

路車協調による安全運転支援システムの実証実験

Demonstration Experiments of Driving Safety Support Systems Using Vehicle-to-Infrastructure Communications Systems

中川 淳 仲野 剛 岡本 恭一

■ NAKAGAWA Atsushi ■ NAKANO Tsuyoshi ■ OKAMOTO Yasukazu

一般道での交通事故の低減を目的とした安全運転支援システム (DSSS : Driving Safety Support Systems) の実現に向けて、実証実験が警察庁指導の下で進められている。

東芝は、(社) 新交通管理システム協会 (UTMS協会 : Universal Traffic Management Society of Japan) が主導する実証実験に参加し、歩行者や自転車を検知対象としてドライバーに対して注意喚起を行う、出会い頭衝突防止支援システムの開発を進めている。今回、実験システムによるフィールドでの実証実験を行った結果、実験システムが実用化に耐えうる性能であることが確認された。

With the aim of reducing the number of road traffic accidents, the National Police Agency is promoting demonstration experiments toward the realization of Driving Safety Support Systems (DSSS).

Toshiba has been participating in the Universal Traffic Management Society of Japan (UTMS), and has been developing a pedestrian crossing information provision system for prevention of collisions by alerting drivers to approaching pedestrians and cyclists detected by stereo cameras located at crossings. The results of demonstration experiments conducted on public roads in Hiroshima confirmed that the experimental system achieves successful performance as a practical information service.

1 まえがき

わが国では、世界一安全な道路交通社会を目指し、官民連携して路車協調による安全運転支援システムの実現に取り組んでいる。路車協調システムとしては、警察庁が推進する安全運転支援システム (DSSS)、国土交通省道路局が推進する走行支援道路システム (AHS : Advanced Cruise-Assist Highway System)、及び国土交通省自動車交通局が推進する先進安全自動車 (ASV : Advanced Safety Vehicle) があり、交通事故低減を目標とした路車協調による安全運転支援システムへの取り組みが行われている。いずれもドライバーから直接見えない、又は見落としのおそれのある交通事象をセンサ技術や路車間通信技術を使用して伝送し、ドライバーに対して注意喚起を行うものである。

ここでは、東芝が参加したDSSSの実証実験の概要と性能評価の結果について述べる。

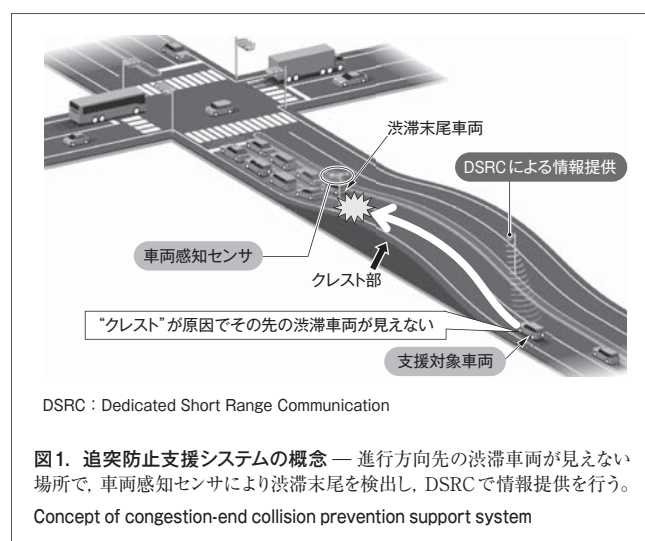
2 DSSSとは

DSSSとは、警察庁が推進する一般道での交通事故低減を目指した、路側機器から自動車へ注意喚起するシステムである。UTMS協会は、警察庁の指導の下、2004年度から国内主要自動車メーカーの拠点がある栃木県、神奈川県、愛知県、広島県の4か所で自動車メーカーと電機メーカーを中心に実

証実験を開始し、現在継続中である。

この中で広島県においては、カーブやクレスト (橋りょうなどの盛り上がった構造物や地形) など前方の見通しの悪い場所、あるいは交差点など出会い頭の場所でドライバーの認知ミスや判断ミスに起因する交通事故が多発する状態を考慮して、以下の実験が進められている。

- (1) 追突防止支援システム (図1)
- (2) 右折時衝突防止支援システム (図2)
- (3) 出会い頭衝突防止支援システム (図3)



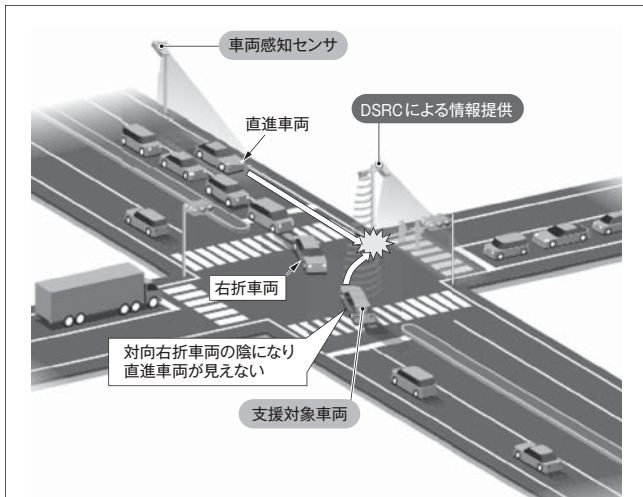


図2. 右折時衝突防止支援システムの概念 — 対向右折車両の陰になり直進車両が見えない場所で、車両感知センサにより直進車両を検出し、DSRCで情報提供を行う。

Concept of straight-advancing and right-turning vehicle collision prevention support system

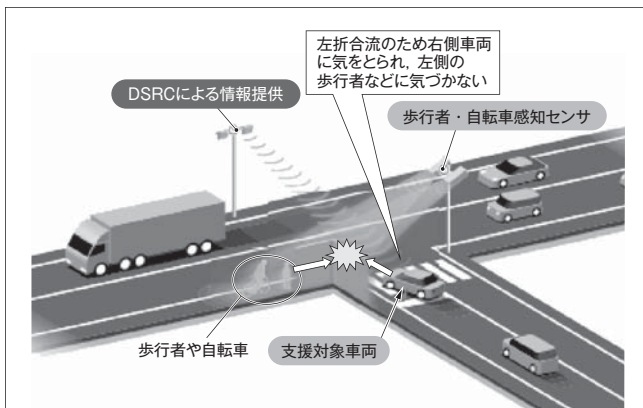


図3. 出会い頭衝突防止支援システムの概念 — ドライバーにとって死角となる左側の歩行者などを見落とすような場所で、歩行者・自転車感知センサにより歩行者などを検出し、DSRCで情報提供を行う。

Concept of crossing-path collision prevention support system

当社は、(3)の出会い頭衝突防止支援システムの開発と実証実験に今回参加し、開発した歩行者・自転車感知センサを用いて、このシステムの機能・性能評価を行った。

3 出会い頭衝突防止支援システムの概要

出会い頭衝突防止支援システムは、図3に示すような信号機のない交差点などで、死角から接近する歩行者や自転車の存在に気づかないドライバーに対して、注意喚起を行うシステムである。このシステムの構成を図4に示す。

このシステムは、カメラと画像処理部から成る歩行者・自転車感知センサと、狭域無線通信 (DSRC: Dedicated Short

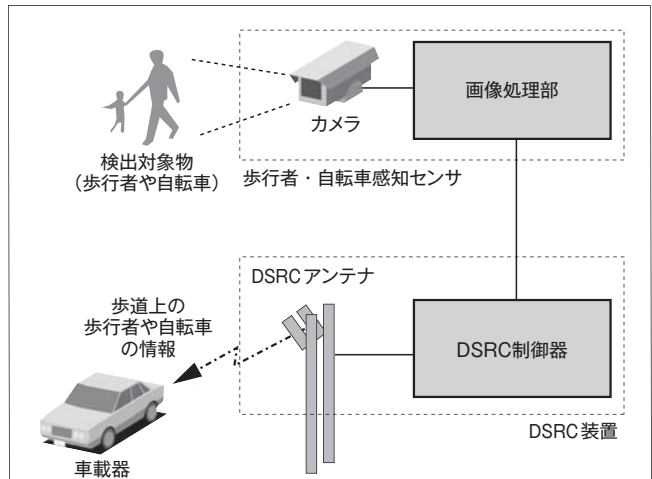
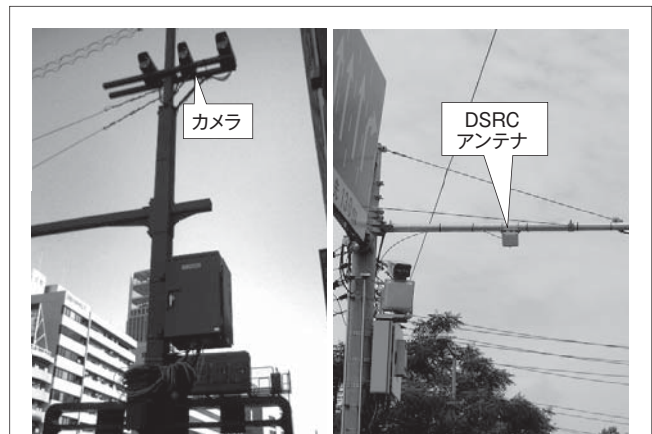


図4. 出会い頭衝突防止支援システムの構成 — 歩行者・自転車感知センサとDSRC装置で構成される。

Configuration of pedestrian crossing information provision system



(a) 歩行者・自転車感知センサ

(b) DSRCアンテナ

図5. 機器設置のようす — 道路脇の既設柱にカメラとDSRCアンテナを設置している。

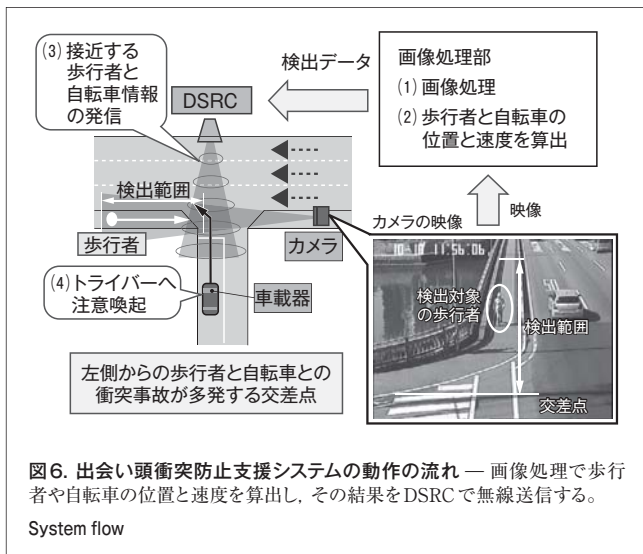
Installed equipment

Range Communication) アンテナとDSRC制御器から成るDSRC装置により構成される。DSRCは5.8 GHz帯の無線周波数を使用し、(社)電波産業会 (ARIB: Association of Radio Industries and Broadcast) STD-T75規格に準拠している。

このシステムを構成する歩行者・自転車感知センサ、及びDSRC装置の機器設置のようすを図5に示す。

このシステムの動作の流れを図6に示し、以下に述べる。

- (1) 画像処理部は、カメラで撮像した対象検知エリアの映像を画像処理し、歩行者や自転車を切り出す。
- (2) 画像処理部は、切り出した歩行者や自転車の位置と速度を算出する。
- (3) DSRC装置は、検出データを4位相偏位変調 (QPSK: Quadrature Phase Shift Keying) 方式で変復調し無線



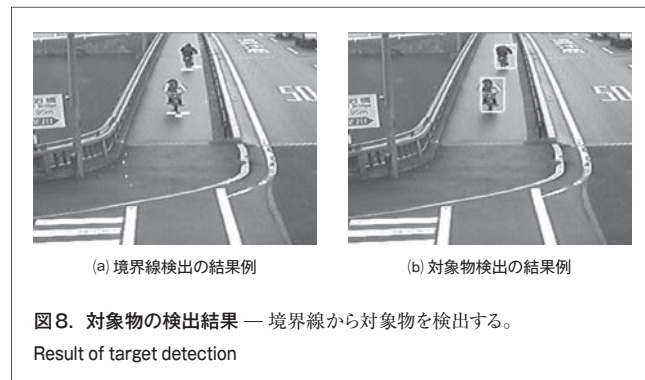
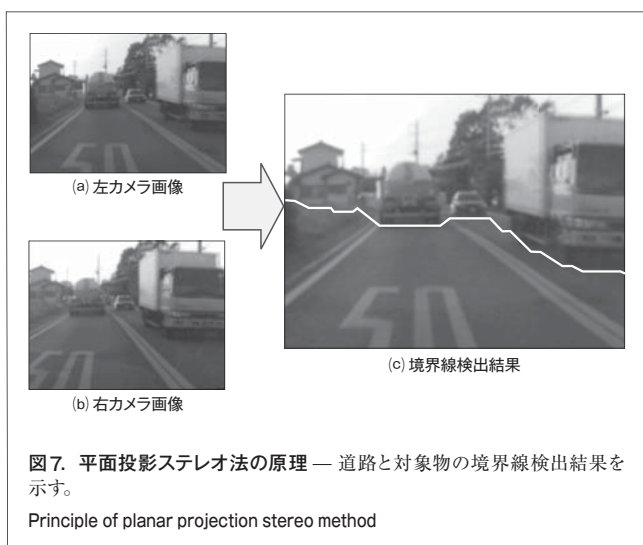
送信する。

- (4) 車載器は、DSRC装置から受信した歩行者や自転車の情報を基に、画面や音声案内でドライバーに注意を喚起する。

4 歩行者・自転車感知センサ

このシステムで用いる歩行者・自転車感知センサは、雨滴や影などが存在する場合でも、歩行者や自転車などの位置と速度を安定して高精度に計測する必要がある。この条件を満たすために、平面投影ステレオ法⁽¹⁾を用いる。

平面投影ステレオ法は、あらかじめキャリブレーションにより求めた道路平面とカメラの相対的な位置関係を用いて、図7に示すような左右のカメラ画像から道路平面と対象物に分割する際に、動的計画法で最適な境界線を一意に計算する方式である。奥行き情報を少数のパラメータで表現することで、雨



滴、路面の映りこみ、及び部分的遮へいなどの影響を受けずに対象物の検出ができる。

前後した複数の歩行者や自転車に対応するために、このセンサでは、監視領域を複数に分割した部分領域ごとに平面投影ステレオ法を適用し対象物を検出する。この実証実験の監視領域はカメラから20～60 mの範囲であるが、この監視領域に対して12個の部分領域を配置した。部分領域ごとに路面と対象物の境界線を検出し、ほぼ等距離の境界線にクラスタリング^(注1)することで一つの対象物を検出する。次に、各部分領域の結果を統合して監視領域全体の対象物検出結果とする。境界線検出の結果例を線で分けて図8(a)に、対象物検出の結果例を矩形(くけい)領域で図8(b)に示す。得られた対象物領域の視差から位置を算出し、更に対象物領域を時系列に追跡処理することで速度を算出する。

5 システムの性能評価

歩行者・自転車感知センサの検出位置精度、検出率、及びシステムの信頼性について性能評価を行った。評価の判定基準は、UTMS協会では規格策定段階であるため、技術研究組合 走行支援道路システム開発機構の道路状況把握設備要件定義書⁽²⁾の「可視道路状況把握設備の性能」を適用した。

5.1 歩行者・自転車感知センサの検出位置精度

前述の要件定義書では、検出された対象物の位置は実際の位置に対して±1 m以下と規定されている。

検出位置精度は、事前に指定した25 m、30 m、40 m、50 mの各距離に静止した歩行者の位置を評価用映像から検出を行い、各距離での真値からの誤差分布により評価を行った。検出位置精度の測定結果を表1に示す。この結果から95%の確率で、検出位置精度が真値からの誤差が1 m以下に収まることを確認した。

5.2 歩行者・自転車感知センサの検出率

前述の要件定義書では、システムの検出率は実際の対象物

(注1) 複数のデータを、その類似度に基づいて分類すること。

表1. 平均誤差と標準偏差

Target position error and standard deviation

距離 (m)	25	30	40	50
平均誤差 (m)	0.08	0.10	0.51	0.05
標準偏差 (m)	0.22	0.20	0.29	0.30

表2. 評価映像

Evaluation images

評価対象	評価対象の詳細
実験場所	広島市中区大手町5丁目新明た橋東側
実験時期	2007年11月28日~11月30日
実験時間	7:49~8:25 11月30日
	11:30~12:57 11月28日
	15:04~16:09 11月29日
	16:30~17:01 11月28日
17:30~18:53 11月28日	
対象物総数	413件 (歩行者+自転車)

表3. 検出率の評価結果 (晴れ又は曇り)

Results of sensor detection rate in clear and cloudy conditions

対象物総数	正検出	未検出	検出率	誤検出
413件	394件	19件	95.4%	5件

数と比較して95%以上と規定されている。

検出率の性能評価は、評価範囲(30~40mの間)で対象交差点に接近又は停止している歩行者や自転車を対象物とし、以下の式で表現される値を用いた。

$$\text{検出率(\%)} = \frac{\text{正検出数}}{\text{対象物総数}} \times 100 \quad (1)$$

ここで、正検出は対象物が検出範囲に存在している時間の50%以上連続した時間で検出できた場合とし、対象物総数は人間が目視でカウントした真値である。

収集した画像のうち、朝、昼、夕、夜の歩行者の多い時刻を含む時間帯の画像を評価対象とした(表2)。

表2に示す時間帯の対象物検出率は、表3に示すように95%を実現できた。ここで、未検出は対象物を正検出できなかった場合、誤検出は対象物が検出範囲に存在しないにもかかわらず検出された場合とする。未検出の対象物のうち11件はほかの対象物に一部遮へいされた対象物で、システムが情報提供の基準とするもっとも手前の対象物は検出できており問題ない。

5.3 システムの信頼性

評価開始から11か月間安定稼働を継続中であり、安全運転支援サービスの提供で支障のないシステム信頼性を持つことを確認した。

6 あとがき

今回開発した歩行者・自転車感知センサを用いた出会い頭衝突防止支援システムの実証実験の結果から、DSSS用センサの性能規定を満たすことが確認された。歩行者・自転車感知センサについては、西日の影響を受ける夕方やサンプル数の少なかった雨天時の評価検証を行い、いっそうの性能向上と装置の小型化を行う予定である。また、この技術を用いて、出会い頭衝突防止支援以外のサービスへの展開を予定している。

このシステムの開発や普及促進によって、ドライバー、歩行者や自転車が安全で快適に利用できる道路環境を構築し、それにより見通し不良による事故が低減されることを期待する。

謝辞

今回の出会い頭衝突防止支援システムの実証実験にあたり、有益な助言をいただいた、警察庁、広島県警、広島県、(社)新交通管理システム、及びマツダ(株)の関係各位に深く感謝の意を表します。

文献

- (1) Kubota, S., et al. "A Global Optimization Algorithm for Real-Time On-Board Stereo Obstacle Detection Systems". Intelligent Vehicle 2007. Istanbul, 2007-6, IEEE, 2007, p.7-12.
- (2) 技術研究組合 走行支援道路システム開発機構. 道路状況把握設備 要件定義書. 資料番号: AHS-COM-D-B16-15, 2006, 175p.



中川 淳 NAKAGAWA Atsushi

社会システム社 社会システム事業部 道路システム技術部主務。
ITS関連の新規事業の創出及びエンジニアリング業務に従事。
Infrastructure Systems Div.



仲野 剛 NAKANO Tsuyoshi

自動車システム事業統括部 ドライビングアシスト技術開発部。
ITS画像処理システムの研究・開発に従事。
Driving Assist Technology Development Dept.



岡本 恭一 OKAMOTO Yasukazu

研究開発センター マルチメディアラボラトリー主任研究員。
画像処理の研究・開発に従事。情報処理学会会員。
Multimedia Lab.