

# 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

カーアV

ナビゲーション

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

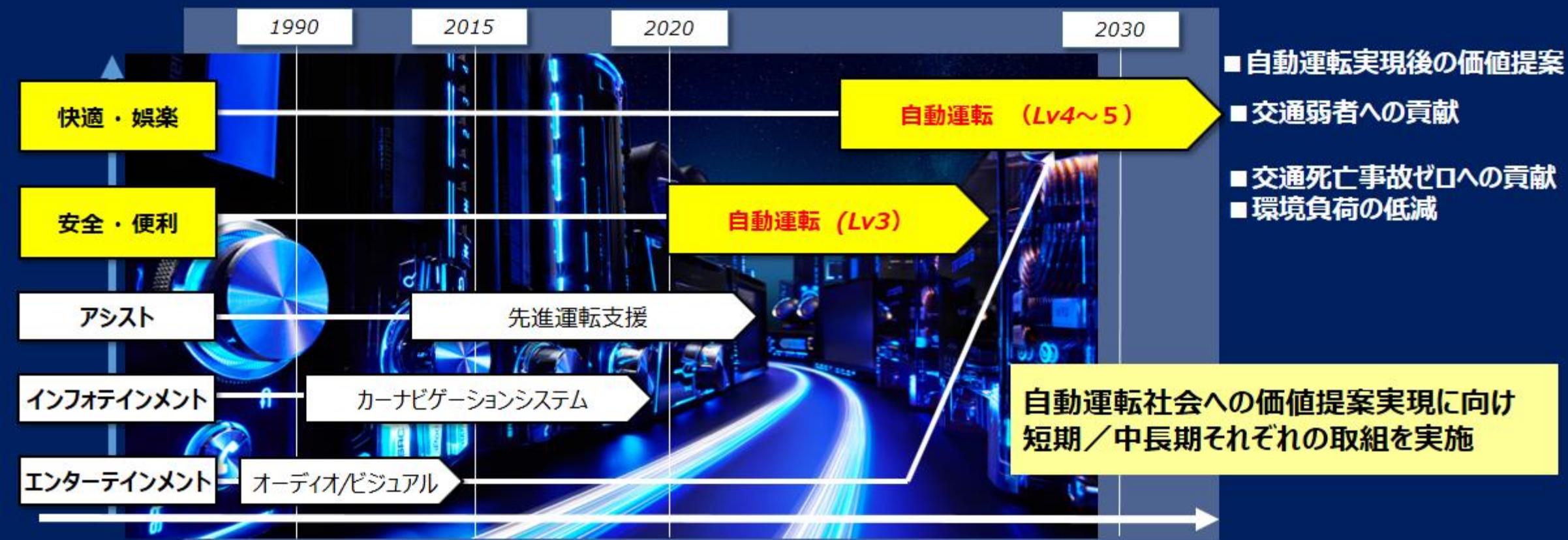
医療健康分野



# 自動運転への取組み

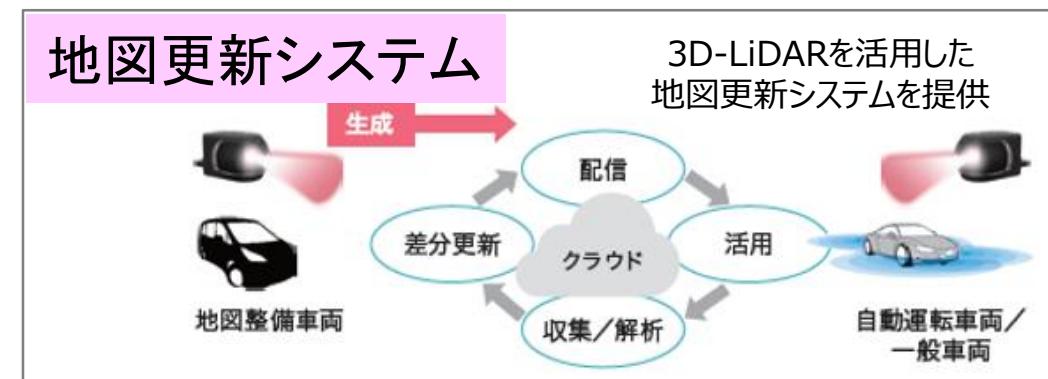
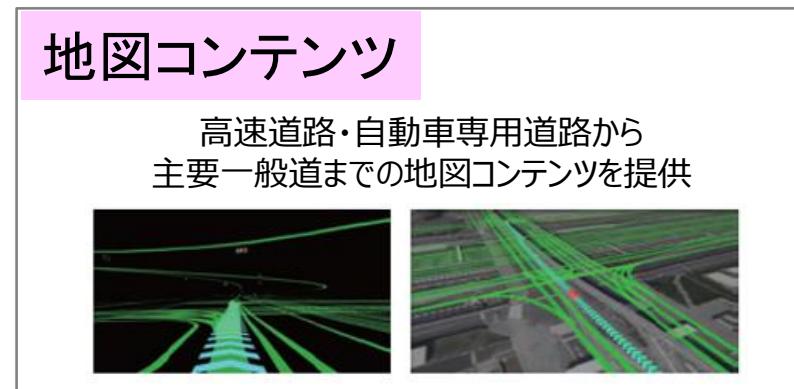
自動運転社会の実現に貢献すること

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



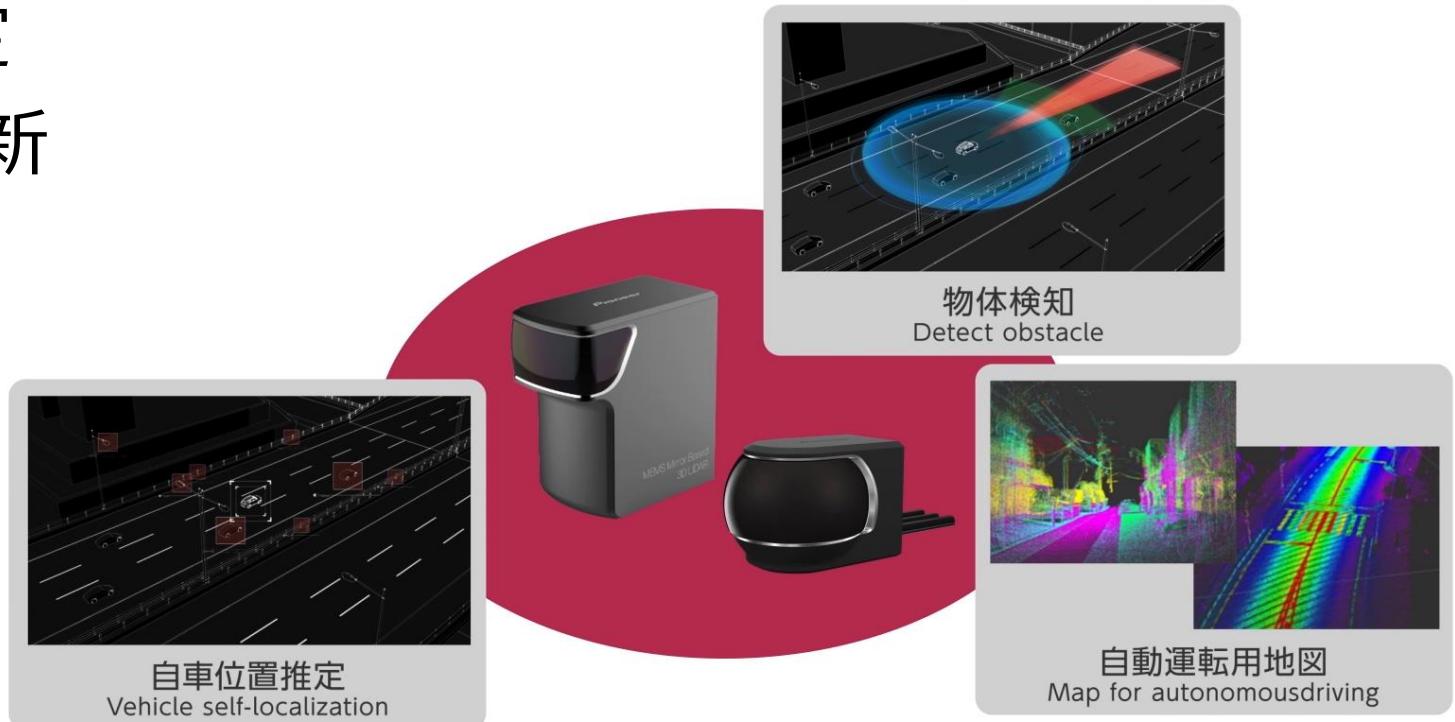
# 自動運転への取組み

- 自動運転事業の全体像



# 自動運転への取組み

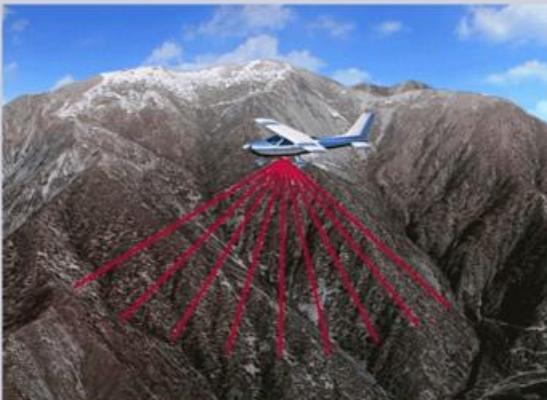
- 応用技術
  - 環境認識（物体検知）
  - 自車位置推定
  - 地図生成・更新



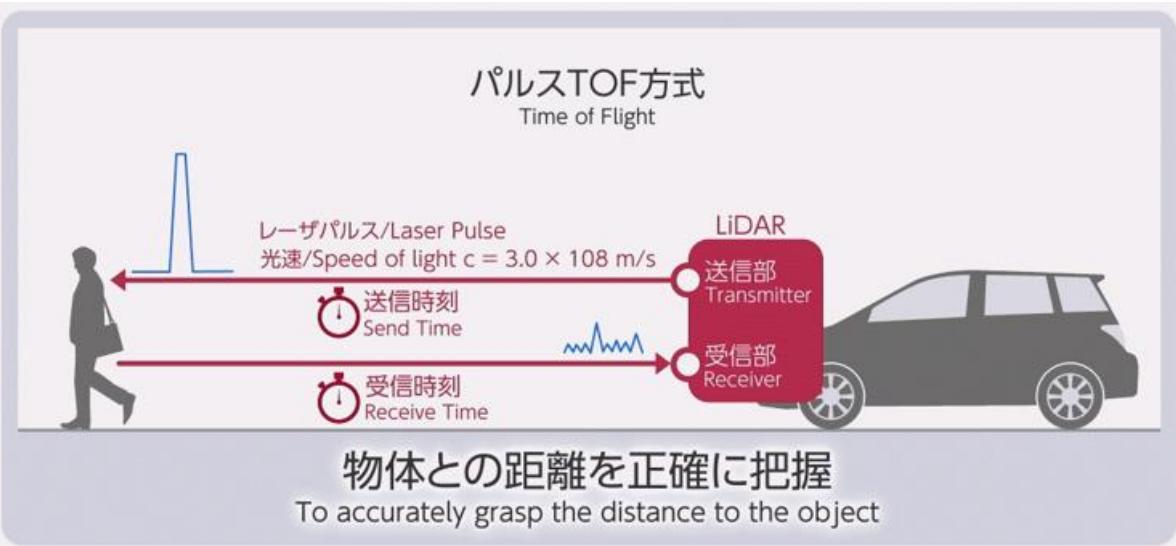
一般道での高度な自動運転の実現に貢献

# 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）



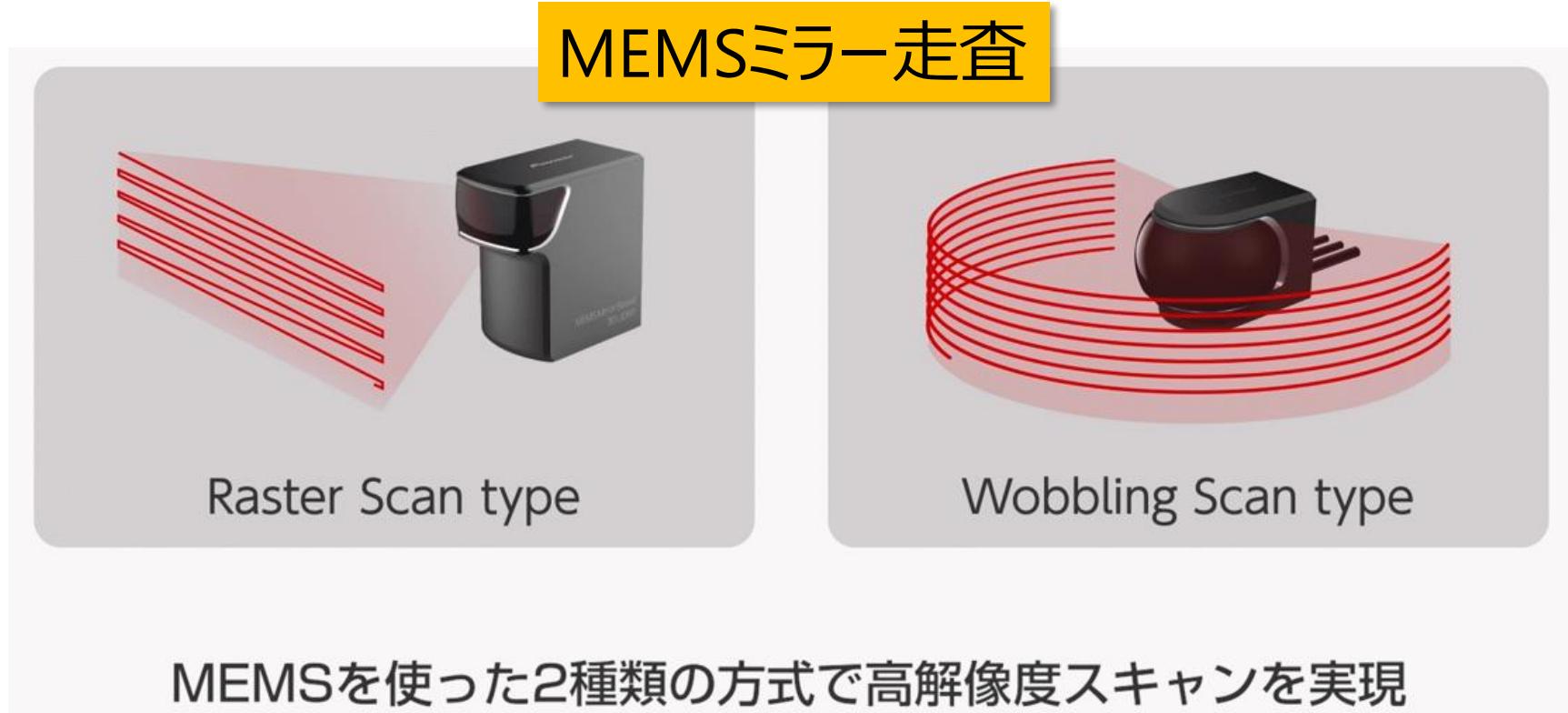
航空測量などで活用  
Utilization for aerial surveying



※LiDAR : Light Detection and Ranging

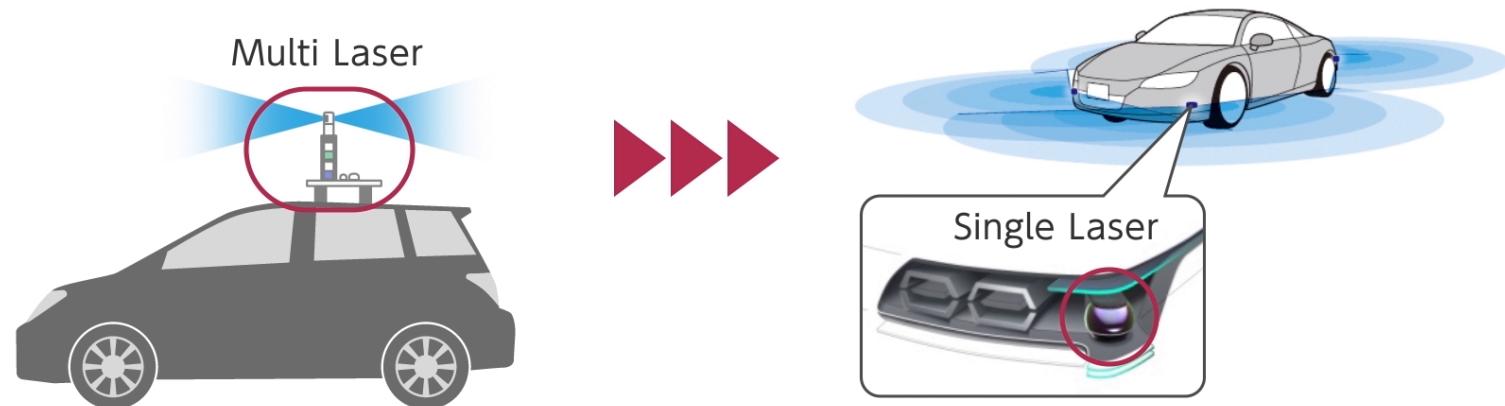
# LiDARについて

- 視野角の広範囲化
  - ミラー走査、受光素子のアレイ化など



# LiDARについて

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

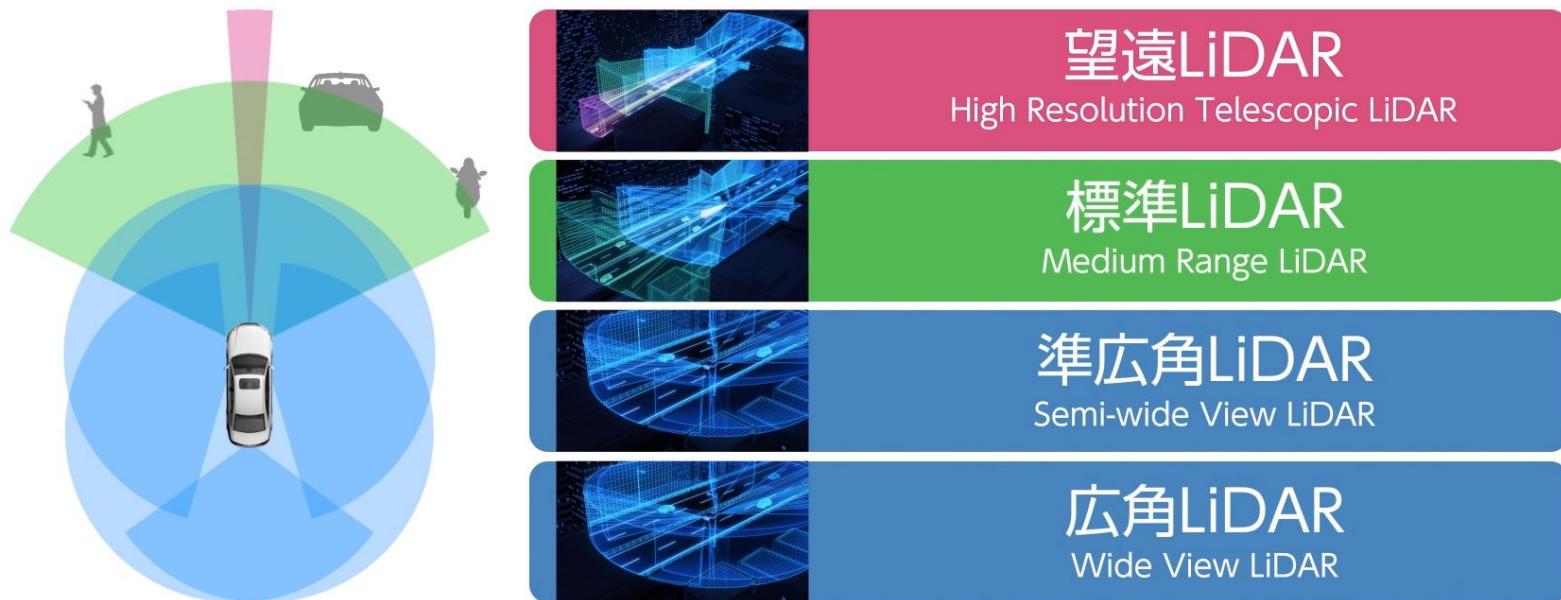


小型で低価格かつ高性能  
Reduced size and lower price and high spec

「MEMS」を活用したシングルレーザーでLiDARを実現

# LiDARについて

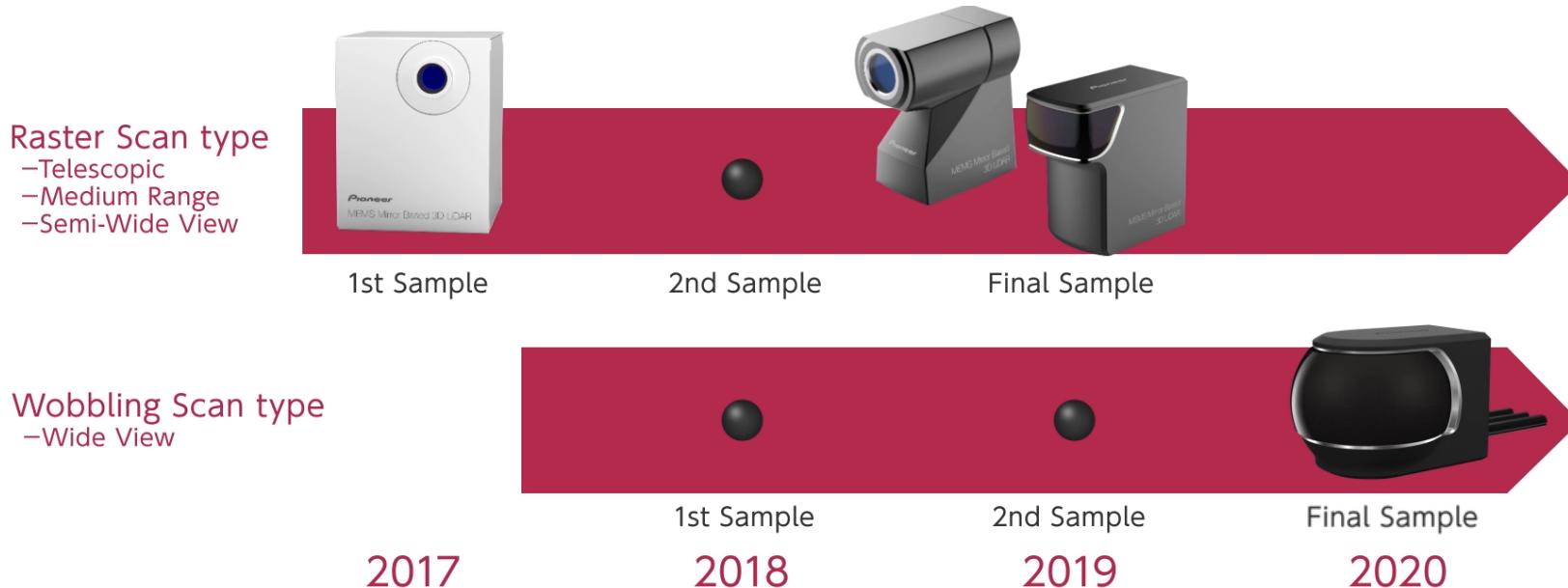
- 当社LiDARのラインナップ
  - 複数LiDARを組合せ



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

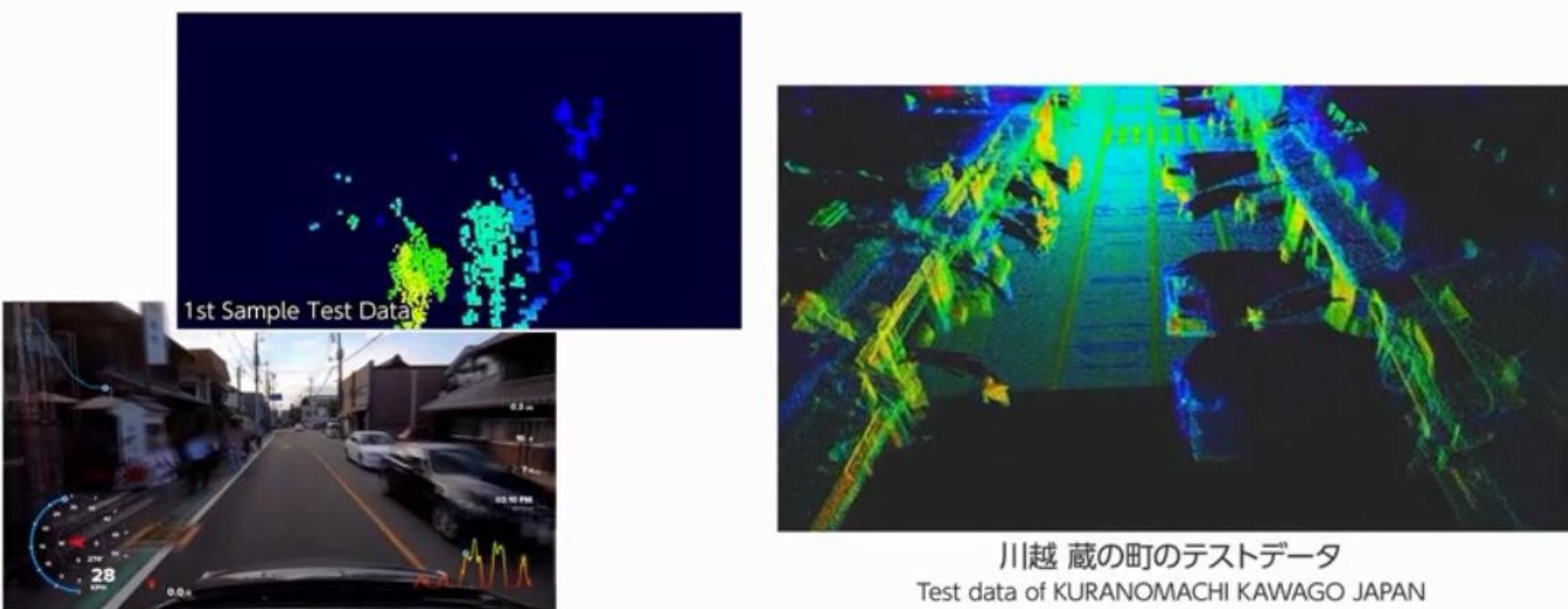
- 当社LiDARの開発スケジュール
  - 1stサンプル出荷済み



2020年代に量産開始

# LiDARについて

- LiDAR実測例



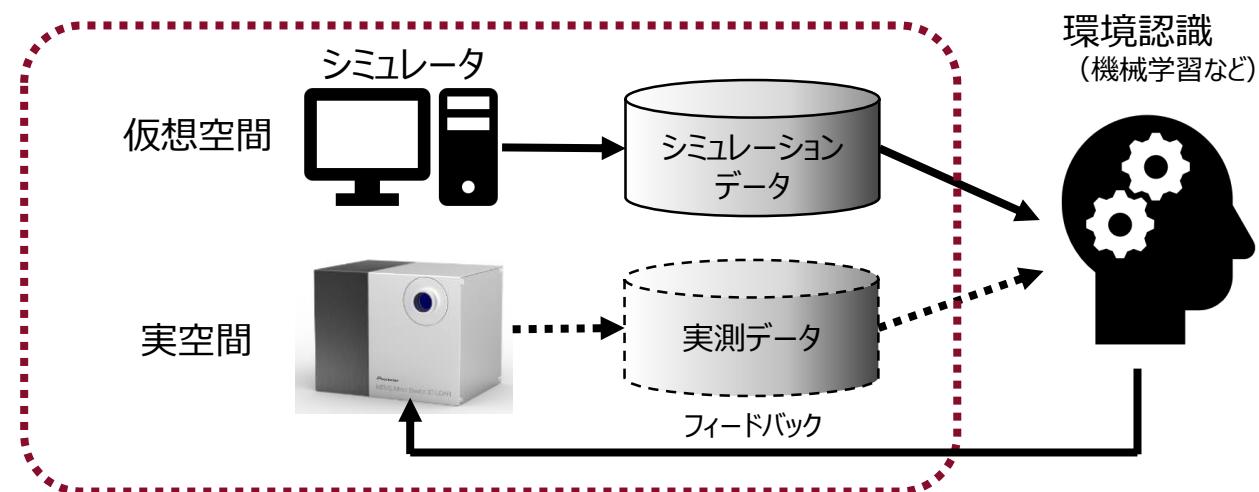
LiDARの見ている世界  
View of LiDAR

# 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

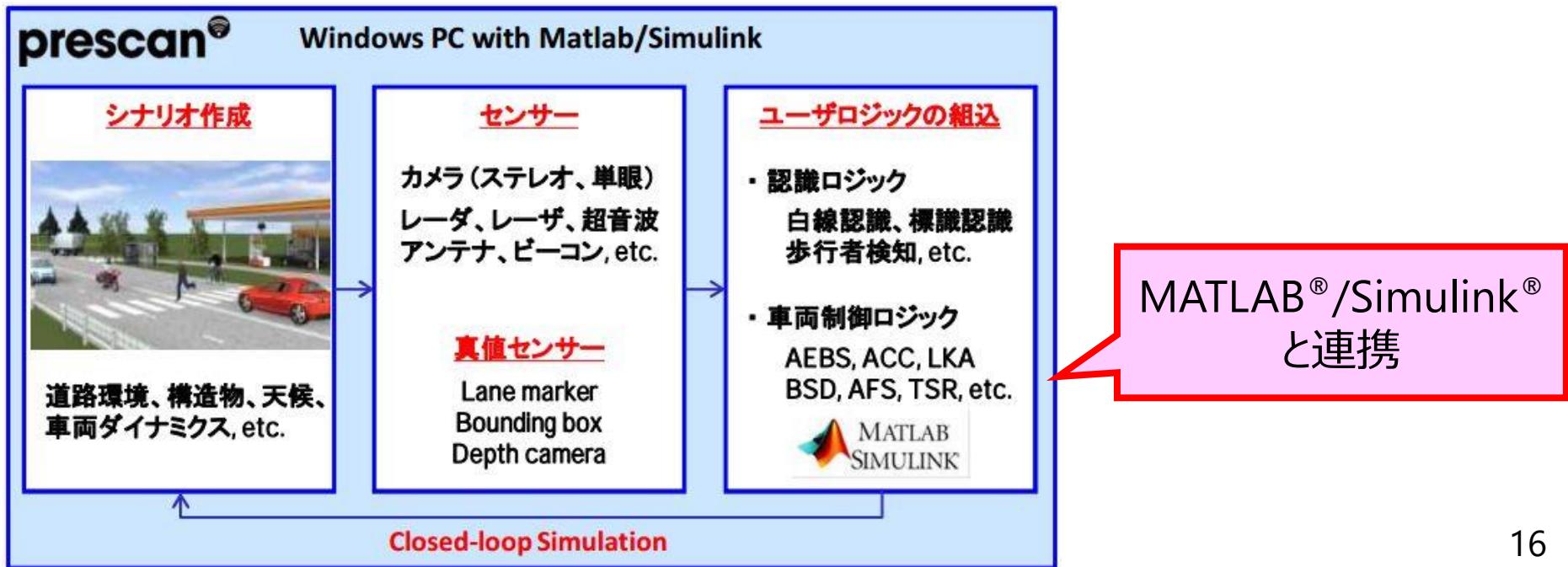
# シミュレータ概要

- ・ 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



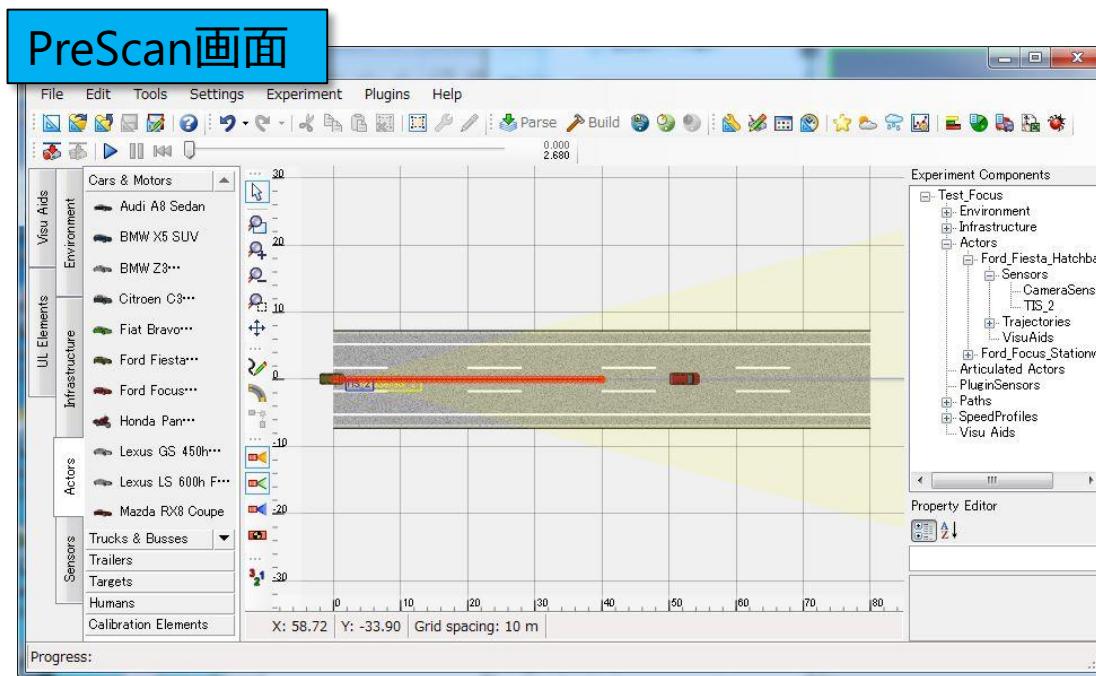
# シミュレータ概要

- 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



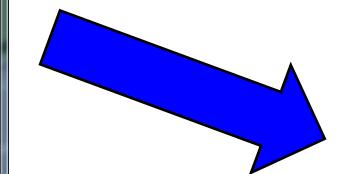
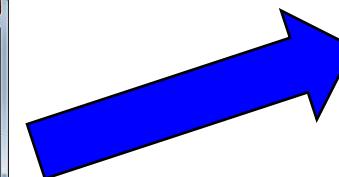
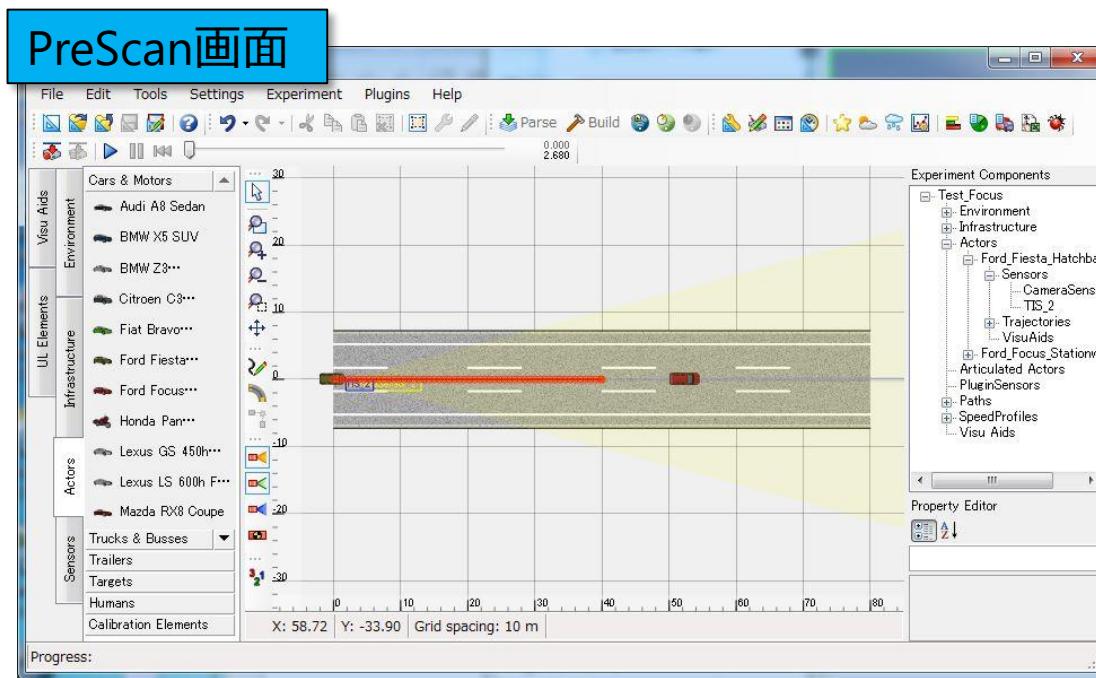
# シミュレータ概要

- 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



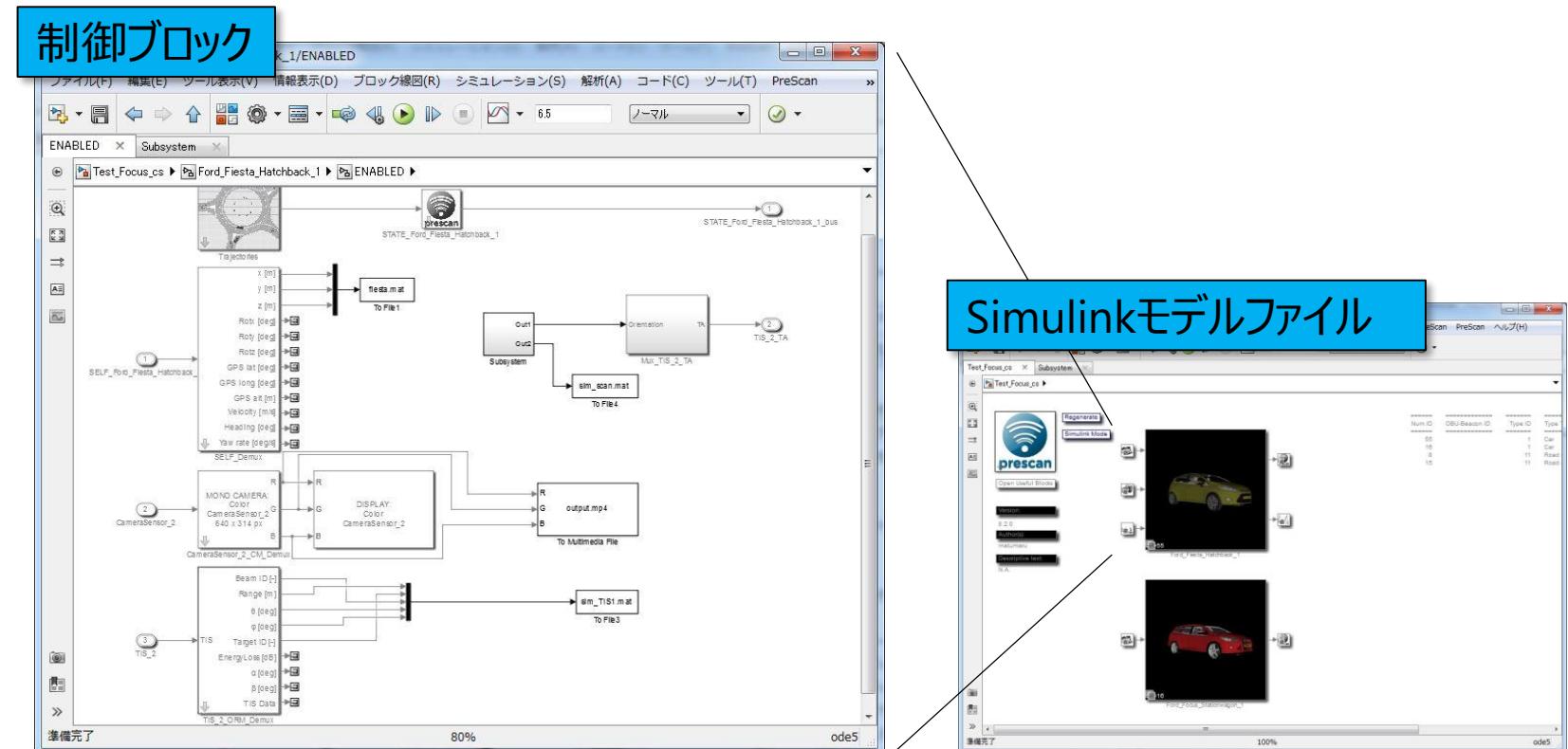
# シミュレータ概要

- 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



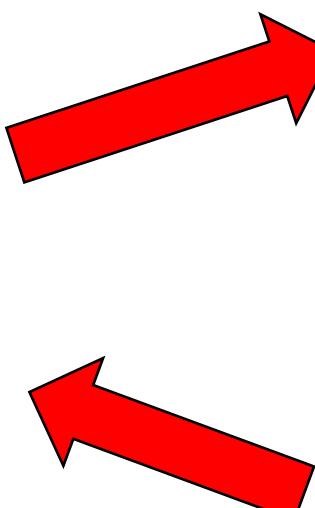
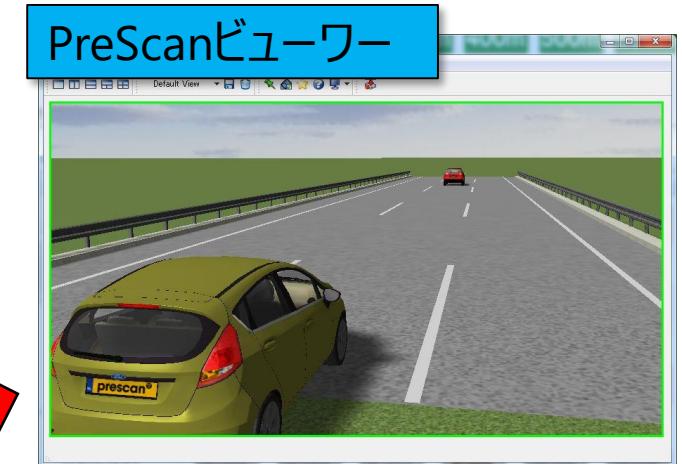
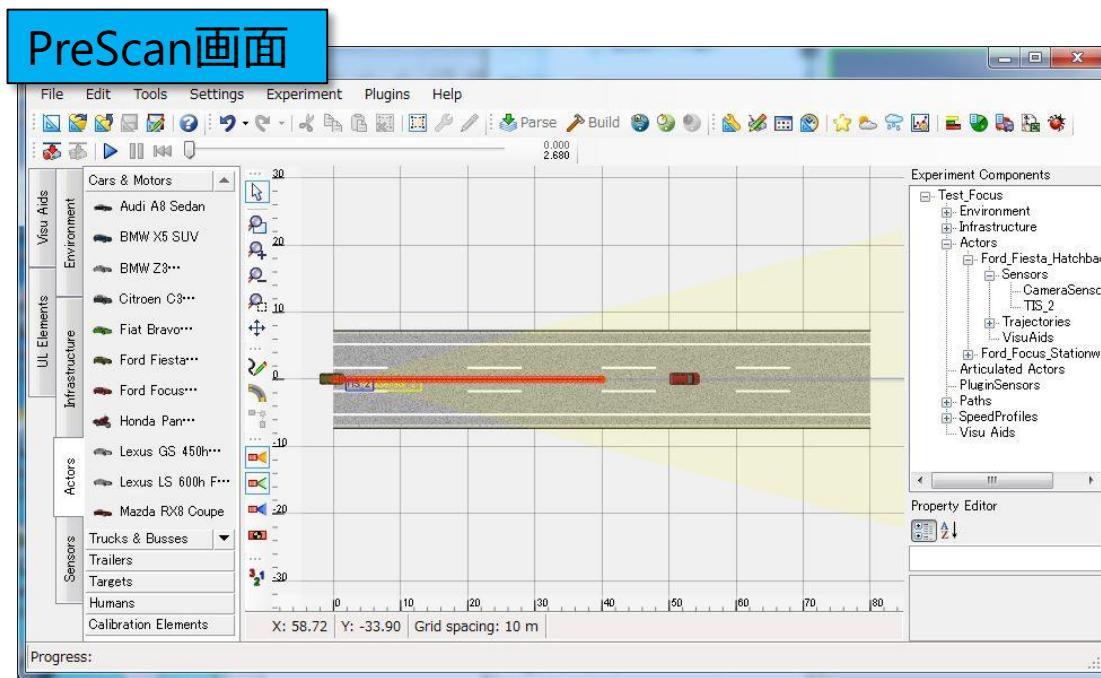
# シミュレータ概要

- 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

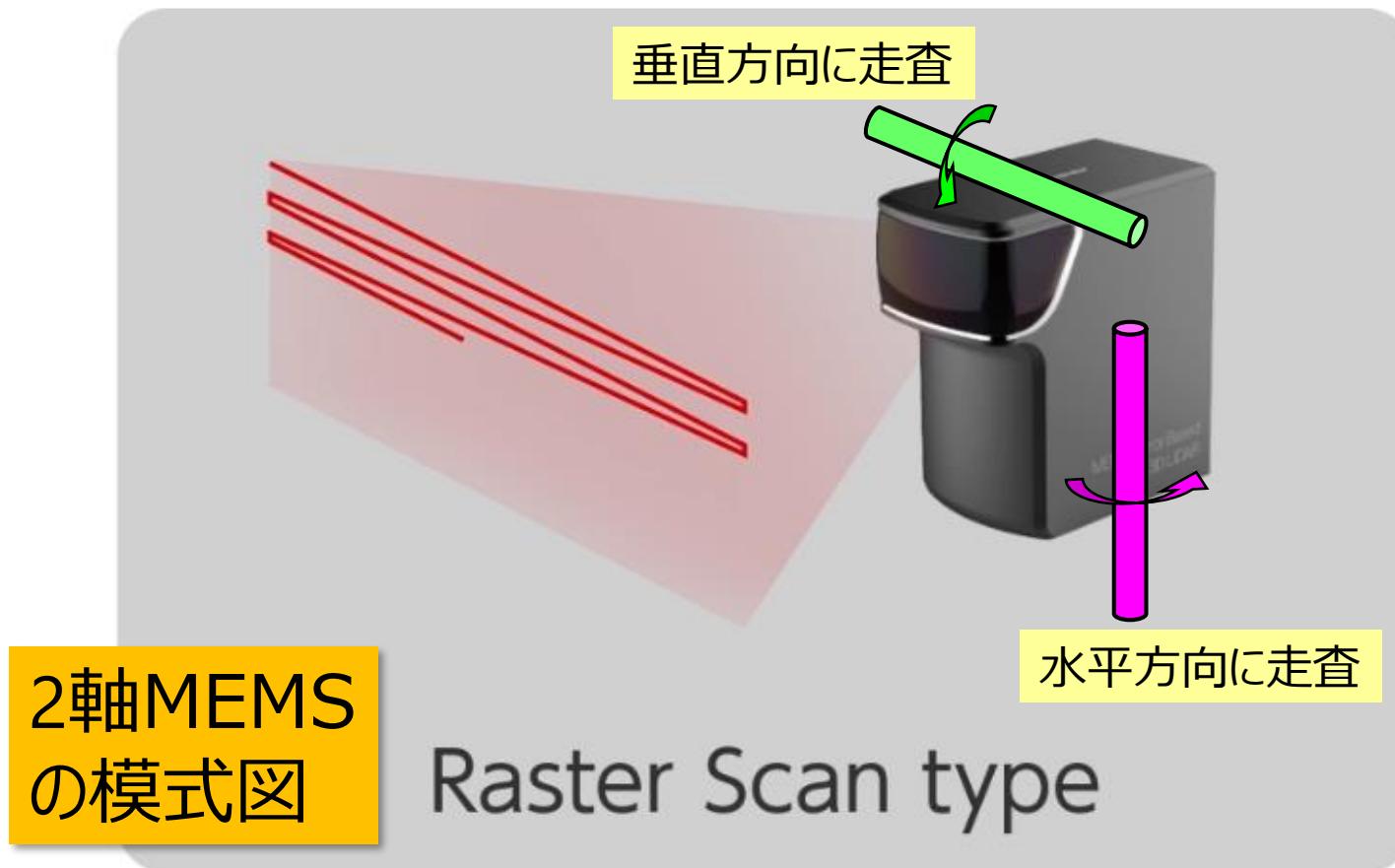


# Agenda

- 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

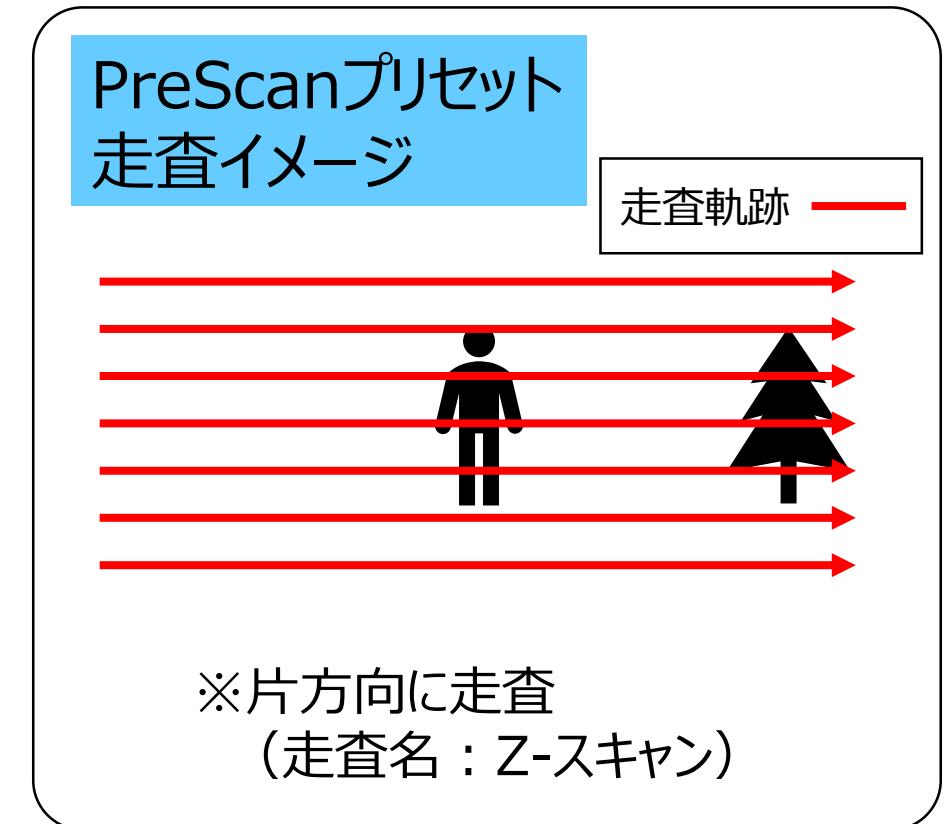
- 背景
  - 当社LiDARは、水平、垂直の2軸MEMSで走査



# LiDAR走査のモデル化

- 課題

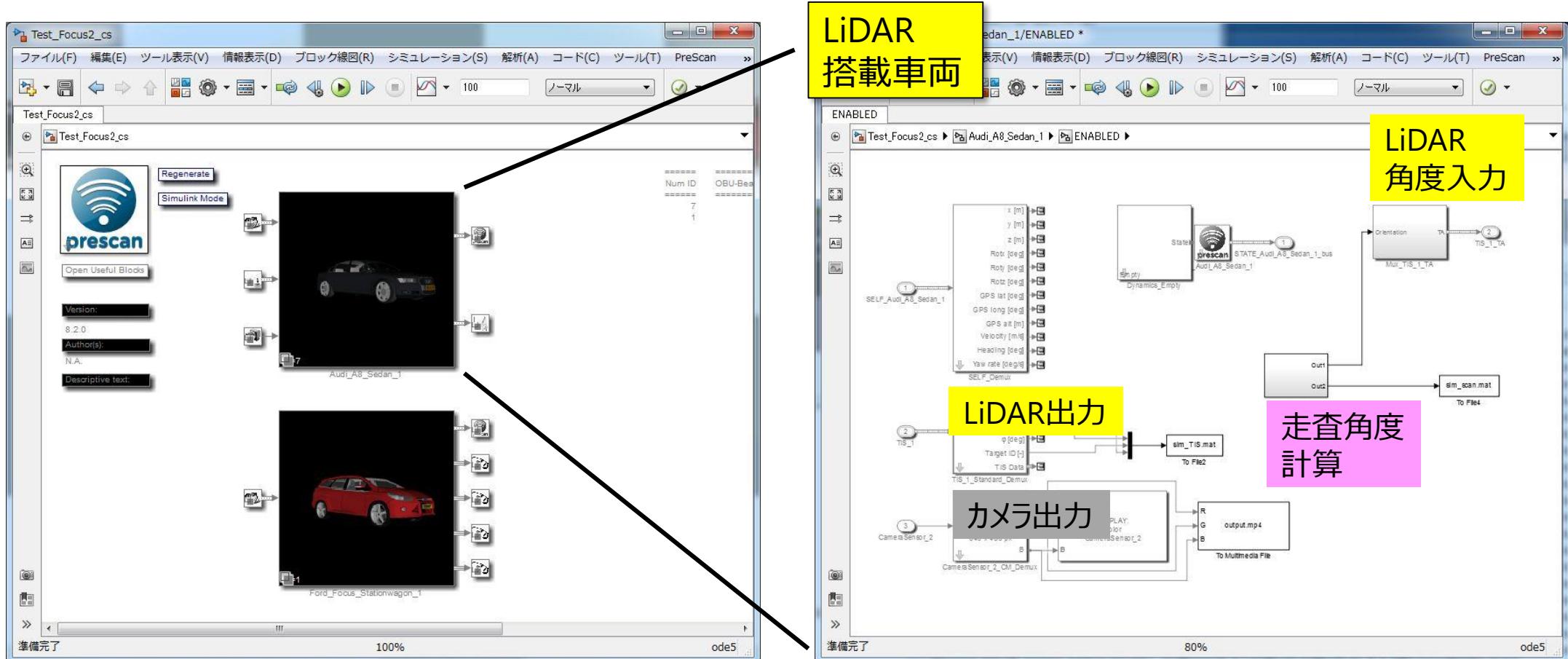
- PreScanにプリセットされている走査パターンには、当社LiDARの走査パターンがない
- 当社LiDARの走査パターンも含めて仕様検討がしたい



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

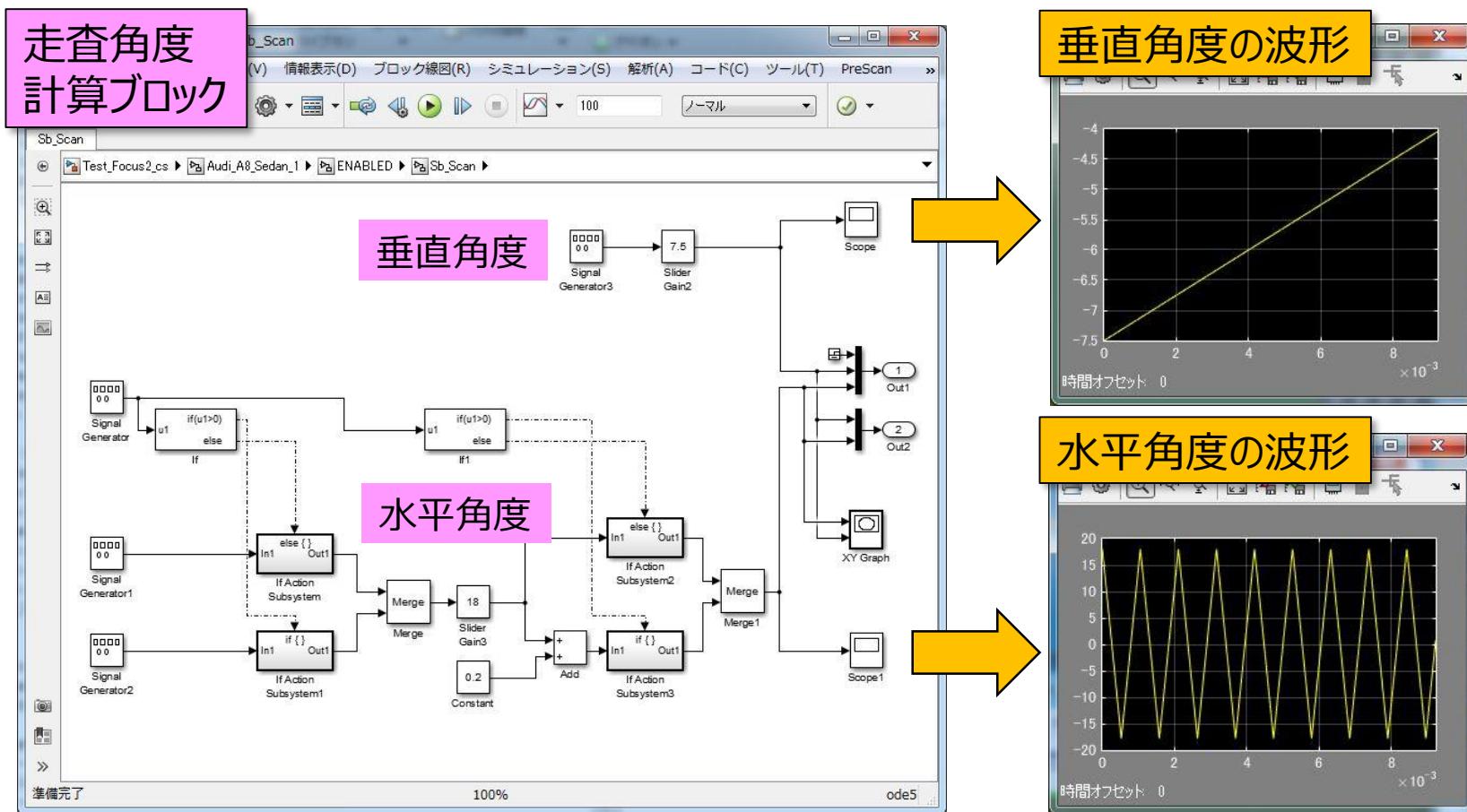
# LiDAR走査のモデル化

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



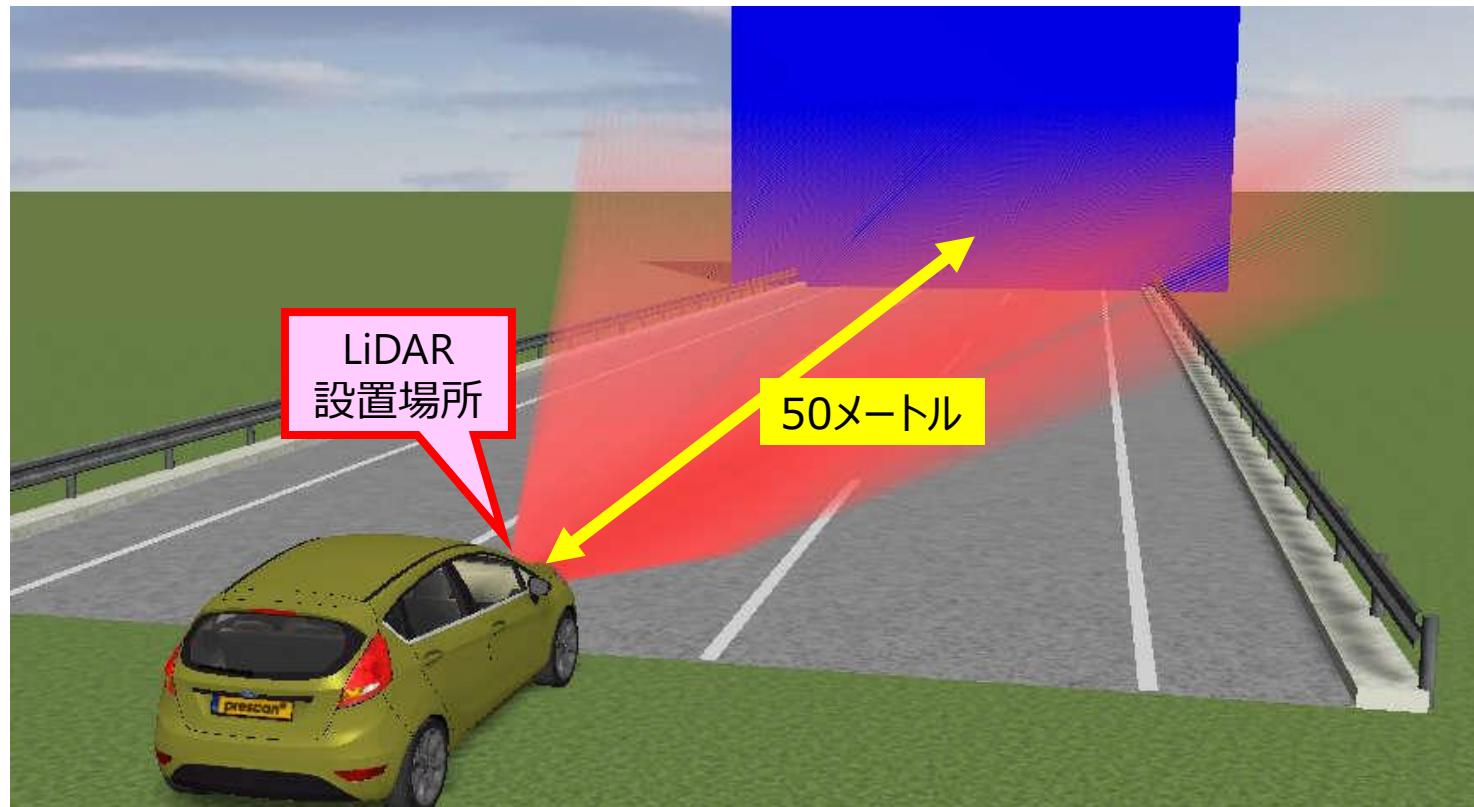
# LiDAR走査のモデル化

- 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



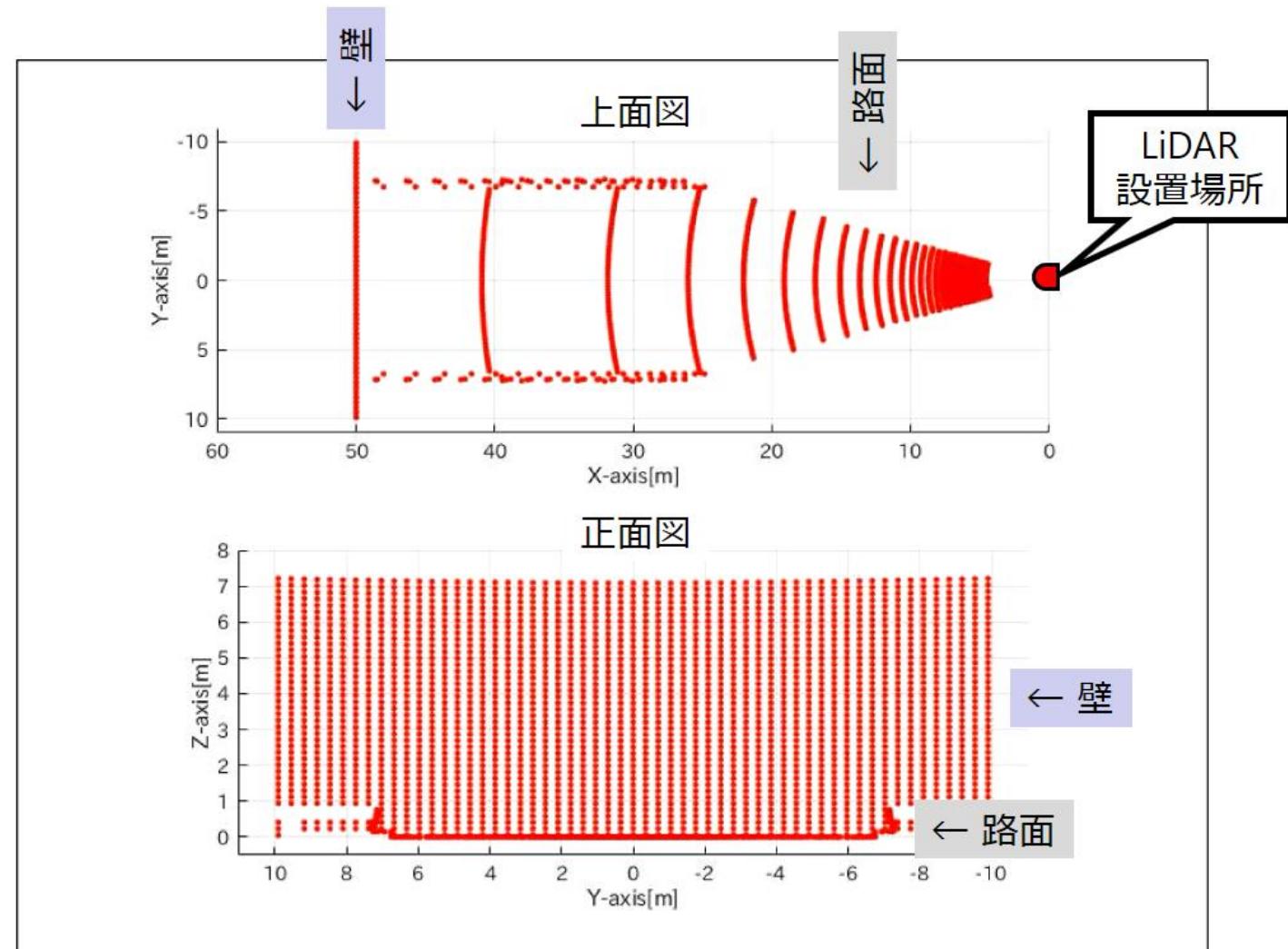
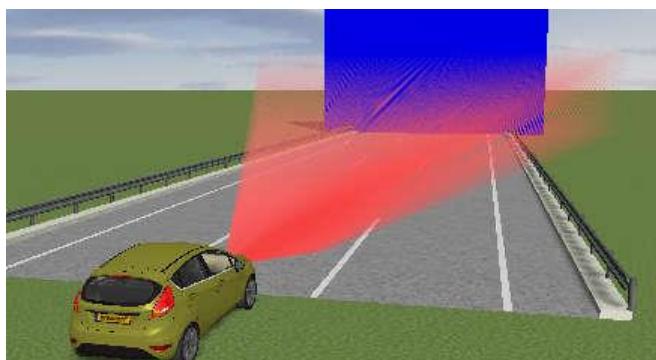
# LiDAR走査のモデル化

- 走査例) CGイメージ
  - 50メートル先の壁に照射



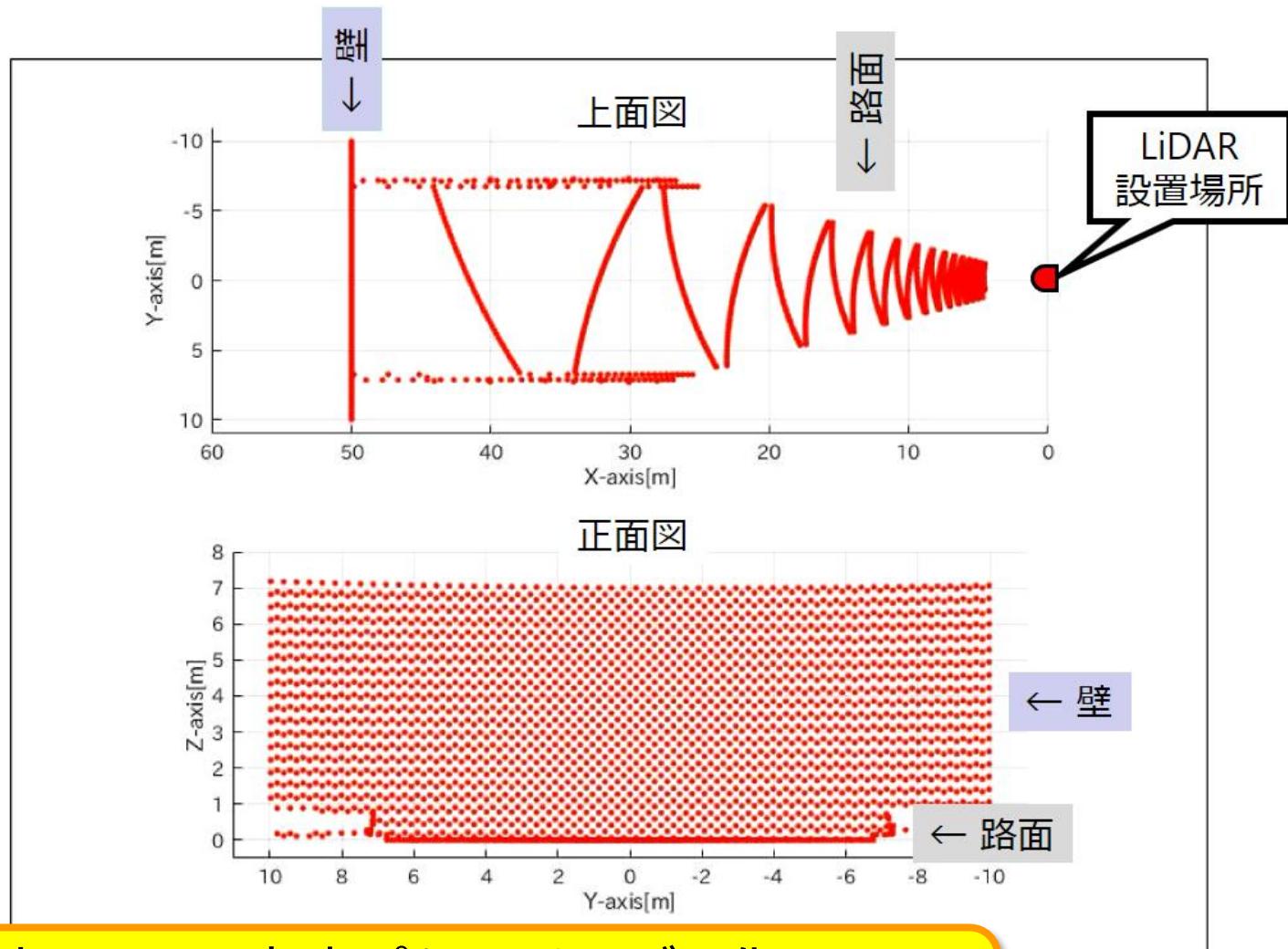
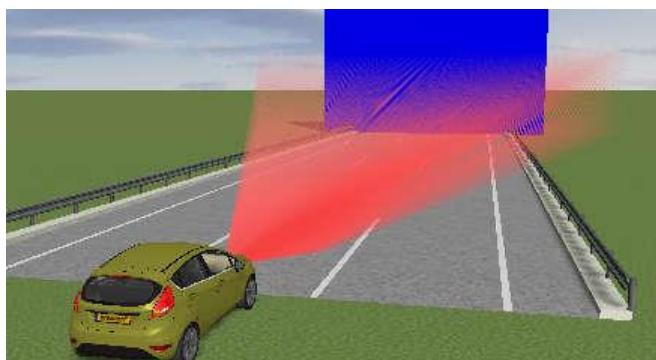
# LiDAR走査のモデル化

- 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



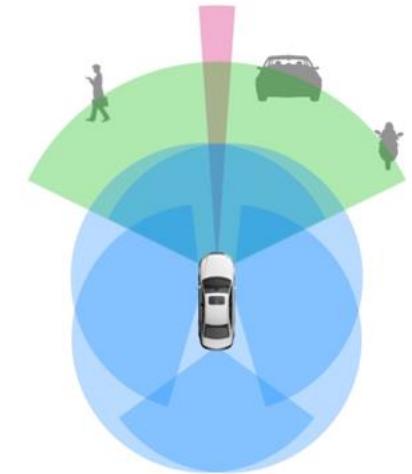
Simulink上で当社LiDARの走査パターンをモデル化  
→ 走査パターンを含めた仕様検討が可能

# 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

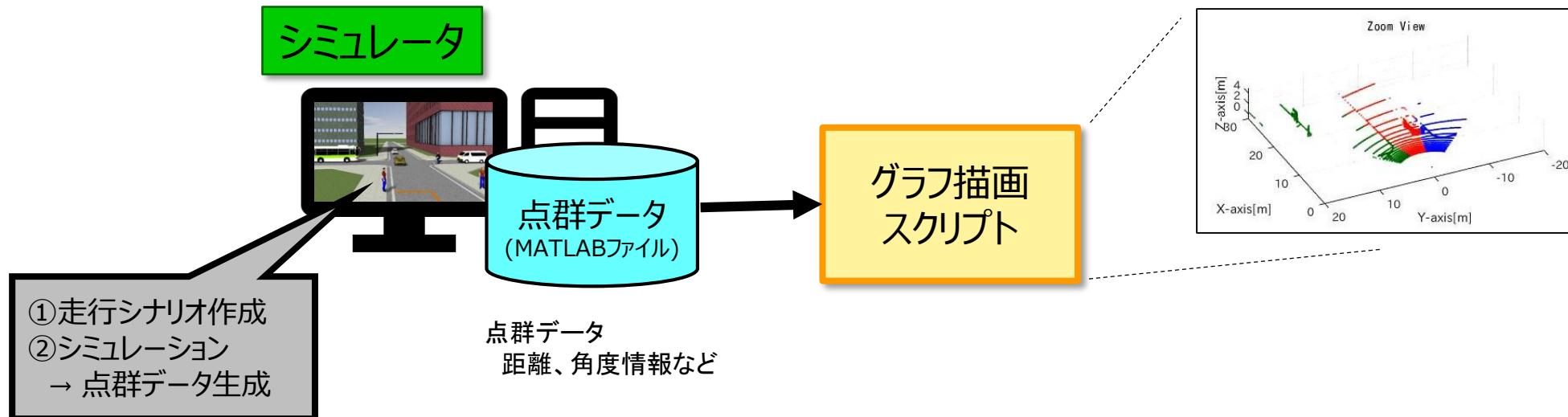


LiDAR仕様の検討項目に応じた、  
シーン作成、可視化方法、評価方法を検討

# シミュレーション可視化

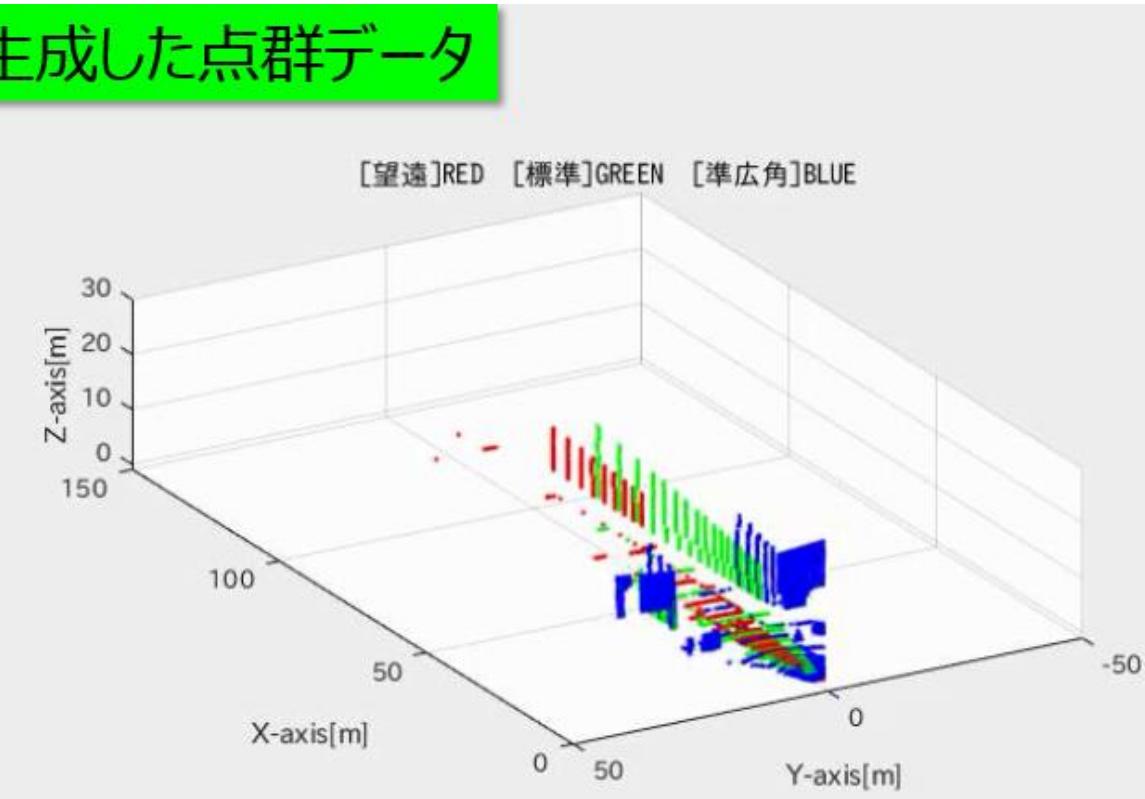
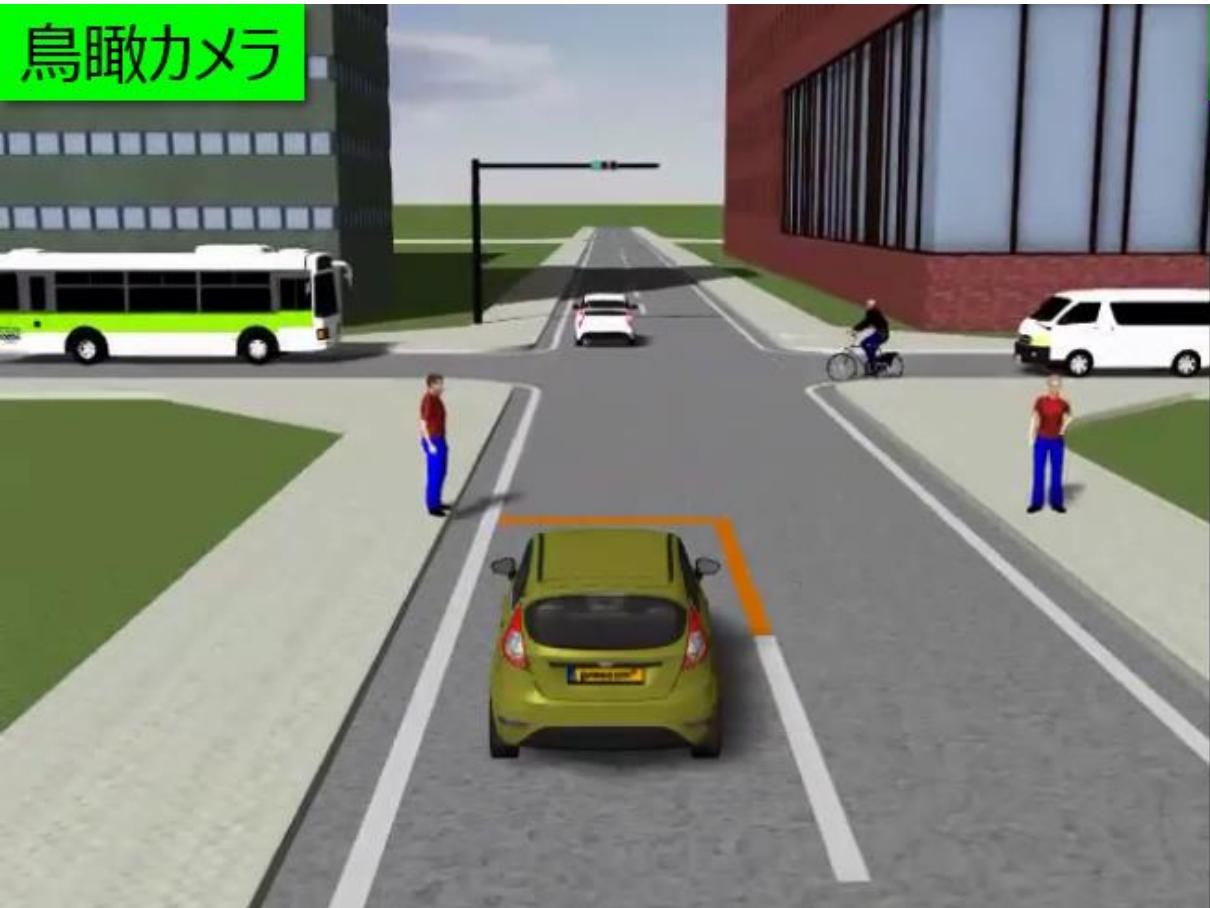
- **処理フロー**

- 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)



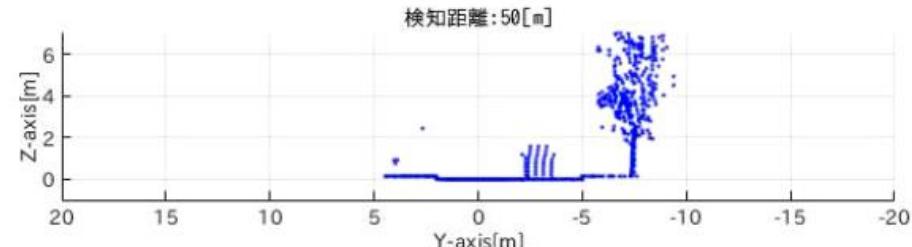
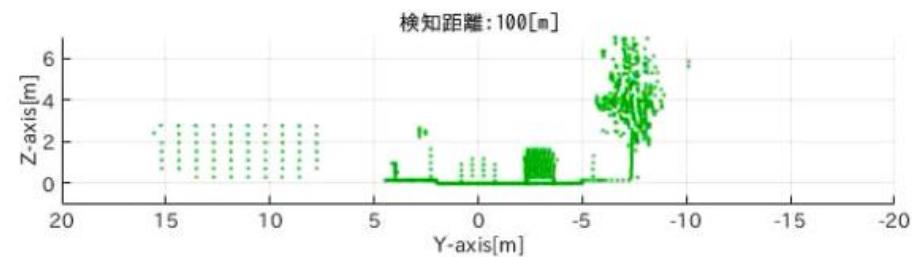
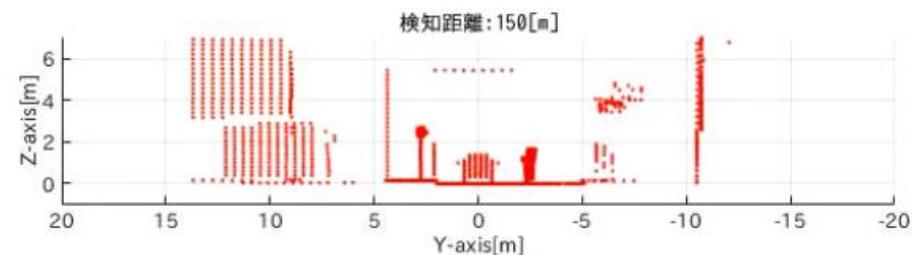
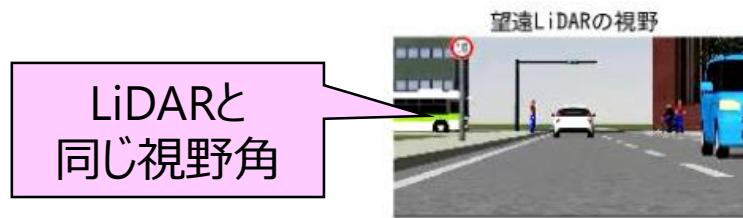
# シミュレーション可視化

- 例 1) 複数LiDARの設置
  - 視野角の違いによる影響を把握



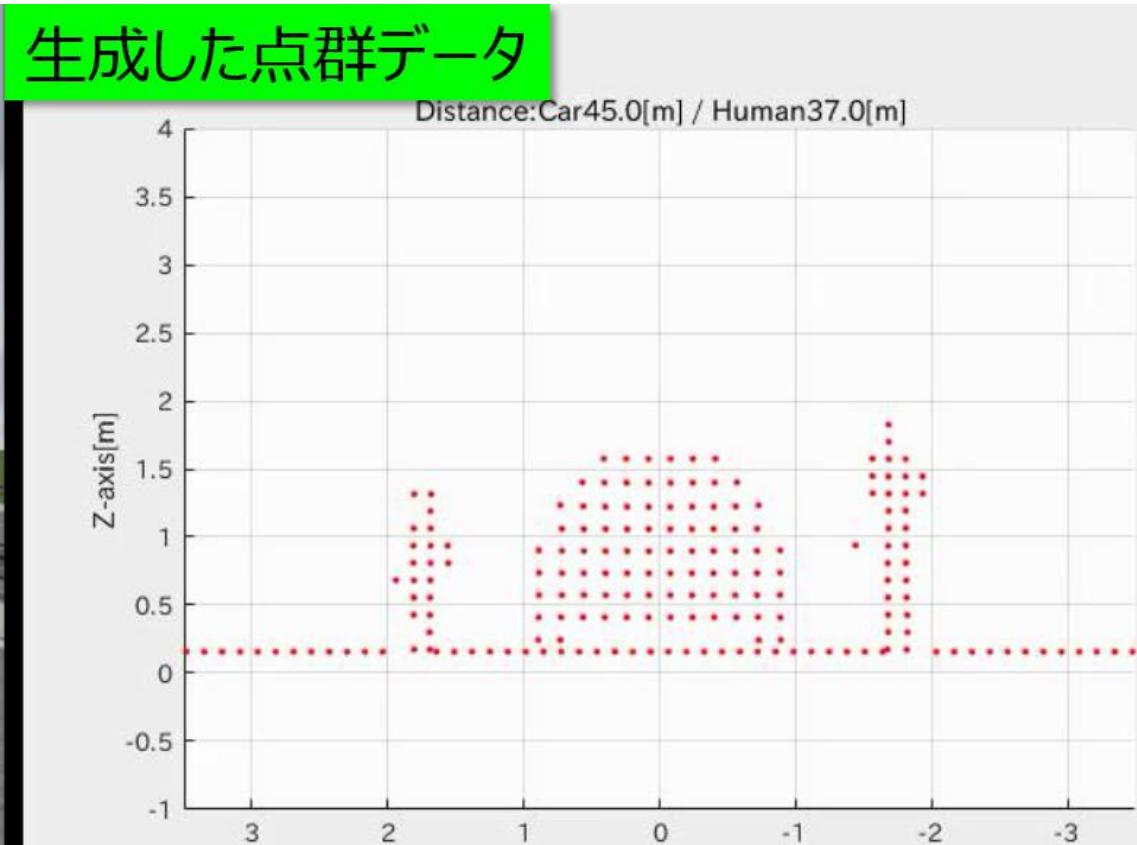
# シミュレーション可視化

- 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）



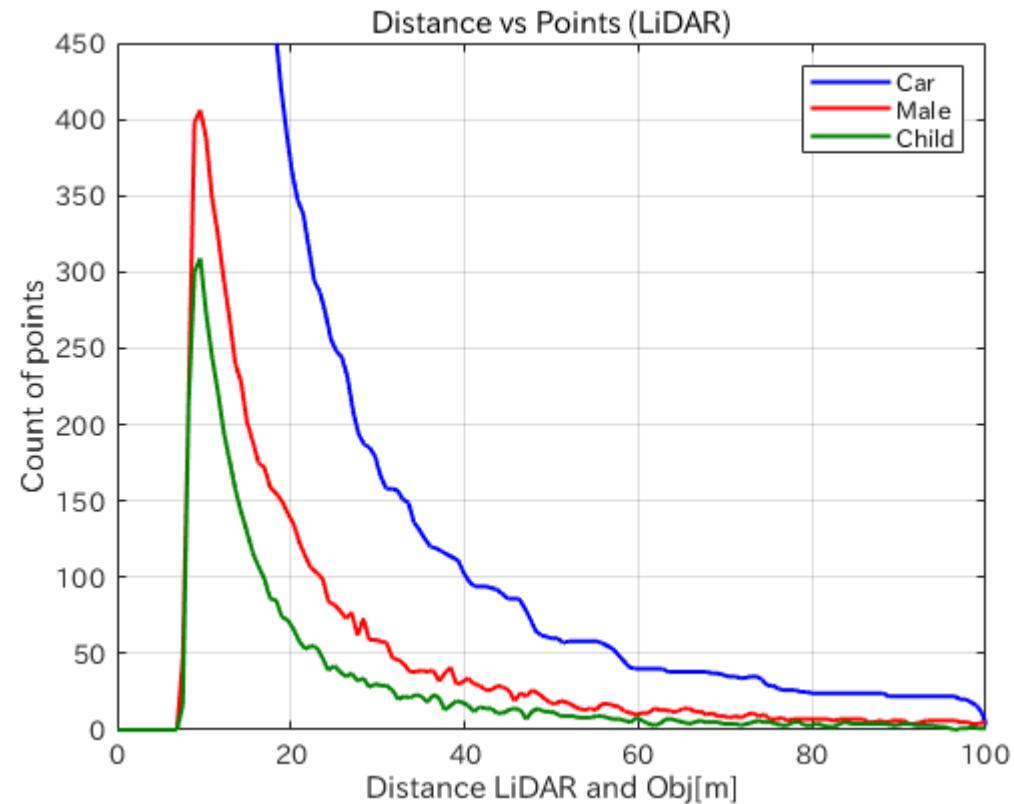
# シミュレーション可視化

- 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

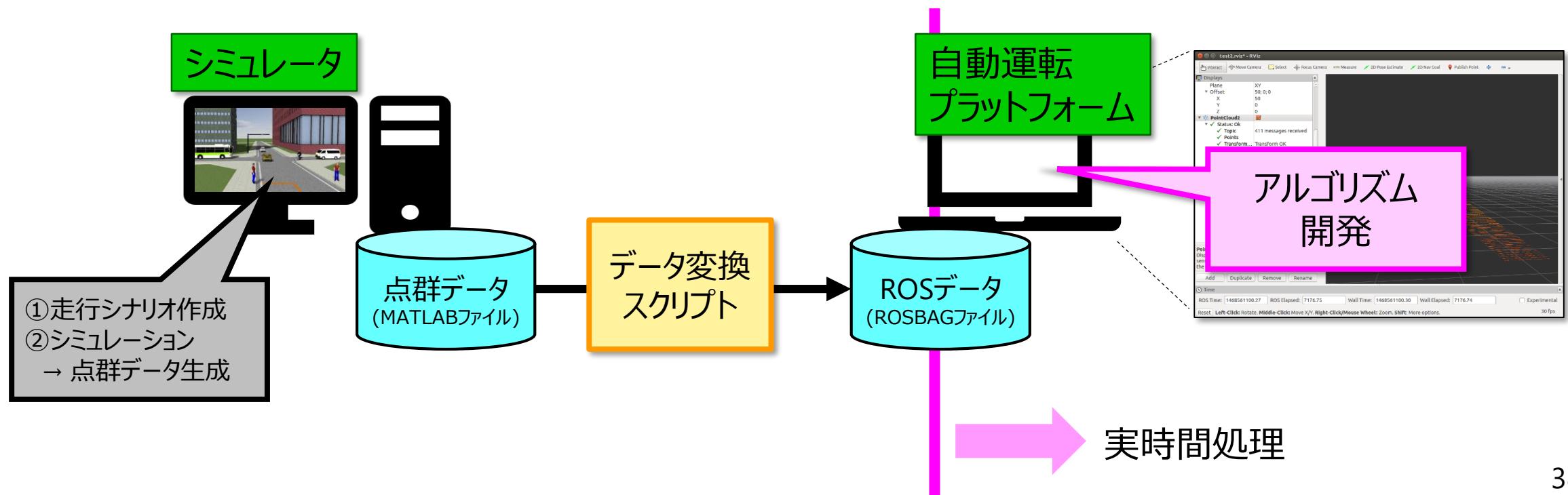
- 背景
  - 実時間処理を想定した自動運転プラットフォームで、環境認識（物体検知）などのアルゴリズムを開発中
- 課題
  - シミュレータ生成した点群データ（MATLABファイル）を、そのまま自動運転プラットフォームで使用するのは困難

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

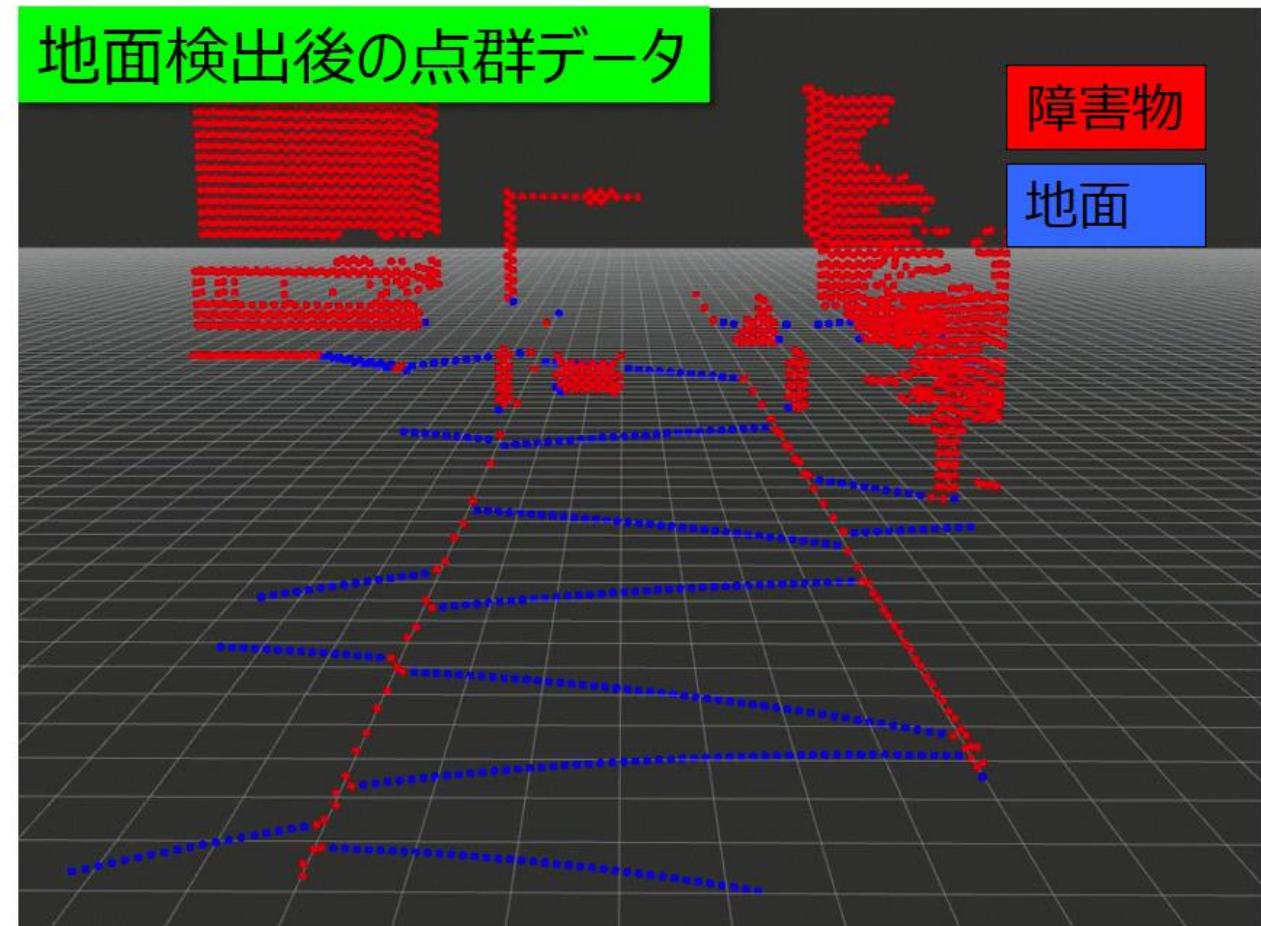
- 处理フロー

- 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

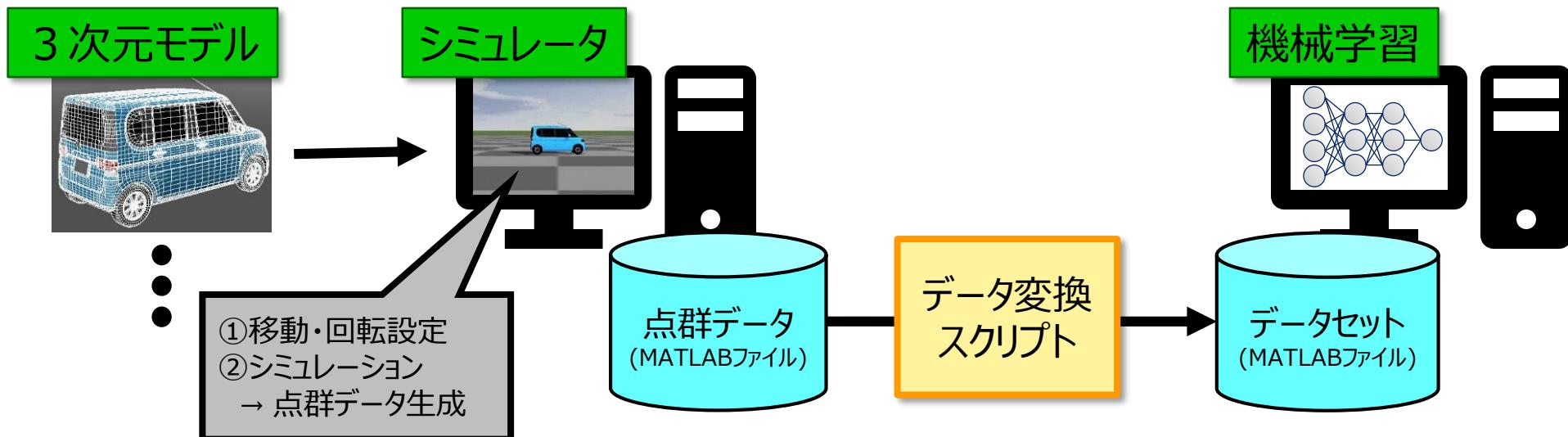
- 背景
  - 弊社LiDARは解像度が高いため、  
**点群データ**を使った機械学習ベースの物体認識アルゴリズムを検討
  - 機械学習には、各種条件（識別ラベル、データ数など）を満たした  
学習データが必要
- 課題
  - 実測で大量の学習データを準備するのは、工数が大きい
  - 上記条件を満たした学習用点群データセットが見当たらない

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

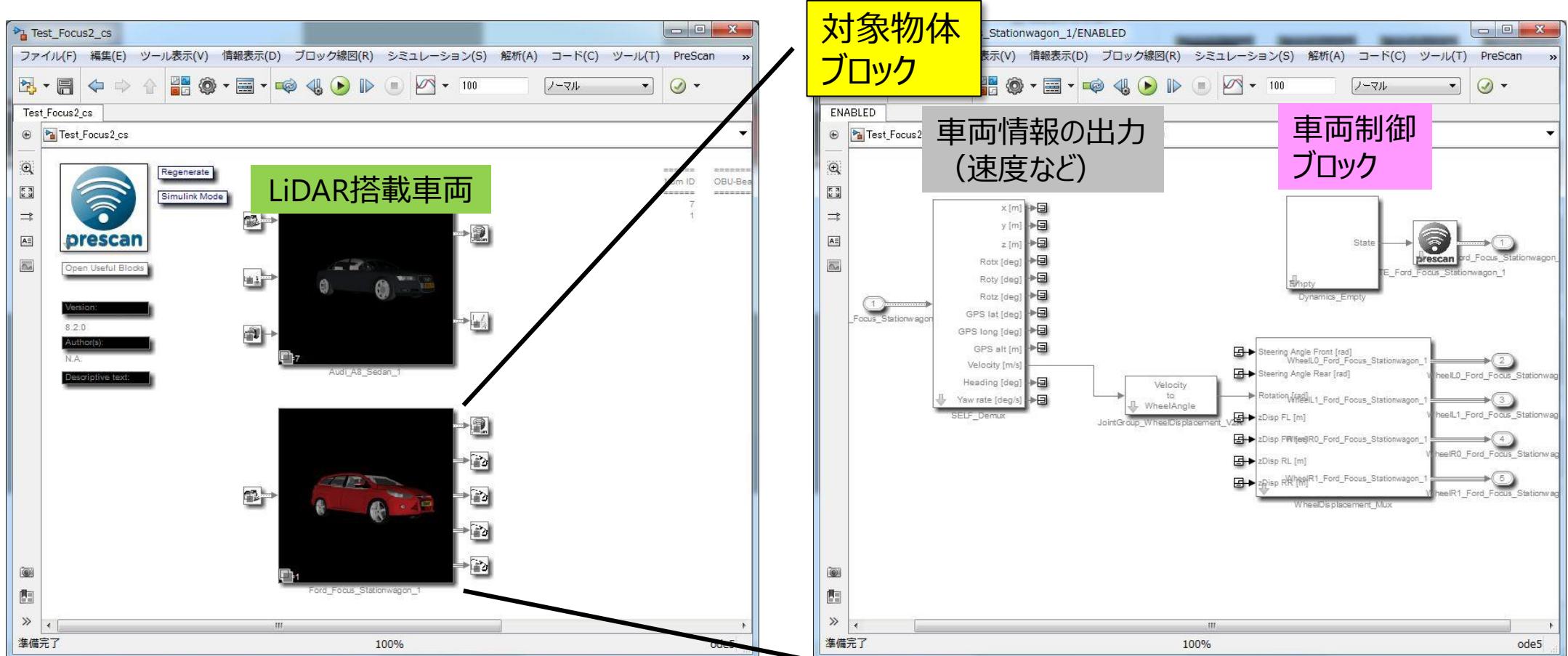
- 处理フロー

- 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



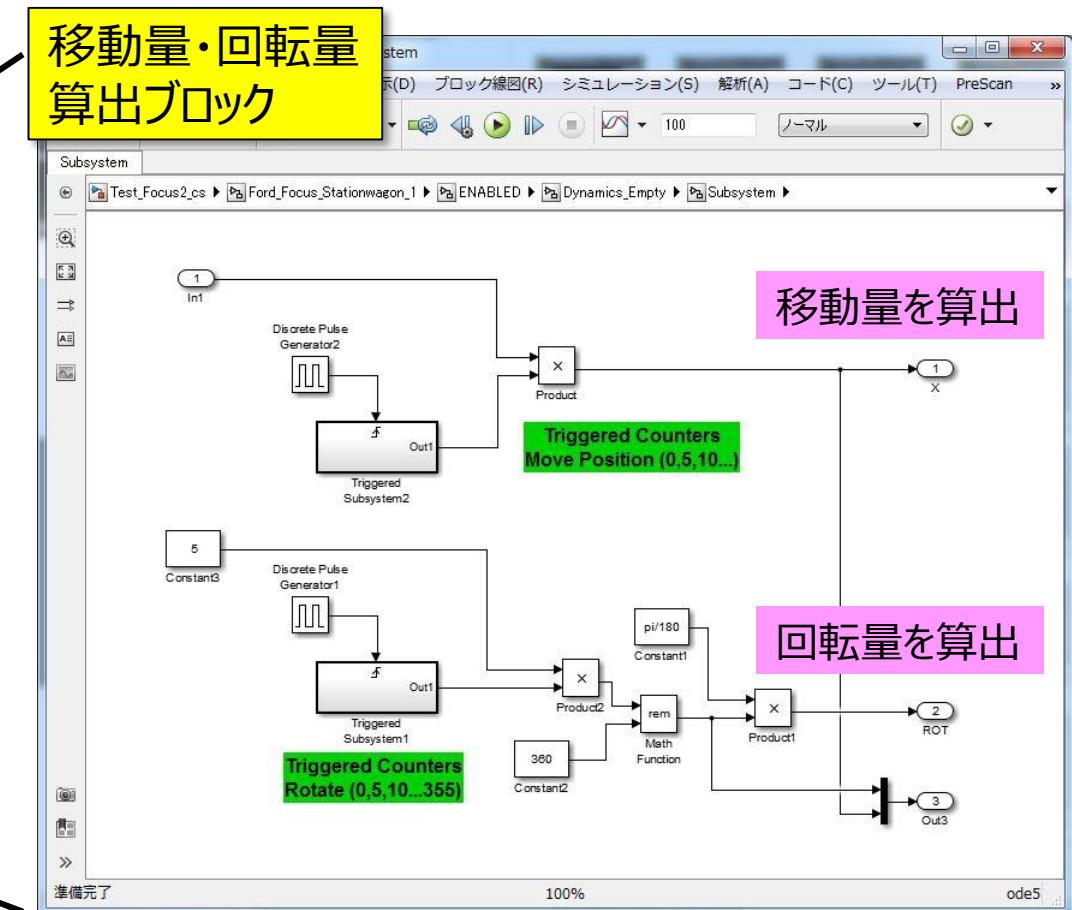
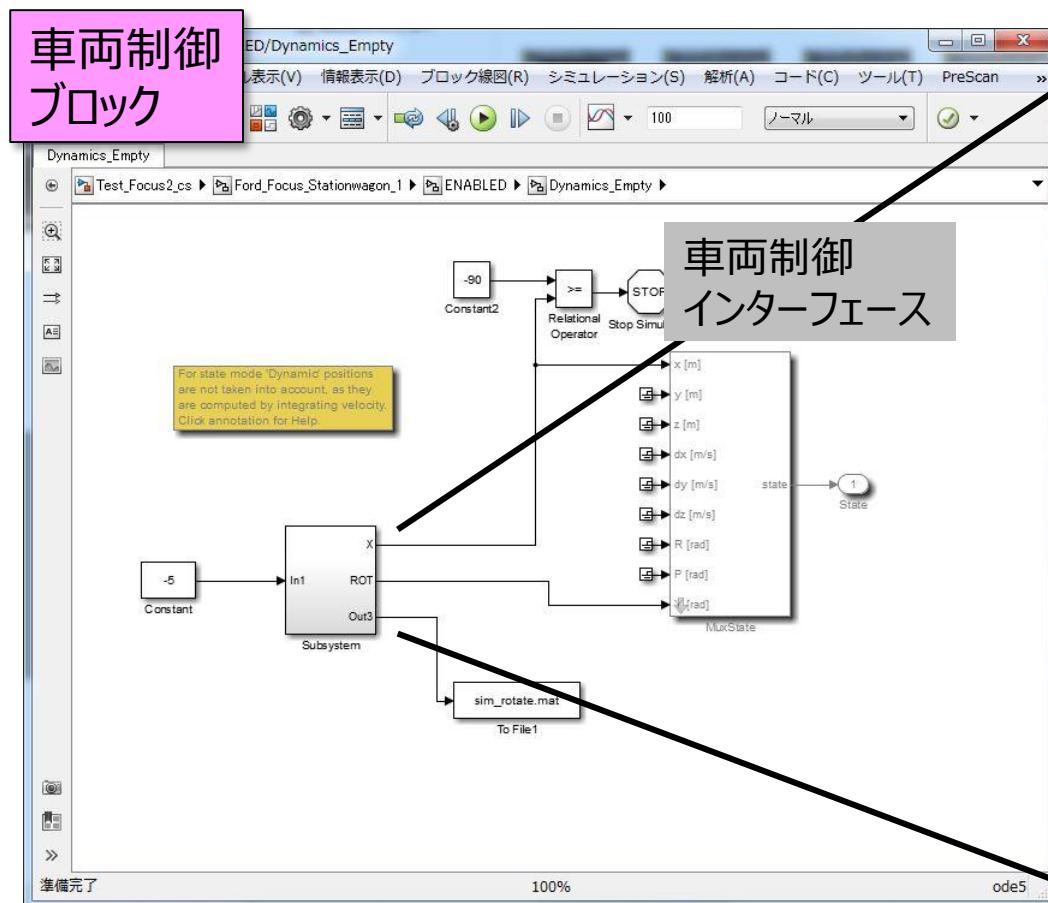
# 点群データセット生成

- Simulink設計
  - 対象物体の制御ブロック



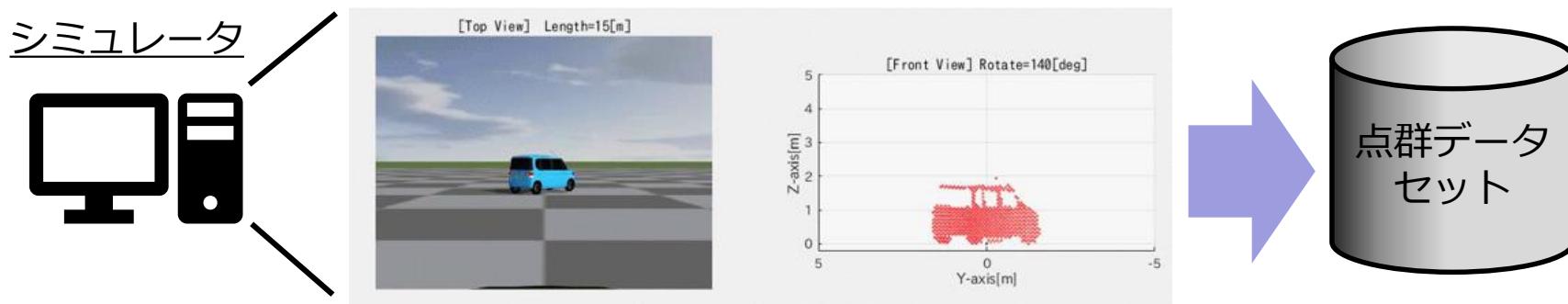
# 点群データセット生成

- Simulink設計
  - 対象物体の距離・方向の算出



# 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

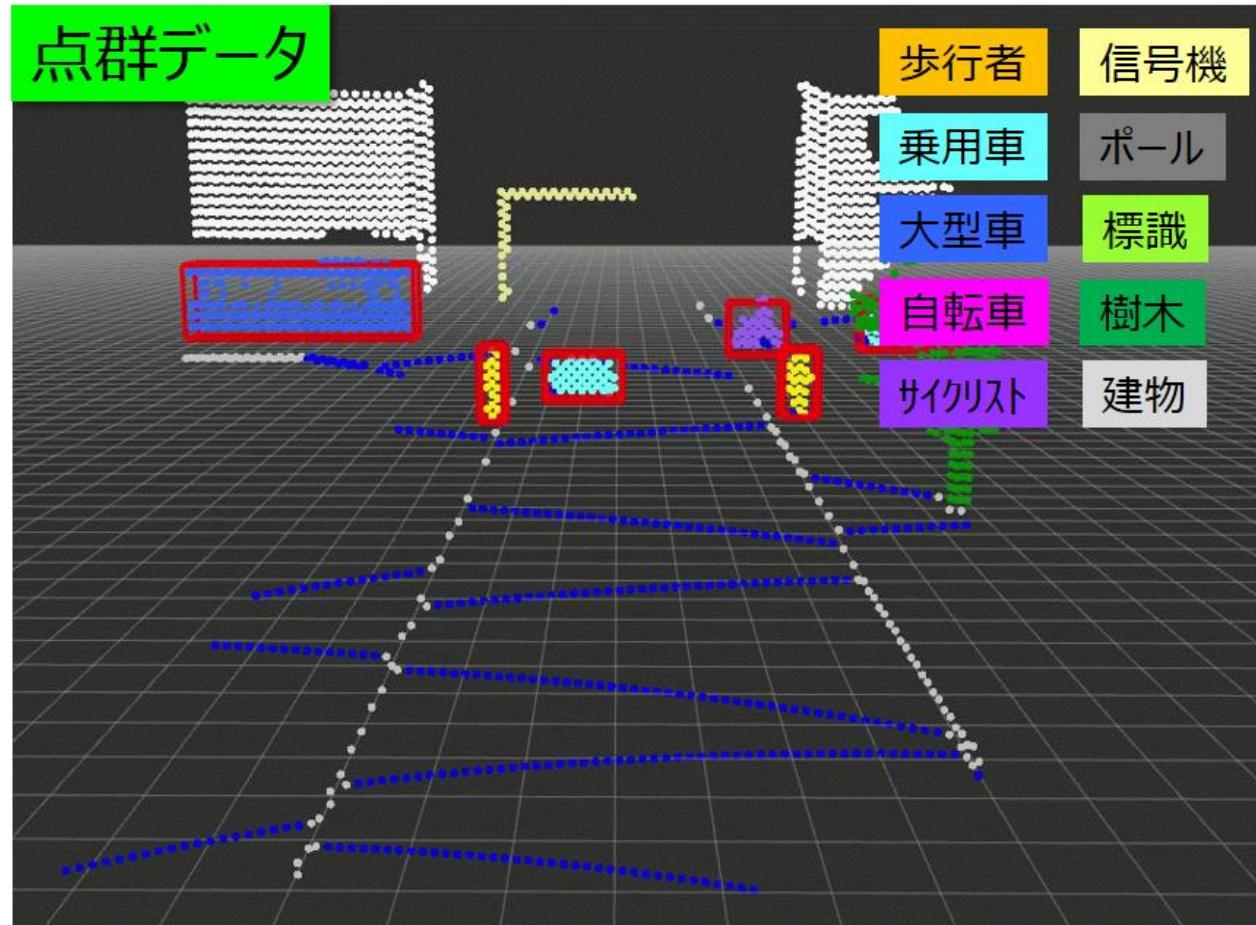
※各クラス1万以上の  
データを生成

※ 1万データの生成時間  
= 約 4.3 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



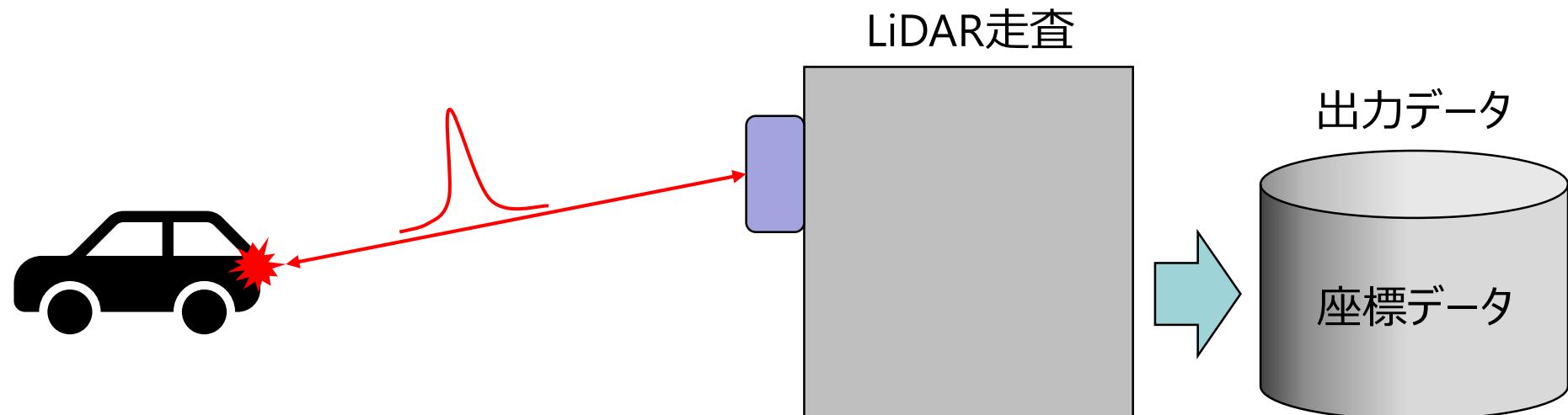
# Agenda

- 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

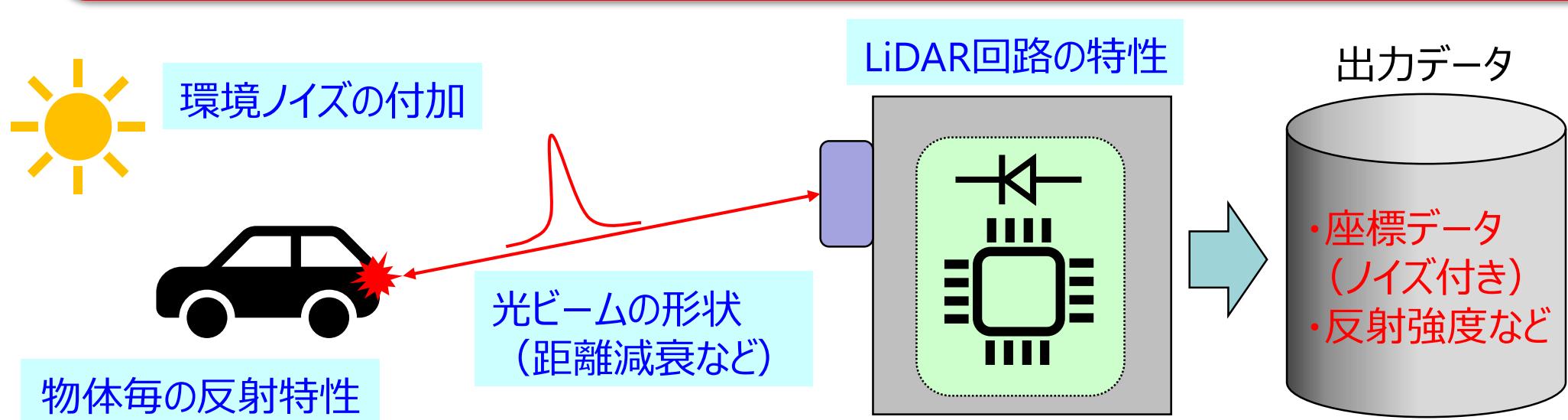


# LiDARシミュレータの使い分け

- 課題

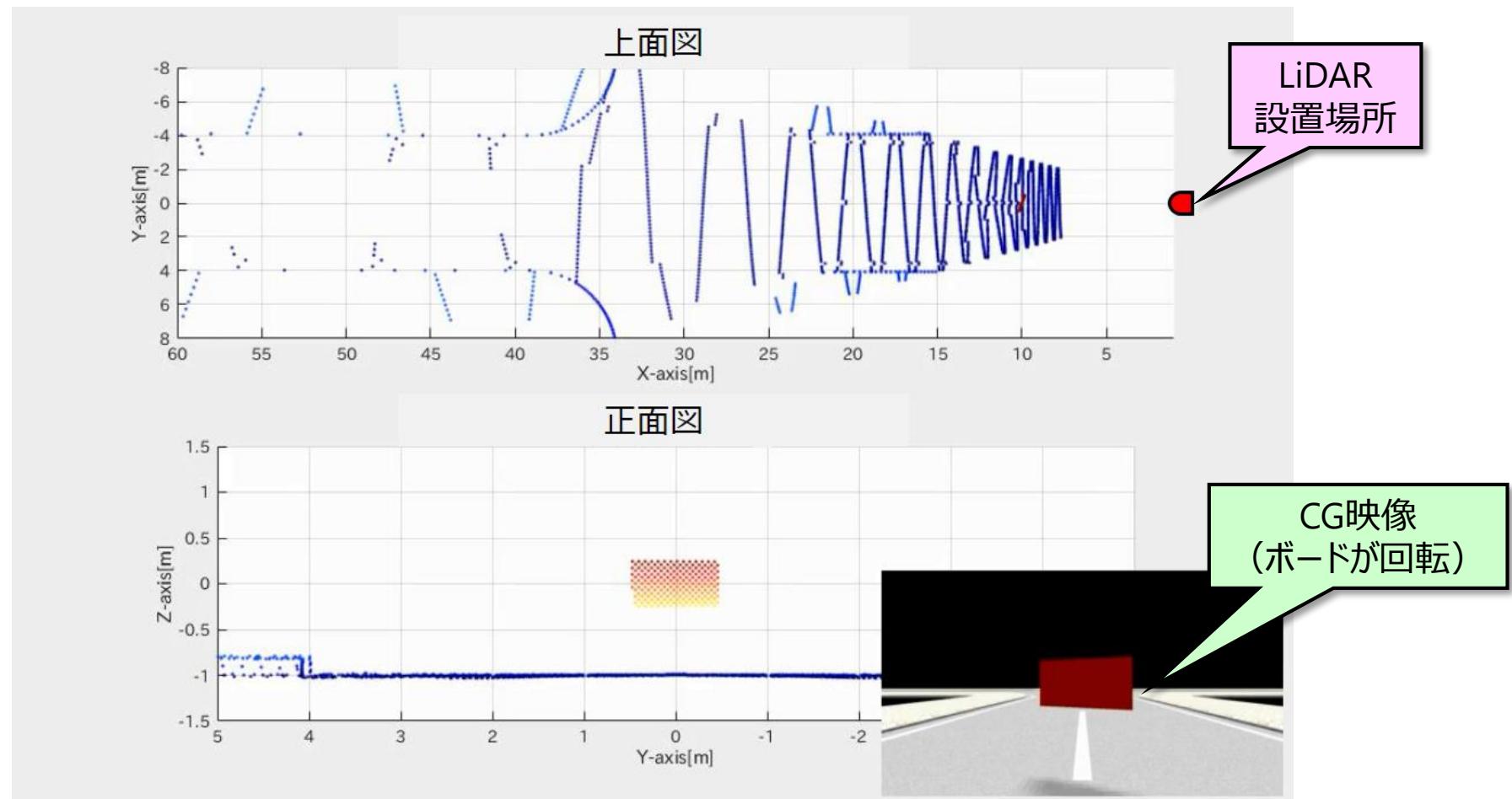
- 機械学習では、理想的なデータの他に、実測データでの学習も検討
- 実測で大量の学習データを準備するのは、工数が大きい

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



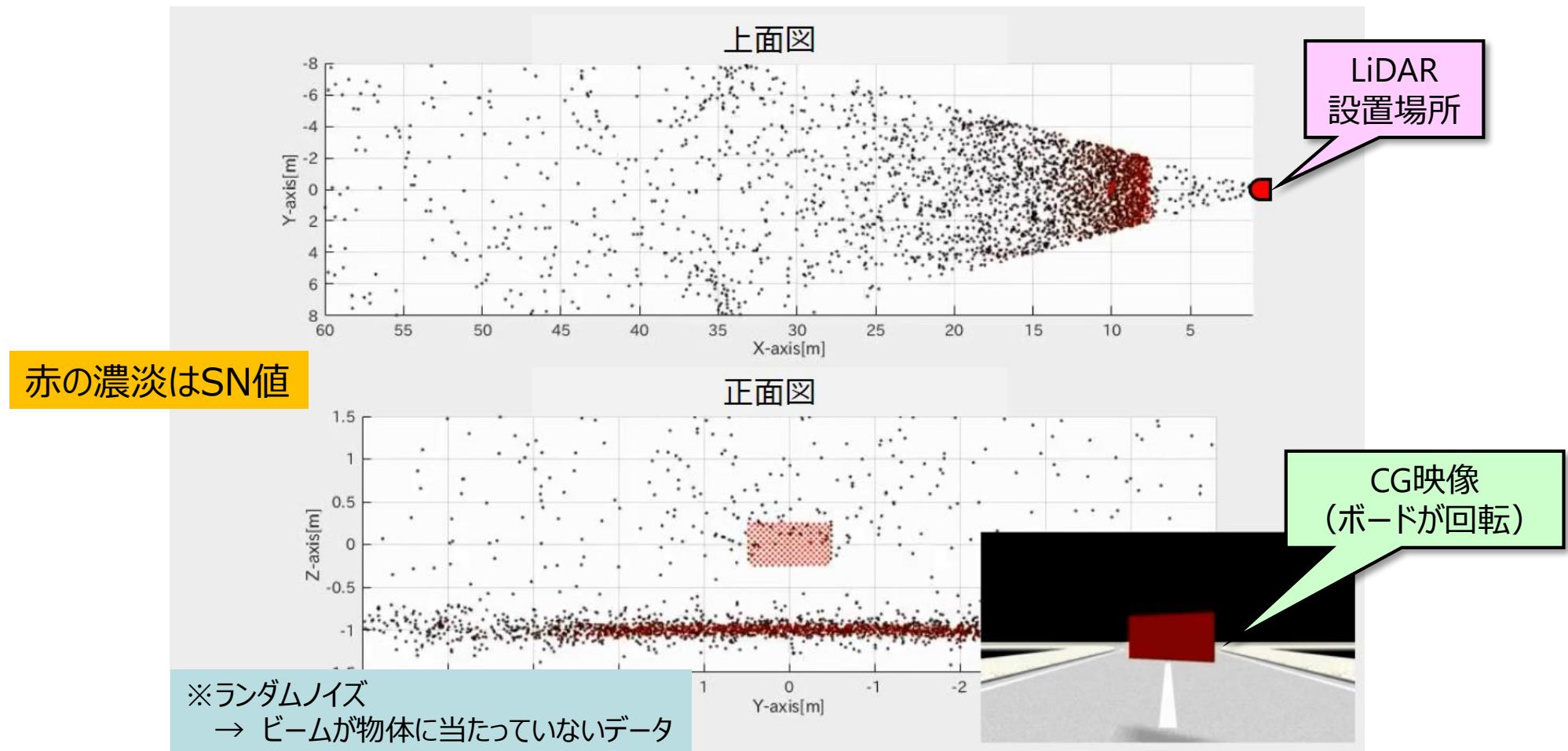
# LiDARシミュレータの使い分け

- ・ 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*