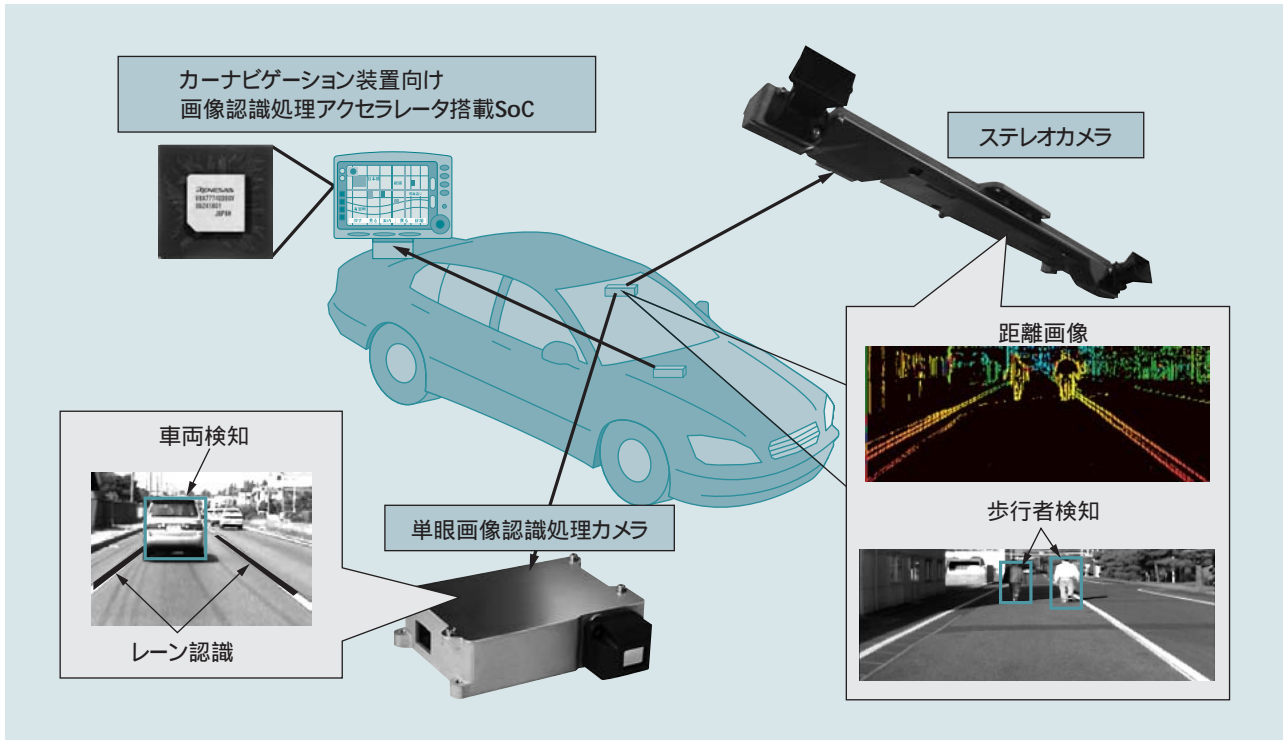


画像認識技術の自動車応用とプラットフォーム開発

Image Recognition Technology for Automotive Applications and its Platform Development

村松 彰二 Shoji Muramatsu
門司 竜彦 Tatsuhiko Monji

松本 芳幸 Yoshiyuki Matsumoto



注:略語説明 SoC(System on a Chip)

図1 自動車に搭載される画像認識技術

車載カメラに画像認識機能を付加することにより,走行レーン,車両,歩行者,道路標識といった外界環境の認識を行い,ドライバーへの警報,運転支援などの安全機能を可能とする。

自動車の事故防止や被害軽減を目的として,自動車にさまざまなセンサーを搭載し,外界および自車の走行状態を認識するセンシングシステムの検討および実用化が加速している。中でも車載カメラは,電子技術の進歩により,小型化・低コスト化が進み,多くの自動車に搭載されるようになった。日立グループでは,走行レーンや先行車両を認識する単眼カメラ,障害物までの距離測定を可能とするステレオカメラなど,高度な画像認識ソフトウェアとそれらをリアルタイム処理する画像認識ハードウェアの技術開発を推進している。

1.はじめに

自動車分野が抱える重要な課題の一つに安全がある。交通事故における死亡者数は近年減少傾向にあるが,事故の発生件数やそれによる負傷者数は増加傾向にある。そのため,事故防止や被害軽減を目的として,外界および自車の

走行状態を認識することにより,ドライバーへの警報や車両制御を行うシステムの検討および実用化が加速している¹⁾。

車載カメラは,これらの外界認識システムで採用される重要なセンサーの一つである。車載カメラの用途としては,駐車ときにドライバーの死角を補助するために取り付けられたカメラの映像を車載ディスプレイ上に表示するモニタリング機能から,画像認識技術によって自車の走行レーンを自動認識して自車が走行レーンを逸脱しないように制御する走行制御機能まで幅広く実用化されている。これからの車載カメラを用いたシステムでは,より快適に,より安全に運転をサポートする機能が求められており,走行レーンはもとより,車両,歩行者,道路標識といった外界環境を認識する技術が重要となる。車載カメラで外界認識をするためには,高度なソフトウェアと,映像をリアルタイム処理する高い性能を持ったハードウェアの双方を必要とする。

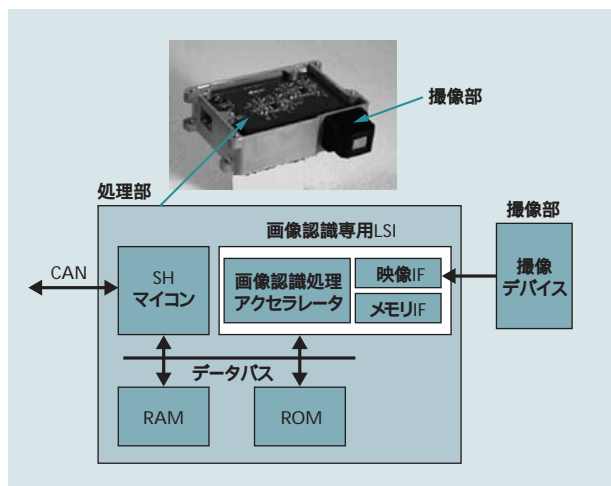
ここでは、車載カメラを用いた外界認識システムを構築する際に必要となる画像認識の技術開発に関する日立グループの取り組みについて述べる(図1参照)。

2. 画像認識プラットフォーム

車載カメラに適用される画像認識技術は、1970年代から生産ラインで使用されてきた自動検査装置や組立装置に始まり、監視・セキュリティシステムや物流システムなど多数の応用分野を持つことから、日立グループは、これまで複数の事業所で画像認識技術の開発を行ってきた。それぞれの応用分野で必要とされる特徴量抽出やパターン認識といった画像認識技術には、共通して使われるものが多く、汎用的なソフトウェアやハードウェアが多数存在する。そこで、日立グループでは、さまざまな画像認識アプリケーションを共通プラットフォームの上で実現する仕組みを開発してきた(図2参照)。開発したプラットフォームは、(1)アプリケーション層、(2)画像認識ライブラリ層、(3)OS(Operating System)層、(4)ハードウェア層の4階層から構成されている。このプラットフォームが提供するライブラリ層のAPI(Application Program Interface)を使用して開発されたアプリケーションソフトウェアは、さまざまな組み込みシステムで動作させることが可能となっており、グループ横断的な技術開発を可能としている。

3. 車載画像認識処理カメラ

自動車に搭載できる小スペース・高性能なハードウェアを実現するために、日立グループでは、映像を取得するカメラ部と画像認識を実行する画像処理部とを一体化した2種類(単



注:略語説明 LSI(Large Scale Integration), CAN(Controller Area Network) IF(Interface), RAM(Random Access Memory) ROM(Read-Only Memory)

図3 単眼画像認識処理カメラと構成

撮像デバイスと画像認識処理を一体化させた画像認識処理カメラの外観を上記に、構成の概要を下に示す。画像認識専用のハードウェアを搭載し、高速処理と省スペースを同時に実現する。

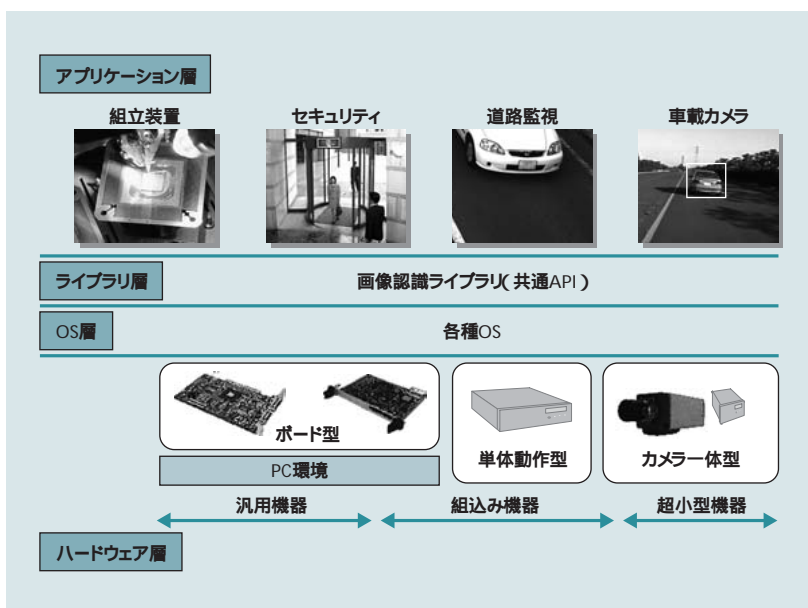
眼とステレオ)の画像認識処理カメラをプラットフォームのハードウェアとして開発している。

3.1 単眼画像認識処理カメラ

車載向け画像認識処理カメラの構成を図3に示す。このカメラを構成している主な部品は、撮像デバイス、組み込み向け汎用プロセッサ(SHマイコン)、画像認識専用LSI(Large Scale Integration)、および各種メモリを採用することにより、名刺サイズの小型化を実現させている。膨大な画像データを高速処理するための画像認識専用LSIには、画像認識処理アクセラレータ、映像入出力インタフェース、メモリインタフェースなどが1チップに搭載されている。このアクセラレータは、画像認識プラットフォームで提供されるライブラリの約200種類の画像処理をハードウェアで高速処理する機能を備えており、SHマイコンとの協調処理によって複雑な画像認識アルゴリズムをリアルタイムに実行することができる。単眼カメラでは、走行レーン、先行車両、道路標識の認識などが可能であり、取り付け位置、カメラの視野などを変更することにより、さまざまなシステムに展開することができる。

3.2 ステレオカメラ

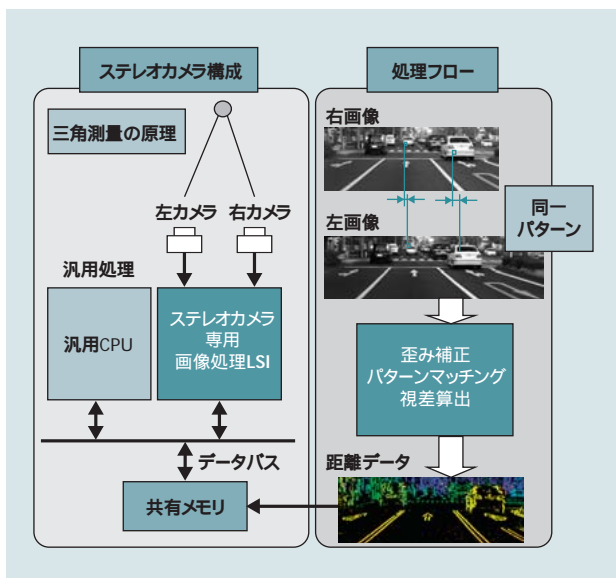
画像を用いた走行環境認識方式の課題の一つは、センサーから対象物までの距離情報が欠落していることである。安



注:略語説明 API(Application Program Interface), OS(Operating System)

図2 画像認識プラットフォーム

画像認識技術を適用したアプリケーションが、共通APIを持つ画像認識ライブラリを使用して開発されることで、ハードウェアに依存しないソフトウェアとなり、さまざまなシステムへ技術を展開することが可能となる。



注:略語説明 CPU(Central Processing Unit)

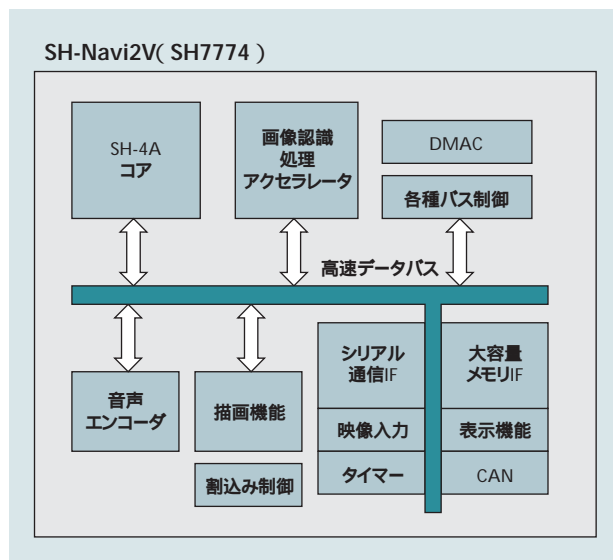
図4 二つの撮像デバイスを搭載するステレオカメラ

ステレオカメラは、左右のカメラから入力された画像を用いて、距離計測を行うことができる。車載カメラから画像と距離情報の両方取得することによって、より広い応用が期待される。

全性を重視するアプリケーションでは、衝突の危険性を予測し、ドライバーに違和感のない警報や制御を行う必要がある。自車から対象物までの距離情報は重要である。日立グループでは、カメラ映像だけからこの距離情報を獲得できるステレオカメラの開発を富士重工業株式会社と共同して行っている(図4参照)。このステレオカメラは、二つの撮像デバイスを用いて、三角測量の原理で対象物までの距離を計測するセンサーである³⁾。ステレオカメラ専用の画像処理LSIを新たに開発することによって、毎秒30回の周期で各画素の距離情報を取得することを可能とし、同時に処理装置とカメラ部とを一体化することに成功して小型化を実現した。

4. 画像認識処理アクセラレータ搭載SoC

画像認識技術によって得られる情報は、自動車のさまざまなアプリケーションでの活用が期待される。ドライバーとのインタフェースを考えると、情報提供の重要なデバイスとしてカーナビゲーションがある。カーナビゲーション装置は、すでに後方・側方のカメラ映像を液晶ディスプレイ上に表示する機能を持ち、さらに、車載システムの中では最も高性能なプロセッサおよび大容量メモリを搭載している。カメラと高性能プロセッサをすでに搭載しているカーナビゲーション装置に画像認識機能を付加することが可能となれば、自動車全体ではコストアップを最小限に抑えた車載カメラシステムが実現できる。こうした背景から、日立グループでは、画像認識処理アクセラレータを搭載したカーナビゲーション装置向けSoC(System on a Chip)を開発した。株式会社ルネサステクノロジーから製品化されたSoC「SH-Navi2V(SH7774)」の構成を図5に示す。SH-



注:略語説明 DMAC(Direct Memory Access Controller)

図5 カーナビゲーション向けSoC「SH-Navi2V(SH7774)」の構成

画像認識処理を高速処理する機能を搭載したSoCの構成を示す。ナビゲーション機能と画像認識機能を同時に並列処理することが可能となる。

Navi2Vは、プロセッサに動作周波数600 MHz、1.1 GIPS(Giga Instructions per Second)のSH-4Aを搭載し、プロセッサと同じ周波数で動作するFPU(Floating Point Number Processing Unit)と合わせて高速処理を可能としている。カーナビゲーションに必要な周辺機能と画像認識を統合したこのSoCは、ナビゲーション機能を実行させながら、画像認識機能を処理することができる。また、プラットフォームとして前述した画像認識処理カメラと同じソフトウェアが動作する。

今後、走行制御コントローラやカーナビゲーションが実現するアプリケーションに多数の画像認識機能が導入されていくと期待される。その際、今回開発した画像認識処理アクセラレータ搭載SoCのコンセプトは、従来は専用のECU(Electronic Control Unit)で処理していた画像認識機能の一部を走行制御コントローラやカーナビゲーション装置が担当し、車両全体の機能最適化を実現するキー技術になると考えている。

5. 画像認識ソフトウェア

車載カメラからは多くの情報を画像認識技術によって獲得することができる。日立グループでは、これまで快適性を重視して、レーン認識に加えて、オートデिम(自動調光)のための車両検知、オートライトのための明るさ検知、オートワイパのための雨滴検知など、複数の認識ソフトウェアを一つの画像認識処理カメラで実現する「マルチアプリケーションオールインワン」の開発を行ってきた⁴⁾。その後、より安全性向上に寄与する外界認識センサーの実現をめざして、以下のような機能を開発している⁵⁾。

(1) 非白線のレーン認識

走行レーンのレーンマーカを認識して、自車の走行位置、

進行方向の道路形状、先行車および対向車の路上位置を推定する。開発したレーン認識機能は、日本国内の白線の認識だけでなく、北米の西海岸で使用されている道路縞（びょう）にも対応している。車線維持、車線逸脱防止をはじめ、道路形状に合わせた速度制御など多数のシステムで使用される基本機能である。

(2) 走行制御に使用する車両検知・追跡

車両パターンを検出し、検出された車両を追跡する。画像認識は、他のセンサーに比べて横位置の分解能が高く、高精度に道路上の車両位置を測定することができる。ステレオカメラを用いることによって車両までの距離も同時に計測できるため、衝突回避など、より高度なアプリケーションへの適用が可能となる。

(3) 標識認識

標識を検出し、表示内容を分析する。速度標識や一時停止、進入禁止など走行制御に必要な情報を得られた画像から表示内容を獲得することができる。地図情報と合わせて速度制御などへの利用が期待される。

(4) 歩行者検知

車両前方の歩行者を検知する。歩行者の検知は、服装や姿勢の変化によって画像上のパターンが変化するため、より高い堅牢（ろう）性を要求される。ステレオカメラを用いることにより、歩行者の距離情報を利用し、検知結果の信頼性が向上して、さまざまなアプリケーションへの適用が可能となる。

以上のような画像認識機能を一つの画像認識処理カメラで実現することで、車載カメラの付加価値を高めると同時に、複数のセンサー機能をカメラに集約して、低コストで高度な車載システムの実現に貢献することができる。

執筆者紹介



村松 彰二
1995年日立製作所入社、日立研究所 情報制御研究センター 情報制御第二研究部 所属
現在、画像認識技術の研究開発に従事
工学博士
IEEE会員、電子情報通信学会会員



門司 竜彦
1989年日立製作所入社、オートモティブシステムグループ IAS本部 所属
現在、外界認識を行う車載カメラの設計開発に従事

6. おわりに

ここでは、自動車の外界環境認識向けに開発した画像認識機能のハードウェアとソフトウェアについて述べた。

自動車向けの画像処理システムは、他の分野に比べて、信頼性と低コストという面で厳しい要求がある。また、対象がリアルタイムに動いている環境を瞬時に理解する必要があり、性能面でも要求が高い。日立グループでは、画像認識技術をプラットフォーム化し、さまざまな要求に対応して専用ハードウェアとソフトウェアの両方の開発を効率的に推進している。

今後は、より高い信頼性と柔軟性を持った外界認識システムを実現するために、レーダやカーナビゲーションといった別装置とカメラとの融合を進めていく。また、画像認識機能のさまざまな展開に合わせて、車載システム全体で画像認識機能の最適配置、コスト最小化を考えていくことが重要となる。日立グループは、顧客ニーズに対応したソリューションを提供していく所存である。

参考文献

- 1) 浅岡:車両制御システムの進化とそれを支えるセンシング技術,自動車技術(2007.2)
- 2) S. Muramatsu, et al.:Automotive Vision Platform Equipped with Dedicated Image Processor for Multiple Application,SAE2004-01-0179(2004.3)
- 3) 十川,外:ステレオ画像認識による車両前方監視システム,自動車技術(2002.4)
- 4) 高野,外:安全走行支援システムを支える環境認識技術,日立評論,86,5,375~378(2004.5)
- 5) 大塚,外:エッジペア特徴空間法を用いた車両検知技術の開発,VIEW2005 ビジョン技術の実利用化ワークショップ講演論文集,p.160~165(2005.12)



松本 芳幸
1985年日立製作所入社、株式会社ルネサス テクノロジシステムソリューション統括本部 システムソリューション第四事業部 所属
現在、カーナビゲーション用LSIの設計開発に従事