



RoadRunner

ADAS/自動運転アルゴリズム検証のためのシナリオ生成

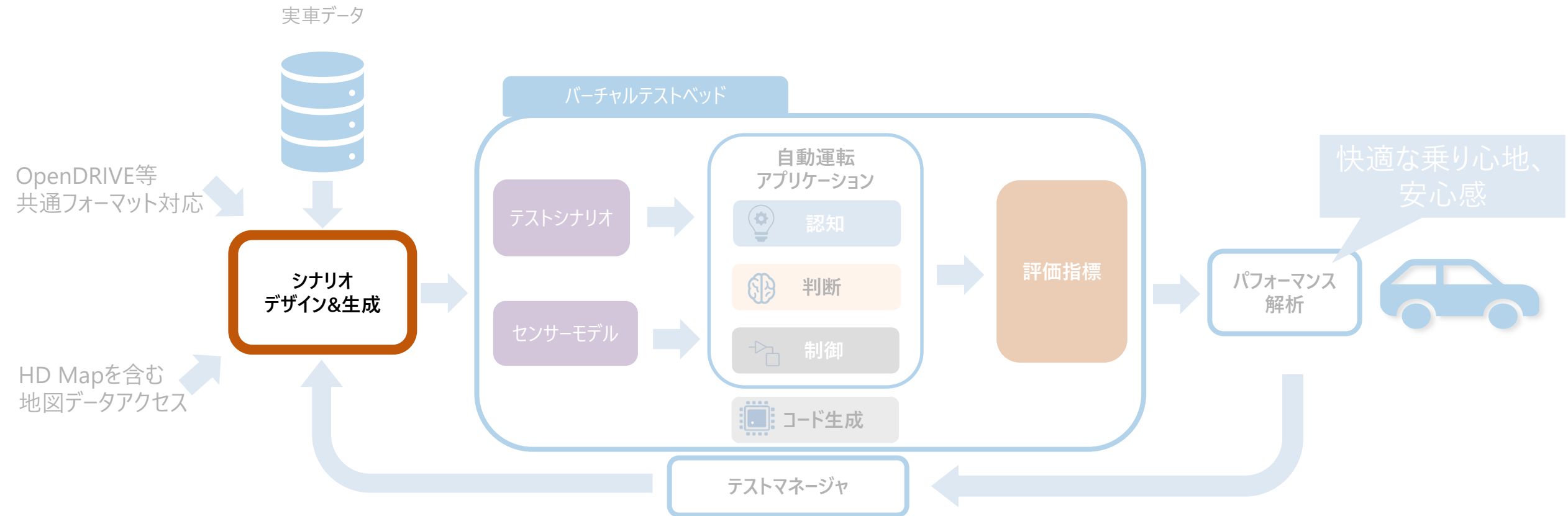
MathWorks Japan

町田 和也

kmachida@mathworks.com



ADAS/自動運転システム 統合開発環境



目的に応じて選択できる2つの環境

Vehicle Dynamics
Unrealエンジン連携

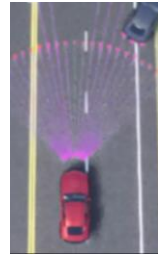


シナリオ
デザイン&生成

Driving Scenario
Designer



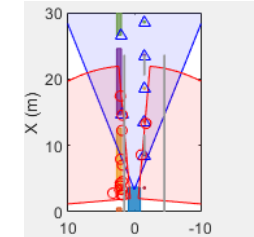
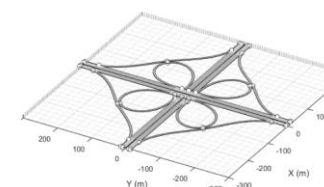
認識系アルゴリズム必要



より“リアル”な環境、
物理センサーモデル

- 認識系アルゴリズムを含む、
より現実に近いシミュレーション

認識系アルゴリズム不要



抽象度の高い、簡易的表現
確率的センサーモデル

- 統計的なセンサー特性に基づいた
簡易シミュレーション
- 高速な実行時間

センサー特性や取り付け位置の検討、
センサーフュージョンや制御系アルゴリズムの検証など
幅広くお使い頂けます

Driving Scenario Designer

高速動作、低コスト、制御系エンジニアの方でも使いやすいAPI

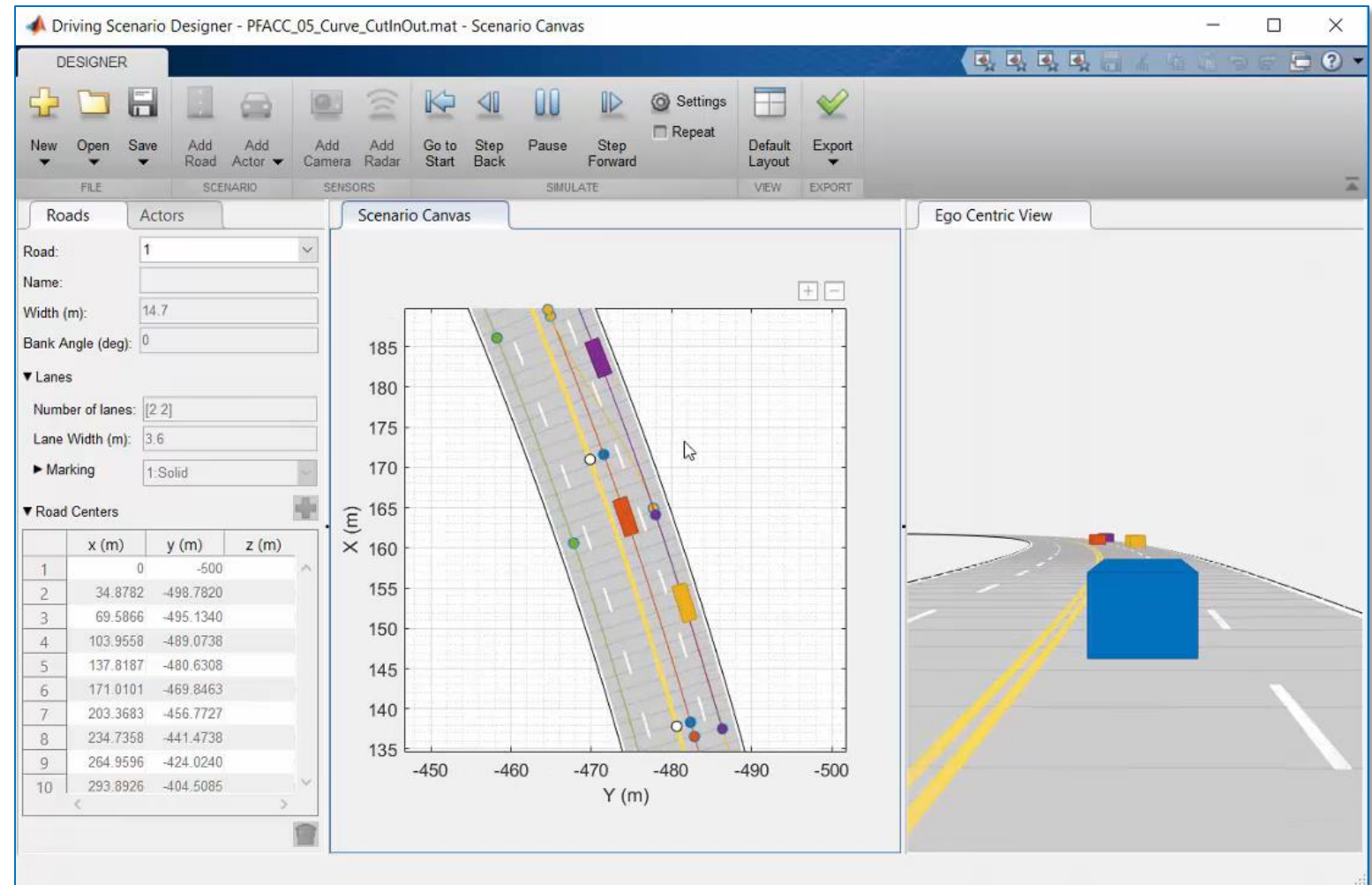
- 道路や車線、白線の作成
- 任意のアクター追加、軌道の定義
- アクターのサイズやRCS(Radar cross-section) の設定
- 事前定義済シナリオの活用
- OpenDRIVEやHERE HD Live Map、Zenrinの地図から道路情報をインポート
- 作成したシナリオはMATLABコードもしくはSimulinkモデルとして出力可能

[Driving Scenario Designer](#)

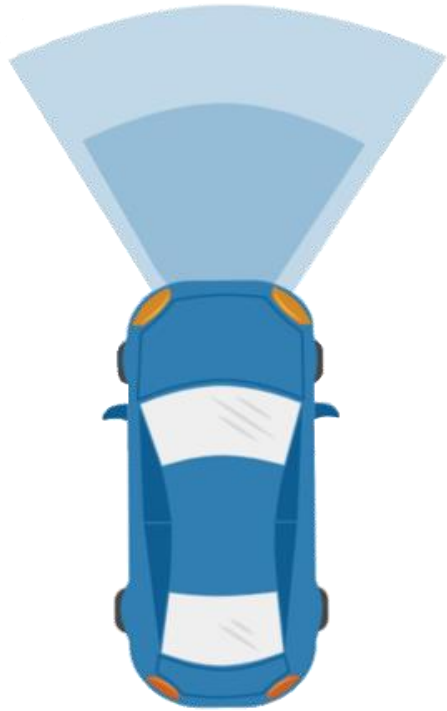
Automated Driving Toolbox™

Updated

R2020a



テスト車両からのデータを利用したシナリオ自動生成



車載センサー

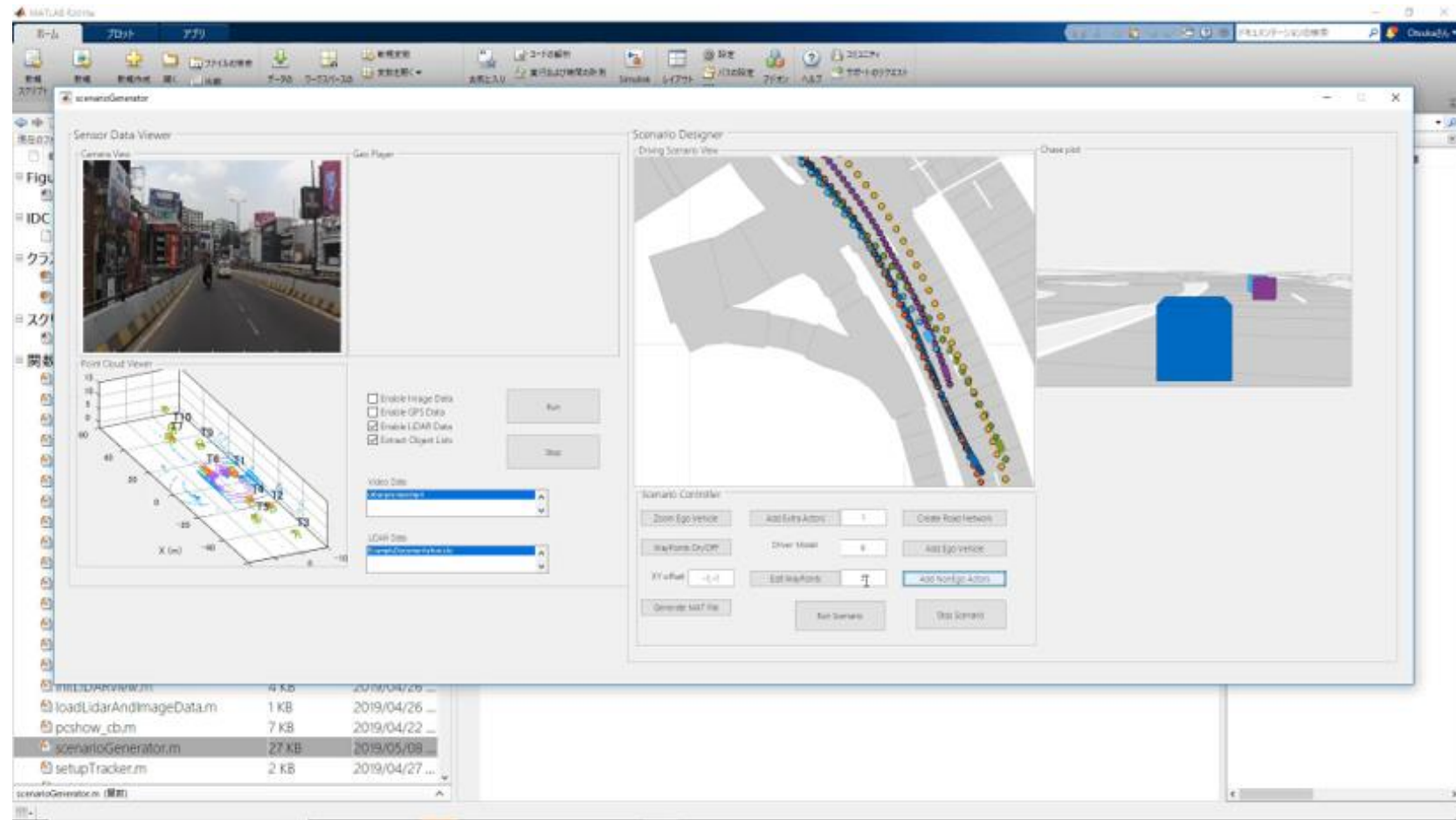
カメラ
(動画像)

GPS

LiDAR

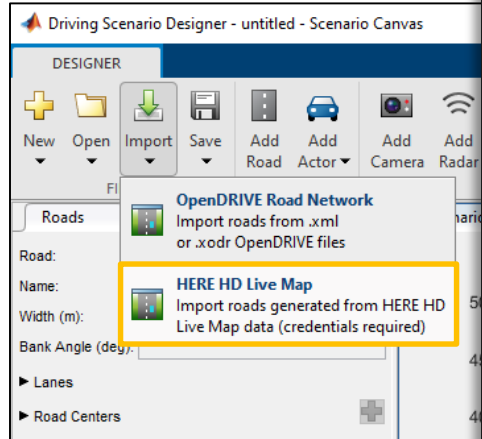
OpenDRIVE
(Road Network)

HDマップ



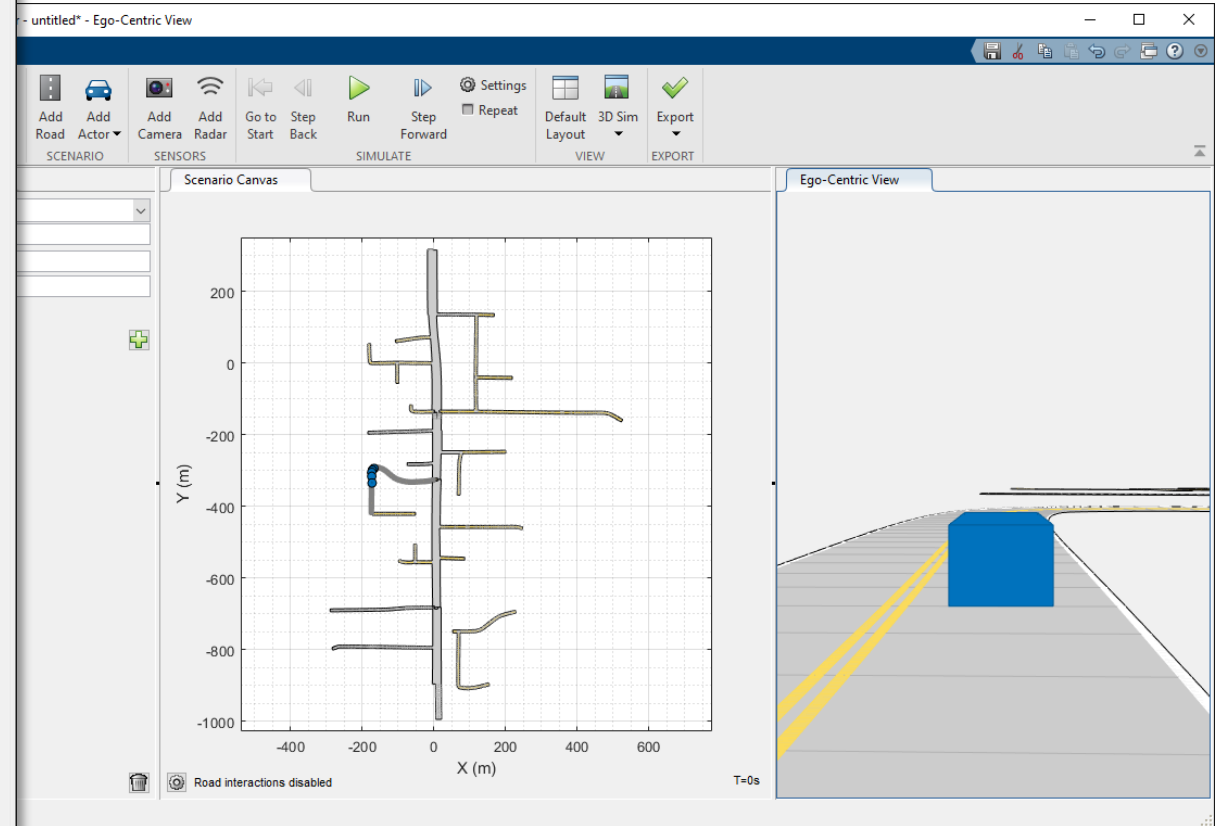
HERE HD Live Map のインポート

HERE HD Live Mapに
アクセスし、ロードネットワー
クをインポート



最終的にインポートする
道路は、GUI上でマウス操
作により選択可能

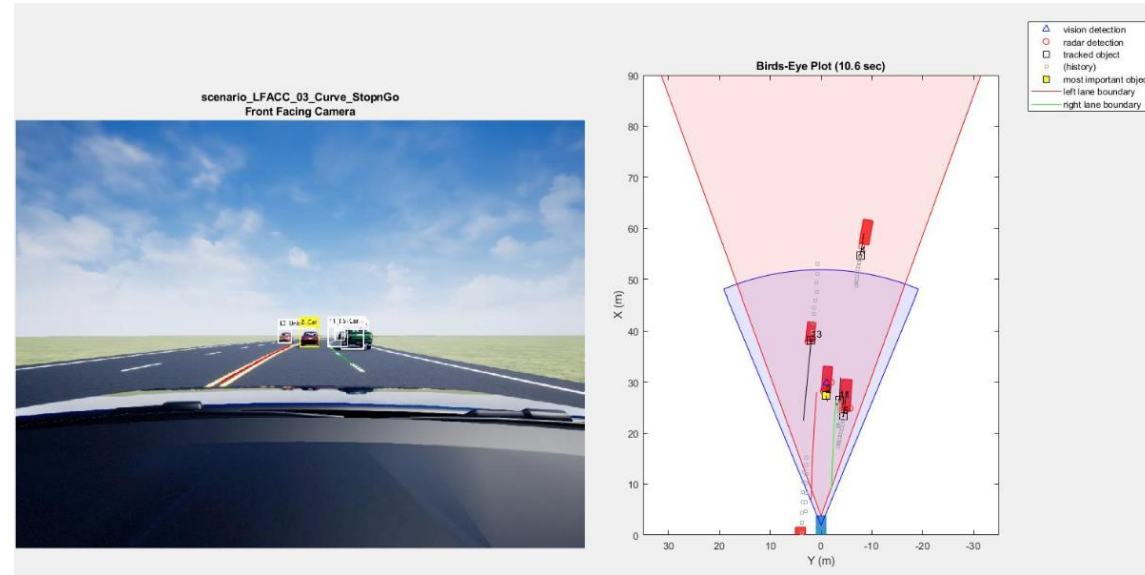
R2020a



Unreal Engine連携によるバーチャル環境でのシナリオ検証

Highway Lane Following

- 交通参加者の軌跡を設定
- カメラ、レーダーセンサモデル利用
- レーンキープ、先行車との距離制御モデルをSimulink上に構築
- レーン認識、車両認識モデルをMATLABで構築



Automated Driving Toolbox

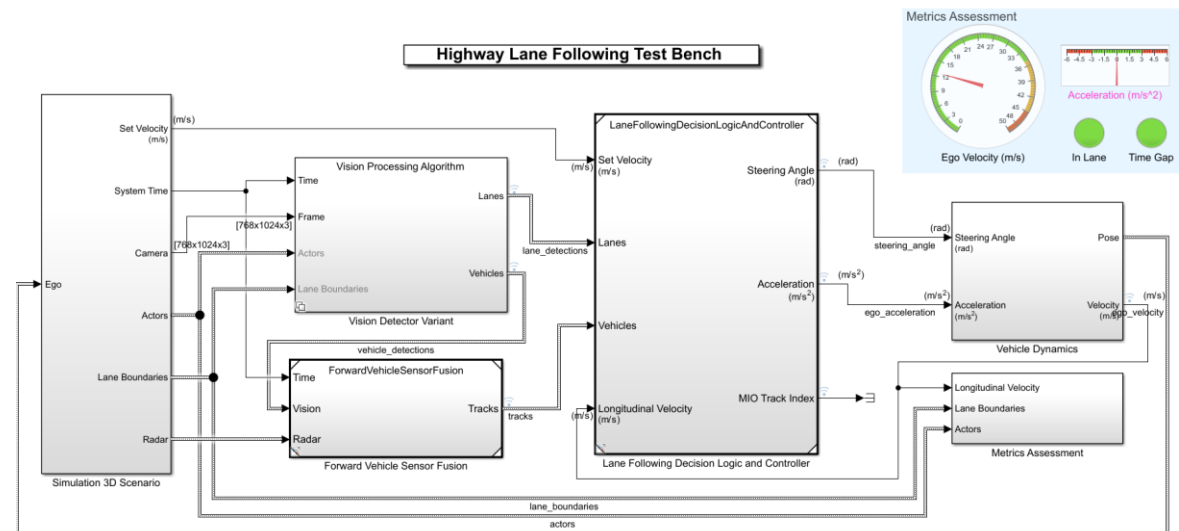
Embedded Coder

Model Predictive Control Toolbox

Simulink Control Design

Simulink

R2020a



3Dシーン(UE4)・ロードネットワーク(DSD)作成における困りごと

UE4の環境(ビジュアルスクリプト)に
慣れているエンジニアがいない

複雑な道路構造を表現したいが、
限定的なUIで苦勞している

シーンは作成したけど
手軽に修正できない

3Dシーンとロードネットワーク間で
一致したマップが欲しい



バーチャル環境からのシナリオ作成

Automated Driving Toolbox™

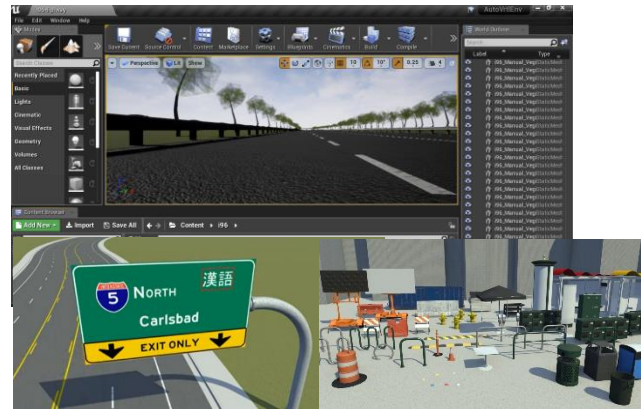
Vehicle Dynamics Unrealエンジン連携



より“リアル”な環境、
物理センサーモデル

- 認識系アルゴリズムを含む、
より現実に近いシミュレーション

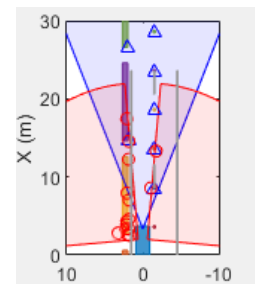
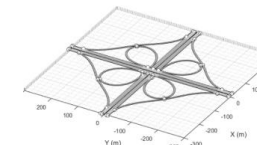
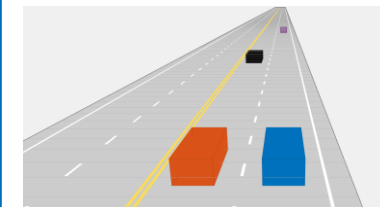
RoadRunner **New* シーンオーサリング



3D環境・道路ネットワーク
作成用エディタ

- マウス操作・対話型のシナリオ
オーサリング
- OpenDRIVE/FBXなどとの、
エクスポート/インポート対応

Driving Scenario Designer



抽象度の高い、簡易的表現
確率的センサーモデル

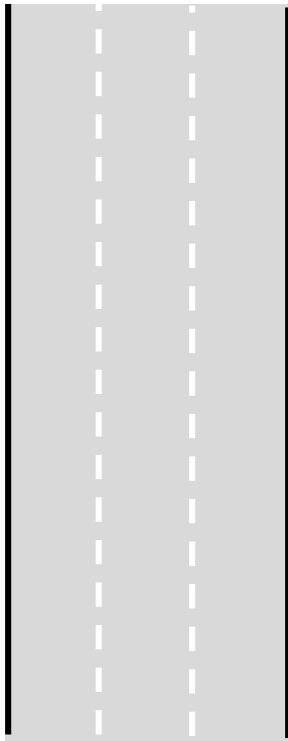
- 統計的なセンサー特性に基づいた
簡易シミュレーション
- 高速な実行時間

バーチャル環境からのシナリオ作成フロー

3Dシーン作成

シナリオ生成

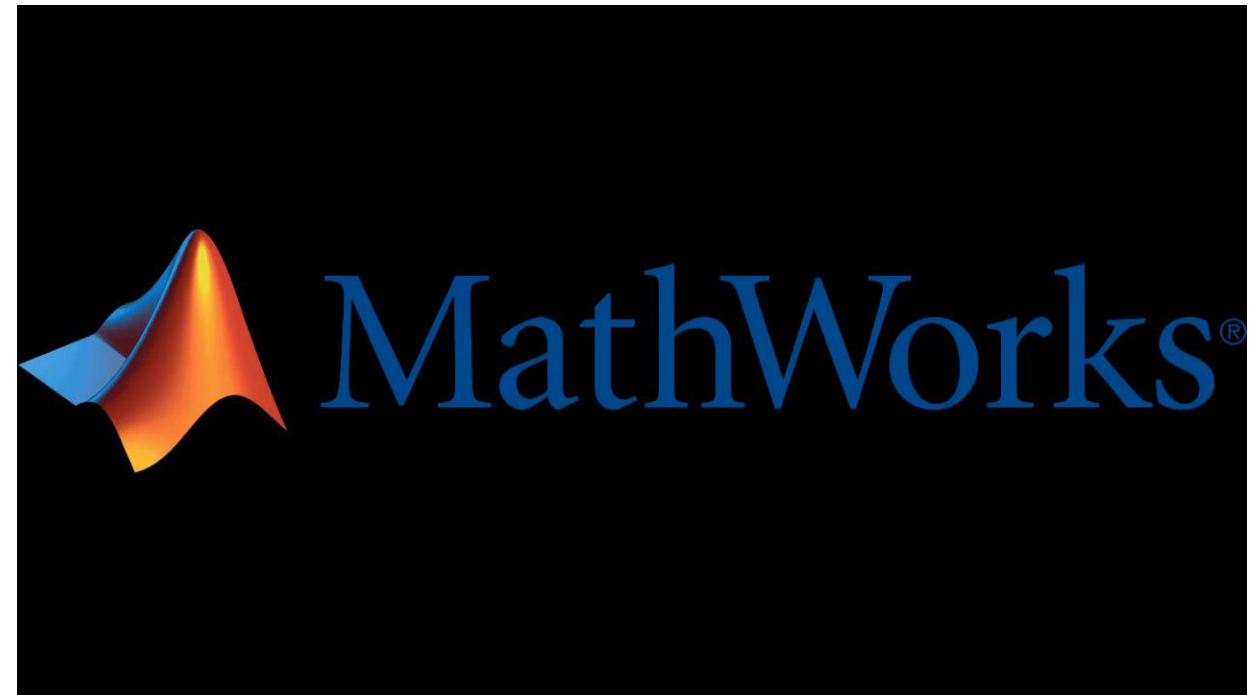
シミュレーション



新製品 : RoadRunner

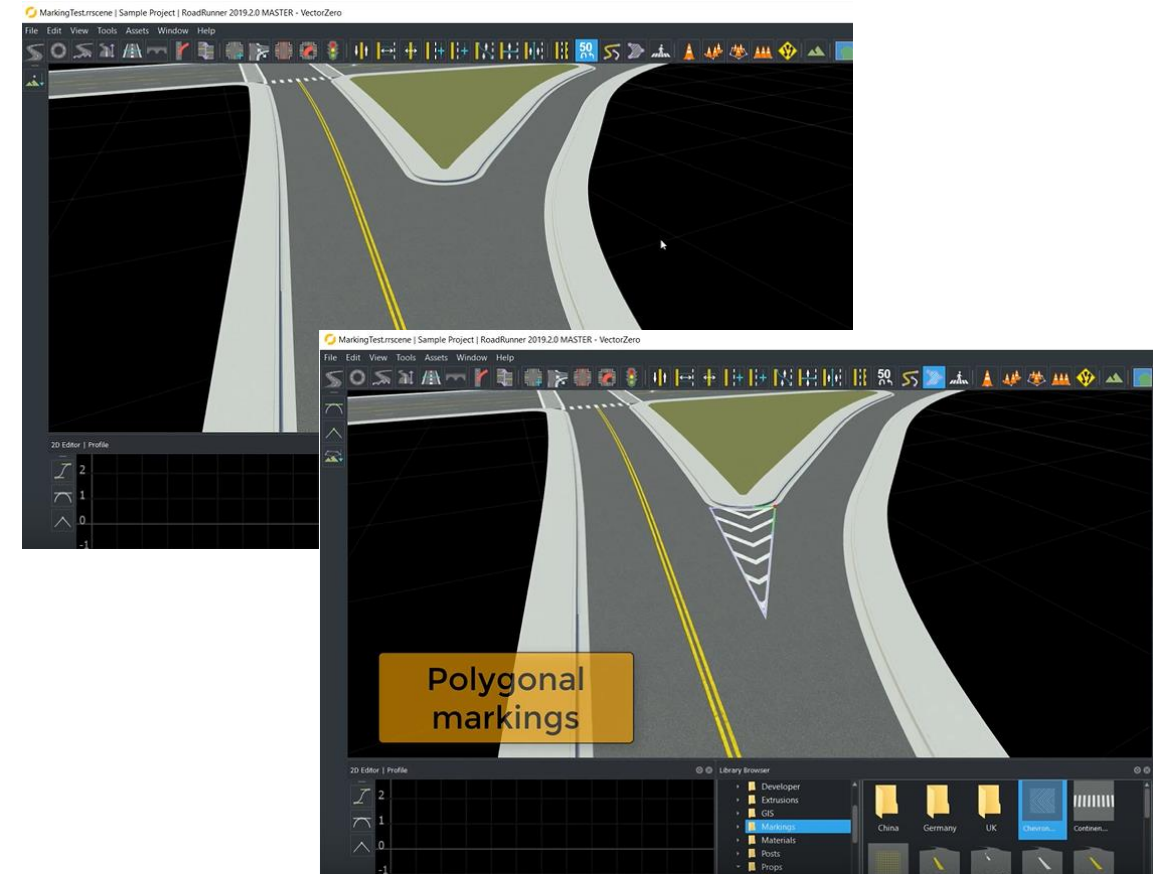
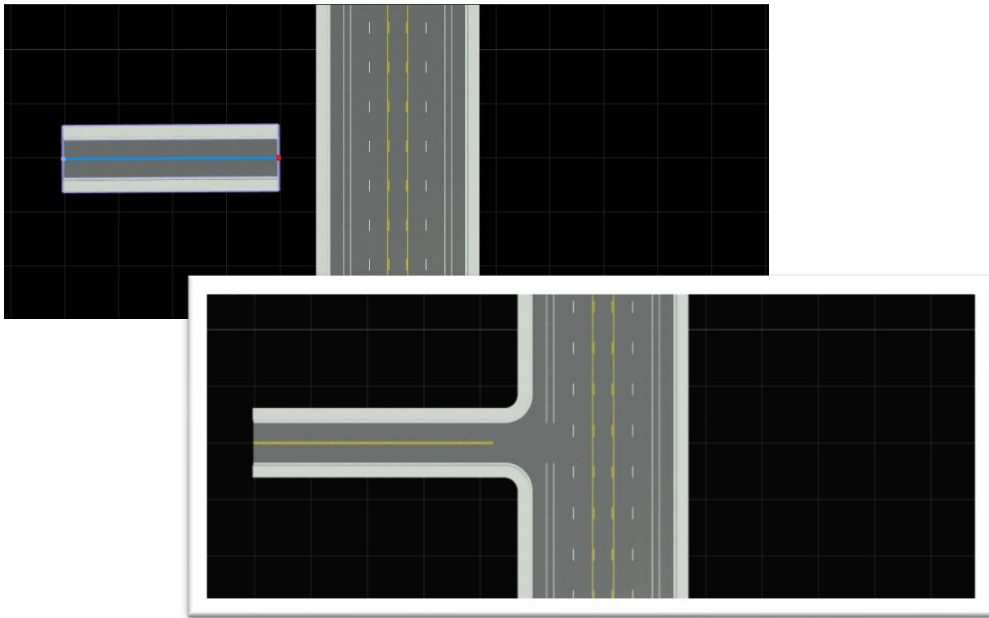
3D環境・道路ネットワーク作成用エディタ

- 高度な表現力
 - 交差点や立体交差、ラウンドアバウト等各種形状に対応
 - 車線数、車線幅の変化などの表現も可能
 - 標高データ等、GISを用いたデータ作成
- 直感的な操作
 - マウスを利用した対話型の操作
 - ドラッグ&ドロップでデータの取り込み
 - CGエンジニアでなくても解りやすいGUI
- 様々な入出力
 - OpenDRIVEエクスポート/インポート
 - FBX形式でのエクスポート
 - その他多くのフォーマットに対応
 - OpenFlight, AutoCAD, OpenSceneGraph等



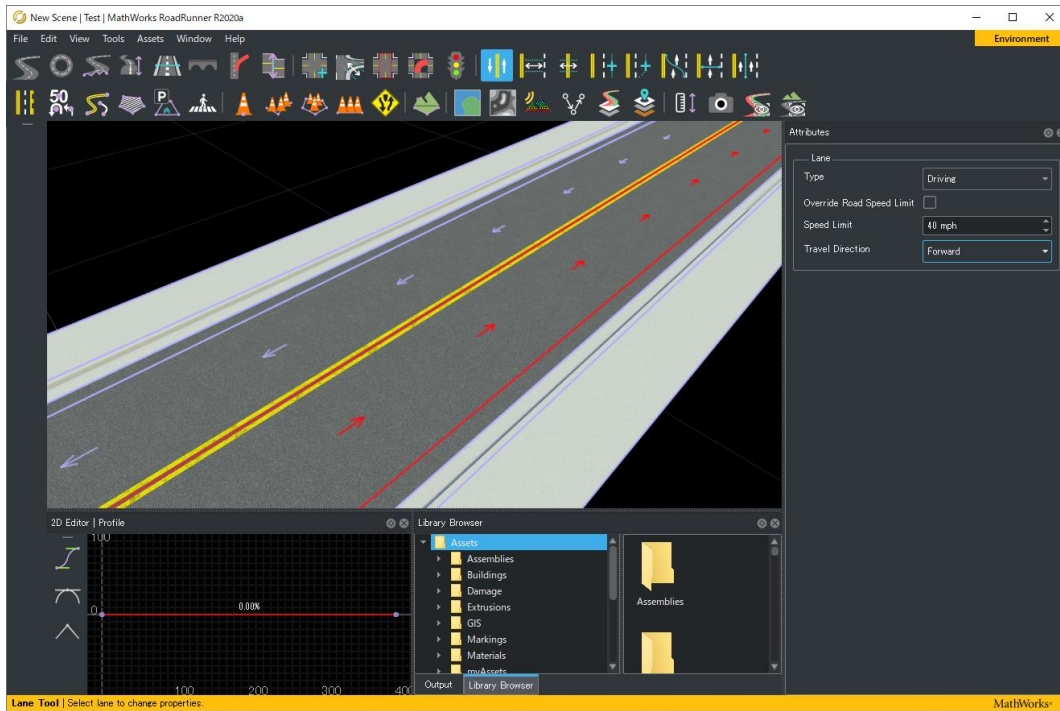
エンジニアが直感的に利用できるUIを提供

- 道路交差点地点を左クリックで交差点生成
- ドラッグ&ドロップによるレーンマーキング

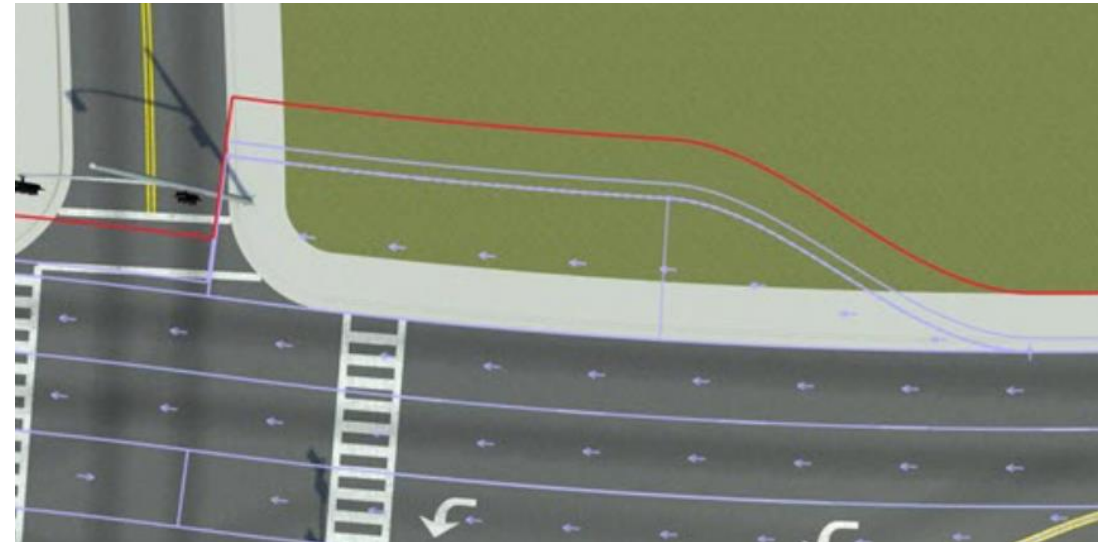


車線の編集

- 車線の向き

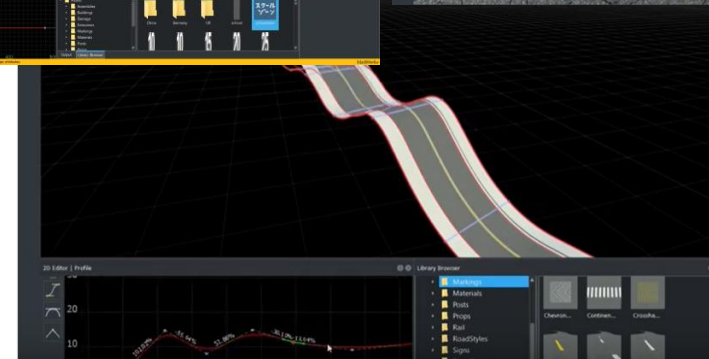
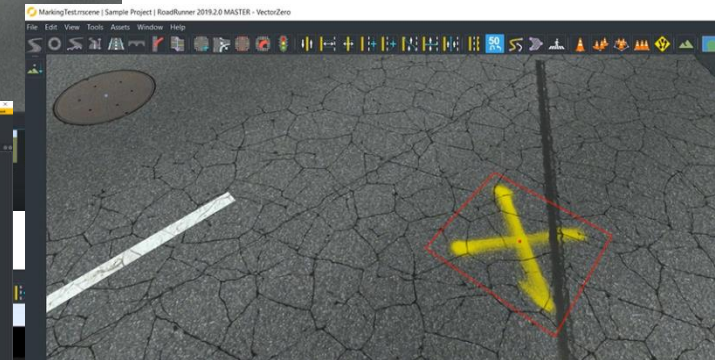
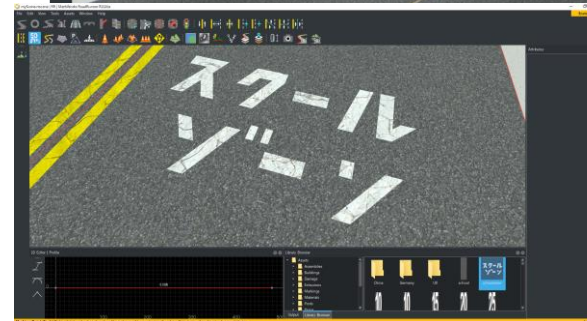
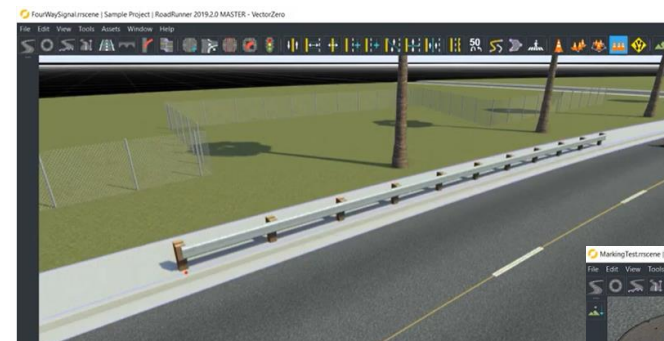


- 車線の追加

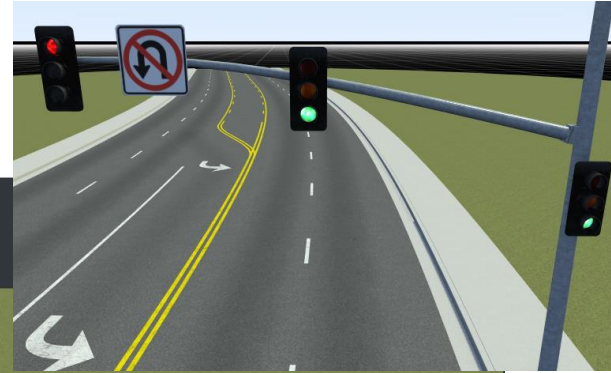
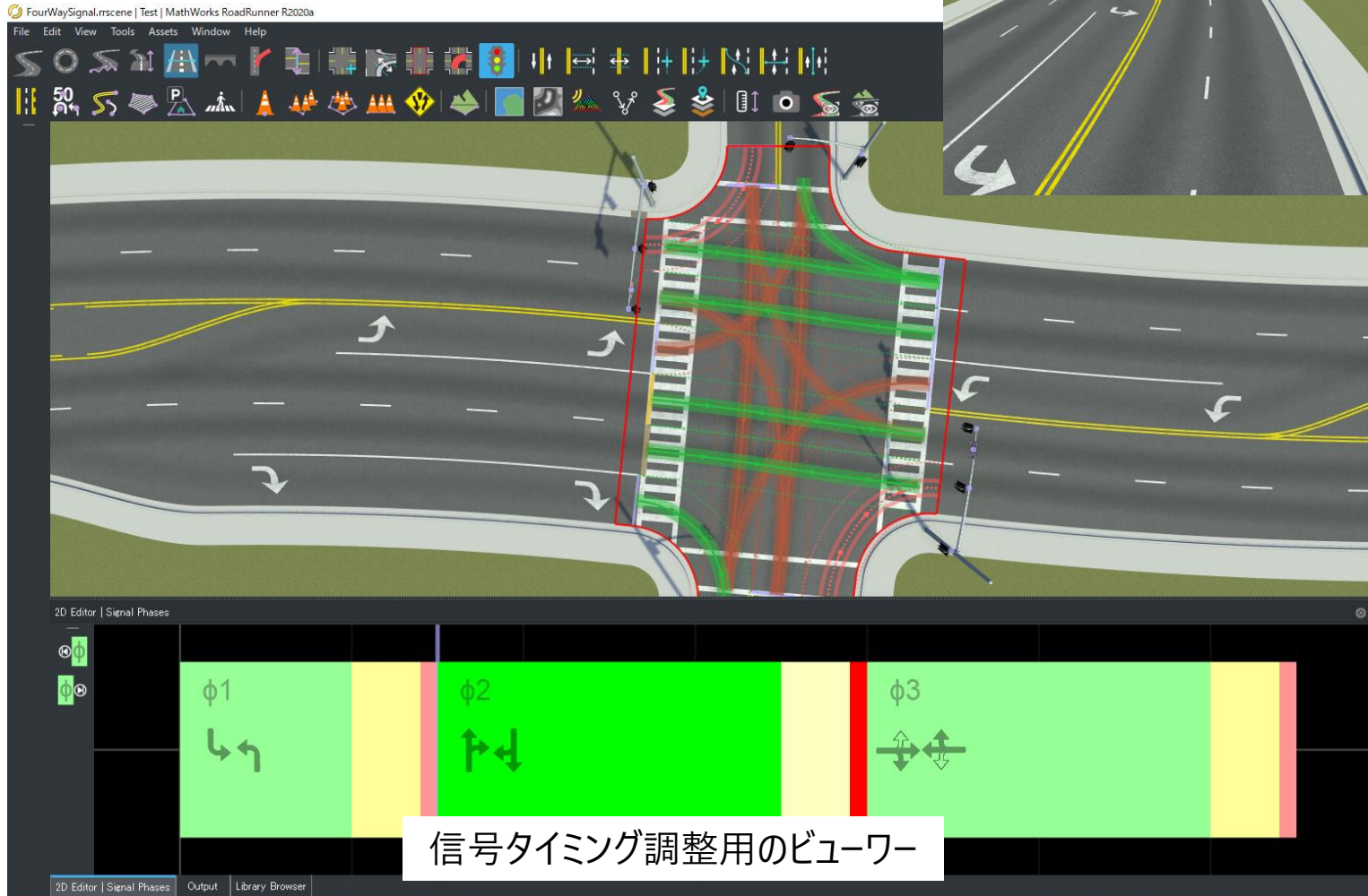


様々な構造物、道路ネットワーク等はカスタマイズ可能

- 事前定義済の標識利用 -> カスタマイズ
- 道路形状やテクスチャ、構造物のカスタマイズ



信号の定義

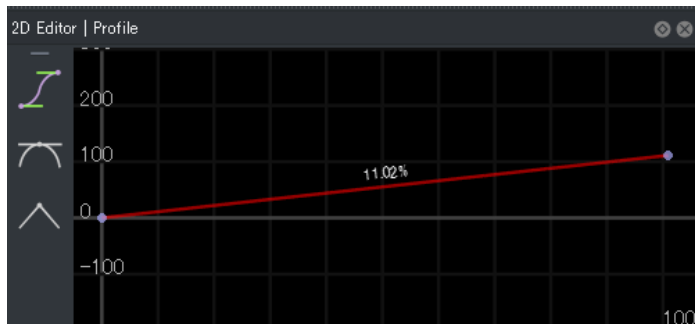
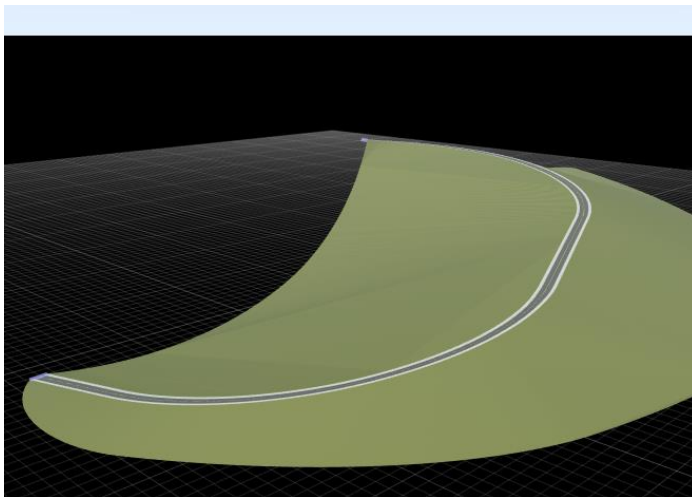


- 道路の進路を設定
- 信号切り替え順序の設定
- 信号表示とタイミングの設定
- 信号機の自動配置機能

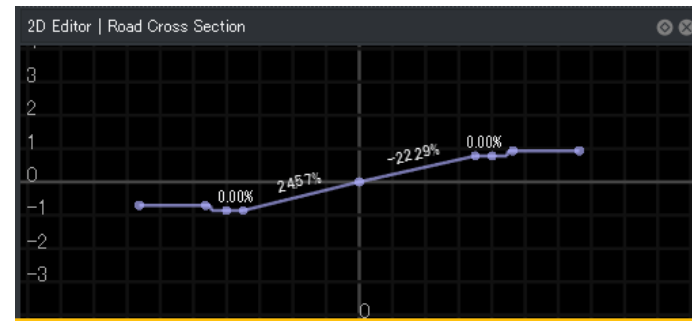
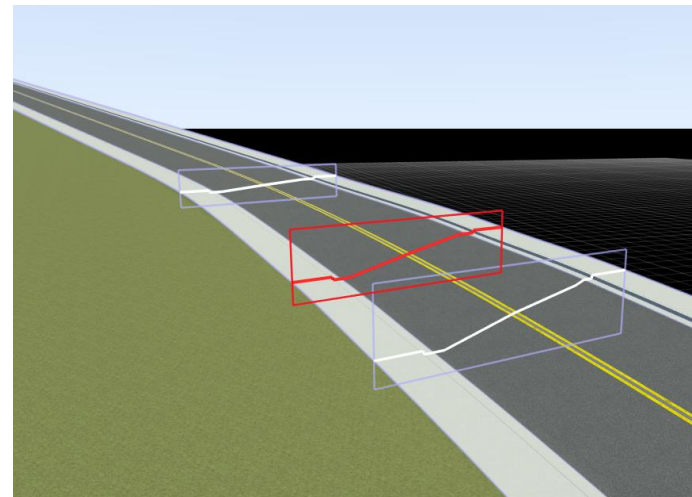
勾配の変更・調整



進行方向の高低差



横断方向の高低差

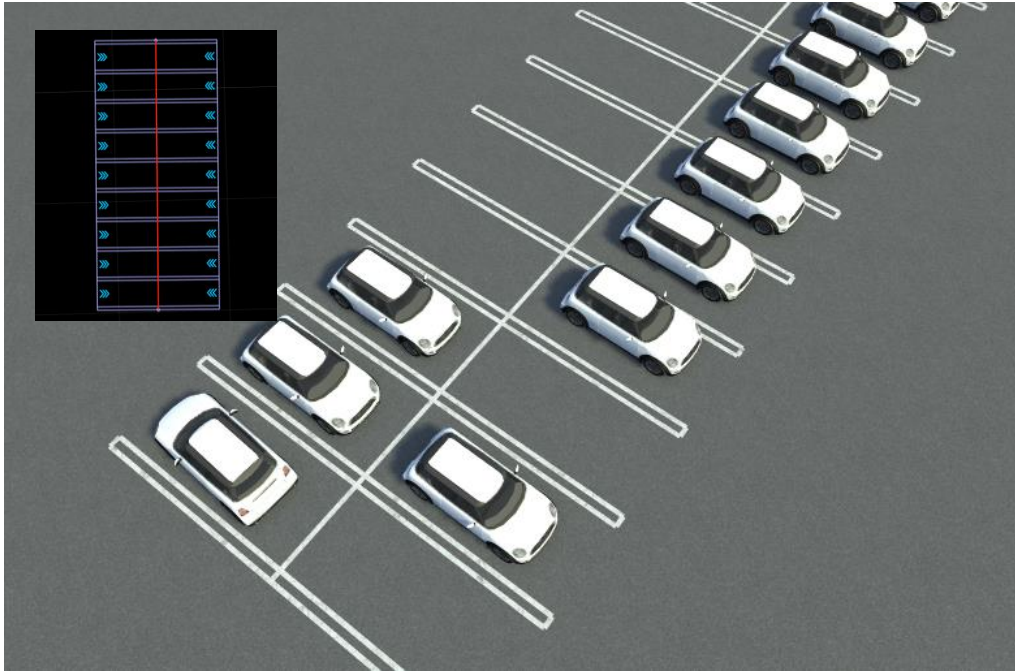


上り/下り坂に加えて、道路のたわみも表現

駐車場の作成 橋の作成



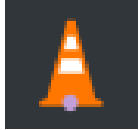
駐車場の作成



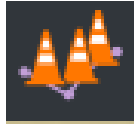
橋の作成



アセットの配置



個別に配置



曲線に沿って配置



領域内にランダム配置



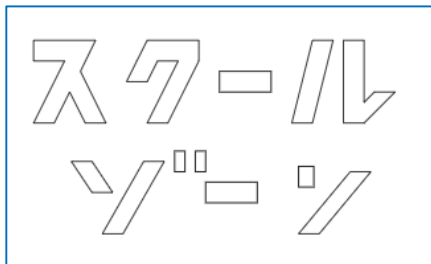
カスタムアセットの登録

外部ツールで作成した 3Dオブジェクト(.fbx, .obj)

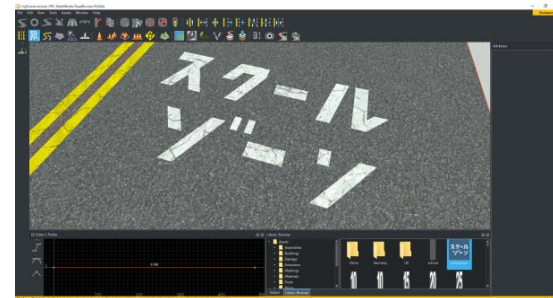
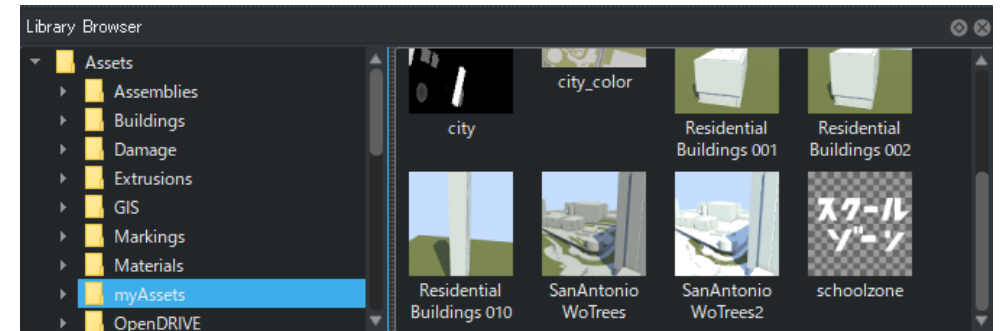
- Maya®, Blender™、UNREAL ENGINE等



カスタムのベクター画像(.svg)



ドラッグアンドドロップで登録



カスタムの路面標示



カスタムオブジェクトの配置

アセットの用意にお困りの方は RoadRunner Asset Library

- 車両、建物や標識など多数の事前定義済3Dオブジェクト(別製品となります)

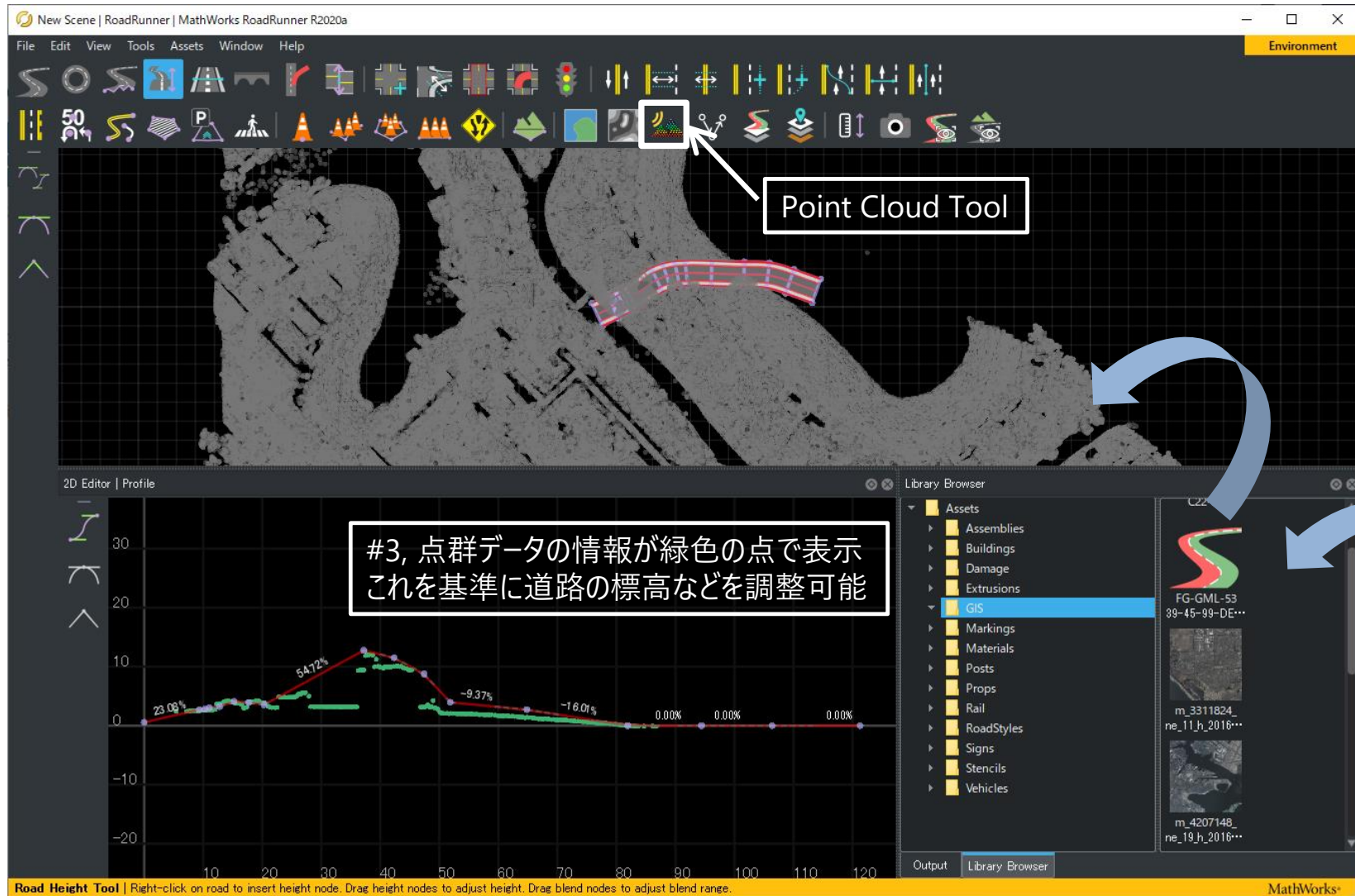


300種類以上のオブジェクトを用意

GIS(地理情報システム) の活用

航空画像、標高データ、点群データ等の取り込み

- 点群データの取り込み&活用

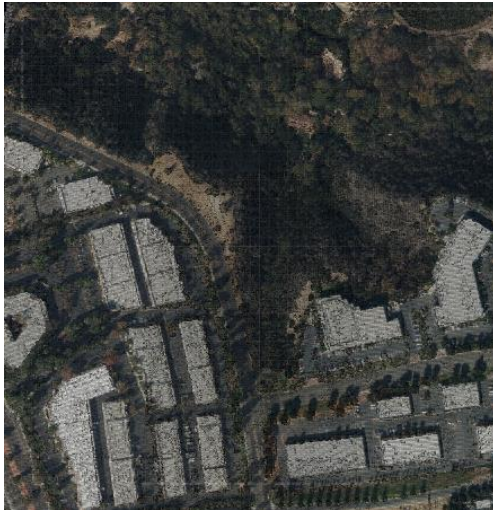


#2, Library Browserからメインのキャンバスにドラッグ&ドロップ

#1, 点群データ(las, laz, pcd等)を
Library Browserにドラッグ&ドロップ

GISデータのインポート機能

点群データ



- LAS / LAZ (.las, .laz)
- PCD (.pcd)

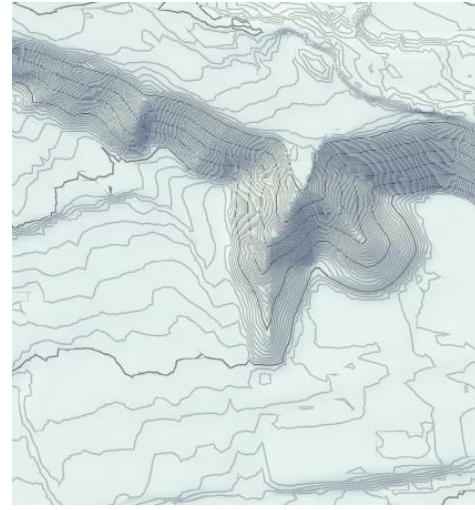
航空画像



- GeoTiff (.tif, .tiff)
- JPEG 2000
- IMG(.img)
- 主要な画像フォーマット※

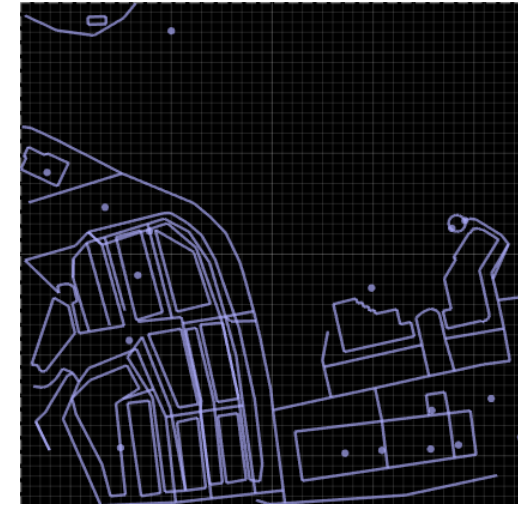
※緯度・経度・ピクセル当たりの距離を別途設定していただく必要があります

標高データ



- DEM (.dem)
- IMG (.img)
- TIF / GeoTIFF (.tif, .tiff)

ベクターデータ

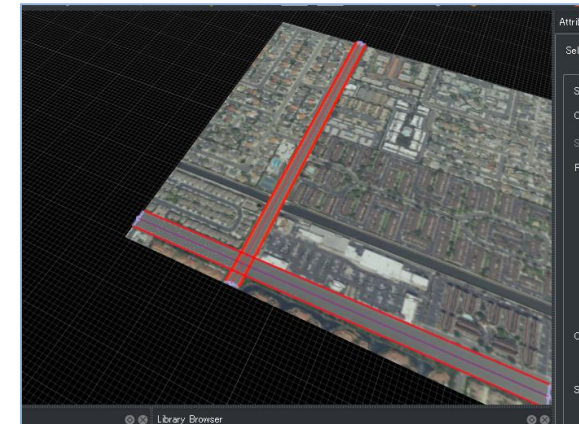
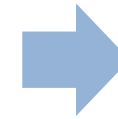
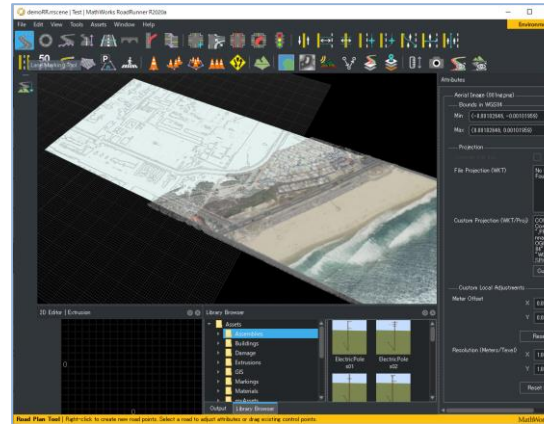
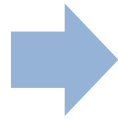


- GeoJSON (.geojson, .json)
- GPS Exchange (.gpx)
- OpenStreetMap® (.osm, .pbf)
- Shapefile (.shp, .dbf, .prj)
- Keyhole Markup Language (.kml, .kmz)

アメリカ地質調査所(USGS)のGISデータ活用例

1. USGSのサイトから GISデータをダウンロード

- 標高データ
- 航空画像
- 点群データ



2. ダウンロードしたGISデータを ドラッグアンドドロップで取り込み

3. 取り込んだデータを参考に 道路や交差点を作成

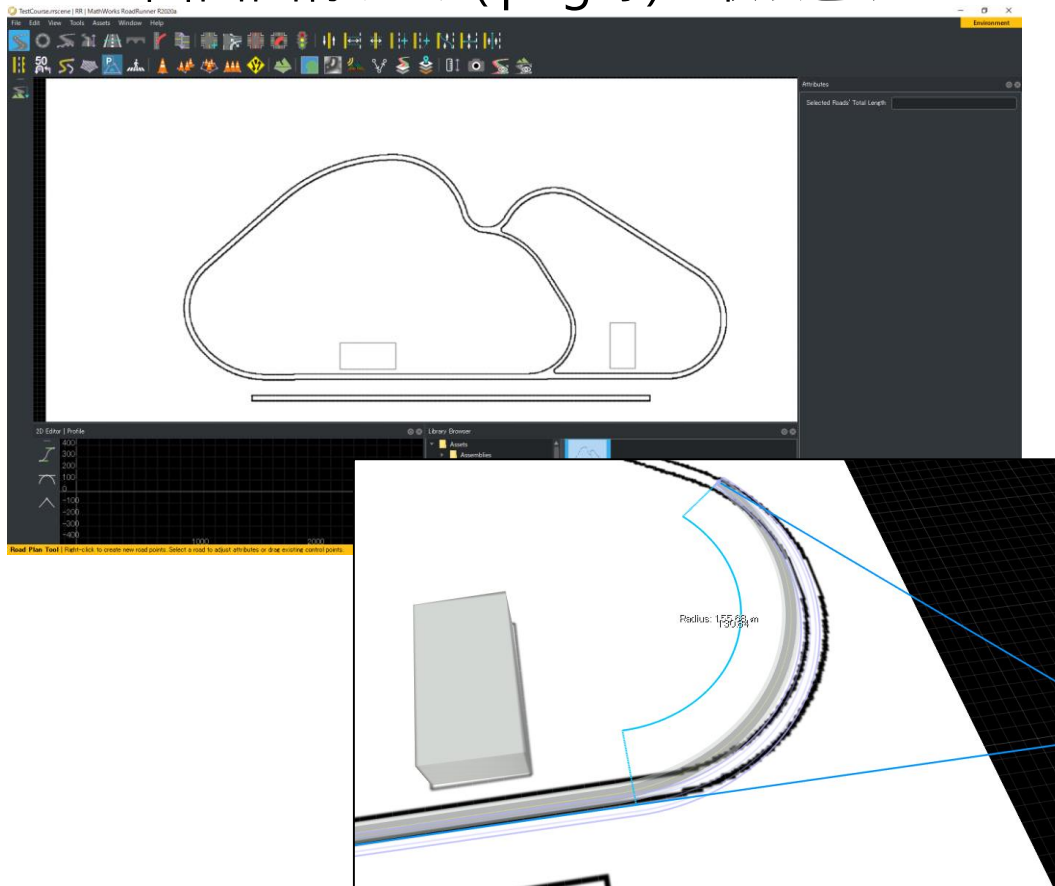


ドキュメント内の詳細なチュートリアルから
簡単にお試しいただけます

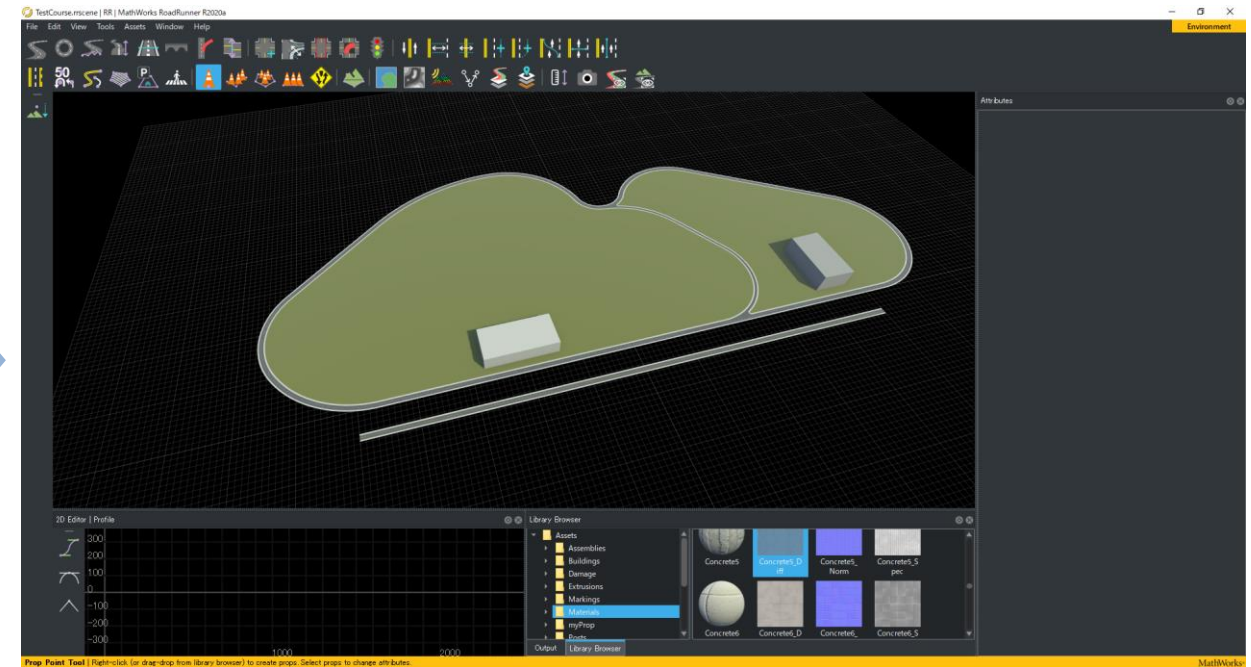
<https://jp.mathworks.com/help/roadrunner/ug/gis-data-resources-for-roadrunner.html>

図面からのテストコース作成

図面画像データ(.png等)の取り込み



図面に合わせてシーンを作成



完成したテストコースシーン

Simulator Compatibility

様々なシミュレーション環境にシーンをエクスポート可能

- MATLAB/Simulink
- CARLA
- LGSVL
- MSC / Vires VTD
- IPG Carmaker (recent versions)
- Metamoto
- Cognata
- Tesis Dynaware
- TaSS PreScan

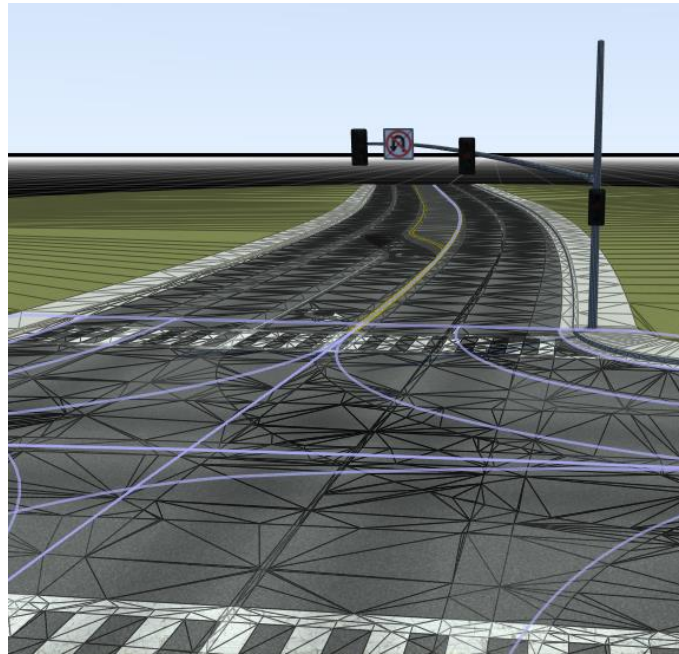


RRで作成したシーン、道路ネットワークはExportが可能

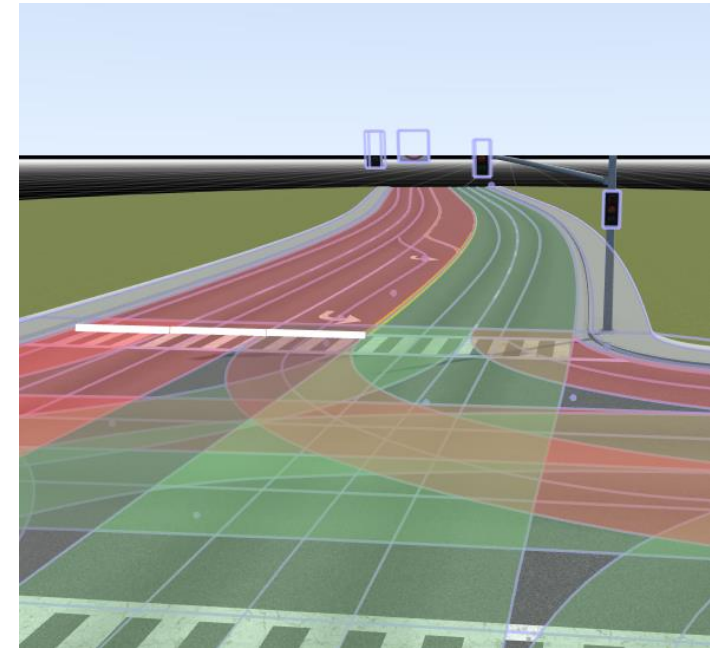
Export可能な形式

AutoCAD (.dxf)
Filmbox (.fbx)
glTF (.gltf)
OpenFlight (.flt)
OpenSceneGraph (.osg, .osgb, .ive)
USD (.usd, .usdc, .usda)
Wavefront (.obj)
OpenDRIVE (.xodr)
Apollo (.bin, .xml)
GeoJSON (.geojson)
Unity (.fbx + .xml)
Unreal (.fbx + .xml)
CARLA (.fbx + .xml + .xodr)
VTD (.xodr + .ive)
Metamoto (.fbx + .xml + .xodr)

■ FBX (mesh)



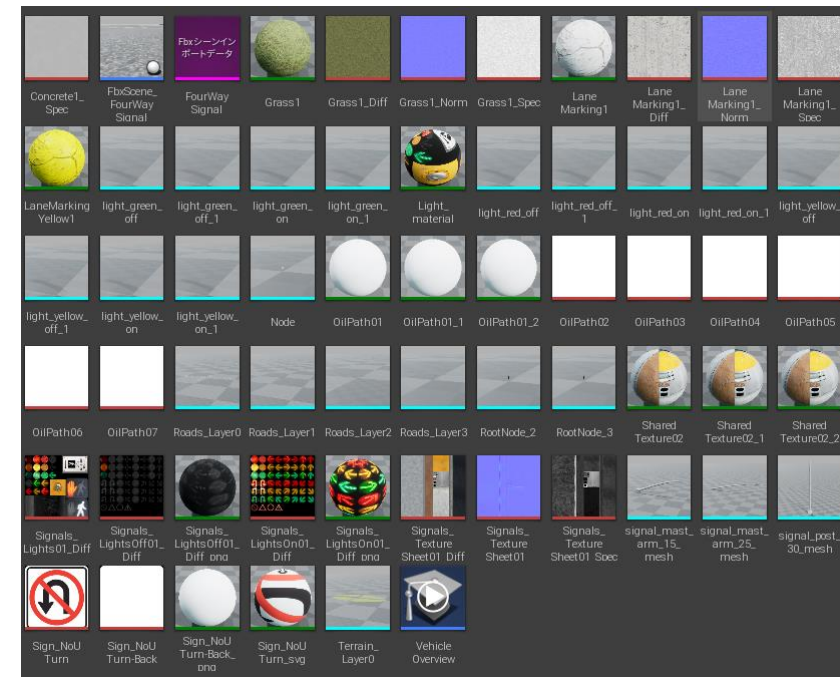
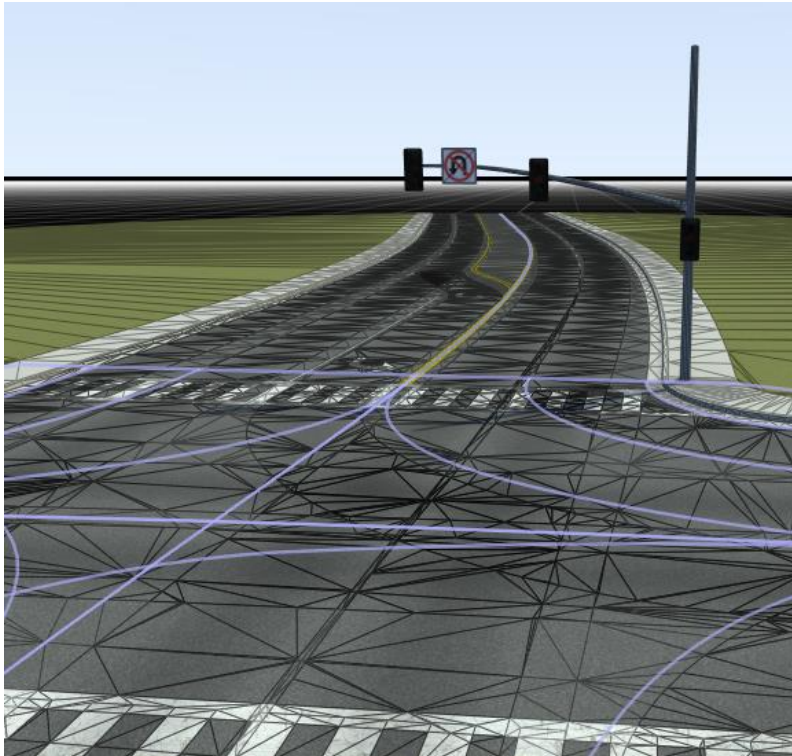
■ OpenDRIVE (semantic)



<https://jp.mathworks.com/help/roadrunner/Exporting.html>

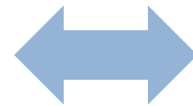
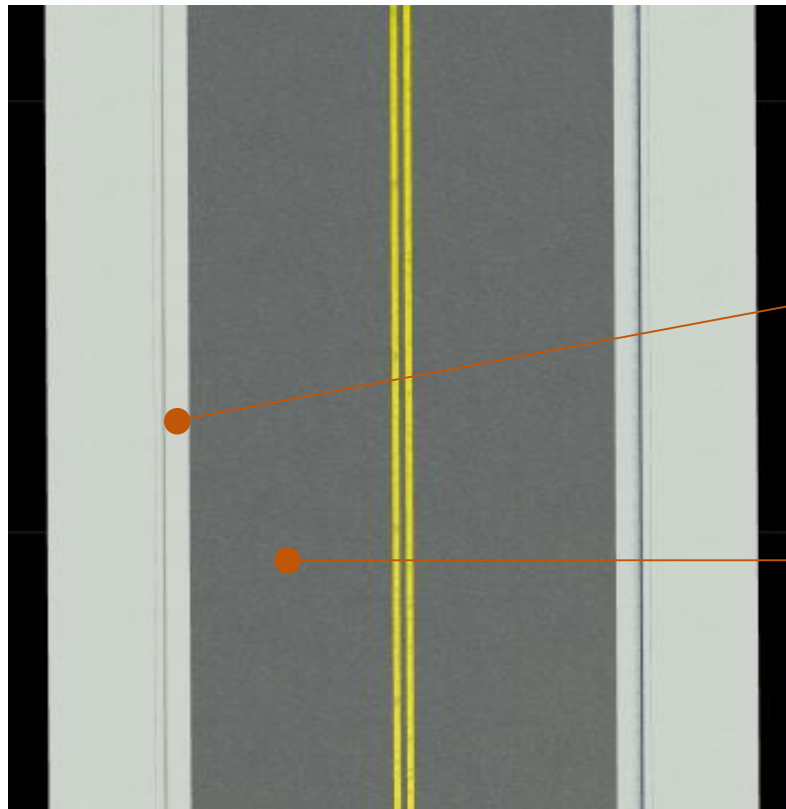
FBX(Filmbox)とは？

- メッシュ構造、マテリアル、テクスチャ、照明等の 3 D情報を保持
- 様々な 3 Dソフトウェアでサポートされるファイル形式の一つ



OpenDRIVE®とは？

- 道路ネットワークを記述するための、オープンなHDマップフォーマット(.xodr)
- 異なるドライビングシミュレータ間のデータ交換を目的に制定

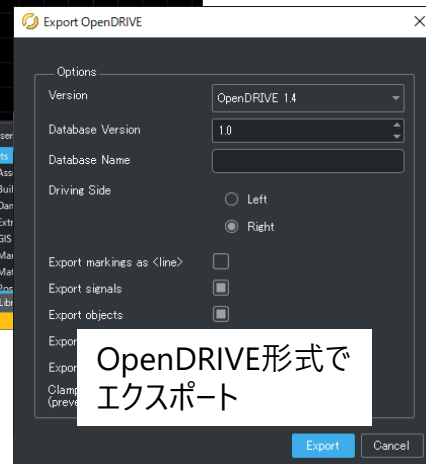
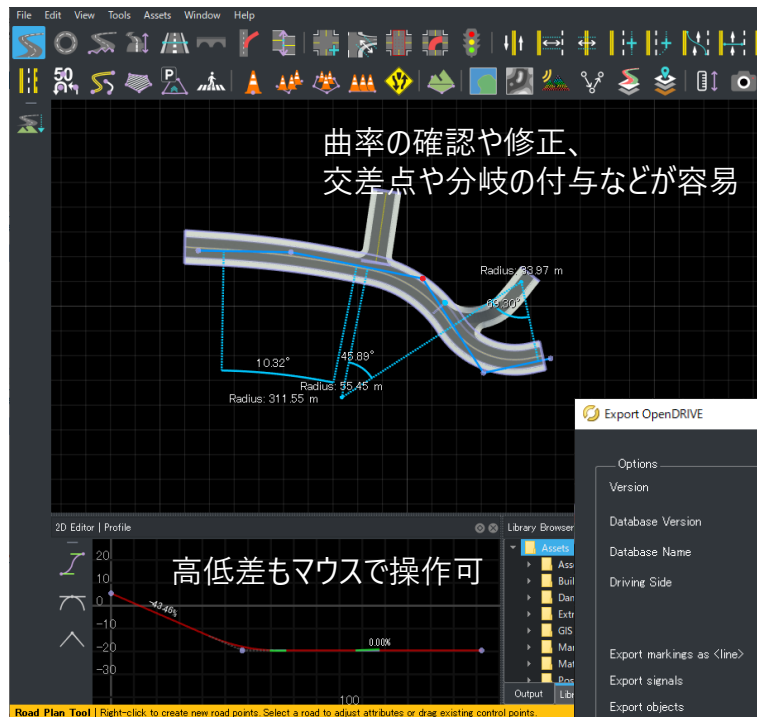


```
...  
<lane id="2" type="shoulder" level="false">  
  <width sOffset="0.0000000000000000e+0" a=  
  <roadMark sOffset="0.0000000000000000e+0"  
  <speed sOffset="0.0000000000000000e+0" ma  
  <userData>  
    <vectorLane sOffset="0.0000000000000000  
  </userData>  
</lane>  
<lane id="1" type="driving" level="false">  
  <width sOffset="0.0000000000000000e+0" a=  
  <roadMark sOffset="0.0000000000000000e+0"  
  <speed sOffset="0.0000000000000000e+0" ma  
  <userData>  
    <vectorLane sOffset="0.0000000000000000  
  </userData>  
</lane>  
...
```

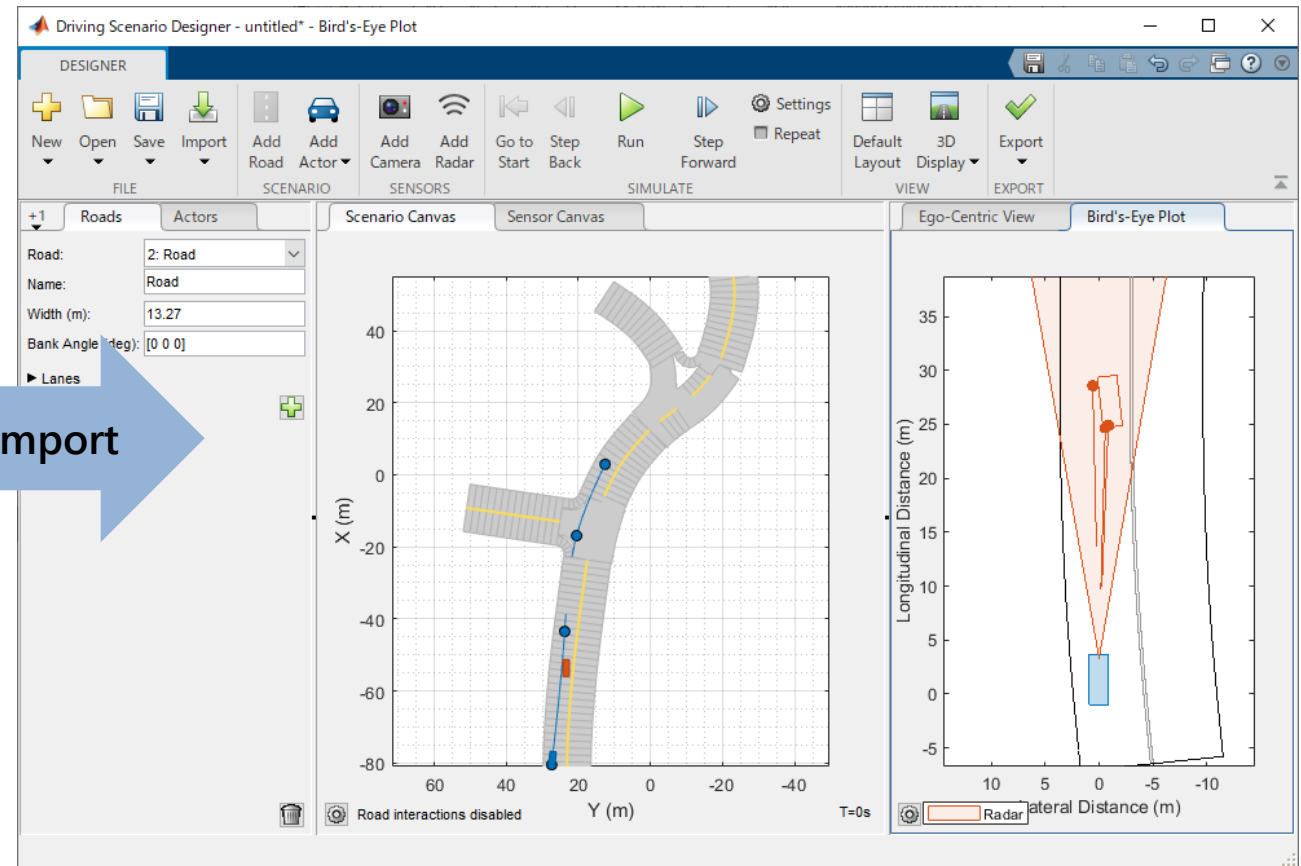
XML形式でレーンや交差点等の情報を記述

Road Network作成用エディタとしても非常に強力

Driving Scenarioをご利用・ご検討の方へ



Import

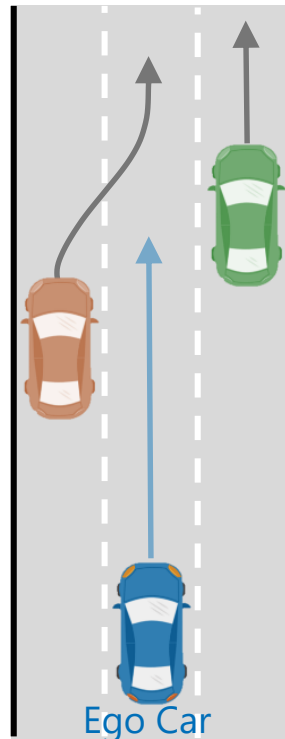
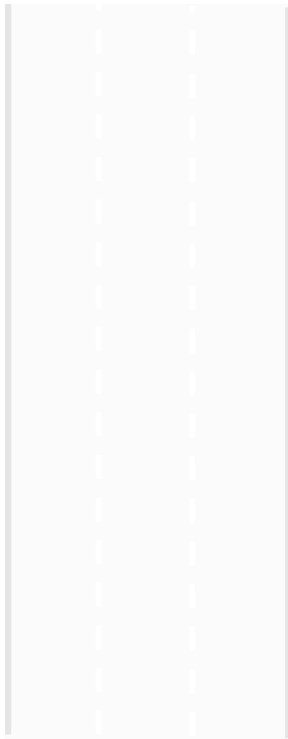


バーチャル環境からのシナリオ作成フロー

3Dシーン作成

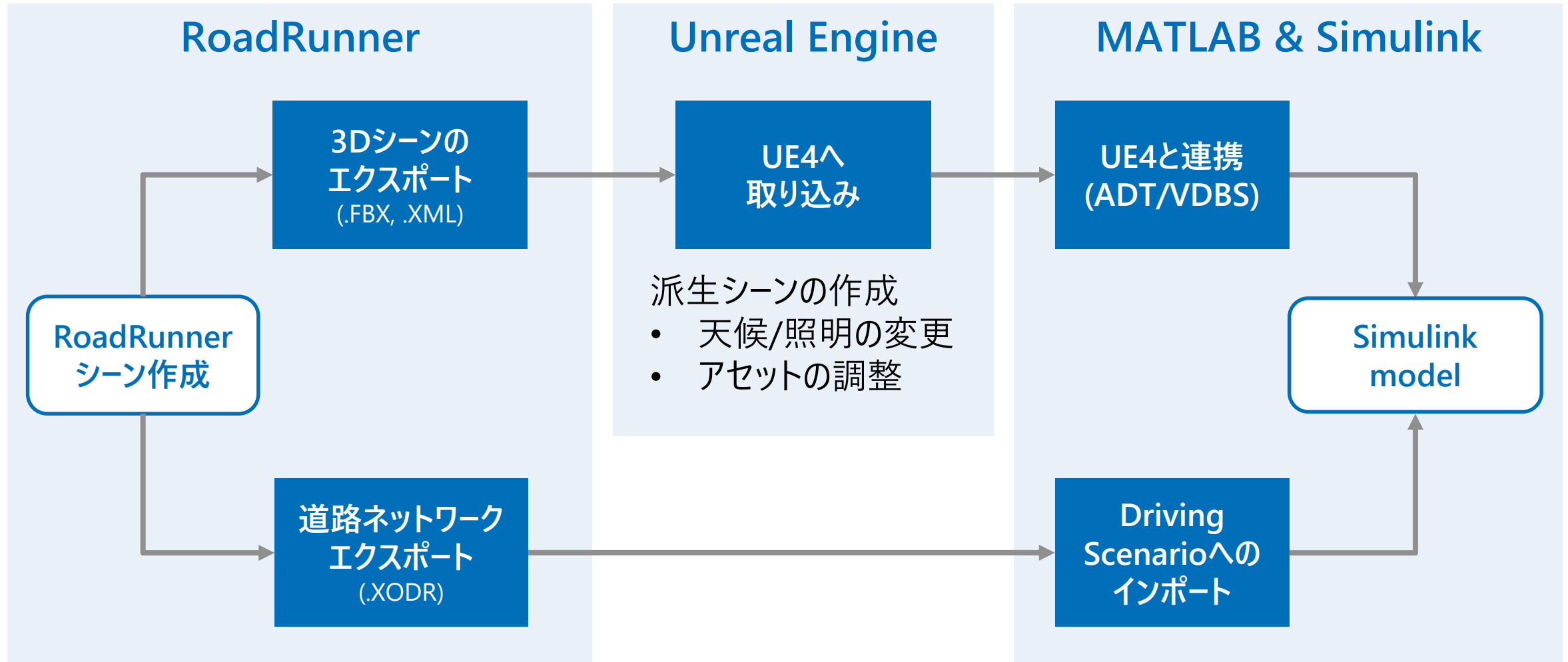
シナリオ生成

シミュレーション

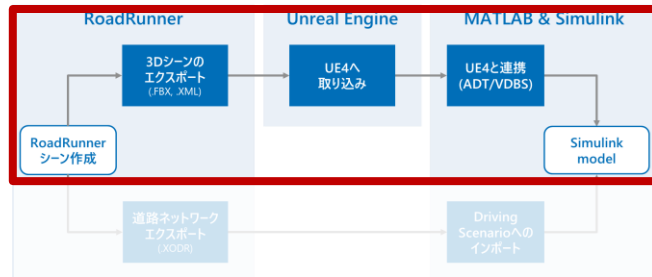


RoadRunnerで作成したシーンの統合

with MATLAB and Simulink



作成した3D シーンのUnrealへの取り込み

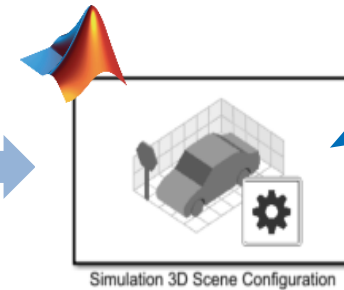


FBX形式でエクスポート

.FBX



Unreal Engine上にインポート



専用Simulinkブロックから
Unreal Engineに接続

接続方法の選択

- Unreal Editorとの接続
- EXE化したシーンとの接続

詳細な手順はドキュメントからご確認頂けます

<https://jp.mathworks.com/help/driving/ug/customize-3d-scenes-for-automated-driving.html>

Customize 3D Scenes for Automated Driving

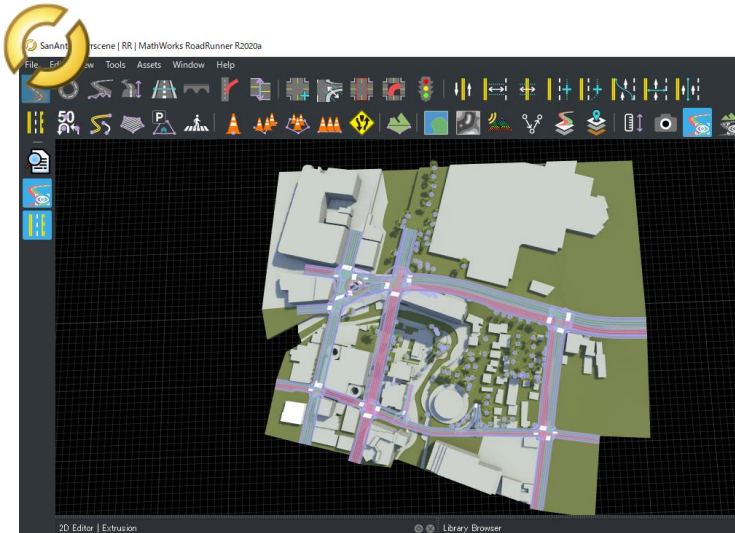
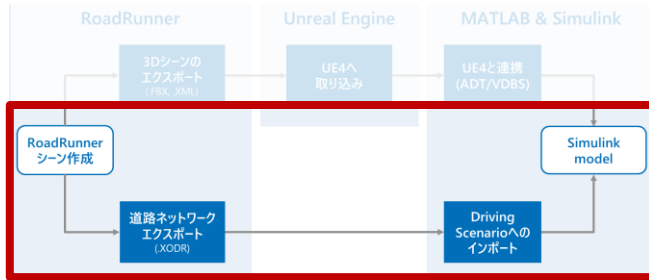
Automated Driving Toolbox™ comes installed with prebuilt 3D scenes in which to simulate using the Unreal Engine® from Epic Games®. By using the Unreal® Editor, you can customize

- Tailor road networks to test your control algorithms under various conditions.
- Add road objects, such as traffic signs, to obtain sensor data for semantic segmentation

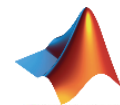
With custom scenes, you can co-simulate in both Simulink and the Unreal Editor so that

R2020a
Updated

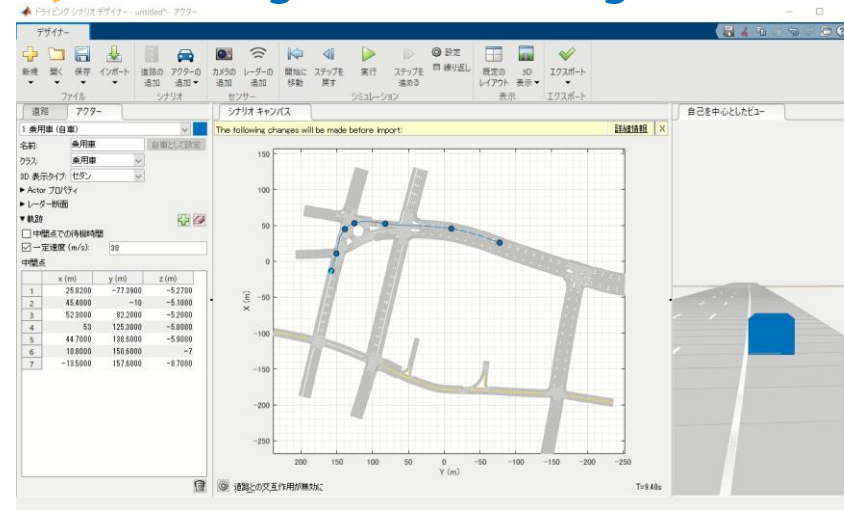
OpenDRIVEの取り込みとシナリオ作成



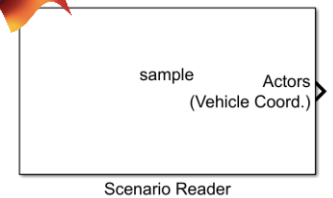
OpenDRIVE形式でエクスポート



Driving Scenario Designer



OpenDRIVEのインポート
自車両、他車両のアクター追加・軌道の定義



作成したシナリオを
Simulinkモデル
としてエクスポート

Driving Scenario Designer
Automated Driving Toolbox™

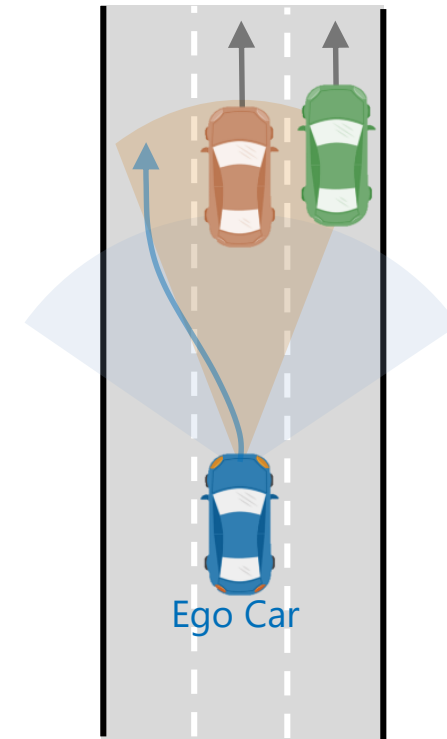
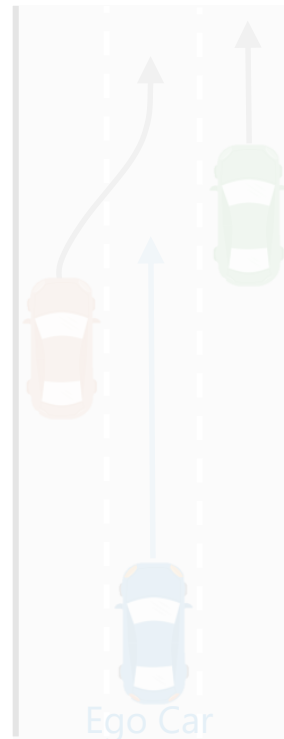
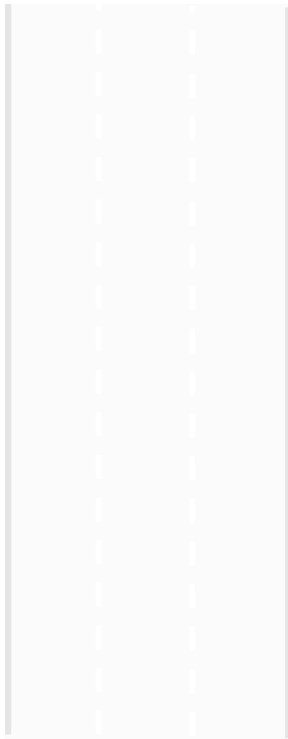
R2020a
Updated

バーチャル環境からのシナリオ作成フロー

3Dシーン作成

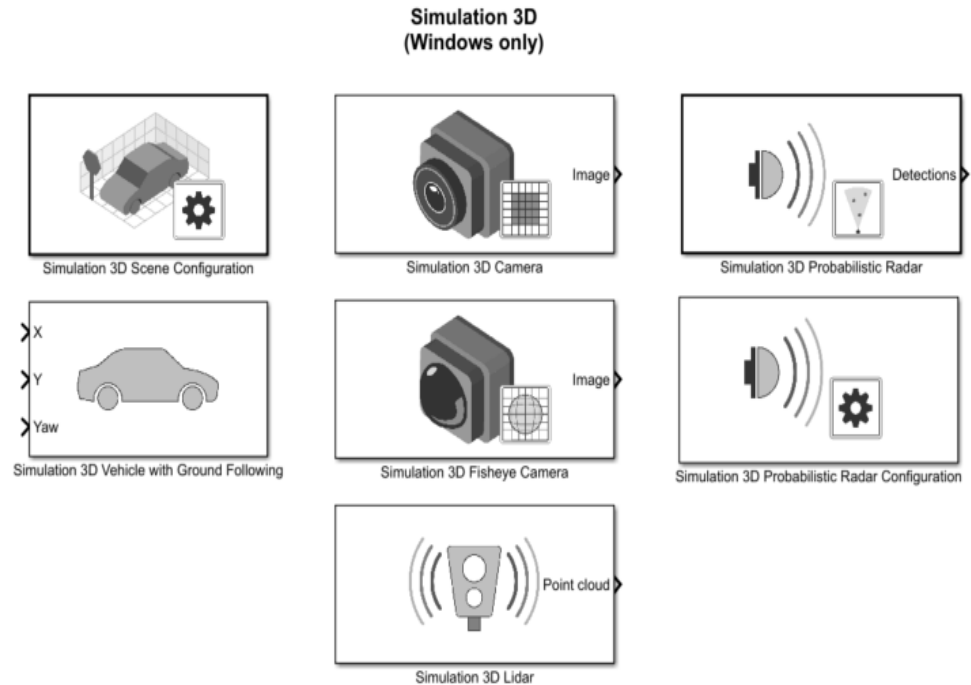
シナリオ生成

シミュレーション



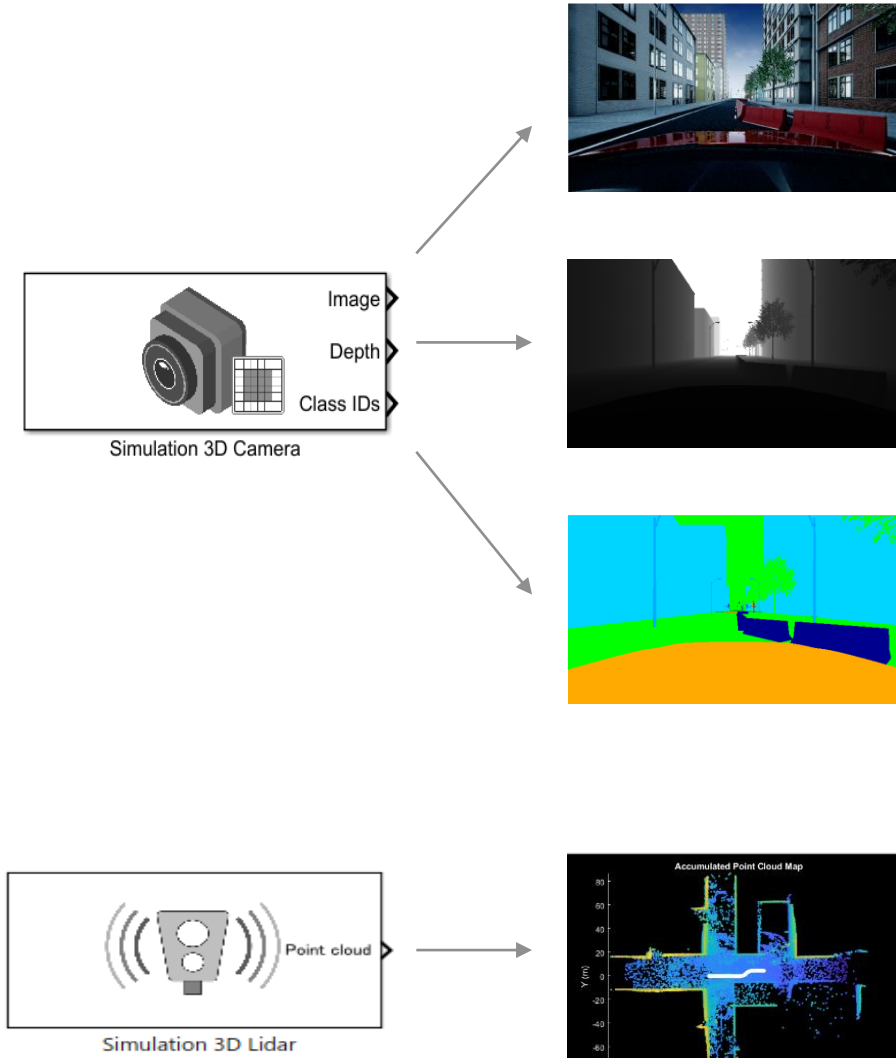
各種センサーモデルの提供

Automated Driving Toolbox™



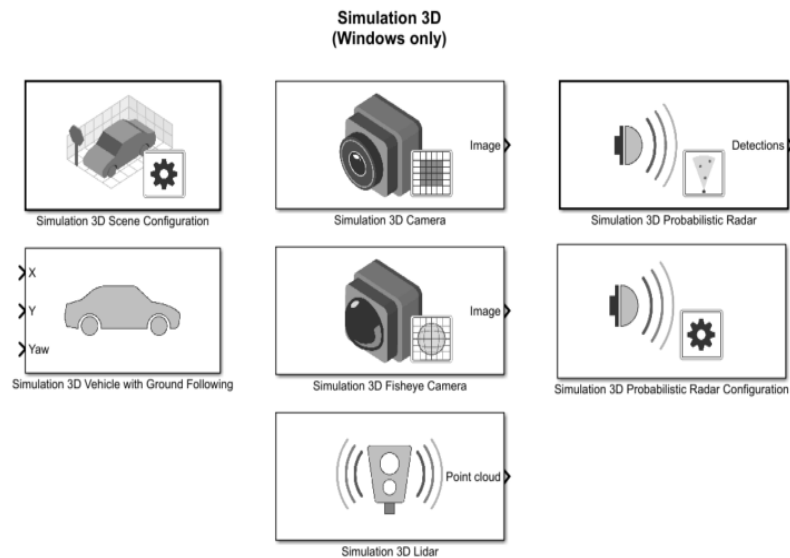
環境構築ブロック、車両モデル、各種センサーモデル

R2019b



Unreal Engine連携に必要なToolbox

Automated Driving Toolbox™



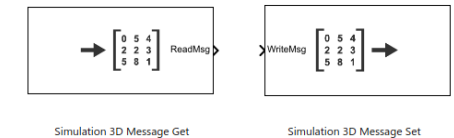
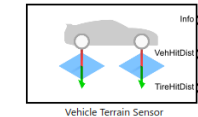
- 3Dシーンの選択
- 車両の制御(X, Y, Yaw)
- センサーモデル

Vehicle Dynamics Blockset™

• 車両・アクターの姿勢制御、
情報取得が必要

• 地勢センサによる
各タイヤの設置座標等の情報取得
が必要

• Unreal上に定義したアクターとの
メッセージ送受信が必要



**Vehicle Dynamics Blockset
Interface for Unreal Engine 4
Projects**

作成者: [MathWorks Automotive Community Profile](#) **STAFF**

Simulink integration for Unreal Engine 4

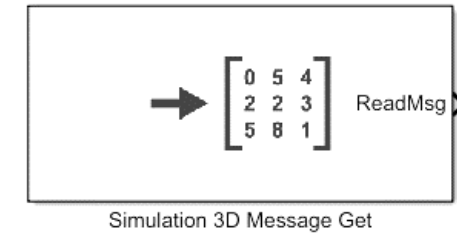
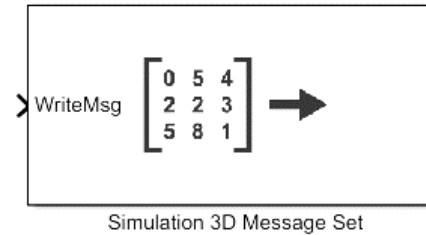
Support Package

ユースケース次第で必要なToolboxが異なります。判断に迷う場合はご相談ください

カスタムデータの送受信

Vehicle Dynamics Blockset™

Simulink と Unreal Engine
間で任意のデータ通信が可能
Unreal Engine 側のイベント
(信号の切り替えなど)をSimulink側に通知することが可能



R2019b

Block Parameters: Simulation 3D Message Get

Simulation 3D Message Get (mask) (link)

Retrieves data from the 3D visualization environment. To use the block, install the support package for customizing scenes. If you set the sample time to -1, the block uses the sample time specified in the Simulation 3D Scene Configuration block. Ensure that the Simulation 3D Scene Configuration block is in your model.

Parameters

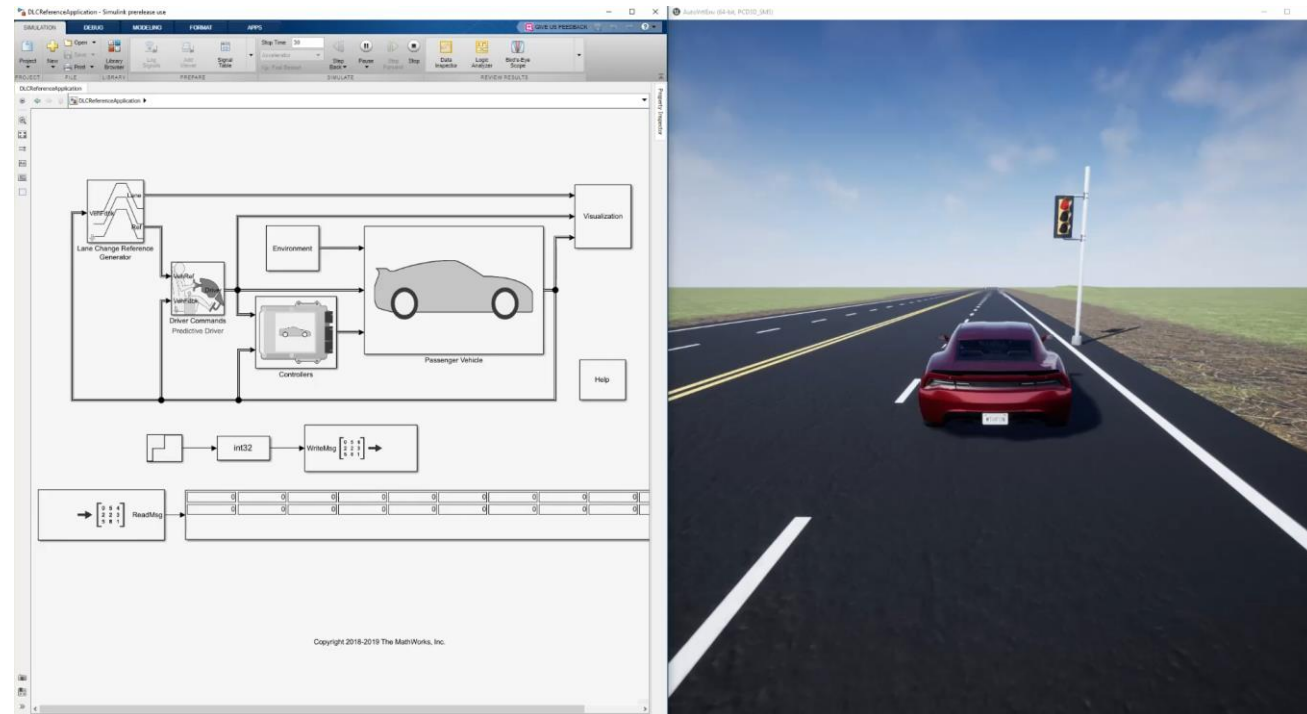
Signal name, SigName []:

Data type, DataType []:

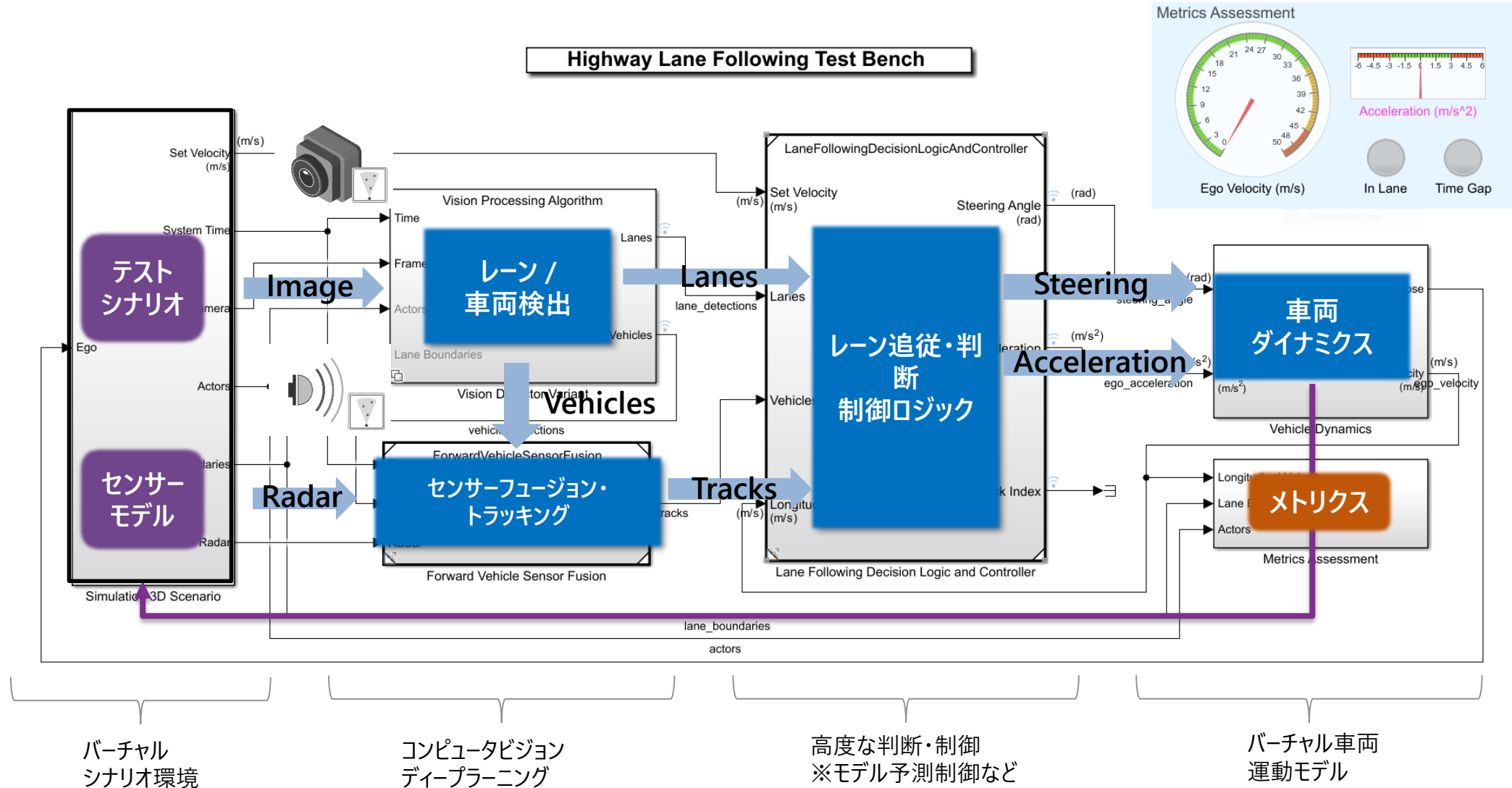
Message size, MsgSize []:

Sample time:

OK Cancel Help Apply



ADAS/ADシステム全体のモデリング&シミュレーション



RoadRunnerで作成したシーンによる認識・制御アルゴリズムの検証

シーン
作成

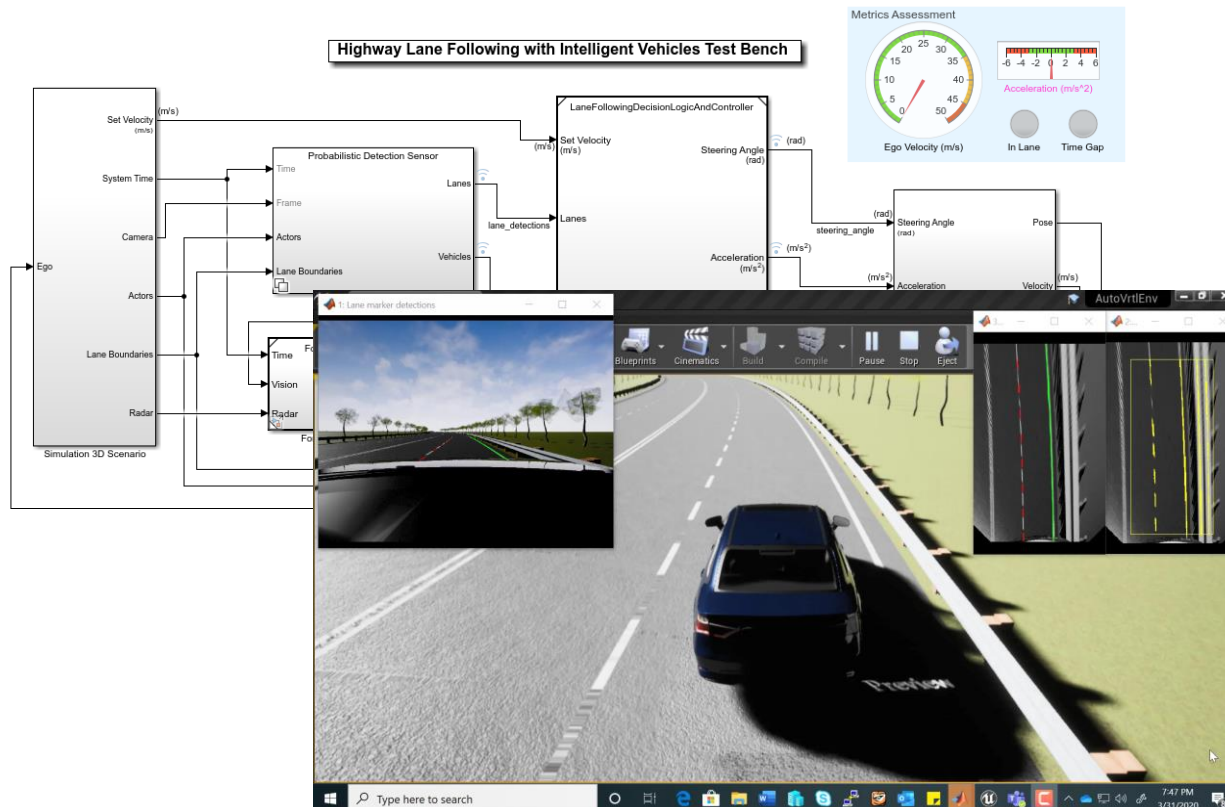
UE4へ
エクスポート

OpenDRIVEへ
エクスポート

シナリオ
生成

Open Loopで
シミュレーション

Closed Loopで
シミュレーション



- 統合 & Closed Loopシミュレーション
 - Driving scenario + Unreal Engine
 - カメラ、Radar、LiDARセンサーモデル
 - 画像認識系アルゴリズム
 - センサーフュージョンアルゴリズム
 - 車両制御アルゴリズム
 - 車両ダイナミクス

Highway Lane Following with Road Runner Scene
Automated Driving ToolboxTM
RoadRunnerTM

Key Takeaways

3Dシーン作成

RoadRunner **New* シーンオーサリング

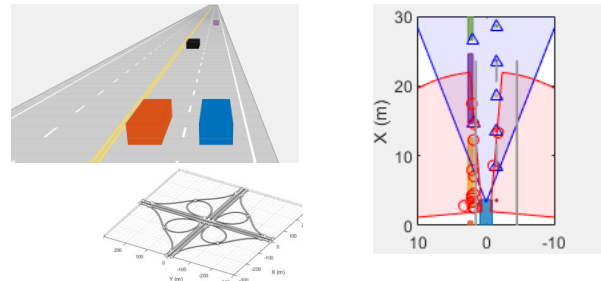


3D環境・道路ネットワーク
作成用エディタ

- マウス操作・対話型のシナリオ
オーサリング
- OpenDRIVE/FBXなどとの、
エクスポート/インポート対応

シナリオ生成

Driving Scenario Designer



抽象度の高い、簡易的表現
確率的センサーモデル

- 統計的なセンサー特性に基づいた
簡易シミュレーション
- 高速な実行時間

シミュレーション

Vehicle Dynamics Unrealエンジン連携



より“リアル”な環境、
物理センサーモデル

- 認識系アルゴリズムを含む、
より現実に近いシミュレーション

これから導入を検討される方のために

RoadRunner製品の概要、使い方をビデオでご紹介

Video and Webinar Series

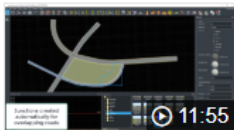
ビデオを検索

ビデオ ホーム | 検索

Getting Started with RoadRunner

Using the RoadRunner interactive editor to design 3D scenes for simulating and testing automated driving systems.

- Build roadway scenes by creating region-specific road signs and markings.
- Insert signs, signals, guardrails, and road damage, as well as foliage, buildings, and other 3D models.
- Set and configure traffic signal timing, phases, and vehicle paths at intersections.



RoadRunner Annotated Demonstration

Learn about different features in RoadRunner including road and 3D scene modeling, sign creation, and export to external simulators for automated driving simulation.

- Annotated Demonstration
- Signal Editor
- Junction Creation
- Lane Marking Creation
- Creating Custom Junctions
- Road Sign Creation



<https://jp.mathworks.com/videos/series/getting-started-with-roadrunner.html>



© 2020 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.