

マイクロコンピュータの車両制御への適用

Application of Microcomputers to Train Control Equipment

近年、マイクロコンピュータはLSI技術の成果として急速な進歩を遂げ、その特長とする小形軽量、経済性、高信頼性などにより、車両制御の分野でも急激にその応用が拡大しつつある。この論文では、マイクロコンピュータの車両制御への適用に関する動向と応用の現状について述べるとともに、特に信頼性や安全性の要求が厳しい車両制御への適用の進め方についても言及する。

高岡 征* Takaoka Tadashi
 能見 誠** Nōmi Makoto
 増田郁郎*** Masuda Ikurō
 大島弘安**** Ōshima Hiroyasu

Ⅰ 緒 言

マイクロコンピュータの車両制御への応用開発は昭和49年ごろから開始され、その後約5年間に急速に進展し、今や車両制御では従来半導体の使用されていた全分野を対象にマイクロコンピュータ化が図られつつある。特に車両制御では小形軽量と高信頼性が不可欠であり、しかも地上装置と車上装置が有機的に結合され、効率の高い輸送システムを目指して革新が進む中であって、マイクロコンピュータの果たす役割は増大する一方である。すなわち、マイクロコンピュータはハードウェアとか外形、信頼性などの面では電子式卓上計算機に近く、性能・機能の面ではミニコンピュータに近いという双方の利点を合わせもっている。マイクロコンピュータの出現以前は、専用のハードウェアとしてICやトランジスタを組み合わせその都度結線し装置を構成することが多かった。ときにはミニコンピュータが使用される場合もあったが、多くの場合はその能力が十分すぎて、むしろ价格的な問題が生じ断念することが多かった。しかし、マイクロコンピュータの出現により、今までハードウェアの論理としてその都度結線され構成した機能をプログラム化して、ソフトウェアとし

てもつことが可能となり、標準的なハードウェアでしかも簡易にシステムを構成することができるようになった。ここでは、車両制御の分野でのマイクロコンピュータの応用を例を挙げて概要を説明し、その動向について言及する。

Ⅱ 車両制御へのマイクロコンピュータの適用

2.1 マイクロコンピュータ適用の利点

マイクロコンピュータ適用の利点はプログラマブルなLSIであることと、ストアードプログラム方式であること(論理回路がソフトウェアで組める)に発している。LSI化による利点は小形、消費電力低減、低価格、高信頼性などであり、ストアードプログラム方式による利点としてはハードウェアの標準化、開発期間の短縮、あるいは高機能化やシステムの柔軟性の向上などが挙げられる。すなわち、マイクロコンピュータ採用の主な利点は次の6項目と考えられる。

- (1) 高機能化及びシステム柔軟性の向上
- (2) 小形化及び消費電力の低減
- (3) ハードウェアの標準化

表1 EDIC-Mシリーズ 4種のマイクロコンピュータモジュールにより各応用に対処できる。

仕様	CPU名	EDIC-MIA	EDIC-MII	EDIC-MIII	EDIC-MIV
特徴		一般用	拡張形	データ伝送用	LCU内データ分配用
主な用途		車両制御器	システム端末(LCU)	デジタルデータ伝送用	LCU内のデータ伝送用
仕様	メモリ容量	ROM: 4.0kバイト RAM: 1.0kバイト	8.0~16.0kバイト 1.0~8.0kバイト	4.0kバイト 1.0kバイト	4.0kバイト 1.0kバイト
	入出力点数 伝送ライン数	40 1	256 1	32 2(同期1)	0 7(同期1)
	割込点数	8	128	8	0
	誤り検知	アドレスエラー検知 ウォッチドッグタイマ	アドレスエラー検知 ウォッチドッグタイマ パリティチェック	アドレスエラー検知 ウォッチドッグタイマ	同左
最小構成 (入力出力各16点)	PB 3枚 PAM: 1kバイト ROM: 4kバイト	PB 5枚 RAM: 1kバイト ROM: 8kバイト	PB 1枚 (MPU×1) RAM: 1kバイト ROM: 4kバイト	PB 1枚 (MPU×1) RAM: 1kバイト ROM: 4kバイト	

注: LCU=Local Control Unit(駅装置など), RAM=Random Access Memory, ROM=Read Only Memory
 PB=Printed Board, MPU=Micro Processor Unit

* 日立製作所水戸工場 ** 日立製作所システム開発研究所 *** 日立製作所日立研究所 **** 日立製作所機電事業本部

- (4) 開発期間の短縮, 開発費用の低減
- (5) 低価格(コスト対パフォーマンス比の向上)
- (6) 高信頼度

2.2 マイクロコンピュータ適用の考え方

車両制御装置改良の歴史は振動など悪環境と限られたスペースなどの条件の下で高い信頼性と機能を追求することにあつた。これらの諸条件の過酷さは一般産業用制御装置よりも厳しいと考えられる。このような対象へのマイクロコンピュータの適用に当たって、第一に必要なことはマイクロコンピュータを在来のコンピュータの延長線上にとらえないことである。換言すれば、マイクロコンピュータをコンピュータというよりも、従来から日立製作所が開発してきたような信頼度を重視したデジタル演算用の部品としてとらえ、車両制御の分野全般に調和させながら適用を図ることである。マイクロコンピュータの本質はあくまでもコンピュータであるが、コンピュータという認識からは車両制御などへの適切な応用の芽が出にくいと考える。

このような考えから、日立製作所は車両制御用のマイクロコンピュータモジュールのシリーズ化を図り、これをEDIC-Mシリーズと名付けた。表1にEDIC-Mシリーズの概要を示す。このシリーズの意図したところは、車両制御用に不可欠な機能の範囲を追求し、最低限の柔軟性を失わない範囲で標準化を図ったことにある。特にEDIC-MIAタイプマイクロコンピュータモジュールは、小形プリント板(175mm×135mm)1枚に4kバイトのメモリも収納したワンボードコンピュータで、車両制御用基本マイクロコンピュータモジュールと考えている。図1にワンボードコンピュータの外観を、図2にワンボードコンピュータモジュールの構成を示す。

3 車両制御への応用

制御要素の変遷に従い、制御装置やシステム構成が変化しつつある。すなわち、昭和30年代では電磁リレー及び磁気増幅器が主流であった。次いで昭和30年代後半から現在に至るま

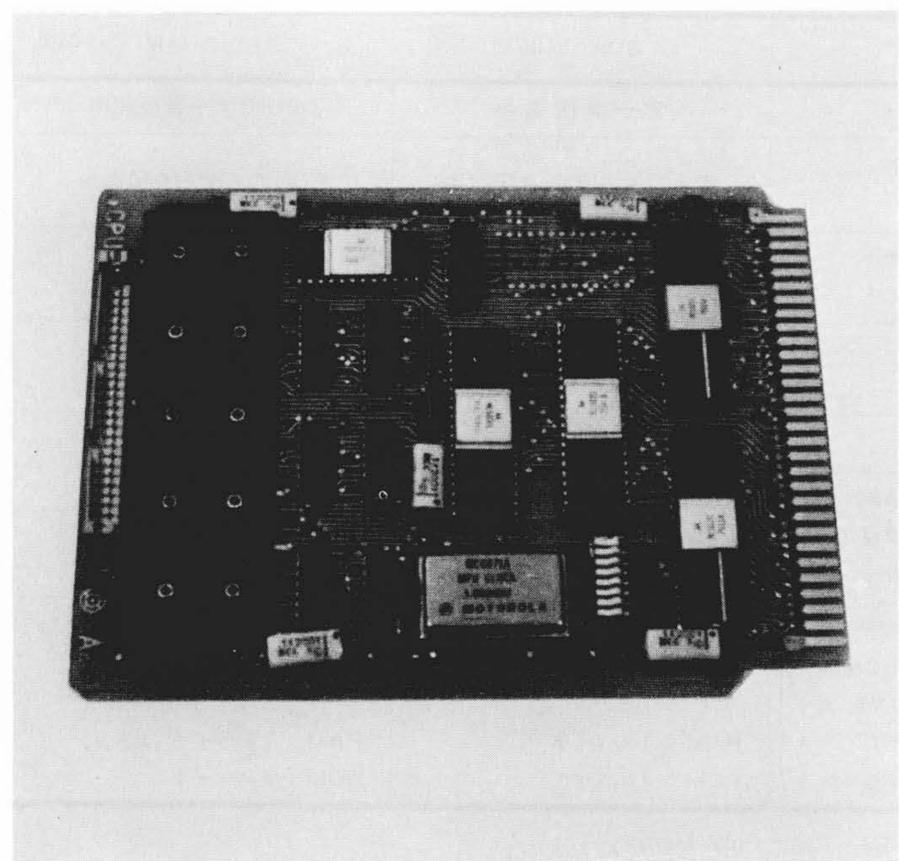


図1 ワンボードコンピュータモジュール(EDIC-MIA) 1枚のプリント基板にRAM, ROMを含めて実装されている。

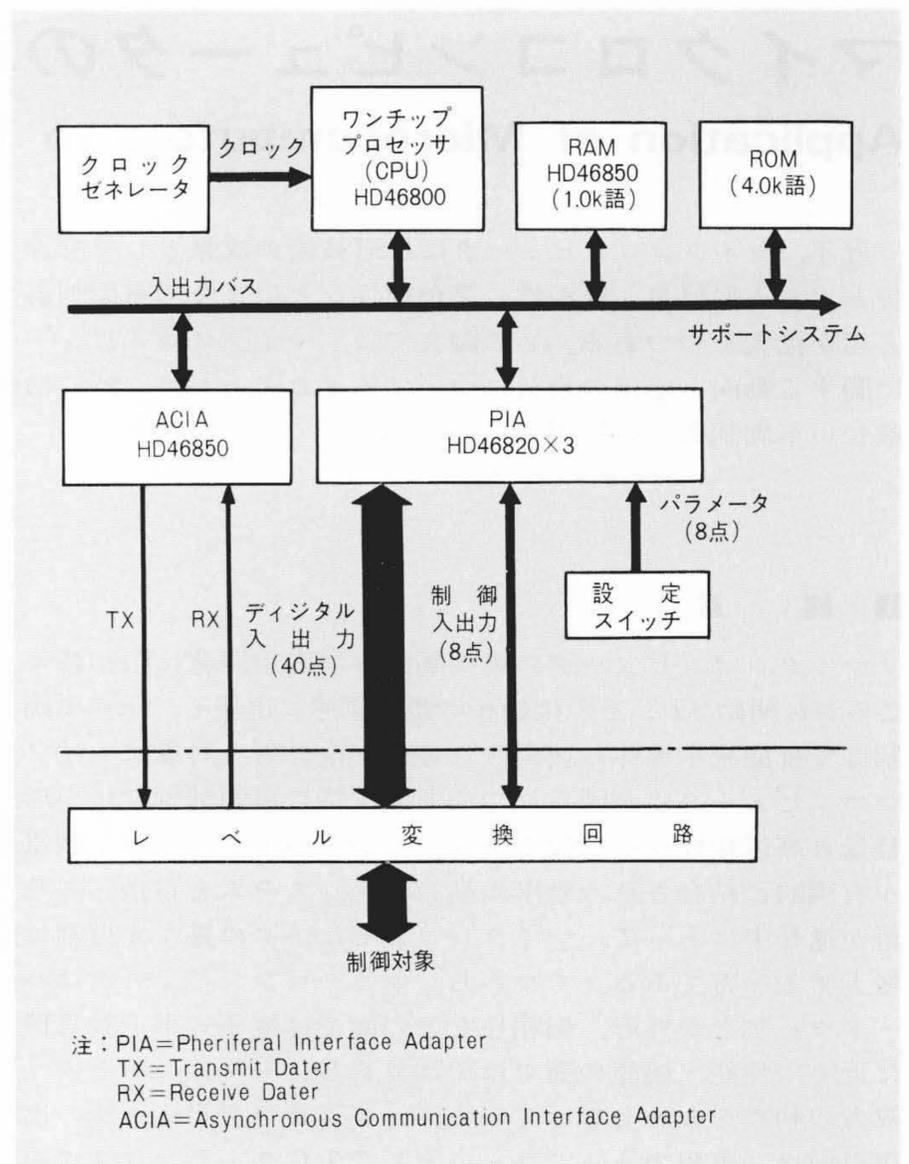


図2 ワンボードマイクロコンピュータモジュール(EDIC-MIA)の構成 モジュールは非同期形通信インタフェースを内蔵している。

でトランジスタとICによる制御が主流となった。この時代の前半では高精度なアナログ演算が容易に可能となり、後半ではデジタル演算が一般化し、更にはフェイルセーフ化可能なデジタルリング演算¹⁾の開発などが行なわれ、デジタル自動列車制御装置(ATC)が一般化した。また、40年代後半からストアードプログラム方式による制御装置が出現し、新幹線「ATOMIC装置」²⁾や札幌市交通局東西線用自動運転装置「EDIC-102」³⁾として実用化が図られた。一方、マイクロコンピュータの導入は昭和50年代の始まりと同時に開始され、新幹線ATOMICの置換えに始まり、そのもっている種々の特長のため車両制御の全分野にわたり導入される状況にある。表2に車両制御へのマイクロコンピュータの応用例を示す。また、代表例として自動列車運転装置(ATO)についてマイクロコンピュータ応用の現状を述べる。

3.1 ATOの現状

鉄道での自動運転システムの導入は国内外共に増えており、特に新設される地下鉄ではATOを標準装備する場合が多い。ATCの分野での最近の技術的動向は、ATOやモニタリング装置、案内放送装置あるいは地上と車上間のデータ伝送装置など各種装置の相次ぐ導入があり、いずれもマイクロコンピュータを主要素子として構成されている。また、これらのマイクロコンピュータ応用装置は互いに密接な関連をもっており、車上マイクロコンピュータネットワークを形成しつつある現状である。ATOはこのネットワークの中心的なサブシステムであり、車上ネットワークの性格を決定する立場にある。また、車上ネットワークでの中心的なサブシステムであることに限らず地上システムとも密に連携をとり、効率的な運行

表2 車両制御へのマイクロコンピュータの適用 車両制御全分野へ、マイクロコンピュータの適用が図られつつある。

分類	装置名	内容	適用の性格	
			機能アップ	新分野
1	電車用自動運転装置	一人乗務及び無人運転を行なう。	○	—
2	電車用モニタ装置	事故発生時の処置及び事故状況の記録	—	○
3	除雪機関車用自動運転装置	3台のマイクロコンピュータを使用し、安全性を確保。	—	○
4	構内入換機関車用遠隔自動運転	マイクロコンピュータ化により引出性能などの向上を図る。	○	—
5	リニアモーターカー用自動制御	機能の向上、信頼性の向上及び小形化を図る。	○	—
6	チョッパ装置ゲート制御部	ゲート制御部をデジタル化し、モニタ機能などを充実させる。	○	—
7	サイリスタ応用装置の位相制御	デジタルAPPSとし、無調整と高機能化を図る。	○	—
8	データ伝送制御	地上・車上間及び編成内のデータ伝送を行なう。	—	○
9	自動案内放送	ICメモリに録音した放送文をその都度編集し、放送する。長寿命と高信頼性を目的とする。	—	○
10	補機制御	行先表示、灯回路などの補機制御を集中して行なう。	○	—

を可能とすることを目的としており、車上、地上の両サブシステムの核となる装置といえることができる。

3.2 ATOの構成

ATOは、駅間での列車の走行制御や駅での定位置停止制御

を自動化し、信号保安設備、運行管理システム、地上と車上間のデータ伝送装置や他の車上サブシステムと有機的な連携をとり、列車運行の自動化や効率化を図るためのものである。

ATOには高度な信頼性が要求されるが、最終的な安全の確

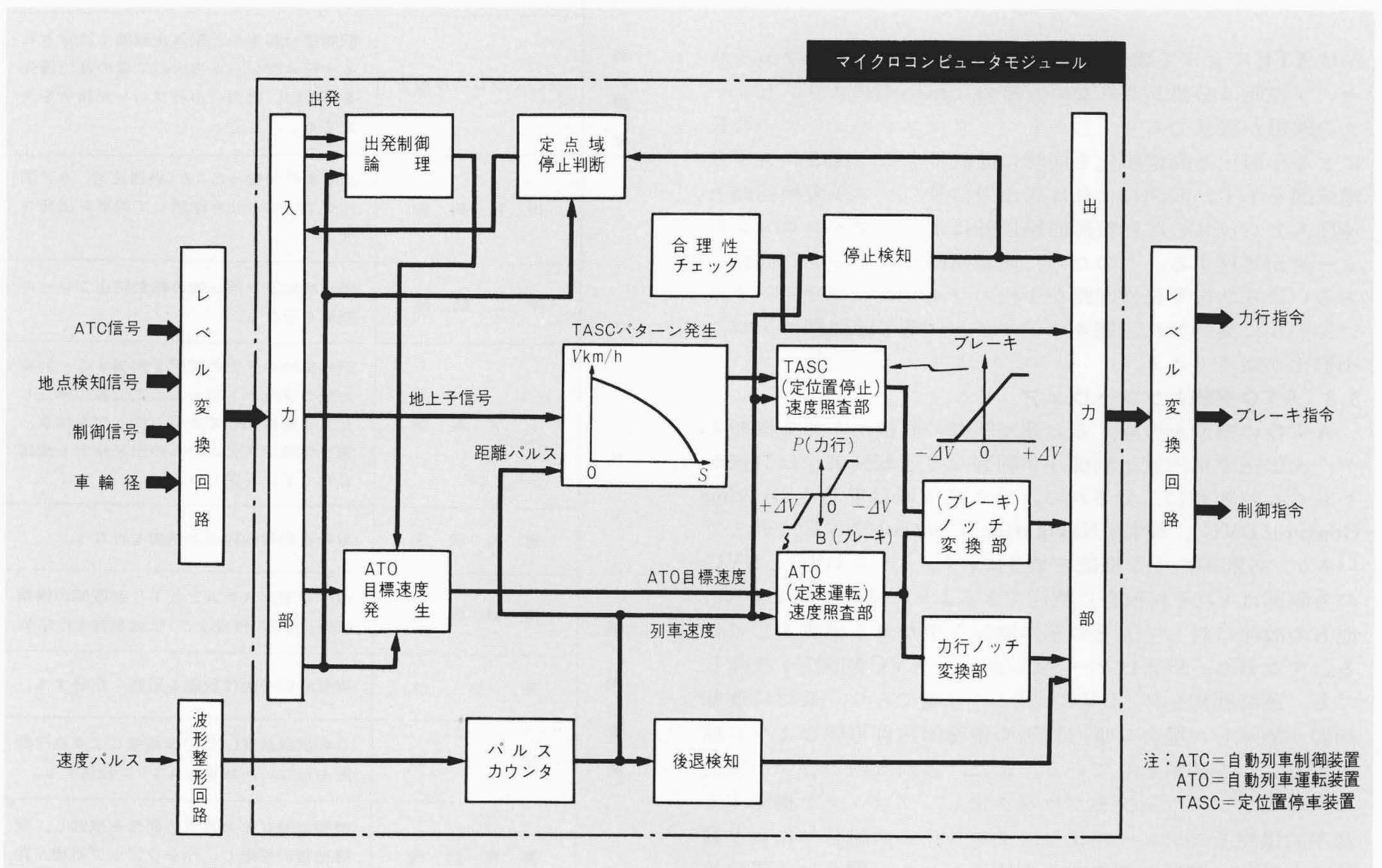


図3 自動運転装置構成図 マイクロコンピュータにより演算処理は一括処理がなされる。

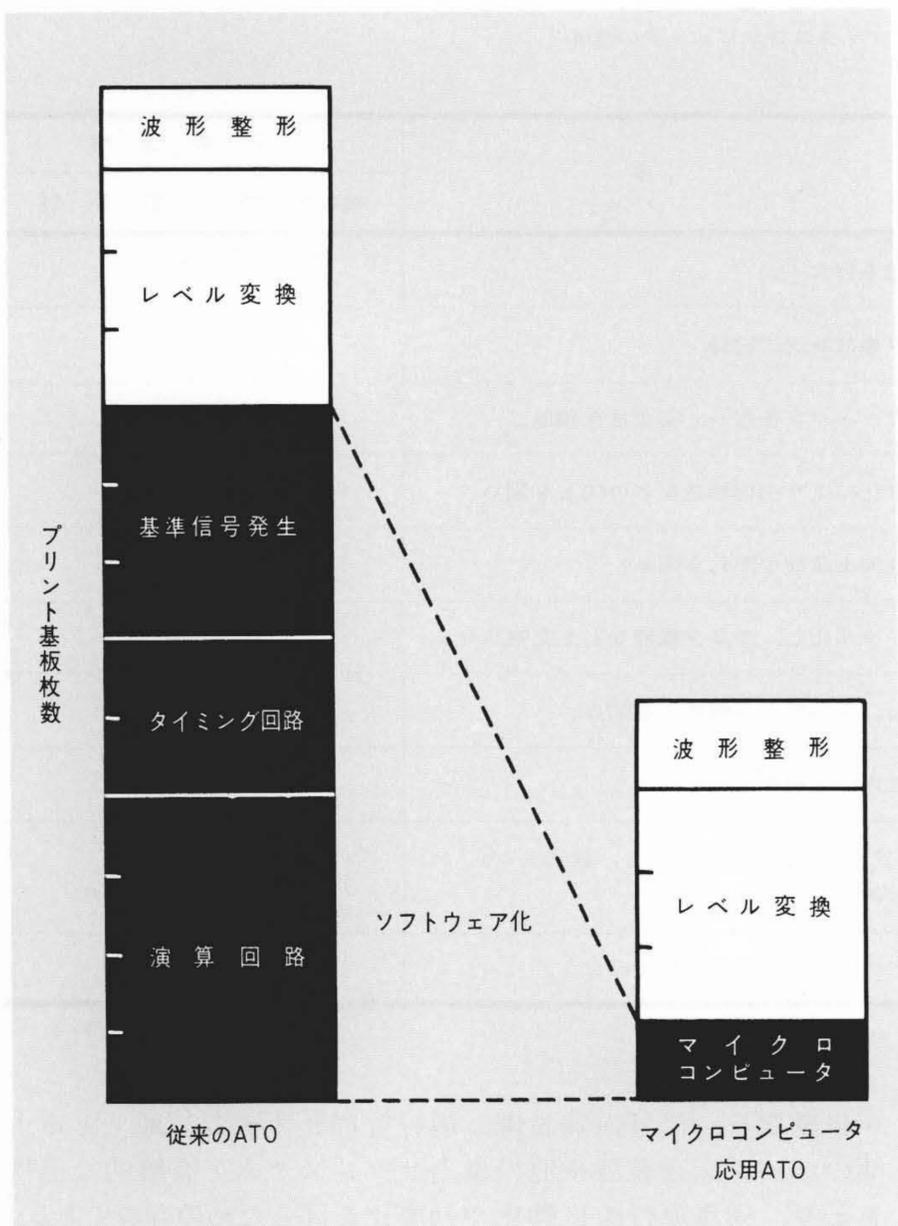


図4 マイクロコンピュータ採用によるATO演算回路の簡易化
レベル変換などを除いた電子回路部分は約半に簡易化される。

保はATCによって確保されるため、ATCのようなフェイルセーフ性能は必要とされない。そのためマイクロコンピュータの適用が容易であり、しかもマイクロコンピュータの特長による小形化と高信頼化を同時に達成できる。図3にATO構成図を示す。同図によれば入出力信号のレベル変換回路と速度入力パルスの波形整形回路以外はすべてマイクロコンピュータが処理する。このため、演算回路やタイミング回路、あるいは基準信号発生回路が1枚のマイクロコンピュータモジュールに集約され、図4に示すように電子回路部の大幅な小形化が実現できる。

3.3 ATO機能とソフトウェア

ATOの機能を分類すると運転制御に直接かかわる機能とデータ伝送や車内放送制御、ドア制御など運転制御には直接かかわらない制御に二分される。日立製作所は前者をDriving Control(DVC)、後者をNavigation Control(NVC)と称しているが、各制御の主な機能を表3に示す。これらDVCとNVCの各制御はそれぞれ独自に機能できるように構成されていて、他方の故障に対してもその基本機能を果たせる構成としている。すなわち、例えばデータ伝送機能(NVC制御)が故障しても、運転制御全体(DVC制御)は可能であり、反対に運転制御が故障した場合は車内放送や情報伝送は可能なように構成することを基本としている。また、各制御内の各々の機能についてソフトウェアをブロック化し、ブロックを構成する基本的機能をモジュール化し、モジュールの組合せにより容易にATOの機能が編集できる体系とした。図5にATO本体の外観を示す。

4 マイクロコンピュータの応用動向と今後の車両システム

4.1 一般的動向

マイクロコンピュータの応用形態には大別して情報処理装置としての利用と制御要素としての利用がある。

前者はコンピュータの延長としてマイクロコンピュータの小形で高信頼度である特長を生かし種々な分野で幅広く活用されている。

一方、後者はいわゆるプログラマブルロジックとしての応用で、その利用形態は目的によって多様で、前者に近い制御用コンピュータ的な形から、単なる回路要素的な形まで様々である。

車両関係では機器のモニタリング、列車の自動運転、自動

表3 ATOの機能 ATOの機能は、DVC(操縦制御)とNVC(管制制御)に大別される。

制御名	機能名	内容
D V C 制 御 (操 縦)	速度検出	速度パルスカウンタの値を取り込み、前回取り込んだ値との差を求め、車輪径スイッチに応じた車輪径補正を行なって列車速度を求める。
	駅間走行制御	ATC信号若しくは中央からの速度指令を基準とし、この信号以下に走行すべき目標速度を設定し、この目標速度に追従すべく制御する。
	駅停止制御	車上で停止パターンを発生させ、この停止パターンに列車を追従させ、駅の所定位置に停止させる。
	力行・ブレーキ指令	駅間走行制御系と駅停止制御で決定される力行・ブレーキ指令の二者の低位優先を行ない、出力の力行ブレーキ指令を決定する。
	出発制御	出発条件が整ったこと(機器正常、ドア閉、出発指令など)を確認して列車を出発させる。
	停止制御	停止検知及び停止時の転動防止ブレーキ制御を行なう。
N V C 制 御 (管 制)	ドア制御	駅停車時のドアの開閉を制御する。列車が駅のプラットホームの定位置に停止したことを検知してホーム側ドアを開き、運行管理システムからの出発指令を受信したらドアを閉じる。
	車内放送	車内自動案内放送の制御を行なう。
	情報伝送	運行管理システムとATO装置間の情報(運行情報の授受など)伝送制御を行なう。
	モニタ	車載機器の動作状態を監視、記録する。
	試験	自動試験装置(ACT)の指令により自己診断を行ない、結果をACTに転送する。
	異常処理	機器故障などの異常の発生を検知し、故障機器の切離し、バックアップ処理、非常停止などの処理を行なう。

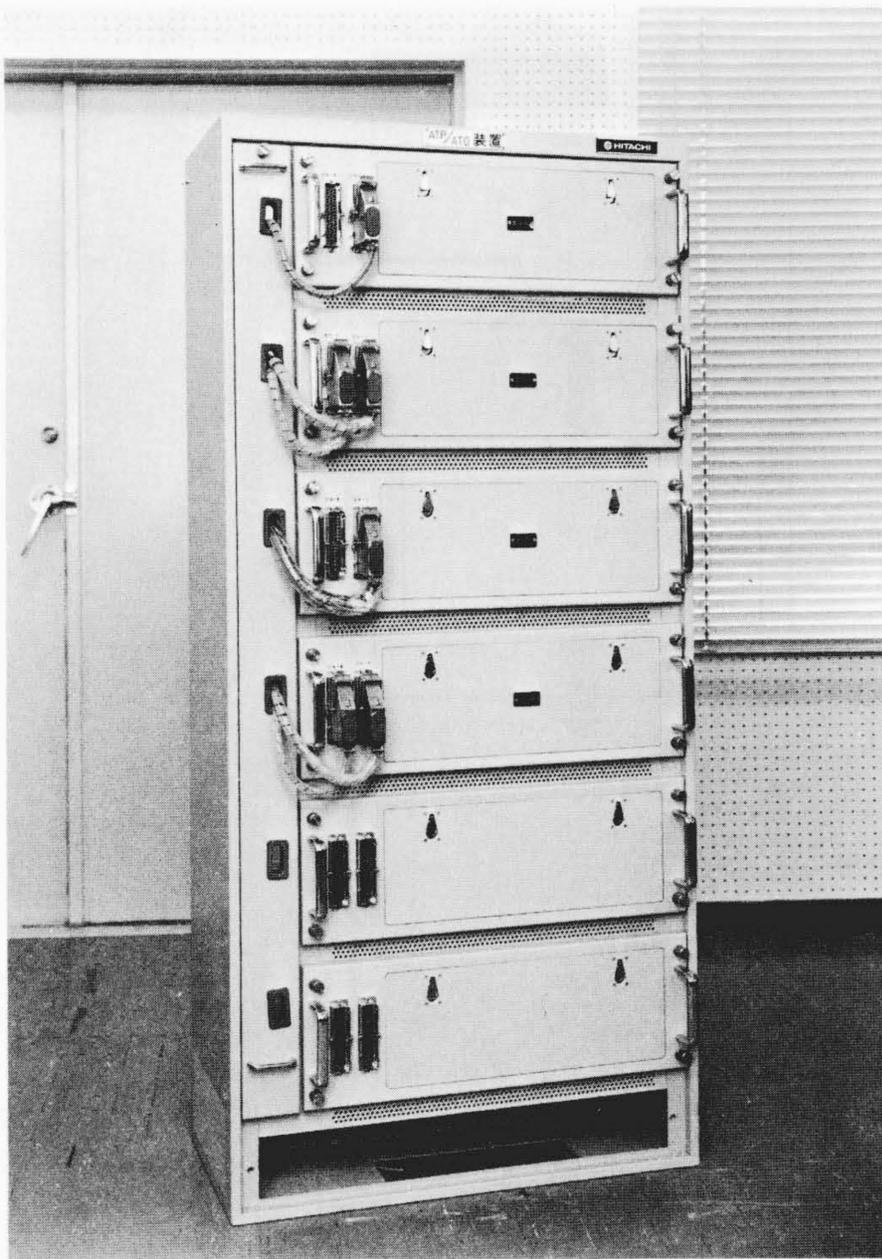


図5 ATO本体の外観 ATO本体にはATC装置や受信部も収納される。

案内放送、チョッパ制御など比較的機能集約的なシステム要素への応用が目立つが、今後補機制御など機能の大小にかかわらず、その応用範囲は広げられて行くものと考えられる。図6にその一例の概念を示す。

4.2 集中から分散へ

マイクロプロセッサが開発された当初はその周辺を含めてかなり高価であったこともあり、一つのプロセッサでできる限りの機能を実現しようとするいわば集中制御的なシステム構成で、その利用率を高める努力が行なわれたのであるが、マイクロプロセッサの普及とLSI技術の発達に伴ってコストは急速に低下し、集積度やコスト対パフォーマンス比は飛躍的に向上した。

その一方で、それまで異質のものとされていたマイクロコンピュータが、ミニコンピュータや大形コンピュータへの挑戦あるいは融合がなされるに至った。ミニコンピュータへの挑戦とは、多数のマイクロプロセッサを組み合わせた複合形マイクロプロセッサシステムであり、大形コンピュータとの融合とは大形コンピュータの末端をサポートするインテリジェントターミナルであり、機能、負荷を分散させ、より高度な機能性能の実現と信頼性の向上を図るものである。

このような技術的背景のもとで、鉄道応用でも分散指向のシステム構成が進められつつある。

図7はその構成の一例を示したもので、それぞれの機能に対応して割り当てられたマイクロプロセッサは、ネットワーク制御プロセッサ(Network Control Processor:NCA)と呼ばれるマイクロプロセッサ内蔵の通信制御回路を介してループ状に接続され、相互に情報交換しながら車両の管理、制御を行なうものであり、機能の拡張はコンセントのようにループに追加挿入することで実現され、柔軟性に富むシステムを構成することができる。

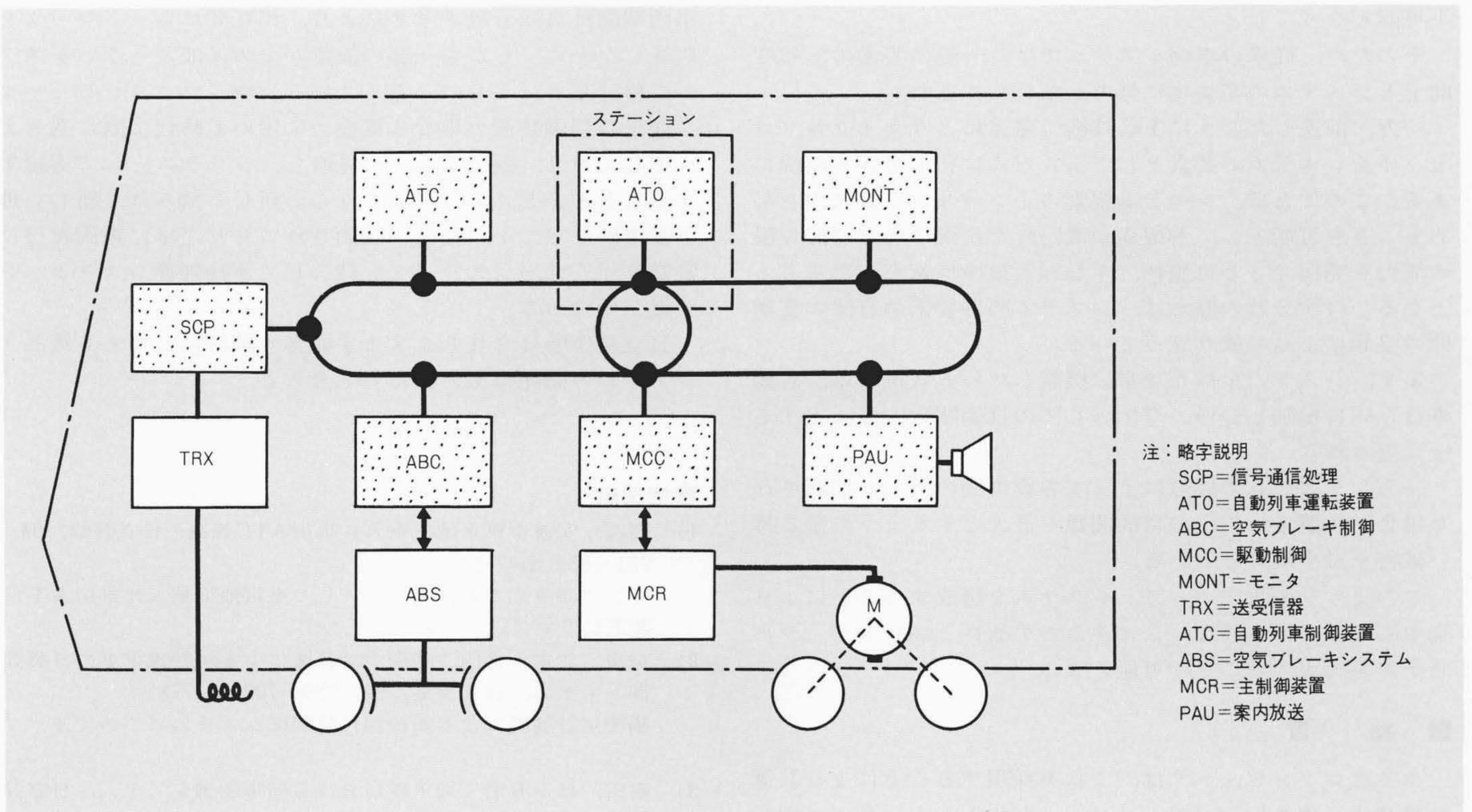


図6 マイクロコンピュータによる分散形車載システム 各装置はネットワークを構成するが各単一装置は自律性ももっている。

