

信号制御の歩行者停止行動に与える影響構造*

On Effect of Traffic Signal Control to Pedestrian Stopping Behavior

大 蔵 泉** 渡 邊 健 司***

by Izumi OKURA and Kenji WATANABE

1. はじめに

歩行者の信号現示が点滅へ変わるとき、歩行者は横断歩道へ踏み出すか停止するかを判断を迫られる。このときに停止判断のばらつきが大きいと、歩行者と車両との危険な交錯が生じやすくなる。歩行者は自由度が大きいため、車両に比べて停止判断のばらつきが大きくなるが、それでも周囲の各種要因に関わる法則性が存在する可能性がある。したがってそれら各種要因と停止判断との関係を見いだすことができれば、信号遵守度を保ちながらも安全性にも問題が少ない、適切な信号現示を設定することができるとは思われる。

しかし、従来は歩行者の挙動特性を現示の変わり目と関連づけて分析した研究が少なく、各種要因と停止判断とを結び付けようようなパラメータは得られていない。そのため、現在運用上用いられている制御条件は、主に歩行速度と横断歩道長とに基づいて設定されており、そのほかの条件の影響は明示的に言及・特定することができない状況にあった。

上述の背景を踏まえて、交通信号制御高度化の一環として、信号現示切り替え時の交通現象を解析し、制御計画・システム運用時の基礎的情報を整理することを目的として、本研究を実施した。具体的には、歩行者クリアランス時間（点滅開始から交差交通青

開始まで）における歩行者の停止行動特性を、停止確率を指標として表し、その分布をロジスティック曲線で回帰して曲線パラメータを求めた。そしてパラメータと各種要因との相関を数量化理論Ⅰ類を用いて分析し、歩行者の停止判断のモデル化を行った。

本研究の分析手順を示すと以下ようになる。

- ①歩行者クリアランス時間における歩行者の停止判断に関する挙動パターンを把握し、その行動に関係する要因の抽出を行う。
- ②それらの各種要因と停止確率との相関を探る。
- ③停止確率の分布に法則性がみられたものについて回帰分析を行い、曲線形の推定を行う。
- ④その曲線のパラメータの法則性と各種要因との相関を分析し、検討する。

2. 実測調査の概要

各種条件の組み合わせの多様さを考慮して交差点の選定を行い、横浜市内・東京都内9地点で現地調査を実施した。そして、歩行者クリアランス時間内における全歩行者について、その位置と時刻を基本とした挙動データを採集した。調査地点の概要を表-1に示す。

3. 停止確率の分布

歩行者の停止確率を計算するためには、ある指標に基づいて階級を区切る必要があるが、そのための指標として、(a)縁石までの距離 (b)縁石までのポテンシャルタイムの2つを用いた。そしてこれら(a)、(b)それぞれによって停止確率の分布をプロットした。それによると、距離停止確率のほうが、ポテンシャルタイム停止確率よりもばらつきが小さい地点と、その逆である地点とに分かれた。車両の停止確率の

*キーワード：歩行者交通行動、歩行者・自転車交通計画

**正員 工博 横浜国立大学教授 工学部建設学科
(横浜市保土ヶ谷区常盤台156, TEL 045-335-1451,
FAX 045-331-1707)

***首都高速道路公団 計画部第一計画課
(東京都千代田区霞が関1-4-1, TEL 03-3502-7311,
FAX 03-3503-1807)

表-1 調査地点の横断歩道寸法と信号現示状況

No. 地点名	横断歩道 寸法(m)		信号現示状況 (単位: 秒)				
			信号長	クリアランス時間			合計
				点滅 時間	*2 間隔	全赤 時間	
1 馬車道	16.9	4.3	126*1	5	5	2	12
2 青葉台	14.9	5.8	100	4	8	4	16
3 新横浜	35.1	6.7	130*1	8	5	3	16
4 市庁舎	25.0	30.0	113*1	6	-	5	11
5 桜木町	19.8	7.7	140	5	36	4	45
6 東急目黒	9.0	4.3	135	7	-	3	10
7 蒲田駅前	13.6	4.5	60	6	-	3	9
8 JR目黒駅	14.8	4.3	140	5	9	3	17
9 宮下公園	14.5	4.8	130	7	6	3	16

*1) 可変 *2) 点滅終了から全赤開始まで

分布と比較すると、全体的にいて歩行者の停止確率の分布は、ばらつきが大きいことがわかった。

4. 関数形の選択

停止確率の分布の特徴は、上・下限値を持ち、(x)の増加に伴って停止確率がS字形に増加することにある。この関係を表す曲線形の例としてロジスティック曲線があげられ、回帰演算も比較的容易であるため、本研究ではこの曲線形を停止確率を表現するモデルとして適用することにした。この曲線は次式で表される。

$$y=100 / \{ 1 + \text{Exp} (\phi (x)) \}$$

ここに $\phi (x) = -B (x - A)$

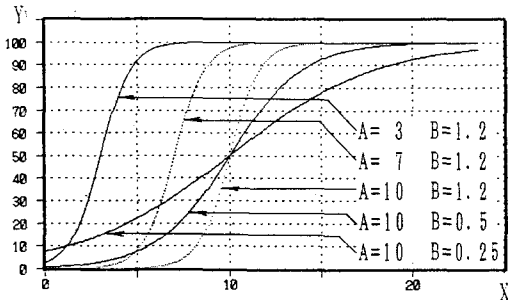


図-1 パラメータの差異による分布形の変化

この曲線は2つのパラメータ (A, B) をもち、この値の組み合わせを変化させることにより分布形が図-1 のように変化する。これによると、A が大きいほど停止しにくく、B が小さいほど判断のばら

つきが大きい交差点であるといえる。

次に、得られた停止確率分布を変数変換してロジスティック曲線への回帰を行い、パラメータ (A, B) を求めた。表-2 は各地点における A, B の値である。また、図-2 はある地点のポテンシャルタイム停止確率を描いたものである。

表-2 ロジスティック曲線のパラメータ A, B

No. 地点名	縁石からの距離		ポテンシャルタイム	
	A	B	A	B
1 馬車道	11.742	0.201	6.600	0.539
2 青葉台	8.022	1.329	8.199	0.529
3 新横浜	8.147	0.281	7.033	0.331
4 横浜市庁	7.491	0.199	6.699	0.916
5 桜木町	15.214	0.211	8.180	0.899
6 東急目黒	16.193	0.403	11.018	0.646
7 蒲田駅前	11.408	0.361	8.645	0.496
8 JR目黒	17.275	0.376	13.877	0.456
9 宮下公園	16.523	0.289	15.263	0.253

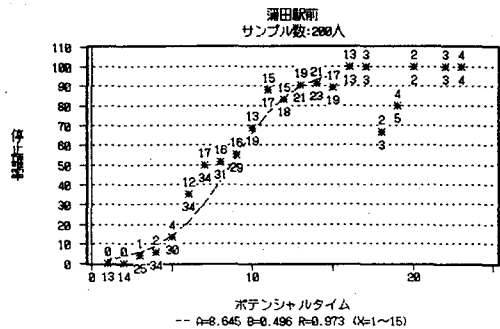


図-2 ポテンシャルタイム停止確率の直接回帰結果

5. 停止確率推定モデルの開発

(1) 停止判断に寄与する影響要因

停止確率分布は交差点の各種条件によって異なる。停止判断に寄与する影響要因として分析に用いたものを表-3 に挙げた。パラメータ推定の分析手法としては数量化理論 I 類を用い、地点数が非常に限られることから、モデル式に導入する説明変数は2つまでとした。質的な説明変数については (表-3 の *印) 層別化を行い、そのカテゴリー数は3つ以内とした。

表-3 停止判断に寄与する影響要因

①構造条件に関するもの	・横断歩道長 ・横断歩道幅 ・信号見通し距離*
②信号制御に関するもの	・点滅時間 ・歩行者クアラン時間
③交通環境に関するもの	・歩行者交通量* ・右左折車両交通* ・交差車両交通*
④その他	・撮影時間帯*

*印は層別化を行った説明変数

(2) パラメータ推定モデルと予測結果

分析の結果得られたパラメータ推定モデルの各係数を表-4に、この推定モデルに実測値を代入した結果を表-5に示した。またこれらのうち1地点について予測結果を描いたものが図-3である。

表-4 曲線パラメータA, B推定式の各係数

(1) 距離 A 重相関係数 $r=0.968$				
目的変数	層別変数の カテゴリ	説明変数 交差交通	説明変数 時間帯	定数項
距離 A	1	0	0	16.889
	2	-5.715	-1.175	
	3	-8.482		
(2) 距離 B 重相関係数 $r=0.988$				
目的変数	層別変数の カテゴリ	説明変数 信号見通し	説明変数 歩行者交通	定数項
距離 B	1	0	0	1.329
	2	-1.102	0.074	
	3		-0.961	
(3) ポテンシャルタイム A 重相関係数 $r=0.882$				
目的変数	層別変数の カテゴリ	説明変数 交差交通	説明変数 クアラン時間(数値変数)	定数項
PT A	1	0	-0.136	15.078
	2	-5.495		
	3	-6.375		
(4) ポテンシャルタイム B 重相関係数 $r=0.705$				
目的変数	層別変数の カテゴリ	説明変数 右左折交通	説明変数 クアラン時間(数値変数)	定数項
PT B	1	0	0.017	0.398
	2	-0.046		
	3	-0.347		

(3) 停止確率推定モデルの意義

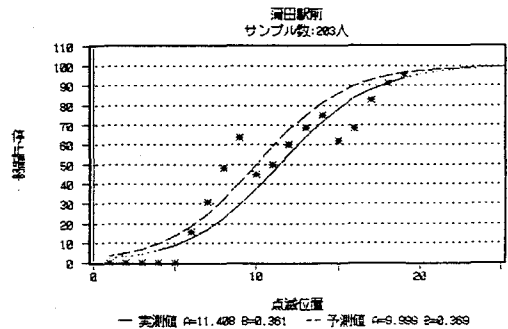
さて、得られた停止確率推定モデルを、実際の適用を考慮に入れたうえでその意義を考えると、次の各項目が挙げられる。

①具体的な条件の組み合わせによる適用

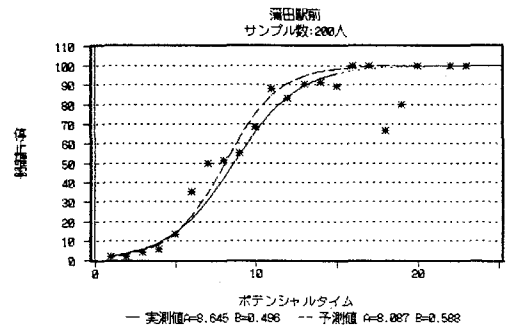
直接的な状態量である停止確率モデルは、各種

表-5 推定モデルによる予測値と予測残差

サンプル名	Y: 距離 A		Y: 距離 B	
	予測値	予測残差	予測値	予測残差
1 馬車道	11.174	1.231	0.227	-0.039
2 青葉台	9.999	-3.213	1.329	0.000
3 新横浜	8.406	-0.674	0.227	0.081
4 横浜市庁	7.232	0.674	0.227	-0.042
5 桜木町	15.714	-0.788	0.301	-0.135
6 東急目黒	16.889	-1.096	0.301	0.153
7 蒲田駅前	9.999	2.289	0.369	-0.015
8 J R 目黒	16.889	0.609	0.369	0.015
9 宮下公園	15.714	1.275	0.301	-0.018
	Y: PT A		Y: PT B	
	予測値	予測残差	予測値	予測残差
1 馬車道	7.951	-2.030	0.560	-0.031
2 青葉台	7.406	1.210	0.629	-0.154
3 新横浜	6.526	1.031	0.327	0.007
4 横浜市庁	7.206	-1.031	0.588	0.497
5 桜木町	8.954	-14.234	0.828	1.503
6 東急目黒	13.718	-4.815	0.525	0.184
7 蒲田駅前	8.087	0.844	0.588	-0.140
8 J R 目黒	12.765	1.551	0.692	-0.368
9 宮下公園	12.901	3.361	0.327	-0.145



(a) 距離停止確率の予測結果



(b) ポテンシャルタイム停止確率の予測結果

図-3 推定モデルによる予測結果

要因を取り込んだものなので、多面的な検討に耐えられる構造をしているはずである。

②単純な指標の意義付け

実際の運用を考慮すると、たとえば停止確率85%タイル値などの、単純で容易に得られる指標を用いることが考えられる。こういった単純な

指標が、安全性・快適性といった側面といかなる関係にあるかについては、停止確率モデルを介することによって明確に説明できるはずである。

③安全性評価のための新たな状態量の開発

安全性を検討するための橋渡しとしては、停止確率が重要な状態量となっているはずである。そこで、事故データとこの停止確率との関連分析を通じて、安全性評価のための新しい状態量の開発を行うことが期待される。

2つのパラメータA、Bに対する影響要因を、距離停止確率・ポテンシャルタイム停止確率ごとに、それぞれ影響力の大きい順に2つずつ記したものが表-6である。これによるとAについては交差交通が単独でもかなり大きな影響力を持つのに対し、Bについては単独で大きく働く特定の影響要因はないことがわかる。

6. まとめ

- ①歩行者の停止判断は車両の場合よりもばらつきが大きい。
- ②車両の場合と同様、ロジスティック曲線による停止確率構造の表現が有効であることがわかった。
- ③点滅開始時のポテンシャルタイムと停止確率の関係、および縁石からの距離と停止確率の関係は、双方ともロジスティック曲線の2つのパラメータ<停止しやすさを表すパラメータAと停止判断のばらつきを表すパラメータB>を用い

て説明することができる。

④停止判断の2つのパラメータに対する影響要因の影響力が明らかになった(表-6)。

⑤歩行者の停止判断を説明するには、距離でもポテンシャルタイムでも説明が可能であることはわかった。距離とポテンシャルタイムのどちらのほうが、より素直に停止判断を表現する指標なのかは、さらに多くのサンプル数・地点数のバラエティーを揃えた上での、地点特性ごとに分類した詳細な分析が必要となろう。

今後の課題としては、事後評価をふまえた推定モデルの再現性向上を図ることや、停止確率モデルを安全性評価のための新たな状態量として用いるための検討などが挙げられよう。

参考文献

- 1) 大蔵泉, 長谷川秀, 依田育也: 信号現示変わり目における車両の挙動特性, 土木計画学研究・論文集, No.7, pp.275-282, 1989
- 2) 山田稔, 森康男, 鈴木徹: 先行車の影響を考慮した信号交差点での停止挙動特性について, 土木計画学研究・講演集, No.14(1), pp.367-374, 1991
- 3) Barker, D.J. et al.: Pedestrian Viloation at Signalised Crossing Facilities, Australian Road Research, 21(1), pp.22-29, March 1991
- 4) 渡邊健司, 大蔵泉: クリアランス時間における歩行者の停止行動特性, 土木計画学研究・講演集, No.16(1)-1, pp.185-190, 1993

表-6 2つのパラメータに対する影響要因

	パラメータ A (停止判断の遅れ)		パラメータ B (停止判断のばらつき)	
	距離停止確率	ポテンシャルタイム停止確率	距離停止確率	ポテンシャルタイム停止確率
影響要因	①交差交通 (単独で $r=0.956$)	①交差交通 (単独で $r=0.778$)	①信号見通し (単独で $r=0.598$)	①右左折交通 (単独で $r=0.398$)
	----- $r=0.968$	----- $r=0.882$	----- $r=0.988$	----- $r=0.705$
	②時間帯	②クリアランス時間	②歩行者交通量	②クリアランス時間