

# 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

楽ナビ

スピーカーシステム

その他事業

地図情報サービス

光ディスク機器

新規事業

部品/製造装置

有機EL照明

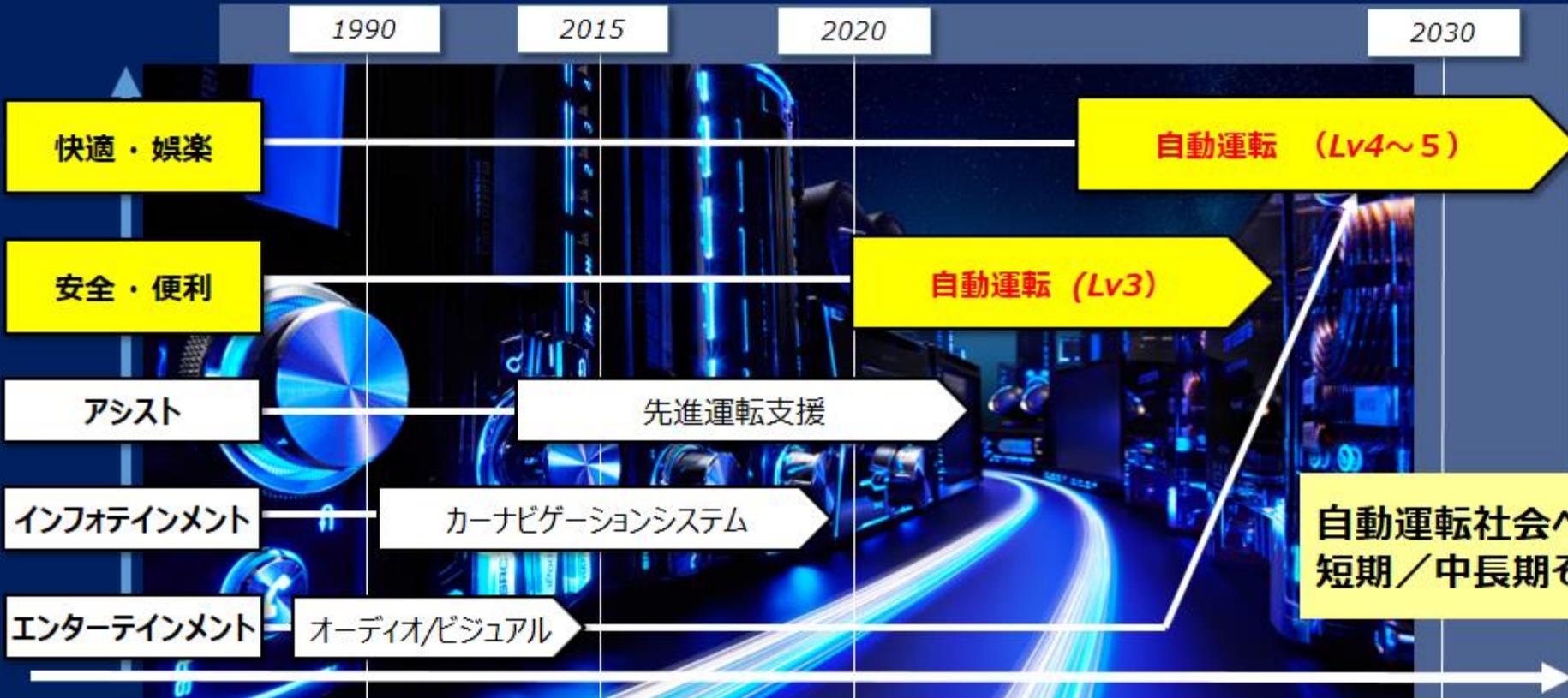
サイクルコンピューター

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



- 自動運転実現後の価値提案
- 交通弱者への貢献
- 交通死亡事故ゼロへの貢献
- 環境負荷の低減

# 自動運転への取組み

- 自動運転事業の全体像

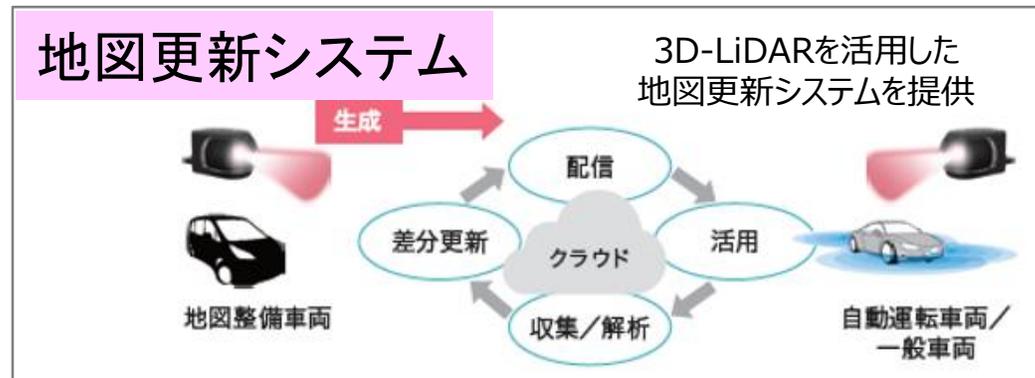
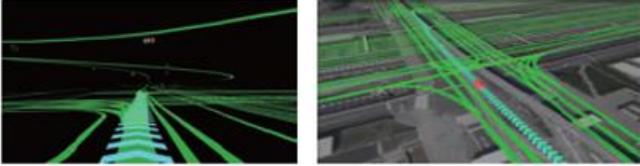
**センサ**



高性能・低価格・小型のセンサを提供

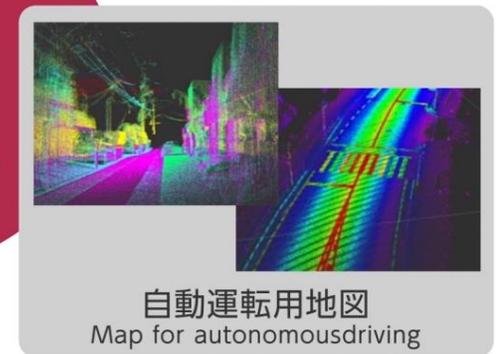
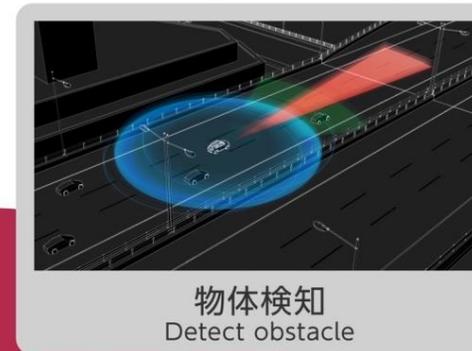
**地図コンテンツ**

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



# 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



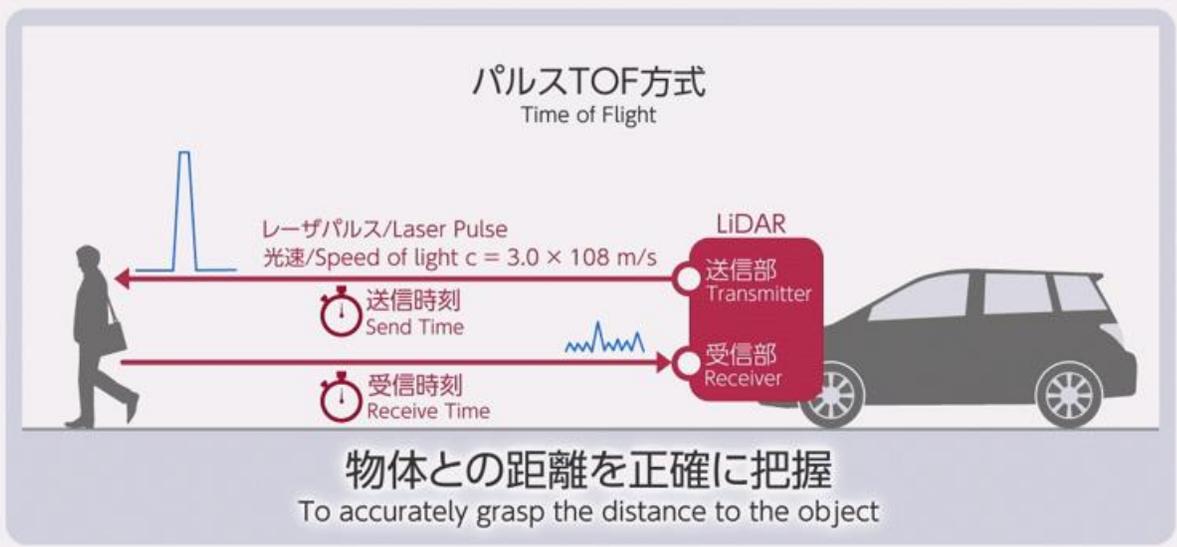
一般道での高度な自動運転の実現に貢献

# 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

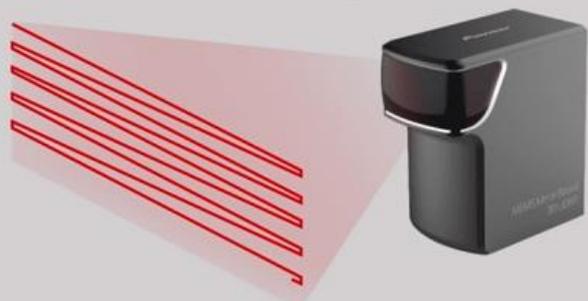


※LiDAR : Light Detection and Ranging

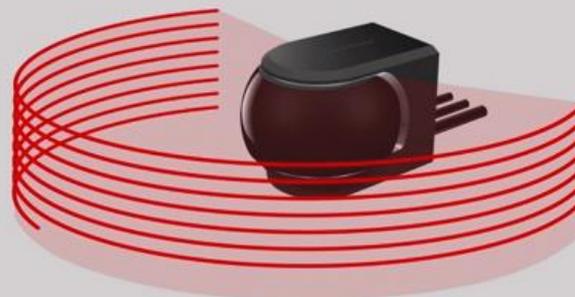
# LiDARについて

- 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

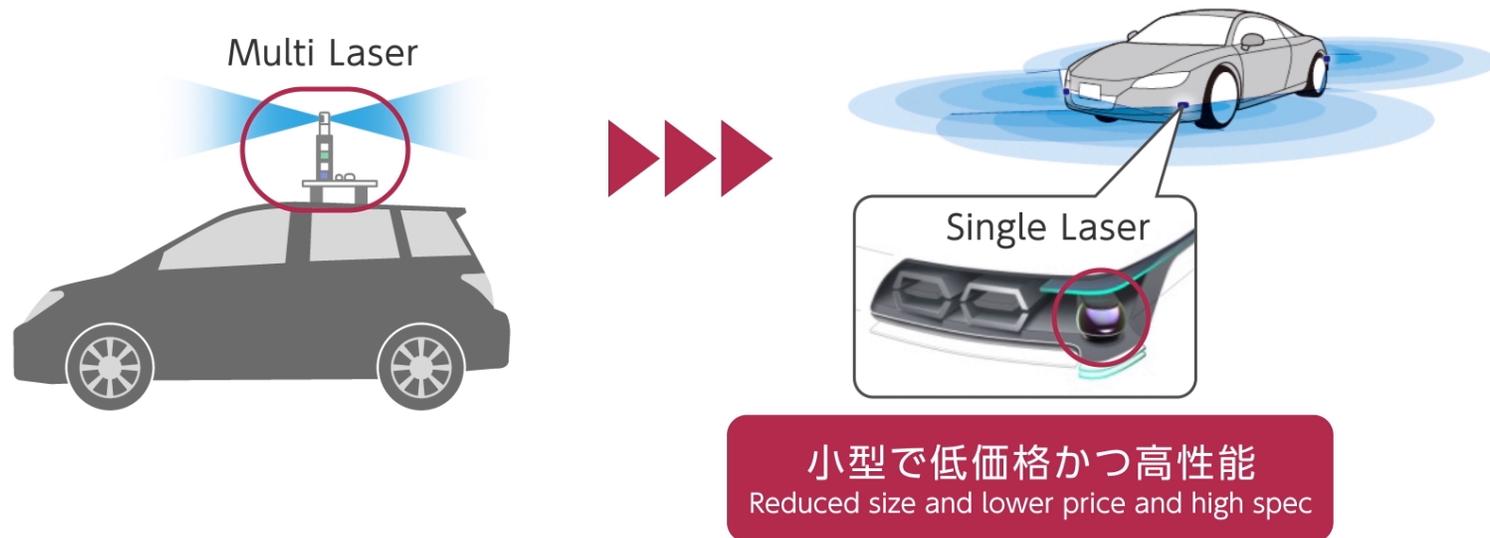


Wobbling Scan type

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

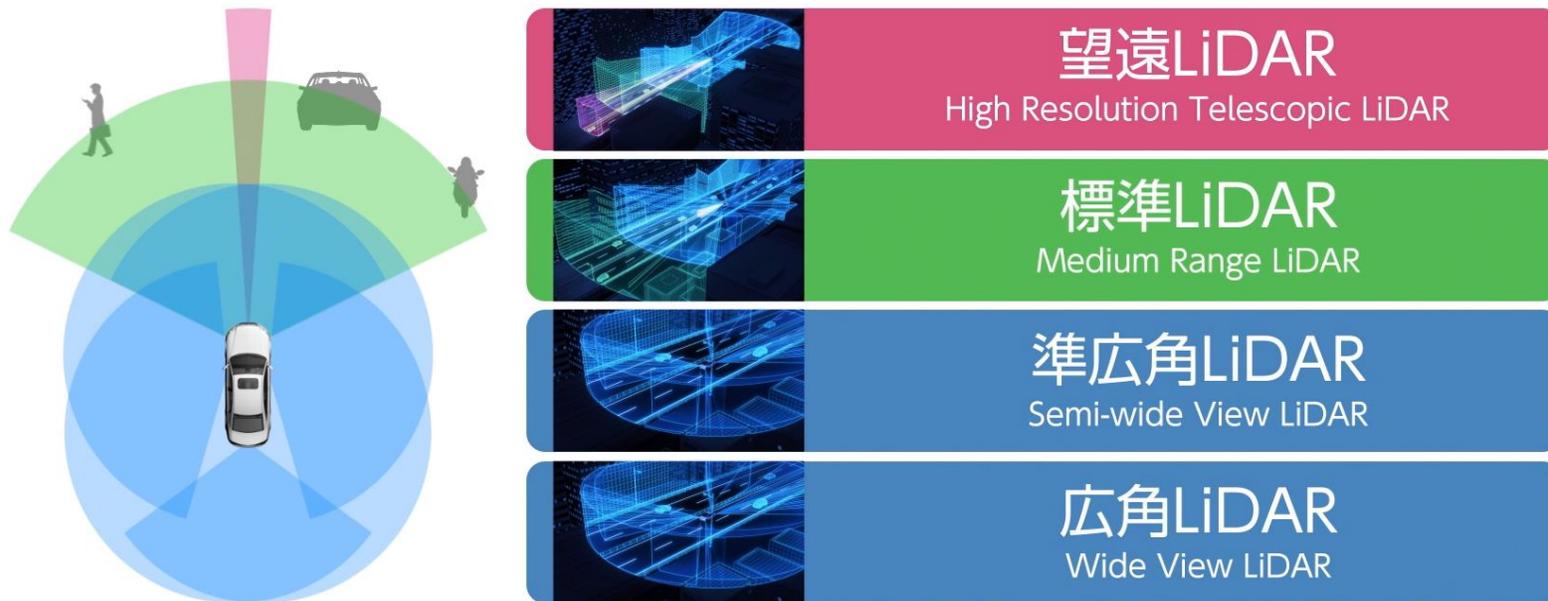
- MEMS型LiDARの特徴
  - 低コスト化（量産時）
  - 小型化



「MEMS」を活用したシングルレーザーでLiDARを実現

# LiDARについて

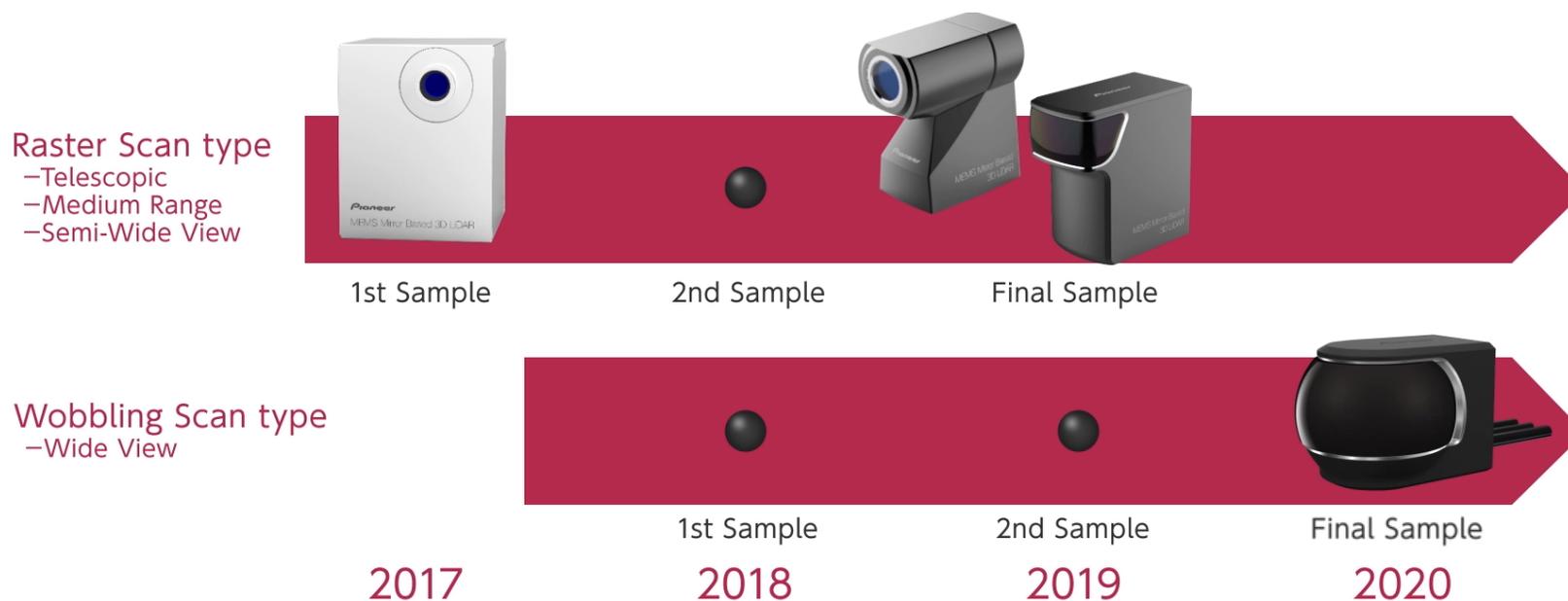
- 当社LiDARのラインナップ
  - 複数LiDARを組合せ



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

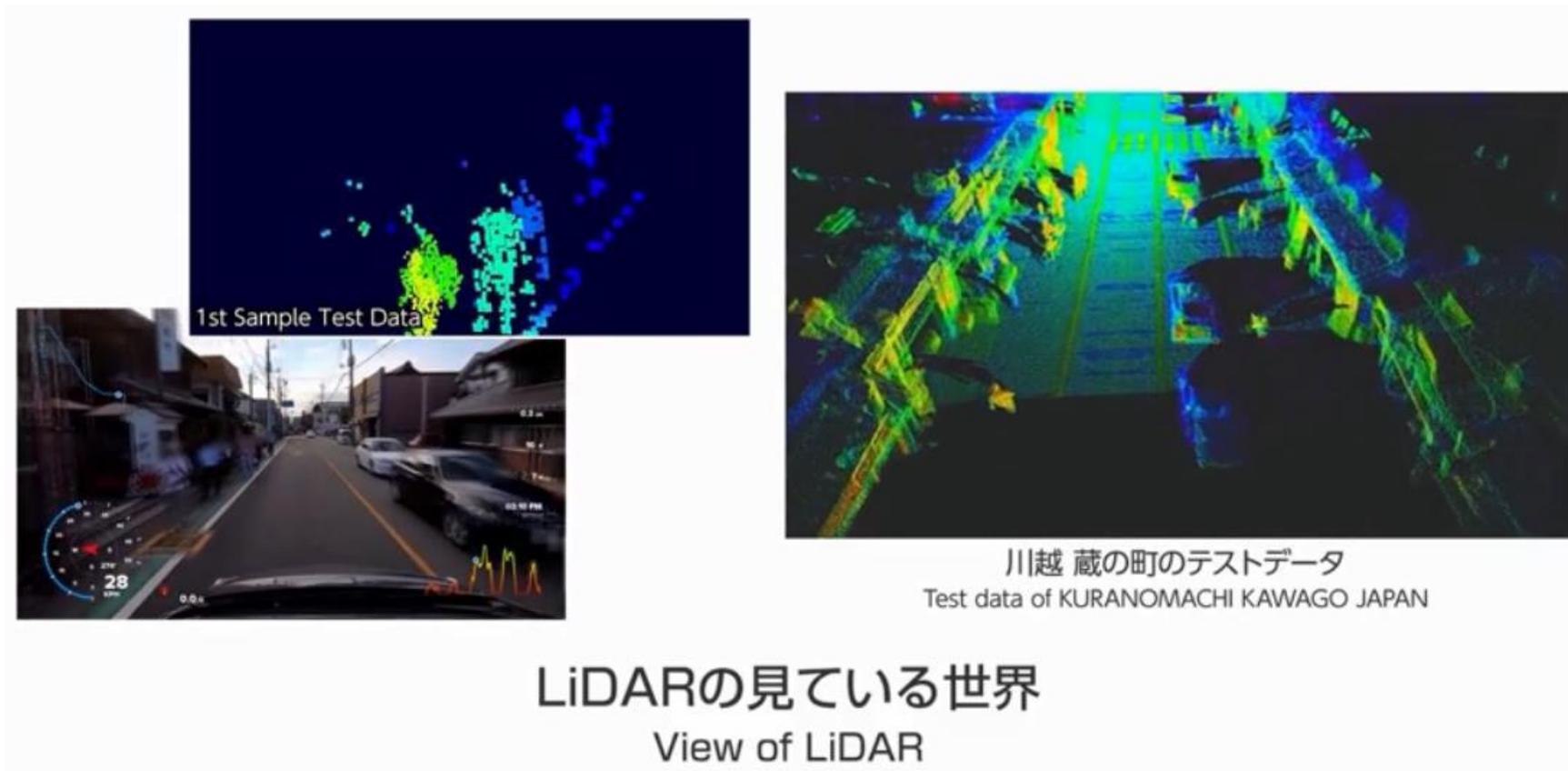
- 当社LiDARの開発スケジュール
  - 1stサンプル出荷済み



2020年代に量産開始

# LiDARについて

- LiDAR実測例

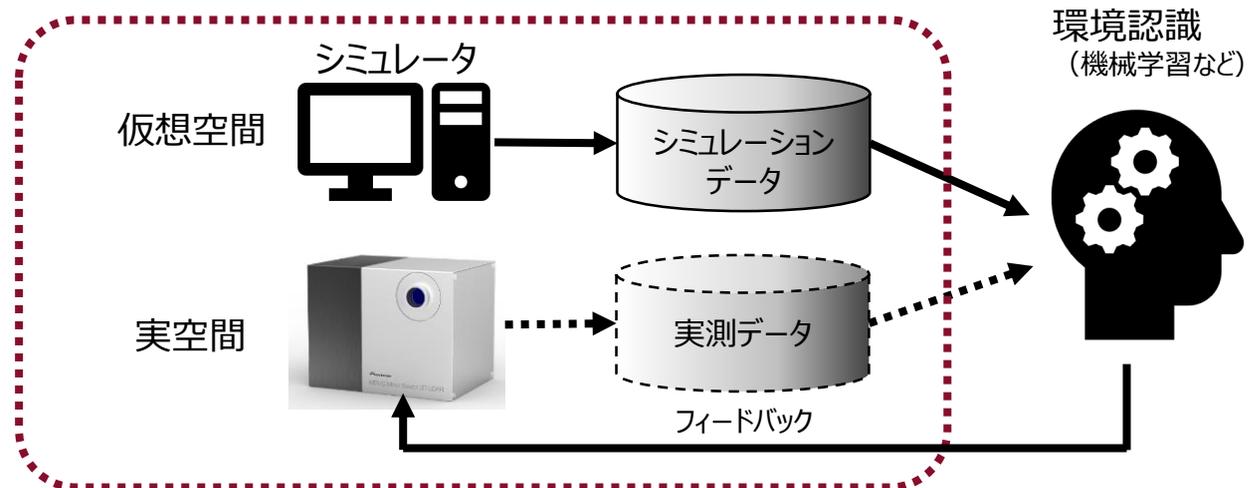


# Agenda

- 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

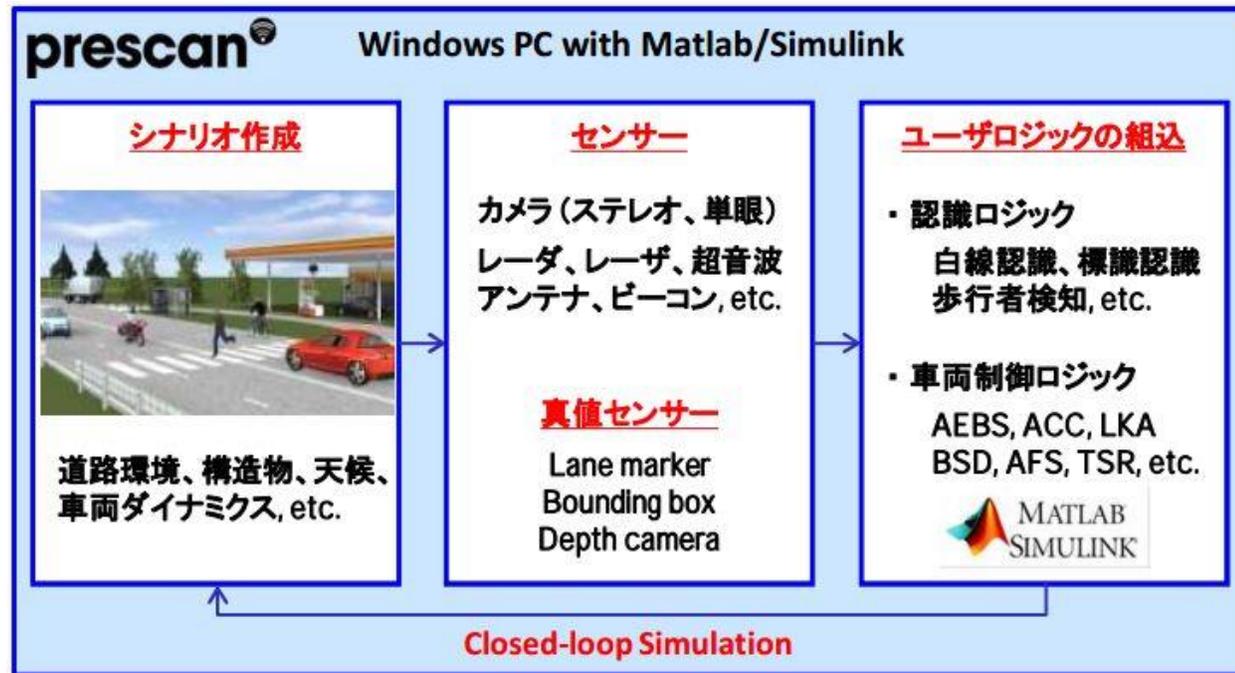
# シミュレータ概要

- 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

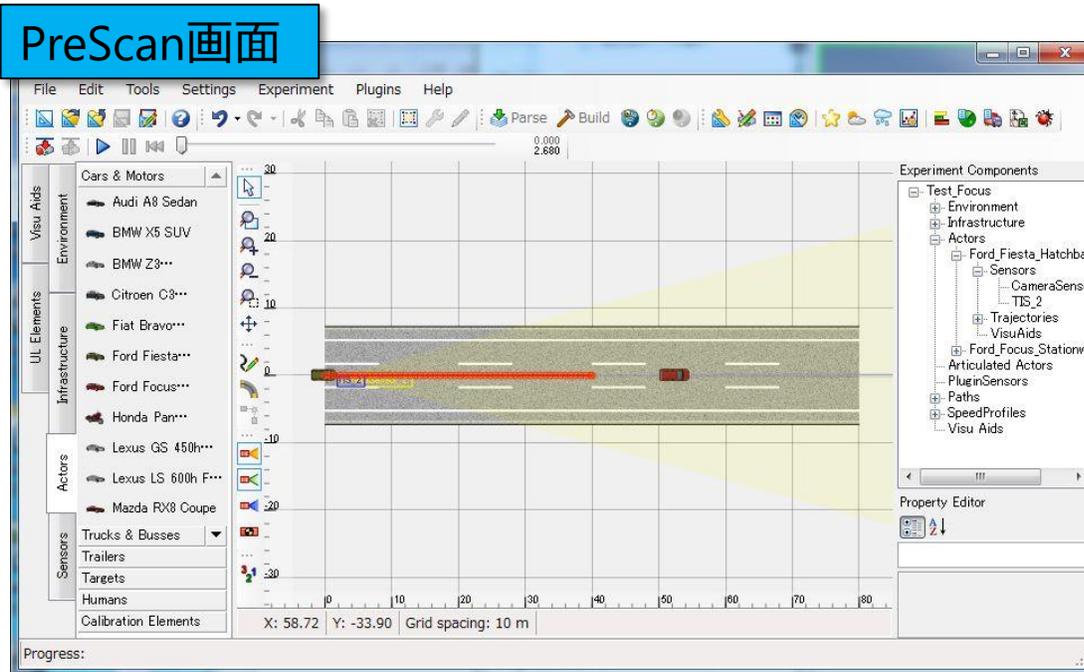
- 使用シミュレータ：PreScan (Siemens社)
  - 走行シーン・シナリオを、GUIで簡単に作成
  - センサモデル (LiDAR、Radar、Cameraなど) が豊富
  - MIL (モデルベース開発)、SIL、HILに対応



MATLAB<sup>®</sup>/Simulink<sup>®</sup> と連携

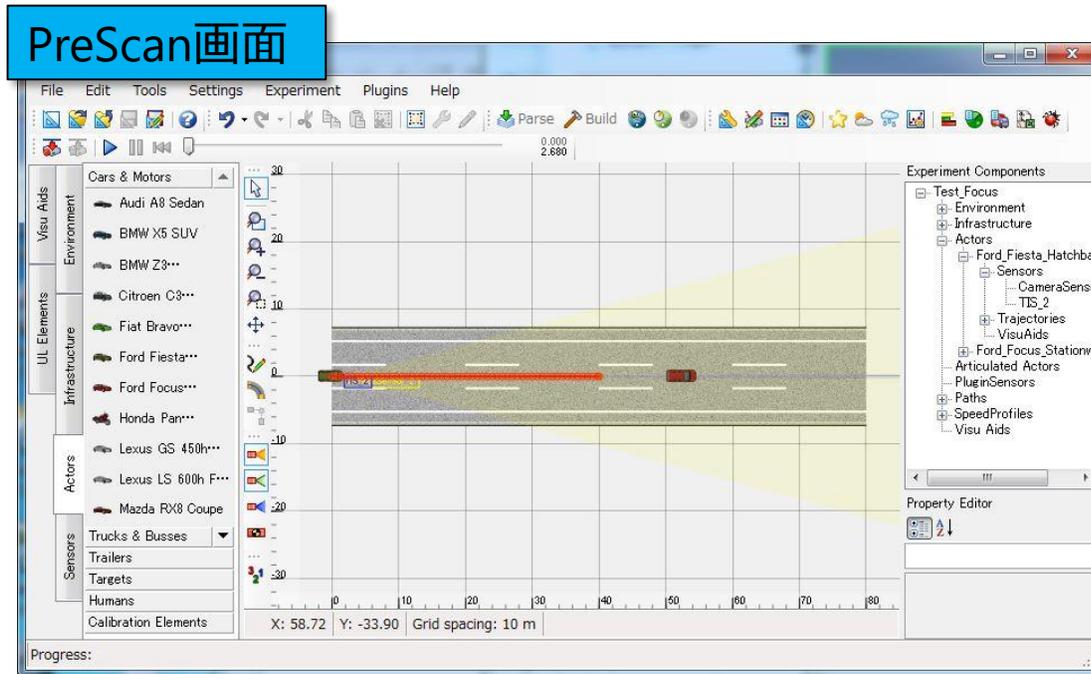
# シミュレータ概要

- 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



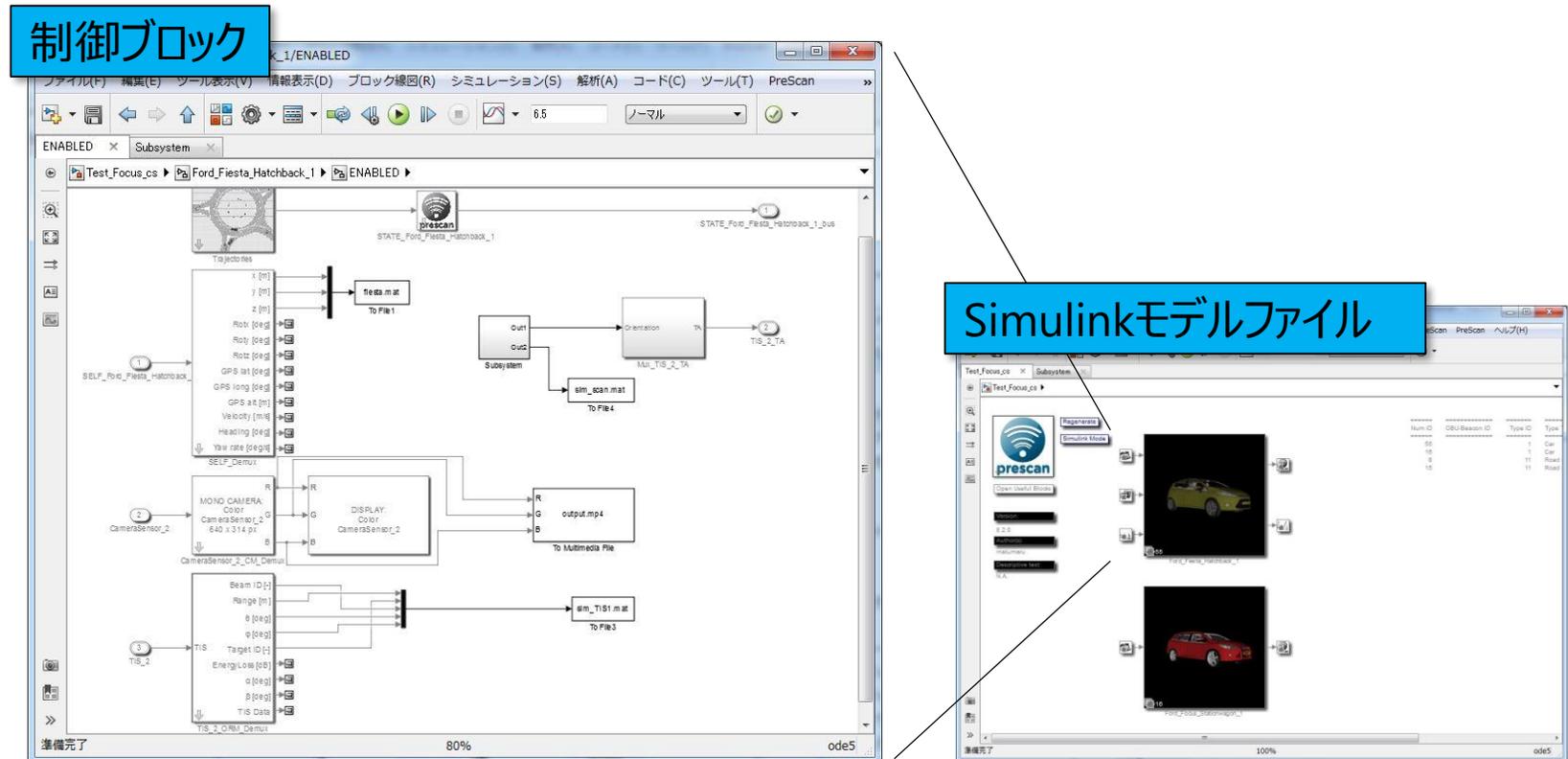
# シミュレータ概要

- 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



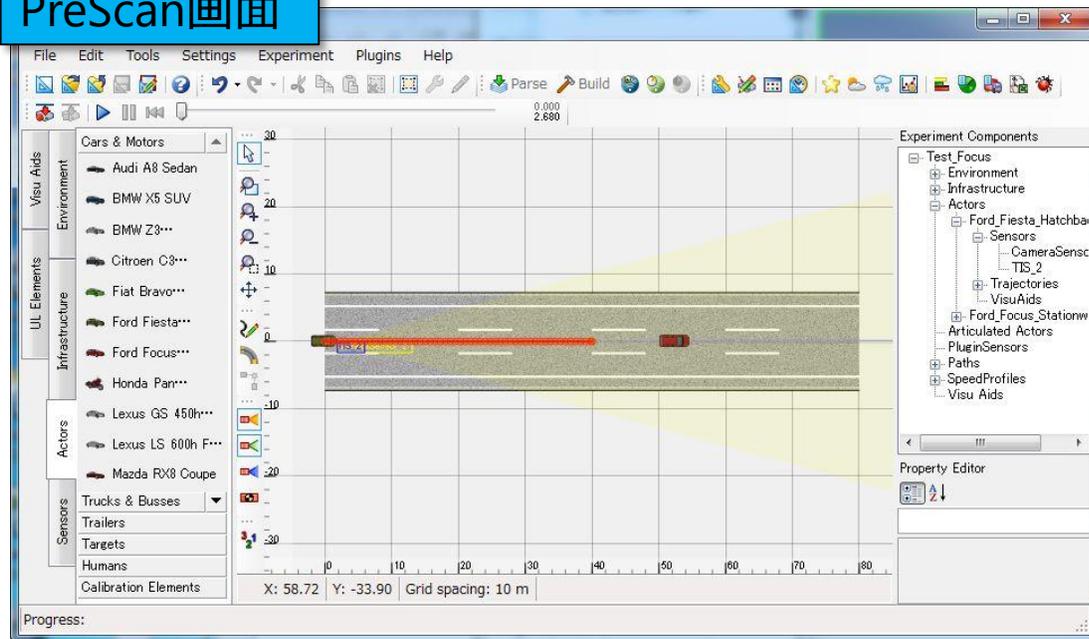
# シミュレータ概要

- 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



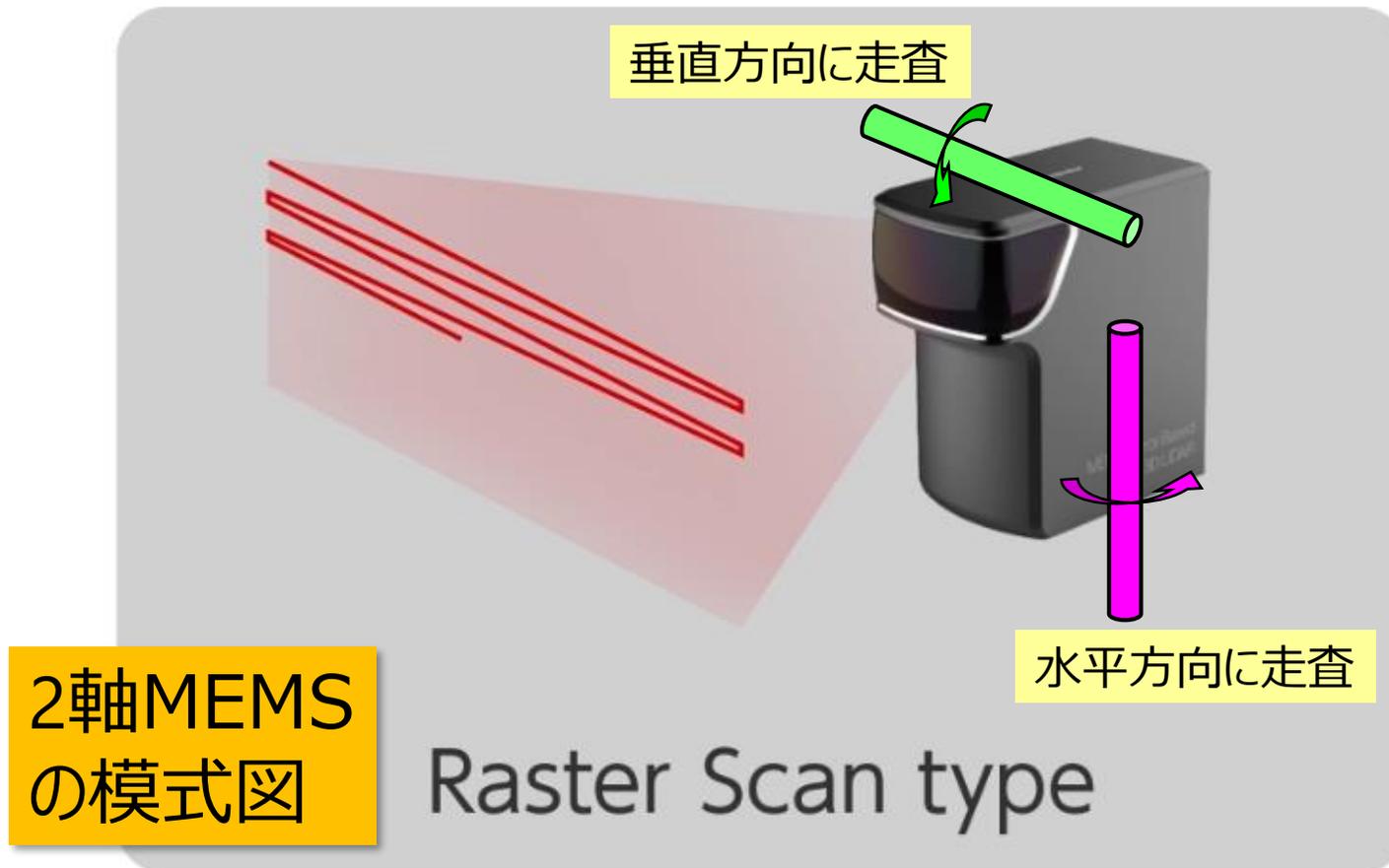
# Agenda

- 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

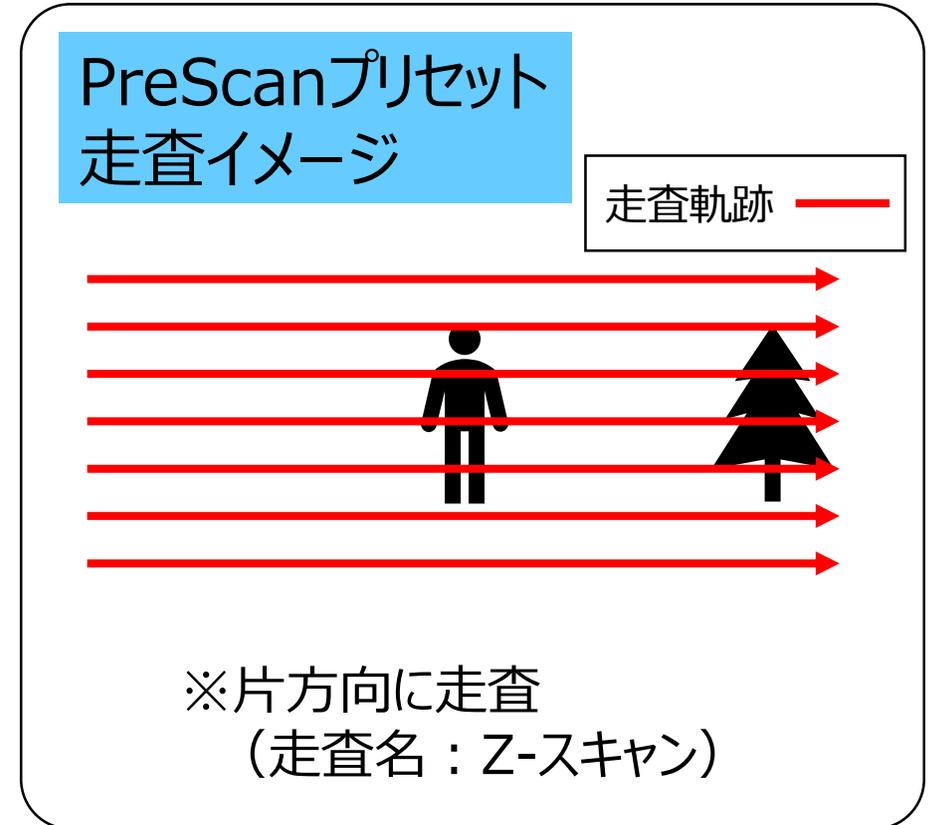
- 当社LiDARは、水平、垂直の2軸MEMSで走査



# LiDAR走査のモデル化

## • 課題

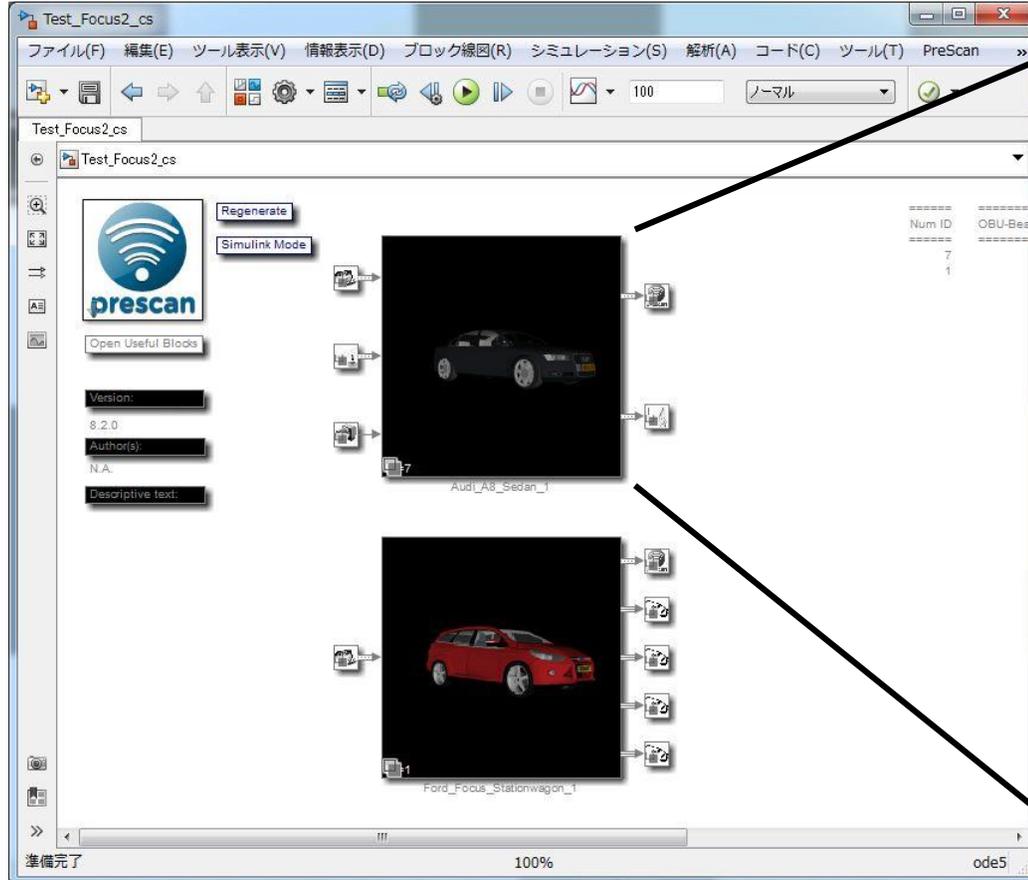
- PreScanにプリセットされている走査パターンには、当社LiDARの走査パターンがない
- 当社LiDARの走査パターンも含めて仕様検討がしたい



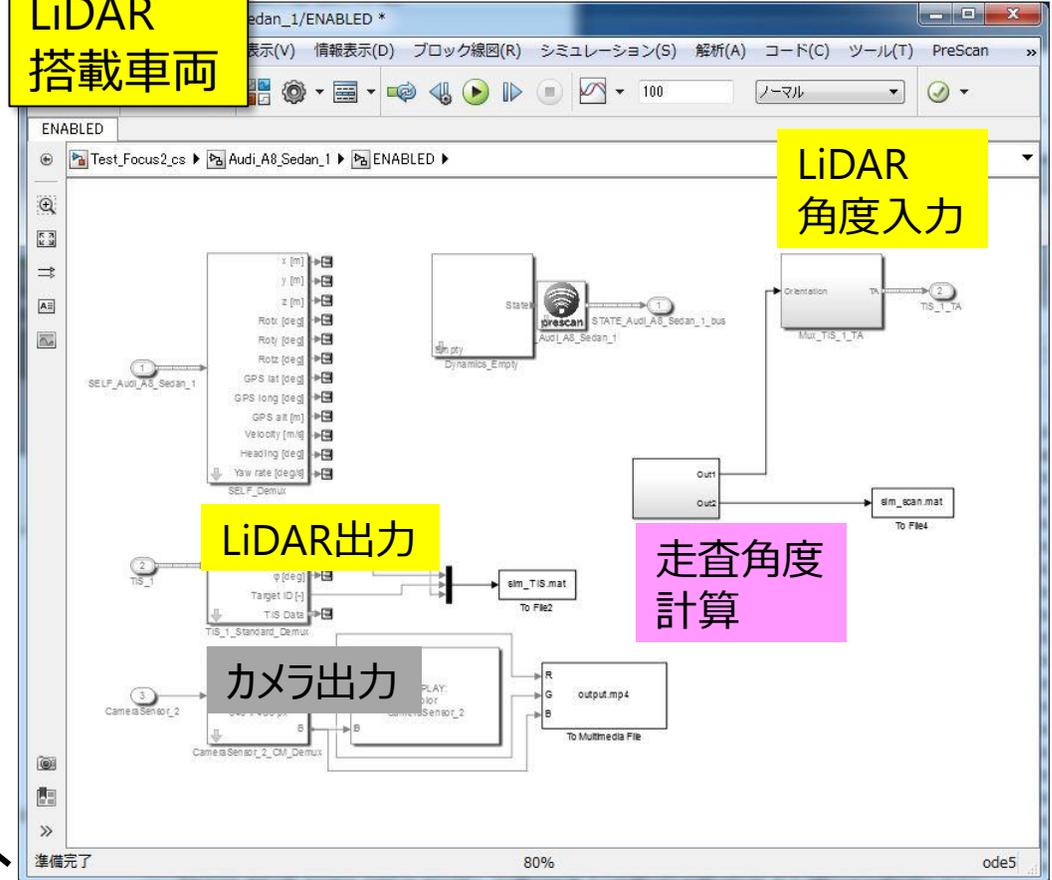
Simulinkライブラリーを利用して、  
当社LiDAR走査パターンのモデル化を検討

# 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



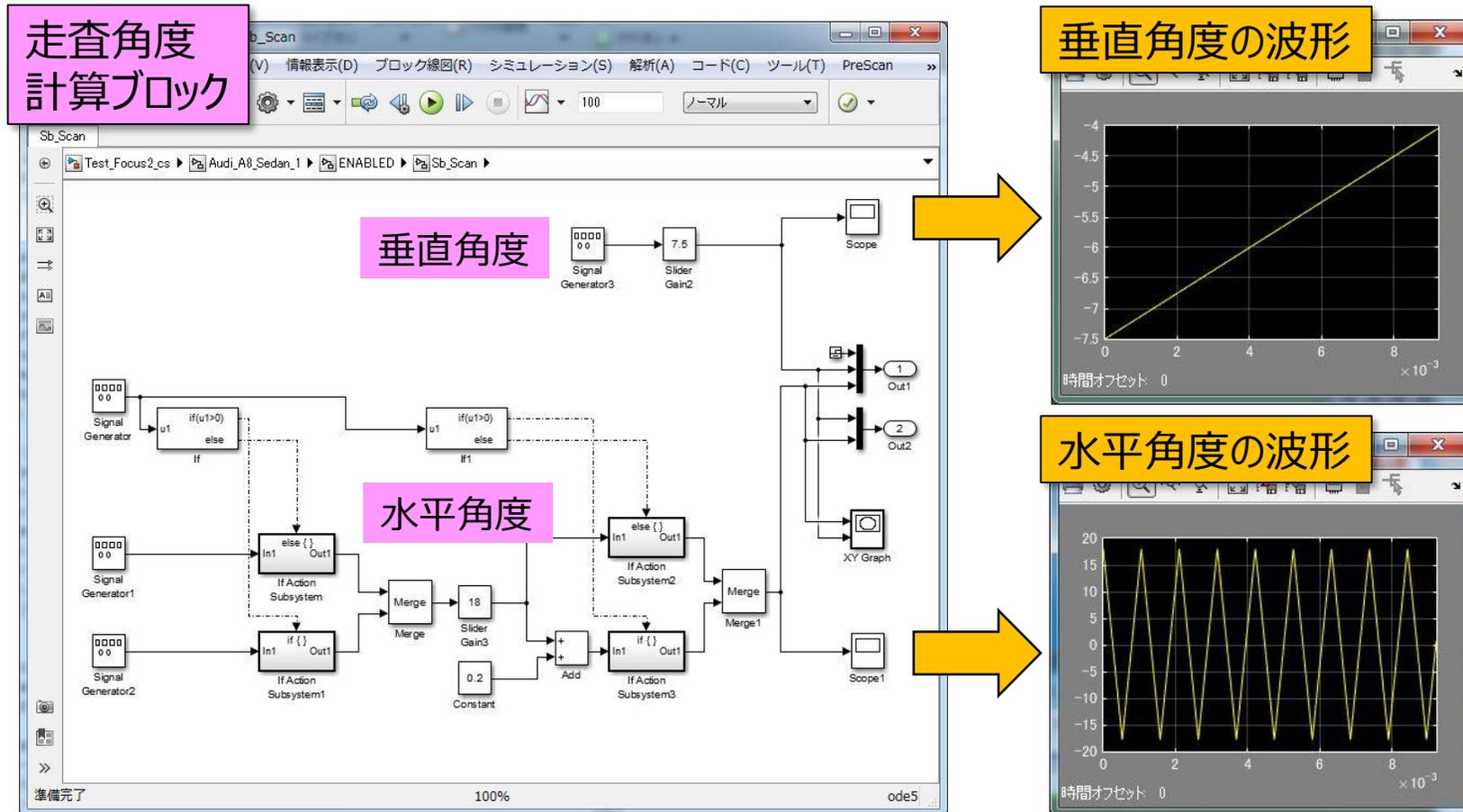
LiDAR  
搭載車両



# LiDAR走査のモデル化

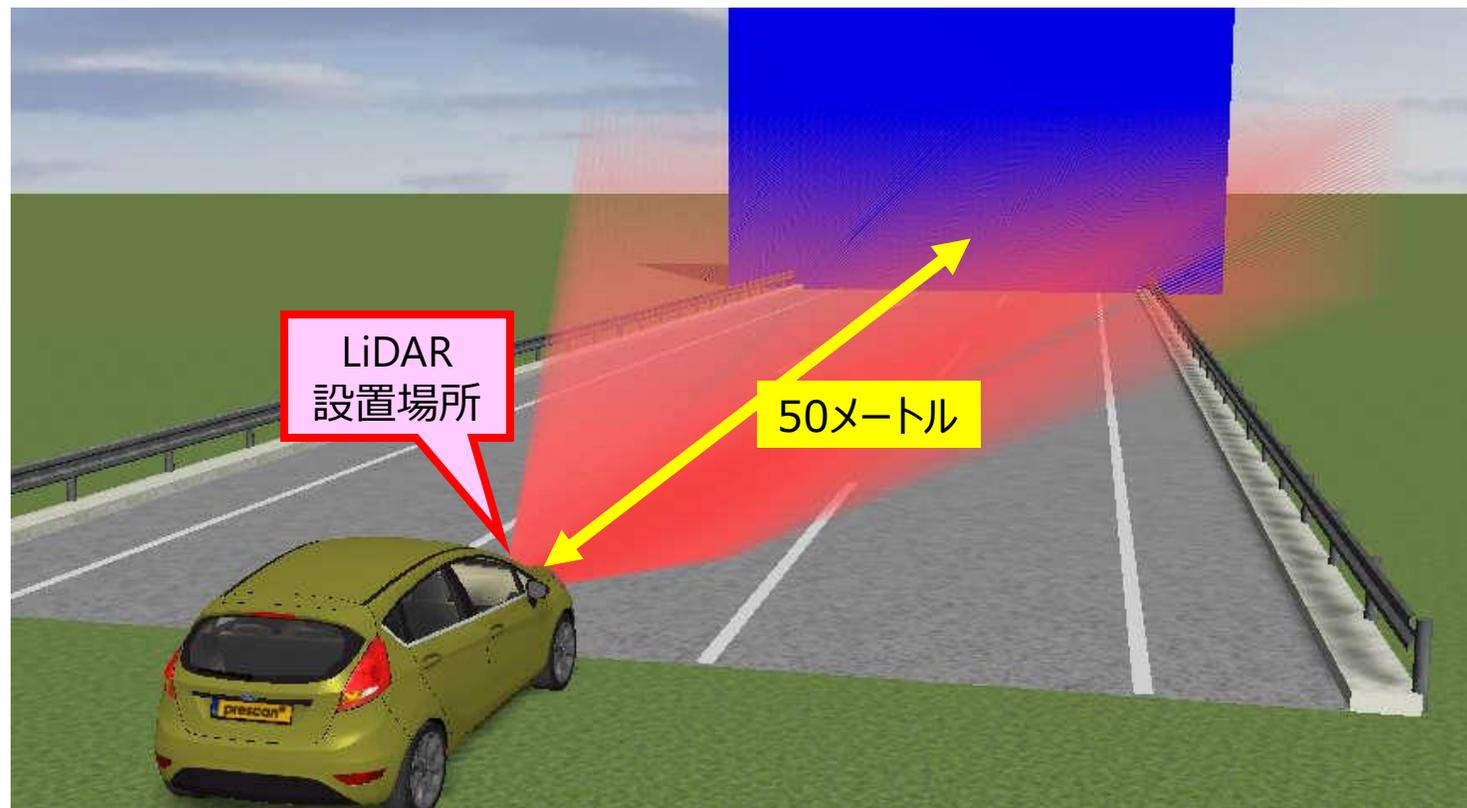
- 走査角度の計算

- LiDARビーム発光毎に、Simulinkブロックでスキャン角度を計算



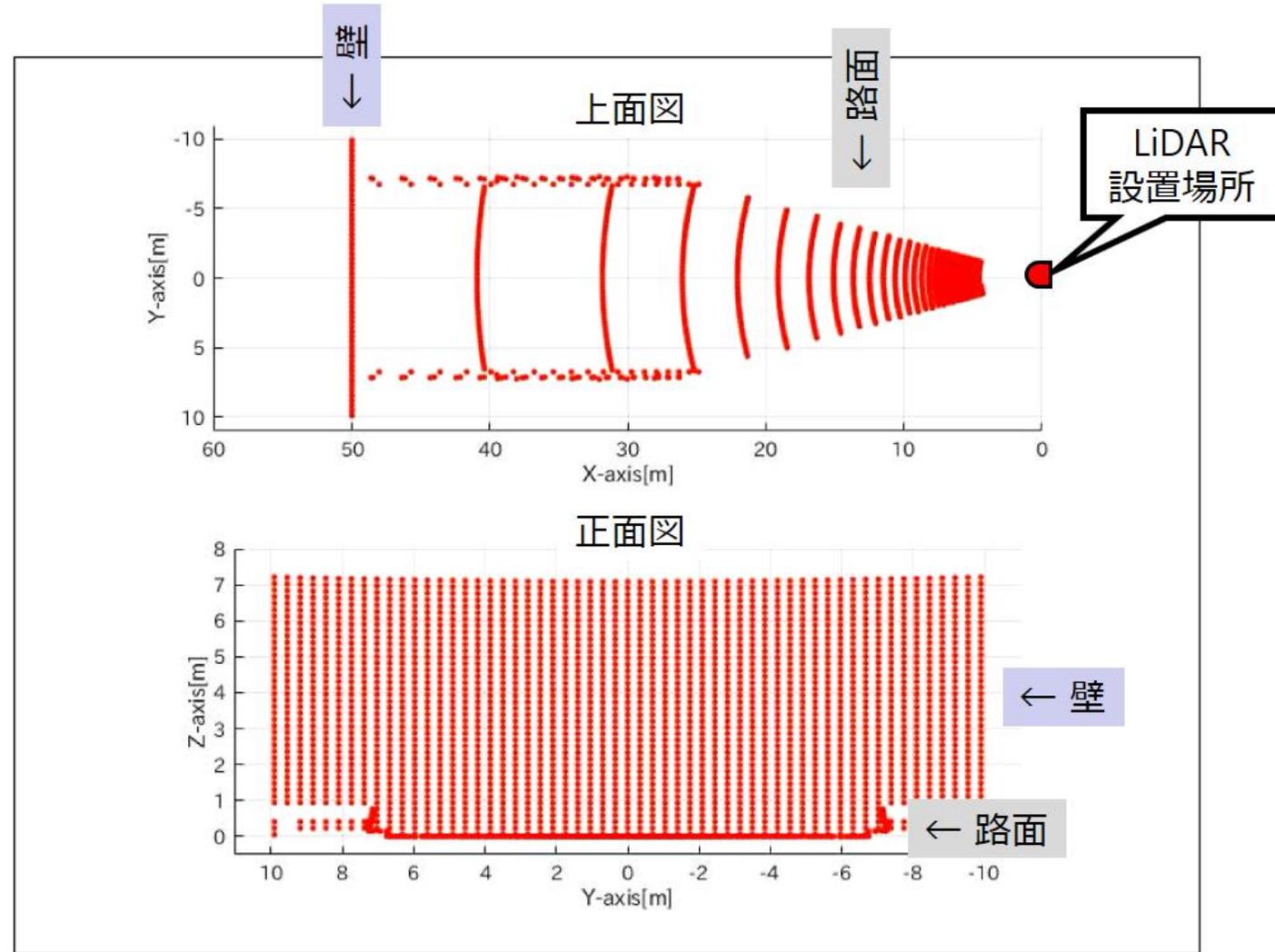
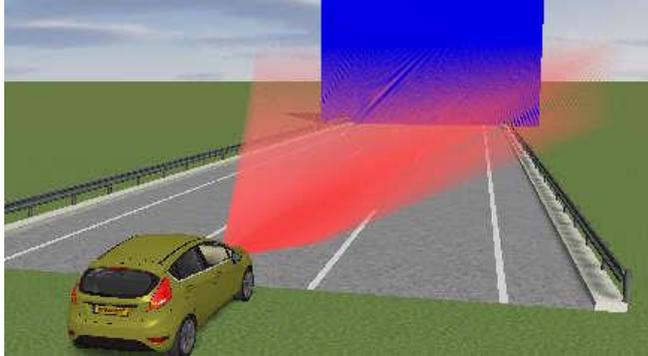
# LiDAR走査のモデル化

- 走査例) CGイメージ
  - 50メートル先の壁に照射



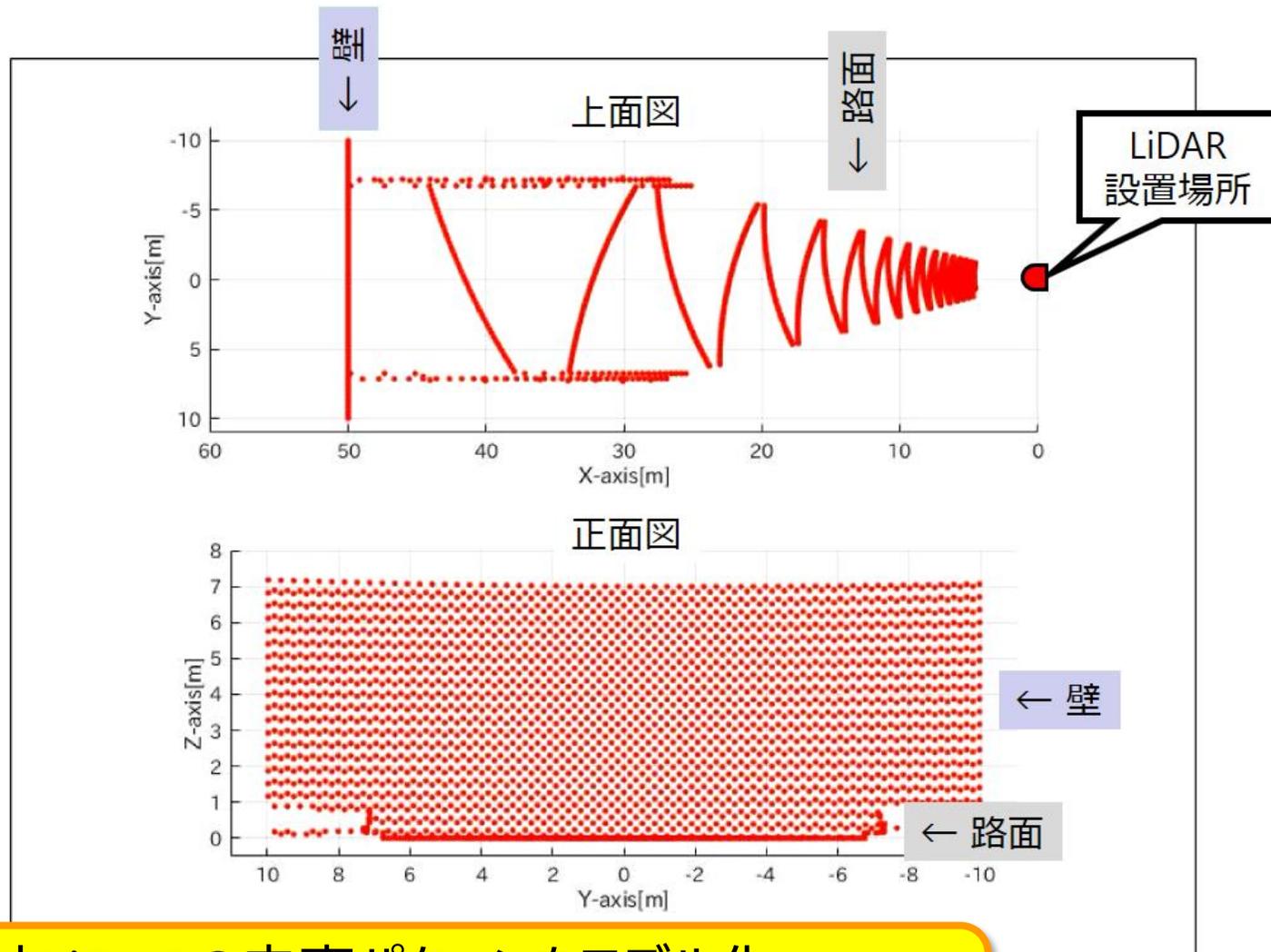
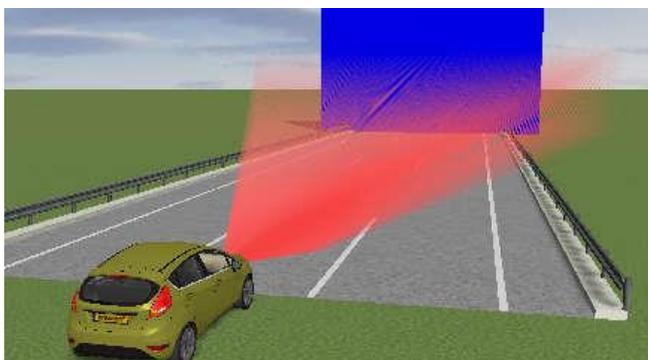
# LiDAR走査のモデル化

- 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

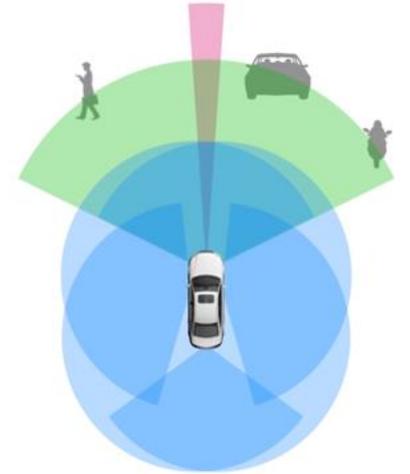
# シミュレーション可視化

- 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

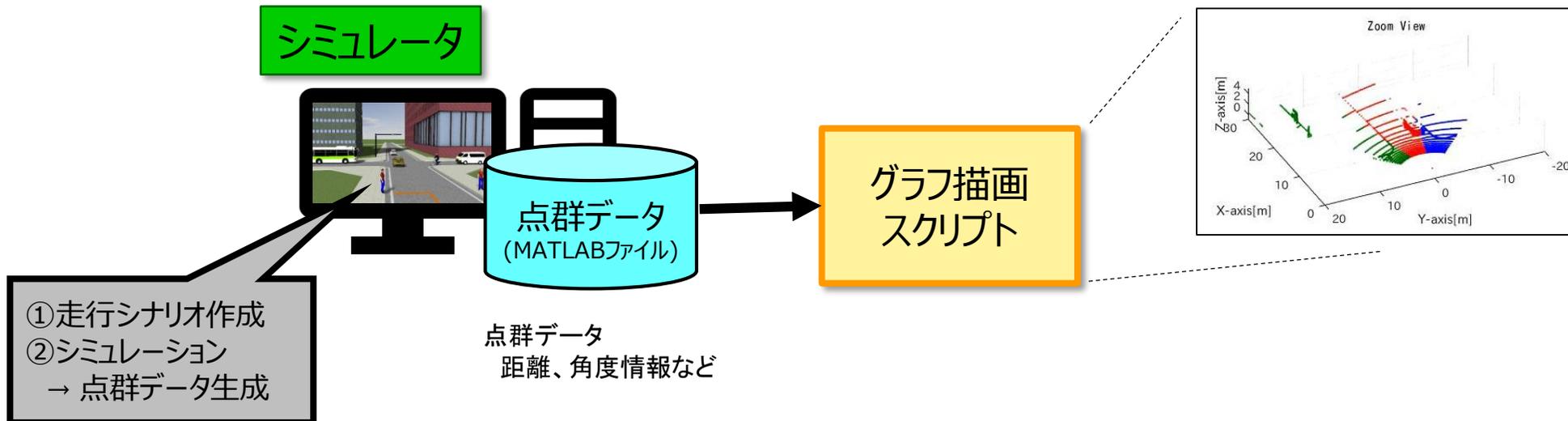


LiDAR仕様の検討項目に応じた、  
シーン作成、可視化方法、評価方法を検討

# シミュレーション可視化

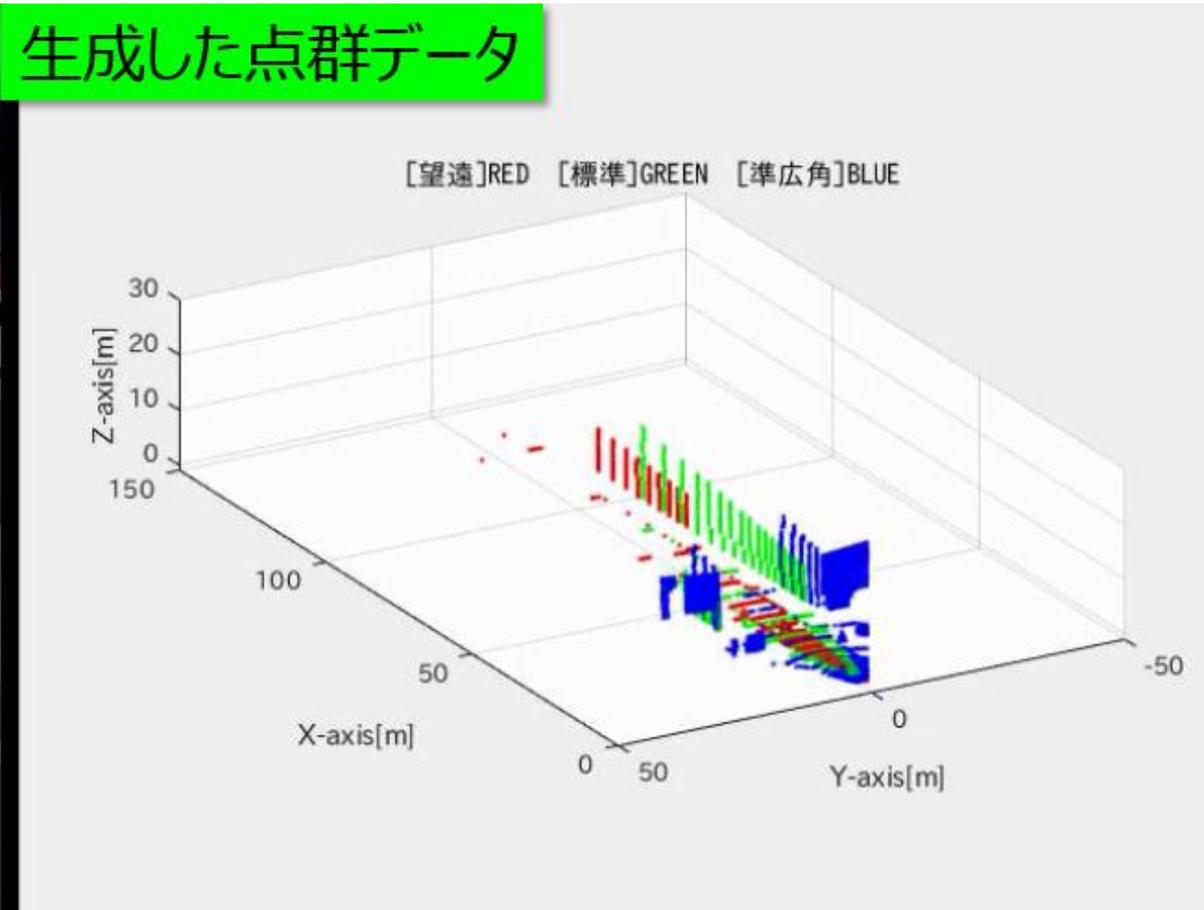
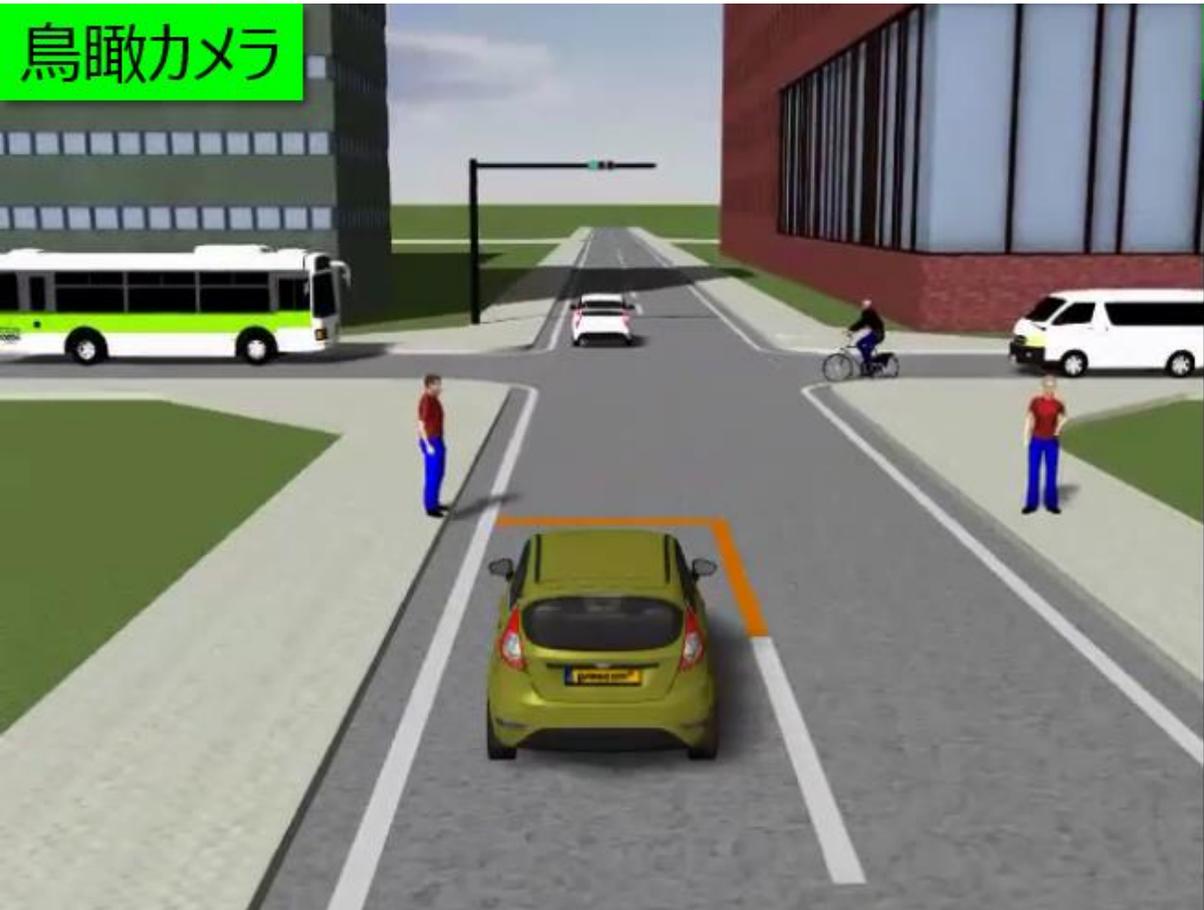
## • 処理フロー

- 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

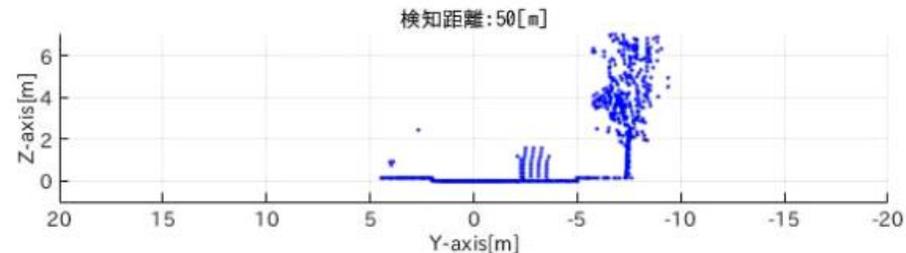
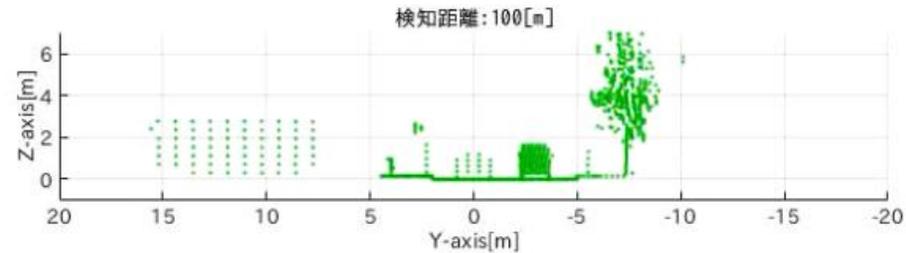
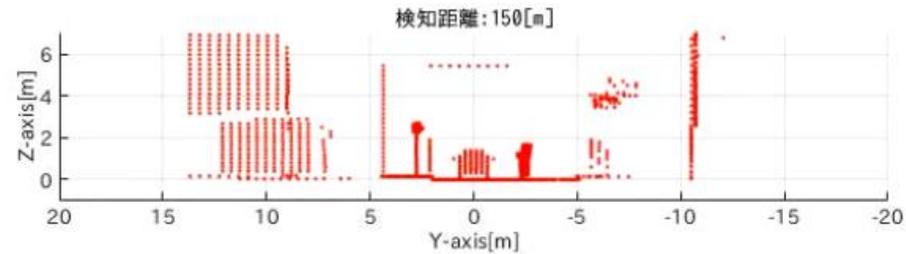


# シミュレーション可視化

- 例 1) 複数LiDARの設置

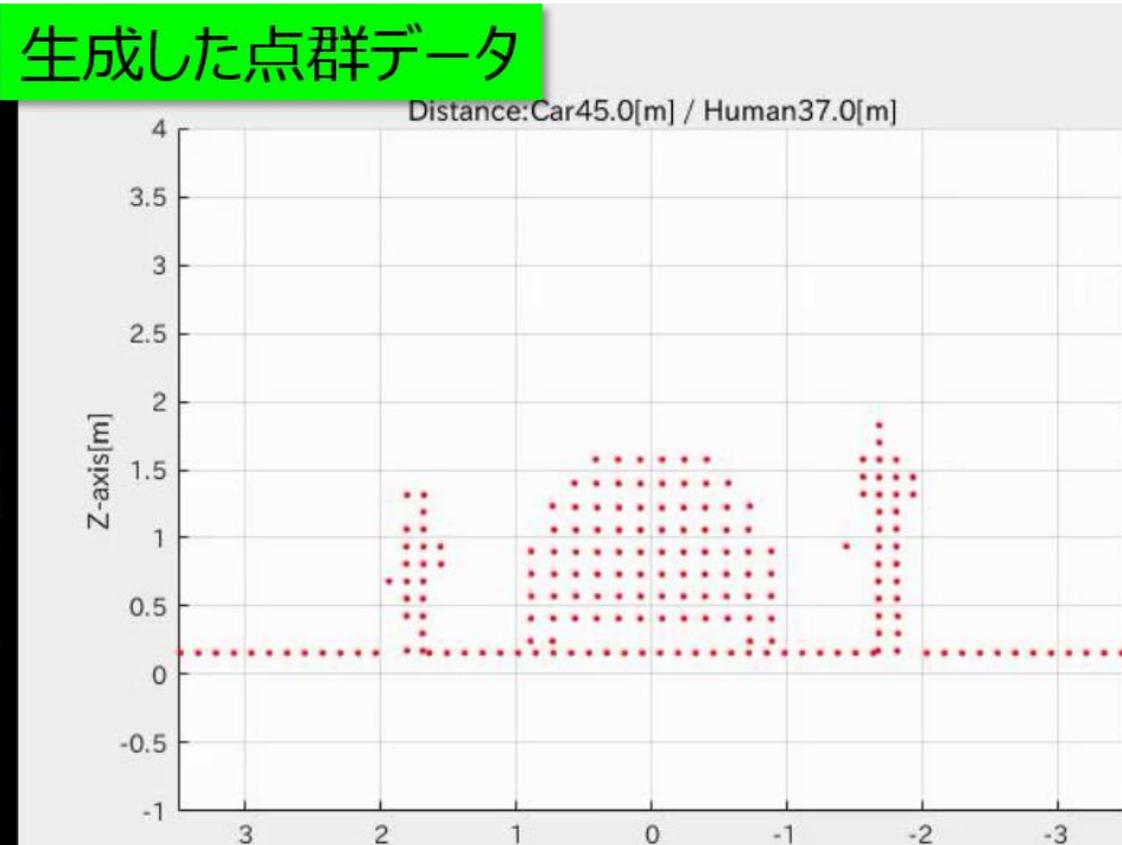
- 点群とカメラによるセンシング範囲の確認 (シミュレータならではの一例)

LiDARと  
同じ視野角



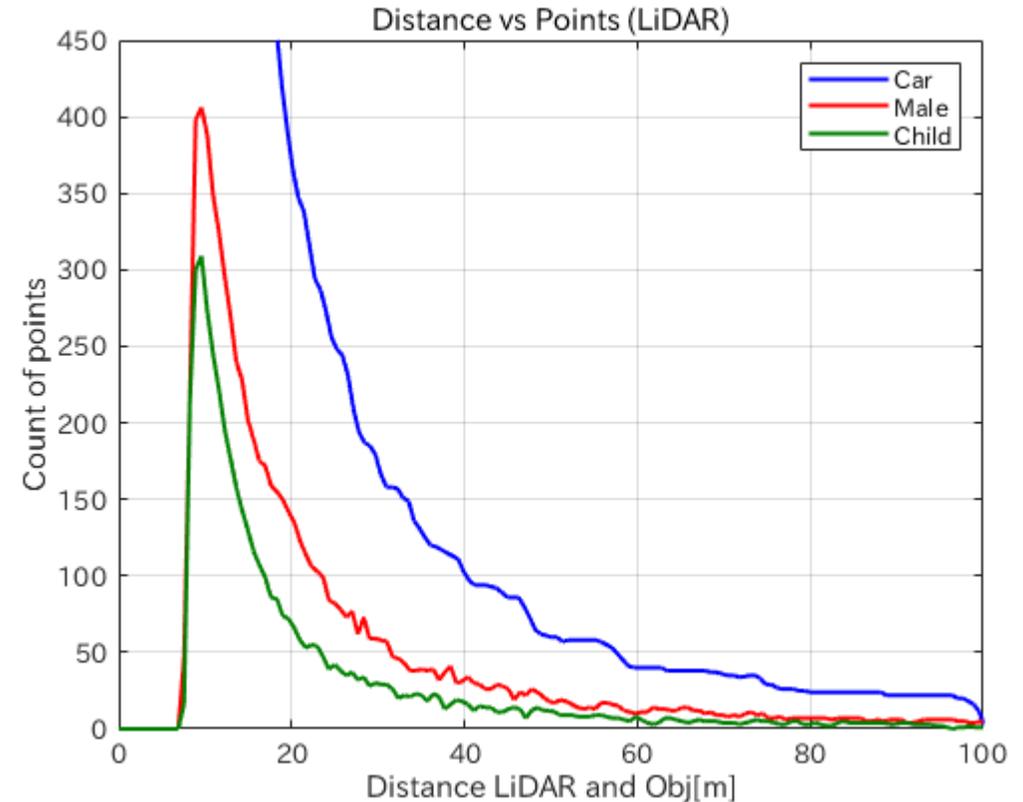
# シミュレーション可視化

- 例2) 距離特性
  - 対象物までの距離と点群密度の把握



# 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

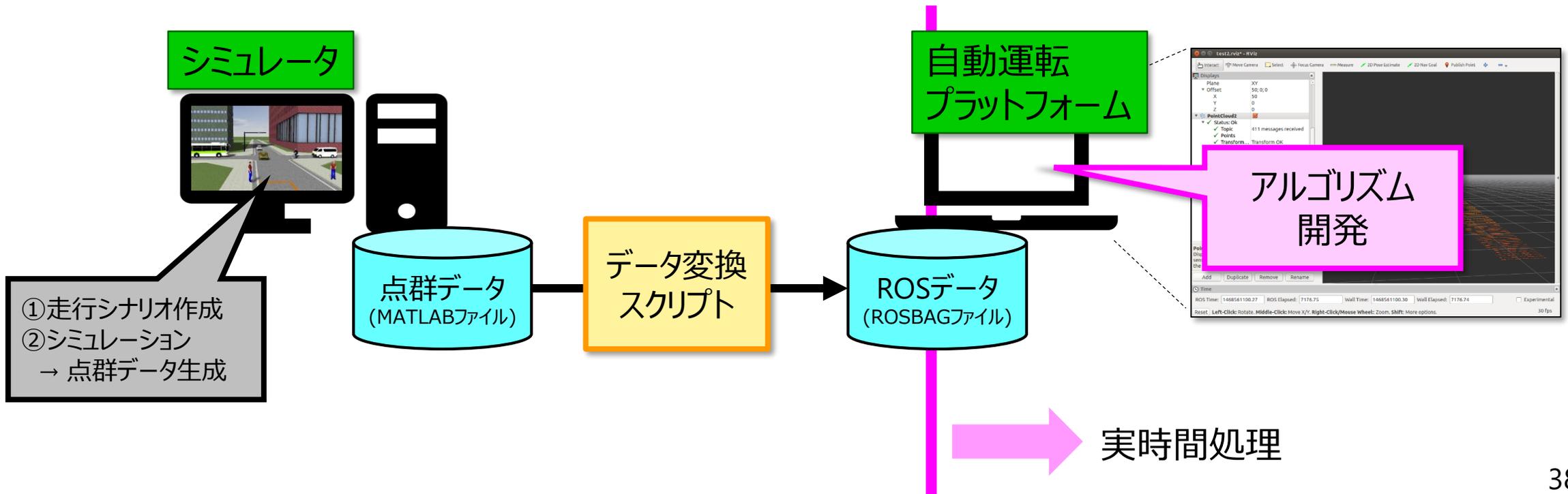
- シミュレータ生成した点群データ（MATLABファイル）を、そのまま自動運転プラットフォームで使用するのは困難

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

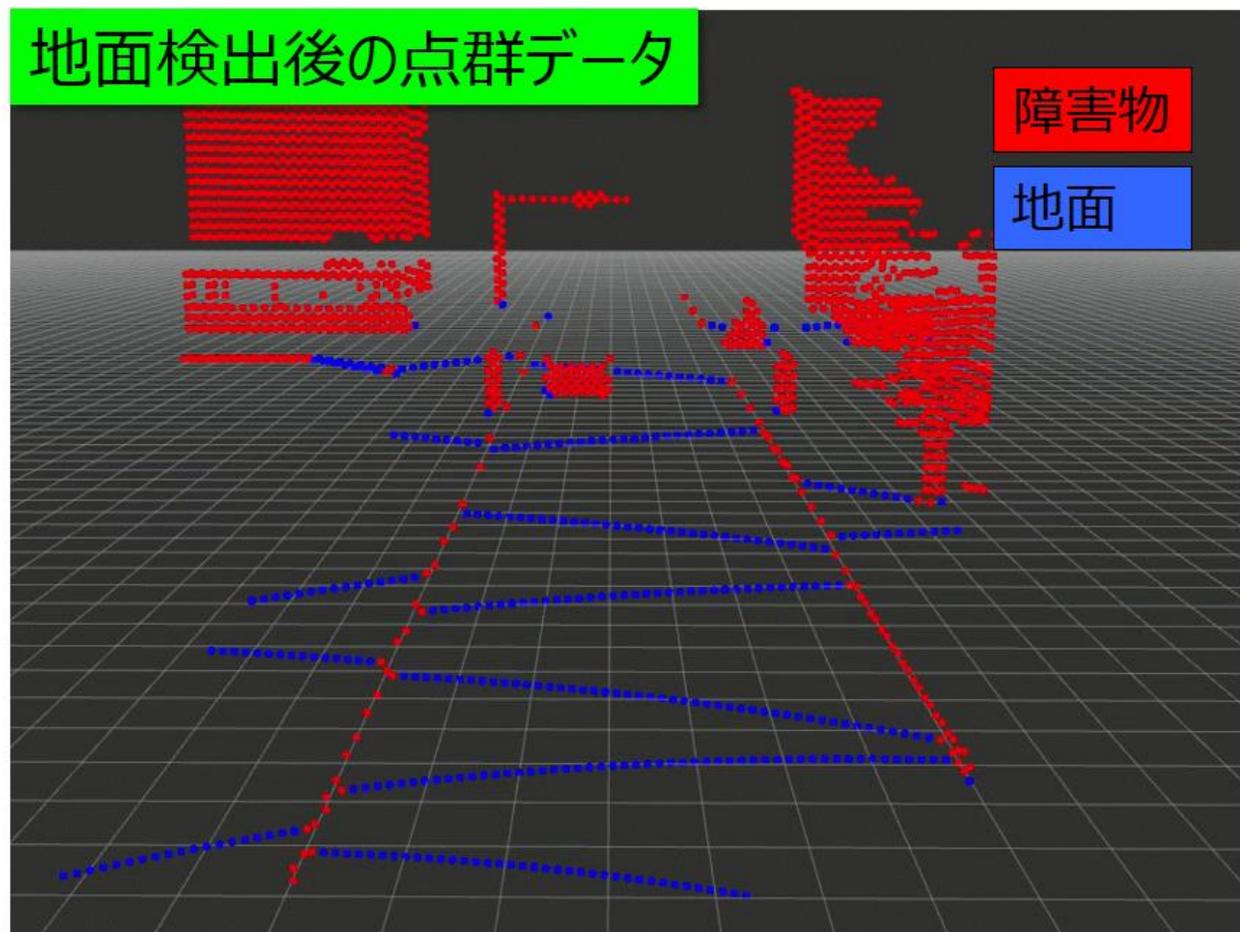
## 処理フロー

- 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

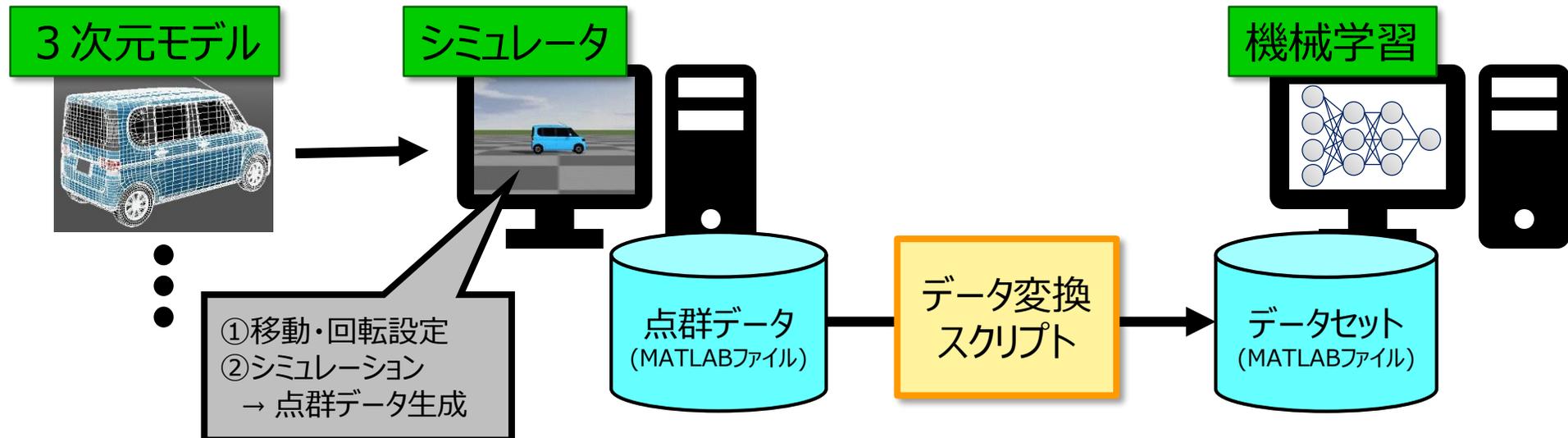
- 実測で大量の学習データを準備するのは、工数が大きい
- 上記条件を満たした学習用点群データセットが見当たらない

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

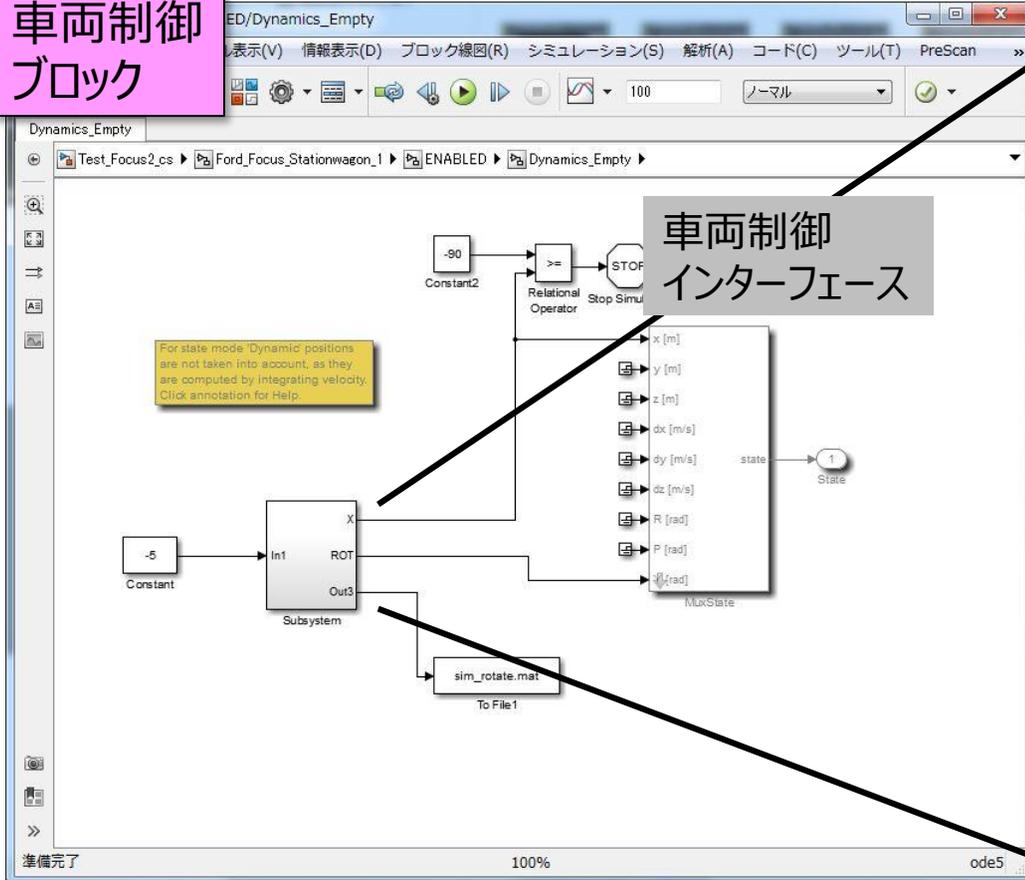
- Simulink設計
  - 対象物体の制御ブロック

The image displays two Simulink windows. The left window, titled 'Test\_Focus2\_cs', shows a high-level block diagram. A green box labeled 'LiDAR搭載車両' (LiDAR-equipped vehicle) is connected to a 'preScan' block. Below it, a 'Ford\_Focus\_Stationwagon\_1' block is shown. The right window, titled 'Stationwagon\_1/ENABLED', provides a detailed view of the 'Ford\_Focus\_Stationwagon\_1' block. It features several output blocks: a 'Velocity to WheelAngle' block, a 'Dynamics\_Empty' block, and a 'preScan' block. A yellow box labeled '対象物体ブロック' (Target object block) points to the 'Ford\_Focus\_Stationwagon\_1' block. A grey box labeled '車両情報の出力 (速度など)' (Vehicle information output (velocity, etc.)) points to the 'Velocity to WheelAngle' block. A pink box labeled '車両制御ブロック' (Vehicle control block) points to the 'Dynamics\_Empty' block.

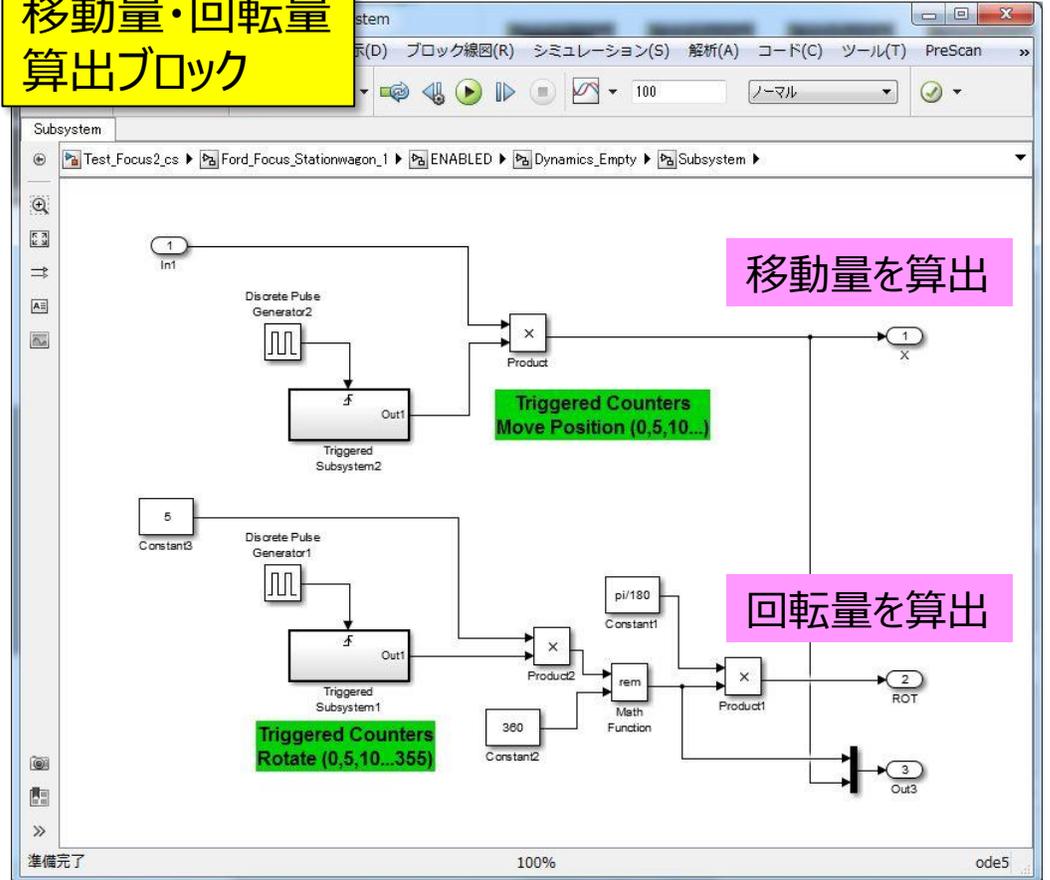
# 点群データセット生成

- Simulink設計
  - 対象物体の距離・方向の算出

車両制御  
ブロック

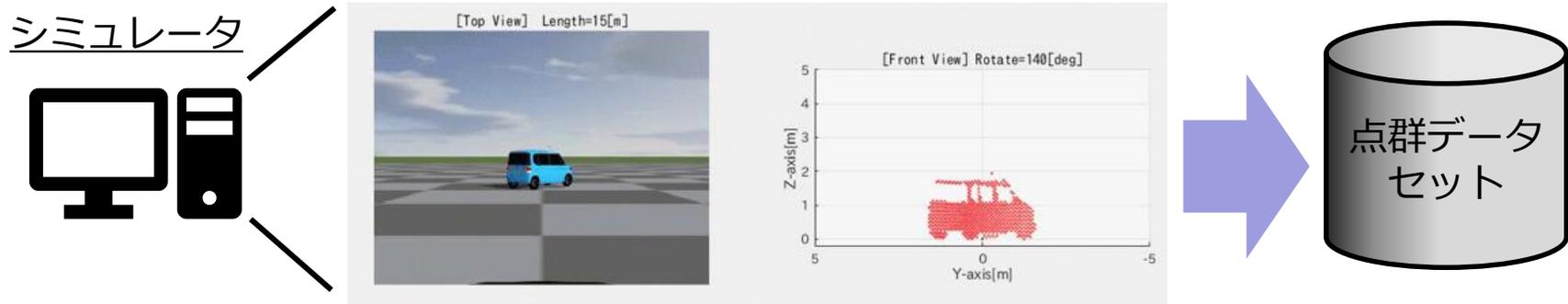


移動量・回転量  
算出ブロック



# 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

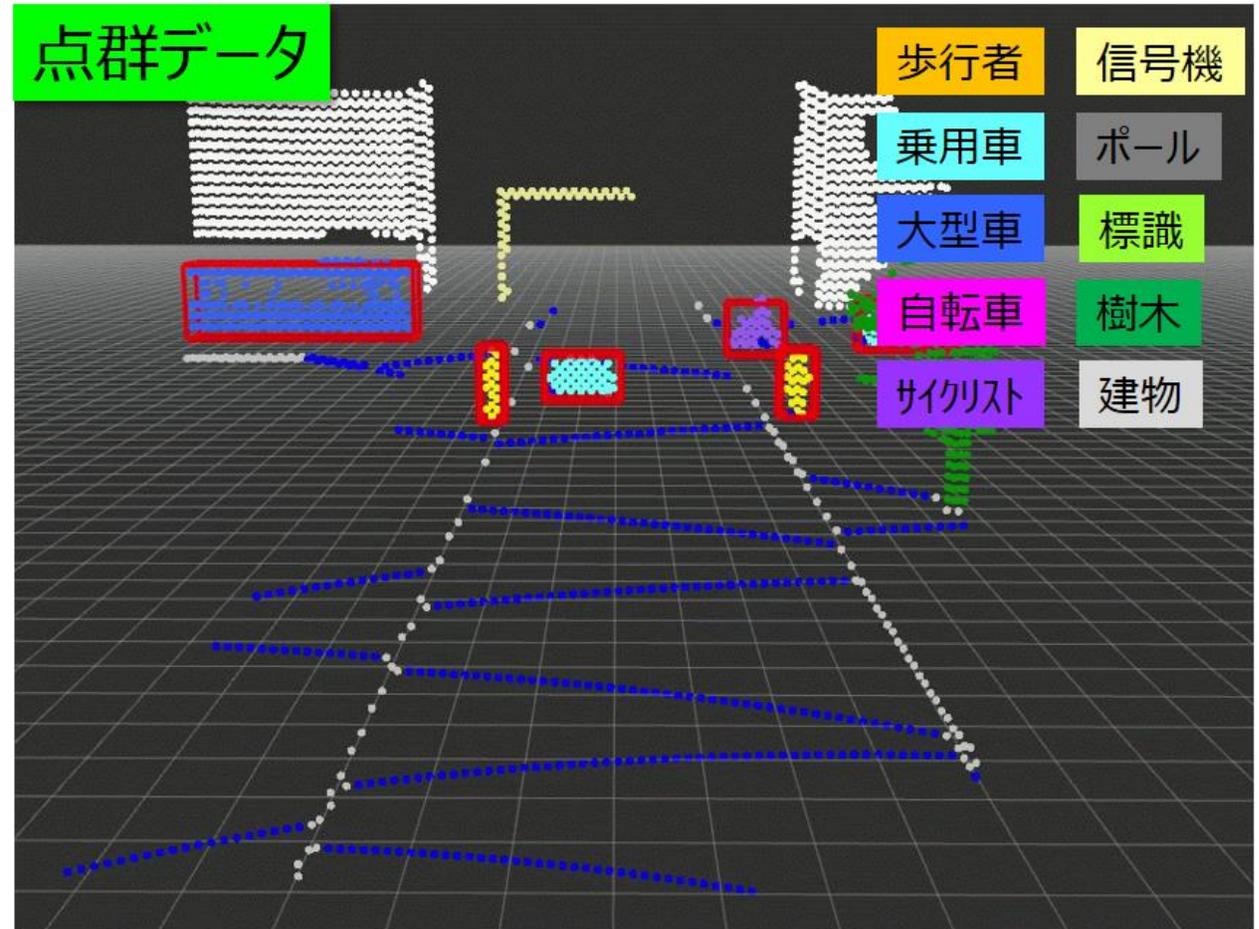
※各クラス1万以上のデータを生成

※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



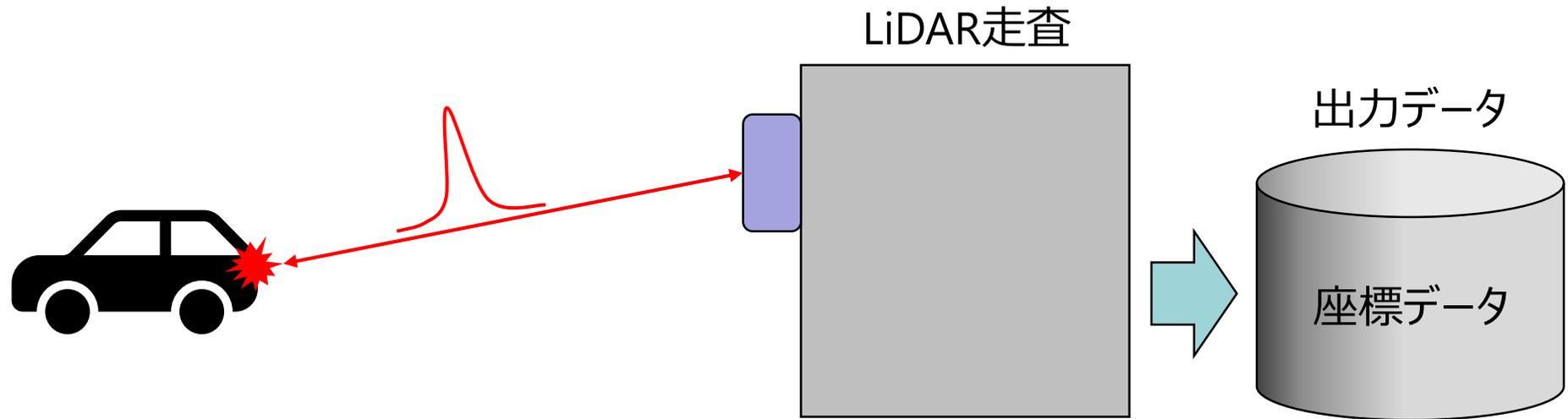
# Agenda

- 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

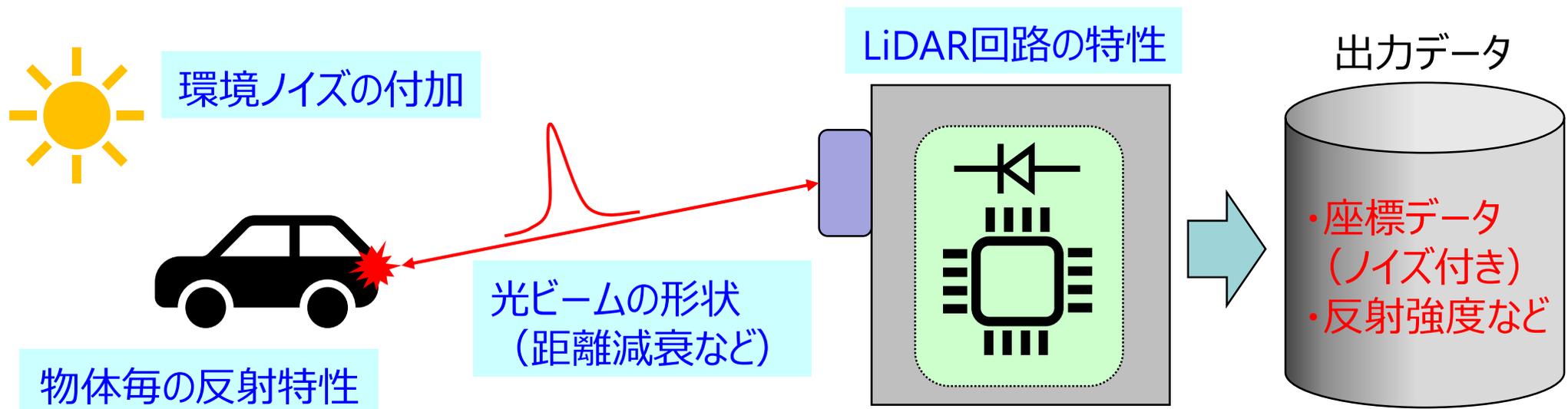


# LiDARシミュレータの使い分け

## 課題

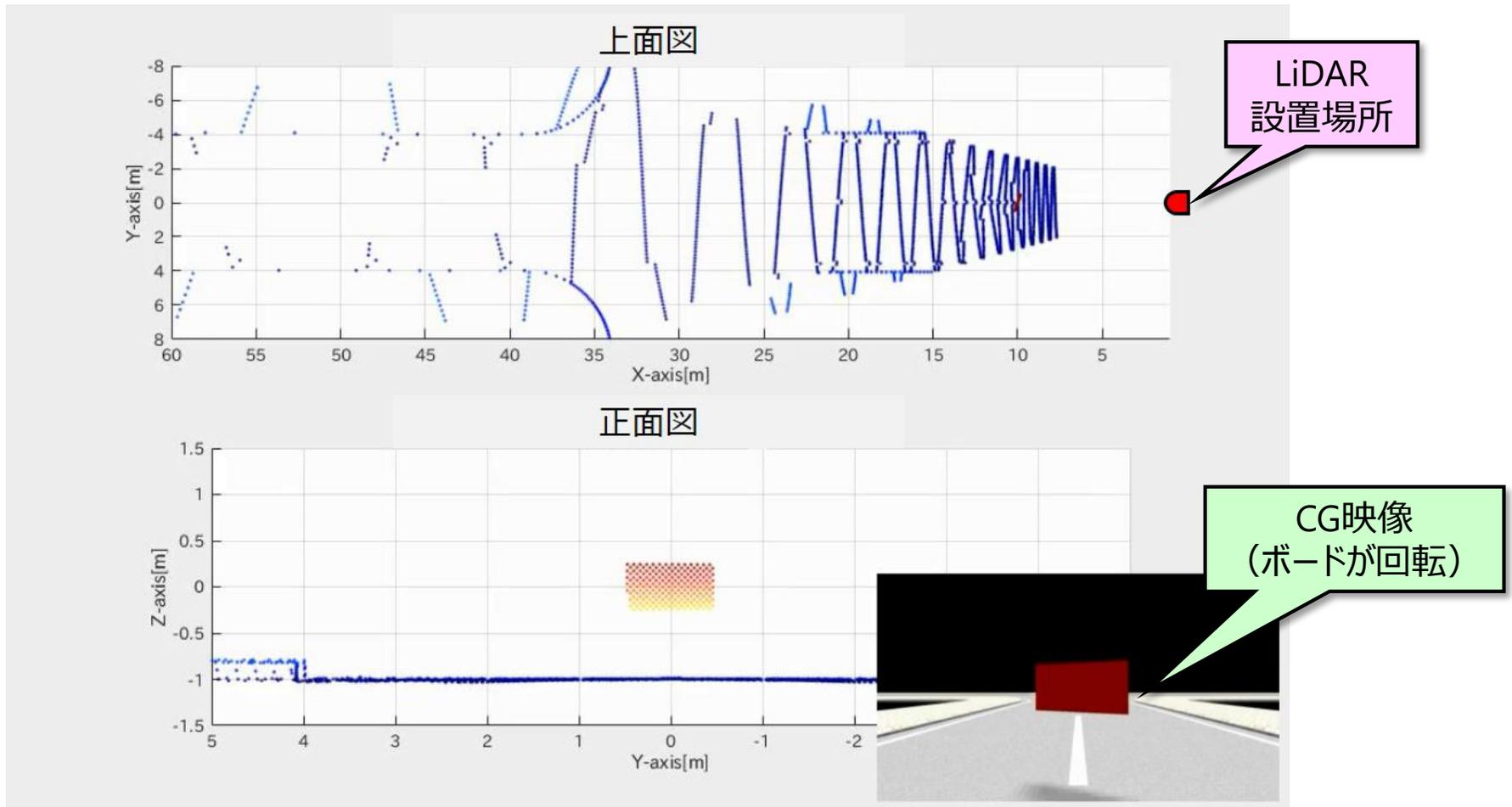
- 機械学習では、理想的なデータの他に、実測データでの学習も検討
- 実測で大量の学習データを準備するのは、工数が大きい

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



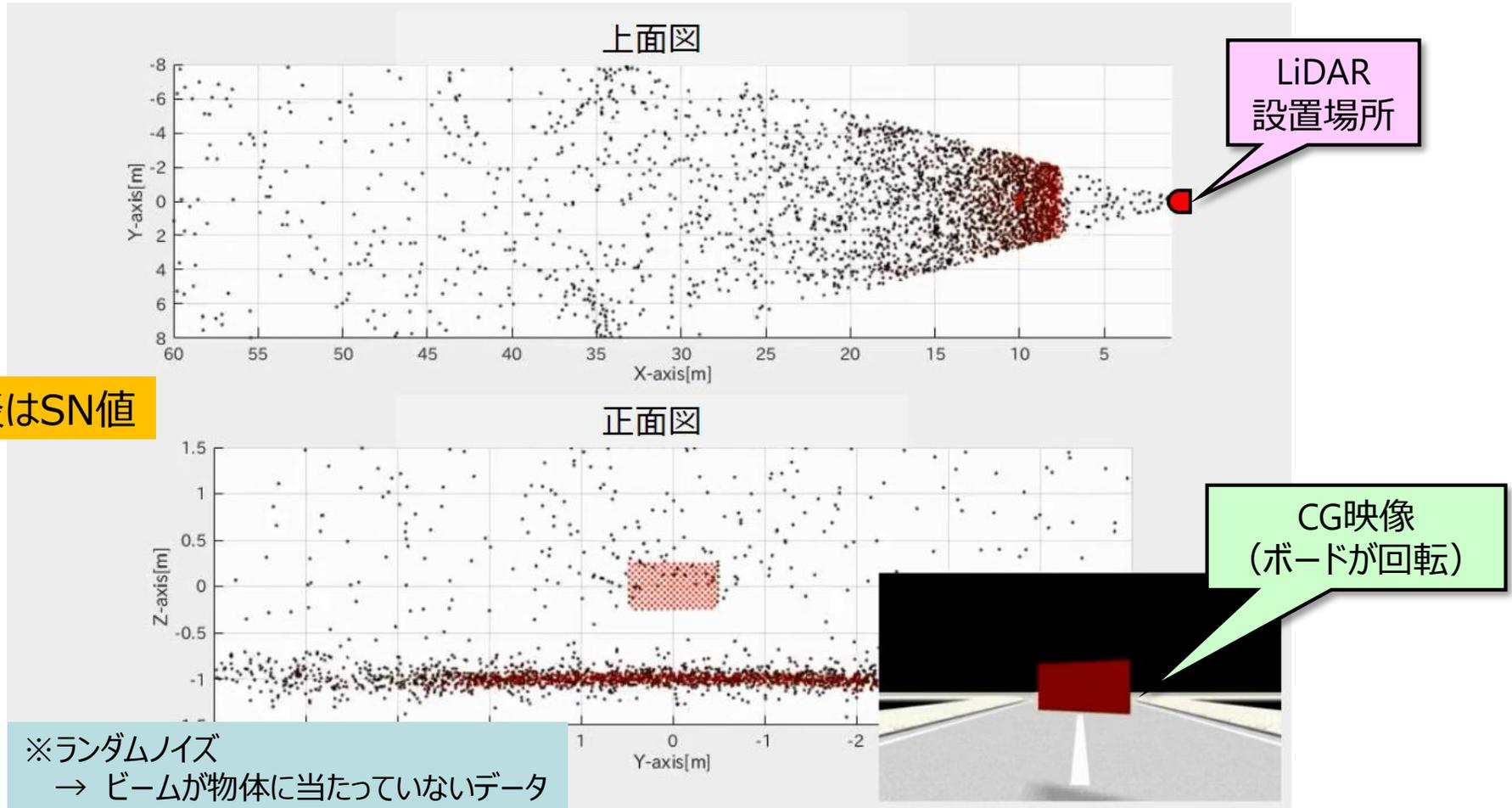
# LiDARシミュレータの使い分け

- 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***