

# 広視野型自転車シミュレータの性能分析

溝口 諒<sup>1</sup>・山中 英生<sup>2</sup>

<sup>1</sup>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

<sup>2</sup>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

ドライビングシミュレータ（以下DS）は、実車による実験に比べ、安全面やコスト面での利点があることから、道路の走行性や事故発生原因の分析など、多様な目的に活用されている。しかし、現実環境での走行感覚と比べて、DSは速度感覚、距離感覚などに相違があることが分かっている。本研究では、開発した自転車用の広視野型のドライビングシミュレータについて、走行時の速度、車間距離、側方距離、サインの判読距離について、現実環境との感覚の違いを比較する実験を行い、相違の程度を定量的に明らかにすることを目的とした。この結果、DSでは実環境に比べて、指示した速度より速い速度になる傾向があり、車間距離は短く感じる傾向が生じ、文字の判読距離は短くなることが明らかになった。

**Key Words :** *driving simulator, driving feel, performance analysis*

## 1. はじめに

自動車の走行時の走行環境を仮想映像に再現することで運転挙動をシミュレーションできるドライビングシミュレータ（以下DS）は、安価な製品が利用できるようになり、様々な研究に活用されるようになってきている。交通分野では、道路の走行性、交通事故の削減を目的としたシミュレーション分析、道路景観や標識の効果分析など、交通安全教育など、多様な目的に応じて利用されている。DSは同一条件で繰り返しが可能で、危険状態の再現も可能で、実車による実験より安全面やコスト面で利点がある。

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、標識・サインの見え方や判読できる距離などに相違があることがわかっている。DSを用いて実験を行うための前提として、DSが現実環境での走行感覚とどの程度の相違があるのかを明らかにしておく必要があり、これはDS実験の解釈を可能にする上で重要なことと言える。

本研究では、開発した広視野型の自転車用DSについて、DSと現実環境で、自動車・自転車走行時の速度、車間距離、判読距離の比較実験を行い、現実環境との相違の程度を定量的に明らかにすることを目的とした。

## 2. DSの性能に関する既存研究

既存研究<sup>1)2)</sup>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、DSで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が明らかになっている。

自転車のドライビングシミュレータも開発され、教育等に活用されているが、走行時における走行感覚の相違などは明らかになっていない。そこで、本研究では、開発した自転車ドライビングシミュレータでの現実環境との走行感覚の相違を明らかにすることを本研究の目的とした。

## 3. ドライビングシミュレータの実験方法

### (1) 実験に用いたDS

開発したDSの構成を図-1に示す。半径200cmの半円に内接する高さ2.4m幅1.2mのパネルを合計5枚設置し、XGA規格の解像度（1024×768ピクセル）をもつ3台のプロジェクターで投影している。3台のプロジェクターの

画像は、幾何補正ソフトを用いて折れ曲がりスクリーン形状への補正および重なり部分のブレンディングを行っており、左右約170度、上下45度の画角で視野画像を再現している。この結果、路面で約3.3m手前から先が映写可能である。

3DシミュレーションおよびドライビングシミュレーションのソフトはFORUM8社製の「UC-win Road Ver. 7」を用いている。自転車では、ペダル回転数をフロントギアのカウントセンサーで、ハンドル角度をポテンシオメーターで、ブレーキ量を変位センサーで取得し、ゲームコントローラーのポテンション、スイッチに入力して上記ソフトの入力としている。

ペダル、ハンドル、ブレーキは実際の操作を行っての操作感覚の調整をしているが、ソフトの制約上および自転車という性格上、自転車の走行性能に合致しているとの確認はできない。ただし、今回の実験では映像による判断を中心に検証するものなので、ペダル、ブレーキ、ハンドル自体の操作感覚についての影響は少ないと考えている。

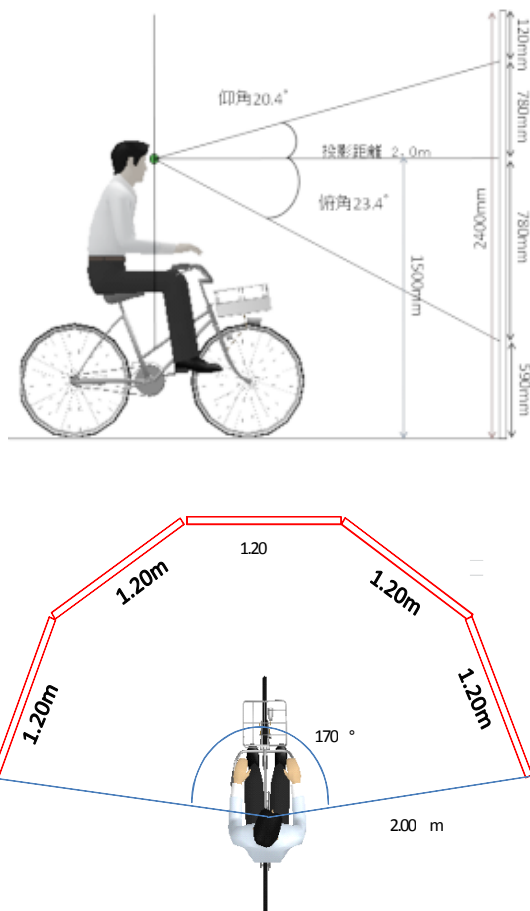


図-1 広視野型自転車DSの形状



図-2 DSの実験風景

## (2) 実環境とDSの比較実験の方法

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、同一の条件で現実の道路を走行させた場合を同一の被験者で行い、指示速度との相違や間隔の口述精度を比較するという方法で実験を行なった。図-2にDSでの実験の様子を示す。図-3に実環境で用いた道路を示す。被験者は学生5名である。

## (3) 速度感覚の比較実験

現実環境での自転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。

現実環境での実験には走行速度を記録することのできるプローブバイクを用いた。図-4に実験で使ったプローブバイクを示す。プローブバイクでは走行速度およびハンドルに取り付けやスイッチが押された瞬間がデータとして残る仕組みとなっている。被験者には速度を指示し、指示した速度で走行させ、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。指定速度は、10 km/h、15 km/h、20 km/hとした。



図-3 実環境実験で用いた構内道路

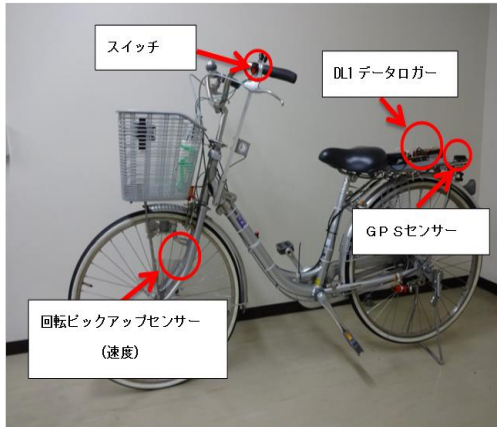


図-4 実験に用いたプローブバイク

DSの場合も同様に、自転車シミュレータと連動させたスイッチを押し、スイッチが押された瞬間を速度等が記録されるログデータから読み取るという仕組みとした。実験は、各速度条件につき3回ずつ繰り返して行った。

### (3) 車間距離の比較実験

前方の自動車との車間距離の感覚を比較するため、自動車に接近して指示した車間距離に達した時点を知らせさせ、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のリモコンスイッチで合図させ、その状況を上方のビデオ撮影した。車間距離は、5m、10m、15m、20mの4条件とした。走行速度は約10 km/h～15 km/h程度である。被験者には、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。

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(図-5)。

実験は同一条件で3回行った。

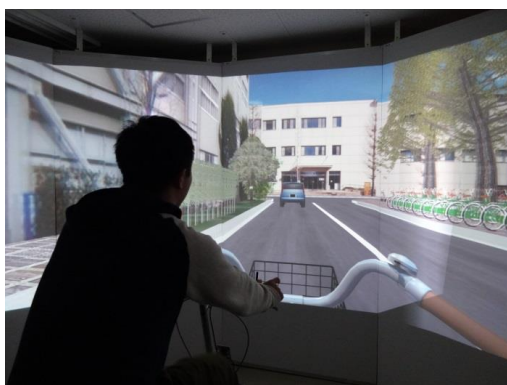


図-5 DSの車間距離実験風景

### (4) 側方距離の比較実験

自転車運転時の側方距離感を現実とDSで比較するため、自動車に追い抜かれるイベントを経験させ、そのときの側方間隔を数値で口述して、実際の側方間隔との誤差を比較する方法をとった。

自転車側の被験者に定められた位置を走行させ、自動車に指示位置を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側方距離を回答させた、また、実際の側方間隔は上方からのビデオ観察で求めた。

DSの場合は、定められたライン上を走行する自転車からの側方距離が、1.0、1.5、2.0mの中からランダムで自動車が追い抜いて行くシナリオ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(図-6)。

全ての実験は同一条件で2回ずつ行った。



図-6 DSの側方距離実験風景

### (5) 判読距離の比較実験

自転車の前方の看板および路面表示を判読できる距離を現実環境とDSで比較した。判読する文字は、看板の場合は1文字の大きさが7.5×7.5 cm、10×10 cm、15×15 cmの3条件で、路面の場合は11.25×7.5 cm、15×10 cm、22.5×15 cmの3条件とした。

現実環境の場合、被験者に前方に提示した文字に向かって自転車で走行させる。被験者にはリモコンを携帯させ、文字を判読できた瞬間にスイッチを押すと、その瞬間にリモコンで文字の前のプラボードが落ちて文字が隠れる仕組みとした(図-7)。走行後、判読した文字の内容をアンケート方式で回答させて判読を確認した。この様子を上方からビデオ撮影して、判読できた距離を計測している。

DSでは、現実環境で使用した形式の文字判読の看板および路面に表示する文字を再現して実験をおこなった。文字を判読できた瞬間に自転車シミュレータと連動させたスイッチを押し、その瞬間に文字が隠れる仕組みとした。スイッチが押された瞬間を判読距離とし、それを口

グデータから読み取る。実験は各文字の大きさにつき3回ずつおこなった。



図-7 実環境の判読実験に用いた文字サイン  
下は文字サインが隠れた状態

#### 4. 実験の結果

##### (1) 速度

図-8 に速度感覚の比較結果を示す。横軸に指示速度をとり、縦軸に実際に走行した速度をとったもので、実験結果から5人3回15サンプルの平均値をプロットしている。赤色がDSの場合、青色が現実環境の場合である。また、指示速度との誤差率を点線で示している。

DSでは指示した速度よりも高い速度で走行する傾向が見られ、特に指示速度が高いほど顕著になる。指示速度との誤差は約50%増となっている。

一方、実環境では指示速度よりも低速度の走行になり、特に指示速度20km/hは低い速度で留まっている。これは自転車走行時の実負荷が大きいことが原因と思われる。

15 km/h以下に限定するとDSでは実環境の約50%速い速度で走行する傾向があると言える。

##### (2) 車間距離

図-9 に車間距離の比較結果を示す。速度と同様に横軸に指示値、縦軸に被験者が合図した時点の距離(回答距離)をとり、全サンプルの平均をプロットしている。DSでは実際の距離よりも長い距離で回答しており、距離が短く感じる傾向が見られる。実環境でもDSほどで

はないが長い距離を回答しているので、DSと実環境を比べると約50%短く距離を感じる事が分かった。

衝突回避実験などでは時間感覚も重要であるが、距離が50%短く、速度が50%遅く感じるのであれば、たとえば対向時に遭遇するまでの時間については感覚は整合していると言える。

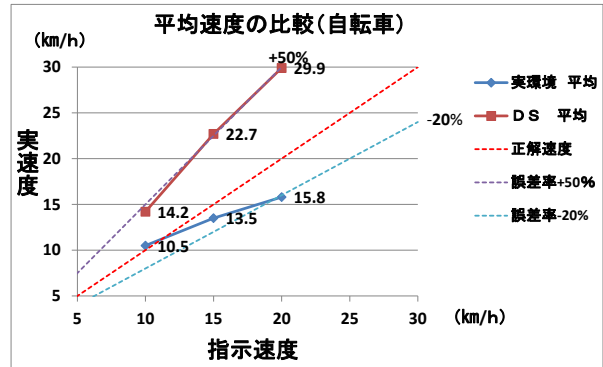


図-8 速度感覚の比較

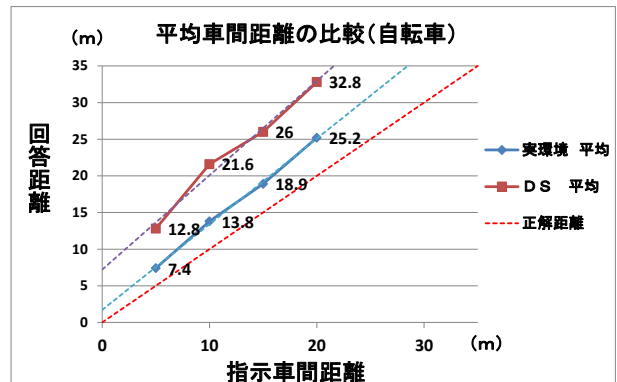


図-9 車間距離感覚の比較

##### (3) 側方距離

図-10 は現実環境での側方距離実験の結果から、指示した側方距離と回答された側方距離をプロットした結果である。回帰式によると傾きの係数は0.97と側方距離は精度よく回答していることがわかる。図-11は同様の結果をDSの場合で示している。DSでも傾きの係数は1.01と精度よくなっているが、切片で見ると、DSではマイナス21cm、実環境ではプラス14cmと、DSでは実環境よりも35cm程度、指示距離より短い距離を口述している。また、回帰式の精度も実環境より悪く、口述する距離にぶれが生じていることがわかる。ただし、DSの側方距離の回答値と実環境との差は約20%で前方距離ほどの誤差は見られない。

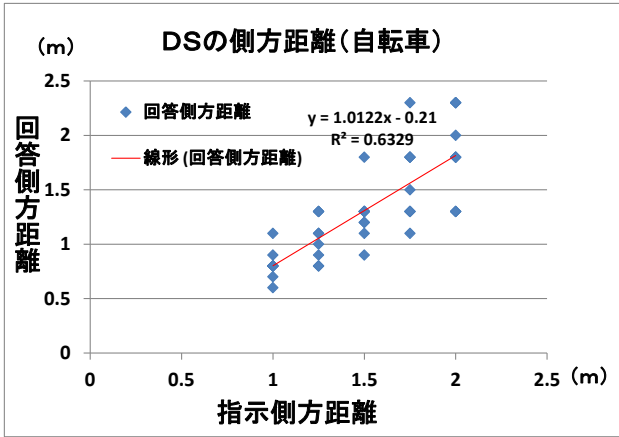


図-10 現実環境での側方距離精度

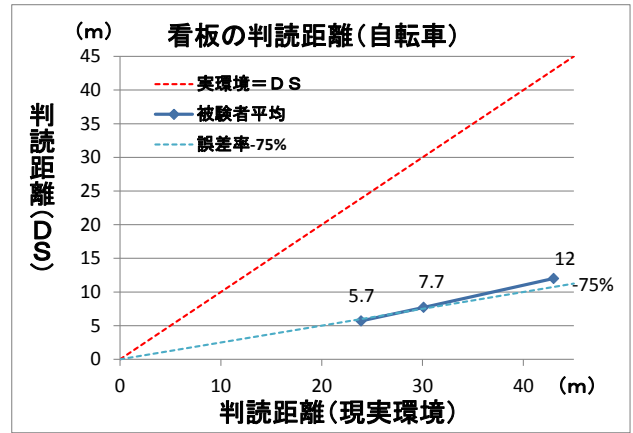


図-12 看板文字判読距離の比較

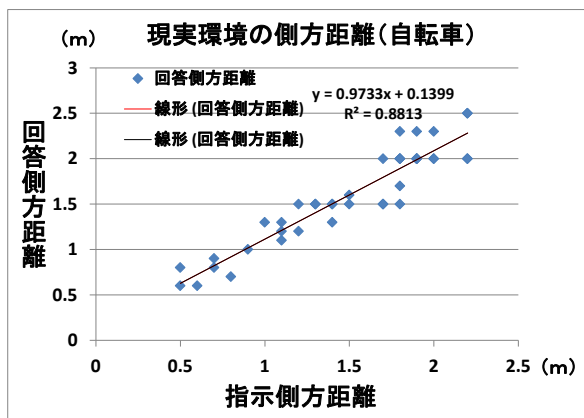


図-11 DSでの側方距離精度

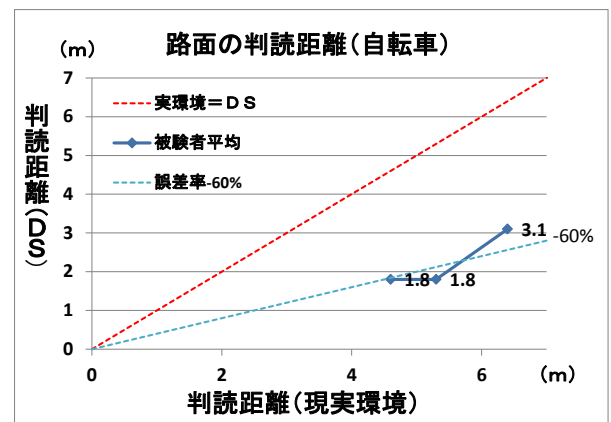


図-13 路面表示判読距離の比較

#### (4) 判読距離

図-12に看板文字の判読距離の比較を示す。横軸に現実環境での判読距離をとり、縦軸にDSでの判読距離をとり、同一文字サイズでの実験サンプルの平均判読距離の平均値をプロットしている。DSは解像度が現実と比べてかなり低いことから判読距離は実環境より短くなっている。実験結果では、DSの判読距離は実環境の約30%程度の距離であることが分かった。これは視力で換算すると実環境で視力1.0の人がDSでは0.3程度の視力の人での実験となっているといえる。

図-13は路面表示の場合の判読距離の比較である。この場合、DSの判読距離は現実環境の約40%程度の距離であることが分かった。視力換算では、実環境で視力1.0の人が、DSでは0.4程度の視力の人での実験となっているといえる。

## 5. おわりに

車間距離の実験では、前車が止まっている状態で行ったが走行中での距離感の違いも明らかにする必要がある。判読距離は映像の精度によっても違いが表れることが想定される。なお、同じDSで、自動車側の走行感覚の精度についての実験も実施しているが、これについては別途発表を行いたいと考えている。さらに、現在開発中の映像の解像度を向上させ、視野角を240度に拡大したドライビングシミュレータでの検証も予定している。

## 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, 「振動と運動の制御」シンポジウム講演論文集, 2003(8), pp. 503-506, 日本機械学会
- 2) 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年度タカタ財団助成研究論文