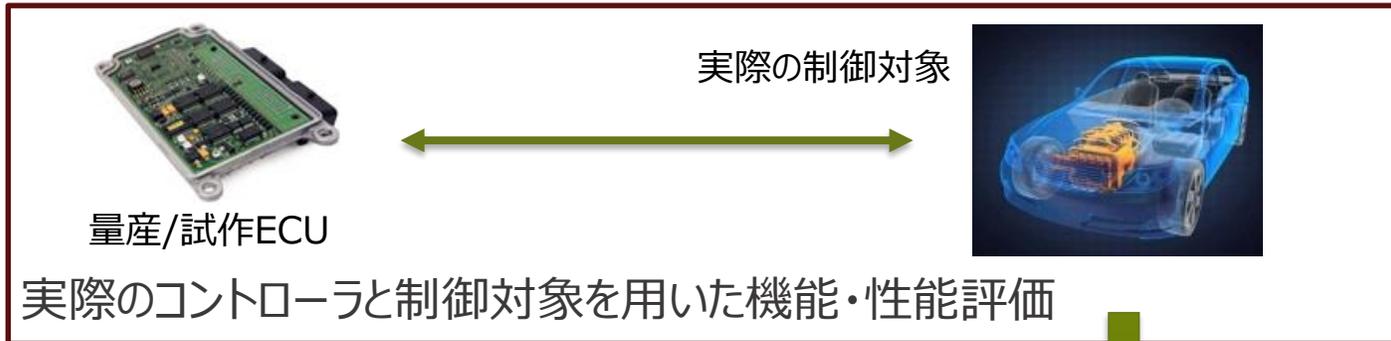


# HILS実装のためのプラントモデリングツールの活用

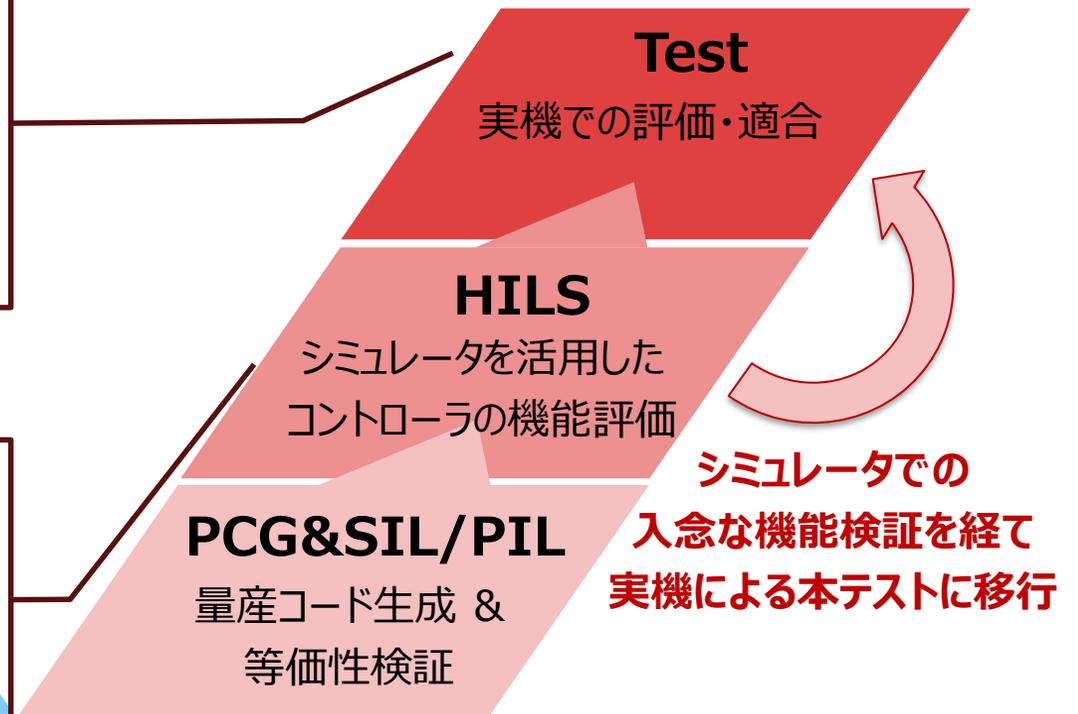
MathWorks Japan  
アプリケーションエンジニアリング部 (制御)  
アプリケーションエンジニア  
新井 克明

# ハードウェアインザループシミュレーション (HILS)

- 制御対象の振る舞いを模擬し、試作・量産コントローラの機能検証を行うアプローチ
  - 実機を利用したテストよりも再現性高くテストシナリオの繰り返し実施が可能
  - 実機では再現させにくい故障モード等の機能評価が容易

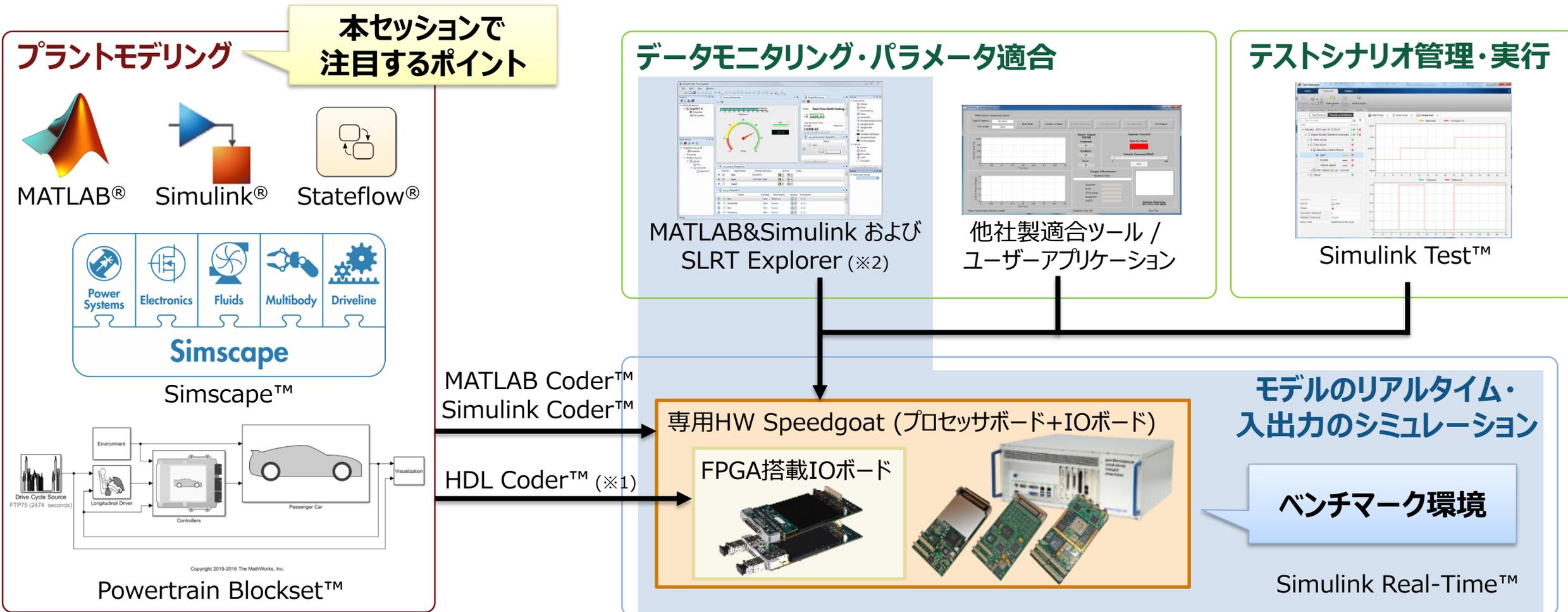


**実機挙動を再現したモデルをシミュレータに実装**



# HILシミュレーション環境構築のためのMathWorksツールチェーン

- Simulinkの最新機能を活用したリアルタイムシミュレーション環境を実現できます



※1: SimscapeおよびPowertrain BlocksetはHDLコード生成に対応していません

※2: Simulink Real-Time付属の測定/適合用GUI

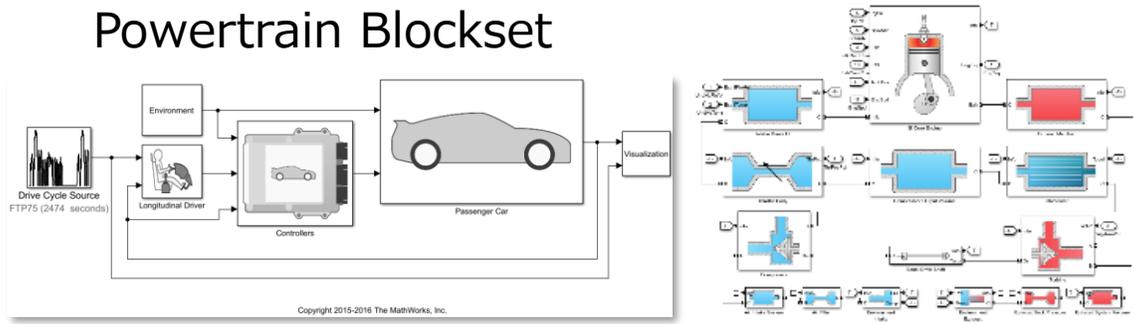
# MathWorksが提供するプラントモデリングツール

**【本セッションでのキーポイント】**  
**HILS環境実装のためのプラントモデリングツールの機能向上や各種Tipsを紹介**

## Simulinkベース

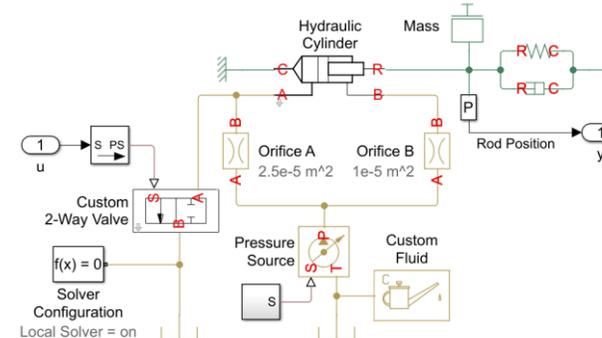
### パワートレインコンポーネントによるプラントモデリング

#### Powertrain Blockset

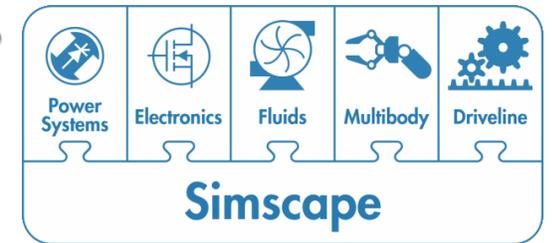


## Simscapeベース

### マルチドメインコンポーネントによるプラントモデリング



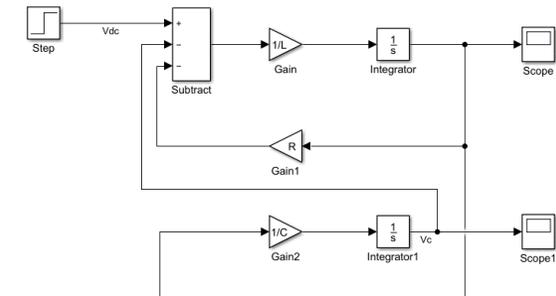
#### Simscape



### 数式によるプラントモデリング

Simulink

$$\begin{cases} \frac{di}{dt} = \frac{1}{L} (V_{dc} - Ri - V_c) \\ \frac{dV_c}{dt} = \frac{1}{C} i \end{cases}$$

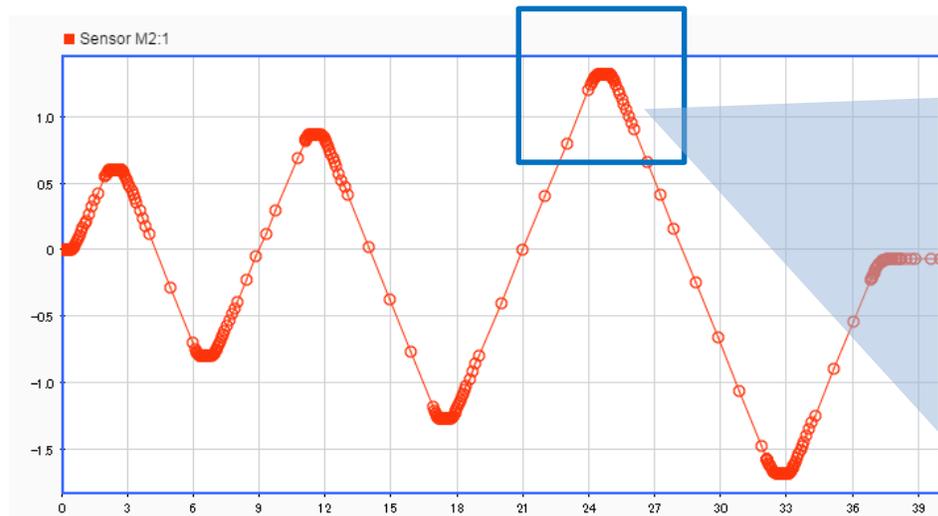


## アジェンダ - HILS実装のためのプラントモデリングツールの活用-

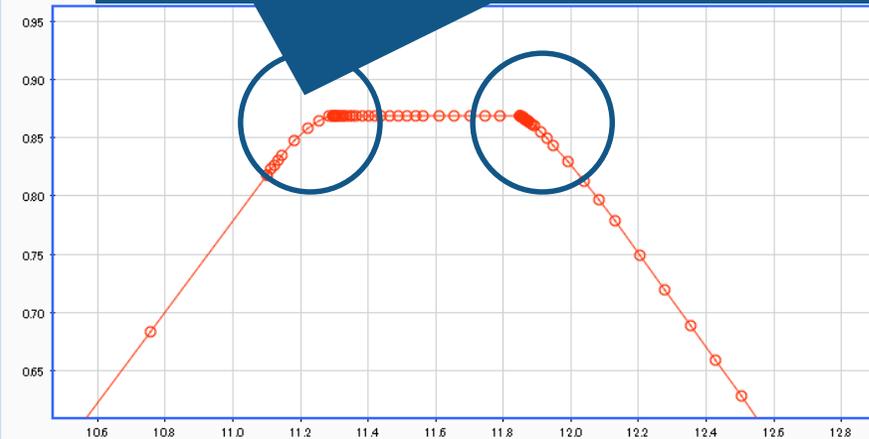
- プラントモデルのHILS運用への課題とアプローチ
- HILS実装で使えるプラントモデリングツールと利用方法
  - Powertrain Blockset (Simulink)
  - Simscape
- まとめ

# デスクトップでのプラントモデルのシミュレーション

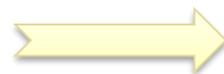
- オフラインシミュレーション: 可変ステップソルバーでの演算が一般的
  - 固定ステップに較べて一般的に演算精度が高い
  - モデルの振る舞いに応じてステップサイズを可変にして演算 (演算負荷は時間軸において不均等)



システムのダイナミクスが大きい場合に  
詳細度上げて(タイムステップを細かく)演算



**可変ステップソルバー: コード生成には非対応**

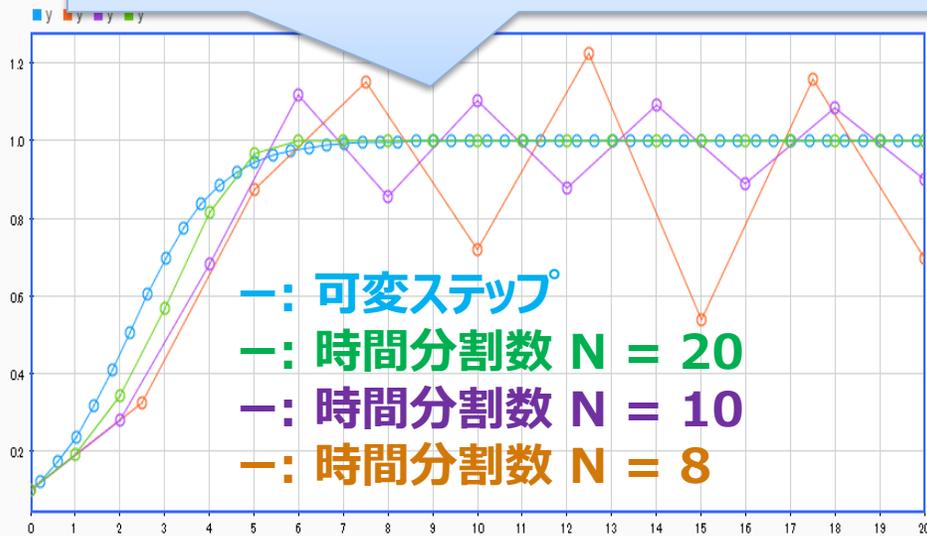


**HILS実装にあたっては固定ステップでの演算が必要**

# HILシミュレータでのプラントモデルのシミュレーション

- オンラインシミュレーション: 固定ステップソルバーで演算 (コード生成された形で実装)
  - 一定のタイムステップでモデルを実行
  - ステップサイズと精度はトレードオフの関係

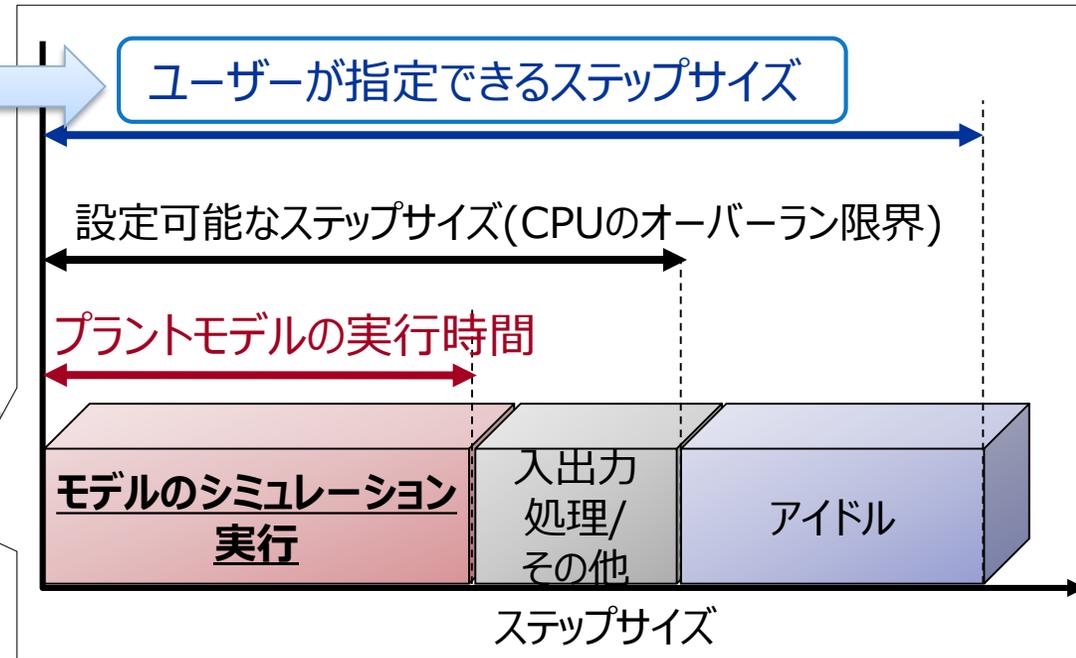
## 演算精度と安定性を保てるステップサイズの検討



演算精度を確保するためのタイムステップ



HILシミュレータ



HILシミュレータの演算性能の制約

モデルの忠実度とリアルタイム性のバランスの検討が必要

# HILSでリアルタイム性能と演算精度を保つためには・・・

本セッションで  
取り扱うトピック

粗いタイムステップでも安定した演算を行えるようなモデルにする

ユーザーが指定できるステップサイズ

設定可能なステップサイズ(CPUのオーバーラン限界)

プラントモデルの実行時間



時間

タイムステップを細かくできるように演算速度を上げる

## ①モデルの演算ロバスト性の向上

- ・ ソルバー(計算エンジン)自体の性能向上
- ・ ソルバーの選択
- ・ モデルの詳細度・規模の見直し

## ②リアルタイムOS/シミュレータHWの演算能力の向上

- ・ マルチコアによる並列実行
- ・ より細かいタイムステップ時間への対応
- ・ ハイスpekクなプロセッサの採用
- ・ FPGAへの実装

資料末尾の  
参考情報参照

## アジェンダ - HILS実装のためのプラントモデリングツールの活用-

- プラントモデルのHILS運用への課題とアプローチ
- HILS実装で使えるプラントモデリングツールと利用方法
  - ▶ Powertrain Blockset (Simulink)
    - Simscape
- まとめ

# パワートレイン向けプラントモデリングツール Powertrain Blockset

## Simulinkベースのオープン&カスタマイズ可能なライブラリ

- パワートレイン用テンプレートモデル・ライブラリの提供
  - 燃焼エンジン搭載一般乗用車
  - 電動自動車 (HEV / EV)
  - 汎用エンジン (ダイナモと接続されたSI / CI)

Energy Storage and Auxiliary Drive

Drivetrain

Propulsion

Transmission

Vehicle Dynamics

Vehicle Scenario Builder

Utilities

The image shows a collection of icons for various powertrain components: Energy Storage and Auxiliary Drive, Drivetrain, Propulsion, Transmission, Vehicle Dynamics, Vehicle Scenario Builder, and Utilities. Below the icons is a detailed Simulink block diagram of a vehicle model, showing the flow from a Drive Cycle Source through a Longitudinal Driver, Controllers, and a Passenger Car, leading to a Visualization block.

## パラメータスタディ・HILS実装に利用可能な軽快なモデル

高速実行可能な車両シミュレーションを活用して  
パラメータ最適化・HILS実装が可能

The image displays a Simulink model window titled 'SICIPReferenceApplication - Simulink'. The model includes blocks for Drive Cycle Source (FTP75 (2474 seconds)), Environment, Longitudinal Driver, Controllers, and Passenger Car. A blue arrow points from the model to a hardware target machine labeled 'performance real-time target machine' by speedgoat.

## スタンダードへの対応

### 標準ドライブサイクル

**Powertrain Blockset Drive Cycle Data**

★★★★★ 評価 6 件  
ダウンロード: 31  
更新 2017/6/14

バージョン 17.2.0.0 作成者: MathWorks Automotive Community Profile

A collection of standard drive cycles (vehicle speed vs. time)

MathWorks の機能

インストール

### MDFファイルの読み込み

```
mdfObj = mdf('MDFFile.mf4')
```

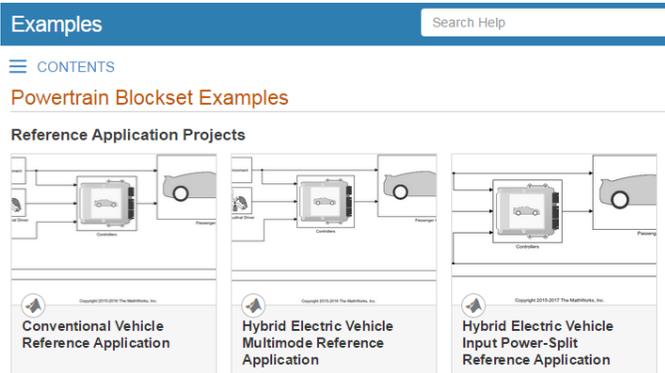
#### File Contents

```
Attachment: [1x1 struct]
ChannelNames: {6x1 cell}
ChannelGroup: [1x6 struct]
```

# HILSへのPowertrain Blocksetの活用

- プラントモデリングのスタートポイントとしてテンプレートモデルを活用
  - HILS実装を意識したシミュレーションスピードの速いテンプレートモデルを各種提供しています

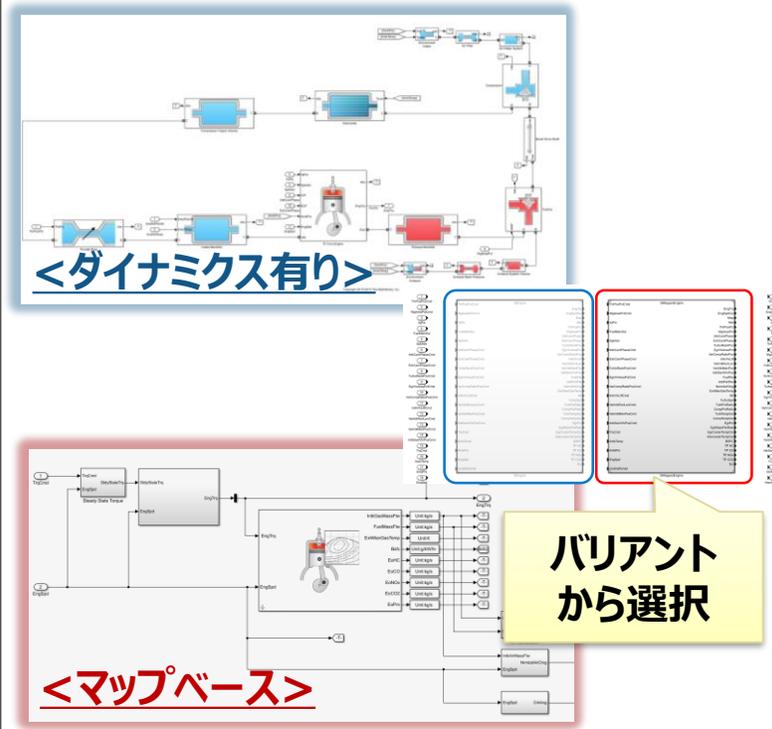
- テンプレートモデルからスタート
  - ヘルプ → Examples



(e.g.) 車両モデル

- 燃焼エンジン搭載車両
- HEV
- EV

- コンポーネント詳細度の切り替え
  - Mapベースの部品を提供



- 固定ステップソルバーへ切り替え

ソルバー オプション

タイプ:

ソルバー:

- 自動 (ソルバーの自動選択)
- 離散 (連続状態なし)
- ode8 (Dormand-Prince)
- ode5 (Dormand-Prince)
- ode4 (Runge-Kutta)**
- ode3 (Bogacki-Shampine)
- ode2 (Heun)
- ode1 (Euler)
- ode14x (外挿)

追加パラメーター

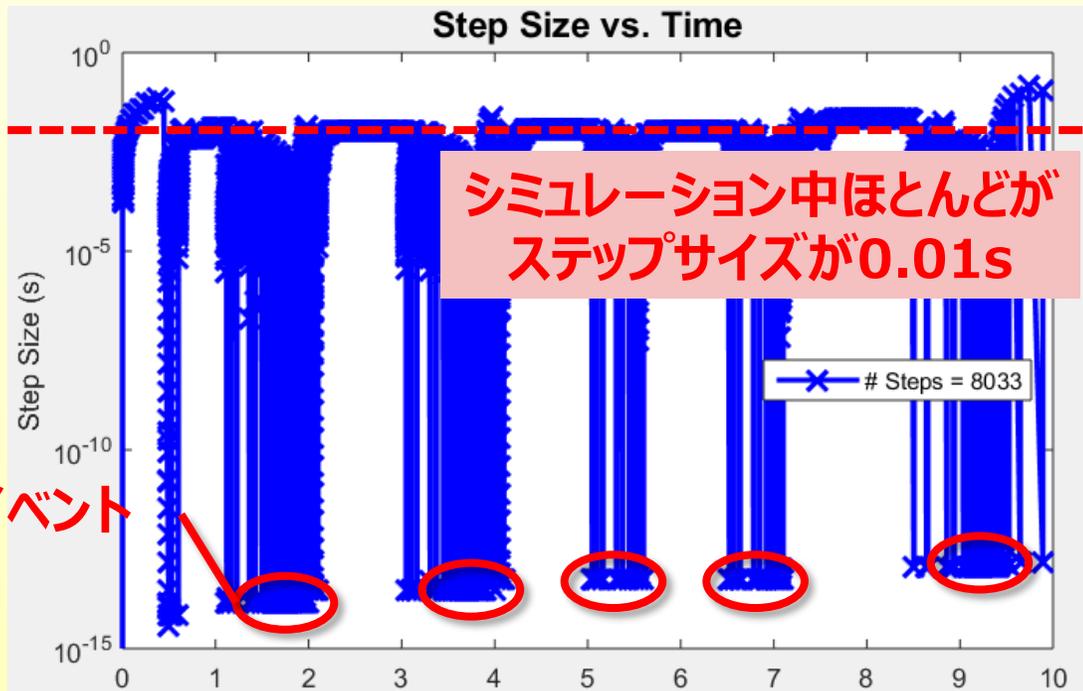
固定ステップ サイズ (基本サンプル時間):

# ステップサイズの変化に注目したリアルタイム実行可否の判断

- 可変ステップソルバー実行時のステップサイズを参考に、固定ステップサイズを検討

## ✓ ステップサイズが変化する理由

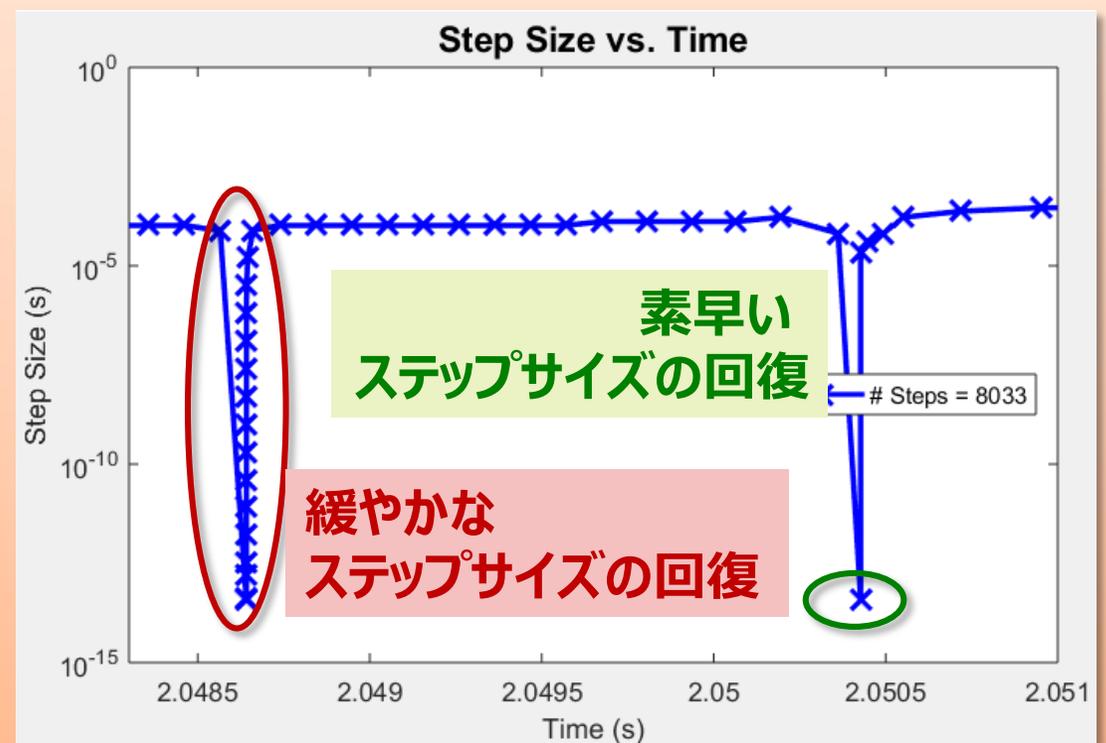
- 変化タイミングの検出 (ゼロクロッシング)
- 積分演算の許容誤差収束のため



>> semilogy(tout(1:end-1),diff(tout),'-x')

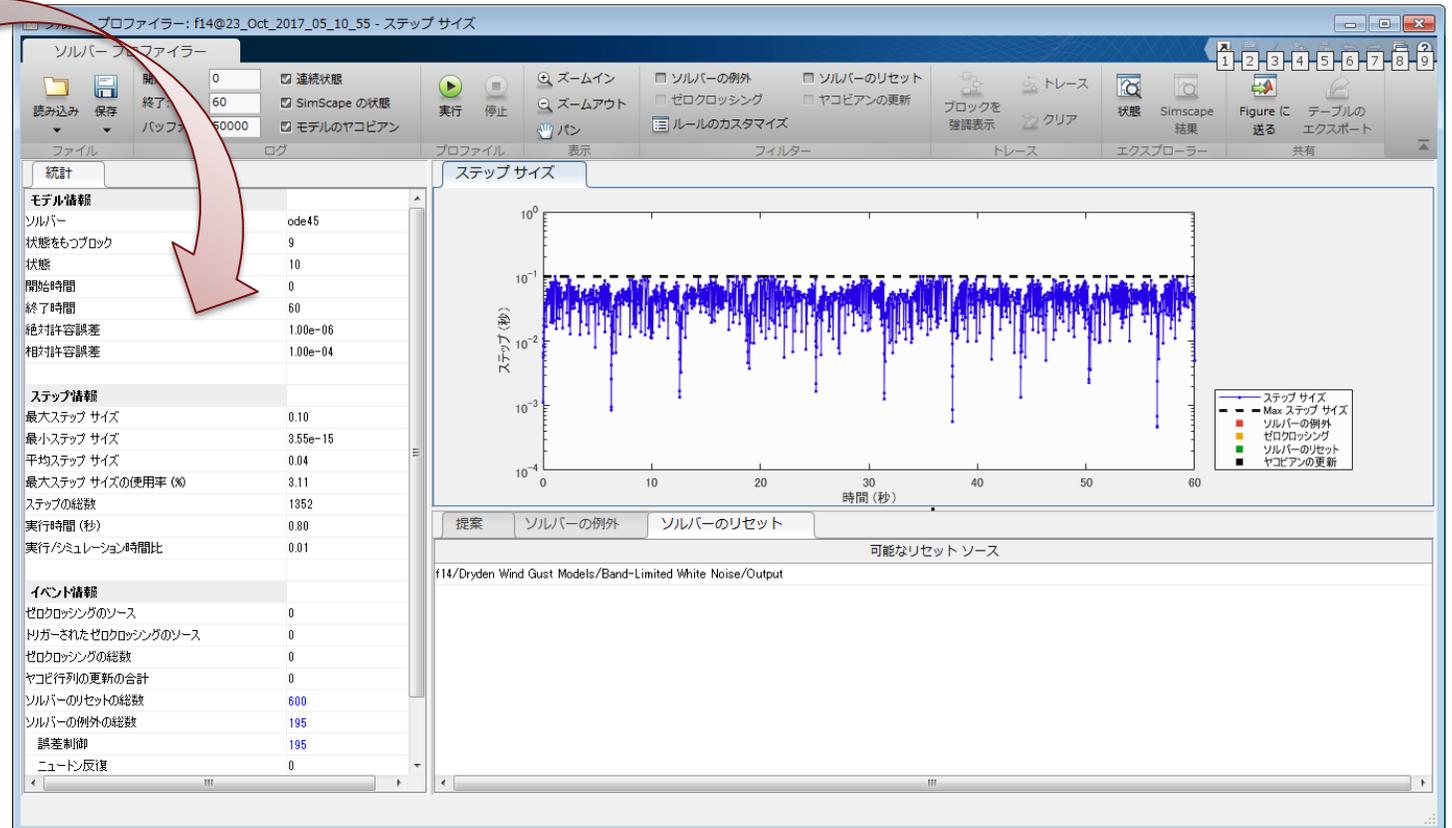
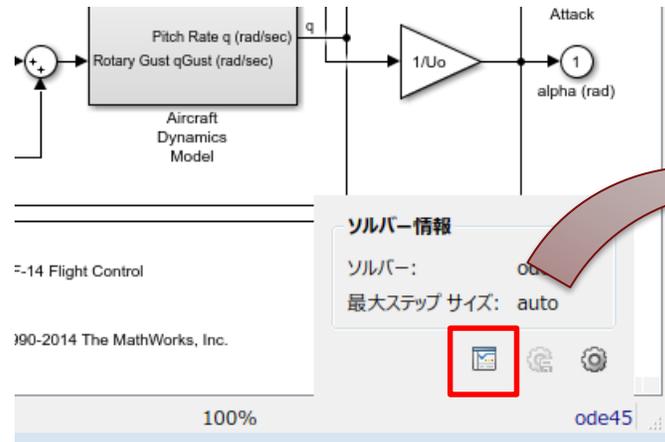
## ✓ ステップサイズの回復が緩やかな場合

- 固定ステップで演算する場合でも小さなステップサイズが必要となる可能性あり



# ステップサイズ等の指標はソルバープロファイラーでチェック

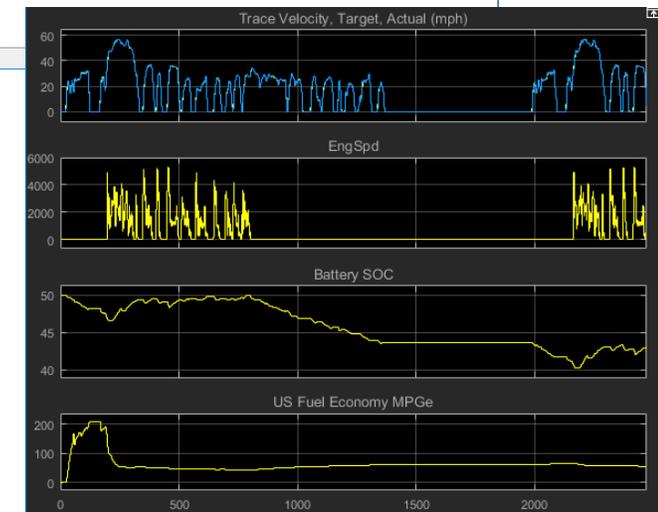
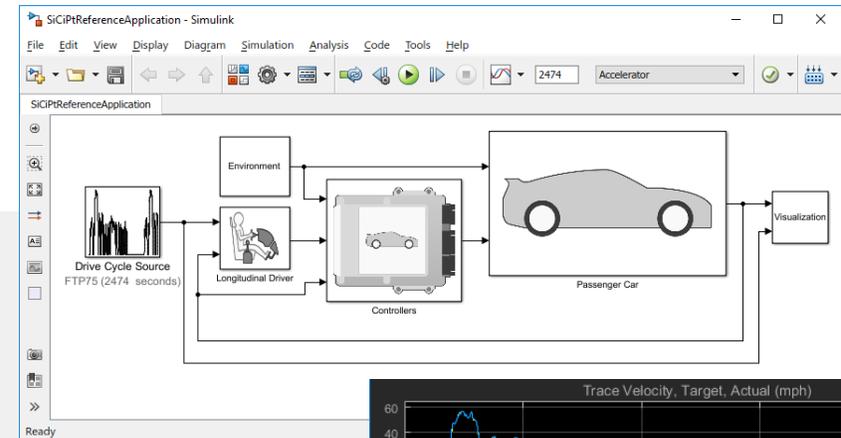
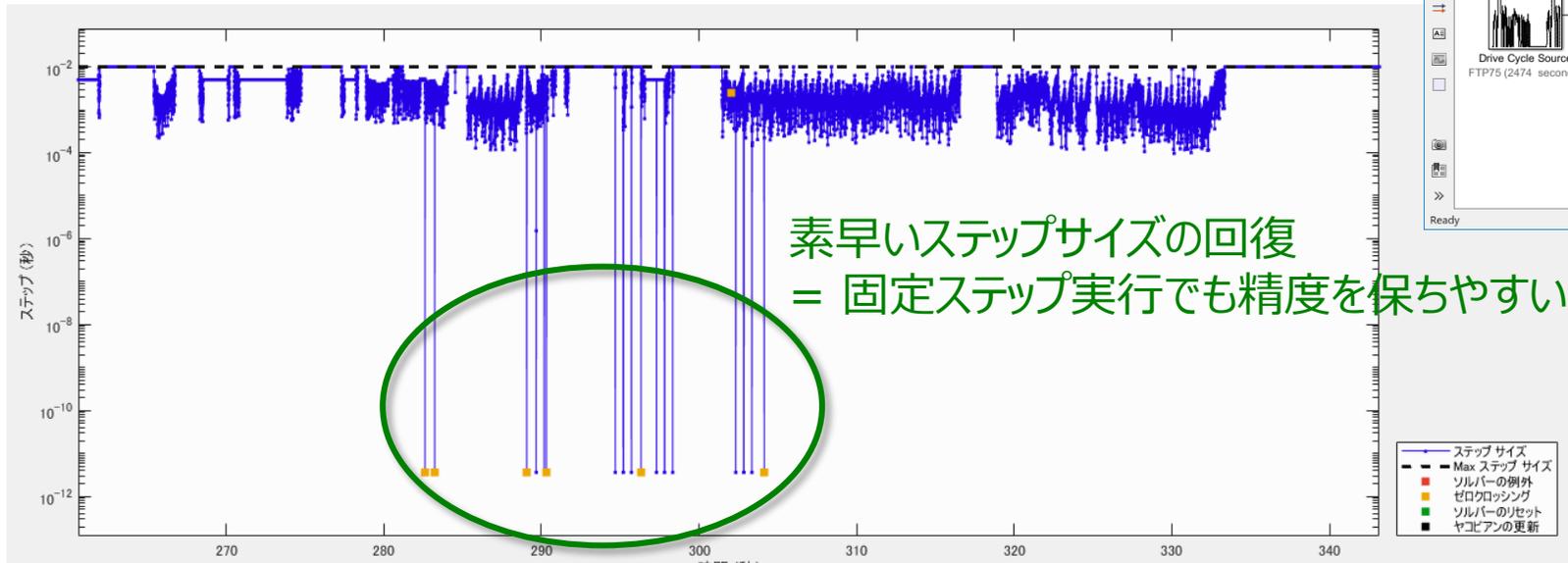
- ソルバープロファイラー: シミュレーション指標確認用ユーティリティ (Simulink標準機能)



- ステップサイズの可視化
- イベントの監視
  - ゼロクロッシング
  - ソルバーリセット
- 該当ブロックへのジャンプ

# ソルバープロファイラーでPowertrain Blocksetの演算の様子をチェック

- HILSへの実装を意識した精度とスピードがバランスしたテンプレートモデルを提供
  - ほとんどの実行時間 > 100 $\mu$ secに集中
  - イベント発生時もステップサイズの回復が早く演算が復帰



マルチモードHEVモデルでのステップサイズの変化の様子

(可変ステップ ode23tbソルバー)

# シミュレーション設定変更時の結果レビュー・比較をSDIで簡単に実施

- Simulation Data Inspector (SDI): シミュレーション結果の可視化・差分比較ツール

- ✓ Scopeブロック無しで信号をダイレクトにロギング
- ✓ シミュレーション結果を蓄積
- ✓ 演算結果/信号ごとに結果を比較可能

The image shows a composite view of the Simulation Data Inspector (SDI) interface. On the left, a 'Veh Bus' signal is connected to a scope block labeled '<BattCrnt>'. A 'データ ログを有効化' (Enable Data Logging) button is shown above the connection. The main interface is divided into several panels:

- Left Panel (Simulation Data Inspector):** Contains options for '新規' (New), '開く' (Open), '保存' (Save), 'インポート' (Import), 'エクスポート' (Export), 'レポート' (Report), and '設定' (Settings).
- Top Panel (Basic Layout):** Shows a grid configuration with 8 rows and 1 column.
- Center Panel (Comparison):** Displays a list of variables for comparison, including '<xdot>', '<EngSpd>', '<MotSpd>', '<GenSpd>', '<EngTrq>', '<MotTrq>', '<GenTrq>', and '<BattSoc>'. A '比較' (Compare) button is visible.
- Right Panel (Visualization):** Shows multiple time-series plots for the selected variables. A blue arrow points to the toolbar icons for grid, zoom, and screenshot.
- Bottom Right Panel (Style):** Provides options for plot styling, including background, grid, and axis labels.
- Far Right Panel (Snapshot):** Offers options for saving snapshots as clipboard, image files, or MATLAB figures.

# Powertrain Blocksetのリアルタイム実行時のベンチマーク

- Simulinkベースでモデリングされているため高速な演算が可能です

## Conventional Vehicle

Engine type	Average Turnaround (s)	Maximum Turnaround (s)
SI	15.3E-6	19.2E-6
SI Mapped	09.6E-6	11.1E-6
CI	14.9E-6	17.8E-6
CI Mapped	09.7E-6	16.4E-6

## Electric Vehicle

Engine type	Average Turnaround (s)	Maximum Turnaround (s)
Dynamic	07.4E-6	09.9E-6
Mapped	07.7E-6	10.5E-6

- テスト環境のスペック
  - CL630 ATX mainboard
  - Intel Core i7 3.5 GHz CPU
  - 4GB DDR3 RAM (2x2GB)
  - 60GB SSD
- Simulinkソルバー
  - ode4 with FixedStep of 0.001 sec.

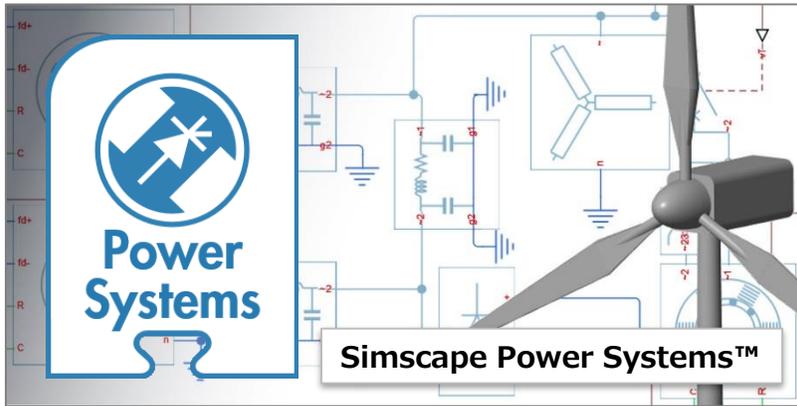
(※ 本ベンチマークはR2016bリリースでの実施結果です)

## アジェンダ - HILS実装のためのプラントモデリングツールの活用-

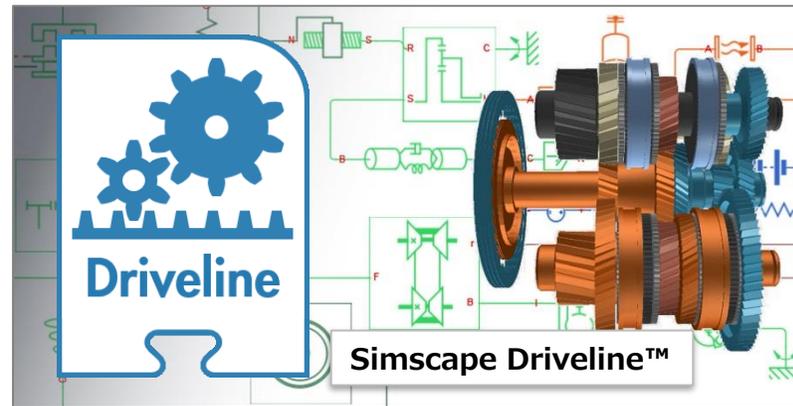
- プラントモデルのHILS運用への課題とアプローチ
- HILS実装で使えるプラントモデリングツールと利用方法
  - Powertrain Blockset (Simulink)
  - ▶ Simscape
- まとめ

# 物理モデリング支援ツール Simscape™

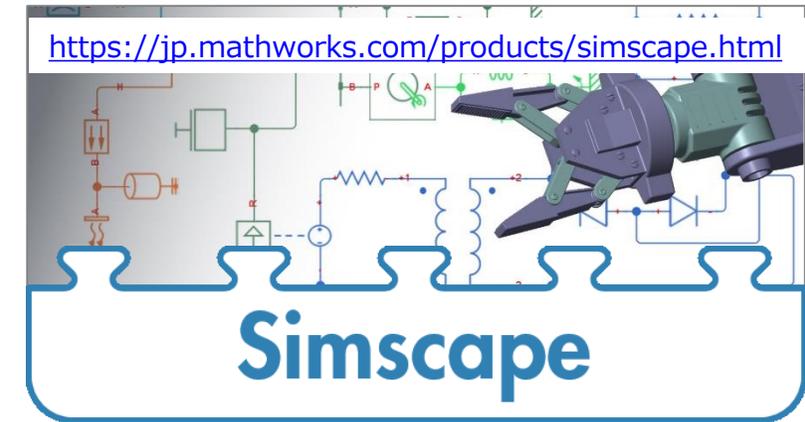
パワエレ/電力系統



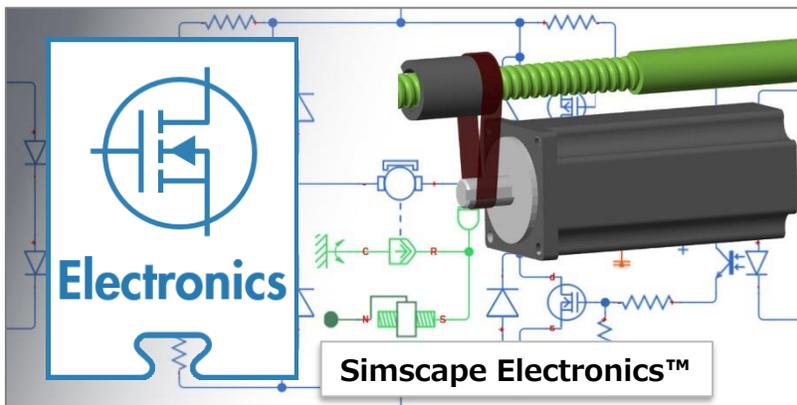
動力伝達 (1D駆動系)



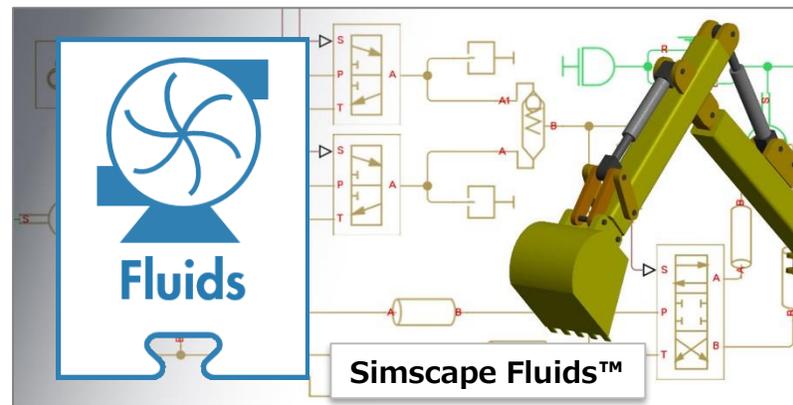
回路図ベースの複合物理モデリング



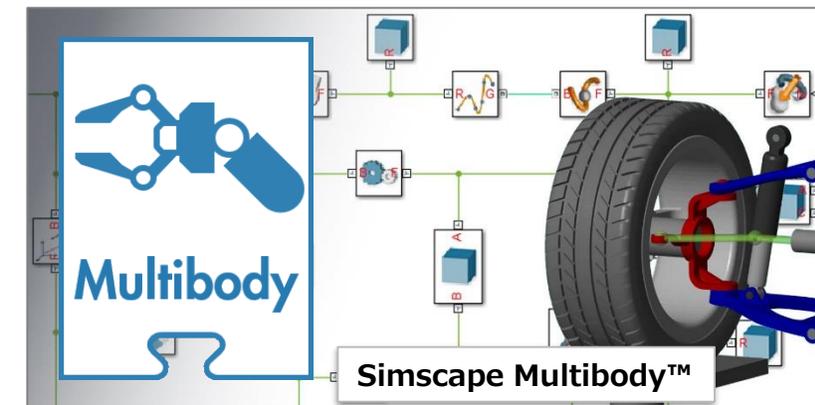
電子回路 (アナログ/デジタル/センサ)



熱流体 (油圧回路)

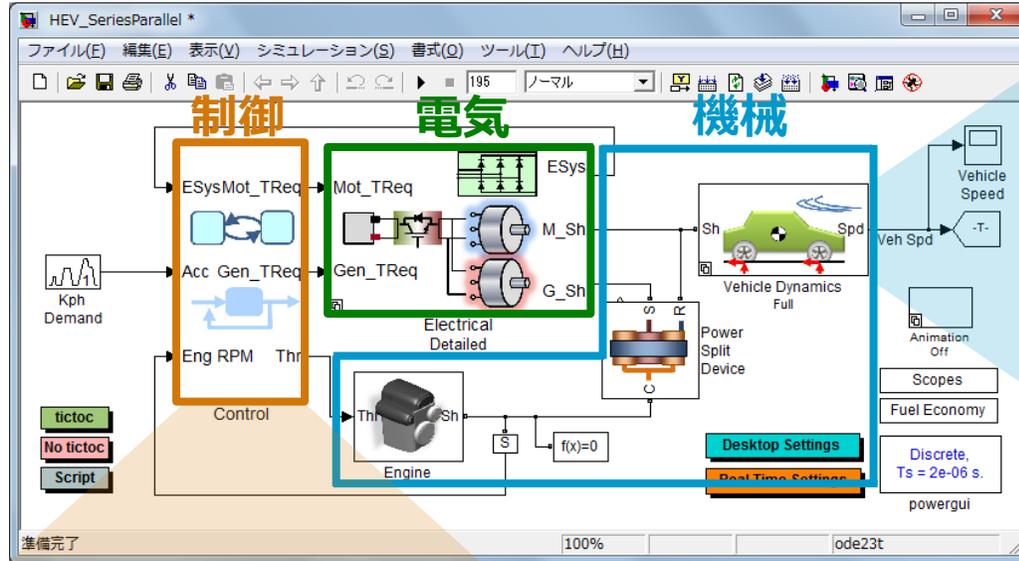


機構 (3Dマルチボディ系)

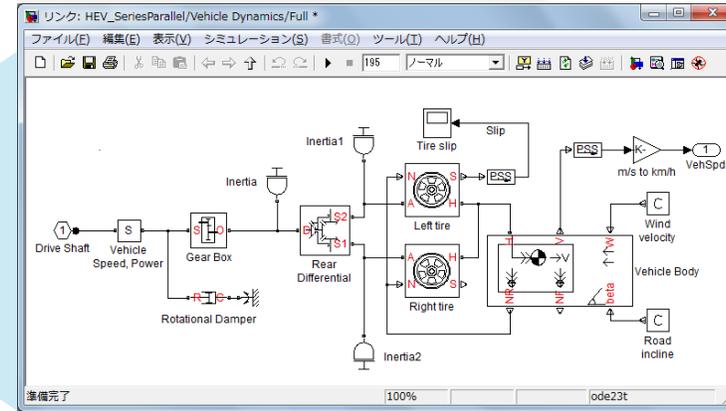


# Simscapeなら技術領域を横断した物理システムのモデリングが可能です

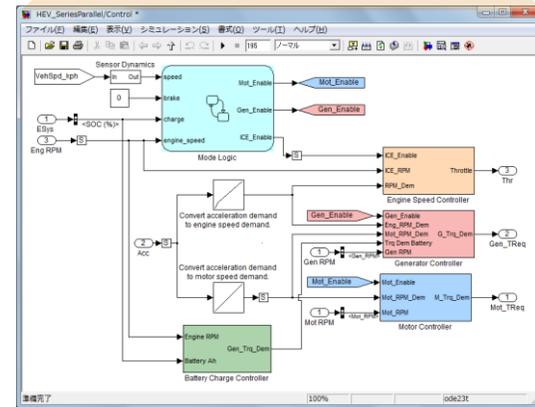
## ハイブリッド自動車



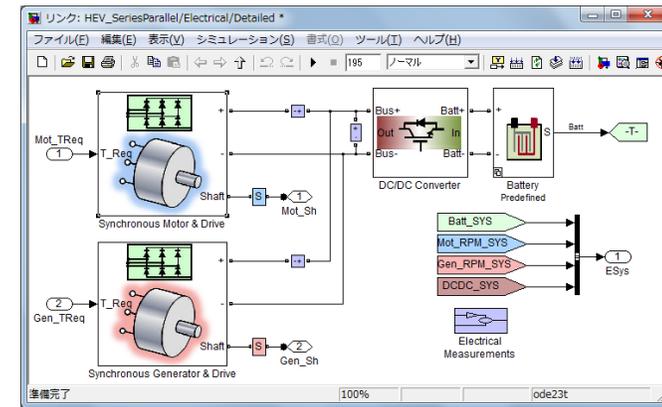
## Simscape Driveline 機械系モデル



ギア・差動ギア・タイヤ・車両ボディ  
エンジン・遊星ギア



SimulinkとStateflowによる制御ロジック



## Simscape PowerSystems

電気系モデル

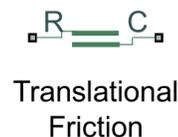
- 三相モータ
- 三相発電機
- 三相インバータ
- DC/DCコンバータ
- バッテリー

# SimscapeのHILS実装に向けた関連する機能改善

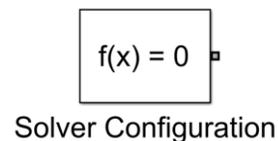
- リリースを重ねるごとに様々な改善が行われています

## Simscape

- ハードストップ演算スムージングオプション追加 (R2017b)
- 摩擦演算スムージングオプション追加 (R2017a)

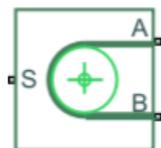


- 油圧システムのドライノード検出 (R2016b)
- ローカルソルバーの改良 (R2016a)



## Simscape Driveline

- ベルトプーリー: 遠心力を無視 (R2017b)



Centrifugal force:

- Model centrifugal force
- Do not model centrifugal force - suitable for HIL simulation
- Model centrifugal force

## ドキュメンテーション

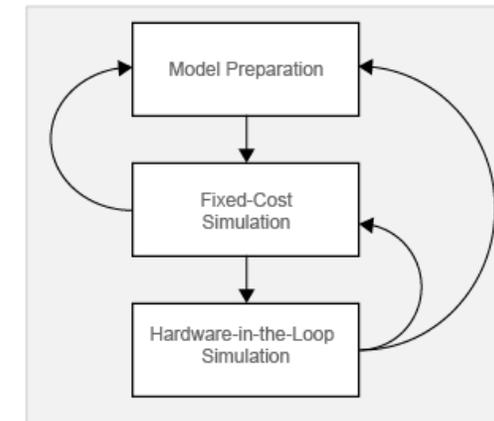
### 目次

このページの最新版は英語でご覧になれます。

### リアルタイム シミュレーション

固定ステップ固定コストのシミュレーション、ハードウェアインザループシミュレーション

リアルタイムで実行するようにモデルを構成すると、ハードウェアインザループシミュレーションを使用してコントローラーをテストできるようになります。開発プロセスの初期段階で設計の変更を行い、コストの削減と設計サイクルの短縮化を図ることができます。



### よく参照されるトピック

- リアルタイム モデルの準備のワークフロー
- リアルタイム シミュレーション ワークフロー
- ハードウェアインザループ シミュレーションのワークフロー

### 速度と精度の向上

- リアルタイム シミュレーションのソルバー
- ハードウェアインザループ シミュレーションとは

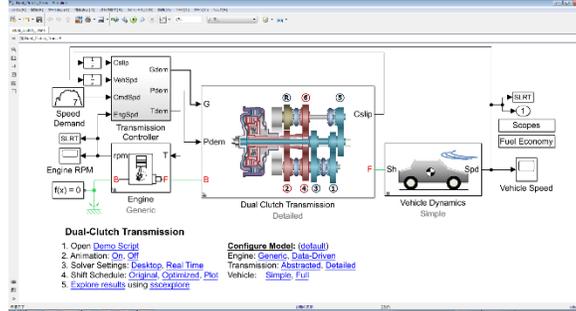
HILS実装に関するヘルプドキュメントもあります

# Simscapeにおけるプラントモデルの演算速度の向上のアプローチ

- 精度と演算速度のバランスを踏まえてHILS実装に向けてモデルを検討

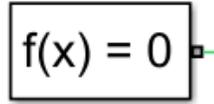
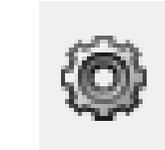
## モデルの設計とブロックパラメータ・ソルバーの設定

### プラントモデル & パラメータ



Simulink  
ソルバー

Simscape  
ローカルソルバー



## ③ コード生成 & 実装

## ② 高速化の検討

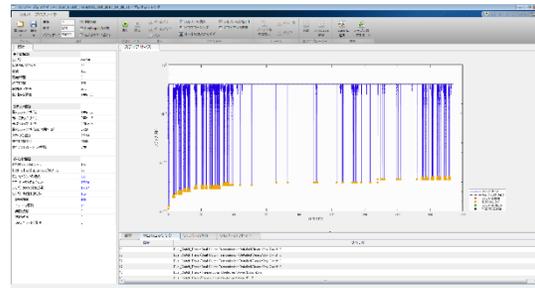
## ④ HILシミュレーション



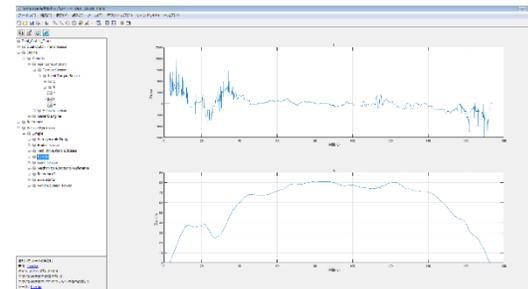
## ① シミュレーション

## 演算結果のチェック

### ソルバープロファイラー



### リザルトエクスプローラー (Simscape)



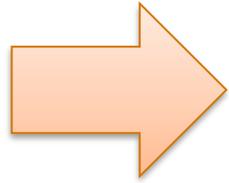
### 変数ビューワー (Simscape)

Variable Viewer showing simulation results for engine speed and torque. The table lists variables, their status, priority, target, and initial value.

名前	ステータス	優先	ターゲット	開始	単位
p	●		0.0	0.0	W
T	●		0.0	0.0	1
controlled_throttle	●		0.0	0.0	1
engine_inertia	●				
w	●			83.7758	rad/s
t	●		0.0	0.0	N*m
w	●	High	800.0	800.0	rpm
lagged_throttle	●	High	0.0	0.0	1
trq	●			0.0	N*m
w	●			83.7758	rad/s
Reference	●				

# HILS実装に向けてSimscapeで具体的に検討できること

## ■ Simscapeローカルソルバーおよびグローバルソルバー構成の最適化



- ✓ 物理ネットワークごとに異なるソルバー構成を指定できる機能を活用
  - モデルをリアルタイム実行するために、固定ステップのグローバルソルバーと各ローカルソルバーを個別に構成

Simulink  
ソルバー



Simscape  
ローカルソルバー

$$f(x) = 0$$

## ■ シミュレーション速度を低下させる影響の原因となる要素を除去/修正

### 不連続点を発生させる要素

- ハードストップまたはバックラッシュ
- スティックスリップ摩擦
- スイッチまたはクラッチ



Translational  
Hard Stop



Rotational  
Hard Stop



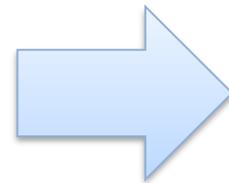
Rotational Friction



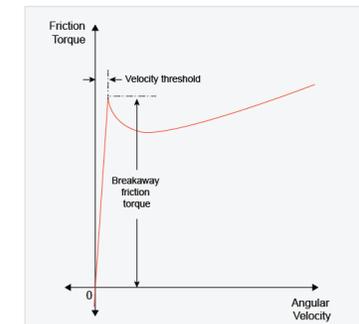
Translational  
Friction

### 時定数が小さく、急激な変化を引き起こす要素

- 剛性が高いバネ+減衰が最小限の小さな質量
- 静電容量、インダクタンス、抵抗の小さい電気回路
- 圧縮可能な小さなボリュームがある油圧回路

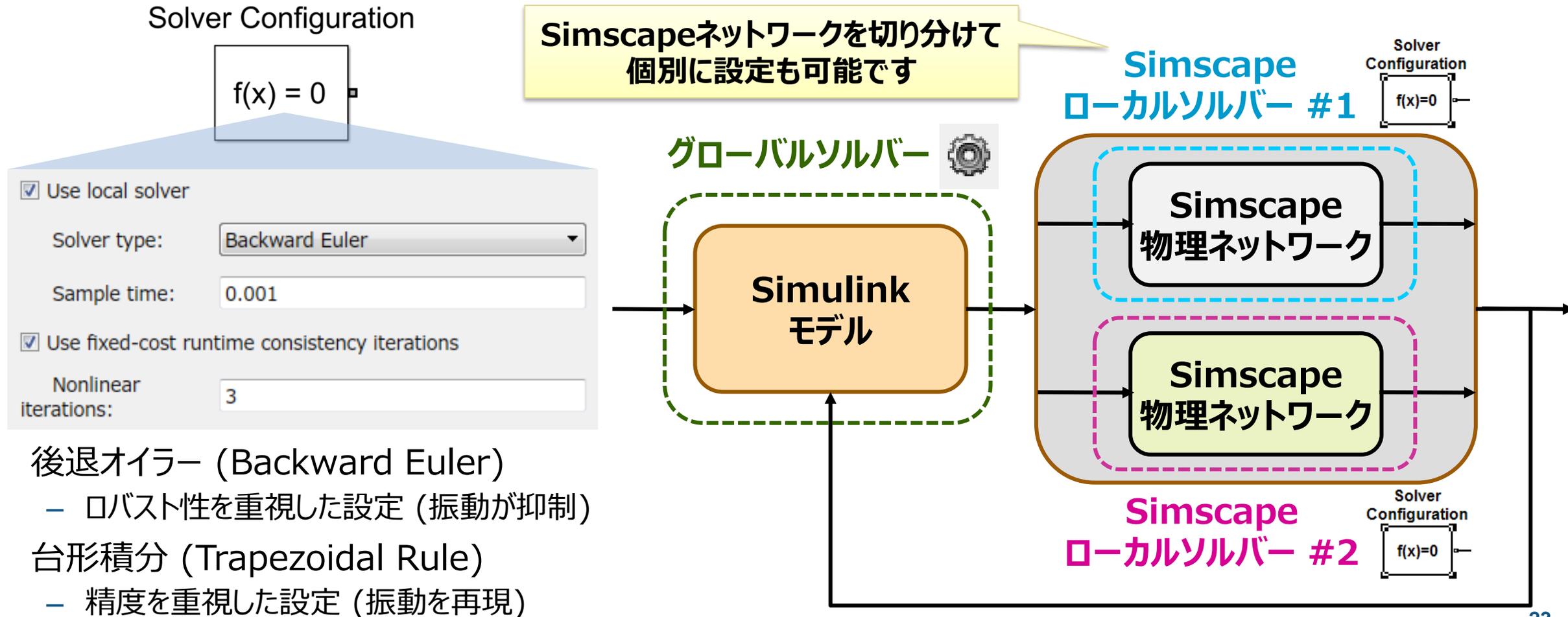


- ✓ フィルターや遅延による不連続関数 (ステップ変化) を平滑化
- ✓ 複雑なコンポーネントを単純なモデルに置き換え
- ✓ 複素方程式を、その解を格納したルックアップテーブルで置き換え
- ✓ 非線形コンポーネントを線形コンポーネントに置き換え



# Simscapeローカルソルバーと物理モデルのパーティショニング

- Simscapeローカルソルバー: Simscapeへ固定ステップでの演算方法を指定できます
  - Simulinkのグローバルソルバーとは別に、ソルバータイプ/ステップサイズ/収束演算回数を設定



# Simscapeローカルソルバー使用時のシミュレーションスピード向上

- 新しいリリースを利用することでシミュレーション速度が改善が望めます

シミュレーションタイプ	R2015b 所要時間	R2016a 所要時間	速度向上
デスクトップシミュレーション (Normal)	10.4 s	8.0 s	<b>1.3 倍</b>
デスクトップシミュレーション (RSim) (Simulink Coderにてコード生成)	12.2 s	6.1 s	<b>2.0 倍</b>
Simscape ローカルソルバー 有効 (Simulink Coder (GRT)にてコード生成)	15.2 s	3.1 s	<b>4.9 倍</b>

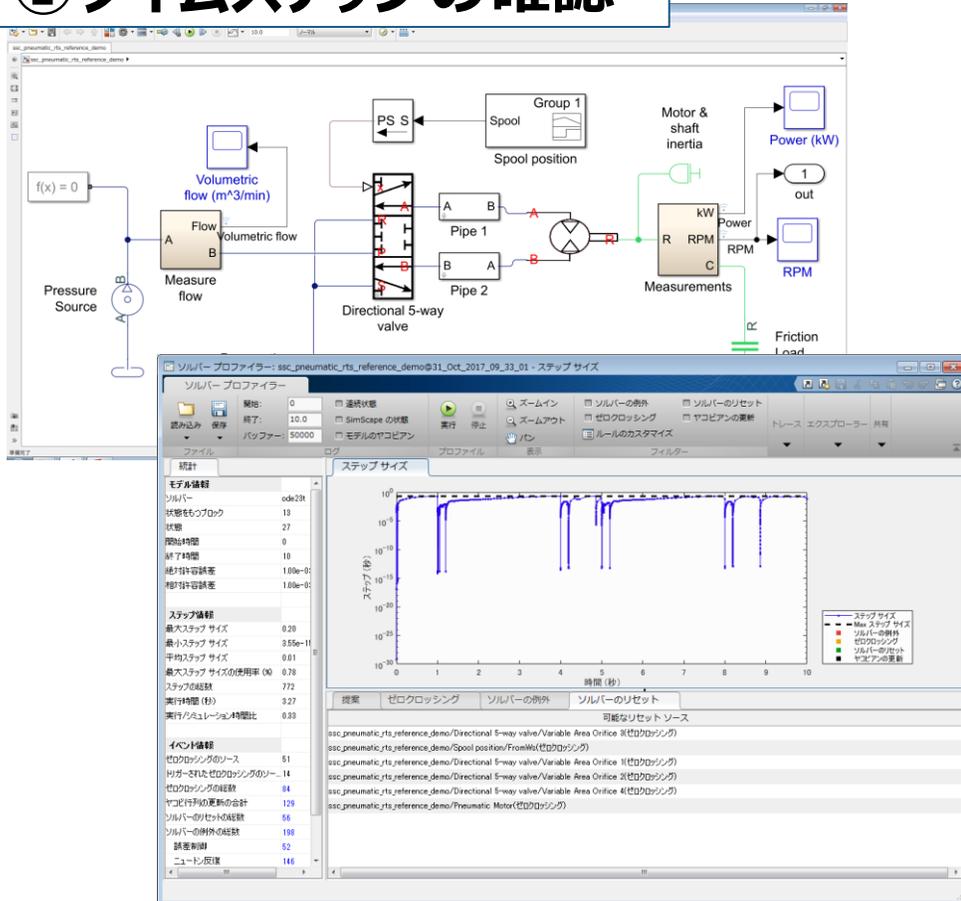
(例：約200ノードの中型電気ネットワークモデルのベンチマーク結果)

⇒ 計算速度が重視されるHILSでの適用可能範囲も広がりました

# HILS実装のためのSimscapeモデルのカスタマイズ

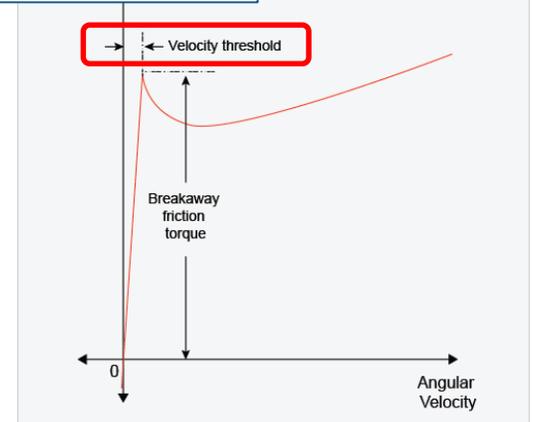
- 例：空気圧モーター＋回転機構モデルのHILS実行しやすいモデルとしてカスタマイズ

## ① タイムステップの確認

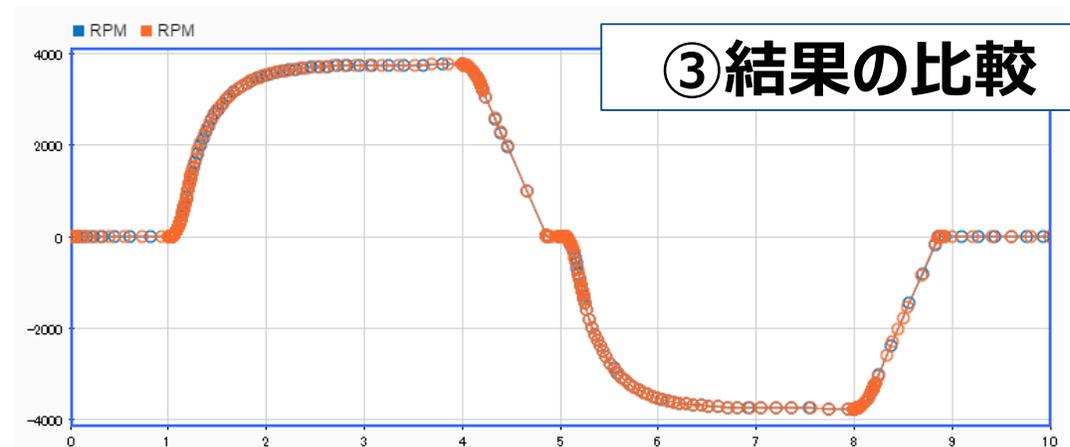


## ② パラメータの変更によるスムーズ化

パラメーター	変数
分離摩擦トルク:	5
分離摩擦速度:	0.059137
クーロン摩擦トルク:	5
粘性摩擦係数:	0.001



## ③ 結果の比較



# 個々のSimscapeブロックの演算結果やイベント発生状況を確認

- Simscape Results Explorer
  - Simscapeネットワーク内のシミュレーション結果の確認
  - シミュレーションスピードのボトルネックとなっている箇所をチェック
    - ゼロクロッシングの発生状況のチェック
    - ゼロクロッシングが発生した箇所
    - ソースへのリンク

SimulationStatistics (ZeroCrossings)

zc\_0 - 73 crossings

crossings

```

equations
if (phi > upper_bnd)
    % Slider hits upper bound
    t == stiff_up * (phi - upper_bnd)
elseif (phi < lower_bnd)
    % Slider hits lower bound
    t == stiff_down * (lower_bnd - phi)
end

```

Number of detected zero crossings: 73

Location: [foundation.mechanical.rotational.hardstop](#)

Data Logging

Log simulation data: all

Log simulation statistics

Workspace variable name: simlog

>> **sscexplore(simlog)**

SimulationStatistics (ZeroCrossings)

crossings (cumulative)

Time (s)

Hard\_Stop.zc\_0

Hard\_Stop.zc\_1

SimulationStatistics (ZeroCrossings)

values

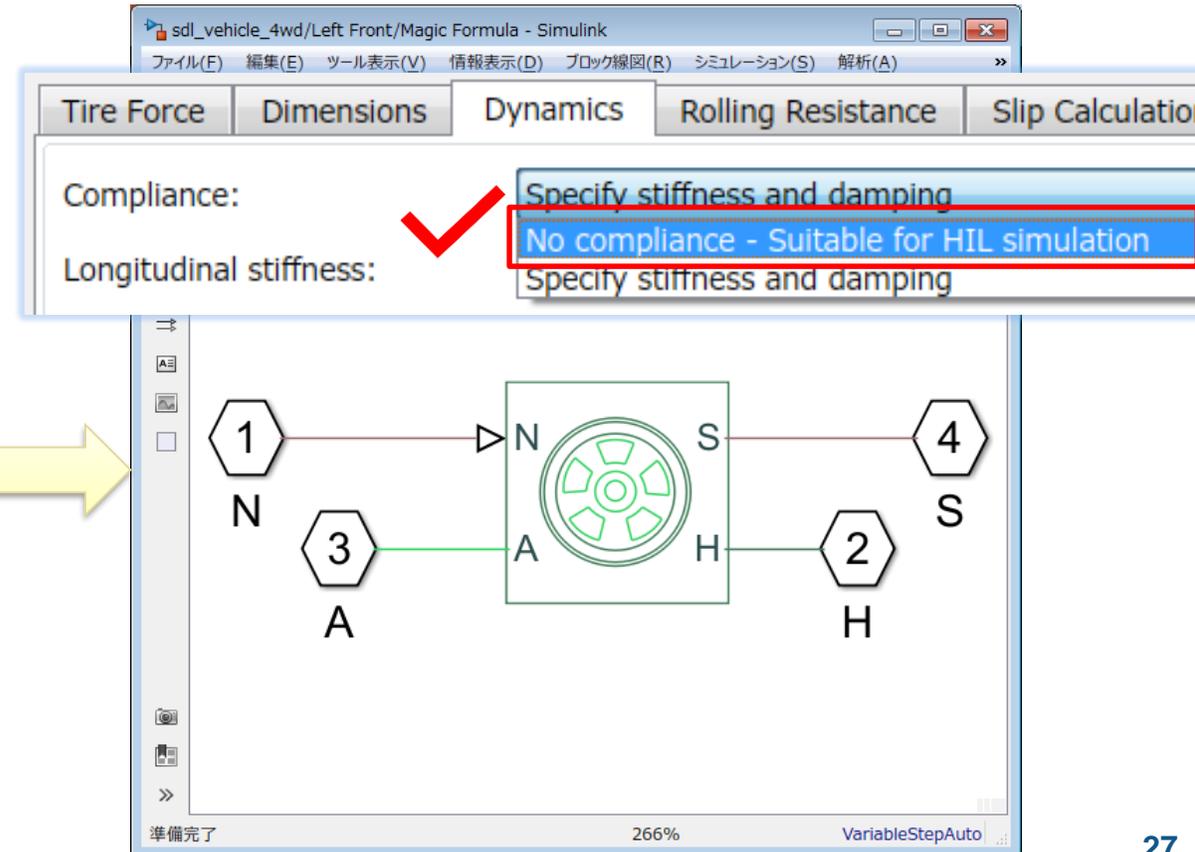
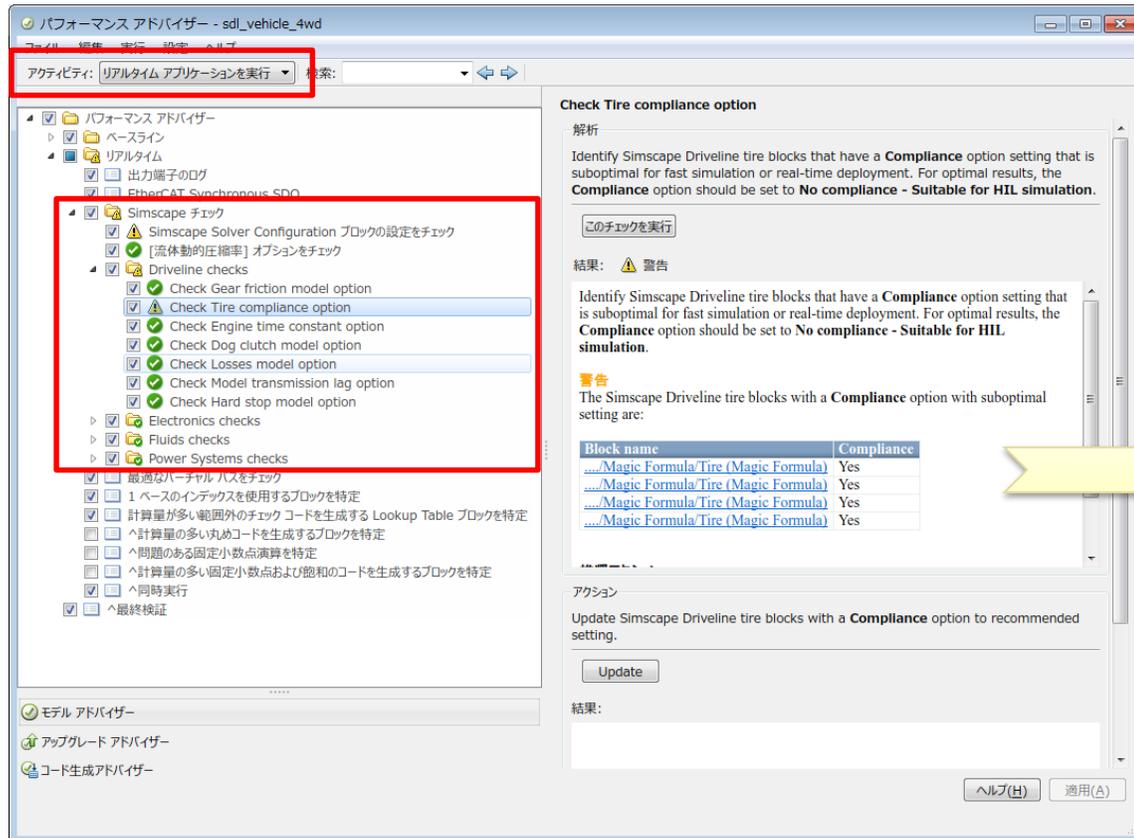
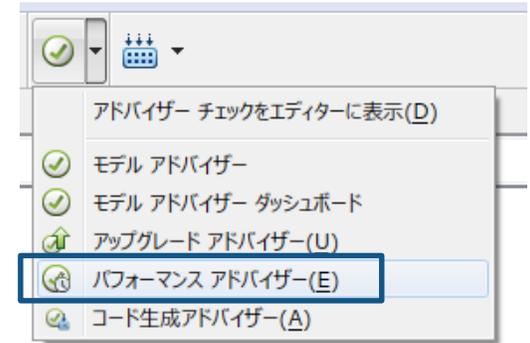
Time (s)

Hard\_Stop.zc\_0

Statistics for root node:  
 id: ssc\_pneumatic\_actuator\_hardstop  
 Number of time steps: 8033  
 Number of logged variables: 125  
 Number of logged zero crossing signals: 154

# Simscapeモデルに対する設定項目のチェック

- パフォーマンアドバイザー：実行速度改善のためのチェックを支援
  - リアルタイムシミュレーションに有利なSimscapeに関する設定をサジェスチョン
  - アクティビティ：『リアルタイムアプリケーションを実行』でSimscapeの設定をチェック可能



## アジェンダ - HILS実装のためのプラントモデリングツールの活用-

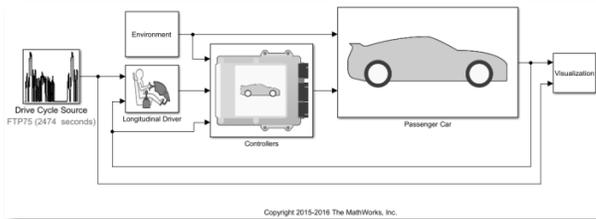
- プラントモデルのHILS運用への課題とアプローチ
- HILS実装で使えるプラントモデリングツールと利用方法
  - Powertrain Blockset (Simulink)
  - Simscape
- まとめ

## まとめ

- HILS実装にも適用可能なプラントモデリングツールと活用方法を紹介

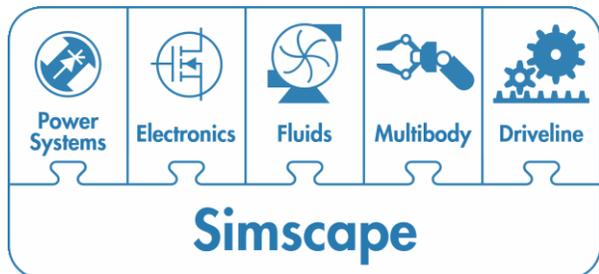
**【本セッションでのキーポイント】**  
**HILS環境実装のためのプラントモデリングツールの機能向上や各種Tipsを紹介**

### – Powertrain Blockset



- Simulinkベースのパワートレイン用プラントモデリングツール
- HILS実装も意識した精度とスピードがバランスしたテンプレートを提供

### – Simscape



- Simscapeローカルソルバーによる演算速度向上
- シミュレーション高速化・安定化のための改善が続々追加実装

## ご興味のあるお客様は是非MathWorksにお問い合わせ下さい

- 環境構築のご検討の際にはMathWorksにご相談下さい
- MATLAB&Simulinkおよび各種プラントモデリングツール:
  - ✓ トライアルライセンス(1ヶ月)でご評価いただけます
- Simulink Real-Time:
  - ✓ 評価用ハードウェアのお貸し出しが可能です

シミュレーションだけでなく、  
実機テストフェーズでも  
プラントモデリングツールの  
活用をご検討下さい！



<お問い合わせ先>

御社営業担当 または MathWorksウェブサイト

[http://jp.mathworks.com/company/aboutus/contact\\_us/index.html](http://jp.mathworks.com/company/aboutus/contact_us/index.html)



Accelerating the pace of engineering and science

© 2017 The MathWorks, Inc. MATLAB and Simulink are registered trademarks of The MathWorks, Inc. See [www.mathworks.com/trademarks](http://www.mathworks.com/trademarks) for a list of additional trademarks. Other product or brand names may be trademarks or registered trademarks of their respective holders.

# 參考資料

# Speedgoatのハードウェアバリエーション

## Performance



**プロセッサ** Intel Core i7 3.5GHz (4 core)

**メモリ/HDD** 4GB / 64GB-SSD

### 用途/特徴

- ラボ向け据え置き型筐体
- HIL/RCP用途
- ハイスペックなプロセッサを活用して演算負荷の大きいプラントモデルを実行

## Mobile



**プロセッサ** Intel Core i7 2.5GHz (2 core)

**メモリ/HDD** 4GB / 64GB-SSD

### 用途/特徴

- フィールド・車載テスト向けハードウェア
- RCP用途
- 省スペース/CPUパフォーマンスのバランス型
- ファンレス仕様

## Baseline



**プロセッサ** Intel Quad Core 2GHz

**メモリ/HDD** 4GB / 64GB-SSD

### 用途/特徴

- 小型のエントリーモデル
- RCP用途 (バイパス開発)
- コンパクトなハードウェア構成  
19cm(幅)×19cm(奥行)×8cm(高さ)  
(拡張スロット無しの場合のサイズの目安)

# リアルタイムOS/シミュレータHWの演算能力の向上

## ■ シミュレータHWの演算能力の向上 – Simulink Real-Time/Speedgoat の場合 –

- 実行したいモデルの規模に応じたプロセッサの選択 or FPGAボードでモデルを分割演算

### プロセッサ

#### Speedgoat Performance

- ✓ Dual Xeon CPUs (24core)
- ✓ Intel Core i7 4.2GHz (4 core)
- ✓ Intel Core i7 3.5GHz (4 core)



#### Speedgoat Mobile

- ✓ Intel Core i7 2.5GHz (2 core)

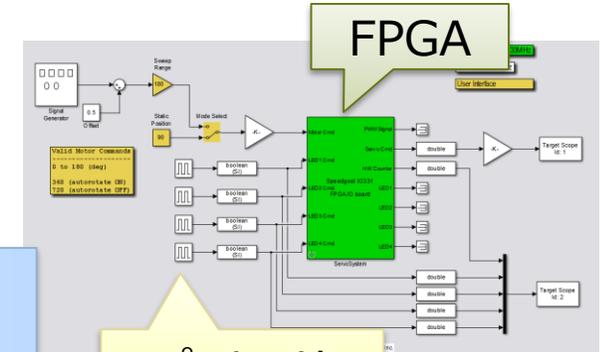


#### Speedgoat Baseline

- ✓ Intel Quad Core 2GHz



プロセッサとFPGAで  
モデルを分散処理



プロセッサ

### FPGAボード

#### Speedgoat IO342

- ✓ Xilinx Kintex UltraScale FPGA (1450k)
- ✓ 5520 DSP slices
- ✓ 8 GB DDR4 RAM
- ✓ Two FMC slots



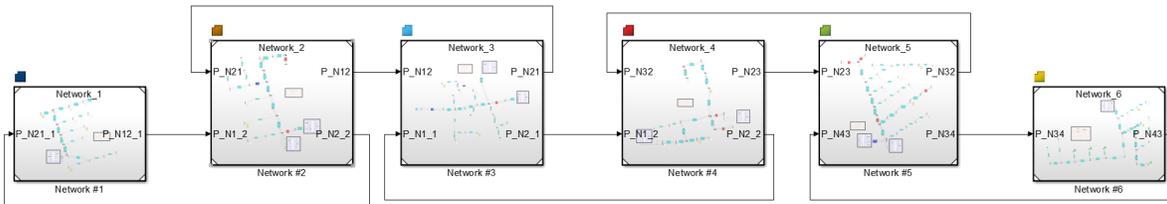
※ HDL CoderによるFPGA実装は固定小数点設計されたSimulinkの一部ライブラリのみをサポートします

# リアルタイムOS/シミュレータHWの演算能力の向上

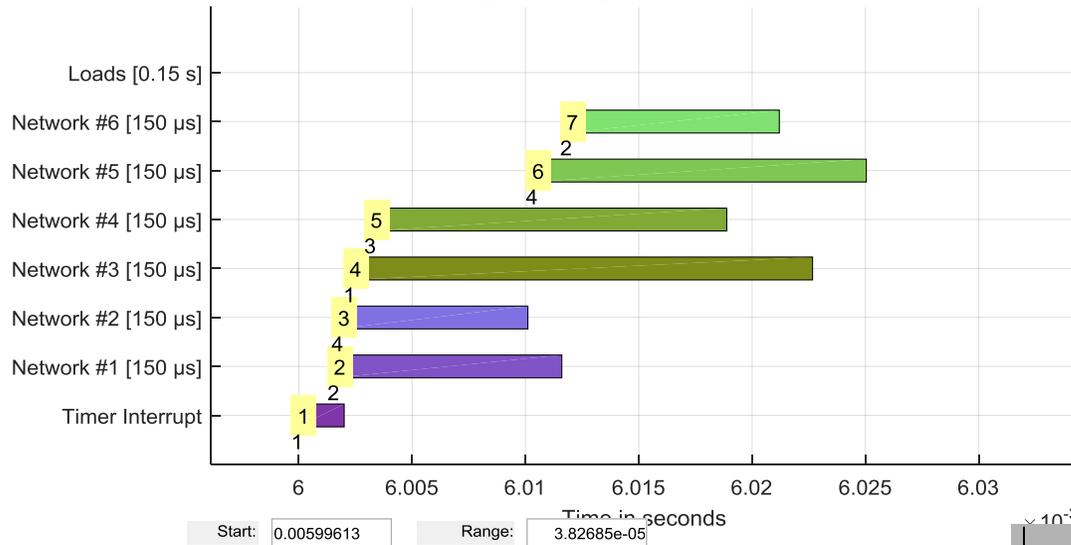
## ■リアルタイムOSの演算能力の向上- Simulink Real-Time/Speedgoat の場合 -

### マルチコア同時実行モード

- 同一ステップサイズのモデルを分割実行



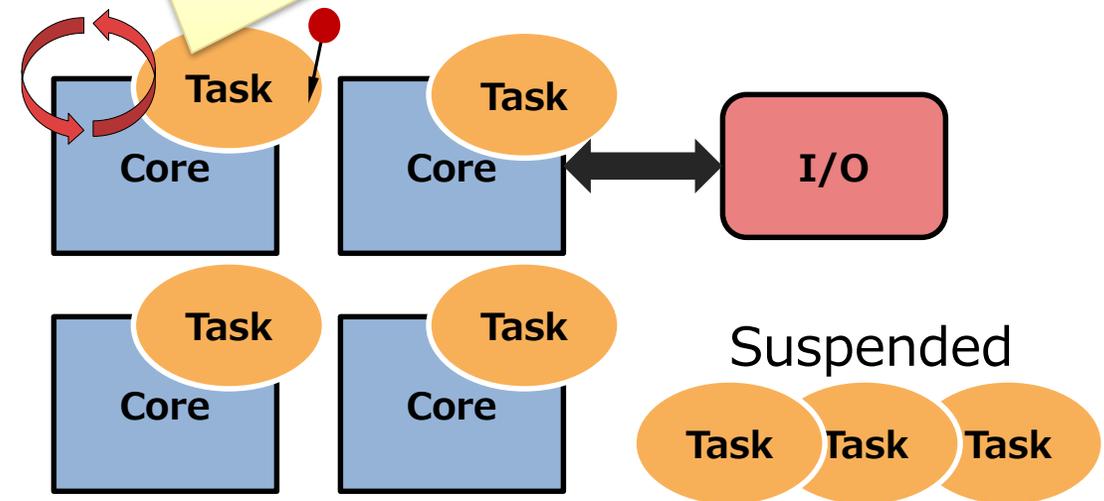
Estimated Execution Time-line



### Polling モード

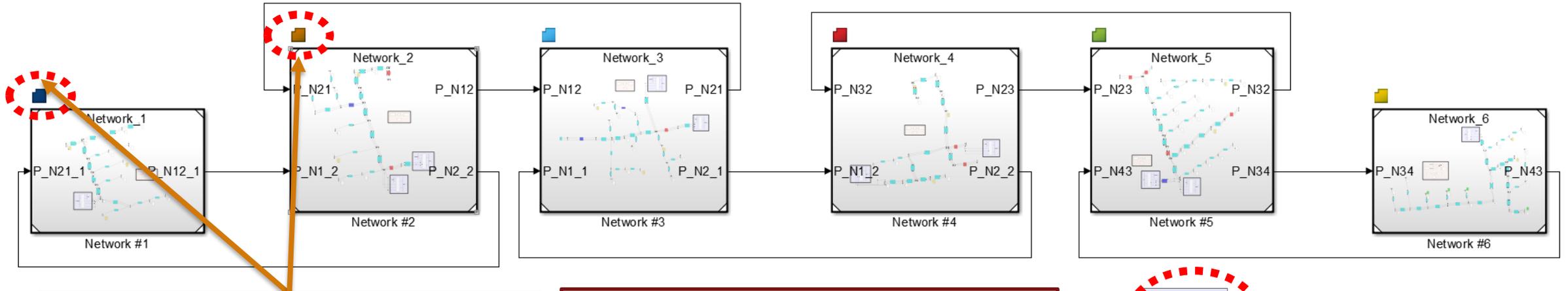
- ベースタスク(最も細かいサンプル時間のタスク)を固定したコアで常に実行
  - タスク実行時間のスパイクを最小化
  - スケジューラのオーバーヘッド削減

Base-rate Taskをコア固定で実行



# Simscapeモデルのマルチコアでの分散処理

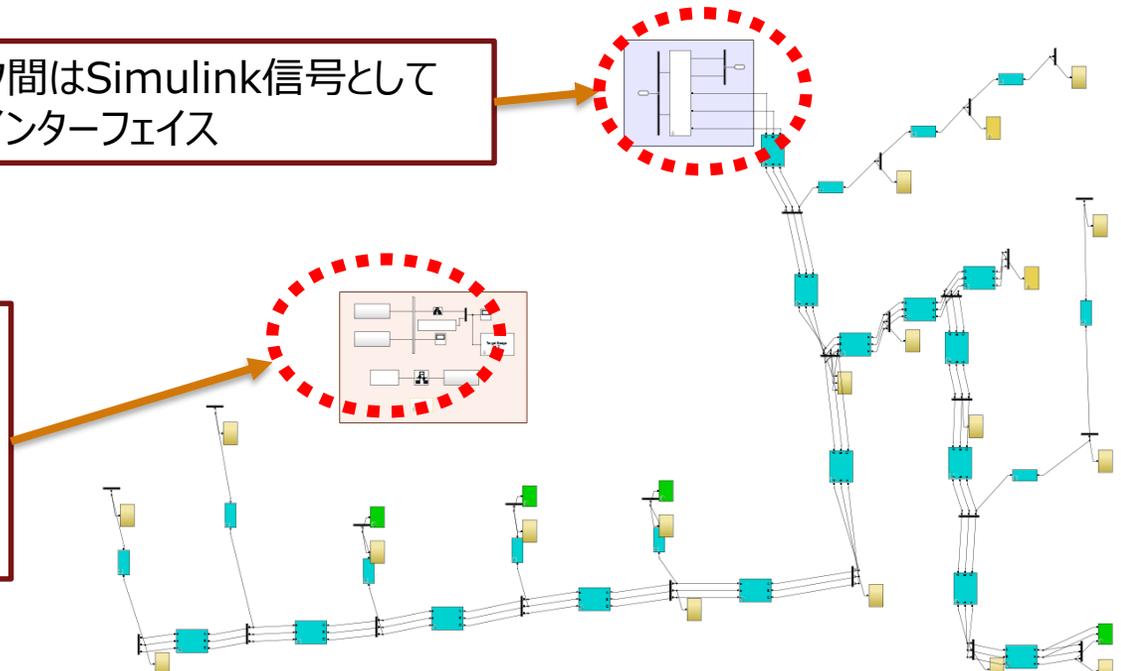
e.g. IEEE 123 ノードモデル



個々のネットワークに対して  
(マルチコアでの)同時実行タスクをアサイン

サブネットワーク間はSimulink信号として  
電圧-電流をインターフェイス

サブネットワークは異なるソルバー設定を  
もつことができます  
"powergui" solver settings:  
- Discrete (EMT)  
- Phasor



# マルチコアでのタスク実行時間 (Task Execution Times: TET)

