

小交差点における停止不能車両の路上からの判別を目的とした車両進入挙動分析 *

An Analysis of vehicles' behavior in approaching to small intersections
aiming at distinction of stop failure vehicle from road side *

須藤晃成 ** ・ 秀浦 光 *** ・ 鈴江宗大 *** ・ 三谷哲雄 **** ・ 山中英生 *****

Terumasa SUDOU ** ・ Akira HIDEURA *** ・ Soudai SUZUE *** ・ Tetsuo MITANI **** ・ Hideo YAMANAKA *****

1. はじめに

小交差点の人身事故の60%は出会い頭事故といわれ、その多くは一時停止不履行が原因といわれている。著者らは小交差点で一時停止を怠る危険車両に対して警告を生成する車載型システムの開発を進めてきた^{1)2)ほか}。車載型では装置普及に伴って事故削減効果が現れるため、事故多発地点に対しては事故抑制効果が早急に現れる路上設置型施策の実施を進めることも重要といえる。路上型の場合、警告を無視する習慣性が生じないような注意喚起が重要であり、交差車両や進入挙動のセンシングにより挙動を判定し、危険車両にのみ警告するなどの工夫が必要と考えられる。本研究では無信号小規模一時停止交差点で路上から挙動をセンシングすることで危険車両を判定する方法の開発を目的として、実際の車両進入挙動の特性を分析した。

2. 分析に用いたデータ

本研究では、公道走行時の運転挙動調査¹⁾²⁾で作成したデータベースを用いた。このデータベースは、20歳代から70歳までの30名の男女被験者が、兵庫県加古川市内の細街路や幹線道路を含む総延長24.2kmの走行ルートを走行した際の挙動情報を記録したものである。走行ルートには形状、事故発生状況の異なる交差点が含まれており、無信号一時停止交差点に非優先から進入する場合(42箇所)と、優先側から進入する場合(10箇所)の挙動データを分析に用いた。

所)の挙動データを分析に用いた。

挙動データのうち、車両位置は車両窓から側方を撮影したビデオを用いて、交差点通過時刻を同定し、これから走行距離によって逆算した位置を用いた。また、走行速度は車軸の回転による車速パルスから取得したものである。交差点の進入側道路の幅員(自幅員と呼ぶ)、交差道路幅員(交差幅員と呼ぶ)、発見位置²⁾(交差車両が発見できる位置で、交差点のすみ切りや道路幅員に基づき算定)、手前交差点からの距離(アプローチ長と呼ぶ)などの交差点特性について、住宅地図の図上および現地での計測により取得した。

3. 無信号一時停止交差点における車両進入挙動分析

(1) 停止挙動特性

まず、一時停止交差点の非優先側進入時の停止挙動の実態を捉えるため、非優先のみの進入挙動データベースを用いて挙動特性を分析した。進入交差点特性の違いによる影響をみるため、自幅員、交差道路幅員、発見距離(交差点端から発見位置までの距離、Stmgと表記)、アプローチ長に着目して挙動特性を比較する。

1) 速度変化特性

図-1に交差点からの距離ごとの通過速度の累加頻度曲線を示す。なお、交差点から車両までの距離(X位置と表記)と発見位置から車両までの距離(発見座標と表記)の2つの位置を用いている。

各地点における90%タイル値に着目すると、交差点から5m地点で時速21km、25m地点で時速34kmの速度の挙動が全体の90%を占めているとわかる。発見座標では、同じ地点で時速23km~36kmとなり、X位置に比べ発見距離分だけ交差点から遠い位置のため若干高い速度になっている。発見位置突入時の速度は、90%タイル値で時速20kmであった。

表-1は交差点特性ごとにX値地点別の90%タイル値を整理したものである。表中の最大値、最小差は交差点特性値別の値の最小、最大値を、80%レンジとは90%タイル値と10%タイル値との差を示している。

* キーワーズ：小交差点，出会い頭事故，一時停止警告，路上設置型，ITS

** 正員 工修 積水樹脂株式会社

(〒520-2596 滋賀県蒲生郡竜王町鏡731-1 T:0748-58-3070 F:0748-58-3092 sudout@sekisuijushi.co.jp)

*** 学生員 徳島大学大学院

**** 正員 博(工) 流通科学大学情報学部

(〒651-2188 神戸市西区学園西町3-1 T:078-796-4401 F:078-794-3054 Tetsuo_Mitani@red.umds.ac.jp)

***** 正員 工博 徳島大学大学院

(〒770-8506 徳島市南常三島町2-1 T:088-656-7350 F:088-656-7579 yamanaka@ce.tokushima-u.ac.jp)

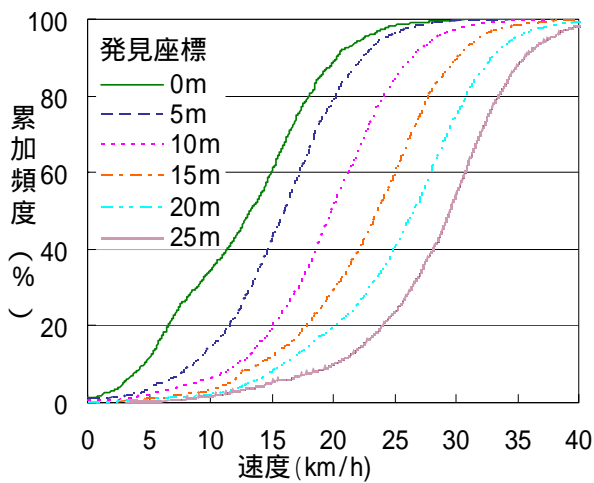
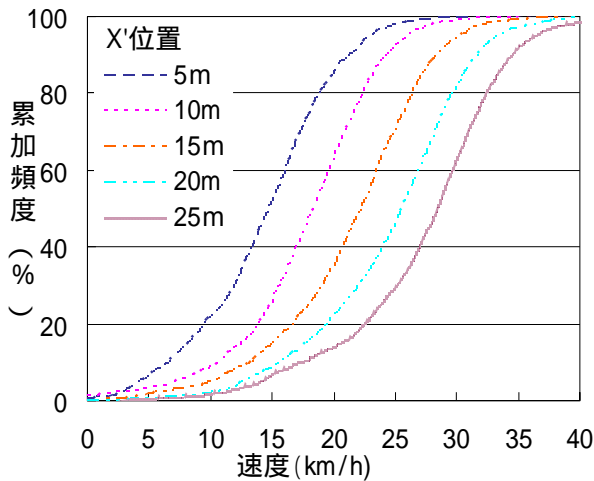


図 - 1 交差点への距離別速度累加分布 (X'位置および発見座標別)

自幅員の影響について、交差点に近い地点では幅員による差はほとんど見られないが、15m 地点以降では幅

員が広がるほど増加し、その増加量は交差点から離れるほど大きくなっている(時速 2.1km から 6.2km)。速度の分散は、地点に関わらず自幅員が広いほど大きくなる傾向がある。

逆に、交差幅員の影響については、90%マイル速度では幅員の違いによる差はほとんど見られず、速度の分散も交差幅員の違いによる差は見られない。

発見距離の影響については、90%マイル速度値の発見距離の違いによっては自幅員ほどの差は見られないものの、どの地点でも発見距離が長いほどおおよそ速度が高くなっている。しかし、速度の分散は、発見距離の違いによる差は見られない。

アプローチ長については、90%マイル速度値では、アプローチ長が長いほど速度が高くなる傾向がある。交差点に近い地点では速度の分散と、アプローチ長との関係は見られないが、遠い地点ではアプローチ長が長いほど速度の分散が小さくなる傾向にあり、一定の速度域に分布しやすいことがわかる。

以上の分析の結果、交差点進入挙動の速度変化特性に関して以下の点が明らかとなった。

交差点進入時の速度は、交差点から 25m 付近で時速 35km 程度、5m 付近で時速 20km 程度、平均減速加速度で 0.15G 程度となる。また発見位置突入時は、時速 20km 程度である。

同じ地点では自幅員が大きいほど速度分布幅は広がる。交差点から 15m 以下の地点では自幅員の違いによる速度の差はほとんど見られない。

交差点までの位置に関係なく、発見距離が大きいほど速度は高くなる傾向にある。

交差点まで位置に関係なく、アプローチ長が長いほど速度は高くなる傾向にある。

表 - 1 交差点特性地点別%マイル値 (X'位置)

X'位置	交差点特性			%マイル値 (km/h)			交差点特性			%マイル値 (km/h)		
	自幅員(m)	90%	80%レンジ	交差幅員(m)	90%	80%レンジ	発見距離(m)	90%	80%レンジ	アプローチ長(m)	90%	80%レンジ
5m	0~4[n=84]	20.5	11.3	0~4[n=142]	20.5	13.0	0~5[n=437]	20.5	11.3	0~40[n=415]	20.0	14.3
	4~6[n=69]	20.0	12.9	4~6[n=317]	21.7	14.3	5~10[n=1405]	21.4	15.9	40~60[n=1003]	22.3	15.5
	6~8[n=567]	21.2	14.7	6~8[n=623]	21.1	14.3	10~15[n=365]	21.5	13.2	60~[n=903]	21.1	14.8
	8~[n=1601]	21.5	15.2	8~[n=1239]	21.6	16.1	15~[n=114]	22.6	14.4	-	-	-
	最大最小差	1.6	3.9	最大最小差	1.2	3.1	最大最小差	2.1	4.6	最大最小差	2.4	1.2
10m	0~4[n=80]	23.2	8.3	0~4[n=141]	24.5	13.7	0~5[n=407]	24.0	10.0	0~40[n=395]	24.7	13.4
	4~6[n=60]	23.6	12.4	4~6[n=285]	24.3	12.6	5~10[n=1294]	23.8	13.2	40~60[n=973]	24.5	15.2
	6~8[n=568]	23.8	13.8	6~8[n=557]	23.8	12.7	10~15[n=313]	25.9	13.7	60~[n=882]	24.7	13.4
	8~[n=1542]	24.6	24.6	8~[n=1267]	24.5	14.8	15~[n=236]	24.7	23.9	-	-	-
	最大最小差	1.3	16.3	最大最小差	0.7	2.2	最大最小差	2.1	13.9	最大最小差	0.2	1.8
15m	0~4[n=59]	26.7	8.6	0~4[n=112]	28.8	19.0	0~5[n=360]	28.0	10.1	0~40[n=383]	28.8	16.7
	4~6[n=66]	27.5	14.5	4~6[n=273]	28.2	13.2	5~10[n=1292]	27.5	13.8	40~60[n=990]	28.9	17.1
	6~8[n=566]	28.2	14.9	6~8[n=527]	27.5	11.0	10~15[n=273]	30.4	16.1	60~[n=909]	28.9	14.1
	8~[n=1591]	28.8	28.8	8~[n=1370]	28.9	16.8	15~[n=357]	30.2	24.3	-	-	-
	最大最小差	2.1	20.2	最大最小差	1.3	8.0	最大最小差	2.9	14.2	最大最小差	0.1	3.0
20m	0~4[n=59]	28.0	10.7	0~4[n=105]	31.9	16.3	0~5[n=375]	31.2	12.6	0~40[n=354]	32.1	19.5
	4~6[n=54]	30.8	14.4	4~6[n=251]	31.5	12.9	5~10[n=1178]	30.8	14.8	40~60[n=944]	32.1	15.4
	6~8[n=537]	31.7	16.5	6~8[n=521]	31.1	13.1	10~15[n=280]	33.6	18.2	60~[n=881]	29.0	10.9
	8~[n=1529]	31.9	31.9	8~[n=1302]	32.0	17.6	15~[n=346]	33.2	20.9	-	-	-
	最大最小差	3.9	21.1	最大最小差	0.9	4.7	最大最小差	2.8	8.3	最大最小差	3.1	8.6
25m	0~4[n=51]	28.4	12.5	0~4[n=105]	35.6	15.8	0~5[n=387]	34.7	13.3	0~40[n=374]	34.9	23.5
	4~6[n=75]	32.5	13.3	4~6[n=277]	34.0	13.6	5~10[n=1295]	33.4	18.1	40~60[n=997]	34.9	14.9
	6~8[n=593]	34.5	17.9	6~8[n=574]	34.1	12.1	10~15[n=282]	36.2	14.5	60~[n=993]	31.3	9.7
	8~[n=1645]	34.6	34.6	8~[n=1408]	34.7	19.5	15~[n=400]	35.9	19.3	-	-	-
	最大最小差	6.2	22.2	最大最小差	1.6	7.3	最大最小差	2.8	6.0	最大最小差	3.7	13.8

2) 停止開始位置と停止開始速度の特性

交差点手前で最後のブレーキを開始した位置（以後、停止開始位置と呼ぶ）とその時点での速度（停止開始速度と呼ぶ）の特性を分析した。

図 - 2 に全サンプルについて、停止開始位置の分布および停止開始位置ごとの停止開始速度の分布を示す。交差点から 10m - 20m 付近までは時速 30km 以下、50m から 60m 付近以降は時速 30km 以上が大半を占め、20m - 50m の間で時速 30km 以下の割合が漸減している。停止開始位置の分布をみると 30m - 50m 付近で全体の 50%程度を占め、速度変化の見られる 10m - 60m の区間で全体の 90%を占めている。すなわち、車両の停止開始位置は、30m - 50m 付近を中心に 10m - 60m 付近にわたって、その間の速度は時速 10km から時速 50km の間にばらついていることが分かる。

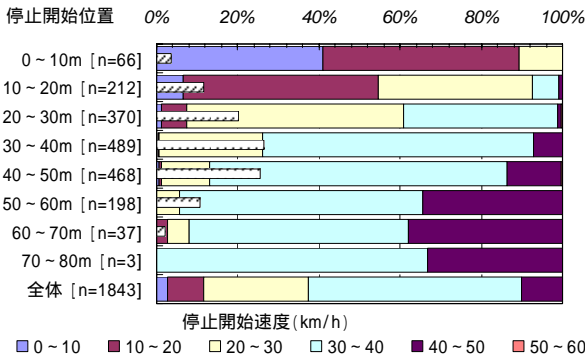


図-2 停止開始位置分布および停止開始位置別速度分布

図 - 3 および 4 は自幅員別に速度分布と停止開始位置を示している。自幅員が狭いほど低速でブレーキを開始し、4m 未満では大半が時速 30km 以下であり、それ以上の幅員では時速 30km 以下が 40%程度である。また、停止開始位置は、幅員の狭いほど交差点近くになっており、4m 未満では 90%程度が 10 - 30m 程度で、4-6m では 20 - 30m それ以上では 30 - 50m 付近を中心にばらついている。幅員によって停止開始位置は異なることが分かる。

一方、図 5 および 6 に示す交差幅員については、ほぼ同様の傾向が見られるものの、停止開始速度の分布について自幅員ほど顕著な差は見られず、停止位置についても 20 - 50m の間に分散していることがわかる。

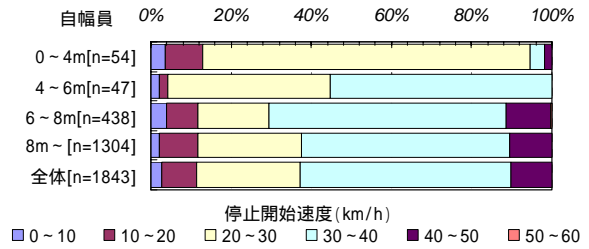


図 - 3 自幅員別の停止開始速度分布

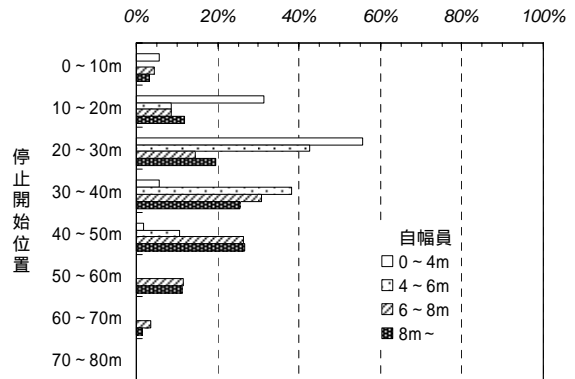


図 - 4 自幅員別の停止開始位置分布

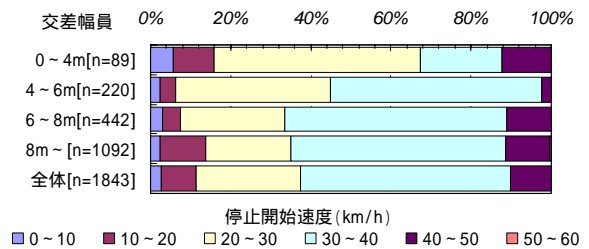


図 - 5 交差幅員別の停止開始分布

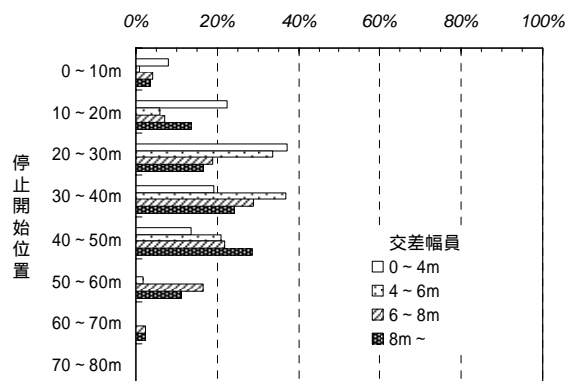


図 - 6 交差幅員別の停止開始位置分布

図 - 7 および 8 に示す発見距離については、発見距離が 10m 以下では停止開始速度が時速 30km 以下の構成比率が 40%程度を占め、それ以上では時速 30km 以上が 80%程度を占め、10m を境に発見距離が小さいほど、つまり交差車両を発見できる位置が交差点に近いほど、低速で停止開始している。その位置は、発見距離に関わらずほぼ 30m - 50m 付近を中心に分布している。

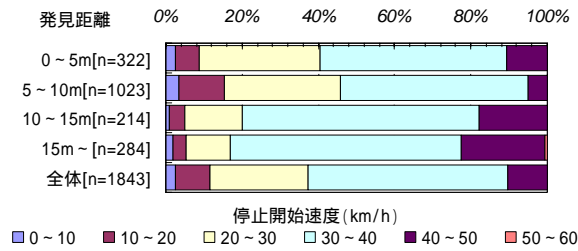


図 - 7 発見距離別の停止開始速度分布

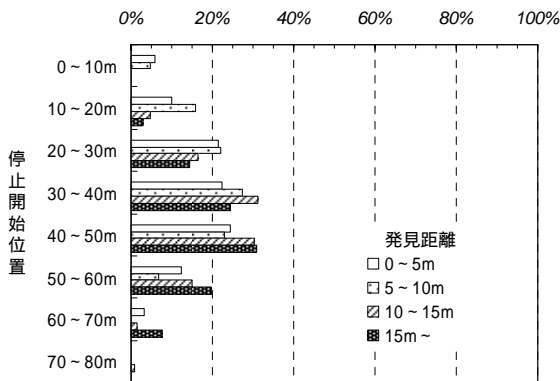


図 - 8 発見距離別の停止開始位置分布

図 9 および 10 はアプローチ長別の停止開始速度および停止開始位置を示している。40m 以下では時速 30km 以下の割合が 80%程度、それ以上では、時速 30km 以上が 60%程度見られ、手前交差点から近いところでは低速で停止開始している（図 - 9）といえる。その位置は、40m 以下の場合、10m - 20m 付近が 40%近くを占め 40m 付近までで 90%程度を占め、40m 以上の場合 30m ~ 40m 付近を中心にばらついている。交差転換距離の短い区間では、交差点から 10m - 20m 付近での停止開始が見られる。

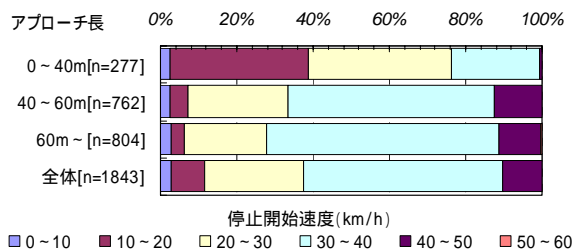


図 - 9 アプローチ長別の停止開始速度分布

以上の結果、以下が明らかとなった。

停止開始範囲は広くても 10m から 60m 程度である
速度幅は時速 10km から 50km 程度である

自幅員や交差幅員が狭い場合、20 - 30m 付近を中心に分布している

発見距離によって大きな差は見られないが発見距離が短いと開始速度は小さい

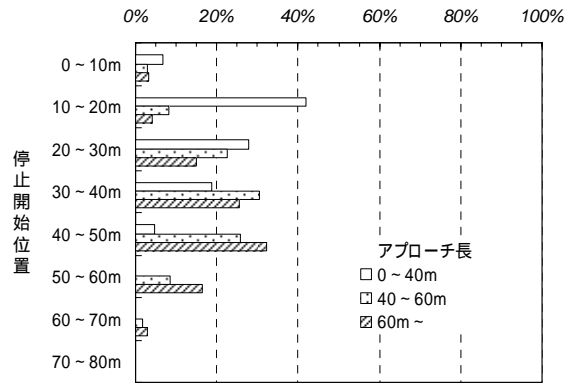


図 - 10 アプローチ長別の停止開始位置分布

(2) 非優先側車両と優先側車両の速度変化比較

次に非優先側から進入する車両と優先側から進入する車両の減速傾向を比較した。25m手前の速度（進入速度と呼ぶ）に対する発見位置から 5m 地点での速度差（ $v = \text{進入速度} - \text{検証地点速度}$ ）について、累加分布を図 11 に示す。これより仮に減速幅の閾値を約時速 7km としたとき、停止しようとしている車を適正に判定できる率は約 50%、偽判定となる率は約 30%となることがわかる。

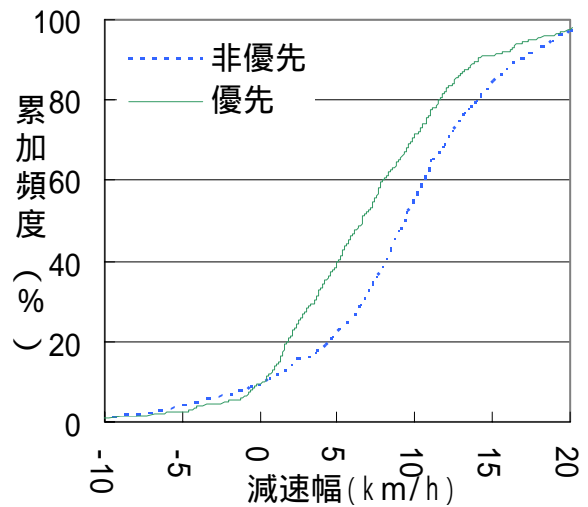


図 - 11 速度変化指標による累加曲線

4. おわりに

今後は、交差点特性に応じたより詳細な判別モデルを構築すると共に実走行計測を進め、判別性能を検証していきたい。

参考文献 1) 山中英生・三谷哲雄・秀浦 光：無信号交差点一時停止支援 ITS の警告判定アルゴリズムに関する分析，第 26 回交通工学研究発表会論文報告集，pp.177-180，2006 年，交通工学研究会

2) 三谷哲雄・山中英生：無信号交差点における一時停止支援システムの警告判定法の開発，第 5 回 ITS シンポジウム論文集，pp.391-398，2006 年 12 月，ITS Japan