

講演5. 運転支援のための路面描画ライトに関する研究

自動車安全研究部 ※加藤 洋子 青木 義郎 関根 道昭

1. はじめに

現在、WP29/GRE (灯火器専門分科会) では、ADB (可変型走行ビーム) の可変配光範囲内の灯光により路面上に視覚情報提示を行う「路面描画ランプ」の導入について議論している。日本政府は、路面描画の表示により、ドライバの先行車や歩行者に対する注意力の低下や、他の交通参加者に混乱を生じさせるといった事故リスクについても留意しつつ、路面描画の許容可否を検討している。

本研究では路面描画の安全性に関する基礎的な検討として、自車両前方に表示された路面描画の有無や照明条件の変化が、自車両ドライバのブレーキ反応時間にどのように影響を及ぼすかを調査した。また、路面描画が他の交通参加者に及ぼす影響を調査するため、自車両ドライバ、対向車ドライバ、歩行者の視点から観察した場合の路面描画の可読性について併せて調査を行った。

2. 実験方法

2. 1. 実験場所

当研究所 (東京都調布市) の屋外、透水性アスファルト舗装の路面において、日没後の天空照度 0.1 lx 以下の条件下で実験を実施した。

2. 2. 実験日程・被験者

実験は各日 4 名とし、4 日間実施した (表 1)。ただし、1、2、4 日目は路面が乾燥していたが、3 日目は実験開始前に雨が降り路面が湿潤状態であった。

被験者は外部から募集し、20 歳代～50 歳代の 16 名 (男性 8 名、女性 8 名) が参加した。「独立行政法人自動車技術総合機構交通安全環境研究所における人間を対象とする実験に関する倫理規程」に基づく事前審査を受け、実験開始前に被験者に実験内容の説明を行い、同意を得た上で実施した。

表 1 被験者リスト

No.	性別	年齢	両眼視力	日付	路面
1	男	50	0.9	2020年 1月9日	乾燥
2	女	50	0.7		
3	女	55	1.5		
4	女	50	1.5		
5	男	24	1.5	1月14日	乾燥
6	女	32	1.5		
7	男	20	1.5		
8	女	22	1.2		
9	男	22	1.2	1月15日	湿潤
10	男	22	1.2		
11	女	22	1.0		
12	男	22	1.5		
13	男	36	1.2	1月16日	乾燥
14	男	50	1.0		
15	女	23	1.5		
16	女	24	0.7		

2. 3. 実験装置

図 1 に実験装置配置図、図 2 に自車両側から見た実験装置の様子、図 3 に対向車側から見た実験装置の様子を示す。被験者は、自車両及び約 50m 離れて設置された対向車のドライバ席から、運転操作は行わず停止した状態で路面描画を観察した。また、2～4 日目 (被験者 No.5～16) については、歩行者視点として路面描画の右側約 3m の位置から、路面描画を観察した。

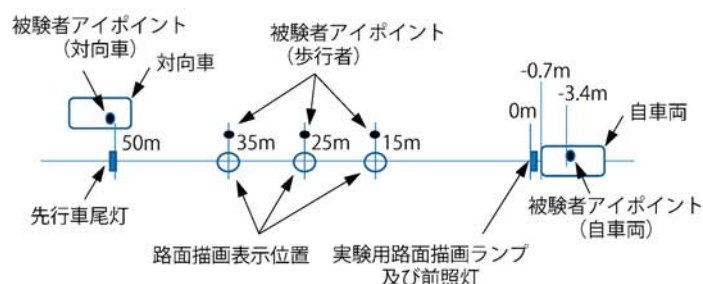


図 1 実験装置配置図



図2 自車両側から見た実験装置の様子



図3 対向車側から見た実験装置の様子

自車両の前照灯は消灯し、実験用の路面描画ランプ及び前照灯（すれ違いビーム）を自車両前端の前方0.7m（図1参照）、高さ0.7mとなるよう昇降台の上に設置して点灯させた（図4）。前照灯の左右間幅は1.4mとし、路面描画ランプはその中央に配置した。路面描画は、路面描画ランプから15m、25m、35m離れたいずれかの位置（図1参照）に投影する。

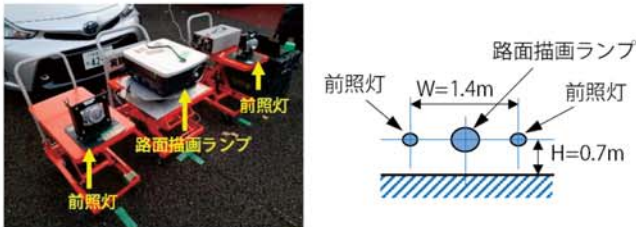
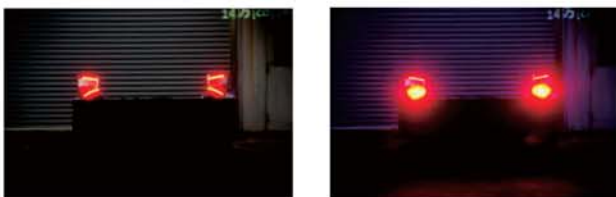


図4 実験用路面描画ランプ及び前照灯の配置

また、自車両に乗車した被験者の先行車の制動灯点灯に対する反応時間を測定するため、路面描画ランプから50m前方に、図5に示す先行車を模擬した尾灯及び制動灯を高さ0.97m、左右間幅1.27mで設置し、自車両車内に図6に示す押しボタンを用意した。



(a) 制動灯消灯時 (b) 制動灯点灯時

図5 先行車の尾灯及び制動灯



図6 ブレーキ反応ボタン

2. 4. 実験条件及び手順

路面描画は、表示位置の3条件の他に、ランプ光度を5、9、14万cdの3条件、大きさ（シンボルの横幅）を小（1.2m）と大（2.5m）の2条件で変化させた（表2）。実験は、ランプ光度、表示位置、大きさの組み合わせ毎に区切って進行し、これを1ブロックとする。ランプ光度3条件、表示位置3条件、大きさ2条件のため、計18ブロックとなる。

表2 路面描画の条件

ランプ光度 [cd]	5万, 9万, 14万
表示位置 [m]（路面描画ランプ位置からの距離）※図1参照	15, 25, 35
大きさ（シンボルの横幅[m]）	小(1.2), 大(2.5)

路面描画のシンボル（表示内容）は、30、40、50、←、→の5種類とした。図7に、自車両側から撮影した路面描画の例を示す。実験では、各ブロックにつき10個（シンボル5種類×各2回）のシンボルをランダムな順序で4秒間ずつ表示させ、被験者が予測できないタイミングで先行車の制動灯を3回点灯させた。自車両に乗車した被験者は、表示内容を読み上げながら、制動灯の点灯に反応し、図6の手持ちの押しボタンを押下した。本研究では、制動灯の点灯からボ



(a) シンボル“30”の場合



(b) シンボル“←”の場合

図7 自車両側から見た路面描画の例

（路面乾燥時、ランプ光度14万cd、表示位置15m、大きさ2.5m(大)）

タンが押下されるまでの時間をブレーキ反応時間と定義した。各ブロック終了後に、被験者は路面描画の可読性を0~5（0：見えない、1：読めない、2：読みにくい、3：普通に読める（苦勞せずに読める）、4：読みやすい、5：非常に読みやすい）の尺度で評価し、中間の評価（例えば、2.5等）も可とした。対向車、歩行者の視点からは、制動灯への反応は行わず、可読性評価のみを行った。

路面描画を表示する（路面描画あり）18ブロックはランダムな順序で実施し、その前後に、路面描画を表示しない条件（路面描画なし）を1ブロックずつ行った（前を①、後を②とする）。路面描画なしのブロックでは、シンボル表示内容の読み上げ及び可読性評価は実施しない。

また、路面乾燥時及び路面湿潤時に、自車両側から測定した路面描画のランプ光度と表示位置による路面輝度の変化を図8に示す。これは、実験用前照灯点灯の状態で“■”の路面描画シンボルを表示し、シンボル中央付近を測定角0.2度の輝度計で測定した場合の輝度値である。本実験の透水性アスファルト舗装の実験場所では、路面湿潤時の路面輝度は路面乾燥時の20%程度となることが分かった。

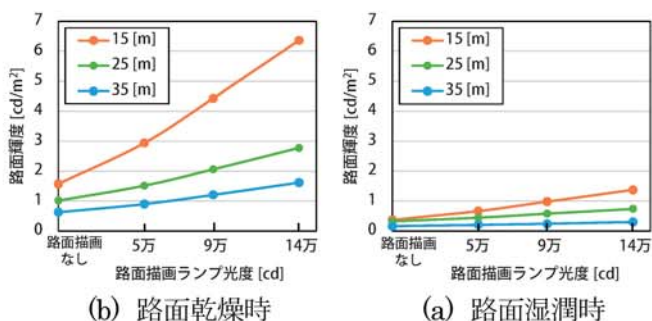


図8 ランプ光度と位置による路面輝度の変化

3. 実験結果

3. 1. ブレーキ反応時間

路面乾燥時の被験者12名×3回分の各ブロックのブレーキ反応時間の平均値を図9に示す。路面描画なし（①と②の平均値）は0.34秒、路面描画ありの全条件での平均値は0.48秒となり、路面描画なしの場合と比べ、路面描画ありの場合は平均0.14秒（最小0.10秒、最大0.19秒）長かった。路面描画なしの平均反応時間と路面描画ありの18条件の各平均反応時間についてt検定を行ったところ、全ての条件間に1%水準で有意差が検出された。ドライバの注意が路

面描画に集中した場合、制動灯の点灯への反応遅れが生じることが示された。ただし、既往の調査では、ブレーキ反応時間の遅延は、HUDによって0.4秒程度り、車載モニタによって0.4秒以上²⁾発生するといった報告があり、それらと比較すると本実験の路面描画による遅延は短い。また、路面描画ありの場合のブレーキ反応時間は、路面描画のランプ光度、表示位置、シンボルの大きさにより反応時間に変化があったものの、系統立った変化ではなかった。

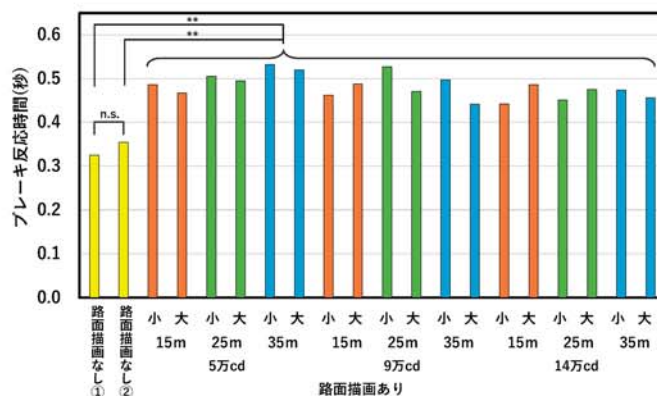


図9 ブレーキ反応時間（路面乾燥時）

被験者数が4名と少ないが、路面湿潤時の被験者4名×3回分の各ブロックのブレーキ反応時間の平均値を図10に示す。路面描画なしは0.31秒、路面描画ありの全条件での平均値は0.44秒となり、路面描画なしの場合と比べ、路面描画ありの場合は平均0.13秒（最小0.08秒、最大0.19秒）長かった。路面乾燥時（図9）より全体的に短くなっているが、全被験者の平均年齢が33歳であるのに対し路面湿潤時の被験者4名の平均年齢は22歳（4名とも22歳、表1のNo.9~12）であるため、路面状態の影響ではなく、年齢が低いために反応時間が短くなった可能性がある。路面の乾燥/湿潤状態や舗装の種類による影響について、今後も調査していく必要がある。

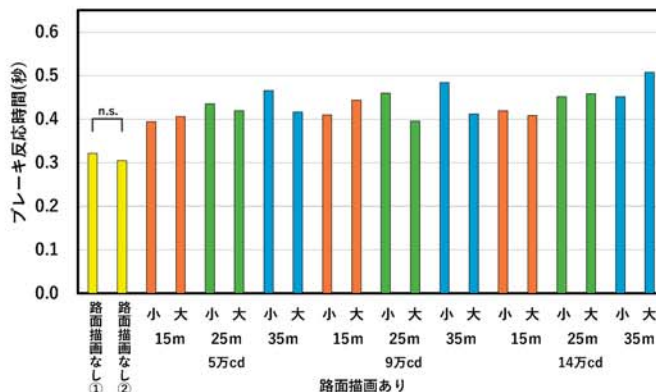


図10 ブレーキ反応時間（路面湿潤時）

3. 2. 路面描画の可読性

路面乾燥時及び路面湿潤時の路面描画の可読性の評価結果を、図 11~13 に示す。

自車両ドライバによる可読性 (図 11) は、ランプ光度が高くなるほど、路面描画の表示位置が自車両に近くなるほど、シンボルが大きくなるほど向上した。また、路面湿潤時は、路面乾燥時よりも評価が低い特徴が見られた。これは、路面湿潤時は路面乾燥時より路面輝度が低くなるためと考えられる (図 8 参照)。

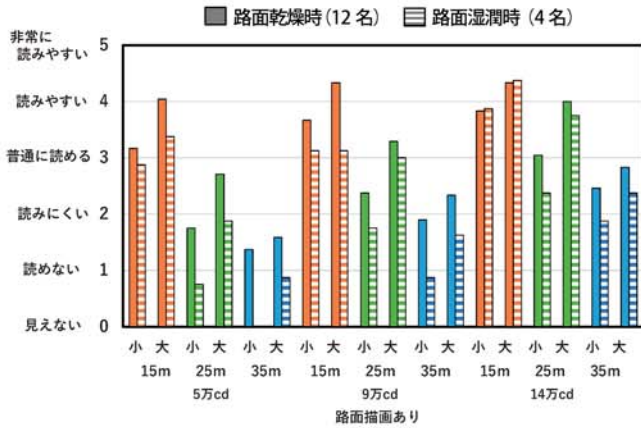


図 11 路面描画の可読性 (自車両ドライバ)

対向車ドライバによる可読性 (図 12) は、自車両と異なり、表示位置 25m において評価が高くなる特徴が見られた。表示位置が自車両に近くなるほど、シンボルの見掛けの大きさが小さくなることに加え、前照灯による減能グレア (近くにまぶしい光源がある場合に視認性が低下する現象) が生じることが影響していると考えられる。

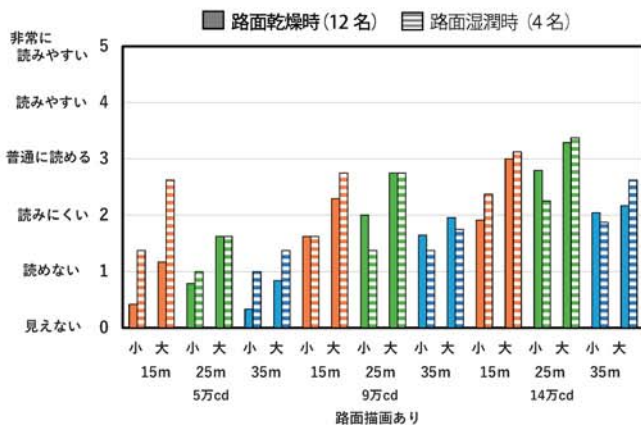


図 12 路面描画の可読性 (対向車ドライバ)

歩行者による可読性 (図 13) は、自車両ドライバと同様に、ランプ光度が高くなるほど、表示位置が自車両に近くなるほど、シンボルが大きくなるほど向上し

た。特に表示位置 15m の場合は、歩行者でも高い評価となり混乱を与える可能性があることが示された。

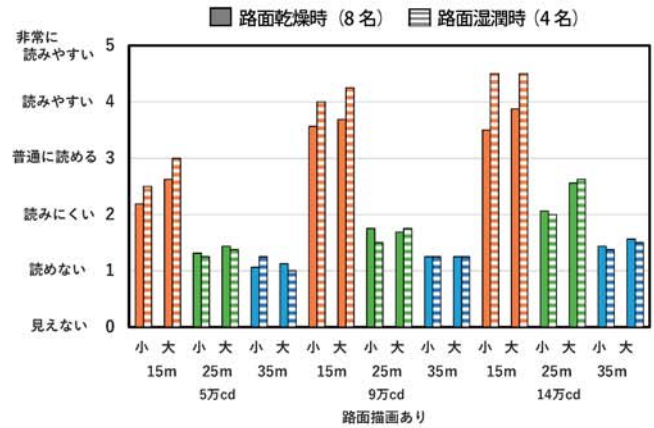


図 13 路面描画の可読性 (歩行者)

4. まとめ

本研究では、灯光により自車両前方の路面上に表示される路面描画について、基礎的な評価実験を実施した。

ブレーキ反応時間の実験結果より、路面描画により 0.1~0.2 秒程度のブレーキ反応時間の遅延が発生することが示された。路面描画の可読性の評価結果より、自車両に見えやすく、他の交通参加者に見えにくい路面描画を生成するためには、路面描画のランプ光度、表示位置、大きさを適切に制御する必要があることが示された。

本実験の路面湿潤条件については被験者数が 4 名と少なかったため、追加で確認する必要がある。また、走行中などの動的条件の場合や、他の交通参加者への影響についても、さらなる検討を行う必要がある。

謝辞

本研究は、株式会社小糸製作所の協力を得て実施したものである。ここに謝意を表す。

参考文献

- 1) 榎本恵, 関根道昭, 森田和元, 田中健次: ヘッドアップディスプレイを想定した重畳表示における情報の表示数と位置が安全運転に与える影響(第 2 報)—ブレーキ操作および視点移動について, 自動車技術会論文集 Vol.47, No.2, p.523-529 (2016)
- 2) 森田和元, 益子仁一, 岡田竹雄: 自動車の車室内表示装置を注視することによる反応時間の遅れについて, 照明学会誌, Vol.82, No.2, pp121-130 (1998)