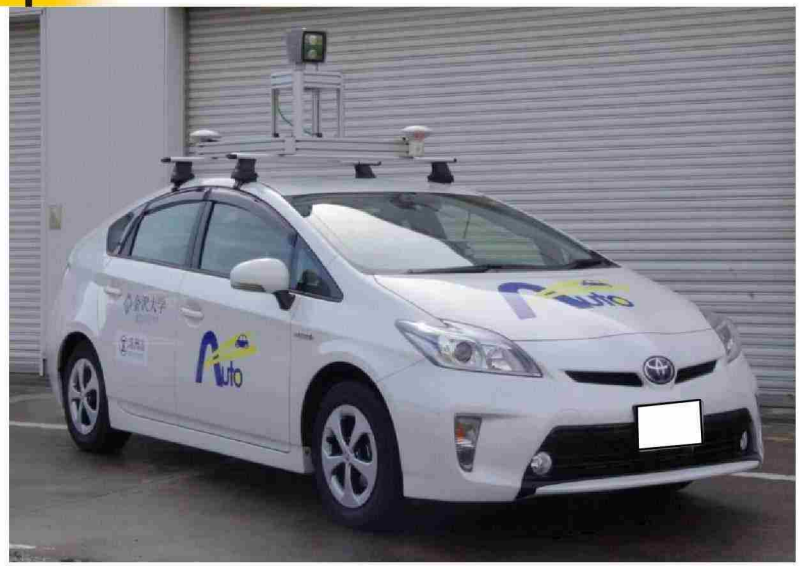
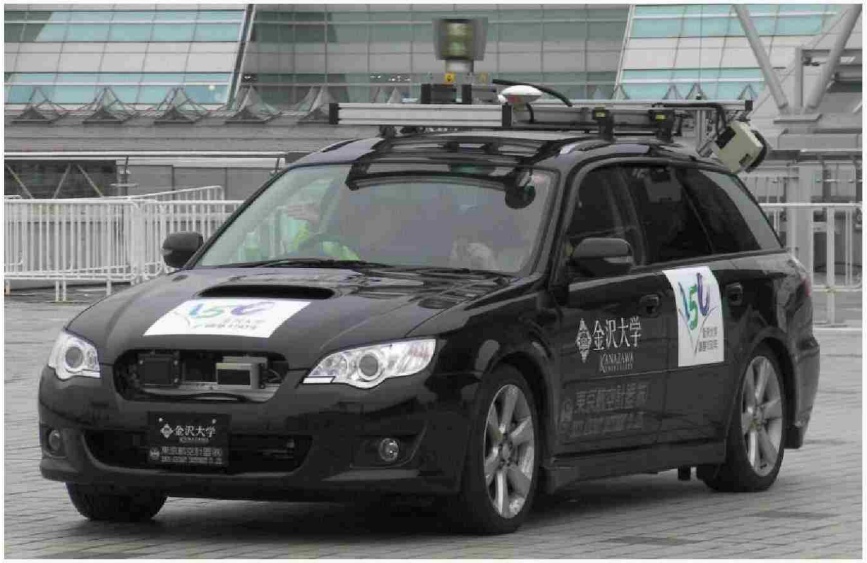
金沢大学における市街地公道走行実証実験の概要について





金沢大学 新学術創成研究機構 自動運転ユニット
ユニットリーダー 准教授 菅沼 直樹

自動運転の研究動向

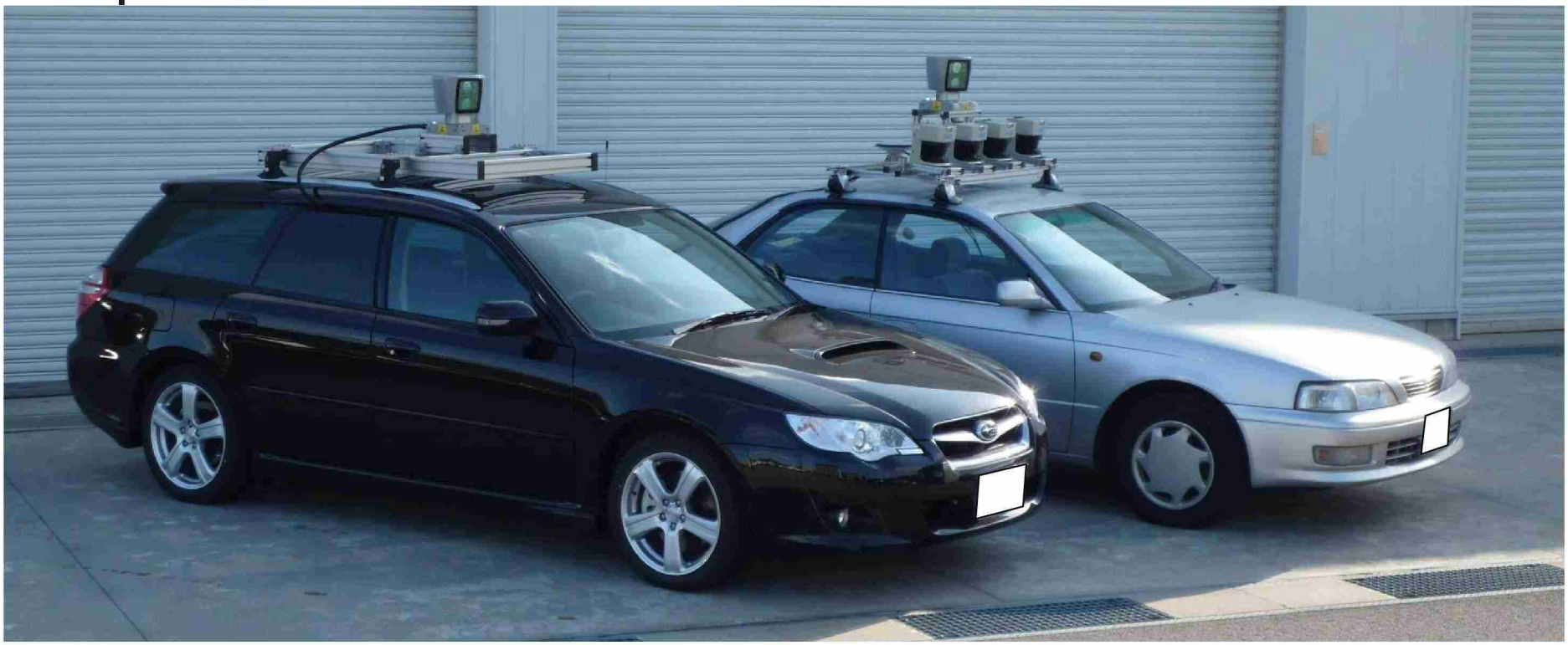
- 高速道路での自動運転
  - 運転支援システムからの自然な拡張
    - どちらの研究が先というのは別として
  - Point-to-Pointの自動運転
    - 比較的単純な環境，整備された道路
    - 安全・快適性向上，交通容量の増加，物流の効率化
    - 日米欧で古くから盛んに研究
  - 国家プロジェクトの例
    - CHAUFFEUR（欧）
    - PATH（米）
    - SARTRE（欧）
    - Energy-ITS（日）

自動運転の研究動向

- 一般道での自動運転
  - Door-to-doorの自動運転
    - 知能を持つ究極の自動車
    - 無人走行も視野
    - 新しい乗り物
  - 近年になり研究が活発
- 目的
  - 安全・快適性向上
    - 交通事故の削減
    - 初心者・ペーパードライバー
    - 盲目ドライバーの運転補助
  - 交通システム（モビリティ）の革命
    - 交通容量増加，物流省力化
    - **高齢過疎地域における次世代交通手段**

トヨタ自動車 A.V.O.S.
@東京モーターショー2011

金沢大学 自律型自動運転車両



- 1998年頃から研究開始
  - 非専用道路での自律走行が可能な認識能力
  - 安全かつ自然な走行を可能とする判断能力

研究初期の自動運転車両（1998~2008年）

現在の自動運転車両

国内の大学初の市街地における自動運転実証実験を開始
（2015年2月24日）

現在搭載しているセンサー

Door-to-door自動運転の必要技術

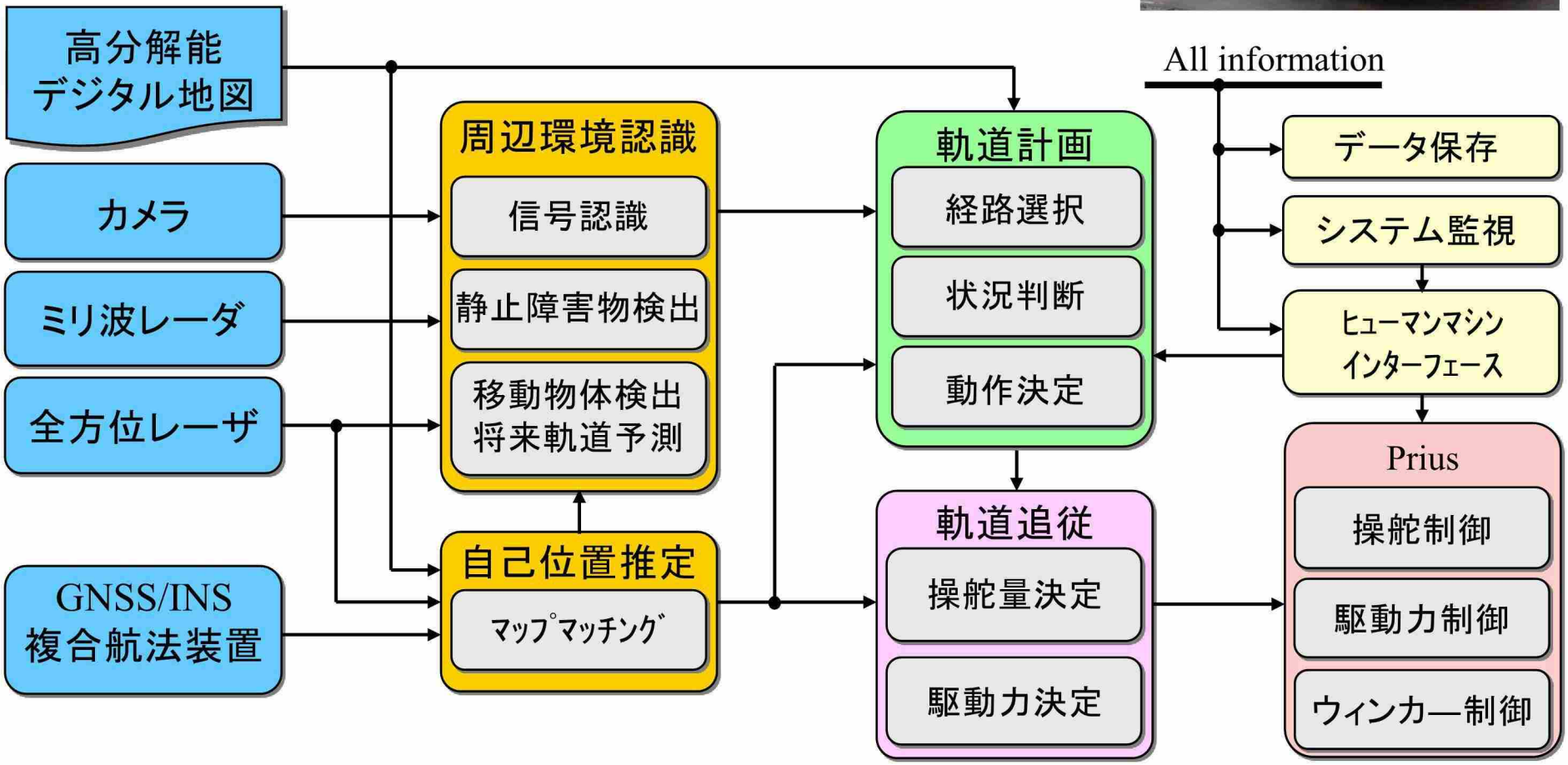
現在の研究内容

- 周辺環境認識技術
  - 周辺のどこに･どんな物体があるのか？
  - 移動物体はどんな運動をしているのか？
- 自己位置推定技術
  - 地球上のどこにいるのか？
  - どの車線のどの位置にいるのか？
- 走行軌道生成･誘導技術
  - 目的に到達するにはどのような経路で進むべきか？
  - 障害物に衝突ないためにはどんな行動をとるべきか？
- ヒューマンマシンインターフェース(HMI)
  - 自動運転システムは何をしようとしているのか？
  - 人間はどんな状態なのか，何をしようとしているのか？

自動運転＝情報処理，移動ロボットの技術開発

金沢大学の自動運転システム

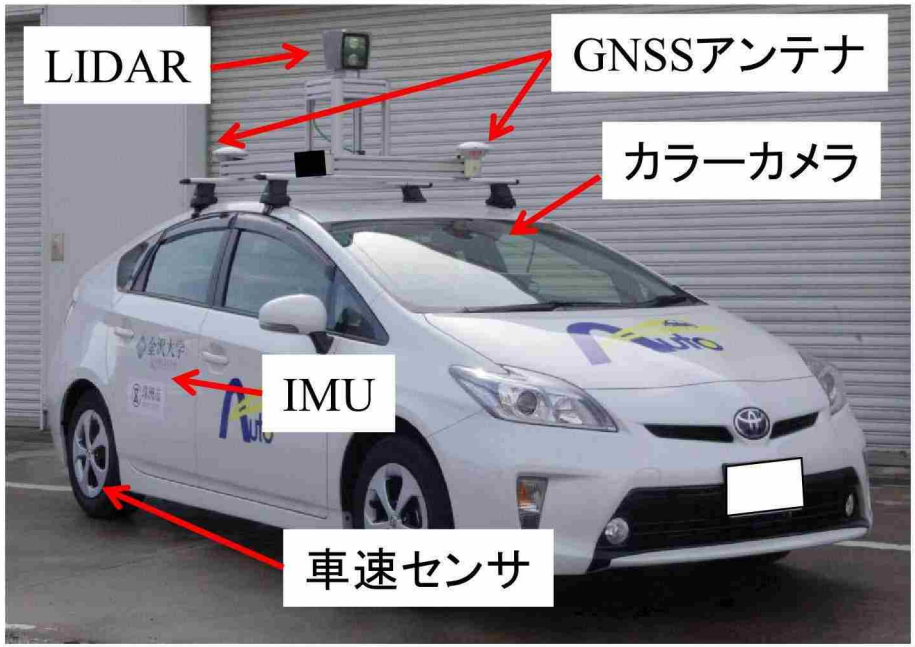
分散処理システム（UDP/IP，TCP/IP）

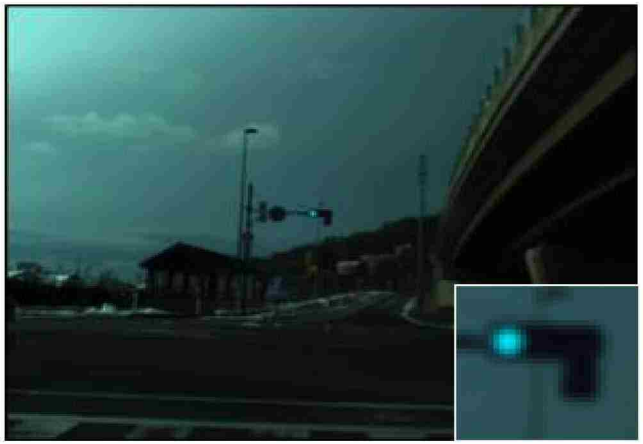


センサ系 | 認知系 | 経路･軌道生成系 | 制御系 | ﾕｰｻﾞｲﾝﾀｰﾌｪｰｽ系 | ｱｸﾁｭｴｰﾀ系

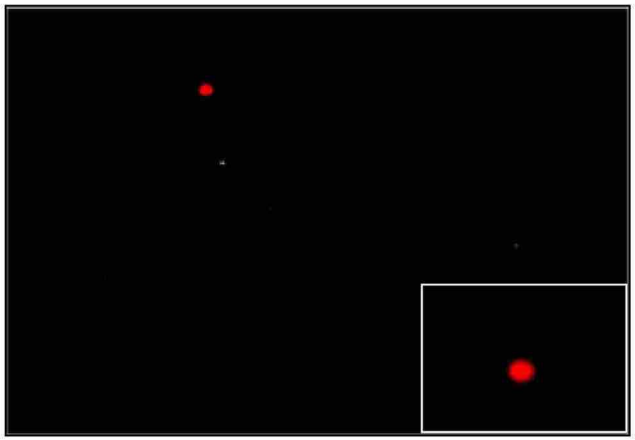
使用したセンサー

- カラーカメラ
  - XGA（＋α）クラス
  - 昼夜問わない認識
- 自己位置推定（後述）
  - GNSS/INS，LIDAR



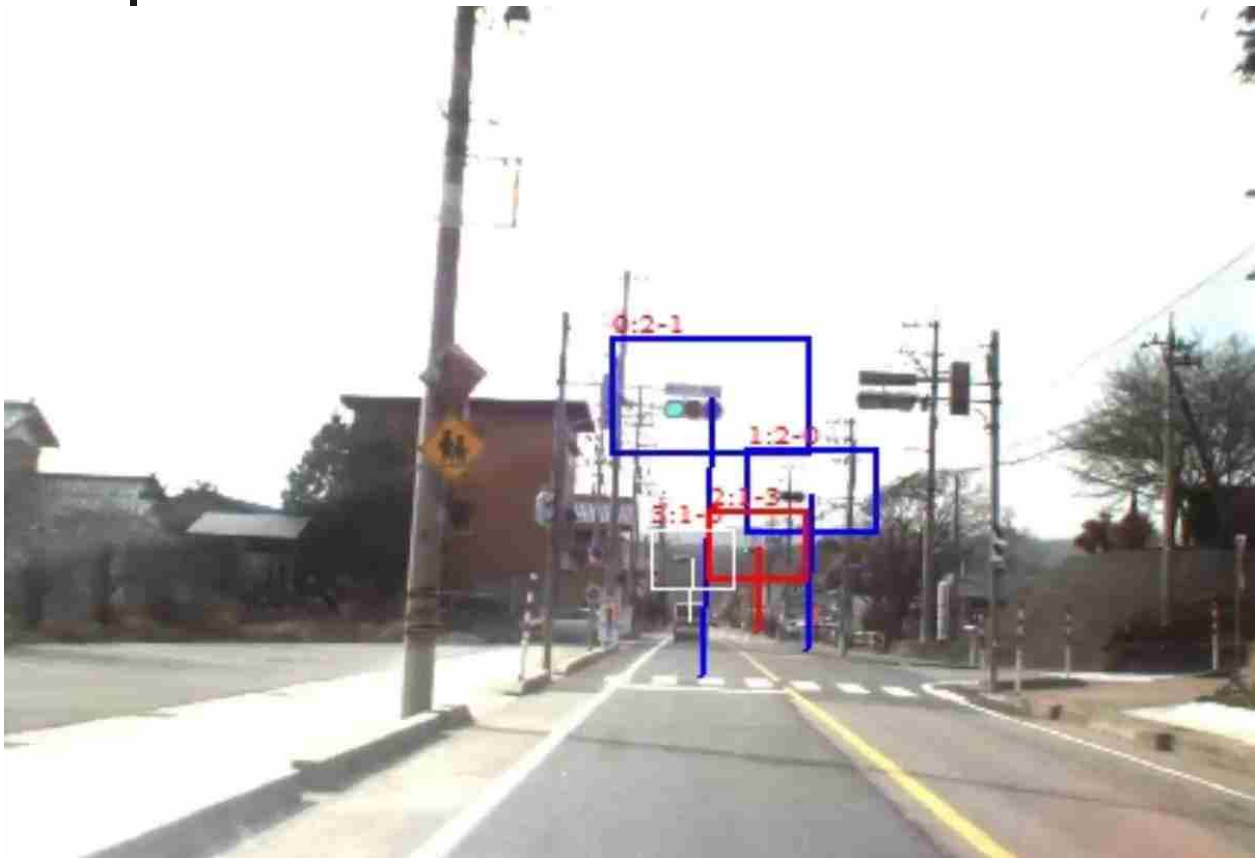


日中の撮影結果



夜間の撮影結果

複数信号機の同時認識

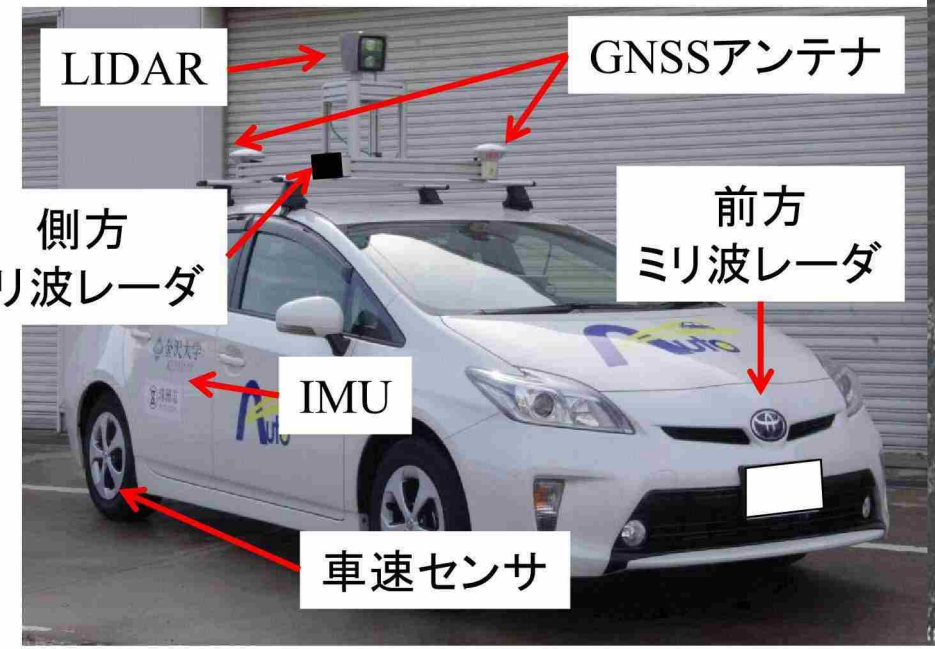


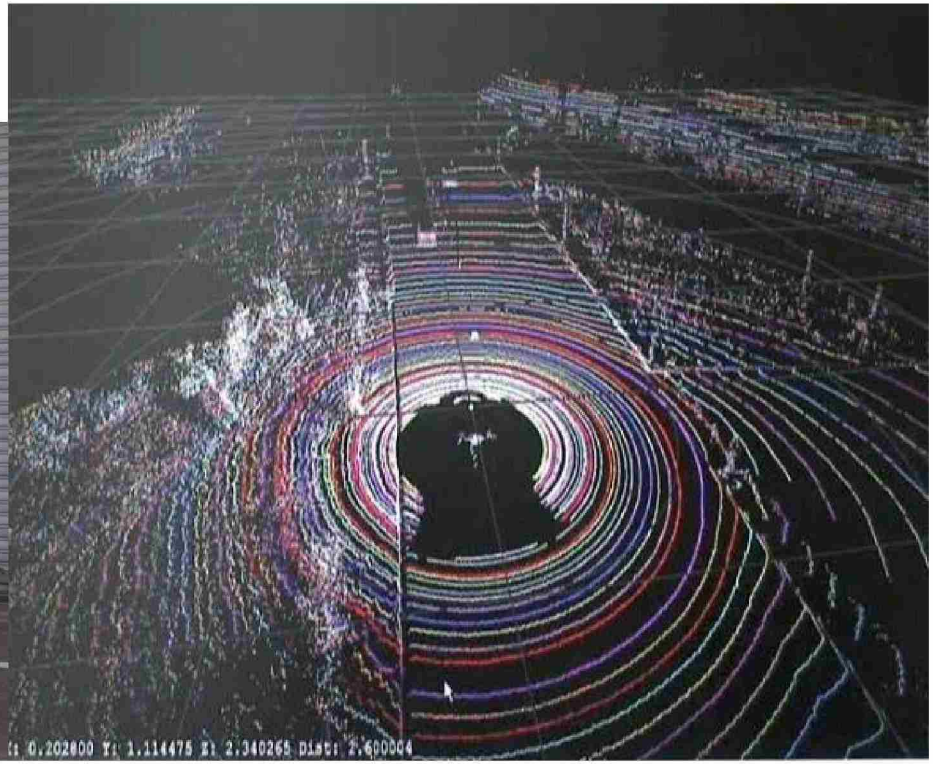
信号機認識カメラ

- シャッタースピード固定
- ゲイン，絞り固定
- 7.5FPS（高速性必要なし）

- 昼夜問わず認識可能
- 最大検出距離140m程度

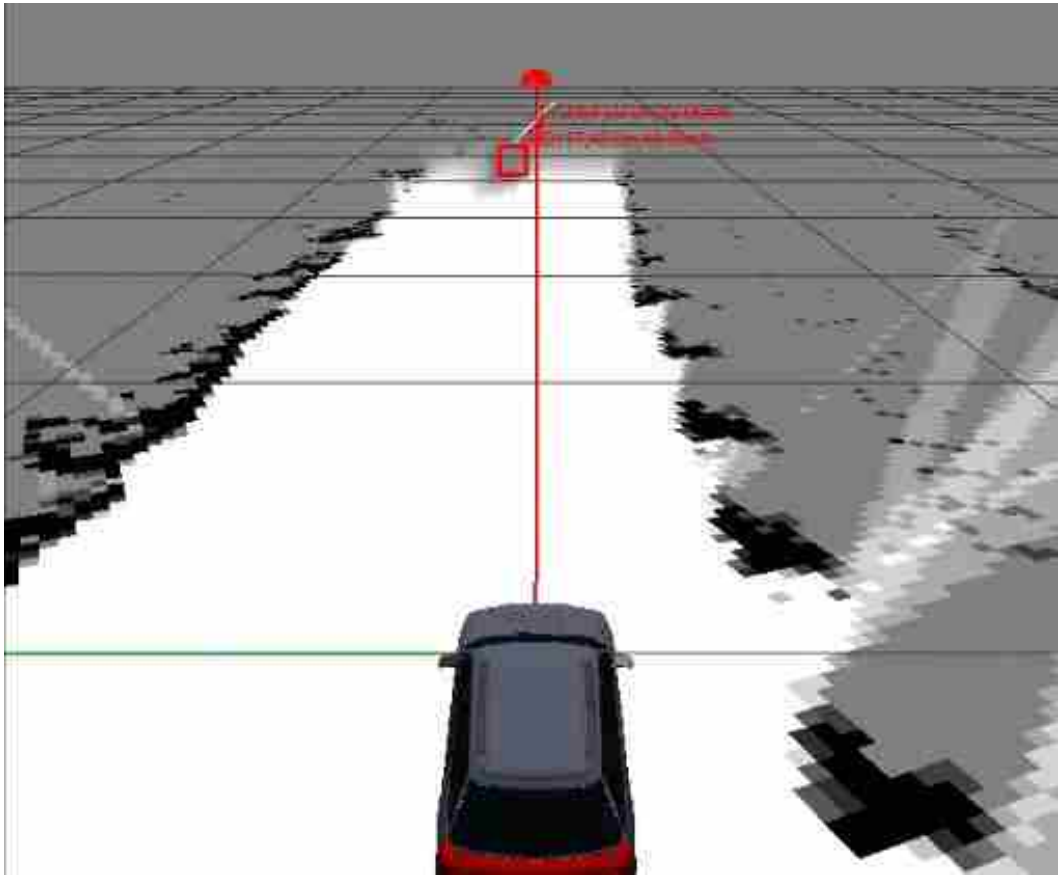
周辺環境認識センサ





- どこにどんな物体があるのか？
- 移動物体の将来位置は？

レーザによる環境認識例

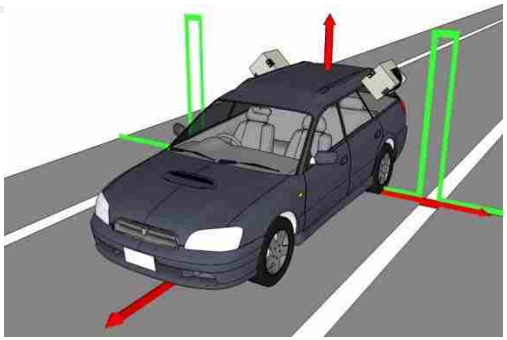


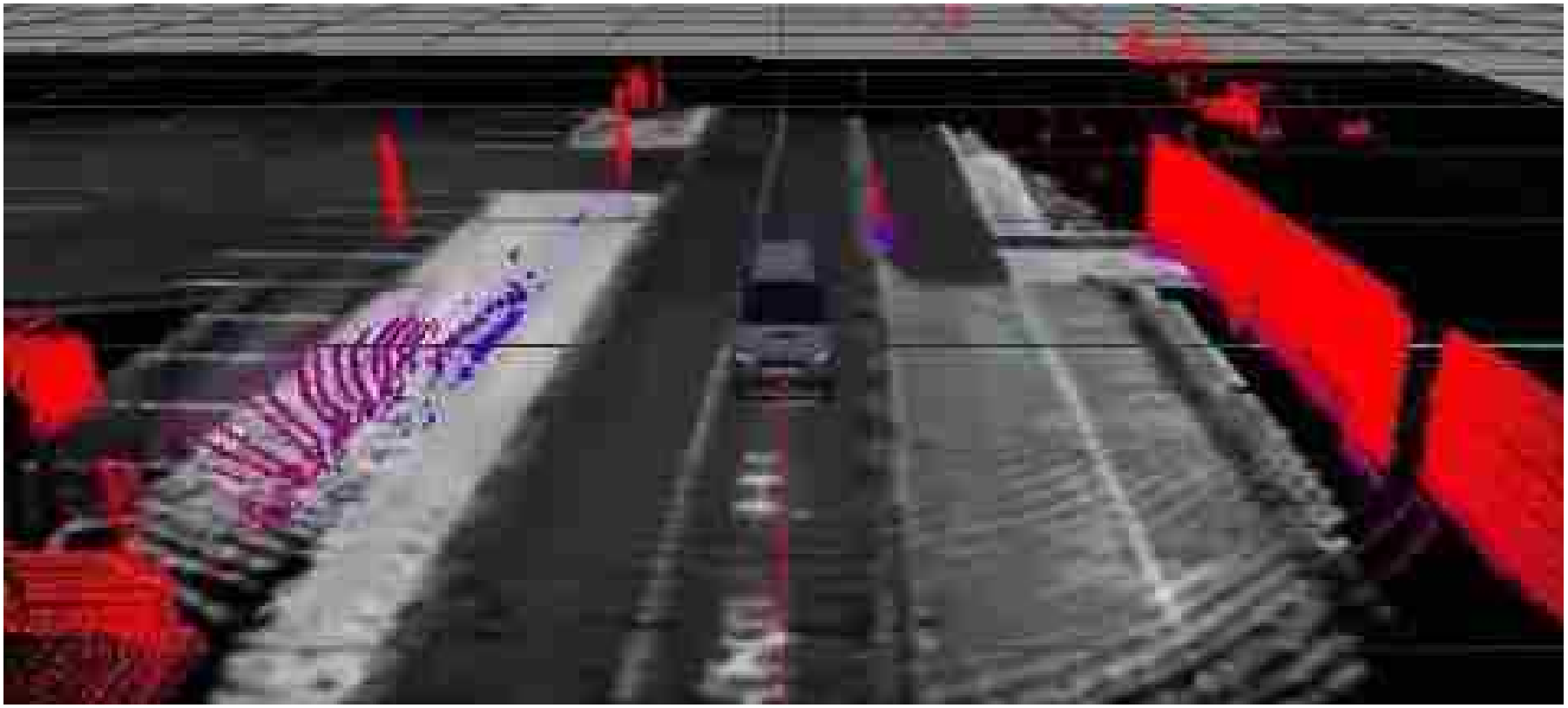
走行速度
約60km/h

- SLAM with DATMO (Detection And Tracking Multiple Objects)
- 処理時間：20ms以下

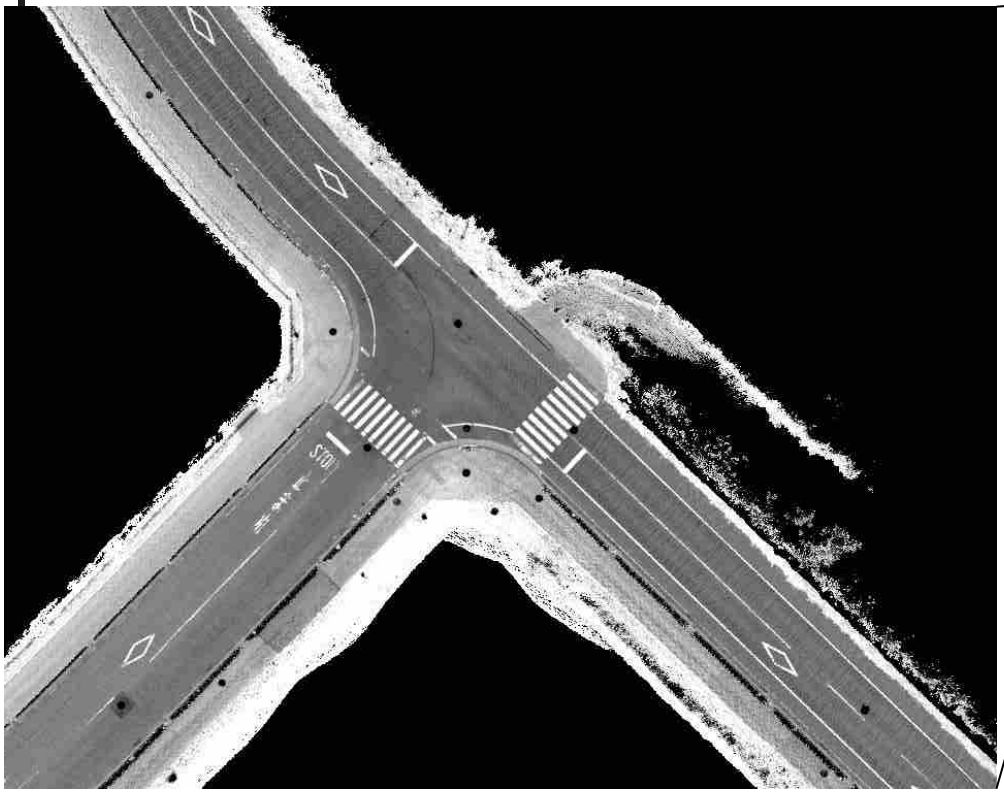
LIDARによる反射率取得

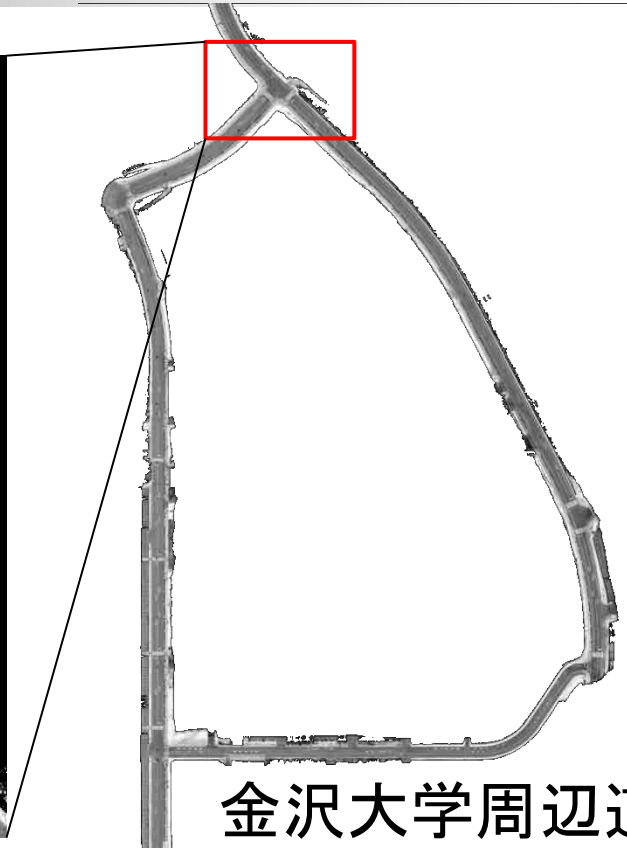
- LIDARデータ
  - 3次元位置（距離）＋反射率
  - 路面パターン（模様）を計測





高分解能赤外反射率道路画像

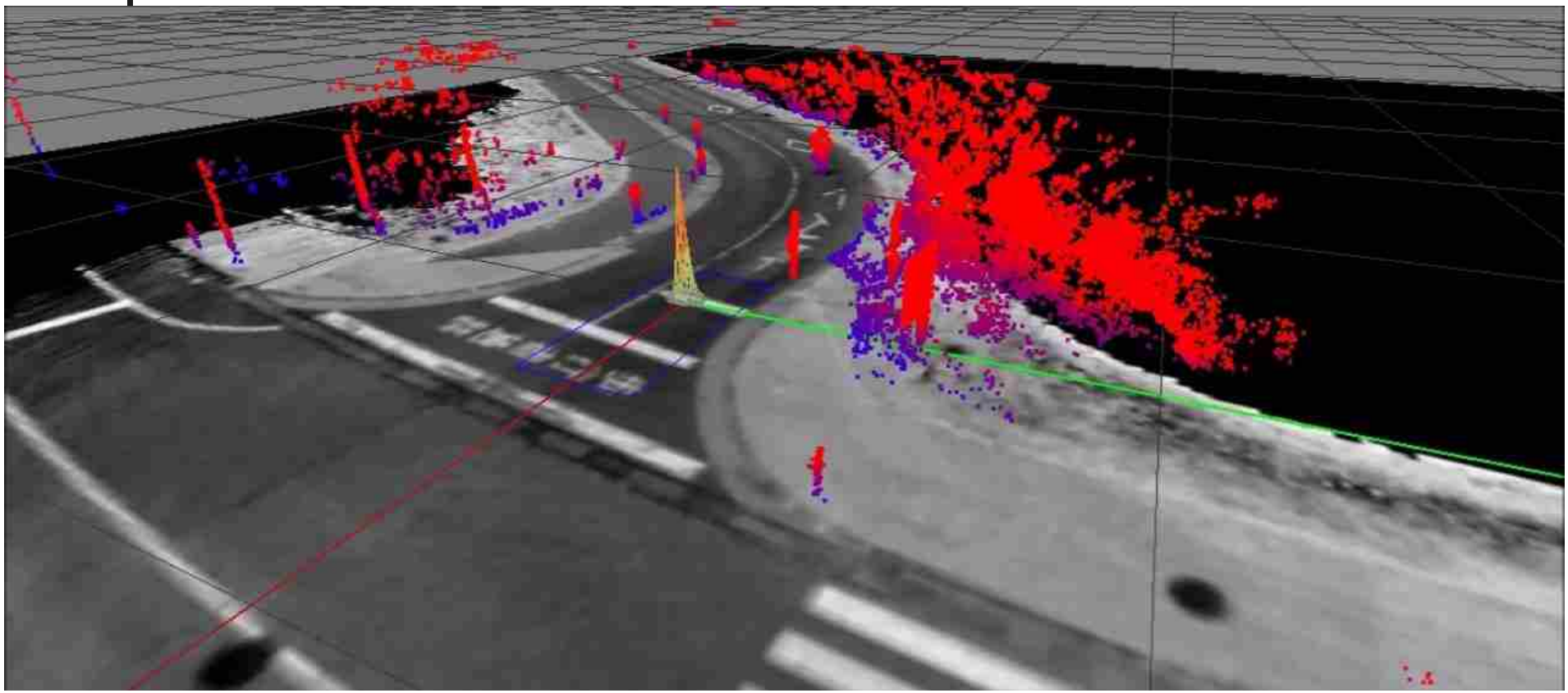




金沢大学周辺道路

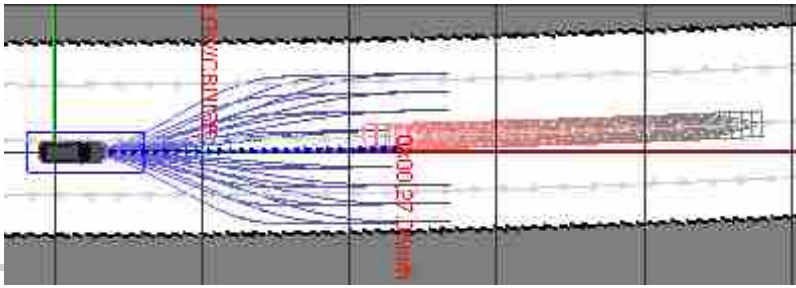
- GPS後処理＋LIDARデータ
  - 高分解能赤外反射率道路画像
- 自動運転用地図の作製も可能

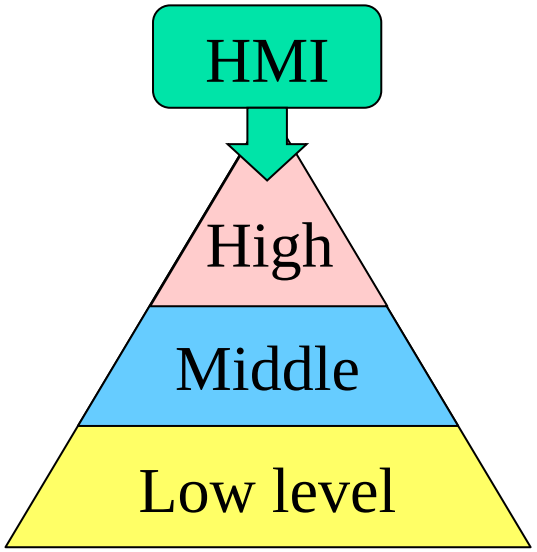
赤外線反射率道路画像による自己位置推定



- 約20cm程度の精度で推定可能
- 昼夜問わず，トンネル内でも認識可能

レイヤ型
パスプランナ



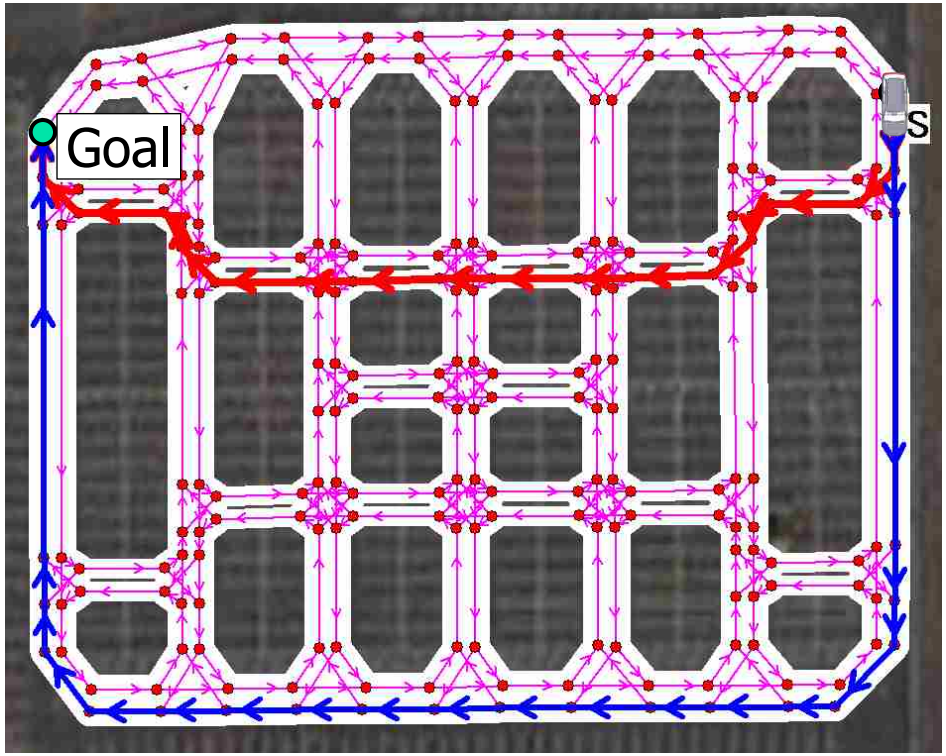


- High Level
  - 目的地，走行速度設定（HMI）
  - デジタル地図に基づく経路選択
- Middle Level
  - 交通ルールへの準拠
  - Finite State Machineによる行動決定
    - 停止処理，追い越し，信号待機など
- Low Level
  - 軌道生成，衝突判定

複雑な軌道生成を分かりやすく表現！

High/Middle Level パスプランナ

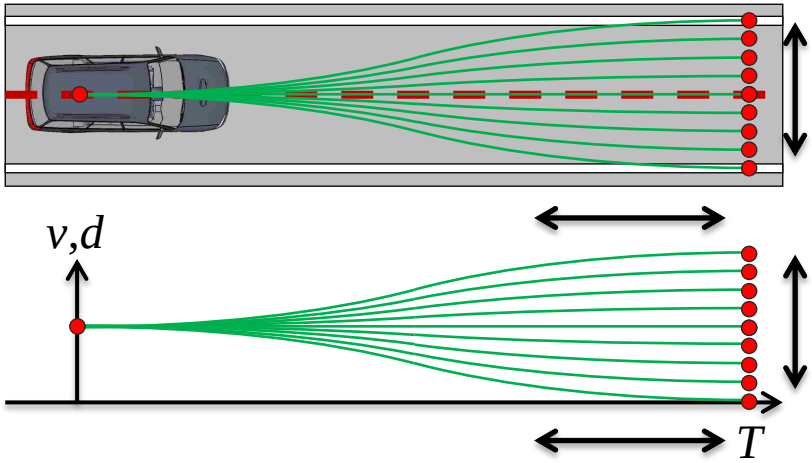
- デジタル地図
  - ノード，リンク
    - 緯度経度・道幅・制限速度
- 最適経路計画
  - Dijkstra法
  - 累積コスト評価
    - リンク通過時間
    - 交差点通過コスト
  - 複数経路の同時考慮
- FSMによる状態管理
  - 一時停止，追い越し，信号機，駐車など



→ 第1候補経路

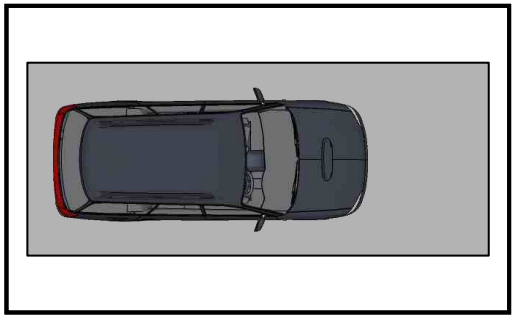
→ 第2候補経路

Low Level Path Planning



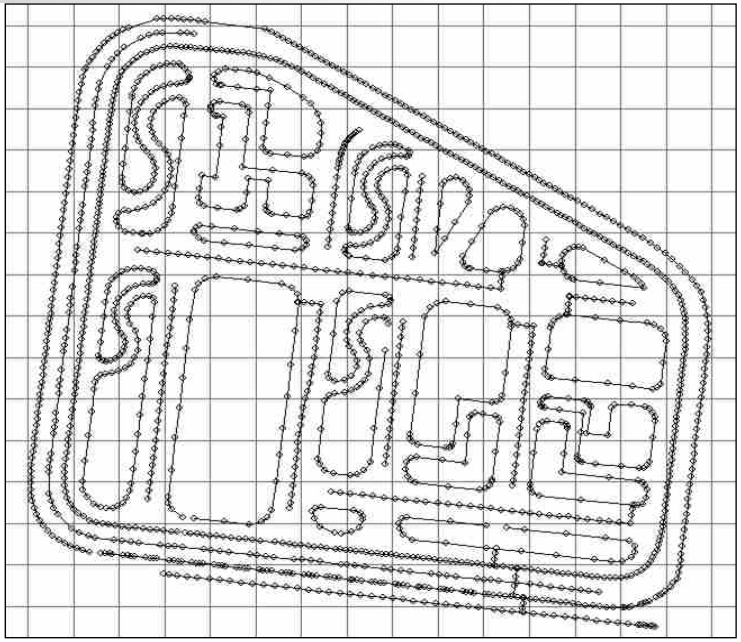
- 走行軌道リスト生成
  - プレビューポイント
    - 広域的走行経路に平行
  - 軌道（座標・時間）の計算
    - Highly Dynamic Environment
    - 経路パターン，速度（距離）パターンの組合せ
    - 安全性の事前シミュレーション
  - 衝突しない滑らかなパターンを選択

- 衝突判定
  - 車両シルエットの重ね合わせ
  - 大きさを持った剛体



テストコースにおける評価

- 模擬市街路テストコース
  - 東部自動車工業株式会社殿
    - 金沢 東部自動車学校
  - 長期走行試験（2013年1月～）



- パスプランナの開発に重点
  - センシングは公道試験
  - パスプランナの自動車特有な要求事項
    - 高度に動的環境（移動物体の運動推定・軌道予測）
    - 通常の移動ロボットの想定速度域が10倍以上異なる
- センシング・パスプランナの問題切り分け
  - 安全性・効率化

各種デモンストレーション等の実施

- 東京モーターショー（2011年11,12月）
  - 東京ビッグサイト（東京）
- ㈱コヤマ交通教育サービス セミナー（2013年6月）
  - コヤマドライビングスクール 綱島校（横浜）
- ITS世界会議（2013年10月）
  - 東京ビッグサイト（東京）　NHK「ニュースウォッチ9」
- 東京モーターショー（2013年11月）
  - 東京ビッグサイト（東京）　フジテレビ「めざましテレビ」
- ADVANTYシンポジウム（2013年12月）
  - 東部自動車学校（金沢）　MROテレビ「レオスタ」
- 人と車のテクノロジー展（2014年5月）
  - パシフィコ横浜（横浜）　NHK WORLD「Great Gear」

石川県 珠洲市における公道実証実験

- 高齢社会(H26年12月末現在)
  - 人口総数 15,948人
  - 高齢化率 44.2%
- 交通格差
  - 都市部からの交通アクセス
    - 珠洲市役所-金沢駅（高速バス3時間）
  - 市内交通
    - 鉄道網無（廃止済み）
    - バス（路線によっては1本/日）
    - タクシー（地域によっては不便）
  - **将来の地域内移動に不安**
- 自動運転技術応用による貢献

スケジュールイメージ

Phase 1

公道走行試験による
自動運転知能の高度化

社会実装準備

2017

Phase 2

社会実証実験

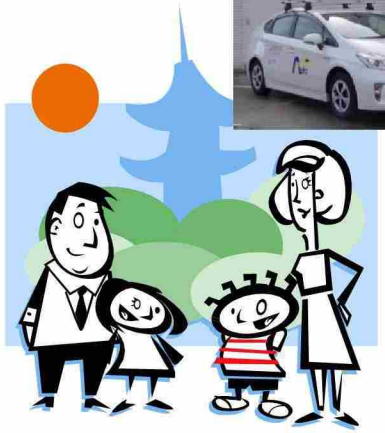
社会実装の開始

2020

Phase 3

地域交通への活用

地域定着の促進



2015.2.24国内初
市街地公道実証実験開始!!

実施体制

自動運転実証実験モデル
都市（高齢過疎地域）

国立大学法人 金沢大学

新学術創成研究機構（H27.4発足）
未来社会創造コア 自動運転ユニット

自動運転自動車開発

准教授 菅沼直樹（ｺｱ責任者，ﾕﾆｯﾄﾘｰﾀﾞ）
助教 米陀佳祐（ﾕﾆｯﾄ専任）
他5名（公募中含む）

地域公共交通活用施策検討

理工研究域，人間社会研究域
（教員 計4名）

プロジェクトサポート

産学連携課，先端科学ｲﾉﾍﾞｰｼｮﾝ
推進機構（教職員 計2名）

石川県 珠洲市

自動運転実証実験の実施に
係る覚書調印（H27.1調印）

実証実験サポート

施設提供

サテライトラボ

車庫

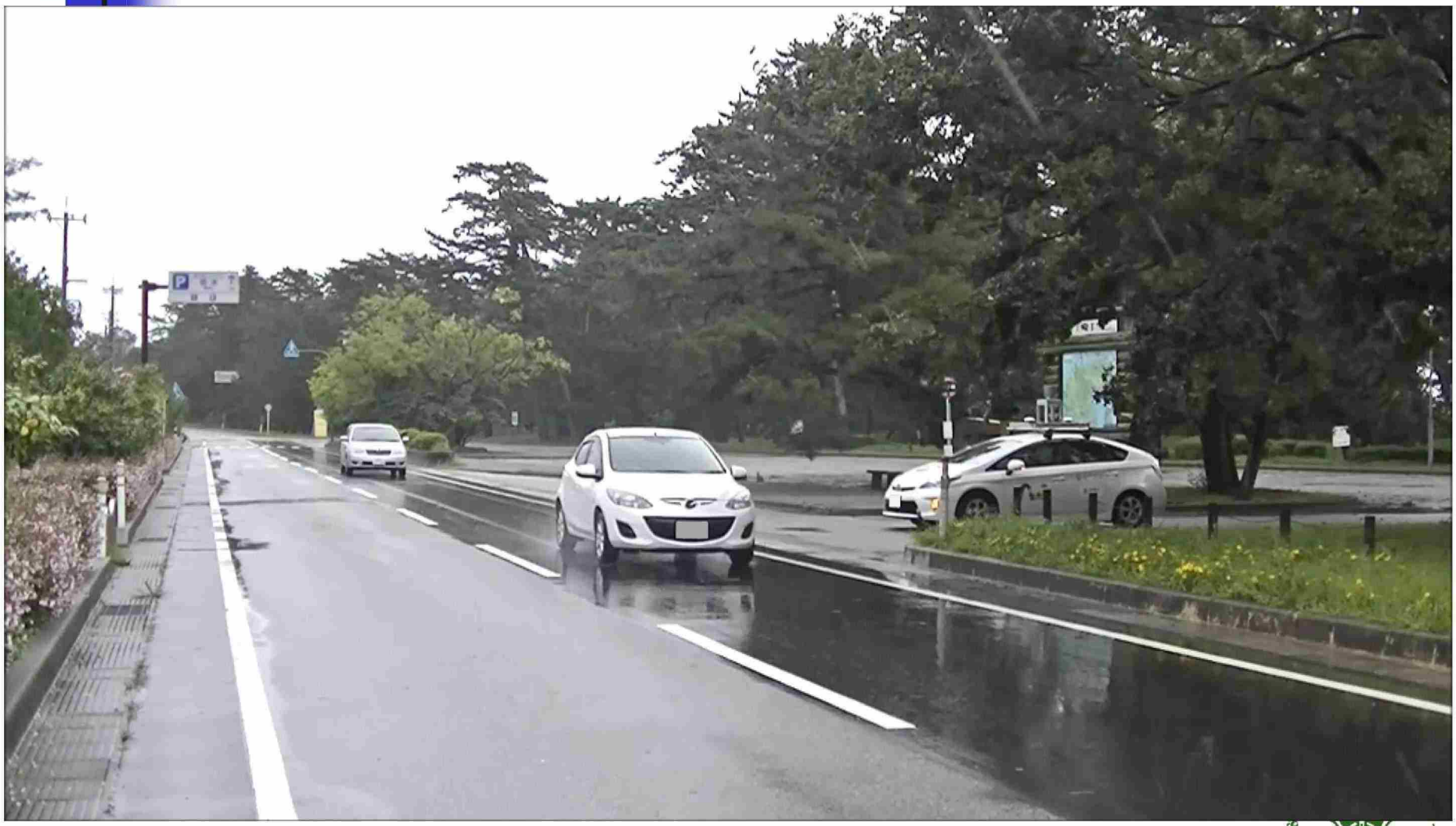
実証実験（旧ルート）の成果

- 鉢ヶ崎総合公園-珠洲市総合病院（約6.6km）
  - 市街地，山間部の技術課題解決
- 成果
  - 4月1日：片道走破（6.6km）
  - 4月16日：往復走破（13.2km）

信号機認識，歩行者認識

右折待ち

一時停止



新ルートの特徴

- 珠洲市内の全長約60kmへの拡張
  - 国内で類例のない規模（2015.10.27より開始）
  - 長大距離，複数ルート選択可能
  - より現実に即した実験が可能
- 新しい道路形状，環境要因のテスト
  - トンネル，立体交差，複数車線，
  - 交通量大の市街地

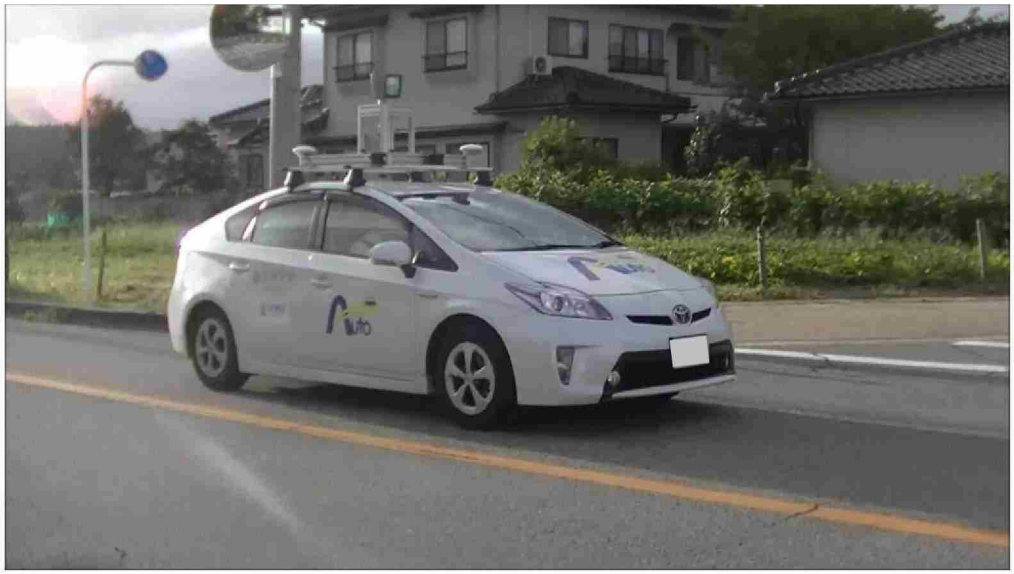
まとめと今後の展望

- 自動運転自動車
  - 周辺環境認識技術
  - 位置姿勢推定技術
  - 走行軌道生成技術
  - ヒューマンマシンインターフェース

- 今後の展望
  - 長期走行試験を通じた機能・信頼性向上
  - 各種デモンストレーション
    - 社会的受容性の向上
  - 公共交通機関としての活用

得られた知見

- 田舎の道路
  - 実は難易度がかなり高い
    - 道路境界から車道までの距離がかなり狭い
      - 縁石から道路までの距離，草など：
      - 単純に避けると不自然（避けすぎは問題）
    - 交通ルールへの順守の問題
      - 歩行者，自転車，セニアカーなど
      - 困難さは都会・田舎でもあまり変わらない
  - 田舎かつ交通量の多い場所は最も難しい場所の1つ
    - 都会とは別の困難さ
- 自動車学校は難易度の高いテストコース
  - 頻繁に交差点，カーブ，坂などが目まぐるしく変化
  - 実際の環境ではレア（テストコースでもまれ）

現状の問題点

- センサ種別・レイアウト・検出範囲
  - LIDAR中心⇒カメラ中心
  - カメラのダイナミックレンジ(逆光，夜間など)
- 物体識別
  - エキスパートドライバ
- ジェスチャー認識
  - 歩行者等
  - 工事現場，警察官
- 気象条件
  - 大雨，濃霧，降雪
- 緊急車両対応
  - (音声認識＋画像認識) or 通信