

---

原著論文

---

## ドライバ視点映像の周囲に呈示したオプティカルフローが速度感覚に与える影響

伊藤 輔<sup>a</sup>, 島崎 敢<sup>b</sup>, 藤井 愛<sup>c</sup>, 加藤 麻樹<sup>d</sup>, 三嶋 博之<sup>d</sup>,  
古山 宣洋<sup>d</sup>, 石田 敏郎<sup>e</sup>

### Subjective Velocity of Drivers and Optical Flow around Drivers View

Tasku Ito<sup>a</sup>, Kan Shimazaki<sup>b</sup>, Ai Fujii<sup>c</sup>, Macky Kato<sup>d</sup>, Hiroyuki Mishima<sup>d</sup>,  
Nobuhiro Furuyama<sup>d</sup>, Toshiro Ishida<sup>e</sup>

(<sup>a</sup> Advanced Research Center for Human Sciences, Waseda University, <sup>b</sup> Institute of innovation for future society, Nagoya University, <sup>c</sup> Former Faculty of Human Sciences, Waseda University, <sup>d</sup> Faculty of Human Sciences, Waseda University, <sup>e</sup> Waseda University)

(Received : November 21, 2018 ; Accepted : February 20, 2019)

#### Abstract

This study proposes a vehicle-installed virtual stimulus for velocity control. The optical flow in the radiation direction was presented in the driver's peripheral field of view. We verified the effectiveness of the proposed stimulus on drivers' velocity estimation and the control. The independent variables were the presence and the speed of the optical flow. The dependent variables were drivers' velocity estimation in the video scene and driving velocity in the simulator. The driver's view was displayed on the monitor. The optical flow was displayed on the panel around the monitor by a projector. In Experiment 1, twenty participants were required to estimate the subjective velocity of the video. The result showed that the participants estimated the velocity of the video to be below 80 km/h when the speed of optical flow was below 80 km/h. In contrast, the participants estimated the velocity of the video to exceed 80 km/h when the speed of optical flow exceeded 80 km/h. In Experiment 2, ten participants were required to drive at 80 km/h. As a result, the effectiveness of the optical flow for speed adjustment was relatively low.

**Key Words** : optical flow, subjective velocity, velocity control, driving simulator

#### 1. 序論

自動車のドライバは、制限速度を守りながら周囲の交通状況に合わせて適切な速度で走行することが

求められる。警察庁によると、最高速度違反が原因とされる交通事故は、交通事故全体の0.1%と全体に占める割合は少ない<sup>1)</sup>が、一般的には事故発生時

---

<sup>a</sup> 早稲田大学人間総合研究センター (Advanced Research Center for Human Sciences, Waseda University)

<sup>b</sup> 名古屋大学未来社会創造機構 (Institute of innovation for future society, Nagoya University)

<sup>c</sup> 元早稲田大学人間科学学術院 (Former Faculty of Human Sciences, Waseda University)

<sup>d</sup> 早稲田大学人間科学学術院 (Faculty of Human Sciences, Waseda University)

<sup>e</sup> 早稲田大学 (Waseda University)

の衝突速度が速いと、より重傷化するケースが多いため、制限速度を超過しての走行は危険である。特に、高速道路における制限速度を超過しての走行は、先行車の急な車線変更や先行者のブレーキ制動等への対応が容易ではなくなり、事故に繋がる可能性が高い。実際に、高速道路における法令違反別交通事故件数を見てみると、最高速度違反が原因とされる交通事故の構成率は0.8%であり、交通事故全体の構成率(0.1%)と比べると高い<sup>1)</sup>。そのため、最高速度違反を抑止するための取り締まりや看板等による注意喚起など、様々な対策がなされているのが現状である。その一方で、適切な走行速度より遅い場合には、渋滞の原因になる可能性がある。その一例として高速道路等の上り勾配における速度低下が問題になっており、その対策が検討されている<sup>2)</sup>。

ドライバが制限速度を超過して運転するのは、大別して意識的な要因と無意識的な要因がある。意図的な要因は、制限速度を守る意思がないケースである。蓮花のリスク回避行動のモデルに速度選択を当てはめると、ドライバのハザード知覚やリスク知覚が、選択する走行速度に影響を与えることが分かる。そのため、ドライバが適切なリスク評価をせずに速度選択を行わない場合には、教育や取り締まりなどによる解決が求められる<sup>3)</sup>。その一方で、無意識的な要因は、2つのケースが考えられる。1つは、ドライバが走行している道路の制限速度を知らないケースである。これは、制限速度を音声や表示によって知らせる対策が有効である。もう1つは、ドライバが感じる走行速度が実際の走行速度と一致していないケースである。ドライバが感じる主観的な走行速度は曖昧であることから、スピードメーターなしで常に適切な走行速度で走行することは難しい。

ドライバが速度評価に関して利用できる情報は、スピードメーターが示す走行速度とドライバ自身の感覚知覚の情報から形成されるものの2つと報告されている<sup>4)</sup>。ドライバ自身の感覚知覚の情報から形成されるものには、例えば、外の景色の流れやエンジンの音、使用しているギアポジションやアクセルストロークなどから得られる情報が含まれる<sup>4)</sup>。また、ドライバは大抵、計器盤の客観的情報より、頭の中の速度計である主観的印象に頼る傾向があると指摘されている<sup>4)</sup>。また、先行研究では、スピードメーターが示す速度と感覚知覚の情報から形成

されている速度は、一致しないことが多く指摘されている。Evansは、実験参加者を実車の助手席に乗せて視覚情報や聴覚情報を遮断し速度評価をさせた。その結果、視覚情報と聴覚情報を遮断すると速度が過小評価される傾向があることが明らかになった<sup>5)</sup>。Schmidt & Tiffinは、走行速度を0 mphから40 mphに合わせる課題を実験参加者に与え、課題の前に70 mphで一定時間走行した場合となにもしなかった場合とで課題の結果が変化するか実験をした<sup>6)</sup>。その結果、課題の前に70 mphで一定時間走行した場合は、40 mphよりも10 mph程度速い速度に合わせることを明らかにした。この結果より、一定時間走行した際に起こる速度順応によって、ドライバの感覚知覚の情報から形成されている速度が不正確になることが分かる。また、Carter & Layaは、周辺視領域の情報が速度感覚に及ぶ影響には個人差が見られることを示した<sup>7)</sup>。これらの研究からも、人間の感覚知覚の情報から形成されている速度感覚は、実際の走行速度とは異なることがわかる。

オプティカルフローは、進行方向にまっすぐ視線を向けている場合、拡張原点と呼ばれる静止した焦点から外側に向かって広がっていく流れのことである<sup>4)</sup>。例えば、前進している自動車のドライバには、風景が自分に向かって流れてくるように見えている<sup>4)</sup>。ドライバは、走行速度を知覚するために必要な情報として、オプティカルフローを利用している<sup>4)</sup>。この人間の感覚・知覚特性を利用して、オプティカルフローを人工的に操作することで、ドライバが感じる速度感覚をコントロールできる可能性がある。

人工的なオプティカルフローを用いた実用例や研究例には、以下の事例が挙げられる。Dentonは、交差点付近の路面に黄色の横線を指数関数的に設置することが速度低下に有効であることを示した<sup>8)</sup>。また、川島・内川・金子・福田・山本・木屋は、ドライビングシミュレータ(Driving Simulator; DS)に模擬された車外風景に点滅柱状物体を設置した結果、点滅柱状物体による刺激の速度値に線形比例してドライバの速度感覚が増減することを明らかにした<sup>9)</sup>。さらに、実際の高速道路上を走行する自動車の速度制御を行うため、路面にドットパターンを塗装する方策や、サグ部(下り坂の後に上り坂がある道路)における渋滞緩和対策の一環としてベクションを感じる視線誘導刺激(例:LED発光パネル)

をトンネル内や路肩に設置する方策が見受けられ、効果が得られている<sup>10) 11)</sup>。しかし、これらの研究例では、塗装や対策機器を施す場所が限定されることや、路面に塗装するための費用や経年劣化によって塗装が薄くなってしまふことが課題となっている。本研究では、この課題を克服するために、人工的なオプティカルフローを自動車内に呈示することを提案したい。近年の技術向上や機器のコスト低下によって、車内にオプティカルフローを呈示することが可能になってきた。オプティカルフローによってドライバーの速度感覚が変化し、その結果、自動車の走行速度を変化させることができれば、適切な走行速度での走行を促せる。即ち、最高速度違反による重大事故の低減や渋滞の緩和に寄与すると考えられる。したがって、人工的なオプティカルフローの効果の検討は、今後の人工的なオプティカルフローを用いた速度制御の実現のために極めて有意義である。

そこで本研究では、ドライバ視点映像の周囲にオプティカルフロー刺激 (Optical Flow Stimulus; OFS) を呈示した場合の速度感覚への影響とアクセルペダル操作などの速度調整行動への影響について検討した。

## 2. 目的

ドライバ視点映像の周囲に呈示したOFSの効果検討を行う。実験1では、OFSの呈示位置と呈示速度によって速度感覚がどのように変化するか検討する。実験2では、OFSを呈示することによって運転行動がどのように変化するかDSを用いて検討する。

## 3. 実験1

### 3.1 概要

高速道路走行時のドライバ視点映像 (以下、走行映像) が速度感覚に及ぼす影響に関する実験を行った。走行速度が80km/hの走行映像の周囲に速度の異なるOFSを呈示した際、実験参加者の速度評価がどのように変化したか検討した。

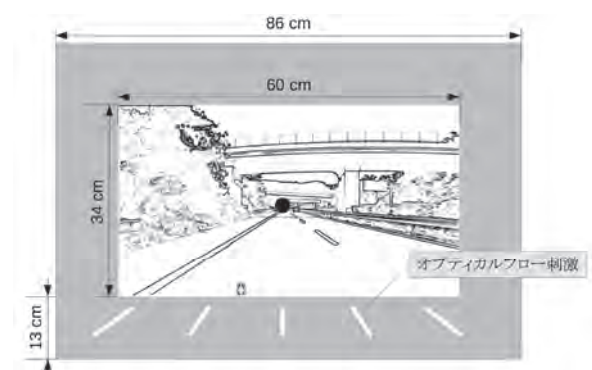
### 3.2 方法

#### 3.2.1 実験刺激

図1に、呈示したOFSの概略図を示す。中央部

分に走行映像を呈示し、その周囲にOFSを呈示した。走行映像は、ハイビジョンビデオカメラ (解像度1920×1080ピクセル、フレームレート60fps) を搭載した自動車で撮影した。ドライバの視線に近い映像となるように、地上110cm、車両の中心から右に25cmの位置にハイビジョンビデオカメラを設置した。撮影時の走行速度は、撮影した高速道路における法定最高速度の80km/hで、天候は晴れであった。撮影した道路は片側2車線の高速道路とし、走行車線は第1通行帯とした。実験に使用した映像は、自由走行に支障のないように先行車がない部分を用いた。なお、川島ら<sup>9)</sup> がベクシオン刺激の呈示時間を20秒に設定し実験を行ったことや、実際の交通場面においてOFSが長時間にわたって呈示されることは望ましくないと考えられることから、本実験でも映像の呈示時間は20秒とした。なお、本実験では音の影響を排除して検討を行うため、走行音は発生させなかった。

OFSは走行映像を元に作成した。作成したOFSの移動速度は、60、70、80、90及び100km/h相当の5条件であった。OFSの移動速度は、走行映像上の路面に塗装された白線の移動速度に対する相対速度として算出した。OFSは中心から外側に向かって移動するように作成し、線の本数は5本で等間隔に設定した。OFSの太さは、走行映像の横の長さの1%になるように作成した。OFSの色彩は、一般的な高速道路の塗装と同様に白色で作成した。OFSの長さは、5本のうち中心のOFSを4.2cmにし、この線を基準に縦方向の長さが同様になるように他のOFSも設定した。最後に、下部と同様に上部、左部、右部のOFSも作成した。上部、左部、右部の移動速度と白線の本数は、下部に呈示した場合と



注釈: 図中央の黒丸は道路消失点を示す。これは下部呈示時の例である。高速道路走行映像は加工をした。

図1 呈示したオプティカルフロー刺激の概略図



同様であった。OFSの背景色は、走行映像の路面色 (R88, G88, B88) を抽出し使用した。OFSの呈示周期は、いずれのOFS速度でも0.5秒ごとに1回とした。

### 3.2.2 実験装置

図2に実験1の実験環境の概略図を示す。走行映像は、27インチモニタ (LG, 27EA33) に呈示した。実験参加者から見た27インチモニタの視野角は約36.8 degであった。OFSは、モニタの周囲に設置した白色パネルにプロジェクター (CASIO, XJ-A145V) により呈示した。プロジェクターは、白色パネルから150cm離れた場所に設置した。実験参加者から見た白色パネルの視野角は約51.0 degであった。実験参加者には、実験参加者から見た映像の見かけの大きさと運転席から見た見かけの大きさが同様になるように、27インチモニタから約90cm離れたところに着座するように求めた。椅子の座面の高さは、床から40cmとした。27インチモニタを設置した机の高さは、70cmとした。

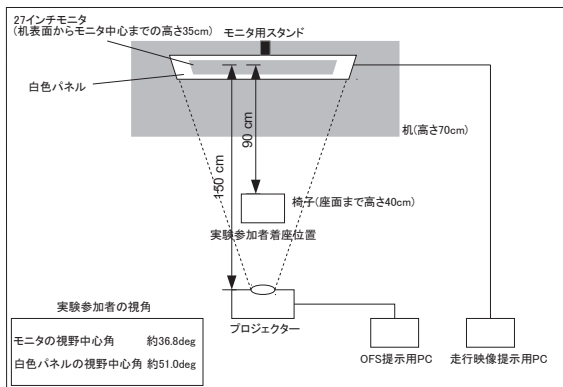


図2 実験1の実験環境

### 3.2.3 評価方法

本実験では、実験参加者の感じる走行映像の速度 (以下、評価速度) についてビジュアルアナログスケール (Visual Analogue Scale; VAS) 評価を用いて測定した。図3に、VASの説明を示す。VASの全体の長さは24cmで、左右どちらも端部から5cmのところに基づ点を2点設定した。2点の基準点は、左側を60km/h走行映像、右側を100km/h走行映像の速度感覚とした。実験参加者には、基準点の速度感覚をもとに評価するように教示した。例えば、図3に示すように評価速度が70km/hであった場合には60km/h走行映像と書いてある位置から

右に3.5cmのところを引くことになる。実験後、VASの記録をもとに評価速度を算出した。

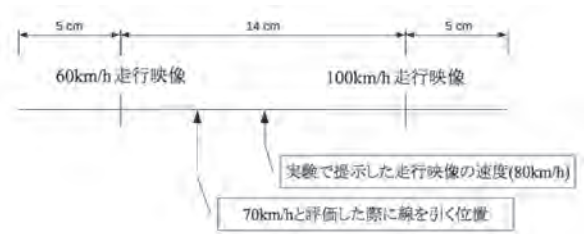


図3 ビジュアルアナログスケールの説明図

### 3.2.4 実験手順

図4に実験1の手順を示す。まず実験参加者にインフォームドコンセントを行い実験参加の同意を得た。次に、走行映像の速度感覚を評価してもらう実験であることを教示した。その後、練習試行を行った。練習試行は1試行で、評価方法を説明した後に、OFSを投影しない走行映像を呈示し評価してもらった。練習試行では、80km/hの走行映像を実験参加者に呈示し、実験参加者がVAS評価で概ね80km/hと評価できていることを確認した後に、本試行を行った。まず、評価する際の基準として60km/h走行映像と100km/h走行映像の用いることを実験参加者に教示し、その上で、60km/h走行映像と100km/h走行映像を呈示して速度感覚を記憶するように求めた。次に3秒間のカウントダウンに続いて走行映像及びOFSを20秒間呈示した。その後、試行間にインターバルを設けその時間を20秒以上に設定した。20秒以上とした理由は、運動残効に関する予備実験から、最大で約15秒間は運動残効の影響が出るという結果が得られたためである。実験参加者は、このインターバルが設けられた試行間でVAS上に評価速度を記入した。なお、走行映像呈示中は実際に走っているような感覚で、可能な限り第一通行帯の前方を見てもらうように教示した。

実験1の実験条件は、OFS呈示位置4条件 (上, 下, 左, 右) とOFS速度5条件 (60, 70, 80, 90, 100km/h相当) であった。また、OFS呈示なし条件は2試行であり合計22試行とした。はじめに基準となる60km/h走行映像と100km/h走行映像を見た後にOFS呈示なし条件を1試行を行った。次にOFS呈示位置条件を1セッションとして、この中でOFS速度5条件をランダム順に実施した。また、呈示位置セッションも実験参加者ごとにランダム順に呈示した。

最後にOFS呈示なし条件1試行を行った。なお、基準となる60km/h走行映像と100km/h走行映像は呈示位置が変化する5試行ごとに呈示した。OFS呈示なし条件の試行を設けた理由は、そもそも実験参加者が走行映像の速度を正しく評価できているかを検討するためである。

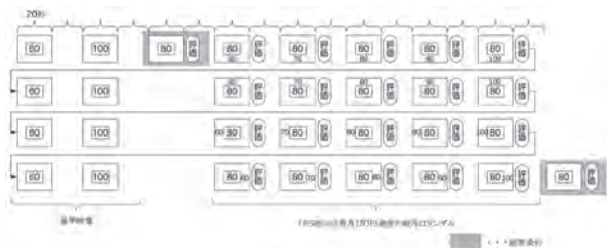


図4 実験1の手順フロー

### 3.2.5 実験参加者

実験参加者は、運転免許を持つ20名（男性19名、女性1名）とした。年齢の範囲は19～37歳（中央値=22歳）、運転免許取得後経過月数の範囲は8～232ヶ月（中央値=32ヶ月）、総走行距離の範囲は2～500,000km（中央値=3,250km）であった。なお、総走行距離は、運転免許証を取得してから実験参加時までに運転した距離（全ての車種含む）で自己申告値である。

### 3.3 結果

図5に、呈示位置ごとの評価速度の平均値と標準偏差を示す。また、図6に、OFS呈示位置条件を合算し速度条件のみの評価速度の平均値と標準偏差を示す。横軸はOFS速度、縦軸は評価速度である。80km/hの走行映像よりも速度の速いOFSが呈示された際は、評価速度の平均値が80km/hよりも速かった。一方で、走行映像よりも速度の遅いOFSが呈示された際は、評価速度の平均値が80km/hよりも遅かった。OFSの呈示位置とOFSの速度を要因配置として2要因分散分析を行った結果、OFSの速度に有意な主効果が認められた ( $F(4, 76) = 13.19, p < .01$ )。一方、OFSの呈示位置には有意な主効果は認められなかった ( $F(3, 57) = 0.076, p > .05$ )。また、OFSの呈示位置とOFSの速度の交互作用も認められなかった ( $F(12, 228) = 0.938, p > .05$ )。OFSの速度間について多重比較を行ったところ、60km/hと100km/h、70km/hと100km/h、80km/hと60km/h、90km/hと60km/h、80km/hと

70km/h、90km/hと70km/h間で有意な差が認められた ( $p < .05$ )。また、OFS呈示位置条件を除いたOFS速度条件のみの評価速度について1要因分散分析を行ったところ、有意な主効果が認められた ( $F(4, 394) = 10.21, p < .01$ )。多重比較を行ったところ、60km/hと100km/h、70km/hと100km/h、80km/hと60km/h、90km/hと60km/h、80km/hと70km/h、90km/hと70km/h間で有意な差が認められた ( $p < .05$ )。

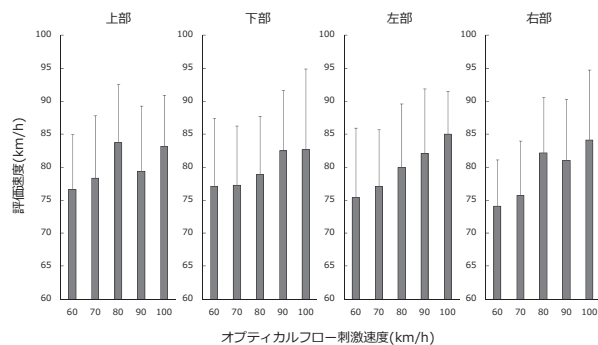


図5 呈示位置ごとの評価速度の平均

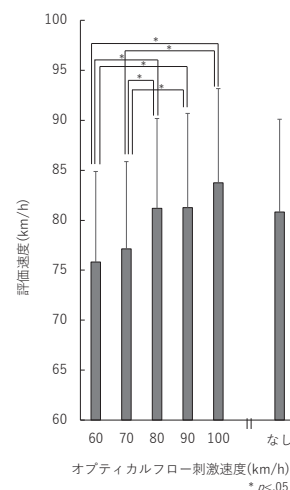


図6 OFS呈示位置条件を除いた速度条件のみの評価速度の平均

## 4. 実験2

### 4.1 概要

実験1はビデオ映像を用いて、その映像から感じる速度を評価させる実験であったが、実験2はDSを用いて、実験参加者が調整する走行速度を計測する実験である。DSが生成するドライバ視点の前方映像（以下、DS走行映像）の周囲に異なる速度のOFSを呈示した際に、一定速度で走行するように教示した走行速度がどのように変化するかを検討した。

## 4.2 方法

### 4.2.1 実験刺激

中央部分にDS走行映像（解像度1920×1080ピクセル，フレームレート30fps）を呈示し，その周囲にOFSを呈示した．DS走行映像は，DS（三菱プレジジョン，D3SIM）の高速道路シナリオを用いた．高速道路は片側2車線道路とし，走行車線は第1通行帯とした．走行条件は，無風で快晴，路面状況はドライ状態，自由走行に支障のないように先行車がない状態に設定した．なお，音の影響を排除するため，走行音は発生させなかった．OFSの仕様は，実験1と同様であった．したがって，DS走行で実験参加者に産生させる速度は80km/hとした．

### 4.2.2 実験装置

図7に，実験2の実験環境の概略図を示す．DS走行映像は，27インチモニタ（LG，27EA33）にDS本体から出力し呈示した．実験参加者から見た27インチモニタの視野角は約36.8 degであった．OFSは，モニタの周囲に設置した白色パネルに実験参加者の後方からプロジェクター（CASIO，XJ-A145V）で呈示した．プロジェクターは，白色パネルから150cm離れた場所に設置した．実験参加者から見た白色パネルの視野角は約51.0 degであった．実験参加者には，実験参加者から見た映像の見かけの大きさと運転席から見た見かけの大きさが同様になるように，27インチモニタから約90cm離れたところに着座してもらった．椅子の座面の高さは，床から40cmとした．27インチモニタを設置した机の高さは，70cmとした．DSのスピードメーターは，7インチモニタ（Hanwha，UM-710）にDS本体から出力し呈示した．スピードメーターの設置場所は，実験参加者の視点の中心から左方向約54 degとした．

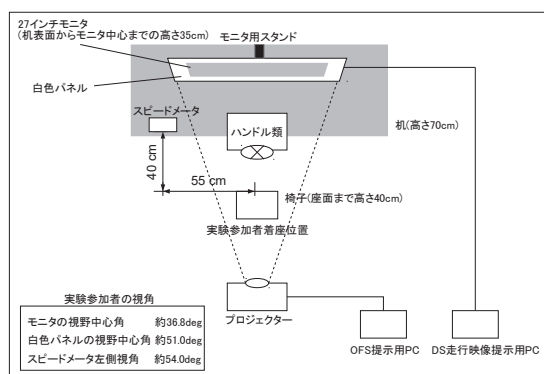


図7 実験2の実験環境

### 4.2.3 実験手順

図8に実験2の手順を示す．まず実験参加者にインフォームドコンセントを行い実験参加の同意を得た．続いて，DSの操作に慣れるためと，DS上の高速道路で80km/h一定で走行してもらうために練習走行を行った．練習走行では，DS操作の方法を教示後，高速道路シナリオで練習走行をしてもらった．練習走行の終了の判断は実験者が行った．練習時間は，一番長い実験参加者でも3分であった．終了の基準は，走行速度が80km/h±2 km/hで安定して走行できるまでとした．その後，本試行と同様の流れでOFS呈示なし条件の1試行を練習試行として実施した．

本試行の流れは以下の通りである．まずスピードメーターを見ながら80km/hまで速度を上昇させ，80km/hに到達したら維持するように調整してもらう過程を約30秒間で行ってもらった．この際，スピードメーターだけではなくDS走行映像も注視してもらい80km/h時のDS走行映像の速度感覚も記憶してもらった．実験参加者が80km/h一定で走行できていることを確認後，スピードメーターを見ずに80km/hと感じる速度で走行し続けるように教示し，同時にOFSを呈示した．OFSの呈示時間は20秒間だが，20秒経過後OFSの呈示が終わっても実験参加者には80km/hだと思える速度で走行してもらった．走行開始から終了までの1試行の走行時間は，1分半程度であった．各試行間のインターバルはDSの初期化や調整に約1分間要する事から，特に基準は設定しなかったがある程度一定になるように配慮した．なお，走行中は可能な限り第一通行帯の前方を見もらうように教示した．

実験2の実験条件は，OFS速度3条件（60，80，及び100km/h相当）にOFS呈示なし条件1試行を加えた計4試行とした．実験1の評価速度はOFSの速度に対して概ね直線的に変化していたため，実験2では60km/h相当のOFS，80km/h相当のOFS，100km/h相当のOFSの3条件に絞った．はじめにOFS呈示なし条件を1試行を行い，次にOFS速度3条件を実験参加者ごとにランダムな順序で呈示した．最後にOFS呈示なし条件1試行を行った．OFS呈示なし条件を設けた理由は，実験参加者がDS上で速度を保つことが可能かどうかを検討するためである．

実験1では，OFSはドライバ視点映像の周囲の



どの部分に呈示しても同じような効果が得られることがわかった。そこで、実験2では、自動車への実装が比較的可能と考えられる下部のみにOFSを呈示した。

実験後、DSに記録された走行ログに記録された走行速度を分析した。走行ログのサンプリングは毎秒30回であった。走行ログには、「走行速度」の状態が出力された。分析対象はOFS呈示が開始から呈示終了までの20秒間と、その後連続してOFS呈示なしで走行した20秒間の計40秒間とした。これは、ドライバが実際の高速道路を走行中に走行速度を調整する場合、20秒あれば十分に行えると考えられるためである。したがって、OFS呈示終了後のOFSの影響については、OFS呈示を行った時間（20秒間）と同じ長さの20秒間について検討を行うこととした。

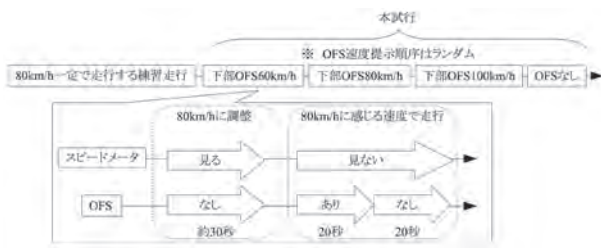


図8 実験2の手順フロー

#### 4.2.4 実験参加者

実験参加者は、運転免許を持つ10名（男性10名）とした。年齢の範囲は19～37歳（中央値=22歳）、運転免許取得後経過月数は8～232ヶ月（中央値=32ヶ月）、総走行距離100～500,000km（中央値=6,000km）であった。なお、総走行距離は、運転免許証を取得してから実験参加時までに運転した距離（全ての車種含む）で自己申告値である。

#### 4.3 結果

図9に、実験参加者ごとの走行速度の時間的推移を示す。AからJは実験参加者を示し、左からOFS呈示なし時、60km/h相当のOFS呈示時、80km/h相当のOFS呈示時、100km/h相当のOFS呈示時の結果である。横軸は経過時間（秒）、縦軸は80km/hを0とする相対走行速度（km/h）である。経過時間0秒から20秒まで（以下、前半部分）はそれぞれの条件のOFSが呈示されており、経過時間21秒から40秒まで（以下、後半部分）はいずれの条件下でもOFSは呈示されていない。走行速度の時間的推移を見ると、OFSの呈示によって走行速度が変化している参加者や、OFSが呈示されても走行速度の変化が小さい参加者が存在し、個人差が大きかった。

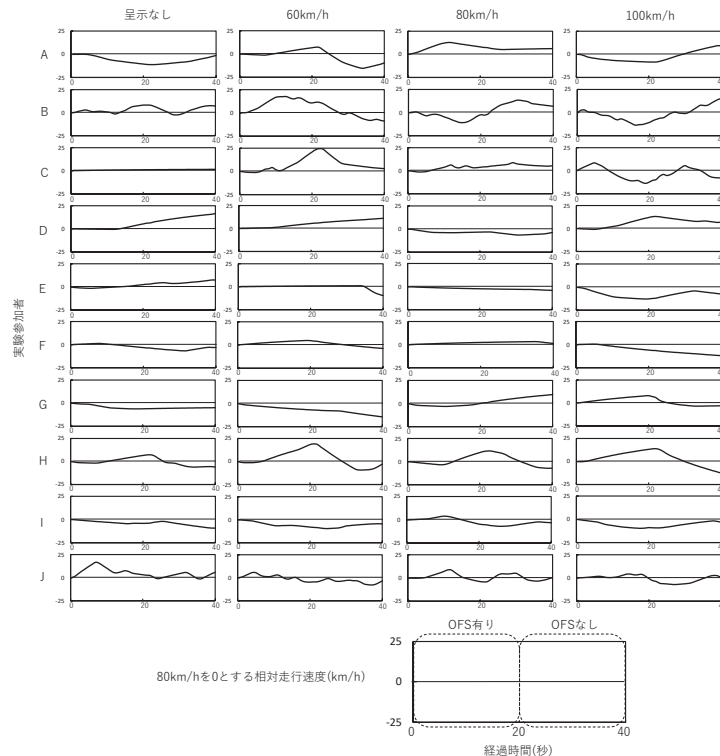


図9 DS走行速度の時間的推移

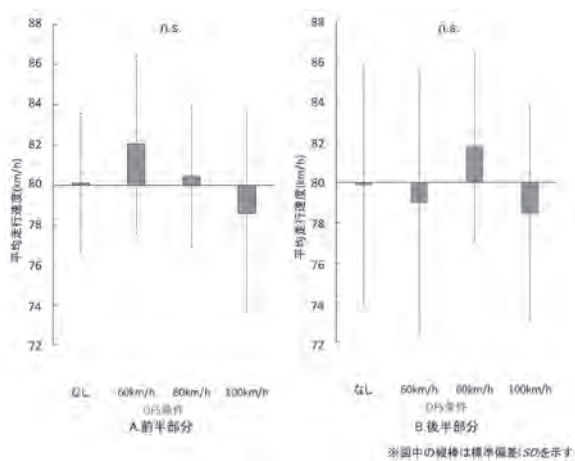


図10 平均DS走行速度

図10-AにOFSが呈示された前半部分の平均DS走行速度を、図10-Bに後半部分の平均DS走行速度と標準偏差の結果を示す。縦軸は、DS走行速度の平均値である。横軸は、左からOFS呈示なし、60km/h相当のOFS、80km/h相当のOFS、100km/h相当のOFSである。前半部分のOFS呈示なし時、60km/h相当のOFS呈示時、80km/h相当のOFS呈示時、100km/h相当のOFS呈示時について、1要因分散分析を行なった。その結果、OFS速度条件に有意な主効果は認められなかった ( $F(3,9) = 1.141, p > .05$ )。また、後半部分のOFS呈示なし時、60km/h相当のOFS呈示時、80km/h相当のOFS呈示時、100km/h相当のOFS呈示時について、1要因分散分析を行なった。その結果、OFS速度条件に有意な主効果は認められなかった ( $F(3,9) = 0.840, p > .05$ )。

実験参加者それぞれの走行速度の推移について着目すると、次のような例が見られた。第1に、OFSを呈示してから終了するまで80km/hに近い速度で走行していた（例えば実験参加者Eの60km/h、実験参加者Fの80km/h）。第2に、実験参加者Hの60km/h相当のOFSの結果を見ると、前半部分は走行速度が徐々に上昇し、後半部分は走行速度が徐々に低下していた。第3に、実験参加者Jの60km/h相当のOFSの結果を見ると、OFSを呈示してから終了するまで走行速度の増減を細かく繰り返していた。最後に、実験参加者Cの結果のように、走行映像よりも遅いOFSが呈示されると走行速度が上昇し、走行映像よりも速いOFSが呈示されると走行速度が低下した実験参加者もいた（実験参加者A、

Bも同様の傾向が見られる）。

### 5. 考察

実験1のOFS呈示なし条件の評価速度は、80km/hとの有意な差は認められなかった。この結果から、本実験で設定した走行映像から、実験参加者はある程度正確に速度を評価できていたと考えられる。次に、OFSの効果について検討を行った。走行映像の速度は全て80km/hであるため、仮に走行映像の周囲に呈示したOFSの効果がないと、評価速度は常に約80km/hとなるはずである。しかし、走行映像よりも速度の速いOFSが呈示された際は、評価速度が速くなり、走行映像よりも速度の遅いOFSが呈示された際は、評価速度が遅くなった。この結果から、実験参加者の周辺視野に呈示されたOFSは、中心視野付近に呈示された走行映像の速度感覚に影響を及ぼしたと考えられる。ただし、図5の標準偏差の値を見ると、走行映像の評価速度は個人差が大きく、OFSの影響は人によって異なる可能性がある。

この原因として、実験参加者がOFSをどのような参照枠で捉えたかが関係していると考えられる。走行映像とOFSを1つの連続した映像として捉え、全体の速度評価を行った場合にはOFSの速度と速度評価は比例すると考えられる。一方、走行映像とOFSを別々に捉え、OFSを比較対象として走行映像のみの速度評価を行った場合、OFSの速度と速度評価は反比例すると考えられる。

実験2では、ドライバの速度調整に焦点を当てOFSの影響を検討した。図9のOFS呈示なし条件の結果より、実験参加者によって個人差はあるものの、ある程度正確に80km/hの速度を保つことができていたと考えられる。DSで実験参加者に求めた目標速度は、全て80km/hであったことから、走行映像の周囲に呈示したOFSが速度調節に影響を与えない場合には、走行速度は概ね80km/hを保つはずである。OFSが呈示された前半部分の平均DS走行速度を見ると、前半部分で速度変化が見られた実験参加者がいたため、OFSは速度調節に何らかの影響を与えていたと考えられるが、ほとんど影響を受けなかった実験参加者もいたため、有意な主効果は見られなかった。OFSが呈示されなかった後半部分でも同様の結果となった。これは、実験参



加者ごとに走行速度のOFSからの影響の受け方に違いがあったためと考えられる。実験参加者それぞれの走行速度の推移に着目すると、実験参加者EとJのように、OFSの影響を受け難いドライバがいた。また、この2人の間でも速度を維持するための方略が異なっていたと考えられる。実験参加者Eは走行速度がほぼ一定でありアクセル操作が大きく変化していないと考えられるが、実験参加者Jは細かくアクセルペダル操作を行っており、運転操作面での個人差が生じた可能性ある。実験参加者EとJとは対照的に、実験参加者HとCはOFSの影響が生じた可能性が考えられる。Cavallo, Berthelon, Mestre and Pottierは、周囲の場（本研究のOFS）の影響にとらわれやすい場・依存的な人格特性と、とらわれない場・独立的な人格特性が、運転中の感覚・知覚に影響を及ぼすことが報告している<sup>12)</sup>。以上のように、速度調整といったドライバの行動には、運転方略の違いや人格特性などの様々な要因が考えられるため、OFSが速度調整に及ぼす影響は相対的に小さかったと推察される。今後、OFSによる速度感覚の変化は、どのような特性や要因と関連があるか検討する必要がある。また、実験2ではOFSの速度制御に与える影響を明らかにするためにOFS呈示終了後から20秒間の走行速度を分析対象としたが、OFS呈示終了から20秒以降の走行速度にもOFSの影響があると考えられることから、今後検討する必要がある。さらに、DSの走行速度調整は、アクセルの踏み込みを調節することで行われていた。本実験で使用したアクセルペダルは、実車と異なり簡易的なものであったため、足首を固定しアクセルに対する踏力を一定にすることで80km/hを維持していた可能性がある。これらの事象については、アクセルの操作性を実車に近づけるなどの手法を検討する必要がある。また、Osakaは、視野を制限することによってドライバの速度推定が変化することを明らかにしている<sup>13)</sup> ことから、OFSを呈示する面積についても検討する必要がある。さらに、実験1においてOFS呈示位置条件を除き、OFS速度条件のみの評価速度について多重比較を行った結果、80km/hよりも速いOFSを呈示した場合に比べて、80km/hよりも遅いOFSを呈示した場合の方が、評価速度が有意に変化した。同様の結果が、実験2では見受けられなかったが、今後検討していくべき課題であ

ると考える。

本研究では、ウィンドシールドガラスの周囲にOFSを呈示することを前提として検討を行なった。しかし、今後の法改正によってウィンドシールドガラス上にOFSを呈示することが可能になれば、より実車への搭載可能性が高まると考えられる。実車への搭載が可能になった場合、ドライバが選択する走行速度は、道路環境や周辺状況によって変化するため、走行速度の変化によってOFSの呈示速度も変化させる必要がある。また、実験1では20秒間の映像全体に対する速度感覚の評価を得たが、OFSの呈示によって速度感覚が時系列的にどのように変化したか明らかになっていない。そのため、OFSによる時系列的な速度感覚の変化についても今後検討することが求められる。

実験2では、OFSによってDS走行速度が変化したと考えられる実験参加者も数名いた。鈴木・山田・堀口・岩武は、サグ部の速度回復についてアダプティブクルーズコントロール（Adaptive Cruise Control ; ACC）に着目した研究を行った<sup>14)</sup>。その結果、ACC車混入率が10%になると、渋滞緩和効果が約55%以上見込めると示している。この先行研究より、交通流の中で、OFSによって走行速度が速くなるドライバが一部であっても、OFSによる渋滞緩和効果が期待できる可能性がある。

## 6. まとめ

本研究では、ウィンドシールドガラスの周囲にOFSを呈示し、実際の走行速度よりも速く感じるもしくは遅く感じるか、またDS実験にて走行速度を早くしたり遅くしたりすることが可能かを検討した。実験1では、OFSによって速度感覚が変化するか検討した。その結果、走行映像よりも速いOFSを呈示すると速度が速くなったと感じ、走行映像よりも速いOFSを呈示すると速度が遅くなったと感じるドライバが存在することが明らかとなった。一方、OFSの呈示位置には有意な主効果がなかった。実験2では、実際に呈示できる可能性が高い下部のみにOFSを呈示して運転行動が変化するかを検討した。その結果、OFS呈示速度が変わってもDS走行速度には有意な主効果が認められず、OFSが運転操作に及ぼす影響には、個人差が大きいことがわかった。

文献

- 1) 警察庁：平成29年中の交通事故の発生状況，2018
- 2) 国土交通省：高速道路サグ部等交通円滑化に関する検討状況（報告），2013  
<http://www.mlit.go.jp/road/ir/ir-council/autopilot/pdf/05/6.pdf>（2018年1月7日）
- 3) 蓮花一己：運転時のリスクテイキング行動の心理的過程とリスク回避行動へのアプローチ 国際交通安全学会誌, **26** (1) , 12-22, 2000
- 4) Reason, J.:Man in motion: The psychology of travel. Weidenfeld &Nicolson, London, 1974
- 5) Evans, L.:Speed estimation from a moving automobile. Ergonomics, **13** (2) , 219-230, 1970
- 6) Schmidt, F., & Tiffin, J.:Distortion of drivers' estimates of automobile speed as a function of speed adaptation. Journal of Applied Psychology, **53** (6) , 536, 1969
- 7) Carter, C. J., & Laya, O.:Driver's visual search in a field situation and in a driving simulator. Vision in Vehicles, **6**, 21-31, 1998
- 8) Denton, G. G.:The influence of visual pattern on perceived speed. Perception 9, 393-402, 1980
- 9) 川島祐貴・内川恵二・金子寛彦・福田一帆・山本浩司・木屋研二：道路側面に設置された点滅柱状物体により生起する視覚誘導自己運動感覚を交通工学的に応用した自動車運転者の速度感覚変化手法 The Journal of The Institute of Image Information and Television Engineers, **65**(6), 833-840, 2011
- 10) 韓垂由美・玉木真・小野晋太郎・佐々木正人・須田義大・池内克史：高速道路におけるシークエンスデザイン ‘オブティカルドット’ による走行制御効果の長期検証 生産研究, **64** (2) , 175-180, 2012
- 11) NEXCO東日本：LED発光パネル（ペースメーカー）を活用した渋滞緩和対策 道路行政セミナー , 2013  
[http://www.hido.or.jp/14gyousei\\_backnumber/2013data/1311/1311Pacemaker\\_e-nexco.pdf](http://www.hido.or.jp/14gyousei_backnumber/2013data/1311/1311Pacemaker_e-nexco.pdf) (2019年1月23日)
- 12) Cavallo, V., Berthelon, C., Mestre, D., and Pottier, A.:Visual information and perceptual style in time-to-collision estimation. In Vision in Vehicles VI, 81-89, 1998
- 13) Osaka, N.:Speed estimation through restricted visual field during driving in day and night: naso-temporal hemifield differences. In Vision in Vehicles II. Second International Conference on Vision in Vehicles. 45-55, 1988
- 14) 鈴木一史・山田康右・堀口良太・岩武宏一：高速道路サグ部渋滞対策に資するACCの将来性能と渋滞緩和効果 交通工学論文集, **1** (2) , 60-67, 2015