

54-R 009

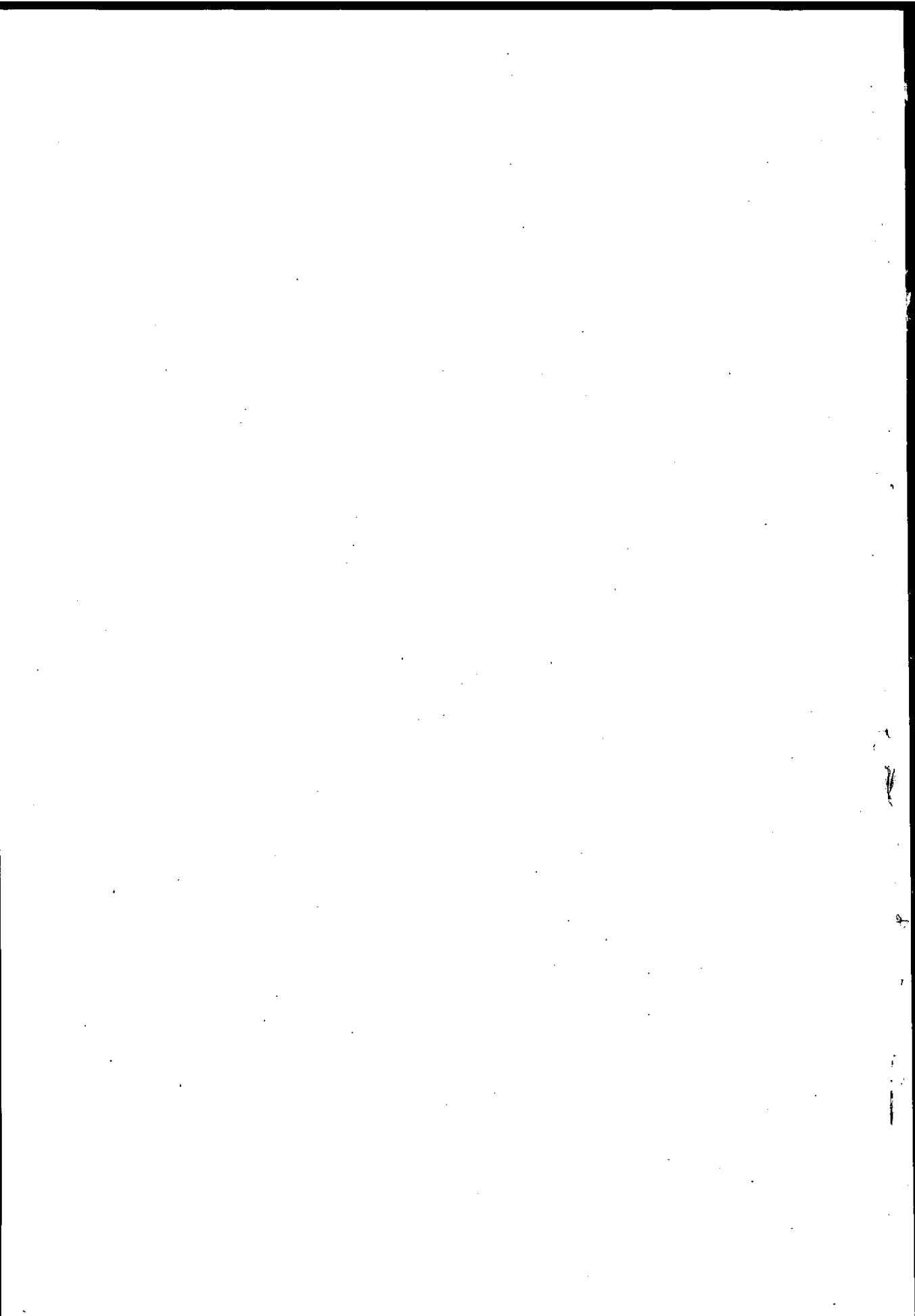
マイクロコンピュータ応用上の課題と展望

昭和 55 年 3 月



財団法人 日本情報処理開発協会

この報告書は、日本自転車振興会から競輪収益の一部である機械工業振興資金の補助を受けて、昭和54年度に実施した「マイクロコンピュータの応用に関する調査研究」の一環としてとりまとめたものであります。



序

マイクロコンピュータが出現して8年の歳月が経過しましたが、特に16ビットマイクロコンピュータの開発によりここ1～2年間の技術開発の進歩には目をみはるものがあります。この驚異的ともいえるマイクロコンピュータの進歩には今日多くの産業分野にも大きなインパクトを与えています。

当協会では昭和53年度においてマイクロコンピュータ普及に関する応用の立場からマイクロコンピュータの応用分野における応用の現状と基本的な問題点を主要分野について調査を行いました。

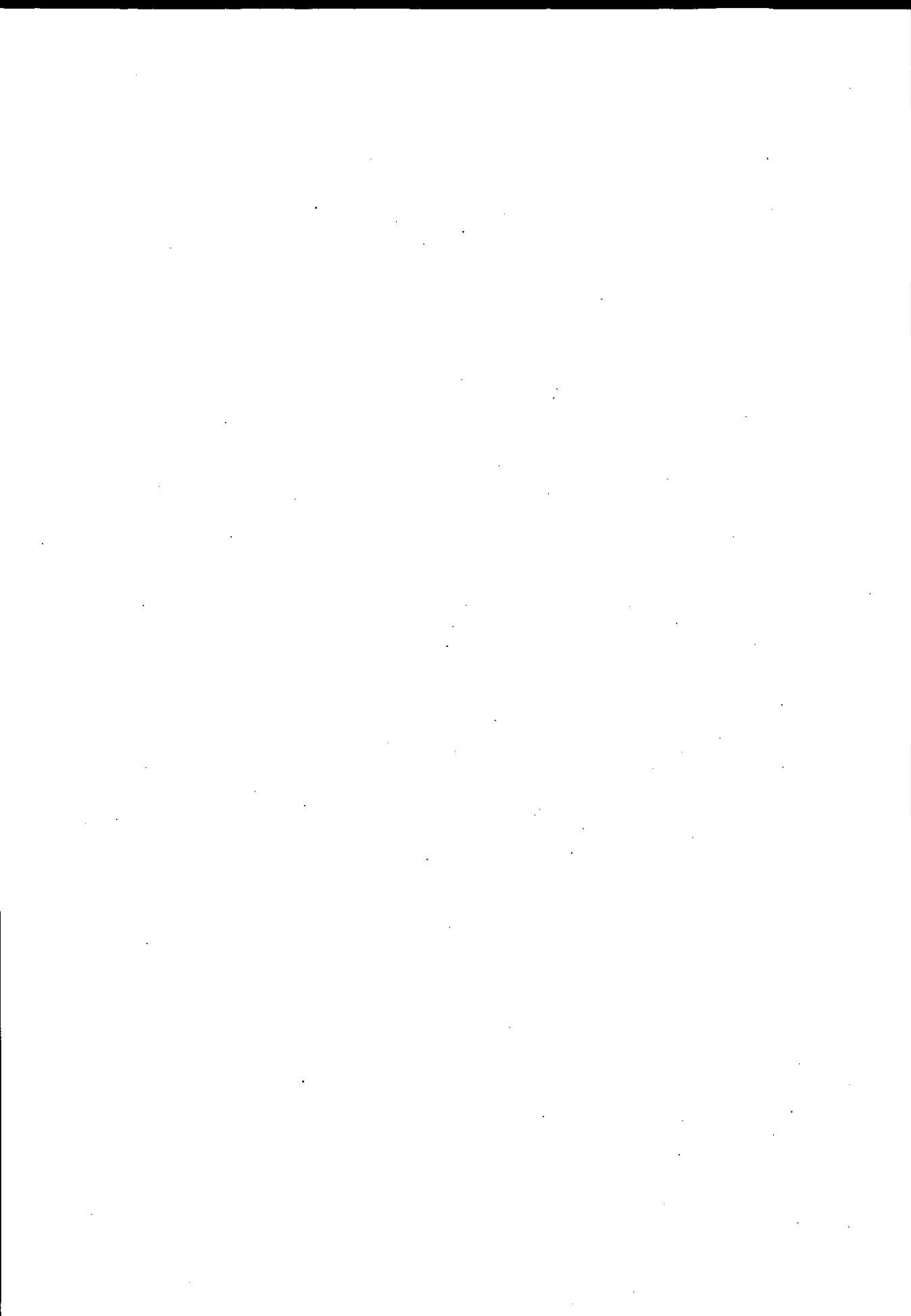
本年度はさらにマイクロコンピュータを応用するにあたってハードウェア、ソフトウェア、周辺機器、開発サポートシステム等の現状及び将来の問題点等についての調査を行いその結果を報告書としてとりまとめました。

ここに本調査の実施に際し、業務ご多忙中にもかかわらず有益なご意見とご協力をいただきました関係各位に対し厚くお礼申し上げます。

最後に本書が広くマイクロコンピュータの応用および応用技術に関係する方々に利用され、我が国産業の発展に寄与することを念願とする次第であります。

昭和55年3月

財団法人 日本情報処理開発協会
会 長 上 野 幸 七



マイクロコンピュータ応用技術調査委員会

(敬称略)

委員長	西川 禎一	京都大学工学部教授
委員	田丸 啓吉	京都大学工学部教授
"	千葉 正	三菱電機(株)技術管理部技術計画担当部長
"	真弓 和昭	松下電器産業(株) 中央研究所情報第1開発 室室長
"	三田 輝	アンドールシステムサポート(株) 代表取締役
"	米田 實男	日本電信電話公社 横須賀電気通信研究所 応用プログラム研究室専門調査員
"	村上 博武	富士電機製造(株)電子技術開発センター 第二部次長
オブザーバ	瀬戸屋 英雄	通商産業省 機械情報産業局電子政策課課長補佐
	兄 西 清 義	通商産業省 機械情報産業局電子政策課
	長 岡 久 人	通商産業省 機械情報産業局電子政策課
	梅 村 勁 樹	通商産業省 機械情報産業局情報処理振興課
	勝 山 治 夫	通商産業省 機械情報産業局電子政策課

目 次

序 論	1
第 1 章 ワンチップマイクロコンピュータ	
1.1 ワンチップマイクロコンピュータ応用上の特徴	5
1.1.1 ワンチップマイクロコンピュータの現状	5
1.1.2 構造上の特徴	6
1.1.3 応用上の特徴	8
1.2 ソフトウェア開発上の課題	9
1.2.1 応用機器の開発手順	9
1.2.2 開発サポートシステム	12
1.3 応用上の課題	17
1.3.1 チップの受入検査	17
1.3.2 信頼性試験	18
1.3.3 周辺回路	20
1.3.4 センサ等	28
1.4 応用機器における課題	29
1.4.1 機器の操作性	29
1.4.2 サービス性	30
1.5 ワンチップマイクロコンピュータの展望	31
1.5.1 機能の向上	31
1.5.2 シグナルプロセッサ	33
第 2 章 汎用マイクロプロセッサ	
2.1 汎用マイクロプロセッサ応用上の特徴	39
2.1.1 汎用マイクロプロセッサの現状	39
2.1.2 マイクロプロセッサの分類と応用上の特徴	41
2.2 マイクロプロセッサ応用システム開発上の課題	43
2.2.1 ワイヤードロジックからストアードロジックへの 移行	43

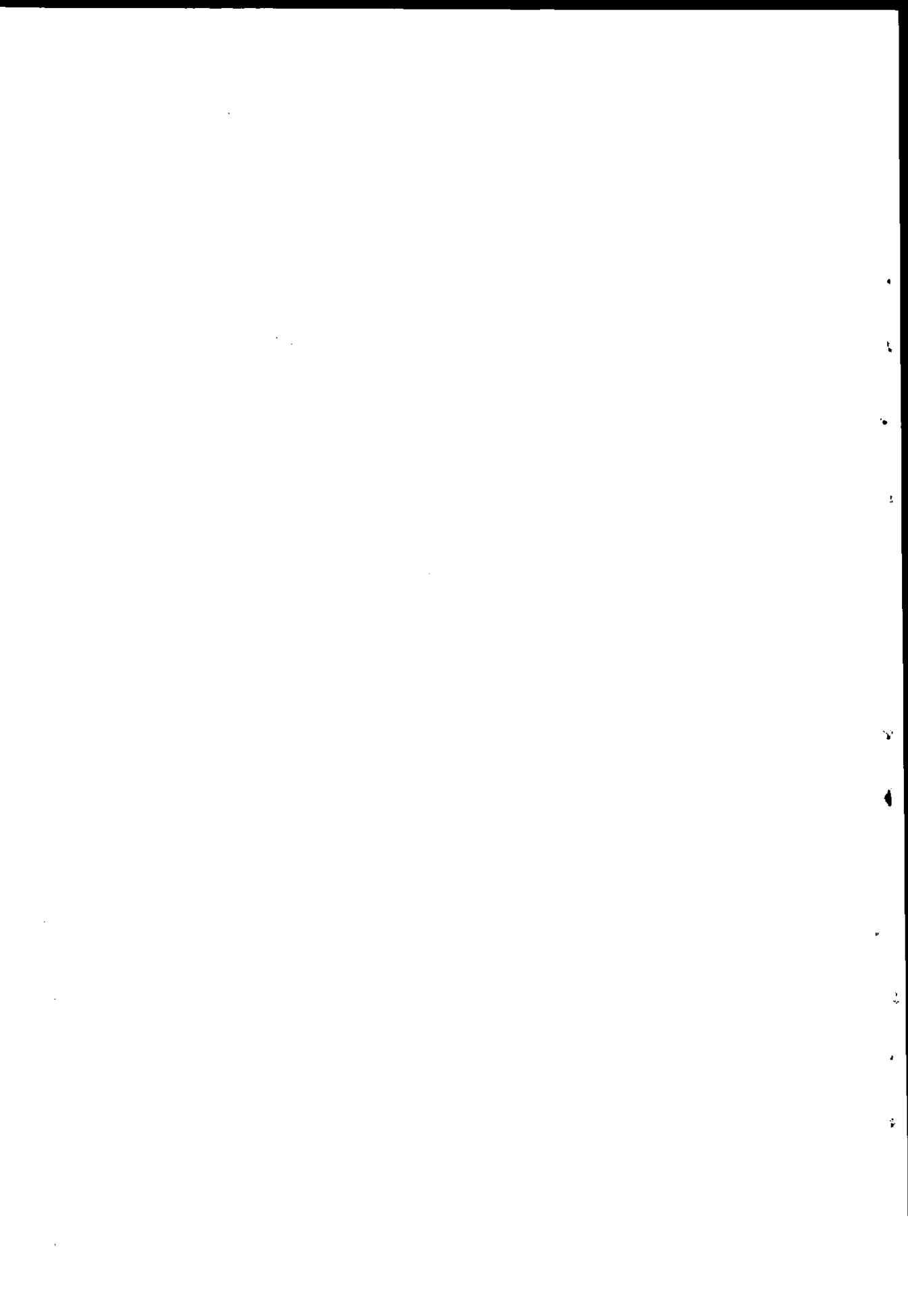
2.2.2	マイクロプロセッサを用いたソフトヤードロジックの特徴	44
2.2.3	マイクロプロセッサ応用システム開発手順	45
2.3	汎用マイクロプロセッサの応用例	54
2.3.1	分散形制御システムMICREX-P/W	54
2.3.2	産業用マイクロコントローラMICREX-E	56
2.3.3	遠方監視制御装置DISTA 1000/3000	64
2.3.4	ガソリンスタンド用POS (SSファミリィGX型)	66
2.4	汎用プロセッサの今後の展望	70
第3章 周辺機器		
3.1	入出力機器	77
3.1.1	マイクロコンピュータ用入出力機器の現状	77
3.1.2	ディスプレイ装置	79
3.1.3	プリンタ	79
3.1.4	その他の機器	81
3.2	外部記憶装置	82
3.2.1	マイクロコンピュータ用外部記憶装置の現状	82
3.2.2	ハードディスク装置	84
3.2.3	フロッピディスク装置	84
3.2.4	カセットテープ装置	85
3.2.5	その他の装置	86
3.3	センサ・アクチュエータ	86
3.3.1	センサ・アクチュエータの現状	86
3.3.2	各種センサの適用分野	90
3.3.3	マイクロコンピュータへの用途に対する 問題点	96
3.4	インタフェース	97
3.4.1	インタフェースLSI	97

3.4.2	入出力プロセッサの現状	99
3.4.3	アナログインタフェース	100
3.4.4	インタフェースバス	102
第4章 ソフトウェア		
4.1	言語多様化	106
4.1.1	言語多様化の流れ	106
4.1.2	言語の機能と特徴	108
4.1.3	選択基準	111
4.1.4	高位言語の問題点	111
4.2	軽装OSの出現	114
4.2.1	定義と分類	114
4.2.2	マイクロコンピュータOSの開発動向	117
4.2.3	マイクロコンピュータOSとAPの整合	119
4.2.4	OS標準化の功罪	122
4.3	ソフトウェアの大規模・複雑化	122
4.3.1	ソフトウェア規模の拡大がもたらす問題点	122
4.3.2	汎用計算機システムでの対応	123
4.4	新しい応用分野	128
4.4.1	音声認識／合成	128
4.4.2	図計入出力	129
4.5	今後の展望	130
第5章 開発サポートシステム		
5.1	サポートシステムの必要性和その種類	135
5.2	ハードウェアサポート	138
5.2.1	ハードウェア製作のサポート機器	138
5.2.2	システムテストのサポート機器	139
5.2.3	マイクロプロセッサ検査装置	150
5.2.4	ハードウェアサポートシステムの課題	155
5.3	標準ボードコンピュータ	156

5.4	ソフトウェアサポート	157
5.4.1	サポートソフトウェアの展望	160
5.4.2	サポートソフトウェアの課題	161
5.5	今後の課題	165
第6章 マイクロコンピュータの機能と商品性の関係		
6.1	マイクロコンピュータの価値	167
6.2	システムの有効度	170
6.2.1	マイクロコンピュータの利点	172
6.2.2	システム設計者に対する利点	173
6.3	マイクロコンピュータの機能	174
6.3.1	部品レベルでのマイクロコンピュータ	175
6.3.2	マイクロコンピュータの4つの機構	177
6.3.3	入出力制御機能とインタフェース	182
6.4	マイクロコンピュータ機能と応用への適応性	186
6.4.1	機能と適応アプリケーション	188
6.4.2	ビット数による適応性	190
6.4.3	アーキテクチャによる適応性	193
6.5	マイクロコンピュータ応用製品の商品性	194
6.5.1	商品性について	200
6.5.2	商品性と価格の問題	201
6.5.3	機能との関係	203
6.5.4	インテリジェント化の一側面	205
トピックス		209
電子翻訳機		209
音声合成		214
音声認識		216
自動外観検査装置		222
ロボット(運動機能モジュール)		228
おわりに		233

序

論



序

論

マイクロコンピュータに関連した半導体集積回路技術ならびにマイクロコンピュータ応用技術は、質・量ともにこの一年間も順調な集展をみせてきた。本委員会においては、昨53年度は「応用からみたマイクロコンピュータ技術の現状と課題」という課題を設定し、マイクロコンピュータ応用技術全般について、主として各応用分野ごとに現状をサーベイし、その中から今後の発展の課題をいくつか抽出するという調査研究を行った。その結果、次のような課題のキイ・ポイントが拾い出された。

- (1) センサ、アクチュエータ、周辺機器の開発。
- (2) ソフトウェア開発体制の整備。特にマイクロコンピュータ向き高級言語とSP (Structured-Programming) 手法の導入。ソフトウェア・エンジニアリング手法の適用。
- (3) ハードウェアとソフトウェアの標準化。
- (4) ユーザ向き開発支援システムの整備と実用化。
- (5) 教育体制の整備。

以上のような点は、マイクロコンピュータ応用技術上の、大なり小なりボトルネックとなっている諸問題であって、CPUやメモリ・チップ集積技術上の発展もさることながら、広い意味での周辺機器技術、ソフトウェアの開発技術、それにユーザからみた応用製品開発のためのサポート・システムなどが、特に今後解決ないし発展が望まれる課題であるということになったわけである。

これらの課題は、考えてみればいずれも大きな課題であって、そう早急に解決策が見出せる類のものではない。従って、この一年の間に事情が根本的に変わったということもない。課題は今も課題として残されている。以上のような事情を踏まえて、本年度においては応用技術上の各課題をより深く掘り下げて分析し、その上に立って今後の展望を試みることにした。

課題をまずハードウェアに関するものとソフトウェアに関するものに大別し、

前者についてはワンチップ（シングルチップ）マイクロコンピュータ，汎用マイクロプロセッサの他に，周辺機器を特に取り上げた。周辺機器には多種多様なものが含まれるが，入出力機器，外部記憶装置，センサ，アクチュエータ及びインターフェースのそれぞれについて，ひとわりサーベイする形になっている。ソフトウェアについては，言語の多様化の問題，OSの開発動向と問題点，ソフトウェアの大規模化に対処するソフトウェア・エンジニアリングの可能性，特に設計仕様定義技術について考察している。

さらに，先にも述べた開発サポート・システムについて，ハードウェアとソフトウェアの両面から詳細に調査した。最後に，マイクロコンピュータの機能をエレメントからシステムまでの諸面にわたって考察・評価し，広い範囲にわたる応用製品の商品性について，インテリジェント化に対する技術的利点と製品の社会的効用の両面を合せ考えるべきことを指摘することになった。

応用の観点からみると，マイクロコンピュータはひとつの基礎的部品の技術であるという面をもっている。それは従来のいわゆるコンピュータのような，独立した計算用機器あるいは情報処理用機器という使われ方，いわゆるスタンド・アロンの使われ方は少ない。もちろん，パーソナル・コンピュータとしてオフィスや家庭の中にも進出しているし，そのような使われ方も従来の目からみれば，かなりユニークな面をもっていることは否めない。しかし，使途の本命は他の産業用機器あるいは家電機器の中に入り込んで，それらの機能向上，特にインテリジェント化の為に果たす役割の方にある。

このインテリジェント化という性格は，部品技術としては従来になかったまったく独特のものというべきであろう。手足としての部品ではなくて頭脳あるいは神経系統としての部品だからである。つまり，部品とはいっても機能の中枢を支配するのであるから，機器本体の特性を決めてしまうことになる。言い換えれば中枢機能部品であり，それ故にシステム機能部品である。このように，部品のレベルにありながらシステムのレベルを支配するものという二面性を顕著にもったツールであることを，まずはっきりと認識しておくべきである。

こういった認識がないと、いろいろなところで話が混乱する恐れがある。たとえば、モジュール化、標準化という話がある。部品技術である以上、モジュール化や標準化はユーザ側からみて当然の希望であり要求である。しかし、前述のようにそれはシステムの機能を支配する力をもっているとすれば、簡単に標準化はできないであろう。むしろ、たとえば汎用のチップを使用したのでは機能の特徴を発揮することができず、特に量産品的なものでは、独特の設計をしたチップを作る方がより好まれるようになる。現在既にそういった傾向もはつきりと現れてきている。

だから、将来とも、ネジのような性格の標準化とはまた別の進み方をする可能性の方が大きいであろう。たとえば、汎用部品のチップとカスタムのチップの二つの流れに分流することも考えられる。そして新製品への応用の初期の、試作的な段階では汎用部品のチップを使い、商品として軌道に乗る段階になれば、独自の設計をしたカスタム・チップに移行するのではないか。あるいは、教育・訓練用やアマチュア向きに汎用部品が使われ、産業用はカスタムが主流を占めるという見方もできよう。そしてさらにある時期を経過した後には、用途別のカスタムかまた一種の標準化の段階に達することもあるだろう。つまり、標準化とカスタム化は一方向の流れのみが存在するのではなくて、絶えず交わり合い、重なり合って段階的に移行し、発展していくのではないだろうか。

少し勝手な私見を述べたが、こういった問題の捉え方、意識の仕方が必要であることは間違いないと考えている。本報告書は、前にも述べたように、各課題ごとに応用の現状を分析しまたレビューして、特に問題点のありかを探り将来発展の展望を行っている。そして特殊な応用分野に偏らず、また抽象論を避けて具体的な事例やデータを数多く引用して、マイクロコンピュータ・ユーザの指針となることを心がけて書かれている。しかし、本報告書は単なるテクニカル・ガイドではない。むしろ、何に、何を、何故、どうして応用するのか、応用開発上の基本的な考え方（フィロソフィ）をどう設定するのか、その辺のことに役立つ内容を含んでいるはずである。

全委員による5回の共同討議を経て、各章は最も深い専門的知識をもっている委員によって分担執筆された。従って、共通の認識の他に、各著者独自の見方もまた含まれていよう。特に展望に関しては、確然としたことは純客観的には述べ難い。読者側からの異論も多々出てくることであろうが、本報告書がそのような活発な議論を呼び起こすきっかけになれば、まことに幸甚というべきであろう。

なお、最後にトピックスとして、最近の特徴ある、そして将来の方向を示唆する課題をいくつか掲げた。新鮮な話題として参考になる点が多いであろう。

用語はなるべく統一するよう心がけたが、部分的には多少の不統一があることはお許し頂きたい。そしてマイクロコンピュータはすべて“マイコン”と略称することにしたが、その他の用語については勝手な略語を使うことを努めて避けたつもりである。

第1章 ワンチップマイクロコンピュータ

第1章 ワンチップマイクロコンピュータ

1.1 ワンチップマイクロコンピュータ応用上の特徴

1.1.1 ワンチップマイクロコンピュータの現状

民生機器や事務機器・玩具などの量産品の制御が電子化するに伴いカスタムLSIの採用が一般化してきた。しかし、カスタムLSIの開発には人手と期間が、したがって開発費用が多くかかり、これに対処するためワンチップマイコンの利用が一般化している。図1-1は(社)日本電子工業振興協会のアンケート結果であるが、民生・家電分野でのマイコンの導入が急速に進んでいることを示している。⁽⁹⁾ また、我が国のマイコンの昭和54年の生産は1530万個で、図1-2に見るように9割近くが4ビットマイコンで占められている。4ビットマイコンはほとんどがワンチップ型であるから、我が国では数量、金額とも4ビットワンチップマイコンが主流である。図1-3は4ビットマイコンの生産高が毎年倍増の伸びであることを示している。

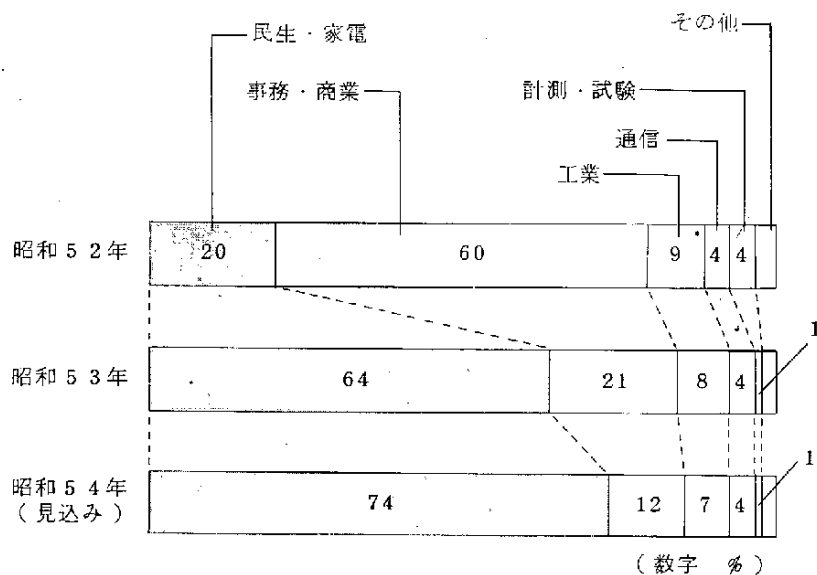
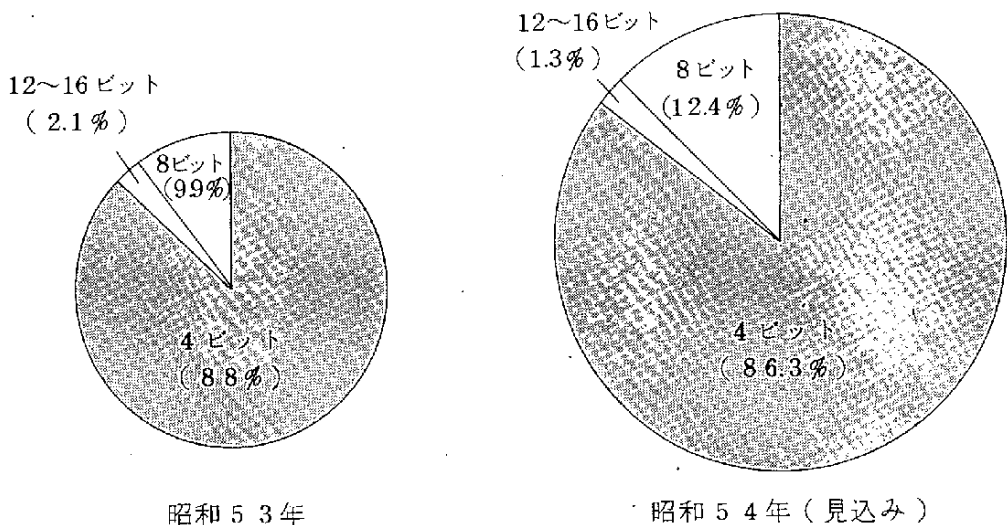


図1-1 応用分野別マイクロコンピュータ出荷台数比率の推移⁽⁹⁾



円の大きさ比は数量の比を表現している

図 1-2 処理語長別マイクロコンピュータ生産数量構成比 (国内)⁽⁹⁾

1.1.2 構造上の特徴

ワンチップマイコンは当然ながら、1 個の L S I チップ上にマイコンの殆んどすべての機能を集積しているため、図 1-4 に示す基本構成を持っており、集積度の制約から次のような特徴あるアーキテクチャを持っている。^{(1),(2)}

(1) メモリがプログラム格納用 R O M とデータ格納用 R A M に分離されており、アドレッシングの仕方が異なる。

(2) R O M のアドレスはページ構成を持っている。

(3) R A M は直接アドレス指定がで

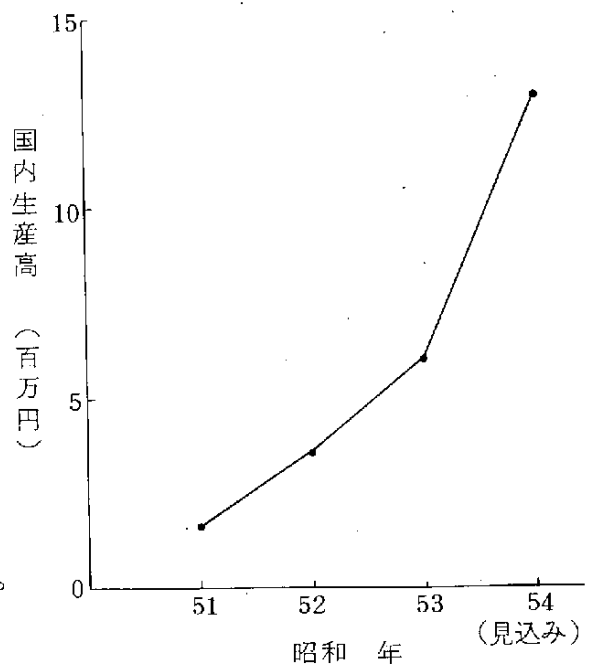


図 1-3 4ビットマイクロコンピュータ生産高推移⁽⁹⁾ (国内)

きる領域もあるがアドレスレジスタによる間接アドレス指定を基本としている。

(4) メモリサイズは小さく、ROMは4 Kバイト、RAMは128バイトまでである。

(5) 内部レジスタの数は少なく、アキュムレータ、RAMアドレスレジスタなどが多目的に使用される。

(6) サブルーチンスタックの段数は少ない。

(7) 割り込み機能が貧弱で、無いものも多い。

(8) 入出力端子が多種多数用意されており、端子機能の多重化がなされている場合がある。

(9) 出力データの加工にPLAが内蔵されており、プログラムマスクでユーザの指定通り設定できるものもある。

(10) 内部バスのビット幅と処理データのビット幅に不整合が見られる。

(11) 1バイト命令が主体で、演算指向の命令セットを有するものと制御指向の命令セットを持つものとに分類される。

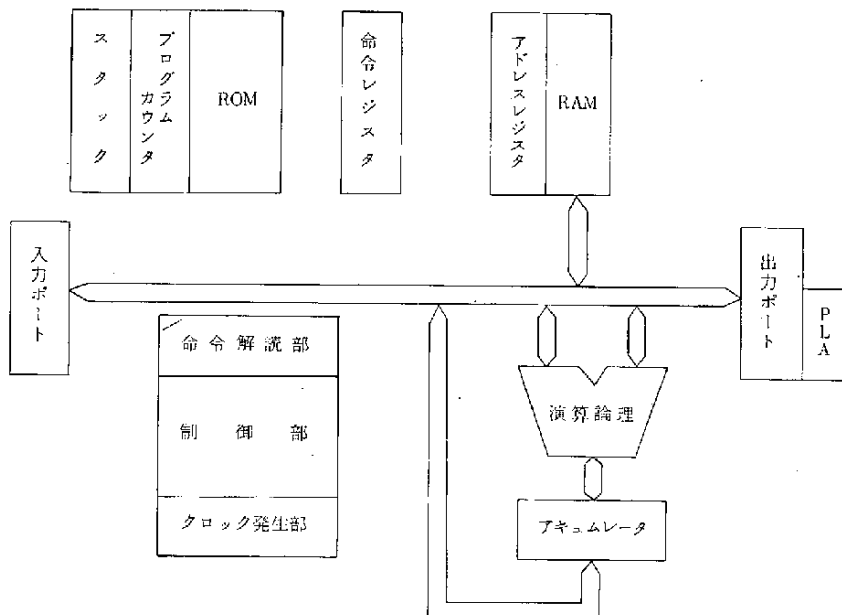


図 1-4 ワンチップマイクロコンピュータの基本構成⁽¹⁾

(12) R A Mのビット処理命令が用意されることが多い。

(13) カウンタ，タイマ，A / Dコンバータなどを組み込んだものがある。

以上のような特徴からR O Mサイズや付加機能の有無などの組み合わせでワンチップマイコンは表 1 - 1 に示すように，極めて種類が多く，応用上最適の選択が可能のようにシリーズ化されている。またプログラムがマスクR O MによつてL S I製造過程で焼き込まれるため，R O M外付けタイプのエバリュエータチップが用意されている。

表 1 - 1 ワンチップマイクロコンピュータ

	4 bit	8 bit	16 bit
TI	TMS1000 -1200 -1300	Intel 8048/8748	TI 9940
NS	MM 5781/82	8021	
Rockwell	PPS-4/1	Mostek 3870	
AMI	S 2000	Motorola 6700	
松下	MN1400/02/03/04/05	Zilog Z-8	
	MN1430/35, MN1450/55	東 芝 T3444	
	MN1542/44/62/64	日 電 μ COM87	
日 電	μ COM-43/44/47		
シャープ	SM-1/2/3/4/200		
東 芝	TLCS-41		
富士通	MB8841/2		
三 菱	M58840		
日 立	HMCS-45		

1.1.3 応用上の特徴

ワンチップマイコンはそのプログラムがチップ上のマスクR O MにL S Iの

製造工程で書き込まれるため、プログラムの改変はできないので一種のカスタム L S I と考えられる。このためワンチップマイコンの応用製品は一般に大量生産されプログラムは金型と考えられる。また応用製品の使用者はプログラムそのものとは直接関係しない。したがって、プログラム上のバグは製品そのもののハードウェア上の不良と等価であり、プログラムそのものはハードウェアと考えられる。

以上のことからワンチップマイコンの応用上、次の様な特徴がある。

- (1) プログラムサイズは一般に 1 ～ 2 K バイト，多くとも 4 K バイトである。
- (2) 機械制御を目的として利用され，タイミング管理のためのプログラムが必要である。
- (3) 応用製品が大量に生産されるからプログラムの開発コストは製品価格に比して僅少である。
- (4) ワンチップマイコンのチップコストが製品価格に直接関係する。
- (5) センサ，アクチュエータ，インタフェースなどのコストがマイコンのコストに比して大である。
- (6) プログラム開発期間の短縮が製品の開発競争上重要である。
- (7) 細部における一部分の仕様変更がプログラム全体におよぶことが多い。
- (8) J O B 間の切換えが頻繁であるため命令実行速度に過度な要求があることがある。

これらのためプログラム開発に B A S I C や F O R T R A N などの高位言語が使用されることはなく，一般にアセンブリ言語や機械語が使用される。

1.2 ソフトウェア開発上の課題

1.2.1 応用機器の開発手順

汎用のマイコン応用システムを開発する場合は，標準サブプログラムや汎用ルーチンをあらかじめ用意し，応用システムごとにこれらを利用してトータルプログラムを作成する手法が採用されるが，ワンチップマイコンの場合

は、命令メモリの領域が小さいことや制御が応用システムのハードウェアに直接関係することなどから、このような手法は採れず、応用製品ごとにプログラムが作成される。したがって、図 1-5 に示すような応用製品の開発手順となるが、プログラムの設計に先行して、応用製品の仕様やハードウェアの構成・性格に対する考慮が重要である。以下、開発手順について説明する。

(1) 全体設計

製品企画ができると、その製品に要求される機能や構成に対して入出力の方法、形式、信号の性質、センサやアクチュエータの特性、制御手順や動作手順などに対して概略仕様を設定する。この概略仕様に基づいて、全体の既略設計を行いマイコンの採用の可否について、将来の商品展開、保守、信頼性、開発期間、製造などを含めて、十分な検討を加える。

採用すべきマイコンが決まれば、入出力ポートの割り当てを行い入出力を確定する。続いてデータメモリをデータ領域、待避領域、フラッグ領域などに定め、データメモリの割り付けを確定する。ワンチップマイコンではメモリ領域のすべてが必ずしも対等でなく、フラッグに適した領域、データの一時的待避に適した領域、メモリアドレスレジスタとの関係で入出力に関連し易い領域などが命令セットやアーキテクチャから定まるのでうまく配置することが重要である。なお開発ツールなどの関係で必ずしも最適のチップ選択が自由に出来るのではなく、一つのシリーズチップの内から選択せざるを得ないことも多い。

(2) プログラムの作成

入出力ポートの割り当てとデータメモリの割り付けが定まると、製品の詳細仕様にしたがって、製品の機能や動作、操作手順などによってフローチャート（流れ図）を作る。いきなり製品のすべての動作を詳細に示すと全体的な流れが把握できなくなることがあるので、総合的な動作が仕様通りであることが確認できる程度の概略的なゼネラルフローチャートを作成する。続いて各々機能ブロックごとに詳細な流れ図を作り、製品の機能が詳細仕様に準拠していることを確認する。この確認が十分でないと後のデバッグに無駄な時間を費すこと

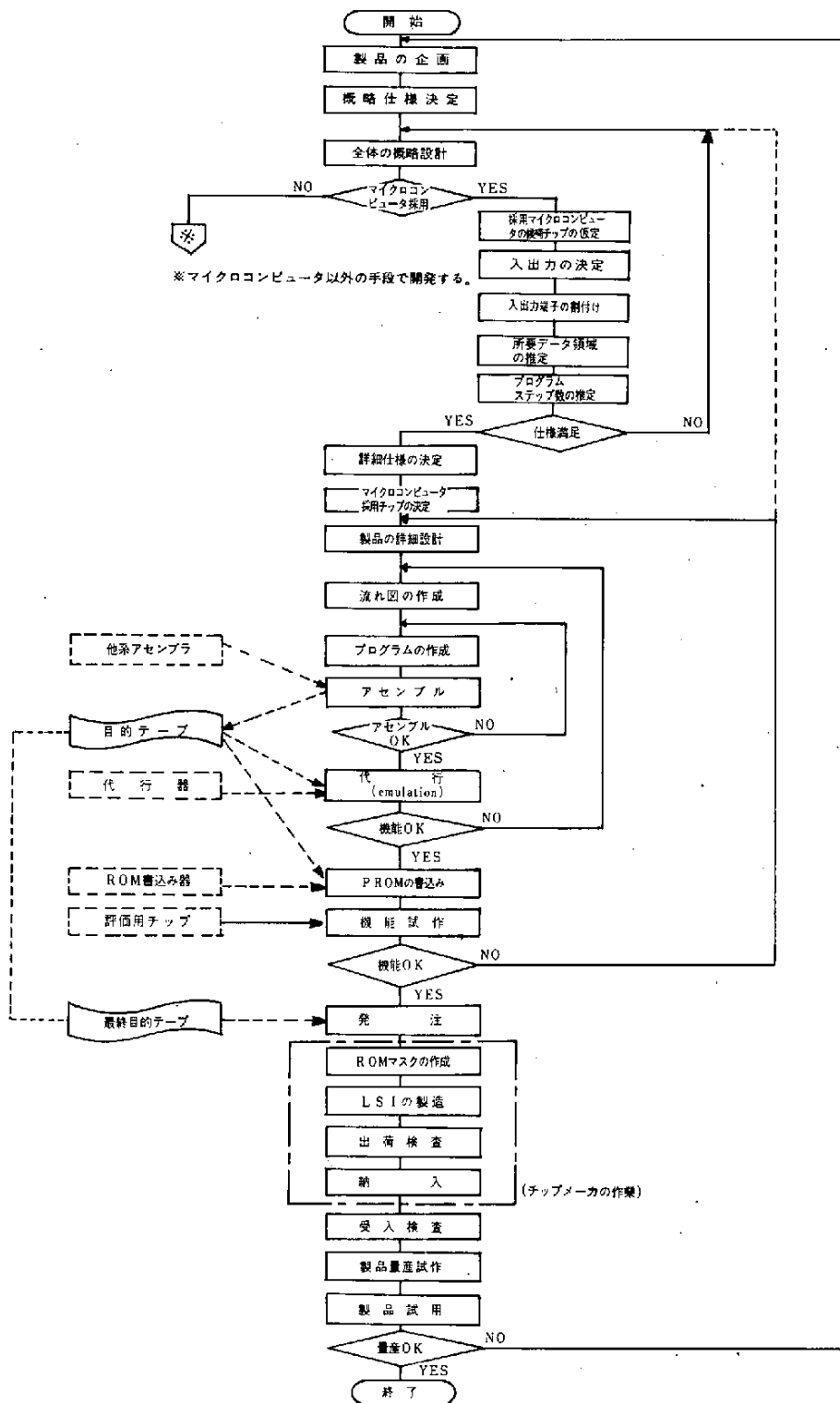


図1-5 ワンチップマイクロコンピュータ応用製品開発手順⁽²⁾

にある。この流れ図によって、サブルーチン化すべきルーチンや結合可能なルーチンなどを抽出し、命令メモリの割り当てを実施してプログラムの設計を終える。

詳細流れ図にしたがってプログラムを書き下ろし、机上デバッグを十分に行ったのちソースプログラムテープを作り、これをクロスアセンブラを利用して機械語にアSEMBルする。クロスアセンブラは文法上の誤りがあれば表示するからこれを修正してオブジェクトテープを作る。

(3) 機能確認 — デバッグ

先に得たオブジェクトテープをエミュレータやシミュレータで実行し、製品の詳細仕様通りに動作しているかどうかを検討し、一般にバグ（虫）と呼ばれる不備な部分を修正しプログラムを完全なものにする。このことをデバッグ（虫取り）という。

デバッグが終り、プログラム全体が完全に仕様通りであることを確認すれば、ここで得られたプログラムによってPROMを作る。ワンチップマイコンにはROM外付けの評価用チップ（エバリュエータ）が用意されているから、このチップとPROMとを組み合わせ、入出力ポートに必要な入出力を接続し、ソフトウェアのみならずハードウェアを含めてシステム全体が完全に仕様準拠していることを確認すれば機能試作品が完成する。この機能試作品によって、利用者からみた操作性や機能の確認、製造・保守の面からの検討を加え、商品として問題のないことを確認する。

企画台数・製造計画・販売計画などを検討してマイコンメーカーに発注することになる。メーカーからエンジニアリングサンプル（ESチップ）を入手すれば、これによって量産の可否を決定して開発完了となる。

1.2.2 開発サポートシステム

ワンチップマイコンを応用した製品の開発に必要なサポートツールは、ソースプログラムの編集、アSEMBル、オブジェクトプログラムの出力などの機能

を有するプログラム開発サポートツール，製品の動作をシミュレートまたはエミュレートするシミュレータ，製品の機能確認のためのデバッガ，PROMを作るためのPROMライターなどがあり，製品の機能モデルを構成するために，評価用チップがある。ここではその代表的なツールについて述べる。

(1) クロスセンブラ

サイズの小さいプログラムは直接機械語で書くことも可能であるが，一般に，プログラム開発期間の圧縮，プログラムの信頼性やドキュメントの一般化などの点で，ニモニックコードで記されたソースプログラムを機械語に変換するアセンブラが必要である。またコンパイラで生成される機械語は冗長が多く，しかも，時間管理が困難であるためワンチップマイコンのプログラム開発には馴染まない。メモリサイズの限られたワンチップマイコンではセルフアセンブラは現実的ではないので，ミニコンピュータや大型コンピュータによるクロスアセンブラが利用される。

クロスアセンブラは，ソースプログラムを機械語に変換するだけでなく，プログラムリストの印刷やオブジェクトプログラムの出力などが可能である。プログラムのハンドリングは一般に紙テープが利用されることが多いが，特にオブジェクトテープは，シミュレータやPROMライターに共通であることが必要で，さらには，ワンチップマイコンのメーカーに対し，プログラムマスクの作成に直接利用できるフォーマットであることが望ましい。日本電信電話公社では表1-2に示すマイコンのクロスアセンブラがDEMOS-EによってTSSターミナルで利用できるサービスを提供している。⁽¹⁰⁾

(2) デバッガ

ミニコンピュータや汎用マイコンによってワンチップマイコンと等価な機能を有するシミュレータやエミュレータが用意される。これを利用すればオブジェクトプログラムを実行して，製品の機能確認や不都合の修正などのデバッグが可能であるが，一般に対象とするワンチップマイコンと同一の時間で動作するものではないので，製品の実時間動作を確認することは難しい。このため，

表 1-2 DEMOS-Eによるプログラム開発サポート⁽¹⁰⁾

順番	MASP定義 ファイル名	マイクロプロ セッサ名称	メーカ	備考
1	¥A01	μCOM4	日電	ナショナルセミコンダクタ社にセカンドソース有り
2	¥A02	μCOM41	日電	
3	¥A03	HMCS-4 4004	日立 インテル	
4	¥A04	4040	インテル	
5	¥A05	PPS 4	ロックウェル, シャープ	
6	¥A06	MN 1400 シリーズ	松下	モステック社にセカンド ソース有り
7	¥A07	TLCS-41	東芝	
8	¥A08	SM4	シャープ	
9	¥B01	MB 8816 μCOM8 μCOM80	富士通 日電 日電	
10	¥B02	M-58710 S MSM 3901 8080 8080 A TMS 8080 Am 9080A	三菱 沖 インテル インテル TI AMD	
11	¥B03	F-8	フェアチャイルド	
12	¥B04	8008 HMCS-6800	インテル 日立	
13	¥B05	M6800 S6800	モトローラ AMI	
14	¥B06	SC/MP	ナショナルセミコン ダクタ	
15	¥B07	COSMAC (CDP1801)	RCA	
16	¥B08	COSMAC (CDP1802)	RCA	
17	¥B09	PPS-S	ロックウェル, シャープ	
18	¥B10	Z-80	ザイログ, モステッ ク, シャープ	
19	¥B11	8085	インテル	
20	¥B12	8048	インテル	
21	¥C01	TLCS-12	東芝	16ビット用 10ビット用
22	¥C02	TLCS-12A	東芝	
23	¥C03	IM6100	インターシル	
24	¥D01	μCOM16	日電	
25	¥D02	PFL-16A	パナファコム, 松下	
26	¥D03	LSI-11	DEC	
27	¥D04	CP-1600	GI	
28	¥D05	CP-1600	GI	
29	¥D06	PACE	ナショナルセミコン ダクタ	
30	¥D07	TMS 9900	TI	
31	¥D08	8086	インテル	
32	¥D09	μCOM1600	日電	

評価用チップを利用したり，等価なハードウェアによってワンチップマイコンと時間的にも等価な動作を行うデバッガが用意されている場合がある。図1-6はこの一例⁽²⁾であり次の機能を持っている。

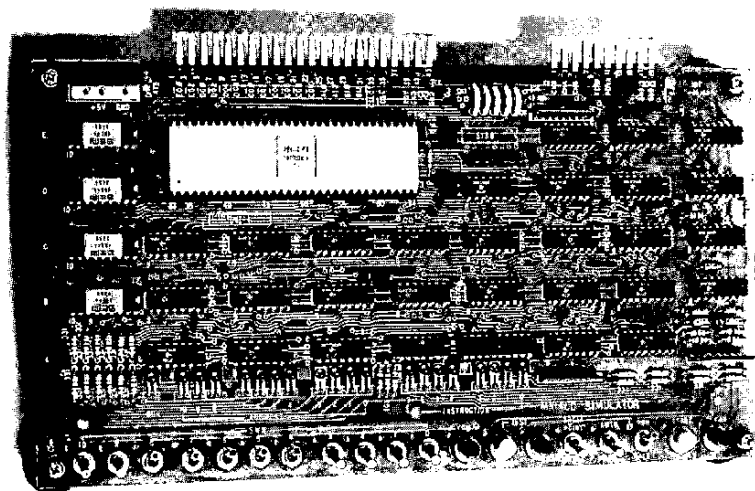


図1-6 MIN 1400シリーズ用
デバッグツール HS1400

① 紙テープリーダーが直結でき，クロスアセンブラの出力テープによってオブジェクトプログラムがロードできる。

② スイッチの操作によって命令メモリの任意の番地に任意のデータが書き込め，プログラムの修正ができる。

③ スイッチの操作によって命令メモリの任意の番地の内容を読み出すことができる。

④ プログラムの実時間実行が可能である。

⑤ 命令のシングルステップ実行が可能である。

⑥ プログラムを実時間で実行し，あらかじめ設定した番地で実行を中断

するブレイクポイント機能を持つ。

⑦ 入出力ポートの状態，内部フラッグ，内部レジスタの内容，実行番地，実行命令などを表示する。

⑧ 紙テープパンチャが直結でき，オブジェクトテープと同一のフォーマットで命令メモリの内容を出力できる。つまり，アップデートが可能である。

⑨ スイッチ操作で，任意番地のデータメモリが読み書きできる。

(3) 開発サポートシステム

各種のサポートが可能な総合サポートシステムが用意されることがある。図1-7はその一例の構成図で16ビットマイコンPFL-16Aを使用した4ビットワンチップマイコンMN1400シリーズの開発サポートシステム「Lサポート1400」である⁽¹¹⁾。これは次の4機能を総合したものである。

① MN1400シリーズのクロスアセンブルと紙テープによるオブジェクトプログラムの出力

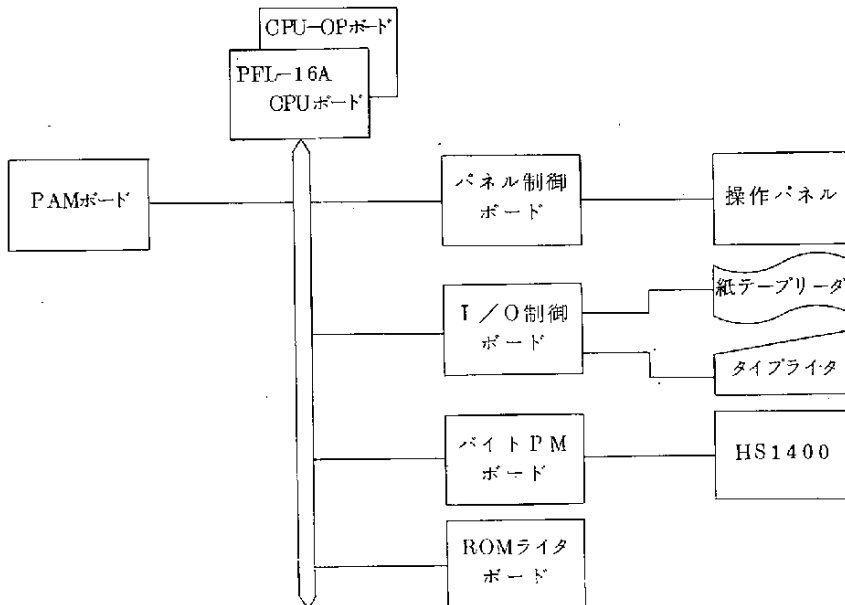


図1-7 PFL-16AによるMN1400シリーズ用
開発サポートシステム (Lサポート1400)⁽¹¹⁾

② オブジェクトプログラムの編集と等価ハードウェアHS1400への
プログラムロード

③ ソースプログラムの編集

④ PROMの書き込み

1.3 応用上の課題

1.3.1 チップの受入検査

ワンチップマイコンはプログラムが内蔵されており、入出力は応用システム
専用に割り当てられているため、ユーザ側でチップの受入検査のための動作確認
は簡単ではない。チップメーカは出荷検査として、内蔵命令ROMの読み出し
確認を行い、チップ内の各ハードウェアブロックの動作確認のため外部から命
令を挿入（ジャミング）して実行させることを実施している。しかし、このた
めの手順や方法はユーザのソフトウェア保護のため公表されない。例えばROM
の読み出し方法を知れば、他社の応用製品を購入分析することによって、ソ
フトウェアが完全に了解可能となるからである。

ユーザ側では受入検査または動作試験のため次の様な方法が一般に取られる。

(1) 実装試験

応用製品そのものまたは等価モデルに納入されたワンチップマイコンを実装
して、製品を動作させてチップの機能を確認する方法である。この方法は検査
のために特別の装置を必要としないが、実際に動作させるため全ての機能を確認
するために長時間を要する場合がある。特にタイマなどが含まれていると動作
確認に極めて長時間を必要とする。また、全ての機能を確認し尽すことは困
難である。

(2) 比較試験

機能が確認されたチップまたはエミュレータと納入されたチップとの動作
を比較し、一致することで良品とする方法である。一般に入力に種々の条件を
与え、その時の出力状態を電氣的に比較する方法が採られる。比較試験装置は

この入力条件がプログラム可能になっていてワンチップマイコンのプログラムに対し汎用性を持つようになっている。検査時間は特に遅延出力（タイマなど内部で入力条件に対して出力が対応するまで時間を要する出力）に対し、長く必要となり、入力条件が多いとその組み合わせパターン数が膨大となり検査時間が極めて大きくなる。

(3) 自己診断

マイコンチップの機能を確認するための診断プログラムをあらかじめユーザプログラムの一部として組み込んでおき、通常の応用では発生しない入力パターンによってこのテストルーチンへの分岐スイッチとする方法で診断結果は特定の出力ポートに良否情報として出力するものである。プログラムROMのサイズが小さいワンチップマイコンでは完全な自己診断プログラムを内蔵することは不可能といえるので、この方法は特に重要な機能のみの試験に限定される。

(4) 専用試験装置

自己診断プログラムを内蔵させるのではなく、外部に専用の試験装置を用意し、チップ内にはこの試験装置とリンクするのに必要なプログラムを内蔵するに留め、専用試験装置によってチップの動作の良否を判定する方法である。試験装置は、エバリュエータチップまたは上位の汎用マイコンによって構成され、被検査チップの内部状態やプログラムの進行などを確認する。特に内部遅延のあるプログラムチェックに有効で短時間でチップ試験が実施できる。試験装置は応用システムと同時に同じ思想で設計、開発される必要がある。検査結果の出力は良否の判定のみで十分である。

1.3.2 信頼性試験

製品の品質を保証するため、量産プロセスによるサンプルチップCS (Commercial Sample) が、チップメーカーから量産納入に先立って提供された時、次の様な試験を実施して事前に問題の無いことを確認することが必要である。またCSのみならず納入ロットから抜き取りで幾つかの試験を実施することもある。

る。

(1) 耐熱試験

高温や低温にさらしたり、極度の高低温の繰り返し変化などに対する耐性を確認する試験で、寒冷地での間欠的な機器の使用や輸送・保存中に起こる環境への耐性を確認することができる。これらの試験で生ずる動作特性の永久変化や機械的破損は、寸法などの物理的変化の結果生ずる材料の破れ・はく離・ガタ・封止部分の開口や分離生成物や分解ガスによるアルミ配線の腐食断線や電気特性劣化などに起因する。

試験の種類としては、熱衝撃試験・温度サイクル試験・高温保存試験・低温保存試験・熱疲労試験・半田耐熱性試験などがある。

(2) 耐湿試験

熱帯性環境の高温多湿の条件下での耐性を評価するものである。この環境下での劣化は水蒸気の吸収が絶縁不良を起こしたり、金属等の腐食を起こすことに起因する。この試験は封止材料の影響をも含めた内部半導体素子の劣化の評価と外部リード線などのサビによる電氣的・物理的特性の劣化の評価とに分かれる。

試験の種類としてはTHB（高温多湿バイアス）試験、高温多湿保存試験、プレッシャ・クッカ試験、耐湿性試験、煮沸試験、気密性試験（グロスリーク試験・微少リーク試験）などがある。

(3) 耐久性試験

高温・熱サイクル・多湿など種々の環境の中で、連続負荷、断続負荷、逆バイアスなどの動作条件を与えて長期に動作させた時の電氣的・機械的特性の変化を評価する試験である。一般に試験時間を短縮するため加速試験が実施される。

高温連続動作試験、熱疲労試験、高温連続逆バイアス試験などがある。

(4) 半田試験

半田付け性試験と半田耐熱試験があつて、前者は、半田付け作業での端子へ

の半田の付き易さを評価する試験であり、後者は半田付けの際に受ける熱の影響に対する耐性の評価が目的である。

(5) 機械環境試験

チップの取り扱い、輸送中や使用中に加えられる機械的な力による物理的破損に対する耐性の評価であり、落下試験、端子強度試験、振動試験、加速度試験などがなされる。

(6) 限界試験

供試品の破壊限界を求める試験であり、静電破壊試験、燃焼性試験、順方向破壊試験、逆方向破壊試験、高温実動作限界試験などがある。

1.3.3 周辺回路

ワンチップマイコンが極めて安価であり、しかも機能が制限されているため周辺に付加する回路の比重が極めて重大なものとなる。したがってマイコンに対する負担の軽減、周辺回路 L S I の汎用化、システム構成の簡素化等に留意し周辺回路が用意される必要がある。以下は 4 ビットワンチップマイコン MN 1 4 0 0 シリーズのために用意された、MN 1 2 0 0 シリーズについて述べる。⁽⁷⁾表 1-5 に一覧される様に各種用意されている。特にマイコンの入出力ポートを有効に利用するため信号線の機能を複合化している。

ワンチップマイコンは入出力ポートを内蔵しているが、パッケージのピン数の関係で端子数に制約がある。このような制約を補うのが入出力拡張 L S I である。

応用の展開に伴って、アナログ信号の入出力が必要となって A/D 変換や D/A 変換などが要求される。MN 1 2 0 0 シリーズの D/A 変換の基本構成はプリセットブルカウンタによって出力パルスのデューティ比を制御し、デジタル量をデューティ比としてアナログ表現するもので、抵抗器とコンデンサによる積分回路でアナログレベル信号が簡単に得られる。

表示用 L S I はセグメント型数字表示のための L E D ドライバや T V スクリ

表 1-3 半導体デバイスの環境試験方法比較表 1

試験項目	試験条件	備考	試験条件	備考
はんだ耐熱性	JIS C 7021 A-1 条件A T=260±5℃, t=10±1秒 本体より1~1.5mmまで1回浸せき 後処理: 2h以上 常温放置	・フラックスの使用有無規定なし ・はんだ: JIS Z 3282のH63A又は同等品 ・被熱物又は溶へい物の使用の際は別に規定 ・大・中電流SCR及びTRIACは必要ある場合のみ実施	Pub 68-2-20A, Test T 方法1A T=260±5℃, t=10±1秒 本体より2~25mmまで浸せき 方法1B T=350±10℃, t=35±05秒 他は方法1Aに同じ 後処理: 30分, 又は熱平衡に達するまで放置	・フラックス使用 ・ロジン2.5重量%+インプ ロピルアルコール7.5重量 %の溶液 ・熱溶へい板使用 ・試験端子が通る程度の穴を あけた厚さ 15±0.5mm かつもの
熱的 温度サイクル	JIS C 7021 A-4  T=Tsig min~ Tsig max 保持時間 t1 及び 移行時間 t2 はデ バイスの質量による サイクル数: 5サイクル 低温側よりスタート t2 時の終温度: 5~35℃ 後処理: 2h以上 常温放置	直 径 t1 t2 ≤15φ 30分 ≤ 2~5分 15~15φ 30分 ≤ 5~15分 15~15φ 30分 ≤ 15~30分 150φ 60分 ≤ 30~60分 1.5kg > 別に規定	Pub 68-2-14, Test N Na: 急速温度変化2そう法 T=Tsig min~ Tsig max 低温側よりスタート サイクル数: 5サイクル 保持時間 t1=30分又は3時間 移行時間 t2=2~3分以内 Nb: 温度変化1そう法  T=Tsig min~ Tsig max 低温側よりスタート サイクル数: 2サイクル 保持時間 t1=別に規定 温度の上昇又は下降は5分以内の平均値が1.35℃/分以下であること Nc: 急速温度変化2水そう法 T=0℃~100±10℃ はせき及び移行時間 5分~10分~5分 又は 15分~3分~15分を1サイクル サイクル数: 10サイクル	・高温側の壁は熱的な黒に 近く, 放射率0.70以上の こと ・供試品の近傍の風速2m/s 以上になるようにその内の 空気を循環 (以上, 方法Na, Nb の場 合) ・方法Ncはハーメチック11 止品及び類似の供試品に 適用される (方法Na, Nb, Nc同じ) ・供試品が温度平衡に達する に十分な時間放置する。
熱 衝撃	JIS C 7021 A-3 方法1 100±0.5℃ 0±0.5℃ 1サイクル サイクル数: 5サイクル 後処理: 2h以上 常温放置 方法2 高温及び低温浸せき5分以上 移行時間: 10秒以内, 他1と同じ	・使用する液体は真水又は 水道水 ・小信号ダイオード(JIS C 7221)は方法1, その 他のデバイスは方法2適 用, ただし定電圧ダイオ ード(JIS C 7223) は別に規定 ・大・中電流SCR及び TRIACは適用せず	Pub 68-2-4, Test Da  65±2℃ 25±2℃ 65±2℃ 25±2℃ 24h (1サイクル) 16h サイクル数: 6サイクル 後処理: 2h以上 常温放置	55±2℃ 25±10℃ 24h (1サイクル) 16h サイクル数: 6サイクル 後処理: 1h~2h 放置
熱 温度サイクル	JIS C 7021 A-5 65±2℃ 25±2℃ 65±2℃ 25±2℃ 24h (1サイクル) 16h サイクル数: 6サイクル 後処理: 2h以上 常温放置	・方法1, 2の指定なし ・船舶サイクルの扱い説明 なし ・特殊水準にのみ適用	Pub 68-2-4, Test Da  65±2℃ 25±2℃ 65±2℃ 25±2℃ 24h (1サイクル) 16h サイクル数: 6サイクル 後処理: 2h以上 常温放置	55±2℃ 25±10℃ 24h (1サイクル) 16h サイクル数: 6サイクル 後処理: 1h~2h 放置
試験順序	はんだ耐熱性→温度サイクル→熱衝撃→温度サイクル	はんだ耐熱性(単独) 温度サイクル→温度サイクル(又は気密性)	はんだ耐熱性(単独) 温度サイクル→温度サイクル(又は気密性)	はんだ耐熱性(単独) 温度サイクル→温度サイクル(又は気密性)
振 動 (同定振動)	JIS C 7021 A-10 条件D 周波数範囲: 100~2000Hz 加速度: 196m/s² (20G) 周波数の割合: 100~2000~100 →3分4分→ 試験時間: 4分8分 振動の方向: X, Y, Z方向等分に行う	・中空でないプラスチック パッケージの場合は適用 しない ・定電圧ダイオード, 大・ 中電流SCR及びTRIAC の場合は別に規定の条 件による	Pub 68-2-6 Test Fe 振動数範囲, 振動振幅, 振動時間など別 別に規定 ☆部品用としてふさわしい感さ(付録Cによる)	Pub 68-2-6 Test Fe 振動数範囲, 振動振幅, 振動時間など別 別に規定 ☆部品用としてふさわしい感さ(付録Cによる)
振 動 (同定振動)	JIS C 7021 A-7 条件F 最高加速度: 14700m/s² (1500G) パルス幅: 0.5ms 方向: X1(X2), Y1, Y2, Z1(Z2) (内は説明規格により省略) 回数: 3回/1方向	・同上	Pub 68-2-27 Test Ea 最高加速度及びパルス幅 デバイス重量: 5g 1500G 0.5ms " 15g 100G 6ms 又は 500G 1ms 規定方向に5回/1方向	Pub 68-2-27 Test Ea 最高加速度及びパルス幅 デバイス重量: 5g 1500G 0.5ms " 15g 100G 6ms 又は 500G 1ms 規定方向に5回/1方向
振 動 (同定振動)	JIS C 7021 A-9 条件D 加速度: 196000m/s² (20000G) 方向: X1, X2, Y1, Y2, Z1, Z2 時間: 1分間/1方向	・同上, ただし特殊水準に のみ適用 ・大・中電流SCR及び TRIACは必要ある場合 のみ実施	Pub 68-2-7 Test Ga 加速度: 49m/s² (5G)~ 294000m/s² (30000G)の範囲の標準値より適因 方向: X1, X2, Y1, Y2, Z1, Z2 時間: 10分以上/1方向	Pub 68-2-7 Test Ga 加速度: 49m/s² (5G)~ 294000m/s² (30000G)の範囲の標準値より適因 方向: X1, X2, Y1, Y2, Z1, Z2 時間: 10分以上/1方向
試験順序	振動→衝撃→定加速度	振動(又は定加速度)→衝撃	振動(又は定加速度)→衝撃	振動(又は定加速度)→衝撃

表 1-3 半導体デバイスの環境試験方法比較表 2

試験項目	JIS 個別ブランド仕様		IEC TC-47/PWG13	
	試験条件	備考	試験条件	備考
はんだ付け性	JIS C 7021 A-2 フラックス浸せき: 本体より 1.5mm まで 5~10 秒間 はんだ浸せき: T=230±5℃, t=5±1 秒 本体より 1~1.5mm まで 浸せき, 引上げ速度: 25±0.5mm/秒 Visual: フラックス除去後 10~20 倍に拡大	・フラックス: ロジン25 重量%+インゾプロピル アルコール溶液 ・はんだ JIS Z 3282, H03A 又は同等品 ・供試品は電気的特性不良 品でも可 ・大・中電流 SCR 及び TRIAC は必要ある場合 のみ実施	Pub. 68-2-20 Test T はんだそう法 *1 T=230±10℃ (又は 270±10℃) t=2±0.5 秒 本体より 6mm の点まで浸せき はんだそう法 *2 T=300~350℃, とてはんだを試 験端子に 1.0 秒間あてる 本体から 0.5mm 又は端子の半分まで はんだ付け *3 T=235±2℃ (数ピン温度) 試験後のまわりをはんだがおおうまでの 時間を測定	*1 はんだそうにロジン入 り 60/40 はんだ (1.6mm× 1.2mm) を加え, とけた直 後に浸せき *2 くて部の木さ 直徑 8mm 又は 3mm ロジン入 り 60/40 はんだ使用 *3 フラックス: ロジン25 重量%+インゾプロピル アルコール 7.5 重量% 極直徑に応じてはんだ球重 量を選ぶ
端子強度	JIS C 7021 A-11 引張り: 規定荷重で規定時間保持 おじり: 規定方法で 0°~360°~0°~350° 回転させ, これを 2 回として 3 回行なう 約 5 回/1 回 曲げ: 規定の荷重で 0°~90°~0°~90° ~0° の順で曲げもどす トルク: 規定のトルクを時計及び反時計 方向に 1~5 秒間加える	・適用する方法, 荷重等は 端子構造により個別に規 定する ・供試品は電気的特性不良 品でも可	Pub. 68-2-21 Test U Ua (Tensile): 規定荷重で 1.0 秒間 Ub (Bending): Test Ua で規定され た荷重の 1/2 をつるし, 0°~90°~0° を 1 回とする 同数は個別による Uc (Torsion): 規定の方法で 0°~360°~0° を 1 回とし交互に回転, 計 3 回 (5 秒/1 回転) Ud (Torque): 規定のトルクで締めつ け再びゆるめる。	・適用する方法, 荷重等は 個別に規定
気密性	個別ブランドでは規定なし	JIS C 7021 試験方法 A-6 試験方法, 条件は表 9, 気密性の項に同じ	Pub. 68-2-17 Test Q Test Qk: 質量分析計によるトレーサ・ガス法 ・ 10^{-6} ~ 10^{-11} bar・cm ³ /s の減少 リーク判定に適用 ・トレーサ・ガス: He, H ₂ , Ar その他 の希ガス, 又は N ₂ と関連気密に規定さ れたガスとの混合物 Test Qc: バルブテスト 方法 1 及び方法 2 あり 適用する方法, 使用媒体など, 個別に規定	・Test Qk に続いて Test Qc を行う ・漏洩サイクルと同一グル ープの試験で, 漏洩サイ クルに於いて行う
減圧		特に規定なし	Pub. 68-2-13 Test M 気圧, 温度, 処理時間など 個別に規定する	
高温保存試験	JIS C 7021 B-10 Tstg: Tstg max t: 1000h 後処理: 2h 以上 常温放置	・供試品が外等から直接放 射を受けないようにする	Pub. 68-2-2 Test Ba Tstg: 規定された温度 t: 1000h 後処理: 1~2h 放置	・Tstg の許容差 設定値 ±2℃
耐湿度性 (定常状態)	JIS C 7021 D-11 条件 A Ta: 40±2℃, RH: 90 ⁺⁵ ₋₁₀ % t: 1000h 後処理: 2h 以上 常温放置	・プラスチックパッケージ の場合のみ適用 ・特に規定のない場合 条件 A 他に 条件 B Ta: 50±3℃ RH: 90 ⁺⁵ ₋₁₀ % 条件 C Ta: 55±3℃ RH: 85 ⁺⁵ ₋₁₀ %	Pub. 68-2-3 Test Ca Ta: 40±2℃ RH: 93 ⁺² ₋₃ % t: 4, 10, 21, 56 日のうちから選ぶ 後処理: 1~2h 放置	・噴射式の霧を均いて温 度状態を得る場合, 霧は 500Ω・cm 以上の抵抗 力であること

表 1-4 半導体デバイスの連続動作試験時間、試験後の測定、故障の判定、過失により故障した場合の処置比較表

規格名		JIS (個別半導体デバイス)		IEC (Pub 147-4)	
項目	要求項目	要 求 事 項	備 考	要 求 事 項	備 考
連(耐久)作 試験時間又は試験回数(サイクル数)	試験方法 (通則)の規定	JIS C 5036 96±4, 240±8, 500±12 1000±12, 2000±12, 5000±24 10000±48 JIS C 7021 1000 JIS C 7030 1000+72 -24	・単位: h ・168 h及び 3000hの規定なし ・故障率試験の場合は JIS C 5003 に規定	2.2.1 168+16-10, 336+15-10, 672+20-30 1000+35-30, 2000, 5000 10000	・単位: h ・2000 h以上の公差系 規定なし
	信頼性保証 の 規 定	JIS 例別プランク仕様 ・保証: 1000 ・B群: 168又は500 ・C群: 1000 ・D群: 3000	・単位: h	TC47/PWG13 ・B群: 168 ・C群: 1000	・単位: h
	試験方法 (通則)の規定	JIS C 5037 500, 2000, 5000, 10000 以降 12.35×10 ³ , 最大10 ⁷ 許容: ±5% JIS C 7021 5000 (熱風ダイオード及びサイリスタ の断経過電)	・単位: 回又はサイクル ・JIS C 5037 は、 機械的試験し動作の規定 ・故障率試験の場合は JIS C 5003 に規定	2.2.2 12.5×10 ³ n=0又は正整数	・単位: 回又はサイクル ・許容差規定なし
試 験 後 の 測 定	試験終了から 測定までの時間	JIS C 7021 ・試験後2 h以上常温放置 JIS C 7030 ・試験後24 h (又は規定の時間) 常温放置	・最大規定なし ・JIS C 5036 では 室温(常温)との差1℃ 以内になるまで放置を 規定	2.3.1 ・試験後96 h以内	・最小規定なし
	測定時の状態 (温度、湿度)	JIS C 7021 ・標準状態: 15~35℃, 45~75% ・判定状態: 25±3℃, 50~70% JIS C 7030 ・標準状態: 5~35℃, 45~85% ・判定状態: 25±3℃, 70%以下 JIS C 7031 ・測定温度: 25±3℃ JIS C 7033, JIS C 7051 ・標準状態: JIS C 7030 に同じ ・判定状態: なし	・次の注の注脚参照 ・いずれも気圧は 860~1060 mbar	2.3.2 25±5℃	・湿度規定なし
	測定項目の順序	—	・JIS C 5700 JIS C 7210 必要あ れば個別規格による(検 査順序)	3.3の注 ・故障判定基準等の順序による	—
故 障	測定値の採取	—	特に規定なし	2.3.2 ・不良率試験: GO/NO-GO可 ・変化量(分布)試験: デバイスごとに選 別してデータを取	—
	故障デバイスの 鑑 定	—	JIS Z 8115 用語の 定義には「規定の機能を 失うこと」	2.4.1 ・故障判定基準を1項目以上超えたもの ・データ中に開放、短絡を総故障数の内 訳として明記する。 ・短絡とは規定の機能を失い、かつ、低 い擬似抵抗値を示すこと。この限界低 抵抗値をデータ中に示す。	—
	試験中の過失等により 故障した場合の処 置	—	JIS C 5003 (故障率試験では)規定 の試験以外の原因 (例えば、環境不良、 事故など)で生じた故障 は故障数の中に含めては ならない。	3.5 ・試験中の過失(例えば試験装置、測定 機の事故及び作業者の過失)により故 障した場合はデータ中に原因の説明を 付けて記録する。	—

ーンに16種の5×7ドット構成の文字パターンを5桁2行表示するためのもので、文字パターンはユーザプログラマブルである。

図1-8はMN1200シリーズのブロック図である。

表1-5 MN1200シリーズ⁽⁷⁾

機 能	品 名	電源電圧	プロセス	パッケージ	備 考
入出力拡張用 デュアル4ビット ラッチ	MN1201	+5V	CMOS	18ピンDIP	チップイネーブル、ラッチクリア付
	MN1201A	+5V	CMOS	16ピンDIP	
デュアル4ビット 入力マルチプレクサ	MN1202	+5V	CMOS	18ピンDIP	
D/A変換用	MN1204A	+5V	NMOS	22ピンDIP*	4チャンネルD/A、ディスクリート出力8本
	MN1204B	+5V	NMOS	18ピンDIP	2チャンネルD/A、ディスクリート出力6本
	MN1204C	+5V	NMOS	28ピンDIP	4チャンネルD/A、ディスクリート出力8本
	MN1204D	+5V	NMOS	18ピンDIP	1チャンネルD/A、ディスクリート出力8本
	MN1204E	+5V	NMOS	22ピンDIP	4チャンネルD/A、ディスクリート出力8本
表 示 用 LEDドライバ	MN1205A	+5V	CMOS	22ピンDIP*	4×8マトリックス交点表示、入力2進正論理
	MN1205D	+5V	CMOS	18ピンDIP	2桁7セグメント表示、入力BCD負論理
	MN1205E	+5V	CMOS	28ピンDIP	2桁7セグメント表示、入力BCD正論理
	MN1205F	+5V	CMOS	28ピンDIP	4×5マトリックス交点表示、入力2進正論理
	MN1205G	+5V	CMOS	28ピンDIP	2桁7セグメント表示、入力BCD負論理
	MN1205H	+5V	CMOS	28ピンDIP	1桁14セグメント表示、入力BCD正論理
	MN1205P	+5V	CMOS	28ピンDIP	2桁7セグメント表示、入力BCD負論理
	MN1205Q	+5V	CMOS	28ピンDIP	2桁7セグメント表示、入力BCD正論理
	MN1215P	+5V	NMOS	22ピンDIP	2桁7セグメント表示、入力BCD負論理
	MN1215Q	+5V	NMOS	22ピンDIP	2桁7セグメント表示、入力BCD正論理
CRTインタフェース	MN1207	+5V	NMOS	18ピンDIP	5文字×2行
	MN1217	+5V	NMOS	18ピンDIP	5文字×2行、陰影付
時 計 用	MN1206A	+5V	CMOS	18ピンDIP	水晶発振4.19MHz、外部クロック240kHz
	MN1206B	+5V	CMOS	18ピンDIP	水晶発振32.768MHz、外部クロック360kHz
メ モ リ CMOS RAM	MN1203	+5V	CMOS	16ピンDIP	256ビット、スタティック スタンバイ時2.5V-10μAmax
EAPROM	MN1208	-33V-10V	MNOS	18ピンDIP	256ビット+12ビット
	MN1209	-33V	MNOS	18ピンDIP	128ビット
	MN1210	-33V	MNOS	18ピンDIP	64ビット
	MN1211	-33V	MNOS	18ピンDIP	512ビット

* ピッチ間隔1.778mmの小形パッケージ使用

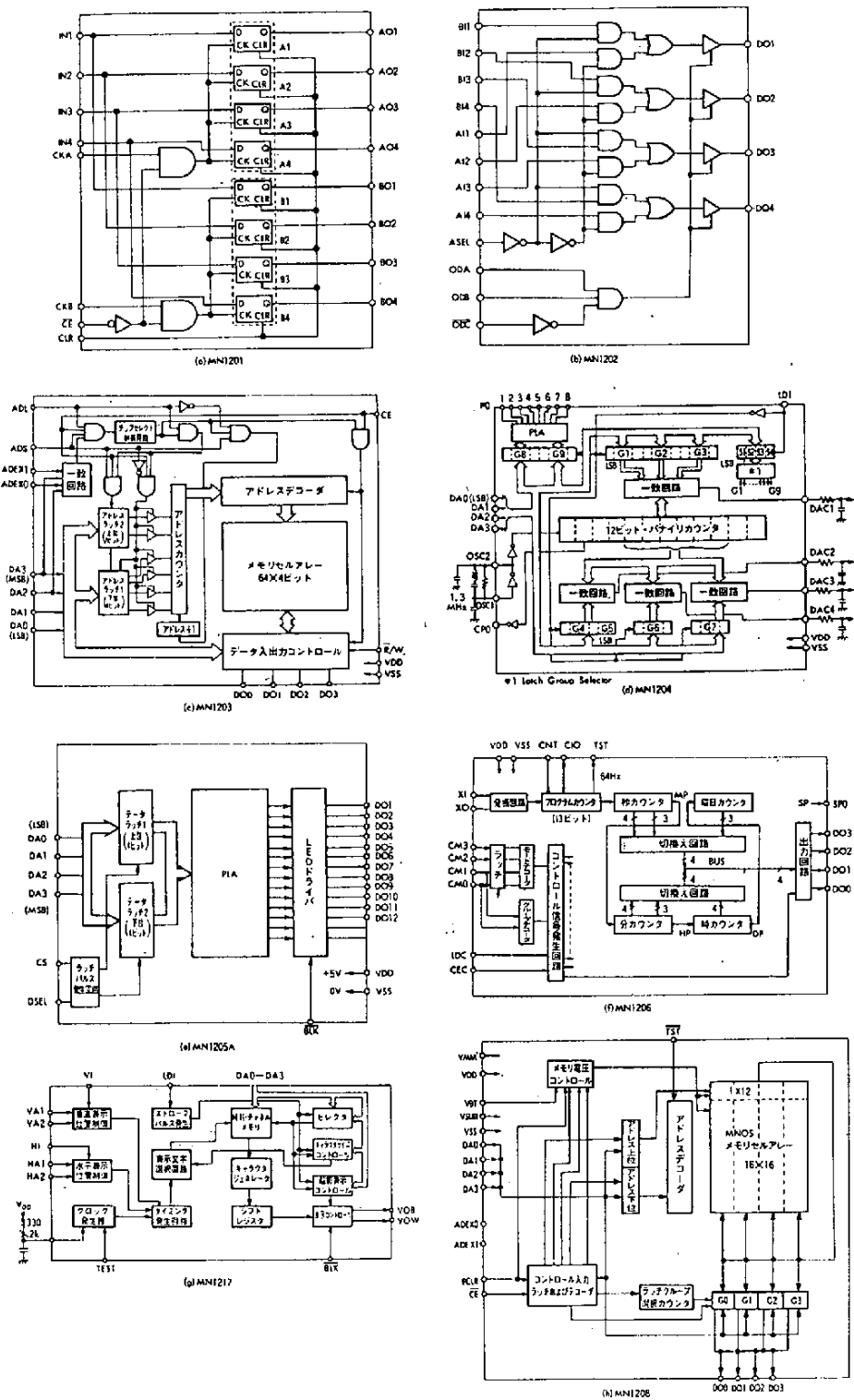


図1-8 MN1200シリーズブロック図⁽⁷⁾

表 1-6 センサ一覧表

センサ名称	応用原理	備 考	センサ名称	応用原理	備 考
〈温 度〉			容積式	流体の容積を直接計量	高精度、取引証明用にも適す
熱電対	熱起電力	小形、軽量、安価、基準点温度補償を要す	電磁式	電磁誘導測定	圧力損失少、高精度、測定範囲広し
測温抵抗体	抵抗値の温度特性	導線抵抗の補償を要す	質量式	質量流量を測定	タービン式その他
熱膨張式	気体圧力の温度変化	電源不要、指針駆動力大、機械・空気系システムに適す	流体現象を利用するもの	カルマン渦列	渦流量計：ディジタル出力、圧力損失少
水晶発振子	水晶発振子の温度特性	有効桁数大、ディジタル信号が得られる	気体旋流	スワールノータ：旋流を検出する、圧力損失少	
各種半導体素子	抵抗値などの温度特性	サーミスタなど、比較的小形簡便	高精度流体用	粘性抵抗	ディスプレイメント式
熱放射方式	熱線放射を測定・転写	非接触測定、高温に適す	開路流量用	せき式	三角その他の切欠きのあるせきを利用
その他		バイメタルなど各種	転倒マス式	流量計など、積算効果あり	
〈圧 力〉			ドップラ効果	超音波流速計：流速計にも利用可	
ダイヤフラム式	スプリング、力平衡機構などと組み合わせ位置変化に転換	微圧にも利用可能	温度平衡	熱線式：同上	
ベローズ式	位置変化に変換	測定範囲広し	〈湿 度〉		
ブルドン管式	同上	比較的高圧にも応用可能	乾湿球式	乾湿球の温度差	乾湿球式、アスマン形、抵抗温度計など
U字管式	パスカルの原理そのもの	簡単明瞭かつ高精度なので校正用に適す	電気抵抗式	抵抗変化に変換	塩化リチウム式、半導体式
リングバラン	回転角に変換	微圧に適す	露点方式	露点温度を測定	塩化リチウム/ヒーク式(デューセル)、光電式
ス式			プレ、ベル		
ベル式	浮力を利用	同上	フロート式	フロート位置を検出	各種、比較的簡単
その他、固体素子など	多くは力平衡方式、位置変化など	ストレインゲージ、ホール素子、電気平衡、トルクチューブ、圧電素子など	差圧式	差圧を検出	各種
高真空測定素子	ベローズなどのほかは電離を利用するもの多し	ピラニゲージ、熱陰極、および冷陰極電子管、アルファトロンなど	電極式	電極間の抵抗	簡単なオンオフまたは3位調節に広く使用。電極が追いついて連続測定する例もある
〈流量・流速〉			静電容量式	容量変化を測定	構造簡易、粉粒体にも適す
オリフィス式	差圧に変換	比較的簡単、圧力損失あり	その他	反射または透過を検出	放射線、超音波、光ビーム、レーザなど
ベンチュリ式	同上	大流量に適す。圧力損失あり	〈圧み・密度〉		
ビート管	同上	流体・流速の簡易測定	浮標式	既知浮子の浮力	フロートの位置変化を検出。各種あり
面積式	差圧を絞り部の面積に変換	テナバ管(フロート)形、ピストン形など	バブル式	標準液との泡発生圧力に変換	電源を必ずしも要しない

センサ名称	応用原理	備 考	センサ名称	応用原理	備 考
重量式	標準との容積 質量比較	質量式流量計参照。各種あり	〈各種機械器〉	変位、力平衡、 歪などに変換 すること多し	電気天秤、ロードセル、ス プリング秤など
放射線式	放射線の減衰 量	無接触、連続測定可能、高 速可	同転数、速度	アナログ電気 変換	発電機式、セルシン、渦電 流式、
〈粘 度〉				パルス数変換	パルゼネ、スリット
振動式	振動を加えて 減衰を測定	超音波式など	その他	振動片式、差圧式	
ピストン式ま たは落体式	ピストンまた は落体の下降 時間を測定	測定範囲広し	変位、長さ	アナログ電気 量変換	差動変圧器、すべり抵抗、 ホール素子、セルシンなど
回転式	ロータの回転 抵抗	実験室用、温度補償を要す	デジタル電 気量変換	ガラススケール、マグネ スケール、モアレ縞スケール、 同転角パルス発振器（エン コード）	
細管式	細管または絞 りの通過時間	簡易	その他	ITVによるもの、超音波 によるものなど	
〈各種化学量〉			振動、音声な	電気量に変換	各種マイクロホン、ピック アップ頭、電気平衡による 異常加速度（振動）検出器 など
pH	高インピーダ ンス電極と高 感度増幅器	ガラス電極を使用。増幅技 術、誘導雑音対策など注意 を要す	その他		連続ロール工路におけるエ ッジ位置検出など、製品・ 交通量などの計数、コイン 識別
多種気体成分	磁気式 熱伝導体	O ₂ など H ₂ 、CO ₂ 、SO ₂ 、He、N ₂ 、 Aなど CO、CO ₂ 、CH ₄ 各種有機カ ス 吸収式	（そ の 他） 各種電気量	各種	電圧、電流、電力、磁束、 周波数、位相、各種インピ ーダンス（抵抗、インダク タンス、容量）誘電率、誘 磁率など
ガスクロマト グラフ	クロマトグラ フィ	高分子物質連続分析に広く 使用	光量	電気量に変換	光電管、半導体素子、撮像 管類
水質計	水の伝導制御	環境計測に発展性あり	放射線量	電気量に変換 化学量に変換	ガイガー計数管など 器 フィルムバッチ、写真フィ ルムなど
濁度、透明度	光減衰量	同上	その他		霧箱、数電箱、水素泡箱な ど
湿度-水分計	放射線減衰量	バルブなどの含有水分量の 連続計測			
その他		放射線、ポーラログラフィ など各種多数			

1.3.4 センサ等

半導体製造技術の進展によってマイコンは、どんどん安価になっているが、物理的な量を電気的な量に変換するセンサや電気信号を機器的な動きに変換するアクチュエータに、ワンチップマイコンと結合してコスト的にも利用可能なものが少ない。この事実が、ワンチップマイコンをタイマやカウンタとして応用せざるを得ない理由の一つである。表1-6はセンサの一覧であるが、現状では温度と湿度に利用可能なものがあるにすぎない。これらがより身近かに利用可能となれば応用製品も大きく変革し、マイコンの本来的な利用が展開する。図1-9はその一例で湿度センサを電子レンジに利用したもので自動調理を可能とするものである。⁽³⁾⁽⁴⁾⁽⁶⁾ 調理の原理は、食品がオーブン内で加熱されると、図1-10のように排気孔における湿度が変化し、沸点に達すると急激に湿度が上昇する。図中の k が簡単な値となることから自動調理が可能となる。

電源の製品コストに占める割合も大きく、極めて重要な問題である。エレクトロニクス機器はマイコンと同様の電源系を利用するが、家電機器の場合は低電圧の直流電源を一般に利用しないためマイコンの利用のためだけに電源を用意する心算があり、電源のコストが大きな比重を持つことになる。

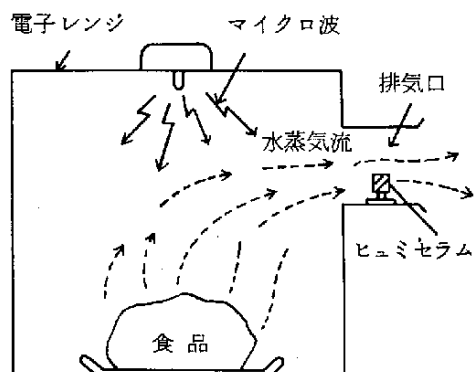


図1-9 湿度検知による電子レンジの概念図⁽⁶⁾

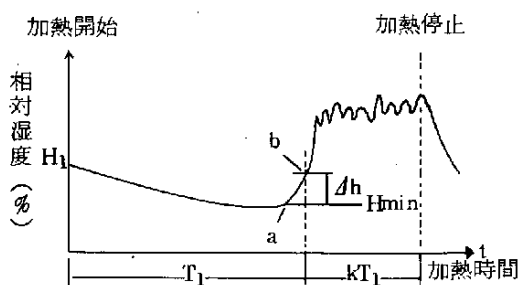


図1-10 加熱に伴う排気通路の湿度変化⁽⁶⁾

1.4 応用機器における課題

1.4.1 機器の操作性

マイコンの応用機器、特に、使用者がプログラムできる機能を持った機器においては、機器の操作手順や機器と人間との対話の仕方（操作方法）が重要となる。操作方法は単純明解で誤りの無いことと表現能力が豊富なことが望ましいが、次の様な問題点が発生する。

- ① メーカー間で操作方法が統一されず、顧客が混乱する。
- ② 機器間で同じ様な機能のための操作が異なることによって混乱を招く。
- ③ 操作が複雑となってメーカーの意図が顧客の理解を得ず、製品の評価を悪くする。

これらの対策として規格統一が期待されるが少なくとも次の諸点に留意して設計することが不可欠である。

- ① 誤操作によって致命的な誤動作を生じない操作方法を追求する。
- ② 各機器グループ（オーディオ機器グループ、調理機器グループなど）における操作方法の類似性と統一性について十分配慮する。特に同一グループ内の機器において共通的な操作方法是統一すべきである。
- ③ 各機器の製品シリーズ内での操作仕様の類似性・統一性を考慮することが大切である。特にシリーズ内では操作機能の少ない機器に対する操作仕様は操作機能のより豊富な機器に対する操作仕様のサブセットとなっているべきである。

- ④ 誤操作・瞬時停電・サージなどによって安全性の問題が発生してはならず、万一、故障が発生しても安全側に故障する設計をなすべきである。

機器の入力部の設計上のチェックポイントは次の点である。

- ① キー、スイッチなどの位置が操作しやすい配置になっているか。
- ② キー、スイッチなどの名称に一貫性があるか。
- ③ 通常の使用状態で操作しないスイッチ類は容易に触れることのできない

構造になっているか。

④ 操作が複雑にならない様に操作順序などが解り易く表示されているか。

また表示部の設計では次の点に注意する。

① 表示は見やすいか。

② 表示用語に一貫性があるか。

③ エラーや停電復帰時などの表示はよく理解されるか。

④ 誤解を招くような不要表示はないか。

⑤ 記憶させた情報の確認表示ができるか。

⑥ ランプ、数字表示器などの明るさは適切であるか。

⑦ ランプなどを無意味に点滅させていないか。

1.4.2 サービス性

マイコンの応用機器は新しく高度な機能を持つことが多いため、故障の症状も極めて多岐であり、しかも、同じ症状を呈していても原因が全く異なる場合がある。このため一般の販売店では十分なサービスが難しく、どの様なサービス体制を採るかが、メーカの重大な問題となっている。販売店では、故障が入出力部にあるのかマイコンにあるのかを識別してユニットを交換する程度のこと期待できるが、保守パーツを在庫するサービス部門では、プログラム内蔵のワンチップマイコンであるため機器間、モデル間でディスクリート部品のように互換性がないので、極めて多種のユニットを持つことが必要となることが大きな問題である。

なお、技術進歩の著しいLSI分野において、耐久消費材的製品の保守パーツが、例えば、10年後に製品メーカに供給され得るものかどうか、もし供給が期待できなければ、保守パーツを初期にストックする必要がありこれもセットメーカにおいては関心を持たざるを得ない問題である。

1.5 ワンチップマイクロコンピュータの展望

1.5.1 機能の向上

応用の高度化や集積度の向上などに伴ってワンチップマイコンもより高度なアーキテクチャや機能を持つようになる。図1-11は高機能化の一例MN1500シリーズの構成を示すものである。⁽⁵⁾ MN1500シリーズは、次の様な特徴を有する極めて強力な4ビットワンチップマイコンである。

- 命令サイクルが2 μ 秒と高速である。
- 全RAM領域の停電保護機能を有する。
- 4レベルの割り込み機能を持つ。
- 双方向の並列入出力が12ポートある。
- ディスクリート出力が可能である。
- バイトデータの入出力ができる。

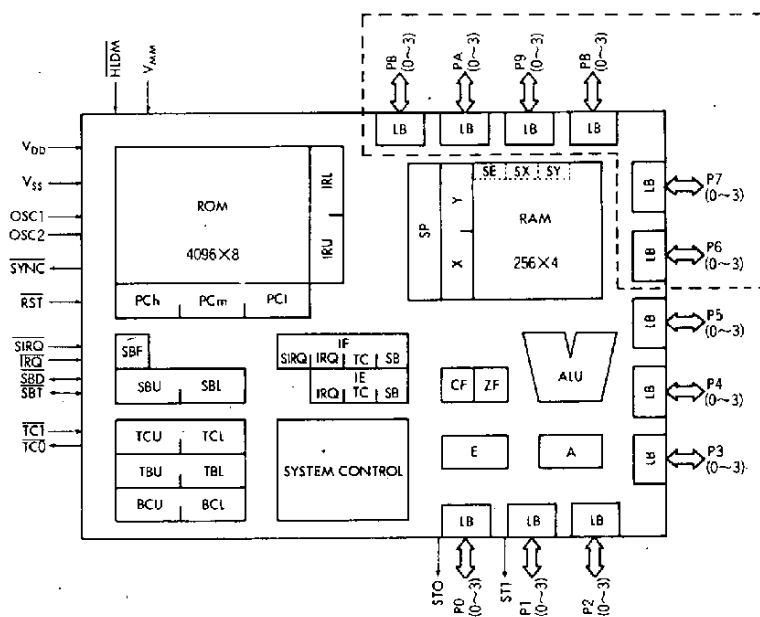


図1-11 MN1500シリーズ構成図⁽⁵⁾

シンボル	機能説明
ALU	演算論理ユニット(4ビット並列処理)
A	アキュムレータ(4ビット)
E	アキュムレータ拡張レジスタ(4ビット) - Eレジスタ
CF	キャリフラグ/ボローフラグ
ZF	ゼロフラグ
RAM	データメモリ
X	Xレジスタ
Y	Yレジスタ/ディスクリート出力端子指定レジスタ
SX	Xレジスタ待避レジスタ RAM番地(0, 0)
SY	Yレジスタ待避レジスタ RAM番地(0, 1)
SE	Eレジスタ待避レジスタ RAM番地(0, 2)
PCh/PCn/PCl	プログラムカウンタ(12ビット) PCh:上位4ビット, PCn:中位4ビット, PCl:下位4ビット
IRU/IRL	インストラクションレジスタ(8ビット) IRU:上位4ビット, IRL:下位4ビット
SP	スタックポインタ(スタックはRAM領域)
IF	割込み受付けフラグ
IF(SIRQ)	最優先割込み受付けフラグ
IF(IRQ)	外部割込み受付けフラグ
IF(TC)	タイマ/カウンタ割込み受付けフラグ
IF(SB)	シフトバッファ割込み受付けフラグ
IE	割込みイネーブル/ディスエーブルフラグ
IE(IRQ)	外部割込みイネーブル/ディスエーブルフラグ
IE(TC)	タイマ/カウンタ割込みイネーブル/ディスエーブルフラグ
IE(SB)	シフトバッファ割込みイネーブル/ディスエーブルフラグ
TCU/TCL	タイマ/カウンタ制御レジスタ(8ビット) TCU:上位4ビット, TCL:下位4ビット
TBU/TBL	タイマ/カウンタバッファレジスタ(8ビット) TBU:上位4ビット, TBL:下位4ビット
BCU/BCL	2進カウンタ(8ビット) BCU:上位4ビット, BCL:下位4ビット
SBU/SBL	シフトバッファレジスタ(8ビット) SBU:上位4ビット, SBL:下位4ビット
SBF	シフトバッファ・タイミングモードフラグ
LB	入出力ラッチバッファ

- 直列データ転送が可能である。
- 多モードのタイマ／カウンタを内蔵する。
- 間接ジャンプが実行できる。
- バイトデータの処理ができる。
- ROM領域のデープルックアップ機能を持つ。
- RAM領域にレジスタの退避領域を持つ。
- 全RAM領域が直接アドレス指定により演算できる。
- ループカウント命令，1バイトコール命令，10進補正命令などを持つ。
- サブルーチンスタックはRAM領域を使用している。
- 入出力はTTLコンパチブルである。
- 5V単一電源で利用できる。
- $-30^{\circ}\sim+70^{\circ}\text{C}$ の範囲で動作する。

表1-7はこのシリーズの一覧である。

また、温度などアナログ量を処理する応用が展開するに伴ってA/D変換機能を内蔵したワンチップマイコンが用意されている。図1-12はその例であるM58840⁽⁸⁾，表1-8はその性能表である。アナログ入力ポートは15端子で構成され、この入力電圧とD/A変換器からの基準電圧との比較によって8ビットのA/D変換を実現するものである。

1.5.2 シグナルプロセッサ

音声認識や変復調が一般化するに伴って、音声信号を実時間デジタル処理する必要性が高まっている。これに対応するため高速の乗算器を内蔵したシグナルプロセッサが発表されている。このチップはプログラムによって高速フーリエ変換器やデジタルフィルタなどと等価の機能を持ち、他のマイコンと組み合わせて利用される。図1-13はその一例であるI2920の構成図である。このチップは次の機能を持つ。

- アナログ信号の実時間デジタル処理

表1-7 MN1500シリーズ一覧⁽⁵⁾

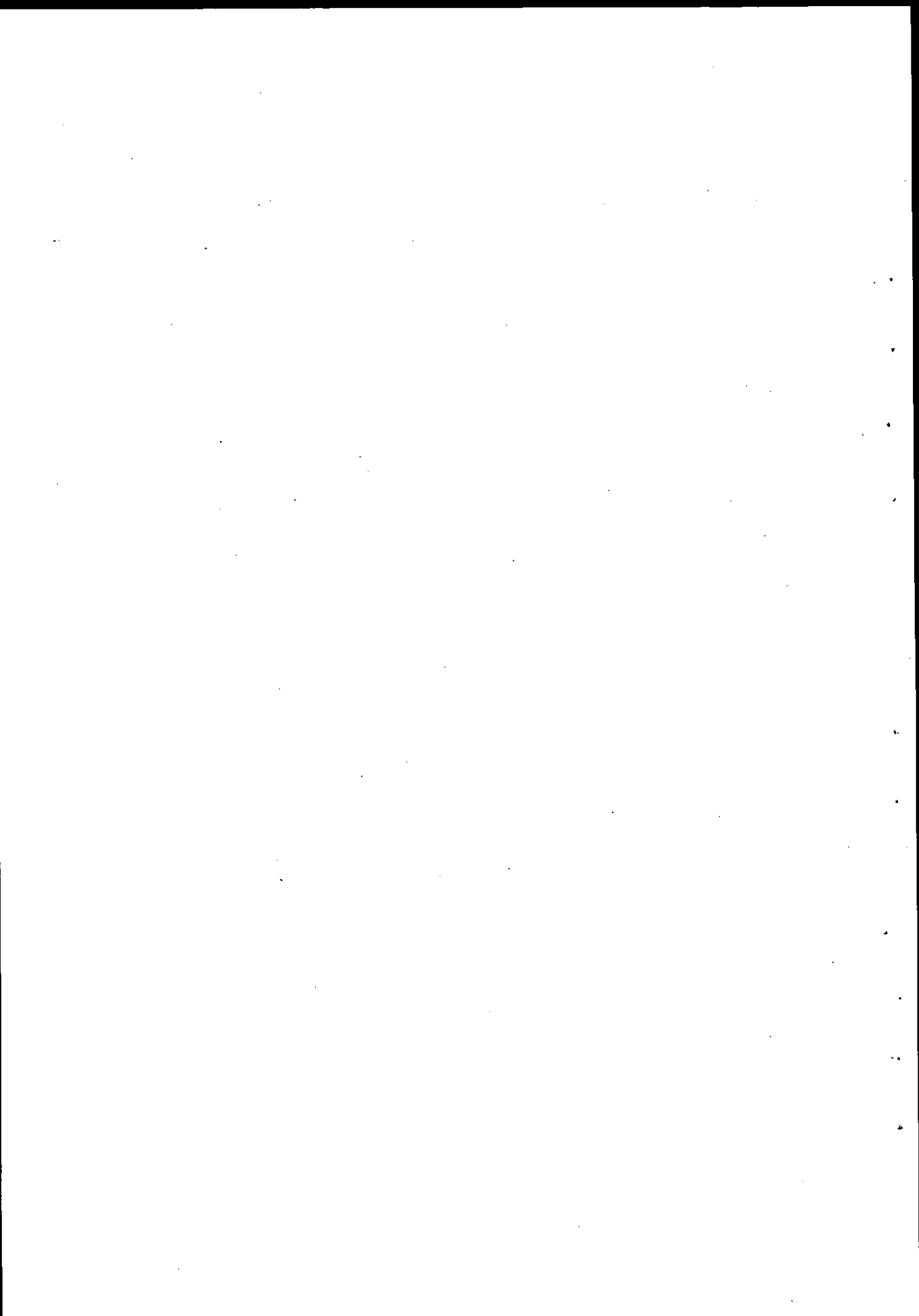
		MN1542	MN1544	MN1562	MN1564	MN1599 (エバリエータ)	MN1591 (I/Oエクステンダ)	備 考
パッケージ		40ピンDIP プラスチック	40ピンDIP プラスチック	64ピンDIP プラスチック	64ピンDIP プラスチック	64ピンDIP セラミック	40ピンDIP プラスチック	
プロセス		NMOS	NMOS	NMOS	NMOS	NMOS	NMOS	
電源電圧		+5V	+5V	15V	+5V	+5V	+5V	
命令サイクル		2μsec	2μsec	2μsec	2μsec	2μsec	—	
命令数		124	124	124	124	124	—	
インストラクション ROM	内 部	2048×8ビット	4096×8ビット	2048×8ビット	4096×8ビット	—	—	
	外 部	—	—	—	—	8192×8ビット	—	
データRAM		152×4ビット	256×4ビット	152×4ビット	256×4ビット	256×4ビット	—	停電保護付
サブスキャンスタック		16レベル	16レベル	16レベル	16レベル	16レベル	—	RAM領域使用
割 込 み		4レベル (外部2レベル内部2レベル)	4レベル (外部2レベル内部2レベル)	4レベル (外部2レベル内部2レベル)	4レベル (外部2レベル内部2レベル)	5レベル (外部3レベル内部2レベル)	—	
タイマ/カウンタ		8ビット	8ビット	8ビット	8ビット	8ビット	—	7ビットプリスケアラ付 プリセット可
直列転送バッファ		8ビット	8ビット	8ビット	8ビット	8ビット	—	クロック内部・外部選択可
入 出 力	並 列	4ビット×6ポート	4ビット×6ポート	4ビット×12ポート	4ビット×12ポート	4ビット×6ポート	4ビット×6ポート	バイト入出力・ビット入出力可
	出力ストロブ	2	2	2	2	2	2	
	直 列	2	2	2	2	2	—	
	タイマ/カウンタ	2	2	2	2	2	—	
	割 込 み	2	2	2	2	3	—	
イニシャルクリア		あり	あり	あり	あり	あり	—	
クロックジェネレータ		あり	あり	あり	あり	あり	—	発振器：CR、水晶、 セラミックフィルタ
ソフトウェアサポート		あり	あり	あり	あり	あり	—	
ハードウェアサポート		あり	あり	あり	あり	あり	—	
システムエバリエータ		MN1599	MN1599	MN1599 (MN1591/2)	MN1599 (+MN1591×2)	—	—	

-

☒ 1 - 1 3 2 9 2 0 ブロック ☒

- (1) 森亮一編：マイクロコンピュータハンドブック (1979) (朝倉書店)
- (2) 森亮一監修：ワンチップマイクロコンピュータ (1979) (丸善)
- (3) 近藤他：超LSIと民生機器(信学誌 62 4) (1979)

- (4) 真弓和昭：マイクロコンピュータの家電製品への応用（電気連大 35-2）（昭和54）
- (5) 坂尾他：4ビット1チップマイクロコンピュータMN1500シリーズ（National Technical Rep. 254）（1979）
- (6) 近藤他：マイクロコンピュータの展望と民生機器への応用動向（同上）
- (7) 古田征男：マイクロコンピュータ周辺用LSI MN1200シリーズ（同上）
- (8) 三菱電機㈱「MELPS4」マニュアル
- (9) ㈱日本電子工業振興会「マイクロコンピュータに関する調査報告」（1979）
- (10) 日経エレクトロニクス P.225 2-18（180） 広告
- (11) 松下電子工業 MN1400 プログラミングマニュアル（1979）



第 2 章 汎用マイクロプロセッサ

第2章 汎用マイクロプロセッサ

2.1 汎用マイクロプロセッサ応用上の特徴

2.1.1 汎用マイクロプロセッサの現状

本章ではワンチップマイコン（演算部、制御部、メモリ、入出力部等をワンチップ上にまとめたもの。第1章参照）以外のものを汎用マイクロプロセッサとして取り上げることとする。

まず汎用マイクロプロセッサの発展の経過をみてみよう。1971年にはIntel社から4ビットのマイクロプロセッサ4004が発表され1972年には8ビットの8008が発表された。これらはテクノロジーとしてはPMOSを用いたものでスピードも遅く、集積度も小さかったが、汎用プログラマブルLSIとして第一世代のマイコンの幕明けを飾ったのである。

1973～1974年にかけて第二世代としてIntel社からは8ビット8080が、Motorola社からは8ビットM6800が発表された。これらにはPMOSと比較して速度が2～3倍速く、集積度の高いNMOSが用いられている。したがってマイクロプロセッサとしては高速になり、命令セットも増え、割り込み等の機能も充実したし、インタフェース回路等のファミリーも充実しマイクロプロセッサの本格的な普及期を迎えた。更に、Z80や8085等に見られるように1電源化、チップ数の減少、命令セットの強化等により、より使い易いものが出現している。

1975年後半から1976年前半には、9900、CP-1600、MN1610、IMP-16、 μ COM-16等の16ビットプロセッサも出現し、ミニコンピュータのローエンド機種が分担していた分野を侵蝕し始めた。更に1979年には、 μ COM1600、I8086、Z8000、M68000等が1メガバイト以上のアドレッシング機能、格段の処理機能の向上、高速実行時間等従来のミニコンピュータを上まわるような機能をひっさげて登場して

来た。今後ソフトウェアの充実にともない確実に普及して来る。

図2-1にマイクロプロセッサの性能マップ例、表2-1に16ビットプロセッサの性能一覧表を示してある。

一方市場の成長にともない特定用途向の要求（低価格化、小形化等）に応じるワンチップマイコンが4ビットを中心に急速にのびており生産数量からみるとマイコンの圧倒的多数をしめている⁽⁸⁾。このワンチップ化の波は、例えばIntel社8048の様に8ビットの分野にも及んで来ている。

表2-1 16 BiT プロセッサの性能

プ ロ セ ッ サ	PFL-16A (MN1610A)	μC6M1600	i 8 0 8 6	Z 8 0 0 0	MC68000
プ ロ セ ス	N-MOS	N-MOS	N-MOS (H-MOS)	N-MOS	N-MOS (H-MOS)
電 源 (V)	5. - 3	5	5	5	5
パッケージピン数	40	64	40	48	64
クロック周波数 MHz/φ	4/2	6.5	5, 8	4	4 (内部8MHz)
アドレス空間	65K	1MB	1MB	8MB	16MB
処理時間(μS) (レジスタ加算)	1.5	0.8/0.6	0.25~0.6	0.75	0.5
レ ジ ス タ 数	5	14	4	16	16
命 令 数	33	89	105	116	59

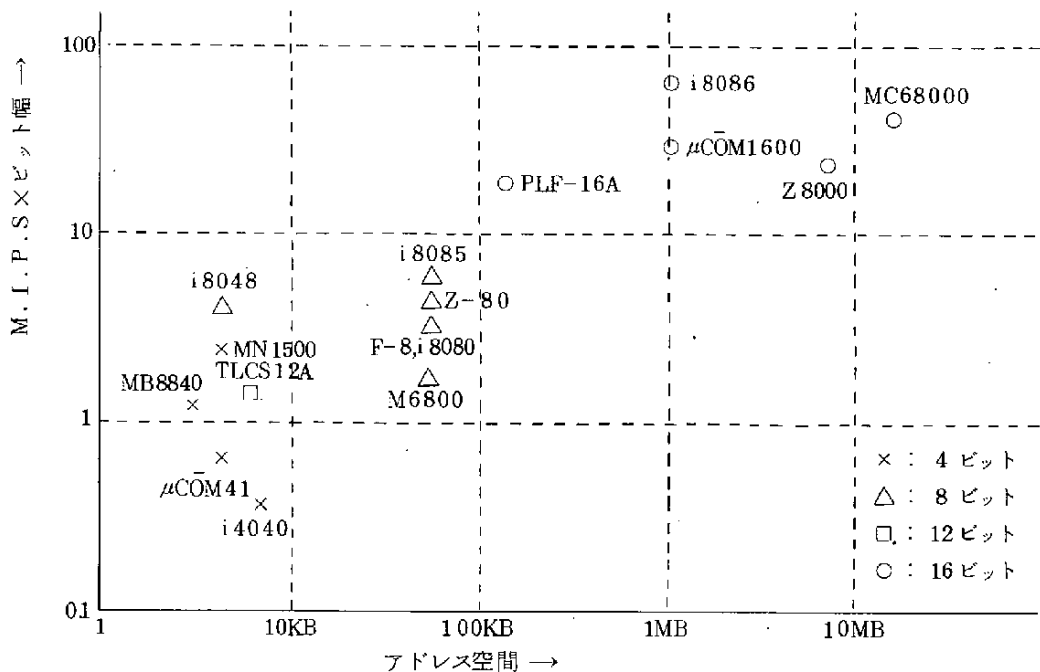


図 2-1 マイクロプロセッサの性能マップ

(注) MIPS (Million Instruction per Second: 100万命令実行/秒)

2.1.2 マイクロプロセッサの分類と応用上の特徴

マイクロプロセッサのテクノロジー、複合性、モジュール化に基づく総合的な分類を図 2-2 に示す。⁽¹⁾ 即ちテクノロジーの面から見ると MOS とバイポーラに分かれ、今日マイクロプロセッサとしてよく普及しているのは MOS 形の方で、固定語長 (4, 8, 12, 16 ビット) プロセッサであり、アーキテクチャ、命令体系、速度がある程度決まっている。これに対しバイポーラによるビットスライス形はマイクロプログラミングによって柔軟性のある高速システムを作り上げる事が出来る。

反面チップ数の増加、消費電力の増加を招き高価でもある。

マイクロプロセッサを語長およびビットスライスによる分類から特徴、用途をまとめると、表 2-2 のとおりである。

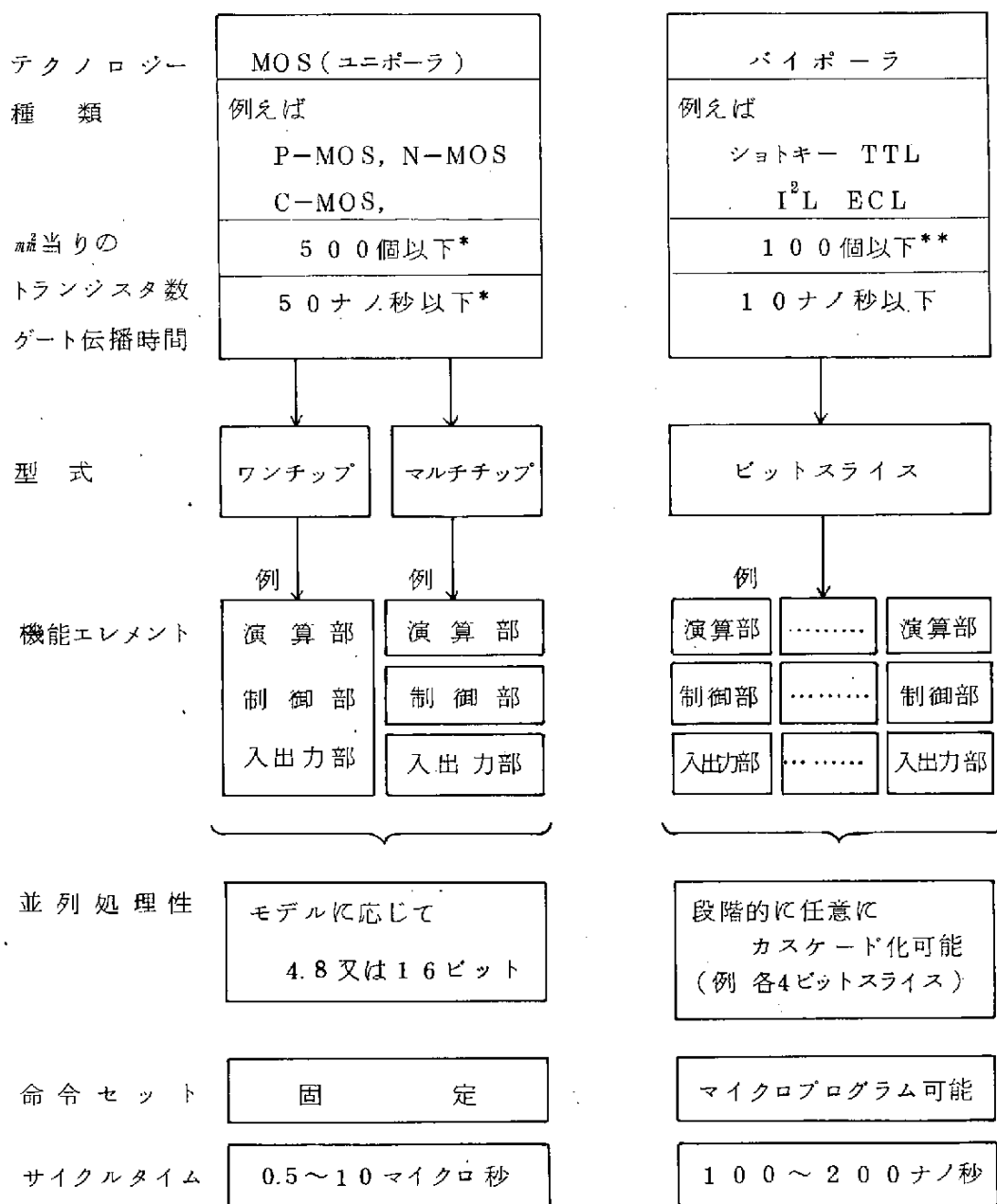


図 2-2 マイクロプロセッサの分類

(注) * HMOSについては 1500個:1ナノ秒のものもある。

** I²Lを除く

表 2-2 マイクロプロセッサの特徴比較

4 ビット	8 ビット	16 ビット	ビットスライス
◦比較的低速 ◦安 価 ◦10 進演算に適する ◦1 chip 化が進んでいて装置がコンパクトにまとまる ◦家電、自動車関連等	◦中 速 ◦普 通 ◦文字単位の治療に適する ◦ファミリー、サポートシステムが充実していて使い易い ◦各種の制御装置、システム コンポーネント、マイクロコンピュータ、オフィスコンピュータ、ホームコンピュータ	◦中 速 ◦比較的高価 ◦命令が強力で、プログラミング効率が良い ◦高精度の処理に適する 同左、ローエンドミニコンピュータ	◦高 速 ◦高 価 ◦マイクロプログラミングにより柔軟性のある高速システムを構成出来る ◦チップ数多く、消費電力大 高速制御装置 ミニコンピュータ

2.2 マイクロプロセッサ応用システム開発上の課題

2.2.1 ワイヤードロジックからストアードロジックへの移行

従来アナログ制御にしてデジタル制御にして、トランジスタ、リレー、タイマ、ICをエレメントとし用途毎に配線を行うワイヤードロジックによってシステムを構成して来たのだが、現在はプログラマブルなLSI、マイコンと半導体メモリを用い、プログラミングによって用途毎のニーズを満たすストアードロジックの時代になり、今後ますますこの傾向は強まる。つまり重点がハードウェアからソフトウェアに移行して来たのである。この状況を多少乱暴にまとめると表2-3の様にあらわされよう。このマイコンを用いたソフトウェアロジックの特徴は2.2.2項のとおりであるから適用にあたっては、その長所をよく生かす事が大切である。

表2-3 ハードウェアロジックからソフトウェアロジックへの移行例

ハードウェア	ソフトウェア
トランジスタ	ビット
トランジスタ回路	マシン言語
S S I	アセンブリ言語
M S I	高位言語
L S I	プログラムモジュール

2.2.2 マイクロプロセッサを用いたソフトヤードロジックの特徴

(1) コストメリット

- ① マイクロプロセッサ，メモリの価格低下
- ② 低消費電力，小形化

(2) ソフトロジックのメリット

論理演算，数値演算，判断回路等がすべて同一ハードウェア上のソフトウェアで実現出来るので，

- ① 新製品開発が容易
- ② 制御装置の機能の追加，変更が容易
- ③ 既存の制御装置では実現出来なかった精度，機能も実現出来る
- ④ 他の制御装置，上位プロセスコンピュータとのコミュニケーションが容易
- ⑤ ソフトロジックの変更によるシリーズの拡張，製品の長寿命化

(3) ハードウェア統一のメリット

- ① コストに反映出来る
- ② 高品質化が可能
- ③ 保守性の向上

2.2.3 マイクロセッサ応用システム 開発手順⁽⁴⁾⁽⁹⁾

2.2.1項で重点がハードウェアからソフトに移行して来た事を記したが、応用システムの開発手順もソフトとハードが並行して行われる。特にその手順で決められたものはないが、だいたい図2-3のようになる。

(1) 製品企画

まずその製品がマイクロプロセッサを導入することによって機能、価格、信頼性、小型化等でメリットがあるかどうかの検討が必要。

(例えば、数十万台以上のタイムリレーを製品化する場合にはカスタムLSIの方が有利)

それから仕様、機能、価格、形状、納期、数量等を明確にする。

(2) 基本計画

①ハード／ソフトから見たマイクロプロセッサ応用製品の形態の明確化
表2-4はその例を示したものである。

例えば、シーケンスコントローラ(PLC)の場合には、制御対象によって制御技術者が自由にプログラミング出来ることが重要なので、使用言語は問題向言語(POL)がふさわしい。一方ハードウェアは用途に応じ専用形か標準形かいずれかになる。

多品種少量生産の特定用途向制御装置は、例えばハードウェアとしてはボード式コンピュータ、ソフトは専用形となろう。

②専用形か、標準形か(ハードウェア)

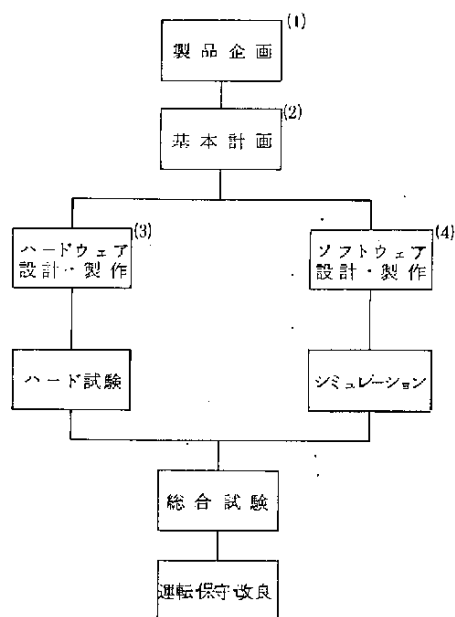


図2-3 マイクロプロセッサ
システムの開発手順

同一製品で物量が少ない場合には、コンポーネントを購入してシステムを構成するよりは構造等の制約が無い限り、マイクロプロセッサメーカーから販売さ

表 2-4 マイクロプロセッサ応用製品の諸形態例

ソフトウェア ハードウェア	専 用 形	問題向汎用形 (POL, FIF形)	汎 用 形
専 用 形	POS (応用例 2.3.4)	シーケンスコントローラ	パーソナルコンピュータ
標 準 形	ボード式コンピュータ テレコンテレメータ装置 DISTA (応用例 2.3.3)	分散形制御システムMICREX -P/W E (応用例 2.3.1 2.3.2)	ミニコンピュータ

- | | |
|--------|--|
| ハードウェア | <div> <div>専 用 形</div> <ul style="list-style-type: none"> ◦ 外形、大きさなど自由に選べる ◦ コストミニマムの設計が可能
(例えば、ジャンボプリント板の採用) ◦ 大量生産向 </div> <div> <div>標 準 形</div> <ul style="list-style-type: none"> ◦ 多目的に使用可能 </div> |
| ソフトウェア | <div> <div>専 用 形</div> <ul style="list-style-type: none"> ◦ プログラムを最小ステップで作成し固定 ◦ 機能が限定 ◦ 大量生産向 </div> <div> <div>問題向汎用形
(POL, FIF)</div> <ul style="list-style-type: none"> ◦ プログラムはユーザ側で可能 ◦ プログラムのメンテナンス(作成・変更)容易 ◦ 専用プログラムサポートシステムが必要 </div> <div> <div>汎 用 形</div> <ul style="list-style-type: none"> ◦ アセンブラ、高位言語等が利用できる ◦ 各種ユーティリティが用意されている </div> |
- れているワンボードコンピュータ(ただし故障診断機能などが十分かどうかチェックする必要がある)や、応用装置メーカーにあってはそのメーカーの標準システムを適用する方がコスト面、信頼性、開発期間の面で有利である。(応用例 2.3.3 テレコンテレメータ装置 D I S T A 参照の事)

一方物量の多い場合、機器組み込みの場合は、その目的に最適な専用システムをコンポーネントから作り上げる方が有利となろう。(図2-4)

③ マイクロプロセッサの選定

(a) 語長、ビットスライス

語長は応用システムにマッチしたものを選定する必要がある。例えば、1%の精度が必要ならば8ビット、0.01%の精度が必要ならば16ビットのプロセッサを選定するのが良い。0.01%の精度が必要な所に8ビットプロセッサを適用する事は可能ではあるが、命令数が多くなり処理時間が長くなる。ここでは経済性と性能の兼ね合いとなる。一般的には対象システムの処理データ長の頻度をよく調べビット長を選定すれば良い。

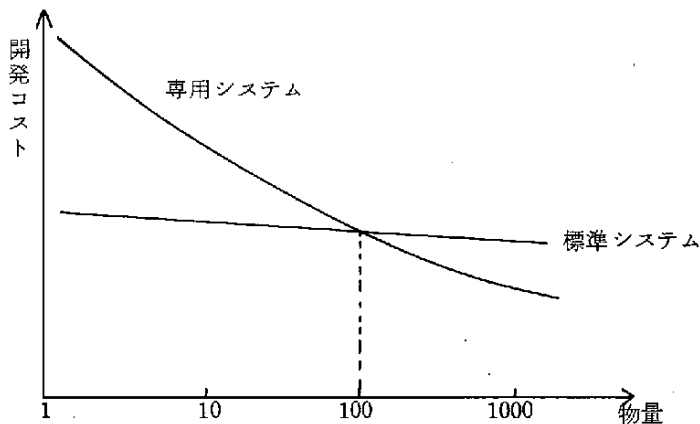


図2-4 標準システム、専用システムと開発コストの関係例

語長は長いほど処理能力は向上するが、ハードウェアコストもCPUとバスインタフェースの部分がそれに比例して上昇するので、考慮が必要である。しかしシステム全体から見るとハードの比率は年々低下しているので、一般的には処理能力の高いプロセッサを標準に選んで極力適用範囲を拡げるため、ソフトの面では高位言語の採用を容易にする事等のため、今後16ビットプロセッサの採用が多くなると思われる。

ビットスライス形はマイクロプログラミングが可能であるから実際の制御に必要な個有の命令語を作成できる。また既存のマシン語とソフトウェアを持ったミニコンピュータへの適用、高速処理装置への適用等が考えられる。(表2-2参照)

(b) 機種を選定

語長、ビットスライスか否かが決まると機種を選定を行う。8ビットに限っても多くの機種が存在するが、機種選定にあたっては、個々のシステムごとに行うような性質のものではなく、少なくとも類似システム単位、できれば工場単位、企業単位で統一すべきでありその方向にある。すなわちマイクロプロセッサの能力よりは、ソフトウェアや周辺機器等によってシステムの総合評価が決まる事が多いのである。したがって選定したプロセッサを出来るだけ多くのシステムで共通に使用し、ソフトの標準化をはかるのが重要である。以上の事を十分考慮した上で機能の選定に必要な事項を記す。

一般に可用性(入手の容易さ、納期、価格等)、実績、命令セット、速度(極めて重要な項目であるが、各機種共それ程差異が無いのが現状である。)、セカンドソース、メモリ容量、必要チップ数、電圧の数と種類、消費電力等

④ 標準化

拡張性を考慮したバス、カード、プロセスI/O、筐体の標準化、プログラムの標準化、ノイズ対策の標準化等システムティックな技術情報の蓄積とその有効活用をはかることが重要である。

⑤ R A S I S 機能

システム計画にあたっては、Reliability (信頼性)、Availability (可用性)、Serviceability (保守性)、Integrity (保全性)、Security または Safety (安全性) の機能について考慮すべきである。すなわち(a)信頼性の高い素子の採用と設計 (Reliability) (b)異常が発生した場合にはできるだけ短時間に復旧するためのデータや機能を提供する。 (Serviceability) (c)異常を早く確実に発見する。 (Integrity) (d)異常による影響をできるだけ局所

にとどめる。(Integrity), (e)異常またはオペレーションミスによりシステムやデータが破壊するのを除く。(Security), (f)制御対象および人身の安全性を十分配慮する(Safety)等である。

(3) ハードウェア設計, 製作

① 入出力の種類, 点数の決定

入出力ポートの数は, 計画時に余裕を持って決定すべきである。設計が進むにつれて見落とし等で不足しがちである。

入出力機器はシステムの要求によって決定されるが, 同一システム仕様に対していくつかの選択の余地がある。特に最近では I/O 機器が豊富になって来た。I/O 機器の選択にあたっては, ソフトの負担の軽いものを選定すべきである。すなわち I/O 機器に専用のプロセッサ, L S I を持ち, システムから見ると I/O コントロールのソフトがファームウェア化(ハード化)されている事が望ましい。

② メモリの種類, 容量, 割り付け

プログラムメモリは PROM か, DYNAMIC RAM か STATIC RAM かコアか, ワイヤか。

例えばシーケンスコントローラでメモリ容量は 1 K バイト。しばしば設備の変更, 拡張がある場合で, 停電時にプログラムが消えない事が要求される場合には, CMOS の STATIC RAM を採用し, バッテリバックアップする等。

③ システムの動作に関するもの

インタラプト, DMA, システムリセット, パワーダウン処理等がポイントになる。これらはシステムの信頼性, 性能を左右する重要なポイントとなるので, 慎重な設計が必要である。その意味では, プロセッサ, バスと共に構成の標準化が重要な意味を持って来る。

④ 構造

同一製品で数量の少ない場合には, 標準システムを採用すべき事を先に述

べたが、ある程度数量のまとまるシステムでは、大形プリント基板を用いて専用システムを構成する方が経済的である。ただしこの場合も回路方式は当然標準化すべきである。

大形基板にした場合の試験方法は、いろいろ問題のある所であるが、富士電機の例では、 30×40 cm程度の基板に百数十個のLSI, MSI, SSIを実装してワンボード化しているが、手順を踏んで試験をすれば問題は出ていない。特に最近のICは、信頼性が非常に高いので、半田ブリッジ、実装ミス等組み立て上の管理をしっかりと行えば問題は少ない。

(4) ソフトウェア設計、製作

① ソフトウェア設計の際の考慮すべき点

(a) プログラムの構造化をはかる。(機能を合理的に分割し、論理の構成を体系化する。)

すなわちある問題に対してその解析、プログラム、ドキュメント等を限定されたいくつかのパターンで分り易く記述構成すること。

そのパターンとは例えば図2-5に示すとおりですべてのプログラムは基本的にはこの3種の構造で製作できるのである。

(b) プログラム上の諸手続きをファームウェア(ハード)化し、プログラミングの簡素化をはかる。

(c) システム設計の際にTOP, DOWNの考え方を導入する。

(d) Toughnessを十分持たせる。

ハードウェアの誤動作、異常操作等の外乱によりシステムダウンを招かないようなプログラムにするため、エラーチェック、エラー処理の規模をシステム設計時に決定しておく。

(e) ハードおよびソフトを担当している人間同士のインタフェースを良くする。

作成効率に大きな影響を与えるのでチェックポイントでの打合わせを行う。

(f) シミュレーション手段を用意しておく。

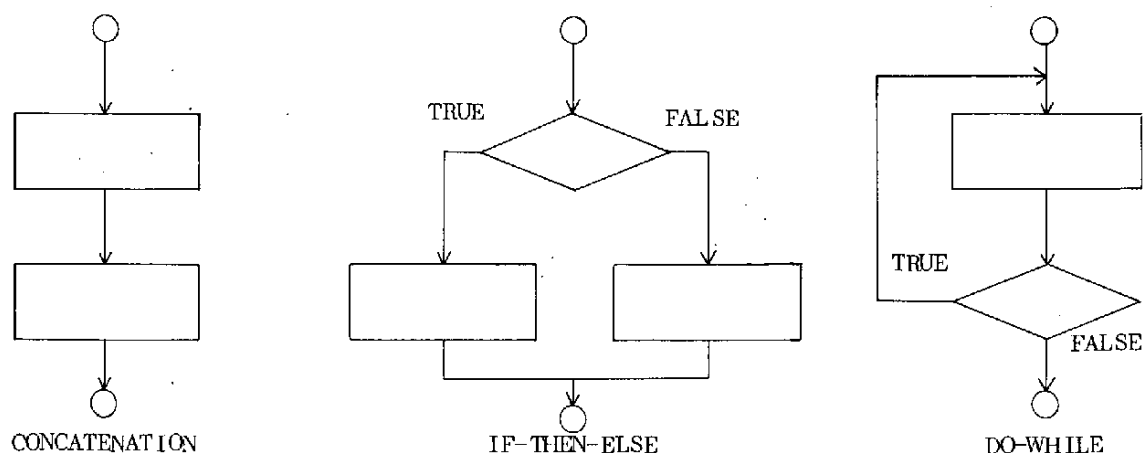


図 2-5 プログラムのための 3 種の基本パターン

ソフト／ハード共シミュレータを用意することが望ましい。

(g) デバッグツールを用意する。

② ソフトウェア製作手順

ソフトウェア設計製作の一例をドキュメントと関連させて図 2-6 に示しておく。

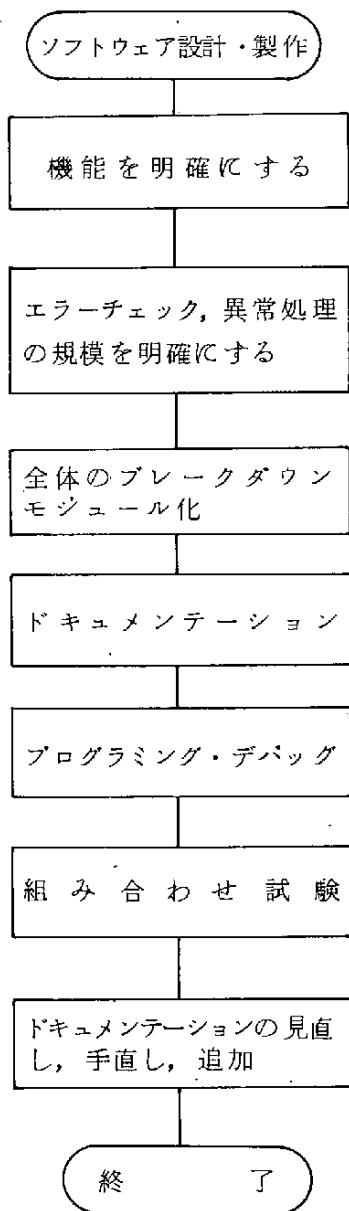
③ ソフトウェア開発援助系

プログラミング、デバッグ、組み合わせ試験を実行するマイコンのソフトウェア援助系としては、(a)マイコン自体で開発できる自系と、(b)マイコン以外の計算機（ミニコンピュータ、汎用コンピュータ等）で開発する他系とがある。各々表 2-5 のような特徴を持っている。

他系の一例として図 2-7 に富士電機の N-MOGET システム⁽¹¹⁾ を掲げてある。

このシステムの特徴は、

- (a) 4 ビット／語から 32 ビット／語までのあらゆるマイクロプロセッサをサポートする
- (b) 高位言語 PL/F (PL/1 のサブセット) を導入
- (c) アセンブラ出力をリロケタブルにして、プログラム結合を容易にした

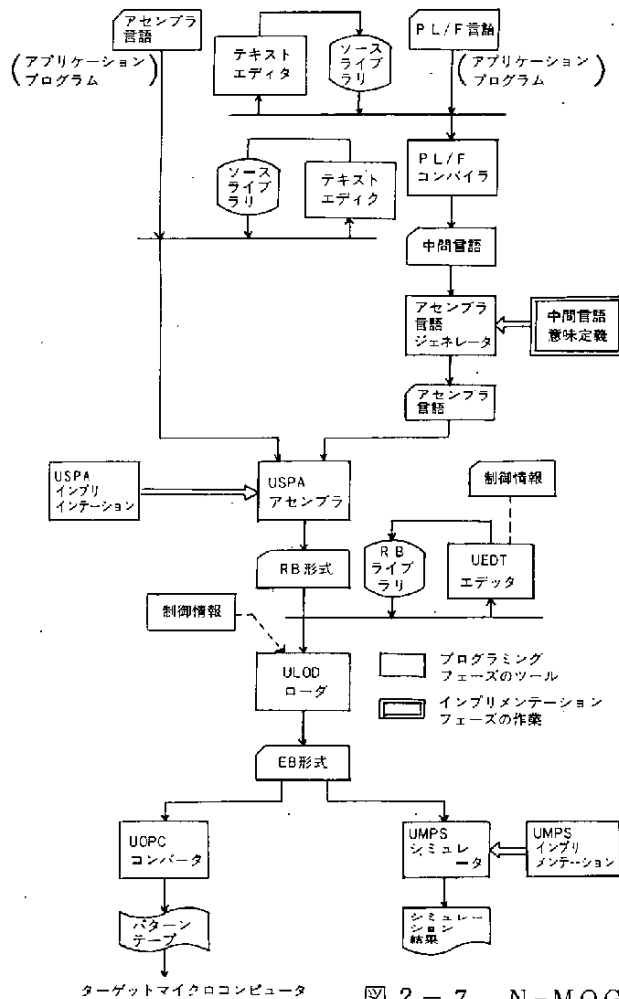


- 仕様書
- 取扱説明書
- オペレーションフロー
- 系統図、展開接続図
- データ流れ図
- 入出力仕様書
- 試験手順仕様書
- エラーチェック一覧表
- フローチャート(ジェネラルフロー、ディテールフロー)
- プログラム接続図
- サブルーチン仕様書
- プログラム仕様書
- デバック仕様書
- デバック成績書

図 2-6 ソフトウェア設計・製作手順例

表 2-5 ソフトウェア援助システムの比較

自 系(マイクロコンピュータ)	他 系(汎用機・ミニコンピュータ)
◦ 入出力装置が貧弱 ◦ 記憶容量が小さい ◦ 利用可能マイクロプロセッサは少ない ◦ ハードウェア価格は安価 ◦ デバッグは詳細に出来る ◦ 開発時間は遅い ◦ プログラムの変更はしにくい	◦ 入出力装置は高速で信頼性が高い ◦ 大容量ファイルやメモリ拡張が容易 ◦ 豊富 ◦ 高価 ◦ 出来ない ◦ 早い ◦ しやすい



(d) アプリケーションプログラムのマシン独立性を高めた。(P L / F 言語の場合)

(e) ホストマシンとして P F U - 1 0 0 シリーズ, P F U - 1 0 0 0 シリーズ, M シリーズ F 2 3 0 等が使用出来る。

2.3 汎用マイクロプロセッサの応用例

2.3.1 分散形制御システム M I C R E X - P / W

(1) システムの概要

① M I C R E X - P / W は, 計算制御, 電動力応用分野等のプラント制御用分散形制御システムである。

② プラント制御に必要な機能を制御と監視操作および他システムとの通信の三つに分類してシステム化をはかっている。各サブシステムは次のとおりである。

(a) プラント制御用

D D C - μ — プロセス制御用としてフィードバック制御, 演算機能と比較的低速の制御機能を持つ。P形はフィードバック制御が16ループまで, W形は32ループまで扱える。

S Q C - μ — 中速のシーケンス制御とデータ演算機能を持つサブシステム。

(b) プラント監視, 操作用

C R T - μ — 分散設置され制御されているプラントの状況を把握し, 操作する集中形のマンマシンインタフェース(カラーC R Tディスプレイ)

P O C - μ — 分散設置され制御されているプラントの状況を把握し, 操作する集中形のマンマシンインタフェース(プラズマディスプレイ)

L O G - μ — プラントの操作データを作成し, 日報月報を自動作成するデータ。

(c) データウェイ

D P C S - μ — サブシステム間で自由にデータの交換を行うデータウ

エイ

(d) 通信制御用

i F C - μ — 上位コンピュータ (PFU シリーズ 計算機等) とのインタフェース用

③ 利用形態 (図 2-8)

(a) スタンドアロン (小規模システム)

(b) 分散制御システム (中規模システム)

(c) 階層形分散制御システム (大規模システム)

(2) ハードウェア設計上の留意点

① アーキテクチャ

(a) すべてのサブシステムに共用可能な M バス (システムレベルのバス) を採用している。これは同期式バスで、マザボードで出来ており 8 ビット / 16 ビット プロセッサが共用出来る。マルチプロセッサ (4 台まで) が構成可能である。(図 2-9) また LSI 技術革新の最新成果を周辺回路からマイクロプロセッサにいたるまで容易に取り入れられるようになっている。現在各サブシステムのプロセッサには、パナファコム社の MN 1610, (16 ビットプロセッサ) を用いている。M

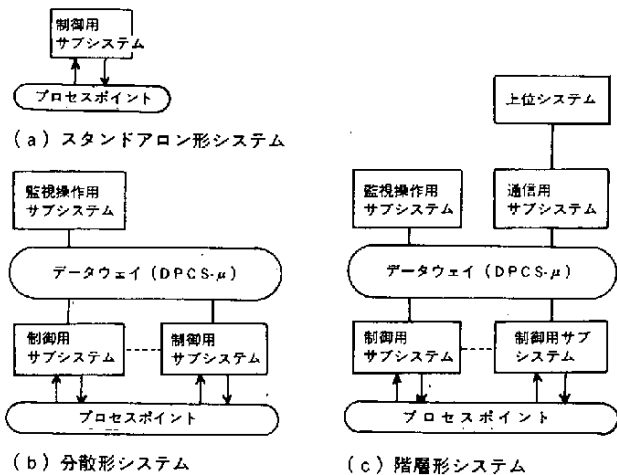
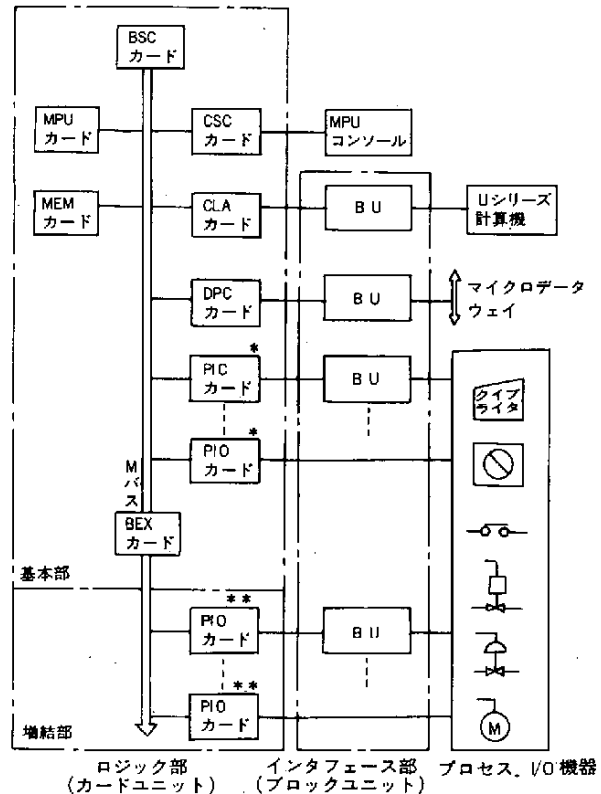


図 2-8 富士マイクロクロックシステムの運用形態



BSC: バス制御カード
MPU: マイクロプロセッサカード
MEM: メモリカード
CLA: 計算機結合カード
CSC: MPU コンソール制御カード
DPC: マイクロデータウェイ結合カード
BEX: バス増結カード
PIO: プロセス入出力カード
BU: ブロックユニット

*印は 16 枚まで実装可能
**印は 1 シェルフ増設に伴って 16 枚まで実装可能

図 2-9 ハードウェアシステムの構成

N1610は16ビットなので精度の良い制御が出来る事、ミニコンピュータ並の機能を有しながら低価格で信頼度も高いので採用した。

(b) メモリはRAM, PROM, コアが使用出来る。

(c) ロジック部とインタフェース部を分離しておりPIO, IOが組み合わせて適用出来、カードの種類が少なくて良い。

② 構造

プリント板カード, シェルフ, ロッカ等が統一された標準実装方式となっているので, 信頼度が高く増設変更に対して柔軟性を持っている。(図2-10)

③ 故障診断機能

サブシステムごとにオンラインで常時各種の自己診断を行い, また万一の故障に備え, 故障内容を中央の監視装置に伝送し, プラントの安全確保と保全性の向上をはかっている。(表2-6)

(3) ソフトウェア設計上の留意点

① 分散形制御システムとしてのファイル構造の一元化をはかったので設計の合理化がはかれる。

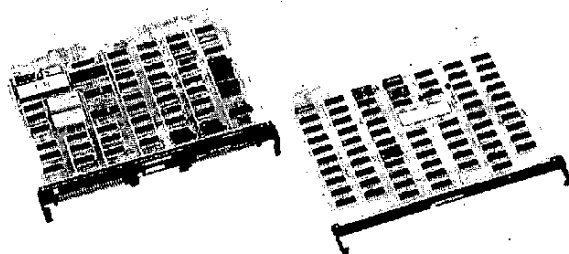
② プログラムはFIF(Fill in the Forms テーブル空欄記入方式)およびPOL(問題向言語)で記述するのでプログラムの作成および変更は簡単な教育のもとでアプリケーションエンジニアが容易に行える。

またプロセッサの機械語は表面に出て来ないので, ハードウェアの技術進歩はアプリケーションには影響をおよぼさず容易に追隨できる。(図2-11)

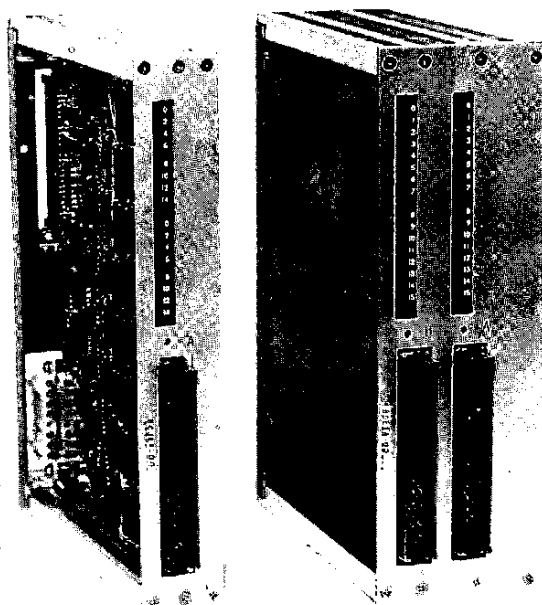
2.3.2 産業用マイクロコントローラMICREX-E⁽¹⁾

(1) システムの概要

① 制御システム階層においてプロセス, マシンなどの直接制御レベルの高速, 高機能コントローラで, (a)大規模シーケンス制御システム (b)シーケンス制御, 調節演算制御, 記録印字などの複合制御システム, (c)データウェイとの結合, リモートI/Oなどを生かしMICREX-P/Wのファミリーとし



カードユニット外観



ブロックユニット外観

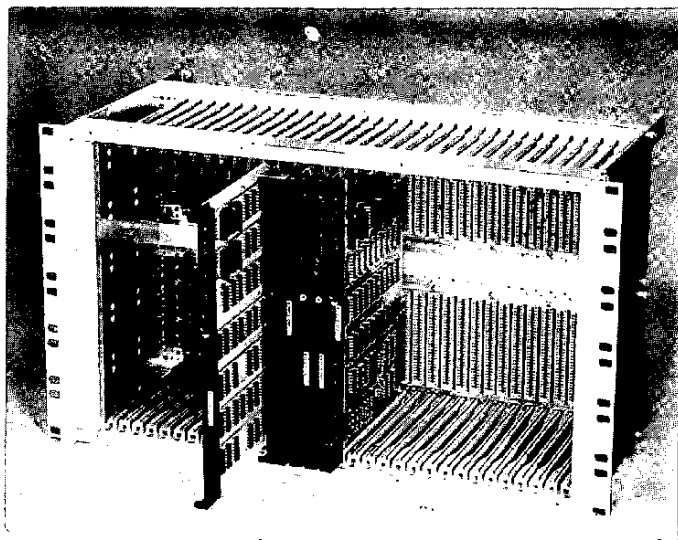


表 2-6 オンライン故障診断

デバイス名称	診断方法	診断可能範囲	備 考
システム全体	ウォッチドグタイマ (ソフトウェア)	CPU本体、メモリ、 BUS、モニタプロ、同期 割込	故障表示ランプ点灯 コントローラストップ
メモリカード	パリティチェック (ハードウェア)	CPUメモリ、BUS	同 上
BUS	バスのタイムアウト (ハードウェア)	BUS、BUSインター フェイス	同 上
DO カード	Read after write (ソフトウェア)	DOカード内レジスタまで	故障表示 コントローラストップせず 信号状態LED表示
DI カード	完 全 二 重 化	DIカード全体	同 上 (特殊システムにのみ 適用)
アナログ入力	基準電圧を Read (ソフトウェア)	AMP、ADC以後	故障表示 コントローラストップせず
アナログ出力	Read after write (ソフトウェア)	AOカード内レジスタま で	同 上
DPCS-μ 伝送カード	Read after write (ソフトウェア)	伝送カード全体	データウェイから切断し、 故障表示 コントローラストップせず

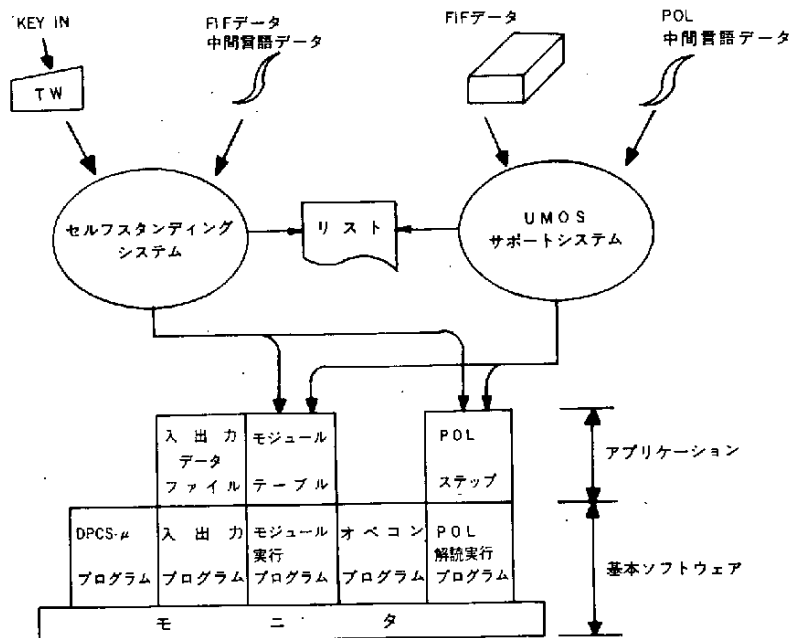


図 2-11 アプリケーションソフトウェアとサポートシステム相関

て階層制御，分散制御，広域制御等に用いられる。

② 図 2-12 にシステムの構成を示す。中央処理部，入出力部が各々単独に設置取り扱いが出来るようにユニット化されている。最大 1km までの分離が可能である。表 2-7 に仕様一覧をあげてある。

プログラムローダ (PG) は直列インタフェース (PGIF) を経由して接続されオンラインでの着脱が可能である。またパンチャ，リーダー，プリンタ，CRT などのプログラミング支援機器はすべて PG 経由で接続され，これらの制御管理は一式 PG で行われる。

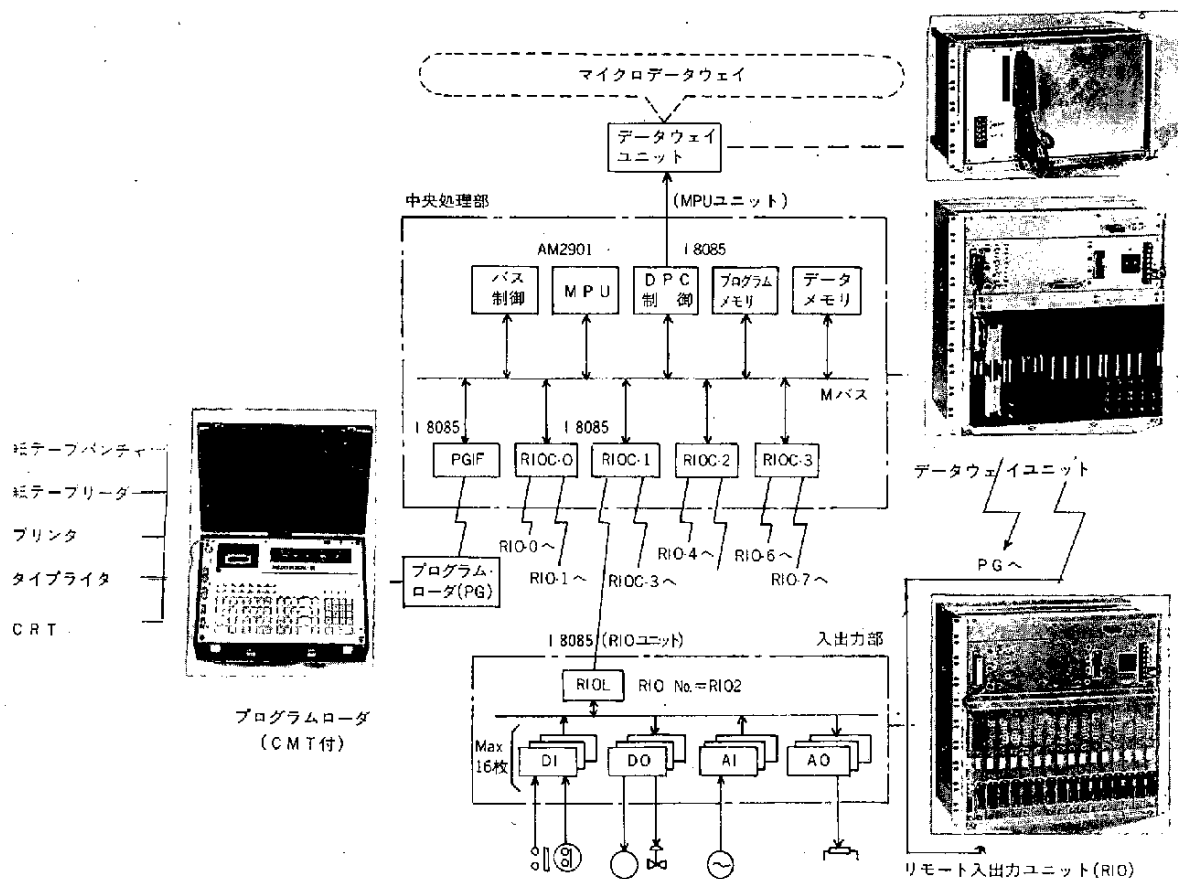


図 2-12 MICREX-E システム構成

表 2-7 MICREX-E仕様一覧

	項 目		仕 様
	制御方式		マイクロプログラム方式
中 央 処 理 ユ ニ ツ ト	命 命		制御向き専用言語
	命令実行時間		論理演算 $5.75\mu s$ 微分 $40\mu s$ レジスタ演算 $3.5\mu s$ 積分 $46\mu s$ 加減算 $6.25\mu s$ フィルタ $46\mu s$ 乗算 $22.5\mu s$ タイマ $14\mu s$ 除算 $36\mu s$
	レジスタ		汎用演算レジスタ 7 インデックスレジスタ 4 プログラムカウンタ 1 その他 4 計16
	主記憶装置		素子 コアまたはEPROM 語長 16ビット+2バリティビット 容量 基本部 4 K語 標準プログラム部 4 K語 アプリケーションプログラム部 標準 4 K語 最大 28K語 (実装上の制限あり)
	制御機能		常時サイクリック制御 ステップシーケンス制御 定周期サンプリング制御 割込み制御
	タイマ・カウンタ		合計 240点 (カウンタは可逆)
	ファンクションモジュール		ユーザ用 128 標準 128 ネスティング 実用上制限なし
	データウェイ結合		マイクロデータウェイ(DPCS)
	リモート入出力		リモート入出力ユニット 最大 8 台
	高速カウンタetc.		
入 出 力 ユ ニ ツ ト	伝送仕様		全二重直列伝送方式 リンケージ 1 : 1 データ信号速度 48Kビット/s 伝送距離 最大 1 km
	入出力点数		入出力カード枚数 16枚/ユニット カード 1 枚当たりの収納点数 デジタル出力 16点/枚 アナログ入力 8 点/枚 アナログ出力 2 点/枚
共 通	絶縁耐力		AC1,500V 1 分間
	電 源		AC100/110V $\left(\begin{smallmatrix} +10\% \\ -15\% \end{smallmatrix}\right)$ 50/60Hz またはDC110V (90~140V)
通	周囲温度、湿度		0~40°C 20~90%RH (結露なし)

マイクロデータウェイとはDPCカード、データウェイ回線ユニットを経由して接続でき、分散形制御システムが構成出来る。

リモート入出力ユニット(RIO)とは、RIOCとRIOLを経由して構成する。

③ RAS技術

(a) 故障診断

各機能を受持つマイクロプロセッサは、始動時に自己診断プログラムによって自己のハードウェアの診断を行う。また運転中には相互診断、自己診断が図2-13のように行われる。

また出力信号は自己診断の後、送出するようにして安全性を高めている。

(b) 再試行機能

異常を検出したとき、再試行を行い、ノイズ等による一時的障害でシス

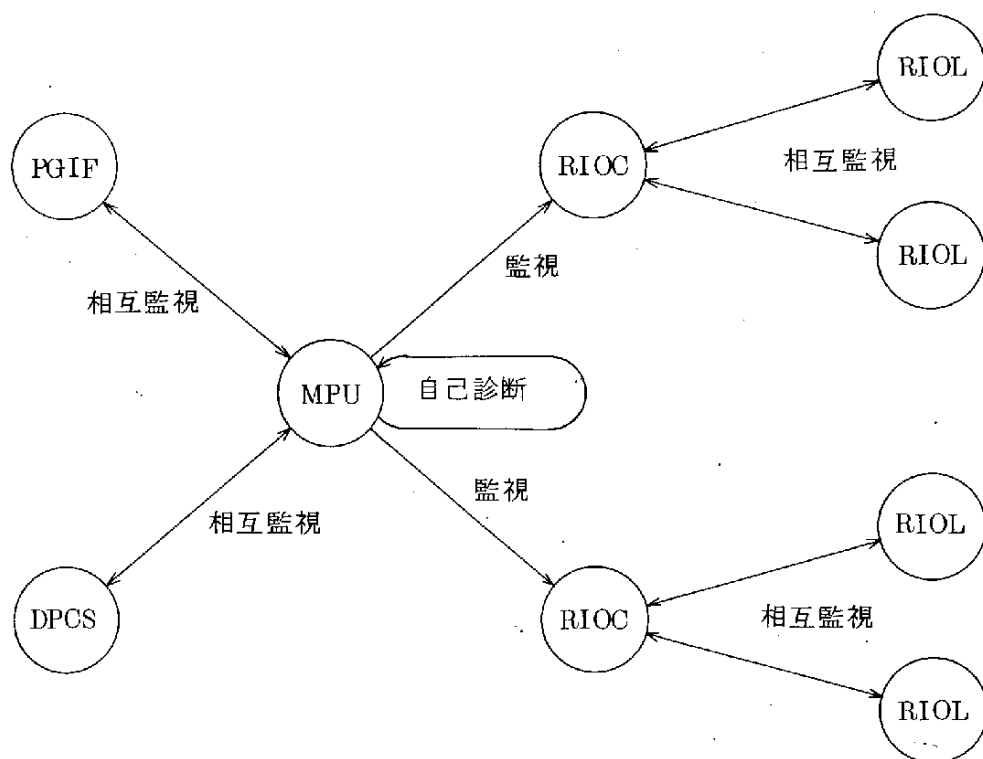


図 2 - 1 3 故障診断機能

(c) 異常発生切離機能

入出力ユニットが故障した場合、関連するユニットだけ停止しシステムを縮小して運転を継続できる。

(d) 保全性

故障情報は容易にプログラムローダやホストシステムで読みとれる。また主要なデバイスには故障表示灯が設けられており、上記の機能とともに、故障の修復が容易かつ短時間で行える。

(2) ハードウェア設計上の留意点

① ビットスライス形プロセッサとマイクロプログラミング

(a) マイクロプロセッサにはビットスライス形プロセッサ (Am 2901) とマイクロプログラミングを採用し、処理データ長、制御方式、マイクロプログラミング言語等をシステムに最適な構成としている。

(b) 高速処理

ショットキーバイポーラ素子、パイプライン処理、水平形マイクロプログラムによる並列動作などの方式により高速処理を実現している。

② 汎用プロセッサによる機能向上

8085A (8ビットプロセッサ) をリモート I/O 伝送処理 (RIOC, RIO L), データウェイ伝送処理 (DPCS) プログラムローダ制御 (PGIF) などに適用し、ハードウェアの簡素化と機能アップをはかっている。

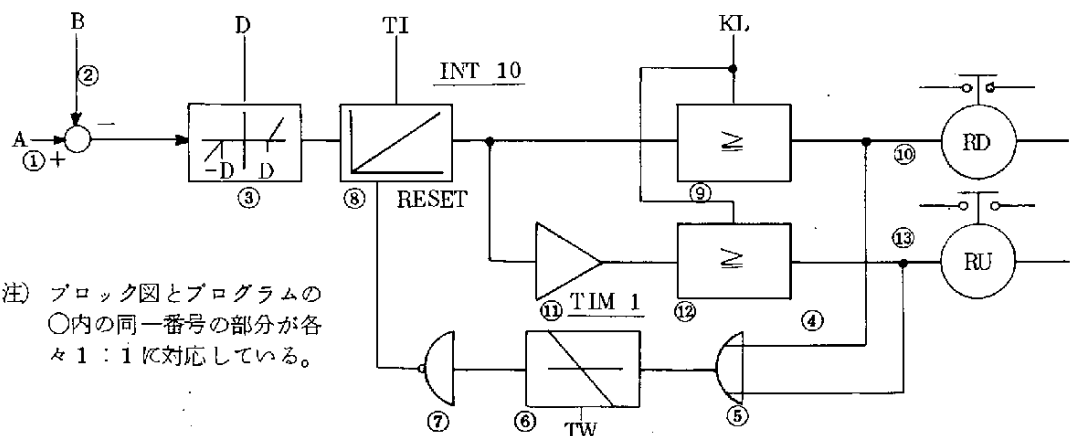
③ MICREX-P/W と同様、Mバスを採用している。

④ MICREX-P/W と同様、プリント板カード、シェルフ、ロッカを同一とし標準化をはかっている。

(3) ソフトウェア設計上の留意点

① 制御用プログラミング言語 (EPOL)

制御技術者が簡単にプログラムの作成、保守ができるようにリレーシーケンス、ロジックシーケンス、アナログ制御と同様に制御ブロック図から簡単にプログラム出来る工学問題向言語 EPOL が開発されている。図 2-14 にブ



- ① LD A ② SB B…(減算: $A - B$) ③ DB D…(不感帯, D:設定)
 ④ R RD ⑤ O RU ⑥ TIM 1, TW…(タイマ 1, TW:設定) ⑦ N
 ⑧ INT 10, TI…(積分器 10, TI:設定) ⑨ CH KL…(コンパレータ, KL:設定)
 ⑩ W RD ⑪ NEG ⑫ CH KL ⑬ W RU

図 2-14 EPOL によるプログラム例

ログラム例を示す。

② モジュール化の徹底

プログラムは徹底してモジュール化するようになっており作成、保守、ドキュメンテーションの効率を上げている。コード変換、ルート演算、PID 演算、ユーザプログラムにあらわれる同じような処理の繰り返し実行されるもの等は、機能単位にモジュール化されている。

③ プログラムサポートシステム

P F U シリーズミニコンピュータのサポートシステムによってプログラムの作成も出来るが、可搬形のプログラムローダ P G によりプログラムの作成、編集、デバッグが容易に行える。

2.3.3 遠方監視制御装置DISTA1000/3000⁽¹⁾

(1) DISTA1000

① システムの概要

(a) 1:1, 1:Nの回線構成により制御, 表示, 計測データの収集を行う。システム構成を図2-15に示す。

(b) マイクロプロセッサ(MN1610, 16ビット)の採用により仕様の違いに対するハードウェアの変更はほとんどなく, ソフトウェアで容易に対応が可能であり装置の信頼性や保守性の向上に役立っている。

(c) 計算機とのメモリ間データ転送(DMA)が出来る。

(d) データウェイを介してMICREXシリーズのサブシステムとの関係も可能である。

(e) ソフトウェアによる自己診断プログラムなどによるRAS機能を有している。

② ソフト/ハード設計上の留意点

(a) MICREX-P/Wと同様Mバスを採用している。

(b) MICREX-P/Wと同様プリント板カード, シェルク, ロッカを同一とし標準化をはかっている。

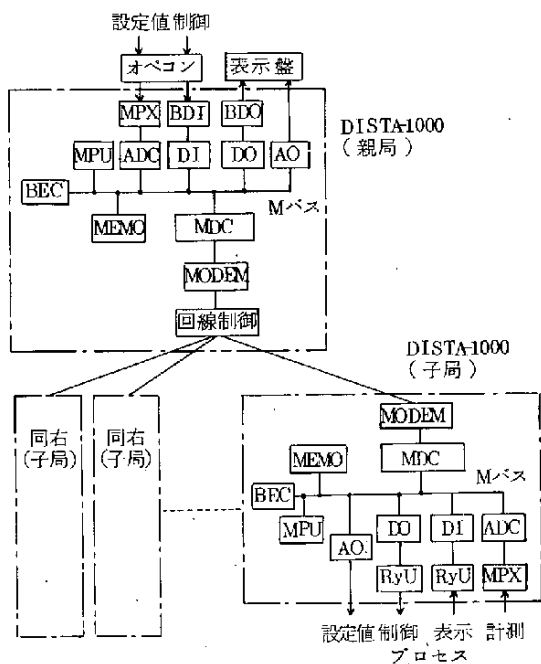
(2) DISTA3000

① システムの概要

計算機による大規模集中制御システムを構成する際, 本装置を親局として各子局と接続する。すなわち分散処理システムを志向した装置である。これにより計算機は各子局の仕様の違いを一切気にすることなく統一した形で, 各子局とデータ授受を行うことが可能である。(図2-16)

② ハード/ソフト設計上の留意点

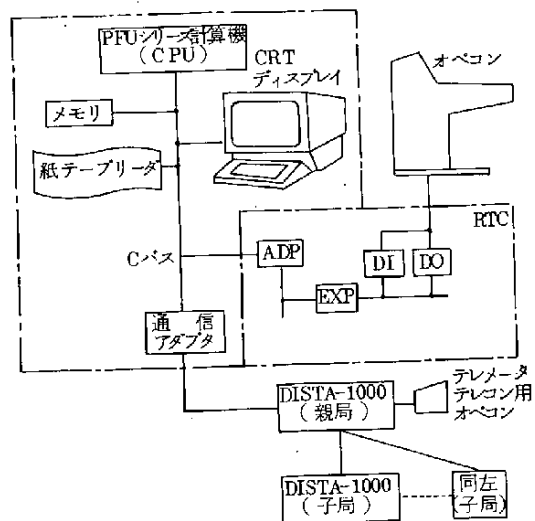
このシステムは一組のバス制御部で16台のマイクロプロセッサ(MN1610, 16ビット)が接続出来, 各ユニットからの送信要求を監視してバス支配板をコントロールすることにより“N:N”方式の伝送システムを採用



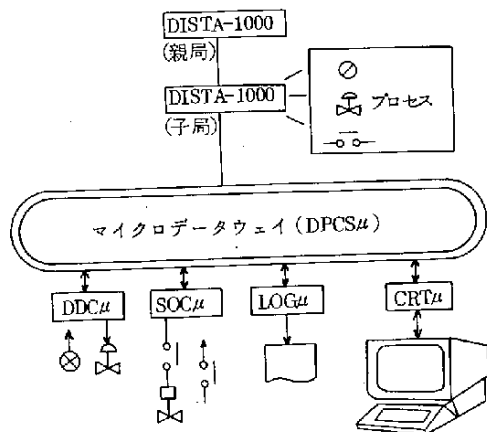
略号説明

BEC: バス制御ユニット MPU: マイクロプロセッサ
MEMO: メモリ MPX: アナログ入力マルチプレクサ
ADC: A/D変換器 DI: デジタル入力ユニット
BDI: DI用インタフェース DO: デジタル出力ユニット
BDO: DO用インタフェース AO: アナログ出力ユニット
MODEM: 変復調器 RyU: リレーユニット
MDC: 伝送制御

(a) 単独設置の遠方監視制御システム



(b) Uシリーズ計算機と結合した大規模集中監視制御システム



(c) FUJJI MICREXシステムと接続される子局側集中監視制御システム

図 2-15 DISTA1000 システム構成図

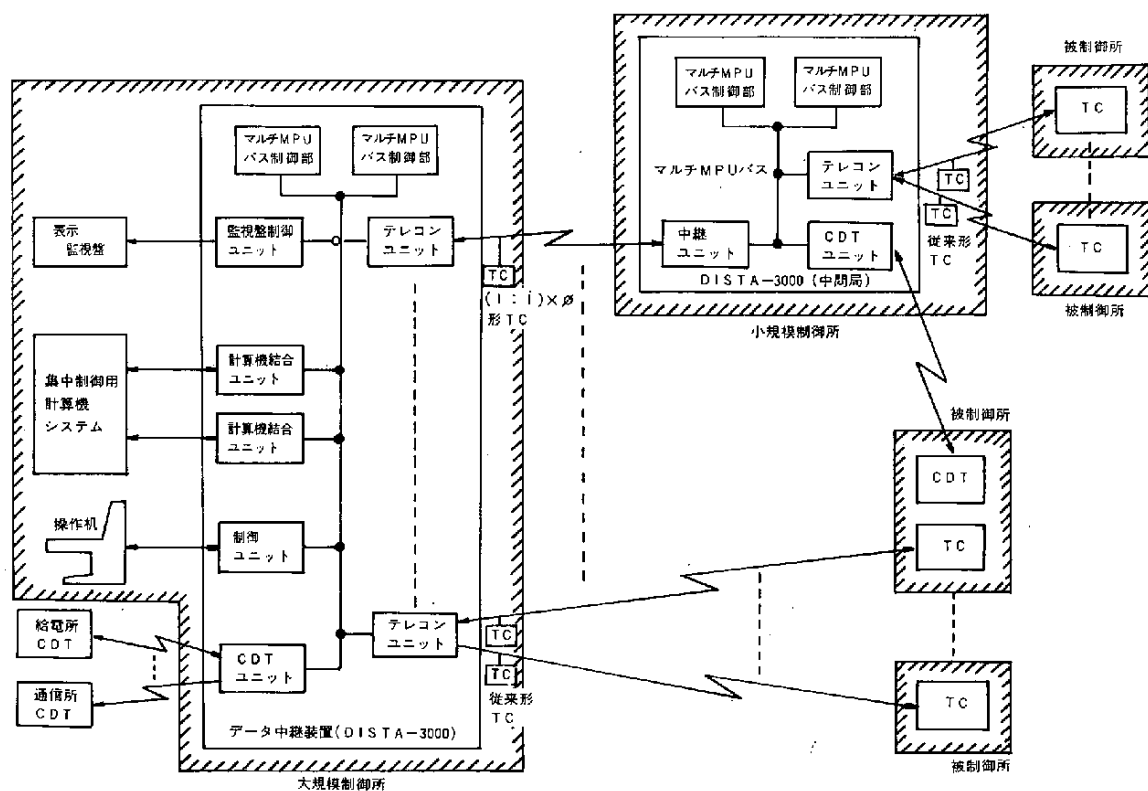


図 2-16 DISTA-3000 集中制御システム構成図

している。

このシステムでは共通のバス（マルチMPUバス）を使用しているため、一台のユニットの障害がシステム全体に影響を与えないよう、各ユニットにはバス切離し機能があり、システムの停止を極力なくすように考慮してある。

2.3.4 ガソリンスタンド用POS（SSファミリ、GX型）¹¹⁾

(1) システムの概要

ガソリンスタンドの販売業務の省力化をめざすもので図 2-17 に示すようなシステム構成になっている。

基本機能は次のとおりである。

- ① 現金、TBA（タイヤ、バッテリー、アクセサリ等）売上処理を行う ECR機能
- ② 計量機インラインによる主燃料売上処理

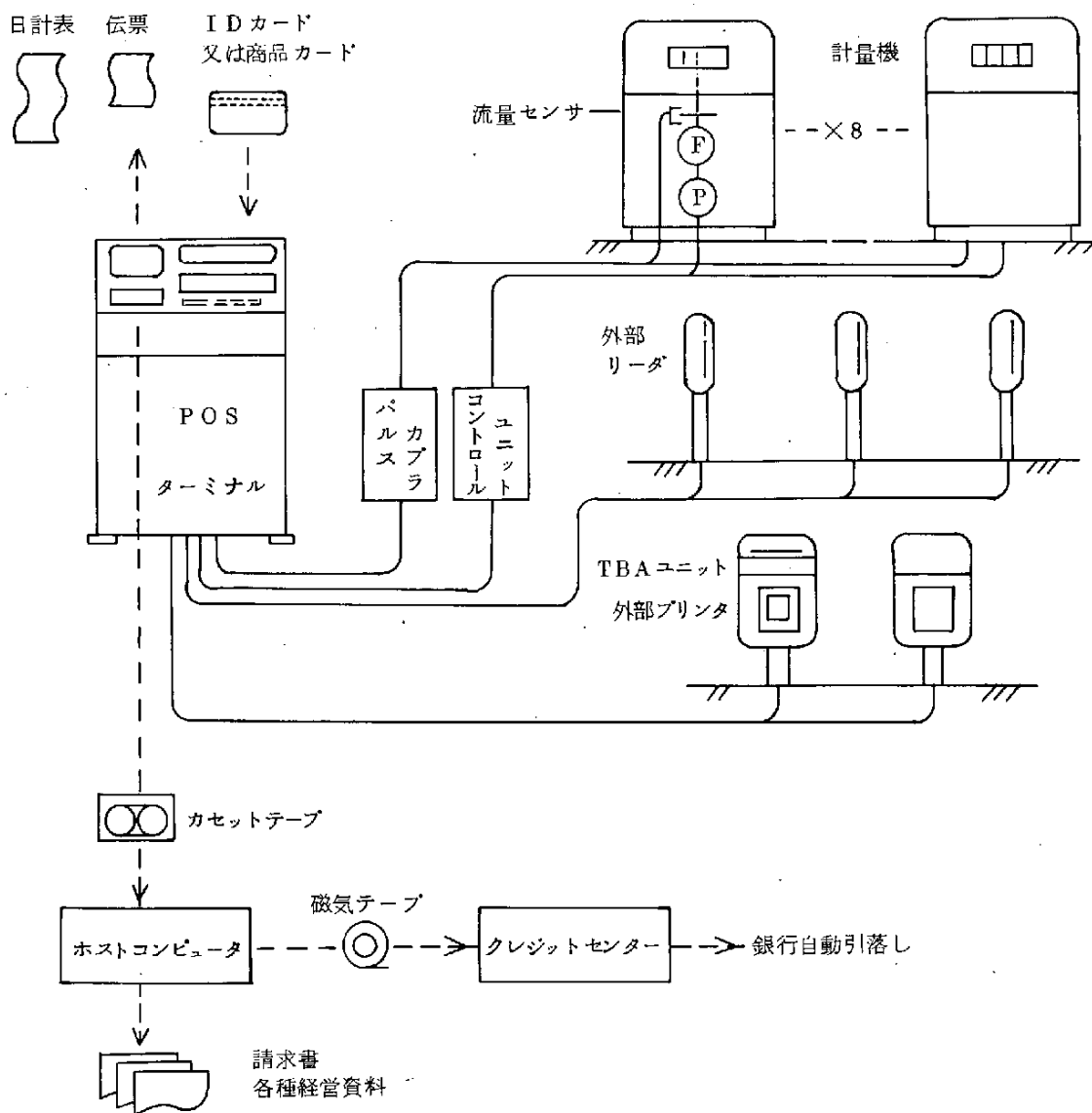


図 2 - 1 7 GX型システム構成図

- ③ 各種 I D カード (磁気カード) の読み取りと有効性チェック
- ④ 現金カードの単価ランク方式による金額算出
- ⑤ 売上, 仕入, 入金, 出金, 出荷, 請求等の取引データの処理
- ⑥ 日計レジスタへの分類累計と日計表の作成
- ⑦ ホストコンピュータ用カセットテープデータの作成
- ⑧ I D カードのエンコードとチェック
- ⑨ 外部操作装置による主燃料, T B A 売上処理
- ⑩ 電話回線を利用したデータ伝送

このシステムの制御ブロック図を図 2-18 に示す。

(2) ハードウェア設計上の留意点

- ① プログラム, データの停電時の保護のために, R A M は消費電力の小さい C M O S 形を採用しバッテリーでバックアップしている。
- ② 電源異常時のプログラム暴走対策を考慮している。
- ③ 接続される I / O 機器を考えたバス構成をとっている。
- ④ 外来ノイズに対するマージンを十分とった実装技術。
- ⑤ 電源の種類, 容量を減らすように I / O 機器, 各素子を選定している。
- ⑥ マイクロプロセッサは 8 0 8 5 A (8 ビット) を採用している。

採用理由は, (a) 直接アドレス可能なメモリ容量が十分な事, (b) プロセッサチップに大部分の機能が集積されており外部の部品点数が少なくて済む。また一電源であること, (c) R E S T A R T 割込みが 3 レベルあること, (d) その他価格, L S I ファミリィが豊富なことセカンドソースがあること。

⑦ 信頼性と保全性に重点を置いている。

(a) 自己診断機能として P A R I T Y C H E C K, F L A G の二重化, P O W E R D O W N C H E C K, W A T C H D O G T I M E R を持ち, 常時システムの異常監視を行っている。

(b) C E 機能として R A M C L E A R, S A V E, D U M P, P A R I T Y, A D R E S S C H E C K, W R I T E, R E A D 等のシステムオペ

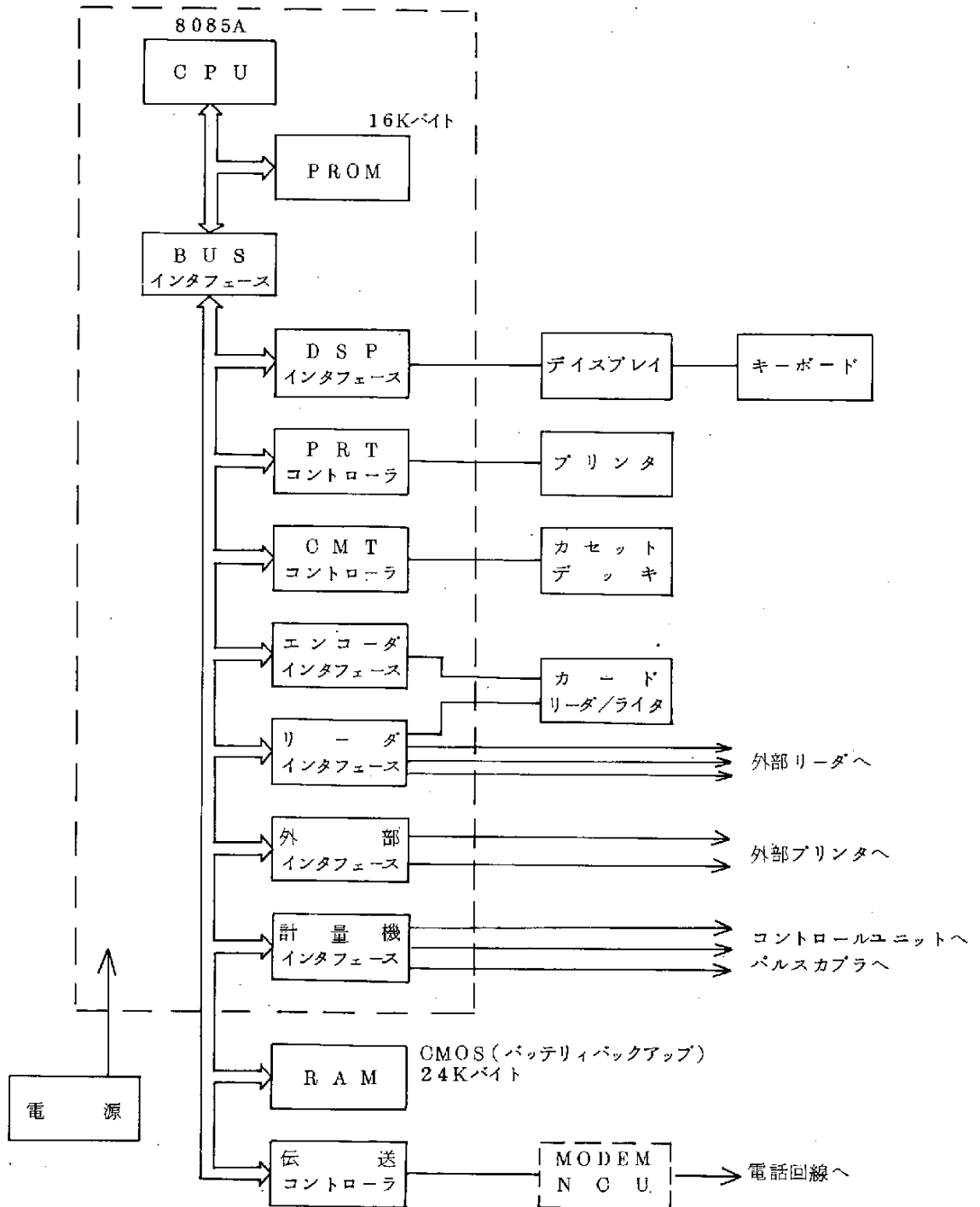


図 2-18 GX型ガソリンスタンド用 POS 制御ブロック図

レーション機能を持たせている。

⑧ 回路はRAMメモリを除いて大型プリント板一枚に集約し、信頼性向上とコストダウンをはかっている。

(3) ソフトウェア設計上の留意点

各元売標準仕様と特殊仕様を組み合わせると多数の仕様のものが要求される。これが開発上最大の課題であるが、GX型ではプログラムを固定領域と可変領域(ユーザプログラム)に分け、ユーザプログラムはメインフロも含めてすべてFIFテーブル化してプログラム作成の効率化とデバッグ時間の短縮をはかっている。

固定領域はROM化して全仕様共通に使用し、可変領域はRAMにしてカセットテープからローディングする方式にしている。この結果ハードは標準化が出来、汎用性と保守性が増した。

2.4 汎用プロセッサの今後の展望

(1) プロセッサの高機能化と専用化⁽⁵⁾

2.1.1項で記したとおり今後市場の拡大、ニーズの多様化等からワンチップ化や専用化が進む一方、16ビットマイコンにみられるような高機能化が進む。

(2) 周辺素子⁽¹⁰⁾

特に16ビット高性能プロセッサの出現を機にマイクロプロセッサにはデータ処理機能を十分に発揮させかつシステム全体の機能向上をはかるため、インテリジェント化された周辺素子がいろいろ出現してきた。

すなわち、①多数のインテリジェントモジュールが存在するシステムバスのコントロールを実行するバスアービタ、②メモリ領域の拡大とメモリマネジメントを行うメモリマネジメントユニット、③DMAコントローラのインテリジェント化と高性能化、④プロセッサ範囲外の高精度、複雑な計算を行う数値演算素子、⑤CRT、フロッピー、ディスク等のコントロールを行う専用周辺装置用コントローラ、⑥データ通信素子等がある。

(3) マルチプロセッサシステム

マイクロプロセッサ、半導体メモリの価格の低下にともない、拡張性や信頼性が得られるマイクロプロセッサを豊富に用いたマルチプロセッサシステムが増加している。(2.3参照の事)

これらマルチプロセッサの構成方法には、バス結合、チャネル結合、データウェイ等種々の方式があるが、いずれにしても機能別にマイクロプロセッサをどんどん使う方向にある。

(4) バスの標準化⁽²⁾⁽⁷⁾

システムの中には種々のレベルのバスが存在するが、大きく分けるとI/O(装置用)インタフェース、システムレベルバス(プリント板間接続用のものでプリント板の裏側でマザーボード等で形成されるもの)、コンポントレベルバス(マイクロプロセッサコンポントを接続するためのバス)があり、現在規格化ないしはよく用いられている実例を表2-8, 9に示す。

バスの標準化には2つの面が存在する。一つは標準化のために必ず余計なICやコネクタやスペースが必要で、個別仕様に合ったものに比較して高価となり、最適性を犠牲にすることである。

しかし一方マスプロ製品でない場合には、ハード/ソフト開発の両面で大いなる恩恵をこうむる事である。

したがってバスの標準化といっても唯一の標準規格ですべての応用分野をカバーするのではなく、目的に応じて、また国際レベル、国家レベル、メーカーレベル等実情に則した、マイクロプロセッサに適した標準化が必要である。

(5) 高位言語⁽³⁾

マイクロプロセッサを用いたシステムは、従来のシステムに比べてコストにしろソフトウェアの比重がずっと高くなっている。

図2-22にソフトウェア開発マンパワーの例をあげてある。

またプログラムがより長く、より複雑になると、プログラムをアセンブリ言語でコード化するのは实际的でない。このような背景から高位言語のニーズ

表2-8 外部データバス (I/Oインタフェイス)

名 称	IEEE-488	CAMAC	RS-232-C	TTY
概 要	オリジナルはHewlett Packardが自社のコンピュータ、計測器用に開発したものであるが、IEEEでそのアイディアを取り入れ規格化し、現在はIEEE488-1978になっている。計測機器やデジタル機器に広く用いられている。 信号線は24ラインで8本のデータライン、3本のハンドシェイクライン、5本の管理ライン、予備8本。 IECバスと通常呼ばれるものはIEEE-488を殆んどそのまま受けついでいるが、コネクタとケーブルに就ては、IEEEは24芯、IECは25芯ケーブルを使用している。	これは Computer Automated Measurement and Control の略。 主に原子力分野の計測、制御装置に用いられている。 電源、キャビネット(クレートと称する)、モジュールの寸法、バス信号線等詳細に決まっているが、設計上の自由度はある。しかし高価となるので一般には普及していない。	米国のElectronics Industries Associationの規格でRSはRecommended Standardの略。Cは第3改訂を意味する。 多くの直列データ端末機器のデータ入出力標準仕様として広く使われている。データ端末装置とデータ通信装置の間はプラグ式のコネクタで接続される。データ通信装置側には雌形の25ピンコネクタが、データ端末装置側には雄形の25ピンコネクタが接続される。 IECバスはRS-232と同一のコネクタを用いている。	テレタイプなどの簡単な機器の接続に用いられる。20mAの電流ループ式簡易インタフェイス。2対の信号線による直列伝送。
信号形式	並 列	並 列	直 列	直 列
線 数	24	86	25	6
転 送 速 度	通常 100Kバイト/秒 以下 最大 2M "	通常 1Mバイト/秒 以下 最大 5 "	通常 9600ボー/秒 以下 最大 20K "	通常 110ボー/秒 以下 最大 4800 "
ケーブル長	通常 5m以下 最大 20m	通常 1000フィート以下 最大 5500 "	通常 10フィート以下 最大 50 "	通常 1000フィート以下 最大 10000 "
標準信号	TTL	bi-phase NRZ	バイポーラ	電 流

表2-9 マイクロコンピュータバス及び適用マイクロコンピュータ(システムレベルバス)

名 称	LSI-11	Multibus	STD BUS	S-100
概 要	DEC社のシングルボードコンピュータ用。このバスは、LSI-11ファミリプロセッサのみに適用が限定される。	Intel 8ビットシングルボードコンピュータ用がオリジナルであるが16ビットコンピュータSBC86/12にも使用されている。大変ポピュラーであるが、Z80とかM6800には使用出来ない。大きなプリント板を採用しており比較的複雑な用途に適する。	1987年にMostekとPro-Logがポピュラーなマイクロコンピュータ用として発表したもので8080、8085A、6800、Z-80等のプロセッサが選択できる。ユーザは必要最少限のものが選定できるように大変小形のカードから出来ている。一方Multibusを用いたコンピュータと比較すると同じ機能を果たすためには多少のカードが必要。	最もポピュラーなバスであり、パーソナルコンピュータ等に使用されている。IEEEで規格作成を計画中。電源±8、±16Vが標準電圧でないで電圧のマッチングが必要。スペアー線が多数あり。
オリジナル	DEC	Intel	Pro-Log	MTS
プリント板寸法 幅 (inch)	5.2 10.4 15.6	12	4.5	10.5
高さ (inch)	8.4	6.75	6.5	6.5
コネクタピン数	72	86	56	100
線の種類と本数				
データ	18	16	8	16
アドレス	18	16	16	16
制 御	18	15	22	38
割 込	4	8	3	8
スベア	15	7	0	16
電 源	9	16	6	4
電 圧	±5、±12V	±5、±12V	±5、±12V	±8、±16V

が高まっている。プログラムコストもさることながら保守用（拡張，変更等）プログラムを考えるとなおさらである。

プログラムは使用言語に関係なく，一日に書く行数はだいたい決まっているともいわれる。アセンブリ言語は一命令当りマシン言語一語に相当し，高位言

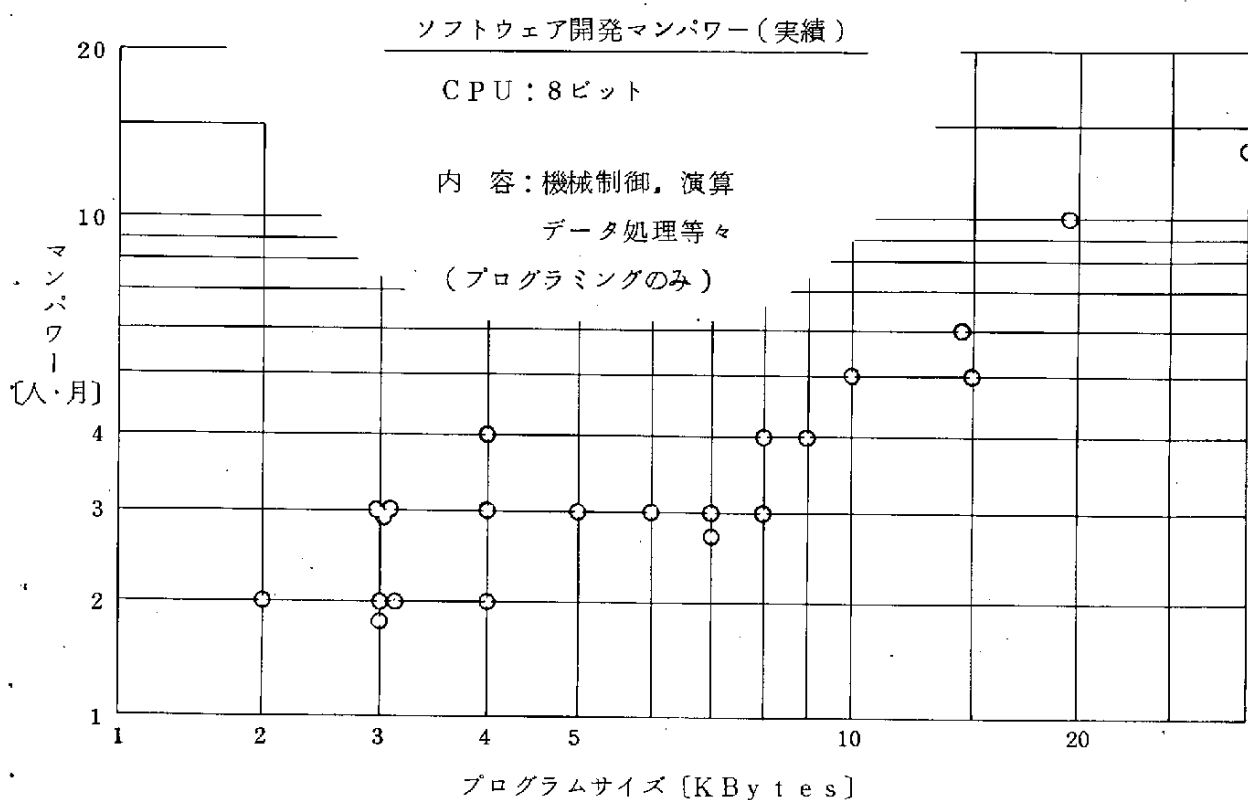


図 2-2-2 ソフトウェアの所要マンパワー例

語は数語に相当する。この事実はプログラムの効率向上をめざすためには高位言語が使われるべき事を示している。

プログラマにとってフローチャートから高位言語に変換するのはずっと直接的で分かり易いし、高位言語は命令語やキーワードがより通常の言語に近いのでプログラムが書き易い。

さらにフローチャートと高位言語の類似性がドキュメントの読みやすさ、理解し易さを提供するので、より容易に変更や追加を可能にするし、デバッグ効率もアセンブリ言語よりも一桁良いともいわれる。

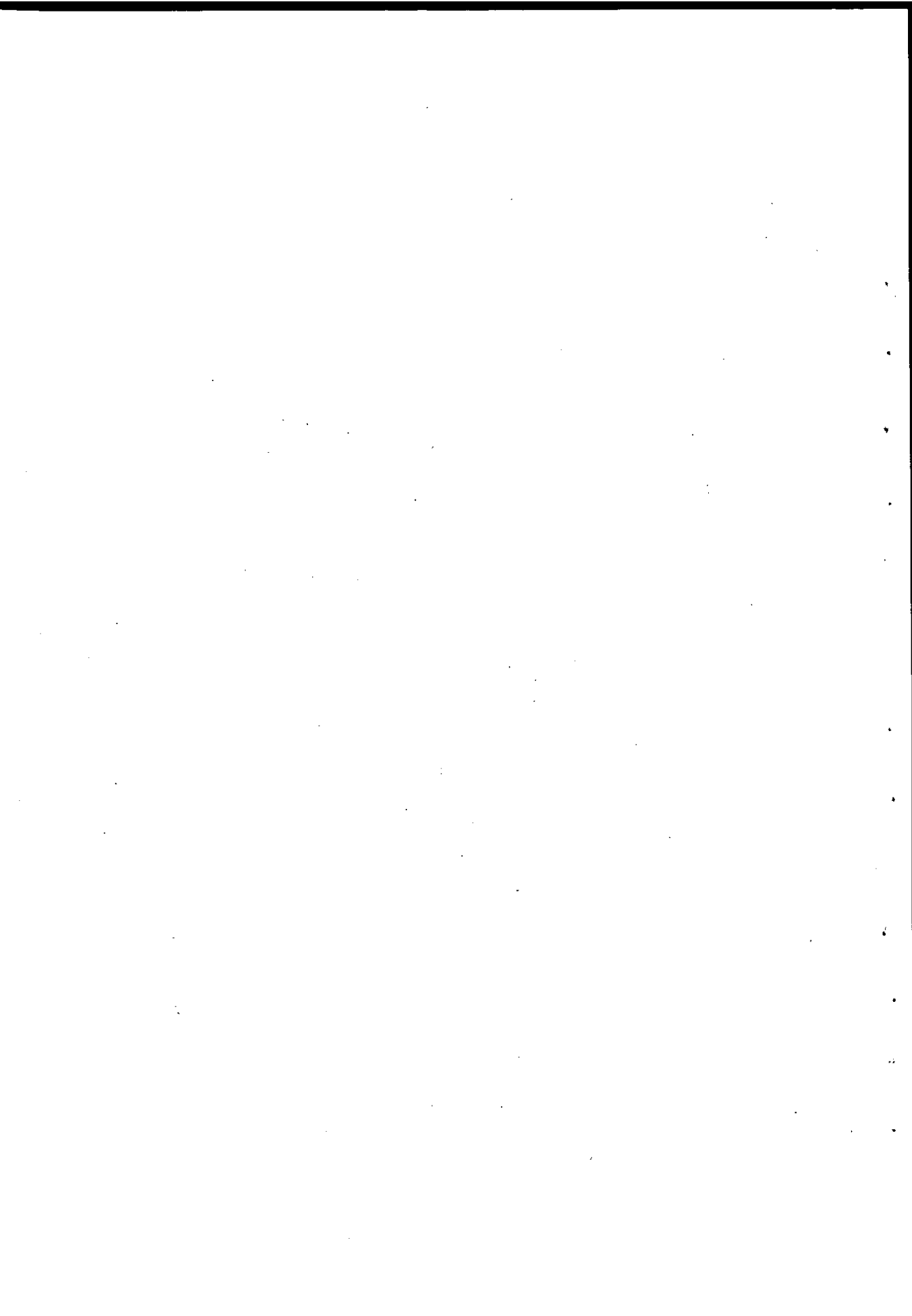
しかし一方アセンブリ言語に比べて、高位言語はコンピュータの利用効率を低下させる。一般により多くの実行時間とより多くのメモリを必要とする。メモリコストは安くなり、システムクロックスピードは早くはなっているが、ROMスペースの制約があるワンチップマイコンでは大きな問題である。さらにリアルタイムプロセッサアプリケーションへの適用にも問題が生じる。

高位言語には、このような欠点があるけれども、PL/1系、PASCAL、FORTH やマクロアセンブラ(このアセンブリ言語はIF THEN ELSE等が導入され使い易いものになっている。)等が適用可能な分野から普及しつつあり、さらに今後ハード面ではクロックスピードの向上、メモリの低価格化、ソフト面では高位言語自体の改善等もあり応用範囲が広がって行くものと思われる。

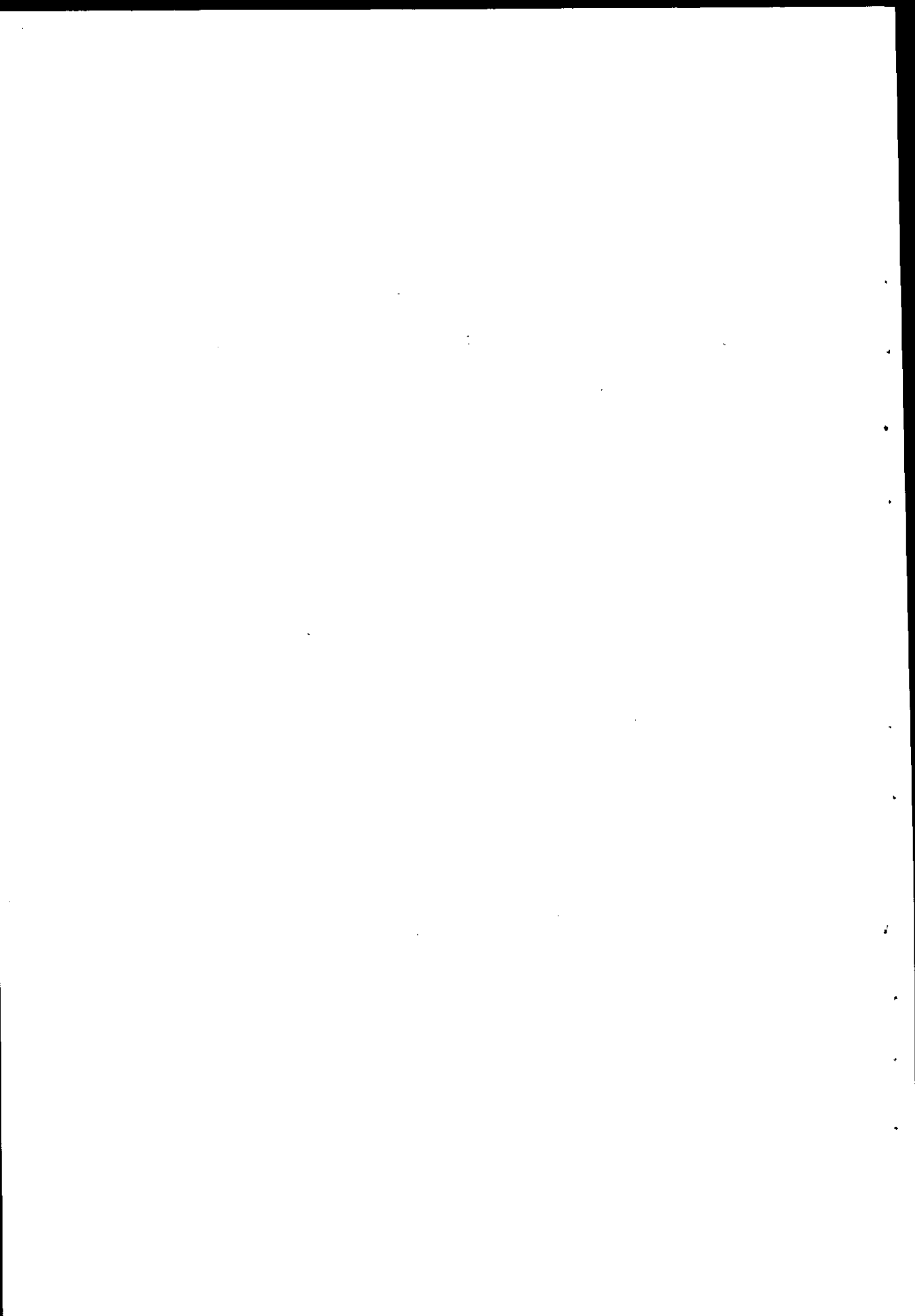
[参 考 文 献]

- (1) K. Mayer u E. R. Wolfgang: Bedeutung des Mikro-prozessors für die Struktur der Siemens-System 300 : Siemens Zeitschrift H.9.52(1978)
- (2) Michael J. McGowan: From the S-100 to CAMAC, The Diversity of Digital Buses: Control Engineering (April 1979)

- (3) John G. Pasa: Programming microcomputer systems with high-level language: Electronics. January 18, 1979
- (4) 森亮一編: マイクロコンピュータハンドブック (朝倉書店)
- (5) 日経エレクトロニクス「特集・1980年代のエレクトロニクス」
(1980 1-7 No. 229)
- (6) 日本電機(株) 集積回路事業部編「マイコン用語事典」(産報出版)
- (7) 正田他: 産業用マイクロコンピュータの基礎と応用 (オーム社)
- (8) 日本電子工業振興協会「マイクロコンピュータに関する調査報告書応用動向編」(昭和54年3月)
- (9) 川上拓: 各種制御装置の最近の動向と設計, 運用上の留意点 (OHM 77 I/I)
- (10) 海外技術トピックス マイクロプロセッサ用周辺素子の動向 OHM '80/1
- (11) 富士時報各号



第3章 周 辺 機 器



第3章 周 辺 機 器

3.1 入出力機器

3.1.1 マイクロコンピュータ用入出力機器の現状

マイコン用の入出力機器の種類としては、ミニコンピュータ用と同じものが一応そろっている。初期の段階ではマイコン用の入出力機器というものは特になく、マイコンを自立形で使用する時にはミニコンピュータ用の機器を使用することでスタートした。その後、次第に専用入出力機器が開発されたが、これらは常にミニコンピュータ用のものと同じ種類を目ざして準備されてきた。この理由は自立形マイコンのユーザが常にミニコンピュータのイメージを持っていたことによると思われる。現在でも高性能を狙った応用ではミニコンピュータ用の機器が使用されている。しかしミニコンピュータ用機器の問題点は、一般の用途に対しては高価すぎて、CPUとの価格バランスが悪いことである。このためマイコンの普及と歩調を合わせてマイコン専用の低価格入出力機器が開発されてきた。この種の機器の性能は一応の水準に達しており、マイコン用としてはほぼ妥当なものである。さらに小形、簡便など望ましい点も多く備えており、現在では主流の入出力機器になっている。マイコンの特徴の一つはホビー用という分野があることである。ホビー用途の入出力機器としては、家庭用機器（TV、電卓、テープレコーダなど）の利用や新しい簡便な機器の開発が行われている。ホビー用にはマイコン用の機器でも、まだ価格が高いため、ホビー用機器は、さらに一段と低価格である。したがって性能的にも低レベルであり、一般用としては適さない傾向にある。

マイコン用の入出力機器の代表的な価格帯を表3-1に示す。これは最も一般的な性能（メモリ16Kバイトクラス）の機種を考えている。これを見ると本体の価格と入出力機器の価格は、ほぼ同じ範囲にあり、入出力機器をつけ加えるごとにシステム価格が2倍、3倍と上ってゆくことがわかる。このことは

表 3-1 代表的なマイクロコンピュータの価格帯モデル

本体 プロセッサ, 16 K バイトメモリ フルキーボード, CRT インタフェース カセットインタフェース, ケース付	200千円~400千円
プリンタ (80 字/行)	150 ~350
CRT ターミナル (12 インチ, 80 字×24 行)	300 ~800
PTR (光電式)	100 ~200
フロッピディスクシステム (標準タイプ)	300 ~800
カセットテープ	100 ~200

底辺の需要を拡大する上で一番問題になると思われる。従来の汎用コンピュータやミニコンピュータにおいても、プロセッサは安くても必要なシステムを構成すると一桁高い価格になることはよく経験することである。マイコンでは同じ傾向にならぬように、必要な入出力機器を含めたシステム価格で比較し、議論されることが望ましい。このシステム価格を下げて名実共に、“安いマイコン”を実現するためには、更に低価格の機器が必要である（性能を下げずに）。また、価格が高いため普及が遅れている機器もある。したがって新しい需要に対応するには新しい価格の新しい機器の出現が必要である。

低価格に関連して特に問題になるのは信頼性である。入出力機器は大部分がメカ機構を備えているので、メカの信頼性が必要である。低価格であるから故障が多くても良いということにはならないのであって（従来はこの傾向が多い）、ビジネス用などの日常業務分野の利用が増加すると、特に入出力機器の信頼性がシステムの死命を制することになる。マイコンの普及発展の一つの鍵は周辺機器に移ったといえる。

3.1.2 ディスプレイ装置

キャラクタディスプレイは比較的低価格で高速の出力装置として広く使用されている。CRTの大きさは9インチと12インチが標準的であるが、5.5インチなどの小形のものもある。一画面には9インチ形の場合、32字/行で16行、12インチ形で80字/行で24行の表示ができる。文字は5×7、5×9などのドットマトリクスで英数字、記号が表される。走査方式はラスタスキャン方式が多く使用されている。キャラクタディスプレイはコピーが残らない欠点があるが、プリンタに比べると1桁以上高速であり、価格も5～6万円程度なので便利な出力装置である。

CRTディスプレイにキーボードをつけた入出力装置は計算機ターミナルとして使用されている。特にマイコンを内蔵し、編集機能、ページ記憶、通信制御などを可能にしたものはインテリジェントターミナルと呼ばれている。CRTは12インチを使用し、80字×24行表示が標準である。RS232C、20mAカレントループインタフェースをもち110～9,600ボーの全二重通信機能を持っている。

3.1.3 プリンタ

プリンタには一字ずつ印字するシリアルプリンタと一行を同時に印字するラインプリンタがある。また印字する方法によって活字やマトリクス状に配列したワイヤを用紙に打ちつけて印字するインパクトプリンタと感熱、放電破壊、インクジェット、静電記録などの諸方式を使用したノンインパクトプリンタがある。印字方式により表3-2に示すように印字速度や価格帯が決まっている。

シリアルプリンタは用途に応じて、高級マイコン用、一般マイコン用、電卓や事務機用の3クラスに分類できる。高級用はインパクトやインクジェット方式で桁数80字のものが標準的で、価格も20万円以上である。一般用は小型、低価格が特徴である。桁数は40ないし80字で印字方式はドットインパクト、放電破壊、感熱が使用されている。価格は10万～20万円クラスで、種類も

表3-2 マイクロコンピュータ用プリンタの代表的な性能

種 別	印字方式	桁 数	印字速度	価 格
シリアルプリンタ	ドットインパクト	40, 80	100~120字/秒	150~350千円
	ドラムインパクト	40, 80	10~40 "	250~450
	インクジェット	80	160~250 "	~900
	放 電	20, 40, 80	150~200 "	120~150
	感 熱	20	40 "	~100
ラインプリンタ	ドットインパクト	80	70~120行/分	500~
	ベルト式インパクト	80	100~200 "	600~

多い。電卓などに使用されているプリンタはジャーナルプリンタと呼ばれる小型の簡単なプリンタで、桁数は12~20字で字種も限定されている。価格は5万円前後である。

プリンタとキーボードを組み合わせたものは計算機用入出力ターミナルとして古くから使用されてきた。有名なものはテレタイプ社のモデルA SR 32/33で、桁数74字、印字速度10字/秒、字種は64種で性能的には下位クラスに属するが、古くから最も安価な入出力装置として広く普及してきた。性能的にはテレタイプより高級なものが次第に開発されるようになり、桁数80または132字で、印字速度120~250字/秒、字種114、128などのインパクト形やインクジェット形印字機構をもつターミナルが出てきた。しかし価格的にはこのような高速のターミナルは100万円前後になり、テレタイプよりは、かなり高価である。そのテレタイプでも60万円程度であり、マイコン用としては高価すぎる。そのため価格の安いプリンタとキーボードをユーザが組み合わせて使用する方法がマイコン的な方法である。

マイコンで使用されるラインプリンタは低速のもので、桁数80字、印字速度70~200行/分程度のものがある。印字方式はドットインパクトとベル

ト式インパクトの両方式があるが価格的にはドットインパクト方式の方が安価で、50万円程度の製品がある。ドットタイプのラインプリンタは文字の他に図形の出力も可能であり、安価な図形出力装置にも使用できる。

3.1.4 その他の機器

紙テープリーダ(PTR)は最も簡単な大量データ入力の手段であり、特にクロスソフトウェアを使う場合には必要な機器である。しかしマイコンではPTRは二次的な入力機器と見なされている。PTRにはパルスモータを使用した低価格のものがマイコン用として商品化されている。光電式読取り形で読み取り速度100~150字/秒クラスのものとはブラシ式読取り形で読取り速度30字/秒のものがある。またマイコン特有のものとして手動式のものも商品化されている。

紙テープパンチ(PTP)はマイコンではほとんど使われないし製品も少ない。せん孔速度1,000~3,000字/分程度の性能のものがある。

キーボードは最も直接的で低価格の入力手段として多く使用されている。特にキットなどではキーボードが唯一の入力手段のものもある。コードやキー配列にはJIS, ASCII, ASR, タイプライタなど種々の製品がある。キー数はフルキーボードで59~70個が多いが、16キーのような簡単なものもある。

音声出力が各種の電話応答や通報装置のみでなく電卓、時計、チャイム、学習器などにも使用されるようになった。前者では音質の良いことを条件にして録音編集方式により、音声出力を合成しているが、後者の製品では音質を犠牲にしても小形、低価格を実現するため素片編集合成、分析合成などの方式を使用し、発声語数も10数語から100語程度にしている。このためメモリ量も10K~300Kビット程度になり、ICROMを使用することができる。スピーチシンセサイザLSIとROMにより、簡単な音声出力が可能になったので、今後多くの民生機器で使用されるようになるだろう。

3.2 外部記憶装置

3.2.1 マイクロコンピュータ用外部記憶装置の現状

マイコンに使用されている外部記憶装置には、ハードディスク、フレキシブルディスク（フロッピディスク）、カートリッジ磁気テープ、カセット磁気テープなどがある。これらの外部記憶装置の種類はミニコンピュータと同じであるが、普及の程度から見るとマイコンでは価格の安いフロッピディスクとカセットテープが主流であり、その他の装置は少数である。また同じフロッピディスクやカセットテープにしても、ミニコンピュータ用と同じ標準形の他にマイコン用として小型の低価格版が新しく開発されてきたのも特徴である。これらはミニフロッピディスク、ミニカセットテープと呼ばれている。

表 3-3 外部記憶装置の性能

	記憶容量 (KB)	転送速度 (KB/S)	記録密度 (BPI)	トラック 数	平均アクセス時間 (ms)	備 考
カートリッジ ディスク	2,400	153	2,200	400	90	1枚ディスク形 小容量のもの
片面フロッピ ディスク	401	31.25	3,268	77	83.3	
両面倍密度 フロッピ ディスク	1,604	62.5	6,816	154	83.3	
ミニフロッピ	109	15.625	2,581	36	100	
カセット テープ	200	1.5	800	2	(テープ速度 0.38m/s)	3.6mm幅×86m長
バブルメモリ システム	92	5.5	—	—	4	TI社の例

表 3-3 に外部記憶装置の代表的な性能を示す。マイコンシステムの平均的な外部記憶である 200～400 K バイトの記憶容量クラスは、フロッピディスク、カセットテープ、バブルメモリのいずれでも実現できるもので、最終的には価格が重要な因子になるものと思われる。図 3-1 はディスクを中心とした外部記憶装置の容量とビット当りのコスト（媒体は固定）の関係を示す。コ

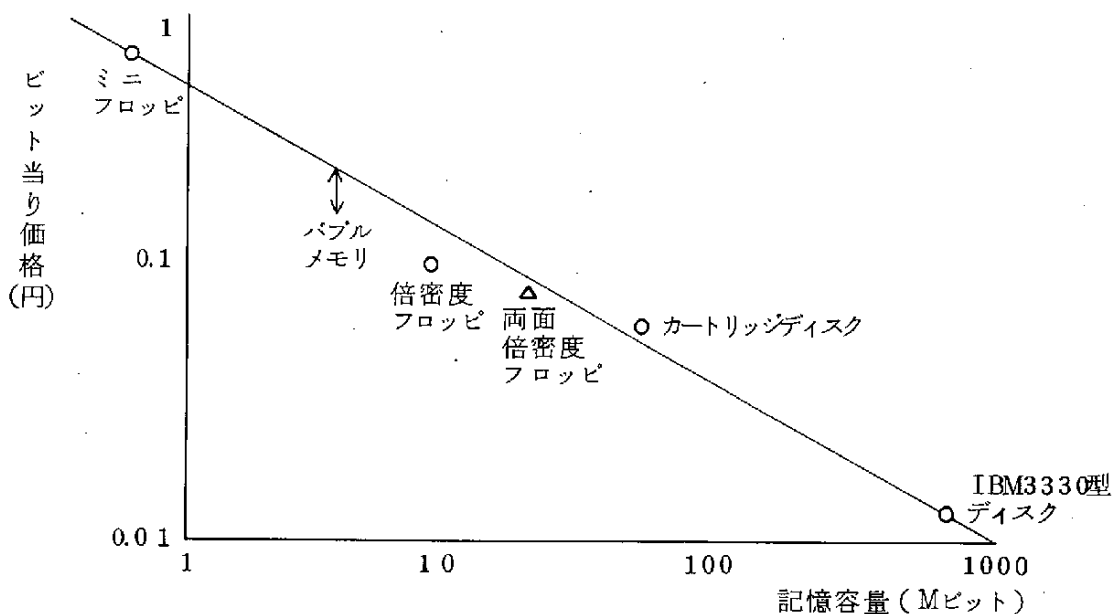


図 3 - 1 記憶容量とビット価格 (媒体は固定の場合)

ストにはインタフェースの電子回路の価格も含んでいる。マイコンシステムで利用している容量 2～3 Mビットの範囲はビットコストが 0.3～0.4 円の分野で、バブルメモリも十分この領域に入り得ることがわかる。

バブルメモリは価格の問題が解決されれば、マイコン用として望ましい特性を多く備えているので、急激に普及すると思われる。一方マイコン分野はバブル側から見ても容量、性能、価格共に最初の大規模応用分野としては適当な規模と内容をもっているのです。ここ 2～3 年がマイコン用のディスクとバブルの勝負になるであろう。

過去の計算機の歴史を見ると、汎用計算機でもミニコンピュータでも、ファイルの大きさが常に増加し、それに伴って外部記憶の大容量化がすすめられてきた。マイコンも例外ではなく、ファイルを使用するシステムでは外部記憶の大容量化が行われるであろう。この場合、効率から考えて、当然ランダムアク

セス性が要求されるので、カセットテープは使用できず、フロッピディスクを使用することになる。フロッピディスクは媒体の交換性を生かして、大容量化の方向で生き残ることになり、小容量の外部記憶分野ではバブルメモリが主流になろう。バブルは媒体の交換に問題があるので、当初は固定ディスクのような使い方をすることになるから、容量をあまり大きくすると不経済になると思われる。将来、大容量分野まで使うためには、交換を容易にするような実装方法の工夫が必要であろう。カセットテープは低価格性を生かしてホビー用などの分野で使用される。したがって小容量の片面フロッピディスクやミニフロッピディスクなどの将来性が問題であり、ミニフロッピディスクも両面、倍密度倍トラック化など大容量化が不可欠であろう。

3.2.2 ハードディスク装置

ハードディスク装置はアルミ基板を使用した従来形のディスクを使用する装置で、固定ディスクとカートリッジディスクがある。固定ディスクは8～30 Mバイト程度の記憶容量をもち、ディスクは取りはずせない。カートリッジディスクはケース入りの一枚のディスクを使用し、ディスクは着脱できるもので、記憶容量は2.4～9.6 Mバイト程度である。トラック数は400～1,800、転送速度は150～900 Kバイト/秒で、この両者は主としてミニコンピュータに使用されている。マイコンには現在のところ容量、速度、価格共に大きすぎるので、高性能システム以外には使われていない。マイコン用として、容量8 Mバイトのヘッドつき固定ディスク（ウインチェスタディスク）が商品化されてきたので、今後は利用が増加すると思われる。

3.2.3 フロッピディスク装置

フロッピディスクは1970年代初めに出現した装置で、ポリエチレン基板上に磁性体を塗布したシート状の媒体をジャケットに入れて使用する。カートリッジディスクより一層簡便に使用でき、価格も安いので、マイコンの外部

記憶装置として広く使用されている。フロッピディスクの寸法には最初に出た標準サイズと1976年に出的ミニフロッピと呼ばれる小形サイズがある。フロッピディスクは記録の仕方により片面、両面と単密度、倍密度記録の各組み合わせによる4種類がある。標準サイズのフロッピディスクは203mm(8インチ)角のジャケットに入っていて、トラック数は片面77、記憶容量は片面単密度記録形が0.4Mバイト、両面倍密度記録形では1.6Mバイトになる。ミニフロッピはジャケット寸法が133mm(5 $\frac{1}{4}$ インチ)角で、トラック数は片面35、記憶容量は片面単密度記録形で約110Kバイト、両面倍密度形で、約440Kバイトである。

更に両面倍密度倍トラック密度形も一部で開発されている。転送速度は標準サイズ片面形が31.25Kバイト/秒、両面倍密度形が2倍の62.5Kバイト/秒、ミニフロッピ片面形が半分の15.625Kバイト/秒である。フロッピディスクはテープに比べてランダムアクセスであることとシーケンシャル動作でも一桁高速であることが利点で、マイコン用のファイルとして利用されている。特に価格の安いミニフロッピが急速に普及してきている。

3.2.4 カセットテープ装置

カセットテープ(デジタル記録用)は音響用と同じ寸法(3.8mm幅)のテープを使用し、800BPIの密度で記録する。転送速度は0.6~1.5Kバイト/秒、テープ速度は0.19~0.38m(7.5~15インチ)/秒である。86m長のテープに約200Kバイトの記憶が可能で、片面フロッピディスクと同程度の記憶容量を持っている。外部記憶装置としては、カセットテープの方がフロッピディスクより安価なため、最も初級の外部記憶装置として使用されている。

マイコン用に従来のカセットテープより、さらに小形のマイクロカセットテープが開発されている。これは記録密度が半分の400BPIで、テープ速度も9.5mm(3.75インチ)/秒と半分になっている。記憶容量は約60Kバイ

トである。ホビー用などでは音響用のカセットテープを使用することも行われている。1～2万円程度のインタフェースを購入すれば家庭にあるカセットレコーダが使用できる手軽さが利点である。

3.2.5 その他の装置

外部記憶装置としてディスク、テープ以外に実用の可能性のあるものは磁気バブルである。ここ1～2年の間に大容量バブルチップが開発、商品化され始め、例えば富士通の64Kビット(FBM31DB, 32DA), TI社の92Kビット(TIB 0203), Rockwell社の256Kビット(NBM 2256), Intel社の1Mビット(7110)などが出ている。このようなバブルデバイスを使用したバブルメモリシステムは、容量的にもフロッピディスクとほぼ同じ容量になり、价格的にも競争可能範囲に入ってきている。一例としてTI社の92Kバイトメモリシステムでは、バブルメモリチップ8個と周辺回路LSIを一枚のプリント板に実装したもので、転送速度は44Kビット/秒、平均アクセス時間4 μ s、消費電力11.5Wである。⁽¹⁾

バブルメモリの利点は、IC類と同じ実装ができること、機械部分がないため信頼性、寸法、消費電力などが優れていること、必要なメモリ量だけ実装できることである。これらの利点はマイコンのような小規模で低価格システムには最適の性質である。バブルメモリの最初の本格的用途は、従来からいわれているような汎用計算機用ディスクのかわりでなく、マイコン用の小型ファイルメモリであろうと思われる。今後の問題はフロッピディスクなどの持つ媒体交換性に対して、バブルも交換可能な実装方法を開発することと、平均的な媒体交換を考慮したビット価格の範囲で価格競争をすることである。

3.3 センサ・アクチュエータ

3.3.1 センサ・アクチュエータの現状

センサは対象物の状態がもつ情報を検出する機器である。利用の便利さから

検出した情報は電気信号として出力されることが望ましい。したがってセンサの応用範囲は非常に広く、対象によって使用されるセンサの種類も多い（表1-6参照）。センサが検出する物理現象には、直接電気信号に変換されるものと、一度他の物理量に変換された後、間接的に電気信号に変換されるものの2種類があり、後者の形が種類の上で多い。また同じ物理現象がいくつかの方法によって検出、変換できるので、センサの種類が多くなり、分類がむずかしくなる原因になっている。表3-4は直接電気信号に変換される物理量と間接的に変換される物理量を示したものである。⁽²⁾

表3-4 直接変換物理量と間接変換物理量⁽²⁾

間 接 変 換 信 号	直 接 変 換 信 号
力，変位，トルク，速度，加速度，振動 流量，重量，真空，圧力，音	ひ　　ず　　み
変位，回転角，位置，寸法，トルク 速度，加速度，振動，流量，圧力，重量 温度，成分，音，探傷	磁　　　　　　気
風速，流速，流量，振動，成分，変位 湿度，真空，濃度，探傷	熱
変位，回転角，位置，寸法，トルク 速度，流量，時間，温度，成分，水分 粘度，濁り度，音，探傷	光
変位，位置，寸法，時間，成分，水分 真空，濃度，探傷	放　　射　　線
変位，寸法，流速，粘度，温度，探傷	超　　音　　波
水分，成分	雰　　囲　　気

センサが多く使用されている物理量には、可視光、赤外光、温度、超音波、磁気、圧力、X線、放射線、位置、変位、速度などがある。変位は機構部品でつくられた古い歴史があるが、光、磁気、温度、放射線、超音波などのセンサはほとんど半導体、誘電体、磁性体などの固体素子の物性変化を利用しているもので、比較的新しく開発されたものが多い。表3-5はセンサと用途の関係の一例を示すものである。⁽³⁾光センサ(可視、赤外)は、ほとんどすべての応用分野で一番多く利用されていることがわかる。

表3-5 センサと用途の関係

センサ \ 応用分野	情報処 理	通信 技術 計測	科学 技術 制御	プラ ン ト 制御	交通 機械 制御	工作 機械 制御	家庭 電 器	カメ ラ 動 車	自 動 車	気 象 象	環 境 公 害	資 源 生 産	医 用 衛 生	防 犯 防 災	商 業	農 林 水 産	土 木 建 設
可視光	◎	◎	◎	◎	◎	○	○	◎	◎	○	○	△	○	○	○	○	○
赤外線	◎	○	◎	◎	◎	○	○	○	◎	◎	◎	◎	◎	◎	△	○	△
紫外線	○	△	◎	△	△	-	△	△	△	○	△	△	△	△	△	△	△
X線	○	-	◎	△	-	△	-	△	-	△	○	△	◎	△	-	△	△
放射線	△	-	◎	△	-	△	-	△	-	△	○	◎	△	-	△	△	△
マイクロ波	○	◎	○	△	○	△	△	△	○	○	△	△	△	○	△	△	△
スペクトル	△	△	◎	△	-	△	-	△	-	○	○	△	△	-	△	△	△
超音波	○	△	◎	○	○	○	△	-	○	△	△	○	◎	○	△	△	○
圧力	△	-	◎	◎	△	○	△	-	○	○	△	△	○	△	-	△	○
位置	○	-	◎	○	○	◎	△	△	○	△	△	△	△	△	-	△	○
変位	○	-	◎	◎	△	◎	△	△	○	△	△	△	△	△	△	△	○
速度	△	-	○	○	○	◎	△	△	◎	△	△	△	△	△	-	△	○
加速度	△	-	○	○	○	-	△	-	◎	△	△	△	△	△	-	-	○
電荷	○	△	◎	△	-	-	△	△	△	△	△	△	△	△	-	-	△
磁気	◎	○	◎	○	△	△	△	△	△	△	△	○	△	△	△	-	△
電流	○	△	◎	○	△	△	○	-	○	△	△	△	△	△	△	-	△
温度	△	△	◎	◎	△	○	○	△	△	○	◎	○	○	○	△	○	△
組成	△	-	○	○	-	△	△	-	-	△	◎	○	○	△	-	△	△
質量	△	-	○	○	△	△	△	-	△	△	△	○	△	△	△	△	△

アクチュエータには電気式、油圧式、空気圧式などがあるが、マイコンに直接的に関連をもつのは電気式である。電気式アクチュエータは電気エネルギーを機械エネルギーに変換する作動機であるから、基本的には電源からエネルギーを供給し、マイコンはそのエネルギー量を制御すれば必要な動作が得られることになる。電気式アクチュエータには図3-2に示すように、ロッドがあるストロークを直線往復運動するリニア形と、軸がある角度範囲を回転往復運動するロータリ形があり、それぞれに電気機械式と電気式がある。

マイコンがアクチュエータを動かすためには、中間にエネルギーレベルの変換回路が必要であり、例えば離散的動作ではドライバとリレー、連続的動作ではD/A変換器とドライバなどが使用される。したがってマイコンから見れば、アクチュエータ自身の改良と共に適切な能力のドライバが供給されることも重要な問題である。

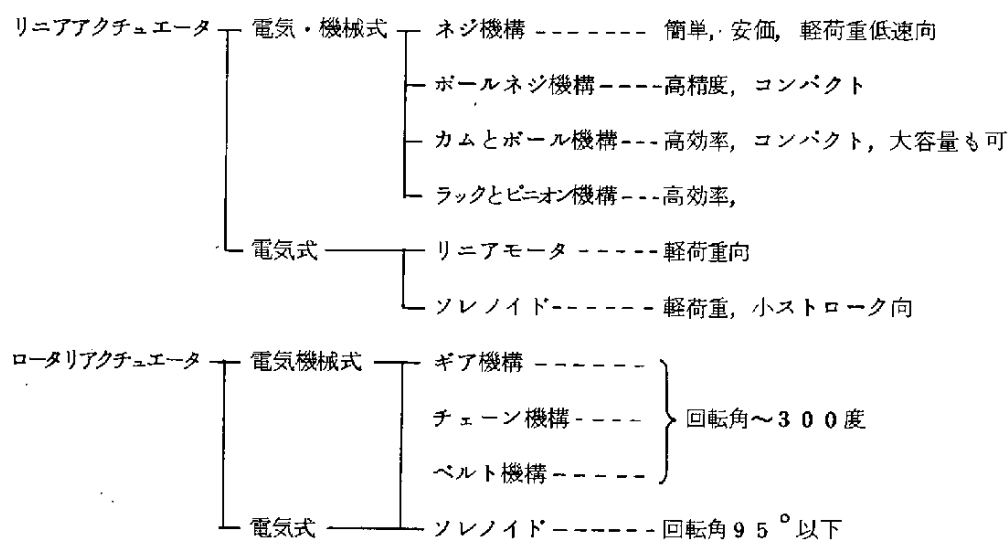


図3-2 電気式アクチュエータの分類

3.3.2 各種センサの適用分野

センサの中で応用分野が最も広いものは、光センサである。最近では受光デバイス⁽⁴⁾の他に光結合デバイスも開発されている。表3-6に光センサの種類と用途を示す。

受光デバイスの原理には光電子放出、光導電、光起電の3種類がある。光電子放出効果によるものは光電管、光電子増倍管があり、光電面の物質と入射窓の材質により紫外から赤外まで各種のデバイスがある。検出する光の波長により選択することが必要である。光電子増倍管は高速、大出力、良好なS/N比などの性質から精密光計測などに使用されている。光導電効果を利用するものにはCdS、CdSe（可視光）、PbS（赤外線）などの光導電セルがある。応答はおそいが感度が良く、焼結セルを利用するので安価で簡便などの特徴をもち、あらゆる光検出用に使用されている。光起電効果を使用するものはホトダイオード、ホトトランジスタ、ホトサイリスタ、太陽電池などがある。ホトダイオードはP層の厚みにより紫外、可視、近赤外用があり、応用により増幅回路付きやアレイ構成のものなどがあり、測光、光検知用に広く使用されている。ホトトランジスタは近赤外用で、大電流がとれる利点を生かし光電スイッチに使用されている。太陽電池はホトダイオードであるが、電力をとるため広い受光面を持ち、最近では民生用の分野にまで使用されている。光結合素子のホトカプラ、ホトインターラプタは、受光デバイスの他にGaAs発光ダイオードを組み合わせた光結合スイッチである。後者は光路が露出しているので光路による検出が可能である。光センサの用途は情報の伝送や入力、計測、スイッチ、電源など非常に広範囲にわたり、日常生活の身近かなところに多数使用されていることがわかる。

近年防災、公害監視などに関連してガスセンサに対する関心が高くなってきた。検知すべきガスも工業用ガス（ハロゲン系ガス、メタン系ガス、アンモニア他）、家庭用ガス（メタン、水素他）、大気汚染ガス（NO_x、CO、CO₂、SO_x他）、酸素などがあり、検出濃度と組み合わせると非常に多種類のセンサが必要である。表3-7にガスセンサの種類と用途を示す。⁽⁵⁾

原 理	デ バ イ ス	波 長 単 域	用 途	特 徴
光電子放出効果	光電管	紫外、可視、近赤外	精密光測定計測器、高速・微弱光検出器、トローキ	微弱光検出、応答速度大、パルス光カウント可。
	光電子増倍管	紫外、可視、近赤外	超高速・微弱光検出用、各種リーダー、紫外線検知装置	微弱光検出、S/N比良、大出力、パルス光カウント可応答速
半導電効果	半導電セル	可視、近赤外	カメラの露出計、光制御器、ホトカブラ、ホトリレー	小型、高感度、安価、感度ピークCdS(520nm)
光起電効果	紫外光感度ホトダイオード	紫外、可視	公害分析機器、医用機器、紫外線検出機器など	特に400nm以下に感度をもつ小型で完全固体形、電源不要
	可視光感度ホトダイオード	可 視	照度計、比色計、分光光度計、精密光学機器、光通信	視感度に合わせてつくられている。電源不要
	増幅回路付可視光感度ホトダイオード	可 視	カメラ用Bシステム、電子シャッター・色判別による自動選別機	カメラ用は対数的応答をする。ダイナミックレンジが広く大出力が得られる。
	近赤外光感度ホトダイオード	近 赤 外	光電スイッチ、テーパーリーダー、カードリーダー、レベル制御、エンジセンサー	安価で小型、完全固定化、電源不要、T _r の接線簡単
	高速応答ホトダイオード	可視、近赤外	光通信、画像転写、バーコードリーダー	PINで高速応答、小型
	ホトランジスタ	近 赤 外	ストロボ、光電スイッチ、光電子カウンタ、燃費計、紫外線応用装置	大出力電流が得られる。安価、T _r との接線容易
	ホトサイリスタ	近 赤 外	光リレー、調光システム、ストロボ、光電スイッチ	大電流の制御ができる、高電圧回路に使用できる
	増幅回路付ホトサイリスタ	近 赤 外	光電スイッチ、警報装置、レベル制御	高感度、大電流制御可
	ホトダイオードアレイ	近 赤 外	パンチテープ・パンチカードの読取りパターン認識	カスタムモードが中心で受光面積も各種できる。駆動回路の取付可
	自己走査形ホトダイオードアレイ	近 赤 外	エンボスカードリーダー、OCR、パターン認識	画素型で大出力が得られる。駆動が簡単、多素子アレイ可
	電力用太陽電池	近 赤 外	気象観測・テレメータ用電源、時計用、人工衛星用、電卓用各電源	150〜1000nm用の人工衛星用から一般電源用まで高効率、長寿命
光 結 合	ホトカブラ	近 赤 外	電算機のI/Oインターフェイス、システム機器のノイズカット、無接点リレー	発光素子と組合せ電氣的に完全分離されている。アナログ量が増える
	ホトリレー	近 赤 外	光電スイッチ、光電式カウンタ、エンジモニター、レベル制御	発光素子との組合せで光器が露出しているので光路による検出が可

表 3 - 6 光センサーの種類と用途⁽⁴⁾

表 3 - 7 ガスセンサの種類と用途⁽⁵⁾

分 類	検 出 方 式	検 出 範 囲	用 途
主に可燃性気体	金属酸化物半導体		・家庭用ガス漏れ警報器，固定式工業用可燃性気体漏れ警報器，CO検出器
	固体熱伝導式		・家庭用ガス漏れ警報器，携帯式工業用可燃性気体漏れ警報器
	接触燃焼式		・家庭用ガス漏れ警報器，工業用可燃性気体漏れ警報器，CO検出器
	熱伝導式		・携帯式工業用可燃性気体漏れ警報器
	赤外線吸収式		・固定式 "
毒性気体	吸着効果トランジスタ		・一般工業用有害気体検出器
	定電位電解式		・ " ， CO検出器
酸素	ガルバニ電池		・酸素警報器，燃焼制御用酸素検出器
広範な気体	検知管	0.01 0.1 1 10 100 0.1 1 10 100 (ppm) (%) 検出濃度範囲	・一般工業用

金属酸化物半導体は金属酸化物セラミックを使用するもので、 SnO_2 系（一般用）、 $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ （LPG用）、 ZrO_2 系固定電解質（ O_2 用）などがあり、ガスセンサの主流になりつつある。接触燃焼式は触媒を塗った白金線ヒータを使用した簡単な構造のもので、欠点はあるが長期的に安定動作するので工業用に広く普及している。特殊なものでは、電界効果トランジスタに似た構造のチャンネル表面に気体が吸着しイオン化すると、電荷によりコンダクタンスが変化することを利用した吸着効果トランジスタがある。感度が高く、ガス選択性が良いのが特徴で塩素ガス、硫化水素、ベンゼン用などの素子がつくられている。ガス検知器には家庭用と工業用があり、使用するセンサに対して前者では取扱い簡単、保守不要、安価が要求され、後者では精度、苛酷な環境に耐えることが要求される。

温度は最も身近な物理量であり、それだけ測定対象が広範囲にわたっている。温度センサの種類は非常に多い。日常使用している電子部品や材料は多かれ少なかれ温度特性を持っているので、温度センサになり得るものは無数にあるといってもよい。しかし種々の条件によって選別されると、ある特定の目的に適合する温度センサの数はそれ程多くはない。表3-8は温度センサの種類を示したものであるが、この中で例えば家電用として使用できるセンサの区分を示すと表3-9のようになる。⁽⁶⁾個々のセンサの説明は省略するが、温度センサを使用する場合には、測定温度、温度幅、精度、検出回路、応答速度、安定性、寸法、価格などを考慮し、要求特性に近い性能をもつものを探して使いこなすことが重要である。

湿度センサは湿度による電気的性質の変化を利用するもので、表3-10に示すように多くのセンサが開発されている。⁽⁵⁾

原理的には塩化リチウムで代表される電解質系のものから、有機高分子膜の吸湿性を利用するもの、金属半導体（Ge, Se）や金属酸化物セラミックの水分吸着現象を利用するものに開発がすすんできている。特に化学的、熱的に安定な金属酸化物系セラミックセンサが数多く発表されている。湿度検出は気象

表 3-8 温度センサの種類⁽⁶⁾

利用する物理量	温度センサの種類	273	0	500	1,000	1,500
体積 (熱膨張)	気体温度計 ガラス製温度計 バイメタル 圧力温度計		水銀 有機液体 液体圧力温度計 ガス圧力温度計		常用温度 短時間の使用可能 温度および特殊な 場合	
電気抵抗 半導体	白金抵抗 サーミスタ (NTC) PTC CTR	極低温用	低温用 一般用	中温用	高温用	
熱起電力	熱電対	PR CA CRC CC			1mmφのものについての値	
磁性	サーマルフェライト Fe-Ni-Cu合金					
電気容量	BaSrTiO ₃ セラミック					
トランジスタ特性	トランジスタ					
弾性	水晶振動子 超音波温度計					
物質の色	示温塗料 液晶					(検出温度は不連続)
熱・光放	放射温度センサ 肉眼・光センサ		放射温度計		光高温計	
熱雑音	抵抗体					

表 3-9 家電用温度センサの使用区分⁽⁶⁾

温度検出目的	測温範囲精度	ガラス製温度計	圧力式	バイメタル	熱電対	サーミスタ	PTC	CT	有機感温体	感温フェライト	熱膨張
冷蔵庫(庫内)	2℃±1℃		○			○					
ルームエアコン	15~30℃		○			○					
電気こたつ	20~50℃			○		○	○				
電気毛布				○					○		
ガス湯沸器(炎)					○						
電子ジャー	72℃±3℃					○		○		○	
電気釜	140℃±4℃									○	
電子オーブン	~250℃~5℃		○	○		○					
電子レンジ	60~100℃					○					
トースタ				○							
アイロン	100~200℃			○							
ホットプレート											○
コーヒーメーカー				○							
自動車水温	60~140℃			○		○					
“ 室温						○					
“ 排気ガス温	~800℃					○					○
屋(室)内		○		○		○					
体温	35~42℃±0.1℃	○				○					
火災感知			○	○		○		○			
複写機						○					
写真現像				○		○					
温 室				○		○					
熱 帯 魚		○		○		○					
農 畜 産			○	○		○					

表 3-10 湿度センサの種類⁽⁵⁾

分 類	感 温 材 料	検 出 法	動作範囲
電 解 質 系	LiCl+ポリビニルアルコール ポリスチレン硫酸化膜 メタリン酸カリ 五酸化りん酸	抵抗 抵抗 抵抗 電 気	0~60℃ 10~90%RH
有 機 物 系	セルロース+カーボン 酢酸アチルセルロース 樹脂+カーボン ポリアミド+水晶振動子	抵抗 容 量 抵抗 共振周波数	-10~80℃ 0.1~100%RH
金 属 お よ び 金属酸化物系	Se 無 着 膜 Ge 無 着 膜 Si 熱 結 膜 Al ₂ O ₃ 膜 Fe ₂ O ₃ コロイド塗布膜 Cr ₂ O ₃ ・Ni ₂ O ₃ ・Fe ₂ O ₃ ・Al ₂ O ₃ ・ZnO 塗布膜 Ni _{1-x} Fe _x +xGセラミック ガラス-セラミック厚膜 Fe ₂ O ₃ -K ₂ Oセラミック ZnO-Li ₂ O-V ₂ O ₅ セラミック セラミック Cr ₂ O ₃ 系グレース厚膜 MgCr ₂ O ₄ 系セラミック	抵抗 抵抗 抵抗 容 量 また インピーダンス 抵抗 抵抗 抵抗 容 量 抵抗 抵抗 抵抗 抵抗	0~150℃ 0.1~100%RH

だけでなく、最近ではビル空調、農林水産、電子部品製造から電子レンジ、乾燥機などの家電製品でも使用されるようになり、湿度制御の検出端としてその必要性がますます高まってゆくと考えられる。

3.3.3 マイクロコンピュータの用途に対する問題点

センサはニーズが広範囲で、個々のニーズの特殊性や使用条件から生ずる問題点を十分に把握しておくことが不可欠であることと、センサ自体の種類も多く同じ種類でも形状や特性などにより多数の品種があるため、

利用目的に合致したセンサの選択方法と使い方、すなわち適用技術が非常に重要である。不適切なセンサを選択すると設計不可能になるのみでなく、無理に製品化した場合にはコストアップや特性不良になり、場合によっては事故原因になることもある。センサの選択基準を一般的に論ずるのはむずかしいが、代表的な検討項目をまとめると表3-11のようになる。このような項目に従い、多数の製品の中から次第に選択されていくわけであるが、特にマイコンと共に使用される場合の特徴的なことを見ると、マイコンのデータ処理能力を利用することにより

表 3 - 1 1 センサ選択の検討項目

性 能	感度特性 精度 測定範囲 直線性（アナログ量の取扱い） 応答速度 使用温度範囲と温度特性 出力電流（電圧）の大きさ
信頼性	劣化特性 寿命 耐環境性 安全性
使用性	電源の種類、大きさ 互換性 寸法 形状 取付構造 保守性 計算機との結合のしやすさ
価 格 その他	価格動向 需要動向

センサ自身の特性に対する制約がゆるくなることである。例えば非直線性の補正が可能になれば、以前は使用できなかったものが利用可能になり、新しいセンサの登場や、動作範囲の拡大などが可能になる。これはマイコンとセンサの長所をうまく組み合わせたことによる利点である。

しかしそうはいってもセンサは応用目的で決まるもので、マイコンで決まるものではない。通常のマイクロプロセッサから見えるのはバスにつくA/D変換回路であって、センサはその先にあるものである。またセンサは、センサデバイスの他にブリッジ回路、増幅回路などセンス回路を持つ場合も多いので、これらの中間回路の簡略化が重要である。A/D変換器つきマイコンや中間回路とセンサデバイスの集積化などが今後一層すすめられるであろう。この場合、多くのセンサが固体センサ化してきているのは、マイコンから見て整合性が良くなることであり、望ましいことである。

3.4 インタフェース

3.4.1 インタフェースLSI

マイコンのファミリLSIには、多数の周辺LSIがある。これらは図3-3のように、3種類に分類できる。第一はプロセッサに専用でその機能を強化するようなLSIである。システムコントローラ、割込み制御回路、タイマ、クロックジェネレータなどが含まれる。これらのLSIは本来プロセッサと一体となっているものであり、集積規模の制約から別個のLSIになっているのであるから、集積技術が進歩すればプロセッサチップに集積されるものである。新しく開発される機種ではプロセッサチップに大部分が取り込まれている。したがって今後新しく開発される見込みはない。第2は周辺機器コントローラで、カセット磁気テープ、フロッピディスク、キーボードディスプレイ、CRT、プリンタなどのコントローラLSIがある。周辺機器の制御部の小形、低価格化を目的としているので、今後も新しい機器用のコントローラの開発や機能向上が進むであろう。さらに将来は周辺機器のインテリジェント化に対応し機器

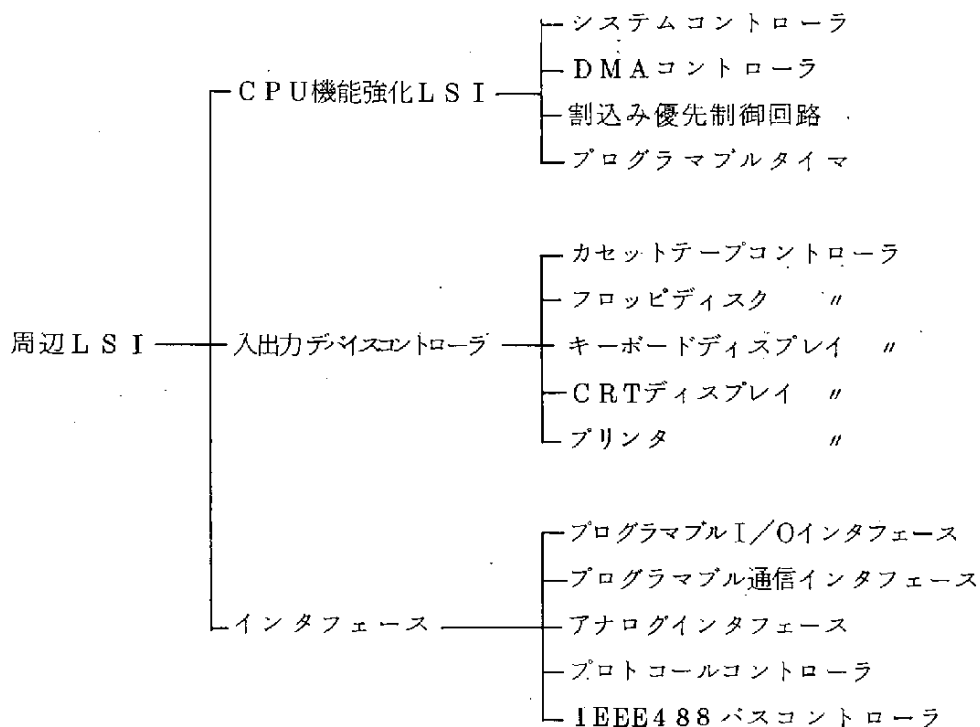


図 3 - 3 周辺 L S I の分類

コントローラ機能とプロセッサ機能をまとめた機器コントロールプロセッサが使用されるようになると考えられる。このようになるとマイコンの周辺 L S I という範囲からはずれるので、また新しい分類が必要になるであろう。第 3 は各種のインタフェース L S I である。入出力インタフェース（パラレルインタフェース）と通信インタフェース（シリアルインタフェース）が基本的な分類である。この分野の L S I の開発は前二者に比べて最も遅く始まったので現在も開発が進められているが、インタフェースという性質上、仕様の設定がむずかしいので、世の中の技術動向、特に標準化の動きと関連しながら息長く開発が続くものと思われる。最近開発されたインタフェース L S I の例としては、IEEE488 バスとマイクロプロセッサバスのインタフェースをするバスコントローラインタフェースや、HDL C や SDLC プロトコルコントローラな

どがある。

3.4.2 入出力プロセッサの現状

CPUから入出力の仕事を分離して専用プロセッサにまかせる方式は、計算機の性能向上のために汎用大型計算機では広く採用されてきたが、システム構成が高価になるため、ミニコンピュータ以下のクラスでは採用がむずかしい状態であった。マイクロプロセッサの出現以来、一つの方法として汎用のマイクロプロセッサを入出力プロセッサに利用したシステムがあるが、必ずしも十分な性能とは言い難い。このような状況の中で、Intel社より専用入出力プロセッサ8089が発表され、マイコンでも入出力プロセッサをもつシステムが構成できるようになった。8089は汎用マイクロプロセッサに比して、入出力処理に適した構成と能力を持っており、汎用プロセッサの性能向上と合致して、一層マイコンの応用分野拡大に役立つものと思われる。⁽⁷⁾

8089を使用したシステムには小構成と大構成の2種類がある。小構成では一本のシステムバスにCPU、入出力プロセッサ、メモリ入出力機器が接続される。したがって構成は簡単であるが、バスが共用されるためスループットには限界がある。大構成ではシステムバスと入出力バスの2本を使用し、図3-4に示すように入出力バスには入出力プロセッサ、入出力機器、ローカルメモリが接続され、入出力プロセッサが制御する。システムバスにはCPU、入出力プロセッサ、システムメモリが接続されるが、バスが分割されているためスループットは改善される。CPUと入出力プロセッサは並列動作をし、入出力プロセッサは2台でも良い。

8089の内部構成はプロセッサ、バスインタフェース、アセンブリレジスタファイル、命令フェッチユニットと2個の入出力チャンネルからなっている。2個のチャンネルはバスを時分割して並列動作を行う。チャンネルには合計16個のプログラマに見えるレジスタがあり、ポインタや制御レジスタに使用されている。8089は8ビットと16ビットのシステムに容易にインタフェースで

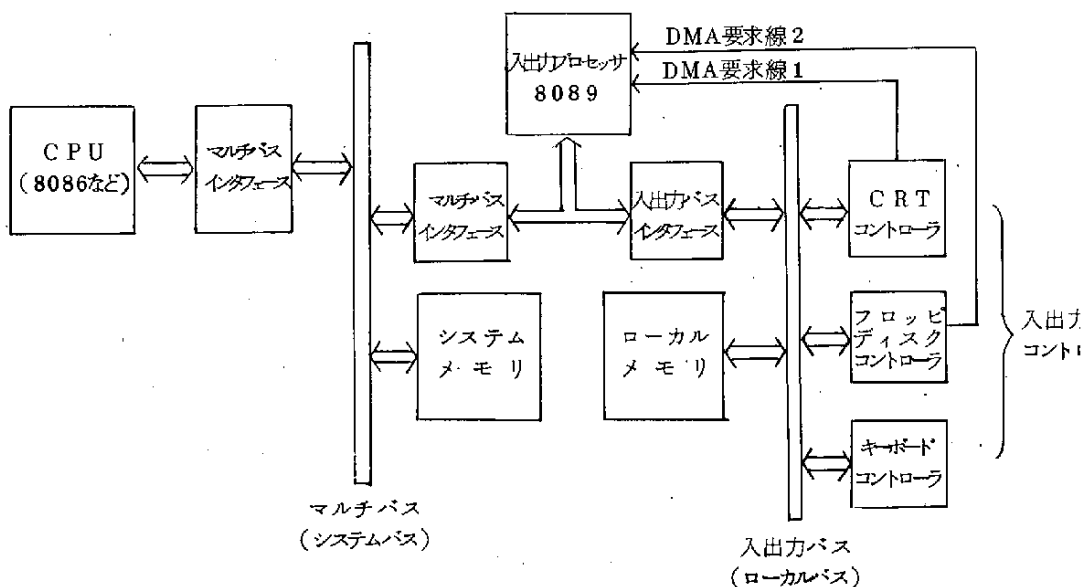


図 3-4 入出力プロセッサ 8089 によるシステム構成⁽⁷⁾

きるようになっており、8/16ビットCPU、8/16ビット入出力機器、8/16ビットメモリの任意の組み合わせが使用できる。これは16ビットプロセッサと8ビット用周辺回路の接続を容易にする。

内部のポインタレジスタは21ビットで、上位1ビットでシステムメモリかローカルメモリかを指定する。アドレススペースは20ビットで、システムメモリが1Mバイト、ローカルメモリが64Kバイトまでアクセスできる。アドレスの生成機構は8086と同じ方式になっている。

8089はHMOS技術でつくられ、5MHzのクロックで動作する。このときDMA転送レートは1.6μSである。

3.4.3 アナログインタフェース

アナログ信号の入力システムを構成するには大別して3種類の方法がある。

第1は単体のA/D変換回路LSIを購入し、これを中心に所要のシステムを設計製作する方法である。LSI A/D変換回路には積分形と中、低速逐次比較形があり、PMOS、CMOSが多い。積分形は8～16ビットで変換時間数十msのものが標準的である。低速であるが高分解能が得られ雑音にも強いのでLSIに適した変換器である。中、低速逐次比較形は変換速度が数 μ S～100 μ Sと逐次比較形としては遅く、分解能も8～12ビットのものである。マイクロプロセッサの性能に合致する分野で、コントローラやデータ収集システムなど用途は広い。他にモジュールタイプでは高速形もある。第2はデータ収集モジュールを使用する方法である。データ収集モジュールは標準的な仕様をもち一般用として多くのアナログ変換器メーカーから供給されているハイブリット形のモジュールである。多数のアナログ入力を切り換えるマルチプレクサ、アドレスカウンタ、増幅ホールド回路、A/D変換器、基準電源、制御回路などから構成されていて、単体のA/D変換回路LSIに比べると周辺機能を強化し使いやすくしてある。入力16チャンネル（不平衡形）で出力は12ビットのことが多い。動作速度を示すスループットは $16 \sim 50 \times 10^3$ チャンネル/秒程度が多い。データ収集モジュールをマイクロプロセッサバスに接続するためにはラッチ回路や入出力インタフェースなど若干の回路の追加が必要である。第3は特定のマイコンシステムに専用のアナログインタフェースボードを使用する方法である。基本的な機能はデータ収集モジュールと同じであるが、コネクタや信号レベルが特定のマイコンのバスに合わせてある。性能として、入力チャンネル数8～64、出力は8、12ビット、スループットは $16 \sim 100 \times 10^3$ チャンネル/秒の範囲のことが多い。このようなボードはアナログ変換器メーカーの他にマイコンメーカーからも販売されている。

最近開発が盛んになってきたのがA/D変換回路付きマイコンである。当面の用途は精度より低価格を重視する民生家電用であるが、将来は高精度のものも開発されるようになると考えられる。アナログ入力は1チャンネルで、6～8ビットの逐次比較形のA/D変換器をもち、コンピュータ自体は4または8ビット

の1チップマイコンである。

3.4.4 インタフェースバス

マイコンのインタフェースバスには次の3種類がある。第1はプロセッサと周辺LSIの間のバスである。このバスはプロセッサにより異なり統一規格はないが、周辺LSIを有効利用するために、同じメーカーのプロセッサの間で同じ仕様にすることが行われている。一例としてIntel 8080のバス仕様は8085、8088などで使用されている。

第2はマイクロプロセッサを使用した装置内部のプリント板間インタフェースに使用されているシステムバスである。公式の規格はないが、実質的な標準になっているS-100バスやメーカー独自の標準になっているIntel社のMULTIBUS、Zilog社のZバス、Motorola社のエクササイザバスなどがある。S-100バスは米国のMITS社がポビー用に出したマイコンAltair 8800⁽⁸⁾⁽⁹⁾で使ったプリント板間を接続するバスである。他社もこのバス規格による製品を出したため、事実上の標準規格になっている。S-100バスは100本の信号線を使用し、25.4×12.7cmのプリント板の両面に50ピンずつコネクタが配置されている。主な信号線は、入力データ8本、出力データ8本、アドレス16本、クロック3本、割込み要求8本、電源6本、プロセッサ制御21本、コンソール・メモリ制御など17本、マスメモリ用10本、未定義3本となっている。S-100バスの問題は、信号線数が多すぎる(制御線38本は多い)、双方向データバスでない、ピン配列が無秩序である、プリント板が大型である、8080プロセッサに従属的な仕様であるなどいろいろあり、工業用標準にはなり難くアマチュア規格の範囲にとどまるものと思われる。しかし米国では8080以外のプロセッサに適用したものや各種の入出力カードが広く販売されている。

MULTIBUSはIntel社の開発用システムに使ったシステムバスであるが、⁽¹⁰⁾他社からこのバス仕様をもつアナログインタフェースカードなどが販売

され次第に広く使用されるようになってきた。このバスはアドレス線16本、双方向データ線16本、割り込み線8本、制御線15本、電源線24本、予備7本の合計86本からなっている。バスにつながる各モジュールはマスタ・スレーブ関係になり、シングルボードコンピュータとDMAコントローラのいずれかがバスマスタモジュールになり、バスを制御する。データ転送は非同期で、最大転送速度は5MHzである。特徴は16ビット双方向バスを使用し16ビットシステムまで使用可能にしている、信号線の配列は非常に規則的である、電源線を強化し電流容量を大きくしている、S-100バスに比べると制御線数を大幅に減らしていることなどである。S-100バスと比べるとはるかに効率良いバスになっている。

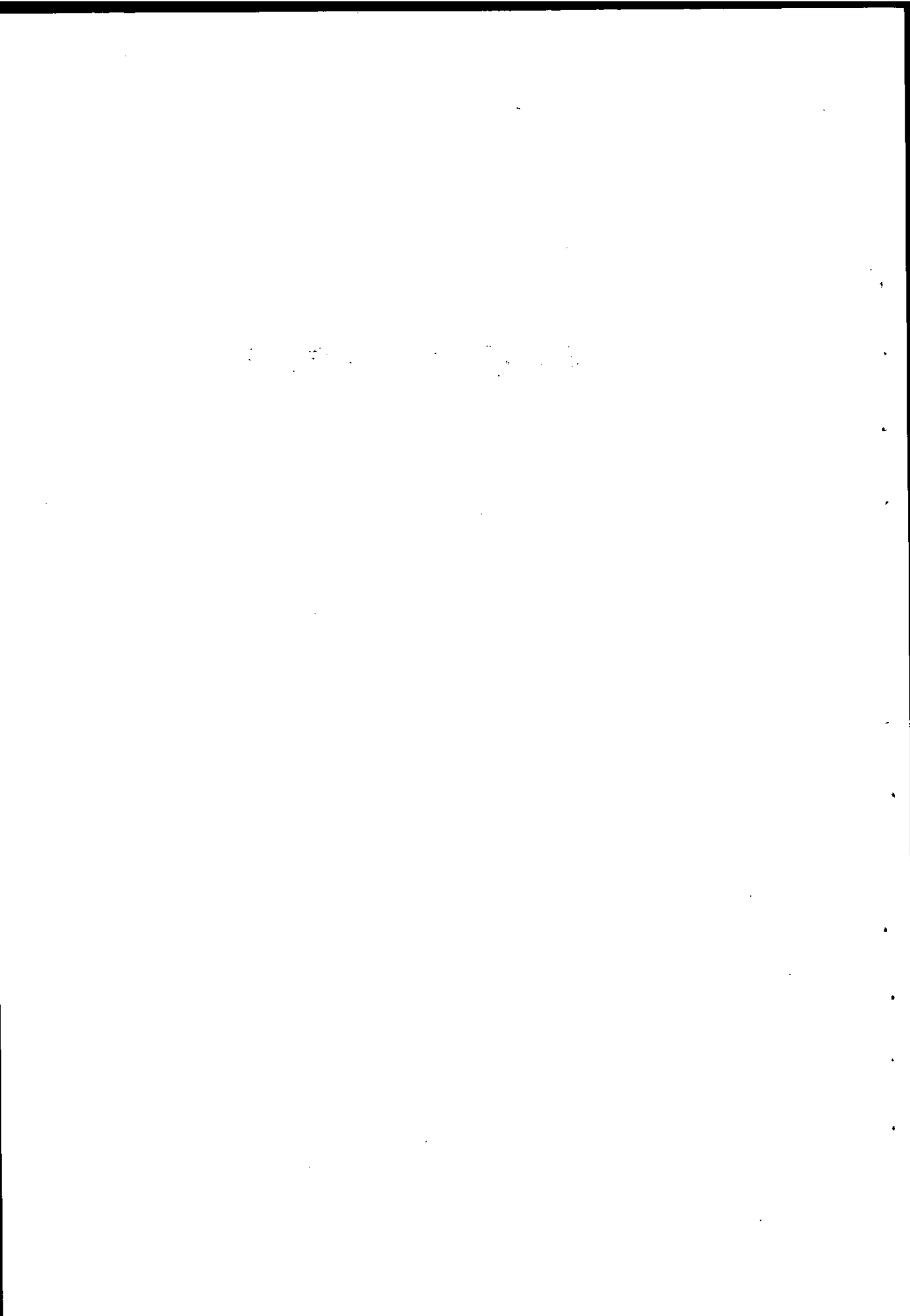
第3のバスはマイコンを他の装置と接続して使用する場合の装置間接続バスである。代表的な例は計測機器と接続するためのIEEE488バス、CAMACバスなどである。この種のバスは異なったメーカーの計測器を相互に接続してシステム化できるように、国際的な規格が定められている。IEEE488バスは、IEEEの規格であると同時にIEC（国際電気標準会議）の推奨規格としても認められたものである。このためIECバス、HPIB、GPIBなどとも呼ばれる。⁽¹⁾⁽²⁾このバスは双方向データ線8本、データ転送制御線3本、管理線5本の16本からなり、最大20mまでのケーブルに15台の装置が接続でき、最大1Mバイト/秒の転送能力がある。バスインタフェース機能はトーカー、リスナー、コントローラの3つからなり、バスはコントローラが管理する。最近ではIEEE488バスに接続できるLSIが各社から発表されている。

〔参考文献〕

- (1) J.E.Juliussen et al: Bubbles appearing first as microprocessor mass storage (electronics VOL50, No16, P.81)(Aug4, 1977)
- (2) 豊田：固体素子センサの開発状況と応用

- (電子材料 17 巻 8 号, P.22) (昭 53-8)
- (3) (社) 日本電子工業振興協会 : 新電子デバイスに関する調査報告書(昭52)
- (4) 鈴木 : 個別光センサ
(電子技術 20 巻 5 号, P.9) (昭 53-5)
- (5) 新田, 早川 : 最新の実用化湿度・ガスセンサの傾向と使用上の注意点
(電子技術 21 巻 9 号, P.8) (昭 54-8)
- (6) 二木 : 民生機器用温度センサの種類と要求特性
(電子技術 21 巻 2 号, P.8) (昭 54-2)
- (7) K.A.EI-Ayat: The Intel 8089;
An integrated I/O Processor (Computer, VOL2, №6,
P.67)(June 1979)
- (8) D.Denny et al: Why not a standard 100-wire bus
structure: (Computer, VOL9, №10, PP.57~58)(Oct 1976)
- (9) 日経エレクトロニクス : マイクロコンピュータ分野で注目集める IEC バス, S-100 バス, (174 号, PP.170~173), (1977-11-28)
- (10) Intel 社資料
- (11) D.W.Ricci et al: Standard instrument interface
simplifies system design, (Electronics, VOL47,
№23, PP.45~106)(1974)
- (12) 大森他 : 計測器用デジタルインタフェース I, IEC 標準インタフェース (通信学会誌, 61 巻 12 号, PP.1309~1315)(昭 53-12)

第4章 ソフトウェア



第 4 章 ソフトウェア

マイコンは、下位機種における低価格専用目的志向のタイプと、上位機種における高性能汎用目的志向のタイプに分極していく傾向にある（第 1，2 章参照）。

この現象はマイコンのソフトウェア開発の観点から見ると次のように大別できる。

前者のマイコンを応用した製品はプログラム規模も小さく、メモリコストの応用製品に占める割合も高いため、いまだ“機械語”や“アセンブラ”でソフトウェア開発が行われている。そして、開発されたソフトウェアは ROM 化され完全に製品の一部となり、それ自体をメンテナンスすることは殆んどない。そして、そのソフトウェアの寿命とマイコンの寿命がほぼ等しい。

一方、後者のマイコンを応用した製品ではソフトウェア規模も大きく、そのソフトウェアの価値も高い。この分野のソフトウェア開発では、従来の“アセンブラ”中心から徐々に“高位言語”への言語移行が始まりつつある。また、汎用計算機ソフトウェア開発で経験、蓄積されてきた技術 — 例えば OS 技術、ソフトウェアエンジニアリング技術 — に関心ももたれつつある。

本章では、以上のような現状をふまえ、前年度“ソフトウェアの開発技術”の章で述べられた項目を更に発展させて、次のような項目についてソフトウェアの課題と展望という形で整理する。

(1) 言語多様化

汎用用途のマイコンは機能が拡充の一途をたどっており、利用者のプログラム開発負担軽減のために、メーカから各種の高位言語コンパイラが提供されている。

ファミリプロセッサ間でのみ、ほぼ互換のある言語と、アーキテクチャの異なるマイコン間で互換がとれるように設計されている言語がある。4.1 節では

ソフトウェアがマイコンハードウェアと独立に構成できるための、言語の具備条件などについて整理する。

(2) 軽装OSの出現

マイコン・ソフトウェアに、いわゆるOSを持つものや、OSを望むシステムが増加しつつある。利用者はOSに「開発期間短縮」の効果を感じている。マイコンのOSは汎用計算機のOSと違って、①制御すべき装置がシステム毎に大幅に異なる ②メモリ容量を問題にされるなどの特質をもつ。

最近のOSを2, 3とりあげ、軽装OSと業務プログラムの整合などについて整理する。

(3) ソフトウェアの大規模、複雑化

マイコンのソフトウェアも応用分野の広がりから、大規模、複雑化するものが増加している。

ある大きさを越えたソフトウェアは、作成工数が指数函数的に増加する。“ソフトウェア・エンジニアリング”の名のもと、各種のソフトウェア生産性向上の手法が試み、実施されているが、それをマイコンの世界に導入するためには、どのような課題があるか考察する。

(4) 新しい応用分野

マイコンの小型化、低価格化により、“プログラム制御可能な知能部品”の入手が容易になった。このため従来、ミニコン以上で研究されてきた音声入出力装置などが一挙に実用レベルで出現している。また、家庭用TVや簡易なプロッタなどの図形出力装置も各種システムで既に稼動している。

4.4節では、これらマイコンでの新しい入出力装置をもつシステムのソフトウェアの課題を考察する。

4.1 言語多様化

4.1.1 言語多様化の流れ

応用機器のソフトウェア開発に利用する言語処理プログラム（アセンブラや

コンパイラと呼ばれるプログラム)は、次のような記述機能が必須である(図4-1)。

- (1) プログラム・ロジックの記述
- (2) 入出力、割込みなどハードウェア制御の記述

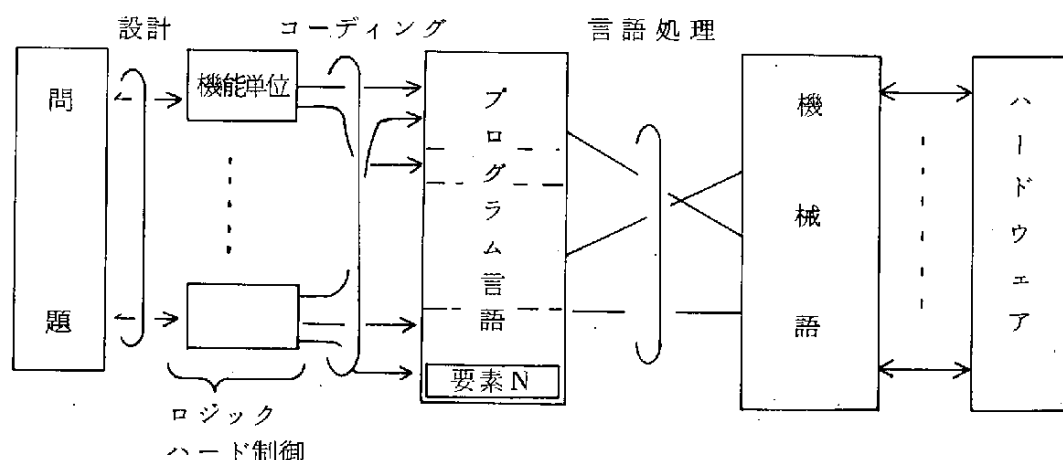


図4-1 言語と言語処理プロセッサの位置づけ

特にマイコン応用機器のソフトウェア開発では(2)を直接利用者が行い点で、汎用計算機の利用者向き言語と異なっている。汎用計算機ではOSその他が十分サポートされており利用者が直接ハードウェアを制御することは(メーカーを除いて)殆んどない。ところがマイコンにおいては、制御対象、制御方法がシステム毎異って(2)の記述を利用者が行わざるをえない。

この結果、マイコンのもつ全命令の利用が可能である言語が主に使用されてきた。それが即ち“アセンブラ”であった。

各チップメーカーは、自社マイクロプロセッサの販売戦略上、自社マイコンで走行するアセンブラや、実績のあるミニコンで走行するアセンブラ、さらに

は、GEのMARK IIIのようなTSSのもとでのオーサプログラムとしてのアセンブラを提供してきた。

しかし一方では、高位言語の要求もあり、Intel社、Motorola社などでは自社マイコンに対する高位言語コンパイラもかなり早い時期から提供を行っていた。この時の言語仕様はPL/1のサブセットを基本としているが、自社マイコンのハードウェア制御や特定メモリへの変数割り付けを可能とする、かなり当該マイコンに依存したものであった。また、オブジェクトプログラムの拡大率（同一問題をアセンブラ記述したときのオブジェクトプログラムサイズを1としたときの、コンパイラ記述によるオブジェクトプログラムサイズ）は当初3倍程度であったが、最近では2倍前後に向上している。

また、アセンブラに対してはプログラム開発を容易にするマクロ機能、制御構造（IF～THEN～ELSE、CASEなど）を記述可能とする機能、プログラム結合を可能とする機能などが採用され、機能は大幅に向上している。ただしこれを享受できるのは数機種の世界性の高い機種に限られている。

また、文字どおりMY COMPUTER（マイコン）としてホビィストを中心に普及が始まったマイコン・システムにおいては、“対話形式での実行”の使用形態に合った言語がよく使用されている。“BASIC”がそれであり、比較的小規模のメモリ構成で動くように、言語仕様を小さくするなどの工夫をして、ほぼ全マイコン・システムに標準装備されている。その後をうけて、構造化言語である“PASCAL”が注目を集めている。

現状として、使用されている言語は極めて多様化している。産業用ではアセンブラから条件により高位言語へ、ホビィスト向のシステムではインタプリタ形式の高位言語の使用が主な流れである。

4.1.2 言語の機能と特徴

表4-1にマイコン応用機器ソフトウェア開発に用いられている言語の機能比較を示す。以下、各言語の特徴を説明する。

表 4-1 プログラム開発言語比較

言語 項目	ア セ ン ブ ラ	マ ク ロ ア セ ン ブ ラ	高 位 言 語	問 題 向 言 語	ラ イ ブ ラ リ	備 考
オブジェクト 性	1	1~1.1	~2~	~2~	—	
プログラムの プロセッサ互換	0%	10~50%	90%~	約100%	100%	
記 述 性	悪				→ 良	
問 題 へ の 適 用 性	広	広	広	狭*	狭*	* 特定分野に的を絞っている
プログラム変更 容 易 性	良	良	良	場合による	場合による	
開 発 ツ ール 制 作 規 模	小				→ 大	
適 用 範 囲	小規模 多量 (機種固定)	中規模 (機種固定)	中~大規模 少量 (機種可変)	同 左 (分野固定)	同 左 (分野固定)	

(1) アセンブラ

ニモニックを用いて記述されたマイコン命令を対応する機械語命令に変換する機能が主である。プログラム列の形式を解釈するだけで良い（意味解釈は不要である）ため、小規模のシステムでアセンブラを走行できる。また、命令セットのすべてを記述することも容易であり、マイコンソフトウェア開発では最もよく使用されている。

ただしマイコン毎に命令セットが異なるため、ニモニックが異なる（即ち言語が異なる）点および機械語対応のソースプログラム記述という記述量の多さ

という点に問題がある。

(2) マクロアセンブラ

アセンブラの問題点を解決し、ソフトウェア開発の生産性を向上させるため、有力なマイコン用に提供されている。

制御構造を記述できる機能をもったものでは、ソースプログラムを、マクロ無しの約 $\frac{1}{2}$ 近く減少させることができるといわれている(図4-2)。

(3) 高位言語

プログラム生産性の飛躍的向上を目指して各種高位言語コンパイラが開発されている。

レジスタ類の意識はいずれも不要であるが各マイコン特有の制御命令等の実現のために同系列であっても少しずつ方言化している。方言の存在により、高位言語においても、プログラムのハードウェア(マイコン)独立が可能にはならない。

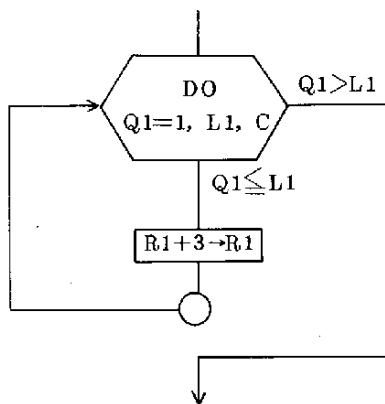
(4) 問題向言語

汎用計算機のソフトウェアとしては、特にオフィスコンピュータの分野で、各種事務処理向言語が開発されており、非専門家が容易に使用できる状態である。

マイコン用ソフトウェアでは、シーケンス制御機器を対象に開発されているが、問題対応のため、あまり話題にはのぼっていない。しかし、各分野の専門家が自分の領域のコトバでプログラムを記述できるという特徴をもつため、今後多いに注目されよう。

(5) ライブラリ

主にマイコン・システムの実務使用を推進するために開発されている。プログラムを作成することなく、マイコン・システムを利用できるため便利である。

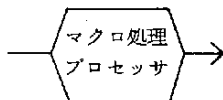


(a) フローチャート

```

{
¥DO1 [Q1=1, L1, C]
  LDA R1
  ADI 3
  STA R1
¥ENDDO
}
  
```

(b) マクロソース



<pre> { ¥DO1 [Q1=1, L1, C] MVI A, 1 MOV B, A LL9988 : EQU \$ LDA L1 CMP B JC LL9987 MOV A, B STA Q1 LDA R1 ADI 3 STA R1 ¥ENDDO MOV A, C LXI H, Q1 MOV B, M ADD B JC LL9987 MOV B, A JMP LL9988 LL9987 : EQU \$ } </pre>	マクロ展開
---	-------

(c) アセンブラ・ソース

説明：マクロ処理プロセッサでは
 (a)のフローチャートの“繰返し”が、
 (b)のマクロソースに示した通り読解性
 良く記述でき、
 (c)のアセンブラ・ソースを出力するこ
 とができる。

図 4-2 マクロ処理プロセッサ展開例

4.1.3 選 択 基 準

(1) 言語の選択

BASICのようなインタプリタ言語の他、問題向言語，ライブラリは適用範囲が明らかであるので，ここでは，アセンブラと高位言語（コンパイラ型）に絞って考察する。

表4-2に主な選択基準を示す。メモリ関連コスト差が縮まったことにより，開発期間短縮，ソフト寿命の延びを考慮しての高位言語使用が増加している。

表4-2 言語選択基準（アセンブラと高位言語）

a	ソフト規模×製品数…メモリ個数コスト差
b	開 発 期 間
c	ソ フ ト 寿 命
d	メモリ余裕度，実行速度余裕度
e	記 述 能 力

(2) 言語関連ツールの選択

企業がマイコン用言語を選択する基準は，言語そのものよりも，表4-3に示した項目を重視するようである。それゆえ（社）日本電子工業振興協会の調査報告書によっても，ツールの充実が期待できるクロス型のツールへ使用の比重が移っているのがわかる（図4-3）⁽¹⁾。

表4-3 ソフトウェア開発ツール選択基準

a	取り扱うマイコンの種類
b	マクロ，リンカー，エディタなど言語関連ツールの充実度

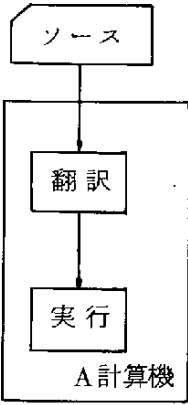
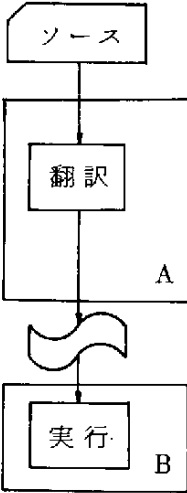
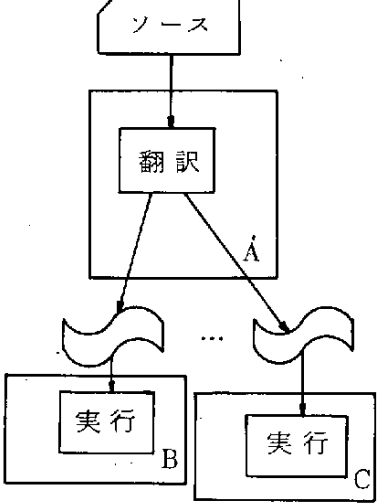
形態	セルフ形態	シングルターゲット クロス形態	マルチターゲットクロス形態	備考
概念				
利用率	42%	58%		53年度
	23%	77%		将来予測

図 4-3 ソフトウェア開発ツールの形態

*電子協「マイクロコンピュータに関する調査報告書」54年度版による

4.1.4 高位言語の問題点

高位言語の使用を躊躇する原因にあげられる“メモリ，実行効率の悪さ”を分析すると次のことがいえる。

- (a) 高位言語ではきめ細かい制御ができない。（特にハードウェア制御）
- (b) 高位言語ではハードウェアの進歩にとり残される恐れがある。（複合命令など）

(1) ハードウェア制御

入出力，初期動作や割り込み，フラッグ操作について，PL/Mでは関数や手続きのパラメータで対処している。それなりに効率は良いが，フラッグ参照を意図どおり行うにはプログラム技術を若干必要とする。フォートランやコボルなどでは，入出力機器や動作環境をかなり固定化しており汎用計算機での言語の使用に近いが，その高位言語コンパイラを作成するのに手間がかかる。

ただ、この問題は、入出力方式の類形化、OSの普及などによって利用者を煩らすことは少なくなると思われる。

(2) ハードの進歩にとり残される恐れ

図4-4に例を示す。言語仕様として文字ストリング転送を有しておれば、ハードウェアが進歩すればCASE 2→CASE 4へ言語処理プログラムの改造のみで移行できる。しかし、当初の言語仕様が文字ストリングの転送を許していなければ、CASE 1→CASE 3に移ったとき、CASE 3のプログラム記述をブロック転送命令が利用できるように言語処理プログラムが解釈するのは極めて困難で、恐らくハードウェアのブロック転送命令は活かせない。

近年16ビットマイコンでは強力な複合命令の導入が盛んであるので、高位言語の仕様においても成長の余地が必要と思われる。

4.2. 軽装OSの出現

4.2.1 定義と分類

マイコンの応用製品が、ある分野でシリーズ化されたり、高機能なマイコンが入出力装置なども含めてシステムとしてより効率的に使用される場合、そこには、共通的な核となるプログラム・モジュール群が存在する。

これらプログラム・モジュールは、プログラム実行時に必要なもので、“実行用OS”と呼ぶ。

また、製品用プログラムをマイコンで開発する場合、マイコンにプログラム開発用各種プログラム群が必要である。(例えば近年では、フロッピー・ディスクを2次記憶として利用するものが多く、少なくともファイル管理プログラムを備えている。)これらのプログラムは、プログラム開発時にのみ必要なもので“開発用OS”と呼ぶ。

言語仕様 ハードウェア命令	文字ストリング 転 送 なし	文字ストリング 転 送 あり
	転 送 なし	転 送 あり
ブロック転送 なし	CASE 1	CASE 2
ブロック転送 あり	CASE 3	CASE 4

- CASE1 : DCL D, S(配列) → 機械語列もバイト毎の転送。
 : :
 DO I=1, N; 効率(アセンブラ記述比)やや悪し。
 D(I)=S(I);
 END;
- CASE2 : DCL D, S(ストリング) → アセンブラ記述なみの
 : : 効率。
 D=S;
- CASE3 : DCL D, S(配列) → ブロック転送命令の利用は
 : : 困難。効率極めて悪し。
 DO I=1, N
 D(I)=S(I);
 END;
- CASE4 : DCL D, S(ストリング) → ブロック転送が利用でき
 : : アセンブラ記述なみの効率。
 D=S;

図.4 - 4 高位言語の仕様とマイコンハードウェア
命令セットの関係

図4-5にOSの概念を示す。つまりOSの入替によって同一ハードウェアでも全く異なったシステムとして機能することができる。

特にマイコンの分野においては全体のプログラム規模も小さく、制御方法も多様ではあるが比較的単純なため、OS相当部も数Kバイト程のものが多。また、機器構成の差を吸収して移植が容易なように考慮されたものもある。したがって本節では、軽装OSという名で、表4-4に示した2種類のOSについて述べることにする。

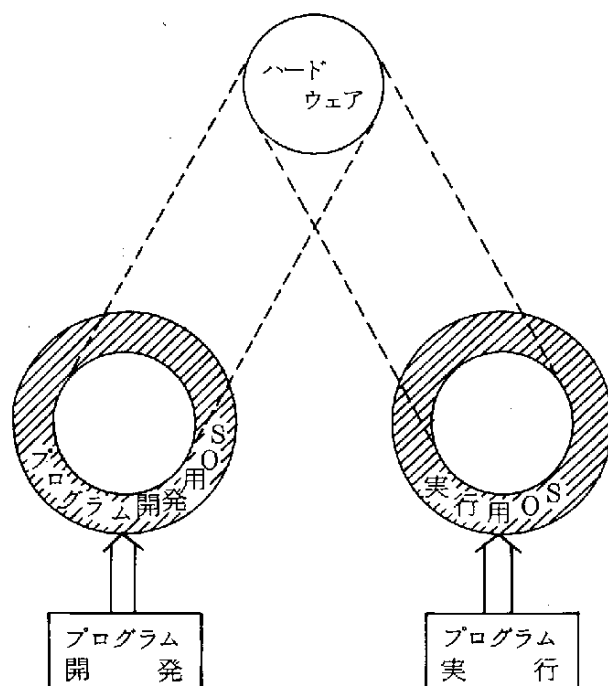


図4-5 OSの概念

表4-4 マイクロコンピュータOSの定義と分類

分類	定義	機能
プログラム開発用OS	マイコンプログラムの効率的開発、維持管理に必要な共通プログラム	入出力管理 デバッグ (言語処理)
実行用OS	マイコンプログラムの実行時に必要な共通プログラム。ハードウェアと製品プログラムの間を埋める。	実行管理 { タスク管理 資源 入出力制御 (通信制御) フィルム管理 システム制御

4.2.2 マイクロコンピュータOSの開発動向

8ビットマイコンのプログラム開発用OSとしては、米国のKildall氏の開発した8080系OS CP/M(約5Kバイト)がある⁽³⁾。また、リアルタイムOSは計測、制御、通信に用いられるOSで、メーカーが提供しているものとしてはIntel社のRMX/80がある。その他、多くのメーカーが表4-5に示すように個別開発している。

一方、16ビットマイコンでミニコンとコンパチブルなLSI-11等のOSは、ミニコンのOSであるRT11, RSX11を流用している。RT11はフロッピー・ベースのOSでありRSX11はディスク・ベースのOSであるが、RSX11はリアルタイムOSも兼ねている。またユーザが開発したOSとしてはベル研のUNIXがある。

また、高機能16ビットマイコンでも既に数社がプログラム開発用OSを開発完了している。

利用者の動向を見ると、OS規模も4Kバイトまでが4割を占めて、汎用計算機でのOSに比べると極めて小さいが、90%以上のシステムで使用中または必要を感じている状態である。OSの効果としては開発期間が約1/2に短縮することであるが、3割弱の利用者は融通性、将来の拡張性を期待している。このことは、現在のOSが小さいながらも利用者のかなりのニーズに応えている結果ともいえる。

表 4-5 マイクロコンピュータ用 OS 一覧

CPU	D O S	R T O S	C M T O S その他
8080	CP/M (Vector Graphic) MDOS 8080 (Future data) モディタ, アセンブラ, コーディリタ MLP 8702 (Henrikon) IMDOS (International μSys) マルチディスク OS 他 12 本	RMX/80 (INTEL) リアルタイム マルチタスク EXEC MON 8080 (Future data) モニタ, デバッグ EMUL 8080 (") ICE モニタ MLP 8704 (Henrikon) リアルタイムモニタ 他 17 本	TDGEDUCATOR 8080 (Digital Group) Varnass Instruction H8-15 (Heath) Fan Fold Paper Tape PGM2A (International μSys) CMT 他 3 本
Z80	MCZ-OS2-1 (Zilog) BASIC, COBOL, FORTRAN, PL/Z PDS-OS2-1 (") ZDS-OS2-1 (") CDOS (Cromemco) BASIC, COBOL, FORTRAN CP/M (Vector Graphic) TDCMCOS (Digital Group) CP/M TDCOASIS (") 34K ファイルマネジメント 他 12 本	MCZ3KMON (Zilog) 3K モニタ MCZ, PDS, ZDS MCB216 (Cromemco) モニタ コントロール BASIC 2ROMS EMUL Z80 (Future data) ICE モニタ MON Z80 (") 他 11 本	TDGEDUCATOR Z80 (Digital Group) TDGPHIMON (") CMT
M6800	M68MODOS010 (Motorola) BASIC, FORTRAN, MPL MDOS 6800 (Future data) H68/SD20#1 (日立) DYNAMOV2 (Dynalogic) 16KRAM 他 4 本	M68IOS1 (Motorola) I/O スーパライザファームウェア MON 6800 (Future data) EMUL6800 (") ICE モニタ FANTOMII (Wintek) モニタ デバッグ H68/SD20#2 (日立) 4KB モニタ 他 2 本	HELP (Motorola) TSS ソフトウェア MPBVM (") Build Virtual Machine M68MPLC (") クロスコンパイラ
F-8	F8-DOS (Fair child) F8-DOSIII (")	DIY2 (MOSTEK) 2KB MK79019 (") 2KB	
8002	TEKDOS (TEKTronix)		
9900		TIBUG (TI)	TX990 (TI)
LSI11	UNIX (BTL) RT11 (DEC) FORTRAN, BASIC, FOCAL, APL	MTX-11 (Virtual Systems) RSX-11S (DEC)	
μNOVA	DOS, AOS (Data General) Micro Nova (") FORTRAN	MBC/M (Data General) マルチタスク	
MULTI	MDS-PERS (North Stan Group) S100 Bus マイコン OS65D/U (Ohio Scientific) DISK ベースコンピュータ		TDGOPSYSTEN (Digital Group) 8080, Z80, H6800 6500 DMS1 (Ohio Scientific) データベースマネジメントシステム

DOS : Disk Operating System

RTOS : Real Time Operating System

CMTOS : Cassette Magnetic Tape Operating System

マイコンにおいては、多くの専用 OS が開発され、市販されている。(54年9月調査)

4.2.3 マイクロコンピュータOSとAPの整合

(1) マイクロコンピュータOSの構成

図4-6に開発用OSのプログラム構成例を示す。一般に開発用OSのもとでは1つの言語処理プログラムやユーティリティがシステムを占有して実行されるため、ジョブ管理、タスク管理といった機能は不要である。CP/Mにおいては、それら機能がないかわりに、徹底した移植容易性を追求したシンプルな構成をとっている。

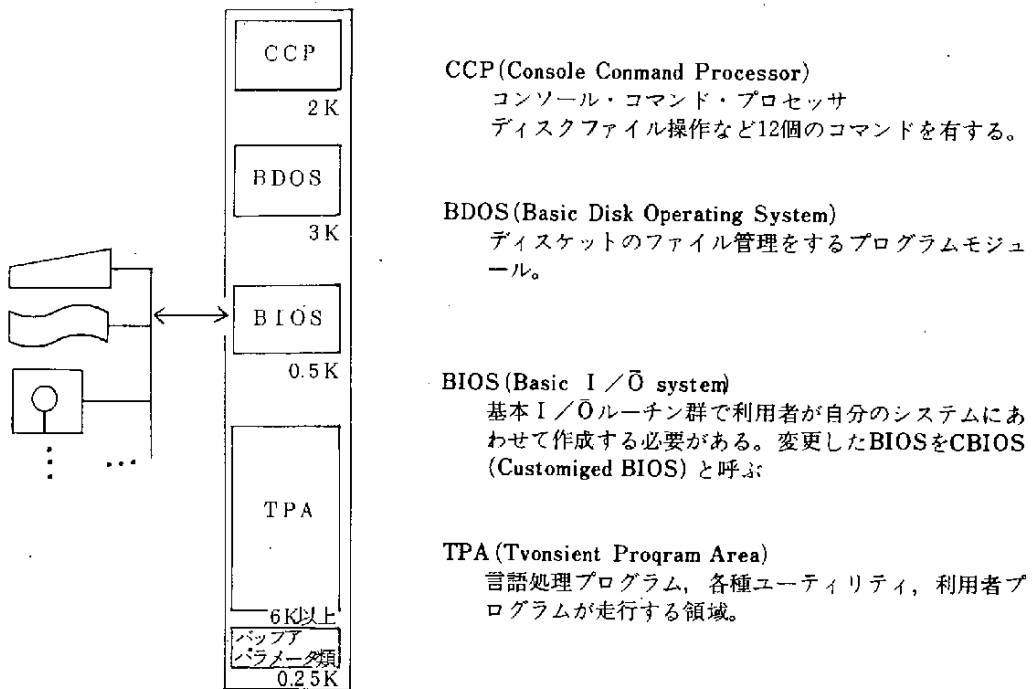


図4-6 開発用OSのプログラム構成例(CP/M)

図4-7に実行用OSのプログラム構成例⁽⁴⁾を示す。実行用OSでは、たとえ1つのプログラムしか走行しなくとも、それが外部からの非同期な処理要求などを扱う場合、資源(メモリ、ファイルなど)が有効に利用され、かつ、時間的遊びが少なくなるよう、開発用OSよりきめ細かな制御をしている。

そのために実行用OSの構成はかなりマイコン毎に、また、システム毎に異なったものとなる傾向がある。

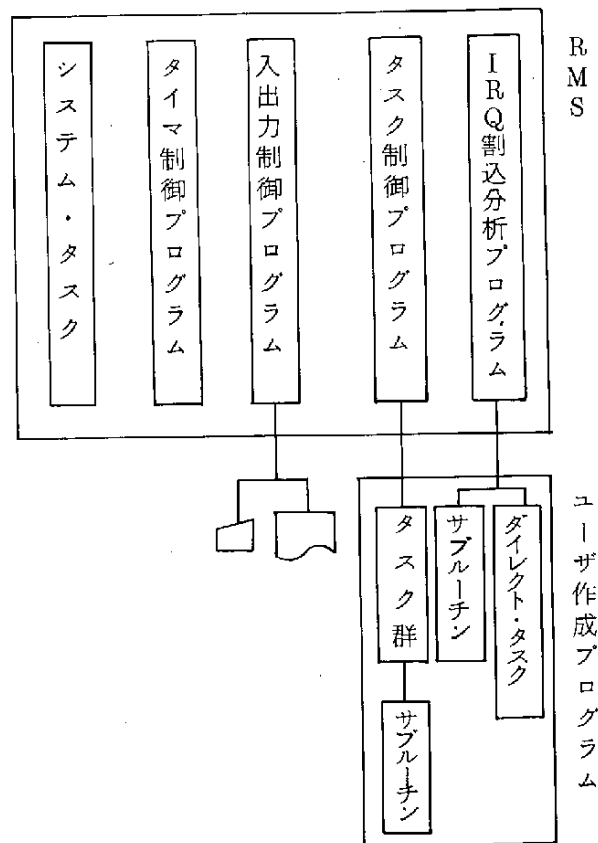


図 4-7 実行OSのプログラム構成例
(6800用 Real Time Monitoring System)

(2) マイクロコンピュータOSの移植

マイコン自身で自機，または他機のプログラム開発を行う場合のハードウェア構成は大体標準的な形ができあがりつつある。言語処理プログラムや各種ユーティリティを，ハード構成の若干の差を吸収して実行できるように開発用OSの移植が注目されている。図4-8に移植法を示すが，再アセンブルなしに利用者自身のハードウェア（機器構成はかなり固定されている）に載るといふ特徴をもつ。

実行用OSにおいては，OS自身を高位言語で記述し，コンパイラの移植によってOSを別機種へ移植しようという試みが注目されている（UNIXのOS）。

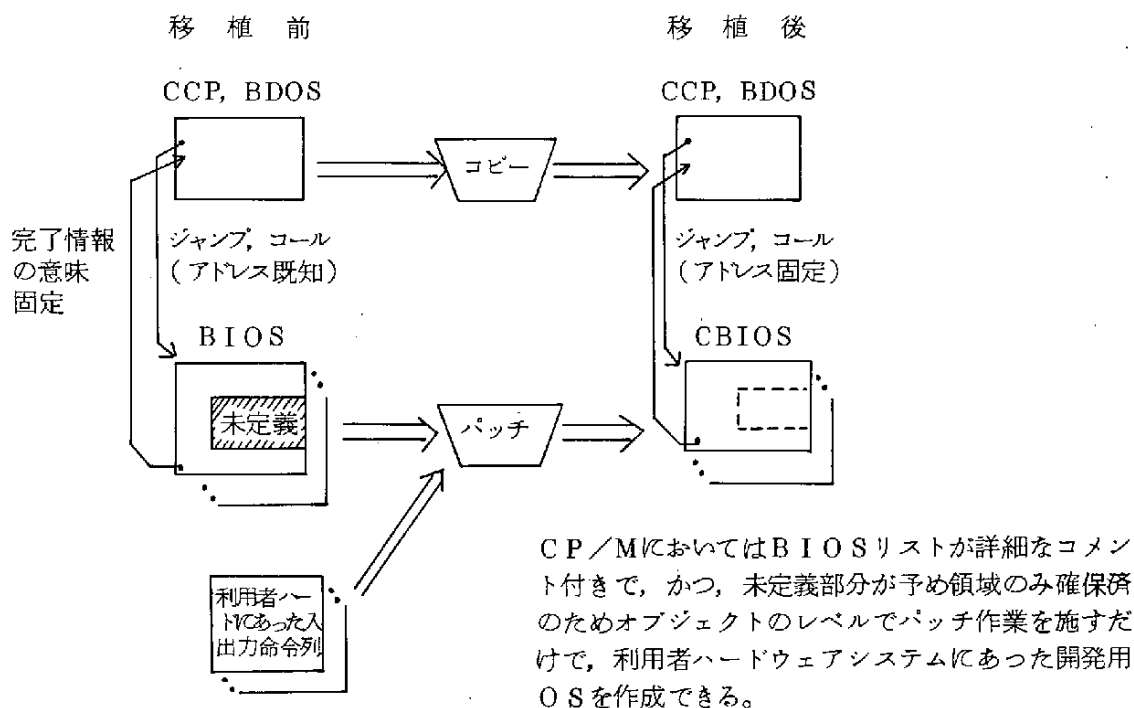


図 4-8 マイクロコンピュータ OS の一移植法
(CP/M の例)

(3) OS と AP の整合

従来ソフトウェア割り込みの機能がないマイコンにおいては、OS の特定番地へジャンプやサブルーチンコールすることで OS へ制御を渡していた。そして処理が終ると AP (業務プログラム) の次の番地へ制御が戻ってくる。この方法では、OS に機能追加を行ったりすると、アドレスの変更が生じ、AP も修正を余儀なくされる。また、AP の中で、割り込みのマスク操作、ハードウェア制御を行えるので、OS をよく知らないで、競合状態になることがあった。

最近の 16 ビットマイコンは、複数のプログラムが OS の元で走行することを考慮して OS, AP のインタフェースを明確にできるよう工夫されている。それは① OS への制御移行は SVC で行える ② 特権モードとプロブレムモードをもち使用可能命令セットが異なるなどである。高機能マイコンは汎用計算機のアーキテクチャの長所を急速に具体化しているのがうかがえる。

4.2.4 OS標準化の功罪

マイコン用OS標準化により次のような功罪が考えられる。

- (1) APのハードウェア独立性が高まり、ソフトウェア部品化、流通を促進する。
- (2) ファイル入出力等がサポートされるため、ソフトウェア開発期間が短縮され、信頼性も向上する。
- (3) OSで開放された以外の制御を実現するのが困難となり、マイコンの良さを一部殺してしまう恐れがある。

4.3 ソフトウェアの大規模・複雑化

4.3.1 ソフトウェア規模の拡大がもたらす問題点

マイコンの応用分野でも大規模なシステムの制御などでソフトウェア規模が20～30Kバイトを越すものが増加している。

また、パーソナルユースやオフィスコンピュータとしてマイコンを使用する場合でもトータルなソフトウェア規模は数十Kバイトを越す場合も珍しくない。

この位の規模になるとなかなかソフトウェアの品質が安定しない。これは1プログラム内での潜在バグ(ほぼソース規模に比例)に加えて、ソフトウェア作成者が異なったり、作成時期がずれることから次に示すようなプログラム間のインタフェースがとれていないために起ることが多い。

- (1) 機能分担 データのチェックはCALLED側かCALLER側かなど。
- (2) 制御移行の方法 レジスタの退避/回復、完了条件など。
- (3) データの授受 レジスタ渡ししかメモリ渡ししか、その大きさは何バイトかなど。

これらの項目は、1プログラム内では比較的容易にチェックされうるし、変更も簡単に行える。しかし大規模ソフトウェアでは、影響範囲をよく調べる必要がある。

また、大規模、複雑なソフトウェア程、ソフト寿命も長く、手直しの頻度が

多い。この場合、修正するプログラムがどのような影響を他のプログラムに与えるのか確認するのは困難である。

即ちソフトウェアの大規模、複雑化は、①ソフトウェアの品質不安定 ②ソフトウェアの維持、管理の困難さをもたらすこととなる。

4.3.2 汎用計算機システムでの対応

前年度の報告においては、ソフトウェアエンジニアリングの技術のうち(1)設計、(2)プログラミング技術について、マイコンへの適用を考察した。⁽⁵⁾

今期では、先に述べた問題点を解決するための一つの手法である設計仕様定義技術について紹介する。

(1) 背景

従来ソフトウェア開発時のバグのかなりが設計ドキュメント内での矛盾、あいまいさに起因していた。また、運用後の改造を行おうとした時、設計ドキュメントとプログラムが一致していないことがしばしば起った。これは、インプリメント時の小さな修正をドキュメントに反映していないことで起る。

「ソフトウェアの維持、管理はプログラムリストのみで行うようにすれば良い。」という意見もあるが、リスト上にすべての設計情報を記録することが不可能な現状では、設計ドキュメントは作成せざるをえない。

このために、①あいまいさを排し形式的に設計情報を表現する業務プログラム設計言語の実現、②高い信頼性をもつドキュメントをそれから自動生成することを狙いとした研究がなされてきた。⁽⁶⁾

(2) 設計仕様定義

設計ドキュメントに盛込まれる内容は、①表題としての機能記述(コメント)、②データ類の属性記述、③要素間の交わりを示す関係記述、④処理手順記述により表現できる。(図4-9)。この手法によって設計情報の大半を形式記述可能にできる。

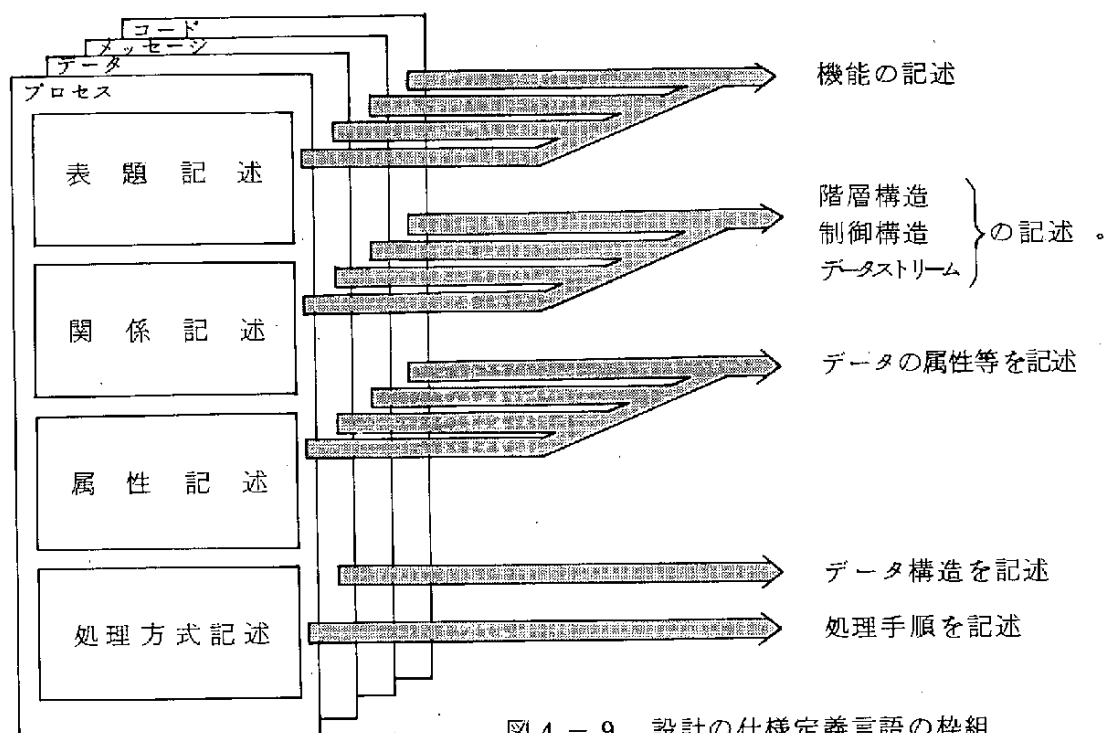


図 4 - 9 設計の仕様定義言語の枠組

そして、設計言語と、プログラム記述言語の親和性がよければ設計情報間のチェックだけでなくプログラムとのチェックも行えるために、設計とソースプログラムの不一致をかなり防止できる。概念を図 4 - 10 に示す。

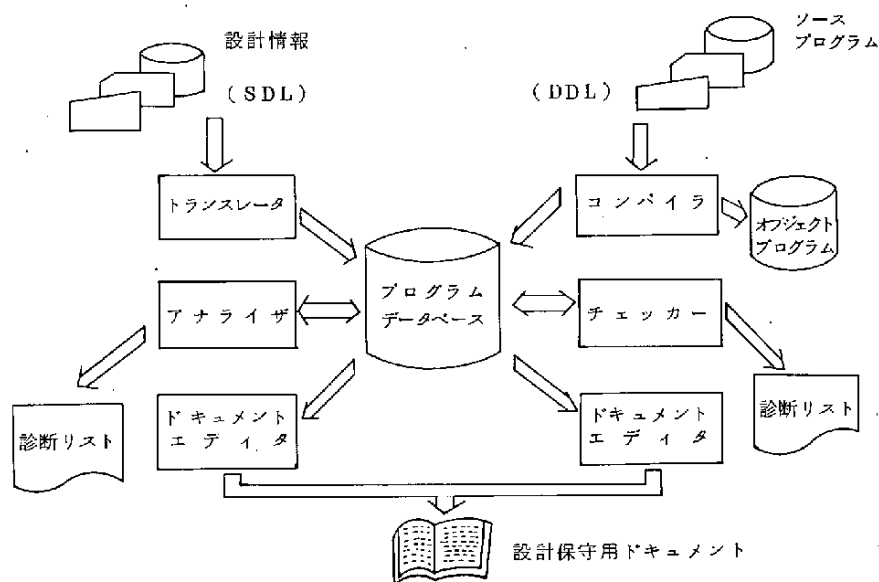


図 4 - 10 設計情報とプログラムのチェック

図 4 - 1 1 設計仕様定義言語出力例 1

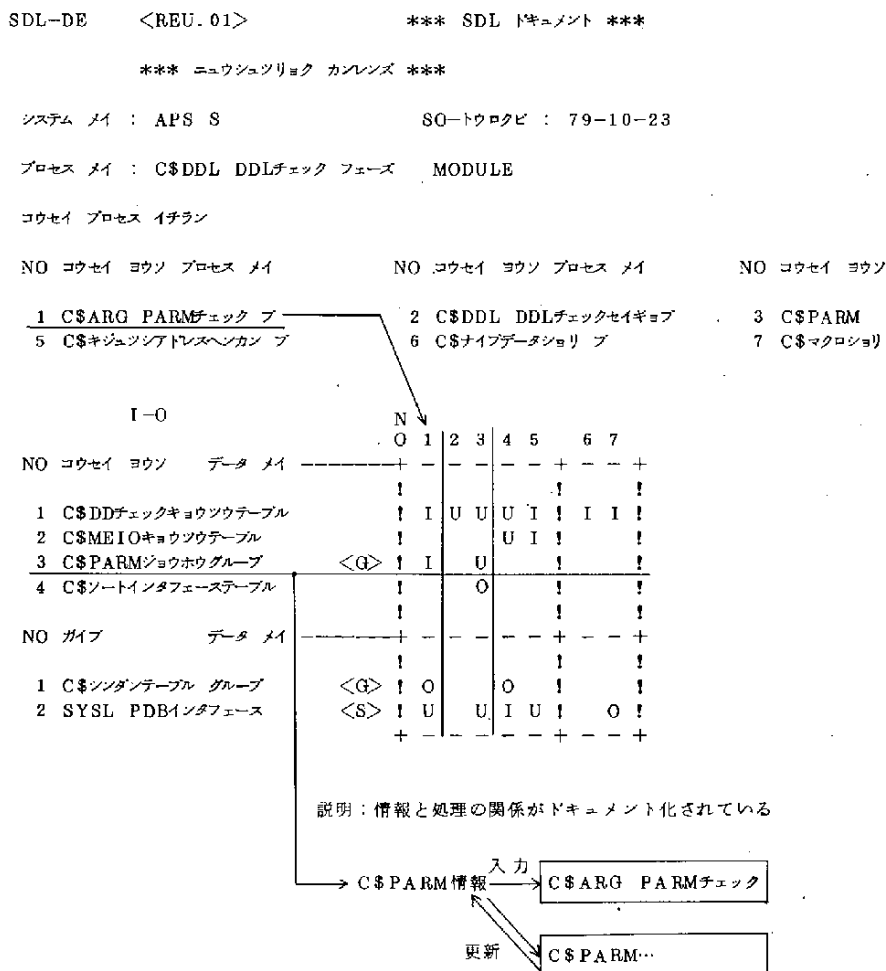
SDL-DE <REU.01> *** SDL トキメント ***
 *** プロセス ショウサイ ***
 システム メイ : APS S SO-トウロクビ : 79-10-23
 プロセス メイ : C\$DATA SRTRECサクセイ PROCEDURE

ニュウリョク	ジョリ	シュツリョク
C\$PARM SRTREC テーブル. PSSTKBUP C\$PARM SRTREC テーブル. MIDBUFAD, L INDX MO. NAMELENG, L INDX MO. NAME C\$MOトクン1 テーブル. TKNKIND C\$MOトクン1 テーブル.TKNPTR C\$MOトクン1 テーブル. TKNKIND C\$MOトクン1 テーブル. TKNKIND C\$MOトクン テーブル.TKNPTR	<pre> FLOW: ソート レコード / 00, OPTIONS MAIN ヒョウジ, トウツカンケイ キジュン ツウバン フ セツタイ スル DATB クブシ = ヨリ ソート レコード / カンケイ コード, タイショウ マタハ シュタイ ヨウソ メイ <テツツキメイ>, タイショウ マタハ シュタイ ヨウソ メイチョウ <テツツキメイチョウ>, OPTIONS MAIN ヒョウジ フ セツタイ スル レベル1 INTERNAL, データ メイ スタック ヨウ ORIGIN PTR / クリア フ スル, /* MO / DATA ヘッダー フ トクン スル */; CALL C\$MOトクン1; /* MO / DATA ヘッダー ノ ツギ ノ ジョウホウ フ トクン スル */; CALL C\$MOトクン1; REPEAT WHILE <' トクン モジ ハ テル デ ナイ '>; IF カレント ナ データ ハ INTERNAL デ カン ENTRY ノ アーギュメント デ ハ ナイ THEN REPEAT FOREVER; /* メイ ナ レベル1 データ ガ アル カ テーブル フ サチ スル */; IF ' トウメイ データ ナシ カ ? ' THEN カレント ナ レベル1 データ メイ フ スタック ニ イレル ; CALL メモリカンリシヨルルチン<'AMCTBL'>; EXIT 01; ELSE REPEAT; CALL C\$MOトクン1; WHILE <' トクン モジ ガ データ キホンジョウホウ '>; IF ' トクン モジ ハ テル カ ? ' THEN EXIT 02; ELSE /* セバレータ フ ヨミ トバシ */; ENDIF; ENDIF; ENDREP; ENDIF; /* ソート レコード ヘンシュウ ジョリ ノ イニシヤライズ */; CALL C\$SRTRECヘンシュウ<'SREDTTBL'>; データ シュベツ ニ オウジテ ソート レコード ノ タイショウ マタハ シュタイ ヨウソメイ <レベル1 データ メイ>, タイショウ マタハ シュタイ ヨウソメイチョウ <レベル1 データメイチョウ> フ セツ スル REPEAT; </pre>	

(3) 出力ドキュメント

図4-11に出力ドキュメント例を示す。

ドキュメントとプログラムが一致すれば、プログラムの修正で直ちにデータベースが更新され、チェック後誤りがないと、ドキュメントも最新となる。したがって、単に設計、製造用だけではなく保守、運用に対する1つの技術ともいえる。この技術は汎用計算機のソフトウェア作成に徐々に成果をあげつつある。



出力例 2

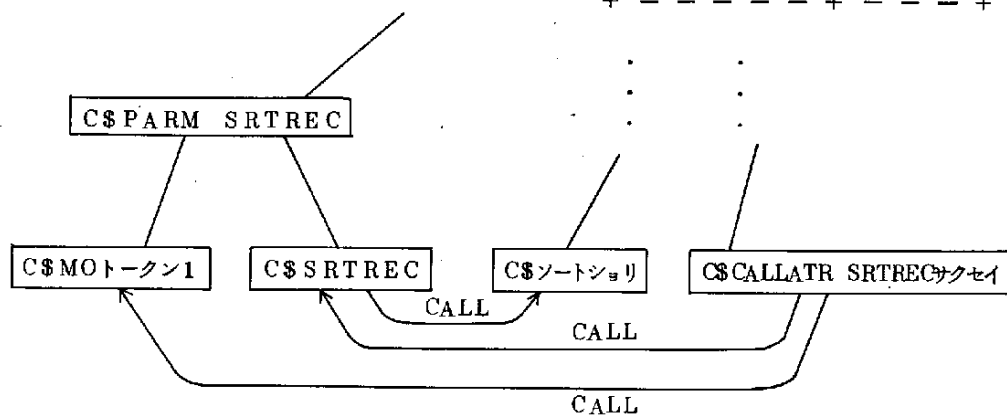
*** セイギョ カンレンズ ***

システム メイ : APS S

SO-トウロクビ : 79 10 23

プロセス メイ : C\$PARM SRTREC コモン プ COMMON

				N											
				O	1	2	3	4	5	6	7	8			
NO	コウセイ	ヨウソ	プログラム	-----	+	-	-	-	-	-	+	-	-	-	+
1	C\$MOトークン1				!	*					!	.	.	.	!
2	C\$SRTRECヘンシュリ				!		*		.	.	!	.			!
NO	ヨブ	ガイブ	プログラム	-----	+	-	-	-	-	-	+	-	-	-	+
1	C\$ソートショリ				!						!				!
2	INFノサンショウ				!	.					!	.			!
NO	ヨバレル	ガイブ	プログラム	-----	+	-	-	-	-	-	+	-	-	-	+
1	C\$CALLATR SRTRECサクセイ				!			*			!	.			!
2	C\$CALL SRTRECサクセイ				!				*		!	.			!
3	C\$DATA SRTRECサクセイ				!					*	!	.			!
4	C\$MACRO SRTRECサクセイ				!						!	*	.		!
5	C\$PARM SRTREC セイギョ				!						!		*		!
6	C\$パラメータジョウハウショリ				!						!			*	!



説明：各モジュール間の CALL, CALLED の関係が
明確になり、例えば 1 モジュールの変更の影響
がどこまで及ぶか機械チェックできる。

出力例 3

4.4 新しい応用分野

4.4.1 音声認識／合成

音声による計算機への入力，計算機からの音声出力は長年の夢であったが，マイコンの出現他により，機能，性能を実用面で支障のない範囲に絞ることで，一挙に実用レベルに達してきた。

(1) 音声分析／合成の研究

音声の分析・合成の研究はこれまでに多く行われてきた。ここでは，この音声に関する研究について，いくつかの例を示す。

まず，音声の分析の手法には，音声のワースペクトルをもとにしたものがある。時間的に変化するワースペクトルを濃淡図形で表示すると，ワの大きい周波数成分の部分が濃く表示される。この部分は「フォルマント」と呼ばれ，このパターンをもとにして，音声を容易に分類できる。

このような音声の分析に，「線形予測」の手法を使用して，ワースペクトル包絡を求める方式がある。この方式による音声分析・合成系としてPARCOR方式がある。⁽⁷⁾

次に，音声が実際に生成される過程をシミュレートすることにより，音声の合成を研究する方向がある。音声は声帯からの概周期性振動および口で生じる雑音を音源としている。ここから生ずる振動波が，口および鼻から成る音響的な共鳴系（声道）を通過し，音声となる。音声の合成には，この声道と同様な状態をフィルタを組み合わせで電氣的に作り出したものを使用する。信号源の周波数と，フィルタの中心周波数などを変化させることにより，音声を合成できる。

このように，音声の分析・合成の研究は進んできており，実際に音声を分析し，また，合成するシステムの実用化も進んでいる。

(2) 今後の課題

マイコンを使用して，音声の認識や合成をする装置が商品化されている（ト

ビックス参照)。今後は、自然言語処理システムの研究成果などをうまく導入して、更に性能の良い音声入力／応答装置に発展させていく必要がある。ソフトウェアからみたインタフェースは、キーボード／タイプライタでの READ / WRITE 文のように、入力／応答に対して、HEAR / SPEAK 文といった簡単なインタフェースになることが望ましい。それにより、マイコン世界での音声入出力装置は極めて普及していくと思われる。

4.4.2 図形入出力

(1) 図形入力

TVカメラ等で直接パターン図形を読み込んで、図柄デザイン等に用いている例がある。特に服飾図柄では、精度がそれ程要求されないので、文字ディスプレイと組み合わせてシステム化されていることが多い。

ソフトウェアとしては、総画素×1画素表示ビット(色、明度など)分のメモリをバッファメモリ的に管理し、修正用コマンド類で一部変更する程度であり、比較的簡単である。

ディジタイザ、タブレット類で図面を読み込む場合は、精度良く図形要素(一般には直線)単位に記憶していくため、ソフトウェアとしては図形データベースを扱う図形処理プログラムが必要となる。マイコンの入力装置としてこのような装置が利用される場合は、従来ミニコンのリプレースであり、ソフトウェアも汎用計算機でのそれが要求されよう。

(2) 図形出力

文字形ディスプレイや家庭用TVクラスのCRTが極めて多くのマイコンシステムに利用されている。これは図形出力装置のもつ次のような利点のためと考えられる。

- ① 人間の直観に訴えやすい。
- ② ソフトコピー(省資源)である。
- ③ デザインの過程で図が必須である。

特に大型プラントやマシンセンタでは中央制御卓に、システム状態表示などを目的としてよく使用されている。

ホビィ、ゲーム、スモールビジネス用の文字形ディスプレイは、プリンタより安価で、静かである点出力装置の主流で、プリンタは必要な情報のハードコピーとして副次的に使用されているような状態である。

ソフトウェア作成には、図形出力用コマンドをもつ BASIC の使用が多い。大型システムでは、図形出力用サブルーチンパッケージを、フォートランなどから利用できるようになっている。

(3) 今後の課題

図形の入出力は音声入力／応答と同じく、計算機非専門家の入出力方法として、一層普及していくことは明らかである。ハードウェアのインタフェースもさることながら、ソフトウェア上も極力統一がとれるよう、また図形データなどの継承、流用が可能なように発展することが望まれる。

4.5 今後の展望

(1) 言語多様化

① マイコンシステム構成に即した言語能力

言語は、こころしはらくはバラエティに富むが、徐々に用途別に収束していくと思われる。その際、マイコンシステムのハード構成に適した記述機能（並列処理など）をどのように言語として取り込むかが課題であろう。また、普及の鍵は、その言語処理プロセッサがいかにより多くのマイコン用を実現されるかによる。

② コンパイラ生成技術の確立

ハードウェアの特徴を活かしえて、かつ、高水準なコンパイラを効率良く生成できることが必要であり、この方面での支援ソフトウェア提供者の動向が注目される。

機種依存部を定義して PL / 1 ライクな言語仕様をもつコンパイラを生成す

るシステムでの定義項目と例を示す(図4-12)⁽²⁾。

新機種出現のペースが早いマイコンこそ、自動生成による最適化と適用性の限界を上げる努力をしコンパイラ生成技術を確立すべきである。

そしてハードウェアアーキテクチャ向上の成果をプログラミングにいかせる高位言語を提供する必要がある。

③ 問題向言語、ライブラリの充実

適用機種拡大、機能的に連続したライブラリ間でのファイル、データベースの連続性の維持などが課題である。

この実現には、特にAPからのハードウェアの隠蔽(即ちOSの1機能)の充実が前提となる。

特にパーソナル、スモールビジネスユースで用いられているライブラリでの各種互換等は早急に対策を講じる必要がある。

(2) 軽装OS

マイコンの軽装OSは既に利用者の支持をうけており、今後多いに発展していくのはまちがいない。ただ、汎用計算機とちがって、システム対応にOSを最適構成することが求められる。したがって、OS部品の構成技術、特に、メモリ、I/O構成、制御方式への柔軟な対応技術を確立する必要がある。

また、マイコンの価格が安いため、様々な形態のマルチプロセッサシステムが実現されるであろうが、マルチマイクロプロセッサ用OSについても、積極的な検討が必要である。

(3) ソフトウェアエンジニアリング

汎用計算機システムの仕様定義技術の成果をマイコン・ソフトウェアに適用するためには未だ解決すべき課題がある。

第1にマイコン・ソフトウェアの場合、ハードウェアとの機能分担が随所に現われ、それを含めての仕様定義は困難である。

第2にソフトウェアテストのシステム全体の工程に占める割合がまだ低いため、設計機械化の効果が発揮できない。

<pre> \$MINFO ADDR:8,1,2; NULL:0000H; ATTR:BLNP, (8,16), (1,1); RUNT:RMULT,@B1B10; SUBR:MINPUT, (V[S],K); </pre>	アドレス更新単位などの指定								
<pre> \$REGISTER R-WR1:@C,@E; R-WR2:@A,@C,@E; @A:111B; @C:001B; @E:011B; </pre>	レジスタの機能別分類								
<pre> \$INSTRUCTION MOV1: /R-WR2.1/R-WR2.2/LD /01B (2), R-WR2.1 (3), R-WR2.2 (3); 定義 /@A /MEM /LD /M='IDC':00001010B (8) M='IDE':00011010B (8) M='DRCT':00111010B (8), TURN D (16); /MEM /@A /LD /M='IDC':00000010B (8) M='IDE':00010010B (8) M='DRCT':00110010B (8), TURN D (16); </pre>	命令の機能別分類とビットパターン								
<pre> \$SKELETON ¥MAINSKELETON BIN#ADD1:#OPR1,#OPR2,#OFL; C #OPR1=@A C #OPR2=@A ☆----- A EXCHG (#OPR1,#OPR2) A GETREG (@A) A OUT (MOV1,@A,#OPR1) A OUT (ADD1,@A,@A,#OPR2) A RESULT (@A) A CALLS (JMP,011B,#OFL) </pre>	マイコンに依存しない52個の 中間語命令の機械語命令への展 開方法をデシジョン・テーブル 形式で定義 <table border="1"> <tr><td>'NYN'</td></tr> <tr><td>'YNN'</td></tr> <tr><td>'X'</td></tr> <tr><td>'X'</td></tr> <tr><td>'X'</td></tr> <tr><td>'XXX'</td></tr> <tr><td>'XXX'</td></tr> <tr><td>'XXX'</td></tr> </table>	'NYN'	'YNN'	'X'	'X'	'X'	'XXX'	'XXX'	'XXX'
'NYN'									
'YNN'									
'X'									
'X'									
'X'									
'XXX'									
'XXX'									
'XXX'									
<pre> \$ACCESS ¥ACCESS1: IF MDFY THEN IF MDFYX THEN DO; IF MDFYXF THEN IF MDFYXR=@HL THEN DO; CALL GETREG (R-IX,WR1); ; ; ¥ACCESS2: ; \$SAVEREG IF REGC (#REG,R-PR1) THEN IF BUSY (R-PR1) THEN DO; CALL LOCLCL (WA1,2,2); CALL OUT (MOV2,WA1,#REG); CALL SAVE (WA1); ; </pre>	メモリデータの仮想アドレッシング をマイコンのアドレッシング形 式にマッピングしたり、レジス タの退避方法を定義 この例のように 約1.5～2Kステップの定義で Z80, 8086などのマイコ ン用コンパイラが作成できる								

図4-12 マイコン用コンパイラジェネレータ定義例
(PMP-CGEN)

これらの点を解決するためには、まず、ハードウェアとA Pの明確な分離を行えるよい“O S”の構成技術を確立する必要がある。その後、大規模なソフトウェアから部分的に適用が始まるであろうが、本格的利用は今少し先であろう。

(4) 新しい応用分野

グラフィック用言語、サブルーチン・データベースなどの標準化が課題である。特に、データベースが蓄積されていく分野においてはその共同利用、融通をはかれるようソフトウェアが考慮されていないと、発展を妨げることになる。

マイコン用ソフトウェアはハードウェアの低価格性にひきずられた結果、コスト面で押えられ十分な設計思想のもとで作成されていない傾向がみうけられる。にもかかわらず、ソフトウェア量が急激に増大しており、汎用計算機ソフトウェアより広範囲に社会に浸透している。今やマイコン用ソフトウェアは開発用“言語”、“O S”、“ソフトウェアエンジニアリング”などの各方面での見直しが必要な時期にきていると思われる。

〔参考文献〕

- (1) 財団法人日本電子工業振興協会「マイクロコンピュータに関する調査報告書」
(1979.3)
- (2) 藤田他：多機種マイクロプロセッサ向コンパイラのコード生成部の汎用化
電子通信学会 電子計算機研究会 1979.4
- (3) 「CP/M SYSTEM ALTERATION GUIDE」
DIGITAL RESEARCH (1978.1)
- (4) 児島他：6800用リアルタイムモニタRMS (インタフェース)
(1978.10)
- (5) 西川他：応用からみたマイクロコンピュータ技術の現状と課題
(日本情報処理開発協会)(1979.3)
- (6) 小田他：機械処理を前提としたプログラム設計情報の記述法
(電子通信学会 総合全国大会)(1979.3)

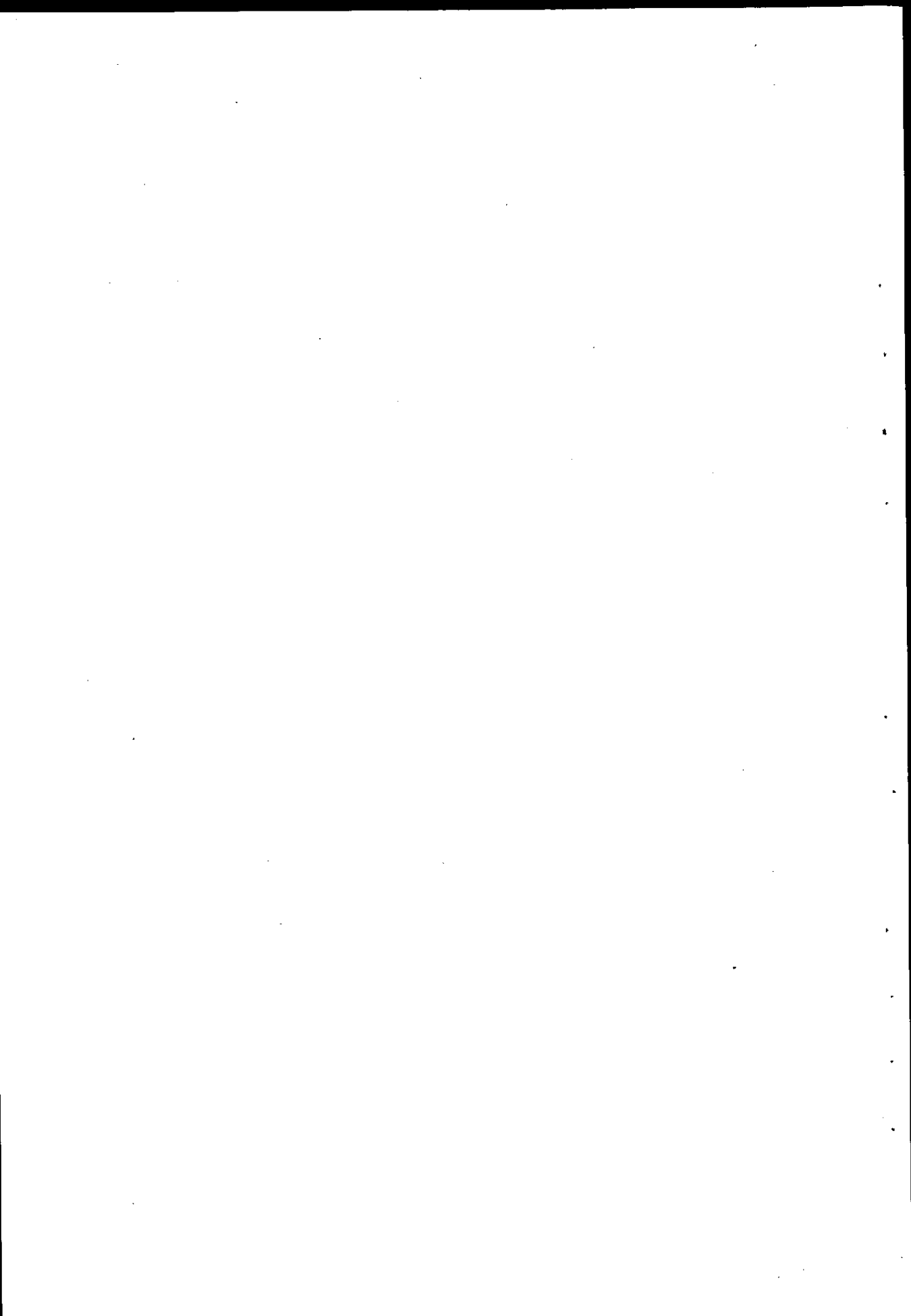
(7) 淵：音声研究のすすめと声道形推定の問題

（情報処理 Vol. 19, No. 7, pp 630~643）（1978）

(8) 板倉他：音声の合成と出力

（情報処理 Vol. 19, No. 7, pp 644~656）（1978）

第 5 章 開発サポートシステム



第5章 開発サポートシステム

本章ではマイコンの応用製品を開発する場合必然的に必要となるサポートシステムについて、なるべく実際のデータを集め現状を展望し、今後の課題を探ることとする。

5.1 サポートシステムの必要性和その種類

マイコンを応用する場合の見方に、ランダムロジックと比較する見方と通常の電子計算機の場合と比較する見方がある。

ランダムロジックと比較する場合はそのストアプログラム方式の制御による機能の発揮のしかたが特有の形であり、応用製品を開発する場合にハードウェアの開発とともにソフトウェアの開発をせねばならないことそれ自身が特徴であるといえよう。

開発の仕事は図5-1に示すようにシステムの基本設計からハードウェアとソフトウェアに分かれ両面にわたる開発を要する。更にその後組み合わせて試験を行ったのちソフトウェアをROMに固定する。この様に多様な作業を進めるためにその各段階でのプログラム開発、デバッグ、ハードウェアチェック、組み合わせてのシステムチェック、ROM化などの内容に応じて種々のサポート機器が必要になる。

第一段階の方針決定の際には当然コストの検討が重要なテーマになるがそれは製品自身の開発費用、コストだけではなく開発に必要なサポートシステムへの投資を含めて十分に検討することが必要である。

サポートシステムの種類は開発作業がソフトウェア、ハードウェア両面におよぶことに応じて図5-2に示すような分類になる。

なお本分類に示すようにサポートシステムを広義にとらえれば教育の問題、コンサルタントなどサポート業者の問題や、ソフトウェアのライブラリ化とそ

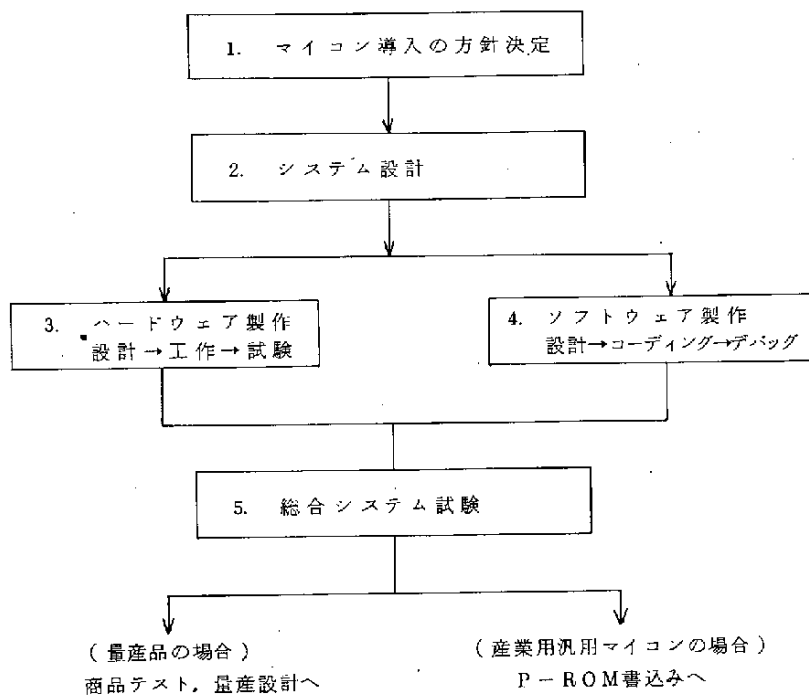


図5-1 マイクロコンピュータ応用製品開発作業

の活用体制まで含まれるが、本章ではここまではふれないことにする。⁽¹⁾

次にマイコンをミニコンピュータ以上の電子計算機と比較すると、ターゲットマシンと開発サポートマシンが分かれることが大きな相違であるといえる。ミニコンピュータ以上の電算機を応用する場合は目的とする用途のための入出力装置、所要メモリ、プログラムの他に、標準的なサポートとして開発サポートのための入出力装置、ファイルメモリ、サポートプログラムを含めオペレーティングシステムの下に完備させるのが普通である。この結果ターゲットマシンとサポートシステムを別個に持つということは必要ない。マイコンの場合はその著しい小型軽量性を生かして機器組込部品としてまとめ、ターゲットマシンには目的とする処理機能以外を持たせることを省く使い方がほとんどになっている。このためにサポートシステムを別個の設備として必要とすることにもなり、本章のように独立して論じられること自身がマイコンのみで取り扱われる形であるといえよう。

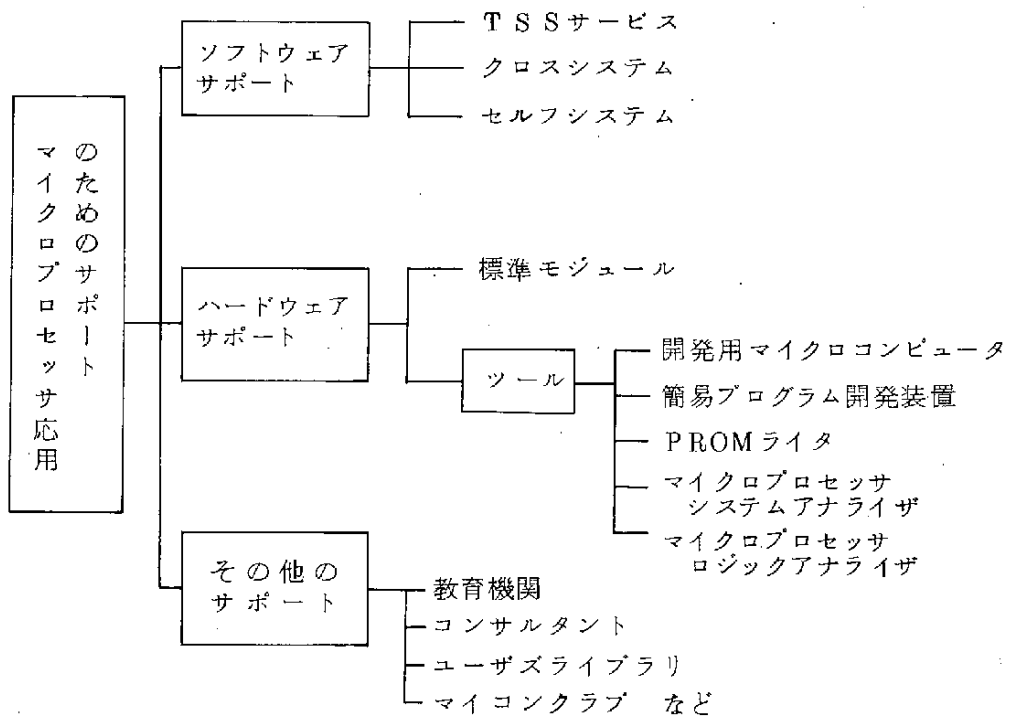


図 5 - 2 サポートシステムの種類

電子計算機が誕生した初期の段階ではソフトウェアが未発達であった為もありマシンはむしろ今日のマイコンに近く、開発の各段階でのサポートも専用の装置をそのつど製作して使用していた。その後コンピュータを使いよくするための技術としてのソフトウェアの長足の進歩、そのソフトウェアのニーズに応える形でのハードウェアの進歩、両々相まって全く隔世の観がある。

その結果、コンピュータは著しく複雑多様な使い方を可能にすると共にハードウェアは大型高価となり、コンピュータメーカーは、ハードウェアを汎用の完成品としてユーザに提供するが、これを使用する場合の標準的なソフトウェア、開発サポートのソフトウェアを一式ファイルメモリにおさめオペレーティングシステムとして完備した形でその応用を行うユーザに提供するスタイルが定着していた。マイコンの出現はこの形を再び初期のスタイルに戻すと共にハードウェアの製作まで応用側にまかせることになった。

この結果が著しく広範な応用を開いた反面応用開発の仕事の範囲を広く多様

なものとし、またサポートシステムを重要な支援ツールとして独立した討議の対象にすることになったのである。

5.2 ハードウェアサポート

マイコンのハードウェアサポート機器としては図5-1の3.「ハードウェアの製作」段階で必要なものと、5.「総合システム試験」のための機器とを一緒にして論じられることが多いが実は機能にかなりの相違がある。ハードウェア単独の製作テスト段階で必要とする機器は通常の電子機器、とりわけデジタル回路の製作に使用されるものでマイコン特有のサポート機器と称される機器はむしろ総合試験のための機器がほとんどである。

5.2.1 ハードウェア製作のサポート機器

マイコンは応用製品開発者がまずコンピュータをつくることから開発が始められる。小さな半導体チップであるマイクロプロセッサはたしかにCPUとしての複雑な回路を完備しているがそれだけでは使用出来るわけではなく用途に応じて周辺回路を組み合わせる完成せねばならない。ワンチップマイコンを使用する場合もこの点は同じで開発の第1段階では量産のとき1チップ化を予定して評価用チップと称するメモリの書き込み消去の出来る形のプロセッサで試作を行って見る。この段階でぶつかる問題は、

- 回路動作不安定
- 論理動作不安定
- 回路常数誤り
- モジュール間不整合
- 原因不明の誤動作
- 外部ノイズによる誤動作
- 機能不満足

等々が続出するのが常で、これらをシンクロスコープ、ロジックアナライザ、

パルスゼネレータ、ロジックプローブ、ノイズシミュレータ等のサポート機器を駆使してチェックし調整を進めることになる。ただしこれらの機器はいずれも通常の電子機器に使用される測定器であること前述のとおりであり、本報告書の主題ではないので簡単に概観するに止める。

(1) シンクロ스코ープ

ハードウェア調整の初期に必ず使用される基礎的測定器といえる。最近は小型軽量化と高級化が進んでいるがマイコンテスト用としては2現象、遅延掃引付き、周波数レンジは50MHz程度のものが必要である。

(2) ロジックアナライザ

シングルパルスの波形観察用に上記を特化使用されるものである。

(3) ロジックプローブ

ランプの点灯でデジタル信号のオン/オフを判断する簡単な機器で上記測定器シンクロ、ロジックアナライザの補助として便利である。

(4) ノイズシミュレータ

電源ラインに人工的にノイズを重畳させて誤動作の有無、その原因、対策検討に使用される。量産段階での製品の信頼性確保のために必要なサポート機器といえる。⁽²⁾

5.2.2 システムテストのサポート機器

ハードウェアとソフトウェアを組み合わせ、実用に供することが出来るところまでのフル機能をテスト確認するまでのサポートはマイコンに特有の開発サポートシステムとして、

- 開発用マイコン(これをサポートシステムと称することが多い。)
- 簡易サポートツール(プログラム開発装置)
- マイクロプロセッサシステムアナライザ
- PROMライタ
- マイクロプロセッサ(チップ)検査装置

および少し異なる意味で標準ボードコンピュータ等がある。

(1) 開発用マイコン

開発用マイコンは応用システムの開発作業を支援することを目的に、必要とするソフトウェアデバッグ、ハードウェアの組み合わせ動作機能試験を含めシステムとして試験ができるように工夫された特殊なマイコンである。したがってこの第5章の中心をなす装置ということも出来るが、その現状を展望して見たのが表5-1である。

Intel社から初めてマイコンが発売され、引続いてMotorola社からも現れた初期には両社が自らの販売経験から開発をサポートする機能を一式備えたコンピュータを提供し、応用製品の開発を支援する姿勢をとることによって、マイコン用CPUチップもますます広範囲に売れることを悟りIntel社はMDSシステム、Motorola社はエクササイザの名称のもとにこの種のマイコンを開発した。

はじめは半導体メーカが自らのプロセッサチップを販売する手段として開発したサポートコンピュータもその後表5-1に示すように計測器メーカあるいはシステムハウスがそれぞれ工夫をこらし、特徴のある機種を売り出し、ユーザは自分の目的に合った開発サポート用マイコンを自由に選べるようになるに至った。

① ハードウェア構成

開発用マイコンのハードウェア構成も、表5-1に示すように大はミニコンピュータに近い機種から、小は簡易型サポート用ボードと称する機種まで豊富であり、汎用8ビットマイコン各種はもとより本報告書第1章に報告される1チップ型マスクロムプロセッサ用のもの、さらにはビットスライス型プロセッサのマイクロプログラム開発用を予定した機種まで出現するに至っている。

メモリ容量もサポート用のオペレーティングシステムのためのエリア（これも1Kから8Kまで種々ある）を別としてターゲットプログラムのデバッグエリアとして1Kから64Kまでと多様である。そしてその補助外部メモリとし

機種、メーカー名	ハードウェア	ソフトウェア	操作出来る機能	ソフトウェア機能	備 考
COSMAC DEVELOPMENT SYSTEM RCA	CPU: CDP1802 メモリ: ROM1K RAM4K フロッピディスク付 コンソール型	CDP18503マイクロモニタ レジデントアセンブラ " エディタ " コンパイラ	システムリセット CPUラン、ストップ アドレスストップ メモリリード、ライト レジスタ表示、変更	メモリ表示、変更 レジスタ表示、変更 スナップショット トレース	CDP1802周開発システム 本体: 1,027,000円 プリンタ: ASR33 又はS-700
IDS8000Z アドックスシステム サイエンス	CPU: Z80 メモリ: 16K~64K ミニフロッピディスク P-ROM貯込可	DOSモニタ 適用CPU: Z80, 8000 8085, 6502 Sc/MP, F8 アセンブラ, エディタ	システムリセット CPUラン、ストップ アドレスストップ メモリリード、ライト レジスタ表示、変更 ブレイクポイント	メモリダンプ、変更 レジスタ表示、変更 入出力デバイス変更 テープセーブ、ロード ROMライタ機能	KEY BOARD CRT DISPLAY 別 売
MACROS6800A アンペール	CPU: 6800 メモリ: ROM, RAM5種 フロッピディスク ・モジュール単位ビルディ ングブロック構成 12より自由可変	DOSモニタ レジデントアセンブラ " エディタ 制御用ベーシックコンパイラ 各種ユーティリティ	システムリセット CPUラン、ストップ アドレスストップ メモリリード、ライト シングルステップ 割込シミュレート レジスタ表示、変更 ブレイクポイント	メモリダンプ、変更 レジスタ表示、変更 入出力デバイス変更 テープセーブ、ロード スナップショット トレース ROMライタ機能	標準構成¥733,000
AIDACS2000 FDPS-10 アイ電子測器	CPU: 8080A メモリ: 32K フロッピディスク2~4台 P-ROM貯込可	DOSKET-2000 アセンブラ2000 フォートラン ベーシック エディタ	・リセット可 ・ラン、ストップ ・アドレス、ストップ ・レジスタ表示、変更 ・メモリリード、ライト	メモリ変更、表示 レジスタ変更、表示 スナップショット トレース サーチ、ブレイクポイント	8080A用開発システム CRT接続可
AIDACS3000 FDPS-20 アイ電子測器	CPU: Z80A メモリ: 32K フロッピディスク P-ROMライタ	DOSKET-3000 アセンブラ3000 フォートラン ベーシック エディタ	同 上	同 上	8085A, Z80共用可 CRT接続可
FDS-1 開発システム 和泉電機	CPU: 8085A メモリ: ROM16K RAM8K フロッピディスク P-ROMライタ タイプライタインターフェース	ローダ、モニタ セルフアセンブラ エディタ プログラムデバッガ ユーティリティ	・システムクリア ・CPUラン、ストップ ・アドレスストップ ・メモリ、I/Oリード、ライト ・レジスタ表示(16進)	メモリ表示、変更 レジスタ表示、変更 シングルステップ ブレイクポイント オブジェクトロード P-ROMライタ	8080A, 8085用
SYSTEM29 AMC	CPU: Am 9080 メモリ: 32K フロッピX2台 CCU(2909)接続	2900シリーズ用マイクロ アセンブラ 9080用アセンブラ ローダ デバッガ 8000用アセンブラ	システムリセット ラン、ストップ 割込発生	ファイル表示、消去、 トランスファ、コピー、 イニシアライズ、ダンプ メモリ表示 データ転送 シングルステップ	Am 2900シリーズ、 Am 9080 Amx 8000 共用開発システム
MDS800 インテル	CPU: 8080A メモリ: 16K フロッピ(2M) CRT又はTTY接続 ICE48/80/85	モニタ マクロアセンブラ エディタ ICE用ソフトウェア	パワーON/OFF システムリセット ブートストラップ インターラプトリクエスト	フロッピリローケーション メモリ、I/O レジスタコントロール PROMコントロール ユーザプログラム実行	1CEによるハードに連動 したデバッガ可(80, 85, 48) ¥1,660,000
MDS210/220 インテル	CPU: 8080A II メモリ: RAM32K ROM4K ・220はフロッピCRT付	モニタ エディタ アセンブラ ・220はディスクOS	同 上 ・セルフダイアゴノステック	同 上	MDS210: 4K迄の プログラム開発 MDS220: 4K~6K迄の プログラムに 80, 85, 48兼用
MDS230 インテル	CPU: 8080A II メモリ: RAM64K ROM4K フロッピディスク CRTコンソール	モニタ ディスクOS アセンブラ、エディタ PCM80フォートラン インサーキットエミュレータ	同 上	同 上	6K以上のプログラム開発 に 80, 85, 48の他に86も可 ¥4,370,000
MODEL VA-II アンドール システムサポート	CPU: 8080A メモリ: 24K フロッピ(オプション) CRTコンソール ICE ROMライタ	モニタ(レジデント又は FDOS) アセンブラ BASIC エディタ デバッガ シミュレータ	システムリセット CPUラン、ストップ アドレスストップ メモリリード、ライト ブートストラップ	メモリ表示、変更 レジスタ表示、変更 スナップショット トレース その他	8080A, µCOM4 標準 6800, Z80, L-16A オプ ション ・BASIC UNITとそ の拡張としてのFULL SYSTEM 2段階あり
SEVターミナル コアディジタル	TMS1000系用 16桁LED表示 デスクトップ型	アセンブラ デバッガ	コンソール機能1式	モニタ/ユーティリティ機能	

機種、メーカー名	ハードウェア	ソフトウェア	操作出来る機能	ソフトウェア機能	備 考
SAM/F ASR (オートメーション) システムリサーチ	CPU:LS1-11/2 メモリ:20K 2 フロッピーディスク コンソール	PT-11 OS 各種アセンブラ 各種デバッグ	ODT	メモリ表示、変更 レジスタ表示、変更 スナップショット トレース	8080、85、6803、Z-80、 COSMAC4040、48、 μCOM43 その他兼用 ¥6,980,000(ICE付)
PDS-III PDS-IV 国際データ機器	Z-80 RAM64KB フロッピー2台/4台 HP-1B(オプション) CRT	モニタ アセンブラ FORTRAN COBOL BASIC エディタ	システムリセット CPUラン、ストップ アドレスストップ レジスタ表示、変更 メモリリード、ライト	メモリ変更、表示 レジスタ変更、表示 デバッグングエイド	8080、85、Z80兼用 PDS-III: ¥1,598,000 PDS-IV: ¥2,198,000
KOCOM-11H/D 高 立	Am2903×4 使用 16K フロッピー両面×2 CRT P-ROMライタ	FDOS(RT-11互換) FORTRANV APL FOCAL BASIC	リセット HaH、RUN	デバッグ	PDP11/3 コンパチブル
N-80AW 沖電気	8080A ROM16K RAMあり PROMライタあり エミュレーションボード	モニタ クロスアセンブラ エディタ、シミュレータ ユーティリティ	システムリセット CPUラン、ストップ アドレスストップ レジスタ表示、変更 メモリリード、ライト	メモリ変更、表示 メモリダンプ、転送 PROM書き込み	OLMS-40シリーズ用 開発システム
MICS-55 三洋電機	MCP3000/55 32K ディスク又はフロッピー CRT F-8用ICE	モニタ 汎用クロスアセンブラ 汎用エディタ ROMライタ F81CEソフト	同 上 (CRTキーボード経由)	メモリ変更、表示 メモリダンプ、転送 PROM、書き込み ハードウェアブレイクポイント トレース機能	F-8、LM6400、8080、 μCOM43、MB8840、 MN1400、6800、 TMS-1000、Z80兼用
ZDS-1/40 ザイログ	Z-80A 64Kバイト フロッピー×2 PROMプログラマ (オプション) ICE モジュール	4K OS(ROM) リロケートブルアセンブラ オプション(コンパイラ各種) エディタ リンク	同 上 (モニタモード/ ユーザモードあり)	同 上	Z80、Z80A用
MDDS1/2 ザックス	Z-80 32Kバイト フロッピー2/4台 CRTコンソール	DOS アセンブラ エディタ デバッグ	ノンヌカブルインタラプト システムリスタート	同 上 スナップショット、トレース	Z80、8080、8085兼用 ① ¥1,350,000 ② ¥1,980,000
GA-16シリーズ SPC-16シリーズ ゼネラル オートメーション	GA-16/330-468 128Kmax ディスク2M PROMライタ CRT	オペレーティングシステム各種 アセンブラ FORTRANV CONFORT BASIC、COBOL	システムリセット CPUラン、ストップ アドレスストップ レジスタ表示、変更 メモリリード、ライト	メモリ変更、表示 レジスタ表示、変更 スナップショット トレース	GA16/110、16/220用 構成により8機種あり
SYSTEM65 シナティック	6502CPU 64K ミニフロッピー×2台 (POMライタ) オプション ICE	デバッグングモニタ エディタ アセンブラ	リセット CPUラン、リセット ステップ	同 上	6500シリーズ用 ¥1,650,000
SME10 シャープ	8ビットCPU CMOS4K コンソール PTR、P	モニタ	リセット CPUラン、ワンステップ ブレイクポイント フラグ類表示 メモリ表示	テープリード、表示 メモリプリント テープベリファイ	SMシリーズCPU用 ¥2,000,000 CPUユニット交換可
SOPHIA8SD ソフィア	8080A 16K~32K ROM4K パネル	モニタ アセンブラ ユーティリティ	リセット CPUラン、ストップ アドレスストップ、表示 ステップ実行	左記各項目	8080A、8085、8748用
EP-3/3A ソード電算機	SBP0400A 2K/4K キーボード PTR	デバッグ	リセット、ハルト ステップ、リポート、ラン メモリリード/ライト ディスプレイ	RAM表示、変更 (プログラム データ Acc.X,Yレジスタ表示、変更 ブレイクポイント シングルステップ	TMS1000シリーズ各機種用 デベロッパメントマシン ¥900,000~¥1,100,000
EP-Z ソード電算機	Z80 32K フロッピー×2台 RT-12	モニタ アセンブラ エディタ リユージュエディタ	同 上	メモリ表示、変更 レジスタ表示、変更 シングルステップ ブレイクポイント	Z80用 ¥850,000

機種、メーカー名	ハードウェア	ソフトウェア	操作出来る機能	ソフトウェア機能	備 考
8001/8002 A Microprocessor Lab ソニーエレクトロニクス	2650/2650+Z80 16K/32K R S232C/ディスク2台	TEKDOS アセンブラ エディタ デバッガ エミュレータ	リセット 任意アドレスからの実行、 ブレーク CPUレジスタ変更	メモリ表示、変更 レジスタ表示、変更 シングルステップ ブレークポイント リアルタイムトレース	8080A, 6800, Z-80, 8085A F8, 3870, 1802, TMS9900 以上多機種をサポート 標準システム¥3,500,000 ~¥5,000,000
OMRAC410 シミュレータ 立石電機	CPU: PPS4 コア4K コンソール P-ROM書込み	セルフアセンブラ エディタ デバッガ ユーティリティ	システムリセット CPUラン、ストップ アドレスストップ レジスタ表示、変更 メモリリード/ライト ステップ動作	メモリ変更、表示 レジスタ表示、変更	PPS-4用開発システム
ROOTS100/200 中央電子	8080A/555A 8K/16K フロッピー2台 P-ROMライタ	同 上	同 上	メモリ変更、表示 レジスタ変更、表示 スナップショット ブレークポイント ファイル操作	8080A用 プロセス入出力 対応シミュレート可
FS-990AMPL マイクロプロセッサ プロトタイピングラボ T. I.	990/4, 990/10 48K~64K フロッピーディスク ビデオディスプレイミナル ロジックトレース(オプション)	アセンブラ FORTRAN, BASIC エディタ、リンク デバッガ ユーティリティ AMPL開発用言語	同 上 (ターミナルからの全誌型)	同 上	TMS9900, 9980 マルチステーション(4台) 迄可能なDS-990/10型あり
MIDAS-8E テクトロン	8080/6800 5K+option12K フロッピー、紙テープ 家庭用TVインタフェース	ROMモニタ アセンブラ(エディタ付) デバッガ ユーティリティ	リセット CPUラン、ストップ アドレスストップ レジスタ表示、変更 メモリリード、ライト	メモリ変更、表示 レジスタ変更、表示 PROMライタ 割込処理 逆アセンブル	8080型および6800型あり
30EX デジテック	MC6800 ROM8K RAM17K カセットMT2台	カセットモニタ アセンブラ エディタ デバッガ	RESET ABORT	メモリ変更、表示 レジスタ変更、表示 ブレークポイント トレース	MC6800用
INPEC-85AP 電子ブロック機器	8080A RAM 1.25K PROM 1K コンソール PROM書込カード	モニタ	リセット メモリリード、ライト CPUラン、ストップ モニタイン、スタックポイント 割込シミュレート レジスタ表示、センス	タイピング、アウト PROMライタ ビデオインタフェース	8085A用 I/Oシミュレーション 機能あり ¥390,000より
EVA-400 東京三洋電機	CPU: LM6499 RAM2K Key BOARD, LED PROMライタ	エミュレーションモニタ (ROMにて実装)	リセット ブレークポイント、ステップ コンティニュー プログラムメモリ表示、変更 レジスタ、アカウン表示、変更 プログラムカウンタ同期 トリグ信号出力	メモリ表示、変更 PROMリード、ライト、 コンペア オブジェクトロード	LM6400シリーズ (4ビットCPU)用
EX-1A 東京芝浦電気	CPU: T3190 4K コンソール	セルフアセンブラ エディタ デバッガ テレタイプサービス	コンソールパネル機能 ラン、シングルステップ アドレスストップ、メモリリード メモリライト、アカウンタ読出 アカウンタアドレス書込	メモリ表示、変更 逆アセンブル	T3190用
TDS400 東京芝浦電気	8085A ROM16K RAM48K フロッピー2 PROMライタ、ICE	モニタ アセンブラ エディタ デバッガ	リセット/ラン ストップ/ステップ メモリリード、ライト レジスタリード、ライト 割込信号発生	メモリ変更、表示 EPROM書込	TLCS-43 } シリーズ TLCS-46 } 4ビットCPU用
9045/46/47 9070/71 マイクロNOVA デベロップメント システム 日本ミニコン	CPU: マイクロノバ 16K~32K ディスクセット2台 ディスクカートリッジ CRTディスプレイ	DOS マクロアセンブラ FORTRAN BASIC テキストエディタ ファイルエディタ シンボリックデバッガ 科学技術計算	リセット、スタート、ストップ メモリリード、ライト、 アドレスインクリメント、 デクリメント アキュムラータチェック レジスタリード、ライト コンソールデバッグ	コマンドラインインタープリタ ファイルメンテナン DOS シンボリックデバッガ (ソースレベル可)	
NDS-80 ノーベル エンジニアリング	Z-80 ROM3K/RAM48K フロッピー プリンタ/CRT	FDOS エディタ アセンブラ デバッガ	メモリリード、ライト、 トランスファ トレース、ブレークポイント ROMベリファイ、コピー	同 左	8080A } 用 Z-80 } 8085A }

機種, メーカー名	ハードウェア	ソフトウェア	操作出来る機能	ソフトウェア機能	備 考
H A Z-2051 ハスク技研	Z-80 64K フロッピ2台 キーボード, CRT	DOS エディタ アセンブラ デバッグ	CRTモニタコンソール CPUラン, ストップ アドレスストップ レジスタ表示, 変更 メモリリード, ライト	メモリ変更, 表示 レジスタ変更, 表示 スナップショット トレース	Z-80, 8080用
PDA-80 日本電気	CPU: μ PD8080A 8K フロッピ(オプション) プリンタ	マクロアセンブラ(テープ) エディタ デバッグ	リセット CPUラン, ストップ 1ステップブレイクポイント レジスタ, メモリ表示, 変更	メモリクリア, トランスファ ブレイクポイント I/Oアクセス, テープアウト	μ PD8080A用 ¥1,450,000(標準構成)
PDA-800 日本電気	CPU: μ PD780D 56K ミニフロッピ2台 プリンタ オプション: ICE	モニタ(ROM) アセンブラ エディタ デバッグ	リセット, モニタアクセス 1ステップブレイクポイント アドレスステータス表示	I/Oアクセス, ミニフロッピ制御 ブレイクポイント, トレース アドレススタート, ストップ メモリテスト	μ PD780, 8080, 8085, 8048 μ COM43, 44, 45 兼用開発システム
H68/SD-20 日立製作所	HD46800D 32K フロッピ2台 CRTディスプレイ プリンタ	FDOS アセンブラ エディタ オプションPL/H デバッグ		メモリ変更, 表示 レジスタ変更, 表示 トレース, ブレイクポイント アドレスストップ ペリフェイ, リサーチ	HD46800D, 46802 HMC S-40シリーズ兼用 オプション: PROMライタ ICE
H40EVKIT 日立製作所	HD46802 モニタROM4K アセンブラROM4K ユーザROM8K ユーザRAM8K	モニタ アセンブラ テキストエディタ	リセット CPUラン, ストップ 1ステップ PROMライタ	メモリ変更, 表示 レジスタ変更, 表示 I/O端子表示	
MACRO FLAME フェアチャイルド	CPU: マクロジック 64K フロッピ コンソール, CRT プリンタ	マルチタスクDOS REX(アセンブラ) BASIC, FORTRAN PASCAL, MACRO デバッグ, エディタ			9440, 9445, SPARK-16 兼用
F8フォーミュレータ フェアチャイルド	CPUモジュール RAMモジュール16K I/Oモジュール4x8ビット コンソールモジュール PROMプログラマ	モニタ(各周辺制御) アセンブラ エディタ デバッグ ユーティリティ	メモリ, レジスタI/O表示, 変更 リセット, ラン, ハルト シングルスステップ ブレイク, アドレスストップ センス	同左の機能 メモリロード, ダンプ	F8ファミリ, F3870
ME68FDS マーズ エンジニアリング	6800 32K フロッピ タイピュータ CRT, P-ROMライタ	FDOS アセンブラ エディタ デバッグ ユーティリティ	システムリセット アボード割込	メモリ, レジスタ表示, 変更 スナップショット トレース	MC6800, 6802, MB8861 MD46800 ¥1,550,000
MB2110 エバリエーション ボード 富士通	MB8849x2 EPROM5K RAM 16K キーボード	エバリエータモニタ クロスアセンブラ エディタ	リセット, CPUラン, ストップ アドレスストップ レジスタ変更, 表示 メモリリード, ライト	メモリ変更, 表示 レジスタ変更, 表示	MB8841, 42, 43, 44, 49 8851, 53
F-PDT-8 富士通	CPU: 8861N モニタ4K, 64K, フロッピ プリンタ 各種インタフェース	モニタ, デバッグ マクロアセンブラ SPL/M エディタ クロスサポートソフト	同 上	メモリ変更, 表示 レジスタ変更, 表示 アドレスストップ スナップショット, トレース	MB8861/70/71 MC6800
エミックPAL マックエイト	8080A 2K TTY	エディタ デバッグ シミュレータ ロード, ダンプ	I/Oクリア, システムクリア CPUラン, ストップ アドレスストップ, メモリリード シングルスストップ	メモリ, レジスタ変更, 表示 ブレイクポイント, トレース メモリダンプ	8080A
HS-1400 松下電子	MN1499 2K オーディオカセット	シミュレータ デバッグ オブジェクト編集	リセット, ラン, ストップ オートマニユアルセレクト ブレイクポイント メモリライト, リード		MN1400シリーズ
Lサポート1400 松下電子	MN1610 24K フロッピ プリンタ, コンソール	クロスアセンブラ オブジェクト編集 ソース編集 ROMライタ	リセット, ラン, ストップ アドレスストップ レジスタ変更, 表示	メモリリード, ライト	MN1400シリーズ DEMOS-Eと接続可
Lサポート1500 松下電子	MN1610 24K フロッピ プリンタ, コンソール	クロスアセンブラ エディタ, デバッグ ブレイク条件セット PROMライタ	同 上	メモリ, レジスタ変更 メモリ, レジスタ表示 スナップショット, トレース	MN1500シリーズ

機種、メーカー名	ハードウェア	ソフトウェア	操作出来る機能	ソフトウェア機能	備 考
PC8500 三菱電機	8085A ROM 3 K, RAM 4 K ポータブルコンソール ICE	キーボードモニタ タイプライタモニタ	リセット、CPUラン、ストップ シングルステップ、 ブレークポイント メモリ、レジスタ表示、修正	メモリ、レジスタ変更 メモリ、レジスタ表示 スナップショット、トレース	8085A P ¥395,000
PC0400 三菱電機	8085A ROM 4 K RAM 256 B PROMライタ	キーボードモニタ	同 上	メモリ、レジスタ表示、変更 データロード、変更	M58840シリーズ (4ビットマイコン) ¥895,000
A1D-80F モステック	Z-80 64K フロッピ×2台 ICE 各種インタフェース	DOSモニタ デバッグ テキストエディタ Z-80アセンブラ リンク		メモリ、ポート、レジスタ表示、変更 シングル/マルチステップ ICE機能 ブレークポイント FORTRANV, BASIC	Z-80用 (F-8, 3870も可)
M68SDTTVB モトローラ	6800 16K フロッピ TTY	アセンブラ FORTRAN, BASIC デバッグ システムアナライザ	リセット CPUラン、ストップ アドレスストップ	メモリ、レジスタ表示、変更 スナップショット トレース	MC6800シリーズ
Logic80 ロジスティック システム インターナショナル	8080A 1K~17K パネル ICE, PROMライタ	デバッグ エディタ 各種ユーティリティ	同 上	同 上	8080A
PPSMP アセミュレータ ロックウエル	CPU: PPS-8 6K ICE PROMライタ	モニタ エディタ アセンブラ PROMライタ	リセット、CPUラン、ストップ ブレークポイント、 レジスタ、メモリ表示、変更	メモリ、レジスタ表示、変更 I/Oコマンドトレース メモリコマンドトレース シングルステップ	PPS4シリーズ PPS8シリーズ Basic \$3,500
A1M65 ロックウエル	R6502 8K プリンタ	モニタ/デバッグ アセンブラ ベーシック	同 上	メモリ、レジスタ表示、変更 ブレークポイント、トレース	R6500用 低価格ボードデバッグ \$450
AMDS Future Data	8085(その他為替) 48K フロッピ×2台 48CHアナライザ ICE	ファイルマネジャ エディタ マクロアセンブラ リンクジェディタ BASIC	リセット、ラン、ストップ アドレスストップ レジスタ表示、変更 メモリリード、ライト	同 上	8080, 85, 6800, Z80 (8086, Z8000, 68000予定) 6502, 1802等汎用

注：備考欄価格が昭和54年度の定価である。

てフロッピディスクが準備されている機種が多い。

形状も高級電卓並みのハンディタイプ、小型CRT表示装置を持ったディスクトップタイプ、システム組み込みをも予定したラックマウント型、スタンドアロンのコンソール型と多様化している。

テストターゲットマシンとのインタフェースはCPUチップのピンをグリップする型、カードにテスト用端子を予定させる型、バスコネクタを予定する型等種々あるがIntel社がMDSシステム用に開発、その後その利用価値が高い評価を受けているICE（インサーキットエミュレータ）を各種のプロセッサ用に準備している機種が増えて来た。また汎用プロセッサを対象としている機種にはPROM用の書き込み器を内蔵している機種も増加して来た。

マンマシンシステムの特徴としては、中規模以上のシステムではCRTの能力をフルに生かすため対話型に開発JOBが進められるように配慮している機種が増えている。

② ソフトウェア

開発用マイコンはすべてソフトウェアの開発にも使用出来るように次節で報告するソフトウェアサポートを備え、中でもプログラムデバッグを行い易いよう工夫がとられている。それぞれの機種は自らのハードウェアのためのモニタの下にアセンブラ、エディタ、デバッグ作業のためのエイドプログラム群、ユーティリティ等を揃えているが、機種によってはPL-M, FORTRAN, BASICなどのコンパイラまでそなえている機種もある。これらのシステムソフトウェアの占有アドレスはそれぞれのプロセッサのカバーし得るエリアの最後尾部分におさめ、ターゲットプログラムのアドレッシングに障害を与えることを避けるように配慮されている。この点の入出力ライン、割り込みセーブエリアなどについても同様な配慮を行っている。

③ サポートのための機能

応用製品開発のためのサポートのために必要な機能の基本は、通常は数ミリの角の小さなCPUチップの中をメガヘルツオーダの高速で走っているCPUの

動作を、開発の担当者が外から見られるようにすること、その内容をレコード出来ること、プログラムについては修正出来るようにサポートすることであるといえる。このために開発担当者が指示すればメモリのどこからでも走らせ得ること、どこでもストップさせられること、そのストップしたときのレジスタ、メモリ、入出力バス、各種コンディショニングコードF/Fのデータが消えないでホールドさせられることを可能とし、これを基に各種のデバッグ機能を組み立てている。これらは、

- メモリ、CPUレジスタの内容の表示
- 同上の修正
- ユーザプログラムの実行
- ブレークポイントを指定しての実行
- インストラクションステップ単位での実行
- 入出力命令の実行
- データのブロック転送
- 割り込みマスクのセット、リセット、割り込みのシミュレーション
- メモリのロード、ダンプ
- あらかじめ指定した任意のアドレスの実行時のデータを一覧に表示する
スナップショット
- 実行の各ステップにおける関係メモリ、各レジスタの状態をすべてプリントするトレース

等々である。⁽⁶⁾

最近の開発用マイコンでは各種のICEを備え、当面の応用製品に使用されたマイクロプロセッサのICEと組み合わせ、上記のデバッグ機能を直接ターゲットシステムに組み合わせて試験出来るように考慮されている機種が多い。このターゲットシステムそのものを接続してのテストは応用製品開発のファイナルテストとして重要なことであり、クロスソフトを使用して開発スピードを上げた場合などにも最終組み合わせ試験として活用される。

(2) 簡易型サポートツール

上記開発用マイコンの簡易型として、対象とするCPUチップの種類を1種に絞り、上記程豊富な機能は持たないが必要最小限の範囲に小規模に絞り、開発担当者が工具に近い形で常備し、常時使用するサポート用マイコンがある。

Intel社のPROMPTシステムなどはこの種の製品である。機能の選択はキー入力、内容の表示はLED程度で標準的なPROMチップに絞って書き込み機能も持たせてあるものもある。

(3) P-ROMライター(プログラム書き込み装置)

プログラムのメモリとして、フィールドプログラマブルなP-ROMを使用する汎用マイクロプロセッサの応用システム開発に当っては、その書き込み装置P-ROMライターが必要である。

これは前記開発用マイコンには付属機能として内蔵されている場合もあるが独立した機器としても各種の機種がある。その比較的新しい機種を展望例示したものが表5-2である。プログラム書き込み固定機能の他に簡単なテストとして、コピーの作成、動作のチェック、ブランチ命令のチェック程度が出来るように配慮されている機種が増えてきた。

書き込みプログラムの入力方法はテンキー入力により1ステップ宛書き込む方法のほか、紙テープ読み込みによるのが普通である。紙テープのコード形式はBNPF形式、バイナリ形式、16進形式などが使われている。

(4) システムアナライザ

本節の最初にとり上げた開発用マイコンからソフトウェア開発サポート機能を縮小、ハードウェア主体で開発段階でのチェック、トラブルの解析、修理から保守段階の故障解析におよぶまで必要なテスト機能をまとめてサポートマシンの形にしたのがマイクロプロセッサ用システムアナライザである。

この機種の代表としては、財団法人日本情報処理開発協会の昭和53年度補助事業の一環として、株式会社ソフィアシステムズが委託開発したシステムアナライザがある。

CRTおよびキーボードを持った本体は内蔵の8ビットマイクロプロセッサZ-80によって制御される。被テストシステムのハードウェア、ソフトウェア機能はプローブすなわち開発用マイコンのところで紹介したICEと同様のエミュレーション用CPUによって制御される。

この動作を解析するためにコンソールのキーを選択入力することによって下記のテスト機能が活用出来る。

① 入出力機能

- (a) 紙テープオブジェクトのメモリへの読み込み(最大64K)
- (b) メモリデータの紙テープへのパンチ
- (c) メモリデータの表示

② ユーザプログラムのプローブ内CPUによる実行とチェック

- (a) このときブレークポイントを設定出来る
- (b) 動作のトレース表示(最大4K)
- (c) プログラムの簡易アセンブル機能とその表示
- (d) 入出力動作のみの実行

エミュレーション用のプローブCPU機種は8080, 8085, 6800の3種類準備され、それぞれのCPUについて上記機能を満たすように出来ている。

市販のこの種のシステムとしてIntel社、安藤電気などのものがある。これらと財団法人日本情報処理開発協会委託開発品を表5-3に例示する。

Intel社、安藤電気ともに今回の開発機ほどの汎用性はないようである。今回の開発機は表示にCRTを使用してわかり易さを強化していること、対称チップをプローブ交換により汎用化したこと、トレース規模を拡大したことなどに使い易さを工夫していると報告されている。

5.2.3 マイクロプロセッサ検査装置

前節にシステムテストのためのサポート機器を報告したが、これらのテスト

表 5 - 3 システムアナライザ (例)

メーカ	機 種	対 称 プ ロ セ ッ サ	ト レースメモリ	装 示 器	デ バ ッ グ 機 能
イ ン テ ル	μSCOPE 820	8080シリーズ (プローブにより交換)	256ステップ (32ビット)	16進LED	メモリ, レジスタリードライト ステップ動作, ラン ROMエリア修正
安 藤 電 機	AE-4101 AE4102	8080A 6800	トリガ信号出力のみ (外部機器, 接続)	同 上	メモリ, レジスタリードライト ステップ, ラン リピート機能
(参 考) (財)日本情報 処理開発協会	試作 システムアナライザ	8080 8085 兼用 6800	4 K	CRT表示器	同上の他に ブレークポイント トレース

はいうまでもなく目的とする応用製品の機能がダイナミックな動作を通して実行されることのチェックである。したがってハードウェア単体としては製作段階で指摘したような回路動作の不安定、誤動作を起こすことのない完成品であることが前提になる。このためには量産を前提とした生産のためのサポートのひとつとして、使用するマイクロプロセッサ自身の検査を行う検査装置をサポート機器の1種として加えなければならないであろう。量産サライの応用製品がセットに組み立てられた後の検査の段階で不具合をおこした場合の原因の発見は、極めて多くの時間を費す困難な仕事になるからである。

表5-4にLSI試験装置のうちマイクロプロセッサの検査に使用できる機種を展望している。

マイコンの機能の実行が時系列的なプログラムコントロールによることの結果として、内部欠陥の有無を外部から与える信号で検査するためには、数千ステップないし数万ステップのパターンをプログラムの供給してその応答をみる必要がある。このために検査に比較的長時間を要し、表5-4に示したのはなほ高価な試験装置を一定時間単位で占有することになり、そのコストがマイクロプロセッサチップ自身の価格に比べて著しく割高になることが現在の課題になっている。

図5-3に代表的機種であるFairchild社のセントリースステムの構成を示す。内部は点線で囲っている4台のセントラルプロセッサが作業を分担するマルチプロセッサシステムになっている。⁽⁷⁾

図の左側に示すFST2汎用CPUは語長24ビット、主メモリ196Kで16レベルの割り込みラインと2本のメモリバスを持ち、この装置全体の制御をつかさどるとともにすべての試験データをリアルタイムで高速処理を行っている。

FST2の下に中央部と右側に示す2組のサブシステムになっているCPUがある。中央部に示したものはパターンプロセッサで、メモリアリーを試験するときのように、正則性のあるパターンアルゴリズムを供給する。

表 5 - 4 L S I 試験装置

00 (内はオプション)

項 目	単 位	SentryⅢ フェアチャイルド	SentryⅢ/V	Datalatron LSI 800	E-H Research Model 4700	Macrodata MD 501	Megatest Q-8000	S-3260 テクトロニクス	S-3280
テスト速度 主メモリ容量 制御方式	Hz K糖	10M(20M) 65(196) CPU(FST-2)	10M(20M) 65(196) CPU(FST-2)	10M CPU(Nova 1200)	20M 32K CPU(IBM1130)	10M CPU(インターゲート 70)	20M 7(コル 8080)	20M CPU(PDP-11)	20M CPU(PDP-11)
プログラム電圧上 同 D C パラメータ 同 上 分 解 能 同 A C パラメータ	台/組 V/A V/A mV/mA nS/1V	3/5 ±4092/1A 100/0.1 2/1 2	3/5 ±4092/1A 100/0.1 2/1 2	999/1A 100/0.5	4500/0.1V 100/1.0	120/0.3A 100/1.0	3 20/0.3 20/0.1 5/100μ	100/0.5 ±100/0.45	8/14 ±40/0.45
タイミング クロック相数 同期分解能 位相分解能 スキュー	相 ns ns ns ns	12~16 1.25 0.160 1	12~16 1.25 0.160 1	5	30/100 30/100 0.4レンジ	8		7 100ns/1μs 10ns/100ns 1ns 5レンジ	14 同 左
ビット パタン発生器チャンネル数 テストステーション	CH	120 120 4096 4	60 60 4096 4	100 4096 2	96 1	64/128 20/18 2	40 100ns/1μs 30 20ns 1	64 1028 4	64 4096
入出力機器 その他		テレタイプ, CRT ディスク(MT) (ラインプリンタ)		コンソール ディスク, MT プリンタ	同 左	CRT MT, ラインプリンタ	CRT テレタイプ	CRT ディスク	CRT ディスク
価 格	百万円	90~150	50~120				10~20		

項 目	単位	J-283 テラダイン	J-325	DIC 7010 タカラ電子	DIC 7030	DIC 7040	T320/60Z タカラ電子	Model 9200 ミナトエレクトロニクス
テスト速度 主メモリ容量 制御方式	Hz K糖	100K CPU(M365)	100K 32 CPU M365	100K CPU ADP-5	1M CPU ADP-5	10M CPU ADP-5	10M CPU TACC-3	10M CPU SC-11
プログラム電圧上 同 D C パラメータ 同 上 分 解 能 同 A C パラメータ	台/組 V/A V/A mV/mA nS/1V	30/0.3 ±160/0.12	2/ 26/0.2 8/0.15 1/16 2	24/ 70/0.3	130/0.3 20/0.1	120/0.3 70/0.5	130/0.5 80/0.3	±30/0.5 30/0.3
タイミング クロック相数 同期分解能 位相分解能 スキュー	相 ns ns ns ns	15.99ns/15.99ns 15.99ns/15.99ns 15.99ns 5レンジ	24ns/24ns 32ns/24ns/24ns 5レンジ	5	8	13 10ns/100ns/1μs 10ns/10ns 5レンジ	9	
ビット パタン発生器チャンネル数 テストステーション	CH	24(72) 4	24(72) 4	24 3	18 8,192 3	48 1,024 2	48(72) 8,192 3	48(128) 4,096 2
入出力機器 その他		CRT テレタイプ カートリッジ	CRT, テレタイプ ディスク MT, プリンタ	同 左	テレタイプ CART, MT ラインプリンタ	同 左	CRT, テレタイプ ディスク (MT, プリンタ)	CRT, テレタイプ ディスク (MT, プリンタ)
価 格	百万円		45					

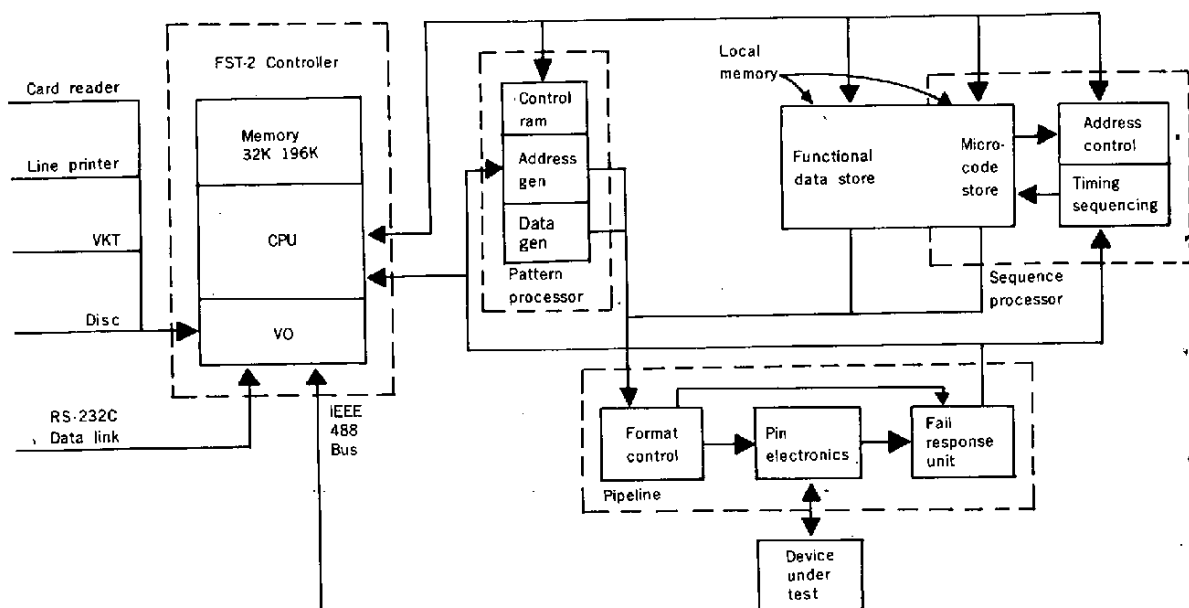


図 5-3 フェアチャイルド社セントリーシステム

マイコンのランダムロジック的なファンクションの検査には、ランダムアクセスローカルメモリを持つ右側のシーケンスプロセッサを使用する。

下部のパイプラインコントローラ部は、これら3台のセントラルプロセッサのもとで、実際の試験のための所定の規格にしたがった電気信号を整えてテストを実行する。試験信号のタイミングの遅延を防止するために高速パイプライン制御方式を採用しているものである。

この種の検査装置については最近我が国でも開発の努力が重ねられており、超LSI開発の国家プロジェクトに対応して優秀な性能の機種の開発報告がきかれるので、今後の実用機に期待が持たれている。運用面ではランニングコストの克服は容易に解決出来ない課題として残る可能性が強いが、応用製品の全体的付加価値の中からメリットを見出してゆくべきものであろう。

5.2.4 ハードウェアサポートシステムの課題

ハードウェアサポートの各種機器レパートリをざっと概観したが、マイコンのより一層の普及のためにはいくつかの課題があることも明らかになった。列挙すれば下記の項目となろう。

(1) サポートシステムに投資する必要があること。少量生産の場合はターゲットシステムの他にサポートシステム1式を備えなければならないこと自身がかなりの割高製品たらしめる要因である。

(2) マイコンに標準がないためにサポートシステムが不可避的な多様化への対応をせまられること。

(3) マイコンが発表されても、そのチップに対応できる、サポートシステムの売りだされるのは、かなり遅れる傾向があること。少なくとも当該プロセッサのメーカからは、CPUと同時に発売されるべきである。

(4) 同じような機種種の乱立傾向が表面化しつつある。この傾向は我が国でも米国に劣らずはげしいことは各機種を展望したそれぞれの表に明らかである。ユーザはますます使い易い便利な機種を欲しているので今後も新しいサポート機種が出現するであろうが、今後出現する機種はどこかにユーザを引きつける工夫が生きている特徴が要求されるであろう。

(5) 半導体の技術進歩が早いことが、チップメーカをして次々に新しい性能のマイコンを開発させる。ところが新しいプロセッサは新しいサポートシステムを使用することを要し、そのプロセッサの出現前につくられたサポート機器では(特にソフトウェアについては)そのサポートが出来ない。そこでサポートシステムも新しいものを購入し直さなければならないということになる。

(6) 検査のコストがばかにならないこと。これは今後の進歩と共にますます大きな負担になる傾向が強い。

(7) サポートシステム相互間での仕様の共通化の必要性。(とりわけ紙テープ出力が相互にかけられること、コマンドの共通化、キーボード記号と種類の共通化、フロピインタフェースの共通化<ハードとソフト>等々)。

(8) 今後のマイコン主力機種についてのサポートシステムのありかたは、今後は8ビットまでは1チップコンピュータが主力に、CPUプロセッサは16ビット以上が中心になると思われる。このようにチップの集積度が上っても今までのような(端的には中途半端な)サポートのありかたでよいかは、特にソフトウェアの生産効率を含めて考えると原点に戻って考え直す必要があるのではなからうか。

以上ざっとまとめても種々の課題が表れており、なんらかの形の解決、改善が望まれる。その根本原因にはマイコンの基本素子であるプロセッサを開発する半導体メーカーが従来の半導体製品である「部品」の提供者の立場に立っていること自身に限界が来ていることが指摘出来よう。従来の小規模プロセッサについては広い範囲の応用の展開にプラスとなる特徴であったこの半導体メーカーの「部品メーカースタイル」が規模の拡大、集積度の向上と共に壁にぶつかりシステムメーカーとしての対応をせまられている点が指摘される。

この今日時点で課題を克服するひとつのみちとして、この辺で1度メーカー(半導体メーカー)とユーザ(応用製品開発者)が腹藏なく議論を闘わしてみたらどうであろうか。メーカー、ユーザの協力によって、新しい責任分担を探りつつより一層の発展の道を探るべき時期にさしかかっているようである。

今日のマイコンが国際性の著しい商品であること、そして米国主導形の製品マーケットであること、国産独自の仕様を持ったチップを開発しても汎用製品として市場を獲得することが至難である現状は、我が国の半導体の今後の進歩の為にはマイナス要素であるが、その原因は部品スタイルをとるところにも大きな源があると考えられる。この点の解決にもメーカー、ユーザの相互の立場にある程度入りこんでの解決策を探ることが有効であるように思われる。

5.3 標準ボードコンピュータ

マイクロプロセッサを応用する場合、通常は個別にCPUチップ、メモリ素子、周辺回路製作用IC等入手してコンピュータをプリント基板上に組み立

てるのであるが、生産数量が少ない場合は、この仕事の開発費が過重になる傾向がある。このような場合のためのサポート製品として、標準的な構成でプリント基板1枚の上にひとつおりコンピュータとしての機能を発揮するよう組み立てたボードコンピュータと称せられる製品が販売されるようになった。この種製品は頭初はOEM市場の発達している米国で普及したのであるが表5-5に示すように最近では我が国でも多数市場に出回っている。この種製品は我が国の市場では半製品と見るのが通常の形であったので今後我が国にも定着するかは、なお今後のすう勢を見なければならぬが、小はメモリ1Kバイト程度の小規模のボードから、大はDEC社のLSI-11に代表されるように、256Kにおよぶものまで豊富に出回っている。

なお我が国ではこの種の製品として学習用キットがかなり普及している。これは主にマイコンを生産している半導体メーカーが、マイコン普及のためのツールとして初等的理解を深めることを意図して販売しているものである。したがって、使用して利用出来る機能は電卓プラスアルファ程度で、CPUの能力を必ずしも十分に発揮するとはいえないが、ユーザ層の底辺拡大には役立っているようである。

5.4 ソフトウェアサポート

マイコンの基本的特徴であるストアードプログラムコントロール方式の必然的結果として、すべての機能はプログラム即ちソフトウェアによって決定される。したがってマイコンの応用拡大、普及発達はソフトウェアに依存するところ大であり、その今後の課題をとらえ十分検討することは、ますます重要である。本報告書においてもその重要性から、第4章で詳細に記述している。したがって本章では重複を避けるために、サポートシステムの一貫としての観点から、概括的に展望するに止めたい。

表5-5 シングルボードコンピュータ一覧表

メーカー	機種	マイクロプロセッサ名	ROM	RAN	入出力	キーボード・表示器など	その他
R C A	CDP18S020	CDP1802	512Byte	512Byte	シリアル	16キーボード・LED	価格¥885,000
アイ電子	μPAC-30/31	Z-80, 80A	4K	1K	シリアル1CH 並列32		タイマ3CH内蔵
アップル	A2B004X	6502	12K	48K	4ビット出力 3ビット入力	CRT表示	各種インタフェース 拡張ボードあり
アドテック システムサイエンス	ADB-010	INS-8060	4K	8K	300ボ-	拡張ボードで接続	¥77,500
アンペール	Macro-1/2 Macro-3/4	M6800 M6802	2K/4K 2K/8K	1K/4K 512B/2K	シリアルTTY 並列16ビット/32ビット	コンソールモジュール 関連各種拡張ボード	¥168,000~ ¥49,800
アドバンスド マイクロシステムズ	AMC95/4005	Am9080A	16K	4K	48ビット	"	高速演算 Am9511内蔵
アンドールシステム サポート	MICRO CAT	TMS 9900	12K	4K	シリアル 1CH	"	
E & L	MMD-1	8080A	512B	512B	16キー・LED表示	オプションボードあり	¥189,000
インターナショナル	インターセプトジュニア	IM5100	1K	256B	キーボード LED	"	¥140,000
ASR/DEC	Micro-11	LSI-11/2	8K	8~64K	あり	"	DEC11ソフト 互換性あり¥261,000
インテル	SBC85/12A SBC80/04~10A SKD85/26	8086 8085A/8080A 8085/8086	16K 2K/4K 2K/8K	32K 256~1K 256/4K	シリアルI/O 各1CH 並列24~48 "	TTY又はCRT 各種オプションボード あり	¥704,000 ¥144,000~¥63,500 ¥816,000/¥212,000
国際データ機器	Z80	8080A	1.75K	256B	3ライン	オプションボードあり	¥130,000
コンテック	LS-85	8085A	8K	4K	8ビット×3ポート	TTY	
コモドール	KIM-1	MCS6502	2K	1K	シリアル・オーディオカセット TTY	16キーボード・LED	¥49,800
Zilog	Z80MCB Z8000DM 8101/8102	Z-80 Z8002/1 Z80/Z80+9511	4K 8K 6K	4K 32K 2K	オーディオカセット 20ビット~32ビット	TTY又はCRT 各種拡張ボード	¥129,000~ ¥248,000
ゼネラル オートメーション	GA-16/110 GA-16/220	C10017	メモリ別カード max 96K	"	プログラムI/Oバス	DMAその他	
シナテック	SIM-1	6502	10K	4K	50ライン	OPTIONあり	¥70,000
シャープ	SM-B-80 T/D	Z-80	2K/4K	3K/4K	シリアル1ポート 並列4ポート	キーボード オプションTV インターフェース	¥85,000/ ¥120,000
進和電子	SK-80	8080	6K	2K			¥58,000
新電気	SSP-85	8085	4K	256B	48入力 32出力		
杉原産業電機	SMC-2	8080A	2K~8K	512~2K	CPUバス	オプションボード	¥50,000~¥80,000
ソフィアシステム	SPC-102 QPC-007	8085A 8748	2K 1K	256 64	AD/DA option		OEM用
T I	TM990/100M " 180M " 101M	TMS9900 TMS9980 TMS9900	4K(16ビット) 2K(") 4K(")	512 512 2K	TMS9902, 3使用 max 4K	外部 TTY 又はASR733	
ダックエンジニア	DACS0038A	Z-80	6K	1K	PI-4×3		
D E C	LSI-11 LSI-11/23	KDF11-HA KDF11	64K 250K	64K 256K	DRV11-F使用 DRV11	LA36, 34, 120 使用	¥261,000 ¥977,000
東亜マイクロ コンピュータ	TMC-80	8080A	2K	1K	6ポート	25キー・蛍光管	
東芝	TLCS-80A EX-5 EX-80BS	TMPS080A T 3190 TMP9080A	4K 1K 16K	2K 1K 16K	IOインターフェイス 12ビット 8×3		¥85,000 ¥77,000 ¥99,800
東北金属	TAC-8400C	8080A	コア 4K	-	入出各 2CH	TTYボード	
東洋電機	機器組込用	Z-80	8K	1K	入13, 出4	BCD4桁/7桁	
日進電機	M80-03 M80-01	8080A 6800	4K 4K	512B 256B	48点 32点		
ナショナル セミコンダクタ	BLC80	INS8080A	4K-8K	1K~4K	48ライン	CRT(オプション)	
日本システム 開発	PLCS-II/IV	8080A	1K/4K	256B/1K	入 16×1/16×3 出 16×1/16×3	24キー	
日本ミニコン	8671MP/200 8562Micro Nova 8320MCB/1	ハイボラビリティスライス mN60/Micro Nova "	- 2K/16ビット "	- 2K 2K	インテリジェント IOC 入-出 16ビット	エッジマウント コントローラ DASHER	
ノーベル エンジニアリング	MULTI-80C MULTI-80B	8080A Z-80	2K 4K	- 512	コモンバス 表示のみ	Option 19キー・LED	¥440,000~ ¥600,000

メーカ	機種	マイクロプロセッサ名	ROM	RAM	入出力	キーボード、表示器など	その他
日本電気	TK80/TK80BS EVAKIT-43P/43N	8080A 8085A	1K/12K 2K	1K/7K 2K/4K	110ポート/300ポート ASR インターフェース	JISキーボード 8桁表示	¥88,500/128,000 ¥184,000
フェアチャイルド	F80CM-1 SPARK-16 MIPROC	F8 9440 MACR LOGIC	64K(4K単位) 4K 4K	64K 32K 64K	TTY S-100バス NOVA-3		¥79,800
ハスク技研	HAPPY-03	M6800	4K	4K	RS232Cインタフェース 8×3ビット	RS-232Cインタフェース	
パナファコム	OBC1/2/3 PANAFACOM LKIT16	MN1610 L-16A	1K~4K 2K	1K~4K 1K	オプション	キーボード LED	¥98,000
日立	H68SB01-1/02-1	HD46800D	8K/4~8K	1K/2K	TTY 8×2ビット / 1ポート32	オプション	
富士通	MB2106/2102	MB8861	2K	1K/2K	1ポート~2ポート	16進キー、オプションキー	
P i e s s y	MIPROC	MIPROP-16	別ボード8K単位で64K				
PRO-LOG	PLS-888/898/868	8080A/Z80/6800	8K	1K	入-2ポート 出-3ポート	オプション	
MICROPROD	SUPER KIM	6502	18K	1K	79ビット	23キー、LED	
三菱電機	PCA0801/8501	MSL8080A/8085AP	2K/4K	256B/1K	48ビット	別カード	¥50,000/65,000
モトローラ	M68MM01/MEC6800	6800	4K/2K	1K/384B	60ライン/20ライン	"	
ユニテック	V-85M	8085A	4K(2K)	1K	1CH-6CH	キーボード、オプション	¥58,500
ロジスティック システム	M80-01/SBCZ80	8080A/Z80	5K/8K	1K/8K	バスライン	ファミリーボード使用	
ロックウェル	PPS-8 PPS-4/1	PPS-8 PPS-4	ブランク 2K	512B 96B	32 31	外付	\$350
若松通商	SYSTEM44-FD7544	Z-80	4K	4K	RS232C	-	

5.4.1 サポートソフトウェアの展望

(1) サポートソフトウェアレパートリ

現在多くの汎用プロセッサのサポートに使われているソフトウェアのレパートリは、図5-4に示すように分類される。5.2で述べたようにサポートソフトウェアはターゲットプログラムと全く別のソフトウェアとして体系化されており、全く別のCPU（多くの場合大型機である）上で動くクロスソフトウェアが発展充実して来ている。そして比較的小規模なCPU上を動く必要のあるセルフソフトは必要な限りの小規模ソフトウェアに限定する傾向がある。今後1チップ化が進み8ビットマイコンも1チップが使用されることが増加するとますますこの傾向は強まる可能性が強い。

(2) 各CPUメーカーのサポート状況

表5-6に現在提供されているサポートソフトウェアの現状を展望している。

マイコンの応用の形が1チップマイコンの場合と汎用マイコンの場合で、ほとんど同一技術をベースにした製品の応用とは考え難いほど相違があることは第1章、第2章に詳細報告されているが、サポートソフトウェアについても大きな差がある。

1チップマイコンの応用ではプログラムの極力必要機能処理を小規模につくる事に専念し、規格化された所定ROM容量におさめるためハードウェアを効率的に使用する努力を重視する。このためソフトウェアは、機械語（ヘキサデシマル表現）ないしベーシックなアセンブラで十分とする姿勢が強い。したがって表5-6のような一覧表にする程度のものにもならない。

これに対し汎用プロセッサの場合はかなり様子がことなり、サポートソフトウェアの充実が努力の対称になっている。高位言語についてもIntel社がシステム記述言語として使用にたえるとして開発したPL-Mにならい、各半導体メーカーとも同等のコンパイラを提供しようとしている姿勢が見られることは表5-6に明らかである。（ただしこのPL-Mがその後どの程度活発に使用されているか、ということは大いに疑問があり、問題点のひとつであることは

後にとり上げたい。)

(3) メーカーとユーザの分担

マイコンのサポートソフトウェアの現状を展望する場合、メーカーとユーザの仕事の分担のしかたがミニコンピュータ以上のコンピュータと大いに相違することはやはり大きな要因になっていることを指摘せざるを得ない。本章の5.1で報告したようにミニコンピュータ以上のコンピュータではコンピュータはメーカーで組み立てた完成品であり、それがオペレーティングシステムを完備してユーザに提供される。ユーザの仕事はこれを使用して情報処理に専念することである。これに反してマイコンの場合はそのハードウェアを組み立てることもユーザの仕事であり、したがってオペレーティングシステムをメーカーに期待することは出来ない。各機能プログラムのファイリングの設定、実行制御、割り込み信号に応じた処理、実時間時計の管理、入出力の制御などのプログラムがユーザのつくるソフトウェアの重要部分になっている。ユーザは用途に合わせてこのような直接ハードウェアをドライブするOSの主機能もつくることになる。このことがサポートソフトウェアの性格をミニコンピュータ以上の通常のコンピュータと異なるものになっている面も大きい。

5.4.2 サポートソフトウェアの課題

マイコンのサポートソフトウェアの現状をみると著しいアセンブラ中心主義が最大の特徴になっている。マイコンが出現して5年以上を経過した今日、Intel社がPL-Mを開発提供して以来各メーカー共、同様のレベルの言語をサポートすることが常識になっているにもかかわらず、ユーザに最も多く使われているのは相変わらずアセンブラが圧倒的である。一般のコンピュータの発達の歴史から見ると、とうの昔に過ぎ去ったソフトウェア未発達の状態ともいえるべきこのような言語の利用状態は、マイコンソフトウェアの問題点として早くから指摘され、高位言語の採用、ソフトウェアエンジニアリングの適用が提唱されて久しいが、実体は一向に変化する様子が見られない。この点はマイコン

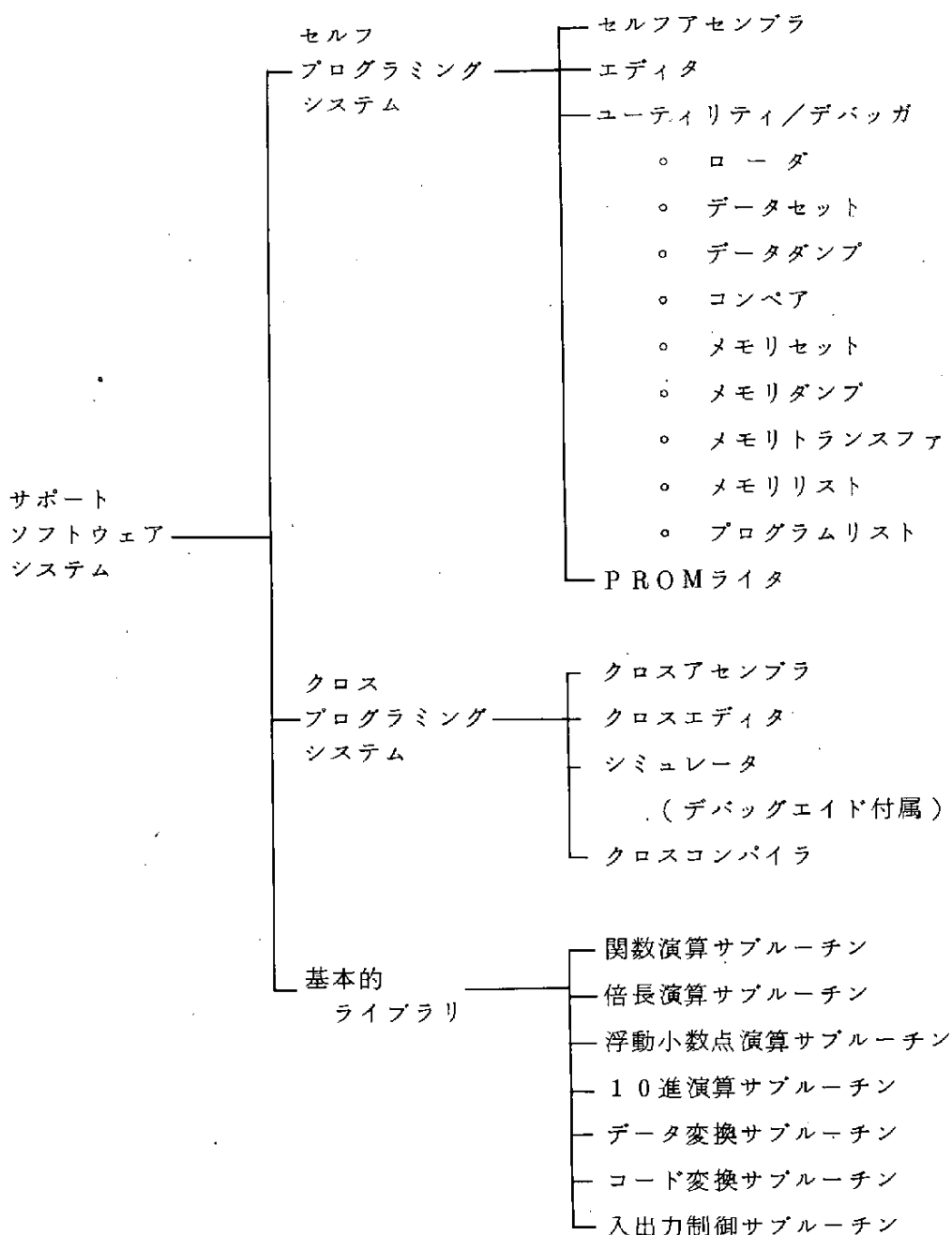


図 5-4 サポートソフトウェアの種類

表5-6 汎用マイクロプロセッサのソフトウェアサポート状況

アセンブラレベル言語			コンパイラ	
レジデントアセンブラ	クロスアセンブラ		PL-M型言語	その他
インテル 8080A	インテル8080A	三菱 M58080A	インテル 8080A	(FORTRAN)
TI TMS8080	TI TMS8080	" M58085A	" 8085A	GI CP6100
NS INS8080	NS INS8080	AMI S6800	日電 μPD80A	DG mN601
モトローラ 6800	モトローラ 6800	シグネ 2650	三菱 58085A	TMS 9900
日立 HMS6800	日立 HMS6800	NS SC/MPI	モトローラ 6800	
富士通 MB8861	富士通 MB8841	エセックス IMOC	ザイログ Z80	
インテル 8085A	インテル 8085A	SMS 300	モステック Z80	
ザイログ Z80	ザイログ Z80		モステック Z80	
モステック Z80	モステック Z80		フェアチャイルド 3850	
モステック MK3850	モステック MK3850		シグネティクス 2650	
フェアチャイルド 3850	フェアチャイルド 3850		RCA CDP1802	
MOSテクノロジー MCS6502	MOSテクノロジー 6502		東芝 T3190	
" 6503	" 6503		GI 1600	
DG mN601	フェアチャイルド F8		TI TMS9900	
EA 9002	EA 9002		パナファコム L16A	
ロックウェル PPS8	ロックウェル PPS8		日電 μPD80A	
RCA CDP1802	RCA CDP1802		三菱 58085A	
インターシル Jm6100	東芝 T3190		AMI S6800	
東芝 T3190	NS PACE		シグネ 2650	
NS PACE	GI CP1600		NS CC/MPI	
GI CP1600	TI TMS9900		エセックス IMOC	
TI TMS9900	パナファコム L16A			
パナファコム L16A	日電 mPD8080A			

ソフトウェアの最大の課題であることには間違いない。このアセンブラ中心主義になっている理由としていわれていることは、

(1) オブジェクトプログラムの効率を重視するため高位言語の冗長性を嫌うこと。

(2) リアルタイムモニタなども応用の都度開発される。この種のプログラムの開発には高位言語では困難である。

(3) 応用機器に組み込むプログラムは小規模のものが多く、高位言語のメリットが発揮し難い。

(4) マイクロプロセッサ用高位言語として各機種を通じて共通に使用出来る標準化されたものがない。

などの理由である。いずれも現在のマイコンの使われている基本的な形に根ざしており、なかなか解決される見通しのたて難い理由である。今後共機器組み込み用が主な用途である性格は変わらないどころかむしろ一層強くなる可能性が強い。例えば自動車にのせて燃費節減のためのエンジン制御を行う用途など近い将来に大きな応用分野として展開されて来る今後のマイコンの性格はますますハードを直接ハンドルする性格、ユーザが機器組み込みに合わせてソフトウェアをOSを含めてつくり上げる性格、処理速度の迅速性、メモリのコンパクト性を追求する性格、を強める方向にある。したがって今後言語レベルを向上し生産性を改善することが課題であるとすれば、それは従来の汎用コンパイラの延長に、期待される可能性は少ない。Intel社がP L-Mを高位言語に選んだとき、それは“システム記述言語”として使用出来ることが大きな理由であった。この選択の考え方は正しかったといえるが、ただその“システム記述”がいまだに抽象化された論理の世界に止っていてハードウェア論理とインタフェースするとき対応の道がないことが限界となった。ハードウェアと組み合わせてシステムデバッグするときソースプログラムベースで行えないと実用にならない。マイコンのターゲットマシン上では現行の思想を基にする限り無理な注文であるこの一事が、今後もし可能であれば、その高位言語のキャラクタ

が従来のコンパイラ概念とかなり発想の変ったサポートソフトウェアでなければならないことを示している。そしてここでかえりみれば世間で一般にいわれている“コンピュータのソフトウェアは高位言語の時代である”という認識も、実は現在もなおコンピュータメーカーを中心としてアセンブラレベルの某大なソフトウェアが年々生産されていること。これが一般ユーザの目につき難いところで生産されているために、忘れられ除外されて論ぜられているために、現代のコンピュータソフトウェアはほとんど全部高位言語になっているという常識が通用しているのである。マイコンの場合、この忘れられている建物の土台のような部分も一般ユーザと同じ立場の応用担当者の仕事になっているというのが真実の姿である。

マイコンソフトウェアの最大の課題である「システムプログラムの生産にたえる高位言語」はこうして見ると、世界中のコンピュータメーカーが超大型機のオペレーティングシステム開発のために使いたいと念じ模索している高位言語と同じ性格の言語であることが明らかである。その開発に対する期待は大きい。現在いまだ道遠しの観がある。この克服は当面地味にPOL化を試みつつ部分部分でマクロ化を計るというような方法しか無いかもしれない。あるいはそのような考えは誤りで全く別の発想から発明されるのかもしれない。今ここにあるのは大きな“必要”という事実のみである観がある。

5.5 今後の課題

本章ではサポートシステムについて、現状の展望をもとにハード、ソフト両面から今後の課題についても若干の考察を行った。

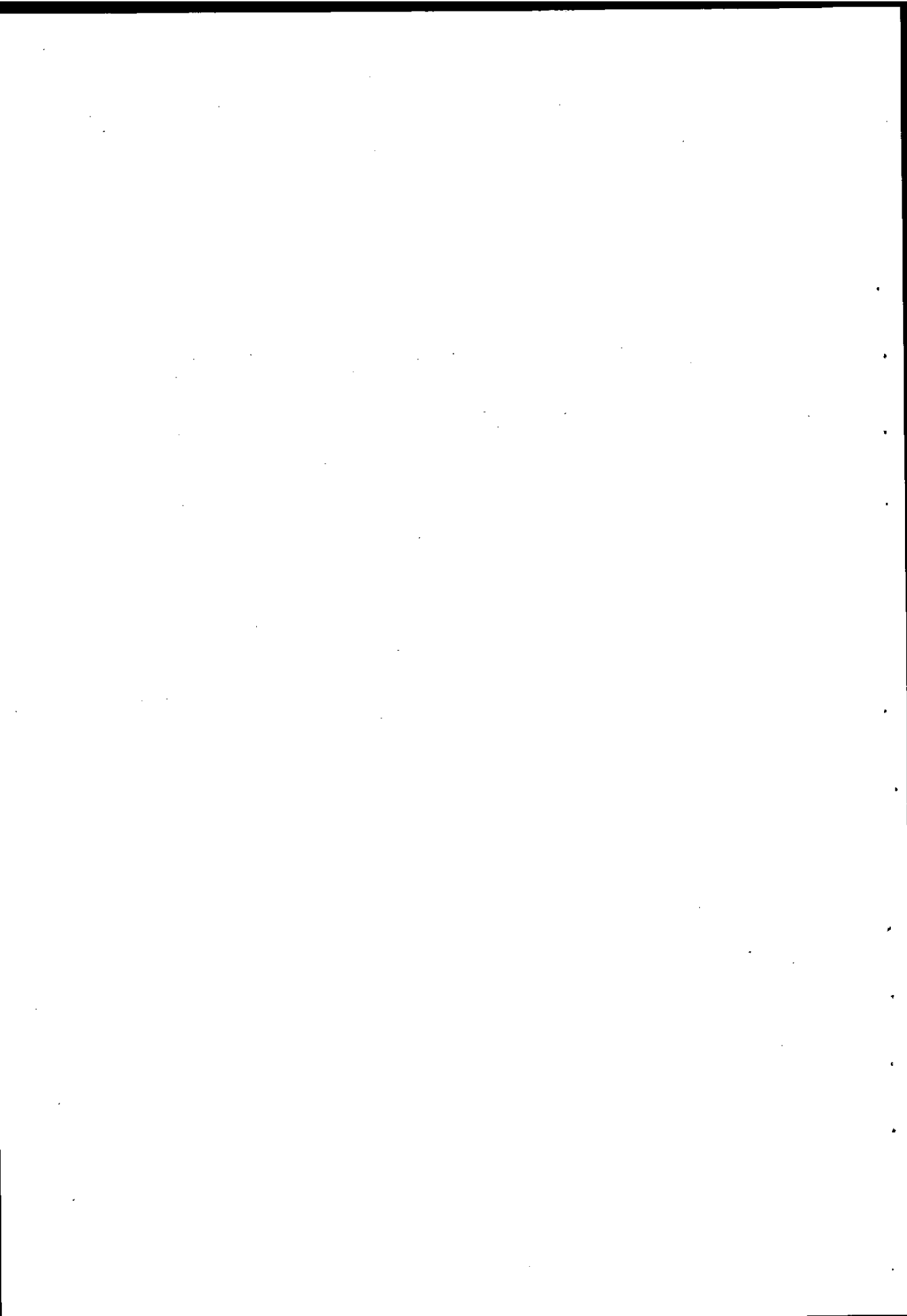
しかしながら現状のサポートシステムは現在のマイコンのためのものであり、マイコンのアーキテクチャが変化すれば全く別の議論が始まることはいうまでもない。そして現在は汎用マイコンは8ビットCPUを主力としているために、サポートシステムもこれを基準にシステムがまとめられ開発されている。これが量産規模の大きい分野から順次8ビットプロセッサも1チップコンピュータ

に移行，汎用プロセッサには16ビットCPUが登場して来る次の世代でどう変わるかはいまだ正確な議論は難かしい。ただひとついえることは16ビットCPUの性能がもはやミニコンピュータに追いついて来た結果，これをベースに開発されるマイコンは現在のミニコンピュータと同様な製品分野にも急速に浸透していくであろうし，またミニコンピュータの最近の使われ方として今後の大きな展開が予想されている分散処理システムのフロントエンドプロセッサの分野も16ビットマイコンの主要応用分野になっていく可能性が高い。そしてこのようなマイコンが主力製品となる時代のサポートシステムの姿は大幅な変化が起こるであろうということはほとんど自明である。いやこれはサポートシステムのみならず，コンピュータ事業そのものと，半導体事業との関係をも大幅な変革を求めることになるであろうということを報告しておきたい。

〔参考文献〕

- (1) 電気学会マイクロプロセッサ調査専門委員会編：マイクロプロセッサ技術（電気学会発行）
- (2) 喜利元真（島津製作所）：産業機器における実践的開発の進め方（電子技術Vol 21, No 11）
- (3) 樋口，杉本，三喜：8ビットマイクロプロセッサの応用基板コンピュータとサポート装置（三菱電機技報 Vol 53, No 7）
- (4) 知名定清：インテルジャパンニュース（Vol 3-1）
- (5) 壺井芳治ほか：M58840P用デバッグマシン（三菱電機技報 Vol 152, No 11）
- (6) 大川，小笠原，保利：マイクロプロセッサ応用機器の開発システム（日経エレクトロニクス）（1976. 6. 28）
- (7) ロバート，E・ヒューストン（Fairchild社）：VLSI試験装置の課題と解決策（英文）（1979年インターネブコン国際セミナー資料）（1979-Jan.）

第6章 マイクロコンピュータの機能と 商品性の関係



第6章 マイクロコンピュータの機能と商品性の関係

LSI工場で月産何万個と大量に生産されるマイクロプロセッサとその周辺LSIエチップは、そのはけ口としてあらゆる産業分野で次のヒット商品を狙った新製品に応用されるようになった。

確かに、マイクロプロセッサは安価で、それを応用した製品の機能の高度化をはかることが可能であり、しかも電子化、情報化、システム化というキャッチフレーズの応用が社会のニーズにフィットすることから、市場にマイクロプロセッサの応用製品を続々と登場させるようになったことは周知のとおりである。

しかし昭和54年の10月18日付読売新聞には「手放して喜べるのかなマイコンつき家電、複雑な機構、故障したら簡単には…」という見出しで、メーカーの一方通行的なマイコン応用製品のユーザ側での押しつけに対する警告記事が載せられている。メーカー側のなにがなんでもマイコン化という流行に飛びつき、それがユーザ不在の商品を開発する姿勢での反省を促す警鐘が鳴らされていることも忘れてはなるまい。

そこで本章では、アプリケーション・サイドからみて、マイコン応用製品の開発にあたって、ぜひ用意しておかねばならない点について考察をしてみたい。

6.1 マイクロコンピュータの価値

マイコンが世にでるやいなや、そのインパクトの大なることが広く認識され、それはまさに技術上のInovation（革新）を超え、産業社会にRevolution（革命）をもたらすものである、とまでいわれた。

技術の変化には次の6つの段階、すなわち

- (1) 技術の原理・原則が発見、あるいは発明され、それがコアとなる段階

- (2) コアとなる技術が生産技術上の要素なるエレメントの段階
- (3) 素材や素子が一つの部品としてまとまったパーツの段階
- (4) 部品が複合されコンポネントとなった段階
- (5) 複合化した部品にさらに新機能を創造するためのアセンブルの段階
- (6) システムの段階

以上、6つの段階を経るものといわれている。

L S I 技術の発達、見方によれば(1)から(5)までの段階を一つにまとめてしまったものと受け止めることができる。

その意味で L S I 技術の発達もたらしたマイコンは、Revolution といってもあながち過言ではあるまい。

しかも L S I の集積度は年々倍々の率で向上しており、現在では、4ビット・マイコンの1チップ化、A/D変換器などのプロセス I/O を同一チップ内に集積した1チップ・システム化はいうにおよばず、8ビットの1チップマイコン、16ビットのスーパー化したマイコンも実用化の段階に到達している。

(1)から(5)どころか、(6)のシステム化の段階さえも吸収するいきおいが L S I 技術の集積度の向上によってマイコン技術の発展のなかにみられることは明白となった。

マイコンの価値は、技術が変化・発展する場合に考えられた種々の段階を吸収・統合、あるいは接近、密着させ得るバーゲニングパワーをもっていることであり、これによって技術の進歩をより急速にすることを可能ならしめることにあるということもできよう。

一度、プロトタイプとして試作的に開発されたマイコンの応用製品が今日、精密化、高度化、軽量化、省エネルギー化、省資源化、システム化などが高度、かつ厳しく要求される市場環境にもかかわらず、時を経ずして洗練された商品に成長している多くの例が、以上のことを如実に示している。

道具や機械は人間が自然界の現象を応用し、動かさないものを動かす、切れないものを切る、握めないものを握む、超えられないものを超える、見えない

ものを見る、聴えないものを聴く、というようにいわゆる人間の身体機能を延長する、すなわち人間の手、足、目、耳などの器管の機能を拡張する目的で、原始的、簡単なものから、技術の発達に伴ってより複雑、高度なものへと発展してきた。

J.M. Reinerは、操作方式と制御方式によって機械を次のように仕分けている。

	<u>操作方式</u>	<u>制御方式</u>
・ 簡単な機械	固 定	固 定
・ 簡単な制御系	可 変	固 定
・ 適応制御系	可 変	可 変

説明を要するまでもなく、より複雑な機械になるほど、操作方式と制御方式がともに、柔軟に可変できるものである。

コンピュータの出現によって、操作方式、制御方式は高度化したのが、これが一段と容易に行えるようになった。しかも人間と機械との関係と協調を実現する、いわゆるマン・マシン・システムの構築も容易となろう。

ハードウェアだけで、操作方式、制御方式を可変にするとすれば、おそらく膨大な数の部品を必要とし、それだけ信頼性も乏しいものとなると思われるが、コンピュータのソフトウェアによって、部品点数の減少、信頼性の向上がもたらされることは、ミニコン時代に実証済みである。ミニコンは自動化、省力化のエースとして、それまでのハードウェア・オリエンテッドな設計思想をソフトウェア・オリエンテッドなものに覆していることは周知のとおりであるが、ミニコンの高価さによってそれを応用できる分野と規模には限界があった。

せいぜい十数万円程度の冷蔵庫や、ルームクーラに数百万円のミニコンを応用しようなどということは、物好きな設計者の頭の中にアイデアとしてあったとしても、しよせん、経済的な最大の理由で没になり決して日の目を見ることができないものであった。

今日、マイコンは冷蔵庫、ルームクーラはもちろん、洗濯機、電子レンジ、

テレビなどの家電製品にも応用され、従来型製品の高機能化を果たすばかりでなく、その普及度に比例してコストダウンがなされ、従来型製品との価格の差は縮まっている。

- しかも、マイコンは小型・軽量であることから、コンピュータを応用したとはいっても、製品の意匠的デザイン上に都合の悪い影響をおよぼすこともなく、ユーザにとって違和感を与えるようなものとはならない。それどころか省資源、省エネルギー型の製品として時代性に優れたものと受け止められることは、マイコン応用製品の大きな利点の一つである。

6.2 システムの有効度

アリストテレス流に言えば価値には7つのクラスがあるといわれる。すなわち、(1)経済価値、(2)政治上の価値、(3)社会的価値、(4)美的価値、(5)道德・倫理的価値、(6)宗教上の価値、(7)司法的な価値、の7つである。

商品上の価値はもちろん、経済価値であり、それが社会的価値として、どう洗練されるかが重要である。

経済的価値は(1)使用価値、(2)交換価値、(3)価格上の価値、(4)貴重価値、(5)心理的価値であり、これらをいかに有効にするかによって決められる。有効度の評価要因として正確性、適応性、一致性、恒常性、制御性、拡張性、自在性、互換性、保守性、可動性、可搬性、判読性、安全性、安定性、それに、近づき易さ、すなわち人との親和性、やるべきことをやるという使命、加えて単純化、多機能化、直接処理能力、直接変換能力などが挙げられる。逆にいえば以上の要因をいかに経済的に実現できるかが経済的価値のポイントといえよう。表6-1は有効度の要因を表したものである。

表 6 - 1 有効度の要因一覧

アクセプタビリティ	acceptability	可搬性	portability
近づきやすさ	accessibility	実用性	practicality
責務	accountability	プロキュラビリティ	procurability
正確性	accuracy	プロデュシビリティ	producibility
適応性	adaptability	到達性	reachability
アベイラビリティ	availability	判読性	readability
ケイパビリティ	capability	冗長性	redundancy
一 致 性	compatibility	信頼性	reliability
複雑さ	complexity	修理性	repairability
恒常性	consistency	リプレーサビリティ	replaceability
制御性	controlability	転換性	reversibility
コスト	cost	安全	safety
クリティカルティ	criticality	自己充足性	self-sufficiency
ディペンダビリティ	dependability	感 度	sensitivity
診断性	diagnosticability	サービス性	serviceability
弁別性	discriminty	類似性	similarity
エクスパンドビリティ	expandability	単純性	simplicity
自在性	flexibility	安定性	stability
互換性	interchangeability	適合性	suitability
可読性	legibility	支援性	supportability
保全性	maintainability	残存性	survivability
マニピュラビリティ	manipulability	細工性	tractability
可動性	mobility	訓練性	trainability
オペラビリティ	operability	運搬性	transportability
可動作度	operational rediness	バースティリティ	versatility
パッケージビリティ	packageability	バシラビリティ	vulnerability
パーフォマビリティ	performability	作業性	workability

6.2.1 マイクロコンピュータの利点

新しい製品を開発する上で、今日では社会の価値観の多様化に伴ない、製品の多機能化の要請に加えて、選択的機能の付加が必要である。

マイコンは製品設計上、ソフトロジックであるということから融通性、柔軟性に富んでおり、このような要請に応え得るにはもってこいのものである。

マイコンを応用した製品には機能性の面で、(1)多重化、(2)ユニット化、(3)完結化、(4)分散化、(5)複合化、(6)統合化などが容易実現でき、有効度の要因一覧で示した各アイテムもそれぞれマイコンを応用しない従来型製品に比べれば、一段と向上することは予測するに難しくない。

すなわち、マイコンは製品機能の高度化と多様化を実現しやすい大きな利点を有しているものである。

加えて、機能の単純化、標準化、小型軽量化ができ、省資源、省エネルギーの上からもメリットが大きい。量産品、受注生産品、特注品といづれの製品生産形態にもマッチできることから、マイコンの応用は多岐にわたる広範囲なものとなっている。

マイコンがもたらす利点をまとめると下記のとおりである。

(1) 経済性、生産性

- 部品点数が少なくなり、しかもモジュール化することによって組立、調整コスト、工程が簡素化できる
- 小型にとまない実装コストが削減できる
- 設計費が安くなる
- 部品コストがトータルコストに対して大幅ではなくなる結果、量産化が容易
- 消費電力が小さくなり、電源が安くなる

(2) 信頼性

- L S I によって、ディスクリート部品による回路構成に比べ、部品点数が大幅に減り、それだけ信頼性が向上する

- 消費電力が少なく，放熱，冷却が簡単で動作マージンも高くなる
- ソフトウェアオリエンテッドなシステム設計も信頼性を向上できる

(3) 機能性

- ソフトロジックであり，仕様の変更が容易であり，融通性が高く，機能の拡張も容易である
- システムを分散形に構成でき，それだけ融通性が高くなる

(4) 小型，軽量化

- L S Iを中心にシステムが電子化できるので，小型，軽量化ができる

(5) 保守性

- 保守のプロセデュアが標準化でき，ものによっては自己診断などの保守システムの自動化が可能である

(6) 操作性

- ソフトウェアオリエンテッドなシステム設計によって，操作上の選択要素が少なくなり，操作が簡単になる

(7) その他

- デザイン上の斬新性
- 搬送上のコスト低減
- ユーザ需要に対する即応性，選択の多様性サービス
- 企業の市場戦略
- 流通経路の合理化，新流通経路の採用

6.2.2 システム設計者に対する利点

マイコンを応用してあるシステムを造るということは，リレー，トランジスタ，I C等のいわゆるハードワイヤードロジックによるものと比べて，

- (1) 並列処理（パラレリズム），機能単位のマジュラリティーを向上できる。
- (2) アナログ部品や，メカニカルな部品，その他の余計なディジタル部品もカットできる。

- (3) メモリを分散、あるいは階層的に使える。
- (4) ソフトウェアオーバーヘッドを短縮できる。
- (5) フォールトトレラントを上げることができる。
- (6) システムのバスを系統化できる。

等であり、システムの柔軟性、機能性、信頼性、経済性などのシステム有効度を大幅に向上できることが、システムデザイナーにとって大きな特典をもたらすもので、製造・検査、保守の面でもその利点は大きい。

特に設計と検査との関係は製造するシステムの規模が大きくなればなるほど、密接となるが、マイコンを採用したシステムでは、

- (1) メモリやカウンタを既知の値に初期設定できる。
- (2) フィードバックループを取り除ける。
- (3) テスト機能をビルト・インできる。
- (4) プログラムによって特定のシステム機能だけをマスク、あるいは切り離して、テストでき、テストもループによって再現的にできる。
- (5) エラーコンディションをストアーしておき、これを比較して機能の正常、異常をチェックできる。(診断プログラム)
- (6) NOオペレーション、およびHOLD命令などを使って、ソフト的にも異常を発見できる。

などが可能であり、設計者は、システムデザイン時にあらかじめテスト条件を考慮することが容易であるため、大規模、複雑なシステムでも、その検査はハードワイヤードロジックによるものより一段と単純化できるものである。

6.3 マイクロコンピュータの機能

コンピュータは、(1)論理・演算機能、(2)メモリ機能、(3)制御機能、(4)入出力機能により構成されており、マイコンも以上の機能がLSIという半導体に集積されたものである。従来コンピュータといえば、以上の機能が複雑な回路モジュールの群としてアセンブルされ、いわば各機能を個別のものとして分離す

ることの必要性が保守の容易さだけに認められていたものであるが、マイコンはコンピュータの各機能がLSIチップの形で個別に入手することも可能であるところに大きな特徴があり、しかもローコストであることから自由度の高いユニークな応用が試みられている。

もともと、LSI技術の進歩発展は、マイコンの1チップ化を促し、コンピュータの各機能が1つのチップに集積され、全く分離不可能となった1チップ化マイコンもあるが、これとでも、コンピュータの部品化の究極的な姿であり、いずれにせよ、マイコンは、コンピュータの機能を部品的なレベルにまで、普遍化したことには違いない。

6.3.1 部品レベルでのマイクロコンピュータ

ミニコンピュータが一時、システムコンポーネントと称され、自動化機器や省力機器、計測システム、通信システムなどで組み込まれ、コンピュータコントロールの中核として活躍したことは周知のとおりである。当時ミニコンピュータはDEC社のPDP-8で代表され、ベーシックシステムの価格がおよそ10,000ドル程度であり、応用システムもその数倍から数十倍であったことから価格的なバランスからミニコンピュータをシステムコンポーネントと称しても、その意味において飛躍は余り感じられなかった。

しかし現在、ミニコンピュータをシステムコンポーネントと称するにはかなりの抵抗を感じるのとは否定できない。それだけミニコンピュータ、特に従来型ミニコンピュータ以上の機能を有するといわれるマイコンの価格との差は余りにも大幅であり、コンポーネントの概念は、LSIチップという物理的な形状と部品としての常識的なプライスレンジからみてもマイコンがシステムコンポーネントといわれるに依じて、システムコンポーネントのイメージをより顕著なものにしたものといえる。

マイコンはどのような形態でユーザに提供されるかによって

(1) チップレベル

- (2) キットレベル
- (3) ボードレベル
- (4) サブシステムレベル
- (5) システムレベル

とさまざまなレベルがあり，用途に応じて最も適当な形態が選択でき，マイコンのアプリケーションに応じた多様な選択が可能であることは，マイコンがやはり部品レベル，すなわちシステムコンポーネントとしてバラエティの豊かさを物語るものであろう。

これはマイコンが小型軽量であること，経済的に優れていることはもちろんソフトロジックとして，従来のランダムロジックによる機器設計の自由度を大幅に拡大する機能を提供することの証左である。

このようにマイコンは，LSI技術の進歩発展によって，コンピュータをチップという形態に集約し，あたかも部品のような一つの論理エレメントとして活用すべきものであると設計者に理解されつつあることは，今後の機器設計において，マイコンの存在が単に特定の機器設計のための要素になるということばかりでなく，あらゆる機器やシステムの設計に基本的なエレメントとして括用しなければならなくなつたといつてもあながち過言ではない。

この意味で，マイコンの波及的インパクトは確かに産業界において新規性のある画期的な製品を創造する結果，在来製品のイメージを払拭することになる。これはマイコンの影響に対する結果であるが，もっと突込んでみると，マイコンという新しい“知能部品”の出現が，あらゆる製品設計者のデザイン活動に無視できない存在となつて，今後の機器設計の在り方を左右し，従来の既成の部品によって組み立てられる機器の機能の限界を超える全く新しい製品の登場が社会から強く要請されることになるものと思われ，このことから我々の今までの社会生活を根底から変えるような可能性をマイコンは秘めているといった方がより適切ではなかろうか。

6.3.2 マイクロコンピュータの4つの機能

マイコンの典型的な構成例は図6-1に示すとおりであり、一般のコンピュータと変わりはない。ただ、マイコンはLSIというチップにコンピュータのALU (Arithmetic and Logical Unit) や各種のレジスタ、コントロール回路を集積したマイクロプロセッサを中心にRAMやROMなどの半導体メモリをメモリインタフェースを介し、またI/Oインタフェースを介してしかるべき入出力装置をCPUバスに接続したものである。

ALUと演算レジスタを組みにしてこれをRALUと称している。RALUとコントロール回路はCPUが通常の制御方式か、マイクロプログラミング制御方式、語長の大小、集積度とピン数の制限などによって図6-2に示すようなパーティショニングが行われている。

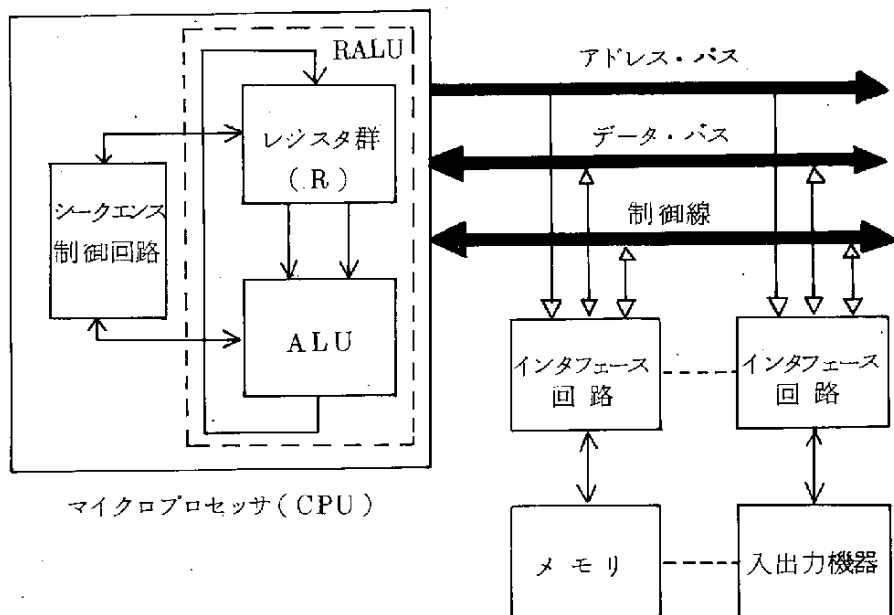


図 6 - 1 マイクロコンピュータの典型的な構成

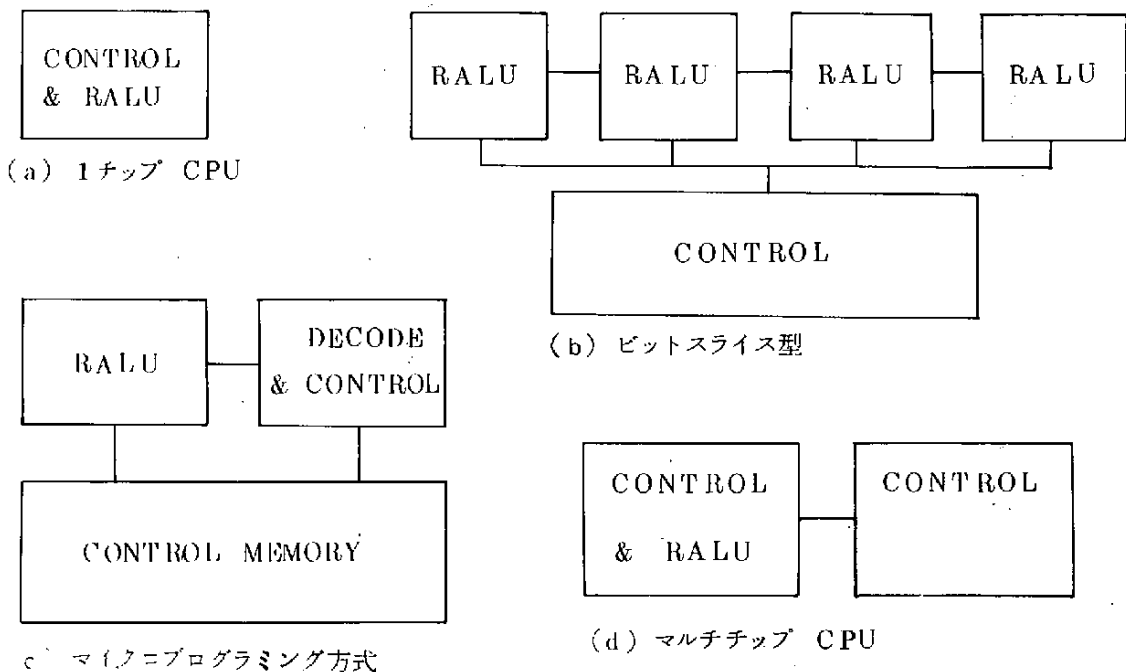


図 6-2 マイクロプロセッサのパーティショニング

いずれにせよ、マイコン中枢であるマイクロプロセッサのリゾースは、

(1) セレクションのための機構

(2) アクションのための機構

の2つの機構に分けられ、これに

(3) 記憶のためのメモリ機構

が付加され、マイコンが構成される。

(3)のメモリ機構のエンティティーとしては、データメモリとプログラムメモリがあり、前者はRAM、後者は主にROMとなるのが普通である。

以上の3つのハードウェア上の機構に対しそれぞれの機構の間の、(4)コミュニケーションをはかる機構として命令体系に応じたソフトウェアがあり、一般に命令体系は次の3つに分類される。すなわち、

- (1) F型 (Functional) : 算術論理演算機能
- (2) P型 (Procedural) : シーケンス制御機能
- (3) E型 (External) : 外部制御機能

である。

コンピュータの動作は、所定のリゾースの目的であるセレクション機構とアクション機構を enable, disable したり、それぞれの機能間のコミュニケーションを計る命令によって逐次、流れていくものと説明できよう。

代表的なマイクロプロセッサとして図6-3に示す Intel 社の8080 を例にとってリゾースを2つの機構に分けると次のとおりである。

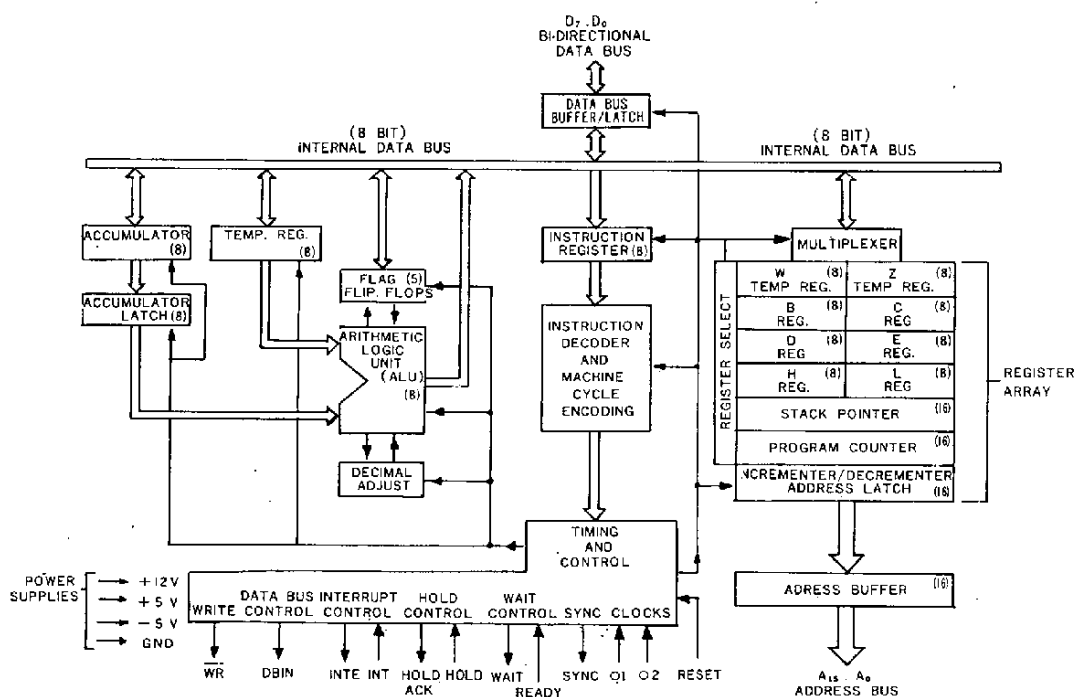


図 6-3 8080AのCPU機構

- (1) セレクション機構としてのリゾース

・ ADDRESS BUS

- ・ ADDRESS BUFFER
 - ・ INC/DEC ADDRESS LATCH
 - ・ PROGRAM COUNTER
 - ・ STACK POINTER
 - ・ INSTRUCTION REGISTER
 - ・ REGISTER SELECT
 - ・ TIMING AND CONTROLのセレクション用制御信号
- (2) アクション機構としてのリゾース

- ・ ALU
- ・ ACCUMULATOR+FLAGS
- ・ TEMP REGISTER
- ・ GENERAL REGISTER
- ・ INSTRUCTION DECODER AND CONTROL
- ・ DATA BUS
- ・ DATA BUS BUFFER
- ・ TIMING AND CONTROLのアクション用制御信号

のようにCPUチップのリゾースを2つの機構、すなわちセレクション機構とアクション機構に分けることができる。

この2つの機構はTTL, その他のSSI/MSIのハードワイヤードロジック, あるいはカスタムLSIによっても, もちろん構成できるが, マイクロプロセッサはこれらの機構をすべて1チップの中に集積している。

前述のとおり, マイコンはAlready cut-outとして完成度の高いコンポネントであり, しかもその応用はシステム有効度からみて, ランダムロジック, あるいはハードワイヤードロジックに対し, はるかに凌駕する点が多い。特に新規性の高い製品開発のための強力なシードとなるものである。表6-2はTTLを1としてLSI, マイコンの対比を示したもので, これをみても, マイコンはコスト, 設計時間, 汎用性で優れており, システム設計の柔軟性, 融

通性が向上することから製品開発のパラエティが豊かになることを裏付けるものである。

表6-2 ランダムロジック(TTL), カスタムLSI, マイクロコンピュータの比較

項 目	T T L	L S I	マ イ ク ロ コ ン ピ ュ ー タ
コ ス ト	1.0	0.3 ~ 1.5	0.4 ~ 0.7
サ イ ズ	1.0	0.2 ~ 0.5	0.2 ~ 0.5
速 度	1.0	3.0 ~ 5.0	20.0 ~ 50.0
電 力 消 費	1.0	0.5 ~ 1.0	2.0 ~ 5.0
ノイズ許容度	1.0	2.0 ~ 3.0	2.0 ~ 3.0
設 計 時 間	1.0	0.5 ~ 0.8	0.01 ~ 0.05
半 導 体 技 術	バ イ ポ ー ラ	MOS/ バ イ ポ ー ラ	MOS/ バ イ ポ ー ラ
汎 用 性	限 定 あ り	ナ シ	優 れ て い る
専 用 デ ザ イ ン	ナ シ	ア リ	ア リ

ただし、マイクロプロセッサはランダムロジックに比べて処理速度はTTLを1.として20~50倍も遅くなっており、これはデバイスプロセスに帰因するということ以上にマイクロプロセッサの動作がマシンサイクルのシーケンスによってセレクション機構とアクション機構にコミュニケーションを成立させるための時間的ロスによるものであり、割り込みによって多重処理を行う場合に特にこの時間のロスに留意したシステム設計が重要となるものである。タスク間の、いわゆる“スキミ”や、タイミングの不一致による乱調の原因が、この時間に対する考慮が十分でなかったことによって誘起されることが案外多いものである。

マイコンを採用すべきか否かは一偏に処理速度の十分な検討から始めることが肝要であることはいうまでもない。

6.3.3 入出力制御機能とインタフェース

マイコンは、いわゆるスタンドアローン型のコンピュータとしてパーソナルコンピュータのような応用もあるが、なんといっても安価な人工知能エレメントとして、機械などの装置類の動作を制御する応用に重点が置かれるものである。

装置を制御するために、センサ、アクチュエータ、リレー、パルスモータ、プランジャーなどのプロセス I/O となる各種の制御用エレメントの接続ばかりでなく、表示装置、A/D変換器、D/A変換器、コンピュータ入出力装置、端末装置などを接続し、これらの外部デバイスとの、データの転送、制御信号のやり取りが行われる。

マイコンに各種の様々な外部装置を接続するには、各々に対しインタフェースが必要となる。

マイコンの機能のうち、特に入出力制御機能が最も重要な機能といっても差し支えない。

従来は、外部装置を接続するためのインタフェースは、TTLやSSI/MSIを使って接続する外部装置に応じて特注品的に組み立てられたために、経験の十分あるインタフェース設計エンジニアを必要とし、しかもマイコン本体よりも大掛りな代物となってシステム全体のデザイン性、信頼性に影響し、それに価格の大半を占めるものであった。

最近では、CPUチップを中心に種々な関連周辺チップが揃えられ、汎用性のあるインタフェースチップもこれに加わっている。

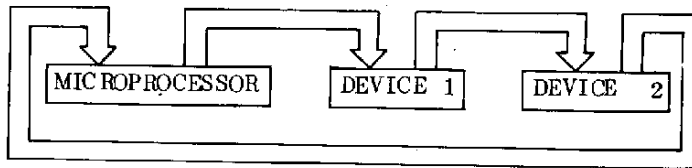
一例として、Intel社のPPI(Programmable Peripheral Interface)8255, Motorola社のPIA(Peripheral Interface Adapter)MC6820, パナファコム社のSCA(Sub Channel Adapter)MN1630などが、汎用性のあるインタフェースチップとして開発され、マイクロプロセッサと外部装置との接続は容易かつスマートに行えるようになった。

(1) バス・ストラクチャー(バス構造)

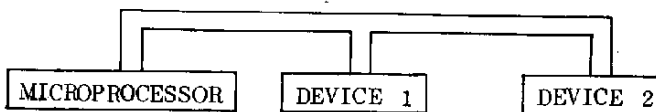
プロセッサのセレクション機能, アクション機能と外部装置をソフトウェアコントロールするためのコミュニケーション機能を, インタフェースを介して外部装置と連結(ハンドシェーク)するためのバスの構造は, システム設計上のフレームワークを決定する重要なものである。一般に, バスの構造には, データ転送の方向性から入力・出力を別々のバスとする単方向性バスと, トライステートのドライバー, レシーバーをペアとして, 入力ライン, 出力ラインをアイソレートすることによって入力, 出力のデータラインを共通のバスとする双方向性バスの2つがある。マイクロプロセッサはピンの制限から入出力共通の双方向性バスが普通であり, 同様にピンの制限によって I/O アドレス, データラインを共通した, いわゆるコモンバス方式のものもあるが, 40ピン, 48ピンが普通になって, 8ビットのマイクロプロセッサでは I/O アドレス, データラインは分離され, いわゆるセパレートバスが普通になった。これによって外部装置の選択するセレクション機能としての I/O アドレスラインと CPU 間でデータの転送を行うアクション機能をマルチプレキシングする厄介さが除かれる。(16ビットのマイクロプロセッサは64ピンのもの以外, コモンバスのものが普通のようなのである。(例 Inter 社 I-8086, Zilog 社 Z-8000 など, Motorola 社 M-68000 はセパレートバスである))

(2) 外部装置の接続

CPU 側にポートが一つしかなければ, 複数台の外部装置を接続するのに① Daisy チェーン, ② Party ラインの2通りの方法がある。



① Daisy チェーン



② Party ライン

図 6-4 CPU と外部装置の接続

マイコンは機器に組み込まれて使用されることが多く、ミニコンピュータ以上の計算機システムにみられるCPUを中心に外部装置がそれを取り巻くような空間的配置をすることは、まれである。マイコンの場合は、機器のなかに収納され、コンピュータが何処にあるかわからない配置がされる。機能が形状を決定した機器の外観上のデザイン、すなわちスタイルを損わすような配置は機器の商品性からいってできないという条件が、マイコンがシステムコンポーネントである以上、付帯するものである。

それゆえ、空間的に広がり易いDaisyチェーンよりも、コンパクトにまとめ易いPartyラインでCPUと外部装置（CPUからみて外部という単純な意味）の接続がなされるのが普通である。

この場合、CPU側に必要な数だけポートを持たせるわけにはいかないので（特定のアプリケーションが決まる4ビットのマイクロプロセッサや、Fairchild社のF-8には複数のI/Oポートがある。）CPU側のポートをバスで延長し（普通マザーボードで）、複数のI/Oポートを有する前述の汎用インタフェース・チップ等を介して接続される。

コンパクトにまとめられた汎用インタフェースチップは、機器のデザイン性を損わないところからも、これがファミリーチップとして用意されているかどうかはマイクロプロセッサの重要な選択肢の一つといっても過言ではない。

(3) インテリジェントインタフェース

プロセッサと外部装置のコミュニケーションのスループットを上げるために、インタフェースにマイコンを応用した一種のI/Oプロセッサとして働く図6-5のようなインテリジェント・インタフェースもチップ化され、市販されるようになった。

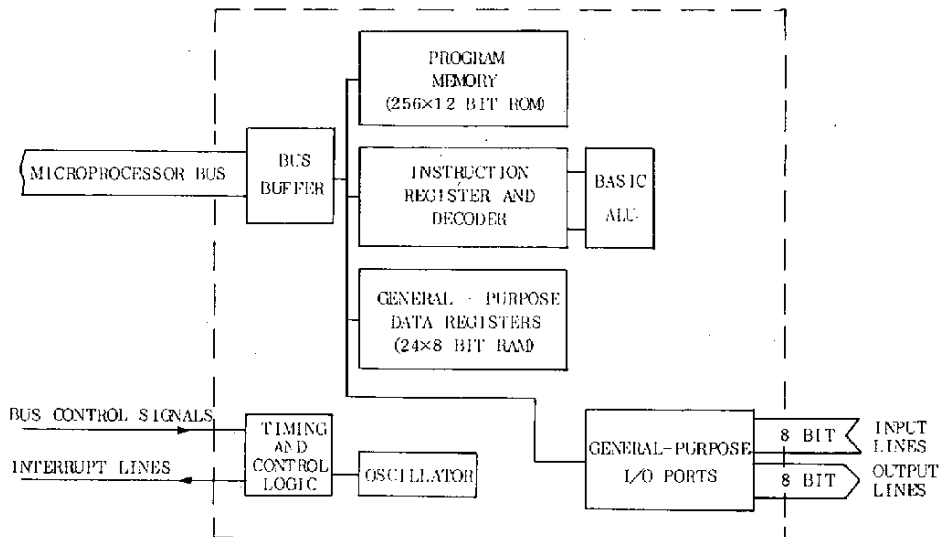


図 6-5 インテリジェントインタフェース

現在、このようなインテリジェントインタフェースとしては、フロッピディスク、カセットテープ、プリンター、キーボード、CRTディスプレイなどの標準的なコンピュータペリフェラル用がLSIメーカからマイクロプロセッサの関連LSIチップとして入手可能である。

Intel社の16ビットマイクロプロセッサ、8086に用意されたI/Oプロセッサ、8089はCPUのシステムバスから外部装置を切離し、全面的にCPUのソフトウェアでコントロールされた外部装置とのコミュニケーションを、これに受けもたせ、CPUのロード分散をはかり、トータルパフォーマンスを向上させるべく開発されたもので、従来のインタフェースの概念を超えたI/Oサブシステムであるがインテリジェントインタフェースの動向として紹介しておく。

追記：入出力制御機能として、割り込み機能、DMA機能、特殊I/OポートとしてRS232C、UART、USRTなどのデータ通信のインタフェースについても触れる予定であったが紙面の都合上、割愛させて頂いた。

6.4 マイクロコンピュータ機能と応用への適応性

マイコンはあらゆる分野において応用が可能とされており、マイコンがあつて初めて製品化が実現できた例えば、パーソナルコンピュータ、Texas Instruments社の“Speak & Spell”のように学習用機器、電子翻訳機、インベーダーゲームのようなゲームマシンも次第に数を増しているが、現状ではマイコンの応用製品といっても既成の製品イメージを強く残しているものが多い。

マイコンの応用の系列は大きく分けると次の通りである。表6-3は応用分野と具体的用途例を示したものである。

(1) 従来からある製品の高機能化を狙ってマイコンを組み入れた、いわゆるマイコン化製品への応用

例：洗濯機、電子レンジ、ルームクーラー、エアコン、TVなどの家電製品、コピーマシン、電子レジスタなどの事務機、恒温槽、各種試験機、測定機、通信機、などの産業あるいは工業用制御機器など。

(2) マイコンがあつて初めて製品化できる漸新的な新製品への応用。

例：パーソナルコンピュータ、ホームコンピュータ、TVゲーム、電子翻訳機、学習機器、ワードプロセッサ、健康増進用機器、自動車電話、インテリジェント端末など。

(3) 従来メカニカルであつたものをマイコンによって電子化を試みる、いわゆるメカトロニクスへの応用。

例：自動車の点火制御装置、キャッシュレジスタ、自動販売機、ロボット、マテリアルハンドラー、ミシン、編機など。

表 6-3 マイクロコンピュータの応用分野と具体的用途例

応 用 分 野		用 途	具 体 的 用 途 また は 応 用 製 品 名
1.	民生・家電	1. 自動車 3. 電 卓 4. 玩 具 5. 教 育 6. 自動販売機 7. その他	自動車制御、点火制御 音響機器、ミシン、ビデオテープレコーダ、調理器、自動洗濯器、エアコン テレビ受像器、テープレコーダ（はかり） 電卓、プログラム電卓 ビデオゲーム 学習機械 切手販売機
2.	小 務	1. 事務計算 2. ワード処理 3. 事務管理 4. 小売・会計業務 5. その他	ガソリンスタンド専用POS、オフィスコンピュータ、ビルダマシン ワードプロセッサ 在庫管理機、マイクロフィルム機、複写機 キャッシュレジスタ、POS 自動投票券受取機、定期預金専用機、テラズマシン
3.	工 業	1. プロセスコントロール 2. 設備制御 3. 生産管理 4. 検査・試験器 5. データログ 6. その他	プロセス制御装置、PID制御、プラント監視、電力系統保護、水処理プロセス制御、 工業炉制御、被送炉プロセス制御、タービン制御、ポンプ制御、汎用プラントコント ローラ、ミルのシーケンス制御 シーケンスコントローラ、DDCコントローラ、機械機械の群管理、NC、移動機械の自 動運転、自動倉庫、プレス機械、クレーン制御、自動配給機、ICボンダ、コンベア排 出制御、機械動作監視、加工機械制御、溶接機制御、自動機械制御、工業用ロボット、 特殊プリンタ装置、ATC付マシニングセンタ、PLC、座標系の追従制御、車輪ジャッ キアップ、工業用ミシン、TV製造ラインの自動機、用途測定器、自動吹付装置、 ラベリングマシン、ワイヤカットマシン、部品整理機、マジックハンド、写稿機、印 刷発送機 作業指示装置 ICテスト、試験機、計量機、振動試験機、探傷装置、CRT蛍光面測定器、エンジン動 作解析、調度解析器、X線解析 データログ、データ処理、データ転送 水中作業機、歩度調整器、位置座標データ処理
4.	交 通	1. 信号制御 2. 運行制御 3. 駅務自動化 4. その他	交通信号端末制御 オートバイロット、エレベータ、列車制御、運行監視、電車のモニタリング 定期券印刷受取機、乗車券発行システム 電鉄用変電所遠隔制御、軌道機用装置
5.	計測・監視機器	1. 分析器 2. 検 用 3. 測定器 4. 監 視 5. その他	自動分析装置、分光分析器、タログラフチャート分析、X線回折、データログ 血球分析計数器、医用データ取得端末、非機能検査器、生化学分析、能動データ処理 圧力計測装置、測長装置、放射線測定器、計数器、メモリスタ、超音波動レベル計、 多点温度計、電子計測器、周波数測定器、精密測定器、音響測定システム、厚板端測 定装置、ドプラ流速計、流量測定器、温度測定装置、電圧配後計、磁界測定器、ガ ス漏洩検知警報システム 遠方監視制御装置、公害監視、回転機器監視装置、通信機器監視装置、ダムゲート監 視制御、船舶機関部監視装置、発電所監視表示装置、高炉制鉄監視装置、電気所監視 制御、プラント防災システム
6.	通 信	1. 有線通信 2. 無線通信 3. データ通信 4. 放 送 5. その他	電話機、電話交換機、ファクシミリ コランプロセッサ、移動無線装置 テレメータ、通信システム関連装置、データ通信、データ交換機、通信制御装置、 遠方監視制御装置 自動放送装置、番組自動送出装置、カラーカメラ、TV画像の特殊効果 音声分析合成システム
7.	コンピュータ関連	1. 端末制御 2. 入出力機器制御 3. データエントリ 4. 汎用マイクロコン ピュータ 5. 生産・開発機器 6. その他	端末制御装置、生産管理端末、銀行端末、磁気カード管理機、CAI端末機器、インテリ ジェント端末 ドットプリンタ制御、シリアルプリンタ制御、ラインプリンタ制御、XYブロック制 御、磁気ディスク制御、磁気テープ制御、OCR制御、CRT制御 データ入力装置、医用データ処理端末、オンライン端末 汎用マイクロコンピュータ、オフィスコンピュータ、ビルダマシン、汎用アセンブ ラマシン、シーケンサ ROM&EPIA プログラマ、磁気テープ装置検査システム メモリダンパ追跡装置、情報検索機、媒体変換、汎用図形処理システム、信号変換、 像データ入力装置
8.	そ の 他	1. ビル管理 2. ホタルシステム 3. その他	ビル管理システム、警報装置、防災装置 データ監視システム、電算機計算装置 ディジタル露出計、機作作業能力測定装置

6.4.1 機能と適応アプリケーション

マイコンの応用には前述のとおり、マイコン化製品、漸新的な新製品、メカトロニクスへの応用と3つの方向があるが、それぞれの方向別の応用には、マイコンは、(1)コントローラ的に使われる。(2)コンピュータとして使われる、と大きく分けて2つの使われ方がある。

表6-4 マイクロコンピュータの応用分野

マイ ク ロ コ ン ピ ュ ー タ	コ ン ピ ュ ー タ 的 応 用	科学計算専用	電卓
		スモールビジネスイース	パーソナルコンピュータ
		LSI化(中高級)ミニコン 低価格ミニコン	ミニコン分野
		マイクロコンピュータ複合体 ポリプロセッサシステム	中大型 コンピュータ分野
		インテリジェントターミナル OCR 音声認識装置 CRTディスプレイ	情報処理 システム分野
	コ ン ト ロ ー ラ 的 応 用	理化学測器 医用計測装置 工業用計測装置 自動検計装置	計測装置分野
		交通制御装置 プロセス制御など	制御装置分野
		ロボット 自動倉庫 製図機制御	省力装置分野
		電子式会計機、在庫管理機 キャッシュサービス、POS クレジットカード確認 自動販売機、伝票発行機	商業応用分野
		自動車搭載、玩具、住宅 家庭電器製品	大衆消費財分野

それぞれの応用分野に最も適したマイコンの選択は重要である。
現在市販されているマイクロプロセッサ、あるいはマイコンは、

(1) 半導体プロセスによって

① MOS型

PMOS, NMOS, CMOS, VMOS, HMOS, DMOS,
SOS

② バイポーラ型

TTL, IIL, ECL

(2) ビット数によって

① 2ビットスライス

② 4ビットスライス

③ 8ビットスライス

④ 4ビット固定

⑤ 8ビット固定

⑥ 12ビット固定

⑦ 16ビット固定

(3) CPUのチップ構成

① シングルチップ (All-in one タイプ)

② マルチチップ

(4) 制御方式によって

① 直接制御方式

② マイクロプログラミング制御方式

(5) バス方式によって

① コモンバス方式

② セパレートバス方式

(6) ピン数 16 ~ 64 ピン

(7) 用途別にみて

- ① 専用
- ② 汎用
- ③ カスタム（例：自動車用）

(8) ソフトウェア体系からみて

- ① 独自の体系
- ② 他のマイコンと類似性，あるいは互換性のあるもの
- ③ ミニコンピュータとの互換性のあるもの

(9) セカンドソース

- ① あるもの
- ② ないもの

とさまざまであるが，応用製品が小品種大量生産型か，あるいは多品種小量生産，一品料理的な特注生産に応じて適当なマイコンが，まず，ビット数によって選択されることが多い。

6.4.2 ビット数による適応性

一般的にいて，現在マイコンは，Intel社の8080，Zilog社のZ-80，Motorola社の6800で代表される8ビット系のものが広く使われているが，用途に応じ，最も適したビット数によって，それぞれ特徴のあるアプリケーション分野が確立している。

すなわち，4ビットは電子レンジ，オーブン，ルームクーラー，洗濯機などの家電製品を中心に学習機械，ゲームマシン，健康増進機などのマスマーケット志向の製品への応用が定着した。

生産効率を上げるため，シングルチップマイコンがこの分野で普及している。

8ビットは，ミニコンピュータのローエンドに位置する応用分野，例えば，パーソナルコンピュータ，ECR，POS端末，ビルディングマシン，ワードプロセッサなどの事務機器，プロセスコントロール，NCコントロール，生産管理，

検査，モニタリング，マテリアルハンドリングなどの工業分野における制御，通信，データ処理を中心に応用され，応用分野の多様さが最も顕著なものである。

16ビットはミニコンライクのあらゆるアプリケーションがカバーされるもので，特に高速が要求されるデータ処理，複雑なコントロールを要求されるプラント制御，プロセス制御などに応用が考えられるが，現在のところ，4ビット，8ビットに比べその応用の実例は末だ少ない。特に16ビットのマイコンに関して，Intel社の8086，Zilog社のZ-8000，Motorola社のM68000というスーパー化したマイクロプロセッサがアナウンスされ，16ビットマイコンの新しい応用分野の開拓が期待される。

表6-5は語長による利点と欠点，表6-6は語長とマイコンの応用システムを示すものである。

表 6 - 5 語長とその利点・欠点

語長	利 点	欠 点
4 ビ ッ ト	・ 数字のみの演算には十分 ・ ハードウェアが比較的簡単 ・ 最もコストが低い	・ 同一語長では命令とアドレスを扱えない ・ アドレッシングがむずかしい ・ 実行速度が遅い ・ 計算能力は限定される ・ たくさんのソフトウェアが必要
8 ビ ッ ト	・ バイト情報に向く ・ データ処理には適している（しかし命令には少し短い） ・ レジスタ，ドライバ回路，回路構成も安くできる ・ ビットのバック，アンバックをせず，ビット情報も十分扱える ・ データ伝送システムの語長と合っている	・ 科学計算がまだ精密でない ・ 一語命令は僅かしかなく限定されている ・ 2語命令は時間がかかる ・ アドレッシングに限定がある ・ プロセス制御や測定器には不向き
16 ビ ッ ト	・ 最も強力な命令がつくられる ・ ソフトウェアも楽になる ・ 命令もアドレスも同一語長でよい ・ 語長の短いものよりも一般に早い ・ 計算能力が抜群である	・ ハードウェアが複雑な構成になる ・ ミニコンのコストと近くなる

表 6-6 語長とマイクロコンピュータの応用システム

	一般的な機能	性能の低いもの	中位の性能のもの	性能の高いもの
4 ビット	電卓やコントロール 向き	・ポケット電卓 ・ビジネスマシン ・端 末 機 ・交 通 制 御 ・プロセス制御 ・マシン制御 ・N C ・家庭用娯楽器 ・自 動 車 ・防災警報装置 ・その他装置	・科学計算用電卓 ・データエントリシステム ・キャッシュレジスタ ・バッジリーダー	
8 ビット	伝送とコントロール 向き	・電 卓 ・着者監視システム ・環 境 制 御 ・ゲームマシン ・印 刷 機	・事務用端末機 ・通 信 機 器 ・コンピュータシステム ・電 卓 ・周辺制御装置 ・POSターミナル ・データ収集装置 ・計 装 々 置	・工業用オンライン ・通信システム ・プロセスコントロール ・グラフィックアート ・データターミナル ・公共
12 ビット	データ処理向き	・電 卓 ・ワードプロセサー ・M E 機 器	・汎用コントローラ ・周辺機器コントローラ (カードリーダー、フロッピディスク) ・計 装 々 置	・計 装 々 置 ・運用通信、航空 (海)システム
16 ビット	小規模技術計算 事務計算向き		・スタンドアロン型レジスター ・機器コントロール ・データターミナル ・通 信 機 器 ・試験システム ・周辺機器コントローラ ・分散処理システム	・工業用オ ・運用通信、航空 (海)システム ・プロセスコントロール ・グラフィックアート

確かにマイコンは、ソフトロジックという新しい論理エレメントであり、ひいては人工知能として、今後の機器設計への絶大な影響は見過ごすことのできないものであることは、先に述べたとおりである。

しかし、マイコンは現段階におけるLSI技術のレベル(State of the-art)から、従来のハードワイヤードロジックを完全に凌駕するというものでもなく、それなりの欠点のあることも否定できない。

マイコンの欠点と指摘されるアイテムは下記のとおりである。

- ・スピードが遅い。
- ・語長が短い。
- ・命令セットが貧弱である。
- ・入出力制御や接続に制限があり容易でない。
- ・アーキテクチャ上から機能に制限がある。
- ・アドレッシングの方法が複雑である。

その他の問題点として次のことが挙げられよう。

- ・ソフトウェアサポートが貧弱であり、ソフトウェアの開発が大変であること。
- ・開発に要する時間、費用がかさむ。
- ・システム設計上、見過してしまうピットフォール(落とし穴)が多い。
- ・安い端末、周辺機器がない。

6.4.3 アーキテクチャによる適応性

アーキテクチャを特徴づける機能上のファクタは、

- (1) パラレル処理できる一語長。
- (2) メモリ容量とその拡張性。
- (3) 命令セット。
- (4) アドレシンモードとスペース。
- (5) アクセスできるレジスタの種類と数。

- (6) スタックポインタのサイズ。
- (7) ステータスレジスタと処理方法。
- (8) インタフェース機構（I/O制御機能と接続方式）
- (9) 割り込み機構と優先権の処理。
- (10) DMA機能。
- (11) マイクロプログラミングの可否。
- (12) 処理できるデータおよびコードの形式。

などであり、これらの機能の優劣、有無によって、応用製品のシステムの有効度を左右することになることは、いうまでもない。

L S I技術そのものであるマイコンは集積度の限界、ピン数の制限等によって、チップの内には限られた数のエレメントしか集積できず、アーキテクチャを自由に展開するという訳にはいかない。マイコンのアーキテクチャは集積度の限界とパフォーマンスをいかにバランスよくトレードオフするかで決まるものといえないこともない。

あるアプリケーションに最適なアーキテクチャが必ずしも他のアプリケーションにも最適であるということにはならず、アプリケーションに最も適したマイコンの選択を誤ると、メモリ容量の不足、処理速度の誤算、ソフトウェア開発が容易でない、補助回路等を多く必要となり、コストアップと信頼性の低下などのドローバックを招く結果になりかねない。

だからといってオーバキルとなるような余計な機能を有するチップを選択することは、特に量産品の場合、大幅なコストアップにつながり、商品としての経済性が疑われることになりかねない。

6.5 マイクロコンピュータ応用製品の商品性

人間の優劣は決して知能が高い、すなわち、頭がよいというだけで決められない。心の働き、すなわち倫理ということも大切な人間性の評価因子である。“知”，“情”，“意”のバランスがとれていなければ、知能が人並みはずれ

て優れていてもその人間の優秀性を物語るものではない。

人間性を客観的に、あるいは定量的に評価することは、できるものではないが、知能指数（IQ）と倫理指数（EQ）によって、ある程度の評価は可能であるといわれている。

機械であるある製品の商品性も、決して機能だけが、非常に技術的に高度なレベルで裏付けされており、いわばIQオリエンテッドなマシンであっても、それがすべてであるというわけにはいかないことは明らかである。

機械にもそれなりに倫理指數的な評価要素が必要であることは、技術の進歩によって、機械が人間のための道具ということを離れて、機械が機械として自律することの危険性を、いち早く見透した人たちによって、かなり以前より指摘されていた。

テクノロジーアセスメントとはまさに機械の知能指数のチェックであり、倫理指数をいかに高められるかの試みとみることもできる。

現在、企業による新製品の開発は、下記のような項目を、どう巧く組み合わせるかによって、進められていってもよい。すなわち、

- ・精密化、高精度化、高純度化、緻密化
- ・軽量化、コンパクト化
- ・システム化、規格化、集約化
- ・高寿命化、高信頼化、安全化
- ・省エネルギー化、省力化、省資源化
- ・代替材料の使用、資源のリサイクル
- ・組立、加工の容易化
- ・新機能の追加、機能の高度化、選択化
- ・コストリダクション、バリエブルリダクション（VR）である。

これらの校術的要因をうまく調和させて、

- (1) 用途の多様化
- (2) 機能の充実

- (3) デザイン上の融通性
- (4) 品質の向上
- (5) 性能の向上
- (6) 生産数量の確保
- (7) 保守の容易さ
- (8) 法規適合性
- (9) 耐久性
- (10) 融通性

をいかに効果的に実現するか、これが企業の新製品開発にあたってのドクトリンである。

消費者ニーズの多様化が進む今日、製品の商品性とは何か、一概に決めることは、はなはだ難しい相談であるが、ある程度の目安として以下の項目によって評価するとよいといわれている。

- (a) 自動化を強調する製品 (Automatic)
- (b) 高信頼、高精度を強調する製品 (Better)
- (c) 価格の安さを強調する製品 (Cheaper)
- (d) ダイナミックな感じを強調する製品 (Dynamic)
- (e) 取り扱い易さ、安定性を強調する製品 (Easy)
- (f) フィーリングを強調する製品 (Feeling)
- (g) 華やかさを強調する製品 (Gorgeous)

すなわち、(a)から(g)までの7点である。

先ほどの人間性の評価をIQとEQによって試みたように、製品の商品性を、(1)から(10)までの項目を機械のIQ、(a)から(g)までの項目を機械のEQとなぞらえ、図6-6に示すIQ-EQ図表のように製品の商品性をチャート化することも可能であろう。

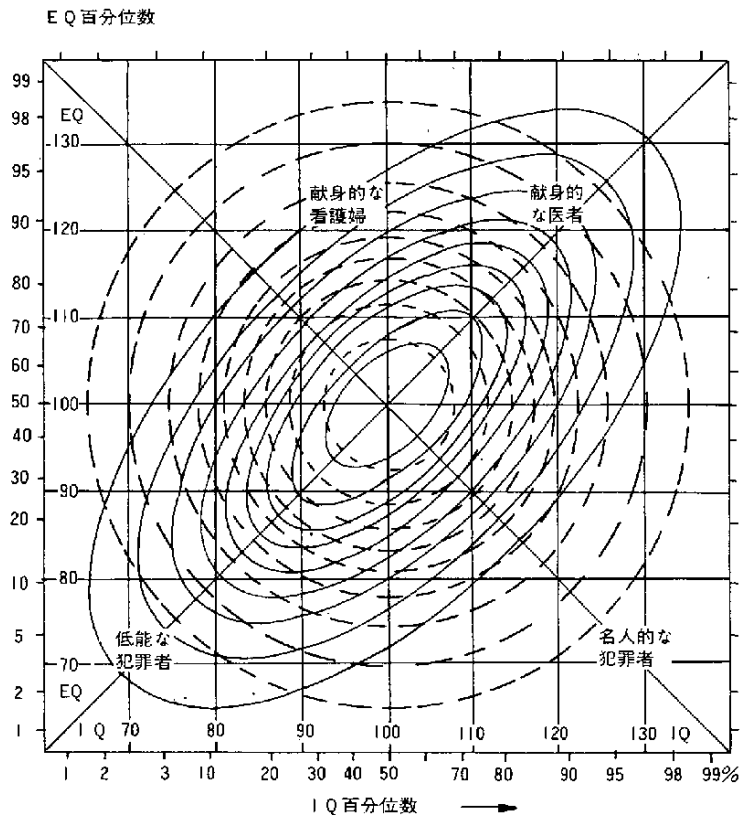


図 6-6 IQ-EQ 図表⁽¹⁾

バツテル記念研究所が開発した ISM (Interpretive Structural Modeling) という社会システムの分析法があるが、これは構造要素を抽出し、要素間の相関表を作り一対比較法で調べる、一種の問題解決法であるが、研究開発部門などで適用されている。このような ISM 手法も商品性の分析に応用できるはずである。

図 6-7 は、製品の有能性 (IQ が高い)、無能性 (IQ が低い) と有用性 (EQ が高い)、無用性 (EQ が低い) に応じて、4 つの象限に代表的な製品をそれぞれ示したものである。

もちろん、革新技术によるものは IQ、EQ も高くなる可能性は大であるが、

それが兵器等に応用されればEQは最低とみられよう。

期待される技術革新にもEQに対し、マイナスとして働くことは決して稀ではない。表6-7はこれを示すものである。

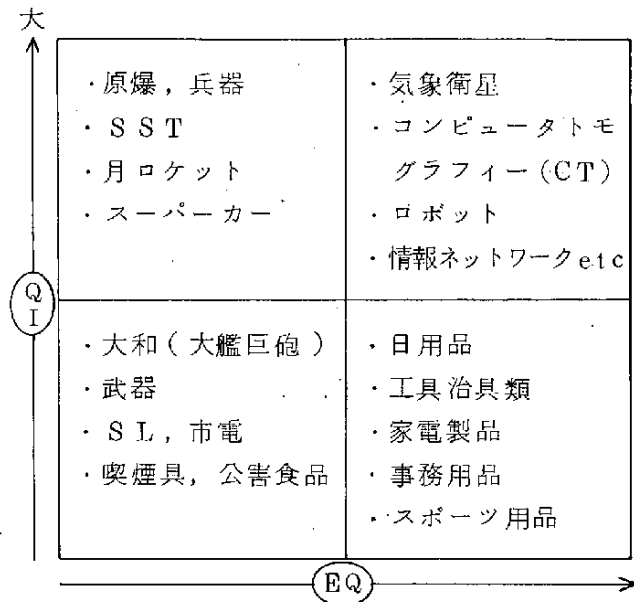


図6-7 IQ-EQ度関係製品例

表 6-7 これまでの技術革新のマイナス・インパクトの例

	技 術 革 新	主 な マイナス インパクト
輸 送	・自動車の普及・道路網拡張 ・原子力船の就航 ・S.S.Tの就航 ・新幹線建設 ・マンモス・タンカーの普及 ・航空機の大型化	・生活環境破壊（排ガス、騒音等） ・自然環境破壊（海洋汚染、景観破壊、生態系の破壊等） ・生活手段破壊の危険性（漁民～原子力船） ・健康障害の発生、危険性の増大 ・事故時の被害の急増、死亡確率の増大 ・社会的紛争の増加
生 産 方 式	・コンベア式生産方式の普及 ・プロセス・オートメーションの普及 ・機械化の進展 ・工場・設備の巨大化 ・生産工程で扱う化学物資の増大	・職業病の発生 ・労働の単調化 ・労働災害の多発 ・事故時被害の増大 ・働きがいの喪失、労働疎外 ・工場爆発に伴う周辺住民への健康障害
材 料 ・ 薬 品	・食品添加物の普及 ・農薬の普及 ・プラスチック製品の普及 ・医薬品の普及	・健康障害 ・ゴミ処理の困難性の増大（プラスチック） ・土壌汚染
エ ネ ル ギ ー	・原子力利用の進展 ・原子力発電所の建設	・放射性廃棄物処理問題の深刻化 ・核兵器の拡散、核戦争の危険性 ・核ジャックの危険性 ・温排水による自然、生物への未知の影響の可能性（発電所） ・社会的紛争の増加 ・資源・技術独占による国際紛争の危険性
そ の 他	・ライフ・サイエンス ・関連技術 ・超高層ビル建設 ・コンピュータの普及 ・T.Vの普及	・生物兵器の開発、悪用 ・人体実験の危険性 ・宗教観、倫理観の破壊の危険性（遺伝子組換え、性制御等） ・日照権、電波障害 ・社会的紛争の増加 ・管理化社会の危険性 ・プライバシーの侵害 ・事故時の社会機能の麻痺 ・思考の減少、コミュニティの破壊 ・文化の画一化

（出所：N R I 作成）

たとえ、料理が即座にできても、栄養を破壊し、不味のものしかできないクッキングマシン（電子レンジはその例か）があっても、機械としてのIQ度は高いものであろうが、EQ度は低いものと評価できる。

機械がどんどん知能的に自動化され、人間の意志的な操作などのインタベンションが無用となれば、確かに利便性は一見つ高まるかに見えるが、これが決して人間に幸をもたらしものでないことはチャップリンの「モダンタイムス」をもち出すまでもない。

いかに機能が高度化しても、換言すれば、IQが高くなっても、人間に不幸とは言わないまでも、充足感を与えないようなEQの低い機械は、図6-6における“名人的な犯罪者”と同列である。

人工知能としてマイコンを組み入れた製品には、“献身的な医者”型が、“名人的な犯罪者”型のどちらかになる可能性がある。商品化にあたって、IQ-EQプロダクティブな商品化のためのアセスメントが必要であろう。

6.5.1 商品性について

現代は、社会の高度化、多様化が進み、消費者のニーズは、物財としてのだけの価値を強調した商品よりも、効用を中心に考えた商品にウェートが移った。

ヒット商品となったものには、国民生活とそれを取り巻く社会環境にマッチしたものであり、効用ばかりでなく、風俗、流行などの世相が、かもしだすフィーリングをよくとらえたものが多い。

国民所得が上がり、消費者の購売力が飛躍的に上昇したことは確かであるが、一昔前のようにステータスシンボルとして豪華であり、それだけ高価なものを揃えるという考えは今日では稀薄となった。

人は物質的に恵まれてくると、心を充足するための心理的・情緒的な価値を求める。機能本位の商品よりもフィーリングを強調する商品がやたらと目につくようになってきたのも確かである。

このことは、前述のごとく、機能、すなわちIQが高いだけの製品の追求で

は今後は成長商品、花形商品を創ることができず、心理的、情緒的な要素は、倫理（EQ）で律するものであり、これからの商品性は単にIQ的機能の面だけでみるのではなくEQ的機能とのバランスがいかにとれているか、複合的な価値ではからねばならない。

このような複合的な価値に基づく商品開発は、従来のハードワイヤードロジック的、いわば硬直的なオーガナイズングでは明らかに限界があり、ソフトウェアテクノロジーを基本とするプロダクトミックスが必要である。

この意味で、マイコンの新製品開発に対するインパクトは量り知れないものがあることは確かである。

6.5.2 商品性と価格の問題

減速経済下に今日、企業は、製品系列を特徴づけ、他との差別をつけるべく、特に新技術の導入に積極的である。

マイコンも新しい技術として、あらゆる企業、新製品開発のシーズとなった。

マイコンは“一般大衆”をも巻き込んで、いわゆる遊びのエレクトロニクス（中原紀著「遊びのエレクトロニクス — マイコンが開く娯楽・芸術の世界」）というマニア、ホビーストを中心とした新しいジャンルをも開いている。

そのあおりかどうかは知らないが、マイコンを使わないと時代遅れというムードもあって、企業はバスに乗り遅れては、といった“アセリ”と、よそがやるならうちも式にマイコンに手を出しているところも少なくない。創業者利得にうま味がなくなった今日ではあるが、いち早くマイコンの応用製品を開発したということは、先見性、技術力の高さなどが評価され、製品の良し悪しは別に企業イメージのアップにつながるという営業戦略上の発想だけで製品の開発がなされていることもないとはいえない。

マイコンの採用によって付加価値を確かに高めることはできるものであるが、それは開発体制の充実と生産技術上のノウハウ、生産形態、ファシリティなど

がマイコン応用製品の生産に適合していて初めて可能となるものである。

決して、よそがやるならうちも、ということでは、うまく行くはずがない。

ある調査によればマイコンの応用製品の開発にあたって、短所となったものは何かという間に、(1)開発期間が長い、(2)プログラムが大変、(3)インタフェースが高価、(4)現場でソフトの変更が不可、(5)製造段階での手直し不可、(6)試験にノウハウ必要、(7)保守、オペレータの教育が必要、などが挙げられており、一様に開発コストのアップにつながったと答えている。

マイコン応用製品の商品性を正しく把握し、自社に最も適した製品にどう組み込むかを慎重に検討した上でないと開発費は、かさむばかりで、プロトタイプならいざ知らず、量産化の困難なものとなってしまう。

必ずしも生産量が大きいからといって商品性が優れているとはいえないが、良いものであれば、たくさん売れるのは道理である。

開発コストを下げ、初期の価格設定に開発コストを大きく響かせないことが、市場でのプライスリーダーとなるには最も重要な事である。商品性には価格は最も重要な要素であり、価格を度外視すれば、あらゆる点で他にひけを取らない優秀なものであっても、同様なものがより安く手に入るようになれば、その商品の魅力は消滅しよう。

ヒット商品のなかには常識的な価格を破るものが多い。VR (Variable-Reduction) を展開し、ラーニング・カーブに乗らない、破格のプライスを設定した上で、それを実現する設計法、すなわち DTC (Design to Cost) はマイコンの応用製品が既存の商品にとって代わるために不可欠となるものである。家電製品などは、プロダクションのスケールによって価格は急激に下がるものであるが、現在マイコンを組み入れた洗濯機、クーラーやテレビ等は従来型のものに比べ、かなり割高になっている。これは、メーカーによっては既存製品と新製品が競合することを避けるため、マイコンを組み入れたものは、高級品であるというイメージを必要以上に打ち出す政策が働いているものと理解されるが、マイコンの応用は常識的な価格バリアへの挑戦ということも、マイ

コンの優れた経済性からいって要請されるところであろう。

6.5.3 機能との関係

コンピュータの機構は、(1)セレクション機構、(2)アクション機構、(3)メモリ機構、(4)インタモジュールコミュニケーション機構、の4つの機構があり、それぞれの機構に対する entity (実体)、あるいは resource (資源)によってそれぞれの機構の機能が決まるものと6.3.2で説明した。

マイコンも一種のコンピュータであって、以上の機構を備えており、その entity が主として、LSIで構成されているものである。チップの中に組み立てられたリソースはアプリケーション上、たとえ不用であってもそれをはずしてしまうというわけにはいかない。

アクション機能には、(1)制御機能、(2)計算機能、(3)データ処理機能、があるが、一般的なマイコンは、計算機能とデータ処理機能は弱く、セレクション機構に属する制御機能、例えば、割り込み制御機能であるマスカブル、ノンマスカブル、ベクタードの選択、割り込み優先権のプログラム選択、ソフトウェア割り込みに対する優先権の設定などがミニコンピュータに比べても見劣りするために、複雑、高度な制御が要求されるプロセス制御などには機能上の不足がみられるが、アクション機構に属する制御機能は一般的なシーケンス制御程度では必要にして十分であり、完全にハードワイヤードロジックを置き換えるに十分以上のものがある。

マイコンは安価な人工知能素子とはいうものの、計算機能、データ処理機能、およびセレクション機構に属する制御機能からみて、その能力に限界があり、コンピューティングエレメントというよりは、コントロール・エレメントとしての役割が大きく、マイコンを応用した成功例は、ほとんどが、マイコンの限界を十分にふまえた上でなされたものが多い。

日経エレクトロニクス誌、1976年7/12号、同7/26号、同8/9号の三回にわたって連載したマイクロプロセッサを使って成功した14の応用

実例集と同9/6号にてその続編で4つの成功例、合わせて18の成功したアプリケーションが紹介されている。以下がその成功したアプリケーションである。

- (1) 船用レーダ
- (2) 魚群探知機
- (3) 電話交換機
- (4) ディスプレイ端末
- (5) オシロスコープ
- (6) 血液分析機
- (7) テレプリンタ
- (8) キャッシュレジスタ
- (9) POS端末
- (10) ビデオゲーム
- (11) 分散型制御システム
- (12) データ収集・測定システム
- (13) 簡易型プロセスコントローラ
- (14) バルク計量システム
- (15) コミュニケーション・プロセッサ
- (16) ボイラ清掃システム
- (17) プロセスコントローラ(高速ビット操作)
- (18) エンジン温度モニタ

本誌を一読して頂ければ、マイコンの応用の成功は、マイコンの可能性と限界をよく把握して実施されていることがわかる。

マイコンの応用は、その可能性からいって無限ともいわれるが、State of the artからみた可能性だけをみるのではなく、限界に対するセーフティマージンのとり方が大切ではなかろうか。

マイコンはシステムコンポーネントとして、機器を構成するための一つの手段

であって、目的ではないことを、あえて付言したい。

6.5.4 インテリジェント化の一側面

マイコンの応用は、(1)既存商品への応用、と(2)新規商品への応用、があり、米国 Intel 社の、R・ノイス博士によれば、マイコンの組み込み対象品目は可能性を含めて25,000種類位あると見込まれている。

既存商品の中には商品としてのライフサイクルからみた“寿命”の尽きたもの、あるいは尽きかかっているものもあろうが、マイコンを応用することによって立派に蘇生するものもあろうし、ただ今、花形商品であっても、マイコンによって完全に駆逐されるものもあることもまた否定できない。

マイコンの応用はものによっては電子化を進め、製品の在来イメージを一転させることも可能である。

電子化ばかりでなく、情報化、システム化インテリジェント化が可能であり、特にインテリジェント化はマイコンがもたらす最も顕著な効用であるといえる。

機械のインテリジェント化とはある意味で、無機物的な存在であった機械を“有機物”的な存在にすることであるといえ、人間とのインタラクションをより密にするはずのものである。

そういう半面、機械のインテリジェンシーが高くなればなる程、人間は Do-nothing で済ますことになったり、場合によっては、余計な介入を強いられる。

機械が誤動作をし、間違った結果を出したとしても、Donothing の状態に置かれた人間には良し悪しの判断がつかね、結果をやたら盲信する — せざるを得ないといった方がよい — ことから“悲劇”、“喜劇”が演じられていることは決してフィクションの世界だけのことではない。

機械のインテリジェント化と人間の Do Something によるマン・マシンインタラクションがなければ、人間は機械の“しもべ”となったと同然であろう。

コンピュータが処理できない理由で、人の名前を片仮名で記載するのはまだ

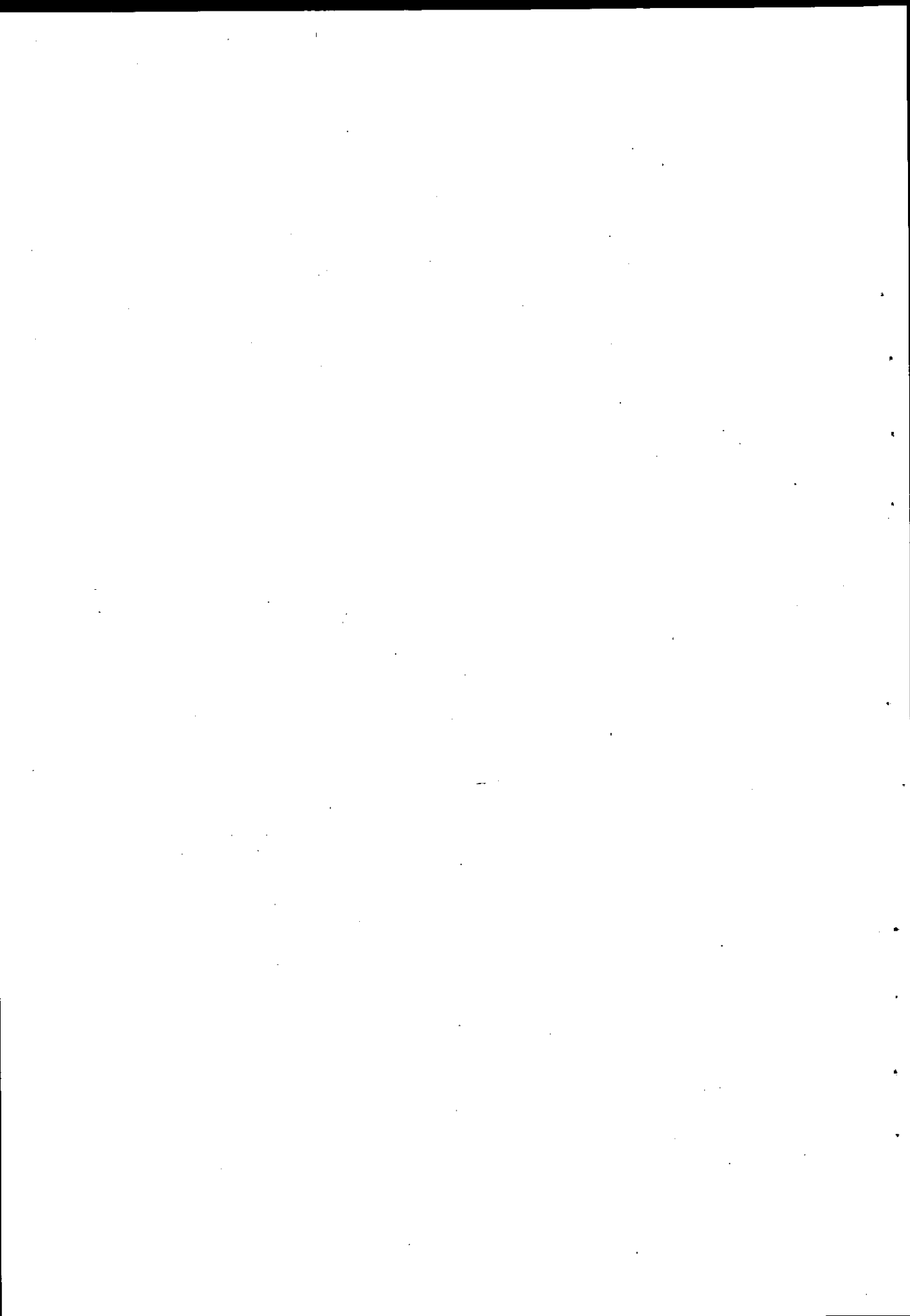
よし，として省略したり別の読み方で運転免許証にさえも“疑似名”が記入されることもあると聞く。

このように機械のために人間側が妥協することは機械の能力をそこまで，望めないうちでは仕方のないことであったが，逆に無用の長物とみなされるような盛りだくさんの機能が入り込んだ機械によって，使う側の人間が振り回される構図も，マイコンの応用製品にはないと果して断言できようか。

〔参考文献〕

- (1) マイクロコンピュータの製品開発と企業化にあたっての考え方
(日本マイクロコンピュータシステム工業会編)
- (2) 技術開発 NRIリファレンスⅡ4 (野村総合研究所編)
- (3) Robert Jeager: Designing Micro Processors With
Standard Logic Devices, Part 1 (ELECTRONICS)
(Jan 23 1975)
- (4) Max Schindler: Computer Special Issue
(ELECTRONIC DESIGN 11) (Mag 24 1974)
- (5) James D. Schoeffler: Micro Processor Architecture
(IEEE Transaction IECI-22 Ⅲ3) (Aug 1975)
- (6) D. T. Ross: An Essential Property For a Software Engine-
Language, Academic Press,
(SOFTWARE ENGINEERING COINSⅢ, VOL 1)

- (7) D.D.Burton, A.L.Dexter:Microcomputer Handbook,
(ANALOG DEVICES社)|
- (8) 佐々木, 松崎:華々しい展開をみせる入出力回路部のLSI化,
(日経エレクトロニクス)(1976 4/5号)|
- (9) マイクロコンピュータに関する調査報告書(マイコン・社会と生活の未来を考える)
(日本電子工業振興協会)(53-A-140)
- (10) 水野恵司:次期主力製品(捉え方, 育て方)(プレジデント社)
- (11) D.Gabor:成熟社会(新しい文明の選択)林雄二郎訳(講談社)
- (12) J.Weizenbaum:コンピュータバワー|(人工知能と人間の理性)
秋葉忠利訳(サイマル出版会)|



トピックス



電子翻訳機

マイコンの応用機器として大いに注目されたものにポケット型「電子翻訳機」がある。

Lexicon社LK-3000, Graig社M-100, Texas Instruments社ランゲージトランスレータが米国で続々と発表された。我が国においても、シャープが国内専用機IQ-3000を「電訳機」の名称で発表し、松下電器が輸出専用機T-500を「パナソニック」ブランドで発表し、「クェサー」ブランドでOEM輸出を開始した。

(1) 電子翻訳機の機能

機種によって機能は異なるが平均的に次の機能を持っている。

① 入出力

アルファベットとファンクションの入力用に、50キー程度から成るキーボード、単語などの表示のため多桁のキャラクタディスプレイを持っている。アルファベット専用のものは15素片のセグメント型の表示を用いているが、IQ-3000は片仮名を表示するため5×7素片のドットマトリックス型の表示を採用している。

またTexas Instruments社のものは限定された単語ではあるが音声出力を持っている。

② 翻訳機能

翻訳は「単語翻訳」を基本としており、語順や語尾変化など文法構造に関係する翻訳の不完全性は残っている。しかし、欧米言語間の翻訳では、不完全ながら理解可能で旅行者用として実用されているが、日本語の文法構造は欧米語のそれと著しく異っており、文法構造を考慮しない文章翻訳は実用的でない。このためIQ-3000は単語翻訳専用となっており「電子辞書」といえる。

[翻訳例] <T-500> (以下同じ)

BOY (英) → JUNGE (独)

I AM A BOY (英)

→ ICH BIN EIN

JUNGE (独)

③ 成 句

予め幾つかの成句が用意しており、この成句は、綴りをキーインしなくても呼び出すことができ、文法上も正しい翻訳がなされる。勿論、成句に新たに単語を加えて文章を作ることにも可能である。

[翻訳例]

I AM LOOKING FOR

→ ICH SUCHE

④ 学習機能

語学学習のための学習機としての機能を持っている。ランダムに単語を表示して、対応する訳語を入力させ、正誤判定をし、得点を表示するものや関連語を順次、複数言語で対表示するものなどがある。

[例 1]

CAR — DRIVE — TRAFFIC

— PARKING — GAS —

[例 2]

MONEY = GELD

RICH = REICH

POOR = ARM

PAY = ZAHLEN

⋮
⋮
⋮
⋮

またアルファベット順にサーチしたり、曖昧な綴りから正しい綴りを知ることも可能である。

⑤ 電卓機能

キーボード上の数字キーと演算キーを利用して通常の四則電卓として使用出来る。

⑥ そ の 他

電子翻訳機の単語リスト(辞書)は半導体ROMで構成されているが組込み済で取替えのできない構造のもの(例えばIQ-3000)や言語カプセルと呼ばれるROMを任意に挿入して必要な言語間の翻訳を選択できる構造のものなどがある。

(2) 電子翻訳機の実際

各社の電子翻訳機の概要を紹介する(別表参照)。なおGraig社、松下電器(パナソニック、クエサー)、西独BMO社の間には言語カプセルに互換性が保証されている。

① Lexicon社(米国)

世界初のポケット翻訳機LK-3000を発表した。マイコンは3870で本体と分離しており64KROMを使用し約1,500の単語・成句を2ヶ国語分格納している。「旅行者用」を目的としている。その後経営悪化により独国ニクスドルフ社に買収された。

② Graig社(米国)

1979年5月、電子翻訳機M-100を発表し、ベストセラーとなった。言語カプセルは32KROMで、本体に同時に3ヶ収納可能で、英語、独語、仏語、伊語、西語、日本語の各カプセルが用意されこれらの言語間の翻訳が任意になされる。マイコンは8ビットワンチップ型の3870であり、SOLVERと呼ばれる高位言語のインタプリタを構成し、本体に組み込まれた32KROMに格納された翻訳のためのプログラムを実行する構造になっている。使用目的は「旅行

者用」と「語学学習者用」を兼用している。カテゴリーによる単語のサーチ、度量衡の換算機能も持っている。

③ Texas Instruments 社（米国）

1979年12月ポケット翻訳機「ランゲージ・トランスレータ」を発売した。音声合成機能が付加されており、英語または西語で約350語の発声ができる。例えば西語カプセルを装着すれば「英—西」「仏—西」「独—西」の翻訳が可能で、特定の西語単語の発声ができる。音声合成には同社が先に発売した「Speak & Spell」に採用された技術が利用されている。

④ シャープ（日本）

1979年11月、日本語をベースとした我が国初の電子翻訳機IQ-3000を「電訳機」として発表した。英単語2,500、日本語5,000語を96KのCMOS ROM4個に格納している。表示は液晶によるドットマトリックス16行で、大文字、小文字の英字、片仮名の表示ができCMOS LSIと相まって低消費電力化に成功している。

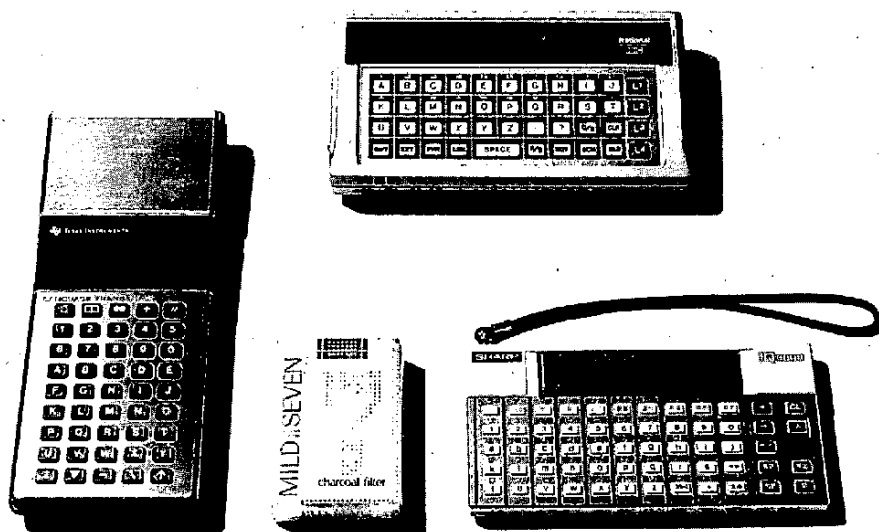
⑤ 松下電器（日本）

Graig社へのOEM元である米国Friends Amis社と提携、製造権を得、80年からバナソニックのブランドで米国内で発売しクェザー社にOEM輸出している。

言語カプセルの他に種々の「情報カプセル」「ゲームカプセル」や「学習カプセル」を用意し翻訳以外への応用展開も推進している。

別表 電子翻訳機一覧

項目	機種	Lanquaqa Translator T I	L K-3000 Lexicon Nixdorf	I Q-3000 SHARP	M-100 CRAIG	T-500		備 考
						Panasonic	Quasar	
翻 言 語	英, 仏, 独, 西	英		日, 英	英, 独, 仏, 伊, 西, 日			※1 逐語訳
	文章翻訳	—	—	—	○※1			
語 数	1,000	750	2,500	1,000				
	同時翻訳	3	2	2	3			
入 キ	—	α, N 45	α, N 33	α, N, K 60	α, N 43			※2 大, 小, カナ
出 表 示	セグメント 10桁	セグメント 16桁	ドックマトリッ クス 16桁 ※2	セグメント 16桁				
力 音 声	○※3	—	—	—				※3 英or西 350語
サ ー チ	アルファ ベット順	○	○	○	○			
	カテゴリー	○	—	—	○			
電 卓 機 能	—	○	○	○				
サ イ ズ		150×90×35	160×81×16.5	172×90×42	175×90×38			
電 源	単三×4		G-15×3	単三×4 or DCアダプタ				



音 声 合 成

音声合成技術の進歩および半導体技術の進歩に伴ない、小型で安価な音声合成装置が市販されるようになってきた。これらの製品にはマイクロプロセッサを内蔵しているものと、外部のマイクロプロセッサに制御されるものがある。発声方法としては、あらかじめROMに記憶しておいた音声データをDAコンバータを介して出力するものと、VCOの周波数とそれに後続するフィルタの共振周波数を制御して発声する方法とがある。

ここでは、これらの音声合成装置で現在市販されているものを紹介する。

(1) Speak & Spell

音声合成装置を教育機器として応用した製品がTexas Instruments社から“Speak & Spell”という商品名で出されている。この機器は幼児教育向けに、英単語の綴り方を遊びながら学ぶために作られている。まず、英単語が発音される。その単語に対する綴りを本体に付いているボタンを使って入力する。それが正しい場合には“*That is correct, now spell……*”と発音し、次の単語を出題する。異っていた場合には“*Wrong, try again……*”と発音し、同じ単語を繰り返す。その他に、「単語当て」や「暗号ゲーム」などができ、英単語やアルファベットが楽しみながら覚えらる。単語数は約200語であるが、モジュールを追加する事により単語数を増せる。

マイコンに音声合成器を接続した教育機器の代表作ともいえる製品である。

(2) シャペル翻訳機 (Talking Language Translator)

Texas Instruments社から発音する翻訳機が、英語、仏語、独語、西語、日本語、中国語のモジュールと共に発売(日、中国語モジュールは1980年の第1四半期発売予定)されている。モジュール内には約1,000語の単語が記憶され、そのうちの半数が発音もされる。その他の機能として次のものがある。

① 25個の慣用句が数字ボタンで選択され発音される。

② 各国語の間で語句の翻訳ができる。

③ 約500語の単語の発音練習および約1,000語の翻訳練習ができる。

この翻訳機は各国語のモジュールを交換することにより機能の拡張ができるため、応用範囲が今後広がってくると思われる。

(3) コンピューターカーCT-1

コンピューターカーは、音声合成部を1枚の基板上にまとめあげたものである。この基板はマイコン用のS-100バスに接続でき、マイコンからの信号によって制御される。発声の原理は、音源としてのVCQとノイズジェネレータからの信号を共振周波数が可変のフィルタを介して音声を出力して、ハードウェアにより声道のシミュレートを行っている。このVCQの発振周波数、振幅および第1、第2、第3フォルマントを決定するフィルタの共振周波数などをすべてマイコン側から制御するため、ソフトウェアによる処理が比較的多くなっている。

このモジュール用に、発音記号をASCIIコードで与えて発声できるプログラムや、発声のための8080用モニタ・プログラムが用意されている。

(4) スピーチシンセサイザ

Telesensory Systems Inc. の音声合成モジュールは、約7cm四方の基板上に2つのICを乗せたもので、最大64個の単語を発生できる。現在市販されているものは次の3種類の語彙のものがある。

① 数字(0~9)および演算子(+、-等)の24種

② 数字(thousand等を含む)と単位記号(cm等)の64種

③ ASCIIコードに対応する文字64種

このモジュールに与える信号は5ビットまたは6ビットの信号であり、これがあらかじめROMに記録してある音声データに変換され、更に順次AD変換されてアナログ信号として出力される。

与える信号がASCIIコードなどの簡単なものでよいため、マイコン以外のものにも接続できる。結果を音声で答える電卓や時刻を発声する時計など、音声を手軽に発生させるものに応用されている。

一般に、音声合成装置は音声認識装置と比べて容易に実現でき、また安価に作ることができる。音声認識装置に関する研究は、音声認識、画像認識などのパターン認識技術の発展や、音声の発声・認識メカニズムの解析を行う生体医用工学に関する研究の進歩に影響されて、今後更に発展すると考えられる。また音声入力された一般の文章の内容を認識し、それに対して音声で応答する自然言語処理システムの実現可能性も示されていることから、今後の音声合成技術の発展は大いに期待されている。

音 声 認 識

音声認識研究の歴史は古いが実用化は比較的新しい。ことに音声認識装置が産業用機器分野のみでなく民生分野にまで拡がりつつあることは、従来論じられてきた音声認識のむずかしさから考えると驚くべき進歩といえる。その背景には認識処理手法の進歩と計算機技術、特にマイコンや半導体メモリなどハードウェア技術の発展があることは勿論であるが、もう一つ重要なことは従来困難と考えられてきたような高精度の完全認識を目ざすのではなく、使用目的上必要な性能に限定することにより、十分実用可能な装置を実現できることが認識されたことである。したがって現在の実用化装置も大きな妥協の上に成立しているものであり、音声認識の研究が完成した結果によるものではない。

実用化されている装置の対象は、離散的に発生（数単語なら連続発生も可能のものもある）された数十～百語程度（数百語に拡張可能の場合もある）の単語を認識できるにすぎない。また話者はあらかじめ間違いの起り難いような単語群を選定して登録しておき、協力的に発声することが必要とされている。したがって現在実用されている分野は、こうした制限下でも他の手段に対して音声入力が十分意味をもつ範囲に限られている。また不特定の話者が使用可能な

装置の試みはあるが、試作の段階にある。一方単語認識装置に対して文章の入力可能な装置も試みられている。日本語のように少数の単音節が1文字に対応する言語では、区切って発音させた単音節の系列から文章を作成することもできる。この特徴はカナ鍵盤にかわる入力手段として、日本語ワードプロセッサなどで利用できるように開発がすすめられている。これに対し連続的に発音された文章（会話音声）の認識はいまだ基礎研究段階であり、実用化までには数年以上はかかると思われる。

現在までに開発されている音声認識の方法には大別して直接パターン認識と音韻認識の二つがある。図1に認識方法を示す。音声入力ら音響処理と前処理の段階で認識のための特徴を抽出した後、得られた特徴パターンとあらかじめ蓄えてある辞書パターンとの類似度を直接計算するのが前者であり、特徴抽出後一度音韻系列に置きかえて、音韻パターンと比較した後単語辞書を参照して類似度を計算するのが後者の方法である。音韻認識は音韻単位の認識動作が1段階入るので、処理手順としては複雑になるが、単語数が多くなっても装置の規模や処理時間にあまり影響をうけない利点がある。しかし現在市販されている音声認識装置は、ほとんど前者の直接パターンマッチング方式を使用している。これは単語数が少ない場合には、単語の特徴パターンを直接比較する方が一般に高い認識率を得られるからである。

表1に現在市販されている音声認識装置の概要を示す。単語数は各社ともパターンマッチング方式を使用しているため、通常は16～50単語程度が多い。それ以上の単語規模のものでは質問解答形式のように1度に対象とする単語の範囲を制限して使用するか、または複数の人が同時に使用する場合を想定している。1単語あたりのビット数は、ほとんどの装置が16チャンネルの帯域フィルタを使用しているため256～512ビットにとられているが、DP-100では500バイトと大きい。学習回数は多くの装置で3～5回を必要とするが、DP-100では1～2回と能率が良い。許容発声時間は1～2秒が多い。弁別の特徴を抽出するThresholdが2.2秒と最も長く、動的計画法を用いて

マッチングを行うDP-100が1秒と最も短い。MIKEは制限なしとなっているが詳細は不明である。単語間のとぎれ時間はどの装置も0.1～0.25秒以上となっている。

各装置の特徴を上げると次のようになる。VDESは最も長い歴史をもち単語数の拡張性の大きさに特徴がある。米国で100台程度の実績を持ち、最近ではマイコンを使用した低価格機種もOEMで出している。Thresholdは米国で数百台の実績をもつ代表的な機種である。DP-100は短かいながら連続発声の認識が可能な装置である。MIKEとSpeech Lagは16単語と少ない語数であるが、マイコンを使用し低価格であるところが特徴である。特に後者はS-100バスに接続するための入力端末としてつくられており、10数万円という価格である。またApple II用の簡易入力形もあり、性能も低いが価格も半分程度になっている。

音声認識装置は、主に配送センタ等の物流区分業務や工場の検査工程などで使用され始めたが、その台数は未だ世界で1,000台に達するか否かの程度である。本格的な需要は今後の新装置の登場、特に低価格装置の出現に負っている。適当なコストパフォーマンスの装置が出れば、計算機、プラント等の各種制御システム、航空管制などの監視・指令システムのマンマシンインタフェースとして音声スイッチ、音声操作などの産業用分野に広がって行くであろう。一方マイコンを利用した低価格、簡易型の音声認識装置の開発がすすめられており、近い将来には家電製品への応用が実現するであろう。表2は家電分野への応用を狙って試作されたテレビ用音声スイッチ(ボイスセンサと名付けられている)の例である。このボイスセンサは音声認識と音声応答の機能を持ち、あらかじめテレビの制御命令の音声を登録しておき、音声命令を発声するとその内容を登録してある音声と照合して音声で応答すると共に、命令に従ってテレビを制御するものである。制御内容は電源スイッチ制御、音量制御、チャンネル切替えの3種類で、マイクに向って命令を発声すると、テレビは音声でOKと返答すると共にその動作をする。もし認識できなかった場合には「もう一度」と返

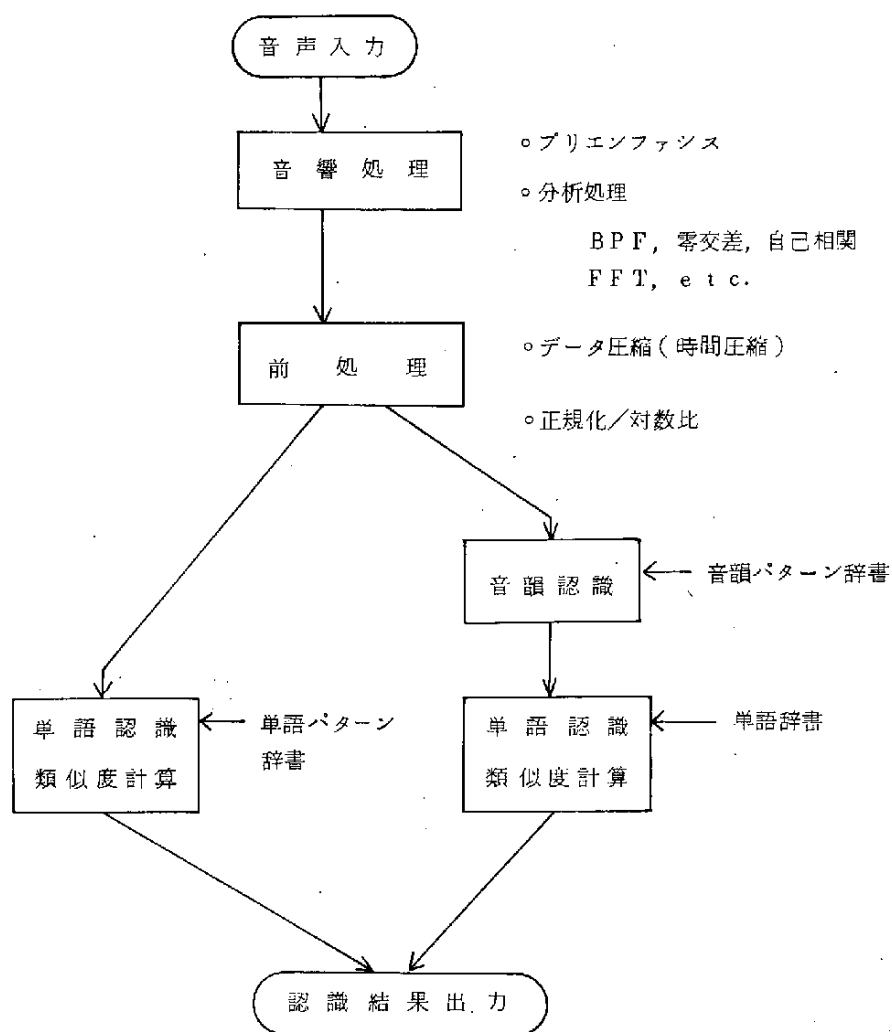


図1 単語音声の認識方式

増子他：マイコンを利用した音声認識装置，テレビジョン学会技術報告TEBS59-4，
P41～46（昭和54-11）

表 1 市販音声認識装置

製 品 名	語 数	辞書メモリ	許容発声 時 間	単 語 間 とぎれ時間	概 要
V D F S - 1000 Interstate Elec.	300, 900まで拡張可	32 Kバイト	1.5 sec	0.24sec 以上	16ch B P F使用 5 回の学習の間に240ビットのパターンを登録 入力パターンとANDをとり"1"をカウント 4 人同時使用可能 マイコン化機種も開発
Threshold - $\frac{500}{600}$ Threshold Tech Inc.	32, 200まで拡張可	8 Kバイト	2.2 sec	0.2 sec 以上	16ch B P F使用 5 ~ 10回の学習で512ビットパターンを登録 時間シフトして入力と相関計算 実績は最も多い(米国で数百万台程度)
D P - 100 日電	120, 離散的発生 では500ま で可能	64 Kバイト	1.0 sec	0.25sec 以上	16ch B P F使用 2 段DPマッチングにより連続発生単語を処理 2 人同時使用可
M I K E II Centigam Corp.	16 192まで拡張可	2 Kバイト	制限なし?	0.1 sec 以上	16ch B P F使用 256ビットのパターンマッチング 辞書は複数登録できる マイコン化(Z-80) 音声応答(8秒)
Speech Lab Heuristics Inc.	16		1.5 sec	0.1 sec 以上	3 ch B P F出力と零交差波使用 512ビットパターンのチェビシェフ距離計算 マイコン使用、低価格(13万円程度) S-100バス用入力端末として設計 BPF 2 チャンネル、128ビットの簡単形もある

表 2. テレビ用音声スイッチ（ボイスセンサ）の性能
 増子他：マイコンを利用した音声認識装置，テレビジョン学会技術報告
 T E B S 5 9 - 4 （ 昭 5 4 - 1 1 ）

項 目	性 能
認 識 方 式	特定話者の登録による音声パターン比較方式
認 識 語 数	3 0 語
登 録 人 数	2 人
登 録 回 数	1 回 1 語
音 声 入 力 時 間	2.0 秒以内
動 作 時 間	0.5 秒以内
認 識 率	特定話者 9 5 % 以上
認 識 内 容	電源（スイッチ投入，切断），音量指定（10段階） チャンネル番号（1 ～ 1 2 チャンネル指定）
メ モ リ 量	プログラムメモリ 2 K バイト，入力パターンメモリ 1.75 K バイト 標準パターンメモリ 7.5 K バイト
そ の 他	8 ビットマイクロプロセッサ使用， 音声応答（2 語）機能つき

答すると共にランプ表示するようになっているので，再度命令を発声すればよい。特徴抽出は 1 5 個の帯域フィルタを使用し，その出力を整流した後 2 0 ms ごとにサンプリングしている。音声入力データは時間軸と振幅の正規化をした後，0.2 5 K バイトに圧縮され，標準パターンと間で類似度計算が行われる。この装置は実用化にはまだ種々の問題があるが，テレビという最も代表的な家電製品にも適用しようとするまでに音声認識技術が一般化してきたことは注目に値しよう。

このような単語認識の他に文章入力を目的とする装置の研究もすすめられており，数年後には音声タイプライタ，教育用機器，日本語ワードプロセッサなどの製品が登場するであろう。

自動外観検査装置

エレクトロニクスの進歩により、産業界での生産ラインの自動化が著しい発展を遂げつつある。しかし、製品の外観検査や選別などのように、まだ人間の目視に頼っている部分もかなり多い。この理由は、目視によるパターン認識機能が非常に優れているために、人間の持つ総合的なパターン認識能力に代わり得る装置を経済的に実現することが困難であるからである。

その反面、目視検査の場合、判定結果のばらつきが大きいという問題を含んでいる。この要因には、個人差、検査員の気分、先入観等があり、特に時間経過による疲労は不可避である。

したがって単純な目視作業で且つ繰り返し頻度の高い分野であれば、外観検査の自動化は、経済的にも技術的にも十分可能な場合が多い。ここではテレビカメラを目として、マイコンを頭脳とする富士ビデオセンサシステムによる各種自動外観検査装置の一例として医薬品業界向けの錠剤チェッカについて紹介する。

(1) 錠剤チェッカの検査機能

錠剤を生産する工程で、完全に不良品の発生を抑えることは難しく、図1に示すような目視検査を行っている。その代表的な検査項目を表1に示す。

ここで紹介する錠剤チェッカは、このような検査項目を十分カバーしており、目視と同等もしくはそれ以上の選別性能を持った装置で、連続的に移動してくる錠剤を自動的にリアルタイムで処理することができる。主な仕様は表2に示す。

(2) 錠剤チェッカの識別原理

錠剤の両面をテレビカメラにより、二次元画像としてとらえ良否判定を行う。

① 傷検出アルゴリズム

錠剤が円形であることを利用して、錠剤の面積 A から求めた輪郭長と、直接計測した輪郭長 l を比較して、良否の判定を行う。

すなわち、図2において良品の場合両者の輪郭長に差はないが、不良品の場

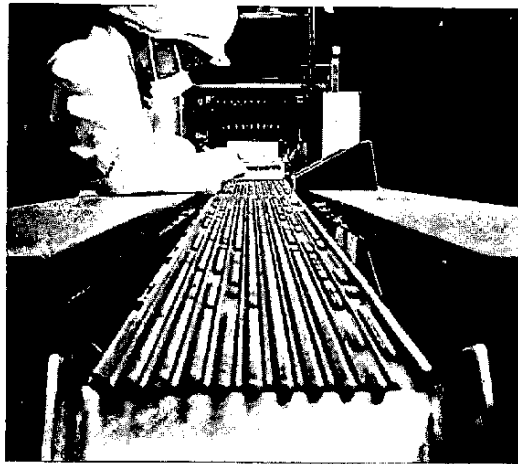


図 1 鋅剤の目視検査

表 1 目視検査の代表的な検査項目

外 観	項 目	内 容
	良 品	
	異 種	サイズ・色の異なるもの、コーティングの違い(糖衣、フィルム、線など)、印刷・刻印・割線の有無など
	ぼ っ ち	表面のでっぱり
	穴 あ き	穴のあいているもの
	ご み	ごみが付着している
	は ん 点	色むらのあるもの、部分的に色の変化があるもの
	キャッピング	はく離、破損により薄いもの
	く っ つ き	鋅剤同士、または鋅剤破片が接着しているもの
	く ず れ	鋅剤が破損により小さくなったもの及び破片
	変 形	円形でない
	傷	鋅剤にひっかいたような傷のあるもの
	糖層不良	糖衣鋅の場合、表面が平滑でなく糖が一樣にまんべんなくコーティングされていないもの

表 2 錠剤チェッカの仕様

項 目	内 容
画 像 分 割 数	320 (水平)×240 (垂直)
分 解 能	0.1mm角(視野32mm×24mmの場合)
処 理 速 度	16錠/秒～8錠/秒(任意)
選 別 性 能	異種、ばち、穴あき、ごみ、はん点、 キャッピング、くつつき、くずれ、変形、 傷、糖層不良など
選 別 基 準	ディジススイッチなどにより自由に調整可 能のほか、HG(ハイグレード)、LG(ロ ーグレード)の2段切換機能付
適 用 可 能 錠 剤	ドラムの交換により各種寸法の錠剤に適 用できる。
照 度 チェ ッ ク 機 能	あり
排 出	良否二つの排出ダクトから排出
電 源	AC200V±15V, 50Hz/60±1Hz
使 用 環 境 性 能	消 費 電 力 1.5kVA
	空 気 源 5 kg G/cm ² 100Nl/min
	使 用 温 度 15～30℃
	使 用 湿 度 30～70%
	耐 ノ イ ズ 性 1,000V
そ の 他	発 生 騒 音 本体から1m離れた場所で80dBA以下
	ドラムへの錠剤充てん率 99%程度

合には直接求めた輪郭長の方が、面積(A-△A)から求めた輪郭長より大きくなる。

② 面 積

錠剤の面積による判定を行い、規定面積のものだけを良品とする。

③ 錠厚検知

錠剤の厚さを光電センサにより検査し、標準より厚い錠剤と薄い錠剤を不良とする。

(3) 錠剤チェッカの構成と動作

本チェッカの外観を図3にブロック図を図4に示す。

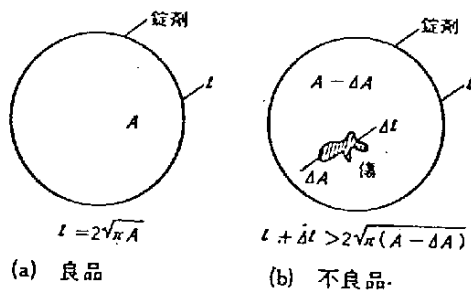


図2 チェッカの識別原理

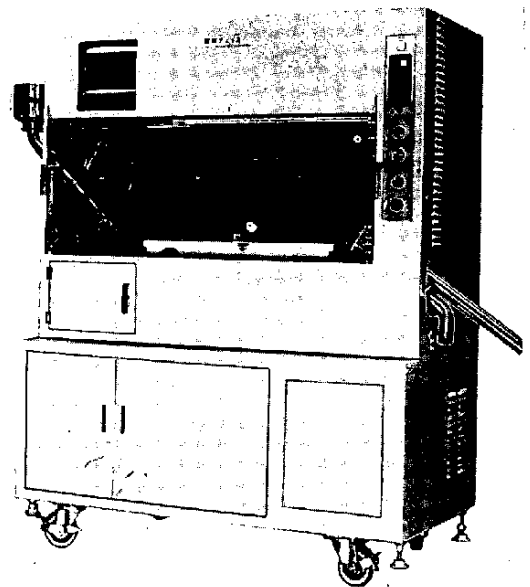


図3 チェッカの外観

① 機構部の動作

供給された錠剤を整理させ、観測用ドラムへ搬送する。テレビカメラの視野内に錠剤がきたことを位置センサにより検知し、ストロボのせん光により瞬時に錠剤の表面が観測される。同様に裏面の観測も行われ、観測結果はマイコンにより演算判定され、その判定結果にしたがってエアにより良品と不良品に仕分けられ排出される。

② 判定制御部の動作

判定制御部は図4の「増幅，2値化」，「二次元局部メモリ」，「面積，輪郭の計測」，「演算，判定」および「コントロール」の各ブロックから構成される。

(a) 増幅，2値化

テレビカメラからのビデオ信号を増幅し，2値化する部分である。

(b) 二次元局部メモリ

2値化されたビデオ信号は 320×240 の絵素に分割され，図5に示す二次元局部メモリに入力される。

(c) 面積，輪郭の計測

図6に格子状に量子化された2値化対象パターンの一部を示す。Bは輪郭長LのX方向成分，CはY方向成分を示し， $L = \sqrt{B^2 + C^2}$ である。この操作を画面全体にわたって行うことにより，錠剤の輪郭長を求めることができる。なお，BとCは図5の回路により計数される。

また面積は錠剤として2値化された信号の絵素数を計数することにより求める。

(d) マイコンによる演算

8ビットのマイコンを用いて錠剤の表裏2面の輪郭長の差，面積などの計算を行う。表裏の演算結果のつき合わせ，錠厚検知との対応を総合

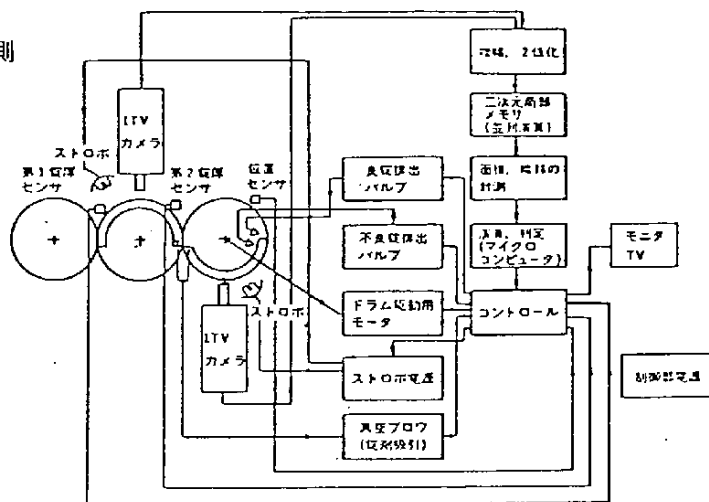
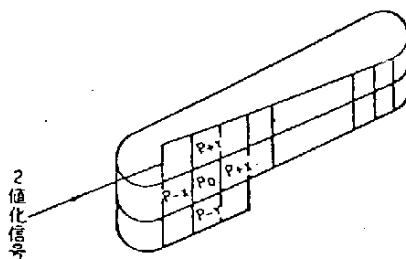
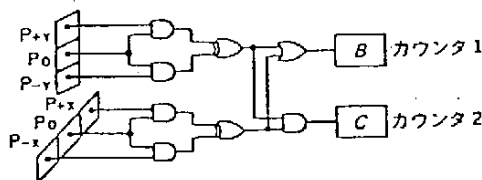


図4 チェッカのブロック図



(a) 2次元局部メモリ



(b) 2次元論理演算

図5 境界検出回路

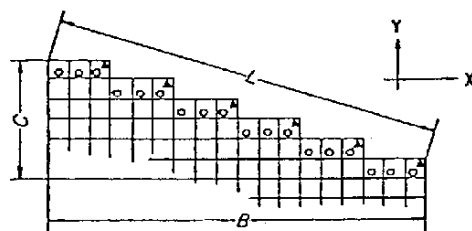


図6 2値化パターンの一部

的に判定する。判定結果を不良錠剤排出タイミングまで記憶しておき対象錠剤が不良品の場合に不良排出バルブを駆使する。

選別した良，不良別の錠剤の数のほか，輪郭長の差の（面積の）平均値，最大値，最小値，標準偏差，度数分布などの統計データも表示できるのでユーザーにて，判別基準を自由に設定できる。またストロボ光の監視，ジャミングの監視等の自己診断を常時行っている。

(4) 適用例

すでに大手製薬会社の選別ラインに入り，順調に稼動している。直径約 1.0 mm の白色糖衣錠について行った選別結果を図 7 に示す。この比較試験は，良品 3 万錠中に，ぼっち，はん点，穴あけ，ごみ，糖層不良の各不良項目約 100 錠を入れたサンプルにより行った。本チェッカはこの図 7 のように目視検査に比べてほとんどの項目で優れている。

自動外観検査装置は，単純な繰り返し作業から人間を解放し，品質向上をはかる上の大きい可能性を持っている。適用範囲の拡大をはかる上で，高速処理と，より高度なアルゴリズムの実現のためにマイコンと L S I 技術の発展に期待するところも大きい。

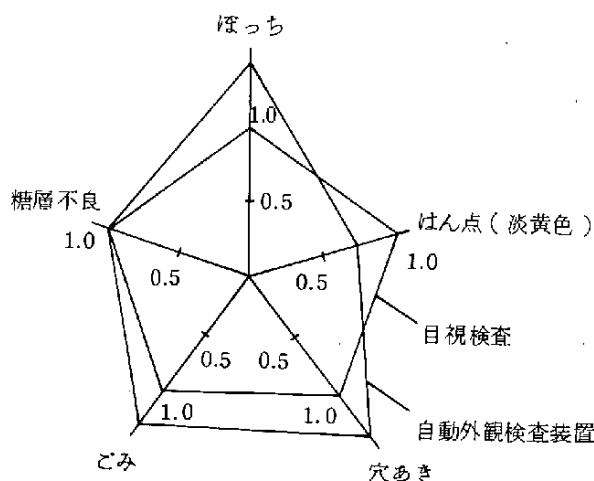


図 7 錠剤チェッカと目視による錠剤不良品はね率の比率

ロボット（運動機能モジュール）

(1) ロボットとは

ロボットを人造人間という言葉で解釈し、映画「スターウォーズ」に出て来た極めて能力の優れた姿を想像するのが一般的であるが、実はこのようなロボットというのは映像の世界だけのことで、現実にはわれわれが研究開発に取り組み、一部実用化しているロボットはほとんど別の言葉で代表したほうがよい程はるかに単純で幼稚なものである。

優秀な頭脳と両手両足を具えた人造人間ではなくて、われわれが研究に取り組み努力しているのは先づ人間の手（腕を含め）に近い運動機能を持ったモジュールに限定される。

それでも人間の手は極めて精密複雑であり、いまだ人造の域は遠くおよばないのが現実である。人間の手は運動機能としては5本の指に19の関節を持ち、センサとしての触覚が全面に分布しており、動作は眼で見た情報を合わせてまことに巧妙に制御されて動く。これに対してロボットで研究されているのはせいぜい3本のアームに3関節と単純化され、実用機では更に簡単化されている。

（第1図）

ただし一般の自動機械ないしは自動制御系とは、制御対象からの反力に応じて有効に働くことが要求される点で本質的な相違がある。通常の自動制御といった場合は、制御する側から一方的に所定の動作をするというだけでよいが、ロボットの場合は相手の反応を生かす双働性を持たねばならない。例えば金属の丸棒をクランプするロボットハンドがガラスチューブをつかんでも、くしゃくしゃに碎いてしまうというようなことのないように制御することが必要である。

ロボット工業会ではこの概念を明確化するために、特許専門委員会にて下記のように定義しているとのことである。『「ロボット」という用語は、生体の運動部の機能に類似した柔軟な動作機能を有するもの、もしくはこの動作機能を有し、かつ知的機能を備えたもので人間の要求に応じて動作し得るもの。こ

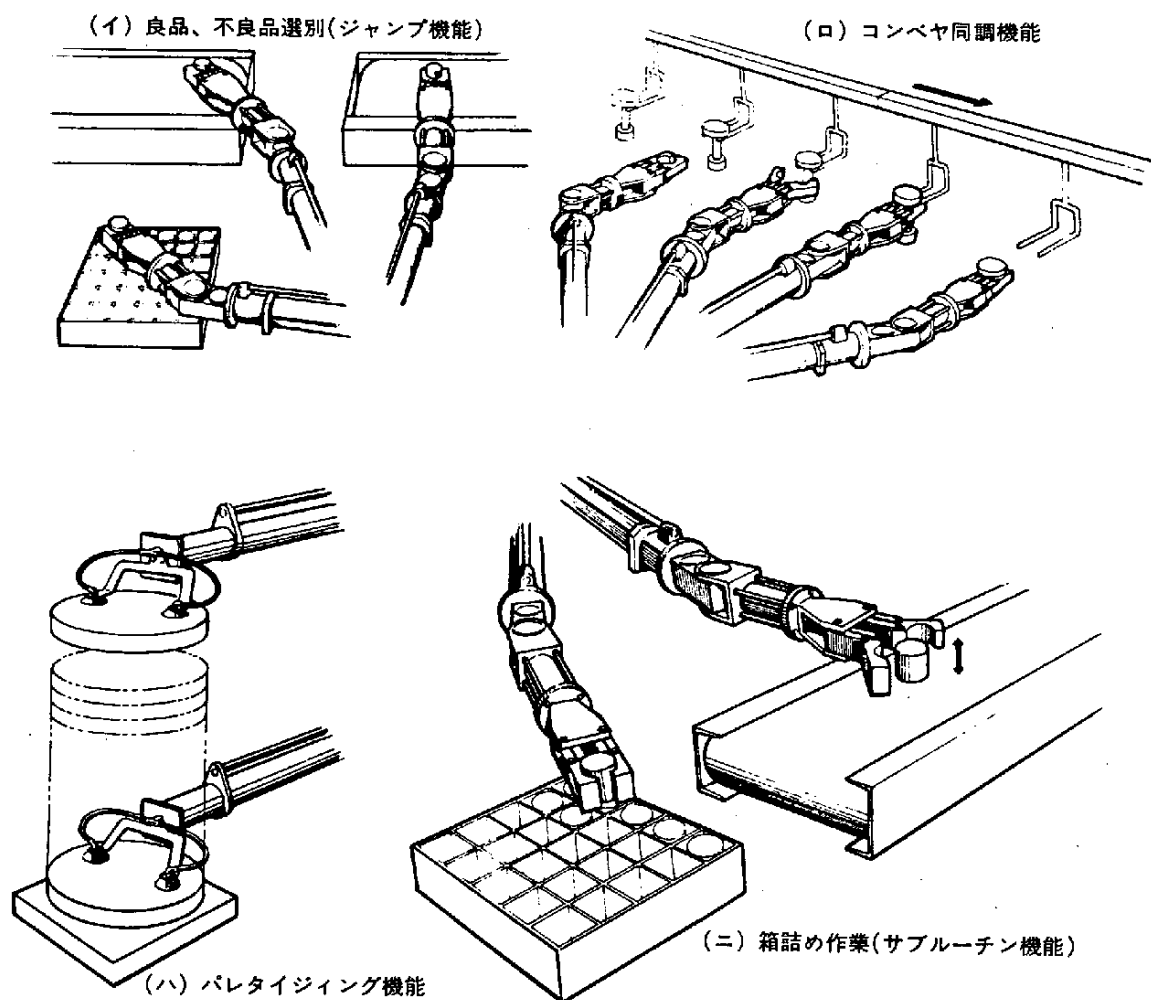


図1 ロボット機能例(神鋼電機例)

ここで知的機能とは検出記憶などを媒介として判断、認識、適応、学習などのいずれかを司る能力をいう』という定義になっている。

(2) 研究開発の展望

ロボットに関する研究はサーボメカニズムに対し電子計算機を利用した制御を結びつけることによって急激に進歩し、各方面で活発に行われている。

人工の手の動きを解析し運動方程式を導き出すことはスタンフォード大学を中心として1960年代に活発に行われて基礎が固まり、計算機を活用して最適制御モデルとしてオンライン制御することが始められた。

我が国でも電子技術総合研究所での関節形マニコピレータの試作、その計算機によるトルクの直接制御を始めとする一連の研究、東京大学におけるダイナミックコントロールモードの解析、京都大学におけるロボットハンドによる物体の抱握と操りに関する研究等々各種研究機関の活動は活発で、最近では2本の腕の協調・制御から、I T Vを組み合わせて視覚相当のセンサ関係への組み込みに迄及んでいる。

(脚注1) 高瀬・井上両氏：昭和48年同所彙報

(脚注2) 内山氏：昭和50年バイオメカニズム3

(脚注3) 花房、浅田両氏：計測自動制御学会論文集(昭和51年5月)

(脚注4) システムと制御V0122, N07

(3) 産業用としての実用化の現状

産業用としての実用化はコンベヤーラインへのローダ、コンベヤーラインからのアンローダに人手に変わって導入されて以来各種の比較的複雑な固定部品の組み立てを取り扱う自動化生産ラインを中心に多方面にわたっているが、構造は研究開発の対象として2節にふれたようなものより簡単なものである。その代表的なものは自動車ボデーの組み立てラインで、車体のスポット溶接や塗装工程に多数のロボットが活躍している。いずれもそれぞれのロボットは量産を目的とし単能化され、いろいろの作業に使用することを考慮する必要がないために単純なもので間に合っている現状である。人間の手には通常30に及ぶ自由度があるが、第2図に例示した塗装用ロボットのように6自由度、複雑なもので7自由度に止っている。このロボットでは初めてマイコンを制御装置に使

用、第3図に示すような構成でほとんどの制御をマイコンのプログラムで制御している。

(4) マイコン制御の今後の動向

塗装用ロボット制御に初めてマイコンを採用実用化の経験を基に、(株)日立製作所(脚注5)の下記3氏は次のように評価している。

① 従来大型電子計算機制御を中心とし大掛りなシステムとなり実験室段階に止っていたストアードプログラム制御方式による複雑な制御がマイコンの導入により小形軽量化と共に実用化されるに至った。

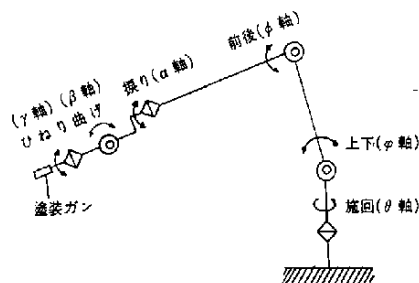


図2 自由度の構成

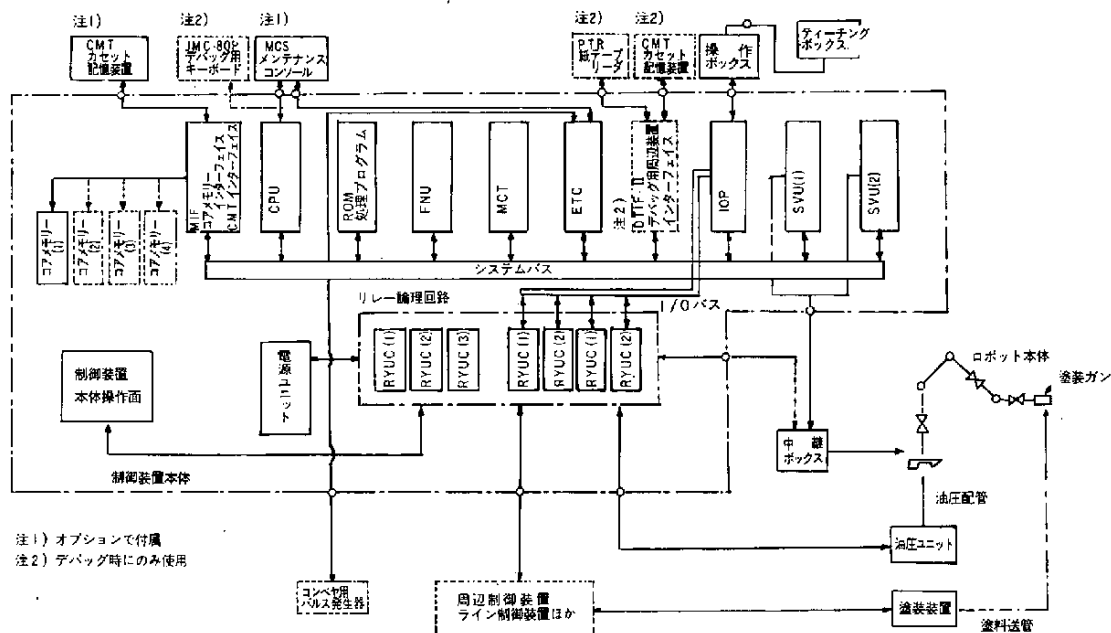


図3 制御装置の構成

(脚注5) 古川, 花田, 武善(日立): 塗装用ロボット, 電子技術 VO 21, No.11

② 関節座標系ロボットを補間制御する方式が実用化できるに至った。

③ 判断機能を持つことにより、従来単純な繰り返し作業にしか適用できなかったロボット化をワークその他外部条件の微妙な変化に適応でき、塗装作業のような従来人間でなければできなかった複雑な作業までロボット化できることを実証した。

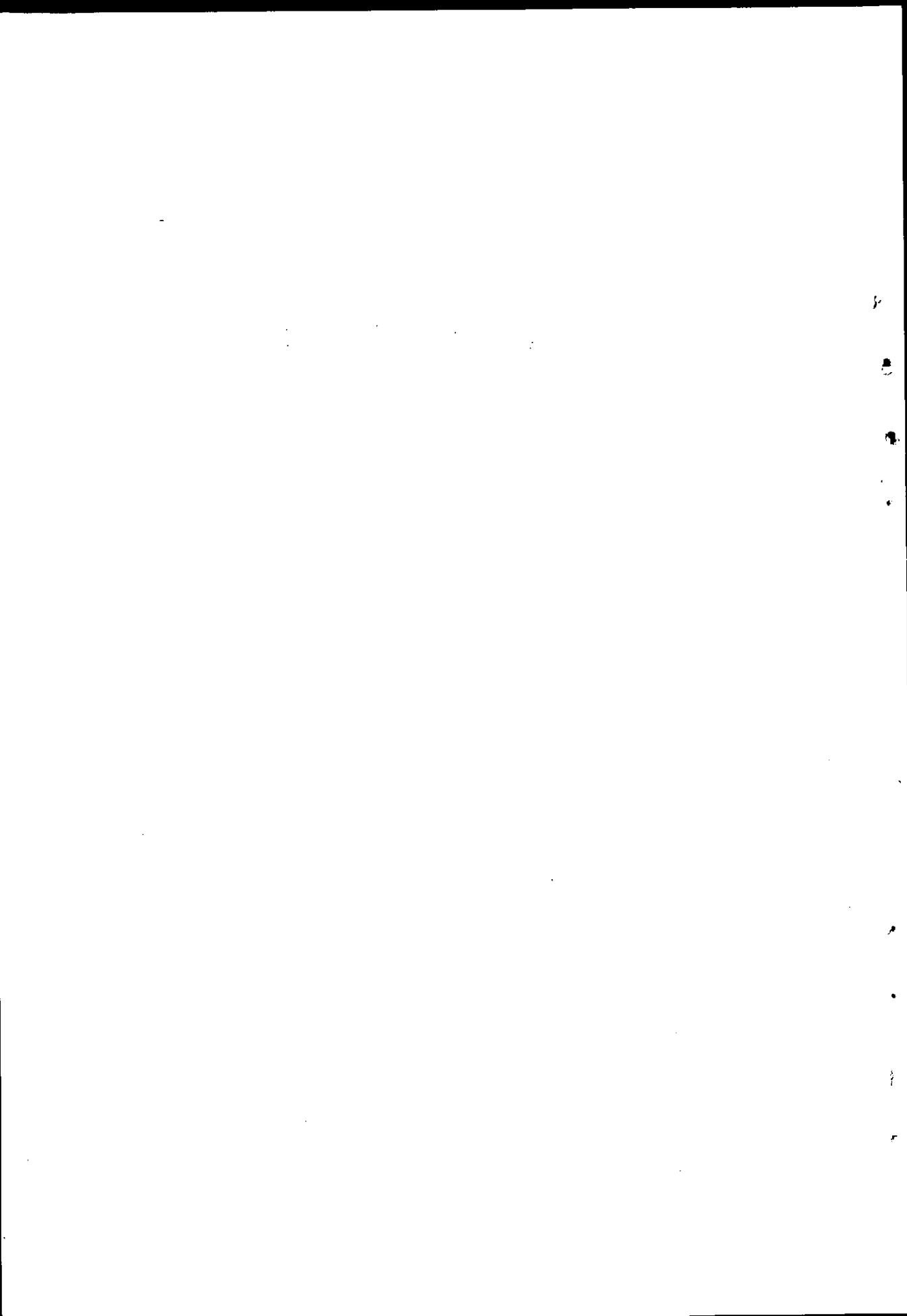
④ 操作表示入出力機能の充実ができた。すなわちマンマシン性の向上によりロボット機能の高度化にもかかわらず、操作性の向上がはかられ、簡単な基礎知識で即ロボットを扱うことができると同時に、ロボットとオペレータとの情報交換の機能も追加し、対話形式での作業の進行も可能にした。

⑤ 外部機器と交換可能な情報室が、伝送速度を含め大幅に向上、周辺機器との協調制御がやりやすく、ロボットを含めた高度の生産システムの構成が実現できるようになった。

⑥ 信頼性、安全性の向上がはかられた。ハードワイヤードロジックに比較し、部品点数の大幅縮減、使用素子そのものの集積度の向上などにより、システムの故障率低下がはかられまたマイコン化により、間違った操作を事前にチェックし、エラーを表示する合理性チェックなど安全上予防する立場の機能も追加できるようになり、システム信頼性が大幅に向上した。

以上は研究室で電子計算機を使用して制御を行っていた時点で予想されていた特徴で、今後16ビットマイコンの実用化時代を迎えると共にさらに活発な実用時代を迎える可能性が大きくなったといえよう。

お わ り に



お わ り に

LSI集積回路技術は最近も順調に進展しつつあり、回路の集積度は年ごとに倍増するすう勢が続いている。マイコン関連でも、4ビット機はもはやワンチップ形が常識となり、8ビット機もやがてワンチップ形が主流を占めるようになるであろう。その他A/D、D/A変換器や入出力周辺機器コントローラ、各種のインタフェースなどもLSI化が進んで、いわゆるファミリLSIを形成し、またそれらがプロセッサと組み合わされてワンチップ化へと進展する傾向も表れている。

これらプロセッサやメモリ、さらに周辺LSIの発達には当然応用の拡大を刺激し、また逆に応用の進展はLSI技術の新たな進歩を促して、両者は表裏一体の関係を保ちつつ絶えず新しい段階へと移行しつつある。また一方、マイコンのイメージも世の中に完全に定着して、コンピュータ・プロフェッショナルの世界だけでなく、趣味やホビーの領域あるいは教育や訓練の活動も拡大され、整備されつつある。しかし、なおかつ応用上、マイコン・ユーザからみた満足感是十分でない面が多い。十分でないというより、フラストレーションが広がっている面すらあるといえよう。

この報告書ではそれらの問題点をワンチップ形マイコン、汎用マイクロプロセッサ、周辺機器（デバイス）、ソフトウェア、開発サポートシステムに分類して探ってみた。さらにインテリジェント化のツールとしてのマイコンの機能を改めて包括的に見直し、インテリジェント化のみが必ずしも新しい商品性の十分条件でないことを明らかにする視点を示した。マイコン・テクノロジーの個々の進展の方向を正しく理解することももちろん大切であるが、マイコンが応用製品のシステム機能を支配する要素である以上、常に、何に、何を、何のために、何故、そしていかにしてという問いを繰り返す必要がある。

以下では、各章の内容を振り返って、各課題ごとの現状分析と将来展望の要点をまとめてみよう。

4ビット形のワンチップマイコンは、現在数量的には全マイコン生産量の90%近くを占めている。そしてそのほとんどが民生・家電分野に利用されている。ワンチップマイコンは、文字どおり1つのチップの上にマイコンとしての殆んどすべての機能を集約しているものであるから、量産品向けのカスタムLSIとして、利便性の上でユーザに多くのメリットをもたらす。一方ではアーキテクチャやメモリ容量にかなりの制約を伴い、プログラム開発にも高位言語を用いることはほとんどない。本体の機能の制約を緩和するため周辺回路の役割は大きいが、そのためのファミリLSIの開発整備は順調に進んでいるといえよう。それに対してセンサやアクチュエータには、コストあるいはサイズの点で本体とバランスのとれるものがほとんど開発されておらず、応用の質の拡大、向上をはばむ最大のネックとなっている。現状では温度や湿度センサに一部利用可能なものがみられる程度で、将来の技術開発のポイントとして改めてこの点が強く指摘される。さらに、民生・家電製品への応用が多いことから、操作性の簡易化と統一化、故障時、取替時などの保守サービス面での配慮が欠かせない要因となる。この分野は、ハード的には最も早く一定水準の（そして第一段階の）標準化が必要でかつ可能な分野であろう。

将来の発展方向としては、やはり集積度の向上によるアーキテクチャや機能の高度化、たとえば高速化、割込み機能、入出力端子の増加、バイトデータの入出力及び処理などが見込まれる。また急速に実用普及化が進展しつつある音声合成、音声認識などのための、シグナル・プロセッサのように特殊ではあるが高度な機能をもったディジタル情報処理素子も次々と開発されてこよう。

汎用マイクロプロセッサは現在のところ固定語長の8ビット形が主流で、各種の産業用機器、制御装置などに使われているが、16ビット形もスーパー・マイコンなどとして実用化の域に入ってきている。さらにバイポーラ素子によるビットスライス形も、マイクロプログラミングによる柔軟性及び高速性の特徴を生かして、ミニコンピュータ的用途に進出している。

今後とも多種多様な用途に応じて、高い機能をもった素子の開発が進むと同

時に、応用システム全体の機能向上のために、各種のインテリジェント化された周辺素子の開発もますます活発になるであろう。またバス結合、チャネル結合、データウェイなどを用いたマルチプロセッサ・システムも、大形の分散処理システムなどに増加する傾向を示している。バスには各種のものが存在するが、受注製品や特注製品の場合には、コストなどに多少負担がかかっても、ハード及びソフト開発の両面で標準化のメリットは大きく、用途や目的に応じたいわば多様な標準化が進められよう。さらにソフト開発の比重が大きい汎用形では、生産性の向上のために高位言語の利用に対するニーズが高い。高位言語の利用は、一般により多くのメモリと実行時間を必要とするが、メモリの低価格化と処理の高速化は将来とも進む傾向にあり、高速リアルタイムの情報処理、制御などへの応用を除けば、高位言語の利用は広がっていくと考えられる。

周辺機器については、入出力機器、外部記憶装置などは最近マイコン専用機の種類が豊富になり、小形化されるとともにコストも低下する傾向をたどっている。しかし入出力機器を多く付け加えればなおマイコン本体に対してコストが比重高になることは避けられず、またコストの低下と裏腹に特にメカニカルな機構の信頼性に問題を生ずるなど、入出力機器が応用普及のネックとなりまたキーポイントとなっている状況は続いており、今後とも早急な解決はむしろかしいであろう。

センサは用途別の要求が最も多様で、その選択がシステムの性能を大きく左右する。プロセッサのデータ処理能力（たとえば非線形性の補正など）である程度センサの性能を補うこともできるが、もちろん限界があり、今後小形で信頼度、精度の高い半導体センサなどの開発は、アクチュエータの開発とともに、マイコン関連に限らずオートメーション技術、省力化技術、知識集約技術全体の最大のポイントである。それに対してマイコン周辺回路素子の開発は、既に述べたように順調に進展している。

ソフトウェアに関しては、先にも触れたように、専用ワンチップ形では機械語やアセンブラで開発が行われるのに対し、汎用形では対象とするシステムが

比較的大規模でまた多様なため、高位言語の利用が重視されつつある。ユーザの立場からすれば、マイコンのハードウェア、アーキテクチャとはかかわりなくソフトウェアが構成できるような言語が望ましいのであって、第4章ではこの問題が議論されている。高位言語も今後用途別に多様化し、そしてやがて標準化されていくであろう。その普及のキーはマイコン用言語プロセッサの実現にかかっている。またハードの特徴を生かしたコンパイラ生成技術の確立やライブラリ間でのファイル、データベースの連続性の維持なども、用途の拡大のために積極的にはかられる必要がある。

その他マイコン用のいわゆる軽装OSもニーズがふえ、今後ますます発展していくであろう。ただしOSの最適構成のために、メモリ、入出力構成、制御方式への柔軟な対応技術を確立していく必要がある。またマルチプロセッサ・システム用OSについても積極的に検討を進めるべきである。ソフトウェア・エンジニアリングについては仕様定義技術についても重点的に取り上げたが、ハードウェアとの機能分担の問題を解決するために、ハードと業務プログラムを分離できるようなOSが必要である。以上のような問題を含め、現時点で改めてマイコン用ソフトウェアの設計思想、開発技術はいかにあるべきかの再検討が必要である。

開発サポート・システムは、マイコンという超小形コンピュータの場合、ちょうど汎用コンピュータ開発の初期時代にそうであったように、オブジェクト・マシンとは独立した形で必要とされる。今日では、ハードウェア・サポート及びソフトウェア・サポートともかなりよく整備されている。第5章では現状に関する豊富な実質料がいくつかの表の形にまとめられており、読者の具体的な参考になる点が多いと思う。現在では汎用マイコンの主流である8ビット形に対して対処するためのサポート・システムが多いが、今後ビット数の多いものに移行しアーキテクチャも変われば、ミニコンピュータなど上位機種との関係も変わり、サポート・システムも大幅な変化をみせることになるであろう。

この報告書の最後の章ではマイコンの機能の見直しと、応用製品の商品性評

価の一つの視点を示しているが、既に触れたことでもあり省略する。

本報告書は取り上げた課題も、またそれに対する見方も、なるべく偏らないように留意したつもりである。しかしおのずと著者らの観点が反映されている部分もあろう。読者諸氏がそれぞれ批判と修正を加えながらお読み頂ければ幸いである。

— 禁 無 断 転 載 —

昭和 5 5 年 3 月 発行

発行所 財団法人 日本情報処理開発協会

東京都港区芝公園 3-5-8

機 械 振 興 会 館 内

TEL(434)8211(代表)

印刷所 日本製版株式会社市ヶ谷事業所

東京都新宿区市ヶ谷河田町 7

TEL(351)4549

54-R007

