

Powertrain Blockset 新機能および R2018a新製品Vehicle Dynamics Blockset ご紹介

MathWorks Japan

アプリケーションエンジニアリング部

宮川 浩

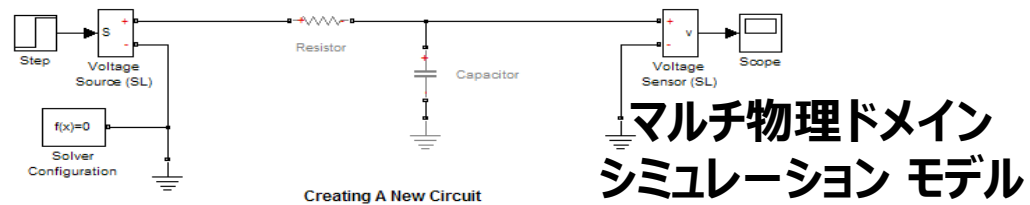
プラントモデリングのアプローチ

第一原理モデリング

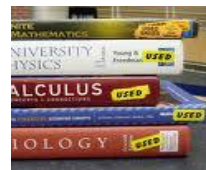
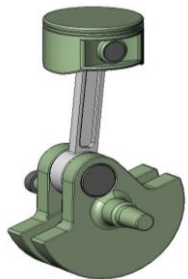
データドリブンモデリング

物理特性ベース
(1D, 3D)

実験・シミュレーション
データベース

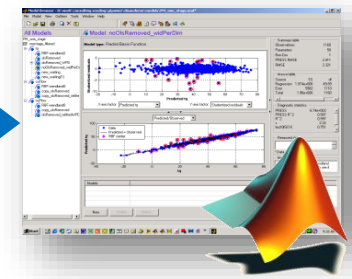
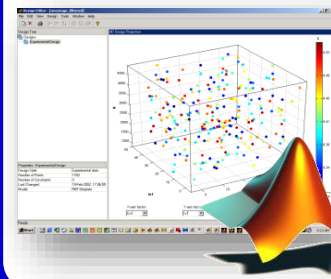
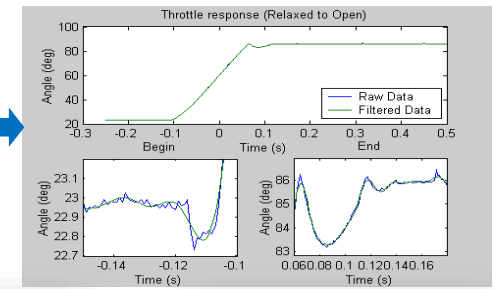


CAD/CAE

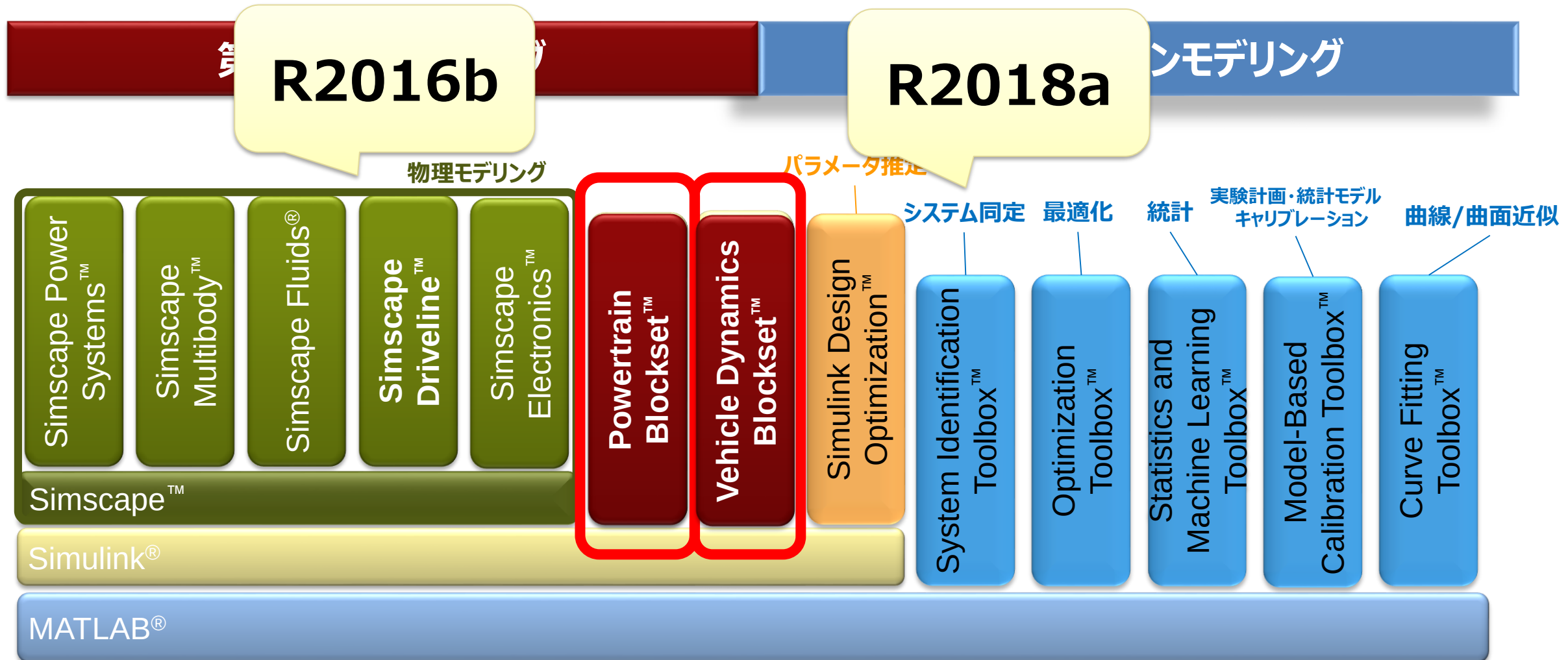


$$H(s) = \frac{s+1}{s^3+3s^2+2s^2+3} \cdot \frac{s^2+3}{s^2+s+1}$$

教科書



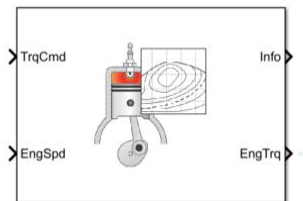
MathWorksが提供するプラントモデリング環境



主要機能

R2016b

Powertrain Blockset



– 車両のパワートレインのモデリングライブラリ

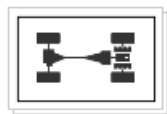
- エンジン、トランスミッション、トラクションモーター、バッテリー部品のライブラリ
- FTP75、NEDC、JC08などを含む標準ドライブサイクルデータ

– リファレンスアプリケーション

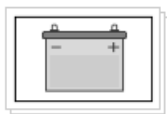
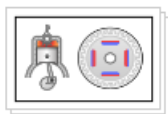
- フルアッセンブル済みのガソリン、ディーゼル、ハイブリッド、電動パワートレインのモデル
- バーチャルキャリブレーションとテストのためのエンジンダイナモメータモデル

– モデリング支援

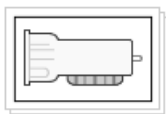
- エンジンモデルのリサイズ機能
- Excelファイルからエンジンモデル生成



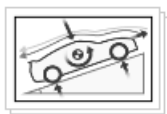
Drivetrain

Energy Storage
and Auxiliary Drive

Propulsion



Transmission



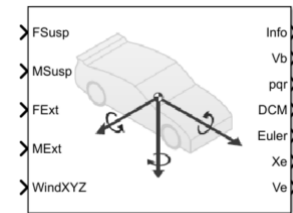
Vehicle Dynamics



Vehicle Scenario Builder

R2018a

Vehicle Dynamics Blockset



– 車両ダイナミクスのモデリングライブラリ

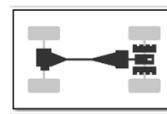
- 推進、ステアリング、サスペンション、車体、ブレーキ、およびタイヤコンポーネントのライブラリ

– リファレンスアプリケーション

- フルアッセンブル済みの乗用車の車両ダイナミクスモデル
- 乗り心地とハンドリングテストのためのスタンダードテスト（ダブルレーンチェンジなど）

– 3Dシーン

- シミュレーションを視覚化し、シーン情報をSimulinkに伝達するための3D環境
- 直進道路、曲がりくねった道路、駐車場を含む事前構築された3Dシーン



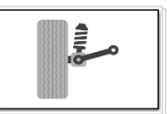
Powertrain



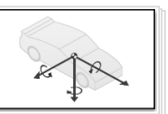
Wheels and Tires



Steering



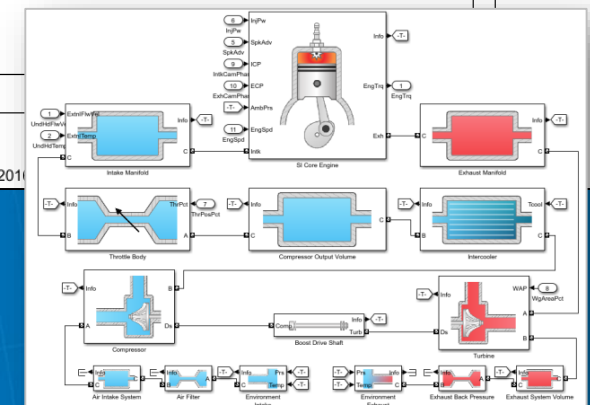
Suspension



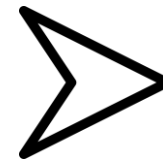
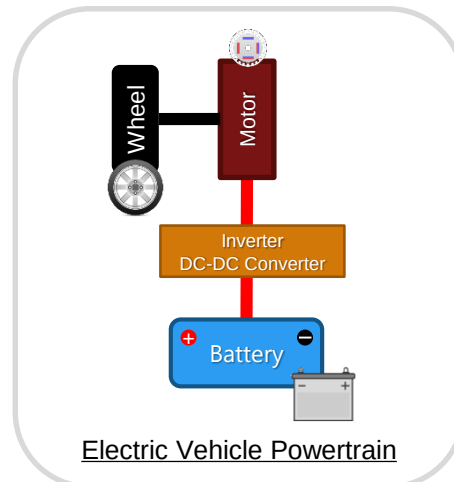
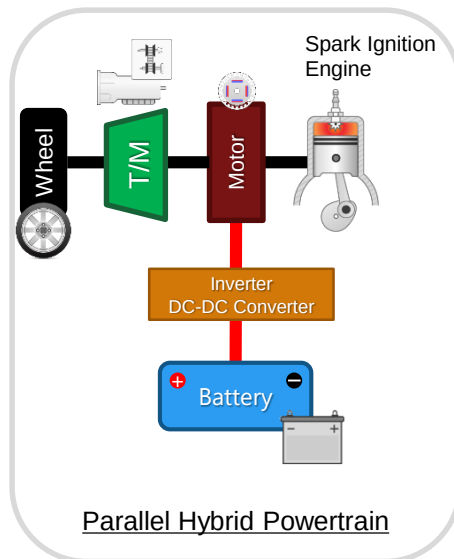
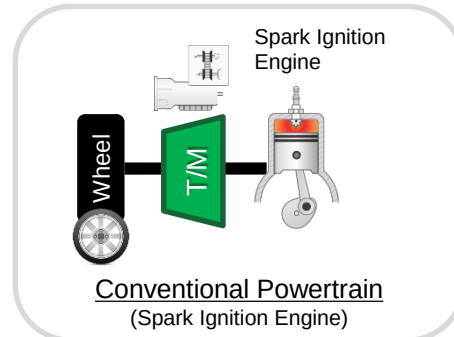
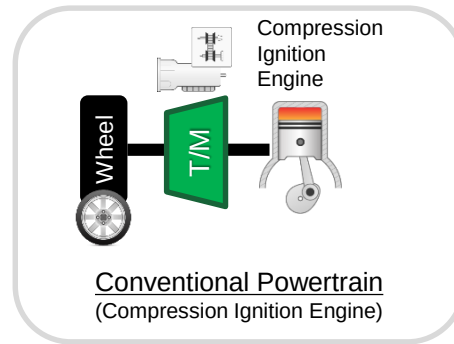
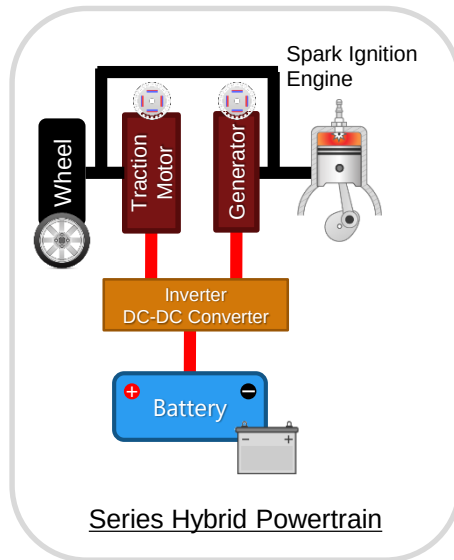
Vehicle Body



Vehicle Scenarios



パワートレイン構成例

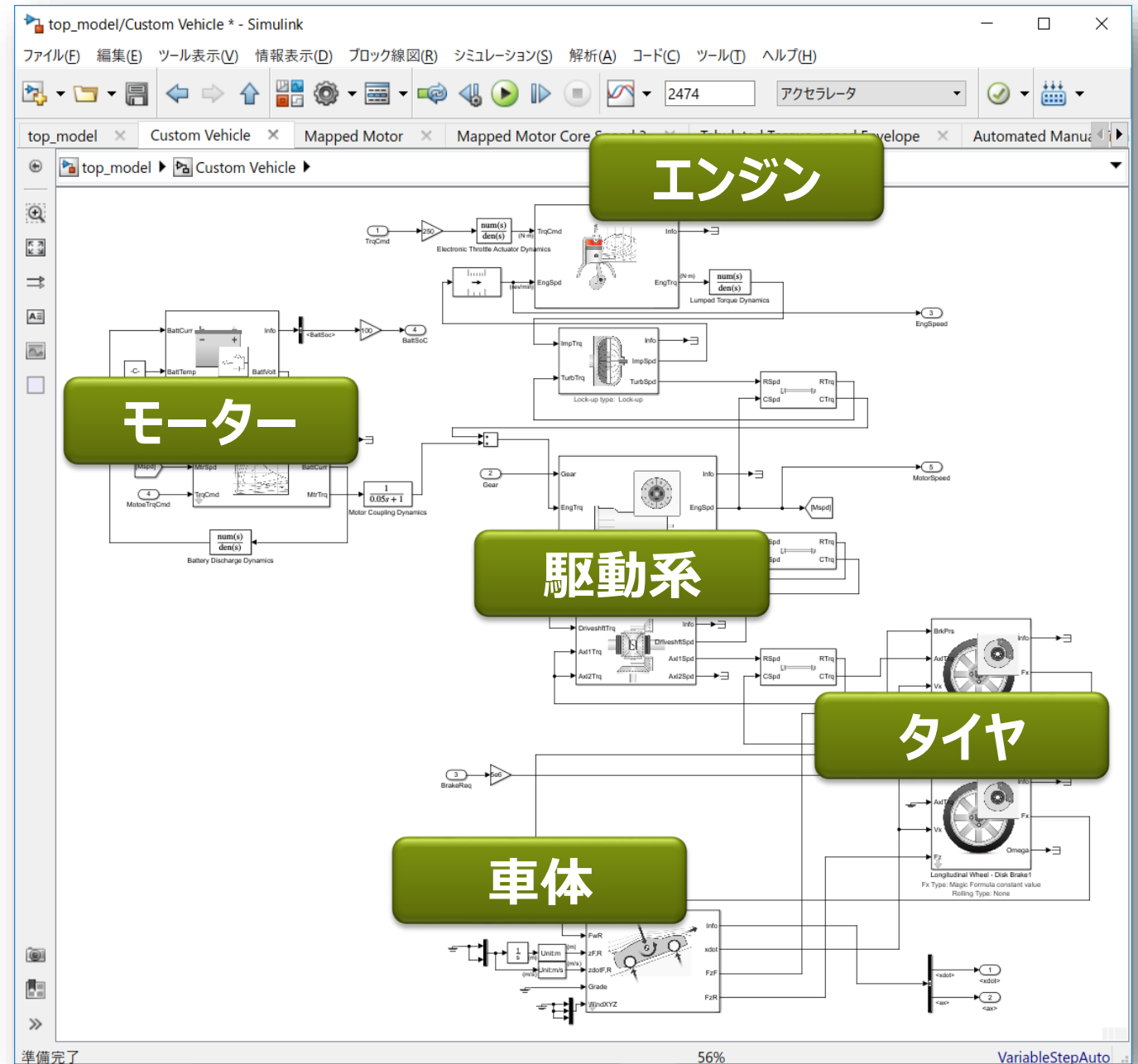
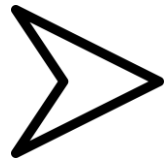
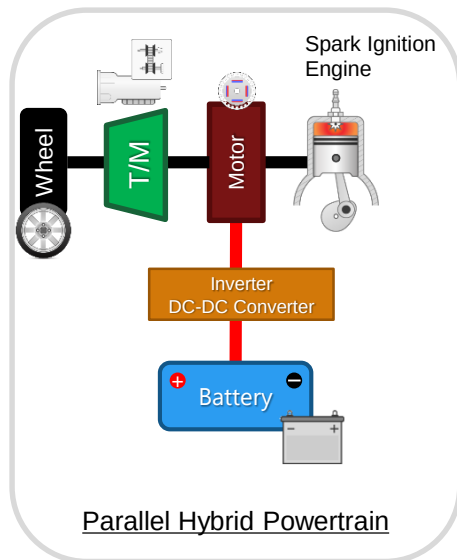


最適なパワートレインの構成は？

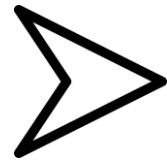
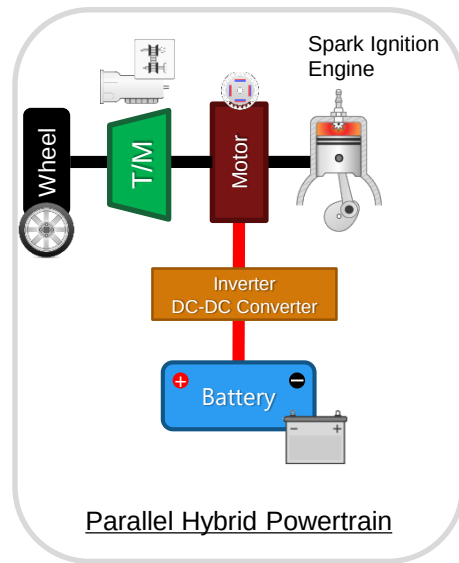
最適な制御は？

制御対象のモデリングは
手間がかかる

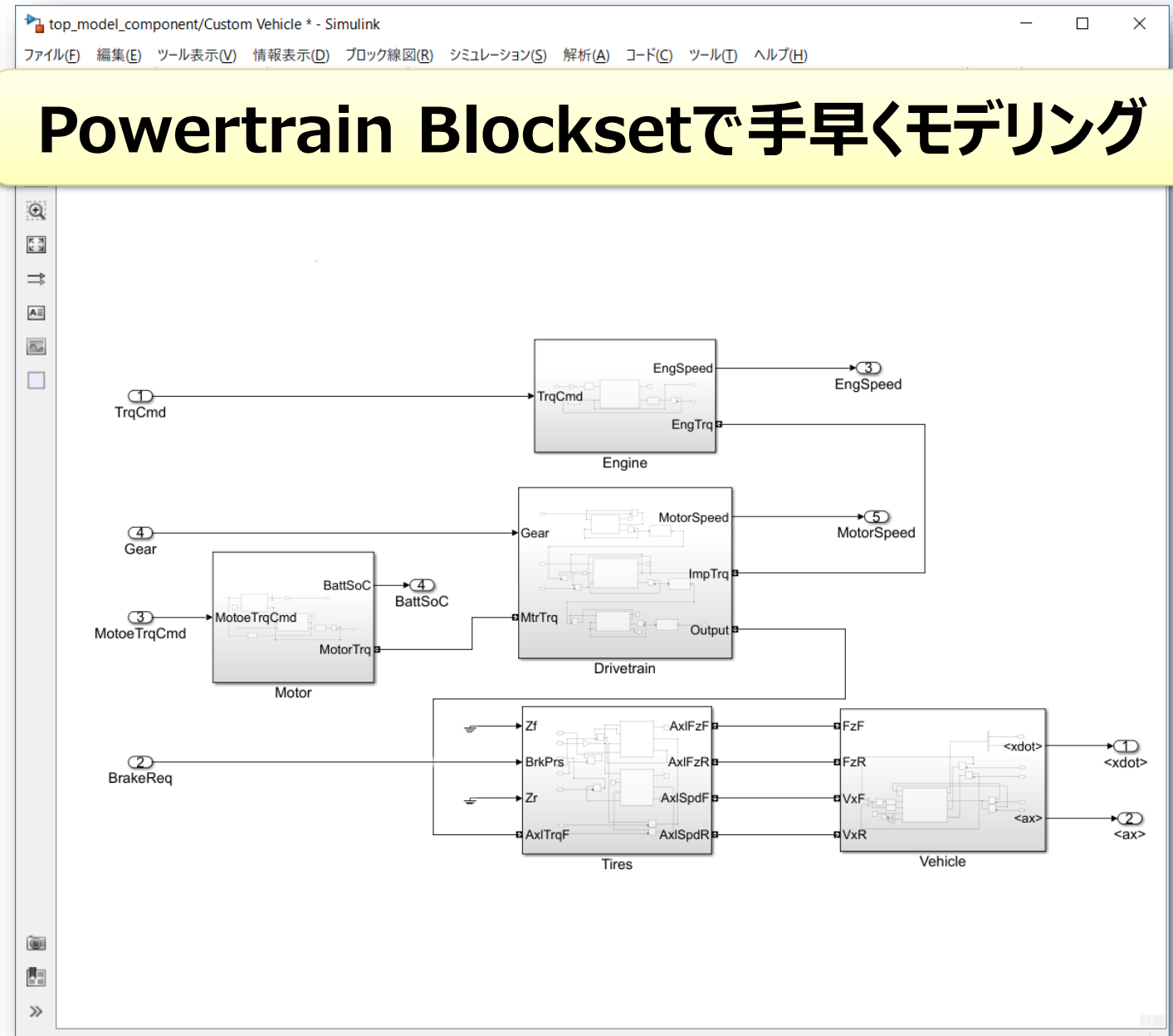
パワートレインモデリング例



パワートレインモデリング例



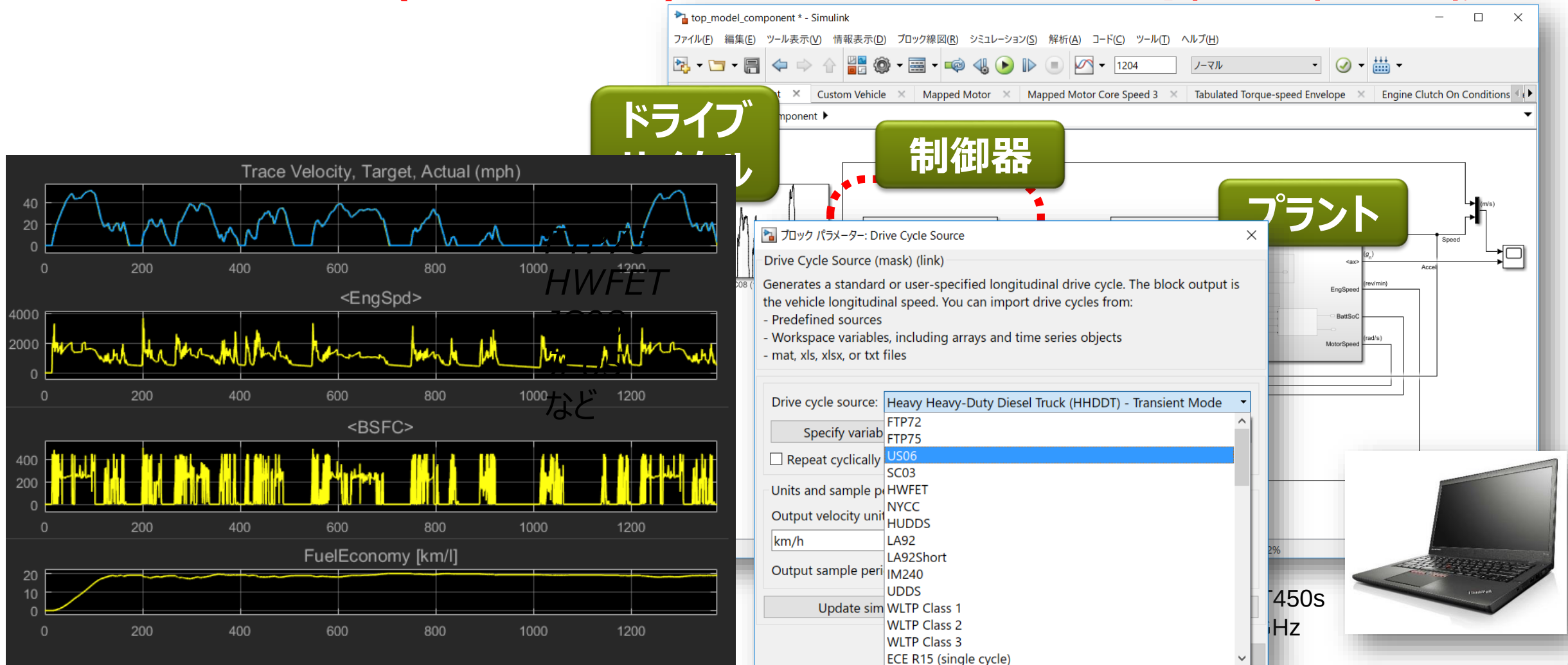
Powertrain Blocksetで手早くモデリング



シミュレーション時間

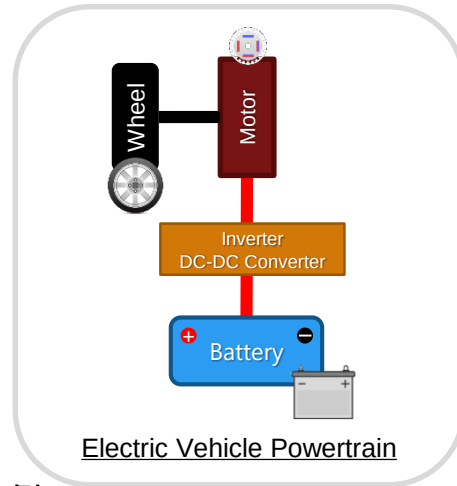
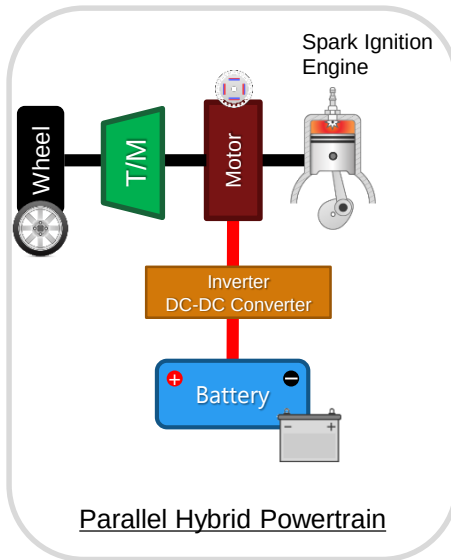
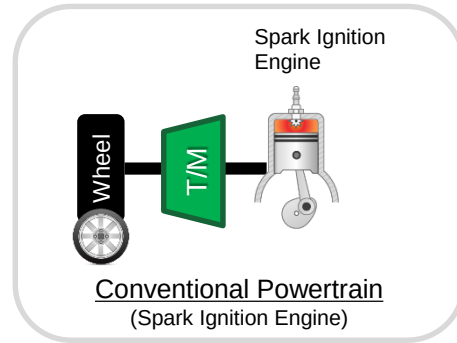
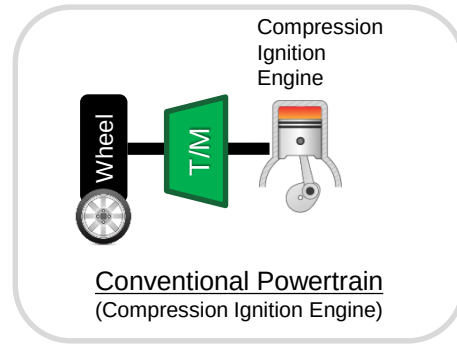
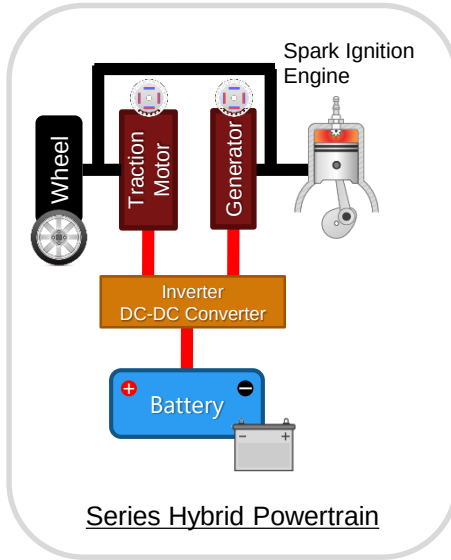
Powertrain Blocksetは低負荷

JC08モード (1376sec) のシミュレーション時間は約20秒!

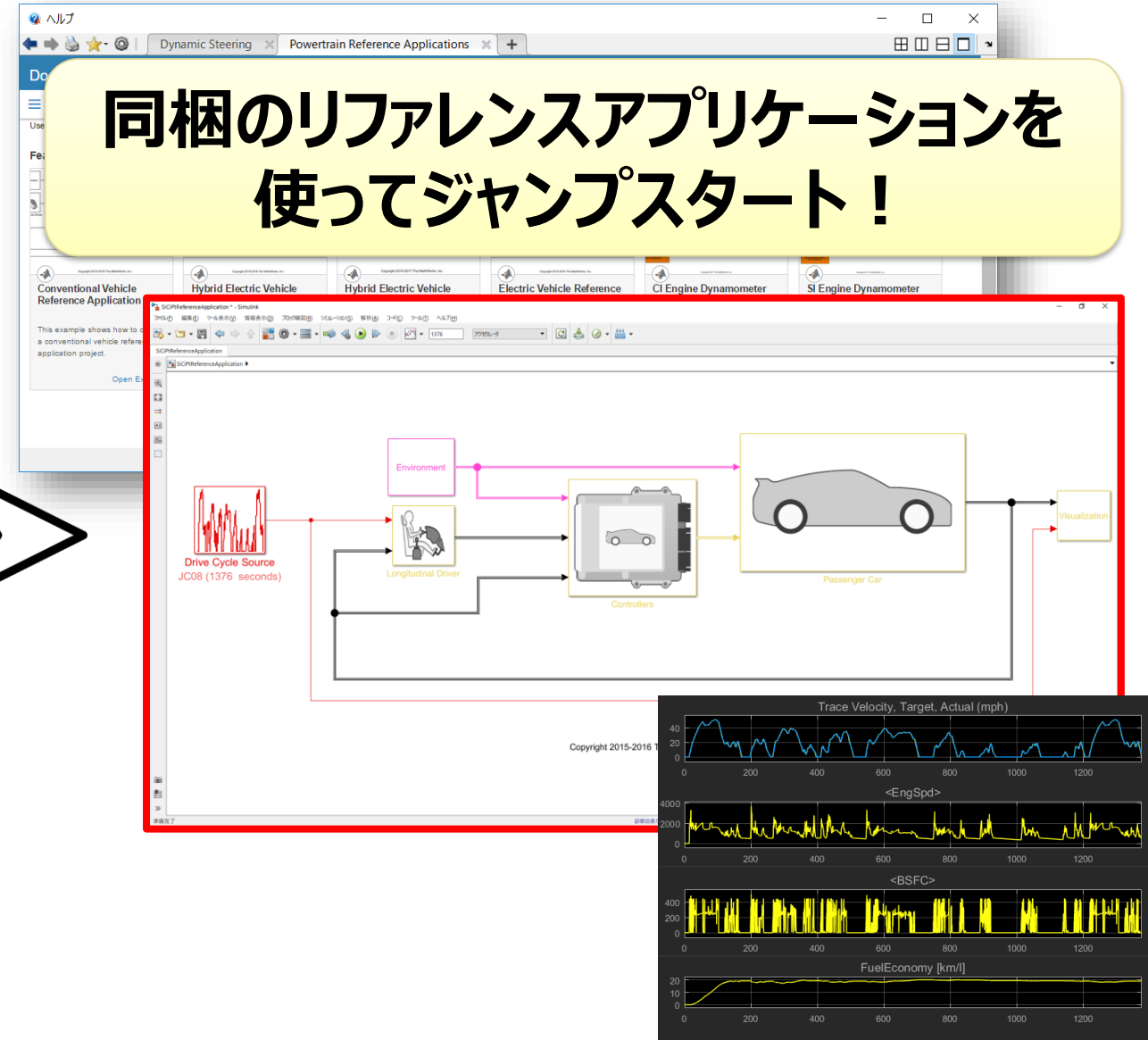
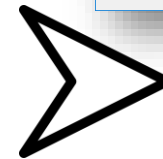


プレアセンブリ済みのリファレンスアプリケーション

システムをPowertrain Blocksetを使用してモデリング

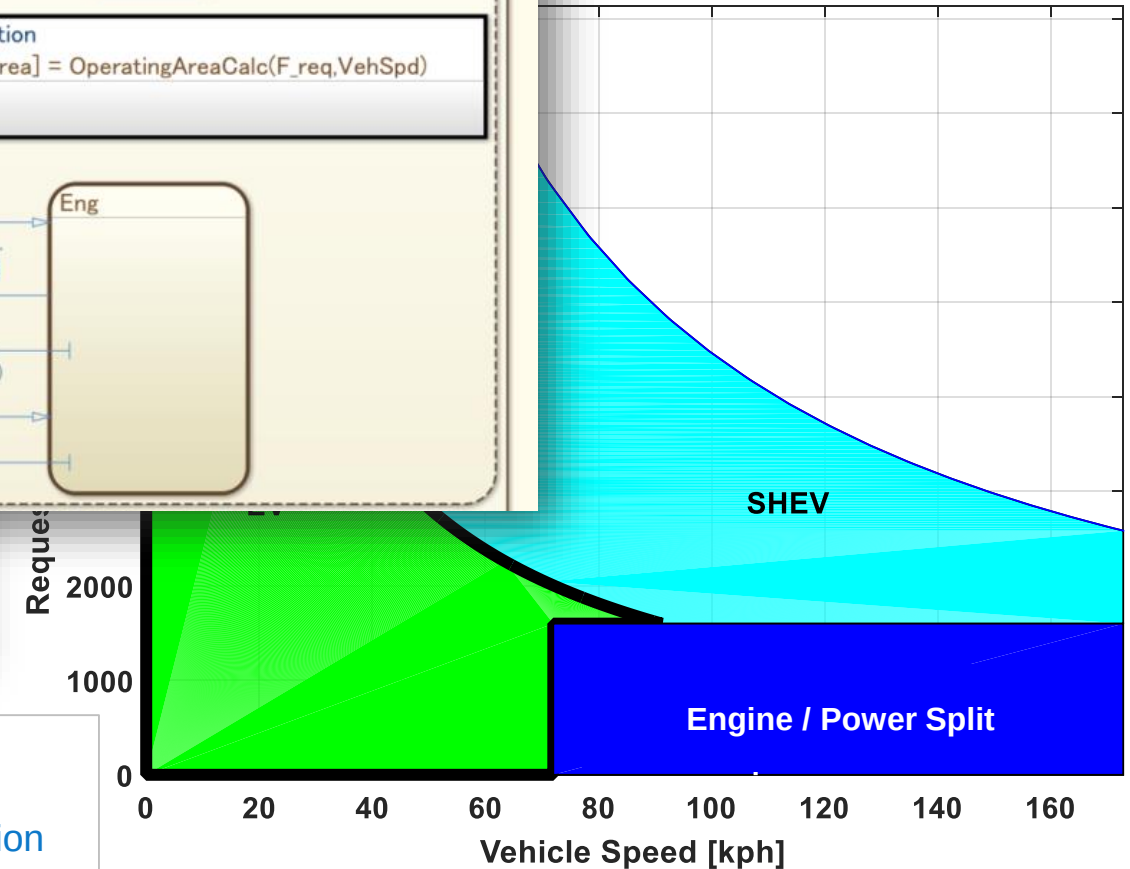
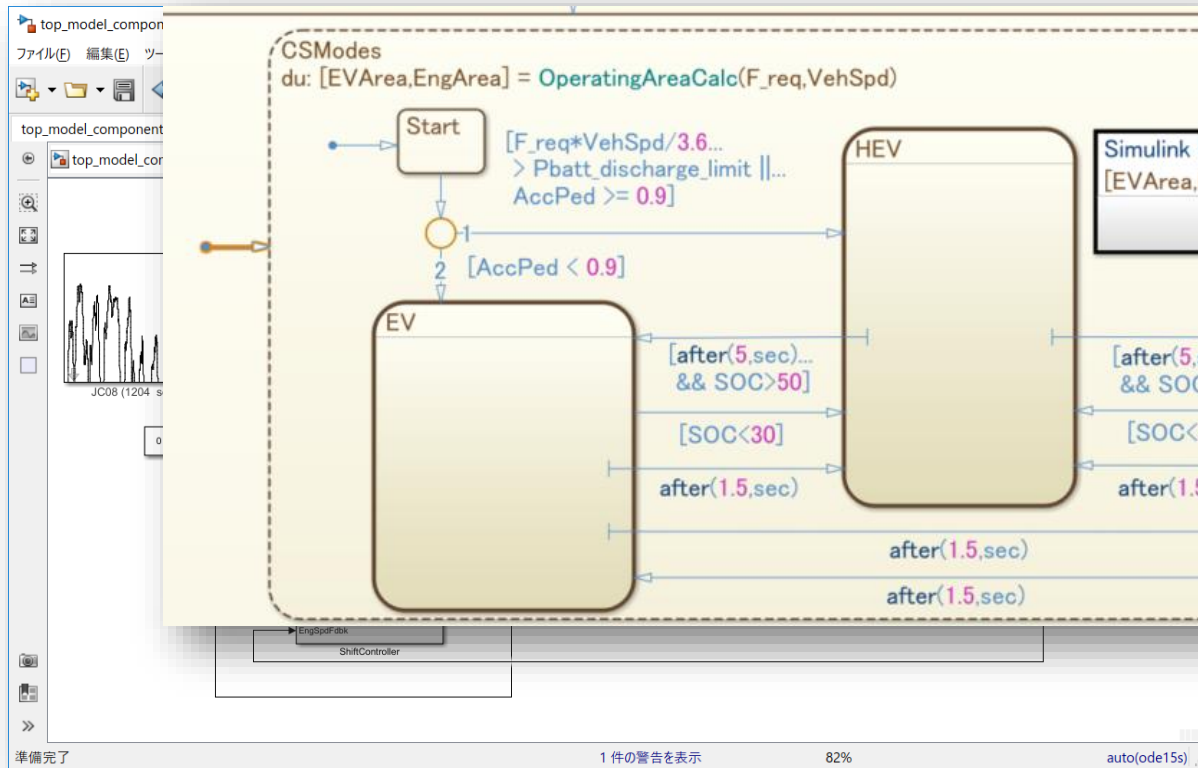
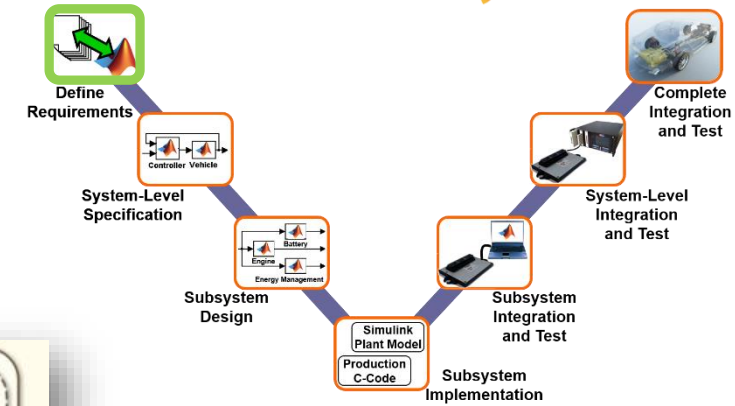


同梱のリファレンスアプリケーションを使ってジャンプスタート！



※構築例

事例：制御ロジック最適化 (Multi-Mode HEVの制御切り替え)



使用オプション:
Powertrain Blockset
Simulink Design Optimization
(Parallel Computing Toolbox™)

事例：制御ロジック最適化：最適化問題の定義

■ 使用ソフトウェア

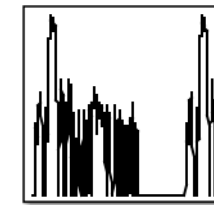
- Simulink Design Optimization
- Parallel Computing Toolbox



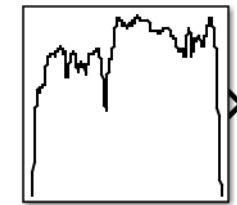
Lenovo ThinkPad T450s
Dual Core i7 2.60GHz
12 GB RAM

■ 目的：燃費最大化

- ドライブサイクルモード：FTP75 + HWFET
- 重み付き燃費[MPGe] = $0.55(\text{FTP75}) + 0.45(\text{HWFET})$



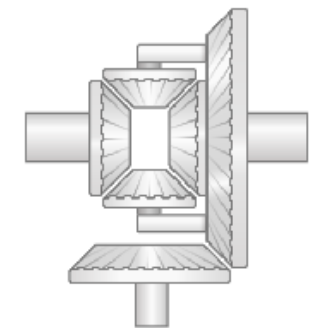
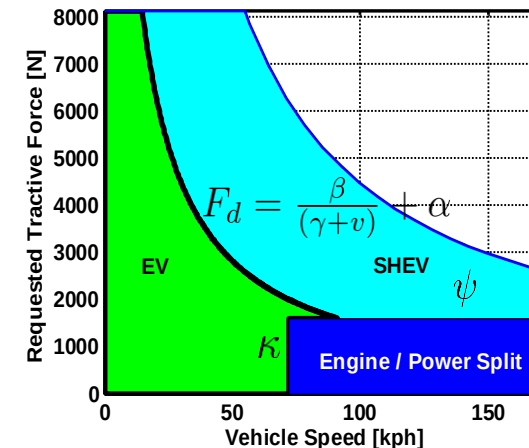
Drive Cycle Source1
FTP75 (2474 seconds)



Drive Cycle Source
HWFET (765 seconds)

■ 最適化するパラメータ:

- 制御諸元
 - 運転モード (EV, SHEV, Engine) の境界線
- ハード諸元
 - デフギア比

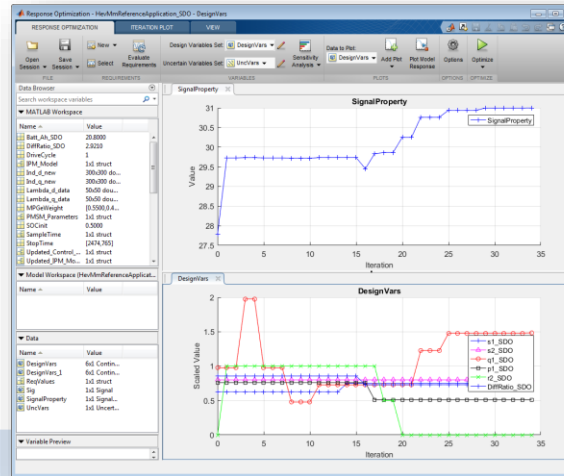


Differential Ratio

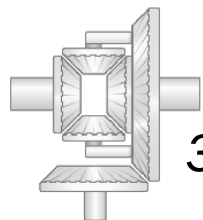
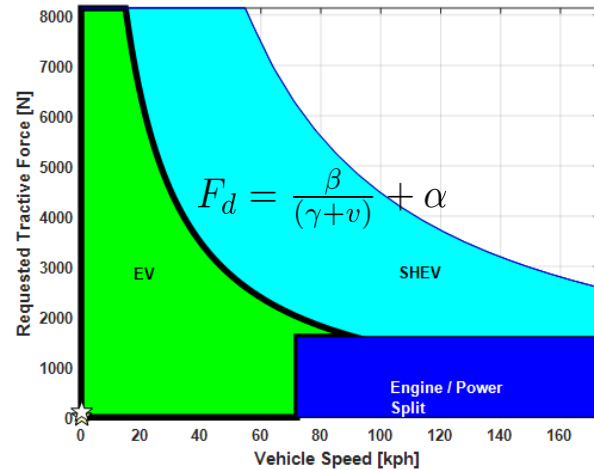
事例：制御ロジック最適化：パラメータチューニング結果

- Simulink Design Optimization -> [応答最適化]

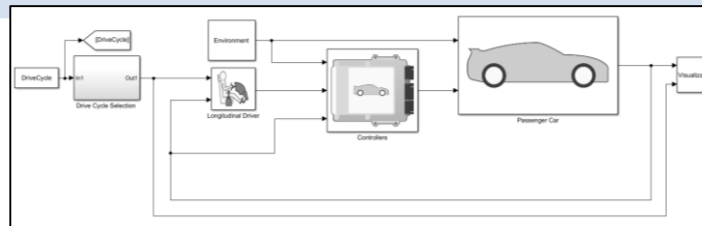
Lenovo ThinkPad T450s
Dual Core i7 2.60GHz
12 GB RAM



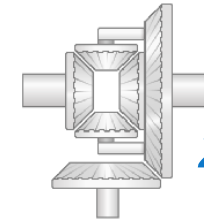
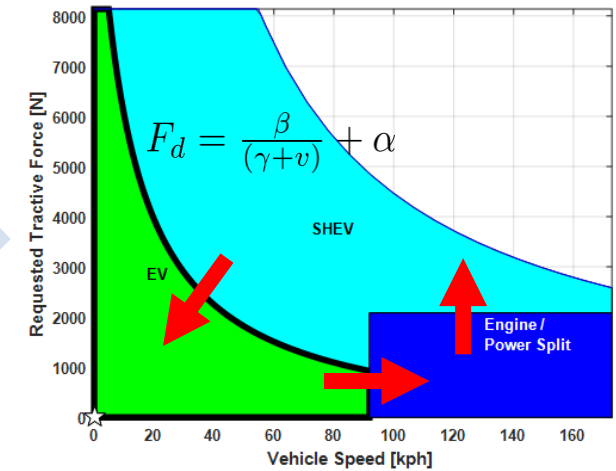
~ 12 Hours



3.42:1



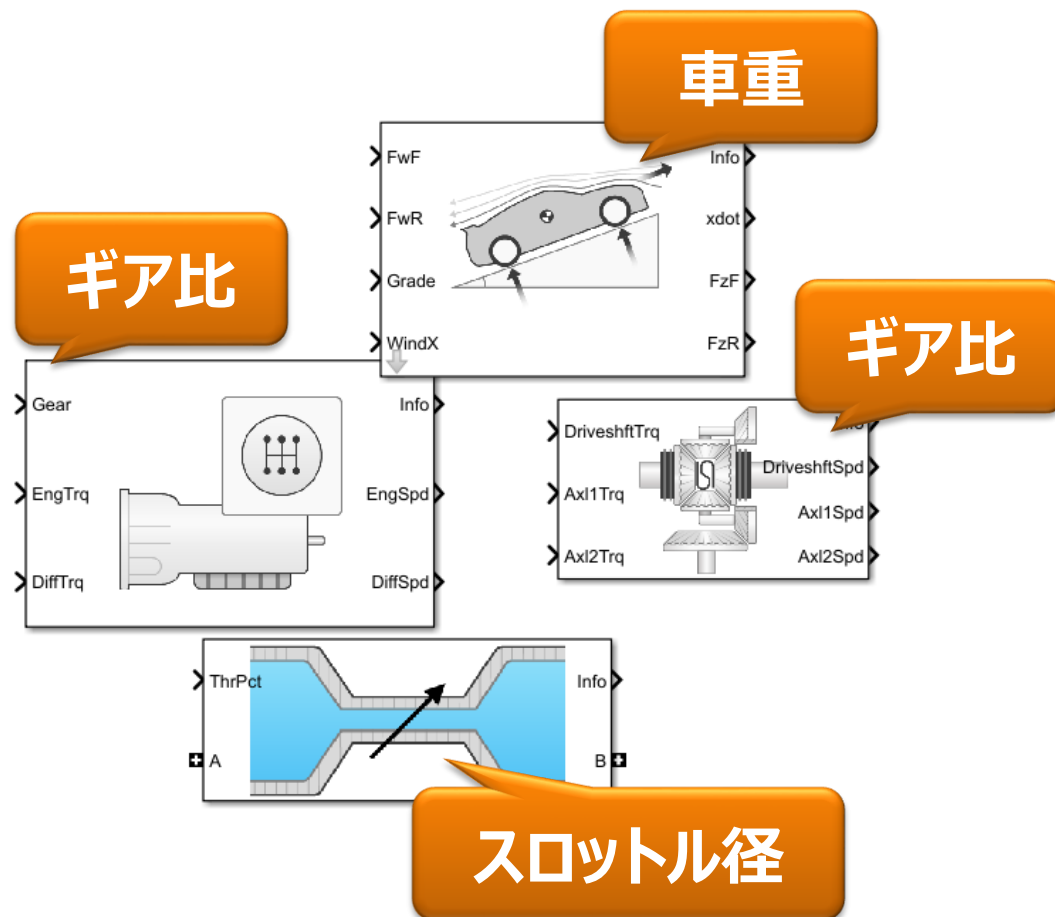
+ 2% MPGe



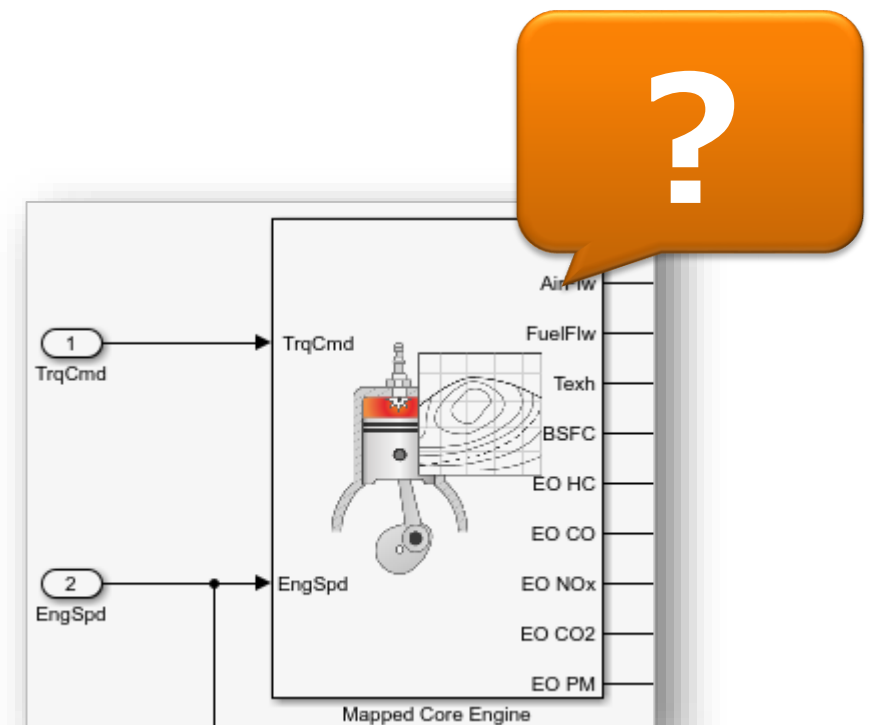
2.92:1

プラントモデルのパラメータ設定

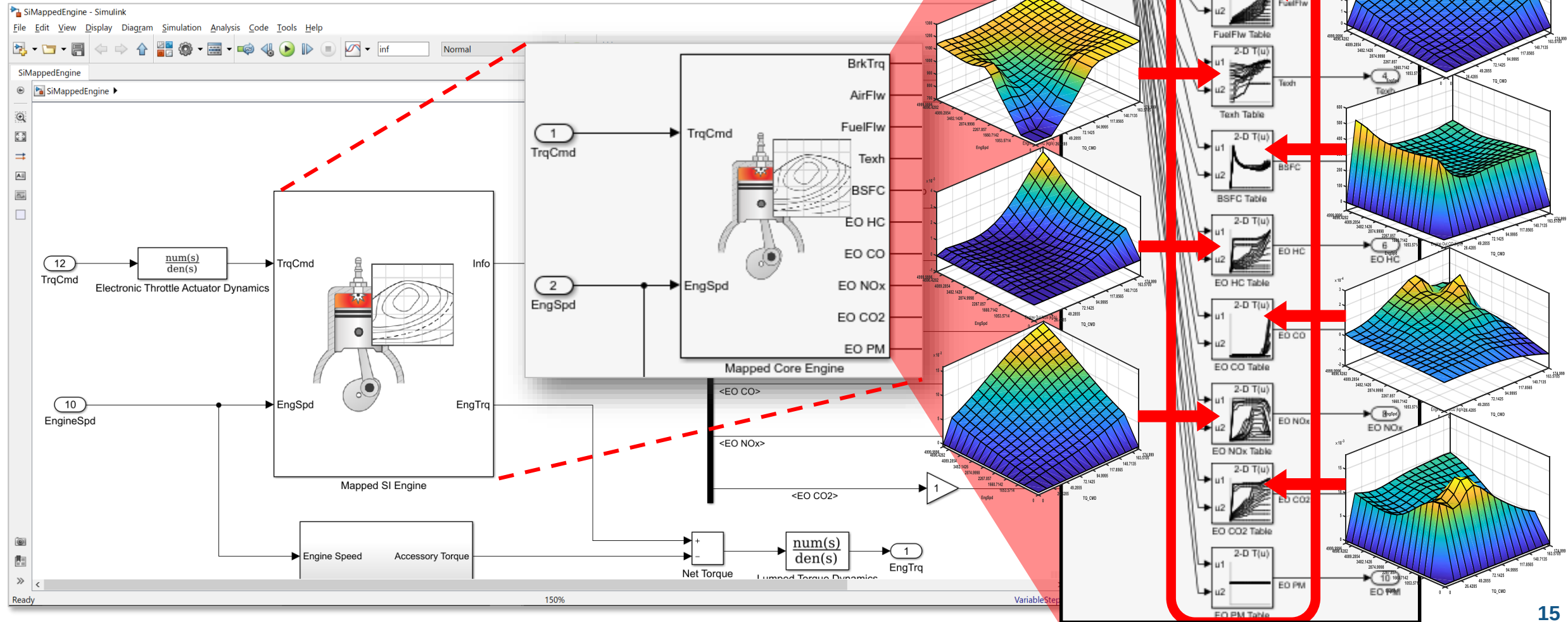
- 第 1 原理モデリング



- データドリブンモデリング



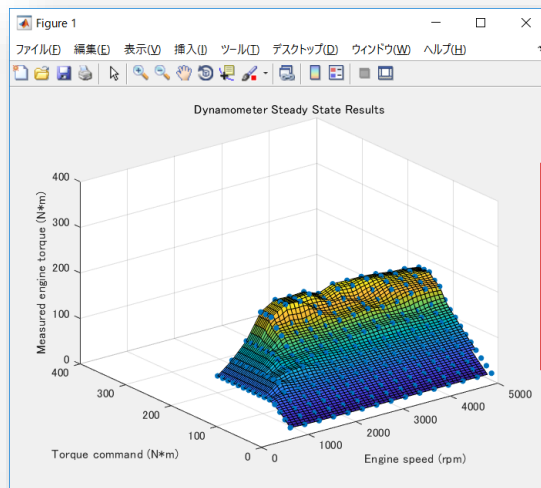
Powertrain Blocksetのエンジnbブロック



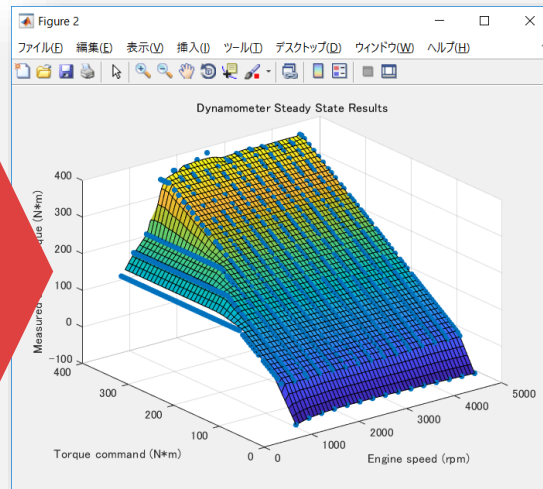
Powertrain Blockset 新機能ハイライト

R2017b

- Prius-like reference application
- **Resize Engine and Recalibrate Controller**
- DC-DC converter
- Flux-based PMSM motor



トルクマップ : 115[kW] 4気筒



トルクマップ : 221[kW] 6気筒

R2018a

- **Engine data import via MBC**
- Low-Pressure EGR

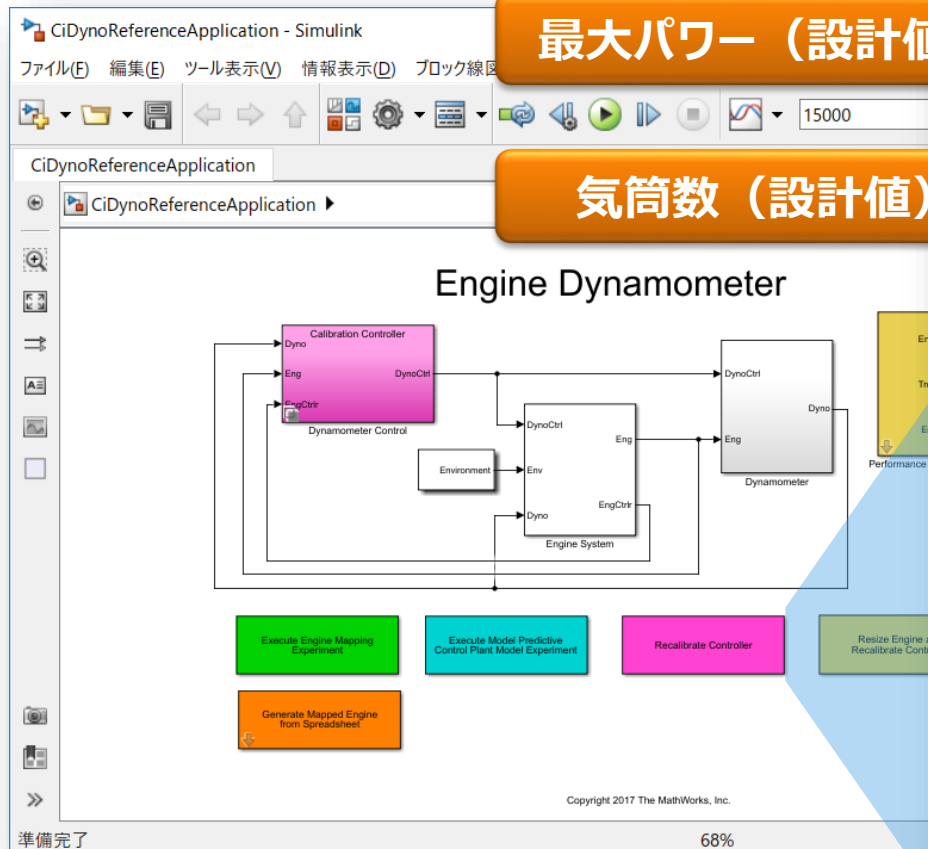


Powertrain Blockset 新機能

Resize Engine and Recalibrate Controller

R2017b

わずか2つのパラメータから、
マップエンジンモデルの
パラメータを自動生成



最大パワー（設計値）

気筒数（設計値）

ブロック パラメーター: Recalibrate Engine

Engine resize and recalibrate tool

Engine plant and re-calibrate engine controller

Desired maximum power [kW]: 106.1585

Number of cylinders: 4

Resize Engine

Current Engine

Maximum power [kW]: 106.1585

Number of cylinders: 4

Engine displacement [L]: 2.0

Idle speed [rpm]: 800

Speed for maximum torque [rpm]: 2714

Maximum torque [Nm]: 273.7

Power for best fuel [kW]: 65.9

Speed for best fuel [rpm]: 2714

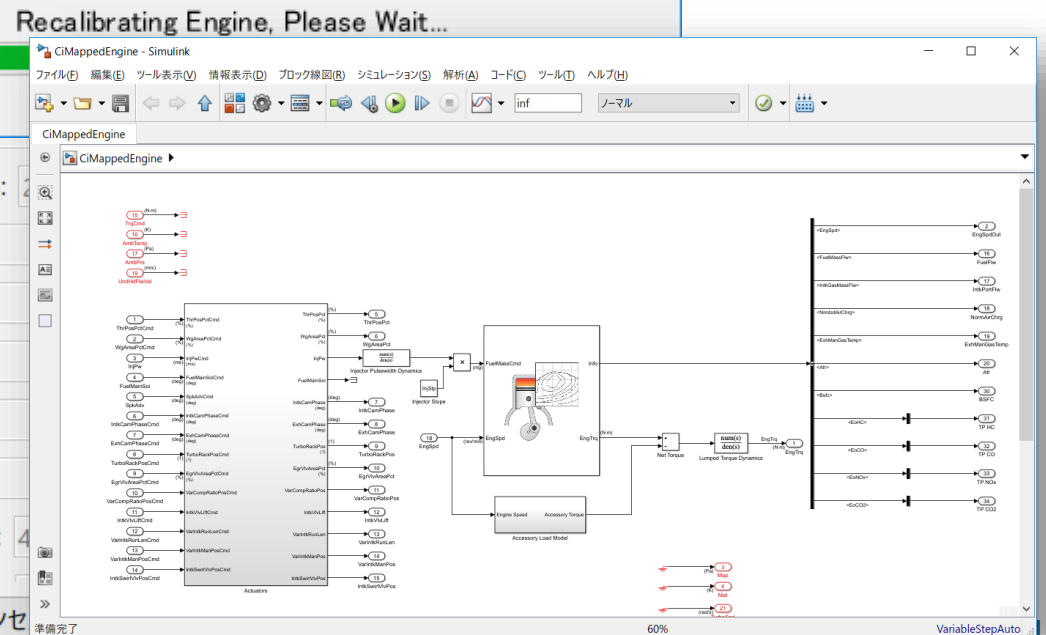
Torque for best fuel [Nm]: 232

BSFC for best fuel [g/kWh]: 196.1

Speed for maximum power [rpm]: 4000

OK(O)

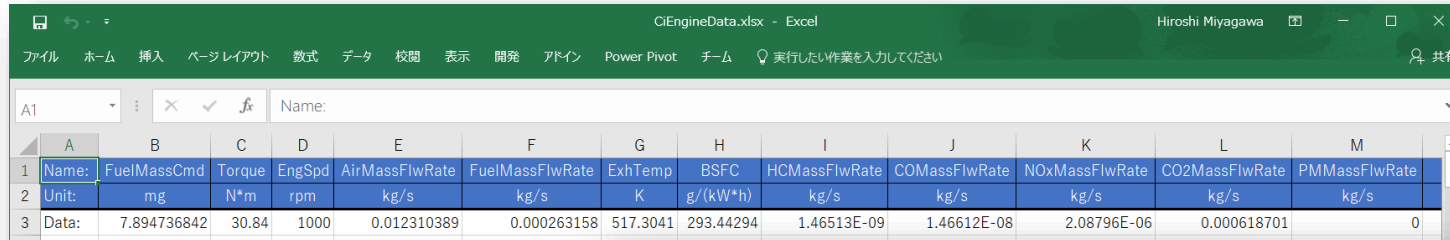
キャンセル



Powertrain Blockset 新機能 Engine data import via MBC

R2018a

実験データを用いて
高精度、低負荷なエンジン
モデルを自動生成



Name:	FuelMassCmd	Torque	EngSpd	AirMassFlwRate	FuelMassFlwRate	ExhTemp	BSFC	HCMassFlwRate	COMassFlwRate	NOxMassFlwRate	CO2MassFlwRate	PMMassFlwRate
Unit:	mg	N*m	rpm	kg/s	kg/s	K	g/(kW*h)	kg/s	kg/s	kg/s	kg/s	kg/s
Data:	7.894736842	30.84	1000	0.012310389	0.000263158	517.3041	293.44294	1.46513E-09	1.46612E-08	2.08796E-06	0.000618701	0

ブロック パラメーター: Subsystem5

Create Mapped Engine from Spreadsheet (mask)

Use Model-Based Calibration Toolbox to generate a mapped engine model from a data spreadsheet. Apply the calibration to a Powertrain Blockset mapped engine model.

 Requires Model-Based Calibration Toolbox

パラメーター

Step 1: Generate mapped engine calibration using Model-Based Calibration

Spreadsheet file: CiEngineData.xlsx

Generate mapped engine calibration

Step 2: Apply calibration to mapped engine model

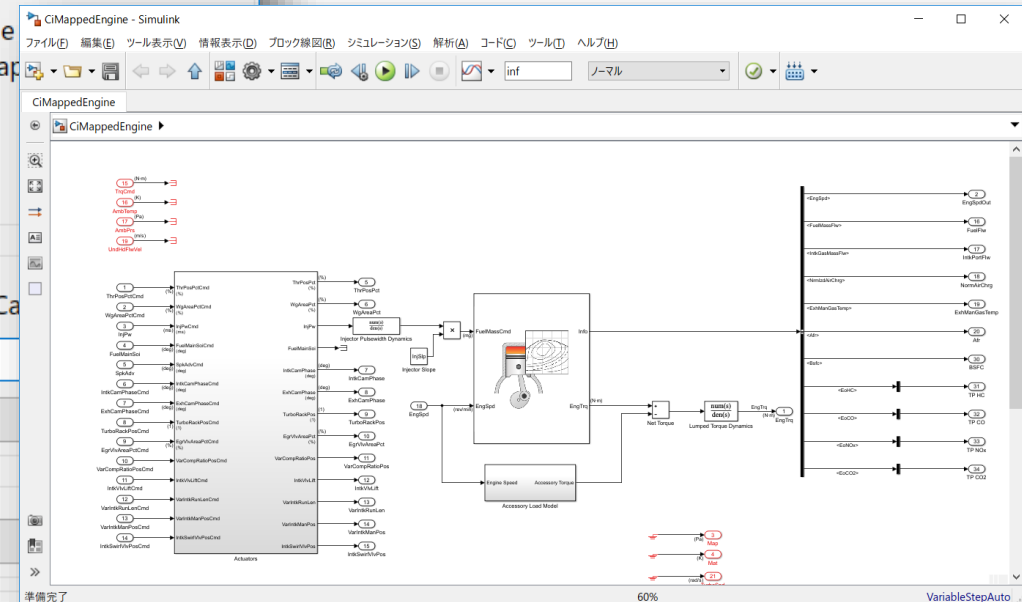
Apply calibration to mapped engine model

OK(O)

キャンセル(C)

ヘルプ(H)

適用(A)



準備完了

68%

ode23tb

Engine Data Import

SiDynoReferenceApplication - Simulink

File Edit View Display Diagram Simulation Analysis Code Tools Help

SiDynoReferenceApplication

Engine Plant

SiDynoReferenceApplication

Engine Dynamometer

Execute Engine Mapping Experiment

Execute Model Predictive Control Plant Model Experiment

Recalibrate Controller

Resize Engine and Recalibrate Controller

Help

Generate Mapped Engine from Spreadsheet

Copyright 2017 The MathWorks, Inc.

SiEngineData.xlsx - Excel

File Home Insert Page Layout Formulas Data Review View

Clipboard

Font

Alignment

Number

A5

A

B

C

D

E

F

G

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

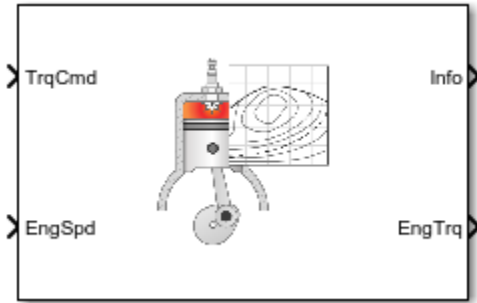
22

	Name:	Torque	EngSpd	AirMassFlwRate	FuelMassFlwRate	ExhTemp	BSFC
	Unit:	N*m	rpm	kg/s	kg/s	K	g/(kW*h)
3	Data:	33.598	750				350.97314
4		45.847	750				318.76013
5		56.568	750				304.45778
6		68.245	750				296.26486
7		76.223	750				291.3998
8		76.223	750				291.39963
9		28.544	1053.6				393.66527
10		40.024	1053.6				329.91411
11		51.453	1053.6				299.89702
12		62.881	1053.6				286.35412
13		74.31	1053.6				277.26949
14		85.738	1053.6				275.16961
15		95.025	1053.6				283.46379
16		24.676	1357.1				413.12511
17		36.983	1357.1	0.007204383	0.000493451	921.4745	338.20039
18		48.412	1357.1	0.008373948	0.000573558	926.201	300.20794
19		59.84	1357.1	0.0097533	0.000668034	941.4953	282.79031
20		71.269	1357.1	0.011219721	0.000768474	955.8058	273.14525
21		82.697	1357.1	0.012688208	0.000869055	969.9667	266.19969
22		94.126	1357.1	0.014311804	0.000980261	1007.937	263.80194

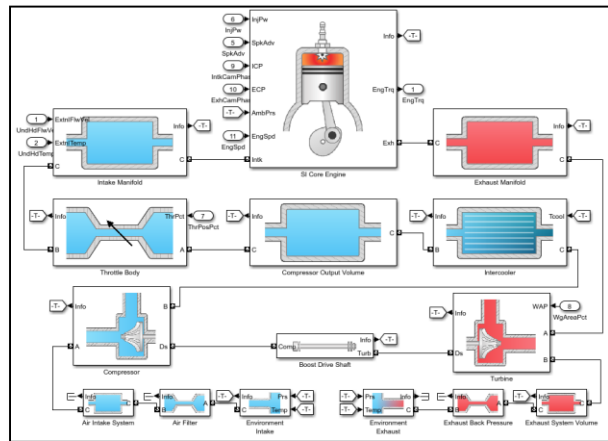
Firing Data

Nonfiring Data

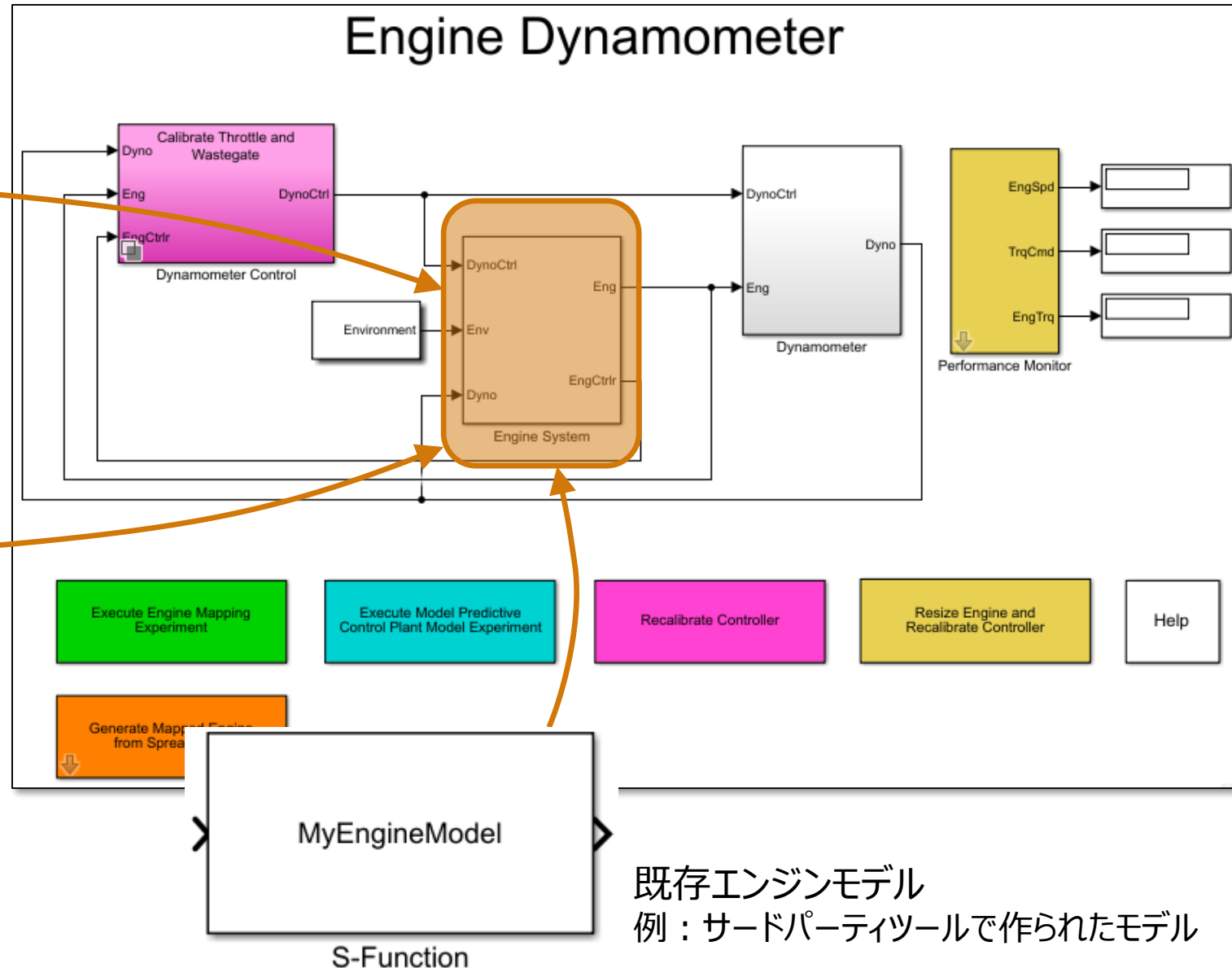
フレキシブルなテストフレームワーク



マップエンジンブロック



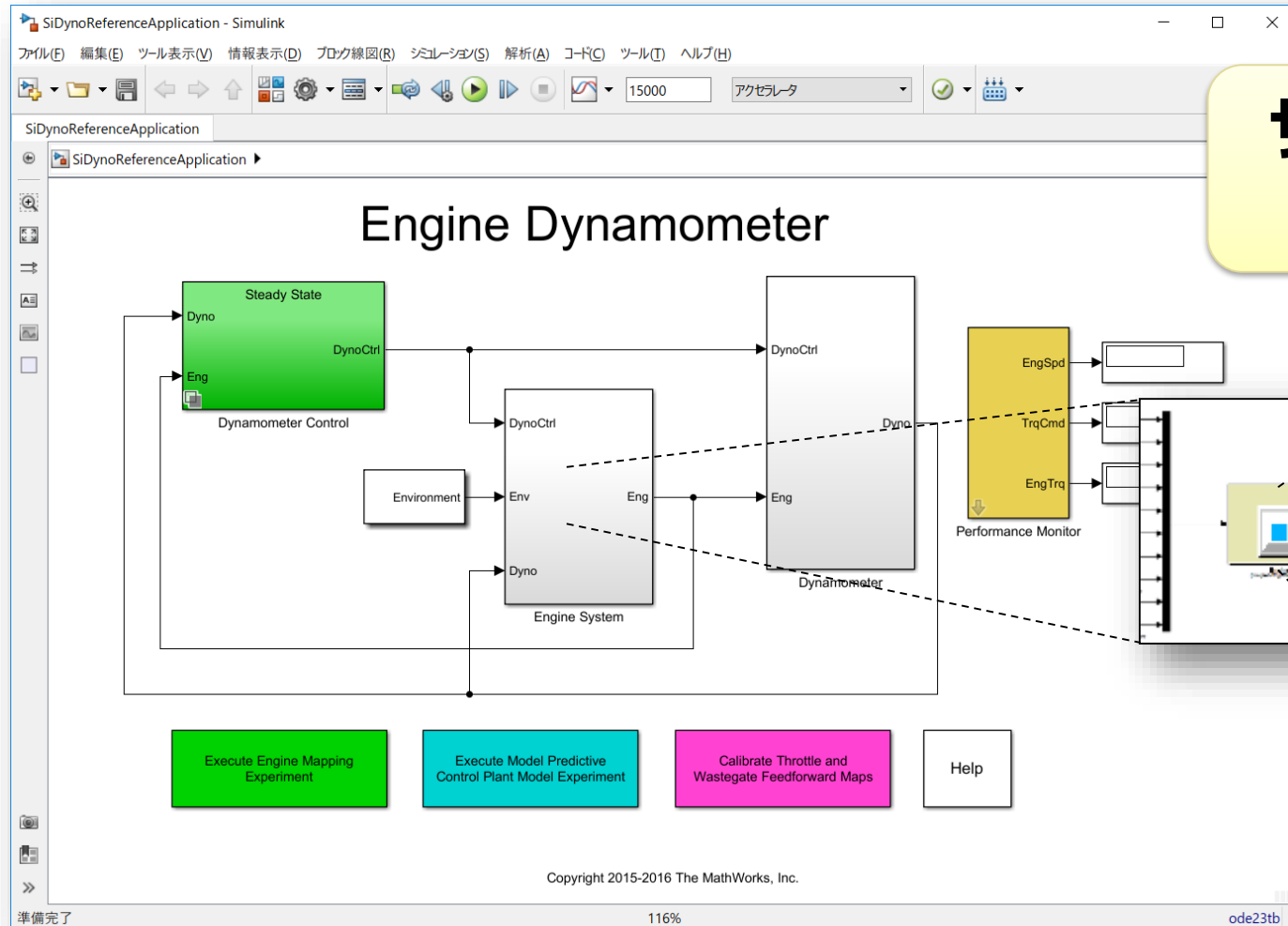
ユーザカスタムのエンジンモデル
(Powertrain Blockset ライブラリ
ブロック利用)



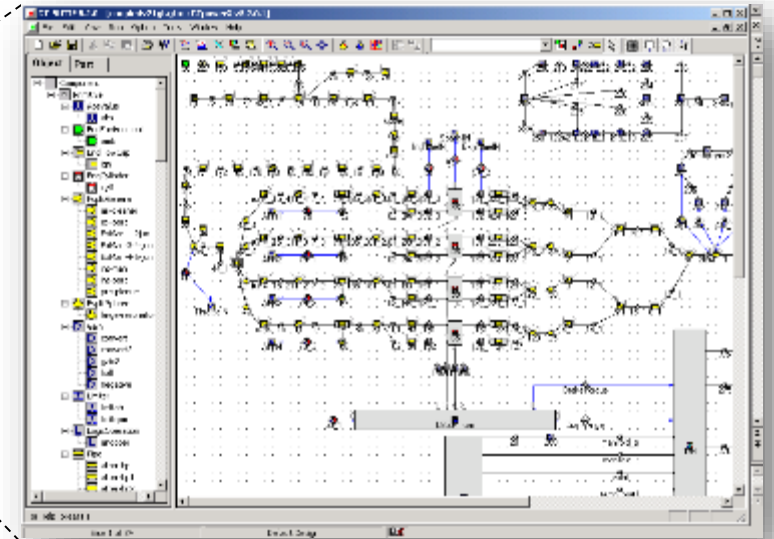
既存エンジンモデル
例：サードパーティツールで作られたモデル

Simulinkを利用したGT-Powerモデルのデータ計測

- 詳細、高精度（だけど演算負荷高）のモデルを実機に見立ててデータ計測



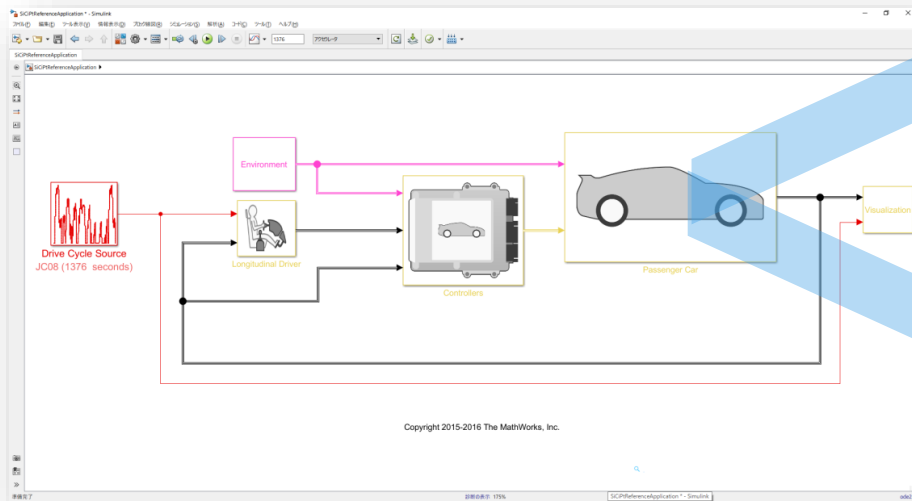
サードパーティーのモデルと
Co-Simulation可能



マップエンジンモデルの精度は？

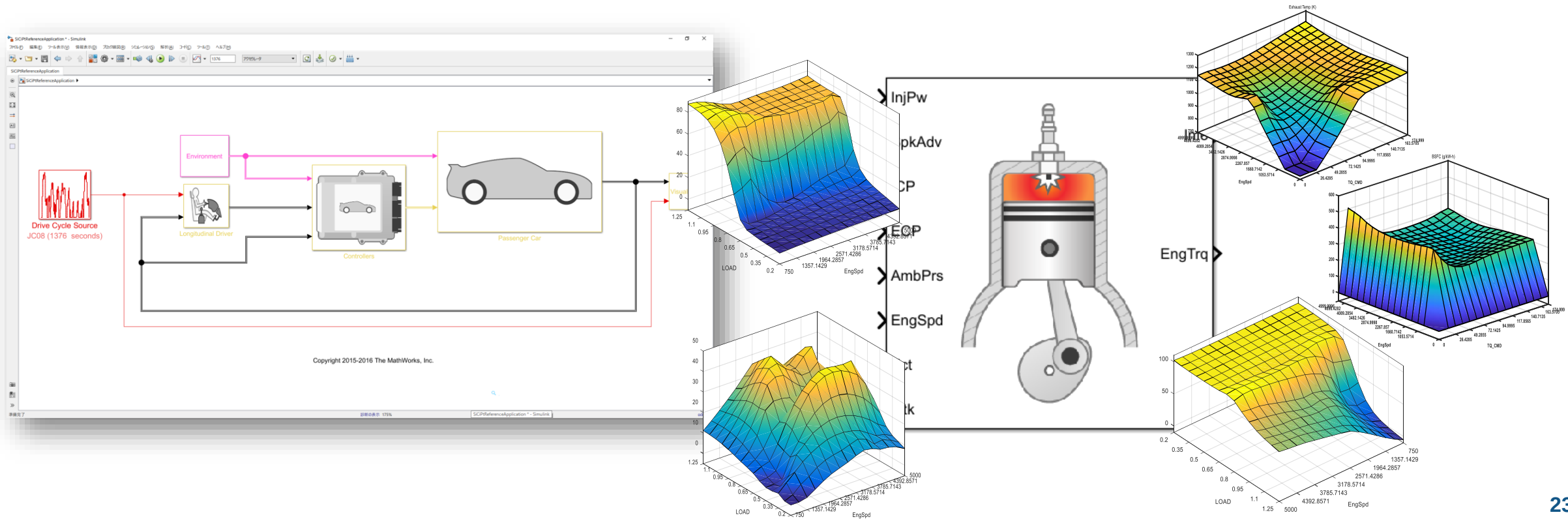
自動生成されたマップエンジンモデル
詳細エンジンモデル
の比較

- シミュレーション時間：50倍
- 燃費演算の差：0.3%



Powertrain Blockset

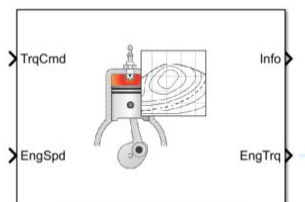
- パワートレインのモデリングを手早く！
- シミュレーション演算が低負荷！
- エンジンモデルは実験データからでもCAEツールで作られたモデルからでも生成可能！



主要機能

R2016b

Powertrain Blockset™



– 車両のパワートレインのモデリングライブラリ

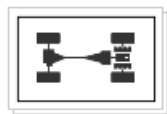
- エンジン、トランスミッション、トラクションモーター、バッテリー部品のライブラリ
- FTP75、NEDC、JC08などを含む標準ドライブサイクルデータ

– リファレンスアプリケーション

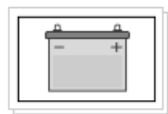
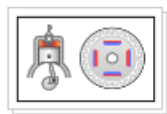
- フルアッセンブル済みのガソリン、ディーゼル、ハイブリッド、電動パワートレインのモデル
- バーチャルキャリブレーションとテストのためのエンジンダイナモメータモデル

– モデリング支援

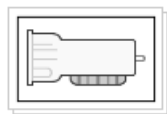
- エンジンモデルのリサイズ機能
- Excelファイルからエンジンモデル生成



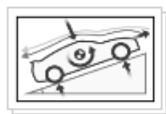
Drivetrain

Energy Storage
and Auxiliary Drive

Propulsion



Transmission



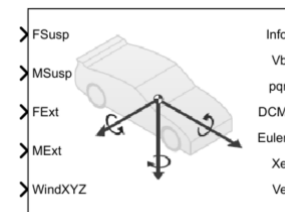
Vehicle Dynamics



Vehicle Scenario Builder

R2018a

Vehicle Dynamics Blockset™



– 車両ダイナミクスモデリングライブラリ

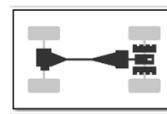
- 推進、ステアリング、サスペンション、車体、ブレーキ、およびタイヤコンポーネントのライブラリ

– リファレンスアプリケーション

- フルアッセンブル済みの乗用車の車両ダイナミクスモデル
- 乗り心地とハンドリングテストのためのスタンダードテスト（ダブルレーンチェンジなど）

– 3Dシーン

- シミュレーションを視覚化し、シーン情報をSimulinkに伝達するための3D環境
- 直進道路、曲がりくねった道路、駐車場を含む事前構築された3Dシーン



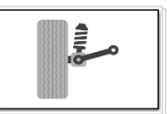
Powertrain



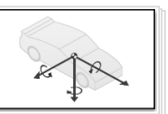
Wheels and Tires



Steering



Suspension

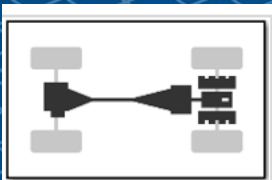
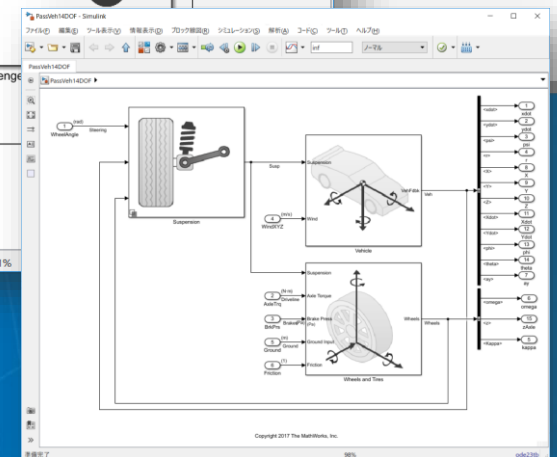
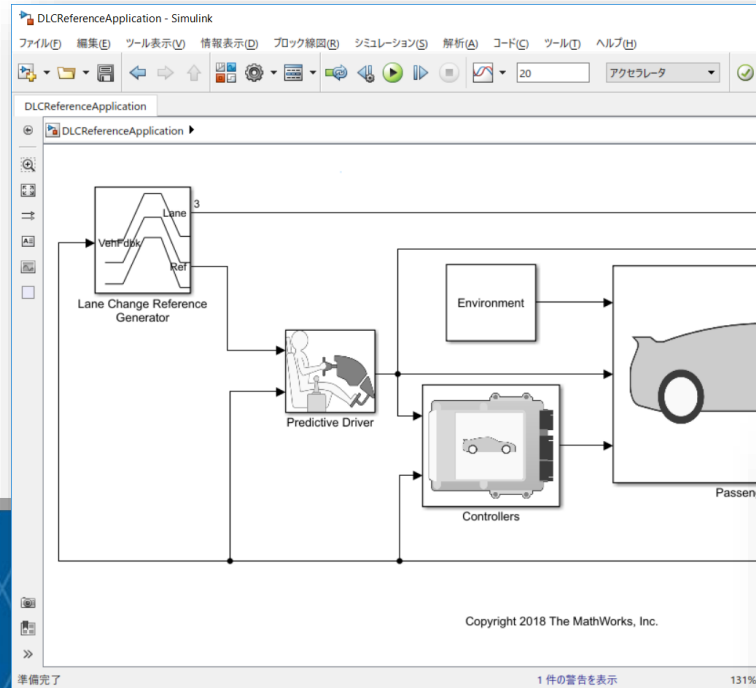


Vehicle Body

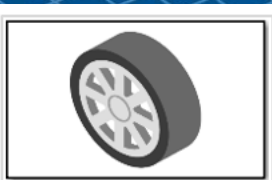


Vehicle Scenarios

車両ダイナミクスのシミュレーション環境 ～Vehicle Dynamics Blockset～



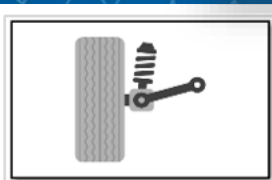
Powertrain



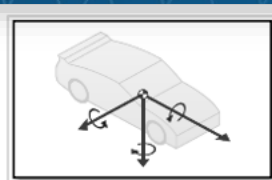
Wheels and Tires



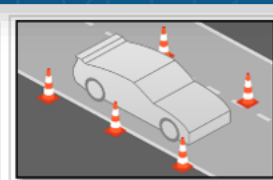
Steering



Suspension



Vehicle Body

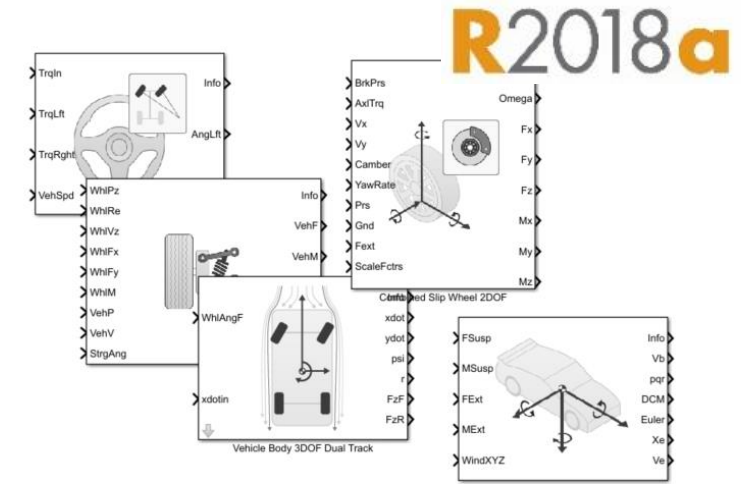


Vehicle Scenarios

Vehicle Dynamics Blockset

New product (R2018a)

- 車両ダイナミクスをモデリングしシミュレーション
 - ゲームエンジン（Unreal® Engine）とCo-Simulation可能
- 以下のユースケースを想定：
 - Ride & handling: 標準運転テストでの車両性能の特性評価（例：[ISO 3888-1:1999](https://www.iso.org/obp/ui/#iso:code:3888-1:1999)）
 - Chassis controls: シャシー制御システムの設計、テスト
 - ADAS / AD: ADAS/AD向けの仮想 3 Dテスト環境



Ride & handling



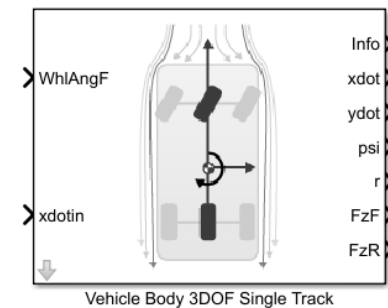
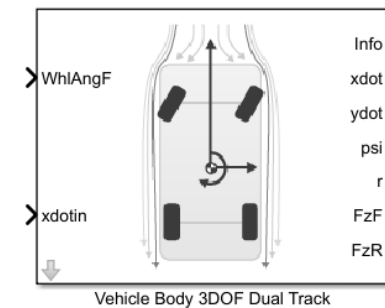
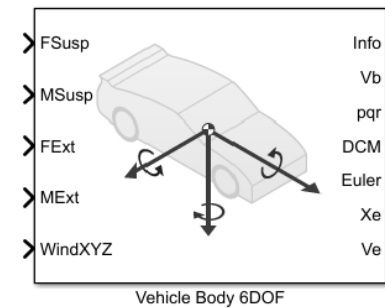
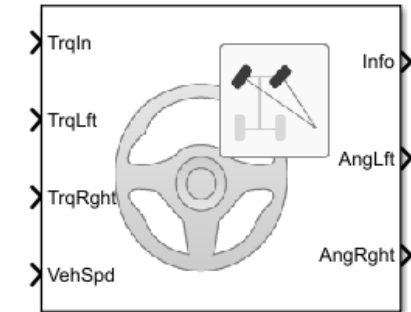
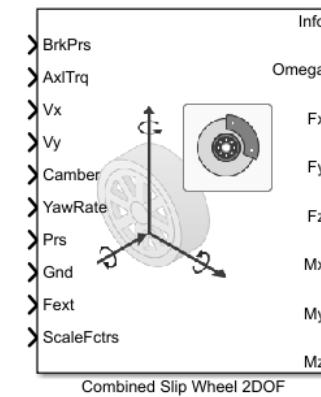
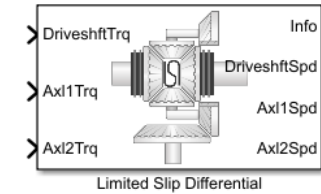
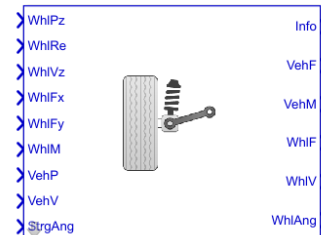
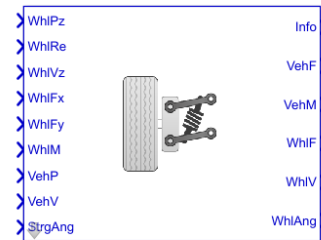
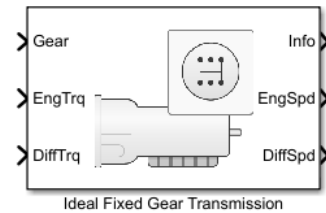
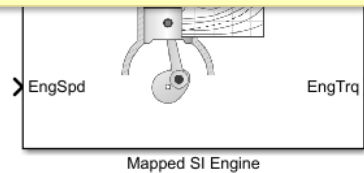
Chassis controls



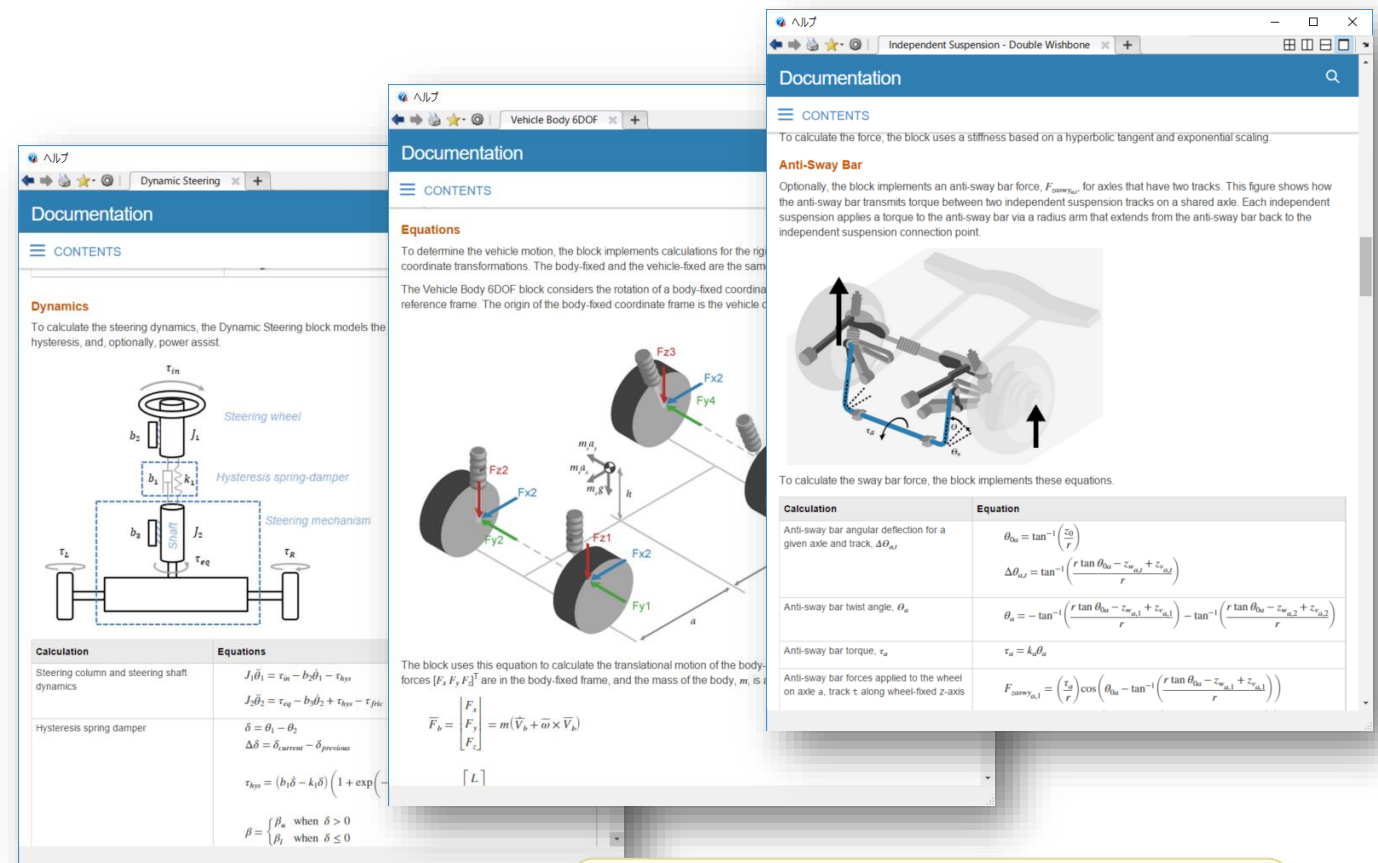
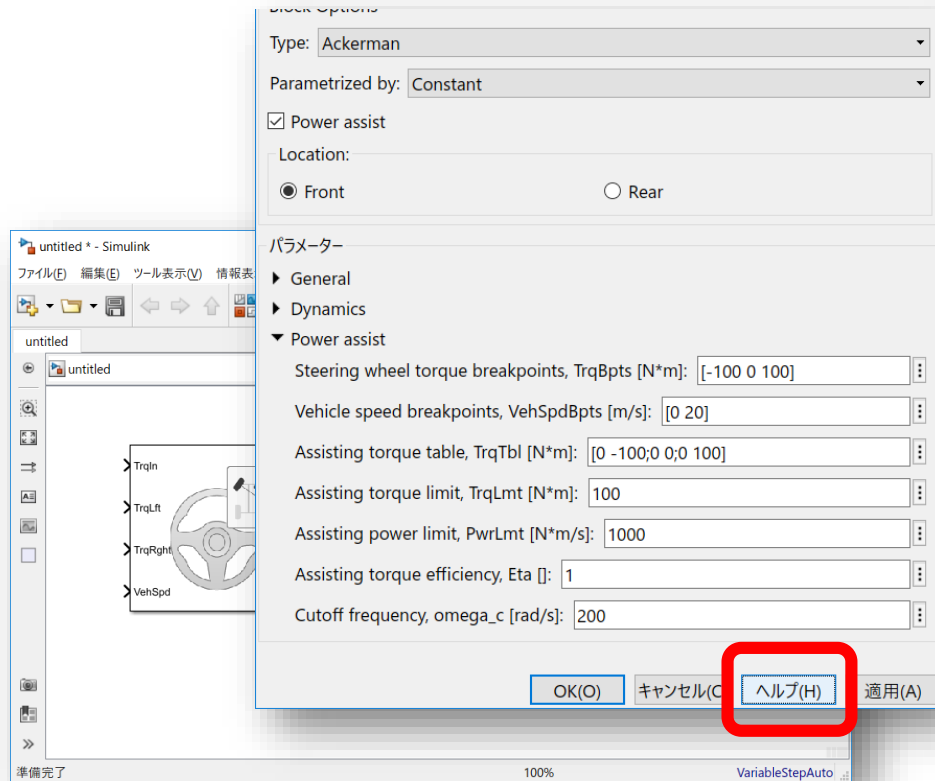
ADAS / AD

オープンかつドキュメント化された車両ダイナミクスのモデリング用ライブラリ

Vehicle Dynamics Blocksetで 手早くモデリング

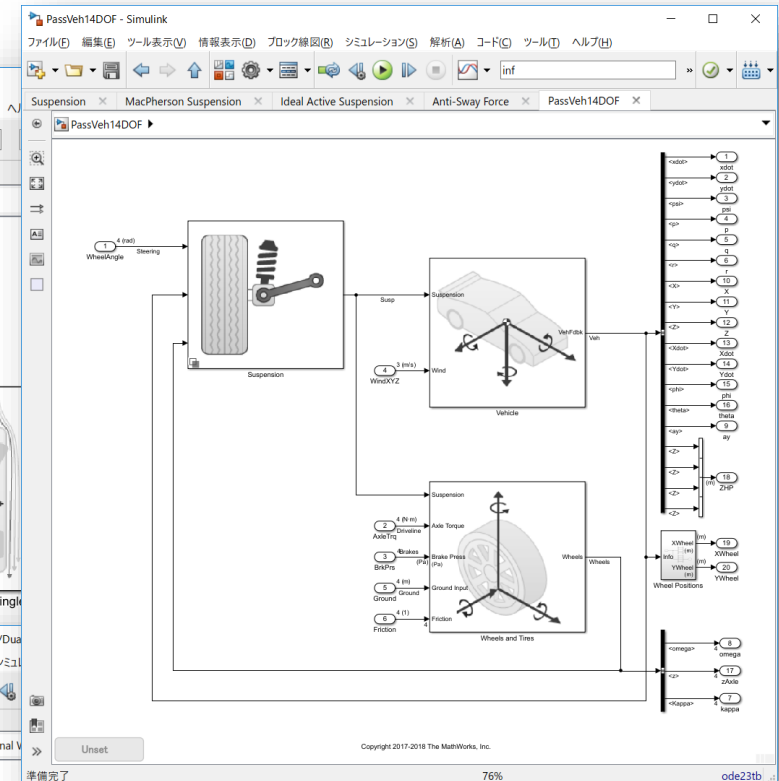
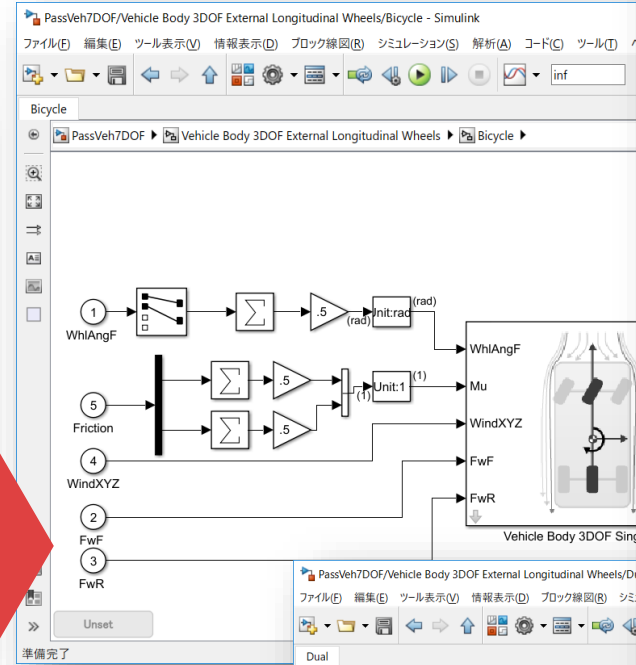
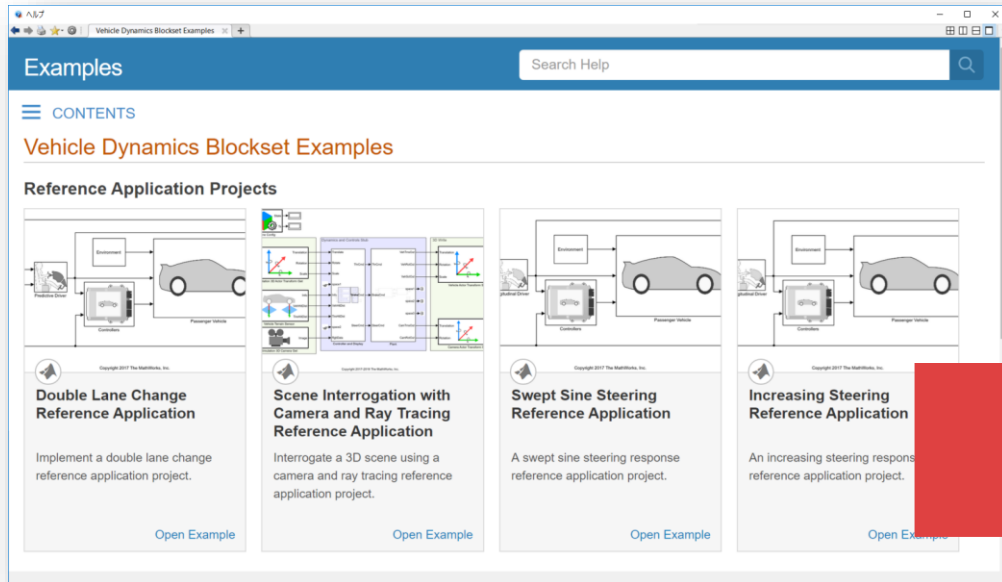


オープンかつドキュメント化された車両ダイナミクスのモデリング用ライブラリ



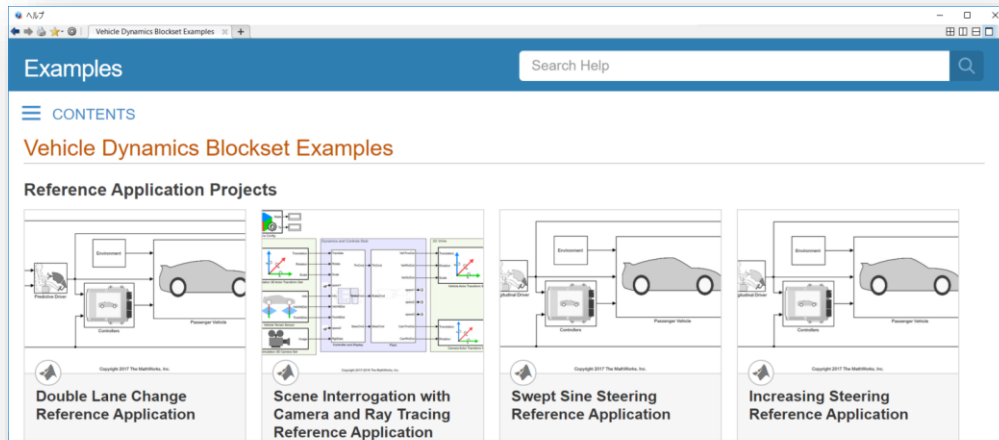
ドキュメント充実

カスタマイズ可能なリファレンスアプリケーション

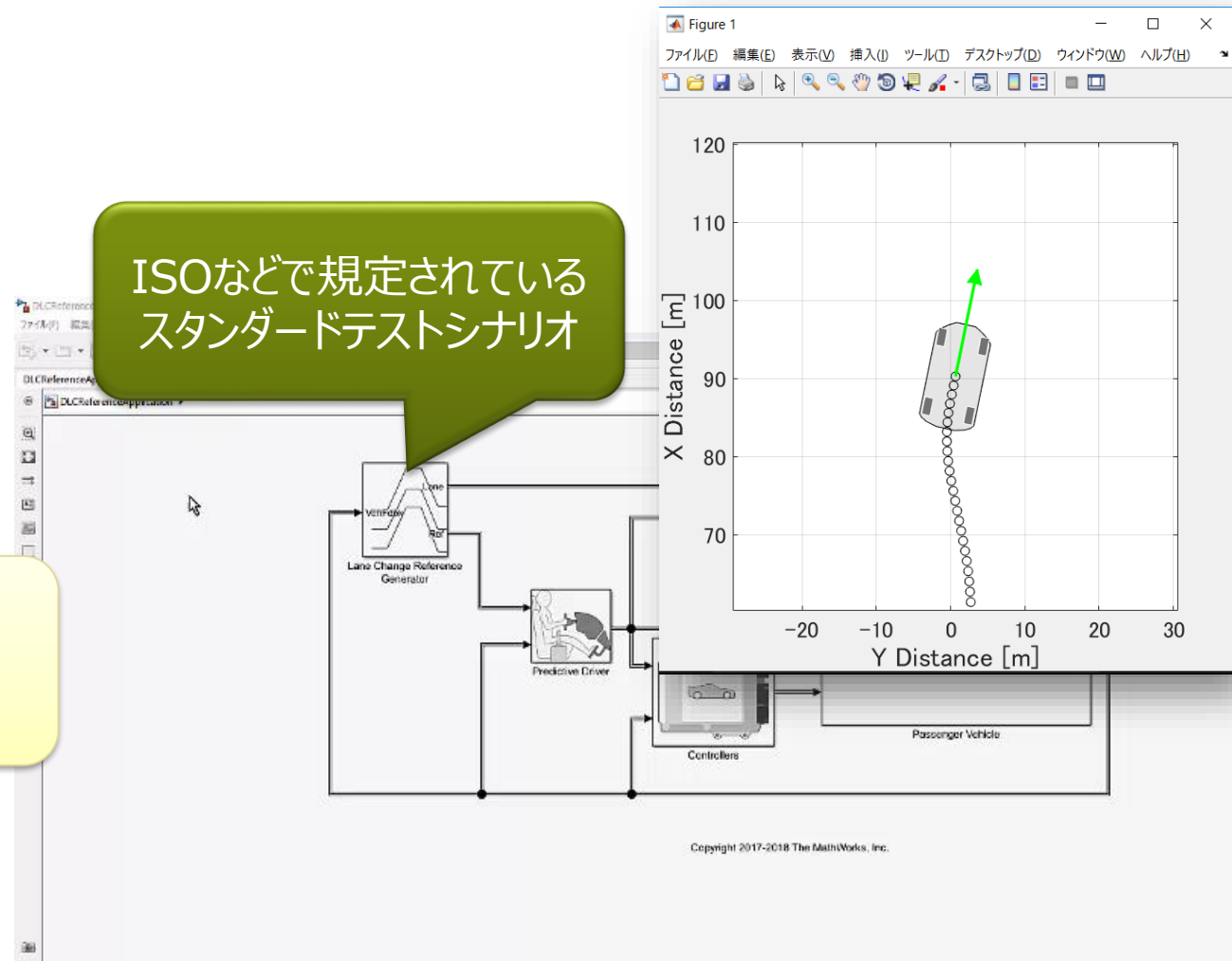


フルビークルモデルをプリアセンブリ済み

カスタマイズ可能なリファレンスアプリケーション



同梱のリファレンスアプリケーションを使ってジャンプスタート！

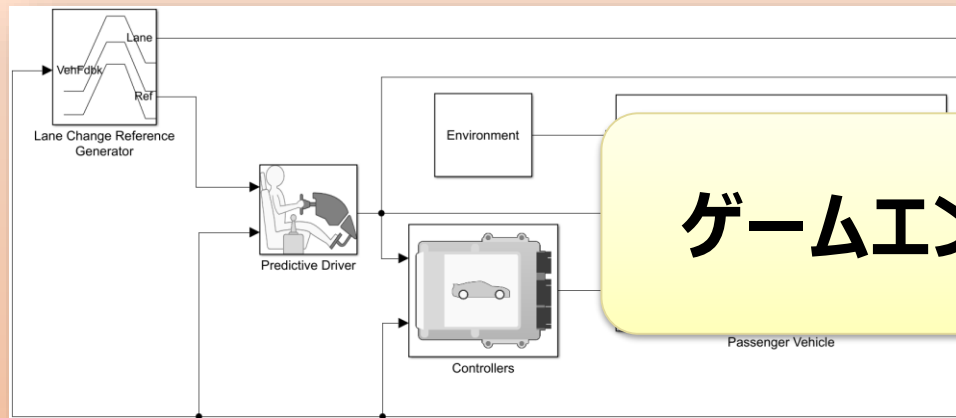


Vehicle Dynamics Blocksetは低負荷

ゲームエンジンとのシミュレーション連携

※Unreal Engineの商業ユースに関しては
開発元(Epic Games社)にご確認ください

Vehicle Dynamics Blocksetに同梱



Simulinkモデル

- Physics of vehicle
- Initialization of game engine camera

カメラモジュール信号(RGB)、
車高
など

ゲームエンジンと閉ループ構築可能

車速、
車輪速、
車体傾き、
カメラロケーション
など

コンパイル

Unreal Engine
(ゲームエンジンのエディター)

ユーザーインストール

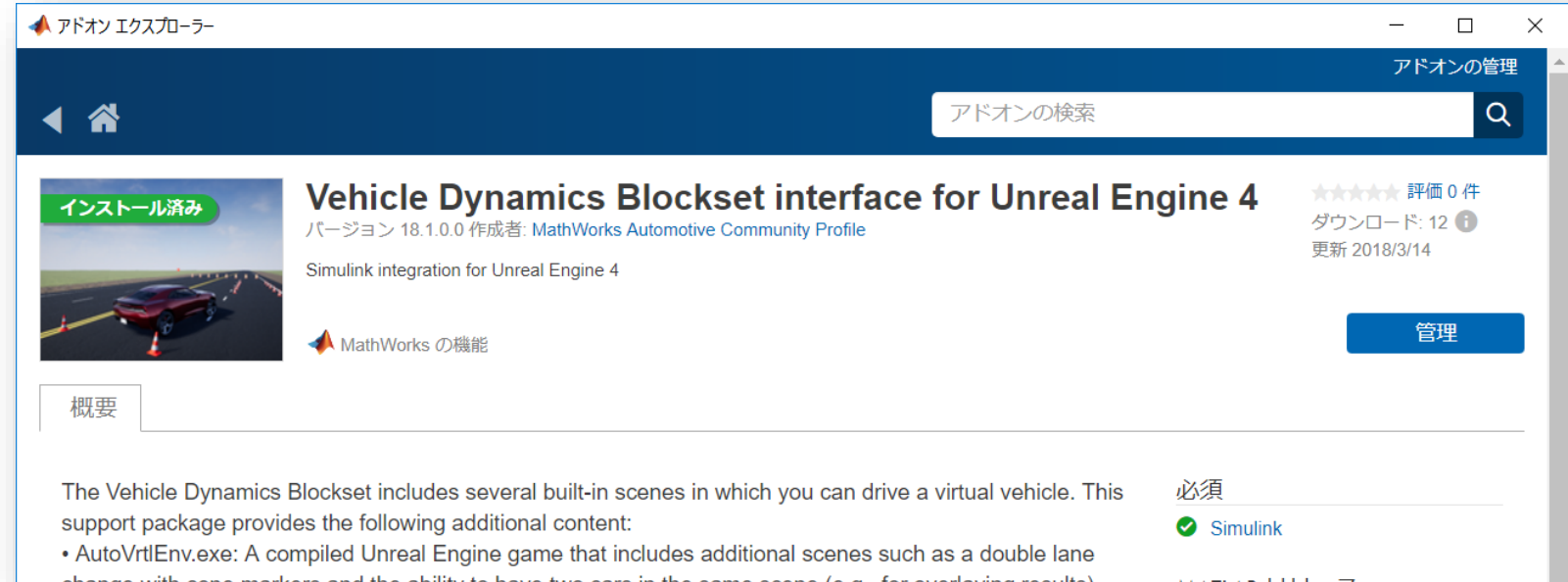


ゲームエンジン

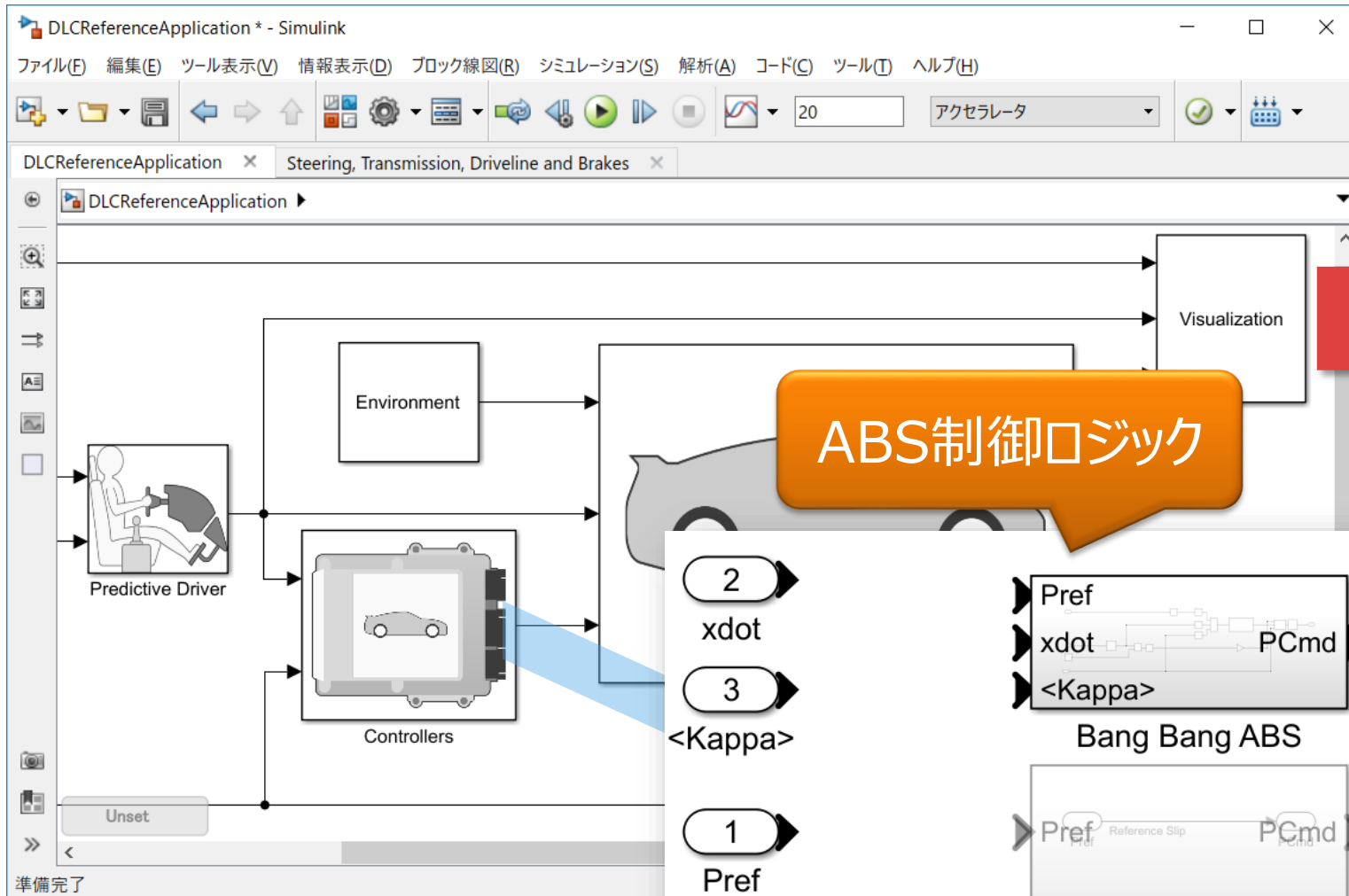
- Rendering / lighting
- Physics of non-Simulink objects
- Collision detection

Unreal Engine4 Editorを使ったシーンのカスタマイズ

- Unreal Engine 4 Editorと接続して協調シミュレーションするための
サポートパッケージを提供(Unreal Engine 4のプロジェクトファイルを同梱)
 - [Vehicle Dynamics Blockset interface for Unreal Engine 4](#)
- Unreal Engine 4上で任意のシナリオを作成することが可能



制動テスト ABS有/無



1
PCmd

制御無し

制動テスト ABS有/無



ADAS/AD向けの仮想3Dテスト環境

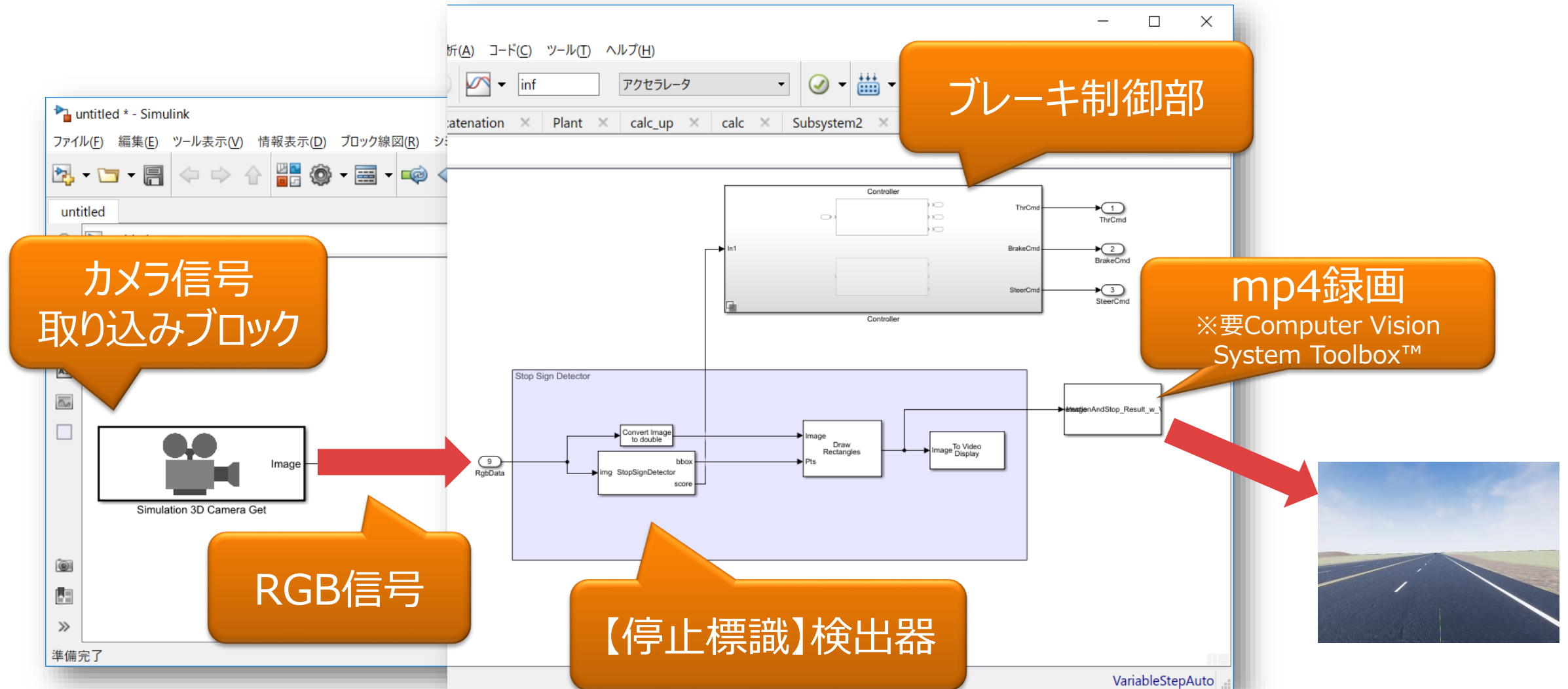


Unreal Engine上の車載カメラ画像は
Simulinkに取り込み可能



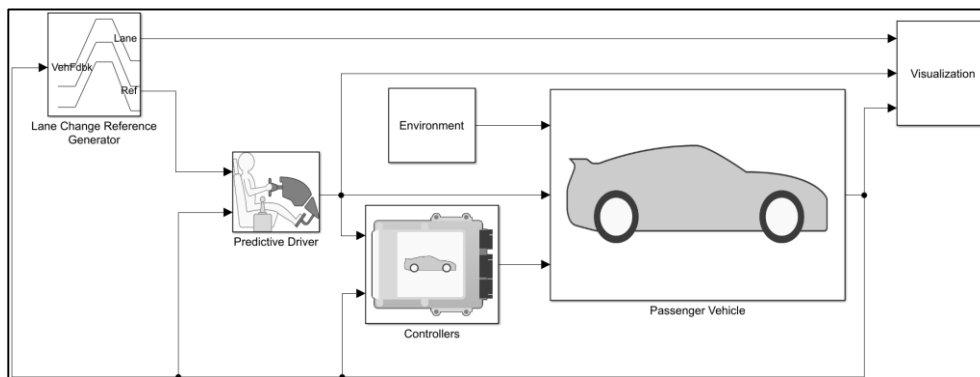
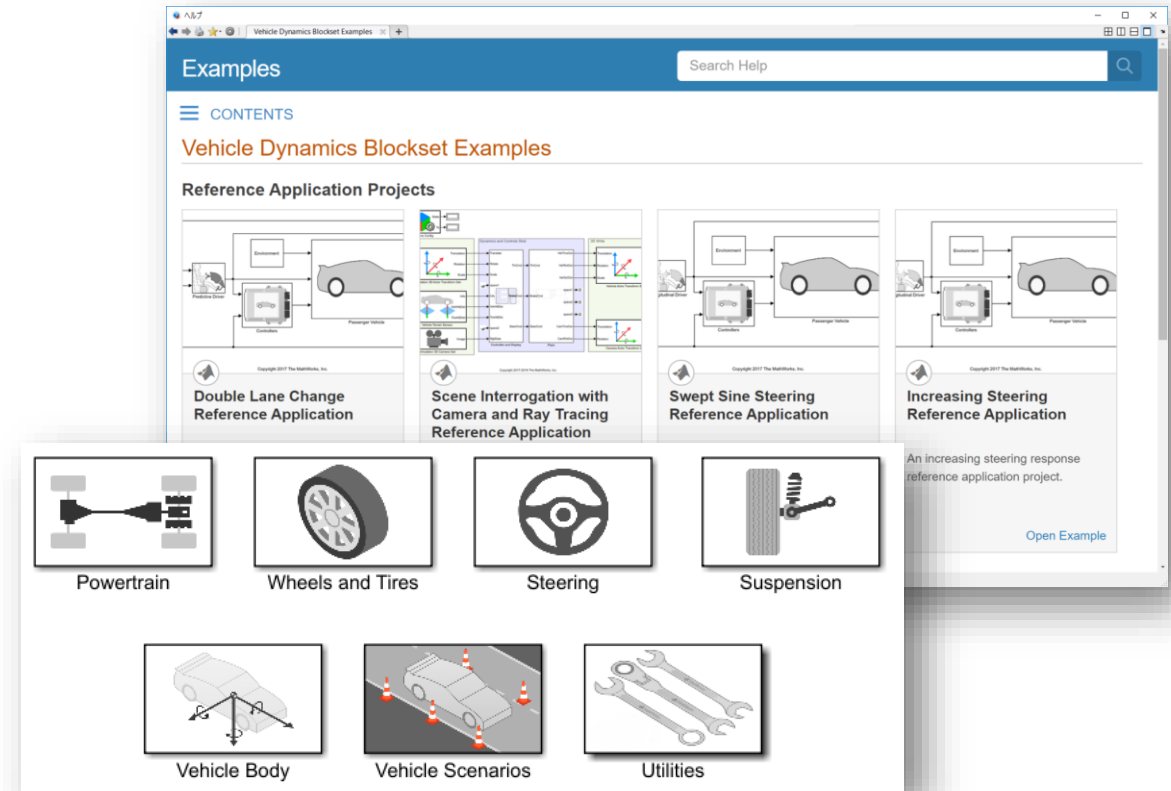
ビジョンベースのアルゴリズム(例:レーン検
出など)のテストに使用

ADAS / AD: 標識認識とブレーキング



Vehicle Dynamics Blockset

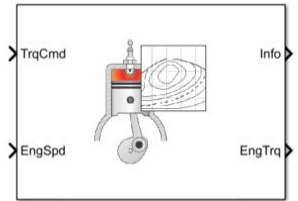
- 車両ダイナミクスのモデリングを手早く！
- シミュレーション演算が低負荷！
- ゲームエンジンと閉ループ構築可能！



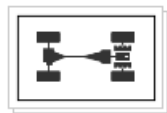
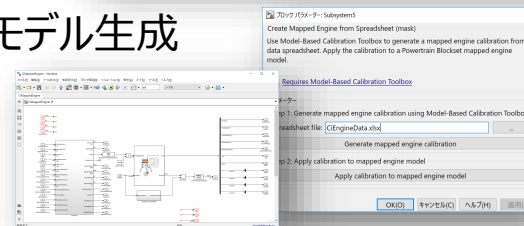
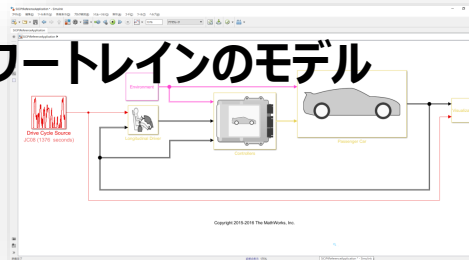
主要機能

R2016b

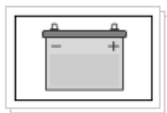
Powertrain Blockset™



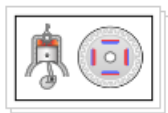
- 車両の**パワートレイン**のモデリングライブラリ
 - パワートレインのライブラリが充実
 - FTP75、NEDC、JC08などを含む標準ドライブサイクルデータ
- リファレンスアプリケーション
 - フルアッセンブル済みのパワートレインのモデルでジャンプスタート
- モデリング支援
 - エンジンモデルのリサイズ機能
 - Excelファイルからエンジンモデル生成



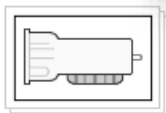
Drivetrain



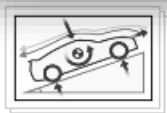
Energy Storage and Auxiliary Drive



Propulsion



Transmission



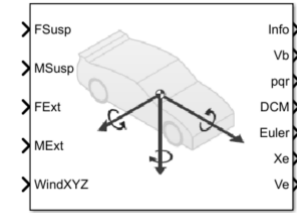
Vehicle Dynamics



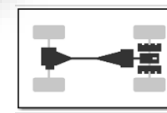
Vehicle Scenario Builder

R2018a

Vehicle Dynamics Blockset™



- 車両**ダイナミクス**のモデリングライブラリ
 - 車両ダイナミクスのライブラリが充実
- リファレンスアプリケーション
 - フルアッセンブル済みの乗用車の車両ダイナミクスモデルでジャンプスタート
- 3Dシーン
 - ゲームエンジンと閉ループ構築可能



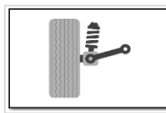
Powertrain



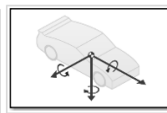
Wheels and Tires



Steering



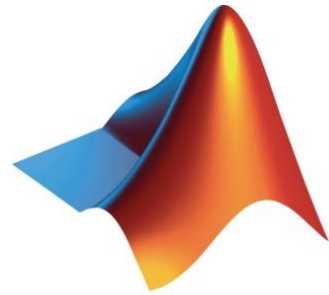
Suspension



Vehicle Body



Vehicle Scenarios



MathWorks®

Accelerating the pace of engineering and science

© 2018 The MathWorks, Inc. MATLAB and Simulink are registered trademarks of The MathWorks, Inc. See 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.