

Honda ASV-2 インフラ連携実験車の紹介(乗用車)

Introduction of Honda ASV-2 for Roadway-vehicle Coordination Systems (Passenger car)

間 下 博*
Hiroshi MASHIMO

福 丸 智 之*
Tomoyuki FUKUMARU

古 川 修*
Yoshimi FURUKAWA

加世山 秀 樹*
Hideki KASEYAMA

浅 沼 信 吉*
Nobuyoshi ASANUMA

要 旨

ABSTRACT

国土交通省自動車交通局(旧運輸省)の提唱した第二期 ASV 計画(ASV-2)のなかで、車両と道路インフラが連携した7サービス8システムの運転支援サービスの基本機能を評価する実証実験に参加した。その結果以下の成果を得た。

- ・「道路インフラ機能の妥当性」について、運転支援状況に応じ効果が確認できた。
- ・「ドライバの受容性」について、制動を伴う運転支援サービスに体感警報ブレーキを用いた実験を行ない、ドライバの危険反応時間短縮の効果が確認された。

The stage-two Advanced Safety Vehicle phase 2 (ASV-2) proposed by the Road Transport Bureau, Ministry of Land, Infrastructure and Transport (formerly the Ministry of Transport) includes driver assistance services composed of 7 services or 8 systems that coordinate between the vehicle and the road infrastructure. The authors participated in proving tests that evaluated the basic functions of these driver assistance services. The following results were obtained:

- With respect to the “validity of road infrastructure functions,” the services were verified to be effective in response to driver assistance conditions.
- With respect to “driver acceptance,” we had braking driver assistance tests with haptic warning by brake actuation, and it was verified to be effective in reducing driver’s emergency response time.

1. まえがき

第2期先進安全自動車(ASV^{*1}-2)開発推進計画は、国土交通省自動車交通局(旧運輸省)の提唱により、国内メーカー13社が参加して平成8年度(1996年度)から5か年計画で実施された⁽¹⁾。

同時期に国土交通省道路局(旧建設省)は、AHS^{*2}を提唱し、技術研究組合 走行支援道路システム開発機構(略称：AHS研究組合)を発足させ、インフラと車両との連携システムを開発するにあたり事故による人的損失額・死者数ともに累計90%以上削減を目標に基本ユーザサービスの検討⁽²⁾を行った。

ASV-2 のなかで車両と道路インフラが連携し交通事故の防止や事故時の被害の軽減を目的とした運転支援サービス

の基本機能を評価する ASV/AHS 共同実証実験が、平成12年国土技術政策総合研究所(旧土木研究所)で行われた。この実験は「道路インフラ機能の妥当性」、「ドライバの受容性」の評価を目的とし基本機能の評価が行われた。

インフラ連携による運転支援システムは、自律では検出困難な情報(近距離情報では複雑な形状の交差点や、死角に影響される環境など、遠方情報では積雪及び凍結によるスリップなど)を運転者に提供することができるので、この情報が不足しているために起こる事故の低減効果が期待される。

※1 ASV(Advanced Safety Vehicle)：先進安全自動車(国土交通省自動車交通局推進)

※2 AHS(Advanced cruise-assist Highway System)：走行支援道路システム(国土交通省道路局所管)

*栃木研究所

2. サービスの概要

実証実験のうち、交通事故の予防や、事故時の被害軽減を目的とした7サービス8システムの中でHondaが参加したサービスシステムを Table 1 に示す。

インフラ連携実証実験に際し、以下に示すことを行なった。

- ・車両自身では検知が困難な見通しの悪い道路環境における障害物(落下物、車両、歩行者)や路面情報(雨・雪などスリップ)を道路インフラにより検出。
- ・その検知した情報を路車間通信により車両に伝達し、情報提供や警報、車両制御に活用。

Fig. 1 に製作した実験車を示す。

Table 1 Services of joint proving test

No.	Service System	Participation
1	Forward Obstacle Collision Prevention Support System	Yes
2	Curve Overshooting Prevention Support System	No
3	Lane Departure Prevention Support System	No
4-1	Intersection Stopping Support System	Yes
4-2	Crossing Collision Prevention Advisory System	Yes
5	Right Turn Collision Prevention Advisory System	Yes
6	Crossing Pedestrian Collision Prevention Advisory System	Yes
7	Road Surface Information System for ACC etc.	No



Fig. 1 Honda ASV/AHS

2.1. 車の停止を促すことにより被害を軽減するシステム

2.1.1. 前方障害物衝突防止支援システム

ねらい：前方の見通しの悪い道路においての障害物との衝突事故の低減を目的とする。

機能：前方の見通し困難な地点の、落下物や渋滞末尾の車両等障害物の情報を道路インフラから受取り、自車との距離を算出し、衝突の危険と判断した場合は、運転者に音声と表示による注意喚起と停止を促す警報をおこなう。

対象道路：自動車専用道路、一般道

支援レベル：情報提供、警報

2.1.2. 出会い頭衝突防止支援システム(接近時)

ねらい：信号のない一時停止交差点で、運転者の不注意などが原因で生じる不停止による事故の低減を目的とする。

機能：道路インフラから進路前方の一時停止交差点に関する情報を受取り、先行情報として音声により交差点接近の注意喚起をおこない、さらにその情報と自らの車速と停止位置までの距離を算出し一時停止線手前で停止できないと判断した場合は停止を促す警報をおこなう。

対象道路：信号のない一時停止交差点

支援レベル：情報提供、警報

2.2. 車の発進を抑制することで被害を軽減するシステム

2.2.1. 出会い頭衝突防止支援システム(発進時)

ねらい：一時停止交差点で、運転者の不注意や見通し不良が原因で生じる不適切な発進による事故の低減を目的とする。

機能：交差点の一時停止線で停止した後、道路インフラから交差する優先道路を走行する車両の情報を受取り、音声と表示により運転者に注意喚起を促す。

対象道路：信号のない一時停止交差点

支援レベル：情報提供

2.2.2. 右折衝突防止支援システム

ねらい：信号のある交差点において、右折時の運転者の見込み違いや見通し不良が原因で生じる不適切な右折による対向直進車との衝突事故の低減を目的とする。

機能：交差点の一時停止線で停止した後、道路インフラから交差する優先道路を走行する車両の情報を受取り、音声と表示により運転者に注意喚起を促す。

対象道路：信号のある交差点

支援レベル：情報提供

2.2.3. 横断歩道歩行者衝突防止支援システム

ねらい：運転者の不注意や見通し不良が原因で生じる不適切な走行による横断歩道上の歩行者との事故の低減を目的とする。

機能：道路インフラから進路前方の横断歩道上の歩行者に関する情報を受取り、その情報と車両の状態に基づき、音声と表示により注意喚起を促す。

対象道路：交差点

支援レベル：情報提供

3. インフラ融合システムの動作概要

前方障害物衝突防止支援システムを例に動作の概要を説明する。

①道路に設置されたセンサは、常時道路の上の障害物、

路面の状態等を監視する。

- ② 実証実験車両は、サービスの開始を示す基点マーカを通過することにより、提供されているサービスの種類を知る。動作概要を Fig. 2 に示す。
- ③ 路車間通信によりサービスの終了を示す基点マーカを通過するまで最新の障害物情報(障害物の有無, 障害物までの距離, 路面状態など)が逐次実証実験車両に送られてくる。
- ④ 実証実験車両は、障害物までの距離, 路面状態により適切なタイミングでドライバに障害物の情報を提供する。情報の提供に対してドライバが停止等の行動を起こさない場合、警報を出す。動作概要を Fig. 3 に示す。

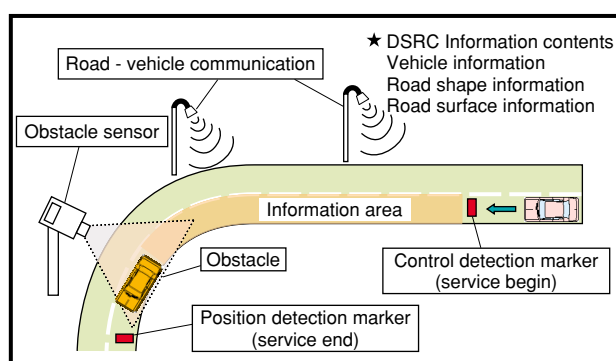


Fig. 2 Example of forward obstacle collision prevention support system (service begin)

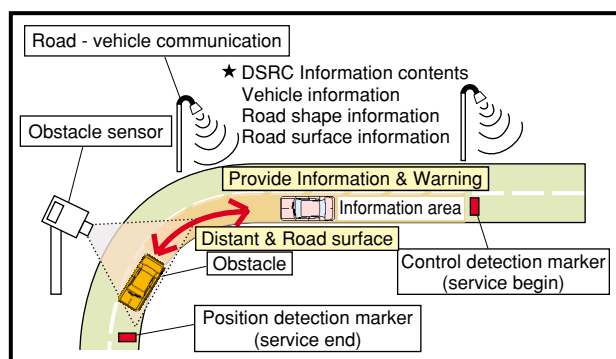


Fig. 3 Example of forward obstacle collision prevention support system (information & warning)

4. システム構成

4.1. 路側インフラシステム

国土技術政策総合研究所の実証実験において以下の設備が道路に設置された。

4.1.1. 基点マーカ

走行支援サービスの開始, 終了およびサービスに関する車線等の地点情報を提供する。

- ・ 情報内容: 道路番号, 車線数, 車線No, 対応ビーコン番号

- ・ 通信方式: 路側給電アクティブ短波式

- ・ 通信周波数: 13.56MHz

4.1.2. 道路状況把握装置

道路上の車両などの障害物, 横断歩道上の歩行者を検出し位置情報を提供する。

情報内容: 障害物の種類, 位置, 移動速度

4.1.3. 路面状況把握装置

サービス提供区間の路面の状態を乾燥, 湿潤, 水膜, 積雪, 凍結の5つの状態に分類し提供する。

4.1.4. 路車間通信装置

路側インフラで検知した情報を走行中の車両に伝送する。

- ・ 通信方式: 狭帯域無線方式(DSRC)

- ・ 通信周波数: 5.8GHz 帯

4.2. 実証実験車の車載システム

実証実験で機能を検証する5つの走行支援システムの機能を統合したシステム搭載図を Fig. 4 に, システム構成図を Fig. 5 に示す。

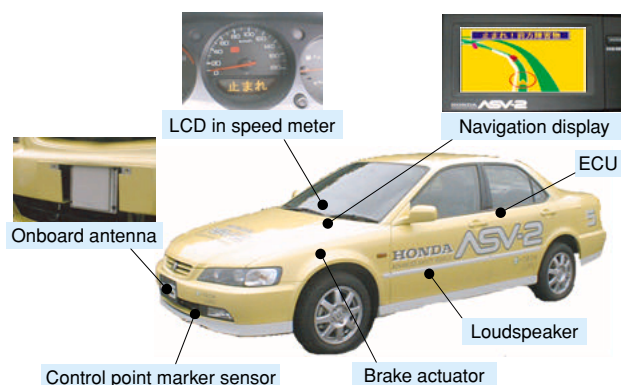


Fig. 4 Configuration of ASV/AHS

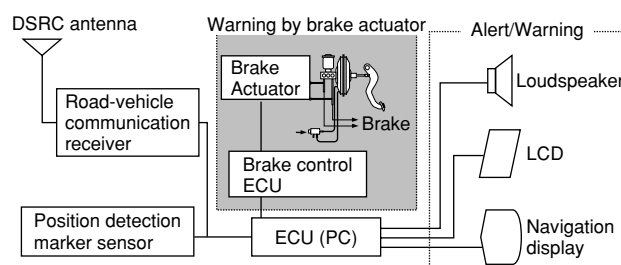


Fig. 5 Block diagram of ASV/AHS

5. 実証実験車システムの特徴

5.1. 高精度マップマッチングナビゲーション

インフラ連携システムは, 基点マーカを距離の原点とし

て利用する。車載の基点マーカセンサが、道路上の基点マーカを通過するとき、基点マーカからの情報受信タイミングにて原点を判断する。この方式では、車速の影響により情報を受けるタイミングが遅延するため距離の原点が前後方向にずれることになる。この距離の原点のずれを解消するため、ASV/AHS 実験車では、以下の処理を行なった。

- ① ノード情報として基点マーカの情報を加えたナビ用のデジタル地図を作製した。
- ② デジタル地図と基点マーカおよび道路形状とのマップマッチングおよび GPS により自車位置を求めた。
- ③ 路側インフラから送られてくる障害物の位置情報をデジタル地図上にマッピングした。
- ④ デジタル地図上の自車位置と障害物の位置関係と自車速から情報提供／警報のタイミングを作成した。

この結果、障害物までの距離の誤差を車両の距離の積算誤差のみとするシステムを構築することができ、精度の高い情報提供／警報をドライバに提供することが出来た。Fig. 6に車両のマップマッチングの概要を示す。

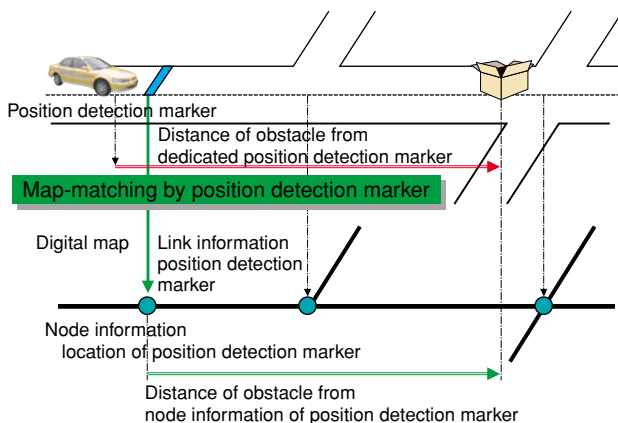


Fig. 6 Map-matching for ASV/AHS

5.2. 体感警報ブレーキ

事故を未然に防ぐには、適切な危険情報をより早くドライバに知らせる必要がある。そこでドライバの反応時間を短縮するために従来の視覚(表示)、聴覚(音声ガイダンス)より反応時間が早いと報告⁽³⁾されている触覚による反応を応用した体感警報ブレーキシステムを搭載し機能を確認した。体感警報ブレーキとは、ドライバに前後方向の減速Gを短時間、間欠的にかけることによりドライバに警報を与えるシステムである。

6. 道路インフラ機能の妥当性

道路インフラ機能の妥当性は、運転支援状況に応じ効果が確認⁽⁴⁾⁽⁵⁾された。

7. 体感警報ブレーキの試験結果

7.1. 警報に対する反応時間の評価

体感警報ブレーキを搭載した試験車両を用い、音声ガイダンスのもと、音声ガイダンスと体感警報ブレーキを組合わせたものとのドライバ反応時間の比較を行なった。

テスト条件：

体感警報ブレーキは、最大減速度約 2.5m/s^2 、 300ms の周期でオン／オフを3回繰り返した。動作概要を Fig. 7 に示す。音声ガイダンスは、ブザー音とした。

実験は、男性3名が音声ガイダンスのみによる警報／体感警報ブレーキのみによる警報を車速 11m/s (40km/h)、 22m/s (80km/h)毎に各10回ずつ行なった。

試験結果：

結果を Fig. 8 に示す。

官能評価結果を以下に示す。

音声ガイダンスに対して

- ・ 警報を理解してからブレーキを踏む必要があるので時間がかかってしまう。

体感警報ブレーキに対して

- ・ 停止を促している意図を体で直接感じるため、ブレーキを踏む動作につながる。

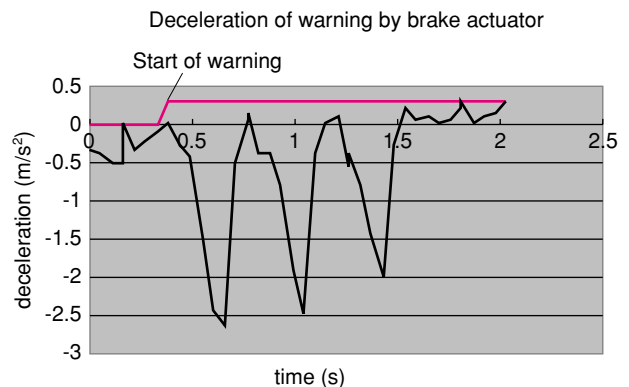


Fig. 7 Action of warning of brake actuator

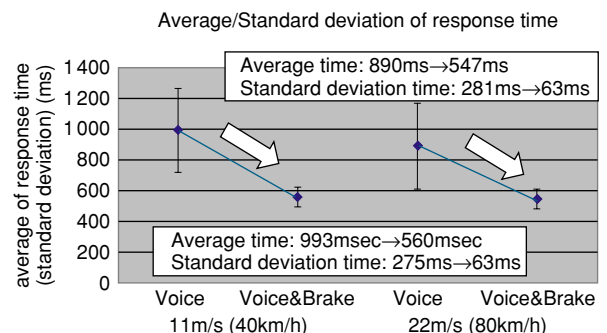


Fig. 8 Comparison of response time

- ① 音声ガイダンスに体感警報を組合わせた場合、音声ガイダンスのみによる警報に比べブレーキを踏み込むまでの平均時間が11m/s(40km/h)時43%、22m/s(80km/h)時39%早くなった。結果を Table 2 に示す。
- ② 音声ガイダンスによる警報は、ブレーキを踏み込むまでの時間バラツキの標準偏差は、音声ガイダンスのみに比べて、11m/s(40km/h)時77%、22m/s(80km/h)時78%減少した。結果を Table 3 に示す。

Table 2 Average time of response time

Case \ Velocity	11m/s (40km/h)	22m/s (80km/h)
Voice guidance	990 ms	890 ms
Warning by brake actuator	560 ms	540 ms

Table 3 Standard deviation of response time

Case \ Velocity	11m/s (40km/h)	22m/s (80km/h)
Voice guidance	280 ms	280 ms
Warning by brake actuator	63 ms	63 ms

7.2. ドライバの減速動作の評価

体感警報ブレーキのみによる警報と音声ガイダンスのみによる警報による警報後、ドライバが発生させる減速度の大きさの比較を行なった。

テスト条件：

体感警報ブレーキは、最大減速度約 2.5m/s^2 、300ms の周期でオン/オフを3回繰り返した。動作概要を Fig. 7 に示す。音声ガイダンスは、ブザー音とした。

実験は、音声ガイダンスのみによる警報/体感警報ブレーキのみによる警報を車速11m/s(40km/h)で行なった。

結果として、音声ガイダンスに体感警報ブレーキを組合わせた場合、ドライバがブレーキを踏込んで発生する減速度は、音声ガイダンスの時に比べて約2倍の減速度が発生していることが分かった。なお11m/s(40km/h)走行時における、体感警報ブレーキによる警報後の減速度を Fig. 9 に音声ガイダンスの警報後の減速度を Fig. 10 に示す。

7.3. 考察

40km/h 走行時、音声ガイダンスと体感警報ブレーキを組合わせたとき警報を受けてからドライバがブレーキ操作を行なうタイミングを Fig. 11 に示す。

この結果から、ブレーキをオンにするタイミングは、体感警報ブレーキによる2回目の制動付近であることが分かる。ドライバがブレーキをオンにするタイミングがほぼ同じであることから、体感警報ブレーキによる反応時間は、個人

差に関係なく、値が一定になり、ばらつきが小さくなったと考えられる。

以上の結果より、体感警報ブレーキには以下の特徴があり、ドライバへの警報の提供手段として有効であることが確認された。

- ・ドライバがブレーキを踏込むまでの反応時間が約40%短縮する。
- ・ドライバがブレーキを踏込むまでのばらつきが約80%減少する。
- ・ドライバは、体感警報ブレーキにより、大きな減速度を発生させている。

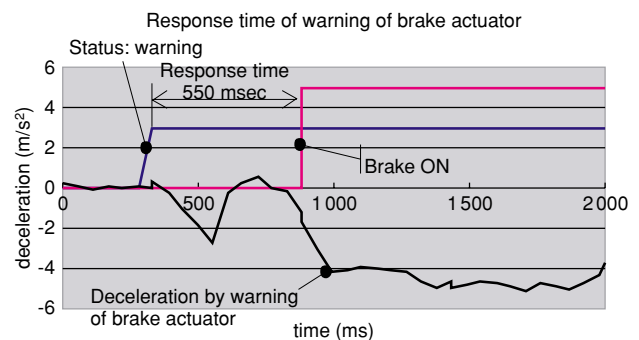


Fig. 9 Example of warning of brake actuator

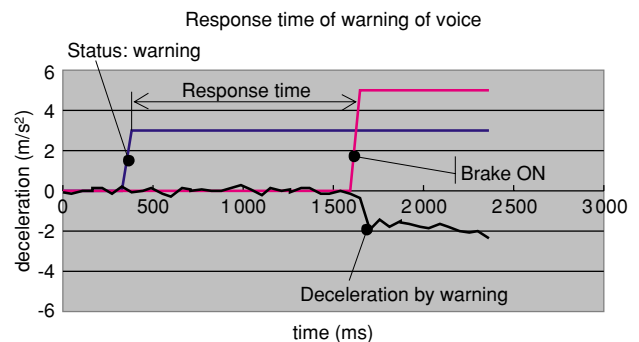


Fig. 10 Example of warning of voice

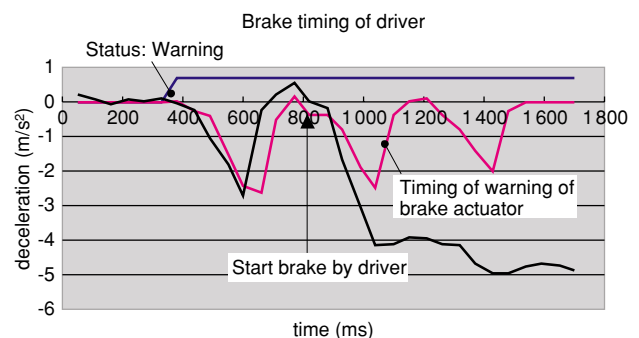


Fig. 11 Brake timing of driver

8. まとめ

国土交通省国土技術政策総合研究所における走行支援システムの実験評価を行うためインフラ連携実験車両を製作した。製作した実験車両で ASV/AHS 共同実証実験に参加する事により、情報提供／警報の提供タイミングおよび体感警報ブレーキの有効性を確認する事が出来た。

9. 今後の課題

今回の実証実験において「道路インフラ機能の妥当性」、「ドライバの受容性」の評価をおこない、その中でも体感警報ブレーキの有効性について効果確認を行なったが限られた時間内の実証実験により、被験者数、減速度の大きさ、間隔、立上り時間などの細かな設定が十分でなかった。したがって以下のような検証が必要と考える。

- ・ 人—自動車系の理論的考察と評価
- ・ 道路環境条件、年齢、性別など差による効果検証

本年度、第3期ASVが5ヵ年計画でスタートし、Hondaも参加を決定した。道路インフラ連携システムの早期実用化に期待したい。

参考文献

- (1) 浅沼信吉 他：ホンダ ASV-2 の紹介(乗用車)，HONDA R&D Technical Review, Vol.12, No.2, p.1-8 (2000)
- (2) 鎌田稯治：基本ユーザサービスの絞込み，第2回 AHS 研究報告会 資料，技術研究組合 走行支援道路システム開発機構，p.106-109 (1998)
- (3) 坪内 和夫：視覚と反応動作，人間工学，東京，日刊工業新聞社，1965, p.141-149
- (4) 古川修：インフラ利用システムと共同実証実験，第2期先進安全車両推進計画の成果報告会～ ITS による安全な車両社会への道～【資料集】，p.39-56 (2001)
- (5) 国土交通省自動車交通局先進安全自動車推進検討会：インフラとの連携，先進安全自動車(ASV)推進計画(第2期)に関する報告書，p.51-59 (2001)

■ 著 者 ■



間下 博



古川 修



浅沼 信吉



福丸 智之



加世山 秀樹