

『Meet up Chubu 』 vol.34

モビリティ with Map-NAGOYA in トッキンナゴヤ2024

2024年2月29日

LiDARを使用したリアルタイム駐車場 マネジメントシステムの取り組み

名古屋大学 大学院情報学研究科
附属組込みシステム研究センター 助教
山田峻也

本日の話題

- 自己紹介
- 路側インフラによる情報提供の必要性
- 高蔵寺ニュータウンに設置している路側インフラの紹介
 - 協調型路側機
 - リアルタイム駐車場マネジメントシステム
- まとめ

自己紹介

本務:

名古屋大学 大学院情報学研究科 附属組込みシステム研究センター 助教

略歴:

2017～2020年:

- 名古屋大学 大学院情報学研究科 高田研究室 博士後期課程

2020～2023年:

- 名古屋大学 未来社会創造機構モビリティ社会研究所 研究員を経て特任助教
 - ダイナミックマップ 2.0 の高信頼化に関するコンソーシアム (Dep-DM2コンソ)
 - 自動運転レベル4等先進モビリティサービス研究開発・社会実証プロジェクト (Road to the L4) のテーマ4 (CooL4) [経産省委託事業]

2023年～:

- 名古屋大学 大学院情報学研究科 附属組込みシステム研究センター 助教
 - 先進モビリティサービスのための情報通信プラットフォームに関するコンソーシアム (AdMobi-DM2コンソ)
 - CooL4 [経産省委託事業]

・ NCES

☞ <http://www.nces.is.nagoya-u.ac.jp/>

・ AdMobi-DM2コンソ

☞ <https://www.nces.i.nagoya-u.ac.jp/admobi-dm2/index.html>

・ Road to the L4

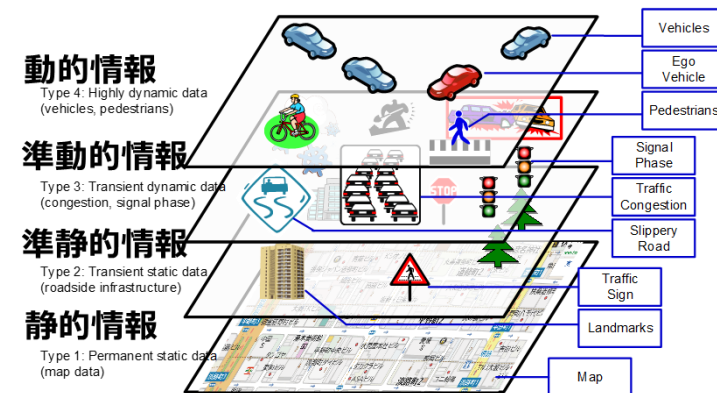
☞ <https://www.road-to-the-l4.go.jp/>

先進モビリティサービスのための情報通信プラットフォームに関するコンソーシアム[2023.4~]



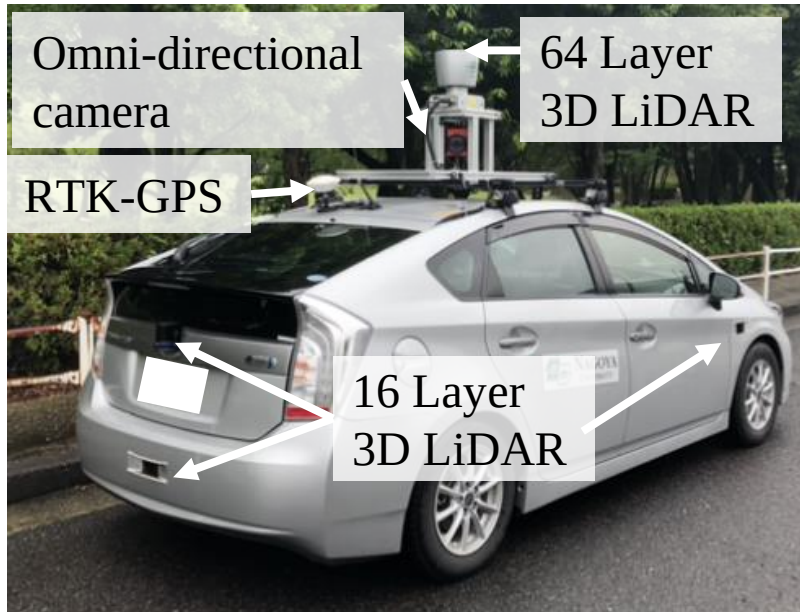
- ・ キヤノンITソリューションズ
- ・ 富士ソフト
- ・ ヤマハ発動機
- ・ 京都高度技術研究所
- ・ NTTデータMSE
- ・ ソフトバンク
- ・ 日本信号
- ・ 三菱電機
- ・ 春日井市

ダイナミックマップ：都市規模の動的情報を地図上で共有するための情報基盤

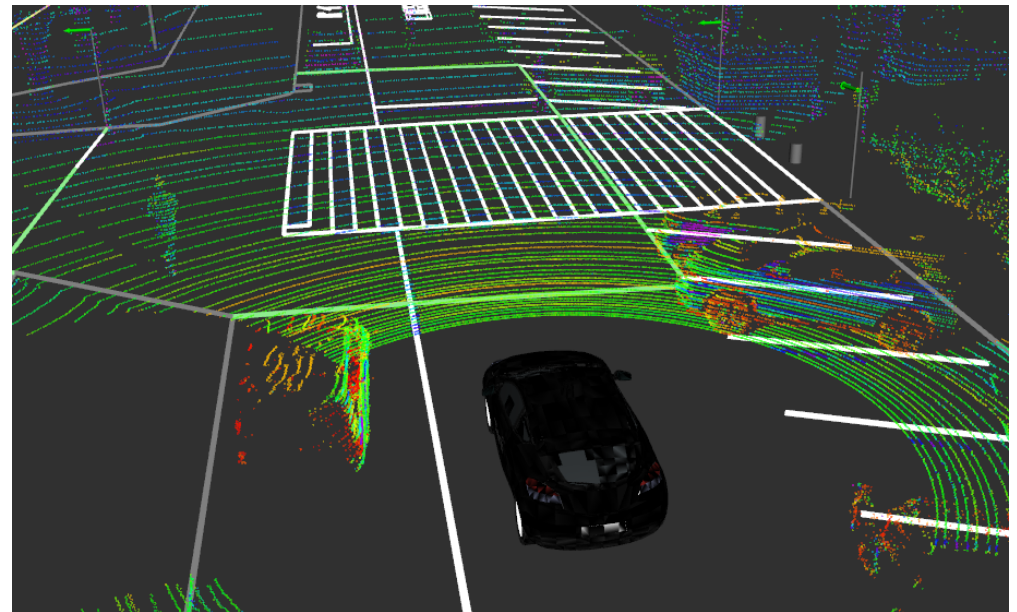


自動運転

- 安全で快適な自動走行には周囲の正確な情報が必要
- 自動運転車両は高空間分解能なセンサを搭載
 - 自車両周辺の状況を絶えず監視しながら走行
 - LiDAR等が全方位、周囲約百メートルを監視

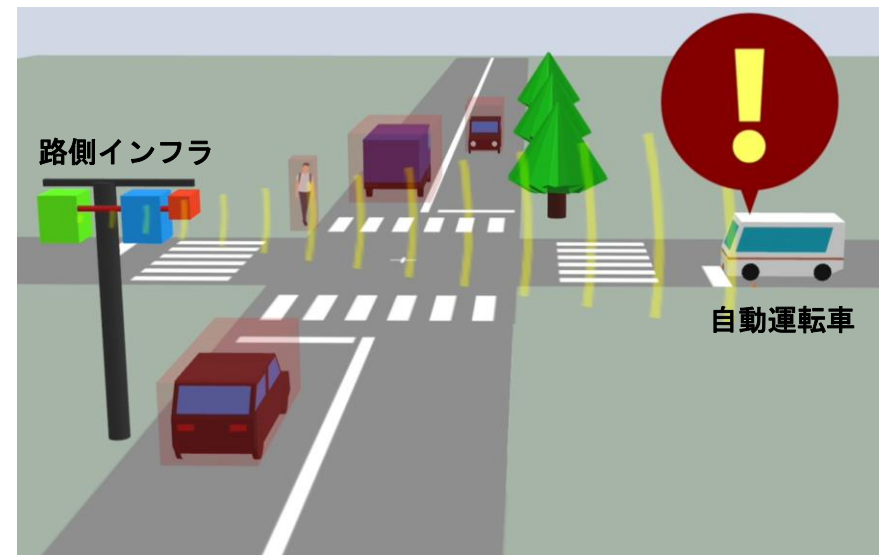


色付きの点：レーザー光が反射した地点（観測点）
白い線：道路地図



路側インフラによる情報提供の必要性

- 自動運転車に搭載されているセンサだけでは検知できない情報や領域が発生する
 - 環境要因(逆光など), センサの検知範囲の上限, オクルージョンなど
- 路側インフラとの連携により, センサで検知できない情報を補うことが可能



高蔵寺ニュータウンに設置している路側インフラ

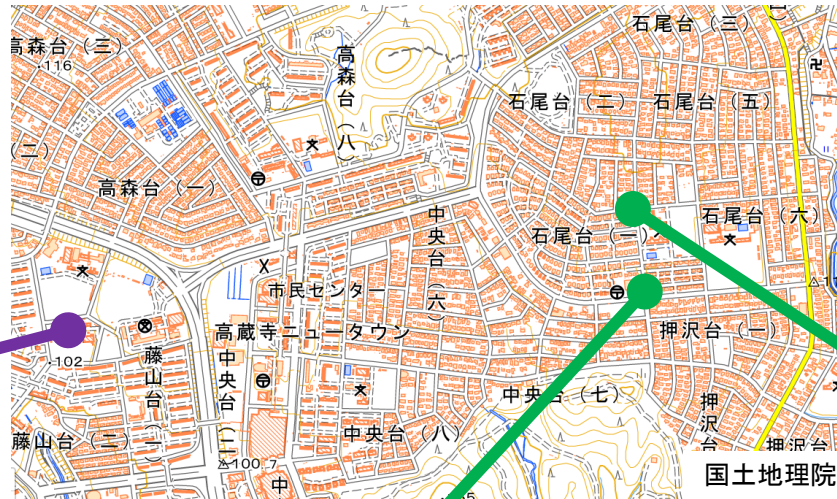
- 愛知県春日井市の一部で、日本3大ニュータウンの1つ
- 公共駐車場と2か所の交差点に路側インフラを設置して路車連携の実験を実施中

AdMobi-DM2コンソで実施

リアルタイム駐車場
マネジメントシステム
(グループふじとう)



LIDAR



CoolL4で実施

協調型路側機 (信号あり交差点)



カメラ

CoolL4で実施

協調型路側機
(信号なし交差点)



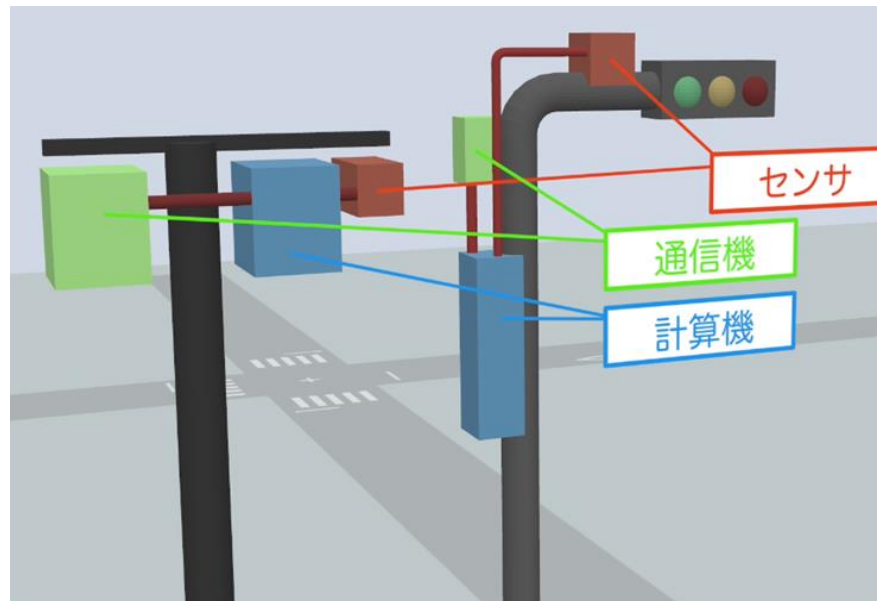
LIDAR

LIDAR

Radar

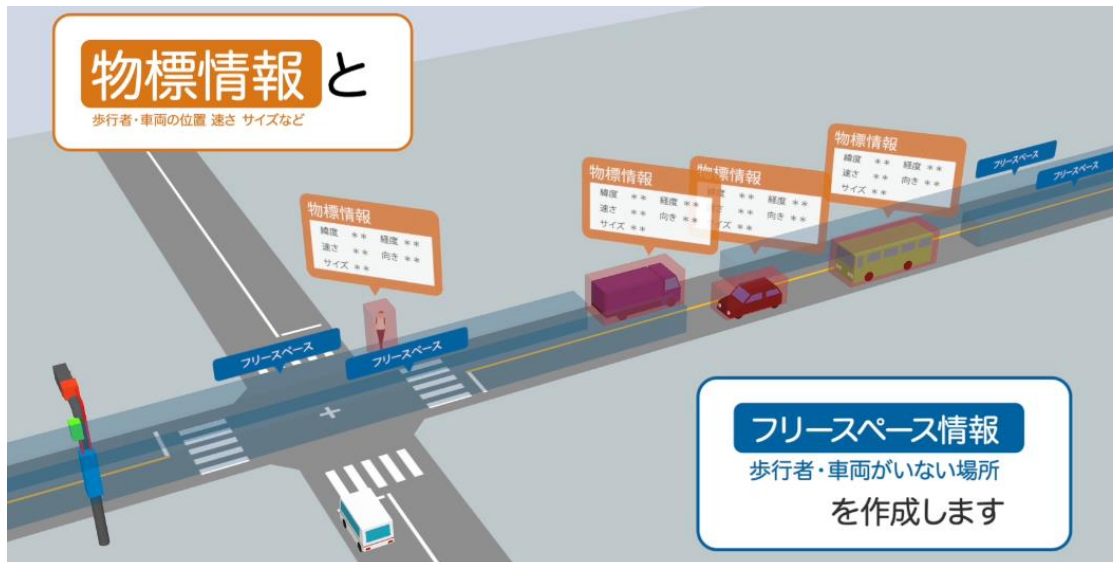
協調型路側機の構成

- センサ, 計算機, 通信機の3つで構成
 - センサ: 領域を検知するためのセンサ
 - 計算機: センサデータの処理や情報管理を行う機器
 - 通信機: 情報の共有を行うための通信機器
- 電柱・信号柱などへの設置を想定



協調型路側機が配信している情報

- 物標情報・フリースペース情報・信号情報を配信
 - 物標情報: 物体の位置や状態などの情報
 - フリースペース情報: 物標が存在しない領域の情報
 - 信号情報: 信号の現示やその変化予定に関する情報



高蔵寺ニュータウンに設置している路側インフラ

- ・ 愛知県春日井市の一部で、日本3大ニュータウンの1つ
- ・ 公共施設駐車場と2か所の交差点に路側インフラを設置して路車連携の実験を実施中

AdMobi-DM2コンソで実施

リアルタイム駐車場
マネジメントシステム
(グループふじとう)



LIDAR



路車連携の様子を紹介

CooL4で実施

協調型路側機 (信号あり交差点)



Camera

CooL4で実施

協調型路側機
(信号なし交差点)



LIDAR

LIDAR

Radar

信号あり交差点：路車連携の様子

- 信号情報と交差点に接近する歩行者・車両を共有し，自動運転車の安全で円滑な右折を支援

協調型路側機と自動運転車両の連携



高蔵寺ニュータウンに設置している路側インフラ

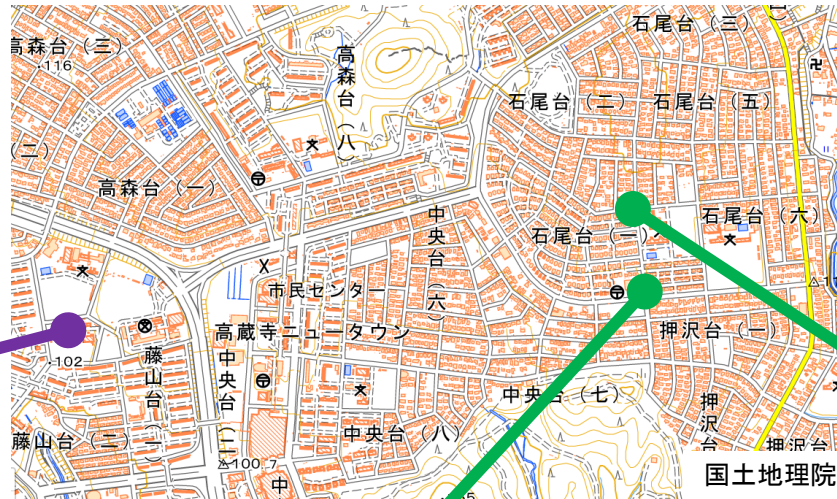
- ・ 愛知県春日井市の一部で、日本3大ニュータウンの1つ
- ・ 公共駐車場と2か所の交差点に路側インフラを設置

AdMobi-DM2コンソで実施

リアルタイム駐車場
マネジメントシステム
(グループふじとう)



LIDAR



Cool4で実施

協調型路側機 (信号あり交差点)



LIDAR

Camera

Cool4で実施

協調型路側機
(信号なし交差点)



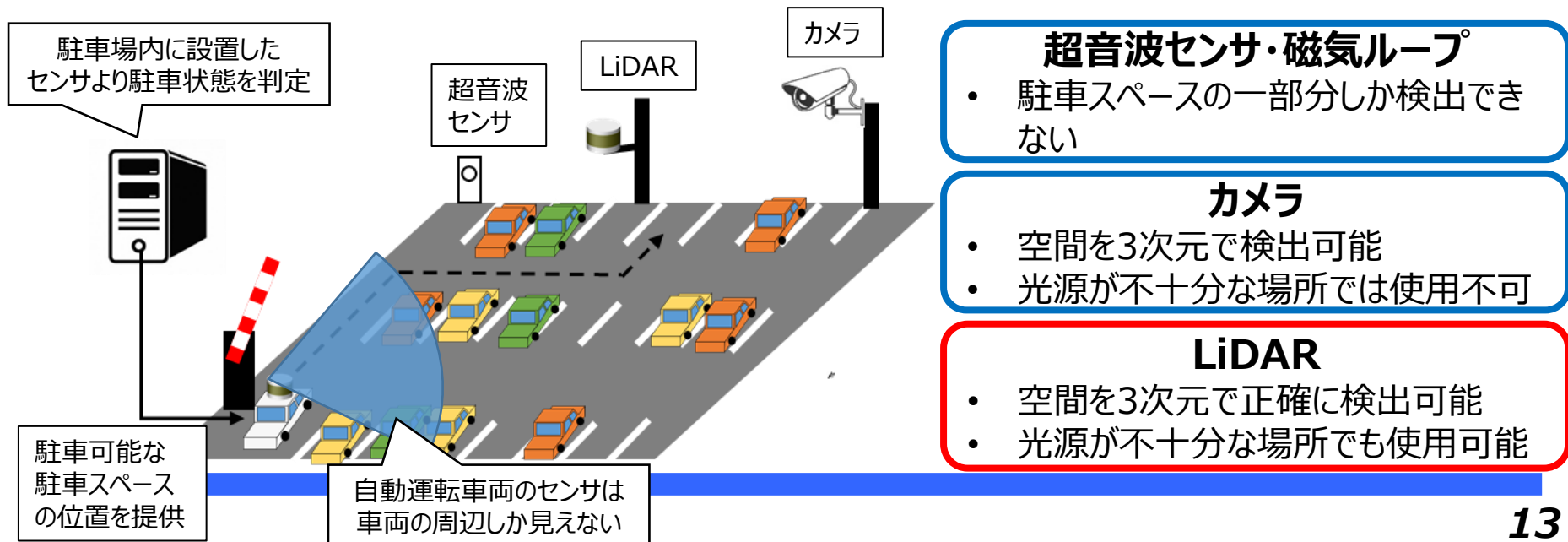
LIDAR

LIDAR

Radar

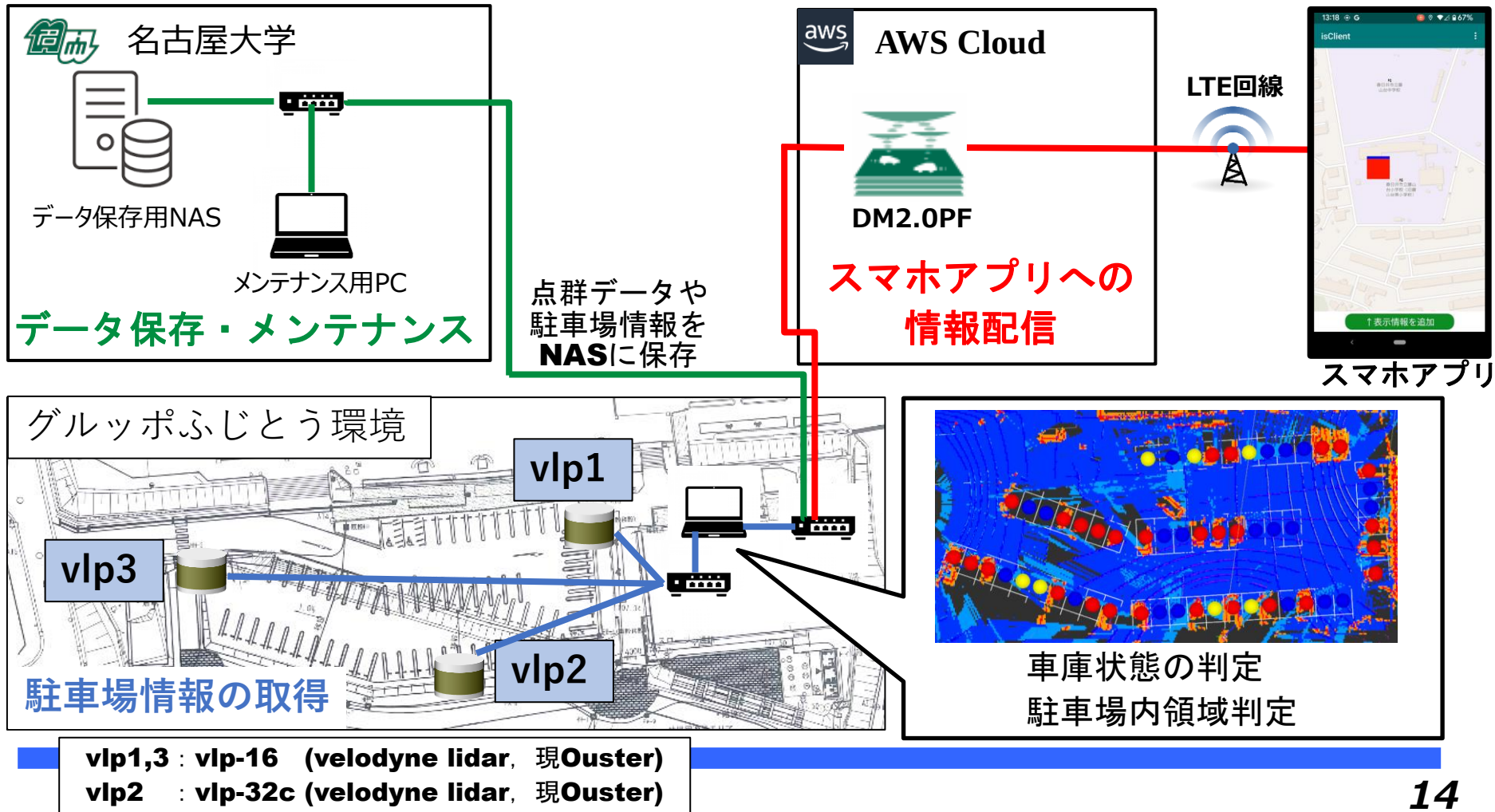
駐車場での自動走行

- ・ 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駐車スペースの状態がわからない
 - ・ 駐車場に設置されたセンサより駐車スペースの状態を検出し提供することで、確実に素早い駐車の実現できる
- ▶ 駐車スペースの状態の検出に使われているセンサ
超音波センサ、磁気ループ、カメラ、LiDAR



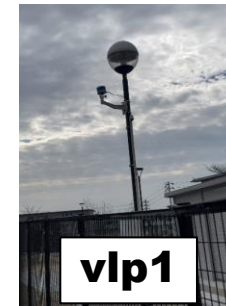
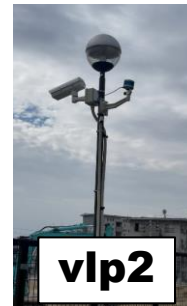
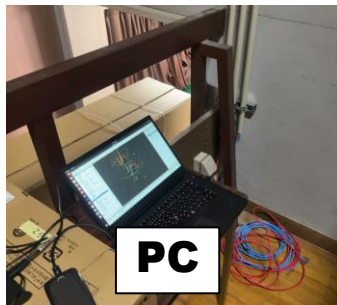
複数LiDARによるリアルタイム駐車場マネジメントシステム

- 公共施設駐車場(グループふじとう)に設置した3台のLiDARで駐車スペースの状態を推定して共有するシステムを構築



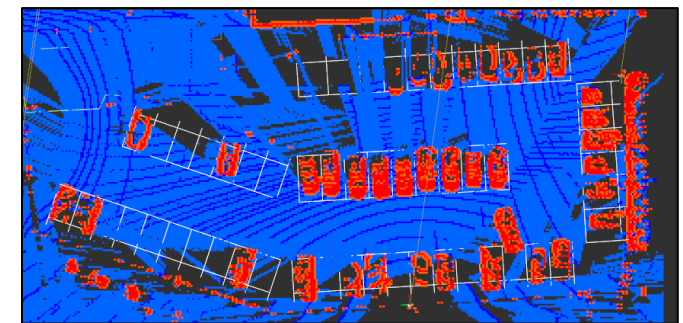
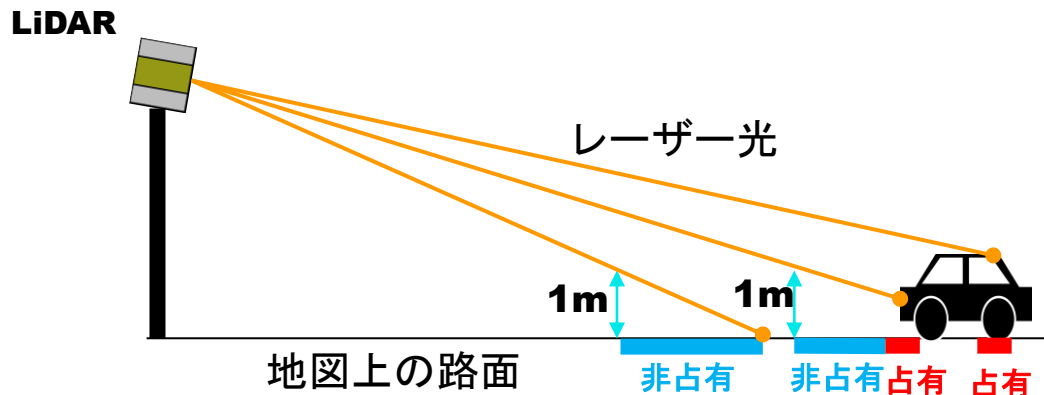
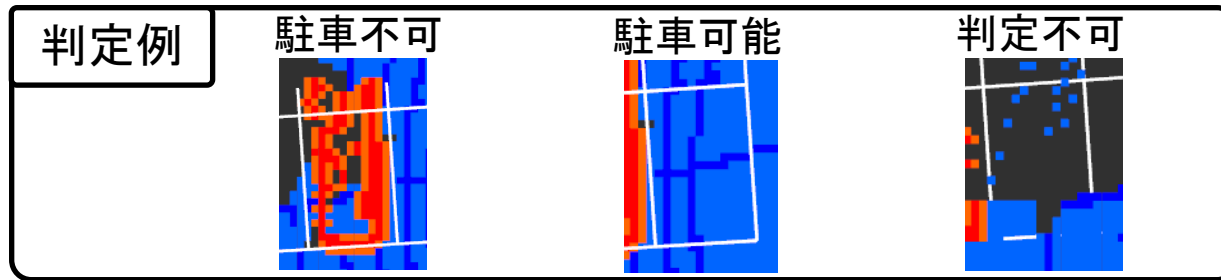
実験を行っている高蔵寺ニュータウンの公共施設駐車場

- 「グループふじとう」の駐車場
 - 55個の駐車スペースがある駐車場
 - 駐車場内にある電灯柱(高さ約3.5m)にLiDARを設置

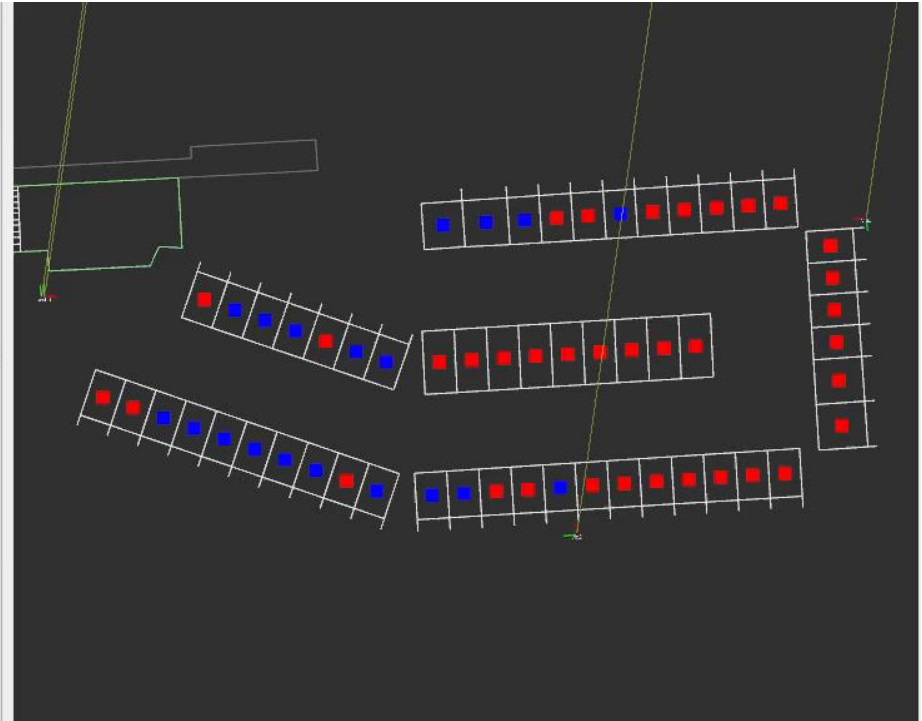
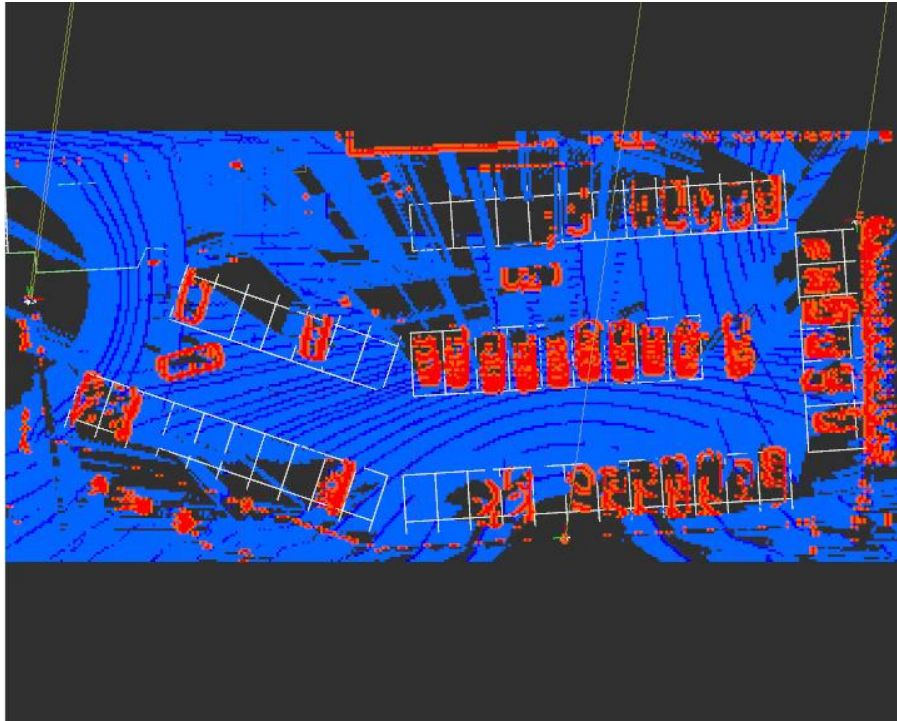


駐車スペース状態の推定方法

- LiDARから出力された点群データを用いてレイトレースを行い、レーザー光の路面高さに基づいて領域を**占有**・**非占有**に分類
 - 占有**: 点群データの高さが地図上の路面高さとは一致しない場所付近
 - 非占有**: 占有場所以外でレーザー光が1m以下で通過した場所
- 駐車スペースの**占有**・**非占有**の割合より駐車スペース状態を推定



駐車スペース状態の推定の様子



<https://youtu.be/6t72Yw5FHRE>

駐車スペース状態の推定精度の評価実験

- 2023年6月20日10:00～15:00の1分間隔で取得した点群データを使用して、駐車スペース状態の推定精度の評価を実施
- 正解データは駐車場を俯瞰できる場所に設置したカメラ映像より目視で作成
- 評価尺度
 - 一致率: 駐車スペース状態の推定結果と正解データが一致した割合
 - 不一致率: 駐車スペース状態の推定結果と正解データが一致しなかった割合
 - 未判定率: 駐車スペース状態の推定結果が判定不可となった割合



駐車スペースの推定精度の評価結果

駐車車両なし			駐車車両あり		
一致率	不一致率	未判定率	一致率	不一致率	未判定率
82.16	3.32	14.52	99.91	0.00	0.09

- 駐車車両がある駐車スペースは高精度に状態判定可能
- 駐車車両なしの不一致率が高い
 - 領域の占有・非占有を格子状に区切った地図(占有格子地図)で表現しており、隣接駐車スペースにセルがまたがっていた
- 駐車車両なしの未判定率が高い
 - 周囲の車両にさえぎられ、駐車スペースにレーザー光が届かない
 - 物体の追跡により対応可能



不一致が発生した場面

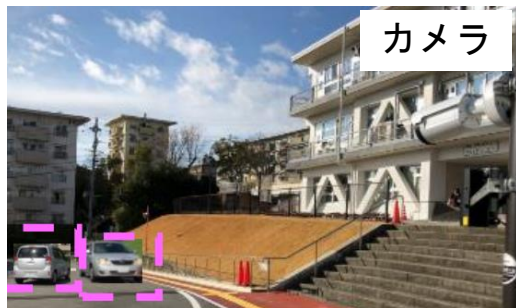
カメラやループコイルによる満空推定方法との比較

- ゲート等が存在しない公共施設駐車場(グループふじとう)に、駐車場の満空状態推定に利用されているカメラやセンサを導入し、駐車場の満空状況をどの程度把握できるかを検証

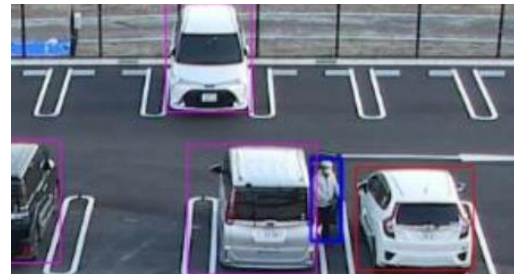
車両ナンバー認識システム
(カメラ)



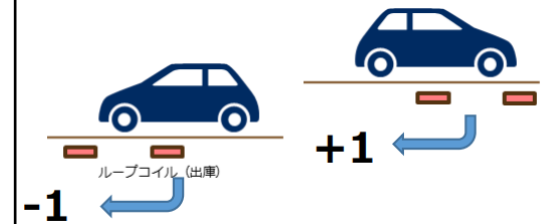
カメラ



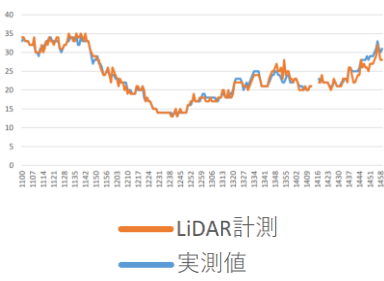
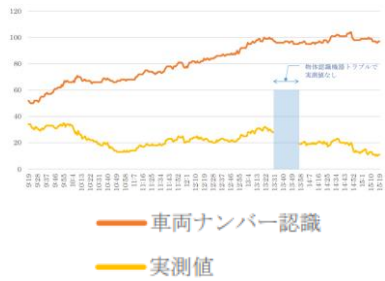
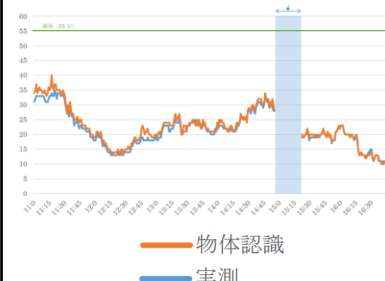
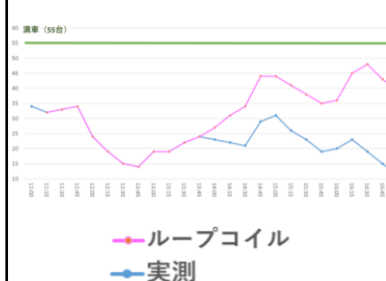
駐車場上空映像の物体認識
(カメラ)



出入り口でのカウント
(ループコイル)



比較結果(令和3年2月9日(水)に実施)

項目	複数のLiDARによる 駐車スペース状態推定	車両ナンバー認識 システム(カメラ)	駐車場上空映像の 物体認識(カメラ)	出入り口でのカウント (ループコイル)
満空状態の 推定結果	 縦軸：車両台数 横軸：時刻 — LiDAR計測 — 実測値	 — 車両ナンバー認識 — 実測値	 — 物体認識 — 実測	 — ループコイル — 実測
精度面	 実測値と推定値が一致、検知漏れ等による誤差も補正可能	 物理的な状況において車両台数に誤差が生じる状況が発生	 実測値と推定値が一致、検知漏れ等による誤差も補正可能	 物理的な状況において車両台数に誤差が生じる状況が発生
費用面	 初期導入費：350万円 運用費用：0万円	 初期導入費：350万円 運用費用：0万円	 初期導入費：150万円+α 運用費用：30万円	 初期導入費：300万円 運用費用：0万円

- 提案手法は駐車場上空映像の物体認識(カメラ)と同程度の推定精度であり、誤差が生じても補正が可能
- 提案手法は費用面でカメラよりも劣っているが、LiDARが安価になりつつあるため、費用面の問題はじきに克服可能
- LiDARは光源を必要としない



車両台数に誤差が生じた要因

今後の研究計画：自動バレー駐車の実現に向けた研究

- 2023年度：自動バレー駐車 (step1)
 - 駐車場マネジメントシステムから駐車スペースまでの走行経路を算出，車両はその走行経路に従い自動走行して駐車する
 - 条件：駐車場内は走行車両や歩行者はいない
 - 車庫状態の推定手法の構築，自動運転車との連携
- 2024年度：自動バレー駐車 (step2)
 - 駐車場マネジメントシステムから共有された確率的領域情報に基づいて停止・徐行する
 - 条件：駐車場内は駐車車両と歩行者が存在する
 - 他の走行車両や歩行者の移動予測
- 2025年度：自動バレー駐車 (step3)
 - 駐車場内にて車両の調停を行う
 - 条件：駐車場内は駐車車両と歩行者，走行車両が存在する
 - 空間予約，競合解消

自動車メーカーや自動車関連企業，駐車場運営会社，自動バレーパーキングに興味を持つ企業との連携を希望します

