

ITSに対応する半導体技術

Semiconductor Products for ITS Applications

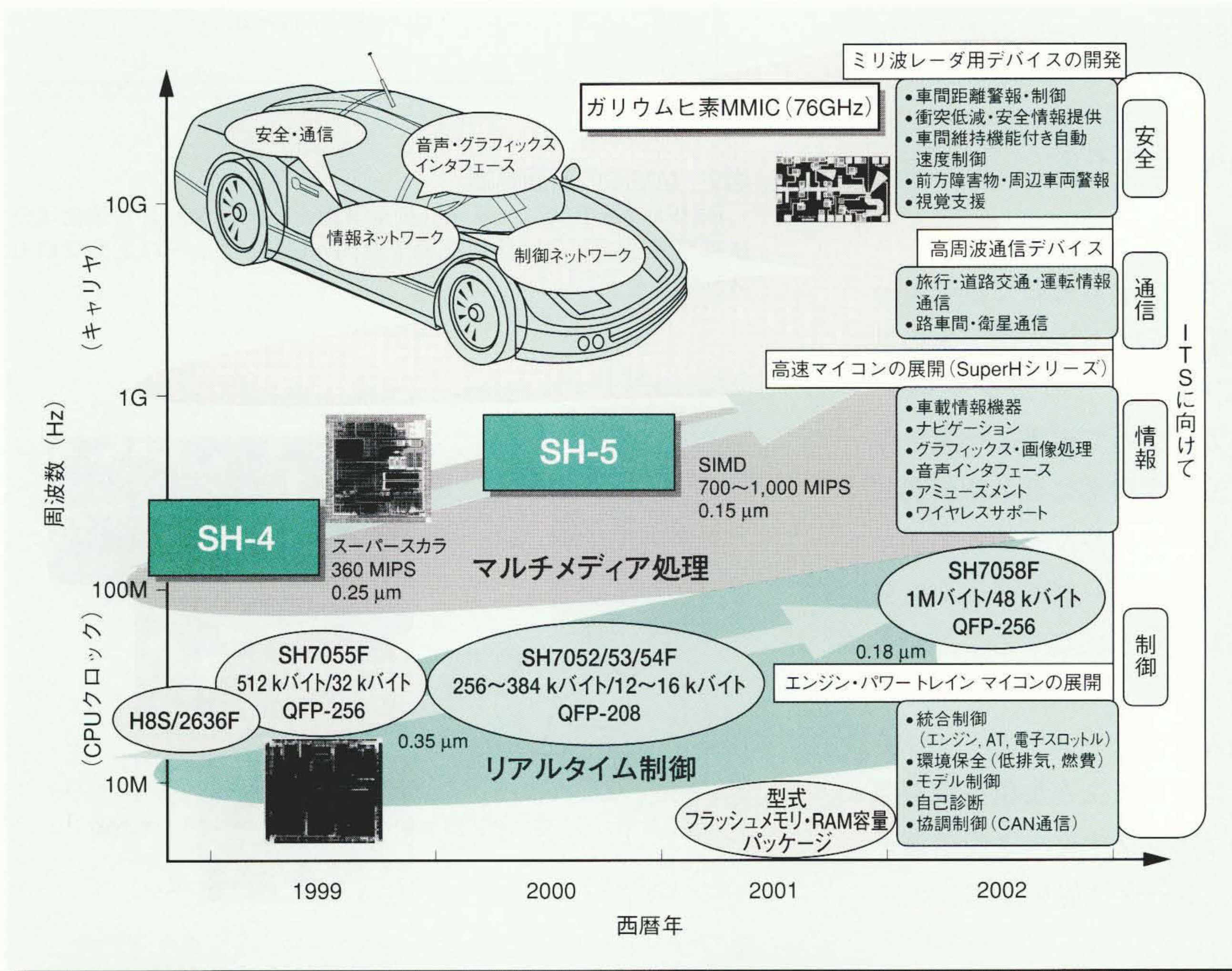
兼安昌美 Masayoshi Kaneyasu

近藤博司 Hiroshi Kondô

畑岡信夫 Nobuo Hataoka

中塚康弘 Yasuhiro Nakatsuka

星野雅俊 Masatoshi Hoshino



注：略語説明

CPU (Central Processing Unit)

MMIC (Microwave Mono-lithic IC)

MIPS (Million Instructions per Second)

SIMD (Single Instruction Multiple Data)

AT (Automatic Transmission)

ITS (Intelligent Transport Systems)

RAM (Random Access Memory)

CAN (Controller Area Network)

ITSを指向する半導体技術と製品展開

ITS時代の自動車では、従来のエンジン・パワートレイン制御系に連携した通信・マルチメディア機能を備えた情報端末を持つ情報・制御ネットワークが構築され、この上でナビゲーション・情報処理・安全走行などの機能が実行される。

日立製作所は、ITSに向けた車載機器の進化に対応するため、高性能マイコンや高周波デバイスなどの製品を展開している。

ITS(Intelligent Transport Systems)時代の自動車には、通信・情報処理などのモバイル・マルチメディア機能を備えた情報機器・端末が次々と搭載されはじめている。これによってITSの通信インフラストラクチャーを利用した情報サービスを楽しむことができ、従来構築されている電子制御系と連携した情報・制御ネットワークの上でカーナビゲーションや情報処理、安全走行などの機能の充実が図られていくものと考えられる。

日立製作所は、これまで制御・情報・通信それぞれの分野で培ってきた半導体技術をさらに進化させて、ITS時代の要求にこたえるために、リアルタイム制御とマルチメディア処理のための高性能・高速マイコンや、高周波デバイスをはじめとする制御・情報・通信・安全のキーとなる各種半導体製品を展開している。

1 はじめに

自動車交通システムは、これまで、自動車とそのインフラストラクチャーの両面でそれぞれ独自に進展してきた。自動車側では、電子制御の統合化や制御系ネットワーク、高度安全や自動走行システムなどの新たな制御システムが発展している。インフラストラクチャー側でも、VICS(Vehicle Information and Communication System)やDSRC(Dedicated Short Range Communication：専用狭

域通信)をはじめとする情報通信ネットワークの構築によって自動車とインフラストラクチャーの協調が推進され、多岐にわたるサービスや社会効果が期待される。この分野ではさまざまな機能を持つ半導体とその応用システムの開発が進んでおり、ITS世代の自動車では、高性能な情報・通信系とリアルタイム制御系が連携する情報・制御ネットワークが構築され、カーナビゲーションや情報処理、安全走行などの機能がさらに高度化されていくものとする。

ここでは、ITSに対応するためのさまざまな半導体製品の中で、高度安全自動車のキーデバイスであるミリ波レーダ用高周波デバイス、エンジン・トランスミッションのリアルタイム制御用SuperHマイコン、カーナビゲーションや車載情報端末に必須のグラフィックスコア、およびSuperHマイコン上で機能する音声認識・合成ミドルウェアについて述べる。

2 ミリ波レーダ用GaAsデバイス

2.1 ミリ波GaAsMMICの概要

自動車の安全走行を支援するシステムとして車載レーダが注目され、日米欧で76 GHz帯のミリ波が事実上の世界共通周波数として割り当てられた。ミリ波レーダは、現在、すでに一部のカーメカによって市場に導入されており、いずれの製品でも電波送受信部には単体個別部品が使用されている。今後、レーダの普及を加速するためには、その主要部品であるミリ波レーダ電波送受信部のIC化により、低コスト性と量産性を実現することが必須となる。

日立製作所は、ミリ波GaAs(ガリウムヒ素)MMIC(Microwave Monolithic IC)用プロセスと集積回路を開発するとともに、これを用いたアンテナ付き送受信部一体型小型モジュールを完成し、レーダ性能を確認した。

2.2 構造と特徴

レーダ用MMICの能動素子として開発した、“P-HEMT”と呼ぶトランジスタの断面構造を図1に示す。

このデバイスでは、高性能を得るためにシリコンではなくGaAs系材料の積層構造を用い、また、ミリ波特性

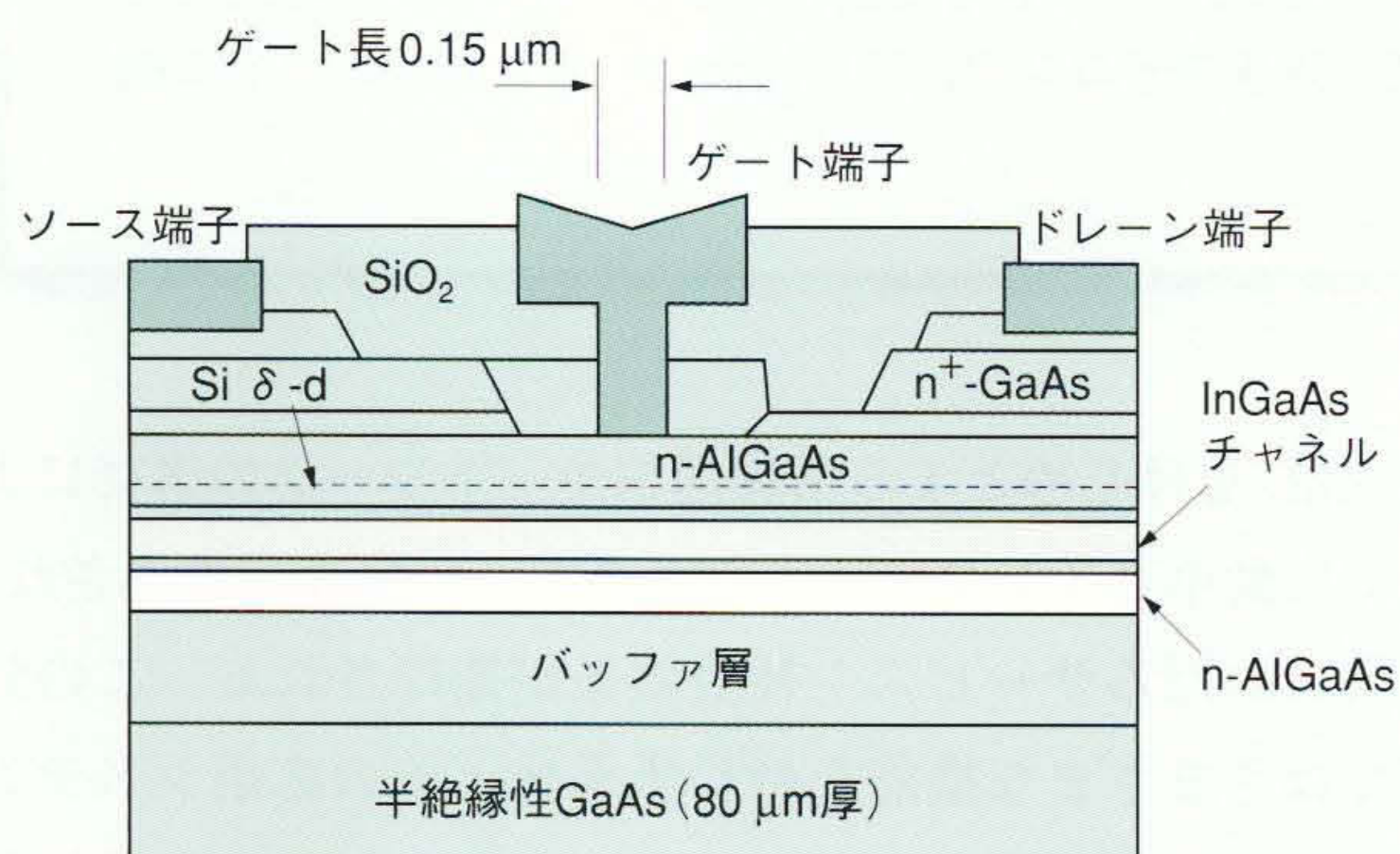


図1 P-HEMTトランジスタの断面構造

P-HEMT(Pseudo-morphic High Electron Mobility Transistor)は、高性能を得るためにシリコンではなくGaAs系材料の積層構造とし、ゲート長0.15 μmで形成されてドレーンとソース間のミリ波電流を制御する。

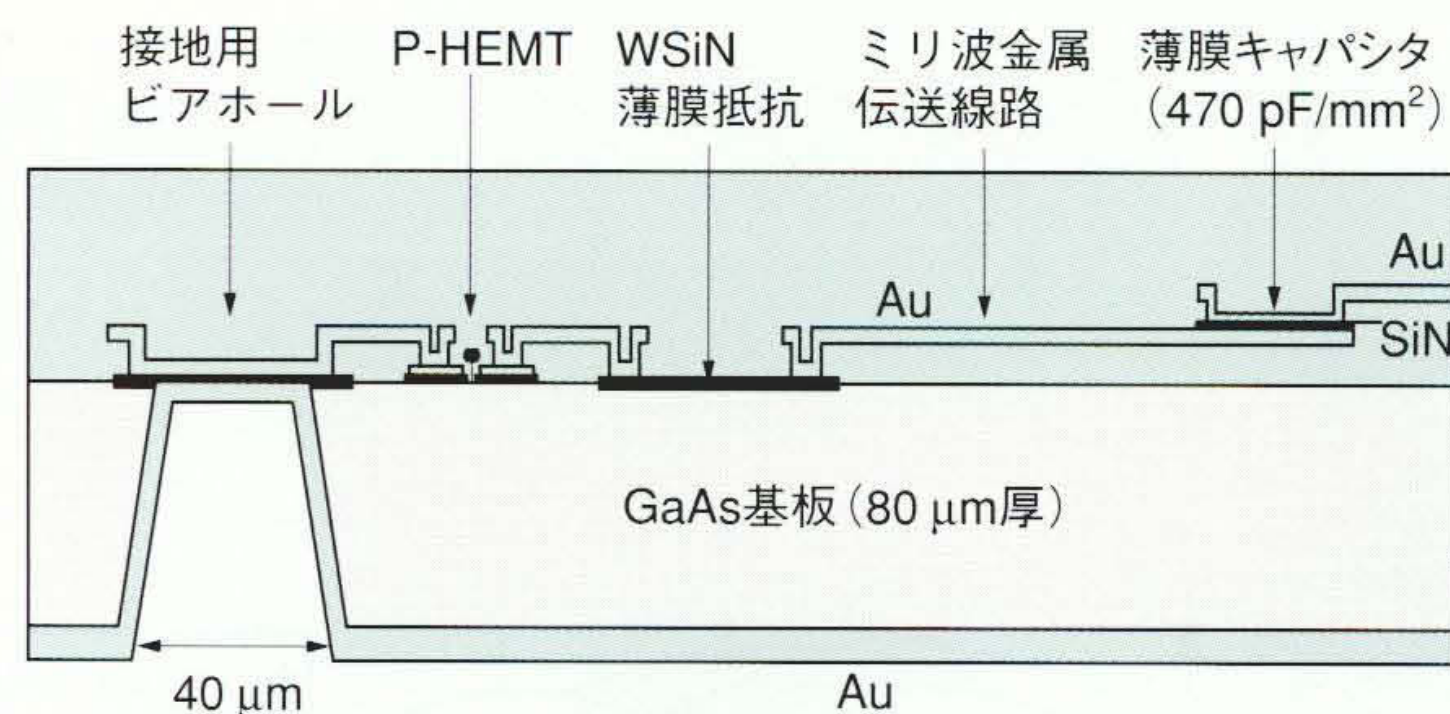


図2 MMICの断面構造

P-HEMTを中核に、薄膜抵抗や薄膜キャパシタ、ミリ波金属伝送線路素子などの回路構成素子を同一GaAsウェーハ上にプロセス形成する。

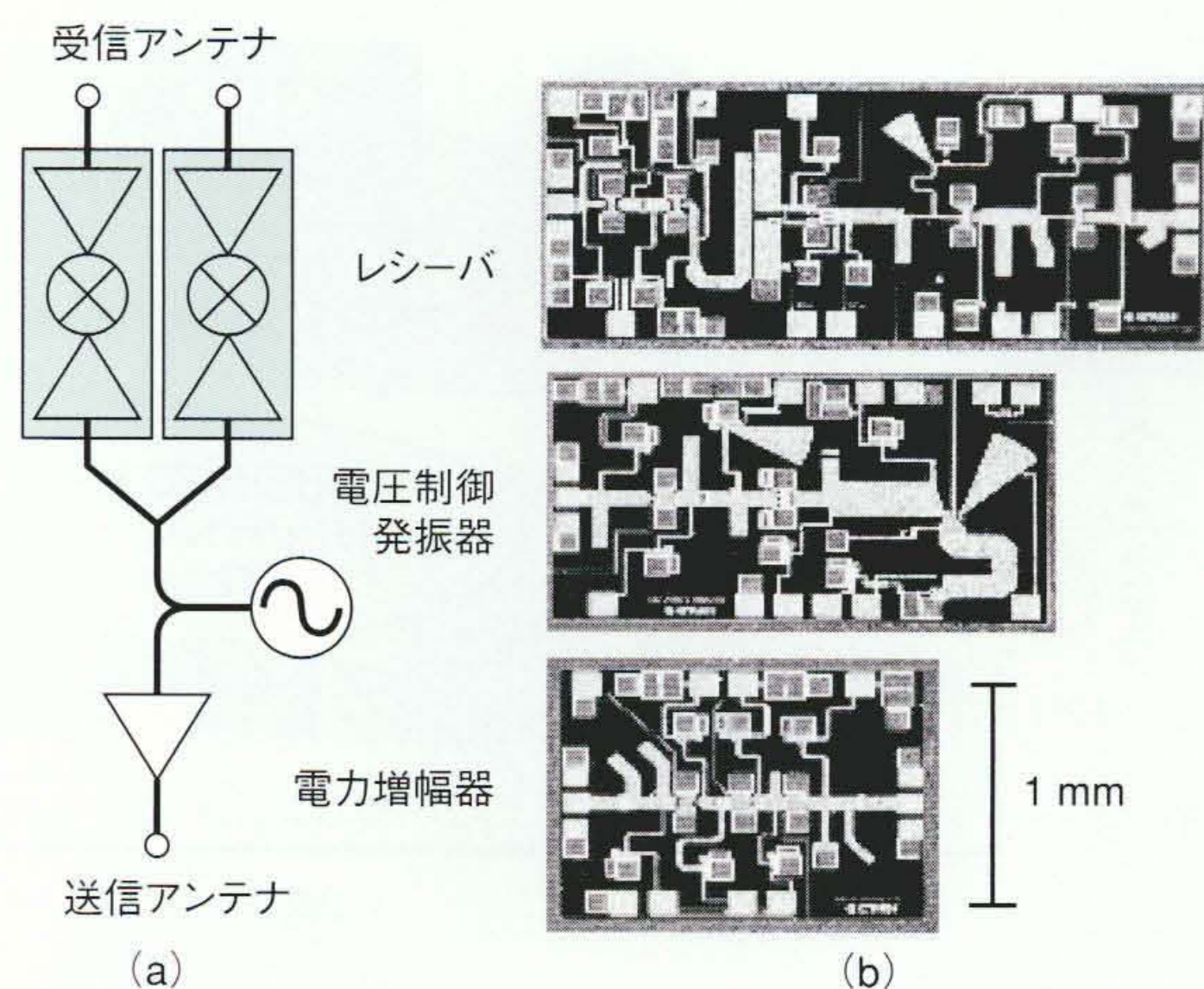


図3 レーダ電波送受信部の構成とMMICチップセット

レーダ電波送受信部の構成(a)と3種のMMICチップ写真(b)を示す。チップ面積を低減するために直接発振とし、三次元電磁界解析によって回路素子間の相互干渉の縮小化を図り、7.9 mm²のチップ総面積を実現した。

を左右する金属ゲート端子はゲート長0.15 μmでプロセス形成し、ドレーン端子とソース端子間に流れるミリ波電流を制御する。このトランジスタを中核に、薄膜抵抗や薄膜キャパシタ、ミリ波金属伝送線路素子などの回路構成素子を同一GaAsウェーハ上にプロセス形成することにより、MMICを完成する(図2参照)。レーダ電波送受信部の構成と、今回開発したミリ波電圧制御発振器、電力増幅器、レシーバの3種のMMICチップ写真を図3に示す。低コスト化のかぎとなるチップ面積を低減するために、発振器MMICは76 GHz信号を直接発振する構成とした。また、回路設計では、回路素子間の相互干渉を三次元電磁界解析する手法を採用することによって各チップの縮小化を図り、7.9 mm²のチップ総面積を実現した。

2.3 ミリ波レーダシステム

レーダ送受信部では、発振器MMICからのミリ波信号を送信用電力増幅器MMICで増幅して送信アンテナから発射し、自車前方を走行する複数の自動車から反射して戻るミリ波電波を二つの受信アンテナで受信する。これらをレシーバMMICで基準信号と比較することにより、前方各車の速度、距離、方向に対応する情報を含む信号を出力し、レーダシステムの信号処理部に送る。送受信アンテナには薄型化に有利な平面アンテナを採用した。これと上記MMICを実装した送受信部を一体化することにより、レーダ動作に必要な全ミリ波機能を $65 \times 93 \times 5 \text{ mm}^3$ の大きさに収めたモジュールを実現し、レーダシステム全体の小型・軽量化を可能にした(レーダシステムの詳細についてはこの特集の別論文を参照)。

3 リアルタイム制御系SuperHマイコン

3.1 製品展開

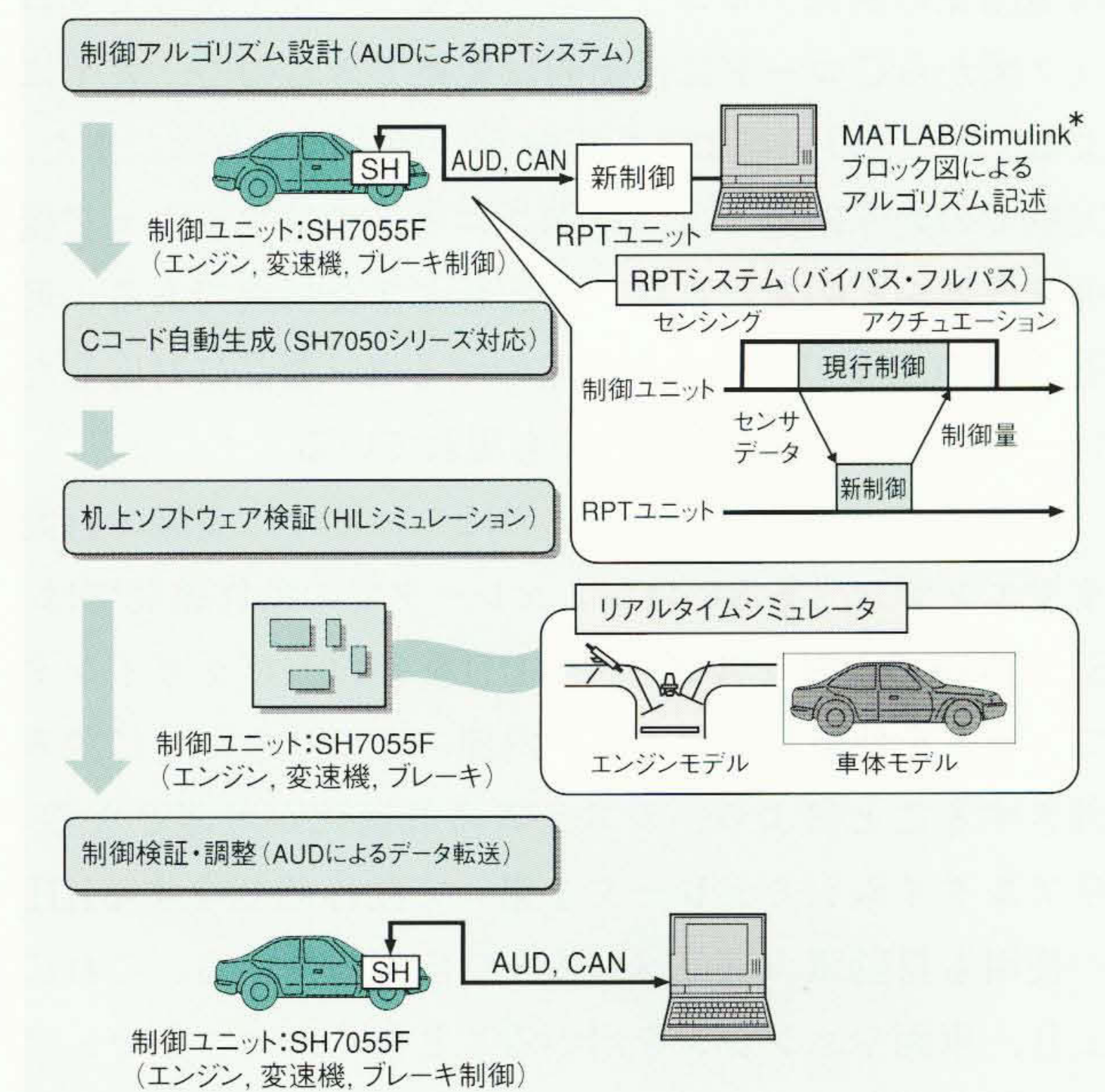
日立製作所のSuperH RISC engineシリーズマイコンのうち、SH7050シリーズは、リアルタイム制御用途のMCU(Microcontroller Unit)製品の中で、自動車エンジン制御やトランスミッション制御に使われている。SH7055Fは、CAN(Controller Area Network)や、自動車業界標準のリアルタイムOS(Operating System)になりつつある“OSEK-OS”にも対応している。また、高精度な制御方式が実現できるように、FPU(Floating Point Unit)を搭載している。さらに、国内自動車業界の標準的なハードウェアデバッガであるAUD(Advanced User Debugger)を搭載し、開発期間短縮に貢献している。

3.2 エンジン・車体制御への適用

自動車の排気・燃費と自己診断に対する規制強化やITSの急速な進展を背景として、エンジン・車体制御用の組込みソフトウェアは大規模化、複雑化している。

このため、計算能力やメモリはますます大きなものが必要となってきた。また、ソフトウェアの開発効率を上げることの重要性も増しており、自動車・部品メーカーは、新しい開発手法を採用し始めている。32ビットRISCマイコンであるSH7050シリーズでは、豊富な計算能力とメモリをオンチップ化するとともに、新しい開発手法にも対応している。

自動車向けリアルタイム制御系のソフトウェアの開発では、図4に示すような手順が標準的になってきている。制御アルゴリズムの設計では、RPT(Rapid Prototyping)を用いることにより、シミュレーションだけでなく、実車で



注：略語説明ほか

HIL (Hardware in the Loop)

* MATLABおよびSimulinkは、米国The MathWorks, Inc. の登録商標である。

図4 自動車向けソフトウェアの開発手順

シングルチップマイコンに組み込むリアルタイム制御系のソフトウェアを効率的に開発するこの新しい手法は、現在世界中に普及しつつある。

の制御性能の確認が可能になる。この方式では、制御ユニットと実験用のRPTユニットが次のように協調動作する。

- (1) CANやAUDを介して、制御ユニットからセンサデータを実験用RPTユニットに転送する。
- (2) 実験用RPTユニットでは、新規に開発した制御アルゴリズムをセンサデータに基づいて実行し、得られた制御量を制御ユニットに返す。
- (3) 制御ユニットでは、この制御量を従来処理による制御量の代わりに使い(バイパスさせて)、点火や噴射などを実行する。

ここで、制御量をバイパスさせることによって制御性能の劣化を招かないためには、点火や噴射などの時点以前に制御量が制御ユニットに戻る必要がある。これに対しては、SH7055Fに搭載されているAUDの高速データ転送機能を活用することにより、精度の高いRPT環境を構成することができる。

3.3 適用効果

この方式では、制御系CADとして一般的なMATLAB/Simulinkなどの上で、ブロック線図により、

新規開発の制御アルゴリズムを変換ツールを使ってブロック図からCコードに自動的に変換できるので、人手によるCコードの記述よりも正確かつ効率的である。また、実車での動作確認では、制御ユニットのソフトウェア変更をほとんど必要としないことも大きな利点である。最近、SH7050シリーズなど特定のマイコン製品に対応したコードを出力する変換ツールも現れている。

制御ユニットのソフトウェアについては、実際の自動車やエンジン、あるいはシミュレータでの動作確認では、SH7055Fのシリアル通信やAUDなどのデバッグインタフェースを使用してマイコン内部のメモリを高速に読み書きすることにより、システムの最適化が可能となる。リアルタイムシミュレータを用いて動作確認をするHILの使用も自動車・部品メーカーに広がっている。これにより、車両やエンジンを用いることなく、ソフトウェアの一部の動作確認が可能になる。また、試験工数の削減や安全面での利点も大きい。

4 カーナビゲーション用グラフィックス技術

4.1 「Qシリーズ」グラフィックスプロセッサ

カーナビゲーション画面などの表示系は、自動車の情報システムでのユーザーインタフェースのかなめである。自動車内の空間は狭いため、できるだけ小さなシステムと、小さな画面でも的確に情報表示ができる高い性能が求められる。そのため、日立製作所は、高性能マイコン(SuperHシリーズ)と組み合わせて使う「Qシリーズ」グラフィックスプロセッサをラインアップしている。

4.2 システムを小型化するメモリ統合技術

Qシリーズでは、高速メモリを活用し、従来個別メモリで管理していたビデオデータ、描画命令、描画データ、および表示データを画像用統合メモリに集約した。これにより、Qシリーズとメモリだけで最小のグラフィックスサブシステムの構成を可能とした(図5参照)。HD64413A(Q2SD)にはデジタル化されたビデオデータを入力、表示する機能も持たせており、PinP(Picture in Picture)などの周辺論理を簡略化することにも効果的である。また、66 MHzで作動するメモリを画像用統合メモリとして用いることにより、25×20画素の長方形を毎秒9万個描画することが可能である。

4.3 地図表示に適した表示・描画機能

Qシリーズでは、合成表示と地図用描画機能により、カーナビゲーションの性能向上を図っている(図6参照)。表示機能では、目的地設定などをスピーディに行う地図

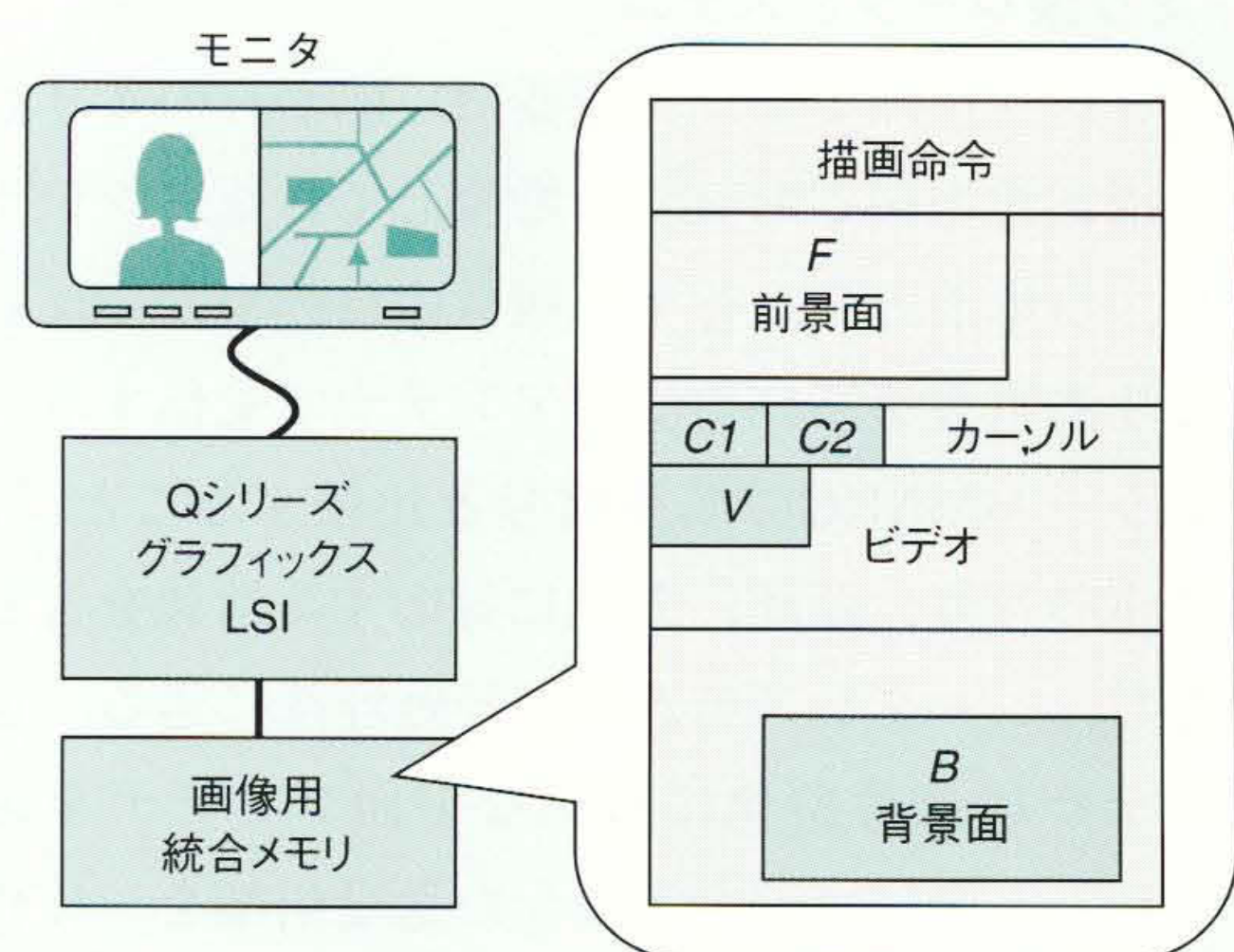


図5 Qシリーズによるシステム構成

データを統合メモリに集約し、システムを単純化した。

描画制御のソフトウェア構造を単純化するなどのために、ハードウェアによる表示スクロール機能を持たせている(同図のB面)。一方、ポインタやマークに用いるカーソル、スクロールしないメニューやボタンの表示、ビデオウィンドウなどのために、それぞれ独立のメモリ領域を定義し(同図のC1, C2, F, V面)、それぞれを合成表示することが可能である。

地図で用いられる図形としては、河川や海、緑地、市街地などを表現する多角形、道路や線路、等高線、境界線を表現する折れ線のほか、地名を示すための文字が主なものである。この点に着目し、描画機能として多角形描画やパターン付きの折れ線描画、文字を表す2値データのカラー展開など、地図に必須の機能を持つコマンド

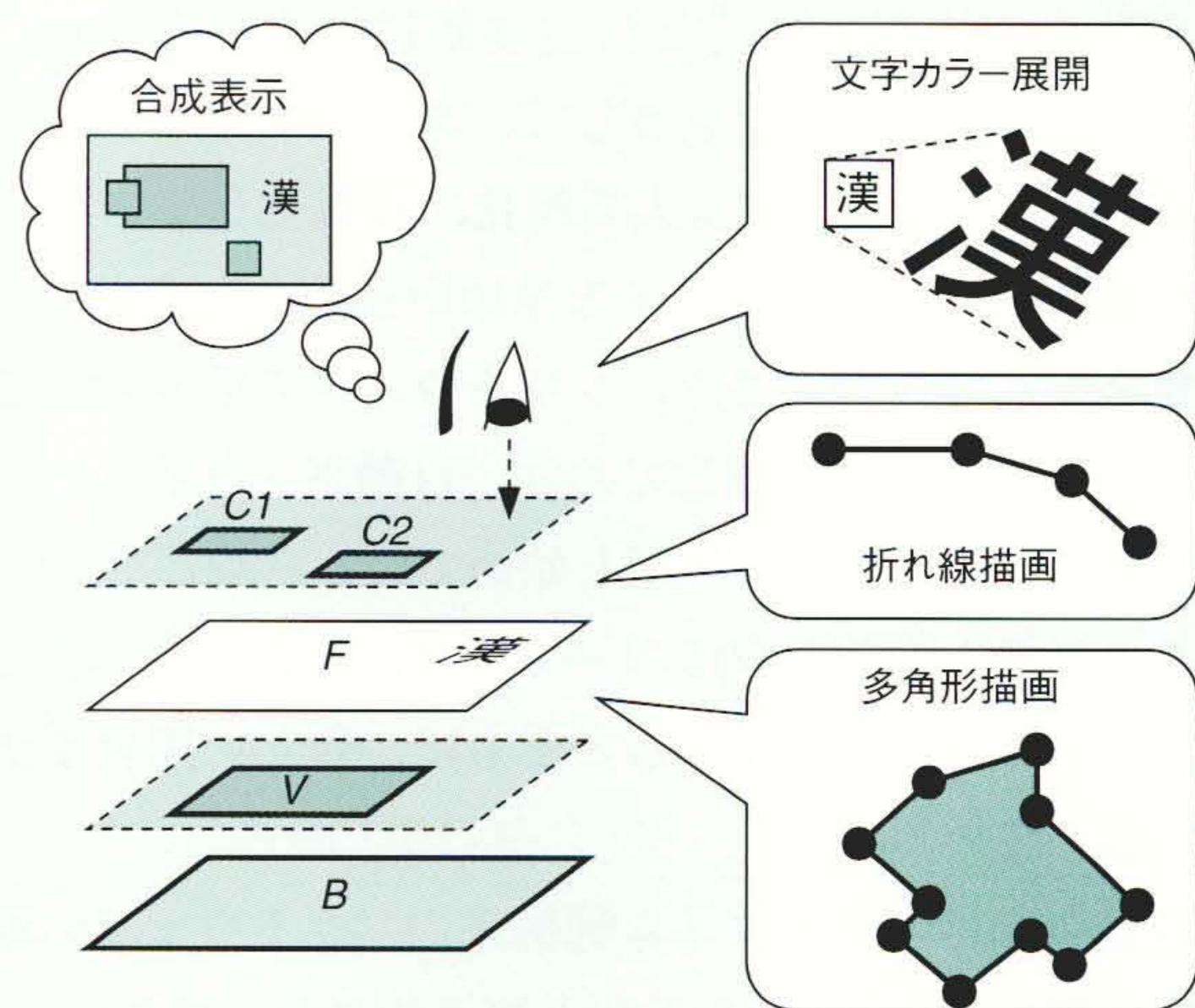


図6 地図表示用グラフィックス機能

高速スクロール用合成表示と地図用描画機能を採用した。

体系を採用した。これにより、単なる三角形の塗りつぶしや実線描画機能だけしか持たない描画LSIでは達成不可能な実効性能を得ることを可能とした。

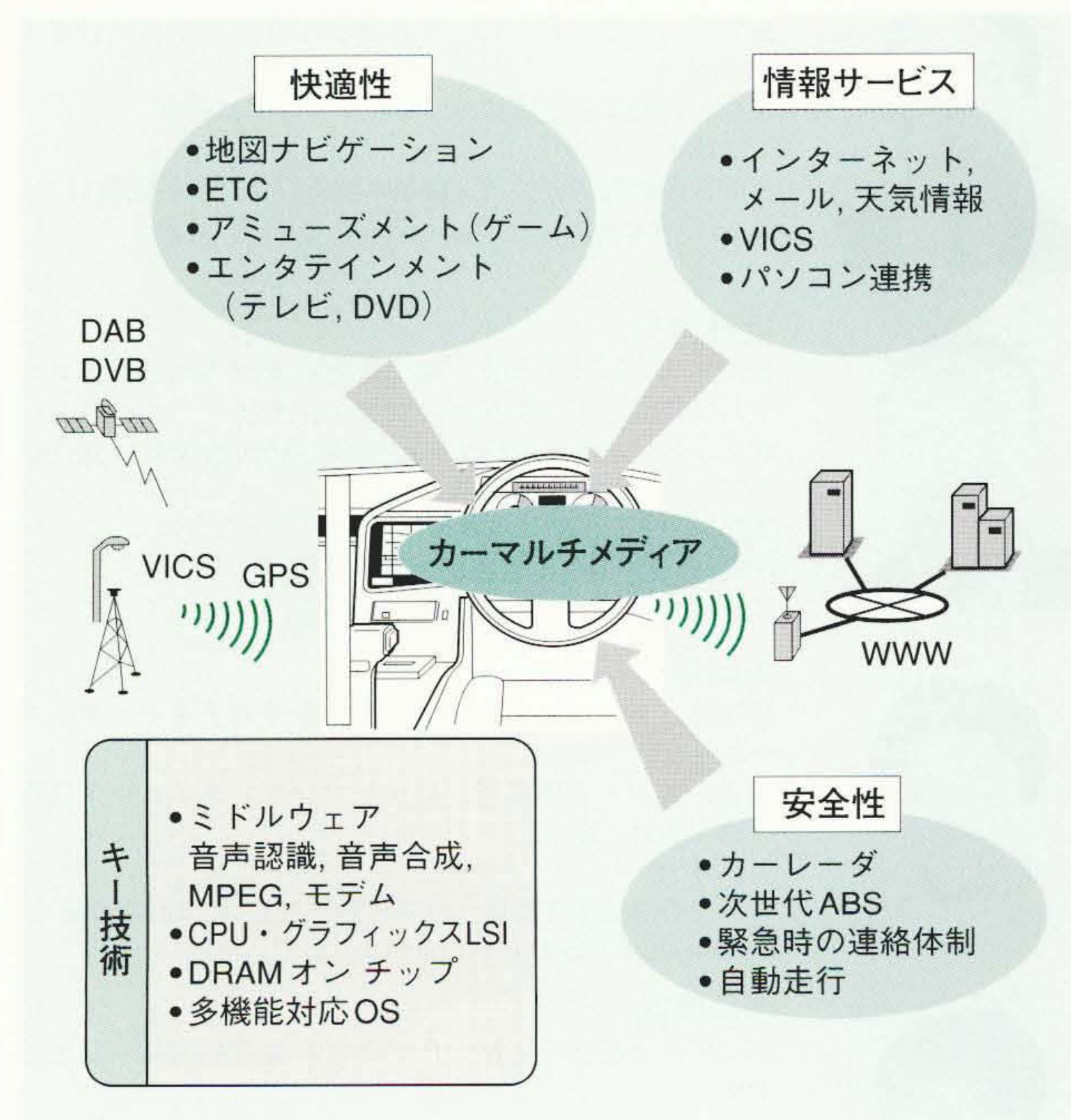
5 カーマルチメディアを支えるミドルウェア

カーナビゲーションの発達を契機に、ITSに対応する車載端末の要求が高まっている。これは、カーマルチメディアシステムとして実現されつつあり、これには快適性、情報サービス、および安全性の3要素が必須である。これらの必須要素を実現するキー技術としてミドルウェアがある(図7参照)。

ミドルウェアのうち、音声認識と音声合成を実現する音声処理ミドルウェアについて以下に述べる。

5.1 マイコン用ミドルウェア

ユーザーのアプリケーションとメインマイコンの間に

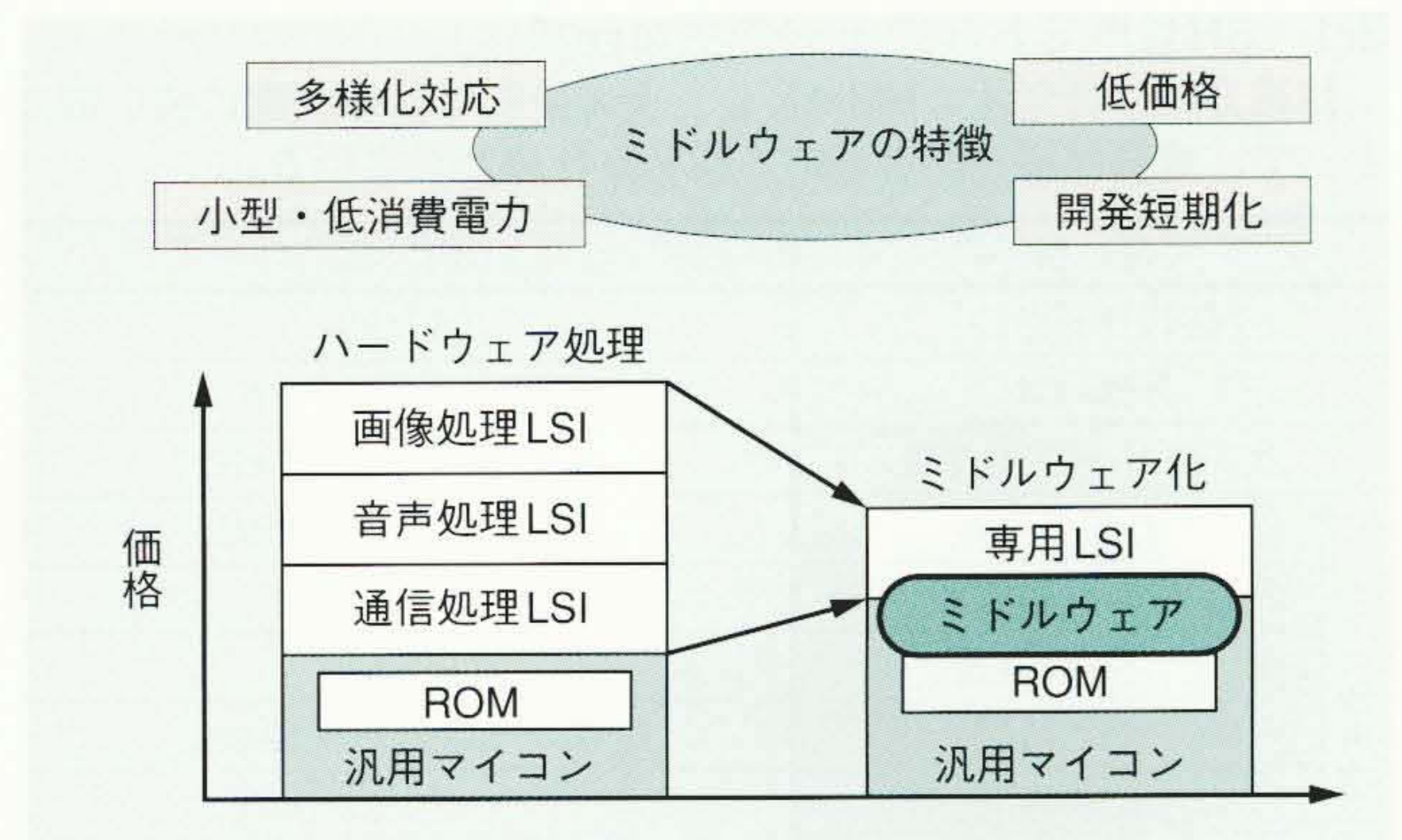


注：略語説明

ETC (Electronic Toll Collection)
DVD (Digital Versatile Disc)
DAB (Digital Audio Broadcasting)
DVB (Digital Video Broadcasting)
GPS (Global Positioning System)
WWW (World Wide Web)
MPEG (Moving Picture Expert Group)
CPU (Central Processing Unit)
DRAM (Dynamic Random Access Memory)
ABS (Anti-Lock Brake System)

図7 将来のカーマルチメディアシステム

カーマルチメディアには快適性・情報サービス・安全性の3要素が必須である。これらを実現するキー技術として、汎用マイコンでのミドルウェアと、高速・高品質グラフィックス、メモリ混載のマイクロプロセッサ、および多機能対応リアルタイムOSがある。



略語説明： ROM (Read-Only Memory)

図8 ソリューションとしてのミドルウェア

従来、音声処理や画像処理は専用LSIで行われていた。現在は、マイコンの性質向上に伴い、ミドルウェアだけで実現することが可能となっている。これによって低価格と小型・低消費電力が図られ、プログラム書き換えだけで多様化できるため、低価格化と開発期間短縮が可能となる。

介在し、マイコンの内部機能に最適化したソフトウェアをミドルウェアと呼んでいる。ソリューションとしてのミドルウェアの特徴を整理したものを図8に示す。従来、音声処理や画像処理は、メインマイコンと専用のLSIで行っていた。しかし、マイコンの性能向上に伴い、ミドルウェアだけで実現することが可能となっている。ミドルウェアの特徴は、専用LSIを不要とすることで低価格と小型・低消費電力を導く点にある。このため、プログラム書き換えだけで音声・画像処理などの多様化に対応でき、低価格化と開発期間短縮が可能となる。

日立製作所は、SuperHマイコンユーザーへのトータルソリューションを提供するために、音声・画像・通信の分野を対象としたミドルウェアの品ぞろえを進めている。

5.2 音声認識ミドルウェアの基本仕様^{5),6)}

今回開発したSuperHマイコンをCPUとした音声認識ミドルウェアの仕様を表1に示す。認識方式は音素片のHMM(隠れマルコフモデル)である。認識語彙(い)数は、60 MIPS(Million Instructions per Second)程度の処理能力で地名单語の認識が可能で、かつ現実的にカーナビゲーションのサービスが実現できる値として2,000単語とした。

一方、実用環境での認識率劣化を防ぐために、雑音対策と話者変動対策が重要である。雑音対策としては、音響モデルに使用環境雑音から計算された雑音モデルを重ねる環境適応モデルの利用に加え、スペクトル上で推定雑音を除去するSS(Spectrum Subtraction)方式を開発した。さらに、話者変動対策としては、事前に数語を発声して標準音響モデルに適応する「教師あり話者適応」

表1 SH音声ミドルウェアの主な仕様

認識方式は音素片のHMMとし、環境変化と話者変動に強い機能として、雑音対策と話者適応を備えた仕様としている。

項 目		内 容
処理サイクル		60 MHz
外部バス		60 MHz/32ビット
サンプリング周波数		11 kHz/12 kHz/16 kHz
音声 確認	音響モデル	音素片・半連続 HMM
	フレーム周期	10 ms
	フレーム長	20 ms
	処理時間	フレーム当たり12 ms
	応答時間	～0.6 s
	語彙数	2,000語, 11けた連続数字
	メモリサイズ	200 kバイト(音響モデル, 辞書) 500 kバイト(ワーク)

方式を開発し、音声認識ミドルウェアで実現している。

5.3 音声ミドルウェアの評価結果

車載での雑音対策を目的に、主に加法性の雑音を対象として、雑音環境適応手法を評価した。車載機器の雑音としては、50 km/hと100 km/h走行時のものを取り上げ、部分的にトンネル内での評価も行った。評価タスクは、1,000の駅名認識である。従来の音響モデルと、種々の雑音を含ませて作成した最適化音響モデルの2種を比較した。その結果、認識性能面で最適化された音響モデルであることを確認した。

6 おわりに

ここでは、ITS時代の要求にこたえるための高機能・高速マイコンとグラフィックス技術、ミドルウェア、および高周波デバイスについて述べた。

ITSが速やかに発展するためには、一般利用者や運転者に対してタイムリーで必要とされる情報と、快適で安全な「真に便利で喜ばれる機能・サービス」を提供することがかぎになる。

日立製作所は、これまで培ってきた半導体技術をさらに進化させ、ITS時代の要求にこたえるためのリアルタイム制御、ミリ波レーダ、カーナビゲーション、音声処理、動画像処理、路車間通信、ネットワーク情報通信、アミューズメントなどの要素技術を逐次導入することにより、カーマルチメディアをはじめ、高度安全自動車や高度道路交通システムの早期熟成に貢献していく考えである。

参考文献

1) H. Kondoh, et al.: 77GHz Fully-MMIC Automotive Radar, IEEE, GaAs IC Symposium Digest (1999.10)
2) K. Kamozaiki, et al.: A 77GHz T/R MMIC Chip Set for Automotive Radar Systems, IEEE, GaAs IC Symposium (1997.10)
3) 高谷, 外: 車載レーダ用ミリ波HEMTおよびMMIC, 応用物理学会, 応用電子物理分科会 (2000.5)
4) H. Ohta, et al.: High Performance P-HEMT with an Offset Gate Structure for Millimeter-wave MMIC's, p.430, SSDM (1997)
5) 畑岡, 外: SuperHマイコン用音声ミドルウェア, 日立評論, 80, 7, 527~532 (平10-7)
6) 小窪, 外: 汎用マイコンにおける音声認識・合成ミドルウェアの紹介, 情報処理学会, 第25回SLP研究会, 99, 14, 33~34 (1999. 2)

執筆者紹介



兼安昌美
1979年日立製作所入社, 半導体グループ 電子統括営業本部 所属
現在, 自動車用半導体のマーケティングに従事
工学博士
計測自動制御学会会員, 自動車技術会会員, SAE会員
E-mail: kaneyasu @ denshi. head. hitachi. co. jp



近藤博司
1994年日立製作所入社, 中央研究所 オプトエレクトロニクス研究部 ミリ波開発プロジェクト 所属
現在, ミリ波車載レーダ, ITS無線通信用MMIC・送受信モジュールの開発に従事
工学博士
IEEE会員, 電子情報通信学会会員
E-mail: h-kondoh @ crl. hitachi. co. jp



畑岡信夫
1978年日立製作所入社, 中央研究所 マルチメディアシステム研究部 所属
現在, 音声・音響処理, ヒューマンインタフェース技術の研究開発に従事
工学博士
電子情報通信学会会員, 日本音響学会会員, IEEE会員
E-mail: hataoka @ crl. hitachi. co. jp



中塚康弘
1985年日立製作所入社, 日立研究所 情報制御第一研究部 所属
現在, 小型機器用グラフィックスLSIの研究開発に従事
情報処理学会会員, ACM会員, IEEE会員
E-mail: ynakatsu @ gm. hrl. hitachi. co. jp



星野雅俊
1990年日立製作所入社, 日立研究所 情報制御第三研究部 所属
現在, 自動車エンジン制御システムの開発に従事
電子情報通信学会会員
E-mail: mhoshino @ gm. hrl. hitachi. co. jp