自動車ネットワークの進化を支える半導体

Semiconductor Products for Deployment in Automotive Networks

森岡道雄 横山孝典

Michio Morioka

Takanori Yokoyama

米戸 靖 兼安昌美

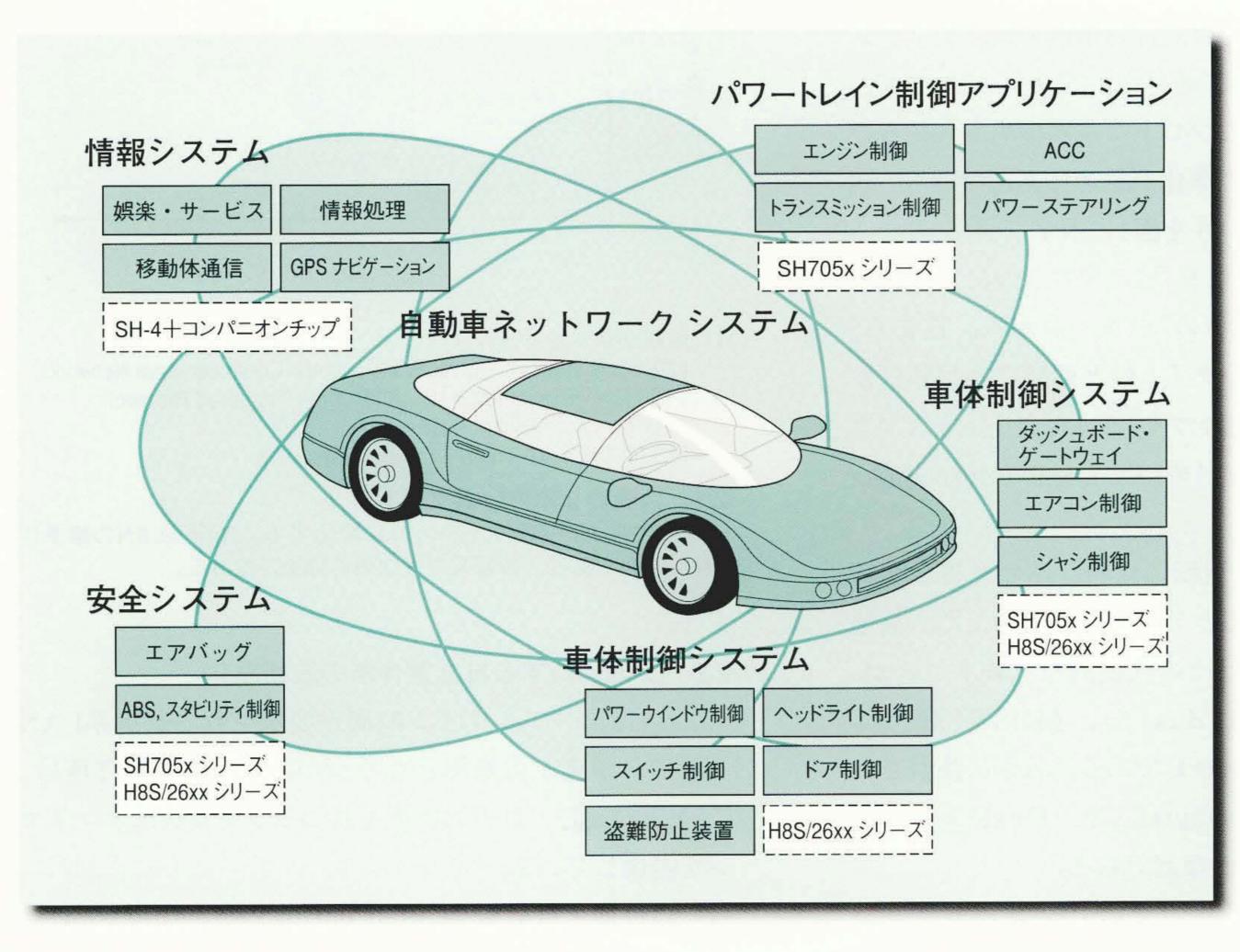
Yasushi Yonedo

宇野重雄

Shigeo Uno

于野里雄 Snigeo Ono

Masayoshi Kaneyasu



注:略語説明 GPS(Global Positioning System) ABS(Anti-Lock Brake System) ACC(Adaptive Cruise Control)

自動車ネットワークを構成 するアプリケーション

日立製作所は、パワートレイン制御をはじめ、車体制御から情報システムまでを含む、幅広いアプリケーションに対応するネットワークソリューションを提案する。

自動車に関するさまざまの技術は、これまでの安全と制御の高度化に加えて、情報化の方向に進んでいる。従来のエンジンやトランスミッション制御などの制御ユニットだけでなく、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や端末が次々と搭載されている。この中で、リアルタイム制御系や車載情報システムのネットワーク化が強く進められている。将来は、これらを連携させ、モバイル通信によって情報基盤とシームレスに接続する車載情報・制御ネットワークが実現すると思われる。

日立製作所は、制御・情報・通信の各分野でこれまで培ってきた半導体技術をさらに進化させ、ネットワーク時代のリアルタイム制御およびマルチメディア処理に対応する、高機能・高速マイクロコンピュータやIP製品のラインアップを展開している。

1

はじめに

近い将来,自動車には移動体通信端末が備えられ,VICS(Vehicle Information and Communication System)やGPS(Global Positioning System),DSRC(専用狭域通信),携帯電話,IMT(International Mobile Telecommunications)-2000,地上波ディジタル通信,衛星通信をはじめとする情報通信ネットワーク基盤との協調により,多岐にわたるサービスを享受できるようになる。情報サービスをいっそう魅力的にするためには,得られた情報

をさらに高度化してナビゲーションやマルチメディアに 利用するだけでなく、情報と制御を連携することで、安 全走行やメンテナンスのような保安上の重要な領域で も、利便性や信頼性の高い機能を実現できる自動車ネッ トワークが求められる。

ここでは、ネットワーク通信に対応したリアルタイム 制御や、今後、テレマティクスやCIS(Car Information System)に進化していく車載情報ネットワークを構築し、 自動車の安全、制御、情報ネットワークを支える半導体 製品について述べる。

自動車制御ネットワーク用マイコン

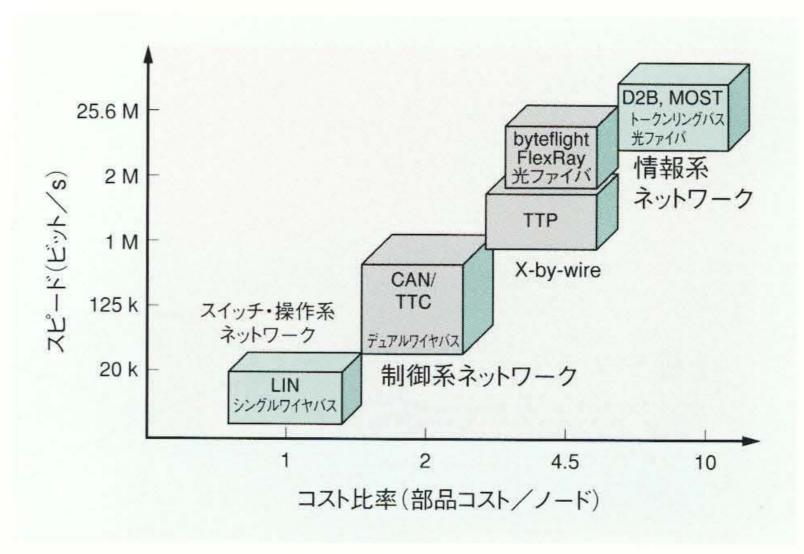
2.1 車内LANの動向

2

急速に進む自動車の電子化に伴って制御に必要な情報量や制御対象が増加したため、自動車内のサブシステム間でのデータ共有化が重要課題となっている。これまで、車内LANとしてさまざまなプロトコルが提唱されてきたが、今では、LANの世界標準化が急速に進んでいる。現在の代表的なLANプロトコルを図1に示す。

車内LANは、制御系と情報系LANの二つに大別できる。制御系LANは、自動車の「走る、曲がる、止まる」を制御するもので、リアルタイム性と同時に高信頼性が要求される。その代表的なプロトコルとして、CAN (Controller Area Network)やLIN(Local Interconnect Network)があげられる。

一方、情報系LANは、運転に便利な情報を提供するもので、制御系と比較するとデータ量が多いため、高速データ通信が要求される。その代表的なプロトコルが、D2B(Domestic Digital Bus)や、MOST(Media-Oriented Systems Transport)である。ほかに注目されているのが、X-by-wire系のbyteflight、FlexRayやTTP(Time Triggered Protocol)などである。



注: 略語説明

LIN (Local Interconnect Network), CAN (Controller Area Network)
TTC (Time Triggered CAN), TTP (Time Triggered Protocol)
D2B (Domestic Digital Bus)
MOST (Media-Oriented Systems Transport)

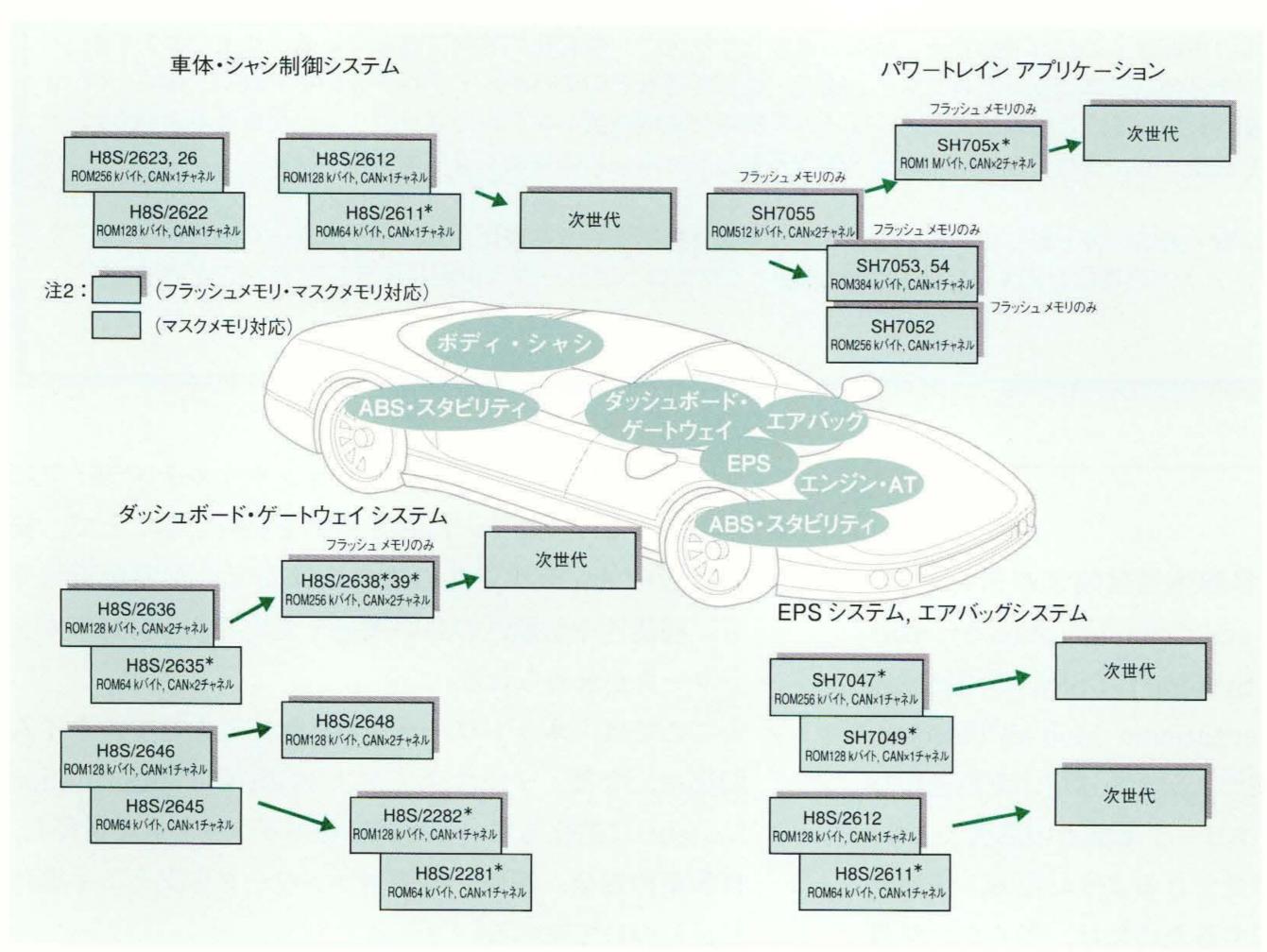
図1 代表的な車内LANプロトコル

車内LANはアプリケーションに特化する。制御系LANの標準はLINとCANであり、情報系ではD2BとMOSTがある。

2.2 CANに対する日立製作所の取組み

CANは、リアルタイム制御が要求される制御系LANとして、事実上の標準となりつつある。日立製作所は、CANを内蔵し、以下の特徴を持つシングルチップマイコンを提供している。

(1) 高性能・高機能なCPU(Central Processing Unit):



注1:略語説明ほか ROM(Read-Only Memory) ABS(Anti-Lock Brake System) EPS(Electric Power Steering) AT(Automatic Transmission)

*開発中

図2 CAN内蔵自動車用マイコンの展開

日立製作所は制御系LANの標準であるCANを主軸として製品展開(11シリーズ, 29製品)し、ユーザーの用途に適したソリューションを提供する。

32ビットSuperHコア, 16ビットH8Sコア

- (2) アプリケーションに対応した豊富なラインアップ: 11シリーズ,合計29製品(量産と開発中の製品を含む。)
- (3) フラッシュメモリ内蔵マイコン: 128 k~512 kバイト(1 Mバイトを開発中)
- (4) 低EMI(Electromagnetic Interference)ノイズ CAN内蔵自動車用マイコンの製品展開を図2に示す。

日立製作所は、アプリケーションに適したCPUと周辺 モジュールを組み合わせることで, ニーズの多様化に柔 軟に適応できる製品を提供している。 例えば、パワート レイン制御では、高速32ビットCPUコア(SuperHファミ リ)に、エンジン制御をハードウェアで実現するタイマを 内蔵させた。ダッシュボード制御には、低消費電力かつ 高速な16ビットCPU(H8Sシリーズ)に、メータのゲージ を直接駆動できるステッピング モータ ドライバやLCD (Liquid Crystal Display)コントローラを内蔵している。 EPS (Electric Power Steering) には、モータ制御用タイ マを内蔵したSuperHシリーズとH8SシリーズのCPUコア をそろえ, ユーザーのニーズに合った製品展開を図って いる。全シリーズ製品には、開発中のソフトウェア変更 や量産中のソフトウェアの書き換えに対応するため,フ ラッシュメモリ内蔵の製品をラインアップしている。現 在、量産品と開発中の製品を含めて11シリーズ、29製品 の豊富なラインアップをそろえ、引き続きマーケットを リードしていくような, ニーズに対応した製品開発を進 めている」。

また最近は、LINやTTC(Time Triggered CAN)のような新しいLANプロトコルが次々に提唱されている。日立製作所は、このようなマーケットの動向に迅速に対応していく方針である。

3 自動車制御ネットワークの必要性とCAN応用

3.1 自動車制御ネットワーク

自動車制御システムの高度化に伴い、マイコンを搭載したECU(Electronic Control Unit)が多数使用されるようになった。現在では、パワートレイン系のエンジンやトランスミッション、車体制御系のパワーウィンドウやドアロックなどがECUによって制御され、高級車では数十個に及ぶマイコンが使用されている。

ECUは制御系ネットワークに接続され、メッセージを交換して協調動作する。一般には、パワートレイン系や車体制御系のように、系統別にネットワーク化される(図3参照)。リアルタイム性と信頼性のあるネットワー

クを低コストで提供することが,自動車制御ネットワークでの課題である。

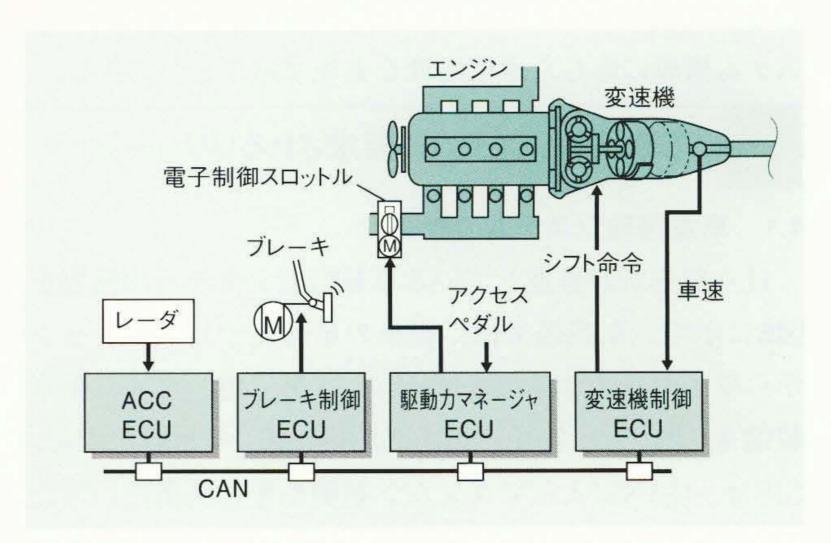
3.2 CANの概要

CANはOSI (Open Systems Interconnection) の参照モデルの物理層とデータリンク層の仕様に対応し、低コストながらリアルタイム性や信頼性に優れている。一つのメッセージで最大8バイトのデータを送信できる。転送レートは最大1 Mビット/sであるが、実際は500 kビット/s以下とすることが多い。メッセージはID (Identifier) 番号に応じて優先され、メッセージ送信要求が重なった場合でも、優先度の高い順にメッセージの送信が行われる。また、CRC (Cyclic Redundancy Check) のほか、幾つかのエラー検出機能を持つ。

3.3 通信・ネットワーク管理仕様(OSEK-COM/NM)

CANの上位の自動車用標準プロトコル仕様として, OSEK/VDX(Open Systems and the Corresponding Interfaces for Automotive Electronics/Vehicle Distributed Executive)が規定したOSEK-COM(Communication)とOSEK-NM(Network Management)が広く採用されつつある。OSEK/VDXは、OS(Operating System)の仕様としてOSEK-OSも規定している。

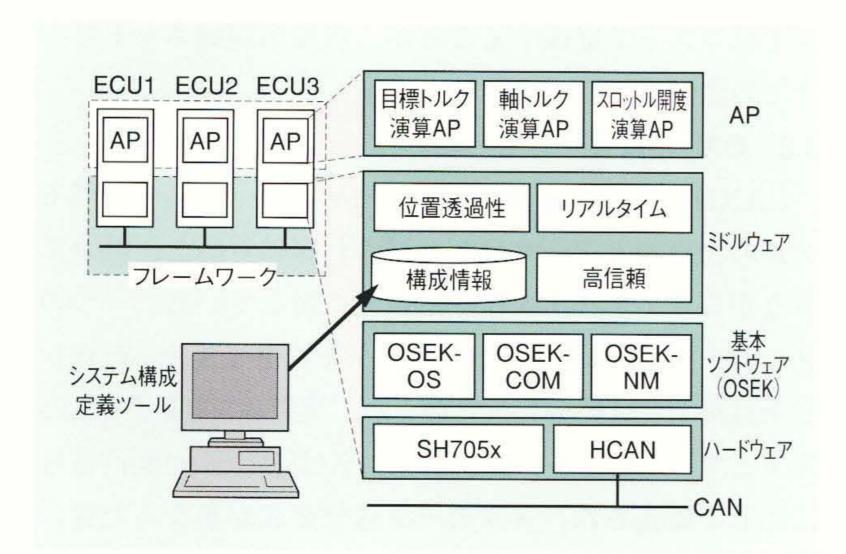
OSEK-COMでは、通信プロトコルの仕様の中でCANの上位に当たる、(1) データリンク層上位部分、(2) ネットワーク層(OSIのネットワーク層とトランスポート層を縮退させたもの)、および(3) インタラクション層(OSIのセッション層以上を縮退させたもの)が規定されている。OSEK-NMでは、ネットワーク管理仕様のうち、ネットワーク接続した複数のECUの通信障害の検出や、同期したモード移行など、分散システムの管理・監視機能も



注:略語説明 ACC(Adaptive Cruise Control) ECU(Electronic Control Unit), M(Motor)

図3 ACCシステムの構成

CAN接続した各ECUでは、レーダで車間情報を計測し、スロットル、変速機、ブレーキを操作して車間距離制御を行う。



注:略語説明 AP(Application Program)

OSEK (Open Systems and the Corresponding Interfaces for Automative Electronics)

COM(Communication), NM(Network Management) HCAN(Hitachi CAN)

図4 分散制御システムフレームワーク

CANとOSEK上で位置透過性、リアルタイム性、および高信頼機能を提供するミドルウェアと、分散制御システム構築を容易にするツールを提供する。

規定している。

3.4 分散制御フレームワークと応用システム

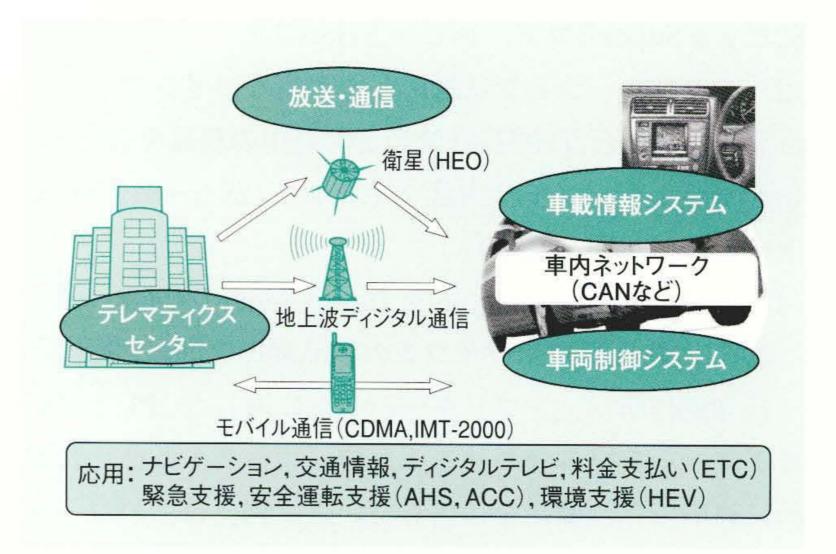
日立製作所は,位置透過性のある分散処理環境「分散制御システムフレームワーク」(以下,フレームワークと言う。)を開発した。これは,CANとOSEK上に,分散を意識せずにAP(Application Program)を開発できるものである。このフレームワークを図3に示すACC(Adaptive Cruise Control) ほかの自動車分散制御システムに適用した 2 。

フレームワークの構成を図4に示す。ミドルウェアにより、APレベルの位置透過性、リアルタイム性、および信頼性機能を提供する。また、システム構成定義ツールからECU構成や通信仕様を対話的に入力するだけで、システム構成に応じた通信処理を実現することができる。

車載情報システムに要求されるソリューション

4.1 車載情報システムの概要

日立製作所が推進している車載情報システムの概要を 図5に示す。車載端末は、従来の単機能ナビゲーション からワイヤレスコミュニケーションを活用した通信型車 載端末CIS(Car Information System)へと進化する。 CISは、CANによってエンジン制御や車体制御といった 自動車そのものの制御と連携する。また、ディジタル放 送や携帯電話などによってテレマティクスセンターに接 続され、自動車の中のさまざまな機器がネットワーク基 盤に接続される時代が来る。日立製作所は、このような



注:略語説明 HEO(Highly Elliptic Orbit)

AHS (Advanced Cruise-Assist Highway System)

ETC (Electonric Toll Collection)

HEV (Hybrid Electric Vehicle)

CDMA (Code Division Multiple Access)

IMT (International Mobile Telecommunications)

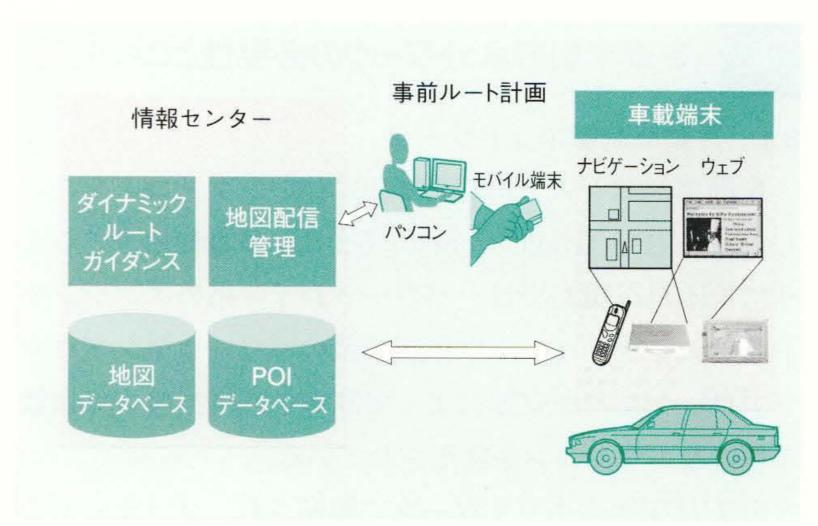
図5 車載情報システムの概要

自動車に搭載されるさまざまの機器がネットワークに接続される時代が期待されている。

プラットフォーム上で,通信型ナビゲーション,交通情報,安全運転支援,環境支援といった新サービスを提供できるテレマティクスを目指し,開発を推進している³。

4.2 オフボードナビゲーションの開発

テレマティクスの代表的なアプリケーションとして、 日立製作所は、オフボードナビゲーションの開発を進め ている(図6参照)。地図や経路計算といったカーナビゲ ーション機能を情報センター側に持たせ、携帯電話網に よって地図配信、誘導経路配信することで、運転者にナ ビゲーションサービスを提供する。このシステムでは、 最新地図を必要なときに車載端末に受信できる。例えば、 インターネットの最新情報から目的地を選択すると、情



注:略語説明 POI(Point of Interest; 地点情報)

図6 オフボード ナビゲーション システムの概略構成例 地図や経路計算といったカーナビゲーション機能を情報センター側に持たせた。

4

報センター側で計算した誘導経路を車載端末へ配信して 目的地まで誘導することができる。これにより、従来の ナビゲーションシステムで必須のCD-ROM(Compact Disc Read-Only Memory)やDVD(Digital Versatile Disc)などの記録メディアが不要となる。

4.3 CIS端末

車載端末は、主要な機能を情報センター側に備えたオフボード型端末と、マルチメディアを強化したハイエンド端末に2極分化して進化するものと考える。特にオフボード型端末は、端末の低価格化に加え、常に最新の情報にアクセスできる特徴があり、国内外で広く普及すると考える。オフボード型端末に要求される基本機能は下記の4点である。

- (1) 通信機能:情報センターとの通信機能(携帯電話,ディジタル放送)と、車内に持ち込んだPDA(Personal Digital Assistant)や携帯電話と情報交換するための通信機能(ブルートゥースほか)
- (2) ロケータ機能:GPS(Global Positioning System)や ジャイロなどを用いて自動車の位置を特定する機能
- (3) 高度ヒューマンインタフェース機能:画面表示や音声認識・合成による運転者用のインタフェース
- (4) 自動車情報通信機能: CANによる自動車情報への 入出力機能⁴⁾

オフボード型端末をねらった将来の半導体として、これら四つの機能を1チップに搭載した低価格なテレマティクス用LSIを目指して研究、開発を推進している。

5 車載情報・制御ネットワーク用IP

5.1 IPに対する日立製作所の取組み

日立製作所は、制御・情報・通信の各分野でこれまで培ってきた半導体技術を基に、ネットワーク時代のリアルタイム制御、マルチメディア処理にこたえる高機能・高速マイコンやIP(Intellectual Property)製品を開発している。さらに、IP、CPUコア、メモリおよび顧客設計の論理回路を接続するため、高速バスと低速バスの2種類の標準バスを採用した。標準バスの採用により、容易にシステム設計が行えるようになった。

また, SuperH RISC (Reduced Instruction Set Computer)マイコン用ミドルウェアやOS対応製品についてもラインアップを展開していく。

5.2 情報・制御ネットワーク用IP

情報・制御ネットワーク用IPの代表例を**表1**に示す。 さまざまな周辺機器に対応するため、各種のシリアルイ

表1 情報・制御ネットワーク系IPの主な仕様

さまざまな周辺機器に対応するため、豊富なシリアルインタフェースをそろえた。高速パラレルインタフェース用には、ATA-3とPCIをそろえた。

	機能モジュール	仕 様 概 要
	USB1.1	ホストコントローラOHCI1.0準拠 デバイスコントローラ
	USB2.0	デバイスコントローラ
シ	IEEE1394LINK	IEEE1394.a準拠リンクレイヤ
	IEEE803.2u	イーサネット*1MACレイヤ
IJ	I ² C* ²	Ver1.0準拠マスタ・スレーブコントロ ーラ
ア	I ² S	音声再生認識用データインタフェース
	S/PDIF	IEC60958準拠
ル	IrDA	IrDA1.0(115.2 kビット/s)対応
	SCIF	FIFOバッファ内蔵シリアル通信イン タフェース
	ブルートゥース™	リンクコントローラ
	HCAN	CAN2.0A/2.0B準拠
パラレル	IDEコントローラ	ATAPI/ATA-3対応マスタ・スレーブコントローラ
	PCI2.1	32ビット/33 MHzマスタ・スレーブコ ントローラ

注:略語説明ほか FIFO(First In First Out)

*1 イーサネットは、富士ゼロックス株式会社の商品名称である。

*2 I°Cは、Philips社の商標である。

表2 マルチメディア用IPの主な仕様

マルチメディア処理には、描画コントローラ、画像データ圧縮・伸張モジュール、および周辺画像デバイスとのインタフェースをそろえた。

マルチメディアIP	グラフィックス	Q2SD機能対応描画コントローラ	
	ビデオキャプチャ	CCIR656入力対応	
	LCDC	STN/TFTカラーパネル対応 〔最大1,024×1,024ドット〕	
	JPEG	ベースライン方式 ハフマン・DCT テーブルはRAM方式	
	MPEG4デコーダ	Simple profile, QCIF時15 fps	
	フラッシュ メモリ カード インタフェース	MultiMediaCard*インタフェースほか	

注:略語説明ほか

LCDC (Liquid Crystal Display Controller)

STN (Supertwisted Nematic)

TFT (Thin Film Transistor)

DCT (Discrete Cosine Transform)

QCIF (Quarter-Common Intermediate Format)

fps (Frames per Second)

*MultiMediaCardは、独Infineon Technologies AGの商標である。

ンタフェースをそろえている。また、パラレルインタフェースでは、汎用性の高いATA-3と高速のPCI(Peripheral Component Interconnection)バスを用意した。

描画コントローラ、画像データ圧縮・伸張モジュールなどマルチメディア系IPの代表例を表2に示す。

5.3 RISC CPUコア展開とOS・ミドルウェアサポート マルチメディア処理に要求される性能を満たすために

表3 32ビットRISC CPUコアの展開

マルチメディア処理性能に応じたCPUコアをそろえた。特に、SH2-DSPはマスクROMを内蔵し、コンパクトかつ高性能なCPUコアとしている。

CPUコア	特徵	性能(MIPS)
SH-4	FPU, MMU内蔵	360
SH3-DSP	DSP, MMU内蔵	170
SH2-DSP	DSP, ROM内蔵	100

注:略語説明

FPU (Floating Point Processing Unit)
MMU (Memory Management Unit)
DSP (Digital Signal Processor)
MIPS (Million Instructions per Second)

表4 OSサポート状況

CPUコアごとに、各種標準OSをサポートしている。

	SH2-DSP	SH-3, SH3-DSP	SH-4
HIシリーズOS	0	0	0
Tornado*1(VxWorks*2)	0	0	0
pSOS	O*5	O*6	計画中
OS9	×	O*6	0
Windows CE*3	×	O*6	0
Linux*4	×	O*6	開発中

注1:記号説明 ○(サポート), ×(非サポート)

注2:*1 Tornadoは、ウインドリバーシステムズの商標である。

- *2 VxWorksは、ウインドリバーシステムズの登録商標である。
- *3 Windowsは、米国およびその他の国における米国Microsoft Corp.の登録商標である。
- *4 Linuxは、Linus Torvaldsの米国およびその他の国における登録商標あるいは商標である。
- *5 SH-1, SH-2に適用
- *6 SH-3に適用

開発した高速RISC CPUコアとDSP内蔵RISCコアの展開を表3に示す。

日立製作所は、SuperH RISCの顧客にトータルソリーションを提供するために、各種OSサポートとミドルウェアの展開を積極的に進めている。特にマルチメディア分野では、音声・画像・通信などのミドルウェアの品ぞろえを進めている(ミドルウェアのサポート展開については本特集の別論文を参照)。ラインアップしている各種RISC CPUコアについては、Windows CE、VxWorks、Linux、OS9などの世界標準OSをサポートしている(表4参照)。

6 おわりに

ここでは、自動車の情報・制御ネットワークを支える 半導体製品の中で、リアルタイム制御用および車載情報 端末用マイコンについて述べた。

日立製作所は、半導体技術を基盤とした制御・情報系 マイコンや高周波デバイスをはじめ、音声や動画像処理、 路車間通信などのIP技術を逐次開発し、これらと株式会社ザナヴィ・インフォマティクスのナビゲーション端末技術、日立製作所自動車機器グループの自動車制御技術や情報・通信グループのシステム技術を結集することにより、ネットワーク時代にこたえるカーマルチメディアや高度安全自動車の早期実現に貢献していく考えである。

参考文献

- S. Uno, et al.: Sophisticated CAN on Embedded Microcontrollers for Smart In-Vehicle Real-Time Control Systems, SAE 2001 World Congress, 2001-01-1218 (2001)
- 2) S. Suzuki, et al.: A Distributed Control System Framework for Automotive Powertrain Control with OSEK Standard and CAN Network, 1999 SAE International Congress, 1999-01-1276 (1999)
- 3) 奥出,外:次世代車載プラットフォームの検討,情報処理学会高度道路交通システム研究グループ研究報告,99, ITS-4(2000.3)
- 4) 中村,外:快適なドライブを提供するITS車載情報システム,日立評論,**82**,9,595~598(平12-9)

執筆者紹介



森岡道雄

1984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, 車載情報システムの研究開発に従事

情報処理学会会員,電子通信学会会員,IEEE会員,ACM 会員

E-mail: morioka @ hrl. hitachi. co. jp

横山孝典

1983年日立製作所入社,自動車機器グループ 制御システム設計部 所属

現在,組込み制御を対象とした自動車の分散制御システム とソフトウェア工学の研究開発に従事

電子情報通信学会会員,情報処理学会会員,IEEE会員, ACM会員

E-mail: tyokoya @ jiji. hitachi. co. jp



宇野重雄

1992年日立製作所入社,半導体グループ ASマイコンビジネスユニット 所属

現在,自動車用半導体のマーケティングに従事 SAE会員

E-mail: uno-shigeo@sic.hitachi.co.jp



米戸 靖

1991年日立製作所入社,半導体グループ カスタムビジネスユニット 所属

現在, ASICのマーケティングに従事 E-mail: yonedo-yasushi@sic. hitachi. co. jp



兼安昌美

1979年日立製作所入社,半導体グループ CISビジネスユニット 所属

現在, 自動車ネットワーク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-masayoshi@sic. hitachi. co. jp