

信号交差点における歩行者信号切り替わり時と歩行者横断挙動に関する解析*

Analysis of Pedestrian Behavior and Change of Pedestrian Signal Lightning*

伊藤恵美子**・大口敬***・鹿田成則****

By Emiko ITOH**・Takashi OGUCHI***・Shigenori SHIKATA****

1. はじめに

本稿では、信号制御交差点における横断歩行者の挙動に着目し、信号灯器の表示切り替わりタイミングとの関係を中心として横断歩行者挙動特性の基礎的解析を行い、歩行者信号制御方策検討の基礎資料を得ることを目的とする。歩行者の横断挙動を詳細に捉えるため、横断歩道を複数断面に分け、各歩行者の各断面通過時刻とその存在位置を計測した。これにより、信号表示切り替わり前後の個別歩行者の横断速度や歩行位置の変化、断面ごとの通過人数累積曲線を描くことができる。

2. 観測とデータの概要

(1) 観測概要

DVカメラで3画角の画像（ビル9階から交差点全体映像，2階から信号表示撮影×2）を撮影することで観測を行った。写真1に交差点全体映像を示す。

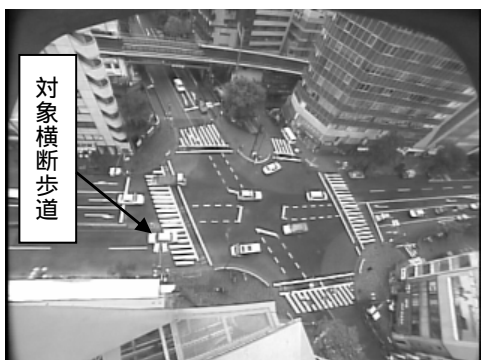


写真1. 交差点全体映像

観測日時は2003年12月16日（水）8時30分～17時30分で、計9時間分のDVビデオデータが得られた。

(2) 解析対象横断歩道

写真1に矢印で示す横断歩道（幅員7.5m，横断距離約20m，中央分離帯が隣接）において、西から東に横断する歩行者を解析対象とした。

(3) 解析対象時間帯

一日を通して歩行者が最も多いのは朝の通勤時間帯9時前後と昼の12時過ぎであり、午後から夕方にかけては交通量が少ない。そこで、次の3時間帯について、詳細な歩行者挙動データを収集した。

今回の解析対象【合計137サイクル】

朝の通勤時間帯【9:01:17-10:28:36,41サイクル】

昼の休み時間【12:01:17-12:58:06,28サイクル】

夕の閑散時間帯【15:01:06-17:56:51,68サイクル】

8:30～9:00は通勤時間帯であるが、青表示時間が他と異なるため今回対象外とした。

図1はサンプルの横断歩行者数を時間帯別に示したものである。

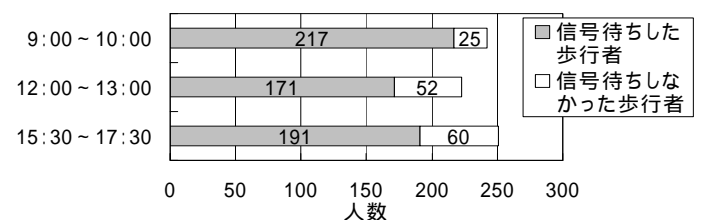


図1. サンプルの横断歩行者数（n=716）

*キーワード：交通制御，交通管理，交通安全，交通容量

**学生員，東京都立大学大学院工学研究科土木工学専攻
(〒192-0397, itou-emiko@c.metro-u.ac.jp)

***正員，博(工)，東京都立大学工学研究科土木工学専攻

****正員，工修，東京都立大学工学研究科土木工学専攻

(4) 信号表示時間

解析対象時間帯の信号灯器の信号表示時間を示す。

青表示時間：27秒（一定）

青点滅表示時間：7秒（一定）

赤表示時間：91～101秒（変動）

(5) 計測方法の概要

図2に計測方法の概略図を示す。図に示すように、横断歩道に横方向に5つ(断面1から5)の断面を設定し、横断歩道に縦方向に5つ(AからE)のゾーンを設定した。これらから、各歩行者の各断面通過時における、ゾーンと時刻を計測した。

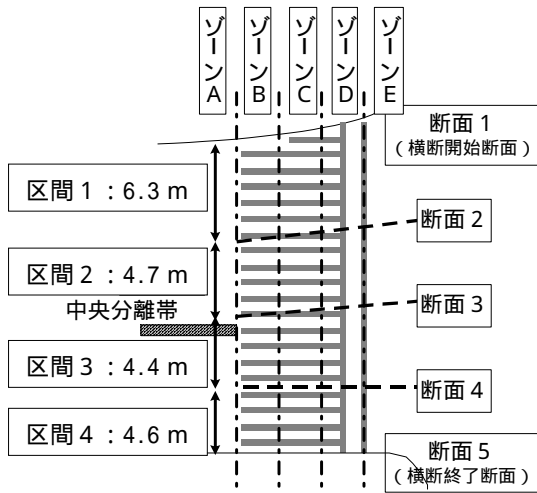


図2. 計測方法概略図

3. 基礎集計分析

(1) 歩行者の信号待ち時間分布

図3に歩行者の待ち時間度数分布を示す。待ち時間は0秒から約60秒までほぼ一様に分布している。

また、赤表示時間が91~101秒であるにもかかわらず70秒以上待つ歩行者は少ない。これは、隣接する横断歩道(横断歩道)を渡って対象横断歩道を利用する歩行者が多いためと思われる。ただし時間帯別では、夕方の時間帯は朝・昼よりも70秒以上信号待ちする歩行者の割合が若干高い。夕方は比較的いろいろな方向から歩行者が来るためと思われる。

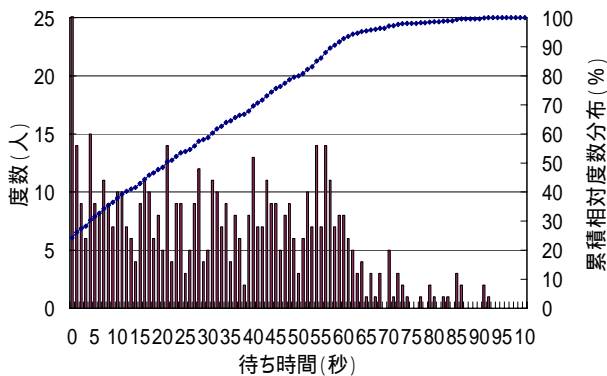


図3. 待ち時間度数分布

(2) 横断所要時間の度数分布

図4に横断所要時間の度数分布を示す。最も横断時間の短い歩行者の横断時間は6秒であった。時間帯による横断所要時間の大きな違いはみられないが、夕方の時間帯では20秒以上かけてゆっくり横断する人が若干多い。平均・中央値は約14秒であり、横断平均速度にすると約1.5m/sである。

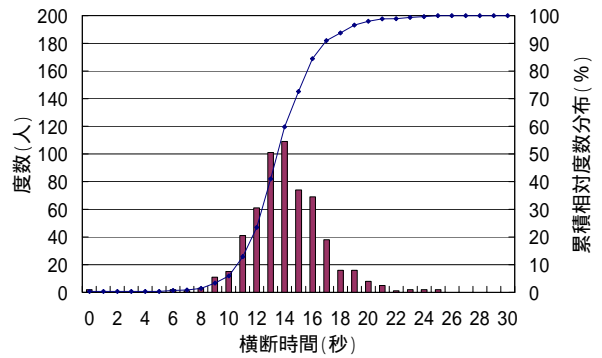


図4. 横断所要時間度数分布

4. 歩行者横断挙動分析

(1) 横断開始位置と終了位置のゾーンの分布

表1に横断開始ゾーンと終了ゾーンの分布を示す。ここで、横断ゾーンとは図2に示すA~Eを指す。

表より、AからE、EからAに横断するなど、横断歩道内を大きく斜め横断する歩行者はほとんどいないことがわかる。また、横断終了ゾーンはA,Bが多い。これは横断後にAゾーンより南の方向に向かおうとしている人が多いことを意味すると思われる。時間帯別の違いはほとんど見られなかった。

表1. 歩行者の横断開始と終了ゾーン分布

		横断終了位置					合計
		A	B	C	D	E	
横断開始位置	A	79	10	5	0	0	94
	B	148	50	32	6	0	236
	C	90	59	57	29	0	235
	D	26	26	28	62	0	142
	E	1	1	1	6	0	9
	合計	344	146	123	103	0	716

(2) 区間別平均横断速度

例えば、横断開始と終了がいずれもCゾーンの歩行者とCゾーンからAゾーンにむかう歩行者では横断距離が異なるが、ここでは図2に示す横断距離を用いて平均横断速度を算出した。

表2に区間別平均横断速度を示す。これより、朝の歩行者は、前半にゆっくり、後半に早足で横断する傾向があることがわかる。また、昼は全体に速度が速く、夕は速度が遅い傾向がみられる。

表2. 区間別平均横断速度

	区間1	区間2	区間3	区間4
朝	1.52	1.40	1.84	1.77
昼	1.69	1.72	1.64	1.65
夕	1.56	1.66	1.52	1.54

(単位: m/s)

(3) 横断位置と区間別平均横断速度との関係

対象横断歩道では、特に通勤時間帯に図5の右上方向からやってくる歩行者が多い。横断後も左下方向にむかう人は、横断終了位置に植樹帯がある影響で図5におけるAの方向に大幅に斜め横断することが多い。

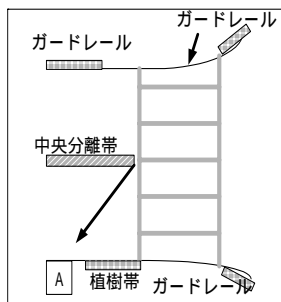
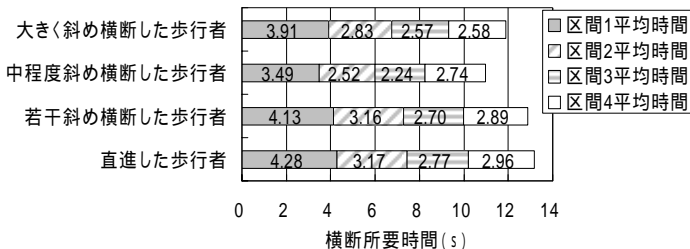


図5. 対象横断歩道の特性

以上を考慮して、全サンプルを横断位置によって分類し、表3に示す4つのグループに分類した。

表3. 歩行者の横断位置による分類 (n=716)

大きく斜め横断した歩行者 (344人)	横断終了ゾーンがAの歩行者
中程度斜め横断した歩行者 (39人)	横断開始ゾーンと終了ゾーンが2つ以上離れている歩行者
若干斜め横断した歩行者 (164人)	横断開始ゾーンと終了ゾーンが隣接している歩行者
直進した歩行者 (169人)	横断開始ゾーンと終了ゾーンが同一である歩行者



	区間別平均横断速度 (m/s)			
	区間1	区間2	区間3	区間4
大きく斜め横断	1.60	1.64	1.73	1.79
中程度斜め横断	1.80	1.95	1.98	1.68
若干斜め横断	1.51	1.47	1.64	1.60
直進	1.46	1.47	1.60	1.56

図6. 横断位置別区間別平均横断所要時間と平均横断速度

図6に、横断位置別の区間別平均横断所要時間と平均横断速度を示す。大きく斜めに横断した歩行者の横断開始から終了までの所要時間は、他のグループと比べて必ずしも長くない、特に区間4の平均速度は他のグループに比べて最も速い。

5. 歩行者信号切り替わり時の挙動分析

(1) 信号タイミングと歩行軌跡例

図7は、ある1サイクルの歩行者信号表示における歩行者の歩行軌跡を例示したものである。歩行者青(PG)開始直後に10人の歩行者が群れになって歩いているが、このうち2番目に横断歩道へ進入した歩行者の歩行速度が遅く、横断終了時点ではこの群れの最後に渡り終わっている。歩行者が途切れた後2名だけ横断し、さらに青点滅(PF)表示後に8人が横断を開始している。この8人は、信号が赤に変わってから全員が渡り終わっていることがわかる。

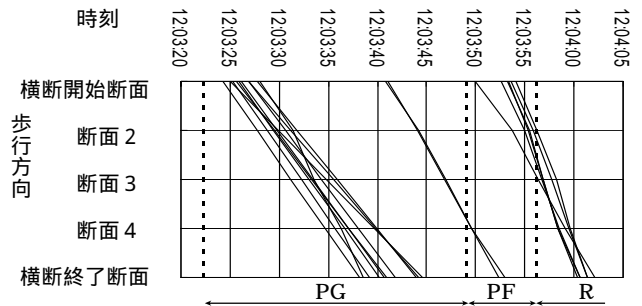


図7. 歩行者の横断軌跡の例

(2) 歩行者の横断開始時刻と信号タイミング

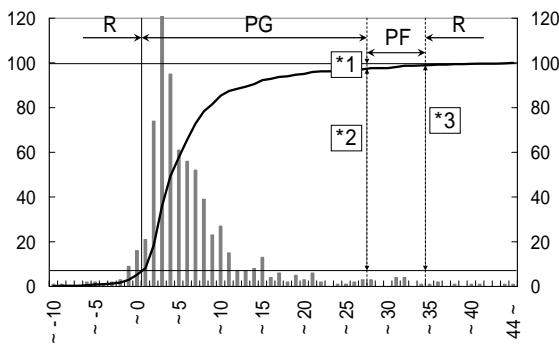
図8は青表示開始横断開始からの時刻による横断開始時刻分布である。また、青表示終了(青点滅開始)の時刻である27秒、および青点滅終了(赤表示開始)の時刻である34秒に線を引いて示している。

ここで、図8における*1は青点滅表示または赤表示のときに違法に横断開始している歩行者である。この中で赤信号表示の状態で交差点に進入した歩行者は8人(総サンプル716人の1.1%)存在する。また青点滅表示中に横断開始をしている人は12人(総サンプル716人の1.7%)で、その中では、赤信号開始時にまだ区間1、区間2にいた人が10人で、横断開始に近い側に居た人が多い。

また、図8における*2の歩行者と、フライングして横断した37人(5.2%)を合わせると696人である

が、このうち636人の歩行者（全歩行者の90%近く）が、青点滅開始時には横断を終了している。これは、多くの歩行者が信号待ちをしていることも理由に挙げられると思われるが、逆に言えば歩行者青表示の時間が長すぎると解釈することもできる。

図8における[*3]は、青および青点滅表示時に横断を開始した歩行者（696人）である。青点滅時間が7秒に対して青表示時間は27秒で約4倍であるが、歩行者数にすると青表示中に横断を終了する歩行者数は636人で、青点滅および赤表示後に横断を終了する歩行者（60人 = 48 + 12）の10倍以上となっている。これが横断終了時であることも勘案すれば、やはり青表示時間が長すぎる可能性が示唆される。



- *1 青表示終了後に横断開始した歩行者数 = 20人(2.8%)
 - *2 青表示終了前に横断開始した歩行者数 = 659人(92.0%)
 - *3 青及び青点滅表示時に横断開始した歩行者数 = 671人(93.7%)
- マイナス秒のフライング者 = 37人(5.2%)
 34秒以上赤信号無視者 = 8人(1.1%)

図8．横断開始時刻分布(n=716)

(3) 歩行者の横断終了時刻と信号タイミング

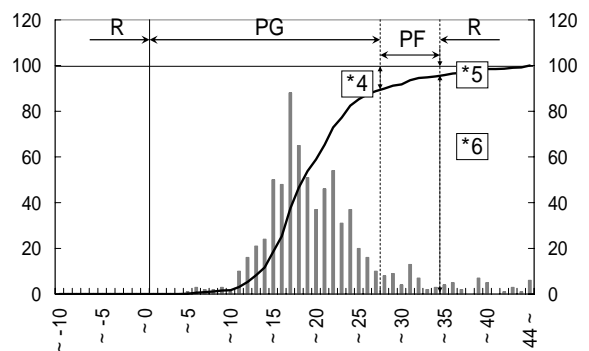
図9に、青表示の開始時刻から取った各歩行者の横断終了時刻の度数分布を示す。

ここで、[*4]が示すのは青表示終了時刻以降に横断終了した歩行者であり、総数は80人で総サンプル716人の11.2%である。このうち1/4の20人(716人中2.8%)は青表示終了以降に横断を開始した違法横断者である。

図9の[*5]は横断終了が点滅終了（赤表示開始）時刻以降であり、危険な横断挙動と言える。対象総数は35人で、総サンプル数716人の約5%である。横断終了ぎりぎりの区間4の人数が13人と若干割合が高いが、区間3, 2, 1に存在する歩行者も少なくな

い。また、青点滅終了（赤表示開始）以降に交差点の横断を開始した歩行者は8人（総数の約1%、対象総数の約2割）である。

図9における[*6]は、安全に渡りきることでできた歩行者数である。このうち青点滅開始時にはすでに横断を終了している歩行者が634人で、対象総数682人の93%に達する。青点滅開始時に横断歩道上に存在した歩行者は47人で、総サンプル716人の7%にも満たず、これは青点滅時間7秒が青表示27秒 + 青点滅7秒の合計34秒の20%を占めていることから、非常に少ないといえる。



- *4 青表示終了（青点滅開始）以降に横断終了した歩行者数 = 80人(11.2%)
- *5 青点滅終了以降に横断終了した歩行者数 = 34人(4.7%)
- *6 青表示または青点滅表示中に横断を終了した歩行者数 = 682人(95.3%)

図9．横断終了時刻分布(n=716)

6. まとめと今後の展望

本稿では、1交差点の1つの横断歩道を対象に詳細な歩行者横断挙動の計測を試みた。信号表示切り替わりに対する歩行者の横断挙動特性に関する観測事例はあまり多いとは言えない。歩行者青時間はしばしば交差点信号サイクルを規定しており、歩行者横断挙動特性に関して基礎資料を積み重ねていく必要があるものと考えられる。本稿で報告した分析を通してデータ計測・基礎解析処理手法に目処が立ったので、今後は複数の交差点において観測を増やし、一般的な知見を得たいと考えている。