

# 帯状ガイドライトの設置がドライバのメンタルワークロードに与える効果について Effect of Guide Lights on Drivers Mental Work Load

萩原 亨<sup>1</sup>, 川村 彰<sup>2</sup>, 佐々木 伸<sup>3</sup>, 高木 一誠<sup>4</sup>  
Toru HAGIWARA<sup>1</sup>, Akira KAWAMURA<sup>2</sup>, Shin SASAKI<sup>3</sup> and Issei TAKAGI<sup>4</sup>

雪で路面が覆われた夜間において道路線形を示す施設として、帯状ガイドライトが最近新たに開発された。帯状ガイドライトの設置効果を明らかにするため、ドライビングシミュレータを用いて、ドライバの主観的メンタルワークロード、道路線形認知、走行速度、操舵、反応時間に与える影響について評価した。20代から60代の25名のドライバが実験に参加した。帯状ガイドライトは、雪で路面が覆われた夜間においてドライバの主観的メンタルワークロードを軽減する効果があるといえた。また、帯状ガイドライトによって、進行方向、路肩の位置、自分の位置などの道路線形認知が容易となった。さらに、操舵角の平均値や標準偏差が小さくなり、客観的なメンタルワークロードの軽減も示された。

**Keywords:** 帯状ガイドライト, メンタルワークロード, ドライバ, 交通安全施設, 視線誘導

## 1. はじめに

積雪寒冷地の高速道路では、反射型の視線誘導標あるいは自発光視線誘導灯などが、冬期の夜間に道路線形をドライバに示す役割を担っている<sup>1),2),3)</sup>。しかし、それらは車道外側線の位置と異なる箇所であり、ドライバにとって道路線形認知は容易とは言えない。そのため、長時間に渡ってメンタルワークロードが高い状況での運転をドライバは強いられる。また、道路線形の誤認に起因する事故も発生している。ドライバのメンタルワークロードの軽減および安全性向上から、道路線形の視認性を支援する視線誘導施設が冬期の夜間において必要と考えられる。これまで、雪が路面を覆った状況で、道路線形を示す装置とし、埋設型視線誘導装置・レーザー光線による道路線形視認システム・ハイパワーLEDなどが試されてきている<sup>4),5),6)</sup>。

雪が路面を覆った状況で、道路線形を示す施設として、帯状ガイドライトが新たに開発された。帯状ガイドライトは、**図1**のように車道外側線が見えないときに道路線形を示すことを目的として開発された道路付属物である<sup>7),8)</sup>。帯状ガイドライトは、路肩のガードレール支柱に、3.5m高さの支柱を添加し、その支柱にLEDと特殊レンズを組み合わせた灯具(**図1**)を取付け、3.5mの高さから道路外側線の上にその帯状の光を照射する。冬期の山間部の夜間など、車道外側線が雪に覆われていたり、降雪で見難かったりしているとき、ドライバが容易に道路線形を把握できるようになる。また、交通事故の防止にも効果を見込める。2013年12月から東北自動車道の552キロポスト付近の200m区間(下り線)に、帯状ガイド

ライトを試験設置した。高速道路利用者にアンケートを実施したところ、圧雪および積雪路面時の車道外側線が全く見えない状況で、道路線形の認知について非常に高い評価を得た<sup>7),8)</sup>。しかし、これらの調査は、帯状ガイドライトの設置条件のみを対象としたものであり、帯状ガイドライトの有無が運転の安全・安心に与える影響を網羅的に評価したものとなっていない。

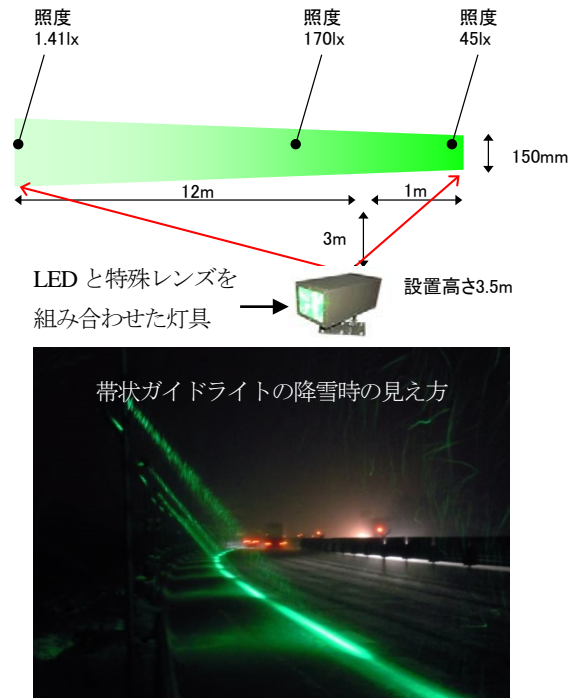


図1 帯状ガイドライトによる帯状の光の照度分布とその形状および降雪時の見え方

1 正会員, 博士(工学), 北海道大学大学院工学研究院  
〒060-8628 札幌市北区北13条西8丁目 e-mail: hagiwara@eng.hokudai.ac.jp Phone: 011-706-6214  
2 非会員, 博士(工学), 北見工業大学工学部  
3 法人会員, 株式会社ネクスコ・エンジニアリング東北  
4 正会員, 積水樹脂株式会社

そこで、本研究では、帯状ガイドライトの設置の有無がドライバの主観的メンタルワークロードおよび運転負荷の軽減に与える影響を明らかにすることを目的とした。具体的には、帯状ガイドライトの設置の有無が、ドライバの主観的メンタルワークロード・道路線形の認知・操舵・走行速度・反応時間に与える影響について評価する。また、帯状ガイドライトの設置条件とし、灯具の設置間隔の差異についても評価する。多様な視線誘導条件で評価を行うことから、ドライビングシミュレータ（以降、DS と呼ぶ）による実験を選択した。雪で路面が覆われ車道外側線が見えない冬期の夜間における高速道路環境をDSの映像として再現した。

## 2. 研究方法

### 2.1 実験日時と実験参加者

北見工業大学のDS実験室にて、2014年4月8日から4月10日までの3日間、ドライバによる走行実験を実施した。実験参加者（ドライバ）の総数は、25名である。実験参加者の属性を以下に示す。

- ・20歳から39歳：15名（男性12名と女性3名、平均運転年数は10年、平均年間走行距離12,000km、年間走行距離1,000km未満：5名）
- ・40歳から59歳：9名（男性3名と女性6名、平均運転年数24年、平均年間走行距離12,000km、年間走行距離1,000km未満：1名）
- ・60歳から69歳：1名（運転年数46年、平均年間走行距離6,000km）

### 2.2 ドライビングシミュレータ

図2は、走行実験に使ったDS（ホンダ製）の外観と仕様の概要を示している<sup>9)</sup>。このDSの特徴は、必要な道路と交通状況を再現するシナリオを容易に利用者が作成できる点にある。また、6自由度のモーションがシミュレートされることから、運転者の挙動を計測できる。

### 2.3 帯状ガイドライトと視線誘導条件

DSにおいて、帯状ガイドライトの灯具1器で路面に照射される帯状の光の形状は、長さ13m、幅員0.15m（形状一定、明るさ一定）とした。図3は、実験で設定した5種類の視線誘導条件を示している。5種類の視線誘導条件は、1) 視線誘導「なし」（以降、なし）、2) 既存の視線誘導灯（50m間隔、発色は緑色）（以降、誘導灯）、3) 帯状ガイドライト30m間隔（以降、30m間隔）、4) 帯状ガイドライト15m間隔（以降、15m間隔）、5) 帯状ガイドライト連続（以降、連続）である。

### 2.4 道路線形

北海道の道央自動車道の99キロポストから103キロポスト間の4km区間をDSで再現した。この区間は、丘陵地帯を通過する区間であり、設計速度は100km/h、規制速度は80km/hとなっている。曲線半径が700mから1500



KITDSの仕様

乗車部	表示部 ・実車インパネ部流用 操作部 ・反力制御付ステアリング装置 ・アクセル、クラッチ、ブレーキ模擬機構 ・AT/MT切替電動機構
視野角度	広視野 水平138°、解像度：1024x768、応答遅延時間：16.7ms
画像投影方式	DLPプロジェクタ（30 to 60Hz）
モーションシステム（6本のサーボシリンダーによる6自由度運動）	制御 ・ピッチ角度：±6° ・ロール角度：±10° ・ヨー角度：±8° ・前後挙動：±100mm ・左右挙動：±100mm ・上下挙動：±100mm
サイズ	奥行き2,440mm幅2,280mm高さ1,855mm

図2 ドライビングシミュレータの外観と仕様

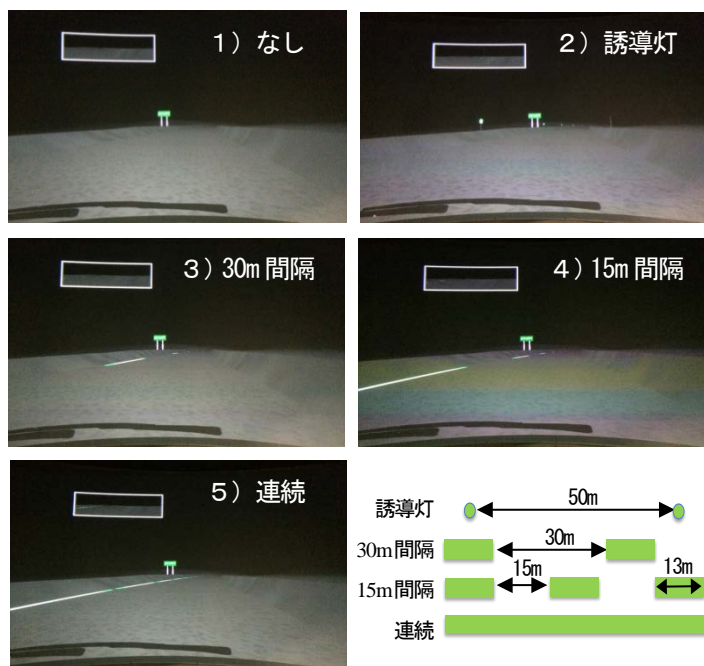


図3 5種類の視線誘導施設

mのカーブが連続している。縦断勾配1.5%から3.7%となっている。幅員構成は、車線幅員3.5m（片側2車線）、路肩幅3.0mの完全分離構造となっている。路肩の雪堤の高さは1.5mとした。路面テクスチャ画像を圧雪路面とし、区画線を覆う画像とした。弱い降雪条件とし、路面の摩擦係数は $\mu=0.3$ とした。

## 2.5 メンタルワークロード

メンタルワークロードは、ISO10075 によって mental stress (精神的負荷：環境的要因) と mental strain (精神的負担：人的要因) の両面から定義されている。日本においても、メンタルワークロードについて、JIS-Z-8502 (1994) が制定された。特定のタスクを遂行する人間のメンタルワークロードは、上記の概念及び定義に基づいて、客観的方法及び主観的方法の2つの方法によって調べることができる。客観的方法及び主観的方法によるメンタルワークロードの測定のいずれにおいても、それぞれに長所・短所が存在する。客観的方法は、さらに行動的方法と生理的方法の2つに分かれる。行動的方法は、実験参加者の挙動の様子やパフォーマンスを測定又は観察する方法である。生理的方法は、実験参加者の心身反応を心電図や脳波などで測定するものである。一方、主観的方法は、実験参加者本人又は第三者から、あるタスクにおいて自分の行動や心理状態を評価・報告してもらうものである。これらは、口頭質問による聞き取りや質問用紙により、実験者があらかじめ設定した評価尺度に基づいて主観的に評価してもらう方法等が最も多い。

本研究では、主観的方法として、実験参加者本人による評価方法を採用し、Hart らが開発した NASA-Task Load Index (以降、NASA-TLX) を用いた<sup>10)</sup>。NASA-TLX は、精神的要求、身体的要求、忙しさ、努力、達成度及び不満度の6項目の評価尺度から構成されている。しかし、NASA-TLX は、宇宙飛行士の主観的メンタルワークロードの測定を目的として開発されたものであり、運転者を対象としたものではない。萩原ら<sup>11)</sup>、この手法を一般ドライバーにもわかりやすくするため、三宅ら<sup>12)</sup>及び芳賀<sup>13)</sup>が紹介した6項目の説明を更に改善し、簡易化及び具体化した(表1)。一方、萩原らの携帯電話利用時のドライバーの運転負荷に関する研究では<sup>11)</sup>、ドライバーの主観的メンタルワークロードが低下するにしたがい、先行車のブレーキランプ点灯時の反応時間が短くなる結果が得られた。客観的な運転負荷に関する指標と相関することから、簡易化した説明であってもドライバーの運転負荷を主観的に評価しようと言えた。表1に、本実験で採用したNASA-TLXの6項目の説明内容を示す。1回の走行実験の直後に、実験参加者は、6項目別に「簡単/困難」(項目1と2)、「低い/高い」(項目3,4,6)、「良い/悪い」(項目5)の両極を持つ項目の線分上に○印をつける。実験参加者が付した○印は、分析時において0~10の数値に変換し、数値化した。本研究では、6項目の評価尺度の平均値をNASA-TLX総合値とし、主観的メンタルワークロードの評価値とした。

## 2.6 反応時間

ドライバーの視線が帯状ガイドライトに集中し、周辺への反応が遅れることが懸念される。そこで、帯状ガイド

表1 NASA-TLXの6種類の質問項目とその内容

番号	項目名	内容
1	精神的 要求	与えられた課題の運転は、簡単でしたか、困難でしたか。
2	身体的 要求	運転中のハンドルの操作や速度調整は、簡単でしたか、困難でしたか。
3	忙しさ	運転中に操作を急いだり焦ったりしましたか。
4	努力	与えられた課題の維持・達成にどの程度、がんばったと思いますか。
5	達成度	与えられた課題について、どの程度うまくできたと思いますか。
6	不満度	運転中に、いろいろ、ストレスをどの程度感じましたか。



図4 LEDの設置位置

ライトと反対側のドライバーの右側に3個のLEDを設置し、運転中に点灯したときの反応時間を計測した(図4)。LEDの色は赤、明るさは12,000mcdとした。道路の無限遠点からの角度が右に約10-12度、鉛直方向に約3-4度に設置した<sup>14)</sup>。反応時間の計測において、3個のLEDのいずれかを発光させた。発光時間は、1秒とした。ドライバーは、LEDの発光を発見したときに押すボタンは、ハンドルを握っている指(右手)で押せるようにした。ボタンを押すと、橙色のLEDが発光する。フロントガラス全体を撮影する小型カメラ(SONY デジタルHDビデオカメラレコーダーHDR-AS15)を設置し、反応時間を計測した。反応時間計測は、1回の走行で線形の異なるタイミングで8回計測した。

## 2.7 実験設計

説明変数は、図3に示す5種類の視線誘導条件である。目的変数は、主観的メンタルワークロード(NASA-TLX)、表2に示す道路線形の認知に関する主観評価、操舵角(DSで計測)、走行速度(DSで計測)、反応時間である。5種類の視線誘導条件の提示順は、カウンターバランスを考慮しつつ、ランダムとした。

反応時間を他の目的変数と同時に計測できない。反応時間のみを計測する実験を「主観的メンタルワークロード(NASA-TLX)、道路線形の認知に関する主観評価、

操舵角、走行速度」(以降、「前半の実験」と呼ぶ)と分離して行った。反応時間の計測(以降、「後半の実験」と呼ぶ)においても、前半の実験と同様、カウンターバランスを考慮しつつ、5種類の視線誘導条件をランダムに提示した。

### 2.8 実験手順

2014年2月13日に、北海道大学大学院工学系ヒトを対象とする研究倫理審査委員会に実験内容の審査を依頼し、承認を受けた。また、本番の実験前にインフォームドコンセントを実施し、実験に参加する意思を確認するため、実験参加者には同意書へのサインをお願いした。実験に参加した25名全員が、同意の意思を表示した。

3名から4名のドライバを1グループとして実験を実施した。実験の流れやアンケート方法などについて、30分かけて説明を行った。説明の中で、DSの運転操作に慣れていただくため、各ドライバに約3分の練習用コースを50km/h程度で運転してもらった。このとき、ドライバが速度計を頻繁に見るのを回避するため、速度計をあまり見る必要はないことを説明した。また、各々のドライバには、シミュレータ酔いの有無を確認した。練習走行後に表1のNASA-TLXの質問の意味と回答方法について丁寧に説明した。

本番において各ドライバは、ランダムに割り振られた視線誘導条件で走行(約5分)し、表1と表2について回答した。走行速度は、練習と同様に50km/h程度となるよう指示された。冬期の高速道路において、降雪がありかつ路面が雪で覆われているとき50km/h規制となることが多い。本研究ではそのような場面を考慮し、50km/h程度の走行とした。グループ内の他のドライバの走行を待って、次の走行を行った。これを前半と後半の実験で5回繰り返した。後半の実験は、反応時間の計測のみである。走行時間は練習から終了まで約5時間となった。全ての実験終了後、実験参加者は、年齢などの個人属性、視力、実験の理解度などを記述した。

## 3. 結果

### 3.1 NASA-TLXに関する6つの質問項目と総合値

表3と図5にNASA-TLXに関する6つの質問項目の調査結果とそれらを合計し平均した総合値の結果を示す。総合値が小さいと、ドライバの主観的メンタルワークロードが低いことを意味する。視線誘導施設「なし」のとき、総合値の平均値は6.68となり、最も主観的メンタルワークロードが高くなった。誘導灯の総合値は若干低く、6.07となった。帯状ガイドライトの総合値は、30m間隔・15m間隔・連続の順に低くなった。連続のとき総合値は最小となり、2.46であった。

R version 2.15.2(統計ソフト)を用いて、視線誘導施設を要因とする対応のある一要因分散分析を行った。視線

誘導施設(F(4,96)=37.04, p<0.05)は、総合値に有意に影響した。5種類の視線誘導施設について、一対比較を行った。「なし」と3種類の帯状ガイドライトは有意な差異が

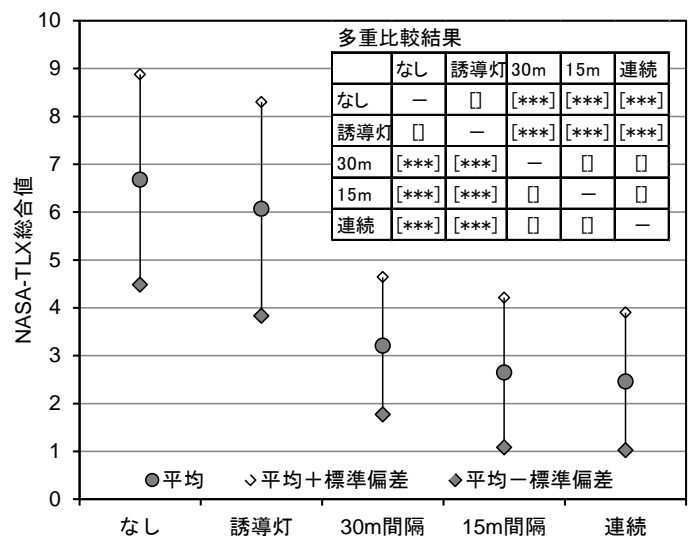
表2 道路線形認知に関する5種類の主観的評価指標

番号	項目名	内容
1	進行方向	運転中の進行方向はわかりやすかったですか?
2	路肩位置	路肩の位置はわかりやすかったですか?
3	中央分離帯位置	中央分離帯の位置はわかりやすかったですか?
4	走行位置	自車が走行している位置はわかりやすかったですか?
5	安心感	安心して運転できましたか?

(注)0(最低)から10(最高)までの評価値として記録

表3 NASA-TLX 6項目と総合値の平均値と標準偏差(データ数:25)

A) 平均値							
5種類の視線誘導条件	精神的要求	身体的要求	忙しさ	努力	達成度	不満度	総合値
なし	7.16	6.84	6.00	7.16	6.28	6.64	6.68
誘導灯	6.52	6.32	5.52	6.28	5.64	6.12	6.07
30m間隔	3.56	3.60	2.88	4.08	3.80	3.80	3.21
15m間隔	2.88	2.72	1.92	3.00	2.56	2.80	2.65
連続	2.40	2.64	1.88	2.88	2.44	2.52	2.46
B) 標準偏差							
5種類の視線誘導条件	精神的要求	身体的要求	忙しさ	努力	達成度	不満度	総合値
なし	2.31	2.15	3.16	2.48	2.38	2.46	2.20
誘導灯	2.83	2.71	2.82	2.78	2.69	2.76	2.24
30m間隔	2.26	2.28	2.52	2.28	2.26	2.37	1.43
15m間隔	1.92	1.73	1.41	1.96	1.72	1.98	1.57
連続	1.65	1.83	1.45	1.88	1.86	1.94	1.44



(注) [\*\*\*] p<0.01, [\*\*] p<0.05, [\*] p<0.10, [ ] p≥0.10

図5 NASA-TLXの総合値の平均と標準偏差

あった。「誘導灯」と3種類の带状ガイドライトについても有意な差異があった。一方、3種類の带状ガイドライトの間では有意な差異はなかった。

### 3.2 道路線形認知に関する5種類の主観的評価指標

表4と図6(中分位置を除く)は、道路線形認知に関する5種類の主観的評価指標の平均値と標準偏差を示している。5種類の質問とも、評価値が高いとき評価項目が良好な評価となっている。中央分離帯の位置(表4では中分位置)を除いて、带状ガイドライトが連続のとき最も高い評価値となった。

視線誘導施設を要因とする対応のある一要因分散分析を行った。視線誘導施設は、すべての項目の分散分析で有意となった。分散分析後の一対比較では、「なし」および「誘導灯」との一対比較以外で、有意差があった関係のみを記述する。進行方向(F(4,96)=39.85, p<0.05)において、「30m間隔」と「連続」の間に有意差が見られ、「連続」が有意に進行方向が見やすい結果となった。路肩位置(F(4,96)=73.91, p<0.05)では、「30m間隔」と「連続」の間に有意差が見られ、「連続」が有意に路肩の位置がわかりやすい結果となった。「なし」と「誘導灯」の間にも有意差が見られ、「誘導灯」のとき路肩の位置がわかり

表4 道路線形認知に関する5種類の主観的評価指標の平均値と標準偏差値

A)平均値					
5種類の視線誘導条件	進行方向	路肩位置	中分位置	走行位置	安心
なし	2.88	1.84	2.40	2.40	2.48
誘導灯	3.60	3.84	2.64	3.64	3.64
30m間隔	6.44	7.08	4.32	6.16	6.28
15m間隔	7.64	8.00	5.16	7.76	7.88
連続	8.28	8.84	5.08	7.84	8.00
B)標準偏差					
5種類の視線誘導条件	進行方向	路肩位置	中分位置	走行位置	安心
なし	2.34	1.62	2.02	2.02	2.56
誘導灯	2.94	3.11	2.91	2.84	3.05
30m間隔	2.26	2.13	2.53	2.27	2.65
15m間隔	1.76	1.81	2.94	1.56	1.56
連続	1.64	1.25	3.01	1.67	1.57

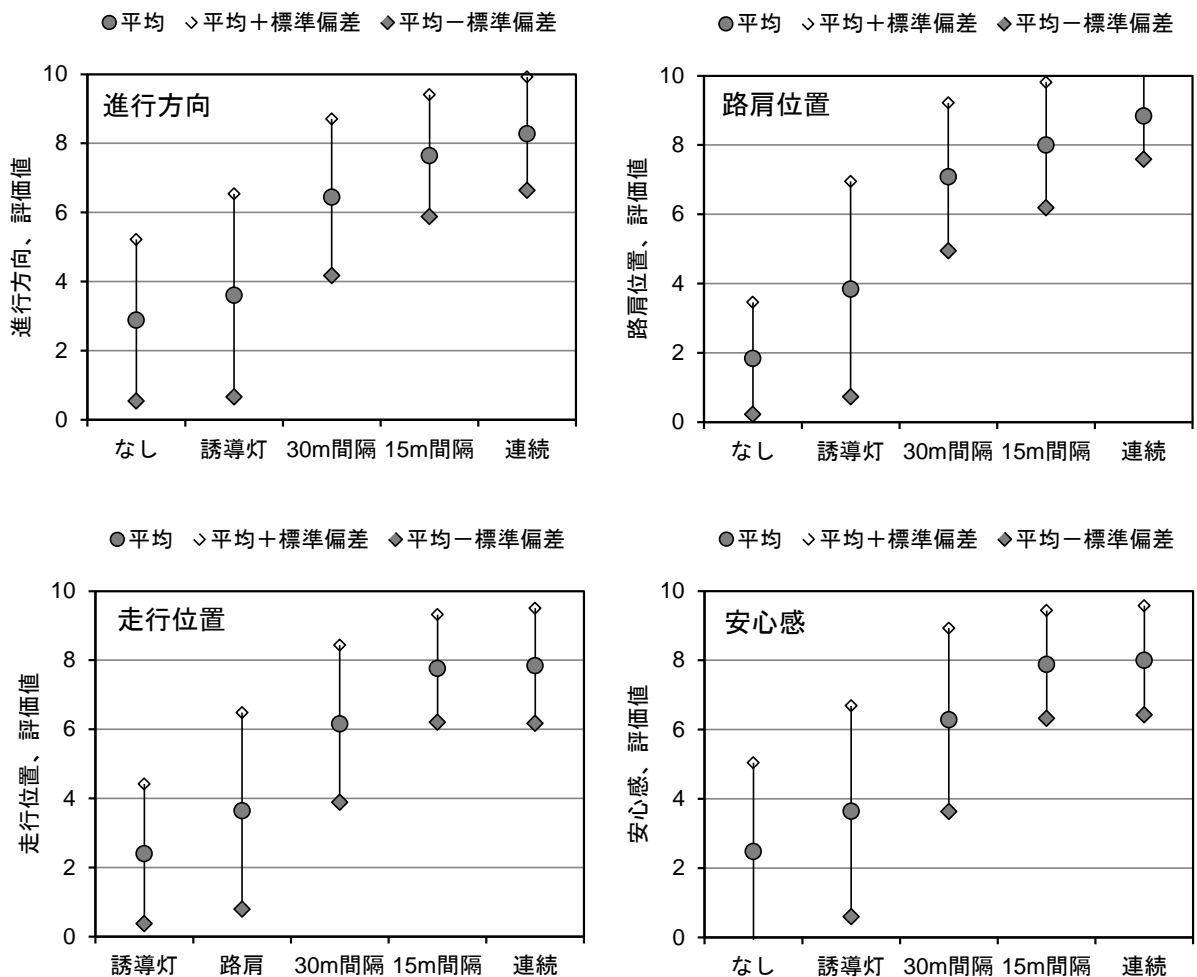


図6 道路線形認知に関する5種類の主観的評価指標の平均値と標準偏差値

やすい結果となった。中央分離帯の位置 ( $F(4,96)=10.46$ ,  $p<0.05$ ) では、「30m 間隔」に比べ、「15m 間隔」と「連続」との間に有意差が見られた。走行位置 ( $F(4,96)=45.67$ ,  $p<0.05$ )において、「30m 間隔」と「15m 間隔」および「連続」との間に有意差が見られた。安心感 ( $F(4,96)=38.58$ ,  $p<0.05$ )では、「30m 間隔」と「15m 間隔」との間、および「30m 間隔」と「連続」の間に有意差が見られた。

全体をまとめると、「連続」と「15m 間隔」は道路線形認知や安心感の5種類の主観評価でほぼ同等となった。「30m 間隔」は、これらの2条件に比べて、中央分離帯の位置、走行位置、安心感の主観評価で有意に低い評価となった。また、「30m 間隔」は、進行方向と路肩位置の主観評価で、「連続」より有意に低い評価となった。

### 3.3 操舵角と走行速度

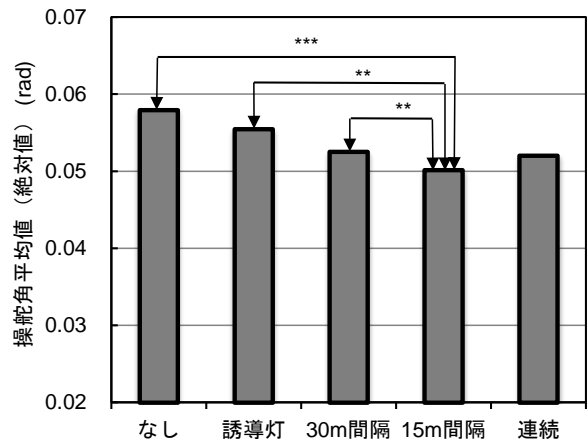
NASA-TLX を計測しているときのスタート地点からゴール地点までの評価区間内の100秒間を対象に、各実験参加者の操舵角と走行速度を求めた。実験参加者 No.15 の30m 間隔のみ計測操作のミスからデータが欠測となった。

各実験参加者別に操舵角の絶対値を求め、その平均値を求めた。図7は、25名の操舵角の絶対値の平均値(以降、操舵角平均値)を示している。「なし」のとき最も操舵角平均値が大きくなった。最も小さかったのは、「15m 間隔」であった。対応のある一要因分散分析を行った。視線誘導施設 ( $F(4,95)=5.39$ ,  $p<0.05$ )は、操舵角平均値に対して有意となった。一対比較から、「15m 間隔」は「30m 間隔」、「誘導灯」、「なし」の3種類の設置条件に対して有意に小さくなった。

5種類の視線誘導施設別の操舵角標準偏差(25名の実験参加者別の操舵角標準偏差の平均値)を図8に示す。「なし」のとき最も操舵角標準偏差が大きくなった。最も小さかったのは、「15m 間隔」であった。対応のある一要因分散分析から、視線誘導施設 ( $F(4,95)=7.36$ ,  $p<0.05$ )は、操舵角標準偏差に対して有意となった。一対比較から、「なし」は「30m 間隔」、「15m 間隔」、「連続」のガイドライト設置に対して有意に操舵角標準偏差が大きくなった。また、「誘導灯」は「15m 間隔」と「連続」に対して有意に大きくなった。

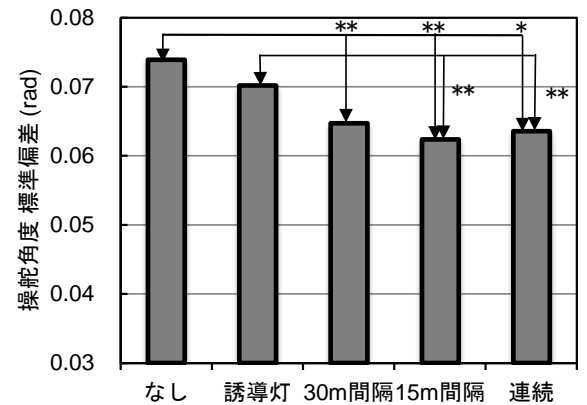
5種類の視線誘導施設別の走行速度(25名の実験参加者別平均走行速度の平均値)を図9に示す。「なし」のとき最も走行速度が低くなった。最も走行速度が高くなったのは、「連続」であった。対応のある一要因分散分析から、視線誘導施設 ( $F(4,95)=4.69$ ,  $p<0.05$ )は、走行速度に対して有意となった。一対比較から、「誘導灯」と「連続」のガイドライト設置の間に有意差があった。

5種類の視線誘導施設別の走行速度標準偏差(25名の実験参加者別走行速度標準偏差の平均値)を図10に示す。「誘導灯」のとき最も走行速度標準偏差が大きくなった。



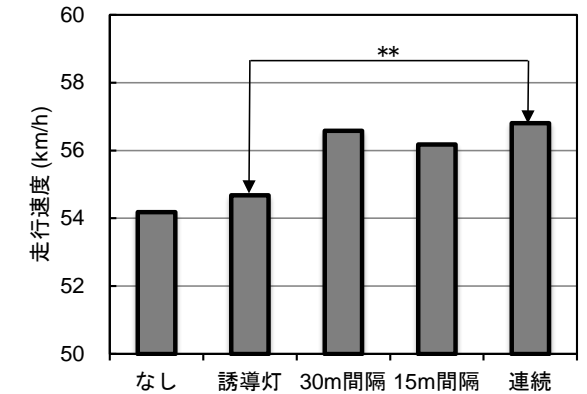
(注) \*\*\* $p<0.01$ , \*\* $p<0.01$ ,  $N=25$

図7 視線誘導施設別の操舵角平均値



(注) \*\* $p<0.01$ , \* $p<0.05$ ,  $N=25$

図8 視線誘導施設別の操舵角標準偏差



(注) \*\* $p<0.01$ ,  $N=25$

図9 視線誘導施設別の走行速度の平均値

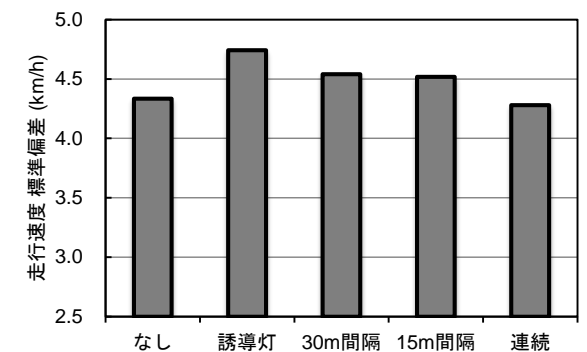


図10 視線誘導施設別の走行速度標準偏差 ( $N=25$ )

最も小さかったのは、「連続」であった。対応のある一要因分散分析から、視線誘導施設 ( $F(4,95)=0.46, p>0.10$ )は、走行速度標準偏差に対して有意とならなかった。

### 3.4 反応時間

ドライバの目線が帯状ガイドライトに集中し、周辺への反応が遅れることが懸念される。そこで、図4に示すように、帯状ガイドライトと反対側のドライバの右側に3個のLEDを設置し、運転中に点灯したときの反応時間を計測した。計測した結果を図11に示す。計測データ数は、30m 間隔のとき 20、他は 21 である。4 名の実験参加者が時間の都合から、反応時間計測を行えなかった。また、実験参加者 No.15 の 30m 間隔のとき、欠測が1回あった。

最初の反応時間計測が、加速中であったため分析データから除いた。1 回の実験について 7 回の反応時間データを用いた。「15m 間隔」のときが最も短く、平均の反応時間は 0.38 秒となった。最も遅かったのは、「誘導灯」で 0.42 秒であった。対応のある一要因分散分析から、視線誘導施設 ( $F(4,80)=2.33, p<0.10$ )は、反応時間に対して有意傾向となった。一対比較から、「なし」と「15m 間隔」、「誘導灯」と「15m 間隔」のときに有意差があった。

## 4. まとめ

ドライビングシミュレータを用いて帯状ガイドライトの設置が、ドライバの主観的メンタルワークロード、道路線形認知、操舵、走行速度、反応時間に与える影響について評価した。20代から60代の25名のドライバが実験に参加した。帯状ガイドライトは、冬の夜間を想定した運転においてドライバの主観的メンタルワークロードを軽減する効果があるといえた。帯状ガイドライトによって、進行方向、路肩の位置、自分の位置などの道路線形認知が容易となった。また、帯状ガイドライトによって操舵角が小さくなり、操舵のバラツキも小さくなった。さらに、帯状ガイドライトの設置によって、ドライバの周囲への注意が劣ることはなかった。一方、帯状ガイドライトの3種類の設置条件で、「なし」および「誘導灯」に比べて走行速度が高くなる傾向が見られた。割田らは、首都高速道路の交通安全対策とし排水性舗装の効果を検証している<sup>15)</sup>。速度上昇がみられたが、スリップ事故は抑制されたことが報告されている。また、分散分析で有意にはなかったが、帯状ガイドライト設置時の速度分散は、既存の視線誘導灯設置時に比べ小さくなっていた。帯状ガイドライトの線形誘導効果から速度は高まったが、安全性の低下には至らないと考えられる。

次に、帯状ガイドライトの3種類の設置条件を比較する。主観的メンタルワークロードと道路線形認知の評価で「連続」設置と「15m 間隔」設置に差異はなかった。道路線形認知の主観評価で、30m 間隔設置が進行方向と

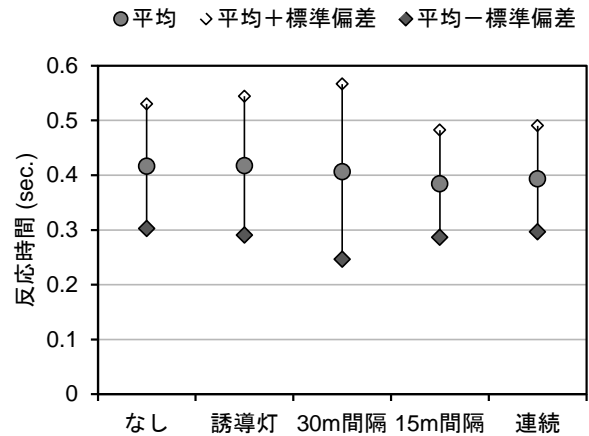


図11 視線誘導施設別の反応時間の平均値と標準偏差

路肩位置において「連続」設置より、中央分離帯の位置・走行位置・安心感で「連続」設置と「15m 間隔」設置の2種類の設置条件より低くなった。また、運転挙動に関する評価で、「15m 間隔」設置が3種類の中で最も平均操舵角が小さく、標準偏差も小さくなっていた。設置コストを考慮すると、「15m 間隔」が3種類の帯状ガイドライトの中で優位と言えた。

本実験から帯状ガイドライトの設置が、視線誘導施設「なし」および既存の視線誘導灯に比べて、ドライバの主観的運転負荷の軽減、道路線形認知の向上、運転挙動の安定に十分効果的と言えた。これは、道路区画線および視線誘導施設の設置効果を検討した過去の研究成果と一致しており、ドライビングシミュレータという限られた条件下であるが、納得できる結果となった<sup>16),17)</sup>。帯状ガイドライトは、既存の視線誘導施設と異なり、路肩の区画線と同じ位置にある。ドライバは、横方向の位置関係を把握するとき、誘導施設の位置の違いを考慮する必要がない。帯状ガイドライトは、このようにさまざまなメリットがあり、雪国など道路区画線が見えない夜間におけるドライバの走行負担の軽減に大きく寄与すると考えられる。今後、帯状ガイドライトによる運転負荷低減効果と安全性効果を実道路条件で探り、その効果を明らかにしていく必要がある。

## 参考文献

- 1) 道路構造令の解説と運用、社団法人・日本道路協会、2004.2.
- 2) 視線誘導標設置基準・同解説、社団法人・日本道路協会、1984.10.
- 3) 設計要領 第五集 交通管理施設編[道路標示および区画線設置要領]、東日本高速道路株式会社・中日本高速道路株式会社・西日本道路株式会社、2009.7.
- 4) 菊地、上林、田口：レーザー光線を用いた視線誘導装置（道路線形視認システム）、日本道路会議論文

集、No.22, pp.508-509,1997.11.

- 5) 池田:ハイパワー LED を活用した新たな視線誘導対策、建設の施工企画、一般社団法人・日本建設機械施工教会、No.745、pp.20-24, 2012.3.
- 6) Toru Hagiwara, Mamiko Yagi and Takuya Seo : Visibility of Laser Beams and Illuminated Delineator as Function of Fog Density, Journal of the Transportation Research Board, TRR, Volume 1553, pp. 59-65, 1996.
- 7) 佐々木、片岡、渋谷、高木: 帯状ガイドライト装置の開発、第30回道路会議、論文番号: 1048、2013.10.
- 8) 佐藤、渋谷、佐々木、片岡: 高速道路における線的視線誘導標の効果に関する研究 ~ 地吹雪地帯での安全・快適な道路空間を目指して ~、平成25年度東北支部技術研究発表会、土木学会東北支部、2014.3.
- 9) 白石: 運転教習のための小型ドライビングシミュレータの開発、自動車技術、Vol.55、No.11, pp.72-77, 2001.11.
- 10) Hart, S.G. and Staveland L.E. : Development of NASA-TLX (Task Load Index): Results and theoretical research, Human Mental Workload, Elsevier Science Publishers B.V. (North Holland, Amsterdam), p.139-183, 1988.
- 11) 萩原、徳永: メンタルワークロード評価法に基づく運転中の携帯電話利用の影響に関する研究、国際交通安全学会誌、Vol.30, No.3, pp.66-73, 2005.9.
- 12) 三宅、神代: メンタルワークロードの主観的評価法 (NASA-TLX と SWAT の紹介及び簡便法の提案)、人間工学、Vol. 29, No.6, 1993.
- 13) 芳賀: NASA タスクロードインデックス日本語版の作成と試行、鉄道総研報告、特集: 人間科学、Vol.8, No.1, pp.15-20, 1994.1.
- 14) Georg Jahn, Astrid Oehme, Josef F. Krems, and Christhard Gelau : Peripheral detection as a workload measure in driving: Effects of traffic complexity and route guidance system use in a driving study, Transportation Research Part F 8 (2005) 255-275.
- 15) 割田、上条、田中: 首都高速道路における事故発生状況と安全対策効果の検証、土木計画学研究・講演集(CD-ROM)、Vol.29、2004年06月.
- 16) Allen, R.W., et al. Driver's visibility requirements for roadway delineation, Report of FHWA-RD-77-165, California, 1977.
- 17) Allen, R.W., et al., Effects of Roadway Delineation and Visibility Conditions on Driver Steering Performance, Journal of Transportation Research Record, No.739, pp.5-8, 1978.

以上