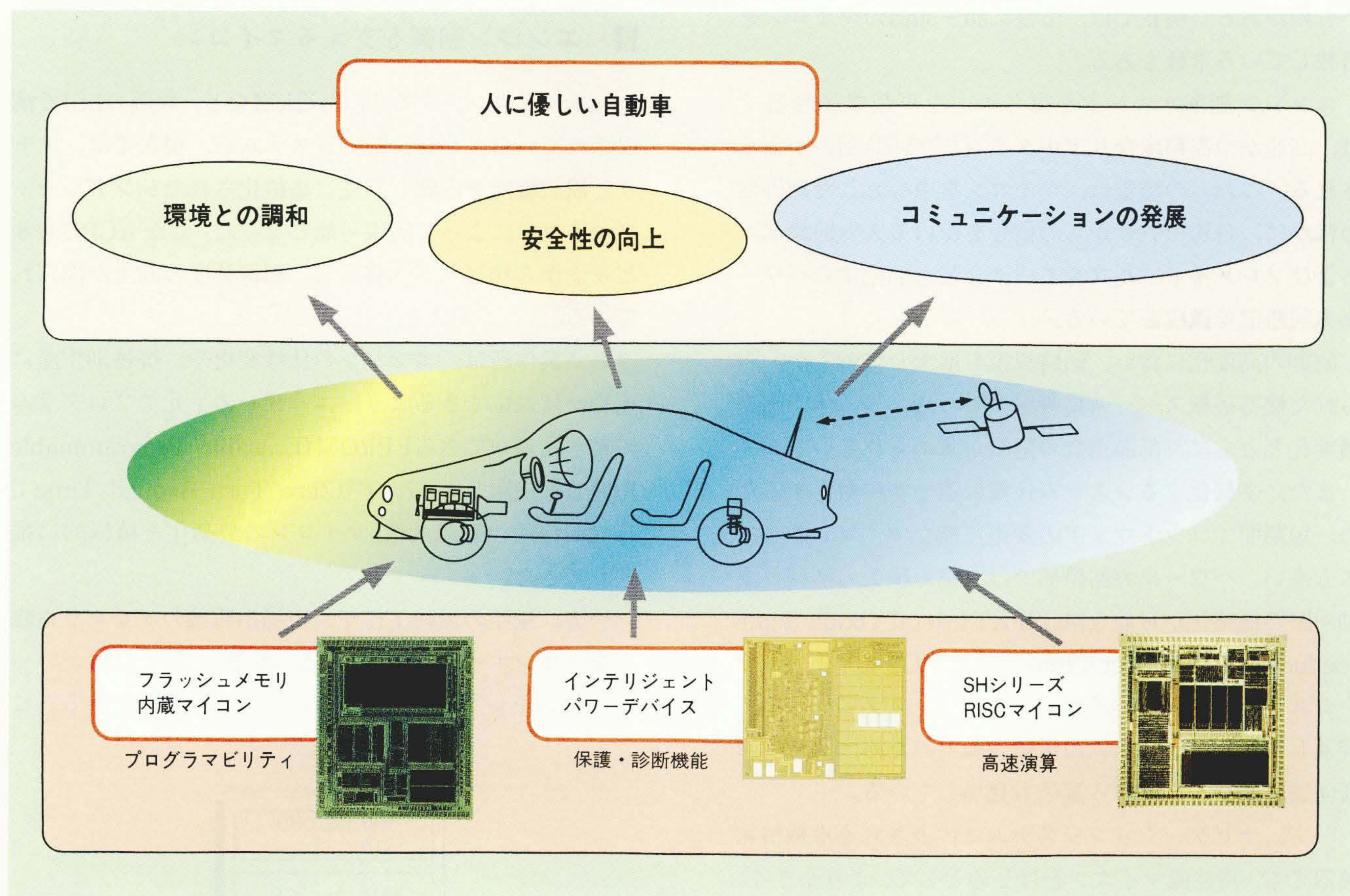


カーエレクトロニクスを支える半導体技術

—日立SHマイコンシリーズ—

Semiconductor Technologies for Car Electronics

上田 純* Jun Ueda



カーエレクトロニクスを支えるマイコンとパワーデバイス

プログラムの書き換えができるフラッシュメモリ内蔵マイコンや、高性能RISCマイコン、インテリジェントパワーデバイスなどが、発展を続けるカーエレクトロニクスを支える。

半導体技術の進歩は、カーエレクトロニクス技術の発展に大きな影響を与えてきた。

エンジン制御分野では、仕様改善や機能改良に短期間に対応できるように、カーメーカーや機器メーカーが機器組み込み後でも容易にプログラムの書き換えができるフラッシュメモリを内蔵したマイコン(マイクロコンピュータ)を製品化した。診断機能や排出ガス浄化機能の強化により、いっそうの演算能力が求められる次世代のエンジン制御用として、現在適用されているマイコンの10倍以上の性能を持つ日立製作所のマイコンSHシリーズのCPU(中央演

算処理ユニット)をコアとした製品の開発も計画している。

ソレノイドバルブやモータを駆動するためのパワー半導体分野では、診断や保護機能を内蔵したインテリジェントパワーデバイスの登場により、小型、低価格かつ高信頼度のシステムが実現できるようになった。

一方、急速に普及しつつあるカーナビゲーションシステムでも、SHマイコンの適用による画像処理機能の改善で、小型・低価格化が可能である。

* 日立製作所 半導体事業部

1 はじめに

1970年代に、初めてエンジンの電子制御が実用化されて以来、自動車分野への半導体応用の発展には目覚ましいものがある。現在では、1台に20～30個のマイコンを搭載している車種もある。

エンジン制御ユニットをはじめ主な車載電子機器では、高速かつ高精度なリアルタイム(実時間)制御が要求される。これらの機器は、マイコンを中心とした制御部のほかに、各種センサからの信号を受ける入力回路部、およびソレノイドバルブやモータなどを駆動するパワー出力回路部で構成している。

制御の高度化に伴い、回路規模も増大しているが、限られた機器搭載スペースに対応するため、半導体の高集積度化とともに、部品点数の削減が求められている。

また、多様化するシステム仕様に速やかに対応するため、短期間でソフトウェアの変更可能なマイコンのニーズも高い。パワー出力回路部では、電力損失の削減と駆動回路の簡略化が可能なMOSFET(Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor：MOS電界効果トランジスタ)が、従来のバイポーラトランジスタに代わって普及してきた。システムの信頼性向上のため、保護・診断回路を内蔵したパワー素子も登場している。

一方、ナビゲーションシステムに代表される車載情報機器でも、高性能マイコンをはじめとして、より小さく、より操作性の良いシステム構築のために、半導体技術へ

の期待は大きい。
代表的な車載電子機器と半導体へのニーズを表1に示す。ここでは、各種ニーズに応じた半導体技術と代表的な適用製品の応用例について述べる。

2 エンジン制御を支えるマイコン

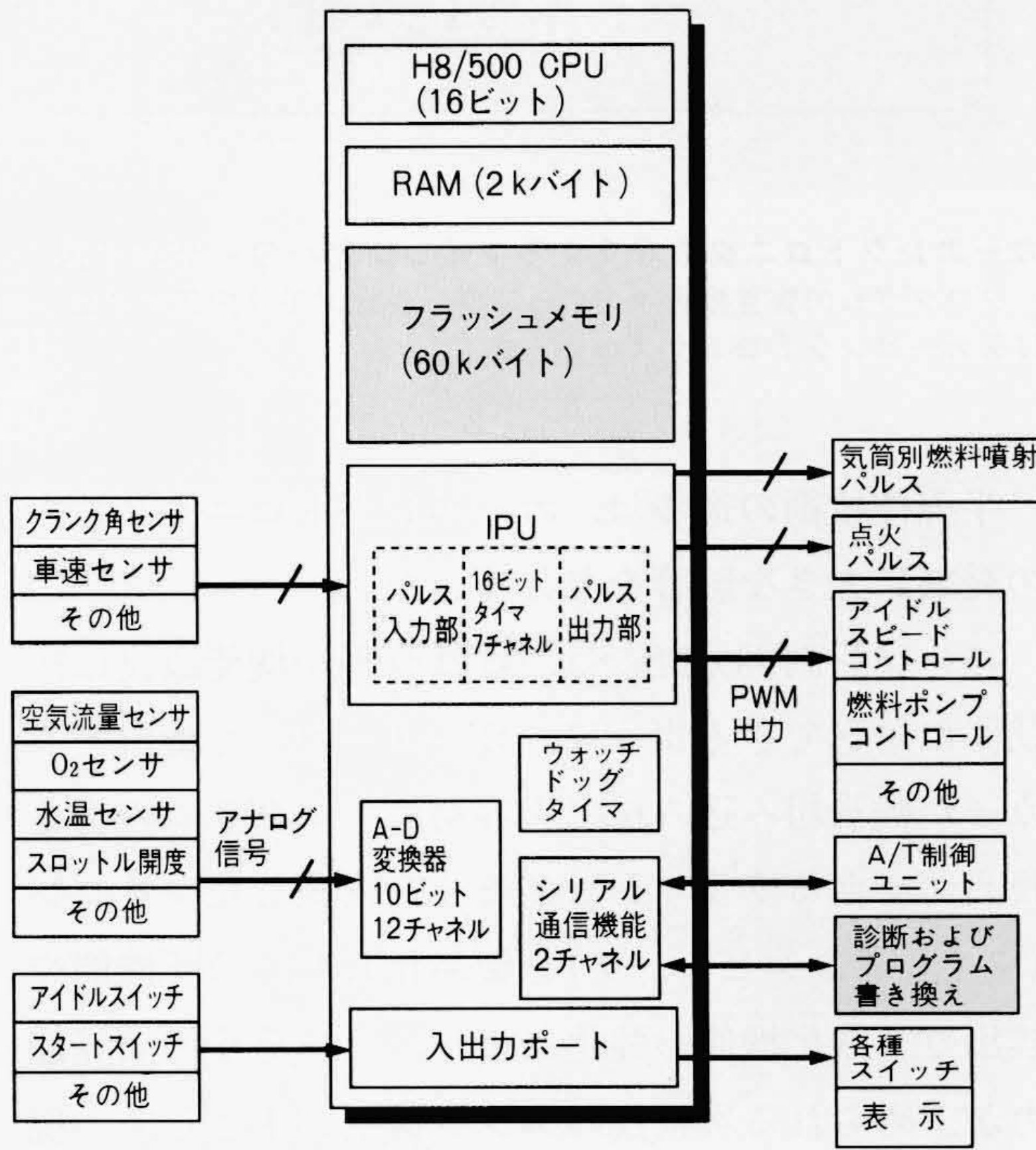
従来マイコン、メモリ、周辺LSIなど、数個のLSIで構成されていたエンジン制御システムが、現在では、メモリと周辺機能を内蔵し高度に集積化されたシングルチップマイコンによって実現可能となった。しかもCPUも8ビットから16ビットへ移行し、制御精度の向上が図られている。

日立製作所は、エンジンの仕様変更や、機種別生産に速やかに対応できるよう、ユーザーの手元でプログラムの書き込みができるEPROM(Erasable Programmable ROM)を内蔵したZTAT®(Zero Turn Around Time：日立製作所の登録商標)マイコンの製品化を積極的に推進してきた。

一方、量産の最終工程や、市場出荷後のプログラム修正を、オンボード(機器組み込み状態)で行えれば、いっそうフレキシブルなシステム仕様対応が可能である。こ

表1 自動車分野における半導体へのニーズ
車載電子機器の種類により、異なった機能や性能が半導体へ求められる。

分野	機器動向	半導体へのニーズ
パワートレイン制御	●仕様変更への速やかな対応 ●開発コストの削減 ●制御の統合化 ●環境規制強化→制御の高精度化	●フラッシュメモリ内蔵マイコン ●C言語によるプログラミング ●大容量メモリ内蔵、高集積マイコン ●高速演算、高集積マイコン
車体制御(走行、安全系機器)	●高信頼度システム ●小型・低価格化	●保護・診断機能内蔵パワーデバイス ●低損失パワーMOSFET ●ローコストマイコン
車載情報(ナビゲーション)	●操作性向上 ●小型・低価格化	●高速演算、高集積マイコン ●大容量メモリ



注：略語説明 IPU (Integrated Pulse Unit)
図1 エンジン制御へのフラッシュメモリ内蔵マイコン/(H8/538F)の応用例
フラッシュメモリの内蔵により、車載状態でプログラムの書き換えが可能なエンジン制御システムがシングルチップで実現できる。

のようなニーズにこたえて、フラッシュメモリを内蔵し、ユーザーが機器組み込み後でも容易にプログラムやデータの書き込み、書き換えができるF-ZTAT™(Flexible ZTAT)マイコンを製品化した。ここでは特に、エンジン制御に必要な機能を取り込んだF-ZTAT™マイコンH8/538Fについて、その特長を述べる。

H8/538Fは、16 MHzで動作する日立製作所のH8/500シリーズ16ビットCPUコアを中心に、60 kバイトのフラッシュメモリと、燃料噴射タイミングの指示やエンジン回転速度の計測などが容易に実現できるIPU(Integrated Pulse Unit)と称する7チャンネルの多機能タイマ群、

表2 フラッシュメモリ内蔵マイコン(H8/538F)の製品仕様

60 kバイトのフラッシュメモリは、書き換え効率を上げるために、チップ一括消去のほかに、15のブロック単位で消去することができる。

項 目	仕 様
C P U	H8/500 CPU(16ビットCPU)
命令実行時間	125 ns(最小命令, 16 Mz動作時)
R A M	2 kバイト
フラッシュメモリ	60 kバイト ●チップ一括消去・ブロック消去(15分割)選択可能 ●書き換え回数: 100回 ●書き込み消去電圧: 12 V±0.6 V ●書き込み時間: 50 μs(typ.) ●消去時間: 1 s(typ.) ●CPU制御によるオンボード書き込み, または汎用EPROMライターによる書き込みを選択可能
タ イ マ	16ビット多機能タイマモジュール ●16ビットカウンタ: 7本 ●パルス出力: 28本・キャプチャ入力: 16本 ●PWM動作モード・アップ, ダウンカウンタ・パルス計測モードなど ウォッチドッグタイマ: 1チャンネル
シリアルポート	2チャンネル(調歩同期式・クロック同期式)
A-Dコンバータ	分解能10ビット・12チャンネル 外部トリガ機能付き
割り込みコントローラ	外部割り込み要因: 5本 内部割り込み要因: 39本
バスコントローラ	8・16ビットバス幅空間を設定可能 2・3ステートアクセス空間を設定可能
I/O ポ ー ト	入出力共通端子: 74本 入力専用端子: 12本
クロック発生回路	内蔵, 発振周波数: 16 MHz(16 MHz動作時)
動作周囲温度	-40~+85 °C
パ ャ ケ ー ジ	112ピンQFP

注: 略語説明 QFP(Quad Flat Package)

および10ビット精度のA-Dコンバータなどで構成している。H8/538Fのエンジン制御システムへの応用と主な仕様を、図1および表2に示す。

オンボードでのフラッシュメモリの書き込み・消去は、内蔵のCPUの制御で行い、入力端子を経由したプログラムの書き込みが可能である。一方、消去はチップ一括消去のほかに、15のブロックに分割した、任意の1ブロックから複数ブロックを消去するブロック消去もできる。これにより、一部分だけのプログラミングや、短時間でのデータの書き換えを実行することができる。1バイト当たりの書き込み時間は50 μs, 消去時間は1秒である。なお、H8/538Fと同一機能でメモリ部分だけをマスクROM化した製品も提供しており、プログラムやデータが確定したシステムでは、マスクROM版への置き換えによって価格の引き下げを図ることが可能である。

今後のエンジン制御システムでは、トランスミッション制御などを含めたパワートレイン総合制御や、いっその排出ガス低減に向けた精密制御・診断機能の充実などのため、さらに高性能のマイコンが求められると予想される(図2参照)。

制御方式についても、現在広く適用されているマップ上のデータを逐一参照する制御から、数式モデルに基づいた演算主体の現代制御への移行が検討されており、高速の積和演算性能などが要求される。増大するプログラムの開発効率向上およびソフトウェア信頼性確保のた

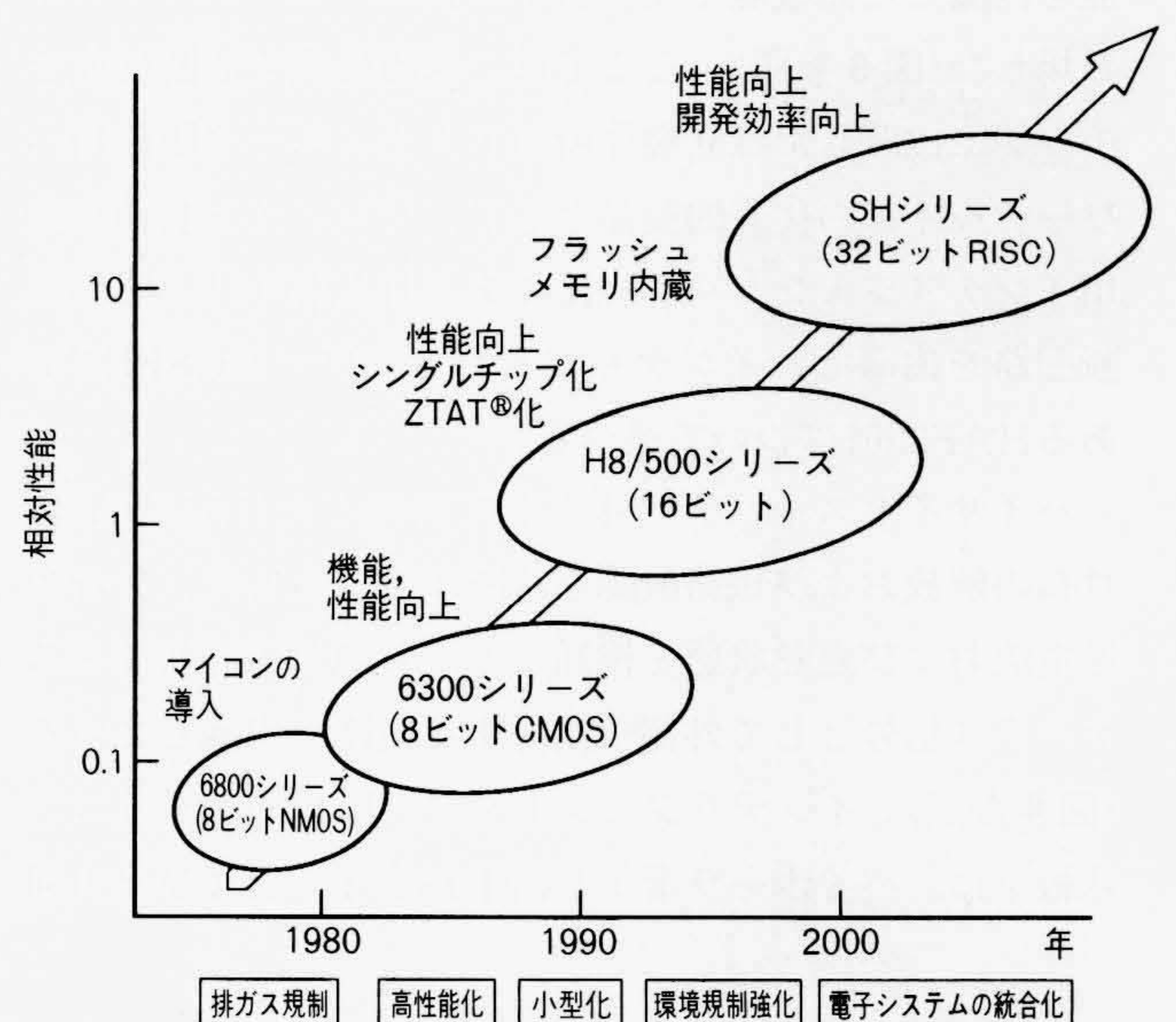


図2 エンジン制御マイコンの動向

今後、さらに高い性能が求められるエンジン制御用マイコンとして、SHシリーズマイコンの適用を予定している。

め、C言語に代表される高級言語によるプログラミングも必須(す)になりつつあるが、コストの制約からプログラムサイズの増大は最小に抑えなければならない。

日立製作所は、これらニーズにこたえるため新世代機器組み込み用RISC(Reduced Instruction Set Computer)マイコンとして開発したSHシリーズCPUをコアとして、次世代自動車エンジン制御用マイコンの製品化を予定している。SHシリーズマイコンは、現在の16ビットマイコンに比較して、10倍以上の演算能力を持ちながら、RISCマイコンの特長である小さなCPU面積により、メモリやエンジン制御に必要な周辺機能を内蔵したシングルチップ化が可能である。

C言語対応の面でも、CPUアーキテクチャのくふうや、高効率Cコンパイラの提供により、従来のCISC(Complexed Instruction Set Computer)タイプのマイコンにそん色ないプログラムサイズが達成できる。

3 安全関連機器用インテリジェントパワーデバイス

高信頼性が要求されるエアバッグシステムやABS(Antilock Brake System)などの機器では、アクチュエータの状態を常に診断し、異常検出時に警告ランプを点灯させたり、機器の動作を停止させたりしなければならない。さらに、システムの故障時に最も影響を受けやすいパワーデバイス自身を破壊から守ることも重要である。このようなシステムニーズから、保護機能や診断機能を内蔵した高機能で使い勝手の良いパワーデバイスが登場した(図3参照)。ここでは、保護機能や診断機能をチップに内蔵した日立製作所のアクチュエータ駆動用パワーデバイスの代表的製品として、ソレノイド負荷駆動用インテリジェントパワーICであるHA13705と、感熱遮断回路を内蔵したインテリジェントパワーMOSFETであるHAF2001について述べる。

ハイサイドスイッチ^{※1)}用として開発したHA13705は、負荷の解放および短絡故障を診断するとともに、自身の過電流および過熱状態を検知して、おのこの状態をステータス信号として外部へ出力する回路を内蔵している(図4参照)。インテリジェントパワーICは同一シリコン基板上に、バイポーラ素子とCMOS素子、および出力回

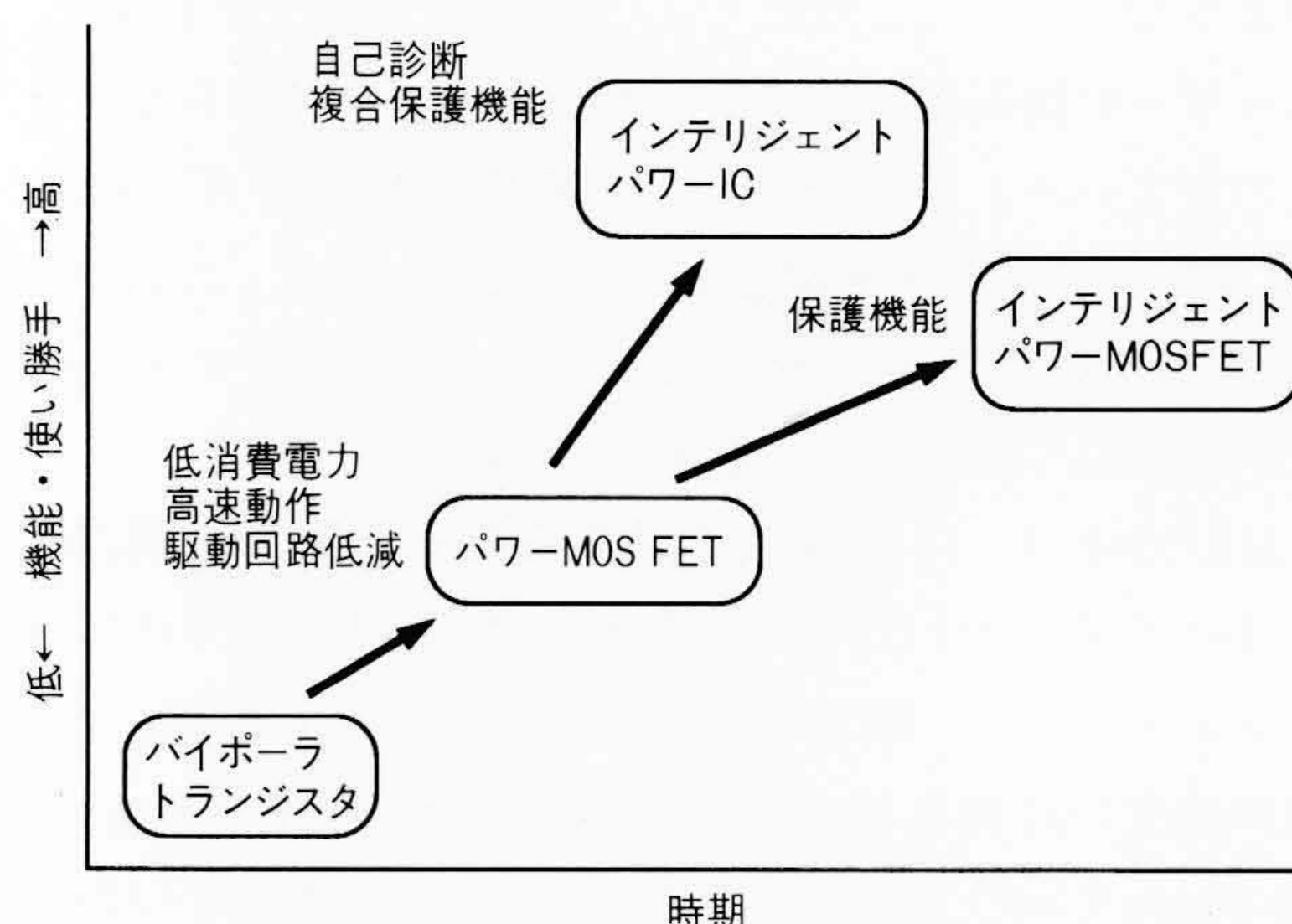


図3 自動車用パワーデバイスの動向

アクチュエータ駆動用パワーデバイスは、使い勝手やシステムの信頼性向上のニーズから、保護機能や診断機能を内蔵する方向にある。

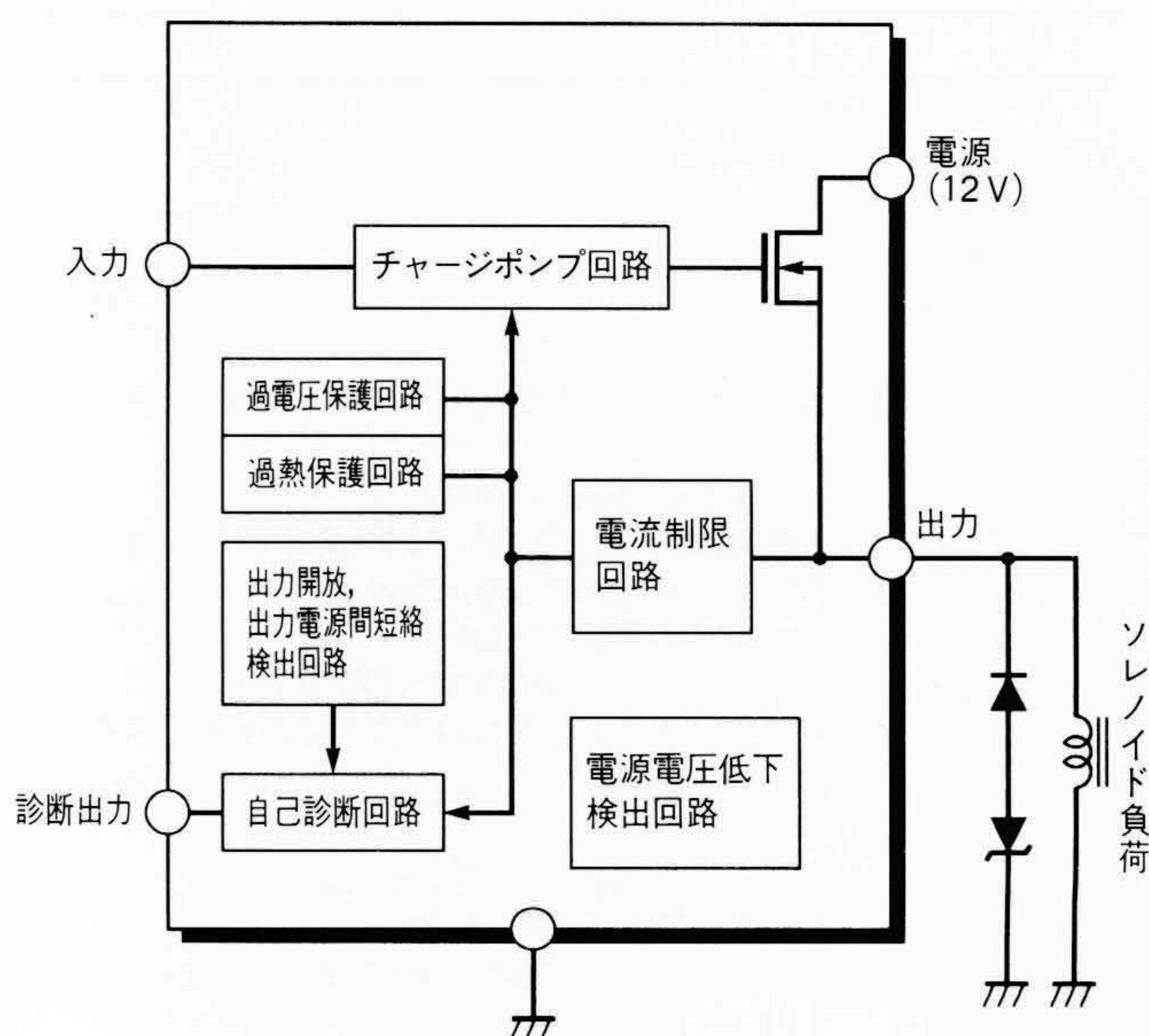


図4 インテリジェントパワーIC(HA13705)のブロック図
各種保護回路や診断回路を内蔵したインテリジェントパワーICの適用により、高信頼性システムが構築できる。

路用のパワーMOSFETを接合分離プロセス技術によって搭載したもので、各素子の長を生かしたアナログおよびデジタルの複合回路が実現できる。

この技術はローサイドスイッチ^{※2)}用ICや、モータ駆動用ブリッジ回路などにも応用が可能である。

一方、従来のリレーや、バイポーラ型パワートランジ

※1) ハイサイドスイッチとは、電源と負荷の間に挿入されるスイッチを言う。

※2) ローサイドスイッチとは、負荷とグランドの間に挿入されるスイッチを言う。

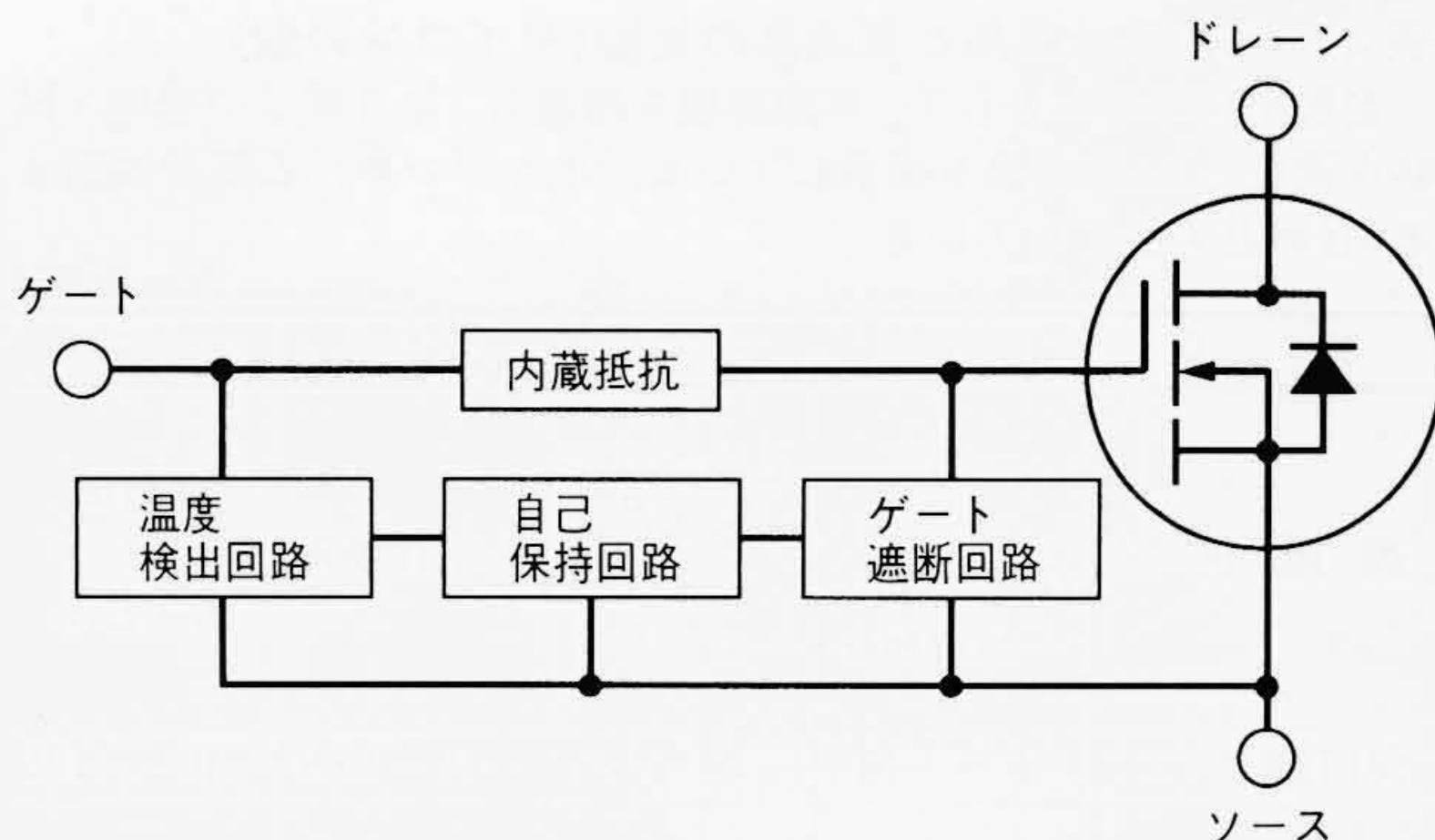


図5 インテリジェントパワーMOSFET (HAF2001)の機能ブロック図
内蔵している感熱遮断回路が、負荷短絡などの過電流や異常な周囲温度上昇から素子破壊を防止する。

スタに置き換わって、パワーMOSFETが急速に普及しつつある。マイコンから直接駆動可能で、回路が簡略化できること、オフ時の電流消費が非常に小さいことなどの特長がある。

HAF2001は、図5の機能ブロック図に示すように、パワーMOSFETのゲート部に過熱遮断回路を内蔵させた製品で、負荷短絡などによる過電流や異常な周囲温度上昇などによる素子破壊を防止する機能を持っている。従来、高い信頼性が要求されるシステムでは、保護回路を外部で構成していたが、この製品の適用により、外部回路削減による価格低減が実現できる。遮断温度は175℃前後に設定されており、遮断回路動作後は、ゲートバイアス電圧をリセット電圧(1.5 V typ.)以下にすることにより、正常復帰ができる。HAF2001の主な仕様を表3に示す。従来のパワーMOSFETと同じ3端子のパッケージに封入しており、置き換えが容易である。HAF2001の

表3 HAF2001の製品仕様

低電圧駆動(マイコンから直接駆動)可能で、低オン抵抗〔50 mΩ typ ($V_{OS}=4$ V時)〕であり、従来のパワーMOSFETとの置き換えが容易である。

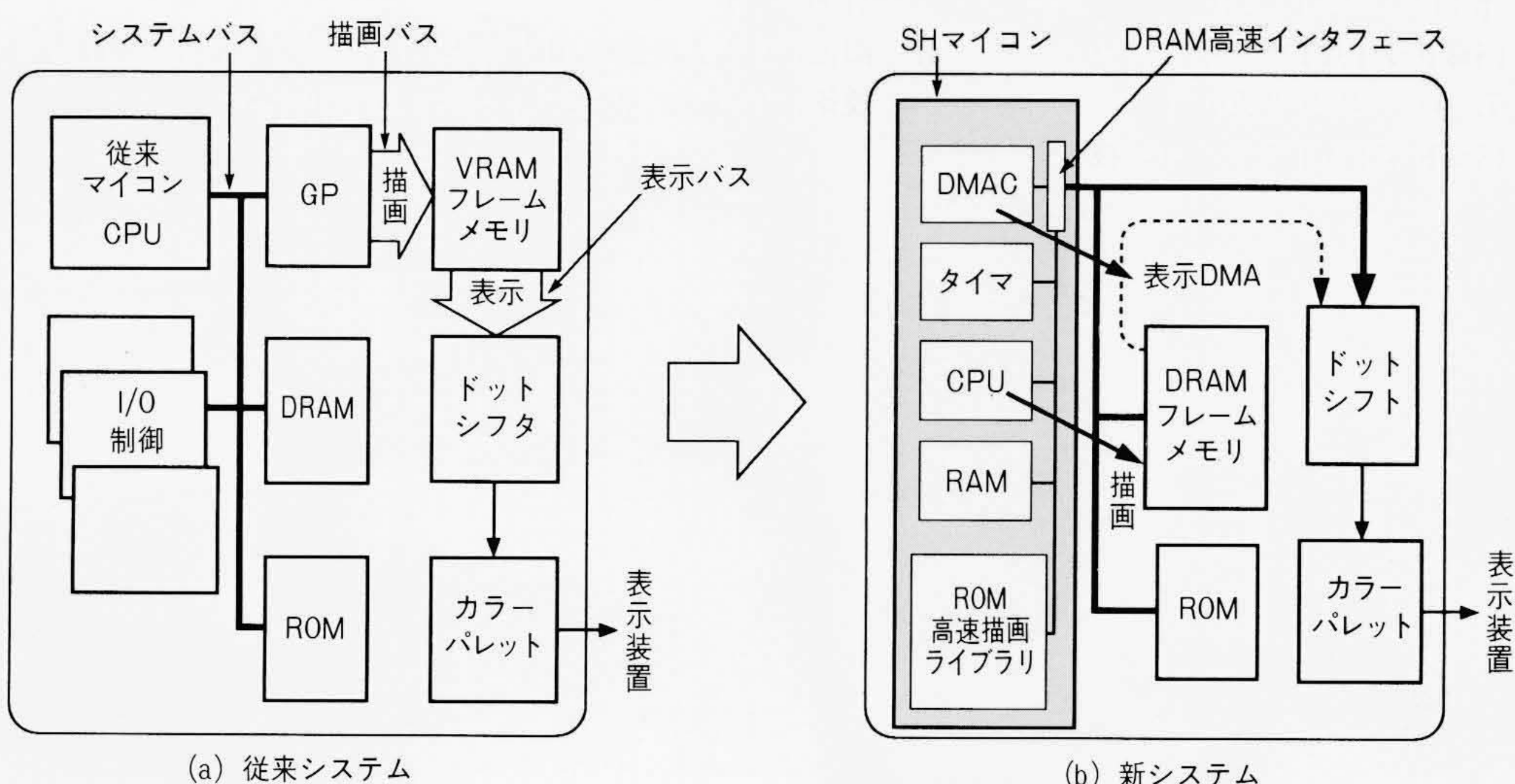
項 目		記号	仕 様
絶対最大定格 ($T_a=25^{\circ}\text{C}$)	ドレイン・ソース電圧	V_{DSS}	60 V
	ドレイン電流	I_D	20 A
	許容チャネル損失	P_{ch}	50 W
電気的特性 ($T_a=25^{\circ}\text{C}$)	ドレイン・ソース オン抵抗	$R_{DS(ON)}$	50 ms(typ.) $I_D=10$ A, $V_{GS}=4$ V
	負荷短絡遮断動作時間*	t_{os}	1.8 ms(typ.) $V_{GS}=5$ V, $V_{DD}=5$ V
	遮断温度	T_{sd}	175 $^{\circ}\text{C}$ (typ.) チャネル温度
パ ッ ケ ー ジ		—	TO-220 AB

注：* 過負荷によるパワーMOSFETの温度上昇時間を含む。

定格電流は20 Aであるが、今後の展開として、5～40 Aの品ぞろえとともに、素子の温度が所定の温度以下まで下がると、自動的に動作復帰するタイプも開発を予定している。

4 ナビゲーションシステムへの半導体応用

近年、急速に普及しつつあるナビゲーションシステムは、多くの機器メーカーによって純正品やアフターマーケット製品が発売されており、使い勝手や価格面で厳しい競争が行われている。ディスプレイに地図情報などを描画するグラフィック処理システムでは、従来、マイコンとグラフィックプロセッサと呼ばれる描画データ処理用LSI、およびVRAM (Video RAM) と呼ばれる画像専用メモリが用いられてきた。シングルチップRISCマイコ



注：略語説明

GP (Graphic Processor)
DRAM (Dynamic RAM)
DMA (Direct Memory Access)
DMAC (Direct Memory Access Controller)

図6 SHマイコンによるナビゲーションシステムのグラフィック処理

SHマイコンの適用により、専用のグラフィックプロセッサが省略でき、部品点数の削減ができる。

ンである，SHシリーズマイコンを適用した新システムでは，図6に示すように，部品点数の大幅な削減や，汎（はん）用LSIの活用による小型化とシステム価格の低減が可能となる。SHマイコンの内蔵ROMに高速描画ライブラリソフトを持たせることによって，グラフィックプロセッサを省略し，かつ内蔵のDMAC機能と高速DRAMインタフェース回路により，汎用DRAMに記憶させた表示データを，CPUの介在なしに直接表示回路へ転送することが可能である。広く普及しているナビ研（ナビゲーションシステム研究会）仕様に対応した描画ライブラリソフトも準備しており，ユーザーのソフト開発をサポートしている。

5 車載環境への対応

OA機器や民生機器に比較して自動車用途向け半導体は，動作温度範囲などから厳しい環境で使用され，またユーザーからの品質要求レベルも高い。日立製作所は，特に，エンジン制御や車体制御などの重要な部品に適用される製品を，「J仕様品」として，工程管理やスクリーニングを強化した製品の提供を行っている。自動車用半導体と標準品の比較を表4に示す。信頼性レベルの向上，確認を行うための信頼度試験についても，車載環境を踏まえた評価をしている。車載電子機器の搭載場所として，現在は車室内が一般的であるが，より環境の厳しいエンジンルーム内への実装も検討している。このような用途に対しては，「K仕様品」と称する周囲温度125℃までの動作を保証した製品も品ぞろえしている。

参考文献

1) 河崎，外：DSP機能を内蔵したSHシリーズ，日経エレクトロニクス，第568号，p.99～p.112(1992.11.23)
2) 向井，外：フラッシュメモリ内蔵F-ZTATTMマイクロコンピュータ，日立評論，76，7，482～492(平成6-7)
3) 伊藤，外：フラッシュメモリ内蔵F-ZTATTMマイコン技

表4 自動車仕様品と標準品の比較(マイコンの例)
自動車用半導体として，車載環境を考慮し，より厳しい管理・試験を適用したJ仕様品を提供している。エンジンルーム実装に耐えるK仕様品も対応している。

項 目	標準品	I仕様品	J仕様品	K仕様品
適 用 区 分	一般品 民生・OA・ 一般産業用	広動作温度 範囲品 民生・ 一般産業用	一般自動車用	自動車 エンジン ルーム用
保証温度(℃)	0～+70	-40～+85	-40～+85	-40～+125
プロセスコントロール	普通	普通	厳しい	厳しい
スクリーニング	普通	普通	厳しい	厳しい
信頼度試験(h) (高温動作試験の例)	1,000	1,000	2,000	2,000以上

6 おわりに

カーエレクトロニクスを支える半導体技術について，代表的な応用機器を例に，最新の半導体製品とその応用について述べた。21世紀に向けて，自動車部品での半導体の割合はますます大きくなっていくと考えられる。環境と人に優しい車造りのなかで，半導体技術の役割の重要性をいっそう認識し，ニーズに合った製品の開発に取り組んでいきたい。

術解説Computer Design，第10巻，第12号，p.81～p.90(1993-12)
4) 田淵，中島：自動車用半導体の仕様環境と信頼性，自動車技術，Vol.48，No.8，p.44～p.50(1994-8)