

画像認識機能を搭載した小型車載カメラモジュール

Compact Automotive Camera Modules with Image Recognition Function

坂本 秀樹

古川 賢司

高木 健二

■SAKAMOTO Hideki

■FURUKAWA Kenji

■TAKAGI Kenji

近年、自動車業界においては政府が進める自動運転プロジェクトのロードマップに基づき、実用化に向けた技術開発が加速している。特に車両や歩行者を検出するセンシング技術は重要な技術に位置づけられ、カメラやミリ波レーダを使った多くの製品が市場に投入されており、性能の向上とともに低コスト化を目指した競争も激しくなっている。

このような環境のなか、東芝アルパイン・オートモティブテクノロジー（株）は、市場に受け入れられる自動運転システムに最適なソリューションの提供を目指して、画像認識機能を搭載した車載カメラモジュールのプラットフォーム化とそれをベースにした製品を開発した。これらの製品は、他の様々な車載モジュールとの親和性を高めると同時に低コストのシステムを提供できる。また、今後の車載システムの変化にも対応できる仕様となっており、多種多様な製品展開が可能である。

In line with the roadmap for advanced driving projects being promoted by the Japanese government, the development of autonomous car technologies has recently been progressing in the automobile industry aimed at practical realization. In particular, as sensing technologies are positioned as key technologies for the detection of other vehicles and pedestrians, a variety of products using cameras and millimeter-wave radars have been introduced on the market, leading to improved performance and reduced costs.

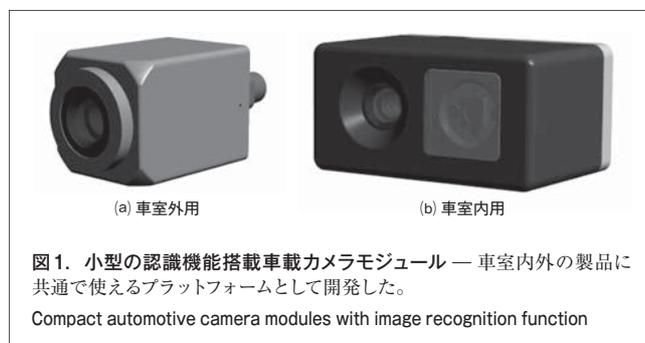
With these market trends as a background, Toshiba Alpine Automotive Technology Corporation has developed a platform for automotive camera modules with an image recognition function and released compact automotive camera modules based on this platform, with the objective of offering an optimal solution for autonomous car systems that will be accepted by the market. These products provide a low-cost sensing system that has high affinity with other on-vehicle modules as well as robustness to future changes in vehicle systems, thereby responding to various product deployment requirements.

1 まえがき

内閣府は、2014年5月に戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）の一つである「自動走行システム」の研究開発計画を決定した⁽¹⁾。これには、2020年代後半の完全自動走行システムの市場化を目標に、内閣府や、総務省、経済産業省、国土交通省、警察庁などの各省庁及び官民が連携して実施する自動運転の実現に向けたインフラ整備や技術開発のロードマップが示されている。そして、センシング能力の向上やドライバーモデルの生成技術などが、SIPの取り組み協調領域とされている。

センシング能力の向上には、車両の環境認識センサ性能の高度化と全天候車線識別技術などの開発が必要になり、ドライバーモデルの生成技術には、高齢者など様々な特性を踏まえた運転行動データに基づく危険予測シミュレーション技術の構築が必要になる。

これらに対し、東芝アルパイン・オートモティブテクノロジー（株）は、市場をリードする技術開発や各種インフラシステム及び路車協調システムの製品化を進めている⁽²⁾⁻⁽⁶⁾。そのなかで技術の中核となるのは東芝製画像認識プロセッサのVisconti™ファミリーであり、HOG (Histograms of Oriented Gradients) 特徴量及びCoHOG (Co-occurrence HOG) 特徴量の演算に



より高度な認識精度を実現できる。

画像認識機能を持つ車載カメラモジュールは、大きく分類すると車室内と車室外の用途がある。車室内ではドライバーの運転状態監視としてのDMS (Driver Monitoring System) や、搭乗者の有無や状態監視などのシステム、車室外では車線の逸脱回避や、後退時の人や接近車両との衝突回避、車線変更時の接近車両との接触回避、自転車や自動二輪車の巻き込み回避など多くの用途に用いることができる。

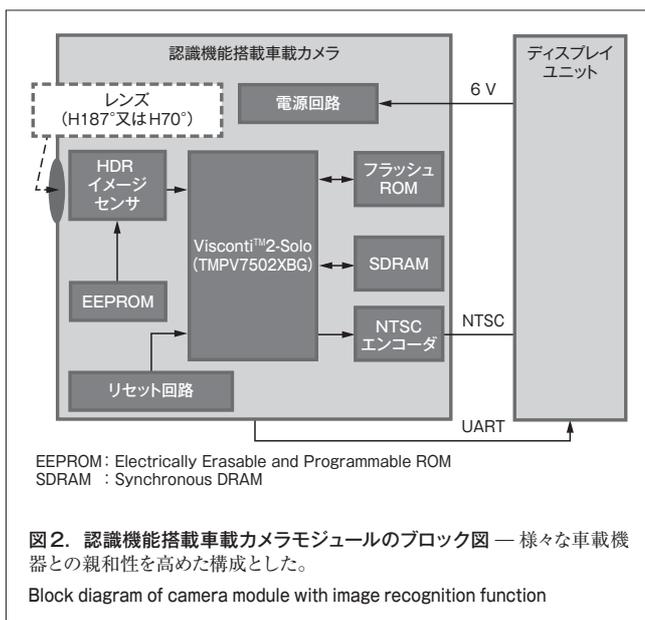
ここでは、これらの用途に用いることができる車載カメラモジュールのプラットフォームとして開発した、小型で高精度かつ高機能な認識機能搭載車載カメラモジュール（図1）について述べる。

2 認識機能搭載車載カメラモジュールの概要

開発した製品のブロック図を図2に示す。車載での様々な環境変化に追従できるように、高いダイナミックレンジを持つHDR (High Dynamic Range) イメージセンサと高い画像処理能力を持つVisconti™ファミリーに含まれるVisconti™2-Soloを中心に構成されている。

カメラは、レンズとHDRイメージセンサで構成され、画角に対する要求は用途により異なる。今回は、一般のバックビュー用途を想定した水平画角(H) 187°の魚眼レンズと、サイドミラーの代替えを想定したH70°広角レンズの2種類を使用する。そこで、これらをHDRイメージセンサに合わせるため、カメラの開発を新規に行った。また、H70°の広角レンズは、車室内での使用を想定した近赤外線(NIR)にも対応できるように、赤外線(IR)とNIRの双方で特性が得られ、フィルタの変更で使い分けられる構成にした。

カメラ画像の出力は、映像信号規格の一つであるNTSC (National Television System Committee) 方式とした。画像の認識率を向上させるためには高解像度が要求されるため、カメラと画像認識用の電子制御ユニット (ECU) が分離したシステムでは、LVDS (Low Voltage Differential Signaling) に代表される高速デジタル通信ラインを使用する人が多い。しかし、LVDSの信号ケーブルは非常に高価であるのに加え、単位長さ当たりの重量がアナログビデオの信号ケーブルに比較すると重くなる。また、LVDSはスペクトラム拡散通信であるため、送受信時に信号変換するためのシリアライザとデシリアライザが必要で、インターフェースのコストが高くなってしまふ。これらは、現在の自動車メーカーが進めている低価格、高性能、及び高燃費の方針に反する。また、現在使われている自



動車のディスプレイユニットでは、外部入力アナログ信号であることが少なくない。そこで今回は、映像フォーマット720pのHD (High Definition) 画質のイメージセンサを画像入力に使用して画像認識はHD画質で行うが、カメラモジュールからの出力は480pのVGA画質のアナログ信号にエンコードし出力することで、外部機器との親和性を高めている。また、検出した信号はUART (Universal Asynchronous Receiver Transmitter) で出力し、外部機器での各種情報を得ることができるように構成している。

3 主な開発技術

当社は、車載製品に求められる高性能、高信頼性、及び高コストパフォーマンスを実現するための技術開発を行ってきた。今回の開発では、その資産やナレッジを活用し、最小限の投資で表1に示す仕様を達成する開発を行った。

この製品の開発で重要になる技術は、画像認識機能の搭載であり、これを担うのはVisconti™2-Soloである。実際の処理フローは図3のようになる⁽⁷⁾。

- 開発で大きな制約条件となったのは次の3項目である。
- (1) レンズ投影面のサイズは24 mm角以下
 - (2) 車室内・外用の製造での金型共通化率80%以上
 - (3) 車室内用ではNIR対応が必須

これらを満足し、かつ車載要件を満足するため、次のような技術を駆使して要求機能の達成を図った。

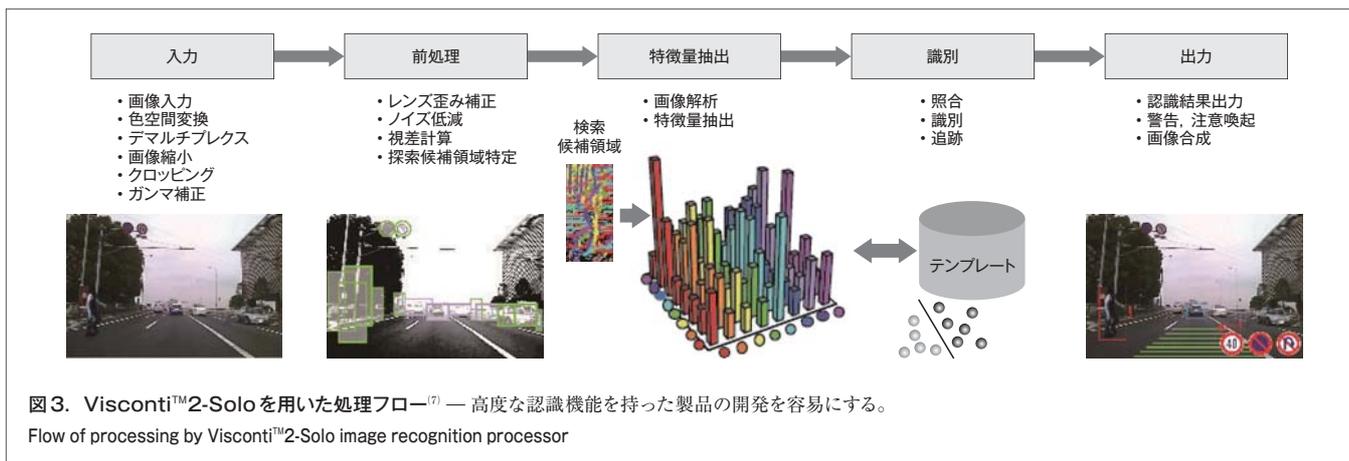
3.1 QFD 技術

2014年9月時点では、画像認識機能を持ち、車載要件も満たすカメラはなかったため、ベンチマークなどの手法ではな

表1. 認識機能搭載車載カメラモジュールの仕様
Specifications of camera module with image recognition function

機能	項目	仕様
撮像	撮像センサ	1/4型HDRイメージセンサ (TCM3221PBA)
	撮像最大画角	H70°, V52°又はH187°, V143°
	解像度	Quad-VGA (1,280×960画素) 以上
	ダイナミックレンジ	120 dB 以上
映像信号出力	出力インターフェース	アナログNTSC
	解像度	有効画像領域 720×480画素
画像演算	画像処理LSI	Visconti™2-Solo (TMPV7502XBG)
通信	インターフェース方式	UART: 検知データ通信、動作設定など
電源	動作保証電圧	DC 5~6V
	消費電力	通常動作時: 最大2.0W
寸法	幅×高さ×奥行き (突起部を除く)	24×24×35 mm (車室外用) 60×31×40 mm (車室内用)
	信頼性	動作温度範囲
信頼性	保存温度範囲	-40~+105℃
	防水・防塵 (ぼうじん) 設計	IP67 (IP68目標)

V: 垂直画角 DC: 直流
IP: JIS C 0920 (日本工業規格C 0920) で規定される、外郭による保護等級を表すコード文字



く、QFD (品質機能展開) で製品の構造を決定した。

要求機能・品質を目的機能・品質に置き換えて相互関係を2次元で明確化し、達成するための手段をナレッジやTRIZ (発明的問題解決理論) を用いて立案した。また、生産の可否についても、生産現場が保有する技術を調査し、同様の2次元表を用いて解決を図った。この手法により、例えば“小型でかつ高放熱”などのような二律背反の課題も解決できた。

3.2 CAE 技術

新製品の開発では、PoC (Proof of Concept : コンセプト検証) を作成する場合も少なくないが、今回は、CAE (Computer Aided Engineering) による検証で基本開発を完了してからプロトタイプを作成する手法を採った。

カメラの開発では、光学や、機械、電気など多岐にわたる検

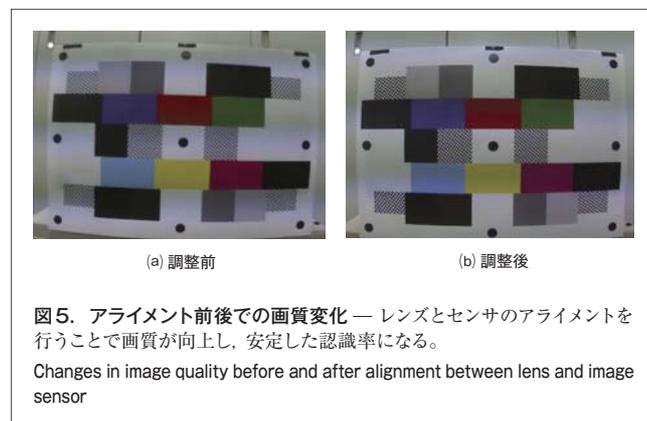
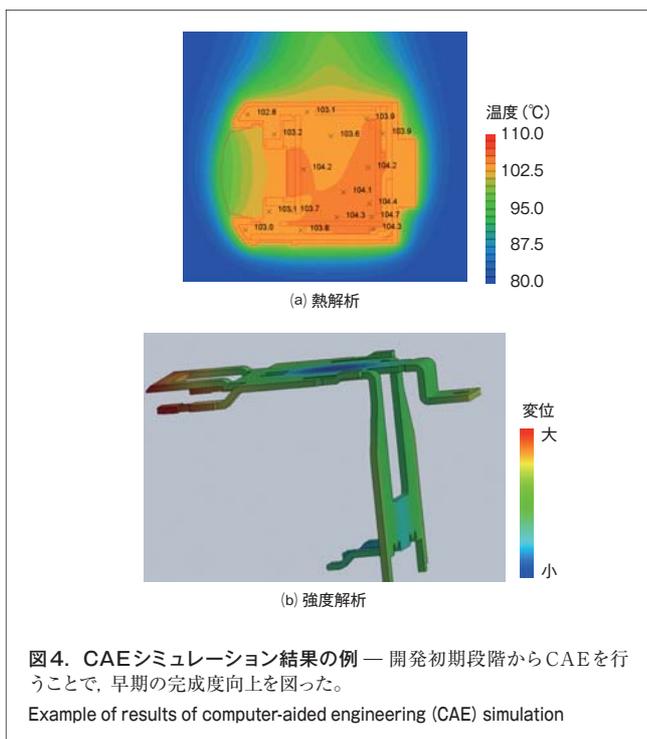
証が必要となるため、図4に示すように、各々の検証でCAEを駆使して構造を確定し、開発の期間短縮と品質向上を図った。

自社内だけでの対応は困難なため、CAEで品質向上を図れるサプライヤーの協力も得ながら進めた。これは、各サプライヤーも初期の段階で開発に携われるため、各々の独自技術や制約条件を開発段階でフィードバックでき、後戻りの削減にもつながった。

3.3 レンズとセンサのアライメント技術

一般に、画像認識機能を持つカメラのレンズとイメージセンサのアライメントは、従来の車載用カメラ以上の精度が要求される。特に今回は、HD画質のため、従来以上の精度が要求される。Visconti™2-Soloの機能を使ってもレンズの歪み (ひずみ) 補正はできるが、あくまでも補正であり、検出する物体の位置により検出精度に差異が発生するため、元の画像の精度を上げることが必須である。そこで、3方向及び3軸のあおり調整ができるアライメント装置を開発し、精度の向上を図った。調整前後での画質の変化を図5に示す。方向精度だけではなく、各ポイントでのコントラストやフォーカス精度も向上していることが確認できる。

各部品の精度を上げるだけで対処する手法もあるが、高コストになる。部品の精度向上とアライメント調整の2段階で対応



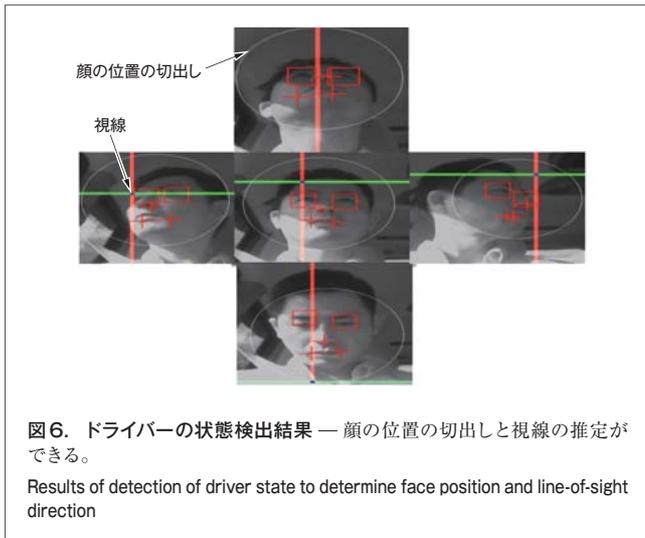


図6. ドライバーの状態検出結果 — 顔の位置の切出しと視線の推定ができる。
Results of detection of driver state to determine face position and line-of-sight direction

することで、高品質化と低コスト化の両立につながった。

3.4 ドライバーの状態検出技術

車室内は環境変化が大きく、多様な状態変化に対応する撮像手法の開発が必要である。例えば、直射日光での10万lx以上の高照度から、夜間などの機器からの漏れ光しか照明がない低照度までを考慮する必要がある。また、ドライバーを検出するには、ドライバーごとの身長の違いなどを考慮する必要があり、手動で調整する製品もある。

これに対し、開発した製品は、NIRのLED（発光ダイオード）を発光させて照明環境が変化してもドライバーの状態を検出できる機能と、人の顔を認識することで手動での調整を不要にする機能を備えており、ドライバーの安定した撮像ができる。また、独自に開発したドライバーの状態検出機能を追加することで、脇見運転などの視線を検出し、その情報を出力できる機能を実現した。撮像画像と視線を検出した結果を合成した画像を図6に示す。

4 今後の展開

自動運転の実現のため、車載カメラモジュールの需要は拡大している。このようななかで、今回開発した小型の認識機能搭載車載カメラモジュールは、分散型システムとして需要が多い。ECUで処理する集中型は、処理能力の問題やコストの問題があるが、当面は分散型と集中型に分かれると考える。

車載機器の接続の観点でも環境は大きく変わろうとしている。車載用ネットワークも、従来のCAN (Controller Area Network) やMOST (Media Oriented System Transport) に加え、Ethernet⁽⁴⁾などの適用に対する要求も高まっている。この流れは、自動車に必要な画像情報の増加やクラウドサービスと連携したサービスの増加に伴うものである。

また、機能の視点でも更に視線検知精度を向上することで、

他の機器との連携や居眠り検知など、安全・安心の領域での需要や、新しい用途に展開できる可能性が膨らんできている。

このような環境の変化のなかで、今回開発した製品も、時代に即した進化をさせる必要がある。そのためには、VOC (Voice of Customer) を収集して整理し、そこから得られる情報から時代の一步先を行く製品企画・開発を的確に行うことが必要になる。

5 あとがき

認識機能搭載車載カメラモジュールの開発と今後の展開について述べた。今後は、開発した製品をプラットフォームとして、自動運転のセンシング分野での事業化を図る。また、車載分野だけではなく非車載分野で監視システムへの適用などの需要も増えており、関係部門・会社と連携し、開発した製品を様々な分野に展開していく。

文献

- (1) 内閣府. SIP (戦略的イノベーション創造プログラム) 自動走行システム 研究開発計画. 内閣府, 2015, 60p. <http://www8.cao.go.jp/cstp/gaiyo/sip/keikaku/6_jidousoukou.pdf>. (参照 2016-01-18).
- (2) 田邊靖貴 他. 低省費電力で高性能を実現した画像認識プロセッサVisconti_{M2} シリーズ. 東芝レビュー. 67, 10, 2012, p.25-28.
- (3) 鈴木美彦 他. 画像処理プロセッサVisconti_{M2}を用いた車両検出技術. 東芝レビュー. 67, 12, 2012, p.19-22.
- (4) 小坂谷達夫 他. 画像認識LSI“Visconti_{M2}”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.
- (5) 岡田隆三 他. 安全運転を支援する画像認識プロセッサViscontiファミリー. 東芝レビュー. 69, 8, 2014, p.24-28.
- (6) 平井重利 他. 認識機能組込車載カメラの開発. 自動車技術. 68, 12, 2014, p.86-90.
- (7) 東芝. “画像認識プロセッサ ViscontiTM特長”. 半導体&ストレージ製品. <<http://toshiba.semicon-storage.com/jp/product/automotive/image-recognition/features.html>>. (参照 2015-10-27).

・ Ethernet は、富士ゼロックス(株)の商標。



坂本 秀樹 SAKAMOTO Hideki, Ph.D.

東芝アルパイン・オートモティブテクノロジー(株) DA 事業部長附, 博士(工学)。車載カメラの製品開発に従事。日本機械学会, 品質工学会会員。

Toshiba Alpine Automotive Technology Corp.



古川 賢司 FURUKAWA Kenji

東芝アルパイン・オートモティブテクノロジー(株) DA 開発部主務。車載カメラの製品開発に従事。電子情報通信学会会員。

Toshiba Alpine Automotive Technology Corp.



高木 健二 TAKAGI Kenji

東芝アルパイン・オートモティブテクノロジー(株) DA 開発部主務。車載カメラの製品開発に従事。

Toshiba Alpine Automotive Technology Corp.