MATLAB EXPO 2018

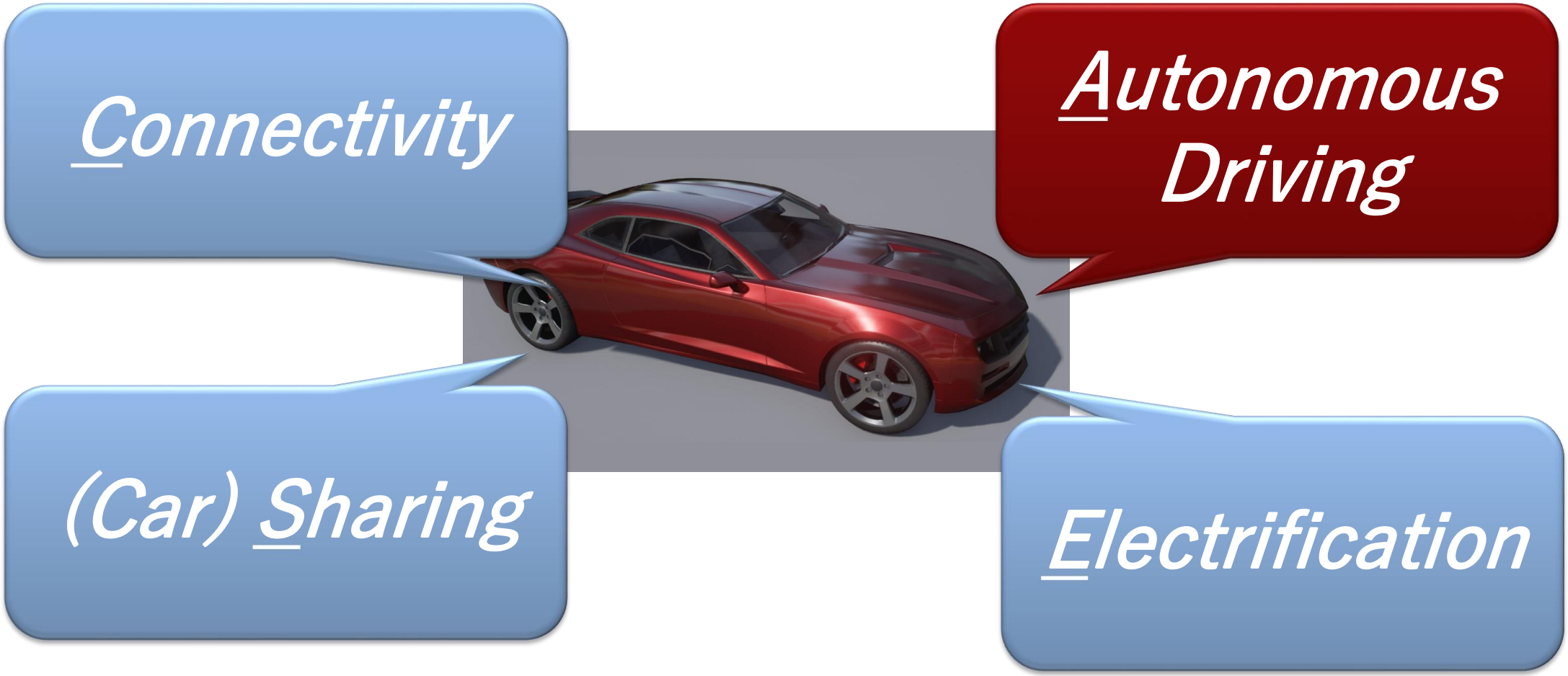
Simulink® + Unreal® Engine連携による ADAS/自動運転シミュレーション環境

MathWorks Japan
アプリケーションエンジニアリング部
宮川 浩

Session Key Take Away

MathWorksは、自動運転システム開発に必要な
フルビークルモデルを提供します

自動車業界のメガトレンド



ADAS/自動運転システム開発の課題

自動運転の車両の信頼性を実証するために
必要なテスト走行距離は？

調査機関の報告によると、
170億[km]以上！

やりきるためには、**約500年**
100台の自動運転車で、
40[km/h]、24時間/日、365日/年 稼働

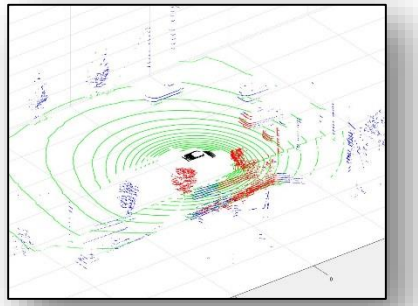
ADAS/自動運転システム開発の課題

- 限られた数の試作
- 短期間で優れた設計を実現
- 膨大なテストパターン
- 路上でテストするには危険を伴う動作テスト

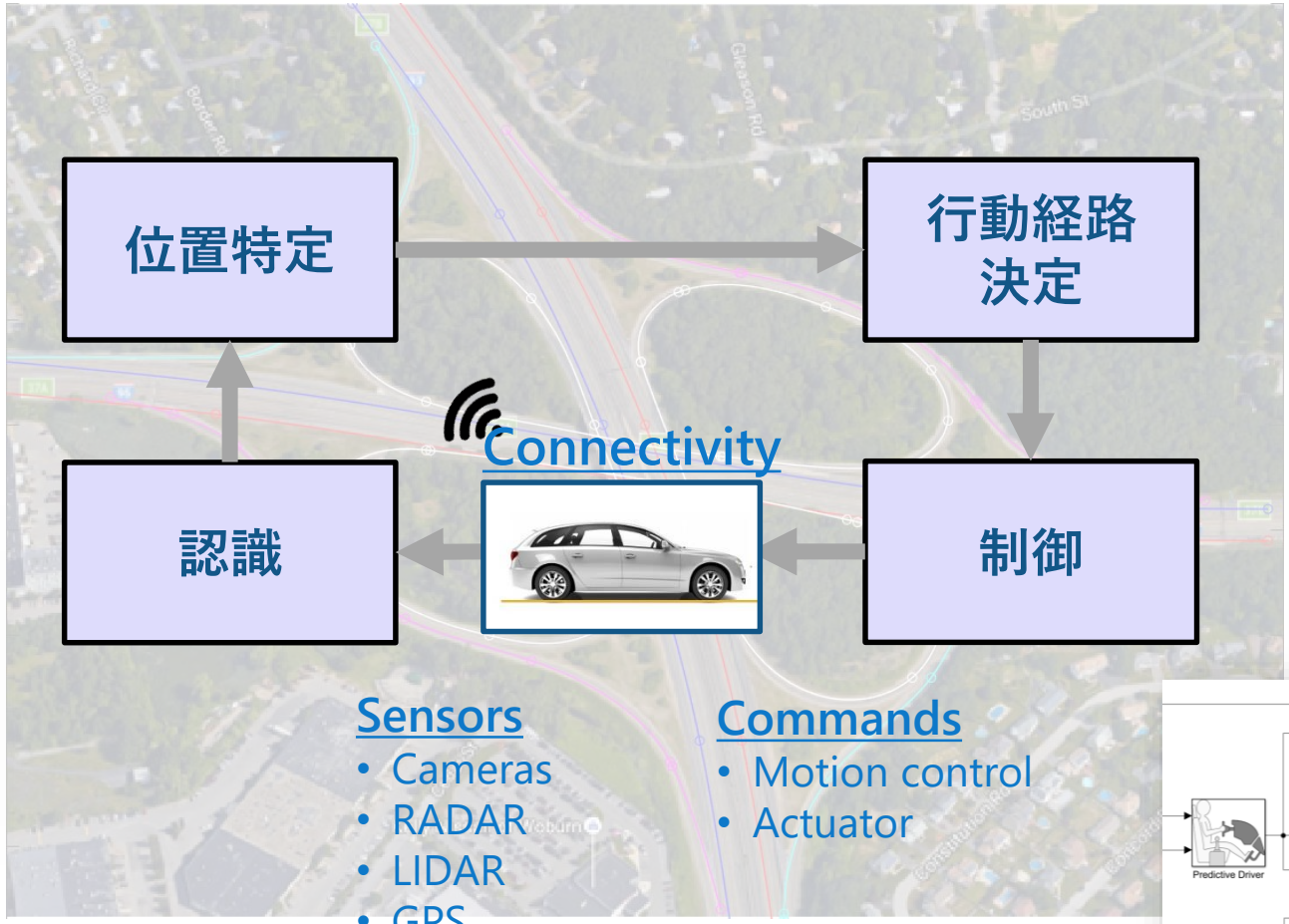
制御ロジックの設計と検証のための単一のシミュレーション環境

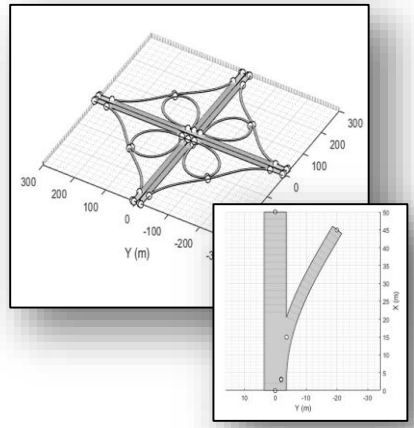
ADAS/自動運転開発・検証の統合プラットフォーム

MATLAB® / Simulink® / Automated Driving System Toolbox™ / Vehicle Dynamics Blockset™



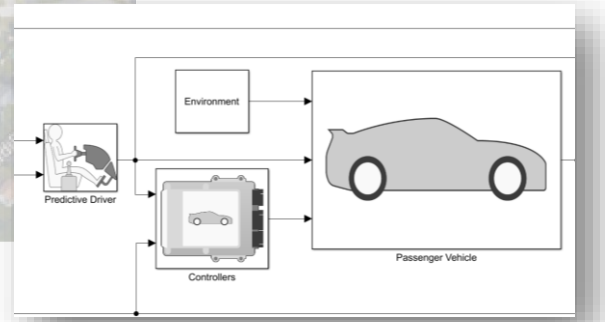
LiDAR信号処理、
センサーデータの可視化





シナリオ作成と
シミュレーション

センサーフュージョン



フルビークルモデル

Agenda

- Vehicle Dynamics Blockset™の紹介
- ゲームエンジンとの協調シミュレーション
- 自動運転制御ロジックを検証するためのシミュレータ構成

Agenda

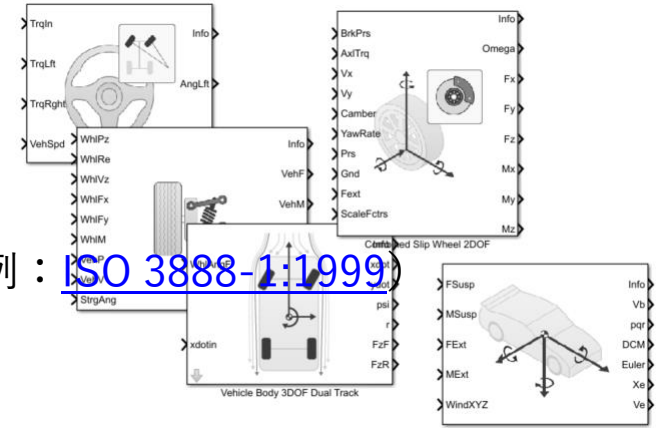
- Vehicle Dynamics Blockset™の紹介
- ゲームエンジンとの協調シミュレーション
- 自動運転制御ロジックを検証するためのシミュレータ構成

Vehicle Dynamics Blockset

仮想３D空間で車両ダイナミクスのモデル化とシミュレーション

R2018a 以降で利用可

- 以下の利用を想定:
  - Ride & handling: 標準車両運転テストにおける車両性能の把握（例：ISO 3888-1:1999）
  - Chassis controls: シャーシ制御システムの設計、テスト
  - ADAS / AD: ADAS/自動運転機能の仮想３Dテスト環境の構築



Ride & handling

Chassis controls

ADAS / AD

Unreal® is a trademark or registered trademark of Epic Games, Inc. in the United States of America and elsewhere

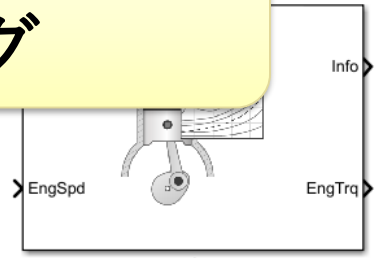
ADAS/自動運転システム開発の課題

- 限られた数の試作
- 短期間で優れた設計を実現
- 膨大なテストパターン
- 路上でテストするには危険を伴う動作テスト

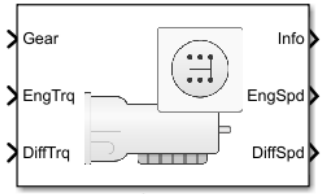
制御ロジックの設計と検証のための単一のシミュレーション環境

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

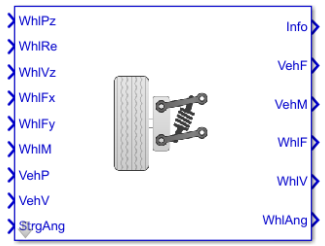
Vehicle Dynamics Blocksetで手早くモデリング

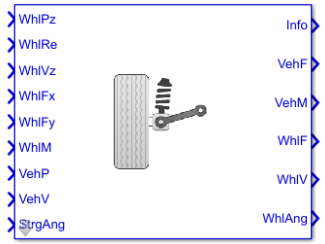


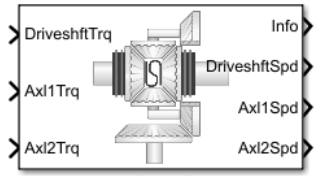
Mapped SI Engine



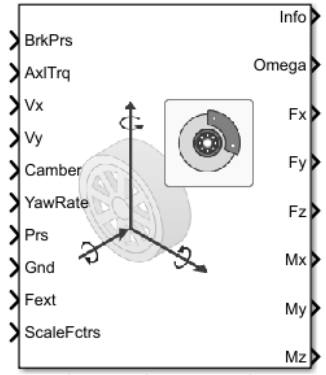
Ideal Fixed Gear Transmission



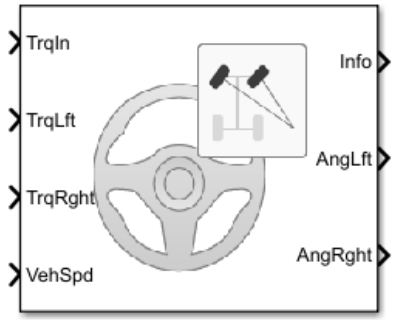


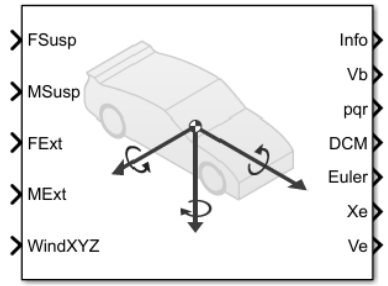


Limited Slip Differential

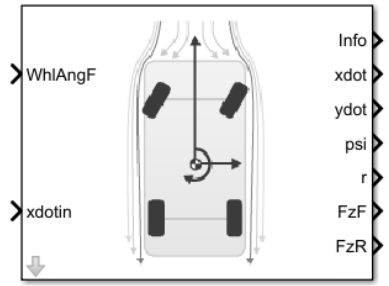


Combined Slip Wheel 2DOF

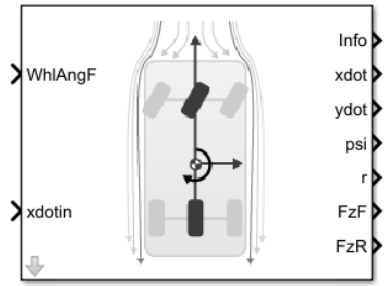




Vehicle Body 6DOF

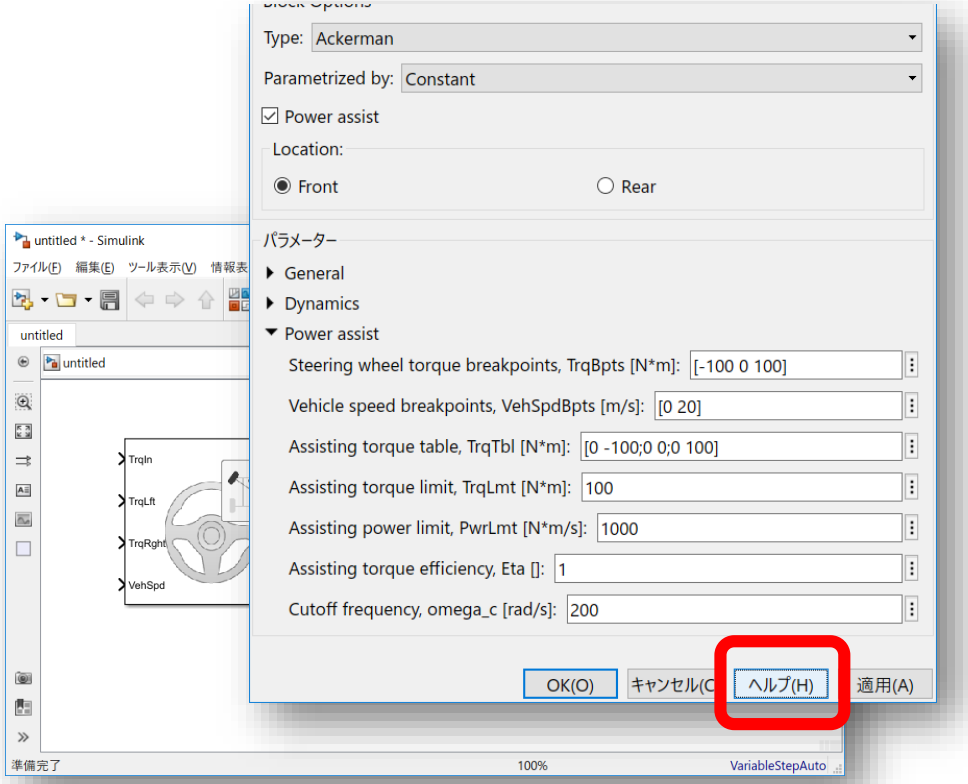


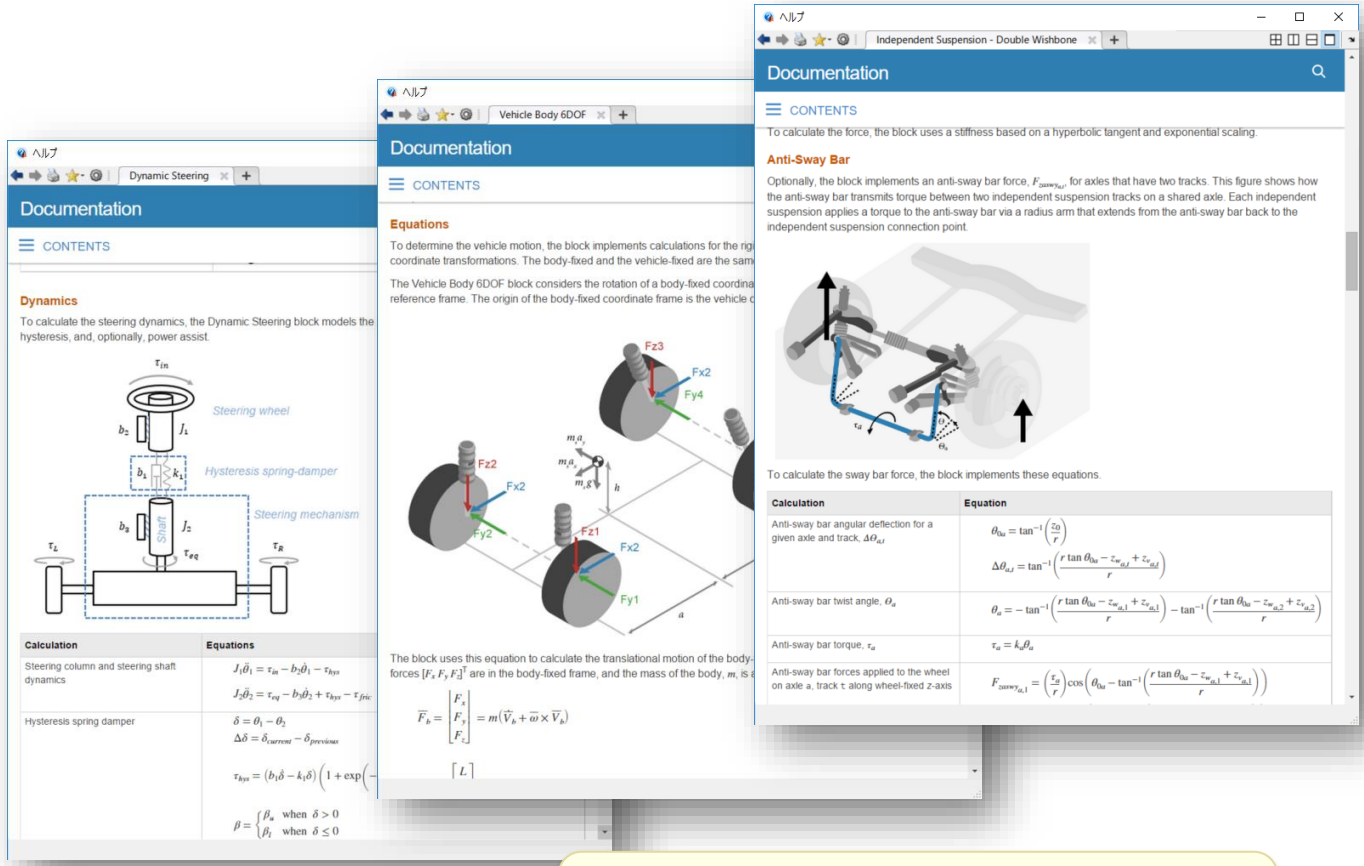
Vehicle Body 3DOF Dual Track



Vehicle Body 3DOF Single Track

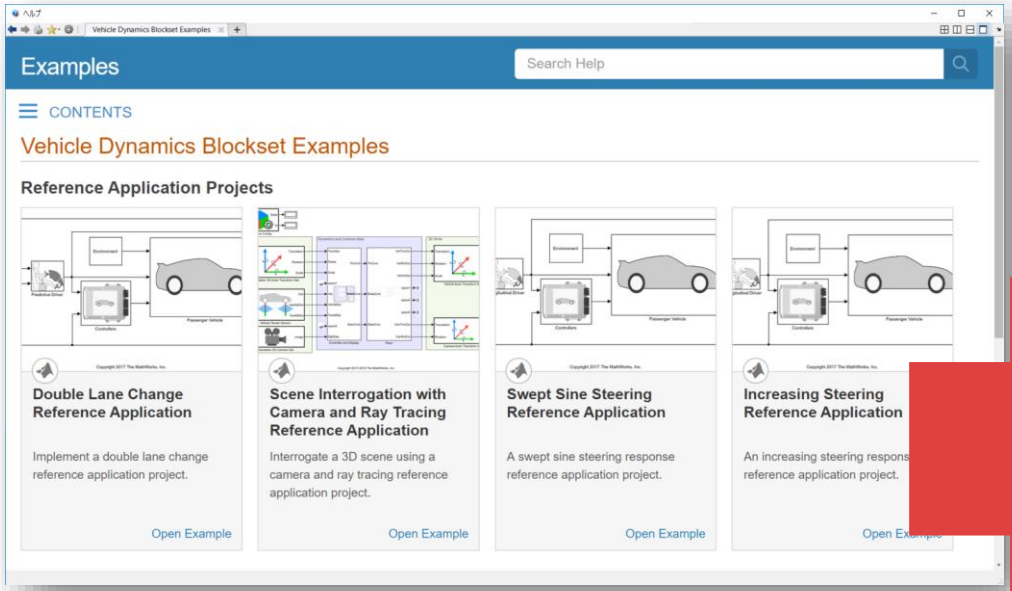
オープンかつドキュメント化された
車両ダイナミクスのモデリング用ライブラリ

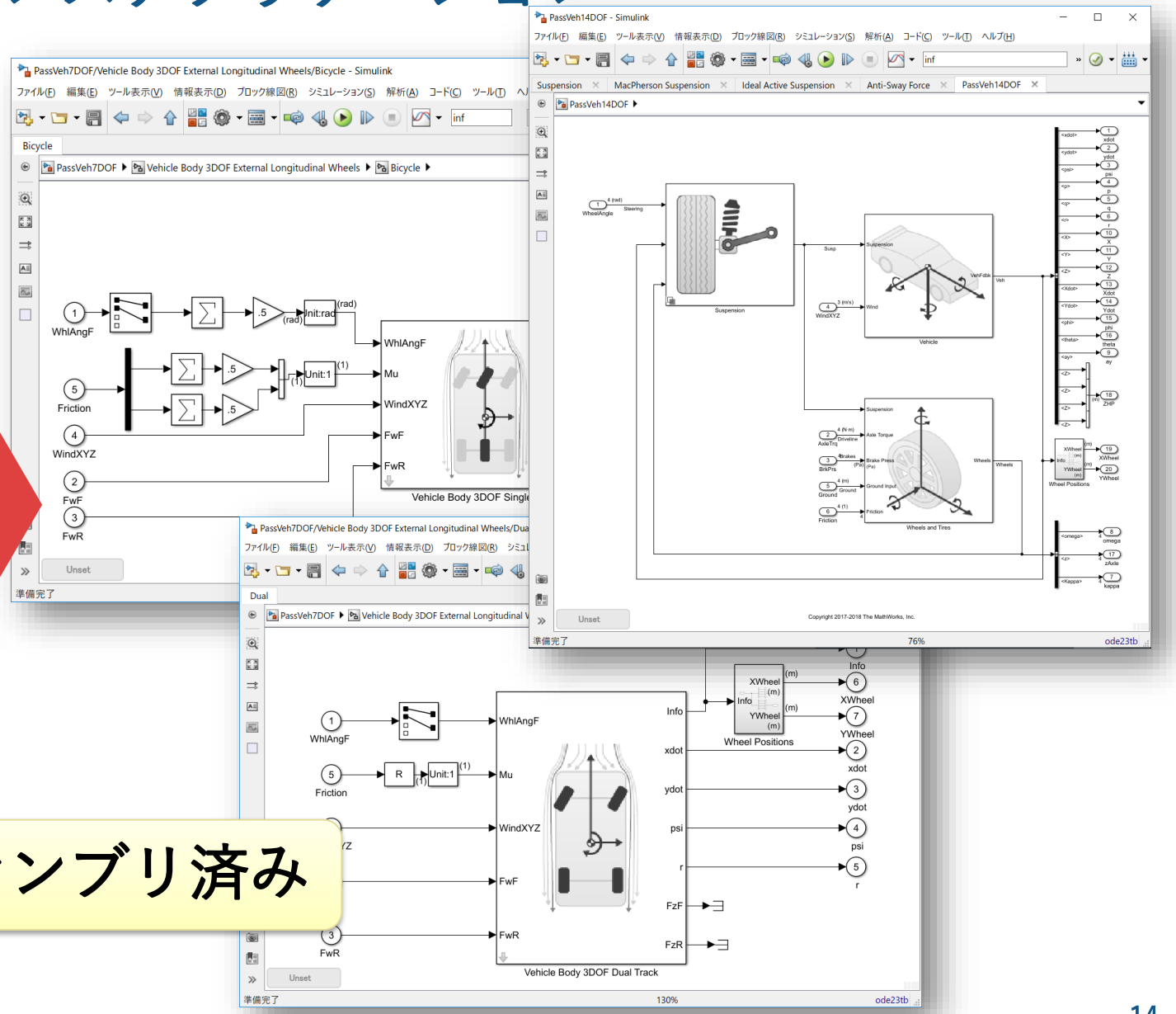




ドキュメント充実

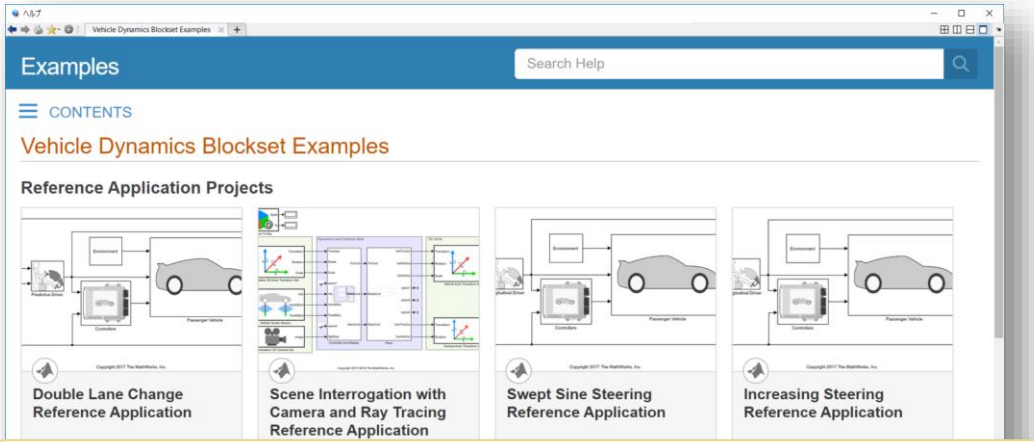
カスタマイズ可能なリファレンスアプリケーション



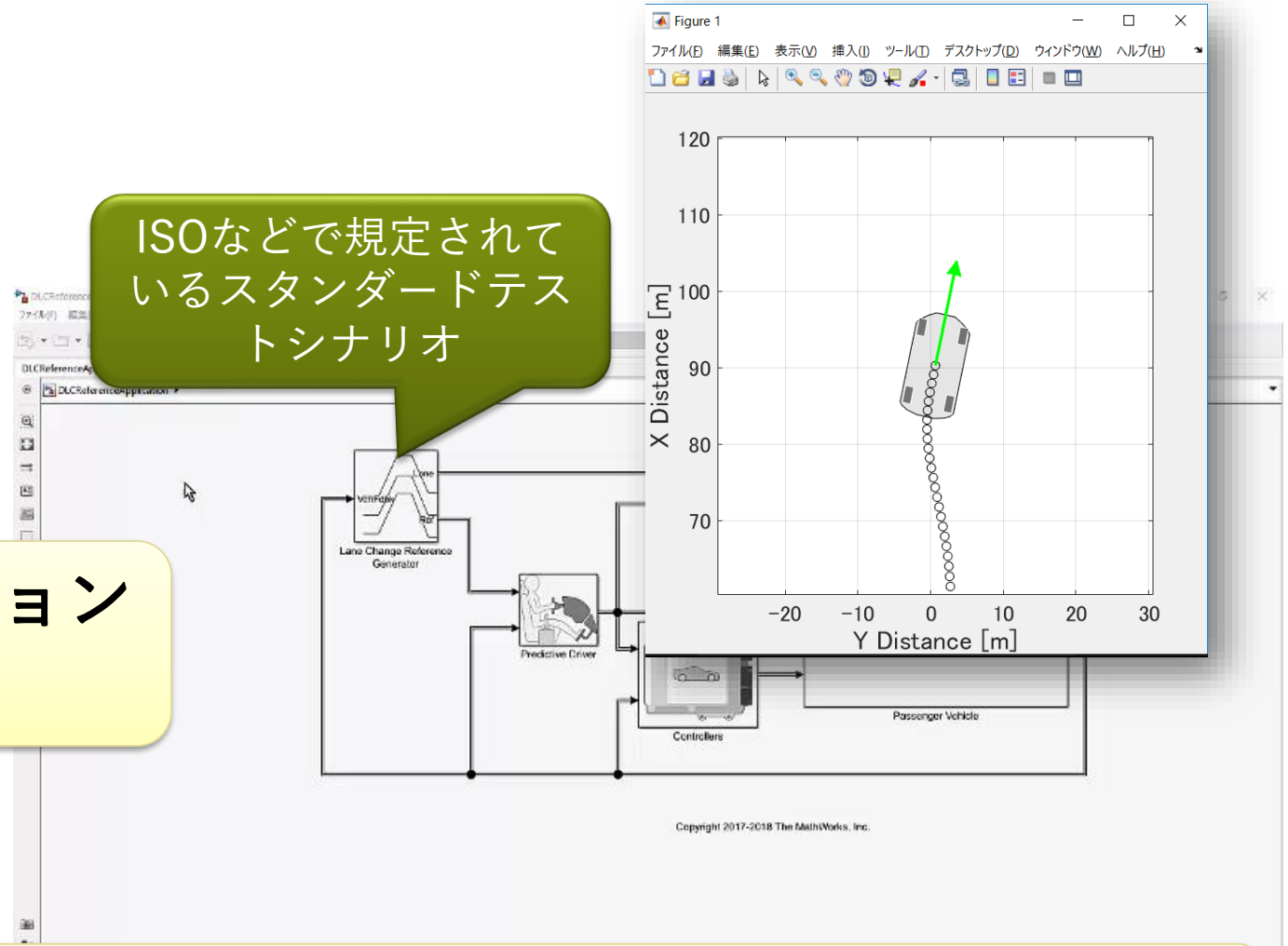


フルビークルモデルをプリアセンブリ済み

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

ADAS/自動運転システム開発の課題

- 限られた数の試作
- 短期間で優れた設計を実現
- 膨大なテストパターン
- 路上でテストするには危険を伴う動作テスト

制御ロジックの設計と検証のための単一のシミュレーション環境

ダブルレーンチェンジ　テスト　：　50[km/h]

シミュレーション活用が重要！

ISO 3888-2のドライバーの操作手順：

1. 右レーンで設定速度まで加速
2. アクセルオフ
3. 左のレーンへレーンチェンジ
4. 右のレーンへレーンチェンジ

リアルでは再現テストが困難！

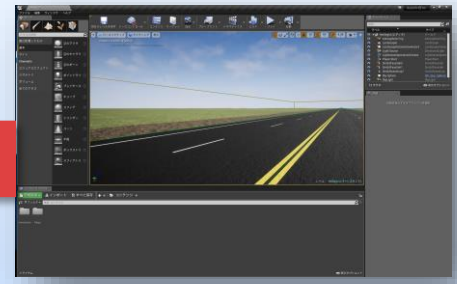
- 自然環境
  - 天候（雨、風）、路面状態、気温、気圧、etc.
- 車両コンディション
- ドライバーのコンディション

ゲームエンジンとの協調シミュレーション

※Unreal Engineのコマーシャルユースに関しては開発元(Epic Games社)にご確認ください

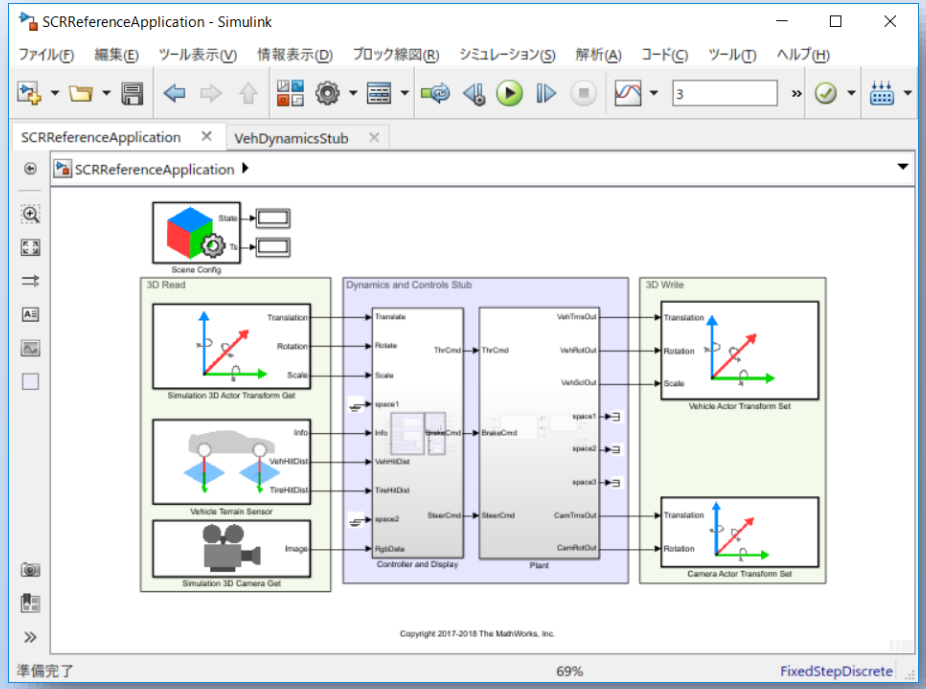
- ゲームエンジンと閉ループ構築可能

コンパイル



Unreal Engine
(ゲームエンジンのエディター)
ユーザ様インストール

Vehicle Dynamics Blocksetに同梱



Simulinkモデル

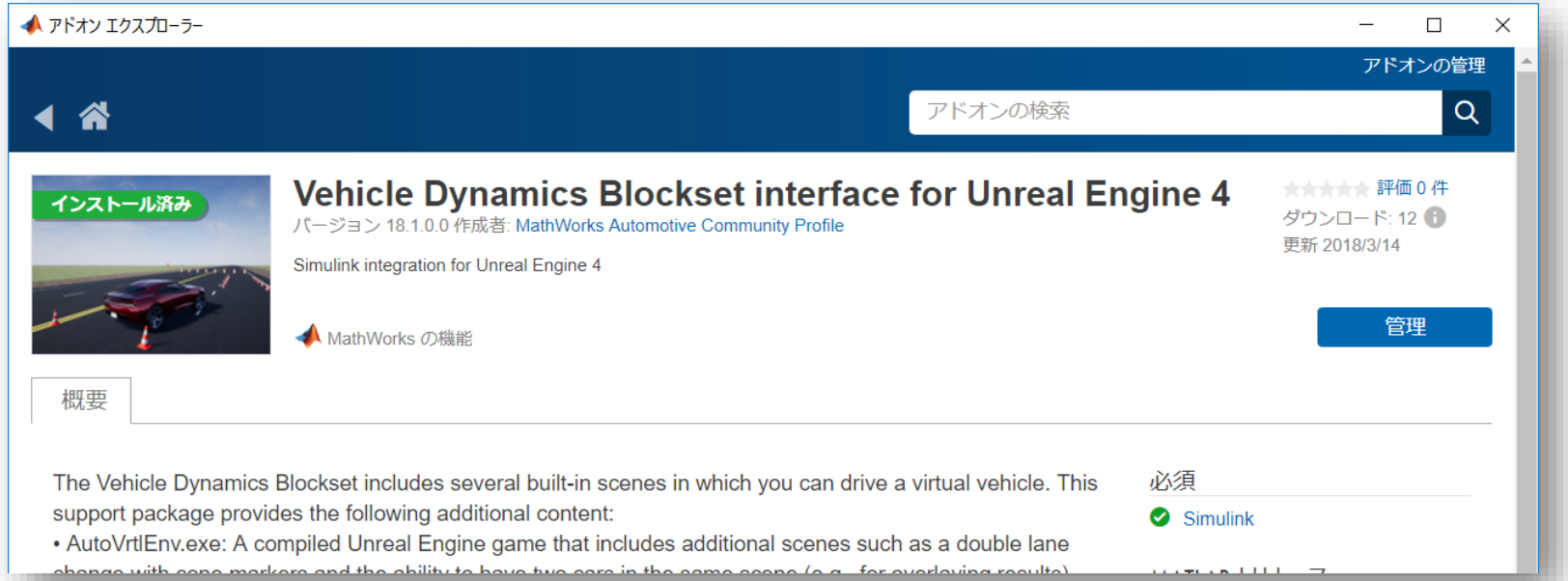
カメラモジュール信号(RGB)
車高
など

車速、
車輪速、
車体傾き、
など

ゲームエンジンの実行ファイル
(コンパイル済みのモデル)

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



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

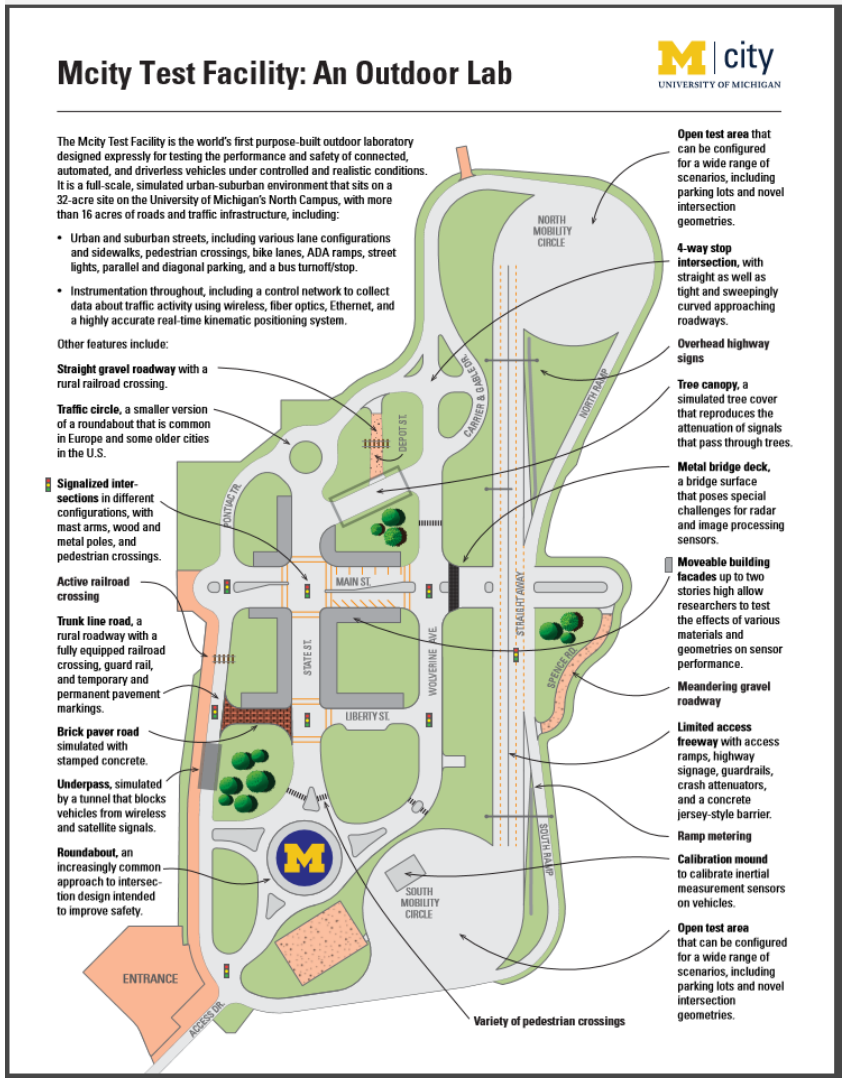
R2018bで追加された３Dシーン

US Highway

US City Block

Mcity

MCity



© 2018 The Regents of the University of Michigan

Mcity

Agenda

- Vehicle Dynamics Blockset™の紹介
- ゲームエンジンとの協調シミュレーション
- 自動運転制御ロジックを検証するためのシミュレータ構成

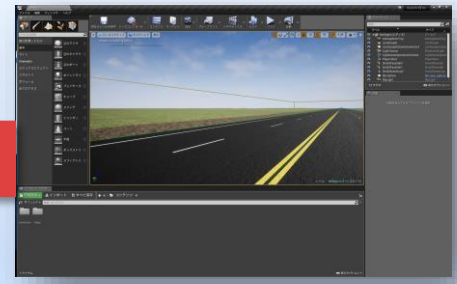
ゲームエンジンとの協調シミュレーション

Vehicle Dynamics Blockset™

※Unreal Engineのコマーシャルユースに関しては開発元(Epic Games社)にご確認ください

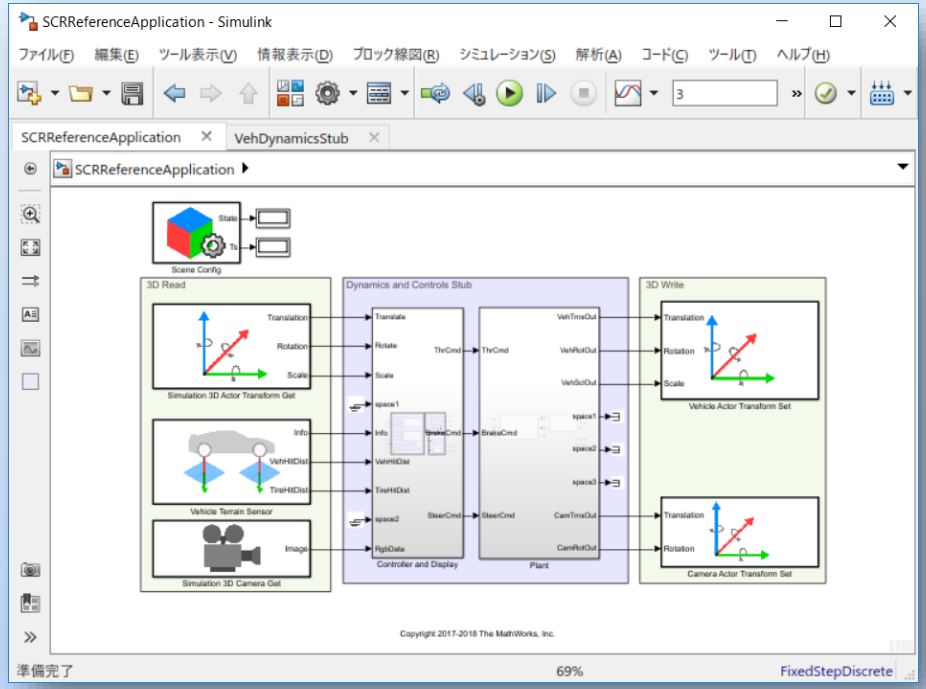
- ゲームエンジンと閉ループ構築可能

コンパイル



Unreal Engine
(ゲームエンジンのエディター)
ユーザ様インストール

Vehicle Dynamics Blocksetに同梱



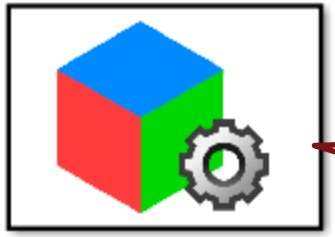
Simulinkモデル

カメラモジュール信号(RGB)
車高
など

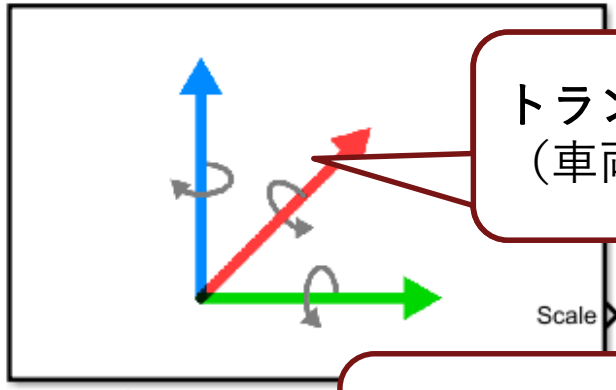
車速、
車輪速、
車体傾き、
など

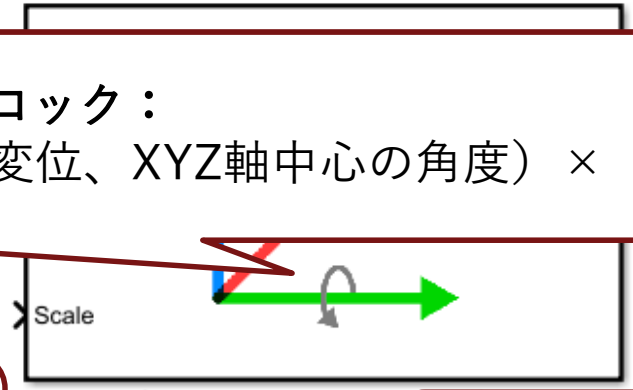
ゲームエンジンの実行ファイル
(コンパイル済みのモデル)

Vehicle Dynamics BlocksetとUnreal Engineとのインターフェース

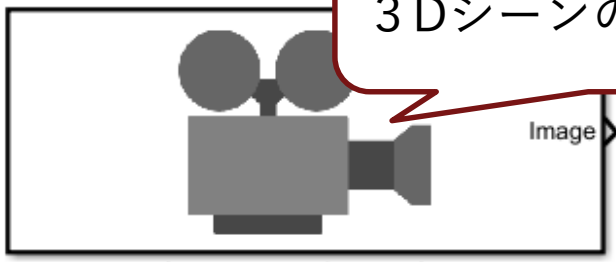


コンフィグブロック：
接続先を選択（スタンドアロンのゲーム or ゲームエディタ）

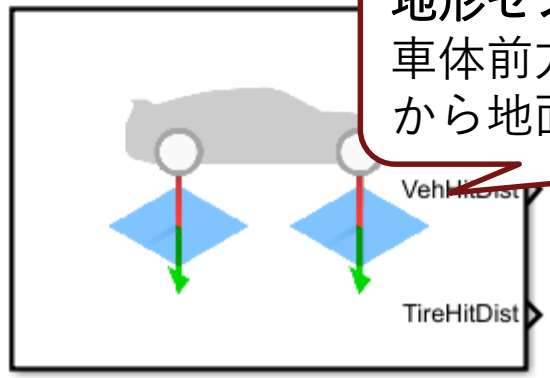




トランスフォームブロック：
（車両のXYZ軸方向変位、XYZ軸中心の角度）×（車両ボデー、４輪）



カメラゲットブロック：
３Dシーンのカメラ画像



地形センサブロック：
車体前方のオブジェクトまで距離、車輪から地面までの距離

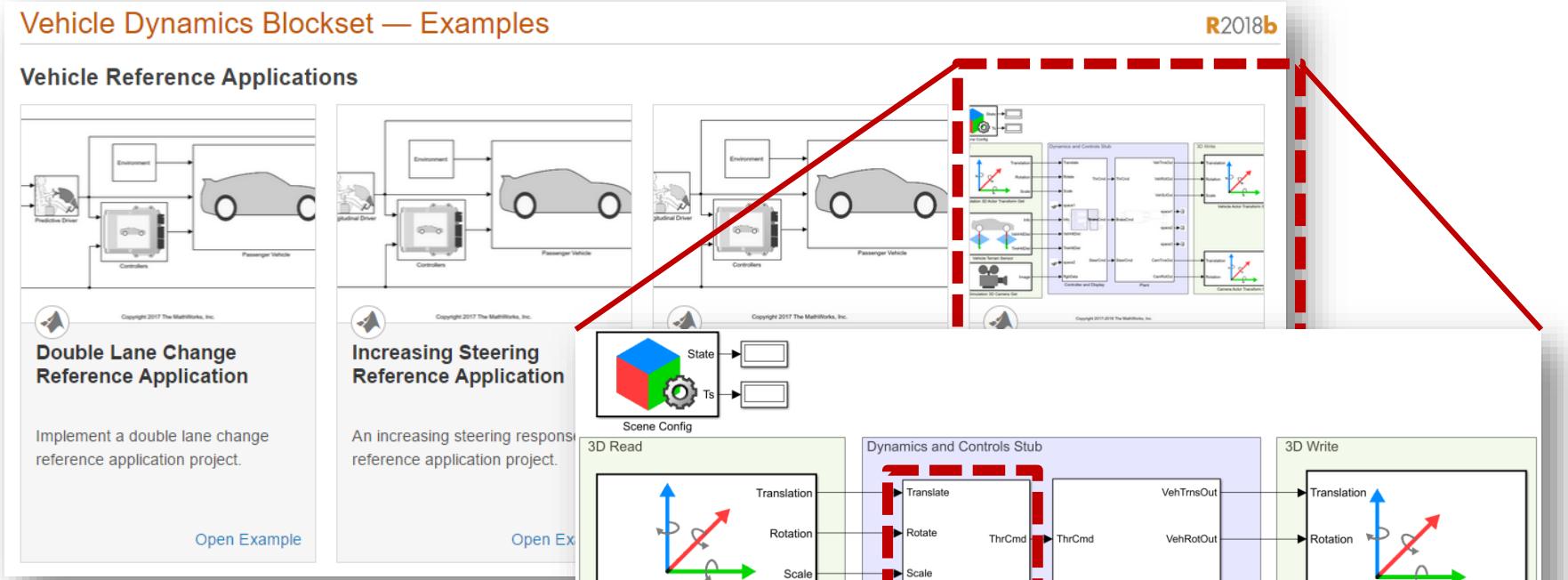
ADAS/AD向けの仮想３Dテスト環境

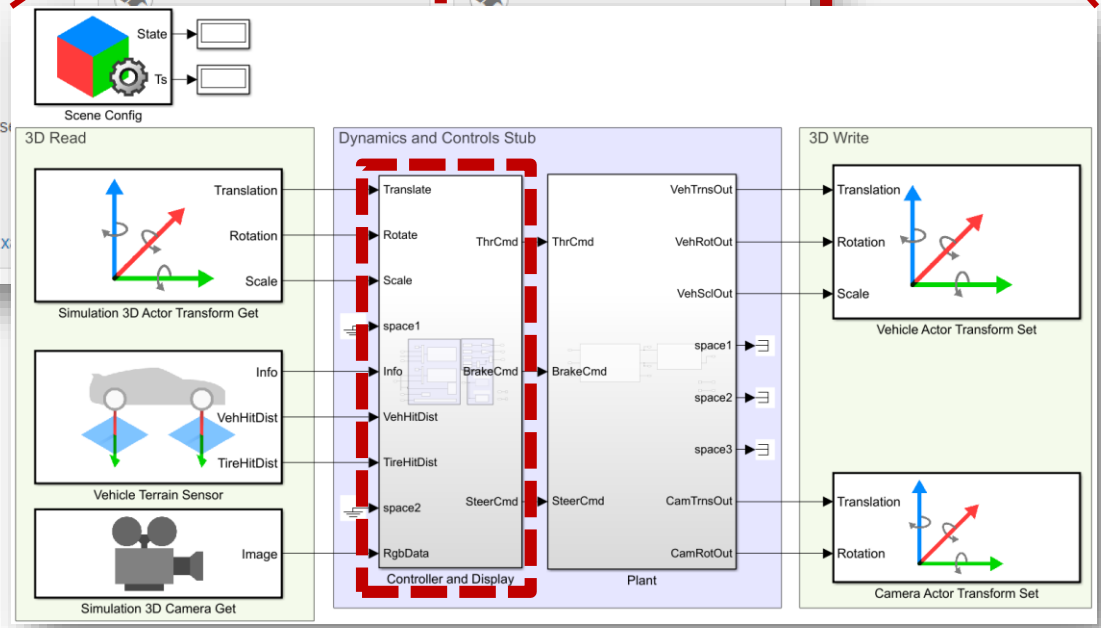
Unreal Engine上の車載カメラ画像は
Simulinkに取り込み可能

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

Vehicle Dynamics Blocksetデモ

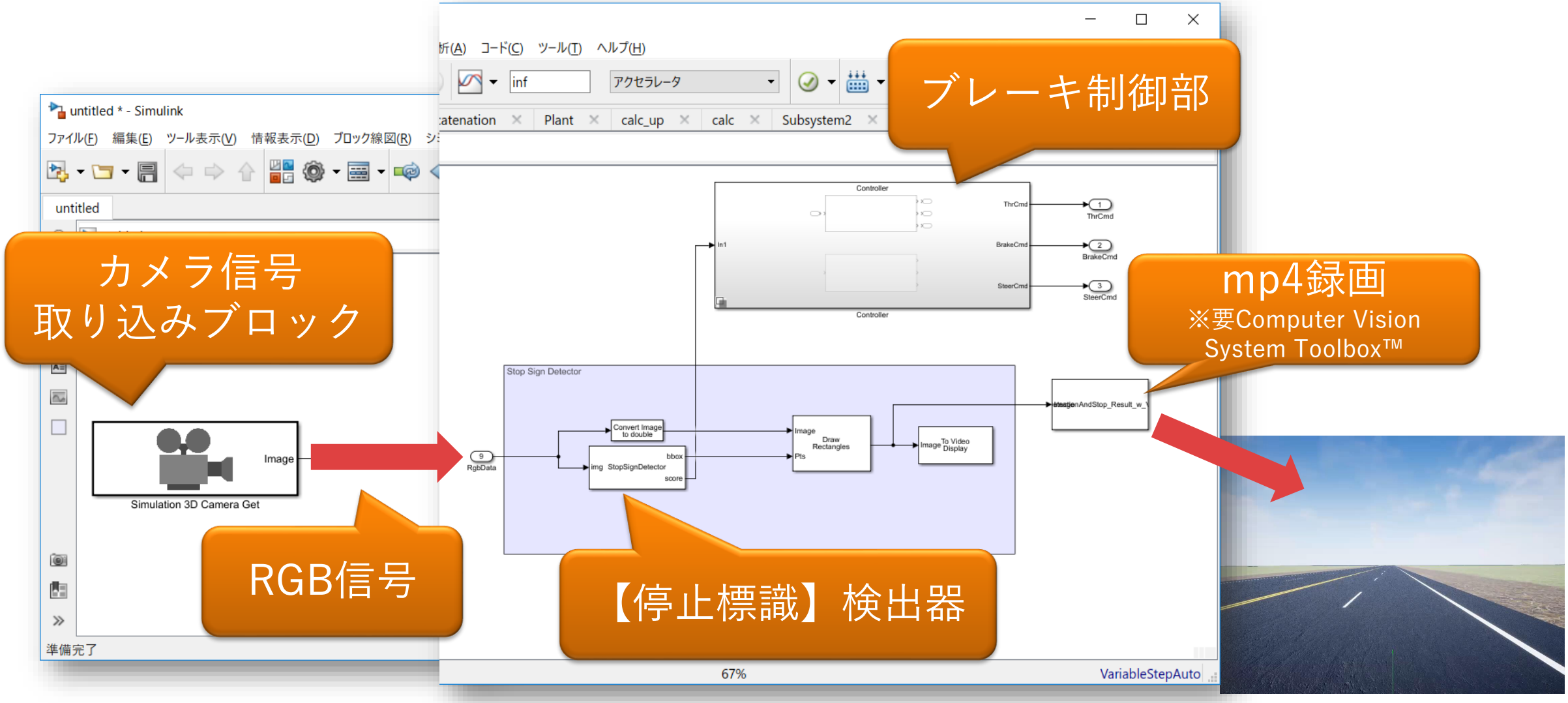
- ベースモデル：Scene Interrogation リファレンスアプリケーション





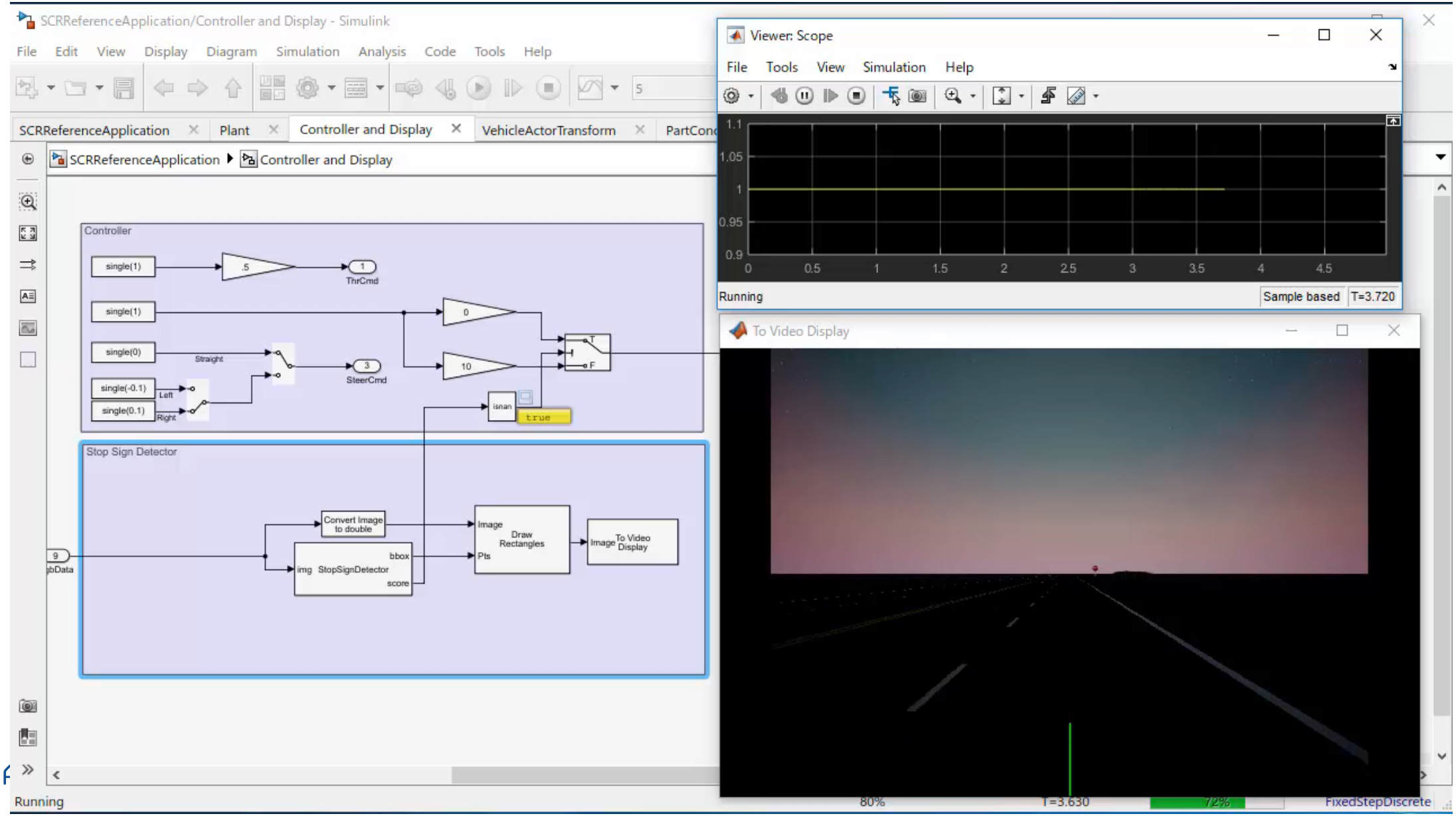
変更：停止標識を見つけたら自動で
停車する（ブレーキをかける）

Vehicle Dynamics Blocksetデモ: 標識認識とブレーキング



Vehicle Dynamics Blocksetデモ: 標識認識とブレーキング

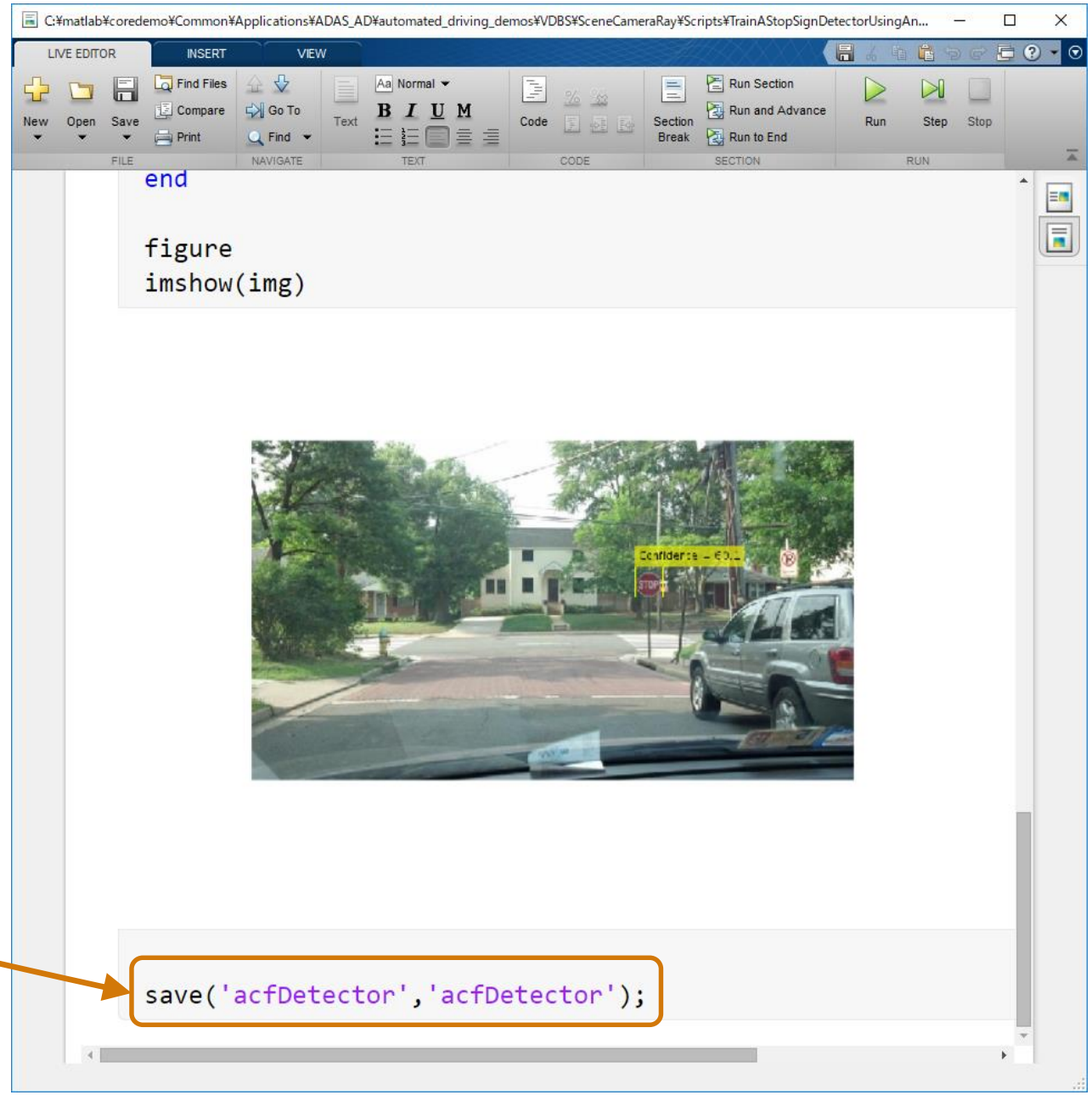
Vehicle Dynamics Blocksetデモ: 標識認識とブレーキング（無灯火）



Tips:
停止標識の検出器

- Computer Vision System Toolbox™に付随の[デモ]

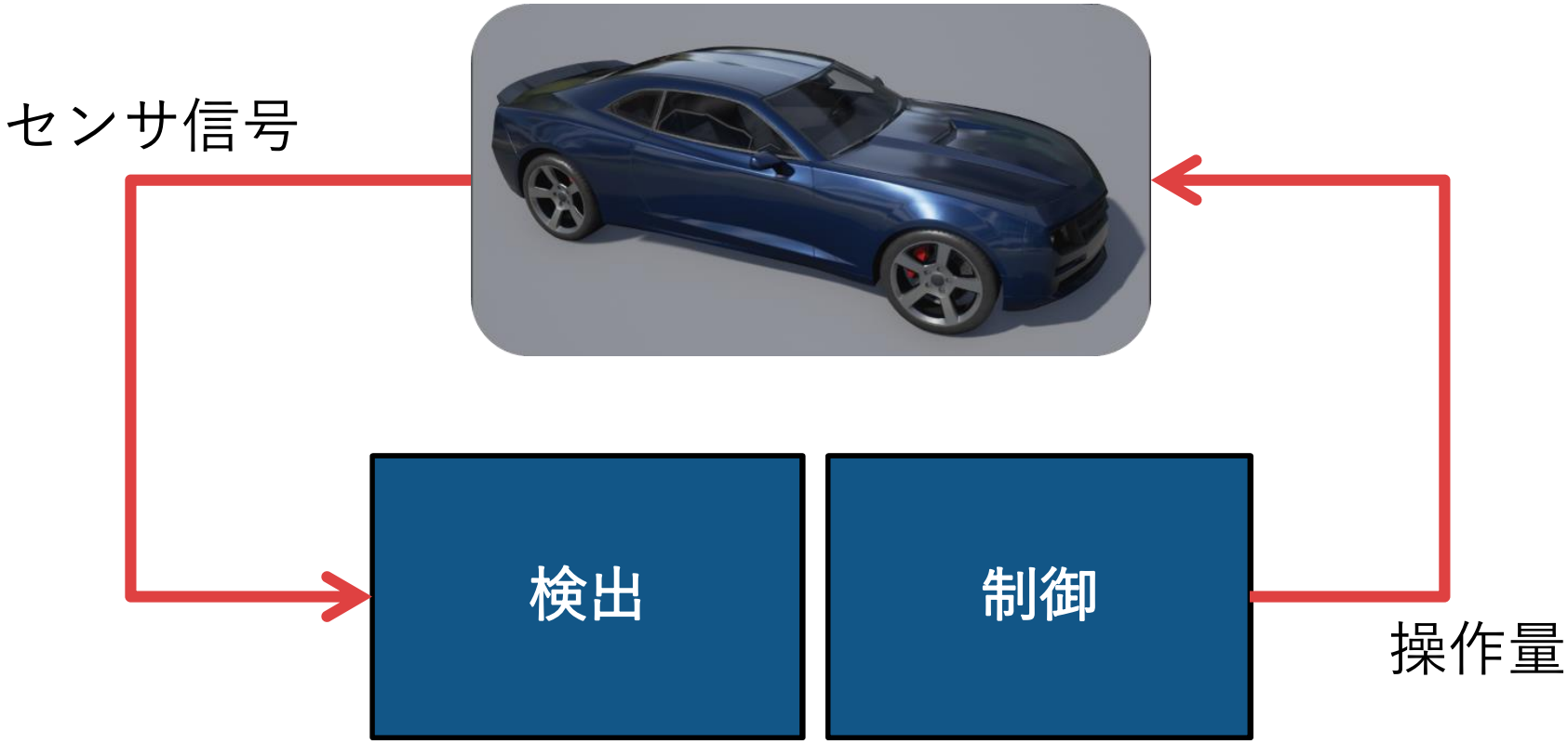
- 学習させた停止標識の検出器は、MATファイル形式で保存可能



Agenda

- Vehicle Dynamics Blockset™の紹介
- ゲームエンジンとの協調シミュレーション
- **自動運転制御ロジックを検証するためのシミュレータ構成**

自動運転制御システム概要



自動運転制御システム概要

単眼カメラ画像

検出

制御

操作量

検出器:
レーン/車両検出

自動運転制御システム概要

単眼カメラ画像

検出

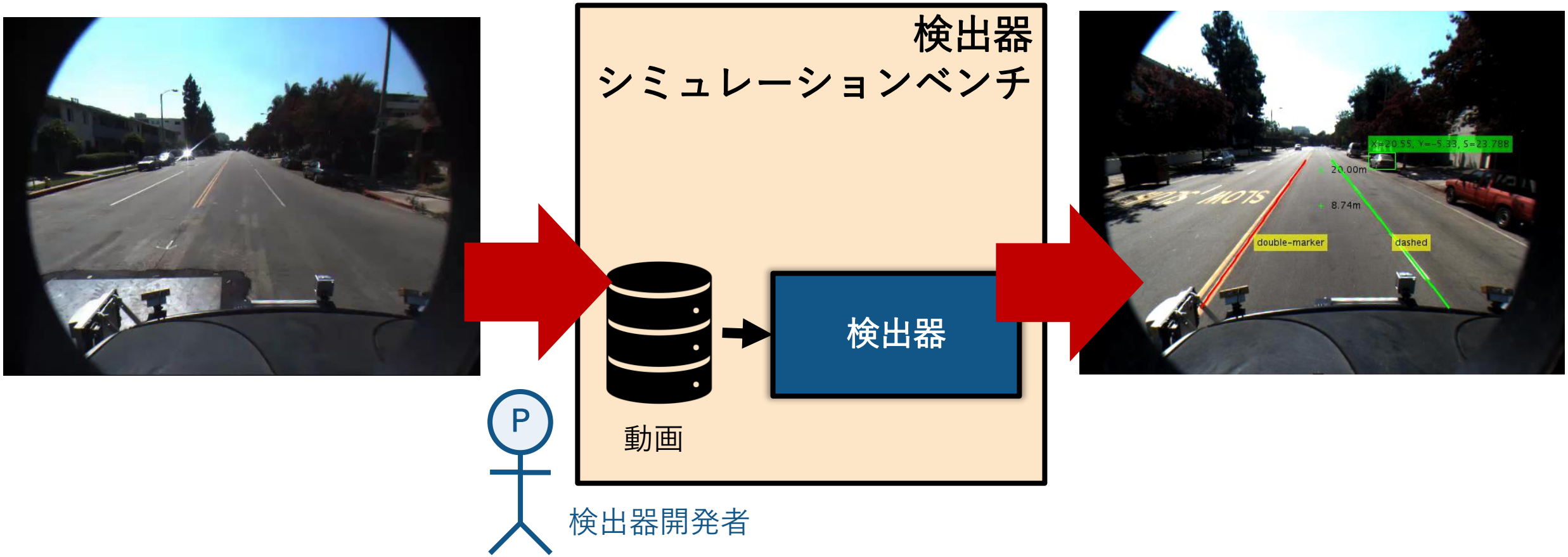
制御

舵角操作
加速度操作

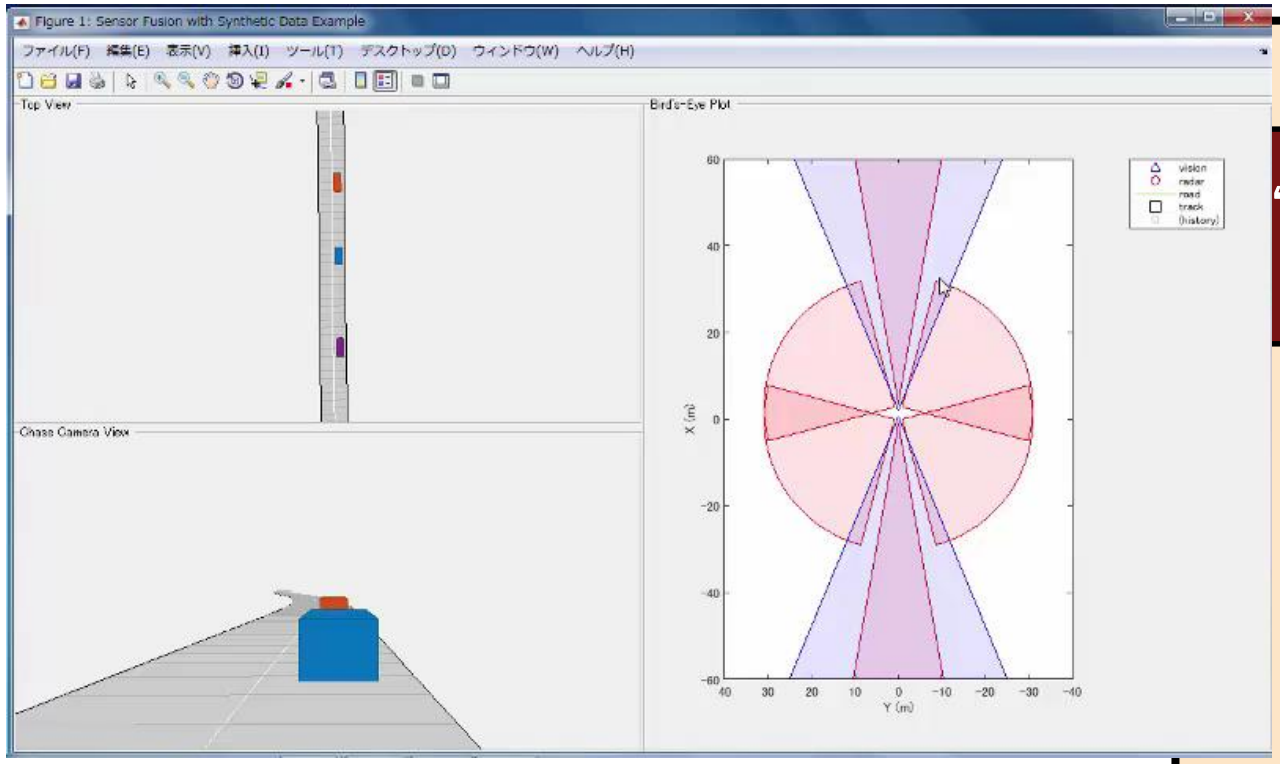
検出器:
レーン/車両検出

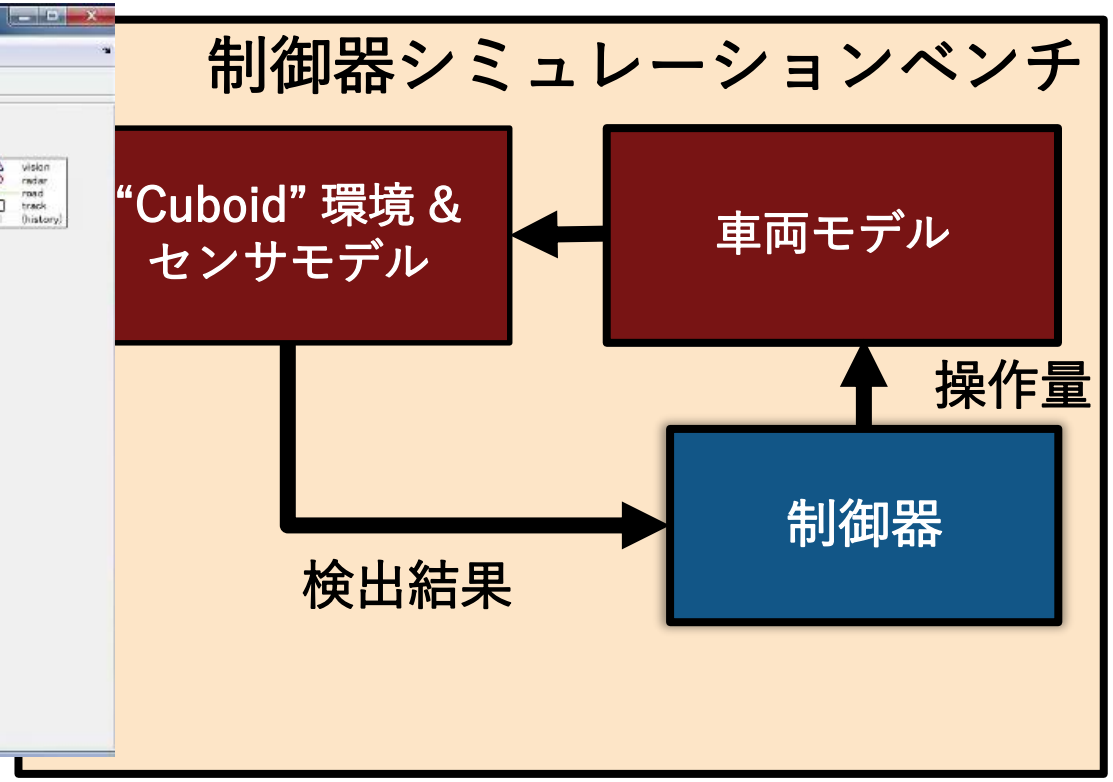
制御器：
加速度
操舵角

自動運転制御システム：レーン/車両検出



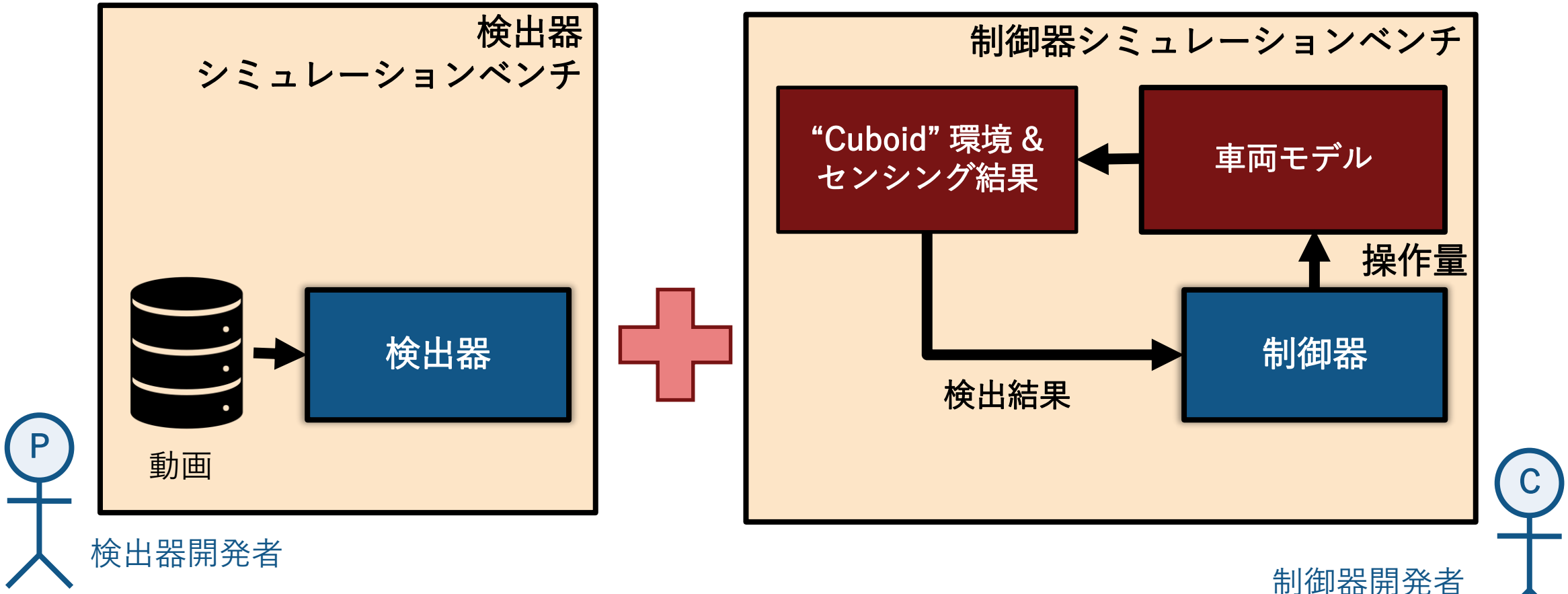
自動運転制御システム：舵角＆加速度制御





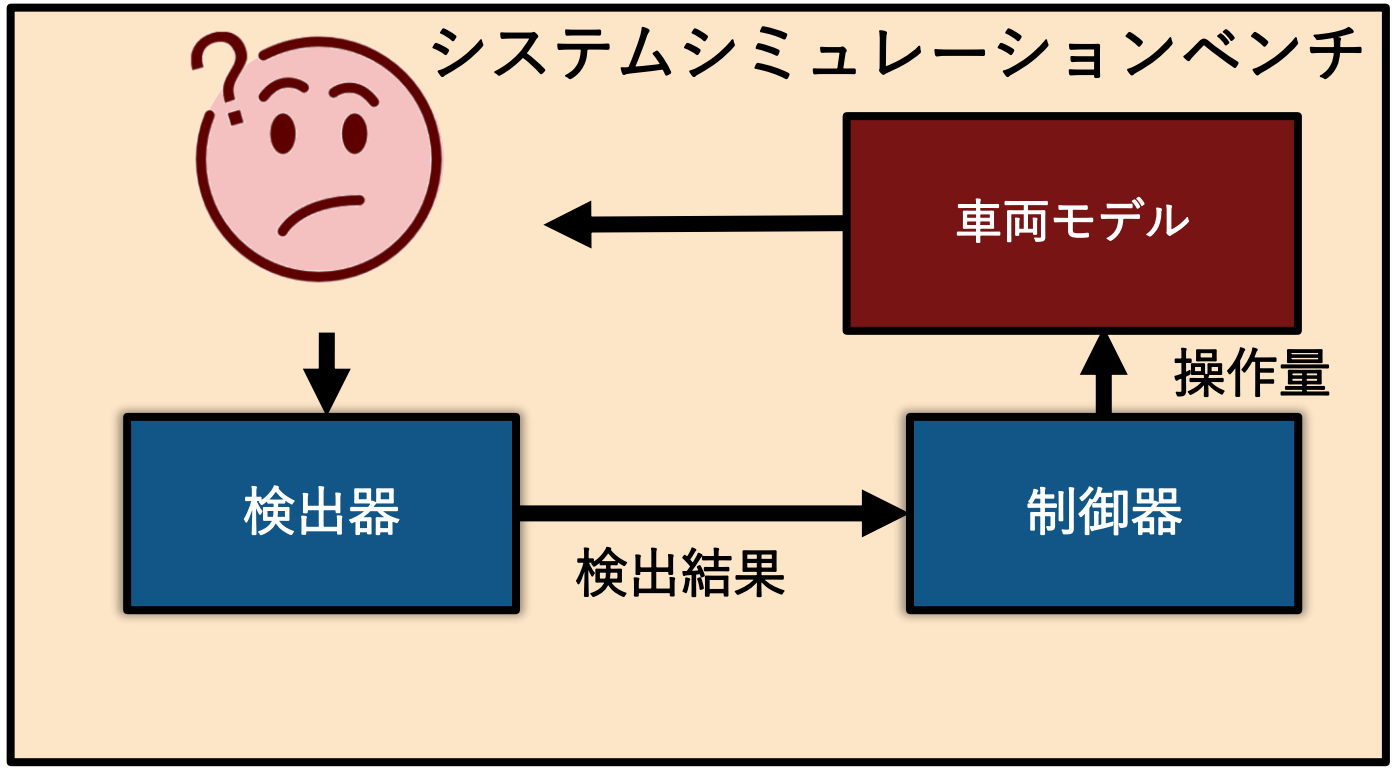
制御器開発者

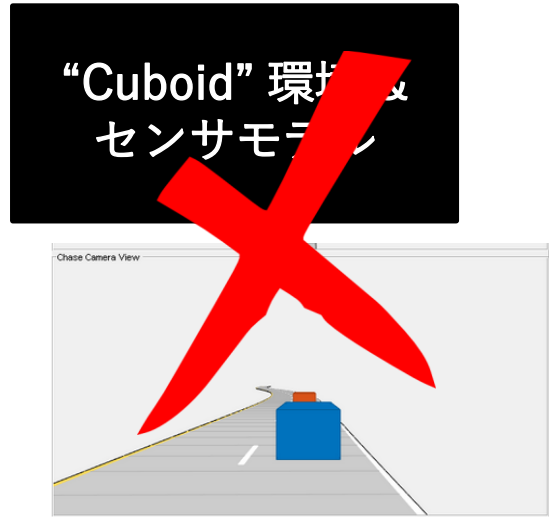
システムレベルのシミュレーションベンチ構築



システムレベルのシミュレーションベンチ構築：閉ループを構築するための外界環境モデルは？

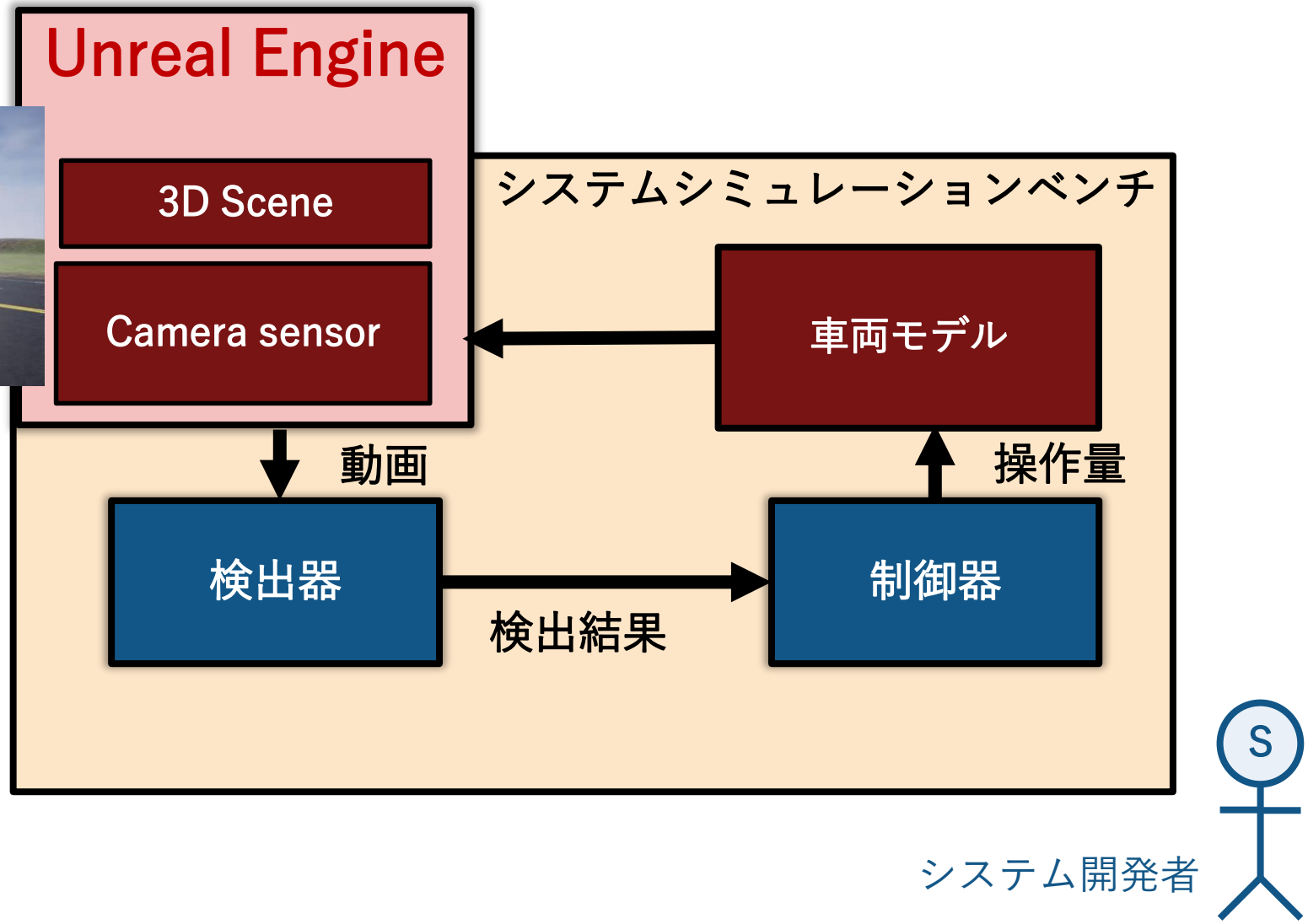
動画





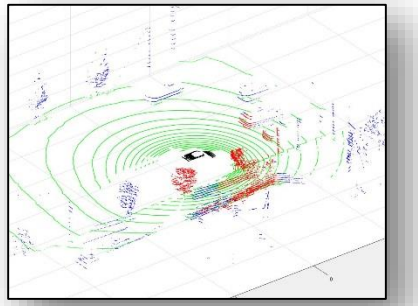
システム開発者

システムレベルのシミュレーションベンチ構築：
Unreal Engineをループに含めたシミュレーションベンチ

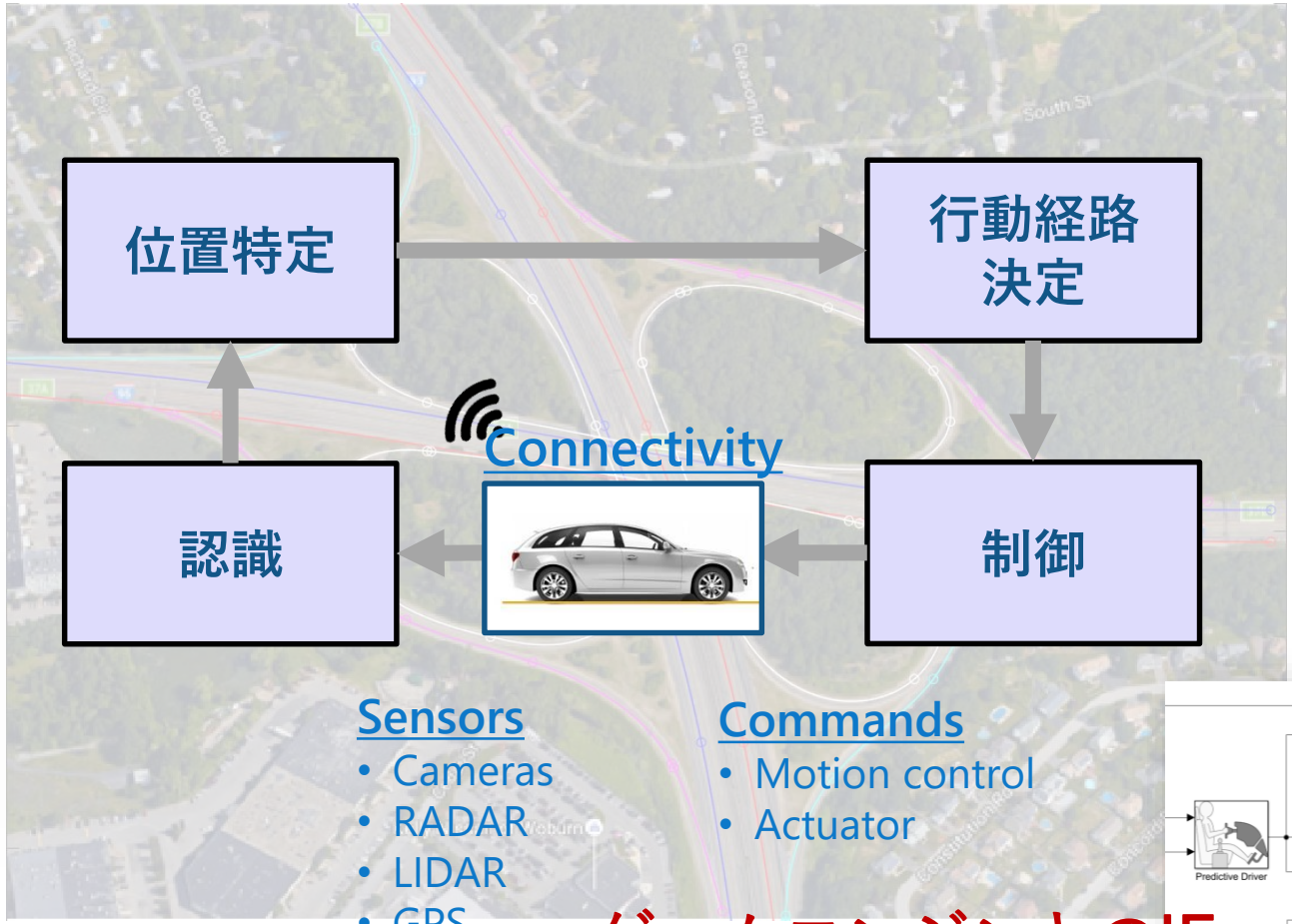


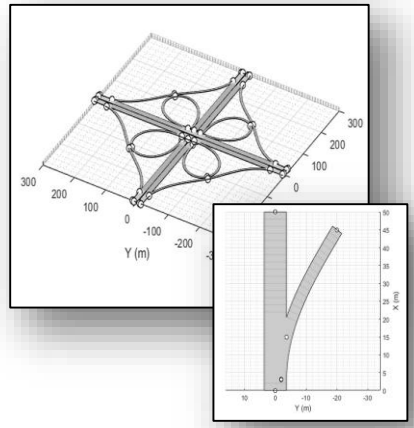
ADAS/自動運転開発・検証の統合プラットフォーム

MATLAB® / Simulink® / Automated Driving System Toolbox™ / Vehicle Dynamics Blockset™



LiDAR信号処理、
センサーデータの可視化

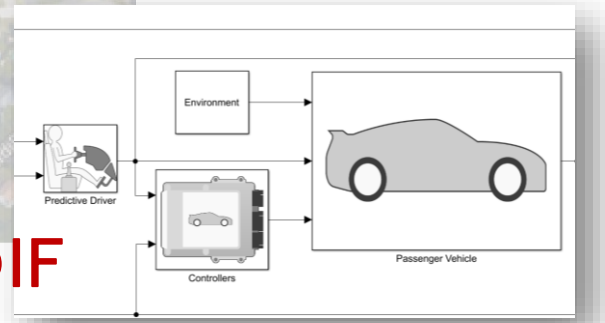




シナリオ作成と
シミュレーション

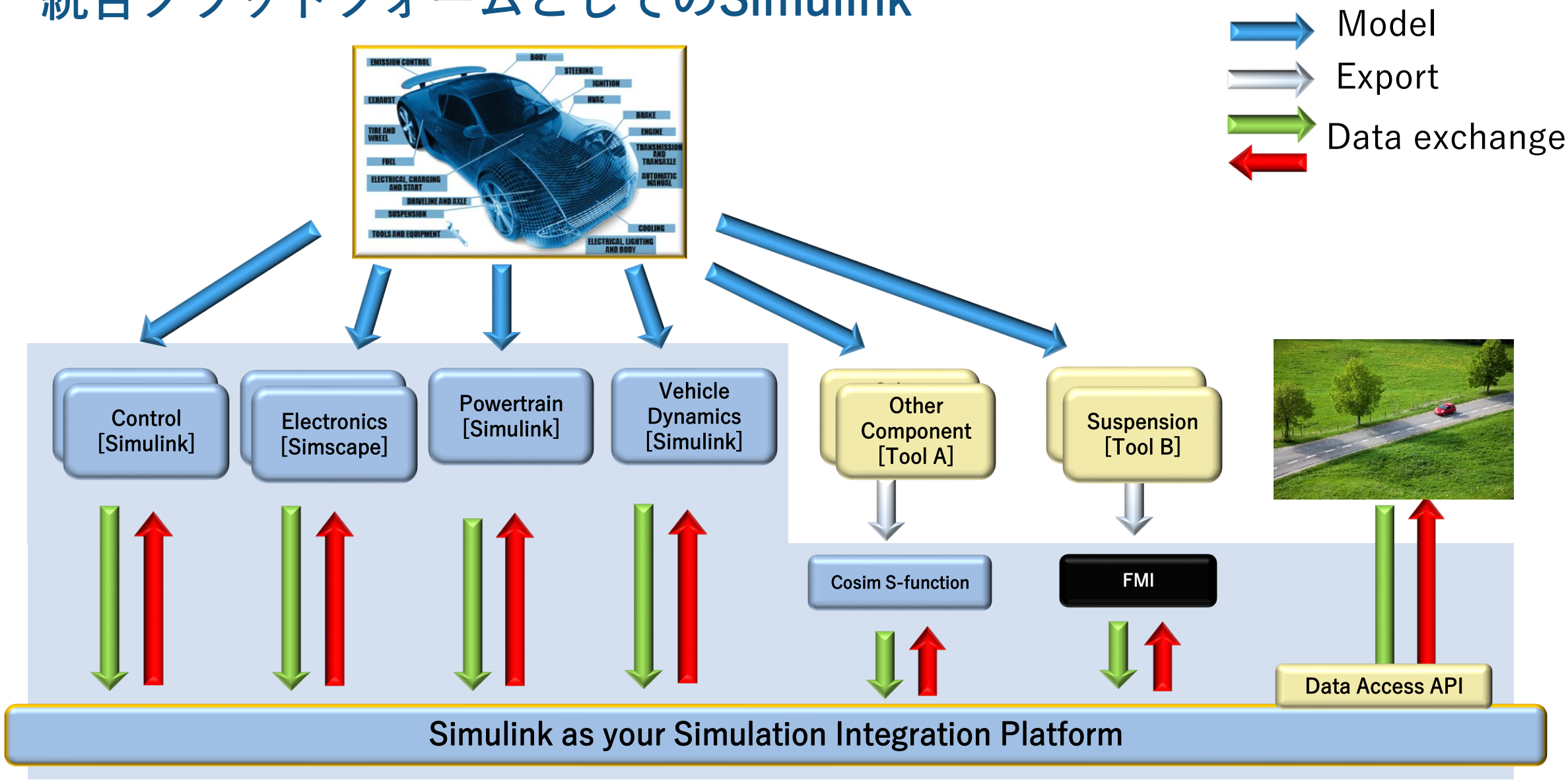
センサーフュージョン

ゲームエンジンとのIF

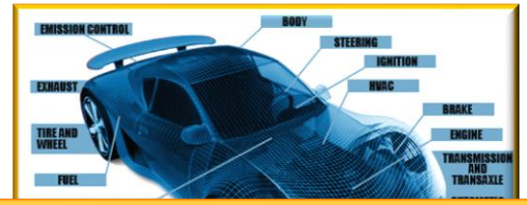


フルビークルモデル

統合プラットフォームとしてのSimulink



統合プラットフォームとしてのSimulinkの利点



Model
Export
Data exchange

Simulink以外のモデルも統合可能

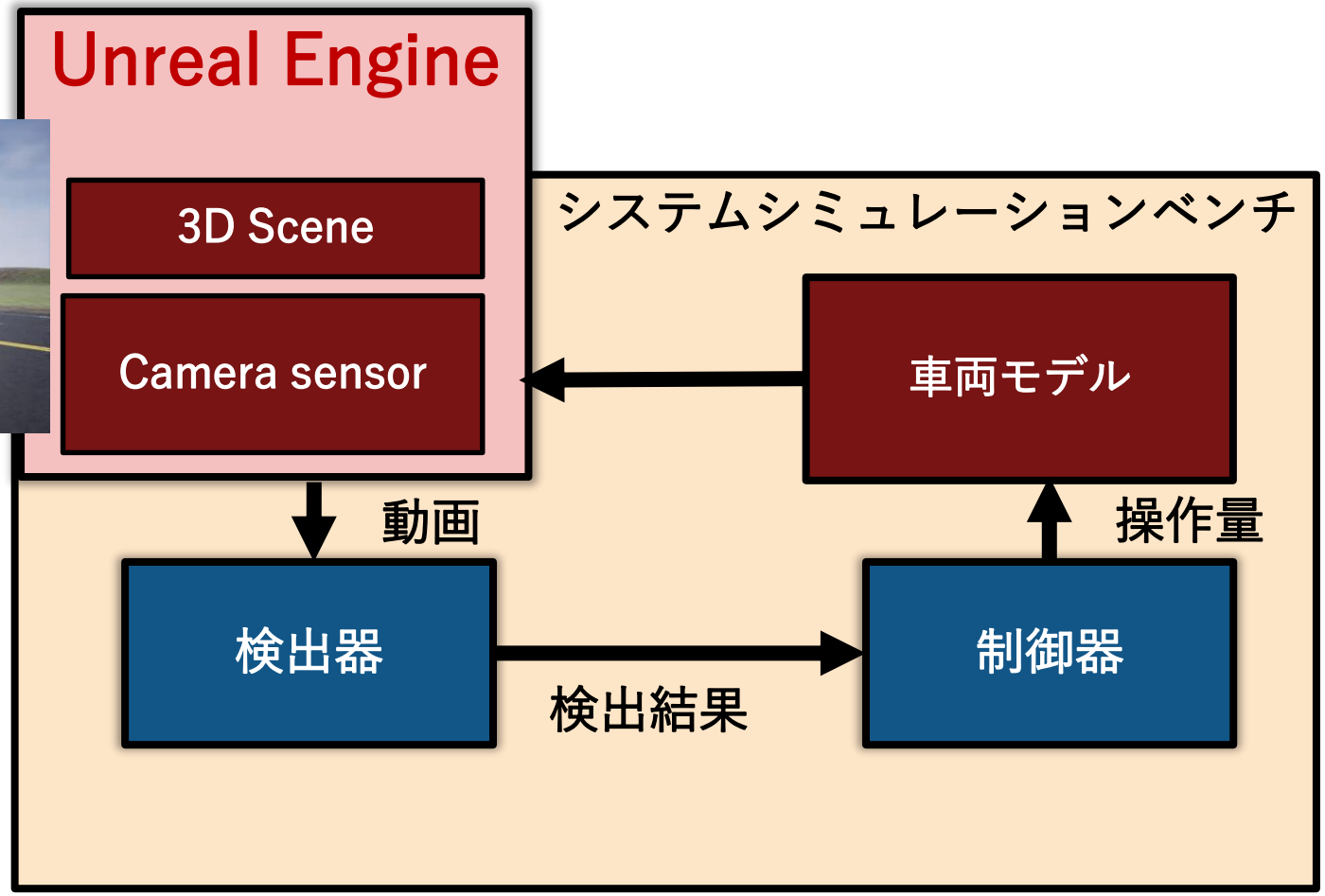
豊富な機能をシームレスに統合

優れたコストパフォーマンス

多くのユーザ様が使える！

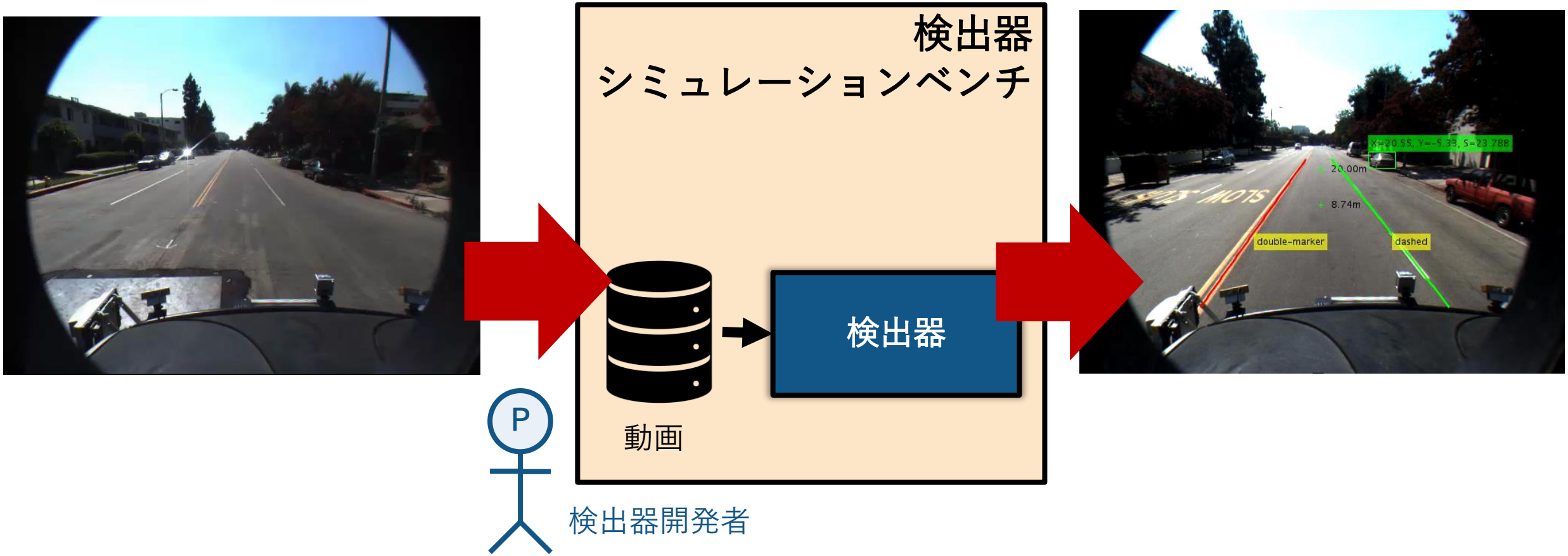
業務効率UP！

システムレベルのシミュレーションベンチ構築



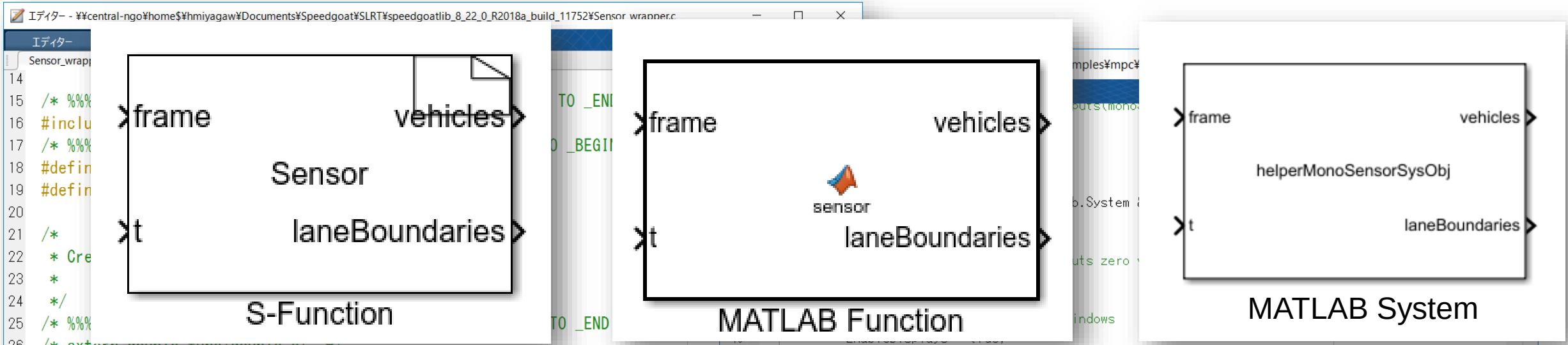
システム開発者

自動運転制御システム：レーン/車両検出



自動運転制御システム：レーン/車両検出

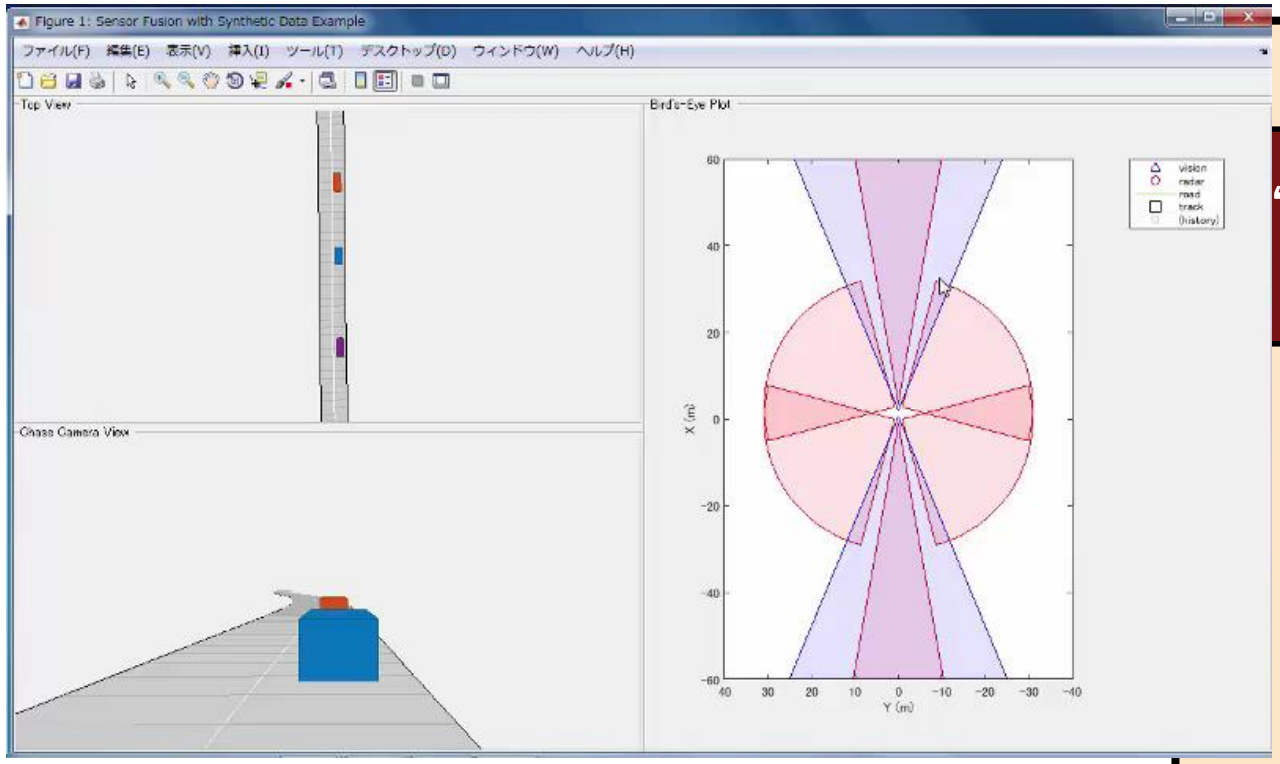
コードベースであってもSimulinkに実装可能

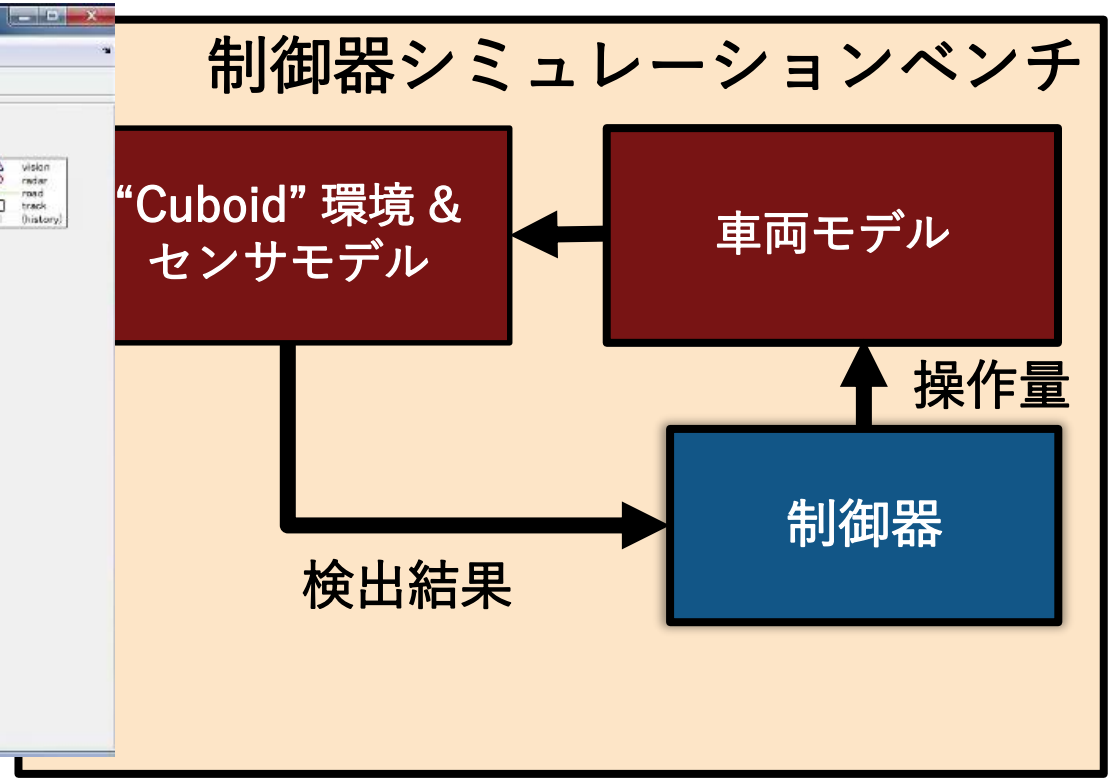



```
/* %%%-SFUNWIZ_wrapper_externs_Changes_END --- EDIT HERE TO _BEGIN */

/*
 * Output function
 *
 */
void Sensor_Outputs_wrapper(const real_T *frame,
            const real_T *t,
            real_T *vehicles,
            real_T *laneBoundaries)
```

```
    end

    properties
        % Sensitivity for the lane segmentation routine
        LaneSegmentationSensitivity = 0.25;

        % The ratio extent of the ROI a lane needs to cover
        LaneXExtentThreshold  = 0.2;

        % The ratio of inlier points required per unit length
        LaneStrengthThreshold = 0.1;
```

自動運転制御システム：舵角＆加速度制御

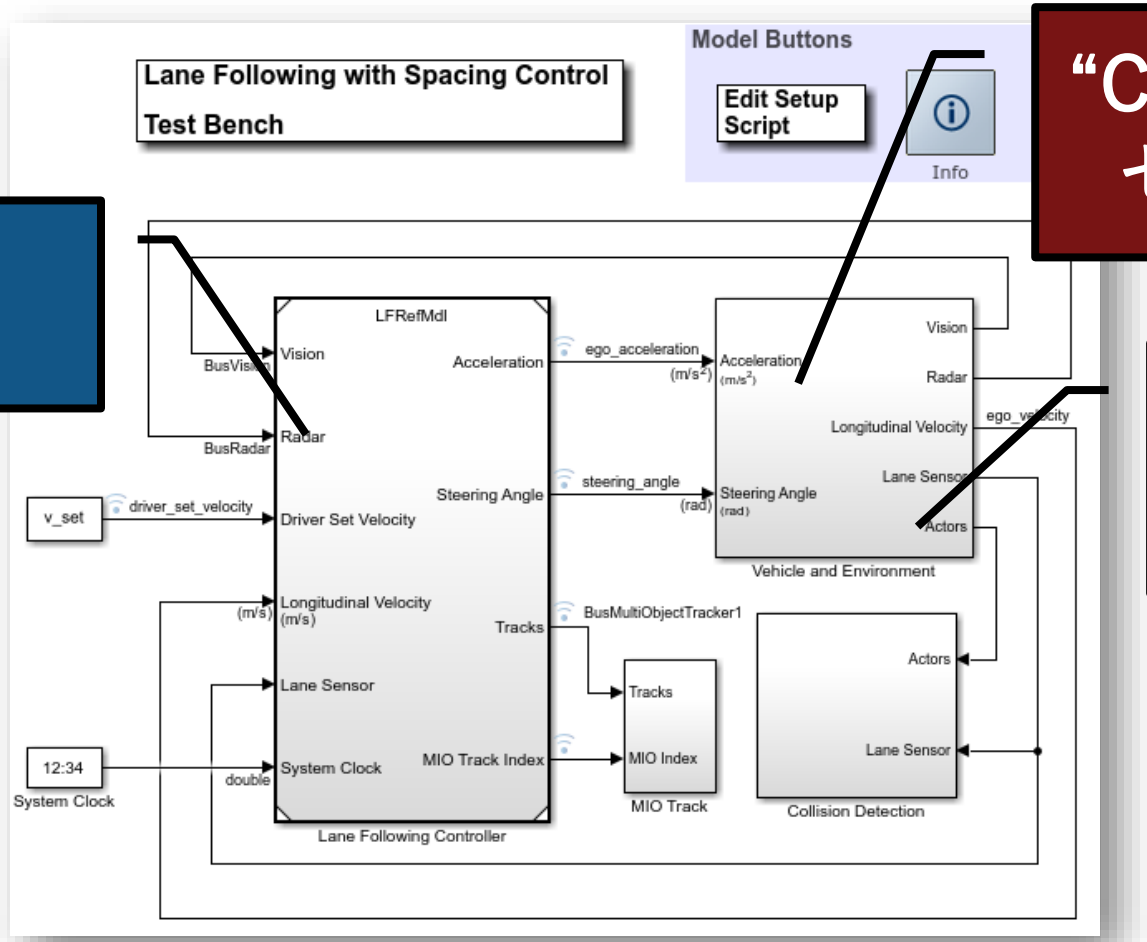




制御器開発者

自動運転制御システム：舵角＆加速度制御

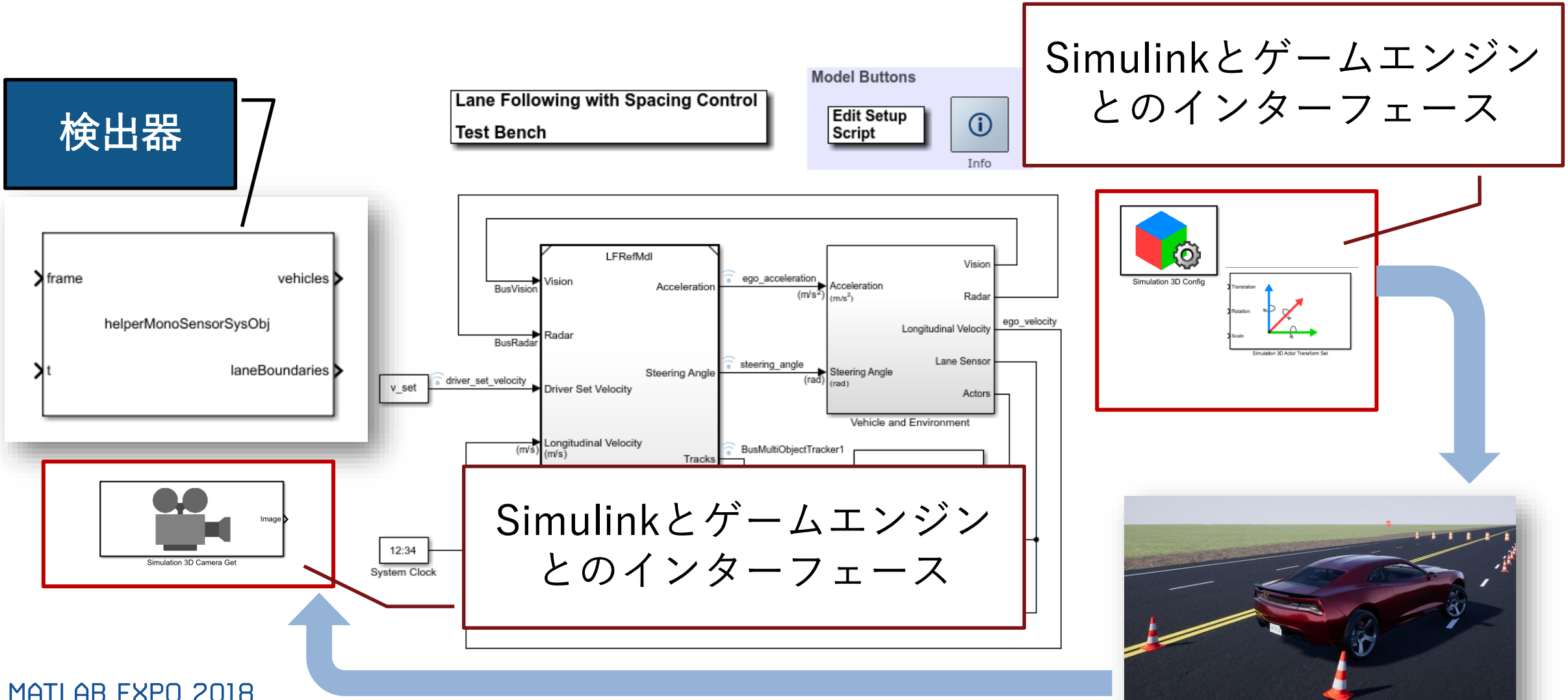
制御器



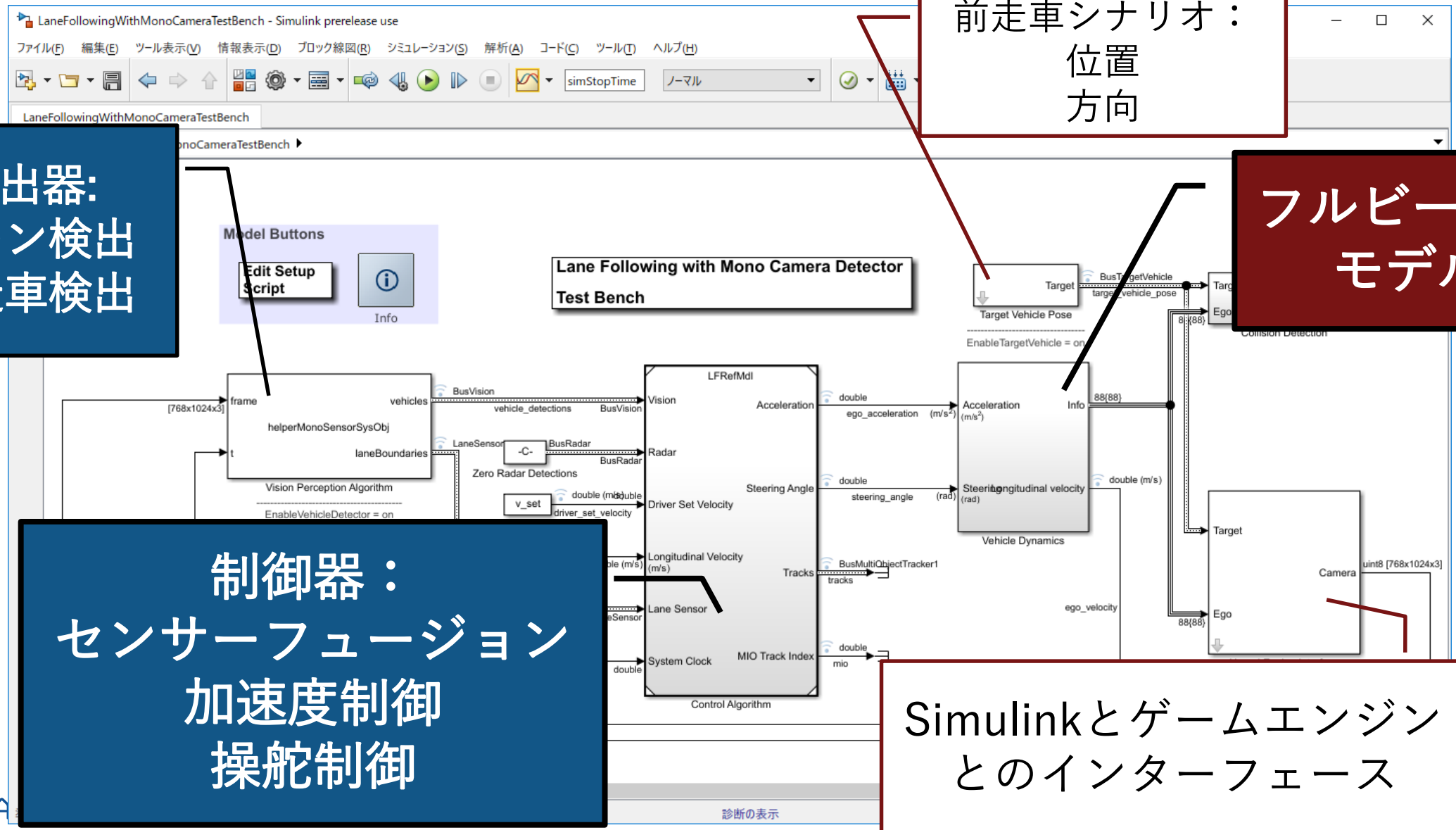
“Cuboid” 環境＆センサモデル

車両モデル

自動運転制御システム：統合



自動運転制御システム　シミュレーションベンチ



検出器:
レーン検出
前走車検出

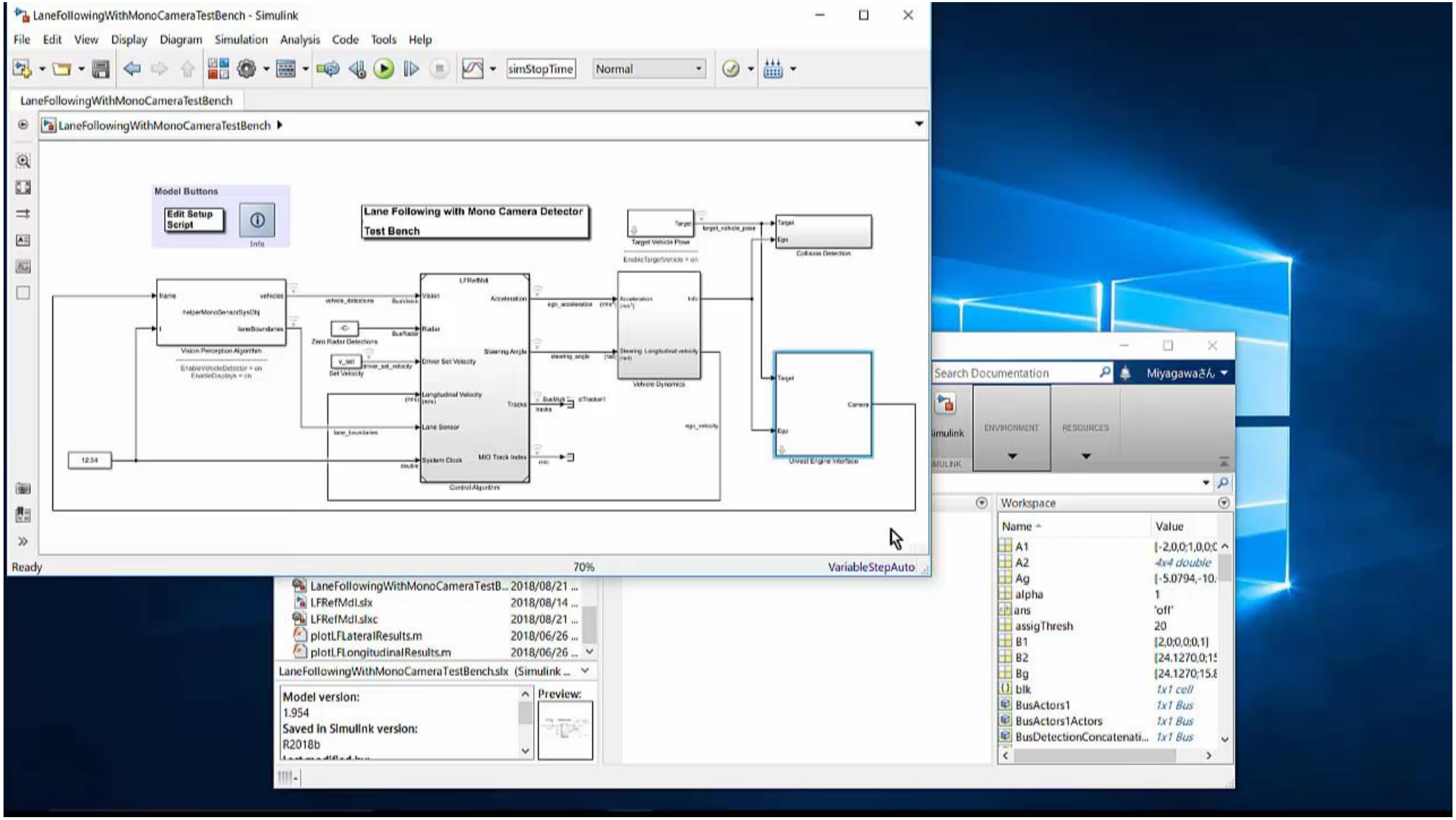
前走車シナリオ：
位置
方向

フルビークル
モデル

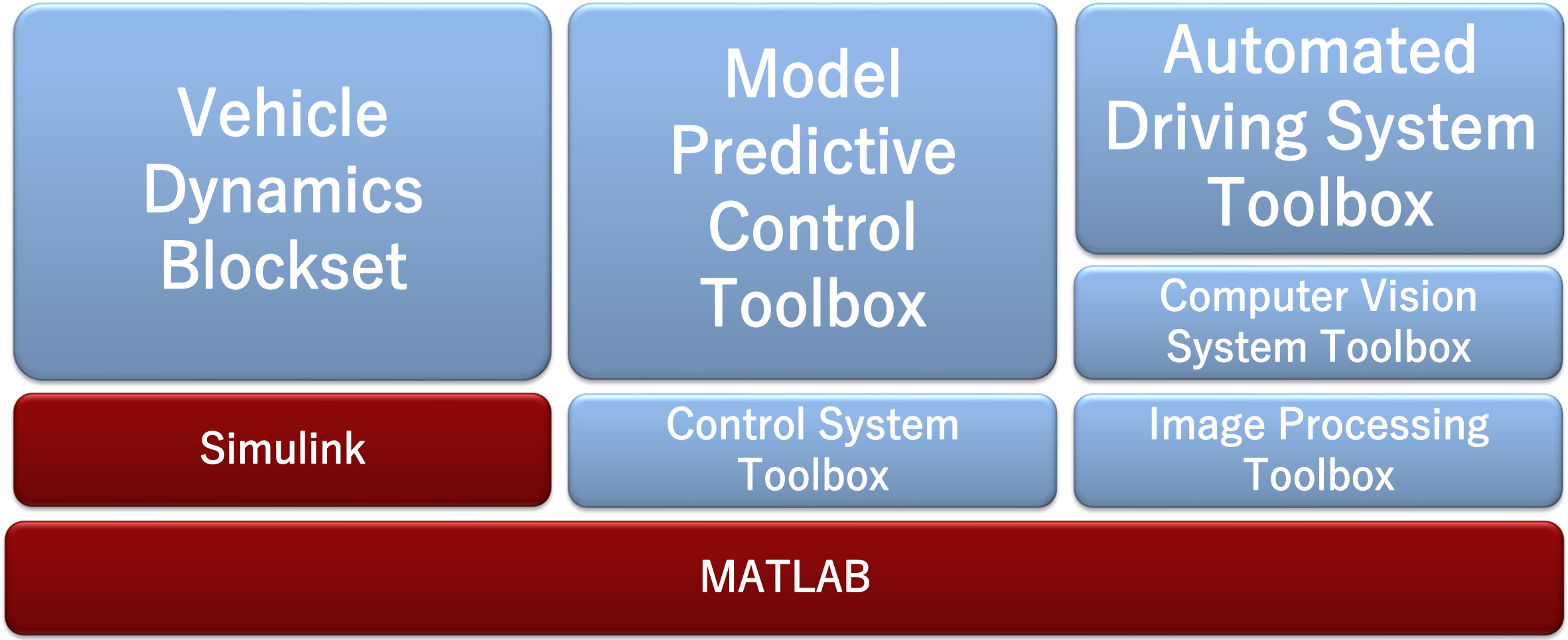
制御器：
センサーフュージョン
加速度制御
操舵制御

Simulinkとゲームエンジン
とのインターフェース

自動運転制御システム　シミュレーション



自動運転制御システムのシミュレーションを構築するための MathWorks製品群



自動運転制御システムのシミュレーションを構築するための MathWorks製品群

Vehicle Dynamics Blockset

Model Predictive Control Toolbox

Automated Driving System Toolbox

自車ダイナミクス
ゲームエンジンとのIF

舵角制御
加速度制御

前走車シナリオ
レーン検出
前走車検出

MATLAB

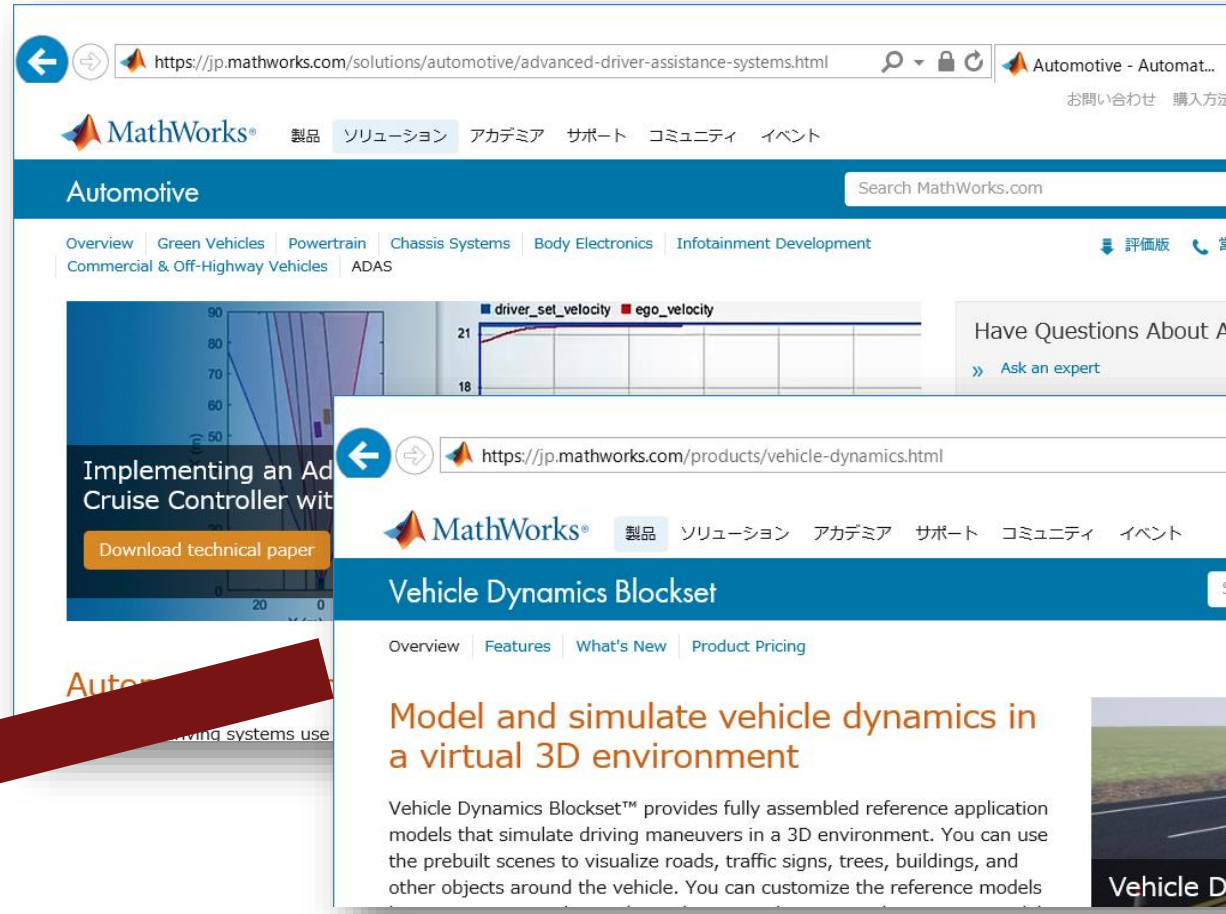
まとめ

- Vehicle Dynamics Blockset™の紹介
- ゲームエンジンとの協調シミュレーション
- 自動運転制御ロジックを検証するためのシミュレータ構成

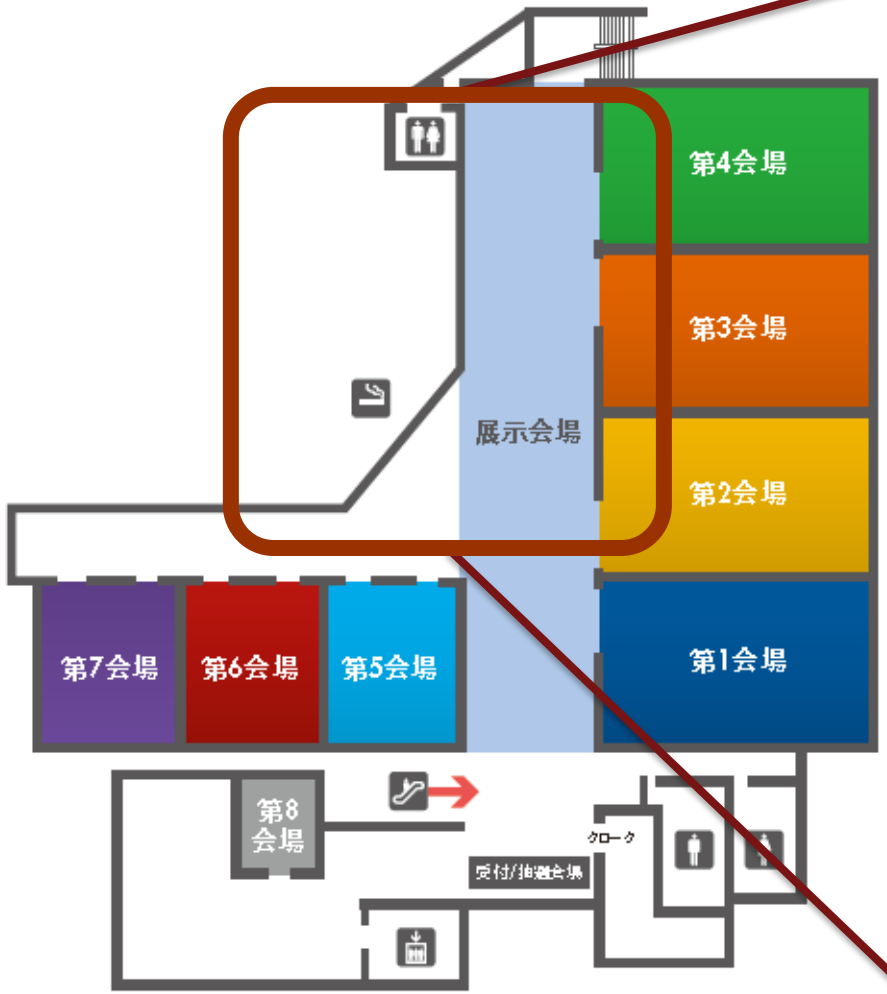
次のステップ！

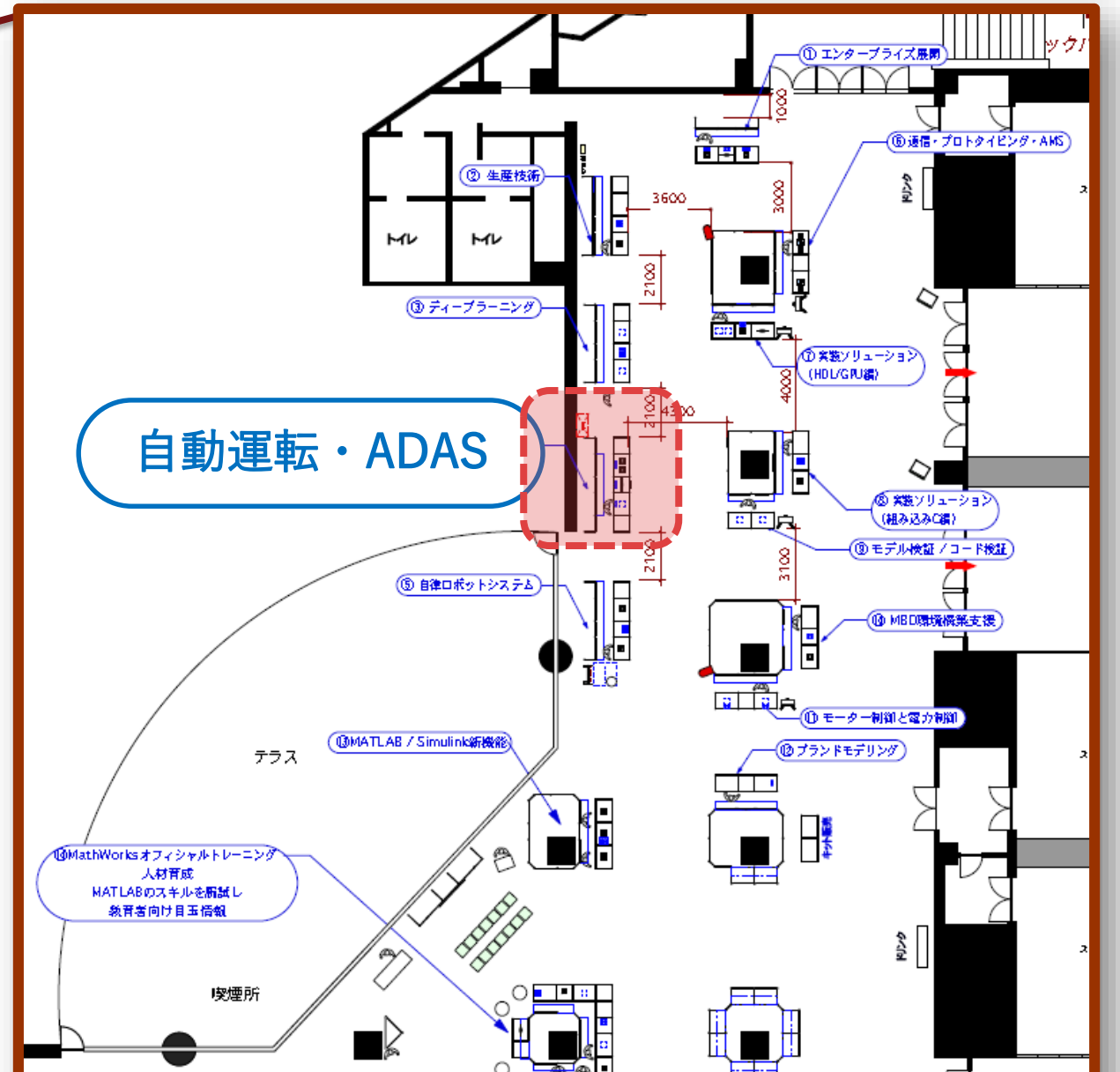
- Webページ
  - ADAS/自動運転のソリューションページ
  - Vehicle Dynamics Blockset紹介ページ

- 評価版、各種お問合せ



展示ブースでご覧いただけます！





Session Key Take Away

MathWorksは、自動運転システム開発に必要な
フルビークルモデルを提供します

MathWorks

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.

© 2018 The MathWorks, Inc.