様　式　Ｃ－１９、Ｆ－１９－１、Ｚ－１９　（共通）

科学研究費助成事業　　研究成果報告書

令和　７ 年　 ５ 月 １１ 日現在

機関番号：１７１０４
研究種目：若手研究
研究期間：2022～2024
課題番号：２２Ｋ１７９３２

研究課題名（和文）混在交通における自動走行ロボットと手動運転車の調和に関する研究

研究課題名（英文）Interactions between autonomous robots and manual driving vehicles in mixed traffic

研究代表者
楊　波（Yang, Bo）

九州工業大学・大学院情報工学研究院・准教授

研究者番号：４０８６６３２３

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費）　　2,300,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では，ドライビングシミュレータを用いて実験を実施し，混在空間における自律走行ロボットが手動運転車のドライバに与える影響を調査した．実験協力者の運転操作データを記録し，視線計測システムにより実験協力者の視線行動も計測した．また，自律走行ロボットと手動運転車の共存を促進するため，手動運転車のドライバに提示すべき情報を調査し，分析した結果に基づいて，手動運転車のドライバに情報提示を行うインターフェイスを提案した．

研究成果の学術的意義や社会的意義
自動走行ロボットの社会実装に向けた取り組みが大きく加速している．しかし，自動走行ロボットと手動運転車のインタラクションはまだ十分検討されていない．低速走行する自動配送ロボットとの円滑な情報伝達ができなければ，あおり運転をする等の事故が発生しやすくなることが懸念される．自動走行ロボットと手動運転車の調和は社会的に意義があり，本研究の目的が達成されることで，混在交通におけるドライバの行動変化を解明でき，機械と人間の協調系としての安全性を向上して，自動走行ロボットの社会実装に貢献できる．

研究成果の概要（英文）：In this study, an experiment was conducted using a driving simulator to investigate the influence of an automated robot on the driver of a manually driven car in a mixed space. The driving data of the participants was recorded, and the eye movement behavior of the drivers were measured using a Smart Eye system. Meanwhile, the information that should be presented to the driver of a manually driven vehicle while interacting with an automated robot was investigated, to promote the coexistence of automated robots and manually driven vehicles. An interface was also proposed to present information to the driver of a manually driven vehicle based on the analysis results.

研究分野：人間機械システム

キーワード：自律走行ロボット　手動運転　混在空間　情報提示

※科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

１．研究開始当初の背景

自動走行ロボットの実用化によって配達員不足の解消や生産性および消費者利得の向上などの効果が期待できるとしている．ラストワンマイル物流において，自動走行ロボットを活用した新たな配送サービスの早期実現が求められている．日本では，近接監視・操作型自動配送ロボットの公道実証の枠組みが整備され，社会実装に向けた取り組みが大きく加速している[1]．また，小型で低速走行する自動配送ロボットの公道使用を認めるために，政府は道路交通法や道路運送車両法などの法改正を目指している [2]．2021 年に，道路使用許可を取得した上で，北海道の公道において自動配送ロボットの実証実験が既に始まった．このような背景から，自動走行ロボットと手動運転車が混在する場面が今後急速に増加することが予想される．しかし，自動走行ロボットが手動運転車のような一般車両と混在する際に，交通の安全性等にどのような影響が生じるのかという課題は十分検討されていない．

２．研究の目的

従来の混在交通では，交通参加者は人間であり，各交通参加者は目線を合わせること等でコミュニケーションをとることができる．自動走行ロボット等の普及によって，手動運転車のドライバが経験したことのない「人間-機械」の混在交通となり，ヒューマンマシンインタフェース（HMI）を介して，コミュニケーションを形成するのは極めて重要である[3]．円滑な情報伝達ができなければ，重大な事故が発生する可能性が高くなる恐れがある [4]．　本研究では，混在交通における自動走行ロボットが手動運転車に与える影響を調査し，人間工学の視点から，自動走行ロボットの普及に向けた課題を整理する上で，自動走行ロボットと手動運転車の調和を促進するインターフェースを提案することを目的にする．

３．研究の方法

自動走行ロボットの社会実装に向けた課題を洗い出すため，図 1 に示すように，実験のプラットフォームとしてドライビングシミュレータが採用された．実験で使用したドライビングシミュレータは 140 度の視野と 6 自由度のスチュワートモーションプラットフォームを備え，リアルな運転感覚を実現できた．実験中，自動走行ロボットは一定の低速で走行し，実験協力者はドライビングシミュレータ内の自車を運転し，自動走行ロボットに安全な車間距離で追従することが求められた．また，実験協力者が運転していた自車が自動走行ロボットを追い越すことを困難にするために，道路の両側には他の車両が数台駐車していた．そのため，ドライバは前方と側方の両方に注意を払う必要があり，ドライバにとって処理要求の高い状況となっていた．実験では，ドライバが衝突を避けるために適切な反応ができるかどうかを確認するため，路肩に駐車された車両の陰から子どもが突然飛び出すシーンも用意した．

大学の倫理審査委員会の承認を得て，実験協力者を募集し，ドライビングシミュレータを用いて実験を実施した．カウンターバランスを考慮して，自動走行ロボットがある場合とない場合の 2 つの実験条件を用意し，各参加者に体験させた．ドライビングシミュレータで実験協力者の運転操作データを記録し，実験協力者が記入したアンケートも収集した．また，図２に示すように，Smart Eye Pro という視線計測システムを活用し，実験協力者の視線行動を計測した．

図１．ドライビングシミュレータ

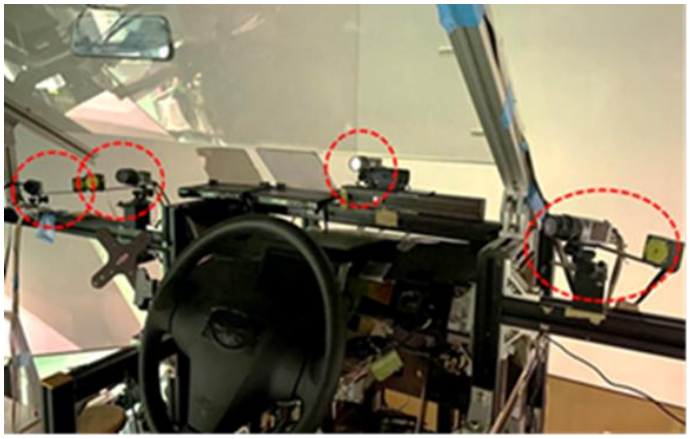

図２．視線計測システム

分析した結果に基づいて，手動運転車のドライバに情報提示を行うヒューマンインターフェイスを提案した．提案したヒューマンインターフェイスの有効性を評価するため，実験協力者を募集し，検証実験を実施した．

４．研究成果

図３に示すように，自車の前に自動走行ロボットが存在する場合，存在しない場合に比べ，クリティカルイベント時に衝突するまでの時間が短いことがわかった．また，図４に示すように，実験協力者は，自車の前に自動走行ロボットが存在する場合，周囲への注意力が低下したと報告した．

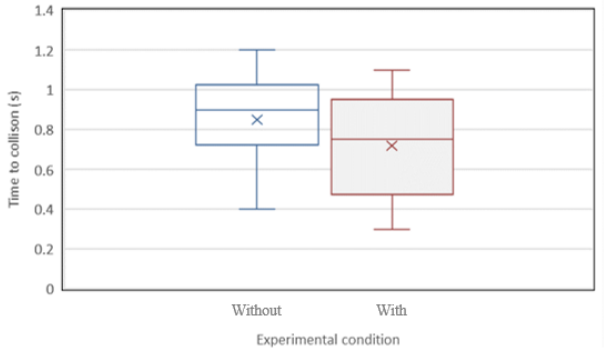

図３．Time to collision

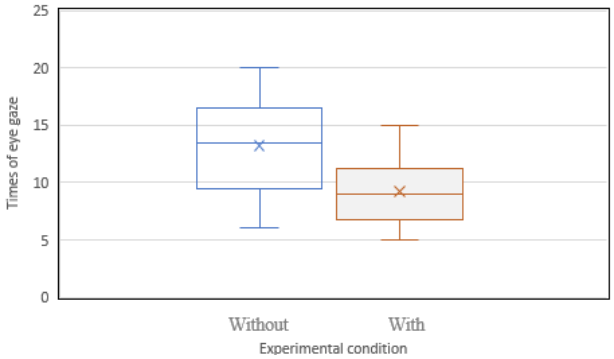

図４．Times of eye gaze

参考文献

[1] 警察庁，自動配送ロボット（近接監視・操作型及び遠隔監視・操作型）公道実証実験手順，2020.
[2] 日本経済新聞，自動配送ロボ、公道走行可能に 21 年度にも全国で，2021.
[3] K. Clercq et al., External human-machine interfaces on automated vehicles: effects on pedestrian crossing decisions, Human Factors, 2019, 61(8):1353-1370.
[4] T. Wilbert et al., Vulnerable road users and the coming wave of automated vehicles: Expert perspectives, Transportation Research Interdisciplinary Perspectives, 2021, 9(100293):1-16.

５．主な発表論文等

〔雑誌論文〕　計0件

〔学会発表〕　計2件（うち招待講演　0件／うち国際学会　2件）

１．発表者名 Bo Yang, Chenchang Li, Muhua Guan, Kimihiko Nakano
２．発表標題 Analysis of driver behaviors while interacting with automated mobile robot in shared space
３．学会等名 17th International Conference on Motion and Vibration Control（国際学会）
４．発表年 2024年

１．発表者名 Bo Yang
２．発表標題 Influences of automated delivery robot on driver behaviors in mixed traffic
３．学会等名 12nd International Joint Symposium on Applied Engineering and Sciences（国際学会）
４．発表年 2024年

〔図書〕　計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

―

６．研究組織

	氏名 （ローマ字氏名） （研究者番号）	所属研究機関・部局・職 （機関番号）	備考

７．科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕　計0件

８．本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関