

# 協調型自動運転に向けた 複数路側センサの freespace 情報統合

佐々倉瑛一<sup>†</sup> 山田峻也<sup>‡</sup> 鈴木彩門<sup>§</sup> 宮脇弘充<sup>§</sup> 藤睿<sup>¶</sup> 佐藤健哉<sup>§</sup>

<sup>†</sup>同志社大学工学部情報システムデザイン学科

<sup>‡</sup>名古屋大学未来社会創造機構モビリティ社会研究所社会的価値研究部門

<sup>§</sup>同志社大学大学院理工学研究科情報工学専攻

<sup>¶</sup>同志社大学モビリティ研究センター

## 1 はじめに

車載センサにより周辺を検知して走行する自律型自動運転の実用化が始まっている。自律型自動運転において、特に車両周辺の走行可能領域として freespace の認識技術が注目されている [1][2]。freespace とは車両が走行可能な領域として定義されるもので、車両や歩行者等の物標がないと判断された部分を指す。

一方で、車載センサのみでは、見通しの悪い交差点など死角にいる他車両や歩行者が検知できないため、各車両の車載センサや路側センサから得られたセンサ情報を通信技術を用いて共有する、協調型の自動運転が安全性を向上させると考えられている [3]。また、他の車両や路側機が検知した物標が自車両とどう関係するのかを知るには道路地図と照合し、交通ルール上の意味を与える必要があることから、V2V 通信によるセンサ情報のみの共有ではなく、センサ情報をサーバの地図上に集約する手法が研究されている [4]。自律型自動運転での利用が検討されている freespace であるが、本研究ではこれを協調型で利用することを考える。

通信を介する協調型自動運転において物標情報のみを用いた場合、以下のような問題が生じる。実際に物標が存在せず安全に走行できる場合と、実際は物標が存在するが通信時の情報の欠落によって物標情報を車両が受信できなかった場合は、どちらも制御システムが物標情報を受け取らないため、危険な状況と安全な状況の見分けがつかない。物標が存在するにも関わらず、交差点に侵入すると重大な事故を引き起こす可能性がある。

これに対し、freespace 情報を用いると、実際

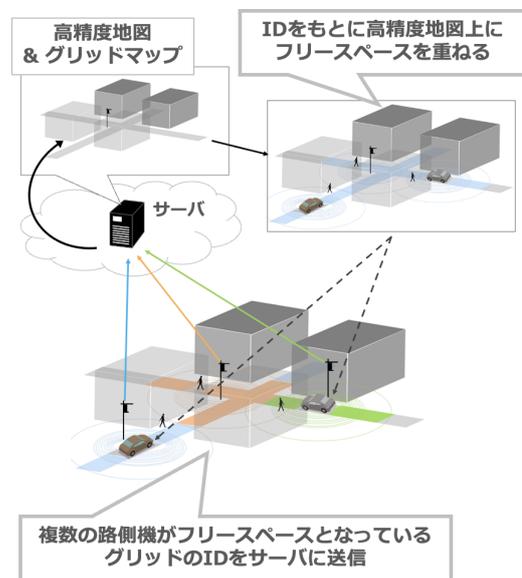


図 1: 提案システム概要

に車両が存在する場合や通信による情報の欠落が発生した場合を含め、freespace 情報が得られなかった場合は停止するため、安全性を確保できる。よって、通信による情報の信頼性を考慮する必要がある協調型自動運転において、freespace 情報は有用であると考えられる。

そこで本研究では、協調型自動運転において、一般的な物標情報に加えて、freespace 情報を効率的に統合、管理する方法を提案する。

## 2 提案手法

### 2.1 概要

本研究では、freespace 情報の統合、管理はグリッドマップと各グリッドに割り振られた ID で行う。路側センサは LiDAR とし、統合、管理する情報は複数

**Free Space Information Integration of Multiple Roadside Sensors for Cooperative Automatic Driving**

Eiichi Sasakura<sup>†</sup>, Shunya Yamada<sup>‡</sup>, Saimon Suzuki<sup>†</sup>, Hiromitsu Miyawaki<sup>†</sup>, Rui Teng<sup>†</sup> and Kenya Sato<sup>†</sup>

<sup>†</sup>Doshisha University, <sup>‡</sup>Nagoya University

の路側センサから得られたフリースペース情報とする。提案システムの概要図を図1に示す。路側機は取得したセンサ情報からフリースペースを検出し、フリースペースに該当するグリッドのIDをサーバに送信する。サーバは各路側機から受け取ったIDをもとに、フリースペースを高精度地図に重ねることで、それぞれの認識したフリースペース情報が一つに統合される。この地図を車両側にフィードバックすることで、車両は死角領域のフリースペースも認識できるようになる。

## 2.2 フリースペースの検出

フリースペースの判定は先行研究[5]を参考に、センサ情報の各点の高さ情報を用いて行う。路側機は位置が固定されているため、路側センサと高精度地図及び路面との位置関係が得られている。そこで、高精度地図上の路面の高さとセンサ情報の各点の高さを比較し、高さが同じであればその点は路面と判定できる。しかし、実際には路面の凹凸やノイズなどの理由で完全に高さが一致することはないため、高さに閾値を設定し、高さの差が閾値未満である観測点を路面の観測点と判定する。

また、路側センサの検知範囲を固有のIDを持ったグリッドで分割した、グリッドマップを作成しておき、予め路側センサとの位置関係を合わせておく。そして、このグリッドマップにおいて路面の観測点のみで構成されているグリッドをフリースペースと判定する。

## 2.3 フリースペース情報の統合

フリースペース情報の統合、管理方法として、物標情報のようにフリースペースをオブジェクトとして扱う方法が考えられる。これはフリースペースの中心の座標と端から端までの距離、オブジェクトID等をサーバに送信し、サーバはそれをもとに、幅は道路幅で、長さが受け取った距離のオブジェクトを地図上に生成していく方法だが、この方法だと物標の数が増えた場合に、一つのフリースペースが分割されたり、複数のフリースペースが融合したりすることが頻繁に起き、その度にサーバ上でオブジェクトの新規生成、削除、使用中のIDの整理等のタスクが発生し、処理が重く、構造が複雑化する可能性が考えられる。

そこで本研究では、フリースペース情報の統合は、グリッドマップとグリッドのIDを利用して行う。サーバ上にも路側機が保有しているグリッドマップと同じグリッドマップを用意しておき、高精度地図と位置合わせを行っておく。各路側機はフリースペースを検出した後、フリースペースと判定したグリッドのIDだけをサーバに送信する。サーバは受信したIDを基に、サーバ上にあるグリッドマップの同一地点のグリッドをフリースペースとし、フリースペースであるグリッドの

IDのみを保持することで、サーバの高精度地図上にフリースペース情報を統合する。

これにより、管理するグリッドの数は多いが、サーバは各グリッドがフリースペースであるかないかを切り替えるだけでよく、使用されるIDも固定であるため、物標が増えても処理は重くならず、構造も比較的単純で済む。また、路側機がサーバに送信するのはIDだけで良いため、通信量も抑えられると考えられる。

## 3 実験

提案システムと、認識範囲の拡張を行わない既存手法との比較実験を行う。実験は交差点を想定した死角領域のあるL字の通路で行い、路側センサとして2つのLiDARを設置する。比較対象として単一のLiDARの情報のみを使った場合に死角領域にいる歩行者や車両、フリースペースが認識できないことを確認し、同様の環境において提案システムで認識を行った場合に認識範囲が拡張できていることを確認する。

## 4 まとめ

自律型自動運転では死角領域の情報を得ることができず、協調型自動運転に物標情報を用いると安全性を低下させる問題があった。

そこで本研究では、路側センサが検知したフリースペース情報を統合し、車両のフリースペースの認識可能範囲を拡張させるシステムを提案した。

今回は複数路側機からのフリースペース情報のみを統合したが、今後は車載センサで取得したフリースペース情報も統合できるようにすることを目指す。また他のフリースペース管理手法と比較し、車両や歩行者の数の増加に応じた処理時間の変化を評価する必要がある。

本研究の一部はJSPS科研費20H00589の助成を受けたものである。

## 参考文献

- [1] 加納忠彦, 堀場歩, 八代勝也, 田村祥, 石井健太, レベル3自動運転システム—トラフィックジャムパイロット, 自動車技術, Vol.75, No.11, pp.22-28, 2021/11.
- [2] 藤原直広, 寺二存也, 大門真, センサフュージョンによるフリースペース認識技術の開発, 自動車技術会論文集, Vol.51, No.2, pp.328-332, 2020/3.
- [3] 渡辺陽介, 高木建太郎, 手嶋茂晴, 二宮芳樹, 佐藤健哉, 高田広章, 協調型運転支援のための交通社会ダイナミックマップの提案, DEIM Forum 2015 F6-6, 2015.
- [4] 佐藤健哉, 高田広章, ダイナミックマップ2.0 (DM2.0)の構成と設計, 電子情報通信学会, 2021.
- [5] Shunya Yamada, Yousuke Watanabe, Ryo Kanamori, Kenya Sato, Hiroaki Takada, Estimation Method of Parking Space Conditions Using Multiple 3D-LiDARs, International Journal of Intelligent Transportation Systems Research (2022) 20:422-432, 2022.