

NISSAN
MOTOR CORPORATION

多様化するテスト要求に応えるシナリオ作成環境と融合した
次世代ADAS HILシステム

日産自動車株式会社
AD/ADASソフトウェア開発グループ
鈴木 慎二

講演内容

- ◆ 日産自動車 概要
- ◆ ADAS HIL システムの紹介
- ◆ ADAS HIL システムの活用方法
- ◆ 従来HILの課題
- ◆ 次世代ADAS HIL コンセプト
- ◆ 次世代ADAS HIL 設計
- ◆ 次世代ADAS HIL 動作検証
- ◆ まとめ

日産自動車 概要

コーポレートパーパス

「人々の生活を豊かに。イノベーションをドライブし続ける」

会社沿革

1933 日産自動車 (株) に神奈川県横浜市にて創業

1969 初代フェアレディZ(S30型) 発売

1989 初代スカイラインGT-R(R32型) 発売

2007 現行GT-R(R35型) 発売

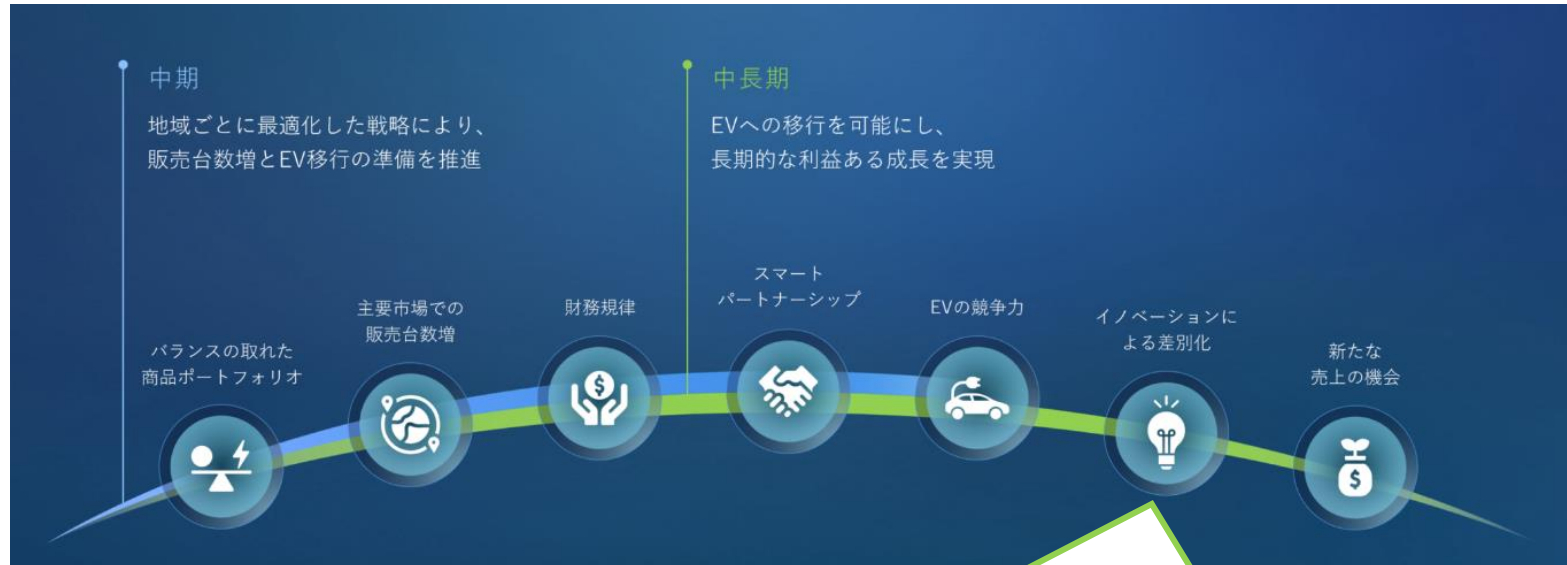
2010 初代リーフ(ZE0型) 発売

2020 現行アリア発売



日産自動車 概要

中期経営計画 「The Arc」

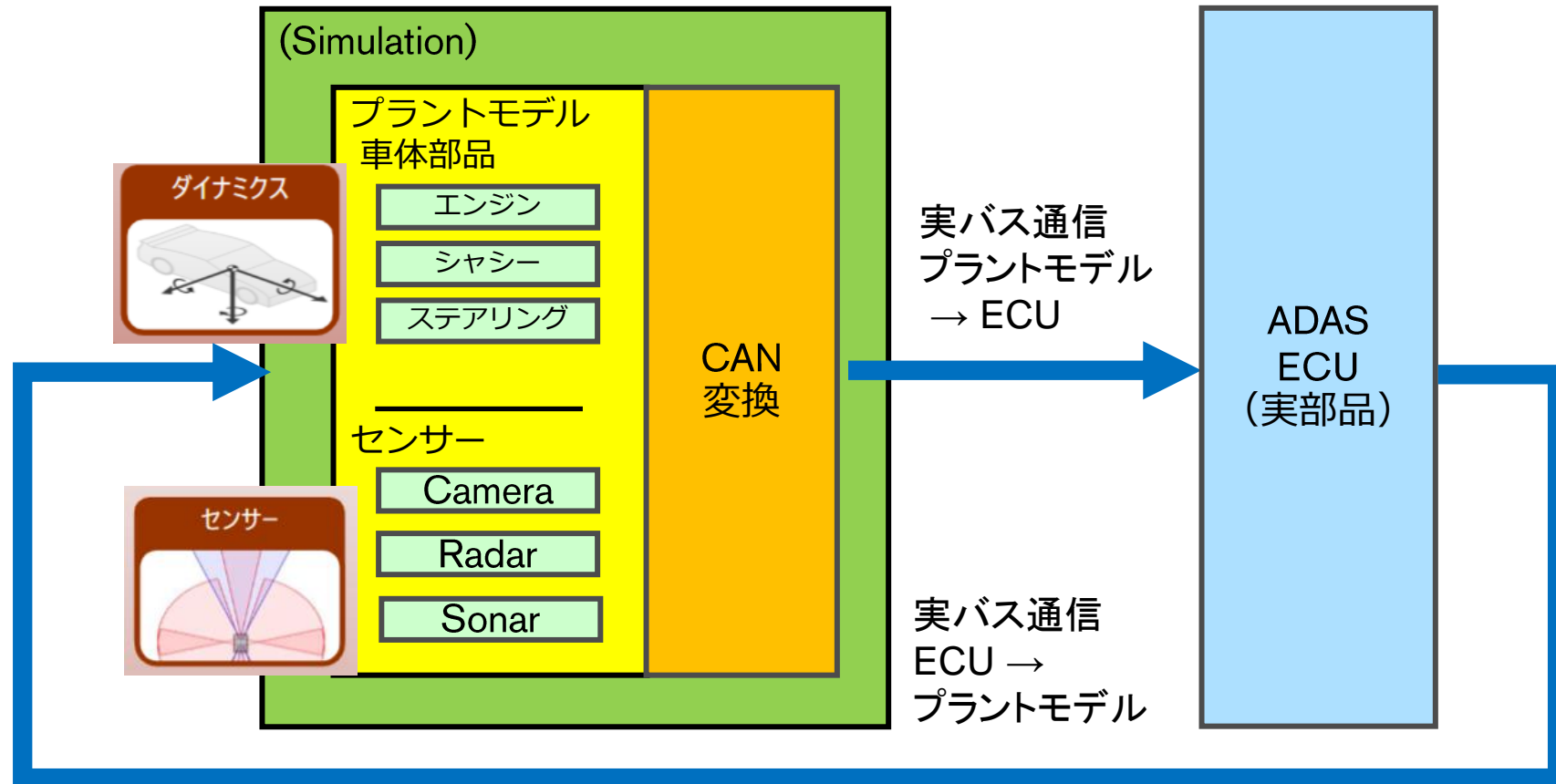


日産ADAS HIL システムの紹介

HIL(s)とは？

Hardware In the Loop (simulation) の頭文字

ECU の品確テストを実施するのに最適なテスト方法



日産ADAS HIL システムの紹介

HILのメリット

- 組み合わせ部品の試作を待たずに早期にテストが可能
- 単体ECUでのテストや限定したシステムでのテストが可能
(例：ECU+センサー, ECU + アクチュエータ)
- 意図的に欠陥を模擬したテストが可能
- ECU Assy で評価できるため、ハードウェア/ソフトウェアを統合したテストが可能

HILのデメリット

- 導入コストが高価
- システムの構築に時間がかかる
- **リアルタイム性が必要とされ、大規模な計算を要するシミュレーションに向かない**
- **シミュレーションの変更を反映させるためにビルドが必要**

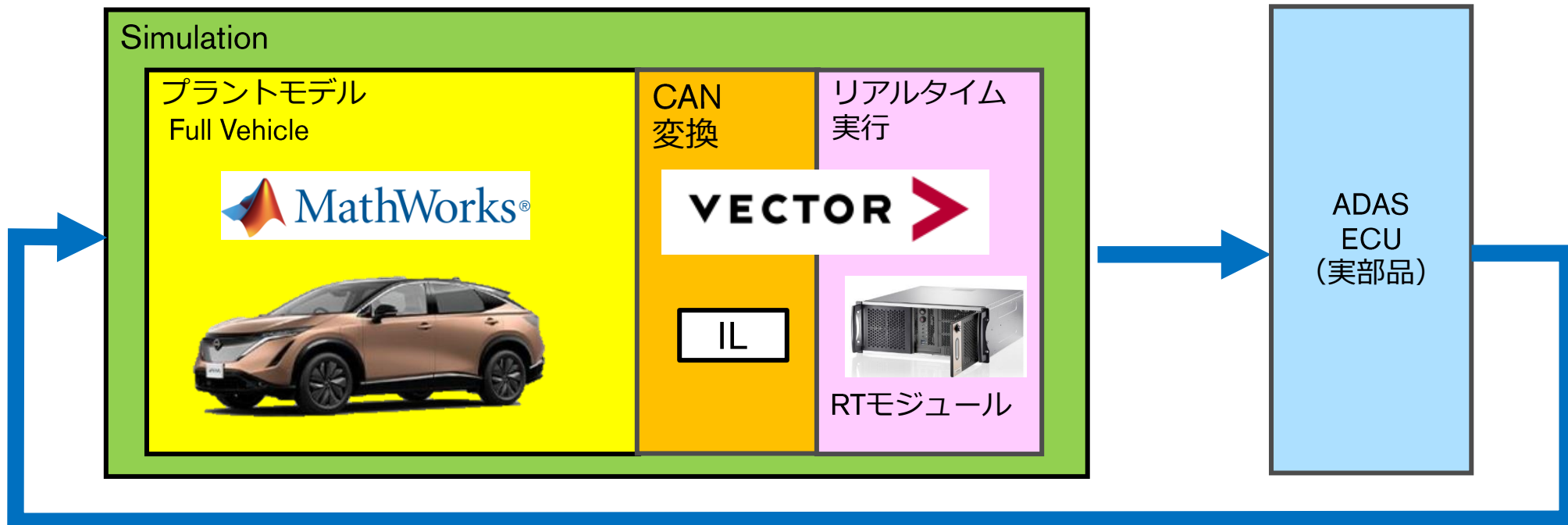
日産ADAS HIL システムの紹介

- Plant Model : MATLAB[®]、 Simulink[®]
- CAN, Ethernet : } Vector社 CANoe
- リアルタイム実行 : }

上記アプリケーションを連携させることで、HILシミュレーションを実現
ADAS ECU 単体テストに活用

◆CANoe の特徴

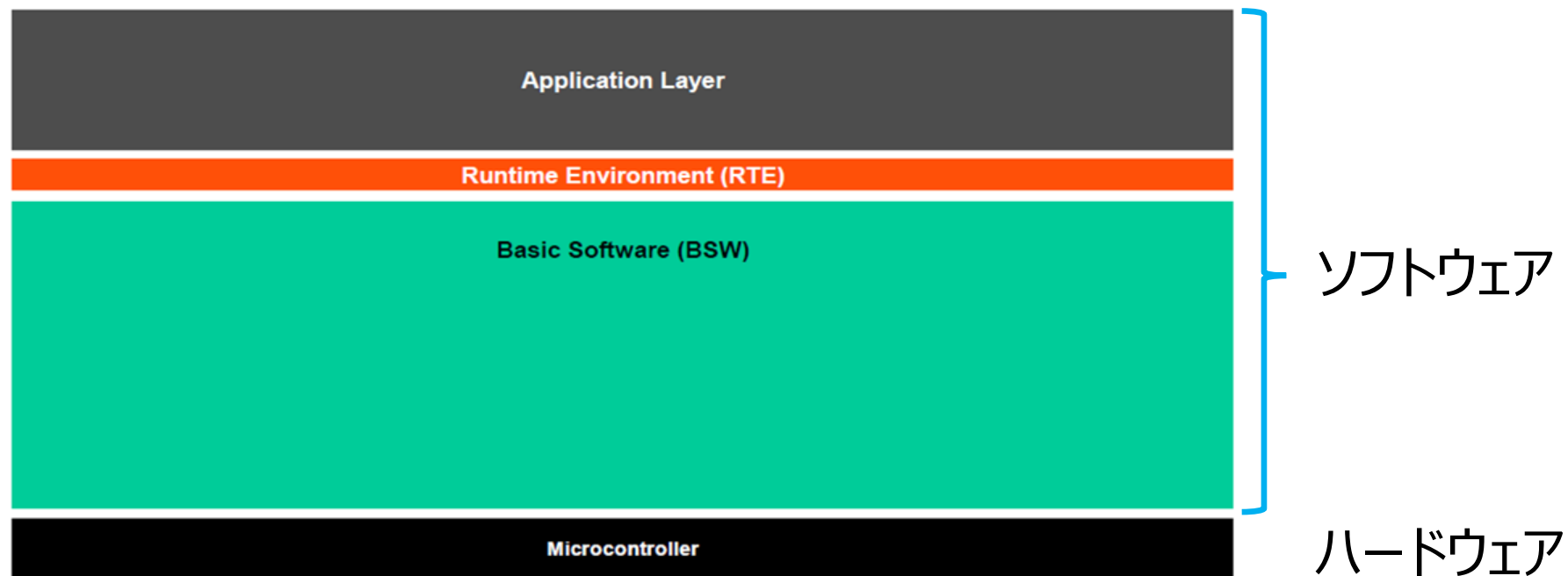
- HS_CAN, CAN_FD, 車載Ethernet、 FlexRay などのさまざまな通信規格に対応
- **インタラクションレイヤー(IL) 機能によりCANなどのシミュレーションを、データベースファイルを使って少ないコード実装で短時間に実現できる**



ADAS HIL システムの活用方法

- ◆ ADAS ECU はAUTOSAR標準を用いて設計している
- ◆ AUTOSAR では ソフトウェアは3つの抽象階層で構成される
 - Basic Software
 - Runtime Environment
 - Application Layer

ソフトウェア全階層およびハードウェア を統合したテストにはHILを用いるのが最適

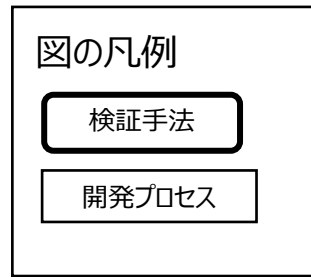


AUTOSAR アーキテクチャ 概要図

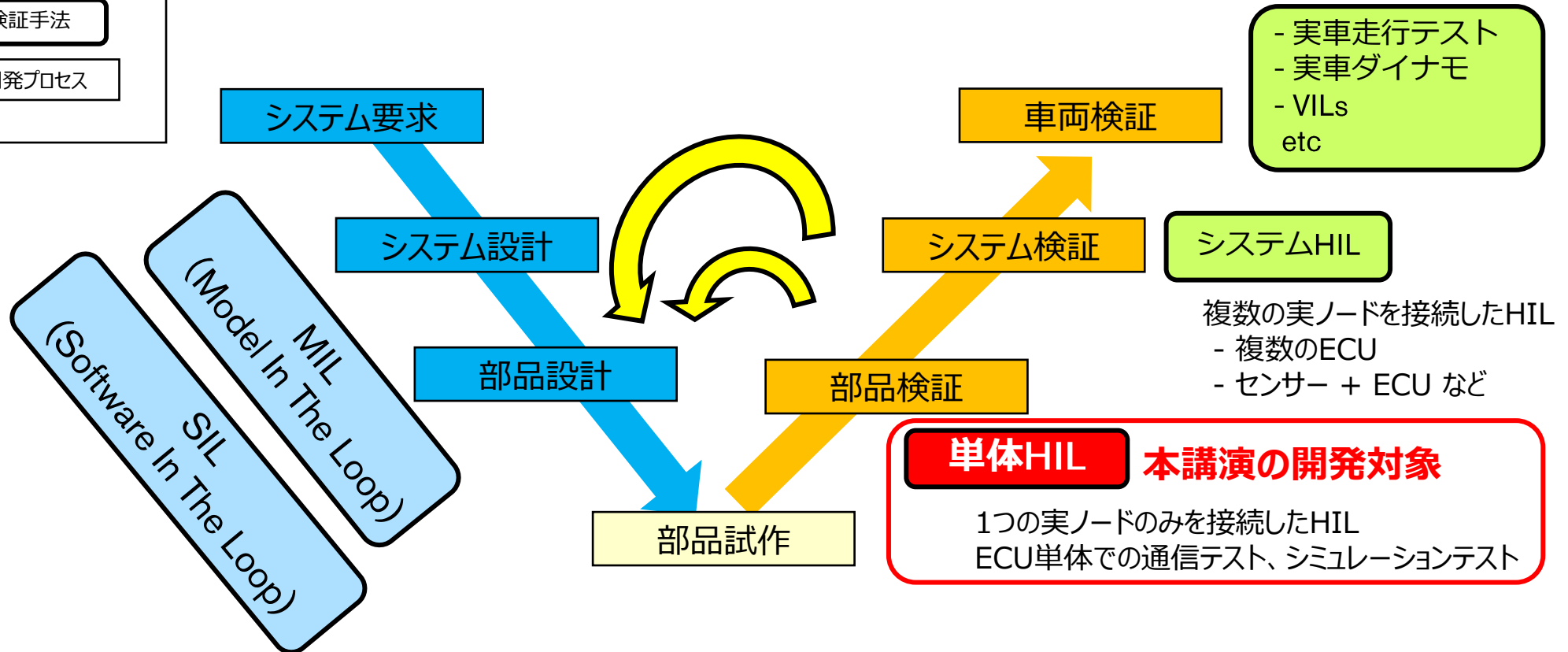
ADAS HIL システムの活用方法

ECU単体としての品確テストを実施することで、ECUとしての品質を向上できる

- 設計変更後のフィードバックサイクルを短縮できる
- システム検証の前に単体ECUでテストを終え品質を担保できる



後段のテストに行くほど、設計フィードバックサイクルが長くなってしまふ
→早期の設計フィードバックが開発期間短縮・開発品質向上に寄与



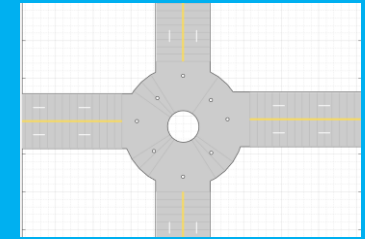
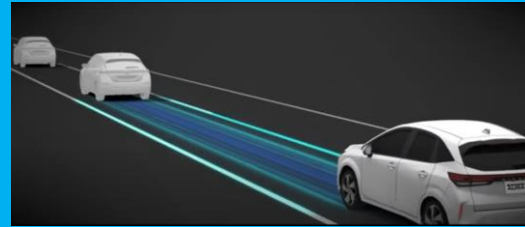
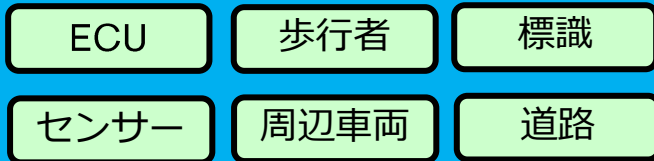
ADAS HIL システムの活用方法

ADAS ECU HILテストの種類

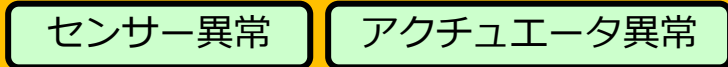
- 通信テスト：CANなどの通信の送受信ができるか
- フェールセーフテスト：センサー故障などを疑似的に起こす、ECUのフェール検知機能テスト
- 機能テスト：自動ブレーキ、追従式クルーズコントロールなどのADAS制御機能が正しく作動できるか

機能テストの要望が高まっている

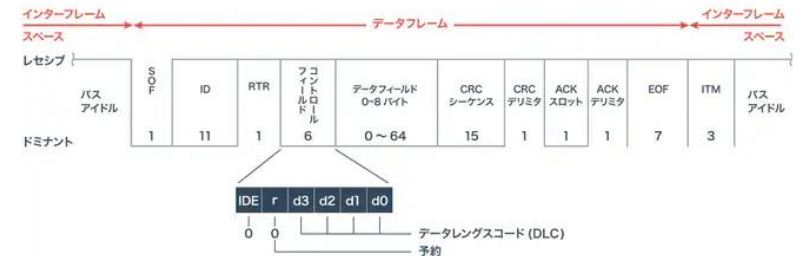
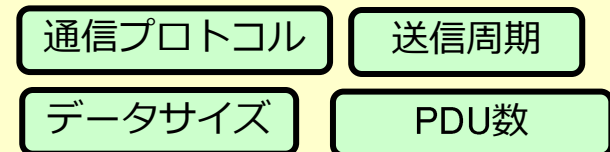
機能テスト



フェールセーフテスト



通信テスト



HILシミュレーションの複雑さ

従来HILの課題

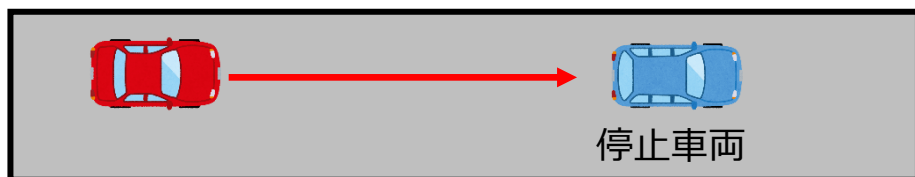
NCAPなどで様々な道路形状や走行軌跡を想定した要件が増えている

課題

- 交差点などの道路環境やカーブ走行軌跡の実装に時間がかかる
- シナリオが記述式のためプロトコルとの一貫性確認が難しい

従来HILのシナリオとテスト実行方法

停止車両 衝突回避の例



シナリオを物理値で設定

自車 車速	ターゲット				車速	道路	テスト手順
	クラス	初期位置 縦距離	横距離	向き			
20km/h	車	50 m	0 m	0 deg	0 km/h	直線路	1) PT をonにする 2) ターゲットの初期値を設定する 3) 自車の車速を設定する 4) テストスタート

HIL のコントローラーからテスト実行

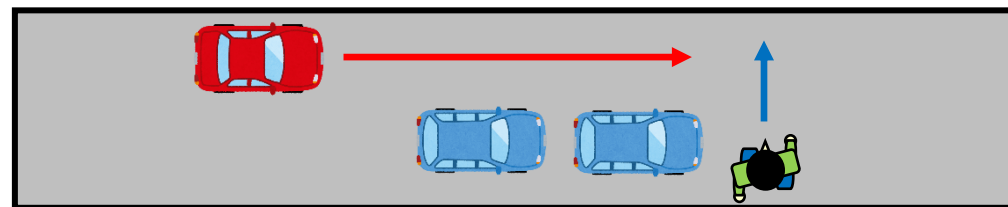
Obj_ID	Obj_CPY	Obj_Status
0	0	0

Obj_ID	Obj_Type	Obj_Class	Obj_Motion	Obj_LaneAssign
00.00	CAR	No detection	Not Defined	Not assigned

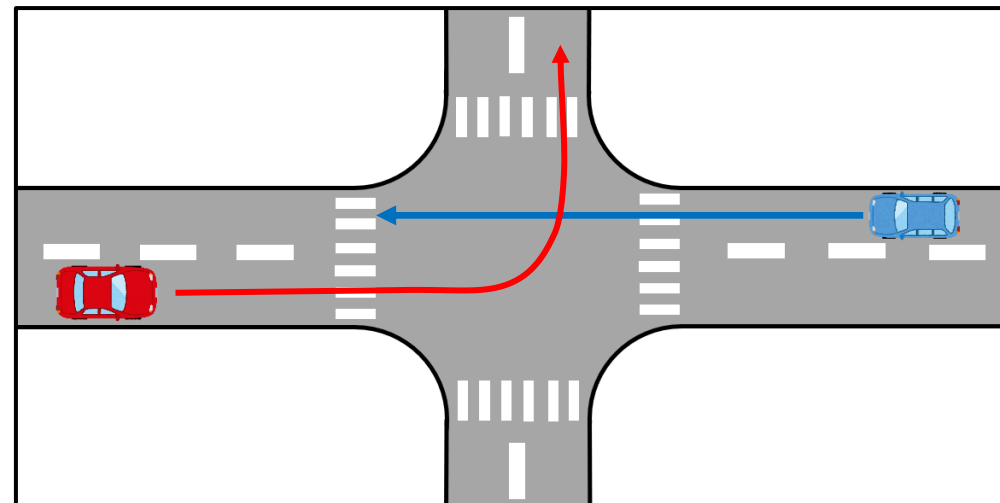
Obj_ID	Obj_Type	Obj_Class	Obj_Motion	Obj_LaneAssign
00.00	CAR	No detection	Not Defined	Not assigned

2020以降のNCAPシナリオ

横断歩行者 衝突回避の例



交差点衝突回避 の例



ありたい姿

- ◆ 道路環境、車両軌跡を含めたシナリオを効率よく作成できる
- ◆ シナリオを可視化でき、要求との整合性を検証できる

解決すべき制約

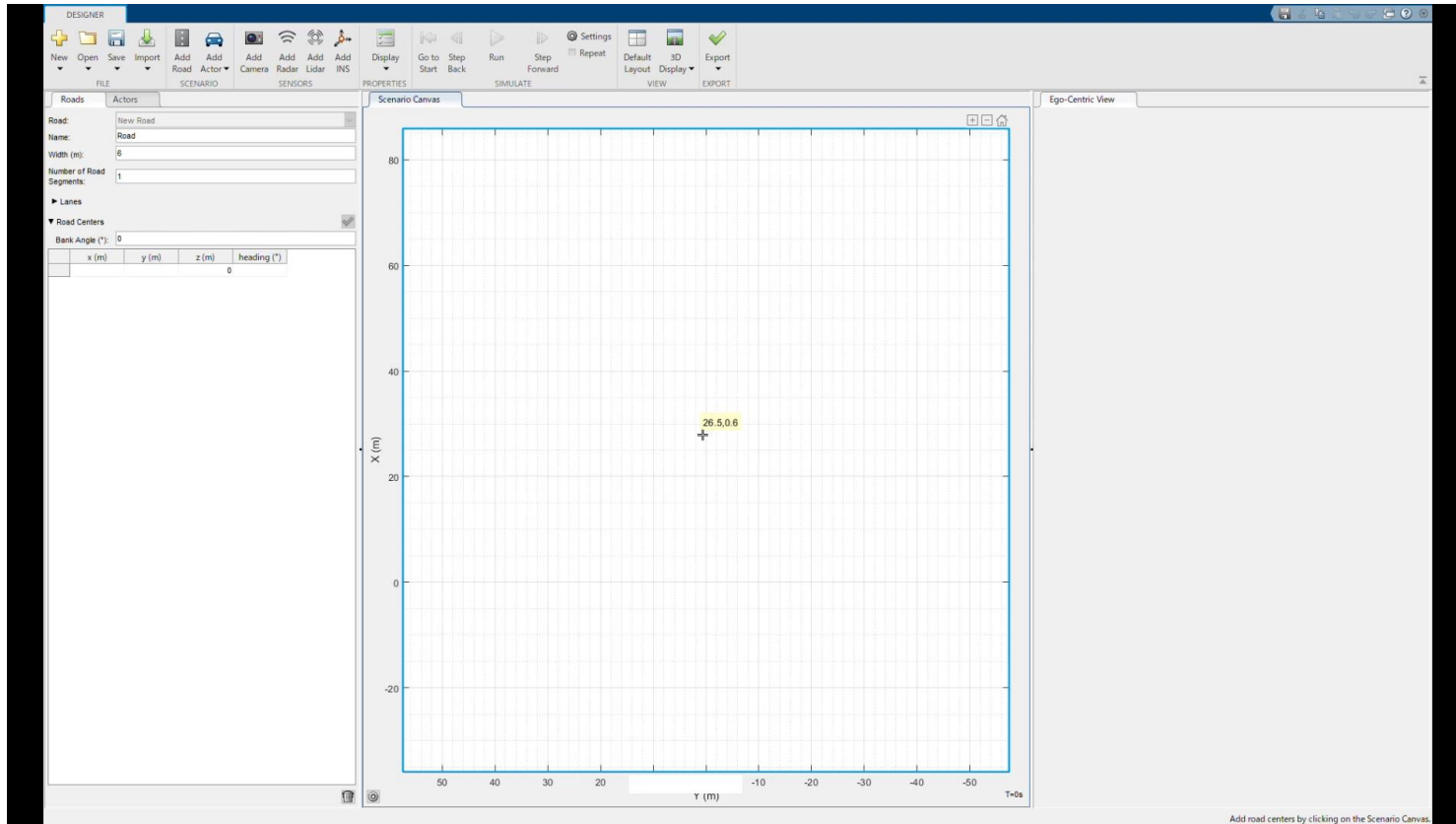
- ◆ HILで実行するためにC/C++ が生成できる
- ◆ リアルタイムで実行できる
- ◆ 既存のアセットを活用する
(従来のCANoe HIL をベースとし、最小限の開発で実現する)

次世代ADAS HIL コンセプト ~ シナリオシミュレーターとの連携

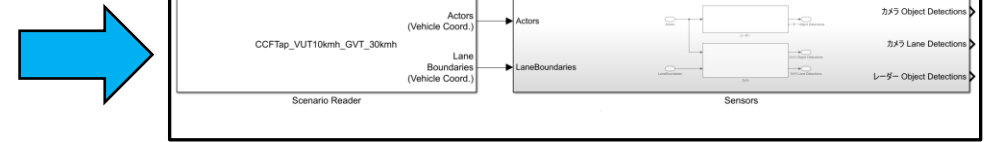
Automated Driving Toolbox™の特徴

- GUI または 関数を用いて、任意に道路や車両の動きを模擬した交通シナリオが作成できる
- MATLAB、Simulink と直接連携でき、コード生成が可能

⇒ **Automated Driving Toolbox はHILと連携させるのに最適**



Simulinkブロック生成



ビルド
コード生成

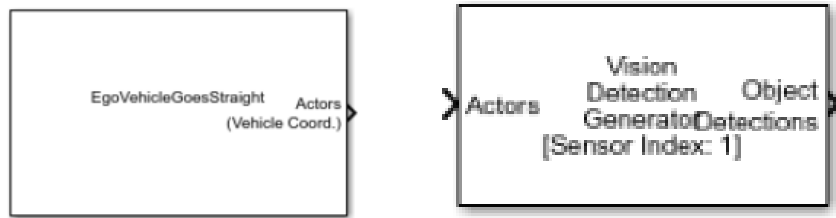


次世代ADAS HIL 設計 ~ 出力解析

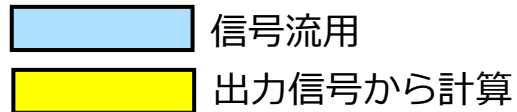
HILへ連携させるAutomated Driving Toolbox のブロックの解析を行った

- HILで活用できるブロックの選定
- 各ブロック出力信号を把握
- 新規に実装が必要な信号の洗い出し

HILへ連携するブロック

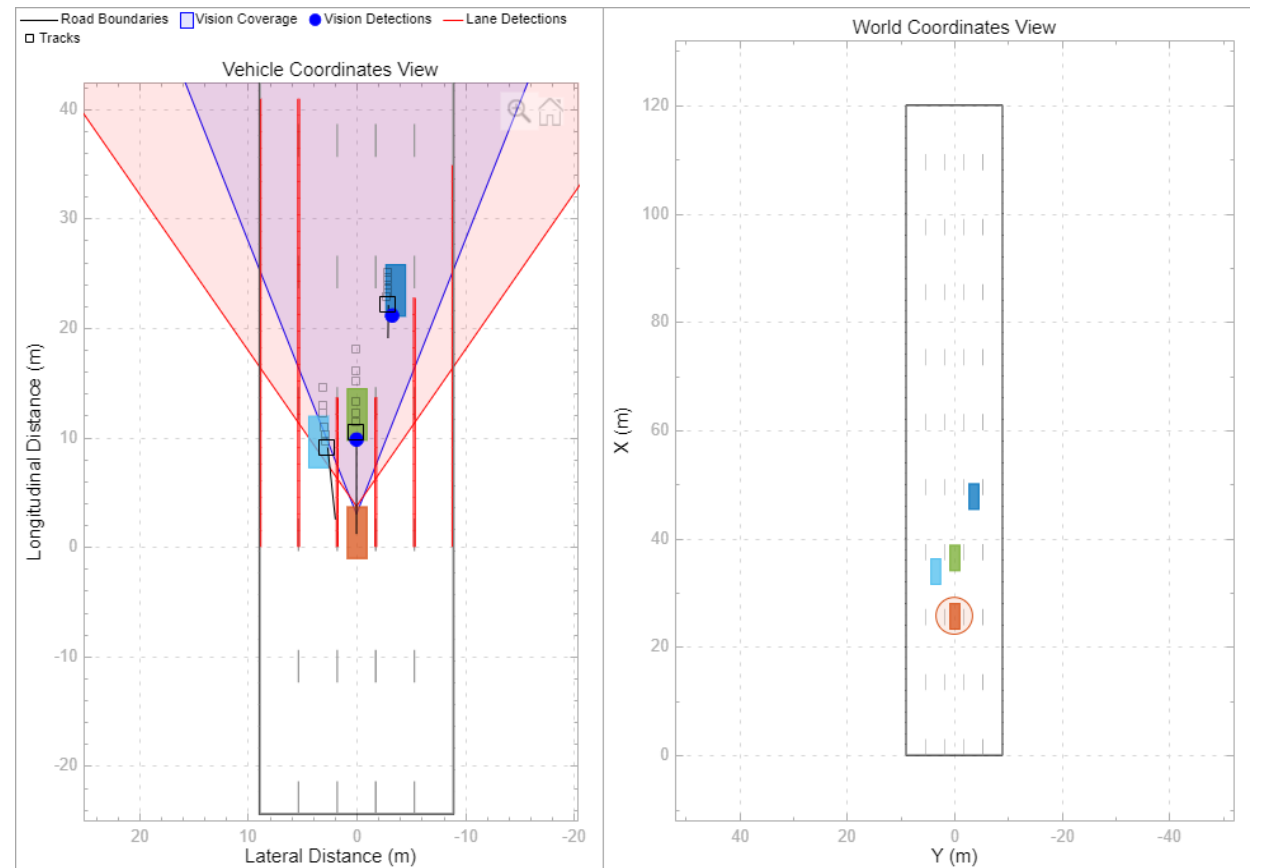


ブロック出力解析の例



相対/絶対 特性	HILに使う信号	Block 出力信号 (MATLAN ドキュメントから引用)
相対特性	加速度	計算
	速度	Velocity
	縦距離	Position
	横距離	Position
	直線距離	計算
	Yaw	Yaw
	Yaw Rate	Angular Velocity
	方位角	計算
	進行方向	Yaw
絶対特性	Target 種類	Class
	長さ	Length
	幅	Width
	ID	ID

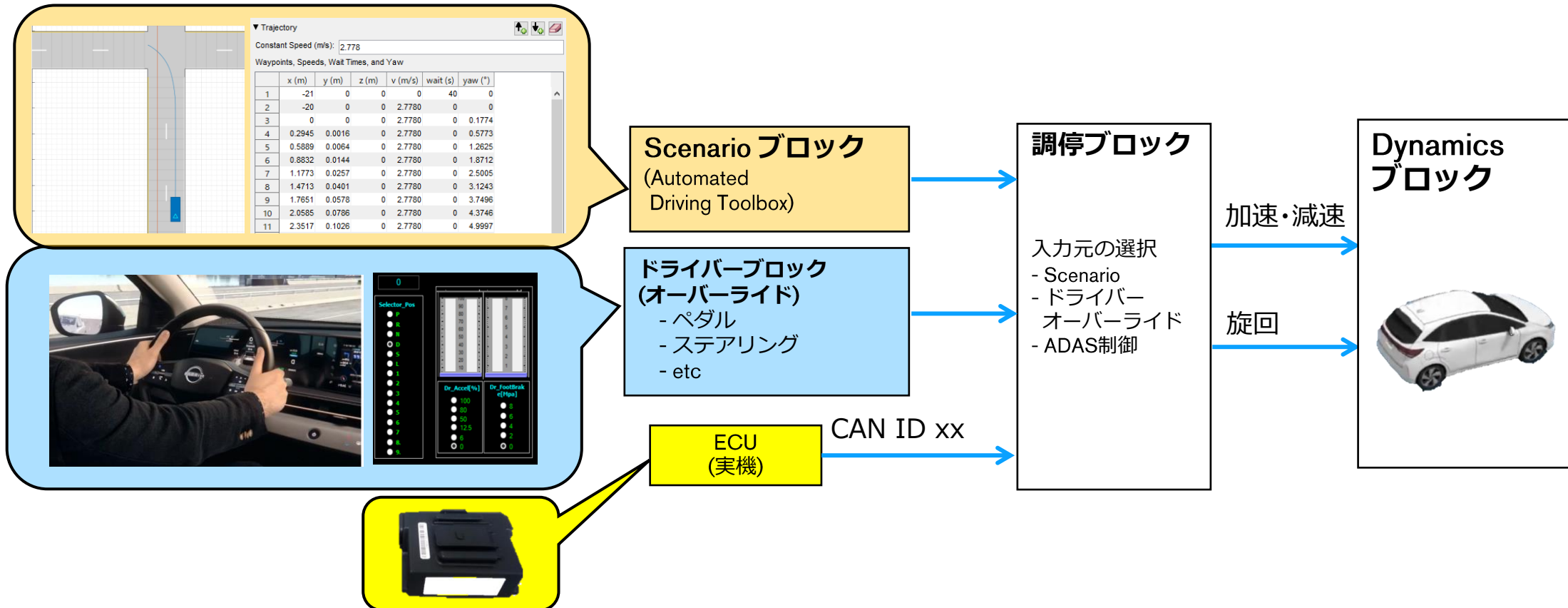
ドキュメントおよびMIL実施によりデータ構造・信号特性を把握



次世代ADAS HIL 設計 ~ テスト入力

HILのプラントモデルへの入力元を3種類から使い分けられるようにした

- Automated Driving Toolbox シナリオ
- HIL コントローラー (従来HILシナリオ、ドライバーオーバーライド)
- ECU 制御信号



次世代ADAS HIL 設計 ~ テスト入力

入力信号の設計

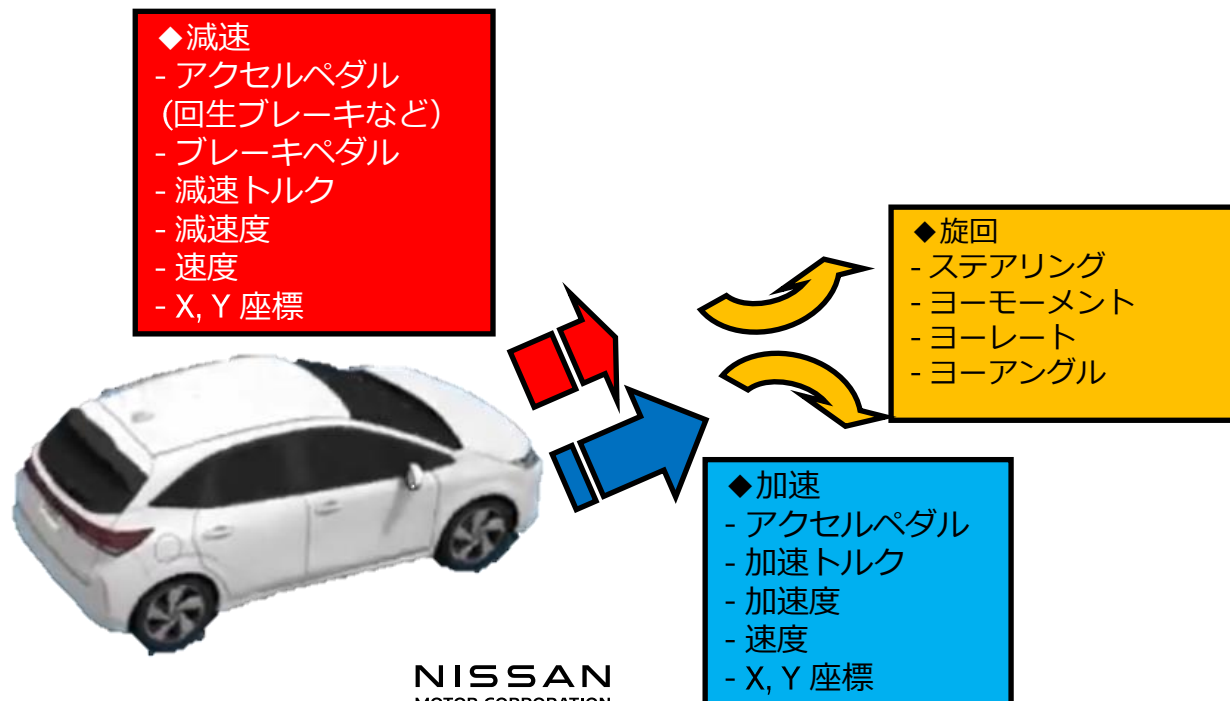
様々な物理値からの入力を想定して入力ブロックを作成

操作デバイスからの入力

- ◆ ステアリング
- ◆ ABC ペダル
- ◆ 各種操作デバイス

Automated Driving Toolbox シナリオからの入力

- ◆ X, Y, Z座標
- ◆ Yaw Angle
- ◆ Speed
- ◆ Yaw Rate



次世代ADAS HIL 設計 ~ ノード分離

シナリオとプラントモデルのノードを分離

- シナリオノードのビルド時間を短縮してシナリオ作成の効率化を図った
- ビルド時間の短縮効果： 10min ← 3hour

Scenario(ADT)
シナリオのバリエーション
- パラメータ変更
- シーンバリエーション

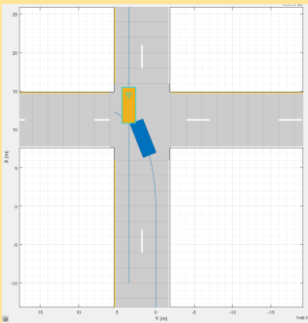
Host Target Road

車速違い

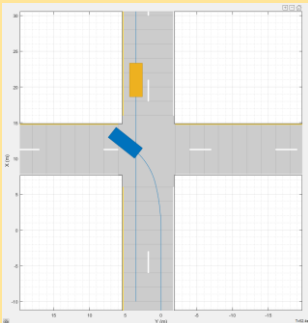
Target車速 \ 自車速	40 km/h	50 km/h	60 km/h
10 km/h	○	○	○
20 km/h	○	○	○
30 km/h	○	○	○

変更頻度 高
小規模

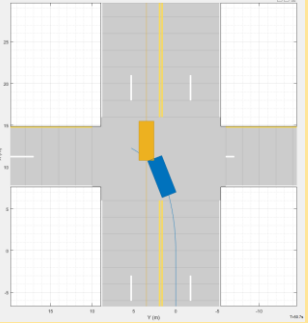
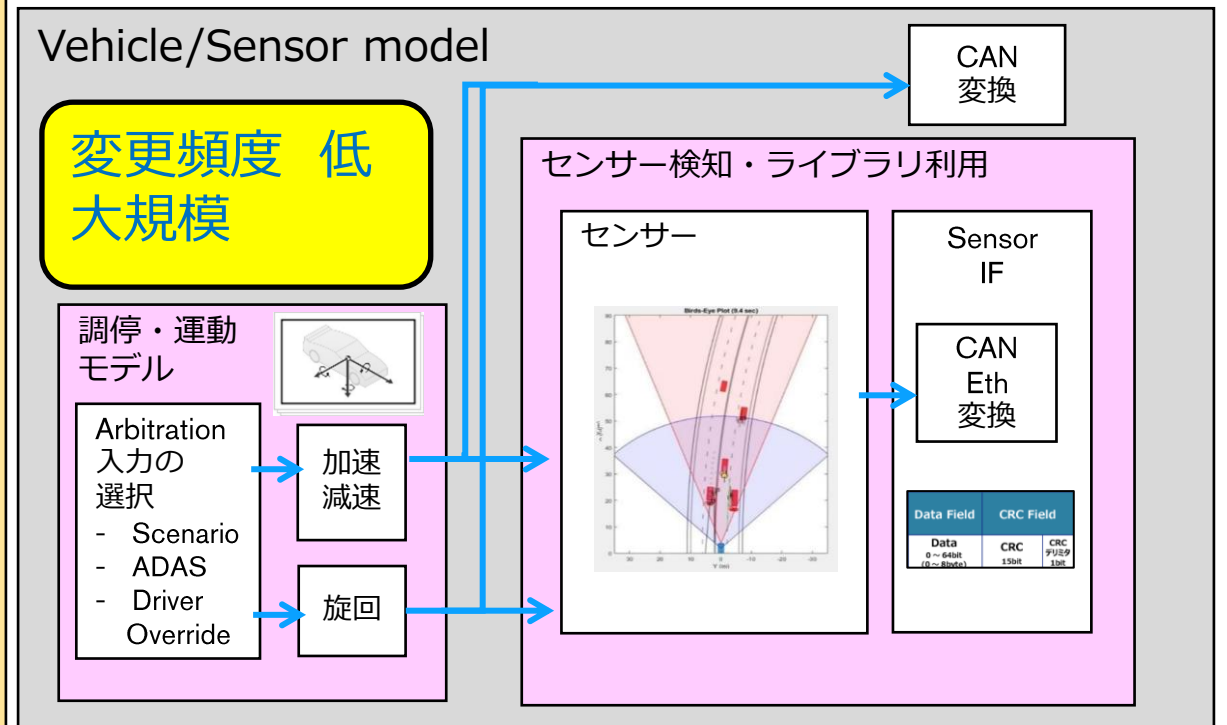
衝突するケース



衝突しないケース



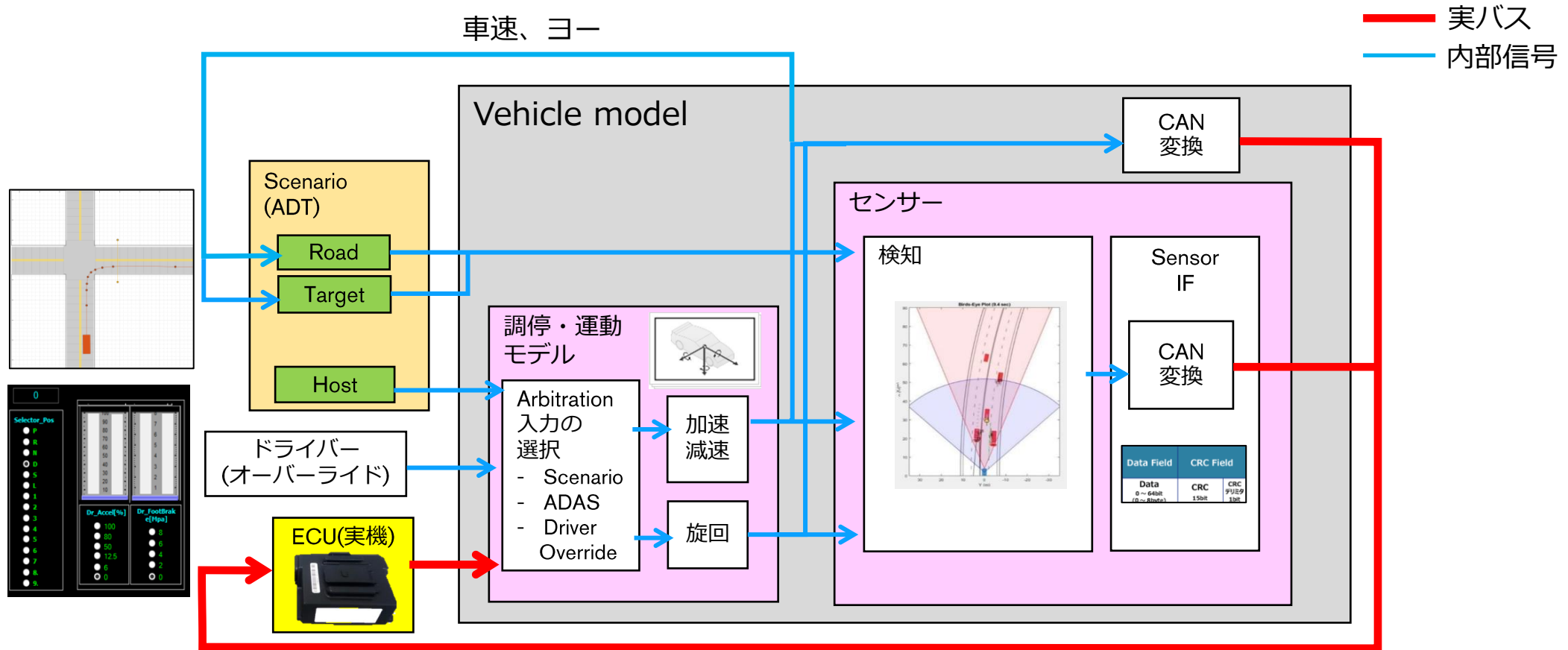
車線数違い

次世代ADAS HIL 設計 ~ モデルアーキテクチャ

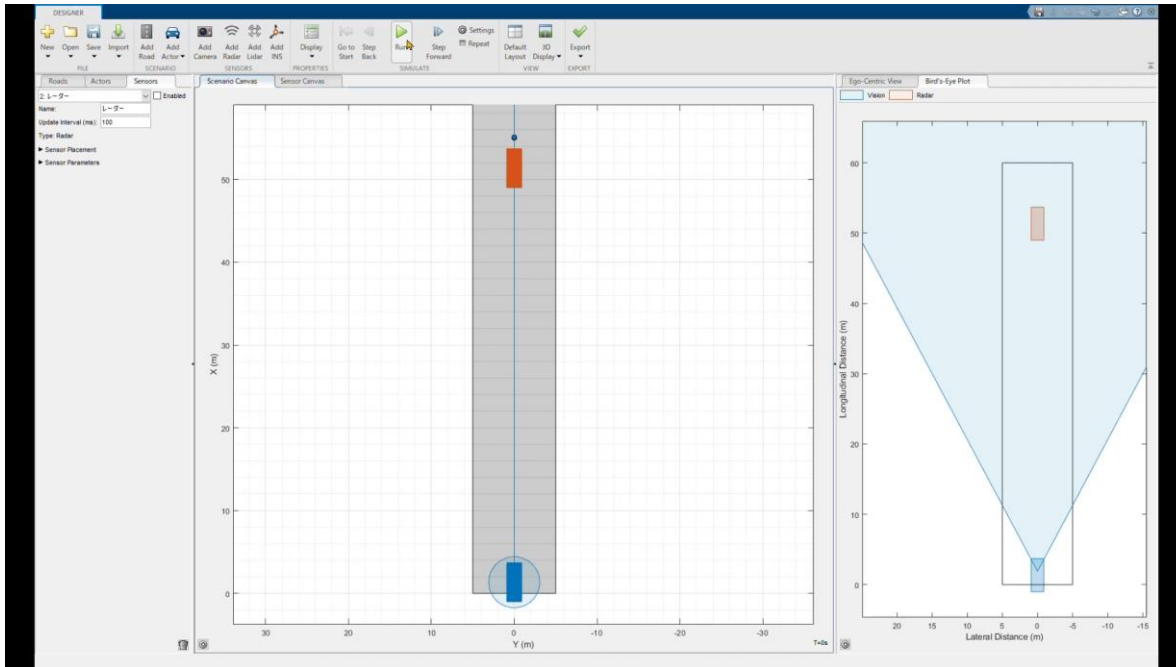
モデルアーキテクチャの設計

- シナリオ }
- ECU } ← プラントモデル 間のクローズドループ モデルを設計・実装した

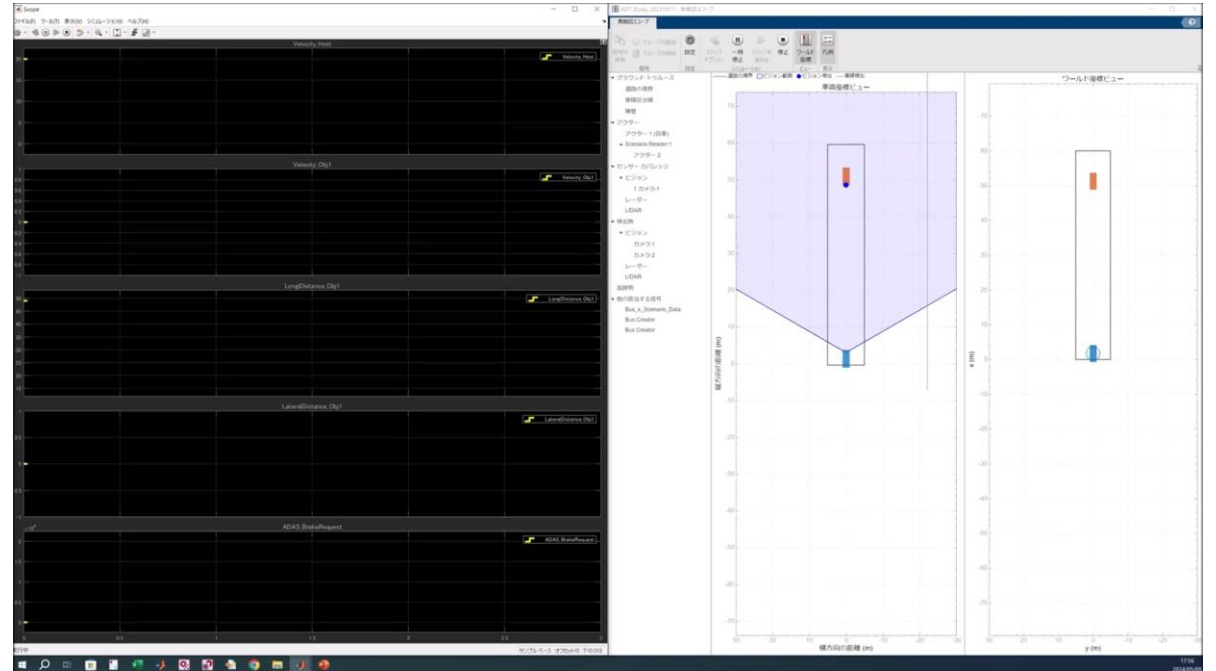


次世代ADAS HIL動作検証 ~ プラントモデル検証

ADAS ECU制御介入時のシミュレーション結果
- HILへビルドする前にMIL(Model In the Loop)で仮想ADASを作成し、
ADAS制御介入後にシナリオの車両挙動が変化することを検証した



作成したシナリオ



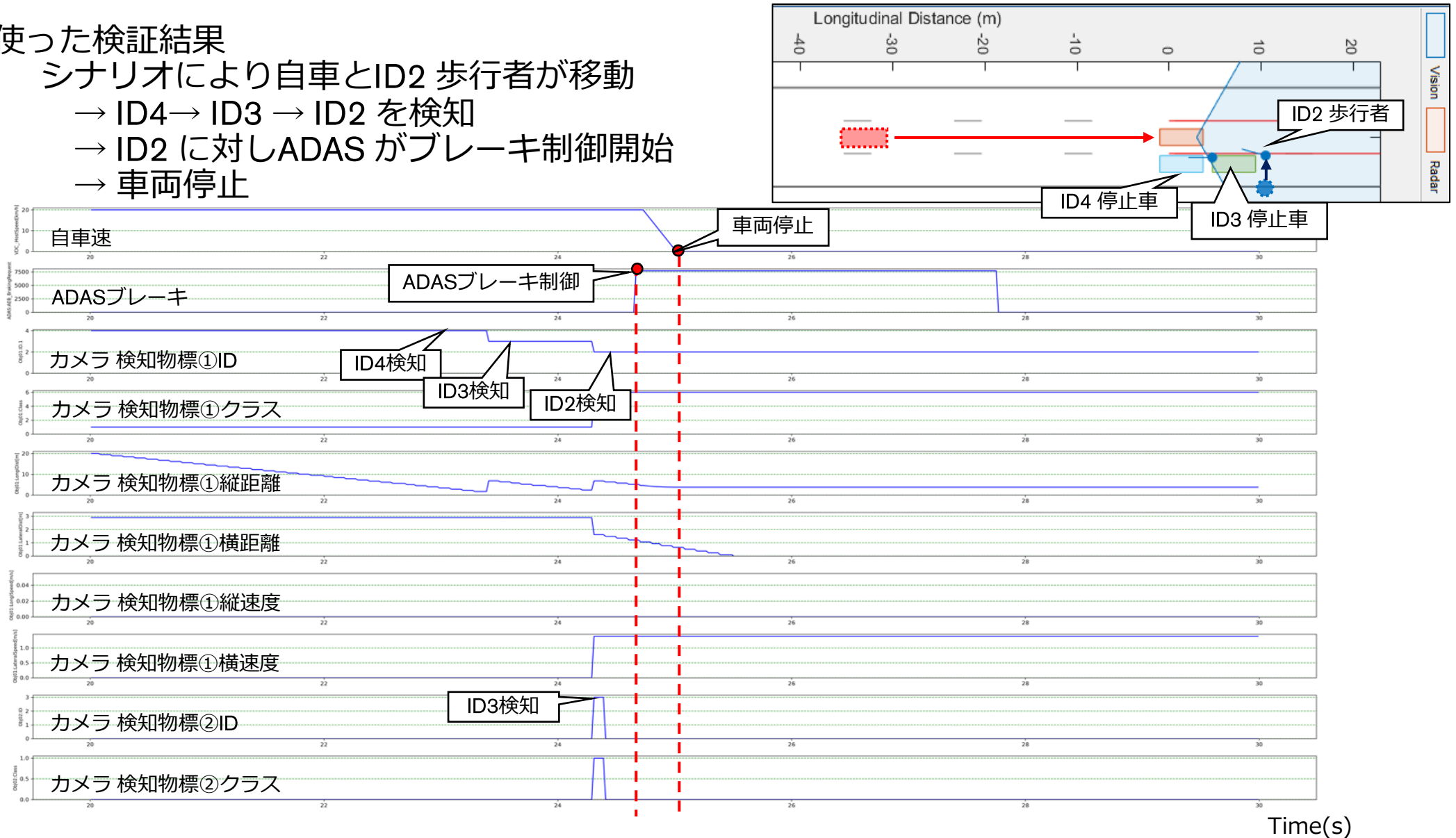
クローズドループでのMILテスト結果

次世代ADAS HIL動作検証 ～ 横断歩行者衝突回避

HILを使った検証結果

シナリオにより自車とID2 歩行者が移動

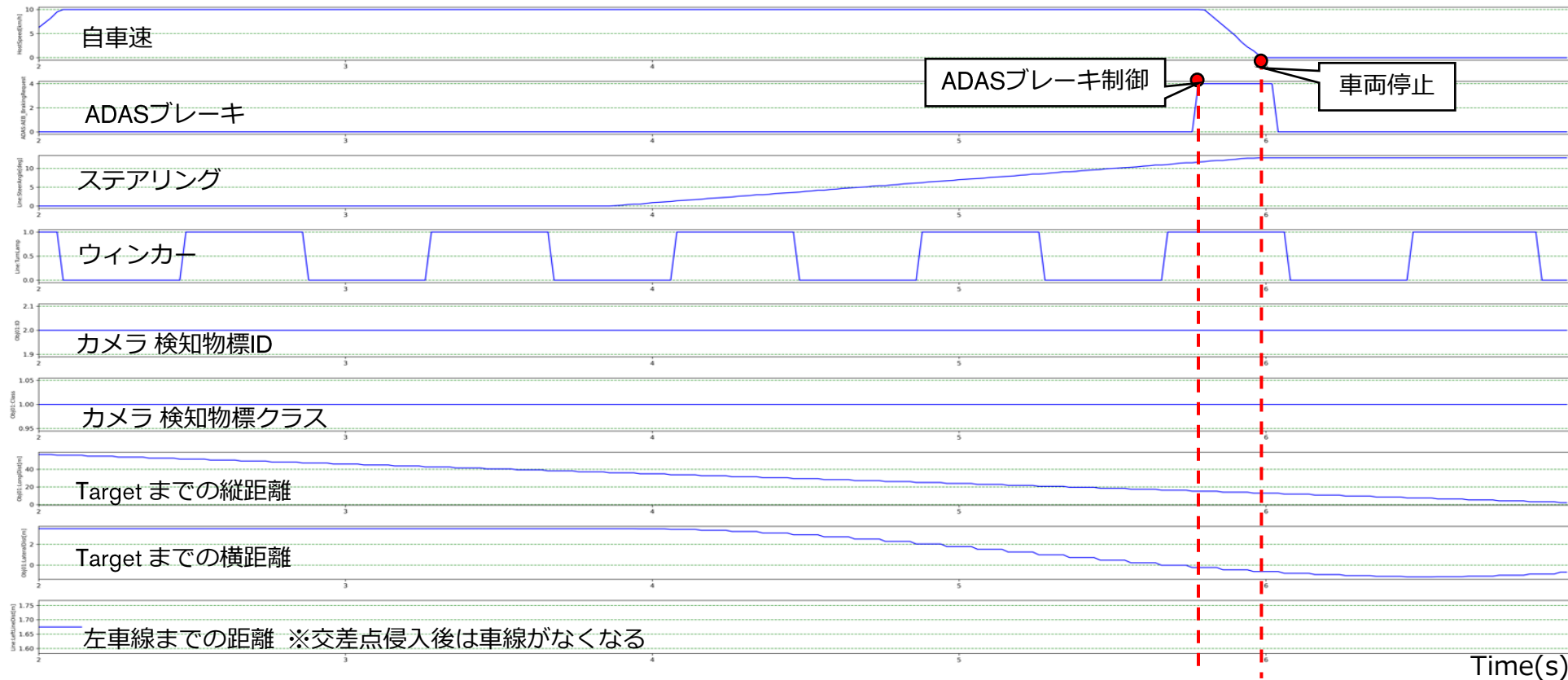
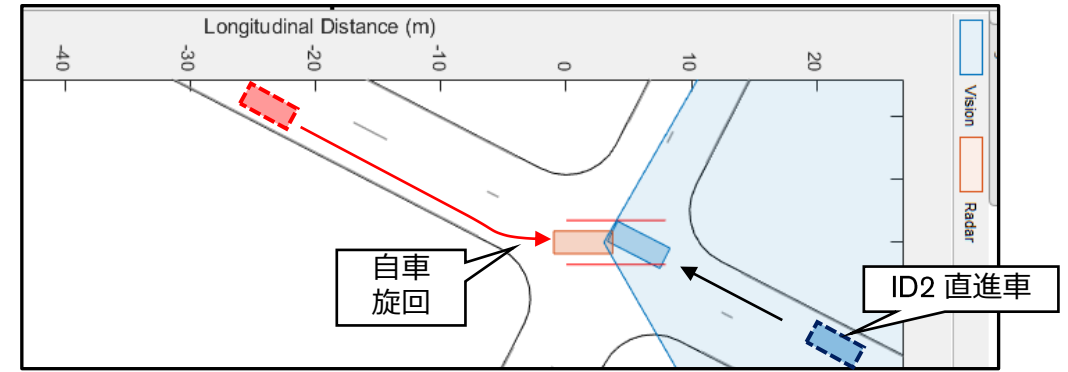
- ID4 → ID3 → ID2 を検知
- ID2 に対しADAS がブレーキ制御開始
- 車両停止



次世代ADAS HIL動作検証 ～ 交差点衝突回避

HILを使った検証結果

- シナリオにより自車とID2 車両が移動
- ID2 までの縦距離、横距離が近づく
- ID2 に対しADASがブレーキ制御
- 車両停止



まとめ

- Automated Driving Toolbox と CANoe を連携させることで、道路や車両挙動を含めたADAS向けHILテストを効率的に作成、実行することが可能となった
- シナリオとプラントモデルのノードを分けたことによりシナリオのビルド時間を短縮し、様々なバリエーションのHILテストが可能となった

今後も更にHIL技術を進化によるADAS機能の向上を通じ、安心・安全な車社会の実現に貢献して参ります

ご清聴ありがとうございました