

IV-2 交差点における人と車の挙動解析

日本工学院 石井 憲一
室蘭工業大学 斉藤 和夫

1. はじめに

都市街路交通の運用効率と安全性を勘案するとき、第一に着目されるのは交差点であろう。二つ以上の道路が同一平面上で交差している平面交差点は、現在信号機によって制御されていることが一般的であるが、その信号現示の組合せにより制御される交通流すなわち人と車の流れは必ずしも期待通りの存在であるとは言いがたい。一方向に直進しようとする人と車でさえも、右左折車両あるいは横断歩行者の挙動に影響されるが、右左折車両においては横断歩道上の歩行者との交錯によって車両が停止または減速し、後続の交通流に与える影響は大きい。

人と車の交通工学上での挙動特性はすでに膨大な解析が試みられかつ實際上適用されてきているが^{1,2)}、交差点の信号制御方式が多様化してきた現在、新たな対応が必要となつて来ておりさらに交通安全の観点からみれば、個々の交差点に対応したよりミクロな解析の必要であると思われる。

そこで本研究は、北海道の地理的環境を考へて交差点の路面状態別にデータを収集し、交差点における人すなわち横断歩行者と車すなわち右左折車の交通挙動をよりミクロに解析して北海道の都市の信号交差点運用における資料を提供することを目的としている。

2. 解析の方法

2-1.概要 道路交通を支配する人—車—道路環境系の中で、人（歩行者と運転者）の挙動はその行動様式の違いから大きく異なる。運転者は交通環境からの情報を80%以上は視覚によって得ており、これらの情報の入手、それに伴う判断、及び処置の3つのいずれか1つが正しく行われなければ危険な事態または事故を招来すると言われる¹⁾。交差点ではその意志決定に多くの判断が要求され、特に黄色信号に対するジレンマゾーンあるいは横断歩行者に対する進行停止が重要となる。一方、交通量の多い都心部の交差点では物理的な制約から一般に歩行者の無秩序な行動は少ないが、それでも歩行者の持つ思慮・経験・反応の欠陥から思わぬ危険な事態を招く。

以上の観点から、本研究では以下に示すように信号交差点における交通流特性にとって基本的な要素である横断歩行者と左折車の行動に主眼をおいて解析する。

2-2.基本的な考え方 一般に左折車は青信号に現示が切り換った時点で流入停止線から順次発進する。左折車は横断歩行者と交錯しない場合にはそのまま通過できるが、横断歩行者と交錯する場合にはその進行が妨げられ、横断歩道手前での一時停止を余儀なくされる。そして歩行者の影響がなくなった時点で再び発進し、流出していく。このように左折車は歩行者の進行状況によって、その挙動が大きく左右される。

そこでまず車の時間的挙動の変化と横断歩行者の流れの時間変動の関係を求める必要がある。

科学警察研究所交通規制研究室による報告では、横断歩行者の流れの時間変動は次式で示されている³⁾。

$$V_x = V_{ox} (1 - e^{-At}) \quad \dots (1)$$

ここで V_x : 上りあるいは、下りの累積歩行者交通量 (人) A : 比例定数

V_{ox} : 1 サイクル当たりの上りあるいは、下りの平均歩行者交通量 (人/サイクル)

また車の停止率についても

$$P = 100 (1 - e^{-BD}) \quad \dots (2)$$

ここで P : 停止率 (%) B : 比例定数

D : コンフリクトゾーン内の歩行者密度 (人)

によって近似できるとしている。そこで本研究においても上記の式を用いることとした。

またその前段階として、歩行者数も停止率に関係があるものと考え前記の式に準じた(3)式を用いて解析を試みる。

$$P = 100 (1 - e^{-AV_0}) \quad \dots (3)$$

ここで P:停止率(%) V₀:平均横断歩行者数(人) A:比例定数

本研究の目的から、これらの方法を用いて休日と平日、夏・乾燥と冬・凍結の4カテゴリーについて以下の項目に関して解析を行う。

- ①左折車停止率と横断歩行者数の関係
- ②横断歩行者の歩行速度
- ③累積歩行者流量の時間変動
- ④コンフリクトゾーンの決定
- ⑤コンフリクトゾーンにおける左折車停止率と歩行者密度の関係

3. 観測方法とデータ

3-1. 観測方法 観測は信号交差点内を直進及び右左折する車と横断歩行者の挙動をビデオカメラにより連続的に撮影する方法を採用した。

使用した機械は SONY のポータブルビデオ撮影装置一式とビデオタイマー及び MITSUBISHI の高解像度モニターである。

観測の手順は次の通りである。

- ①ビデオカメラを対象交差点の観測横断歩道全体と左折車の停止、通過が明瞭に写りかつ、歩行者とドライバーの挙動に影響を与えないような位置(ビル上階の室内)に設置する。
- ②ビデオカメラに写る範囲内の横断歩道手前で1名が信号現示の変化をあらかじめ決めてあった手信号で合図する。
- ③撮影をスタートし、横断歩道の縁石と中央線をマーキングする。
- ④カメラに接続してあるタイマーによって観測の日時を挿入し、次に時間経過を挿入する。
- ⑤撮影済みのビデオカセットを持ち帰り、室内でモニターに再生して所定の解析データを作成する。

3-2. 観測対象交差点と観測条件

①本解析で対象とした交差点は室蘭中島町東通り交差点(市道)であり、本交差点は繁華街の主要地点で人及び車交通量が多い場所である。車道幅員は13m(片側いずれも6.5mの2車線)で標準的幾何構造であり、メインストリート方向は右折車が多いことから、右折専用現示もセットされている。信号周期85秒である。

②観測条件は冬の北海道を考え、路面状態を夏・乾燥及び冬・凍結に分けて、さらに人及び車の交通量を確保することから休日の午後1~4時と平日の午後1~4時時間帯にデータを収集することとした。

3-3. データ 観測された交通量をそれぞれ 表-1 に示が、データはいずれもそれぞれ5時間の観測で得られたものである。

歩行者の上り、下りはビデオカメラに向って来る方向を上りとして扱った。表-1からわかるように、本交差点では休日には歩行者が平日の約2倍あり、左折車も30~70%増になっており、本交差点が都心の繁華街に位置していることを示している。

表-1 横断歩行者及び左折車交通量

観 測 条 件		歩行者交通量(人)			左折車交通量(台)
		上り	下り	合 計	
休 日 (S58~S59)	夏・乾燥	739	652	1391	605
	冬・凍結	711	588	1299	591
平 日 (S59~S60)	夏・乾燥	384	279	633	477
	冬・凍結	295	274	569	340

4. 解析の結果

4-1. 左折車停止率と横断歩行者数の関係 信号1サイクルごとの横断歩行者数と左折車の停止・通

過台数のデータを表-2に示す。

表-2. 平均横断歩行者交通量 V_0 (人) と停止率 P (%)

表中のレベルは歩行者交通量による分類で小さい方からA, ..., Eまた停止率は(4)式で求めた。

このデータを用いて, (3)式の両辺の対数を取り直線回帰によって係数を求めたところ次のようになった。

レベル	休日・夏乾燥		休日・冬凍結		平日・夏乾燥		平日・冬凍結	
	歩行者	P(%)	歩行者	P(%)	歩行者	P(%)	歩行者	P(%)
A	3.64	8.97	3.68	13.4	2.93	11.5	3.27	20.4
B	7.68	18.2	8.23	20.1	6.57	27.1	6.28	25.9
C	12.7	23.1	15.1	21.5	10.1	26.9	10.2	31.8
D	17.6	27.2	17.2	29.1	14.3	31.0	13.6	48.2
E	22.0	30.1	25.2	35.1	—	—	—	—

休日・夏乾燥

$$P = 100(1 - 0.93e^{-0.014V_0})$$

休日・冬凍結

$$P = 100(1 - 0.91e^{-0.013V_0})$$

平日・夏乾燥

$$P = 100(1 - 0.89e^{-0.021V_0})$$

平日・冬凍結

$$P = 100(1 - 0.94e^{-0.039V_0})$$

$$\text{停止率 } P(\%) = \frac{\text{〈停止した車台数〉}}{\text{〈停止した車台数〉} + \text{〈通過した車台数〉}} \times 100 \dots (4)$$

図-1にこの結果を示すが, 横断歩行者交通量の少ない方が左折車の停止率が高いこと及び路面別では冬・凍結状態の停止率の高い傾向が示された。

また, 休日における路面別の係数値に差がないことから全データを使用した結果次式が得られた。

休日全体

$$P = 100(1 - 0.92e^{-0.13V_0})$$

4-2. 横断歩行者の歩行速度 カテゴリー別の歩行速度 (m/s)の分布を図-2に示す。分布形はほぼ似ており最頻値は1.0-2.0m/sとなった。表-3にカテゴリー別の計算結果を示す。この結果から, 各カテゴリー間

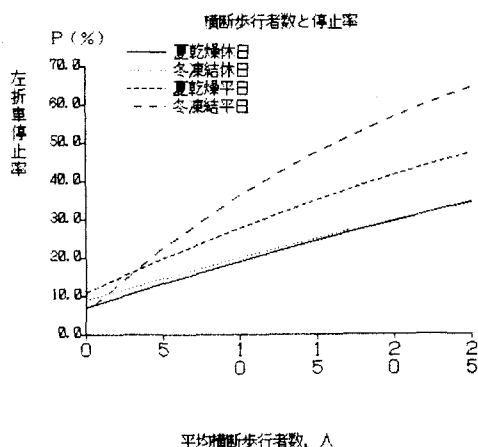


図-1. 左折車停止率と横断歩行者

表-3. カテゴリー別の平均歩行速度 (m/s)

カテゴリ	休 日		平 日	
	夏・乾燥	冬・凍結	夏・乾燥	冬・凍結
歩行者数	1368人	1294人	663人	584人
平均速度	1.60m/s	1.67m/s	1.53m/s	1.81m/s
標準偏差	0.56m/s	0.56m/s	0.60m/s	0.62m/s
横断時間	8.1sec	7.8sec	8.5sec	7.2sec

注) 横断時間は車道幅員13mを渡るに要する時間 (秒)

に差のあること (統計的に有意), 冬に横断歩行者の歩行速度が早まる傾向が示された。

4-3. 累積歩行者交通量の時間変動 歩行者交通量の変動特性は信号1サイクル中の歩行者密度を知る上で重要であり, この変動パターンは累積歩行者交通量の時間変動から与えられる。すなわち, この歩行者密度によってコンフリクトゾーン内の左折車停止率の時間変動が与えられる。累積歩行者交通量の変動パターンを図-3に示すが, 前節と同様に (1) 式の両辺の対数をと

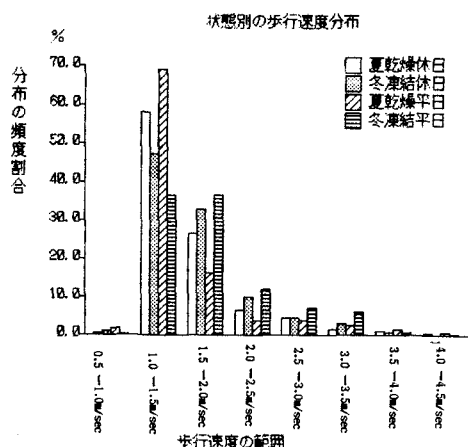


図-2. 平均歩行速度の分布

り直線回帰によって係数を求めたところ次のようになった。

$$\text{休日} : V_x = V_{0x}(1 - e^{-0.13t})$$

$$\text{平日} : V_x = V_{0x}(1 - 1.21e^{-0.15t})$$

図-3からわかるように、累積歩行者交通量の時間変動は路面カテゴリーによる差異が認められず、休日と平日の違いすなわち歩行者交通量によって異なることが示された。

4-4. コンフリクトゾーンの決定 ビデオによる解析から計算された歩行者密度と実測した左折車停止率との結果から、図-4に示すコンフリクトゾーンが得られた。

歩行者交通量の少ない平日の冬・凍結状態において対向する(下り)横断歩行者のコンフリクトゾーンが大きくなる傾向が示された。

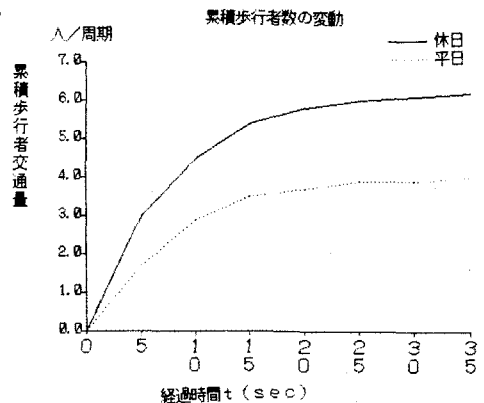


図-3. 累積歩行者交通量の変動

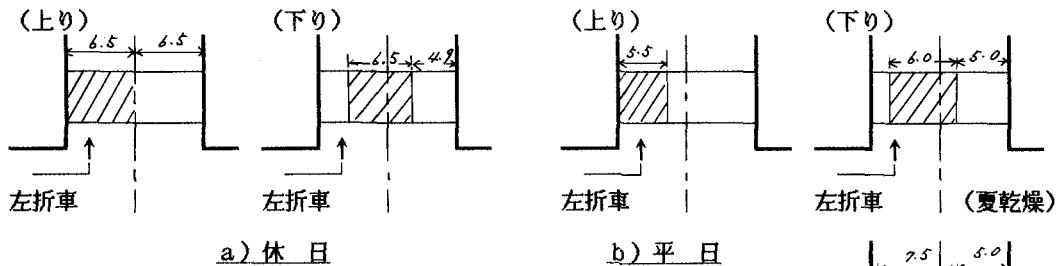


図-4. カテゴリー別のコンフリクトゾーン

4-5. コンフリクトゾーンにおける左折車停止率と歩行者密度の関係

各カテゴリー別の停止率と密度の関係を図-5に示す。次いで、それぞれ得られたタイムリファランスにおける歩行者密度と累積歩行者交通量の式から求めたコンフリクトゾーンにおける左折車停止率をデータとして、(2)式の両辺の対数を取り直線回帰によって係数を求めたところ次のようになった。

$$\text{休日・夏乾燥} \quad P = 100(1 - 0.95 \cdot e^{-0.45D})$$

$$\text{〃 冬凍結} \quad P = 100(1 - 0.80 \cdot e^{-0.35D})$$

$$\text{平日・夏乾燥} \quad P = 100(1 - 0.98 \cdot e^{-0.75D})$$

$$\text{〃 冬凍結} \quad P = 100(1 - 0.79 \cdot e^{-0.61D})$$

この結果から、本交差点における左折車停止率は路面カテゴリーの違いよりは歩行者交通量による差異の大きいことが示された。

5. おわりに

本解析は1交差点における観測データの結果ではあるが、交差点内における横断歩行者と左折車の挙動に夏乾燥路面と冬凍結路面で差異のあること及び休日と平日すなわち歩行者交通量の大小によっても違いのあることを示し得た。今後さらにデータを収集し、より定量的な資料を提供する予定である。最後に本研究に対する室工大土木工学科交通工学講座卒業生柏木隆寿君、松倉仁君と藤岡浩君の尽力に対し謝意を表します。

(文献) 1. 交通工学研究会編 「交通工学ハンドブック」 技報堂

2. 交通工学研究会編 「最新 平面交差の計画と設計」

3. 池之上慶一郎他 「シミュレーションのための信号交差点における転向車両の横断歩行者による停止確率の算定法」

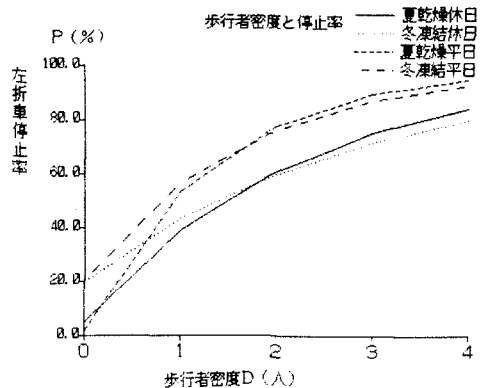


図-5. 左折車停止率と歩行者密度