

自転車・自動車ドライビングシミュレータの実環境再現性評価

永松 啓伍¹・溝口 諒²・山中 英生³

¹学生会員 徳島大学大学院 先端技術科学教育部 (〒770-0814 徳島市南常三島2-1)

E-mail: c501531008@tokushima-u.ac.jp

²学生会員 徳島大学大学院 先端技術科学教育部 (〒770-0814 徳島市南常三島2-1)

E-mail:mizoryo0822@yahoo.co.jp

³正会員 徳島大学ソシオテクノサイエンス研究部 教授 (〒770-0814 徳島市南常三島2-1)

E-mail: yamanaka@ce.tokushima-u.ac.jp

近年、交通安全分析でもドライビングシミュレータ(以下DS)が用いられており、危険性を伴うような交通条件や、ドライバー特性を考慮した実験が必要な場合など、DSの活用が期待されている。しかし、DSは現実環境での走行感覚と比べて速度感覚、距離感覚などに相違があることが分かっている。このため、DSによる速度や距離感、視認性について、現実環境の間隔との相違を定量的に明らかにしておくことが、実験結果を解釈する上で重要といえる。そこで、本研究では交差点での自転車安全性評価のために開発した自転車・自動車協調型DSについて、距離・速度・判読距離に関して実験を行い、自転車・自動車DSの性能を評価した。

Key Words : *bicycle simulator, real perception reappearance, performance analysis*

1. はじめに

近年、交通安全分析、情報提供効果などにドライビングシミュレータ(以下DS)が用いられている。路外実験では危険性を伴うような交通条件や、交通シミュレーションで考慮が難しい多様なドライバー特性の実験が必要な場合など、DSの活用が期待されている。また、最近では自転車についてもDSが開発され、走行環境の評価や、危険状態での運転経験を活かした教育ツールとしても活用が進んでいる。しかし、DSは現実環境での走行感覚と比べて速度感覚、距離感覚などに相違があることが分かっている。このため、DSによる速度や距離感、視認性について、現実環境の間隔との相違を定量的に明らかにしておくことが、実験結果を解釈する上で重要といえる。

本研究室では交差点での自転車安全性評価のために、自転車・自動車が同時に走行できる協調型DSを開発している。本稿では、このDSについて、車間距離・側方距離・速度に関して実環境の再現性に関する実験を行った結果を報告する。

2. DSの性能に関する既存研究

既存研究では、DSの画角による走行感覚の違いや、

DSの距離感の違いなどについて分析が行われている。DSは、実車相当の距離感、速度感を表現するためにはある程度の画角が必要であることが明らかになっている。五島らは⁴⁾、申告した車間距離、速度と実距離、実速度との関係を実車と比較している。DSは距離では申告距離が実距離より大きくなり(距離が遠く感じる)、特にスクリーンの画角が小さいほど、その差が大きくなるとしている。画角が大きくなると1~10mの近距離でむしろ実車に比べ申告距離が小さく(距離が近く感じる)ともしている。速度に関しては、画角の大きさに関わらず、DSでは実際の走行速度が申告した速度より大きくなる(速度感が小さい)が実車より顕著になるとしている。特に画角が小さいと低速域でより速度感が小さくなるとしている。桜井ら⁵⁾はモーション機構を装備したDSを用いた実験で、距離、速度について同様の傾向があることを報告している。また小川⁶⁾は、ハンドル操作が実車両と異なるために走行位置に影響が表れること、DSでの走行速度は実車両よりも高速になるまで加速する傾向があることなどを明らかにしている。ただし、距離と速度の定量的関係までは明らかになっていない。

さらに、自転車のドライビングシミュレータは安全研究だけでなく、普及品は教育等に活用されており、再現

性に関する研究も見られるようになってきている。たとえば佐藤ら⁷⁾はヘッドマウント型の自転車シミュレータを開発し、ハンドル・ブレーキ・ペダル・スピード・映像・音の満足度と総合的満足度の関係を分析して、ブレーキ・ペダル・スピード感など速度制御に係る項目が総合満足度との相関が強いことを明らかにしている。さらに、筆者ら⁸⁾は広視野型の自転車ドライビングシミュレータを開発し、DSでは実環境に比べて、指示速度より速い速度、車間距離は短く感じる傾向が生じるが、その割合からみて時間感覚は再現されていること、サインの判読距離は短くなることを定量的に明らかにしている。

本研究室では、新たに自転車・自動車同一空間を走行できる協調型のドライビングシミュレータを開発しており、このDSを用いた場合の、実環境との走行感覚の再現性について確認することが本研究の目的である。

3. ドライビングシミュレータ概要と実験方法

(1) ドライビングシミュレータの概要

自転車・自動車DSは、自転車と自動車の運転者は同一空間上で同時に操作が可能なので、交差点等における自転車が自動車に追い抜かれたり、混合する状態での、自転車・自動車運転者の挙動および安全感を計測する仮想実験を行うことを目的としている。このため、従来のDSと比べて、自転車の右側、後方、自動車の左側、後方の視野像が見えるように改良している。

DSのスクリーン構成を図-1に示す。自転車側は、幅2.0m高さ2.4mのパネルを正面から右回りに後ろ正面まで計4枚配置し、4台のプロジェクター（解像度1600×1200ピクセル）で投影して左右240度、上下45度の視野像を出力する。後輪回転・ハンドル操作に連動して映像が再現される。また、速度に応じて被験者の顔付近に風が当たるようになっている。

自動車は実物の軽自動車に60インチ（正面）、52インチ（側面）、50インチ（後面）の5台の液晶ディスプレイ（1920×1200ピクセル）で窓越の視野像を出力しており、ハンドル・ブレーキ・アクセルに連動している。その他、速度に応じて走行音が再生される。

ソフトはForum 8社製の「UC-Win Road Ver.9」を改良したもので、9台のPCによるマルチユーザー・クラスターモードによって、自動車・自転車の2名が、同一空間を同時に走行できるようになっている。

(2) 実環境の再現性評価の実験方法

大学構内の道路を再現した仮想空間でDSを操作させる場合と、同じ大学構内の道路を実車で同一条件下で走行させた場合を同じ被験者で行い、指示速度や指示車間距離との相違や間隔の口述精度を比較するという方法で



図-1 自転車・自動車ドライビングシミュレータ



写真-1 自転車・自動車ドライビングシミュレータ

実験を行なった。被験者は実験数、実験ケース等を考慮して3-5名とし、年齢21~24歳の男子学生で、視力は0.6~1.3である。また、速度を数値で述べられるように、実験前に自動車でも明示した速度を体感させる事前学習を行っている。

(3) 速度感の計測実験

現実環境での自転車・自動車運転時の速度感覚、DS走行時の速度感覚の違いを確認するため、それぞれの環境で指示した速度で走行させ、そのときの実際の速度との誤差を確認する方法で調べた。

実環境での自転車の実車実験には走行速度等を記録できるプローブバイクを用いた。この自転車では、被験者がハンドル部にあるスイッチを押した瞬間のログが、速度と同時に記録される仕組みとなっている。被験者には速度を指示し、徐々に速度を上げながら、指示速度に達したと感じた時点でスイッチを押させた。

自動車の実車実験では、速度計を隠して見えないようにして、徐々に速度を上げながら、指示速度に達したと感じた時点でアッパービームライトを点灯させる。速度計とライト点灯ランプをビデオ撮影することで、回答速度を計測している。

DSの場合も同様に速度を指示し、指示速度に達したと感じた瞬間にイベントログ用スイッチを押させる実験

としている。いずれの実験でも、スイッチが押されたイベントと速度が記録されたログデータから、被験者の申告時の実速度を読み取ることができる。

自転車の指定速度は自転車の平均走行速度である約15 km/hを中心に考え、10km/h、15km/h、20km/hとして各速度条件につき3回ずつ繰り返して、被験者5名で行った。自動車では、指定速度を20km/h、30km/h、40km/hで同様に繰り返し実施している。

(4) 前方車両との車間距離感の計測実験

前方車両との車間距離感を計測するために、距離をあらかじめ指定し、相手車両に後方から接近させて指示距離に達した時点を知らせさせて、実際の車間距離との誤差を比較する方法をとった。

実環境の自転車実験では、前方に停車した自動車から約60m離れた位置から自転車を走行させ、指示した距離に達した時点を含図させ、その状況を上方からビデオ撮影した。自転車が合図のスイッチを押すと、無線でビデオカメラ前のLEDライトが点灯し、画面に映し込まれる。点灯時の車間距離をビデオ画像から読み取っている。指示距離は交差点に進入するときの前方との車間距離を想定し、5m、10m、15m、20mの4条件とした。

走行速度は約10km/h～15km/h程度である。5名の被験者に、1回の走行につき全4条件の中からランダムで距離を指示し、計2条件で実験を行った。自動車の実環境では、自転車を静止させて後方から接近する方法で、5m、10m、15m、20mの車間距離を指示している。自動車の接近速度は20-30km/hである。

DSの場合は、前方に自動車を停車させた状態を再現し、指示された車間距離に到達したと感じた瞬間にDSと連動させたスイッチを押させ、その瞬間の車間距離をログデータから読み取った。実験は同一条件で一人につき3回ずつ行った。自動車についても、同様に指示車間距離に達したと感じた時点でログスイッチを押さえて、ログデータから実速度を読み取っている。

(5) 側方車両との車間距離感の計測実験

自転車・自動車運転時の側方を通過する車両との距離感を比較するため、図-2のように自転車が自動車に追い抜かれるイベントを経験させ、離隔幅を比較した。

実環境の自転車実験では、被験者に定められた位置を自転車で走行させ、自動車に離隔幅を指示して走行させて後方から追い抜かせる。自動車に追い抜かれたときに感じた離隔距離を口頭で回答させた、その際の実際の側方間隔は上方からのビデオから計測している。自動車については、指示した離隔幅と実際の離隔幅を比較した。離隔幅は1.0m、1.5m、2.0mの3条件である。

DSの場合は、自転車を定められたライン上を走行さ

せ、自動車が追い抜いて行く状況を再現して実験を行ない、自転車の被験者に追い抜かれたときの側方間隔を口述させた。自動車の被験者の場合は、前方を走行する自転車を指示した離隔幅で追い抜かせ、実際の離隔幅と比較している。DSでは、1.0、1.25、1.5、1.75、2.0mの5条件を設定している。



図-2 自動車の自転車追い越し実験

4. 実環境再現性の評価結果

(1) 自転車走行時の実環境再現性評価

図-3に自転車走行時の速度感の実環境の再現性評価結果を示す。DSの方が実環境に比べ約50%遅く感じる（DSの回答速度＝実環境での回答距離×1.5）傾向にあることがわかる。

図-4に同様に自転車走行時の前方車間距離の実環境の再現性評価結果を示す。DSのほうが実環境に比べて約50%短く感じる（DSの回答距離＝実環境での回答値×1.5）傾向になっている。

図-5は側方距離について、実値と感覚値の関係を実環境、DSで比較している。側方距離はDSの実環境と比較的総合しているが、DSでは回答値の0.7倍程度と近くに感じる傾向が見られる。

(2) 自動車走行時の実環境再現性評価

図-6に自動車運転時の速度感の再現性評価結果を示す。自転車に比べると実環境、DSとも速度の再現性は高くなっていることがわかる。ただし、低速域ではDSの方が実環境に比べ遅く感じる傾向は生じている。

図-7に自動車乗車時の前方車間距離の実環境再現性の評価結果を示す。車間距離に関しては、自転車と同様にDSのほうが実環境に比べて短く感じる傾向になっており、DSの回答距離＝実環境での回答値×1.5程度となっている。

図-8は側方距離について、自動車乗車時の回答側方距離と実側方距離を実環境、DSで比較した結果を示している。自動車では側方距離はDS・実環境とも精度よくなっている。ただし、DSでは指示値より長い距離で回答する（近くに感じる）傾向が見られる。

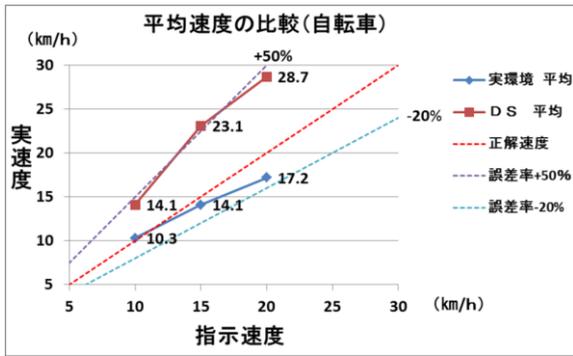


図-3 自転車乗車時の速度感の実環境再現性

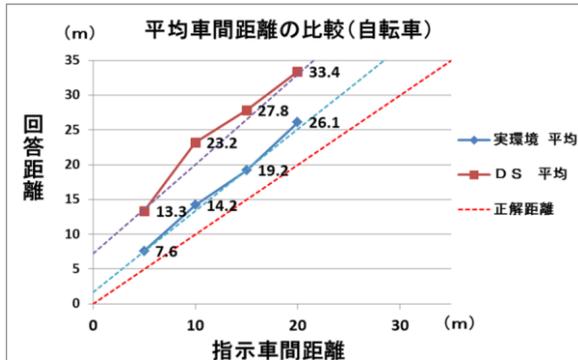


図-4 自転車乗車時の前方車間距離の実環境再現性

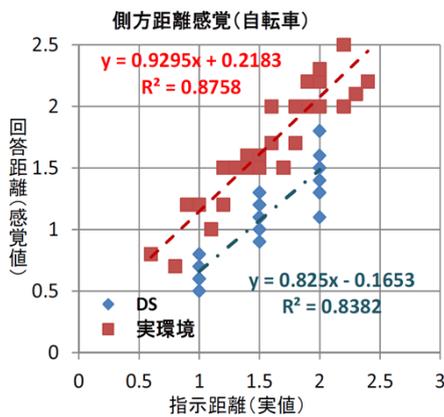


図-5 自転車乗車時の前方車間距離の実環境再現性

5. おわりに

追い抜かれ時の安全感について、実環境とDSの比較評価実験を実施しており、その結果は講演時に発表する。再現性の改善方法についても、現在検討中である。

謝辞

本研究は科学研究費基盤研究(B) 25289166 の補助を得て進めている「協調型ドライブシミュレータを用いた交差点における自転車安全施策の評価」の一環である

(2015. 7. 31 受付)

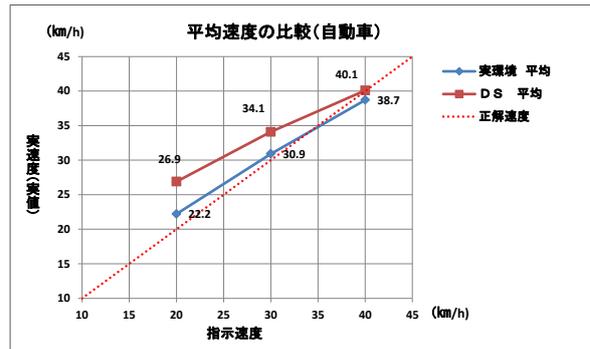


図-6 自動車乗車時の速度体感の実環境再現性

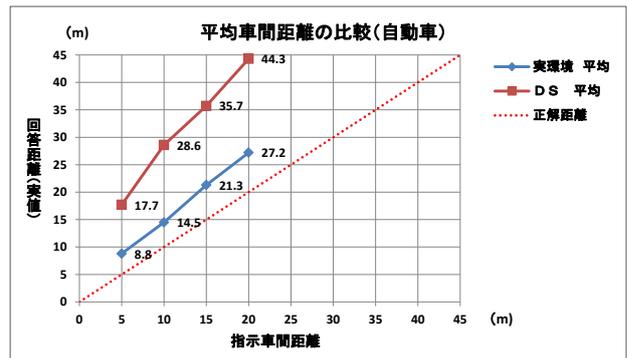


図-7 自動車乗車時の前方車間距離の実環境再現性

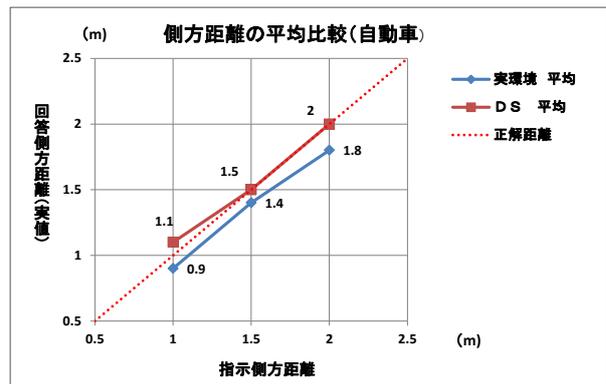


図-8 自動車乗車時の前方車間距離の実環境再現性

参考文献

- 1) 五島洋一, 栗谷川幸代, 景山一郎: ドライビングシミュレータの走行感覚向上について、日本機械学会, No.03-8, 第8回 運動と振動の制御シンポジウム論文集, 2003
- 2) 小川圭一, 土井和広, 久坂直樹: 交通安全対策の検討に対する簡易ドライビングシミュレータの応用可能性、交通科学, Vol. 37, No.1, 2006
- 3) 櫻井俊明: 「ドライバーによる事故要因の定量的メカニズムの解明」、平成24年度(中間報告)タカタ財団助成研究論文
- 4) 佐藤恵大, 鈴木美緒, 屋井 鉄雄: 自転車シミュレータの再現性向上による安全教育手法に関する研究、土木計画学・講演集, No. 49, 2014
- 5) 溝口諒, 山中英生: 広視野型自転車シミュレータの実環境再現性に関する分析、土木計画学研究・講演集, No. 50, 2014