

路上設置型一時停止支援システムの効果に関する現地実験分析 — 幹線道路小交差点, バイパス側道小交差点への適用 —

三谷哲雄¹・須藤晃成²・山中英生³・綾 貴穂⁴・草野 優太⁵

¹正会員 流通科学大学総合政策学部 准教授 (〒651-2188 神戸市西区学園西町3-1)
E-mail : Tetsuo_Mitani@red.umds.ac.jp

²正会員 (株)積水樹脂技術研究所 (〒520-2596 滋賀県蒲生郡竜王町鏡731-1)
E-mail : sudout@sekisuijushi.co.jp

³正会員 徳島大学大学院 教授 (〒770-8506 徳島県徳島市南常三島町2-1)
E-mail : yamanaka@ce.tokushima-u.ac.jp

⁴正会員 復建調査設計(株)・四国支社・総合計画課 (〒760-0020 高松市錦町1-3-9)
E-mail : aya@fukken.co.jp

⁵学生員 徳島大学大学院 (〒770-8506 徳島県徳島市南常三島町2-1)

本研究の路上設置型一時停止支援システムは、空間的、コスト的制約のため高価で大掛かりなシステムを設置しにくい小規模な無信号交差点での出合頭事故防止を目的としている。既存道路施設に付帯させるなどして、非優先側の一時停止を怠る恐れのある危険な車両への警告で挙動改善を促すことにより事故防止を図る簡易で安価な路上設置型の注意喚起システムである。既存研究では、住区内生活道路の細街路同士の公道交差点での試行実験の結果、非優先側車両に挙動改善効果が見られることを明らかにした。一方、細街路同士交差点以外にも、生活道路から幹線道路への出口交差点や幹線道路バイパス側道の旧道との交差点でも、出合頭事故は多発傾向にある。

そこで、出合頭事故発生の問題を抱える多様な交差点への本システムの導入を検討する為、細街路以外の交差点への適用を試みた。公道交差点への試験的な設置と試行実験によりその効果を明らかにした。いずれの交差点でもシステムの稼働により、挙動改善効果が見られ、出合頭事故件数(モデル推計値)は概ね60%程度減少することを明らかにした。

Key Words : access road, small intersection, crossing-crash accident, traffic safety, ITS

1. はじめに

(1) 出合頭事故の実態と既存施策の限界

全事故の約1/4を占める出合頭事故のほとんどは、地域に多数、散在する生活道路の無信号小交差点で生じている¹⁾。対策上、導入上の空間的、コスト的な制約が大きい。このため、設置しやすく安価な施策が求められる。簡易な既存施策としては、一時停止規制、道路反射鏡設置、注意喚起看板設置、各種の地区交通安全デバイス設置、などが実施されている。しかし、注意喚起看板の実効性の問題(※)、地区交通安全デバイスでは慣性や騒音等の問題、がそれぞれ懸念される[※ 道路利用者はそれらを認知するものの留意することは少ないことが指摘されている²⁾]。この結果、道路反射鏡や通行規制の設置に留まっているのが現状であり、またそれらも不適切な利用があれば、効果低減だけでなく重大事故につながる危険性も指摘されている³⁾。

(2) 小交差点での出合頭事故防止ITS

著者らは、無信号小交差点での観測挙動と事故件数の関連性を分析することで『出合頭事故の発生する交差点では、停止不能車両(※)の比率と出合頭事故件数とが良好な相関関係を有すること(図-1)』を見出した⁴⁾[※ 非優先側で一時不停止や高速進入などにより交差車両を見通せる位置(発見位置：交差点形状や隅切りにより決ま

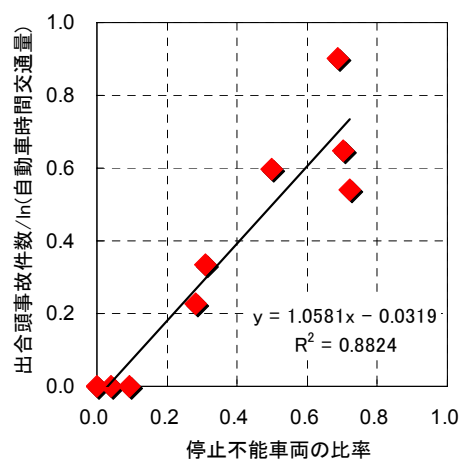


図-1 停止不能車両比率と出合頭事故件数

る)で発見・急制動しても安全に停止できない車両]。出合頭事故発生の実態に即した新たな施策の一つとして、この相関性に基づき停止不能車両数を低減させることで交差点の安全性向上を図る実用的ITSの研究に取り組んでいる。

当初、低インフラ負担および実用化しやすさを考慮してカーナビ等への搭載を想定した簡易の発展型ISA装置としての車載型警告システムの研究を進めてきた。結果、警告効率良好で体感的に煩わしくなく良好なタイミングでの発報が可能な警告判定方式を得た⁵⁶⁾。しかし、警告性能が車載器性能(特に自車位置や速度の取得精度)に依存するとともに、交差点位置や一時停止規制情報など空間データ整備状況や車載器普及が効果発現を左右する。現状、出合頭事故削減効果は限定的である。

このため、多発箇所や危険箇所などの出合頭事故の問題を抱える交差点への短期的効果発現を狙って、コスト的、空間的な制約を考慮した路上設置型の警告システムの開発を進めている。路上観測可能な位置と速度のみによる停止不能車両判別可能性の検証結果⁷⁾とともに、速度および速度変化に基づく制動距離推定法⁸⁾や車載型システム向けの警告判定方式の成果を踏まえ、路上設置型一時停止支援システムを考案した⁹⁾。図-2に基本概念と特徴を示す。

システムは、接近物体センサ・判定装置・警告発光装置が一体となった独立集約型の装置である。これを、警告発光のメッセージ性を高めるため一時停止標識や道路反射鏡など既存道路施設に付帯させるなどして簡易設置する。システムは、接近物体センサで計測された位置と速度から停止不能車両かどうかを事前予測判定し、不要な警告は行わない。停止不能車両の場合にのみ警告し、安全車両の場合は何もせず付属物として振舞う。警告発光が優先側でも視認できる場合、危険車両の存在認知による注意喚起も期待できる。

(3) 路上設置型一時停止支援システムの現状と課題

既存研究では、車載型システムの警告判定方式を改良

した判定アルゴリズムを考案するとともに、プローブカー調査で得られた交差点進入挙動データベースを用いた判定シミュレーション分析の結果、小規模交差点では車載型システムに匹敵する判定が得られることを明らかにした¹⁰⁾。実験場の模擬交差点でのドライバーへの路側警告の体感走行実験の結果、道路施設に付帯した小型ライトの発光で挙動改善や注意喚起の効果が見られることを明らかにした¹¹⁾²⁾。公道設置を想定した実稼動する試作機(図-3)を製作するとともに、出合頭事故の多発する住区内の細街路小交差点での試行実験の結果、先頭接近車両のうち10台中2台~5台程度に警告発光し、システム稼動時間帯では非稼動時に比べ非優先側車両の一時停止挙動に改善が見られることを明らかにした¹³⁾。

現行技術および既製品を用いた試作装置でも公道環境において一定の効果が見られた。しかし、実用化に向けては、より小型・安価で公道環境に適応したシステムとするための技術レベル向上がメーカーに期待されている。一方で、出合頭事故は住区内の細街路小交差点だけで発生するわけではない。現場ニーズに幅広く対応していくためには、様々な交差点に応じた導入手法の検討が必要となる。また、その効果の持続性の検証も、長期的な施策展開には重要となる。

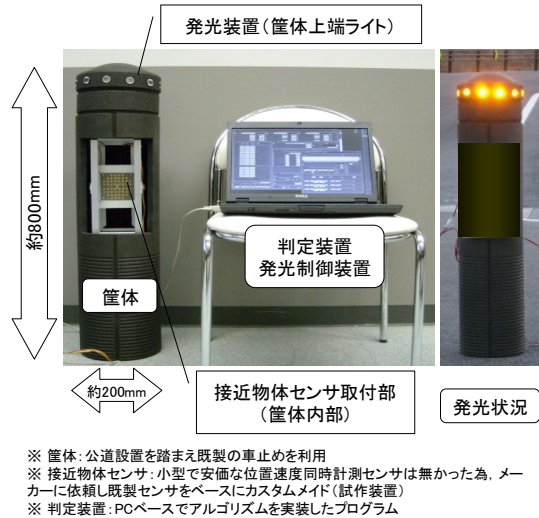


図-3 2009年度試作機の構成と外観

一時停止標識付加タイプの例 (システムの開発: 2007~)

特徴

- (1)道路反射鏡付加装置型
低コスト、設置性高い
関係者協議少ない
- (2)停止不能車両にのみ警告
「慣れ」による効果低下の防止
- (3)優先側へも同時発光
防衛挙動も促す

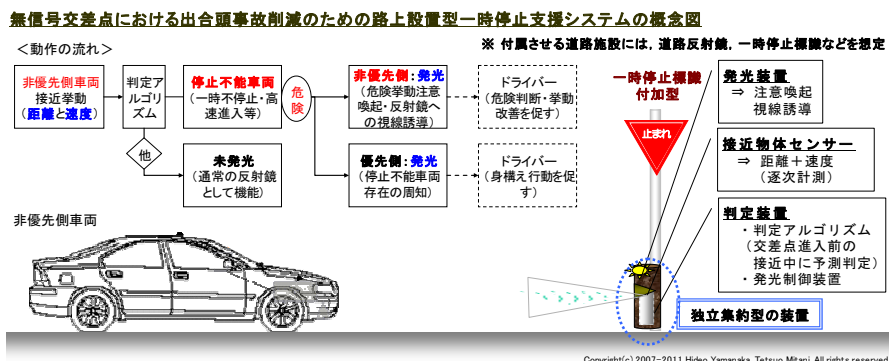


図-2 路上設置型システムの基本概念と特徴

(4) 本研究の目的

本研究では、出合頭事故発生の問題を抱える多様な交差点への本システムの導入を検討する為、細街路小交差点以外の交差点への適用を試みた。最近の出合頭事事情を考慮するため、道路管理者および交通管理者へのヒアリングによって現時点で問題を抱えている地点を選定した。その地点に応じた方法でシステムを試験的に設置し、試行実験を行った。システム稼働有りと無しとで一時的停止状況を比較することで導入効果を検証した。

2. 試行実験概要

(1) 実験対象交差点

過去に研究実績を有する加古川警察署管内にて交通管理者および道路管理者からのヒアリングに基づき、出合頭事故多発もしくはその危険性が指摘された2箇所を選定した。概要を表-1に示す。D001は、住区内交差点ではないもののバイパスにより分断された生活道路と側道との交差点で、規模や見通し状況はほぼ細街路小交差点と同様である。C103は、幹線道路への出口交差点であり一時不停止による進入は通常考えられない。しかし横断歩道上での自転車事故が多いことから判断すれば、横断歩道手前での一時停止を怠り車道端での停止・発進しているものと推測される。

表-1 実験対象交差点

No	名称	住所	交差点タイプ	特徴
1	D001	兵庫県加古川市 平岡町高畑地先	バイパス側道	<ul style="list-style-type: none"> 一時停止有(標識柱有)／道路反射鏡有り(左向角)／横断歩道有り 加古川バイパス側道と市道との交差点 進入路方向に一方通行(車道幅員4.6m) 住民から対策要望有り JR高架化に伴い通過交通増加
2	C103	兵庫県加古川市 加古川町溝之口地先	幹線出口	<ul style="list-style-type: none"> 一時停止有(大型標識柱有り)／道路反射鏡無し／横断歩道有り 国道2号(県管理)と市道との交差点 交差点付近は広幅員だがすぐに歩道などで絞込み(実質幅員5.5m) 出合頭事故割合約60%で2当自転車が大(1996.97.99.2000.02-05の計8カ年)

(2) 警告サービス概要と設置方法

本システムは、判定地点で仮に「警告した」として、路上観測された対象車両の位置と速度から推定¹⁰⁾した停

止位置と設定停止位置(交差点状況に応じて決める)とを比較し、推定停止位置が設定停止位置を超える場合に停止不能と判断し警告サービスを行う。警告判定は、進入路幅員6m程度までの場合に良好な警告効率を得ることのできる交差点端から10mから20mの範囲¹⁰⁾で行う。サービス対象は、非優先側を進入してくる先頭車両であり、後続車両や対向車両は対象外である。対象車両が発見位置を超えた場合、優先側が視認可能なドライバー責任領域となる為、サービスは停止する。判定に必要なシステムパラメータは、発見位置と設定停止位置である。

それぞれの交差点でのおおよそのシステム設置位置とパラメータ位置を図-4に示す。D001では、センサ計測の観点から一時停止標識側で、横断歩道通行空間を確保しつつ発光のメッセージ性や優先側交差点路からの視認性を判断し、交差点端から3mの位置の歩道縁石上に設置することとした。発見位置は交差点端から4.7m(停止線付近)であった、設定停止位置は、通常は交差道路側の車両通行位置とするが、横断歩道があるためその中央付近(交差点端から1m)とした。

C103では、同様に発光のメッセージ性や優先側交差点路からの視認性を判断し、一時停止標識足元(交差点角から1m)に設置することとした。一方、システムパラメータについては、通常は優先側交差道路の車両通行位置(ここでは手前左向き車線)を基準に算定するが、横断歩道上での自転車事故の実態を踏まえ、ここでは歩道を「みなし交差道路」として算定することとした。発見位置は、交差点角から3m(停止線やや奥)であった。設定停止位置は、自転車通行位置を考慮してシステム設置位置から奥に0.8mの位置とした。

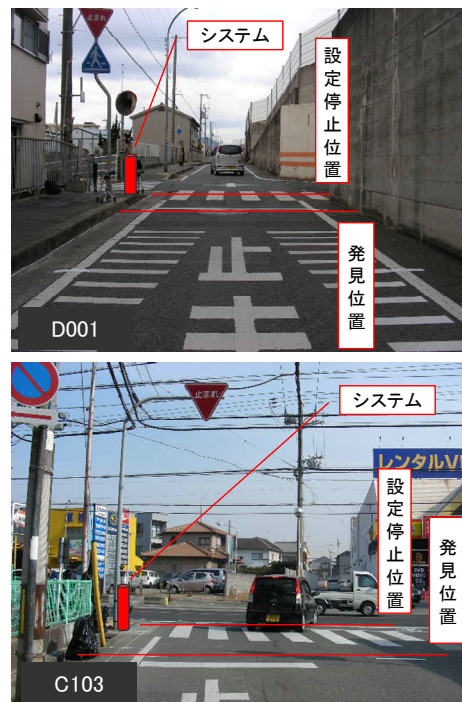


図-4 システムの設置位置とパラメータ

(3) 実験方法

1) 実験用システム

実験用システムの部品構成は、2009年度試作機¹³⁾を踏襲した。システムの外観を図-5に示す。図-6に各交差点の設置状況を示す。

筐体には既製の弾性ゴム素材の車止めを流用し、その上端に警告発光用LEDとドライバ基盤を組込んだ。判定装置は、これまでと同様の判定アルゴリズムを実装したPCプログラムを用いた。PCと各部品とはEther接続して情報送受信を行った。電源は、商用電源を利用した。

接近物体センサには、2009年度実績を踏まえ改良された小椋電子製、パル技研製の2種類を用いた。それぞれの位置づけは、現行技術を用いてシステムの低コスト化を目指す中でもよりコストを重視した前者、高精度を重視した后者、とした。いずれも免許不要で耐候性を有し小型化が可能で方式によって低コスト化も可能な24GHz帯マイクロ波レーダを利用したものである。いずれも製品化前の試作装置のため詳細は差し控えるが計測方法の概略は以下のとおりである。小椋電子製は、ドプラ方式で検知された速度と予め与えた起算位置からの積算で距離を同時計測する。パル技研製は、FMCW方式とドプラ方式とを併用して距離と速度を同時計測する。また、接近車両のからの反射波を利用するため、計測精度は反射の影響を強く受ける。

2) 挙動観測方法

対象進入路の交通量と先頭接近物体の一時停止状況を2009年度¹³⁾と同様の方法で目視観測した。交通量は、「四輪」「二輪原付」「自転車」「歩行者」の4区分で入力した。先頭接近物体は、本システムのサービス対象である。システム位置から見て最前位置で進入してくる「四輪」のことで、後続は除外した。先頭接近物体でも警告判定区間を通過後に交差道路の通行物体や対向進入物体などの存在する場合については、減速や停止必然の状況であるためサービス対象外とみなし、除外した。一時停止状況は、「一時停止(完全)=停止線付近から横断歩道中央付近までの区間で完全に停止」「一時不停止=同区間を減速せず通過」「徐行=その他」の3区分で入力した。それぞれの先頭接近物体の進入時の警告発光の有無は、観測ビデオ映像から取得した。なお、目視観測においては、判断ブレを防止する為、同一の調査員で行った。

(3) 実施結果概要

表-2に実施結果を示す。2009年度の実施方法¹³⁾を踏襲し、各日ごとに設置・実験・撤去を行った。各交差点で設置確認後、動作検証し、サービス無し、サービス有りの順で実験を行った。サービス有りは、センサの違い

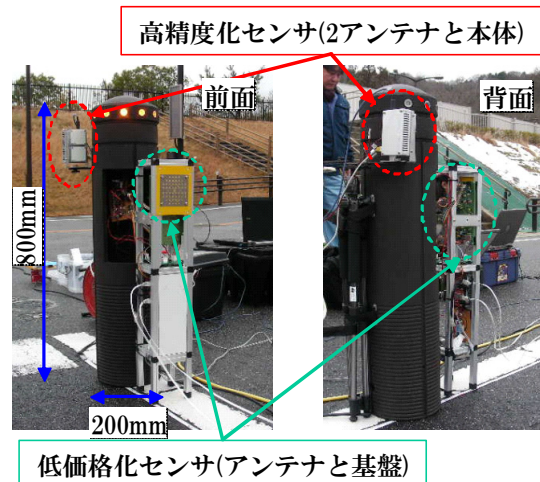


図-5 実験用システムの外観

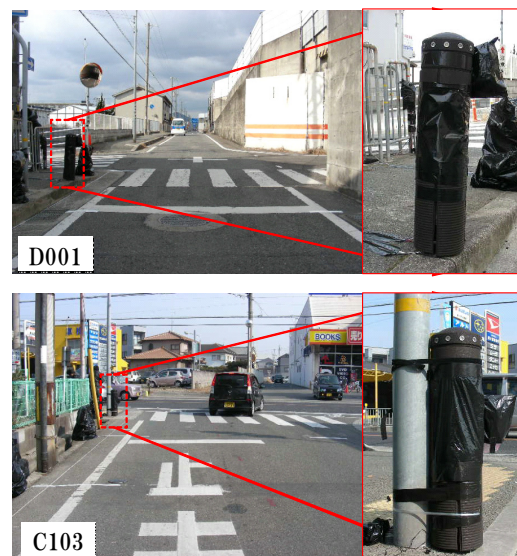


図-6 システムの設置状況

がサービスや挙動に及ぼす影響を比較するため、それぞれのセンサごとに稼働させた。D001で約12時間、C103で約7時間、の実験観測結果を得た。

表-2 実施概要

日程	日付	場所	実施内容※	実験時間(分)				
				[1]	[2]低価格化センサ	[2]高精度化センサ	合計	
1	2011/01/27(木)	D001	設置確認・公道検証					
2	2011/01/28(金)	D001	[1]	174			174	
3	2011/01/29(土)	D001	[1] / [2]	103	90	113	306	
4	2011/01/30(日)	D001	[1] / [2]	85	132	53	269	
5	2011/02/05(土)	C103	設置確認・[1]	37			37	
6	2011/02/06(日)	C103	[1]	122	13		135	
7	2011/02/07(月)	C103	[2]		144	88	231	
※ [1]: サービス無し「発光無し」				合計	521	379	253	1153
※ [2]: サービス有り「発光有り」					9時間	6時間	4時間	19時間

観測交通量を表-3に示す。「0_無し」はシステム稼働無し、「1_ドプラ」は小椋電子製センサによる稼働、「2_FMCW」はパル技研製センサによる稼働、を示す。実験全体の総交通量は、1355台、であった。時間交通量

表－3 観測交通量

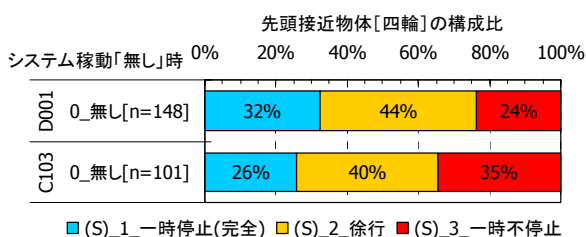
交差点	システム移動有無	交通量(台)						観測時間 (時間)	時間交通量(台/時間)							
		[1]_1_四輪			[1]_2_二輪原付	[1]_3_自転車	[1]_4_歩行者		総計	[1]_1_四輪			[1]_2_二輪原付	[1]_3_自転車	[1]_4_歩行者	総計
		1_先頭接近物体	2_対象外	3_その他(後続)						1_先頭接近物体	2_対象外	3_その他(後続)				
D001	0_無し	148	39	52	27	9	2	277	6.02	24.6	6.5	8.6	4.5	1.5	0.3	46.0
	1_ドブラ	92	23	39	7	4	0	165	3.70	24.9	6.2	10.5	1.9	1.1	0.0	44.6
	2_FMCW	70	14	23	9	8	0	124	2.76	25.4	5.1	8.3	3.3	2.9	0.0	44.9
	小計	310	76	114	43	21	2	566	12.48	24.8	6.1	9.1	3.4	1.7	0.2	45.4
C103	0_無し	101	8	97	14	41	12	273	2.66	37.9	3.0	36.4	5.3	15.4	4.5	102.5
	1_ドブラ	78	9	134	7	34	12	274	2.10	37.2	4.3	63.8	3.3	16.2	5.7	130.5
	2_FMCW	58	10	130	10	28	6	242	1.46	39.7	6.8	88.9	6.8	19.2	4.1	165.5
	小計	237	27	361	31	103	30	789	6.22	38.1	4.3	58.0	5.0	16.5	4.8	126.8
総計		547	103	475	74	124	32	1355	18.70	29.2	5.5	25.4	4.0	6.6	1.7	72.4

は、D001で約45(台/時間)、C103で約125(台/時間)、であった。このうち、本システムの対象である先頭接近物体は、D001で310台、C103で237台、観測できた。C103は、D001に比べ交通量は多かったものの後続車両が多く、先頭接近物体はD001より少なかった。先頭接近物体の時間交通量は、システム移動有無に関わらず、D001では約25(台/時間)、C103では約38(台/時間)、であった。

3. 導入効果分析

(1) システム移動無し時の一時停止状況

システム移動無し時の交差点ごとの一時停止状況を集計した。図－7に先頭接近物体の一時停止状況別の構成比を示す。一時不停止の割合は、D001で約25%(4台に1台程度)、C103では約35%(3台に1台以上)であった。いずれの交差点でも、停止線付近から設定停止位置での一時停止状況は良くなく、その傾向は、D001よりもC103すなわち幹線出口の方が強い。



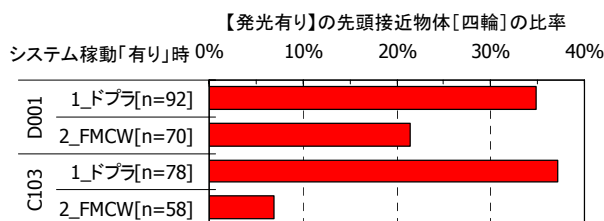
図－7 システム移動なし時の一時停止状況

(2) 警告発生状況

システムを稼働させたときの警告発生状況を集計した。図－8に、警告発光された先頭接近物体の比率を示す。センサによる違いは、それぞれのセンサの車両検知性能や計測方法の違いによるものと考えられる。特に検知に関して、本システムの警告判定は、接近物体の位置と速

度の連続取得を前提としている。計測欠落は誤判定の原因となる為、欠落した場合は安全側にするため判定を停止している。このため、センサには内部の詳細な反射波情報に基づく欠落補完処理を内蔵してもらっている。センサ技術者によると、車両のフロント形状や通行位置によるゲインの低下、周辺路上施設からのノイズ、などにより検知困難になる場合があるとのことである。

ドブラでは、いずれの交差点でも35%程度(3台に1台程度)の頻度であった。FMCWでは、D001では20%程度(5台に1台程度)の頻度であったが、C103では7%と非常に少なかった。センサ技術者の見解では、これはC103の警告判定範囲内の周辺に反射物が乱立しておりセンサの不感帯や誤検出が原因で欠落が多数生じたことが原因のようである。C103のFMCWについては、正常に機能していなかったため以降の分析からは除外する。



図－8 警告発生状況

(3) 警告発光有無別の一時停止状況

警告発光を受けた先頭接近物体の一時停止挙動の変化を捉えるために、警告発光有りの車両群と無しの車両群とで一時停止状況の比較を行った。集計結果を図－9に示す。警告発光無しに比べ有りの場合は、D001ではいずれのセンサでも一時停止が増加(2倍から2.3倍程度)し、一時不停止は減少(0.4倍から0.3倍程度)した。C103でも同様に一時停止が増加(1.6倍程度)し、一時不停止は減少(0.5倍)した。警告発光を受けた先頭接近物体の一時停止

挙動は大きく改善することがわかった。

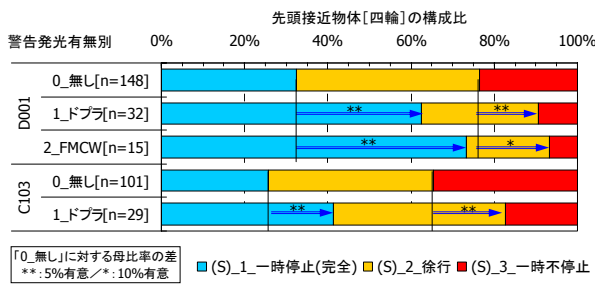


図-9 警告発光有無別の一時停止状況

(4) システム稼働有無別の一時停止状況

システム稼働による先頭接近物体の一時停止挙動への影響を捉える為、稼働有り時間帯、稼働無し時間帯、それぞれにおいて通行する全ての先頭接近物体の一時停止状況の比較を行った。集計結果を図-10に示す。稼働無しに比べ稼働有りの場合、D001では一時停止が増加(1.3倍から1.4倍)し、一時不停止が減少(0.4倍から0.6倍)し、挙動改善が見られた。センサによる違いは、警告頻度の差(ドブラで3台に1台、FMCWで5台に1台)が影響していると考えられ、高頻度のドブラのほうが挙動改善が大きい。C103については、一時停止に有意な差は見られないもののやや増加し、一時不停止は減少(0.7倍)し、挙動改善が見られた。D001と同程度の警告頻度から判断すれば、挙動改善が少ない。これは、横断歩道手前ではないが停止する意思をもって進入していること、右側交差車両を確認していること、標識位置が高すぎるため発光のメッセージ性が低下していること、などのために、警告発光を認知できていないことが原因と考えられる。幹線出口では、通行の特性上、気づかせること、メッセージ性を高めること、が重要といえる。

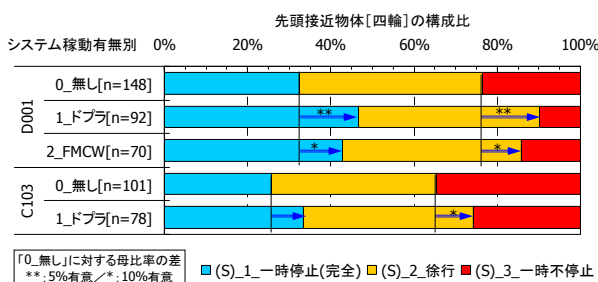


図-10 システム稼働有無別の一時停止状況

システム稼働による出合頭事故削減効果を試算した。ここでは、図-1に示した停止不能車両比率[x]と自動車時間交通量あたりの年間出合頭事故件数[y]との関係に基づき、年間出合頭事故件数を推計した。先頭接近物体の一時不停止車両を停止不能車両と見なし、実験ごと

の一時停止状況は一定のまま継続すると仮定した。なお、自動車交通量は後続や対象外も含む全ての「四輪」交通量が該当する。推計結果を図-11に示す。

システム稼働無し時の出合頭事故件数推計値は、D001に比べC103の方が40%ほど大きい。これは、D001に比べ停止不能車両比率が高く自動車時間交通量も多いためである。D001では、システム稼働有りの場合、稼働無しに比べて、ドブラで75%、FMCWで46%、出合頭事故件数の削減が見られる。一方、C103では、件数および削減率ともにD001に及ばないものの54%の削減が見られる。全ての実験を通して平均で約60%程度の削減が見られる。

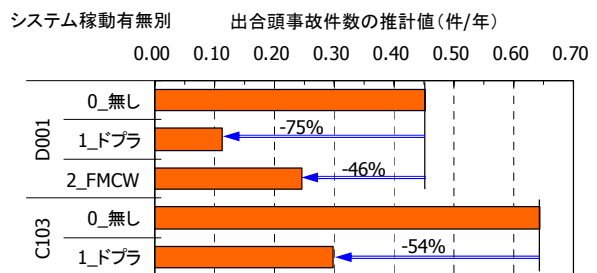


図-11 システム稼働有無別の出合頭事故件数

4. おわりに

本研究では、細街路小交差点だけでなく、出合頭事故の問題を抱える多様な交差点への本システムの導入を検討する為、公道のバイパス側道小交差点および幹線出口小交差点での試行実験を行った。システムは、それぞれの交差点環境に応じて、バイパス側道は細街路と同じ考え方、幹線出口は歩道をみなし交差道路とする考え方で設置した。結果、いずれの交差点でも本システム稼働により非優先側の先頭接近物体(四輪)の一時停止挙動に改善が見られた。さらに、一時停止挙動に基づき推計した出合頭事故件数は、システム稼働無し時に比べ約60%程度、削減されることが分かった。また幹線出口では、その通行特性から警告発光の認知やメッセージ性の確保が重要となることも明らかとなった。

本システムは、路上設置型の安価で簡易の注意喚起システムではあるものの、細街路小交差点に加え、幹線出口小交差点やバイパス側道小交差点でもその有効性を示唆できた。住居系区域内および区域外周の小交差点において、幅広い現場ニーズに対応できる可能性を有すると考えられる。今後は、様々なタイプの交差点へ適用可能な装置としての具現化がメーカーには期待される。一方で、長期的な施策展開に向けた効果持続性の検証、より効果的な導入に向けては他施策との連携(効果的な段階的導入やパッケージなど)の検討が重要となる。

謝辞：本研究を遂行するにあたり，兵庫県警察本部交通企画課の方々には，実験現場調整や関係者ヒアリングにおいて多大なご協力を頂いた。実験箇所選定においては，国土交通省近畿地方整備局姫路河川国道事務所，兵庫県東播磨県民局加古川土木事務所，兵庫県加古川市建設部道路整備局道路保全課，兵庫県加古川警察署，の方々には，貴重なご意見ならびに情報のご提供を頂いた。また，実験実施にあたり，対象交差点周辺の住民の方々，関係の方々には，ご理解とご協力を賜りました。(有)小椋電子・吉開健志氏，(株)パル技研・三好智裕氏・田口良一氏には，システム製作において多大なご協力を頂いた。ここに記して，すべての方々に感謝の意を表する。

参考文献

- 1) Tetsuo MITANI・Hideo YAMANAKA：An analysis of the crossing-crash factor from the view point of the feature of intersection, Journal of The Eastern Asia Society of Transportation Studies, Vol.6(CD-ROM), No.260, 2005, The 6th International Conference of EASTS2005
- 2) 日野泰雄・北潤弘康・吉田長裕：ドライバーからみた交通安全施設の認知状況と効果評価，第22回交通工学研究発表会論文報告集，pp.33-36，2002年
- 3) 三谷哲雄・日野泰雄・横井耕二・吉田長裕：生活道路交差点における交通安全対策整備と交通事故発生状況，土木計画学研究・論文集，Vol.25，No.3，pp.775-782，2008年09月，土木学会
- 4) Hideo YAMANAKA, Tetsuo MITANI：Safety assessment for unsignalized small intersections using vehicle behavior video analysis and evaluation of collision avoidance system, Journal of The Eastern Asia Society of Transportation Studies, Vol.6(CD-ROM), No.195, 2005, The 6th International Conference of EASTS2005
- 5) 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
- 6) 三谷哲雄，山中英生，上田 誠，須藤晃成，鈴江宗大：無信号交差点一時停止支援システムの警告判定法の評価分析，第6回ITSシンポジウム論文集(CD-ROM)，No.O1-1，2007年12月，ITS Japan
- 7) 須藤晃成・秀浦 光・鈴江宗大・三谷哲雄・山中英生：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，土木計画学研究・論文集，Vol.25，No.4，pp.823-828，2008年09月，土木学会
- 8) 須藤晃成・入谷忠光・山中英生・三谷哲雄：路側観測可能な挙動指標を用いて車両の制動距離を推定する方法，電子情報通信学会論文誌，Vol.J61-A，No.8，pp.798-807，2008年08月，電子情報通信学会
- 9) 三谷哲雄，須藤晃成，入谷忠光，山中英生：小交差点出会い頭事故防止のための路上設置型ITSシステム，土木計画学研究・講演集(CD-ROM)，Vol.37，85，2008年06月，土木学会・土木計画学研究委員会
- 10) 三谷哲雄・山中英生・明 楊・入谷忠光・須藤晃成：小交差点における危険進入車両への路側警告のための挙動判別アルゴリズムの分析，第7回ITSシンポジウム論文集(CD-ROM)，2-C-08，2008年12月，ITS Japan
- 11) 三谷哲雄，山中英生，須藤晃成，明 楊：小交差点出合い頭事故防止のための路上設置型警告システム，第8回ITSシンポジウム2009論文集(CD-ROM)，No.1-A-04，2009年12月，ITS Japan
- 12) 明 陽，三谷哲雄，山中英生：小交差点での路上設置型装置による一時停止警告に対する運転挙動の実験分析，土木計画学研究・論文集，Vol.27，No.5，pp.1007-1016，2010年09月，土木学会
- 13) 三谷哲雄・須藤晃成・明 楊・山中英生：公道小交差点での路上設置型警告システムの効果分析，土木計画学研究・講演集(CD-ROM)，Vol.41，2010年06月，土木学会・土木計画学研究委員会

FIELD EXPERIMENT ANALYSIS ABOUT THE EFFECT OF THE ROAD-SIDE WARNING SYSTEM FOR STOP REGULATION - APPLICATION TO SMALL INTERSECTIONS AT AN ARTERIAL ROAD OR A BYPASS SERVICE ROAD -

Tetsuo MITANI, Terumasa SUDO, Hideo YAMANAKA, Takao AYA
and Yuuta KUSANO