

1 研究背景・目的

自動運転車（以下 AV）の普及が近づき、歩行者との交錯問題が予想される。AV の普及で AV と人が運転する車（以下 HDV）の混在が頻発する。無信号単路部では歩行者の横断優先だが HDV は停止しないことも多く、AV と勘違いして横断し事故に繋がる可能性がある。また、AV は歩行者とのアイコンタクトやジェスチャーがなく両者の識別が難しい時、歩行者は安心して移動できない。

さらに、HDV は eHMI で自身の行動意思を示すが、アイコンタクトやジェスチャーも重要な役割を果たしており、AV はこれらに代わる eHMI が必要となる。eHMI（external Human Machine Interface）は機械とその周辺の人々の間で情報をやり取りするものを指す。

多田ら¹⁾は盲導ロボット犬の研究で Unity 仮想空間実験を行った。可児ら²⁾は AV の回避性能と挙動が横断判断に与える影響の研究において仮想空間上で横断実験を行った。

本研究の目的は歩行者にとって最適な eHMI 検討のための仮想実験空間を Unity 上に構築し、仮想空間実験の一例を示すことを目的とする。本研究では最適な eHMI を AV と HDV を識別できる eHMI とアイコンタクトやジェスチャーに代わる eHMI とする。

2 研究方法

以下に研究手順を、図-1 に研究フローを示す。

- (1) Unity 上で仮想実験空間を作成する。
- (2) 被験者実験を実施、仮想空間の改良点をヒアリング。
- (3) 客観評価と主観評価の結果を分析し、考察する。

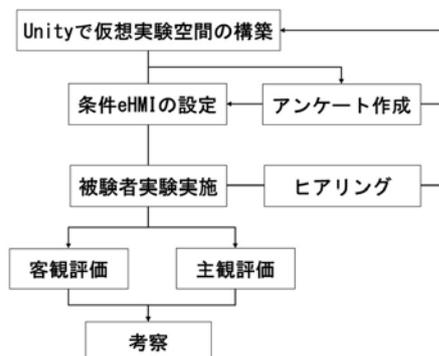


図-1 研究フロー

3 仮想実験空間の構築

3.1 シチュエーションの作成

時間は薄暮時、場所は200m程度の片側1車線往復2車線無信号単路部の空間を構築するために3DCGソフトBlenderを用いて道路や車、周辺の住宅などを作成し、Unity上にインポートした。

3.2 アバターと車両の挙動

被験者が操作するアバターはキーボードのWASDあるいは矢印キーで移動し、マウスで視野移動を行う。

車両挙動はAVの場合、歩行者が横断歩道を渡ろうと待機している状態では減速・停止挙動をとる。一方、HDVの場合、待機している状態では減速・停止挙動をとらず、歩行者が横断歩道に侵入した時減速・停止挙動をとる。

歩行者が停止距離よりも近い位置で飛び出してきた場合にはどちらの車両も止まりきれず歩行者と衝突する。

3.3 仮想空間実験に用いる eHMI

図-2のようにAVとHDVを識別するeHMIは音楽が流れる「メロディー」、ナンバープレートが発光する「ナンバー」、フロントグリル内の円形マークが点滅する「点滅マーク」を作成した。

アイコンタクトやジェスチャーに代わる eHMI は車両のフロント面に eHMI がついている「フロント」、車両上部に eHMI がついている「トップ」、車両前方の道路面に eHMI が投影されている「フロア」を作成した。



図-2 用いた eHMI

4 仮想空間実験

4.1 実験概要

本研究は仮想空間の構築段階であるため実験の目的はeHMI 検討の実験に耐えうる実験空間であるかを確認し、修正点をヒアリングから明らかにすることである。方法は被験者にHMD (Head Mounted Display) を装着し、車両接近時の歩行者横断実験を仮想空間上で行う。

4.2 実験手順

実験は以下の手順で行った。

- ① 被験者に実験の目的・内容を説明する。
- ② 予行実験を行う。
- ③ 本実験を2回行う。
- ④ 主観評価と客観評価, ヒアリングを行う。

本実験は図-3のように歩行者と車両の間隔を60mとし車両の最高速度は30km/hに設定した。車は横断歩道通過後に一定時間で消え次の車両が発車し、自動的に決められた順に合計10台の車が発車する。今回は前半の5台にAVとHDVの識別に適したeHMI, 後半の5台にアイコンタクトやジェスチャーに代わるeHMIとした。被験者には車両接近時に横断判断を行ってもらう。

4.3 評価方法

歩行者が横断を開始した時間の「横断開始時刻」、車両が通過する前に歩行者が横断した割合の「横断判断割合」の2つで客観評価, 被験者属性, 被験者特性, 実験内容の項目を設けたアンケートから主観評価を行った。

5 実験結果

5.1 客観評価・主観評価・ヒアリング

- ・客観評価：AVとHDVを識別できるeHMIでは点滅マーク, アイコンタクトやジェスチャーに代わるeHMIではフロントとトップの横断開始時刻が早く, 横断判断割合の「車が止まる前に渡り始めた」の占める割合が大きかった。平均横断開始時刻について各々のeHMIとeHMIなしのAVの組み合わせで有意水準5%, 対応なし, 両側t検定を行い, トップとフロントのみ有意差が認められた。
- ・主観評価：点滅マーク, フロント, トップの評価が良い結果となった。



図-3 仮想実験空間の初期配置

- ・ヒアリング：周辺の環境や音は良いが, VR酔いが発生し長時間の実験は困難, 車両の順番が決まっていた次の車両が読めるなどの改善点も明らかになった。
- ・VR酔いの原因：視覚情報と空間情報のミスマッチと実際の運動状態と運動体験のミスマッチの2つが挙げられ, どちらも達成できていないことが原因だと考える。

5.2 仮想空間の再現性

図-4はHMD画面上のeHMIの見え方・面積の時間推移を示している。面積は6秒時点ではフロント>フロア>トップの順だが, 発車から4秒まではフロアよりトップの方が大きくなる。一方, フロントとトップの平均横断開始時刻が5.13秒と5.08秒であるから被験者は4秒前後に横断判断を行っている推察できる。フロアの場合は発車直後ほとんど見えず歩行者に近づくにつれて見える面積が急激に伸びたため, 横断判断が遅れ横断開始時刻(5.64秒)が遅くなったと考える。

6 おわりに

本研究では最適なeHMIを検討する第一歩としてUnity仮想空間を構築し横断開始時刻, 横断判断割合を取得した。しかし, 仮想実験の問題としてVR酔いがあり, VR酔い解消としてHMDの画面とヘッドトラッキングのリンク, アバター移動をキーボード移動ではなく実際に歩くことでの運動的ミスマッチの解消を行うことが必要である。

今後の課題としては車両をランダムな順番で発車させる, 複数車両の中からAVを識別させる, 待っている人や一緒に横断歩道を渡る人を追加する, 横断時間の制限を設ける被験者に負荷をかけた実験の実施が挙げられる。

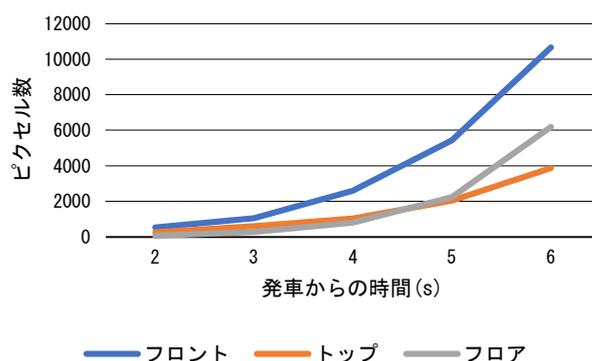


図-4 HMD画面上のeHMIの見え方・面積

<参考文献>

- 1) 多田寛脩, 内田敬: 盲導ロボット犬の回避制御検討のためのUnity仮想空間の構築, 土木計画学研究・講演集, Vol.63, 4pp., 2021.
- 2) 可児匠, 井料美帆: 自動運転車の挙動と回避性能が歩行者の横断判断に与える影響分析, 交通工学論文集, Vol.6, No.2, pp.A_87-A_96, 2020.