

サッカーボードを用いた自転車走行者の 誘導サインに対する視線挙動分析

相知 敏行¹・山中 英生²・神田 佑亮³

¹学生員 工修 徳島大学大学院 先端技術科学教育部 知的力学システム工学専攻

²正会員 工博 徳島大学大学院 ソシオテクノサイエンス研究部 教授

(徳島県南常三島町2-1, TEL:088-656-7350)

³正会員 (株) オリエンタルコンサルタンツ (〒532-0003 大阪市淀川区宮原4-1-14)

E-mail:kanda@oriconsul.com

本研究では、実走行中の視点を分析できるアイマークレコーダーを用いて、対象物を見るときに注視を移す跳躍運動であるサッカーボードに着目し、サイン種と注視距離との関係を分析した。その結果、自転車乗車中の視線俯角は上向き・下向きの被験者に分かれており、路面表示は上向き・下向き型の自転車利用者に共通して近づくにつれてサッカーボードが多くなる傾向があることから、上向き被験者も注視しやすい誘導サインである。看板柱は距離帯ごとに注視挙動にばらつきがあることや、下向き型利用者の注視が少ない。架空看板は、路線途中で設置された徳島では近傍で注視されないことや、下向き型利用者には注視されにくい。といった結論が得られた。

Key Words : *bicycle sign, eye tracking, saccade, cyclists evaluation, road markings*

1. はじめに

近年、多くの都市で自転車に関わる交通安全性の向上や自転車の利用促進を目的として、自転車走行空間の整備が進められている。こうした整備では自転車利用の整序化が目指されているが、自転車の走行ルールや走行方法を現場で伝達する情報提示の方法については、サイズ、デザイン、設置方法などに関する基準はなく、研究も少ない。このため、全国で進められている自転車通行環境整備モデル地区の整備では、多様な誘導サインが設置されているにも関わらず、自転車利用者にとって、見やすく、理解されやすいものになっていない事例も見受けられる。自転車用のサインの効率的、有効な仕様・設置方法の検討が必要と言える。

本研究では、こうした検討のための基礎的分析として、自転車用の複数のサイン種に対する自転車利用者の視線挙動の特徴を把握することを目的とした。このため、携帯型アイマークレコーダーと頭部の姿勢を記録できるセンサを用いて、実際に複数のサインが掲出されている道路を実走行させて、視線挙動を計測し、特に、対象物を見るときに注視を移すサッカーボードに着目してサイン形状と注視距離との関係の特徴を分析した。

2. 自転車走行中の視線挙動分析

注視点分析に用いられるアイマークレコーダーは、視点移動を分析するための眼球の状態を撮影するアイカメラと、被験者が見ている範囲を撮影する視野カメラから構成されており、視野カメラで撮影した視野映像の上にアイカメラから解析した視線の位置(アイマーク)を重ねて記録するものである。頭部に装着するヘッドセットは軽量化が進み、自動車の実環境での運転時の注視分析などに用いられてきた。ただし、携行する必要がある解析記録装置が大型で重量があり、自転車の長時間計測は困難であったことから、既存研究ではシミュレータや短時間の移動計測が用いられている。既存研究では、下方に注意が向けられる傾向があることや、自動車に比べて注視範囲が狭いこと²⁾、交差点部では横方向へ注視する傾向³⁾などが報告されている。

一方、眼球運動に関する基礎的研究では、固視微動、追従運動、跳躍運動(サッカーボード)といった種類があり、特に対象物を見るときに高速に視線を移動させる跳躍運動(サッカーボード)の挙動は認知と関連性があり、空間において様々な対象を注視しようとする生理的な反応と見なされている。例えば、従来の実験研究をサーベイした研究⁴⁾では、サッカーボードは数回/秒(状況によって変化)

生じ、その移動間に300ms程度の停留（注視点が留まる）時間が生じ、その時間の最初の100-150msで視野中心近辺にある対象物を認知する」という仮説を示している。

本研究では、こうしたサッカードの仮説に着目して自転車通行空間のサイン種を注視する視線挙動の特徴を捉えることとした。

3. 本研究の調査内容

(1) 実験機材

本研究では、図-1、に示すように、被験者（学生）にアイマークレコーダーを装着させて、実道路を自転車で走行した。実験では軽快車を使用した。頭部には三次元姿勢センサを装着して、被験者の頭部の方位・仰角を記録した。三次元姿勢センサを付加することで、視線方向ベクトルを計測し、視線の上下方向を絶対値で求めることができる。また、荷台にビデオカメラを設置し、走行方向の横方向に向けて位置を撮影した。このビデオ映像から自転車が発進・停止した位置、各サイン位置を通過した時の時刻を読み取ることができる。この通過時刻をアイマークレコーダー、三次元姿勢センサの記録時刻と同期をとることで、自転車の走行位置を1/30秒ごとに推計して、これから、被験者から注視対象物までの距離を推計して求めている。実験では岡山11人、徳島10人調査を行ったが、アイマークのデータに欠損が少なかった11名を対象に分析している。



図-1 アイマークレコーダー・実験機材の装着状態

(2) 調査路線

研究調査の対象は徳島県徳島市国道192号(徳島駅前地区)、岡山県岡山市国道53号(岡山駅西口地区、岡山駅東口地区)である。いずれも自転車通行環境整備モデル地区に指定されており、自転車通行空間の整備を行っている。両地区を選定した理由は、架空看板、看板柱、路面表示や、それらの組み合わせにより案内誘導を行っており、比較できる多様なサイン種別があるためである。

(a) 徳島市国道192号徳島駅前地区

図-2のように、徳島市国道192号の徳島駅前地区で、全長1957.1mの連続柵で分離されて自転車の通行位置が明示されている自転車歩行者道の両側の歩道、および舗装材区分のある県道の一部を調査対象としている。

(b) 岡山市国道53号泉町および岡山駅前市役所筋

図-3に示す岡山市国道53号泉町の自転車道(片側)形式の構造区分された区間および、自転車レーンが整備されている駅前の市役所筋、全長で4006.3mのコースを調査対象とした。



図-2 徳島県徳島市国道192号 調査路線

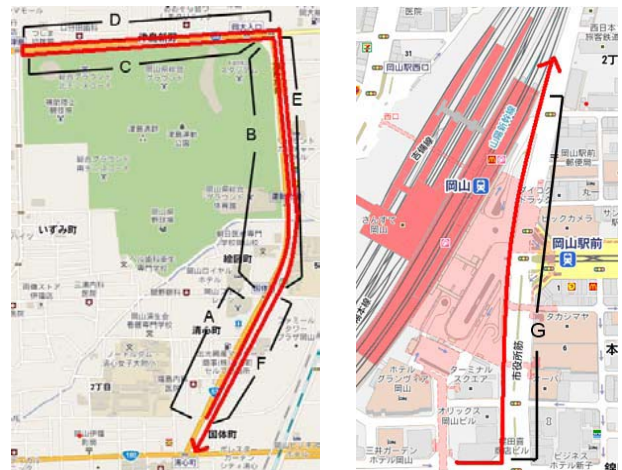


図-3 岡山県岡山市国道53号 調査路線

(3) 設置されている誘導サイン

表-1に実験コースに設置されている誘導サインの形状、表-2にそれぞれの諸元と掲出頻度を示す。架空看板は、歩道上の上空に掲出するもので、建築限界の基準を守るためサイン面の高さが2.5m以上確保する必要がある。

架空看板は歩行者と自転車の通行位置を示すもので、徳島では正方形サイズでマークのみであるが、岡山では旗型の横長で文字も表記されており、掲出頻度も徳島の5倍と数多く設置されている。

看板柱は歩行者と自転車の通行位置を示す歩道地上に設置したポール状のサインで高さは1000mm程度が多い。徳島では看板柱もマークのみで1150mmであるあるが、岡山では高さが1800mmと高く、幅の徳島よりも大きく、文字が併記されている。

ピクトグラムによる路面表示は、自転車の通行位置を示す法定サインであるため、岡山、徳島とも同一サイズである。掲出頻度は両地区で多少異なるが、基本的には

交差点等で空間が途切れて開始される部分に設置されており、本研究の分析では同一種のものとして扱った。

矢羽根型路面表示は、徳島は自転車の進行方向と位置を示すもので自転車マークを表記している。小型で繰り返されているため頻度も多い。岡山では青色のマークのみで、自転車の進行誘導のため、バス停等で自転車道が途切れた部分で自転車道への進入口に設置されている。文字路面表示は、岡山のみに設置されており、自転車道での「自転車」の表示と、自転車レーンでの「自転車専用」の2種類である。

表-1 設置されている誘導サインの形状








種別	形状	
架空看板 / 看板柱	徳島	岡山
		
路面表示	ピクト	
	矢羽根	徳島  岡山 
	文字	岡山 自転車道  岡山 自転車レーン 

表-2 設置されている誘導サインの諸元

種別	諸元	
架空看板	徳島 縦600横600高3660 頻度 1.0 個/km	岡山 縦300横2500高3000 頻度 5.7 個/km
	徳島 縦800横250高1150 頻度 5.1 個/km	岡山 縦1000横390高1800 頻度 1.3 個/km
路面表示	ピクト 縦690横1150mm 頻度 31.2 個/km (徳島) 20.5 個/km (岡山)	
	徳島 縦580横250 頻度：50.1 個/km	岡山 縦450横750 頻度：17.0 個/km
	岡山 縦2500横500 頻度：6.0 個/km	岡山 縦2500横500 頻度：1.5 個/km

4. 誘導サインに対する視線挙動の分析

自転車走行中に誘導サインまでの距離別に、誘導サインを注視した時間を分析した。ここでは、先に示した仮説をもとにして、サッカーの発生を判定し、発生後に注視した場合の「サッカー後第一注視」に着目した。

(1) サッカーの判定方法

サッカー判定には停留視の判定が行われるが、移動視では停留点の判定が困難なため、ここでは文献⁵⁾を参考して便宜的に以下のような判定方式を用いた。まず、アイマークレコーダーの記録より、1フレーム(約33ms)ごとに視線方向の移動角速度を計算し、これが100deg/sを超えた時をサッカーと判定した。また、サッカー後の第一注視については、サッカー発生後に5フレーム(約166ms)以内でサッカー状態が起きずに同一物を注視していた場合と定義した。図-4は、各種の誘導サインについてサッカー後の第一注視とその他の注視(サッカー後第一注視でないが視線方向が誘導サインに向けられた時間)について、注視対象までの距離帯別に集計し、各人のサイン種への全注視時間に対する構成率を求め、全被験者で平均した結果を示している。

(2) 架空看板の注視特性

徳島の架空看板では、20m以上離れた地点から視線が向けられている割合が高いが、サッカー後注視の割合は全体に小さく、しかも5m未満では注視されていない。これに対して、岡山の架空看板では20m以上の長い距離と5m未満の短い場合の両方でサッカー後の注視が高くなっている。徳島では比較的区間途中に設置されているのに対して、岡山では区間始まりに多く設置されていることが、以上の差異の原因と考えられる。

(3) 看板柱の注視特性

看板柱の結果では、視線が向かっている時間の多くが近距離でのサッカー以外の注視となっていることがわかる。一方で、サッカー後注視は特に短距離に集中することなく比較的分散して生じている。

特に徳島に比べてサイズが大きい岡山の看板柱では、長い距離にもサッカー後第一注視が見られ、架空看板と類似して傾向を見せているが、徳島では15m以上の遠距離にサッカー後注視が生じていない。

(4) 路面表示の注視特性

路面表示の場合は、他の表示と比べると短距離になるほどサッカー後注視もその他の注視も割合が大きくなる傾向が見て取れる。

徳島の矢羽根型路面表示では、注視の半分が前方5m以内、

90%が10m以内であり、15m以上離れると注視されない傾向がはっきりしている。このサインは小型サイズの繰り返しであることから、手前のサインに着目すれば認識できるという特徴が原因と考えられる。一方、岡山の矢羽根型路面表示では、サッカー道後第一注視の大半が前方5m以内のみに分布している。このサインは進路方向から外れた方向への誘導地点に複数個が連続して設置される

ことから、近傍に近づいて気づく傾向が生じていることが考えられる。

同様に交差点後などの区間開始部分に掲出されているピクトグラムの路面表示は10m程度の距離で注視されており、大型で複数文字が連続する文字路面表示（岡山）は5m以内の近傍でサッカー道後注視される割合が高くなっている。

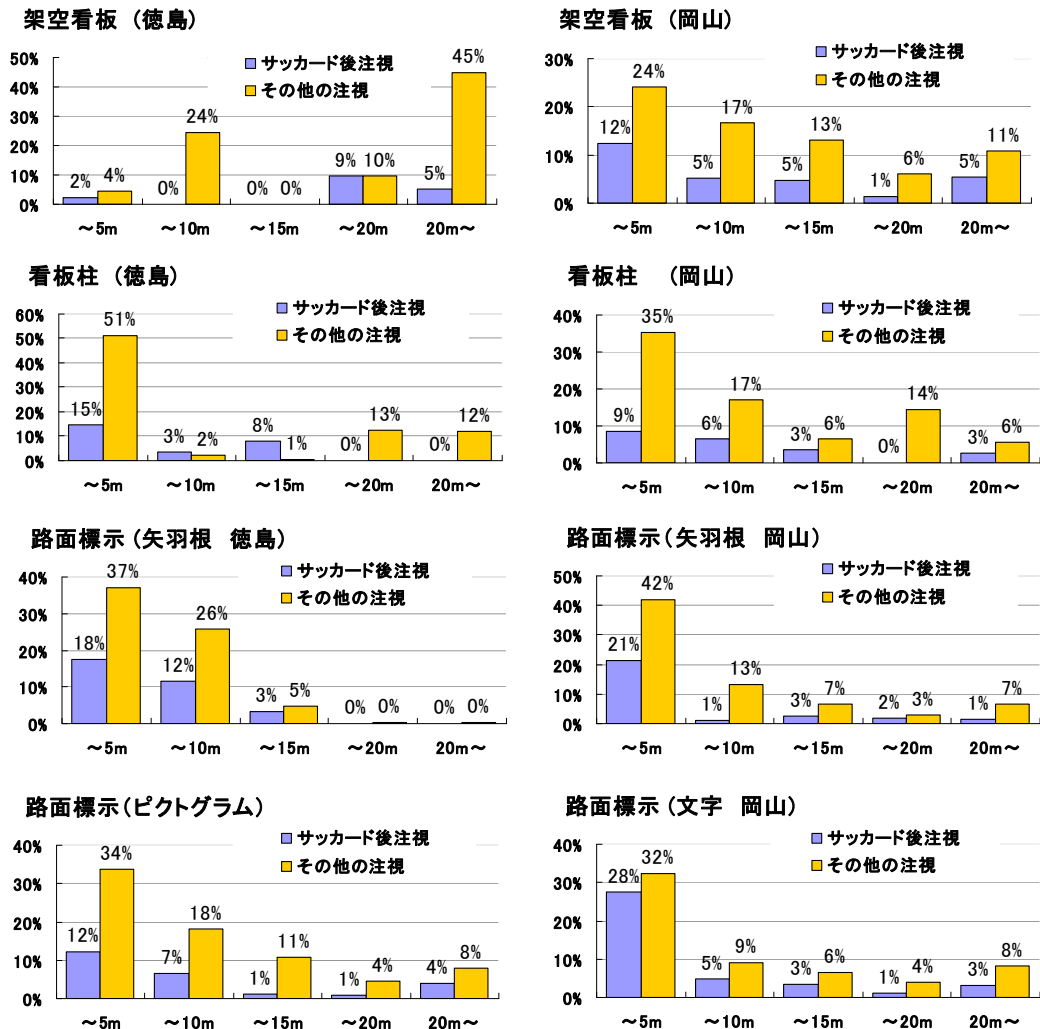


図-4 誘導サインの距離帯別の注視特性

5. 誘導サインに対する視線挙動の分析

(1) 被験者の視線俯角特性を考慮した分析

次に、自転車走行時の視線俯角の異なる被験者ごとに、注視特性を比較することとした。走行者11名の視線俯角の分布を図-5に示す。被験者のうち4名は下向き視線の傾向が見られ、他の被験者は比較的上向き（遠方）に視線が向く時間が長くなっていることが分かる。

上向きを主に注視している被験者と下向きを主に注視している被験者について、サッカー道後注視の距離帯特性を比較した結果が図-6である。

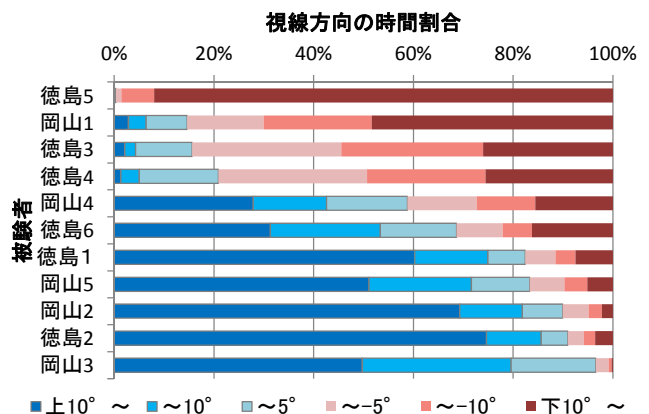


図-5 被験者の視線俯角特性

(2) 架空看板・看板柱の注視特性比較

架空看板では、下向き型の被験者は遠方からのサッカー後注視を全く行っていないことがわかる。上向き被験者は徳島では前20m以上離れた地点からのみ注視しているが、岡山の架空看板では、近傍と遠方の両方で注視する傾向が見られる。看板柱でも同様に、下向き型被験者では近傍でしか注視を行っていない。上向き型被験者では近傍とともに15m程度までの距離での注視行動が見られる。

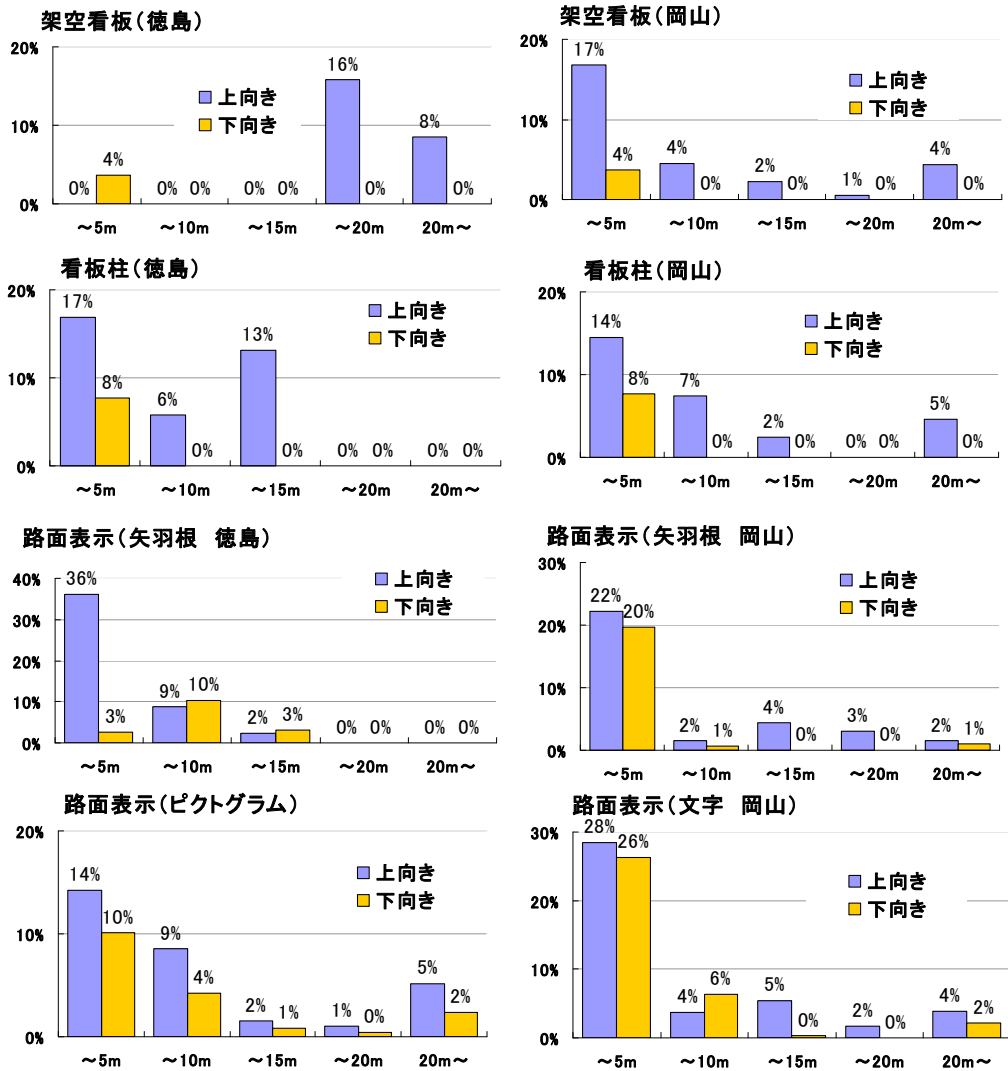


図-6 上向き型被験者と下向き型被験者の誘導サインの距離帯別の注視特性（サッカー後注視）

6. 各誘導サインの「分かりやすさ評価」と考察

実験では走行区間を走り終えた後に誘導サイン種別の写真を見せ、架空看板、看板柱、路面表示の3種類について、分かりやすさの順序を質問している。図-7は、その結果から1位を1点、2位を0点、3位を-1点として平均評点を計算した結果である。地区別と被験者の視線俯角の別に比較しているが、いずれの場合も路面の評価が高く、看板柱、架空看板の評価に差異はほとんど見ら

(3) 路面表示の注視特性比較

徳島の矢羽根型路面表示は、下向きの被験者は5m から10m で注視が多くなり、一方上向き被験者は5m 以内の近傍で多くなっている。比較的遠方から同一マークの存在を認識していることが伺われる。一方で、岡山の矢羽根表示は両者とも前方5m 以内で注視を行っている。

ピクトグラム、文字の路面表示では、上向き・下向きに大きな差異は見られず、近傍になるほど注視している割合が高くなっている。

れない結果となっている。

こうした結果と先に示した注視特性を考察すると以下のようなことが指摘できる。

a) 評価の高い路面表示については、サッカー後注視の距離帯別の発生割合は、その他の注視挙動と大きく変わらず生じている。このことは、サッカーによる注視が無理のない位置で生じていることを示していると考えられる。また、下向き・上向き型の自転車利用者とも共通して、距離が近づくにつれて頻度が高くなる傾向でのサ

サッカー注視が発生しており、特に、上向き型の利用者にも無理なく注視されていることが高評価につながっていると云える。

b)看板柱については、徳島の場合、距離が近づくにつれて高割合となる「その他の注視」と比較すると、サッカー後注視の発生パターンはやや異なる傾向が見られ、特に下向き型被験者は近傍のみで注視している。大型のサインを掲出して徳島よりも評価はやや良好な岡山の場合は、距離が近くなるほど注視が増す傾向はやや見られる。ただし、他は同様の傾向となっている。このように距離帯ごとの注視挙動のばらつきが生じることや、下向き者の注視が少ないこと、低評価と関係があるのではないかと思われる。

c)架空看板については、路線途中で設置された徳島では近傍で注視されていないこと、下向き型利用者にはごく近傍でサッカー後の注視が見られるものの割合が低くなっている。こうした注視されにくい特性が低評価と関連していると考えられる。

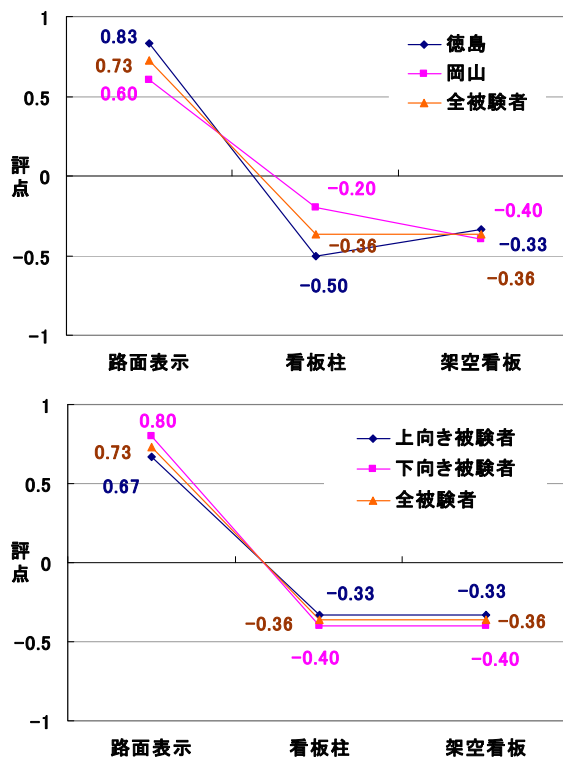


図-7 地区別・被験者の視線俯角特性別の誘導サインの分かりやすさに関する評価

7. おわりに

本研究によって得られた知見は以下のとおりである。

路面表示については、サッカー後注視の距離帯別の発生割合は、その他の注視挙動と大きく変わらず生じている。このことは、サッカーによる注視が無理のない位置で生じていることを示していると考えられる。実験

後のアンケート評価も高いことから走行区間に連続設置するのが効果的であると考えられる。

看板柱については、注視の発生パターンにばらつきがあるものの、距離が近づくにつれて注視回数が増えることから、遠方から気づくよう大型で、かつ、近くで内容を把握できるような形状にし、文節開始部に設置するのが効果的であると考えられる。

架空看板については、遠方からのみ注視される傾向があることから幹線道路横断前など、遠方から注視が必要な場合に設置するのが効果的である。また、路線途中でも連続設置することで注視回数は増えることから路線途中での連続設置は効果的である。

今後の課題として、同じ位置に複数の誘導サインが設置されていた場合の注視の推移行動を把握して、事前通知や繰り返し掲出の効果を検討する必要がある。また、サッカーに加えて、眼球運動のひとつである随従運動に着目し、誘導サイン連続設置の有効性の検証を行いたいと考えている。

謝辞

本調査は岡山国道事務所と徳島大学の共同調査による観測データを使用したものである。また、本研究は科学研究費基盤研究の助成を受けている。記して謝意を表する。

参考文献

- 1)加藤晃, 高橋政稔, 久保岩男: 坂路における自転車走行者の注視点テストについて 土木学会年次学術講演会第4部 Vol. 30, 1975, pp. 198-199
- 2)柴田直俊, 谷下雅義, 鹿島茂: アイマークレコーダによる自転車乗車時の視点挙動解析 土木学会年次学術講演会講演概要集第4部 Vol. 56 巻 2001, pp. 316-317
- 3)矢島拓弥, 後藤春彦, 遊佐敏彦: 自転車利用者の注視傾向に関する研究 —街路空間の比較分析を通じて—, 日本建築学会大会学術講演梗概集(東北), pp. 647-648, 2009
- 4)西島幹博, 山口孝之, 森晃徳: 注視点移動の基本的特性の研究, 信学技報, NC2007-131, 2008. 3, pp. 115-120
- 5)坂尚幸, 板倉直明, 坂本和義, 北本拓: サッカー情報を考慮した注視と停留の違い, 日本整理人類学会誌, Vol15, No. 1, 200. 2, pp. 17-22
- 6)相知敏行, 山中英生, 北瀬弘康, 神田佑亮: 自転車走行時の注視分析とサイン種別の評価, 土木計画学研究・講演集, No. 43