

〈一般研究課題〉 運転支援技術の支援量自動調整に関する研究

助成研究者 名古屋大学 竹内 栄二郎



## 認識介入型自動運転システムの提案と検証

竹内 栄二郎  
(名古屋大学)

## Perception Assist System for Autonomous Vehicle

Eijiro Takeuchi  
(Nagoya University)

### Abstract :

This paper proposes perception assist system for autonomous vehicles. Recently, Autonomous vehicle technology are actively developed. Autonomous vehicle technology rely on recognition methods. The performance of the recognition methods are measured by recall rate and precision rate. These performance are trade-off relationship. The recall-rate related to safety, and precision related to comfort in autonomous vehicle. Almost autonomous vehicles are designed precision first and driver support unexpected event. However, such human driver support is difficult when the autonomous driving system is almost perfect. The effect is called “over-confidence”. In this paper, we propose recall-rate first design and recognition support method for autonomous vehicle. The method keeps safety when the driver lost watching the operation. This paper describes concept of proposed system, design of recognition support system, and fundamental experimental results.

### 1. はじめに

高齢者にとって車は生活を維持するうえで欠かせない移動手段であり、社会において高齢者の移動手段およびその安全の確保の重要性は今後一層高くなると予想される。高齢者が安全に運転や移動を続けるための技術として自動運転技術等による運転支援が期待されており、多くの技術が研究・実用化されてきている。現状の自動運転技術が対応できる状況は部分的であり、運転者の監視のもと利用することが求められているが、過信によりかえって危険な状態に陥ることや、依存によ

る運転能力の低下などの課題が生じている。このような機械と人間が協調して一つの装置の操作を行う問題は多岐にわたり、緊急ブレーキなど緊急時のみ作動するなど限定的な利用にとどまっております。より効率的な機械と人間の協調法を見いだすことは、安全機能の普及と健康維持や生活品質の維持改善の側面からも意義がある。

本研究では、車や車いすなどを対象とした、自動運転と手動運転の協調制御法について取り扱う。特に自動運転優先システムにおいて操作者が介入を怠った場合でも安全に操縦が可能な仕組みとして、自動運転の認識へ介入することで操縦するシステムおよびそのインタフェースを提案する。

## 2. 自動運転における過信と認識介入型自動運転システムの提案

自動運転における過信とは、過度に自動運転システムの安全性を信用し、適正な警戒心を持って運転状況を見定める努力を怠ることである[1]。運転支援システムなどが終始安定して動作している際、搭乗者がシステムの能力の限界について、持っている知識の違いによって過信の起こり易さが異なることが伊藤ら[2]によって示されている。また、自動ブレーキシステムを搭載した運転シミュレータを用いた研究(伊藤ら[3])では、搭乗者が運転支援システムの能力を、限界を超えて過度に期待してしまうことが示されている。また、ドライバーの運転に対する支援システムの介入がドライバーの混乱や過信を招く恐れがある。Mishel Johns ら[4]は車線追従機能や危険予知アラートによる、ドライバーの運転行動への影響を運転シミュレータによって調査した。その結果、強風などで車体が煽られた際、そのステアリングの変化が運転支援システムによるものと混同してしまい、ドライバーの運転に対する責任感が低下することが示されている。また、レベル3や4の自動運転が実用化された際、自動運転は限られた区間でのみ使用可能であり、それ以外の区間では搭乗者に運転制御を引き継がなければならない[5]。この時、自動運転システムからドライバーへ滑らかに車両制御を引き継ぐことが課題であり、引き継ぐ際に確保すべき最適な時間などがMok Brian Ka-Jun ら[6]によって研究されている。このように、車両制御への介入には多くの問題が存在する。

完全自動運転の実用化に向け、自動運転の研究開発が盛んに行われている。自動運転システムの実現において重要であるのが周辺の環境認識能力であり、その性能の指標である再現率(起こった事象を検出できる割合)と適合率(検出した結果が正しい事象の割合)はトレードオフの関係にあり、最新の手法であっても再現率及び適合率を100%にすることは困難である。環境認識機能の一つである障害物検出における再現率は障害物を正しく検出できる能力であるため安全性につながり、精度は不要な停止を必要としないことであるため快適性と繋がり、自動運転における安全性と快適性がトレードオフの関係にあるといえる。現在行われている実環境下での走行試験では、常に搭乗者が車両制御を監視することでこのトレードオフを解消している。しかし搭乗者が即座に車両制御を引き継ぎ、回避動作を行うのは非常に困難であり[4]、走行試験中に道路を横断する歩行者に搭乗者が対処できず、大きな事故に至ってしまった事例も存在する[7]。このような過信は自動運転システムの認識性能が向上するとともに高まり、現状のシステムの実用化における障壁となりうる。

本研究では人間の介入を考慮した自動運転システムにおいて、障害物認識の再現率すなわち安全性を優先に設計し、認識の適合率を人間の介入により向上させることで、安全で保守的な運転を行

いながら運転の自然性も向上させる，自動運転システムを提案する．特に自動運転システムの障害物の認識状態を操作者と共有し，人の認識を自動運転システムに反映させることで，保守的な運転を行いながら，スムーズで快適な運転も実現する認識補助インタフェースを開発する．本手法は人が介入することにより快適性を維持し，万が一過信が起こった場合でも安全性を損なわないため今後の自動運転機能が向上した場合に期待できる．

現状の自動運転の認識システムにおける問題点は，障害物検出における再現率と適合率にトレードオフが存在すること[8]，歩行者の動きの予測が困難であること[9]，センサが届かない領域の認識が困難であること[10]などが挙げられる．本手法では，歩行者の動きの予測に焦点を当て，搭乗者がユーザインタフェースを介して予測を行う認識補助を提案する．更に，搭乗者が制御の段階でしか介入できない現状の自動運転に対し，制御だけでなく認識の段階で搭乗者が介入することで，過信の問題を解決することができると考えられる．本研究では認識補助インタフェースを実装し，実環境下で提案するシステムの検証を行う．

### 3. 認識介入自動運転システム

#### 3.1 システム構成

提案する自動運転認識補助インタフェースのシステム構成を図1に示す．提案システムでは，主に認識・判断・制御を行う自動運転システムを用い，認識における障害物認識機能の情報を操作者に提示し変更を可能とする．今回移動体には車いすサイズの小型の移動体を用いた．

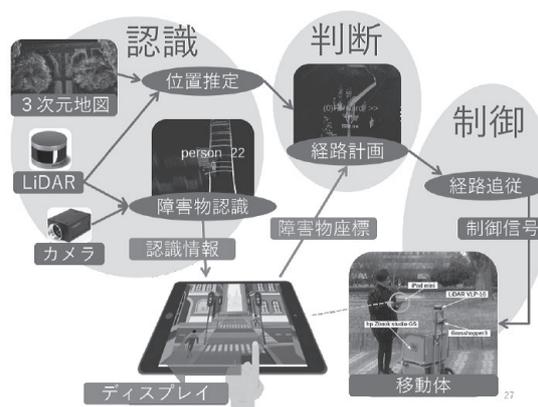


図1. 自動運転認識補助インタフェースのシステム構成

#### 3.2 自動運転システム

自動運転の実現には，自動運転オープンソースソフトウェアAutowareを用いた．LiDARと3次元地図により位置推定を行い，定められた経路上を走行し，LiDARとカメラにより検出した人を障害物とし，経路計画により減速・停止を行う．本研究では認識介入実験に先立ち，同様の自動運転システムにより，人が介在する公園1.5kmの自律走行が可能である事を確認している．

#### 3.3 認識介入インタフェース

認識介入インタフェースはAutowareの経路計画に与える障害物検知情報を一度ディスプレイに表示し経路計画に反映する．この際ディスプレイ上で操作者が障害物情報を変更した場合，それに応じた障害物情報を送信する．今回ディスプレイへの表示には，移動体上のカメラ画像およびカメラ座標系上に射影した障害物情報を3次元表示し，画面を直接触ることによりその大きさを操作する．

今回の障害物情報は人であり，利用している機能では人の行動意図が観測できていないため，“経

路を横断する可能性がある”として、安全をみて障害物を経路方向に拡張する。このため、人が接近した場合直接人が経路を遮っていない場合でも、何も操作をしなければ移動体は人の前で停止する。一方、操作者が接近者の横断の意図がないと判断した場合ディスプレイを操作し、その大きさを変更することで走行を継続できるようになる。

#### 4 実験結果

提案システムを実装し、基礎的な実験を行った。実験環境は交差を含む直線路であり、移動体の走行経路上の交差路に歩行者が待機している(図2)。この際歩行者は、横断意図がある／ない場合と、操作者は注意している／していない場合の4つの場合について実験を行った。この際、移動体は自動走行を行い、タッチパネル(iPad mini)による操作者の操作によって動作を変更する

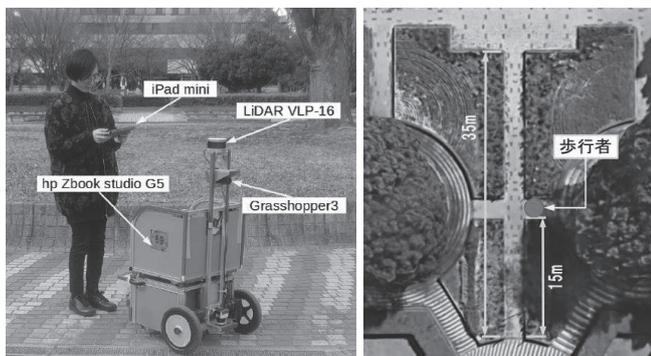


図2. 実験に用いた移動体と実験環境

実験結果を図3に示す。図中実線は移動体の走行速度であり、黄色が操作を行った場所、緑が歩行者のいる場所である。操作者が注意している状態で、歩行者が横断意図がない場合は、移動体が減速する前に操作を行い(図3左黄色)、速度を維持している。一方、横断意図がある場合(図3中)では歩行者前で停止し、その後通過している。また操作者が注意しておらず横断意図のない場合(図3右)では、移動体は減速したのち操作者が気づき、走行を開始している。

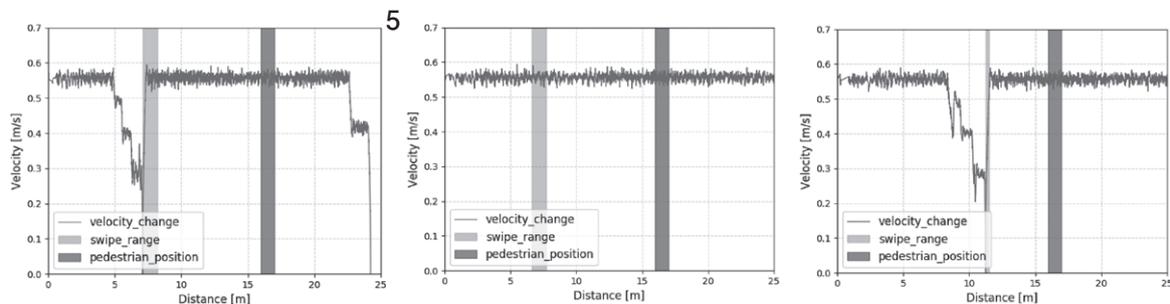


図3. 各条件における走行速度(左:横断意図なし・注意あり, 中:横断意図あり・注意あり, 右:横断意図なし・注意無し)

#### まとめ

本稿では自動運転システムの介入法として認識に介入する方法について提案し、システム構築および基礎実験を行った。実験により、過信している状態であっても停止し、安全が維持されることを確かめた。今回行った実験は提案手法の利点のみを確認する初歩的な物であり、提案手法による問題を明らかにできていない。今後は開発システムを拡張および継続して実験を行い、提案手法の問題の明確化と解決法を研究していく予定である。

## 参考文献

- [1] 伊藤誠, “信頼されすぎない高信頼度なシステムへ,” 日本信頼性学会誌, 25.4, pp.354-360, 2003.
- [2] 伊藤誠, 稲橋広将, 田中健次, “自動化システムの限界とその根拠の情報不足による過信,” ヒューマンインタフェース学会論文誌, 5.2, pp.283-290, 2003.
- [3] 伊藤誠, “負荷軽減のための運転支援システムに対する過信をもたらす要因の探究,” 計測自動制御学会論文集, 45.11, pp.555-561, 2009.
- [4] McCall Roderick, et al, “Towards a taxonomy of autonomous vehicle handover situations,” Proceedings of the 8th International Conference on Automotive User Interfaces and Interactive Vehicular Applications, ACM, 2016.
- [5] SAE, “Taxonomy and definitions for terms related to on-ground motor vehicle automated driving systems,” J3016, 2014.
- [6] Mok Brian Ka-Jun, et al, “Timing of unstructured transitions of control in automated driving,” 2015 IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV), 2015.
- [7] Preliminary Report Released for Crash Involving Pedestrian, Uber Technologies, Inc., Test Vehicle [https://www.nts.gov/news/press-releases/pages/nr\\_20180524.aspx](https://www.nts.gov/news/press-releases/pages/nr_20180524.aspx) (アクセス日: 2019/2/18)
- [8] Redmon Joseph, et al, “You only look once: Unified, real-time object detection,” 2016 IEEE conference on computer vision and pattern recognition (CVPR), 2016.
- [9] Schneemann Friederike, and Patrick Heinemann, “Context-based detection of pedestrian crossing intention for autonomous driving in urban environments,” 2016 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS), 2016.
- [10] mer ahin Ta and Christoph Stiller, “Limited Visibility and Uncertainty Aware Motion Planning for Automated Driving,” 2018 IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV), 2018.

