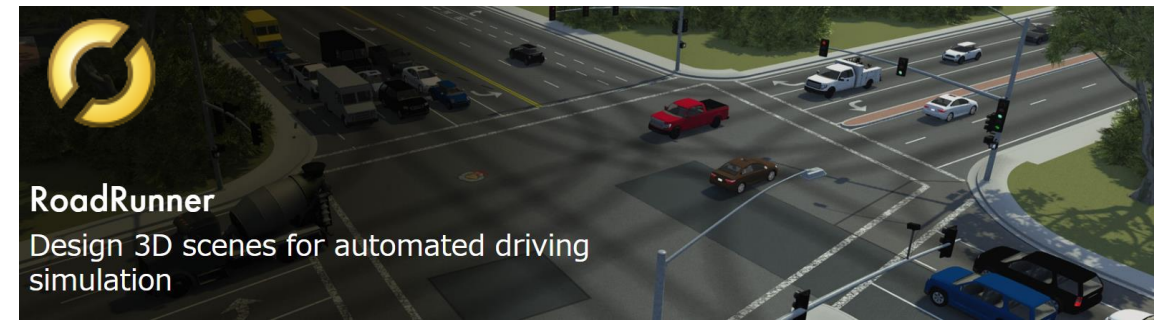


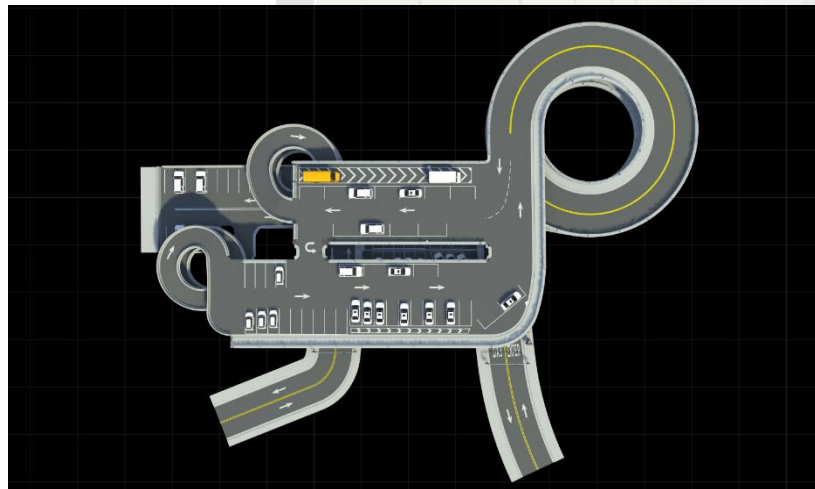
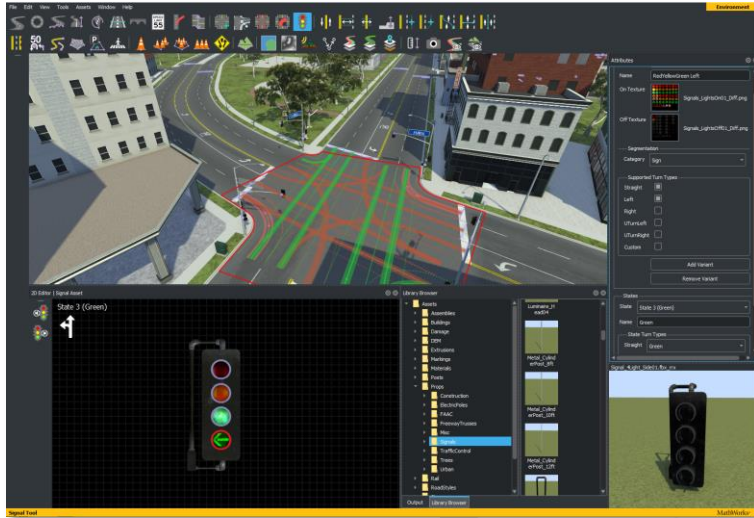
誰でも簡単に！自動運転シミュレーション用バーチャルシーン作成

R2021a **R2021b**

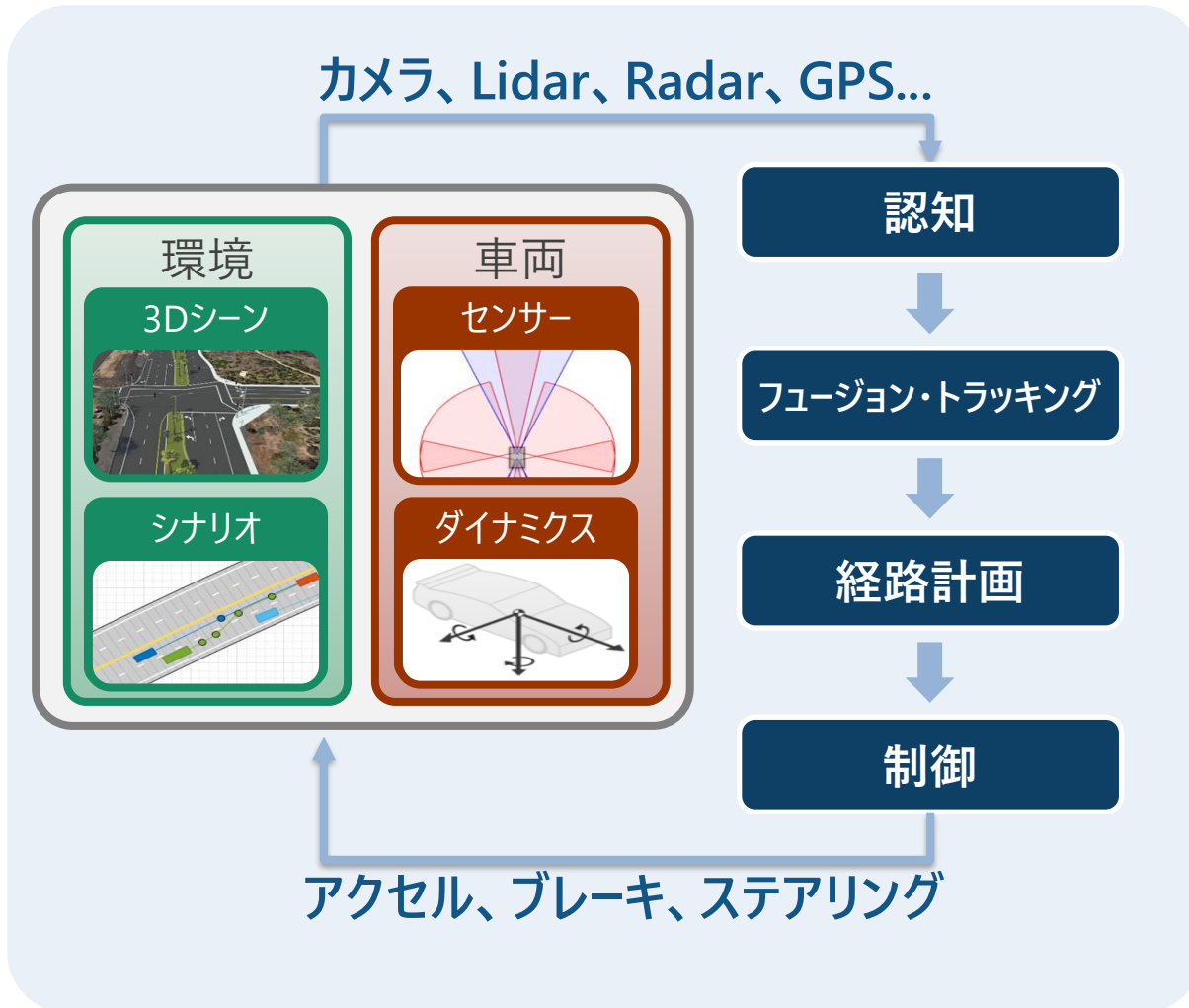
MathWorks Japan
アプリケーションエンジニアリング部



RoadRunnerによる3Dシーン作成



自動運転の統合システム検証の課題と仮想環境によるシミュレーション

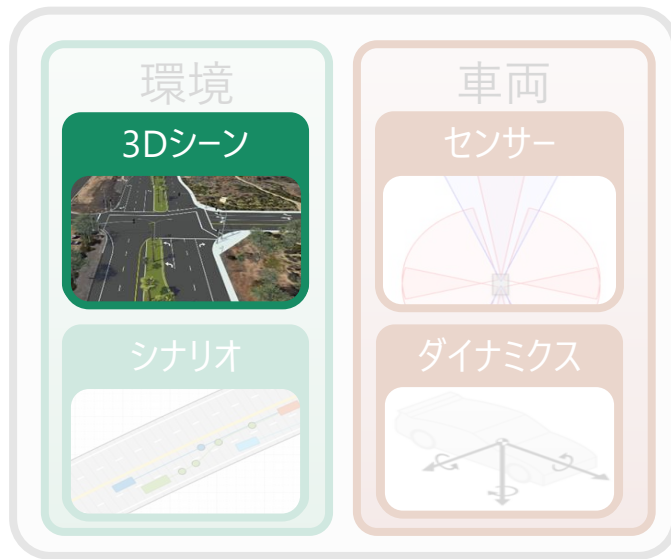


実車テストの限界

- テストにかかるコスト
- 危険なシナリオのテスト
- 法規制

実車ではやりきれない試験や
プロトタイピングを**仮想環境**でシミュレーション

自動運転の統合システム検証の課題と仮想環境によるシミュレーション



3D道路シーン作成における課題

- 3Dモデリングの経験/知識がない
- 既存のツールでは複雑な道路形状の表現が難しい
- 複数のシミュレーション環境で同じシーンを活用したい



RoadRunnerによるソリューション

- マウス操作による直観的な3Dシーン作成
- 交差点、信号、車線幅などの道路表現が可能
- 様々なシミュレーション環境にシーンをエクスポート

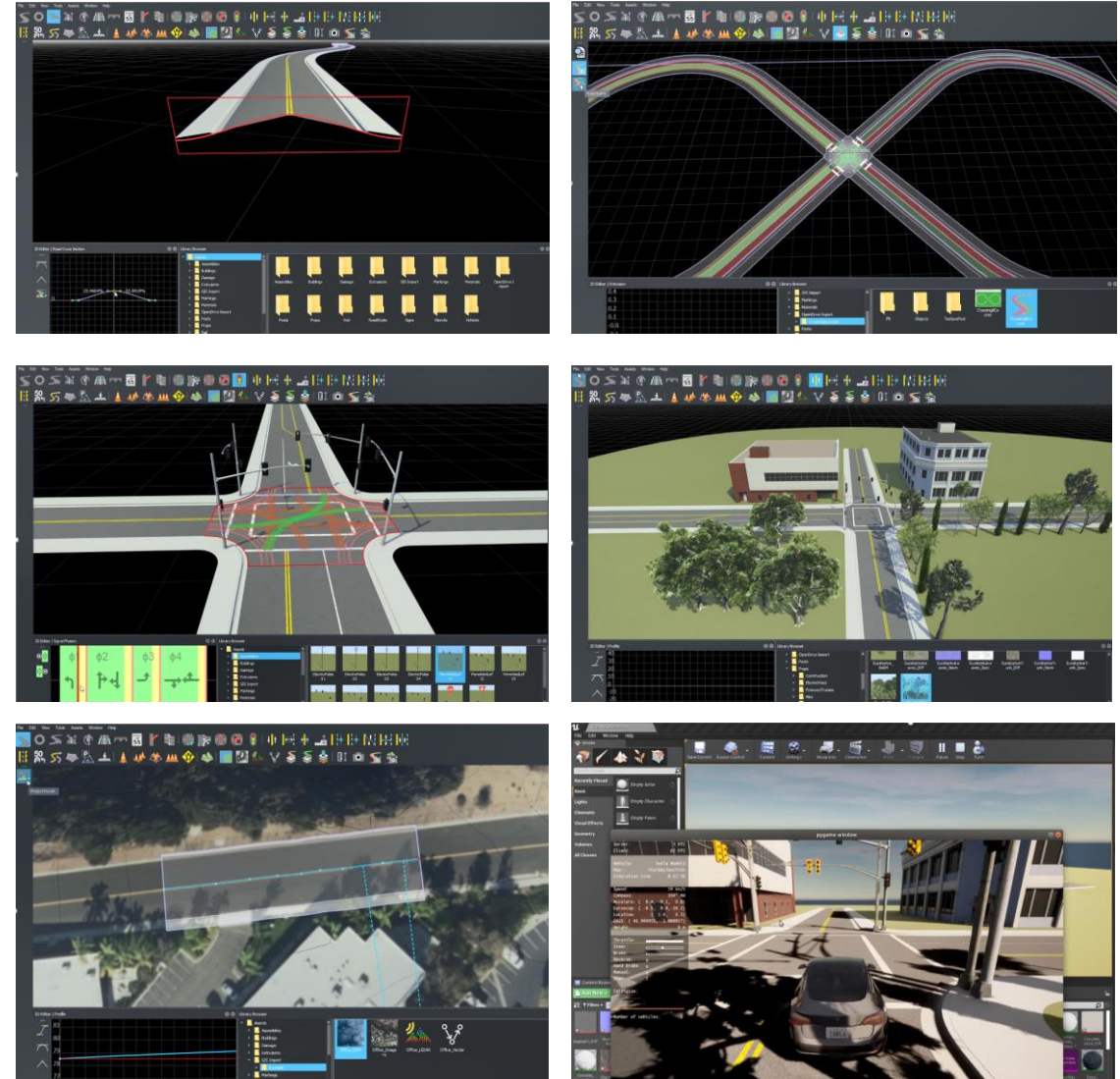
Agenda

- RoadRunnerによる3Dシーン作成
- 地図・地理情報データを活用した道路作成
- 様々なシミュレーション環境に作成シーンをエクスポート
- MATLAB, SimulinkとUnreal Engine連携シミュレーション
- まとめ

RoadRunner

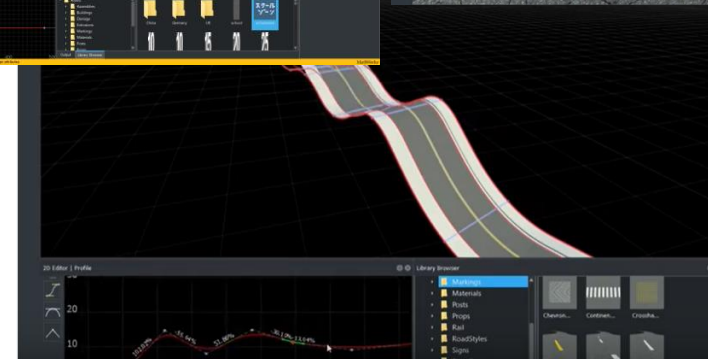
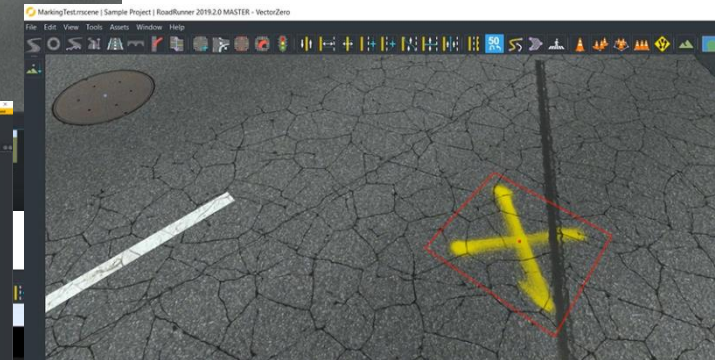
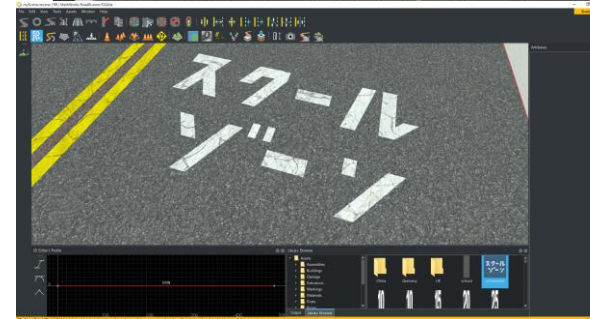
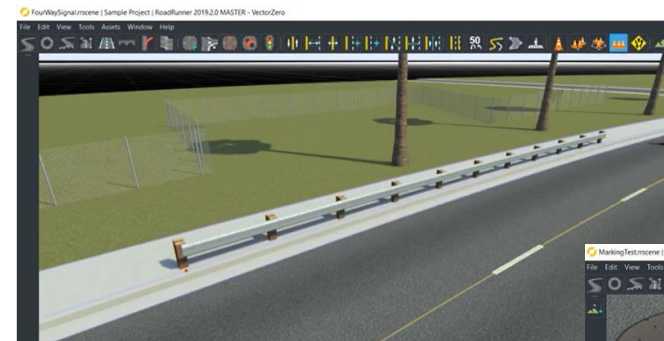
3D環境・道路ネットワーク作成用エディタ

- 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



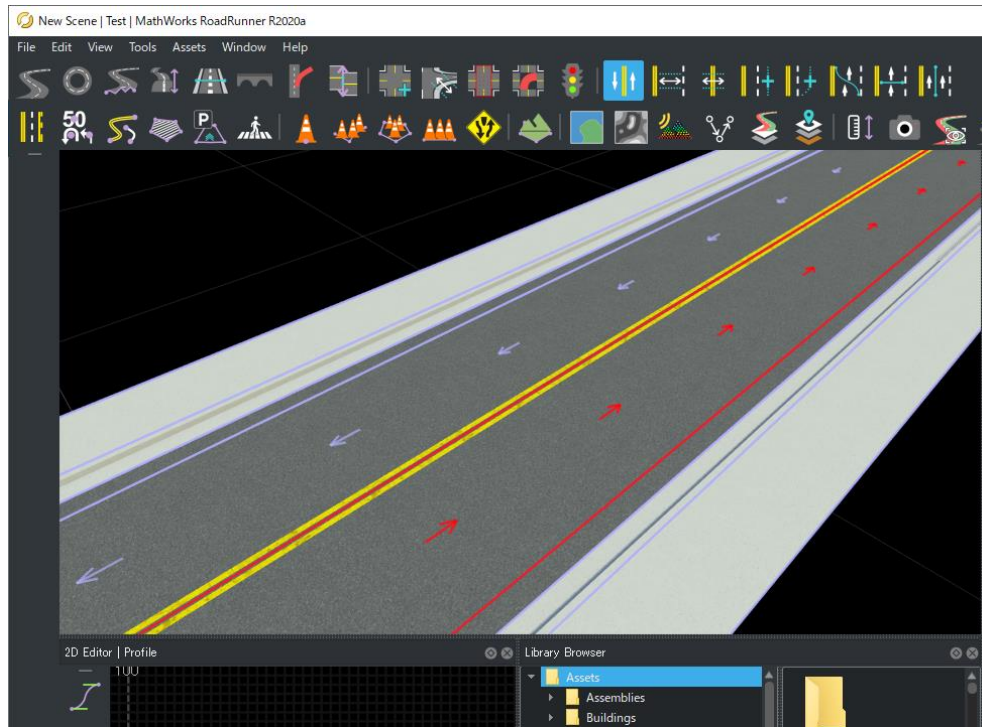
様々な構造物、道路ネットワーク等はカスタマイズ可能

- 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



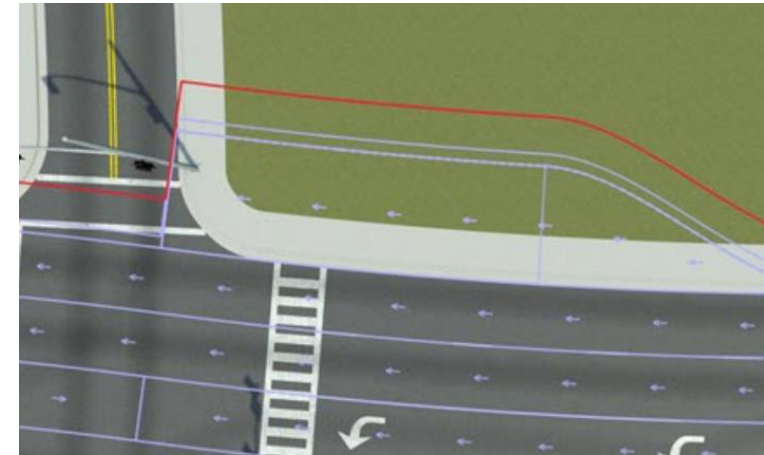
車線の編集

車線の向き

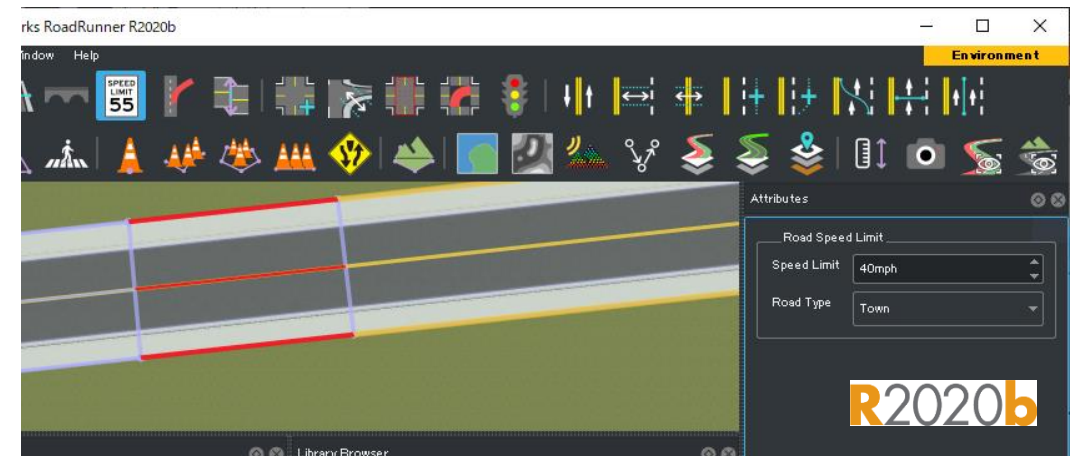


向きの一括変更をサポート **R2021b**

車線の追加



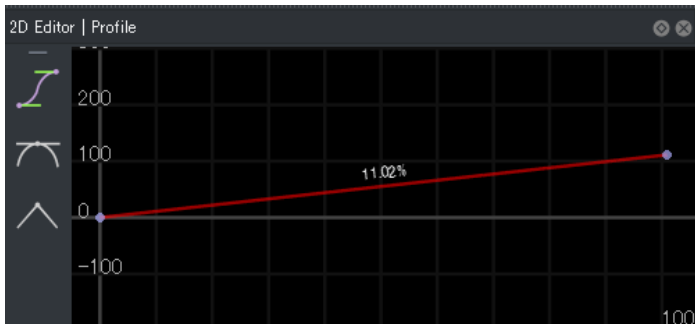
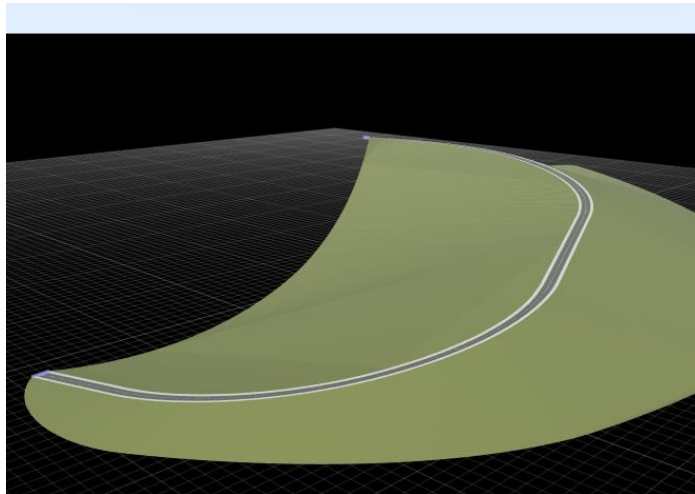
制限速度の設定



勾配の変更・調整



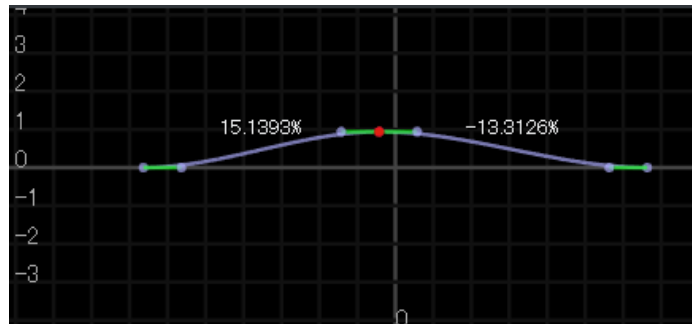
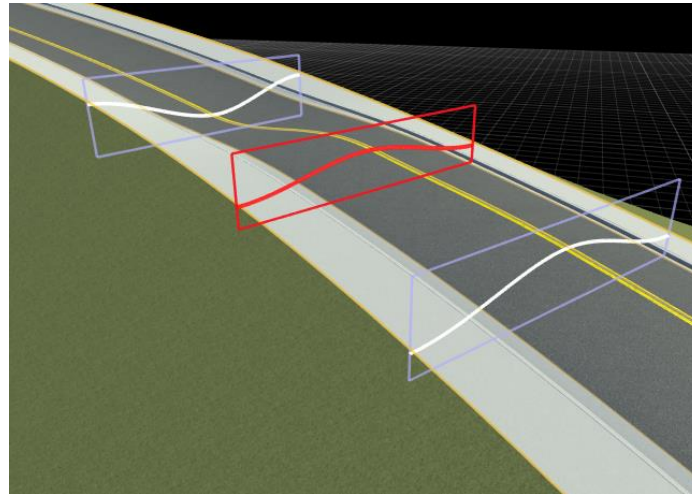
進行方向の高低差



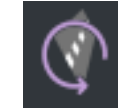
R2021a Update



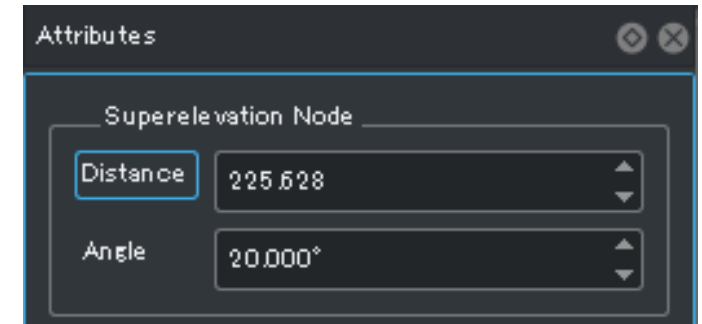
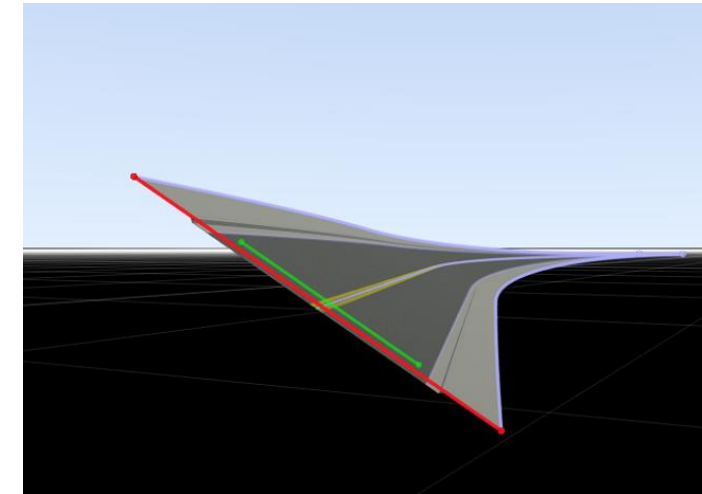
横断方向の高低差



R2021a



片勾配の調整

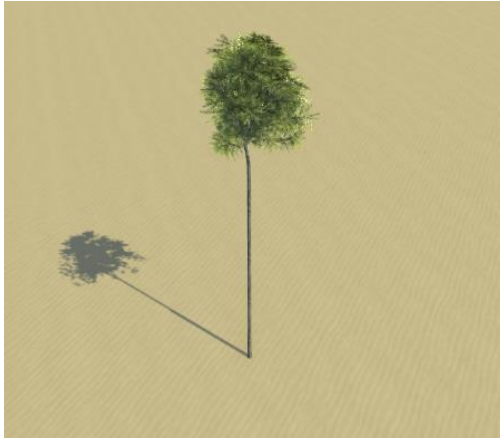


上り/下り坂に加えて、道路のたわみも表現

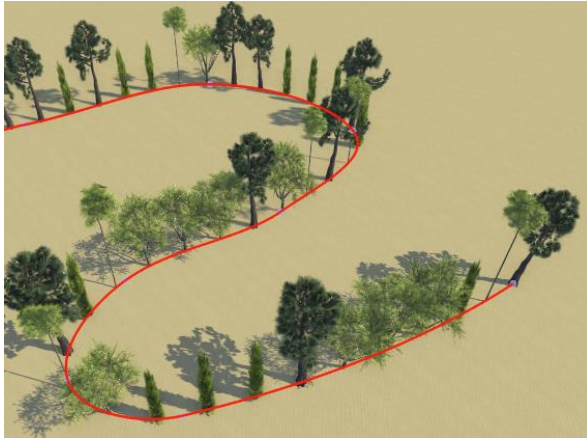
アセットの配置



個別に配置



曲線に沿って配置



領域内にランダム配置



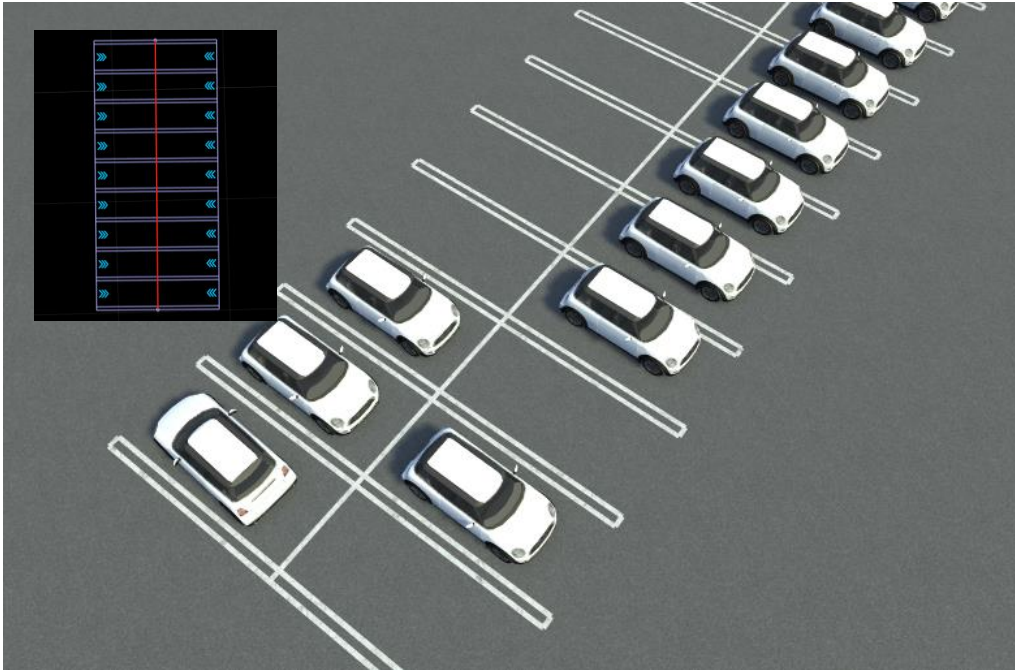
道に沿って配置



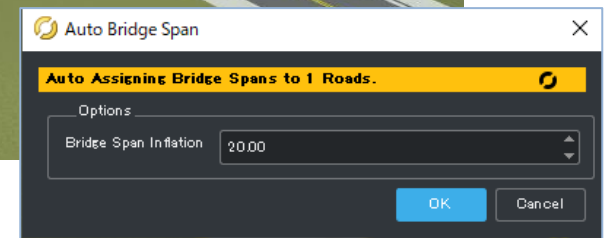
駐車場の作成 橋の作成



駐車場の作成



橋の作成



距離を指定した橋の作成機能

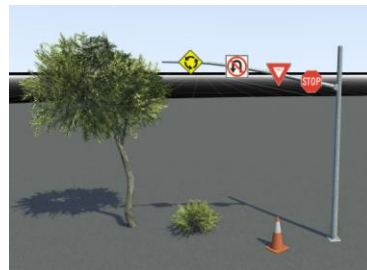
R2020b

アセットの用意にお困りの方は RoadRunner Asset Library(別製品) 多数の事前定義済3Dオブジェクト

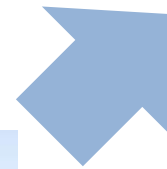
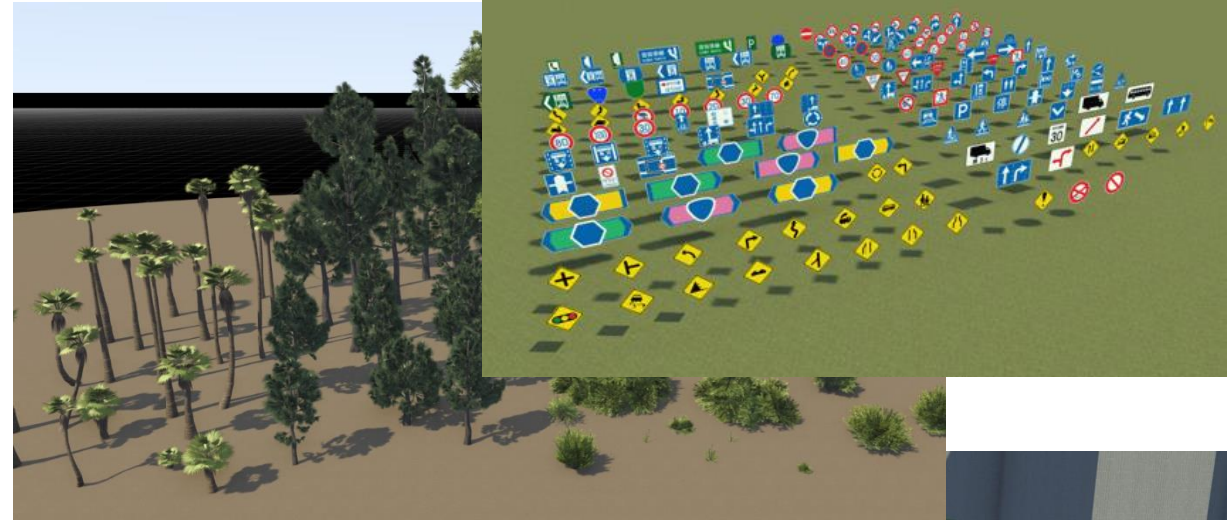
- Road and highway signs
- Traffic signals
- Road surface markings
- Trees
- Barriers
- Road damage textures
 - Cracks, oil spills

[Asset Library](#)

RoadRunner Asset Library



RoadRunner標準で使えるオブジェクト



RoadRunner Asset Libraryのオブジェクト例

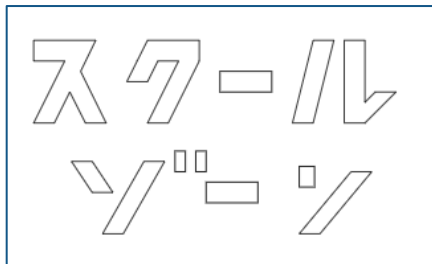
カスタムアセットの登録

外部ツールで作成した 3Dオブジェクト(.fbx, .obj)

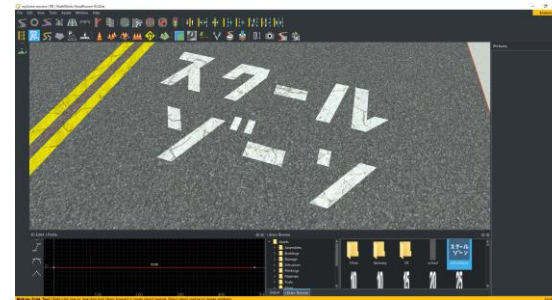
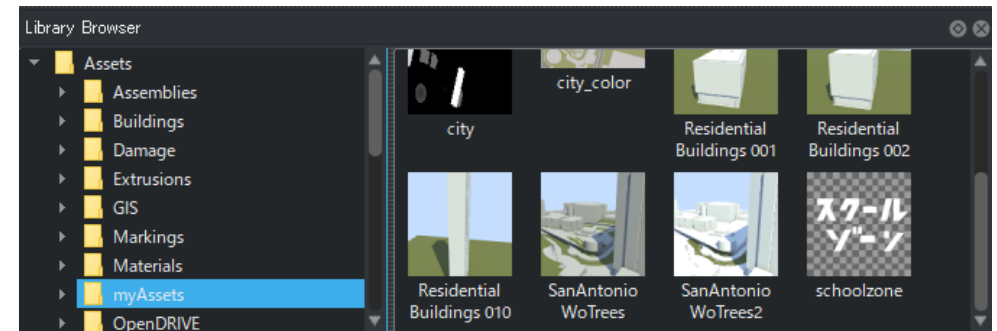
- Maya®, Blender™、Unreal Engine等



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



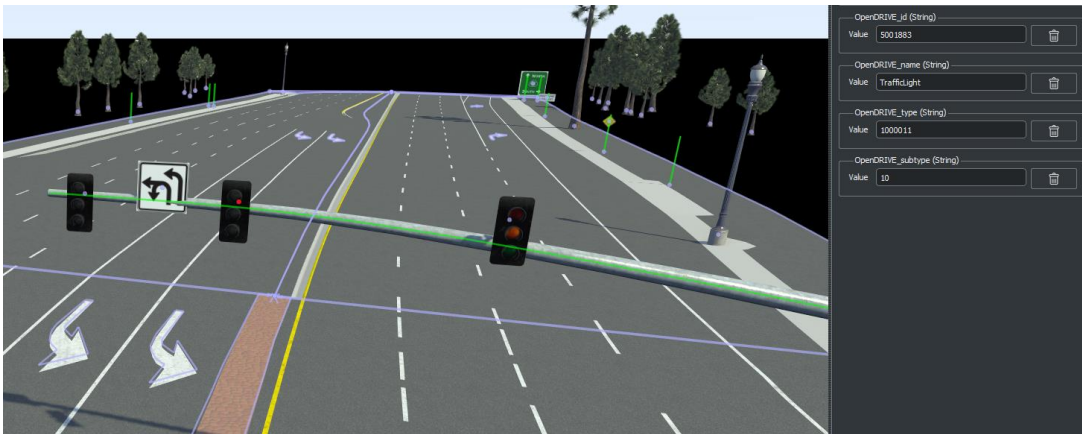
カスタムオブジェクトの配置

メタデータの割り当てをサポート

R2021b

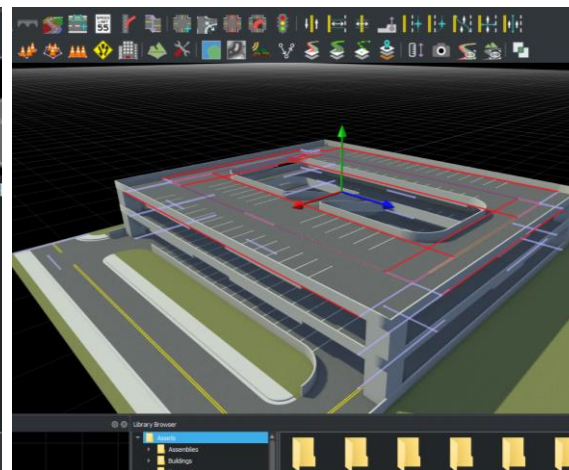
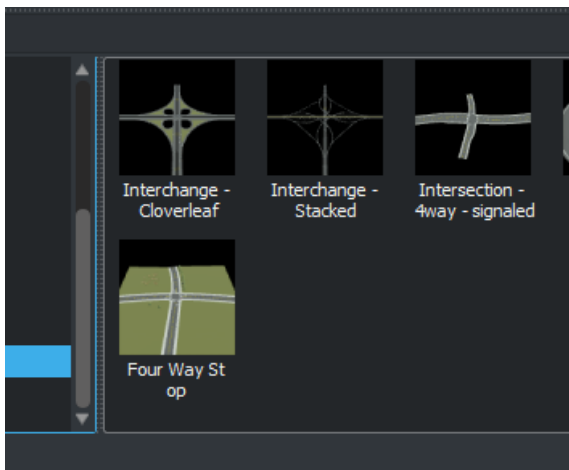
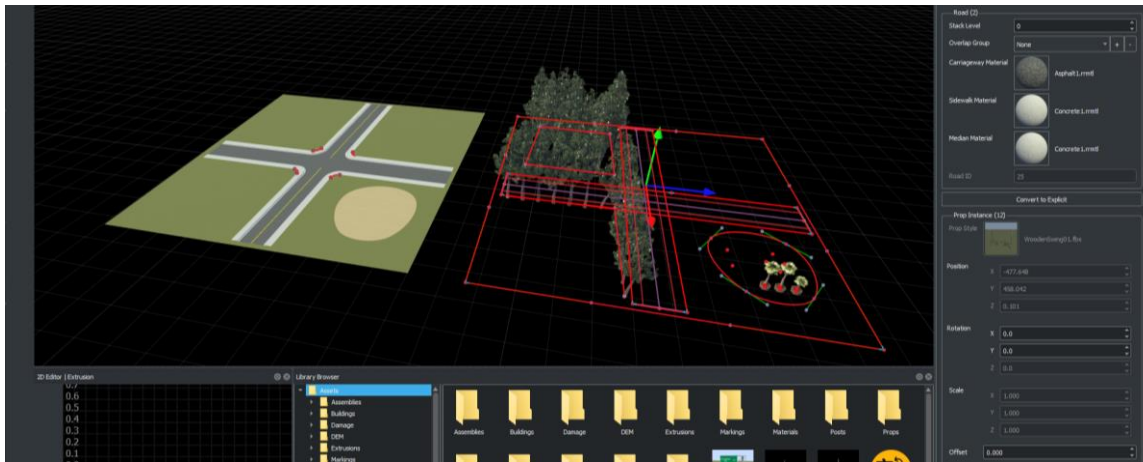
任意のオブジェクトにメタデータを付加

- 各オブジェクト毎に付加が可能
- 文字列、ブーリアン型、数値型で指定
 - OpenDRIVEの道路や交差点に対し、name,type,subtypeの値を指定可能に



	設定例	エクスポートしたOpenDRIVE
カスタム属性		<pre> <laneLink from="-3" to="-3"/> </connection> <userData code="JunctionType" value="Automatic"/> <userData> <vectorJunction junctionId="{275e57c8-914f-466d-9c62-37ae8f570 </userData> </pre>
OpenDRIVE属性 <road>, <junction>, <object>, <signal>		<pre> <road name="Highway" length="1.9080212697060187e+1" id="4" junct: <link> <successor elementType="junction" elementId="28"/> </link> </pre>

シーンのテンプレート化と移動操作の改善

R2021b

複雑なシーン作成作業の効率的に

- マニピュレータによる移動操作
- コピー & ペーストに対応
- ビルディングブロックの作成
- ドラッグアンドドロップでテンプレートを配置

RoadRunner ワークフローAPI

R2021b

```
h grpc.insecure_channel("localhost:35707") as channel:
    api = scene_api_pb2_grpc.RoadRunnerSceneApiStub(channel)

    # Load the project
    loadProjectRequest = scene_pb2.LoadProjectRequest()
    loadProjectRequest.folder_path = "C:/Users/hwilliam/OneDrive - MathWorks/RoadRunner API p
    loadProjectResponse = api.LoadProject(loadProjectRequest)
    print("Loaded an empty project")

    # Make a new scene
    newSceneRequest = scene_pb2.NewSceneRequest()
    api.NewScene(newSceneRequest)
    print("Made a new scene")

    #import an opendrive file
    importRequest = scene_pb2.ImportRequest()
    importRequest.file_path = "C:/Users/hwilliam/OneDrive - MathWorks/san antonio test.xodr"

    importResponse = api.Import(importRequest)
    print("Imported the OpenDRIVE scene")

    # Export the scene back to opendrive
    exportRequest = scene_pb2.ExportRequest()
    exportRequest.file_path = "san antonio test.xodr"
    exportRequest.format_name = "opendrive"
    exportRequest.open_drive_settings.export_signals.value = True;
    exportRequest.open_drive_settings.clamp_distances.value = True;
    exportResponse = api.Export(exportRequest)
    print("Exported scene to OpenDRIVE")
```

RoadRunner APIを使用したプログラムによるインポートおよびエクスポートの実行

API コマンド:

- RoadRunnerの起動
- シーンを開く
- OpenDRIVEのインポート
- OpenDRIVE,FBX等へのエクスポート
- RoadRunnerの終了

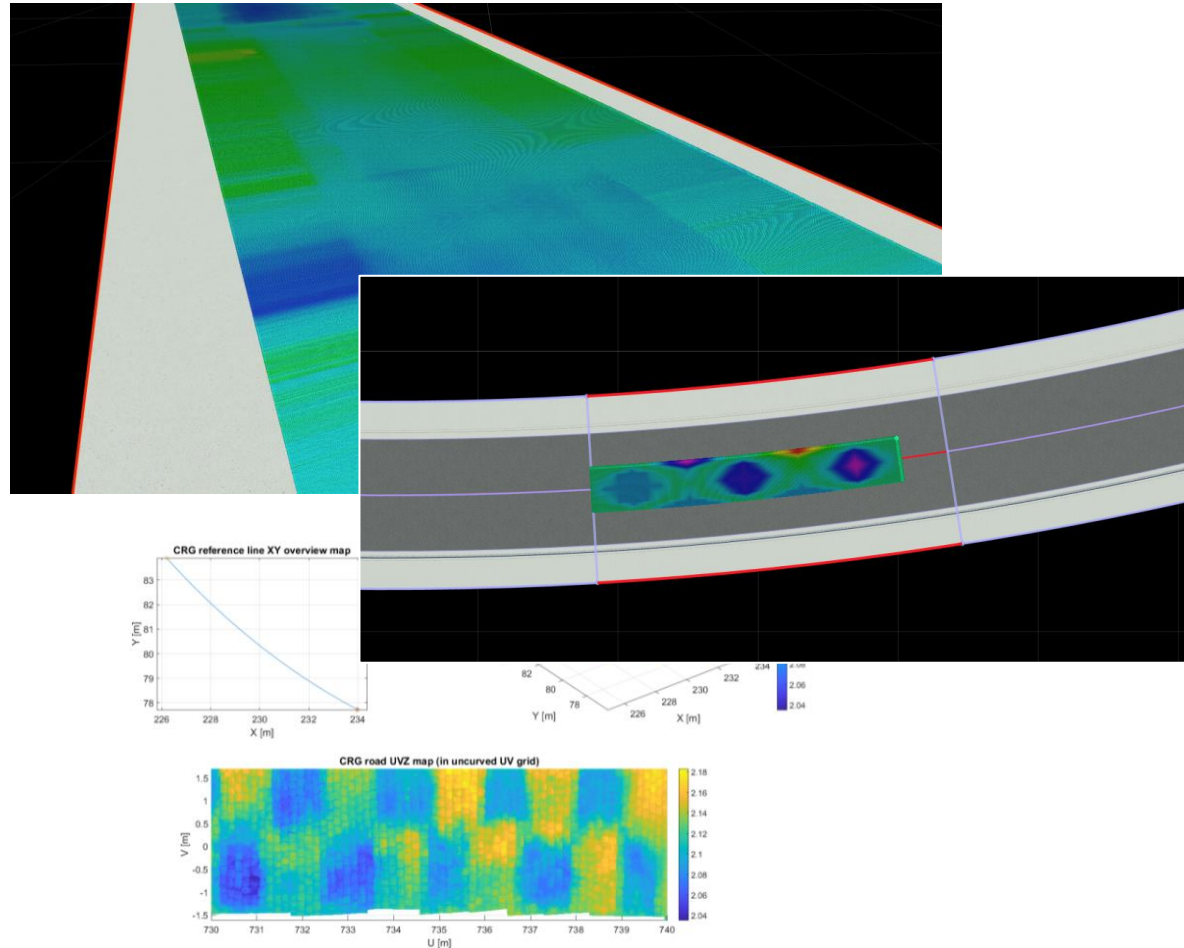
[ドキュメントページ](#)

OpenCRGのインポート/エクスポートに対応

R2021b

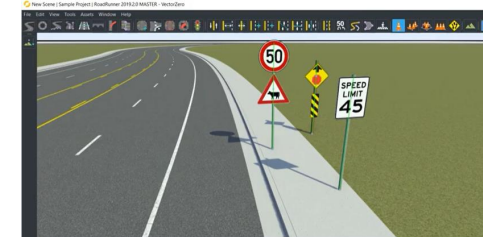
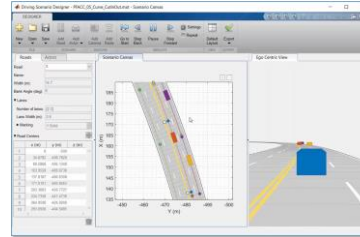
路面のサーフィス情報を付加

- 道路上で任意の範囲にCRGファイルを割り当て
- ドラッグアンドドロップでOpenCRGをインポート
- OpenCRGを含めたOpenDRIVE形式でエクスポート



[ASAM OpenCRG v1.2](#)

OpenX対応(R2021b現在)



	Driving Scenario Designer (Automated Driving Toolbox)	RoadRunner
OpenDRIVE(1.4~1.6) Import	✓	✓
OpenDRIVE(1.4~1.6) Export	✓	✓
OpenSCENARIO(1.0) Import	✗	✗
OpenSCENARIO(1.0) Export	✓ R2021a	✗
OpenCRG(1.2.0) Import	✗	✓ R2021b
OpenCRG(1.2.0) Export	✗	✓ R2021b

*OpenDRIVEのImport/Export時の制限

[DrivingScenarioDesigner](#)

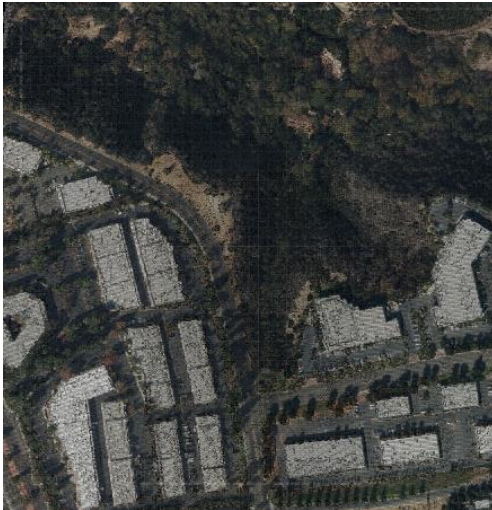
[RoadRunner](#)

Agenda

- RoadRunnerによる3Dシーン作成
- 地図・地理情報データを活用した道路作成
- 様々なシミュレーション環境に作成シーンをエクスポート
- MATLAB, SimulinkとUnreal Engine連携シミュレーション
- まとめ

GIS(地理情報システム)データの活用

点群データ



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

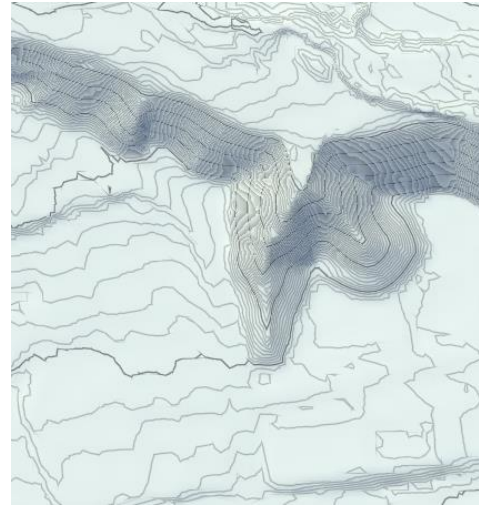
航空画像



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

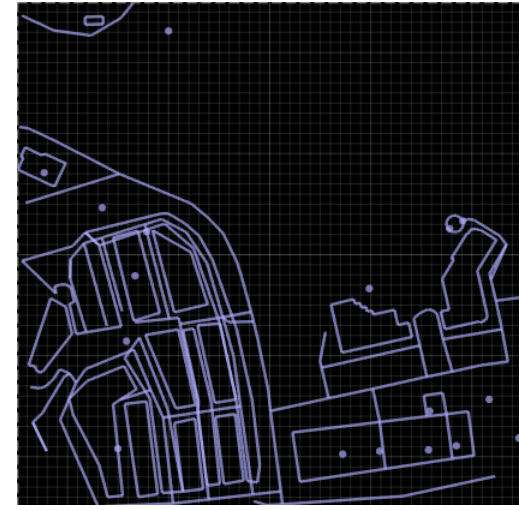
※緯度・経度・ピクセル当たりの距離を別途設定していただく必要があります

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)

日本の空中写真・標高データ活用のチュートリアル

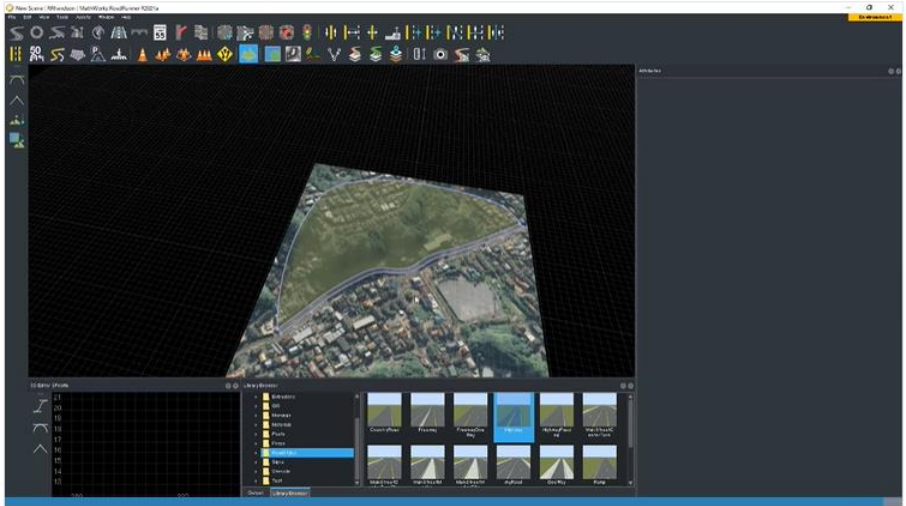
- 国土地理院の空中写真・標高データをRoadRunnerに取り込むフローを解説
 - Mapping ToolboxによるGeoTIFF変換
 - 標高データにあわせた地形の自動フィッティング

[動画へのリンク](#)

MathWorks® 製品 ソリューション アカデミア サポート コミュニティ イベント

ビデオ・Webセミナー [ビデオを検索](#)

[ビデオ](#) [ホーム](#) [検索](#)



説明 [関連リソース](#)

RoadRunner:日本の空中写真・標高データ活用法

Kazuya Machida, MathWorks

RoadRunnerはマウス操作で直観的に3Dの道路シーン作成を行えるエディターです。この動画では国土地理院のGISデータ（空中写真・標高データ）をRoadRunnerにインポートする方法をご紹介します。また、インポートする際に必要なフォーマット変換をMATLAB®のMapping Toolbox™で行う様子もご覧いただけます。インポートしたGISデータを活用することで、効率的に現実にある道路シーン作成を行うことが

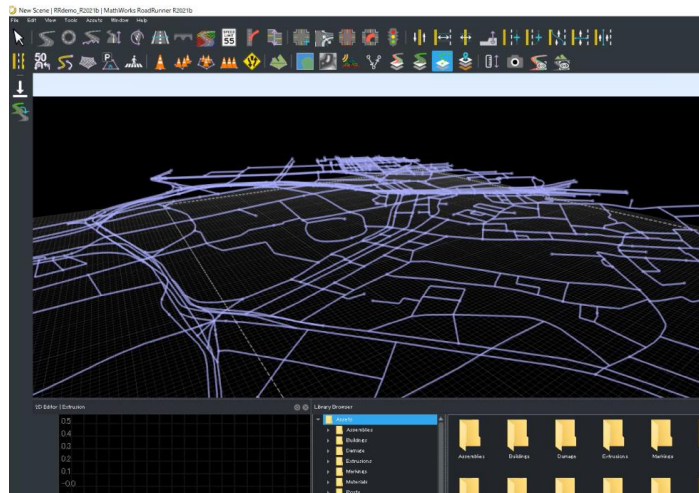
ゼンリンデータコム いつもNAVIを活用した道路の自動生成

RoadRunner

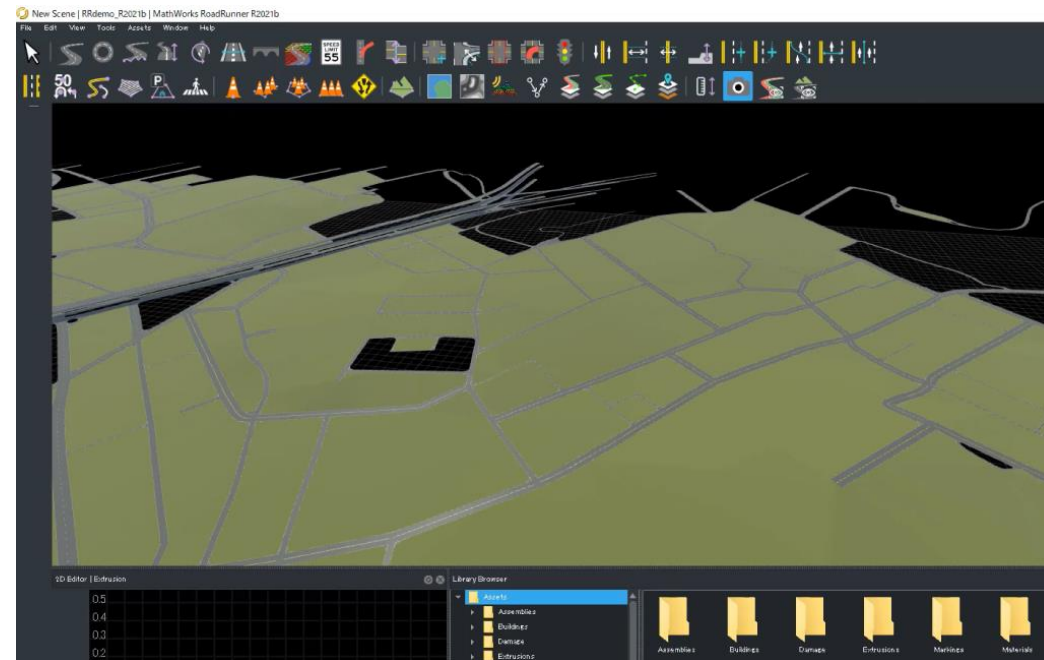
R2021b

地図データを活用し表現力を高めた3D道路を効率よく作成

いつもNAVIから日本の道路をインポート



RoadRunnerで編集可能な道路に変換

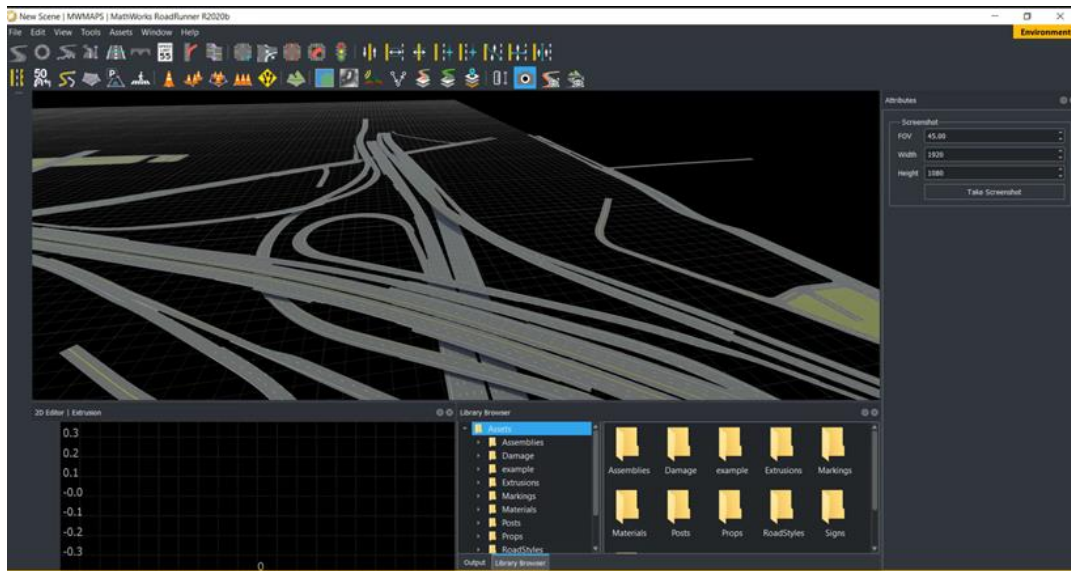


※ゼンリンデータコム いつもNAVIのライセンスは別途必要になります

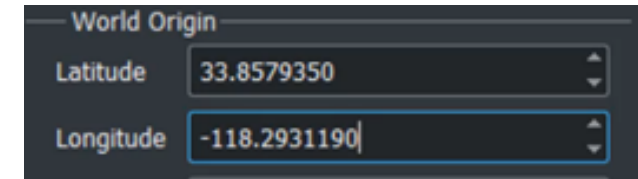
RoadRunner Scene Builder(別製品)

HDマップから自動で道路シーンを作成

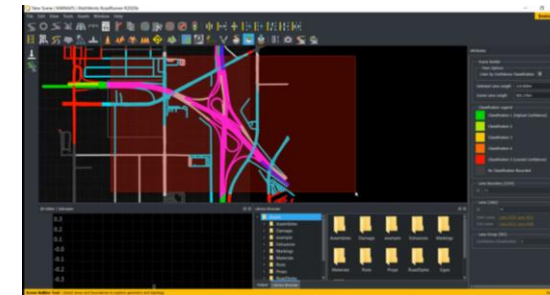
- HERE HD Live Mapから道路ネットワークを自動生成
- TomTom HD Mapsの対応を開始 **R2021b**
- 道路シーン作成にかかる**手作業を大幅に削減**できます



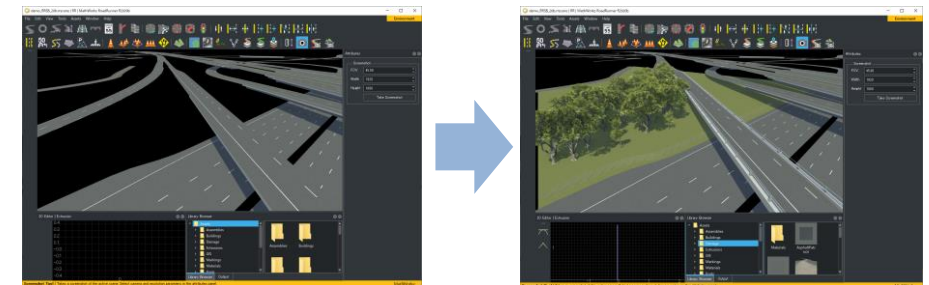
Step1.シーンの緯度・経度を指定



Step2.エリアを指定してRoadRunnerの道路に変換

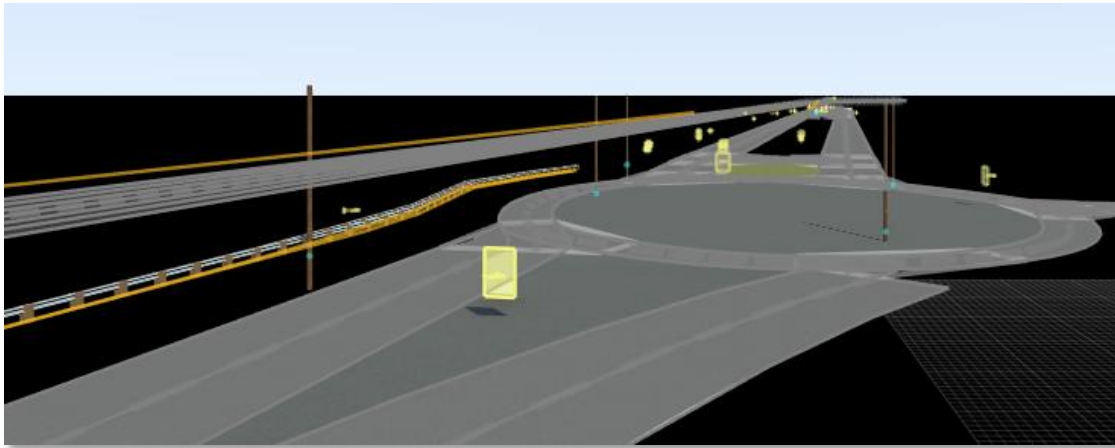


Step3.変換した道路を編集し、各種形式にエクスポート



※HERE HD Live Map/TomTom HD Map利用のためのライセンスは別途必要になります

対応するHD Map



HERE HD Live Map

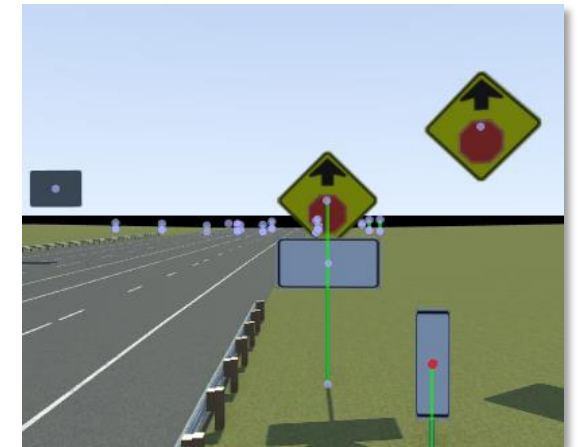
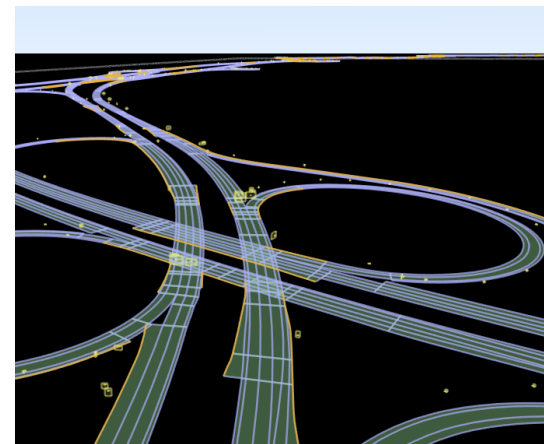
- 道路、標識、バリア、電柱のローカライズレイヤーのインポートに対応
- HERE HD Live Map Serverからのストリーミングに対応

R2021a

TomTom HD Maps

- 道路や標識のインポート
- GeoPackageおよびAgroファイルからのインポート

R2021b



RoadRunner HD Map & Route Selection

R2021b

RoadRunner HD Map Format

- 文書化された汎用HDマップフォーマットで、インポートをサポート
- 独自のデータをScene Builderに取り込むことが可能

Selective Import via Route Selection

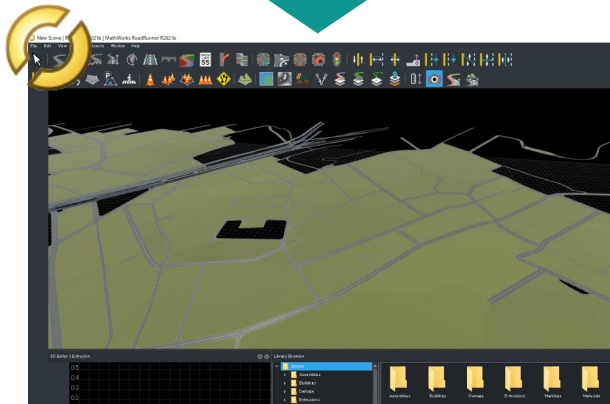
- 空間フィルタは、道路からユーザーが指定した距離内にあるフィーチャーのみを抽出します。
- ビルドパフォーマンスの向上



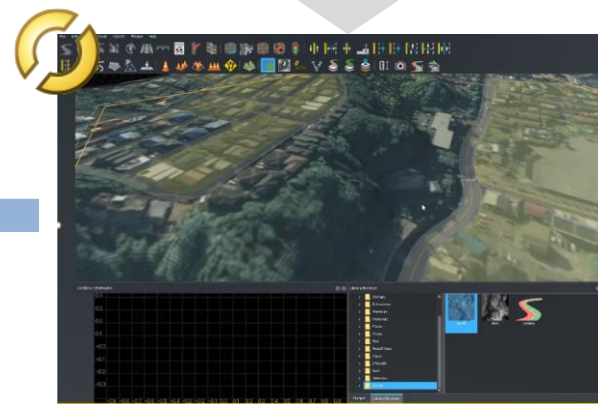
地図データとGISデータを活用したオンロード/オフロード混在シーン作成 R2021b

RoadRunner
Mapping Toolbox

ゼンリンデータコム いつもNAVI
の地図データ



国土地理院のGISデータ
(航空画像・数値標高モデル)



いつもNAVI連携とGISデータを使い、
より効率的にシーンを作成

Lidar点群データを数値標高モデル(DEM)に変換

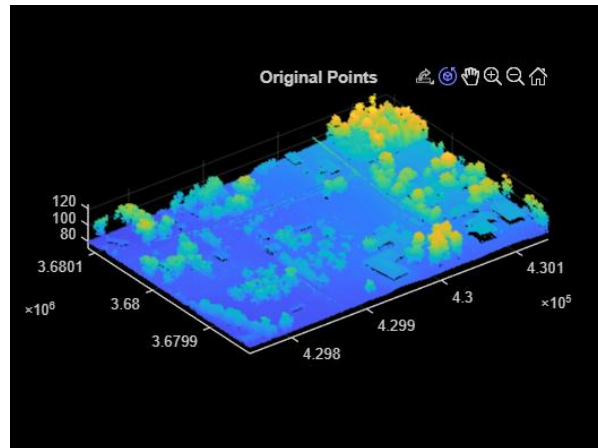
RoadRunner

Mapping Toolbox

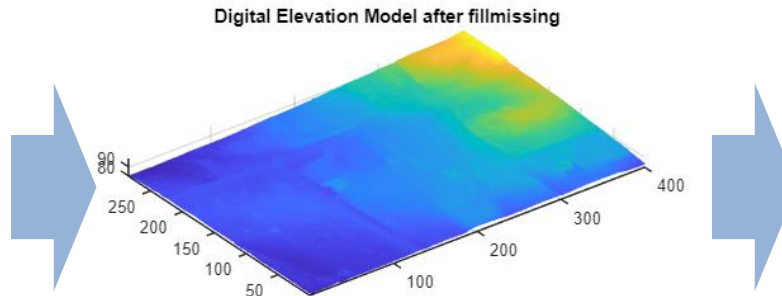
Lidar Toolbox

測定した点群データをRoadRunnerで活用いただけます

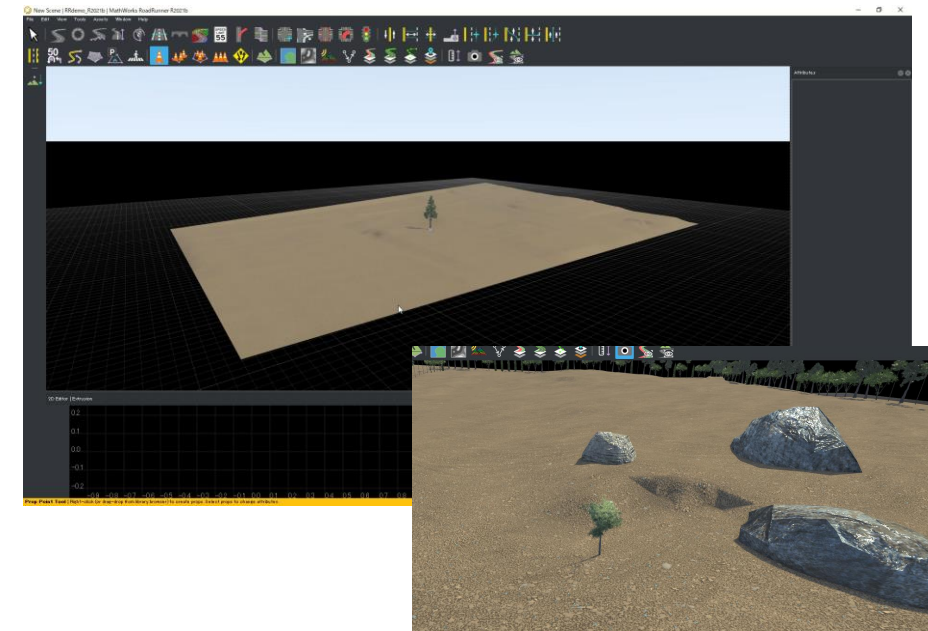
Lidarによる点群データ



地面の抽出と
数値標高モデル生成



RoadRunnerにインポート
オフロードシーンの地表を作成



Agenda

- RoadRunnerによる3Dシーン作成
- 地図・地理情報データを活用した道路作成
- 様々なシミュレーション環境に作成シーンをエクスポート
- MATLAB, SimulinkとUnreal Engine連携シミュレーション
- まとめ

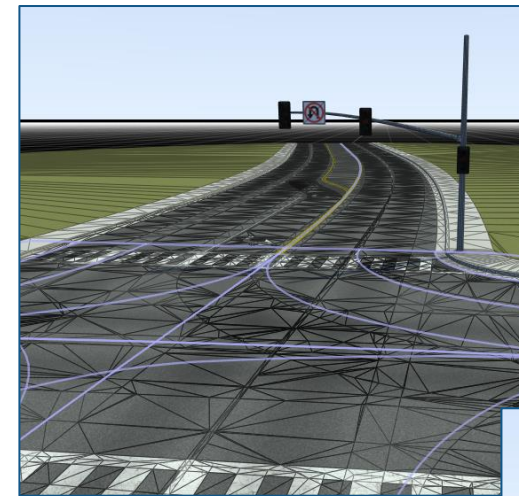
Simulator Compatibility

様々な3Pツールにシーンをエクスポート可能

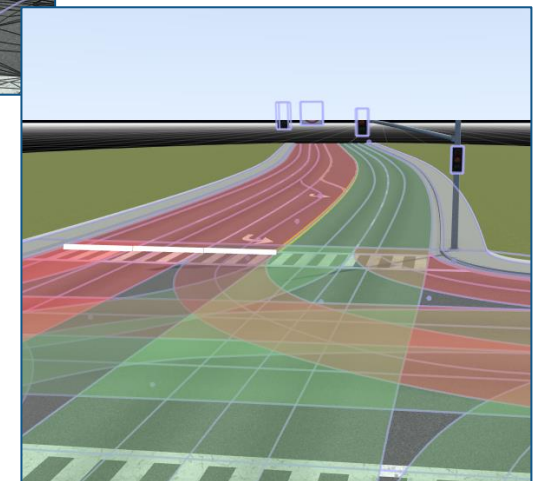
- .fbxや.xodr等、共通で使えるファイルフォーマットにより多くの環境をサポート
 - Filmbox (.fbx), OpenDRIVE (.xodr)
 - Unreal Engine®, CARLA
 - Unity®, LGSVL
 - VIRES Virtual Test Drive, Metamoto
 - IPG Carmaker, Cognata, Baidu Apollo
 - rfPro, aiSim
 - Tesis Dynaware, TASS PreScan
 - NVIDIA DRIVE Sim

[Exporting](#)

RoadRunner
R2020a



Filmbox
(meshes)



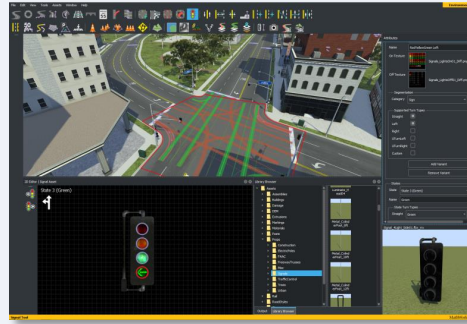
OpenDRIVE
(semantics)

Agenda

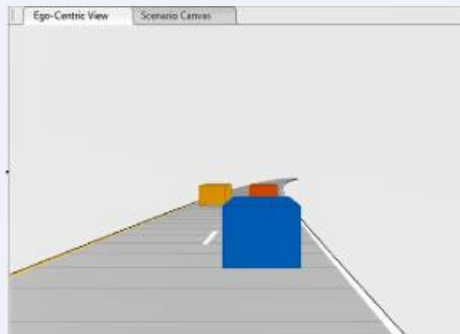
- RoadRunnerによる3Dシーン作成
- 地図・地理情報データを活用した道路作成
- 様々なシミュレーション環境に作成シーンをエクスポート
- MATLAB, SimulinkとUnreal Engine連携シミュレーション
- まとめ

MathWorksの3Dシーン作成とシナリオシミュレーション環境

RoadRunnerでの3Dシーン作成



Driving Scenarioでのシナリオ作成



想定ユーザー:

- 制御、プランニング、フュージョン&トラッキングアルゴリズム開発
- 真値データやオブジェクトリストで十分な内容のシステムレベルでの検討

Unreal Engine® 連携シミュレーション

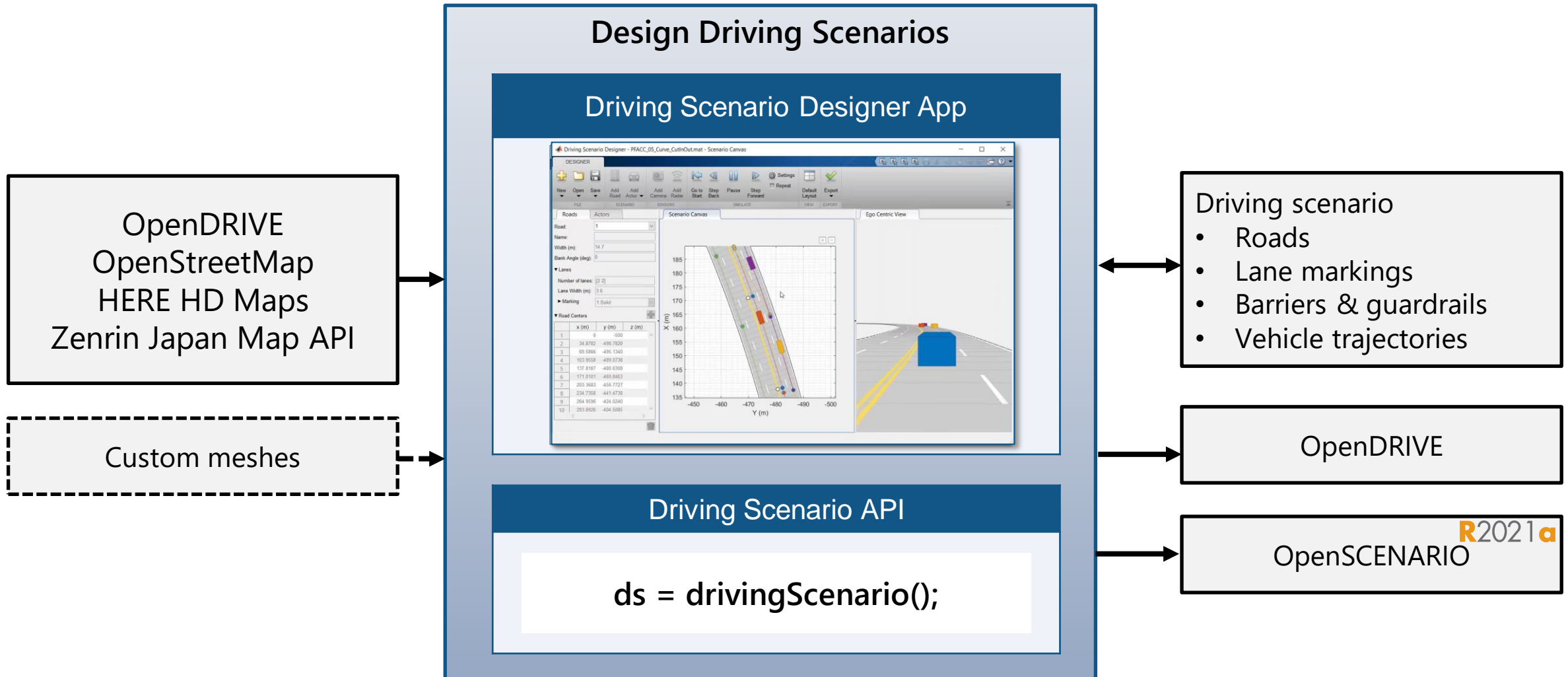


想定ユーザー:

- Deep Learning等の認識系アルゴリズムを含むシステムレベルでの検討
- Cuboidシミュレーションの可視化

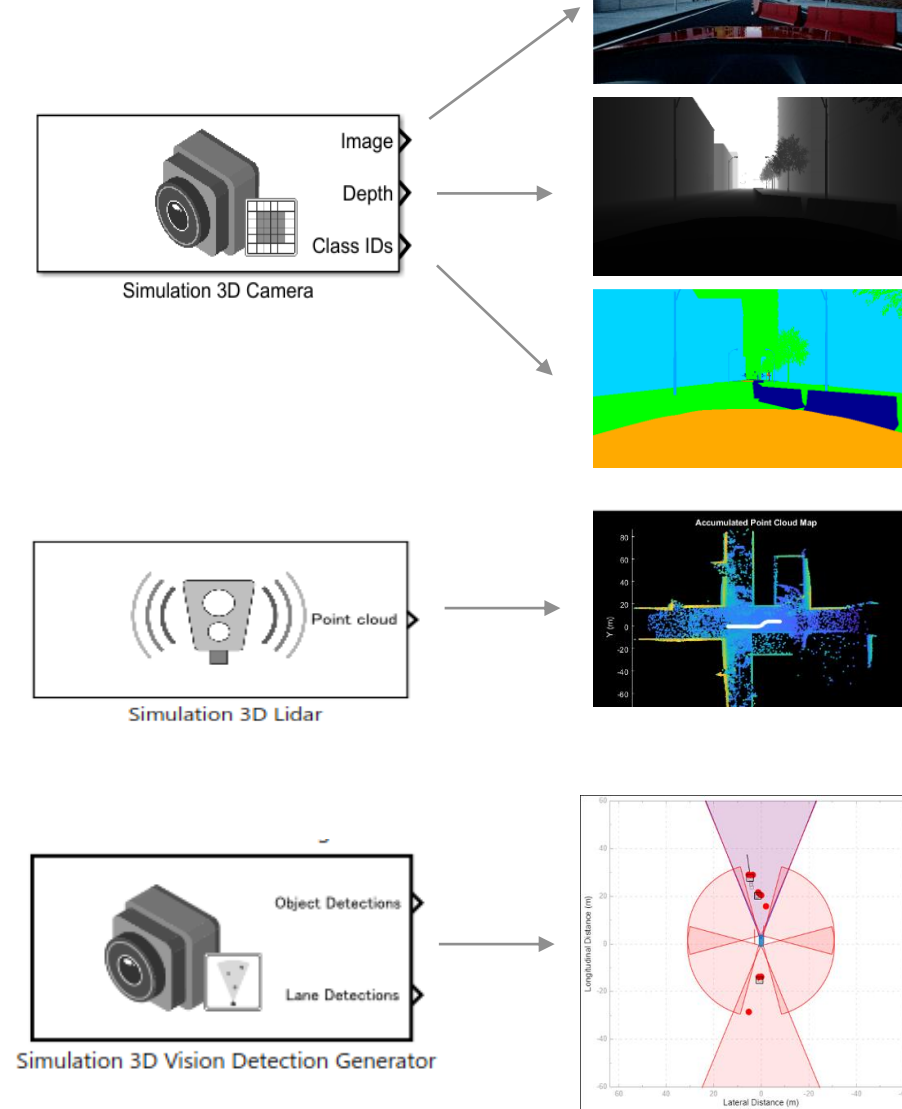
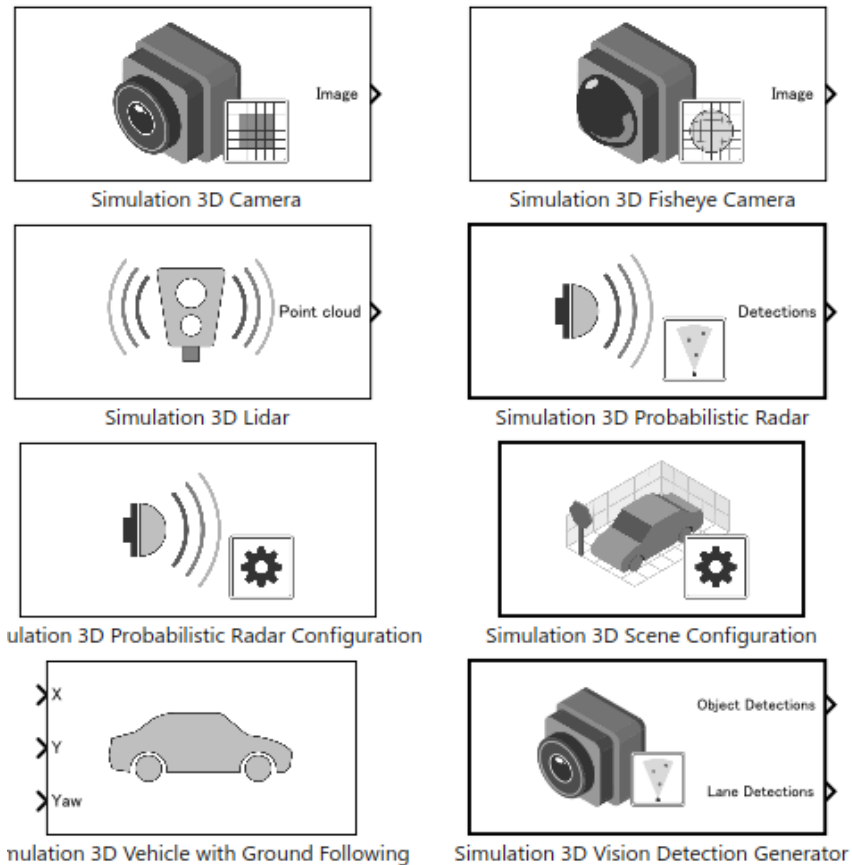
シーンやシナリオの作成 – 自動運転アルゴリズム開発検証用途

Automated Driving Toolbox

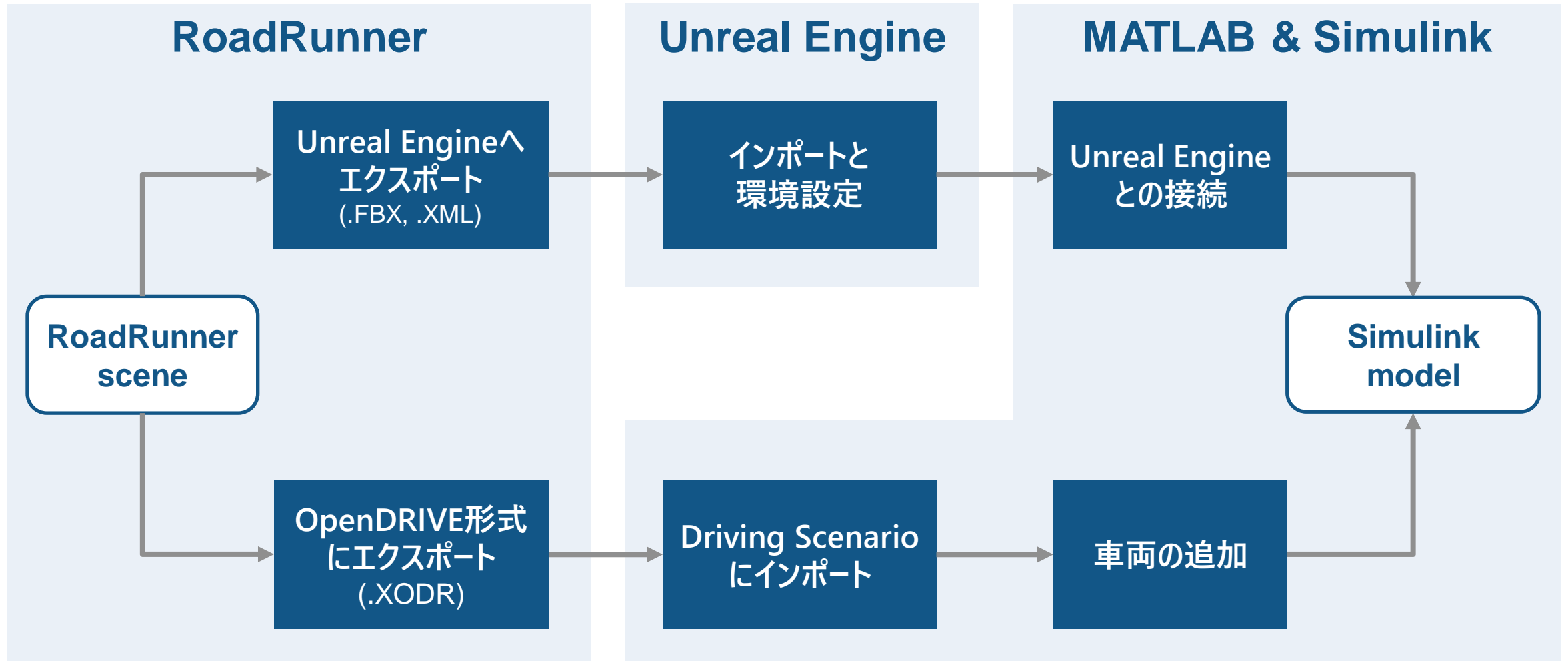


Unreal Engine連携用センサーモデルの提供

Automated Driving Toolbox



RoadRunnerとMATLAB/Simulinkとの統合フロー



RoadRunner・MATLAB・Simulinkによる 3Dシミュレーションワークフロー カスタムシーンによる自動運転アルゴリズム検証の例

シーン作成と
エクスポート

Driving Scenarioに
インポート

Unreal Engineに
統合

閉ループシステムに
統合



- RoadRunnerで行う事
 - 3Dシーンの設計
 - OpenDRIVE形式でエクスポート
 - Unreal EngineにFBX形式でエクスポート
- Unreal Engine Editorで行う事
 - FBXのインポート
 - Simulink連携用プラグインを追加

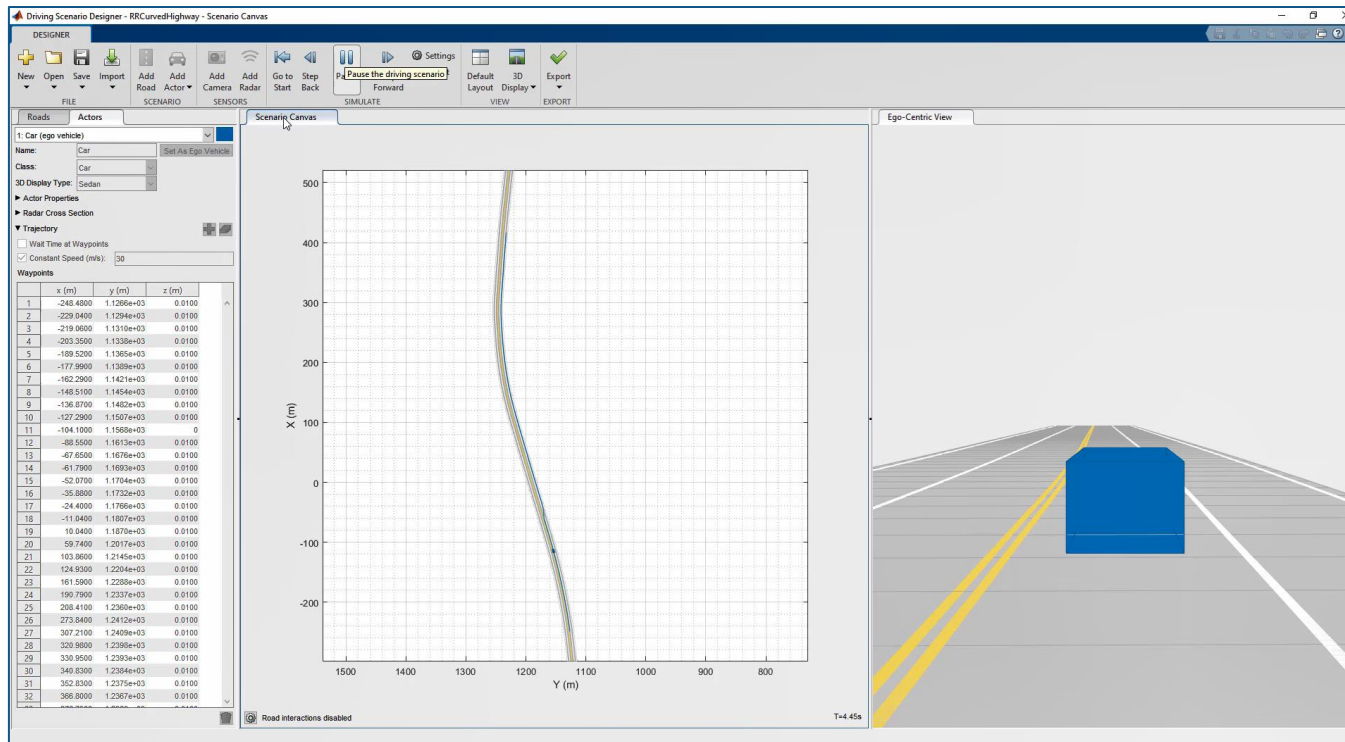
RoadRunner・MATLAB・Simulinkによる3Dシミュレーションワークフロー カスタムシーンによる自動運転アルゴリズム検証の例

シーン作成と
エクスポート

Driving Scenarioに
インポート

Unreal Engineに
統合

閉ループシステムに
統合



- Driving Scenario Designerで行う事
 - OpenDRIVEのインポート
 - 車両の追加
 - 軌道と速度の設定
 - シミュレーションによるシナリオの確認
 - Simulinkブロックとしてエクスポート

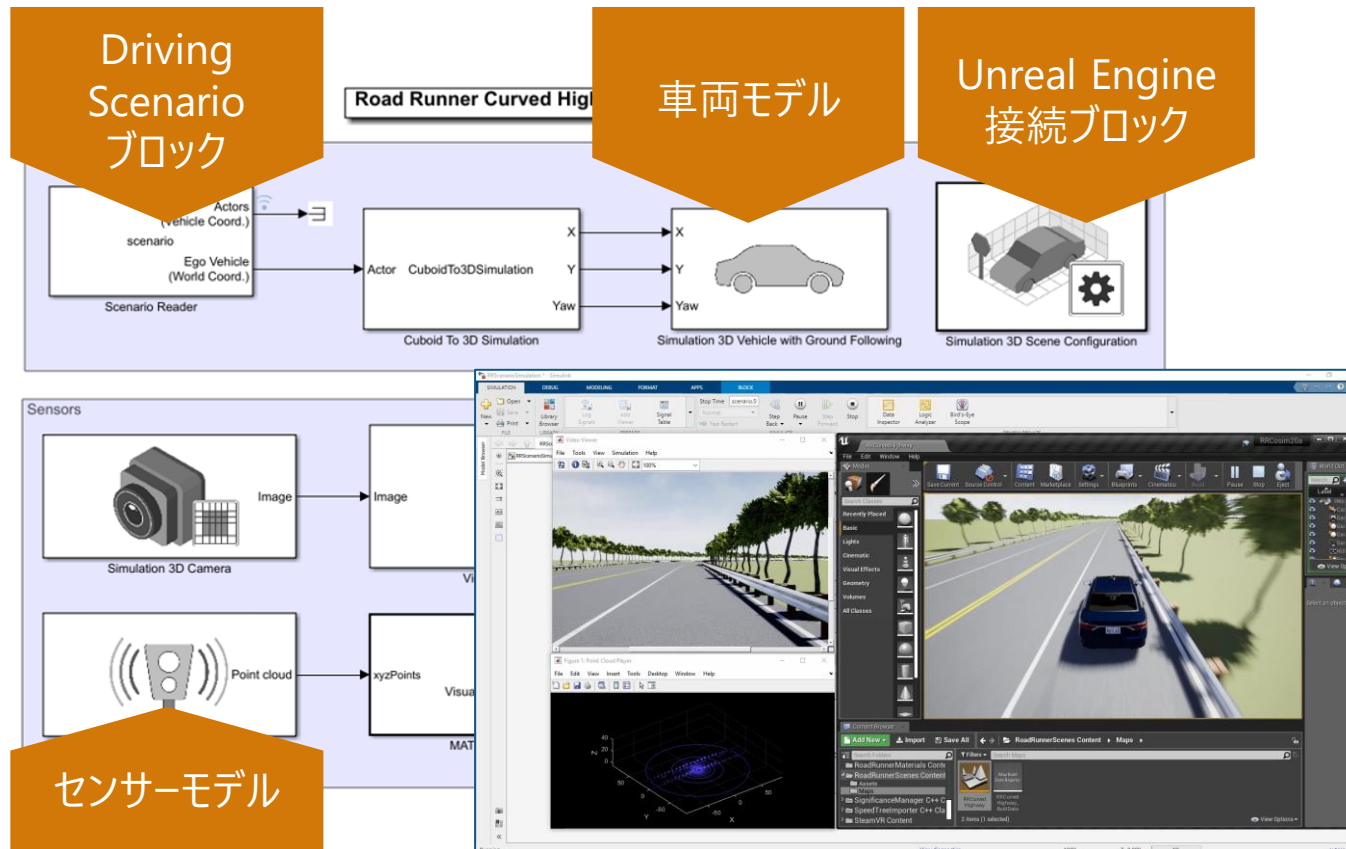
RoadRunner・MATLAB・Simulinkによる 3 Dシミュレーションワークフロー カスタムシーンによる自動運転アルゴリズム検証の例

シーン作成と
エクスポート

Driving Scenarioに
インポート

Unreal Engineに
統合

閉ループシステムに
統合



- Simulinkで行う事
 - Unreal Engine接続ブロックの配置・設定
 - Driving Scenarioの読み込み
 - 車両モデルの配置(Driving Scenarioで制御)
 - センサーモデルの追加
 - シミュレーションの実行

RoadRunner・MATLAB・Simulinkによる 3Dシミュレーションワークフロー カスタムシーンによる自動運転アルゴリズム検証の例

シーン作成と
エクスポート

Driving Scenarioに
インポート

Unreal Engineに
統合

閉ループシステムに
統合

Cuboid
driving
scenario

Unreal
Engine

車両の軌道

センサー

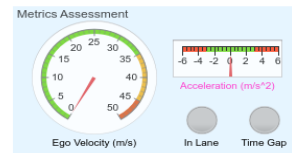
レーン/
車両検出

センサー
フュージョン

レーン追従・
判断
制御ロジック

車両
ダイナミクス

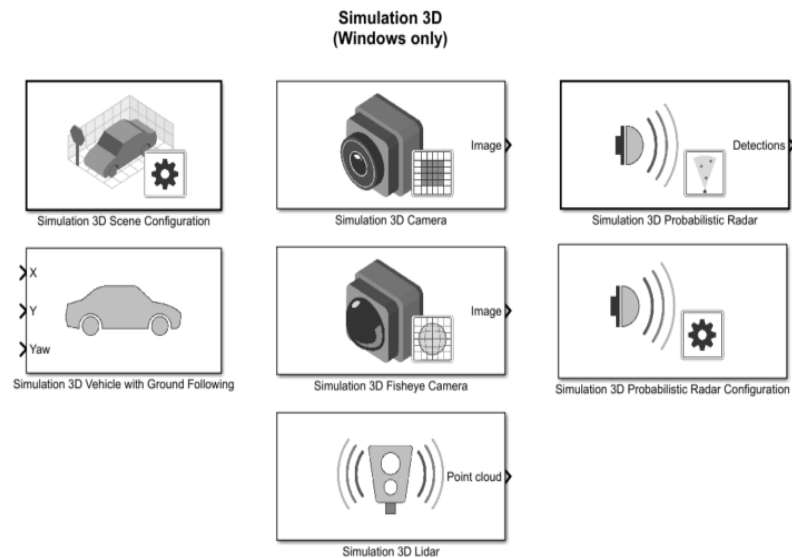
Highway Lane Following with Intelligent Vehicles Test Bench



- シナリオの統合
 - Cuboid Driving Scenarioの読み込み
 - Unreal Engineとの接続
 - 車両の軌道
 - センサーモデル
- 認識・制御アルゴリズムの統合
- 自車両のダイナミクスを統合

Unreal Engine連携に必要なToolbox

Automated Driving Toolbox™



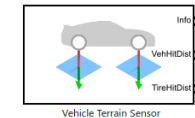
- 3Dシーンの選択
- 車両の制御(X, Y, Yaw)
- センサーモデル

Vehicle Dynamics Blockset™

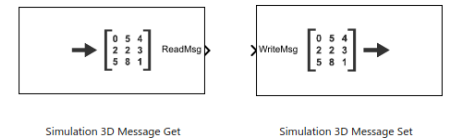
• 車両・アクターの姿勢制御、
情報取得が必要



• 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**

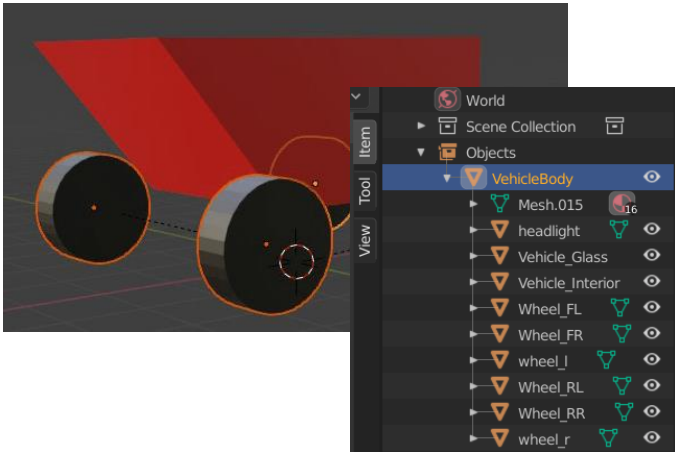
Simulink integration for Unreal Engine 4

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

Unreal連携シミュレーション – 新機能

カスタムメッシュのサポート



任意の車両形状を設定可能

[Prepare Custom Vehicle Mesh for the Unreal Editor](#)

Automated Driving Toolbox™

R2021a

車両のライト・方向指示器制御



3D Vehicleブロックでヘッドライト等の色・強度や向き等が設定可能

[Simulation 3D Vehicle with Ground Following](#)

Automated Driving Toolbox™

R2021a

天候や太陽の位置等制御



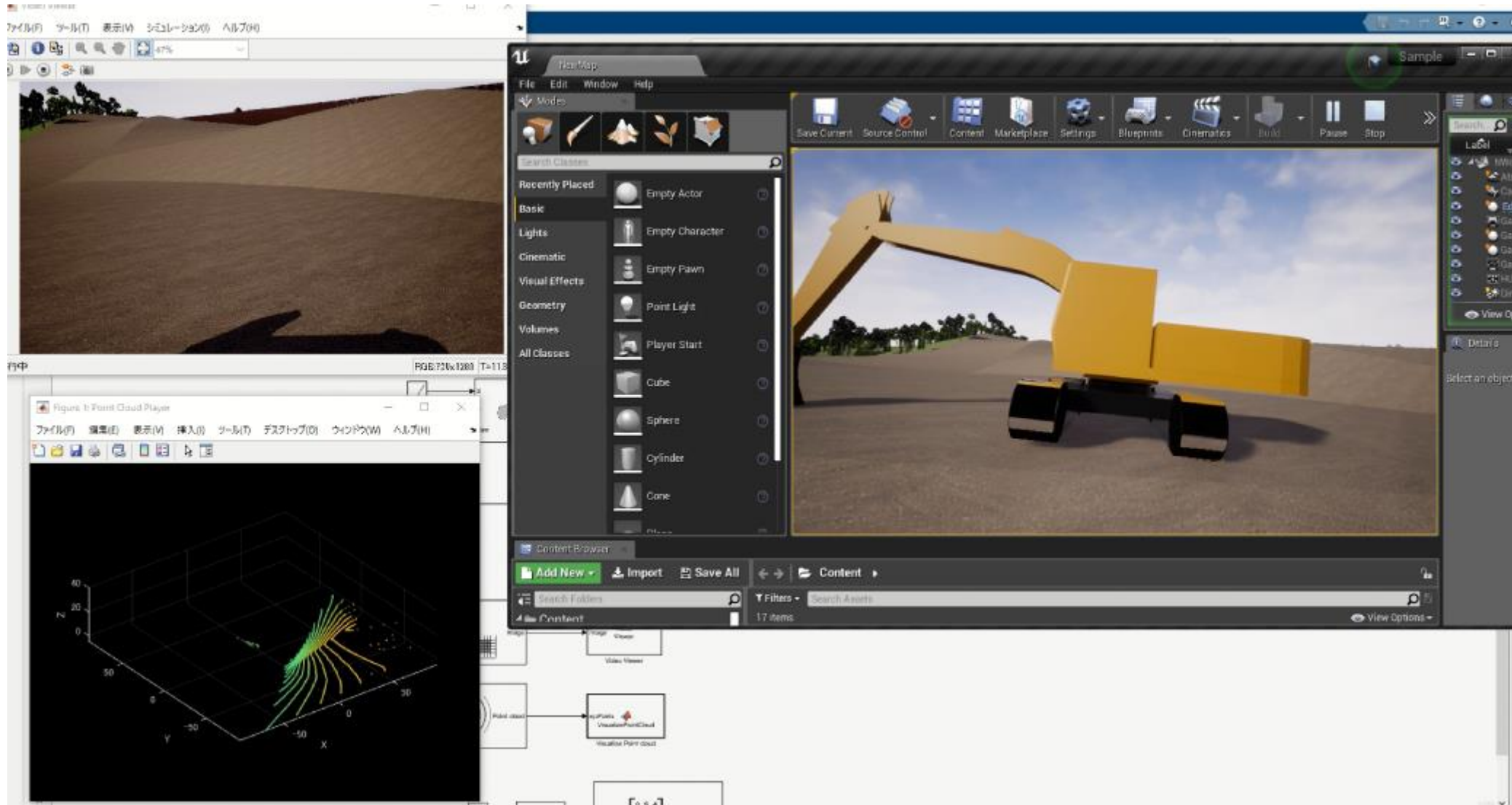
3D Scene Configurationブロックで太陽の照度や位置、雨・霧の強弱が指定可能

[Simulation 3D Scene Configuration](#)

Automated Driving Toolbox™

R2021a

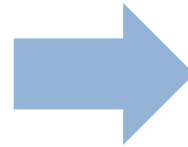
オフロードシーンにおけるUnreal Engine連携シミュレーション



Unreal連携シミュレーション – 新機能

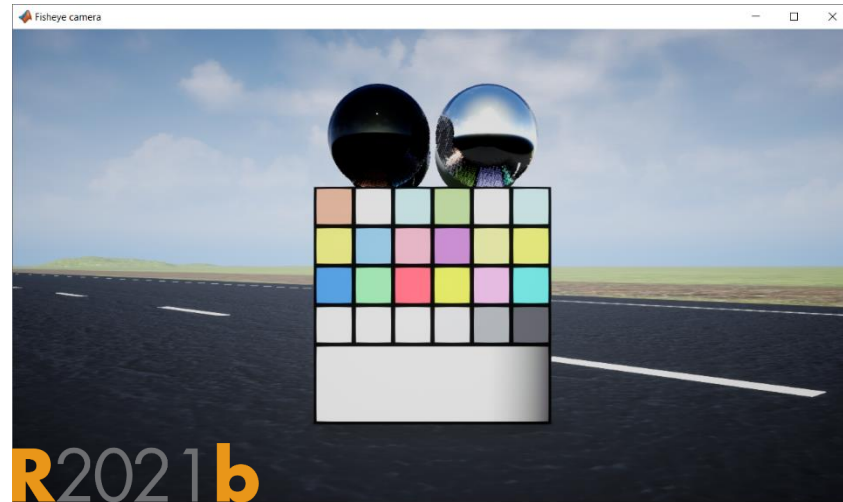
R2021a

UE4.23



R2021b

UE4.25



Agenda

- RoadRunnerによる3Dシーン作成
- 地図・地理情報データを活用した道路作成
- 様々なシミュレーション環境に作成シーンをエクスポート
- MATLAB, SimulinkとUnreal Engine連携シミュレーション
- まとめ

まとめ：誰でも簡単に！自動運転シミュレーション用バーチャルシーン作成

RoadRunnerによる3Dシーン作成

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

高度な表現力

- ✓ 交差点や立体交差、ラウンドアバウト等の様々な道路作成に対応
- ✓ 数値標高データ、空中写真等、GISを用いたシーン作成
- ✓ ZENRINいつもナビ、HEREおよびTomTomのHDマップから自動で道路を作成

様々な入出力

- ✓ FBX、OpenDRIVE、OpenCRGのエクスポート/インポート
- ✓ 様々なシミュレーション環境にシーンをエクスポート

自動運転シミュレーションのための3D道路シーンを手早く作成！！



© 2021 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.