

眼球運動からみた交差点カラー舗装化による注意喚起の定量化に関する基礎的研究*

A Study on Quantification of Attention-Seeking Behaviors by Eye Movement in case of Color Paved Intersection*

三村泰広**・稲垣具志**・李泰榮***・野田宏治****・北畠正巳*****・荻野弘****

Yasuhiro MIMURA**・Tomoyuki INAGAKI**・Taiyoung LEE***・Koji NODA****・Masami KITABATAKE*****・Hiroshi OGINO****

1. はじめに

平成 20 年の交通死亡事故では、歩行者の構成率が最も高くなるなど、交通弱者事故の削減に向けた一層の努力が必要とされている。生活道路など歩行者事故の想定される箇所においては被害軽減に向け自動車流入制限・低速走行化を目指した対策などが行われているが、(財)交通事故総合分析センターの報告¹⁾によれば、20km/h 以下の低速領域での事故が歩行者事故全体の 7 割弱を占め、その傾向は近年も変わっていないなど課題がある。居住空間に近い生活道路では、ハンプなど効果が大きい物理的デバイスの導入が円滑に進まないなどの課題もあり、近年はカラー舗装などの対策が進められる地域も多い。

カラー舗装は背景色である路面との輝度比を高めることによって、舗装対象を目立たせ、安全な運転走行を促す目的で進められている。比較的安価に整備を進めることができることから、生活道路においてもあんしん歩行エリアなど重点整備が進む地域での積極的な導入が見受けられる。今後の社会的要請の中でこのような地域整備が進められるとするならば、より適材適所に整備が進められるようにその効果を適切に把握しておく必要があるものと考えられる。

交通安全対策を目的としたカラー舗装に関するこれまでの既往研究では^{2) 3)}、大規模交差点における車両挙動の変化をとらえる分析がみられ、一定の挙動変化があることを見出している。しかしながら、筆者らが行った生活道路における調査⁴⁾によれば、車両挙動において大きな変化を確認することはできなかった。一方で、車両挙動に現れないまでも「注意」や「意識」といった点での変化が生じている可能性が考えられる。「意識」面での変化は先の研究^{2) 4)}においてもその効果が確認されている。他方、カラー舗装による「注意」の変化という点ではこれまで明らかにされているとはいえない。

ここで、注意を喚起する際に最も影響すると想定さ

れる視覚について着目すると、注視を始めとする運転時の眼球運動については多くの研究蓄積があり^{5) ~7)}、その実態や分析における有効性が明かにされている。眼球運動には、サッカード(断続性運動)、随従運動、固視微動、輻輳・開散運動などがある⁸⁾が、ここでは、静止する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ドに着目する。サッカードが生じるということは、その空間において様々な対象を注視しようとする生理的もしくは意識的反応が生じているということであり、言い換えれば、サッカードの特徴からその空間における注意反応を捉えることができるものと考えられる。この眼球運動の挙動を解析することにより車両挙動では捕らえられない注意喚起面での効果を定量化できると考えた。

よって本研究では、生活道路における交差点のカラー舗装化による運転者の眼球運動の特性から、注意喚起においてどのような特徴的傾向があるのかを定量的に分析することを目的とする。

2. 調査対象および調査方法

(1) 調査対象

対象となる交差点は図 1 に示すとおり、南北方向が優先道路で東西方向に一時停止規制のある 4 差路の平面交差点である。いずれの方向にも中央線は設置されておらず、周辺の土地利用も住宅が多くを占めることから、トラフィック機能よりアクセス機能が重視された生活道路と見ることができる。当該交差点を含む路線区間は南北方向の通過交通が多く、地域住民から危険性が指摘されている。筆者らの調査では⁴⁾、断面交通量で平日 6,000 台/日弱、休日でも 5,000 台/日弱の交通量を観測している。当該交差点では、平成 20 年 8 月 7 日に図 1 に示すような形式で、カラー舗装化(ベンガラ色)が実施された。舗装は溶融噴射式で、一般的な舗装よりも摩擦係数が高くなる加工が施されている。

測定対象とした区間は対象交差点に南北及び西からアプローチする区間である(図 2)。なお、一般に運転に必要な視力であれば対象区間の始点から対象交差点を容易に視認することが可能である。

*キーワード：眼球運動，注意喚起，カラー舗装

**正会員，(財)豊田都市交通研究所

(〒471-0026 豊田市若宮町 1-1)

***正会員，(財)地域環境研究所

****正会員，豊田工業高等専門学校

*****豊田工業高等専門学校

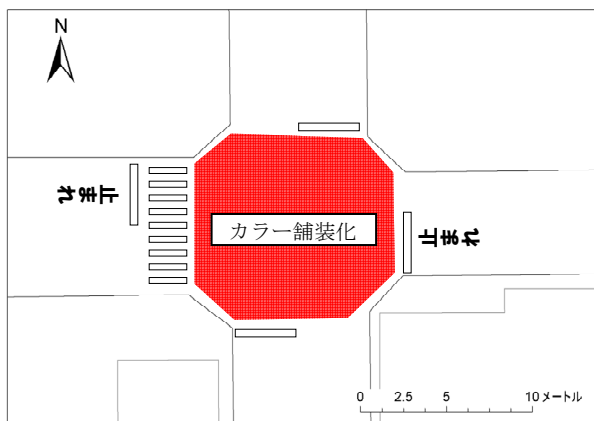


図1 対象交差点の状況



図2 対象区間 ※ () 内は区間長を示す



写真1 対象交差点（事前、区間3西側から撮影）

(2) 調査方法

本研究では視線の変化を計測するために、アイマークレコーダ（ナック社製 EMR-8）を使用している。アイマークレコーダは、人の注視する点をビデオ映像上に録画する装置であり、アイマーク検出ユニットで検出されたアイマーク座標を、視野ヘッドカメラによって撮影された被験者の視野に相当するビデオ映像上に合成させることで、被験者の両眼の注視点（アイマーク）を算出する。本システムでは人の眼の動きを測定する方法の一つとして、角膜反射方式を採用している。

調査は表1の日程で実施した。被験者は12名で、内4名が女性、1名が60歳以上であった。調査はそれぞれの被験者が用意した運転になれた車両を用いて実施した。車両には被験者、記録調査員および走行ルート指示員の3名が乗車した。調査は1回20分程度の特定期間を指示員に従って走行してもらう方法で行った。調査はカラー舗装の事前1回および事後2回実施したが、事後の2回目は対象交差点の交差点の舗装状況に変化があったため、ここでは事前と事後1回目を実施したデータとの比較により分析を行うこととした。

ここで、分析を実施するにあたり、結果に大きく影響を与えると想定される被験者より得られたデータの精度や、事前・事後による走行環境の変化を確認した。その結果、事前・事後ともエラー値のないアイマークの取得率が比較的高く（片眼のいずれか80%以上）、明らかに天候や日照の影響がみられず、取得されたアイマークの挙動がほぼ正常と想定される被験者を抽出したところ、3名の被験者に限定された。以下ではこの3名の被験者のデータを用いて分析を行う。

表1 調査概要

■調査日
1回目：2008年7月28日～31日 10:00～17:00
2回目：2008年8月27日～9月9日 10:00～17:00
■被験者：12名（男性8名、女性4名）
■分析対象被験者：3名
被験者A：60歳代、男性、セダン型車両
被験者B：30歳代、男性、軽ワンボックス型車両
被験者C：20歳代、男性、コンパクト型車両

3. 調査結果

(1) サッカー発生頻度の変化^[1]

サッカー発生頻度の変化について、ここでは、文献⁸⁾を参考に、サッカーを100～500度/秒とし、それに該当する眼球運動の発生頻度を算出した。結果を表2～4に示す。

まず、所要時間についてみると、区間によらず事前・事後でそれほど大きな違いはみられないことがわかる。続いて、サッカー頻度をみると、まず個人間でその頻度が異なることがわかるが、特に被験者Aは他の被験者B、Cと比較してサッカーの発生頻度が少ないことがわかる。ただし、これは被験者A個人属性に影響するものなのかどうか検証の余地はある。次に、事前・事後で区間別に明らかな傾向はみられない。ただし、区間1、区間2については、区間3に比べて被験者間での事前・事後の差が大きい。これは、区間1、区間2が区間3に比べて交通量が多いために他車の影響があったためと想定されるが、この点については今後詳細に分析していく必要がある。ここで、他車の影響がなかった区間3

についてみると、事前・事後で、被験者 A のみサッカー頻度が増加し、被験者 B、被験者 C は減少していることがわかる。この原因については、サッカー時の注視対象や発生位置などの分析が必要となる。

表 2 サッカー頻度 (区間 1)

		A	B	C
所要時間(秒)	事前	18.2	15.2	15.8
	事後	19.8	15.3	15.8
	事後/事前	1.1	1.0	1.0
サッカー頻度(回/秒)	事前	1.2	2.6	3.3
	事後	1.9	3.1	1.9
	事後/事前	1.6	1.2	0.6

表 3 サッカー頻度 (区間 2)

		A	B	C
所要時間(秒)	事前	19.8	14.3	15.1
	事後	20.0	14.9	15.2
	事後/事前	1.0	1.0	1.0
サッカー頻度(回/秒)	事前	1.5	2.1	2.8
	事後	1.3	3.6	2.2
	事後/事前	0.9	1.7	0.8

表 4 サッカー頻度 (区間 3)

		A	B	C
所要時間(秒)	事前	20.0	15.9	16.5
	事後	19.5	13.2	17.9
	事後/事前	1.0	0.8	1.1
サッカー頻度(回/秒)	事前	1.7	3.6	3.9
	事後	2.2	3.0	3.4
	事後/事前	1.3	0.8	0.9

(2) サッカー時の注視位置の変化

ここでは、特に他車の影響がない区間 3 における注視範囲の事前・事後変化を捉えることで、注意喚起の状況を考察することを試みる。

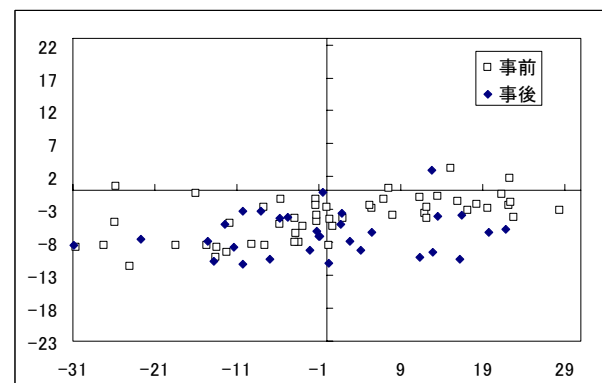
被験者 A については、事前・事後において対象とした眼が異なる影響が想定されるため、ここでは分析対象から除外している。また、交差点通過時等に生じる特に左右方向の首運動による挙動の影響が想定されるが、今回の被験者 2 名においては、事前・事後の回数に差異はなく、その影響は大きくはないと判断した。

機器の制約による x (左右) 方向(-31~31)、y (上下) 方向(-23.3~23.3)の座標における注視点をプロットし、その注視位置の変化を確認した結果を図 3、図 4 に示す。

まず、被験者 B、C とともにサッカー時の注視位置が下方部に集中していることがわかる。通常の運転時には視界の下方部に道路などが位置するため、このような傾向を示している。次に、事前・事後の傾向をみると、それぞれの被験者の注視位置の平均値、中央値が左方部に移動していることがわかる。すなわち、事後においてはより視界の左方部の状況に注意が向いていたことがわかる。また、上下方向についてはいずれの被験者も左右方

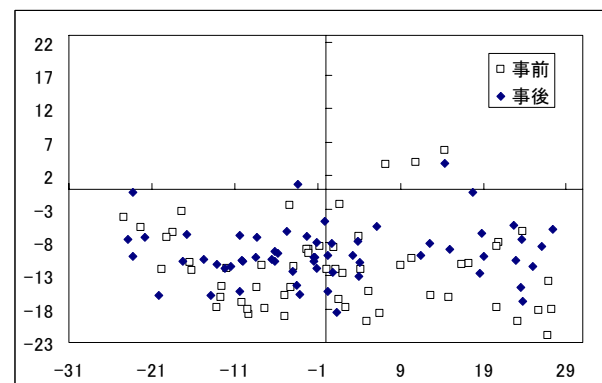
向より大きく変化しているといった特徴がある。これら原因については、実際のサッカー時の注視対象について分析を行う必要がある。

また、標準偏差をみると、いずれの被験者も事前に比べ事後において小さくなっている。これは事後において注意対象の範囲が狭まっているということであり、注視すべき範囲をより限定して運転を行っていた可能性がある。



	x		y	
	事前	事後	事前	事後
平均値	0.3	-1.0	-4.4	-7.0
中央値	-1.2	-0.9	-3.9	-7.0
標準偏差	15.1	12.8	3.2	2.9

図 3 サッカー時の注視位置 (被験者 B : 区間 3)



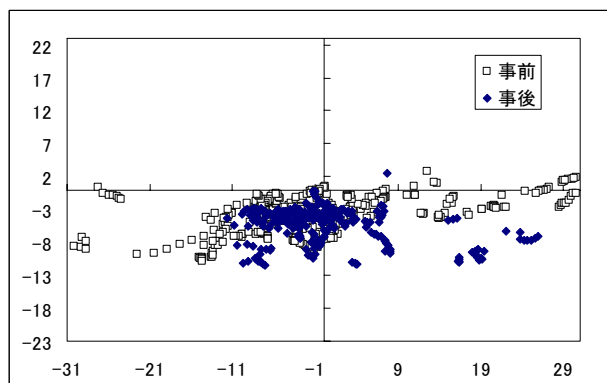
	x		y	
	事前	事後	事前	事後
平均値	1.2	0.2	-12.1	-9.9
中央値	0.2	-1.4	-12.1	-10.2
標準偏差	14.3	14.3	5.8	3.9

図 4 サッカー時の注視位置 (被験者 C : 区間 3)

(3) 非サッカー時の注視位置の変化

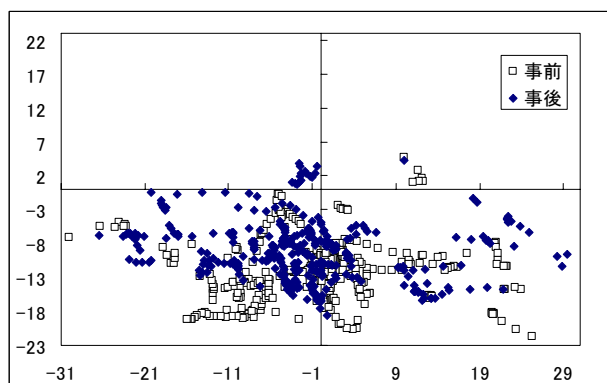
眼球運動にはサッカー以外にも様々なものがあるが、多くはサッカー後の情報収集のために注視点をある程度固定させている状況にあると考えられる。次に、サッカー時以外において注視位置がどのような状況にあるのかを分析することで、走行中により情報を収集しようとした位置の傾向を把握する。図 5、図 6 に区間 3 における非サッカー時の注視位置を示す。

いずれの被験者も事後において全体的に中央寄りに注視点が移動していることがわかる。注視位置の標準偏差をみても、上下左右方向それぞれ値が小さくなっており、注視位置が事前に比べ平均値よりになっていることが窺える。以上より、情報収集のための眼球運動においてもカラー舗装によって情報収集範囲をより限定的に行うようになった可能性があることがわかる。



	x		y	
	事前	事後	事前	事後
平均値	-0.5	-0.2	-3.7	-5.3
中央値	-2.7	-2.2	-3.0	-4.4
標準偏差	12.5	7.6	2.9	2.5

図5 非サッカード時の注視位置（被験者B：区間3）



	x		y	
	事前	事後	事前	事後
平均値	-0.5	-2.1	-11.9	-9.2
中央値	0.1	-2.7	-12.0	-9.4
標準偏差	10.0	10.0	4.7	4.3

図6 非サッカードの注視位置（被験者C：区間3）

4. 結論

本研究により得られた主な知見は以下のとおり。

(1) サッカードの発生頻度について分析を行った結果、特徴的な傾向は見られなかったが、より詳細な分析が必要である。

(2) サッカードの注視位置について分析を行った結果、事後において標準偏差が小さくなる傾向が確認され、カラー舗装を実施することにより注意の対象範囲が狭くな

る可能性が示唆された。

(3) 情報収集のための眼球運動として非サッカードの注視位置を分析した結果、注視位置が中央寄りになっていることが確認され、カラー舗装によって情報収集範囲をより限定的に行うようになった可能性があることがわかった。

今後の課題として、サッカード時の注視対象および発生位置の影響などを分析することで、これらの結果の要因を詳細に把握する必要がある。

謝辞

本研究を進めるにあたり、岡山大学大学院橋本成仁准教授から多くのご示唆をいただいた。また、現国土交通省中部地方整備局名古屋港湾事務所浦野真樹氏ならびに被験者の皆様の多大なる協力を得た。ここに記し感謝の意を表す。

補注

[1]被験者 A は、アイマーク取得精度の関係上分析対象とした眼が事前・事後で異なっていた（事前左目、事後右目）が、両眼が良好に記録できていた区間におけるサッカードの発生頻度傾向を確認したところ、左右の眼でほとんど差がなかったため、ここでは分析を実施している。

参考文献

- 1) 低速域歩行者死亡事故の特徴，「イタルダ・インフォメーション」，No.79，2009
- 2) 出口近士，小野市春，平野隆幸：カラー舗装化などの交差点交通安全対策の事前・事後調査と改善効果，交通工学研究発表会論文報告集，26，pp.97-100，2006
- 3) 出口近士，板敷繁利，小野市春：カラー化等の交差点の交通事故対策と改善効果，交通工学研究発表会論文報告集，27，pp.89-92，2007
- 4) 稲垣具志，三村泰広，李泰榮，橋本成仁：車両走行挙動解析に基づいた交差点カラー舗装化対策の影響分析，交通工学研究発表会論文報告集，29，（投稿中）
- 5) 村田隆裕：注視行動の統計的性質，土木学会論文報告集，213，pp.55-63，1973
- 6) 萩原亨，加来照俊：運転者の注視点とその評価に関する研究，土木計画学研究・論文集，6，pp.121-128，1988
- 7) 丹治和博，金田安弘，福澤義文，加治屋安彦：アイカメラによる冬期道路でのドライバーの視線挙動について，寒地技術論文・報告集，12，pp.331-337，1996
- 8) 荻阪良二，中溝幸夫，古賀一男：「眼球運動の実験心理学」，名古屋大学出版会，1993