

電波活用安全運転支援システム

Driving Safety Support Systems Utilizing ITS Radio System

谷口 裕一*

Yuichi Taniguchi

浦山 博史

Hirofumi Urayama

大田 利文

Toshifumi Oota

是枝 義輝

Yoshiteru Koreeda

小林 雅文

Masafumi Kobayashi

私達は、安全な交通社会の実現を目指し、ドライバーに安全運転支援情報を提供することで事故の削減を図るDSSS (Driving Safety Support Systems) の開発を実施してきた。これまでは、光ビーコンを活用したDSSSの実用化に注力し、2011年7月より運用開始された。現在は、光ビーコンでは対応できない動的情報の提供に対応可能な、電波を利用したDSSSの実用化に注力している。本稿では、電波を活用したDSSSが必要とする通信エリアやセンサー検出エリア等のシステム定義の検討状況や、それを踏まえた検証実験システムの構築、その検証実験結果について報告する。

We are striving to develop the Driving Safety Support System (DSSS) that aims to prevent accidents by providing drivers with necessary information for safe driving. We developed a DSSS with infrared (IR) beacons, which has been practically used since July 2011. Now, we have shifted our target to the development of a DSSS with an intelligent traffic system (ITS) radio system that can provide sensor data and other dynamic information that is not available with IR beacons. This paper describes the requirements for the DSSS with an ITS system, such as communication area and sensor detection area, and presents the result of a verification test.

キーワード：車両、インフラ、協調システム、安全、ITS用無線

1. 緒 言

我が国における交通事故者数は、2012年度も減少し4411人となったが、一方で高齢者が占める割合は、その約1/2となっており、その対策が急がれている。

私達は、安全な交通社会の実現を目指して、ドライバーに安全運転支援情報を提供することで事故の削減を図るDSSS (Driving Safety Support Systems) の開発を実施してきた。その成果により、2011年7月より、光ビーコンを利用したDSSSが運用開始された。

ここで、私達が実用化を目指しているDSSSのターゲットシステムを、表1に示す。これらは、事故分析結果に基づき、車両から見えない事象をインフラから提供することで事故削減が見込まれるシステムを導出した結果となっている。具体的には、単独事故等については車両の自律システムで対策が可能と分類されており、DSSSの対象は右直事故のような交差点での事故が中心となっている。

表1 Target systems of DSSS

No	Systems
1	Crossing Collision Prevention System
2	Crossing Pedestrians and Bicycles Collision Prevention System
3	Right-turn Collision Prevention System
4	Left-turn Collision Prevention System
5	Crossing Pedestrian Recognition Enhancement System
6	Rear-end Collision Prevention System
7	Signal Recognition Enhancement System
8	Stop Sign Recognition Enhancement System

表2 Information for DSSS

Info. Type	Name	Contents	System No
Static	Road Configuration Info.	Route Distance Connection Info.	1-8
	Traffic Signal Info.	Phase and Timing info.	3-5, 7
	Traffic Regulation Info.	Stop Sign Info.	8
	Vehicle Info. (Snap Shot)	Existence	1, 6
Dynamic	Vehicle Info.	Position, Speed, etc	1, 3, 4
	Pedestrian and Bicycle Info.	Position, Speed etc	2, 5

このうち、光ビーコンを利用したDSSSで実現されているのは、「1の一部」と「6, 7, 8」のみであった。それは、表2に示す各システムの実現に必要な情報のうち、光ビーコンで提供可能なのは、メディアの特性上、静的情報あるいはある時点でのスナップショットの情報に限られるためである。

残るシステムの実現には、動的情報の提供に対応する必要がある。それには、広いエリアで連続的な通信が可能な無線メディアの利用が必要と考え、ITS用無線システムの開発とそれを利用した実証実験として、まずは信号交差点での右折時の車両及び歩行者との衝突防止支援システム及び左折時の2輪車との衝突防止支援システムの検討を進めてきた。

本稿では、ITS無線システムを利用したDSSSの課題である、「通信エリアと通信品質」「センサーの検出エリアと検出精度」と、それらをベースとした「システムの有効

性」の検証実験結果のうち、特に私達が重点的に取り組んだ右折時衝突防止支援システムについて報告する。

2. 信号交差点でのDSSS

信号交差点でのDSSSの検証は、東京都中葛西一丁目交差点（東京都江戸川区）で実施してきた。そのシステム配置イメージを図1に、システム構成を図2に示す。ここでは、私達が特に重点的に取り組んだ、700MHz帯ITS無線^{*1}を利用した右折時衝突防止支援システムについて記載している。



図1 実験機器の配置（一部）

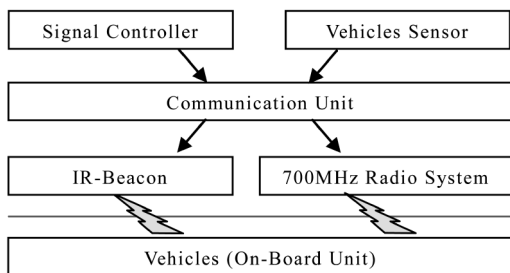


図2 実験システムの構成（一部）

ここで、信号交差点における右折時衝突防止支援システムの概要を説明する。本システムは、右折待ちをしている車両が安全に右折を開始することを支援するシステムである。具体的には、対向車線の右折待ち車両の影響で、直進車両が確認できない右折待ち車両に対し、センサーで検出した直進車両の位置/速度等を、700MHz帯ITS無線を利用して連続的に提供する。車載システムでは、これらの情報を利用して、安全に右折可能かを判断し、危険な状況で発車しようとした際に注意喚起を行う。

このシステムの成立性検証としては、「①電気通信特性評価（通信エリア）」「②センサー性能評価（検知エリア）」「③サービスアプリケーション評価」の実施が必要である。次項以降で、それぞれについて説明する。

2-1 電気通信特性評価（通信エリア）

右折時衝突防止支援システムで、必要とされる路車間通信エリアについて、以下のような考え方で導出した。

本システムのサービス対象範囲は、交差道路側端から30m上流地点（サービス上流端）から、右折先横断歩道を通り過ぎた地点（サービス下流端）までとした。その上で、路車間通信エリアは、その範囲でサービス提供準備ができていのに必要な通信エリアと定義した。具体的には、路車間通信エリアは、サービス対象範囲に加えて、サービス上流端より、サービス対象車両が「(規制速度 (=50km/h) + 10km/h) × 車載機処理時間 (1s)」で移動する距離分だけ上流側に広げたエリアとした（図3）。

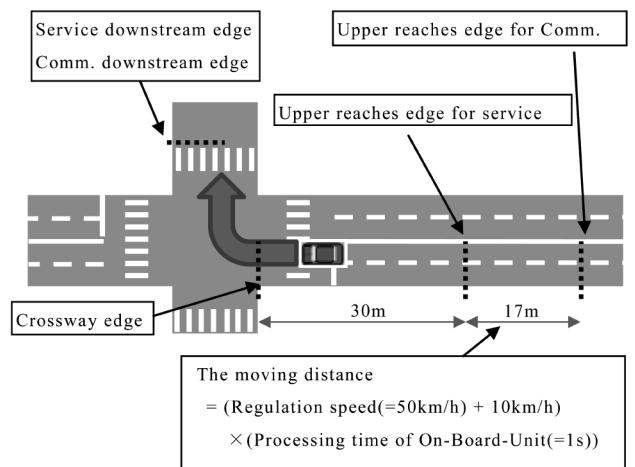


図3 路車間通信エリア（右折時衝突防止支援システム）

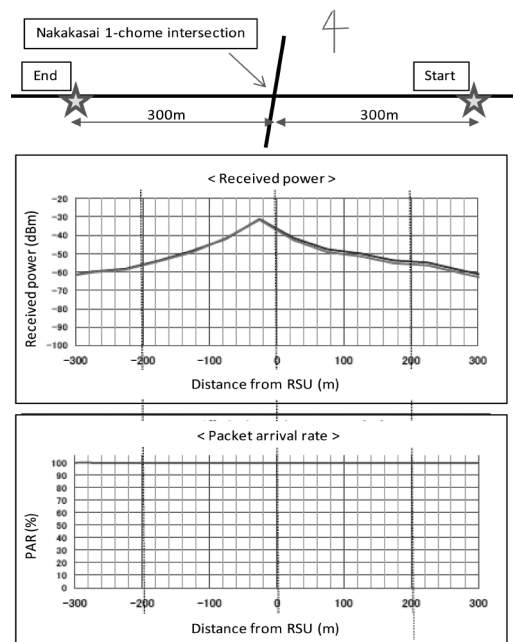


図4 路車間通信エリアの測定結果

その路車間通信エリアを確認した結果の一部を、**図4**に示す。700MHz帯ITS無線システムが設置された交差点を中心に、東西それぞれ200m以上の通信エリアでパケット到達率が100%であることが分かる。

2-2 センサー性能評価（検知エリア）

次に、センサー検知エリアの考え方を示す。サービス対象車両に対向する直進車を検知対象とし、その検知エリアは、検知下流端を衝突ポイントである交差点中心として、そこから上流に150m遡った地点を検知上流端とした。これは、直進車両を検出してから、サービス対象車両がサービスを提供するまでの遅延時間で、直進車両が移動する範囲から導出した。また、対象車線は、直進車線のみとし右折レーンは対象外とした（**図5**）。

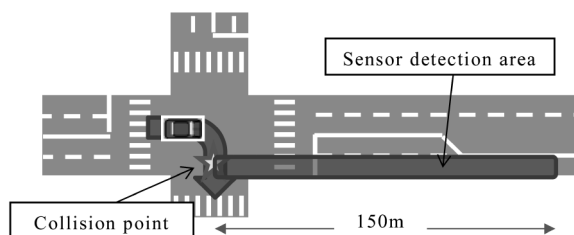


図5 センサー検知エリア

このセンサー検知エリアについて画像式車両感知器^{※2}での確認結果例を、**図6**、**7**に示す。この画像式車両感知器では、150mの検知エリアを2つのカメラで実現しており、**図6**が上流側、**図7**が下流側のカメラで撮影した画像となる。

2-3 サービスアプリケーション評価

右折時衝突防止支援システムのサービスフロー例を**図8**に示す。動作検証の結果、受信データ・ドライバーの操作等に基づき、想定通りにサービスが提供されることが確認できた。

また、システム遅延時間の影響についても検証した。今回、システム遅延時間は、自車の停止線までの距離をプロットしたデータと、ITS無線システムから受信したセンサーの検出結果をプロットしたデータを比較し、同じ地点を通過する際の時間誤差として求めた。なお、この値にはセンサーの検出誤差も含まれる。

今回利用した画像式車両感知器と700MHz帯ITS無線システムの組み合わせの場合、平均で300~400ms程度、最大で700ms程度の遅れがあることが分かった。また、カメラから遠いほどシステム遅延時間が大きくなっていることも分かった。これはカメラから遠いほど、センサーの位置検出誤差が、実際の車両位置よりも遠めに大きくなっている可能性が考えられる。

このシステム遅延時間の影響をシステム動作検証の中で

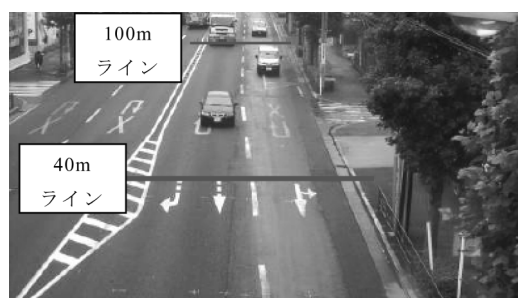


図6 上流側カメラで撮影した画像例



図7 下流側カメラで撮影した画像例

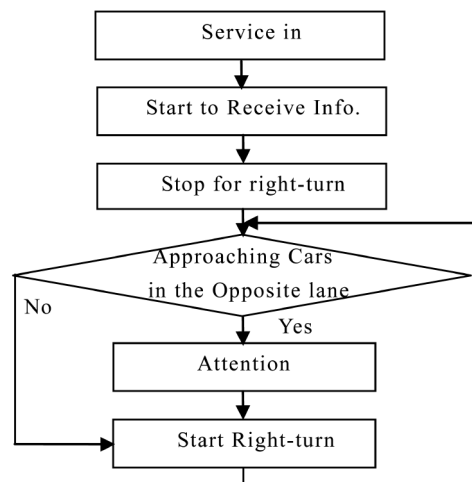


図8 サービスフロー例

確認し、特にサービス提供タイミング等に違和感を感じることは無かった。

2-4 システムの有効性検証

システム有効性については、アンケートを用いて評価した。アンケートは、「①注意喚起による意識の変化」「②システムに対する信頼性」「③サービスの有効性」の3つのポイントについて、4人の被験者を対象に実施された。

注意喚起による意識の変化についての結果を、**表3**に示す。

図から「注意しよう」というドライバーの意識を高める上で支援が有効であったと考えられ、「察しがつくから言わなくてもいい」という項目については全員がNoと回答していることから、既に分かっている対向車に対する注意喚起であっても一定の必要性を感じていると思われる。また、「情報が消えたらすぐ右折できる」との誤った判断をする被験者は一人も見受けられなかった。

表3 注意喚起による意識の変化

質問	回答(%)	
	Yes	No
注意しようという気持ちになった	100	0
察しがつくから不要と思った	0	100
情報が消えたらすぐ右折できると思った	0	100

システムに対する信頼性についての結果を、表4に示す。委任性、依存性が低いことはドライバーを過信させない上で必要であるが、今回の実験では信頼感の平均値も中間値以下であったことから、システムの信頼性が全体的に不足していた可能性がある。これはセンサーの検知漏れ、位置や速度の誤差等によって実際の交通状況と注意喚起のタイミングに不一致が発生する場合があったことが要因の一つとして考えられる。

表4 システムに対する信頼性

質問	選択肢	回答(平均値)
このシステムを信用できますか？	信頼感	3.00
次の行動判断をこの情報に任せられますか？	委任性	1.75
提供情報にさえ注意すれば事故を起こさないと考えますか？	依存性	1.00

サービスの有効性についての結果を、表5に示す。ほぼ全ての項目について、被験者から肯定的な回答が得られ、本実験システムによるサービスは概ね有効だったと考えられる。

表5 サービスの有効性

質問	選択肢	回答(平均値)
安全運転に役立つと思いますか？	役立ち度合い	4.00
情報は分かりやすかったですか？	分かりやすさ	3.75
注意すべき状況を理解できましたか？	状況の理解性	3.75

3. 考察

アンケート結果より、注意喚起による意識の変化については、期待される「注意しよう」というドライバーの意識を高める上で支援が有効であり、サービスの有効性についても、概ね肯定的な回答が得られたと考える。

一方で、センサーの検出モレや位置及び速度検出誤差の影響によって、提供される注意喚起と実際のシチュエーションとが一致しない場合が見られた結果、システムの信頼性については、基本性能は満足するものの、センサーの更なる精度向上が必要なことが明確となった。今後、センサー精度や注意喚起の手段、タイミングの改善が必要と考えている。

4. 結 言

信号交差点でのDSSSの実証実験結果については、機能的には問題無く動作することが確認できた一方で、システムの信頼性については、基本性能は満足するものの、センサーの更なる精度向上が必要なことが分かった。今後、センサー精度の向上に加え、注意喚起のタイミングや方法についての改善を継続する必要があると考える。

また、次のステップとして、無信号交差点でのDSSSの検討を開始している。従道路から主道路に合流する際の車両や歩行者等との出会い頭衝突防止を支援するシステムについて、現在実証実験システムを構築し、検証を実施中である。

5. 謝 辞

本論文は、警察庁及び警視庁のご指導の下、UTMS協会にて実施した活動をまとめたものである。技術検討や実験計画等について有益なご提案・ご助言をいただいた警察庁と警視庁、UTMS協会に感謝する。

用語集

※1 700MHz帯ITS無線
「安全」「環境」サービスの実現を目指し、地デジ化された際にITS用途向けに確保された、760MHzを中心とした10MHz幅の帯域を利用した無線システム。準拠する規格は「ARIB STD T-109」。

※2 画像式車両感知器
路上に設置されたカメラで撮影した車両の映像をリアルタイムに画像処理して、車両の位置や速度を計測する車両感知器。

参 考 文 献 -----

(1) UTMS協会、「2011年度活動報告書」(Jun. 2012)

執 筆 者 -----

谷口 裕一* : システム事業部 主席



大田 利文 : システム事業部 部長



小林 雅文 : システム事業部 主幹



浦山 博史 : インフォコミュニケーション・
社会システム研究開発センター
主査



是枝 義輝 : 住友電工システムソリューション(株)
主査



* 主執筆者