

特集：サステイナブル“Zoom-Zoom”

7

## インフラ協調安全運転支援システムの公道実証実験 Public Road Test of Vehicle-infrastructure Cooperative System for Driving Safety Support

岡崎 俊実<sup>\*1</sup> 藤原 由貴<sup>\*2</sup> 山田 直樹<sup>\*3</sup>  
Toshimi Okazaki Yoshitaka Fujihara Naoki Yamada  
山田 秀行<sup>\*4</sup> 山崎 慎也<sup>\*5</sup> 石橋 基範<sup>\*6</sup>  
Hideyuki Yamada Shinya Yamasaki Motonori Ishibashi

### 要 約

内閣総理大臣を本部長とするIT戦略本部において、世界一安全な道路交通社会の実現に向けたインフラ協調安全運転支援システムの推進が2006年1月にIT新改革戦略として定められた。この戦略を踏まえ、インフラ協調安全運転支援システムの実用化を加速するために、国内の特定地域での官民連携による大規模公道実証実験の2008年度の実施が計画された。我々は広島地区において、2007年度から2008年度にかけて（社）新交通管理システム協会（UTMS協会）および広島地区ITS公道実証実験連絡協議会と共同で、広島地区の特徴的な道路交通状況を踏まえた公道実証実験を実施した。本稿では、開発したインフラシステムおよび車載システムの概要と、2007年度の実験結果について報告する。

### Summary

The IT Strategy Headquarters (Chief: Prime Minister) decided on a policy in January 2006 regarding the promotion of the vehicle-infrastructure cooperative system for driving safety support as New IT Reform Strategy, aiming to realize the safest road environment in the world. On the basis of this strategy, large-scale public road tests of the vehicle-infrastructure cooperative system for driving safety support have been planned for fiscal 2008 in several special regions of Japan under the cooperation between the public and private sectors, so as to accelerate the process toward its practical use. We, jointly with Universal Traffic Management Society (UTMS) and Hiroshima ITS public road test consortium, have implemented public road tests in Hiroshima from fiscal 2007 to 2008, based on the typical road environment of Hiroshima area. This paper describes an overview of the infrastructure systems and on-board systems we have developed and the experimental results in fiscal 2007.

### 1. はじめに

IT新改革戦略を踏まえて、世界一安全な道路交通社会の実現に向けて、インフラ協調安全運転支援システム等の開発／実用化を官民統一した方針に基づいて進めるべく、ITS推進協議会が設置された。その協議会は関係省庁、産業界を代表するメンバで構成されており、2007年度に「ITS-Safety2010 / 2008年大規模実証実験実施計画」を取りまとめた。大規模実証実験は、東京都で実施される合同実証実験と広島、愛知、神奈川、栃木、大阪での地域実証実験から構成されている。合同実証実験では、統一仕様に近い車載機を用いて、インフラが異なるサービスのシームレ

ス化の検証や異なるメーカー間の互換性確認、アプリケーションの効果／受容性の検証を行うとともに、国民への周知を目的としている。一方、地域実証実験は、各地域の特性を考慮した実験と、より高度なシステムの検証を目的としている。マツダは広島地区において、（社）新交通管理システム協会（UTMS協会）、広島地区ITS公道実証実験連絡協議会と共同で、2007年度はシステム設計と検証、専用実験車両を用いた被験者実験を実施した。2008年度は8月から2009年2月末まで約50台の一般車両に車載機を搭載し、モニタ実験を実施した。本稿では、広島地区で検証を行ったインフラ協調システムの紹介と、2007年度の専用実験車両による被験者実験の結果について述べる。

\*1～6 技術研究所  
Technical Research Center

## 2. インフラ協調安全運転支援システム

### 2.1 システム概要

インフラ協調システムは、車両からは直接見えない範囲の交通事故に対処するために、車両が路側に設置したセンサや交通管制機器との無線通信により情報を入手し、必要に応じて運転者に情報提供、注意喚起等を行うシステムである。本実証実験で検証するシステムの基本構成をFig.1に示す。

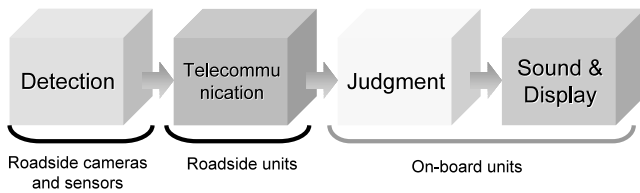


Fig.1 Basic Configuration of the System

### 2.2 運転支援システムの支援レベル

Table 1に運転支援システムのレベルを比較したものを示す。今回の実証実験ではインフラ側で危険度を判定せず、車両側で周辺交通の動的変化と自車挙動やドライバの操作から危険度を判定し注意喚起を行うレベルで、従来の情報提供型であるレベルに比べて大きな支援効果が期待できる。

Table 1 Support Levels of Driving Assist

| Support level           | Explanation  | Functions of on-board unit   |
|-------------------------|--|--|
| I Information Provision | <ul style="list-style-type: none"> <li>Vehicle provides the information from roadside system without any processing.</li> <li>Vehicle doesn't judge the risk.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Receive the information</li> <li>Display and sound the information</li> </ul>   |
| II Reminder             | <ul style="list-style-type: none"> <li>Vehicle judge the risks calculated from the information of roadside sensors and vehicle behavior.</li> </ul>                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>Receive the information</li> <li>Measure vehicle behaviors and judge the risk</li> <li>Display and sound the information</li> </ul> |

## 3. 広島地区公道実証実験

### 3.1 交通状況

広島市周辺は以下のような特徴的な道路交通状況がある。

- ・デルタ地帯で橋梁が多数あり、いわゆる太鼓橋では前方の渋滞状況が確認しづらい
- ・路面電車と自動車とが共存しており、交通が錯綜している

広島地区ではこのような状況を踏まえた特徴のある交差点での事故（右直事故，出会い頭事故，追突事故）の低減を狙ったシステムを検証することを目的とした。

### 3.2 インフラ協調システムの考え方

レベルの支援を有効に機能させるためには、車両の走行状態と運転操作を正確に判定し、適切なタイミングでドライバに伝えることが重要である。そのためには正確な自

車位置の計測や道路関連情報の獲得、および路側センサが検知した動的な情報がリアルタイムに車両に伝達される必要がある。本実験では、固定情報の伝達と位置標定には光ビーコンを、動的情報のリアルタイム通信にはDSRC (Dedicated Short Range Communication: 専用狭域通信) を用いたシステムを検証した (Fig.2)。

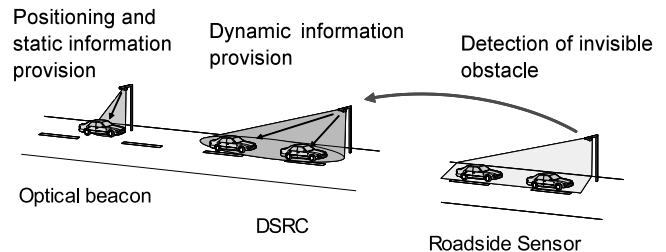


Fig.2 Optical Beacon and DSRC Combination System

### 3.3 実証実験インフラシステム

広島県内の事故多発交差点と事故態様を調査し、広島市中心部の新明治橋東詰交差点，新明治橋～住吉町交差点，平野橋東交差点，および西広島バイパス観音高架橋を抽出した。それぞれについて事故実態と要因を踏まえてシステムの機能を定義し、それに基づいてインフラ機器の設計，設置を実施した。

(1) 出会い頭衝突防止支援システム（広島市中区：新明治橋東詰交差点）

#### a) システム概要

Fig.3に示すような幹線道路（国道2号）に合流する信号のない交差点において、交差点に接近する車両に対して一時停止規制情報の提供と、交差点での合流時に左方向から接近する自転車や歩行者の存在をインフラにより伝達し、衝突防止を支援する。

#### b) 実験機器

インフラ機器は主に光ビーコン，DSRC，自転車・歩行者検出センサで構成される。Fig.4には実際の公道上に設置した機器を示す。

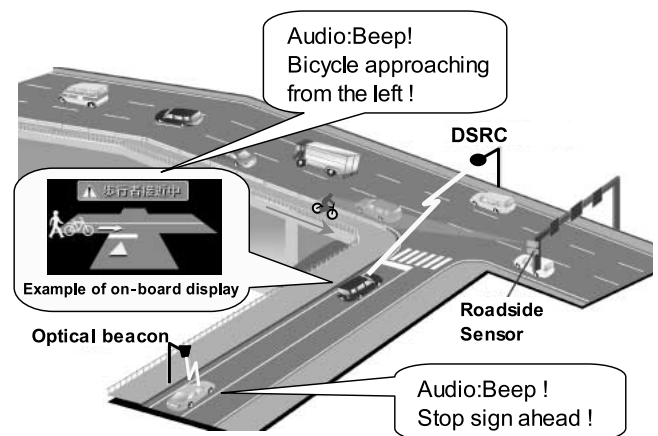


Fig.3 Support System to Prevent Crossing Collisions

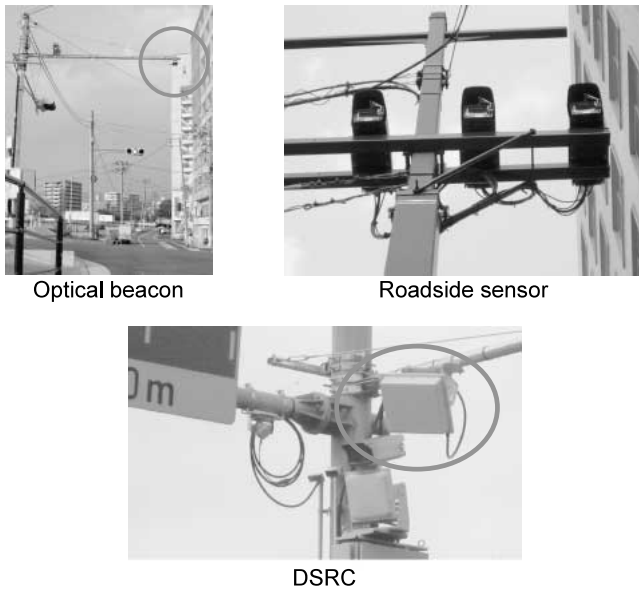


Fig.4 Roadside Units Equipped on the Public Road

(2) 信号待ち車両追突防止支援システム (広島市中区：新明治橋～住吉町交差点)

a) システム概要

Fig.5に示すアーチ型の橋梁に起因した見通し不良の交差点に滞留する停止・低速車両の存在情報および信号現示情報を路側通信機により事前に車両に伝達し、追突事故防止を支援する。

b) 実験機器

実験機器は、滞留車両群の長さを検知する画像式車両検知機、光ビーコン、DSRCで構成される。

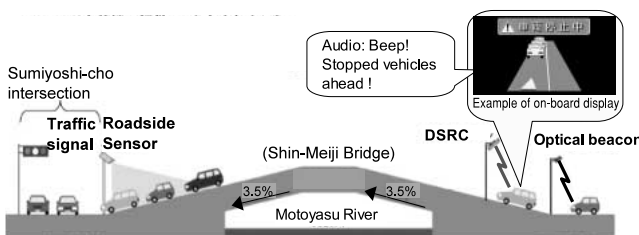


Fig.5 Support System to Prevent Rear-end Collision

(3) 右折時衝突防止支援システム (広島市南区：平野橋東交差点)

a) システム概要

Fig.6に示すような路面電車の軌道を有する大交差点における右折待ち車両に対して、路面電車や対向車両の接近情報、および右折後の横断歩道付近の歩行者・自転車の存在情報を伝達する。これらを適切なタイミングでドライバーに情報提供することで、交差点入り口と交差点出口の広範囲な安全確認を同時に行うことができ、ドライバーの負担軽減と右折時の事故防止が図れる。

b) 実験機器

実験機器は、対向直進してくる車両を位置・速度を検出する車両検知センサ、横断歩道や待機エリアに存在する歩行者や自転車の存在を検知する歩行者センサ、後方から接近する路面電車を検知するセンサ、光ビーコン、DSRCで構成される。

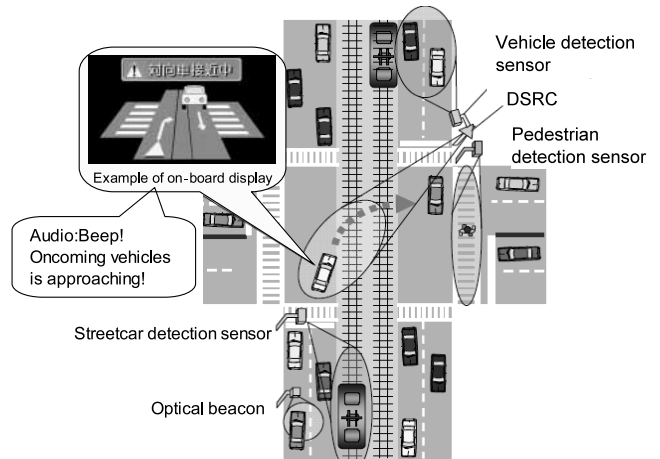


Fig.6 Support System to Prevent Right-turn Collision

(4) 渋滞末尾追突防止支援システム (国道2号観音高架橋)

a) システム概要

Fig.7に示すような渋滞が多発する見通しの悪い単路において、カーブ先の死角に滞留する渋滞車両をインフラセンサが検出し、接近する車両に情報を伝達する。車両ではその情報と自車挙動に基づき危険を判定してドライバーに注意を喚起する。

b) 実験機器

機器は、渋滞車列の長さを計測する赤外線カメラ、光ビーコン、DSRCから構成される。

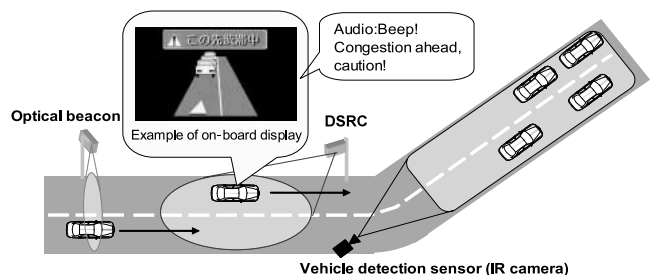


Fig.7 Support System to Prevent Rear-end Collision on Congestion Ahead

3.4 車載システム

車載システムの構成をFig.8に、専用実験車と搭載機器の外観をFig.9に示す。システムは、DSRC車載機、光ビーコンユニット、車載コントローラ、ディスプレイ、スピーカ、車載センサで構成される。DSRC車載機、光ビーコンユニ

ットで受信したデータを、車載コントローラが受け取る。車載コントローラは各サービスの判断アルゴリズムを格納しており、光ビーコン通過時に認識したサービスIDをもとに、所定の判断アルゴリズムを起動させる。判断アルゴリズムは、路側インフラからのデータ、および車載センサからの車両状態量をもとに必要性和タイミングを判断し、画像と音声でドライバへ注意喚起を行う。

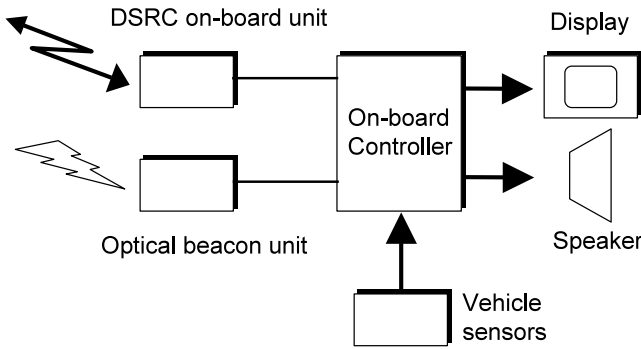


Fig.8 Block Diagram of on-board System



Fig.9 Test Vehicle and on-board Units Appearance

#### 4. 2007年度被験者実験結果

##### 4.1 実験概要

支援システムの事故防止に対する有効性の評価は、注意喚起によってドライバの運転行動がどう変化するかを車載センサと走行画像から定量的に計測する客観評価と、アンケートによる主観評価の二つの方法で行った。

運転行動の変化での評価は、まずシステムによる支援がない状態でのドライバの運転行動データや周辺の交通状況データを計測し、その後、システムによる支援がある状態での運転行動データ、交通状況データを計測する。システムからの支援がない状態では、ドライバへの画面表示や音声メッセージの出力を行わないだけで、システム内部では支援情報を提供するか否かを判断するアルゴリズムは作動している。収集したデータの中から、周辺交通の影響による運転行動データを排除したうえで、支援がない状態とある状態でのデータのうち、システムの判断アルゴリズムが支援情報の提供を行うと判断したデータのみを比較し、「システムがドライバに期待する規範的行動」や、「副次的

に期待される運転行動」について定量的に評価した。

「規範的行動」とは、支援サービスの導入目的や法令順守の視点から、ドライバに確実に求める行動であり、具体的には、一時停止支援であれば「一時停止線の手前で確実に一時停止する」である。一方「副次的な期待行動」とは、リスクの低下に繋がるような慎重な行動のことを指し、一時停止支援であれば「アクセルを早く緩めるようになる」などである。

質問紙を用いたシステムの主観評価は、各被験者ドライバが運転後にアンケート用紙に記入する形式で実施した。

ドライバの運転行動データの収集は、3台の実験車を用い、被験者はシステムの開発に直接関わっていないマツダ社員31名（男性30名、女性1名）である。

##### 4.2 運転行動の変化による分析

###### (1) 出会い頭衝突防止支援システムによる運転行動の変化

###### a) 一時停止見落とし防止支援

一時停止見落とし防止の支援がない状態とある状態での、被験者ごとの停止線手前の運転行動をFig.10に示す。停止している先行車が存在する場合など、解析に無効なデータは除外している。

支援がない状態では一時停止をしない被験者が65%いたが、その一時停止しない被験者のうち82%の被験者は支援がある状態では一時停止を行うようになっており、一時停止見落とし防止支援により8割以上の被験者で運転行動が望ましい行動（規範的行動）に変化した。

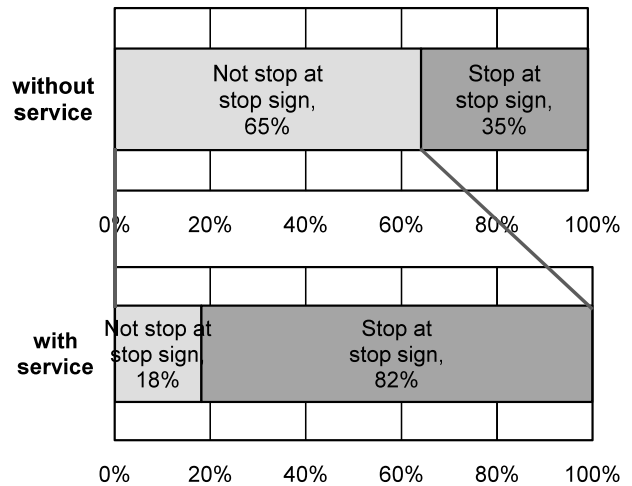


Fig.10 Change in Driver's Stop Behavior

###### b) 交差点合流時の発進時支援

出会い頭衝突防止支援（発進時支援）がない状態とある状態で、全被験者のデータのうち一時停止中に歩行者・自転車が接近し、歩行者・自転車の接近情報の提供がなされる場面において、一時停止を維持した割合をFig.11に示す。

支援なしのとき、歩行者・自転車接近時に一時停止を継続した割合が20%であったのに対して、支援ありのときに

一時停止を継続した割合が56%と増加した。これは出会い頭衝突防止支援システムが、歩行者・自転車接近時に一時停止を継続し、安全確認を行うといったドライバーの確認行動に影響を与えたことを示している。

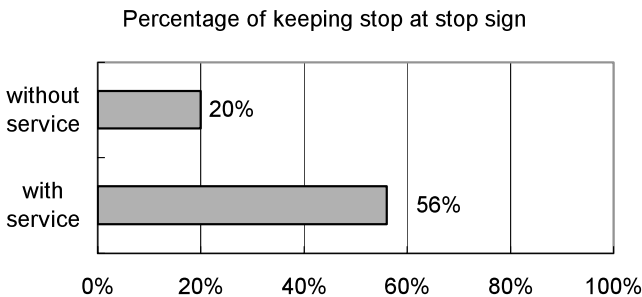


Fig.11 Change in Driver's Start Behavior

(2) 信号待ち車両追突防止支援システムによる運転行動変化

支援がない状態とある状態で、解析対象区間の始点と終点における被験者ごとの速度差をFig.12に示す。解析対象区間の始点とは、支援情報が提供された地点を指し、終点とはアーチ型の橋梁の頂上部、つまりドライバーが前方の状態を直接目視確認できる地点のことである。

支援がない状態では解析区間で減速していない被験者が80%いるが、そのうちの63%の被験者は支援がある状態では始点より終点で速度が低くなっており、追突防止支援により運転行動が望ましい行動に変化した。

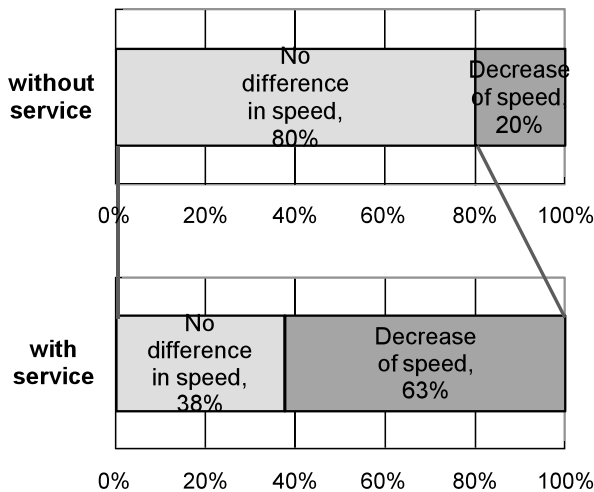


Fig.12 Change in Speed through the Information Provision

(3) 右折時衝突防止支援システムによる運転行動の変化

右折時衝突防止支援がない状態とある状態での運転行動に関しては、今回収集したデータでは差が見られなかった。この理由は、本支援システムは対向直進車が接近している状況や右折先の横断歩行者がいる状況で右折を行う際に運転行動が安全よりに変化することが目的であるが、2007年度の実験では支援のあるなしに関わらず、いずれの被験者

も右折矢印信号が表示されてからや対向直進車がまったくいない状況で右折を行っていたためである。ただし、2008年度の一般車両によるモニタ実験では支援がない状態において対向直進車が接近中に右折を開始している被験者が複数いるため、2008年度の実験結果を分析することで運転行動の変化を明らかにする。

(4) 渋滞末尾追突防止支援システムによる運転行動の変化

本システムは2008年にインフラ機器の設置、運用を開始した。2008年度の実験結果を分析することで運転行動の変化を明らかにしていく。

4.3 ドライバへのアンケート結果

ドライバーの安全運転を支援することがシステムの第一目的であるが、システムによる情報提供がドライバーにとって理解しづらいものであれば効果を発揮できない。そこで実験に参加した被験者に対し、各支援システムで提供された情報の意味が正しく理解できていたか、情報提供タイミングは適切であったか、情報提供を煩わしく感じたかなどヒューマン・マシン・インタフェースの適切さを評価するアンケートを実施した。

これらのアンケート結果例をFig.13からFig.16に示す。

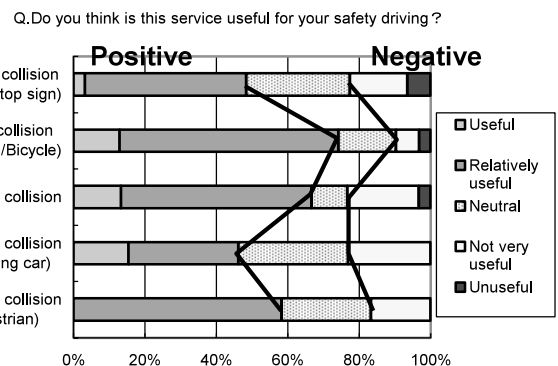


Fig.13 Query Result "Useful for Safety Driving"

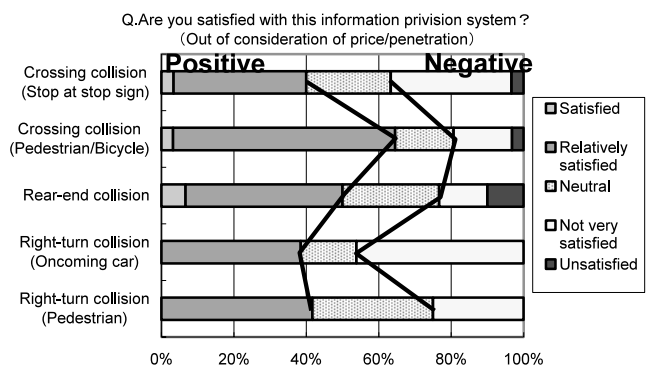


Fig.14 Query Result "Satisfaction"

アンケートの結果から、本支援システムはドライバーにとって安全運転に役立つと好意的に思われている割合が多いが、今回の実験で体感した情報提供は各ドライバーにとって十分満足できるレベルではないことが分かった(Fig.13, 14)。

この理由の一つとして情報が提供されるタイミングがドライバにとって適切でないということが考えられる。この提供タイミングについて聞いた質問では、一時停止支援は約半数が早いという回答であり、右折対向車との衝突防止支援では約半数が遅いという回答であった (Fig.15)。支援内容や周囲の交通環境の違いにより、ドライバにとってより適切な提供タイミングを設定していく必要があることがわかった。この結果は2008年度の一般モニタ実験に反映し、情報提供の最適なタイミングについて更に検討を進めている。また、情報提供の煩わしさについての質問では、初めて情報を提供された時点で煩わしいと感じた人が約40%であったのに対し、3回から5回情報提供を体験した後では約67%が煩わしく感じるようになったと回答している。これらの結果を踏まえてドライバにとって理解しやすいが煩わしくない情報の提供方法について、様々なヒューマンインターフェースで検討を進めている (Fig.16)

2008年度のモニタ実験は、2007年度の実験に比べ実験期間が長期間であるため、支援システムを長期使用することによる煩わしさや慣れ、提供される情報やシステムへの過信についての詳細な調査を実施している。

### 5. おわりに

インフラ協調安全運転支援システムの開発は、2010年からの運用開始に向けて、各地域や各企業・団体の実証実験の結果が反映されて加速していくと思われる。広島地区での実証実験では、2007年度はシステムの支援によりドライバが自ら望ましい運転行動をとるようになることを明らかにし、システムの有効性が確認できた。2008年度のモニタ実験では、情報提供方法の改善や支援システムを長期間使用することによる慣れや煩わしさ、システムへの過信や依存を詳細に分析し、実用化に向けた技術開発に生かしている。今後はインフラからの情報だけでなく、車両搭載の環境認識センサの情報や地理情報を総合的に判断することで、より高度でお客様にとって価値の高い安全運転支援を実現するシステムを開発していく所存である。

#### 著者



岡崎俊実



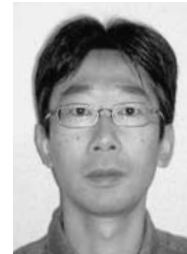
藤原由貴



山田直樹



山田秀行



山崎慎也



石橋基範

Q.Information provision timing

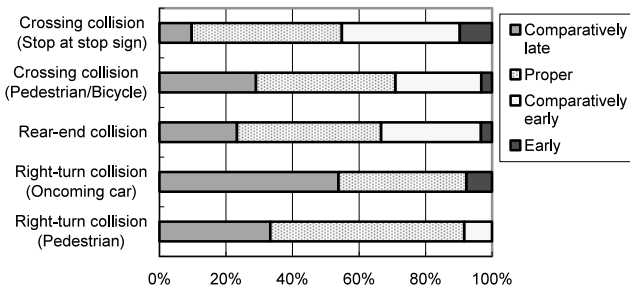


Fig.15 Query Result “ Information Provision Timing ”

Q.When you received the stop information, Did you feel it was annoying ?

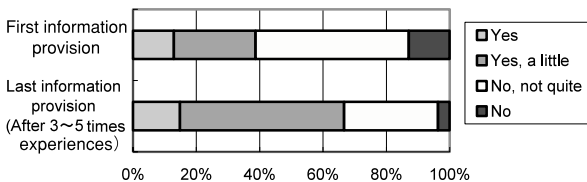


Fig.16 Query Result “ Annoyance of the Information ”