

第IV部門

大深度地下高速道路 JCT における情報提供の課題に対するカラー連携標示の適用

大阪大学工学部 学生員 ○向井政晴

大阪大学大学院工学研究科 正会員 飯田克弘

1. 研究の背景・目的

大都市の交通渋滞解消の対策には、環状道路整備による通過交通の抑制があげられ、「大深度地下の公共的利用に関する特別措置法」の施行に伴い、東京外かく環状道路（以下、東京外環）の地下整備が行われている。

飯田ら¹⁾は大深度地下高速道路 JCT の連続分岐部（3 車線本線～前半分岐部～2 車線ランプ～後半分岐部～1 車線ランプ）における車両・運転者挙動の把握を試みた結果、以下の知見を獲得している。

- 1) 道路構造・施設配置の制約から案内および道路形状に即した情報が十分に提供されていない。
- 2) 後半分岐部では、事前に案内情報が得られていないため、注意対象が時間的・空間的に集中する。
- 3) 注意対象の集中は運転者の負荷を増大させ、これが後半分岐部での急減速原因となり得る。
- 4) 本線から分岐する 2 車線ランプは急勾配であるため、進入時に速度低下が発生し、その後、速度回復行動が取られる。この速度回復が後半分岐部に備えた行動になっておらず、急減速を助長している可能性がある。

本研究では、先行研究で明らかとなった情報提供およびそれが起因となる課題に対して、カラー連携標示による対策を行った。カラー連携標示とは、近年施工実績が増加している路面着色と案内標識を同色系でカラー化させ、連携して交通誘導を行うというものである²⁾。本研究におけるカラー連携標示は、国土交通省が新潟で行った事例、海老名 JCT の事例を参考に対策方針を検討した。しかし、それらの施工ではカラー連携標示の定量的な評価がなされていないため、本研究ではカラー連携標示の効果を運転者や車両の挙動から検証することを目的とする。

2. 室内走行実験

2.1 実験概要

2018 年 11 月 15 日～12 月 7 日に、日常的に運転する 30～50 歳の一般男性 67 名を被験者とし、実験を行った。

2.2 実験手法

先行研究¹⁾と同様、東京外環の中央 JCT の F ランプ（東

京外環北行きから中央自動車道甲府方面へ向かうランプ）を再現した道路モデルを用いて、ドライビング・シミュレータ（以下、DS）による室内走行実験を行った（図 2.1）。

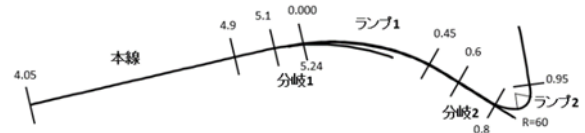


図 2.1. 実験区間平面図

この道路モデルをそのまま用いるコース（以下、基本計画）とカラー連携標示を施すコース（以下、改善案）の 2 つの走行パターンで走行実験を行った。カラー連携標示は分岐 1・分岐 2 の路面と標識、ランプ 1 からランプ 2 にかけての壁面、分岐 1 の坑口に着色を行った。

被験者は、基本計画と改善案の両方を走行するが、実験の意図を悟られないため、かつ走行の慣れを抑えるために 2 つの走行パターンの間に別の道路モデルの走行を行った。そして、全走行終了後にヒアリングを行った。

本稿では、同一個人内の変化でなく、基本計画と改善案との比較を行う。そのため、各被験者が、基本計画または改善案を最初に走行した結果をデータとして使用する。分析対象者数は基本計画が 23 名、改善案が 21 名である。

2.3 取得データ

2.3.1. 計測データ

走行開始から 0.1 秒ごとの経過時間 (s)、走行車線、走行地点 (kp)、速度 (km/h)、アクセル使用量（ペダルを放しているときに 0、ペダルを完全に踏み込んだときに 1）を DS 内に記録した。分析の際は、これらを線形補間により 0.001kp ごとのデータに変換した。

また、被験者に装着したアイカメラで取得した視線座標データから、注視対象物の注視時間を算出した。注視は、視線停留時間 0.165 秒以上、眼球移動速度 10deg/s とした。

2.3.2. ヒアリングデータ

走行の様子を録画した動画を再生し、被験者に、甲府方面へ進むためには左車線に入ったほうが良いと気付いた地点（以下、進路認知地点）で「ストップ」と言ってもらい、その地点を記録した。また、進路認知の理由を自由発

話によって回答してもらった。

3. カラー連携標示が車両および運転者挙動に与える影響とその要因の把握

基本計画と改善案とで、被験者の進路認知地点を算出し、さらに 0kp（分岐 1 の終端、図 2.1 参照）より上流か下流かで分類した。その結果、基本計画では進路認知地点が 0kp より上流側 7 名、下流側 16 名に対して、改善案では、0kp より上流側 16 名、下流側 5 名となった。0kp より上流側で進路認知した被験者の構成比率について Z 検定を行ったところ、有意差 ($p<0.01$) が確認された。また改善案で 0kp までに進路認知できた被験者 16 名を対象に進路認知の理由（施設）を調査したところ、単独の施設として、標識を挙げた被験者 5 名、路面 1 名、抗口 2 名であった。また、複数施設を進路認知の理由とした場合では、標識と路面を挙げた被験者 6 名、路面と抗口が 2 名であった。情報取得タイミングなど多様な情報取得ニーズに対応できており、カラー連携標示の妥当性が確認できる。

次に、分岐 1 以降の各区間の区間最低速度の平均値を算出し、基本計画と改善案で比較し、t 検定を行ったところ、基本計画に比べ、改善案の分岐 1、ランプ 1、分岐 2 における区間最低速度が小さく、有意傾向 ($p<0.10$) が見られた。このことから冒頭の知見 4) の解消が示唆された。

表 3.1 区間最低速度の平均値 (km/h)

	分岐1	ランプ1	分岐2	ランプ2
基本計画	87.3	75.7	67.0	47.5
改善案	83.3	70.3	61.9	50.1
検定方法	student	welch	student	student
有意確率	0.058*	0.097*	0.066*	0.205

* $p<0.10$

さらに、先行研究⁹⁾に準じ、分岐 2 における最も急なアクセル使用量減少時の注視対象について分析を行った。アクセル使用量変化（ある時刻から 0.1 秒後のアクセル使用量—ある時刻でのアクセル使用量）が負になる時点（アクセル減少開始）から、その後、アクセル使用量の変化が 0 (%) の状態が 1 秒以上続くもしくは正に転じる時点（アクセル減少終了）までを 1 回のアクセル使用量の減少とする。そのうち、（減少開始時のアクセル使用量—減少終了時のアクセル使用量）/（減少開始時のアクセル使用量）が最大のもので、その中でもアクセル減少量（減少開始時のアクセル使用量—減少終了時のアクセル使用量）が最大のものを最も急なアクセル使用量減少時と定義した。

分析範囲は、運転者の反応時間を考慮してアクセル減

少開始 2.5 秒前からアクセル減少終了までとした。なお、最も急なアクセル減少量が 20% 以下の場合、取得した視線データの精度が悪かった場合は分析から除外した結果、分析対象者数は基本計画 19 名、改善案 18 名となった。

基本計画と改善案とで、注視対象別に、注視が発生した被験者の割合と、総注視時間の被験者平均を算出した。

注視が発生した被験者の割合について Z 検定を行ったところ、路面（左車線）の注視が発生した被験者の割合に有意差 ($p<0.05$) が見られ、基本計画の 42% に対し、改善案では 78% と割合が大きくなった。左車線は甲府方面へ向かう車線であり、この路面を注視すれば、視線は必然的に前方を向くため、安全運転に繋がる結果といえる。

総注視時間の被験者平均について t 検定を行ったところ、左標識の総注視時間の被験者平均に有意差 ($p<0.05$) が見られた。基本計画の 0.52 秒に対して改善案は 0.15 秒であり、総注視時間が減少している。先述の通り、進路認知が事前にできていたため、標識の確認に要する時間が減少したことが一因と考えられる。標識はトンネルの上方に設置されているため、左標識の注視には視線の上下移動が伴う。武田ら²⁾は視線を下方に向けると焦点の調節が発生することを示唆している。視線の上下の移動が必要な左標識の注視時間の少ない改善案は、焦点の調整も少なく、運転者の負担が軽減されていると考えられる。

4. 結論

カラー連携標示により、運転者の進路認知が早まることが確認された。またランプ 1 での過剰な速度回復が抑制される傾向も確認されたが、これは進路認知が早まることで、分岐 2 の存在も認知されたことが一因と考えられる。また、改善案では基本計画に比べて、ランプの 2 車線のうち左の路面を注視している被験者が有意に多く、分岐 2 の左標識の注視時間が有意に少なくなっていた。いずれも安全運転を示唆する結果となった。

謝辞

本研究は、中日本高速道路株式会社東京支社交通情報サービス研究会交通心理部会での成果の一部である。

参考文献

- 1) 飯田克弘・遠藤貴樹・多田昌裕・蓮花一己・山本隆・中村大彦：大深度地下高速道路の JCT における車両および運転者の挙動の把握、第 38 回交通工学研究発表会論文報告集, Program No.55, pp. 345-352 (on CDROM), 2018.
- 2) 斎藤修三・織田正光・早川博・櫻井直樹・山本彰、黒崎 IC における路面と標識のカラー連携標示による交通誘導について、
- 3) 武田常広・C.Neveu・L.Stark：視線方向と目の焦点調節、テレビジョン学会誌 Vol.46, No.3, pp. 308~314 (1992)