

MATLAB EXPO

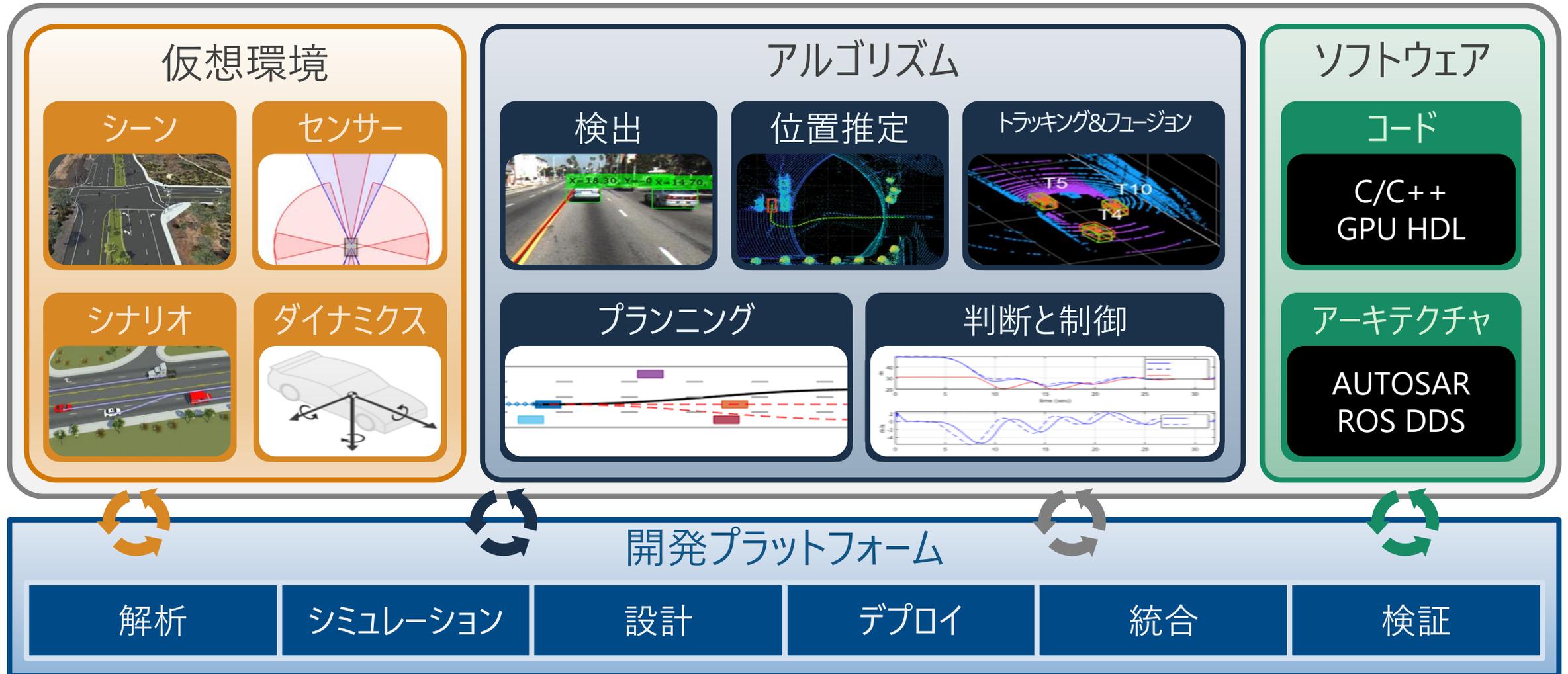
ADAS・自動運転開発のための
シナリオ設計とシミュレーション最新機能

Kazuya Machida, MathWorks

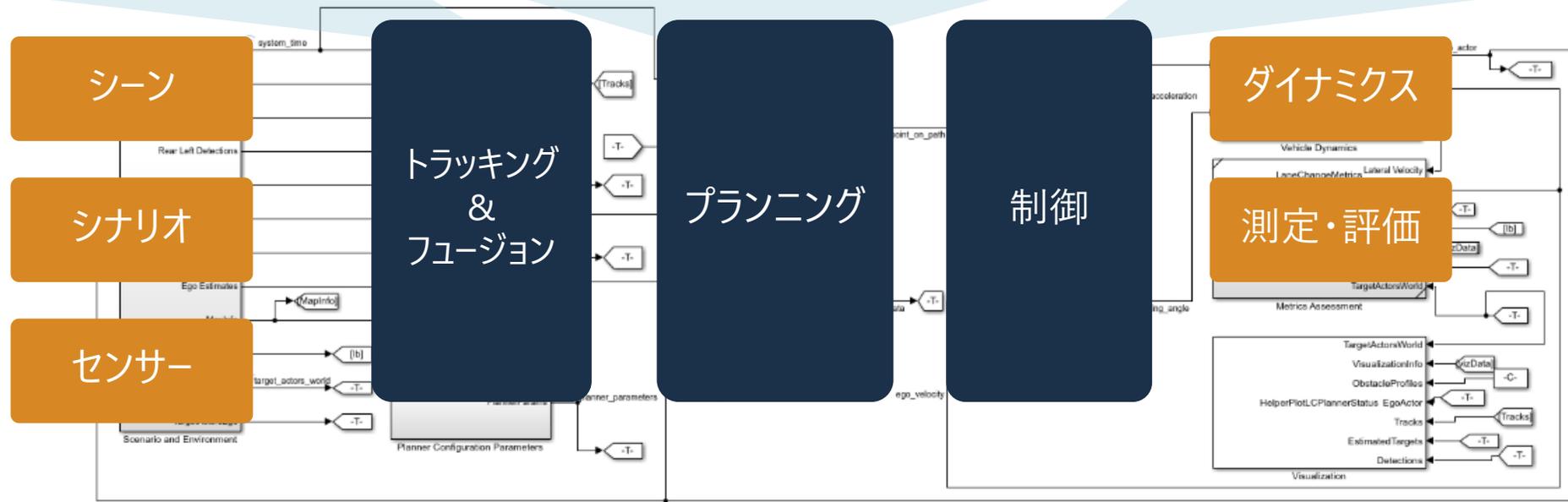
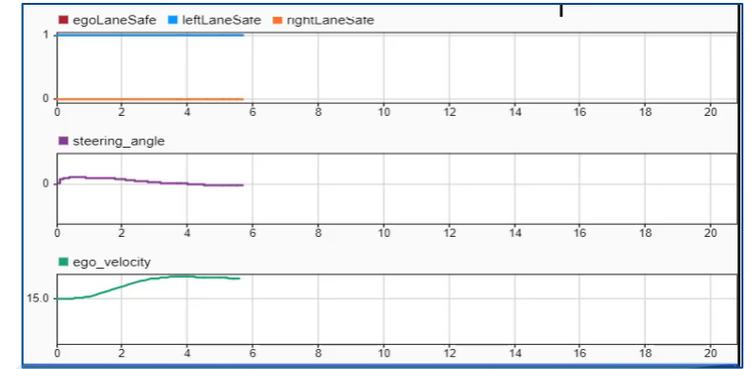
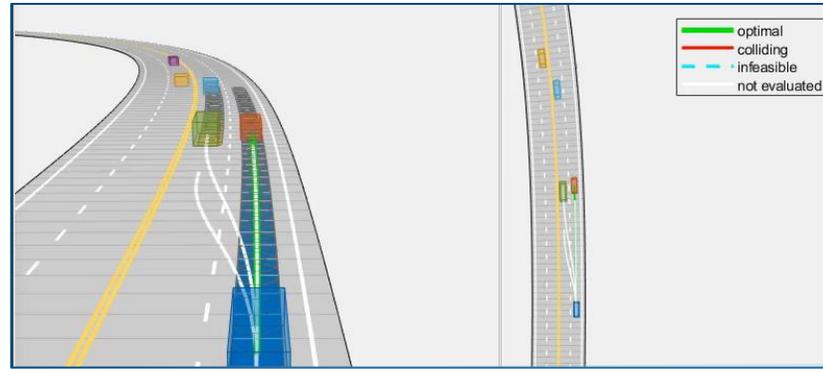
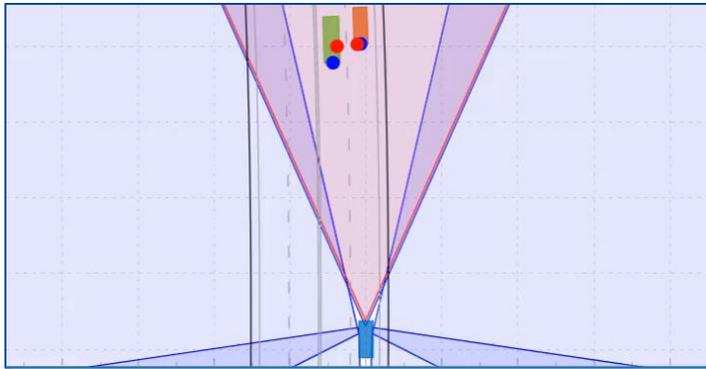


自動運転アプリケーションの開発環境

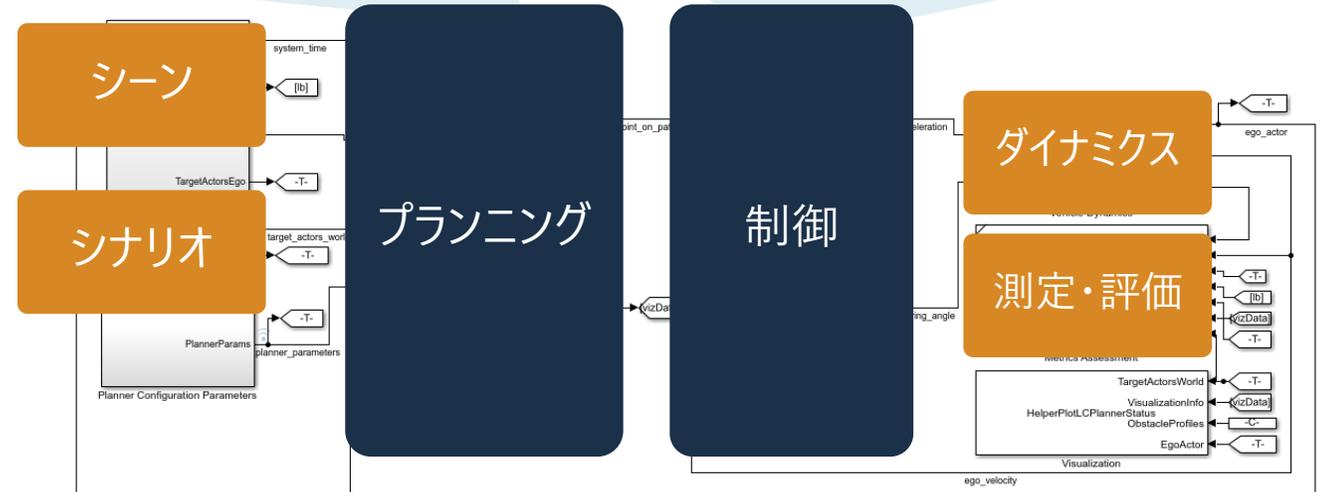
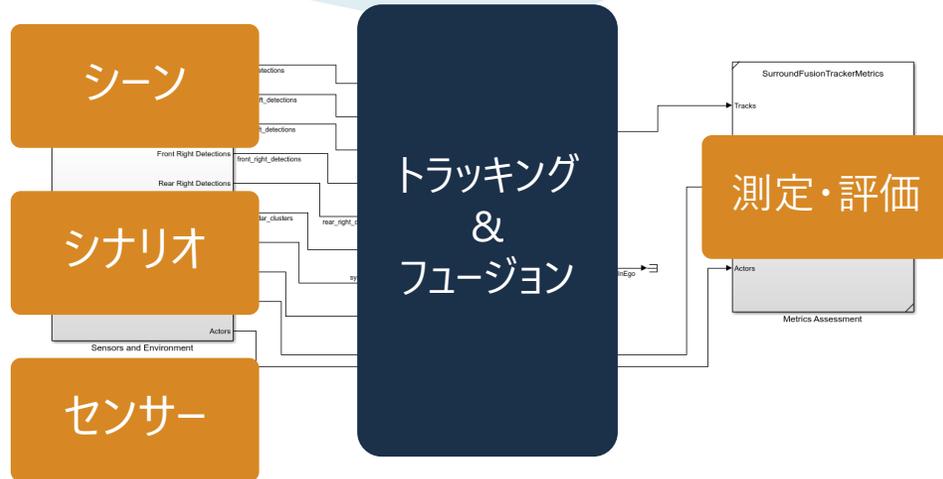
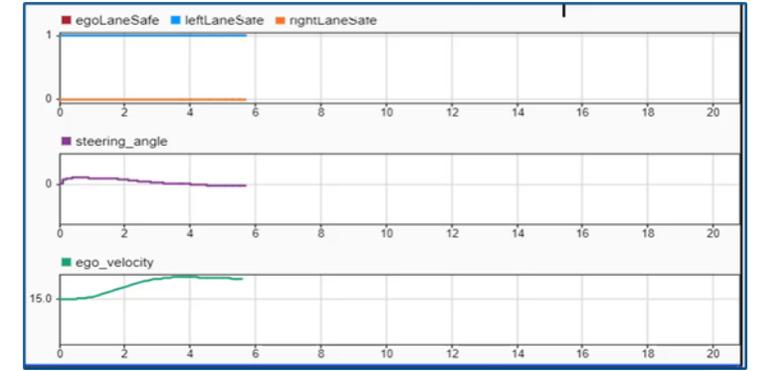
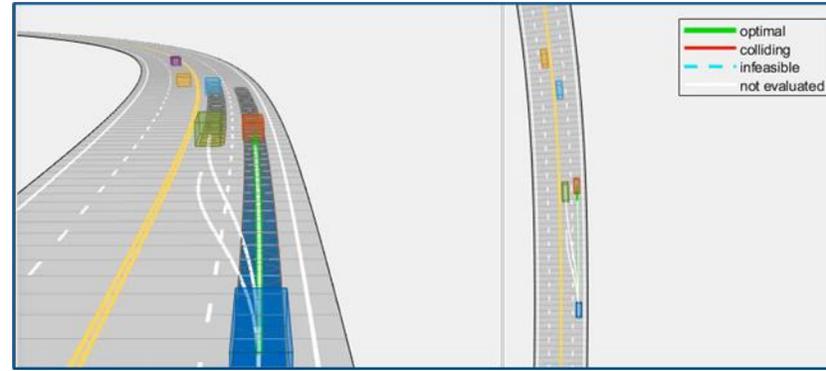
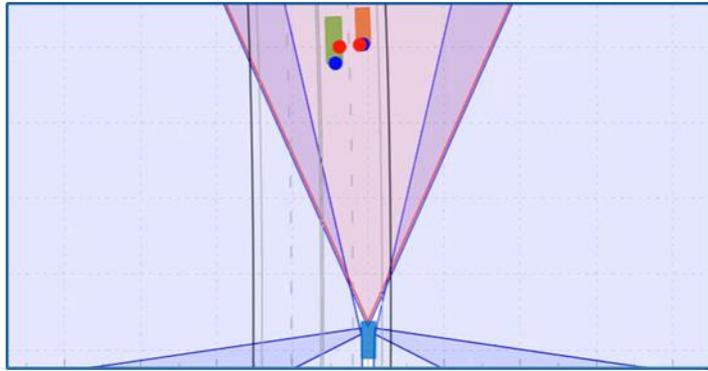
with MATLAB, Simulink, & RoadRunner



自動運転アプリケーションの仮想環境を構築

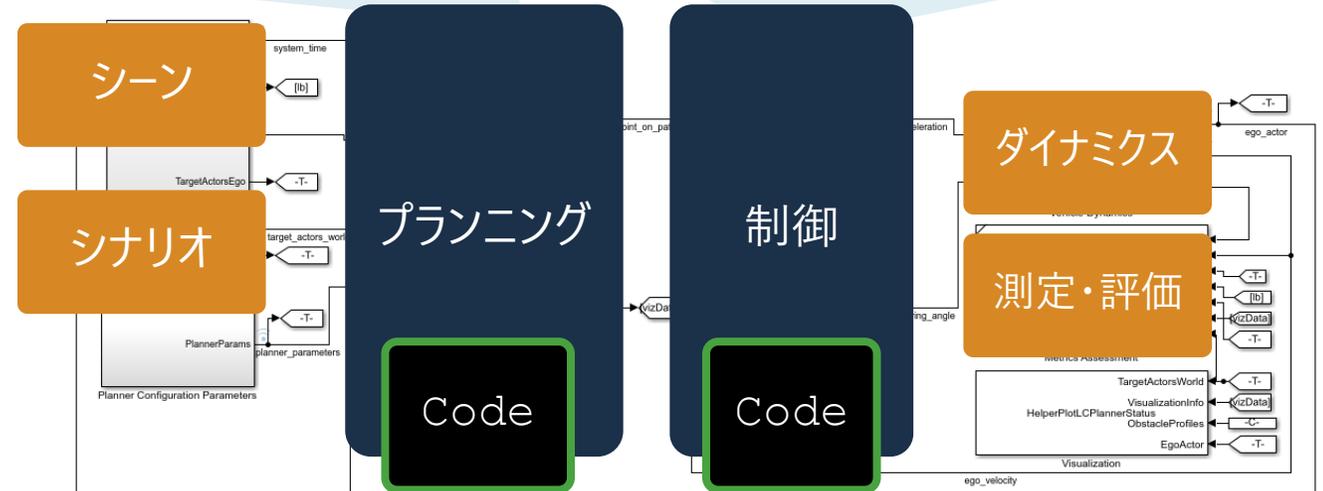
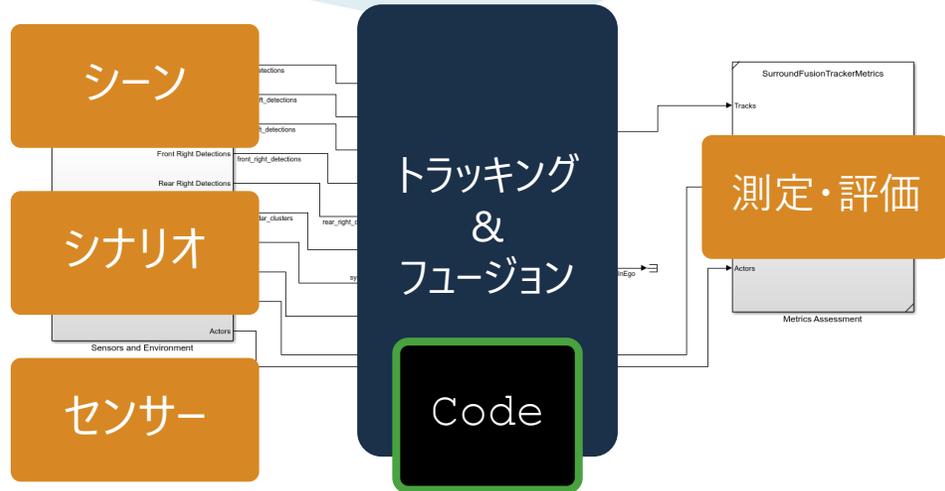
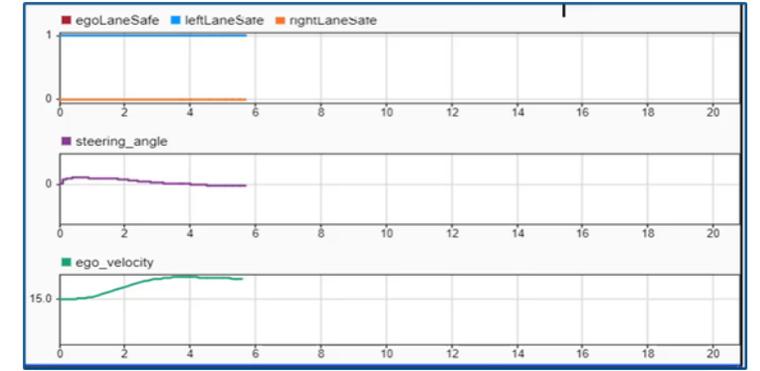
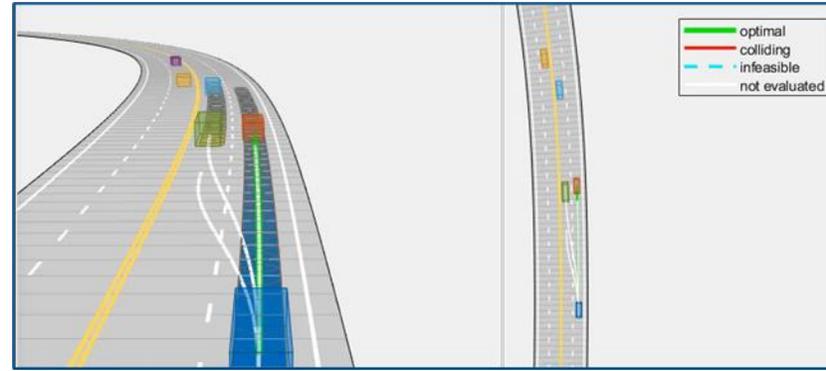
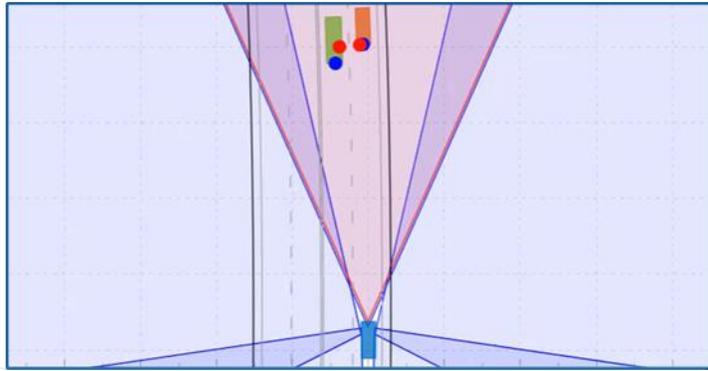


自動運転アプリケーションのアルゴリズムを開発



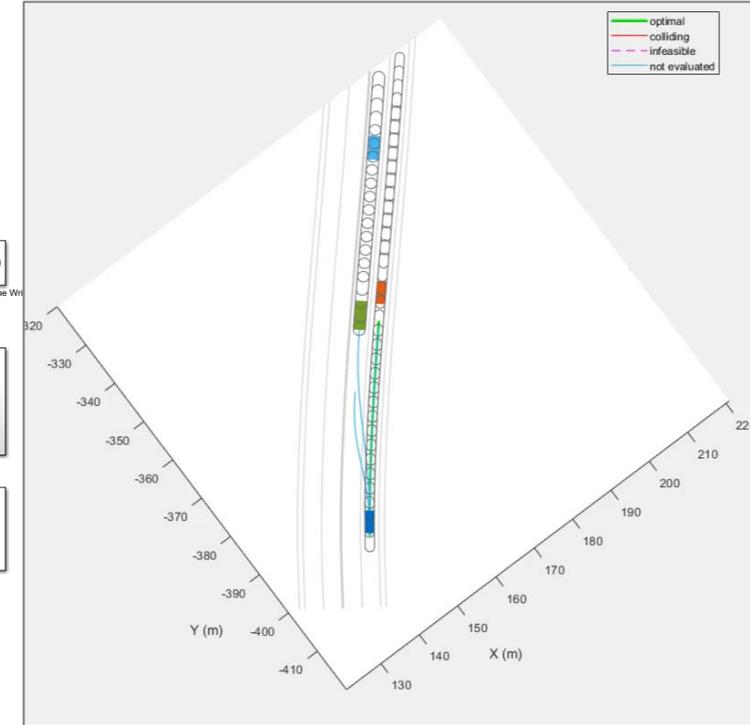
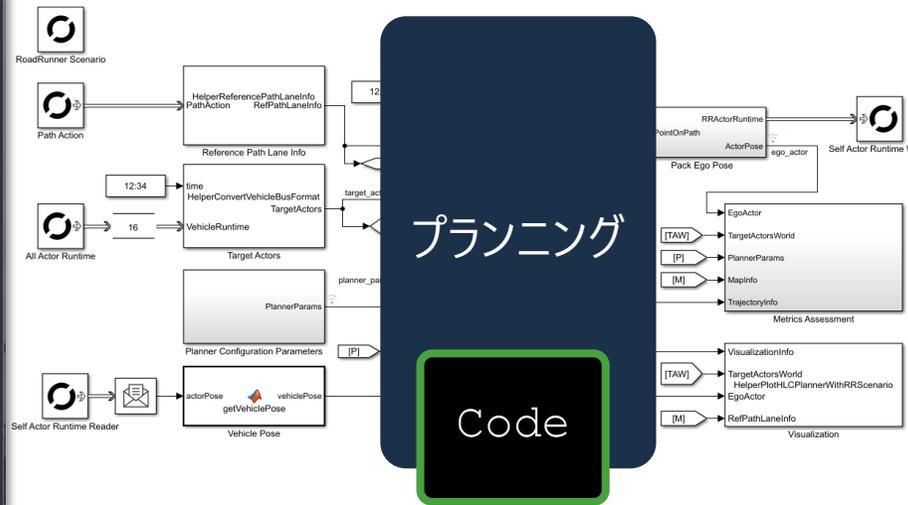
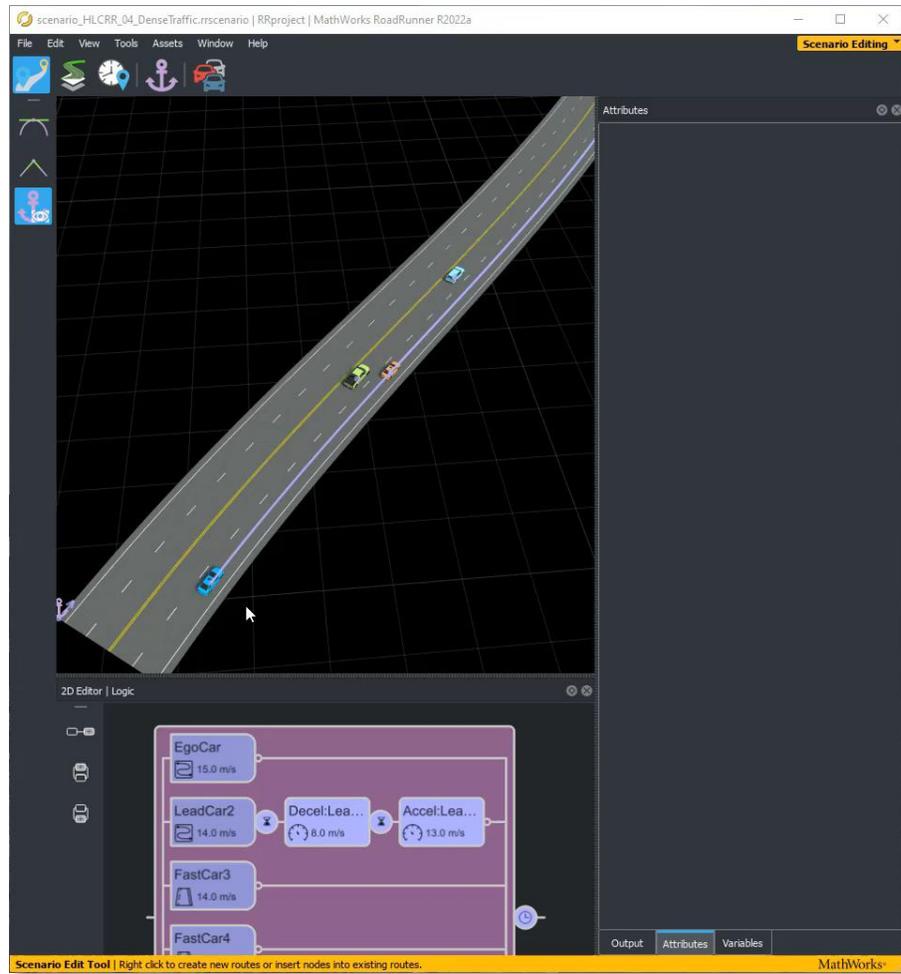
Copyright 2021 The MathWorks, Inc.

自動運転アプリケーションのソフトウェアを開発



Copyright 2021 The MathWorks, Inc.

自動運転アプリケーションのシナリオ設計



Set map-aware vehicle paths, scenario logic, conditions and goals

[Highway Lane Change Planner with RoadRunner Scenario](#)

RoadRunner製品が提供するシーン・シナリオ作成ソリューション

仮想環境

課題

- 3D形状の道路シーン作成にCGツールの**専門知識**や**経験**が必要
- 複雑な道路形状やシナリオ設計に**時間**と**コスト**がかかっている
- アプリケーション毎にシミュレータが異なり、**テストシーン・シナリオがまちまち**

シーン



シナリオ



ソリューション

- CGの経験がないエンジニアの方でも**マウス操作で簡単に始められるUI**を提供
- “**道路**”に特化した**機能**で**効率よく自動運転用シーン・シナリオ**を作成
- 作成したシーン・シナリオは**OpenXの共通フォーマット**で**エクスポート可能**
外部ツール連携用APIでシナリオの自動生成やコ・シミュレーションを実行

解析

シミュレーション

設計

デプロイ

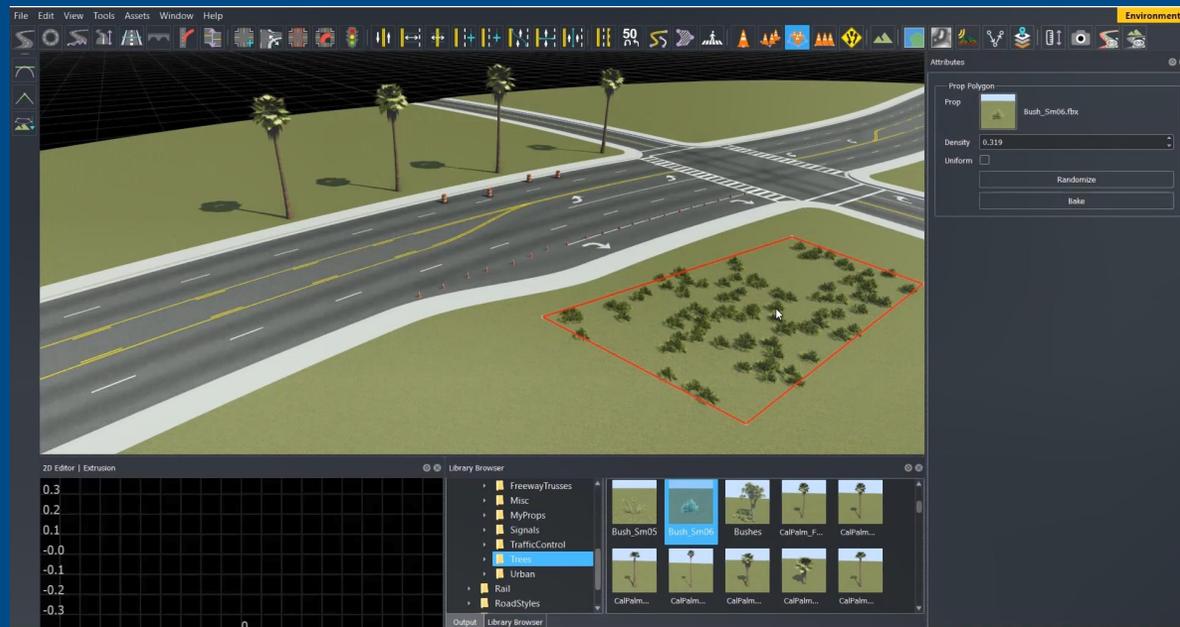
統合

検証

シーン



シナリオ



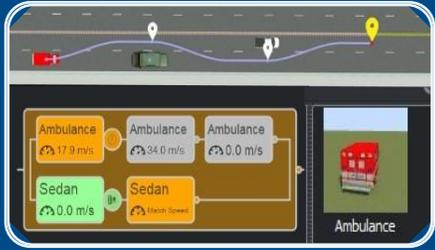
RoadRunner



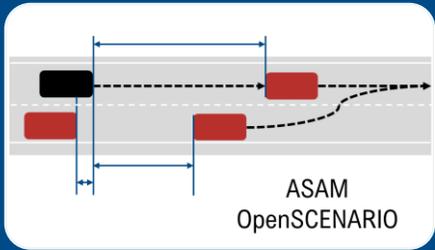
RoadRunner Scenario

R2022a

RoadRunner Scenarioによる自動運転開発に向けたシナリオ作成



シナリオ設計とシミュレーション

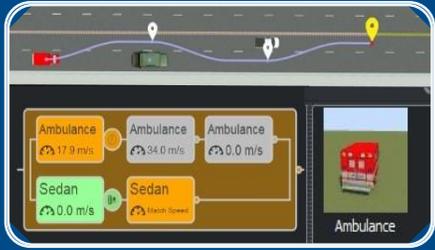


OpenSCENARIO対応

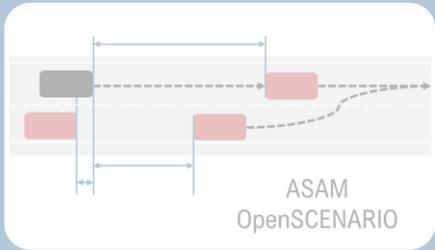


MATLAB, Simulink, CARLAとの連携シミュレーション

RoadRunner Scenarioによる自動運転開発に向けたシナリオ作成



シナリオ設計とシミュレーション



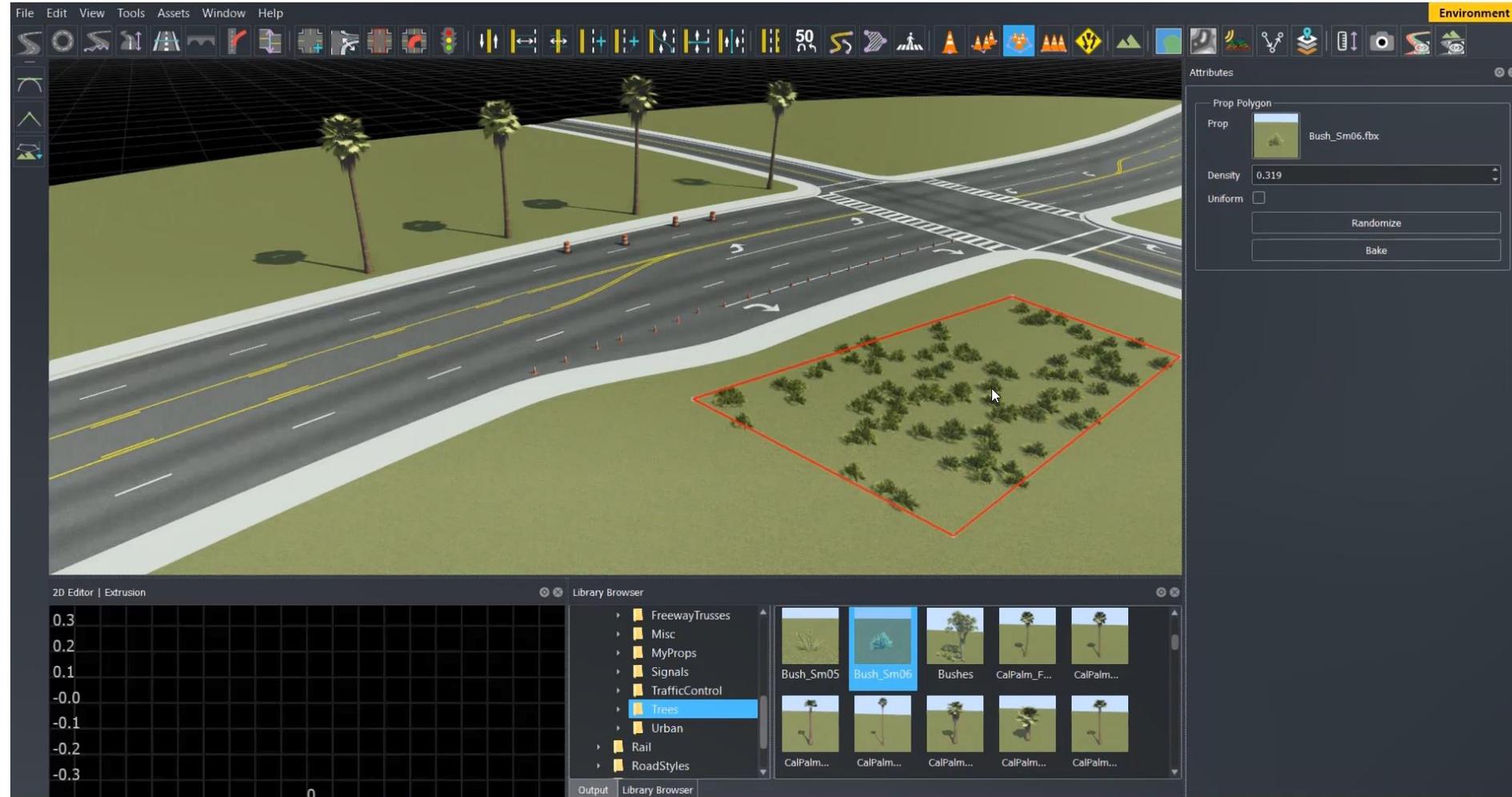
OpenSCENARIO対応



MATLAB, Simulink, CARLAとの連携シミュレーション

RoadRunnerによる直観的なシーン設計

- 道路と交差点の作成
- OpenDRIVEのインポートとエクスポート
- ZENRINいつもNAVIやHDマップのインポート
- 空中写真や標高データのインポート
- 様々なシミュレーション環境へエクスポート



RoadRunner Scenarioによる対話的なシナリオ設計

- 様々な車両を追加
- 道路ネットワークに追従
- 車速変更アクション
- 車線変更アクション
- 横オフセット変更アクション

SpeedBump Actions.rsscenario | 22a Project | MathWorks RoadRunner R2022a

Simulation

Simulation Controls

Pause Step Forward Stop

Time: 1.640 s

Enable Pacing to Slow Down Simulation

Slower 0.05x 1x 20x Faster

Simulation Properties

Step Size: 0.02000 s Max Time: 1000.000

Camera

Camera View: Follow

Actor: Car

Distance: 5.000

Height: 3.000

Variables

Name	
1 Hatchback_InitialSpeed	14
2 Car_NumLanesToChange	2
3 Car_LaneChangeDirection	LeftOf
4 Car_DistanceBehindSpeedBump	-17.98385

Simulation Tool

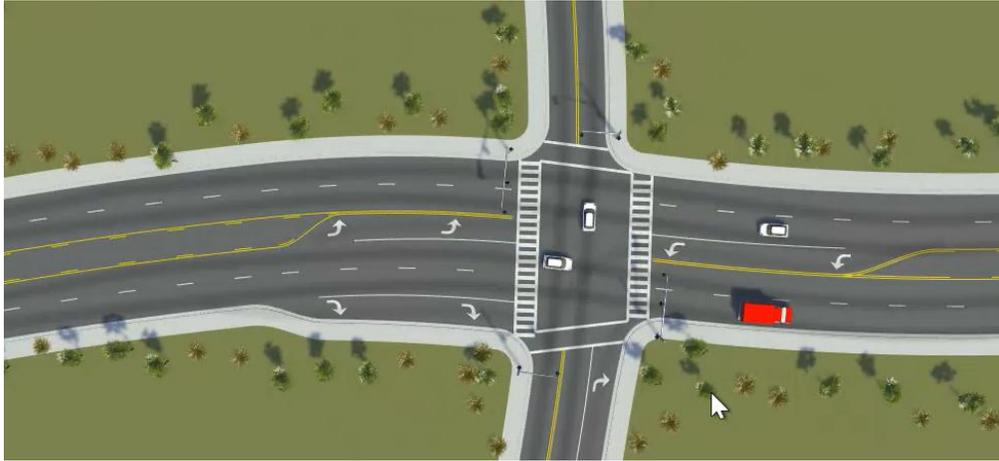
[Scenario Edit Tool](#)

RoadRunner Scenario

R2022a

道路を考慮した軌跡とシナリオロジックのシミュレーション

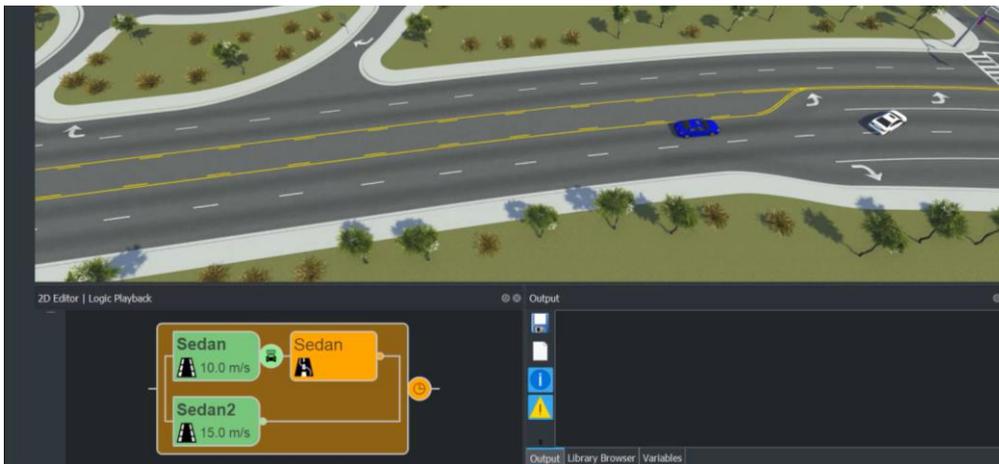
車線に追従した軌跡



車速の変更



車線変更



横方向のオフセットを変更

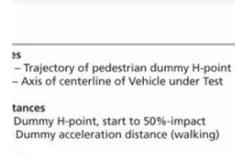


車両アクターの軌跡を設計

- 車線に追従した軌跡
- フリーフォームによる軌跡
 - 3次の曲線(Cubic)
 - クロソイド曲線(Clothoid)
 - クロソイドと円弧 (Clothoid Spline Trun)
- NCAPの軌跡を簡単に表現可

NCAP_example.rscenario | Project_Beta10 | MathWorks RoadRunner R2022a

Scenario Edit Tool | Right click to create new routes or insert nodes into existing routes.

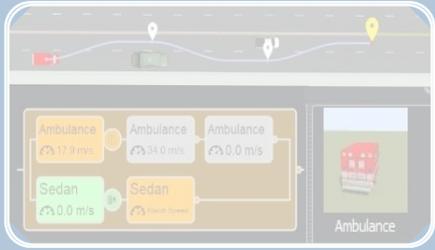


Test speed	Part 1 (clothoid)			Part 2 (constant radius)			Part 3 (clothoid)		
	Start Radius R1 [m]	End Radius R2 [m]	Angle α [deg]	Start Radius R2 [m]	End Radius R2 [m]	Angle β [deg]	Start Radius R2 [m]	End Radius R1 [m]	Angle α [deg]
10 km/h to Farside	1500	9.00	10.62	9.00	9.00	48.76	9.00	1500	20.62
15 km/h to Farside	1500	11.75	20.93	11.75	11.75	48.14	11.75	1500	20.93
20 km/h to Farside	1500	14.75	21.79	14.75	14.75	46.42	14.75	1500	21.79
10 km/h to Nearside	1500	8.00	22.85	8.00	8.00	44.30	8.00	1500	22.85

[Route Timing Tool](#)
RoadRunner Scenario

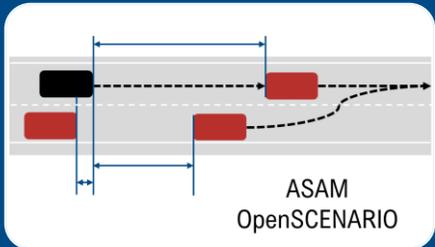
R2022a

RoadRunner Scenarioによる自動運転開発に向けたシナリオ作成



シナリオ設計とシミュレーション

- 軌跡とシナリオロジックの設計
- 異なるシーンで同じシナリオを活用
- パラメータをプログラマブルに変更



OpenSCENARIO対応

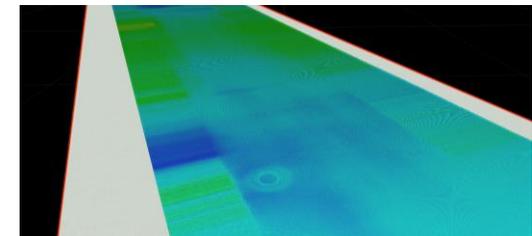


MATLAB, Simulink, CARLAとの連携シミュレーション

自動運転開発に向けたテストシナリオの共通フォーマット

OpenSCENARIO, OpenDRIVE, OpenCRG

- ASAMで策定される自動運転や交通シミュレーションに向けた、異なるツール間で運用可能なオープンなファイル形式
 - OpenDRIVE(.xodr)
 - 道路ネットワーク(道路、車線、信号、道路標示等)をXMLフォーマットで表現
 - OpenSCENARIO(.xosc)
 - 運転シナリオを表現するフォーマット
 - V1.xではXMLフォーマット、V2.0ではDSL(ドメイン特化言語)による記述
 - OpenCRG(.crg)
 - 路面の形状や特性(摩擦係数等)の記述



OpenDRIVE 1.4/1.5/1.6のインポートとエクスポート

- OpenDRIVEをインポートし
編集可能な道路ネットワークに変換
- 完成したシーンをOpenDRIVE形式に
エクスポート
- シーン作成途中で確認できる
プレビュー機能



Export

Import

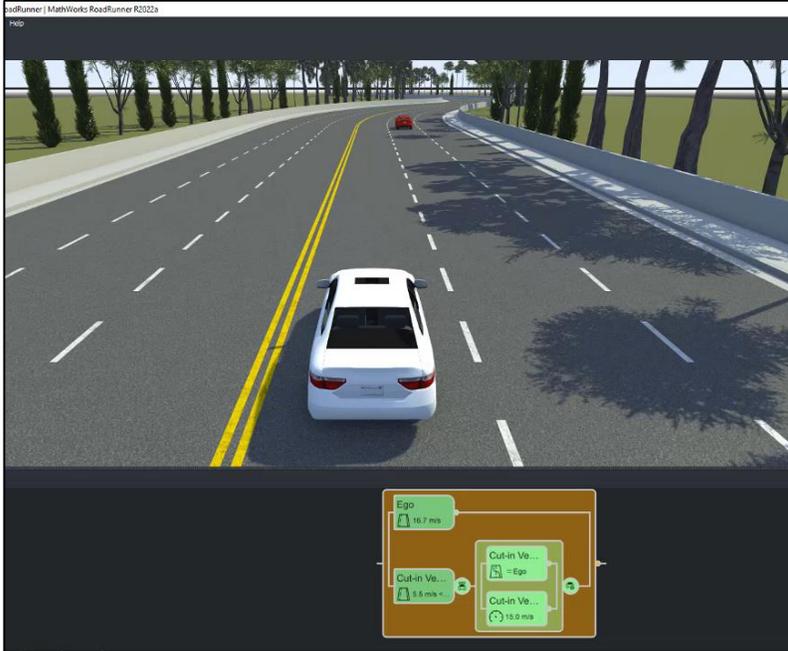
OpenDRIVE
1.4/1.5/1.6

[Importing ASAM OpenDRIVE Files](#)

[Export to ASAM OpenDRIVE](#)

RoadRunner

OpenSCENARIO V1.xとV2.0へのエクスポート



OpenSCENARIO
V1.x

```
<Condition name="Start Condition of Event_Vehicle2" conditionEdge="none">
  <ByValueCondition>
    <SimulationTimeCondition value="0" rule="greaterThan"/>
  </ByValueCondition>
</Condition>
</ConditionGroup>
</StartTrigger>
</Event>
<Event name="Event_Vehicle2_2" priority="overwrite">
  <Action name="Speed_Action_Vehicle2_2">
    <PrivateAction>
      <LongitudinalAction>
        <SpeedAction>
          <SpeedActionDynamics dynamicsShape="
          <SpeedActionTarget>
            <RelativeTargetSpeed entityRef="
          </SpeedActionTarget>
        </SpeedAction>
      </LongitudinalAction>
    </PrivateAction>
  </Action>
  <StartTrigger>
    <ConditionGroup>
      <ByEntityCondition>
        <TriggeringEntities triggeringEntiti
        <EntityRef entityRef="Ego"/>
      </TriggeringEntities>
      <EntityCondition>
        <SpeedRelativeCondition value="

```



<https://github.com/esmini/esmini>

OpenSCENARIO
V2.0

```
81 do parallel:
82   ego.drive() with:
83     along(sedan__route)
84     speed(16.66mps, at: start)
85   serial:
86     cut-in_vehicle.drive() with:
87       along(sedan2__route)
88       speed(5.5mps, slower_than: ego
89       until (cut-in_vehicle.object_
90     parallel:
91       cut_in_vehicle.change_lane(si
92
93
94
95
96
```

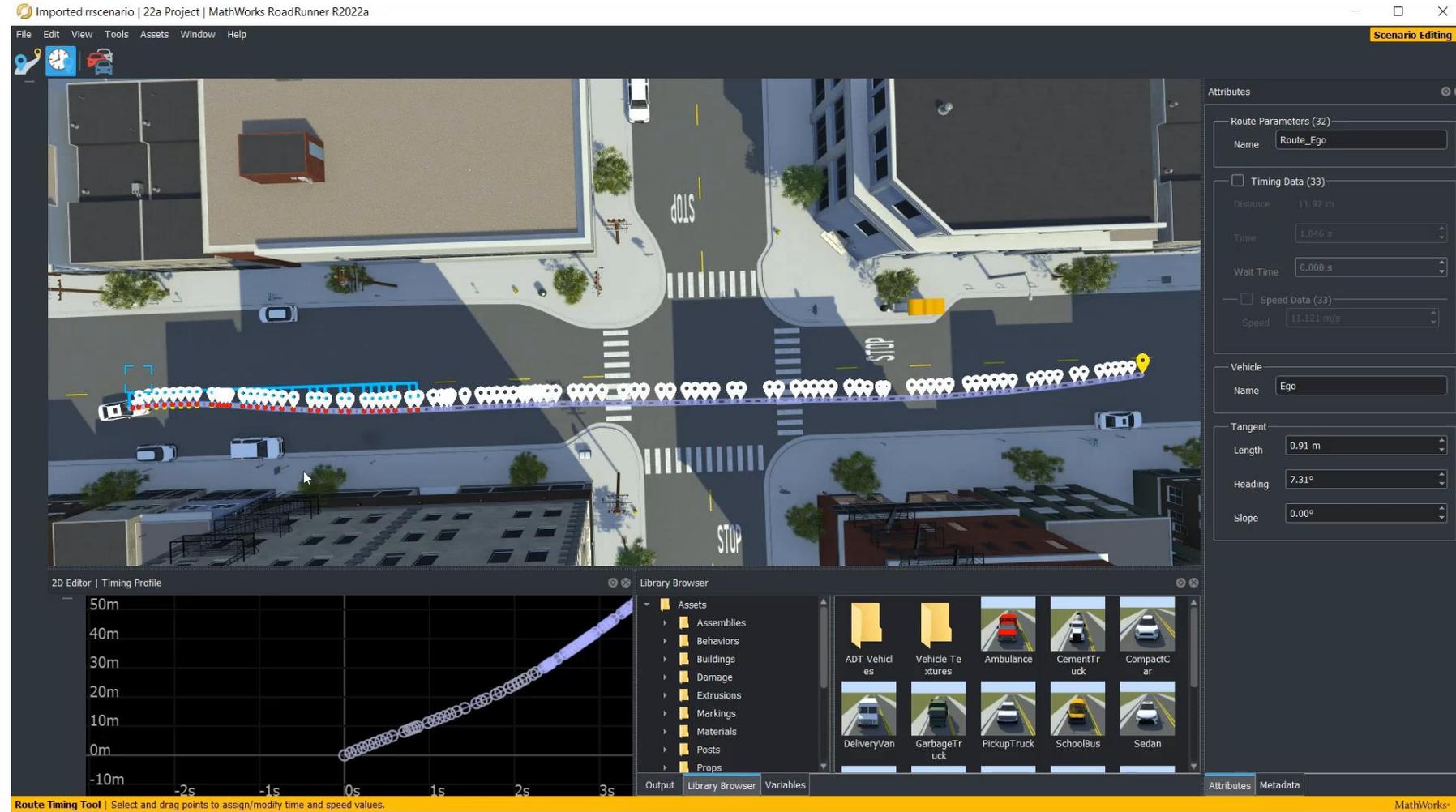
MathWorksはASAMメンバーとして
OpenSCENARIO 2.0 Implementers Forum
に積極的に参加しています

[Export to ASAM OpenSCENARIO](#)
RoadRunner Scenario

R2022a

OpenSCENARIO V1.xの“Trajectory”のインポート・編集

- OpenSCENARIO V1.xからTrajectory(軌跡)をインポート
- 取り込んだ軌跡を編集
- 異なるシーンに軌跡を配置
- Extract the path for use with scenario logic

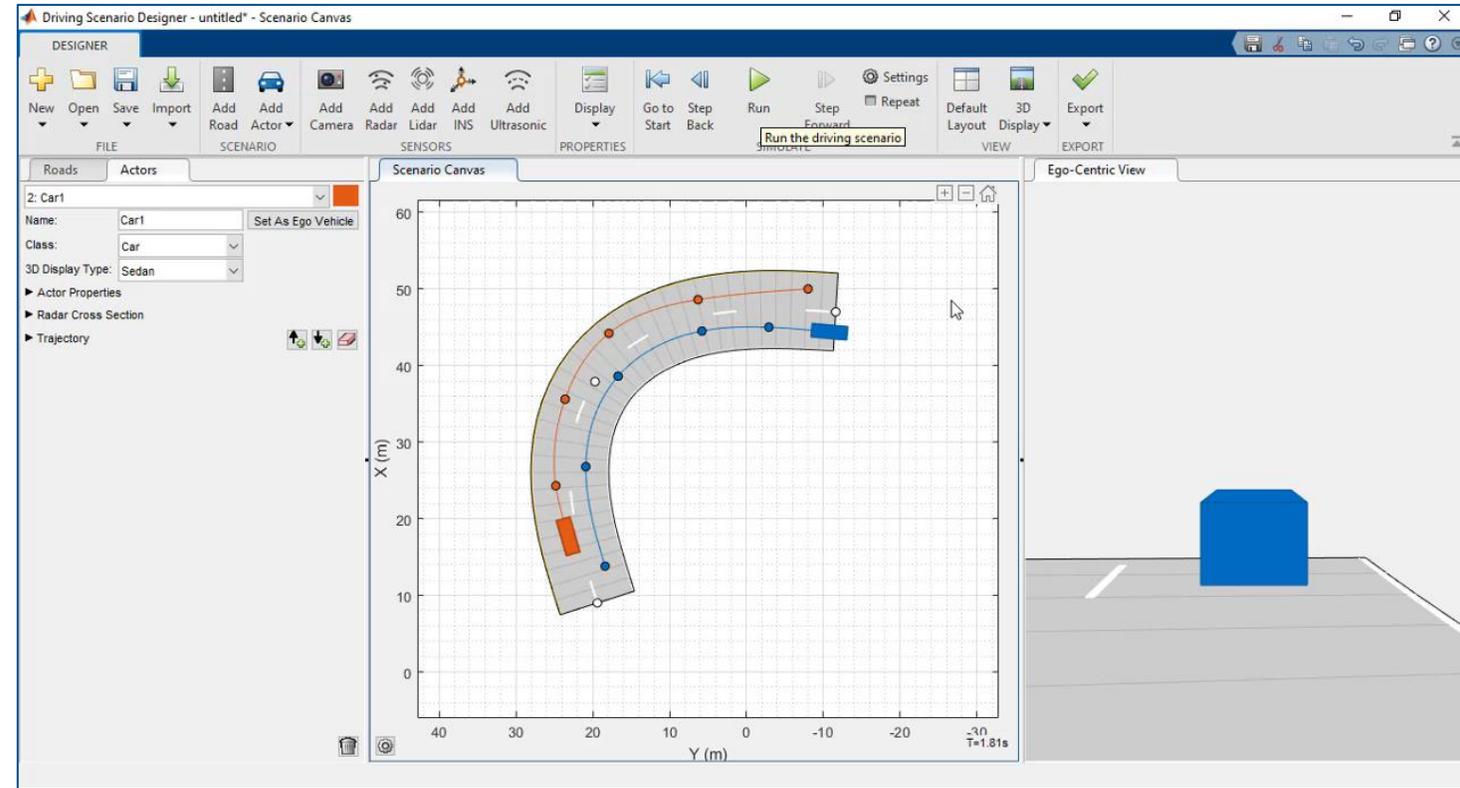
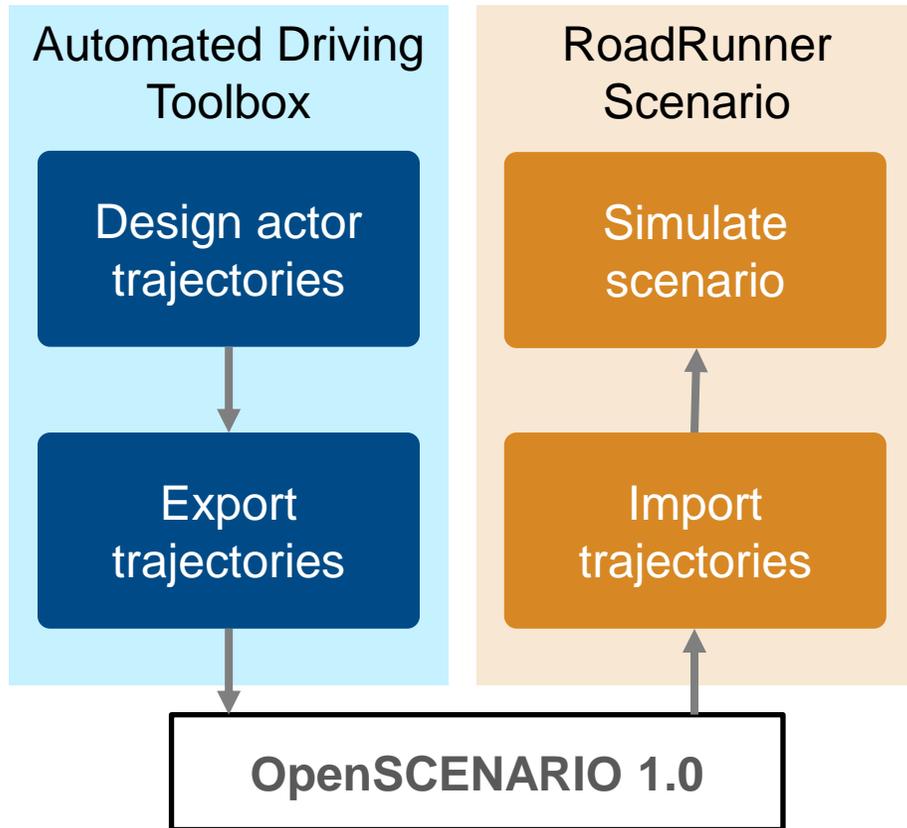


[Import Trajectories from ASAM OpenSCENARIO Files](#)

RoadRunner Scenario

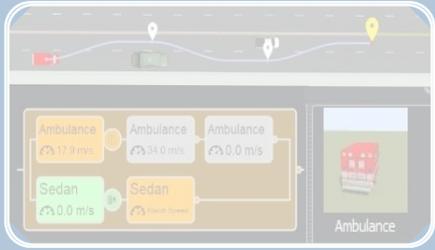
R2022a

Driving Scenario DesignerのシナリオをRoadRunner Scenarioへ移行



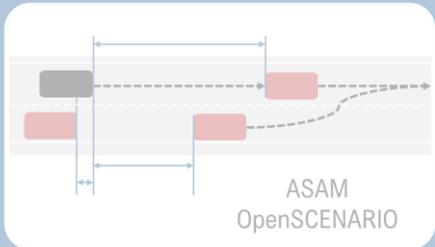
※Driving Scenario Designer(DSD)はAutomated Driving Toolboxで提供される機能です

RoadRunner Scenarioによる自動運転開発に向けたシナリオ作成



シナリオ設計とシミュレーション

- 軌跡とシナリオロジックの設計
- 異なるシーンで同じシナリオを活用
- パラメータをプログラマブルに変更



OpenSCENARIO対応

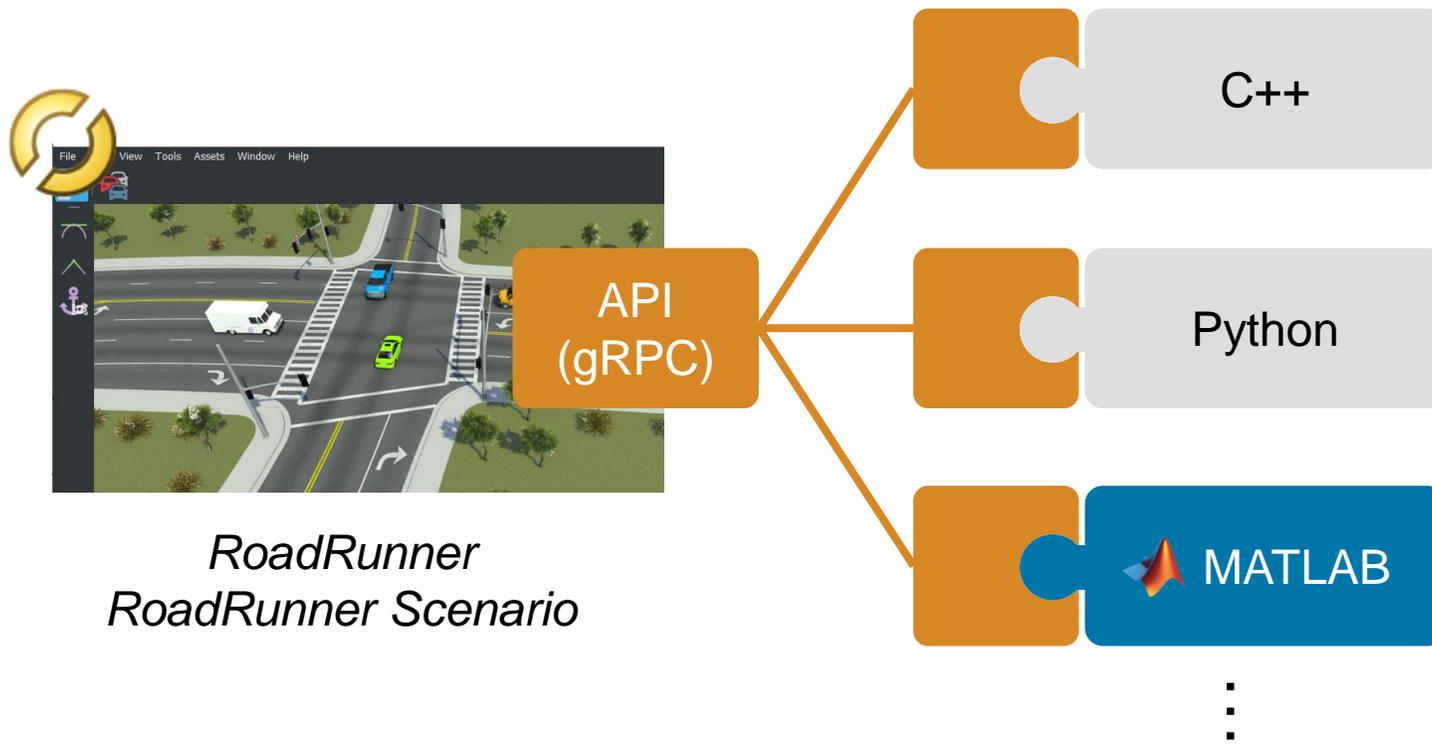
- OpenSCENARIO v2.0へのエクスポート
- OpenSCENARIO v1.xへのエクスポート
- OpenSCENARIO v1.0から軌跡をインポート



MATLAB, Simulink, CARLAとの連携シミュレーション

外部ツールからRoadRunnerを制御

ご自身でお使いのプログラミング環境で、シナリオの条件振りやOpenSCENARIO生成を自動化



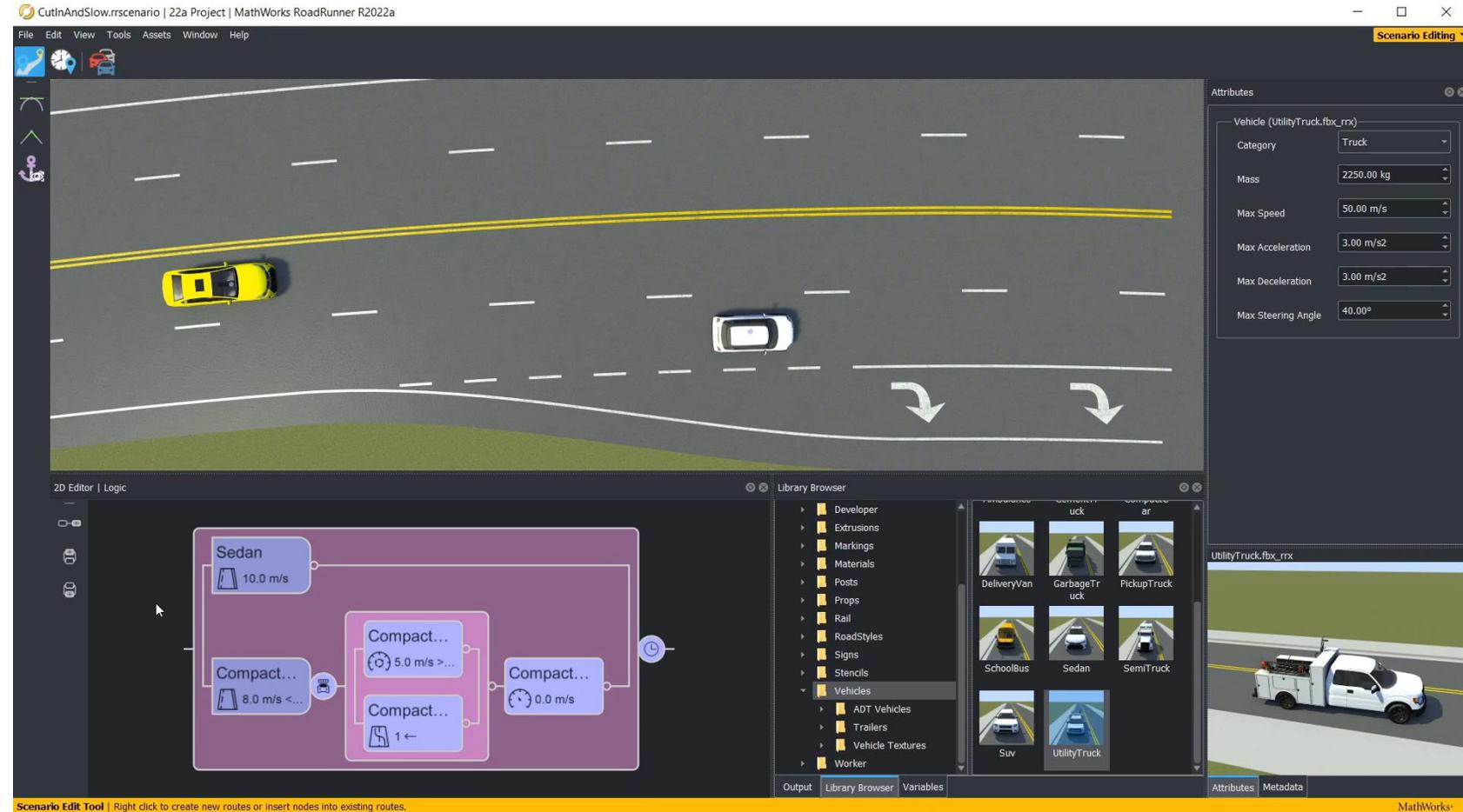
APIを使って出来ること

- RoadRunnerの起動/終了
- シナリオ変数の変更
- シナリオシミュレーションの実行
- 軌跡や速度等のログデータの取得
- OpenSCENARIOへのエクスポート

シナリオパラメータをプログラマブルに変更

MATLAB, gRPC, コマンドラインAPIを活用したシナリオの自動作成

- エディター上でシナリオ変数を定義
- APIでプログラマブルに変数設定
- シミュレーションの実行
- OpenSCENARIOへのエクスポート



[Programmatic Scenario Interfaces](#)

RoadRunner Scenario

R2022a

外部シミュレータからアクターの挙動を制御してシナリオを実行

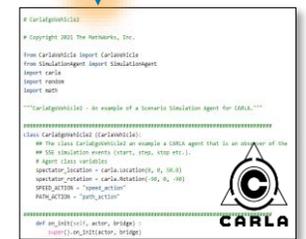
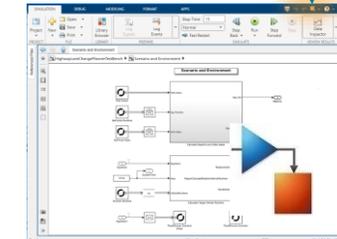
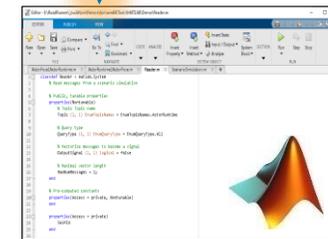
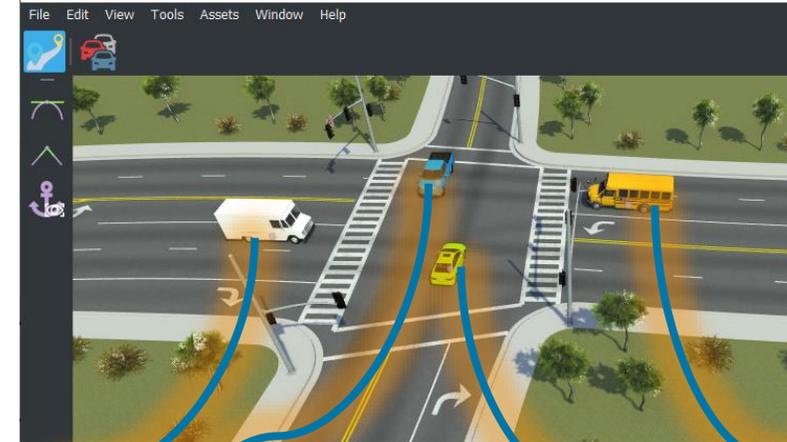
RoadRunner シナリオと接続する MATLAB、Simulink、CARLAのアクター

取得可能なシナリオの状態

- アクションコマンド（パス、速度、車線変更、横方向オフセット）
- シナリオ内の全アクターの姿勢と速度
- 全アクターの寸法
- 車線と車線境界線

制御可能なシナリオの状態

- 各シナリオのシミュレーションステップにおける自車のポーズと速度



MATLABでアクターの挙動を設計

RoadRunner Scenarioとの接続用のMATLAB API をAutomated Driving Toolboxに用意

- シナリオシミュレーションに接続
- シナリオから全体の状態を読み取り
- シナリオからアクター固有の監視アクションを読み取り
- アクターの状態をシナリオに書き込む
- エラー、警告をシナリオにレポート

Scenario Simulation	
<code>Simulink.ScenarioSimulation</code>	Create, access, and control scenario simulation

Actor Modeling	
<code>convertToStruct</code>	Convert actor to MATLAB structure
<code>get</code>	Get scenario or static attribute of actor
<code>getAction</code>	Get actions associated with actor
<code>getAttribute</code>	Get runtime attribute of actor
<code>setAttribute</code>	Set runtime attribute of actor
<code>getAttribute</code>	Return static attribute of actor

```
obj.mScenarioSimulationHdl = ...
    Simulink.ScenarioSimulation.find( ...
        'ScenarioSimulation', 'SystemObject', obj);

obj.mActorSimulationHdl = Simulink.ScenarioSimulation.find( ...
    'ActorSimulation', 'SystemObject', obj);

obj.mActor.pose = ...
    obj.mActorSimulationHdl.getAttribute('Pose');

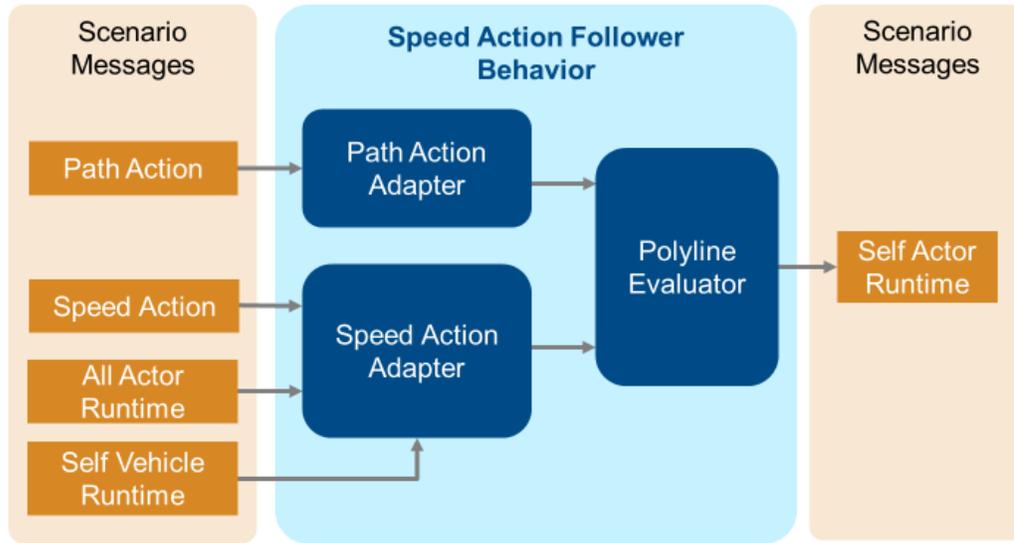
obj.mActor.velocity = ...
    obj.mActorSimulationHdl.getAttribute('Velocity');
```

[Simulate RoadRunner Scenarios with Actors Modeled in MATLAB](#)

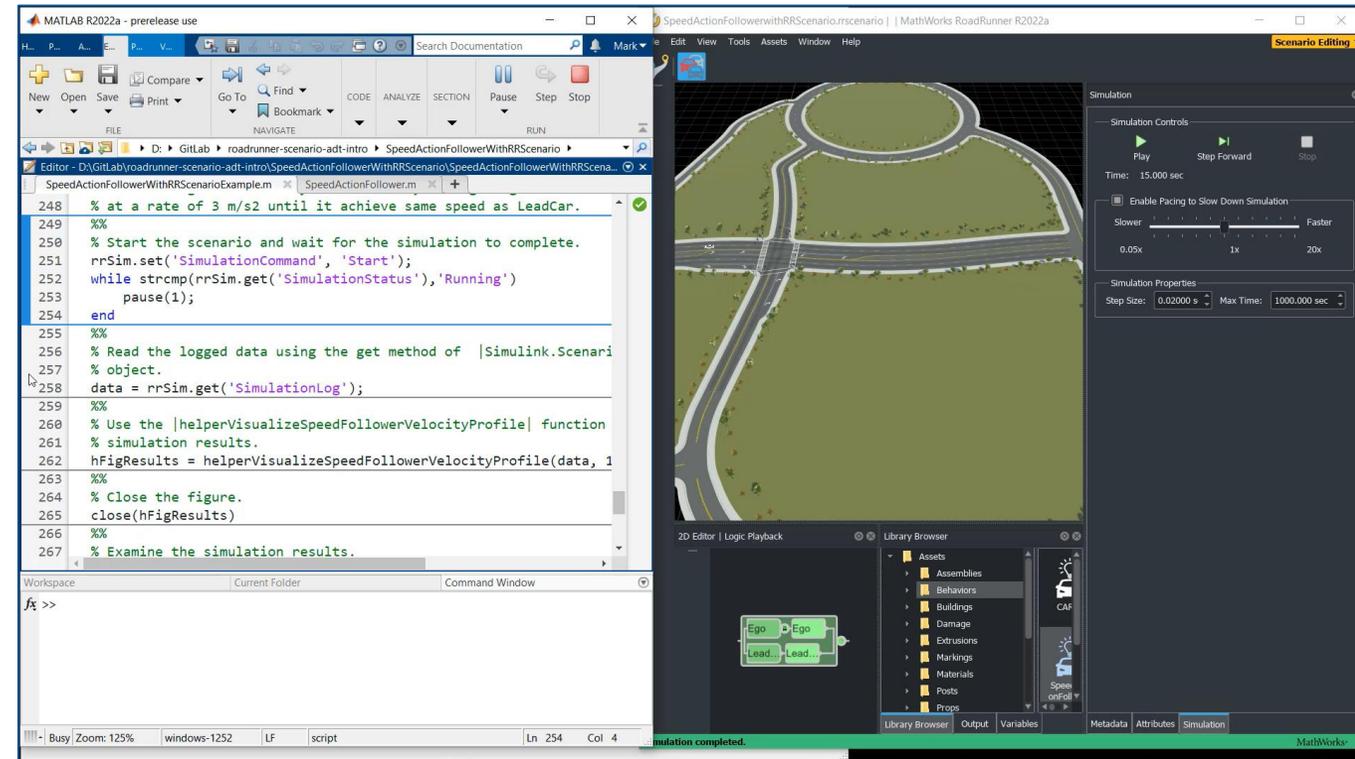
RoadRunner Scenario, Automated Driving Toolbox™

R2022a

MATLABで速度追従のシナリオをシミュレーション



- MATLABで速度追従の挙動(Behavior)を設計
- RoadRunner Scenario内で配置したアクターに、作成した Behaviorを関連付け
- シミュレーションの実行と結果の可視化



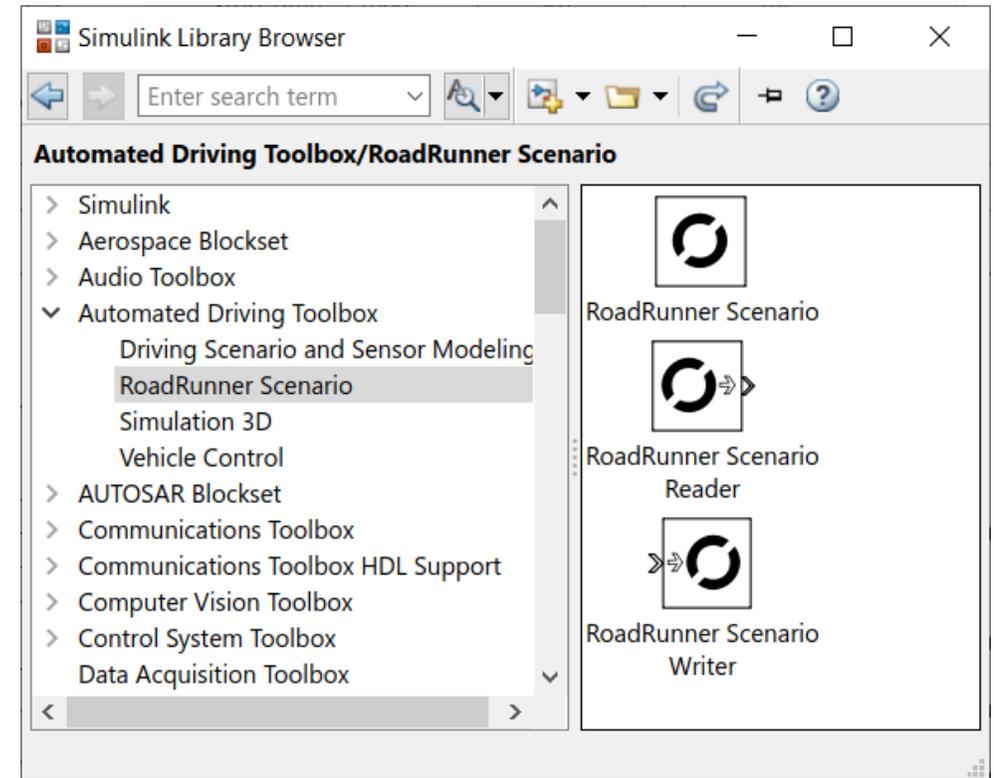
[Speed Action Follower with RoadRunner Scenario](#)
RoadRunner Scenario, Automated Driving Toolbox™

R2022a

Simulinkでアクターの挙動を設計

RoadRunner Scenarioとの接続用SimulinkブロックをAutomated Driving Toolboxに用意

- *RoadRunner Scenario* ブロック
 - モデルとシナリオとのインターフェイスを確立
- *RoadRunner Scenario Reader* ブロック
 - シナリオの状態を取得
(アクターの姿勢、速度、色、監視動作)
- *RoadRunner Scenario Writer* ブロック
 - アクターの状態を制御
 - シナリオ内のエラーや警告のレポート

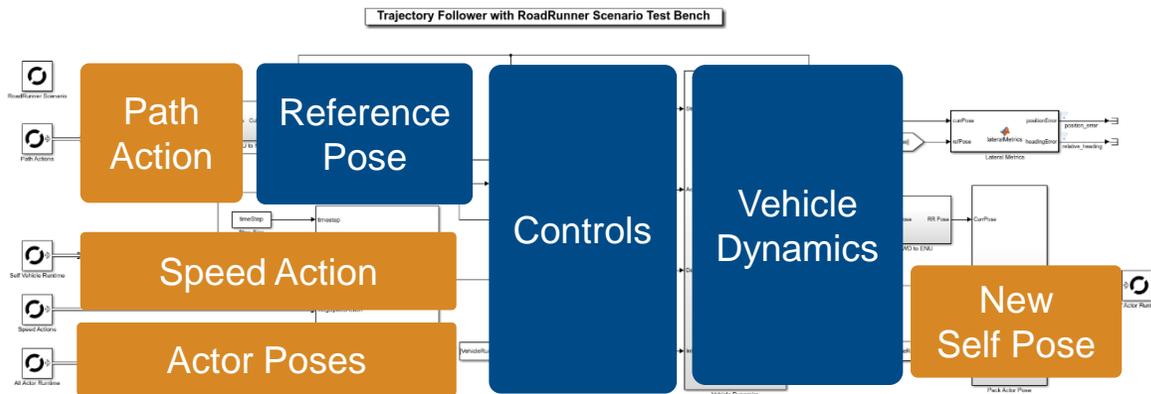


[Simulate RoadRunner Scenarios with Actors Modeled in Simulink](#)

RoadRunner Scenario, Automated Driving Toolbox™

R2022a

Simulinkで軌道追従のシナリオシミュレーションを実行

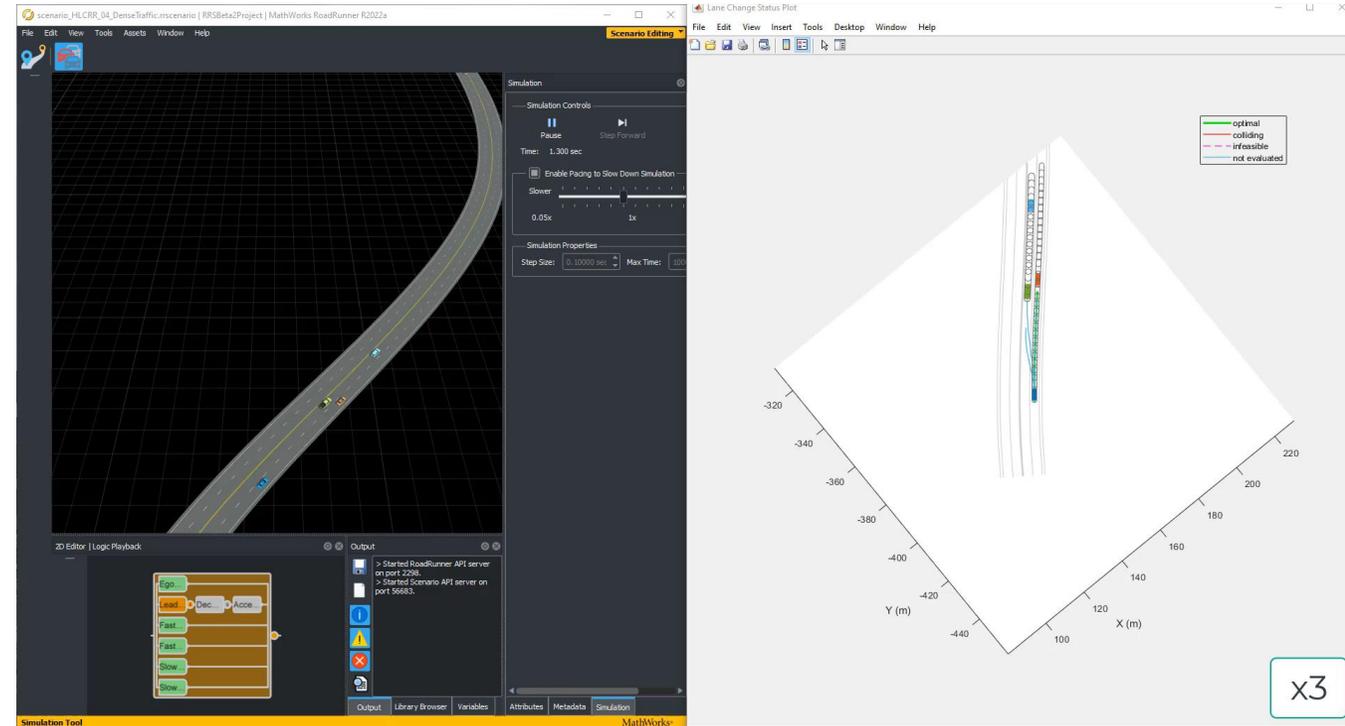
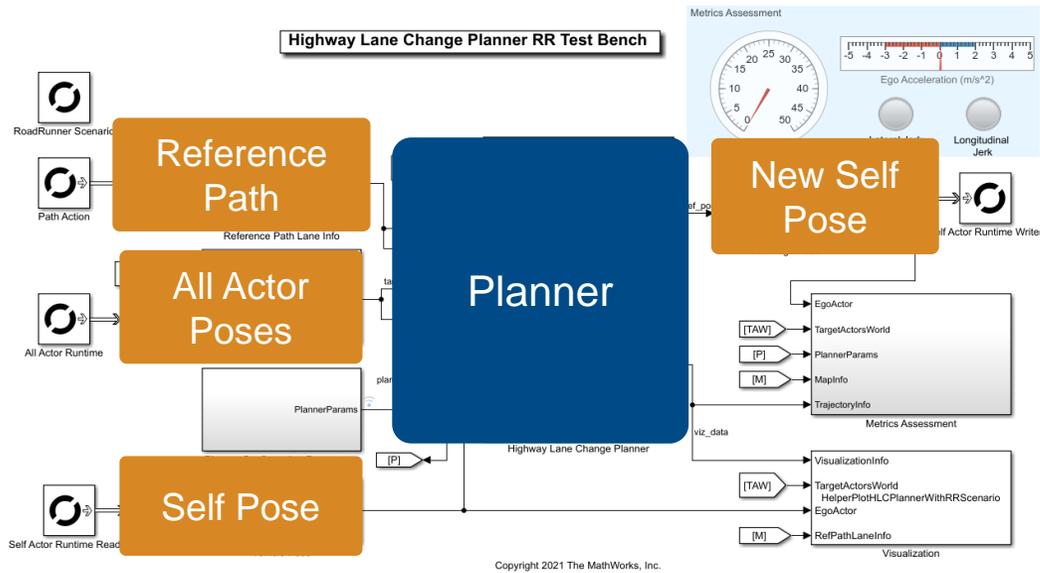


- ビルトインされた軌道追従動作による目標設定
- 車両ダイナミクスと制御を含めたアクター動作をSimulinkで設計
- シミュレーションの実行と結果の比較

[Trajectory Follower with RoadRunner Scenario](#)
 RoadRunner Scenario, Automated Driving Toolbox™

R2022a

自動運転アプリケーションのシナリオロジックを設計



- プランナーを実装する自車両を設計
- ターゲットとなる車両の軌道とロジックを定義
- 走行可能な自車両の軌道を可視化

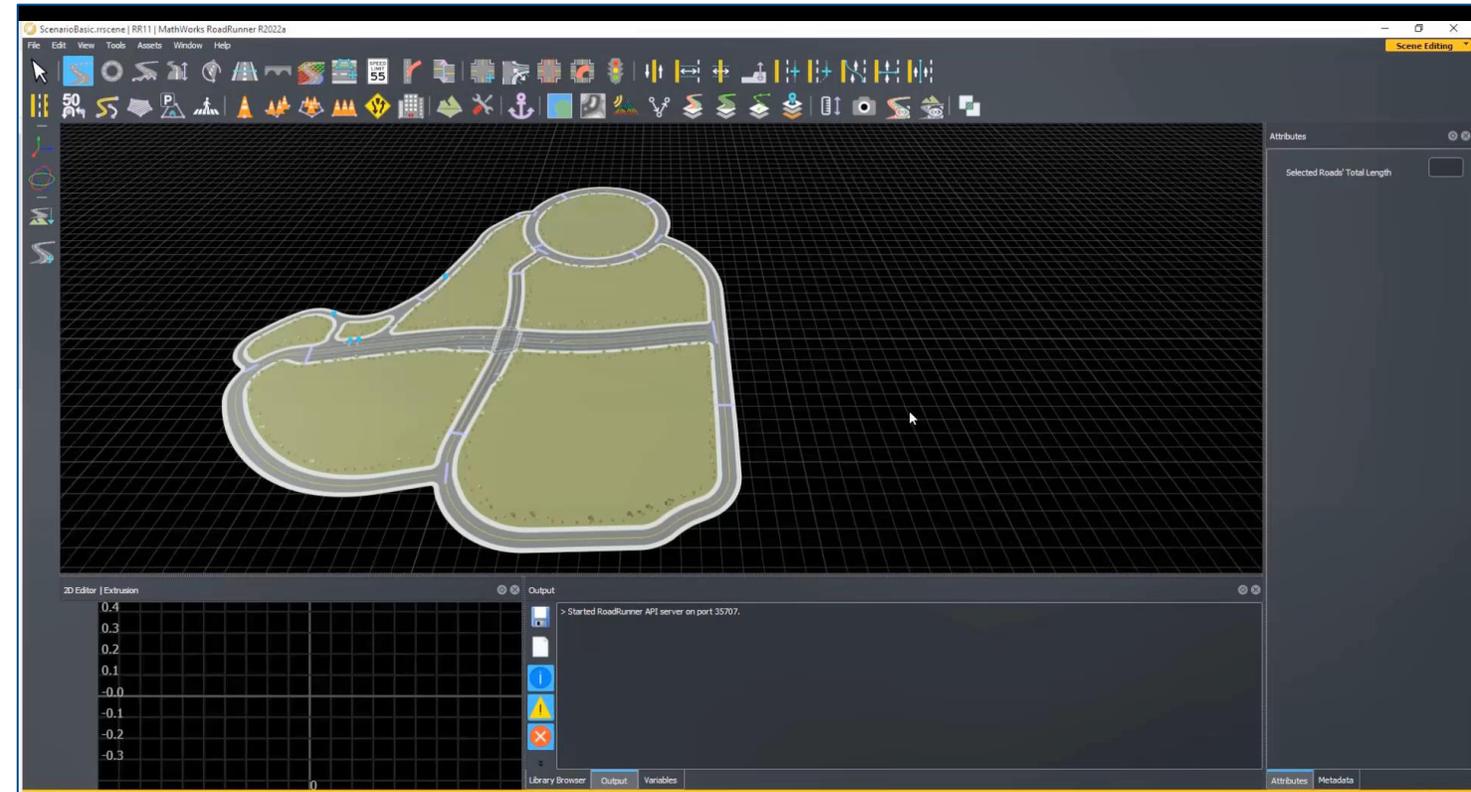
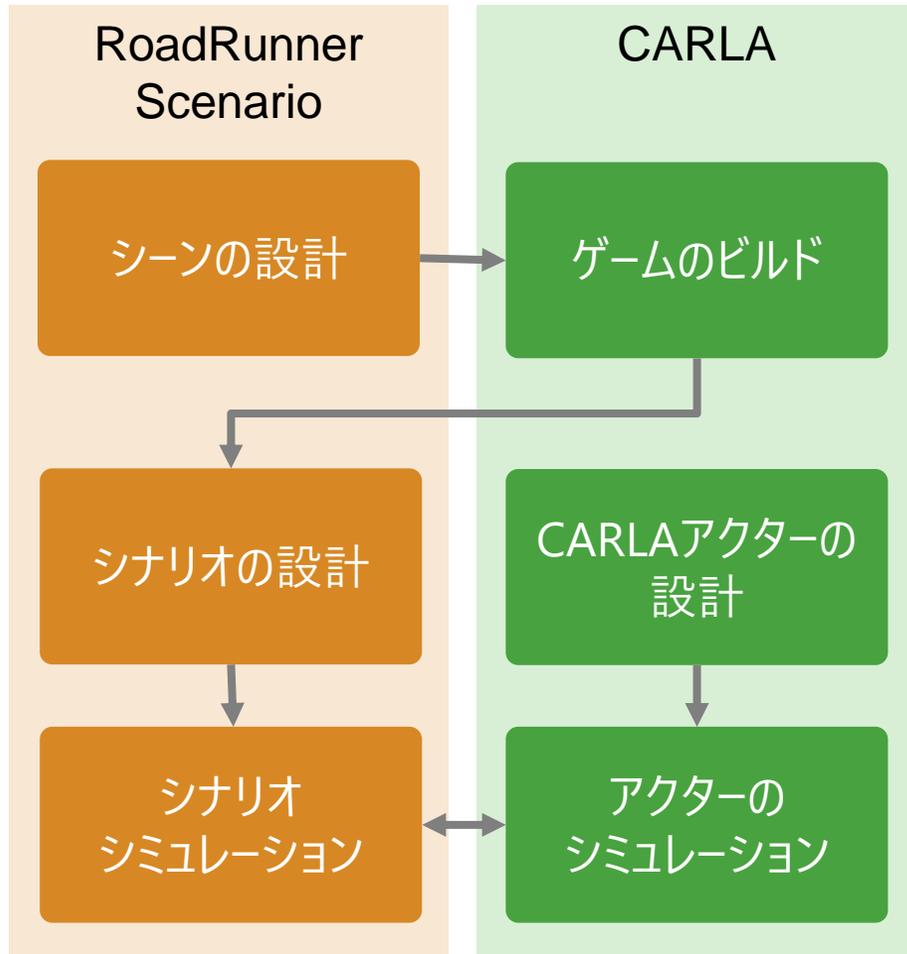
[Highway Lane Change Planner with RoadRunner Scenario](#)

RoadRunner Scenario, Automated Driving Toolbox™, Navigation Toolbox™

R2022a

x3

CARLAで設計されたアクターによるシナリオのシミュレーション

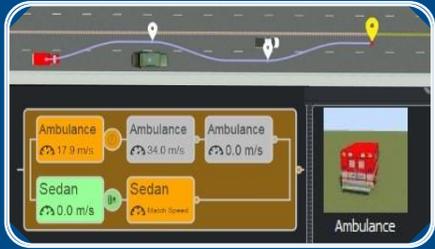


[Cosimulate Actors with CARLA](#)

RoadRunner Scenario

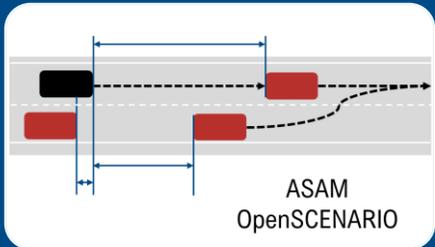
R2022a

RoadRunner Scenarioによる自動運転開発に向けたシナリオ作成



シナリオ設計とシミュレーション

- 軌跡とシナリオロジックの設計
- 異なるシーンで同じシナリオを活用
- パラメータをプログラマブルに変更



OpenSCENARIO対応

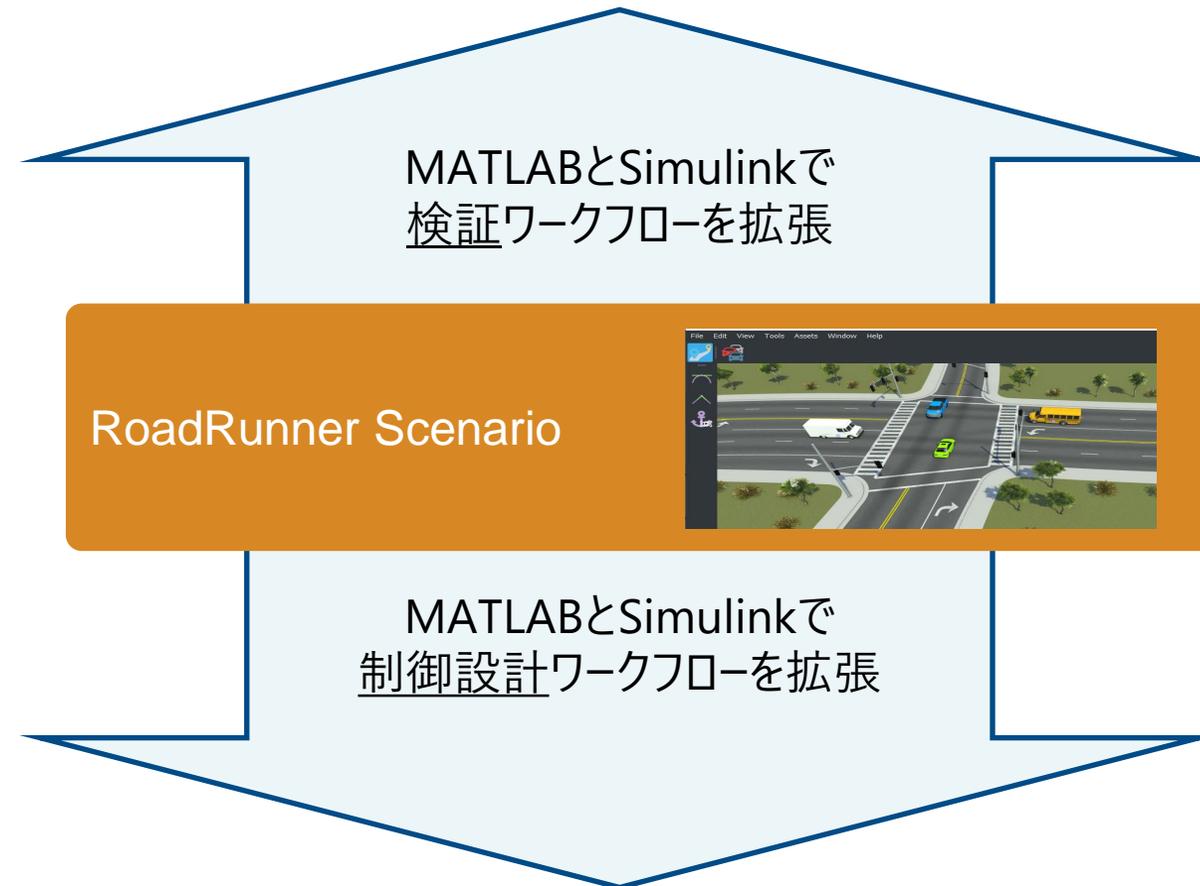
- OpenSCENARIO v2.0へのエクスポート
- OpenSCENARIO v1.xへのエクスポート
- OpenSCENARIO v1.0から軌跡をインポート



MATLAB, Simulink, CARLAとの連携シミュレーション

- アクターの挙動をMATLABで制御
- アクターの挙動をSimulinkモデルで制御
- アクターの挙動をCARLAで制御

MathWorksはお客様のワークフローを幅広くご支援します



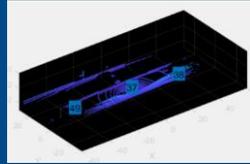
MathWorksのエンジニアによるPoCまたはコンサルティングサービスを通じて、
上記のようなシナリオ作成 + α のワークフロー構築をご支援いたします。

R2022a

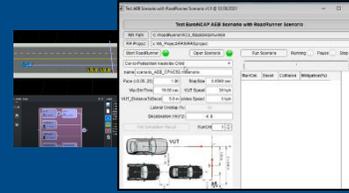
MathWorksはお客様のワークフローを幅広くご支援します

検証
ワークフロー

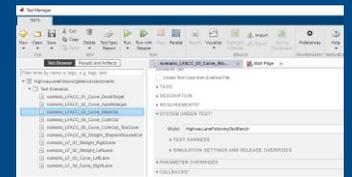
記録されたデータ
からシナリオを生成



シナリオ
バリエーション
の生成



シナリオテスト
の自動化



RoadRunner Scenario



制御設計
ワークフロー

プランニングと制御
の統合



センサー
の統合



外部コード
との統合

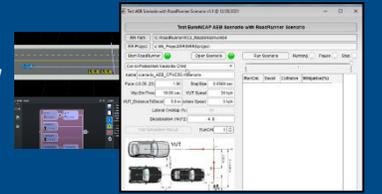
C/C++,
Python, ROS

MathWorksのエンジニアによるPoCまたはコンサルティングサービスを通じて、
上記のようなシナリオ作成 + αのワークフロー構築をご支援いたします。

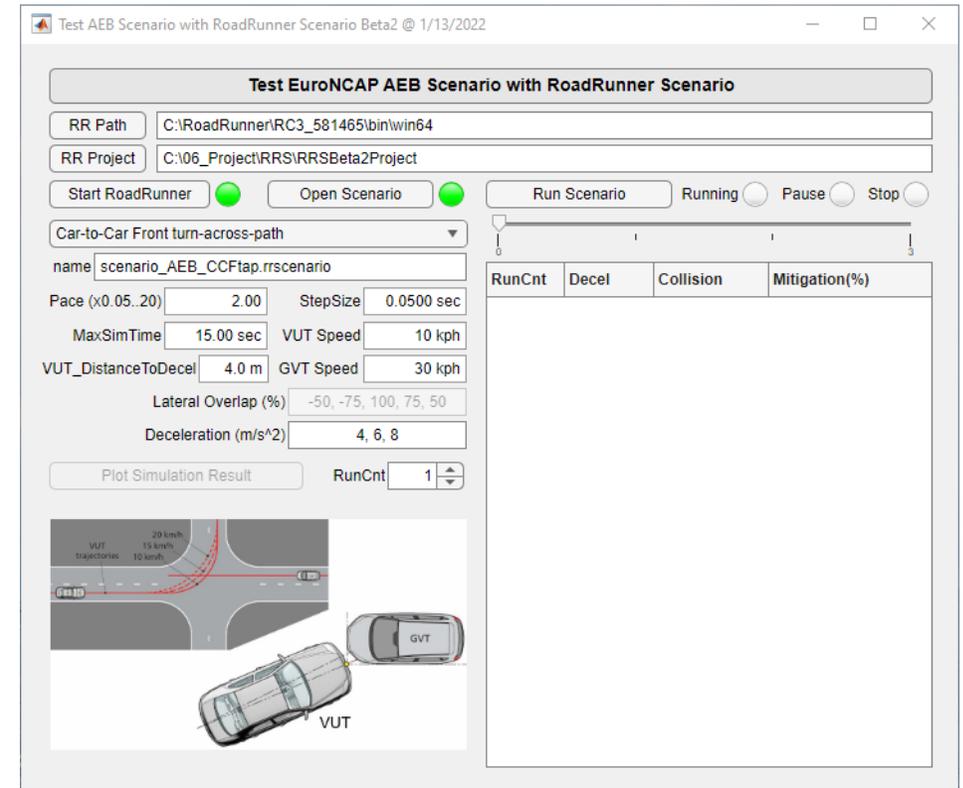
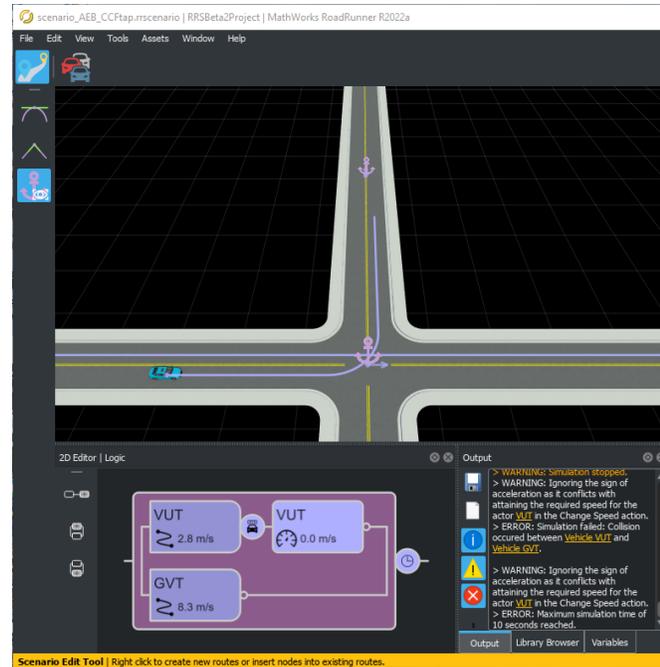
R2022a

検証ワークフロー支援例 シナリオバリエーション用アプリの作成

シナリオ
バリエーション
の生成



MathWorksエンジニアによる
概念実証(PoC)またはコンサル
ティングサービスを通じて、皆さまの
“やりたい事”をご支援いたします。



制御設計ワークフロー支援例

トラクタトレーラー用に向けたシナリオ作成

プランニングと制御
の統合



scenario03_TractorTrailerUrbanRoads.rsscenario | RoadRunnerProject22a | MathWorks RoadRunner R2022a

File Edit View Tools Assets Window Help

Scenario Editing

Simulation

Simulation Controls

Continue Step Forward Stop

Time: 0.000 s

Enable Pacing to Slow Down Simulation

Slower Faster

0.05x 1x 20x

Simulation Properties

Step Size: 0.05000 s Max Time: 1000.000 s

Camera

Camera View: Orbit

Actor: SemiTruck2

Lock to Actor Orientation:

2D Editor | Logic Playback

Output

```

Simulation STARTED
> Stop simulation requested.
Simulation ENDED

Simulation STARTED
> Simulation ended: Simulation time condition was met.
Simulation ENDED

Simulation STARTED
  
```

Simulation Tool

Attributes Metadata Simulation

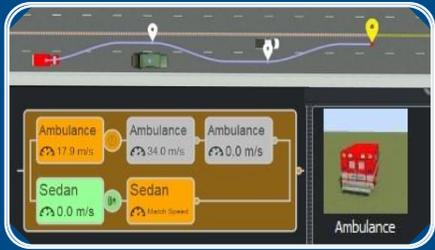
MathWorks

Type here to search

40°F 10:57 PM 3/24/2022

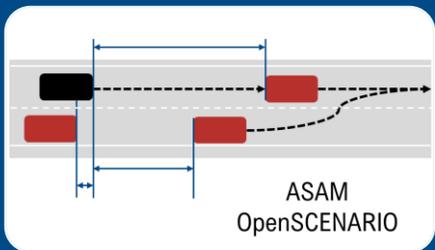
MathWorksエンジニアによる
概念実証(PoC)またはコンサル
ティングサービスを通じて、皆さまの
“やりたい事”をご支援いたします。

まとめ：RoadRunner Scenarioによる自動運転開発に向けたシナリオ作成



シナリオ設計とシミュレーション

- 軌跡とシナリオロジックの設計
- 異なるシーンで同じシナリオを活用
- パラメータをプログラマブルに変更



OpenSCENARIO対応

- OpenSCENARIO v2.0へのエクスポート
- OpenSCENARIO v1.xへのエクスポート
- OpenSCENARIO v1.0から軌跡をインポート



MATLAB, Simulink, CARLAとの連携シミュレーション

- アクターの挙動をMATLABで制御
- アクターの挙動をSimulinkモデルで制御
- アクターの挙動をCARLAで制御

MATLAB EXPO

Thank you



© 2022 The MathWorks, Inc. MATLAB and Simulink are registered trademarks of The MathWorks, Inc. See [mathworks.com/trademarks](https://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.