

# 路側センサを用いたダイナミックマップ2.0PFに共有する 動的情報・準動的情報の取得方法

名古屋大学未来社会創造機構

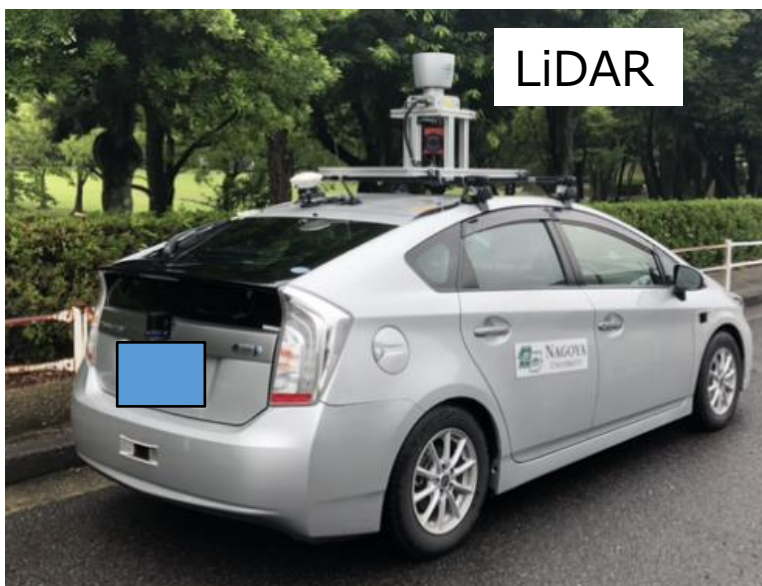
特任助教

山田峻也

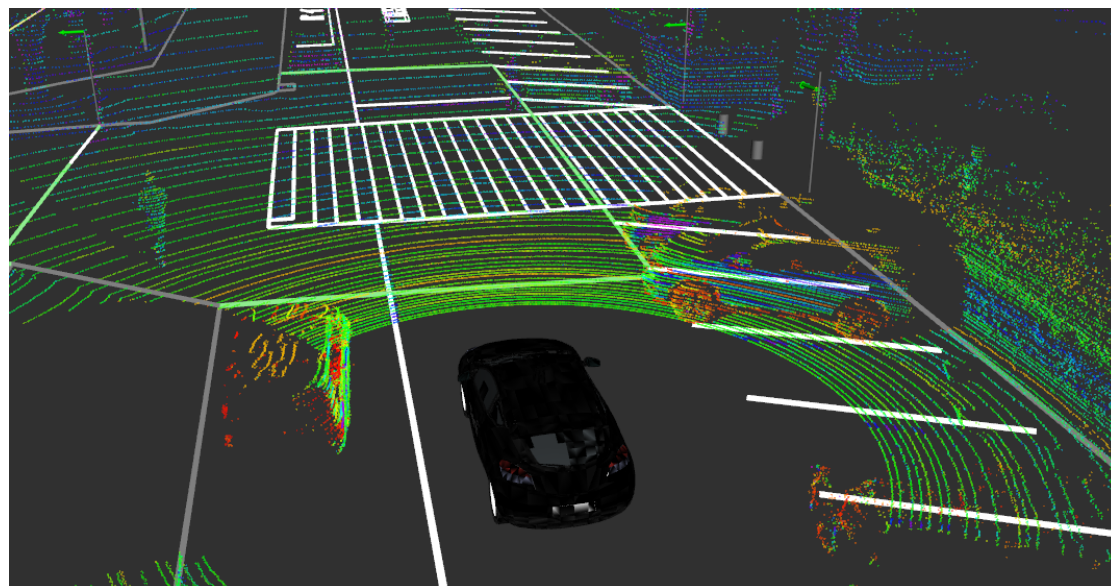
# 路側センサによる動的情報・準動的情報の取得

- 自動運転車両に搭載されたセンサで取得できる情報には限界がある
  - センサの検知範囲の上限, センサの死角など
- 道路インフラに設置したセンサ（路側センサ）より環境情報を取得して、ダイナミックマップ2.0PFを介して自動運転車両に共有
  - 自動運転車の安全や快適な走行につながる

色付きの点：レーザーが反射した地点（観測点）  
白い線：道路地図



自動運転車両



LiDARで取得した環境情報

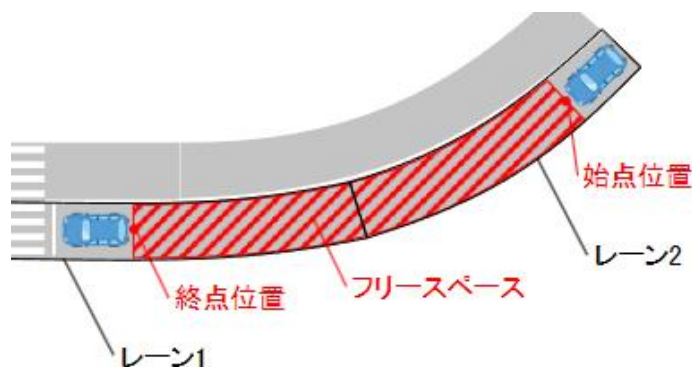
# 環境情報

- 自動運転車両が必要とする環境情報
  1. 物標情報：  
道路上に存在する移動物体（車両や歩行者など）の位置や状態に関する動的な情報
  2. フリースペース情報：  
道路上の移動物体が存在しない領域に関する情報
  3. 信号情報  
信号の現示やその変化予定に関する情報
  4. 車庫の満空情報（\* 駐車場で自動で駐車を行う場合）  
駐車場内の車庫位置とその車庫の車両の有無に関する情報

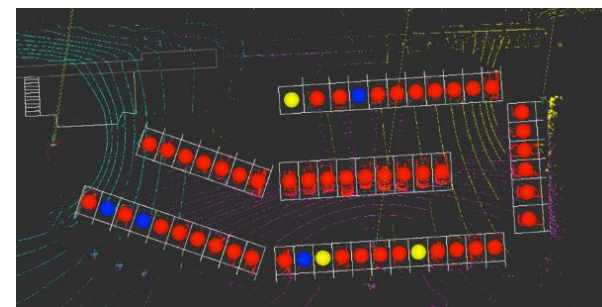
物標の中心位置  
(緯度・経度・高度)



物標情報



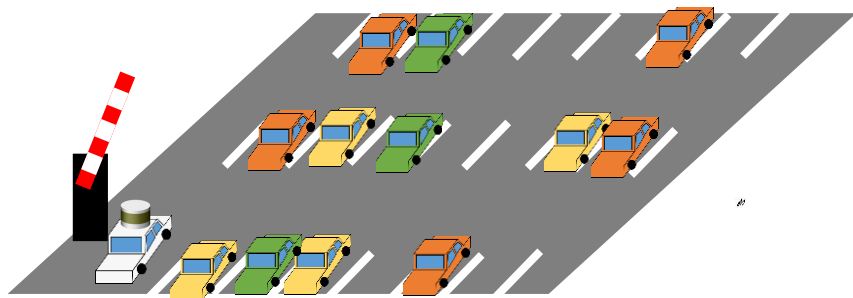
フリースペース情報



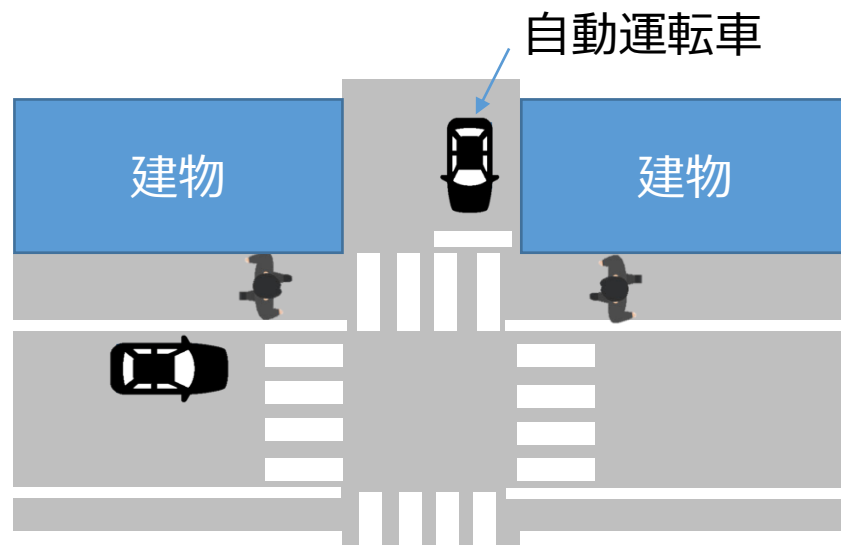
車庫の満空情報

# DM2.0高信頼化コンソーシアムでの実施内容

- 自動運転車のセンサの死角が多く，環境情報が必要となるユースケース
  - 駐車場での駐車
  - 見通しの悪い交差点での右左折
- DM2.0高信頼化コンソーシアムでの実施内容
  - 複数LiDARによる駐車場の車庫占有状態管理システム
  - 協調型路側機の効果検証実証実験



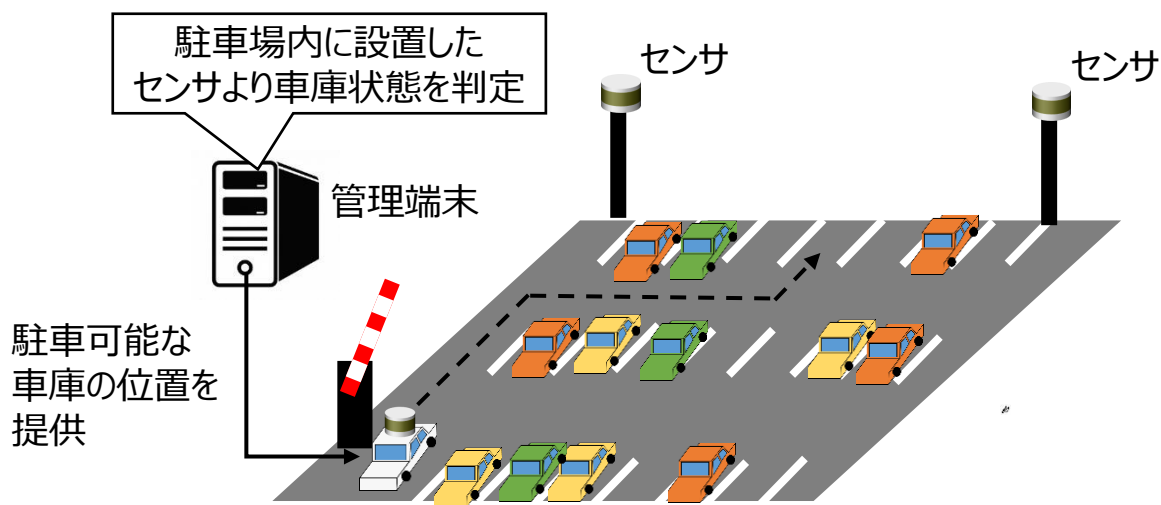
駐車場



見通しの悪い交差点での右左折

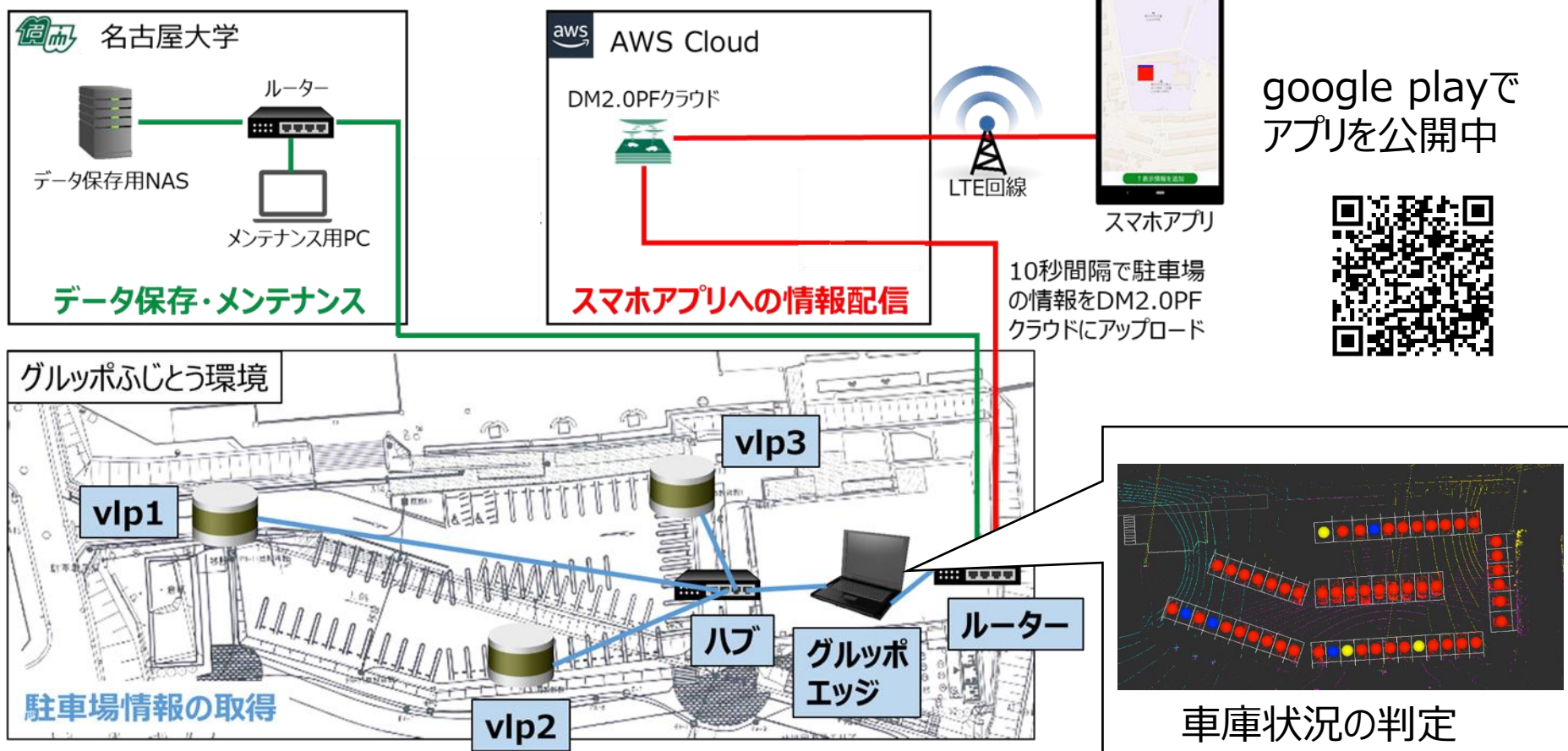
# 駐車場の車庫の満空情報の提供

- 駐車場内は駐車車両による死角が多く、自動運転車は車庫の近くまで行かないと車庫状態がわからない
  - 駐車できる場所が見つかるまで走行し続けなければならない
- 駐車場に設置されたセンサより車庫状態を検出して自動運転車に提供することで、自動運転車の確実に素早い駐車の実現できる
  - 満空情報の提供は人運転のドライバーにも同様の恩恵がある



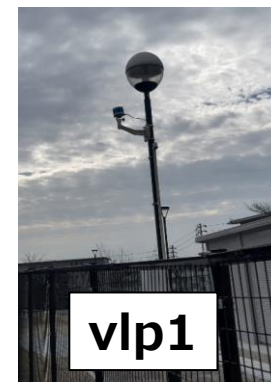
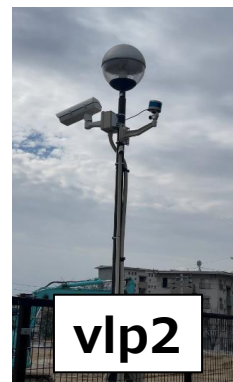
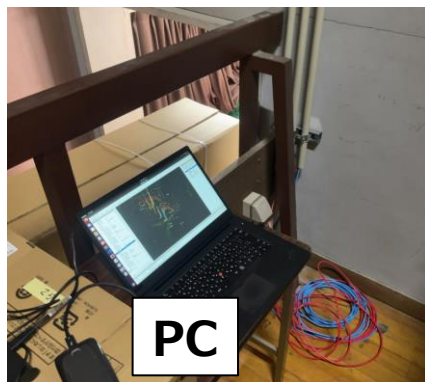
# 複数LiDARによる駐車場の車庫占有状態管理システム

- 高蔵寺の公共施設駐車場に設置した3台のLiDARで車庫状態を推定し、結果をダイナミックマップに共有するシステムを構築
  - \* LiDAR:レーザーを周囲に照射して反射光から物体の位置を検知するセンサ



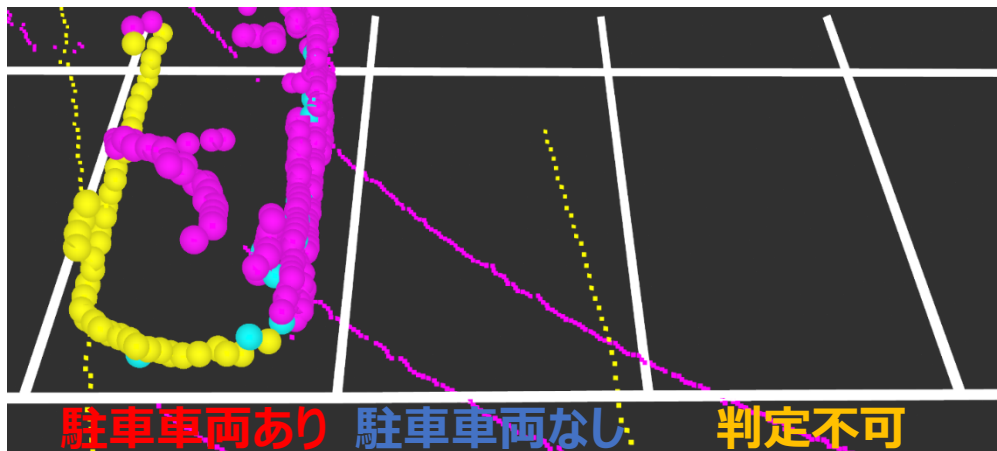
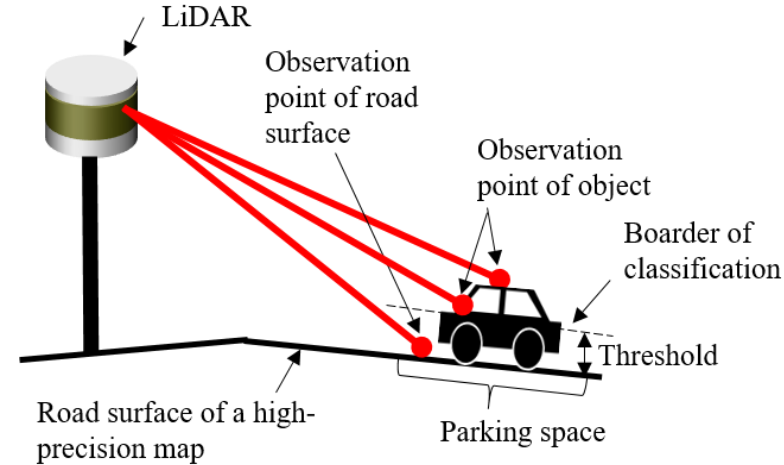
# 実験を行っている高蔵寺の公共施設駐車場

- 「グルッポふじとう」の駐車場
  - 55台の車庫がある駐車場で、休館日(月曜日)以外は車庫がすべて埋まる
  - 駐車場内に設置された電灯の高さ約3.5mの位置にLiDARを設置



# 車庫状態の推定方法

- LiDARが出力した点群データをオブジェクトを観測した点群データと路面を観測した点群データに分類して車庫の占有状態を判定
  - **駐車車両あり**
    - オブジェクトを観測した点群あり
  - **駐車車両なし**
    - オブジェクトを観測した点群なし
    - 路面を観測した点群の数が閾値以上
  - **判定不可**
    - 上記以外  
(路面を観測した点群の数が閾値未満)



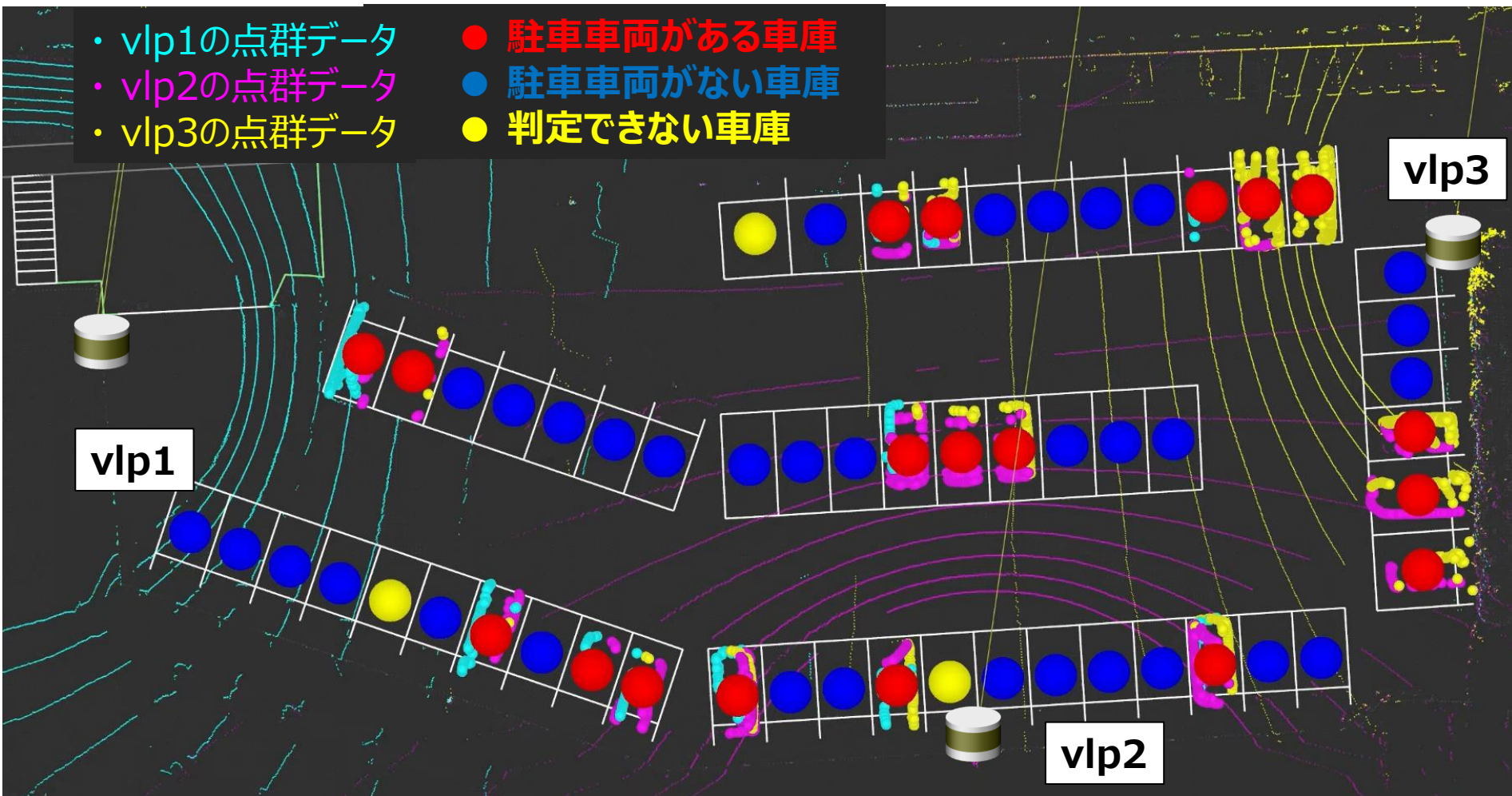
白線：  
駐車場の車庫の白線  
大きい点：  
オブジェクトを観測した点群データ  
小さい点：  
路面を観測した点群データ



# 車庫状態推定の様子

- vlp1の点群データ
- vlp2の点群データ
- vlp3の点群データ

- 駐車車両がある車庫
- 駐車車両がない車庫
- 判定できない車庫



# 車庫状態判定の評価実験

## 評価方法

- 提案手法による車庫状態の推定結果と実際の車庫状態を比較
  - 2021年2月9日11時～15時の1分間隔で取得したLiDARデータを使用
  - 車庫状態の推定結果と実際の状態の**一致率**、**不一致率**を算出

		車庫の推定結果		車庫内に10点以上の観測点なし
		あり	なし	
車庫内の 駐車車両	あり	一致	不一致	未判定
	なし	不一致	一致	

## 諸元

- LiDAR : vlp-16 (Velodyne)
- 観測点の識別の閾値 : 10cm

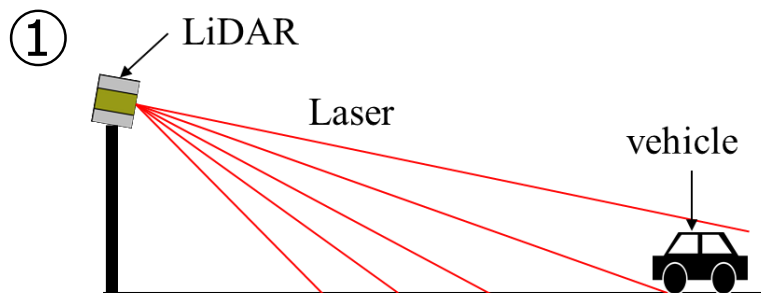


# 車庫状態判定の評価実験結果

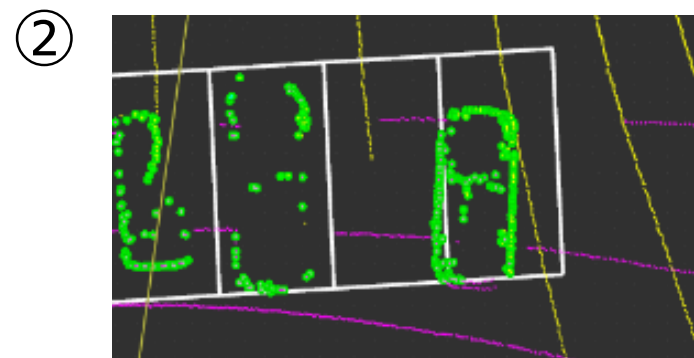
- 一致率と不一致率の結果

		車庫の推定結果		車庫内に10点以上の観測点なし
		あり	なし	
車庫内の 駐車車両	あり	97.8%	① 0.5%	1.7%
	なし	② 1.6%	76.4%	13.2%

- 不一致が発生した原因について



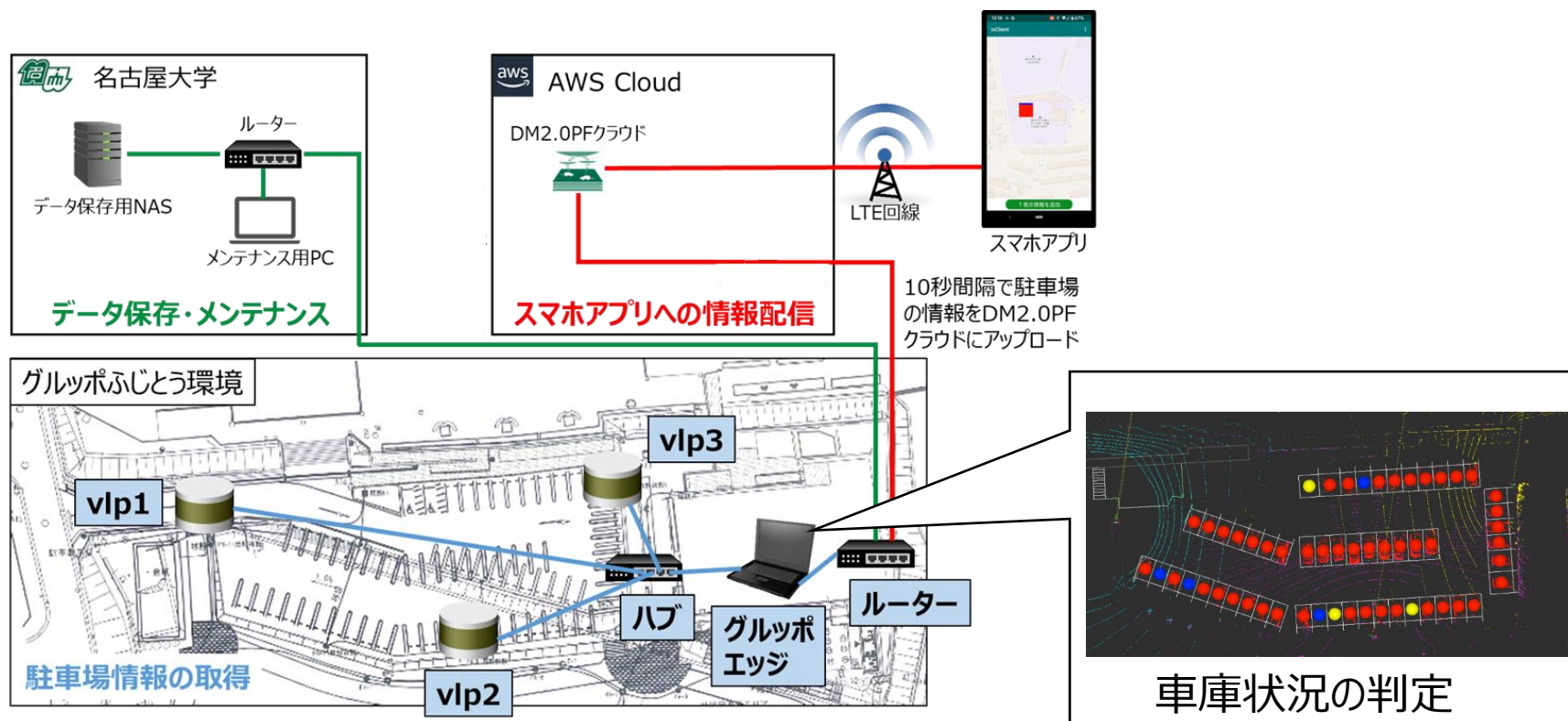
車庫にある駐車車両にLiDARのレーザーが当たらず、路面の点群のみがあった  
→ LiDARの性能の改良や数を増加する必要あり



車庫からはみ出した車両があった  
→提案手法は正しく識別できていた

# 駐車場監視システムの運用実績

- 運用実績
  - 連続稼働期間：2022/01/18～現在まで
  - 収集したbagデータ：約8TB（約1.9GB/Day）
- 実験に協力いただいた住民の方からは「駐車できるかどうか分かるので便利」と好評をいただいた



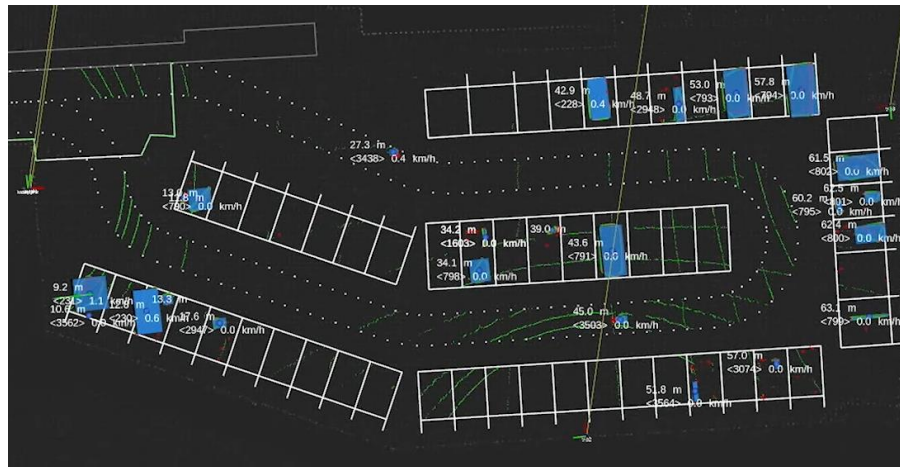
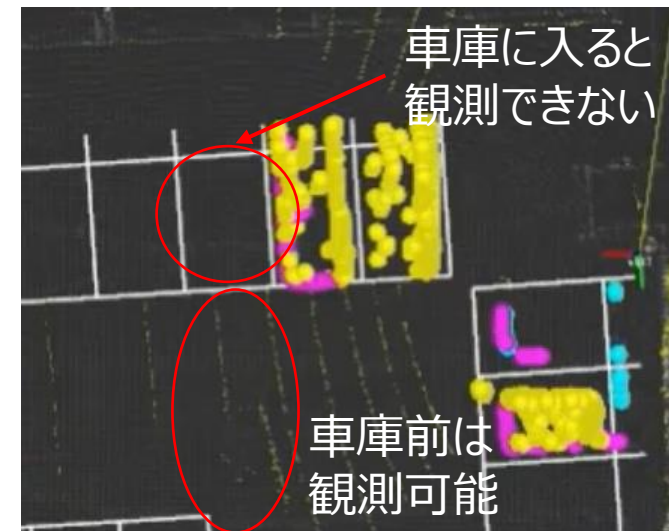
# 誤判定率・未判定率を下げるために検討している対応策

## 1. 検知した車両の追跡

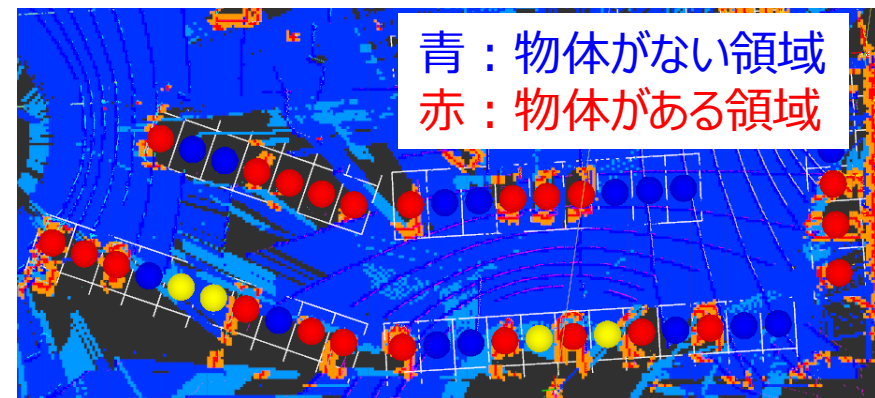
- ✓ 車両の追跡により, LiDARで検知できない領域の車両の有無を判定

## 2. レイキャスティングによる物体の有無の判定

- ✓ レーザーが通過：物体がない場所
- ✓ レーザーが反射：物体がある場所



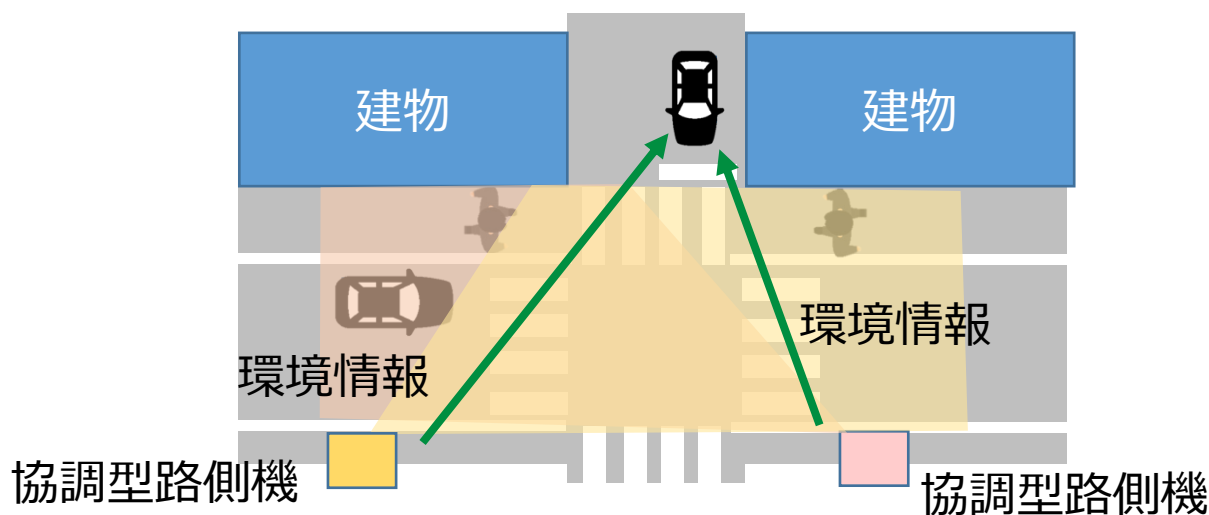
物体追跡



レイキャスティングによる物体の有無の判定

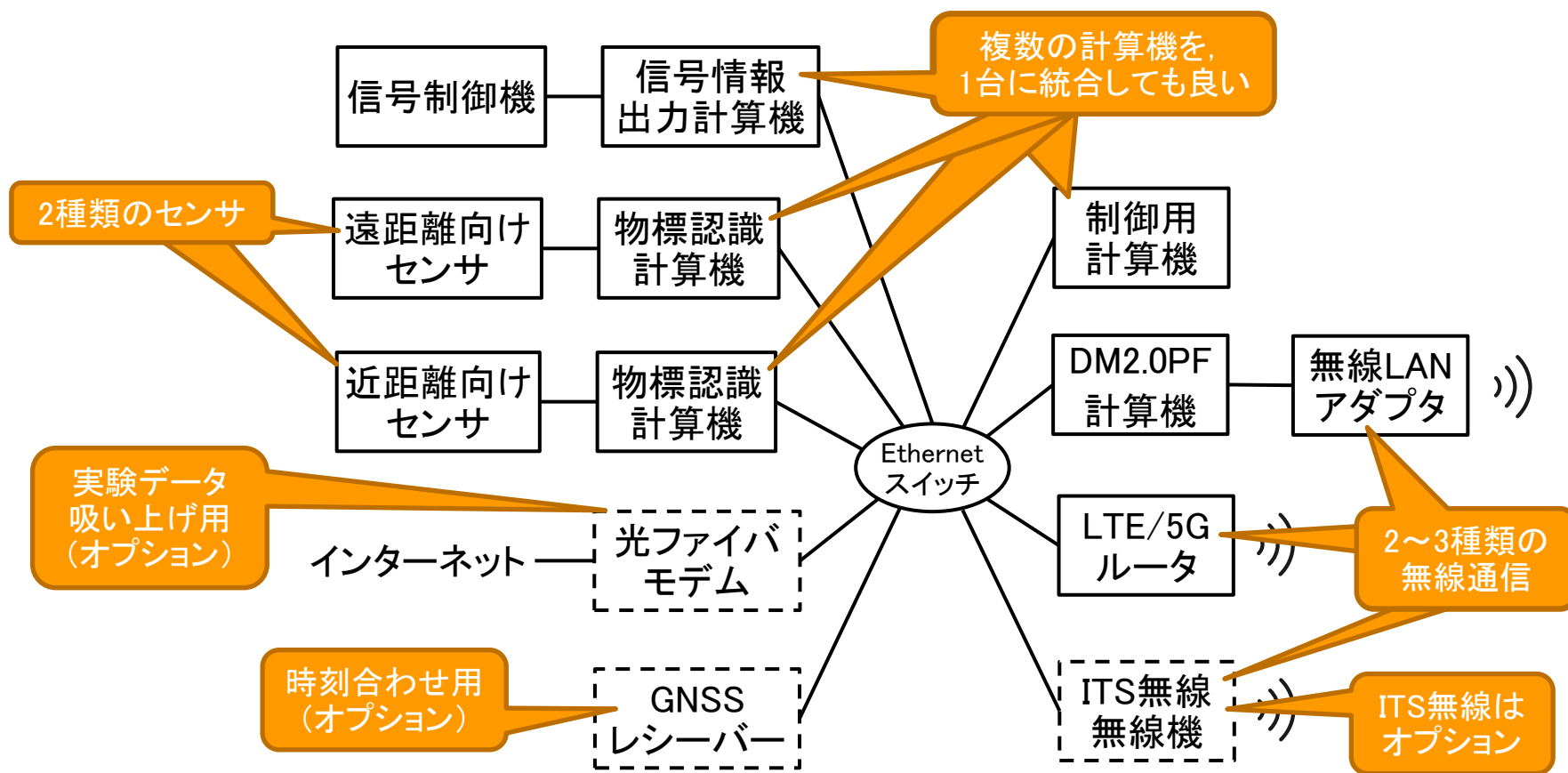
# 協調型路側機による見通しの悪い交差点での環境情報の提供

- 経済産業省「自動運転レベル4等先進モビリティサービス研究開発・社会実装プロジェクト テーマ4 (CooL4)」で実施
- 見通しの悪い交差点での右左折では、センサの死角から車両や歩行者が出てくる可能性がある
  - 交差点内がセンサで見える位置まで低速で前進する必要がある
- 交差点を見渡せる位置に協調型路側機を設置して交差点内の環境情報を自動運転車に提供することで安全で素早い右左折が実現できる



# 協調型路側機

- 物標を取得するためのセンサー，DM2.0PFがインストールされている計算機，通信を行うための無線機等を一体にした路側に設置する装置
- 協調型路側機のフルセット構成



# 公道に設置した協調型路側機

- 愛知県春日井市石尾台の「信号がある交差点」と「信号がない交差点」に設置



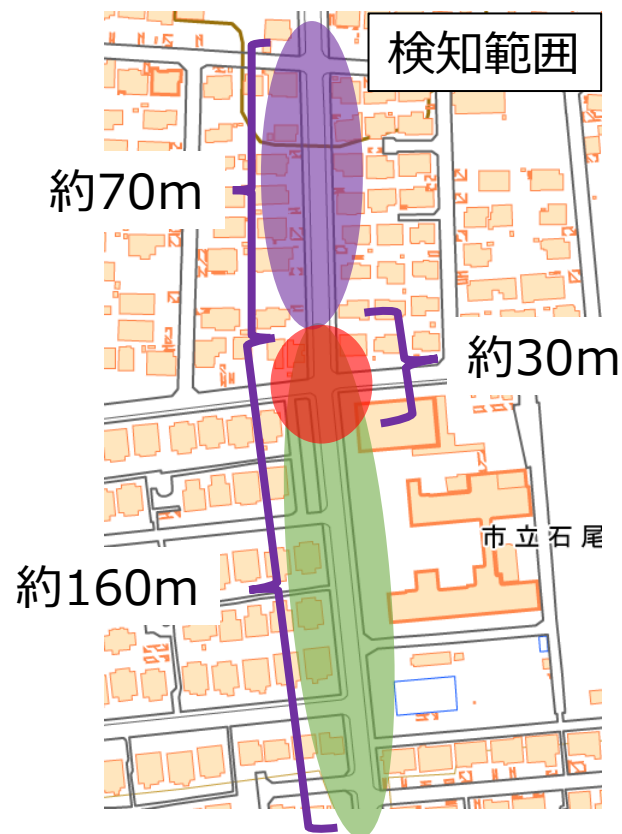
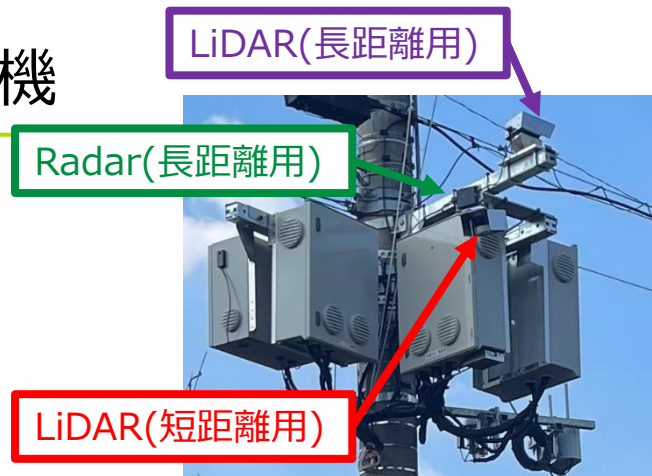
- ★ 協調型路側機を設置した場所
- 協調型路側機の監視範囲



# 「信号がない交差点」に設置した協調型路側機

## 機材構成

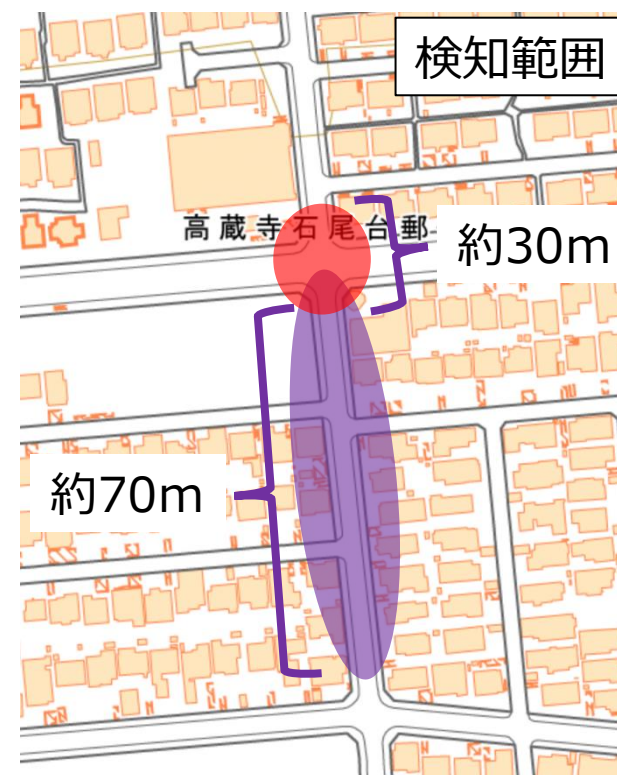
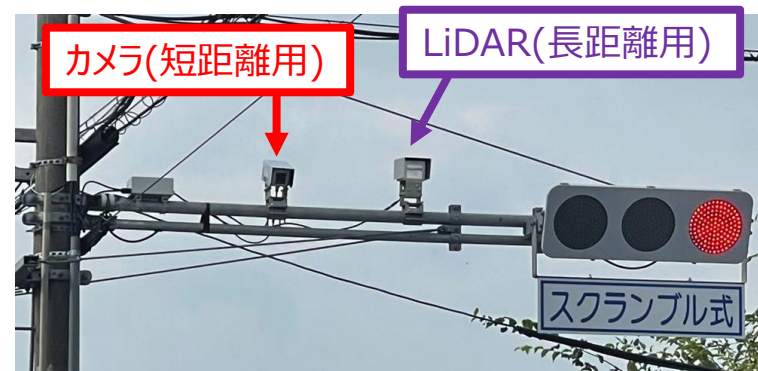
機器名称	型番	メーカー
LiDAR(短距離用)	vlp-32c	Velodyne Lidar
LiDAR(長距離用)		非公表
Radar(長距離用)	ARS408-21	Continental Engineering Services
物標認識PC1	AX720-X32-FN02	Aetina Corporation
物標認識PC2	ECX-2400F-PEG	HPCシステムズ株式会社
物標認識PC3		非公表
DM2.0PF計算機	AN810-XNX-BN02	Aetina Corporation
無線LANアダプタ	WN-G300UA	株式会社アイ・オー・データ機器
ITS無線機		非公表
Wi-Fiルーター	RT-AX56U	ASUSTeK Computer Inc.
モバイルルーター	K5G-C-100A	京セラ株式会社
NAS	HDL-TA2	株式会社アイ・オー・データ機器
スイッチングハブ	BS-GS2016 (16ポート)	株式会社バッファロー
NW電源	RPC-M4LS	明京電機株式会社



# 「信号がある交差点」に設置した協調型路側機

## 機材構成

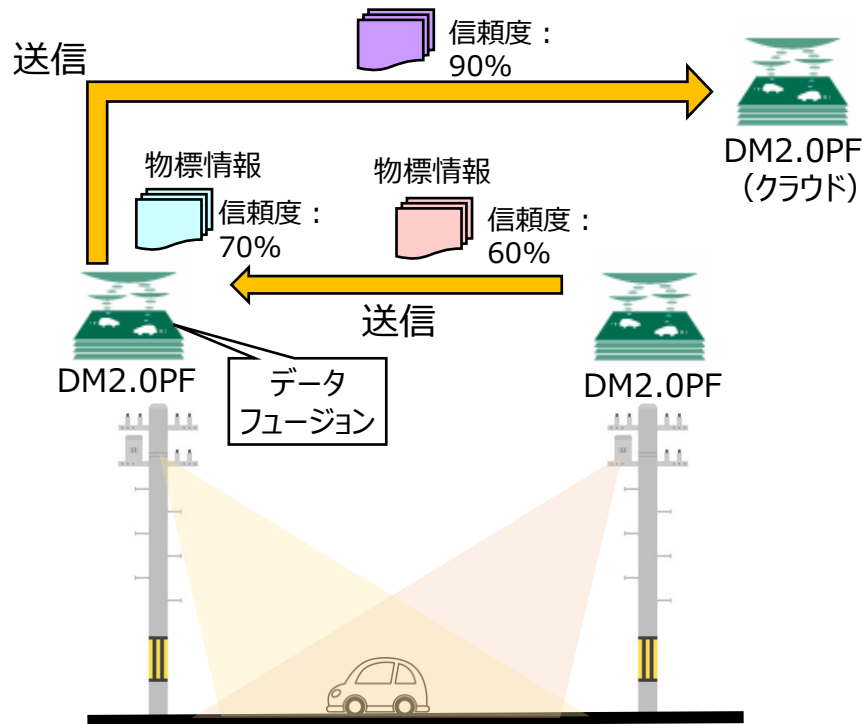
機器名称	型番	メーカー
カメラ(短距離用)	非公表	
LiDAR(長距離用)		
物標認識PC		
信号制御器		
DM2.0PF計算機	NVIDIA-Jetson-AGX-Xavier-Developer-Kit	NVIDIA Corporation
無線LANアダプタ	WN-G300UA	株式会社アイ・オー・データ機器
モバイルルーター	K5G-C-100A	京セラ株式会社
NAS	HDL-TA2	株式会社アイ・オー・データ機器
スイッチングハブ	BSH-GP08MB	株式会社アイ・オー・データ機器
NW電源	RPC-M4LS	明京電機株式会社



# 物標情報の信頼性向上を目指したデータフュージョンシステム

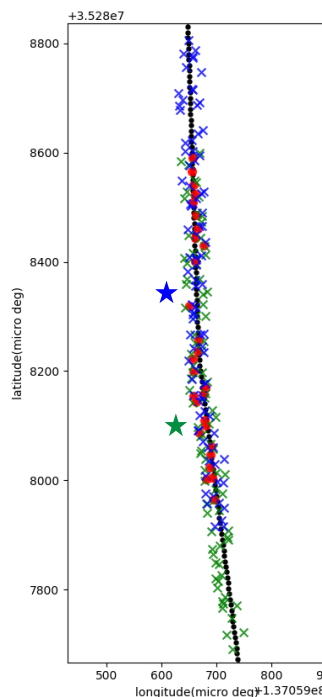
- ダイナミックマップ2.0PFに登録されている物体の情報を統合・融合（データフュージョン）して，誤差や誤情報を補正する必要がある
- カルマンフィルタを使用したデータフュージョンシステムを信号なし交差点の協調型路側機に実装予定

データフュージョンをして  
信頼度が高くなった物標情報



協調型路側機

協調型路側機



- 車両の走行軌跡
- ★ 物標を認識する計算機A
- ★ 物標を認識する計算機B
- × Aが検知した物体の位置
- × Bが検知した物体の位置
- データフュージョン結果

実装するデータフュージョン  
システムのシミュレーション結果

# まとめ

## • 発表のまとめ

- 自動運転車の安全や快適な走行の実現のため、道路インフラに設置したセンサより空間情報を取得して、ダイナミックマップ2.0PFを介して車両に共有
  - 共有する空間情報
    - 物標情報, フリースペース情報, 信号情報, 車庫の満空情報
- DM2.0高信頼化コンソーシアムでの実施内容
  - 複数LiDARによる駐車場の車庫占有状態管理システム
  - 協調型路側機の効果検証実証実験

## • コンソーシアムとして得られた成果

- 複数の定点設置されたLiDARを使用した車庫状態の推定手法
- 高精度地図を使用してLiDARの観測点を物標と路面に分類する方法
- 自動運転車が安全で快適に走行するために必要な空間情報の整理

## • 学術的な成果

- Shunya Yamada, Yousuke Watanabe, Ryo Kanamori, Kenya Sato, Hiroaki Takada, "Estimation Method of Parking Space Conditions Using Multiple 3D-LiDARs", *International Journal of Intelligent Transportation Systems Research*, Vol. 20, pp. 422–432, March, 2022.
- 山田峻也, 渡辺陽介, 高田広章, LiDARを用いた分散処理による車庫状態推定手法, 第40回日本ロボット学会学術講演会 (RSJ2022), 2022年9月.
- 山田峻也, 渡辺陽介, 高田広章, 高精度地図情報に基づく路面の点群データの識別手法, 第39回日本ロボット学会学術講演会 (RSJ2021), 2021年9月.