

<研究課題> 無信号横断歩道の一時停止率向上に向けた横断歩道の形状及び周辺環境に関する研究

代表研究者 大阪工業大学 工学部 都市デザイン工学科 特任准教授 西堀 泰英
 共同研究者 名古屋大学 未来社会創造機構 特任准教授 小嶋 理江
 名城大学 都市情報学部 都市情報学科 教授 若林 拓史
 一般社団法人日本自動車連盟 愛知支部 寺本 浩

【抄録】

安全・安心な生活道路の実現に向け、無信号横断歩道の一時停止率を高めるための横断歩道の形状や周辺環境のあり方を提案するため、1)様々な道路交通環境を持つ無信号横断歩道の実態調査、2)新たなデザインを含む無信号横断歩道の視認性に関する Web アンケート調査、3)ドライビングシミュレータを用いた新たなデザインを含む無信号横断歩道の走行性の評価を行った。その結果、主に以下のことが明らかとなった。1)無信号横断歩道の一時停止率は、両側2車線より片側1車線が高く、横断歩道の標示が鮮明な方が高い。2)無信号横断歩道の存在のわかりやすさに影響する要因として、影響が大きい順にダイヤモンドの有無、横断歩道の形状、外側線、文字の有無である。3)ドライビングシミュレータ実験の結果では、長方形の横断歩道やダイヤモンドという従来から存在するデザインが、横断歩道のより遠い位置で視認や減速を行う方向に影響することが確認できた。

1. 研究の目的

1-1 研究の背景

令和4年版交通安全白書に示されている道路交通安全施策では、道路交通環境の整備の中の15項目の内「生活道路等における人優先の安全・安心な歩行空間の整備」が第一番目に挙げられている。しかし、JAFの調査によると、無信号横断歩道における車の一時停止率は約3割(2021年)である。無信号横断歩道の一時停止率を高めることは、生活道路における安全・安心な歩行空間の整備に向けた課題のひとつである。にもかかわらず、無信号横断歩道の視認性や一時停止率に着目した研究は、学界ではほとんど見られない。

1-2 研究の目的

本研究では、横断歩道の一時停止行動を高めるため、安全・安心な生活道路の実現に向け、無信号横断歩道の一時停止率を高めるための横断歩道の形状や周辺環境のデザイン(あり方)を提案することである。なお、本研究における一時停止は、一時停止だけでなく減速や徐行等により歩行者等が横断歩道を横断できるよう車両が譲る行動を含んでいる。

2. 研究方法と経過

本研究は、次の3段階で行った。①実態調査により横断歩道の形状や道路交通環境と横断歩道の視認性や一時停止率の実態を把握した。

②Web アンケート調査により、横断歩道からの距離、運転席高さ、周辺環境などについて海外事例など国内にはないデザインも取り入れた様々な条件下での無信号横断歩道の視認性を調査した。③ドライビングシミュレータを用いた実験を行い、②で提案したデザインが実現した状態を仮想的に再現し、その効果を検証した。①②③の具体的な方法を以下に示す。

2-1 一時停止率の実態調査

調査対象地区は、大阪市旭区周辺(以下、大阪地区)と名古屋市昭和区周辺(以下、名古屋地区)の無信号横断歩道を対象とした。大阪市では12箇所・15方向、名古屋市では9箇所・13方向、合計21箇所・28方向を調査対象とした。調査日は、大阪地区は2022年10月～12月、名古屋地区は2023年2月のうち、雨天を除く平日であった。調査時間は午前9時～午後4時の間とした。

調査方法は、調査員が横断歩行者として横断歩道手前で待機し、車が接近してきたタイミングを見計らって横断しようとした際に、車が一時停止したか否かを観測した。1か所1方向あたりの観測回数は50回とし、観測開始からの時間が120分を超える場合はその時点で調査終了とした。

道路交通環境の調査項目は、時々刻々と変化する動的条件(横断歩行者・自転車数等)と、時間とともに変化しない静的条件(規制速度、

幅員、横断歩道・ダイヤモンドの鮮明度、街路樹やクランクの有無等)を観測した。

ここで、路面標示の鮮明度は以下の式(1)で算出した値である。100%に近づくほど塗装が鮮明に残っていることを意味し、視認性が高い路面標示であると言える。

$$\text{鮮明度} = 1 - \frac{\text{剥離面積}}{\text{塗装領域面積}} \quad (1)$$

調査結果の分析は、調査時の動的な条件も考慮した各観測回単位の一時的停止行動に影響する要因を把握するため、一時的停止の有無を目的変数とするロジスティック回帰分析を行った。

2-2 横断歩道デザインに関するアンケート

Web アンケート調査により、横断歩道周辺のデザインの違いによる横断歩道の視認性等を調査する。本研究での視認性は「横断歩道があることがわかりやすい」と定義した。

Web アンケートで回答者に提示する横断歩道周辺デザインは、実際の無信号横断歩道の写真を加工し、複数の横断歩道のデザインを制作した。背景に使用した写真は、横断歩道の位置から約40m手前から撮影した。運転席の高さによって視認性が異なると考え、カメラの位置を地面から1.2mと2.0mの高さから撮影した。横断歩道周辺デザインには、横断歩道形状、ダイヤモンド、外側線、文字標示の4要素のデザインを組合せ、10種類のデザインを作成した。

Web アンケートでは、JAF 愛知支部のホームページに Web アンケートのリンクを掲載するとともに、東海北陸7県のJAF メールマガジン会員を対象に配信されるメールマガジンを通じて周知し、回答者を募った。

2-3 ドライビングシミュレータ実験

提案するデザインを実際に施工することは困難であるため、ドライビングシミュレータを用いて仮想空間を構築した。実験協力者を募集し、視認性や一時的停止行動を調査し、効果を検証した。

ドライビングシミュレータには、名古屋大学未来社会創造機構の没入型ドライビング・シミュレータ(NIC-DS)を使用した。バーチャルリアリティによる映像(4K解像度の前、左、右、下面投影CAVEシステム)と音響、6軸モーションにより発生させる加速度により車の運転状態を模擬し、運転者の視覚・聴覚・体感に伝えることができる。ただし今回の実験では6軸モーションは使用しなかった。

実験では、2-2で説明した Web アンケート

調査で使用した横断歩道周辺デザインの4要素を組み合わせた10種類のデザインを仮想空間上に構築した。両側2車線道路約3kmの区間に300mに1か所の間隔で様々なデザインを組み合わせた無信号横断歩道を配置し、一回の走行で10種類のデザインを体験する実験コースを作成した。

3. 研究の成果

3-1 道路交通環境が一時的停止率に与える影響の分析

一時的停止率の実態調査では、大阪地区で644台分、名古屋地区で595台分、合計1239台分の観測を行った。その結果、全体の一時的停止率は49%となった。一時的停止率の集計結果を図1に示す。地区別に一時的停止率をみると、大阪地区は36%、名古屋地区は64%であり、名古屋地区の方が高い(カイ2乗検定のp値: $p < 0.001$)。

2017年にJAFが行った調査によると、運転者が無信号横断歩道で一時的停止をしない(できない)理由で最も多かったのが「自車が停止しても対向車が停止せず危ないから」で44.9%が指摘している。2車線道路で一時的停止率が低い背景には、こうした運転者の意識が関係している可能性がある。

次に、各観測回の一時的停止の有無に影響する要因を探るため、ロジスティック回帰分析を行った。なお、全地区、大阪地区、名古屋地区の3つの分析のうち、全地区には地区別ダミーの変数を用いた。分析で考慮する道路交通環境は、時々刻々と変化する動的条件(自動車の到着間隔やその間の横断歩行者数等)と、時間とともに変化しない静的条件(規制速度、車道幅員、路面標示の鮮明度、街路樹の有無等)を考慮した。

分析結果を表1に示す。全地区の結果を見ると、一時的停止が多くなるように5%水準で有

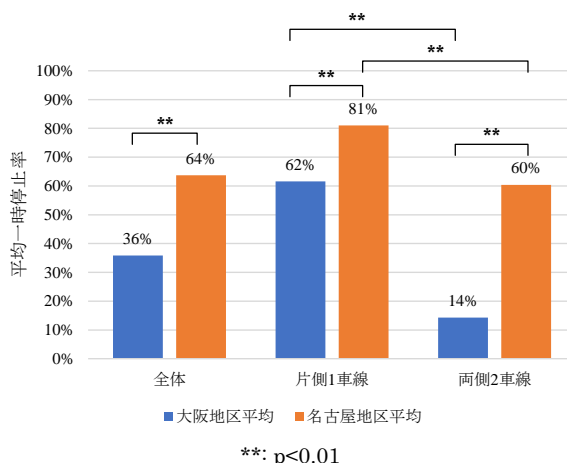


図1 地区別車線数別一時的停止率

表 1 一時停止率への影響要因分析結果（一時停止あり=1，一時停止なし=0）

分類	説明変数	単位	全地区			大阪地区			名古屋地区		
			偏回帰係数	オッズ比	p値	偏回帰係数	オッズ比	p値	偏回帰係数	オッズ比	p値
動的 条件	到着間隔	分	-0.035	0.966	0.396	0.012	1.012	0.832	-0.009	0.991	0.905
	横断歩行者数	人	0.143	1.153	0.050 *	0.043	1.044	0.611	0.294	1.342	0.047 *
	横断自転車数	台	-0.234	0.792	0.027 *	-0.329	0.720	0.012 *	-0.084	0.919	0.714
静的 条件	車線数	車線	-3.179	0.042	0.000 **	-3.977	0.019	0.000 **	-0.435	0.647	0.699
	車道幅員	m	-0.763	0.466	0.000 **	-1.484	0.227	0.001 **	0.117	1.124	0.812
	横断歩道鮮明度	%	0.006	1.006	0.075 -	0.014	1.014	0.002 **	0.069	1.071	0.078 -
	菱形(近)鮮明度	%	-0.011	0.989	0.009 **	-0.030	0.970	0.000 **	-0.007	0.993	0.639
	直近信号交差点距離	m	-0.028	0.973	0.004 **	-0.016	0.984	0.196	-0.105	0.901	0.000 **
	交差点有無(有=1, 無=0)		-0.269	0.764	0.277	-0.141	0.868	0.844	0.450	1.568	0.587
	横断歩道位置(流入=1, 流出=0)		-0.163	0.849	0.281	-0.362	0.696	0.156	0.022	1.022	0.919
	街路樹有無(有=1, 無=0)		-0.965	0.381	0.001 **	-1.237	0.290	0.006 **	1.932	6.901	0.237
	地区別ダミー(大阪=1, 名古屋=0)		-2.031	0.131	0.000 **	-	-	-	-	-	-
	定数項		12.836	375376	0.000 **	14.667	2343106	0.000 **	4.717	111.849	0.500
件数			1239			644			595		
調整済みp2			0.166			0.229			0.063		
判別の中率			70.5%			77.5%			63.7%		

※到着間隔は前の観測から次の観測対象車が到着するまでの経過時間のこと，直近信号交差点距離は100m以上は100mとした

※**: p<0.01, *: p<0.05, -: p<0.10

意に影響する変数は，横断歩行者数が多い場合，横断自転車数が少ない場合，車線数が1車線の場合，車道幅員が狭い場合，菱形(近)鮮明度が低い場合，直近信号交差点距離が近い場合，街路樹がない場合，名古屋地区の場合である。横断歩道鮮明度が高い場合には， $p=0.075$ の有意傾向が確認された。有意傾向であるため断定は避ける必要があるが，横断歩道の鮮明度が高いことでその視認性を高め，一時停止を取りやすい方向に影響を及ぼしている可能性を示唆する結果が得られた。

3-2 横断歩道デザインが視認性に及ぼす影響の分析

横断歩道デザインに関する Web アンケート調査の概要を表 2 に示す。横断歩道周辺の 10 種類のデザインに対して，「横断歩道があることがわかりやすい」かどうかについて，「まったくあてはまらない(1点)」から「とてもあてはまる(5点)」の 5 件法で質問した。その結果を用いて，横断歩道周辺デザインにおける要素の影響を定量的に評価するため，わかりやすさの 5 段階評価値を目的変数とする数量化理論 I 類の分析を行った。説明変数は，個人属性とデザイン(横断歩道の形状，ダイヤモンド有無，外側線，文字標示:親切に)に関する項目を取り入れた。回答者 1 人あたり 10 個のデザインに回答しているため，サンプル数は 4,490 となる。結果を表 4 に示す。

重相関係数の 2 乗は 0.220 でありモデルの精度はよくないが，本分析の狙いは説明変数の影響を把握することであるため，この結果を用いて考察する。レンジと偏相関係数が両方とも大きい説明変数に着目すると，ダイヤモンド，形状，外側線，文字である。視認性が

表 2 調査の概要

調査時期	2023年4月11日(火)~28日(金)
調査方法	JAFホームページでのアンケート掲示 JAF会員向けメールマガジンでの周知
対象者	JAF会員(愛知県, 岐阜県, 三重県, 静岡県, 福井県, 石川県, 富山県)
回答数	全体:449人(内訳:愛知県:283人, その他:166人)

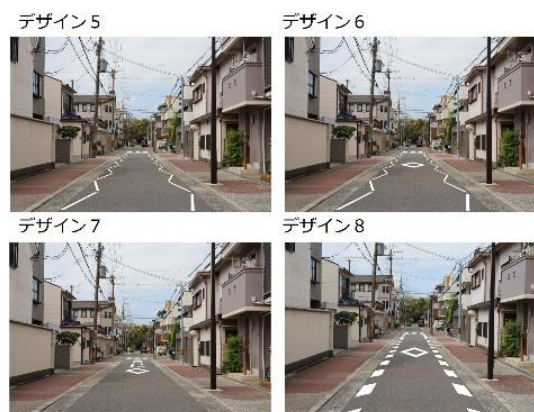


図 2 制作した横断歩道周辺のデザイン(一部)

表 3 ドライビングシミュレータ実験の概要

回数	運転区分	視点高さ	収集データ
1	全自動走行	1.2m	視認位置
2	速度維持走行	1.2m or 2.0m	視認位置
3	速度維持走行	1.2m or 2.0m	視認位置
4	一時停止走行	1.2m	ブレーキ位置 走行速度

※位置は横断歩道からの距離

高くなる方向に影響するカテゴリは，それぞれ，ダイヤモンドはあり，形状は長方形，外側線はドット，文字はなしであった。

3-3 横断歩道デザインが運転行動に及ぼす影響の分析

ドライビングシミュレータ実験では，表 3 に示す 4 回の走行(1 回約 3km)を行った。22 名の被験者から協力を得た。そのうち，実験結果が欠損なく得られた 16 名のデータを用いてコンジョイント分析を行った。

ドライビングシミュレータでの走行中に「横断歩道を視認した位置」（値が小さいほど横断歩道に近い）と、横断歩道手前での一時停止を指示した走行において「最初にブレーキを踏んだ位置」（同）を目的変数とする数量化理論Ⅰ類の分析を行った。前者は視点高さ1.2mと2.0mの2回実施したためサンプル数は380件である。

分析の結果を表5、表6に示す。横断歩道視認位置への影響は、重相関係数の2乗が0.322であり十分に高いとは言えない。ブレーキ位置については同値が0.091でありさらに低い。今後、変数の選択や分析方法の工夫等により、より信頼性のある分析を行う必要があるが、得られた結果で考察を行う。

横断歩道視認位置、および、ブレーキ位置ともに、横断歩道のデザインに関わる横断歩道形状、外側線、文字については、他の項目と比べてレンジや偏相関係数が小さく、影響が小さい結果となった。中でも文字の有無については特に影響が小さい。ブレーキ位置については、外側線のレンジおよび偏相関係数が他の項目より大きく、ダイヤモンドの存在が横断歩道のより手前でブレーキを踏む方向に影響する。長方形やダイヤモンドという従来から存在するデザインが、より横断歩道の遠くで視認や減速を行う方向に影響することが確認できた。この結果は「慣れ」の効果を含んでいる可能性がある。

一方、性別や運転頻度では、視認位置とブレーキ位置のスコアの符号が逆となっている。個人属性によっては、横断歩道が見えることと減速行動を起こすことが必ずしも一致していない可能性を示唆する結果が得られた。

4. 今後の課題

本研究の結果、横断歩道の視認性を高める、あるいは、横断歩道のより手前から視認しやすいデザインは、現在使用されているものであった。ただし、本研究の結果には「慣れ」の効果を排除できていない可能性があるため、今後さらなる検証が求められる。また、横断歩道が見えることと減速行動を起こすことが必ずしも一致していない可能性がある。こうした観点についてもさらなる検証が求められる。

5. 研究成果の公表方法

本研究により得られた成果は、第43回交通工学研究発表会、第88回日本交通心理学会年次大会で発表して公表済みである。今後は、交通工学論文集（投稿済み・査読中）、第44回交通工学研究発表会、第89回日本交通心理学会

表4 わかりやすさへの影響分析結果

アイテム	カテゴリ	件数	スコア	レンジ	偏相関係数
性別	女性	890	-0.158	1.03	0.10
	男性	3570	0.048		
	答えたくない	30	-0.983		
年齢	24歳以下	310	0.198	0.64	0.14
	25~34歳	180	-0.202		
	35~44歳	360	-0.249		
	45~54歳	870	-0.091		
	55~64歳	1520	-0.050		
	65~74歳	930	0.100		
	75歳以上	320	0.394		
運転頻度	月1日未満	80	0.234	0.33	0.07
	月1日程度	420	-0.047		
	週1日程度	750	0.123		
	週2~4日	500	-0.016		
	週3~5日	2640	-0.042		
	週6~7日	100	0.279		
	免許証の色	ゴールド	3130		
ブルー	1200	-0.007			
グリーン	160	0.154			
形状	長方形	3592	0.168	0.84	0.27
	台形	898	-0.673		
ダイヤマーク	なし	898	-0.708	0.89	0.27
	あり	3592	0.177		
外側線	なし	2694	0.067	0.80	0.21
	ドット	898	0.300		
	ジグザグ	898	-0.500		
文字	なし	3592	0.148	0.74	0.24
	あり	898	-0.593		
高さ	1.2m	3143	-0.024	0.08	0.03
	2.0m	1347	0.056		
定数項			3.413		
サンプル数			4490	重相関係数の2乗: 0.220	

表5 横断歩道視認位置への影響分析結果

アイテム	カテゴリ	件数	スコア	レンジ	偏相関係数
視点高さ	2.0m	190	16.92	33.84	0.47
	1.2m	190	16.92		
形状	長方形	228	1.81	4.53	0.07
	台形	152	-2.72		
外側線	ダイヤ	114	3.05	4.92	0.06
	ドット	114	-0.55		
	ジグザグ	152	-1.87		
文字	なし	228	-0.23	0.58	0.01
	あり	152	0.35		
年齢	20~39歳	120	-5.38	26.71	0.27
	40~59歳	180	-5.74		
	60~79歳	80	20.97		
性別	男性	180	3.87	7.34	0.09
	女性	200	-3.48		
運転頻度	ほぼ毎日	180	7.02	13.34	0.18
	週数回未満	200	-6.32		
免許の色	金	240	3.84	10.43	0.14
	青	140	-6.58		
定数項			109.77		
サンプル数			380	重相関係数の2乗: 0.322	

表6 ブレーキ位置への影響分析結果

アイテム	カテゴリ	件数	スコア	レンジ	偏相関係数
形状	長方形	96	1.73	4.34	0.11
	台形	64	-2.60		
外側線	ダイヤ	48	4.32	7.99	0.17
	ドット	48	-3.67		
	ジグザグ	64	-0.49		
文字	なし	96	0.15	0.37	0.01
	あり	64	-0.22		
年齢	20~39歳	70	-0.06	7.81	0.12
	40~59歳	50	-3.42		
	60~79歳	40	4.39		
性別	男性	90	-1.20	2.73	0.05
	女性	70	1.54		
運転頻度	ほぼ毎日	70	-4.40	7.83	0.15
	週数回未満	90	3.42		
免許の色	金	100	0.61	1.62	0.04
	青	60	-1.01		
定数項			54.30		
サンプル数			160	重相関係数の2乗: 0.091	

年次大会等の場で発表する予定である。

以上

How to improve yielding behavior at unsignalized crosswalks

- focusing on the shape of crosswalks and environment -

Primary Researcher: Yasuhide Nishihori
Associate professor, Osaka Institute of Technology

Co-researchers: Masae Kojima
Associate professor, Institutes of Innovation for Future Society,
Nagoya University
Hiroshi Wakabayashi
Professor, Meijo University
Hiroshi Teramoto
Japan Automobile Federation

The purpose of this study is to propose the design of crosswalks and the surrounding environment to increase the yielding behavior at unsignalized crosswalks in order to realize safe and secure residential streets for pedestrians. The following three analyses were conducted in this study. 1) A survey of yielding behavior at unsignalized pedestrian crossings with various road traffic environments. 2) Web-based questionnaire survey on visibility of unsignalized pedestrian crossings, including new designs. 3) Evaluation of the impact of unsignalized pedestrian crossings including new designs using a driving simulator. The main findings of this study are as follows. 1) The yielding behavior rate among passing vehicles at unsignalized crosswalks were higher for one-lane crosswalks than for two-lane crosswalks and was higher for crosswalks with clearer markings. 2) The factors influencing the visibility of unsignalized crosswalks were, in descending order of influence, the with or without diamond marks, the shape of the crosswalk, outside lines, and the with or without message marking on road. 3) The results of the driving simulator experiment confirmed that the conventional design of rectangular crosswalks and diamond marks had an effect of heighten visibility of crosswalk mark and deceleration of vehicles' velocity farther away from the crosswalk.