

大規模交差点における 利用者挙動と危険交錯に関する基礎的分析

鈴木 弘司¹・志村 連²・伊藤 大貴³

¹正会員 名古屋工業大学大学院 准教授 (〒466-855 名古屋市昭和区御器所町)

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

²学生会員 名古屋工業大学大学院 工学研究科博士前期課程 (〒466-8555 名古屋市昭和区御器所町)

E-mail: 28415047@stn.nitech.ac.jp

³正会員 株式会社長大 (〒450-0003 名古屋市中区区名駅南 1-8-24)

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

本研究では、過去に事故が発生した名古屋市内の大規模交差点を複数選定し、観測調査を行うことで横断歩道利用者の挙動を分析し、利用主体別の利用状況を分析した。次に横断者と右左折車との交錯危険性について PET 指標を用いて評価し、それぞれの交錯事象の特性を把握した。また、左折車の危険行為と自転車と右左折車の危険な交錯事象に着目して、その影響要因を明らかにするため、観測された危険事象を基に危険か否かの統計解析を行った。構築したモデルより交差点の安全性向上施策として流出側セットバック長を変更する交差点の構造改良を提案し、感度分析によってその効果を検討した。

Key Words: bicycle, intersection geometry, traffic safety

1. 序論

近年、環境・健康志向の高まりからスポーツサイクルの利用が拡大し、歩道ではなく車道を通行する自転車が增加している中、単路部での自転車通行空間整備や施策に対する評価事例は多く見られる^{例えば 1)2)}。一方、車道を通行する自転車が増加した今日では、交差点内での走行方向がわかりにくく、また自転車の走行挙動が広範となる。そのため交差点内において、自動車との錯綜が横断歩道・自転車横断帯以外の場所で発生する可能性があるといった問題が大規模交差点において特に顕在化している³⁾。この点に対して、道路管理者、交通管理者により交差点内での自転車の通行位置および通行方向を明確にするため矢羽根の路面表示を設置し、自転車・自動車からの視認性の視点から矢羽根の形状と設置間隔についての検討が進められている⁴⁾。

交差点における自転車の安全性に関する既存研究として、山中ら⁵⁾は、自転車と自動車を同時に同一空間上で運転操作可能なドライビングシミュレータを用いて交差点進入部における自転車と左折車の走行空間の分離方式の違いによる自転車安全性ならびに利用者の不安感に関する検討を行っているが、交差点構造が及ぼす影響につ

いては明らかにされていない。事故統計データを用いて顕在化した危険性を評価する既存研究では、萩田ら⁶⁾は交差点で発生した交通事故について自転車と自動車の相対的な進行方向に着目して、信号機の有無別、時間帯別に事故の発生状況を分析しているが、自転車の走行位置や交差点構造との関係性については明らかにしていない。一方、潜在的な危険性を評価する既存研究では、坪井ら⁷⁾は挙動データにもとづき、自転車道の有無別の信号交差点部において自転車の滞留特性と自転車と自転車または歩行者の錯綜事象について分析しているが、交差点内の走行位置や自動車との交錯事象を評価していない点に課題がある。

そこで、本研究では自転車の交錯事象に着目し、事故を未然に防ぎ、他の交差点についても応用できるよう、挙動特性や交錯指標に着目して潜在的な事故の危険性を分析し、評価する手法を用いることとする。右左折車との交錯頻度を考慮して多車線道路が交差する信号交差点を対象に観測調査を行い、自転車と右左折車の挙動ならびに両者の交錯危険性について、交差点構造、信号表示との関係に着目した分析を行い、さらに交差点構造改良を想定した場合の安全性の検討を行うことを目的とする。

2. 調査概要およびデータの取得方法

(1) 調査概要

本研究では、潜在的な交錯危険性と交差点構造の関係性を分析するため名古屋市内の平安通 1 交差点の西部横断歩道(以降, Hw), 南部横断歩道(以降, Hs)の 2 箇所の横断歩道, 西大須交差点の東部横断歩道(以降, Ne), 南部横断歩道(以降, Ns), 北部横断歩道(以降, Nn)の 3 箇所の横断歩道, 大清水交差点の北部横断歩道(以降, On)の計 6 箇所の横断歩道において外部観測を行った。分析対象とする交差点や横断歩道の選出は, 過去数年以内に自転車対自動車の交通事故が発生した交差点であること, 交差点角や横断歩道長などの交差点構造が異なる横断歩道になることに考慮した。各横断歩道における調査概要を表-1 に, 研究対象交差点の上空写真を図-1 に, 現示階梯図を図-2 に, 交差点構造定義図を図-3 に, 構造特性諸量を表-2 に示す。図-2 より各交差点のサイクル長は 140s または 160s であり, 大清水交差点については, 分析時間によってサイクル長およびスプリットが異なる。表-2 より, 平安 1 交差点では, Hw では左折角, 右折角いずれも 90° であるが, Hs では左折角が鋭角となっている。西大須交差点では, 北東部に流出車線があり, 交差点面積が大きくなっている。大清水交差点では交差点の直角との差が対象交差点の中で最大であり, On では左折角が 130°, 右折角が 50° となっている。

(2) データの取得方法

本研究では, 外部観測によって得られた映像データから画像解析ソフトウェア (George)⁸⁾ を使用して, 横断歩道を通過する自転車と右左折車の挙動データ取得を行う。自転車については前輪と地面の接地点を, 右左折車については左側前輪の接地点を取得ポイントとして 0.4s 間隔で座標データを取得し, 速度を算出する。

3. 対象交差点の交通特性と挙動に関する基礎分析

(1) 対象交差点の交通特性

対象交差点の利用者特性を表-3 に, 各交差点流入部の交通特性として進行方向別の時間交通量を表-4 に示す。なお, 映像の制約により, 大清水交差点の東部流入の左折車は計測できておらず, また表中の数字は計測時間帯における平均値を表している。

表-3 より, 自転車の時間交通量に着目すると Hw と Nn で多く, Hs で少なくなっている。また, 左折車の時間交通量に着目すると Ne と Nn で多く, Hs で少なくなっている。

表-1 調査概要

分析映像日時	平安通1交差点	2014/5/28(水)	8:30~9:30, 13:00~14:00
	西大須交差点	2014/9/16(火)	13:30~15:30 (Ne, Nn) 13:30~14:30 (Ns)
	大清水交差点	2017/11/15(水)	8:00~9:00, 15:00~16:00
撮影箇所	・交差点周辺施設上部からの交差点内撮影 ・交差点に隣接する歩道からの横断歩道撮影, 信号現示撮影		
調査内容	・横断歩道を通過する右左折車, 横断者(歩行者・自転車)の挙動 ・信号現示		

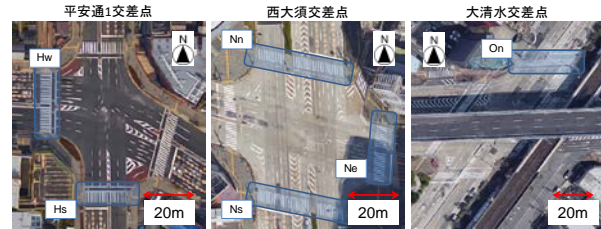


図-1 対象交差点の上空写真(出典: Google Maps)

N ● 歩行者信号 ● 歩行者信号	車両用信号 青		1φ		2φ		3φ		Y1		4φ		Y2		AR1		5φ		6φ		7φ		Y3		8φ		Y4		AR2		
	青	赤	青	赤	青	赤	青	赤	青	赤	青	赤	青	赤	青	赤	青	赤	青	赤	青	赤	青	赤	青	赤	青	赤	青	赤	
平安通1 C=140			35	10	2	4	12	2	5	43	7	2	4	7	2	5															
西大須 C=160			50	10	5	4	12	2	5	40	10	4	4	7	2	5															
大清水			44	10	4	4	7	2	5	55	10	2	4	6	2	5															
上段:8:00~9:00 C=160			38	10	4	4	7	2	5	40	10	2	4	7	2	5															
下段:15:00~16:00 C=140																															

図-2 現示階梯図

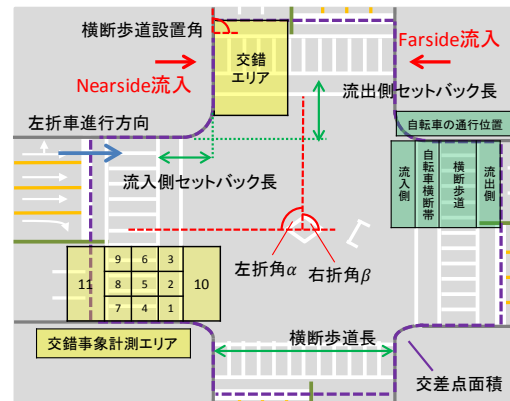


図-3 交差点構造定義図

表-2 構造特性諸元

横断歩道	交差点面積[m ²]	横断歩道長[m]	セットバック長[m]		左折角 α[°]	右折角 β[°]	横断歩道設置角[°]	流出先車線数	ゼブラ表示による左折導流の有無
			流入側	流出側					
Hw	2244.4	22.8	21.0	12.4	90	90	90	3	なし
Hs		17.5	9.9	9.8	60	90	90	2	あり
Ne	3070.5	22.6	15.2	10.7	105	75	85	3	あり
Ns		34.0	12.4	12.3	75	105	105	3	あり
Nn		34.0	8.8	12.7	75	105	105	3	あり
On		2861.9	33.0	10.0	8.6	130	50	50	3

表-3 交差点ごとの平均的な利用者特性

	自転車[台/時]			左折車車両数[台/時]	右折車車両数[台/時]	歩行者[人/時]		
	合計	Nearside 流入	Farside 流入			合計	Nearside 流入	Farside 流入
Hw	134	58	76	54.5	143	61	28.5	32.5
Hs	79.5	33.5	46	42	81.5	35	22	13
Ne	126.5	72.5	54	200.5	134	141	75	66
Ns	126	65	61	128	154	90	46	44
Nn	180.5	96	84.5	197.5	156.5	86	43	43
On	106	46.5	59.5	119.5	33.5	30	9.5	20.5

表-4 より、西大須交差点では他の交差点に比べ、交通量が多いことがわかる。またいずれの流入方向においても北東部へ流出する車両が観測された。また大清水交差点では流入方向によって右左折車の台数が同流入方向の直進車台数に比べて少ないことが確認できる。

(2) 自転車の横断実態

自転車の横断実態を分析するにあたり、交差点進入時のタイミングを6分割する。歩行者青信号前に横断歩道へ進入することを「青前」、青点灯中については青時間を3分割して「青(序盤)」、「青(中盤)」、「青(終盤)」とする。青点滅中に進入することを「点滅」、赤点灯以降に進入することを「赤」とする。また自転車の通行位置については、図-3のように自転車の走行空間を4分割し、横断歩道と自転車横断帯の両方を利用した場合を「横断歩道+自転車横断帯」と定義し、5つの場合に分ける。流入方向別の交差点進入タイミングの割合を図-4に、流入方向別の通行位置の割合を図-5に示す。なお、Nearside 流入、Farside 流入の定義も図-3に併せて示す。

図-4 より、80%以上の自転車が青時間中に横断歩道に進入していることが確認できる。Nearside 流入の方が点滅以降の進入が多く観測される傾向にあり、その中でもHw においては17%程度の自転車が点滅以降に進入していることがわかる。図-5 より、On 以外の横断歩道では、自転車横断帯よりも横断歩道の利用率が高いことが確認できる。また、Farside 流入に関して、Ne では流入側を利用する自転車が他よりも多く、On では流入方向にかかわらず流出側を走行する自転車が多数いることがわかる。

(3) 自転車の危険行為発生割合と交差点構造、信号表示時間との関係性分析

自転車の危険行為と交差点構造と表-2 に示す交差点構造および図-2 に示す信号表示時間との関係性を明らかにするため相関分析を行う。自転車の危険行為について、自転車の横断歩道進入タイミングに着目する場合、流入方向にかかわらず点滅以降に横断歩道へ進入する行為を危険行為と定義する。また通行位置に着目すると流入方向にかかわらず流出側を走行した場合は乱横断として危険行為と定義する。また Farside 流入において流入側の空間を走行する場合は対向車へ向かって走行するような逆走状態となるため危険行為と定義する。交差点構造については、横断歩道長、流入側・流出側セットバック長、左折角、横断歩道設置角の5パターンに着目し、信号表示時間については、歩行者青時間、点滅時間、点滅開始から自動車用黄信号終了までの時間、点滅開始から進行方向の青開始までの時間の4パターンで相関分析を行う。これらの危険行為の発生割合と交差点構造また信号表示時間との相関分析の結果を表-5に示す。

表-4 流入部別の平均的な交通特性[単位：台/時]

対象交差点	計測時間帯		東部	西部	南部	北部
平安通1 (Hw,Hs)	8:30~9:30 13:00~14:00	右折	132.5	81.5	56	143
		直進	738.5	725.5	266	260
		左折	42	124.5	54.5	88.5
		合計	913	931.5	376.5	491.5
西大須 (Ne,Ns,Nn)	13:30~15:30	右折	156.5	154	134	194.5
		直進	479	629	1227	1358.5
		左折	128	197.5	139	200.5
		(北東部流出)	2.5	1.5	2	4
		合計	766	982	1502	1757.5
大清水 (On)	8:00~9:00 15:00~16:00	右折	33.5	38	66.5	135
		直進	830.5	709	335	536.5
		左折	—	119.5	4	16.5
		合計	—	866.5	405.5	688

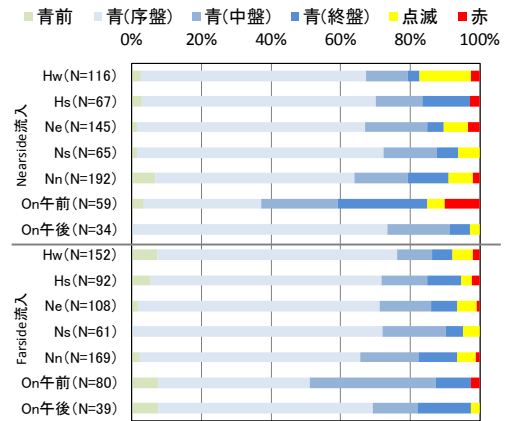


図-4 自転車の横断歩道進入タイミング

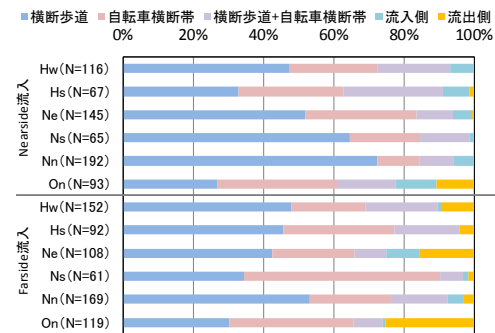


図-5 自転車の通行位置

表-5 自転車の危険行為発生割合と交差点構造、信号表示時間との相関分析結果

横断実態		横断歩道進入タイミング		自転車の通行位置		
流入方向		Nearside流入	Farside流入	Nearside流入	Farside流入	
危険行為		点滅以降の進入		流出側を走行	流出側を走行	流入側を走行
交差点構造	横断歩道長[m]	相関係数 0.03	-0.44	0.28	0.05	-0.02
		有意確率 (0.95)	(0.39)	(0.59)	(0.93)	(0.97)
	流入側セットバック長[m]	相関係数 0.77	0.63	-0.35	0.06	0.12
		有意確率 (0.08)	(0.18)	(0.51)	(0.91)	(0.82)
	流出側セットバック長[m]	相関係数 0.25	0.73	-0.82	-0.73	0.20
		有意確率 (0.63)	(0.10)	(0.05)	(0.10)	(0.71)
	左折角[°]	相関係数 0.52	-0.47	0.76	0.95	0.21
		有意確率 (0.29)	(0.35)	(0.08)	(0.00)	(0.69)
	横断歩道設置角[°]	相関係数 -0.24	0.66	-0.93	-0.95	0.17
		有意確率 (0.65)	(0.15)	(0.01)	(0.00)	(0.75)
信号表示	歩行者青時間[s]	相関係数 0.20	-0.48	0.69	0.32	0.33
		有意確率 (0.67)	(0.28)	(0.09)	(0.49)	(0.47)
	点滅時間[s]	相関係数 0.48	-0.05	0.14	0.32	0.34
		有意確率 (0.28)	(0.91)	(0.77)	(0.49)	(0.45)
	点滅開始以降時間[s]	相関係数 0.23	0.22	-0.24	-0.05	0.76
		有意確率 (0.62)	(0.64)	(0.60)	(0.91)	(0.05)
待機時間[s]	相関係数 0.12	0.30	-0.38	-0.53	0.47	
	有意確率 (0.79)	(0.51)	(0.40)	(0.23)	(0.29)	

網掛け：有意確率10%未満

表-5 より、点滅以降の進入割合に着目すると Nearside 流入では流入側セットバック長と、また Farside 流入では流出側セットバック長と正の相関が見られる。つまり、セットバック長が長い場合に点滅以降に横断歩道へ進入する自転車の割合が高くなる傾向にあるといえる。

自転車の通行位置に関する危険行為に着目すると流入方向にかかわらず、流出側を走行する場合は流出側セットバック長と負の相関があることから、流出側セットバック長が短い場合に流出側の空間を走行する傾向にあるといえる。また、左折角と正の相関、横断歩道設置角と負の相関があることから、左折角が大きく、横断歩道設置角が小さい場合に、流出車線に沿うように走行する傾向にあるといえる。Nearside 流入の場合、流出側を走行する自転車は左折車から認識されにくく、交錯の危険性が潜んでいると考えられる。

一方、信号表示時間に着目すると、点滅以降の進入行為の発生割合と信号表示時間に相関は見られないが、歩行者青時間が長い場合に Nearside 流入で流出側を走行する傾向にあること、点滅以降の時間が長い場合に Farside 流入で流入側を走行する傾向にあることがわかった。

4. 交差点内の左折車挙動に関する基礎分析

図-6 のように交差点内に 6 つの計測断面を設定して、各断面での左折車の速度を算出する。他者の影響を受けずに左折した自由走行状態の左折車を対象に各横断歩道の、交差の有無別の左折車の断面別速度の平均値ならびに差の検定結果を表-6 に示す。なお、交錯の有無は各左折車が横断歩道接近時に交錯エリアに自転車が存在するか否かで判断している

表-6 より、Hs では交差点進入時の速度も低く、交差点内の速度も全体的に低いことがわかる。また、Ne と On では交錯の有無にかかわらず全断面において平均速度が 20km/h を上回ることが読み取れる。平均値の差に着目するといずれの横断歩道においても断面(d)、断面(e)において有意な差が見られる。一方で、Hw、Ne で断面(a)、断面(b)、断面(c)においても有意な差が見られない。

さらに、自転車と左折車との交錯と断面別速度の関係を詳細に把握するために、各断面における個々の左折車両の速度を目的変数とし、交差点構造、交錯の有無を説明変数とした重回帰分析を行う。分析結果を表-7 に示す。なお、断面(a)はNeの速度データがないこと、また交錯エリア内で起こり得る交錯事象を想定するため、交錯エリア流出断面となる断面(f)は本分析の対象外としている。表-7 より、自由度調整済みR²はあまり高くないが、分散分析の結果、式の有意性は確保されているため、本結果を採用する。また、有意でない説明変数も含まれる

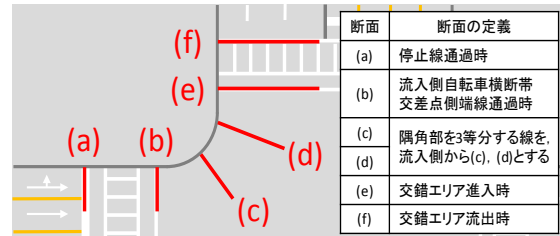


図-6 左折車の速度計測断面定義図

表-6 自由走行を対象とした左折車の速度変化

(*:10%有意, **:5%有意, ***:1%有意; 以下同様)

横断歩道	交錯	標本数	断面(a)	断面(b)	断面(c)	断面(d)	断面(e)	断面(f)
Hw	なし	15	33.29	30.76	24.23	20.49	22.52	26.91
	あり	12	32.16	29.87	22.04	15.38	12.01	21.54
	t値		0.36	0.35	1.39	3.71***	4.33***	2.81**
Hs	なし	12	20.36	16.77	15.84	15.11	15.09	19.38
	あり	7	16.32	13.13	12.13	9.25	9.13	17.48
	t値		1.69	2.14**	2.56**	3.00***	2.19**	0.93
Ne	なし	43	—	30.84	27.71	24.27	25.38	31.80
	あり	14	—	30.28	26.32	20.95	20.69	29.89
	t値		—	0.43	1.07	2.06**	2.33**	1.12
Ns	なし	21	27.61	23.37	20.99	20.69	21.51	24.38
	あり	11	28.02	22.09	16.87	13.20	16.13	21.53
	t値		-0.26	0.85	2.77***	3.17***	3.20***	1.82*
Nn	なし	24	26.43	21.50	19.13	18.57	20.08	23.21
	あり	10	21.25	18.00	15.27	11.90	11.68	18.27
	t値		1.91*	2.37**	3.28***	3.93***	5.07***	3.23***
On	なし	71	31.79	29.42	28.40	28.24	29.80	33.36
	あり	38	29.60	26.73	24.84	22.44	22.60	29.14
	t値		1.69*	2.36**	3.17***	4.21***	4.00***	2.93***

※映像の制約上、Neの断面(a)での速度は算出できていない

表-7 断面別の左折車速度の回帰分析結果

説明変数	断面(b)		断面(c)		断面(d)		断面(e)	
	係数	p値	係数	p値	係数	p値	係数	p値
左折角[°]	0.27	7.38 × 10 ⁻¹³	0.25	4.03 × 10 ⁻¹³	0.23	9.30 × 10 ⁻⁹	0.26	7.26 × 10 ⁻⁸
(90-横断歩道設置角)[°]	-0.14	7.99 × 10 ⁻⁴	-0.10	8.77 × 10 ⁻³	-0.06	0.15	-0.10	6.85 × 10 ⁻²
流入側セットバック長[m]	0.69	3.36 × 10 ⁻¹²	0.31	5.15 × 10 ⁻⁴	-0.02	0.81	-0.14	0.25
交錯ダミー(交錯あり:1)	-2.15	8.57 × 10 ⁻⁴	-3.25	9.38 × 10 ⁻⁸	-5.62	1.17 × 10 ⁻¹⁴	-6.96	6.15 × 10 ⁻¹⁵
定数項	-6.93	2.20 × 10 ⁻²	-3.48	0.22	1.33	0.68	1.16	0.77
自由度調整済みR ² 値	0.47		0.49		0.47		0.42	
F値(***:p<0.01)	61.27***		67.8***		63.01***		51.10***	

が、断面間の結果比較を行うため、共通の変数を用いて分析している。

これより、左折角と交錯ダミーはどの断面でも有意な結果となっており、左折角が大きくなると速度が上昇し、交錯有の場合には速度が低下する傾向が読み取れる。特に、断面(d)、(e)と横断歩道に近づくとも 6-7km/h ほど速度低下することが読み取れる。交差点進入側に位置する断面(b)、隅角部前半の断面(c)においては横断歩道設置角の変数が負の係数、流入側セットバック長が正の係数で有意となっており、横断歩道設置角が鈍角になると速度が上昇しやすく、また、流入側セットバック長が長くなると速度が上昇しやすい結果が示された。

5. 自転車と右左折車の交錯危険性に関する分析

本研究では、実際の横断歩道利用状況から交錯が考えられる事象を抽出し、交錯パターンや交錯強度を踏まえて交錯の発生状況に応じたより詳細な分析を行うことで、危険性を評価する方法を採用するためPET指標⁹⁾を採用する。PET指標は交錯を起こす二者が交錯地点を通過する時間差として定義され、式(1)で定義される。

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

ここで、

t_1 : 交錯前者の交錯地点通過時刻

t_2 : 交錯後者の交錯地点通過時刻

本稿では、自転車が交錯エリアの通過の所要時間を計測し、作成した横断完了時間分布にもとづき、自転車利用者の半数が対象交差点の交錯エリアの通過に要する時間が 3.0s 以上であることを確認している。そのため PET 値が 3.0s 未満の場合は、自転車が交錯エリアを通過中に右左折車が交錯地点を通過する可能性があり、交錯の危険性があるものと想定される。よって、3.0s を危険交錯が発生する閾値として、3.0s 未満の PET 値を危険交錯と定義する。また、交錯エリアの区間は横断歩道長の半分程度であるから、ほとんどの自転車で横断歩道の通過に 6.0s 以上要すると考えられる。従って、PET 値が 6.0s 以内の場合は、自転車が横断歩道を通過中に右左折車が交錯地点を通過すると仮定し、PET 値が 6.0s 以内の場合を交錯対象として扱い、以降の分析に用いることとする。

図-3 に示すように交錯エリアを 11 分割し、各エリアにおいて発生する交錯事象の位置に着目した分析を行う。エリア別に集計した 1 時間あたりの観測数ならびに計測時間すべての交錯事象を対象として算出した平均 PET 値を、左折車、右折車別に整理した結果をそれぞれ表-8、表-9 に示す。

表-8 より、左折車との交錯については交錯エリアの中心であるエリア 5 で多く発生し、Ns と On では自転車横断帯上のエリアであるエリア 1, 2 でも多く発生している。これらは自転車横断帯の利用率が高い横断歩道である。また、On では平均 PET 値が 3.0s 未満であるエリアが 3 箇所観測された。左折角が鈍角であり、左折車が高い速度で交錯地点を通過できることが影響していると考えられる。

表-9 より、右折車との交錯については、全体的に観測数が少ないものの、エリア 2, 5, 6 で多く発生している。また平均 PET 値についてはエリア 3, 6 での平均 PET 値が小さいことも確認できる。右折車は対向左折車との交錯を避けて Farside 側の流出車線を選択することが影響していると考えられる。

また、左折車、右折車との交錯相手別に横断歩道、エ

表-8 各エリアにおける左折車との交錯特性

エリア	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
青色の網掛け: 最も多く観測されたエリア												
観測数 件 / 時	Hw	2.5	3.5	0.5	3	5.5	2	1	3	1	0.5	0
	Hs	4.5	0.5	0	3	7.5	2	1	1	0	0	0.5
	Ne	5.5	5	1.5	6	16	2	0	3.5	0	1.5	1.5
	Ns	21	7	2	4	8	0	0	1	0	1	0
	Nn	5.5	8.5	2.5	12	27	9	5.5	10	2.5	2	0.5
	On	1.5	14.5	3	1	10.5	1	0	2.5	0.5	3	5.5
	橙色の網掛け: 2件以上観測されたエリアのうち平均PET値が3.0s未満であったエリア											
平均 PET 値 (s)	Hw	4.03	3.65	5.64	3.70	3.15	4.05	2.70	3.64	3.42	4.32	—
	Hs	3.35	3.66	—	3.61	4.07	3.41	3.24	4.38	—	—	3.60
	Ne	3.52	3.20	3.90	3.15	3.30	3.54	—	3.39	—	3.02	2.96
	Ns	3.44	3.37	3.46	3.74	2.96	—	—	4.97	—	2.52	—
	Nn	3.61	3.31	3.16	3.36	3.28	3.42	3.94	3.10	3.89	2.96	2.11
	On	3.53	3.58	2.82	3.71	3.57	3.50	—	2.90	3.37	2.91	3.84

表-9 各エリアにおける右折車との交錯特性

エリア	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
青色の網掛け: 最も多く観測されたエリア												
観測数 件 / 時	Hw	0	4	1	0.5	9.5	3.5	0	2	0.5	3.5	0.5
	Hs	0	0	1	0.5	0.5	2	0	0	0	0.5	0
	Ne	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Ns	0	3	2	1	0	0	0	0	0	0	0
	Nn	0	0	1	0	0	2	0	0.5	0	0	0
	On	0	1.5	0.5	0	1.5	0	0	0	0	0.5	0.5
	橙色の網掛け: 2件以上観測されたエリアのうち平均PET値が3.0s未満であったエリア											
平均 PET 値 (s)	Hw	—	2.63	2.88	2.64	3.28	2.78	—	4.83	5.61	3.71	5.16
	Hs	—	—	2.40	5.64	1.80	2.91	—	—	—	2.28	—
	Ne	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Ns	—	3.25	3.05	2.30	—	—	—	—	—	—	—
	Nn	—	—	2.09	—	—	3.51	—	4.08	—	—	—
	On	—	4.09	2.53	—	3.98	—	—	—	—	1.46	2.34

リアによる観測数の差異について二元配置の分散分析を行ったところ、左折車との交錯については横断歩道、エリアによって統計的有意差が見られ (横断歩道: $F=3.57$, $p=0.01$, エリア: $F=5.47$, $p<0.01$) , 右折車との交錯については横断歩道による差異は見られるがエリアによる差異は見られなかった (横断歩道: $F=4.72$, $p<0.01$, エリア: $F=1.64$, $p=0.12$) .

6. 交錯危険性の発生要因と交錯危険性の低減方策に関する分析

(1) 危険交錯の影響要因分析

自転車と右左折車の交錯事象において、危険交錯に与える影響要因を明らかにするため、危険交錯事象の有無を目的変数とした判別分析を行う。前章での交錯特性を考慮して、自転車先行かつ左折車との交錯事象に着目した場合に着目して、表-10 に示す説明変数を用いることとした。その結果を表-11 に示す。

表-11 より、流出側セットバック長が長い場合、右左折車が連続して右左折を行っていた場合、断面(e)通過時

の速度が高い場合が危険交錯の影響要因となることがわかった。流出側セットバック長が長いことは交錯エリアへ進入する手前の走行空間が広いことであり、加速して断面(e)を通過することができ、高い速度で交錯エリアへ進入できることが影響していると考えられる。

(2) 感度分析を用いた交錯危険性の評価

構築した判別モデルを用いて、交差点構造の改良を想定した感度分析を行う。ここでは、交差点構造の変化による交錯危険性について、以下の危険交錯発生予測率を定義して評価する。

$$P(d)_i = \frac{N(d)_i}{N_i} \times 100 \quad (2)$$

ここで、

$P(d)_i$: 危険交錯発生予測率[%]

N_i : 標本数[件]

$N(d)_i$: 判別分析により危険交錯が発生すると判断された標本数[件]

i : 横断歩道 (1:Hw, 2:Hs, 3:Ne, 4:Ns, 5:Nn, 6:On)

本稿では、自転車横断帯を除去もしくは設置する交差点構造変更を想定し、流出側セットバック長を、それぞれ2.5mから2.5mの範囲で変化させる。セットバック長の変化量と危険交錯発生予測率との関係を図-7に示す。

図-7より、流出側セットバック長を変化させた場合、Ns, Nn, Onの3箇所の横断歩道では、-1.5mの範囲までに流出側セットバック長の縮小に伴い予測率の減少傾向が見られ、中でもNsでは3割程度減少している。また、Onでは現況での左折車の速度が高く、流出側セットバック長の縮小により、交錯エリア手前での走行空間が短くなり、左折車の速度抑制に繋がると考えられ、安全性の向上が見られる。

7. 結論

本研究では、大規模交差点を対象に外部観測を行い、自転車の横断実態を把握し、PET値を用いて自転車と右左折車の交錯危険性を分析し、危険事象に与える影響要因を明らかにした。また、構築した分析モデルより感度分析を行い、交差点構造の改良による安全性の評価を行った。本研究により得られた知見を以下に示す。

- 自転車の危険行為と交差点構造との相関分析より、セットバック長が長い場合に点滅以降に進入する自転車の割合が高くなる。また、左折角が大きく、横断歩道設置角が小さくにつれ、自転車は横断歩道外側の車道を走行する傾向にある。

表-10 使用する説明変数の一覧

説明変数	定義
流入側セットバック長[m]	流入側の横断歩道の端(交差点側)から流出側の第一車両通行帯左端までの距離
流出側セットバック長[m]	流入側の第一車両通行帯左端から横断歩道の端(交差点側)までの距離
左折角[°]	交差点を左折する際の交差点の交差角
横断歩道設置角-90°の絶対値[°]	横断歩道の交差点側の端と流出車線とのなす角から90°を引いた角度の絶対値
90°-横断歩道設置角[°]	90°から横断歩道の交差点側の端と流出車線とのなす角を引いた角度
自転車先行ダミー	自転車が左折車より先に交差点地点を通過した場合1、そうでなければ0
流入方向Nearダミー	自転車がNearside流入であれば1、そうでなければ0
交錯地点xダミー(x=1,2,...11)	交錯地点がxであれば1、そうでなければ0
信号表示ダミー(青前, 青[序盤], 青[中盤], 青[終盤], 点滅, 赤)	自転車が横断歩道(車道)へ進入した際の歩行者用信号表示
歩行者ダミー	両者が交錯地点を通過する間に交錯エリア内に歩行者が存在していれば1、そうでなければ0
他自転車ダミー	両者が交錯地点を通過する間に交錯エリア内に他の自転車が存在していれば1、そうでなければ0
大型車ダミー	交錯事象の左折車が大型車であれば1、そうでなければ0
先行車ダミー	交錯を起こす左折車が断面(b)通過時に先行者が存在し、かつ後尾が断面(e)を通過していれば0、そうでなければ1
自転車の交錯エリア進入時の青経過時間[s]	自転車の交錯エリア進入時の歩行者用信号青点開始からの経過時間
左折車自由走行ダミー	左折車が自由走行状態であった場合1、そうでなければ0
交錯エリア前一時停止ダミー	左折車が交錯エリアの手前(断面(e))で一時停止をした場合1、そうでなければ0
断面(b)速度[km/h]	左折車の断面(b)通過時の速度(隅角部進入時)
断面(d)速度[km/h]	左折車の断面(d)通過時の速度(交錯エリア手前での速度)
断面(e)速度[km/h]	左折車の断面(e)通過時の速度(交錯エリア進入時)
断面(f)速度[km/h]	左折車の断面(f)通過時の速度(交錯エリア流出時)

表-11 自転車先行、左折車との交錯の判別分析結果

説明変数	標準化係数	非標準化係数			
流出側セットバック長[m]	0.31*	0.20			
歩行者ダミー	-0.69***	-1.55			
先行車ダミー	0.64***	1.37			
断面(e)速度[km/h]	0.38**	0.05			
定額項	—	-3.10			
重心	危険交錯 +	非危険交錯 -			
的中率	65.0%	標本数	337	有意確率	0.00

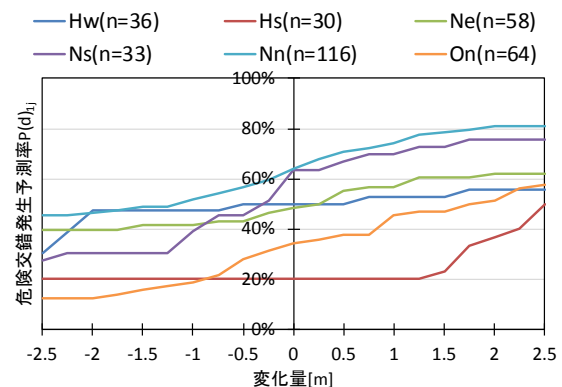


図-7 流出側セットバック長と危険交錯発生予測率推移

- 観測された交錯発生地点に着目すると、右左折車別で交錯が多く発生する場所や平均PET値が低い場所が異なる。
- 交差点内の自由走行状態の左折車の速度変化に関する分析より、左折角が大きい場合に、交錯の有無にかかわらず高い速度で交差点内を走行すること、流入側セットバック長が大きいと交差点内前半での速度が高く

なること、また、交錯が観測された場合は隅角部後半での速度が低下することがわかった。

・判別分析の結果、セットバック長が長いことは危険交錯発生要因であることがわかった。また、構築したモデルを用いた感度分析より、自転車横断帯の撤去に相当するセットバック長の縮小により安全性の向上が見込める横断歩道が存在することを確認した。

今後は、調査箇所を増やし、分析結果の精度を高めること、特に、青丸中の右折車通行が多い交差点でのデータを取得し、右折車と自転車との交錯危険性に関する詳細な分析を行う予定である。

謝辞

本研究は、科研費（基盤研究（C）16K06536）の助成を受けたものである。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- 1) 山中英生, 竹平誠治, 道工敏央, 池田典弘: 自転車レーンにおける逆走警告装置の効果分析, 土木学会論文集 D3, Vol.73, No.5, I_711-I_715, 2017.
- 2) 矢澤拓也, 金利昭: 自転車レーンの昼夜間における利用実態—国道 463 号「埼大通り」をケーススタディとして, 土木学会論文集 D3, Vol.71, No.5, I_755-I_764, 2015.
- 3) 一般社団法人交通工学研究会: 平面交差の計画と設計 自転車通行を考慮した交差点設計の手引き, 2015.
- 4) 木村泰, 小林寛, 鬼塚大輔, 今田勝昭, 上野朋弥, 高宮進: 走行実験を通じた矢羽根型路面表示の寸法・設置間隔に関する一考察, 第 51 回土木計画学研究発表会・講演集, 2015.
- 5) 山中英生, 溝口諒, 永松啓伍: ドライブシミュレータを用いた信号交差点左折時の自転車安全対策の評価実験, 土木学会論文集 D3, Vol.73, No.5, I_717-I_722, 2017.
- 6) 萩田賢司, 森健二, 横関俊也, 矢野伸裕: 自転車の進行方向に着目した交差点自転車事故の分析, 土木学会論文集 D3, Vol.70, No.5, I_1023-I_1030, 2014.
- 7) 坪井慶英, 嶋田喜昭, 舟渡悦夫: 信号交差点部における歩行者の影響を考慮した自転車滞留特性の分析, 第 45 回土木計画学研究発表会・講演集, 2012.
- 8) 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 D3, Vol.62, No.3, pp.276-287, 2006.
- 9) Allen, B.L., Shin, B.T. and Cooper, D.J.: Analysis of traffic conflicts and collision, Transportation Research Record, No.677, pp.67-74, 1978.

(2018.4.27 受付)

ANALYSIS OF USER BEHAVIORS AND TRAFFIC CONFLICTS AT MULTI-LANE INTERSECTIONS

Koji SUZUKI, Ren SHIMURA and Hiroki ITO