

(410) 情報 その他

バーチャル空間における自動車運転時の停止行動に関する研究

Study on stopping behavior in driving in a virtual space

川島 一将[†] 齋藤 芳明[†] 平川 正人[†]

Kazumasa Kawashima[†] Yoshiaki Saito[†] Masahito Hirakawa[†]

島根大学大学院自然科学研究科理工学専攻[†]

1 はじめに

映像技術の進歩とともに 3D 映像が身近になり、特にバーチャルリアリティ技術は、ゲームや観光など多様な分野での利用がはじまっている[1]. 自動車産業も例外ではなく、実物での評価が困難な開発環境において、バーチャルシミュレーションを用いたモデルベース開発が活発化している[2]. また、近年注目されている自動運転技術の開発にもバーチャル空間が活用されており、膨大な数の運転状況を再現する際に欠かせない技術となっている[3].

このように、実際には試行することが難しい状況の評価が可能になったり、現実では取得が難しいデータが容易に得られるようになるなど、バーチャル開発が活躍しているが、人間の認識に関する評価には依然として課題が残されている[4]. 近年、ドライビングシミュレータにおける人間の認識や行動に関する研究[5]も報告されてきており、それらの研究の積み重ねによって、バーチャルシミュレーションを用いた評価も可能になることが期待される。また、筆者らはこれまでに、バーチャル空間における運転手の交通法規遵守行動を評価する研究を行い、停止指示形態によって停止位置に差が出るといった結果が得られた[6].

本研究では、バーチャル空間上に構築したドライビングシミュレータを用いて、バーチャル空間における運転手の停止行動に影響を及ぼす要因について評価する。周囲の歩行者や停止車両の有無が及ぼす影響の分析に加え、その他のさまざまな条件下での行動特性を積み重ね、運転手の行動特性をモデル化し、バーチャル空間を活用した高度な自動車開発を目指す。

2 実験

2.1 実験方法

実験には 11 名(男性 9 名, 女性 2 名, 平均年齢 28.6 歳, 標準偏差 11.9)に参加を依頼した。被験者は矯正を含めて正常視力を有しており、実験の途中で体調が悪くなった場合は実験の中断をしてよいことを伝えた。また、被験者には実験開始前に本番と同様のコースを運転させ、本システムの操作に慣れた状態で実験を開始した。

2.2 開発環境

本実験におけるバーチャル空間の提示には、Oculus Rift を用い、Unity2017.2.1.f1(64-bit)を使用してバーチャル空間を構築した。また、シミュレータの運転操作（アクセル、ブレーキの操作）には Logicool 社製の LPRC-15000 を用いた(図 1).



図 1 ドライビングシミュレータ

2.3 アプリケーション

バーチャル空間上に構築した道路の中に、直線状の長さ 880m のコースを設定し、それを 5 回繰り返すようにした。道路上には、4 カ所の交差点が存在し、歩行者および他の停止車両の有無によって、表 1 に掲げる交差点状況をシャッフルして配置した。また、2 車線の一方通行を仮定し、自車両は左車線を直進するようにさせた。そして、自車両の速度は運転席上に提示して走行させた。図 2 にドライビングシミュレーション映像の例を示す。コース中の信号は必ず赤信号となっており、被験者が一定時間交差点で停止すると赤から青に変化させた。また、歩行者は自車両が近づくと道路に対して向かって左から右へ 4km/h で横断歩道を歩行し、信号待ちする他車両については右車線の停止線の 1m 手前に配置した。被験者には速度規制標識に準拠して走行させるために、その走行速度は 40km/h を越えないようにシミュレーション上で自動制御するようにした。また、被験者が実際の車と違和感なく運転できるように、本実験車両ではアクセル最大時に停止状態から 40km/h まで約 6 秒間で到達し、40km/h からの制動距離を約 10m として実装した。

表 1 交差点状況

交差点状況	停止車両	歩行者
Case A	無	無
Case B	無	有
Case C	有	無
Case D	有	有



図 2 シミュレーション映像

3 結果

本実験では 1 人当たり 20 回、被験者全体で計 220 回の停止箇所が存在した。そのなかで、歩行者や停止車両の有無といった交差点状況毎に、実際の停止線の位置と完全に停止した際の自車両の位置との差を分散分析した(表 2)。結果は停止車両の有無では $P=0.077$ 、歩行者の有無では $P=0.027$ となり、歩行者の有無の場合のみ有意水準 5%を満たしたため、歩行者の存在によって停止位置に差があることが分かった。

また、歩行者と停止車両の 2 要因における交互作用については有意水準 5%を満たさなかったため ($P=0.398$)、停止行動における歩行者と停止車両の有無による相乗効果は見られなかった。

表 2 歩行者および停止車両の有無から見た分析結果

	Sum Sq	df	Mean Sq	F	P-value
Pedestrian	11.957	1	11.957	3.885	0.027
Other car	7.632	1	7.632	3.885	0.077
Interaction	1.738	1	1.738	3.885	0.398
Error	523.126	216	2.422		
Total	544.453	219			

次に、交差点状況毎の停止位置の平均および標準偏差を表 3 に、シミュレーション上の Case A と Case D の平均停止位置を図 3 に示す。交差点に停止車両や歩行者が配置されることで、何も無い場合と比較して実際の停止線の位置より手前で停止する傾向が現れている。また、停止車両よりも歩行者の存在が手前で停止する結果を提示することが分かった。

表 3 停止位置の平均と標準偏差

交差点状況	平均(m)	標準偏差(m)
Case A	1.096	1.822
Case B	1.74	1.579
Case C	1.647	1.332
Case D	1.935	1.386



図 3 Case A(左), Case D(右)の平均停止位置

4 考察と課題

停止車両や歩行者の存在が停止行動をする際の目安となり、停止線により近づいて停止すると想定していたが、バーチャル空間では停止車両や歩行者との距離感を掴むことが難しく、手前で停止してしまったと判断する。実験後に行ったアンケートより、停止車両や歩行者が停止の目安になったかという問いに対して、11 名中 7 名が目安になったと回答していたことから、被験者の停止行動を促す補助にはなかったと考える。

また、停止車両よりも歩行者の存在が停止動作に生じたことに関しては、歩行者は被験者の進路上に存在したのに対し、停止車両は被験者車両の隣車線に配置したことから停止位置に差が生じたと考える。

本実験ではバーチャル空間における停止車両や歩行者といった環境要因が停止行動に影響を及ぼす結果となったが、周囲の建造物や電柱の有無等で、より複雑かつ現実的な環境になった際に、どの程度の効果が生まれるのか今後の課題にしたい。

さらに、現実空間で本実験と同様の状況下で検証を行い、現実と仮想の差異についても明らかにしていきたい。

5 おわりに

本研究では、バーチャル空間上に構築したシミュレータを用いて、バーチャル空間における運転手の停止行動について周囲の停止車両や歩行者の有無による停止位置の変化から分析を行った。自動車開発において実際に作り出すことが困難な状況の評価にバーチャル空間の利用は有効であるが、運転手の感

覚を完全に再現することは難しく，人間の認識や行動を継続して明らかにする必要がある．

参考文献

1. 氏家弘裕, 渡邊洋, “バーチャルリアリティ映像から受ける生体影響の評価”, 電子情報通信学会誌, Vol.101, No.8, p.832-837, 2018.
2. 今田道宏, 小森賢, “エンジン制御システム開発技術”, 計測と制御, Vol.53, No.8, p.702-709, 2014.
3. 井上久男, “「匠の技」頼みの日本自動車メーカーの危機-VRでの新車開発でドイツに完敗”, BUSINESS INSIDER JAPAN, <https://www.businessinsider.jp/post-108135>
4. Joost C.F. de Winter, Peter M. van Leeuwen, Riender Happee, “Advantages and Disadvantages of Driving Simulators: A Discussion”, Proceedings of Measuring Behavior Conference, pp.47-50, 2012.
5. 村瀬健二, 武田雄策, 原利宏, 金子寛彦, “自動車運転時の周辺対象認知における東部と眼球運動”, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol. 23, No.3, pp.207-216, 2018.
6. 川島一将, 齋藤芳明, 平川正人, “バーチャル空間における交通法規順守行動に関する考察”, 情報処理学会, 第81回全国大会, 2019.