

## F-10

## 横断歩道上での拡散・摩擦現象を考慮した歩行者現示時間に関する分析

## Analysis of the Pedestrian Green Time Considering the Diffusion and Friction Phenomenon on the Crosswalk

指導教授 下川 澄雄

6028 岡田 和也

## 1. はじめに

信号交差点における青信号表示時間の設定にあたり、歩行者用横断信号が設置される場合は歩行者現示時間の最小値（以下、「 $t_p$ 」という）を確保することが必要とされている。しかし実際には、歩行者が群を成して横断する際には歩行者相互の影響と対向歩行者群の影響を受けることとなる。したがって、横断時間は既存の算定式よりも長くなることが予想されるが、 $t_p$ の計算には考慮されていないのが現状である。

そこで本研究では、模擬的に設置した横断歩道での歩行者横断実験を通じ、横断時間の実態について把握するとともに、歩行者現示時間の算定方法の補正を検討することを目的とする。

## 2. 既往研究のレビュー

2018年発刊の「平面交差の計画と設計<sup>1)</sup>」によると、 $t_p$ は以下の式(1)により算出される。

$$t_p = \frac{L_p}{V_p} + \frac{p}{s_p \times W} \quad (1)$$

ここで、 $t_p$ : 歩行者現示時間の最小値(秒)、 $L_p$ : 横断歩道長(m)、 $V_p$ : 横断歩行者速度(m/s)、 $p$ : 歩行者青信号表示開始時の横断待ち歩行者人数(人)、 $s_p$ : 横断歩行者の飽和交通流率(人/m/s)、 $W$ : 横断歩道の有効幅員(m)

式(1)の第1項は横断歩道を渡り切るのに必要な時間であり、第2項は歩行者青信号開始時に滞留している全歩行者が横断を開始するのに必要な時間である。

斉藤らの研究<sup>2)</sup>では、年齢別、横断形態別等に歩行者速度を算出しており、式(1)の横断歩行者速度 $V_p$ を設定するうえでの根拠となっている。一方、河合らの研究<sup>3)</sup>では、歩行者が群を成して横断する際は歩行者相互の影響により拡散が生じていると指摘しており、この影響を物質移動の「拡散現象」と同様に扱うことで表現している。また、式(1)では、Far-side歩行者群の歩行者による影響は考慮されていないが、歩行者がすれ違う際は回避行動を取るため、横断時間が長くなることが予想される。本研究では、この影響を歩行者同士の「摩擦

現象」と呼ぶことにする。

本研究では、このような歩行者の横断時間に及ぼす拡散・摩擦現象の影響について、歩行者横断実験を通じて実証的に明らかにするものである。

## 3. 調査概要

## 3.1 歩行者横断実験

日本大学理工学部船橋キャンパス内に横断歩道幅員を4mに固定した模擬的な横断歩道を設置し、歩行者横断実験を実施した。本実験ではNear-sideならびにFar-side歩行者群の横断待ち人数、横断歩道長、歩行者横断目的を変化させながら被験者を横断させており、その様子を撮影した映像を分析資料として使用している。なお、被験者は最大28名の大学生である。

## 3.2 横断歩行者の拡散・摩擦現象

歩行者横断実験により得られた映像から、歩行者全員が渡り切るのに要した時間(総横断時間)を計測し、式(1)によって算出された歩行者現示時間の算定値との差を総横断時間の増加量(以下、「 $\Delta t_p$ 」という)と定義する。 $\Delta t_p$ は前章で述べた拡散現象の影響による増加量(以下、「 $\Delta t_d$ 」という)と摩擦現象の影響による増加量(以下、「 $\Delta t_f$ 」という)の和であると考えられる。ただし、Far-sideに歩行者が存在しない場合は拡散の影響のみが生じることになり、Near-side歩行者群の人数が同じ条件でFar-side歩行者群の人数が増加した場合の $\Delta t_p$ の変化量は、摩擦の影響によるものであると解釈できる。

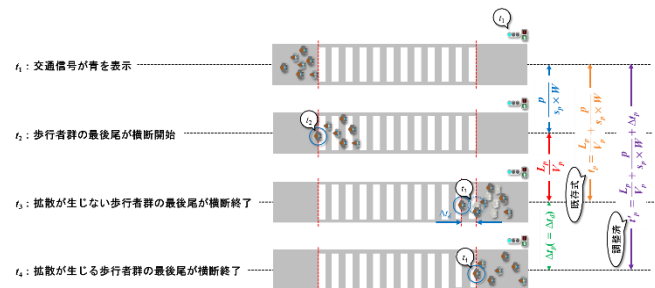


図-1 交通流特性の定義と算定式の位置づけ

## 4. 歩行者横断実験の分析結果

## 4.1 拡散現象の把握

図-2は、Far-side歩行者が存在しないときの横断歩

道長と  $\Delta t_d$  の関係を Near-side 歩行者人数ごとに示したものである。横断歩道長ごとの  $\Delta t_d$  の分布は Near-side 歩行者群の増減に関係なくばらつきがみられるものの、横断歩道長が長くなるに伴って  $\Delta t_d$  はおおむね増加傾向にある。これは、横断歩道長が長いほど歩行者群の最後尾に位置する歩行者が遅れて到着するためであり、拡散現象が生じていることを意味するものである。

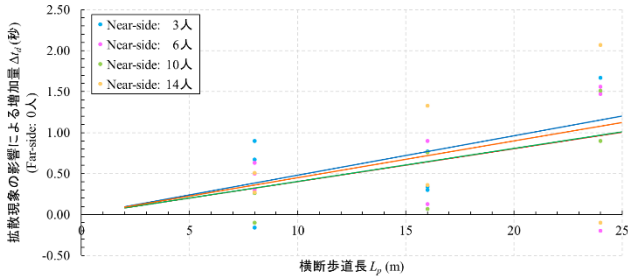


図-2 Near-side 歩行者人数別  $\Delta t_d$  の変動

#### 4. 2 摩擦現象の把握

図-3は、Near-side 歩行者群が14人のときの Far-side 歩行者人数と  $\Delta t_f$  の関係を横断歩道長ごとに示したものである。Far-side 歩行者人数の増加に伴っておおむね増加傾向にある。これは、Far-side 歩行者が多いほど横断歩行者同士に摩擦が生じやすくなるためである。

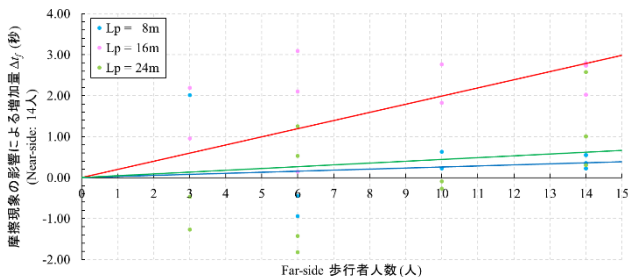


図-3 横断歩道長別  $\Delta t_f$  の変動 (Near-side: 14人)

#### 4. 3 重回帰分析による影響度評価

前述のとおり、 $\Delta t_p$  は拡散・摩擦現象の双方の影響を含んだものであるため、Near-side 歩行者人数、Far-side 歩行者人数、横断歩道長を説明変数とした重回帰分析により双方の影響度を把握する。

その結果を表-1に示す。いずれの説明変数も統計的に有意となり、符号条件も正であることから拡散・摩擦現象によって総横断時間が算定式よりも長くなることを示している。

表-1 重回帰モデル式構築時の影響度評価

説明変数	回帰係数	t 値	P 値
Near-side歩行者人数	$2.00 \times 10^{-2}$	4.050	$6.74 \times 10^{-5}$
Far-side歩行者人数	$2.25 \times 10^{-2}$	4.195	$3.74 \times 10^{-5}$
横断歩道長	$1.02 \times 10^{-2}$	4.252	$2.95 \times 10^{-5}$
自由度補正済決定係数 $R^2$ : 0.656		標本数 $n$ : 266	

### 5. 歩行者現示時間の算定方法の補正

前述の重回帰分析を踏まえ、 $t_p$  の算定式の補正を検討する。既存の歩行者現示時間に対して、拡散・摩擦現象による  $\Delta t_p$  は式(2)として表すことができる。

$$\Delta t_p = 2.00 \times 10^{-2} x_1 + 2.25 \times 10^{-2} x_2 + 1.02 \times 10^{-2} x_3 \quad (2)$$

ここで、 $\Delta t_p$ : 総横断時間の増加量(秒)、 $x_1$ : Near-side 歩行者人数(人)、 $x_2$ : Far-side 歩行者人数(人)、 $x_3$ : 横断歩道長(m)

図-4は、式(2)で算出された  $\Delta t_p$  の推定値を Near-side、Far-side 歩行者人数別に示したものである。各歩行者群20人が幅員4m、全長24mの横断歩道を横断する状況を想定しても  $t_p$  は1.10秒長くなる程度に留まることから、本研究の条件では拡散・摩擦現象の影響を考慮する必要はないと判断される。

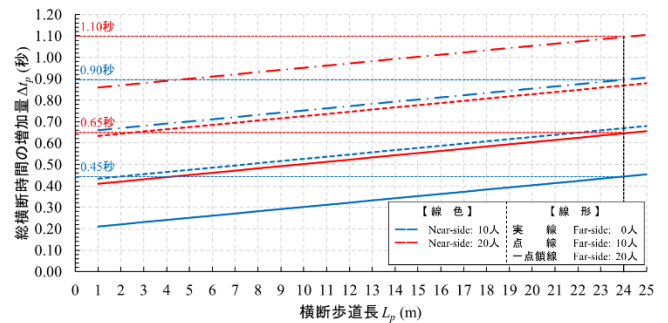


図-4 Near-side, Far-side 歩行者人数別  $\Delta t_p$  の推移

### 6. まとめ

模擬的に設置した横断歩道での歩行者横断実験から横断歩行者の拡散・摩擦現象の実態を把握したが、本研究の条件ではこれらの影響を  $t_p$  に考慮する必要はないことが明らかとなった。また、今回の実験で想定した歩行者数人数において推定された  $\Delta t_p$  に対し、総横断時間の実測値のばらつきの方が大きい結果となった。したがって、歩行者人数を増やし、拡散・摩擦現象の影響がより大きい状況でさらなる実験を行う必要がある。

### 参考文献

- 1) 一般社団法人 交通工学研究会：改訂 平面交差の計画と設計—計画・設計・交通信号と制御の手引—, p.206, 2018.
- 2) 齊藤威, 有蘭卓: 信号交差点における横断歩行者の歩行速度に関する基本的な特性, 科学警察研究所報告交通編, Vol. 27, No. 1, pp.15-27, 1986.
- 3) 河合芳之, 片倉正彦, 鹿田成則, 大口敬: 信号交差点における左折交通に及ぼす横断歩行者及び自転車の特性と定量化について, 土木計画学研究・論文集, Vol. 20, No. 4, 2003.