

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*

*An Analysis of the Visibility of Sign Plates in Portable Driving Simulator Systems**

小川 圭一**・橋本 尚幸***・土井 和広****・久坂 直樹*****・久恒 智朗*****

By Keiichi OGAWA**, Naoyuki HASHIMOTO***, Kazuhiro DOI****, Naoki KUSAKA***** and Tomoaki HISATSUNE*****

1. はじめに

案内標識をはじめとする道路標識は、道路交通の安全と円滑を確保するために欠かすことのできない重要な施設である。道路が交通施設としてその機能を完全に発揮するには、道路本体の構造が良好に保全されているほか、道路利用者に対する種々の情報を提供する道路標識が適切に設置され、管理されていることが必要である。現代では道路交通が多様化しており、道路利用者にとってよりわかりやすい道路標識の整備が求められている。

一方、近年ではドライバーの運転行動を計測する方法としてドライビングシミュレータ (DS) が導入されるようになってきている^{1,7)}。これは、実際の車両を運転するのではなく、模擬運転装置を使ってドライバーの運転行動を計測するものである。実車両の走行による調査が困難な状況においても DS であれば仮想空間上に表現することが可能であるため、さまざまな交通状況に対するドライバーの運転行動を計測することができる。

このような DS の応用場面の 1 つとして、道路ネットワーク上における案内標識の適切な配置の検討が挙げられる。現実の道路ネットワークにおいては試験的に案内標識を設置して検討をおこなうことは困難であるが、DS であれば仮想空間上に道路ネットワークを構築し、各種の案内標識を設置してその効果を検証することができる。すなわち、道路ネットワーク上での案内標識の設置箇所の最適化や、複雑な交差点など個別箇所での表示内容、表示方法の最適化など、案内標識や路面標示の配置や表示内容などをドライバーの視点からみて検討する

ことが可能と考えられる。

しかしながら、このような検討をおこなうためには、DS のドライバーにとっての案内標識の視認性と、現実のドライバーにとっての案内標識の視認性が一致していることが必要となる。

そこで本研究では、市販のゲーム用の機器を用いた簡易 DS を利用して、簡易 DS 上における道路案内標識の視認性を検証することとする。具体的には、17 インチの PC 用液晶ディスプレイに表示される交差点案内標識と高速道路における出口案内標識を対象に、簡易 DS 上における判読距離と文字高の関係について調べ、実際の道路上における道路標識設置基準⁸⁾で定められた判読距離との比較をおこなう。これにより、どの程度の大きさの案内標識であれば簡易 DS 上において適切な視認性を確保できるかを明らかにすることを目的とする。

2. 簡易ドライビングシミュレータの概要

(1) 簡易 DS の概要

本研究で用いる簡易 DS は、ゲーム用の機器として市販されている模擬運転台 (ハンドル、アクセルペダル、ブレーキペダル) を利用し、パソコン、テーブル、椅子、スピーカー、スクリーンまたは液晶ディスプレイにより構成されたものである^{1,2)}。

簡易 DS を用いた運転状況を図-1 に示す。走行中は、図-2 のようなドライバーの視点からの CG 映像が、スクリーンもしくは液晶ディスプレイに表示される。CG 映像には、前方視界、スピードメーター、タコメーターなどが表示されており、前方視界はドライバーの運転操作に連動して表示される。また、ボンネットの中央にはエンブレムを表示することにより、前方視界のみでは掴みにくい車両感覚を補っている。

スピードメーター、タコメーターの表示は、ドライバーの運転操作に連動している。また、スピーカーからは走行速度とエンジン回転数に応じたエンジン音を出力することができる。これらにより、ドライバーが自身の運転状況を把握しやすいようになっている。

また、ルームミラー、サイドミラー内の後方視界も CG 映像に含まれており、映像の大きさや視野角の調整

* キーワード: 交通流, 交通安全, 交通制御,
簡易ドライビングシミュレータ

** 正会員, 博 (工学),
立命館大学理工学部都市システム工学科
〒525-8577 滋賀県草津市野路東 1-1-1
TEL: 077-561-5033, FAX: 077-561-2667
E-mail: kogawa@se.ritsumei.ac.jp

*** 三和シャッター工業株式会社

**** パシフィックコンサルタンツ株式会社
社会政策本部道路計画部

***** 修 (工学),
パシフィックコンサルタンツ株式会社
大阪本社総合計画部

によりスクリーン、ディスプレイ内に表示することができる。ただし、本研究の走行実験においては前方視界の視野角を 60°としているため、CG 映像内にはルームミラーの右半分のみが表示されており、サイドミラーは表示されていない。

走行中に記録されるデータは、時刻 (1/1000 秒単位)、車線 (車線ナンバー)、走行距離 (m 単位)、横断方向位置 (m 単位)、ハンドルの回転角 (-1~+1、-は左方向、+は右方向)、アクセル開度 (0~1)、ブレーキ踏量 (0~1)、速度 (km/h 単位)、WTK 位置 (三次元絶対座標)、WTK 方向 (三次元回転を表わす四次元数) である。ここで、アクセル開度、ブレーキ踏量は、アクセルペダル、ブレーキペダルの踏込み量を 0~1 の範囲の実数で示したものであり、これらに応じた車両の加速度、減速度が設定されている。なお、これらのデータについては、**図-3** のような大きさの走行車両 (普通乗用車) を想定し、車両の縦・横の中央点について記録している。

(2) 簡易 DS の特徴

道路状況や交通状況による運転行動への影響の分析に DS を応用する研究は、これまでも多数おこなわれている¹⁷⁾。しかしながら、より実車両に近い運転感覚を実現するためには、さまざまなハードウェアを用いることが必要となるため、多額の費用を要することに加え、持ち運びが困難な据置き型の DS とならざるを得ない。

本研究で用いる簡易 DS は、一般に市販されている可搬性の機器のみを用いて構成されており、持ち運びが容易であり、かつ安価であることが特徴である。このため、据置き型の DS と比較すると実車両との運転感覚の違いは大きいものであるが、たとえば道路利用者や地域住民を対象とした検討会議やワークショップの会場に持ち込んで具体的な交通安全対策の検討をおこなうなど、可搬性であることを活かしたさまざまな活用の可能性が考えられる。一方で、実車両と簡易 DS との運転感覚の違いによる運転行動への影響は避けられないため、簡易 DS 上におけるドライバーの運転行動の特徴を把握し、簡易 DS の適切な応用範囲を明らかにした上で活用することが必要であると考えられる。

3. 走行実験の概要

(1) 実験の条件設定

走行実験では、一般道路における交差点案内標識と高速道路における出口案内標識を対象とし、簡易 DS 上における判読距離と文字高の関係について調べることにする。当然ながら、判読距離と文字高の関係は CG 映像を表示するディスプレイやスクリーンの大きさに影響され、



図-1 簡易 DS を用いた運転状況



図-2 簡易 DS で表示される CG 映像の例

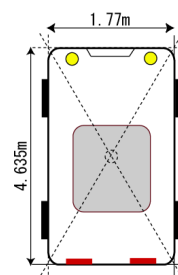


図-3 想定車両とデータ計測点

より大きな映像を表示することにより判読距離を小さくすることが可能であるが、本研究では一般的なオフィスなどで用いられる機器を利用して走行実験をおこなうことを想定し、17インチの PC 用液晶ディスプレイを用いることとする。このため、道路標識設置基準で定められた文字高よりも拡大した文字の案内標識を設置することにより、どの程度の文字高であれば DS 上において道路標識設置基準と同程度の視認性を確保できるかを検討することとする。

走行実験は、被験者に指定する走行速度に応じて一般道路モデル、高速道路モデルの 2 種を用いる。案内標識は一般道路モデルでは「方面及び方向」、高速道路モデルでは「方面及び出口の予告」「方面及び出口」を使用することとした。

文字高は一般道路では 30cm 角、高速道路では 50cm 角を原寸とし、これに拡大率 1.0、1.5、2.0、3.0 を掛けたものを使用する。なお、案内標識全体の表示のバランスを確保するため、文字高だけでなく標識全体の大きさが拡大されている。また文字の判読以外の要素をできる

だけ排除するため、案内標識に表示される地名は漢字 2 文字で、最大画数の文字が 7 画以上 10 画以下となる地名を使用した。

被験者は目的地となる地名を指定され、走行中に案内標識の内容を読み取って目的地に向かうことになる。なお、そのときに案内標識の内容を読み取った時点でハンドルに設置されたボタンを押すことにより、標識の判読位置を記録する。

(2) 実験コースの概要

実験では、被験者に指定する走行速度に応じて一般道路モデルと高速道路モデルの 2 種のコースを設定した。一般道路モデルでは 40km/h、60km/h の 2 種、高速道路モデルでは 80km/h、100km/h の 2 種の走行速度を想定し、これらの速度で前走車が走行している状態で被験者に走行をさせた。

a) 一般道路モデル

図-4 のように、全長 1,561m のコース内に交差点が 3 箇所設置されており、交差点間は長さ 363m の単路部で結ばれている。道路案内標識は交差点案内標識のみが設置されている。各交差点の案内標識の左折・右折方向には想定する目的地となる地名が表示されており、被験者はその表示内容を読み取って自分が向かうべき方向に左折または右折をすることになる。

b) 高速道路モデル

図-5 のように、全長 3,149m のコース内に IC 出口が 3 箇所設置されており、IC ノーズ間は 1,000m となっている。道路案内標識は出口案内標識がノーズ端とテーパ端に、予告標識がテーパ端手前 500m に設置されている。各 IC 出口の案内標識には想定する目的地となる地名が表示されており、被験者はその表示内容を読み取って自分が向かうべき方向の IC 出口で流出することになる。

(3) 走行実験の概要

走行実験は、2008 年 12 月～2009 年 1 月に、立命館大学びわこ・くさつキャンパスでおこなった。被験者は普通自動車運転免許を有している立命館大学の学生 40 名（一般道路モデル 20 名、高速道路モデル 20 名）である。被験者の属性は男性 34 名、女性 6 名であり、年齢は全員が 20 歳代である。

4. 走行実験の結果

(1) 走行速度と判読距離の関係

走行実験の結果をもとに、走行速度と判読距離の関係を求めることとする。具体的には、被験者が案内標識の内容を読み取ってボタンを押した時点での走行位置と走行速度を DS の記録データから求め、走行速度と判読距

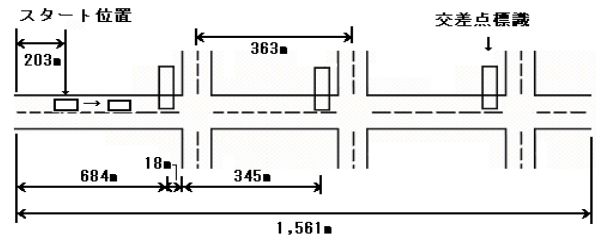


図-4 一般道路モデル

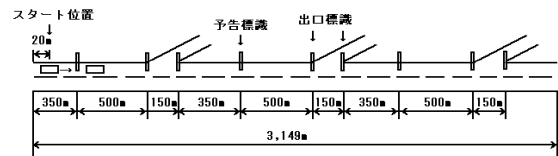


図-5 高速道路モデル

離の関係を求める。なお、被験者は必ずしも指定した走行速度どおりに走行しているわけではないため、分析に当たっては被験者が案内標識を読み取った時点で実際に走行していた速度を用いている。

【一般道路モデル】

- ・ 拡大率 1.0 : 判読距離 = $-0.3292 \times (\text{速度}) + 34.595$
- ・ 拡大率 1.5 : 判読距離 = $-0.1032 \times (\text{速度}) + 46.293$
- ・ 拡大率 2.0 : 判読距離 = $0.0718 \times (\text{速度}) + 54.298$
- ・ 拡大率 3.0 : 判読距離 = $0.2099 \times (\text{速度}) + 98.098$

【高速道路モデル】

- ・ 拡大率 1.0 : 判読距離 = $-0.2315 \times (\text{速度}) + 42.063$
- ・ 拡大率 1.5 : 判読距離 = $-0.2204 \times (\text{速度}) + 72.673$
- ・ 拡大率 2.0 : 判読距離 = $0.0743 \times (\text{速度}) + 63.523$
- ・ 拡大率 3.0 : 判読距離 = $-1.2685 \times (\text{速度}) + 226.31$

以上の結果を用いて各拡大率に対する走行速度 10km/h ごとの判読距離を算定すると、表-1、表-2 のようになる。なお、比較として道路標識設置基準で定めら

れた判読距離を走行速度ごとに示している。

(2) 文字高の拡大率と判読距離の関係

つぎに、各走行速度における文字高の拡大率と判読距離との関係を求めると、以下のようになった。

【一般道路モデル】

- ・速度 30km/h：判読距離 = $39.622 \times (\text{拡大率}) - 17.100$
- ・速度 40km/h：判読距離 = $42.238 \times (\text{拡大率}) - 22.381$
- ・速度 50km/h：判読距離 = $44.850 \times (\text{拡大率}) - 27.657$
- ・速度 60km/h：判読距離 = $47.465 \times (\text{拡大率}) - 32.936$
- ・速度 70km/h：判読距離 = $50.079 \times (\text{拡大率}) - 38.214$

【高速道路モデル】

- ・速度 70km/h：判読距離 = $54.490 \times (\text{拡大率}) - 29.832$
- ・速度 80km/h：判読距離 = $49.313 \times (\text{拡大率}) - 24.239$
- ・速度 90km/h：判読距離 = $44.135 \times (\text{拡大率}) - 18.647$
- ・速度 100km/h：判読距離 = $38.958 \times (\text{拡大率}) - 13.055$

以上の結果から、道路標識設置基準における判読距離と一致する文字高の拡大率を算定すると、表-3、表-4のようになった。これをみると、一般道路モデルではおおむね 2.5~2.8 倍程度、高速道路モデルではおおむね 3.2~3.7 倍程度の拡大率であれば道路標識設置基準における判読距離と一致することがわかる。すなわち、簡易 DS においては一般道路で 2.5~2.8 倍程度、高速道路で 3.2~3.7 倍程度の拡大率の標識を設置することにより、実際の道路上と同程度の距離での視認性が確保できると考えられる。

ただし、とくに高速道路モデルにおいては本研究の走行実験で想定した拡大率の範囲 (1.0~3.0) よりも大きい結果となっているため、これについては追加的な検証が必要であると考えられる。

5. おわりに

本研究では、市販のゲーム用の機器を用いた簡易 DS を利用して、簡易 DS 上における道路案内標識の視認性の検証をおこなった。17 インチの PC 用液晶ディスプレイを用いた場合、一般道路では 2.5~2.8 倍程度、高速道路では 3.2~3.7 倍程度の拡大率の標識を設置することにより、実際の道路上と同程度の距離での視認性が確保できるという結果が得られた。

今後の課題としては、前述のように高速道路モデルにおいては本研究の走行実験で想定した拡大率の範囲 (1.0~3.0) よりも大きい結果となっているため、追加的な検証をおこなう必要があると考えられる。また、本研究では文字高の拡大率と比例して標識全体を拡大したものをを用いているが、CG 映像上で標識のみを拡大することは困難な場合も想定されるため、文字高の拡大率と標識全体の拡大率とが異なる場合についても検証をおこ

表-1 各拡大率に対する判読距離 (一般道路モデル)

	30km/h	40km/h	50km/h	60km/h	70km/h
拡大率 1.0	24.7	21.4	18.1	14.8	11.6
拡大率 1.5	43.2	42.2	41.1	40.1	39.1
拡大率 2.0	56.5	57.2	57.9	58.6	59.3
拡大率 3.0	104.4	106.5	108.6	110.7	112.8
設置基準	95.5	93.3	91.0	88.8	86.5

(単位：m)

表-2 各拡大率に対する判読距離 (高速道路モデル)

	70km/h	80km/h	90km/h	100km/h
拡大率 1.0	25.9	23.5	21.2	18.9
拡大率 1.5	57.2	55.0	52.8	50.6
拡大率 2.0	68.7	69.5	70.2	71.0
拡大率 3.0	137.5	124.8	112.1	99.5
設置基準	144.2	139.6	135.1	130.5

(単位：m)

表-3 一般道路モデルの文字高の拡大率

走行速度	30km/h	40km/h	50km/h	60km/h	70km/h
拡大率	2.84	2.74	2.65	2.56	2.49

表-4 高速道路モデルの文字高の拡大率

走行速度	70km/h	80km/h	90km/h	100km/h
拡大率	3.19	3.32	3.48	3.68

なう必要があると考えられる。

また、本研究の成果をもとに、道路ネットワーク上での案内標識の設置箇所の最適化や、複雑な交差点など個別箇所での表示内容、表示方法の最適化など、案内標識や路面標示の配置や表示内容などをドライバーの視点からみて検討することが必要であると考えられる。

参考文献

- 1) 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, pp.46-54, 2006.
- 2) 小川圭一, 肥田肇, 土井和広, 久坂直樹：簡易ドライビングシミュレータを用いた信号切り替わり時の運転行動の分析, 土木計画学研究・講演集, Vol.36, CD-ROM, No.P24, 2007.
- 3) 飯田克弘, 森康男, 金鐘旻, 小池淳：ドライビングシミュレータを用いた室内実験によるジャンクション案内標識の評価, 土木計画学研究・講演集, No.22(2), pp.979~982, 1999.
- 4) 飯田克弘, 森康男, 金鐘旻, 池田武司, 三木隆史：ドライビングシミュレータを用いた室内実験システムによる運転者行動分析 - 実験データの再現性検討と高速道路トンネル坑口の評価 -, 土木計画学研究・論文集, No.16, pp.93-100, 1999.
- 5) 大口敬, 飯田克弘：高速道路サグにおける追従挙動特性解析におけるドライビング・シミュレータ技術の適用性, 交通工学, Vol.38, No.4, pp.41-50, 2003.
- 6) 山口晋弘, 平田輝満, 屋井鉄雄：都市内地下道路における多重衝突事故の発生メカニズムに関する VR 研究, 土木計画学研究・講演集, Vol.34, No.167, 2006.
- 7) 藤生慎, 清水哲夫：ドライビングシミュレータを用いた合流部走行支援情報システムの評価, 土木計画学研究・講演集, Vol.34, No.291, 2006.
- 8) 日本道路協会：道路標識設置基準・同解説, 1987.