

特集：安全

32

## フォワード・センシング・カメラの開発 Development of Forward Sensing Camera

内海 将司\*1  
Masashi Utsumi

原田 司\*2  
Tsukasa Harada

遠野 安広\*3  
Yasuhiro Enno

### 要約

近年、日本では交通事故による死者数が大幅に減少傾向にあるが、負傷者数や事故発生件数は、依然増加傾向である。また、車線逸脱が起因の車両単独事故や、夜間の対歩行者事故件数の割合は高い傾向にあり、運転支援・予防安全技術への期待が高まっている。

マツダでは、ミリ波レーダを使った予防安全技術を 2006 年から、近赤外線レーザを使った予防安全技術を 2012 年から量産化している。本稿では、マツダ初の画像認識技術を活用した予防安全技術として、単独衝突事故低減効果が期待される「車線逸脱警報システム：LDWS (Lane Departure Warning System)」と、夜間歩行者事故の未然低減効果や、夜間のハイビーム切り替え操作の負担低減による夜間視界向上が期待される「ハイビーム・コントロール・システム：HBC (High Beam Control System)」について、システムおよびその技術を紹介する。

### Summary

Recently the number of traffic accidents and death toll are sharply decreasing in Japan, but the number of injuries and accident frequency rates are still on the rise. Especially, the rates of single-car accidents caused by lane departures and pedestrian accidents at night are still high, and requirements for driving support and active safety (preventive safety) technologies are rising.

This year Mazda has started the mass productions of the active safety technologies using millimeter-wave radars and near-infrared lasers. The active safety technologies using Mazda-originated-image recognition technology, "LDWS: Lane Departure Warning System" and "

HBC: High Beam Control System" are introduced in this paper.

### 1. はじめに

近年、日本では、交通事故による死者数が大幅に減少傾向にあるが、負傷者数や事故発生件数は、依然増加傾向<sup>①</sup>である。また、車線逸脱が起因の車両単独事故や、夜間の対歩行者事故件数の割合は高い傾向<sup>②</sup>にあり、運転支援・予防安全技術への期待が高まっている。マツダでは、ミリ波レーダや近赤外線レーザを使った予防安全技術を既に量産化している。本稿では、マツダ初の画像認識技術を活用した予防安全技術として、「車線逸脱警報システム：LDWS (Lane Departure Warning System)」と、「ハイビーム・コントロール・システム：HBC (High Beam

Control System)」について、システムおよびその技術を紹介する。

### 2. システム構成

#### 2.1 フォワード・センシング・カメラ (FSC)

今回マツダが開発したフォワード・センシング・カメラには、カラーCMOS センサ (画角水平 45 度、垂直 24 度) と白線認識アルゴリズムと夜間の光源物標検出/先行車、対向車識別アルゴリズムが搭載されており、また、車線逸脱判定やハイビーム/ロービームの切り替え判定を行う情報処理演算装置 (ECU) も内蔵されている (Fig.1)。

\*1~3 車両システム開発部  
Vehicle System Development Dept.

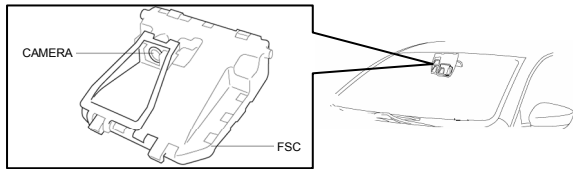


Fig.1 Sensor Layout

### 3. システム概要

#### 3.1 車線逸脱警報システム (LDWS)

##### (1) 車線逸脱事故の現状

国内事故統計によると、車線逸脱に起因する車両単独事故および正面衝突事故の件数は死亡・重傷事故件数の約70%と高い<sup>③</sup>。その車線逸脱事故のインフラ側の対策として、Fig.2 に示すようなランブルストリップsの設置を進められているが、全ての道路（自動車専用道、一般道含む）への展開は難しい。欧州、北米でも同様に車線逸脱に起因する事故件数は高い傾向にあり、本システム装着による事故低減効果が期待される。

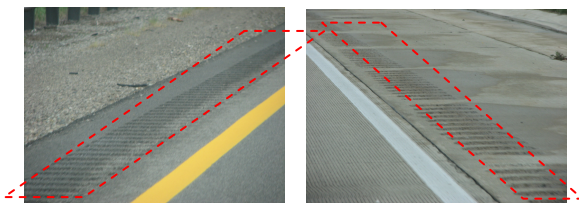


Fig.2 Rumble Strips

##### (2) システム構成

2.1 で示すフォワード・センシング・カメラで、車両前方の白線を検出し、自車前輪との位置を推定するとともに、アクセルやブレーキペダル操作量、ウィンカ操作、車両加減速度など、さまざまな車両情報から車両の逸脱状態を判断する。フォワード・センシング・カメラで判断した情報に基づき車両ネットワークを介してメータ表示、および警報吹鳴を行う (Fig.3)。

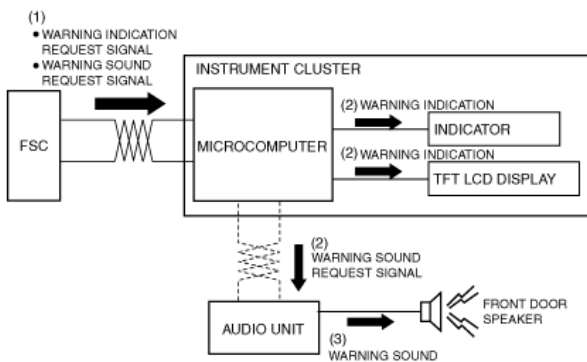


Fig.3 LDWS System Structure

##### (3) システム作動条件

インパネに設置される LDWS スイッチを ON にした状態で、車速 40km/h (欧米では 65km/h) 以上で車線を逸

脱したときに警報を行う。ただし、本システムでは、さまざまな車両状態量に基づく、ドライバの運転意思を推定しており、意図的な車線変更や、やむを得ない逸脱時（ウィンカを出して車線変更したときや、障害物を回避するなど）は、警報をしないようにしている。

##### (4) システム表示/警報

メータインジケータおよびLCDディスプレイにシステムの作動状態を示す (Fig.4)。車両が左右いずれかに逸脱したと判断された場合、インジケータを点滅させるとともに、ディスプレイ (ディスプレイ装着車のみ) に左右どちらの方向に逸脱したか表示する。同時に、左右いずれかの逸脱した側のフロントスピーカから、ランブルストリップを踏んだ時に発生するロードノイズを模擬した警告音を吹鳴する (純正オーディオ装着車のみ、それ以外はメータブザーのみ) ことで、ドライバに車線逸脱状態を報知し、安全な運転操作を促す。

(動画: LDWS)

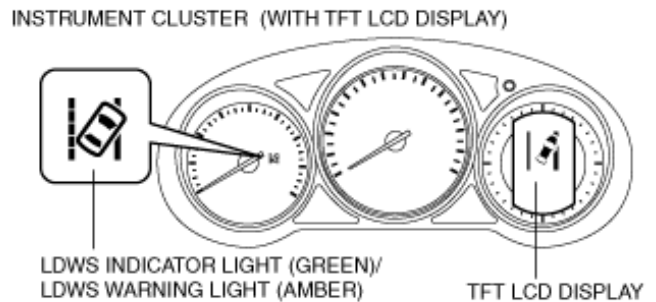


Fig.4 LDWS Warning Display

マツダの車線逸脱警報システムで採用した警報手段は、上記ディスプレイ表示と、インフラ側の車線逸脱防止策として広く普及しているランブルストリップ音を模擬した警告音を逸脱方向から吹鳴する方式を採用した。K.Kozakらの研究<sup>④</sup>によると、車線逸脱警報システムの警報手段としてランブルストリップを模擬した音を吹鳴する方式とすることで、欧州車で多く採用されているステアリング振動による警報手段よりも、左右の逸脱方向を知らせることで同等以上のドライバ反応と正確な回避操作が期待できる。

##### (5) ランブルストリップ音の育成

車線逸脱警報にランブルストリップ音を模擬した音を採用するにあたり、各国のランブルストリップが設置されている道路を実際に走行して発生音を体感、収集し音作りの参考とした。また、日本、米国および欧州に設置されているランブルストリップ施工基準<sup>⑤</sup>を調査し、凹凸のピッチ幅 (Fig.5) の大半が 0.3m であることからタイヤが溝を通過するとき発生するノイズ (=ランブルストリップ音) は各国共通であると考え、共通音源とした。音源は、実際にランブルストリップを踏んだ時にドライバが聞こえる周波数帯域にピークを持つ警告音となるよう、試行錯

誤を繰り返しながら音源作りを行った (Fig.6)。

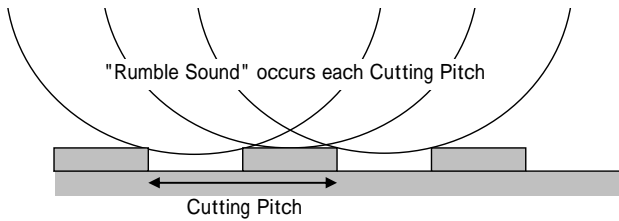


Fig.5 Mechanism of Rumble Strips Sound

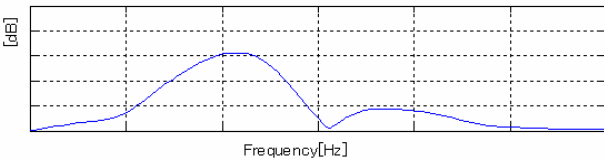


Fig.6 Frequency Spec of Rumble Strips Sound

### 3.2 ハイビーム・コントロール・システム (HBC)

#### (1) 夜間歩行者事故の現状

H23年度の事故統計<sup>(6)</sup>によると夜間の対歩行者死亡事故の約96%がロービーム点灯状態であり、ハイビームであれば事故を回避できた可能性があるとして試算されている。また、Mafford.M.Lらの研究<sup>(7)</sup>によると、ハイビーム使用に適切な条件(街灯のない道、対向車/先行車が居ない)において25.4%のドライバしか、ハイビームを使用しないという結果が出ている。以上のことから、ドライバに状況に応じた切り替え操作負担を与えることなく、ハイビーム/ロービームを自動で切り替えることのできる本システムが夜間の視認性を確保するとともに、事故低減への効果も期待される。

#### (2) システム構成

2.1で示すフォワード・センシング・カメラで、夜間走行時の光源物標を検出し先行車、対向車、街灯を識別し、ハイビーム/ロービーム切り替え要否を判断する。フォワード・センシング・カメラで判断した情報に基づき、車両ネットワークを介して、メータ表示、およびヘッドライトユニットのハイビーム点消灯を切り替える (Fig.7)。

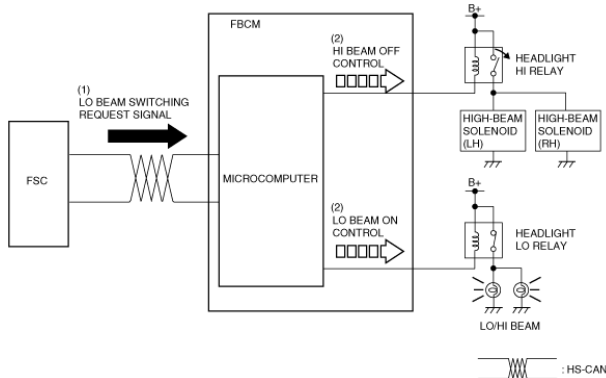


Fig.7 HBC System Structure

#### (3) システム作動条件

ライトスイッチを"Auto"ポジションと"HI"ポジションにセットし、オートライトが点灯したときに作動する。車速30km/h以上で先行車/対向車が居ない時は自動的にハイビームに切り替わり、先行車/対向車を検出したとき、市街地など周辺が明るい環境を走行しているとき、もしくは車速が20km/h以下となった時は、自動的にロービームに切り替わる (Fig.8)。

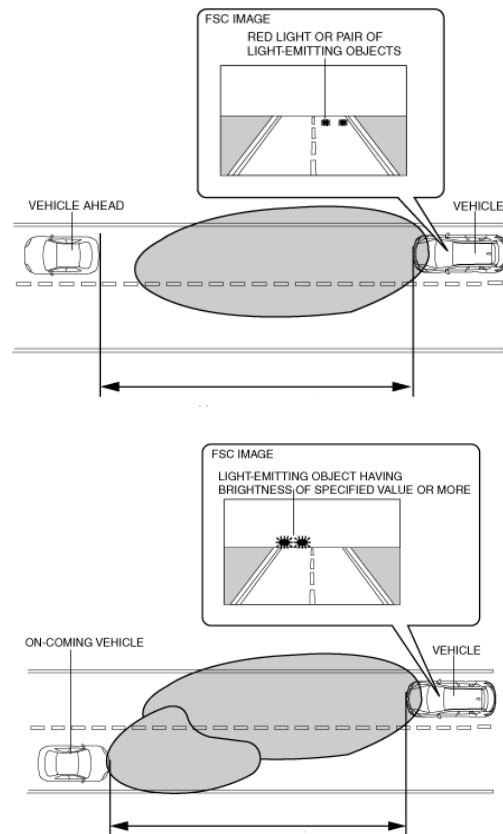


Fig.8 HBC System Operation

#### (4) 操作/表示

上記システムが作動状態となると下図に示すインジケータ (Fig.9) が点灯する。また、ハイビームインジケータは、自動切り替えでハイビームが点灯したときに点灯、ロービームに切り替わったときに消灯する。

(動画: HBC)

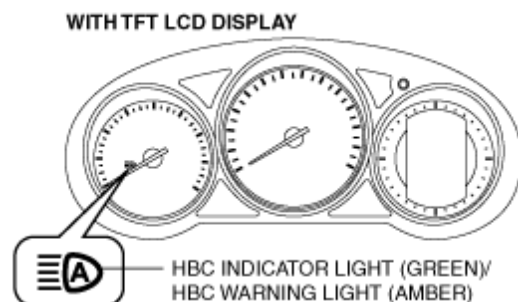


Fig.9 HBC Operation Display

## (5) 各国市場環境への対応 (ロバスト性向上)

本システムは、日本国内の他に、欧米各国へ展開するため、それぞれ異なる市場環境でのヘッドライト・テールライトの識別性能向上を進める必要があった。例えば、欧州では本システムの効果を発揮する郊外路には街灯が少なく、反射率の低いリフレクタが多いことから、誤識別による不要なハイビーム/ロービームの切り替えをしてしまうことは少なかった。一方、米国や日本では、路側のリフレクタや路面に埋め込まれたキャッツアイや、街灯、自発光するタイプのリフレクタや、一般的にみられる赤色や白色ではなく、緑色に反射タイプのリフレクタ (Fig.10) など、ヘッドライト・テールライトの誤識別による不要なハイビーム/ロービームの切り替えをしてしまう傾向にあった。そこでマツダは、日本国内はもとより、各主要拠点の欧米を中心に膨大な夜間走行中の学習データを収集し、アルゴリズムに反映することで街灯などの自発光物やリフレクタなどの反射物に対する識別のロバスト性を向上することができた。



Fig.10 Unique Reflectors

## 4. おわりに

今回開発した LDWS, HBC により、お客様の単独衝突事故や夜間歩行者事故を未然に防止できるとともに、夜間のハイビーム切り替え負担低減による夜間視界の向上へ寄与できると確信している。

今後は、画像認識技術を活用した追突警報システムや、夜間視界のさらなる向上するシステムなど、より安全/利便性/快適性を向上させたシステムへの拡張を図っていきたい。

## 参考文献

- (1) 警視庁交通局：交通事故統計 (平成 24 年 4 月末)，(2012)
- (2) (財)交通事故総合分析センター：イタルダイフオメーション, UMTRI-2006-11 (2006)
- (3) (財)交通事故総合分析センター：自動車における車線逸脱の要因分析, H22 年度 自主研究 H22-04 (2010)

- (4) K.Kozak et al.: Evaluation of Lane Departure Warnings for Drowsy Drivers, Proceedings of the HUMAN FACTORS AND ERGONOMICS SOCIETY 50<sup>th</sup> ANNUAL MEETING, pp.2400-2404 (2006)
- (5) ランプルストリップス整備ガイドライン (案)，(独) 土木研究所 寒冷地研究所 (2008)
- (6) 茨城県警察本部交通企画課：ライト切り替えによる交通事故防止 (平成 23 年度中)，交通安全かわら版 号外 (2012)
- (7) M.L.Mefford et al.: Real-World use of High-Beam Headlamps, UMTRI-2006-11 (2006)

## ■ 著 者 ■



内海 将司



原田 司



遠野 安広