

自転車乗用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

大川 高典¹・吉田 長裕²・日野 泰雄³・内田 敬⁴

¹学生会員 大阪市立大学大学院 工学研究科 (〒558-8585大阪市住吉区杉本3-3-138)

E-mail: ookawa@plane.civil.eng.osaka-cu.ac.jp

²正会員 大阪市立大学大学院 工学研究科

E-mail: yoshida@plane.civil.eng.osaka-cu.ac.jp

³正会員 大阪市立大学大学院 工学研究科

E-mail: hino@civil.eng.osaka-cu.ac.jp

⁴正会員 大阪市立大学大学院 工学研究科

E-mail: uchida@civil.eng.osaka-cu.ac.jp

近年、車道上自転車走行空間整備の取り組みが始まっているが、自転車の制御・案内・誘導のための情報提示技術の基準は明確でない。また自転車利用者の視点と挙動を同時に扱った事例はほとんどなく、それらに基づいた路面標示や看板、道路標識の整備に関わる知見を得ることは有用性が高いと考えられる。本研究では、自転車専用レーンの整備された地区において、自転車乗用時の視線と挙動を計測する実験を行った。その結果、自転車専用レーンでは高速走行により視野が相対的に狭くなり、看板や道路標識に比べ路面標示は注視及び認知されやすく、繰り返し設置されているほうが注視されやすい傾向を示した。

Key Words : 自転車専用レーン、視認特性、挙動、情報提示技術、アイマークレコーダ

1. はじめに

近年、自転車走行環境整備モデル地区の指定により車道上自転車走行空間整備の取り組みが始まっている。しかし自転車の制御・案内・誘導のための、路面標示や看板、道路標識（以降は路面標示等）といった自転車利用者に対する情報提示技術の基準は明確でない。既往研究では、ビデオ解析等を用いて、自転車の実態分析が多く試みられているが、自転車利用者の走行環境に対する認知とそれに対応した挙動を同時に扱った事例はほとんどない。それらに基づいた路面標示等の整備基準のあり方について知見を得ることは、有用性が高いと考えられる。

本研究では、実際の自転車走行環境の整備された地区において、実走行実験を行うことにより、自転車乗用時の走行環境に対する注視特性と挙動を把握し、路面標示等に対する視認特性を明らかにすることを目的とした。

2. 研究方法

(1) 研究対象地区と走行コース

本研究は、兵庫県尼崎市の自転車専用レーンとその周

辺を対象として行った。走行実験では、単路区間として自転車専用レーン、車道路肩、通行帯区分なし自歩道、カラー区分あり自歩道の4つの通行帯タイプ、特殊区間として自転車専用レーン出入口、自転車専用レーンへの合流、カラー舗装のない区間が長い交差点を加え、計7つの異なる走行環境を含むコースを設定した。

(2) 視線及び挙動計測のための走行実験

走行実験は、20代の学生8名を対象にアイマークレコーダを用いた視線計測と、自転車に計測機器を装着し、走行速度、加速度、ハンドル操舵角、ブレーキ操作量を計測する実験を行った。コースの詳細な情報は与えず、調査員が後ろから伴走し、走行位置を指示した。安全面を考慮し、被験者には無理な追い越しはしない、歩道走行時は無理にスピードを上げない等の指示を与えた。

アイマークレコーダのみでは路面標示等の認知を判断できないため、走行実験終了後にヒアリングで確認した。

(3) 注視特性に関する指標の定義

本研究で用いた注視特性の指標を以下に示す。

1)注視時間：視野映像において、16×16に分割された同一範囲に視線が存在し続ける時間

- 2)注視距離：被験者から対象までの距離
- 3)注視範囲：視線の移動する範囲
- 4)注視対象：視線の向いている対象物

既往研究¹⁾により、視覚的認知には少なくとも0.15s以上必要であると述べられているため、本研究でも注視時間が0.15s以上の注視対象を分析対象とした。

(4) 析対象の被験者

分析は視線データが良好に計測された3名の被験者を対象に行う。被験者の属性を表-1に示す。

表-1 分析対象被験者の属性

被験者	A	B	C
年齢	22	25	23
性別	男	男	男
視力	1.0	1.0	0.3
普段の自転車利用	ほぼ毎日	1ヶ月に3、4回	3、4年ぶり
実験地区走行経験	なし	あり	なし

3. 注視特性と挙動の関連分析

(1) 単路区間における比較

設定した単路区間を通行帯タイプ毎に比較した。全員が自転車専用レーンで平均走行速度は最大となり(表-2)、他の通行帯との間に有意差を確認した。同じ車道走行に分類される車道路肩と比べて、カラー舗装により車道と区別され、自動車との距離が離れていることで、高速走行しやすいと考えられる。また歩道上走行の自歩道では、歩行者や自転車とのすれ違いにより速度が低下するものの、カラー区分あり自歩道は通行帯区分なし自歩道より、僅かではあるが平均走行速度は高くなることを確認した。

一般的に、高速走行時の視野は狭いと考えられ、自転車専用レーンでも同様であるという仮説のもとに注視特性を通行帯タイプ毎に比較した。その結果、自転車専用レーンの注視時間は他と有意差はなかったが、水平及び鉛直方向注視範囲の分散が、A、Cでは自転車専用レーンで小さく、逆にBでは大きくなった。そこで、各通行帯タイプにおいて5秒間毎の平均走行速度と注視範囲の分散の分布をみた(図-1)。その結果、自転車専用レーンでは走行速度が高い位置に多く分布しているものの、走行速度と注視範囲の分散には明確な相関関係は見られなかった。高速走行時に分散は小さくなる傾向にあるものの、走行速度に因らず注視範囲は低い分散を示し、視線は中心に集まりやすいと考えられる。

次に、走行状態の安定度と視野との関係を見るために、ハンドル操舵角と注視範囲について分析した。ハンドル操舵角の分散は、通行帯タイプの差は見られなかった。また、どの被験者についても、ハンドル操舵角の分散が

表-2 通行タイプ別の平均走行速度

走行速度 (m/s)	自転車専用レーン	車道路肩	通行帯区分なし自歩道	カラー区分あり自歩道
A 平均	4.54	3.59	3.70	3.76
A 分散	0.12	1.05	0.15	0.05
B 平均	3.96	3.15	3.32	3.40
B 分散	0.16	0.26	0.05	0.10
C 平均	3.32	2.62	2.78	2.94
C 分散	0.45	0.39	0.19	0.04

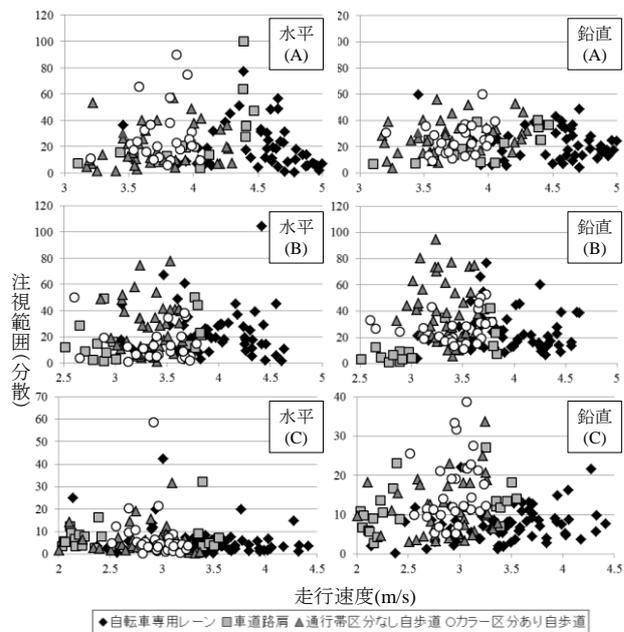


図-1 走行速度と注視範囲の散布図

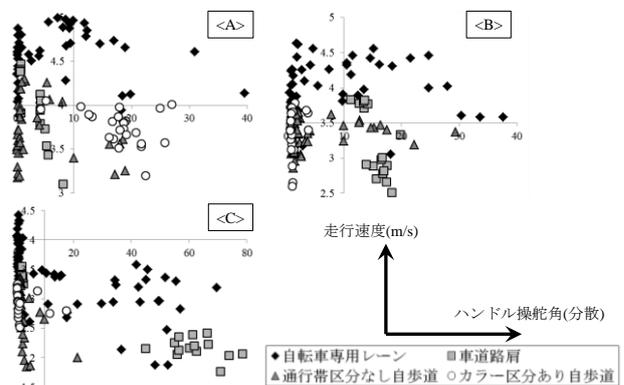


図-2 走行速度とハンドル操舵角の散布図

小さい位置で注視範囲の分散は大きくなる傾向を確認できた。つまりハンドルの揺れが大きいと、通行帯に関わらず、視野は狭くなると考えられる。また、速度とハンドル操舵角の関係を見ると(図-2)、個人差はあるものの、走行速度の低い場合にハンドル操舵角の分散が大きい値をとっていることがわかる。以上のことから、自転車走行時の注視特性は、走行速度および走行の安定度の影響を受け、図-1に示すような、山形の傾向を示すものと考えられる。

(2) 特殊区間における比較

既往研究²⁾で、交差点等の沿道環境が複雑な場合、注視範囲が広いとされていることをふまえ、特殊区間3パターンを単路区間と比較する。図-3は走行速度、ハンドル操舵角、注視範囲を走行区間順に表しており、単路A、B、C、Dはそれぞれ自転車専用レーン、車道路肩、通行帯区分なし自歩道、カラー区分あり自歩道である。まずハンドル操舵角は前半に分散が大きく、後半から減少しているため、区間の違いでなく、時間経過に伴う慣れの影響と考えられる。区間別にみると、出口1の区間では、以前の区間と注視範囲に大差はないが、入口2の区間では、水平または鉛直方向注視範囲の分散が増加する傾向が見られる。合流1では走行速度は低く、注視範囲の分散値は増加しており、入口1や2よりも大きい。

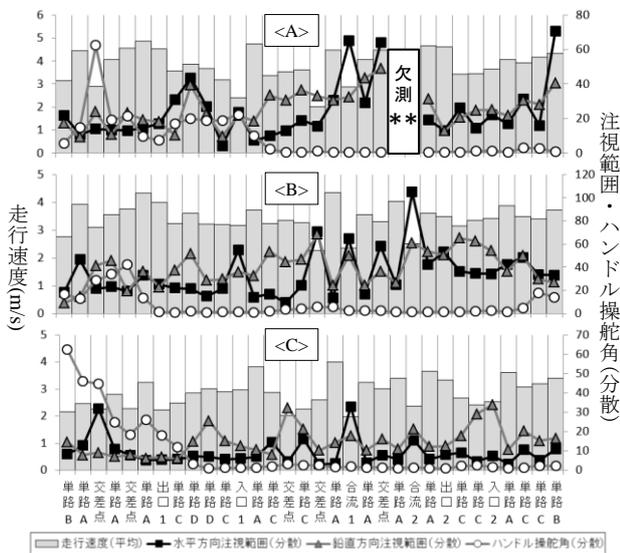


図-3 区間別の注視特性と挙動

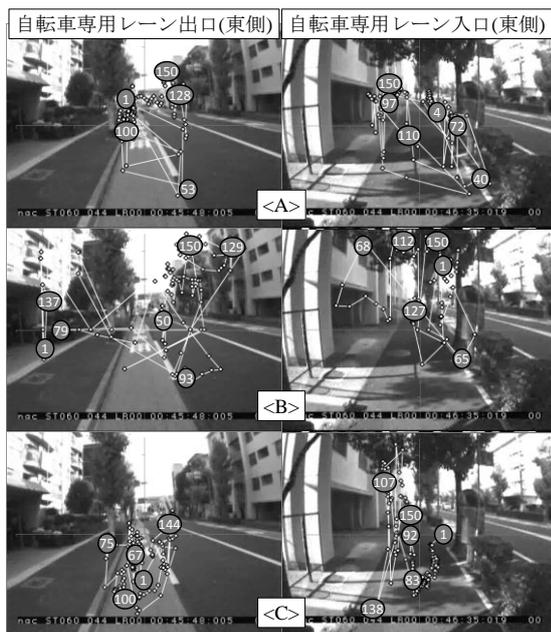


図-4 出口2及び入口2での視線の軌跡

次に出口2と入口2の後半5秒間の視線軌跡を図-4に示す。30データ/秒で計測しているため、1~150の順で視線軌跡を表す。出口2では、初めはやや左側に集まり、中盤で一旦路面に視線を向け、出口直前では進行方向の先に視線が移動する傾向がある。また入口2では、共通した視線移動は確認できず、Aは視線が前半に右側の入口付近、後半は進行方向先の順で移動している。Bはどちらも視線は広く移動し、自転車経験の未熟なCは中心に視線が集まり、視線の移動範囲も狭い。

以上より、入口や合流区間では個人差はあるものの、比較的注視範囲は広く、その要因として自転車専用レーンへの進入箇所の探索や、車道への進入時に自動車や自転車の飛び出しを警戒して周辺に注意を払っている結果と考えられる。

4. 路面標示等に対する視認特性の分析

(1) 路面標示等に対する注視特性

注視対象別に注視特性を比較すると、設置数に対する注視数は路面標示が多く、次に看板の位置が高いもの、低いもの、道路標識である(表-3)。位置の高い看板は歩道橋に設置され、他より大きく目につきやすいと考えられる。しかし、Cが位置の高いものを全く見ていないことから、位置の高いものは注視されにくいと考えられる。

また路面標示と看板との視界における注視位置の分布の違いをみると(図-5)、路面標示については、水平、鉛直共に σ 範囲内に52%、 2σ 範囲内に92%があり、視界の中心から下方で注視している。看板は、 σ に62%、 2σ に94%に集まり、路面標示よりも視界中心付近からやや左側で注視している。これは看板の多くが歩道と車道の間に設置されていることの反映された影響である。路面標示が視界下方で注視されているのは、近い距離で

表-3 路面標示等の設置数と注視数

注視対象	設置数	注視数/設置数			
		A	B	C	
路面標示	52	1.19	0.85	0.90	
看板	設置位置が低い	52	0.35	0.44	0.77
	設置位置が高い	4	0.75	0.50	0
道路標識	27	0.07	0.26	0	

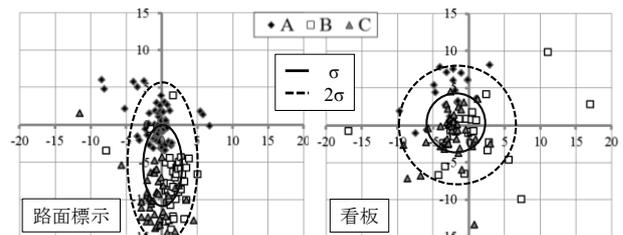


図-5 路面標示と看板の注視位置

見ていることを意味し、注視距離が路面標示、看板、標識の順で長くなる傾向がみられたこととも一致する。また路面標示も看板も水平方向の中心から近い位置で注視していることから、自転車専用レーンでの高速走行時に注視範囲が狭くなることは、路面標示等の注視に関して大きな影響はないものと考えられる。

次に設置頻度の影響をみるため、区間内の（路面標示等設置数÷走行時間）を刺激率、区間内の（路面標示等注視数÷走行時間）を注視率とし、両者の関係を図-6に示す。これをみると、刺激率の増加とともに注視率も増加する正の相関が見られ、繰り返し設置することで、注視率が高まる傾向を確認した。

(2) 注視と認知の検討

ヒアリングによる路面標示等の認知を見ると(図-7)、路面標示は文字もピクトも看板や道路標識と比べ内容理解の割合は2倍近く高い。看板では低い位置のものが内容理解の割合が高く、高い位置で文字数の多いものは印象に残りにくい。道路標識は位置が高いが、位置の低い看板と同程度の割合で認知されていた。

しかし、これらだけでは被験者が路面標示等を認知したのかは不明であることから、路面標示等を注視しかつ認知した割合を注視認知一致率として比較した(表-4)。その結果、路面標示は注視認知一致率は高く、看板も含め位置の低い対象で注視と認知が一致しやすい傾向が見られた。また、路面標示ではどの被験者もピクトよりも文字で表示されているほうが記憶されやすい傾向にあることも確認された。ただし、すべての路面標示や看板が自転車を対象に情報を伝達しなければならないものではないため、これらの情報量とタイミングを考慮した情報提示のあり方については、さらに分析が必要である。

5. まとめと課題

本研究で得られた分析結果を箇条書きで以下に示す。

- ・ 自転車専用レーン単路区間では他の通行帯タイプより高速走行が可能であり、その結果、相対的に視野は狭くなっている。
- ・ ハンドルの揺れが大きい場合にも、視野の狭くなる傾向は見られ、低速時に多くみられた。
- ・ 特殊区間では入口や合流のような車道に進入する場合に、速度低下と視野が広がる傾向があった。
- ・ 自転車乗中には設置位置の低いものが注視及び認知されやすく、路面標示は看板や道路標識よりも情報を伝達するのに有効であると考えられる。
- ・ 看板は視界中心付近からやや左側で注視しているため、現状の車道と歩道の間での設置が自転車専用レーン走行時は有効であると考えられる。

- ・ 区間内の刺激率と注視率に正の相関があることから、繰り返し設置されていると注視されやすい。

今後の課題としては、首の動きや車道の交通量等の、区間や構造の違いだけでない、個々の状況を考慮した分析も必要である。さらに対象としなかった被験者についても、データの有効な部分については分析を行い、サンプル数を増やす必要があると考えられる。

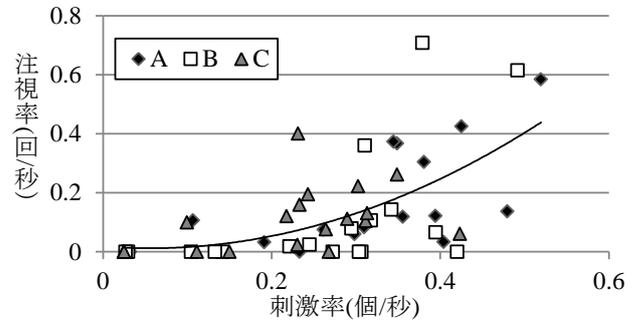


図-6 刺激率と注視率

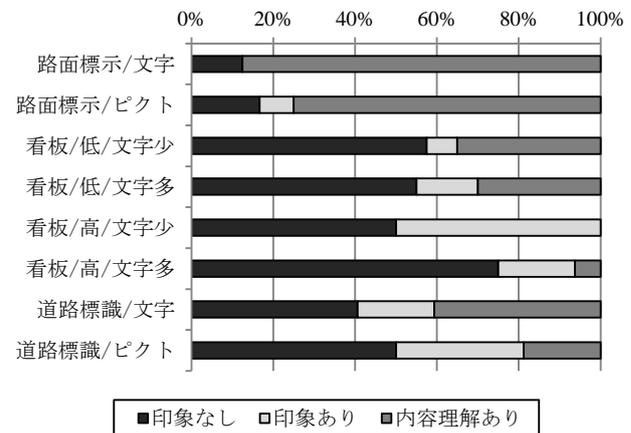


図-7 ヒアリングによる認知確認結果

表-4 路面標示等の注視認知一致率

注視対象		注視認知一致率(%)			
		A	B	C	
路面標示	文字	100%	100%	67%	
	ピクト	67%	33%	33%	
看板	設置位置：低	文字：少	20%	40%	20%
		文字：多	33%	83%	33%
	設置位置：高	文字：少	0%	50%	0%
		文字：多	0%	0%	0%
道路標識	文字	0%	50%	0%	
	ピクト	50%	100%	0%	

<参考文献>

- 1) 上原健一、鈴木薫、清水啓生、荻野弘、野田宏治、橋本成仁：視覚要素から見た交通事故防止対策の評価、土木計画学研究・講演集、Vol.28、2003
- 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、Vol.56、2001