○
因果的モデリング	○	○
非因果的モデリング	×	○

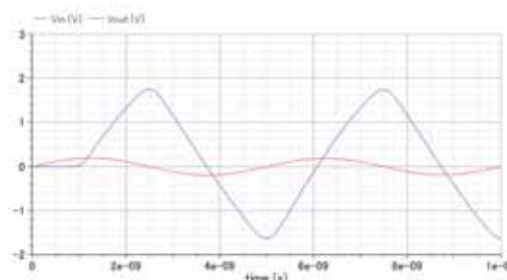
Copyright ©2020 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

OpenModelicaのご紹介

- 統合シミュレーションソフトウェア
 - モデル作成
 - モデル実行
 - 実行結果閲覧
- 無料で利用可能



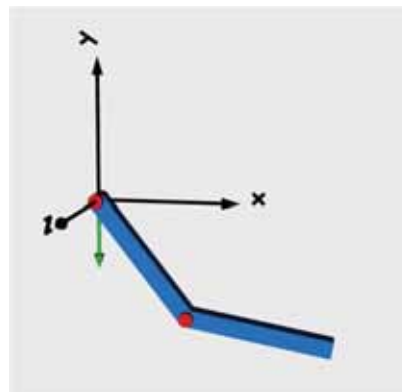
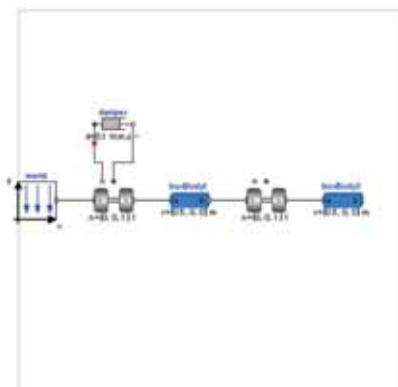
実行



Copyright ©2020 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

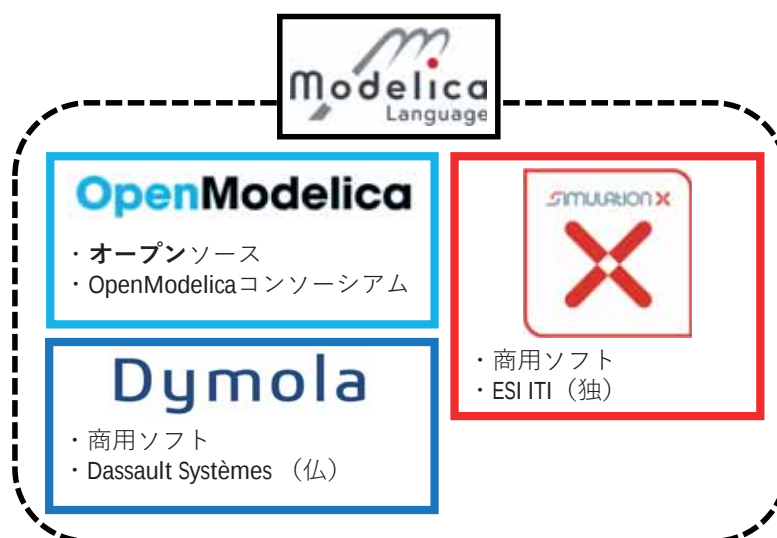
OpenModelicaのご紹介

デモンストレーション(数分程度)
二重振り子のシミュレーションを実演させていただきます。



Copyright ©2020 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

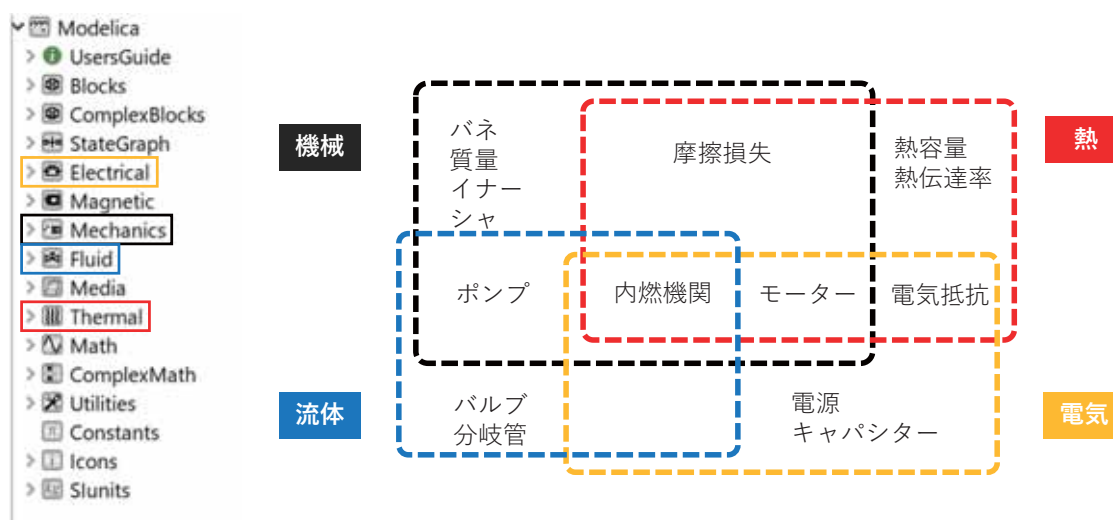
Modelica言語仕様の特長



Copyright ©2020 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

Modelica言語仕様の特長

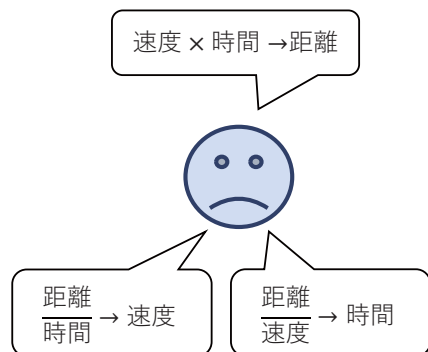
- 複数の物理領域をまたいだ連成シミュレーション



Copyright ©2020 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

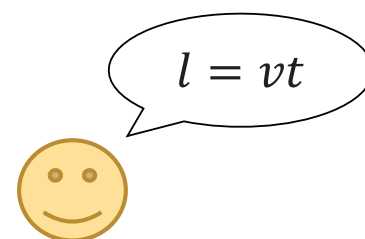
Modelica言語仕様の特長

- 因果的モデリング



計算順序(因果関係)までモデルに記載する

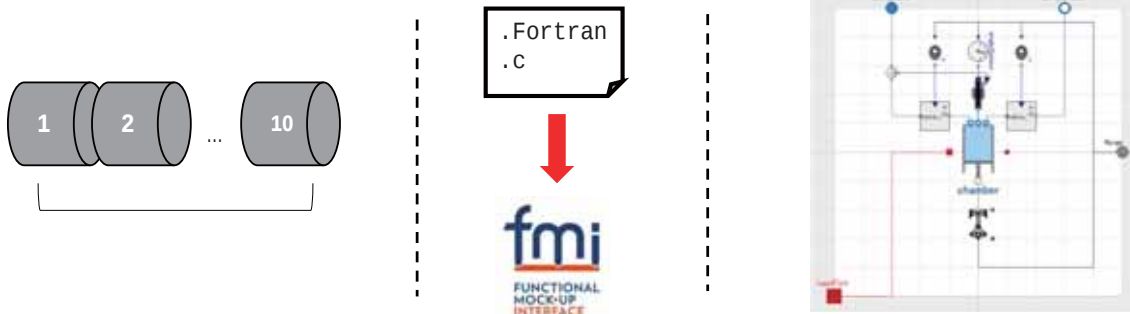
- 非因果的モデリング

モデルには方程式のみ記述
どの順で解くかはModelicaに任せる

Copyright ©2020 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

OpenModelica活用に関する取り組み

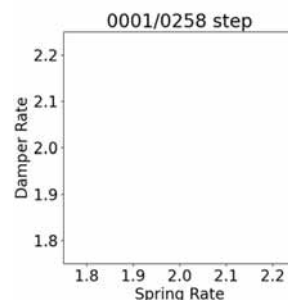
- 自動車業界を中心に、開発実績あり
 - 排ガス後処理モデル（触媒モデル）の新規作成
 - 排ガス後処理モデル（触媒モデル）既存プログラムのFMU化
 - AICE 経産省補助事業 開発サポート



Copyright ©2020 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

OpenModelica活用に関する取り組み

- AI, 機械学習との連携プロトタイプ
 - Pythonインターフェース整備
 - OpenModelicaによるシミュレーション結果に対して最適化を実施



Copyright ©2020 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

OpenModelica活用に関する課題

- バージョン問題
実務でしばしば直面する課題。
取り組みを通して、ノウハウを蓄積。
- Modelica言語仕様に従ったコードを書くこと。
- マイナーバージョンによる仕様変更を把握すること。

1.16.1

マイナーバージョン
軽微な仕様変更

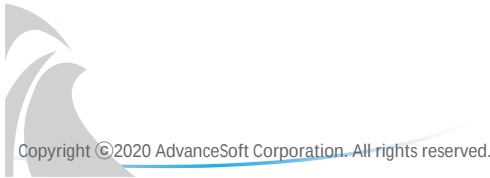
パッチバージョン
仕様は変わらない

OpenModelica活用に関する課題

- オープンソースプロジェクトとしてのOpenModelica
 - バグの報告や、わからないことの質問でも貢献できる。
 - オープンソースライセンス OSMC-PL
 - 無料で利用してよい
 - 再配布の場合は、ソースコードを公開する義務がある。

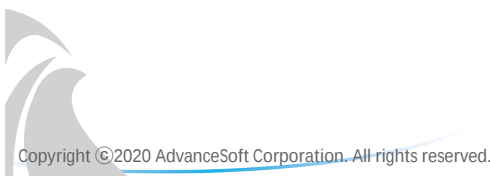
OpenModelicaの導入シナリオ

- エコシステムとの向き合い方
 - すでに導入されているエコシステムを置き換えうるか？
→FMUの活用による、サブモデル単位での更新を模索する。
 - 特定用途のシミュレーションソフトウェアを置き換えうるか？
→狭く深いツールに対して、広く浅い解決策を提供したい。
- MBDの導入検討の場合、無料であるメリットが活きてくる。



まとめ

- OpenModelicaとは
 - **無料で利用可能**なシミュレーションソフトウェア
 - 複数の物理領域モデルを組み合わせ、**連成シミュレーション**が可能
 - 完結で自由度の高い**非因果的モデリング手法**が利用可能
- OpenModelicaを導入するメリット
 - **新規導入を低コストで実現可能**
 - **既存エコシステムの可用性を広げることができる**



関連サービス、モデルベース開発 支援サービスのご紹介

営業部 田口 浩一

【オンラインセミナー】オープンソースソフトウェアを利用したモデル流通
セミナー

2020年12月22日（火）
アドバンスソフト株式会社



Copyright ©2020 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

1

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
者がお客さま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. お客さま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。



Copyright ©2020 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

2

モデルベース開発支援サービス

当社が長年培ってきた3D-CAEの各種サービスに加えて、1D-CAEを用いたモデルベース開発に関するアウトソーシングサービスにも取り組んでおります。



MBD統合プラットフォームの構築支援

既存プログラムのFMUモジュールへの移植作業

MBDプラットフォームの高速化、などなど

こんなことは出来ませんか？とまず投げかけてください



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てる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。