

Honda 運転支援システムの紹介

— 一般道路インフラを用いた公道実証実験(DSSS) —

Introduction of Honda Driving Support System

– Field Operation Test (FOT) with Road Infrastructure Systems

(Driving Safety Support System: DSSS) –

猪野 由里子*
Yuriko INO

藤巻 朋*
Tomo FUJIMAKI

浅沼 信吉*
Nobuyoshi ASANUMA

要 旨

Honda は、社団法人新交通管理システム協会(UTMS 協会)の安全運転支援システム(DSSS)へ参画し、交通事故実態の分析結果に照らして次の2課題に取り組む、実証実験車を製作し研究を推進した。相手車両が見えにくい事象(工作物、トラック、バスなど遮蔽物による)への対応、および交通弱者、特に自動二輪車への対応に焦点を合わせた。

研究に際しては道路インフラ技術(道路側に設置したセンサからの情報)を取り入れ、公道における効果検証をおこなった結果、事故低減効果が期待できることがわかった。

ABSTRACT

Honda has been taking part in the Driving Safety Support System (DSSS) of the Universal Traffic Management Society of Japan (UTMS Society). Based on an analysis of traffic collisions, Honda has engaged in the two issues below by developing an operation test vehicle and promoting research.

- Dealing with conditions where the counterpart vehicle is not readily visible (due to structures, trucks, buses, or other such shielding obstructions)
- Dealing with motorcycles as vulnerable parties in traffic

The research has involved the application of road infrastructure technology (use of information from sensors installed at the roadside) and effect verification on public roadways. The results indicate that this approach can be expected to effectively reduce collisions.

1. まえがき

わが国における交通事故発生状況は、依然として大きな社会問題として取り上げられている。このような背景から、2006年1月に政府が発表した「IT新改革戦略」によると、世界一安全な道路交通社会を目指し、2012年末までに交通事故死者数を5000人以下にするという目標が掲げられた。それに伴い、関係省庁は民間企業と連携し、ITを活用した安全運転支援システムの構築、実証実験、効果検証、および事故削減への寄与度についての定量的な評価をおこなう。UTMS 協会では、警察庁監修のもとに路車間通信技術を取り入れた安全運転支援システムの研究を推進し、4地域(栃

木県、愛知県、神奈川県、広島県)において実証実験を実施している^{(1), (2)}。

Honda は、2007年度に栃木県宇都宮市において、公道実証実験を実施した。特に、自動二輪車の被視認性の向上を図るシステム仕様を策定し、実車適合性を図り、実用化を目指した研究をおこなった。

本稿では、交通事故背景、システム構成、路車間通信技術、公開デモンストレーション、および交通事故低減効果の効果評価経過について紹介する。

また、2008 年度には東京において大規模実証実験(内閣官房主催)が計画されており、警察庁、総務省、経済産業省、国土交通省、民間企業連携の実証実験が予定されている。

*四輪開発センター

2. 背景

事故統計データ(ITARDA)による交通事故類型の構成比 (Fig. 1)に示すように、車両相互の死亡事故においては出会い頭が最多で17%、人身事故では追突が最多で32%という割合を占める。左折巻き込み、右直(右折車両と直進車両の事故)などの交差点系事故も多い。さらに、Fig. 2に、車両相互かつ被害側が自動二輪車である事故の構成比率を示す。死亡事故、人身事故ともに出会い頭が最多であり、左折巻き込み、右直事故も合わせると全体の60%以上を占めている。また、Fig. 3に示す右直事故における相手車両別の人的要因によると、相手車両が二輪車の事故では、安全確認なし、あるいは安全確認が不十分なケースが全体の80%を占めてい

ることがわかった。すなわち四輪車ドライバ側の認知ミスが主要因である。なお、被害側のライダーにも予知予測の経験不足や誤認があると推測される。

このような事故背景から、四輪車、二輪車ともにお互いの存在情報を提供することにより、認知ミス誘発を抑制でき、事故を未然に防ぐことができると推測される。

四輪車ドライバ側の原因である認知ミスには、次のような要因が考えられる⁽³⁾。

- (1) 二輪車の外形が小さいため、二輪車との距離や接近速度をドライバが見誤る。
- (2) 二輪車の外形が小さいために周囲の車両や背景に埋没し、ドライバが見落とす。

これらの要因に対策を施すことにより、二輪車の発見が

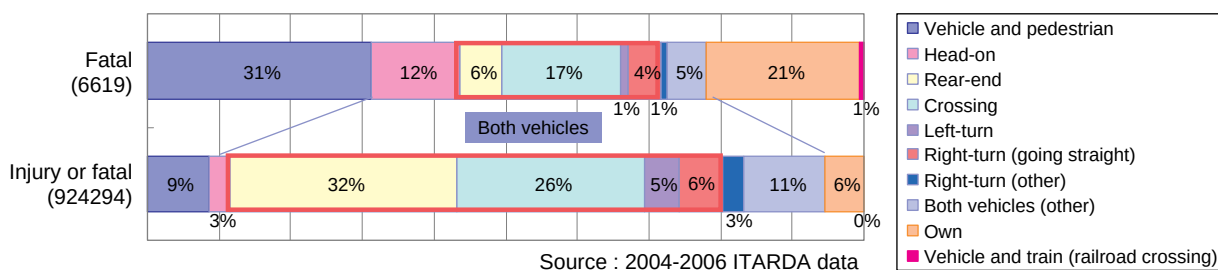


Fig. 1 Traffic collision occurrence rate classified by collision type

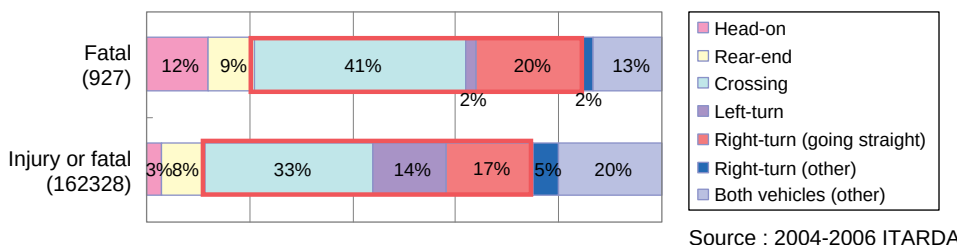


Fig. 2 Traffic collision occurrence rate classified by collision type (vehicle and motorcycle)

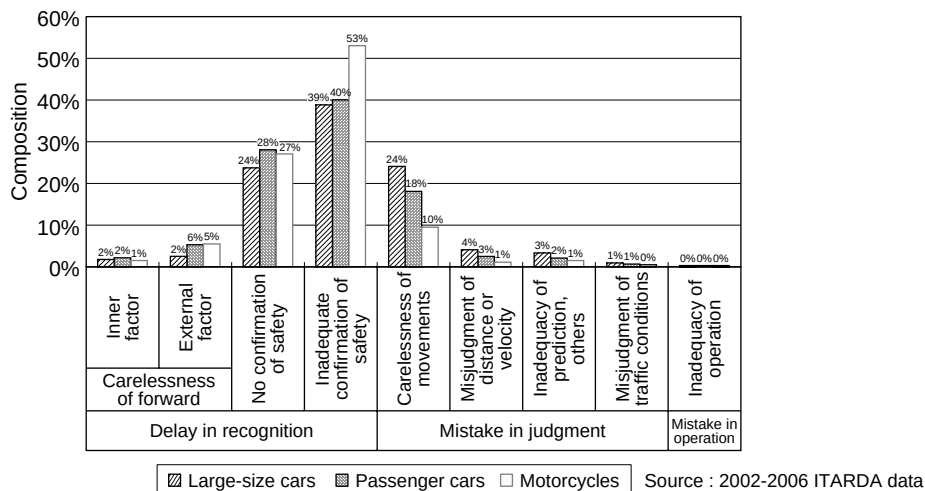


Fig. 3 Human factors in right-turn collision

可能となり、距離や接近速度見誤りが少なくなることが期待できる。

以上の事故背景、および他地域 DSSS との差別化を考慮し、Honda DSSS では、追突防止システム、接近二輪車の存在情報を提供する左折巻き込み防止システム、右直事故防止システムの実証実験をおこなった。

3. システムの構築

光ビーコンと狭域通信システム(Dedicated Short Range Communication : DSRC)を連携した路車間通信システムを構築した。

3.1. 路車間通信システム

Fig. 4 にシステム構成図、Fig. 5 に実験車両を示す。

3.1.1. 路側処理

画像センサで対象エリアに存在する車両を検知し、二輪車、四輪車の区別をおこない、位置や速度情報とともにDSSS中央装置へ送信する。車両情報は、DSSS中央装置を経てDSRC路側機から車両のDSRCアンテナへ100 msec周期で送信される。併せて、信号機からリアルタイムに取得した信号現示情報も送信する。

光ビーコン路側機では、通過した車両の光ビーコン受信機へ該当する車線情報を送信する。

3.1.2. 車載機

車載機では、光ビーコン路側機から送られた車線情報をもとに車載機で位置評定をおこなう。次に、DSRC路側機から受信した情報と自車両の状態をもとに衝突可能性を判

断し、信号現示情報が青色である時のみ、ドライバーに対して相手車両の存在情報を提供する。

3.2. 機器仕様

本システムで使用した機器仕様は以下のとおりである。

(1) 光ビーコン

- ・通信方式：近赤外線光通信
- ・波長：850 ± 50 nm
- ・伝送速度：ダウンリンク 1024 kbps, アップリンク 64 kbps
- ・通信範囲：縦方向約 3.7 m, 横方向約 3.5 m

(2) DSRC

- ・キャリア周波数：5.8 GHz
- ・伝送速度：1024 kbps または 4096 kbps
- ・変調方式：QPSK
- ・通信周期：100 msec



Fig. 5 Honda DSSS FOT cars

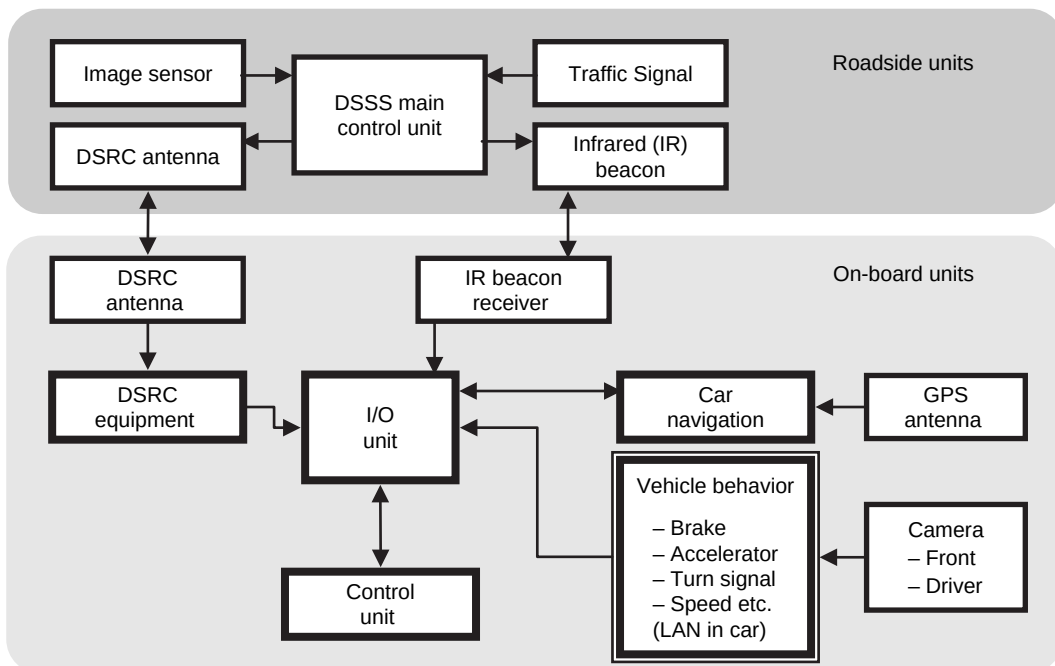


Fig. 4 System configuration

画像センサには、時空間 Markov Random Filed(MRF)モデル技術⁽⁴⁾に基づき開発されたセンサを使用した。時空間 MRF モデルは、移動物体の種類、向き、動き、重なり(オクルージョン)に依存せず、安定して高精度な追跡が可能であり、二輪車と四輪車の判別も可能である。Fig. 6にセンシングのイメージを示す。四角枠で囲まれた車両が、個体車両として認識されていることを示す。

3.3. 追突防止システム

3.3.1. システム概要

Fig. 7 に、見通しの悪い道路における追突防止システムを示す。停止車両の存在情報をインフラ機器により伝達して事故を防止する。見通しの悪いクレスト(起伏の大きいところ)かつ、カーブしているところを対象とし、認知、判断誤りを補うことで漫然運転による交通事故防止をねらう。

追突防止システムでは、路側に設置した画像センサで渋滞末尾を検知し、DSSS中央装置と光ビーコンを通して渋滞有無情報を車載機へ送信する。渋滞末尾がある時に、ドライバに対しナビゲーション画面表示と音声にて注意喚起する。音声では「この先渋滞、追突注意」と注意を促す。

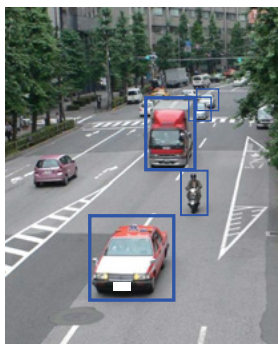


Fig. 6 Image of sensing by MRF model

3.3.2. システム設置条件

追突防止システムにおける光ビーコンの設置位置 L_l (m) は、光ビーコンから渋滞末尾までの道程距離とし、式(1)により算出する。

$$L_l = V^2 / 2a + (T_p + T_d) V \quad (1)$$

なお、以下に示すパラメータを本システムの前提条件とした。

- ・速度 V : 13.9 m/s(50 km/h)
- ・減速度 a : 0.3 G(G : 重力加速度, 1.0 G = 9.8 m/s²)
- ・インフラ機器+車載機処理時間 T_p : 2.0 秒
- ・運転者反応時間 T_d : 2.0 秒

3.4. 左折巻き込み防止システム, 右直事故防止システム

3.4.1. 左折巻き込み防止システム概要

Fig. 8 に、信号機のある交差点における左折巻き込み防止システムを示す。左折する際に見えにくい後方(死角)の車両情報を伝達して事故を防止する。後方車の目視が難しい路側レーン交差点を対象とし、死角に存在する自動二輪車の情報を補うことで運転事故防止をねらう。

Fig. 9 に左折巻き込み防止システムの判断ロジックの流れを示す。路側に設置した画像センサで後方自動二輪車を検知し、DSSS 中央装置と DSRC を通して自動二輪車の存在情報を車載機へ送信する。光ビーコンからは車線情報を送信し、位置評定に使用する。車載機では、送信された相手車両情報と車内LANから得た自車両の位置、速度情報を元に Time To Collision(TTC)を算出し、信号現示が青色かつ自車両に左折ターンシグナルが出ている場合に、ドライバに対しナビゲーション画面表示と音声にて注意喚起する。音声では「二輪車があります。注意して左折してください」と注意を促す。

3.4.2. 右直事故防止システム概要

Fig. 10 には、信号機のある交差点における右直事故防止

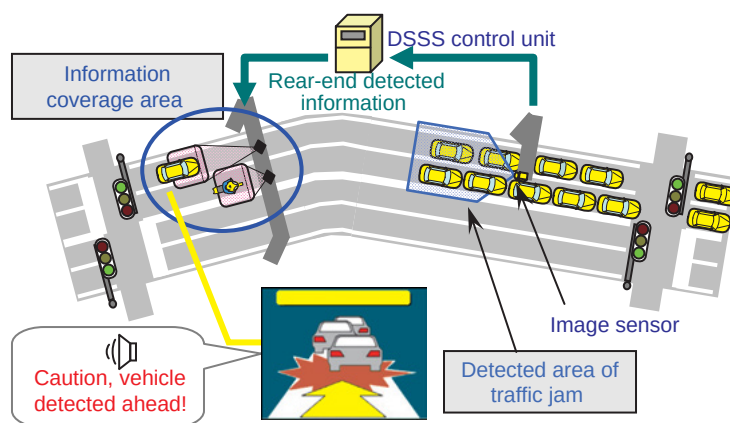


Fig. 7 Rear-end collision avoidance information service

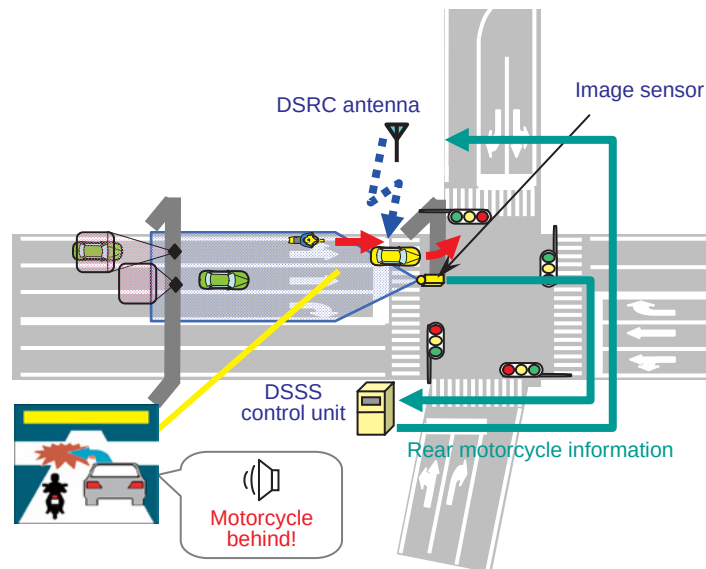


Fig. 8 Left-turn collision avoidance information service

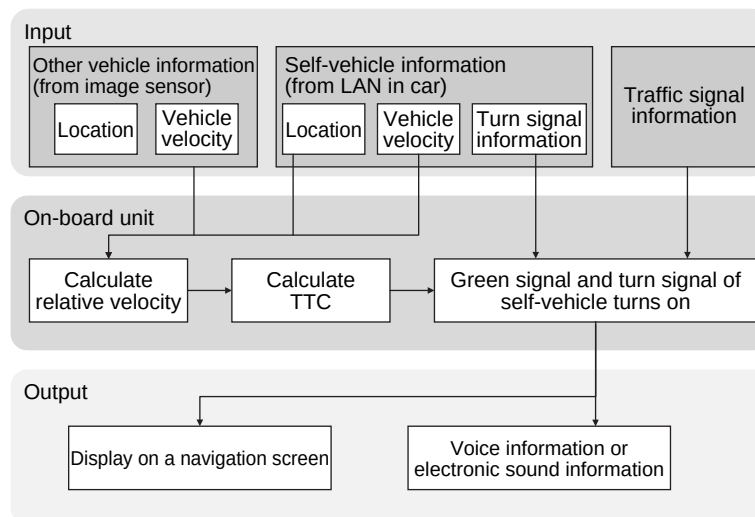


Fig. 9 Algorithm for determination (left-turn and right-turn collision)

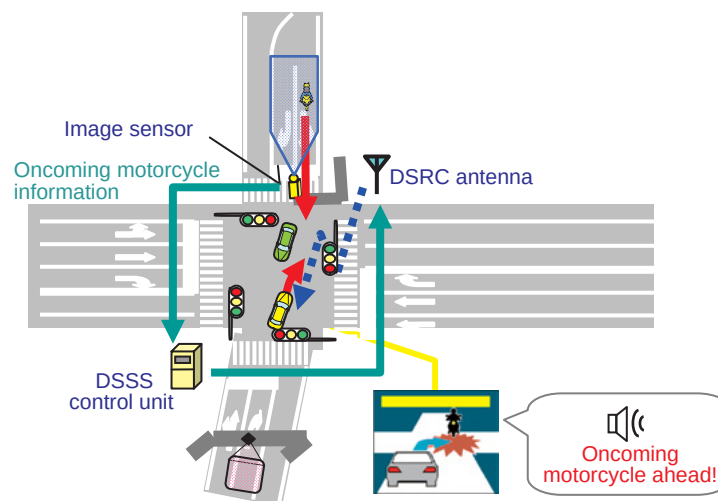


Fig. 10 Right-turn collision avoidance information service

システムを示す。右折する際に見えにくいスポットにいる対向車両の情報を伝達して事故を防止する。対向直進車の目視が難しい右折専用レーン交差点を対象とし、自動二輪車の速度、距離の見誤りを補うことで運転事故防止をねらう。

右直事故防止システムにおいても、3.4.1項に示した左折巻き込み防止システムと同様の路側処理をおこなっている(Fig. 9)。車載機では、送信された相手車両情報と車内LANから得た自車両の位置と速度情報を元にTTCを算出し、信号現示が青色かつ自車両に右折ターンシグナルが出ている場合に、ドライバーに対しナビゲーション画面表示、電子音、音声にて注意喚起する。対向直進車が四輪車である場合はナビゲーション画面表示と「ピッ」という電子音の組合せ、二輪車である場合はナビゲーション画面表示と「対向車に注意してください」という音声の組合せとし、相手が二輪車である場合に対してより注意を促す。

3.4.3. システム設置条件

左折巻き込み防止システムにおける光ビーコンの設置位置 L_2 (m)は、光ビーコンから巻き込み予測地点までの道程距離とする。右直事故防止システムにおける光ビーコン設置位置 L_3 (m)は、光ビーコンから交差点中心(右折待ちライン)までの道程距離とする。いずれのシステムも、式(2)により算出する。

$$L_2, L_3 = V^2/2a + ((T_p + T_d) + V/a - V/a) V \quad (2)$$

なお、以下に示すパラメータを本システムの前提条件とした。

- ・初期速度 V : 左折時 11.1 m/s(40 km/h), 右折時 13.9 m/s (50 km/h)
- ・左折/右折可能速度 V_t : 左折時 8.3 m/s(30 km/h), 右折時 5.6 m/s(20 km/h)
- ・減速度 a : 0.3 G
- ・インフラ機器+車載機処理時間 T_p : 2.0 秒
- ・運転者反応時間 T_d : 2.0 秒

4. 公道実証実験

4.1. 実施概要

2007年9月より公道における実証実験を開始し、2007年11月には公開デモンストレーションをおこなった。また、2008年度末まで効果評価等をおこない、事故低減効果を推定する。

4.1.1. 公開デモンストレーション

2007年11月5日から7日に、栃木県宇都宮市公道において路車間通信を用いた安全運転支援システムの公開デモンストレーションを各参加企業共同で実施した。この公開デモンストレーションでは、追突防止システム、左折巻き込み防止システム、右直事故防止システム(Fig. 11)を対象とし、専用の車載機を実験車両に搭載して体験試乗をおこ

なった。また、機器展示、システム説明パネル、ドライビングシミュレータ等による展示も併せておこなった(Fig. 12)。

来場者数は、3日間で延べ278名であり、ほとんどの方に体験試乗をしていただいた。

4.1.2. 効果評価の基準

公道実証実験を通じて、システムの注意喚起が、ドライバーの認識や事故回避操作などの運転行動に与える効果を評価することにした。左折巻き込み防止システムでは後方自動二輪車の発見と巻き込み回避挙動に対する効果、右直事故防止システムでは対向車の発見と衝突回避挙動に対する効果、追突防止システムでは前方の渋滞の発見と減速挙動に対する効果を評価する。

これらの運転行動に対する効果評価は、その運転行動を表す指標を定め、システムからの注意喚起がある場合とない場合について指標に対する結果を比較し検証する。以下に、指標例を示す。

- ・目標到達地点に対するブレーキ、アクセル(アクセルOFF)操作位置⁽⁵⁾
- ・速度変化
- ・右左折ギャップ時間

Fig. 13は左折巻き込み防止における速度変化を表し、システムからの注意喚起により後方自動二輪車を発見し減速などの回避挙動が早まり、衝突回避操作に余裕があること



Fig. 11 Situation of right-turn collision avoidance information service



Fig. 12 Exhibition site

を示している。

今回は、本格運用に入る前に、実験車両3台、被験者6名で評価をおこなった。次の節に左折巻き込みシステムの事前確認テスト結果を例に紹介する。

4.2. 公道実証実験結果

4.2.1. 体験試乗の評価

3日間にわたり、体験試乗のアンケート調査をおこなった結果、258件(総来場者数の約93%)の回答を得られた。Fig. 14に示すように、左折巻き込み防止システムについて「よく理解できた」、「少し理解できた」と回答した方が100

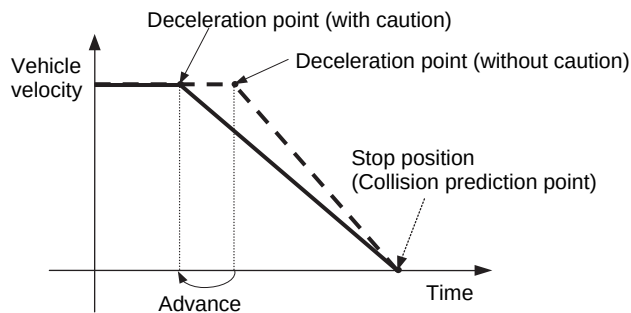


Fig. 13 Vehicle velocity change (left-turn collision avoidance system)

%となり、前提知識のなかった一般参加者も含め理解を深めていただけたようである。また、左折巻き込み防止システムの必要性についても、99%の方が「必要」「場所によって必要」と回答している。追突防止、右直事故防止システムにおいても同様の結果であった。展示の内容に関する回答も良好な結果であった。

以上の結果より、関係者だけでなく一般参加者にも評価いただき、今後の普及に期待する声が確認できた。さらに、今後のシステム最適化に向けた検討にも参考となる結果となった。

4.2.2. 左折巻き込み防止システム

(1) 効果評価測定の考え方 左折巻き込み防止システムの実験をおこなう交差点は、朝の通勤時間帯に多くの自動二輪車が通行する。交差点を左折するドライバは、後方を走る自動二輪車や左側方を走行する自動二輪車の動向に常に注意を払う必要がある。安全確認不足や見落としにより後側方の自動二輪車の発見が遅れると、左折時に自動二輪車を巻き込む、あるいは、左折直前に自動二輪車に気付く、慌てて左折を中止するなど、ヒヤリハットが発生する可能性がある。

このような状況で、左折前に予め自動二輪車の存在をドライバに知らせると、ドライバの自動二輪車の発見が早ま

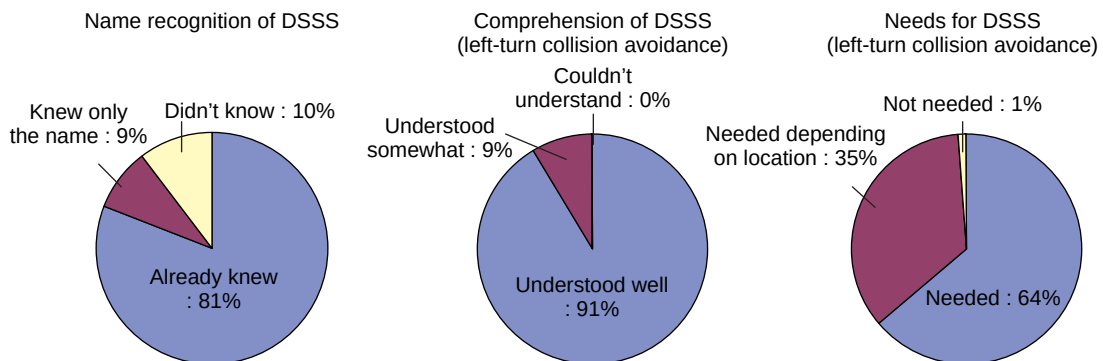


Fig. 14 Questionnaire results

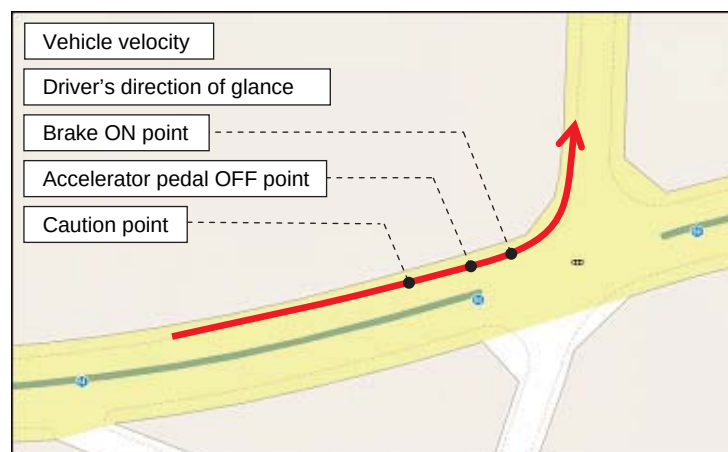


Fig. 15 Evaluation items (left-turn collision)

り、巻き込み回避操作の余裕が増加すると考えられる。

(2) 測定項目 この交差点を左折するドライバの運転行動を次のように仮定する。

- ・ドライバは左折開始までに目標車速に減速し、左折開始地点でステア操作し左折を開始する。
- ・後方に自動二輪車がいる場合、左折開始までに動向を見極め、安全性が確保されているか判断する。
- ・自動二輪車が左側方を通過すると判断した場合、巻き込み回避操作をおこなう。すなわち、左折開始地点(巻き込み予測地点)までに停止可能な速度に減速する。

測定項目は、車速、ドライバの視線方向、注意喚起開始ポイント、アクセルOFFポイント、ブレーキ開始ポイントとし(Fig. 15)、システムが与える運転行動を測定する。

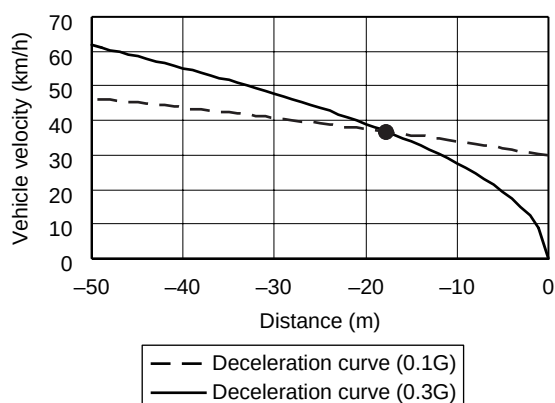


Fig. 16 Deceleration curve (0.1 G, 0.3 G)

ドライバの運転行動の基準として、左折開始時の基準車速を 30 km/h、基準車速までの減速度をアクセル OFF による 0.1 G、巻き込み回避操作におけるブレーキでの基準減速度を 0.3 G と定める。それぞれの減速度について、左折開始地点までの距離と速度の関係を表す曲線(基準速度曲線)を Fig. 16 に示す。

アクセル OFF のタイミングを判断するために、アクセル OFF ポイントの距離と速度を、0.1 G の基準速度曲線と比較する。たとえば、アクセルOFF ポイントの測定値が基準速度曲線より下側にある場合はアクセルOFFのタイミングが早いと判断する。また逆に上にある場合はアクセルOFF のタイミングが遅いと判断する。

また、巻き込み回避操作が間に合う速度であるか判断するために、左折開始点までの距離に対する車速を 0.3 G の基準速度曲線と比較する。たとえば、測定値のプロットが 0.3 G 基準速度曲線より下にある場合、巻き込み回避操作が余裕のある速度であると判断する。また逆に上にある場合、巻き込み回避操作に余裕のない速度であると判断する。

二つの基準速度曲線が交差する点は、左折を中断し巻き込み回避操作に切り替える限界の距離と速度を意味しており、その距離-18 m を回避操作開始の基準距離、速度 37 km/h を回避操作開始の基準速度とする。この実験では、回避操作開始の基準距離において、測定値の速度を基準速度と比較し、巻き込み回避操作が間に合う速度であるか判断する。

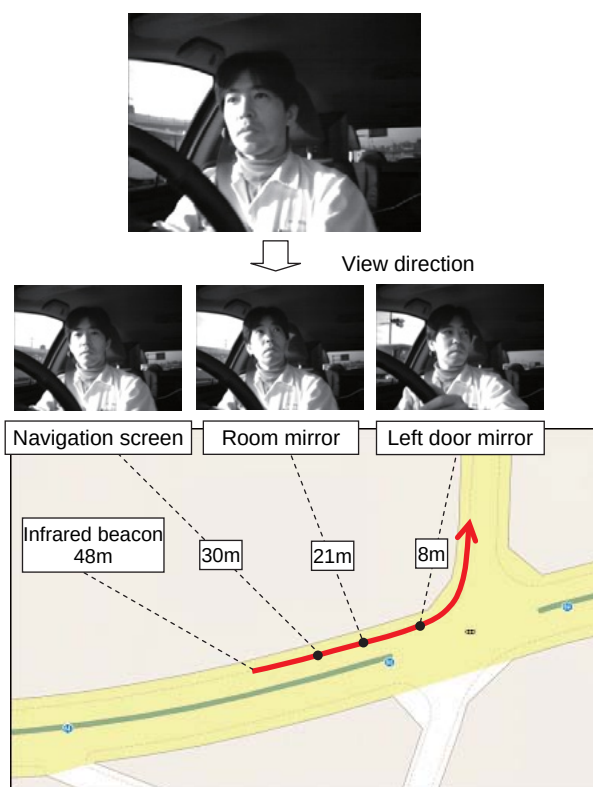
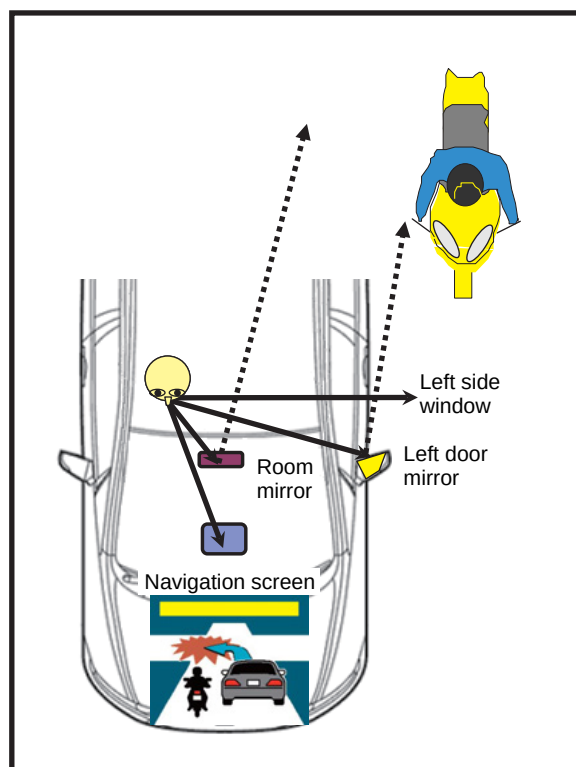


Fig. 17 Analysis of driver's view direction

また、後方自動二輪車に対する安全確認行動は、ドライバの視線方向から判定する。例えば、視線方向がルームミラーや左ドアミラーへ向いていれば、ドライバは後方自動二輪車に注意し、その動向を見極めていることを意味する (Fig. 17)。

(3) 実験結果 実験コースにおける被験者実験の結果を以下に示す。

Fig. 18 (a) は、左折時、後方に自動二輪車がいるときのアクセルOFFポイントを示す。システムからの注意喚起がある場合とない場合について、アクセルOFFポイントの測定値をプロットした。グラフ上の実線は、0.1 Gの基準速度曲線である。

Fig. 18 (b) は、0.1 Gの基準速度曲線に対するアクセルOFFポイントの距離差の累積構成比を示す。基準速度曲線

上の距離を基準(0 m)とし、横軸に示す距離差がマイナス値であればアクセルOFFのタイミングが基準より早く、距離差がプラス値であれば基準より遅いことを意味している。

このグラフより、注意喚起が無い場合のアクセルOFFのタイミングは、基準のタイミングより早い場合が60%以下に留まるのに対し、注意喚起がある場合には、基準のタイミングより早い場合が80%を上回り、システムからの注意喚起により減速挙動が早まる傾向が見られた。

Fig. 19 に、回避操作開始の基準距離(左折開始地点手前18 m)における、基準速度(37 km/h)との速度差の累積構成比を示す。横軸に示す速度差がマイナス値であれば基準速度より低く、速度差がプラス値であれば基準速度より速いことを意味している。

このグラフより、注意喚起が無い場合の速度は、基準速

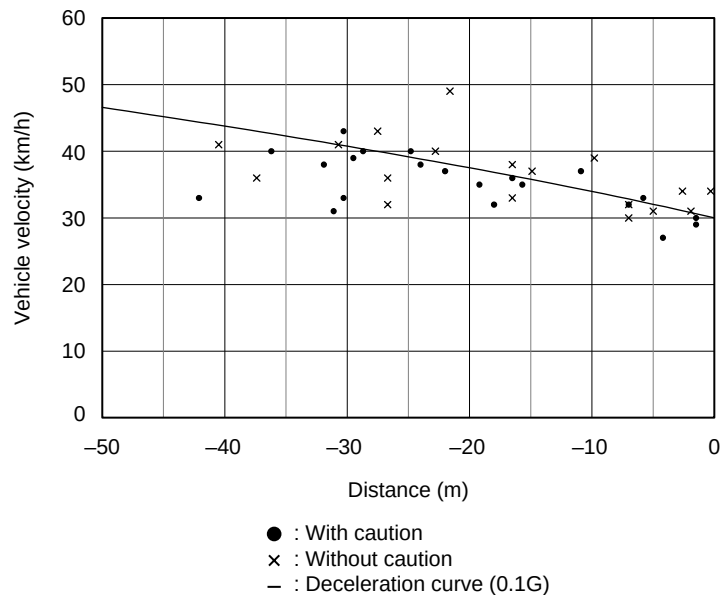


Fig. 18 (a) Accelerator pedal OFF point

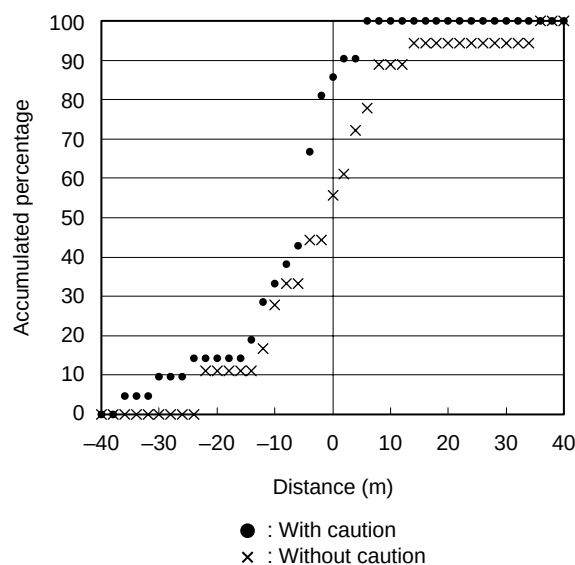


Fig. 18 (b) Accumulated percentage of accelerator pedal OFF point

度よりも低い場合が80%を下回るのに対して、注意喚起がある場合の速度は、基準速度より低い場合が90%近く増加する結果が得られた。この結果から、注意喚起がある場合には、注意喚起がない場合に比べ、速度が基準速度以下に抑えられていることがわかる。

Fig. 20 は、左折時の視線方向の分布を示すグラフであり、ルームミラーや左ドアミラーによる後方自動二輪車の安全確認の度数を示している。注意喚起がない場合、左折開始前の15 m から25 m 付近でルームミラーと左ドアミラーへの視線が増加するのに対し、システムからの注意喚起がある場合、注意喚起後、20 m から50 m 付近でナビ画面に視線を向けており、注意喚起画面を確認している。また、左折開始前の25 m から40 m 付近でルームミラーと左ドアミラーへの視線が増加している。

これにより、システムからの注意喚起がある場合は、ルー

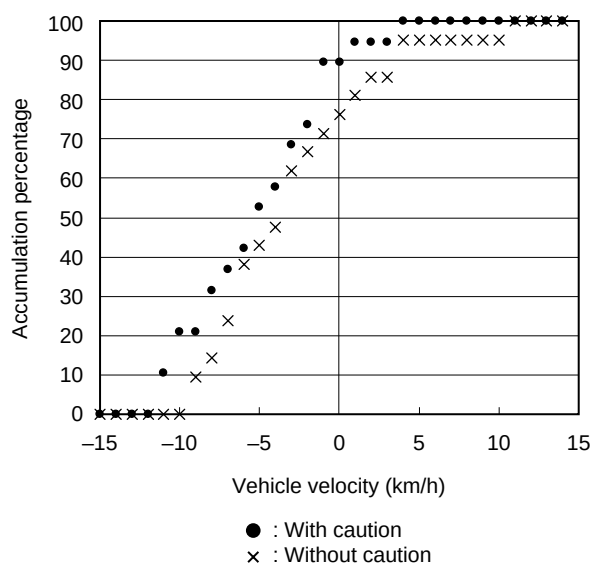
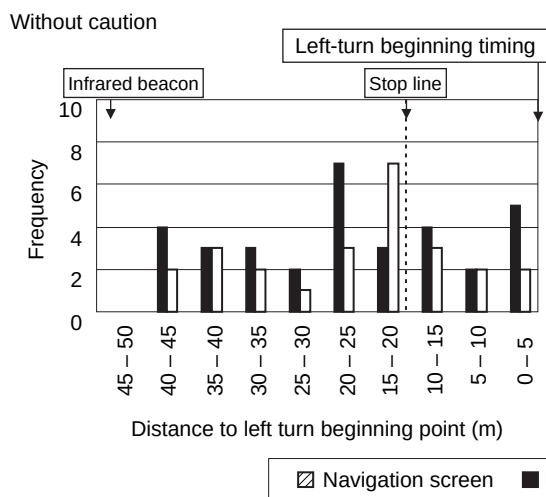


Fig. 19 Distribution of speed



ムミラーおよび左ドラミラーによる後方自動二輪車の安全確認が早まっていると思われる。

以上の結果から、左折巻き込み防止システムが、ドライバーに後方自動二輪車への安全確認を促し、減速行動を早め、巻き込み回避操作の余裕を増やす効果を確認できた。

5. まとめ

Honda DSSSの公道実証実験結果は以下のとおりである。

- (1) 事故分析結果に基づき、追突防止、左折巻き込み防止、右直事故防止を対象とするシステムを構築した。
- (2) 上記を対象とした運転支援システムを、光ビーコンとDSRCの連携により実現した。
- (3) 公道での混合交通状況下における被験者検証をおこなった。
- (4) 上記検証により、システムの効果が確認できた。

以上の結果より、交通事故低減効果について展望が開けた。

今回は左折巻き込み防止システムについての事前確認テスト結果を紹介したが、今後は追突防止システムと右直事故防止システムも含め、長期間に渡り、通勤車両を対象としたテストを実施し効果を確認する。

参考文献

- (1) 安全運転支援システム分科会、神奈川県 DSSS 検討作業部会、愛知県 DSSS 検討作業部会：安全運転支援システム実証実験、UTMS 機関誌、No.22, p.11-15(2007)
- (2) 安全運転支援システム分科会、栃木県 DSSS 検討作業部会：栃木県 DSSS の実証実験計画について、UTMS 機関誌、No.23, p.16-18(2007)
- (3) 櫛田和光、片山睦、堤陽次郎、丸山一幸、鎌田豊、村

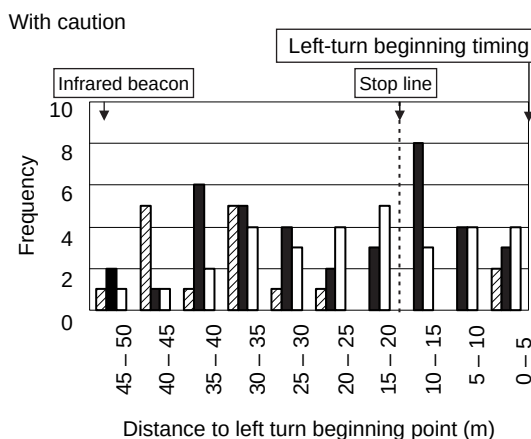
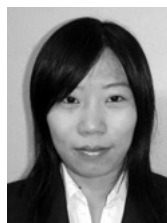


Fig. 20 Distribution of driver's direction of view

田裕：ホンダ ASV-3 の紹介(二輪車), Honda R&D Technical Review, Vol.18, No.2, p.13-20

- (4) Kamijo, S., Nishida, T., Sakauchi, M.: Occlusion robust and Illumination Invariant Vehicle Tracking for Acquiring Detailed Statistics from Traffic Images, IEICE TRANSACTIONS on Information and Systems, Vol. E85-D, No. 11, p.1753-1764(2002)
- (5) Oguri, H., Yoshizu, S., Sagisaka, A.: Effect Verification of Information Provision for Vehicle-Infrastructure Cooperative System -Result of Aichi DSSS Field Verification-, 14th World Congress on Intelligent Transport Systems(2007)

■ 著 者 ■



猪野由里子



藤巻 朋



浅沼信吉