

停止挙動に着目したドライビングシミュレータの再現性に関する研究

愛媛大学 学生会員 ○市下真之 愛媛大学 非会員 坪田隆宏
愛媛大学 正会員 吉井稔雄 愛媛大学 正会員 白柳洋俊

1. 背景と目的

ドライビングシミュレータ（以下、DS）とは、仮想空間内で車の運転を疑似体験できる機械である。DSは、道路環境や周囲の車両の動き等の走行条件を任意に設定でき、詳細な走行データを容易に収集出来るなどの利点を有する為、近年では運転支援システム等の開発段階においてもDSが多く活用されている。しかし、DS内では実世界における走行感覚と乖離が生じることが指摘されており、DS走行の結果を実走行の結果と比較する際の課題となっている。例えば、DS内では速度と距離のいずれについても、ドライバーが実際の値より低く感じる傾向にあると報告されている¹⁾。一方、速度は距離の単位時間当たりの変位量であることから、速度感と距離感の乖離の程度が同程度あれば、時間感覚については実走行に合致すると考えられる。その場合、時間に着目した指標を用いることで、DS走行の評価結果を実走行の結果と比較可能になると期待される。そこで本研究では、時間感覚に着目してDS内での走行感覚の再現性を確認することを目的とする。具体的には、一時停止や信号交差点での停止挙動に着目し、DS内での速度感と距離感の乖離の程度を定量的に評価することで、時間感覚の再現性を検証する。

2. 距離感と速度感の乖離度の推定と検証

ドライバーが赤信号や一時停止等の停止目標に対する停止挙動を行なう際、走行速度に応じて停止開始位置を決定し、加速度一定で減速するという仮定を置く。この時、停止挙動開始から停止までに進む距離Dは、停止挙動開始時点の速度Vの関数として式(1)で表される。

$$D = a_i V^2 \quad (1)$$

係数 a_i はドライバー*i*のパラメータ値であり、実走行実験の結果より推定値 \hat{a}_i が得られる。

一方、ドライバー*i*がDS内において認識する距離と実距離に α_i 倍の相違があるとすれば、DS内で認識される距離 D_{ds} と速度 V_{ds} は、それぞれ式(2)と式(3)で表現できる。

$$D_{ds} = \alpha_i D \quad (2) \quad V_{ds} = dD_{ds}/dt = \alpha_i V \quad (3)$$

DS内で認識される距離と速度についても、式(1)と同様の関係を持つと考えられるので、ドライバー*i*について式(4)が成立する。

$$\alpha_i D_{ds} = \hat{a}_i (\alpha_i V_{ds})^2 + \varepsilon \quad (4)$$

式(4)の誤差項 ε は、実走行時の速度と距離の関係と、DS内で認識される速度と距離の関係との差を表している。DS内で*n*回の走行データが得られている場合、式(5)に示す最小二乗法によって、ドライバー*i*の距離感の乖離度 α_i を推定する。

$$\hat{\alpha}_i = \operatorname{argmin} \sum_{k=1}^n \varepsilon_k^2 \quad (5)$$

推定された乖離度 $\hat{\alpha}_i$ を用いて、DS内で認識される距離 D_{ds} と速度 V_{ds} が算定可能となる。もし、DS内で認識される距離と速度の関係が、実走行結果より得られる距離Dと速度Vの関係と等しい場合、ドライバー*i*はDS内において距離と速度の両方を実走行時の α_i 倍で認識しているこの仮説が成立すると考えられる。検証は、式(6)で示すように、式(4)に誤差項 c_i と d_i を導入し、 $(c_i, d_i) = (0, 0)$ の仮説検定によって行う。仮説が棄却されない場合、すなわち c_i と d_i が有意に推定されない場合、ドライバー*i*はDS内において距離と速度の両方を同倍率に歪んで認識しているとの仮説が成立し、時間感覚については実走行時と合致していると考えられる。

$$\hat{\alpha}_i D_{ds} = (\hat{\alpha}_i + c_i)(\hat{\alpha}_i v_{ds})^2 + d_i \quad (6)$$

3. 実験概要

実走行実験の参加者は6名、DS実験の参加者は10名である。参加者は20~40代の男性である。そのうち4名はどちらの実験にも参加した。

実走行実験のコースは、自車の走行に関して周囲車両からの影響を受けないようなコースを設定した。また、停止位置には自作の停止線を設け、目印として自作の標識を設置した。DS実験のコースは、周辺環境、周辺車両等が実走行実験の近づくようにコースを作成した。停止位置として信号交差点を設置した。

表 1 実験概要

	実走行	DS
場所	松山	東京大学
実験参加者	6人	10人
停止数	54回/人	81回/人
指示速度	40~50km/h, 30~40km/h	20~30km/h, 30~50km/h, 50~70km/h
データ間隔	1秒	0.1秒

4. 分析結果

4.1 α の推定結果

推定結果は表2のようになった。 α は1に近い値であるほど実走行とDSの相違が小さいと考えられることから、Aが最も相違が大きいことがわかる。

表 2 α 推定結果

	実験参加者			
	1	2	3	4
α	0.457	0.796	0.627	0.963

4.2 単回帰分析結果

分析結果を表3に示す。 c はDS内での速度の相違の割合と距離の相違の割合の差を表している。 d は速度に依存しない距離感の相違を表している。 c が有意に推定されない場合、DSの値を速度と距離共に α 倍することで実走行の関係を表すことができる。

表 3 単回帰分析結果

	実験参加者			
	1	2	3	4
c	0.021	-0.042	0.053*	-0.031
d	0.291	6.087*	-1.754	5.842*

*: 5%有意

実験参加者A, B, Dは、DS内での速度の相違の割合と距離の相違の割合に差はなかった。しかし、実験参加者B, Dは速度に依存しない距離感の相違があった。実験参加者Cは速度の相違の割合と距離の相違の割合に差が見られた。また、速度の相違の割合の方が大きいことから、DS内では実走行に比べ時間を長く感じている可能性がある。

5. おわりに

DS内で時間感覚が再現されているかには、個人差があると考えられる。今後、さらに多くの人で分析を進め、個人差の要因分析をする必要がある。

謝辞

本研究において、東京大学生産技術研究所大口・井料研究室の皆様には多大な協力を得た。ここに深く感謝の意を表す。

参考文献

1) 栗谷川幸代・影山一郎；ドライバ特性計測のためのドライビングシミュレータの活用に関する研究，日本大学生産工学部研究報告A，2009年12月第42巻第2号