

サイクリングシミュレータ環境における ピクトグラムの情報量と判読距離の関係性

松本修一¹・板垣柊平²

1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

2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: b6p41008@shonan.bunkyo.ac.jp

車道や歩道には様々な看板やピクトグラムが存在し、大きさや文字数など情報量が異なっている。そこで、情報量がCS環境での拡大率へ与える影響を明らかにすることは今後のCS実験の精度を上げるために必要な知見であると考え、本研究では異なる情報量を持つピクトグラムのデータを、実走環境とCS環境の両環境で取り比較することで、情報量ごとの適切な拡大率を把握する実験を行った。その結果、ピクトグラムの情報量によって、現実の走行感覚を再現できる適切な拡大率は異なる・実環境では速度域が上がるごとに判読距離は短くなっていく傾向にあるが、CS環境では速度域が上がるごとに判読距離は長くなっていく傾向があることなどが分かった。

Key Words : *Cycling Simulator, Pictogram, Amount of Information*

1. はじめに

自転車は、通勤・買い物などを含めた日常生活のほか、サイクリング等のレジャースポーツにおいても重要な乗り物であり、近年では様々なニーズが生まれている。また、国土交通省の調査¹⁾によると、日本における自転車の保有台数は増加傾向にあり、自動車の保有台数と同程度になっている(図-1)。

一方、国内では他の先進国と比べ自転車の交通事故における事故死者の比率が極めて高く(図-2)、自転車の交通安全に関しては多くの課題があり、自転車が車道を通行するための道路空間について検討し、自転車が安全な走行空間を整備していく必要がある。

このような中、自転車の安全性に関しては、リスク路上観測調査や事故統計データから自転車の交通事故の発生状況から事故のを用いた分析^{2), 3)}やドライブレコーダデータなどをもとにした実態調査⁴⁾、プローブ自転車などを用いた実走行調査⁵⁾など多くの試みがなされてきた。また、近年では、交通事故の状況を再現するなど現実で行うことが困難な事象を扱うため、ドライビン

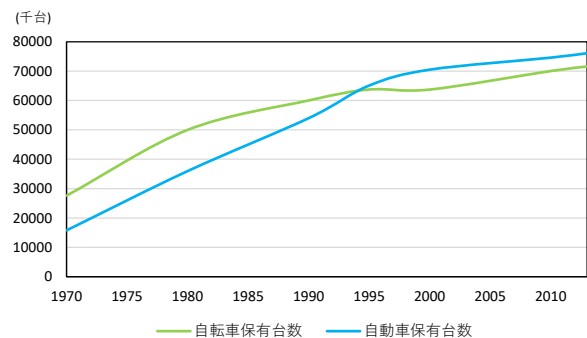


図-1 自転車・自動車保有台数の推移

グシミュレータ(以下「DS」と記す)の技術を応用したサイクリングシミュレータ(以下「CS」と記す)を用いた研究^{6), 7)}などが行われるようになった。

CSは走行条件や路面環境を設定し、一定の条件での繰り返しや事故の再現なども可能であり、実走行に比べて安全面とコスト面で優れている。しかし、CS環境においては実環境と走行感覚が異なる部分があることが溝

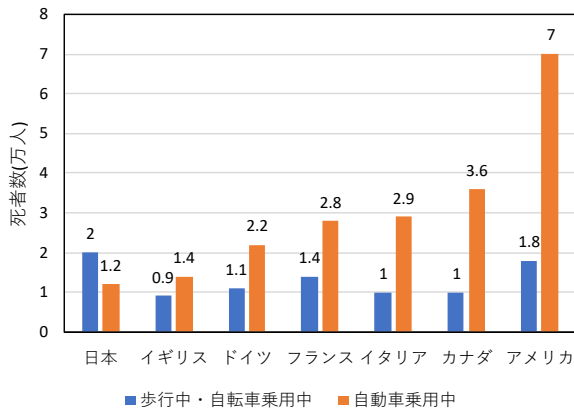


図 - 2 先進国における交通事故死者割合

ら⁹⁾によって報告されている。CS を活用して研究を進めていくには、実環境の走行感覚と CS 環境での走行感覚の相違を明らかにした上で、できるだけ実環境に近い走行感覚を再現しなければならない。シミュレーション環境と実環境の比較に関する研究では、小川ら⁹⁾が道路案内標識の視認性に関して、最大画数が 7 画以上 10 画以下となる漢字 2 文字の地名に対して、案内標識を判読できた地点でハンドルに設置したボタンを押すことで判読距離およびシミュレーション環境下での拡大率の算出方法を提案した。また、前述の溝口らは、3 条件の拡大率を使用してピクトグラムを拡大し、現実環境と CS 環境のサイン判読距離を比較した結果、CS 環境下での判読距離は現実環境の約 40% 程度の距離であることを指摘している。この研究では、今後の課題として文字の表示方法や解像度の影響についてより詳細な分析が必要であると述べている。これらの研究では、看板やピクトグラムが持つ地名、絵文字等の情報量については検証されておらず、同一の情報に対する検証であった。

実際の車道や歩道には様々な看板やピクトグラムが存在し、大きさや文字数など情報量が異なっている。そこで、情報量が CS 環境での拡大率へ与える影響を明らかにすることは今後の CS 実験の精度を上げるために必要な知見であると考え、本研究では異なる情報量を持つピクトグラムのデータを、実走環境と CS 環境の両環境で取り比較することで、情報量ごとの適切な拡大率を把握することを目的とする。

2. 情報量の調査

(1) 情報量の算定手法

ピクトグラムごとの情報量を明らかにする手段として、車内画像情報の情報量算定手法¹⁰⁾を参考に、画像の情報量は表示されている全ての文字・項目等を分類

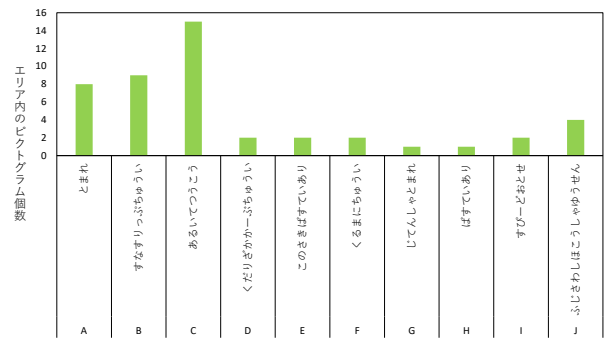


図 - 3 ピクトグラムの文字と総数

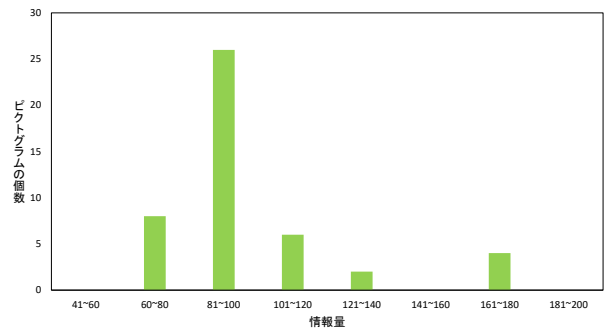


図 - 4 ピクトグラムの情報量の分布

し、文字は仮名文字数でカウント、その他の情景は項目として、その項目数をカウントし、以下のように計算し情報量を算定した。

$$\text{情報量} = (\text{仮名文字数}) \times 6[\text{bit}] + (\text{項目数} + 1) \times 14 \text{ ビット}[\text{bit}] \quad (1)$$

(2) 実験データの選定

調査対象エリアを、神奈川県藤沢市、茅ヶ崎市、平塚市、大磯町の4つの市町の国道 1 号線と同市町内の自転車歩行者専用道路区間、歩道とし、仮名文字と項目で構成されるピクトグラムをすべて調査し、その情報量を定量化した。その結果として、ピクトグラムの文字内容の割合と情報量の分布を図-3、4 に示す。

図-4 から 3 章で行う走行実験で用いるピクトグラムは情報量の多いもの、平均的なもの、少ないものの 3 つを選定した。本稿では、それぞれ「情報量小」「情報量中」「情報量大」と記述する。図-4 より、最も小さいピクトグラムは情報量 60 bit のピクトグラム、最も大きいピクトグラムは情報量 182 bit のピクトグラム (図-5) であったが、管理者である「藤沢市」の地名が仮名文字数の中にも含まれていること、またその部分の文字が余りにも小さく判読の実験サンプルとして扱うには適切ではないと判断し、本研究では考慮しないものとして、選定から外し



図 - 5 182bitのピクトグラム



図 - 7 走行実験の風景



図 - 6 走行実験で使用するピクトグラム (情報量小 : 左上, 情報量中 : 左下, 情報量大 : 右)

た。よって、最も大きいピクトグラムとして情報量 126bit のピクトグラムを使用する。平均程のピクトグラムは、全体の中央値にあたるピクトグラムを使用する。以降、選定したそれぞれのピクトグラムは「情報量小」「情報量中」「情報量大」とする。図-6として、これらのピクトグラムを示す。

3. 実験概要

(1) 実験環境

実験使用機材として、図-1 に示す CS およびプローブ自転車を用いた。CS 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。ブレーキ, ハンドル, 車輪の回転数, 走行距離などの情報がリアル

タイムに主計算機に伝達され, それに応じて株式会社フォーラムエイト製の UC-win/Road version11.0 で生成された CG の走行環境が変化する。また, 実験データとして自転車のブレーキ, 速度, ハンドル操舵角, 走行距離などが算出される。プローブ自転車は, 被験者がハンドル部に取り付けられているスイッチを押すと, 自転車に取り付けたライトを発光させる仕組みで, 前方から確認することで第三者からも被験者がスイッチを押したタイミングがわかるようになっている。また, 自転車に搭載してある PC に走行速度, 距離, スwitchの入力値などのログを 10Hz で収集できる仕組みになっている。

被験者は, 20代前半の 10 名 (男性 6 名, 女性 4 名), 平均年齢は 21.8 歳 (標準偏差 0.6 歳) である。

(2) 実験方法

a) 実走行実験

実環境での走行実験では, 調査エリア内の情報量小ピクトグラム, 情報量中ピクトグラム, 情報量大ピクトグラムを再現した印刷物を道路に設置し, 被験者がプローブ自転車に搭乗して走行実験 (以下「実走実験」) を行い, 各ピクトグラムの判読距離を計測する。実験で使った模擬ピクトグラムの概要を表-2 に示す。3 種類のピクトグラムにそれぞれ 3 条件の指定速度でデータの解析を行い, 合計 9 パターンの状況を評価する。速度は, 一般的な自転車の走行速度を考慮し, 8km/h, 13km/h, 18km/h を速度条件とした。

スタート地点から 50m 先の地点にピクトグラムを設置し, 道路の左側を走行してもらい, 被験者がピクトグラムを判読したタイミングでプローブ自転車のハンドル部に取り付けられているスイッチを押して自転車に取り付けたライトを発光させるように教示した。このライトが点灯した地点の走行距離と速度をもとに判読距離とその速度のデータを集計した。図-7 に実際の実験風景を示す。

実験をするにあたって, 自転車の走行と指定した速度に合わせた運転の練習走行を行った。十分に練習ができ

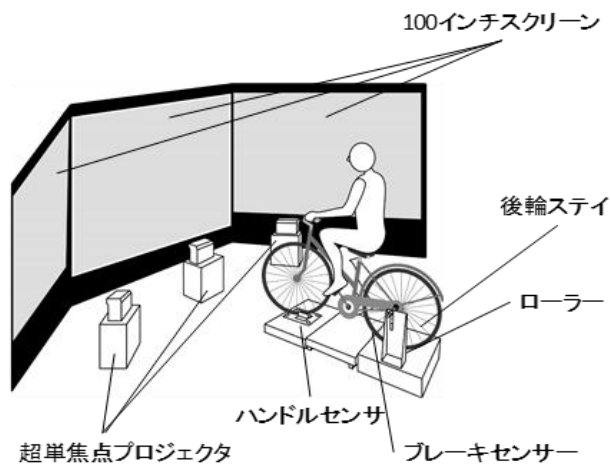


図-8 CSの概観図

たと判断したら、速度のみを計測する確認走行を行い、その後ピクトグラムの判読距離と速度を計測する走行本実験を行った。本実験に際して以下のような教示を行った。

- ・実際の車道を走行するように運転して下さい。
 - ・車線変更を行わず、車道の左側を走行して下さい。
 - ・交通ルールを守り、安全運転を心掛けて下さい。
 - ・具合が悪くなった場合は、走行中でもすぐに申し出て下さい。
 - ・前方にある路面標示の文字が読めたら、ハンドルにあるボタンスイッチを押して下さい。
 - ・ハンドルに速度計が取り付けがあるので、指示する速度で走行して下さい。
 - ・路面標示を通過したら、漕ぐのを止めて下さい。
 - ・「お願いします」と言ったら走行を始めて下さい。
- 各条件の実験走行を開始する前に速度の教示を追加している。自転車の練習走行が十分だと被験者から報告を受け、被験者が問題ないと判断した後、確認走行から実験を開始した。実験の所要時間は30分程度であった。

b) シミュレーション実験

CS環境の実験（以下「CS実験」と記す）では、大学構内の道路を再現した実験シナリオに、情報量小ピクトグラム、情報量中ピクトグラム、情報量大ピクトグラムを拡大して表示し、各ピクトグラムの判読距離を評価した。実環境での走行実験で得られたデータの数値と比較し、CSの実環境再現性を分析する。シナリオで使った模擬ピクトグラムの画像データを表-1に示すシミュレーション実験ではピクトグラムに1.0倍、1.5倍、2.0倍、2.5倍の4条件の拡大率パターンを設けて実験を行う。加えて、実環境での走行実験と同様に速度にも8 km/h、13 km/h、18 km/hの3条件とし、合計36パターンの条件で実験を行う。

表-1 シミュレーション実験で使ったピクトグラム



図-9 シミュレーション実験のシナリオ

スタート地点から50m先の地点にピクトグラムを設置し、道路の左側に沿って走行してもらい、スクリーンに映るピクトグラムの文字を判読したタイミングで、シミュレータ用自転車のハンドル部にあるスイッチを押すように教示した。シミュレータから得られるログデータとあわせて判読距離を算出している。

実走行およびシミュレーション実験をするにあたって、自転車の走行と指定した速度に合わせた運転の練習走行を行った。十分に練習ができたと判断したら、8 km/h、13 km/h、18 km/hの速度で確認走行を行った後、ピクトグラムの判読距離と速度を計測する実験を行った。この実験に際して以下のような教示を行った。

- ・ゲーム感覚で運転するのではなく、実際の車道を走行するように運転して下さい。
 - ・車線変更を行わず、車道の左側を走行して下さい。
 - ・交通ルールを守り、安全運転を心掛けて下さい。
 - ・具合が悪くなった場合は、走行中でもすぐに申し出て下さい。
 - ・右ブレーキは使用できません。
 - ・前方にある路面標示の文字が読めたら、ハンドルにあるボタンスイッチを押して下さい。
 - ・速度メーターが表示されるので、指示する速度で走行して下さい。
 - ・走行距離は70mとなりますので、画面が停止したら漕ぐのを止めて下さい。
 - ・「お願いします」と言ったら走行を始めて下さい。
- 各条件の実験走行を開始する前に速度の教示を追加している。CSの練習走行が十分かつ走行感覚が実環境と相違ないと被験者から報告を受け、被験者が問題ないと判断した後、確認走行から実験を開始した。実験の所要時間は45分程度であった。

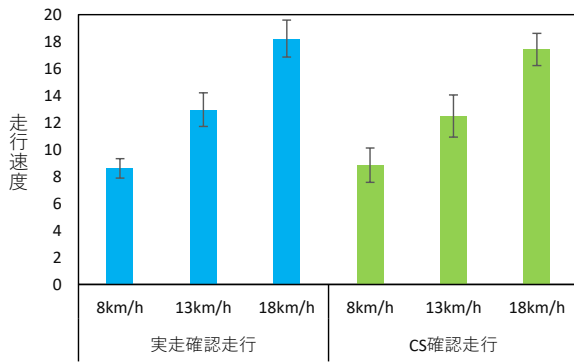


図 - 8 確認走行の結果

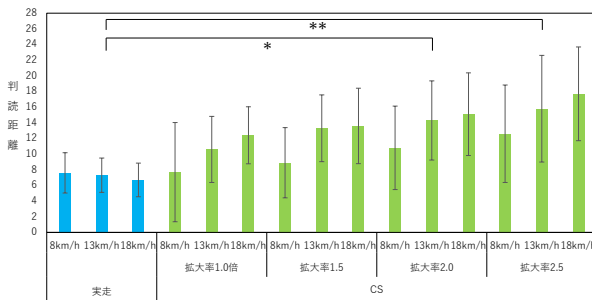


図-9 情報量小の判読距離

表 - 2 情報量小における分散分析表

要因	平方和	自由度	平均平方	F 値	P 値
拡大率	1162.89	4	290.72	4.74	0.00
速度	2757.53	45	61.28		
全体	5173.09	149			

また、速度の確認走行の結果を図-8に示す。この図より、CS環境下では実走行環境と比較するとやや速度のばらつきがあるが、概ね指示速度通りで走行していることがわかる。

4. 結果・考察

(1) 速度と判読距離の関係

実走行実験およびシミュレーション実験における情報量大, 中, 小の3つでの速度と判読距離の関係を図 - 9 ~ 11 にまとめる。なお、各図は分散分析を行った後、チューキー法で多重比較をおこなった結果統計的有意な差があったものを 5% および 1% で示している。表 2~4 としてそれぞれの分散分析表を示す。

図 - 10 より、情報量中は 8km/h, 13km/h の場合は CS 実験において拡大率 1 倍の状態では実走実験より短い判読距離となっていることが確認された。8km/h の実走実験での判読距離(5.7m)は、CS 実験の拡大率 1.5 倍(4.9m)と 2.0 倍(6.9m)の間に位置しており、おおよそこの 2 つの拡

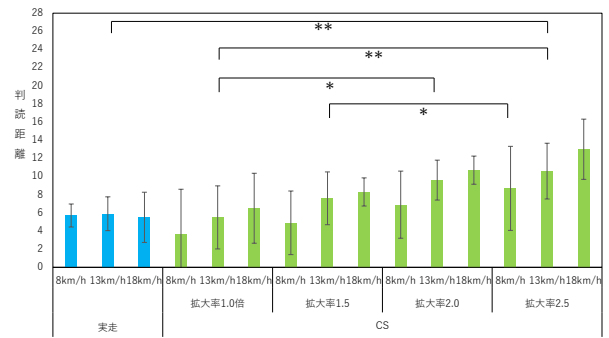


図-10 情報量中の判読距離

表 - 3 情報量中における分散分析表

要因	平方和	自由度	平均平方	F 値	P 値
拡大率	654.49	4	163.62	6.55	0.00
速度	1124.10	45	24.98		
全体	2425.26	149			

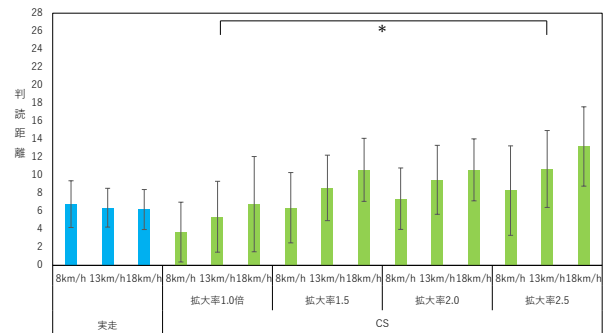


図-11 情報量大の判読距離

表 - 4 情報量大における分散分析表

要因	平方和	自由度	平均平方	F 値	P 値
拡大率	562.49	4	140.62	3.73	0.01
速度	1698.60	45	37.75		
全体	2991.76	149			

大率の間に適切な拡大率があると考えられる。13km/h の実走実験での判読距離(5.9m)は、CS 実験での拡大率 1.0 倍(5.5m)と 1.5 倍(7.6m)の間に位置しており、おおよそこの 1.0~1.5 倍の間に適切な拡大率があると考えられる。18km/h では CS 実験において実走実験と比べて長い判読距離になっていることが分かる。

図-11 より、情報量大は 8km/h, 13km/h の場合は CS 環境において 1 倍の状態では実走環境より短い判読距離となっており、視認性が実走行より悪化することが確認された。8km/h の実走判読距離(6.8m)は、CS1.5 倍(6.4m)と CS2.0 倍(7.4m)の間に位置しており、1.5~2.0 倍の間に適切な拡大率があると考えられる。13km/h の実走判読距離(6.4m)は、CS1.0 倍(5.4m)と CS1.5 倍(8.6m)の間に位置しており、1.0~1.5 倍の間に適切な拡大率があると考えられ

る。

(括弧内 t 値)

(2) 拡大率に対するモデル分析

4 章 1 節では、各情報量での速度と判読距離の関係に関する定量化を行った。本節では、これらのデータをもとに適切な拡大率の算出モデルを検討する。

まず、情報量小、情報量中、情報量大の全被験者平均データを用いて、目的変数に各条件の CS 拡大率を代入し、説明変数には速度と情報量、CS 判読距離等を代入して重回帰分析を行った。その結果を表-5 に示す。

実際の道路では自転車運転者の 6 割以上が 10m 程度で路面標示(ピクトグラム含む)を注視していることが報告されている⁵⁾。この知見を参考にし、表-6 に判読距離を 10m と仮定した場合の各ピクトグラム条件の適切な拡大率を表す。このように本研究で作成した拡大率のモデルは、道路管理者等が CS を用いたピクトグラムや案内板などを含む設置検討等を行う際に、実走行環境に近い見え方が可能な標識の拡大率を推定することが可能である。

表-5 拡大率推定モデルのパラメータ

(括弧内 t 値)

説明変数	パラメータ
情報量 (bit)	0.016 (6.27)
速度(km/h)	-0.109 (-5.38)
判読距離(m)	0.223 (9.34)
定数項	-0.58 (-1.64)
重相関係数	0.86
サンプル数	36

表-6 判読距離を10mと仮定した拡大率の推定結果

	情報量小モデル			情報量中モデル			情報量大モデル		
	60			102			126		
速度	8km/h	13km/h	18km/h	8km/h	13km/h	18km/h	8km/h	13km/h	18km/h
拡大率	1.728	1.184	0.641	2.394	1.85	1.306	2.774	2.23	1.686

次に、実走行実験とCS実験での走行における判読距離を目的変数に両実験環境での判読特性の比較を行う。なお、実走環境の走行実験では拡大率は1条件しか存在しないため、拡大率のパラメータ値は存在しない。

また、実走とCSの拡大率1倍のみでも比較できるようにCSの判読距離の関係式以外に、CS判読距離(1倍)も比較対象として解析を行った。これらの結果を表-6 に示す。

表-6 各走行環境における判読距離の関係

	実走判読距離	CS判読距離(等倍)	CS判読距離
情報量 (bit)	-0.015 (-2.313)	-0.079 (-5.119)	-0.071 (-9.897)
速度 (km/h)	-0.059 (-1.292)	0.511 (3.309)	0.503 (8.447)
拡大率			3.282 (9.337)
定数項	8.72 (9.123)	8.311 (3.409)	4.527 (3.87)
重相関係数	0.821	0.929	0.945
サンプル数	9	9	36

この結果より、実走行環境と CS 環境では速度のパラメータ値の符号が逆になっている。実走環境では速度が上がれば判読距離が短くなっていくのに対し、CS 環境では速度が上がれば判読距離が長くなっていくことが確認できる。また、実走環境と CS 環境の拡大率 1.0 倍と比較すると、CS 環境の 1.0 倍の方が情報量の回帰係数が大きい。両環境とも情報量が増えるにつれて判読距離は下がっていく傾向にあるが、実走環境と比べて CS 環境はより影響度が強いことがわかった。

5. まとめ

本研究では、異なる情報量を持つピクトグラムの判読距離のデータを、実走環境と CS 環境の両環境比較することで、情報量ごとの適切な拡大率や判読距離を検証した。その結果、以下のような知見が得られた。

- ・ピクトグラムの情報量によって、現実の走行感覚を再現できる適切な拡大率は異なり、情報量によっては縮小させる必要がある場合もある。
- ・同じ情報量のピクトグラムでも、走行する速度によって適切な拡大率は異なる。
- ・実環境では速度域が増えるごとに判読距離は短くなっていく傾向にあるが、CS 環境では速度域が増えるごとに判読距離は長くなっていく傾向がある。

本研究の課題としては、以下のような事柄があげられる。本実験では、ピクトグラムを情報量のみで扱ったが、ピクトグラムの面積や文字の大きさについては、現場のピクトグラムを参考にしたのであまり考慮していない。今後は、文字サイズの統一など比較対象を精査する必要がある。また、今回はピクトグラムのみを対象としたが、標識なども含めた総合的な検証が必要である。また、CS環境での判読距離が被験者によっておおきくばらつくことから、この原因を特定することも重要である。これらの実験などを通じて、CSにおけるピクトグラムや標識に対する適切な拡大率を算出する方法を構築し、CSにおける標識などの視認性向上に繋げていきたい。

謝辞：本研究を行うに際し、ピクトグラムのデータの一部を国土交通省関東地方整備局横浜国道事務所より提供

頂きました。ここに、感謝の意を表します。

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12月27日アクセス)
- 2) 金子正洋, 松本幸司, 藪島治: 自転車事故発生状況の分析, 土木技術資料, Vol.51, No.4, pp.10-13, 2009.
- 3) 萩田賢司, 森健二, 横関俊也, 矢野伸裕, 牧下寛: 通行方向に着目した自転車事故の分析, 土木学会論文集D3(土木計画学), Vol.69, No.5, pp.I-781~I-788, 2013.
- 4) 例えば, 佐々木諒, 稲垣具志, 竹本雅憲, 大倉元宏: ヒヤリハット分析に基づいた自転車通行方法の安全性評価に関する研究—ドライブレコーダデータを活用した錯綜状況の定量化—, 土木計画学研究・論文集, Vol.70, No.5, pp.I-859-I-866, 2014.
- 5) 例えば, 相知敏行, 山中 英生, 北澗 弘康, 神田佑亮: 自転車走行時の注視分析とサイン種別の評価, 土木学会論文集D3, Vol.68, No.5, pp.I-909-I-916, 2012.
- 6) 王如剛, 山中 英生, 三谷哲雄: ドライビングシミュレータによる幹線小交差点での見通しと自転車走行位置の安全性評価, 土木学会論文集D3, Vol.70, No.5, pp.I-951-I-959, 2014.
- 7) 堤日奈世, 松本修一, 小林直人: 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, 第59回土木計画学研究発表会講演集, CD-ROM, 2019.
- 8) 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(土木計画学), Vol.71, No.5, pp.I-737-I-742, 2015.
- 9) 小川圭一, 橋本尚幸, 土井和広, 久坂直樹, 久垣智朗: 簡易ドライビングシミュレータにおける道路案内標識の視認性に関する研究, 土木計画学研究・論文集, Vol. 27, No. 4, 2010.
- 10) 紙谷博之, 中村之信, 松本弘之: 車内画像情報の認知に関する一考察, 自動車技術会学術講演会前刷集, No.952, pp.247-250, 1995.

(2020.?.?? 受付)

RELATIONSHIP BETWEEN PICTOGRAM INFORMATION CONTENT AND PER- PERCEIVED DISTANCE IN A CYCLING SIMULATOR

Shuichi MATSUMOTO and Shuhei ITAGAKI

Different signs and pictograms on the road and the sidewalk contain different information for the size and the number of characters. To achieve higher accuracy in the cycling simulator (CS), it may be essential to demonstrate the influence of the information content on the scaling factor in the CS. Therefore, this study compared the CS with the real environment for pictograms that contain different information to determine appropriate scaling factors by content. The results showed that the appropriate scaling factors, which can emulate real driving sensation, relied on pictogram information content. It was also found that the perceived distance tended to be shorter as the speed range increases in the real environment, while longer in the CS.