

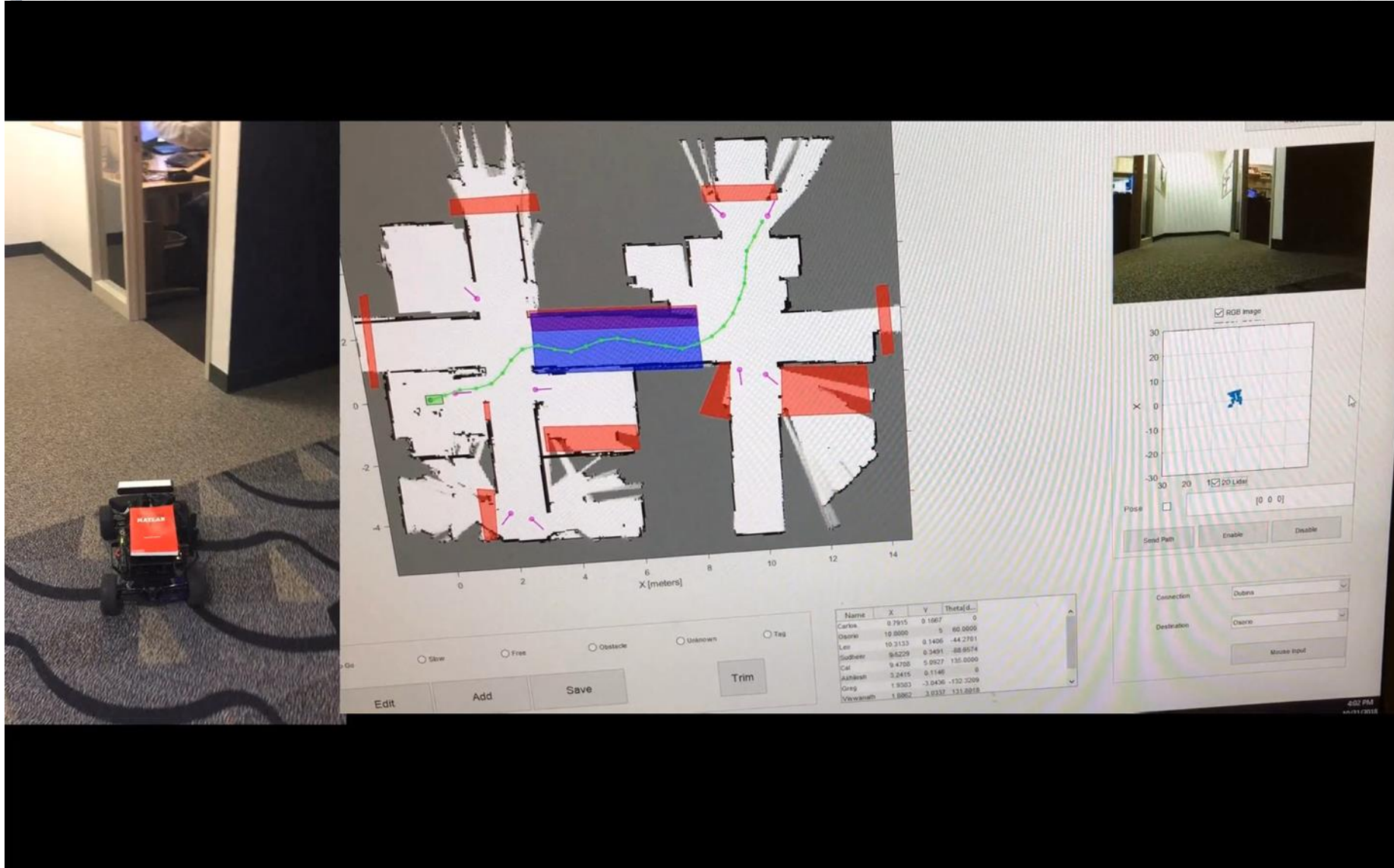
MATLAB EXPO

自律移動システムのためのセンサーフュージョンと
ナビゲーション

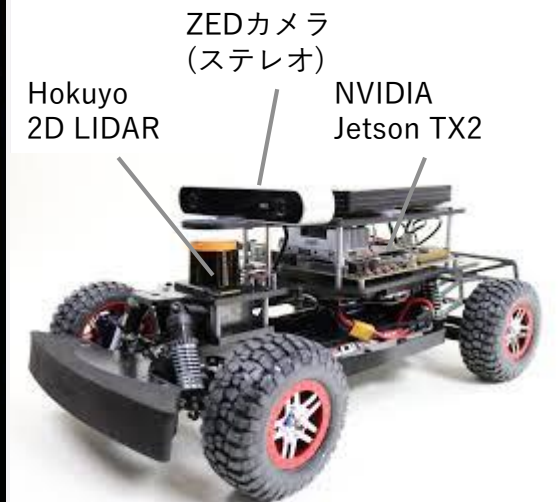
MathWorks Japan
草野 駿一



Demo : 自律搬送ロボット



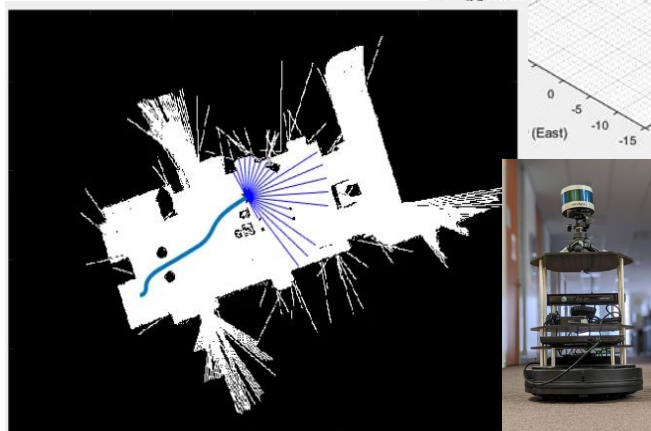
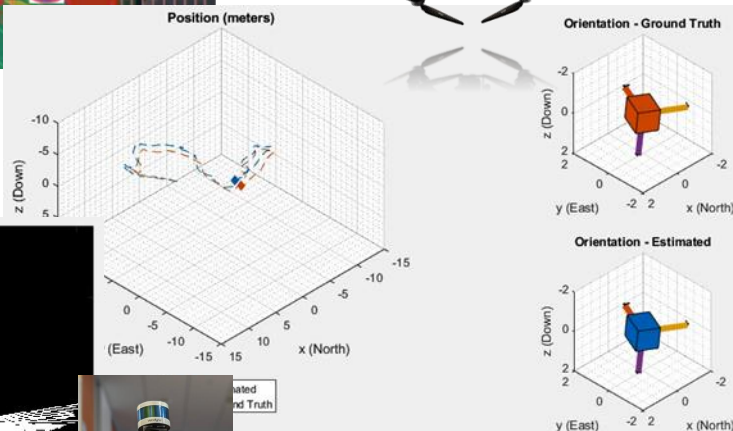
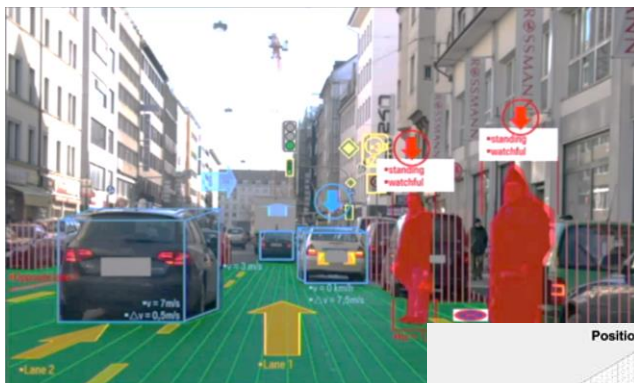
MIT RACECAR/J



自律移動システムの開発 – 認知 with MATLAB and Simulink



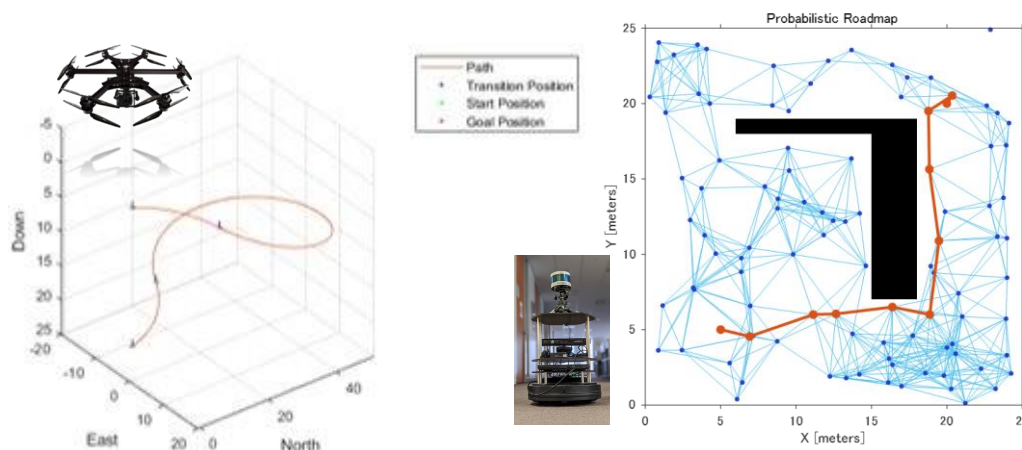
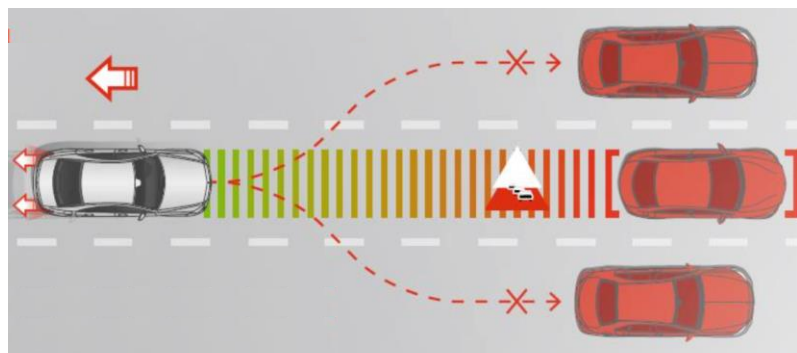
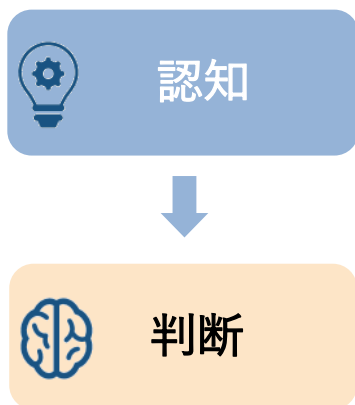
認知



関連アルゴリズム・タスク代表例

- 画像処理
- 点群データ処理
- レーダー信号処理
- Deep Learning
- 自己位置推定、SLAM
- センサーフュージョン・トラッキング

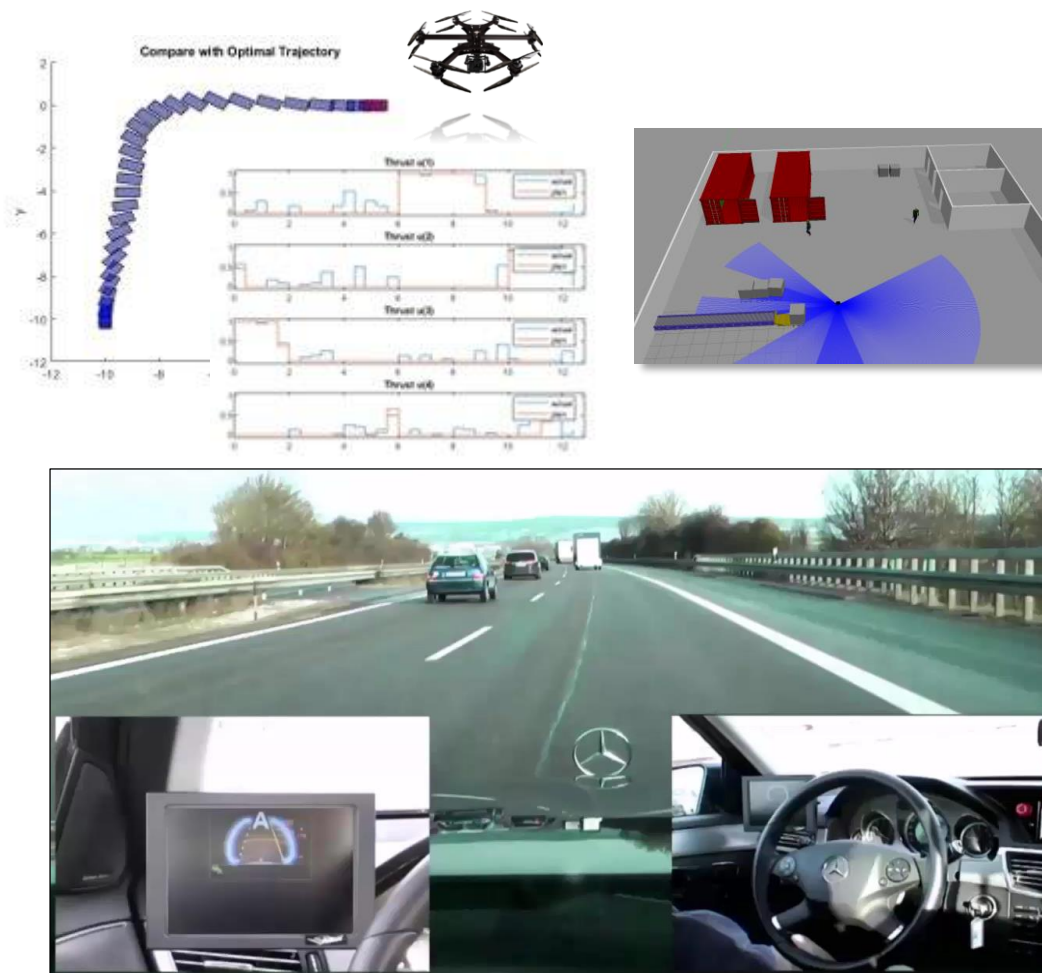
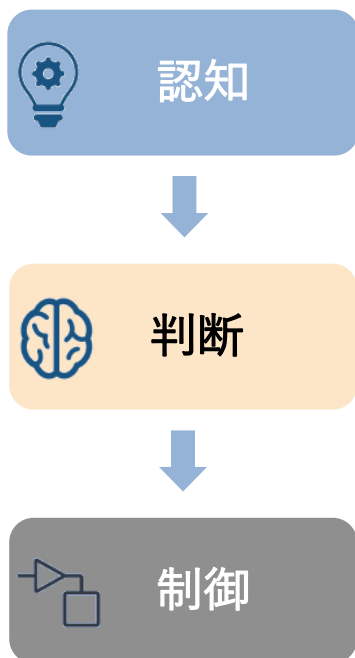
自律移動システムの開発 – 判断 with MATLAB and Simulink



関連アルゴリズム・タスク代表例

- 占有グリッドマップ、コストマップ生成
- HD Map連携
- ローカルパスプランニング
- グローバルパスプランニング
- 車両軌道生成

自律移動システムの開発 – 制御 with MATLAB and Simulink

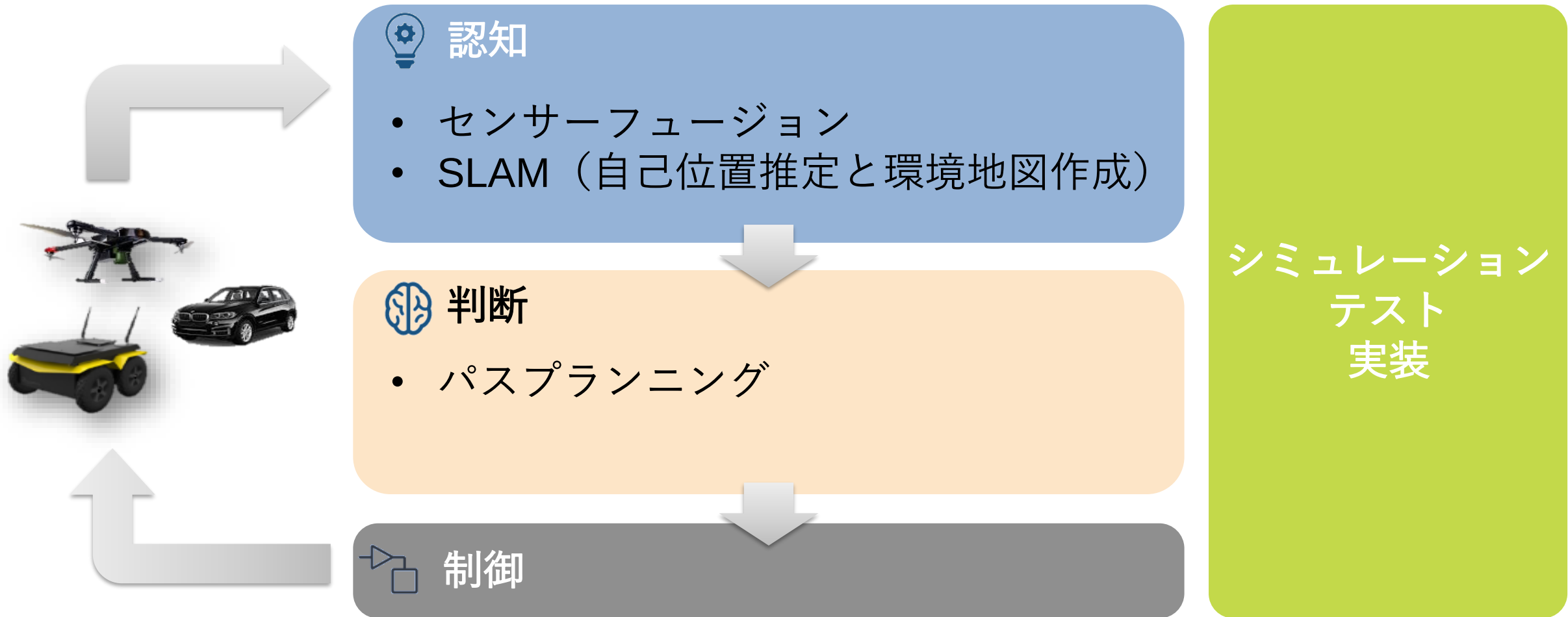


関連アルゴリズム・タスク代表例

- ログデータ、CANバス接続
- rosbag
- 強化学習
- 車両ダイナミクス
- レグレッションテスト
- ハードウェアを利用したプロトタイピング
- パス追従制御
- モデル予測制御
- 量産コード生成、実装

本セッションの内容

自律移動システム開発のための センサーフュージョン と ナビゲーション



自律移動システムを実現するためのToolbox

検証

Simulink Test™

Simulink
Design Verifier™

Simulink
Coverage™

実装

MATLAB Coder™

GPU Coder™

HDL Coder™

ROS Toolbox™

AUTOSAR Blockset™

アルゴリズム開発

Sensor Fusion and
Tracking Toolbox™

Computer Vision
Toolbox™

Image Acquisition
Toolbox™

Deep Learning
Toolbox™

Lidar Toolbox™



認知



センシング

RoadRunner™

Robotics System
Toolbox™

UAV Toolbox™

Automated Driving
Toolbox™



判断

Navigation Toolbox™



制御

Stateflow™

Reinforcement
Learning Toolbox™

Model Predictive
Control Toolbox™

プラットフォーム

MATLAB™

Simulink™



認知

- センサーフュージョン
- SLAM（自己位置推定と環境地図作成）



判断

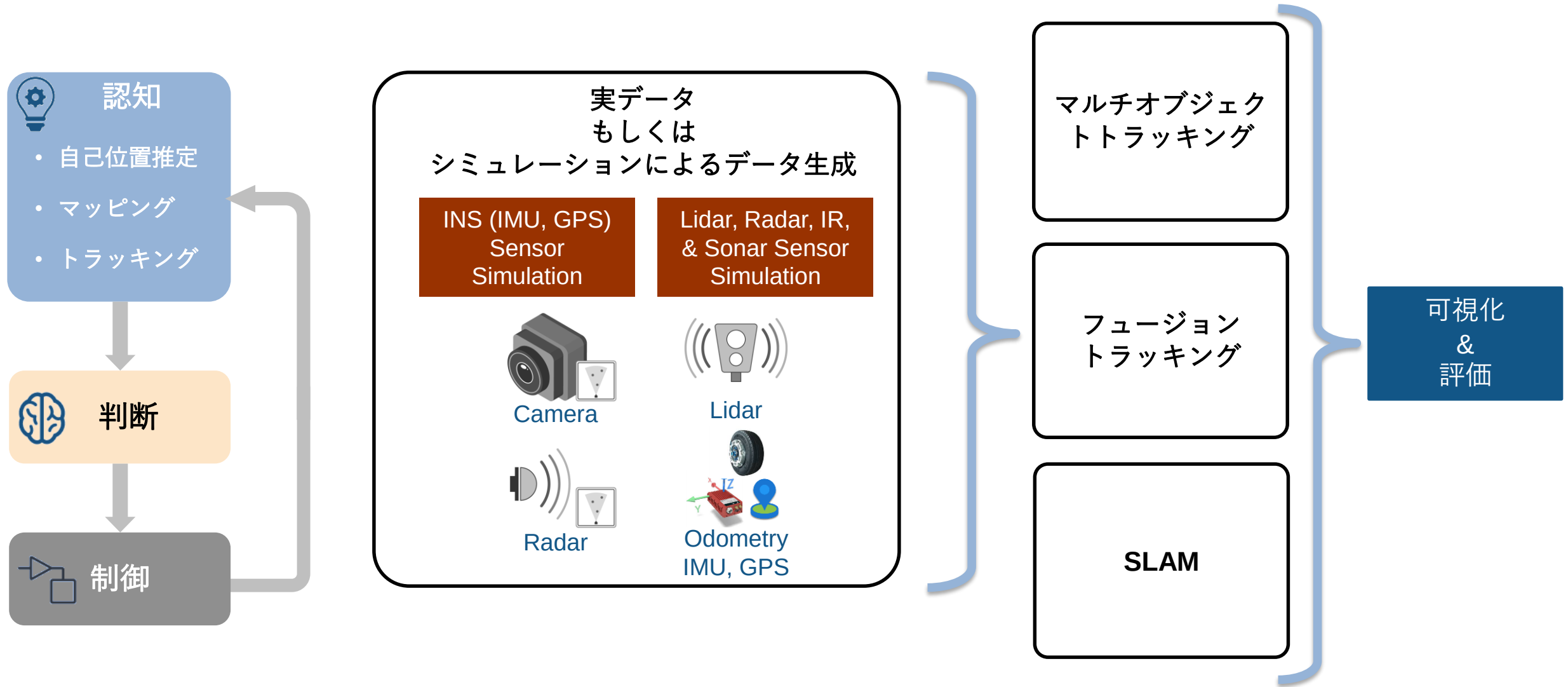
- パスプランニング



制御

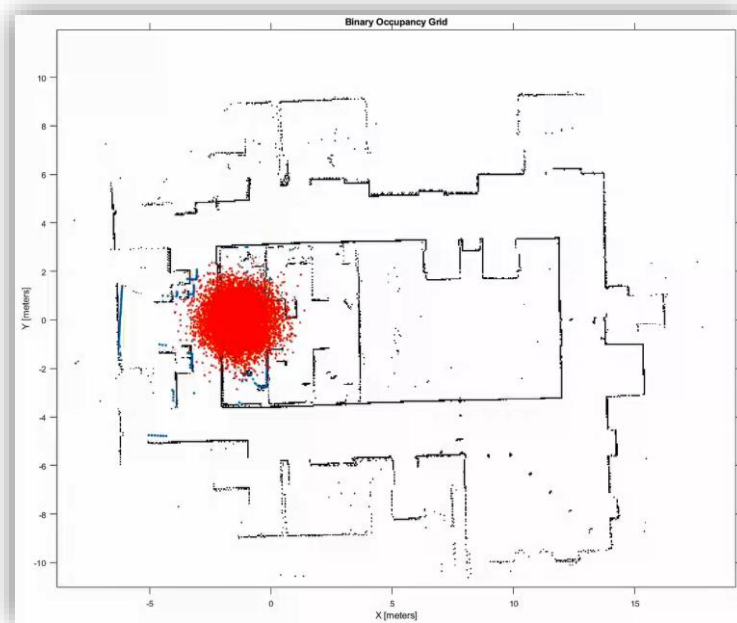
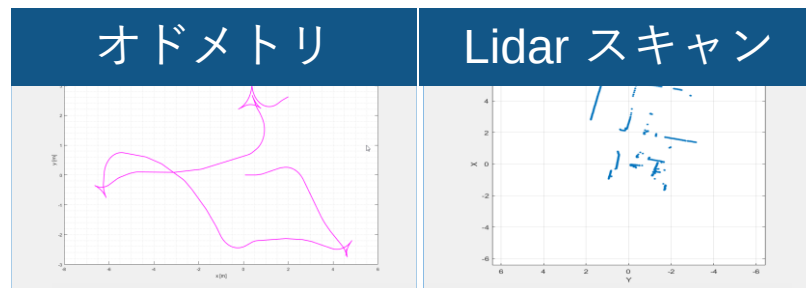
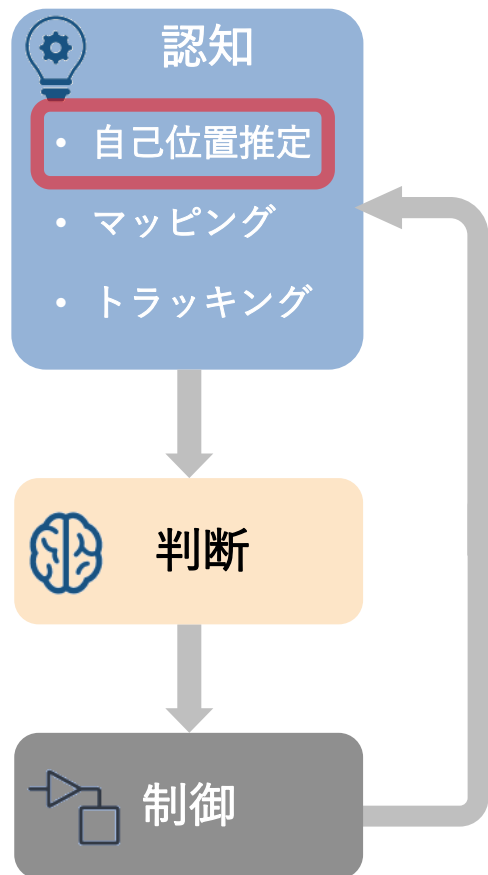
シミュレーション
テスト
実装

認知ワークフロー



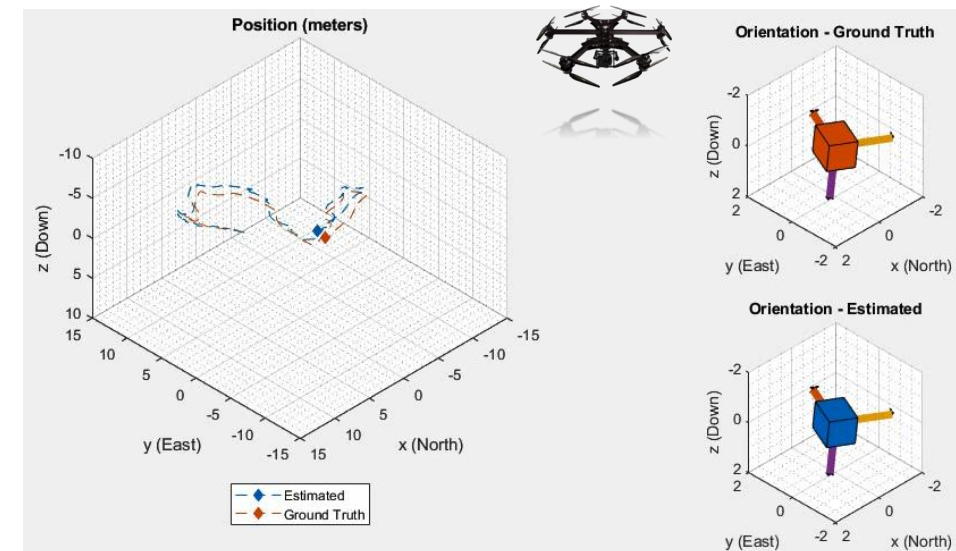
自己位置・姿勢推定

モンテカルロローカリゼーション



R2019b [monteCarloLocalization](#)
Navigation Toolbox

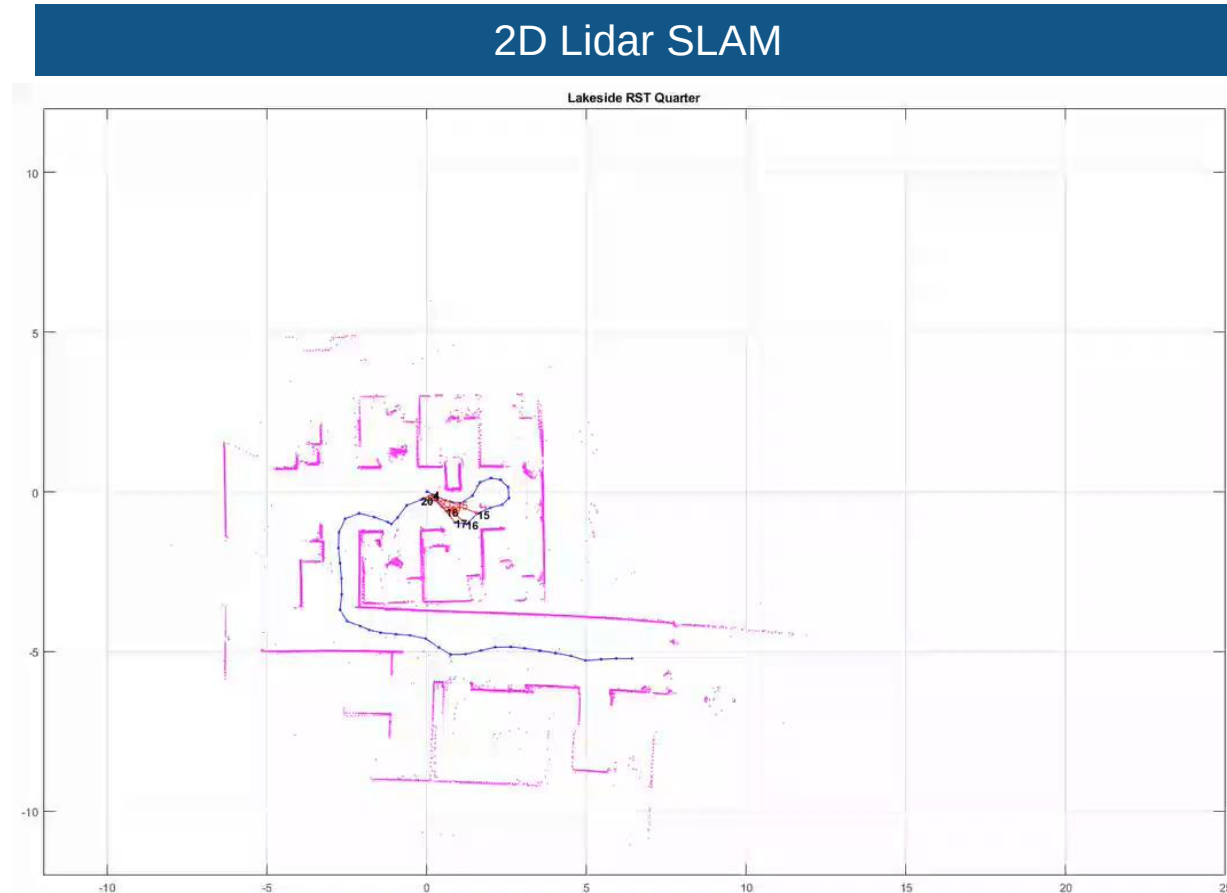
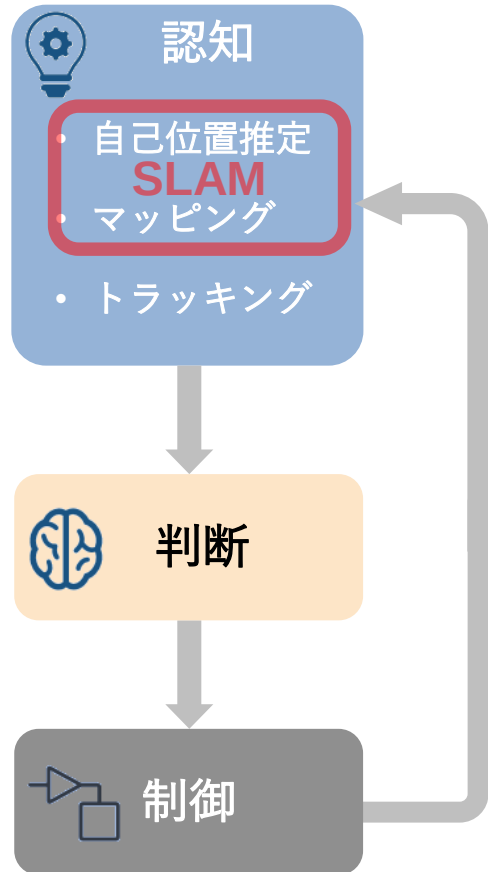
IMU+GPSによる位置推定



[IMU and GPS Fusion for
Inertial Navigation](#)
Navigation Toolbox

SLAM

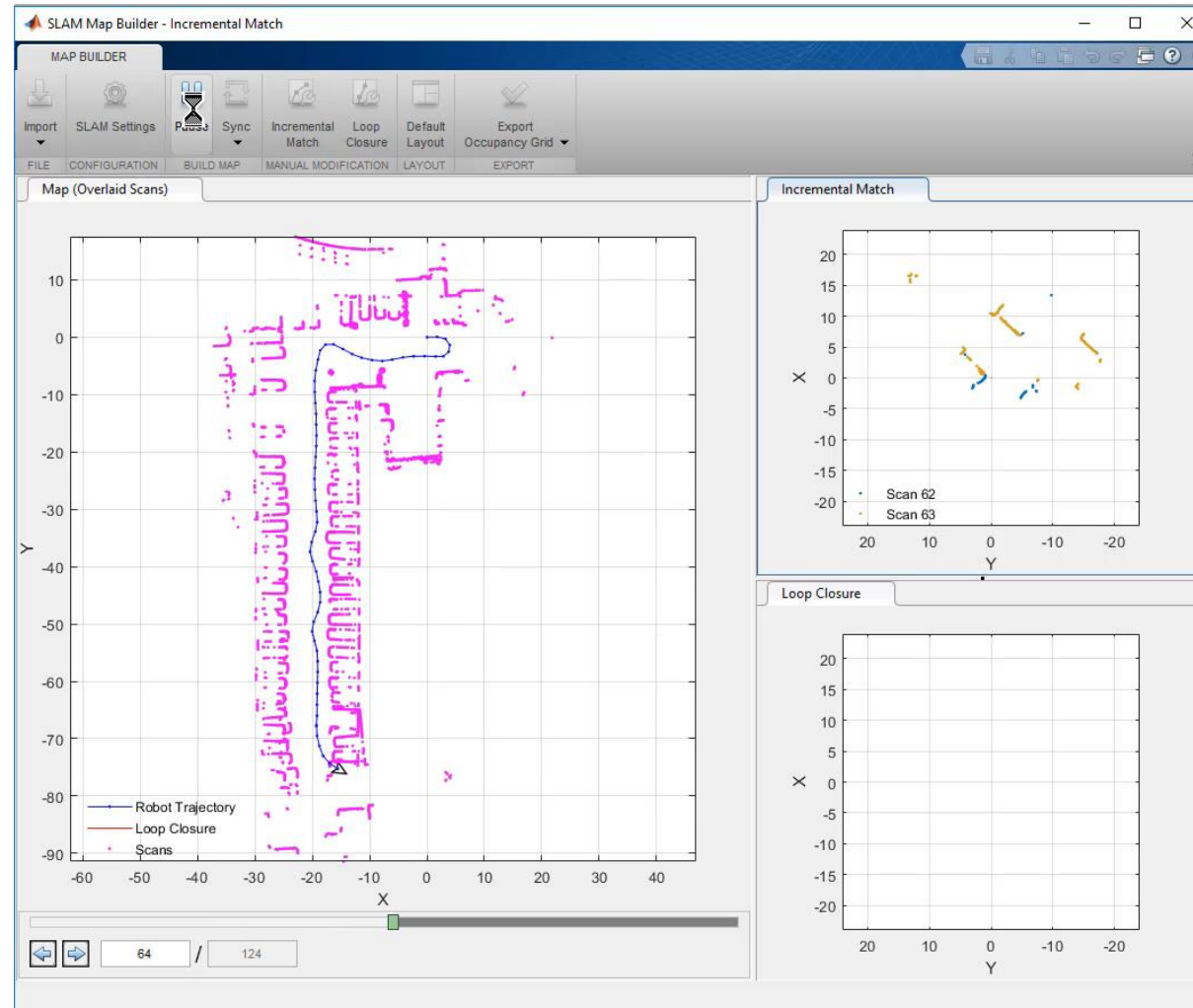
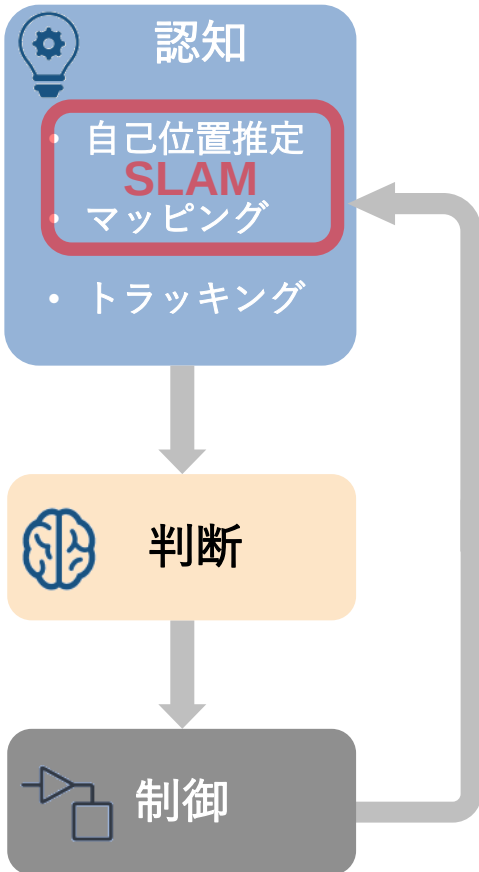
自己位置・姿勢推定と環境地図作成



[Implement Simultaneous Localization And Mapping \(SLAM\) with Lidar Scans](#)

Navigation Toolbox

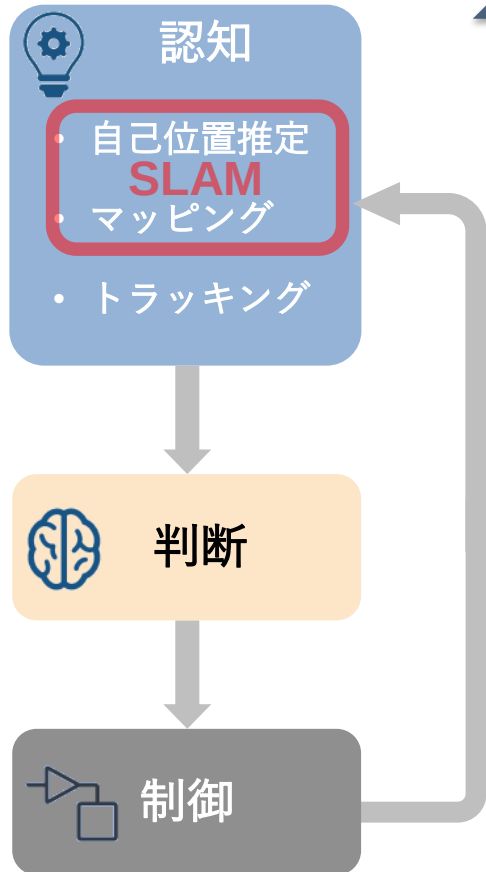
SLAM Map Builder アプリ



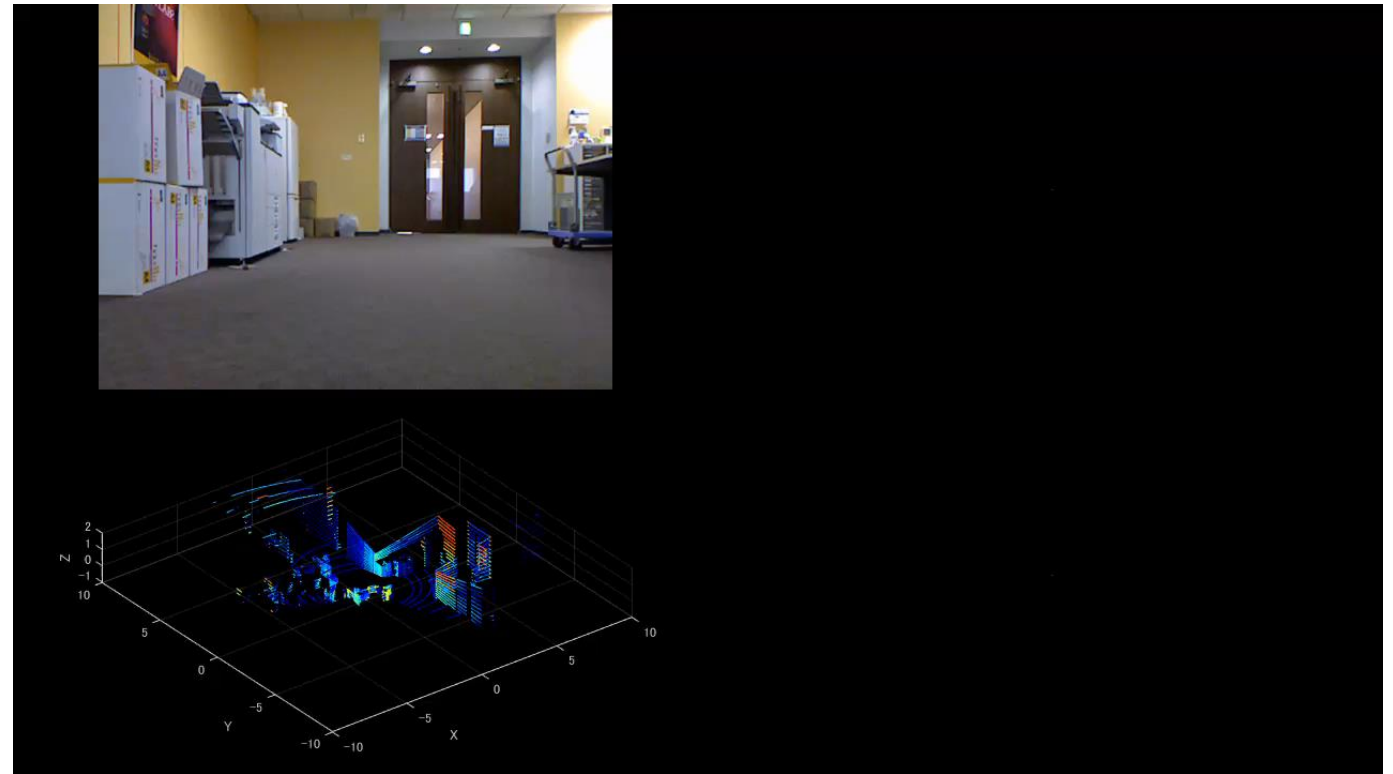
- 2DのLiDARとホイールオドメトリを使った地図作成
- 閉ループ点や逐次スキャンのマッチング結果を手動修正し、精度の向上が可能
- アプリを活用することでユーザーフレンドリに地図作成

R2019b [slamMapBuilder](#)
Navigation Toolbox

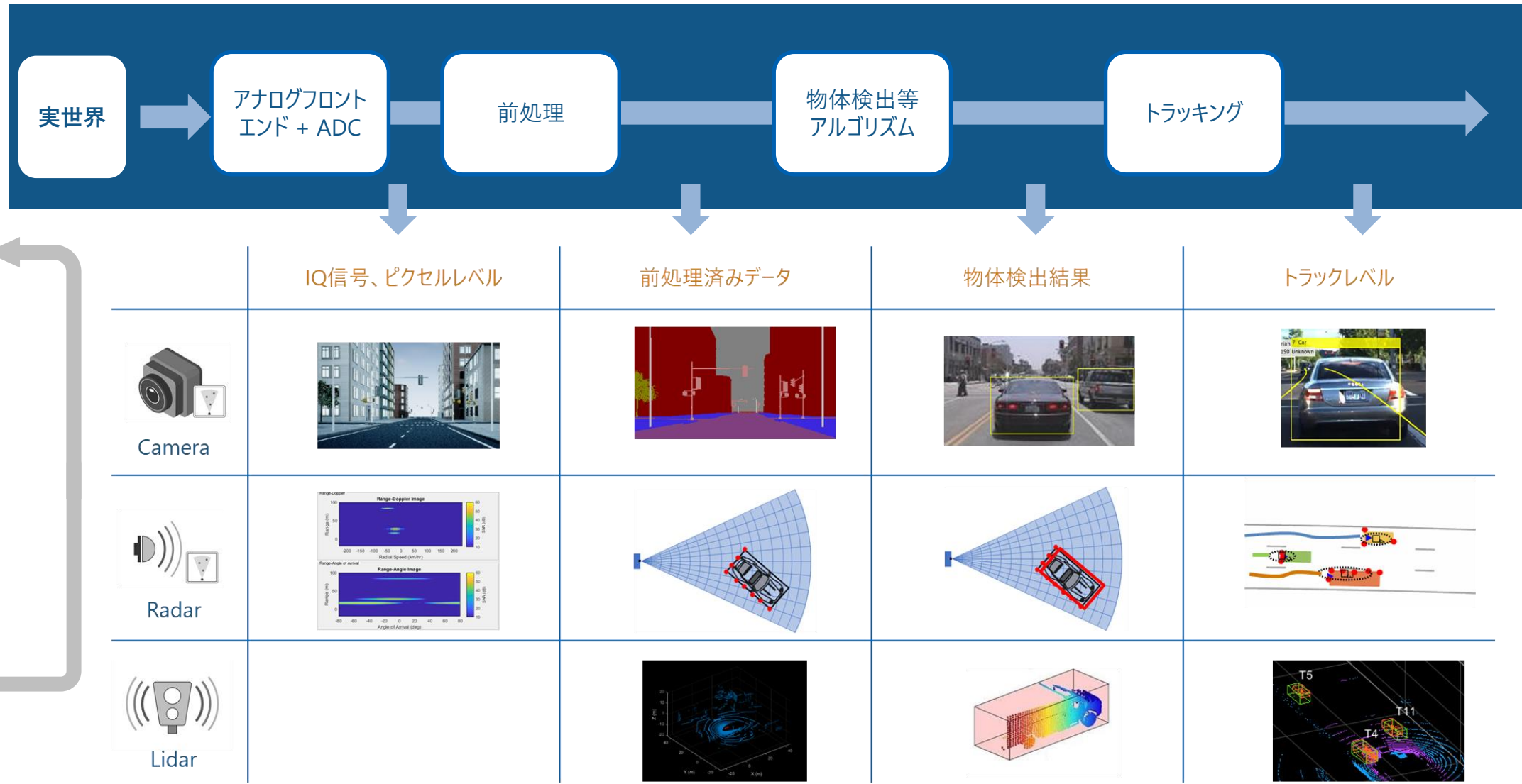
3次元SLAM



弊社オフィス内を3D-Lidar搭載のTurtlebotを使ってSLAM生成した例



センサごとのオブジェクトの「認知」



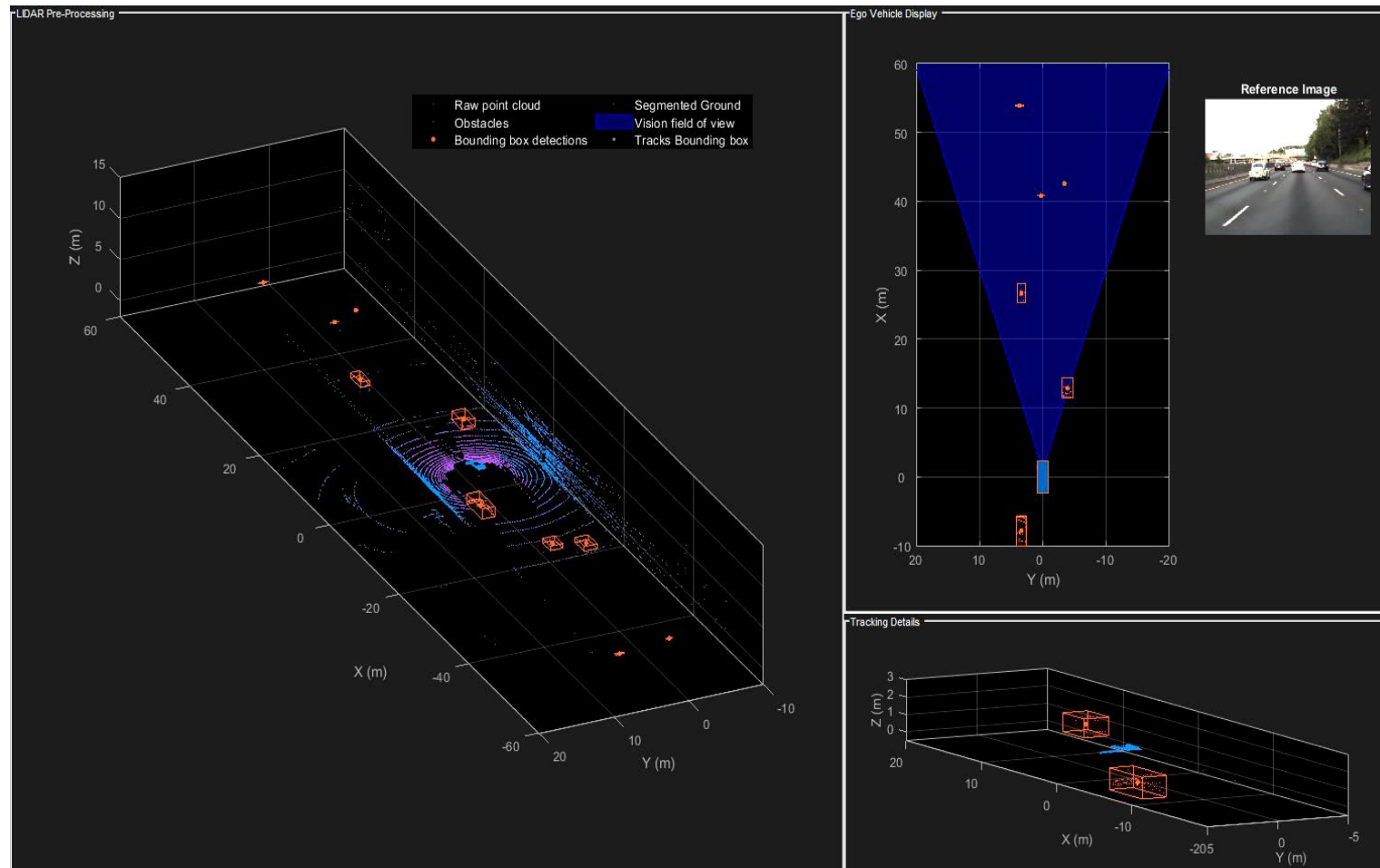
3D Lidarによる車両のトラッキング

認知

- 自己位置推定
- マッピング
- **トラッキング**

判断

制御



点群データ取得

前処理

セグメンテーション

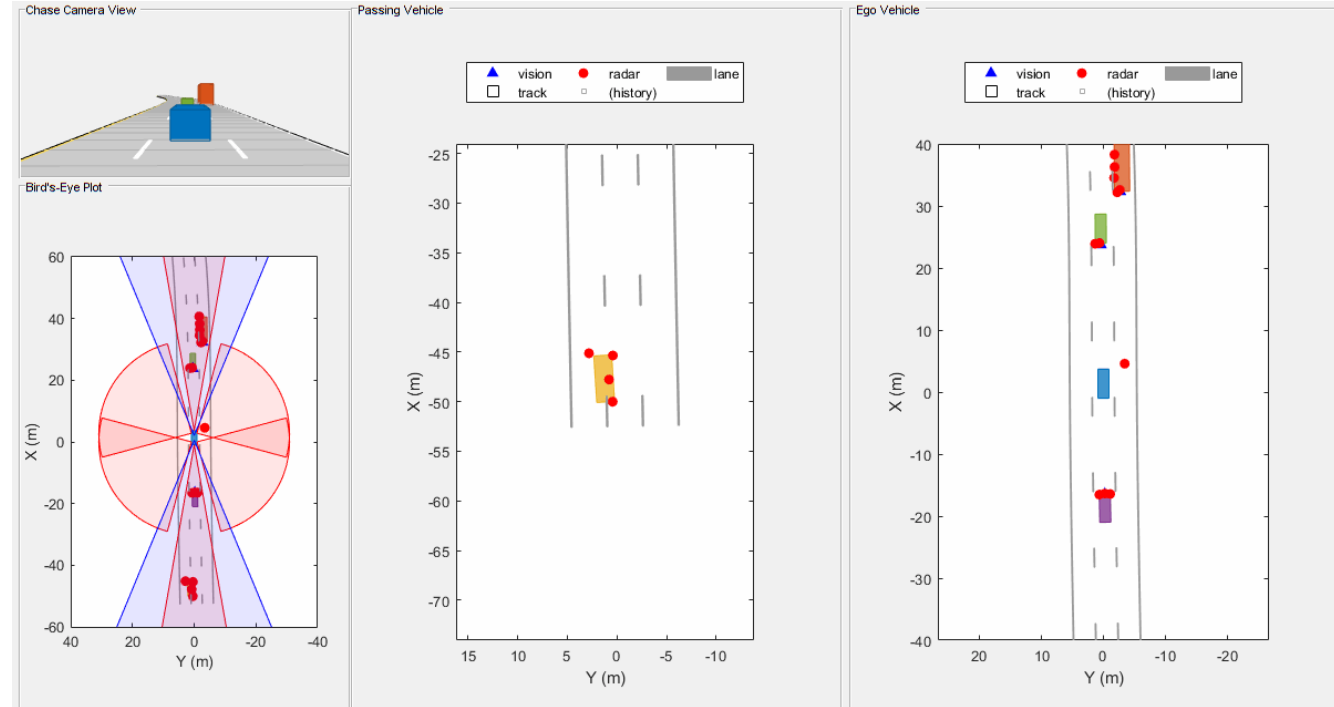
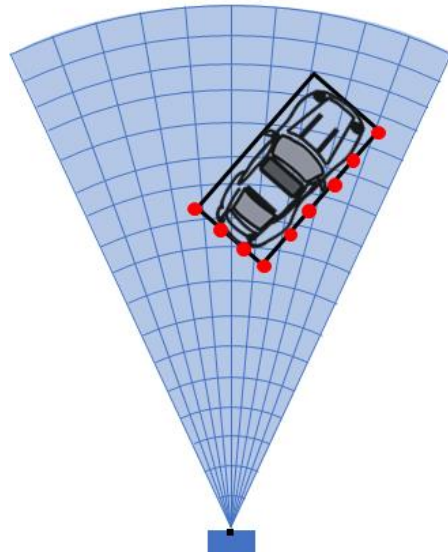
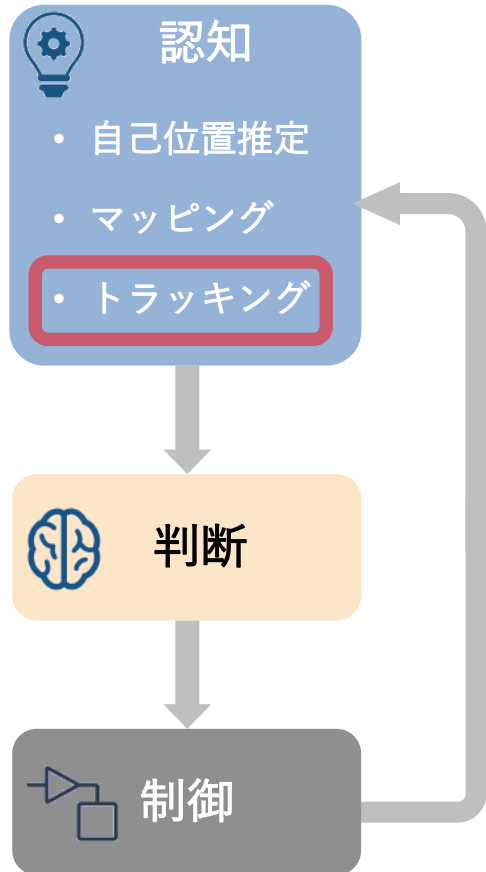
マルチオブジェクト
トラッキング

位置・速度

Track Vehicles Using Lidar: From Point Cloud to Track List

Automated Driving Toolbox

2D Radar による車両のトラッキング

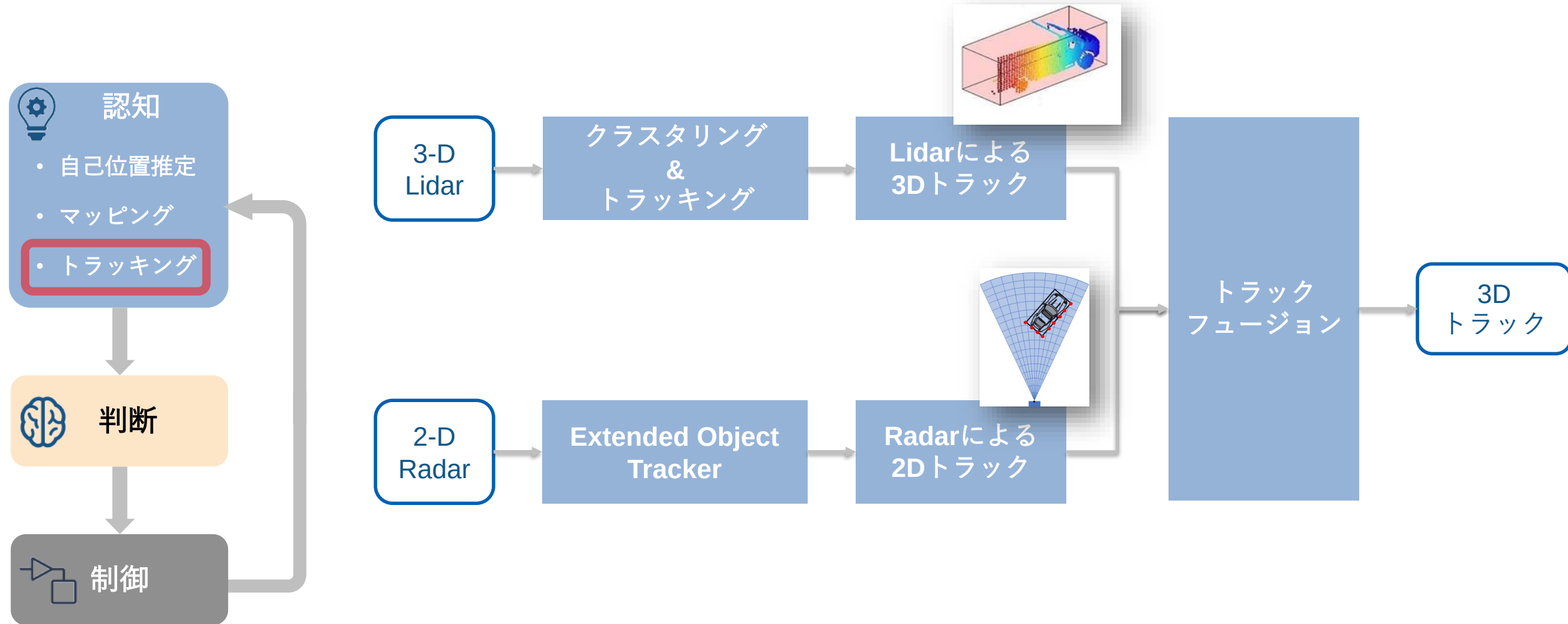


拡張オブジェクトトラッキングによって、
向き・サイズを持った長方形としてトラッキング

Extended Object Tracking and Performance Metrics Evaluation

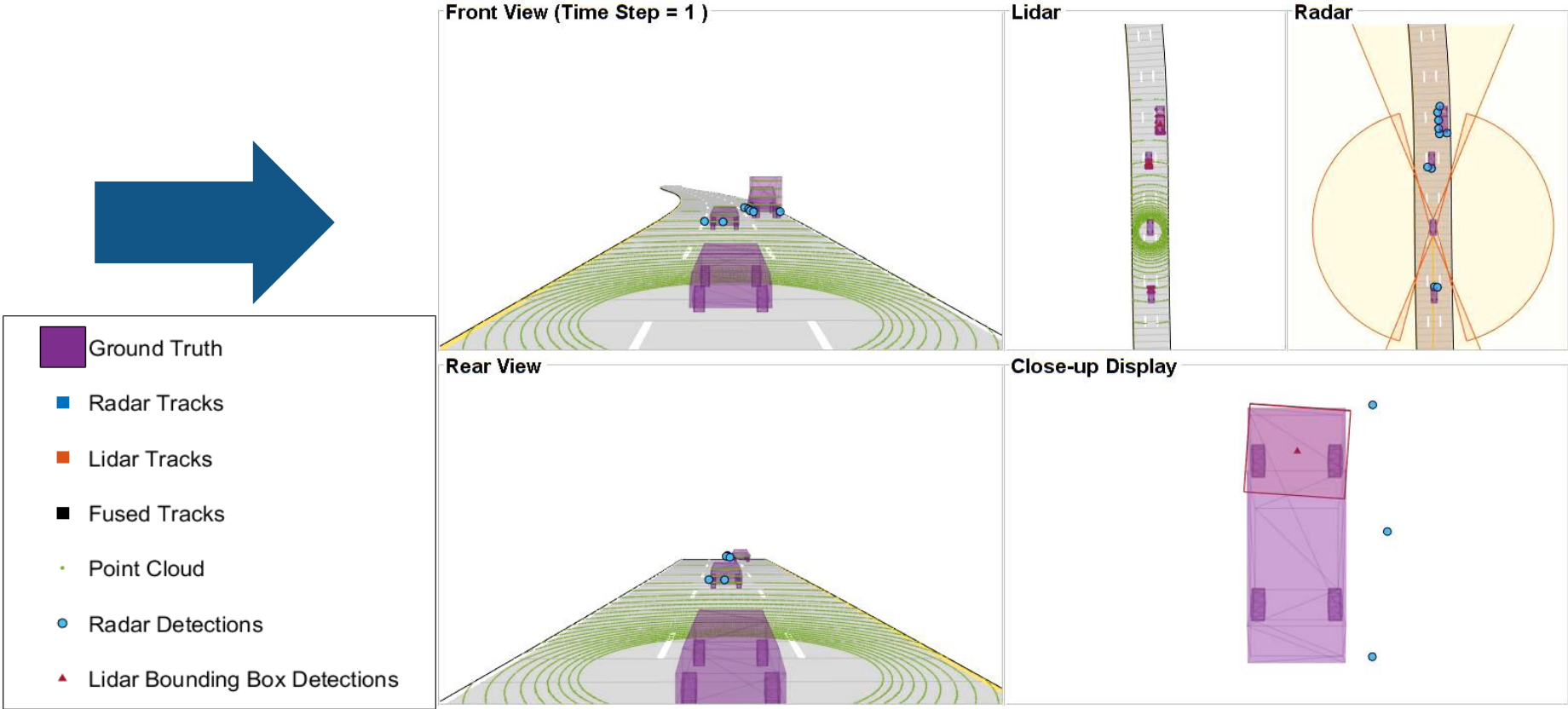
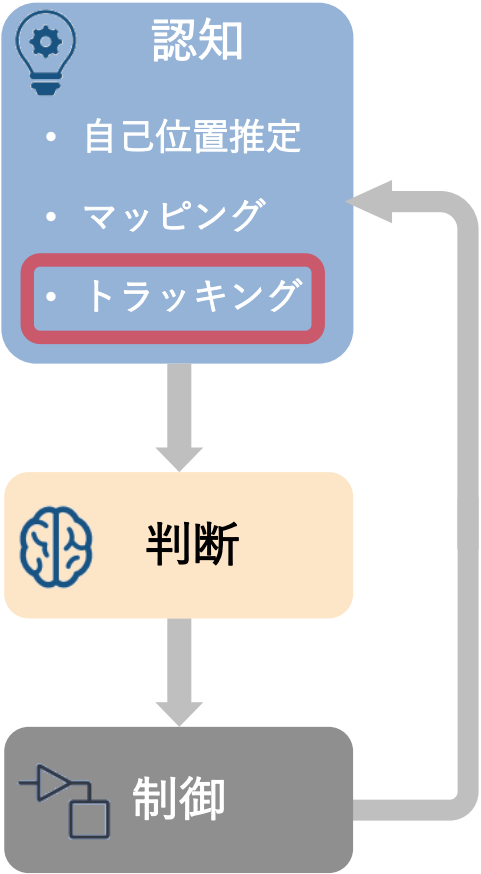
Automated Driving Toolbox

複数センサのフュージョン



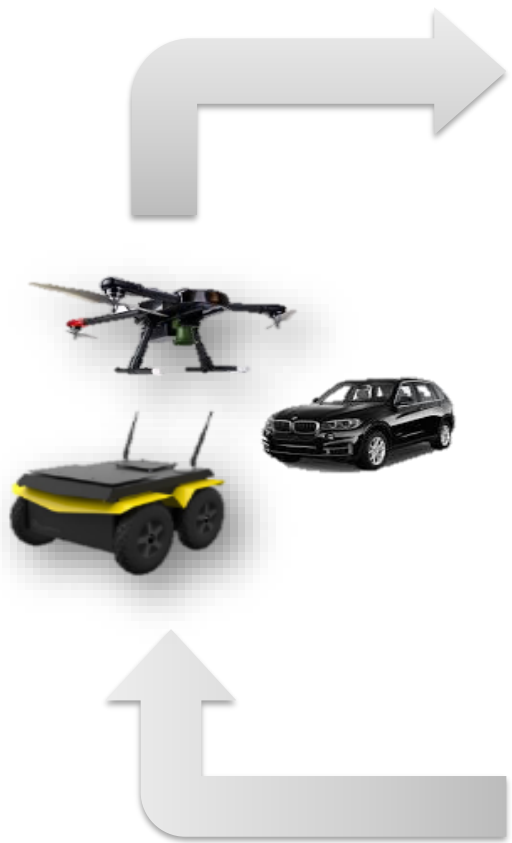
様々なセンサ間でのフュージョンが可能

Radar と Lidar のセンサーフュージョン結果例



複数トラックのフュージョンにより、よりロバストなトラッキングが可能
[Track-Level Fusion of Radar and Lidar Data](#)

Automated Driving Toolbox, Sensor Fusion and Tracking Toolbox, Computer Vision Toolbox



認知

- センサーフュージョン
- SLAM（自己位置推定と環境地図作成）



判断

- パスプランニング



制御

シミュレーション
テスト
実装

パスプランニング

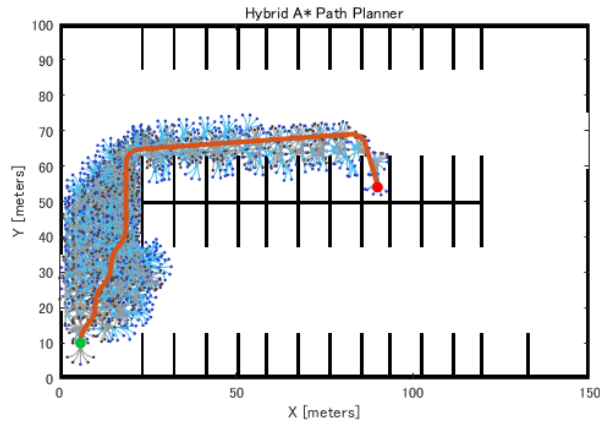
認知

- 自己位置推定
- マッピング
- トラッキング

判断

制御

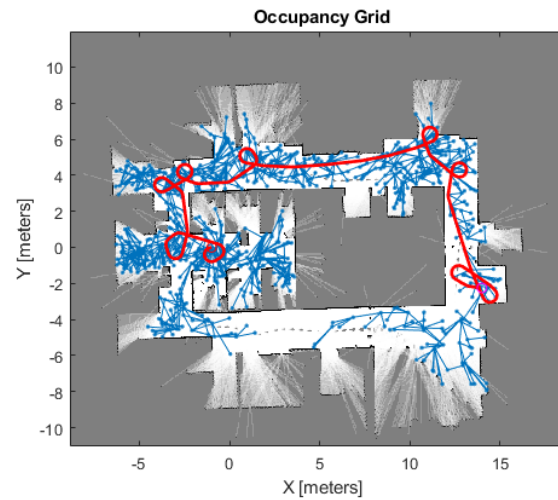
Hybrid A*



[plannerHybridAStar](#)
Navigation Toolbox

R2019b

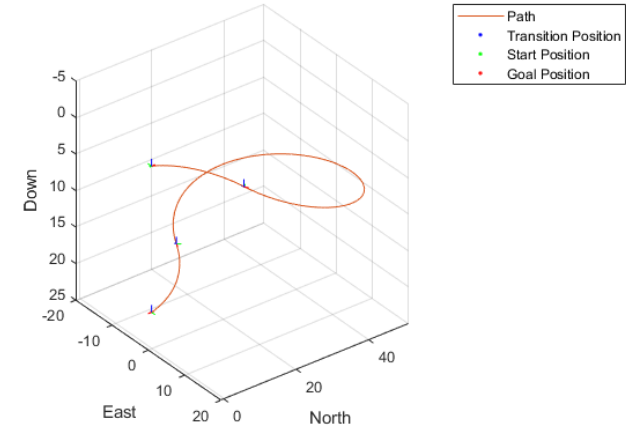
RRT、RRT*



[Plan Mobile-Robot Paths](#)
[using RRT](#)
Navigation Toolbox

R2019b

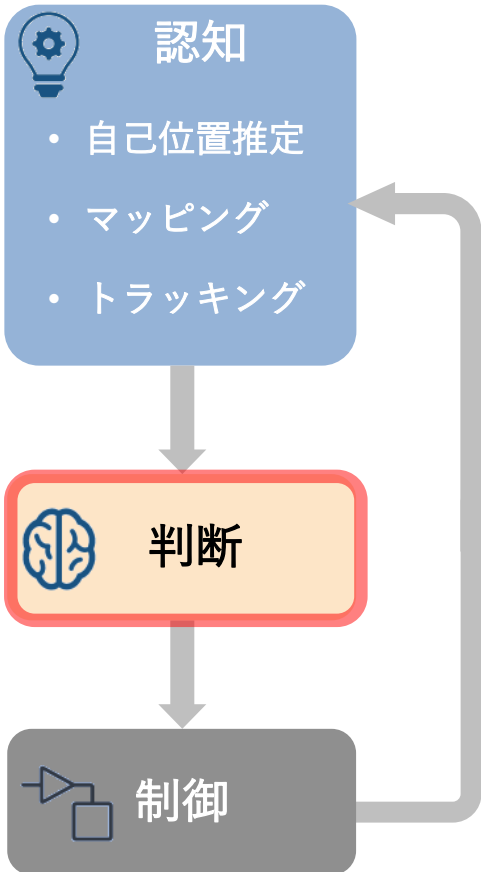
Dubins Path



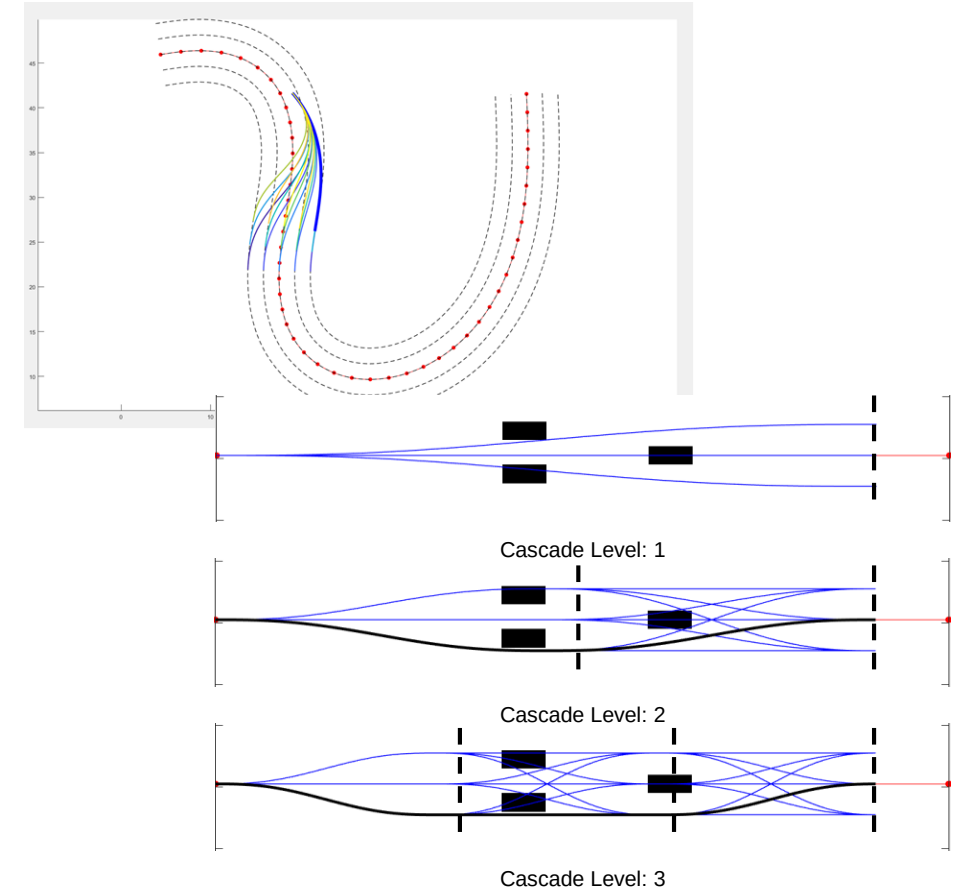
[Dubins Path Connection](#)
[Dubins Path Segment](#)
UAV Toolbox

R2019b

曲線モデルによる最適軌道生成

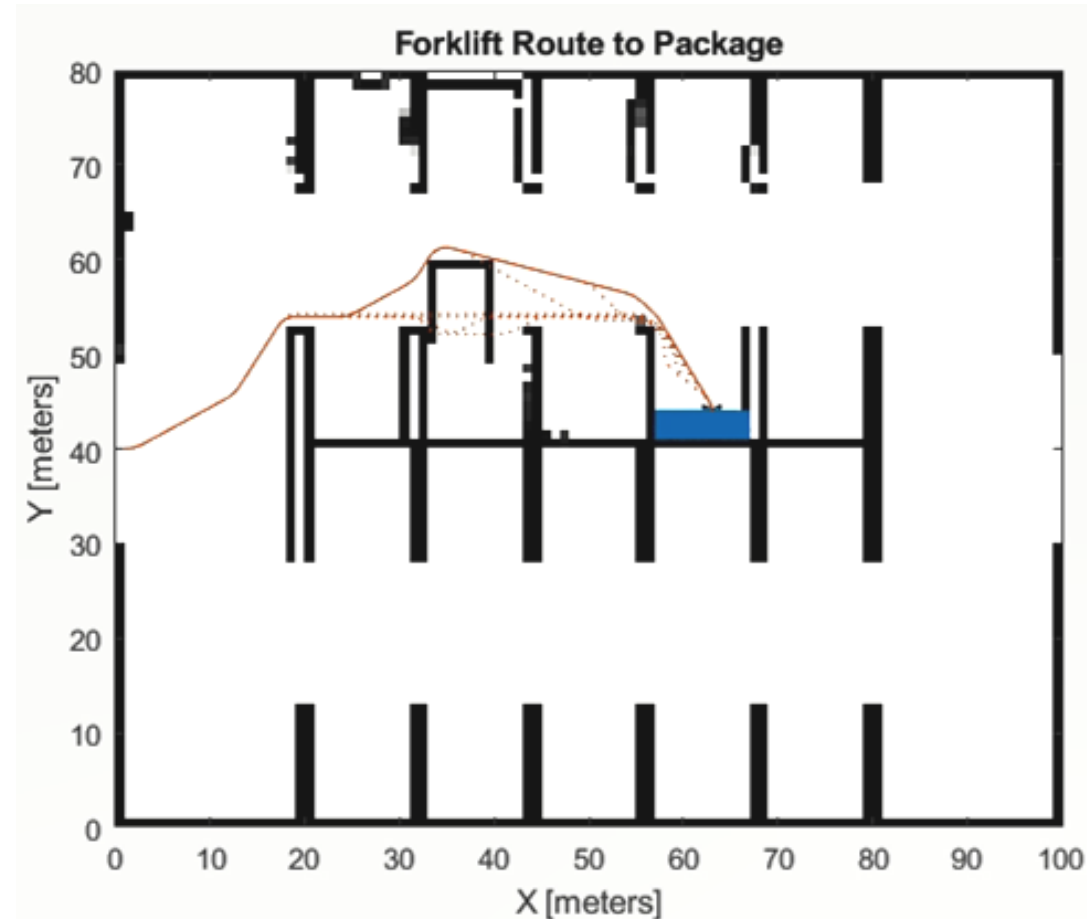
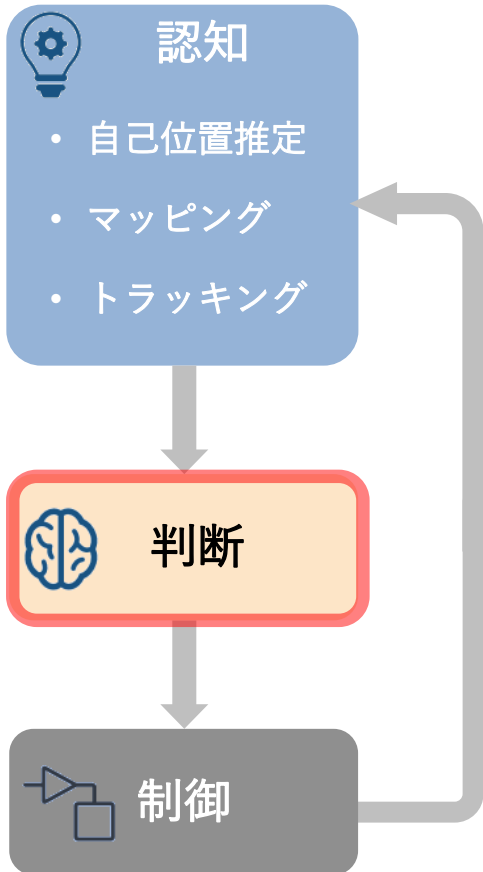


- Frenet-Serret の公式による曲線モデル
- 自動運転アプリケーションに活用可能な軌道生成プランナー
- 与えられたグローバルルートからプランナーが障害物を回避するスムーズな経路を生成



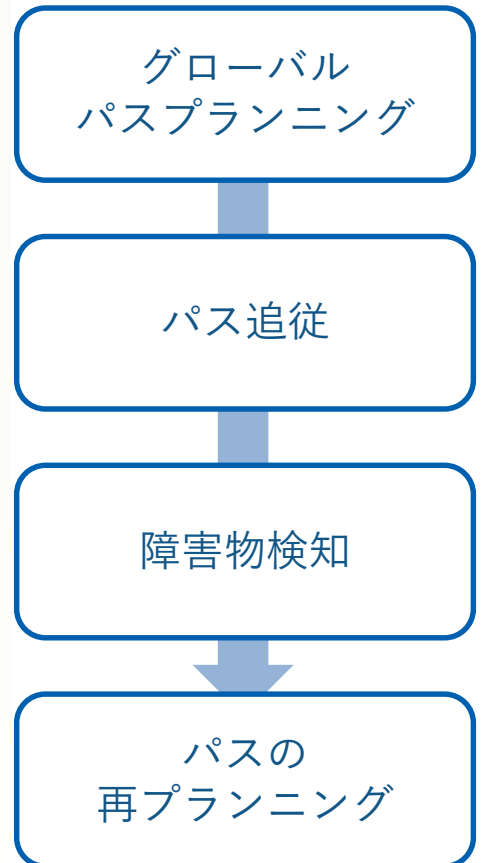
R2019b [trajectoryOptimalFrenet](#)
Navigation Toolbox

動的な障害物回避

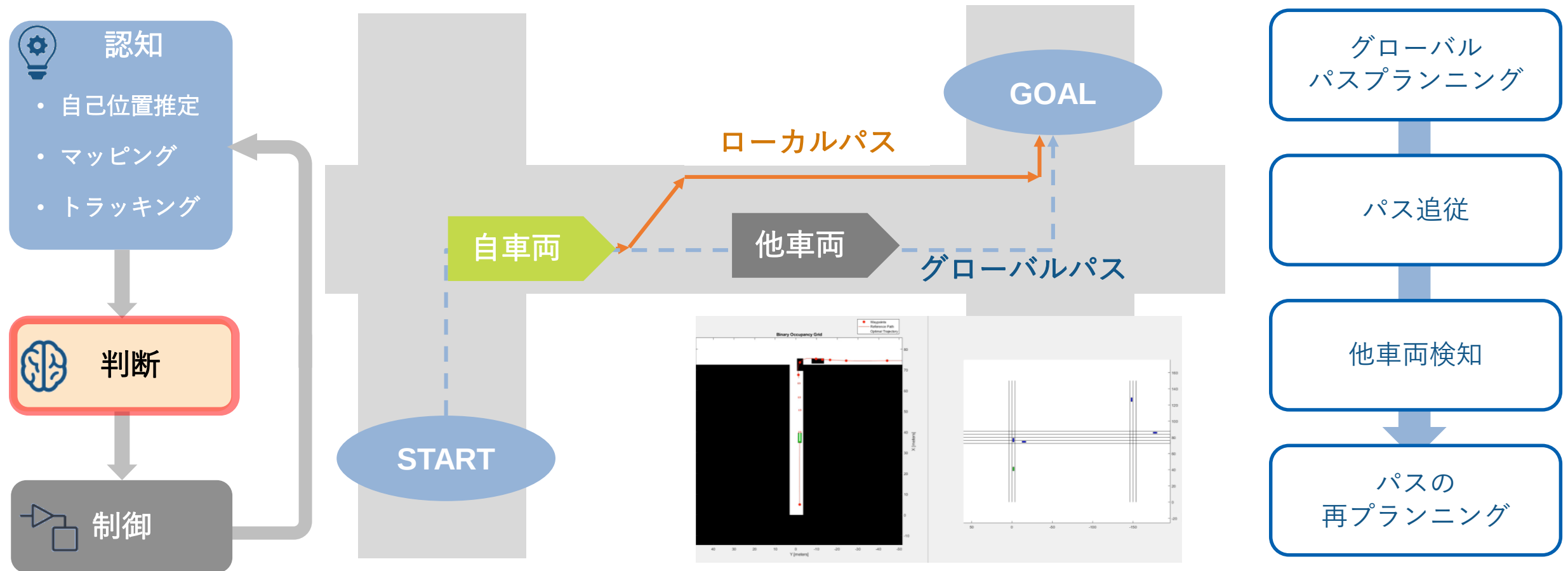


[Dynamic Replanning on an Indoor Map](#)

Navigation Toolbox



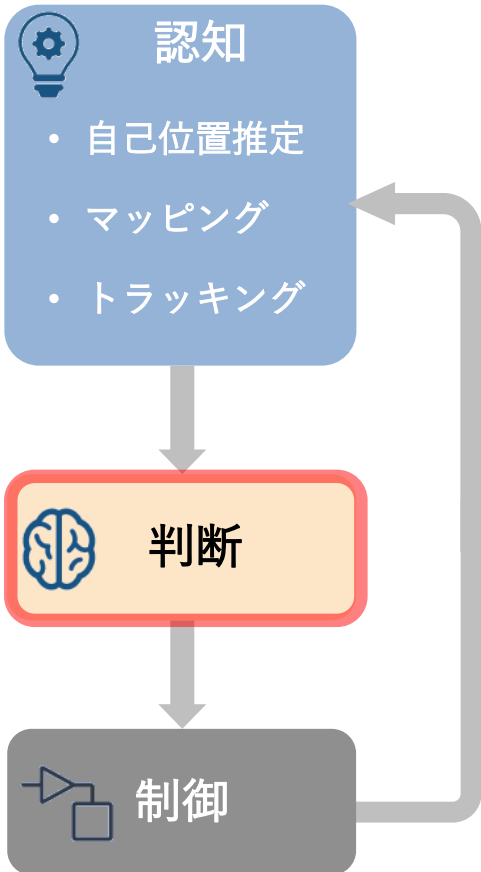
他車両を考慮した再プランニング



Optimal Trajectory Generation for Urban Driving

Navigation Toolbox

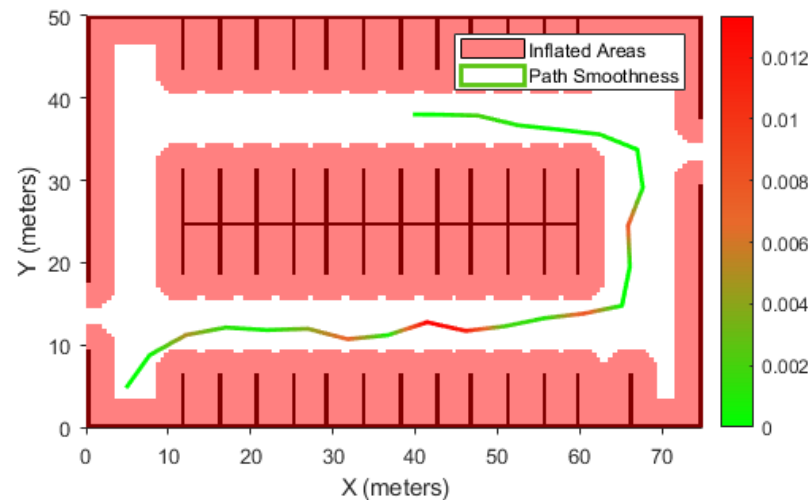
パスの評価



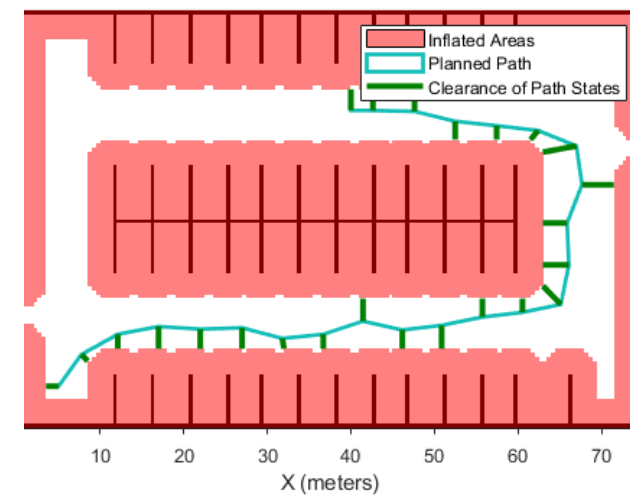
環境のコストマップを利用して下記を評価

- スムースネス
- クリアランス
- 障害物有無

スムースネス



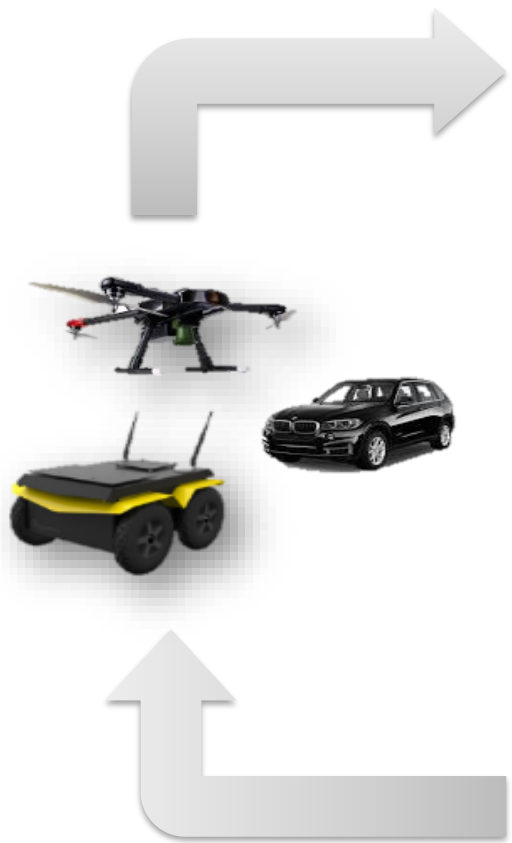
クリアランス



R2019b

[pathmetrics](https://www.mathworks.com/help/pathmetrics/)

Navigation Toolbox



認知

- センサーフュージョン
- SLAM（自己位置推定と環境地図作成）



判断

- パスプランニング



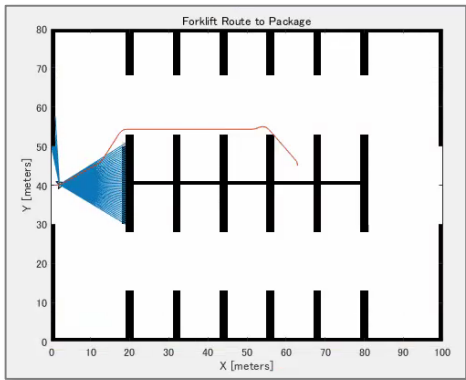
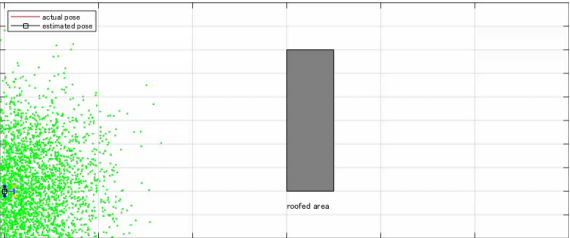
制御

シミュレーション
テスト
実装

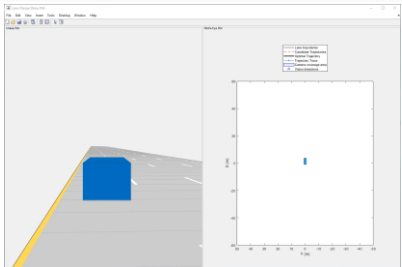
様々なシミュレーション環境を目的に応じて選択できます



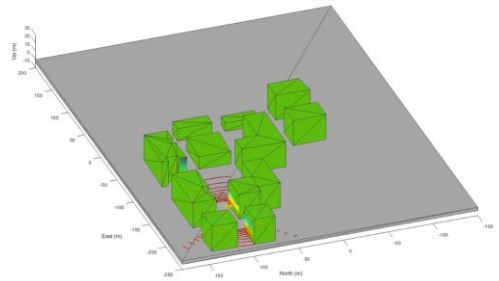
グリッドマップベース



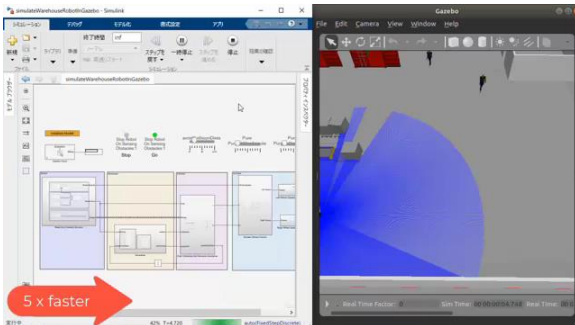
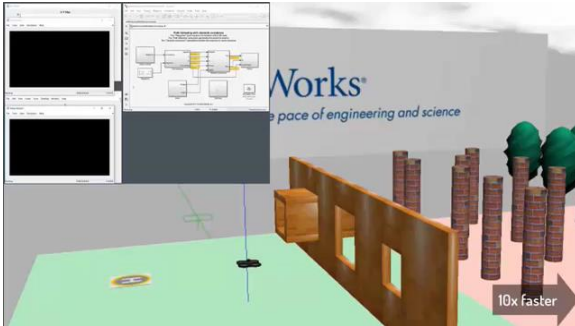
Driving Scenario Designer



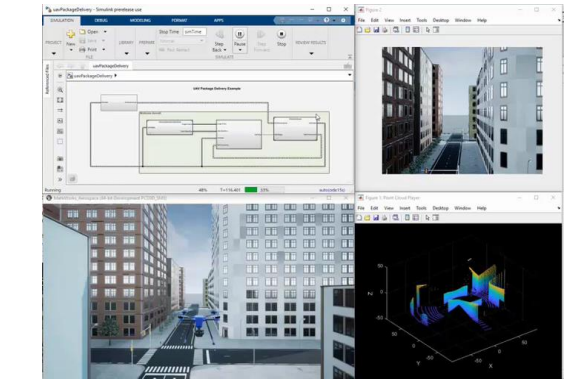
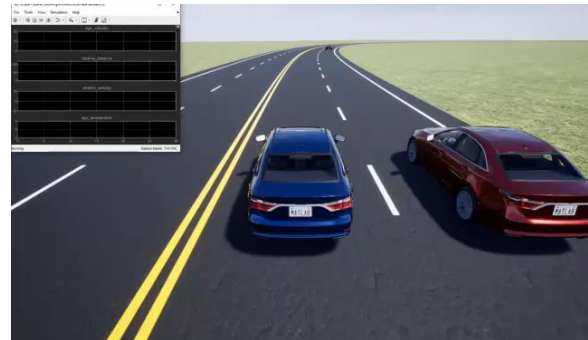
UAV Cuboid Simulation



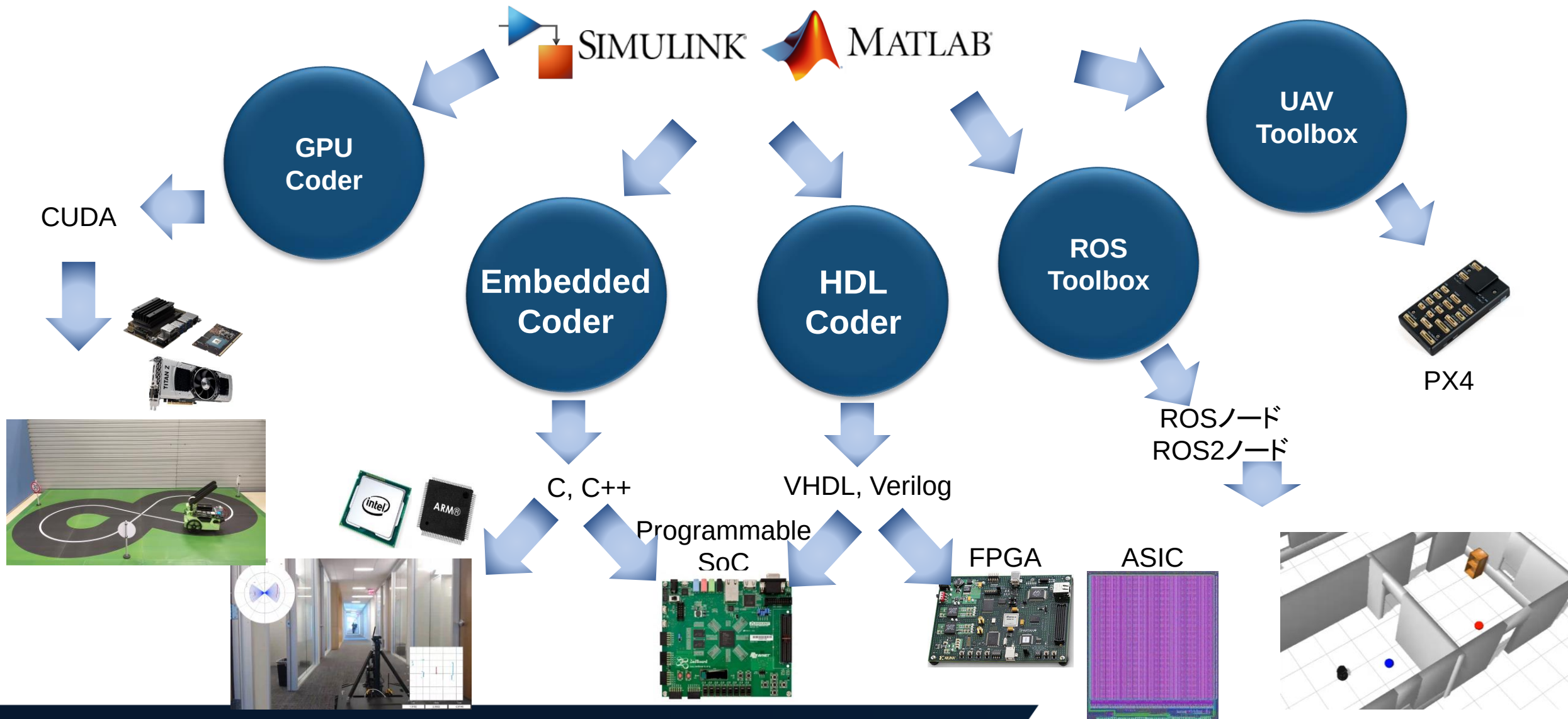
Gazebo



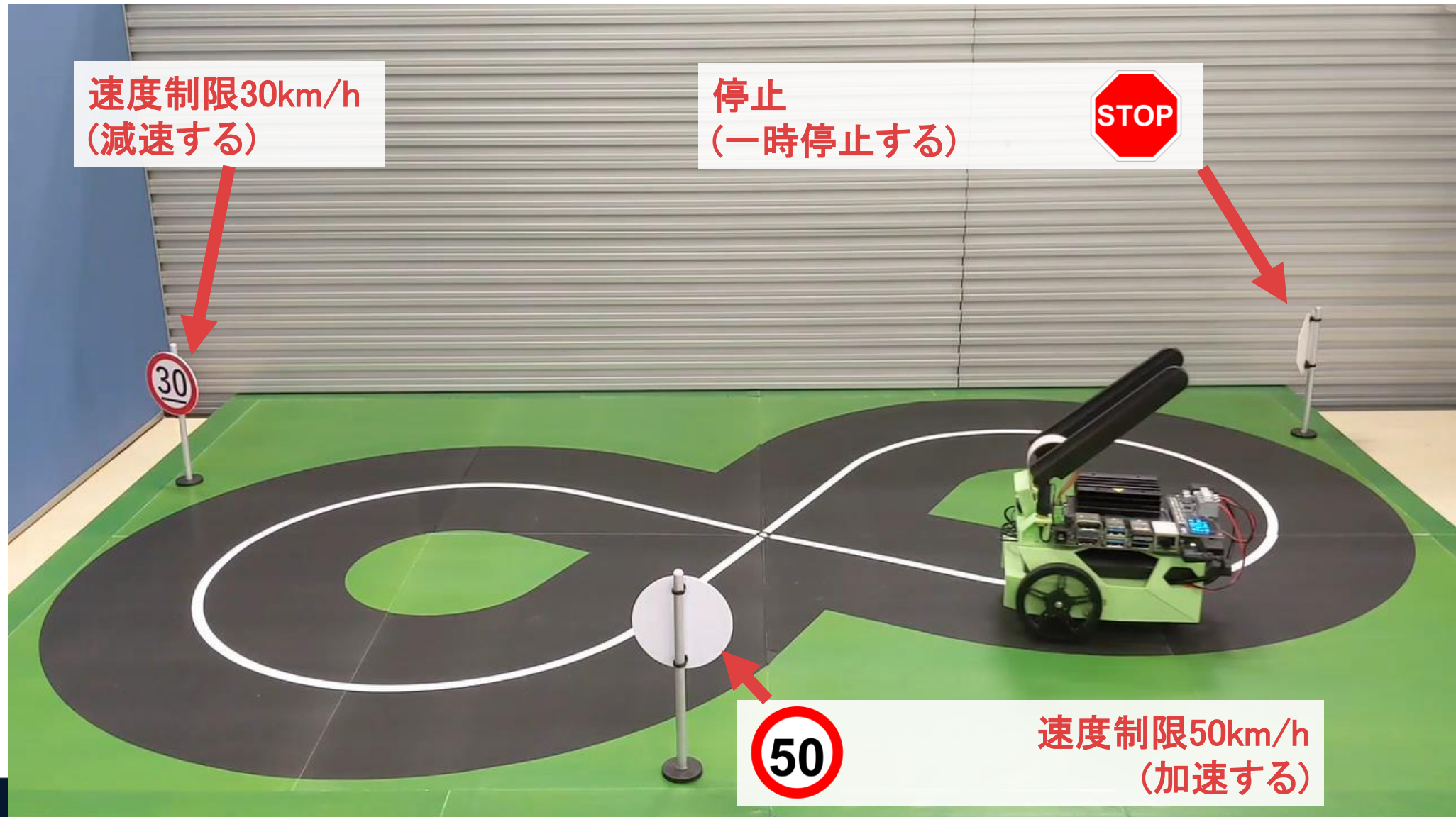
Unrealエンジン



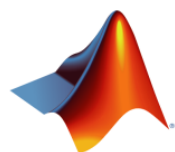
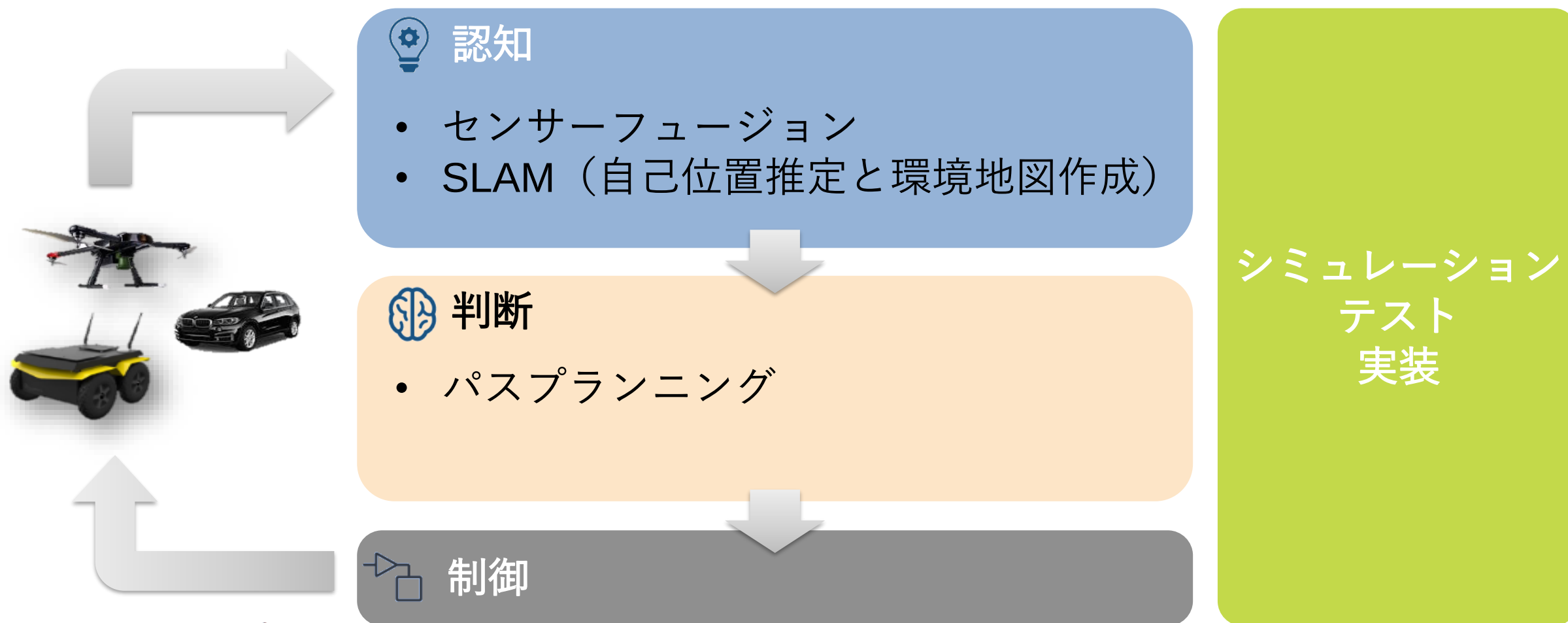
アルゴリズムのプロトタイピングと実装



GPU CoderによるGPUコード生成とROSノードのJetson Nanoへの実装



まとめ

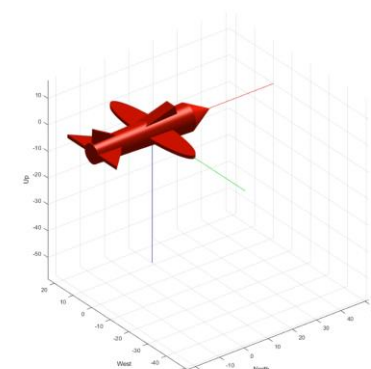
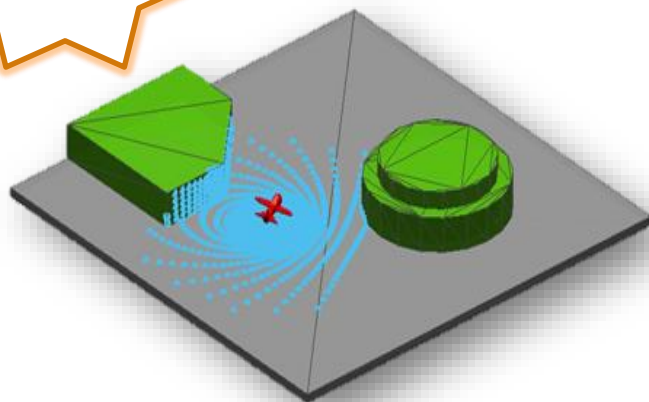


MATLABで自律移動システム開発を加速

NEW

R2020b

UAV Toolbox



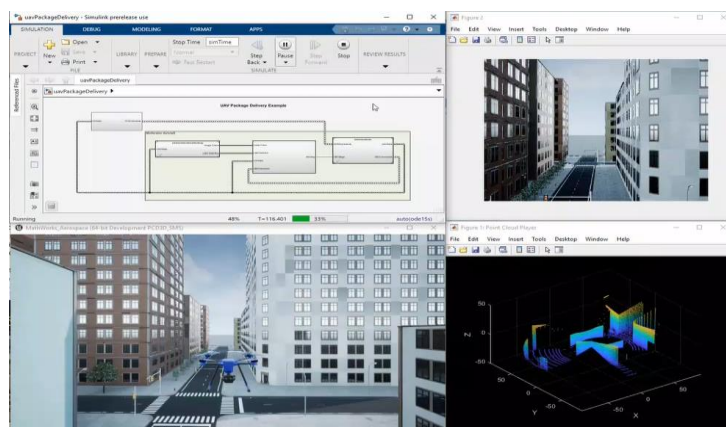
UAVシナリオ シミュレーション

Unreal Engine® による
センサーシミュレーション

UAVアルゴリズム



フライトログアナライザー



リファレンスアプリケーション



PX4 + NVIDIA® Jetson™
実機実装

MATLAB EXPO

MathWorks®

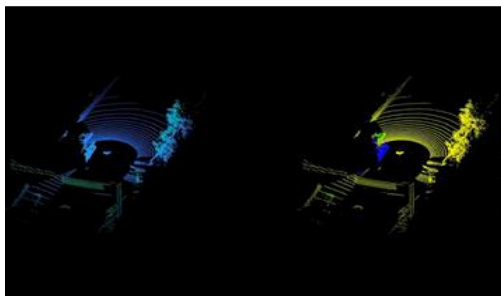
NEW

R2020b

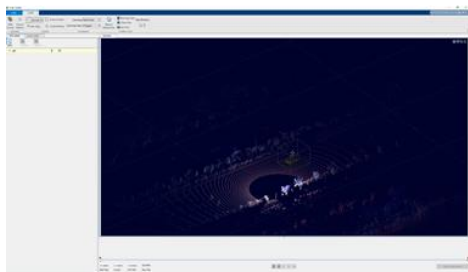
Lidar Toolbox

点群データに対する ディープラーニング

物体検知および
セマンティックセグメンテーション

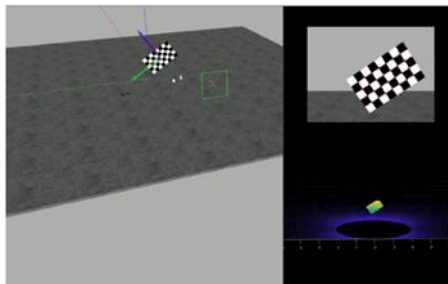


Lidar ラベリングアプリ



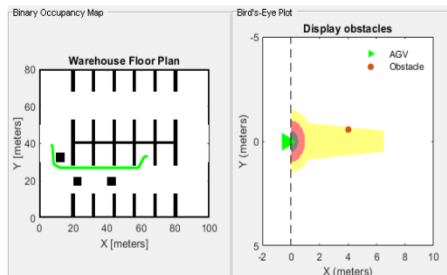
キャリブレーション

Lidar カメラキャリブレーション



2D-Lidar処理

衝突警告システム



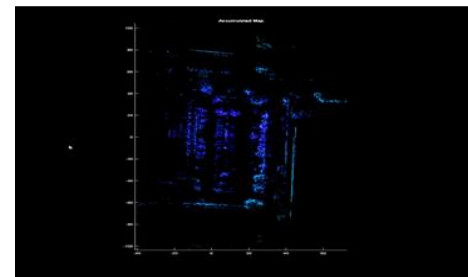
ライブストリーミング

Velodyne サポートパッケージ



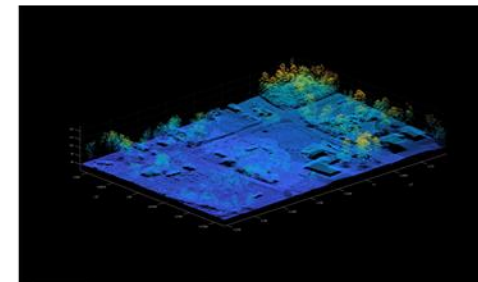
地図構築とSLAM

地図構築ワークフロー



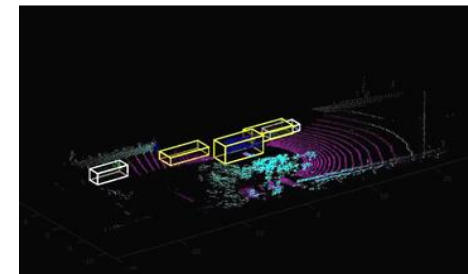
Lidar I/O

Lidarデータの読み書き



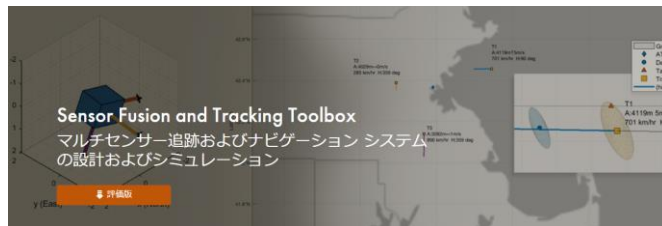
トラッキング

Cuboid フィッティングと
トラッキング



開発を加速する様々な資料にアクセスできます！

プロダクトページ



ホワイトペーパー



ビデオ教材

Series: Understanding Sensor Fusion and Tracking



Part 1: What is Sensor Fusion?

This video provides an overview of what sensor fusion is and how it helps in the design of autonomous systems. It also covers a few scenarios that illustrate the various ways in which sensor fusion can be implemented.



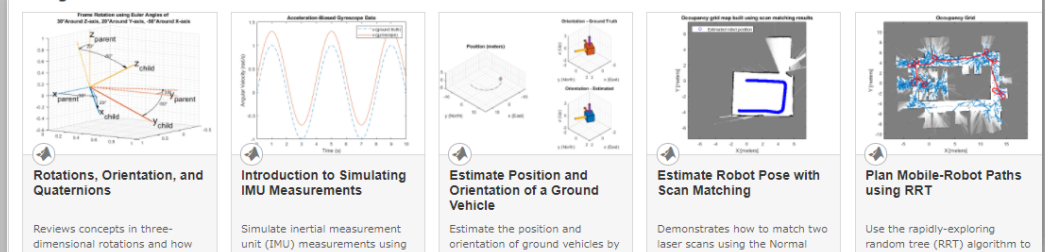
Part 2: Fusing a Mag, Accel, and Gyro to Estimate Orientation

This video describes how we can use a magnetometer, accelerometer, and a gyro to estimate an object's orientation. The goal is to show how these sensors contribute to the solution, and to explain a few things to watch out for along the way.

サンプルコード

Navigation Toolbox — 例

Navigation Toolbox 入門



ご清聴ありがとうございました。