

市街地無信号交差点における車両挙動と交通事故件数の実態分析*

Analyses on Vehicular Behavior and Traffic Accidents at Unsignalized Intersections in Urban Areas

廣島康裕**, 二村和彦***

Yasuhiro HIROBATA and Kazuhiko NIMURA

1. はじめに

近年、市街地内の細街路等の無信号交差点において交通事故が増加傾向にあり、新たな交通安全対策が求められている。その対策の1つとして、「交差車両接近表示装置」(交差点への車両の接近を車両感知器で感知し、その情報を表示板により交差方向進入車両に与える装置)の設置も進みつつある。しかしながら、このような新規対策も含めて、今後、無信号交差点において効果的な交通安全対策を効率的に実施していくためには、交差点での車両挙動や交通事故発生に関する基礎的研究が不可欠である。

そこで本研究は、複数の無信号交差点での観測調査に基づき車両挙動の実態を定量的に把握するとともに、統計的分析を通じて車両挙動と道路・交通特性との関係、および車両挙動と交通事故発生件数との関係を明らかにすることを目的とする。

2. 観測調査の概要

本研究では、対象交差点として豊橋市内の27地点と静岡県内の9地点の無信号交差点をとりあげ、車両挙動の観測および道路・交通特性等の調査を実施した(豊橋:平成6年実施;静岡:平成7年実施)。なお、静岡県内の場合は「交差車両接近表示装置」の試験設置の約1ヶ月後に事後観測を行っている。

観測調査は各交差点の優先側道路と一時停止側道路のそれぞれについて一定時間ビデオカメラで撮影しておき、後にモニター上で各通行車両の挙動と交通状況特性を計測する方法をとった。なお、車両挙動の計測対象は先頭車のみとした。

本研究では、分析対象とする車両挙動として、無信号交差点における交通事故発生に関係すると考えられる停止の有無、安全確認時間、進入速度の3つを取りあげた。それらの定義は以下の通りである。

①停止の有無:車両が交差点に進入する際に安全

確認のために停止するか否か

②安全確認時間:車両が停止線付近で停止するか減速し安全確認してから再加速するまでの時間

③進入速度:(静岡:停止線の手前15m区間の速度、豊橋:停止線の手前30m区間の速度)

一方、これらの車両挙動および交差点の事故発生に影響を与えると考えられる以下のような項目を計測・調査した。

①対象車両の進行方向:右左折直進

②交差点進入時の交通状況:対向車の有無、交差側からの進入車両の有無、歩行者等の有無

③観測時間帯における各種交通量:対象車両の進行側、対向側、交差側それぞれの自動車交通量、歩行者(自転車を含む)交通量

④道路特性:道路幅員、角地建物の有無(建物位置が左右かで区別)、ミラーの有無(見える方向が左右かで区別)

⑤交通規制状況:一時停止規制や一方通行規制の状況

3. 車両挙動の実態

各車両挙動特性値の地域・時点・道路タイプ別の平均値および標準偏差を図1~図3に示す。これらの図より、いずれの車両挙動も地域・時点・道路タイプによって異なった値を示しており、当然のことながら、優先側道路と一時停止側道路との間で大きな差があることが分かる。すなわち、一時停止側道路の停止率と安全確認時間の平均値は優先側道路のそれらよりも大きく、逆に進入速度の平均値は小さくなっている。また、同じ一時停止側道路であっても豊橋と静岡とは差があり、豊橋・一時停止側道路の停止率と進入速度は静岡に比べてかなり小さくなっている。なお、豊橋・一時停止側道路の停止率が平均で40%強でしかないことは注目に値する。

次に、標準偏差に関しては、停止率と安全確認時間は全体的に優先側道路の方が小さく、進入速度についてはその逆となっている。また、豊橋・一時停止側道路の標準偏差はすべての車両挙動において他のケースと異なっており、特に停止率のそれは突出

*キーワード:交通安全, 無信号交差点, 車両挙動
** 正会員 工博 豊橋技術科学大学建設工学科
*** 学生会員 豊橋技術科学大学建設工学科
〒441-8580 豊橋市天伯町雲雀ヶ丘1-1
TEL (0532) 44-6833 FAX (0532) 44-6831

して大きいことが分かる。

なお、静岡の事前と事後（交差車両接近表示装置の試験設置前後）を比較すると、特に優先道路側（接近表示を受ける側）の停止率と進入速度の平均値において効果が現れていることが読みとれる。

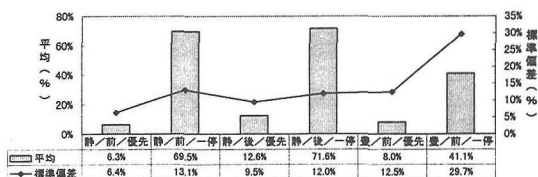


図1. 地域・時点・一停規制有無別の停止率の平均と標準偏差

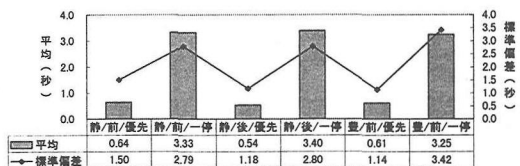


図2. 地域・時点・一停規制有無別の安全確認時間の平均と標準偏差

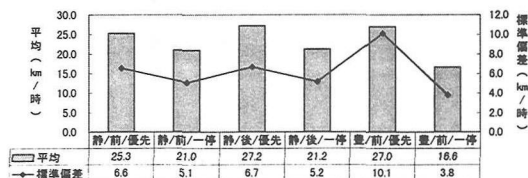


図3. 地域・時点・一停規制有無別の進入速度の平均と標準偏差

4. 車両挙動の要因分析

(1) 分析方法

本研究では車両挙動に対する各種要因の影響度を把握するために、個々の車両を分析単位とする要因分析を行った。このとき、目的変数が連続型変数である安全確認時間と進入速度については重回帰分析を用いた。ただし、重回帰分析においては、線形関数のみでなく、非線形重回帰をも適用した。具体的には、安全確認時間に関しては、その推計値が0以下の値をとりえないことから式(1)の指数関数の関係、また進入速度に関しては上限値が存在すると考えられることから式(2)の対数関数の関係を仮定した重回帰分析をも行うものとした。一方、離散変数である停止の有無については、式(3)の2項ロジットモデルを適用した。

$$y_i = \exp(\sum \beta_k x_{ki}) \quad (1)$$

$$y_i = \ln(\sum \beta_k x_{ki}) \quad (2)$$

$$P_i = 1 / \{1 + \exp(\sum \beta_k x_{ki})\} \quad (3)$$

y_i : 車両 i の安全確認時間または進入速度

P_i : 車両 i の停止確率

β_k : 偏回帰係数 (パラメータ)

x_{ki} : 説明変数値

(2) 分析結果

ケース別分析結果の適合度を表1に示す。これより、重回帰分析における関数型の間で適合度を比較をすると、全体的に安全確認時間の重相関係数は指数型の方が線形型よりも高いが、進入速度のそれは線形型の方が高いことが分かる。また、進入速度の重相関係数は安全確認時間と比べてすべてのケースで低くなっていることから、進入速度は安全確認時間に比べると、ここで取り上げた要因による説明力は小さいと言える。一方、停止の有無に関しては、全体的に ρ^2 値や的中率は高く適合度は良好であると言えるが、ケース間で比較すると地域別では静岡が、道路タイプ別では優先道路側が適合度はやや良いようである。

表1 ケース別分析結果の適合度

ケース	サンプル数	安全確認時間		進入速度		停止の有無	
		線形型	指数型	線形型	対数型	ρ^2 値	的中率
全ケース	3947	0.66	0.68	0.60	0.43	0.39	81%
地域別							
豊橋	718	0.72	0.73	0.76	0.53	0.36	85%
静岡	3229	0.66	0.68	0.55	0.50	0.40	81%
道路タイプ							
優先側	1487	0.43	0.41	0.60	0.42	0.19	93%
一停側	2460	0.56	0.58	0.50	0.47	0.15	73%

表2 全ケースの場合におけるパラメータ推定結果

説明変数	安全確認時間		進入速度		停止の有無	
	β	t 値	β	t 値	β	t 値
定数項	-2.06		20.43		4.64	11.06
地域ダミー (静岡=1, 豊橋=0)	0.23	4.55	-0.18	-0.56	-0.51	-3.00
対象車種 (乗用車=1, トラック=0)	-0.02	-0.53	0.72	3.41	0.11	1.17
両の交差点 (右折=1, 左折=0)	0.40	9.51	-2.00	-7.59	0.42	3.50
通特性 (左折=1, 右折=0)	0.21	4.75	-2.48	-8.90	0.98	7.47
進入時 (対向車=1, 同方向=0)	0.27	6.22	-1.40	-5.11	-0.77	-5.48
の交通 (交差車両=1, 歩行者=0)	0.63	19.20	-1.22	-5.91	-1.30	-12.88
状況 (歩行者=1, 車両=0)	0.31	8.09	-1.74	-7.11	-0.50	-4.08
平均時交通特性						
進行方向交通量 (台/分)	-0.07	-4.80	1.50	16.75	-0.01	-0.01
対向方向交通量 (台/分)	0.01	1.03	0.04	1.27	0.07	1.07
交差方向交通量 (台/分)	0.05	5.40	0.15	2.79	-0.05	-2.17
歩行者等交通量 (台/分)	-0.01	-1.73	-0.26	-5.56	0.00	0.09
道路規制状況						
道路幅員 (m)	-0.03	-1.18	0.84	6.29	0.15	2.62
一方通行ダミー (一方通行=1, 二方通行=0)	0.33	6.24	-0.73	-2.18	0.07	0.38
一時停止ダミー (一時停止=1, 一時停止=0)	1.80	38.99	-6.31	-21.59	-2.60	-17.23
接近表示ダミー (有=1, 無=0)	0.02	0.52	-0.50	-2.05	0.00	0.01
接近感知ダミー (有=1, 無=0)	-0.11	-2.47	1.43	4.86	0.13	1.02
左側ミラー有無ダミー (有=1, 無=0)	-0.13	-3.63	0.66	2.89	0.40	3.35
右側ミラー有無ダミー (有=1, 無=0)	0.11	3.02	-0.12	-0.50	-0.26	-2.24
左側建物有無ダミー (有=1, 無=0)	0.05	1.60	-0.19	-0.98	-0.27	-2.51
右側建物有無ダミー (有=1, 無=0)	-0.10	-2.55	-0.49	-2.02	0.31	2.69
左側交通流有無ダミー (有=1, 無=0)	0.27	4.23	1.03	2.54	-1.39	-5.42
右側交通流有無ダミー (有=1, 無=0)	0.42	7.12	-0.69	-1.61	-1.15	-6.26
適合度	R=0.82		R=0.60		$\rho^2=0.39$	

次に、全ケースについてのパラメータ推定結果を表2に示す。ここでは安全確認時間と進入速度については重相関係数の高かった関数型の場合の推定結果のみを示している。この表の各変数の t 値や偏回帰係数の符号より、以下に述べるように各車両挙動に対する平均的な影響度の大きさと影響の仕方を知

ることができる。

まず、地域ダミーは安全確認時間と停止の有無において有意であり、静岡の場合は安全確認時間が長く、停止確率が高くなる（停止の有無における係数のマイナス符号は停止確率が高くなることを意味する）傾向となっている。

次に、対象車両の交通特性に関しては、時間帯ダミーが進入速度において有意であり、午前中には速度が大きくなる傾向となっている。これは午前中は他の時間帯に比べて通勤通学などの時間的制約の強い交通目的での通行車両の割合が大きいためと考えられる。右折ダミーと左折ダミーはすべての車両挙動において有意であり、直進の場合に比べて右左折の場合にはより安全側（安全確認時間が長く、速度が遅く、停止確率が高い）の傾向を示している。

交差点進入時の交通状況に関しては、いずれの要因ともすべての車両挙動において有意であり、進入時に対向車両、交差車両、歩行者が存在する場合には、より安全側の傾向を示している。平均時の交通特性に関しては、交差方向交通量のみがすべての車両挙動において有意であり、その交通量が多いほど安全側の傾向を示している。進行方向交通量は安全確認時間と進入速度において有意であり、その交通量が多いほど非安全側の傾向を示している。歩行者交通量は進入速度においてのみ有意であり、その交通量が多いほど安全側の傾向を示している。なお、対向方向交通量はどの車両挙動においても有意となっていない。

道路特性・交通規制状況に関しては、一時停止規制の有無、左側ミラーの有無、右側建物の有無、左側交通流の有無がすべての車両挙動において有意であり、その他の変数はいずれか挙動において有意とはなっていない。各変数の影響の仕方を見ると、一時停止規制がある場合、右側ミラーがある場合、左側建物がある場合にはすべての車両挙動において安全側の傾向を示しており、逆に、左側ミラーがある場合、道路幅員が広い場合にはすべての車両挙動において非安全側の傾向を示しているが、その他の変数に関しては車両挙動によって異なった影響の仕方を示している。

なお、装置の設置効果をみると接近表示側では進入速度が小さくなり、接近感知側では安全確認時間が小さく進入速度が大きくなる傾向となっているが、

停止確率に対しては効果は有意でない。ここで、一時停止側であっても装置設置効果が現れるのは、優先道路側の車両挙動の変化を通じて間接的にその車両挙動も変化することによるものと考えられる。

(3)道路タイプ間での影響要因の比較

各車両挙動に対する各影響要因の道路タイプ別の係数推定値のt値と道路タイプ間での係数推定値の差に関するt値を表3に示す。各変数のt値のパターンは、①タイプ間での差が有意でタイプ間で符号が異なる、②一方のタイプのみで有意、③差が有意で符号は同じ（個別のt値も有意）、④差は有意でなく符号は同じ（個別のt値は有意）、⑤差は有意でなく個別のt値も有意でない、の5つに分類することができるが、各車両挙動に対する各影響要因がどのパターンであるかによって道路タイプ間での影響度および影響の仕方の違いを知ることができる。

各変数のt値のパターンは表3に示す通りであり、優先道路と一時停止道路とは各車両挙動に対する各影響要因の影響度および影響の仕方にはかなりの差があることが分かる。

表3 挙動特性別道路タイプ間の比較

	安全確認時間					進入速度					停止の有無				
	優先		一時		PAT	優先		一時		PAT	優先		一時		PAT
	t 値	t 値	t 値	t 値	t 値	t 値	t 値	t 値	t 値	t 値	t 値	t 値	t 値	t 値	t 値
説明変数															
地域ダミー（静岡県=1、豊橋=0）	-2.50	6.62	-4.64	1	-3.08	7.88	-6.30	1	-0.08	-3.09	0.97	2			
対象車両															
時間帯ダミー（午前中=1）	-1.15	-0.27	-1.00	5	3.69	0.99	2.93	2	1.87	-3.09	1.55	2			
対向の交通特性															
右折ダミー	11.49	2.35	10.17	1	-10.14	-1.11	-8.77	2	-2.58	4.37	-1.14	1			
左折ダミー	7.71	-1.01	7.59	2	-11.87	-2.92	-3.58	3	-3.30	0.18	-5.65	1			
進入時の交通特性															
対向車ダミー	2.44	8.46	-0.66	4	-5.54	-3.00	-3.57	3	-1.72	-5.24	0.67	2			
交差車両ダミー	8.65	22.51	1.14	3	-3.62	-5.32	-1.09	3	-6.13	-11.47	-0.82	3			
歩行者ダミー	5.87	6.10	2.93	3	-5.27	-4.45	-2.21	3	-2.41	-3.62	-0.46	4			
平均時交通特性															
進行方向交通量（台/分）	0.73	-2.19	1.10	2	-0.62	10.98	-3.13	2	1.12	-0.26	1.15	5			
対向方向交通量（台/分）	-4.05	3.94	-4.25	1	7.05	0.59	6.99	2	0.92	0.94	0.72	5			
交差方向交通量（台/分）	1.21	7.15	0.47	2	0.31	5.28	-0.43	2	1.87	-2.33	2.10	2			
歩行者交通量（台/分）	-0.42	-2.78	0.62	2	-0.11	-6.58	3.08	2	-1.72	-0.05	-1.60	5			
道路特性・交通規制状況															
接近表示側（有=1）	1.28	-3.32	1.87	2	1.96	5.37	0.74	2	1.01	-3.09	0.61	2			
一時停止側（有=1）	-0.69	7.09	-2.40	2	0.46	-0.68	0.66	5	1.63	0.27	1.48	5			
接近感知側（有=1）	-0.20	0.70	-0.49	5	1.88	-2.15	2.76	2	-0.75	0.15	-0.75	5			
左側ミラー有無ダミー（有=1）	-2.32			2		1.84		5		1.11		5			
右側建物有無ダミー（有=1）	1.92	0.36	1.64	5	-3.51	3.33	-4.69	1	-1.30	2.42	-2.00	2			
左側建物有無ダミー（有=1）	3.22	3.97	1.97	3	-2.81	0.57	-2.82	2	-1.86	-2.45	-0.93	2			
左側交通流有無ダミー（有=1）	-0.43	-0.91	-0.10	5	0.67	0.75	0.28	5	0.38	-2.07	1.08	2			
左側道路幅員有無ダミー（有=1）	0.72	-5.41	1.95	2	4.03	-5.02	5.40	1	0.72	2.92	-1.34	2			
左側交通量有無ダミー（有=1）	1.66	3.61	-1.45	2	0.90	-3.92	3.72	2	-3.55	-2.45	-0.87	4			
右側交通量有無ダミー（有=1）	0.86	-1.93	1.53	5	1.33	-2.04	2.42	2	-0.98	-3.74	1.64	2			

※PAT：1：差が有意で符号が異なる 2：一方のみで有意 3：差が有意で符号は同じ（個別は有意）
4：差は有意でなく符号は同じ（個別は有意） 5：差は有意でなく個別も有意でない

5. 車両挙動特性と交通事故件数の関係の分析

ここでは、過去6年間の人身事故件数データを用いて各交差点の車両挙動特性と交通事故件数との関係を分析する。事故件数別の地点数分布は図4に示すように、交差点間で事故件数に大きな差がある。

まず、交差点別の交通事故発生件数とその主道路・従道路別の車両挙動特性および道路・交通状況に係わる各変数との単相関係数を表4に示す。ここで、優先道路側が主道路に、一時停止側道路が従道路に

対応するが、四面一時停止規制のある交差点（静岡の4地点）の場合は交通量の多い方の道路を主道路としている。この表4より、いずれの変数とも単独では事故発生件数に対する説明力はそれほど高くないが、道路・交通状況特性に比べると車両挙動特性の方が全体的に相関が高いことが分かる。

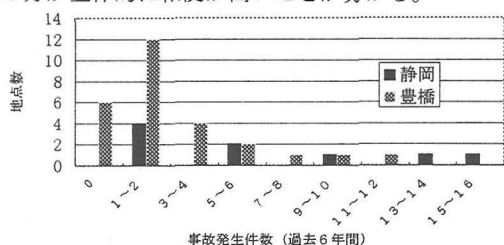


図4 静岡・豊橋の事故発生件数別の地点数

表4 事故発生件数と各種要因との単相関係数

地域ダミー	主	停止率	0.40
	道	平均安全確認時間	0.12
	路	確認時間・標準偏差	0.31
	側	平均進入速度	0.47
		進入速度・標準偏差	-0.22
	従	停止率	-0.18
	道	平均安全確認時間	0.33
	路	確認時間・標準偏差	0.21
	側	平均進入速度	0.24
		進入速度・標準偏差	0.43
道路特性・交通規制状況	主	道路幅員	0.37
	道	一方通行ダミー	-0.01
	路	一時停止ダミー	-0.25
	側	交通量	0.16
		左方向ミラー有ダミー	0.18
		右方向ミラー有ダミー	0.35
		左方向建物有ダミー	0.02
		右方向建物有ダミー	0.14
	従	道路幅員	0.05
	道	一方通行ダミー	0.16
車両挙動特性	道	交通量	0.23
	路	左方向ミラー有ダミー	0.31
	側	右方向ミラー有ダミー	0.02
		左方向建物有ダミー	0.44
		右方向建物有ダミー	0.02
		歩行者等交通量	0.42
		四面一時停止ダミー	-0.10
		歩行者等交通量	0.14
		四面一時停止ダミー	0.09
		歩行者等交通量	0.16

サンプル数: 36

次に、主道路・従道路側の車両挙動特性値を説明変数とする重回帰分析の結果を表5に示す。t値の低いものも含まれているが、重相関係数は0.72であり、説明力は比較的良好であると言える。各説明変数の係数の符号より挙動と事故件数との関係を見ると、主道路側については停止率が高い（挙動が安全側である）ほど事故件数は少なくなるが、平均安全確認時間が大きく平均進入速度が小さい（挙動が安全側である）ほど事故件数は多くなるという結果となっている。一方、従道路側については平均進入速度が小さいほど事故件数は少なくなるが、停止率が高く平均安全確認時間が大きいほど事故件数は多くなるという結果となっている。このように、停止率と平均進入速度に関しては主道路側と従道路側とで事故件数との関係が異なること、また挙動と事故件数との関係は挙動が安全側である地点ほど事故件

数は少ないというような単純なものでは必ずしもないことが分かる。

なお、以上のような一見すると常識に反すると思われる結果が得られた原因の1つとして、挙動挙動には運転者の危険度意識が反映されていることが考えられる。すなわち、事故件数の多い危険な地点ではそうでない地点に比べて運転者はより慎重な行動をとるため結果的に車両挙動の値がより安全側になっていることが考えられる。また、交差道路間での車両挙動の相互関係も影響していると考えられる。

表5 重回帰分析結果

説明変数	β	t値
定数項	0.49	
主		
道	停止率(%)	-0.11
路	平均安全確認時間(秒)	-2.86
側	平均進入速度(km/h)	1.84
	平均進入速度(km/h)	-2.62
従	停止率(%)	0.07
道	平均安全確認時間(秒)	2.71
路	平均進入速度(km/h)	0.69
	平均進入速度(km/h)	1.44
	重相関係数	0.40
		1.83

6. まとめ

本研究は市街地内の無信号交差点における交通安全対策のための基礎的研究として、複数の交差点での観測調査に基づき統計的アプローチにより車両挙動に関する実態分析を行ったものである。

本研究の結果、無信号交差点における車両挙動の実態とその影響要因の影響度を定量的に把握するとともに、車両挙動特性と交通事故件数との関係をある程度明らかにすることができたと考える。

今後の課題として以下の事項が挙げられる。

1) 車両挙動の要因分析においては、3つの車両挙動を独立に取り扱ったが、それらは相互独立ではないので、その点を適切に考慮できるモデルを用いた分析を行う必要がある。

2) 車両挙動と事故発生件数の対応関係の分析に関しては、各挙動特性値と事故発生件数との間に必ずしも単調な関係が存在しない可能性があること、また交差道路間で何らかの相互作用が存在すること等も考えられることから、それらを考慮したさらなる分析が必要である。

参考文献:

- (1) 堅田高生・廣島康裕：細街路交差点における車両挙動に関する研究，土木学会中部支部研究発表会概要集，pp.521-522，1995。
- (2) 廣島康裕：無信号交差点における車両挙動の実態と交差車両接近表示装置の効果，第16回交通工学研究発表会論文集，pp.73-76，1996。
- (3) 上田 賢・廣島康裕：無信号交差点における安全対策評価のための車両挙動の分析，土木学会中部支部研究発表会概要集，pp.529-530，1997。