

特集：安全

30

低速域衝突被害軽減システムの概要

Outline of the System for Low-Speed Collision Damage Reduction

細田 浩司^{*1}

Koji Hosoda

久米 孝則^{*4}

Takanori Kume

後藤 多加志^{*2}

Takashi Goto

安松 洋仁^{*5}

Hirohito Yasumatsu

高橋 恭宣^{*3}

Kiyonobu Takahashi

三戸手 亮太^{*6}

Ryota Mitote

要約

日本国内で発生している車両事故の約 37%が追突によるもので、更にその約 67%が 30km/h 以下の低速域で発生している。また、同様に近年、多くの発生事例がみられるのが AT 車での誤発進事故である。マツダはこの事実に着目し、低速域での事故被害軽減に特化した先進安全技術、「スマート・シティ・ブレーキ・サポート（以下、SCBS）」と「AT 誤発進抑制制御」を新たに開発し、CX-5 に搭載した。SCBS は、追突による衝突を予測して自動ブレーキを作動させるシステムであり、一方、AT 誤発進抑制制御は、AT 車でのペダル踏み間違いによる発進時にエンジントルクを抑え、急発進を抑制するシステムである。本稿ではマツダ初となるこれら低速域衝突被害軽減システムの概要について紹介する。

Summary

In Japan, about 37% of the car accidents occurred in the markets was rear-end collisions, of them, 67% was occurred at 30 km/h or lower speeds. Similarly, in recent years, a number of accidents caused by false departure of AT have occurred. Focusing on this fact, Mazda newly developed a "Smart City Brake Support" and an "AT False Departure Restraint System", an advanced safety technology specialized in reducing the damages of collisions occurred at low speeds, which is applied to the CX-5. The Smart City Brake Support is an automatic brake system that predicts the occurrence of a rear-end collision and operates the automatic brake, and the AT False Departure Restraint System which reduces the engine torque to inhibit sudden acceleration caused by misapplication between the brake pedal and the gas pedal of AT. In this paper, the general outline of Low-speed collision damage reducing system which is Mazda's first time production is reported.

1. はじめに

マツダでは技術開発の長期ビジョン「サステイナブル“Zoom-Zoom”宣言」に基づき、全てのお客様に「走る喜び」と「優れた環境安全性能」を提供することを目指している。そのなかで今回、車両事故で多く発生している低速域での車両事故に対して衝突被害を軽減する先進安全技術、「SCBS」及び「AT 誤発進抑制制御」を新たに開発し、CX-5 に搭載した。以下にその技術を紹介する。

2. 車両事故の実態

国内で発生している衝突事故を類型別に見てみると、Fig.1 に示すように追突事故が全体の約 37%を占め最多となっている⁽¹⁾。更に、追突事故発生時の車速分布をみると、その約 67%が時速 30km/h以下の低速度域で発生していることがわかる（Fig.2）⁽²⁾。

また、同じく車両事故で多く発生しているのがAT車での誤発進による衝突事故である。これは主にシフトやペダルの誤った操作によるもので、国内における事故発生件数

*1～6 車両システム開発部
Vehicle System Development Dept.

は年間約 7,000 件程度でここ数年推移している⁽³⁾。特にブレーキペダルとアクセルペダルの踏み間違い事故は、高齢者での発生頻度が高く、75 歳以上での発生率は 24 歳以下の発生率に比較して約 3 倍となっており⁽³⁾、ドライバの高齢化に伴い今後の増加が予想される。また、ペダル踏み間違い事故による死亡率は高く、全交通人身事故平均の約 17 倍となっているのが特徴で⁽³⁾、重大事故につながる可能性が非常に高い。

このように比較的低い車速域で発生している多くの衝突事故を軽減することができれば、交通事故全体の被害軽減に効果的であるといえる。

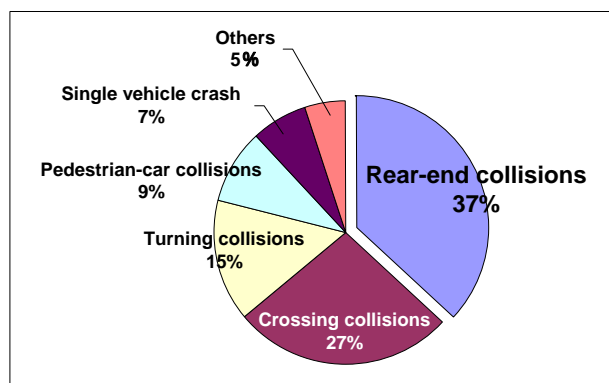


Fig.1 Types of Traffic Accident ⁽¹⁾

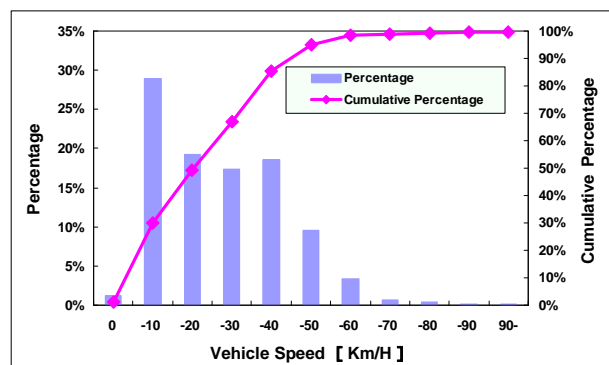


Fig.2 Distribution of Vehicle Speed in the Rear-end Collisions ⁽²⁾

3. 開発のねらい

今回、CX-5 に導入した低速域衝突被害軽減システムは、「サステイナブル“Zoom-Zoom”宣言」に則り、全てのお客様に提供できる優れた安全性能の実現をねらいとして開発した。このねらいを具現化するために、システムの機能と目標性能を見極め、高い事故被害軽減効果が期待できる領域に絞り込むことで、「高い安全性能」と「アフォーダブルなコスト」を両立することを目指した。

4. 低速域衝突被害軽減システムの概要

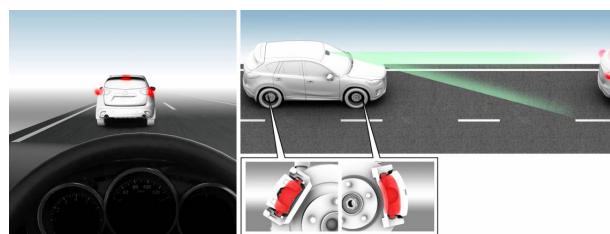
低速域衝突被害軽減システムは、先行車への追突による衝突被害を軽減する「SCBS」と、AT 車でのペダル踏み間違いによる誤発進時の衝突被害を軽減する「AT 誤発進抑

制制御」、のふたつの機能で構成する。

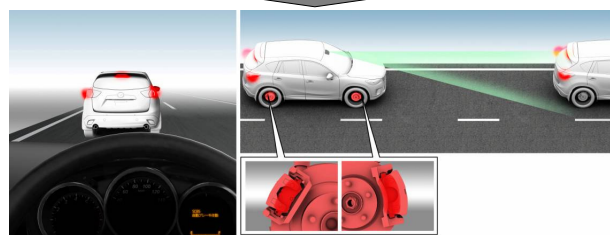
4.1 システムの機能

(1) SCBS

約 4km/h ~ 30km/h の低速走行中に先行車との衝突の危険性がある場合、[STEP 1] 先ず、ブレーキプレフィルを作動させてブレーキの遊びを詰め、ドライバ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。[STEP 2] 更に、ドライバが衝突回避操作を行わず、システムが衝突回避できないと判断した場合は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 (Fig.3)。なお、SCBS によるブレーキプレフィルからブレーキ制御中にドライバ自身による回避操作 (操舵やアクセル操作) があつた場合は、ドライバ操作を優先させ、SCBS による制御を速やかにキャンセルするオーバーライド機能も備えている。



[STEP 1] Electronic Brake Prefill

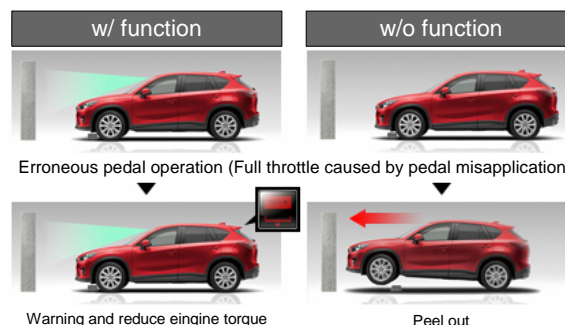


[STEP 2] Automatic Emergency Brake

Fig.3 Functional Overview (SCBS)

(2) AT 誤発進抑制制御

停車、または 10km/h 以下の徐行中、前方に車両や障害物がある状態でアクセルペダルが所定以上に踏み込まれた場合、警報音とメータパネル上の警報表示によってドライバに注意喚起し、アクセルオフ操作を促すとともにエンジントルクを抑制して車両の急発進を抑え、前方車両・障害物との衝突による被害を軽減する (Fig.4)。



Erroneous pedal operation (Full throttle caused by pedal misapplication)

Warning and reduce engine torque

Peel out

Fig.4 Functional Overview (AT False Departure Restraint System)

4.2 システム構成

SCBS、及び、AT 誤発進抑制制御システムは、新たに開発したレーザセンサを中心に、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)、ボデー・コントロール・モジュール(BCM)、及び、メータで構成する。各 ECU を CAN (Controller Area Network) で接続し、双方向の通信によって制御している (Fig.5,6)。

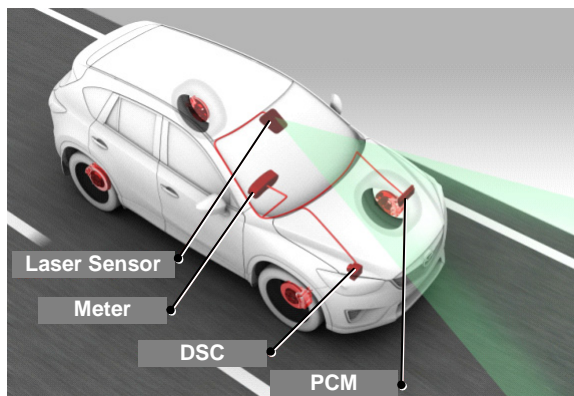


Fig.5 Parts Layout

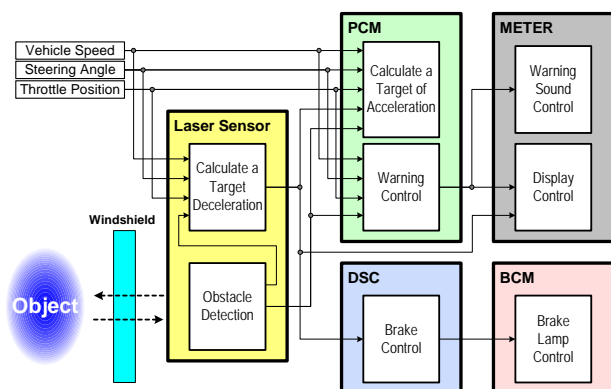


Fig.6 System Configuration

(1) レーザセンサ

フロントウィンドシールド中央上部の車室内側にレイアウトされ (Fig.7, 8)、車両前方の先行車や障害物などの物標を検知する。物標の検知には近赤外線反射式を採用しており、センサ送信部より照射された近赤外線が対象物に反射して返ってくる反射波をセンサ受信部で捉え、送信から受信までの時間差を測定し、物標との距離と相対速度をセンサ内で算出している。移動物に加え静止物の検知も可能なほか、反射波の方向と信号強度によって物標の位置を車両前方センタ、左前、右前の3つのエリアで識別する。本センサのセンシング範囲は車両前方数メートル程度の近傍にとどまるが、外部環境による性能劣化が少ないのが特徴で、日射など外乱光を受けるような環境下や夜間、トンネル内でも影響を受けることなく精度良く物標を検知することが可能である。また、雨や雪、霧といった気象環境による影響も小さく、ロバスト性に優れている。

更に、本センサで用いている近赤外線技術は、一般的な家電製品のリモコン等にも使われているもので、その仕組みや構造が簡単のため、ハードウェア的に比較的安価に実現することができる。性能、コスト面から見て、低速域での障害物検知に用いるセンサとして最適であるといえる。

なお、本センサは前述の物標検知機能に加え、SCBS における衝突被害軽減ブレーキの目標演算機能も併せ持つ。具体的には、算出した先行車両の情報 (距離、相対速度) と自車両の情報 (車速、舵角、アクセル開度、等) を基に衝突の危険性を判断し、衝突の可能性が高いと判断した場合にブレーキ作動要求を DSC と PCM に対して送信する。



Fig.7 Sensor Mount



Fig.8 Sensor Appearance

(2) DSC ユニット

レーザセンサからのブレーキ作動要求に従いブレーキアクチュエータを制御するとともに、衝突被害軽減ブレーキ制御時はこれに同期してストップランプ点灯要求を BCM に対して送信する。また、SCBS によるブレーキ制御中に、ドライバーによる所定以上のブレーキ操作があった場合はブレーキ・アシスト機能によって制動力を高め、衝突被害を一層軽減する。

なお、SCBS に係るブレーキ制御機能は、ソフトウェアの追加により従来の DSC 制御機能を拡張することで実現した。

(3) PCM

レーザセンサからのブレーキ作動要求に従い SCBS のエンジンブレーキ制御を行う。また、レーザセンサからの物標情報をもとに、アクセルペダルの踏込量 (アクセル開度) と自車速に応じて目標加速度を演算し、AT 誤発進抑

制制御におけるエンジントルクの制御を行うとともに、メータに対して警報音吹鳴・表示要求を送信する。

DSC と同様、ソフトウェアの追加によって従来の PCM の機能を拡張することで、SCBS, AT 誤発進抑制制御の機能を実現している。

(4) BCM

DSC からストップランプ点灯要求に従い、ストップランプの点灯 / 消灯を制御する。

(5) メータ

メータパネル右側に設けられたマルチ・インフォメーション・ディスプレイ上に SCBS 衝突被害軽減ブレーキ作動時の作動表示、及び、AT 誤発進抑制制御作動時の警報表示を行う (Fig.9)。加えて、AT 誤発進抑制制御作動時は警報音によるドライバーへの注意喚起も行う。



Fig.9 Multi Information Display

5. システムの性能

5.1 SCBS

(1) 物標検知性能

車両前方 6m, センサを中心に水平角 27 度, 俯角 11 度の範囲内にある物標を検知する。なお、SCBS は追突事故被害の軽減に特化した機能であるため、検知対象は 4 輪以上の車両で、かつ、車両後面のみとしている。

(2) 制動性能 (ブレーキプレフィル)

先行車との距離、及び、相対速度から演算された衝突予測時間の約 1.0 秒前にブレーキの遊びを詰め、ドライバーによるブレーキ操作に対する応答性を向上させる。

(3) 制動性能 (衝突被害軽減ブレーキ)

ブレーキプレフィル後、ドライバーによる回避操作が行わ

れない場合は最大 9.8m/s^2 の減速度で衝突被害軽減ブレーキを作動する。路面環境や車両の積載状況 (車重) にもよるが、一般的なアスファルト路面 (路面 $\mu=0.7$ 程度) で、2 名乗車の条件であれば、先行車との相対走行速度差が 15km/h 未満の場合は追突を回避することが可能である。また、相対速度が $15\text{km/h} \sim 30\text{km/h}$ の場合は、SCBS の衝突被害軽減ブレーキにより衝突時の速度は 50% 以下 (衝突エネルギーは 25% 以下) に抑えられる (Fig.10)。

なお、衝突被害軽減ブレーキの作動タイミングは、『ドライバーのシステムに対する過信を防ぐ』との考えから衝突が回避できなくなる限界タイミングとしている。同じ考えから衝突被害軽減ブレーキによって衝突回避できる場合においても、車両の停止位置は先行車との距離が 1m 以下となるように制御している。

Fig.11 は車速 15km/h で静止ターゲット (先行車) に対して走行した際の実測データである。ターゲットの手前約 4m (衝突予測時間の約 1 秒前) でブレーキプレフィル作動後、約 3m 手前 (0.8 秒前) で衝突被害軽減ブレーキが作動し、最終的にターゲットの手前約 50cm 位置で停車している。

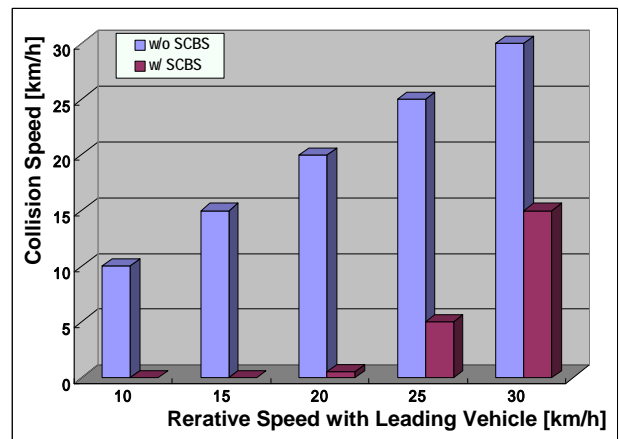


Fig.10 Collision Speed with or without SCBS

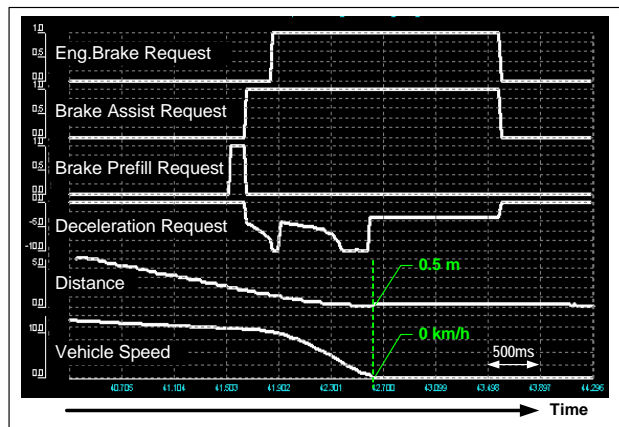


Fig.11 Effect of SCBS

5.2 AT 誤発進抑制制御

(1) 物標検知

SCBS と同じレーザセンサを用いており、検知角は SCBS と同等であるが、不要検知を抑えるために検知距離を車両前方 4m に絞っている。また、検知対象も SCBS と異なり、車両以外の物標（壁、窓、植込み等）も障害物として認識するよう設計した。

(2) 障害物判定性能

AT 誤発進抑制制御では衝突の可能性のある障害物を精度よく検知するためのロジックを備えており、不要作動や過警報を抑制、実用品質を確保した。

a. 静止物判定

レーザセンサが出力する物標との相対速度と自車速情報から障害物が静止物か否かの判定を行い、静止物でない判定された場合は制御対象から除外する仕様とした。

b. 進行路推定

舵角センサから得られる舵角情報から自車両の進行路を推定し、進行路にない物標情報は制御対象から除外する仕様とした。

(3) エンジントルク抑制性能

障害物との距離、アクセルペダルの踏込量（アクセル開度）、及び、自車速から目標加速度を演算し、これに応じてエンジントルクを抑制する。制御目標は、例えば、踏切での閉じ込めや雪道などでの緊急脱出を考慮し、最低限のトルクを残す仕様とした。本トルク抑制制御により、駐車場等に設置されている一般的な輪止めに前輪タイヤが接している場合は、それを乗り越えない程度までトルクが抑制され、車両の飛び出しを防止する。輪止めと前輪が離れている場合、あるいは輪止め等がない場合においても、車両の加速度、及び車速が制限され、衝突時の車速を 50%以下（衝突エネルギーは 25%以下）に抑えることが可能である（Fig.12）。

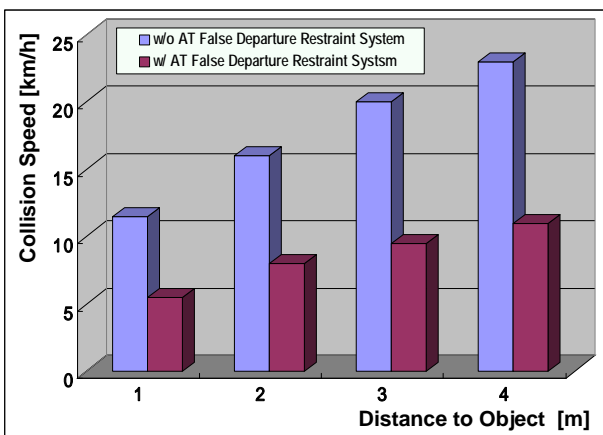


Fig.12 Collision Speed with or without False Departure Restraint System

6. おわりに

SCBS, 及び, AT 誤発進抑制制御は、市場において多く発生している事故形態に注目し、機能を絞り込むことでコストを抑え、より多くのお客様に提供できるシステムを目指して開発した。このシステムの普及により現在、市場で発生している多くの衝突事故被害の低減に貢献できると確信している。今後はこのシステムの機能・性能を更に進化させ、より多くのシーンにおいて被害軽減できるシステムを目指し開発していきたい。

参考文献

- (1) (財)交通事故総合分析センター：交通事故統計表データ、平成 20 年版 (2008)
- (2) 国土交通省：事故の全体俯瞰のグラフ等 (平成 17 年)、俯-93 (2005)
- (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.86, pp.3-6 (2010)

著者



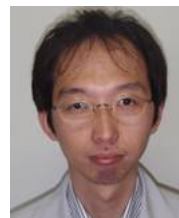
細田 浩司



後藤 多加志



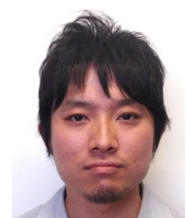
高橋 恭宣



久米 孝則



安松 洋仁



三戸手 亮太