

# 安心降車アシスト（ドアオープン制御付き） システムの開発

トヨタ自動車株式会社

代表取締役社長 佐藤 恒治

トヨタ自動車(株) 先進安全システム開発部 富田 博  
 トヨタ自動車(株) 先進安全システム開発部 石田 正穂  
 トヨタ自動車(株) 先進安全システム開発部 徳田 将則  
 トヨタ自動車(株) 先進安全システム開発部 福田 純也  
 トヨタ自動車(株) MS制御開発部 齋藤 紀之

## はじめに

自動車を駐停車後にドアを開けた際、ドアと自転車などの接近車両との接触事故が世界の都市部を中心に発生している。例えばシカゴでは、自転車事故は約1,500件/年発生しているが、その中の約20%は車の開放ドアとの衝突事故であり、そこには死亡事故も含まれている。また図1に示すように日本でも同様の事故が発生しており、駐停車中の車両の事故の半数にあたる約1,900件/年がドア開き起因であった。

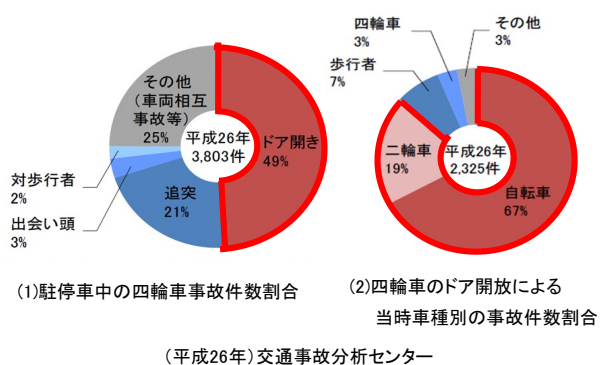


図1 日本でのドア開き起因の事故の割合

近年の健康ブームや宅配サービスの増加、電動キックボードの普及などにより、このような事故は今後さらに増加する可能性があり、このような事故を防ぐ先進安全システムの早急な開発が期待されている。

## 開発のねらい

駐停車後に開放するドアとの衝突事故を防ぐ先進安全システムは欧州や中国の自動車メーカーを中心に近年販売され始めているが、その支援内容はドアを開けた後にブザーを吹鳴したり、ドアに装着されたイルミネーションを点灯させ注意喚起したりするものである。それにより乗員にドアを開けるのを途中で止めさせることを狙ったものであるが、人によっては警報に気づいても反応時間や力の問題でドアを途中で止めることが出来ない場合がある。そこで、すべての人に対して効果のある、完全にドアをロックするシステムの開発を目指した(図2、3)。



図2 安心降車アシストシステムイメージ



図3 システム概要

## 装置の概要

今回開発したシステムは、事故低減に向けて急速普及させるため、車格に合わせて3種類のバリエーションを作成した。ドアのラッチ/アンラッチを電子制御で行う e-Latch ドアと連携し、危険時にはドア開を完全に自動ロックする「e-Latch ドア版」。パワースライドドアと連携し、ドア開作動の途中停止も行うことで降車する人と車などの衝突も防ぐ「スライドドア版」。さらに e-Latch ドアやパワースライドドア等の電子制御ドアが付かない車両に対して、ドアミラー上のインジケータ点灯などでドアを開ける前に注意喚起する「普及版」を準備した。

図4に e-Latch 版のシステム構成を示す。BSM (Blind Spot Monitor) Module は検知と衝突判断の両方の機能を有している ECU (Electronic Control Unit)である。この部品で接近車両の位置や速度をセンシングして、過去の走行位置の履歴から将来の走行軌跡を予測し、開いたドアとの衝突可能性を判断する。衝突可能性が高い場合、CAN (Controller Area Net-

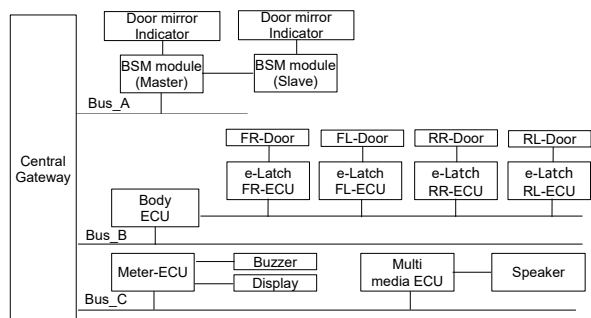


図4 システム構成図

work、車載 LAN)の Bus\_A を経由して各 ECU に衝突可能性を表す信号を出力し、ドアロックやブザー吹鳴などの各アクチュエータを動かす。このような構成にすることで、専用部品を追加することなく本システムを実現した。

## 技術上の特徴

### ① センサ性能改善、衝突判断ロジック開発

コスト低減および開発リードタイム短縮のために BSM 用ミリ波レーダセンサを流用することとしたが、従来の BSM 用ミリ波レーダでは検知対象が 125 cc 以上のバイクや四輪車のみであり、自転車は検知の対象ではなかった。ドアと接近車両との衝突事故の約 3 分の 2 が自転車による事故であるため、このミリ波レーダを自転車まで精確に検知できるように認識性能を改善させる必要があった。しかし、接近する自転車の傍にガードレールなどの金属障害物が存在すると、自転車から直接反射した電波とガードレール等から反射した電波との区別が付かず、自転車の走行軌跡が曲がって見えてしまい衝突判断が出来ないという課題が発生した。これに対し、自転車の大きさを判別し、認識ロジックの中のグルーピング範囲を変更することで、自転車だけでなく電動キックボードまでも精確に検知可能とした。また、申請中の特許技術を活用した認識、衝突判断ロジックを新たに追加するなど様々な改良を加えることにより、自転車などに対しても衝突可能性有無を判断できるアルゴリズムを構築した。

### ② HMI (Human Machine Interface) 開発

はじめてこの自動的にドアを完全ロックするシステムに遭遇した乗員は、ドアを開きたいのに開くことができず、閉じ込められたと不安に感じる可能性がある。車両のオーナーであれば理解出来る可能性があるが、そうでない乗員はそのようなシステムが車に付いていると分からない可能性が高い。この不安を解消するために

音声ガイダンスを追加した。通知する文言は、接近車両が来たためドアが開かないことをお知らせすると共に、その次のアクションである接近車両に注意して降車することを促すために、「接近車両にご注意ください」とした。

また、このような完全にドアロックするシステムの場合、例えば連続して車両が接近している道路で降車しようとした際には、降車したくてもシステムが衝突可能性を連続して検知し、ドアロックが作動し続け降りることが出来なくなってしまう可能性がある。そこでe-Latch ドア版では、ドア開ボタンを3連打または長押しすることにより、衝突の可能性があっても強制的にドアを開ける仕組みを導入した。3連打としたのは、2連打では通常の使い方で作動してしまう可能性があり、逆に4連打だとパニック時に開けられなくなってしまう可能性があるためである。また、連打間隔については、高齢な方でも操作可能な2秒間の間に3回連続操作とした。長押しの継続時間は、長すぎて途中でボタン押下の操作を中断せず、かつ普段使いで意図して開いてしまわないように2.5秒に設定した。スライドドア版では、ドア停止後に再度ドア開操作をすると、衝突可能性を検知している状態でもドアが開く仕組みとした。

### ③電源マネジメント制御

降車時の事故はドライバー席が76%を占めているという結果があり、イグニッションスイッチ（パワースイッチ、以下IG）OFF後に降車する際の事故が多いと想定される。そのため、今回開発したような降車を支援するシステムは、IG-ON中だけではなくIG-OFF後も作動させる必要がある。

表1は日、欧、中、米のスーパーマーケットの駐車場などで、IG-OFFしてからドアを開けるまでの時間を測定したものである。平均すると日本では23秒、欧州では33秒、中国では24秒、北米では34秒という結果であったが、場合によっては2分経過したケースもあった。例えば

表1 各地域でIG-OFFからドアを開くまでの時間

項目	日本	欧州	中国	米国
平均“ $\mu$ ”	23秒	33秒	24秒	34秒
標準偏差“ $\sigma$ ”	18秒	27秒	32秒	40秒
$\mu+3\sigma$	78秒	112秒	119秒	155秒

IG-OFF後10分間のシステム作動をさせようとすると、図4のシステム構成で示した関係するECUを全てIG-OFF後10分間は作動させておく必要がある。そのためには、その電力消費を満足する容量のバッテリーを車両に搭載する必要があり、車両のコスト増加を招いてしまう。一方、IG-OFF後に電話し十分時間が経ってから降車する場合や、忘れ物を取りに行きすぐに降車する場合など、IG-ONする前に再度降車する場合もある。そこで、普段の使い方では十分満足するIG-OFF後3分間作動を基本的な作動時間とし、それ以上時間が経過すると関係ECUを一度Sleepさせる仕組みとした。そして、ドアの操作やIG-ONなどの車両操作をすると、関係するECUをWake-upさせ、作動継続時間をさらに3分間延長する電源マネジメント制御を入れることにより、3分以上車内にいる乗員に対しても動作しつつ電力消費の低減を実現させた。

### ④電子式ドアロックシステム開発

完全な自動ドアロックを実現するには、ドアレバーとドアラッチがワイヤーで接続されているメカ式ではなく、電氣的にドアのロック/アンロックを操作する仕組みが必要である。しかし、既存のトヨタやレクサスのドアはメカ式であったため、e-Latch ドアと呼ばれる電気式ドアの新規開発が必要となった。電気式ドアではバッテリー上がりなどの万が一の時にもドアを開ける仕組みが必要であり、メカ式の機構を残す必要があるが、単純に部品を追加するとコストアップとなる。そこで、電気式のドア開ボタン（アンラッチスイッチ）とメカ式のドアレバー（手動リリースハンドル）を図5に示すように一部共通部品とすることで、操作性を確保しながらコスト低減を図った。



図5 電子式ドアロックシステム(e-Latchドア)とメカ式ドアレバー(手動リリースハンドル)

## 実用上の効果

### ①ドア開放事故による経済的損失の低減

交通事故総合分析センターの調査によると、平成 26 年における四輪車のドア開放による事故件数は 2,325 件となっている。それぞれの事故における人身損傷程度の割合と、内閣府が行った交通事故の被害・損失の経済的分析に関する調査(平成 29 年 3 月)の、交通事故の被害者 1 名(損害物 1 件)あたりの損失額からドア開放事故の経済的損失を計算すると、約 44.8 億円/年にのぼる。また、今回開発したシステムは、ドア開放時に衝突の可能性がある場合に、警報を行うことに加えドアをロックすることで事故を低減するものである。ドアロックを追加したことによる事故低減効果の寄与分を確認するため、ドアロックを行わず警報のみを行った場合にどれだけの方がドア開放を止めることができるか実験を行ったところ、およそ 25%の方がドア開放を止められることが分かった。残りの 75%は警報だけでは止めることができず、これらは今回開発したシステムのドアロックを加えることで防ぐことができるようになると考えられる。今回開発したシステムにより、ドア開放事故の経済的損失の 75%にあたる、約 33.6 億円/年を低減させることが可能である。

### ②自動運転車両への適応

e-Palette などの MaaS (Mobility as a Service) 利用を前提とした車両の開発、普及が広がっている。このような MaaS 向け車両の一つに、乗員やものを運ぶための運転手不在の自動運転車両がある。こうした車両は電車やバスのように利用されることが想定されるが、それを実現するためには安全に目的地に到達するための運転技術だけでなく、到着した後に安全にドアを自動で開閉する仕組みが必要である。今回開発した安心降車アシスト(ドアオープン制御付き)システムは、こうした自動運転車両にも適応可能で、車両が周辺環境を把握し、危険な場合のドア開放を禁止させることで安全な乗員の降車、荷物の自動搬出などを可能にする。本開発システムはこうした自動運転車両を運用するうえでの主要な課題を解決し、自動運転車両の普及に貢献するものである。

## 知的財産権の状況

本件に関する特許登録は下記の通りである。

### ① 日本国特許第 07035712 号

名称:後方監視装置

概要:後方から接近してくる車両と開放ドアとの衝突可能性が高い場合、ドアの開放を行わないように制御する。

### ② 日本国特許公開第 2023-004278 号

名称:降車支援装置

概要:警報対象の速度に応じて警報開始タイミングを調整

その他 29 件を出願中

## むすび

本システムの開発は、運転中の安全だけでなく駐車した後の安全に着目し、乗員が安心して降車できることを目指し取り組みました。今後も交通事故ゼロ社会の実現に向け、新しい技術の創出と普及に向け挑戦し続けます。