

# 自動運転技術の現状と課題



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
  - 未来社会創造研究コア 自動運転ユニット
- メンバー(教職員7名, 学生11名)
  - 教員: 菅沼准教授, 米陀助教,
  - 博士研究員: M.A. Aldibaja, 柳瀬龍(現在募集中)
  - 研究員: 倉元昭季, 亀山純哉
  - 秘書: 北川智美, 学生: 7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
  - 白線認識から高精度地図の活用へ
- 金沢大学の取り組み
  - 取り組み概要と自動運転車両
  - 自動運転に必要な技術
- 自動運転の要素技術とキーテクノロジー
  - 周辺環境認識
  - 自己位置推定
  - 走行軌道生成
- 現在の開発状況
  - テストコースにおける開発と評価
  - 石川県珠洲市における公道実証実験
- 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

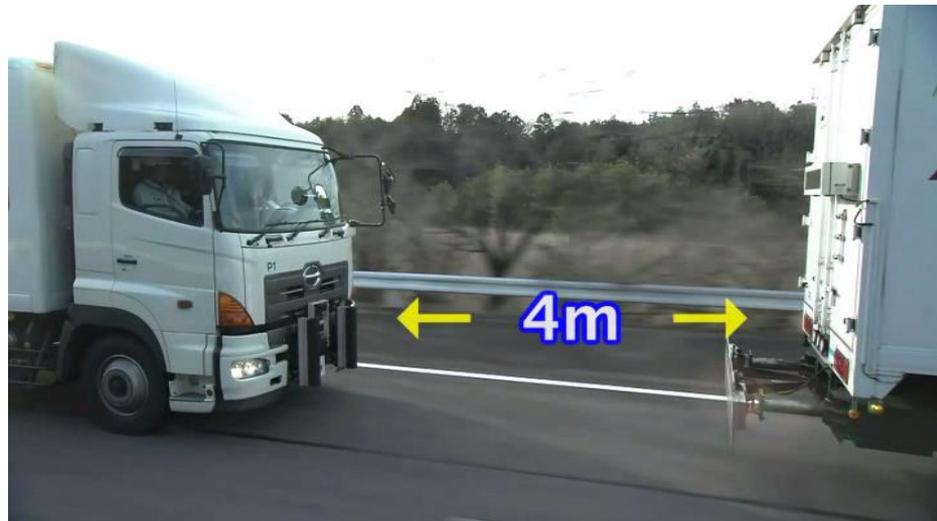
- 比較的単純な環境, 整備された道路
  - ハードインフラに依存
  - 走行空間の限定
- 日米欧で古くから盛んに研究

## ■ 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

- 近年になり研究が活発

### ■ 背景

- コンピュータ処理能力
- 人工知能(AI)
- 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



# 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
  - 白線認識から高精度地図の活用へ
- 金沢大学の取り組み
  - 取り組み概要と自動運転車両
  - 自動運転に必要な技術
- 自動運転の要素技術とキーテクノロジー
  - 周辺環境認識
  - 自己位置推定
  - 走行軌道生成
- 現在の開発状況
  - テストコースにおける開発と評価
  - 石川県珠洲市における公道実証実験
- まとめ
  - 現状と将来の課題



# 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



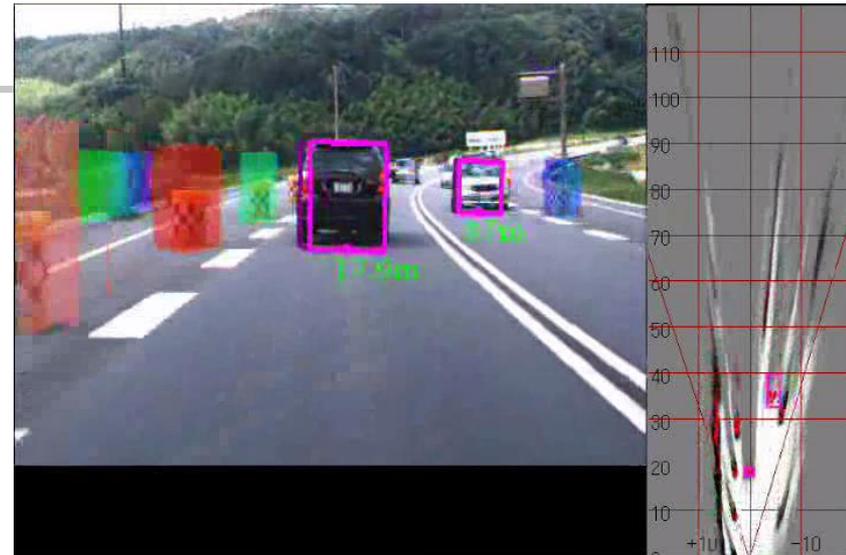
# 研究初期の自動運転車両 (1998~2008年)



障害物回避走行  
(2倍速)

無人走行  
(2008年頃@金沢大学際)

ステレオ  
ビジョン



# 現在の様子



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)



# 現在搭載しているセンサー

GNSSアンテナ

Velodyne HDL-64E S2

カラーカメラ

IBEO LUX

IMU

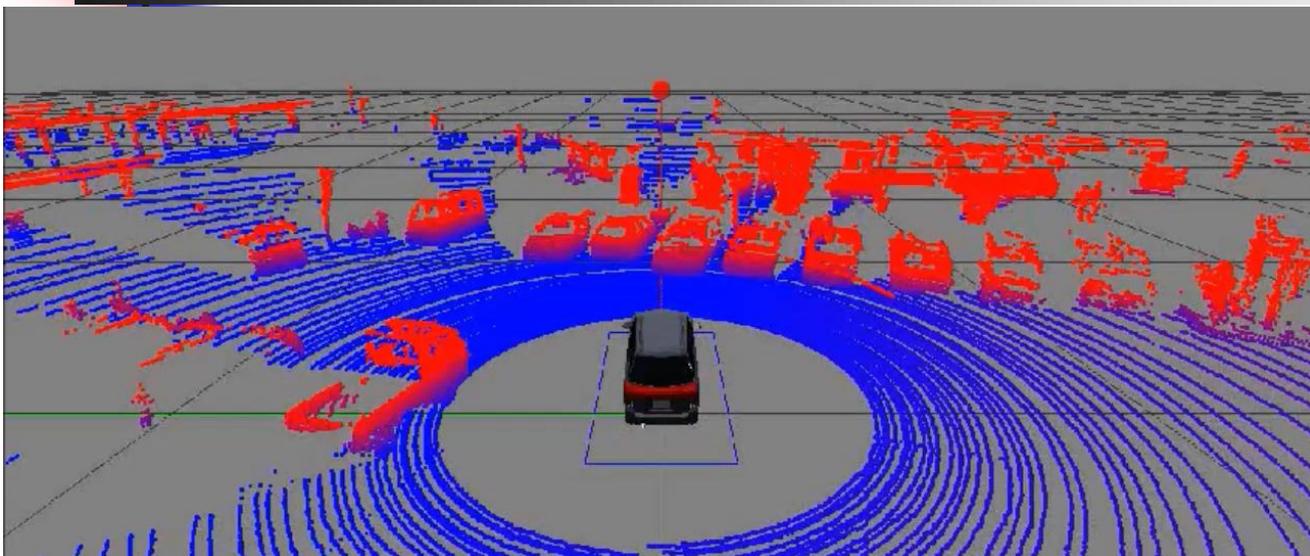
車速センサ

IBEO LUX ミリ波レーダ

IBEO LUX ミリ波レーダ

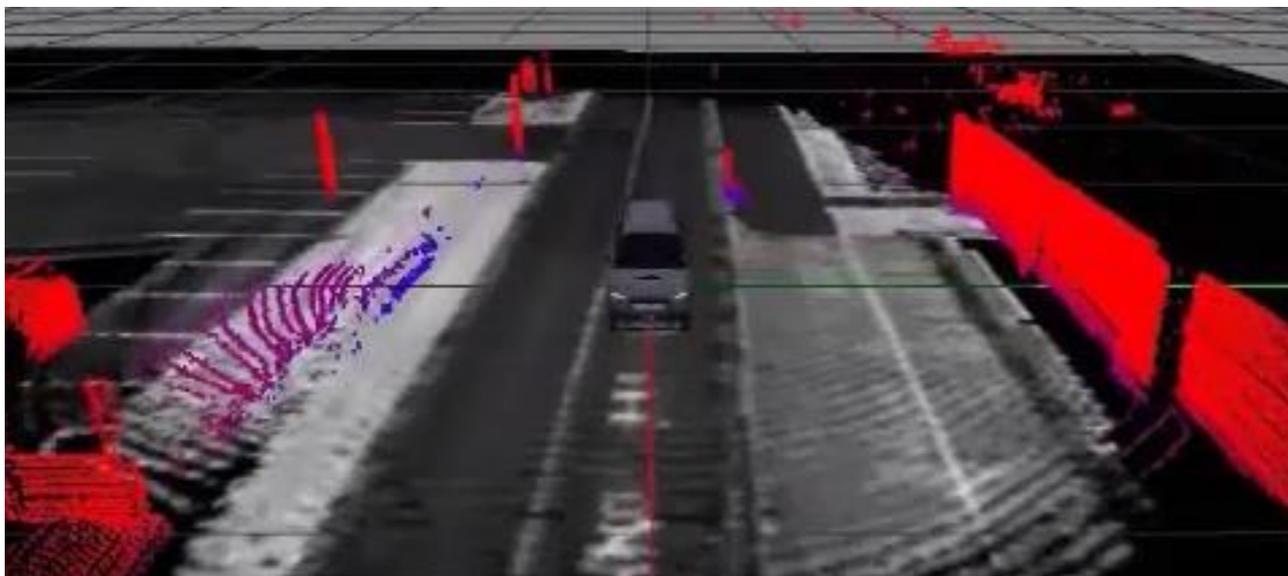


# LIDARが見た周りの世界



3次元空間の把握

昼夜を問わない  
認識



道路ペインティング  
の読み取り

# 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
  - 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
- 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

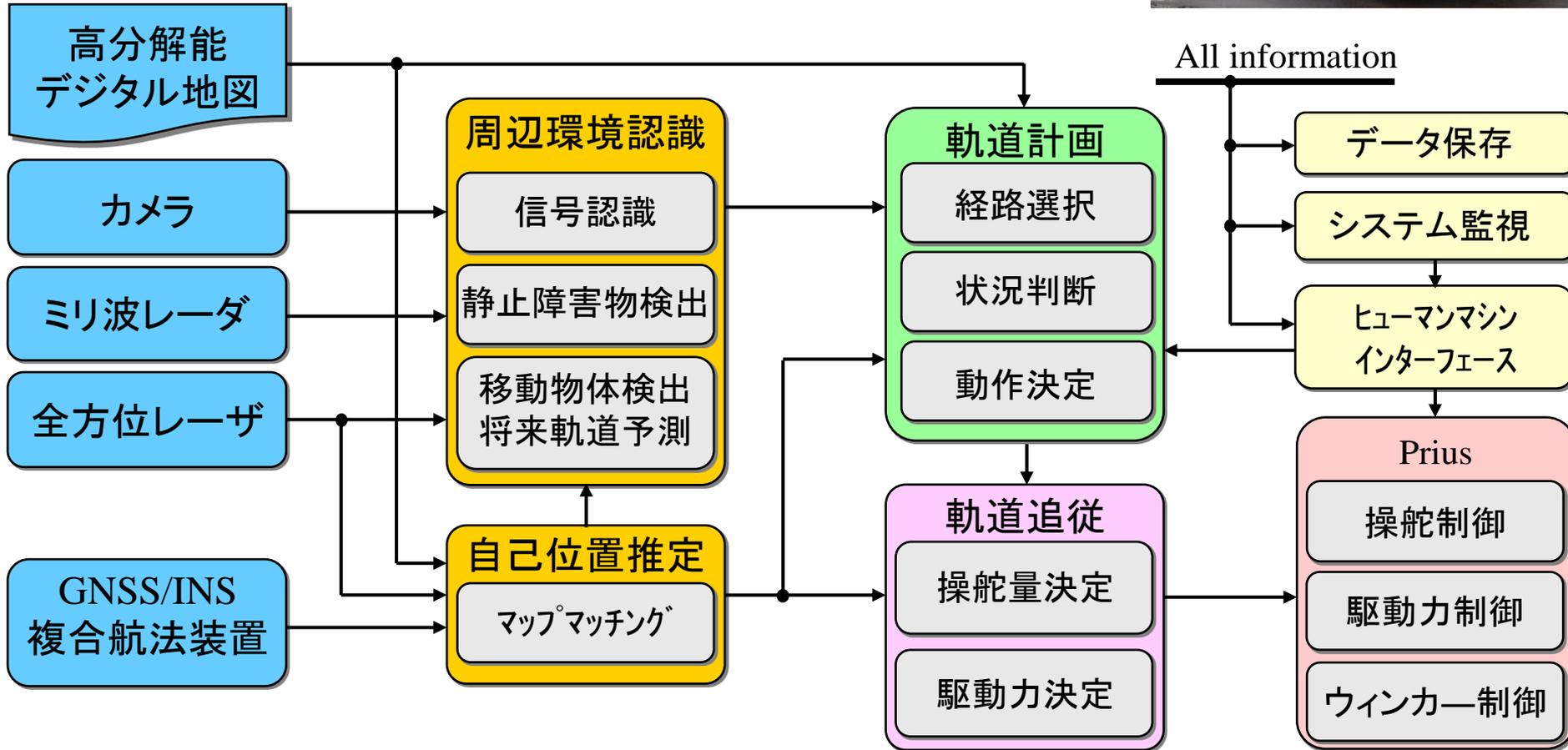
# 目次

- 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
  - 白線認識から高精度地図の活用へ
- 金沢大学の取り組み
  - 取り組み概要と自動運転車両
  - 自動運転に必要な技術
- 自動運転の要素技術とキーテクノロジー
  - 周辺環境認識
  - 自己位置推定
  - 走行軌道生成
- 現在の開発状況
  - テストコースにおける開発と評価
  - 石川県珠洲市における公道実証実験
- まとめ
  - 現状と将来の課題

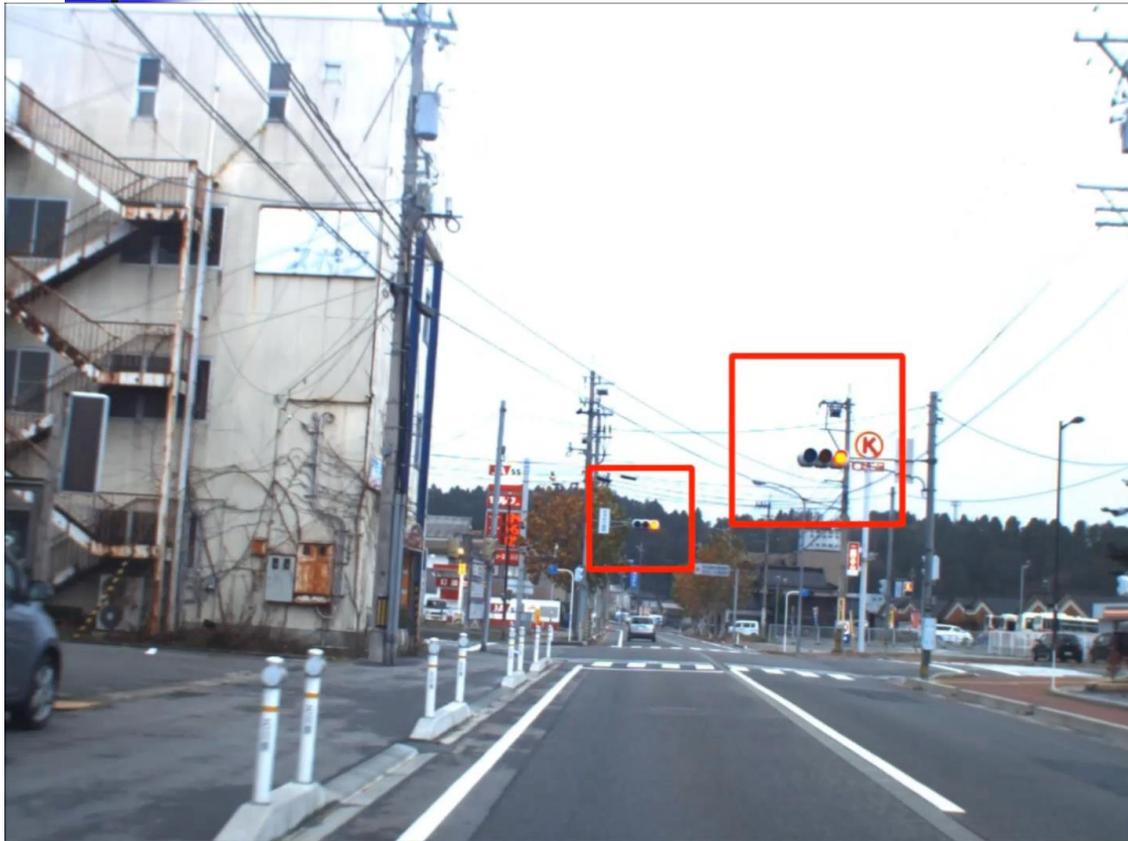


# 金沢大学の 自動運転システム

分散処理システム (UDP/IP, TCP/IP)



# カメラによる認識の例

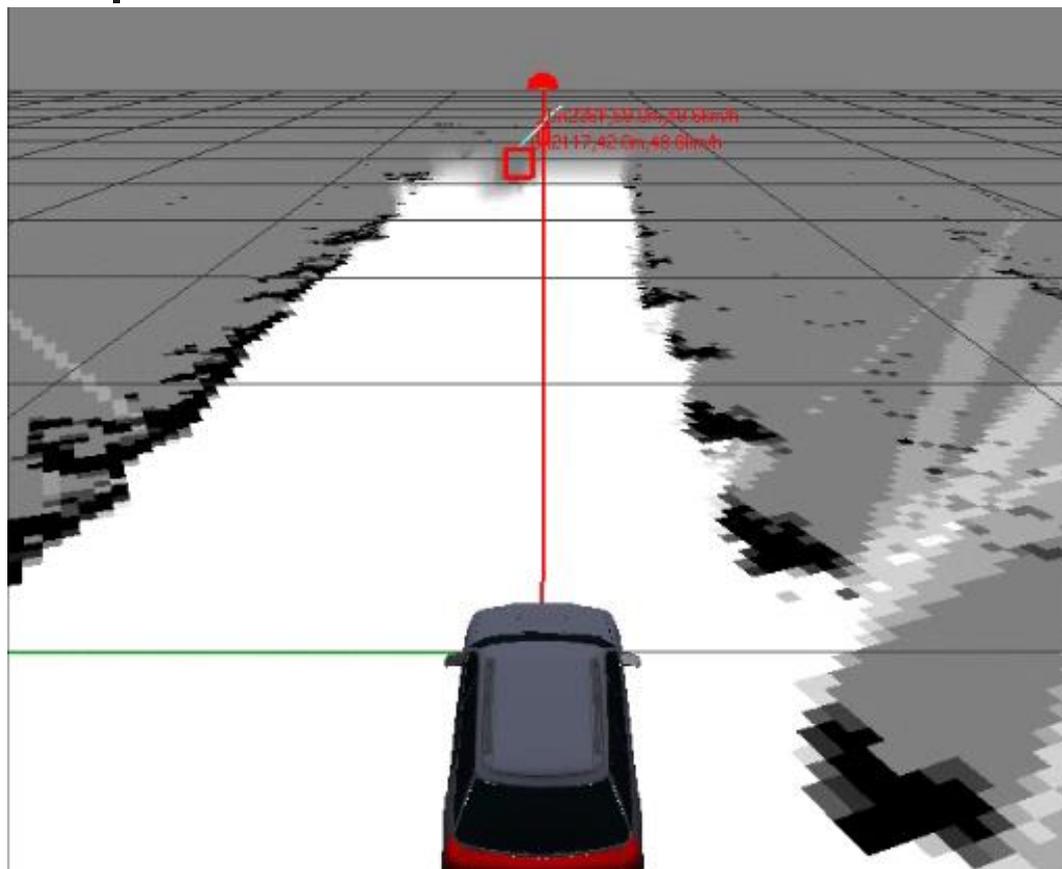


DNNによる  
Semantic segmentation

- 昼夜問わず認識可能
- 最大検出距離140m程度



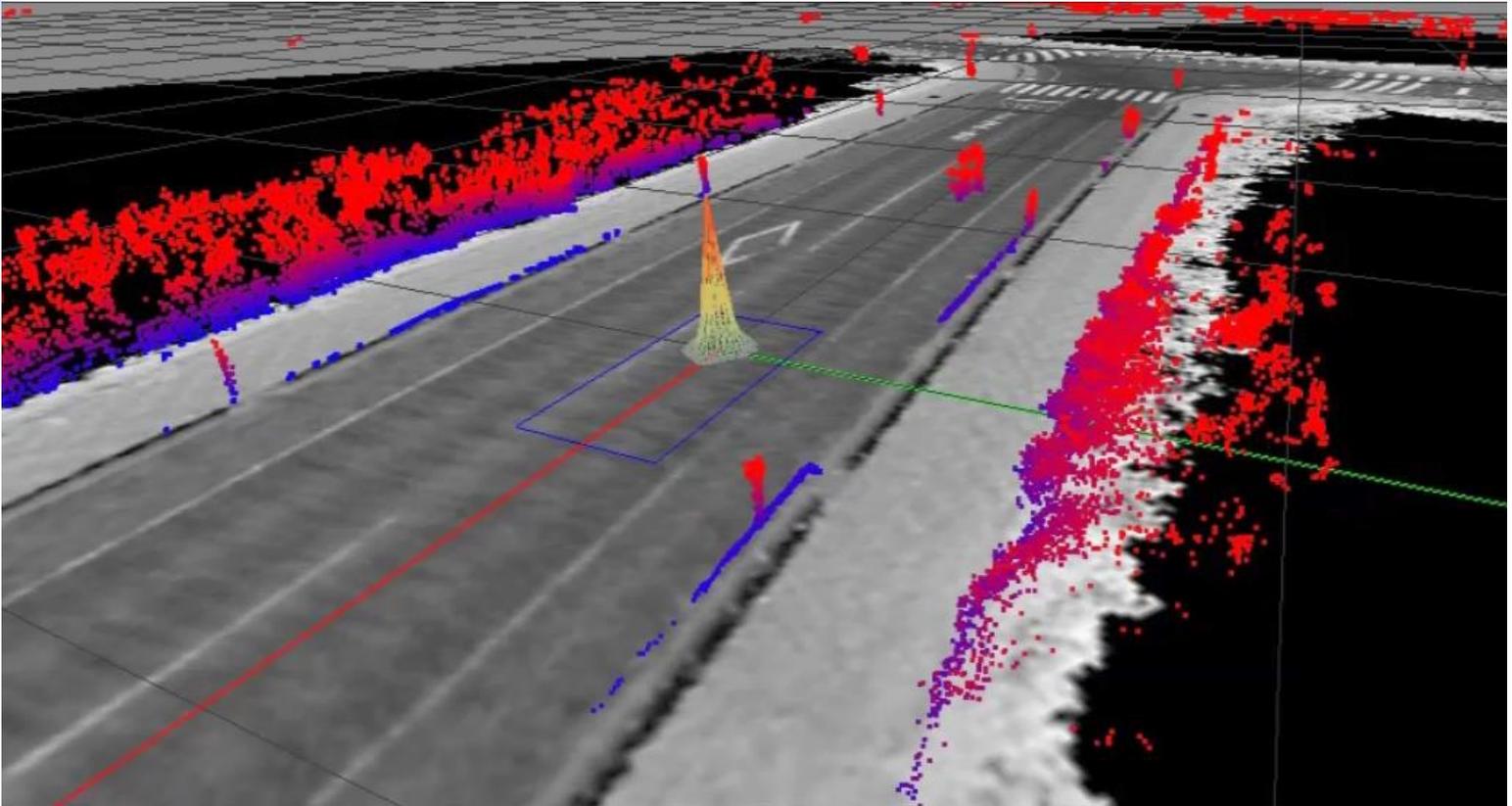
# レーザによる環境認識例



走行速度  
約60km/h

- 走行可能空間の明確化, 移動物体の抽出と軌道予測

# 自己位置推定の様子

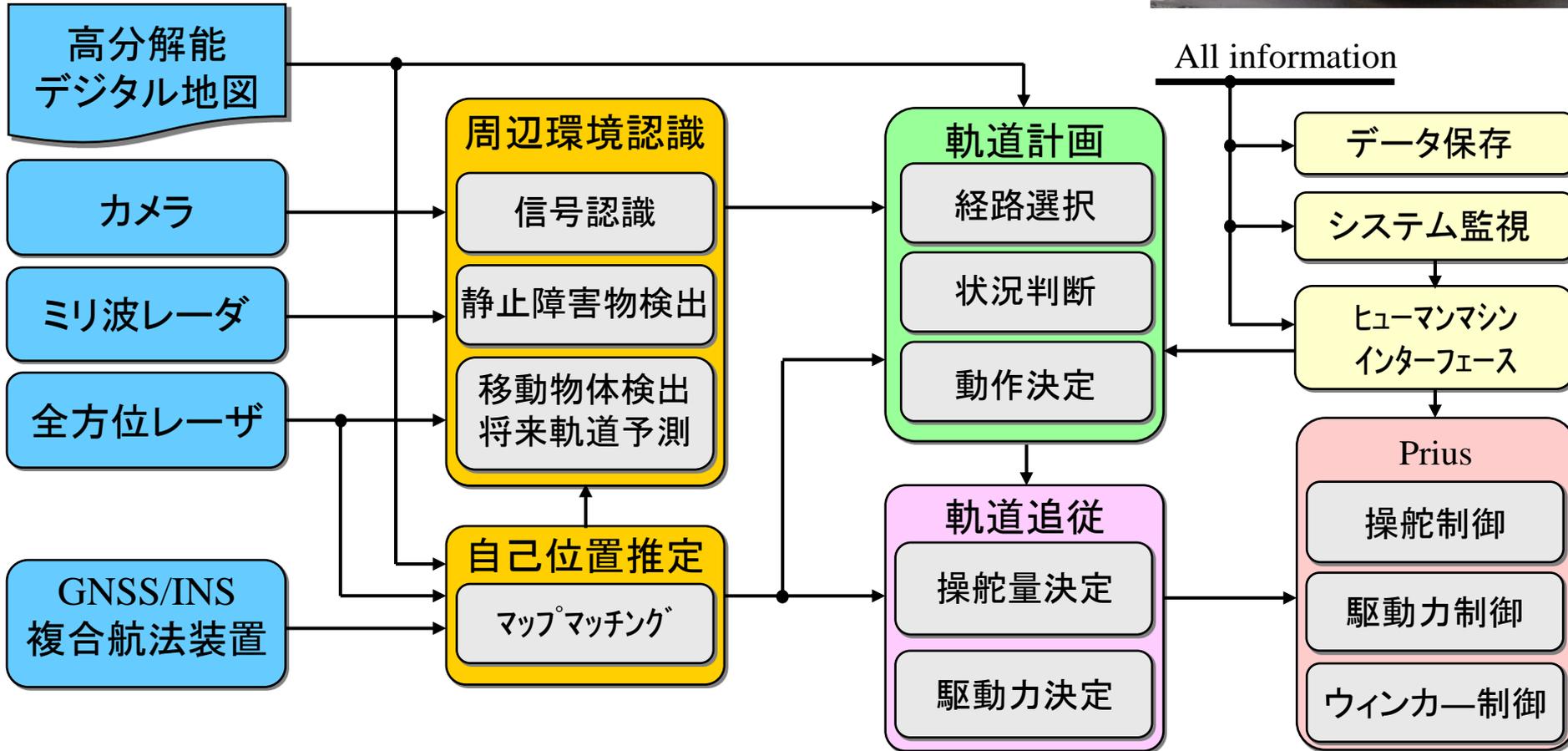


- 2次元地図(オルソ画像との照合)
- 約10cm程度の精度で推定可能
  - GNSS未使用, 昼夜関係なし(総務省SCOPE成果)



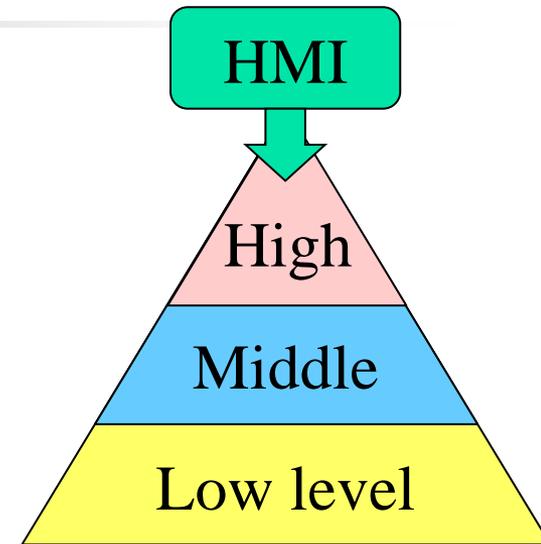
# 金沢大学の 自動運転システム

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

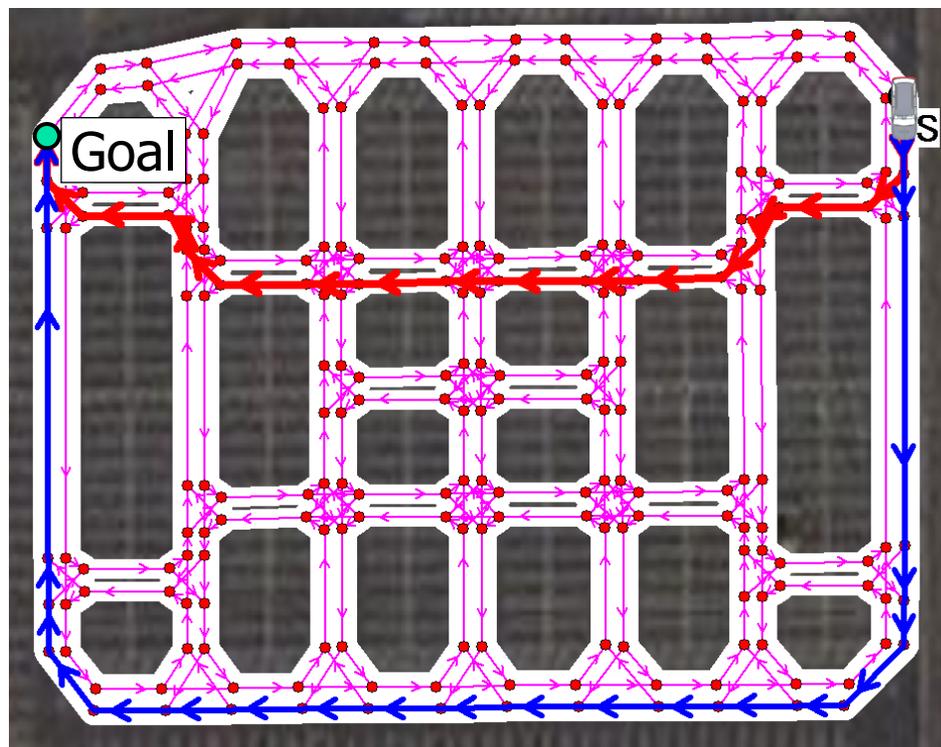


複雑な軌道生成を分かりやすく表現！



# 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

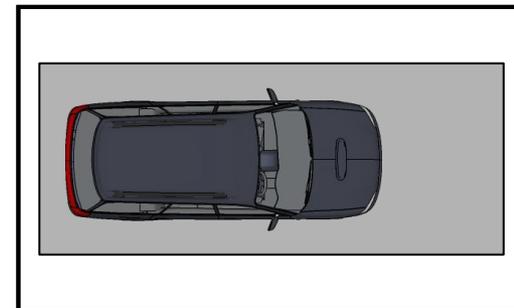
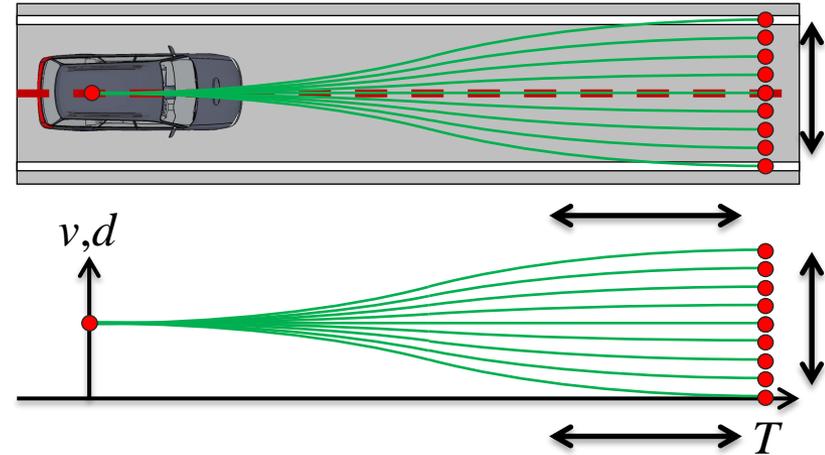
- Highly Dynamic Environment
- 経路パターン, 速度(距離)パターンの組合せ
- 安全性の事前シミュレーション

### ■ 衝突しない滑らかなパターンを選択

- 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



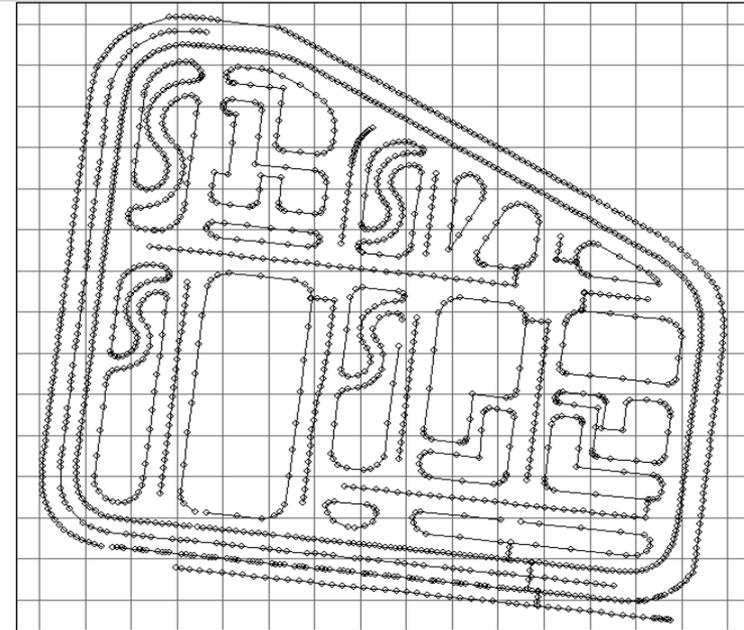
# 目次

- 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
  - 白線認識から高精度地図の活用へ
- 金沢大学の取り組み
  - 取り組み概要と自動運転車両
  - 自動運転に必要な技術
- 自動運転の要素技術とキーテクノロジー
  - 周辺環境認識
  - 自己位置推定
  - 走行軌道生成
- 現在の開発状況
  - テストコースにおける開発と評価
  - 石川県珠洲市における公道実証実験
- まとめ
  - 現状と将来の課題



# 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～2015年2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



# 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
- 市街地公道実証実験開始
  - 国内の大学初(2015.2.24)



# 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(公道走行開始から約1か月後)
  - 4月1日: 片道走破(6.6km)
  - 4月16日: 往復走破(13.2km)



**2015.2.24国内の大学初  
市街地公道実証実験開始!!**



山間部区間(GNSS信号, 携帯電波劣化)  
地図も2m程度ずれている区間



市街地区間(朝夕交通量大)

Googleマップより引用

鉢ヶ崎総合公園

# 新ルート概要

## 2015年10月～



道の駅すず塩田村

全長約60km

すず塩田村ルート

飯田地区市街地  
巡回ルート

旧ルート

鉢ヶ崎ルート

松波鶉島  
バイパスルート



道の駅すずなり



# 新ルートでの走行風景(ダイジェスト)

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



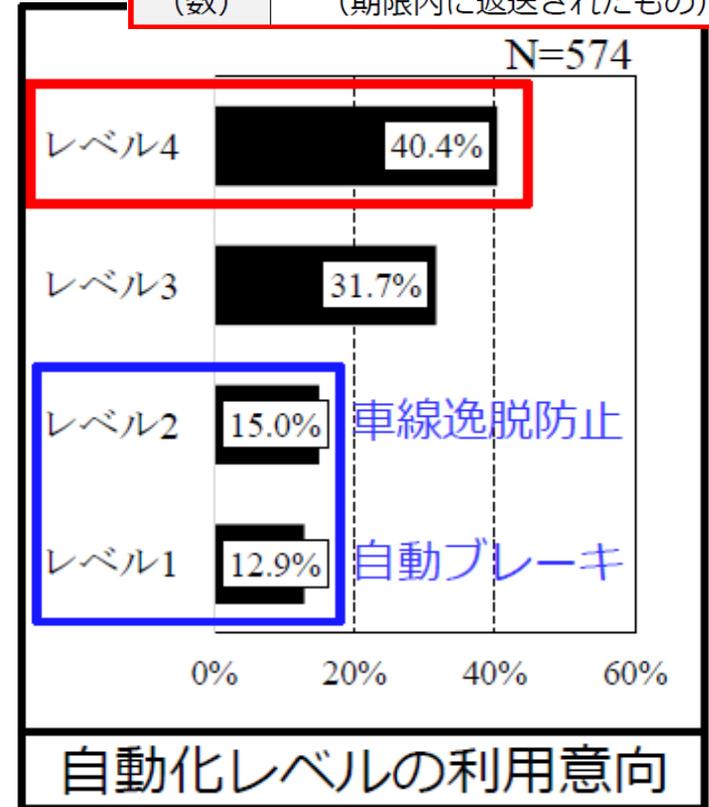
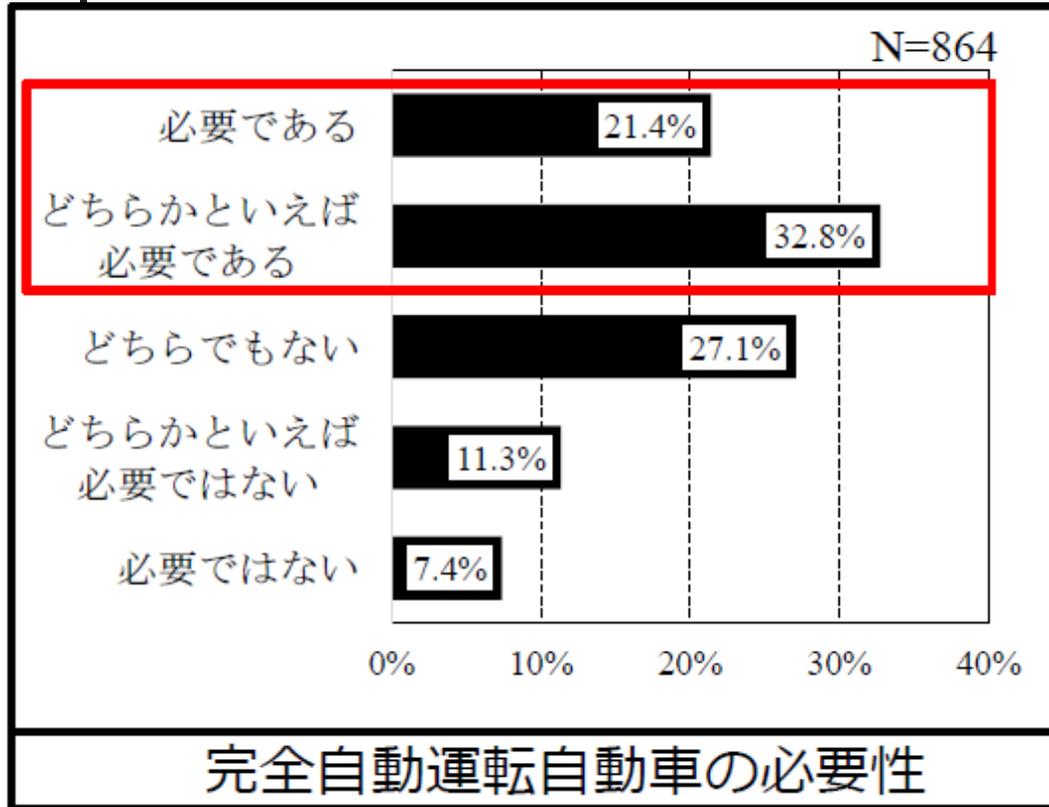
UNIVERSITY 1949

# 交通量の多い環境での自動運転



# 社会受容性評価 (アンケート調査結果)

項目	全年齢 (大人用)
調査期間	平成28年 10月～11月
調査方法	ポスティング配布・郵送回収
調査対象	無作為に抽出した珠洲市民 (学生・幼児を除く)
配布数	4000世帯(1世帯に2部ずつ配布)
回収率 (数)	15.8% (631世帯) (期限内に返送されたもの)



- 約5割の人が必要 (Lv.4が4割以上)
- 必要あり: 高齢者, 単身世帯, 中家族 (4, 5人)
- メリット: 交通事故減少, 移動時間有効活用



# 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
  - 白線認識から高精度地図の活用へ
- 金沢大学の取り組み
  - 取り組み概要と自動運転車両
  - 自動運転に必要な技術
- 自動運転の要素技術とキーテクノロジー
  - 周辺環境認識
  - 自己位置推定
  - 走行軌道生成
- 現在の開発状況
  - テストコースにおける開発と評価
  - 石川県珠洲市における公道実証実験
- まとめ
  - 現状と将来の課題



# 現状の問題点

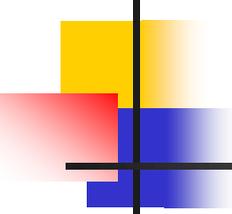
- センサ種別・レイアウト・検出範囲
  - 個別のセンサの能力不足
    - 検知距離, カメラのダイナミックレンジなど
    - センサフュージョン
- 物体識別
  - エキスパートドライバ
- ジェスチャー認識
  - 歩行者等
  - 工事現場, 警察官
- 気象条件
  - 大雨, 濃霧, 降雪
- 緊急車両対応
  - (音声認識+画像認識) or 通信



# 自動運転と事故の削減

- 技術的課題
  - コスト, ロバスト性
  - いずれ解決可能
- 無人化は別問題
  - 法律的課題
    - 手ばなし運転は違法
    - 現行条約, 法制度下
  - 事故の問題
    - 自動運転で事故は削減可能
    - 単独車両の自律化で事故0は難しい
    - 車両の性能はタイヤの性能で決まる
- 通信によるラストワンマイルの実現
  - 単独の車両では察知できない情報を事前取得
    - 事故を限りなく0に近づける(それでも事故0は難しい)
    - 通信への過度な依存は危険





# 謝辞

---

- 本研究の一部は，総務省 戦略的情報通信研究開発事業（SCOPE）地域ICT振興型研究開発「自動運転車の地域振興への活用に向けた研究開発（No.152305001）」を活用した成果です。

