

# 安全運転を支援する画像認識プロセッサ Viscontiファミリー

TMPV7500 Image Recognition Processor Family for Advanced Driver Assistance Systems

岡田 隆三 伴野 守保

■ OKADA Ryuzo

■ BANNO Moriyasu

近年、自動車の安全技術は急速に進歩しており、既に自動緊急ブレーキなどの交通事故を未然に防ぐ予防安全装置が実用化され、更に自動運転へと広がりを見せている。このような先進運転支援システムを構築するには、自動車周辺の状況や乗員の状態を認識する技術が重要となり、カメラなど各種センサが自動車に搭載され始めている。

東芝は、車載カメラから得られる映像を解析する画像認識プロセッサLSI Viscontiファミリーを開発し、商品化している。これらのプロセッサは、画像認識のために必要な各種処理を行う画像処理アクセラレータを搭載していることが特長であり、低消費電力で高度な画像認識処理を実現できる。

Rapid progress has been made in the field of driver assistance systems for safe driving in recent years. Preventive safety systems such as autonomous emergency braking systems to prevent traffic accidents have already been commercialized, and the range of application of such systems is being expanded to autonomous driving technologies. In order to realize an advanced driver assistance system, it is necessary to detect the situation surrounding the vehicle and the driver's condition using various types of sensors.

Toshiba has developed and released the TMPV7500 family of image recognition processor large-scale integrations (LSIs), which can analyze video images from onboard cameras. These processor LSIs incorporate various types of image processing accelerators for image recognition, making it possible to execute sophisticated image recognition algorithms while maintaining low power consumption.

## 1 まえがき

世界保健機関（WHO）の最新の統計によると、全世界の交通事故による死者数は、2012年に年間130万人で、これは死者総数の2.2%を占め死因別では第9位にあたる<sup>(1)</sup>。交通事故を減らすためには、交通安全関連の法整備とともに自動車の安全技術への期待も大きい。

近年、自動車の安全技術は急速に進歩しており、交通事故の衝撃を低減するエアバッグなどの衝突安全装置から、自動緊急ブレーキといった交通事故を未然に防ぐ予防安全装置へと広がりを見せている。更に、予防安全の技術は、これまで人が担ってきた自動車の運転の一部を自動化する流れを生んでおり、展示会やニュースリリースなどで、自動車メーカーだけでなく多種多様な企業が自動運転車に関連する技術について発表している。究極の目標である交通事故のない交通システムの実現に向けては、このような自動車自身の高度化だけでなく、道路インフラや他車両、歩行者といった外部との通信による連携（V2X：Vehicle to X）も重要であり、道路交通システム全体として取り組んでいく必要がある。

予防安全装置、更にその先にある自動運転車を実現するためには、自動車周辺の道路状況や乗員の状態を認識する技術が重要となる。既に、車載装置としてミリ波や、レーザ、レーダなどを利用して前方の車両や障害物を検知する予防安全装

置が実用化されている。また、カメラを用いた予防安全装置は、車線逸脱防止や歩行者検出などレーダ方式にはない機能を提供できるという利点があり、単眼の可視光カメラを利用した車線逸脱警報から始まり、近年では、ステレオ（2眼）や単眼の可視光カメラを利用した衝突防止<sup>(2), (3)</sup>、近赤外線や遠赤外線のカメラを利用した夜間の人物検出<sup>(4), (5)</sup>などの実用例がある。

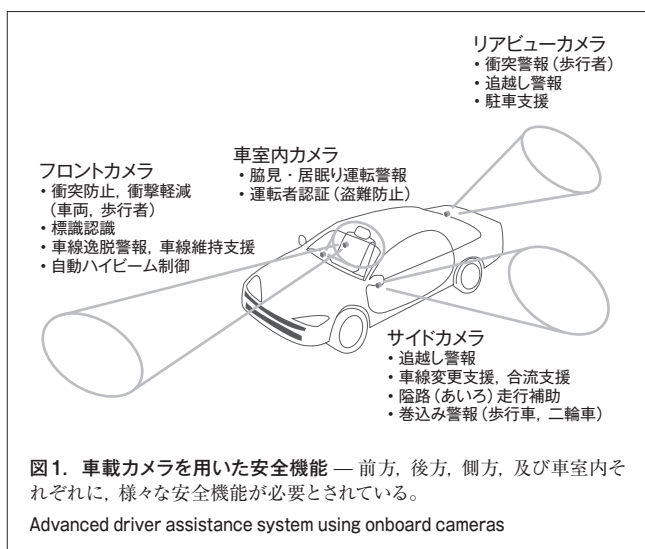
一方、道路側に設置されるセンサとしては、現在は交通流計測のために、超音波や、ループコイル、監視カメラなどを用いた車両感知器がある。今後、走行支援道路システム（AHS：Advanced Cruise-Assist Highway Systems）などの安全・安心な道路システムの実現を目指して、監視カメラに映る車両や人の挙動といった道路状況をより詳細に把握<sup>(6)</sup>し、路車間通信を用いて自動車に提供されるようになると思われる。また、センシング情報の車車間通信による隊列走行<sup>(7)</sup>や、歩行者が携帯しているスマートフォンと自動車内のスマートフォンが相互に通信して歩車間通信を実現し、交通事故を防ぐ技術なども研究されている。

東芝は、車載センサ及び道路側のセンサとしてよく用いられるカメラから得られる映像を解析する画像認識ソフトウェアと、それを車載環境や屋外環境で高速に処理するための画像認識ハードウェアを開発している。ここでは、これまで開発してきたソフトウェア技術、特に車載カメラを用いた歩行者検出技術について述べ、更にそれらを処理するための高性能な画

像認識プロセッサLSI Viscontiファミリー<sup>(8)</sup>の概要について述べる。また、今後の画像認識プロセッサ開発の方向性についても述べる。

## 2 安全運転を支援するための画像認識技術

当社は、安全運転を支援するためにカメラ映像を解析する技術を開発してきた。図1は、車載カメラ映像に対する画像認識技術の例である。自車両の周辺環境の認識技術として、他車両や歩行者の検出技術は非常に重要で、この情報に基づいて自動緊急ブレーキが動作し、衝突を未然に防ぐ。また、走行レーンの認識により車線逸脱警報を、道路標識の認識により速度規制情報を運転者に提供できる。更に、車室内のカメラ映像に対しては、運転者の個人認証による盗難防止や、顔向き認識による脇見・居眠り運転警報などを実現できる。一方、道路側の監視カメラ映像に対しては、交通流の監視<sup>(6)</sup>が主な目的であり、車両や歩行者の検出、ナンバープレートの認



識などが主要な画像認識技術である。

これらの画像認識技術を構成する基礎的な機能として、特定の対象を検出する技術がある。例えば、車両のフロントカメラや道路側監視カメラでは車両や歩行者、車室内カメラであれば運転者の顔などが検出対象になる。特に、欧州の新車安全評価テストEuro NCAP (European New Car Assessment Programme) で、2016年から歩行者に対する自動緊急ブレーキが評価項目として追加されることを受けて、現在、車載カメラを用いた歩行者検出機能が注目されている。そこで、以下では検出対象を歩行者として物体検出技術について述べるが、他の検出対象でも基本的な考え方は同じである。

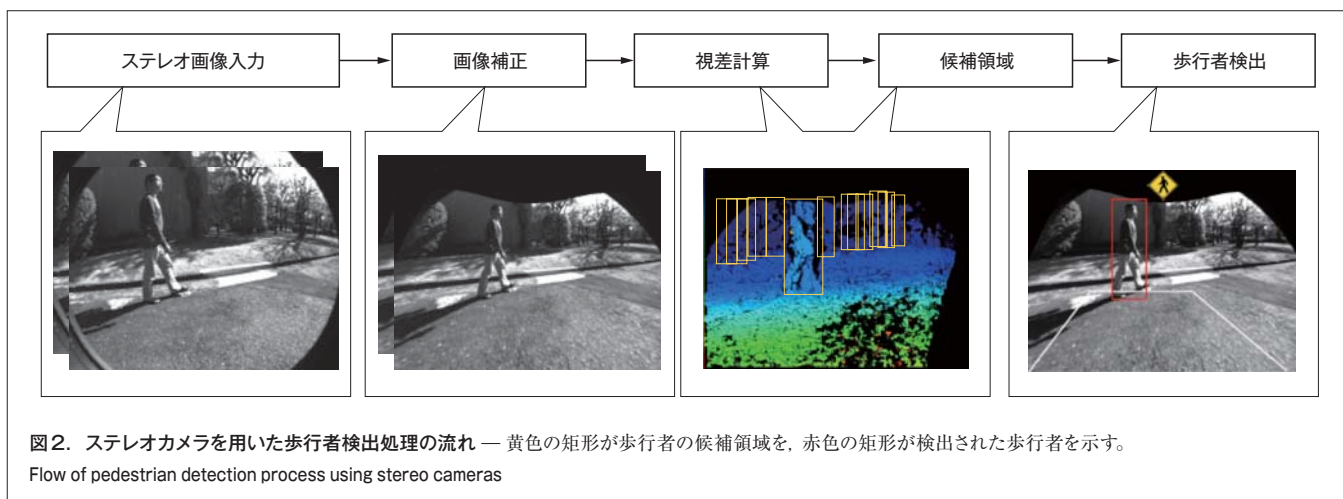
### 2.1 歩行者検出技術

車載カメラで撮影した画像に映る歩行者を検出する技術としては、パターン認識を用いる手法が主流となっている。

まず、歩行者がいる可能性がある画像内の全ての場所に、歩行者の大きさの矩形 (くけい) を歩行者の候補領域として設定する。具体的な設定方法は使用するカメラシステムによって異なる。2台のカメラを用いるステレオ視の場合は、図2のようにカメラからの距離情報 (視差) を計算できる。これを使って道路に対して垂直に立っている物体があれば、その場所に候補領域を設定する。カメラ1台の場合は、距離情報が得られないので、カメラと道路面の位置関係を用いて、路面上に一定間隔の矩形を候補領域として配置する。

最後に、各候補領域に対して歩行者検出に有効な情報を取り出すために特徴量を計算し、あらかじめ大量のサンプル画像データを用いて学習しておいた識別器を用いて、この特徴量が歩行者画像のものかそうでないかを判定する。

特徴量としてよく知られているのは、画像の輝度勾配方向に関するヒストグラムHOG (Histograms of Oriented Gradients)<sup>(9)</sup>で、識別器はサポートベクトルマシン (SVM: Support Vector Machine)<sup>(10)</sup>が用いられることが多い。当社は、HOGを共起ヒストグラムに用いる形に改良したCoHOG (Co-occurrence



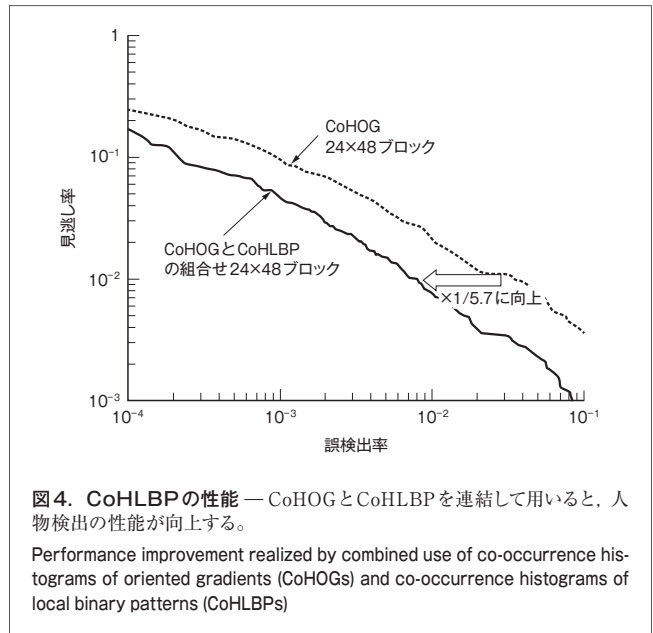
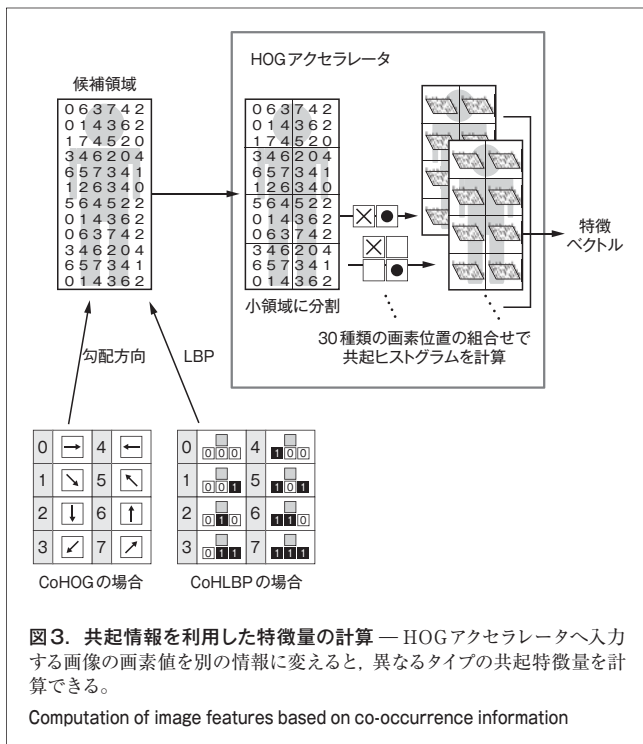
Histograms of Oriented Gradients)<sup>(11)</sup>をはじめとして、画像のテキストチャ情報を記述するLBP (Local Binary Pattern)<sup>(12)</sup>の共起ヒストグラムを用いたCoHLBP (Co-occurrence Histogram of LBP)<sup>(13)</sup>や、色の違いを考慮したColor CoHOGなど<sup>(14)</sup>を開発している。これらは共起情報に着目して画像パターンを記述する能力を向上させた特徴量であり、従来のHOGを用いるよりも歩行者検出の精度が向上する。

## 2.2 共起情報を用いた画像特徴量

ここでは、まず輝度勾配方向の共起情報を用いたCoHOGの計算方法について述べ、次に輝度勾配方向の代わりにテキストチャ情報であるLBPの共起ヒストグラムを用いたCoHLBPについても述べる。

CoHOGは、人物検出で実績のあるHOG<sup>(9)</sup>を、共起情報を用いて画像パターンを記述する能力を更に高めた高性能な画像特徴量である。HOGは、各画素位置における輝度勾配からヒストグラムを作成するが、CoHOGは決まった位置関係にある2点の輝度勾配方向の共起ヒストグラムを用いる(図3)。これによって、物体輪郭の曲率情報を扱うことができ、記述能力が向上する。図3に示すように、CoHOGは、HOGと同様に、まず画素ごとに量子化された輝度勾配方向を計算し、候補領域をブロックに分割する。次に、距離が一定値以下の二つの画素について、輝度勾配方向の組合せが起こる頻度を各ブロックで算出し、共起ヒストグラムを作成する。全てのブロックの共起ヒストグラムを連結したベクトルがCoHOGである。

一方CoHLBPは、テキストチャ情報であるLBPの共起ヒストグラムを用いる。計算フローはCoHOGと同様であるが、CoHLBP



では、量子化された輝度勾配方向の代わりに、周辺画素の大小関係をコード化したLBPの値を用いる。CoHLBPをCoHOGと組み合わせて用いることによって、図4に示すように人物検出の精度が向上することを実験で確認している。

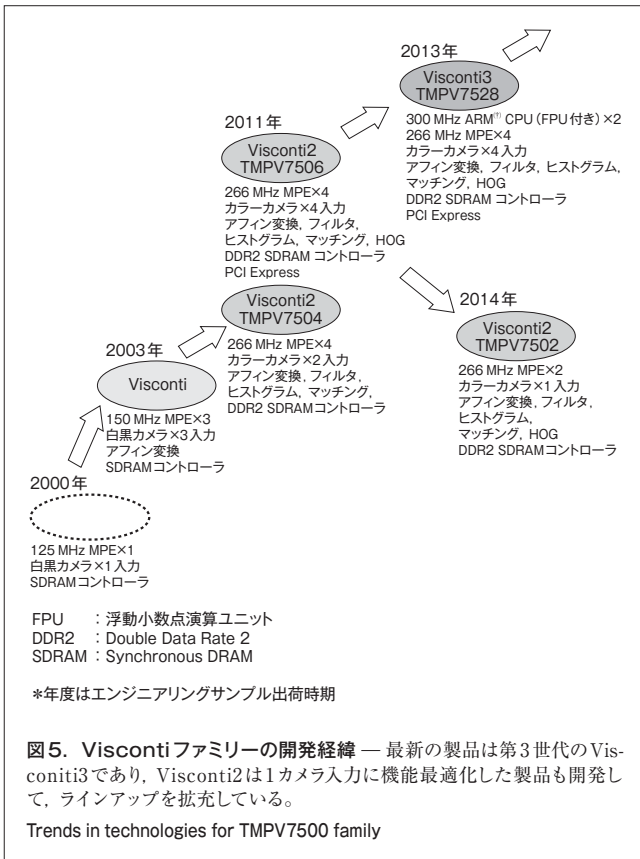
## 3 画像認識プロセッサLSI

車載カメラや道路側監視カメラ向けの画像認識プロセッサLSIは、2章で述べたような計算量の多い画像認識アルゴリズムを高速に実行できる処理性能の高さに加え、放熱の問題により数W程度の低消費電力での動作を求められることが多い。各社から車載向けのLSI<sup>(15)-(17)</sup>がリリースされているが、処理性能と低消費電力を高いレベルでバランスさせることが課題となっている。当社は、このような用途に適した画像認識プロセッサLSIとして、Viscontiファミリー<sup>(8)</sup>を開発している。

現在の最新製品は、図5に示すように、第3世代にあたるVisconti3である。Visconti3のブロック図を図6に示す。Viscontiファミリーには、前身となった画像認識LSI<sup>(18)</sup>があり、メディア処理を得意とするMPE (Media Processing Engine) を1コア搭載していた。その後、画像認識アルゴリズムを専用に処理する最初の画像処理アクセラレータとして、アフィン変換アクセラレータを搭載するVisconti<sup>(19)</sup>が開発された。更に、アクセラレータの種類、MPEのコプロセッサやローカルメモリなど多岐にわたる強化を行ってVisconti2<sup>(20)</sup>となった。Visconti3は、更に汎用処理コアとしてDual CPUのARM<sup>(21)</sup>コア (Cortex<sup>(22)</sup>-A9 MPCore) を搭載している。

Visconti2及びVisconti3は、四つのカメラ入力を備え、12ビットのハイダイナミックレンジカラー画像の入力にも対応している。四つのMPEコアを搭載し、各コアには1命令で複数のデータを



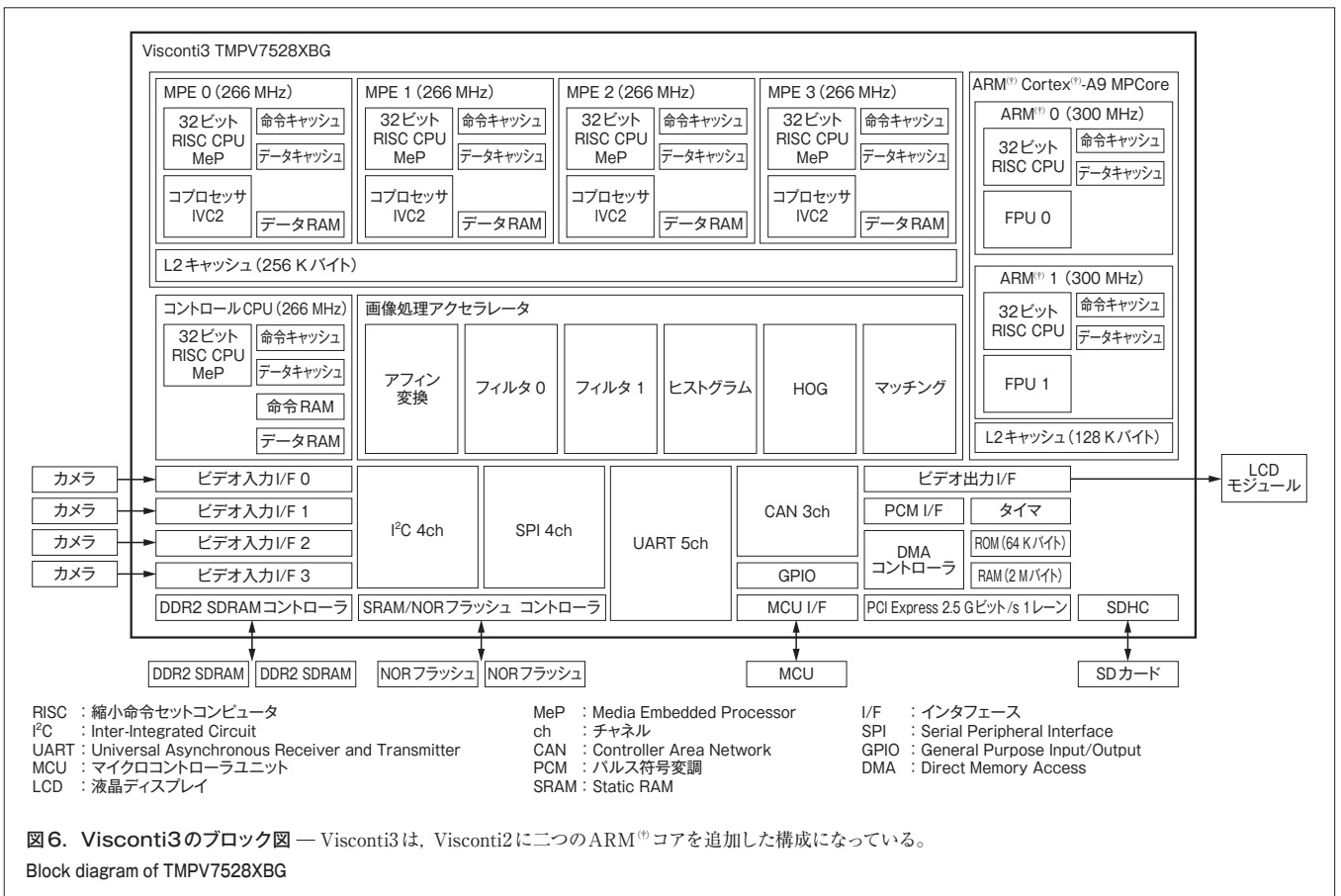


並列に演算する64ビットSIMD (Single Instruction, Multiple Data) 命令を二つ並列に実行できるコプロセッサIVC2 (Image Recognition VLIW (Very Long Instruction Word) Coprocessor) が搭載されている。Visconti3については、更に二つのARM<sup>(TM)</sup> コアを搭載しており、ARM<sup>(TM)</sup> コア向けのOS (基本ソフトウェア) の実行や浮動小数点演算処理が可能である。

Viscontiファミリーの最大の特長は、画像認識アルゴリズムを専用処理する画像処理アクセラレータを搭載していることである。Visconti2及びVisconti3では、アフィン変換、ヒストグラム、HOG、マッチング、及びフィルタの各アクセラレータが搭載されており、画像認識の各種アルゴリズムを高速に処理できる。更に、各MPEコアには高速アクセス可能なデータRAMが搭載されており、必要なデータをこのRAMに転送することによって、高速な処理を実行できる。また、ARM<sup>(TM)</sup> コア及びMPEにはキャッシュも搭載されており、従来の組込みLSIに比べて画像データの転送を簡単に処理できるようになっている。

2章で述べた、ステレオカメラを用いた歩行者検出処理をVisconti2に実装し、前述したようなハードウェア資産を使って最適化すると、640×480画素の解像度を持ったステレオ画像に対して、約29 ms/フレームの実行時間が得られる<sup>(21)</sup>。

最適化の一例として、HOGアクセラレータを用いたCoHLBPの高速な計算方法について述べる。HOGアクセラレータは、



もともとHOGやCoHOGを計算するために設計された。入力  
は、0～7の値が各画素に割り当てられた画像で、図3のように  
0～7に輝度勾配方向を割り当てる。CoHLBPを計算する場合  
には、輝度勾配方向の代わりに、周辺3画素の値を使った3  
ビットのLBP値を用いることで、アクセラレータを用いた高速  
な計算が可能になる。

今後の画像認識プロセッサ開発の方向性としては、予防安全  
装置、更には自動運転に向けた技術開発がますます盛んにな  
ると考えられる。更なる高度化に向けて、カメラだけでなく  
様々なセンサが同時に利用されると考えられ、プロセッサ及び  
システムとして求められる要件としても、単なる処理効率だけ  
ではなく、様々なセンサから得られる情報を統合処理して総  
合的な判断を下すことが求められる。また、処理効率を高め  
るために、異なる計算モジュールを多数搭載したLSIが主流  
になると考えられるが、このような複雑な構造を持ったLSI  
に、ソフトウェアを移植する効率を高めるための開発環境や実  
行環境を充実させることも重要である。

## 4 あとがき

自動車の安全技術に関する動向に関して、車載センサ及び  
道路側のセンサとしてよく用いられるカメラからの映像を解析  
する画像認識技術について、当社が開発しているソフトウェア  
とハードウェアの両面から述べた。

また当社は、ネットワーク経由で監視カメラ映像を入力して  
Visconti2で画像認識した結果を送信する画像解析モジュール<sup>(23)</sup>や、監視カメラ自体にVisconti2を搭載して画像認識を行  
うインテリジェントカメラ<sup>(23)</sup>も開発している。これらは道路側  
からの交通センシングを実現するもので、今後も車載と道路  
側の両面から交通の安全に貢献していく。

## 文 献

- (1) WHO. "The top 10 causes of death". <<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs310/en/>>, (accessed 2014-07-15).
- (2) 富士重工業. "事故を起こさないクルマを目指し、運転支援範囲を大幅に拡大した先進運転支援システム「新型EyeSight(アイサイト)」を開発". SUBARUホームページ. <<http://www.subaru.jp/news/2010/eyesight/>>, (参照 2014-07-15).
- (3) 日産自動車. "エマージェンシーブレーキ". 日産自動車ホームページ. <[http://www.nissan-global.com/JP/TECHNOLOGY/OVERVIEW/emergency\\_brake.html](http://www.nissan-global.com/JP/TECHNOLOGY/OVERVIEW/emergency_brake.html)>, (参照 2014-07-15).
- (4) トヨタ自動車. "ナイトビュー". トヨタ自動車ホームページ. <[http://www.toyota.co.jp/jpn/tech/safety/technology/technology\\_file/active/night\\_view.html](http://www.toyota.co.jp/jpn/tech/safety/technology/technology_file/active/night_view.html)>, (参照 2014-07-15).
- (5) 本田技研工業. "インテリジェント・ナイトビジョン". 本田技研工業ホームページ. <<http://www.honda.co.jp/tech/auto/night-vision/>>, (参照 2014-07-15).
- (6) 鈴木美彦 他. 画像処理プロセッサVisconti<sub>TM</sub>2を用いた車両検出技術. 東芝レビュー. 67, 12, 2012, p.19-22.
- (7) 新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO). "自動運転・隊列走行に向けた研究開発 成果報告 2013". <[http://www.nedo.go.jp/events/report/ZZDA\\_100006.html](http://www.nedo.go.jp/events/report/ZZDA_100006.html)>, (参照 2014-07-15).

- (8) 東芝. "画像認識プロセッサVisconti<sup>TM</sup>ファミリー". 東芝ホームページ. <<http://www.semicon.toshiba.co.jp/product/assp/automotive/infotain/visconti/>>, (参照 2014-07-15).
- (9) Dalal, N. et al. "Histograms of oriented gradients for human detection". Proceedings of Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. San Diego, CA, USA, 2005-06, IEEE, 2005, p.886-893.
- (10) Vapnik, V. The Nature of Statistical Learning Theory. Berlin, Springer-Verlag GmbH, 1995, 188p.
- (11) Watanabe, T. et al. "Co-occurrence Histogram of Oriented Gradients for Human Detection". IPSJ Trans. on Computer Vision and Applications. 2, 2010, p.39-47.
- (12) Ojala, T. et al. A comparative study of texture measures with classification based on featured distributions. Pattern Recognition. 29, 1, 1996, p.51-59.
- (13) Watanabe, T. et al. "Two Co-occurrence Histogram Features Using Gradient Orientations and Local Binary Patterns for Pedestrian Detection". Proc. ACPR. Nara, Japan, 2013-11, IEEE, 2013, p.415-419.
- (14) Ito, S. et al. "Object Classification Using Heterogeneous Co-occurrence Features". Proceedings of 11th European Conference on Computer Vision (ECCV 2010). Crete, Greece, 2010-09, Foundation for Research and Technology-Hellas (FORTH), p.701-714.
- (15) Mobileye. "EyeQ2". <<http://www.mobileye.com/technology/processing-platforms/eyeq2/>>, (accessed 2014-07-15).
- (16) ルネサス エレクトロニクス. "車載用LSI". ルネサス エレクトロニクス ホームページ. <[http://japan.renesas.com/products/soc/assp/automotive/index.jsp?campaign=tb\\_prod](http://japan.renesas.com/products/soc/assp/automotive/index.jsp?campaign=tb_prod)>, (参照 2014-07-15).
- (17) 日本テキサス・インスツルメンツ(TI). "デジタル・シグナル・プロセッサ". 日本TIホームページ. <[http://www.tij.co.jp/lstds/ti\\_ja/dsp/video\\_processors/overview.page](http://www.tij.co.jp/lstds/ti_ja/dsp/video_processors/overview.page)>, (参照 2014-07-15).
- (18) 近藤勝久. メディアプロセッサを用いたスマートカー向け画像認識LSI. 東芝レビュー. 56, 8, 2001, p.58-61.
- (19) 宮本幸昌 他. 車載画像処理用システムLSIによる衝突防止システム. 東芝レビュー. 58, 12, 2003, p.54-57.
- (20) 田邊靖貴 他. 低消費電力で高性能を実現した画像認識プロセッサVisconit<sub>TM</sub>2シリーズ. 東芝レビュー. 67, 10, 2012, p.25-28.
- (21) 岡田隆三 他. "次世代車載画像認識LSIによる安全運転支援". Vision Engineering Workshop (ViEW)2011. 横浜, 2011-12, 精密工学会. p.268-274.
- (22) 小坂谷達夫 他. インテリジェントな監視カメラネットワークを実現する画像解析ボックス. 東芝レビュー. 69, 4, 2014, p.41-44.
- (23) 小坂谷達夫 他. 画像認識LSI "Visconti<sub>TM</sub>2"を搭載したインテリジェントカメラ. 東芝レビュー. 68, 2, 2013, p.12-14.

・ARM及びCortexは、ARM Limited(又はその子会社)のEU又はその他の国における登録商標。



岡田 隆三 OKADA Ryuzo, Ph.D.

研究開発センター インタラクティブメディアラボラトリー研究  
主幹、博士(工学)。画像認識技術の研究・開発に従事。電子  
情報通信学会会員。  
Interactive Media Lab.



伴野 守保 BANNO Moriyasu

セミコンダクター&ストレージ社 ミックスドシグナルIC事業部  
車載IC応用技術部参事。プロセッサコア及びSoCの企画・  
開発に従事。  
Mixed Signal IC Div.