

自転車走行時の若年者・高齢者の 視線特性の比較分析

山中英生¹・相知敏行²・真田純子³

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

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

²正会員 西日本高速道路会社 (〒530-0003 大阪府大阪市北区堂島1-6-20)

E-mail: t.sochi.aa@w-nexco.co.jp

³正会員 徳島大学助教 ソシオテクノサイエンス研究部 (〒770-8506 徳島県徳島市南常三島町2-1)

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

自転車利用促進への関心が高まり通行空間整備など安全生向上施策が進められている。自転車事故件数の割合は漸増しており、特に高齢者の自転車事故死傷者数割合は17.4%、重傷者数割合は35.7%と高い値を示している。本研究では、車道、歩道、勾配などの単路部、交差点部、バス停などの分節部といった多様な自転車空間での実走行をもとにした視線特性を高齢者と若年者で比較し、自転車の交通安全に関する視線挙動の特徴の把握を行った。その結果、高齢者は自転車走行中、周囲、特に側方に注意を向ける割合が低く、錯綜する自転車や歩行者、通行空間の幅員への意識が弱い。また、自らの走行位置や運転を安定させるため、路面への意識が強くなり、若年者に比べ注視点への距離が短いため、危険に対する反応に遅れる可能性が高いことが明らかになった。

Key Words :cyclists, gaze characteristics, elderly people, eye trackingrecorder, streets segments

1. はじめに

自転車利用促進への関心が高まり通行空間整備など安全生向上施策が進められている。しかし、平成23年の自転車乗車中の交通事故件数は14万4,018件で、交通事故全体に占める自転車事故の割合は、10年前の平成13年と比較すると2.2ポイント増加しており、最近5年は2割を超えている。特に、高齢者(65歳以上)の自転車事故死傷者数割合は17.4%、重傷者数割合は35.7%と高い値を示している。一方、移動時の安全に最も重要とされる視覚に関する知見は近年多く挙げられているが、高齢者の自転車走行中の視線挙動は明らかになっていない。本研究では、単路部、交差点部、分節部といった多様な自転車空間での実走行時の視線特性を高齢者と若年者で比較し、交通安全に関する視線挙動の特徴の把握を行った。

2. 既存研究と本研究の目的

移動時の視線特性に関しては多くの研究が見られる。例えば、渡辺ら¹⁾は、歩行者と注視対象の位置関係に着

目した上で、看板に対する歩行者の注視傾向を分析しており、歩行者は歩道側の建物ファザードを見ながら歩き、建物の低い領域は近く、高い領域は遠くを見ながら歩く傾向があること、同程度の高さの看板は、より手前ものから順に見ており、高さ2.5mを境に高い領域の看板より、低い領域の看板をよく見る。置看板や袖看板を先に注視し、続けて平看板を注視し、最終的にはショーウィンドウに注視が集まる傾向がある。という特徴を明かにしている。

知花ら²⁾は、高齢者、障害者を含む歩行者の移動時の視覚特性を比較しており、高齢者の注視時間は、歩道を移動中や横断中よりも信号待ちのほうが長くなる傾向があり、若年者は歩道を移動中、横断中、信号待ちでの影響は受けない傾向があること。横断中の高齢者は主に地面と静止物、若年者は静止物と車の傾向がある。ことなどを明らかにしている。

一方、自動車ドライバーに関して、福田³⁾は、自動車運転教習所内で若年者との高齢者の運転時の眼球運動を比較している。若年者が比較的遠くを見通しつつミラーも適切に見るのに対して、高齢者は前方の近くに注意を集中し、ミラーへの注視割合が少ないことを明らかにし

ている。また、高齢者は影響を受ける対象物に注意を向けるタイミングが遅くなる傾向があり、判断を行う際、急ぐあまり周囲を把握することなく行動に移ってしまう場合があることを明らかにしている。瀬谷ら⁴⁾は、ドライビングシミュレータによる運転作業時の眼球運動を測定し、運転者の熟練度や年齢が視覚探索法略への効果を分析している。運転練習を行った熟練者群と未熟練者群の若年者と、高齢者で練習していない高齢者群で比較した結果、熟練者の眼球運動移動距離は未熟練者や高齢者よりも短く、また、停留時間が長くなり、熟練者が経験により、予測スキルの発達や有効視野が拡大し、効率良く対象探索を行なうことを示唆している。

自転車利用時の視線挙動については、ポータブルなアイマークレコーダーが開発された最近になって多くの研究成果が現れている。神田ら⁵⁾は、大学生ら若年者の自転車乗車中の視線移動を分析し、交差点部等の段差のある所では、段差のある近くの路面を注視し、曲線部通過後は進行方向を調整するため、遠方を注視する傾向があることを明らかにしている。

大川ら⁶⁾は、自転車レーン整備区間で大学生の視線挙動と走行挙動を分析して、自転車レーンでは高速走行により視野が相対的に狭くなり、路面表示は看板や道路標識に比べ注視及び認知されやすく、繰り返し設置されている方が注視されやすい傾向があることを明らかにしている。小山ら⁷⁾は、情報エントロピーの概念等を用いて自転車利用者の注視挙動に関する基礎的知見を明らかにしている。やはり被験者は20代前半の男子大学生5名である。柴田ら⁸⁾は、東京都文京区小石川周辺で20代の男性5名で走行実験を行ない、「沿道環境の複雑化に伴って注視範囲が広がり、かつ注視時間が減少する」ことを明らかにし、自転車運転者は自動車に比べて沿道環境の変化に影響を受けやすいとしている。

矢島ら⁹⁾も細街路直線部、細街路曲線部、幹線道路直線部、幹線道路曲線部での自転車移動中の注視傾向を比較して、幅員が狭く曲線で注視距離が短くなり、視線が横方向へ広がること。広幅員、直線では注視距離が長くなり、視線が縦方向へ広がる。交差点付近では横方向へ注視が広がり、設置物等に注視が集まることを明らかにしている。

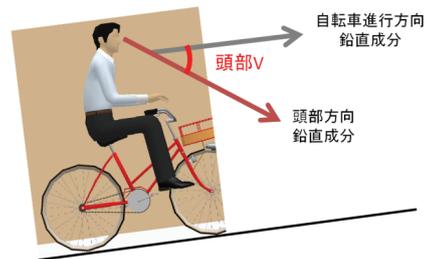
このように歩行者、自動車、自転車の視線特性に関する基礎的知見は近年多く挙げられている。高齢者と若年者の挙動を比較した研究においてはいずれの知見も高齢者が交通安全上危険とされている。しかしながら、高齢者の自転車運転中の注視挙動と交通安全に関する運転挙動は明らかになっていない。

そこで本研究は実走行をもとにした視線特性を高齢者と若年者で比較し、自転車の交通安全に係る視線挙動を把握することを目的とした。

3. 視線挙動の観測実験と分析方法

(1) 視線方向の計測装置

自転車走行時の被験者の視線方向と視点位置を把握するため、アイマークレコーダー (EMR-9) を使用した。また、被験者の頭部と自転車本体の方位、俯角、傾角を3次元姿勢センサーを用いて計測し、自転車走行時の頭部と視線の絶対方向を計測している (図-1)。同時に自転車の走行状態を把握するため、速度、加速度、振動、ハンドル操舵角、ブレーキを検知するセンサーを取付けた自転車 (プローブバイク) を用いた。被験者は、高齢者5名、若年者5名である。



頭部V = 頭部方向鉛直成分 - 自転車進行方向鉛直成分

図-1 頭部方向 (水平成分) の計測例

(2) 実験対象地

実験では、徳島市の国道11号、国道192号、県道39号からなる延べ約5kmのルートを設定した。国道192号では、自転車通行環境整備モデル地区として、写真1に示すように、広幅員の歩道を鉄柵で区分した「自転車道に準ずる構造分離」(以下準自転車道とよぶ)が整備されている。また県道39号には自転車レーン(指導帯)が整備されている(写真2)。



写真1
国道192号 自転車道に準ずる構造



写真2
県道39号 自転車レーン(指導帯)

(3) 分析対象区間の抽出

上記のルートから表-1に示す分析対象区間を抽出した。単路部は歩道・準自転車道などの6種類で、同質状態の区間として38区間を抽出した。各区間の走行時間の中間の4秒間を分析に用いた。交差点部は信号有無と規模で分類した4種類19区間で、無信号交差点と信号交差点(小)では進入前後2秒間の計4秒間、信号交差点(大)では、入口からと出口までの4秒間をそれぞれ分析に用いた。分節部は、バス停、自転車レーン、準自転車道の入口、出口といった区間特性が変化する場合で5種類計18箇所を抽出している。分析では自転車レーン、準自転車道の入口、出口の4秒間、バス停は区間開始から終了までの走行時間の中間4秒間を分析に用いた。

(4) 分析に用いた視線特性指標

本研究では、視線特性を比較するため表-2に示す指標を用いた。

表-1 視線挙動分析用区間の分類と箇所数

区分	No.	セグメント名	箇所数
単路部	1-1	歩道	8
	1-2	自歩道	6
	1-3	準自転車道	8
	1-4	自転車レーン	4
	1-5	車道	8
	1-6	勾配部	4
交差点部	2-1	無信号交差点	6
	2-2	信号交差点(小)	3
	2-3	信号交差点(大)入	5
	2-4	信号交差点(大)出	5
分節部	3-1	自転車レーン 入	2
	3-2	自転車レーン 出	2
	3-3	準自転車道 入	4
	3-4	準自転車道 出	4
	3-5	バス停	5

表-2 視線挙動の分析指標

項目	分析指標	内容
視線方向	視野内視線方向の分散	アイマーク視野映像内での視線水平方向と鉛直方向の分散
	頭部方向の分散	三次元姿勢センサーから得た頭部水平方向と鉛直方向の分散
	絶対視線方向の分散	視野内視線方向と頭部方向を合成した進行方向を0度とした絶対視線方向の分散
視線挙動	視線移動速度の平均	視線移動速度の平均値(単位:deg/s)
	跳躍平均回数	視線移動速度が100deg/sを超えた回数(被験者一人あたりの平均値)
	サッカー平均回数	跳躍後5コマ以上同一対象物を見ていた回数(被験者一人あたりの平均値)
視線位置	注視対象物割合	注視項目別に視点が3コマ(0.09秒)以上停留している割合
	ゾーン別視線方向割合	30度毎の5×7のゾーン別での視線方向の割合

視線方向のばらつきを示すための分散値(標準偏差)は、アイマークから得られる視野内での視線方向に加えて、3次元姿勢センサーから得られた頭部および、それを考慮した絶対視線方向の分散を用いている。

眼球運動を示す指標として、視線移動角速度、跳躍回数、サッカー回数を用いた。対象物を見る時に高速に視線を移動させるサッカー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されている。サッカーは数回/秒生じ、その移動後に300ms程度の停留(注視点が留まる)時間があり、その時間の最初の100-150msで視野中心近辺の対象物を認知するという仮説がある。このようにサッカーは、視野内から情報を取得しようとする生理的な挙動で、交通安全に関係する視線特性の一つであると仮定して、区間別の平均発生回数を指標として用いている。なお、サッカーの判定には、停留視の判定が必要だが、移動視では停留点判定が困難なため、便宜的に以下の判定方法を用いた。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を超えた時を跳躍運動と判定した。また、跳躍後5フレーム(約166ms)以内でサッカー状態が起きずに同一対象物を注視していた場合をサッカーと定義した。

視線位置を示す指標としては、対象物別の注視時間の構成率とともに、視野を30度毎の5×7のメッシュ(水平方向210度、上下150度)に分割し、各ゾーンの視線方向の割合を求めたゾーン別視線方向割合とした。

4. 高齢者と若年者の視線特性の比較分析

(1) 単路部における視線特性

区間別に高齢者と若年者の視線方向・視線挙動の指標を算定し、種別毎にその差を検定した結果を表-3に示す。高齢者と若年者の比較には、分散値の指標はLevene検定を用いて分散が同一かを判断した。平均値は、対応のないt検定を用いている。

単路部の視線水平方向の分散はいずれも高齢者が小さい値を示し、側方に対する注意が少ない。

その様子は図-2のゾーン別視線方向割合でも見られる。特に、単路部の中でも歩道、準自転車道での水平方向の差が顕著に見られた。若年者は幅員の変化や他の自転車との錯綜、高齢者は路面に注意を向ける傾向がみられた。

表-8では、鉛直方向の分散は視野内、頭部は高齢者が大きいのが、絶対値では小さくなっている。図-3に示す注視対象では、高齢者が路面への注視に偏っている様子が見られる。このように高齢者は自身から注視点までの距離が短く、歩行者や他の自転車への対応が遅れる可能性が比較的高いことが示唆される。

表-3 単路部での視線方向・視線挙動指標値の比較

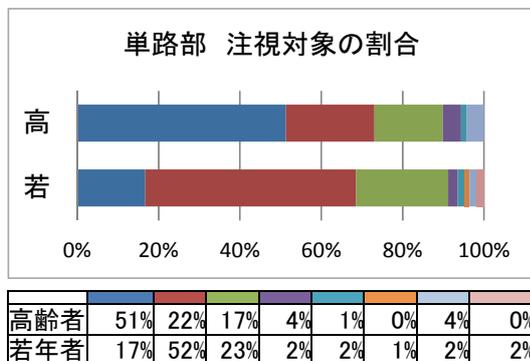
指標			高齢者	若年者	p
視線方向 (水平)	視野内	分散	16.76	18.87	.000
	頭部	分散	31.05	39.08	.000
	絶対	分散	15.30	20.70	.000
視線方向 (鉛直)	視野内	分散	20.02	16.36	.000
	頭部	分散	7.26	5.68	.000
	絶対	分散	36.48	44.39	.000
視線挙動	移動速度	平均	24.20	28.32	.000
	跳躍	平均	0.52	0.49	.000
	サッカー	平均	0.31	0.26	.000

表-4 交差点部での視線方向・視線挙動指標値の比較

指標			高齢者	若年者	p
視線方向 (水平)	視野内	分散	17.55	21.11	.000
	頭部	分散	29.74	44.99	.000
	絶対	分散	15.50	17.60	.000
視線方向 (鉛直)	視野内	分散	18.12	15.95	.000
	頭部	分散	7.13	5.80	.000
	絶対	分散	31.02	47.35	.000
視線挙動	移動速度	平均	24.91	29.17	.000
	跳躍	平均	1.64	1.39	.000
	サッカー	平均	1.00	0.81	.000

高齢者	~105°	~75°	~45°	15°~15°	~45°	~75°	~105°
~75°	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
~45°	0%	3%	11%	11%	3%	0%	0%
15°~15°	0%	2%	13%	22%	7%	1%	0%
~45°	1%	2%	7%	12%	2%	1%	0%
~75°	0%	0%	0%	1%	0%	0%	0%
若年者	~105°	~75°	~45°	15°~15°	~45°	~75°	~105°
~75°	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
~45°	1%	5%	22%	30%	12%	3%	1%
15°~15°	1%	2%	4%	8%	4%	0%	0%
~45°	0%	0%	2%	2%	1%	0%	0%
~75°	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%

図-2 単路部でのゾーン別視線方向割合



■路面 ■遠方 ■沿道建築物、植樹帯 ■車道
■目転車 ■歩行者 ■誘導サイン ■その他

図-3 単路部の対象別注視割合

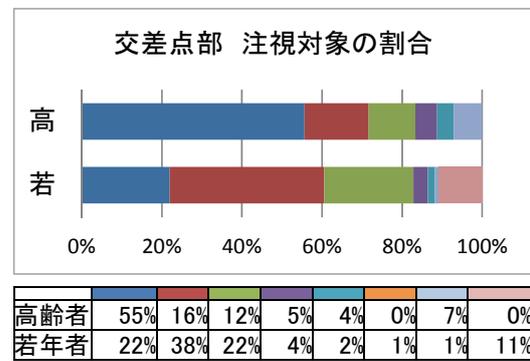
またサッカーの平均頻度では、高齢者は若年者よりは多くなっている。認知に関する視線挙動としては高齢者が活発な活動をしていることになるが、この理由は今後詳細な検討が必要と思われる。

(2) 交差点部における視線特性

高齢者と若年者の視線方向・視線挙動指標を表-4に示す。交差点部の視線水平方向の分散は、いずれも高齢者

高齢者	~105°	~75°	~45°	15°~15°	~45°	~75°	~105°
~75°	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
~45°	0%	3%	10%	3%	1%	0%	0%
15°~15°	1%	6%	13%	31%	4%	1%	0%
~45°	1%	2%	8%	11%	2%	0%	0%
~75°	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
若年者	~105°	~75°	~45°	15°~15°	~45°	~75°	~105°
~75°	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
~45°	2%	9%	19%	27%	8%	4%	0%
15°~15°	1%	3%	7%	10%	4%	0%	0%
~45°	0%	0%	2%	1%	1%	0%	0%
~75°	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%

図-4 交差点部のゾーン別注視割合



■路面 ■遠方 ■沿道建築物、植樹帯 ■車道
■目転車 ■歩行者 ■誘導サイン ■その他

図-5 交差点部の対象別注視割合

が低い値を示した。鉛直方向では絶対方向のばらつきで高齢者が低くなっている。サッカーも単路部と同様の傾向である。

図-4に示す交差点部のゾーン別注視割合は、左右へ帯状に広がっている若年者に対し、高齢者は視線方向が比較的強く、下方へのばらつきが起きている。

図-5に示す交差点部の注視対象の割合では、高齢者の路面に対する注視が55%と高く、遠方や沿道建築物、植

樹帯といった側方に対する注視が少ない。また、誘導サインに対する注視割合は比較的高く、自らの走行位置や進行方向に注意を向けていることが考えられる。交差点部に属している無信号交差点6ヶ所でも同様の特徴があるため、高齢者は自動車や自転車といった事故に起因する対象に対しても、注意が少なくなっている。

(3) 分節部における視線特性

視線方向・視線挙動特性の比較結果を表-5に、ゾーン別注視割合を図-6、注視対象の割合を図-7に示す。交差点部・単路部と異なる傾向として、水平方向の絶対視線の分散が高齢者の方が大きくなっているほか、サッカーは文節部では高齢者は若年者より低い値と示していることが指摘できる。文節部は比較的高速で、空間の質が変化する場所であり、こうした地点では、すばやい水平・鉛直方向の視認が必要となることから、若年者は眼球と頭部を連動して効率よく動かして広い範囲を視認しているのに対して、高齢者は視野内や頭部を動かすものの連動の効率がよくなく、絶対視線の分散は帰って小さくなっている。ことが推察される。そのため、サッカーによる認知も若年者より劣る状態になっている。

次に特徴的な差が見られた文節部での注視対象の割合を図-8に示す。バス停（歩道）は進行方向に対する注視割合に特に大きな差が生じており、高齢者は路面を目で追いながら走行しており、視距離が短くなっている。自転車レーンの分節部では、始まり、終わりのいずれの場所でも、高齢者は他の区間に比べると進行方向の遠方も注視しながら走行している事が見られた。文節部では速度が増加することや、見通しの良い直線的な構造であることが影響していると考えられ、上記で述べたように、高齢者は視野環境の高速の変化に追いついていない様子が示唆される。

5. まとめ

視線特性の全体的な特徴として、高齢者は自転車走行中、周囲（特に側方）に注意を向ける割合が低く、錯綜する自転車屋歩行者、通行空間の幅員への意識が弱い。また、自らの走行位置や運転を安定させるため、路面への意識が強い。若年者に比べ視距離が短いため、危険に対する反応に遅れる可能性が高いことが明らかになった。

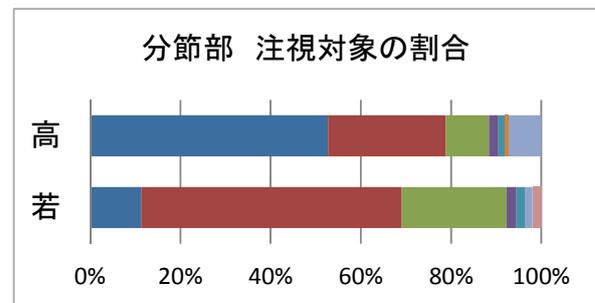
高齢者の交通安全に関する施策としては、分節部では、進路変更時に路面への注視が増加することから、スムーズにシフトできる形状への整備が考えられる。

表-5 文節部での視線方向・視線挙動指標値の比較

指標		高齢者	若年者	p
視線方向 (水平)	視野内	分散 16.32	18.54	.048
	頭部	分散 28.26	29.16	.000
	絶対	分散 19.13	14.16	.000
視線方向 (鉛直)	視野内	分散 19.51	15.77	.000
	頭部	分散 6.40	5.20	.000
	絶対	分散 33.24	33.59	.000
視線挙動	移動速度	平均 22.43	28.33	.000
	跳躍	平均 0.82	0.94	.000
	サッカー	平均 0.44	0.55	.000

高齢者	~105°	~75°	~45°	15°~15°	~45°	~75°	~105°
~75°	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
~45°	0%	3%	12%	12%	3%	0%	0%
15°~15°	0%	3%	17%	24%	3%	1%	0%
~45°	0%	1%	8%	9%	2%	0%	0%
~75°	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
若年者	~105°	~75°	~45°	15°~15°	~45°	~75°	~105°
~75°	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
~45°	2%	11%	27%	23%	10%	1%	1%
15°~15°	0%	2%	5%	6%	6%	1%	0%
~45°	0%	1%	1%	1%	1%	1%	0%
~75°	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%

図-6 文節部のゾーン別注視割合



	路面	遠方	沿道建築物、植樹帯	車道	目転車	歩行者	誘導サイン	その他
高齢者	53%	26%	10%	2%	1%	1%	7%	0%
若年者	11%	58%	23%	2%	2%	0%	2%	2%

■路面 ■遠方 ■沿道建築物、植樹帯 ■車道
■目転車 ■歩行者 ■誘導サイン ■その他

図-7 文節部の対象別注視割合

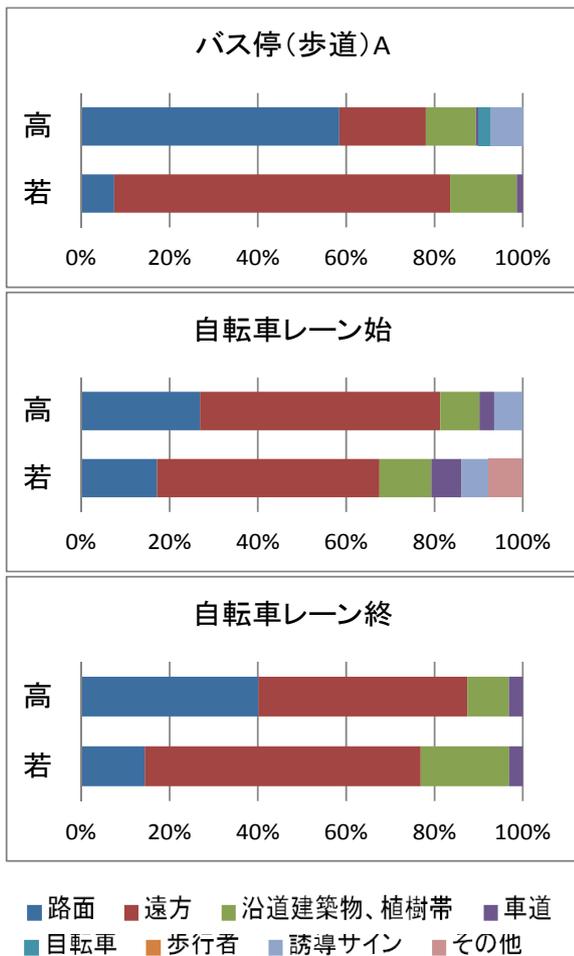


図-8 特徴的な文節部での注視対象

無信号交差点は見通しが視線特性に大きく影響を与えることから、自転車の走行位置を民地側からなるべく離して整備することが考えられる。

信号交差点の出口部は、路面を注視する割合が高いことから車両が進入してくる方向に注意を促すような路面表示の工夫が必要と言える。

本研究は「自転車の視点特性を考慮した情報提示技術の開発に関する研究」(科学研究費基盤研究 B: 22360209) の助成を得たものである。

参考文献

- 1) 渡辺聡, 後藤春彦, 三宅諭, 李彰浩: 商業地街路における歩行者の看板注視傾向に関する研究 ~銀座中央通りにおける歩行実験の分析~: 日本建築学会計画系論文集第 574 号, 2003
- 2) 知花弘吉, 亀谷義浩, 竹嶋祥夫: 交差点付近における高齢者と健常者の注視特性, 日本建築学会計画系論文集第 73 巻 第 624 号, 2008
- 3) 福田亮子: 高齢ドライバーの視覚情報受容と運転行動, 人間工学 Vol. 45, No. 3, 2009
- 4) 瀬谷安弘, 中易秀敏, 三好哲也: 自動車運転作業時の眼球運動解析による視覚探索法略に関する研究, 社団法人電子情報通信学会 信学社報 HIP2007-151, 2007
- 5) 神田佑亮, 北潤弘康, 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上の案内誘導方策に関する一考察, 土木計画学研究・講演集 Vol. 43, 2011
- 6) 大川高典, 吉田長裕, 日野泰雄, 内田敬: 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, 土木計画学研究・講演集 Vol. 43, 2011
- 7) 小山裕也, 宮下清栄: 自転車利用者の注視挙動と運転者の性格との関連性について, 土木計画学研究・講演集 Vol. 44, 2011
- 8) 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, 土木学会第 56 回年次学術講演会, 2001
- 9) 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して~, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 2009