

自律型自動運転自動車の開発



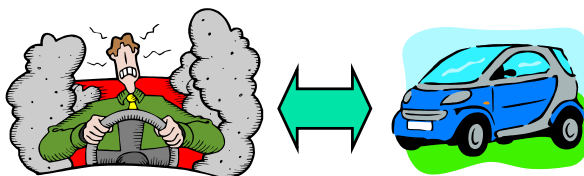
金沢大学 理工研究域
機械工学系

菅沼 直樹



研究背景

- 安全安心な車社会の実現
 - 運転支援システム



単なる足からの脱却

- 地域による交通格差
 - 公共交通機関の乏しい地方
 - 高齢社会の到来

➡ 自律型自動運転自動車の構築



研究動向 (高速道路での自動運転)

- 交通容量の増加等
 - 日米欧で盛んに研究
 - CHAUFFEUR, PATHなど
- エネルギーITS (NEDO)
 - 高密度隊列走行
 - 空気抵抗削減 CO2削減



研究動向 (一般道での自動運転)

- 複雑環境の理解・適切な判断
 - より高度な知能が必要
 - 単なる制御技術 高度な知能化 (AI, ロボット)
- DARPA (米国)
 - Grand Challenge
 - Urban Challenge
- その他
 - Google Car



米Stanford大HPより

自動運転に必要な技術

■ 周辺環境認識技術

- 周辺にどこに・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

現在の研究内容

- 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？



真にセンシングに要求される技術とは？

■ 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)

金沢大学 自律型自動運転車両



■ トヨタ・VISTA 2000年から開発

- 全自動運転可能(ステアリング・スロットル・ブレーキ・シフト)
- 障害物回避
 - 静止物体のみ考慮

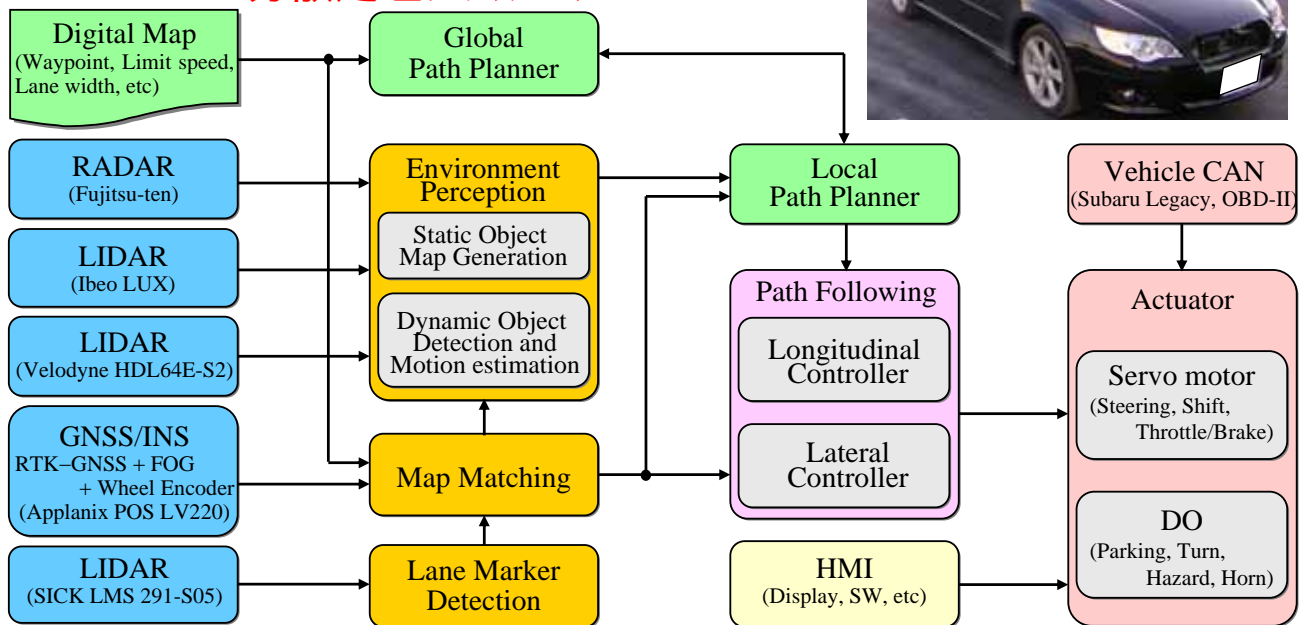
金沢大学 自律型自動運転車両



- スバル・LEGACY 2008年から開発
 - 全自動運転可能化改造中
 - ステアリング・スロットル・ブレーキ・シフト・パーキング・ウinker・ホーン
 - 東京モーターショー Smart Mobility City テストライド出展(12/2,3)

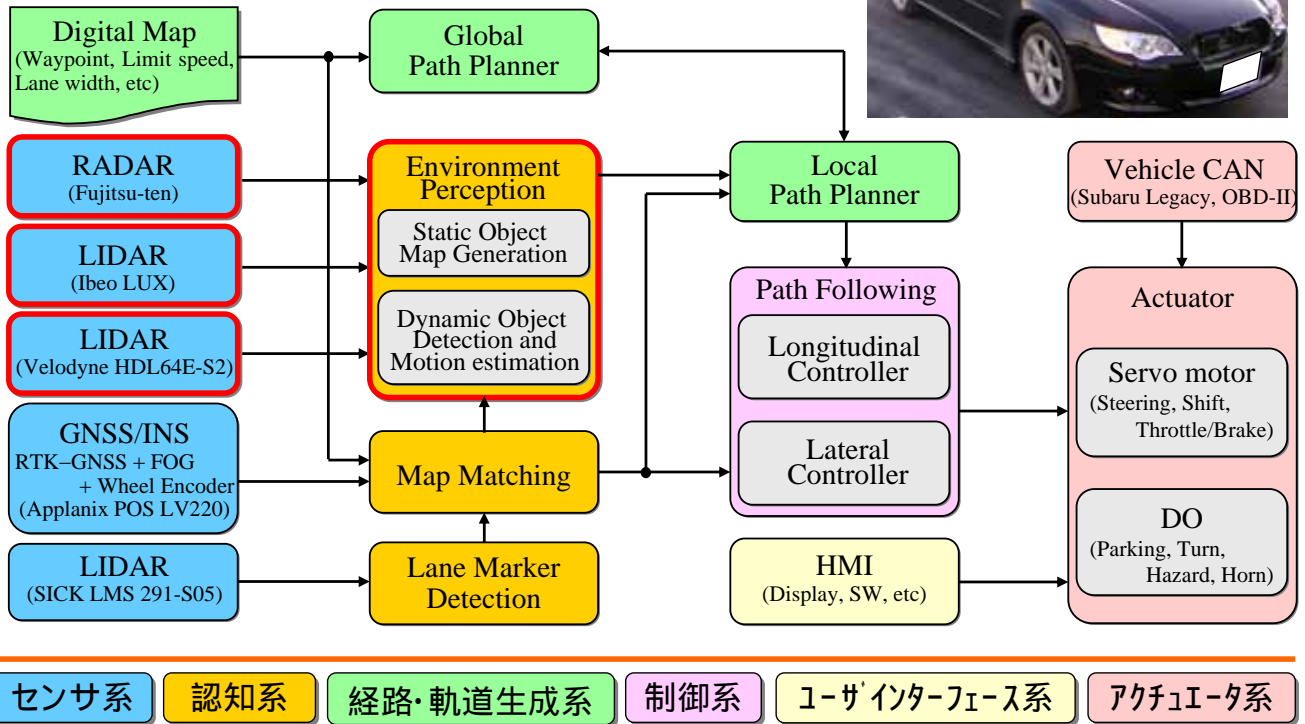
システム構成

分散処理システム

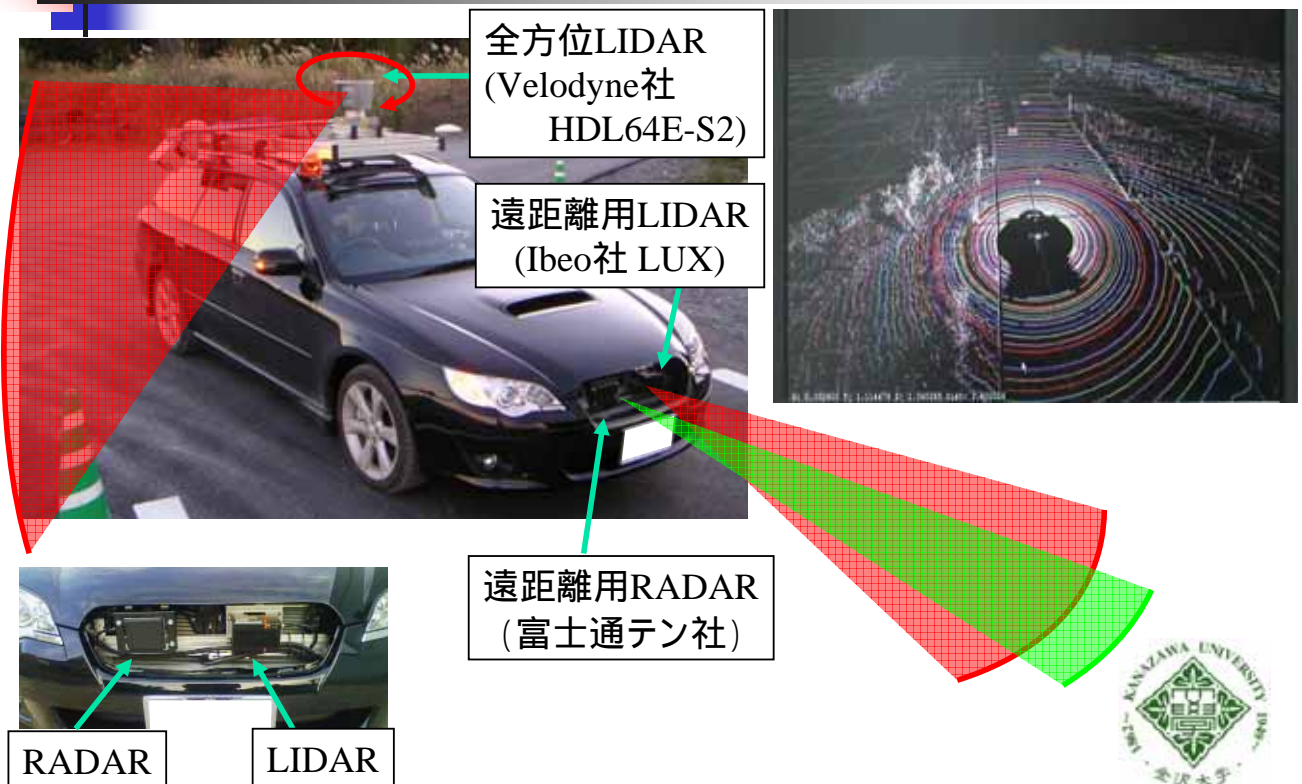


- センサ系
- 認知系
- 経路・軌道生成系
- 制御系
- ユーザインターフェース系
- アクチュエータ系

周辺環境認識

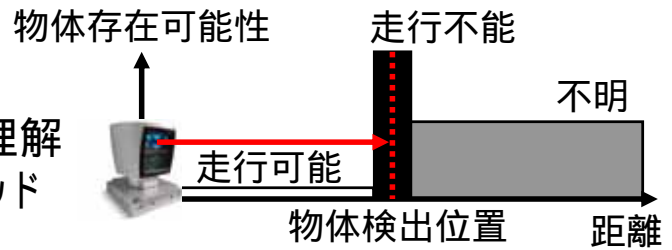


周辺環境認識センサ

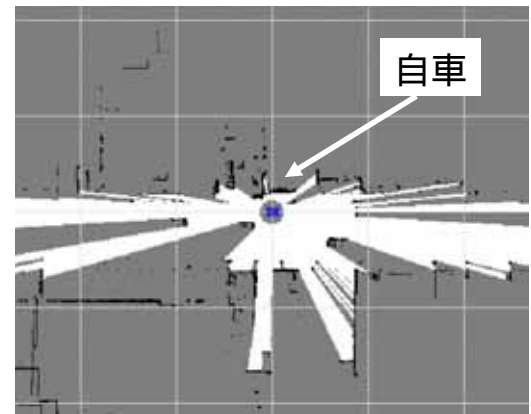


静止障害物マップの生成

- 周辺環境の認識
 - コンピュータによる容易な理解
 - 三次元点群 二次元グリッド

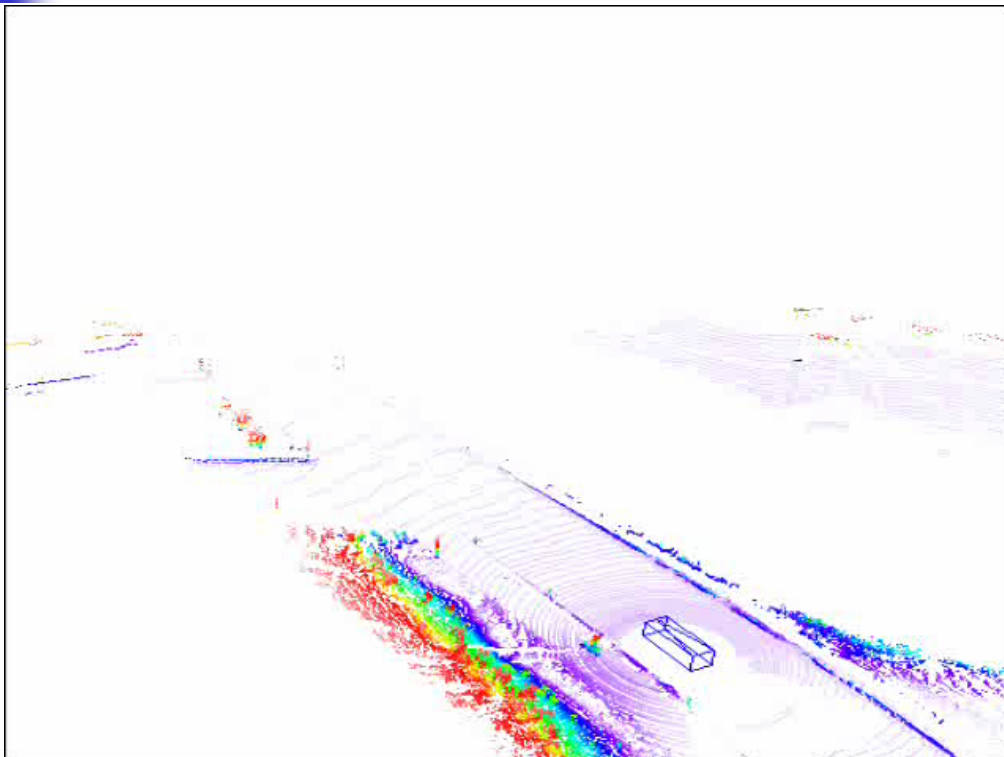


- センサ観測値の問題点
 - 一時的なオクルージョン
 - 物体(静止・移動)による死角
 - 誤検出・未検出
- Occupancy Grid Maps
 - 障害物マップの時系列累積
 - 物体の存在確率を計算
 - Binary Bayes Filter



□ 走行可能 ■ 走行不能 □ 不明

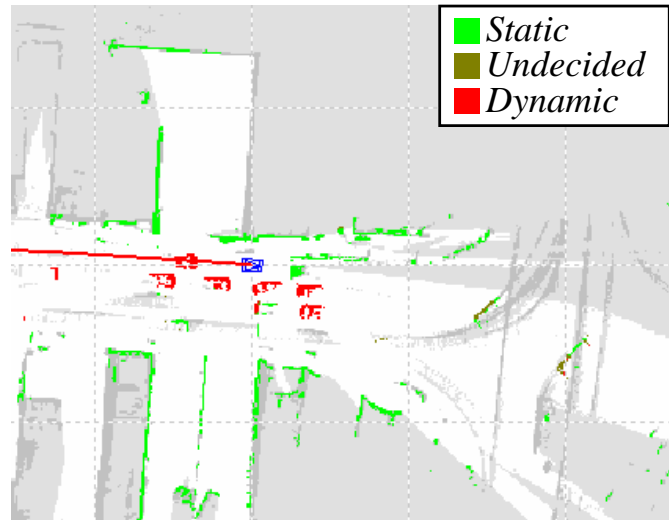
Occupancy Grid Mapsによる周辺環境認識



移動物体の抽出と追跡

■ 各グリッドへの移動状態の設定

- 時間の経過により
 - 静止物体 同じ場所に存在
 - 移動物体 違う場所に移動
- 変化のあったグリッドを検出

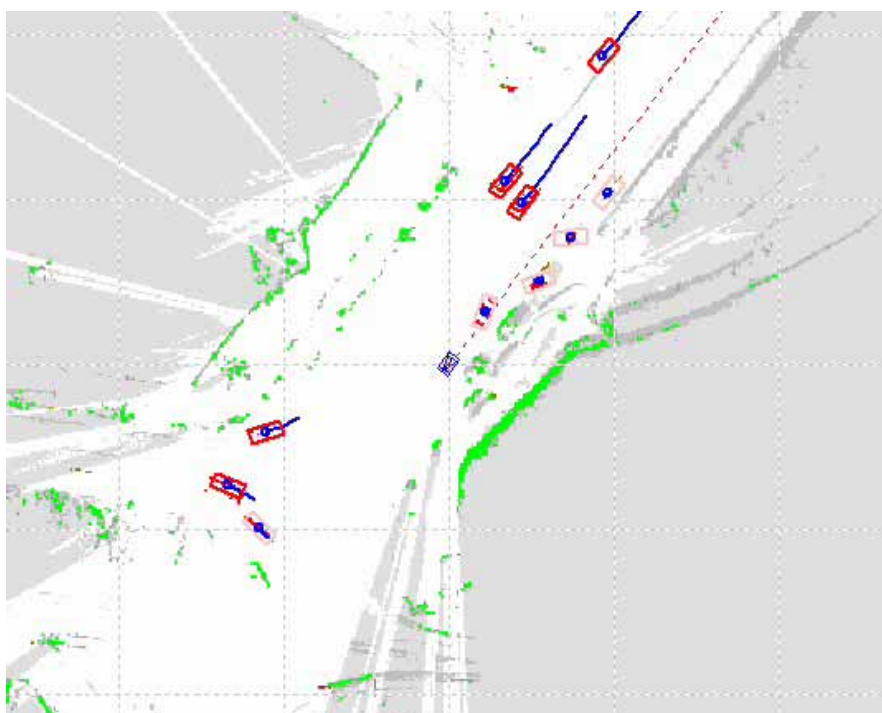


■ 物体の時系列的追跡

- 近い観測点をグループ化
- 運動推定
 - Extended Kalman Filter



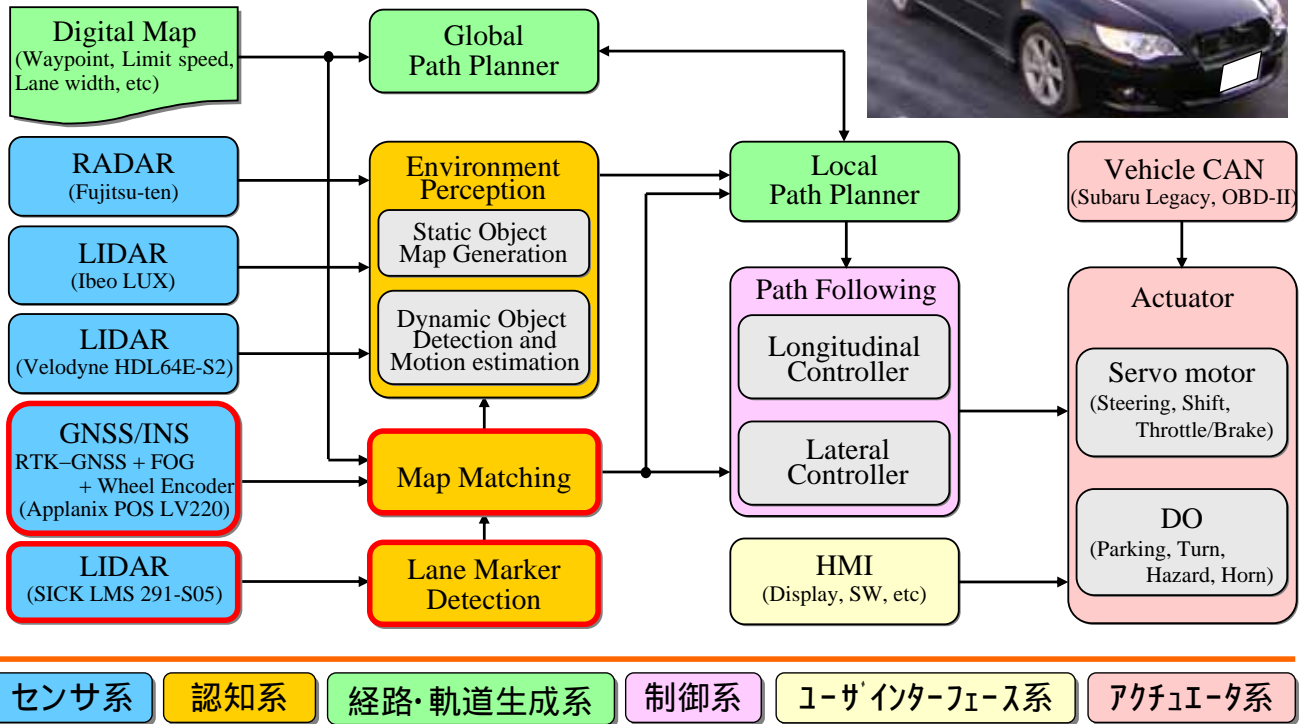
移動物体検出・運動推定結果



金沢市内走行時の認識結果

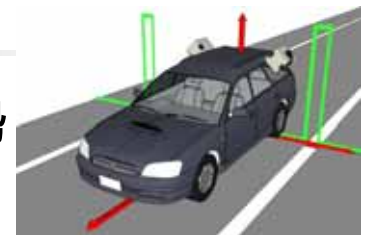


自己位置推定



自己位置推定センサ

- GNSS/INS複合航法装置 絶対位置姿勢
- LIDAR 白線相対位置計測



GNSS antennas
(Applanix POS LV220)



マップマッチングの必要性

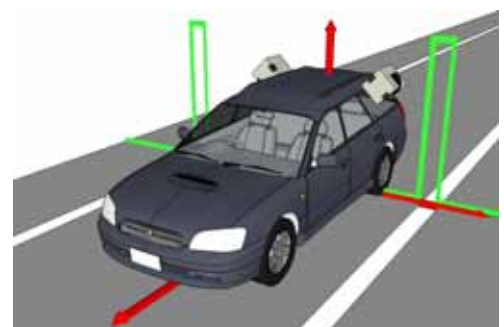
- 自動運転のための**位置姿勢推定**に必要な要件
 - **連続的かつ滑らか**(ドリフトなし)
 - GPS/INS複合航法
 - デッドレコニングをGPSで補正
 - GPSの誤差, GPS未観測時のドリフト, **地図自体の誤差**
- 白線検出
 - 単体検出としてのロバスト性の低さ
 - 白線の存在しない場所で使用不可
- マップマッチング
 - GPS/INS複合航法による推定値を地図と
環境情報を照らし合わせて補正
 - 連続的かつ(誤差を持つ)マップに矛盾しない自動運転

車両直下白線検出

- 自動運転のための白線検出
 - 可能な限り常時白線検出
- 前方注視システム
 - ビジョン, レーザ
 - 渋滞時計測不可



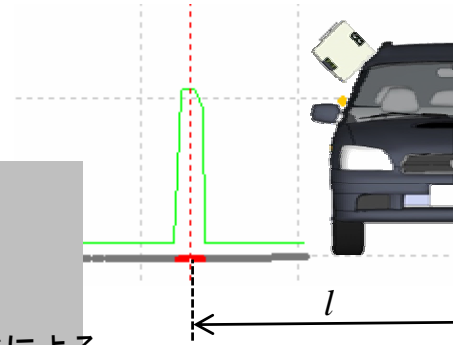
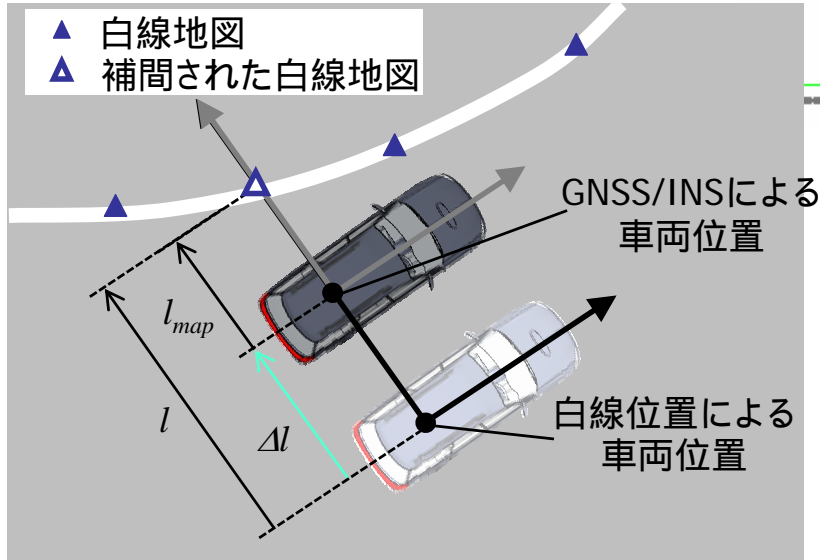
レーザレンジファインダを用いた
車両直下白線検出



横方向ドリフト量の算出

■ 横方向ドリフト量 Δl

$$\Delta l = l - l_{map}$$

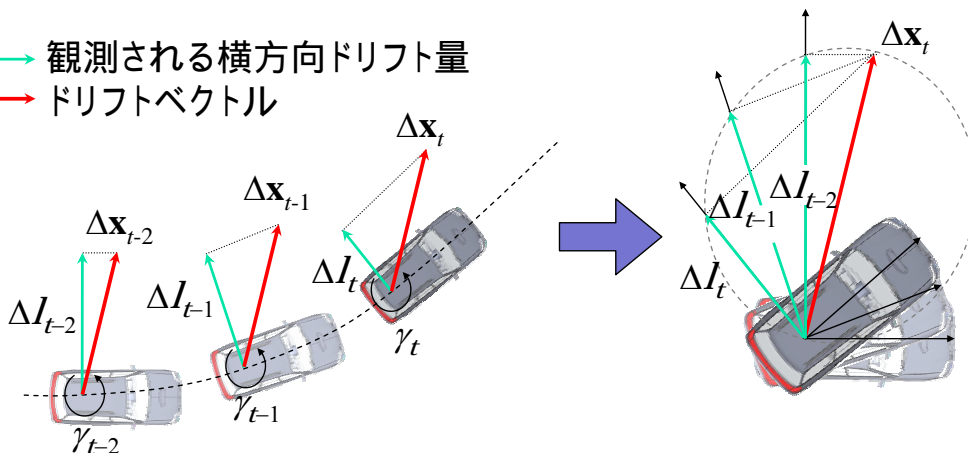


時系列的処理

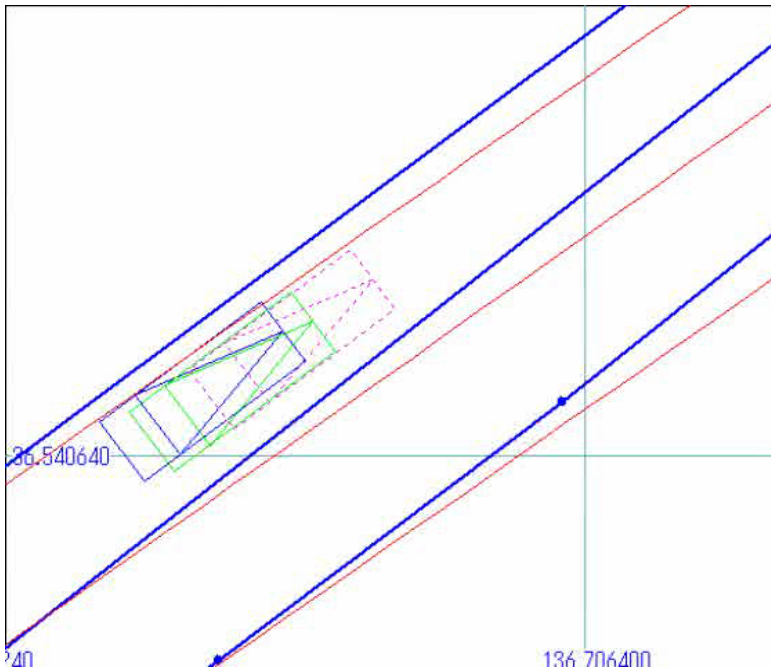
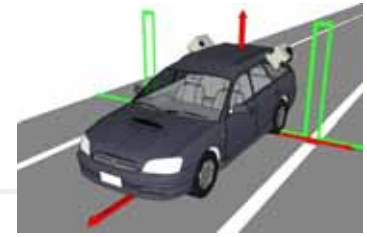
- ドリフトは緩やかな変化
 - ドリフトベクトル $\Delta \mathbf{x} = (\Delta x, \Delta y)$
 - 微小時間内では, ドリフトベクトルは変化しないと仮定
- 旋回時に横方向ドリフト量 Δl は様々な方向より得られる
 - 前後方向のずれを推定可能

カルマンフィルタによる
ドリフトベクトル推定

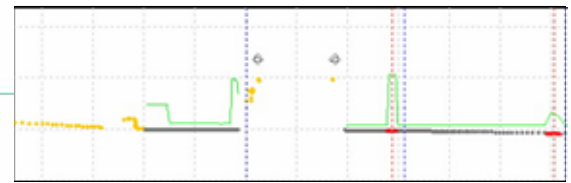
→ 観測される横方向ドリフト量
→ ドリフトベクトル



マップマッチングによる 自己位置推定

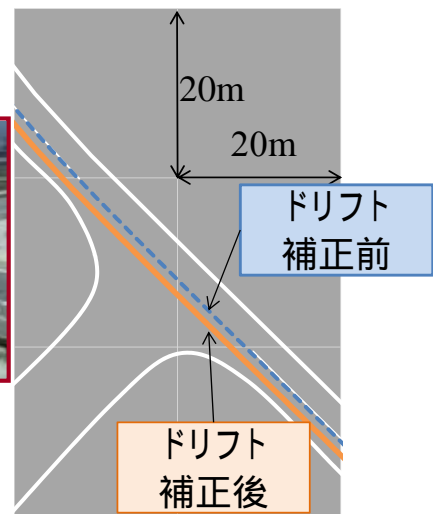
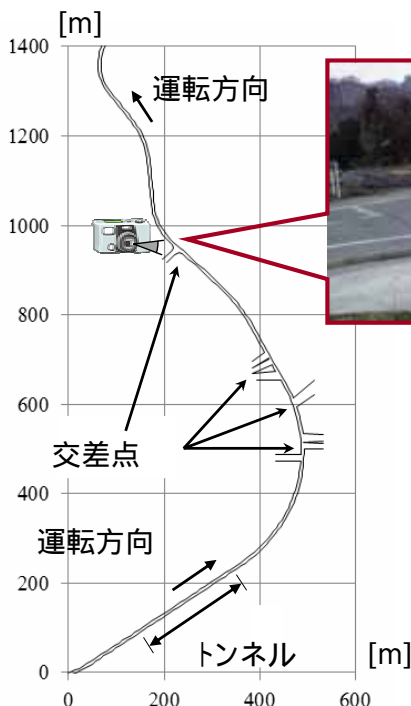


-  GNSS/INS
-  Dead Reckoning
-  補正後
-  白線検出結果
-  白線地図



実験

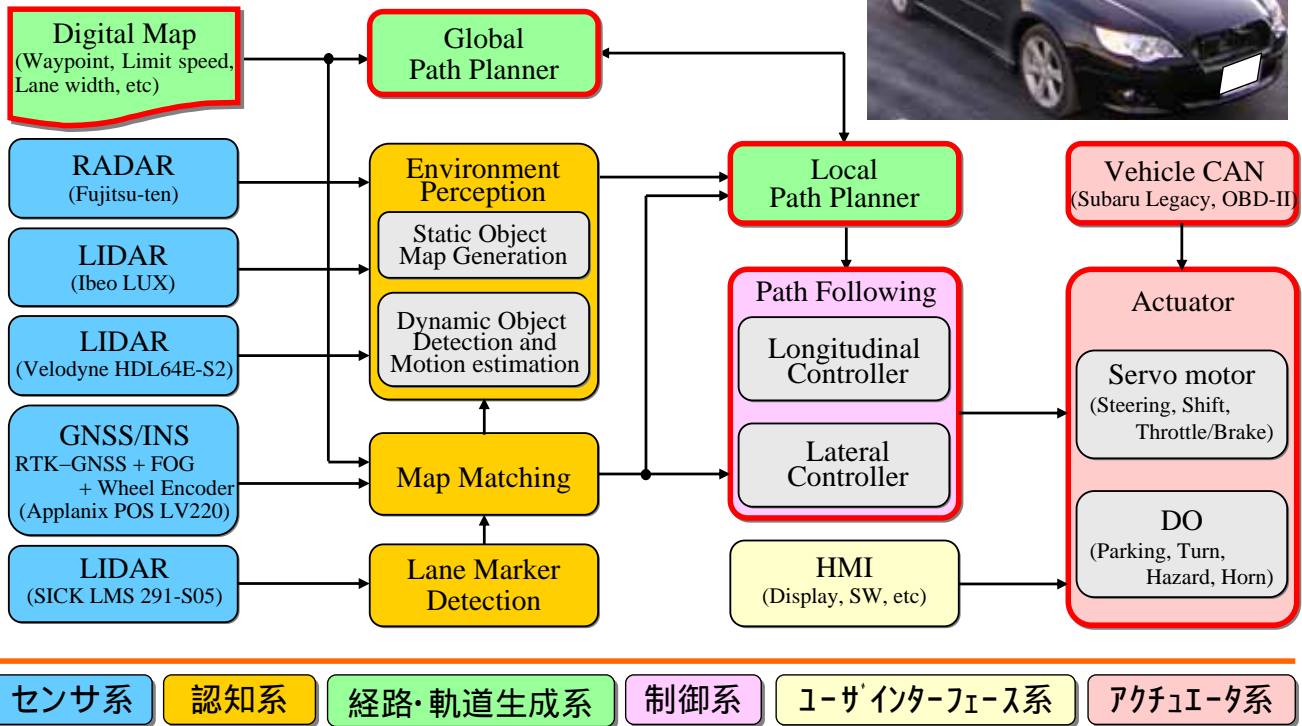
- 交差点・トンネル含む一般道1.8km



- 交差点で白線がなくても滑らかに推定可能
- 全区間において道路のほぼ中心付近を走行した軌跡

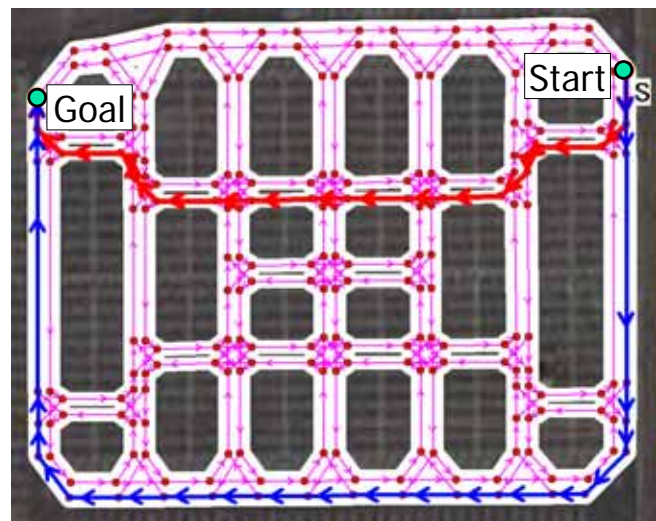


走行軌道生成・誘導



デジタル地図からの広域的走行経路選択

- デジタル地図
 - ノード, リンク
 - 様々な経路が設定可能
 - 現在地点 目的地
- 最適経路の選択が必要
 - Dijkstra法
 - 累積コストを評価
 - リンク通過時間
 - 交差点通過コスト
 - 右折 > 左折 > 直進
 - 最小コスト経路の選択



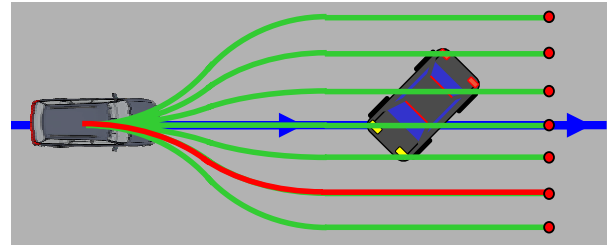
→ 最短経路
→ 最適経路



局所的走行軌道リスト生成と衝突判定

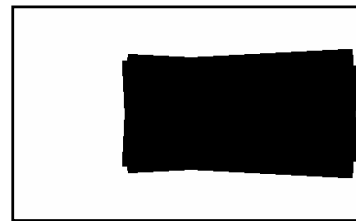
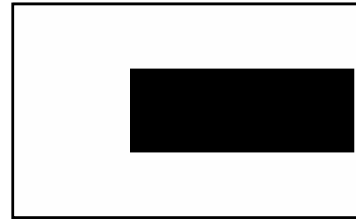
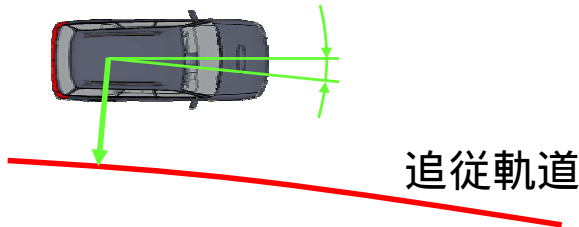
■ 走行軌道リスト生成

- 走行経路に平行なオフセット
 - プレビューポイント
- 軌道(座標・時間)の計算
 - 車両モデル積分, 数値最適化



■ 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
- 最大軌道追従誤差考慮
 - 左右方向, 姿勢誤差



局所的走行軌道選択とリルート

■ 複数評価値(コスト)を計算

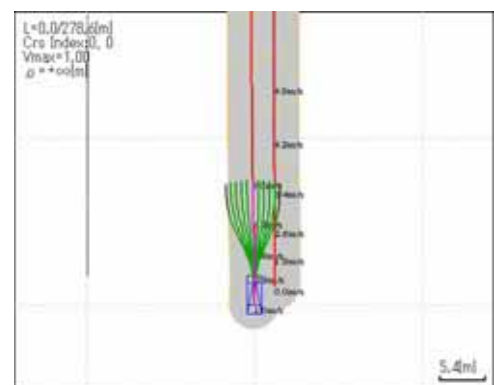
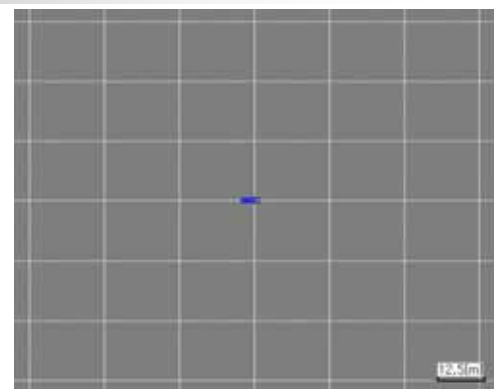
- 到達時間
 - 制限速度(前後・左右加速度制限)
 - 衝突・隠蔽
- 軌道オフセット

■ 最適な軌道を選択

- コスト(評価値の線形和)を計算
- コストが最小となる軌道を選択

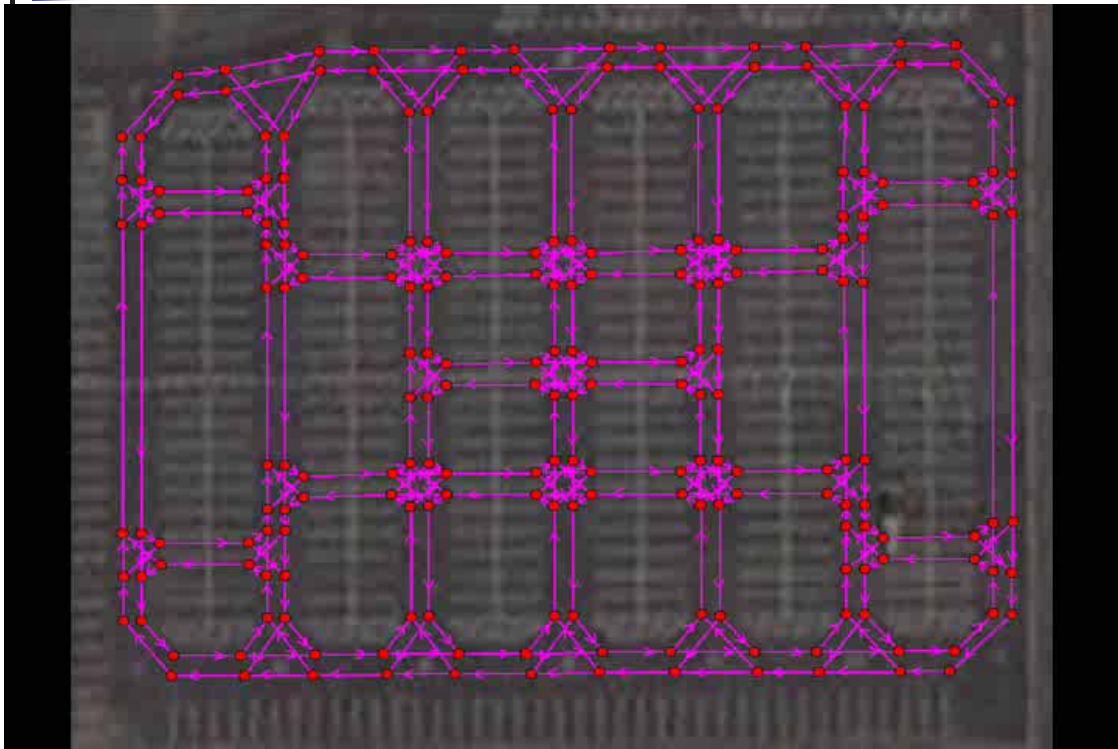
■ リルート

- 全ての軌道候補が通過不能
- 一定時間経過後
再度オフライン経路選択



自動運転実験

注:2倍速



まとめと今後の展望

- 自律型自動運転に関する技術の紹介
 - 周辺環境認識技術
 - 位置姿勢推定技術
 - 走行軌道生成法
- 今後の展望
 - 東京モータショー Smart Mobility City テストライド出展
 - 12月2日, 3日
 - 人間の運転に近い運転の実現
 - 安全安心社会を実現するユーザフレンドリーなインターフェース技術の開発

