

MATLAB/Simulinkと連携した LiDARシミュレータの活用事例

パイオニア株式会社 技術開発部

自動運転技術開発部 システム開発部

松丸 誠

Agenda

- はじめに
 - 会社紹介、自動運転事業への取組み
 - LiDARについて
- シミュレータ事例
 - シミュレータ概要
 - LiDAR走査のモデル化
 - シミュレーション可視化
 - アルゴリズム開発環境への対応
 - 点群データセット生成（機械学習の取組み）
 - LiDARシミュレータの使い分け
- まとめ

Agenda

- はじめに
 - 会社紹介、自動運転事業への取組み
 - LiDARについて
- シミュレータ事例
 - シミュレータ概要
 - LiDAR走査のモデル化
 - シミュレーション可視化
 - アルゴリズム開発環境への対応
 - 点群データセット生成（機械学習の取組み）
 - LiDARシミュレータの使い分け
- まとめ

会社紹介

- 会社概要

社名	パイオニア株式会社
本社	東京都文京区本駒込2-28-8 文京グリーンコート
創業	昭和13年(1938)1月1日



- 主要事業

カーエレクトロニクス事業

サイバーナビ



カーオーディオ



カーAV



carrozeria
TRIP to the EDGE

スピーカーシステム



楽ナビ

地図情報サービス



その他事業

光ディスク機器



部品/製造装置

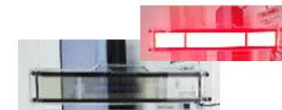


新規事業

有機EL照明



サイクルコンピューター

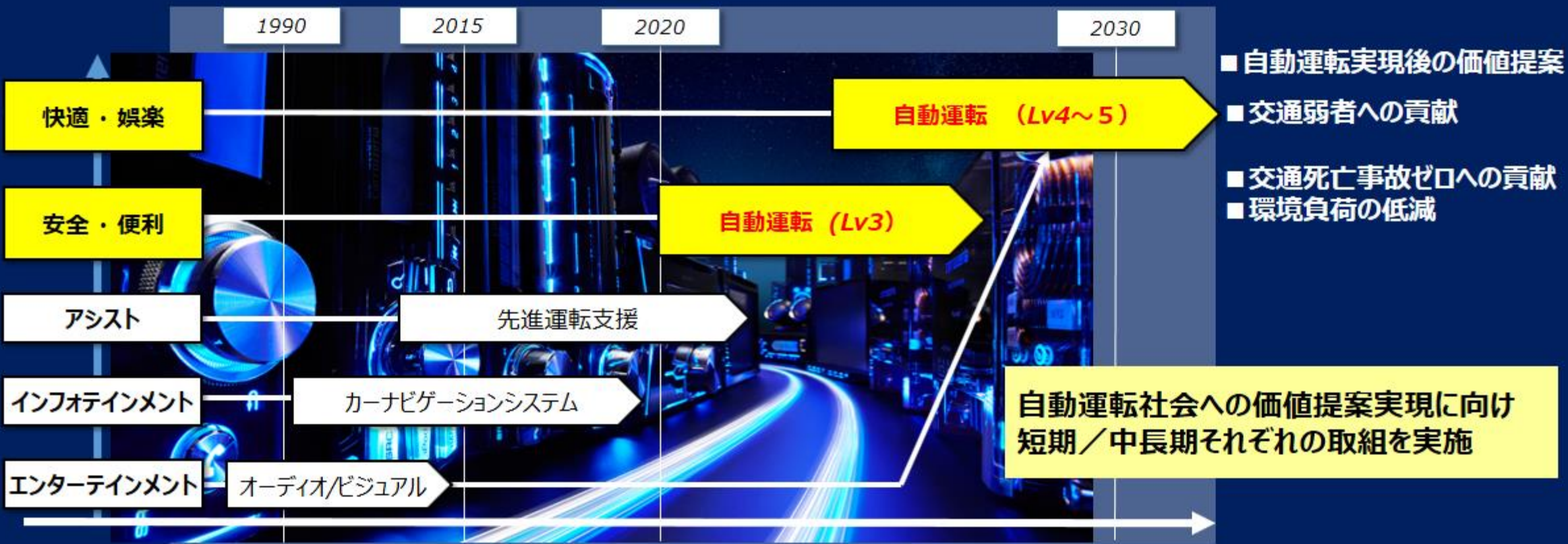


医療健康分野

自動運転への取組み

自動運転社会の実現に貢献すること

自動運転が実現した社会に、パイオニアならではの価値を提供すること



自動運転への取組み

- 自動運転事業の全体像

センサ

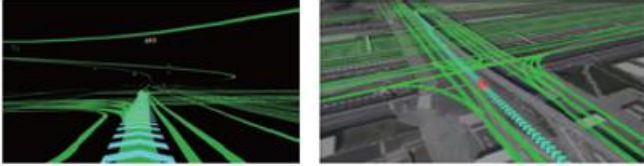


高性能・低価格・小型
のセンサを提供

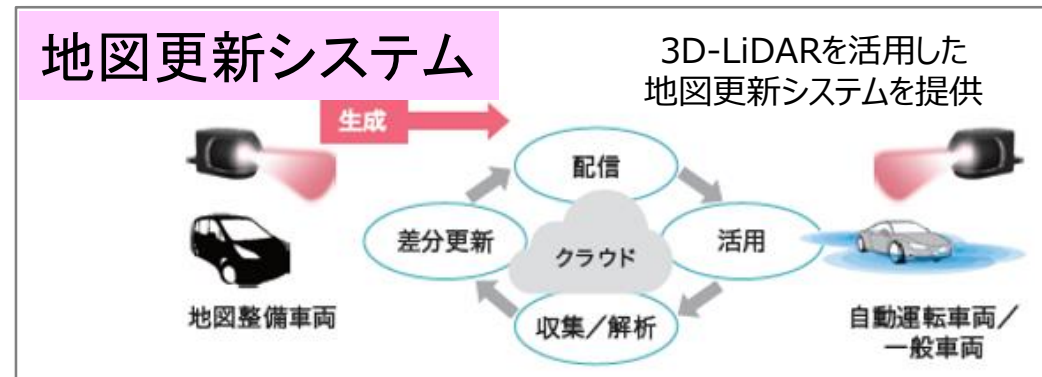
The diagram shows a small, black, dome-shaped sensor unit on the left. On the right, a car is shown with blue sensor beams radiating from its front. A callout box highlights a detailed view of the sensor unit mounted on the car's front bumper.

地図コンテンツ

高速道路・自動車専用道路から
主要一般道までの地図コンテンツを提供

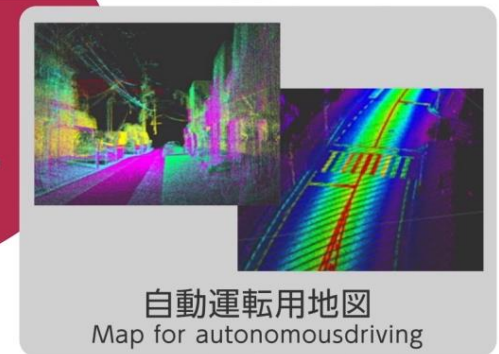
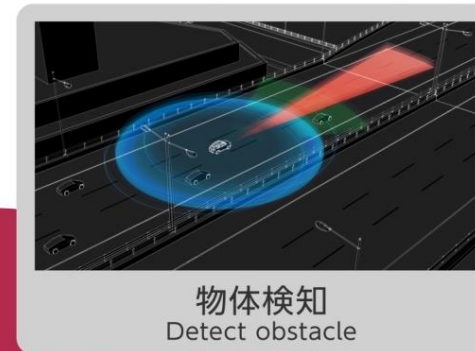


The diagram displays two 3D maps. The left map shows a perspective view of a road network with green lines on a dark background. The right map shows a top-down view of a road network with green lines on a grey background.



自動運転への取組み

- 応用技術
 - 環境認識（物体検知）
 - 自車位置推定
 - 地図生成・更新



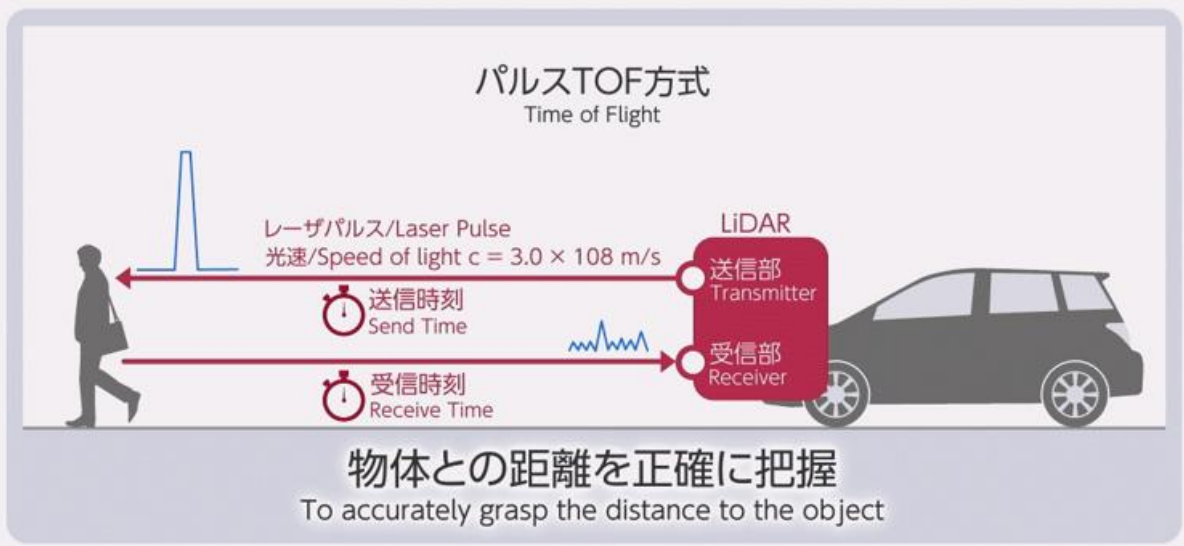
一般道での高度な自動運転の実現に貢献

LiDARについて

- 距離計測の原理
 - パルスTOF法（時間差を直接計測）
 - CW位相差法（AM変調した位相差を計測）



航空測量などで活用
Utilization for aerial surveying

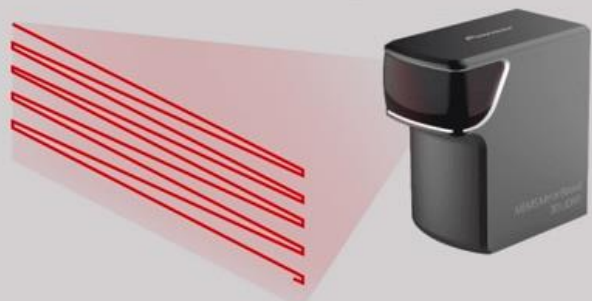


※LiDAR : Light Detection and Ranging

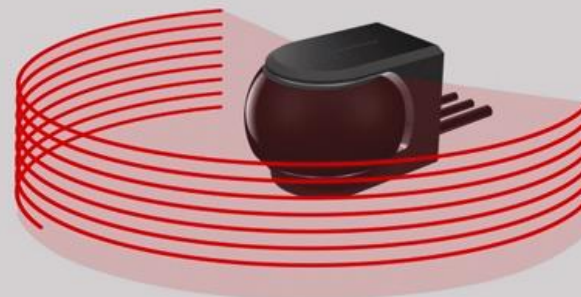
LiDARについて

- 視野角の広範囲化
 - ミラー走査、受光素子のアレイ化など

MEMSミラー走査



Raster Scan type

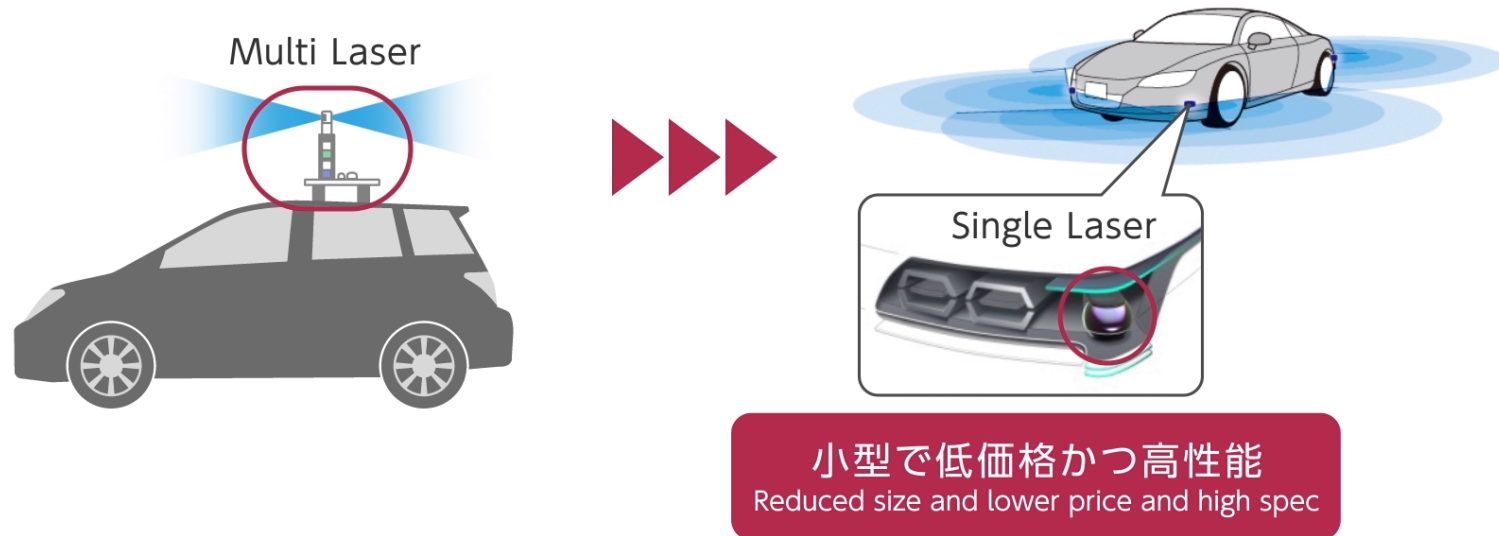


Wobbling Scan type

MEMSを使った2種類の方式で高解像度スキャンを実現

LiDARについて

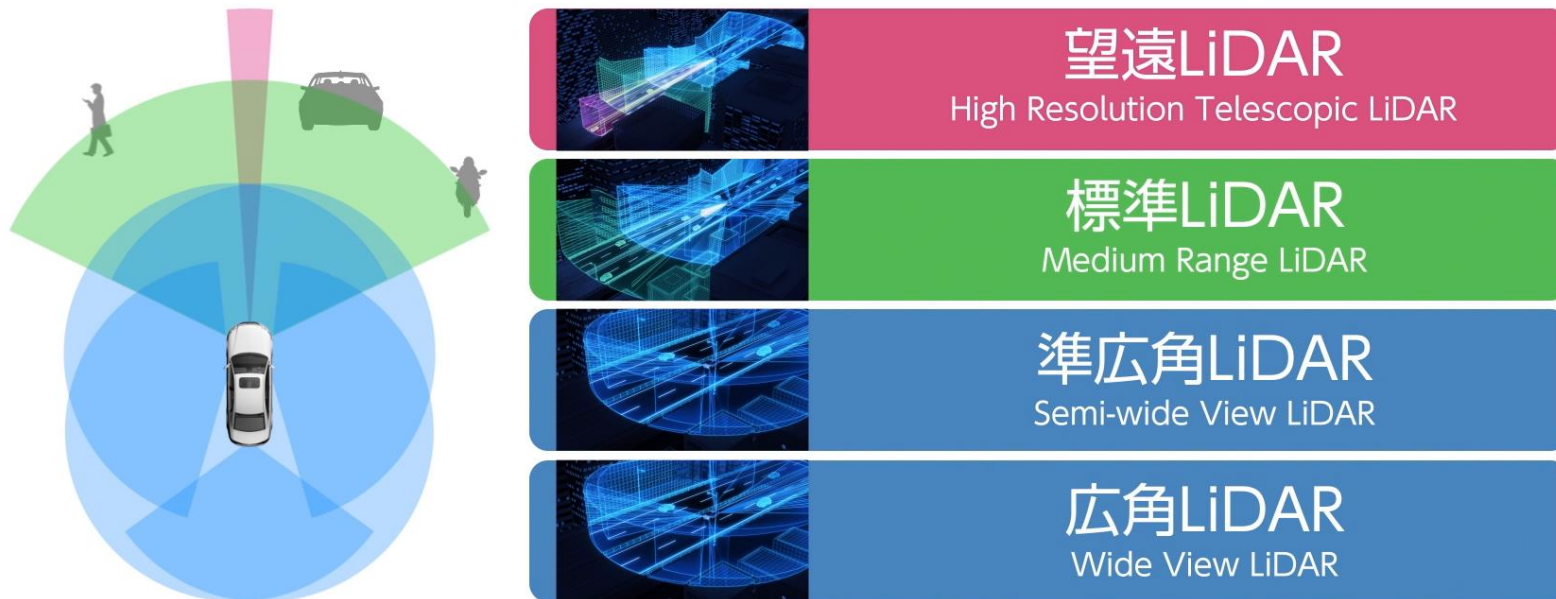
- MEMS型LiDARの特徴
 - 低コスト化（量産時）
 - 小型化



「MEMS」を活用したシングルレーザーでLiDARを実現

LiDARについて

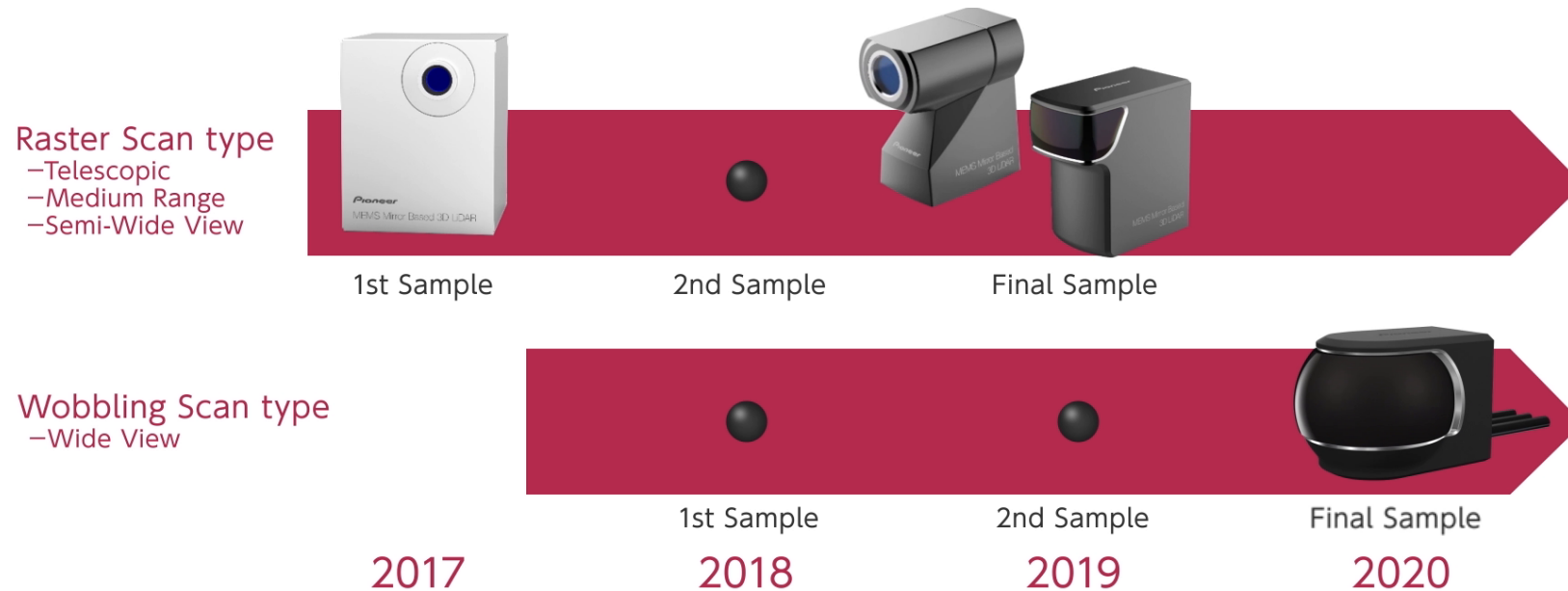
- 当社LiDARのラインナップ
 - 複数LiDARを組合せ



4つのタイプでさまざまなニーズ(距離/視野角等)に対応

LiDARについて

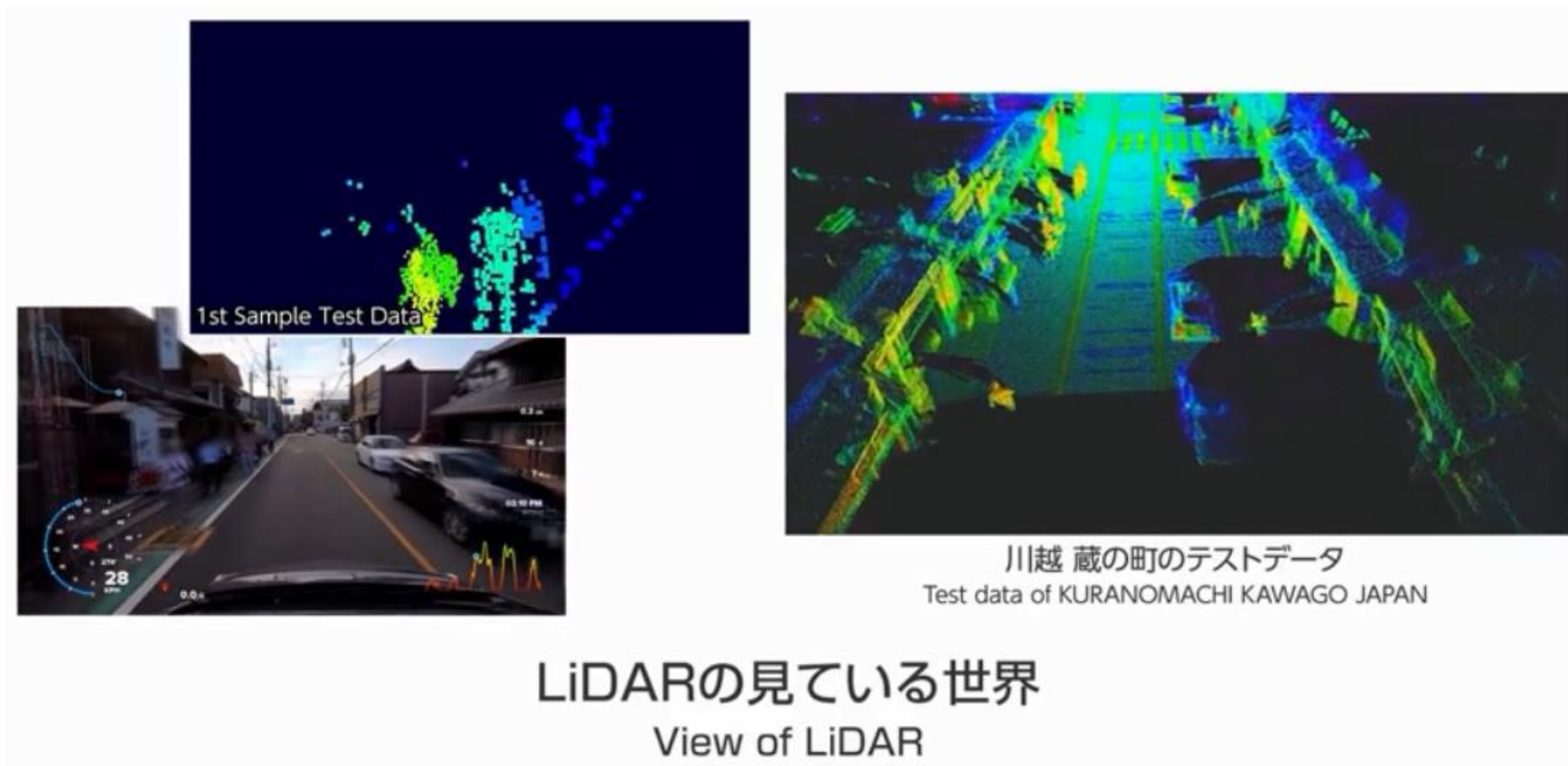
- 当社LiDARの開発スケジュール
 - 1stサンプル出荷済み



2020年代に量産開始

LiDARについて

- LiDAR実測例

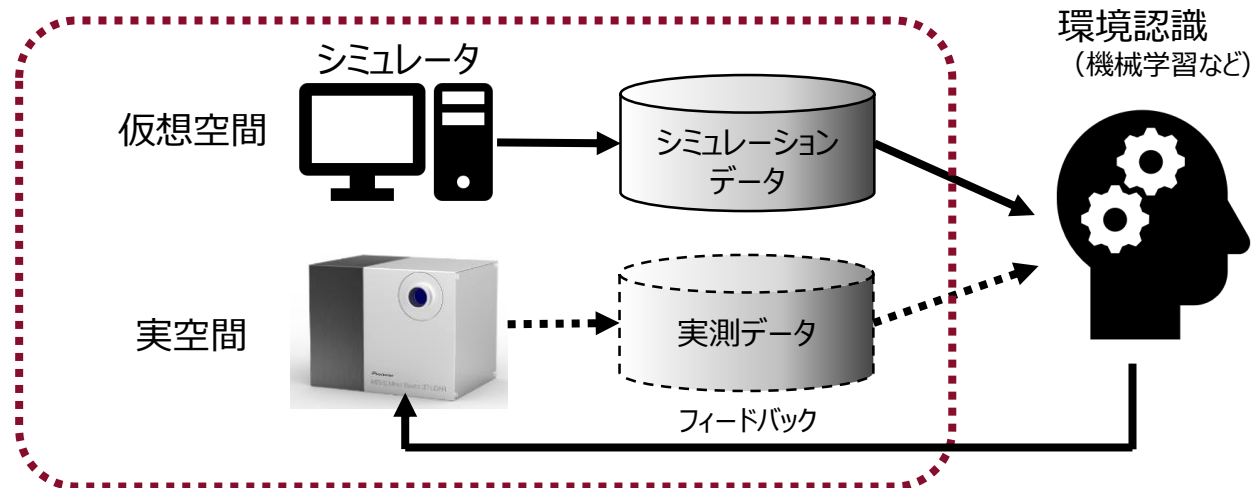


Agenda

- はじめに
 - 会社紹介、自動運転事業への取組み
 - LiDARについて
- シミュレータ事例
 - シミュレータ概要
 - LiDAR走査のモデル化
 - シミュレーション可視化
 - アルゴリズム開発環境への対応
 - 点群データセット生成（機械学習の取組み）
 - LiDARシミュレータの使い分け
- まとめ

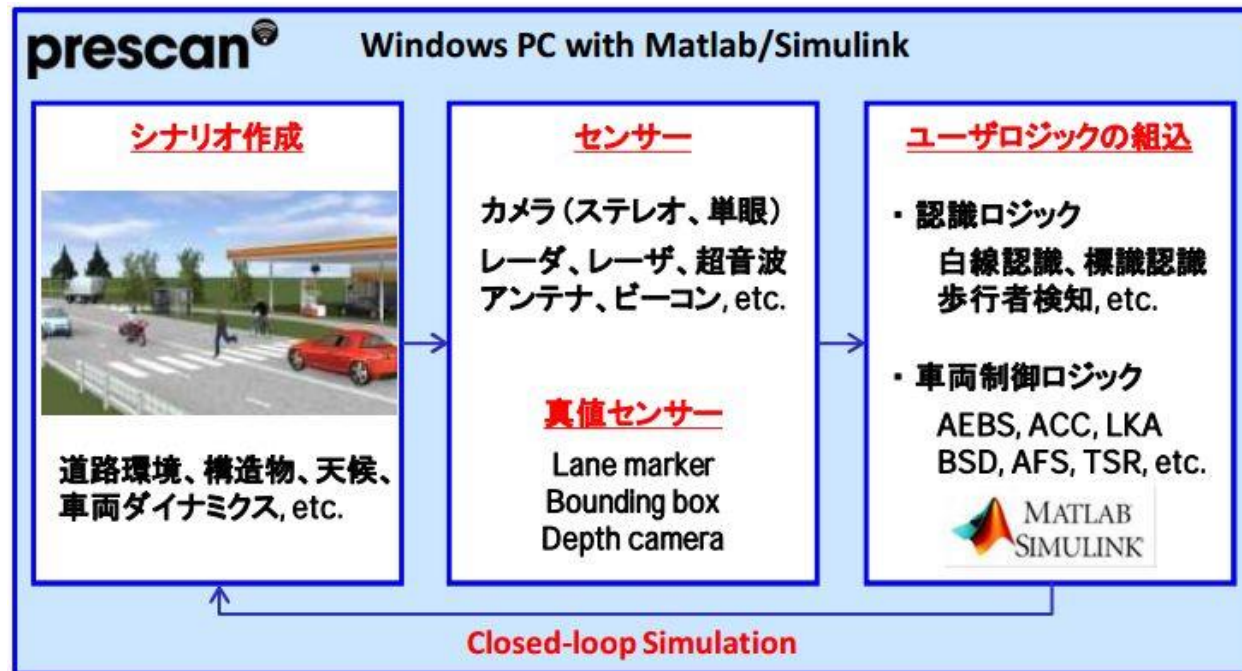
シミュレータ概要

- シミュレータの必要性
 - LiDAR試作前に、LiDAR仕様の確認
および、環境認識などのアルゴリズム先行開発
 - 機械学習用に大量のデータ生成
 - 取得困難な環境条件（事故シーンなど）での評価



シミュレータ概要

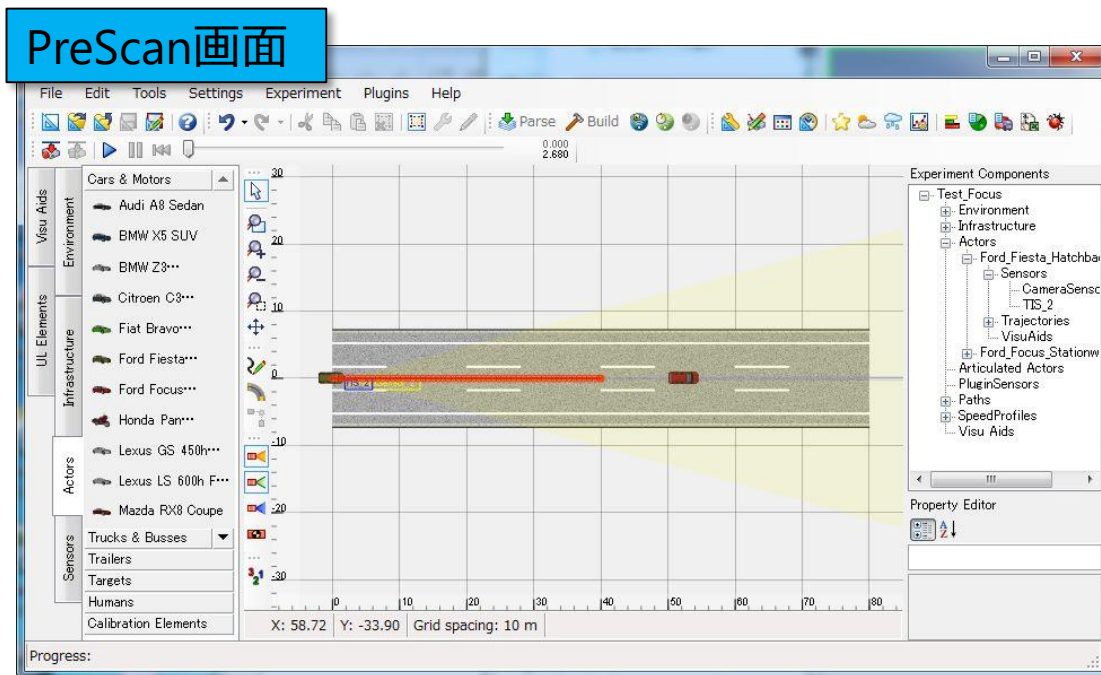
- 使用シミュレータ：PreScan (Siemens社)
 - 走行シーン・シナリオを、GUIで簡単に作成
 - センサモデル (LiDAR、Radar、Cameraなど) が豊富
 - MIL (モデルベース開発)、SIL、HILに対応



MATLAB®/Simulink® と連携

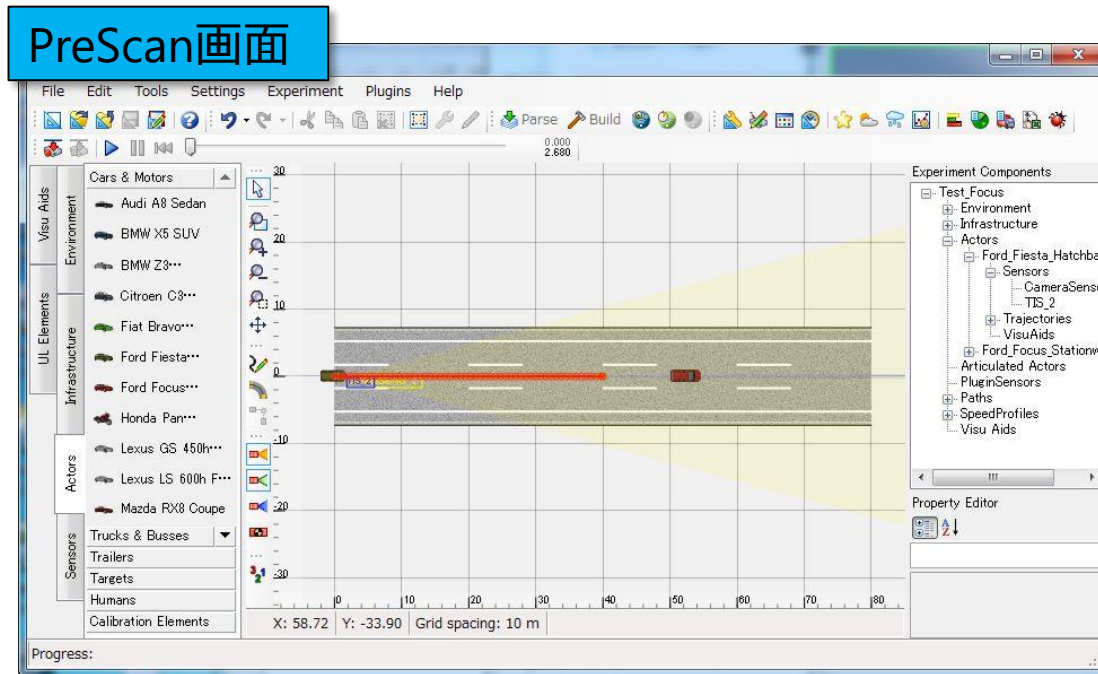
シミュレータ概要

- PreScan) 処理の流れ①
 - シナリオ作成
 - 道路、車両、センサなど、ドラッグ&ドロップで配置



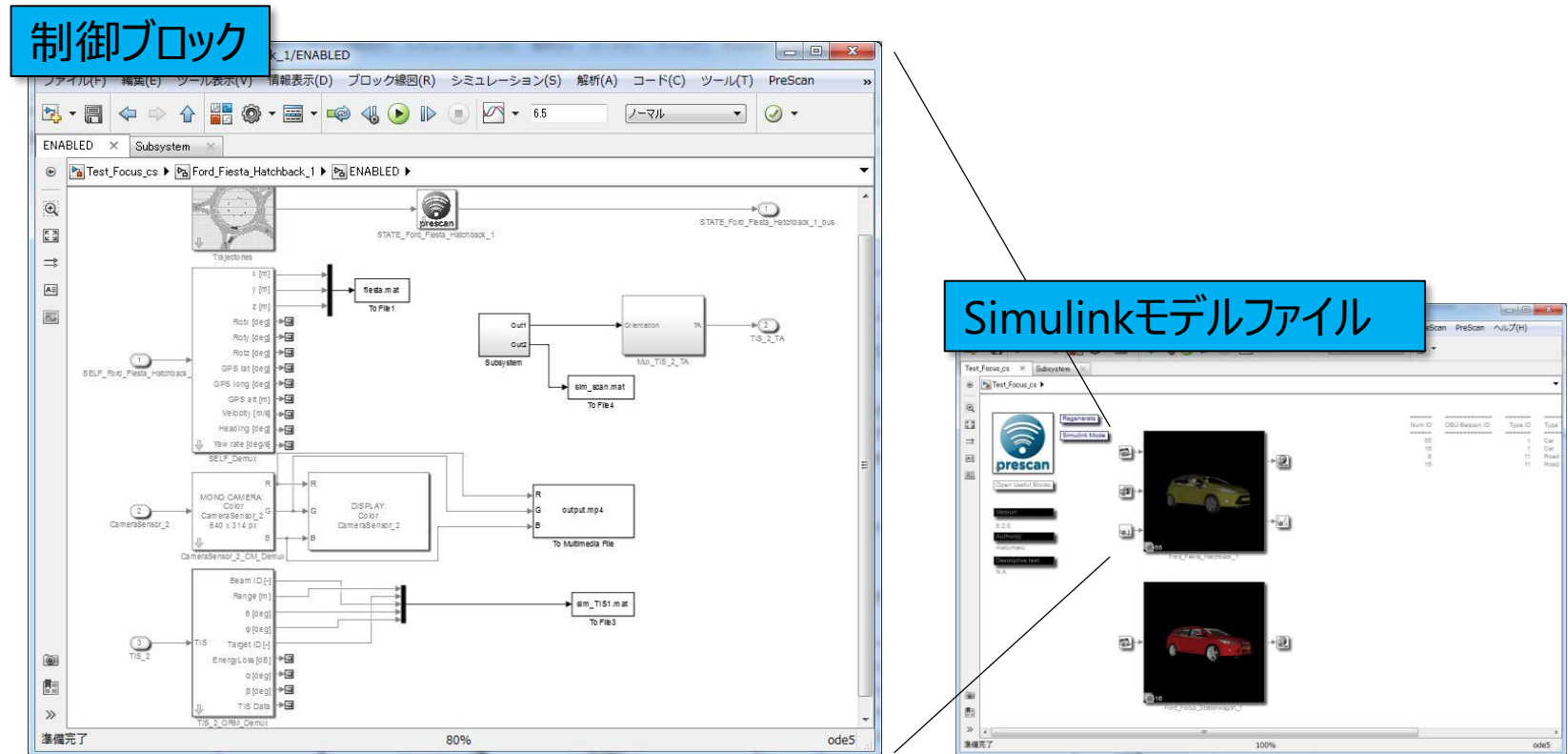
シミュレータ概要

- PreScan) 処理の流れ②
 - コンパイル
 - Simulinkモデルファイルが自動生成される



シミュレータ概要

- PreScan) 処理の流れ③
 - 制御ブロック設計
 - Simulinkエディターで変更



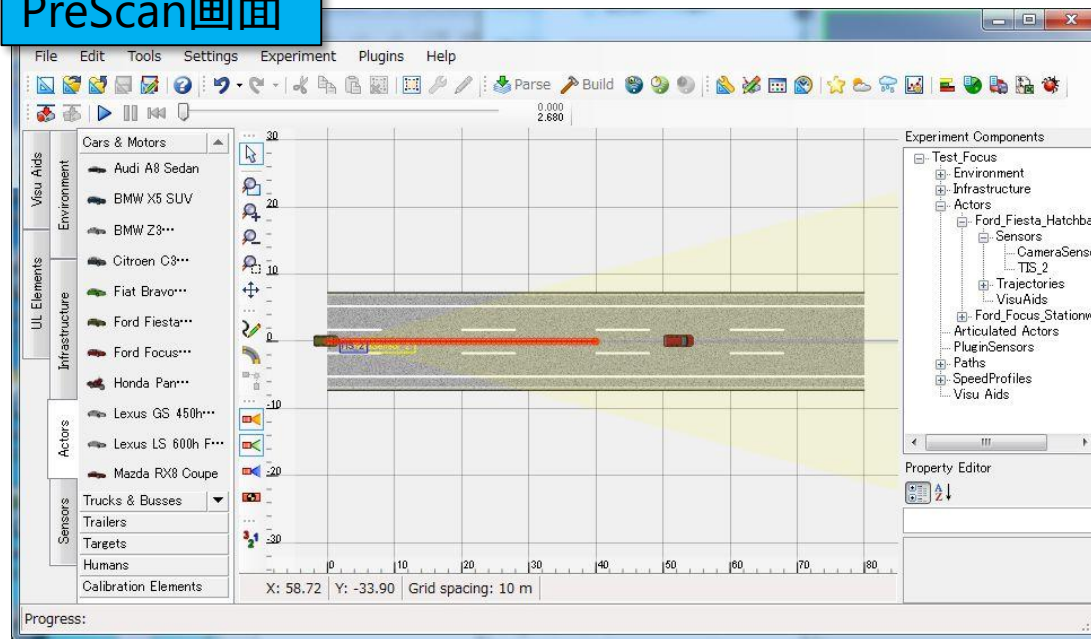
シミュレータ概要

- PreScan) 処理の流れ④

- シミュレーション

- Simulink実行
 - データ出力

PreScan画面



PreScanビューワー



Simulinkモデルファイル



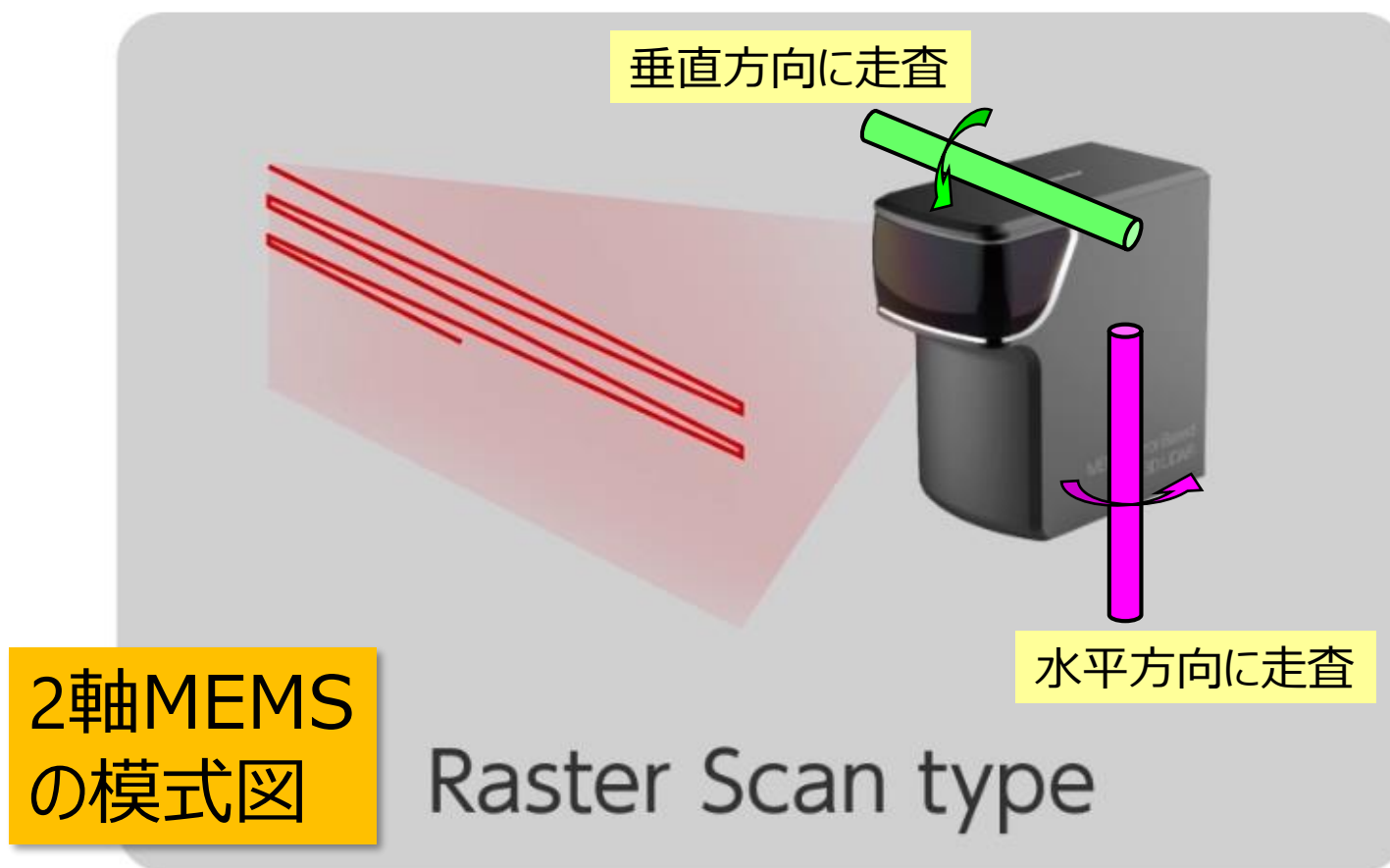
Agenda

- はじめに
 - 会社紹介、自動運転事業への取組み
 - LiDARについて
- シミュレータ事例
 - シミュレータ概要
 - LiDAR走査のモデル化
 - シミュレーション可視化
 - アルゴリズム開発環境への対応
 - 点群データセット生成（機械学習の取組み）
 - LiDARシミュレータの使い分け
- まとめ

LiDAR走査のモデル化

- 背景

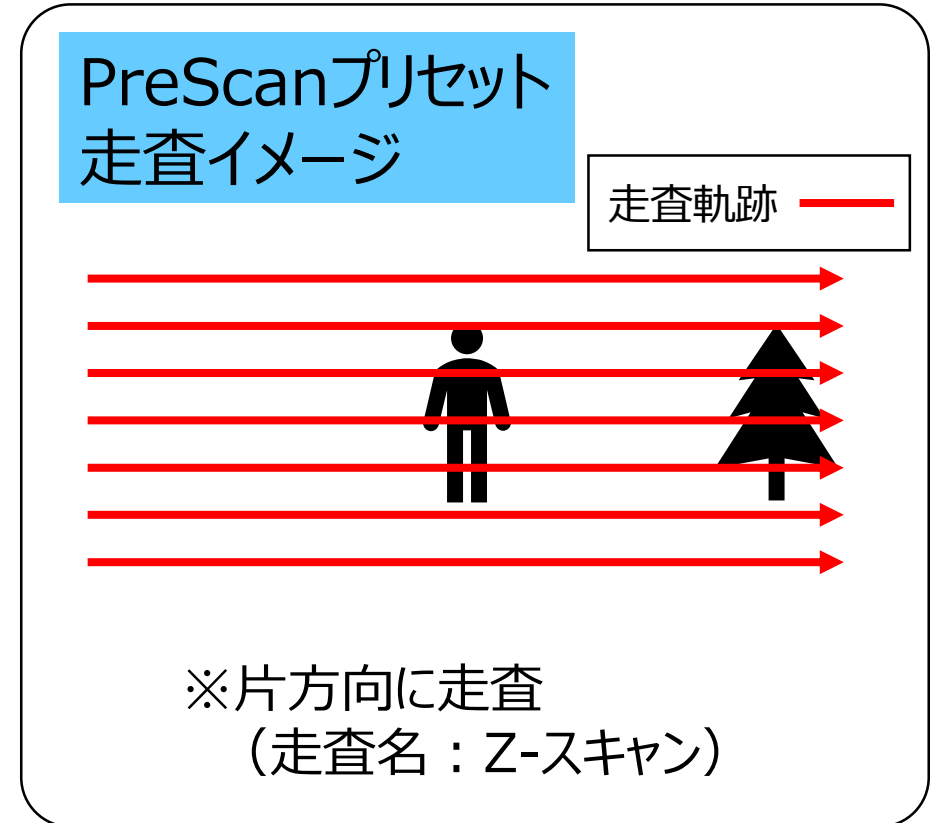
- 当社LiDARは、水平、垂直の2軸MEMSで走査



LiDAR走査のモデル化

• 課題

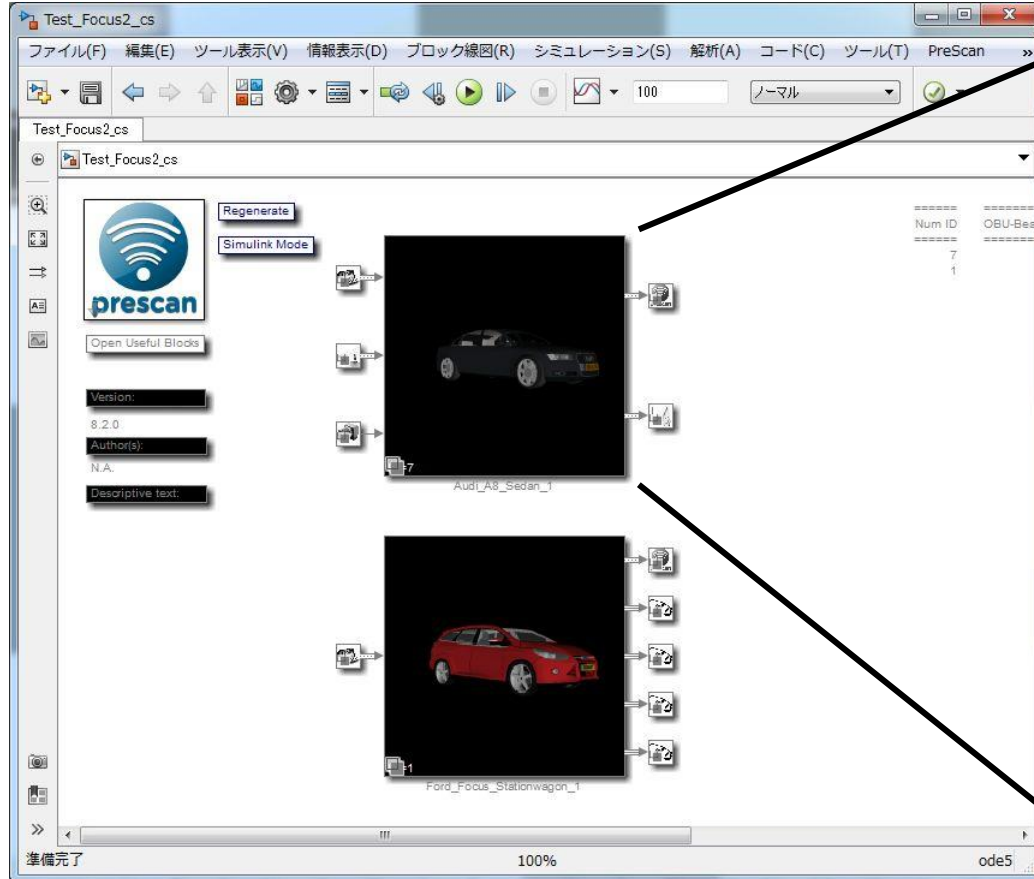
- PreScanにプリセットされている走査パターンには、当社LiDARの走査パターンがない
- 当社LiDARの走査パターンも含めて仕様検討がしたい



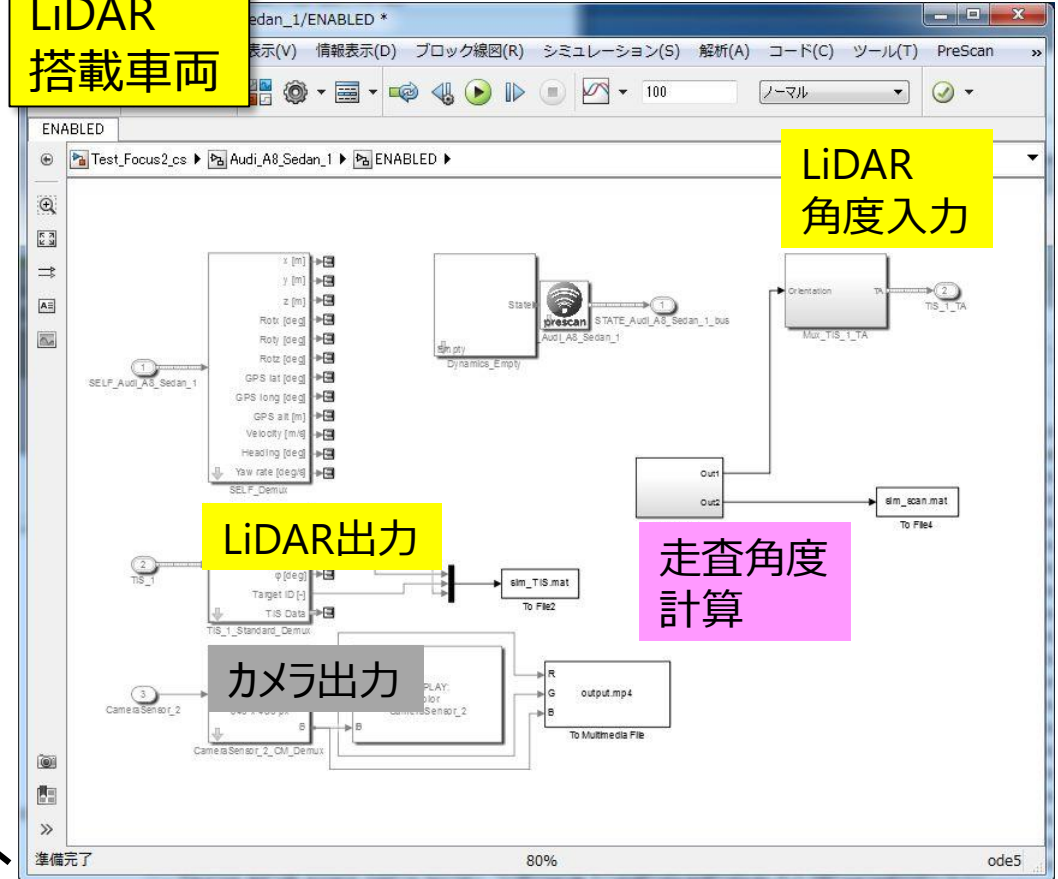
Simulinkライブラリーを利用して、
当社LiDAR走査パターンのモデル化を検討

LiDAR走査のモデル化

- Simulink設計
 - Simulinkブロックでスキャン角度を計算



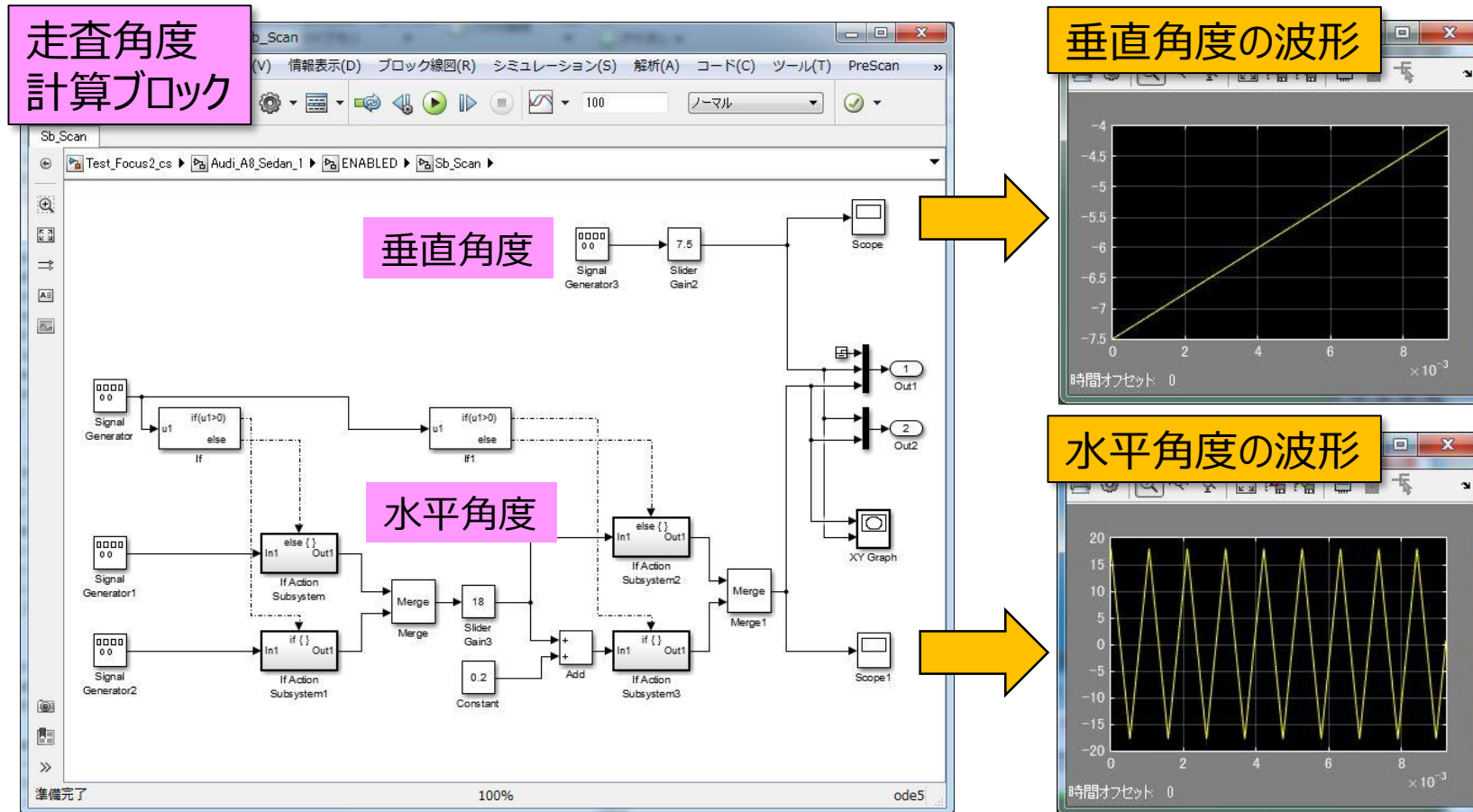
LiDAR
搭載車両



LiDAR走査のモデル化

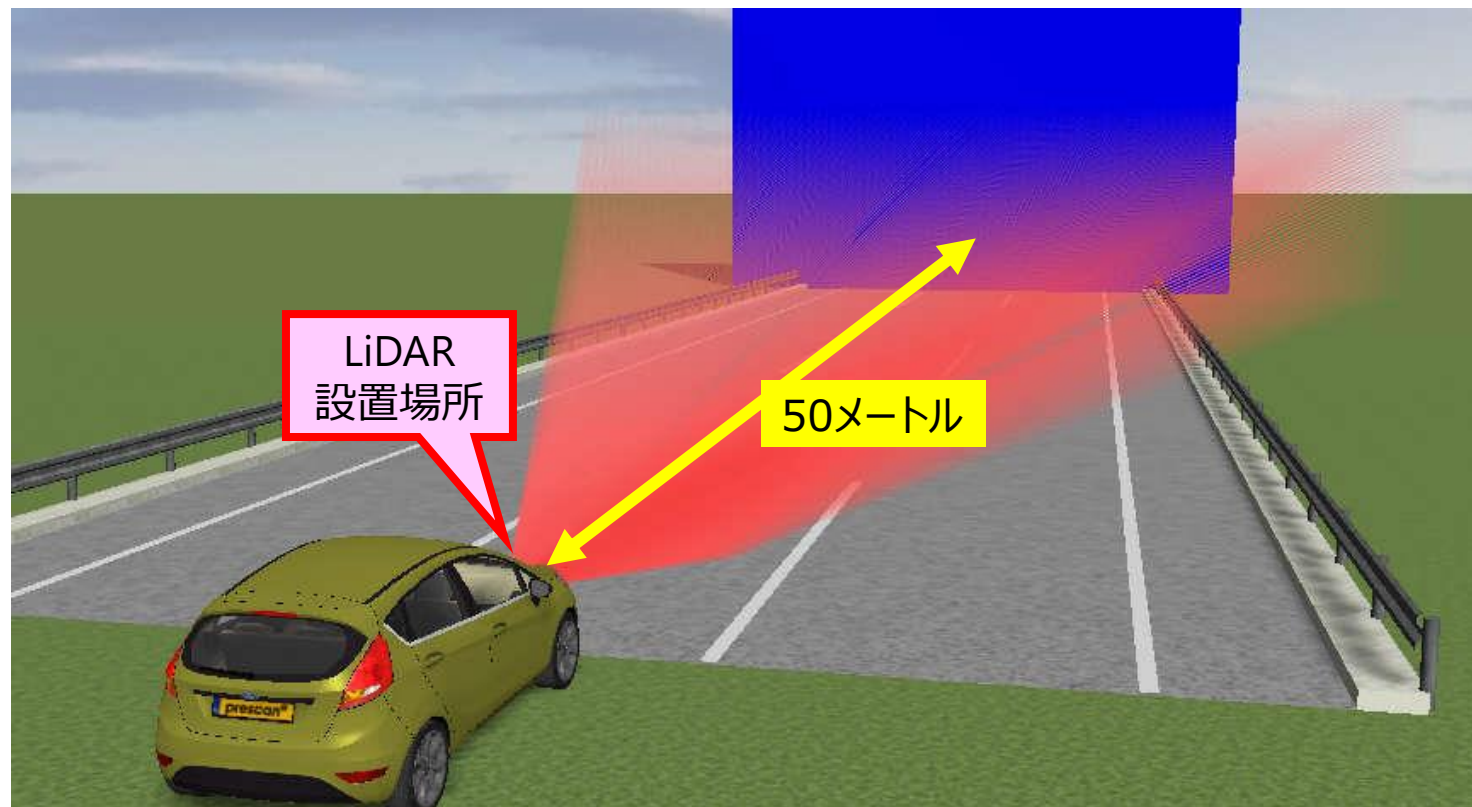
- 走査角度の計算

- LiDARビーム発光毎に、Simulinkブロックでスキャン角度を計算



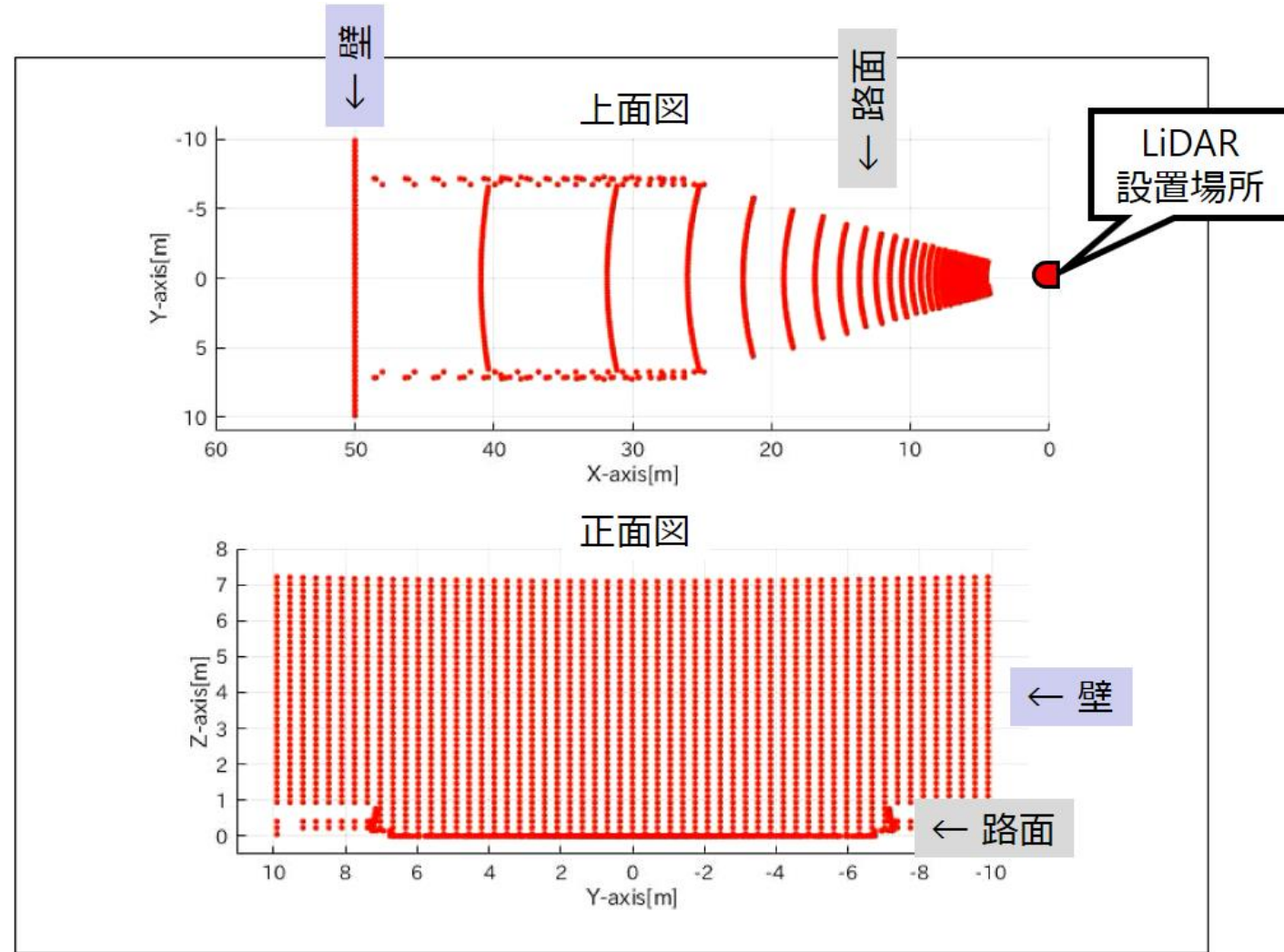
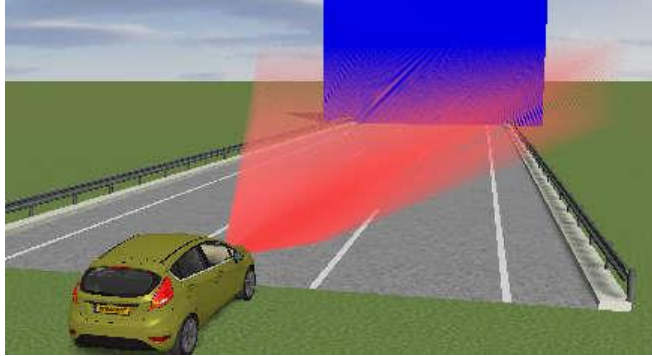
LiDAR走査のモデル化

- 走査例) CGイメージ
 - 50メートル先の壁に照射



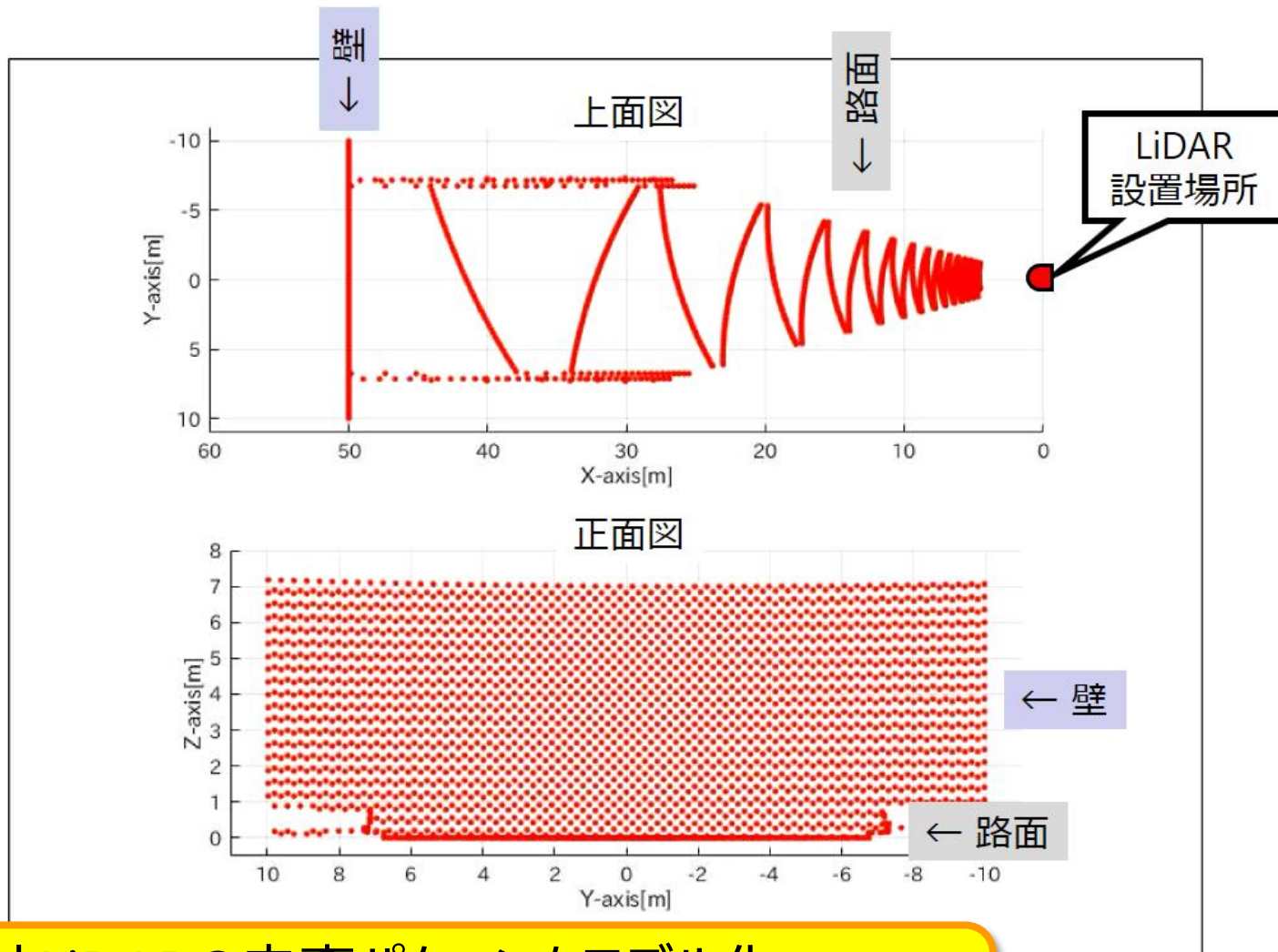
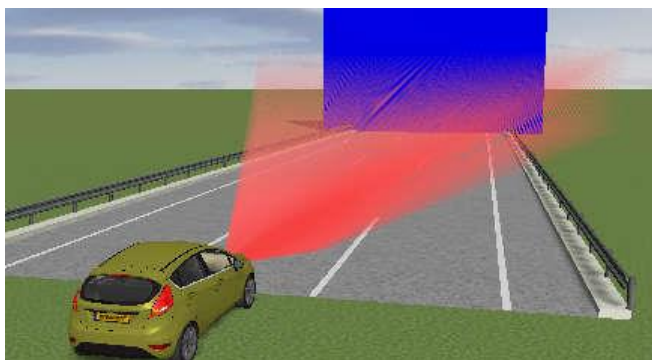
LiDAR走査のモデル化

- 走査例)
 - Z-スキャンの照射



LiDAR走査のモデル化

- 走査例)
 - ラスタースキャンの照射



Simulink上で当社LiDARの走査パターンをモデル化
 → 走査パターンを含めた仕様検討が可能

Agenda

- はじめに
 - 会社紹介、自動運転事業への取組み
 - LiDARについて
- シミュレータ事例
 - シミュレータ概要
 - LiDAR走査のモデル化
 - シミュレーション可視化
 - アルゴリズム開発環境への対応
 - 点群データセット生成（機械学習の取組み）
 - LiDARシミュレータの使い分け
- まとめ

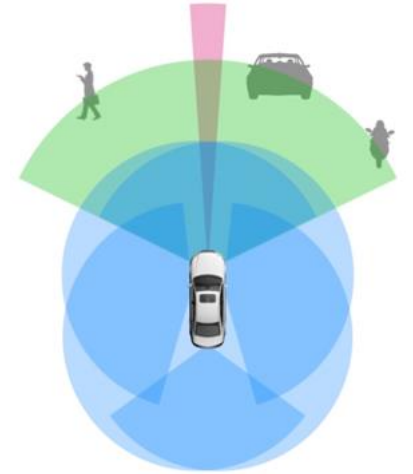
シミュレーション可視化

- 背景

- 当社LiDARは、複数組合せて使用することを想定

- 課題

- PreScanに点群描画サンプルはあるが、当社のLiDARの仕様検討用に、様々な視点から確認（描画）したい

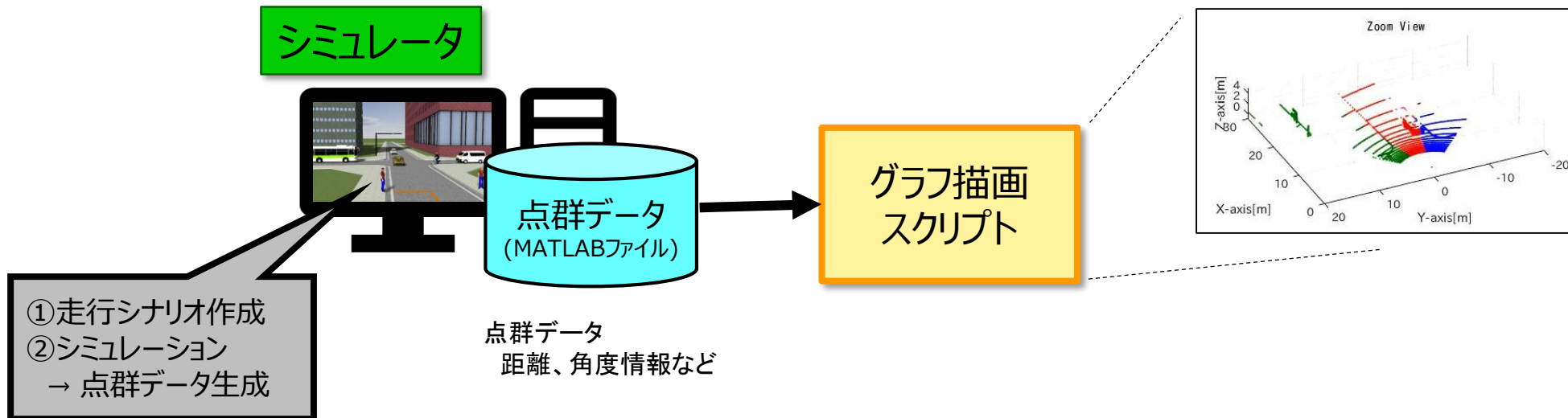


LiDAR仕様の検討項目に応じた、
シーン作成、可視化方法、評価方法を検討

シミュレーション可視化

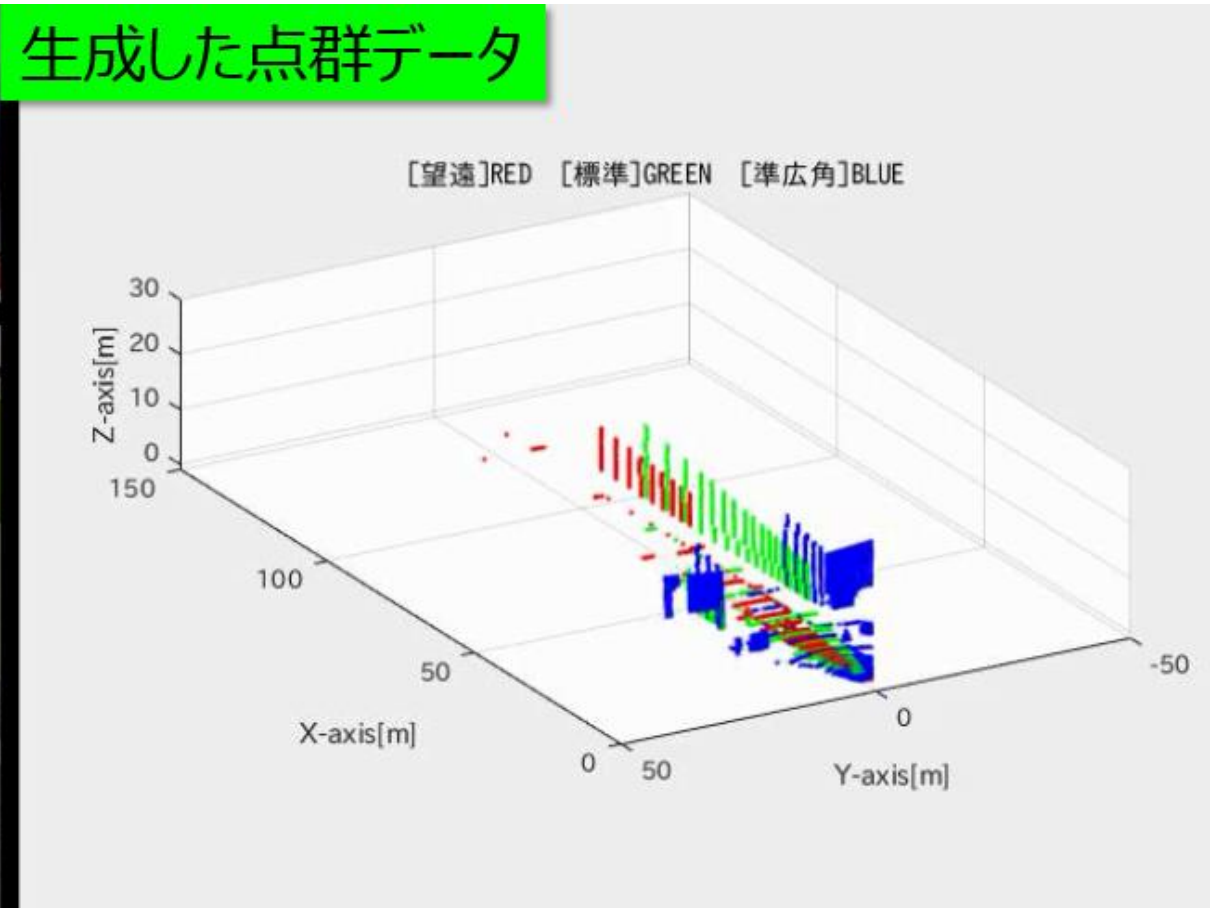
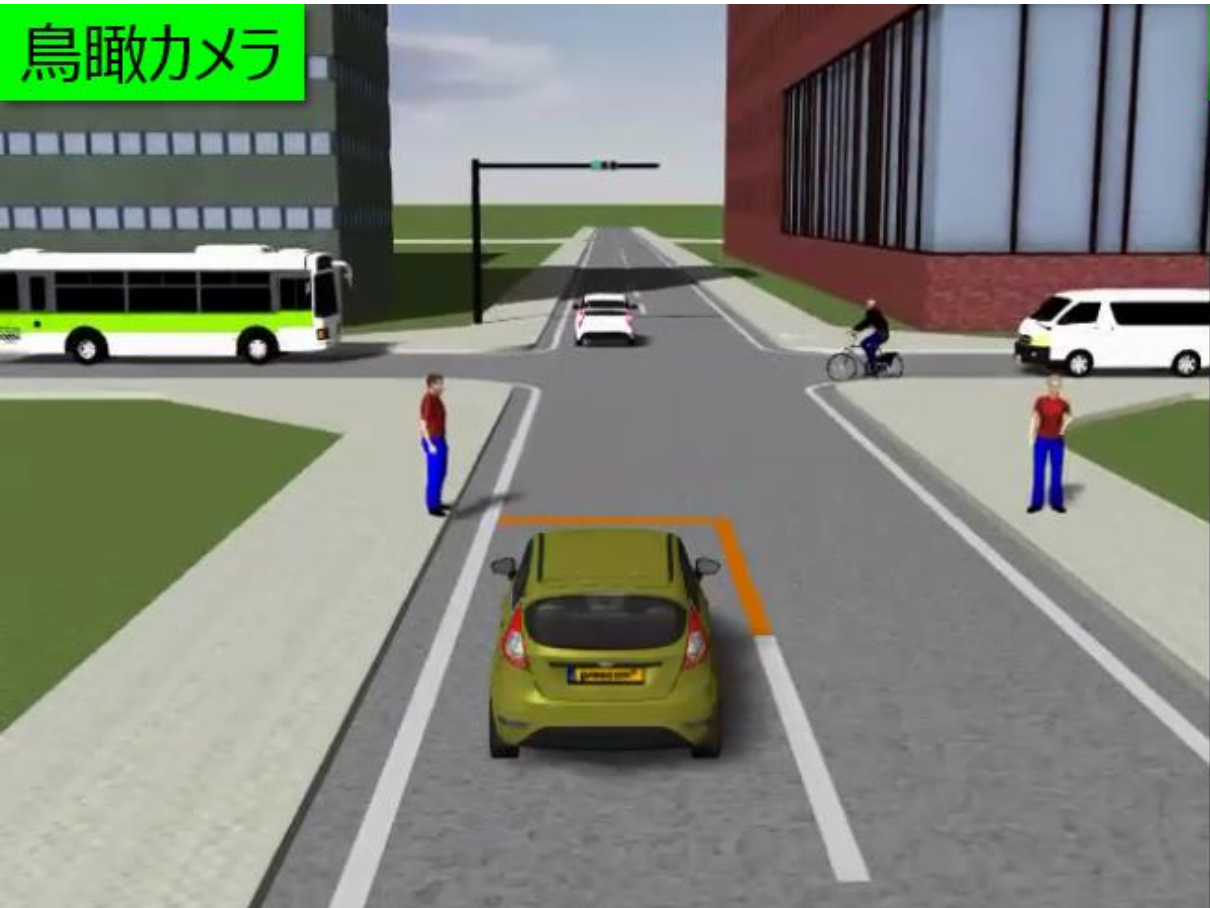
• 処理フロー

- シミュレータで、点群データ（距離、角度）を生成
- 直交座標に変換して、MATLAB関数で可視化
(Computer Vision System Toolbox™ / pcshow)



シミュレーション可視化

- 例 1) 複数LiDARの設置
 - 視野角の違いによる影響を把握

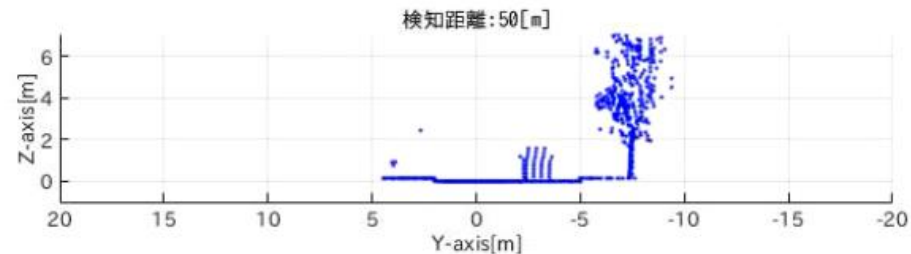
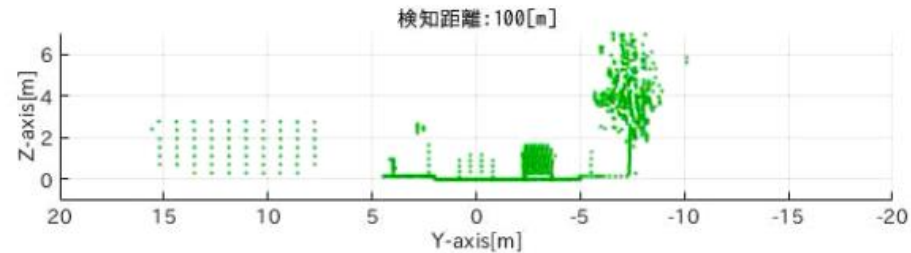
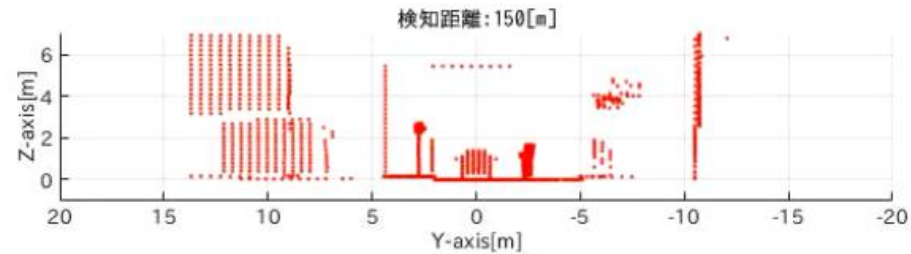


シミュレーション可視化

- 例 1) 複数LiDARの設置

- 点群とカメラによるセンシング範囲の確認 (シミュレータならではの一例)

LiDARと
同じ視野角



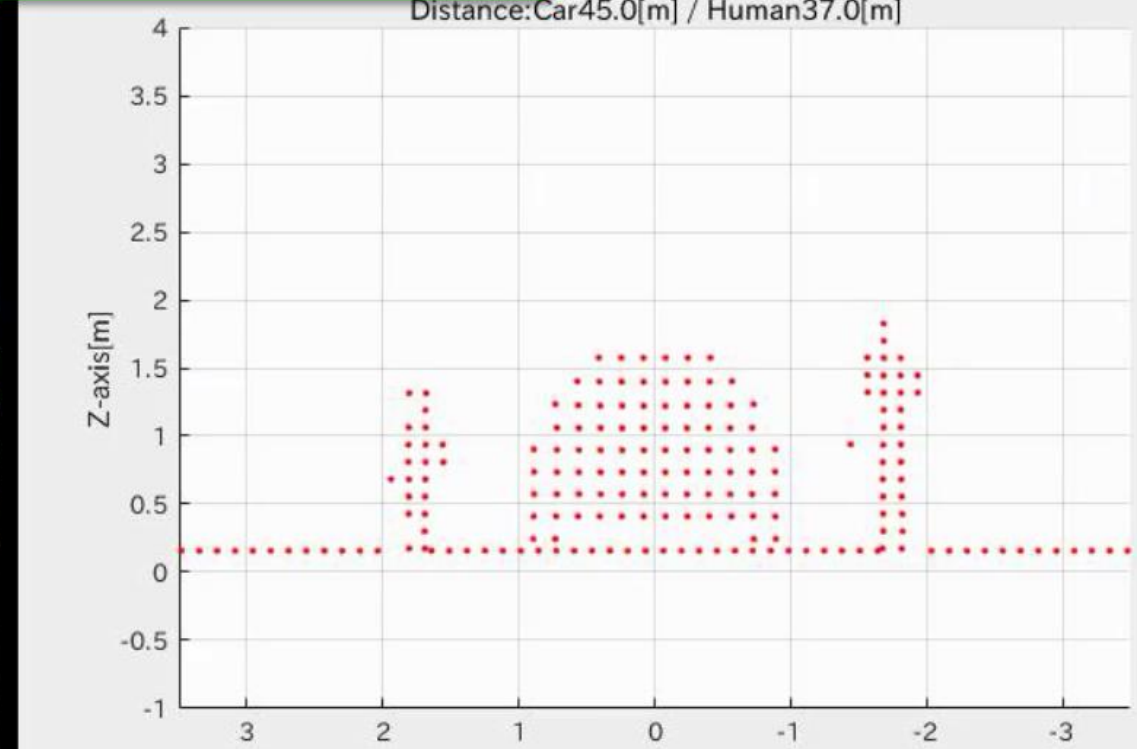
シミュレーション可視化

- 例 2) 距離特性
 - 対象物までの距離と点群密度の把握

車載カメラ



生成した点群データ

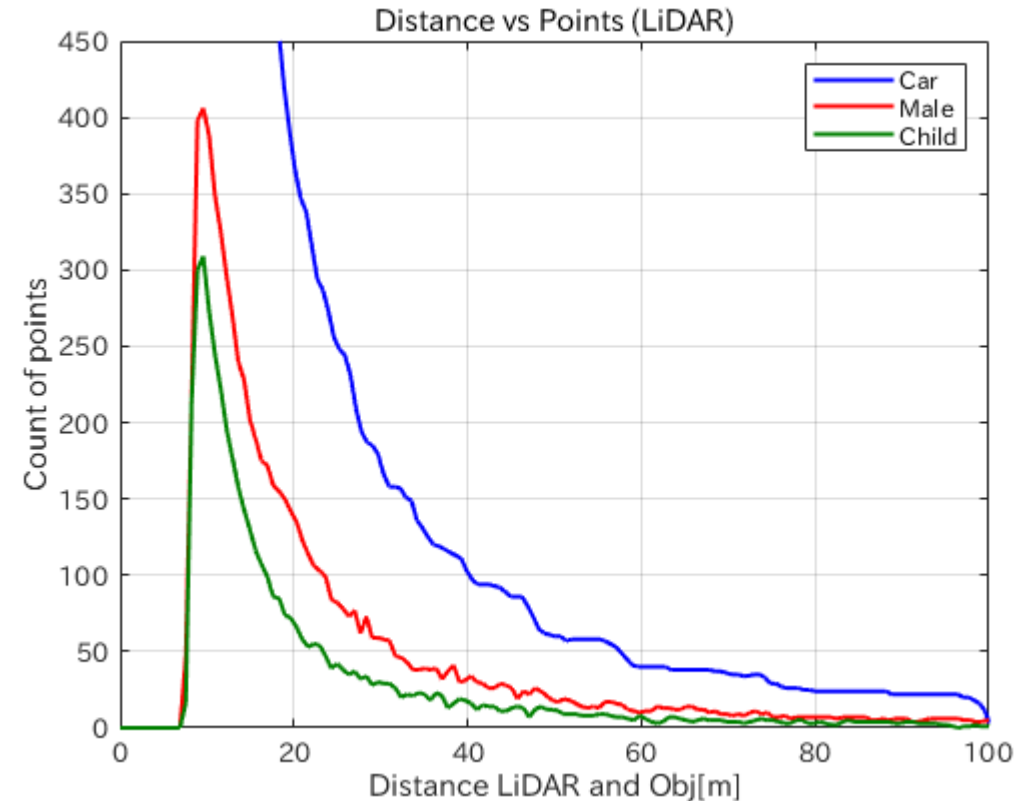


シミュレーション可視化

• 例 2) 距離特性

– 定量評価

- オブジェクト毎の照射ビーム点数をカウント



MATLABの点群描画関数を利用して、様々なグラフ表示
→ 実機試作前に、LiDAR仕様検討が可能

Agenda

- はじめに
 - 会社紹介、自動運転事業への取組み
 - LiDARについて
- シミュレータ事例
 - シミュレータ概要
 - LiDAR走査のモデル化
 - シミュレーション可視化
 - アルゴリズム開発環境への対応
 - 点群データセット生成（機械学習の取組み）
 - LiDARシミュレータの使い分け
- まとめ

アルゴリズム開発環境への対応

- 背景

- 実時間処理を想定した自動運転プラットフォームで、環境認識（物体検知）などのアルゴリズムを開発中

- 課題

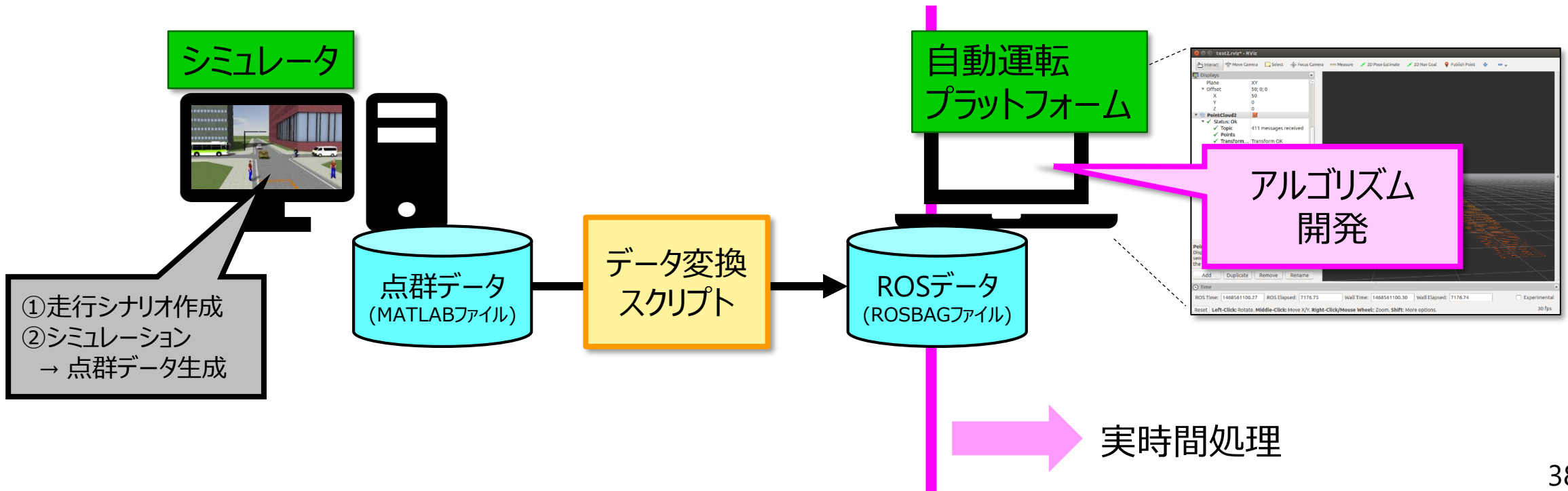
- シミュレータ生成した点群データ（MATLABファイル）を、そのまま自動運転プラットフォームで使用するのは困難

自動運転プラットフォーム用にデータ変換することを検討

アルゴリズム開発環境への対応

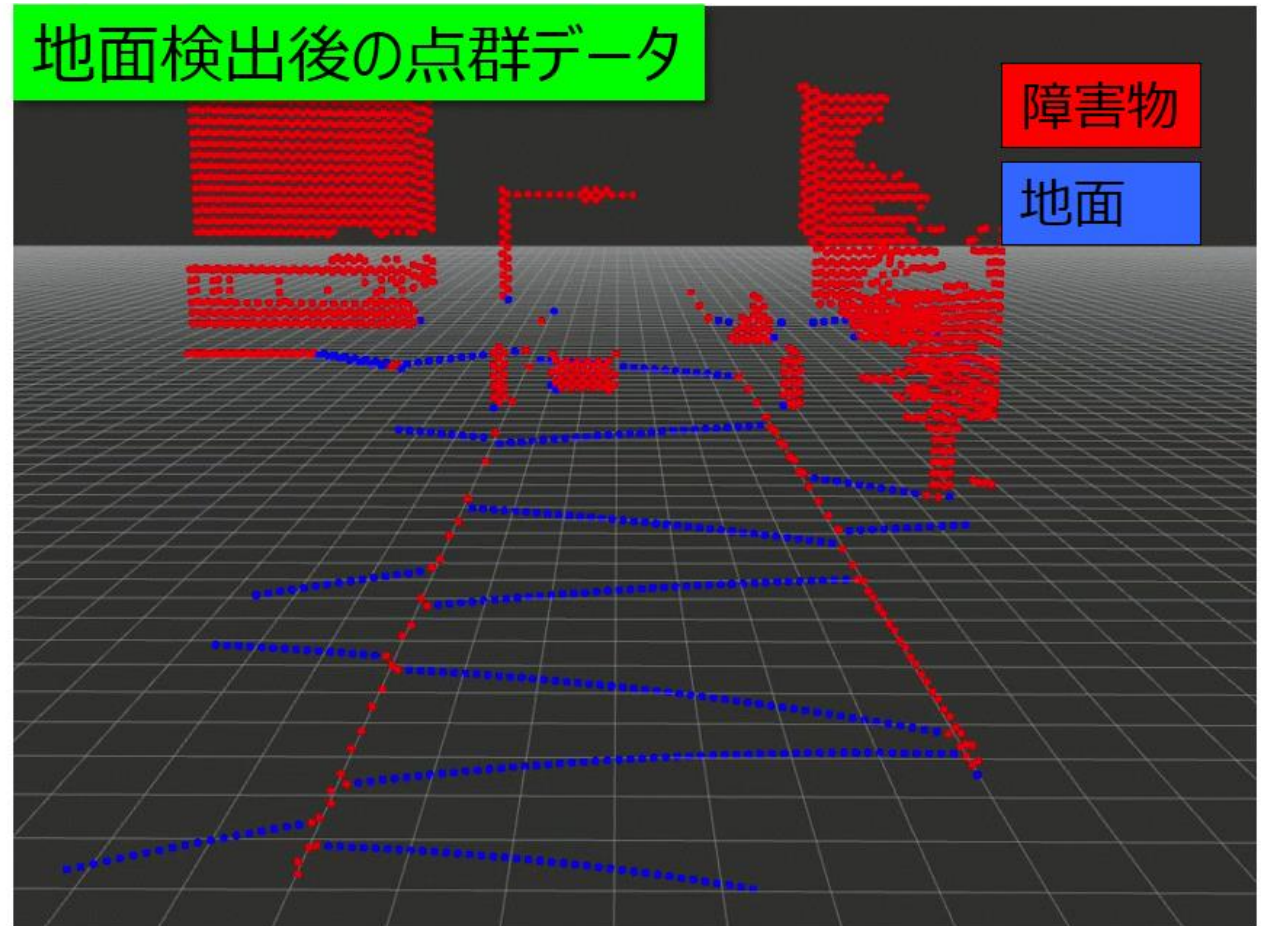
- 処理フロー

- 生成された点群データを、MATLAB関数で変換
(Robotics System Toolbox™ / rospublisherなど)



アルゴリズム開発環境への対応

- 例) 地面検出
 - リアルタイムに色付け
 - 障害物：赤色
 - 地面：青色



Agenda

- はじめに
 - 会社紹介、自動運転事業への取組み
 - LiDARについて
- シミュレータ事例
 - シミュレータ概要
 - LiDAR走査のモデル化
 - シミュレーション可視化
 - アルゴリズム開発環境への対応
 - 点群データセット生成（機械学習の取組み）
 - LiDARシミュレータの使い分け
- まとめ

点群データセット生成

- 背景

- 弊社LiDARは解像度が高いため、
点群データを使った機械学習ベースの物体認識アルゴリズムを検討
- 機械学習には、各種条件（識別ラベル、データ数など）を満たした学習データが必要

- 課題

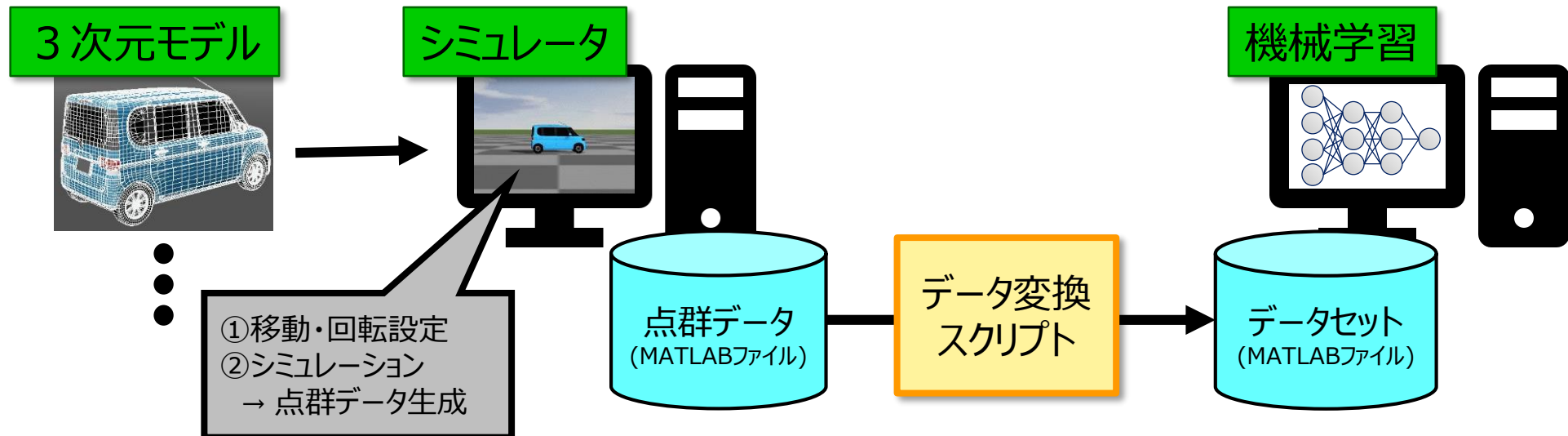
- 実測で大量の学習データを準備するのは、工数が大きい
- 上記条件を満たした学習用点群データセットが見当たらない

シミュレータを活用して、大量の点群データを生成することを検討

点群データセット生成

処理フロー

- 3次元CGモデル（車両など）の準備
- 対象物体をフレーム毎に移動・回転させながら、点群データを生成
- 対象物体の属性情報（距離・方向等）を付加



点群データセット生成

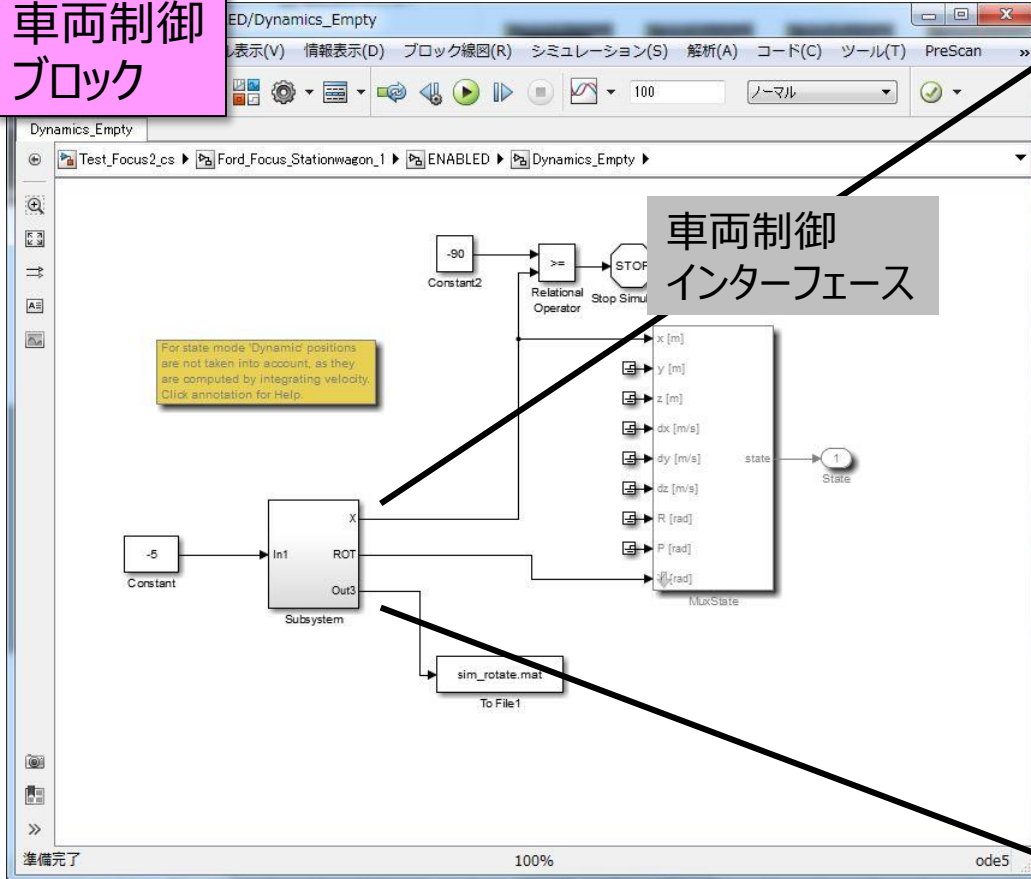
- Simulink設計
 - 対象物体の制御ブロック

The image displays two Simulink windows. The left window, titled 'Test_Focus2_cs', shows a Simulink model with a 'preScan' block and two vehicle models: 'Audi_A8_Sedan_1' and 'Ford_Focus_Stationwagon_1'. A green label 'LiDAR搭載車両' points to the 'preScan' block. The right window, titled 'Stationwagon_1/ENABLED', shows a detailed control block for the 'Ford_Focus_Stationwagon_1'. A yellow label '対象物体ブロック' points to this block. Inside the block, a 'Velocity to WheelAngle' block outputs various vehicle parameters, with a grey label '車両情報の出力 (速度など)' pointing to these outputs. A 'Dynamics_Empty' block is also present, with a pink label '車両制御ブロック' pointing to it.

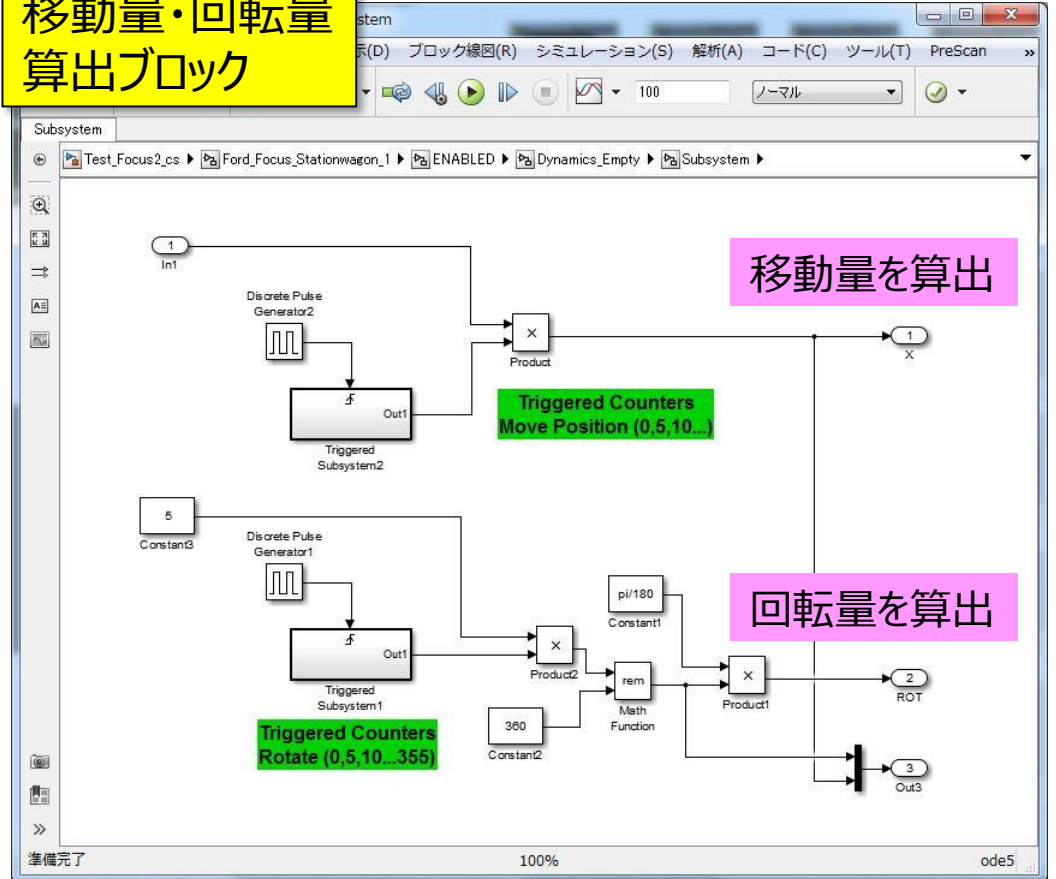
点群データセット生成

- Simulink設計
 - 対象物体の距離・方向の算出

車両制御
ブロック

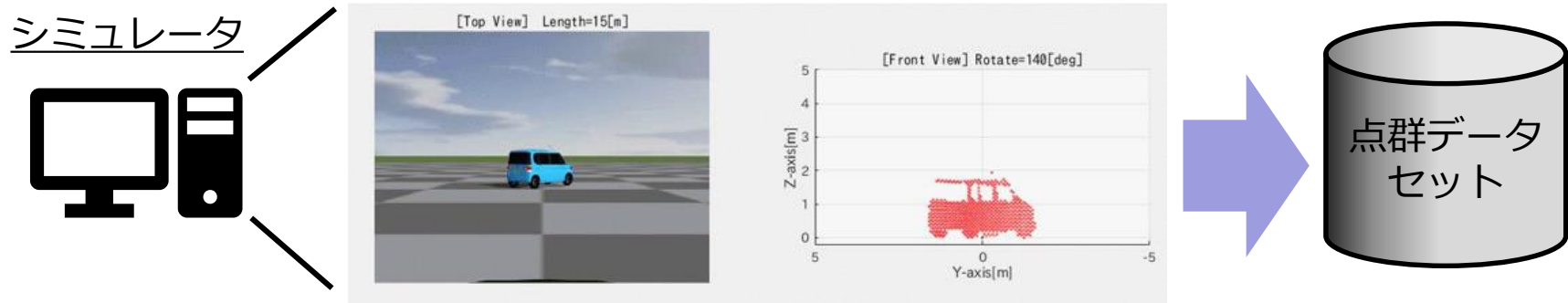


移動量・回転量
算出ブロック



点群データセット生成

- データ生成時のイメージ



- 分類オブジェクト

- 10クラス

動物体	歩行者	サイクリスト
	乗用車	大型車
静止物体	自転車	信号機
	標識	樹木
	建物	ポール

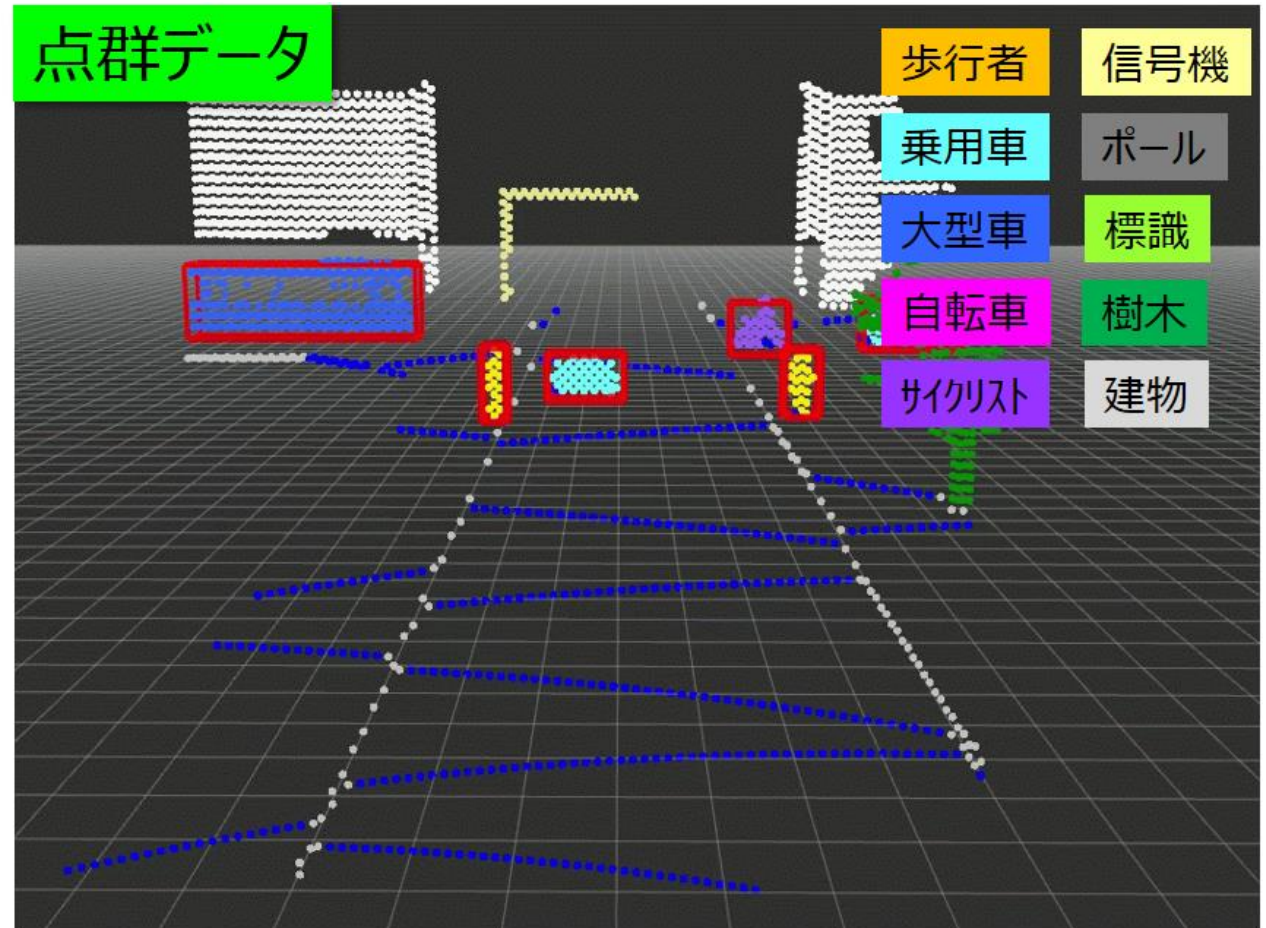
※各クラス1万以上のデータを生成

※1万データの生成時間
= 約43時間
(連続シミュレーションさせた場合)

点群データセット生成

- 例) 学習器による物体識別

- 識別結果を色付け
 - 10クラス分類



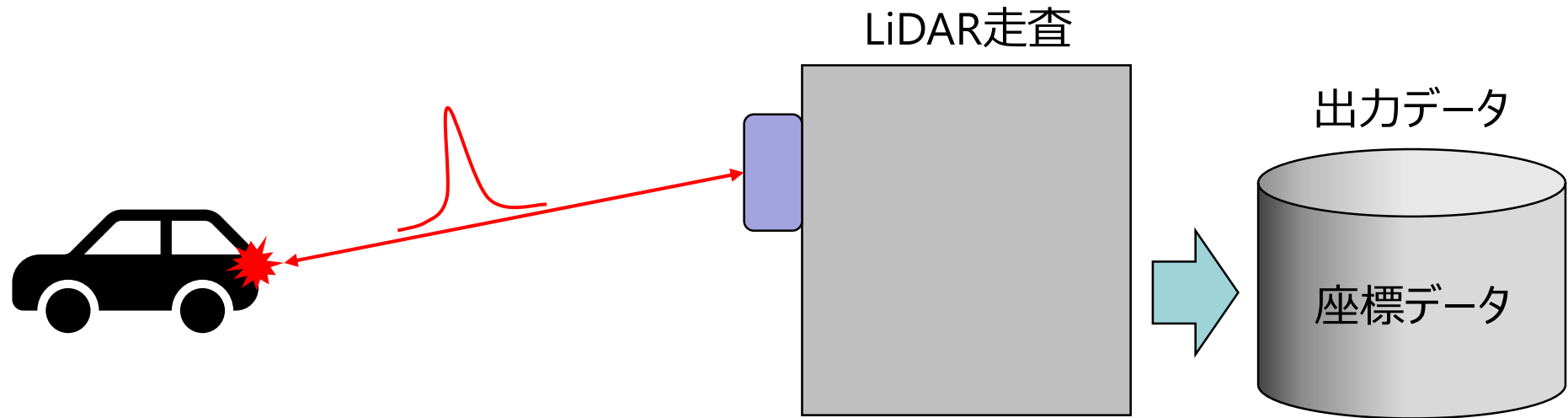
Agenda

- はじめに
 - 会社紹介、自動運転事業への取組み
 - LiDARについて
- シミュレータ事例
 - シミュレータ概要
 - LiDAR走査のモデル化
 - シミュレーション可視化
 - アルゴリズム開発環境への対応
 - 点群データセット生成（機械学習の取組み）
 - LiDARシミュレータの使い分け
- まとめ

LiDARシミュレータの使い分け

- 背景

- LiDAR仕様（視野範囲や解像度など）の事前検討では、点群データの見え方などが重要
- この場合、シナリオ作成からデータ出力まで、スピーディーにシミュレーションが可能な、「PreScan」が有用

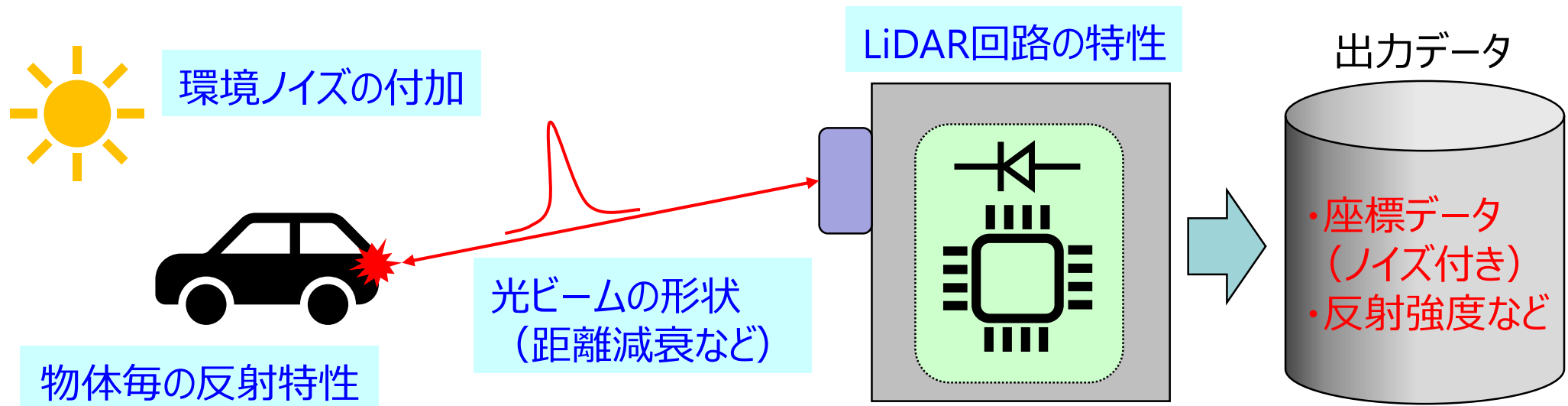


LiDARシミュレータの使い分け

• 課題

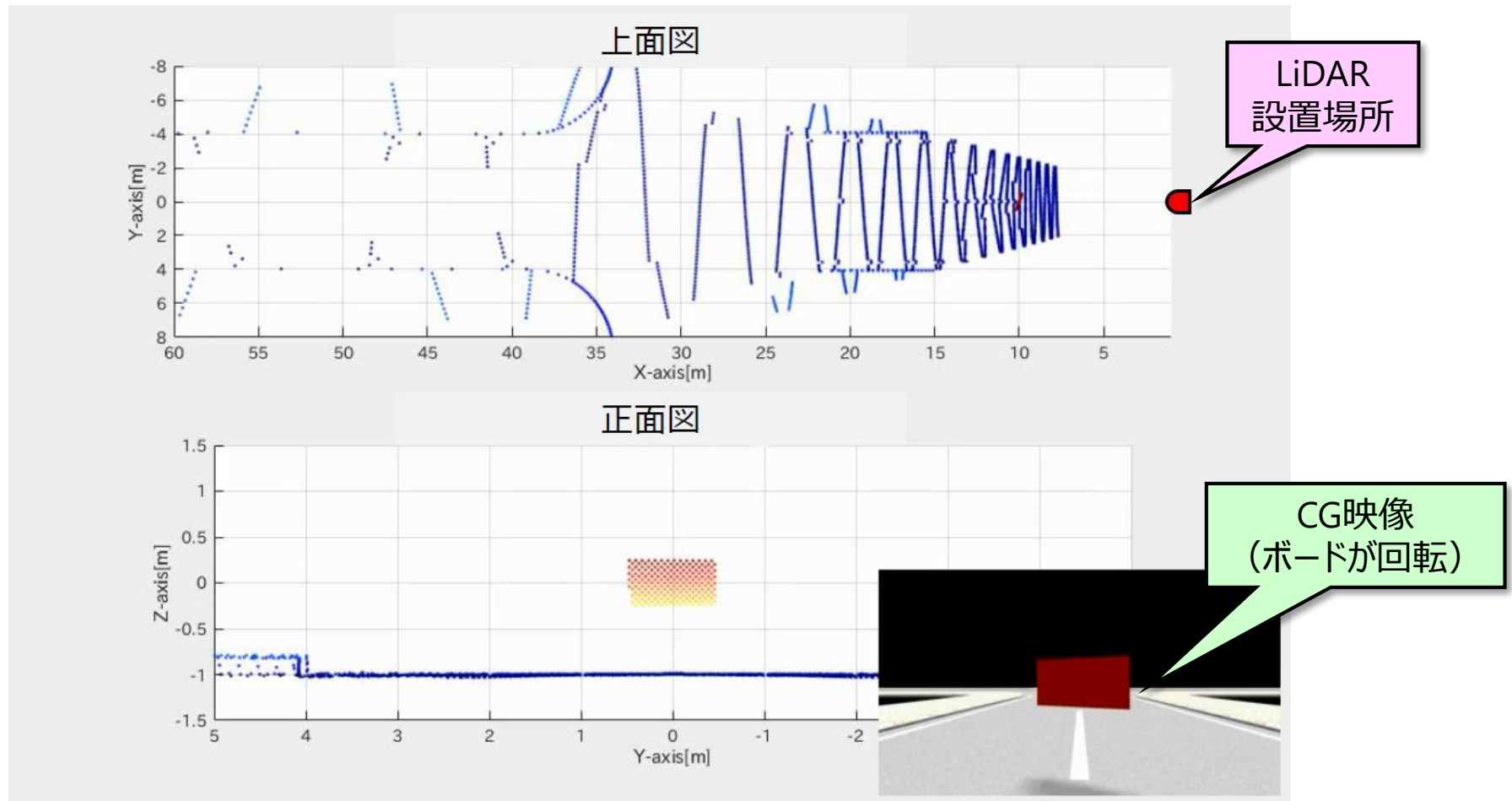
- 機械学習では、理想的なデータの他に、実測データでの学習も検討
- 実測で大量の学習データを準備するのは、工数が大きい

実測に近いデータを出力するシミュレータの併用を検討



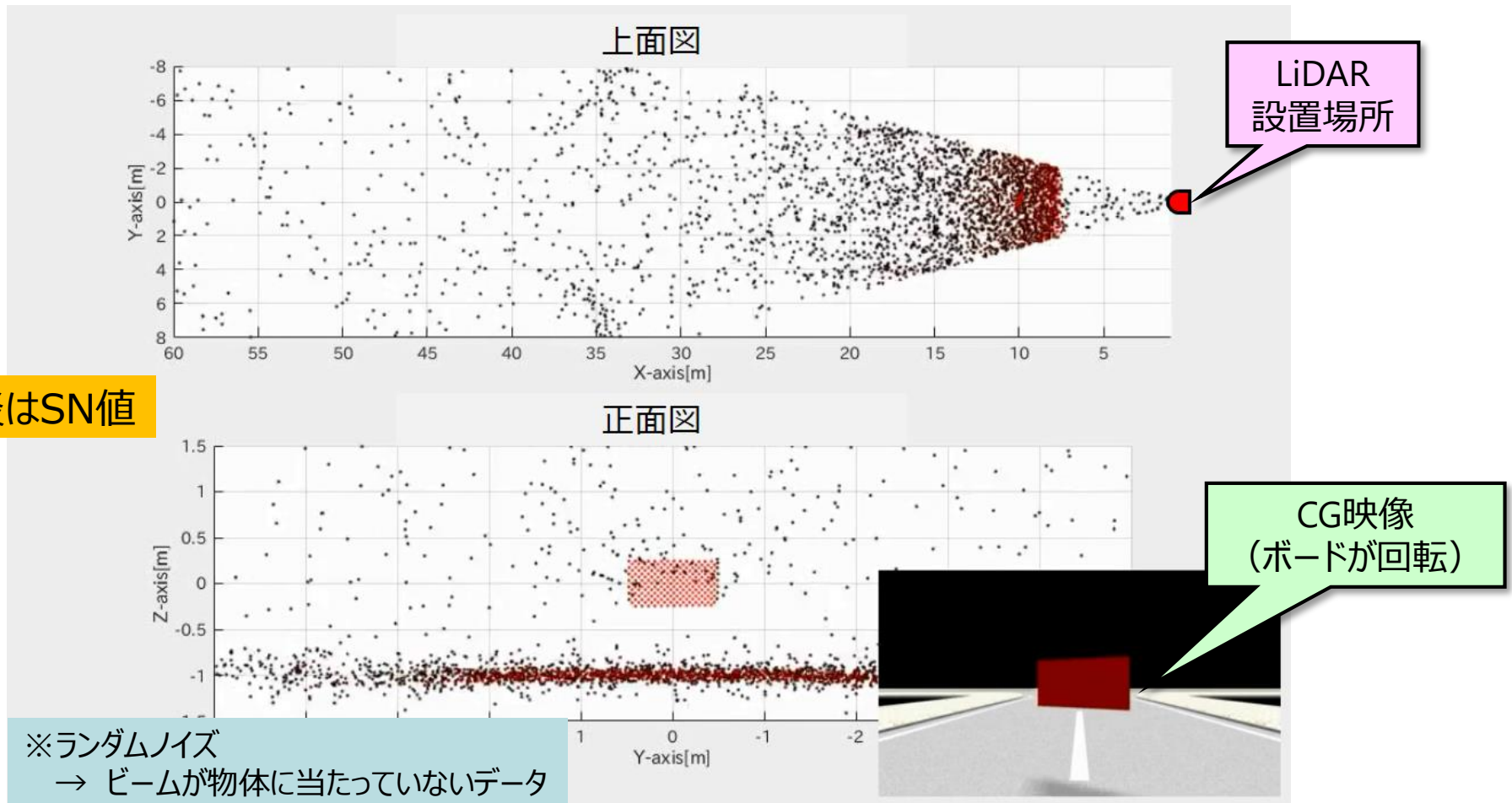
LiDARシミュレータの使い分け

- シミュレーション例) 理想状態の点群データ



LiDARシミュレータの使い分け

- シミュレーション例) 実環境に近い点群データ



Agenda

- はじめに
 - 会社紹介、自動運転事業への取組み
 - LiDARについて
- シミュレータ事例
 - シミュレータ概要
 - LiDAR走査のモデル化
 - シミュレーション可視化
 - アルゴリズム開発環境への対応
 - 点群データセット生成（機械学習の取組み）
 - LiDARシミュレータの使い分け
- まとめ

まとめ

- LiDARシミュレータ事例について紹介
 - LiDAR走査のモデル化
 - シミュレーション可視化
 - アルゴリズム開発環境への対応
 - 点群データセット生成（機械学習の取組み）
 - LiDARシミュレータの使い分け
- LiDARシミュレータを活用することにより、
LiDAR仕様の検討やアルゴリズム開発が加速
 - MATLAB/Simulinkとの連携により、シームレスにデータ可視化や分析が可能となり、開発効率が向上

Pioneer