

SensorObjectFusion機能向け MILS検証環境の構築

本田技研工業株式会社
ソフトウェアデファインドモビリティ開発統括部
先進安全・知能化ソリューション開発部 知能化ソリューションラボ
小西 達也

2022年 05月 25日

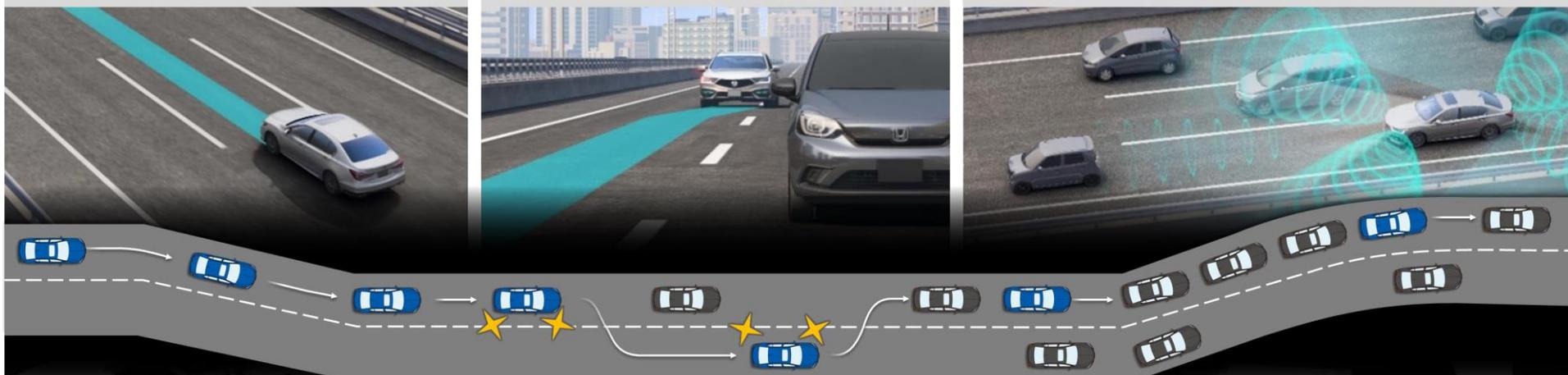
1. SensorObjectFusionとは
2. 開発における課題
3. 課題解決手法
4. MILS環境のデモンストレーション

走行シーン

車線維持

車線変更

渋滞時運転



ストレス低減
ハンドルから手を離せる

ストレス低減
ハンドルから手を離せる

ストレス低減
動画視聴・ナビ操作等が可能

ドライバー価値

高速道路本線・自動車専用本線上での車線維持支援・車線変更支援・渋滞時運転機能を提供

SensorFusionとは システム全体構成

自車位置認識

バックエンドサーバー
TCU(通信ユニット)
マルチGNSSアンテナ
地図ECU + 高精度地図

ドライバー状態検知

ドライバーモニターカメラ
把持センサー
操舵トルク検知

HMI

センター・ディスプレイ (NAVI)
ヘッドアップディスプレイ
ステアリングインジケーター
全面液晶メーター

行動計画

自車位置
ドライバー状態
システム状態

外界認識

Camera
Radar
LiDAR
Sensor Fusion

座標照合と白線補正
地図統合
障害物の距離と速度
回-カルマップ処理
最適な目標ラインの選択

車両制御・機能冗長

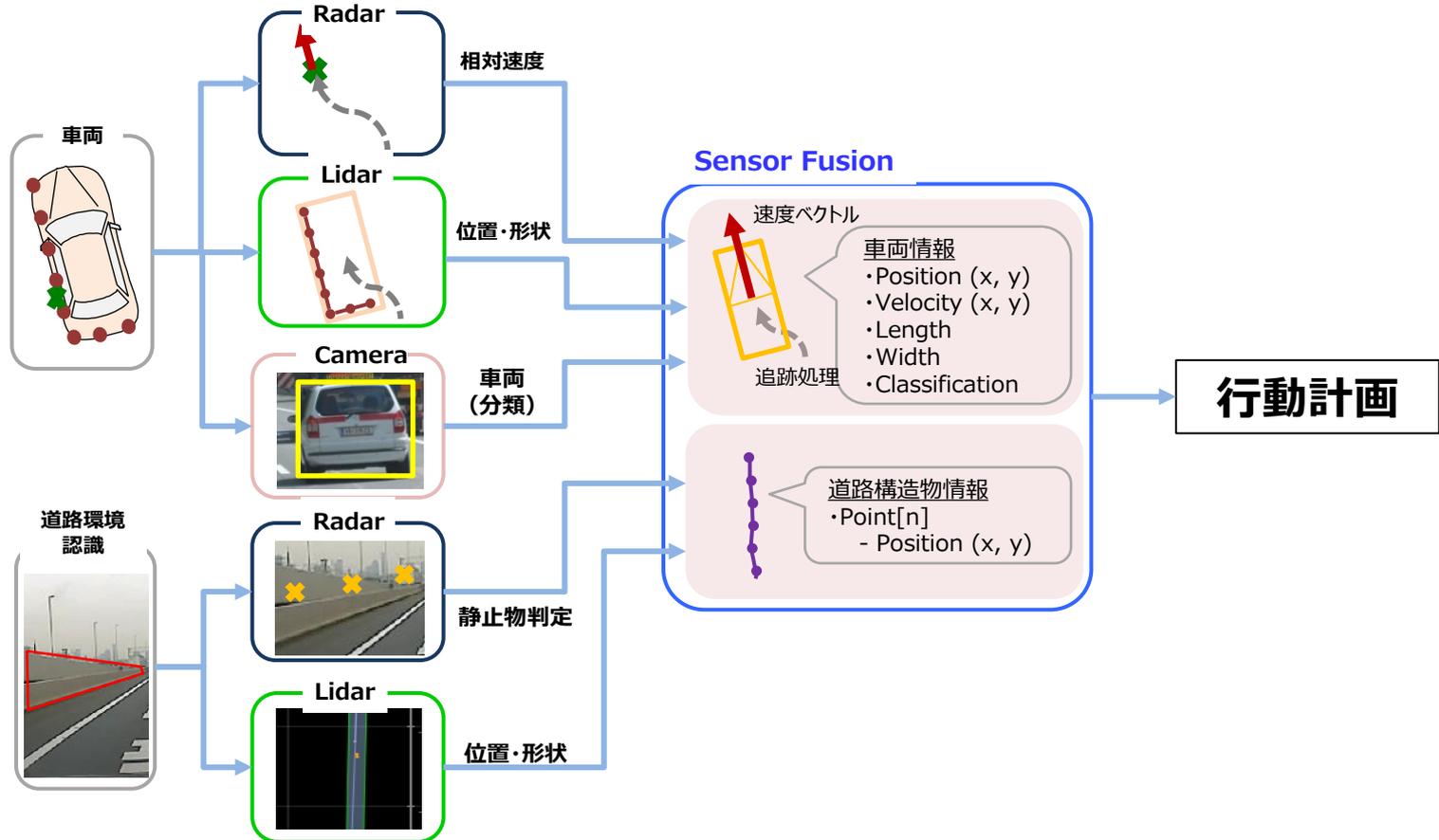
<止まる> ブレーキ冗長
<曲がる> EPS冗長化

外界認識、自己位置認識、行動計画、車両制御 で自動運転
ドライバー状態検知とHMIでシステム⇔ドライバーの意思疎通を実施

SensorFusionとは

自動運転技術において複数のセンサが使用されている

各センサには長所／短所が存在する
各センサ情報をどう組み合わせるかを定める仕事

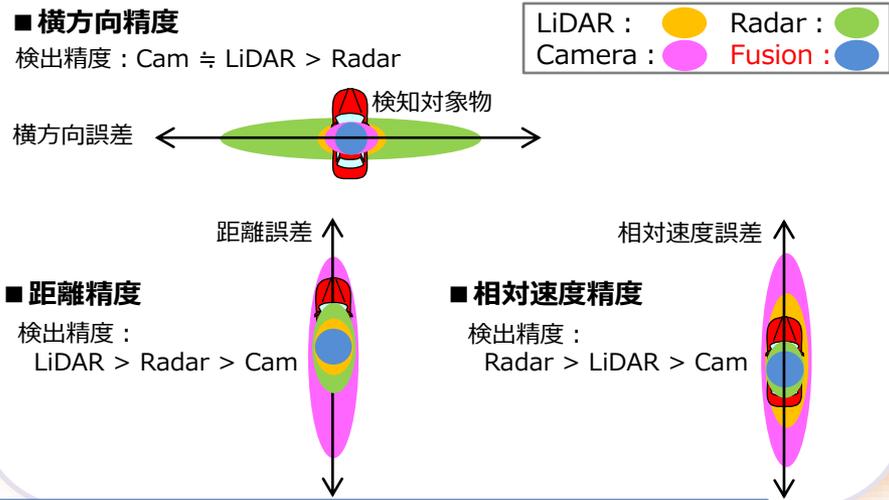


センサー情報を統合させて、自車周辺の環境（物標、構造）を認識

SensorFusionとは

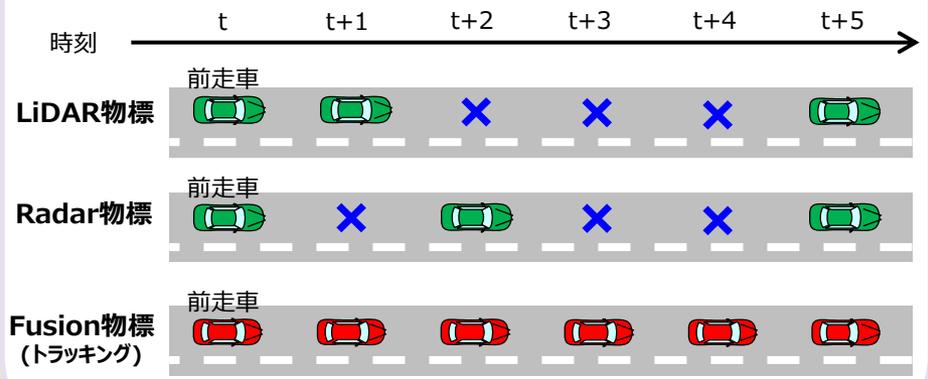
センサ情報の組み合わせ方を決める

特性の異なる外界センサ情報を統合する事で物標の位置・速度精度を向上



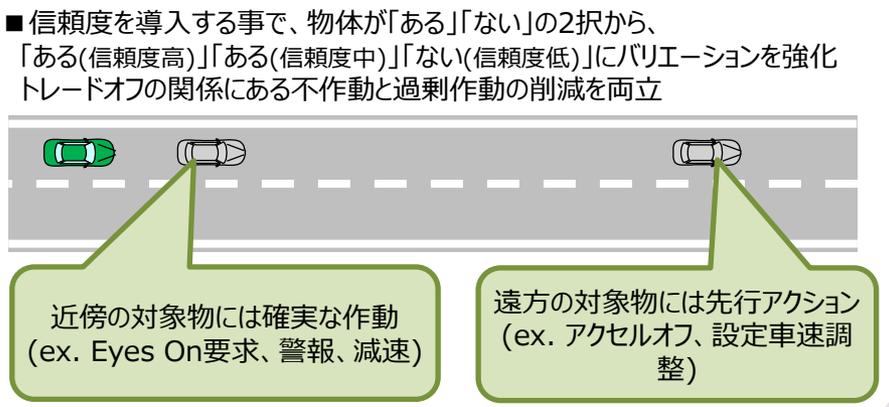
センサが検知できない場合の処理を決める

- ・複数ある外界センサ情報で補完する事で物標の検出率を向上
- ・過去の検知情報を用いてトラッキングを継続する事でロバスト性を向上



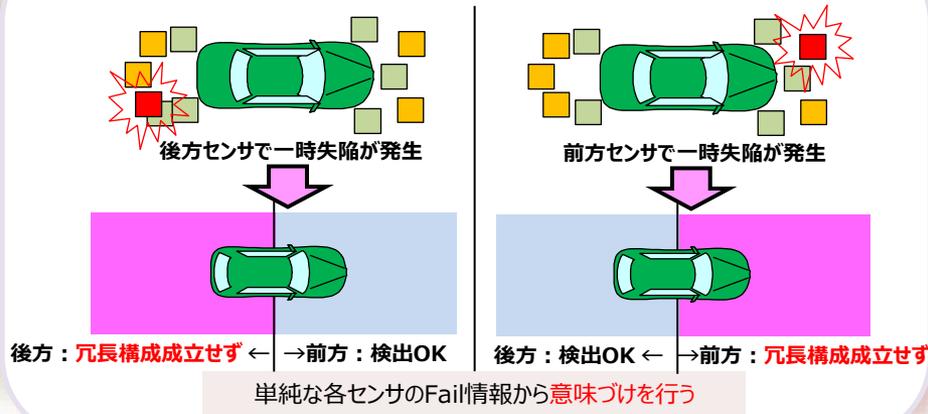
情報が信頼できるかを決める

外界センサの検知状況から検知物標の存在の確からしさ(信頼度)を推定



故障状態の処理を決める

外界センサに一時失陥が発生した時にセンサ状態を管理

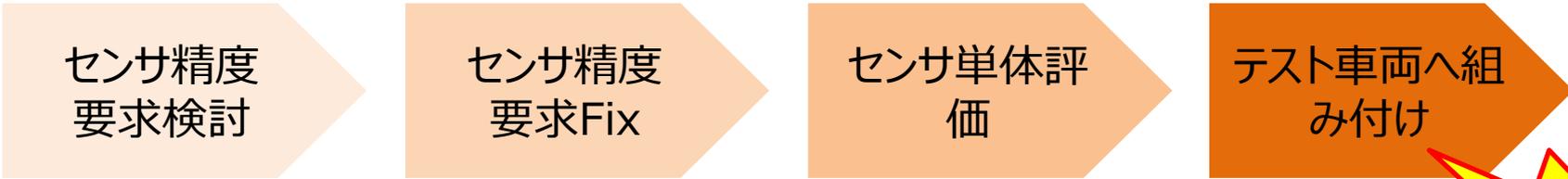


センサフュージョンロジックを評価するためにはセンサ毎に適切な誤差特性が必要

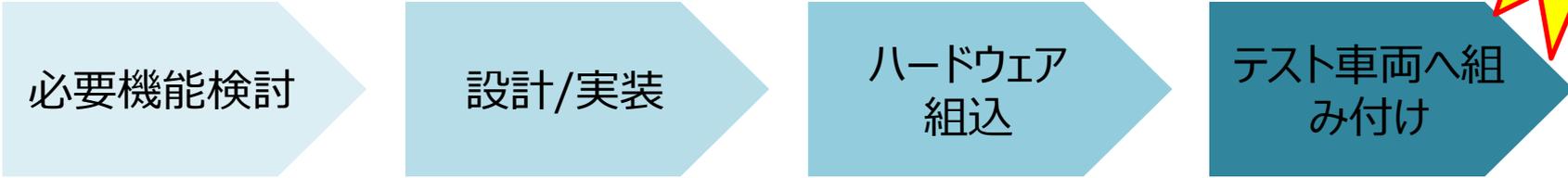
次世代のセンサフュージョン開発時の課題

・外界認識システム開発

センサ開発フロー概要



センサフュージョン開発フロー概要



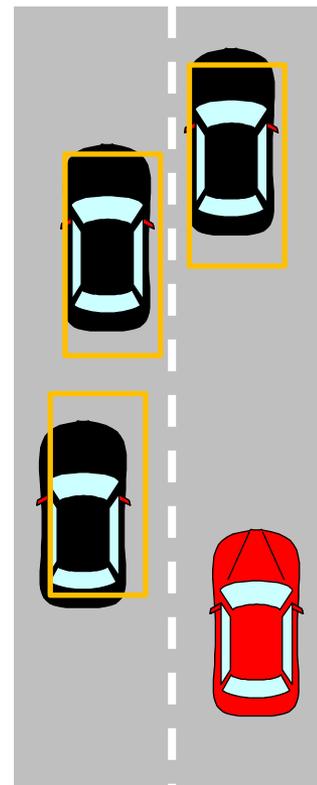
センサ開発完了と同時期に結合テストができる状態にある必要がある

センサの実物が存在しないときからアルゴリズムの検討/評価が必要

・真値が存在する場合のセンサフュージョン出力の評価方法

センサフュージョンの出力IF概要

物標情報	
物標数	
ID	
位置情報	X位置
	Y位置
速度情報	X速度
	Y速度
センサ位置情報	X位置
	Y位置
形状情報	幅
	長さ
	角度
タイプ	車両/歩行者/対向車/ 不明/自動車/トラック/ バイク/自転車/歩行者/その他



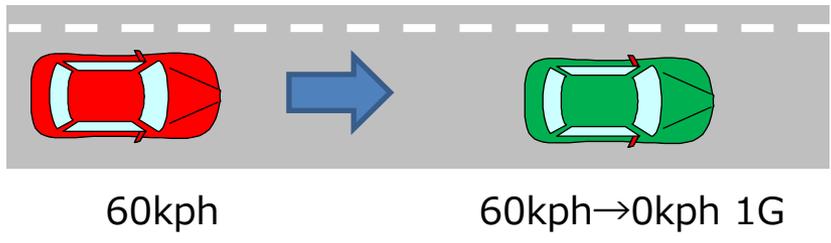
複数の車両が存在すると真値  とObjectFusion  の同一判定をしないと評価ができない

真値と比較するためには真値とセンサフュージョン物標の同一判定ロジックが必要

センサフュージョン開発時の課題

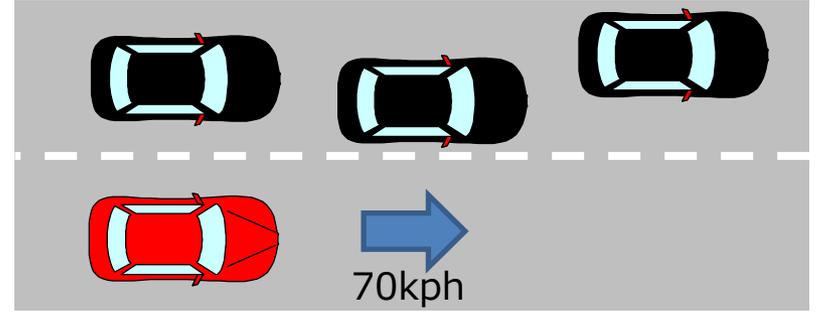
・実車での評価が困難な事象が存在する

■ 前走車が急減速するテストモード



前走車に対して衝突危険性があり、テストが非常に危険

■ 隣接車線が不規則に渋滞しているテストモード



隣接車線を走行している車両の相対位置を複数パターンで検証しようとする実車の場合テストに時間がかかる

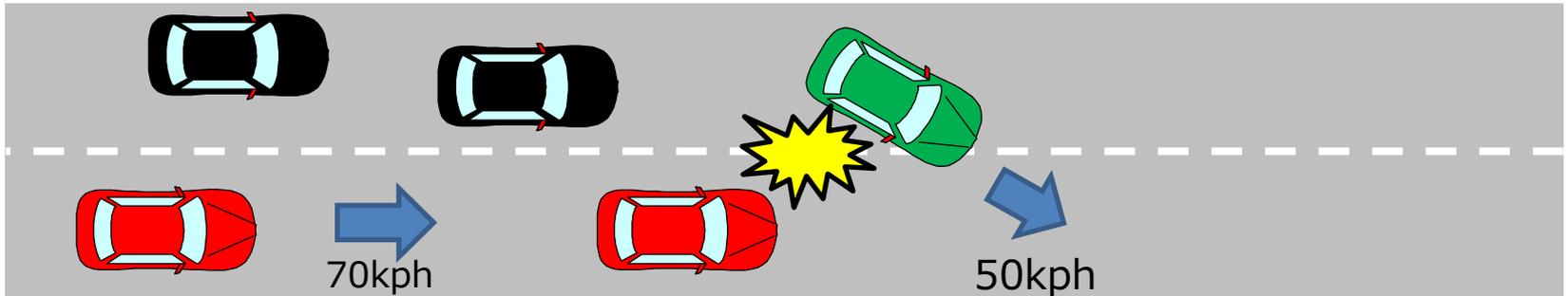
実車テストでは容易に実施できないパターンでの検証が必要

センサフュージョン開発時の課題

・実車テストで発生した課題の再評価が困難

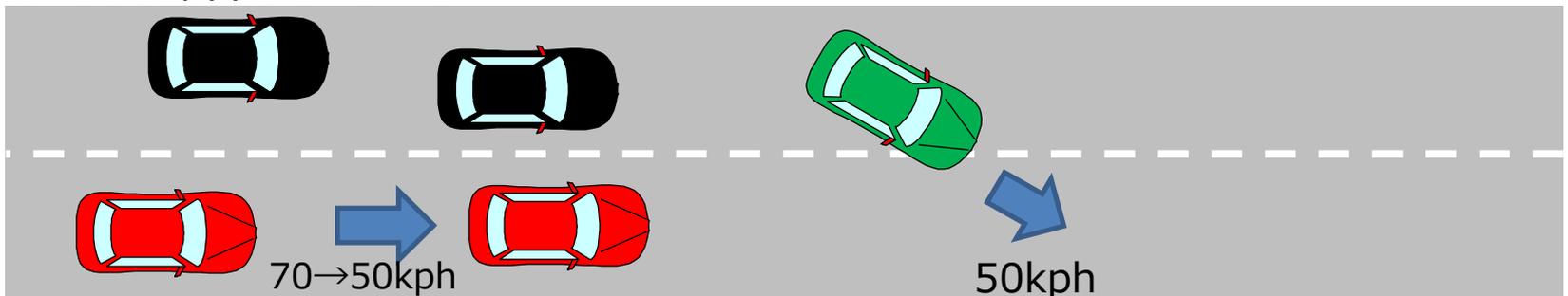
例：隣接レーンから割り込んでくる車両の検知が遅れて減速しなかった

実車計測データ



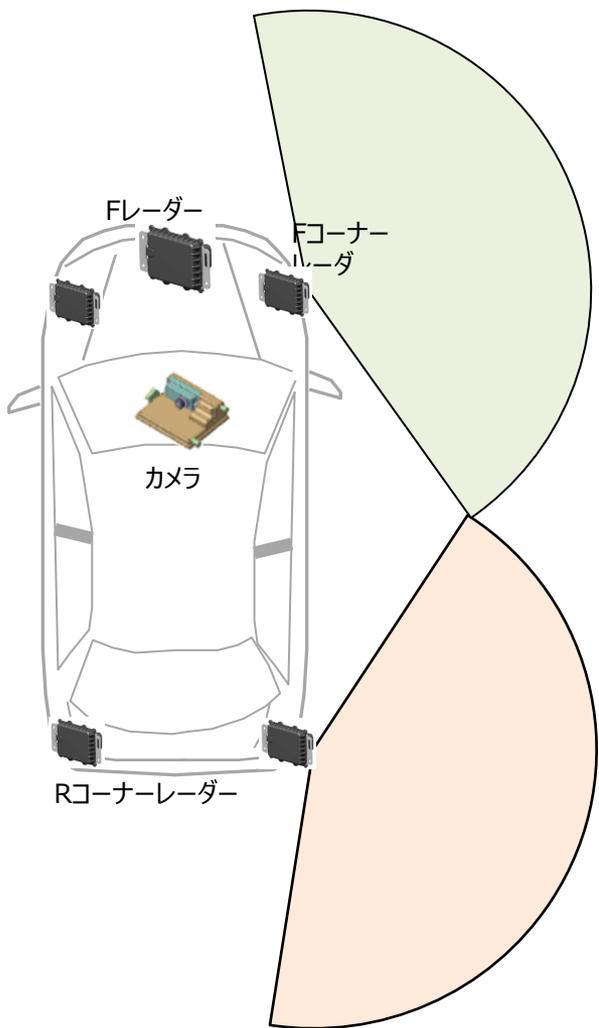
実車で計測できているデータは100kphで走行したときの相対位置関係であり、減速が正しくできていた場合の相対位置関係での計測データが存在しない

理想的な再評価時のデータ

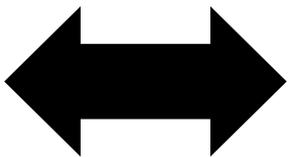


実車計測の再評価は外界認識デバイスと制御振舞含めた再評価ができない

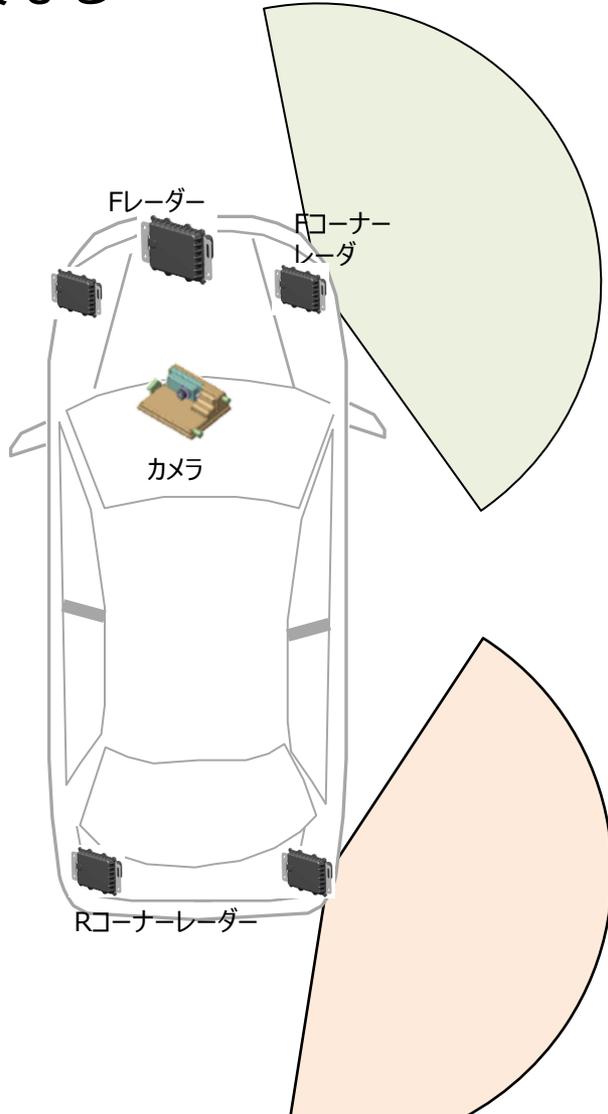
・適用車種ごとにセンサの取り付け位置、画角が異なる



車両のサイズなどの差分によって
センサの取り付け位置が変わる



センサの検知できる範囲が代わり、
センサフュージョンで影響の
最小化が必要になる

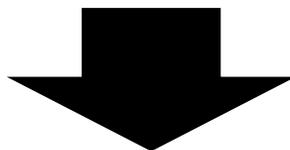


適用機種による差分検証を実車組み上がり前に影響確認を実施できるようにしたい

・センサフュージョン開発時の課題を解決に必要な環境要件

下記要件を満たすシミュレーション環境があれば課題を解決できる

- ・センサ構成を容易に調整できること
- ・センサの精度を容易に調整できること
 - ・シナリオを容易に調整できること
- ・センサ誤差モデルを含んだデータで評価ができる
 - ・制御とソフトウェアと結合できること
 - ・機能拡張性が高いこと



ADTライブラリを使用したセンサフュージョン用のMILS環境を構築

・ADT 統計センサの特徴

- ①未検出/誤検出など確立パラメータを与え、モンテカルロ法により、真値に対してセンサの振舞を模擬した検出結果を出力できる
- ②統計パラメータに加えてセンサに固有のパラメータを持ち、センサ特性に応じて真値に対してセンサの振舞を模擬した検出結果を出力できる

センサ特性に応じたパラメータは以下のセンサなどを有する

- ・カメラ
- ・Radar
- ・Lidar

Lidarを含めた複数のセンサ特性に応じた真値に対する
センサの振舞を模擬した検出結果を出力できる

課題解決手法

課題解決のために構築した開発環境

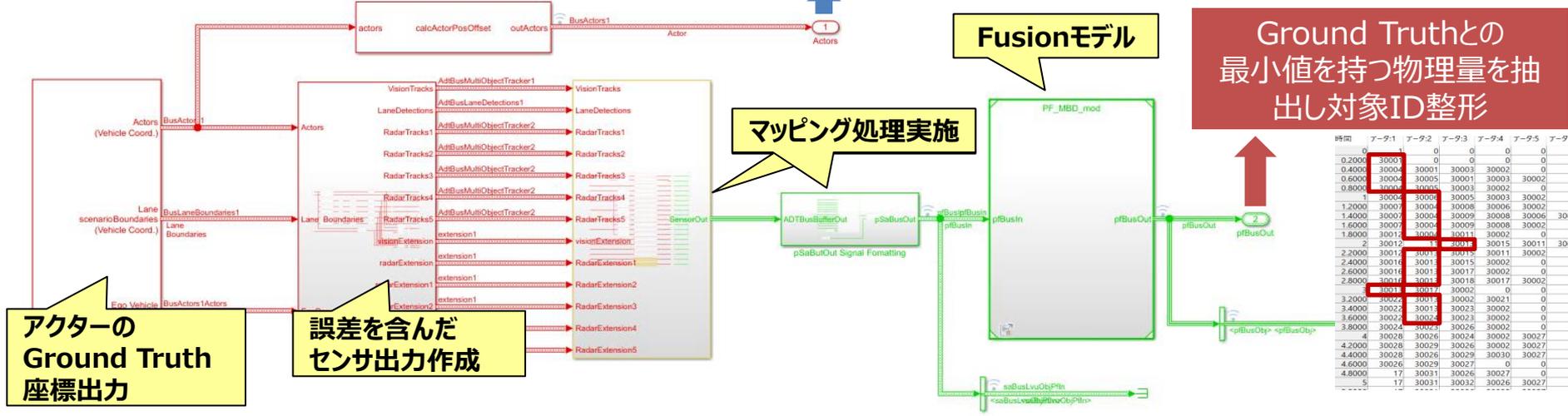
OpenLoopMILSモデル

真値としてアクター情報を計算

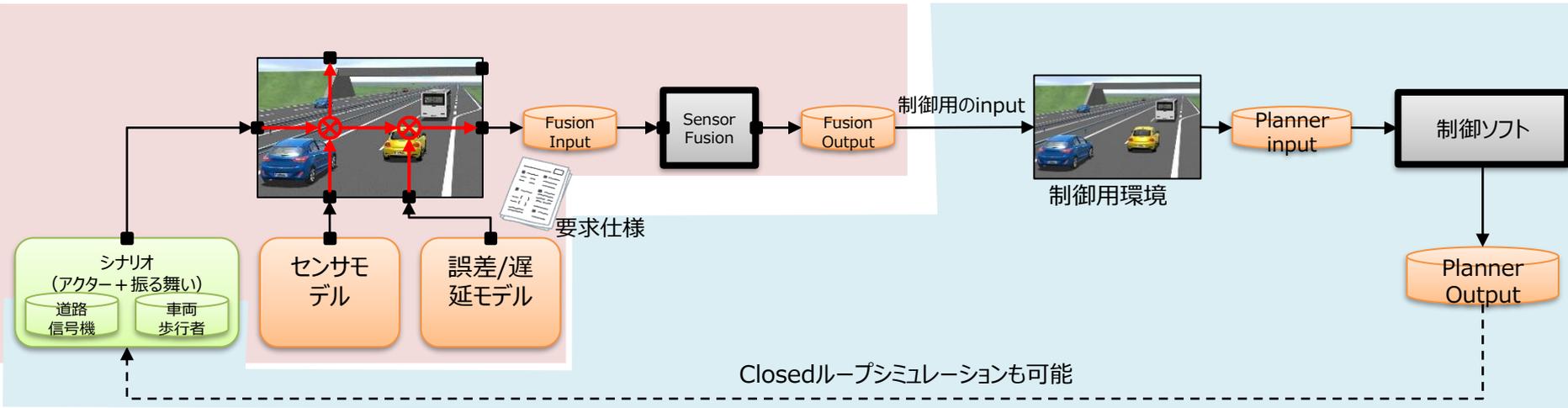
アクターGround Truthを抽出

真値とFusion出力結果を比較

Ground Truthとの最小値を持つ物理量を抽出し対象ID整形



ClosedLoopMILSモデル



MILS環境のデモンストレーション

デモンストレーション

ドライビングシナリオ作成画面

デザイナー

新規 開く 保存 インポート 道路の追加 アクターの追加 カメラの追加 レーダーの追加 LIDARの追加 表示 開始に移動 ステップを戻す 実行 ステップを進める 設定 繰り返し 既定のレイアウト 3D表示 エクスポート

ファイル シナリオ センサー プロパティ シミュレーション 表示 エクスポート

2 Car 1

名前: Car1 自車として設定

クラス: Car

3D表示タイプ: セタン

▶ Actor プロパティ

▼ レーダー断面

アクターのスポーンとデスポーン

エントリ時間 (秒): 終了時間 (秒):

一定速度 (m/s): 20

中間点、速度、待機時間、およびヨー

	x (m)	y (m)	z (m)	v (m/s)	wait (s)	yaw (d...)
1	30	1.7500	0	20	0	0
2	300	1.7500	0	20	0	0

シナリオキャンパス

自己を中心としたビュー

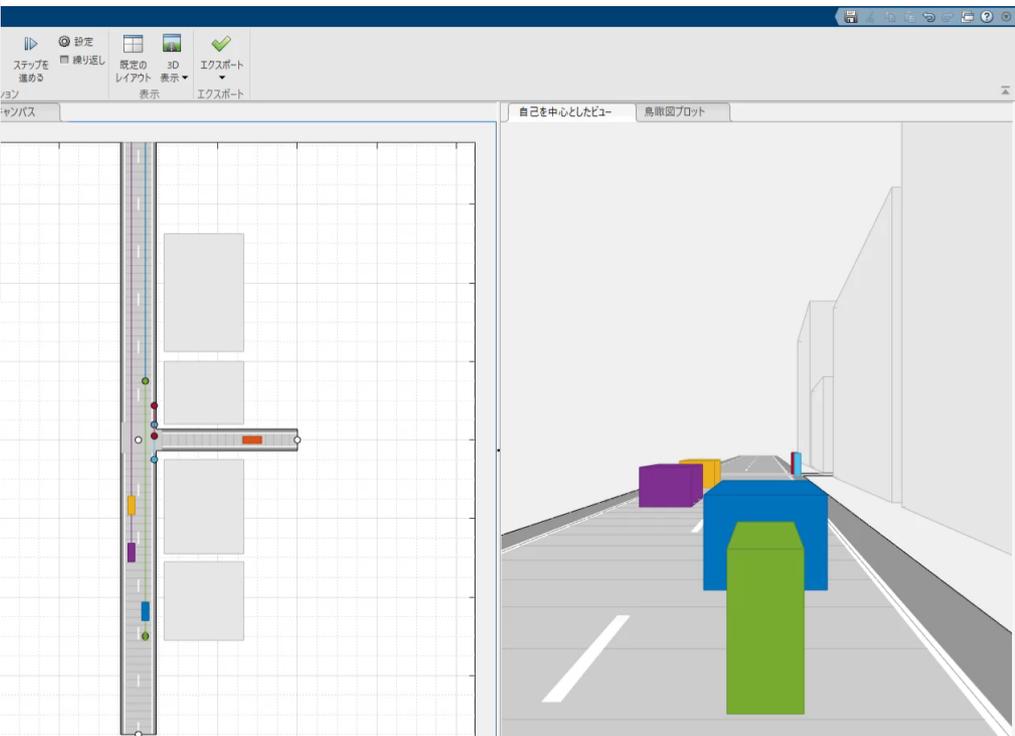
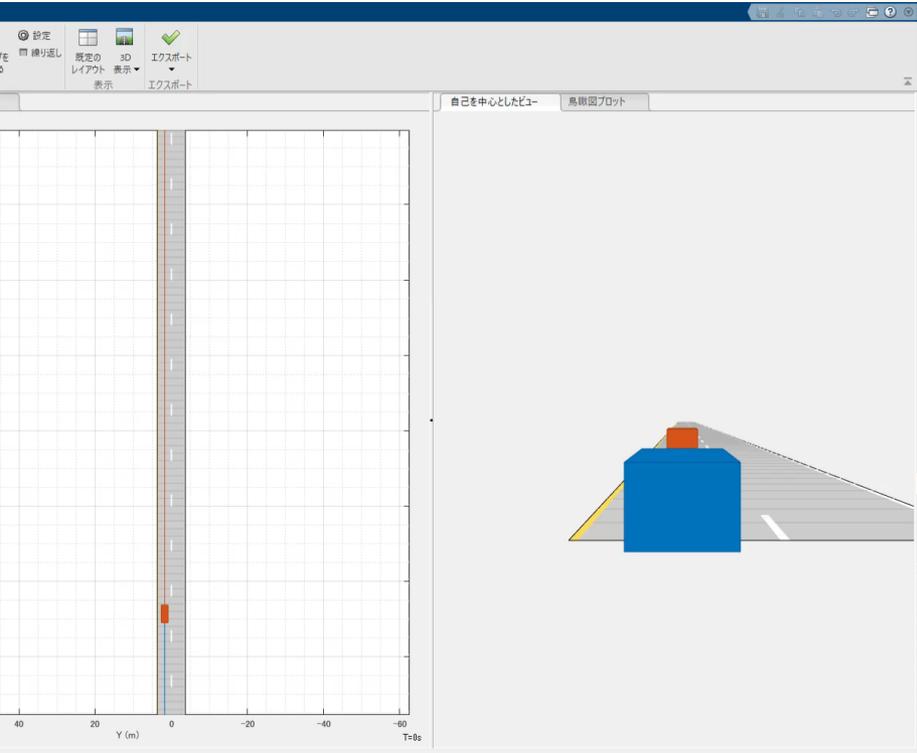
X (m)

Y (m)

T=0s

MILS環境のデモンストレーション デモンストレーション

ドライビングシナリオ動画



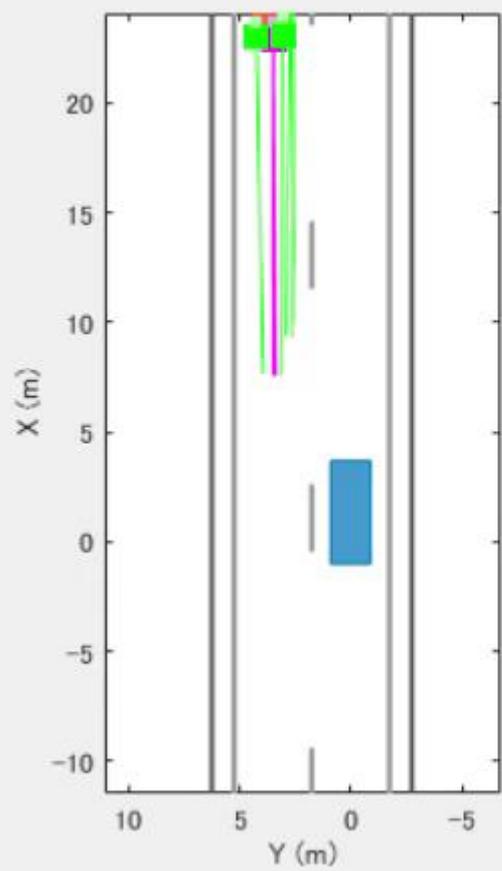
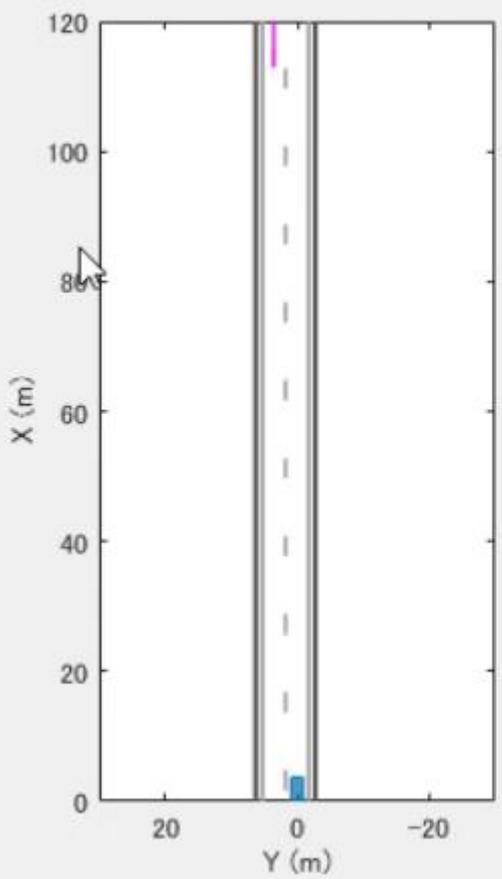
最小値: -100 最大: 100
 仰角あり
 オクルージョンあり
 ▼ 詳細設定/パラメータ
 参照範囲: 100
 参照 RCS: 0
 検出の制限数:
 検出座標: 自己の直交座標
 ▼ 精度とサイズ設定

分解能	バイアス比率
方位角: 4	0.1
仰角:	
範囲: 2.5	0.05
範囲率: 0.5	0.05

 ノイズあり
 偽警報あり

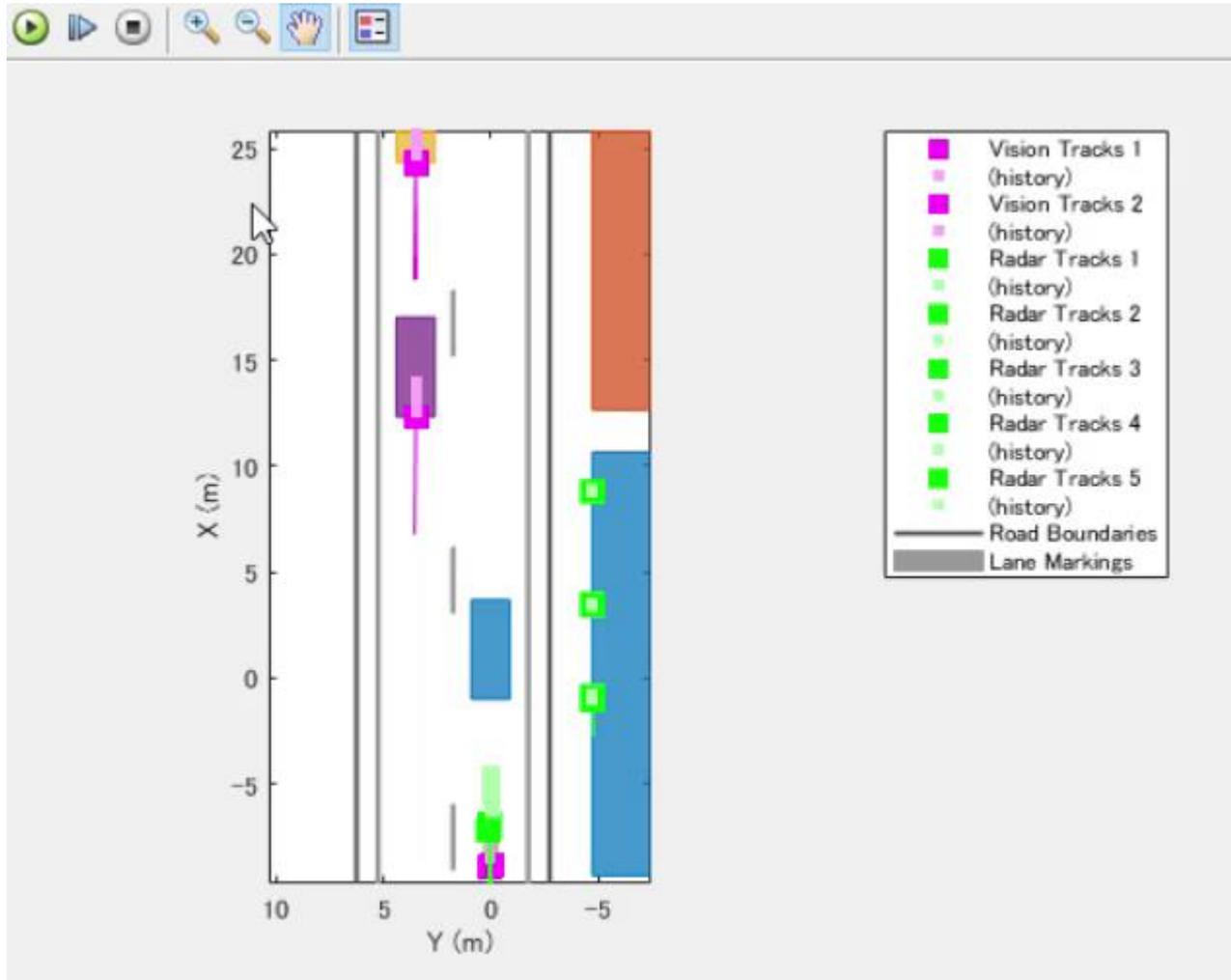
外界認識センサ(カメラのみ)

外界認識センサ(カメラ+Radar)



- Vision Tracks 1
- (history)
- Vision Tracks 2
- (history)
- Radar Tracks 1
- (history)
- Radar Tracks 2
- (history)
- Radar Tracks 3
- (history)
- Radar Tracks 4
- (history)
- Radar Tracks 5
- (history)
- Road Boundaries
- Lane Markings

外界認識センサ(カメラ+Radar)



MILS環境のデモンストレーション

デモンストレーション

評価結果の出力

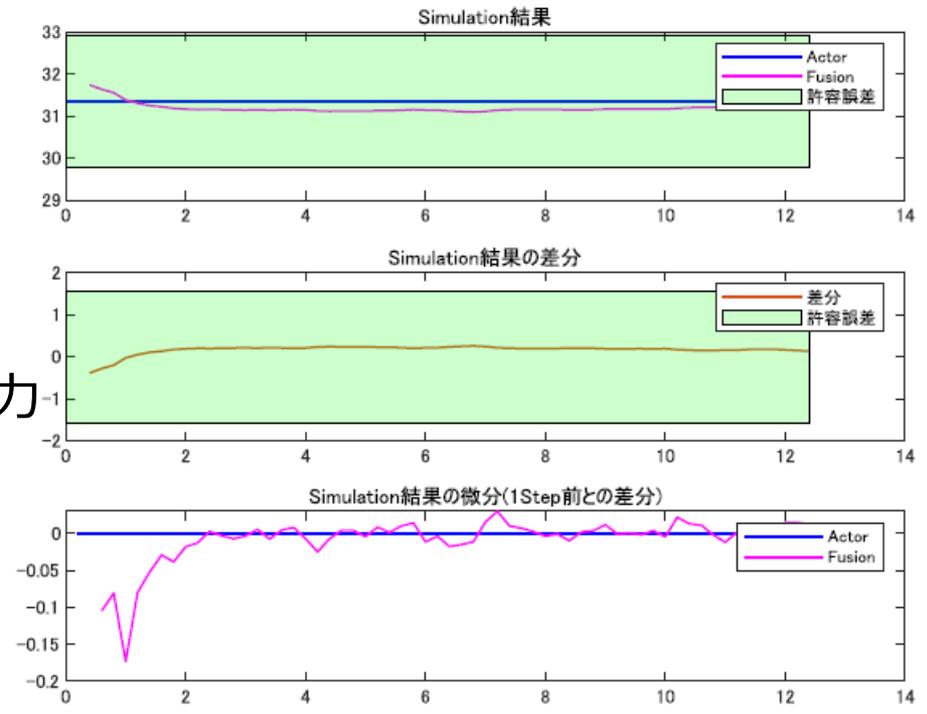
Actor1

Item	Result
Posx	Passed
Posy	Passed
Velx	Passed
Vely	Passed

2.1. Posx

Test Result: Passed

テストモードの評価結果と
評価物理量ごとの詳細結果を帳票として出力



以上で説明およびデモンストレーションを終了いたします。

説明させていただいた下記要件を満たす製品仕様の詳細を
引き続きMathworks大塚様より説明いたします。

- ・センサ構成を容易に調整できること
- ・センサの精度を容易に調整できること
 - ・シナリオを容易に調整できること
- ・センサ誤差モデルを含んだデータで評価ができる
 - ・制御とソフトウェアと結合できること
 - ・機能拡張性が高いこと