



Kanazawa University

Kanazawa University
origin 1862

市街地における自動車の 自動運転に向けて



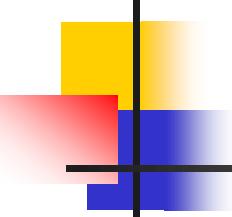
金沢大学 新学術創成研究機構 自動運転ユニット
ユニットリーダー 菅沼 直樹



研究室紹介

- 金沢大学 新学術創成研究機構
 - 自動運転ユニット
- メンバー(教職員6名, 学生15名)
 - 教員: 菅沼准教授, 米陀助教,
 - 博士研究員: M.A.Aldibaja, 柳瀬龍, **随時募集中!!**
 - 研究員: 金兌炫, 秘書: 北川智美
 - 学生: 2名(博士), 9名(修士), 4名(学部)





目次

- 近年を中心とした自動運転の歴史
 - 高速道路から一般道へ
 - ハードインフラからソフトインフラへ
- 金沢大学の取り組み
 - これまでの取り組みと自動運転車両の概要
 - 自動運転に必要な技術とAIの果たす役割
- 自動運転の要素技術とキーテクノロジー
 - 地図生成と自己位置推定
 - カメラによる周辺環境認識
 - LiDAR, RADARによる周辺環境認識
- 実証実験の概要
 - 高齢過疎地域の例(石川県珠洲市全域)
 - 都市部における例(石川県金沢市中心部)
 - 寒冷地における例(北海道網走市, 大空町周辺)
- まとめ
 - 現状と将来の課題



高速道路での自動運転

■ Point-to-Pointの自動運転

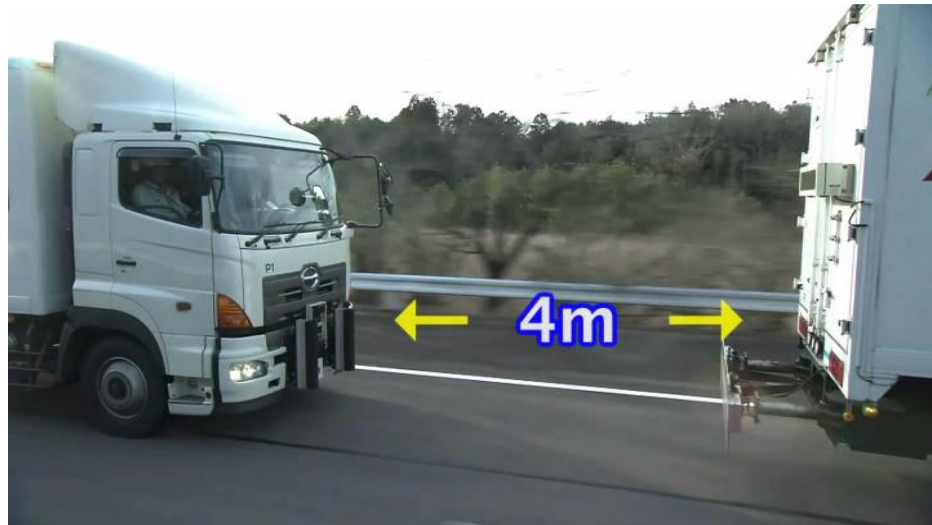
- 比較的単純な環境, 整備された道路
 - ハードインフラに依存
 - 走行空間の限定
- 日米欧で古くから盛んに研究

■ 国家プロジェクトの例

- CHAUFFEUR (欧)
- PATH (米)
- SARTRE (欧)
- Energy-ITS (日)

■ 目的

- 安全・快適性向上, 交通容量の増加, 物流の効率化



一般道での自動運転

■ Door-to-doorの自動運転

■ 研究進展の背景

- ハードウェア処理能力
 - コンピュータ, センサ
- 人工知能(AI)
 - 機械学習, DNN
- 高精度地図の活用
 - ソフトインフラへのシフト



金沢大学@珠洲

■ 目的

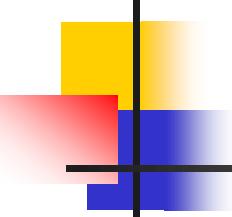
■ 安全・快適性向上

- 交通事故の削減
- 初心者・ペーパードライバー

■ 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
- 新しいまちづくり





目次

- 近年を中心とした自動運転の歴史
 - 高速道路から一般道へ
 - ハードインフラからソフトインフラへ
- 金沢大学の取り組み
 - これまでの取り組みと自動運転車両の概要
 - 自動運転に必要な技術とAIの果たす役割
- 自動運転の要素技術とキーテクノロジー
 - 地図生成と自己位置推定
 - カメラによる周辺環境認識
 - LiDAR, RADARによる周辺環境認識
- 実証実験の概要
 - 高齢過疎地域の例(石川県珠洲市全域)
 - 都市部における例(石川県金沢市中心部)
 - 寒冷地における例(北海道網走市, 大空町周辺)
- まとめ
 - 現状と将来の課題



金沢大学 自律型自動運転車両



- 市街地の自動運転技術(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)

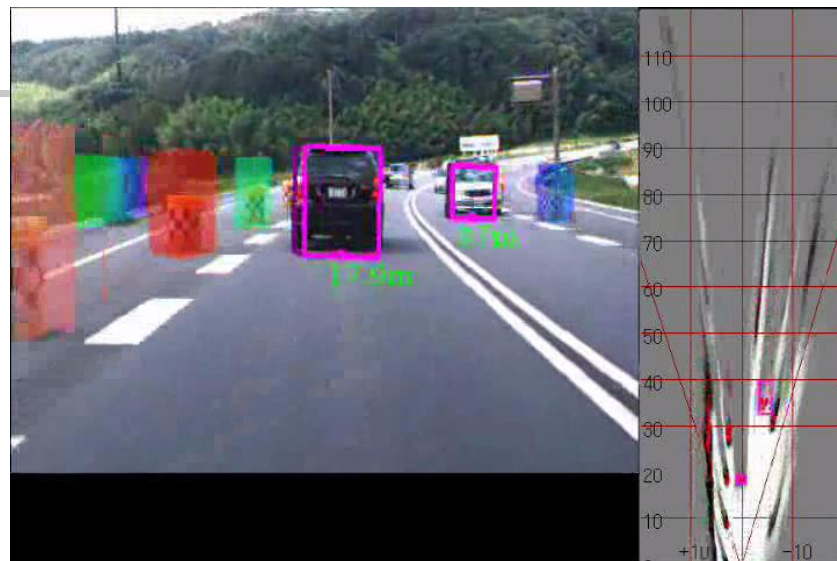


障害物回避走行
(2倍速)

(制御系設計時における
MATLAB®/Simulink®の活用)

無人走行
(2008年頃@金沢大学際)

ステレオ
ビジョン



公道走行初期の様子



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)



試験車両の概要

GNSSアンテナ

Velodyne HDL-64E S2

カラーカメラ

IBEO LUX

Micro AutoBox

(制御系へのMATLAB/Simulinkの活用)

IMU

車速センサ

IBEO LUX ミリ波レーダ

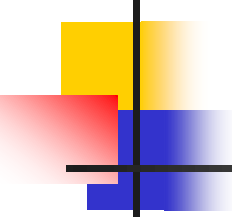
IBEO LUX ミリ波レーダ



必要技術とAIの果たす役割

現在の研究内容

- デジタル地図生成技術
 - 自己位置推定用地図と道路ネットワーク地図
- 自己位置推定技術
 - 地球上のどこではなく地図上のどこにいるのか？
- 周辺環境認識技術
 - 認識＝検出＋識別＋予測
 - 予測＝潜在（死角検出）＋顕在（軌道予測）リスク把握
- 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？
 - 交通ルール，マナーに従うためにはどうすればよいのか？
 - 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)
 - 車内外の人と車とのコミュニケーション
 - ドライバはどんな状態なのか，何をしようとしているのか？



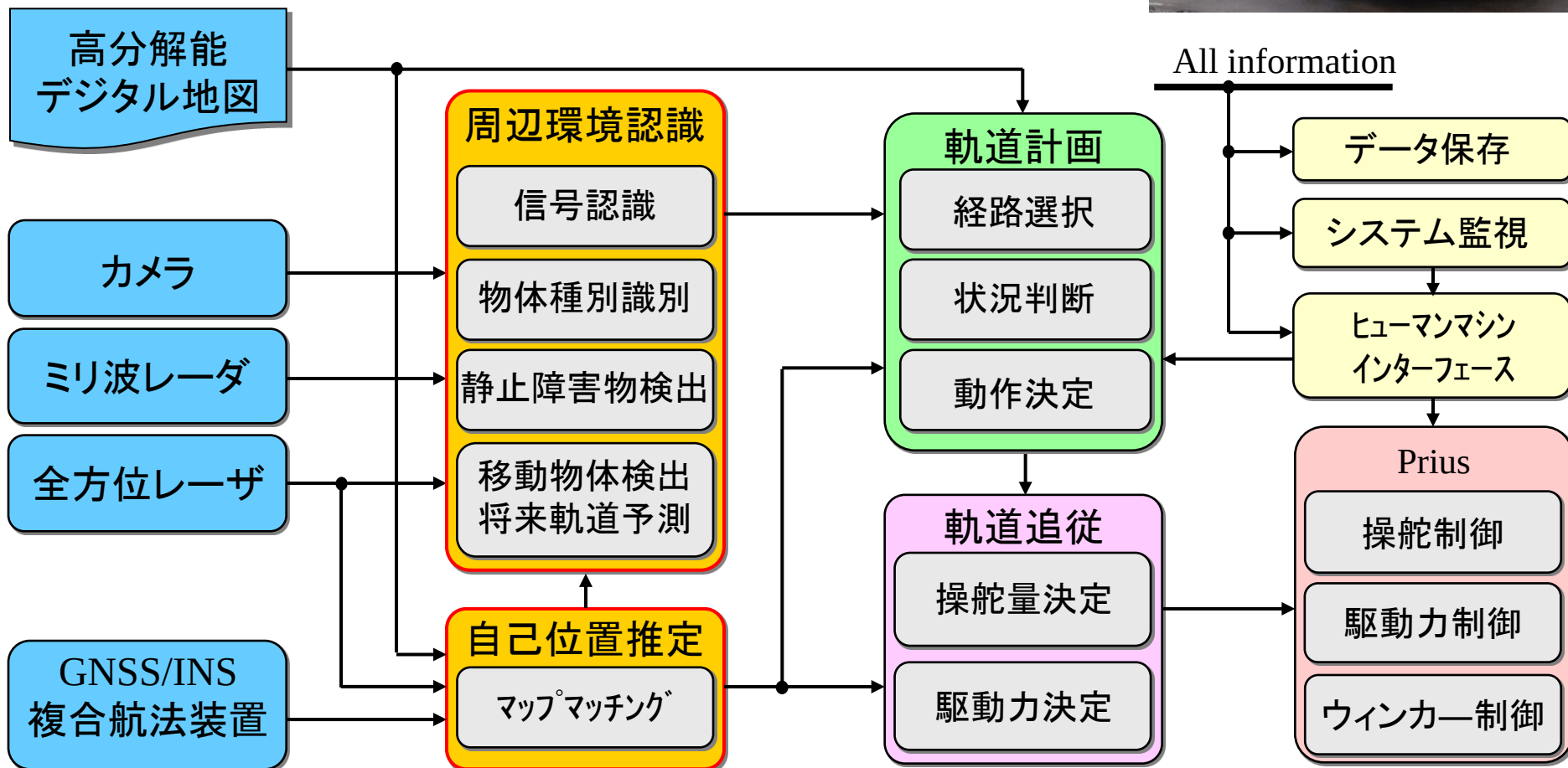
目次

- 近年を中心とした自動運転の歴史
 - 高速道路から一般道へ
 - ハードインフラからソフトインフラへ
- 金沢大学の取り組み
 - これまでの取り組みと自動運転車両の概要
 - 自動運転に必要な技術とAIの果たす役割
- 自動運転の要素技術とキーテクノロジー
 - 地図生成と自己位置推定
 - カメラによる周辺環境認識
 - LiDAR, RADARによる周辺環境認識
- 実証実験の概要
 - 高齢過疎地域の例(石川県珠洲市全域)
 - 都市部における例(石川県金沢市中心部)
 - 寒冷地における例(北海道網走市, 大空町周辺)
- まとめ
 - 現状と将来の課題



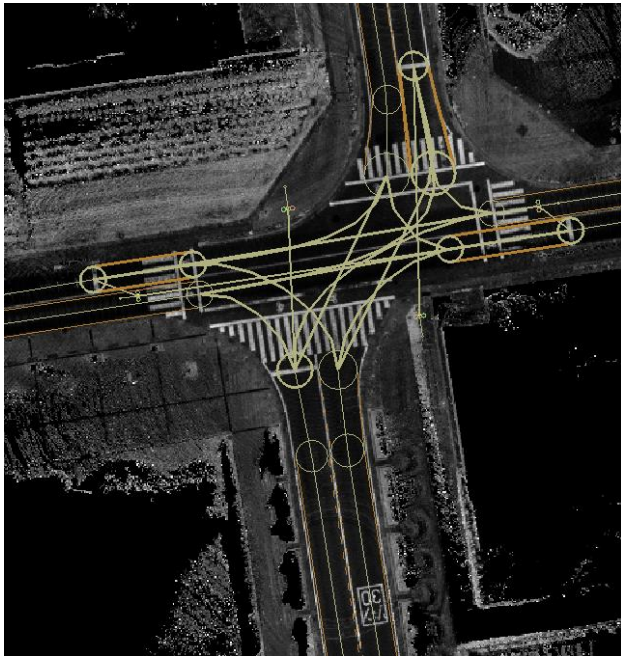
金沢大学の 自動運転システム

分散処理システム (UDP/IP, TCP/IP)

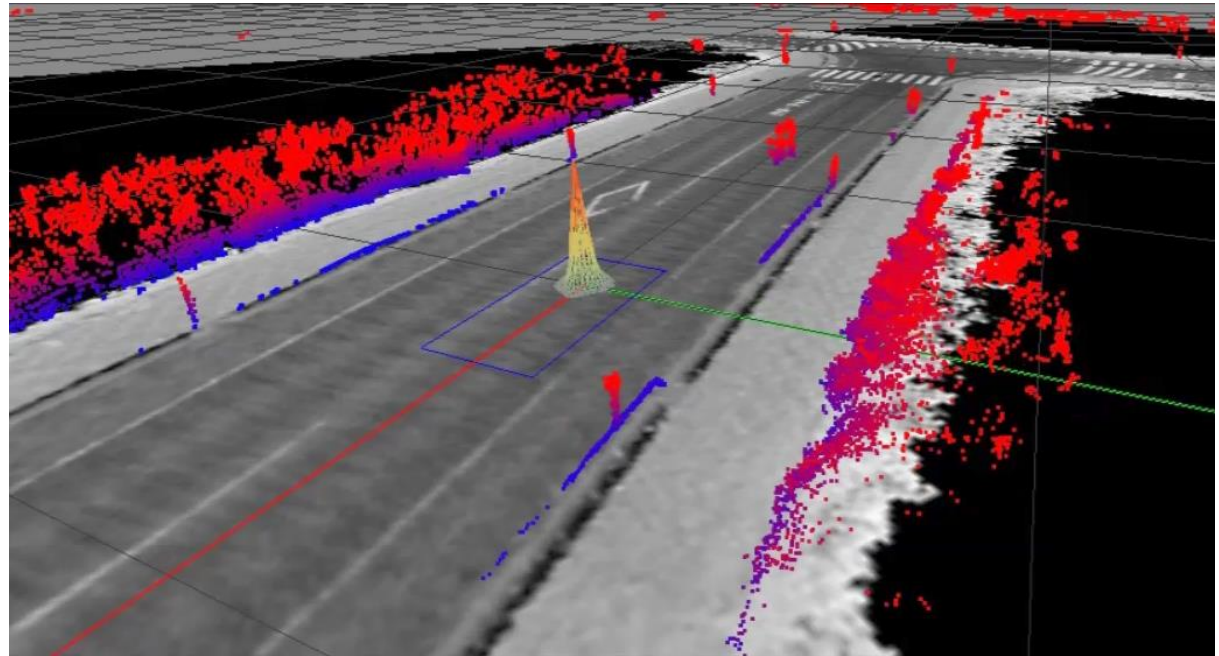


地図と自己位置推定

- 2Dベクトル地図(道路ネットワーク地図)
 - 2Dオルソ画像(自己位置推定用地図)を基に入力
- 地殻変動や地図誤差(トンネルなど)に対するロバスト性
 - オルソ画像に対して相対的な位置を推定
 - 相対的に矛盾のない自動運転が可能

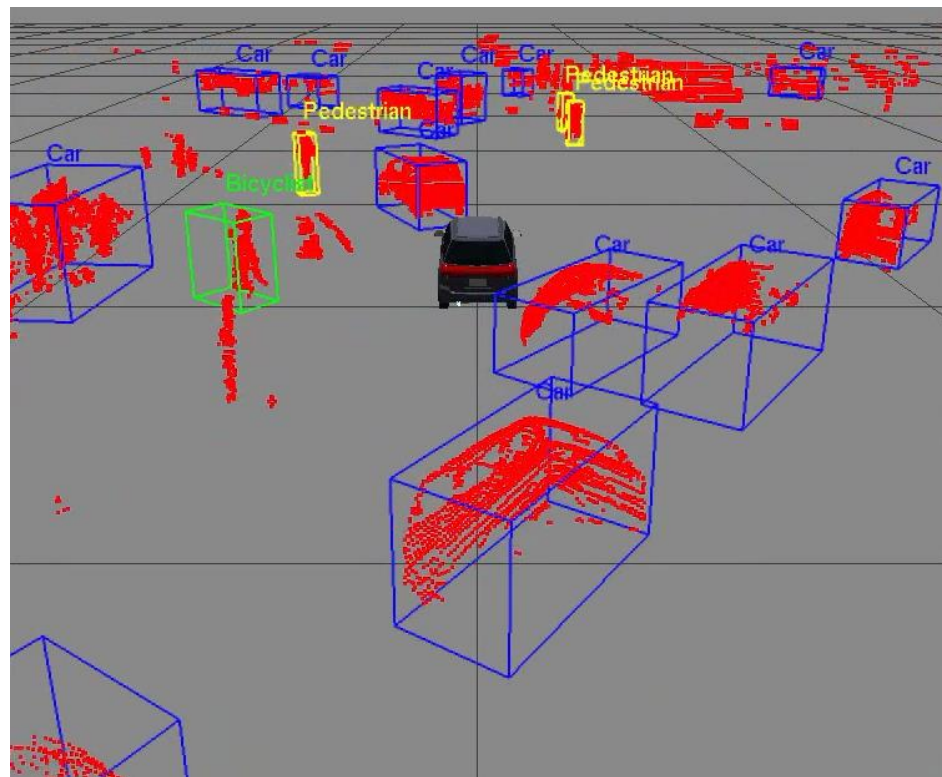
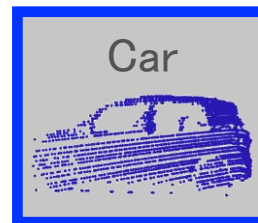
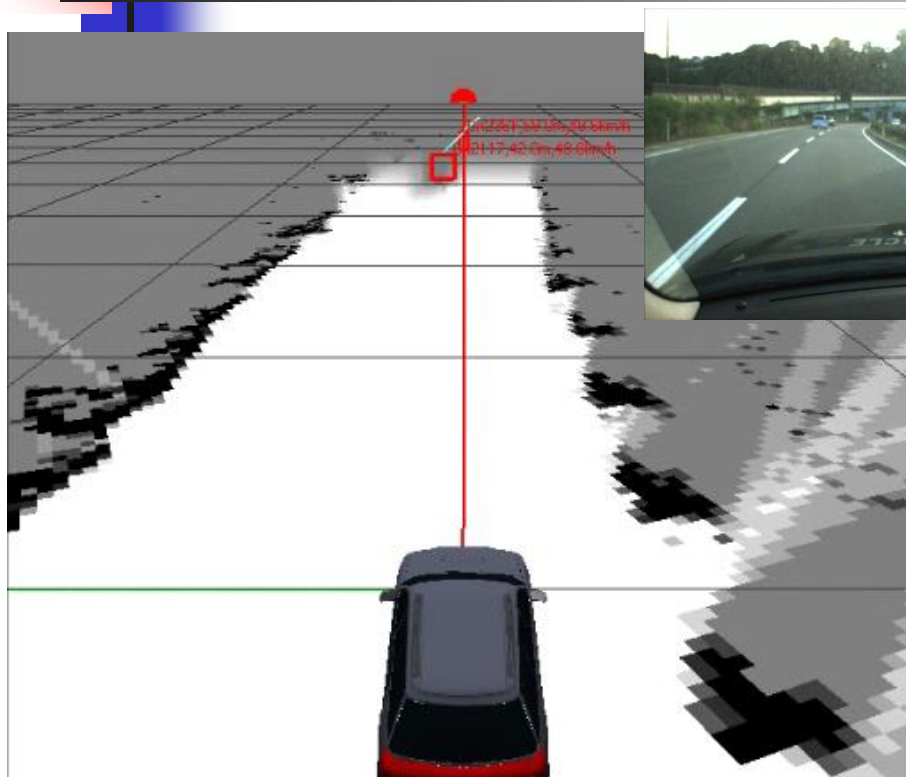


ベクトル地図とオルソ画像



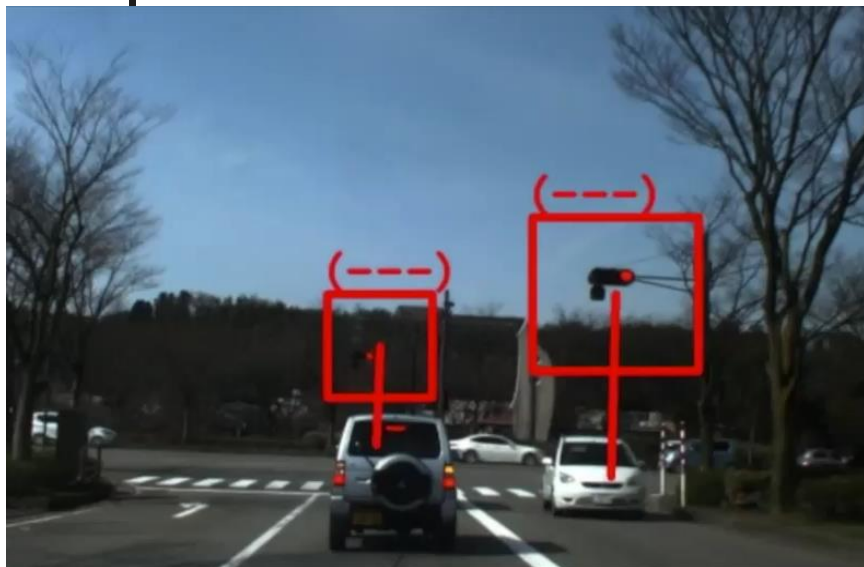
自己位置推定の様子

LIDAR, RADARに基づく走行空間認識



- 走行可能空間の明確化
- 移動物体の抽出
- 運動状態推定と軌道予測
- 物体種別識別

カメラによる走行空間認識

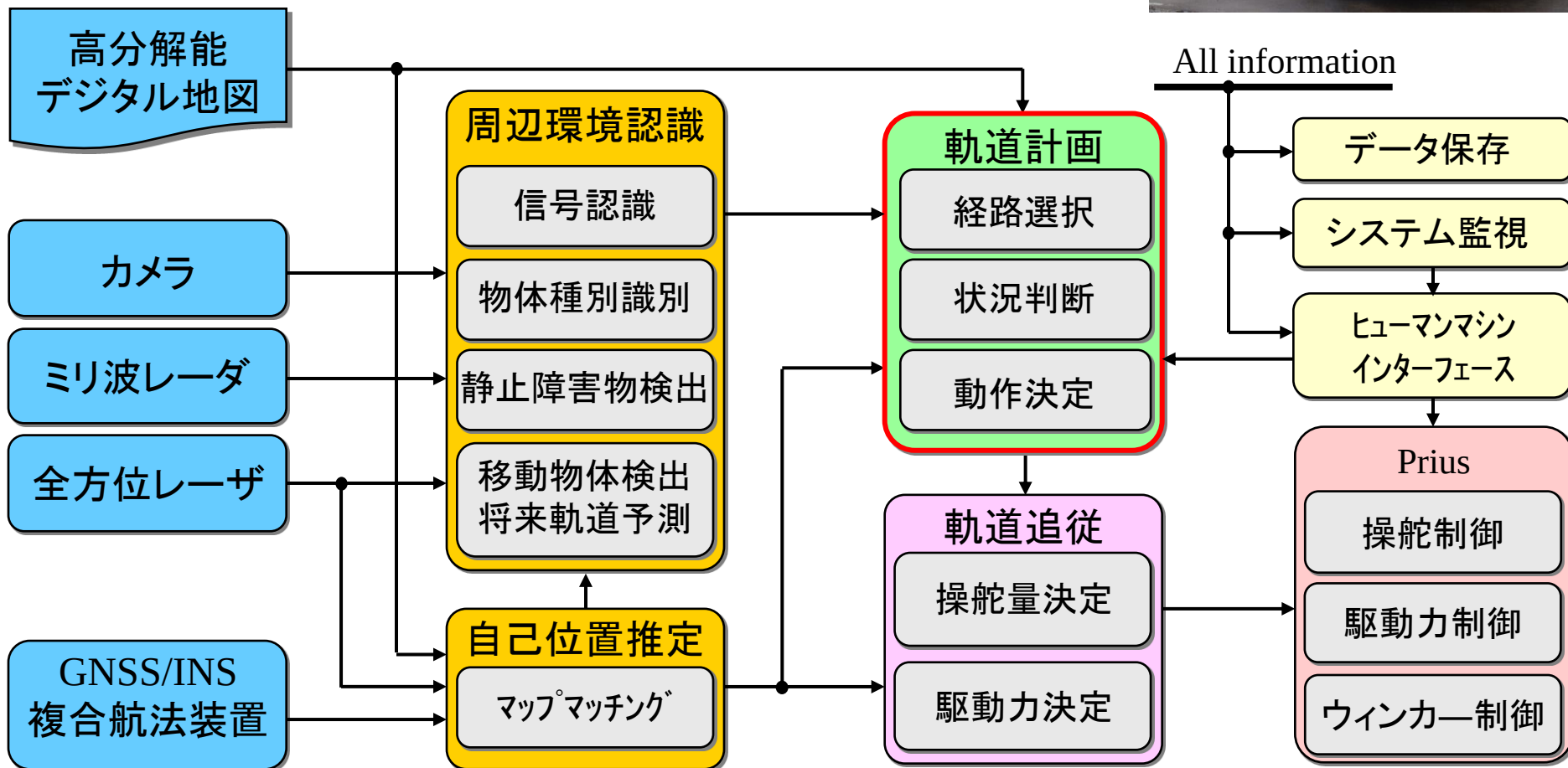


- 信号機認識
- 車両検出と追跡
- ウィンカー認識
- Semantic segmentation



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)



レイヤ型パスプランナ

- High Level

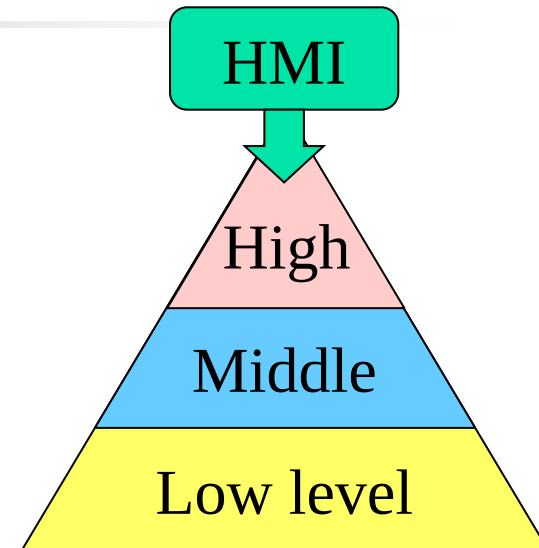
- 目的地, 走行速度設定 (HMI)
- デジタル地図に基づく経路選択

- Middle Level

- 交通ルールへの準拠
- Finite State Machine (FSM) に基づく行動決定
 - 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！

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

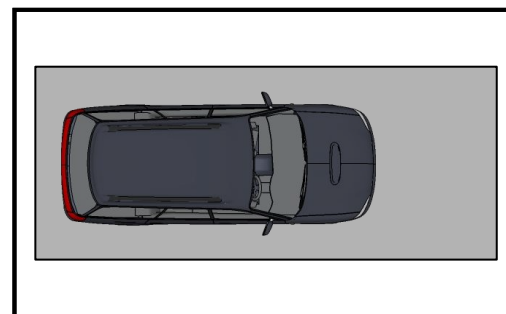
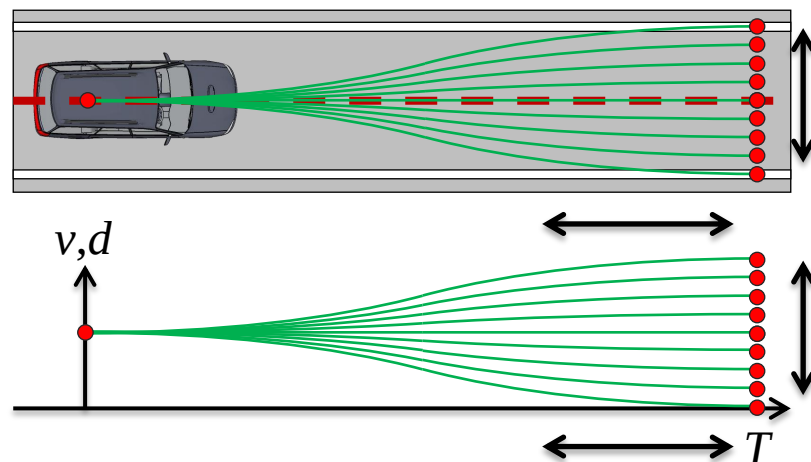
- Highly Dynamic Environment
- 経路パターン, 速度(距離)パターンの組合せ
- 安全性の事前シミュレーション

■ 衝突しない滑らかなパターンを選択

- 10Hz

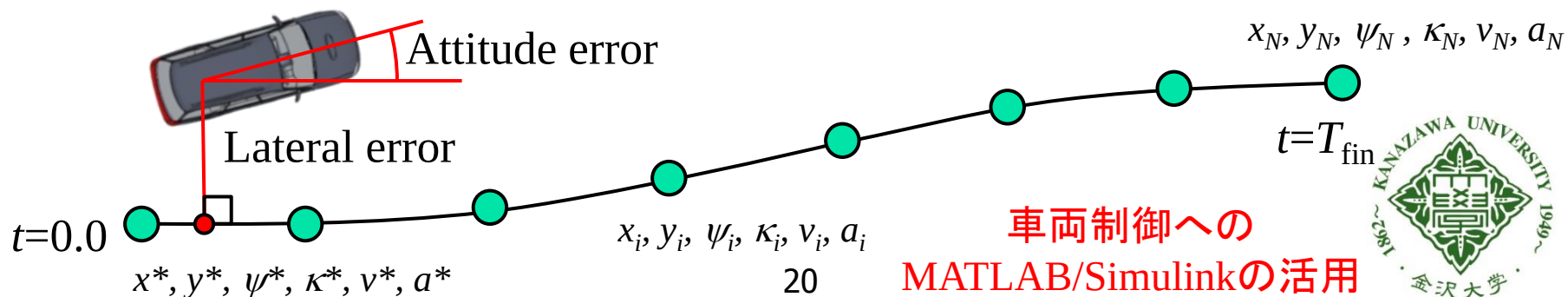
■ 衝突判定

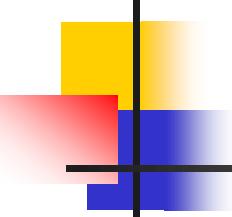
- 車両シルエットの重ね合わせ
- 大きさを持った剛体



制御アルゴリズム

- Path plannerから送信される情報
 - t 秒後までの軌道情報
 - 位置 (x,y) , 姿勢 ψ , 曲率 κ , 速度 v , 加速度 a
- 軌道追従制御 (Feed Forward + Feed Back)
 - フィードフォワード制御
 - 最近傍点探索: その時点での車両がとるべき運動情報
 - フィードバック制御
 - 横偏差, 方位偏差, 速度偏差をキャンセル





目次

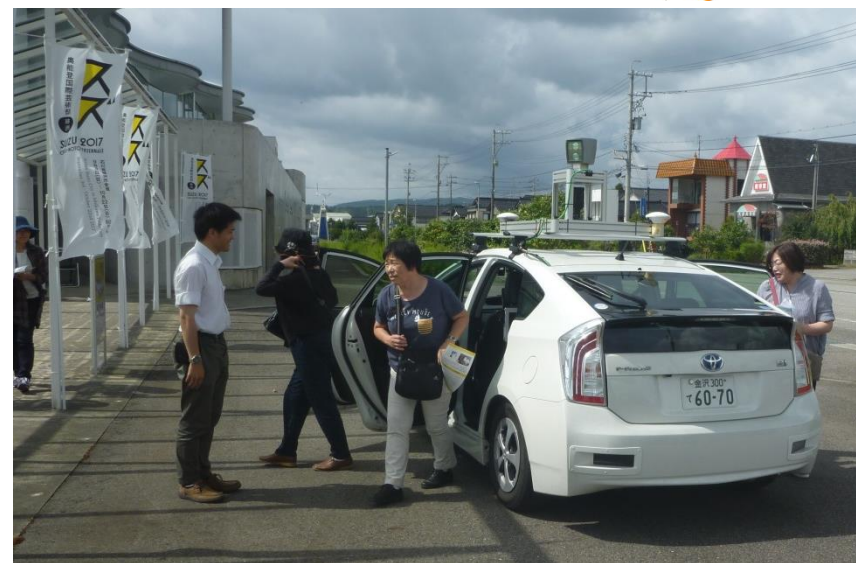
- 近年を中心とした自動運転の歴史
 - 高速道路から一般道へ
 - ハードインフラからソフトインフラへ
- 金沢大学の取り組み
 - これまでの取り組みと自動運転車両の概要
 - 自動運転に必要な技術とAIの果たす役割
- 自動運転の要素技術とキーテクノロジー
 - 地図生成と自己位置推定
 - カメラによる周辺環境認識
 - LiDAR, RADARによる周辺環境認識
- 実証実験の概要
 - 高齢過疎地域の例(石川県珠洲市全域)
 - 都市部における例(石川県金沢市中心部)
 - 寒冷地における例(北海道網走市, 大空町周辺)
- まとめ
 - 現状と将来の課題



高齢過疎地域の例 (石川県珠洲市全域)

過疎地での走行

- 自動運転の初期テスト(交通量少)
- **公共交通としての実証**(過疎地のニーズ)
- 石川県珠洲市 (H27国勢調査)
 - 人口総数 14,631人(**高齢化率 46.4%**)
 - 鉄道廃止済み, バスタクシーの不足
- 奥能登国際芸術祭
 - 2017年9月～10月(約800人の一般人の試乗)



石川県珠洲市での自動運転

注)2倍速



自動運転自動車の安全性

- 信号無視の自転車, 対向車, 信号機の同時判断



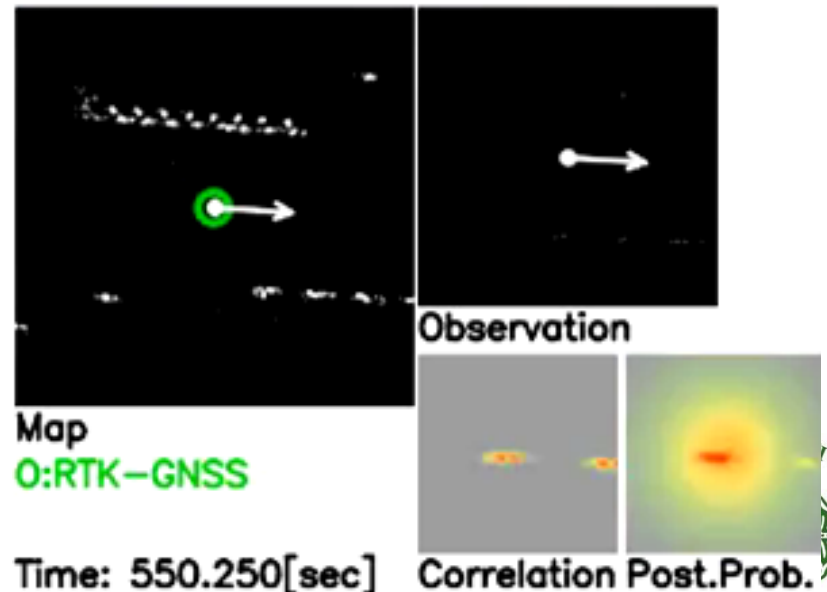
都市部における例 (石川県金沢市中心部)

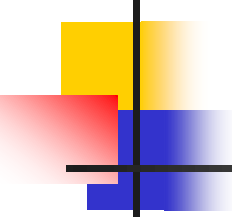
- 都市部の走行
 - 複数車線, 交通量
 - 交差点(矢印信号, サイズ)
- 走行の難しさ
 - 都市部vs.過疎地
 - 都市部の方がむしろ簡単



寒冷地における例 (北海道網走市, 大空町周辺)

- 冬期の寒冷地での走行
 - 積雪, 降雪時の課題解決
 - 網走市市街地
～女満別空港周辺など
- 自己位置推定
 - RADAR (76GHz)
 - 積雪時でもGNSSレス





目次

- 近年を中心とした自動運転の歴史
 - 高速道路から一般道へ
 - ハードインフラからソフトインフラへ
- 金沢大学の取り組み
 - これまでの取り組みと自動運転車両の概要
 - 自動運転に必要な技術とAIの果たす役割
- 自動運転の要素技術とキーテクノロジー
 - 地図生成と自己位置推定
 - カメラによる周辺環境認識
 - LiDAR, RADARによる周辺環境認識
- 実証実験の概要
 - 高齢過疎地域の例(石川県珠洲市全域)
 - 都市部における例(石川県金沢市中心部)
 - 寒冷地における例(北海道網走市, 大空町周辺)
- まとめ
 - 現状と将来の課題



自動車の自動運転における技術的問題点

- センサ種別・レイアウト・検出範囲
 - 個別のセンサの能力不足
 - 検知距離, カメラのダイナミックレンジなど
 - センサフュージョン
- 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



北海道網走市周辺



その他周辺の課題

- 自動運転自動車への期待
 - モビリティ革命
- 技術的課題
 - コスト, ロバスト性
 - いずれ解決可能
- 法律的課題
 - ジュネーブ交通条約
 - 道路交通法
- 事故の責任問題
 - 自動運転で事故は削減可能
 - 単独車両の自律化で事故0が実現できるか？
- 社会受容性の向上
 - 社会が自動運転技術を受け入れるシナリオは？
- 保険制度の拡充

