

論文・解説

28

## マツダの先進安全技術「i-ACTIVSENSE」の進化 Evolution of Mazda Advanced Safety Technology "i-ACTIVSENSE"

平井 浩司\*<sup>1</sup>  
Koji Hirai

古山 貫一\*<sup>2</sup>  
Kanichi Koyama

後藤 多加志\*<sup>3</sup>  
Takashi Goto

久米 孝則\*<sup>4</sup>  
Takanori Kume

### 要 約

マツダは、人間を中心にすえた安全技術の研究・開発に取り組み、すべてのお客さまに「走る喜び」と「優れた環境・安全性能」を持つ商品をお届けすることで、お客さまの人生をより豊かにし、お客さまとの間に特別な絆を持ったブランドになることを目指している。つまり、ドライバー尊重の安全思想『MAZDA PROACTIVE SAFETY (マツダ・プロアクティブ・セーフティ)』に基づき、運転する環境が変化しても、ドライバーが正しく認知・判断することをサポートし、「安全に安心して運転している状態」を提供すること、また、万一のドライバーのミスにも対応できるよう、事故被害を回避・軽減できるようサポートすることをねらった先進安全技術「i-ACTIVSENSE」を2012年に市場導入し、それ以降も毎年進化させ続けている。

今回、リアルワールドでの事故分析結果に基づき目標性能を見直し、新しいカメラ技術の採用等により、歩行者事故の回避や交通標識の認識等を通じて達成した新技術を、2016年に商品改良したアクセラ、アテンザより順次搭載、公的な予防安全性能評価でも高い評価を頂いた。その開発成果の一端を紹介する。

### Summary

Mazda is committed to develop safety technologies focusing on drivers, and deliver products that have "driving pleasure" and "excellent environmental/safety performance" to all customers, and become a brand with a special relationship with customers by making it more rich. Based on "MAZDA PROACTIVE SAFETY" which is the safety concept respecting the driver, we introduced the advanced safety technology "i-ACTIVSENSE" in 2012, and have continued to evolve our technology every year since then. We support the driver to recognize and judge correctly even if the driving environment changes, and keep safely and securely driving conditions, and support avoidance / mitigation of accident damage even if the driver should fail.

We redesigned target performances based on results of accident analysis at the real world, and introduced new technologies solved through avoidance of pedestrian accidents and recognition of traffic signs by adopting advanced camera technology etc. in 2016 AXELA and ATENZA, which got high evaluation in public active safety performance evaluation. This paper describes those technologies.

### 1. はじめに

マツダは『マツダ車をご購入いただいた、すべてのお客様に「走る喜び」と「優れた環境・安全性能」を提供する』というビジョンを掲げ、ドライバーを尊重する安全思想『MAZDA PROACTIVE SAFETY (マツダ・プロアクティブ・セーフティ)』に基づき開発した先進安全技術「i-ACTIVSENSE」を2012年に市場導入した。

「i-ACTIVSENSE」は、夜間視界を向上させるアダプティブ・LED・ヘッドライト (ALH) 等の認知支援技術、差し迫った危険を知らせる車線逸脱警報システム

(LDWS) 等の警報技術、主に自動車専用道での疲労を軽減させるマツダ・レーダー・クルーズ・コントロール (MRCC)、万一の事故の際の被害を軽減させるスマート・ブレーキ・サポート (SBS) など幅広い機能を備えた概念で、その後も毎年進化を重ねている。

今回、新たにカメラ技術を用いて歩行者事故の回避をもねらった事故被害軽減技術「アドバンスト・スマート・シティ・ブレーキ・サポート (アドバンスト SCBS)」, 制限速度等の標識を認識しドライバーに伝える「交通標識認識システム (TSR)」などを開発し、2016年に商品改良したアクセラ、アテンザから市場導入

\*1~3 統合制御システム開発本部  
Integrated Control System Development Div.

\*4 電子開発部  
Electrical & Electronics Development Dept.

した。

これらの技術内容について、以下紹介する。

## 2. アドバンスト・スマート・シティ・ブレーキ・サポート (アドバンストSCBS)

新開発したアドバンストSCBSは、従来の低速走行時の衝突被害軽減をサポートする「スマート・シティ・ブレーキ・サポート (SCBS)」を進化させ、「作動速度域の拡大」及び「作動対象の拡大」により、安全性能を向上させた。

### 2.1 事故の実態

国内の交通事故発生状況を見ると、約36%を追突事故が占める (Fig. 1) <sup>(1)</sup>。更に、追突事故発生時の車速を見ると、その約98%が時速60km以下の低・中速度域で発生している (Fig. 2) <sup>(2)</sup>。

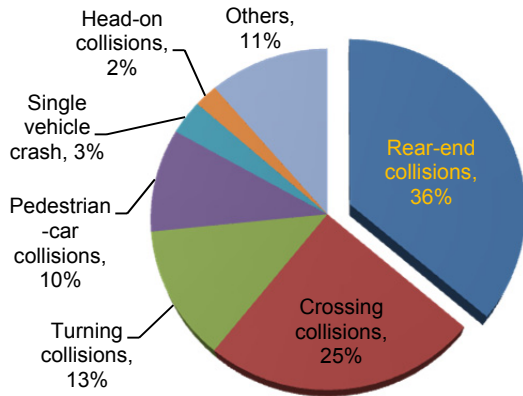


Fig. 1 Types of Traffic Accidents <sup>(1)</sup>

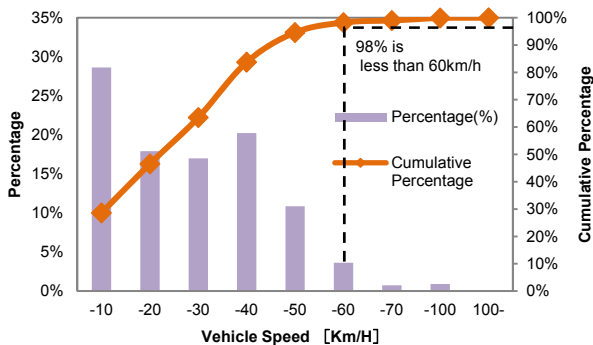


Fig. 2 Vehicle Speed in Rear-end Collision <sup>(2)</sup>

死亡事故をみると、自動車対歩行者が35%で最も多く (Fig. 3) <sup>(1)</sup>、その内自動車は直進時が約79%<sup>(3)</sup>、歩行者は横断中が約73%<sup>(3)</sup>を占める。更に、歩行者死亡事故の車速分布をみると、約88%が時速60km以下の低・中速度域で発生している (Fig. 4) <sup>(2)</sup>。また、衝突速度ごとの

致死率をみると、時速40km以下では約8%未満に留まっているが、衝突速度が上がるに従って急激に高くなる<sup>(3)</sup>。

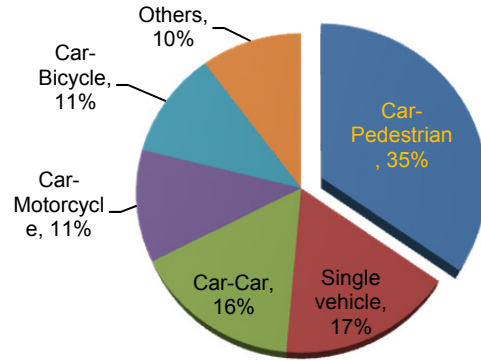


Fig. 3 Classification of Fatal Accidents <sup>(1)</sup>

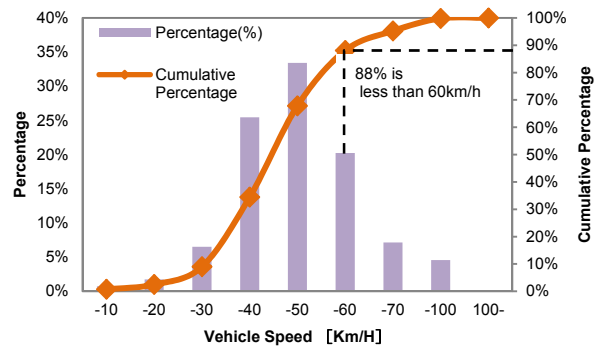


Fig. 4 Vehicle Speed in Car-Pedestrian Collisions <sup>(2)</sup>

### 2.2 開発のねらい

アドバンストSCBSは、これらの事故実態を踏まえ、先行車への追突については、自車が時速60km以下での衝突回避、または衝突被害大幅軽減を、横断歩行者については、自車が時速60km以下で致死率が8%未満となる自車速40km以下への減速を目標とした。

### 2.3 システムの機能

衝突の危険性を常時監視し、先行車に対しては時速約4~80kmで走行時、横断歩行者に対して時速約10~80kmで走行時、衝突の危険性があると判断すると、まず音と表示により、衝突の危険が迫っていることを運転者に報知する。

次に、ブレーキの遊びを詰め、ドライバーのブレーキ操作に対して即座に制動力を発揮できるよう準備する。同時に、後続車に対してブレーキ制御を行っていることを通知するために、ストップランプを点灯させる。

更に、ドライバーによる衝突回避操作が間に合わず、衝突回避できないと判断した場合、衝突被害軽減ブレーキを作動させ、減速することで追突事故による被害を軽減する。

なお、アドバンスドSCBS によるブレーキ制御中にドライバーが回避操作（操舵やアクセル操作）を行った場合は、ドライバー操作を優先させ、アドバンスドSCBS による制御を速やかにキャンセルする。

2.4 システムの構成

新開発したフォワード・センシング・カメラ（FSC）を中心に、ダイナミック・スタビリティ・コントロール（DSC）ユニット、パワートレイン・コントロール・モジュール（PCM）、ボディー・コントロール・モジュール（BCM）、コネクティビティ・マスター・ユニット（CMU）、及びメーターで構成される。各ECU（Electronic Control Unit）はCAN（Controller Area Network）で接続され、双方向通信によって制御する（Fig. 5）。

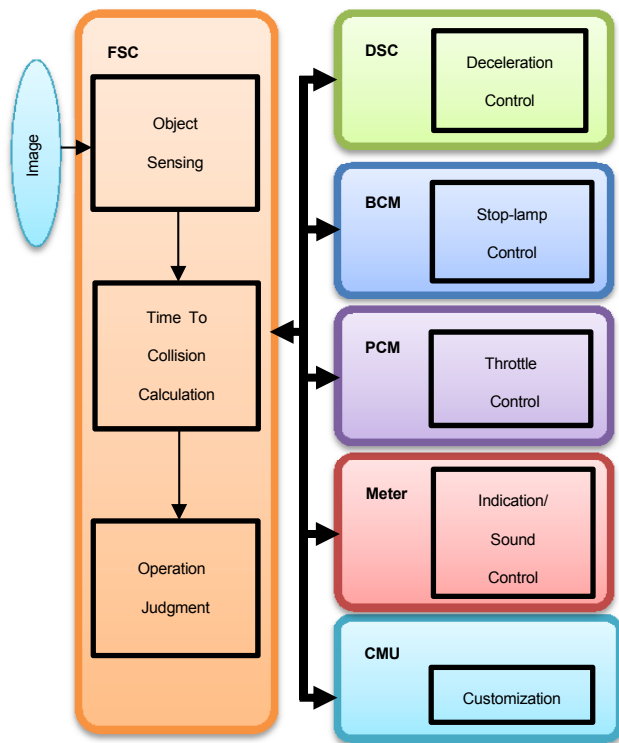


Fig. 5 System Structure

FSC（Fig. 6）はフロントガラス中央上部の車室内側に搭載しており、先行車や横断歩行者を検知する。先行車や横断歩行者の検知には、画像の特徴点から、先行車や横断歩行者の形状を判定する技術を用いた。更に、先行車や横断歩行者の動きを時系列的に監視する技術により、検知性能を大幅に向上させた。

また、横断歩行者を検知するために、水平検知範囲を従来のSCBSで採用しているレーザーセンサーの2倍の約52°に拡大した。更に、作動速度域の拡大のため、先行車の検知距離をレーザーセンサーの10倍の約100mに性能

向上させた。



Fig. 6 Sensor Appearance

2.5 システムの性能

アドバンスドSCBSの性能と走る喜びの両立を目指し、「衝突被害軽減性能の実現」と「ドライバーの通常運転に干渉しない」という相反する要件の両立をねらった。

具体的には、自車及び先行車／横断歩行者の状態（相対速度や相対位置など）に応じて、最適な制動開始タイミングと制動力となるよう、状況ごとの最適化と、実車での造り込みを行った。例えば、停止している先行車に対して、自車が時速60kmで走行している場合、衝突の約2秒前にブレーキの遊びを詰め、衝突の約1.8秒前から緩やかな制動力を発生することで、ドライバーに危険が迫っていることを伝える。更に、ドライバーの回避操作がない場合は、衝突の約1.0秒前から強い制動力を発生させるなど、状況に応じて最適な制動開始タイミング及び制動力に設定した（Fig. 7）。

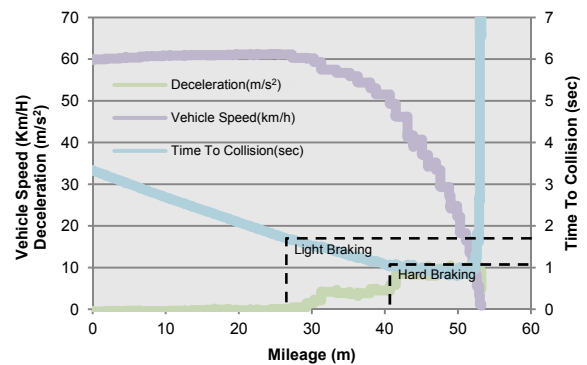


Fig. 7 Brake Timing and Deceleration

アドバンスドSCBSを搭載したアクセラは、2016年度Japan New Car Assessment Program（JNCAP）予防安全性能評価において、最高ランク「ASV++」を獲得した。具体的には、被害軽減ブレーキ[対車両]において、自車が時速60kmまで衝突を回避できることが認められた。被害軽減ブレーキ[対歩行者]においては、自車が時速60km以下において衝突速度を時速40km以下に軽減（自車が時速50km以下においては衝突回避）できることが認

められた。

### 3. 交通標識認識システム (TSR)

#### 3.1 事故の実態

交通事故全体における速度制限超過による死亡事故件数は13.9%と非常に高く、速度制限内に比べて約12倍の発生率である<sup>(4)</sup>。道路を安全に走行するための速度制限や、事故の発生しやすい箇所には交通標識が設けられているが、ドライバーはさまざまな交通環境の変化や車両操作に注意を向けているため交通標識の確認を見落とすことがある。死亡事故以外でも一旦停止での不停止や、進入禁止での誤進入など、交通標識に従って運転していれば防げた事故が37.3%ある<sup>(4)</sup>。

#### 3.2 開発のねらい

走行中にFSCで速度制限、進入禁止、一時停止の交通標識を読み取り、その情報をアクティブ・ドライビング・ディスプレイに表示することで交通標識の見落としを防止して安心な運転を支援するTSRを開発した (Fig. 8)。ドライバーが意図せず速度制限超過している状況ではドライバーに危険が迫っていることを瞬時に理解させ、すぐに判断・操作に移れるよう速度超過警報を”表示”もしくは”表示と音”で警告する機能を選択可能とした。



Fig. 8 Traffic Sign Recognition System

交通標識は車両に対して速度制限や通行の禁止等を知らせる”規制標識”，スリップ注意など運転上細心の注意を要求する”警戒標識”，設置した標識に対して車両の種類や区間など補助情報を付加する”指示標識”に分類される。交通標識には多くの種類があり、すべてを表示することはドライバーにとって情報過多となるため、ドライバー操作の緊急性から表示する交通標識を選択した。ドライバーがブレーキ動作を伴う標識をPriority1とし、アクセルペダル操作を伴う標識をPriority2、ハンドル操作を伴う標識をPriority3と設定しアクティブ・ドライビング・ディスプレイに表示を行った (Table 1)。2016年に商品改良したアクセラ、アテンザ、CX-3のアクティブ・ドライビング・ディスプレイ装着車では”一時停止標識”，”進入禁止標識”，”速度制限標識”を表示、2017年に

商品改良したCX-5のアクティブ・ドライビング・ディスプレイ (フロントガラス照射タイプ) 装着車では、表示領域の拡大に合わせて”追い越し／はみだし禁止標識”を表示した。

Table 1 Priority of Traffic Signs

Priority1	規制標識 (ブレーキ操作) Regulatory sign (stepping on the brake)	
Priority2	規制標識 (アクセル操作) *指示標識を含む Driveway restriction (Limit driving on ego lane) *Included supplemental sign	
Priority3	警戒標識 (ハンドル操作) Driveway restriction (Limit driving near lane)	

#### 3.3 システムの構成

システムは、フォワード・センシング・カメラ (FSC)、コネクティビティー・マスター・ユニット (CMU)、アクティブ・ドライビング・ディスプレイ及びメーターで構成される (Fig. 9)。

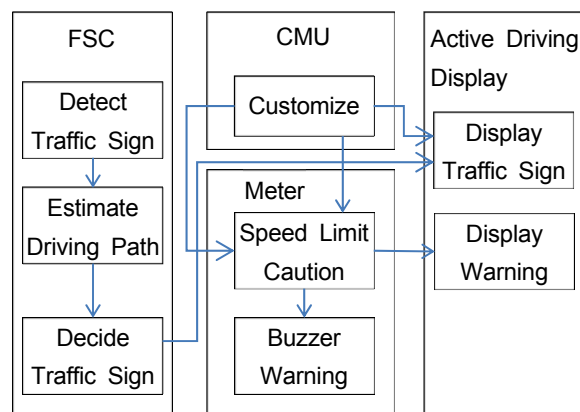


Fig. 9 System Architecture

FSCによって、道路上の交通標識を読み取り、車両の挙動から読み取った交通標識が自車に対する交通標識であるかを推定し、自車両に対する交通標識と判断した場合にアクティブ・ドライビング・ディスプレイに交通標識を表示する。

CMUのカスタマイズ設定画面で、交通標識の表示”ON”，”OFF”が選択可能である。また速度超過警報の警報パターン”OFF”，”警報表示のみ”，”警報表示+警報音”が選択できる。速度超過警報を設定した場合に、ドライバーが現在表示されている交通標識の速度制限に比較

し、設定した速度超過警報値より高い車速で走行しているとメーターが検知すると、速度標識表示の背景を危険な状況を喚起する黄色で表示、もしくは表示と音で警告する (Fig. 10)。

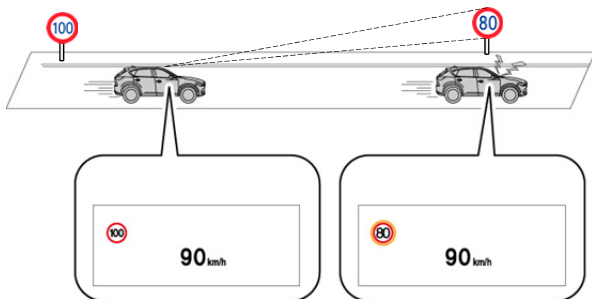


Fig. 10 Speed Limit Warning

### 3.4 システムの性能

道路上の速度標識は、標識位置から速度制限が切り替わるため、FSCが速度標識を認識し、自車両が標識を通過するタイミングでアクティブ・ドライビング・ディスプレイに表示を開始する。速度標識に補助情報を付加する”指示標識”がある場合は、速度標識の下に認識した補助標識を表示する。速度標識を表示してから一定距離を走行し、新たな速度標識が認識できない場合、ドライバーに誤った速度情報を表示している可能性が高いと判断し消灯する。また交差点では、右左折した先では道路種別が異なり速度制限も異なる場合が多いため、自車両のヨーレートが一定の閾値を超えた場合は、速度標識を消灯する (Fig. 11)。

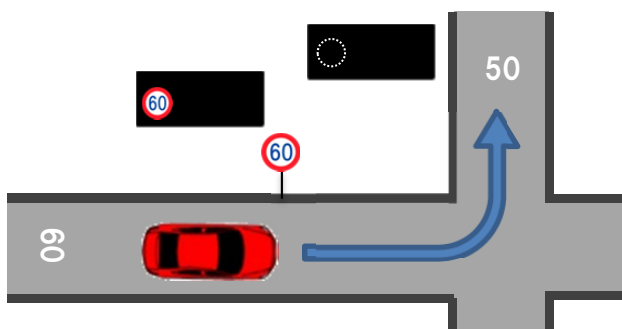


Fig. 11 Turn at Intersection

一時停止標識は、標識位置付近の停止線で停止しなければならないことを警告する標識である。ドライバーに減速動作の開始を促すため、標識認識後一時停止標識まで一定距離に近づいたときに表示を開始する。自車両が十分に低速で停止し一定の距離走行後、一時停止表示を消灯する (Fig. 12)。

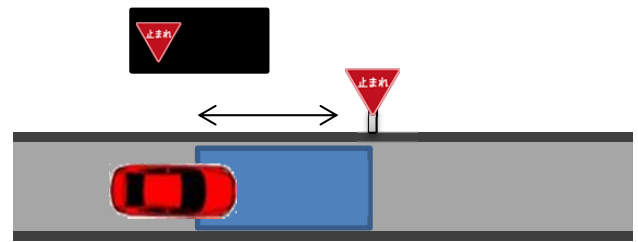


Fig. 12 Displaying of Stop Sign

### 3.5 アクティブ・ドライビング・ディスプレイの改善

アクティブ・ドライビング・ディスプレイは、1.5m先に虚像を表示することによって、焦点の移動を最小限かつ前方道路を見ながら走行情報も確認できる優れたHMI (Human Machine Interface) である。

アクティブ・ドライビング・ディスプレイには『刻々と変化する、走行に必要な情報を厳選して表示する』ことを目的に機能配分を行ってきた。今回の新型アクティブ・ドライビング・ディスプレイの開発に際し、従来よりも瞬読性を高めるためにドライバーへの情報を”目の前の環境の情報”と”自分の車の情報”の大きく2つに区分し表示の配置も情報種別に応じて最適な位置に表示することを徹底した。

交通標識は”目の前の環境の情報”であり、画面の上部に配置することで視線の移動を最小限に留められ、ドライバーへ常に安全に最新の交通標識情報を提供することができた。自車の車速情報も”自分の車の情報”として中央に表示されるため、道路の速度制限と自車の車速を常に視界に捉えることができ、安全な車速を維持して運転することができる。更にドライバーが正しく交通標識情報を認識できるように、表示器を従来の蛍光管からフルカラーTFTの液晶に変更し、ピクセル数を約2.5倍に増加したことで高精細な表示を可能としている。また、さまざまな明るい環境光下でも交通標識の表示を認識できるように表示輝度を従来の2倍弱に向上させている。これらによって偏光サングラスを装着しているドライバーの視認性も十分に確保することができた (Fig. 13)。

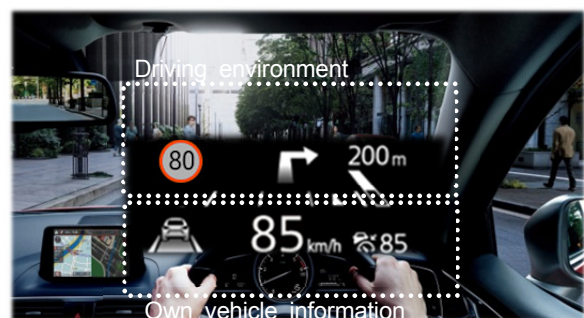


Fig. 13 Concept of Contents Layouts

#### 4. おわりに

今回、2016年に商品改良したアクセラ、アテンザから採用した先進安全技術について紹介した。今後もマツダのドライバー尊重の安全思想に基づき、技術進化を継続させ、事故の無い社会の実現、及びドライバーが安心して運転を楽しめるクルマ造りに貢献していく考えである。

#### 参考文献

- (1) (財)交通事故総合分析センター：交通事故統計年報 平成26年版
- (2) (財)交通事故総合分析センター：平成24年 事故統計 集計結果
- (3) (財)交通事故総合分析センター：イタルダ・インフォメーション, No.83, pp.3-5(2010)
- (4) 警察庁交通局：第3回 速度規制等ワーキンググループ、交通事故抑止に資する取締り・速度規制等の在り方に関する懇談会 第4回 資料, p.9 (2013)

#### ■ 著 者 ■



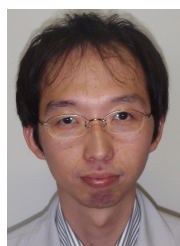
平井 浩司



古山 貫一



後藤 多加志



久米 孝則