

車両走行環境を考慮した自動運転 (レベル3) 段階的引き継ぎ要求の検討

A Study of Automated Driving (Level 3) Gradual Take Over Requests Considering Vehicle Driving Environment

林 聡一郎 † 横田 雅樹 ‡ 佐藤 健哉 ‡
Soichiro Hayashi Masaki Yokota Kenya Sato

1 はじめに

近年、自動運転システムの開発に取り組まれている。自動運転レベル3では、運転を自動運転システムで行うことができる。しかしながら、自動運転システムが動作限界に達した場合、ドライバが引き継ぎ要求 (TOR: Take Over Request) に応答し、運転を引き継ぐ必要がある [1]。

そこで、本研究では、TORが発生する可能性がある時に、事前にドライバが道路に目を向けるように警告を発生させる。そして、車両走行環境を考慮し安全でドライバのストレスの少ない警告のタイミングを検証する。

2 関連研究

Z. Lu らが行った既存研究 [2] では、TORが発生する可能性がある横断歩道に近づいた際に、MR (Monitoring Request) を発生させて警告音とマークで注意を促し、ドライバの視線を道路に向かせる MR について研究された。

既存研究では、天候、時刻、路面状況といった車両走行環境が実際の運転時にあるにも関わらず考慮されていない。また、MRが早めに発生した場合、運転手は再び注意を失い事故につながる可能性がある。逆に、MRが遅めに発生した場合、引き継ぎに備えるための十分な時間がなくドライバにストレスを与える可能性がある。それにも関わらず MR のタイミングが固定されている。

3 提案手法

3.1 概要

本研究は、自車両が自動運転システムで限定領域 (ODD: Operational Design Domain) である両側2車線の道路の左の車線を走行している時に、車線変更する必要がある可能性が発生した時に MR を発生させる。さらに、衝突回避を行う必要がある時にシステムが動作限界を迎えた場合、TOR を発生させドライバが運転を引き継ぐようにする。

被験者は車両走行環境ごとに複数の MR のタイミングを体験する。提案手法では、被験者が急な交通状況の

変化に対応して衝突しなかった時と、アンケート結果より被験者が余裕を持って運転を引き継ぐことができた時の MR のタイミングのデータを収集し、車両走行環境を考慮した安全でドライバのストレスが少ない MR のタイミングを検討する。

3.2 車両走行環境

車両走行環境の定義は、出村らの提案手法 [3] を参考に天候、時刻、路面状況とする。天候は、晴天/雨天/雪天の3つの環境を想定する。雨天と雪天に関しては、気象庁の定義 [4] に基づき、ドライバの視界に影響を与える「やや強い雨」と「強い雨」、「弱い雪」と「強い雪」のそれぞれ2つを想定する。各天候の定義を以下に示す。

- 晴天：雲量が2以上8以下の状態。
- やや強い雨：10~20 mm/h の雨量の雨天。
- 強い雨：20~30 mm/h の雨量の雨天。
- 弱い雪：降雪量がおよそ1 cm/h に達しない雪。
- 強い雪：降雪量がおよそ3 cm/h 以上の雪。

時刻によって、外の明るさが異なる。時刻に関しては、以下のように定義する。

- 昼間
- 夜間

路面状況としては、路面が乾燥している状態や、雨や雪の影響で摩擦係数が低い状況がある。DUNLOP の定義 [5] に基づき、各路面状態における路面の摩擦係数 (μ) は以下のように定義する。

- 晴天 (乾燥) : $\mu=0.8$
- やや強い雨 (湿気) : $\mu=0.6$
- 強い雨 (湿潤) : $\mu=0.4$
- 弱い雪 (積雪) : $\mu=0.3$
- 強い雪 (凍結) : $\mu=0.2$

3.3 動作手順

提案手法における動作手順を示す。また、そのフローチャートを図1に示す。

1. ドライビングシミュレータでドライバが運転を開始し、通常走行 (システムによる自動運転) する。
2. 交通データを使用し、急に交通状況が変化し、衝突の可能性が発生し、車線変更する必要がある可能性が発生した時に MR を発生する。
3. 急な交通状況に対応するため、衝突回避が必要であり自動運転システムが動作限界を迎えた時に、TOR を発生する。
4. ドライバが運転を引き継ぎ、衝突回避する。

† 同志社大学 理工学部 情報システムデザイン学科 Department of Information System Design, Faculty of Science and Engineering, Doshisha University

‡ 同志社大学大学院 理工学研究科 情報工学専攻 Division of Information and Computer Science, Graduate School of Science and Engineering, Doshisha University

3.4 評価シナリオの例

実験の評価シナリオの例としては、はじめに走行を開始し、通常走行(システムによる自動運転)する。自車両は、自動運転システムで限定領域(ODD: Operational Design Domain)である両側2車線の道路の左側の車線を走行している。走行中に、交通データより前方の車両が急に速度を落としたりや前方の障害物の情報を取得した時に、前方のバスや障害物と自車両が衝突する可能性があり、車線変更が必要となる可能性があるためMRを発生する。さらに、前方の車両が完全に止まったりや障害物が退避せず、衝突回避を行う必要がある時に自動運転システムが動作限界を迎えた場合、TORを発生し、ドライバが運転を引き継ぐようにする。



図2 実験風景

4 評価

4.1 評価環境

本研究では、フォーラムエイト社のドライビングシミュレータを使用する。ソフトウェアは、3次元リアルタイム・バーチャルリアリティソフトのUC-win/loadを使用する。表示画面は、実際の自動車と同じく右と左のミラーやバックミラーがある。実験風景を、図2に示す。

4.2 評価条件

既存研究を参考に、以下を評価条件とする。

- 自車両は自動運転レベル3である。
- 両側2車線の道路である。
- 交通データを取得している。
- 周辺環境情報を検知するレーダーやカメラが搭載されている。

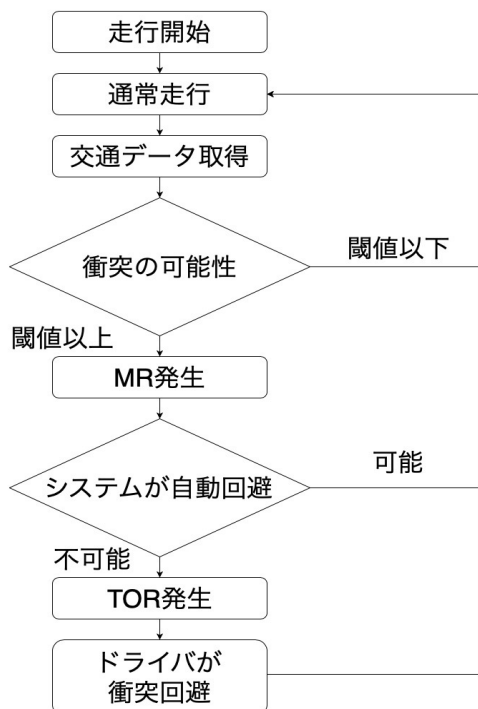


図1 動作手順フローチャート

5 考察

今回の提案手法によって、天候、時刻、路面状況といった車両走行環境を考慮した安全でドライバのストレスが少ないMRのタイミングを考慮できるようになった。よって、本研究における適切なMRのタイミングが検証できた。これは、MRのタイミングが固定されていた既存研究と比べて優れている。

また、MRが発生した時と、MRが発生しなかった時を比較すると、MRが発生した時の方がTORに向けて準備ができ、道路に視線を向ける時間が増加する点からMRの有用性が示された。

6 まとめと今後の課題

本研究では、既存研究において、車両走行環境が考慮されず、MRのタイミングが固定されている問題点を解決した。また、天候、時刻、路面状況といった車両走行環境が異なるごとに、安全でドライバのストレスが少ないMRのタイミングを検討した。

今後の課題としては、MRはドライバが運転を引き継ぐ可能性のある場面にて使用するが、交通状況によって危険度は異なるので危険度を段階的に分類し、MRの警告方法を段階的にどのように変化させるのか検討する必要がある。

参考文献

- [1] NHTSA, "Automated Vehicles for Safety", <https://www.nhtsa.gov/technology-innovation/automated-vehicles-safety>, (参照 2019-6-19).
- [2] Z. Lu, B. Zhangb, Feldhütter, R.Happee, M.Martens, J.C.F.De Winter, "Beyond mere take-over requests: The effects of monitoring requests on driver attention, take-over performance, and acceptance, Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour", Vol.63, No.22-37 (2019).
- [3] 出村 友秀, 佐藤 健哉, "車両走行環境を考慮した協調型運転支援システムにおける警報タイミングの提案", 情報処理学会第78回全国大会, 2016, Vol.3, No.379-380 (2016).
- [4] 気象庁, "天気予報等で用いる用語", https://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/yougo_hp/kousui.html, (参照 2019-5-17).
- [5] DUNLOP, "タイヤ関連用語集摩擦係数とは", <https://tyre.dunlop.co.jp/tyre/products/dictionary/mu.html>, (参照 2019-5-17).