

特集：ITS 世界会議

22

先進安全自動車「マツダ アテンザ ASV-5」の開発 Development of Advanced Safety Vehicle “Mazda Atenza ASV-5”

山本 雅史*1
Masashi Yamamoto

奥木 友和*2
Tomokazu Okugi

岩下 洋平*3
Yohei Iwashita

吉田 誠*4
Makoto Yoshida

岡崎 晴樹*5
Haruki Okazaki

是 治久*6
Haruhisa Kore

要約

路面電車と自動車との間の無線通信に車載センサを組み合わせることで、路面電車と自動車が道路空間を共用する場所において、自動車と路面電車双方の安全性が高まる先進安全運転支援システムを構築した。「広島における世界初の路面電車-自動車間通信型 ASV (Advanced Safety Vehicle : 先進安全自動車)」として、ITS (Intelligent Transport Systems : 高度道路交通システム) 公道実験を行うと共に、第 20 回 ITS 世界会議東京 2013 のポストコンgres ツアーとして試乗会を行った。

通信利用型安全運転支援システムと車載センサ検知型安全運転支援システムの連携機能、および直感的に理解できる HMI (Human Machine Interface) 機能の検証を目的として、路面電車後方接近情報提供や右折時歩行者情報提供など 5 つの支援機能を搭載する「マツダ アテンザ ASV-5」を開発した。

本稿では、「マツダ アテンザ ASV-5」のシステム概要、通信利用型安全運転支援システムと車載センサ検知型安全運転支援システムの連携の考え方、直感的に理解できる HMI 設計の考え方、搭載した安全運転支援機能について報告する。

Summary

To improve the safety of vehicles and trams on their shared roads, an innovative safe driving support systems were developed, which combine onboard sensors with the vehicle-to-tram radio-communication. Mazda Atenza ASV-5 (Advanced Safety Vehicle - Phase 5) was developed to verify the system as the “world’s first vehicle-to-tram cooperative ASV”, which was tested on public roads in Hiroshima and demonstrated in the post congress tour of the 20th ITS World Congress Tokyo 2013.

Five driving support functions are installed to the Mazda Atenza ASV-5, including an approaching tram information provision system and an oncoming vehicle information provision system to verify the intuitive Human Machine Interface (HMI) and the linkage function between the Vehicle-to-Vehicle (V2V) communication system and the onboard sensing systems.

This paper describes the overview of the ASV-5 systems, the concept of the linkage between the communication system and the onboard sensing systems, realizing methods of the intuitive HMI, and the safe driving support functions.

1. はじめに

日本をはじめ、北米、欧州では、無線通信を使って車同士が情報を交換する「車車間通信」や、路側設備

と車が無線通信する「路車間通信」を利用して、交通安全、環境問題、交通円滑化、利便性向上などの道路交通に係る諸問題の解決を目指した研究開発が行われ

*1~4 技術研究所
Technical Research Center

*5, 6 車両システム開発部
Vehicle System Development Dept.

ている⁽¹⁾。日本における例として、国土交通省が主導し、自動車メーカー全社が参加する ASV-5 プロジェクト（第 5 期先進安全自動車推進計画）があり、車車間通信を利用した安全運転支援システムの検討が行われている。これは、車車間通信により周辺車両の存在を検知することで、物陰に隠れて見えにくい接近車両の情報を事前にドライバーに伝えたり、衝突する危険性がある場合に注意を喚起したりすることで、交通事故を防止することをねらいとしている⁽²⁾。

このような車車間通信、路車間通信を活用して交通事故を減らそうとする取り組みは、自動車のみならず、道路空間を共用する他の交通参加者（鉄道や歩行者など）へ展開・適用することで、より安全・安心な道路交通社会の実現に資すると期待される。

広島市では、路面電車が市民の足として定着しており、一日平均約 15 万人の利用がある。近年、路面電車はエコな交通手段として世界的に見直される一方、自動車はさらなるエコ化が進んでいる。この二つの交通形態が、それぞれのメリットを活かしつつ共存できる交通体系を作るために、東京大学、広島電鉄（株）、（独）交通安全環境研究所、マツダ（株）が協働して、鉄道とクルマとの安全な連携を目指して共同研究に取り組んできた。

4 者は、路面電車と自動車との間の無線通信に車載センサを組み合わせることで、路面電車と自動車とが道路空間を共用する場所において自動車と路面電車双方の安全性が高まるシステムを構築した。2013 年 9 月から「広島における世界初の路面電車-自動車間通信型 ASV」として ITS 公道実験を行うと共に、ITS 世界会議東京 2013 のポストコングレスツアーとして試乗会を行った。

この取り組みの中でマツダは、自動車と路面電車の連携による安全運転支援システムや、通信利用型安全運転支援システム（以下、通信利用型システム）と車載センサ検知型安全運転支援システム（以下、車載検知型システム）の連携システムのコンセプト検証・機能開発、また、ドライバーへ分かりやすく情報を伝達す



Fig. 1 Mazda Atenza ASV-5

る技術の開発・検証を行うことを目的に「マツダ アテンザ ASV-5」を開発した（Fig. 1）。

本稿では、「マツダ アテンザ ASV-5」のシステム概要、通信利用型システムと車載検知型システムの連携の考え方、直感的に理解できる HMI 設計の考え方、搭載した安全運転支援機能について報告する。

2. 「マツダ アテンザ ASV-5」の開発

「マツダ アテンザ ASV-5」を開発するにあたり、以下の機能を実現することをねらいとした。

2.1 通信利用型システムと車載検知型システムの連携

マツダは、ドライバーが正しく認知・判断することをサポートするために、見えない危険も含めた危険対象の 360° 認知支援を目指している。そこで、今回は通信利用型システムと車載検知型システムを連携させることで 360° 認知支援の機能を構築した。

Table 1 は、車車間通信と車載センサの特徴を比較したものである。この表に示すように、車車間通信は、広範囲の対象物を検知できる、物陰にいる対象物を検知できるという特長がある一方で、現状では検知精度（位置精度）は GPS の測位精度に依存し、GPS 電波の受信状態によっては 10m 以上の誤差が生じる場合がある。これに対して車載センサは、車車間通信で得られる対象物体の位置精度よりも高い精度で物体までの距離を検知することが可能である一方で、他車両や建物等の物陰にある危険対象の検知は不可能である。このような車車間通信と車載センサの特徴を鑑みて、以下のような考え方で通信利用型システムと車載検知型

Table 1 Feature Comparison between V2V Communication and Onboard Sensors

	V2V communication		Onboard sensors	
Maximum detection length	◎	Max. 1000m at line-of-sight (varying due to driving environment)	○	About from 20m to 200m (varying due to sensing methods)
Detection angle	◎	360deg	○	About from 20deg to 200deg (varying due to sensing methods)
Detection in a blind area (behind other car)	◎	Detectable (having no influence on shading vehicles)	×	Undetectable at not-line-of-sight
Detection in a blind area (behind building)	○	Detectable within about 80m even in worst-case condition of communication	×	Undetectable at not-line-of-sight
Detection accuracy	○	From about 1m (by quasi-zenith satellite GPS) to about 10m (by ordinary GPS)	◎	About 5% of detection length (varying due to sensing methods)

システムの連携機能を構築した。

すなわち、通信利用型システムでは他車両や建物等の物陰にある対象を検知し、危険の存在をドライバーに認知させる。そして、危険対象までの距離を精度よく検知できるという車載検知型システムの特徴を活かし、ドライバーが認知ミスをして衝突する危険があるときに警報によりブレーキ操作を促すことで認知ミスをカバーすることとした。

2.2 直感的に理解できる HMI

HMI の基本性能として、ドライバーが煩わしく感じないように情報提供することで不安全状態を回避することが必要である。これに加えて、脇見時間を最小化することを重要視し、表示情報を遠方・上方に配置すると共に、直感的に理解できる情報コンテンツを設計した。

表示情報の遠方・上方配置化は、ウインドシールド投影型 HUD (Head-Up Display : ヘッドアップ・ディスプレイ) で実現した。ウインドシールド投影型 HUD は、メータフード内やナビゲーションディスプレイに情報表示する場合に比べて、ドライバー正面のより上方に情報を表示できる。このため、運転中の視線移動を最小限にすることが可能となる。また、HUD はディスプレイ画面の虚像を見かけ上遠方に投影することができるため、前方道路から情報表示へ視線を移動する際の焦点調節の負担が少なく、表示画面への注視時間を短縮する効果が期待できる。

直感的に理解できる表示コンテンツとするためポイントは以下の 3 点であると考え、これら要件を織り込んだ表示コンテンツを設計した (Fig. 2)。

- ① 自車を中心に鳥瞰的に危険対象を表示する
- ② ドライバーが経験し、理解しやすいシンボルアイコン、色情報を統一的に用いる
- ③ 接近方向からシンボルアイコンをスライドインさせることで、どちらの方向からどんな危険対象が接近するのかを視覚的に表現する

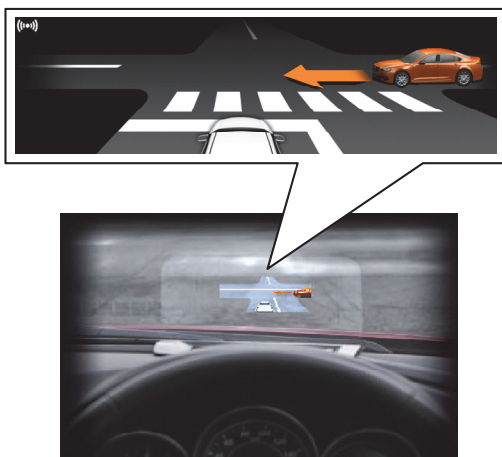


Fig. 2 HUD Screen Image

3. システム構成

Fig. 3 に、「マツダ アテンザ ASV-5」に搭載されているデバイスを示す。カメラやレーダなどの車載センサに加えて、車車間・路車間通信を行う通信デバイスを搭載している。また、ドライバーへの情報提供デバイスとして、ウインドシールド投影型の HUD とスピーカを搭載している。

3.1 車載センサ

市販されている「マツダ アテンザ」に搭載されている i-ACTIVSENSE では、ミリ波レーダ (76GHz 帯) や近赤外線レーザを用いて先行車両や前方の障害物を検知したり、マイクロ波レーダ (24GHz 帯) を用いて後側方の接近車両を検知したりしている。これらに加えて「マツダ アテンザ ASV-5」では、対向車や右折先の横断歩行者を検知するために、右前端部にマイクロ波レーダを、ドアミラーの付け根にサイドカメラを設置した。



Fig. 3 System Configuration

3.2 通信デバイス

700MHz 帯通信機を用いて、他車両や路面電車と相互に車車間通信を行い、GPS から得られる位置情報 (緯度、経度) や進行方向、速度、ブレーキやウィンカなどのドライバー操作情報などを送受信する。また、「マツダ アテンザ ASV-5」には、スマートフォンを活用した歩車間通信機能を搭載した。歩行者が所持するスマートフォンに通信アプリケーションをインストールすることにより、インターネット網を経由して車と歩行者の間で通信を行う。これにより車両は、スマー

トフォンに内蔵された GPS で測位した歩行者の位置情報（緯度、経度）と進行方向の情報を受信することができる（Fig. 4）。

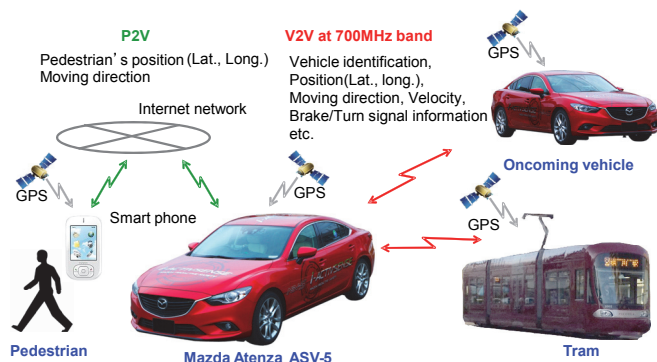


Fig. 4 Communication System

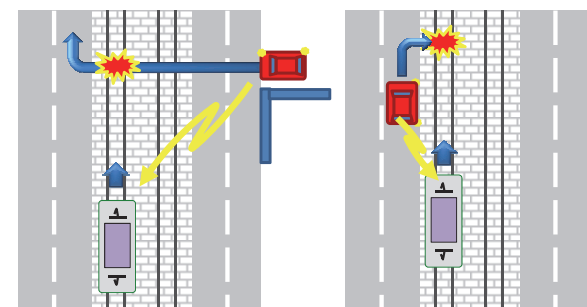
4. 搭載した安全運転支援機能

本章では、「マツダ アテンザ ASV-5」に搭載した安全運転支援機能について述べる。

4.1 自動車と路面電車の連携による支援

路面電車と自動車とが道路空間を共有する場所で、自動車と路面電車双方の安全性が高まるシステムとするために、自動車のドライバー、路面電車の運転士に対する以下の支援機能を構築した。

路面電車の運転士に対する支援機能を検討するにあたり、広島電鉄（株）の運転士にヒヤリングを行った。その結果、自動車が急に軌道敷内に入ってくるときにヒヤリとした経験があるという意見を得た。これを受けて、見通しの悪い路地から自動車が出て軌道敷を横断する場面、路面電車の前方で自動車が右折しようとしている場面や、駐車車両や障害物を避けるために自動車が軌道敷内に入ってくる場面において、路面電車の運転士に対して情報を提供することとした（Fig. 5）。なお、路面電車側の支援機能の開発は、交通安全環境研究所が取り組んだ。



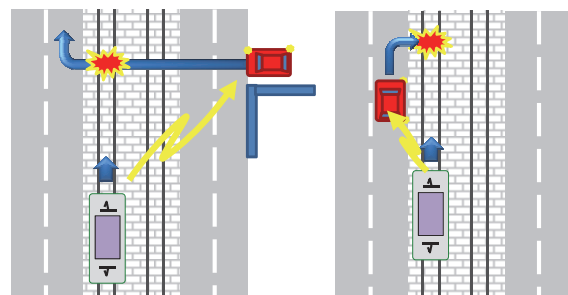
(a) Provision of information on right turn vehicle at blind corner ahead(V2T)

(b) Provision of information on right turn vehicle ahead (V2T)

V2T:Vehicle-to-Tram communication

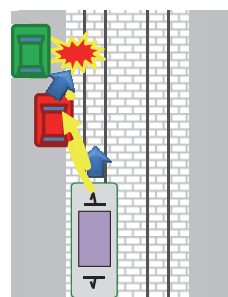
Fig. 5 Supports for Tram Driver

一方、自動車のドライバーにとっては、後方から接近する路面電車に気付くのが遅れることがあったり、見通しの悪い交差点では交差する車両・電車の接近状況の目視確認が困難である。このことから、路面電車と支援を行う場面と同じ場面において、自動車のドライバーに対して路面電車の接近情報を提供することとした（Fig. 6 (a)~(c)）。

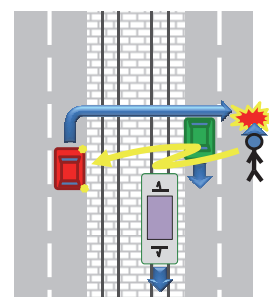


(a) Provision of information on Tram approaching out of the corner(by T2V)

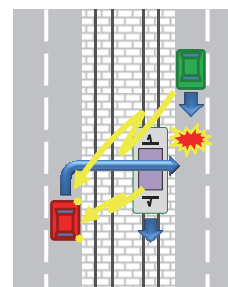
(b) Provision of information on approaching Tram in right turn (by T2V and Onboard sensors)



(c) Provision of information on approaching Tram in overtaking (by T2V and Onboard sensors)



(d) Provision of information on pedestrian in right turn (by P2V and Onboard sensors)



(e) Provision of information on oncoming vehicle in right turn (by V2V and Onboard sensors)

V2V:Vehicle-to-Vehicle communication
T2V:Tram-to-Vehicle communication
P2V:Pedestrian-to-Vehicle communication

Fig. 6 Supports for Car Driver

このように、自動車と路面電車が支援し合うことで、万が一、ドライバー、運転士のどちらかが認知ミスをした場合でも、他方がカバーすることで衝突を防ぐことができ、双方の安全性を高めることができると考えた。

4.2 他車両、歩行者との衝突に対する支援

広島は道路交通環境の特徴として、自動車と路面電車、歩行者が共存することにより、交通が錯綜しているという特徴がある。これを踏まえて、他車両、歩行者との衝突事故に対応した支援機能を搭載することとした。自動車が右折する場面において、右折先の横断

歩行者の情報を提供することでドライバの認知を支援する機能 (Fig. 6 (d)) , および接近する直進対向車の情報を提供することでドライバの認知を支援する機能を構築した (Fig. 6 (e)) .

4.3 システムの機能動作

本節では, Fig. 6 (b)に示した後方からの路面電車接近情報提供と Fig. 6 (d)に示した右折時の歩行者情報提供を例に取り上げ, システムの機能動作について述べる. 一連の機能の動作の流れを Fig. 7 に示す.

右折しようとして交差点に進入したときに路面電車が後方から接近すると, 喚起音と共に Fig. 7 の右下に示す画像を HUD に表示することでドライバに後方から路面電車が接近していることを気づかせる. ドライバの右折意思は, ドライバのウインカ操作とブレーキ操作の有無, 車速, 交差点に対する自車の位置から判定している. また, 路面電車の接近を知らせるタイミングは, TTC (Time To Collision : 衝突までの時間) に基づいて算出している. GPS で測位した自車位置と車車間通信で獲得した路面電車の位置から算出した相対距離と路面電車の走行速度を用いて逐次 TTC を計算し, あらかじめ設定しておいた閾値を下回った時点で情報を提示している. また, HUD の表示画像は, 路面電車が自車を追い越した時点で消している. GPS で測位した自車位置と車車間通信で獲得した路面電車の位置から相対的距離を算出し, 路面電車が自車を追い越したことを判定している.

次に, 路面電車が通過した後, 自車が右折待ちから発進しようとしたときに, 右折先の横断歩道とその付近に歩行者が存在すると, 喚起音とともに Fig. 7 の右中央に示す画像を HUD に表示することで, ドライバ

に歩行者が存在することを知らせて注意を喚起する. まず, 歩車間通信で獲得した歩行者の位置情報を用いて, 右折先の横断歩道とその周辺に歩行者がいるかを判断する. このとき, 歩車間通信で獲得した歩行者の進行方向の情報から横断歩道から遠ざかる歩行者は除外している. 注意喚起は, 右折待ちから発進したことをドライバのブレーキ操作と車速から判断し, このタイミングで行っている.

この注意喚起にもかかわらず, ドライバが右折を継続し, 横断歩行者と衝突の危険がある場合には, 車載センサで検知した結果に基づいて警報を発報する. 警報音とともに Fig. 7 の右上に示す画像を HUD に表示することでドライバに歩行者と衝突する危険があることを警報し, ドライバにブレーキ操作を促す.

5. 広島での ITS 公道実験

Fig. 5, 6 に示す 7 つの支援機能を確認するために, 広島市内の公道で走行実験を行った. 実験は, Fig. 8 に示す広島電鉄江波線 (江波駅～舟入本町駅) 沿いで行った. また, 実験に用いた「マツダ アテンザ ASV-5」, 路面電車を Fig. 9 に示す.

実験の結果, 自動車と路面電車間の車車間通信により互いに情報をやり取りすることで, Fig. 5, 6 (a)～(c)に示す自動車と路面電車の連携による安全運転支援が, 自動車と路面電車の双方で動作することを確認できた. また, Fig. 6 (d)の歩行者との衝突防止支援, Fig. 6 (e)の対向車との衝突防止支援が, 通信利用型システムと車載検知型システムの連携の考え方にに基づき動作することを確認できた.

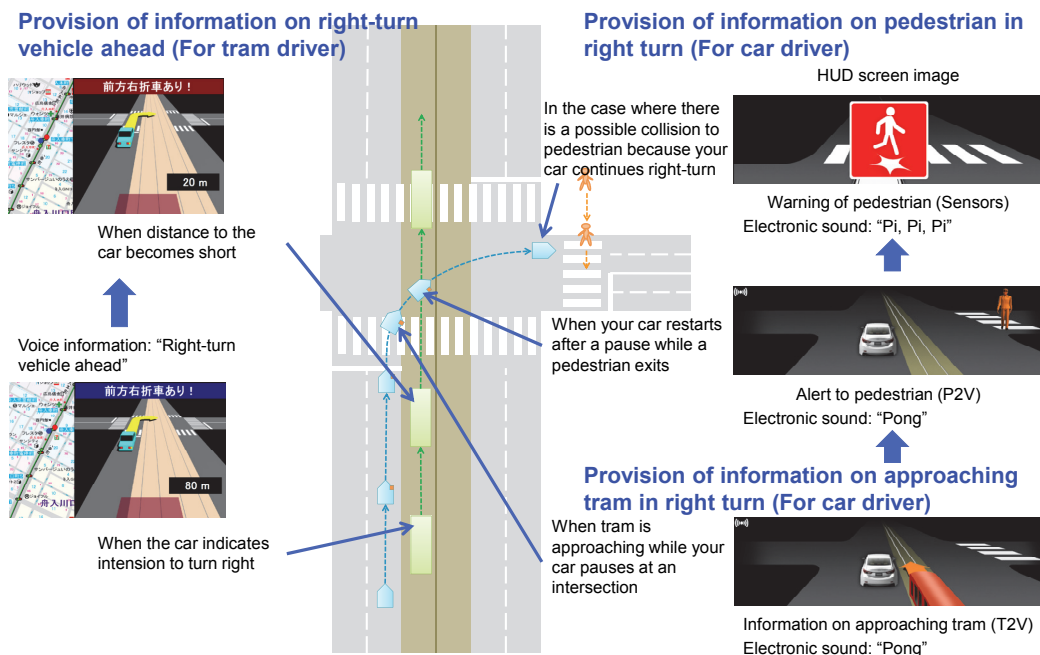


Fig. 7 Example of Support Scenario

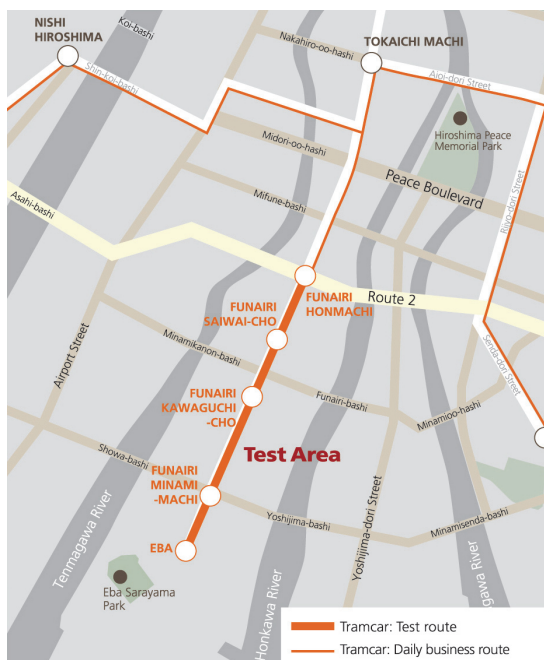
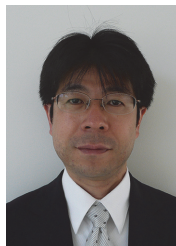


Fig. 8 Test Area

■ 著 者 ■



山本 雅史



奥木 友和



岩下 洋平



吉田 誠



岡崎 晴樹



是 治久



Fig. 9 Mazda Atenza ASV-5 and Test Tram

6. まとめ

本稿では、「マツダ アテンザ ASV-5」のシステム概要、通信利用型システムと車載検知型システムの連携の考え方、直感的に理解できることをねらいとしたHMI設計の考え方、搭載した安全運転支援機能について述べた。今回、これらを「マツダ アテンザ ASV-5」に搭載し、自動車と路面電車の連携による支援や、通信利用型システムと車載検知型システムを連携させた歩行者との衝突防止支援などが設計どおりに動作することを確認した。今後、自動車と路面電車の連携支援の有効性評価、通信利用型システムと車載検知型システムの連携機能の検証と改善、直感的に理解できるHMIの定量的効果評価に取り組んでいく。

参考文献

- (1) 花井：ITS（高度道路交通システム）、自動車技術、Vol.67, No.8, pp.170-177 (2013)
- (2) 山本ほか：車車間通信を利用した安全運転支援システムの開発、マツダ技報, No.26, pp.131-136 (2008)