

# サイクリングシミュレータと簡易ドライビングシミュレータを用いた3D横断歩道に対する減速挙動の効果測定

堤日菜依<sup>1</sup>・松本 修一<sup>2</sup>・小林直人<sup>3</sup>

1非会員 文教大学 情報学部 情報社会学科 (〒253-8550神奈川県茅ヶ崎市行谷1100)

E-mail: b6p41070@shonan.bunkyo.ac.jp

2正会員 文教大学准教授 情報学部 情報社会学科 (〒253-8550 神奈川県茅ヶ崎市行谷1100)

E-mail: shuichi@shonan.bunkyo.ac.jp

3非会員 元文教大学 情報学部  
(〒253-8550 神奈川県茅ヶ崎市行谷1100)

騒音や振動が発生しないイメージハンプの応用例の一つとして、3D横断歩道を取り上げ、その導入効果をシミュレーション実験によって検証する。3D横断歩道とは、立体的に錯視するようペイントとされた横断歩道のことであるが、他の交通安全対策と比べ導入事例が少ないこともあり、その運転挙動への効果を詳細に検証した研究は少ない。本研究では、10名の被験者を対象に3D横断歩道が自転車・自動車の運転挙動にもたらす影響を把握し、自動車・自転車への減速挙動への効果を分析した。

**Key Words :** *Cycling Simulator, Driving Simulator, 3D Crossing, Stopping Behavior*

## 1. はじめに

自転車の関連事故件数は減少傾向にあるが、全交通事故に占める自転車関連事故の構成比は横ばい傾向である<sup>1)</sup>。平成27年9月に国土交通省は「社会資本整備重点計画(計画期間:H27~32)」において、「生活道路におけるハンプの設置等による死傷事故抑止率」を新たに設定した<sup>2)</sup>。しかし、ハンプでは、速度抑制に効果があるものの、住宅地が並ぶ生活道路では騒音や振動が問題となり、施策の反対を受ける可能性がある。

清田ら<sup>3)</sup>は、社会実験を通して、ハンプ等のデバイスを主体とした交通安全対策が、自動車の速度抑制などどの程度有効であるか検証した。この実験の結果、高さ8cmのハンプでは、かなりの速度抑制効果があり、特に、速度の速い自動車に有効であることを明らかとした。しかし、ハンプ通過時に騒音や振動が発生するため、沿道住民からの強い反対を受け、騒音・振動が発生しにくいデバイスの開発が課題であるとしている。

そこで本研究では、騒音や振動が発生しないイメージ

ハンプの応用例の一つとして、3D横断歩道を取り上げ、その導入効果をシミュレーション実験によって検証する。3D横断歩道とは、立体的に錯視するようペイントとされた横断歩道のことである<sup>3)</sup>。3D横断歩道の導入例として、交通状況が悪くスピード違反が多いインドでは、3D横断歩道を描いたところ、自動車の平均速度が時速30km下がったという結果が出ている<sup>4)</sup>。日本では、拓殖大学八王子国際キャンパス内で、横断歩道の白線を白・黄色・青の3色の塗料で縁取ることで、横断歩道を立体的に錯視するようペイントし、バス運転手にアンケート調査をし3D横断歩道がよく目立つことを確認した例はあるが<sup>5)</sup>、他の交通安全対策と比べ導入事例が少ないこともあり、3D横断歩道が自動車および自転車の運転挙動への効果を詳細に検証した研究は少ない。本研究では、10名の被験者を対象に3D横断歩道が自転車・自動車の運転挙動にもたらす影響を把握し、自動車・自転車への減速挙動への効果を比較分析および考察を行う。

## 2. 実験概要

### (1) 実験環境

実験使用機材として、自転車実験時にはサイクリングシミュレータ図-1（以下「CS」と記す）を用いた。自動車実験時には簡易ドライビングシミュレータ図-2 以下「簡易 DS」と記す）を使用した。実験装置のシステムは、100 インチ（高さ 155cm,幅 200cm）のスクリーン 1 面、80 インチ（高さ 99.7cm,幅 177.2cm）のスクリーン 2 面、主計算機 1 台、超単焦点プロジェクタ 3 台から構成される。自転車実験時、アクセルなどの入力に使用するペダルを、足元に 3 つ設置したが、本研究は AT 車を対象に実施したので、右側のペダルをアクセル、中央のペダルをブレーキの入力として使用した。ソフトウェアは、株式会社フォーラムエイト製の UC-win/Road version11.0 を使用した。このソフトウェアを活用することで、道路や交通環境、走行シナリオが柔軟に作成可能である。

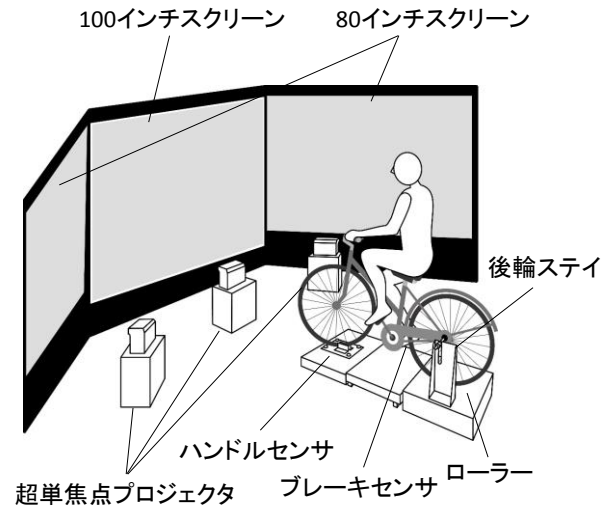


図-1 CS の概観図

### (2) 実験方法

本実験では、CS・簡易 DS の習熟走行、横断歩道での停止習熟走行、横断歩道での停止走行実験の 3 つのシナリオを作成した。

実験開始前、インフォームドコンセント、走行についての教示、走行する道路について説明を行った。以降の各走行に際しても、これらの教示と説明を行った後、以下の手順で実験を行った。

CS・簡易 DS 環境下で習熟練習走行を行い被験者および実験従事者が操作および走行を十分に習熟したと判断した後、習熟確認走行を行った。また、横断歩道での停止の感覚も同様に確認を行った。

習熟走行コースは、1. 自転車専用レーンが設置されている片側 3 車線の道路、2. 自転車専用レーンの歩道側に距離確認用オブジェクトが設置されている(走行開始位置から 10m おきに 10 か所配置)片側 3 車線の道路、3. 自転車専用レーンに自動車を設置した片側 3 車線の道路(走行開始位置から 60m 地点に自動車を配置)を使用した。

本実験では、一般道路を模擬した車線なしの道路（車道幅員 5m）において走行するシナリオを用いた（図-3 参照）。このシナリオの二つ目の交差点に 3D 横断歩道を設けた実験走行コース(図-3, 4)を使用し、2 つの走行コースを CS および簡易 DS にて 3 回ずつ走行させ、横断歩道の手前で停止するよう教示した。実験走行は計 12 回行う。指示走行速度は、自動車 40km/h、自転車 12km/h とした。

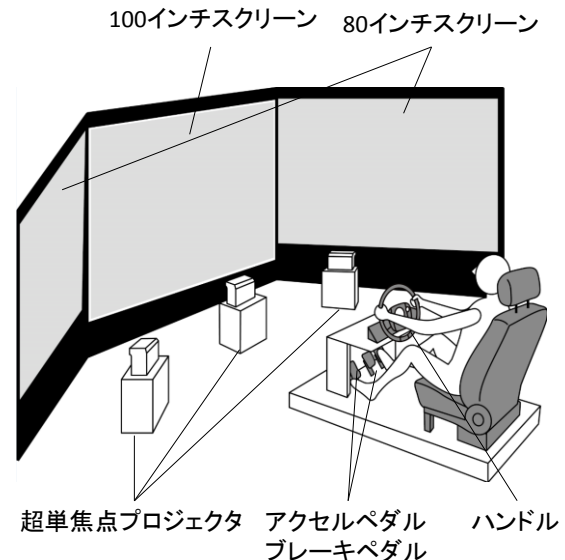


図-2 簡易 DS の概観図

自転車の走行開始位置は横断歩道の 100m 手前、走行位置は車道左端から 1m の位置とし、自動車の走行開始位置は横断歩道の 200m 手前、走行位置は車道左端から 2m の位置に設定した（図-4, 5 参照）。また、走行順序は順序効果抑制のため、被験者ごと異なる順序で行った。本実験における横断歩道の概観図を図-6, 7 に示す。

また、実験で被験者が走行を開始した時点から走行終了するまでの間に記録される走行時間、速度、ブレーキ入力量などを CS および簡易 DS のアウトプットから抽出し、評価指標を算出するデータとして使用した。

これらのデータから、平均減速度、減速時間、ブレーキ入力時間、停止距離などを算出した。本実験での減速開始の定義は、指示速度を下回り、停止まで継続的に減速している地点とした。それぞれの評価指標の算出方法

表-1 被験者属性

被験者	年齢	性別	免許取得年数	自動車運転頻度	自転車使用頻度
A	22	男	3年1ヶ月	2~3ヶ月に1回	2~3ヶ月に1回
B	22	男	6ヶ月	週1~2	週2~3
C	22	男	1年6ヶ月	週1~2	週1~2
D	22	男	2年8ヶ月	月1	2~3ヶ月に1回
E	22	男	3年1ヶ月	週1~2	ほぼ毎日
F	20	男	1年8ヶ月	利用しない	週1~2
G	20	女	1年	利用しない	利用しない
H	20	男	2年1ヶ月	2~3ヶ月に1回	月に1回
I	20	女	1年2ヶ月	2~3ヶ月に1回	利用しない
J	20	女	0	利用しない	利用しない

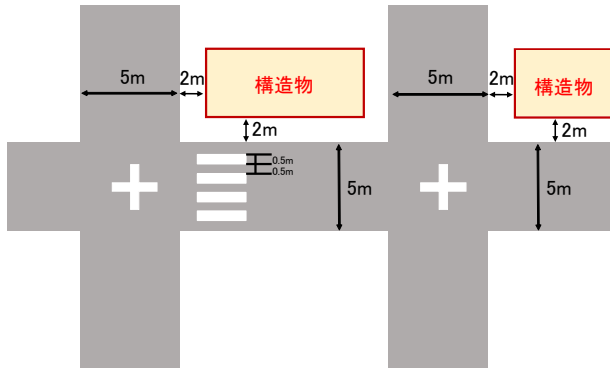


図-3 走行環境の概要

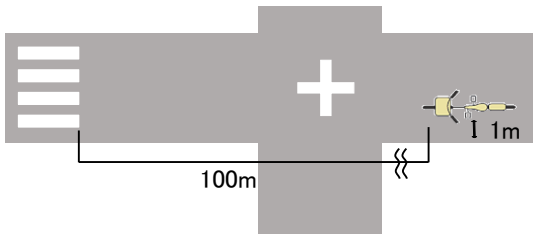


図-4 自転車の走行開始位置

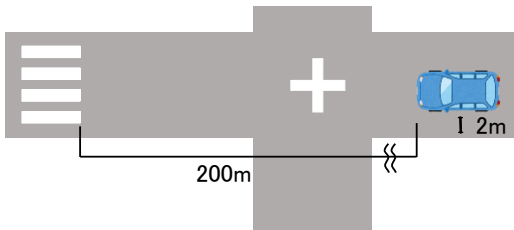


図-5 自動車の走行開始位置



図-6 実験で使用した 3D 横断歩道



図-7 実験で使用した一般的な横断歩道

は、次の通りである。平均減速度は、横断歩道手前で減速している時間における速度の時間微分の平均を平均減速度として算出した。減速時間は、横断歩道の手前で減速を開始し、停止するまでの時間を減速時間として算出した。ブレーキ入力時間は、横断歩道の手前でブレーキを入力し、停止するまでの時間をブレーキ入力時間として算出した。停止距離は、減速開始した地点から横断歩道の手前で停止するまでの距離を停止距離として算出した。なお、本実験における被験者属性を表-1にまとめる。

### 3. 習熟確認走行

CS は実環境と比べ速度感などの相違があることが指摘されている<sup>7)</sup>。そこで、CS での走行速度の相違を減らすため、練習走行で速度感を習熟させ、その確認のため習熟確認走行で被験者が感じている速度と実際の速度の差異を確認した。具体的には、被験者に CS での速度をプロジェクタ上に表示しながら 12km/h での走行を行ってもらい、その速度に充分慣れた段階で走行を終え、習熟確認走行を行った。その習熟確認走行におけるデータにおいて、被験者が自転車をこぎ始めて 3 秒後から減速開始地点までを解析対象とし、10 名の被験者で計 30 回の走行速度を算出した結果を図-8にまとめる。この図から全被験者の走行速度の平均は 12.02 km/h となり、各被験者の CS 走行速度と指示速度 12km/h との差異は大よそ 10%以内であった。

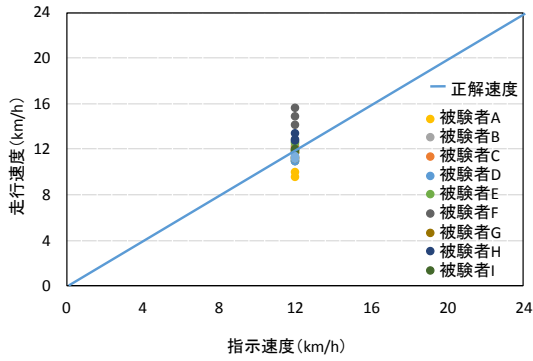


図-8 走行速度と指示速度の散布図

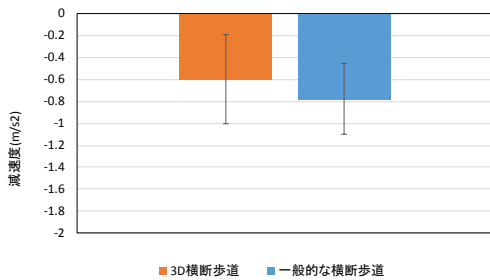


図-9 CS 走行での平均減速度

### 3. 横断歩道における停止実験

#### (1) 減速度に関する結果

本節では、CS および簡易 DS における走行実験の結果をまとめる。まず、図-9, 10 に CS での平均減速度の結果を示す。3D 横断歩道では、一般的な横断歩道と比較し平均減速時間は、統計的に有意傾向で約 30% 減少 ( $F_{15}=4.01(p<0.1)$ ) し、被験者 10 名中 9 名で平均減速時間が減少した。

次に、簡易 DS における 3D 横断歩道と一般的な横断歩道での平均減速度の結果を図-12, 13 に示す。一般的な横断歩道に比べ、3D 横断歩道での平均減速度は 50% 減少 ( $F_{15}=4.01(p<0.01)$ ) し、被験者 10 人中 8 名の平均減速度が減少した。

また、CS, 簡易 DS での最大減速度の結果を図-13, 14 に示す。CS での走行の場合、図-13 に示すように最大減速度に関しては統計的に有意な差はなかった ( $t(18)=2.1, p=0.8$ )。

その一方、簡易 DS での走行では、図-14 のように一般的な横断歩道に比べ、3D 横断歩道の方が、36% 程度緩やかな減速をしするという結果になった ( $t(18)=2.1, p<0.05$ )

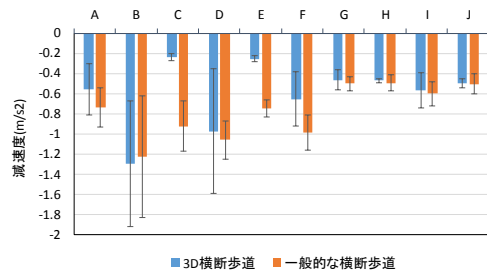


図-10 各被験者の CS 走行での平均減速度

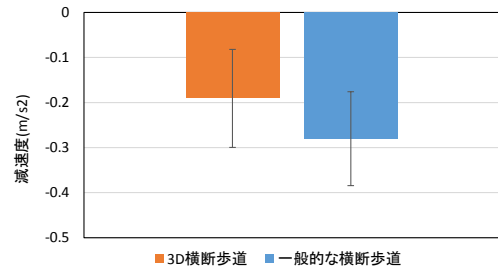


図-11 簡易 DS 走行での平均減速度

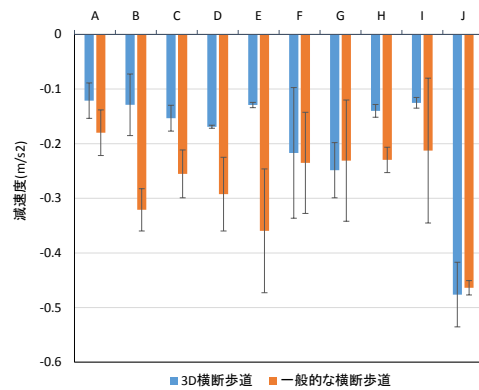


図-12 各被験の DS 走行での平均減速度

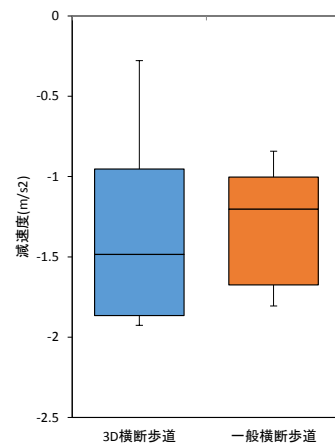


図-13 CS 走行での最大減速度

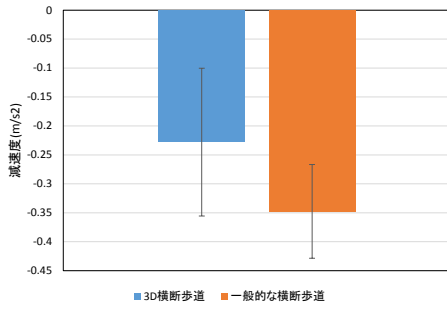


図-14 簡易 DS 走行での最大減速度

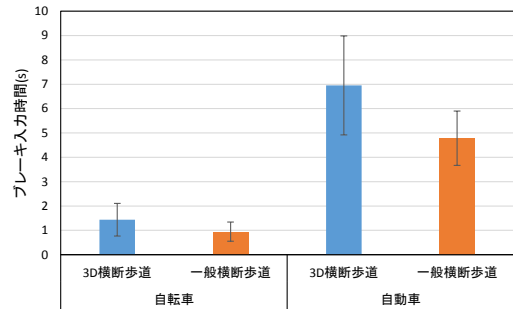


図-16 CS・簡易 DS 走行でのブレーキ入力時間

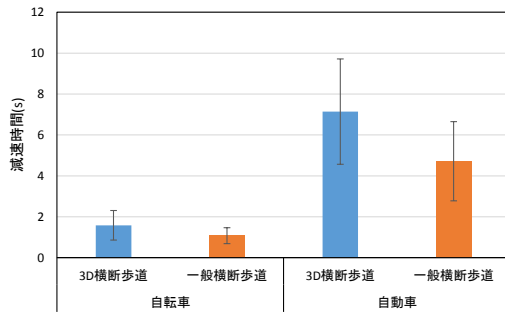


図-15 CS・簡易 DS 走行での平均減速時間

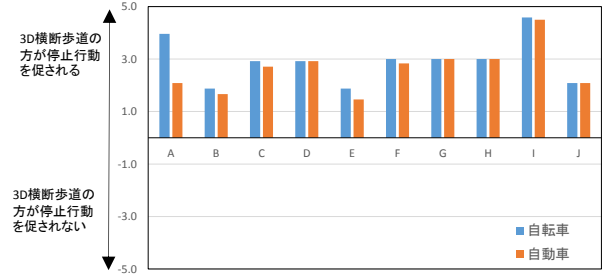


図-17 停止行動に関する主観評点

## (2) 減速挙動に関する解析

次に、図-15 として自転車と自動車の平均減速時間の結果を示す。一般的な横断歩道に比べ、3D 横断歩道での停止までの平均減速時間は、自転車での走行の場合の 0.5 秒増加、自動車での走行の場合、2.4 秒増加した。

また、ブレーキを踏込んだ後、停止するまでをブレーキ時間と定義し、その平均値を図-16 に示す。この結果、一般的な横断歩道に比べ、3D 横断歩道での減速時の平均ブレーキ入力時間は、CS での走行の場合 0.5 秒、簡易 DS での走行の場合では 2.1 秒増加した。これらの結果から、自動車と自転車では自動車の方が交差点において早めにブレーキをかけて停止することがみてとれる。

次に、被験者に対して、3D 横断歩道と一般的な横断歩道における停止行動に関するアンケートを行った。具体的には、各被験者に対して、「一般的な横断歩道での走行と 3D 横断歩道での走行を比較して、3D 横断歩道での走行の場合、停止行動が促されましたか？」との設問を自転車、自動車別で主観評点として取りまとめた。この結果を図-17 に示す。この図から、自動車、自転車の違いによらず全員が 3D 横断歩道の方が停止行動を促しやすいと回答している。

以上の結果から、自動車、自転車の違いに関係なく 3D 横断歩道の方が早めに減速行動を促す効果があると考えられる。

## 4. まとめ

現在、生活道路において、様々な交通安全対策が実施されているが、道路環境に適応した交通安全対策を行う必要がある。

本研究ではシミュレーション環境内に、生活道路における無信号交差点を再現した。そこで、3D 横断歩道での停止挙動に着目し、自転車と自動車の減速行動への効果について分析した。その結果、3D 横断歩道を設置することにより、一般的な横断歩道に比べ、平均減速度や減速時間、ブレーキ入力時間、減速時間などが自転車・自動車ともに改善した。このことから、3D 横断歩道は、自転車・自動車の緩やか減速行動を促すと考えられる。また、アンケートでの回答結果(10 名中 10 名が 3D 横断歩道の停止行動を促されると回答)や、減速開始位置の変化などから、3D 横断歩道が自転車・自動車への早めの停止挙動を促していることが推測される。

今後の課題としては、被験者数を増やし、3D 横断歩道と一般的な横断歩道が減速行動を促す効果を、十分に検証する必要がある。また、今回の被験者の年齢は、20 歳代前半に偏っているため、他の年齢の被験者の協力を得ることで、結果の一般性を確認することも必要である。更には、シミュレーション上だけでなく、3D 横断歩道の実道における効果を検証することも重要である。また、実験のシナリオとしては、横断歩道の手前で停止するだけでなく、3D 横断歩道を通じた際の走行挙動や意識の違いがあるか否かについても検討していく必要



がある。このような検討を行い、生活環境に適応した 3D 横断歩道に関して、模索を続けていく予定である。

**謝辞：**本研究を行うに際し、株式会社フォーラムエイト松田克己氏より多大なご助言等を得ました。ここに、あらためて感謝の意を表します。なお、本研究は文教大学情報学部共同研究費における研究成果の一部である。

#### 参考文献

- 1) 国土交通省: 我が国の交通事故死者数・死傷者数・死傷事故件数の状況, <http://www.mlit.jp/road/road/traffic/sesaku/genjyo.html> (2019年2月27日アクセス)
- 2) 国土交通省道路局環境安全課道路交通安全対策室: 交通安全対策をめぐる最近の動向について, [https://www.zenk.com/ken-syuu/kousyuukai/H29/636/636\\_isogawa.pdf](https://www.zenk.com/ken-syuu/kousyuukai/H29/636/636_isogawa.pdf) (2019年2月27日アクセス)
- 3) INTERESTING ENGINEERING, Two Women Designed a Cool 3D Illusion Crosswalk in India, <https://interestingengineering.com/two-women-design-super-cool-3d-painted-crosswalk-india> (2019年2月27日アクセス)
- 4) GIGAZINE, 3D 横断歩道が車のスピードを落とすために実際に導入される, <http://gigazine.net/news/20171003-3d-crosswalk/> (2019年2月27日アクセス)
- 5) 清田勝, 斎藤健治, 渡辺義則, 伊藤昌明: ハンプを主体とした交通安全対策の有効性, 土木計画学研究・論文集, Vol.22, No.4, 2005.
- 6) 永見豊, 福島雅弘, 滝沢正二: 運転手に一時停止を促す立体横断歩道, 日本デザイン学会研究発表大会概要集, 2018.
- 7) 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, 土木学会論文集 D3, Vol.71, No.5, pp.I\_737-742, 2015.

(2019.?.?? 受付)

## EFFECT OF STOPPING BEHAVIOR OF 3D CROSSING USING CYCLING SIMULATOR AND DRIVING SIMULATOR

Hinayo TSUTSUMI, Shuichi MATSUMOTO, and Naoto KOBAYASHI