

自転車走行時の注視分析とサイン種別の評価

相知 敏行¹・山中 英生²・北瀬 弘康³・神田 佑亮⁴

¹非会員 徳島大学大学院 先端技術科学教育部 (〒770-8506 徳島市南常三島町2-1)

E-mail: toshi1026aa@yahoo.co.jp

²正会員 徳島大学教授 大学院ソシオテクノサイエンス研究部 (〒770-8506 徳島県南常三島町2-1)

E-mail: yamanaka@ce.tokushima-u.ac.jp

³非会員 国土交通省中国地方整備局 道路部 道路計画課 (〒730-8530 広島市中区上八丁堀6-30)

E-mail: kitama-h2wm@cgr.mlit.go.jp

⁴正会員 京都大学助教 大学院工学研究科 (〒615-8504 京都市西京区京都大学桂4)

E-mail: kanda@trans.kuciv.kyoto-u.ac.jp

自転車通行環境整備モデル地区等の整備が進む中で、自転車サインには多様な試みが見られるが、走行する自転車からの視認性への配慮が十分とは言えない状況にある。本研究では、走行中に計測が可能なアイマークレコーダーを用いて自転車運転中の多様なサインに対する注視特性を分析し、効果的な自転車通行空間でのサインの使い方を検討した。この結果、サイン種別毎の注視分析から、架空看板は注視している距離が長く、遠方からのみ注視されるため、交差点部での設置に適しており、看板柱は遠方で気づき、近くで内容を把握していることから文節部の設置に、路面表示は注視距離が近づくにつれて注視される割合が高くなり、視認性が比較的良好であり、路線内の連続設置が効果的であることが分かった。

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

1. はじめに

近年、多くの都市で自転車に関わる交通安全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、自転車利用の整序化が目指されている。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。

自動車の案内標識については、視認性に関する基礎的研究^{1),2)}として、鉛直面に表示される案内標識の視認性については見込角と判読距離の関係から仕様が提案されている^{3),4)}ほか、路面表示についても、縦・横幅に対する見込角を算出し、視力と見込角の関係を比較し、自動車用路面表示が提案されている³⁾。しかし、自転車に関する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。自転車用サインについても、視認性の視点からの仕様・設置方法の検討が必要と考えられる。

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、サイン形状と注視距離との関係の特徴を分析した。

2. 自転車走行中の注視点分析

視点分析に用いられるアイマークレコーダーは視線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、2台のカメラを用いて、視野カメラで撮影している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。近赤外線照明の角膜反射像(ブルキニエ像)の位置と瞳孔中心位置の相対的な距離から視野映像に対するアイマークを検出する瞳孔角膜反射方式などが用いられている。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ため、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きた。既存研究では、下方に注意が向けられる傾向があること⁵⁾や、自動車に比べて注視範囲が狭いこと⁶⁾、交差点部では横方向へ注視する傾向⁷⁾などが報告されている。

解析記録装置が 1kg 程度に軽量化され、徒歩や自転車での計測が可能なアイマークレコーダー(EMR-9)での基礎的研究では、自転車専用レーンなどのカラー舗装によって自動車と歩行者から分離された地点における高速走行では、視野が相対的に狭くなること⁸⁾や、交差点部など段差の生じる地点では路面方向に注意が及び、カーブの生じる地点では進行方向を調整するため、遠方方向に注意が及ぶこと⁹⁾などが明らかとなっている。

本研究では、実環境での自転車走行時の注視特性を把握し、特に誘導サインの種別による注視特性、認識度を比較して、自転車用サインの種別による評価を明らかにすることを目的とした。

3. 本研究の調査内容

本研究では、図-1 に示すように、被験者にアイマークレコーダーを装着させ、実道路を自転車で走行した。本機材は、1/30 秒ごとに視野映像に被験者の視点位置の記録を行った。本機材で得られた記録画面を図-2 に示す。なお、以後の分析では、3 コマ(0.09 秒)以上同じ対象に視点が停留している時を注視とし、評価を行った。

実験では軽快車を使用した。頭部に三次元姿勢センサ(MicroStrain 社製 3DM-GX3)を装着して、被験者の頭部の姿勢方向を記録した。これから、アイマーク計測の視線方向ベクトルを頭部の姿勢で補正して、視線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。このビデオ映像を用いて、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った。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 1/10 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。

実験では徳島 10 人、岡山 11 人の調査を行った。アイマークのデータ欠損が少なかった徳島 6 人、岡山 7 人を対象に分析した。分析対象とした被験者の

個人属性を表-1 に示す。

なお、走行時に被験者が意識して誘導サインを注視することを避けるため、事前には誘導サインの効果を検証するための実験とは知らせず走行させている。そして、走行終了後に、設置されていた誘導サインの写真を各被験者に見せてアンケートを行っている。



図-1 アイマークレコーダー・実験機材の装着状態



図-2 アイマークレコーダー記録画面

表-1 被験者個人属性

	性	年齢	視力	矯正等	区間利用頻
徳島	男	21	1.5	コンタクトレンズ	週に3~5回
	女	20	1.5	-	ほぼ毎日
	男	33	0.5	-	週に1~2回
	男	32	1.5	コンタクトレンズ	週に1~2回
	男	35	1.0	-	週に1~2回
	男	23	0.8	-	週に1~2回
岡山	男	22	1.5	コンタクトレンズ	月に1~2回
	男	39	1.2	-	週に1~2回
	男	21	1.0	-	週に3~5回
	女	20	0.8	コンタクトレンズ	週に3~5回
	男	22	1.2	コンタクトレンズ	週に1~2回
	男	19	1.0	コンタクトレンズ	週に1~2回
	男	18	1.0	-	ほぼ毎日



図-4 岡山県岡山市国道53号 調査路線



図-3 徳島県徳島市国道192号 調査路線

4. 本研究の調査内容

研究調査の対象路線は、徳島市の国道192号(徳島駅周辺地区)、岡山市の国道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いる。両地区を選定した理由は、架空看板、看板柱、路面表示など多様なサインが掲示されており、多様なサイン種に対する注視特性が比較できるためである。

(1) 徳島市国道192号徳島駅地区

図-3に示す徳島市国道192号の徳島駅前地区は、全長1957.1mであり、連続柵で分離されている。自転車の通行位置が明示されている自転車歩行者道(自転車通行部分幅は2m対面通行)、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。

(2) 岡山市国道53号泉町および岡山駅前市役所筋

図-4に示す岡山市国道53号泉町の自転車道(幅員2m対面通行)形式で構造区分された区間、自転車レーン(レーン幅1.5m)が整備されている駅前の市役所筋の全長4006.3mを調査対象とした。

5. 評価対象自転車サイン

表-2に対象地区に設置されている自転車サイン種別の形状を示し、表-3には、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、建築限界基準のためサイン下面の高さが2.5m以上確保されている。架空看板は歩行者と自転車の通行位置を示すもので、徳島型は正方形サイズでマークのみであるが、岡山型は旗型の横長で文字も表記されている。徳島では路線途中に設置されているが、岡山では交差点横断後の区間開始地点に設置されていて、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、徳島型はピクトグラムのみが掲示されており、高さは1150mmである。岡山型は高さが1800mmと高く、自転車乗車時の目線水平位置にサインが表記されている。幅も徳島よりも140mm広く、文字が併記されている。

自転車の通行位置を示す法定サインである自転車のピクトグラムによる路面表示は、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、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、本研究では同一種として扱った。

徳島で設置されている矢羽根型路面表示は、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

表-2 対象地区の誘導サイン種別








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-3 対象地区の誘導サインの諸元

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	
看板柱	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)	
	矢羽根	徳島 縦 580 横 250 頻度 : 50.1 個/km	岡山 縦 450 横 750 頻度 : 17.0 個/km
	文字	岡山 縦 2500 横 500 頻度 : 6.0 個/km	岡山 縦 2500 横 500 頻度 : 1.5 個/km

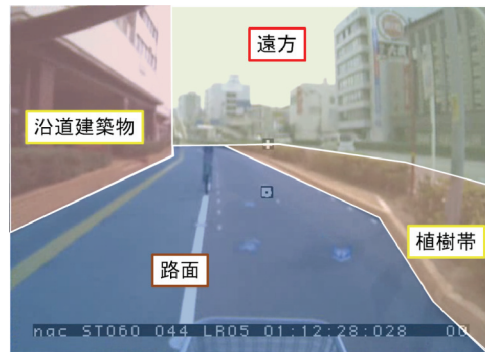


図-5 視線方向の設定

記している。小型で同一方向のマークが 15m 間隔で千鳥に繰り返されているため、掲出頻度が多いサインとなっている。この連続型サインは、視認時間が確保しにくいいため見落としが生じやすい単一サインの視認性を向上させることを目的として考案されたものである¹⁰⁾。

岡山で設置されている矢羽根サインは青色着色のみの形状で、バス停等で自転車道が途切れた部分や、自転車道の開始場所に自転車の進行誘導のため進入口に設置されている。

文字による路面表示は、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。

実験は夏休み期間の平日の昼間で、歩行者・自転車の少ない時間帯に実施しており、移動交通主体によるサイン視認性への影響は少ないと考えられる。

自転車レーンについても、レーン幅員が 1.5m と安全感が確保されていることから、自動車交通の影響は少ないと考えている。

6. 自転車走行時の視線方向特性

アイマークレコーダーの視野カメラに記録されている映像より、図-5 に示すように、沿道建築物、植樹帯、遠方、路面、誘導サイン、自歩道上の自転車と歩行者、車道上の車、信号に分類して、自転車走行時の注視点の時間の割合を算定した。その結果を図-6 に示す。

遠方(前方)、沿道建築物・植樹帯(側方)、路面(下方)の三方向に視線が向かっている時間割合の合計は約 70% で両地区とも同程度になっている。また沿道建築物・植樹帯などの側方部分は両地区とも 20% 程度であるが、徳島では路面 22%、遠方が 29% に対して、岡山では路面 33%、遠方 15% と路面への注視が多くなっている傾向が見られた。また、誘導サインに対する視線方向割合は徳島では 2%、岡山では 3% であった。

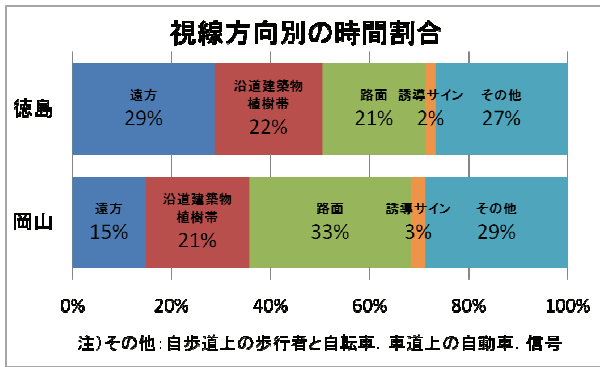


図-6 視視方向別の時間割合

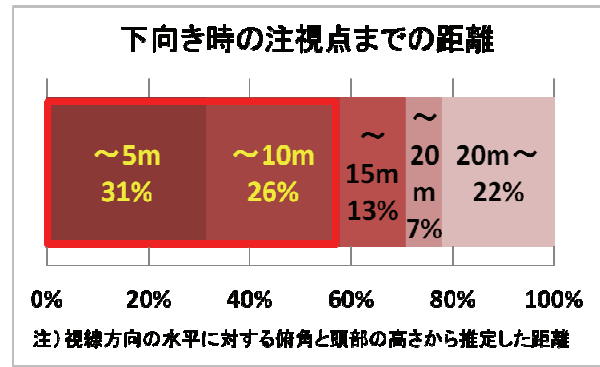


図-8 下向き時の注視点までの距離

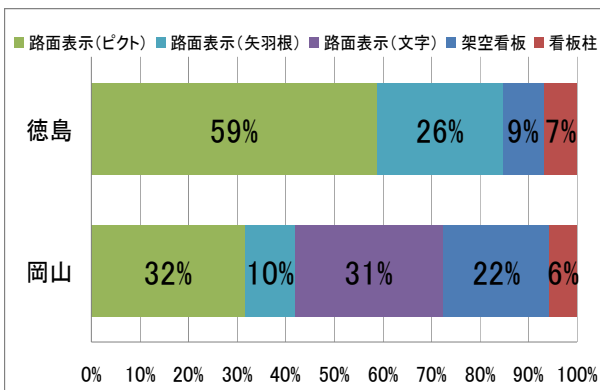


図-7 徳島・岡山の注視時間割合

7. サイン種別別の注視率

サイン種別別の注視時間の割合を示したのが図-7である。両地区とも路面表示の注視割合が高く、主に路面表示に従って進行していると考えられる。岡山では、一定間隔で多く設置されている架空看板の注視割合が高くなっており、路面表示に対する注視時間の割合は徳島と比較すると低くなっている。ただし、自転車道進入地点には文字による路面表示が設置されているため、これに対する注視時間が多く見られる。

8. 走行時の路面注視距離

下向き時の注視点までの距離の分布を示したのが図-8である。ここでの距離は視線方向の水平に対する俯角と頭部の高さから推定した値である。走行時の57%が10m以内の範囲で注視をしていることが分かる。下向き時の約6割が前方10m以内を見ていることから、路面提示の場合は、10m程度で判読できる形状のサインを設置するのが効果的と考えられる。

9. 各誘導サインの注視特性の分析

次に、走行中に誘導サインを注視した時の距離に着目してサイン種別による注視特性を比較した。ここでの距離は、前述したとおり、自転車の走行位置を1/10秒ごとに推計して、被験者から注視対象物までの距離を推計したものである。図-9は、各種の誘導サインに対する着視と注視を距離帯別に集計し、各人のサイン種への全着視と注視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。また、サイン表示部分の見込角を縦・横方向で算定し、そのうち小さな値となる見込角についてそれぞれの距離での値を線グラフで示している。路面表示に関する既存研究¹¹⁾では、見込角が1度から2度以上でマーク種別を判読できるとしている。

なお、架空看板で30m、その他の種別で20m以上離れた場合も注視が生じているが、見込角が小さくなり、内容は認識できていないものと考えられるため、表示から外している。

(1) 架空看板の注視特性

架空看板は他のサインと比して大型で見込角が大きいにも関わらず、近傍で注視される割合が他のタイプと比して小さいことが分かる。特に、徳島のは近傍ではほとんど注視されていない。徳島のサイン板は正方形のため見込角は岡山のものよりも大きくなっているが、掲出面の高さが高いことや、岡山では交差点部などの通行区間の始まる地点に多く設置されているのに対して、徳島では路線途中に設置されていることが、視認されにくい原因であると考えられる。

(2) 看板柱の注視特性

看板柱は近傍になるにつれて注視割合が増加する傾向が見られる。見込角から判断して10m程度の

距離からは、内容を認知できていると考えられる。ただし、徳島の看板柱は比較的遠方でも注視が見られる。この距離では、見込角からみて、内容を認識できているとは判断できないが、岡山の看板柱と比べるとピンクとグリーンのツートーンカラーの誘目性のあるデザインとなっていることから、比較的遠方で気づいていることが考えられる。

(3) 矢羽根型路面表示の注視特性

矢羽根型路面表示も近傍になるにつれて注視割合が増加する傾向が見られる。ただしサイズが小さいことから、看板注に比べより近傍で注視を行っている。徳島の矢羽根型路面表示は着視の81%、注視の87%が前方10m以内で生じ、さらに見込角から判断すると5m以内の距離で内容を認識していると考えられる。特に、岡山の矢羽根型路面表示は、注視の47%が前方5m以内に分布している。このサインは

進路方向から外れた方向への誘導地点に設置されていることから、近傍で気づく傾向があると考えられる。これに対して、徳島の矢羽根型サインは路線全体にはほぼ均等に配置されており、5mから10mにあるサインへの注視が、岡山に比べて高くあっており、連続配置のため、より手前でサインに気づく傾向が高まっていると言える。

(4) ピクトグラム路面表示の注視特性

ピクトグラム路面表示も、矢羽根サインと同様、近傍になるにつれて注視割合が増える傾向が生じているが、矢羽根サインに比べると近傍での注視の割合は小さくなっている。これは、法定サインは区間の開始、終了部分に設置されており、文節性のあるところでの掲出になっておりことが影響していると考えられる。

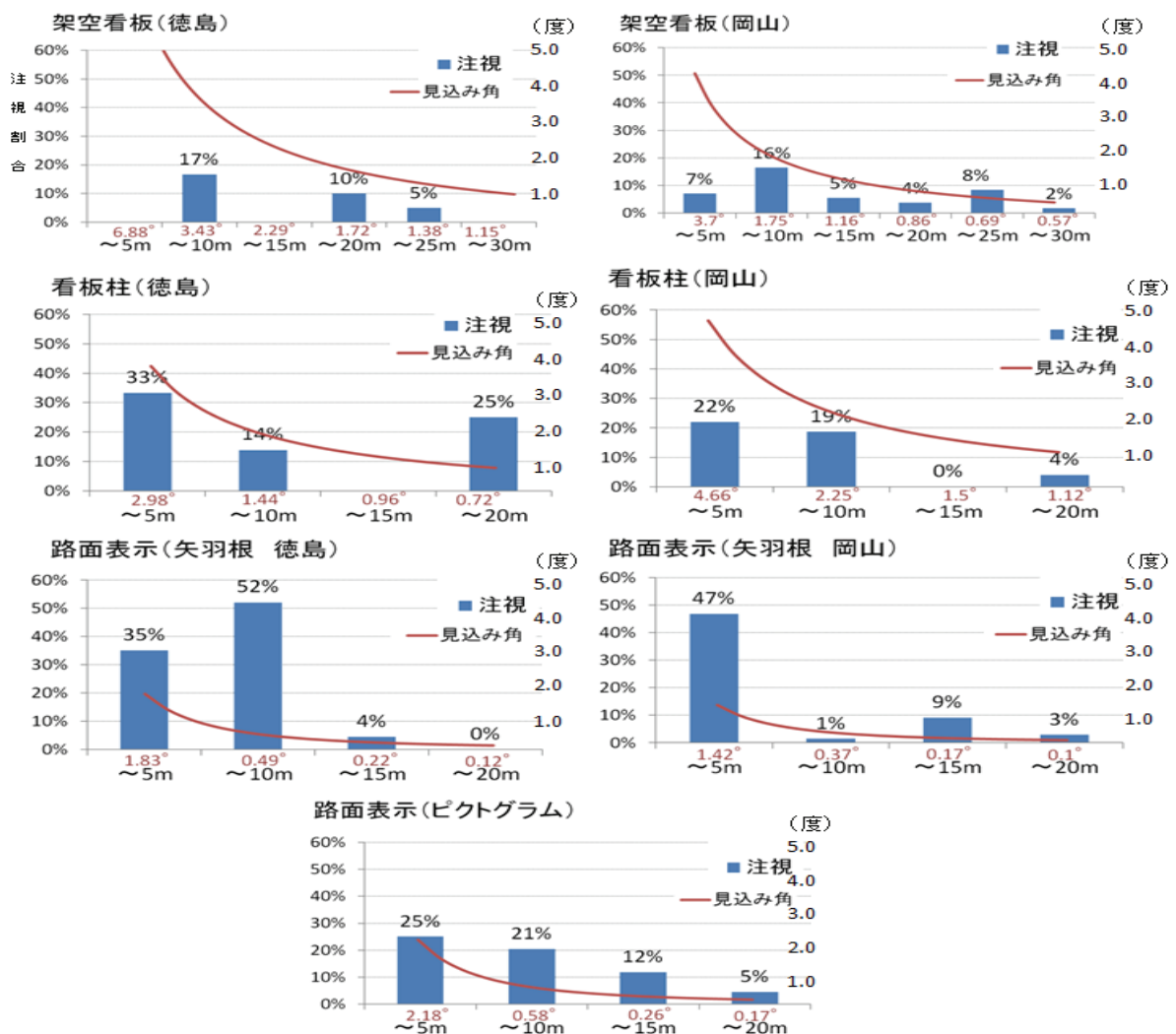


図-9 誘導サインの距離帯別の注視特性

10. 各誘導サインの注視特性の分析

実験では走行区間を走行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た。図-10は、その結果から1位を1点、2位を0点、3位を-1点と評点を設定して平均評点を比較した結果である。この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。

(1) 路面表示の評価

路面表示は、両区間で評価が高くなっている。遠方で存在が確認され、近傍で注視されることで、内容を認識しやすい誘導サインになっていると考えられる。

(2) 看板柱の評価

看板柱は、路面表示と比べると評価はやや低くなっている。地区を比較すると岡山の看板柱は、徳島に比べて高い評価となっている。岡山の看板柱は文節部に多数設置されており、横長で大型であったことが関係していると考えられる。一方で、徳島の看板柱は、カラーの誘目性のため比較的遠方での注視が見られたが、ピクトグラムが小さいことから提示内容が認識できないことが低評価の要因と考えられる。

(3) 架空看板の評価

架空看板については先の2種類に比べて低評価である。特に、路線途中に設置された徳島では低評価となっており、走行中に気付きにくい特性が関連していると考えられる。

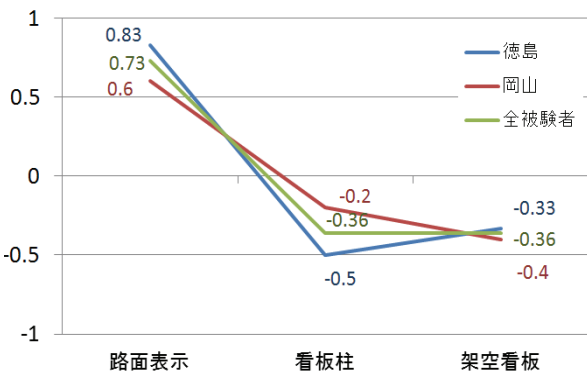


図-10 地区別の誘導サインの分かりやすさに関する評価

11. おわりに

本研究で得られた知見は以下の通りである。

自転車走行時の視線方向は沿道、前方の遠方、路面の三方向に視線が向かっている時間割合は2地区とも約70%であった。中でも路面を注視した際の注視点までの距離は前方10m以内が57%を占めており、誘導サインなどの対象物は10m以内で認知していると考えられる。

各誘導サインの注視特性を見ると、路面表示は近傍での注視率が高く、アンケート評価が高いことから最も情報提示性の高い誘導サイン種である。したがって、路線途中に連続設置することが効果的であると考えられる。

看板柱は、近傍になるにつれて注視されるが、路面標示に比して視認性が高くないことから、速度低下の生じる文節開始部に設置するのが効果的である。

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ため、幹線道路交差点横断前など、遠方から注視が必要な地点に設置するのが効果的である。

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る場合の注視の推移挙動を把握して、事前通知や繰り返し掲出の効果についても検討する必要がある。

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補助金基盤研究(B)の助成を受けている。記して謝意を表す。

参考文献

- 1) 交通工学ハンドブック(2005年版), 第21章 道路標識および道路標示, 2005.
- 2) 全国道路標識業境界: 道路標識に関する基礎的研究—交通工学研究会路面表示研究委員会報告書一, 第三部 路面表示の視認性, 1967.
- 3) 日本道路協会: 道路標識基準・同解説, 1978.
- 4) 日本道路協会: 道路標識基準・同解説, 1986.
- 5) 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, pp. 198-199, 1975.
- 6) 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, pp.316-317, 2001.
- 7) 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.
- 8) 大川高典, 吉田長裕, 日野泰雄, 内田敬: 自転車乗車時の走行環境に対する視認特性と挙動に関する実験的研究, 土木計画学研究・講演集, No. 43, 2011.

- 9) 神田佑亮, 北澗弘康, 阿部宏史, 橋本成仁, 山中英生 : 自転車乗車中の注視特性を考慮した自転車走行空間の案内誘導方策に関する一考察, 土木計画学研究・講演集, No. 43, 2011.
- 10) 亀谷友紀, 山中英生 : 自転車通行空間におけるカラー連続型路面サインの効果分析, 交通工学研究発表会論文集, Vol. 30, pp. 317-32, 2010.
- 11) 山中英生 : 自転車走行誘導のための路面標示に関する実験分析, 日本道路会議, Vol. 29, No. 1062, 2011.

(2012. 2. 25 受付)

EVALUATION STUDY OF SIGNAGE TYPE THROUGH THE ANALYSIS OF EYE FIXATION OF CYCLISTS

Toshiyuki SOUCHI, Hideo YAMANAKA, Hiromichi KITAMA and Yusuke KANDA

Although various kinds of signage for bicycles have been adopted in trial projects to improve bicycle friendly street environment in Japan, it is not enough to consider the visibility for cyclists in many cases. The aim of this study is to evaluate bicycle signage type and propose the principle of the arrangement, by analyzing the characteristics of eye fixation to in bicycling. As results, the side mounted or overhead sign is gazed form long distance and is appropriate to set at junctions. The post sign is noticed from a distance, recognized from near and is appropriate to set at start point of street sections. The fixation rate of road surface markings becomes higher in approaching. Road surface marking has good evaluation in visibility and is appropriate to be installed at intervals along the cycling space.