

安全運転支援システム

Advanced Driver Assistance Systems

尾崎 信之

宮森 高

谷口 恭弘

■ OZAKI Nobuyuki

■ MIYAMORI Takashi

■ TANIGUCHI Yasuhiro

安全運転支援システムの目指すところは、ドライバーの運転中の“ヒヤリ・ハット”を減らし、安全に安心して運転できる支援システムを構築することにある。安全運転支援システムは、日米欧で法制化を含めた種々の施策の動きがあり、今後普及していくと考えられる。ドライバーの視点からどのような道路状況に留意して運転しているかを考慮すると、特に歩行者保護の観点で、交差点での歩行者の検出を路側と車載側で協調して取り組んでいく必要がある。これを実現するためには、安全運転支援システムの構成要件となるセンサ、画像処理・認識(信号処理)、表示制御、及び表示器が重要である。

東芝は、画像処理・認識用LSIなどのキーデバイスを軸としてシステム構築に取り組んでいる。

National projects and legislation related to the construction of advanced driver assistance systems (ADAS) are being implemented in Japan, the United States, and Europe, with the aim of widely disseminating ADAS in order to realize safer and more secure driving. To prevent accidents between cars and pedestrians, it is necessary to provide early pedestrian crossing information at intersections from the driver's point of view by alerting drivers through the collaboration of roadside and onboard equipment.

Toshiba has been promoting the construction of onboard ADAS consisting of sensors, an image- and signal-processing unit, a display control unit, and displays, based on its key technologies such as image-processing large-scale integrations (LSIs).

1 まえがき

安全運転支援システムは、日米欧で法制化を含めた各種の施策が活発になってきている。わが国では、内閣府が2010年5月に発表した「新たな情報通信技術戦略」、更に6月に発表した「新成長戦略」の中に高度道路交通システム(ITS)の記述があり、注力分野の一つになっている。特にITSスポットサービスは、既に運用が始められている。欧州では、2010年7月に“Road Safety Programme 2011-2020”が発表された。その中の運転支援に関わる項目として、商用車の白線逸脱警報や、衝突軽減のための緊急ブレーキングなどの法制化に向けた取組みが述べられている。北米では、後退時の歩行者追突防止の法案が通過し、またNCAP(New Car Assessment Program)では各種の安全運転支援システム機能の評価が計画されている。

わが国の交通事故の死亡者は年間5,000人を下回っているが、事故類型別では人対車の割合が約1/3と高く、更にその約1/2が横断歩道中である。また事故状態別では、歩行者と、自転車やオートバイに乗っている人の被害が約2/3である⁽¹⁾。

このような国内外の背景の下、世界的に安全運転支援システムの発展と普及が加速していくと思われる。

ここでは、安全運転支援システムとして東芝が特に注力する、ドライバーの視点からの歩行者検出について述べ、安全運転支援システムを構成する要件の中から、画像処理・認識技術について過去の事例と今後の取組みについて述べる。

2 安全運転支援システムの目指すところ

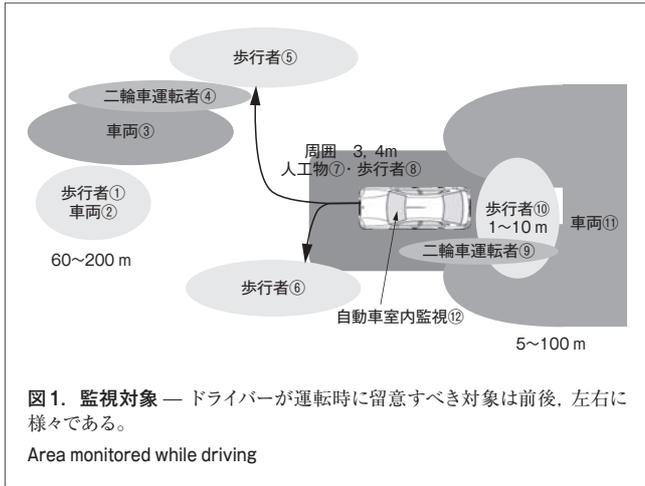
2.1 安全運転支援システムとは

ドライバーが運転するときに行う作業は、認知、判断、及び操作に分けられる。安全運転支援システムはこの認知、判断、及び操作の全ての段階で、ドライバーをサポートするものである。認知に対しては、センシングの結果としてどのように可視化してドライバーに見せるか、判断に対しては、警報などの情報を視覚や聴覚、力覚、触覚などの手段でいかに判断しやすく提示するか、また操作に対しては、ドライバーが行っている操作とどう整合を取るかが重要と言える。

2.2 運転時の監視対象—何に注意して運転しているか

図1は、ドライバーの視点から見て、三つの運転状況で監視すべき対象を一つにまとめたものである。三つとは、中速以上で道路を進行中の場合、交差点に進入して右・左折又は直進をする場合、及び発進又は駐車をする場合である。ここでは、監視対象②としてドライバー自身の監視を加えてある。これはヒューマンインタフェースを構築するうえで、ドライバーの状態を把握する必要があるためである。三つの運転状況に応じて監視する対象について、以下に説明する⁽²⁾。

(1) 中速以上で進行時 道路を横切るか道路に沿って歩いている前方の歩行者①と、自車の前方を走行している車両②が対象になる。更に車線変更する場合、後側方から追い越してくる後続車両③が対象になる。



当社は、2004年に本田技研工業(株)とともに、①の夜間歩行者の検出を行うインテリジェント ナイトビジョンシステムのECU (Electronic Control Unit) のハードウェアを開発した⁽³⁾。

- (2) 交差点進入時 交差点に進入し右折する場合は、対向車線にいる車両③、2輪車運転者④、更に右折後の道路上を横断している歩行者⑤が対象になる。一方、左折する場合は、自車両の左をすり抜けて直進しようとする2輪車運転者⑨と、左折後の道路上を横断している歩行者⑥が対象になる。
- (3) 発進又は駐車の時 発進する場合、周囲の歩行者⑧と、塀や駐車中の車両、後方から走行してくる車両などの人工物⑦が対象になる。特に後進時には、歩行者⑩への注意が必要である。

2.3 歩行者検出の運転支援

前述の監視対象は車載器単独で監視する必要はなく、路側のセンサを協調させて監視すればよい。その協調の例として、DSSS (Driving Safety Support System) の実験の一つであり、当社も参加して広島で行われた“出会い頭衝突防止支援システム”がある。これは、T字路で、ドライバーが右に気を取られて見落としがちな、横断歩道を左から渡る、あるいは渡ろうとしている歩行者を、路側に設置したカメラで検出し路側無線装置で車両に送信して危険を知らせるシステム⁽⁴⁾である。

ドライバーが安全に安心して運転するためには、ヒヤリ・ハットの頻度を下げ、事故を未然に防ぐことが必要である。歩行者が巻き込まれる事故が多いことを考慮すると、特に交差点で、路側と車載側それぞれで歩行者の検出を行い、車両から見えにくい歩行者の存在の情報を路車間通信により提供する路車協調システムが必要になる。

3 車載システムの構成と技術

3.1 車載システムを構成する4要素

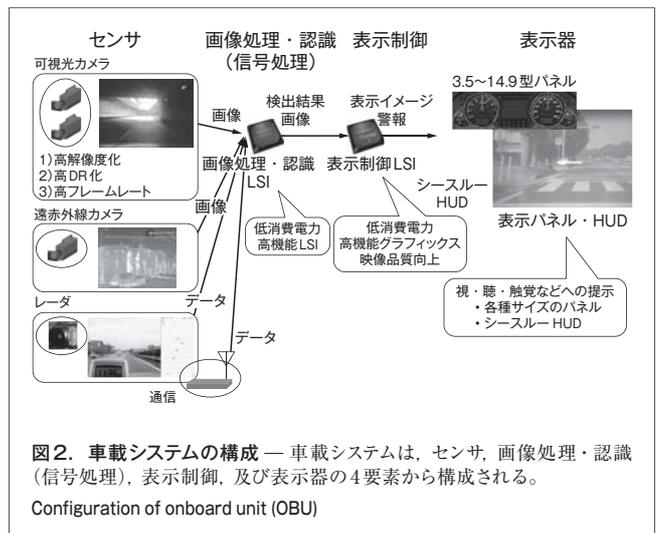
システムを構成する4要素(図2)について、以下に述べる。

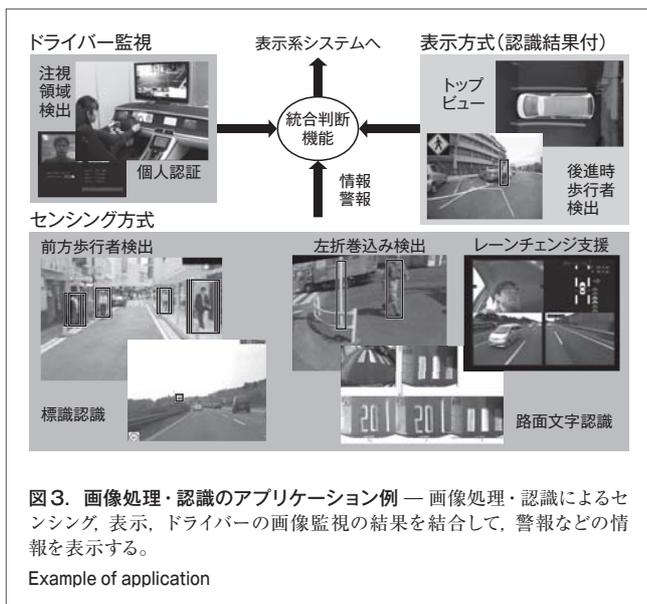
3.1.1 センサ 車外の状況を把握するための手段である。車外との通信をはじめ、可視光又は赤外線カメラ、レーダなどから成る。特にカメラは、今後、高解像度化及び高ダイナミックレンジ (DR) 化が進んでいき、より見やすい画像(処理しやすい画像)が得られることになる。当社は、図2に示したような、ダイナミックレンジを広げた可視光でのカメラ画像、遠赤外線センサで撮影する夜間の画像⁽⁵⁾、及びミリ波のレーダで前方車両をとらえる画像の研究開発に取り組んでいる。

3.1.2 画像処理・認識(信号処理) 画像やデータなどの入力に基づいて画像処理・認識といった信号処理を行い、車両や歩行者などの障害物の検出を行う。画像処理は特に演算量が多く、専用のLSIやDSP (Digital Signal Processor) を用いてシステムを構築することが多い。当社は2004年に車載用の画像処理・認識LSI Visconti_{TM}を量産化した。

画像処理・認識のアプリケーションの例を図3に示す。また、電子的ミラーを車両に取り付けて評価しているときの様子を図4に示す。カメラ映像そのものに認識結果の付加価値情報を重ね合わせて映像を提示する方式と、位置などの検出結果又は警報だけを提示する方式に分かれる。両方の情報を受け、更にドライバーの注視領域などの状態を検知し、不要と思われる情報はフィルタリングし、必要となる情報や警報だけをドライバーに報知することが必要である。

3.1.3 表示制御 前段の認識結果をドライバーにわかりやすく表示する視覚的あるいは、聴覚的、触覚的、力覚的表示器への制御を行う。液晶パネルなどの表示器に対しては表現の多様さが求められ、グラフィックス系の機能や性能を充実させることが必要である。





3.1.4 表示器 視覚的・聴覚的・触覚的・力覚的情報を提示するためのデバイスである。図2に示したように、シースルー型のヘッドアップディスプレイ (HUD) を用いて実景に表示を重ね合わせることで、より視線の移動が少なく、ドライバーが直感的に把握しやすい表示方法も検討している⁽⁶⁾。

3.2 画像処理・認識技術の適用

3.2.1 歩行者検出への取組み 道路交通では歩行者の保護は優先度が高く、2章で述べたように、路側と車載側の両方で歩行者の検出を行う必要がある。そのためには画像によるパターン認識がもっとも適しており、精力的に研究、開発してきている分野である。

当社は輝度勾配方向共起ヒストグラム (CoHOG) 法を考案し、人物の認識精度を飛躍的に向上させた (図5)。輝度勾配の組合せのヒストグラムをとり、このヒストグラムを特徴量として識別器にかけ、人か人でないかを判別する。公開されたデータベースを適用した歩行者の静止画を用いた結果、誤検出率及び検出率ともに世界最高レベルの性能を達成した⁽⁷⁾。

3.2.2 デジタルメディアで開発した映像技術の取込み

テレビなどのデジタルメディアでは、いかに映像品質を上げ

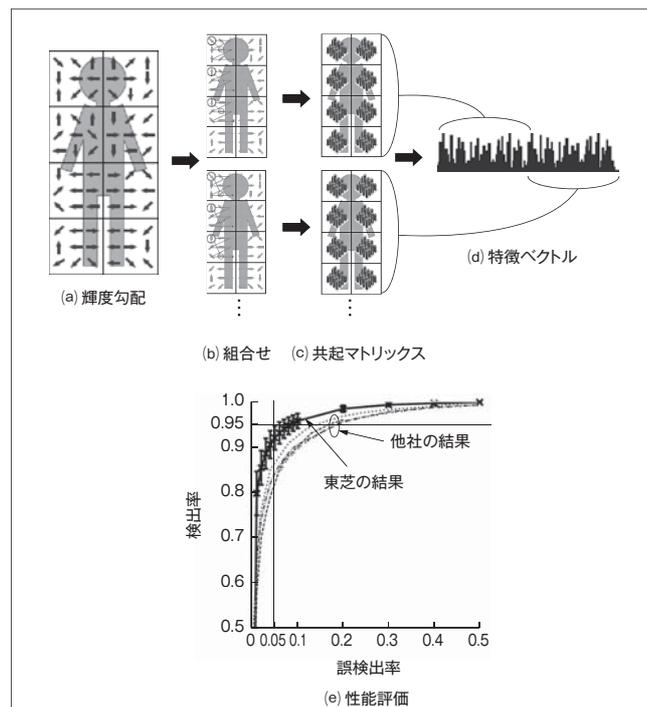
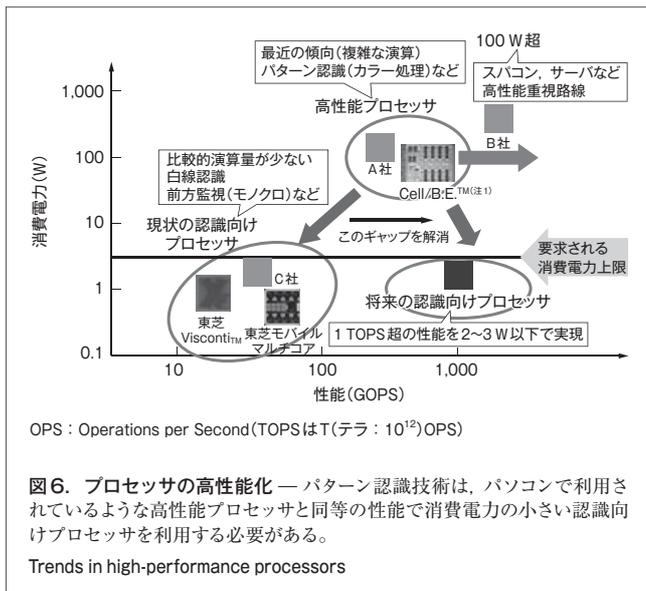


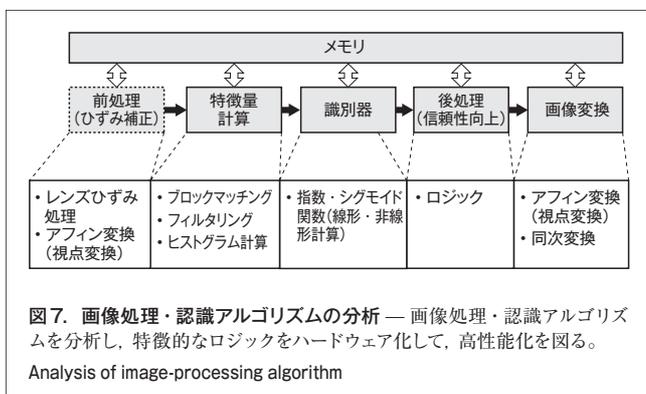
図5. CoHOGによる人物認識 — 東芝が開発したCoHOGアルゴリズムは、ベンチマークでも世界最高レベルの性能を示している。
Pedestrian detection applying co-occurrence histograms of oriented gradients (CoHOGs)

るか研究、開発が行われてきた。この技術を取り込むことで、カメラ画像をよりきれいな画像でモニタに表示できる。コントラストを伸長するContrastMagicTM⁽⁸⁾や、拡大したときの画質を改善する超解像技術⁽⁹⁾、フレームレートを倍速に上げるFrameboosterTM⁽¹⁰⁾などが適用可能である。

3.2.3 高性能プロセッサの必要性 画像処理・認識は空間フィルタなど画素ごとに行う計算が多く、そのため演算量が多いうえ、画像という大量のデータ処理を行う必要がある。更に最近の傾向として、画像認識アルゴリズムの認識性能を上げるためにますます演算量の多い手法を指向してきている。最近ではアルゴリズムの開発を、図6に示すように高性能プロセッサを搭載したパソコンで行うことが多い。しかし、パソコンからエンベッドシステムに移植するときに、車載向けの温度条件や消費電力条件などにより通常は、図6の左下領域にある現状の認識向けプロセッサを用いた、パソコンに比べかなり性能の低いプラットフォーム上に移植しなければならない。この移植において、データ (画像) 転送量の制約や演算性能の制約により、ロジック自体をエンベッドシステムに載せられるように更に改修していかなければならず、性能を犠牲にすることが多い。今後は、図6に示すように消費電力を抑えながらも、性能的にあまり差のない高性能なマルチコアやメニーコアなどによる将来の認識向けプロセッサを用いたプラットフォームが必要になる。



当社は2004年に、マルチコア、VLIW (Very Long Instruction Word)、積和計算に適したSIMD (Single Instruction Multiple Data) 演算、画像の変形やひずみの補正などに用いるアフィン変換のハードウェアアクセラレータといった画像処理に適したアーキテクチャを設計し、Visconti_{TM}を開発した⁽¹⁾。更にこの延長として、画像処理・認識アルゴリズムのロジックを分析し(図7)、専用アクセラレータなどを追加することで、高性能な画像処理・認識用プロセッサを策定している。



4 あとがき

ここでは日米欧での法制化の動向やビジョン、公道実験などから、安全運転支援システムの発展性と普及可能性について述べた。ドライバーの運転を支援するシステムは、運転中のヒヤリ・ハットを減らし、安全に安心して運転できるようにするためのものである。特にわが国では、歩行者が事故に遭う確率の高いことを考えると、道路交通での歩行者の保護を最優

(注1) Cell/B.E.は、(株)ソニー・コンピュータエンタテインメントの商標。

先に考え、路側機と車載器の両方で同時に取り組んでいかなければならない。当社は特に、CoHOG法を用いた人物検出アルゴリズムによる路側及び車載側からの歩行者認識や、アプリケーションの観点からの最適なデバイスなど、路車協調した安全運転支援システムの開発を推進していく。

文献

- (1) 警視庁交通局. "平成21年中の交通死亡事故の特徴及び道路交通法違反取締り状況について". <<http://www.e-stat.go.jp/SG1/estat/List.do?lid=000001061639>>, (参照 2011-01-20).
- (2) 尾崎信之. "画像処理技術を用いた運転支援システム". 2009年自動車技術会春季大会フォーラム. ぶつからない自動車とロボット. 横浜, 2009-05. p.46 - 50.
- (3) Honda Motor. "Honda Develops World's First Intelligent Night Vision System Able to Detect Pedestrians and Provide Driver Cautions". Honda Worldwide. <http://world.honda.com/news/2004/4040824_01.html>, (accessed 2011-01-20).
- (4) 中川 淳. 他. 路車協調による安全運転支援システムの実証実験. 東芝レビュー. 64, 4, 2009, p.19 - 22.
- (5) 本多浩大. 他. 画像解像度が向上した非冷却赤外線イメージセンサ. 東芝レビュー. 65, 6, 2010, p.32 - 35.
- (6) Sasaki, T., et al. "Hyperrealistic Display for Automotive Application". SID Symposium Digest of Technical Papers. 41, 1, 2010, p.953 - 956.
- (7) Watanabe, T., et al. "Co-occurrence Histograms of Oriented Gradients for Pedestrian Detection". Proceedings of the 3rd Pacific Rim Symposium on Advances in Image and Video Technology. Tokyo, 2009-01, National Institute of Informatics; Microsoft Research; Forum for Image Informatics in Japan. p.37 - 47.
- (8) 大脇一泰. 他. 撮影画像の明るさ最適化技術 ContrastMagic_{TM}. 東芝レビュー. 64, 6, 2009, p.19 - 22.
- (9) 熊谷 明. 他. 映像の高画質化を実現した超解像技術. 東芝レビュー. 63, 11, 2008, p.50 - 53.
- (10) 山内日美生. 液晶テレビの動画表示性能を改善するFrameBooster_{TM}. 東芝レビュー. 64, 6, 2009, p.15 - 18.
- (11) Miyamori, T., et al. "Development of Image Recognition Processor Based on Configurable Processor". Journal of Robotics and Mechatronics. 17, 4, 2005, p.437 - 446.



尾崎 信之 OZAKI Nobuyuki, D.Eng.

自動車システム事業統括部 ドライビングアシスト技術開発部主幹、工博。画像処理技術を用いた運転支援システムの開発及びエンジニアリング業務に従事。IEEE、映像情報メディア学会、SICE、PMI会員。Driving Assist Technology Development Dept.



宮森 高 MIYAMORI Takashi

セミコンダクター社 半導体研究開発センター デジタルメディア SoC 技術開発部主幹。プロセッサとマルチメディア SoC の研究・開発に従事。IEEE、電子情報通信学会会員。Center for Semiconductor Research & Development



谷口 恭弘 TANIGUCHI Yasuhiro, D.Eng.

研究開発センター マルチメディアラボラトリー 研究主幹、工博。画像認識システム及び車載画像認識 LSI の開発に従事。日本ロボット学会、電子情報通信学会会員。Multimedia Lab.