

# 大規模交差点における歩行者と左折車の危険行為と交錯危険性の要因分析

伊藤 大貴<sup>1</sup>・鈴木 弘司<sup>2</sup>

<sup>1</sup>正会員 株式会社 長大 (〒450-0003 名古屋市中村区名駅南1-18-24)

E-mail:itou-hr@chodai.co.jp

<sup>2</sup>正会員 名古屋工業大学大学院准教授 (〒466-8555 名古屋市昭和区御器所町)

E-mail:suzuki.koji@nitech.ac.jp

本研究は、名古屋市内の交差点構造の異なる5箇所の交差点において、観測調査を行い、交差点を利用する歩行者と左折車の危険行為と両者の交錯危険性に関して、統計解析を行った。まず、歩行者の危険行為については、交差点ごとに1サイクルあたりの危険行為発生件数を集計し、重回帰分析により危険行為の構造要因を分析した。次に、全左折車の挙動と交通状況を取得した上で、危険行為の判定を行い、判別分析を行うことで、左折車が危険行為を行う要因を分析した。また、従来の交錯指標の問題点を補う新たな交錯指標を考案し、新たな指標の解釈方法について整理を行った。その後、新たに考案した交錯指標を用いて、歩行者と左折車による交錯危険性と、交差点構造や交通状況との関連性を評価した。

**Key Words :** 交差点, 危険行為, 交錯危険性, 道路構造

## 1. はじめに

現在、大規模交差点の事故の予防対策は急務であるが、交通事故自体は稀な事象であり、実際に発生した事故事例を用いた予防対策の効果の検証には時間がかかる。そのため、顕在化した事故を用いた評価ではなく、潜在的な事故危険性を評価する方法が求められている。

これまで、左折車と歩行者の交錯危険性について様々な分析が行われている。例えば、鈴木ら<sup>1)</sup>は交差点における交錯危険性について、交錯指標を用いて評価を行っている。しかし、個々の利用者の危険事象を扱った分析や交錯危険性について時系列での評価までは十分に行えていない点に課題がある。

そこで、本研究では、近年、歩行者と左折車の事故が発生している多車線道路が交差する信号交差点において、観測調査を行い、歩行者、左折車の挙動を分析することで、両者の危険行為と交差点構造の関係性を明らかにする。その後、感度分析を用いて、交差点改良による危険行為抑制効果の評価を行う。また、歩車間交錯の危険性を時系列で評価する指標を提案し、一連の交錯の中での危険性の推移を分析するとともに、交差点に潜む交錯危険性を定量化する。



図-1 調査対象交差点位置図

## 2. 調査概要と分析方法

### (1) 調査概要

本研究では、歩行者と左折車の危険行為と、両者の危険交錯の発生状況と交差点構造の関連性を分析するため、図-1に示す通り、名古屋市内における5箇所の交差点、計9箇所の横断歩道において外部観測を行った。各横断

歩道における調査内容を表-1 に示す。分析対象とする交差点や横断歩道の選定には、交差点構造による左折車と横断歩行者の交錯の潜在的危険性を定量化することに留意している。特に、交差点構造については、流入出部別の横断歩道のセットバック量、横断歩道長、交差角、横断歩道設置角の異なる交差点であることに考慮している。交差点構造定義図を図-2 に、調査横断歩道の構造特性諸量を表-2 に示す。

(2) 分析方法

本研究では、外部観測によって得られた映像データから、解析ソフトウェア<sup>2)</sup>を使用して座標データを取得し、そのデータを基に分析を進めていく。なお、横断歩道によって1サイクルあたりの交通量が異なるため、分析に使用するサンプルの確保を考慮し、交差点によって取得サイクル数が異なる。また、本研究では歩行者の横断歩道への流入方向を考慮した分析を行うため、歩行者の流入方向は、Near side 流入と Far side 流入に分ける。歩行者の流入方向定義図を図-3 に示す。

3. 交差点における歩行者の危険行為と交差点構造の関連性分析

本章では、歩行者に対して道路交通法（以下、道交法）に違反する行為を危険行為とみなし、危険行為の発生状況と交差点構造の関連性について分析を行う。

(1) 歩行者の危険行為発生状況集計

現状における歩行者の利用状況として、流入方向別横断開始タイミング集計結果を図-4、図-5 に示す。

図-4、図-5 より、歩行者現示が赤点灯以降に進入する歩行者は、全体的に見てほぼいないことが確認できる。また、歩行者現示が青点灯する前に、横断歩道へ進入している歩行者の占める割合は、横断歩道によって異なり、SH<sub>E</sub>については、Near side からの流入は、全歩行者の20%を超える歩行者が青前に進入しており、他の横断歩道よりも青前に横断を開始する歩行者割合が高いことが見てとれる。また、N<sub>w</sub>、N<sub>s</sub>、H<sub>s</sub>では Near side 流入、Far side 流入とともに青前進入の歩行者割合が5%を下回っており、青前に横断を開始する歩行者は、あまり見受けられない状況であると確認できる。青点滅時の進入については、N<sub>s</sub>の Near side 流入以外において青点滅中に横断を開始する歩行者が存在することがわかる。しかし、信号交差点における歩行者現示に対しては、道交法によって点灯状態による横断の可否が定められており、青点灯前、青点滅時、赤点灯時に横断を開始することは道交法に違反する行為であると考えられる。そこで、本研

表-1 観測調査内容

分析対象交差点	(SO) 桜通大津交差点 (SH) 桜通本町交差点 (HF) 広小路伏見交差点 (N) 西大須交差点 (H) 平安通1交差点	西部、南部 東部 南部、北部 西部、南部 東部、南部
分析映像日時	(SO) 2012年11月1日 (SH) 2012年11月1日 11月2日 (HF) 2012年11月5日 (N) 2014年9月16日 (H) 2014年5月28日	8:15~8:45、11:45~12:15、16:15~16:45 11:45~12:15、16:15~16:45 8:15~8:45、11:45~12:15 8:15~8:45、11:45~12:15、16:15~16:45 8:15~9:00、13:15~14:00(西部) 8:15~8:45、11:30~12:00、16:10~16:40(南部) 8:30~9:00、11:40~12:10、16:30~17:00(東部) 9:30~11:00、12:30~14:00、16:00~16:55(南部)
調査箇所	・交差点に隣接する歩道からの信号現示撮影 ・交差点付近の信号機柱、街灯柱からの交差点内、横断歩道内撮影	
調査内容	・歩行者、左折車挙動 ・信号現示	

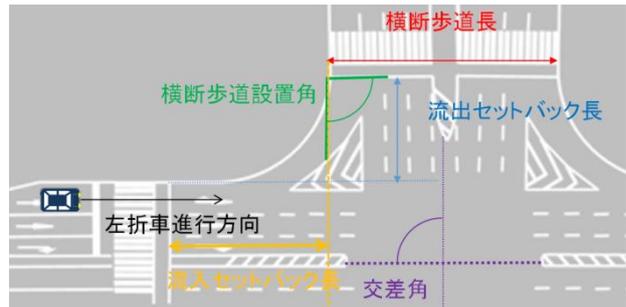


図-2 交差点構造定義図

表-2 調査対象交差点構造特性諸量

横断歩道名	横断歩道長 [m]	流出セットバック長 [m]	交差角 [°]	横断歩道設置角 [°]	流出先車線数
SO <sub>W</sub>	29.0	13.2	90	90	4
SO <sub>S</sub>	29.5	12.9	90	90	4
SH <sub>E</sub>	28.5	4.7	90	90	3
HF <sub>S</sub>	33.8	14.7	90	90	3
HF <sub>N</sub>	27.1	19.0	90	90	3
N <sub>W</sub>	25.7	4.0	110	110	3
N <sub>S</sub>	33.3	11.1	70	70	2
H <sub>E</sub>	25.6	18.3	110	100	3
H <sub>S</sub>	17.1	10.1	70	120	2

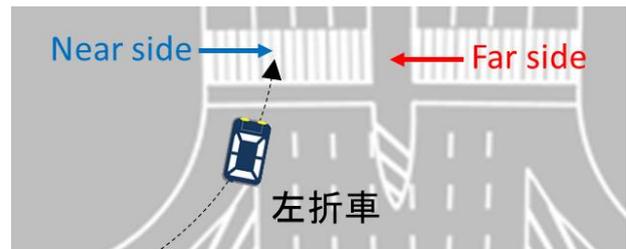


図-3 歩行者流入方向定義図

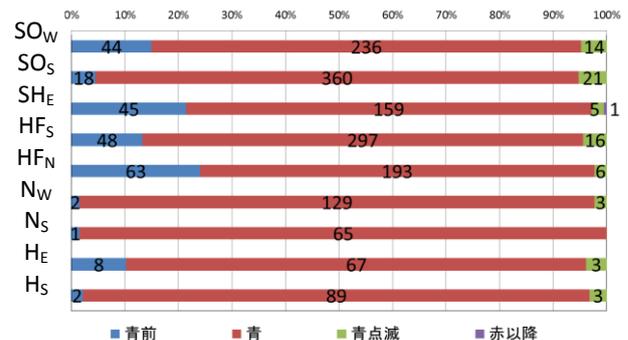


図-4 横断歩道別進入タイミング(Near side 流入)

究では、道交法第 7 条に基づき、歩行者現示が青点灯前、青点滅時、赤点灯後に横断歩道へ進入する行為を「信号無視」とみなし、これを歩行者の危険行為と定義する。また、歩行者の横断歩道への流入方向ごとに危険行為発生件数モデルを構築し、流入方向の違いによる傾向の比較を行う。なお、前章で述べた通り、交差点によってデータ取得サイクル数が異なっているため、各横断歩道における危険行為発生件数を、分析サイクル数で除して基準化した 1 サイクルあたりの信号無視発生件数[件/サイクル]を用いて分析を行う。1 サイクルあたりの信号無視発生件数集計結果を表-3 に示す。

表-3より、フライング行為については、SO<sub>w</sub>, HF<sub>s</sub>, HF<sub>N</sub>において、流入方向問わず1サイクルにつき1件以上発生している。また、全体的に点滅以降進入行為の発生件数は、Near side流入とFar side流入で比較したとき同程度もしくはNear side流入の方が多く発生している傾向にあることが見て取れる。さらに、残留行為の発生件数は、Far side流入よりもNear side流入の方が多く発生している傾向にあると言える。その理由として、Near sideから流入を開始する場合と、Far sideから流入する場合は、横断開始から左折車と歩行者の交錯が発生しうる領域（以降、交錯領域、CZ）を通過するまでに必要な時間が異なり、Near side流入の歩行者の方が横断開始から短い時間でCZを通過することができる。それゆえ、Near side流入の歩行者は点滅以降進入行為を多少無理に行ってもすぐに交錯の可能性が低い交差車線側エリアに入ることができ、その後ゆっくりと横断をする歩行者が多く存在しているものと推察される。

(2) 歩行者の危険行為発生件数と交差点構造の関連性分析

次に、交差点における歩行者の 1 サイクルあたりの危険行為発生件数を推計する回帰モデルを構築することで、どのような交差点構造が、危険行為の誘発に関係しているかを評価する。危険行為発生件数モデルの説明変数候補一覧を表-4 に、流入方向別危険行為発生件数モデルのパラメータ推定結果を表-5、表-6 に示す。

表-5、表-6 より、流入セットバックは、「点滅以降進入」と「残留」において有意な変数となり、係数の符号が正であることがわかる。その理由として、流入セットバックが長いと、交錯の可能性のある左折車が、交差点に入りながら横断歩道上の歩行者を確認しやすいため、歩行者が強引な横断をしても、左折車側が危険な行為を避けることができるという意識が作用することが考えられる。逆に Near side 流入歩行者の「フライング」では、流入セットバックは負の係数であるが、流入セットバックが長い分、青現示が開始しても、CZ に到達するまでに時間がかかるため、フライングをしなくても、左折車

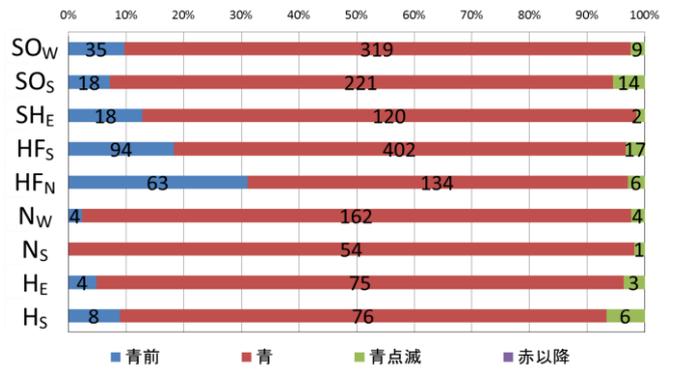


図-5 横断歩道別進入タイミング(Far side 流入)

表-3 1 サイクルあたりの信号無視発生件数結果

	Nearside流入			Farside流入		
	フライング	点滅以降進入	残留	フライング	点滅以降進入	残留
SO <sub>w</sub>	1.91	0.61	1.39	1.52	0.39	1.74
SO <sub>s</sub>	0.78	0.91	2.00	0.78	0.61	0.96
SH <sub>e</sub>	1.02	0.14	0.43	0.41	0.05	0.18
HF <sub>s</sub>	1.50	0.50	1.44	2.94	0.53	1.16
HF <sub>N</sub>	1.97	0.19	0.72	1.97	0.19	0.69
N <sub>w</sub>	0.06	0.09	0.38	0.12	0.12	0.15
N <sub>s</sub>	0.03	0.00	0.09	0.00	0.03	0.15
H <sub>e</sub>	0.10	0.03	0.15	0.05	0.03	0.05
H <sub>s</sub>	0.02	0.02	0.03	0.06	0.05	0.07

表-4 危険行為発生件数モデルの説明変数候補一覧

説明変数	定義
横断歩道長[m]	横断歩道の長さ
横断歩道長ダミー[m]	横断歩道長が26m以上を1, 26m未満を0
流入セットバック[m]	左折車の流入側のセットバックの長さ
流入セットバックダミー[m]	流入セットバックの長さが10m以上を1, 10m未満を0
流出セットバック[m]	左折車の流入側のセットバックの長さ
巻込み長[m]	交差点隅角部の歩道と車道の境界線の長さ
巻込み長ダミー[m]	巻込み長が20m以上を1, 20m未満を0
青点灯現示長[秒]	歩行者現示の青点灯中の時間
青点滅現示長[秒]	歩行者現示の青点滅中の時間
カウントダウン機能ダミー	歩行者現示にカウントダウン機能がついていれば1, そうでなければ0
流出車線数[本]	左折車の流出先の道路の車線数
流出車線数ダミー	流出車線数が4本だと1, そうでなければ0
隅角比	流出セットバックの長さを流入セットバックの長さで除した値
隅角比ダミー	隅角比が1以上を1, 1未満のときを0

表-5 危険行為発生件数モデルパラメータ推定結果 (Nearside 流入)

説明変数	フライング		青点滅以降進入		残留	
	係数	標準化係数	係数	標準化係数	係数	標準化係数
(定数)	1.045**		-0.253		-0.641**	
横断歩道長ダミー					0.618**	0.437
流入セットバック	-0.102*	-0.807	0.042***	0.846	0.077***	0.700
流出車線数ダミー	2.398**	0.942				
自由度調整済みR2	0.787		0.675		0.866	

※ \* :10%有意 \*\* :5%有意 \*\*\*:1%有意

表-6 危険行為発生件数モデルパラメータ推定結果 (Farside 流入)

説明変数	フライング		青点滅以降進入		残留	
	係数	標準化係数	係数	標準化係数	係数	標準化係数
(定数)	0.128		-0.217**		-0.576**	
横断歩道長ダミー			0.157*	0.343	0.403*	0.334
流入セットバック			0.027**	0.750	0.070***	0.748
流出車線数ダミー	1.674***	0.842				
自由度調整済みR2	0.668		0.817		0.866	

※ \* :10%有意 \*\* :5%有意 \*\*\*:1%有意

と交錯をすることなく横断ができることが影響したと推察される。また、横断歩道長ダミーや流出車線数ダミーが「フライング」について正の係数となっている。これらは、赤現示の間待機していた歩行者が、横断距離が長い分、少しでも早く横断開始したいと考えることが影響したと考えられる。

#### 4. 交差点における左折車の危険行為と交差点構造の関連性分析

本章では、前章と同様、道交法に基づいて左折車の危険行為を定義化し、それらが発生する要因を分析する。

##### (1) 左折車の利用状況整理

現状における左折車の利用状況として、交差点進入タイミングを集計した。なお、集計する際、青表示時間を3等分し、それぞれの時間に進入することを「青（序盤）」、「青（中盤）」、「青（終盤）」と定義する。次に、車両用現示が青に変わる前に進入することを「青点灯前」、車両用現示が黄点灯中に進入することを「黄」、車両用現示が赤点灯後に進入することを「赤」と定義する。なお、本研究では、左折車の進入タイミングは、交差点流入側停止線を通過した瞬間と定義し、流入速度は、交差点流入側停止線から流入側横断帯を通過するまでの平均速度とする。左折車の進入タイミング集計結果を図-6に示す。

図-6より「青点灯前」に進入する左折車はほぼ存在していないことがわかる。また、「黄」、「赤」についてSOとHFで約7%の左折車が進入していることがわかる。

##### (2) 左折車の危険行為発生有無と交差点構造との関連性分析

本節では、左折車の危険行為の発生について、交通状況や道路構造が与える影響を判別分析により明らかにする。なお、本稿での左折車の危険行為は、道交法の参考規定に基づき、「交差点進入時非徐行走行」、「横断者優先権無視」、「先行車側方通過前一時不停止」、「横断歩道直近での先行車追い抜き」を扱うこととする。

「交差点進入時非徐行走行」は、交差点流入時に、10[km/h]より高い速度で進入する行為、「横断者優先権無視」は流出側横断歩道における交錯領域とその両端より3mの中に、進行方向が交錯する横断者がいるのにも関わらず、流出横断帯を通過する行為、「先行車側方通過前一時不停止」は、左折車が先行車の横に移動する際、先行車の後ろで一時停止することなく、そのまま横で移動する行為、「横断歩道直近での先行車追い抜き」とは、左折車が先行車の横を追い抜く際、一時停止せずに追い

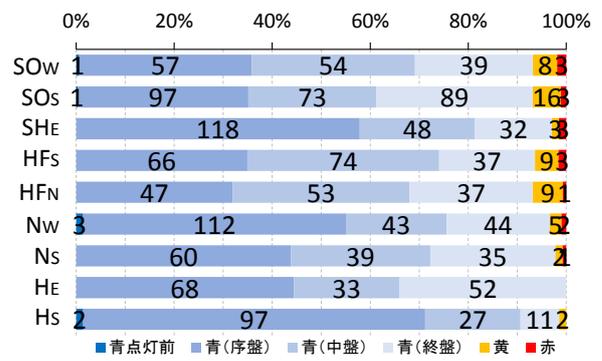


図-6 横断歩道別左折車進入タイミング

表-7 説明変数候補と変数詳細

説明変数	定義
横断歩道長[m]	横断歩道の長さ
流入セットバック[m]	左折車の流入側のセットバックの長さ
流出セットバック[m]	左折車の流出側のセットバックの長さ
巻込み長[m]	交差点隅角部の歩道と車道の境界線の長さ
巻込み長ダミー	巻込み長が20m以上を1, 20m未満を0
交差角[°]	左折車進行方向からみた交差角度
交差角直角ダミー	交差角が90° のとき1, そうでなければ0
交差角鋭角ダミー	交差角が90° 未満のとき1, そうでなければ0
交差角鈍角ダミー	交差角が90° より大きいとき1, そうでなければ0
横断歩道設置角[°]	左折車進行方向からみた横断歩道の設置角度
横断歩道設置角直角ダミー	横断歩道設置角が90° のとき1, そうでなければ0
横断歩道設置角鋭角ダミー	横断歩道設置角が90° 未満のとき1, そうでなければ0
横断歩道設置角鈍角ダミー	横断歩道設置角が90° より大きいとき1, そうでなければ0
流出車線数[本]	左折車の流出先の道路の車線数
流出車線数ダミー	流出車線数が4本だと1, そうでなければ0
曲率半径[m]	隅角部の曲率半径
隅角比	流出セットバックの長さを流入セットバックの長さで除した値
隅角比ダミー	隅角比が1以上を1, 1未満のときを0
流入区間距離[m]	流入時の停止線から流入横断帯の交差点側までの長さ
青(序盤)進入ダミー	左折車が青現示(序盤)に進入したら1, そうでなければ0
青(中盤)進入ダミー	左折車が青現示(中盤)に進入したら1, そうでなければ0
青(終盤)進入ダミー	左折車が青現示(終盤)に進入したら1, そうでなければ0
黄進入ダミー	左折車が黄現示に進入したら1, そうでなければ0
赤進入ダミー	左折車が赤現示に進入したら1, そうでなければ0
流出車線(第1車線)ダミー	左折車の流出車線が第1車線なら1, そうでなければ0
流出車線(第2車線)ダミー	左折車の流出車線が第2車線なら1, そうでなければ0
流出車線(第3車線)ダミー	左折車の流出車線が第3車線なら1, そうでなければ0
横断歩行者有	流出先横断帯に、横断中の歩行者がいたら1, そうでなければ0

説明変数	交差点進入時非徐行走行		横断者優先権無視		先行車側方通過前一時不停止		横断歩道直近での先行車追い抜き	
	標準化係数	係数	標準化係数	係数	標準化係数	係数	標準化係数	係数
流入セットバック[m]					0.736	0.101	0.309	0.041
流出セットバック[m]	0.916	0.210						
隅角比	0.616	0.729						
交差角直角ダミー							0.306	0.631
曲率半径	0.476	0.201						
流入直線区間長[m]							-0.334	-0.540
青(序盤)進入ダミー	-0.516	-1.081	0.461	0.929				
青(中盤)進入ダミー							0.316	0.714
流出車線(第3車線)ダミー					0.461	1.147	0.524	1.289
横断中歩行者有			0.741	1.539	0.187	0.389		
定数		-5.719		-1.385		-2.147		3.027
	的中率(全体)	81.77	的中率(全体)	63.56	的中率(全体)	72.95	的中率(全体)	77.05
	有意確率	0.000	有意確率	0.000	有意確率	0.000	有意確率	0.000
	N	554	N	1612	N	1612	N	1612
	重心	1: + 0: -	重心	1: + 0: -	重心	1: + 0: -	重心	1: + 0: -
対象左折車	自由走行左折車対象		全左折車対象					

表-8 危険行為要因分析結果

抜く行為と定義する。また、「交差点進入時非徐行走行」については、先行車の存在など、交通状況による減速を留意し、対象は先行車が存在していない自由走行が可能な左折車を対象とする。危険行為要因分析の説明変数候補を表-7に、危険行為要因分析結果を表-8に示す。

表-8より、「交差点進入時非徐行走行」は、構造要因として「流出セットバック」と「隅角比」，「曲率半径」，交通要因として「青（序盤）進入ダミー」が有意な変数となった。「流出セットバック」と「曲率半径」が正であることから、大規模な交差点になるほど、左折車は徐行せずに進入する傾向にあるといえる。また、「隅角比」が大きくなるほど、つまり流入セットバックの方が流出セットバックよりも長くなるほど、危険行為は発生しやすいことがわかる。「青（序盤）進入ダミー」が負であるが、青に変わった後、停止していた車両が徐々に進入していくことから、変数の妥当性が伺える。

「横断者優先権無視」は、構造要因は有意な変数とはならず、「青（序盤）進入ダミー」と「横断中歩行者有」が正の有意な変数となった。青現示に変わった直後は、横断歩道上には待機していた歩行者が存在している時間帯であるため、その中で歩行者の合間を縫うように走行する左折車が危険行為に該当しやすいと推察される。

「先行車側方通過前一時不停止」は、構造要因として「流入セットバック」，交通要因として「流出車線（第3車線）ダミー」と「横断中歩行者有」が有意な変数となった。「流入セットバック」が正であることから、流入セットバックが長くなるにつれて、先行車の横を停止せずに通過する走行がしやすい構造になると推察される。これは、流入セットバックが長いほど、交差点内の状況を把握することができ、第1車線以外の車線から流入するという選択がしやすい状況になっていると推察される。

「流出車線（第3車線）ダミー」が正の変数より、第3車線で流出しようと考えている左折車は先行車の横を走行する際、停止せずに走行する傾向にあるといえる。

「横断歩道直近での先行車追い抜き」は、構造要因として「流入セットバック」と「交差角直角ダミー」，「流入直線区間長」が、交通要因として、「青（中盤）進入ダミー」と「流出車線（第3車線）ダミー」が有意な変数となった。「流入セットバック」と「流出車線（第3車線）ダミー」は、「先行車側方通過前一時不停止」と同様の理由が考えられる。

以上より、「横断者優先権無視」以外の危険行為の発生に影響を与える構造要因として、「流出セットバック」や「流出セットバック」，「隅角比」が挙げられ、先行車存在時に発生する危険行為については、流出車線が影響することがわかった。

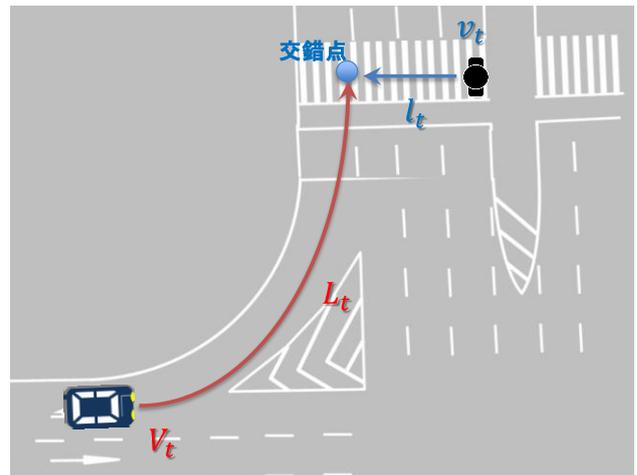


図-7 予測PET算出式定義図

## 5. 予測PET指標を用いた歩車間交錯の危険性評価

歩行者と左折車の交錯危険性を評価する指標として、交錯地点を通過する時刻差として定義されるPET(Post Encroachment Time)指標<sup>3)</sup>が良く用いられる。PET指標の式を式(1)に示す。

$$PET = t_2 - t_1 \quad (1)$$

$t_1$  : 交錯前者の交錯点通過時刻

$t_2$  : 交錯後者の交錯点通過時刻

式(1)より、PET指標は、交錯点を両者が通過した時間差で表されるため、簡易的でわかりやすい指標であると言える。しかし、PET指標は、あくまでも交錯点での状況に基づく危険性の評価を示す指標であるため、その前後の挙動や交通状況を踏まえて危険性を評価することはできない。そこで、本章では、新たに交錯指標を提案し、横断歩道上で発生する歩行者と左折車の交錯事象について、時系列に交錯危険性を評価し、交差点構造との関連性を分析する。なお、本研究では、従来のPET指標を実測PET指標と呼ぶこととする。また、歩車間交錯の中でも、歩行者が先に交錯地点を通過し、その後、左折車が交錯地点を通過する交錯の中で、実測PETが1.9[s]以下の交錯（以降、歩行者先行危険交錯）を扱う。

### (1) 予測PET指標の概念

交錯危険性を時系列に定量化するにあたり、式(2)のように予測PET指標を新たに定義し、その値をもって交錯危険性の評価を行う。予測PETは、予測地点における交錯点までの左折軌跡長、左折車走行速度、歩行者の交錯地点までの距離、歩行速度を用いて、左折車の交差点進入から交錯発生までの間に想定されている潜在的な交錯危険性を表す指標である。予測PET算出式定義図を図-7に示す。

$$\text{予測PET} = \left( t + \frac{L_t}{V_t} \right) - \left( t + \frac{l_t}{v_t} \right) \quad (2)$$

- $L_t$  : 予測時における交錯点までの左折軌跡長[m]
- $V_t$  : 予測時における左折車走行速度[m/s]
- $L_t$  : 予測時における交錯点までの歩行距離[m]
- $L_t$  : 予測時における歩行速度[m/s]

本研究では、映像の解析精度を勘案して 0.2[s]ごとに算出することとしている。この値が正であると、その予測交錯は歩行者が先行であることを示し、負の値であると、その予測交錯は左折車が先行であることを示す。なお、交錯危険性と交差点構造との関係を把握するため、左折車の走行軌跡を交差点内にて図-8のように6つのエリアに分割して分析を行う。左折車流入側停止線から、流入側横断歩道の自転車横断帯手前までのエリア「A」、左折車流入側横断歩道の自転車横断帯内をエリア「B」と定義する。交差点内の隅角部は、左折巻き込み線を3等分し、その点に対する垂線によって区切られ、流入側からエリア「C」、「D」、「E」と定義する。エリア「CZ」は、流出先横断歩道における CZ と定義する。また、以降は、各エリアに進入する際の予測 PET の値をもって分析を行い、エリア内の挙動やエリア間での挙動の変化を分析する。

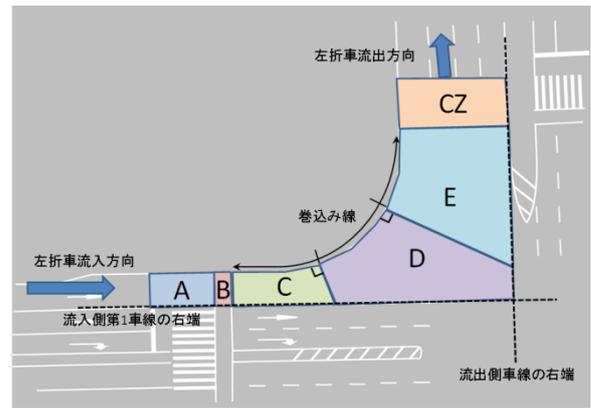


図-8 左折車走行エリア分割図

表-9 走行エリア別予測 PET 集計結果と実測 PET

横断歩道	危険交錯ID	流入時			隅角部走行時			CZ	実PET
		A	B	C	D	E			
SOw	危交ID1	-10.00	-9.95	-9.92	-9.27	-6.35	2.33	1.11	
	危交ID2	-29.86	-29.52	-26.61	-21.43	5.15	0.93	1.31	
	危交ID3	-16.58	-40.14	-40.69	-34.12	-28.32	6.07	1.70	
	危交ID4	0.00	0.00	10.27	-8.05	-7.55	1.83	1.80	
	危交ID5	-23.58	-24.31	-24.54	-23.48	-20.51	2.88	1.52	
	危交ID6	7.84	8.36	7.40	3.18	2.15	1.83	1.50	
SOs	危交ID7	-4.93	-3.91	-3.26	-1.08	2.45	1.85	1.29	
	危交ID8	-2.55	-1.47	-0.93	0.30	1.50	1.85	1.70	
	危交ID9	-0.15	-1.24	-2.49	-5.00	-3.81	1.77	1.80	
	危交ID10	-0.53	-11.88	-12.38	-12.10	-9.52	3.24	1.61	
	危交ID11	1.63	-5.55	-6.57	-5.90	-6.66	2.07	1.69	
	危交ID12	-5.79	-8.97	-10.09	-8.06	1.49	1.56	1.49	
SHe	危交ID13	-1.75	14.06	3.49	2.94	2.58	2.16	1.71	
	危交ID14	53.64	0.80	1.05	2.66	3.26	2.53	1.86	
	危交ID15	1.98	2.12	2.27	2.43	2.44	2.39	1.89	
	危交ID16	-5.67	-5.98	-4.44	-1.40	4.23	2.93	1.72	
	危交ID17	-4.63	-8.08	-7.85	-6.09	-0.30	8.38	1.80	
	危交ID18	-11.16	-13.51	-12.50	-10.09	-2.80	0.60	1.69	
	危交ID19	-2.37	-4.65	-3.99	-1.85	1.74	3.77	1.65	
HF <sub>s</sub>	危交ID20	-23.31	-23.64	-23.30	-22.00	-10.09	2.00	1.80	
HF <sub>N</sub>	危交ID21	-10.37	-10.21	-10.15	-8.40	-5.63	10.34	1.71	
	危交ID22	-14.44	-14.05	-13.93	-11.00	-6.39	-0.70	1.43	
	危交ID23	-4.32	-3.95	-3.62	0.09	1.06	2.00	1.49	
	危交ID24	-9.88	-9.02	-8.66	-7.80	-6.48	2.98	1.58	
	危交ID25	-2.21	-2.07	-2.02	-0.97	-0.03	4.69	1.77	
	危交ID26	-25.68	-25.18	-24.70	-22.12	-17.78	2.45	1.58	
N <sub>w</sub>	危交ID27	-28.22	-27.92	-27.59	-26.34	-23.62	10.14	1.47	
	危交ID28	-39.51	-38.66	-37.74	-32.06	-1.42	1.56	1.49	
	危交ID29	-26.81	-21.41	-20.69	168.97	4.80	1.15	0.35	
	危交ID30	-5.68	-8.57	-8.52	-7.63	8.85	1.85	1.38	
	危交ID31	-1.36	-1.49	-1.31	-1.05	4.88	2.13	1.03	
	危交ID32	-5.86	-6.37	-6.67	-7.07	9.90	5.14	1.24	
	危交ID33	-13.88	-13.27	-13.15	10.27	3.45	2.61	1.02	
	危交ID34	7.33	-0.82	-1.20	-1.15	2.37	3.46	0.77	
	危交ID35	-3.36	58.85	2.86	-0.47	0.53	2.98	1.27	
He	危交ID36	17.84	-7.51	-10.43	-10.17	-7.21	2.63	1.02	
	危交ID37	-8.83	-8.78	-8.74	-8.69	-8.28	1.17	0.72	
	危交ID38	-5.46	-5.36	-5.33	-4.99	-3.63	1.88	1.86	
	危交ID39	54.10	1.34	0.32	-0.31	0.97	2.78	1.85	
H <sub>s</sub>	危交ID40	-0.06	0.78	1.13	1.70	2.29	1.87	1.78	
	危交ID41	-1.55	-0.60	-0.37	0.16	1.38	1.85	0.15	
	危交ID42	-4.07	-3.98	-3.77	-3.40	-2.98	2.05	0.94	
	危交ID43	-5.75	-4.93	-4.66	-3.59	-2.71	1.87	1.05	
	危交ID44	-2.32	-0.91	0.41	6.58	3.56	2.29	1.24	
	危交ID45	2.73	-0.73	-0.56	0.02	1.15	1.55	1.11	

※赤字:予測PETが正(歩行者先行交錯) 青字:予測PETが負(左折車先行交錯)

### (2) 走行エリア別予測 PET 推移状況分析

本節では、予測 PET を左折車の走行エリア別に算出を行うことで、交差点内の左折車の位置によりどのような交錯特性を示すか整理を行う。最初に、全歩行者先行危険交錯の走行エリアごと予測 PET の集計を行う。走行エリア別予測 PET の集計結果と実測 PET 値を表-9に示す。

表-9 より、流入時のエリア「A」、「B」では、負の値が多く、隅角部、エリア「CZ」と左折車が走行していくにつれて、正の値が表れているのがわかる。特に、危交 ID「22」を除いては、エリア「CZ」で正の値であることから、左折車がエリア「CZ」に進入する際には、歩行者が通過してから流出するという意識を持った走行を行っているかと推察される。また、多くの交錯は、負の値から正の値へと変化するが、正の値を推移するが、危交 ID「4」、「11」、「34」、「35」、「39」、「45」では、正の値から負の値へと変化し、再度正の値へと変化する傾向が見てとれる。特に危交 ID「4」は、エリア「C」からエリア「D」へと走行する際、約 18[s]の変化が見てとれる。この理由として、左折先が先行車によって詰まっており、二重左折を行うために、車線を変更する際に生じた変化であると考えられる。このように、二重左折を行うための車線変更は、一時的に左折車先行交錯を発生させる結果が伴うことがわかる。

以上より、予測PETの推移を確認することで、一連の左折挙動を考慮した交錯危険性を予測できることがわかった。

### (3) 予測 PET と交差点構造との関連性分析

本節では、各エリアにおける予測 PET の推計モデルを構築し、交差点構造要因や、交錯左折車走行特性との影響を分析していく。なお、前節の予測 PET 推移結果の通り、交差点内で、長時間停止した交錯左折車の予測 PET は、推移の変化量がとても大きく、結果に大きな影

響を与える可能性が考えられる。そのため、モデル構築対象は、交錯左折車が交差点内で停止していない交錯ケース 16 件を対象に推計モデルの構築を行うこととする。また、表-9 より、エリア C 以降において予測 PET の符号が変化していることから、エリア「C」、 「D」、 「E」、 「CZ」について推計モデルの構築を行うこととする。予測 PET 推計モデルの説明変数候補一覧を表-10、エリア「C」、 「D」、 「E」、 「CZ」についての予測 PET 推計モデルのパラメータ推定結果を表-11 に示す。

表-11 より、エリア「C」では、交錯発生時の現示、左折車挙動による影響があり、エリア「D」は、交錯左折車の流入出時挙動による影響があることがわかる。よって、この二つのエリアは、主に交錯特性要因の影響を受けていることがわかる。エリア「E」では、交錯左折車の挙動の他に、流出横断帯幅、曲率半径といった、交差点構造の影響があることがわかる。エリア「CZ」では、交錯発生時の現示、交錯発生位置といった CZ の状況の他、左折最短軌跡長の影響を受けていることがわかる。エリア「C」、 「D」では見られなかった交差点構造要因が、エリア「E」、 「CZ」では、有意な変数に含まれる結果となった。

以上より、予測 PET 推計モデルを構築したことで、予測 PET に影響を与える要因を示すことができた。特に、流入から隅角部の頂点を越えるまでは交錯特性要因の影響を受け、隅角部終盤や CZ では、交錯特性要因を交差点構造要因の両方を受けることを示すことができた。

### 6. 感度分析を用いた交差点改良による危険行為抑制評価

本章では、交差点改良を想定し、交差点構造の変化による左折車の危険行為の抑制効果を分析する。なお、本研究では、「流入セットバック」を現状より0.5mずつ縮小したと仮定し、感度分析を行う。また、隅角比と曲率半径は、流入セットバックによる影響を受けることを考慮し、流入セットバックの変化量に対応した補正を行うこととする。また、第4章より、左折車の危険行為である「横断者優先権無視」は、交差点構造の影響を受けないため、本章では扱わないこととする。感度分析による左折車危険行為発生率の推移結果を図-9に示す。

図-9より、「交差点進入時非徐行走行」については、流入セットバックを2m縮小することで危険行為発生率に大きな数値の減少が見られた。この結果から、流入セットバックの縮小による左折車の流入時速度低下効果は期待できると考えられる。

「先行車側方通過前一時不停止」は流入セットバックを3m程度、「横断歩道直近での先行車追い抜き」につ

表-10 予測 PET 推計モデルの説明変数候補

説明変数	定義
横断歩道長[m]	横断歩道の長さ
流入セットバック[m]	左折車の流入側のセットバックの長さ
流出セットバック[m]	左折車の流出側のセットバックの長さ
巻き込み長[m]	交差点隅角部の歩道と車道の境界線の長さ
交差角[°]	左折車進行方向からみた交差角度
横断歩道設置角[°]	左折車進行方向からみた横断歩道の設置角度
流出車線数[本]	左折車の流出先の道路の車線数
曲率半径[m]	隅角部の曲率半径
左折最短軌跡長[m]	左折車が停止線を越えてから横断歩道を流出するまでの最短軌跡長
隅角比	流出セットバックの長さを流入セットバックの長さで除した値
流入区間距離[m]	流入時の停止線から流入横断帯の交差点側までの長さ
青現示ダミー	交錯が発生したとき、歩行者用現示が青点灯中とき、そうでなければ0
青点滅ダミー	交錯が発生したとき、歩行者用現示が青点滅中とき、そうでなければ0
赤現示ダミー	交錯が発生したとき、歩行者用現示が赤点灯中とき、そうでなければ0
交錯発生車線位置	交錯が発生した車線
自転車横断帯ダミー	交錯発生位置が自転車横断帯であれば1、そうでなければ0
歩行者横断帯(交差点側)ダミー	交錯発生位置が歩行者横断帯(交差点側)であれば1、そうでなければ0
歩行者横断帯(外側)ダミー	交錯発生位置が歩行者横断帯(外側)であれば1、そうでなければ0
交錯左折車交差点進入時非徐行ダミー	交錯する左折車が交差点流入時の速度が10[km/h]を超過していれば1、そうでなければ0
交錯左折車二重左折ダミー	交錯する左折車が二重左折を行うと1、そうでなければ0

表-11 予測 PET 推計モデルのパラメータ推定結果(N=16)

説明変数 (定数)	エリアC		エリアD		エリアE		エリアCZ	
	係数	標準化係数	係数	標準化係数	係数	標準化係数	係数	標準化係数
青現示ダミー							0.59**	0.564
青点滅ダミー	16.14***	0.981						
歩行者横断帯(外側)ダミー	-4.39***	-0.534					-0.70***	-0.912
交錯左折車交差点進入時非徐行ダミー			4.789**	0.455	9.99***	0.780		
左折車横断歩道前停止ダミー	-7.91***	-0.657	-4.472***	-0.621				
交錯左折車二重左折ダミー					-7.08***	-0.552		
流出横断帯幅					6.83**	0.358		
曲率半径					-0.49***	-0.411		
左折最短軌跡長							-0.03**	-0.453
自由度調整済みR2	0.753		0.594		0.782		0.653	

※ \*\*:5%有意 \*\*\*:1%有意

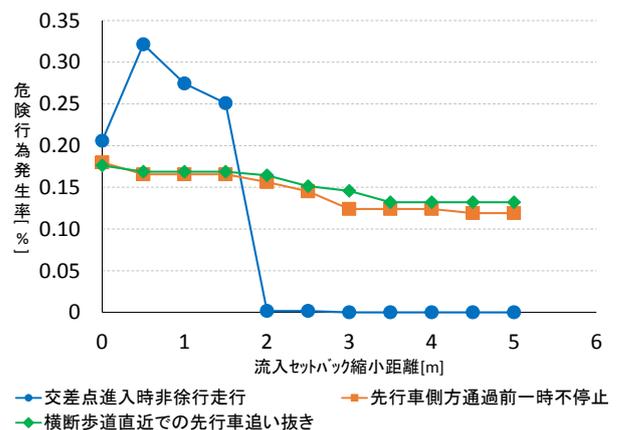


図-9 感度分析結果(流入セットバック-0.5m 刻み)

いては、流入セットバックを3.5m縮小したことで、危険行為発生率が現状より約5%減少するとの結果となった。以上、3つの危険行為発生率を同時に下げるためには、流入部での横断歩道のセットバックを3.5m程度縮小することが望ましいといえる。

## 7. まとめ

本研究では、交差点における危険行為の発生状況と交差点構造の関連性を分析した。また、交錯指標を新たに考案し、交錯危険性を時系列ごとに捉えて評価を行った。その結果、その結果、左折車の走行特性には、流入セットバックや横断歩道長といった交差点流入出部の構造が主に影響を与えることがわかり、歩行者と左折車の危険交錯には、交差点の隅角部を含む交差点全体の構造と、左折車の挙動が影響を受けていることが明らかとなった。その後、交差点改良を想定した感度分析によって評価することで、流入セットバックを縮小することで、左折車の危険行為の抑制効果が見込めることがわかった。

今後は、各主体の軌跡など詳細なデータを用いることで複雑な交通現象を扱い、危険行為と交錯危険性の関連

性を明らかにする。

**謝辞：**本稿の執筆にあたり、名古屋工業大学大学院工学研究科修士1年の安田宗一郎氏にデータ分析に多大なご協力を頂きました。ここに感謝の意を示します。

### 参考文献

- 1) 鈴木弘司・山口大輔・藤田素弘：大規模交差点における左折車通行時危険性の定量評価,土木学会論文集 D,Vol.68,No.5 I\_1193-I\_1205。2012
- 2) 鈴木一史・中村英樹：交通流解析のためのビデオ画像処理システム TrafficAnalyzer の開発と性能検証,土木学会論文集 D, Vol.62, No.3 pp.276-287, 2006.7.
- 2) Allen, B.L. Shin, B.T. and Cooper, D.J: Analysis of traffic conflicts and collision, Transportation Research Record, 677, 67-74, 1978.

(2015.7.31 受付)

## STATISTICAL ANALYSIS OF USERS' RISKY BEHAVIOR AND TRAFFIC CONFLICT BETWEEN PEDESTRIAN AND LEFT TURNING VEHICLE AT LARGE SCALE INTERSECTIONS

Hiroki ITO and Koji SUZUKI