

講演9. 自転車乗員視点を想定した ターンシグナル路面描画の有効性に関する研究

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、自動車の灯光により路面上に視覚情報を投影する「路面描画ランプ」の開発が、各国メーカーによって進められている。可変配光前照灯（Adaptive Driving Beam）を活用し、運転中のドライバーに対し視覚情報を提供する路面描画¹⁾の他、図1のように、方向指示器（ターンシグナル）と連動し、周囲の交通参加者に自車の右左折や進路変更を伝わり易くするための路面描画（以下、ターンシグナル路面描画）などが開発されている。

本研究では、ターンシグナル路面描画の有効性について検証するため、自転車乗員の視点を想定し、車両の方向指示器点灯に対する反応時間の取得とアンケート調査を実施した。また、自転車運転中のスマートフォン操作による危険性についても検討するため、スマートフォン操作を行う場合も評価した。

2. 実験方法

2. 1. 実験概要

本研究では、ターンシグナル路面描画の有効性を検証するため、被験者を自転車に乗車させ、ターンシグナル路面描画の有り/無しそれぞれの場合の、車両の方向指示器点灯に対する反応時間を取得する実験を行った。実験風景を図2に示す。路面描画ランプ搭載車両は静止状態とし、静止状態の自転車から観察させる実験1と、走行状態の自転車から観察させる実験2を実施した。また、各条件の終了後に路面描画に関するアンケートを行った。

実験は、日没後の当研究所（東京都調布市）の屋外にて計4日間行い、天候はいずれも晴れまたは曇りであった。実験を完遂した被験者は、表1に示す20～60代の計13名（平均年齢31.9歳）であった。「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



図1 ターンシグナル路面描画搭載車両



図2 実験風景

表1 被験者リスト

No.	性別	年齢	両眼視力	色覚	自転車の使用頻度
1	女	47	0.9	一般	ほとんど毎日
2	女	22	1.0	一般	週に数回
3	男	61	1.0	一般	週に数回
4	女	59	0.5	一般	月に数回
5	女	21	1.5	一般	数年間乗ってない
6	男	23	1.2	一般	年に数回
7	男	21	1.2	一般	年に数回
8	女	22	1.5	一般	ほとんど毎日
9	女	28	1.2	一般	ほとんど毎日
10	男	21	1.5	一般	ほとんど毎日
11	男	47	1.5	一般	月に数回
12	女	21	0.9	一般	週に数回
13	男	22	0.9	一般	ほとんど毎日

づく事前審査を受け、実験開始前に実験内容の説明を行い、同意を得た上で実験を実施した。

2. 2. 実験装置

本実験で使用したターンシグナル路面描画の路面上の寸法を図3に示す。本実験で用いた路面描画は破線状であり、図3の近・中・遠の部分が車両に近い側から順次点灯するシーケンシャル点灯となっている。車両の方向指示器は、車両の左前端部、左ドアミラー部、左後端部の3箇所が同時に点滅点灯する。路面描画無し条件として「方向指示器のみが点灯する条件」、路面描画有り条件として「方向指示器と路面描画が点灯する条件」を行う。それぞれ1回につき3秒間点滅する。

方向指示器点灯に対する被験者の応答は、自転車の左右ブレーキレバーに取り付けたセンサによって取得し(図4)、方向指示器の点灯から自転車の左右いずれかのブレーキレバーを握るまでの時間を反応時間とした。

2. 3. 実験1：静止状態の自転車から観察

実験1では被験者はスタンドを立て静止した状態の自転車に乗車し、自転車運転模擬のためペダルを漕ぎながら、観察を行う。被験者の観測位置は、路面描画搭載車両の後端から後方を正として、5、2.5、0、-2.7mの4条件とし、いずれも路面描画搭載車両左側1mとした(図5)。また、車両後端部の方向指示器を見えにくくするため、路面描画搭載車両の後方にワゴン車を配置した。ワゴン車のヘッドライトは、観測位置5m、2.5mの場合はロービーム、観測位置0m、-2.7mの場合はスモールライトを点灯した。視点高1.5mとして、各観測位置から測定した路面描画点灯時と消灯時の路面輝度値を表2に示す。

また、観測条件として、「スマートフォン無し」条件と「スマートフォン有り」条件を設けた。「スマートフォン有り」条件では、自転車のハンドル部に固定したスマートフォン(図6)の画面上部に、0~9の1桁の数字をランダムに2.25秒間隔で表示し、3の倍数が表示された際に画面下部の該当する数字ボタンをタッチする作業を行いながら、方向指示器の点灯に反応する。

実験1では、観測位置4条件、スマートフォンの有無2条件の計8条件を行い、実験時間はそれぞれ3分間とした。3分間で「方向指示器のみ」と「方向指示器+路面描画」を4回ずつランダムな順序、間隔で点

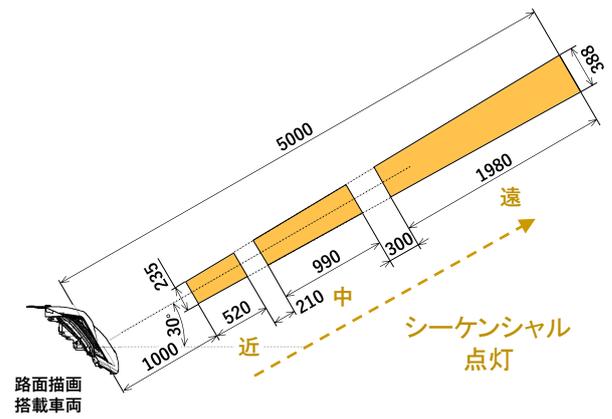


図3 路面描画の寸法



図4 実験に使用した自転車

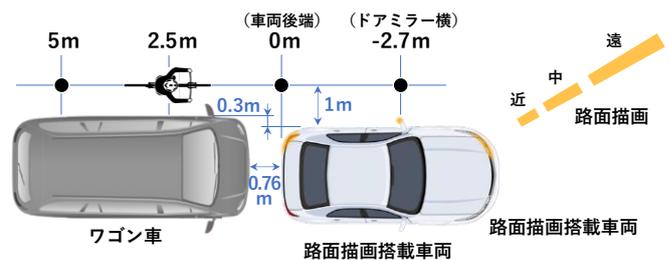


図5 実験1レイアウト

表2 路面の輝度 (cd/m²)

観測位置	路面描画ON			路面描画OFF		
	近	中	遠	近	中	遠
-2.7m	7.0	5.0	3.9	0.1	0.3	0.2
0.0m	7.3	6.3	4.8	0.2	0.4	0.4
+2.5m	7.8	7.8	5.8	1.1	1.8	1.9
+5.0m	6.7	6.6	5.5	1.4	1.9	2.0

灯した。各条件終了後に路面描画の有効性に関するアンケートを行った。

2. 4. 実験2：走行状態の自転車から観察

実験2では、被験者は自ら自転車を漕ぎ、路面描画搭載車両の左側1mのライン上をワゴン車後方から走行しながら観察を行う(図7)。10回走行するうち、被験者が予測できないタイミングで「方向指示器のみ」を3回、「方向指示器+路面描画」を3回ランダムに点灯した。被験者は方向指示器点灯に反応し、自転車のブレーキレバーを握り減速する。

実験2では、安全性を考慮し「スマートフォン有り」条件は行わず、「スマートフォン無し」条件のみとした。実験終了後に路面描画の有効性に関するアンケートを行った。



図6 実験に使用したスマートフォン



図7 実験2レイアウト

3. 実験結果

3. 1. 反応時間

実験1、実験2の各条件における、被験者13名分の反応時間の平均値を図8に示す。

観測位置、スマートフォン操作の有無、路面描画の有無の影響について分散分析を行ったところ、スマートフォン操作の有無による有意差が確認された。スマートフォン有りは、スマートフォン無しに比べ有意に反応時間が長かった(** $p<.01$)。

また、路面描画の有無についてt検定を行ったところ、一部の条件において、路面描画有り条件は路面描画無し条件よりも反応時間が短いことが確認された。観測位置-2.7m、スマートフォン無しの場合、ドアミラー部の方向指示器が視野に入らないため、前方に表示される路面描画の効果が特に得られたと考えられる(* $p<.05$)。一方、観測位置-2.7mのスマートフォン有りの場合は、視線が下向きとなり、ドアミラー部の方向指示器の光が自転車やスマートフォンに反射するのが見えていた可能性が有る。その光に反応していたために、路面描画の効果があまり得られなかったと考えられる。その他、観測位置5mでスマートフォン有りの場合、路面描画有り条件が路面描画無し条件よりも反応時間が短い傾向となり(+ $p<.10$)、実験2の走行条件は、路面描画有り条件が路面描画無し条件よりも反応時間が短くなった(* $p<.05$)。走行条件は、静止条件よりも視線が前方に向くため、路面描画による効果が得られたと考えられる。

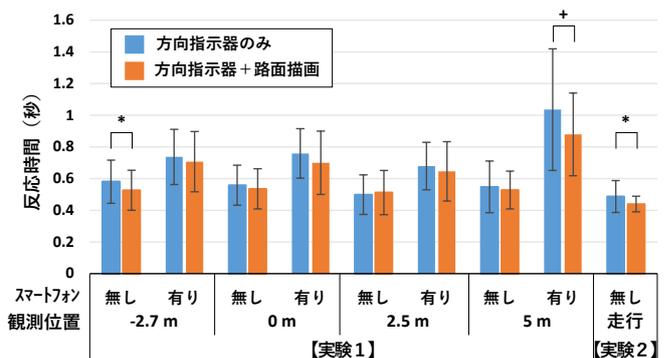


図8 方向指示器点灯に対する反応時間

3. 2. アンケート結果

実験1の各観測位置での実験終了後及び実験2の実験終了後に、「路面描画ランプにより方向指示は確認しやすくなったか」を質問した。実験1の場合は、スマートフォン有無条件毎に質問した。被験者13名分の回答結果を図9に示す。

今回行った全ての条件において、半数以上が「はい」と回答し、実験2の走行実験では全員が「はい」と回答した。反応時間で有意差が確認されなかった条件においても、路面描画の表示によって方向指示が伝わり易くなる効果があると考えられる。スマートフォン有り条件では、観測位置が後方になるほど、視野に路面描画が入り難くなるため、「いいえ」の回答が多くなったと考えられる。

Q1:路面描画ランプにより方向指示は確認しやすくなったか？

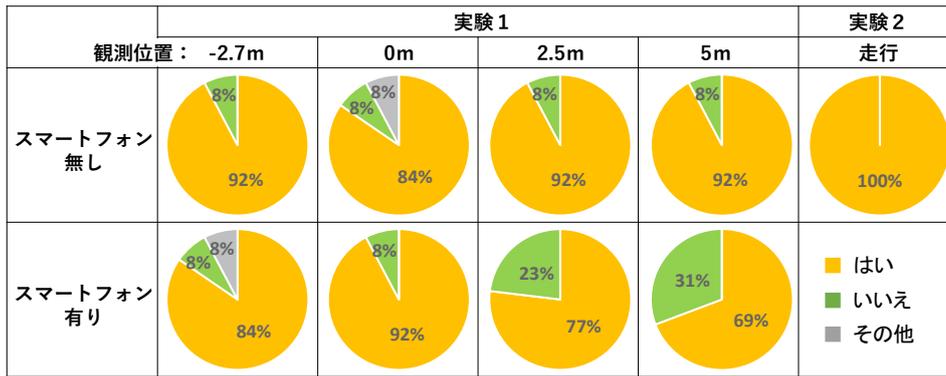


図9 各観測位置終了後のアンケート回答結果 (Q1)

全実験終了後に行ったアンケートでは、路面描画の表示によって歩行者や自転車の安全性が向上すると思うと回答する者が多かった (図10)。また、どのような路面描画の表示内容で便利になるか (複数回答可) の間では、今回の実験で方向指示の路面描画を体験したことが影響している可能性があるが、「方向指示」を回答する者が多かった (図11)。

以上のアンケート結果より、今回実験を行ったターニングナル路面描画は、肯定的な評価が得られたと言える。

4. まとめ

本研究は、車両の方向指示器に連動し、路面上に視覚情報を投影する路面描画ランプの有効性について検証した。自転車乗員の視点を想定し、車両の方向指示器点灯に対する反応時間の取得とアンケートによる調査を行った。また、自転車運転中のスマートフォン操作の影響についても調査を行った。

その結果、車両の方向指示器に連動する路面描画の表示について、安全性向上への効果が期待できる結果となった。スマートフォン操作を行う場合は、スマートフォン操作を行わない場合に比べ、方向指示器点灯への反応が遅れること、路面描画の効果が得られにくいことが確認された。

今後、路面描画の安全性や有効性について、さらなる評価解析を行う予定である。

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。

Q2: 方向指示や後退、発進等を路面上に情報提供する路面描画ランプにより、歩行者や自転車の安全性が向上すると思いますか？

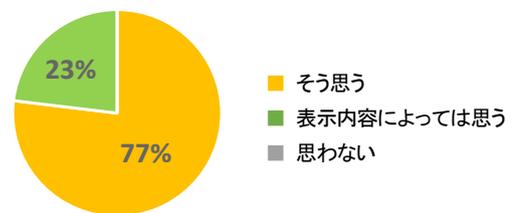


図10 実験終了後のアンケート回答結果 (Q2)

Q3: どのような表示内容で便利になると思いますか？ (複数回答可)

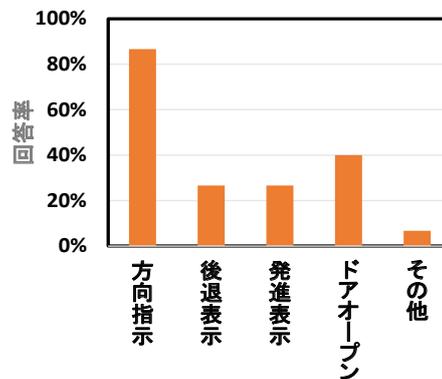


図11 実験終了後のアンケート回答結果 (Q3)

参考文献

- 1) 加藤洋子, 青木義郎, 関根道昭, “運転支援のための路面描画ライトに関する研究”, 交通安全環境研究所フォーラム2020 講演概要集, pp. 25-28 (2020)