

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 *

A road equipment type alerting system of dangerous approaching vehicle for crossing accident prevention at small junctions *

三谷哲雄 **・須藤晃成 ***・入谷忠光 ****・山中英生 *****

By Tetsuo MITANI **・Tetumasa SUDOH ***・Tadamitsu IRITANI ****・Hideo YAMANAKA *****

1. はじめに

市街地内に多数存在する小交差点で散漫に発生する出会い頭事故に対する防止効果発現を目指してインフラ負担の少ない車載型一時停止支援システムが考えられ、著者らも発展型 ISA を想定してお節介でない適切な警告のための挙動判定方式の開発に取り組んできた¹⁾。しかし、車載型システムの効果発現が車載器普及に大きく依存することから短期施策には不向きといえる。一方、多発地点向けの短期的な実用施策として車両検知警告システムが既に実用化されているが、表示板やセンサー用の支柱設置に伴うコスト高や空間制約による設置性の課題、誤提示・過信等の課題も指摘されている。

このため、設置が容易で低コスト、情報過信が少なく習慣性を生じにくい注意喚起を促す実用的施策が必要とされている。本稿では、著者らのこれまでの研究成果を踏まえ現在、開発を進めている路上設置型の走行支援システムについて述べる。

2. これまでの研究経緯

(1) 出会い頭事故防止の考え方

山中・三谷ら²⁾³⁾⁴⁾は、交差点進入車両の挙動分析から出合頭事故多発交差点では、事故の少ない交差点と比較して、非優先側から高速で進入する車両挙動が多く、交差側道路の車両が発見できる位置（以下、発見位置）で衝突を回避する停止が困難な車両（以下、危険挙動車両）の割合が多いほど事故件数が多いことを明らかにした。このことは、危険挙動車両を減少させることで事故防止につながることを示唆している。

そこで、危険挙動車両ドライバーに対して適切な位置での警告により挙動改善を促すことで、交差点に進入す

る危険挙動車両を減少させて安全性向上を図るという考え方を考案した²⁾。

(2) 車載型一時停止支援システム

市街地内小交差点での出会い頭事故防止の ITS 研究では、GPS や GIS の車載型自立システムを用いて規制速度超過を警告したり自動ブレーキを作動させる ISA(Intelligent Speed Adaptation:知的速度適正化)が、インフラ負担の少ない地区レベルの交通安全対策として注目されて、車載型の一時停止支援システムが考えられている。

山中・三谷らも、上記の出会い頭事故防止の考え方に基づき、車載型自立システムとして発展型のカーナビゲーションを想定し、無信号の一時停止交差点の非優先側進入車両に対する一時停止支援のための警告判定方式を開発してきた⁵⁾⁶⁾⁷⁾。これは、交差点進入時の挙動から危険挙動車両かどうかを事前判定するものである。システムとしては、交差点位置や一時停止規制の有無の情報を GIS データベースとして保持し、常時計測している自車両位置や速度、加速度および運転者挙動の情報を用いて、それが危険挙動車両と判定された場合にのみ警告を発生させるもので、いわば発展型の ISA といえる。

(3) 本システムの課題

本システムを用いることで、車載器装着車両に対してお節介でなく適切な警告により一定程度挙動改善が見込まれ、装着車両の通過する全ての一時停止交差点への非優先側からの危険挙動車両進入の削減により出会い頭事故防止が期待できる。しかし、車両位置精度向上や GIS データ整備に関する課題を有するとともに、車載器普及率が効果発現に大きく影響する。本システムのような車載型システムの場合、多発地点や危険箇所に対する効果発現に緊急を要する短期的施策には不向きで、中長期的な施策としての役割を担っているといえる。このため、車載型とは異なる短期的施策としてのシステムの必要性が伺われる。

(4) 短期的施策としての既存システム

路上から車両検知センサーを用いて接近車両を検知し、交差側への情報提供による注意喚起を行うことで事故防

* キーワーズ：出会い頭事故，無信号交差点，交通安全

** 正員 博(工) 流通科学大学情報学部

(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 修士 積水樹脂(株)交通環境資材事業部

**** 正員 工博 徳島大学大学院(非常勤)

***** 正員 工博 徳島大学大学院ソシオテクノサイエンス研究部

止を図るシステムが実用化されている。多発地点向けとしては短期的な効果発現が見られ一定程度有効であるものの以下の課題を有している。警告表示板の設置に加え、安価な挙動センサーで道路側から接近車両を検知するために支柱を設置する必要があり、空間制約の多い小交差点での導入の課題を抱えている。また、習慣性による効果低下の問題、気候条件による挙動センサーの誤動作に伴う情報の誤り、情報の過信などに起因する問題、など運用上の課題が指摘されている。

路上からの注意喚起システムについては、設置性が高く、低コストで、情報の誤り・過信が少なく、習慣性を生じにくい、ことが求められている。

3. 路上設置型の走行支援システム

そこで著者らは、短期的な効果発現が期待できる路上設置型を想定し、既存技術の課題を踏まえ、上述の出会い頭事故防止の考え方の基づく走行支援システムの開発に取り組んでいる。以下に本システムの特徴と現状について整理する。

(1) 本システムの事故防止の考え方

本システムは、① 路上設置した接近物体センサーで逐次観測している挙動情報（路側から観測可能な距離と速度のみ）から接近車両が危険挙動車両かどうかを事前判定する、② 非優先側進入車両が危険挙動車両の場合には路上設置装置からの警告により挙動改善を促し、③ 出会い頭事故防止を図る、ことを想定している。さらに②においては、挙動改善を促すための非優先側車両への警告のほか、緊急時の衝突回避挙動を促すために優先側車両に対しても交差道路側に一時停止しない恐れのある危険挙動車両がいることを知らせる、といった手法も想定している。

(2) 基本コンセプト

本システムの基本コンセプトは、「道路反射鏡に取付けた接近物体センサーから非優先側車両の挙動情報を逐

次観測し、それが危険挙動車両と判定された場合に、警告発光により道路反射鏡へ視線誘導することで、交差車両への注意喚起を促す」である。図-1に走行支援システムのイメージを示す。以下に特徴を整理する。

1) 道路反射鏡の付加装置

市街地内の小交差点において、道路反射鏡は既に数多く設置（三谷・日野ら⁸⁾によると、あるあんしん歩行エリア地区内小交差点全体の約 1/4、さらに優先規制有り交差点の内約 40%へ設置済みであることが報告されている）されており、地域内安全施策展開上のシステム設置性が高い。また、センサーや発光装置などを道路反射鏡に集約することで、新たな支柱設置やそれに伴う協議などが基本的に不要である。さらに道路反射鏡は、優先側と非優先側双方を見渡せる位置に設置されており、双方へのサービス提供が可能である。

2) 接近物体センサー

道路反射鏡への取付けが可能な小型で、安価に精度良く距離と速度を計測するため挙動計測センサーの利用を想定している。

距離計測センサーとしては、レーザ式、超音波式、レーダ式など既に様々なセンサーが実用化されている。レーザ式や超音波式は、精度が温度や気圧、蒸気など気候の影響を受けるが、レーダ式では気候の影響は受けにくい。レーダ式のうち、往復時間を計測し距離を求めるパルスや FMCW 方式は、計測精度確保のために高度な製造技術が必要で高コストとなる。送信波と反射波の合成波強度を計測する定在波方式は、直交波を利用することで距離と速度を同時に計測でき⁹⁾、マイクロ波で狭帯域幅でも高精度な計測が可能な方式¹⁰⁾であり、安価に高精度なセンサーが製作可能である。またマイクロ波を利用するため照射範囲の制御も容易であるため、送受信アンテナなどの小型化も可能である。

以上のことから、現在実用化されているセンサーのうち、定在波レーダ方式の挙動計測センサーは、全天候型で設置性が高く低コストで、気候条件による情報の誤りが無いシステムの実現に向けて有望な技術といえる。

道路反射鏡付加型走行支援装置

走行支援の流れ

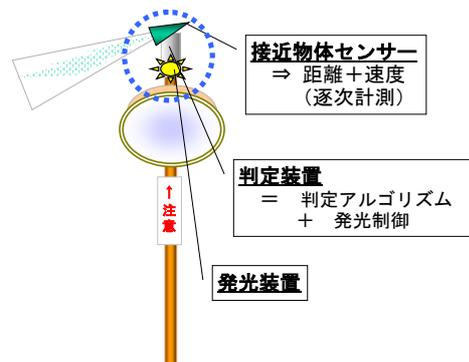
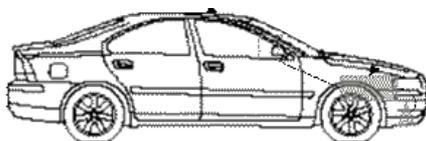


図-1 道路反射鏡付加型システムのイメージ

3) 危険挙動車両判定

非優先側の危険挙動車両の接近時のみを発光対象事象とすることで、通常の安全な車両の場合には警告発光させない仕組みとする。これにより、「発光しないから安全」という過信、また「常に発光」することで生じる習慣性、を少なくすることが可能となる。

4) 警告発光による視線誘導

危険挙動車両発見後の危険事象の判断は、道路反射鏡で把握できる情報によることを基本として、判断及びその後の行動はドライバーの責任にゆだねるシステムとする。これにより、道路管理上の見通し確保のための補助施設として整備することとする。

(3) 取り組みの現状

1) 接近物体センサー

定在波レーダーを用いた挙動計測センサーを開発している計測機器メーカーから借用した試作機による接近車両の計測例を図-2に示す。これは、試験走路での交差点進入車両のセンサー計測実験の結果である。試作機段階でも最小 30ms 間隔で交差点からの位置と速度を同時計測可能であることが分かる。車両側方から路面マーカーを撮影したビデオ映像の解析により得られた実際の車両位置・速度と計測値との関係を図-3に示す。車両位置は極めて高精度で取得できているものの、速度には若干誤差が見られる。これは、試作機が高精度距離計測センサーをベースに開発されており、速度データに関しては全くチューニングが施されていないため、今後チューニングが進められることで高精度化が図られるようである。

2) 路上観測挙動による危険挙動車両の判定手法

路側から観測可能な距離と速度のみから危険挙動車両を判定する手法については、車載型システムの判定方式の成果や公道での車両挙動実態分析の結果を踏まえ判定手法を検討した。その結果、数地点の車両速度から簡易判定する「判別モデル」と逐次観測挙動情報から判定する「停止挙動モデル」の2方式が得られた。また非優先側道路の幅員などの交差点状況によって最適な判定方式は異なることが明らかとなった。このため、交差点状況に応じた選択が必要であることが明らかとなった。成果の詳細については、別途発表を予定している。

3) 道路反射鏡からの警告発光に対するドライバー反応

道路反射鏡からの警告発光による挙動への影響を把握するための体感走行実験を行った。ドライバー運転挙動や車両挙動への影響、サービス体験回数増加に伴う反応変化、などのより詳細な分析は別途報告予定である。ここでは、サービス初回体験時のドライバーアンケートの結果の一部を示す。

サービスに関する予備知識の無い初回体験時、ドライ

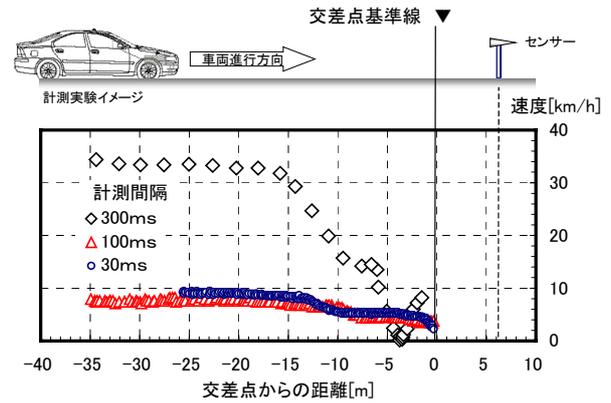


図-2 接近車両の位置と速度の同時計測の例

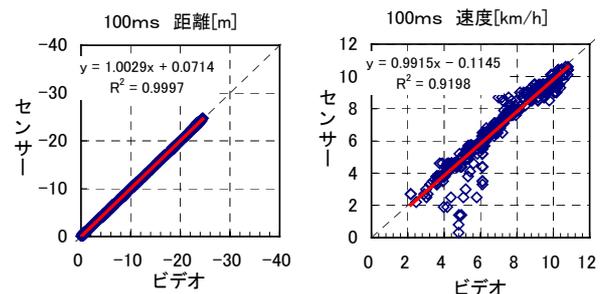


図-3 計測値と実際の位置・速度との関係

バーの約半数が警告発光に気付く(図-4)と共にその意味を理解(図-5)し、それにより注意を喚起された印象を受けており(図-6)、その後の挙動は大半のドライバーでは改善され(図-7)、警告発光の意味を理解できなかったために混乱した一部のドライバーでは改善が見られなかった。サービスの必要性については、不必要とする意見は無く大部分の被験者が必要と感じているものの、警告発光に気付かなかった被験者などによる警告の理解不足に伴う混乱による危険性の指摘がみられる(図-8)。

警告発光に気づき、その意味が理解されれば、サービスの意図どおりの行動へ誘導できる可能性があることが明らかとなった。しかし、気付かない、気付いても理解されない、ドライバーに対して、簡便でメッセージ性の高い警告発光方法の検討が必要といえる。

4. 今後の方針

小交差点での出会い頭事故防止のための路上設置型走行支援システムの実現に向けて、危険挙動車両判定方式の開発と共に、道路反射鏡からの警告発光による効果の検証を進めている。前者に関しては、速度と位置の路上観測情報のみから一定程度の判定効率を有する判定方式を得られている。後者に関しては、今回の実験に用いた方法でも一定程度挙動改善が見込まれるものの、より気付きやすくメッセージ性の高い警告方法の検討を要する

ことが明らかとなった。

今後は、① 警告方法の検討、② 接近物体センサーの公道試験設置による性能検証、③ センサーで取得した公道挙動データを用いた机上シミュレーションによる挙動改善効果検証、④ プロトタイプ装置の開発と路外走行実験、などを予定している。さらに、実交差点へ試験設置する公道実験により、装置の動作状況や警告時の走行挙動を調査することで、装置の性能や挙動改善効果についても検証を進めたい。

謝辞

本研究は、「実践的 ITS 研究小委員会（土木学会・技術推進機構）」からの受託研究の予算を一部活用している。また徳島大学大学院山中研究室の秀浦光氏（現：（株）トヨタマップマスター）、鈴江宗大氏ほか、には走行実験やデータ整理において多大なご協力をいただいた。関係各位には、ここに記して感謝の意を表する。

参考文献

- 1) 山中・三谷：市街地内の信号の無い小規模交差点での出合頭事故防止のための ITS に関する研究，<http://gis.umds.ac.jp/jikoits/index.html>
- 2) 山中・入谷・三谷・日野：無信号小交差点における交通挙動分析に基づく出合頭事故防止 ITS の可能性分析，土木計画学シンポジウム，Vol.37, pp.171-178, 2001 年，土木学会
- 3) H. YAMANAKA・T. MITANI：ANALYSIS OF VEHICLE APPROACHING BEHAVIOR TO SMALL JUNCTIONS FOR THE DEVELOPMENT OF ADVANCED INTELLIGENT SPEED ADAPTATION, IS05-3256 (CD-ROM)，11th World Congress on ITS NAGOYA AICHI 2004
- 4) H. YAMANAKA・T. 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・山中：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) H. Yamanaka・T. Mitani・M. Ueda：WARNING TIMING ALGORITHM FOR A STOP SIGN CONTROL ASSISTANCE SYSTEM AT SMALL JUNCTIONS, 14th WORLD CONGRESS ON ITS CD-ROM, No.3120
- 7) 三谷・山中・上田・須藤・鈴江：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
- 8) 三谷・日野・吉田：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・講演集 (CD-ROM)，Vol.36, 77, 2007 年，土木学会土木計画学
- 9) 藤森・上保・入谷：移動体の位置と速度が計測可能な定在波を用いた近距離高分解能レーダ，電子情報通信学会論文誌 B, J87-B-3, pp.437-445, 2004
- 10) 若林・入谷：0m から測定可能な高精度狭帯域レーダ，計測自動制御学会論文集，Vol.44, No.1, pp.11-17, 2008

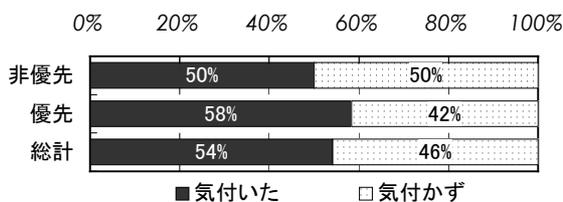


図-4 警告発光の察知状況

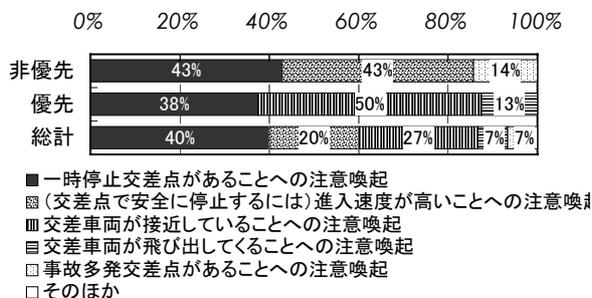


図-5 警告の理解状況

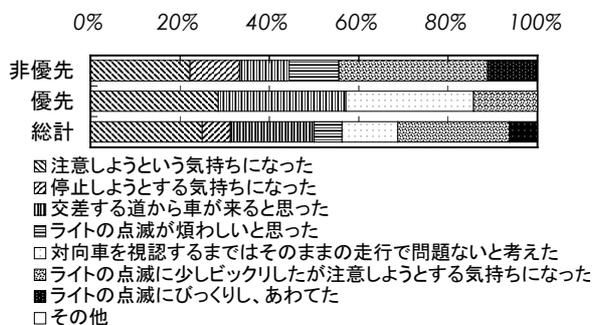


図-6 警告発光の印象

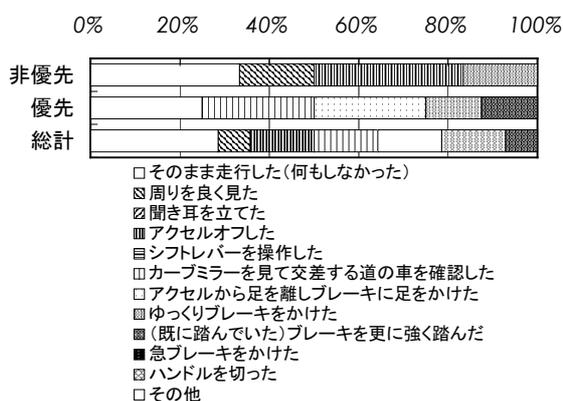


図-7 警告発光後の挙動

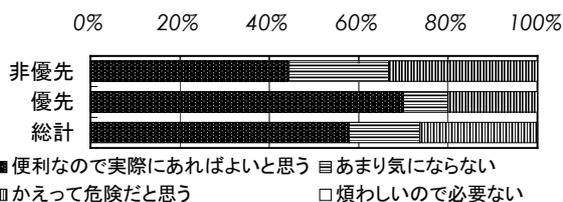


図-8 サービスの必要性