



自動車運転者の適切な速度制御を促す拡張現実感

浅田 樹生^{*1} 藤本 雄一郎^{*1} 澤邊 太志^{*1} 神原 誠之^{*1} 加藤 博一^{*1}

Abstract — 交通社会の中で社会問題とされている重大な事故や渋滞は運転者が速度を適切に制御できていないことが要因と考えられる。この根本的な要因として「環境からの速度認知は誤差が大きいこと」、「目標速度設定が適切ではないこと」の2つが挙げられる。本研究では、前者の要因に対して、(1) 速度認知誤差を抑制する効果が見込めるパターンを、後者の要因に対しては(2) 目標速度を抑制する効果が見込めるパターン、(3) 目標速度を上下させる効果の見込めるパターンを提案した。ドライビングシミュレータを用いて検証を行った結果、(1)、(3) のパターンを AR を用いて表示することでパターン非表示の場合と比較して運転者にそれぞれの効果をもたらすことが分かった。

Keywords : 拡張現実感, 速度認知, 速度制御, 高度道路交通システム

1 はじめに

交通社会の中で重大な事故や渋滞が社会問題となっている。警視庁の報告では規制速度を超過して走行する場合、死亡事故率が規制速度を超過していないときと比べて11.9倍に増加することが挙げられている [1]。一方で、NEXCO 東日本の報告では渋滞の発生箇所として上り坂やサグ部(下り坂から上り坂にさしかかる凹部)が64%を占めており、その場所での渋滞発生原因として運転者が走行速度を無意識に低下させることが原因としている [2]。つまり、重大な事故や渋滞は運転者が速度を適切に制御できていないことが考えられる。これに対して現在行われている対策は、標識、路面塗装など実際の道路環境に付与するものが挙げられる。こうした対策は運転者全員に対して効果が期待できる反面、一定以上の効果の見込める場所以外はコスト等の問題から設置されないことや、運転者個人に特化した情報が提示できないという問題がある。

そこで我々は、ヘッドアップディスプレイの普及の背景から速度認知を適切に促す手法を AR を用いて表示させることを考えた。本稿ではまず、運転者が速度を適切に制御できない要因の探索として、速度制御プロセスをモデル化し、実例に当てはめ分析した。次に、各要因を改善するパターンの提案とその効果の検証を行った結果を示す。

2 従来研究

実際に行われている運転者の速度に影響を与える対策として、韓らは、道路の走行空間を対象に時間軸に沿って漸次的な変化を設計する概念であるシーケンスデザインを基に路面に塗装された白い楕円の間隔を変化させて設置することで運転者の走行速度を変化させることに成功している [3]。シーケンスデザインを

用いた対策は相対的に速度を速く(遅く)認知させることができるが、正確な速度を運転者に提示することはできない。

増本らは、速度回復誘導灯と呼ばれる一定速度でライトの点灯する位置を移動させることで速度低下を防ぐ効果のあるシステムを阪神高速3号神戸線の深江サグ部付近に設置することで渋滞低減効果があるか検証を行った。結果として40km/h以下の低速度割合が2割程度減少し、渋滞時間が6~7割程度減少した [4]。こうした速度回復誘導灯は渋滞発生箇所における速度回復効果は数多く検証されているが、速度抑制効果に関してはあまり検証されておらず効果は未知数である。

久保田らは、生活道路の交差点に対してハンプと呼ばれる段差を設置することで運転者にどのような挙動の変化をもたらすか検証を行った。結果としてハンプによる速度抑制効果や一時停止を促す効果が見られ、交通事故件数が3件から0件に減少した [5]。嶋田らは、対面走行の生活道路に対してポールや路面塗装で道路幅を狭くする狭さを設置し、複数の期間中の旅行速度の変化を分析した。結果として設置後は旅行速度が1.7~3.2km/h低下しており、速度抑制効果が確認できた [6]。これまでに挙げた実際の道路環境に対策を設置する多く場合、大規模な工事を行う必要があることや周辺住民への理解を求める必要があるなどの問題がある。

AR技術を用いて運転者の体感速度を変化させる試みとして東井らは単純な線や四角形からなるパターンの速度を実際よりも速く表示することで運転者の体感速度を変化させることに成功していた。しかし、実際にどのような速度制御が行われるかや他の表示方法で表示した場合の効果は未知数である [7]。

走行速度と道路環境の関係についての調査として Gitelman らは運転者が速度超過する原因は道路環境

^{*1}奈良先端科学技術大学院大学

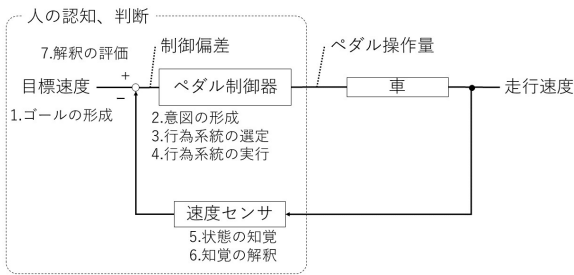


図1 運転者の認知・判断による速度制御動作のモデル

Fig. 1 Model of speed control behavior based on driver's cognition and judgment

から人々が適切と感じる速度と制限速度があっていないことと考え、どういった要素が適切と感じる速度に影響を与えているかを実際の道路環境の要素の調査と運転者への意識調査によって検証した。結果として視野的狭さくや歩行者の活動、道路のレイアウト等が要素として挙げられることが分かった [8].

3 速度制御が適切にできない要因の探索

運転者が適切に速度制御できていないという問題の根本的な要因を運転者の速度制御をモデル化し、事例に当てはめることにより調査した。作成したモデルを図1に示す。このモデルはヒューマンインタラクションの分野で広く用いられている認知行動モデルの1つである行為の7段階モデル [9] の各要素を機械制御の分野で用いられているフィードバック制御に当てはめたものである。行為の7段階モデルとはノーマンが提唱する人が認知行動する際のプロセスを以下の7に分けたものである。

1. ゴールの形成: 行動する際の目標設定
2. 意図の形成: 目標達成のための要素の選定
3. 行為系列の特定: 目標達成のための行動の選定
4. 行為系列の実行: 選定した行動の実行
5. 状態の知覚: 行動の結果の知覚
6. 知覚の解釈: 知覚刺激より結果を認識
7. 解釈の評価: 認識した結果と目標の比較

次に先ほど作成したモデルを実際の走行シーンに当てはめ、問題の根本的な要因を分析する。まず、周囲に車がない環境で運転者が制限速度で走ることを目標としている場合を想定する。この場合、目標速度設定は制限速度となり、速度の認知はスピードメーターや環境からの認知で行う。目標速度設定は走行する環境に対して適切な速度となっているが、速度の認知を環境からの知覚で行う場合は正確な速度認知ができず、適切な速度制御ができない。

次に、運転者が適切と感じる速度で走行する場合を

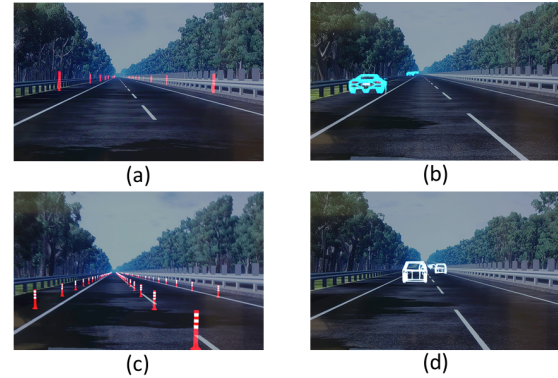


図2 各パターンを表示した様子 (a): 速度認知誤差を抑制するパターン,(b): 目標速度を抑制するパターン (路上駐車),(c): 目標速度を抑制するパターン (ポール),(d): 目標速度を上下させるパターン

Fig. 2 Display of each pattern (a): Pattern to suppress speed perception error, (b): Pattern to suppress target speed (Parking on the street), (c): Pattern to suppress target speed (Pole), (d): Pattern to raise or lower target speed

想定する。この場合、目標速度は運転者が適切と感じる速度となる。この速度が適切な速度ではない場合、速度の認知が正しく行われても適切な速度制御は行われていない。以上より、運転者が速度を適切に制御できない根本的な要因として「環境からの速度認知は誤差が大きいこと」と「目標速度設定が適切ではないこと」の2つが挙げられる。

4 各要因を改善するパターンの提案

前節にて運転者が適切に速度制御できない2つの要因を明らかにした。次に本節ではこれらの要因をそれぞれ改善するためのARパターンを作成する。

4.1 速度認知の誤差を抑制するパターン

速度認知の誤差を抑制するパターンの表示方法として2つ提案する。1つ目は速度回復誘導灯を基にした方法である。増本らの研究では一定速度でライトを進行方向に点灯させることにより、運転者が光の流れる速度と自分の速度の相対速度を認知することによって自身の速度低下を防いでいる [4]。これは無意識に走行速度が速くなる場合にも効果があると考えられ、パターンを一定速度で移動させることにより、ある速度を基準にした場合の速度認知の誤差を抑制することができると考えられる。

2つ目は東井らのバーチャルパターンを基にした方法である。東井らの研究ではバーチャルパターンの表示速度を実際より速く表示することで体感速度を変化させることができている [7]。また、シークエンスデザインは模様の変化によって体感速度が変化する

ことで速度を抑制する効果がある [3]. そのため, 基準の速度より速く (遅く) 走行している場合, パターンを実際の速度よりも速く (遅く) 表示することにより運転者の体感速度を変化させることができ, 速度認知の誤差を抑制させることができると考えられる.

作成したパターンを図 2(a) に示す. 以降の節ではこのパターンを速度回復誘導灯を基にした方法で表示した場合を「一定速度で移動するパターン」, 東井らのバーチャルパターンを基にした方法で表示した場合を「誇張表現するパターン」と記載する.

4.2 目標速度を抑制するパターン

まず, 現在行われている対策のうち目標速度設定に影響を与えていると考えられるものを整理する. 標識などの注意喚起や, ハンプ, 道路狭さくやポールといった道路環境を変更する対策は目標速度設定に影響を与えていると考えられる. 注意喚起は低コストで設置ができる反面, 文字が認識できない場合や認識しても無視する場合など様々な要因で効果がない場合がある. 道路環境を変更する対策は運転者の走行速度を下げる効果が高い反面, 設置のハードルが高いという問題がある. また, Gitelman らの研究にあるようにこうした対策だけではなく歩行者の数や視野的狭さく, 道路レイアウト等の道路環境の要素も目標速度設定に影響を与えていると考えられる [8].

まず, これらの要素の内 AR で付加することが容易な歩行者, ハンプ, 路上駐車, ポール, 道路狭さく, 路肩幅を減少させるためのガードレールのパターンをそれぞれ実装した. その後, 同研究室の被験者 4 人に対してこれらのパターンが目標速度設定にどのような影響を与えるか検証する予備実験を行い, 目標速度を下げる効果の高かった路上駐車とポールのパターンを採用した. 作成した路上駐車のパターンを図 2(b) にポールのパターンを図 2(c) に示す.

4.3 目標速度を上下させるパターン

実際に運転する際, 前の車に追従して走行することが多くある. この場合, 目標速度設定は前の車の速度になる. そこで, 運転者の前を先導して走る車のパターンを表示し, その速度を変化させることにより運転車の目標速度を上下させる効果が期待できる. そのため, 先導車を表示するパターンも採用する. 作成したパターンを図 2(d) に示す.

5 提案パターンの検証実験

前節では運転者が走行速度を適切に制御できていない各要因を改善するためのパターンを提案した. 本節では 5.1 節にて実験環境について, 5.2 節で実験全体の手順, 条件について, 5.3 節~5.5 節でパターンの効果別に行った検証内容, 評価項目, 仮説について, 5.6 節でそ

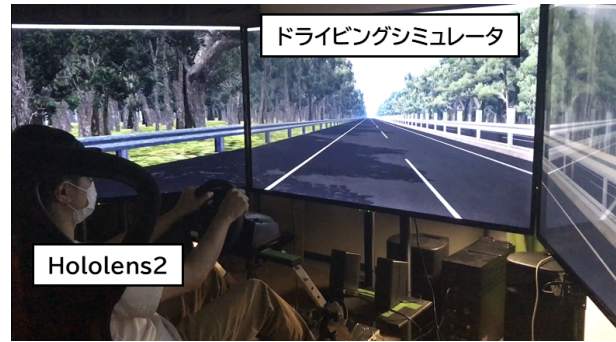


図 3 実験環境
Fig. 3 Experiment environment

れぞれの検証結果について述べる.

5.1 実験環境

実験環境を図 3 に示す. 実車の環境を再現するためのドライビングシミュレータは被験者の眉間から 1.34m の位置に配置した 3 枚の 65 インチモニターで構成されており, 水平視野角 170°, 垂直視野角 32° を有している. 内部のソフトウェアには物理エンジンを搭載したドライビングシミュレータソフトウェアである BeamNG.drive を用いた. 走行環境は高速道路を模した車線幅員 3.5m の 2 車線道路に設定した. パターンの AR 表示および車の内装の表示には光学シースルー型の AR ヘッドマウントディスプレイ (HMD) である HoloLens2 を用いた.

5.2 実験条件

まず実験手順を説明する. 被験者は, 自身の運転歴, 普段の運転する際の特性に関するアンケートに回答した. その後, HMD を装着したうえで慣らし走行として 100km/h を維持することを目的とした走行を 1 度行った. 次に速度認知の誤差を抑制する効果の検証, 目標速度を抑制させる効果の検証, 目標速度を上下させる効果の検証を順に行った. また, 各検証の間には 3 分間休憩を設け, 最後に実験全体に関するインタビューを実施した. 被験者は普通自動車運転免許を保有している 22~26 歳の男性 18 人, 女性 9 人の計 27 名であった.

5.3 速度認知の誤差を抑制する効果の検証

このパートでは一定速度で移動するパターンと誇張表現するパターンの速度認知の誤差を抑制する効果を検証することを目的としている. 検証を行う手順としてまず, 被験者に以下の指示を行う.

「まず, 一定距離に達するまでにスピードメーターを見ながら 100km/h まで加速し, そのまま維持して走行して下さい. 一定距離走行後, スピードメーターが消えますので終了のサインがあるまで体感で 100km/h を維持して走行して下さい.」その後, 被験者は一定速度で移動するパターン, 誇張表現するパターンを表示した

場合、パターン非表示の場合の3条件で実際に走行を行った。その際のパターンの表示速度に関しては一定速度で移動するパターンは進行方向に100km/hで移動するように、誇張表現するパターンは100km/hを基準速度として設定した。全走行終了後、各走行で速度を維持できた自信やパターンを表示した際の違和感、運転に支障をきたす度合いについて5段階のリッカート尺度で回答するアンケートを行った。評価には100km/hを基準として、走行中に取得したスピードメーター消失後から終了までの区間の走行速度の誤差平均を算出し用いた。また、本検証では以下の仮説を立てた。

- (1) パターンを表示した場合の方が誤差平均が有意に小さい

5.4 目標速度を抑制する効果の検証

このパートでは路上駐車やポールを表示するパターンの目標速度を抑制する効果を検証することを目的としている。検証を行う手順としてまず、被験者に以下の指示を行う。「まず、一定距離に達するまでスピードメーターを見ながら速度を上下し、環境から自身が適切だと感じる速度を選び、その速度に合わせて走行して下さい。その後はスピードメーターを適宜参考にしながらか終了位置まで設定した速度を維持して走行して下さい。」その後、被験者は路上駐車、ポールを表示するパターンを表示した場合、パターン非表示の場合の3条件で実際に走行を行った。その際、パターンの表示速度は走行速度に設定した。その後、パターンを表示した際の違和感、運転に支障をきたす度合いについて5段階のリッカート尺度で回答するアンケートを行った。評価には後半の速度を維持する区間の平均速度を用いた。また、本検証では以下の仮説を立てた。

- (2) パターンを表示した場合の方が平均速度が有意に小さい

5.5 目標速度を上下させる効果の検証

このパートでは先導車を表示することにより目標速度を先導車の速度に合わせて変更する効果を検証することを目的としている。検証を行う手順としてまず、被験者に以下の指示を行う。「このパートは前半後半に分かれており、前半は一定距離に達するまでにパターンを非表示の場合で自身が適切と感じる速度を選び、その後はスピードメーターを適宜参考にしながらか設定した速度を維持しながら走行して下さい。前半区間が終了するとパターンが表示されるので、自身が適切と感じる速度で走行して下さい。この際、速度を一定に維持する必要はありません。」先導車の移動する速度は前半部分で取得した被験者が適切と感じる速度と同じ速度で始めは表示し、徐々に±5,10,15,20km/hの範囲

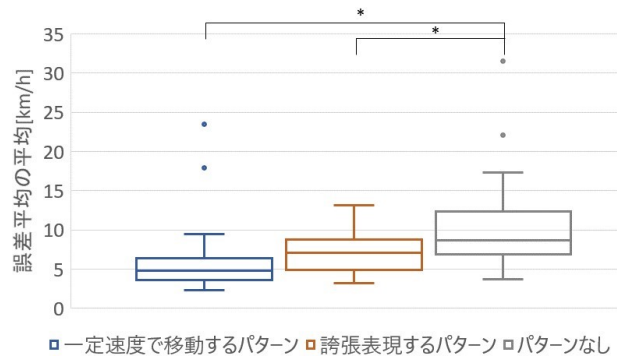


図4 速度認知誤差を抑制するパターンの検証結果

Fig. 4 Verification result of patterns that suppress speed perception errors

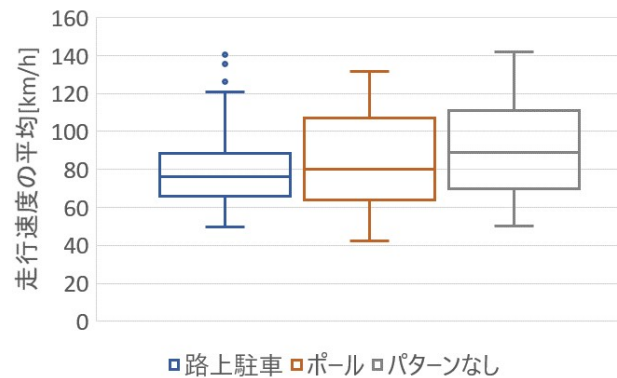


図5 目標速度を抑制するパターンの検証結果

Fig. 5 Verification results of patterns that suppress the target speed

で変化させて表示した。その後、速度制御を先導車を追従するように変更したか否か及びパターンを表示した際の違和感、運転に支障をきたす度合いについて5段階のリッカート尺度で回答するアンケートを行った。評価には走行中に取得した被験者が適切と感じる速度及び、パターン表示後、先導車の速度が一定の区間の走行速度の平均値を用いた。また、以下の仮説を立てた。

- (3) 先導車の速度を適切と感じる速度から速く(遅く)した場合の区間の平均速度が適切と感じる速度と比較して有意に速く(遅く)なる

5.6 実験結果

速度認知誤差を抑制する効果の検証の結果を図4に示す。まず、これらの3群間のいずれかに差があるかをフリードマン検定を用いて調査した結果、有効確立は0.00で5%以下の有意水準で有意な結果であった。次に3群間のどこに差があるかを多重比較検定(ホルム法)を用いて調査した。その結果、一定速度で移動するパターンとパターンなしの間の有効確率が0.00であり、5%以下の有意水準で有意な差があった。また、誇張表現する

表1 運転者が適切と感じる速度とパターン表示後の各走行区間の速度を比較した結果

Table 1 Results of comparing the speed that the driver perceives as appropriate with the speed of each driving segment after the pattern is displayed

	適切と感じる速度と先導車の速度の差 [km/h]								
	-20	-15	-10	-5	0	5	10	15	20
適切と感じる速度との差 [km/h]	-16.87	-13.73	-8.17	-4.17	0.01	5.07	9.40	10.38	14.30
p 値 (p < 0.05)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.9910	0.00	0.00	0.00	0.00

パターンとパターンなしの間の有効確率が 0.00 であり、5%以下の有意水準で有意な差があった。一定速度で移動するパターンを表示した場合、誇張表現するパターンを表示した場合、パターン非表示の場合の誤差平均の平均値はそれぞれ 6.06km/h, 7.01km/h, 10.51km/h であった。このことからパターンの表示によって誤差平均が有意に減少しているため仮説 (1) は支持された。

目標速度を抑制する効果を検証した結果を図 5 に示す。路上駐車のパターンを表示した場合、ポールのパターンを表示した場合、パターン非表示の場合の平均速度の平均値はそれぞれ 82.02km/h, 82.76km/h, 93.17km/h であった。次にこの 3 群間のいずれかに差があるかを調査するためフリードマン検定を用いて分析した。その結果、有効確立が 0.14 であり、5%以下の有意水準で 3 群間のいずれにも有意な差が見られなかった。以上より仮説 (2) は支持されなかった。

目標速度を上下させる効果を検証した結果であるパターン表示後の各区間の平均速度と被験者が適切と感じる速度を比較したときの有効確率及び、速度の差分を表 1 に示す。また、上記に使用したデータは走行後アンケートにて、パターン表示後速度制御を先導車を追従するように変更したと回答した 25 人分のものである。以上より先導車の速度を適切と感じる速度から速く (遅く) した場合の区間の平均速度は適切と感じる速度と比較して有意に速く (遅く) になっていることが分かる。このことより仮説 (3) は支持された。

6 考察

6.1 速度認知の誤差を抑制する効果の検証結果の考察

パターンを表示した場合と非表示の場合の誤差平均を比較すると表示した場合の方が有意に小さくなっており、仮説 (1) は支持された。パターンごとに見ると、一定速度で移動するパターンは「パターンを追従するように走行した」や「パターンが表示されていることにより速度認知が容易だった」というコメントが多く得られたことから実際の速度回復誘導灯と同様にパターンの速度と自身の走行速度の相対速度を認知することで誤差をより敏感に認知していたことが分かる。運転

に支障をきたす度合いについては 5 段階中平均 2.41 と中程度の支障をきたした。これはコメントよりパターンが止まって見えることによる違和感や速度維持のためにパターンに目がとられてしまったことが要因と考えられる。

誇張表現するパターンは「パターンの表示速度が誇張されていたようには感じなかった」や「速度を維持できた程度はパターン非表示の場合とあまり変わらない」という意見が得られたことから運転者は無意識に速度低下や超過を認知し、これらを抑制したと考えられる。また、運転に支障をきたす度合いについては 5 段階中平均 1.96 と先ほどより低い数値となっている。コメントより要因は赤い直方体が現実的ではないことやパターン表示そのものによる違和感が挙げられる。このことよりパターンの工夫次第でより自然に速度認知の誤差を抑制することができると考えられる。

6.2 目標速度を抑制する効果の検証結果の考察

パターンを表示した場合と非表示の場合の平均速度の間に有意な差は見られず、仮説 (2) は支持されなかった。しかし、路上駐車のパターンでは 15 人の被験者が、ポールのパターンでは 13 人の被験者がパターン非表示の場合よりも低い速度で走行している。路上駐車を表示するパターンによって速度を下げた被験者からは「車の陰から人が飛び出してくることを考えた」というコメントが多く得られ、AR と分かったうえでも実際の道路環境と同様の運転行動をとったことが分かる。一方でパターンによって速度を下げなかった被験者からは「中央線よりに走ったから気にしなかった」というコメントが得られた。これは走行している位置からも読み取れ、パターン非表示の場合と路上駐車のパターンを表示した場合の走行位置を比較したところ、パターンを表示した場合、走行位置が 60cm 中央よりに変化していた。運転に支障をきたした度合いも 5 段階中平均 2.40 と中程度の支障をきたしていた。

ポールを表示するパターンによって速度を下げた被験者からは「ぶつからないように慎重に走った」や「道幅が狭く感じた」というコメントが多く得られたことから、先ほどと同様に AR と分かった上でも実際のポールとしてパターンを認識し、実際の道路環境と同様の

運転行動をしたことが分かる。また、パターン非表示の場合と同じ速度で走った被験者でも「圧迫感を感じた」というコメントをしており、運転に支障をきたした度合いが5段階中平均3.07であることから先ほどよりも支障をきたしたことが分かる。これはポールが両側に表示していることによって、片側に路上駐車を表示している場合よりも運転者がストレスを感じたことが要因と考えられる。

また、2つのパターンに共通して「パターンに目がとられた」や「パターンに注意を向けていた」というコメントが得られ、パターンの表示によって視認負荷が増加したことも考えられる。

6.3 目標速度を上下させる効果の検証結果の考察

先導車の速度を適切と感じる速度から速く(遅く)した場合の区間の平均速度は適切と感じる速度と比較して有意に速く(遅く)なっていることから仮説(3)は支持された。パターンを追従するように変更した被験者からは「実際の運転と同様に追従しようという気持ちがわいた」というコメントが多く得られ、ARと分かった上でも実際の環境と同様の効果が得られたことが分かる。表1を見ると、先導車の速度を適切と感じる速度から下げた場合は先導車の速度と同等の速度で走行している反面、上げた場合は+10km/hまでは追従しているが、+15km/h以上は先導車の速度より少し低い速度で走行していることが分かる。これは速度の上限を設定している被験者数が下限を設定している被験者数より多かったことや先導車を実際の車のように認知していたため減速方向により過敏に反応したことが要因と考えられる。

先導車の追い抜きに関して、事前にすり抜けても問題はないと説明していたが多くの被験者は車線変更を行い追い越しを行った。これは「急に加減速した時ヒヤッとした」や「すり抜けることに抵抗感があった」というコメントからも読み取れる。実際の環境で運用する際は何も無い環境でいきなり車線変更することが考えられ、表示する際には周辺環境との兼ね合いをしっかりと判断した上で表示する必要があると考えられる。また、多くの被験者は先導車を見ながら運転しており、パターンの表示によって視認負荷が増加したことが考えられる。

7 結論

本稿では運転者の速度制御をモデル化することで速度を適切に制御できない要因として「環境からの速度認知は誤差が大きいこと」、「目標速度設定が適切ではないこと」の2つが挙げられることを明らかにした。また、前者の要因を改善するパターンとして一定速度で移動するパターン、流れる風景を誇張表現するパター

ンを提案し、検証を行った結果、有効性が確認できた。後者の要因を改善するパターンとして目標速度を抑制する効果を持つ路上駐車、ポールを表示するパターン、目標速度を上下させる効果を持つ先導車を表示するパターンを提案した。これらの検証を行った結果、先導車を表示するパターンは有効性があったが、路上駐車、ポールのパターンは一部の被験者でのみ見られた。しかし、目標速度に影響するパターンは運転に支障をきたすことやパターンに注意が向くことによる視認負荷の増加などの問題も同時に発生することが分かった。今後は別の要因に対して各パターンが与える影響、組み合わせたときの影響の検証を行う予定である。

謝辞

本研究は科研費(20H00608)の助成を受けたものである。

参考文献

- [1] 警視庁交通執行課執行第二係.”速度管理の意義 適切な速度管理の必要性”. 警視庁.2020-5-20.https://www.keishicho.metro.tokyo.lg.jp/kotsu/jikoboshi/torikumi/sokudokanri/igi_hitsuyosei.html(参照 2022-12-12)
- [2] NEXCO 東日本.”高速道路の渋滞対策”.https://www.e-nexco.co.jp/activity/safety/detail_07.html, (参照 2022-12-12)
- [3] 韓 亜由美, 小野 晋太郎, 佐々木 正人, 須田 義大, 池内 克史, 玉木 真, 大貫 正明, 小島 朋己, 錦戸 綾子: 視覚情報にもとづく道路シークエンスデザインによる走行制御効果の検証. 生産研究 (2011) 63 巻 2 号 pp247-252
- [4] 足立幸郎, 藤井康男, 玉川大, 岩里泰幸, 山田幸一郎, 中村祐樹: シークエンスデザインを用いた速度抑制対策の効果とその実験的検証. 土木学会論文集 D vol.66 No.1,27-39,2010.1
- [5] 久保田 尚, 坂本 邦宏, 崔 正秀, 武本 東, 中野 英明, ハンプの長期公道実験による有効性の検証, 土木計画学研究・論文集, 2004, 21 巻, p. 875-884, 公開日 2010/06/04, Online ISSN 1884-8303, Print ISSN 0913-4034
- [6] 嶋田 喜昭, 鈴木 一樹, 山田 真未, 対面通行生活道路における連続型狭さくの設置効果とその効果持続性の実証的分析, 交通工学論文集, 2019, 5 巻, 2 号, p. A.329-A.334, 公開日 2019/02/06, Online ISSN 2187-2929
- [7] 東井 隼斗, 北原 格, 亀田 能成, 大田 友一: ドライバの体感速度変化を促すバーチャルパターン. 電子情報通信学会論文誌 2016/1 Vol. J99-D No. 1
- [8] Victoria Gitelman, Fany Pesahov, Roby Carmel. Speed perception by drivers as dependent on urban street design; a case-study.ToTS Volume 11, Issue 2: pg5-pg18(2020)
- [9] Donald A. Norman and Stephen W. Draper. 1986. User Centered System Design; New Perspectives on Human-Computer Interaction. L. Erlbaum Associates Inc., USA.