

横断者の滞留機能を考慮した中央帯設計に関する調査分析*

A Study on Median Design Considering a Refuge Function for Pedestrians at Signalized Intersections

鈴木 弘司**・藤田 素弘***・森下 健太****

By Koji SUZUKI, Motohiro FUJITA and Kenta MORISHITA

1. はじめに

信号交差点において、横断歩行者・自転車に関係する交通事故は死傷事故に繋がりがやすく、その対策が急務であるが、事故発生原因の一つとして、信号切り替わり時のドライバー、横断者の無理な駆け込み進入が挙げられる。一方、信号交差点における中央帯(図-1B)は、歩行者の安全な横断あるいは滞留スペースとして活用可能であり、横断者の無理な駆け込みを抑制することに寄与するものと考えられる。特に多車線かつサイクル長の長い交差点においては交通安全面の観点からその滞留機能を活用することが望まれる。

現行の道路構造令では、中央帯は車線の往復方向の分離、車両の通行に必要な側方余裕の確保、右折車線の設置など自動車の交通機能、歩行者の横断が安全かつ容易となる機能や市街地形成、防災、環境および収容の各空間機能を提供する空間であると定義されている¹⁾が、歩行者の安全な横断あるいは滞留スペースとして活用する、特にどのような規格であれば横断者に負担を強いることなく滞留させられるかという観点からの具体的な検討はなされていない。

高宮ら²⁾は、中央帯幅員に関する実験を行い、歩行者・自動車間の距離、速度との関係を分析することで、歩行者の恐怖感から必要となる自動車までの距離を導いている。しかしながら、この恐怖感ヒアリングによる主観的評価であるため、客観的な指標による検討が必要であると考えられ、また速度に加えて車種などの具体的な交通状況、さらには待ち時間など信号制御の影響について検討が必要である。

そこで、本研究では、中央帯滞留者の心理・行動、とりわけ交通状況や交差点構造条件に対する不安感を把握する必要があると考え、交通状況、交差点構造、信号制御条件の異なる名古屋市内4交差点において、中央帯滞留者の心理面への影響を把握するための交通実態調査を行った。本稿では、アンケート調査より取得した不安感データおよび心拍数(RRI)の変化と交差点構造、交通状況、信号制御条件との関係について分析を行い、中央帯滞留時の横断者の心理的負担の影響要因を明らかにする。

*キーワード：交通安全、中央帯、横断者、交差点構造
 **正会員，博(工)，名古屋工業大学大学院 工学研究科
 (名古屋市昭和区御器所町，TEL：052-735-7962，E-mail：suzuki@ace.nitech.ac.jp)
 ***正会員，工博，名古屋工業大学大学院 工学研究科
 ****非会員，名古屋工業大学大学院 工学研究科

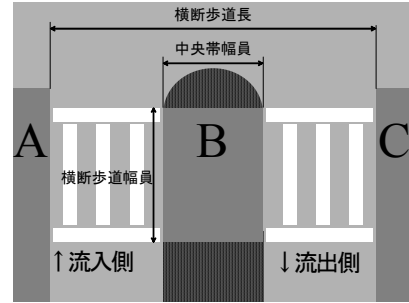


図-1 道路構造
表-1 調査概要

調査期間	2005年11月11日(金)~25日(金)
対象交差点	名古屋市内の4交差点 ①名大病院西 ②京町通 ③東新町北 ④東片端
調査時間帯	10:30~12:00 13:00~15:30
被験者	20歳代男性7人，女性2人 計9人
調査内容	(a) 中央帯滞留者および交通状況 A(出発)→B(1 サイクル滞留)→C(1 サイクル待機し折り返し)→B(1 サイクル滞留)→A(終了)の順で被験者に2回，中央帯に滞留させる(図-1)．滞留者の様子および周辺交通状況を横断歩道の両側からビデオカメラ2台で撮影． (b) アンケート調査 中央帯滞留時の交通状況，交差点構造，またそれらに対する不安感ならびに総合評価(5段階評価) (c) 心拍数(RRI)の測定 腕時計型心拍計(Polar社 S810i)を用いて，平常時(道路路肩)および中央帯滞留時の心拍数(RRI)を測定

2. 調査概要と対象交差点の特徴

横断者の心理・行動、特に不安感を把握するために、サイクル長、幾何構造の異なる4つの信号交差点において現地調査を実施した。調査の概要を表-1に示し、対象交差点の特徴を表-2に示す。

観測調査より、各交差点の平均交通量を表-3に示し、また中央帯より最内車線の平均速度を交差点流入側、流出側別に算出した結果を表-4に示す。

表-3より、交通量は、名大病院西と京町通、東新町北と東片端が同程度であることがわかる。また車種構成に着目すると名大病院は大型車の割合が高いといえる。

表-4より、流出側の平均速度は概ね50km/h前後であるこ

表-2 対象交差点の特徴

	名大病院西	京町通	東新町北	東片端	
中央帯幅員[m]	3.0	1.6	2.4	1.2	
横断歩道長[m]	36.4	27.6	25.0	19.8	
横断歩道幅員[m]	3.6	4.0	3.3	3.8	
自転車横断帯[m]	0.0	2.1	2.2	2.1	
車線数	流出側	5	4	3	2
[車線/方向]	流入側	4+1	4	3+1	3+1
サイクル長[s]	150	160	140	129	
歩行者赤時間[s]	106	93	89	91	

表-3 信号1サイクルあたりの平均交通量

交差点名	車種	二輪車 [台]	普通車 [台]	トラック [台]	バス [台]	合計 [台]
名大病院西		0.7	45.4	8.2	0.1	54.4
京町通		1.2	48.3	3.0	1.2	53.6
東新町北		0.7	32.9	1.4	0.3	35.3
東片端		0.6	29.9	1.9	0.2	32.6

表-4 各交差点1レーン平均速度

交差点名	平均[km/h]	標準偏差[km/h]	台数[台/h]	
名大病院西	流出	45.0	8.7	109
	流入	19.3	11.1	154
京町通	流入	55.0	19.4	77
	流出	55.9	15.9	42
東新町北	流入	20.4	14.9	108
	流出	55.5	8.5	146
東片端	流出	52.5	9.9	175
	流入	18.6	10.3	164

とがわかる。また京町通のみ流入側、流出側の平均速度に差が見られないが、これは表-2に示すとおり、右折専用車線がないことによるものである。

3. 中央帯滞留時における利用者意識分析

本章では中央帯滞留時の利用者の不安感に影響を及ぼす要因について検討する。本研究では不安感を構成する要素として、交通量、速度、周囲の音、走行車両による風の4項目に着目し、それぞれ5段階の不安感評価を、さらに総合不安感の評価を把握する調査を行っている。ここでは、交通量、速度に対する不安感ならびに総合不安感に関して考察を行う。それぞれの結果を図-2から図-4に示す。

図-2より、交通量に関してはどの交差点も50%程度が「やや不安」を示しているが、東片端交差点においては「かなり不安」が22%を占めていることがわかる。表-3より東片端交差点は4交差点中、1サイクルあたりの交通量が最小であるにもかかわらず、この結果となっているのは中央帯幅員が4交差点中最小であることが関係していると考えられる。

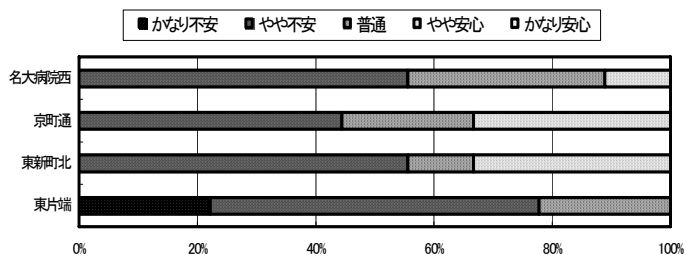


図-2 交通量に対する不安感

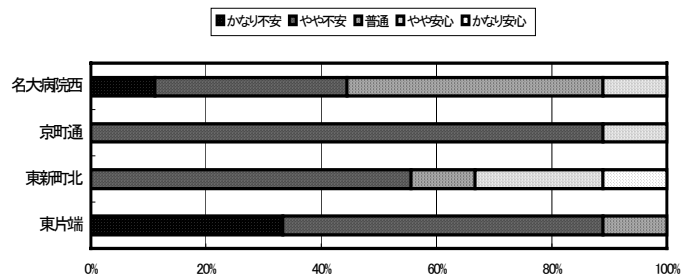


図-3 速度に対する不安感

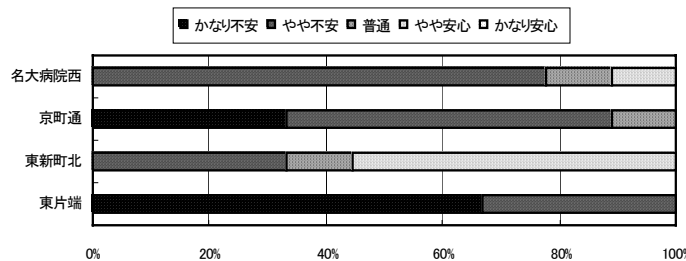


図-4 総合不安感

図-3より、速度に関する不安感では、京町通において90%程度が「やや不安」と評価していることがわかる。これは、本交差点では右折専用車線がないため、車両が50km/hで両方向走行(被験者の前後)していることが影響しているといえる。また、平均速度が50km/h程度で同程度の東新町北と東片端において、後者の方が「かなり不安」の評価が多いのは中央帯幅員の狭さが影響していると考えられる。名大病院西で「かなり不安」の評価が12%程度示しているのは大型車車両が多く走行していたことが一因として挙げられる。

図-4の総合不安感に関しては、表-2より中央帯幅員が狭い京町通、東片端の両交差点の「かなり不安」の評価が高く、特に後者では60%を超える値を示している。また、名大病院西、東新町北の両交差点には「やや安心」という評価が存在し、特に、東新町北交差点は「やや安心」の評価が55%程度と半数を超える結果を示した。これらより中央帯滞留者が感じる総合不安感は、中央帯幅員と強い関係があると考えることができ、その点について次章にて詳細に分析を行う。

4. 中央帯滞留時総合不安感のモデル化

中央帯滞留者が感じる総合不安感は、前章で示したとおり交通量、速度、音、風、車種の影響を受けると考えられる。また、それらの各要素は交通状況や交差点構造条件と

いった外的な要因で構成されていると考えられる。

そこで、本章では中央帯滞留者の総合不安感についてはアンケート回答を用いて、また、総合不安感に影響する要因としてはビデオ観測から得られた実際の交通状況・交差点構造条件データを用いて、両者の関係を重回帰分析により明らかにする。

今回、説明変数として、交通状況を表す指標である「交通量」、「速度」、「大型車混入率」を、幾何構造条件を表す指標である「車線数」、「中央帯幅員」を、また信号制御条件に関係する指標として「歩行者赤時間」を、さらには中央帯滞留経験の有無を表す「中央帯滞留経験ダミー」を用いて分析を行った。なお、モデル式は線形回帰式を仮定している。パラメータの符号条件の妥当性、統計的な有意性を勘案し、採用したモデルを表-5に示す。

ここで、歩行者赤時間と中央帯滞留経験ダミーとの相関係数が0.94と非常に高い値を示し、両者を同時に取り扱うことは多重共線性の問題を生じさせる恐れがあったため、ここでは別のモデルとして取り扱っている。

まず、歩行者赤時間を考慮したmodel.1に着目すると、大型車混入率が大きいと総合不安感が高くなる、中央帯幅員が広いと総合不安感が低くなる、歩行者赤時間が長いと総合不安感が高くなるという結果となり、これらは前章の不安感に関する集計分析結果をみても妥当な結果であるといえる。ここで、変数間のパラメータを比較すると中央帯幅員1mに対する歩行者赤時間の重みが25.9sとなり、総合不安感に与える幾何構造、信号制御の関係が明示された。

次に、中央帯滞留経験の有無を考慮したmodel.2の結果より、中央帯に初めて滞留することは総合不安感を高める要因であることが明らかとなった。中央帯幅員と中央帯滞留経験ダミーの係数比較より、中央帯に初めて滞留することによる不安感増加は、中央帯幅員1.12m分の総合不安感への正の効果に相当することがわかった。その他の説明変数については、model.1と同様の傾向であった。

5. 中央帯滞留時RRIデータの特性分析

中央帯滞留時の不安感などの精神的負担を客観的指標で表現するために、本稿では心拍変動、特にRRIの変化に着目する。ここで、RRIは緊張や不安といった交感神経系活動と対応する心的事象の動きを捉えるためによく用いられる^{3), 4)}。

心拍変動に着目した既存研究として、家田ら⁵⁾は信号交差点の横断歩行者を対象としたVR空間での実験を行い、横断者の精神負担の変化を心拍変動スペクトルの高周波成分HFの大きさにより表現し、信号現示設定に関する利用者評価を行っている。一方、ドライバーに着目した事例としては、岩倉ら⁶⁾が運転疲労から発生するストレスをRRI指標により評価しており、また菊池ら⁷⁾が冬季道路の除雪車両に追従し

表-5 総合不安感に関する重回帰分析結果

説明変数	係数 (t 値)	
	model.1	model.2
切片	3.01(4.54)	6.43 (13.1)
大型車混入率[%]	1.61×10^{-2} (1.61)	2.06×10^{-2} (2.13)
中央帯幅員[m]	-6.76×10^{-1} (-4.01)	-1.58 (-5.96)
歩行者赤時間[s]	2.61×10^2 (3.83)	-
中央帯滞留経験ダミー (中央帯に初めて滞留: 1, 2回目以降: 0)	-	1.77 (4.12)
補正R ² 値	0.46	0.53
サンプル数	36	

たドライバーを対象として情報提供有無によるストレス変化を、RRIを用いて分析している。

(1) RRIデータの特性分析

中央帯滞留時および平常時(路肩)のRRIデータを用いて、中央帯滞留時のストレスに関する考察を行う。ここで、RRIの値が小さいとき、すなわち心拍数が大きい状態は心的負担を感じている状態を意味する。本節では、平常時のRRI平均値(RRI_{usual})と中央帯滞留時のRRI平均値(RRI_{med})との差($\Delta RRI = RRI_{usual} - RRI_{med}$)をとり、 ΔRRI が正の場合は、平常時よりも中央帯滞留時に不安などの心的負担を感じているとみなし、 ΔRRI が負の場合は、平常時と比較しても中央帯滞留時にそれほど心的負担を感じていないと判断する。

分析の結果より、 ΔRRI が正となった被験者(以下、グループ1)は36サンプル中10サンプル(27.8%)と少数であり、70%以上は ΔRRI が負(以下、グループ2)、すなわち中央帯滞留に心的負担を感じていないことが示された。なお、両グループのRRI平均値について検定を行ったところ有意水準5%で差が見られた($t=6.62$)。

以下、交通状況、交差点構造および各不安感データを用いて、両グループの特徴を明らかにする。

(2) グループ別の交通状況・交差点構造特性

各グループの交通状況、交差点構造特性を検討するため、平均値および標準偏差を表-6に示す。

これより、交通量、大型車混入率に関しては、グループ1よりもグループ2の方が高い値を示し、またデータのばらつきも大きいことがわかる。

一方、グループ1の特徴としては、中央帯幅員では平均で20cm程度狭い結果となったことが挙げられる。また、横断歩道幅員はグループ2の平均値よりも高い値を示している。

これより、横断歩道幅員は5m程度あれば滞留横断者にとってそれほどストレスに影響するものではないと推測される。

(3) 主成分分析

両グループの特徴をより明確にするために、交通状況、交差点構造、不安感データを用いて主成分分析を行った。分析結果を表-7、表-8に示す。

固有値1.0を閾値とした結果、グループ1では3成分が抽出され、グループ2では4成分が抽出された。前者では、「中央帯幅員・大型車の存在」の成分が大きく寄与しており、次いで「速度・音に対する不安」が影響していることがわかった。後者は「交通量・速度に対する不安」、「右折車の存在」が寄与しており、両者に違いが見られた。

6. おわりに

本研究では中央帯を滞留スペースとして活用するための設計基準を検討するために、アンケート調査より取得した不安感データと交差点構造、交通状況、信号制御条件との関係を分析するとともに、中央帯滞留横断者の心的負担感を、客観指標であるRRIで表現し、その特性ならびに影響要因について分析を行った。

本研究から得られた知見を以下に示す。

- 中央帯滞留時の総合不安感は中央帯幅員と強い相関関係があることがわかり、中央帯幅員が小さくなると総合不安感が高くなる。
- 総合不安感に関して、実際の交通状況、交差点構造条件を説明変数とした重回帰分析を行った結果、「大型車混入率」が大きくなる、「中央帯幅員」が狭くなること、さらに「歩行者赤時間」が長くなることが総合不安感を高める要因であることがわかり、また、「中央帯滞留経験の有無」が不安感に影響していることもわかった。
- 中央帯滞留者のRRI特性分析より、平常時と比べ中央帯滞留時にストレスを感じる被験者の方が少なく、RRIの観点からは中央帯に滞留することはそれほどストレスに感じることはないことが示された。また、ストレスを感じる被験者群の特徴として、中央帯幅員や大型車の存在を意識していることが明らかとなった。

今回、中央帯滞留者にとって客観的な心的負担を表す指標としてRRIの平均値を使用したが、実際の交通状況・交差点構造条件のみでRRIを評価することが困難であった。今後は、心拍変動スペクトルの周波数解析を行い、横断者の心的負担について、より詳細な分析を行う。また、今回の調査では被験者が20代の男女9名と少なく、個人属性にも偏りがあったため、今後はサンプル数を増やし、さらに調査環境を整えた追加調査ならびに分析を行う予定である。

表-6 グループ別の交通状況・交差点構造

グループ	交通量 (流出) [台/サイクル]	速度 (流出) [km/h]	大型車 混入率 (直進)%	中央帯 幅員 [m]	横断歩 道幅員 [m]
1	平均値	37.3	53.1	6.2	1.9
	標準偏差	16.0	4.8	2.7	0.6
2	平均値	40.1	52.9	9.6	2.1
	標準偏差	17.7	6.7	7.0	0.7

表-7 主成分分析結果 (グループ1)

成分	成分の解釈	固有値	累積 寄与率[%]
1	中央帯幅員・大型車の存在	4.46	37.2
2	速度・音に対する不安感	2.33	56.6
3	直進車の存在	2.19	74.8

表-8 主成分分析結果 (グループ2)

成分	成分の解釈	固有値	累積 寄与率[%]
1	交通量・速度に対する不安	4.39	36.6
2	右折車の存在	2.69	59.0
3	直進車の速度	1.96	75.3
4	大型車・音の影響	1.67	89.3

本研究は、平成17年度科学研究費補助金(若手研究(B)17760427)を受けて実施したものである。ここに記して感謝の意を表す。

参考文献

- 1) 日本道路協会：道路構造令の解説と運用，2005。
- 2) 高宮進，石倉丈士：歩行者の恐怖感に基づく路肩幅員，中央帯幅員の検討，第16回交通工学研究発表会論文報告集，pp.57-60，1996。
- 3) 社人間生活工学研究センター：<http://www.hqj.or.jp/gpd/jpn/>
- 4) 高津浩彰，宗像光男，小関修，横山清子，渡辺興作，高田和之：心拍変動による精神的ストレスの評価についての検討，電気学会論文誌，120巻1号，pp.104-110，2000。
- 5) 家田仁，鳩山紀一郎：横断歩行者の視点からみた高齢化社会に向けた信号交差点の設計・制御法に関する基礎実験，交通工学 Vol.37 No.6，pp.51-60，2002。
- 6) 岩倉成志，西脇正倫，安藤章：長距離トリップに伴う運転ストレスの測定—AHSの便益計測を念頭に—RRIとストレス，土木計画学研究論文集18，pp.439-444，2001。
- 7) 菊池恵子，根本千衣，浜岡秀勝，武藤徹，西川文隆：投棄の道路サービスの向上施策とその評価，第4回ITSシンポジウム2005 Proceedings，pp.97-102，2005。