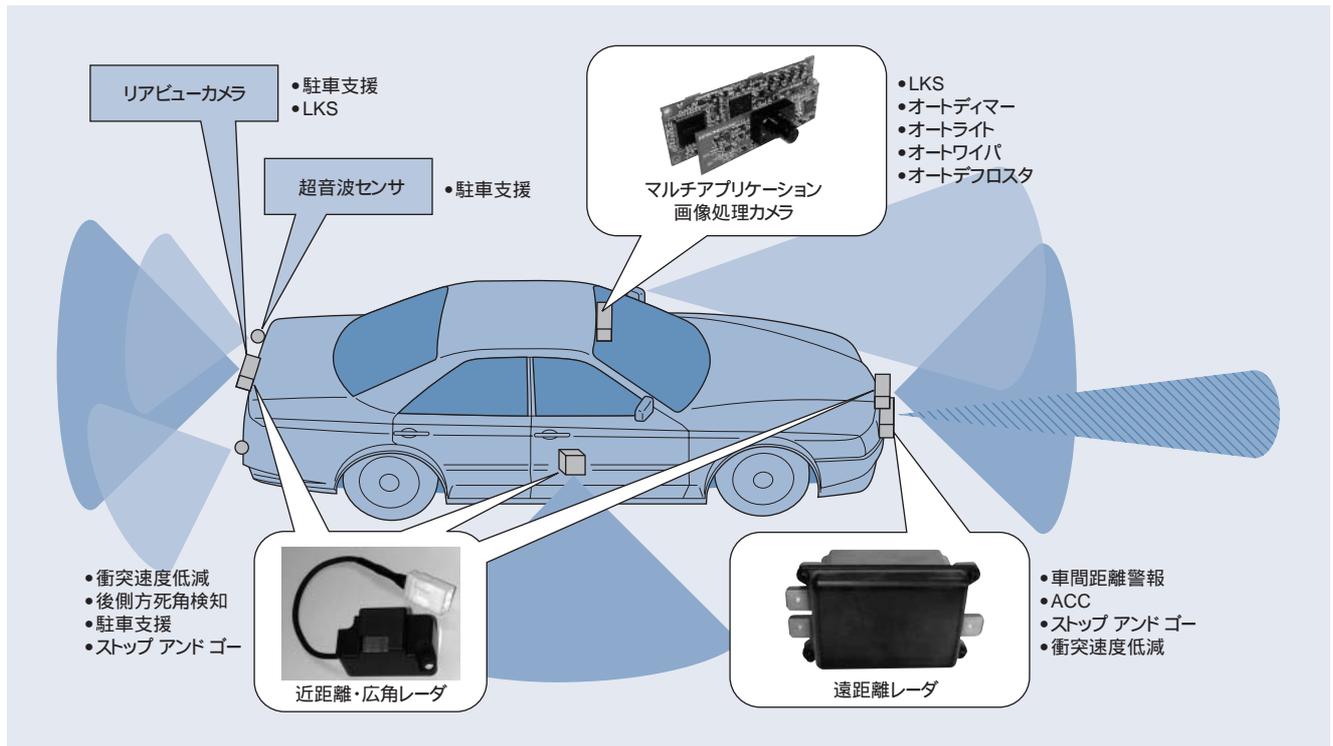


安全走行支援システムを支える環境認識技術

Environment Recognition Technologies for Supporting Safe Driving

高野 和朗 Kazuaki Takano 近藤 博司 Hiroshi Kondō
門司 竜彦 Tatsuhiko Monji 大塚 裕史 Yūji Ōtsuka



注：略語説明 LKS(Lane Keep Support ; 車線維持支援), ACC(Adaptive Cruise Control ; 車間距離制御)

自動車への搭載が進むさまざまな環境認識センサ

自動車の安全走行を支援する環境認識センサの車両搭載が進んでいる。駐車支援のための超音波センサやリアビューカメラをはじめ、車間距離警報・ACCシステムのためのレーダ、LKSシステムのための画像処理カメラが実用化されてきた。さらに、いっそう高機能で便利なアプリケーションへの適用を目指した高性能環境認識センサの開発が進められている。

先行車との車間距離を制御するACC(Adaptive Cruise Control)システム、車線維持走行を支援するLKS(Lane Keep Support)システム、衝突が避けられない場合にシートベルトを巻き上げ、ブレーキをかけるプリクラッシュ ブレーキ システムなどが実用化されてきた。これらの安全走行支援システムで認識・判断の役割を担うのが、レーダや画像処理カメラなどの環境認識センサである。実際の走行環境では、突然の飛び出しや割り込み、悪天候など、複雑な外的要因も多い

ため、これらのセンサには高度な認識技術が要求される。

日立グループは、「安全」を重視し、悪天候下でも安定した認識ができるミリ波レーダと、人間の目に代わる画像処理カメラを環境認識センサの中心として開発してきた。ミリ波レーダは車間距離警報とACCシステム用の距離センサとして、画像処理カメラはLKSシステム用の車線認識センサとして、それぞれすでに製品化している。現在は、システムのいっそうの高機能化に対応した次世代環境認識センサの開発を進めている。

1 はじめに

自動車の安全走行支援システムを実現するためには、障害物への衝突の危険性、車線逸脱の危険性などを正しく認

識し、走る、止まる、曲がるといった車両の運動を制御するシステムに伝える環境認識が不可欠となる。

運転者は運転中に認知・判断・操作を繰り返す。これら一連の動作におけるミスが交通事故につながる。このうち、認知・判断のミスは、交通事故の要因の約60%を占めている¹⁾。

これらのミスカバーすること、あるいは運転者が直接認知できない対象を認知することが、自動車の安全性を高めるうえで有効である。

しかし、実際の走行環境は、突然の飛び出しや隣接車の割り込み、天候による視界の悪化など、複雑な外的要因も多いため、安定した認知・判断を行うためには、高度な認識技術が必要となる。

自動車業界では、上述の技術の実用化に向けて、わが国のASV(Advanced Safety Vehicle²⁾、欧州のeSafety³⁾など、官民一体となって精力的な研究開発を進めている。

ここでは、安全走行支援システムの実現に向けて市販車への搭載も進んできた、日立グループの環境認識技術について述べる。

2 環境認識センサへのニーズと各種センサ

自動車用の環境認識センサとして普及が進んでいるのは、バンパに装着して障害物までの距離を検知する超音波センサと、車の後方に装着してナビゲーション画面に後方映像を



注：略語説明 CW(Continuous Wave)

図1 遠距離レーダの外観と主な仕様

二周波CW、モノパルス方式、および専用設計のMMIC(Microwave Monolithic IC)を採用し、小型・軽量化、高信頼性を実現した。

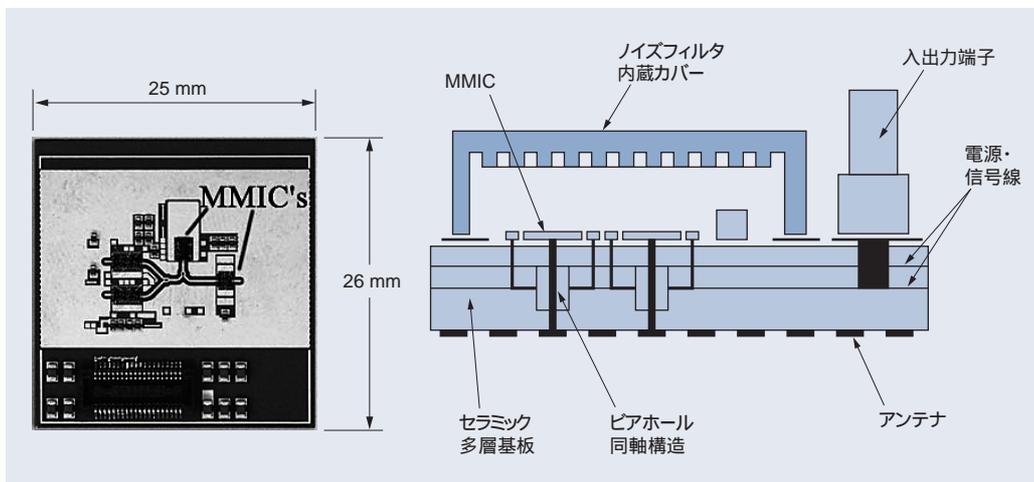


図2 近距離・広角レーダの送受信モジュールの外観と断面構造

セラミック多層基板とビアホール接続により、ACC用の現行送受信モジュールに比べて約 $\frac{1}{5}$ の容積を実現した。

表示するリアビューカメラである。これらは、いずれも、低速時、特に駐車時の近距離での検知を目的としている。一方、高速走行時の遠距離での検知を行うセンサとしては、ACC(Adaptive Cruise Control: 車間距離制御システム用のレーダと、LK& Lane Keep Support: 車線維持支援システム用車線認識カメラの実用化が進んでいる。さらに、2003年にはACCの発展型として、レーダを使った「プリクラッシュブレーキシステム」が製品化された⁴⁾。

日立グループは、当初から「安全」を念頭に置いて、雨・霧などの悪天候下でも安定した認識が可能なミリ波レーダと、人間の目に代わる画像処理カメラを環境認識センサの本命と位置づけて開発を行ってきた。

3 ミリ波レーダ

3.1 遠距離レーダ

日立グループは、車間距離警報とACC用として、わが国、米国、および欧州の電波規格に適合する76 GHz帯のミリ波レーダを開発した⁵⁾。このレーダでは、約120 m先までの前方車両を左右16度の範囲で検出し、自車両から走行速度や角速度の情報を受け取り、レーダで検知した物体の距離・相対速度・角度情報と組み合わせて自車線上の先行車を特定する。

距離・相対速度検知には、1 mの至近距離からのターゲット検知ができる二周波CW(Continuous Wave)方式を採用し、ACCだけでなく、「ストップ アンド ゴー」機能への適用も可能とした。角度検知にはアンテナ駆動・切換が不要なモノパルス方式を採用し、専用設計のMMIC(Microwave Monolithic IC)との組合せにより、小型・軽量化とトラックにも使える高い信頼性を実現した(図1参照)。

このレーダは、2003年、いすゞ自動車株式会社の大型トラック「ギガ」シリーズの車間距離警報装置⁶⁾に続き、富士重工株式会社のレガシィのADA(Active Driving Assist)システム⁷⁾に採用された。

3.2 近距離・広角レーダ

高度な環境認識を行うためには、遠距離と狭角だけでなく、後側方の障害物検知や、ACC用レーダで死角となる近距離を、さらに広い範囲で検知するレーダが要求される。これらの用途に対応するために、24 GHzの近距離広角レーダを複数個使って実現しようというコンセプトが欧州を中心に提案されている⁹⁾。

日立グループは、わが国、米国、および欧州の電波規格に適合する76 GHzを前提に、以下の特徴を持つ小型レーダモジュールを開発した⁹⁾(図2参照)。

- (1) セラミック多層基板上に直接MMICを実装し、配線を多層基板の各層に立体的に配置する構造により、モジュール容積を低減し、部品点数を削減
- (2) セラミック多層基板の表裏に配置したMMICと送受信アンテナを、基板内のビアホール構造によって接続し、組立性を向上

以上の技術により、送受信モジュールの高周波回路実装部の外形サイズを縦26×横25×厚さ3.4(mm)とし、ACC用の現行の送受信モジュール比で約 $\frac{1}{5}$ の容積を実現した。

ACC用の技術を流用したモノパルス角度検知方式は、「アンテナサイズを小さくするほど検知角度が広がる。という近距離広角化に適した特徴を持つ。現在は、上述の送受信モジュールのサイズに収まる左右80度の範囲を検知するモノパルスアンテナを実装し、超小型で廉価な広角・近距離レーダの実現に向けた製品開発を推進している。このセンサは以下のシステムへの適用を目的としている。

- (1) ブリクラッシュブレーキ、衝突回避支援
- (2) 後側方死角警報
- (3) 駐車支援
- (4) ストップ アンド ゴー

4 画像処理カメラ

4.1 ハードウェアの特徴

日立グループは、車両前方画像を取得するCCD(Charge Coupled Device)カメラ部と、得られた画像を信号処理して走行レーンや先行車などを認識する画像処理部を一体化した車載用の画像処理カメラを開発した。このカメラでは、車線認識などのアプリケーションを実行する32ビットマイコン「SH-3」と、膨大な画像データを並列処理する専用LSIであるVCHIP(Vision/Video Chip)を搭載し、それぞれのプロセッサの機能を分担することによって高速な画像処理を実現した。この画像処理カメラは、2001年、日産自動車株式会社のシーマのレーンキープサポートシステム¹⁰⁾に採用された。

将来は、車線認識だけでなく、多様なアプリケーションに対応するため、画像処理カメラではいっそうの高速化、汎(はん)

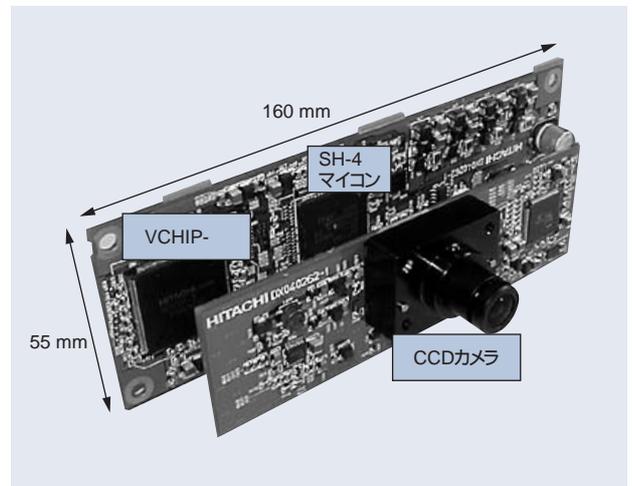


図3 画像処理カメラの外観と回路基板

従来のVCHIPに比べ、処理速度を4倍以上に向上させた。

用化といった性能改善の要求が予想される。一方、画像処理カメラの市場をさらに拡大するためには、低コスト化と小型化も同時に進める必要がある。これらのニーズにこたえるため、2003年にVCHIPの後継となる次世代画像処理LSI「VCHIP-¹¹⁾」を搭載した画像処理カメラを開発した(図3参照)。開発品の主な改良点は以下のとおりである。

- (1) 動作周波数を66 MHzから133 MHzに向上
- (2) 並列処理とパイプライン処理の強化
- (3) エッジ方向の検出など、新たな画像処理機能の追加
- (4) SH-4マイコンへの対応

4.2 マルチアプリケーション

画像にはさまざまな情報が含まれることから、画像処理カメラの認識についての期待は大きい。一方、実用化されているアプリケーションは、車線逸脱警報やLKSといった、車線認識技術を応用したものに限られている。期待されるカメラ応用システムとしては、車両検知技術を用いたACC、ブリクラッシュブレーキシステム、後側方接近警報などがあげられる。しかし、これら安全にかかわるシステムでは、悪天候時にも高い認識信頼性が求められるため、その実用化には時間がかかると思われる。

日立グループは、この課題に対応するために、画像処理カメラの特徴を生かした製品として、車線認識用途だけでなく、オートデミャー(自動調光器)、オートライト、オートワイパ、オートデフロスタ(自動除霜器)など、複数のアプリケーションを1台のカメラで同時に実現する「マルチアプリケーションオールインワン」をコンセプトに開発を進めてきた(図4参照)。このコンセプトは、煩雑な操作を自動化し、運転者が運転に集中することにより、快適性と安全性の向上に寄与することを目的としている。各アプリケーションの機能は以下のとおりである。

- (1) オートデミャー

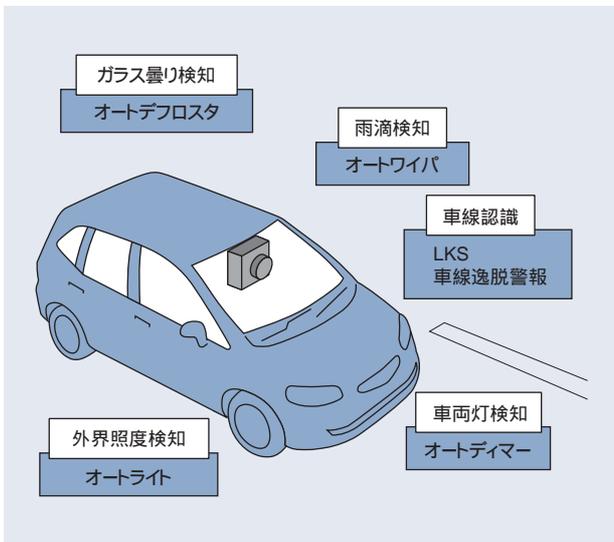


図4 画像処理カメラを使ったマルチアプリケーション
一つのカメラでマルチアプリケーションを実現した。

先行車のテールランプ, および対向車のヘッドランプの光を検出し, その距離に応じてヘッドランプの光量を制御する。

(2) オートライト

周辺の明るさを計測し, その明るさに応じて車幅灯やヘッドランプの自動点灯, および消灯を行う。

(3) オートワイパ

フロントガラスに付着する雨滴を検出し, 雨量に応じてワイパの間欠時間, ふき取り速度を制御する。

(4) オートデフロスタ

フロントガラスの曇り状態を検出して, デフロスタの風量を制御する。

以上のアプリケーションを同時に実現するために, ハードウェアではカメラのレンズ, フィルタ, 補助照明など光学系の構成をくふうし, ソフトウェアでは, 各アルゴリズムの高度化とタスクスケジューリングの最適化を図った。これらにより, 1台のカメラでマルチアプリケーションを実現するデモンストレーションカーを2003年11月に完成させた。

このオールインワン化は, 画像処理カメラの付加価値を高めると同時に, これまでは各機能ごとに必要であった雨滴センサなど複数の単機能センサが不要となるため, システムコスト面での利点も大きいと考えられる。

5 おわりに

ここでは, 自動車安全走行システムを実現するために必要とされる環境認識技術の現状と, 日立グループが開発・製品化に注力しているミリ波レーダ, および画像処理カメラについて述べた。

今後は, ミリ波レーダとカメラの融合, GPS (Global Positioning System: 全地球測位システム) や地図データ

ベース, さらに, テレマティクスなど車内外から得られる情報も組み合わせた, いっそう信頼性の高い認識システムが要求されてくると考えられる。

日立グループは, 安全な自動車社会を実現するために, さまざまな認識を融合させた, さらに高度な認識システムの開発・実用化に取り組んでいく考えである。

参考文献など

- 1) 第3回AHS研究報告会資料(1999.5)
- 2) http://www.mlit.go.jp/kisha/kisha03/09/090523_html
- 3) http://europa.eu.int/information_society/programmes/esafety/index_en.htm
- 4) <http://www.honda.co.jp/auto-lineup/inspire/mechanism/cms.html>
- 5) H. Kuroda, et al.: Fully-MMIC 76GHz Radar for ACC, IEEE, Intelligent Transportation Systems Conference Proceedings (Oct. 2000)
- 6) http://www.isuzu.co.jp/press/2003/6_2gig_4.html
- 7) http://www.subaru.co.jp/legacy/tw_30r/06/index.html
- 8) Draft ETSI TR 101 982R1 V1.1.3a (May 2002)
- 9) H. Kondoh, et al.: 76GHz MMIC Transceiver Modules with Thick-Film Multi-Layer Ceramic Substrate for Automotive Radar Application, IEEE MTT-S International Microwave Symposium 2003 (June 2003)
- 10) http://www.nissan.co.jp/CIMA/F50/0308/EQUIP/main1_3.html
- 11) 大塚, 外: 車載向け画像処理システム, 自動車技術会 学術講演会前刷集, No.78-03 (2003.9)

執筆者紹介



高野 和朗

1982年日立製作所入社, オートモティブシステムグループ 第一電子設計部 所属
現在, ミリ波レーダの設計・開発に従事
日本機械学会会員, 自動車技術会会員
E-mail: k-takano @ cm. jiji. hitachi. co. jp



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 アドバンスド・テクニカルセンタ 所属
現在, 画像認識カメラの設計・開発に従事
E-mail: t-monji @ cm. jiji. hitachi. co. jp



近藤 博司

1994年日立製作所入社, 中央研究所 通信デバイス研究部 所属
現在, ミリ波レーダ用高周波モジュール, MMICの研究開発に従事
Ph. D
IEEE会員, 電子情報通信学会会員
E-mail: h-kondoh @ crl. hitachi. co. jp



大塚 裕史

1998年日立製作所入社, 日立研究所 情報制御第二研究部 所属
現在, 画像処理技術・システムの研究開発に従事
電子情報通信学会会員
E-mail: ootsukay @ gm. hrl. hitachi. co. jp