

信号交差点における歩行者の挙動の閾値モデルによるモデル化

Modeling Pedestrians Walking Behaviors at Signalized Intersection by Threshold Model

長谷川 教高^{**}, 浅井 崇^{***}, 島崎 敏一^{****}

By Noritaka HASEGAWA^{**}, Takashi ASAI^{***} and Toshikazu SHIMAZAKI^{****}

1. はじめに

遅れを嫌う歩行者による信号無視は、交通事故の原因の一つとして問題になっている。しばしば、歩行者による信号無視は、クリアランス時間や自動車の交通流のギャップに合わせて発生する。このとき、既に何人かの歩行者が赤信号を無視して横断していれば、誰も渡っていない場合よりも、歩行者はあまり抵抗を感じずに信号を無視して横断することができる。このことは、多くの人が日常的に経験している事実である。このことから、信号交差点での歩行者の挙動を集合行動としてとらえて説明できる可能性がある。本研究の目的は以下の2つである。①信号交差点における歩行者の挙動を、各歩行者個人の異質性を考慮してモデル化する。②そのモデルの適用性について検討する。

2. 閾値モデルの概要

集合行動をあらわすモデルとして、M. Granovetter¹⁾により提案された閾値モデルがある。閾値モデルは、各個人の異質性を閾値によりあらわすところに特徴がある。ここで、閾値は参加の是非を決定する各個人の境界値を意味し、集団中の参加率

が閾値以上となった各個人は参加を選択するとしている。このモデルは、以下の3つの仮定の上に成り立つ。①各個人は、集合行動を採用するかどうかの閾値をもち、集団の採用率がこの閾値以上になったときに採用し、それ未満では採用しないとする。②この閾値は、集団全体で、ある確率分布をなしているとする。③個人の閾値は、時間的に一定であるとする。ここで、数値例²⁾をもとに5人の集団(表-1)で、閾値モデルを説明する。数値例1では、最初の参加人数が0人であっても、閾値0の人が参加することにより参加人数は1人となる。次に、閾値1の人が参加し、参加人数は2人となる。このように連鎖的に次々と参加者が発生し、最後には5人全員が参加する。逆に数値例2

表-1 数値例

閾値		0	1	2	3	4	5
数値例 1	人数	1	1	1	1	1	0
	累積人数	1	2	3	4	5	5
数値例 2	人数	0	0	1	1	1	2
	累積人数	0	0	1	2	3	5

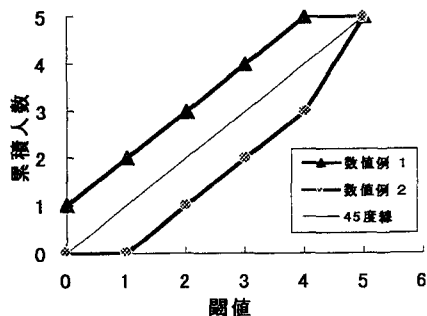


図-1 数値例の累積分布

^{*}「キーワード」: 交通行動分析, 歩行者交通行動

^{**}栃木県日光土木事務所

(〒321-1414 栃木県日光市萩原面2390-7 TEL.0288-53-1217)

^{***}学生員 日本大学大学院博士前期課程

(〒101 東京都千代田区神田駿河台1-8-14 TEL.&FAX.03-3259-0989)

^{****}正会員 工博 日本大学教授 理工学部土木工学科

(〒101 東京都千代田区神田駿河台1-8-14 TEL.&FAX.03-3259-0989)

では、最初の参加人数が5人である場合の他は、全員が参加を放棄する。図-1で考えると、累積分布曲線が45度線に上から交われば安定な均衡点、下から交われば不安定な均衡点となる。

3. 歩行者の挙動に対する閾値の適用

本研究では、信号を無視するか否かの判断基準として閾値を考える。歩行者が信号を無視して横断することを選択したとき、その歩行者の閾値は既に横断中の歩行者の人数として考える。歩行者用の信号の現示が赤であるとき、その信号を無視するか否かで、各個人の横断の開始時刻は異なる。赤信号を無視して横断する歩行者の人数が閾値以上になったとき、その閾値をもつ歩行者は追従して横断し、信号の現示が青になるまで閾値以上の人数が現れなければ、信号無視をしないことになる。各個人の閾値を考慮した、横断開始時刻を(1)式で示す。ここで、

$$S_k = \begin{cases} t + De & (X_t - T_k \geq 0) \\ R_j + De & (X_t - T_k < 0) \end{cases} \quad (1)$$

De : 歩行者の反応遅れ時間

R_j : j 番目のサイクルで歩行者用の信号機の現示

が青に切り替わる（現示赤終了）時刻

S_k : k 番目の歩行者が車道の横断を開始する時刻

刻

T_k : k 番目の歩行者の閾値

t : 信号の現示が赤の間の任意の時刻

X_t : 時刻 t での信号無視歩行者数

4. 閾値の計測方法

赤時間中に集団化する歩行者を計測対象とする。信号無視歩行者が、縁石を踏み超えて車道の横断を開始する時刻をストップウォッチにより随時計測する。そして、計測時刻の差分をとることにより、各信号無視歩行者間の横断開始時間間隔を求める。ある信号無視歩行者が車道の横断を開始し

たとき、全ての歩行者が車道を一定の所要時間で横断したとすれば、前方の歩行者が横断中か否かを横断開始時間間隔により判断することができる。つまり、ある信号無視歩行者が車道の横断を開始したとき、前方の信号無視歩行者との横断開始時間間隔が横断所要時間以内なら、この信号無視歩行者は横断中と判断する。ここで、歩行者の反応速度を0.6秒¹⁰⁾とし、前方の信号無視歩行者との横断開始時間間隔が0.6秒より短い場合、その歩行者を認知していないものとみなす。このとき、信号無視歩行者の閾値を、一定の横断所要時間を平均横断時間として、横断開始時間間隔が0.6秒³⁾以上、平均横断時間以内で先行する信号無視歩行者数とする(図-2)。信号を守った歩行者の閾値は、その計測時間中に計測した閾値の最大値より大きいとする。計測中に新たな歩行者の到着があった場合は、その歩行者の閾値がわからなくなるため、その計測を中止する。

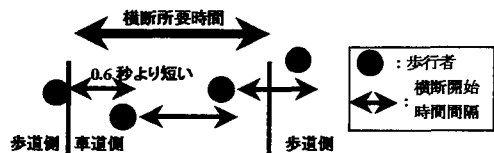


図-2 閾値の計測方法

5. データの収集

シミュレーションにより閾値モデルの適用性を検討するため、調査対象地をJR御茶ノ水駅臨時改札口前として、以下のデータを収集した(図-3)。

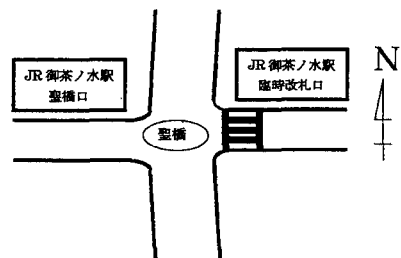


図-3 調査対象地

(a) 歩行者の信号交差点への到着時間間隔(データ数 299)は平均 4.2 秒であった(図-3)。

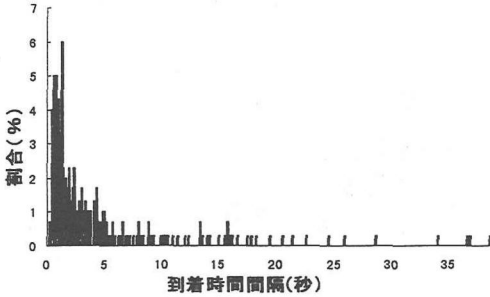


図-3 到着時間間隔の計測結果

(b) サイクル長(データ数 39)は, 130 秒が最頻値であった(図-4)。

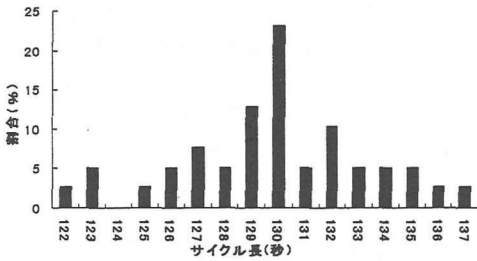


図-4 サイクル長

(c) スプリットの最頻値は 0.58 であった(図-5)。

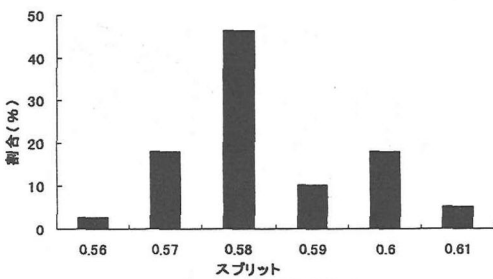


図-5 スプリットの計測結果

(d) スプリットとサイクル長との関係(データ数 39)は図-6 のようになった。

(e) 歩行者の横断歩道の横断時間(データ数 178)の平均は 4.2 秒であった(図-7)。

(f) 歩行者の信号無視遂行時間(データ数 21)の平均は 15 秒であった(図-8)。

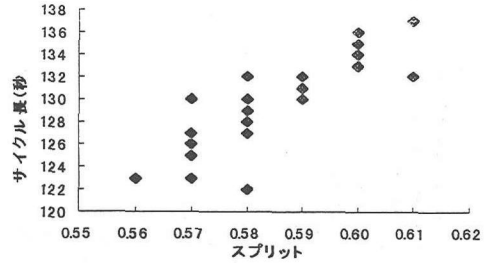


図-6 スプリットとサイクル長

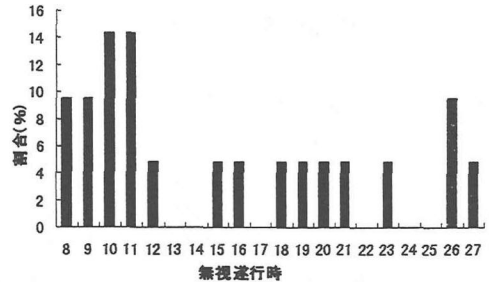


図-7 信号無視遂行時間の計測結果

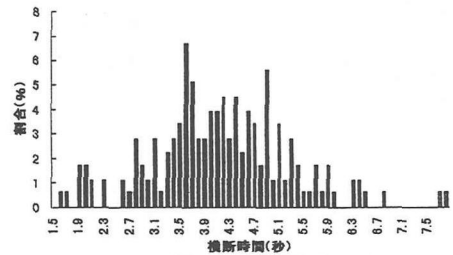


図-8 横断時間の分布

(g) 1 サイクル当たりの信号無視歩行者数(データ数 248)の平均は 10.8 人, 分散は 19.8 人²となった。信号順守歩行者数(データ数 56)の平均は 2.4 人, 分散は 7.3 人²となった(図-9)。

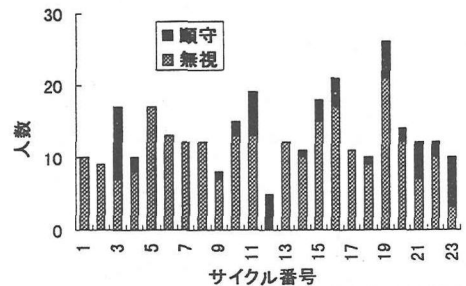


図-9 サイクル毎の信号無視・順守歩行者数

(h) 歩行者の閾値の分布(データ数 301)は図-10 のようになった。

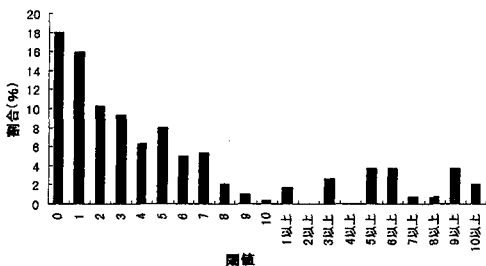


図-10 閾値の分布

6. 閾値分布の推定

歩行者の閾値のうち、信号無視歩行者の閾値の度数分布を、図-11 に示すように指数分布により近似($R^2=0.85$)した。これをもとに、閾値の度数の最頻値に対して 1% 以上の度数を対象に、最大値を 13 とした閾値の分布を求めた(図-12)。

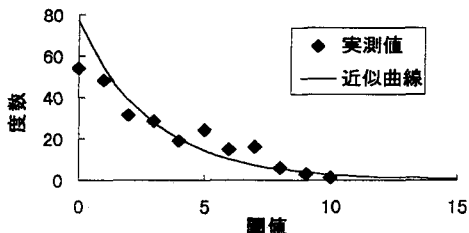


図-11 指数分布による近似

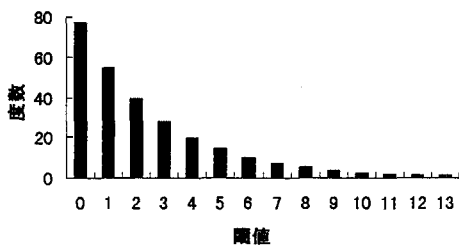


図-12 近似した閾値の分布

表-2 信号を守った歩行者の閾値

閾値	度数	閾値	度数
1以上	5	6以上	11
2以上	0	7以上	2
3以上	8	8以上	2
4以上	0	9以上	11
5以上	11	10以上	6

さらに、決定不能な信号を無視しなかった歩行者の閾値の度数(表-2)を、近似した閾値の度数にそれぞれの範囲で比例配分することで、閾値の分布を推定した(図-13)。

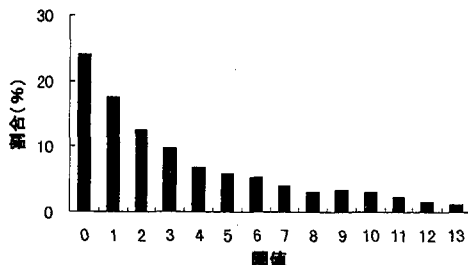


図-13 推定した閾値の分布

5. シミュレーションの結果

各歩行者の属性、信号のサイクル・スプリットの実測データをもとに、想定人数を 10,000 人として、モンテカルロ法によりシミュレーションを行った。その結果(表-3)、1 サイクル当りの信号無視歩行者数の平均で 10.50 人、分散で 37.88 人²となった。また、1 サイクル当りの信号順守歩行者数は、平均で 2.79 人、分散で 7.91 人²となった。現地調査結果とシミュレーション結果との適合度(表-3)は、1 サイクル当りの信号無視人数の分散を除けば、おおむね高いといえる。このことから、閾値モデルの再現性は、ある程度良好である。

表-3 現地調査結果との差と誤差

		無視人数	順守人数
差	平均(人)	-0.3	0.4
	分散(人 ²)	18.1	0.6
誤差 (%)	平均	2.6	14.4
	分散	91.1	8.5

<参考文献>

- 1) Mark Granovetter and Roland Soong, Threshold Models of Interpersonal Effects in Consumer Demand, Journal of Economic Behavior and Organization, 1986, Vol.7, pp.83-99.
- 2) 石井健一, 情報機器の普及モデル, 高度情報社会のコミュニケーション, 東京大学出版会, pp.72-86.
- 3) 稲葉 正太郎, 交通事故と人間工学, コロナ社, 1985, pp.107.