



仮想空間で再現された異なる環境における自動運転車に対する歩行者の平均的反応

Average pedestrian reactions to automated vehicles in different environments reproduced in virtual space

増田 琉利¹⁾, 楊 皓宇²⁾, 水谷 賢史³⁾

Ryuto Masuda, Kouu You, Kenji Mizutani

1) 東海大学工学部医用生体工学科 (〒259-1193 神奈川県伊勢原市下糟屋 143,0cey1105@cc.u-tokai.ac.jp)

2) 東海大学大学院工学研究科電気電子工学専攻 (〒259-1292 神奈川県平塚市北金目 1117,1meim007@mail.u-tokai.ac.jp)

3) 東海大学大学院工学研究科電気電子工学専攻 (〒259-1292 神奈川県平塚市北金目 1117,mk069882@tsc.u-tokai.ac.jp)

概要 : 本稿では、自動運転車が道路でも走行することを踏まえて歩行者との関係性について取り上げ、VR 環境下で複数の背景、光環境、車種、警報音の有無についてパラメータを変化させたときに歩行者(被験者)の反応がどのように変化したのかを観察した。田舎では都市と比べ光環境の影響が強くなることや警報音は田舎の方がより強く影響を及ぼすことが明らかになり、歩行者に対して横断行動を早める効果があった。田舎にて乗用車とトラックでは警報音の有無に関わらず光環境が異なる場合トラックの時に素早く横断するということが明らかになった。

キーワード : 自動運転, 歩行者の反応, 環境係数

1. はじめに

近年完全自動運転を目指している現状で自動運転車と自動運転車ではない普通車が混ざっているような中で先行研究として、改めて自動運転車に対して歩行者がどのような反応を示すのかが重要視されており、研究が盛んに行われている。

ヨーロッパにて行われた研究では安全上の制約にて今まであまり行われてこなかった自動運転車と歩行者のインタラクションを VR 空間にて再現し、歩行者は横断の際にストレスを経験した。それに追加して無信号交差点において非優先側のドライバーが優先側道路の交通流に対して通過あるいは流入可能であると判断する時間と定義されるクリティカルギャップを大きく要求した[1]。それに加えて他の先行研究では VR 空間にてチキンモデルを利用し、速度と車種を変化させ歩行者の行動を図る実験では、VR を用いない実験と比較し、歩行者は走行車との出会いに迷いが生じていた[2]。これらのことは、VR 空間がデータの信頼性を向上させ、危険な物理環境を代替えし、実世

界でも適用可能であるという結果をもたらした。しかし先行研究では、環境因子のバリエーションを増やした実験は行われてきていない。そこで本稿では、VR 環境にて光環境、車の車種、車と人とのコミュニケーションを促す警報音の有無、車が通っている環境である背景条件の環境係数を変化させ自動運転車に対する歩行者の反応を示した。

2. 実験

2.1 VR アプリケーション

ゲームエンジン Unity(Unity Technologies)を用いて VR 空間を作成した。実験者は環境係数を組み合わせて1つのシーンを組み合わせ、シーンを再生した。(図 1)

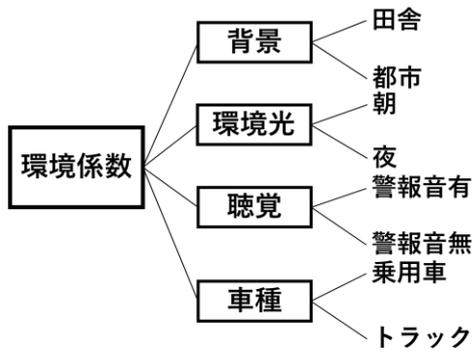


図 1: 作成した環境係数

2.2 実験方法

今回の実験の参加者は総計 22 名であり、試行回数を 37 回とした。

歩行者が横断歩道に差し掛かるまで 3m と定義され、自動車の最大スピードが日本の交通制限速度 30km/h まで制限すると定義した。

さらに警報音の有無の影響の要素も実験に加えた。被験者には実験開始前に VR 環境に慣れてもらう時間を設けた。この時条件については、詳しく被験者に伝えないうものとした。

実験は以下の手順で行った。まず被験者は Oculus quest2(Oculus 社) を装着して先述した通り環境に慣れてもらい、実験室にて事前準備がなされた初期位置に立った。次に被験者は衝突を起こさないことを前提とし、VR 環境にて横断を行った。最後に被験者の位置データを整理し、環境を変えて、次の実験を開始した。以下図 2 に実験プロトコルを示した。

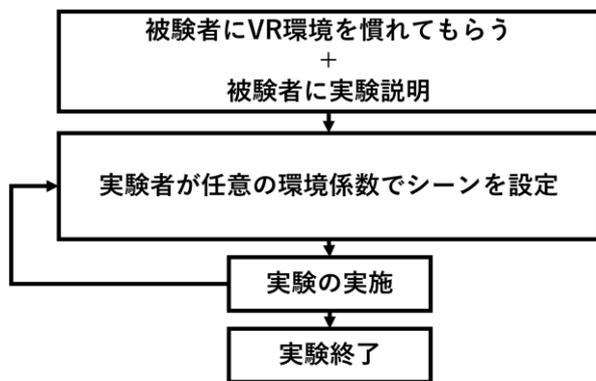


図 2: 被験者に促した実験のプロトコル

3. 実験結果

まず初めに実験データについてまとめ有意水準 5 パーセ

ント、自由度 36 で有意差検定を行ったところ t 値は 2.0281 となった。P 値が 0.05 以下で有意な差が認められた箇所について実験の図と比較しながら確認した。

都市かつ乗用車の結果を図 3 に示した。有意差検定で有意差が認められた 1 つ目は朝かつ音有り、なしの条件で、10 秒から 12.5 秒の時であり、朝かつ音有りの方が素早く横断した。2 つ目は夜かつ音有り、なしの条件で 9 秒から 12.5 秒の時であり、夜かつ音無しの方が穏やかに横断した。3 つ目は夜かつ音無し、朝かつ音有りの条件で 7 秒から 12.5 秒のときであり、朝かつ音有りの方が素早く横断した。警報音が有るときは無いときと比べ渡り終える頃に急かされる傾向があった。光環境が朝の時素早く横断する傾向があった。

次に都市かつトラックの結果を図 4 に示す。有意差検定で有意差が認められたのは、朝かつ音有り、なしの条件で 11.5 秒から 14.5 秒の時であり、朝かつ音有りの方が素早く横断した。都市での乗用車とトラックの違いは警報音の有りかつ夜の時に異なる反応を示しました。

次に田舎かつ乗用車の結果を図 5 に示す。有意差検定で有意差が認められた 1 つ目は朝かつ音有り、無しの条件で、9 秒から 13.5 秒の時であり、朝かつ音有りの方が素早く横断した。2 つ目は夜かつ音有り、音無しの条件で、7.5 秒から 8.5 秒の時であり、夜かつ音有りの時素早く横断した。3 つ目は夜かつ音無し、朝かつ音有りの条件で、5.5 秒 12 秒の時であり、夜かつ音無しの方が穏やかに横断した。警報音ありの時素早く横断し、光環境が夜の時穏やかに横断する傾向があった。

次に田舎かつトラックの結果を図 6 に示す。有意差検定で有意差が認められた 1 つ目は音有りがつ朝、夜の条件で、1.5 秒から 3.5 秒の時であり、音有りがつ朝の方が素早く横断した。2 つ目は夜かつ音無し、朝かつ音有りの条件で、8 秒から 12.5 秒の時であり、朝かつ音有りの方が素早く横断した。警報音無し夜の条件の時は、他の 3 条件よりも穏やかに横断することが読み取れた。光環境については夜よりも朝の方が横断歩道を渡り終えるときに素早く横断する傾向があった。

田舎にて警報音あり夜と警報音無し朝にて両条件ともトラックと比較して乗用車の方が穏やかに横断していた。

田舎と都市で比較したところ、田舎の方が光環境の影響が顕著に表れた。

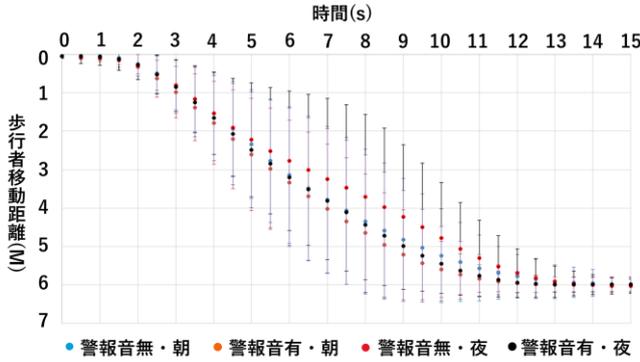


図3: 都市かつ乗用車の時の被験者の平均的反応

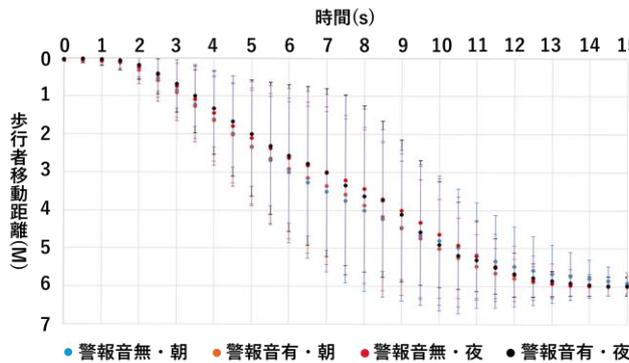


図4: 都市かつトラックの時の被験者の平均的反応

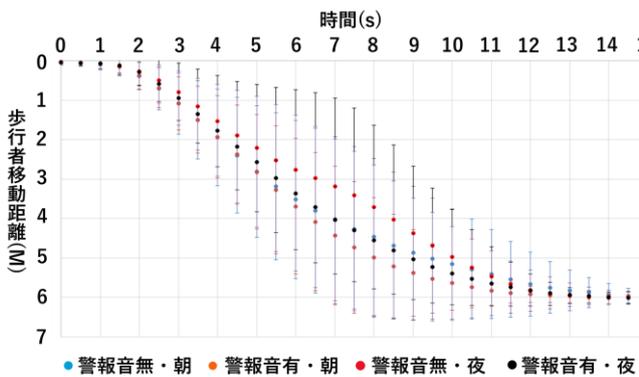


図5: 田舎かつ乗用車の時の被験者の平均的反応

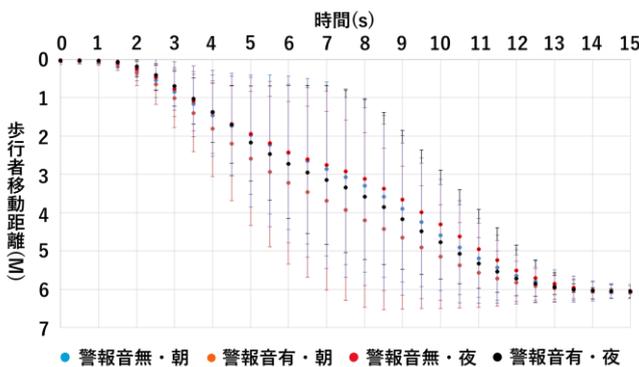


図6: 田舎かつトラックの時の被験者の平均的反応

4. 考察

本稿では環境を変化させることによって自動運転車が歩行者に与える影響がどのように変化させるのかを検証した。まず光環境について、都市の条件でも田舎のじょうけんでも光環境が朝の時のほうが夜と比較すると被験者は素早く横断をした。このことから朝は夜に比べて視界も鮮明であり風景、車種などの状況が視認しやすい環境であるためだと考えられる。

次に警報音について警報音がないときには被験者は自動運転車を確認しながら穏やかに横断するが、警報音がある時には被験者は道路を渡り切れると判断し、横断を急かされる傾向があった。このことから警報音を追加することによって道路通過時に視覚だけではなく聴覚も刺激されることによって横断する際の情報量が増えるため横断を急かされる傾向があったと考えられる。

最後に乗用車とトラックについて田舎にて警報音あり夜と警報音無し朝とでトラックの時のほうが被験者は速やかに横断することが確認できたことからトラックは乗用車と比較して車体も大きく威圧感があるため人間の心理的に素早く横断したのだと考えられる。

今回の実験では警報音を追加することによって被験者の影響を調査したが、他の条件と比べても歩行者にとっての影響は小さかった。そこで近年話題となっている、フロントガラスにアニメーションを流したり、テキストを表示したりする研究[3]も追加して研究する必要がある。

5. むすび

田舎は都市に比べて光環境の影響が大きく、都市と田舎両条件で光環境が朝の時のほうが素早く横断した。さらに自動運転車に警報音を追加することによって音無の時は穏やかに横断するが、音有りの時に被験者は横断を急かされる傾向があった。乗用車とトラックでは田舎にて警報音あり夜と警報音無し朝とで違いが確認できた。このことから環境変数を変化させることによって歩行者の反応も変化することが示唆された。

参考文献

[1] Shuaxin Qi, Marino Menozzi: Investigating pedestrian crossing decision with autonomous cars in virtual reality,

Springer Link, Vol77, pp218-229, 2023.

- [2] FantaCamara, PatrickDickison, CharlesFox: Evaluating pedestrian interaction preferences with a game theoretic autonomous vehicle in virtual reality, Transportation Reserch PartF, Vol78, pp410-423, 2021.
- [3] Koen de Clercq, Andre Dietrich, Juan Pablo Nunez Velasco, Joost de Winter, Riender Happee: External Human-Machine Interfaces on Automated Vehicles: Effects on Pedestrian Crossing Decisions, Crossmark, Vol61, 1355, 2019.