

57-R010

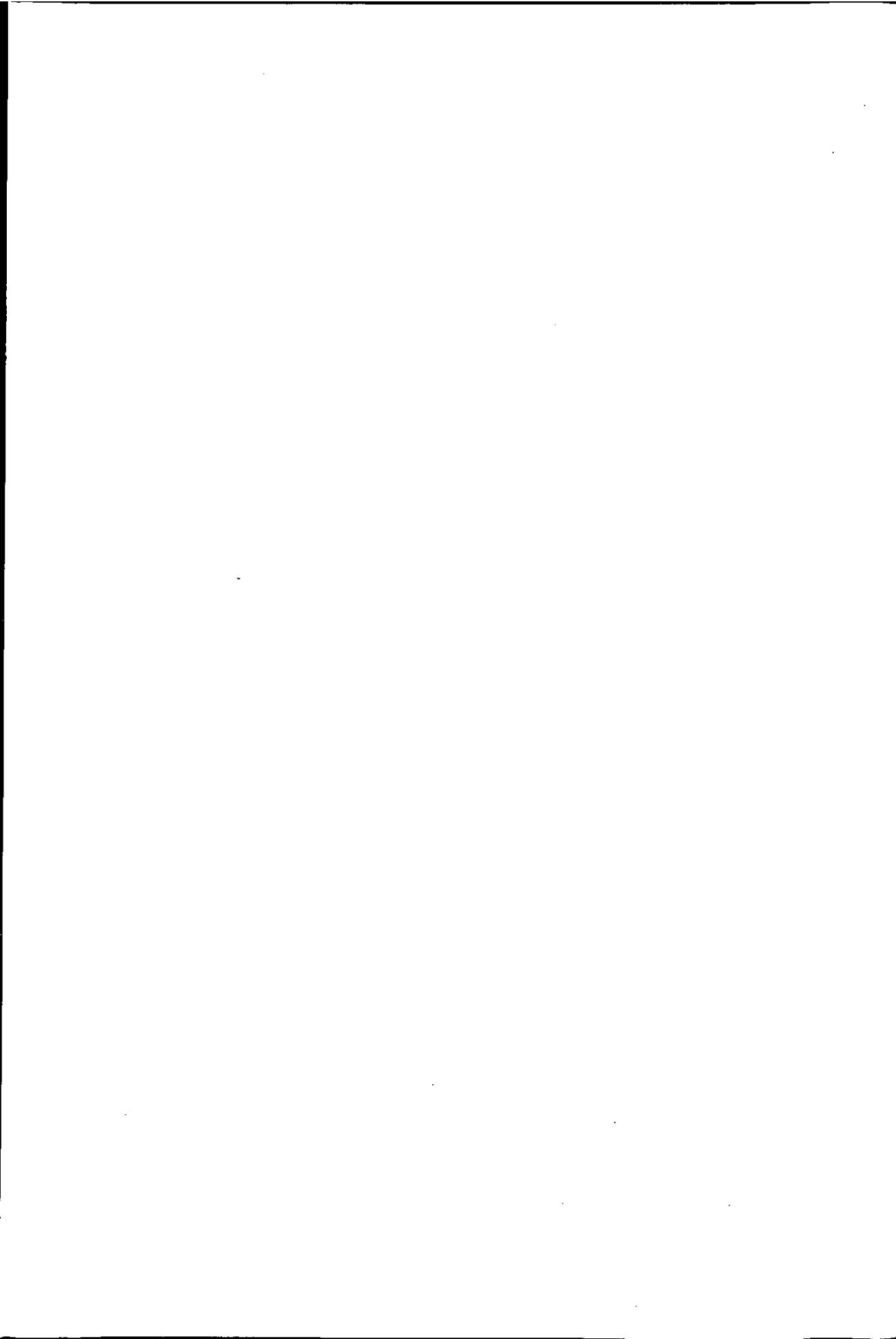
マイクロコンピュータを応用した生産技術の 現状と将来動向

昭和 58 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57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。





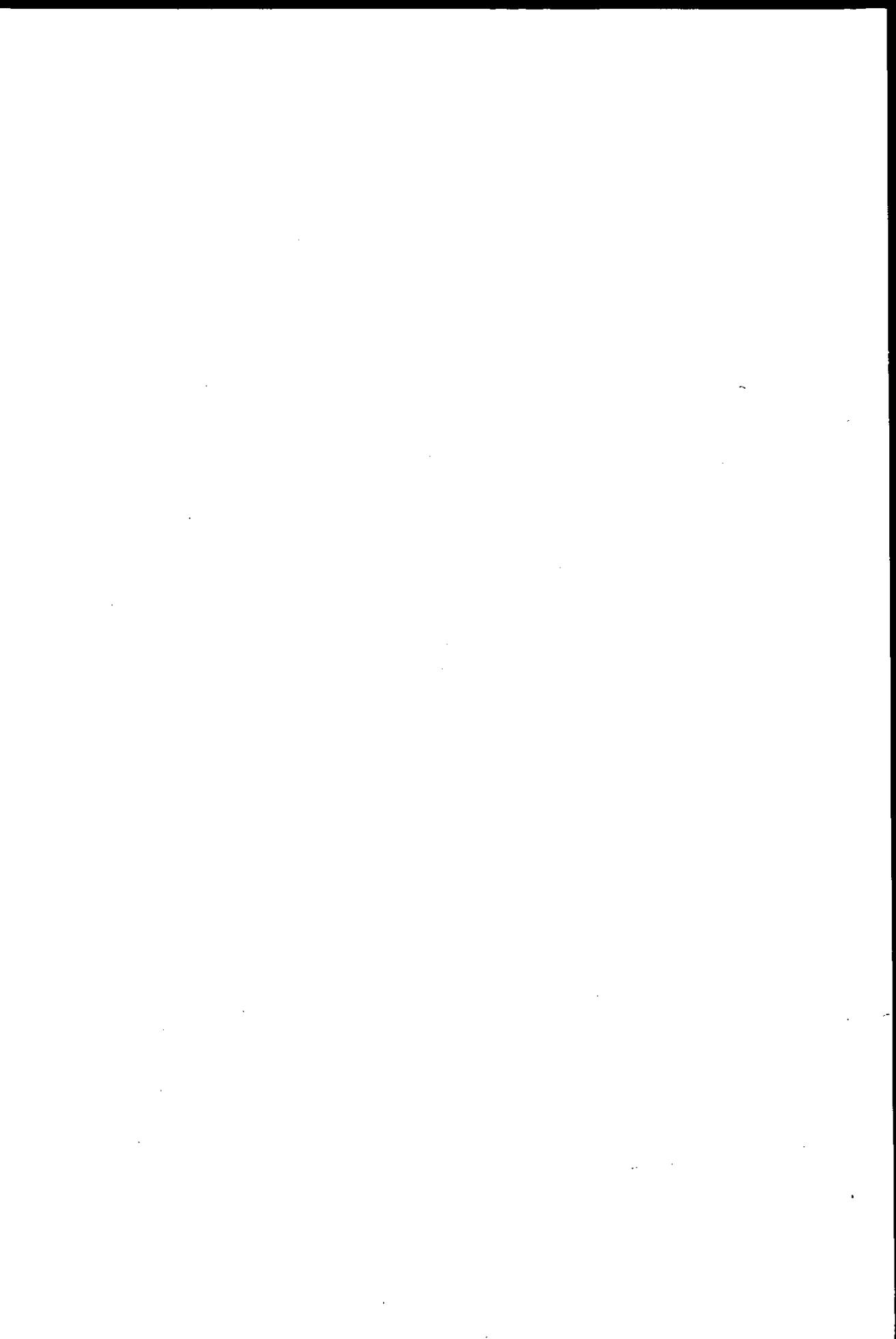
は　じ　め　に

近年、技術革新は目覚ましいものがあるが、なかでもマイクロコンピュータおよびその周辺技術の進展には顕著なものがあり、今日あらゆる産業分野において利用され、わが国情報化社会の進展に大きく寄与している。

当協会マイクロコンピュータ振興センターでは、昭和53年度以来マイクロコンピュータの応用技術に関する調査研究を行っているが、本年度においては生産技術分野を対象を絞り、ファクトリーオートメーションの進展に多大の影響を与えているマイクロコンピュータおよび関連技術の動向について調査研究を行った。

ここに調査研究の実施にあたり、ご指導、ご協力いただいた関係各位ならびにアンケート調査に際して有益なご意見を寄せられた方々に対し、厚くお礼申し上げますとともに、本報告書が広くマイクロコンピュータ応用システムの研究の場において活用され、わが国のマイクロコンピュータ産業の一層の発展に寄与することができれば幸いである。

昭和58年3月

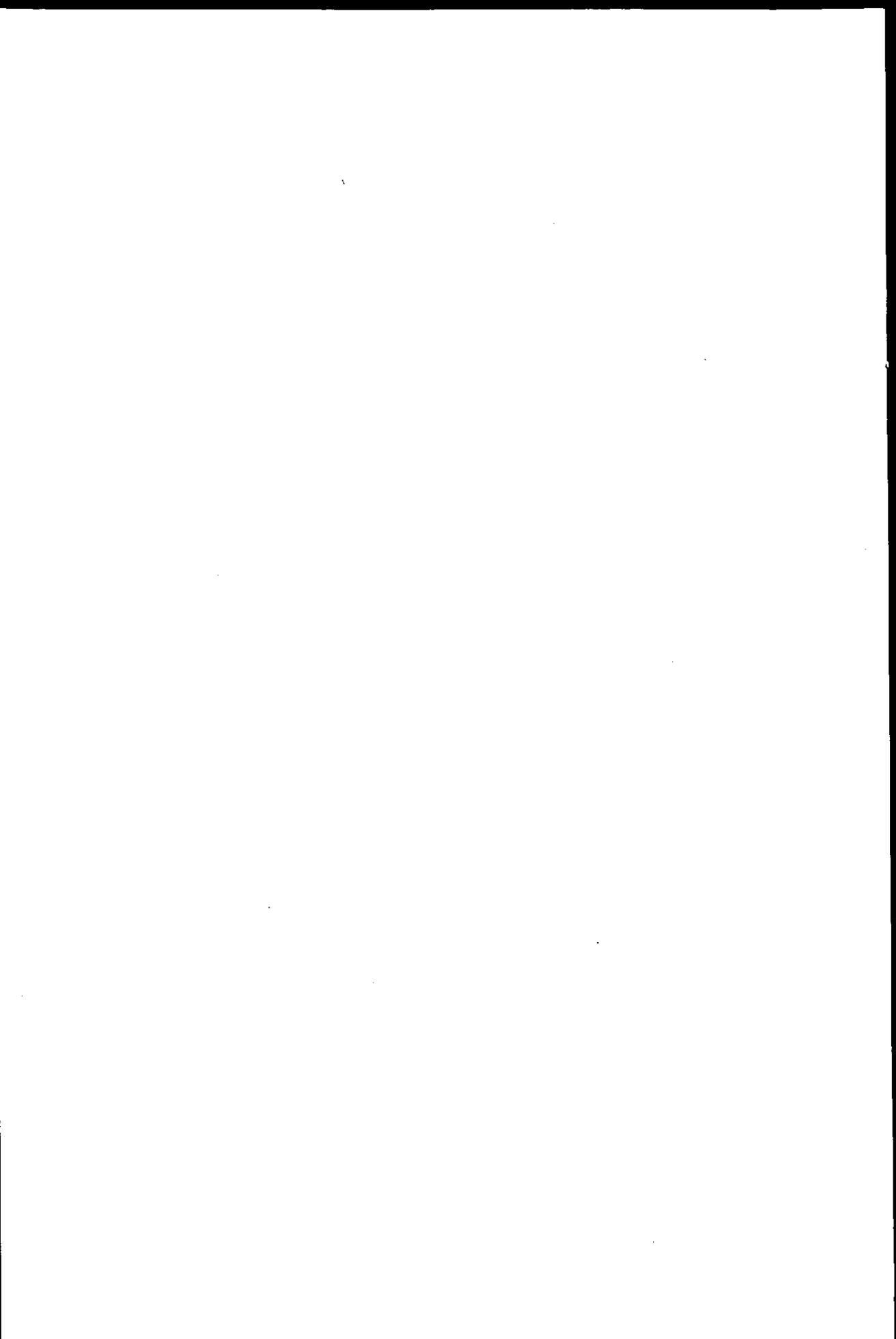


マイクロコンピュータ応用技術調査委員会

(五十音順・敬称略)

委員長	西川 禎一	京都大学工学部電気工学科教授
委員	新井 健生	機械技術研究所生産工学部ロボット工学課
"	久保田 稔	㈱電算技術開発代表取締役
"	高梨 和夫	新日本製鉄㈱情報システム部 情報システム技術室長
"	田丸 啓吉	京都大学工学部電子工学科教授
"	服部 幸英	㈱東洋情報システム常務取締役
"	真弓 和昭	松下電器産業㈱中央研究所 計算機応用グループマネジャー
オブザーバ	小椋 正幸	通商産業省機械情報産業局 情報処理振興課
"	小松 正則	通商産業省機械情報産業局 電子政策課

事務局 (財)日本情報処理開発協会マイクロコンピュータ振興センター



目 次

序 論	1
第 1 章 生産技術分野におけるマイクロコンピュータの利用に関する意見調査	5
1.1 調査の概要	5
1.2 調査の結果	17
1.3 調査結果の分析とコメント	91
第 2 章 ロボットを構成する要素技術	117
2.1 構造体	117
2.2 制御	123
2.3 感覚・認識	125
2.4 情報処理	142
第 3 章 マイクロプロセッサ	147
3.1 新しいマイクロプロセッサの動向	147
3.2 汎用マイクロプロセッサ	150
3.3 専用マイクロプロセッサ	161
第 4 章 装置工業におけるデジタル技術	165
— 鉄鋼業を例として —	
4.1 はじめに	165
4.2 製鉄所におけるデジタル技術	169
4.3 製鉄・製鋼プロセスにおけるデジタル技術	175

4.4	圧延プロセスにおけるデジタル技術	189
4.5	今後の課題と展望	201
第5章	メカトロニクスとマイクロコンピュータ	205
5.1	はじめに	205
5.2	ロボットの歴史	206
5.3	マニピュレータの機構と制御	211
5.4	移動ロボットの機構と制御	222
5.5	ロボット制御装置としてのマイクロコンピュータ	228
5.6	期待されるマイクロコンピュータ技術	231
第6章	CAD/CAMシステムに対するマイクロコンピュータの インパクト	237
6.1	CAD/CAMシステムの発展	237
6.2	CAD/CAMシステムに対するマイクロコンピュータのインパクト	246
第7章	システムハウス	249
7.1	システムハウスの位置づけ	249
7.2	システムハウスの製品開発手順	253
7.3	コスト・ダウンの努力	259
7.4	マイクロコンピュータを生産技術に応用するには	262
7.5	応用例	266
7.6	システムハウスの将来展望	270
おわりに		273

序

論



序 論

今日、マイクロコンピュータあるいはマイクロプロセッサは、パーソナルコンピュータやオフィスコンピュータその他のいわゆるOA機器を通じて、個人生活あるいはオフィス技術に大きな影響を及ぼしつつある。それと同時にファクトリー・オートメーション（FA）、フレキシブル生産システム（FMS）、産業用ロボット、CAD/CAMなどといった先端的な生産技術分野でも、イノベーションの核として登場するに至っている。本年度の調査研究においては、マイクロコンピュータ利用の立場から、各種産業において変ぼうしつつある生産技術の現状をまとめるとともに、将来動向を展望することにした。

ひとくちに生産技術といってもその範囲は広く、内容はさまざまである。大きくは位置決めサーボ機構から発展した機械的なオートメーション技術（メカニカル・オートメーション）の流れと、鉄鋼・化学など各種の装置産業におけるプロセス制御技術（プロセス・オートメーション）の流れとの二つに大別できよう。前者は機械生産、輸（搬）送、建設などを含み、まずコンベア・システムによる大量生産（マスプロダクション）の思想から始まった。そして、その後固定シーケンスに従って複合加工を行うトランスファマシン、汎用工作機械のNC化、工具交換の自動化も含めたマシニングセンターなどへと発展した。さらに70年代の終り頃からは、製品ニーズの多様化と高度化に柔軟に対処するために、多品種の混合生産を行う技術思想、すなわちFMSが登場することになる。FMSは固定シーケンスでは不可能であり、コンピュータ、特にマイクロコンピュータを中心とするマイクロエレクトロニクスを駆使したプログラマブルな手段を用いて、はじめて実現可能となった。言い換えれば、マイクロコンピュータが最近のメカニカル・オートメーションの核心要素の一つなのである。

FMSを最もよく代表するものはロボットであるといえようが、両者は同義語と解釈すべきものではない。FMSは局所的な作業をするロボットの他、情報検

知のための知能センサ、全体的な情報処理・管理を行う大形コンピュータなどを含む生産・作業ライン全体のオートメーション・システムを意味する。そして、設計の自動化システム、すなわちCADシステムと有機的に連携し、生産計画や流通・販売計画とも連動すべきものであろう。最近ではより総合的なものとして、インテグレートッド・マニュファクチュアリング・システム（IMS）なる概念も提唱されている。

ロボットが生産の現場で多量に使われ始めたのは、そして現在も最も多く使われているのは、溶接及び塗装作業用のものである。特に自動車産業におけるスポット溶接ロボットが口火を切った。これは作業が比較的単純なポイント・ツー・ポイント（PTP）制御を基調とするものだからであるが、その後多く使われ始めた連続軌道（CT）制御のアーク溶接用にせよ、また塗装用にせよ、方式はすべて教示／再生（プレイバック）式であり、プログラマブルではあるにしても未だ高級な知能を具えたものとはいえない。つまり作業過程を熟知した人間がロボットを操作して教え込む。教示された作業過程の情報はコンピュータの記憶装置に格納される。ロボットはその情報を読み出しながら実作業を遂行するのであるから、もっぱら受身の立場でしかない。

今後期待されている作業の典型は、多品種混合生産における組立作業である。組立ロボットは專業型（多量生産用）と汎用型（比較的少量生産用）の二つの流れに分かれて発達するものと考えられるが、汎用型ではある程度の視覚、聴覚あるいは触覚を具えた知能ロボットが必要である。そして自ら判別、認識、判断などの機能を果たすとともに、より高度な作業では人間との協力共同作業を行うことになる。

いずれにしても、現在よりさらに柔軟な作業適応性をもち知能性を具えたロボットが、今後開発されるだろう。しかしそのためには、アームなどの多自由度機構、移動機構、それらのアクチュエータと制御機能、感覚センサ、認識、判断のための情報処理機能、さらには自己診断、故障修復機能に飛躍的な技術改良が要求される。

CADは生産の前段階である設計の自動化技術であるが、ここで現在最も発達しているのはコンピュータ・グラフィックスの技術、すなわち図形の処理と表示の技術である。形状モデリングのための図形処理ソフトウェアとともに、ラスターキャン型のカラーディスプレイなどのハードウェアの進歩も著しい。また詳細設計のための応力計算、運動シミュレーションといった応用プログラムも整備されてきた。しかし、より高度な設計作業である基本設計やさらには概念設計の段階は未開発のままであり、工程探索への人工知能手法の応用、工程決定規則の作成、加工形状要素と加工単位の対応関係の分析などが今後の課題であるとされている。

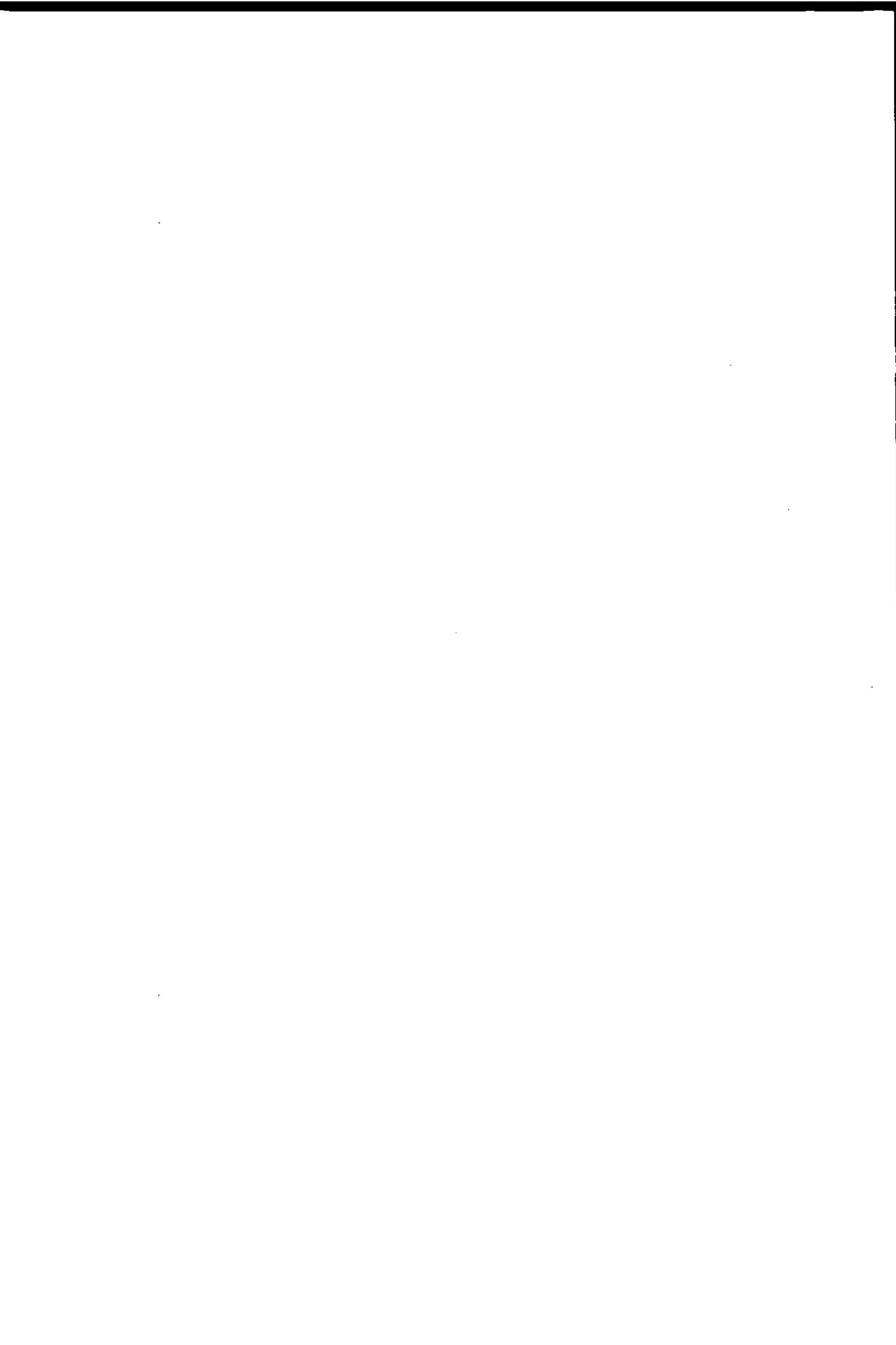
次にメカニカル・オートメーションと対比されるプロセス・オートメーションの流れを簡単に見てみよう。ロボティクスなどの華やかな進歩の陰にかくれて、近来はプロセス・オートメーションの色彩は地味に見える。しかし応用分野の拡大、対象装置の大形・複雑化などに伴って、その重要性は低下するどころかますます上昇しているのである。そしてここでもマイクロコンピュータを中心とするマイクロエレクトロニクスは、技術の変革に強いインパクトを与えている。例えば、機能分散型の制御システムの実現と普及である。分散化によって、システムの柔軟性、適応性、信頼性、保守性、拡張性などは飛躍的に増大した。光通信・情報処理の進歩とともに、分散化技術はますます発展するであろう。

しかしプロセス・オートメーションにおいても、将来の技術課題は多い。装置の複雑化と製品の高品質化ニーズに対処するための高度制御方式の導入、それに伴う大容量計算の高速化、マイクロコンピュータなどハードウェアの高信頼度化と標準化、ソフトウェア生産性の向上、センサの多様化と精密化などである。さらには個々のプロセスの高度な制御だけでなく、各種装置やプロセスの最適運用、生産計画との連動など、より高位のシステム的要求を満たすソフト技術の開発も重要である。

以上に概観したような認識を踏まえて、まず各種産業を対象として「生産技術分野におけるマイクロコンピュータの利用に関する意見調査」を実施した。生産現場におけるハード、ソフト利用の実態と開発体制を調査し、さらに利用の動機、

効果、将来計画、そしてシステムハウスに対する意見を聞くためである。その結果と委員会のコメントを、本報告書の第1章にまとめる。第2章以下は、中心的技術の現状をまとめ今後の動向を展望したものである。これらは前後6回の委員会における討論を踏まえて、各委員により分担執筆された。紙数その他の制約のために十分でない点も多いが、大方の参考となれば幸いである。

第1章 生産技術分野における
マイクロコンピュータの
利用に関する意見調査



第1章 生産技術分野におけるマイクロコンピュータ の利用に関する意見調査

1.1 調査の概要

(1) 調査目的

マイコンの技術的進歩と応用の拡大の中で、製造業界におけるマイコンを利用した機械・装置の自動化(F A)、工場の無人化に対応したシステム(F M S)など生産技術分野におけるマイコンの応用は今日非常な注目を集めている。

本調査はこうした生産分野におけるマイコン利用の実態を把握してシステムハウス業界におけるマイコンの応用技術の適用分野の拡大と技術力の向上に資することを目的とする。

(2) 調査項目

① 生産現場、工場等でのマイコンの利用形態について

- ・マイコンを組み込んだ機械・装置の利用
- ・マイコンの生産工程への直接利用
- ・生産設備メーカーにおけるマイコンの自社製品への組み込み

のそれぞれの場合について

- ・マイコンの利用状況
- ・マイコンを組み込んだ機械・装置の入手方法
- ・利用しているマイコンの形態
- ・利用しているマイコンの名称(型名)、語長(ビット数)
- ・利用しているマイコンのソフトウェア
- ・マイコンの選定基準
- ・マイコンを利用するにあたっての開発体制
- ・マイコンの利用動機、効果、将来計画

について調査した。

② システムハウスに対する意見について調査した。

(3) 調査対象

機械・装置産業分野でマイコンを生産現場、工場等で利用しているユーザ及び生産設備機械・装置メーカーを対象とした。

(4) 調査方法

アンケート方式で調査を行った。調査期間は昭和57年11月初旬から11月下旬である。

(5) 回収率

- ・調査票発送数 370
- ・回答者数 57 (回収率15%)

(6) 調査票

生産技術分野におけるマイクロコンピュータの利用に関する意見調査

回答は別紙回答用紙にお願い致します

マイクロコンピュータの持つすぐれた機能は、極めて多方面において活用されております。
こうしたマイクロコンピュータ(チップ、ボードあるいはシステムとして)を生産現場、工場等で利用するにあたっては、次の①、②のような利用形態が考えられます。さらに生産設備メーカーでは③も考えられます。

- ① マイクロコンピュータを組み込んだ機械・装置の利用
- ② マイクロコンピュータの生産工程への直接利用
- ③ マイクロコンピュータの製品への組み込み

1. マイクロコンピュータの利用について

質問1-1 貴社の生産現場、工場等においては、マイクロコンピュータをどのように利用されていますか。上記①、②、③の各形態のうち貴社に該当するものについてお答えください。

なお、回答にあたっては主な利用例を3つ選び回答してください。

質問1-2 現在利用しているマイクロコンピュータを組み込んだ機械・装置の入手方法についてお答えください。

上記①と回答された場合のみお答えください。

2. 各形態で利用しているマイクロコンピュータについて

(質問1-1で②、③及び質問1-2の回答(1)でコード「2」、「3」を回答した場合のみお答えください)

質問2-1 利用しているマイクロコンピュータはどのような形態のものでしょうか。

該当するコードに○印をつけてください。

コード	マイクロコンピュータの形態
A	チップ
B	ボード
C	システム

質問2-2 利用しているマイクロコンピュータの名称(型名)および語長(ビット数)について。

質問2-3

どのようなマイクロコンピュータのソフトウェアを利用していますか。
(言語、オペレーティングシステム、開発支援システム)

質問2-4

マイクロコンピュータを使用するにあたり、どのような基準でマイクロコンピュータを選定していますか。

該当するコードに○印をつけてください。(複数回答可)

コード	選 定 基 準
A	価 格
B	性 能
C	信 頼 性
D	使 用 実 績
E	購入先のサービス体制
F	拡 張 性
G	そ の 他

3. 各形態での開発体制について

質問3

マイクロコンピュータを利用するにあたって貴社ではどのような開発体制をとっていますか。

該当するコードに○印をつけてください。

(1) ハードウェアの仕様、設計、作製、テスト、運用について

コード	内 容
A	自社で行う
B	専門会社へ発注する
C	購入先が行う
D	そ の 他

(2) プログラムの開発について

コード	内 容
A	他社より完成されたソフトウェアを購入する
B	自社で開発する
C	専門会社へ発注する
D	そ の 他

(3) プログラムを自社で開発する場合の開発手段について

コード	内 容
A	開発、テストには専用マイクロコンピュータで行う
B	組込まれるマイクロコンピュータで行う
C	その他の計算機で行う

4. マイクロコンピュータの利用の動機、効果、将来計画について

質問 4 生産現場、工場等にマイクロコンピュータを利用するに至った動機、効果、将来計画等についてお答えください。

5. システムハウス^(注)に対するご意見

質問 5-1 貴社が生産現場、工場等にマイクロコンピュータを利用するにあたって、システムハウスを利用したことがありますか。

質問 5-2 システムハウスに対してはどのようなことを期待されていますか。

ご協力ありがとうございました。

(注) システムハウスとは（通産省の定義）

デバイスたるマイクロコンピュータと自社の有するソフトウェア技術、ノウハウを結合させ顧客の要望に応じてマイクロコンピュータの機能を十分に引き出したシステムやシステム製品を開発するマイクロコンピュータ応用機器メーカーです。

生産技術分野におけるマイクロコンピュータの利用に
関する意見調査回答用紙

貴社の概要

会 社 名			
所 在 地	〒 電話		
資 本 金(円)			
売 上 高(円)			
生 産 品 名 及 び 生 産 数 量 (代表的なものを5 つ記入してください)	生 産 品 名	生 産 数 量	
	1		
	2		
	3		
	4		
	5		
従 業 員 数(人)			

回 答 者 氏 名			
所 属 ・ 役 職 名	電話		

質問1-1

貴社の生産現場、工場等においては、マイクロコンピュータをどのように利用されていますか。①、②、③の各形態のうち貴社に該当するものについてお答えください。なお、回答にあたっては主な利用例を3つ選び回答してください。

質問1-1の回答欄				
マイクロコンピュータの利用形態		マイクロコンピュータが組込まれた機械・装置の名称	機械の用途	マイクロコンピュータのはたす役割
① 組込んだ機械・装置の利用	利用例1			
	利用例2			
	利用例3			
② 生産工程への直接利用	利用例1	マイクロコンピュータが直接利用されている生産工程名	生産工程の概要	マイクロコンピュータのはたす役割
	利用例2			
	利用例3			
③ 製品への組込み	利用例1	マイクロコンピュータを組み込む製品の名称	製品の用途	マイクロコンピュータのはたす役割
	利用例2			
	利用例3			

→質問1-2へ

→質問2へ

質問 1-2

現在利用しているマイクロコンピュータを組込んだ機械・装置の入手方法についてお答えください。

〔①マイクロコンピュータを組込んだ機械・装置の利用〕と回答された場合のみお答えください。

質問 1-2 の 回答 欄 (①マイクロコンピュータを組込んだ機械・装置利用の場合のみ回答してください。)

(1) 各利用例について該当するコードを選びお答えください。

内 容	コード
一般的製品を購入	1
特注品を購入	2
自社(自工場)で開発	3
その他()	4

利用例	該当するコード
利用例 1	
利用例 2	
利用例 3	

(2) 以下は左記のコード「1」に○印をされた方をお願いします。該当するコードに○印をつけてください。

内 容	コード	
購入した機械はマイクロコンピュータの組込みを特徴として宣伝していますか。	い る	A
	い ない	B
	わからない	C

内 容	コード	
貴方はその機械にマイクロコンピュータが組込まれていることによる利点を感じますか。	感 じる	A
	感 じない	B

(3)

内 容	コード
性能が高産化している	A
操作が自動化されていて便利である	B
柔軟性があり用途が拡大する	C
データ処理まで出来るので便利である	D
その他()	E

内 容	コード	
マイクロコンピュータを組込んだ機械の価格についてどう考えますか。	割高である	A
	性能向上にはば見合っている	B
	性能向上に比べて割安である	C
	従来品に比べ安くなった	D
	その他	E

質問 3へ

質問2-1

利用しているマイクロコンピュータはどのような形態のものでしょうか。(該当するコードに○印をつけて下さい)

質問2-2

利用しているマイクロコンピュータの名称(型名)および語長(ビット数)について

質問2-3

どのようなマイクロコンピュータのソフトウェアを利用していますか。(言語、オペレーティングシステム、開発支援システム)

の 利 用 形 態	マイクロコンピュータ	質問2-1の回答欄		質問2-2の回答欄		質問2-3の回答欄		
		マイクロコンピュータの形態	利用しているマイクロコンピュータの名称(型名)	マイクロコンピュータの語長(ビット数)	語 語 名	オペレーティングシステム名	開 発 支 援 シ ス テ ム	
							開発支援システム名	サポートチップ名
① 組込んだ機械装置の利用	利用例1	A B C						
	利用例2	A B C						
	利用例3	A B C						
② 生産工程への直接利用	利用例1	A B C						
	利用例2	A B C						
	利用例3	A B C						
③ 製品への組み込み	利用例1	A B C						
	利用例2	A B C						
	利用例3	A B C						

質問2-4

マイクロコンピュータを使用するにあたり、どのような基準で
マイクロコンピュータを選定していますか。
該当するコードに○印をつけて下さい。(複数回答可)

質問3

マイクロコンピュータを利用するにあたって、貴社ではどのような開発体制をとっていますか。
該当するコードに○印をつけて下さい。

の 利用 形態	マイクロコンピュータ	質問2-4の回答欄		質問3の回答欄																			
		マイクロコンピュータの選定をする基準		ハードウェアの開発体制					プログラムの 開発	プログラムを自社で開 発する場合の開発手段													
				社 標	設 計	作 製	テ ス ト	運 用															
① 組込んだ機械装置の利用	利用例1	A	B	C	D	E	F	G	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C
	利用例2	A	B	C	D	E	F	G	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C
	利用例3	A	B	C	D	E	F	G	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C
② 生産工程への直接利用	利用例1	A	B	C	D	E	F	G	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C
	利用例2	A	B	C	D	E	F	G	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C
	利用例3	A	B	C	D	E	F	G	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C
③ 製品への組み込み	利用例1	A	B	C	D	E	F	G	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C
	利用例2	A	B	C	D	E	F	G	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	C	A	B	C
	利用例3	A	B	C	D	E	F	G	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C

質問4

生産現場、工場等にマイクロコンピュータを利用するに至った動機・効果・将来計画等についてお答え下さい。

質問4の回答欄				
	マイクロコンピュータを利用するに至った動機	マイクロコンピュータを利用した効果	マイクロコンピュータの利用将来計画 (利用分野・用途及びそのために必要なマイクロコンピュータの条件等)	その他 (マイクロコンピュータの利用にあたってお預付きの点)
① 組込んだ機械装置の利用				
② 生産工程への直接利用				
③ 製品への組込み				

質問5-1

貴社が生産現場、工場等にマイクロコンピュータを利用するにあたって、システムハウスを利用したことがありますか。

質問5-1の回答欄

(該当するコードに○印をつけてください。)

(1)

内 容	コード
利用している	A
利用したことがある	B
利用したことがない	C

(2)

内 容	コード	
	知っている	知らない
システムハウスの存在を	A	B

(3)

システムハウスを利用しない理由は	内 容		コード
	自社の技術で十分である		A
	仕事の分割がむずかしい		B
	費用の問題		C
	その他		D

質問5-2

システムハウスに対してどのようなことを期待されていますか。

質問5-2の回答欄

(該当する期待度の欄に○印をつけてください。)

期待する項目内容	期待度	大いに期待する	多少期待する	期待しない
コンサルタント				
マイクロコンピュータ組込みシステムの設計				
インタフェースの作成				
プログラムの開発				
マイクロコンピュータのメンテナンス				
プログラム支援システムの提供				
マイクロコンピュータ組込みのシステム製品の開発				
その他				

(システムハウスに対するご意見)

ご回答ありがとうございました。

1.2 調査の結果

本調査は、製造業界におけるマイコン応用の実態の把握という形で行ったが、回答数に比べて業種が多岐にわたっており、統計的集計は余り大きな意味をもたないと考えられたこと、および回答者の業種、マイコンを応用している装置等との関連で後続の質問に対する回答を理解するような質問形態をとっていることなどのため、本項では可能な限り生に近い形で調査結果を示すこととした。

(1) 回答者構成

表 1 - 1 分野別回答数

調査対象分野	回答数	比率
自動車	3	5.3
民生用電気機械器具	8	14.0
鉄鋼	11	19.3
化学	3	5.3
工作機械	6	10.5
ロボット	6	10.5
造船	5	8.8
油圧機器・空気圧機器	0	0
化学機械	4	7.0
土木建設機械	5	8.8
ボイラ・原動機	2	3.5
電気計器・電気測定器	4	7.0
合計	57 (社)	100.0 (%)

表1-2 マイクロコンピュータの利用状況別回答数

調査対象分野	マイクロコンピュータを組込んだ機械装置の利用		マイクロコンピュータの生産工程への直接利用		マイクロコンピュータの製品への組み込み	
	回答数	比率	回答数	比率	回答数	比率
自動車	3	6.4	3	11.1	1	6.3
民生用電気機械器具	7	14.9	6	22.2	1	6.3
鉄鋼	9	19.1	4	14.8	0	0
化学	3	6.4	0	0	0	0
工作機械	5	10.6	5	18.5	6	37.5
ロボット	3	6.4	1	3.7	4	25.0
造船	5	10.6	2	7.4	0	0
油圧機器 空気圧機器	0	0	0	0	0	0
化学機械	2	4.3	3	11.1	2	12.5
土木建設機械	5	10.6	0	0	0	0
ボイラ・原動機	2	4.3	1	3.7	0	0
電気計器 電気測定器	3	6.4	2	7.4	2	12.5
合計	47(社)	100.0(%)	27(社)	100.0(%)	16(社)	100.0(%)

表1-3 回答企業の従業員数

従業員数	回答数	比率
1,000人以上	37	64.9
999~500	6	10.5
499~100	13	22.8
100人未満	1	1.8
合計	57(社)	100.0(%)

(2) マイクロコンピュータの利用 (質問1-1、質問2-1、2-2、2-3、2-4、質問3)

① 表1-4(A) マイクロコンピュータを組込んだ機械・装置の利用

調査対象分野	質問 1-1			質問2-1	質問 2-2		質問 2-3			質問 2-4							質問 3 (注)																										
	マイクロコンピュータが組込まれた機械・装置の名称	機械の用途	マイクロコンピュータのはたす役割	マイクロコンピュータの形態	利用しているマイクロコンピュータの名称(型名)	マイクロコンピュータの語長(ビット数)	言語名	オペレーティングシステム名	開発支援システム		マイクロコンピュータの選定基準							ハードウェアの開発体制					プログラムの開発	プログラムを自社で開発する場合の開発手段																			
									開発支援システム名	サポートチップ名	価格	性能	信頼性	使用実績	購入先の体制	拡張性	その他	仕様	設計	作成	テスト	運用																					
自動車	A	組立ライン自動刻印機	Identification Numberの自動刻印	制御機能																																							
		トランス・アックスル積付装置	ユニットの貯留引出し、積付け	貯留レーン在庫引出し管理装置の制御																																							
		自動塗装機	自動塗装	制御機能																																							
	B	汎用シーケンサ	・搬送 ・仕掛指示 ・その他各種制御	制御装置																								A, C	C	C	A, C	A	C										
		ロボット自動機	板金塗装自動機	"																								A	C	C	A, C	A	C										
	C	シーケンサ組込みの生産設備	鋳造、鍛造、機械、板金、組立、塗装等の加工	生産設備のシーケンス制御																																							
		CNC工作機械	切削、研削等の加工	オンライン上でのNC加工制御	システム	Z80 6808 6809	8又は16	機械語					○																					○	A	A	B	A	A	B	A		
		ロボット	スポット溶接等	生産ラインのFMS化																																							
	民生用電気機械器具	A	汎用モートル自動組立機	Hg, Rt, Eb等の部品組立作業	・シーケンス制御 ・組立機種別動作の実行	チップ	HD 6800	8	アセンブラ	MVS	M-180 (TSS-RJE)			○																							○	A	A	A	A	A	B
フラットモートル巻線機			フラットモートルの巻線作業(自動)	シーケンス制御、自動運転、単独部分運転、部分停止、手動操作、非常停止、定位置復帰、他	"	"	"	"	"	"	M-200H (TSS-RJE)			○		○	○																										
パルスモートルコントローラ			パルスモートル回転制御	パルスモートル回転速度パターン制御、総回転数設定、回転方向、他	"	HD 6802	"	"	"	"	"	"			○		○	○																									

(注) 質問3の英文字コードの内容は調査票(P8、9)質問3を参照

表 1-4 (B) マイクロコンピュータを組み込んだ機械・装置の利用

調査対象分野	質問 1-1			質問 2-1	質問 2-2		質問 2-3			質問 2-4							質問 3 (注)													
	マイクロコンピュータが組み込まれた機械・装置の名称	機械の用途	マイクロコンピュータのはたす役割	マイクロコンピュータの形態	利用しているマイクロコンピュータの名称(型名)	マイクロコンピュータの語長(ビット数)	言語名	オペレーティングシステム名	開発支援システム		マイクロコンピュータの選定基準							ハードウェアの開発体制					プログラムの開発	プログラムを自社で開発する場合の開発手段						
									開発支援システム名	サポートチップ名	価格	性能	信頼性	使用実績	購入先の体制	拡張性	その他	仕様	設計	作成	テスト	運用								
B	インピーダンスチェッカー	部品取付等のプリント基板検査	動作シーケンス測定データのコンパレートGO-NOGの判定																			A, B	B	B	A, B	A	B	B		
	部品自動とう入機	P.C.Bボードの部品の取付	動作シーケンス																				B	B	B	A, B	A	B	B	
	P.C.B特性チェッカー	TVシャーン特性検査及び調整	動作シーケンスデータ書込み、他																					A	A	A	A	A	B	A
C	自動スポット機	直線方向の点溶接を自動的に行う	順序指示 I/O	システム		8						○																	B	A
D	検査装置	数百項目の検査結果の自動判定と検査値の自動出力	判定性能の時系列記録	システム		8	アセンブラ		MDS 80	Z 80													A	B	C	A	A	C		
E	溶接ロボット(リンクスポット溶接機)	抵抗溶接	機械制御(位置決め、データ記憶)	ボード	i 8080	8	アセンブラ					○		○									C	C	C	C	C	C	C	
	自動シャー(デジタルシャー)	材料切断	"																				C	C	C	C	C	C	C	
F	試験装置	プリント板完成試験	入力データの記憶、転送出力データの解析																				C	C	C	C	C	C		
	パンチング、冷間ロールマシン	素材の板金加工	トランスファ及び完全自動化シングル段取、ワントッチ段取化	システム	MZ-80	8	アセンブラ	SB-1520				○	○	○	○		○						A	A	A	A	A	A	B	B
	ポリウレタン発泡機	断熱材注入発泡	・プログラム制御と原料注入位置、量の自動設定 ・原料調合の自動化と自動供給 ・タイミング管理	ボード	"	"	"	"				○	○	○	○		○						A	A	A	A	A	A	B	B
	冷凍サイクル取付機	キャビネット完成品とサイクル完成品との結合	機械別読取区分結合、締結位置の自動設定自動締結	"	"	"	"	"				○	○	○	○		○						A	A	A	A	A	A	B	B
G	<各種雑多であり、特に特色あるものはなし>																													

(注) 質問 3 の英文字コードの内容は調査票 (P 8、9) 質問 3 を参照

表 1-4 (C) マイクロコンピュータを組込んだ機械・装置の利用

調査対象分野	質問 1-1			質問 2-1	質問 2-2		質問 2-3			質問 2-4							質問 3 (注)												
	マイクロコンピュータが組込まれた機械・装置の名称	機械の用途	マイクロコンピュータのはたす役割	マイクロコンピュータの形態	利用しているマイクロコンピュータの名称(型名)	マイクロコンピュータの語長(ビット数)	言語名	オペレーティングシステム名	開発支援システム		マイクロコンピュータの選定基準							ハードウェアの開発体制					プログラムの開発	プログラムを自社で開発する場合の開発手段					
									開発支援システム名	サポートチップ名	価格	性能	信頼性	使用実績	購入優先体の制約	拡張性	その他	仕様	設計	作成	テスト	運用							
鉄	分析器機	鉄鋼成分の分析	システム制御 伝送制御(オンライン) 含有量計算	システム	DEC- PDP11 ²³	16	FORTRAN MACRO	RSX11M			○										C	C	C	C	A	C	B		
	N C 旋盤	圧送ロールの切削	数値制御																			C	D	D	C	A	A	B	
	寸法測定装置	鋼管の寸法測定	数値計算 デジタル表示	ボード	AP101M	16	アセンブラ					○										A	B	B	B		A	B	
	コマンドマイクロコンピュータトレーニングシステム付アイトレーナー	鋼材の型切断 (ガスによる溶断)	テーピングによるピチシング(下孔)位置の記憶や検数の型や繰返しの動作ができる等の送り位置決め制御及び切断シーケンス機能																			C	C	C	C	C	D		
	ミルモーター制御装置	熱間鋼材 圧延設備	連続圧延における張力制御																			C	C	C	C	C	D	B	
	自動バリ取り機	鋳バリ取り作業	グラインダー軌跡をメモリーに記憶させたあと記憶の内容によりグラインダーを動かす																										
	油圧圧下装置	厚板圧延用	厚板板厚制御機能、上位計算機とのデータリンク、データロギング																				A	C	C	C	A	A	B
	連続鋳造制御装置	連続鋳造制御用	ピンチロール主幹制御 トラッキング制御 カッターマーキング制御 上位計算機とのデータリンク																				A	C	C	C	A	A	B
	クランプ制御装置	熱延、クランプ シャー用	クランプシャーAPC制御 上位計算機とのデータリンク																				A	C	C	C	A	A	B
	鋼	熱延鋼板 先端形状計	熱延鋼板の先端尾端の平面形状を光学的に測定し、フライングクランプシャーにオンラインで切替指示を出す	画像イメージから鋼板のエッジを識別し、寸法、形状測定アルゴリズムによる判定																			A	A	C	C	A	C	
コンベア スケール		鉄鋼石のベルトコンベアの上での重量、搬送量測定	重量と搬送速度の乗算による累積搬送量の演算 装置全体の自動検定と自動誤差補正																			A	A	C	A	A	B	A	

(注) 質問 3 の英文字コードの内容は調査票 (P 8、9) 質問 3 を参照

表 1-4 (D) マイクロコンピュータを組み込んだ機械・装置の利用

調査対象分野	質問 1-1			質問 2-1	質問 2-2		質問 2-3			質問 2-4							質問 3 (注)								
	マイクロコンピュータが組み込まれた機械・装置の名称	機械の用途	マイクロコンピュータの果たす役割	マイクロコンピュータの形態	利用しているマイクロコンピュータの名称(型名)	マイクロコンピュータの語長(ビット数)	言語名	オペレーティングシステム名	開発支援システム		マイクロコンピュータの選定基準							ハードウェアの開発体制					プログラムの開発	プログラムを自社で開発する場合の開発手段	
									開発支援システム名	サポートチップ名	価格	性能	信頼性	使用実績	購入先の体制	拡張性	その他	仕様	設計	作成	テスト	運用			
鉄	G	トービードレベル計	高炉、トービードカーの受設量(レベル)の測定																A	A	C	A	A	B	A
	H	クレーンの自軌化	鋼片の運搬	クレーンの運転制御															C	C	C	C	A	C	
		スタンパーマキニング自動化機器	鋼片(板)の印字	印字機の制御															C	C	C	C	A	C	
		NC 機器	ロール研磨	バイトの位置制御及び回転機の制御															C	C	C	C	A	C	
鋼	I	電線管、最適溶接電力制御装置	溶接、電力制御	溶接条件、状態モニタリングのための信号処理及び溶接電力最適化制御演算	ボード	TLCS-12A	12	アセンブラ		DEMOS-E			○	○	○	○		A	A	B	B	A	B	C	
		鋼片、運搬フリッター制御装置	運搬位置制御	生産スケジュール情報の受信リフターロックキング、フリッター走行、把持制御															C	C	C	C	A	A	
		デジタル計装システム	プロセス制御	プロセス制御装置 データ管理 シーケンス制御 システム間データリング マンマシンコミュニケーション															C	C	C	C	A	C	
J	X線厚さ計	薄鋼板のオンラインの厚さ測定用	検出器で検出された厚み信号の交換、補正、比較等の信号処理及び装置各部の動作チェックを行なうもの															C	C	C	C	C	A		
	温度計	スラブ表面温度計測	検出器で検出された温度信号の補正演算用	システム	DE-2000(Z-80)	16	FDPL(フィールドデータプロセッシング言語)	名称なし					○	○	○	○	○	C	C	C	C	C	A		
	ロール研磨機	圧延用ロールの研磨	研磨用バイトの位置決め及びシーケンス制御		MELSEC-008	"	特殊	なし	なし				○	○	○	○	○	C	C	C	C	A	C		
化学	A	プログラマブルコントローラ	蒸留塔の制御	フィードフォワード制御演算 その他演算														C	C	C	C	C	B	B	

(注) 質問 3 の英文字コードの内容は調査票 (P8、9) 質問 3 を参照

表1-4(F) マイクロコンピュータを組み込んだ機械・装置の利用

調査対象分野	質問 1-1			質問2-1	質問 2-2		質問 2-3			質問 2-4							質問 3 (注)										
	マイクロコンピュータが組み込まれた機械・装置の名称	機械の用途	マイクロコンピュータのはたす役割	マイクロコンピュータの形態	利用しているマイクロコンピュータの名称(型名)	マイクロコンピュータの語長(ビット数)	言語名	オペレーティングシステム名	開発支援システム		マイクロコンピュータの選定基準							ハードウェアの開発体制					プログラムの開発	プログラムを自社で開発する場合の開発手段			
									開発支援システム名	サポートチップ名	価格	性能	信頼性	使用実績	購入先の体制	拡張性	その他	仕様	設計	作成	テスト	運用					
ロボット	A	測定器類	実験、試験、データの測定																								
	B	旋盤、立旋盤、ボーリング、ボール盤、各種複合機械、オートハンド、他	機械加工部品の供給または排除	制御																							
	C	機械工作工場無人搬送装置	MC機械間の無人搬送	シーケンス制御 在庫管理																							
		無人搬送台車	自動(無人)搬送	シーケンス制御																							
造		シーケンスコントローラ	無人耐久試験装置	シーケンス制御																							
	A	遠方監視制御装置	電力配電設備における監視、制御、記録	日報作表記録、変電室定時制御、ディマンド制御、停電復旧制御、事故捜査制御、運転記録	システム	NEAC-M4	8	アセンブラ	DOS			○	○	○													
		NC工作機械	鋼板切断	記憶、制御演算	"	FACOM U-200	16	FORTRAN アセンブラ	"	FUNUCKO			○		○												
		自動製図機	○船体構造用正面線図 ○船体内構部材一品図作図 ○一般自動設計製図	システムプログラムの入れ替えにより自動製図機の機能が自由に選択発揮される ・同一作業を行うに当っては、同時並列作業が行えるため作図実行中に磁気テープより入力データの読み込みが行なえる ・簡単に各種の入出力装置が接続できる																							
船	B	MCV-500 マシニングセンター	金属材料を加工して製品製作	省力化と能率向上																							
		M-4 マザートル TICNC 旋盤 Y-COM-94 デジタルコントロールボール盤 M-7 マザックジュニア旋盤																									
C	自動製図機	船の線図、構造図等作画	入力データの読み、直線、円弧補間及び文字発生																								

(注) 質問3の英文字コードの内容は調査票(P8、9)質問3を参照

表1-4(G) マイクロコンピュータを組み込んだ機械・装置の利用

調査対象分野	質問 1-1			質問 2-1	質問 2-2		質問 2-3			質問 2-4							質問 3 (注)																	
	マイクロコンピュータが組み込まれた機械・装置の名称	機械の用途	マイクロコンピュータの果たす役割	マイクロコンピュータの形態	利用しているマイクロコンピュータの名称(型名)	マイクロコンピュータの語長(ビット数)	言語名	オペレーティングシステム名	開発支援システム		マイクロコンピュータの選定基準							ハードウェアの開発体制					プログラムの開発	プログラムを自社で開発する場合の開発手段										
									開発支援システム名	サポートチップ名	価格	性能	信頼性	使用実績	購入先の体制	拡張性	その他	仕様	設計	作成	テスト	運用												
造船	D	GNC装置	船の構造図、構造一品図の会話式図形処理	ディスプレイ装置の図形表示やその修正、削除の処理	システム	PFU-1300																												
	E	GNオンラインプロットシステム	CADシステムのハードコピー	ホストコンピュータとプロッタ間のインタフェース																							A	A	C	A	A	B	B	
	F	NC自動製図機	船殻各種部材の自動製図	自動製図のための数値制御	システム	HITAC-10&10II	8	FORTRAN アセンブラ																										
		NC自動切断機	船殻外機材の自動マーキン切断	自動マーキン・切断のための数値制御	コントローラ																													
化学機械	A	高占積率巻線機	モータの巻線	巻線作業中、巻線がスロット内に順次配列するよう電線を案内していく	ボード	HD6800	8	アセンブラ	自家専用	H68SD20	HD6800																A	A	A	A	A	B	A	
	B	NC工作機械	部品の機械加工	工作機械の制御																								C	C	C	C	C	A	
		ロボット	部品の溶接	溶接作業の制御																								C	C	C	C	C	A	
土木建設機械	A	NC工作機械	部品加工	シーケンスコントロール																							C	C	C	C	A	A	B	
		産業ロボット	部品塗装	"																							C	C	C	C	A	C	B	
	B	検査機	リークテスト	判断 シーケンスコントロール	ボード		8	アセンブラ	自社	Z80			○	○	○												A	A	A	A	A	B	C	
		オートローダ	ワーク搬送	シーケンス制御																														

(注) 質問3の英文字コードの内容は調査票(P8、9)質問3を参照

表1-4(H) マイクロコンピュータを組み込んだ機械・装置の利用

調査対象分野	質問 1-1		質問 2-1	質問 2-2		質問 2-3			質問 2-4						質問 3 (注)														
	マイクロコンピュータが組み込まれた機械・装置の名称	機械の用途	マイクロコンピュータのはたす役割	マイクロコンピュータの形態	利用しているマイクロコンピュータの名称(型名)	マイクロコンピュータの語長(ビット数)	言語名	オペレーティングシステム名	開発支援システム		マイクロコンピュータの選定基準						ハードウェアの開発体制					プログラムの開発	プログラムを自社で開発する場合の開発手段						
									開発支援システム名	サポートチップ名	価格	性能	信頼性	使用実績	購入先の体制	拡張性	その他	仕様	設計	作成	テスト			運用					
土木建設機械	ベレット ストッカー	ベレット自動搬送	〃																										
	特高受電所 DATA収録装置	自動監査記録	異状検出、処理、演算制御、データ収録																										
	円筒研削盤	生産用	直径制御																										
	真円度測定器	測定	表示																										
	滑車組立 ロボット	クレーン用滑車のベアリング圧入	ロボットのすべてを制御	ボード	6800	8	アセンブラ	なし	ソフィア in ll	Z 80 Z8085 6800	○																		
	NC装置	旋盤、マシン グセンター、等	・テーブル、キーボード、位置検出等からのデータ処理 ・軸移動データの演算 ・サーボ装置、補助機能の制御																										
	シーケンサ (ノッチング ロボット)	発電機、モータ コアのノッチング	ロボットのシーケンス制御																										
	グラフィック ディスプレイ	CAD/CAM (生産設計)	諸計算機能																										
	自動製図機	設計製図 生産製図 自動原寸	計算及び制御																										
	NCボール盤 NC旋盤	自動穴あけ 旋盤	制御																										
原動機	A NC旋盤	位置、回転、送り制御、動作指示																											

(注) 質問3の英文字コードの内容は調査票(P8、9)質問3を参照

表1-4(I) マイクロコンピュータを組み込んだ機械・装置の利用

調査対象分野	質問 1-1			質問 2-1	質問 2-2		質問 2-3			質問 2-4						質問 3 (注)								
	マイクロコンピュータが組み込まれた機械・装置の名称	機械の用途	マイクロコンピュータのはたす役割	マイクロコンピュータの形態	利用しているマイクロコンピュータの名称(型名)	マイクロコンピュータの語長(ビット数)	言語名	オペレーティングシステム名	開発支援システム		マイクロコンピュータの選定基準						ハードウェアの開発体制					プログラムの開発	プログラムを自社で開発する場合の開発手段	
									開発支援システム名	サポートチップ名	価格	性能	信頼性	使用実績	購入先の制約	拡張性	その他	仕様	設計	作成	テスト			運用
ボイラ・原動機	シム厚測定指示機	計測値の取込み 偏差の計算→シム枚数指示	磁気カードの読取り 計測値の取り込み→計算→指示															A	A	A	A	A	B	C
	自動機関、銘板刻印機	エンボッサーの制御	磁気カードの読取り 検索 刻印データの転送															A	A	A	A	A	B	B
電気計器・電気測定器	アナログボードテスター	アナログボード自動試験	試験手順、項目、自動送行調整、項目、内容の自動指示、良否判定	システム	PFL-16A	16	アセンブラ		FPS-16			○	○				A	A	A	A	A	B	A	
	NCボール盤 DNCシステム	NC機器、自動コントロール	NCボール盤、テーブルス運転、ドリル管理、生産管理	"	"	"	"		"			○	○				A	A	A	A	A	B	A	
	CVCFインバータ自動試験機	CVCFインバータ自動試験	試験順項目、自動送行、良否判断、試験成績表、自動作表、データ転送	"	"	"	"		"			○	○				A	A	A	A	A	B	A	
B	電線測長切断端末処理ライン	配電盤用電線を配線作業以前にあらかじめ製作しておく装置	動作指令データの読込み機械の制御	システム	TOSMIC-12	12	アセンブラ	使用せず	大型コンピュータによるクロスアセンブル及び自作設備(JICS-12A)			○	○		○		A	A	A	A	A	B	B、C	
	帯板加工ライン	各種帯状板材等を穴あけ、切断する設備	動作指令データの読込み機械の制御 機械の異状監視	"	PC10/10	16	"	MTX-86	インテル社 MDS			○	○		○		A	A	A	A	A	B	A、B	
	完成品の試験装置	完成した製品に対して、さまざまな電圧を印加しながら、性能試験を行い良否判別する。	試験データ処理 機械の制御 機械の異状監視	"	"	"	"	"	"					○	○		A	A	A	A	A	B	A、B	
C	自動布線機	電子回路配線、ラッピング接続用	電子回路の機械が高密度化してきており、品質、コスト改善	チップ	8080	8	機械語					○	○	○	○	○	A	A	A	A	A	B	A、B	
	プリント板用ドリル	プリント基板の孔あけ	産業用電子回路用プリント板の加工内容の高度化、効率化	"	"	"	"					○	○	○	○	○	A	A	A	A	A	B	A、B	

(注) 質問3の英文字コードの内容は調査票(P8、9)質問3を参照

表1-5(B) マイクロコンピュータの生産工程への直接利用

調査対象分野	質問 1-1			質問 2-1	質問 2-2		質問 2-3			質問 2-4						質問 3 (注)											
	マイクロコンピュータが直接利用されている生産工程名	生産工程の概要	マイクロコンピュータのたす役割り	マイクロコンピュータの形態	利用しているマイクロコンピュータの名称(型名)	マイクロコンピュータの語長(ビット数)	言語名	オペレーティングシステム名	開発支援システム		マイクロコンピュータの選定基準						ハードウェアの開発体制					プログラムの開発	プログラムを自社で開発する場合の開発手段				
									開発支援システム名	サポートチップ名	価格	性能	信頼性	使用実績	購入先の体制	拡張性	その他	仕様	設計	作成	テスト			運用			
民生用電気機械器具	D	大型冷蔵庫プレス工程	大型冷蔵庫、キャビネットドアの板金加工	工程内自動化設備及びストレージライン移載装置を含めたライン全体の同期化	システム	MZ-80	8	アセンブラ	SB-1520			○	○	○	○		○			A	A	A	A	A	B	B	
		" 塗装工程	大型冷蔵庫、キャビネットの塗装加工	自動色替装置、自動インデクサーポイント切替装置、塗装ロボットのプログラム制御及び塗装条件管理の自動化	"	"	"	"	"			○	○	○	○		○			A	A	A	A	A	B	B	
		" ポリウレタン発泡工程 " 総合組立工程 " 梱包工程	大型冷蔵庫組立加工	<ul style="list-style-type: none"> 3機種同期生産対応 性能測定自動化(ミニコン) ポリウレタン発泡-組立-梱包迄のフリーフロー生産システム(同期化) 	"	"	"	"	"			○	○	○	○		○			A	A	A	A	A	B	B	
	E	マニシングセンター			システム																						
		N C 旋盤			"																						
		配線検査機			"																						
	F	モータ加工ライン	ボール盤のCNC	CNC制御 インテリジェントターミナル	システム	PC8001	8	PLM-80系	CP/M	PC8001	Z80A	○	○							A	A	A	A	A	A	B	
		変圧器鉄心積上工程	ケイ素鋼板の切断 配置、積上	CADからのCAM デジタル、DCサーボ、 シーケンサーのコントロール	"	PDS-III	"	"	"	PDS-III	"		○	○				○		A	A	A	A	A	C		
		試験ライン	ホストCPUからのデータにより、自動試験を行う	各種計測器 コントローラの制御	ボード システム	PC8001 HP8025	"	BASIC					○		○			○		A	A	A	A	A	B	B	
鉄鋼	A	製鋼工程	鋼の精錬、成分調整	分析の迅速化、正確化	システム	OKITAC 4300	16	アセンブラ				○	○						A	C	C	C	A	C	B		
	B	圧延工程	棒鋼の熱間圧延	圧延材のトラッキング	ボード		8	アセンブラ				○	○						C	C	C	C	A	C	B		

(注) 質問3の英文字コードの内容は調査票(P8、9)質問3を参照

表 1-5(D) マイクロコンピュータの生産工程への直接利用

調査対象分野	質問 1-1			質問 2-1	質問 2-2		質問 2-3			質問 2-4							質問 3 (注)										
	マイクロコンピュータが直接利用されている生産工程名	生産工程の概要	マイクロコンピュータのはたす役割	マイクロコンピュータの形態	利用しているマイクロコンピュータの名称(型名)	マイクロコンピュータの語長(ビット数)	言語名	オペレーティングシステム名	開発支援システム		マイクロコンピュータの選定基準							ハードウェアの開発体制					プログラムの開発	プログラムを自社で開発する場合の開発手段			
									開発支援システム名	サポートチップ名	価格	性能	信頼性	使用実績	購入先の体制	拡張性	その他	仕様	設計	作成	テスト	運用					
工 作 機 械	B	CAD	電気設計工程	アッセンブル	システム	8	BASIC	ISHI	SORD			○									C	C	C	C	A	A	
		CAM	部品調達工程	端末機器	"	16		SCAP	PIPS EPOCALC			○									C	C	C	C	A	A	
		金属加工工程(FMS)	18台の工作機械の無人運転	機械制御 ロボット制御	チップ ボード システム	Z80	8	アセンブラ		HP 6400				○	○		○				A	A	A	A	A	B	C
	C	金属加工工程(単体機)	加工状態の監視	シーケンス制御 表示	チップ	"	"	"		"				○	○						A	A	A	A	A	B	C
		金属加工工程(ロボット)	ワークのロード、アンロード	シーケンス制御 数値制御	"	"	"	"		"				○	○						A	A	A	A	A	B	C
	D	ブロック単位の慣らし運転	ユニット単位での動作、試験と慣らし運転	シーケンス制御と監視	チップ	MC-6800	8	アセンブラ						○	○	○	○				A	A	A	A	A	B	A
		位置決め 精度検査	完成品の精度検査	計測器の制御で結果の集計検査票の出力	システム	Z-80	"	BASIC						○	○	○	○				A	A	A	A	A	B	B
	E	歯車生産工程	歯車の設計、生産	歯車の諸元、自動計算	システム	YHPDISC TOP COMPUTE- R 9825T		HP- LANGU- AGE							○	○					C	C	C	C	A	A	B
	F	NCテープ 作成工程	NCテープの 自動作成	自動工具経路、交点計算	システム	YHPDISC TOP COMPUTE- R 9825T		HP- LANGU- AGE							○	○					C	C	C	C	A	A	B
	ロボット	A	電動機の全自動試験システム	完成した各種特性試験と成績書作成	制御	システム	L-16A	FORTAN BASIC						○	○	○					A	A	A	A	A	B	B、C
造船	A	原図作業(1)	船のBODY PLAN 1/10構図 (品図)	システム									○	○	○	○	○										

(注) 質問 3 の英文字コードの内容は調査票(P8、9)質問 3 を参照

表1-5(E) マイクロコンピュータの生産工程への直接利用

調査対象分野	質問 1-1			質問 2-1	質問 2-2		質問 2-3			質問 2-4						質問 3 (注)										
	マイクロコンピュータが直接利用されている生産工程名	生産工程の概要	マイクロコンピュータのはたす役割	マイクロコンピュータの形態	利用しているマイクロコンピュータの名称(型名)	マイクロコンピュータの語長(ビット数)	言語名	オペレーティングシステム名	開発支援システム		マイクロコンピュータの選定基準						ハードウェアの開発体制					プログラムの開発	プログラムを自社で開発する場合の開発手段			
									開発支援システム名	サポートチップ名	価格	性能	信頼性	使用実績	購入優先体の制約	拡張性	その他	仕様	設計	作成	テスト			運用		
造船	A	原図作業(2)	1/10構図(品図のデータ)	システム																						
	B	設計部 CADルーム	造船設計	ホストコンピュータとプロッタ間のインタフェース																						
化学機械	A	生産管理システム	電動工具の生産	ボード	HD 6800	8	アセンブラ	自家専用	HIDIC-20																	
		運搬車運行管理システム	電動工具の生産	システム	μPD 8035	"	"	"	F-PDT8	MB 88861																
	B	部品の加工及び組立	各種省力化装置	プログラマブルコントローラを多数使用																						
	C	プレス工程	リンク製作材料の自動供給	演算 DCサーボモータ回転制御	ボード	HMCS-6802	8	アセンブラ	FDOS	AMP-ERE-MAC-ROS 6800	68系															
		組立工程	作業時間自動計測集計	タイムカット 演算、印字出力	"	HMCS-6800	"	"	"	"	"															
	D	検査工程	リンク加工寸法検査	ボード	HMCS-6800	8	アセンブラ	FDOS	AMP-ERE-MAC-ROS 6800	68系																
原動機	A	ノズル研磨ライン	ノズルパブルの研磨	各NCへのワークの出入り監視	PCA-8501 (三菱)	8	アセンブラ																			
電気計測器		制御盤の配線情報処理ライン	配線作業に必要な情報は製造のノウハウを加味して作成する	上流工程(設計機械システム=大型計算機)から出力されるデータと製造ラインのノウハウをμ-CPUに入力することによって配線情報を自動出力する(CADとCAMを結ぶ中間システム)	システム	SORD/M243	8	アセンブラ	FORT-RAN BASIC	MDOS	自機															
	A	印刷ユニットの部品収集	印刷ユニットに必要な部品と個数と棚番をシークンズで表示する	必要データ(部品番号、個数と棚番)の読み込み表示器へのデータ転送	ボード	TLCS-12A	12	アセンブラ	使用せず	大型コンピュータによるクロスアセンブル																

(注) 質問3の英文字コードの内容は調査票(P8、9)質問3を参照

表 1 - 5 (F) マイクロコンピュータの生産工程への直接利用

調査対象分野	質問 1-1			質問 2-1	質問 2-2		質問 2-3			質問 2-4							質問 3 (注)								
	マイクロコンピュータが直接利用されている生産工程名	生産工程の概要	マイクロコンピュータのはたす役割	マイクロコンピュータの形態	利用しているマイクロコンピュータの名称(型名)	マイクロコンピュータの語長(ビット数)	言語名	オペレーティングシステム名	開発支援システム		マイクロコンピュータの選定基準							ハードウェアの開発体制					プログラムの開発	プログラムを自社で開発する場合の開発手段	
									開発支援システム名	サポートチップ名	価格	性能	信頼性	使用実績	購入先体の制約	拡張性	その他	仕様	設計	作成	テスト	運用			
電気計器・電気測定器	アッセンブリ作業	電子回路配線作業	電子回路配線の高密度化多量化に対するデータ処理	チップ	8080	8	機械語					○	○	○	○	○	○		A	A		A	A		A、B
	検査作業	電子回路接続品質管理	"	システム	Z80	"	"					○	○	○	○	○	○		A	A、B	B	B	A		A、B
	図面管理	作業管理情報の処理	多品種生産の情報処理の効率化	"	"	"	"					○	○	○	○	○	○		A	A	A	A	A		A、B

(注) 質問 3 の英文字コードの内容は調査票(P8、9)質問 3 を参照

表1-6(B) マイクロコンピュータの製品への組み込み

調査対象分野	質問 1-1		質問 2-1	質問 2-2		質問 2-3			質問 2-4					質問 3 (注)													
	マイクロコンピュータを組み込む製品の名称	製品の用途	マイクロコンピュータの果たす役割	マイクロコンピュータの形態	利用しているマイクロコンピュータの名称(型名)	マイクロコンピュータの語長(ビット数)	言語名	オペレーティングシステム名	開発支援システム		マイクロコンピュータの選定基準					ハードウェアの開発体制					プログラムの開発	プログラムを自社で開発する場合の開発手段					
									開発支援システム名	サポートチップ名	価格	性能	信頼性	使用実績	購入先体の制約	拡張性	その他	仕様	設計	作成			テスト	運用			
工 作 機 械	C	工作機械	部品加工	加工プロファイルの数値制御	チップシステム	Z80, 他	8	アセンブラ											A	A, C	A, C	A, C	A, C	A, B	C		
				機構動作のシーケンス制御	チップ	Z80	8	アセンブラ	TOGA	YHP-64000											A	A	A	A	A	B	C
				稼動状態の自動監視機能	"	"	"	"	"	"	"											A	A	A	A	A	B
	D	NC工作機械	金属加工	数値制御	システム	8086	16	アセンブラ		MDS										B	B	B	A	A	C		
				加工状態の監視、表示、モニタリングシステム	チップ	Z80	8	"		HP 64000												A	A	A	A	A	B
			ロボット	金属材料の搬送	数値制御、シーケンス制御	"	"	"	"	"										A	A	A	A	A	B	C	
E		工作機械	NC装置のコントローラ	システム	i8086	16														C	C	C	C	D	A	C	
F	マシニングセンタ	MC-3V MC-5VA	工作機械	数値制御による機械の自動化	システム	FANUC SYST-EM6M																					
				精密立フライス盤(MAC-85N-5S)	"	"	"	"	"	"	"																
ロ ボ ット	A	産業用ロボット	溶接、塗装等	中央管理ユニットとして動き、全ての入出力を管理	チップ	8080A	8	アセンブラ	FDOS-3000	アイダック開発装置	Z80									A	A	A	A	A	B	A	
		NC工作機械	金属加工	"	ボード	8085 Z80	"	"	"	"	"										A	A	A	A	A	B	A
	B	産業用ロボット(ユニメートシリーズ)	スポット溶接、塗装、ハンドリング、アーク溶接組立等	ロボットのコントローラ	チップ	AMD 2900シリーズ	16	機械語	RSX-11/44	PDP-11TSS																	B, C
		産業用ロボット(ビュマシリーズ)	ハンドリング、アーク溶接組立等	"	ボード	DEC LSI/11	"	"	"	"																	B, C
	C	50サブメモリボード	外部メモリあるいは外部インタフェースとのデータの入出力	サブCPUとしてZ80を用い、外部メモリとしてTEACのMF2を使用しているので主にMT-2の制御を行う	チップ	Z80	8	機械語																			A

(注) 質問3の英文字コードの内容は調査票(P8, 9)質問3を参照

表1-6(C) マイクロコンピュータの製品への組み込み

調査対象分野	質問 1-1			質問 2-1	質問 2-2		質問 2-3			質問 2-4							質問 3 (注)										
	マイクロコンピュータを組み込む製品の名称	製品の用途	マイクロコンピュータのはたす役割	マイクロコンピュータの形態	利用しているマイクロコンピュータの名称(型名)	マイクロコンピュータの語長(ビット数)	言語名	オペレーティングシステム名	開発支援システム		マイクロコンピュータの選定基準							ハードウェアの開発体制					プログラムの開発	プログラムを自社で開発する場合の開発手段			
									開発支援システム名	サポートチップ名	価格	性能	信頼性	使用実績	購入先の体制	拡張性	その他	仕様	設計	作成	テスト	運用					
ロボットの	ハンドリングロボット	ワークの着脱 パレタイズ	ロボットサーボシステム	チップ	LSI 11/2	16	MACRO11		CSR			○	○								A	A	B	B	A	A	A
	搬送ロボット	各ステーション間の搬送	シーケンス、情報管理	ボード	Z80B	8	MACRO 8	CP/M	PDS-7			○	○								A	A	B	B	A	A	A
	物流システム機器	FMS	分散型物流制御 集中情報管理	チップ	i8080 i8085 i8086	8 16	アセンブラ	RMX	LSI 11/24				○	○							A	A	B	B	A	A	A, C
	NC装置	工作機械	NC制御	システム	LSI 11/2	16	MACRO11	RT-11	"				○		○						A	B	B	B	A	A	B, C
	無人搬送台車	自動(無人)搬送	シーケンス制御(一部演算制御)在庫管理	ボード	Z80	8	アセンブラ	CP/M	Y2-850						○						A	A	B	A	A	C	A
	無人フォークリフト	"	"	"	"	"	"	"	"						○						A	A	B	A	A	C	A
巻線装置	シート、フィルムの巻取	寸法、張力の制御	"	"	"	"	"	"						○						A	A	B	A	A	C	A	
化学機械	鋳物砂水分コントローラ	鋳物砂の水分をコントロールする	砂の温度、水分センサーによる砂水分等を入力し、状況に応じて、添加水分を調節する計算を行う	システム	Z80	8	アセンブラ C	CP/M	DSCC 888A	8085	○	○	○							A	B	B	B	A	B	B	
	金型冷却コントローラ	金型鋳造用の金型の冷却温度のコントロール	鋳湯後の金型温度を目標値まで冷却するための時々刻々の計算を行う	"	"	"	"	"	"			○	○	○						A	B	B	B	A	B	B	
	鋳物砂配砂コントローラ	鋳物砂を多数のホッパーに分配供給する	各ホッパーの砂減少量に応じて砂の分配のコントロールをする	"	"	"	"	"	"			○	○	○						A	B	B	B	A	B	B	
	汚泥掻寄機	水処理施設	演算	ボード					FDOS												A	A	B	A	A	B	A

(注) 質問3の英文字コードの内容は調査票(P8、9)質問3を参照

表1-6(D) マイクロコンピュータの製品への組み込み

調査対象分野	質問 1-1			質問 2-1	質問 2-2		質問 2-3			質問 2-4							質問 3 (注)								
	マイクロコンピュータを組み込む製品の名称	製品の用途	マイクロコンピュータのはたす役割	マイクロコンピュータの形態	利用しているマイクロコンピュータの名称(型名)	マイクロコンピュータの語長(ビット数)	言語名	オペレーティングシステム名	開発支援システム		マイクロコンピュータの選定基準							ハードウェアの開発体制					プログラムの開発	プログラムを自社で開発する場合の開発手段	
									開発支援システム名	サポートチップ名	価格	性能	信頼性	使用実績	購入先の体制	拡張性	その他	仕様	設計	作成	テスト	運用			
化学機械	コイル 移載装置	搬送装置	演算、位置制御	ボード	HMC S 680	8	アセンブラ												A	A	B	A	A	B	A
	ベルト式 脱水器	汚汲処理設備	演算 ポンプ制御 記憶	システム	HP-85	"	拡張 BASIC												A	C	C	C	A	B	B
電気計器・電気測定器	光通信用 測定器	光ファイバー 通信システム 測定データ処理	デジタル信号処理と GP-IB応用化	チップ	Z 8 0	8	機械語		AE- 4121 マイクロ サポート システム			○	○	○	○	○	○		A	A	A	A	A	B	A, B
	ICオート ハンドラ	集積回路部品、 自動搬送接続用	機械シーケンス処理の 高度化、小型化	"	"	"	"					○	○	○	○	○	○		A	A	A	A	A	B	A, B
	NC工作機	切削加工フル 自動位置決め	加工情報の処理及び機械動作 制御の高度自動化	"	Z 8 0 8 0 8 0	"	"						○	○	○	○	○		A	A	A	A	A	B	A, B
	遠方監視 制御装置	ダム管理システム 国鉄列車無線監視システム	小型化、高信頼化、低価格化	チップ	8 0 8 0 8 0 8 5	8	アセンブラ		CAS(M 700を利用した社内 開発システム)				○						A	A	D	A	A	B	C
	データ通信用 各種測定器	DTE、DCE、 CCU等のモニタ	"	"	Z 8 0	"	"						○	○	○				A	A	D	A	A	B	A
	各種データ 伝送装置	専用回線、電話 回線を利用した データ通信	"	"	8 0 8 5 ビットス ライス形 CPU	"	アセンブラ マイクロ 命令						○		○				A	A	D	A	A	B	C

(注) 質問3の英文字コードの内容は調査票(P8、9)質問3を参照

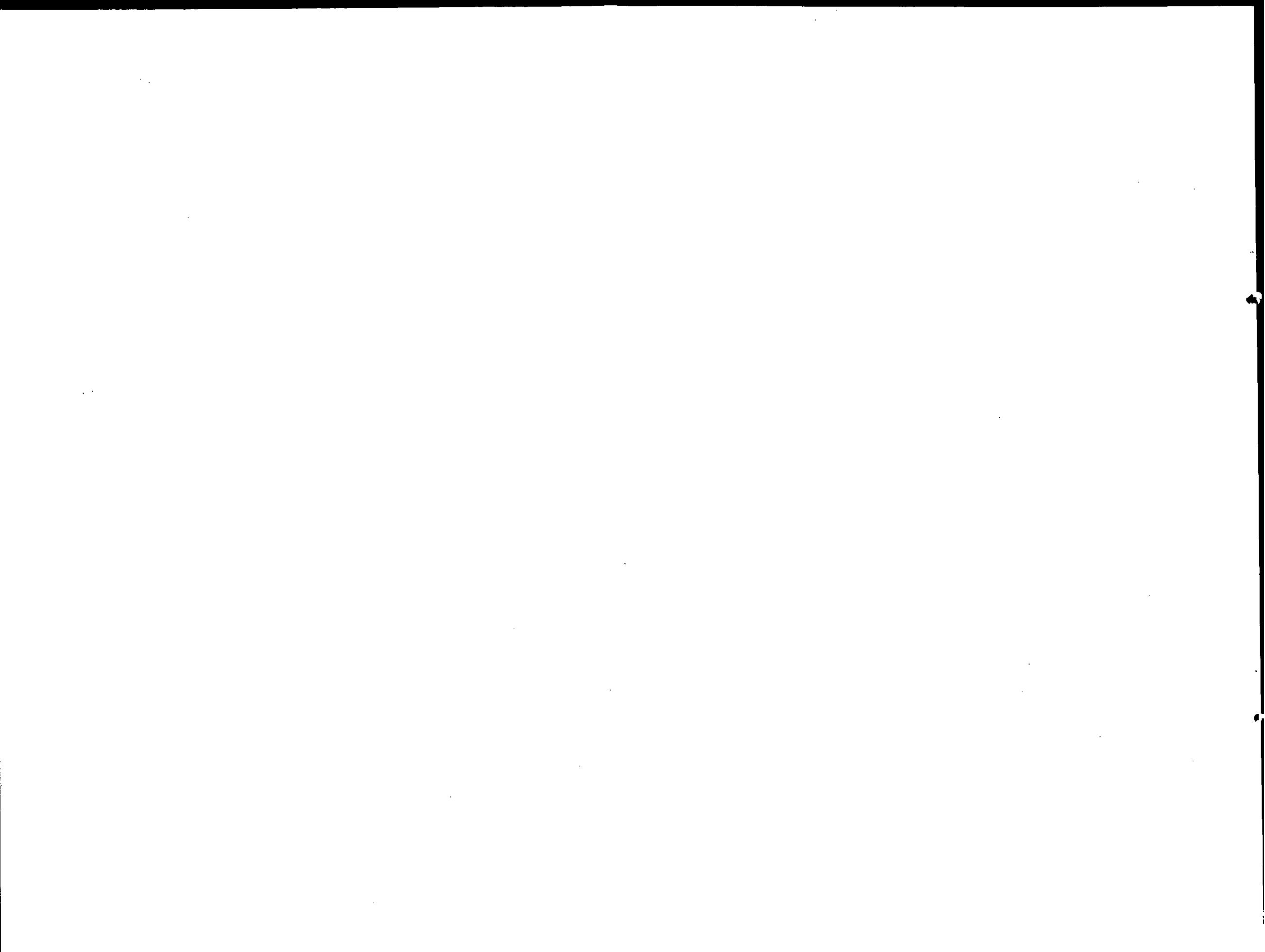


表1-7 マイクロコンピュータの形態

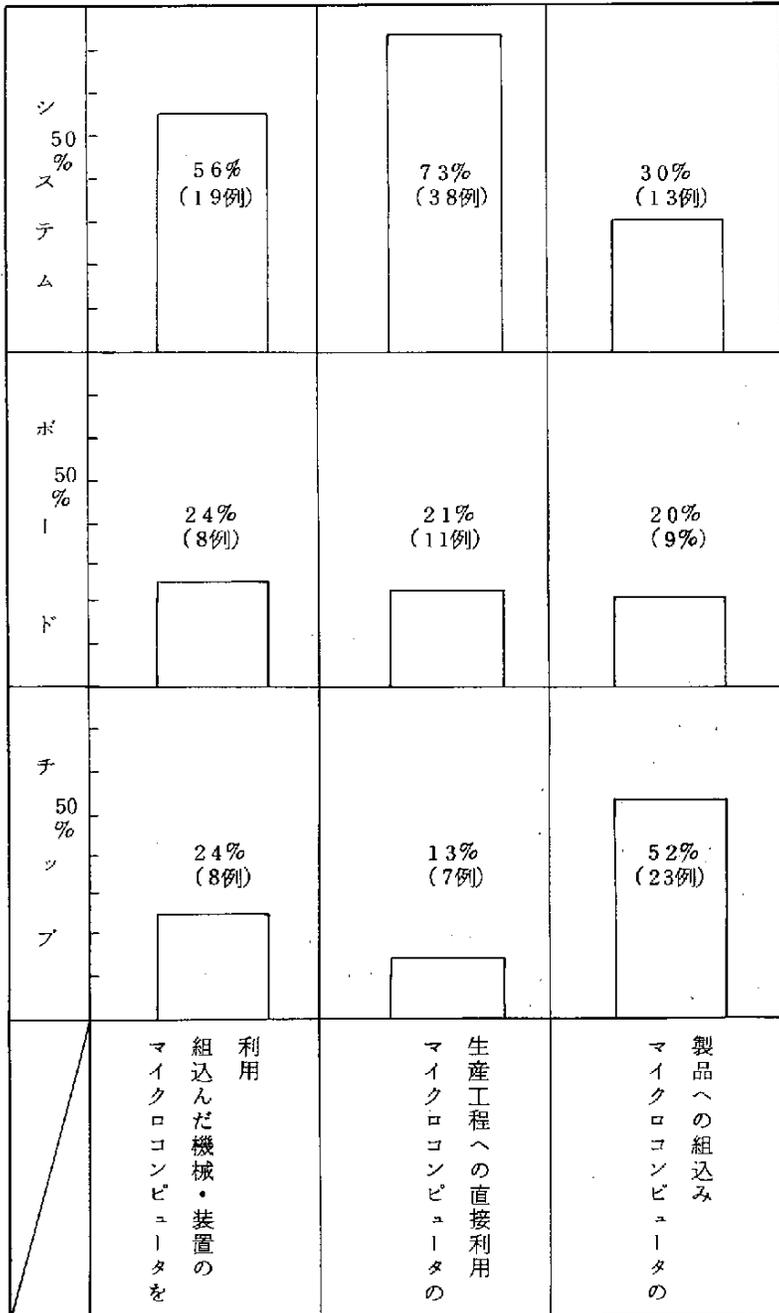


表1-8 利用しているマイクロコンピュータの名称(型名)

① マイクロコンピュータを組込んだ機械・装置の利用	② マイクロコンピュータの生産工程への直接利用	③ マイクロコンピュータの製品への組み込み
<ul style="list-style-type: none"> ○ AP101M ○ DE2000 ○ DECPDP11/23 ○ FACOMU-200 ○ HD6800 (3) ○ HD6802 ○ HITAC-10&10II ○ i-8080 ○ MELSEC-008 ○ MZ-80 (3) ○ NEAC-M4 ○ PC10/10 (2) ○ PFL-16A (3) ○ PFU-1300 ○ TLCS-12A ○ TOSMIC-12 ○ YHP DISC TOP COMPUTER9825T ○ Z80 (5) ○ 6800 ○ 6808 ○ 6809 ○ 8080 	<ul style="list-style-type: none"> ○ DSC-21 ○ H68/SB02 ○ HD6800 ○ HMCS-6800 (2) ○ HMCS-6802 ○ HP8025 ○ IBMS/1 (2) ○ L-16A ○ MC-6800 ○ MELPLAC-550 (2) ○ MZ-80 (3) ○ OKITAC4300 ○ PC8001 (2) ○ PCA8501 (2) ○ PDS-III ○ SC-20 ○ SORD/M243 ○ TDCS2000 ○ TLCS-12A ○ YHP DISC TOP COMPUTER9825T (2) ○ Z80 (10) ○ Z80A ○ μPD8035 ○ マルチ16 ○ 6808 (3) ○ 6809 (3) ○ 8080 	<ul style="list-style-type: none"> ○ AMD2900シリーズ ○ DEC LSI/11 ○ DEC LSI11/2 (2) ○ FANUC SYSTEM6M (2) ○ HMCS680 ○ HP-85 ○ i-8080 ○ i8085 ○ i8086 (2) ○ PCA8501 (3) ○ Z80 (2) ○ Z80A (2) ○ Z80B ○ ビットスライス形CPU ○ 8080 (2) ○ 8080A ○ 8085 (4) ○ 8086

() 使用例数

表1-9 マイクロコンピュータの語長(ビット数)

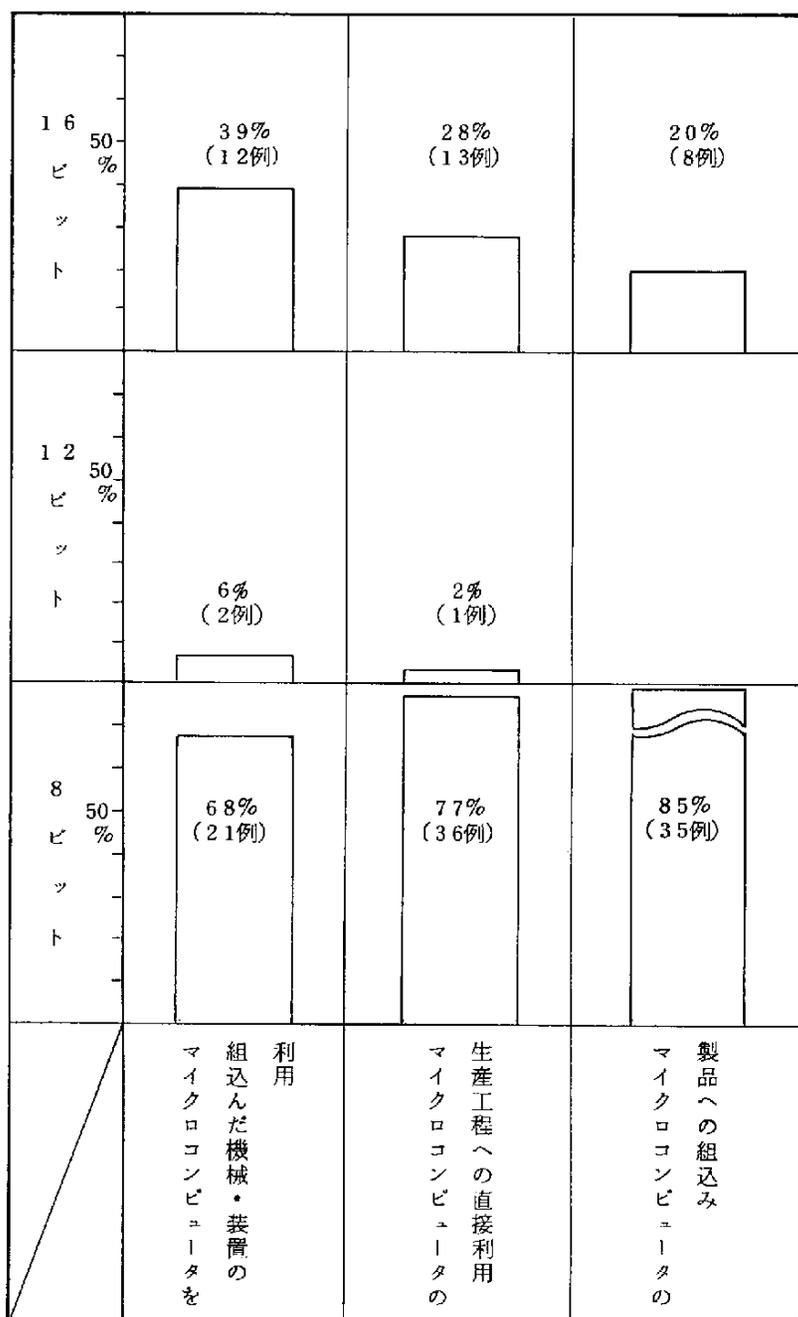


表 1 - 10 言 語 名

言 語 名	マイクロコンピュータ を組込んだ機械・装置 の利用	マイクロコンピュータ の生産工程への直接 利用	マイクロコンピュータ の製品への組み 込み
アセンブラ	○ (25)	○ (27)	○ (28)
機 械 語	○ (3)	○ (4)	○ (6)
BASIC		○ (7)	○ (1)
FORTRAN	○ (3)	○ (6)	
MACRO	○ (1)		○ (3)
PIPS		○ (1)	
C			○ (3)
PLM系		○ (5)	
HP-LANGUAGE	○ (1)	○ (2)	
FDPL (フィールドデータ プロセッシング言語)	○ (1)		
SC-20専用言語		○ (1)	
特 殊	○ (1)		

() 使用例数

表 1 - 11 オペレーティングシステム名、開発支援システム名、サポートチップ名

	マイクロコンピュータを組込んだ機械・装置の利用	マイクロコンピュータの生産工程への直接利用	マイクロコンピュータの製品への組み込み
オペレーティングシステム名	<ul style="list-style-type: none"> ○ DOS(2) ○ ISHI ○ MTX-86(2) ○ MVS(3) ○ RSX-11M ○ SB-1520(3) ○ TDGA ○ YASM ○ 自社(2) 	<ul style="list-style-type: none"> ○ CP/M(2) ○ CP/M86 ○ EDX ○ FDOS(4) ○ ISHI ○ MDOS ○ RMX80(3) ○ RPS ○ SB-1520(3) ○ SCAP ○ 自家専用 	<ul style="list-style-type: none"> ○ CP/M(7) ○ FDOS ○ FDOS-3000(2) ○ RMX ○ RSX-11/44 ○ RT-11 ○ TOGA(2) ○ 自社(3)
開発支援システム名	<ul style="list-style-type: none"> ○ DEMOS-E ○ FPS-16(3) ○ FUNUCKO ○ H68SD20 ○ M-180 ○ M-200H ○ MDS(3) ○ SORD ○ YHP64000(2) ○ クロスアセンブル及び自作設備 ○ ソフィア in II 	<ul style="list-style-type: none"> ○ AMPERE(3) ○ DEMOS-E ○ EPOCALC ○ F-PDT8 ○ HLDIC-20 ○ HP64000(3) ○ M-180 ○ MACROS6800(3) ○ MDS(3) ○ PC8001 ○ PDS-III ○ PIPS ○ SORD ○ 大型コンピュータによるクロスアセンブル ○ ミニコン ○ 自機 	<ul style="list-style-type: none"> ○ AE-4121マイクロサポートシステム(3) ○ CAS(M700を利用した社内開発システム) ○ CSR ○ DEMOS(3) ○ DSCC888A(3) ○ HP64000(2) ○ LSI11/24(2) ○ MDS(3) ○ Mr. Logic ○ PDP-11TSS(2) ○ PDS-7 ○ VAX ○ YHP-64000(5) ○ アイダック開発装置(2) ○ ソニー-850(3)
サポートチップ名	<ul style="list-style-type: none"> ○ HD6800 ○ ZD80(3) ○ 6800 ○ Z8085 	<ul style="list-style-type: none"> ○ MB8851 ○ Z80(2) ○ Z80A(2) ○ 68系(3) 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Z80(4) ○ 8085(4) ○ 8085A(2) ○ 8086(3)

() 使用例数

表 1 - 12 マイクロコンピュータの選定基準

50% その他	15% (5例)	8% (4例)	
50% 拡張性	32% (11例)	36% (18例)	15% (6例)
50% 購入サービスの	30% (10例)	34% (17例)	32% (13例)
50% 使用実績	65% (22例)	50% (25例)	65% (26例)
50% 信頼性	41% (14例)	56% (29例)	51% (21例)
50% 性能	68% (23例)	70% (35例)	56% (23例)
50% 価格	41% (14例)	52% (26例)	51% (21例)
	マイクロコンピュータ を組み込んだ機械・装置 の利用	マイクロコンピュータ の生産工程への 直接利用	マイクロコンピュータ の製品への組み 込み

表1-13(A) ハードウェアの開発体制
 (マイクロコンピュータを組み込んだ機械・装置の利用)

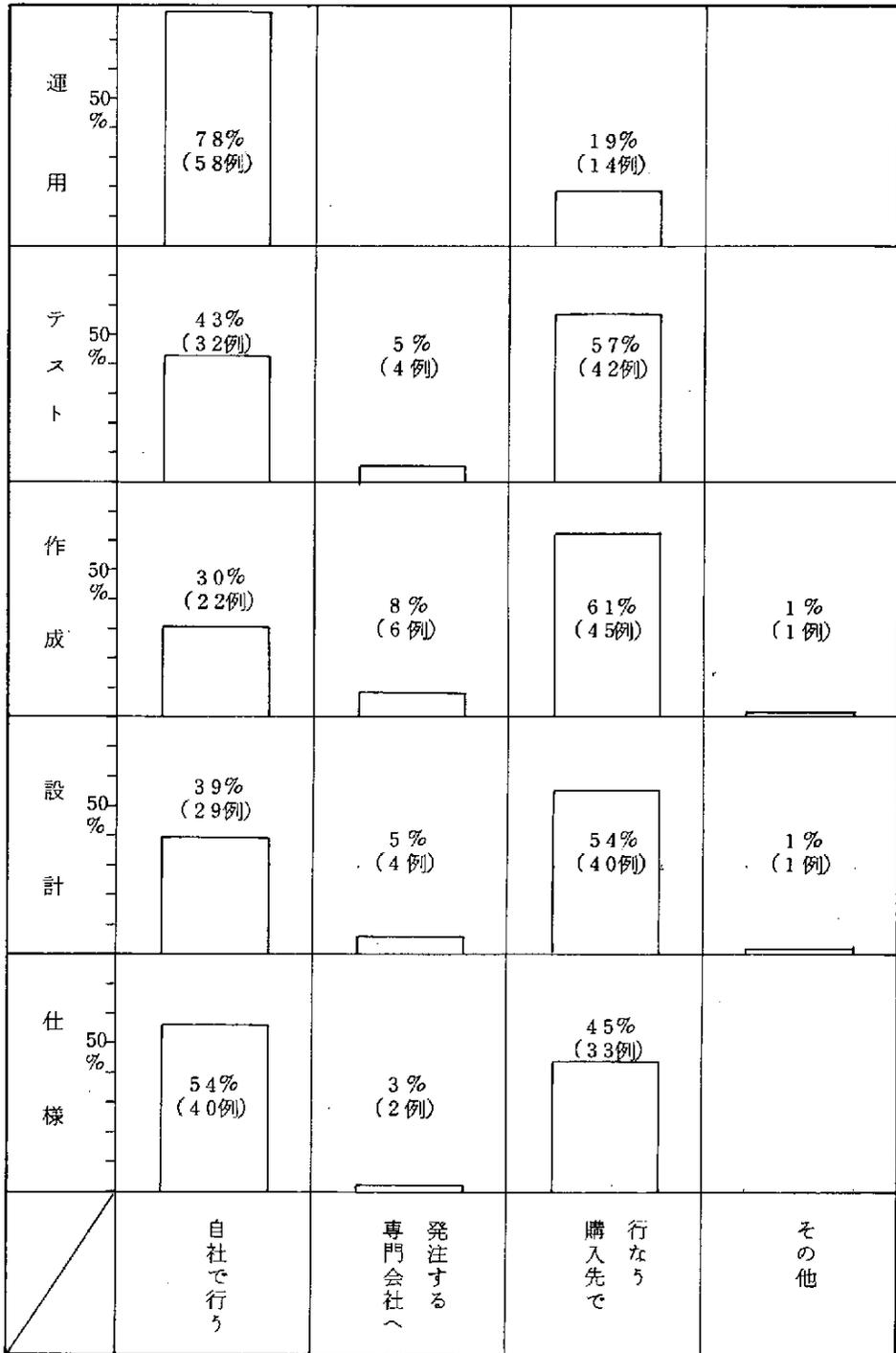


表 1-13(B) ハードウェアの開発体制
 (マイクロコンピュータの生産工程への直接利用)

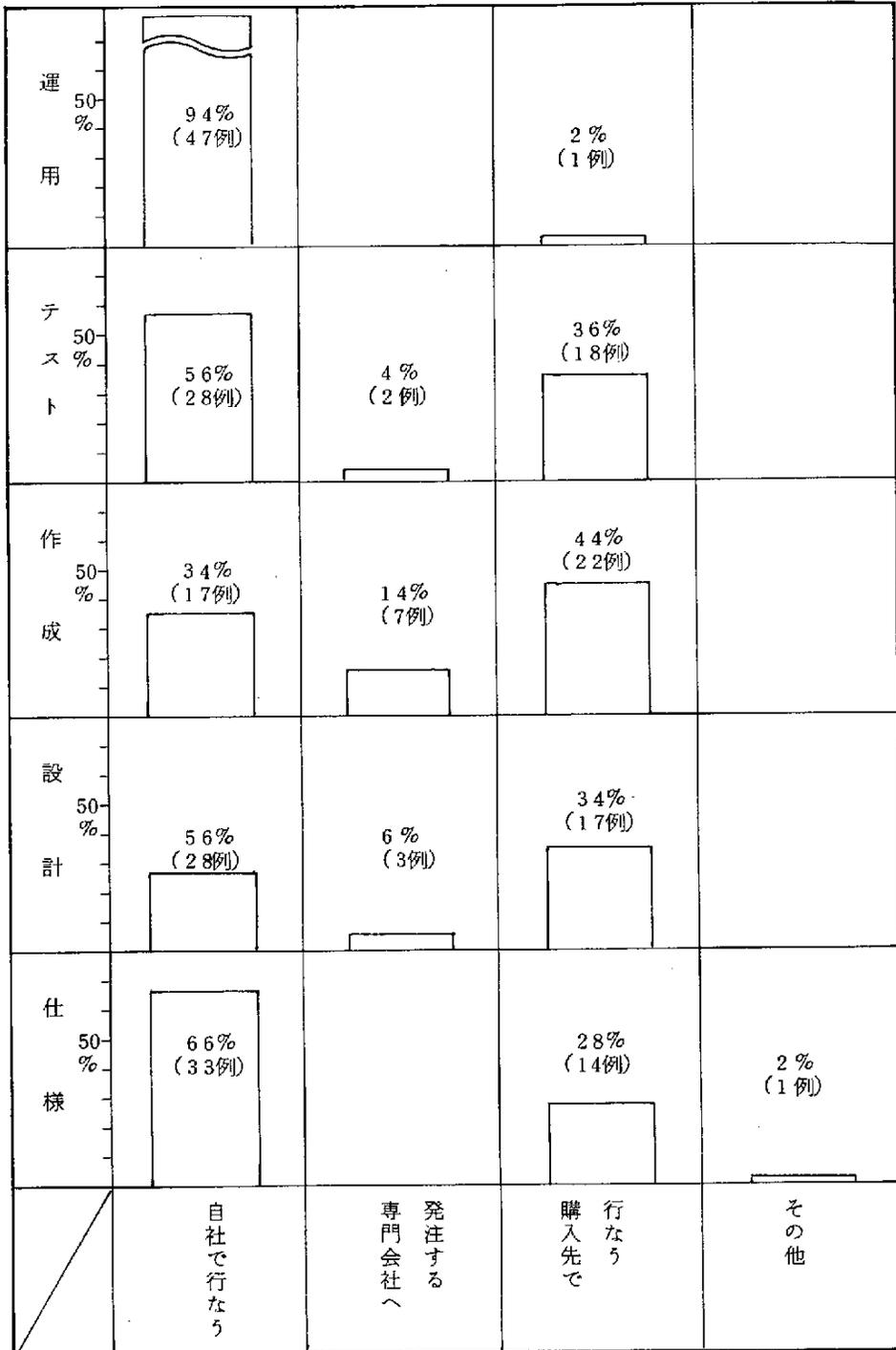


表 1-13(C) ハードウェアの開発体制
(マイクロコンピュータの製品への組み込み)

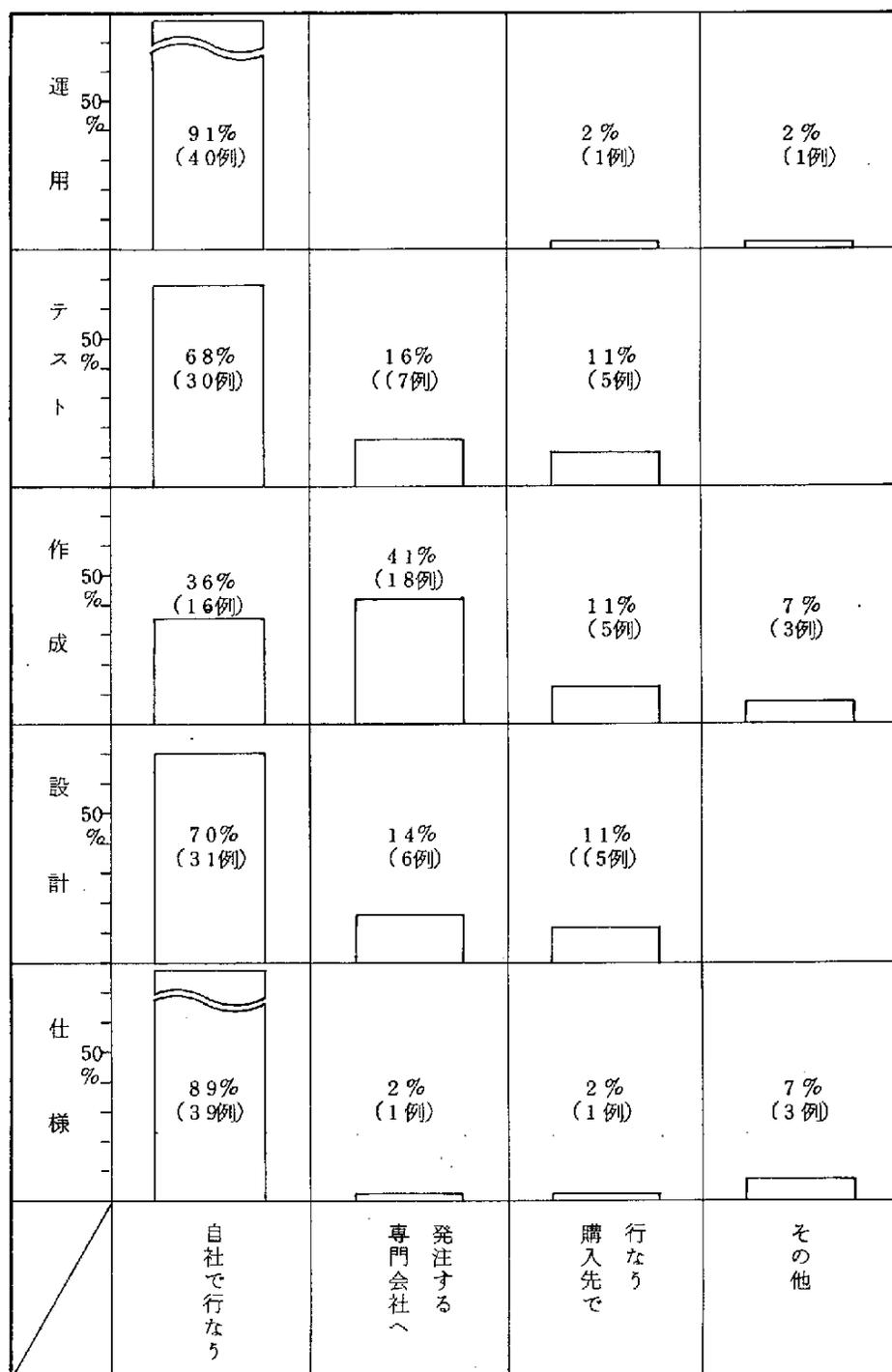


表 1 - 14 プログラムの開発

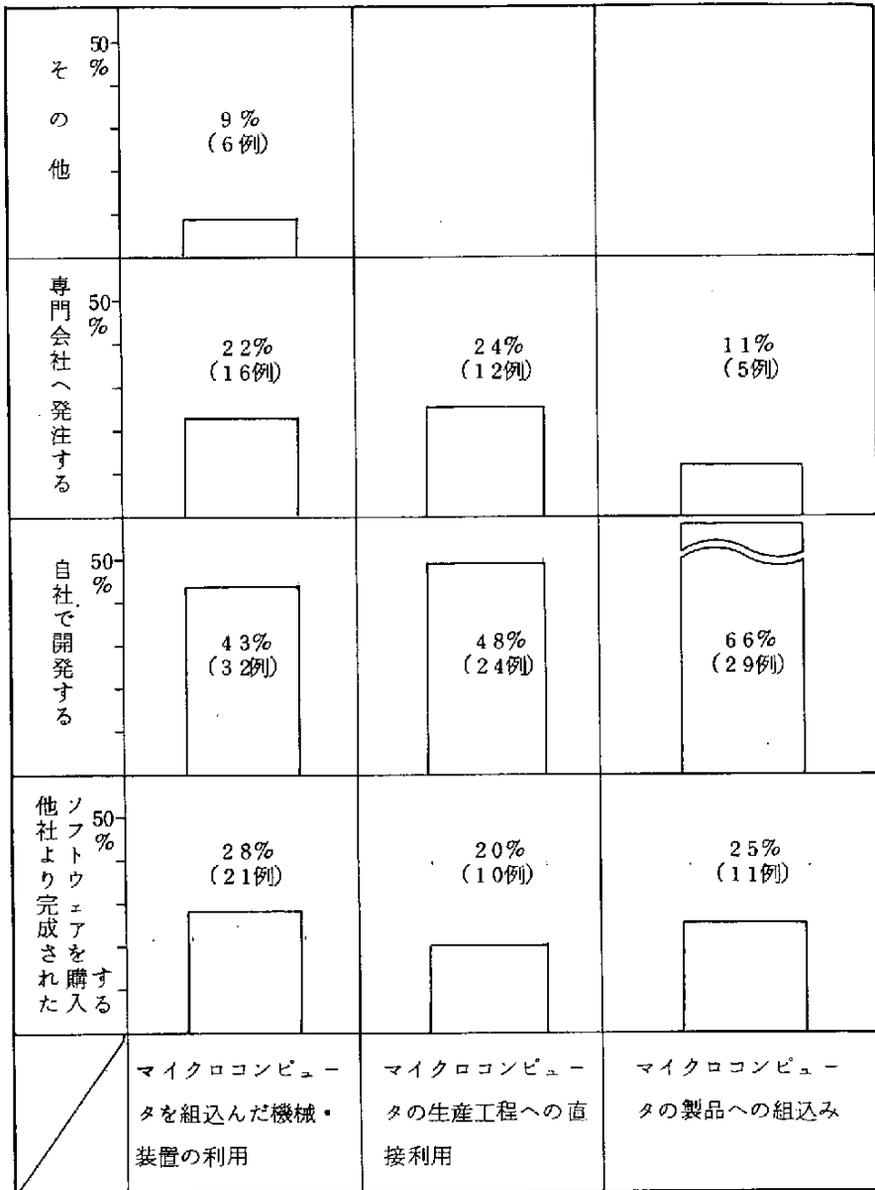
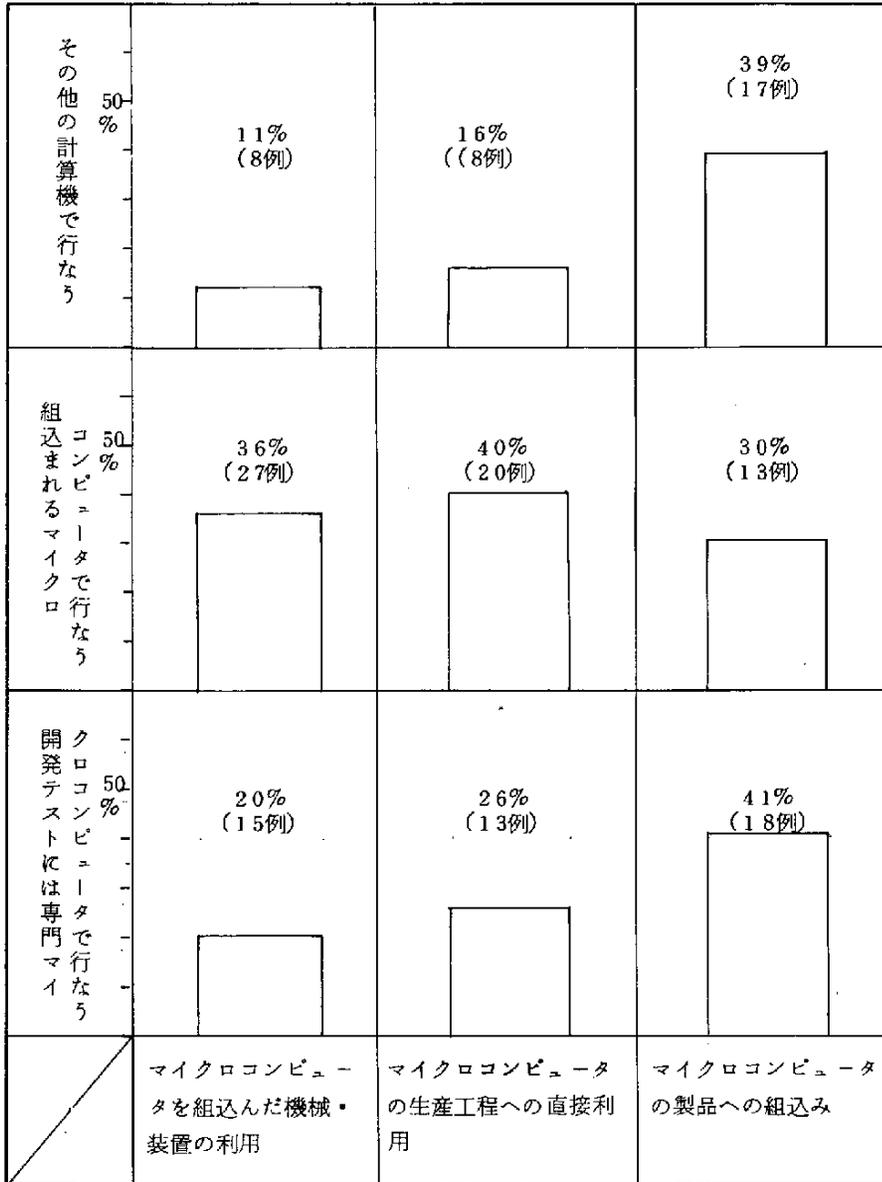


表 1-15 プログラムを自社で開発する場合の開発手段



(3) マイクロコンピュータを組み込んだ機械・装置の入手方法 (質問1-2)

① 現在利用しているマイクロコンピュータを組み込んだ

機械・装置の入手方法

パーセント	10	20	30	40	50	60
一般製品購入						63% (62例)
特注品を購入						13% (12例)
自社(自工場)で開発						23% (23例)
その他(自社と加工業者との協同開発)						3% (3例)

② 「一般的製品を購入」の場合

(イ) 購入した機械はマイクロコンピュータの組み込みを特徴にして宣伝していますか。

	件数	比率%
いる	28	74
いない	8	21
わからない	2	5
合計	38	100

(ロ) 機械にマイクロコンピュータが組み込まれていることによる利点を感じますか。

	件数	比率%
感じる	38	100
感じない	0	0
合計	38	100

③ (イ)、(ロ)は②の利点を感じる場合のみ回答

(イ) 利点を感じる場合

パーセント	10	20	30	40	50	
性能が高度化している						50% (19件)
操作が自動化されていて便利である						50% (19件)
柔軟性があり用途が拡大する						47% (18件)
データ処理までできるので便利である						34% (13件)

(ロ) マイクロコンピュータを組込んだ機械の価格について

パーセント	10	20	30	40	50	
割高である						18% (7件)
性能向上に比べて見合っている						47% (18件)
性能向上に比べて割安である						24% (9件)
従来品に比べて安くなった						13% (5件)

(4) 生産現場、工場等にマイクロコンピュータを利用するに至った動機・効果・将来計画(質問4)

表1-16 マイクロコンピュータを組み込んだ機械・装置の利用

調査対象分野		マイクロコンピュータを利用するに至った動機	マイクロコンピュータを利用した効果	マイクロコンピュータの利用将来計画(利用の分野・用途及びそのために必要なマイクロコンピュータの条件等)	その他 (マイクロコンピュータの利用にあたってお気付きの点)
自動車	A	機械装置の自動化において複雑な動作を制御させるため、マイクロコンピュータが必要になった	<ul style="list-style-type: none"> ・設備の合理化 ・省人化 		<ul style="list-style-type: none"> ・ソフトウェアのメンテナンスが、ユーザでは簡単に行えない ・改造に対する柔軟性がない
	B	<ul style="list-style-type: none"> ・フレキシビリティを考慮 ・情報処理の迅速さ 	<ul style="list-style-type: none"> ・情報伝達処理の効率化 ・フレキシビリティを有す ・信頼性、保全性大 ・経済性 ・小型、軽量 		
	C	<ul style="list-style-type: none"> ・シーケンス回路の変更が容易で故障が少なく、高度な制御ができる ・FMS化 ・省人化 	<ul style="list-style-type: none"> ・シーケンス回路の変更が容易で故障が少なく、高度な制御ができる ・FMS ・省人化 	<ul style="list-style-type: none"> ・生産ラインでデータをインプットしておいて判断的機能をさせる ・各種センサーから情報を取込み、マイコンで演算し出力させる 	ソフトウェアの変更を所内で容易にできなくては、本当のマイコン利用にならない

民生用電気機械器具	A	<ul style="list-style-type: none"> 時代の先取り 自動化機能の高度化 制御装置のコンパクト化 マイクロコンピュータ応用技術確立 制御系の標準化 	<ul style="list-style-type: none"> マイクロコンピュータ普及の基礎確立 計数判断等高度な制御の実現 制御内容の変更自在 シーケンス制御情報のデータ化(ソフト、ハードとも共通部分を分離できる) 	<p>自動機械の制御、ネットワーク化。</p> <p>(個々の制御から、システムとしての制御へ)</p>	<ul style="list-style-type: none"> 組込機器の所へ持って行ける安価な(簡単な機能で十分)デバッグ装置がない ソフトウェア開発段階で使用するツールとデバッグ時に使用するものとは備えるべき機能が異なるはずである
	B	<ul style="list-style-type: none"> 省人効果 製品の品質向上 	<ul style="list-style-type: none"> 省人効果 製品の品質向上 検査の精度向上 	<ul style="list-style-type: none"> 生産工程の自動化システムの開発に利用を進めたい 製品の検査、調整の時間短縮と精度向上を進めるために利用 	
	C	低コストの自動機の開発	半自動化	サーボモータ等と組合わせて、NC化等に利用 (レトロフィット)	
	D	機械制御の高度化	自由度、拡張性	<ul style="list-style-type: none"> 制御全般 計測全般 	<ul style="list-style-type: none"> バスラインの不統一 11ビットの対応できるシステムハウスの強化
	E	<ul style="list-style-type: none"> 自動化 機能アップ 	<ul style="list-style-type: none"> 性能アップ 柔軟性、拡張性向上 	<ul style="list-style-type: none"> 複数の設備への加工 スケジュール、加工データの転送 	

調査対象分野		マイクロコンピュータを利用するに至った動機	マイクロコンピュータを利用した効果	マイクロコンピュータの利用将来計画（利用分野・用途及びそのために必要なマイクロコンピュータの条件等）	その他 （マイクロコンピュータの利用にあたってお気付きの点）
民生用電気機械器具	F	市場の多様化ニーズに対応できる、多機種少量生産を効率良く行う	<ul style="list-style-type: none"> ・自動化、省力化（整数人員削減が可能になる） ・金型等付随設備コストが軽減される（標準化） ・検査精度の向上（品質向上）と共に対策の早期実施 ・危険作業、重労働作業の解除 	<p>各生産部門、工程、機械間のオンラインシステム化を図り、</p> <ul style="list-style-type: none"> ・生産システム ・生産管理システム ・在庫管理システム <p>の実現を目指す</p>	
	A	<ul style="list-style-type: none"> ・省力化 ・生産性向上 	<ul style="list-style-type: none"> ・省力の実現 ・生産性向上 		
鉄	B	<ul style="list-style-type: none"> ・位置決め及び切断シーケンス機能により、オペレータの操作時間の減少 ・オペレータの工数有効利用（生産性の向上） 	<ul style="list-style-type: none"> ・組み込んだ機械は初期故障を除き正常に動作し目的を果している ・未解決の問題点もある（例えば、ガスによる溶断であるので熱歪による法精度加工物と受台との寸法により、溶断完了時に加工物の落下等がある） 	<p>一定な形状に加工する作業において、素材の任意な位置向きに対して加工機が位置修正をして動作する視覚を持った自動機の開発</p>	
	C	制御内容からCPUの利用が不可欠	制御性能の向上から品質の向上につながる	利用範囲の拡大	
鋼					

鉄	D	<p>製品の品質、歩留り向上を目的に制御精度を向上させるために従来のアナログ制御をデジタル化した</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・制御精度向上 ・高応答 ・R A S機能の拡充 ・上位CPUとのデータリンクによる情報量の増大化 ・故障の低減 	<ul style="list-style-type: none"> ・将来計画 現代制御理論を用いたプロセス制御 ・マイコンの必要条件 高速度計算機能化 メモリの高速化、高集積化 R A S機能の充実化、信頼性向上 	<ul style="list-style-type: none"> ・プロセス入力部の故障診断機能が少ない ・ノイズマージンが少ない (既設電気品とリンク時に問題あり) ・マイコンは仕様面で一般電気品並みの環境となっているが寿命を考慮すると実際には空調が必要であり、温度、湿度マージンが小さい
	E	<ul style="list-style-type: none"> ・汎用性がある ・性能が良い ・信頼性が高い ・安い 	<ul style="list-style-type: none"> ・コストが低減した ・工期が短縮した ・保守性が向上した 	<ul style="list-style-type: none"> ・自動化 ・O A 	
鋼	F	<ul style="list-style-type: none"> ・高度の演算機能が必要であり従来のハードロジックでは、実施が困難 ・価格メリット 	<ul style="list-style-type: none"> ・高度な演算・制御が可能 ・価格メリット ・設計の柔軟性 	<ul style="list-style-type: none"> ・利用分野 各種機器の自動化 高級計測器の信号処理等 ・必要な条件 自己診断機能の充実 テスト機能の充実 	

調査対象分野		マイクロコンピュータを利用するに至った動機	マイクロコンピュータを利用した効果	マイクロコンピュータの利用将来計画（利用分野・用途及びそのために必要なマイクロコンピュータの条件等）	その他 （マイクロコンピュータの利用にあたってお気づきの点）
鉄	G	制御装置に要求する機能が多様、高度、高速、高精度化	<ul style="list-style-type: none"> • 比較的安価で信頼性が高く、高度、高速、高精度化の要求が満足できる • 生産プロセスのコントロール機能及び自動化の要求が品的にも数量的にも高度化している、これに対処するに広義のマルチプロセッシングが不可欠となっているが、それには、多数のマイコンから構成されるシステムが有効 	<ul style="list-style-type: none"> • 必要なマイコンの条件 保守性、特にシステム全体のトラブルシュートが容易になるようなシステム全体の自己診断機能のレベルアップ 	デジタル計装システムの場合、稼働後のシステム機能変更時のソフト改造費用が高価である
鋼	H	精度の面でマイコンなしの製品では、現場の要求ニーズに答えられない	省力化精度向上に特に効果がある	すべての分野でマイコンなしでは成り立たないようになっているのでどんどん導入したい	
化学	A	マイコン内蔵の調節計により、複雑、高級制御が可能になった	大である	<ul style="list-style-type: none"> • 既設の計装品老朽化による、取替えて大幅なDDC制御に転換する • 省力化、省エネ化等の効率化を達成する 	

化学	B	<ul style="list-style-type: none"> ・高級制御を行いたい ・各種情報の集中化を行いたい ・システムが割と低価格になり入手しやすくなった ・繰返し作業の合理化を図りたい ・技術開発を行いたい 	<ul style="list-style-type: none"> ・制御ループの変更がソフトウェア変更で簡単にできる ・処理がスピードアップし、省力化した 	<ul style="list-style-type: none"> ・試験分析計とオンライン接続し、データ処理する（インタフェースの標準化が必要） ・プログラマブル調節計の拡張（多変数適応制御に用途あり、このためのソフト開発が必要） ・プロセス解析、設備診断への利用（処理容量、速度のアップが必要） 	現在、記憶、媒体がICメモリ（RAM）のため電池等によるバックアップが必要とされるため、この点の開発が待たれる
	C	仕様を満足するアナログ演算機がなかったため	故障がなく、演算誤差が出ない	プロセス制御（プロセスとの入出力が容易にできるインタフェースが充実していること）	対ノイズの向上
工作機械	A	生産合理化	大きい		
	B	加工工程の簡略、省力化、時間短縮、高能率化	高能率、省力化がはかれた		
ロボット	A	合理化指向	省人効果大		
	B	<ul style="list-style-type: none"> ・各商品向けのソフトウェア開発のコストダウン及び省力化 ・各製品に対するソフトウェアの保存 	<ul style="list-style-type: none"> ・省力化において大きな効果がある ・PROMチップとしてでなくカセットテープあるいはフロッピーディスクに出荷済ソフトウェアを保存できるので保存上非常に効率が良い 	マスターCPU、PDP-11とシーケンサとのデータ入出力	

調査対象分野		マイクロコンピュータを利用するに至った動機	マイクロコンピュータを利用した効果	マイクロコンピュータの利用将来計画（利用分野・用途及びそのために必要なマイクロコンピュータの条件等）	その他（マイクロコンピュータの利用にあたってお気づきの点）
ロボット	C	<ul style="list-style-type: none"> 他の方法では大型化して使用できない 制御が困難 信頼度の向上 	<ul style="list-style-type: none"> 小型化（移動性） 複雑な制御を達成 稼働率（信頼度）向上 		
造	A	材料加工のスピードアップ、精度向上、誤作防止、省力化等	材料加工のスピードアップ、精度向上、誤作防止、省力化等		量産品加工に向いているが、単品加工にはいまひとつメリットが発揮されない
	B	<ul style="list-style-type: none"> 製品の精度向上 コスト低減 作業環境の向上 	利用始めてまだ半年余りであるので断定できないが、当初の利用効機に近づきつつあると感じている	<ul style="list-style-type: none"> 設計-現場の一元化を狙い近い将来CAD、CAMの採用を計画している 現場の切断、溶接にもマイコンを応用し、塗装等のロボット化も実現したい 	
船	C	市販されているオンラインプロッターは非常に高価だったのでマイコンとプロッターを購入して当社でインタフェースソフトを開発し組込むことにした	非常に安く完成して現在フルに利用している	<ul style="list-style-type: none"> CAMにしたい 現在ファナックのNLディレクターを使用しているが、10年目となり、マイコンを活用して代用品を開発したい もっとI/Oインタフェースを完備して欲しい 	<ul style="list-style-type: none"> 5インチ・ミニフロッピーを使っているがメーカー間で交換性がないので標準フォーマットに全てを統一して欲しい MACRO-80アセンブラに乗除演算命令を追加して欲しい

造船	D	自動製図及び切断のための数値制御の必要性			
化学機械	A	高品質化のため機械のきめ細かい動作が必要となった	電線が2割も多く巻き込め、強力なモーターが造れるようになった		
	B	品質、コスト、納期のすべての点でマイコンを利用するのが最適	<ul style="list-style-type: none"> 品質向上 コスト低減 納期短縮 	将来は日常言語での音声入力主流になると思われる (NC工作機械)	信頼性の向上が最大のポイントとなる
土木建設機械	A	<ul style="list-style-type: none"> 省人 高精度化 	まだ不十分	CAD、CAM (大容量、高速処理)	ソフトウェア(OS)関係がまだ不十分
	B	<ul style="list-style-type: none"> 始めからついている 精密コントロールが必要 	非常によい	機器メーカーサイドで必要があればつけるがそれを当方で判断して買えばよい	アフターサービス体制の充実 (短時間解決)
	C	<ul style="list-style-type: none"> 拡張性 機能アップ 装置の小型化 	<ul style="list-style-type: none"> 装置の仕様変更がスムーズに行える 高度な制御が行える 		
	D	<ul style="list-style-type: none"> ホストコンピュータの負荷軽減化 処理速度のスピード化 柔軟性 	<ul style="list-style-type: none"> ホストコンピュータの負荷軽減化 処理速度のスピード化 柔軟性 	<ul style="list-style-type: none"> メモリーの大容量化 処理速度の高速 高機能化 	<ul style="list-style-type: none"> 使用素子(ボード)の信頼性向上 大容量、高機能化

調査対象分野		マイクロコンピュータを利用するに至った動機	マイクロコンピュータを利用した効果	マイクロコンピュータの利用将来計画（利用分野・用途及びそのために必要なマイクロコンピュータの条件等）	その他（マイクロコンピュータの利用にあたってお気づきの点）
ボイ動機	A	省人化及び作業品質の向上を目標とした	作業者を特定する必要がなくなった （記憶に頼らずにすむ）	マイコン同士の通信機能が必要	<ul style="list-style-type: none"> 使用素子（ボード）の信頼性向上 大容量、高機能化
	B	省力化	効果大		
電気計器・電気測定器	A	<ul style="list-style-type: none"> ミニコンに相当する μ-CPUが安価で手軽に入手できる 	<ul style="list-style-type: none"> 導入費用の低減 波及効果として社内の自動化への取組みが積極的になった 	<ul style="list-style-type: none"> 機器制御のための専用言語の開発 	
	B	<ul style="list-style-type: none"> 生産設備の仕様に演算、データ処理、判断が要求され、コンピュータを利用せざるをえない 自社製品として制御用マイクロコンピュータを発売している 専用ハードロジックを設備ごと開発するより早く完成できる 	<ul style="list-style-type: none"> 生産設備にデータ処理機能を持たせられる 機械の制御を高度化させる 上位大型コンピュータから、生産設備までスルーしたシステムを組むことができる 	生産設備にマイクロコンピュータは必要欠くべからざるもので今後も積極的に利用してゆく	

表1-17 マイクロコンピュータの生産工程への直接利用

調査対象分野		マイクロコンピュータを利用するに至った動器	マイクロコンピュータを利用した効果	マイクロコンピュータの利用将来計画（利用分野・用途及びそのために必要なマイクロコンピュータの条件等）	その他（マイクロコンピュータの利用にあたってお気づきの点）
自動車	A	生産管理、在庫管理等において大量の情報データを扱う上、それらを制御、記憶、演算するためにマイコンが必要となった	<ul style="list-style-type: none"> ・管理要員の低減 ・管理面の合理化 ・情報の円滑な授受 		
	B	<ul style="list-style-type: none"> ・フレキシビリティを考慮 ・情報処理の迅速性 	<ul style="list-style-type: none"> ・情報伝達処理の効率化 ・フレキシビリティを有す ・信頼性、保全性大 ・経済性 ・小型、軽量 		
	C	<ul style="list-style-type: none"> ・シーケンス回路の変更が容易で故障が少なく高度な制御ができる ・FMS化 ・省人化 	<ul style="list-style-type: none"> ・シーケンス回路の変更が容易で故障が少なく高度な制御ができる。 ・FMS化 ・省人化 	<ul style="list-style-type: none"> ・生産ラインでデータをインプットしておいて判断的機能をさせる ・各種センサーから情報を取込み、マイコンで演算し出力させる 	ソフトの変更を所内で容易にできなくては本当のマイコン利用にならない
民生機器用具電気	A	多機種生産のための合理的工程管理	リアルタイムの情報収集（一次情報と二次情報のタイムラグがゼロである）	FA支援システム	
	B	検査の省力化		<ul style="list-style-type: none"> ・設備、管理面等への利用 	

調査対象分野		マイクロコンピュータを利用するに至った動機	マイクロコンピュータを利用した効果	マイクロコンピュータの利用将来計画（利用分野・用途及びそのために必要なマイクロコンピュータの条件等）	その他（マイクロコンピュータの利用にあたってお気付きの点）
民生用電気機械器具	B			<ul style="list-style-type: none"> ・梱包等の自動化 ・レトロフィット 	
	C	工程の制御、自動化	自由度、拡張性	制御全般 計測全般	
	D	多機種少量生産の中でプレス塗装（ポリウレタン発泡）、組立梱包の工程間、工場間の同期化生産が従来に増して必要となってきた	<ul style="list-style-type: none"> ・物流改善が実施される ・機種切替、時間が大幅に短縮される ・生産効率等、管理技術の向上 	各生産部門、工程、機械間のオンラインシステム化を図り、トータル的な <ul style="list-style-type: none"> ・生産システム ・生産管理システム ・在庫管理システム の実現を目指す	
	E	<ul style="list-style-type: none"> ・CAD/CAMの連係による自動化の推進 ・各種試験項目の短時間処理とデータ処理を行わせる 	<ul style="list-style-type: none"> ・各種判断機能、処理データ量が多く、フレキシビリティが増加 ・マンマシンの高機能化がはかれる。 	<ul style="list-style-type: none"> ・生産現場でも充分使用に耐えるマイコンシステムが望まれる ・あらゆる工程に採用される 	シーケンサー等にみられる24時間保守体制がまだとられている
鉄鋼	A	<ul style="list-style-type: none"> ・省力化 ・生産性向上 	<ul style="list-style-type: none"> ・省力の実現 ・生産性向上 	圧延工具の設計	
	B			<ul style="list-style-type: none"> ・距離、温度、ラインマーク検出等の有効なセンサー技術が確立できれば既存設備をNC化し簡易なFMS化が可能となる 	<ul style="list-style-type: none"> ・CPU、デバイスの単価は比較的安価だがモーター、センサー等の周辺機器が高価である ・CPU等のユーザマニュアルの

鉄				<ul style="list-style-type: none"> 分解能力が高く安価な各種センサーが出現すれば、マイコン化が可能となる 	入手が簡易にできるよう、また単品の詳細カタログ化を望む
	C	<ul style="list-style-type: none"> 汎用性がある 性能が良い 信頼性が高い 安い 	<ul style="list-style-type: none"> コストが低減した 工期が短縮した 保守性が向上した 	<ul style="list-style-type: none"> 自動化 O A 	
	D	<ul style="list-style-type: none"> 高度の演算機能が必要であり従来のムードロジックでは実施が困難 価格メリット 	<ul style="list-style-type: none"> 高度な演算、制御が可能 価格メリット 設計の柔軟性 	<ul style="list-style-type: none"> 利用分野 各種機器の自動化 高級計測器の信号処理等 必要な条件 自己診断機能の充実 テスト機能の充実 	
鋼	E	<ul style="list-style-type: none"> 精度、省力化の面で、マイコンなしでは現場の要求ニーズに答えられない ワイヤードロジックに比し同機能であればずっと安価である 	省力化、精度向上に特に効果がある	すべての分野でマイコンなしでは成り立たないようになっているのでどんどん導入したい	ワイヤードロジックに比し、ロジックが複雑で保守員がついていけない傾向にある
工作機械	A	数値制御取付機について全機検査を行っている関係上、同じ方法で多くの作業者が時間を費し、データの収集、記録整理を行っているため、これら作業の合理化と統一を目的に行った	計画通りの成果があった		成績がよかったため2台、3台と製作したわけだが、1年後、2年後製作するとプリンター等の周辺機器の機能が向上し前のプリンターは製作中止等でそのつと少々ソフト変更があり苦労した(ハードは同じであるが)

調査対象分野		マイクロコンピュータを利用するに至った動機	マイクロコンピュータを利用した効果	マイクロコンピュータの利用将来計画（利用分野・用途及びそのために必要なマイクロコンピュータの条件等）	その他の利用にあたってお気付きの点
工作機械	B	生産合理化	大きい		
	C	<ul style="list-style-type: none"> ・装置が小型、軽量に製作可能 ・仕様変更の対応可能 	高信頼性が得られた		
	D	検査工程の省力化	<ul style="list-style-type: none"> ・省力化 ・能率向上 ・信頼性向上 		
	E	コンピュータを利用した計算時間の短縮、高精度化	手計算に比べて問題にならない程の時間短縮、高能率		
造船	A	合理化指向	省人効果大	各種拡大する方向で考えている	
	B	ハードの一部として購入している	期待通りの機能を発揮している	ハードの一部として大いに利用を増したい	デバッグするのに時間がかかる
化学機械	A	<ul style="list-style-type: none"> ・生産工程管理システムの円滑な稼動のため、インテリジェント中間端末が必要 ・製品の搬出作業をラインと同期化する 	<ul style="list-style-type: none"> ・生産の合理化、同期化、変化への即応化が可能となった ・組立ラインと倉庫が無人で連結された 		
	B	品質、コスト、納期のすべての点でマイコンを利用するのが最適	<ul style="list-style-type: none"> ・品質向上 ・コスト低減 ・納期短縮 		

	C	<ul style="list-style-type: none"> 生産設備の省力化による原価低減 品質の安定 	<ul style="list-style-type: none"> 多台持作業の増加 効率化意識の向上 	FMS化	
ボイラ 原動機	A	省人化	ライン監視の人間が少なくなった	マイコン同士の通信機能が必要	
電気計器・電気測定器	A	<ul style="list-style-type: none"> ミニコンの代替機として(μ-CPUの機能向上、低価格容量の拡大) ハードウェアのコントロールにおいてI/Oの処理速度が速い 安価である 	<ul style="list-style-type: none"> 特定部門の特別仕様としてシステム設計が可能であるため、開発期間が短縮できる きめ細かいシステムが構築できる 省力効果が現実となる 	<ul style="list-style-type: none"> FA実現のために、大型計算機にない機動性を発揮した利用を促進する HOSTコンピュータの下位システムとして一つのコントローラ的役割に使用していく 	8ビットマイコンの安価なMDSが欲しい

表1-18 マイクロコンピュータの製品への組み込み

調査対象分野		マイクロコンピュータを利用するに至った動機	マイクロコンピュータの利用した効果	マイクロコンピュータの利用将来計画（利用分野・用途及びそのために必要なマイクロコンピュータの条件等）	その他 （マイクロコンピュータの利用にあたってお気付きの点）
自動車	A	装置設計、製作の簡易さ	<ul style="list-style-type: none"> ・情報伝達処理の効率化 ・フレキシビリティを有す ・信頼性、保水性大 ・経済性 ・小型、軽量 		
民生用電気機械器具	A	<ul style="list-style-type: none"> ・技術的動向、製品戦略上 ・高機能化 ・フレキシブルな製品仕様化 ・小型化 ・低価格化 	<ul style="list-style-type: none"> ・ソフト変更でユーザーズに対応できる ・セルフチェックができる ・ハードの欠点をソフトでカバーできる ・量産が可能 ・コストダウン 	<ul style="list-style-type: none"> ・高速処理、演算が要求される ・ソフトウェアの生産性向上が急務 ・デバッグ、メンテナンスの効率化 ・低消費電力化（CMOS化） ・小型化（パッケージの問題） ・16ビット以上の採用 	新製品の急速なコストパフォーマンスの向上と開発システムとのからみから、新しいチップの採用のタイミングがむずかしい。
工作機械	A	<ul style="list-style-type: none"> ・機械の原価低減を目的に分析してマイクロコンピュータを利用し合理化をはかる分野として送り部の電氣的への変更。 ・データ処理はあたっては、ハードよりソフトで対処する。 	一応の目的は達成		

工 作 機 械	B	仕様ニーズの多様化、高度化に対応する	自社の仕様にマッチしたものが作りやすい		
	C	製品の高級化	大きい		
	D	<ul style="list-style-type: none"> ・装置が小型、軽量に製作可能 ・仕様変更の対応可能 ・ハードウェアの標準化 	<ul style="list-style-type: none"> ・高信頼性が得られた ・テスト（診断）プログラムにより出荷テストが短時間で済む 		
	E	購入するNC装置がすべてCNC化し、マイクロコンピュータが組込まれている			
	F	機械の自動化、無人化、高精度	機械の性能が大幅にアップした		
ロ ボ ッ ト	A	ハードウェアの種類を減らし、ソフトウェアにより客先ニーズに応えることができれば、製品コストを下げることができる	ハードウェアの流れ生産を可能にした	家庭用の設備や人間と共同で働いて、ロボットにも使用するため、信頼性のあるもの（安全な機械）	新機種ができるたびにソフトウェアを開発しなおさねばならないことは、開発コストの増大をまねく
	B	現在の社会情勢からあらゆる条件に適應できるフレキシブルな商品の開発が必要となったため	各製品の各適用に応じた仕様を容易に実現でき、それによりコストダウンがはかれる	<ul style="list-style-type: none"> ・ロボット等の産業機械におけるコントローラとして今後もマイコンの利用分野は拡大していく ・主な要求条件としては、ノイズマージンが高いこと、演算速度が速いこと、信頼性が高いこと、低価格であること、ソフトウェア開発支援システムが充実していることなどがあげられる 	CPU、周辺IC、メモリを含めたシステムとしての信頼性向上を、更に期待したい

調査対象分野		マイクロコンピュータを利用するに至った動機	マイクロコンピュータを利用した効果	マイクロコンピュータの利用将来計画（利用分野・用途及びそのために必要なマイクロコンピュータの条件等）	その他 （マイクロコンピュータの利用にあたってお気付きの点）
ロボット	C	<ul style="list-style-type: none"> ハードウェアのコストを下げる 柔軟性と拡張性 	<ul style="list-style-type: none"> ハードウェアを共通化してもニーズの多様化に対応できる コストダウン （量産製品に対して） 	<ul style="list-style-type: none"> 制御用途には分散化の方向 高速演算チップの必要性 	<ul style="list-style-type: none"> ソフトウェアの負荷が多大になりつつある 各部門間の標準化 各種ハードウェアに対する共通化した高級言語の必要性
	D	<ul style="list-style-type: none"> 他の方法では大型化して使用できない 制御が困難 信頼度の向上 	<ul style="list-style-type: none"> 小型化（移動性） 複雑な制御を達成 稼働率（信頼度）向上 		
化学機械	A	<ul style="list-style-type: none"> 安価になってきたこと 品質も安定していること 	きめ細かなコントロールができた	<ul style="list-style-type: none"> 利用分野、用途、機械装置の制御 マイコンの条件 信頼性 	<ul style="list-style-type: none"> 各種インタフェース、メモリ等も必要、最小限でよいから、MPU内にワンチップ化できれば一層コンパクト化できる
	B	<ul style="list-style-type: none"> 製品差別化 製品のシステム化 	商品イメージのアップ （受注増加）	<ul style="list-style-type: none"> システム化商品の拡大 	
電気計測器・器	A	機能高度化の必要性	充分効果あり		
	B	業界の情勢	<ul style="list-style-type: none"> システムの小型化 高信頼性化 	マルチCPU	<ul style="list-style-type: none"> 説明書が英文のものが多い 日本語訳のものは意味不明のものが多い（わかりにくい）

(5) システムハウスに対して(質問5)

① 生産現場、工場等にマイクロコンピュータを利用するにあたってのシステムハウスの利用

	件数	比率%
利用している	10	19
利用したことがある	11	21
利用したことがない	32	60
合計	53	100

② ①の「利用したことがない」場合におけるシステムハウスの存在

	件数	比率%
知っている	26	81
知らない	6	19
合計	32	100

③ ②の「知っている」場合において、システムハウスを利用しない理由(複数回答)

	パーセント	10	20	30	40	50
自社の技術で十分である						27% (7件)
仕事の分割がむずかしい						31% (8件)
費用の問題						27% (7件)
その他(記入なし)						35% (9件)

表-19 システムハウスに対する期待

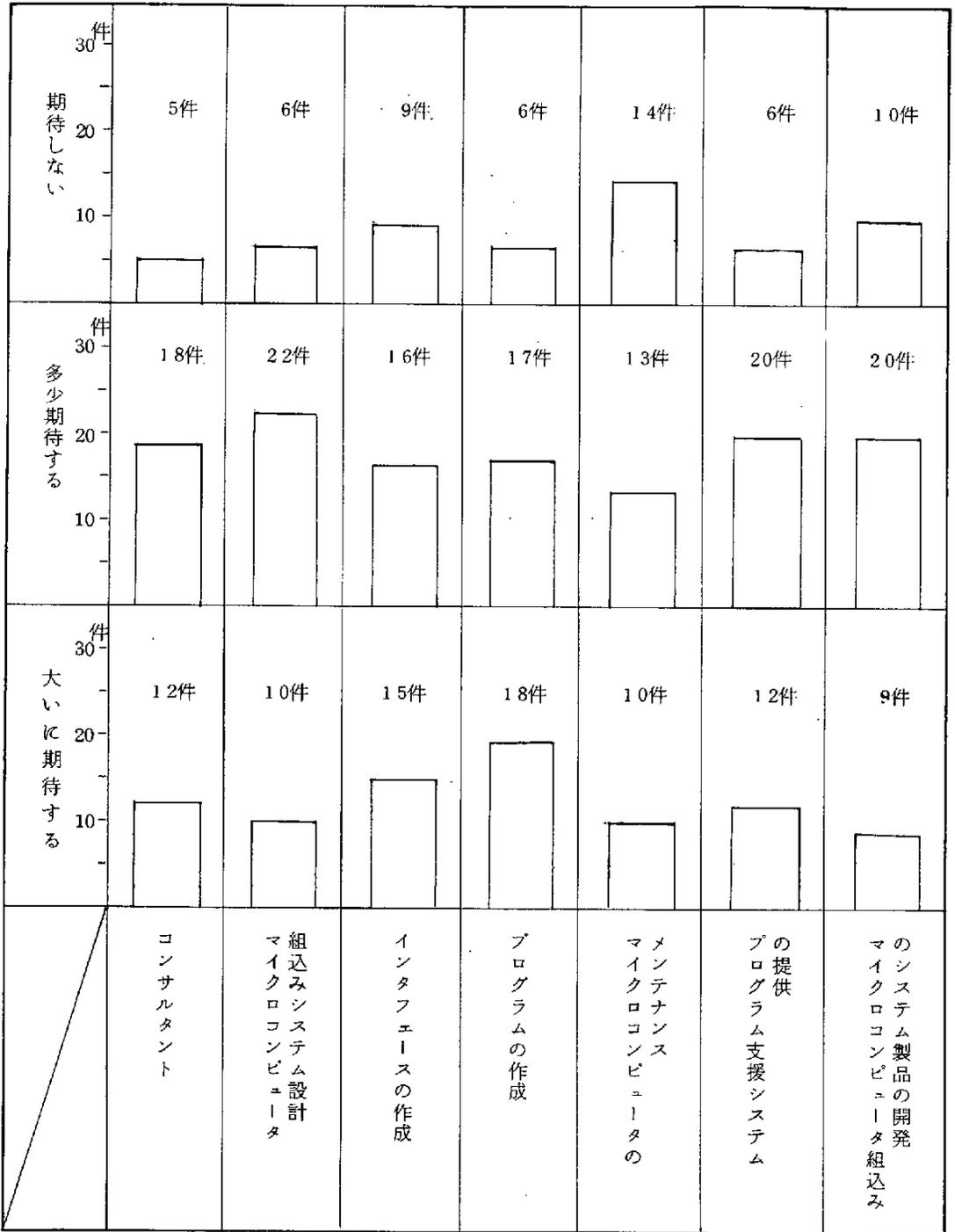


表 1-20 システムハウスに対する意見

調査対象分野	意見
民生用電気機械器具	<p>A</p> <ul style="list-style-type: none"> システムハウスの存在があまり知られていない 事業内容がよくわからないので宣伝の必要がある
	<p>B</p> <ul style="list-style-type: none"> 社内技術の流出の危険があり積極的に利用しない
	<p>C</p> <ul style="list-style-type: none"> 各種言語の使いわけができること、新しい言語の応用を充分こなしてほしい ただし、システムに合った最適な言語の選定ができること ソフトにおいてはモニターを中心にした体系で組み、ハードを十分に理解した上でデバッグを行なってほしい ハードはオリジナルボードの品揃えでこなすこと。また特に信頼性を重視
鉄鋼	<p>A</p> <ul style="list-style-type: none"> プロセス制御関係が行なえるシステムハウスが少ない
化学	<p>A</p> <ul style="list-style-type: none"> ソフト費が高すぎる 今後各種ユーザの情報を集め汎用性のある標準ソフトを開発し、価格低減化を図るべきである システムハウスの歴史が非常に浅いためソフト技術者の流入の頻度も激しいことが予想され、確固とした安心感がまだ持てない
工 作 機 械	<p>A</p> <ul style="list-style-type: none"> 制御対象となる工作機械のことを十分理解できないシステムハウスが多く、仕様打合せの期間が極めて長くなる ソフトウェア担当者のスピンアウトにより、購入システムのメンテナンスが不可能になる心配がある
	<p>B</p> <ul style="list-style-type: none"> ソフトウェア開発を依頼することが多々あるが、開発ツールを設備していない相当大きなシステムハウスもあるようで、依頼したシステムプログラムのデバッグを依頼者側のツールで行うことがあり、社内の開発ツールの取合いが発生し、日程的に遅れることがある <p>システムハウスは、開発ツールの設備を完成してから業務を發展させてほしい</p>
ロボット	<p>A</p> <p>システムハウスと称しても内容は千差万別である。新しくシステムハウスを利用する場合、判断にとまどっている。システムハウスの定義付けを明確にして専門分野、経験的尺度をシステムハウスの団体に管理できる体制が欲しい</p>

調査対象分野		意見
造船	A	<ul style="list-style-type: none"> ・ 1人月当りのコストが高すぎる ・ ソフトウェアの品質保証が完全でない ・ 個人差が大きすぎる
	B	<p>今後造船業界においても高年齢化社会への対応、省力化をはかる一つのツールとして先端技術をベースとした産業機器（ロボット等）の開発または導入が必要となる。そのためのシステムハウスの役割を大いに期待している。</p>
化学機械	A	標準品にないものを安価に提供することが必要と思われる
	B	<ul style="list-style-type: none"> ・ 質の向上 ・ 短納期への対応 ・ バグレスの保証 ・ 秘密保持への信頼性を高める ・ 最新情報に基づくコンサルティング
土木建設機械	A	地域内の狭い範囲のシステムハウスを利用しているが全国的なシステムハウスの実情がわからず利用が限定されている。この種の情報を提供してくれる何等かの機関が欲しい。（専門誌の広告では乱立しているシステムハウスの信用度が分らない。）
	B	現在知る限りのシステムハウスではハード・ソフトどちらかの面のみサポートしている所が多い様である。将来はハード・ソフト両面での強力なサポートを希望する。
電気計測器	A	宣伝・PRの強化

1.3 調査結果の分析とコメント

1.2 に示した調査の回答結果だけではその要点を把握しにくいかもしれない。そこでここでは本調査委員会の各委員による回答の分析と、さらにはコメント、意見を集約的に述べてみよう。

1.3.1 マイクロコンピュータの利用について

これは、質問1への回答に関するものである。

(1) マイクロコンピュータの果す役割

図1-1、1-2、及び1-3は〔質問1-1〕に対する回答をまとめたもので、マイコンの果す役割を

- (イ) 演算・計算 — 論理演算や数値計算を中心としたデータ処理を含める。
- (ロ) 数値制御 — 別途用意された制御データを読み取り、これに基づいて機器を制御する。
- (ハ) シーケンス制御 — 外部条件を検知しながら予め組込まれたシーケンスに従って機器を制御する。
- (ニ) プログラム制御 — 予め組込まれた手順に基づいて機器を多元的に制御する。
- (ホ) 通信 — ホストシステムとデータや制御コードの授受を行う。
- (ヘ) データロギング — データの収集を主要機能とする。
- (ト) 監視 — 機器の状態監視、モニタリングを行う。
- (チ) 認識 — 記号、文字、図形、形状などを識別する。

に分類し、回答件数をグラフ化したものである。尚、マイコンが複数の役割を担っている場合は、それぞれの役割りについて一件とした。また、役割りが明示的でない回答に対しては役割りを推定した。

① マイクロコンピュータを組込んだ機械・装置の利用

自動車業界ではシーケンス制御を中心とし機器制御のためにマイコンが利用されている。民生電気機器分野ではプログラム制御が中心的であ

る。また演算・計算やデータロギングも目立っている。鉄鋼業界では演算・計算、シーケンス制御・プログラム制御に利用されており、特に通信機能の利用が顕著である。また、認識のための利用が一件回答されている。化学分野では計算が主体であり、監視、データロギングに利用されている。工作機械では数値制御、ロボット分野ではシーケンス制御、造船業界では数値制御のための利用が多い。土木建設機械ではシーケンス制御と計算のための利用が目につく。計測器分野では殆んど全ての機能が平均的に利用されている点が他の分野と大きく異なる点である。

② マイクロコンピュータの生産工程への直接利用

自動車業界では各機能が満遍なく利用され民生電気機器分野ではプログラム制御に主として利用されている。鉄鋼業界では計算、シーケンス制御、プログラム制御のための利用がなされている。工作機械では計算とシーケンス制御機能の利用が顕著である。化学機械分野では計算中心であり、計測器分野ではこれに通信機能が加わる。その他の分野では傾向を推定できるだけの回答はなかった。

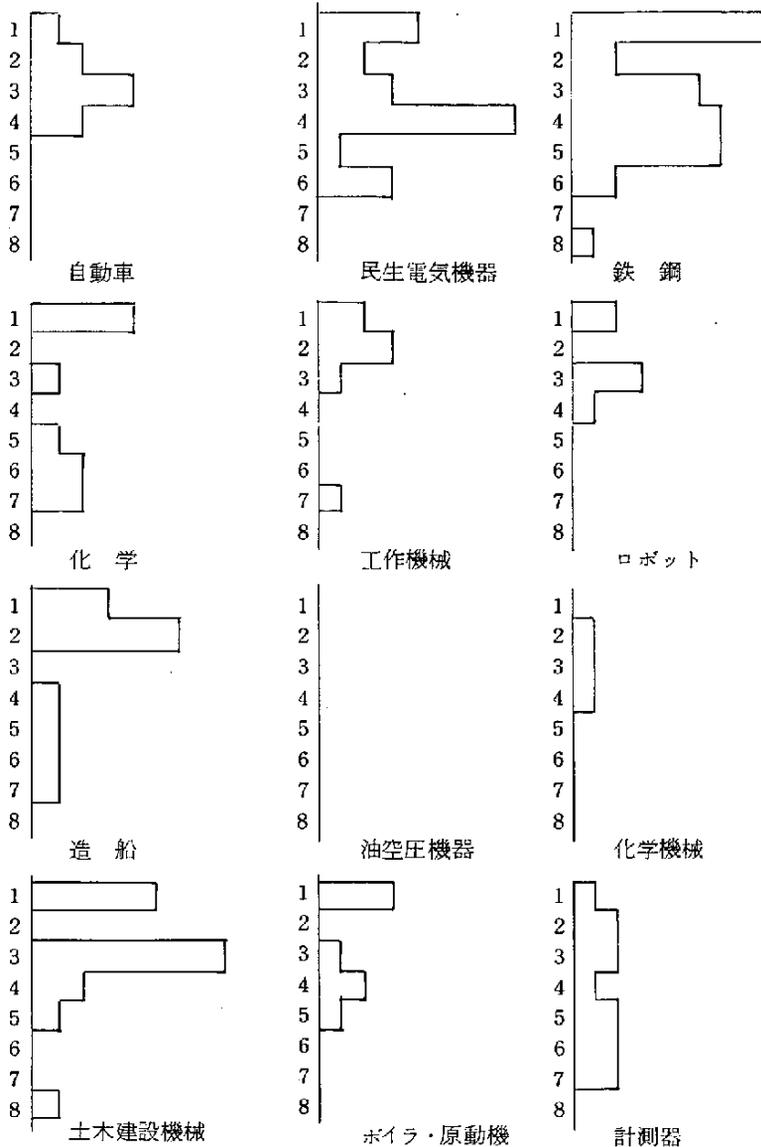
③ マイクロコンピュータの製品への組込み

ある程度の回答件数があるのは自動車、工作機械、ロボット、化学機械、計測器の各分野だけである。自動車業界では計算とシーケンス制御に利用されている。工作機械分野では数値制御、シーケンス制御、監視のための利用が目立つ。ロボット業界ではシーケンス制御、プログラム制御への利用が特徴的である。計測器分野では通信機能と監視機能のための利用が中心的である。

④ まとめ

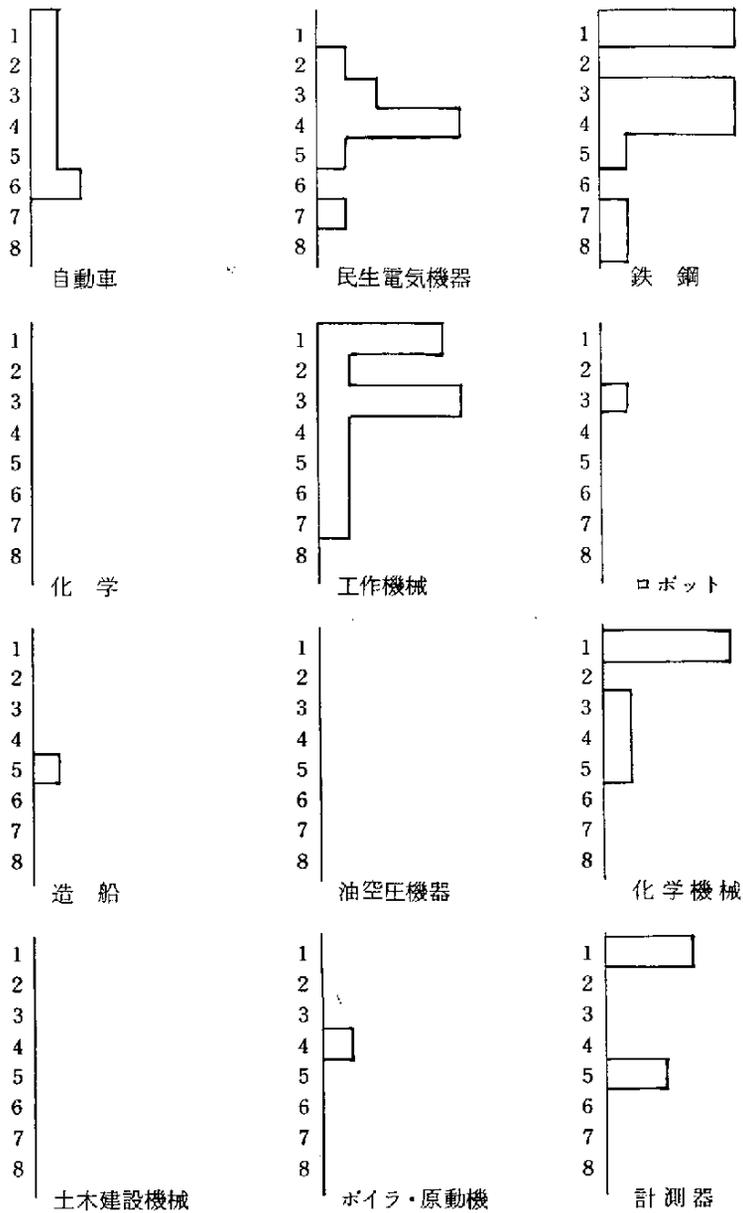
図1-1、1-2、1-3を同時に眺めて、分野毎に傾向を見ると、化学業界、造船業界、土木建設機械、ボイラ、原動機業界ではマイコンが組込まれた装置を購入利用することが主体で自社でマイコンを直接的に利用することはないことが解る。また鉄鋼業界では当然ながら製品に

マイコンを組込むことはなく、自社内で専ら利用している。民生電気機器分野では生産機械を製造することが例外的であるため、組込みの例は僅かである。逆に工作機械、化学機械ではマイコンの組込まれた装置を利用するよりも製品にマイコンを組込むことの方が多い。



マイクロコンピュータの役割 1 演算・計算 2 数値制御 3 シーケンス制御 4 プログラム制御 5 通信 6 データロギング 7 監視 8 認識

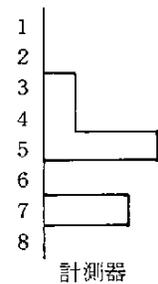
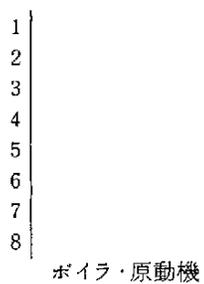
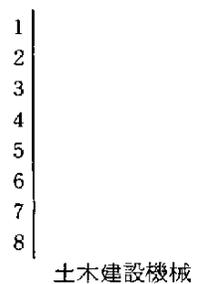
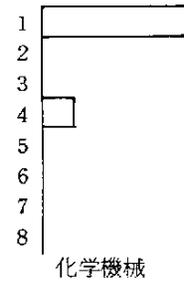
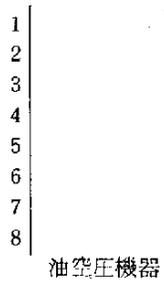
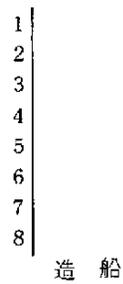
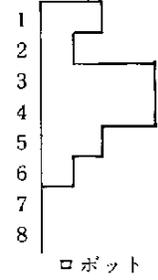
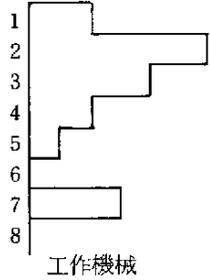
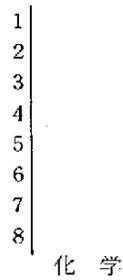
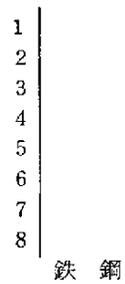
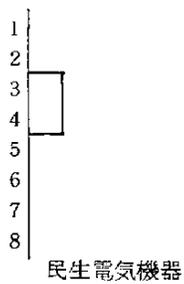
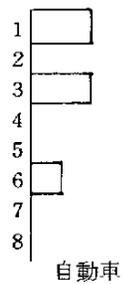
図 1-1 マイクロコンピュータを組込んだ機械・装置の利用



マイクロコンピュータの役割

- | | |
|-----------|-----------|
| 1 演算・計算 | 5 通信 |
| 2 数値制御 | 6 データロギング |
| 3 シーケンス制御 | 7 監視 |
| 4 プログラム制御 | 8 認識 |

図 1-2 マイクロコンピュータの生産工程への直接利用



マイクロコンピュータの役割

- | | |
|-----------|-----------|
| 1 演算・計算 | 5 通信 |
| 2 数値制御 | 6 データロギング |
| 3 シーケンス制御 | 7 監視 |
| 4 プログラム制御 | 8 認識 |

図 1 - 3 マイクロコンピュータの製品への組み込み

(2) マイクロコンピュータの利用

マイコンの利用形態を、マイクロコンピュータ組込み機械・装置の利用、生産工程での直接利用、製品への組込みの三つに分類し、各業種ごとに比較したものが表1-21である。

表1-21 マイクロコンピュータの業種別利用形態別の利用

対象分野	回答例	利用分野		
		機 器	生産工程	製 品
自 動 車	17	8 (47.1)	7 (41.2)	2 (11.7)
民生電気機器	33	15 (45.5)	15 (45.5)	3 (9.0)
鉄 鋼	32	21 (65.6)	11 (34.4)	0
化 学	6	6 (100.0)	0	0
工 作 機 械	29	6 (20.7)	11 (37.9)	12 (41.4)
ロ ボ ッ ト	18	5 (27.8)	1 (5.5)	12 (66.7)
造 船	12	9 (75.0)	3 (25.0)	0
油 空 圧 機 器	0	0	0	0
化 学 機 械	15	3 (20.0)	6 (40.0)	6 (40.0)
土 建 機 械	14	14 (100.0)	0	0
ボイラ・原動機	4	3 (75.0)	1 (25.0)	0
電気計器・測定器	19	8 (42.1)	5 (26.3)	6 (31.6)
合 計	199	98 (49.2%)	60 (30.2%)	41 (20.6%)

装置産業ではマイコン組込み機器を使用している例が多く、造船、土木建築機械では100%が組込み機器の使用である。

生産工程での直接利用は、装置、機械メーカー共全般によく行われている。

製品組みは機械メーカーで良く行われており、特にロボット、工作機械が顕著(5.0%程度)であり、これらの産業がマイコンと共に成立してい

ることがうかがえる。民生用電気機器、電気計測器では数値が低いが、特に民生用電気機器へのマイコン組込みは実際にはもっと活発に行われているものと考えられる。

化学メーカーでは、生産工程の計算機利用は、依然ミニコンやメインフレームが主流と思われる。

土木建設機械メーカーのマイコン利用（生産工程、製品組込み）は、自動車メーカーに比べて非常に遅れている。自動化自体が遅れているものと思われる。

① マイクロコンピュータを組込んだ機械装置の利用

マイコン組込み機器の内訳を、制御装置、計測機器、自動化機械（ロボット含む）、設計開発装置、その他の分類で見たものが表1-22である。

表1-22 マイクロコンピュータを組込んだ機械・装置の利用

対象分野	回答例	コントローラ	利用機器			その他
			計測器	*自動機械	設計開発機器	
自動車	8	1 (12.5)	0	5 (2) (87.5)	0	0
民生電気機器	15	1 (6.7)	4 (26.6)	8 (1) (60.0)	0	1 (6.7)
鉄鋼	21	7 (33.3)	7 (33.3)	7 (33.3)	0	0
化学	6	2 (33.3)	4 (66.7)	0	0	0
工作機械	6	0	1 (16.7)	5 (83.3)	0	0
ロボット	5	1 (20.0)	1 (20.0)	3 (60.0)	0	0
造船	9	1 (11.1)	0	3 (33.3)	5 (55.6)	0
油空圧機器	0	0	0	0	0	0
化学機械	3	0	0	2 (1) (100.0)	0	0
土建機械	14	1 (7.2)	3 (21.4)	6 (2) (57.1)	2 (14.3)	0
ボイラ・原動機	3	0	0	3 (100.0)	0	0
電気計器・測定器	8	0	3 (37.5)	5 (62.5)	0	0
合計	98	14 (14.3%)	23 (23.5%)	47 (6) (54.1%)	7 (7.1%)	1 (1.0%)

*) ()内はロボット

全般的に自動化機械の使用が多く、この中でロボットの使用例は全体で1割程度であるが、自動車、土木建設機械で良く使用されている。これは塗装や溶接工程をロボット化しているためである。

機械メーカーでは自動化機械の利用が多く、一方装置産業では、計測機器、制御機器が良く利用されている。

造船では、50%以上が設計、製図等の作業にマイコン組込み機器が利用されている。

② マイクロコンピュータの生産工程への直接利用

生産工程への直接利用をマイコン機能の観点から計算、制御、データ処理、表示、通信インタフェースに分類したものが表1-23である。

表1-23 マイクロコンピュータの生産工程への直接利用
(マイクロコンピュータの役割)

対象分野	*回答例	マイクロコンピュータの機能				
		計算	制御	データ収集処理	表示	通信インタフェース
自動車	7(1)	1 (9.1)	7 (63.6)	3 (27.3)		
民生電気機器	15(9)	1 (5.3)	11 (57.9)	5 (26.3)		2 (10.5)
鉄鋼	11(4)	1 (7.1)	9 (64.3)	3 (21.4)		1 (7.1)
化学	0					
工作機械	11(5)	3 (20.0)	5 (33.3)	4 (26.7)	3 (20.0)	
ロボット	1		1 (100.0)			
造船	3(5)	2 (40.0)			2 (40.0)	1 (20.0)
油空圧機器	0					
化学機械	6(9)		3 (33.3)	3 (33.3)	2 (22.2)	1 (11.1)
土建機械	0					
ボイラ・原動機	1			1 (100.0)		
電気計器・測定器	5(7)	1 (14.3)		4 (57.1)	2 (28.6)	
合計	60(82)	9 (11.0%)	36 (43.9%)	23 (28.0%)	9 (11.0%)	5 (6.1%)

* ()内はマイクロコンピュータの機能

全体の70%が機器の直接制御、データ処理として用いられている。
 民生用電気機器、鉄鋼、造船、化学機器メーカーでは、ホストコンピュータとのインタフェースとしてマイコンが利用されている例もある。
 さらに、工程への直接利用を、設計、加工、組立、分析検査、搬送・前処理、無人化システム全体制御の工程別に分類したものが表1-24である。

表1-24 マイクロコンピュータの生産工程への直接利用
 (生産工程分野別)

対象分野	*回答例	利 用 工 程							
		設 計	加 工	組 立	分 析 梱 包	出 荷 梱 包	制 御 管 理	無 人 化 シ ス テ ム	搬 送 前 処 理
自 動 車	7		3 (42.9)	3 (42.9)				1 (14.2)	
民生電気機器	15(16)		8 (50.0)	3 (18.8)	2 (12.5)	1 (6.25)		1 (6.25)	1 (6.25)
鉄 鋼	11		5 (45.4)		2 (18.2)		1 (9.1)		3 (27.3)
化 学	0								
工 作 機 械	11	2 (18.2)	3 (27.2)	1 (9.1)	2 (18.2)	1 (9.1)		1 (9.1)	1 (9.1)
ロ ボ ッ ト	1				1 (100.0)				
造 船	3	3 (100.0)							
油 空 圧 機 器	0								
化 学 機 械	6(7)		2 (28.6)	2 (28.6)	1 (14.2)		2 (28.6)		
土 建 機 械	0								
ボイラ・原動機	1		1 (100.0)						
電気計器・測定器	5	1 (20.0)		1 (20.0)	1 (20.0)		1 (20.0)		1 (20.0)
合 計	60(62)	6 (9.7%)	22 (35.5%)	10 (16.1%)	9 (14.5%)	2 (3.2%)	4 (6.5%)	3 (4.8%)	6 (9.7%)

* ()内は利用工程

直接利用では、全体の70%が加工、組立、分析検査であり、特に自動車、民生用電気機器、化学機器メーカーでは、加工、組立ラインで良く使用されている。

造船ではほとんどが設計に使われているが、工作機械、電気計測器メーカーでも設計に使用されている例がある。

③ マイクロコンピュータの製品への組込み

組込み機器を制御装置、計測装置、I R (搬送ロボット)、工作機械データ処理通信、専用自動化機械、システム制御装置に分類したものが表1-25である。

表1-25 マイクロコンピュータの製品への組込み

対象分野	回答例	製品の種類						
		制御装置	計測装置	* I R	工作機械	データ処理通信	専用自動化機械	システム制御
自動車	2		1 (50.0)	1 (50.0)				
民生電気機器	3	2 (66.7)		1 (33.3)				
鉄鋼	0							
化学	0							
工作機械	12	1 (8.3)	2 (16.7)	2 (16.7)	5 (41.7)	1 (8.3)		1 (8.3)
ロボット	12			6 (50.0)	3 (25.0)	1 (8.3)	1 (8.3)	1 (8.3)
造船	0							
油空圧機器	0							
化学機械	6	3 (50.0)					3 (50.0)	
土建機械	0							
ボイラ・原動機	0							
電気計器・測定器	6		3 (50.0)		1 (16.7)		2 (33.3)	
合計	41	6 (14.6%)	6 (14.6%)	10 (24.4%)	9 (22.0%)	2 (4.9%)	6 (14.6%)	2 (4.9%)

* 搬送ロボットを含む

製品組込みでは、I R、工作機械が多く、50%程度を占め、さらに制御装置、計測装置、専用自動化機械が残りのほとんどである。I Rはロボット、工作機械メーカーだけでなく、自動車、民生用電気機器メーカーが自社向けに開発したものが製品となっている例もある。

(3) 業種別傾向

①自動車 90%が組込み機器と直接利用である。加工、組立ラインでの自動化機械の利用、制御、データ処理としてマイコンを直接利用しており、一部製品としてロボットなども生産。

②民生用電気機器 90%が組込み機器と直接利用である。加工、組立、検査ラインでの自動化機器、計測器の利用、また制御、データ処理に直接利用を行っている。

③鉄鋼 組込み機器では制御装置、計測器、自動化機器を利用。工程への直接利用では制御装置としての利用が多く(64%)、加工、分析検査、搬送前処理等の工程で使用されている。

④化学 組込み機器の利用のみで計測器、制御器を利用。

⑤工作機械 製品組込みが多いが、3分野ではほぼバランスがとれている。組込みの自動化機械が多いのは、一部自社製品も使っているためと思われる。直接利用では、ほぼ工程全般にわたって良く利用されている。製品は工作機械が多く、ロボット、計測器なども生産されている。

⑥ロボット 製品組込みが全体利用の70%程度で、その中でもロボット、工作機械の生産が75%となっている。組込みの自動化機器の利用も多い。

⑦造船 設計開発用マイコン機器の利用が主で、全体の75%である。工程への直接利用でも設計が主である。

⑧化学機械 生産工程への直接利用と製品への組込みがほとんどで全体の80%である。直接利用では、加工、組立、管理工程で、制御、データ処理にマイコンを利用している。

⑨土木建設機械 自動化機器、計測器などの組込み機器の利用のみ。

⑩ボイラ・原動機 自動化機器の利用が主で、全体の75%である。

一部加工工程でデータ処理にマイコンを直接利用している。

⑪電気計測器 3分野全般的に良く利用されている。製品の大半はマイコン組込みと思われるが、このアンケートでは設問の性質上その傾向は見られない。

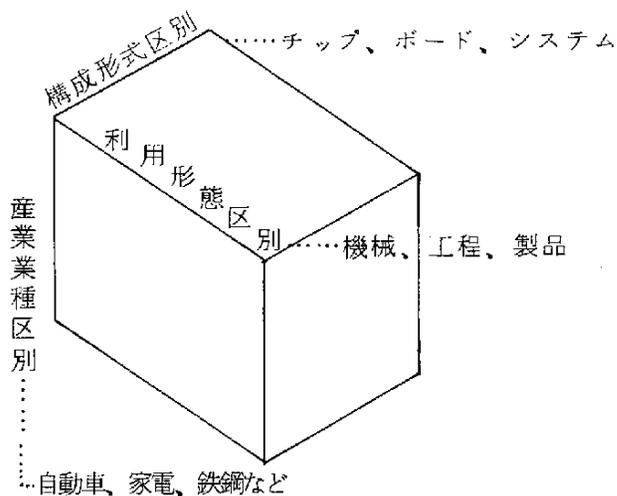
1.3.2 利用しているマイクロコンピュータについて

これは、質問2への回答に関するものである。

(1) 応用分野の構造表現のためのマトリックス

マイコンの産業界での応用の実態の全体像を把握するために、本調査では応用空間を3つの座標軸をもつ3次元空間として表現することとした。即ち第1の軸として、マイクロプロセッサやROM、RAMなどのマイコンの構成要素のビット数と構成形式の区別(チップ、ボード、システムの分類)を設定した。第2の軸にはマイコンの利用形態の区別(マイコン組込みの機械を生産に利用している場合、マイコン自身を生産工程で直接利用している場合、マイコン組込みの製品を製造している場合)を採用した。第3の軸は産業界の業種の区別(自動車、民生家電、鉄鋼、工作機械など)である。業種の区別には、素材産業と組立産業の違いとか、量産形見込生産と受注形多種少量生産の違いなどの構造上の差異にもとづく分析も検討すべきであるが、今回の調査ではそこまでたどり着くことなく、業種区別の次元は単純に業種コードを列挙するだけにとどめている。

以上の各次元の名称が冗長でまぎらわしいため、以降の説明では夫々の軸を「構成形式区別」、「利用形態区別」「産業業種区別」と呼ぶことにする。



(2) 構成形式の区別と利用形態の関係

マイクロプロセッサのチップのほかに、プログラムを貯えるROM、データを記憶するRAM、入出力制御用の各種のチップ、シリアルやパラレルのインタフェースなどを集積化してマイコンが形成される。これら各要素の組合せ方のちがいで、マイコンも多様な形式になる。マイコンの利用の実態を調べるには、これらのチップの構成の差異を見る必要がある。本調査ではその実態のおおづかみな把握のために、CPUのチップの単体使用に重点をおいた形(チップ)、CPUだけでなく入出力制御等数個の機能モジュールの組合せを利用する形(ボード)、標準的な構成のマイコンとして集積化されているものをそのまま使用する形(システム)の3種類に構成形式を分類して設問したが、質問形式の説明が不十分であったため、調査側の意図が回答に反映していない点もみうけられた。単にチップと称しただけでは、CPUのチップなのか、ROMのチップなのか、RAMのチップなのか、インタフェースのチップなのか不明であるし、マイコンとしてまとめられたボードもある。回答例の中に、同一欄に(チップとボード)、(ボードとシステム)などの混在記入がめだつたのは、このような不明確な質問のためであろう。

マイクロプロセッサのビット数について観察すると、現在の普及数の大半を占めている4ビット、8ビット系にくらべると、16ビット系の使用実績は数量的には数%程度であろうとおもわれるのにもかかわらず、回答の使用例で、16ビット系の場合が比較的多かった点は注目すべき現象であった。(8ビットの例92、16ビットの例33)

回答数の割合が、実績数量の比率をそのまま反映しているとはいえないが、16ビットのマイクロプロセッサがマーケットに出現してから数年にすぎない現在、このように多くの使用例の報告があることは、技術革新の速度の早さを物語っている。

4ビット系、8ビット系のシングルチップマイコンの用途は民生家電分野(電子レンジ、クーラー、VTR、オーディオ、ゲームマシン)で急速な普及をみたが、産業分野での利用のためには、やや複雑な情報処理が必要になるため、16ビット系のマイコンの出現を待望していたと解釈することも出来る。情報処理の性格としては、ビジネス分野のタイプライタ、複写機、ファックス、電話機、プリンタなどへのマイコンの利用と共通するところもあるため、16ビット系のマイコンの産業界への応用の普及はビジネス分野のそれと同期化して加速されるであろう。

さらに産業分野での利用の特徴をあげれば機能の多様化という点であろう。ビジネス分野での利用形態は典型的であるので、マイコンに対する要求は、高能率に目標がしばられ、例えば、低消費電力のためのCMOS化や、処理速度の高速化などが指向されるであろう。これとの対比でいえば産業分野での利用形態は多様であるので、機能別に特化した構成形式や、特殊な高機能化が要求されるであろう。したがって多機能マイコンよりも、機能別に分化した各種のボードの供給が望まれることになるであろう。しかしながら今回の調査結果ではそこまでの徴候分析ができるほどのサンプルは集められていない。採用されているマイコンの種類が多いことに多様化の様相がしめされている。採用数の多少は市場への出現時期の早遅にの

み影響されていて、未だ機能要求との相関は少ないようである。高機能マイコン（i8086、MC68000など）の使用例がみられないのは調査時点のタイミングに起因するものであろう。（多くは1983年出現）

1年後に調査すればさらに多様な結果になるであろう。OS内蔵、言語処理内蔵の32ビット系のマイコンに対する潜在的な需要なども調べれば興味ある結果が得られたかもしれない。

調査結果を全体的にみた結果は、構成形式別についても、利用形態別にも、産業業種別にも、きわだった分布のかたよりは見出されず、あらゆる形式、あらゆる形態、あらゆる業種でのマイコンの応用が存在することが観察できた。この中から強いて特徴を抽出するとすれば、工作機械、ロボット、電気計装などのFA関連産業の業種での回答数が比較的多いことなどから、この分野でのマイコンの利用に対する関心が高いことが推測される。この分野での構成形式はチップ形からシステム形まであらゆる形式が採用されている。

鉄鋼、造船での利用は、システム形の構成形式の比重が高く、ロボットでの利用は、チップ形の形式になっている。

産業業種別の区分を無視して全体の傾向を見ると、システム形の構成形式は、生産工程での直接利用の形態が多く、チップ形の構成形式は、製品への組込の形態で採用されている。これらは当然予測される常識的な結果でもある。

調査結果を観察して感じたことを附記すると、産業界でのマイコンの利用の将来動向を占うための資料としては、今回の調査はややスタティックにすぎたという反省をせざるをえない。半導体産業の動向との関連を把握するための視点を加えるべきであった。狭義のマイクロプロセッサのみに焦点をしばらずに、RAM（64KRAMの需要、256KRAMの需要）、ゲートアレイ（産業用の場合、カスタマイズドICの需要は高まるであろう）、AD、DAコンバータ、ハイブリッドIC（マイコンチップより

も周辺関連ボードの方が重要)、図形、画像、音声処理機器とのインタフェース(マイコンよりも大型になる)などにも視野をひろげる必要もある。

1.3.3 マイクロコンピュータ利用にあたっての開発体制について

これは、質問3への回答に関するものである。

開発用、記述用の言語に注目すると、BASICなどの所謂高級言語系や簡易言語などの使用例の数にくらべて、機械語又はアセンブラの使用例が倍以上ある。プログラム開発の困難さが推察できる。しかしながら、開発支援システムの種類の数も多く、主流となる開発方式が未だ確立していないことをしめしている。開発対象のマイコンと開発支援のマイコンとが同一レベルの場合もあり、各種各様である。

開発体制について観察すると、ハードウェアに関する仕事では、マイコン組込機械を利用する形態・マイコンを生産工程に直接利用する形態の場合、「仕様」と「運用」を自社がおこなって、「設計」と「作成」を購入先にまかせるという傾向がみられる。テストは、組込機械利用形態では購入先にまかせる例が多く、生産工程直接利用形態では自社でおこなう例が多い。組込機械利用形態でも、生産工程直接利用形態でも、生産活動にマイコンを利用する場合には、自社開発か購入先にまかせるかのいずれかにわかれていて、その中間にある専門会社(コンサルタント)に開発の仕事を発注するケースがきわめて少ないという傾向がはっきりと浮彫りにされている。このことは各産業分野での生産の実態は外部のコンサルタント会社などでは把握できないということを示しているのであろうか。

これにくらべてみると専門会社の出番のあるのはマイコンを製品に組込むという利用形態の場合である。この場合は製品自身の機能を客観的に把握すれば可能であって、そのための生産活動の状況まで知る必要がないために、外部の専門会社にも出番があることになるのであろう。特に「作成」の項で

専門会社への開発委託例が多いのは、マイコンの知識に期待する点があることを示しているようである。

マイコンの活用について、ハードウェア関係の開発の仕事で、産業界がシステムハウスに期待しているところは、製品へのマイコン組込の「作成」作業にだけ限定しているという調査結果になっている。

ソフトウェア関係の開発の仕事では、「専門会社に発注する」項目と「他社より完成ソフトウェアを購入する」項目の二つを合算すれば、「自社開発」の場合の数とほぼ同数になるので、システムハウス、ソフトウェアハウスの出番は、ハードウェア関係の時よりも機会が多いと考えられる。

表1-26 マイクロコンピュータの形態

対象分野 マイクロコンピュータの利用形態	システム			ボード			チップ			計
	機械装置	生産工程	製品	機械装置	生産工程	製品	機械装置	生産工程	製品	
自動車	1	5	0	0	2	0	0	1	2	11
民生用電気機械器具	3	11	0	3	1	0	3	1	3	25
鉄鋼	2	8	0	2	1	0	0	0	0	13
化学	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
工作機械	2	7	8	0	2	1	3	4	7	34
ロボット	0	1	1	0	0	6	0	0	5	13
造船	4	2	0	0	0	0	0	0	0	6
油圧機器・空気圧機器	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
化学機械	0	1	4	1	4	2	0	0	0	12
土木建設機械	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2
ボイラ・原動機	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
電気計器・電気測定器	6	3	0	0	1	0	2	1	6	19
計	19	38	13	8	11	9	8	7	23	136

1.3.4 マイクロコンピュータの利用の動機・効果・将来計画について

これは、質問4への回答に関するものである。

(1) マイクロコンピュータの利用形態における利用の動機と効果

本質問は自由記述形式なので数量化はむずかしいが、あえて記述内容を次の9項目に大別して分類してみると表1-27のようになる。この表により、回答者の意識の大まかな傾向を明らかにすることができる。

〔Ⅰ〕マイクロコンピュータを組込んだ機械装置の利用〕では、動機の上位3項目に①機能の高度化・品質向上、②低価格・小形化、③自動化・省力化が上っている。一方効果では、①機能高度化・品質向上、②自動化・省力化③柔軟性・多種少量生産の順になっている。注目されることは低価格・小形化の項が動機では2位であるのに、効果では5位になっていることである。低価格が期待されたにもかかわらず、実際には低価格にならないか、あるいは他の効果の方が大きく目についたかのいずれかであることが読み取れる。これに対して機能・品質向上、自動化はほぼ期待通りの効果を上げていることがわかるが、柔軟性・多種少量生産が予想以上の効果を示しているようである。

〔Ⅱ〕マイクロコンピュータの生産工程への直接利用〕では、上位4項目として①機能高度化・品質向上、②自動化・省力化、③低価格・小形化、④生産性向上・合理化が上っており、生産性向上が動機の中に入っていることが、直接利用の場合の意識のあり方を示している。効果では1位が生産性向上・合理化、2位が自動化・省力化になっており、マイコン利用の本質とその効果の大きさを示している。次いで機能高度化・品質向上と柔軟性・多種少量生産が上っている。全体の傾向として、動機に比べて生産性向上の効果の大きさと機能高度化・品質向上、低価格の効果の小さいことが目につく。その他はほぼ期待通りというところである。これは直接利用の場合の重点が、意識上は機能高度化・品質の向上にあっても、実際の稼働状況では生産工程の合理化・省力化という観点で評価されるためと考えられる。

〔Ⅲ〕マイクロコンピュータの製品への組込み〕では、動機の1位が機

能高度化・品質向上、2位に低価格・小形化と柔軟性・多種少量生産が上っている。これは妥当な項目であると思えるが、4位に業界・時代の動向が上っているのが面白い。一方効果について見ると、低価格・小形化と生産性向上・合理化が1位で、3位が機能高度化・品質向上と信頼性向上になっている。動機に上っていなかった生産性・合理化と信頼性が上ってきたことは注目される。ここで生産性・合理化とは、セルフチェックの機能や、出荷テストが短時間で済むなどマイコン内蔵による工程上、保守上の効果を指している。また低価格・小形化の効果が大きく評価されている反面、柔軟性や機能向上の評価が下がっている。

(I)、(II)、(III)を通して動機としては機能高度化・品質向上が1位であるが、効果では(I)では機能、(II)生産性向上、(III)では低価格・小形化と合理化(生産性)が1位になっているのは、それぞれの評価の意識を反映していて興味がある。なお効果については「不十分」ないし「実施後半年で評価できない」という回答もあった。

将来の利用計画で目についた項目を上げてみると、まず各部門、工程、機械のオンラインネットワーク化を図り、システム化するというものである。内容的には業種によって、生産・在庫管理、設計・生産など異なっているが、マイコンの利用が単体からネットワーク複合体へ移行する傾向が見てとれる。その他としては視覚を持った自動機械の開発、機器制御のための専用言語の開発、利用範囲の拡大などが目についた。

一方マイコンへの要求や不満についてみると、高速化、センサ技術、信頼性が多い。これらはハードウェアの一般的な要求のようである。個別的に目についた事項には、周辺機器の互換性、ミニフロッピーディスクの標準化などの標準化問題、8ビットの低価格開発ツールや組込み機器のところへ持っていける安価なデバッグ装置などサポートツールの問題、ソフトウェアの負担が増加しており、部門間の言語の共通化、改造時の費用が高いなどソフトウェアの問題も上っている。その他には説明書やマニュアル類

が簡単に入手できない、解かりにくい(意味不明の日本語訳があるなど)、英文が多いなど資料、マニュアルに対する不満も相かわらず多くある。しかし恐らく多くの技術者を悩ませている最大の問題は次の指摘であろう。

「マイクロコンピュータ新製品の急速なコストパフォーマンスの向上と開発するシステムのからみから、新しいチップの選定のタイミングがむずかしい。新機種が出るたびにソフトウェアを開発し直さなければならないとすると、開発コストが増加してしまう」。マイコンの健全な発展のためには、メーカ、ユーザ両者共に問題解決のための知恵を出すことが必要である。

表1-27 マイクロコンピュータ利用の動機と効果

(%)

項 目	組込み装置		直接利用		製 品	
	動機	効果	動機	効果	動機	効果
自動化・省力化	14	18↗	21	21→	4	0↘
低価格・小形化	15	11↘	16	12↘	19	25↑
機能・品質向上	27	29→	28	14↓	27	17↓
柔軟性・多種少量生産	8	14↓	12	14↗	19	8↓
標準化	5	1↘	0	0→	4	4→
生産性向上・合理化	13	14→	16	28↑	4	25↑
信頼性向上	5	6→	5	9↗	4	17↑
業界・時代動向	2	0	0	0	8	0
その他	11	7	2	2	11	4

↑↓動機と効果の%が6%以上変化、↗↘5~3%変化、→2~0%変化

(2) マイクロコンピュータの企業における使われ方

① 利用の動機及び利用の効果について

(イ) マイコンの諸特徴

- デジタルコンピュータである。(演算装置、記憶装置などより成る。)
- ストアードプログラム方式である。
- L S I を基本構成要素としている。
- 小型、軽量である。
- 安価である。

等のためマイコンを情報処理機械、制御機械等の構成要素として利用することにより次のようなことが可能となった。

- 高度、高級、複雑、肌目細かな機能をもつ機械の実現。
- 多種多様な(ケースによって動作が異なるような)機能をもつ、機械の実現。
- 変更可能で柔軟性、汎用性、拡張性、自由度に優れている。
- 種々の仕様に対し、同一ハードでもソフトを変えることにより対応しうる。この為開発工期短縮、ハード統一によるコストメリット、標準化の推進などのメリットが得られる。
- Wired Logic に比し、Soft Logic であり、リレー、Tr など基本要素とした装置より信頼性が高い。
- アナログ方式に比し、精度が高い。
- 小型、軽量であり、コンパクトな装置が実現できる。
- 安価であり、機能・性能が許せば従来のコンピュータの領域のものをより低コストで実現でき、小型、軽量であることもあいまって、コンピュータの応用範囲が広がる。
- 安価であるため、より大型のコンピュータとの機能分担をすることにより、トータルとしてより効率的なシステム、装置を構成できる。(インテリジェント端末、Host 計算機の負荷軽減など)

又、時代の先取り、マイコン応用技術の確立、商品イメージ向上、製品差別化などの経営意図をもってマイコンを取り上げている企業も

多い。

(ロ) マイコンの用途としては

- ・単体機械の自動化
- ・複数工程工場の物流制御
- ・情報収集、処理等の機械化
- ・情報検索による自動化（試験工程など）
- ・計測機器の高度化

等で従来から小型コンピュータ（汎用、工業用）での応用範囲の全てにわたっており、更に小型、軽量、安価という利点を活かしてより広い分野に浸透していると考えられる。

② 今後の利用計画及び要望など

今後の用途は基本的には①で記した事の延長又は深化であり、例えば次のような記載があった。

- ・複数設備の統括制御（管理）
- ・個別制御のネットワーク化
- ・トータルオンラインシステム（生産・生産管理・在庫管理等）
- ・多変数適応制御
- ・プロセス解析
- ・プロセス制御
- ・設備診断
- ・高級計測器信号処理

等マイコンの機能、性能が向上すれば、当然より上位のコンピュータで行っている機能をカバーできる訳である。

マイコンに対する要望としては機能・性能・コストの向上に関するものと、保守性向上に関するものに大別でき次のようなものがある。

○機能・性能・コストの向上

- ・大容量、高機能、高信頼性の実現

- 小型化、軽量化、低価格、低電力化などの一層の追究
 - 互換性、標準化の推進
 - ソフトウェアの開発、改造、メンテナンスの効率化
 - 低コスト化
 - カタログ、マニュアル、その他情報サービスの充実
- 等具体的な記載例としては次のようなものがある。

- 上位コンピュータとの結合
- マイコン間ネットワーク
- P I/Oインタフェースの充実及び標準化
- メモリーの不揮発化（電池不要）
- 対ノイズ性、対温度、対湿度、性能の向上
- R A S、故障診断機能の充実
- Mini Floppy Disk の互換性
- ソフト開発負荷の軽減
- 高級言語、専用言語の使用
- テスト機能、デバッグ装置の充実
- ソフト改造費の低減
- （新・旧）機種間言語の互換性
- システムハウス（16 bit系）の強化
- 周辺機器の充実と低コスト化

○保守性向上に関するもので不満があるもの

- ハードウェア

}	製造中止 モデル変更 互換性不良 保守員教育の困難 アフター・サービス体制不十分	}	による保守阻害
---	--	---	---------

- ・ソフトウェア
 - 機種間互換性不良
 - 改造コスト高
 - 自家メンテナンス困難

等生産現場において使用してゆく為には信頼性・保守性・製品ライフ・保守可能期間等の点で生産設備として十分なものでなければならぬ。この事がマイコンゲームの類とは全く異なることをマイコンメーカーは十分認識すべきであり、その為のコスト増についてユーザの理解を得てゆく必要がある。

1.3.5 システムハウスに対して

これは質問5への回答に関するものである。

(1) 全体的に見て

アンケート調査の結果はやはり悲観的要素が多い。現在、ユーザがシステムハウスにどこまでを期待しているかは別にして、本来システムハウスはユーザが何らかのシステム化を図る時、指導的立場で対処できなければならない(ユーザ開発部分外で)。しかし、現状ではユーザはシステムハウスと同等もしくはそれ以上の知識を持っているところが少なくない。これはユーザの知識の習得に対する努力もさることながら、システムハウス側の歴史の浅さ、資金力のなさ、勉強不足による貧困さの方にむしろ原因があると思われる。アンケート調査の結果もシステムハウスに対して大いに期待している。しかし、現状ではその期待に足るノウハウがシステムハウスにはないということを表わしている。

また全てのシステムハウスに当てはまるかどうかは別として、ユーザのシステムハウスに対する主な要望としては、

- ・開発費が高い
- ・品質に保証がない
- ・ハード/ソフト両面での知識がない

等の指摘がある。

しかし、ユーザ側のシステムハウスに対する期待が大きいこともアンケート結果から明らかである。技術力に裏づけされた品質の良い製品をつくること、これを目標にすれば自ずと道は開けよう。

(2) 個々に見て

① マイクロコンピュータを利用するにあたってシステムハウスを利用した事がないとする回答の比率が高い。その理由として、(イ)自社の技術で充分、(ロ)仕事の分割が難しい、(ハ)費用の問題で利用したことがない、となっているが、これは、システムハウスのPR及び業務方法、ユーザとの協力方法等検討すれば、より市場性拡大を計れるものと考えられる。

② システムハウスへの期待感では、ソフト面での期待がハード等に関して高い。

③ マイコン組込みシステムの設計に対する期待感が他項目に比して高いが、これは、システムハウスの業務としてハード設計、ソフト設計、ソフト製造が期待されるところになるのではないかと考えられる。

④ システムハウスへの信頼感がまだ持てないという意味の意見が多い。

(イ) 技術者の定着性……メンテナンス等で問題。

(ロ) ユーザ業務に対する知識(アプリケーション)の不足

(ハ) 開発ツールを持っていない事によるユーザのマシン使用(ユーザのマシン時間が取り合いになる。)

(ニ) ソフトウェアの品質保証が完全でない。

(ホ) 技術者の個人差が大きすぎる。

(ヘ) 秘密保持。

(ト) 各種システムに最適の言語の使いわけができること、新しい言語を充分使いこなして欲しい。

(チ) モニタ、ハードを十分に理解した上で、デバッグを行って欲しい。

まとめとして、システムハウスは、ユーザの知識、設備に依存しての営業から早く脱却し、ユーザへ専門知識を売り込めるような企業力、技術力を持たねばならない。

100

101

102

103

104

105

106

107

108

109

110

111

112

113

114

115

116

117

118

119

120

121

122

123

124

125

126

127

128

129

130

131

132

133

134

135

136

137

138

139

140

141

142

143

144

145

146

147

148

149

150

151

152

153

154

155

156

157

158

159

160

161

162

163

164

165

166

167

168

169

170

171

172

173

174

175

176

177

178

179

180

181

182

183

184

185

186

187

188

189

190

191

192

193

194

195

196

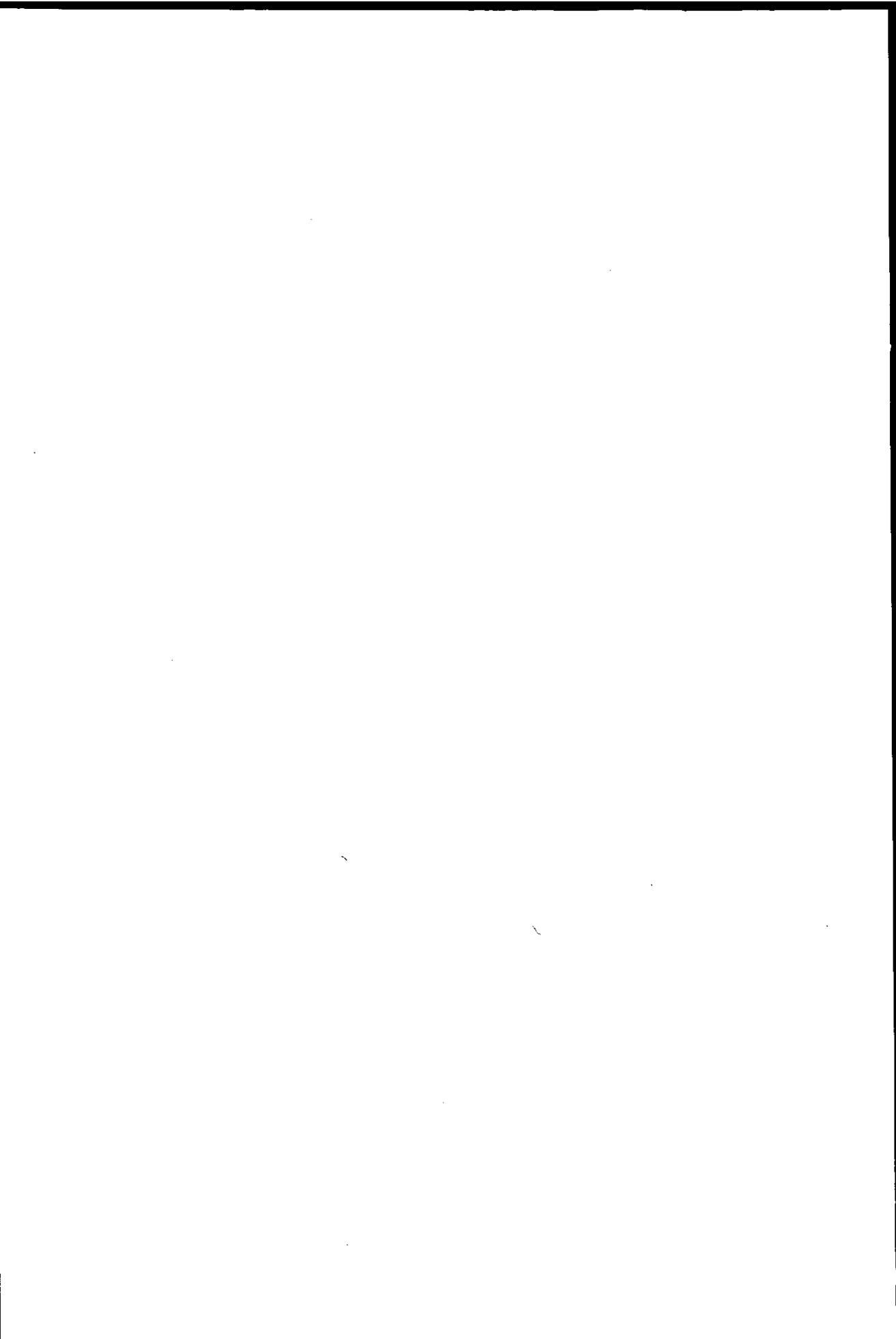
197

198

199

200

第2章 ロボットを構成する要素技術



第2章 ロボットを構成する要素技術

FA (Factory Automation) の中核を担うロボットを人間にたとえてその構成要素を考える。個体として存在する肉体に相当する構造体、肉体の生存に必要な自律神経系に対応する制御要素、外界からの刺激を得て生活環境を知る五感に当る各種感覚センサ、判断や記憶に相当する情報処理要素がロボットを構成する要素である。第3章や第5章で詳述されるので、この章では構造体、制御要素、情報処理などについては簡単に触れるに留め、センサや認識処理を中心に述べる。

2.1 構造体

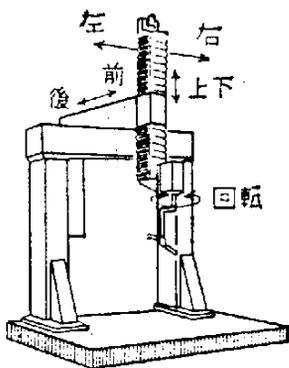
ロボットの本体で手や腕とそれらを保持する体に当る部分である。また可動形ロボットでは車や足に当る部分が含まれる。

2.1.1 腕

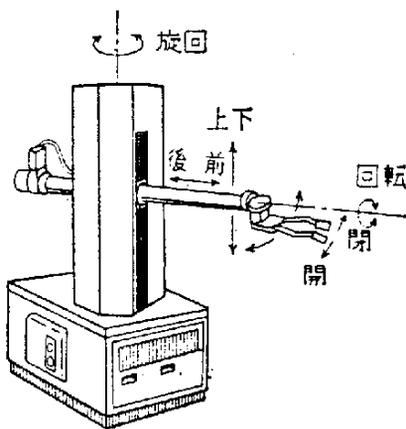
ロボットの手先を空間内で、位置・方向を定位するためには最低限6個の自由度を持つ機構が必要である。この機構を簡易化しコストを軽減するために、作業の種類や範囲を限定したり、補助機器を利用してこの自由度を減らすことが産業用ロボットでは一般化している。腕の先端が手首でここに手部が設置されている。この腕の先端をどう動かすかに応じて、ロボットの構造は図2-1に示すように円筒座標形、極座標形、直角座標形があるが、最近では図2-2に示すように、より人間の腕に近い多関節形アームが用いられる。⁽¹⁾円筒座標形と極座標形は加工ロボットに多く被加工品のローディングやアンローディングに利用される。直角座標形は溶接ロボットに一般的に利用され、多関節形は動きに極めて融通性が大きいので塗装ロボットなどに利用される。⁽²⁾

関節部は図2-3の記号で略記されることが多いが、これを用いて、それ

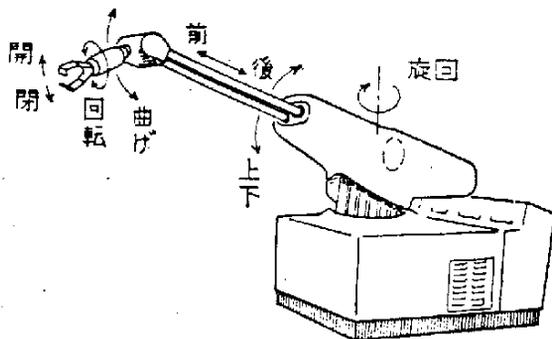
それぞれの構造を表現すれば図2-4のようになる。ただし簡単のため位置のみの定位を示すにとどめる。方向をも加味すれば例えば多関節形に対しては図2-5のようになる。



直角座標形



円筒座標形



極座標形

図2-1 ロボットの動き

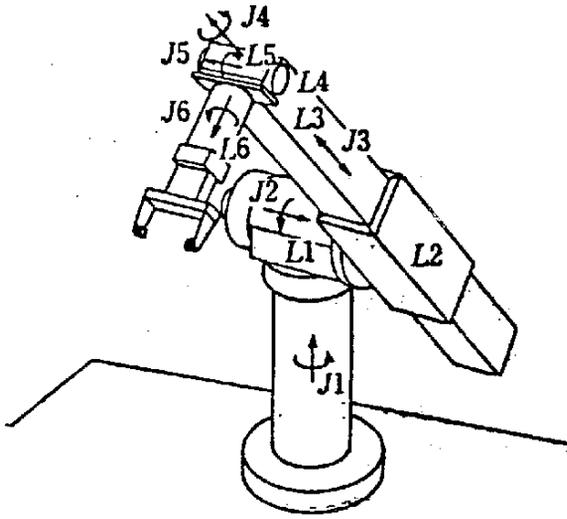


図 2 - 2 多関節形アーム

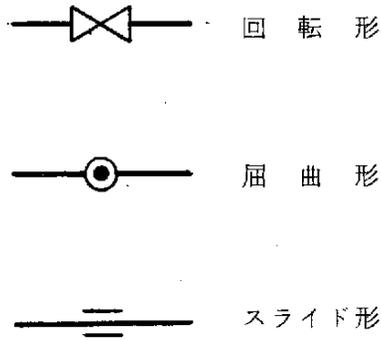
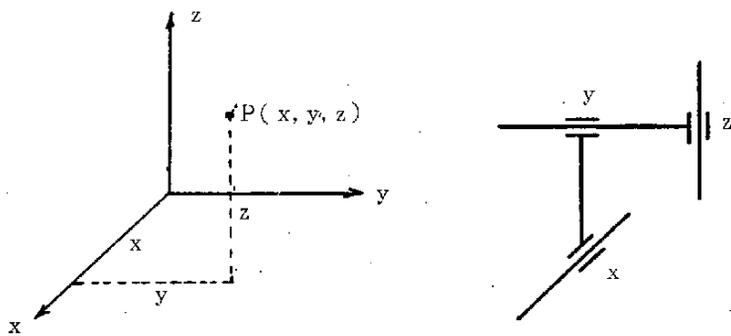
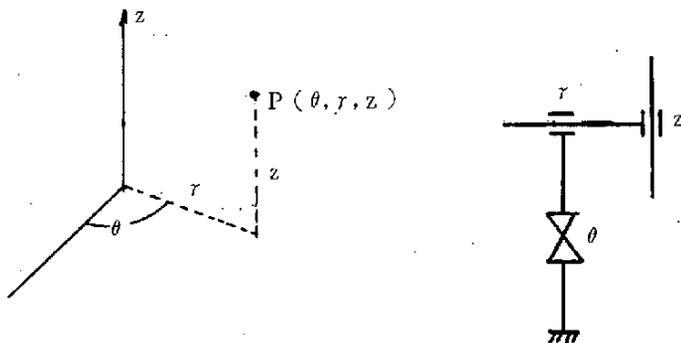


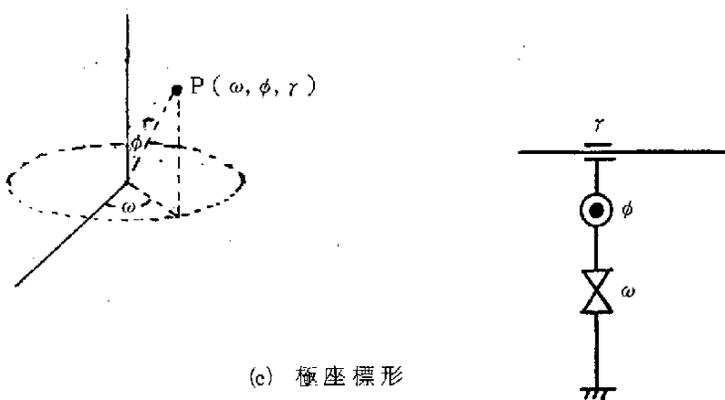
図 2 - 3 関節記号



(a) 直交座標形



(b) 円筒座標形



(c) 極座標形

図 2-4 腕の構造略記法

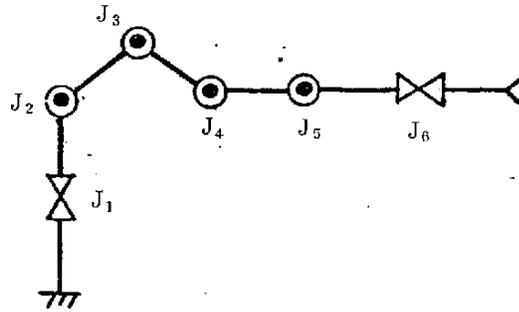


図 2 - 5 6 関節形アーム

2.1.2 アクチュエータ

関節など各自由度を駆動するための駆動装置は空気圧式、油圧式、電気式が使い分けられている。空気圧式アクチュエータは速い動作ながら動きの単純なロボットに利用される。油圧式アクチュエータは高速、高出力を要するロボットに用いられているが、近年は直流サーボモータによる保守性のよい電気式アクチュエータに代りつつある。また特殊なものとして形状記憶合金によるアクチュエータの開発研究がなされている。

アクチュエータの改良は特に、小型軽量化、高精度化、高信頼性化、高出力化を目指したものが多い。またトルク可変型アクチュエータが、特にアダプティブな動作が不可欠な知能ロボットの実現のため要望されている。

2.1.3 移動機能

ロボットの作業範囲の拡大は大きなニーズであり、自由に動き廻って作業するロボットはSFの世界では極めて一般的なものとなっている。移動機能には表面移動機能、空中移動機能、水中移動機能が考えられる。表面移動機能は車輪やキャタピラ、軌道輪、モノレールなど車輪形表面移動と歩行形表面移動がある。前者は効率もよく歴史が古いが生物界には見られない人工的な方式である。

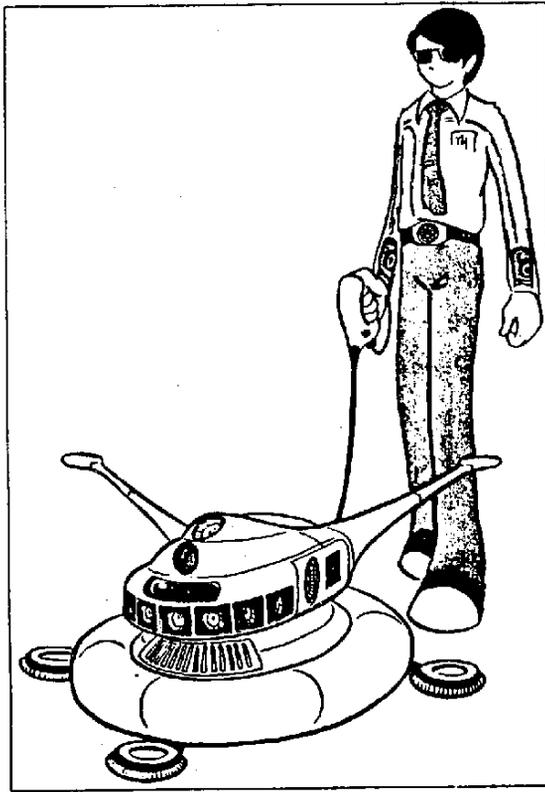


図 2-6 盲導犬ロボット⁽³⁾

図 2-6⁽³⁾は盲導犬ロボットの概念図であり、表面移動機能の集大成とも言えるもので工業技術院機械技術研究所では「メルドッグ」と呼ばれる盲導犬ロボットが開発されている⁽⁴⁾。このロボットは主導権は主人であり主人の行きたい方向速度に合わせて一定間隔を保ちつつ走行し、主人が一定の歩行領域から出た場合は警告し路上の危険物、障害物を検出して主人の安全を確保するものである。また図 2-7 に示すようなステアリング原理を持つ「全方向移動車」が実験されている⁽⁵⁾。これは回転①で軸を廻し車輪を移動方向に向けて固定し、車輪を②の方向に廻すと全体として③の方向へ進行するものである。実験車はこの車輪を 4 個組合せ対角上のものを同時駆動して、全方向モード、自動車モード、回転モードで移動するようにできている。

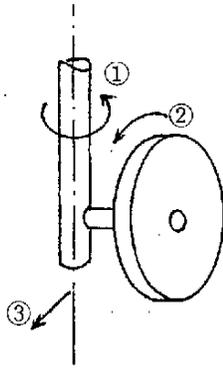


図 2-7 全方向移動車のステアリング原理

歩行形表面移動はまだ研究段階にあって、一種の剛体機械を作って各関節を動かすアクチュエータを制御することになるが、床面から離れたり着地したりする拘束条件の変化や着地時の撃力の影響などで極めて複雑な解析が必要である。「章駄天1号」、「同2号」などが2足歩行機械として報告されている。⁽⁶⁾

2.2 制 御

ロボットに必要な動きを、予め順序情報、時限情報および位置情報として、プログラムとして記憶させておき（教示）、ロボットはこれに従って作業を行う。広範囲で複雑な動作、高速でなめらかな動作が要求され、これらが容易に教示でき、また、ロボット自体の学習機能・環境適応機能などの必要性も高まっている。

2.2.1 位置制御

NC加工機のように、予め機械に付与してある位置情報で直接「位置決め」的に操作すると、ロボットの腕の先端と対象物との間に衝突が起って互いに破壊することがある。このためロボットの動作は「位置合せ」的でなければならず、作業現場でロボットを操作しながら教示することが必要であるが、この場合も対象物が目的の位置・姿勢でロボットの前に運ばれてくる場合は

「盲制御」は全く無力となり、ロボットが外部に対する感覚を持つことが不可欠となる。

2.2.2 軌跡制御

溶接ロボットや塗装ロボットでは腕の移動軌跡が重要である。図2-8⁽²⁾に示す様に空間の2点間を結ぶ直線上を定速移動させる場合座標変換を利用して各関節の変位量を予め計算しておいて、これを目標として腕を動かすことになる。対象物の位置ずれに対処するため、各種センサを利用して「ずれ」を計測し軌跡の修正計算を行う。

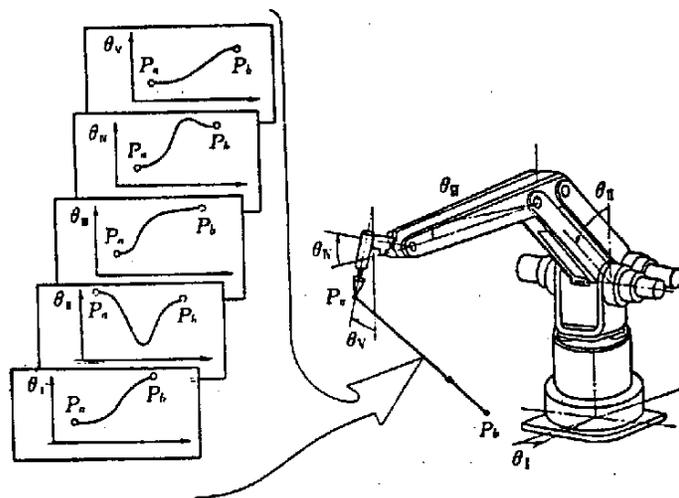


図2-8 ロボットの軌跡制御

2.2.3 協調制御

はめ合いやネジ締めなどを含む組立て作業では複腕のロボットが必要となり、これら複数の腕の共同作業がうまく制御される必要がある。このため協調制御が要求される。特に2本腕の協調動作や2台のロボットの協調動作に対する制御が研究されている。1本腕の場合でも、軌跡制御を行うとき各自自由度間の協調運動が課題となる。

2.2.4 階層制御

複雑で高度な制御が必要なロボットでは制御対象となる変数が極めて多くなるが、それぞれの変数の重要度に応じて階層的に管理することが必要となる。例えば、2足歩行ロボットの制御や複腕ロボットの協調制御などにその要求があり、システムアーキテクチャが研究課題となっている。

2.3 感覚・認識

予め組込まれたプログラムに従って、一元的に動作するのではなく外部からの情報に基づいて、状況に適応しながらロボットが動作することが不可欠となっている。動作状態を検出するための触覚、位置決めや形状を知るための視覚さらには作業者の指令を聞き取る聴覚などが、特に知能ロボットには要求される。また、複数の感覚から得た情報を総合的に利用する複合感覚制御なども研究されている。

2.3.1 触覚

ロボット制御に利用される触覚は対象物体の存在の有無や距離、対象面の傾きなどを検出する近接覚、対象物体との接触や位置を検出する接触覚、アームやハンドが対象物体に与える力、圧力などを検出する圧覚、これらが出力しているトルクなどを検出する力覚、把握面に垂直な方向の物体の変位、回転などを検出するすべり覚に分類される。表2-1⁽⁷⁾は触覚の一覧である。

表 2 - 1 触 覚 セ ン サ

	検 出 内 容	応 用 の 目 的	センサデバイス	間接的検出方法
近 接 覚	手先と対象物体との接近の有無、接近距離、対象面の傾き	位置決め制御 探索、経路制御 安全、非常停止	フォトセンサ 超音波センサ 磁気センサ 空気圧センサ	
接 触 覚	手先と対象物体との接触の有無、接触の位置、接触パターン	位置決め制御、速度制御 探索、経路制御 物体の姿勢、形状の識別 安全、非常停止	マイクロスイッチ フォトセンサ ピン接点、フィルム接点 ポテンショメータ(触針)	指の閉じ角度から検出 フレキシブルミラー利用 遅延線のパルス検出
圧 覚	手先が対象物体に与えている力、把握力、指面の圧力、圧力分布	把握力制御 物体の弾性特性の測定 オペレータへのフィードバック	感圧半導体、圧電素子 導電性ゴム ストレンゲージ 感圧有機材料	コイルばねとポテンショメータ 板ばねと差動トランス 駆動空気圧、モータ電流の検出
力 覚	腕、手首、指の出している、または受けている力、トルク	力作業の制御 拘束作業、協調作業の実行 腕移動の動的制御 バイラテラルサーボ制御	ストレンゲージ ロードセル トルク検出器	コイルばねとポテンショメータ 駆動油圧、空気圧、モータ電流の検出
すべり覚	把握面に垂直な方向での物体の変位、回転、重力によるひずみ	把握力目標値の決定、修正 すべり防止 積重ね作業の実行 物体の重量、表面特性の測定	円筒状フォト回転センサ 球状接点回転センサ マイクロスイッチ 振動検出器	重量変化による検出

(1) 近 接 覚

対象物体の存在や場所を検出するセンサで一種の位置センサであるが、特に対象物体の近傍で利用される。

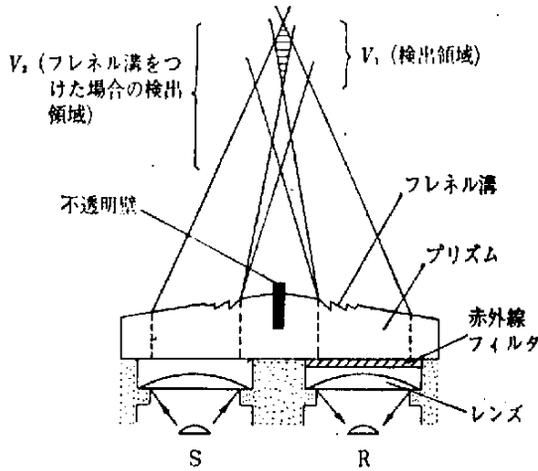


図 2 - 9 光電式近接センサの例

図 2 - 9 は汎用性と精度の点で注目された光電式の近接センサである。⁽⁸⁾ 赤外線発光素子から出る光が S 側のレンズで照射域を作り、R 側のレンズで構成される受光域との共通領域に物体が存在すると反射光の一部が受光部に到達し、対象物体の存在が検出できる。また、レンズ系の代わりに、光ファイバ対を用いる光電式近接センサも発表されている。光電式センサは殆んどどの物体に適応でき、特に液体中や高温下、低温下、高磁場中での使用も可能である。

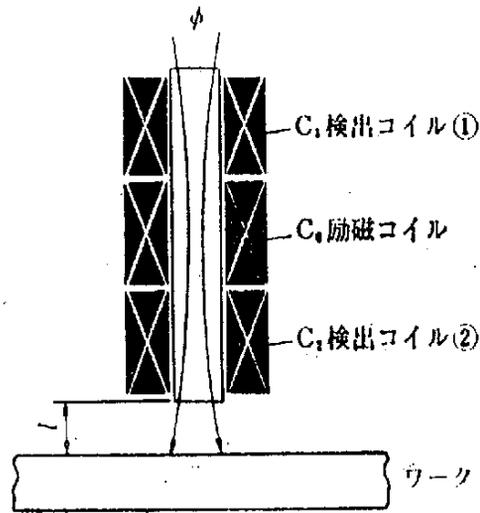
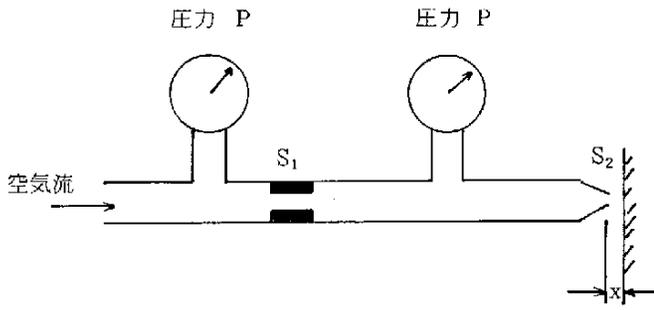
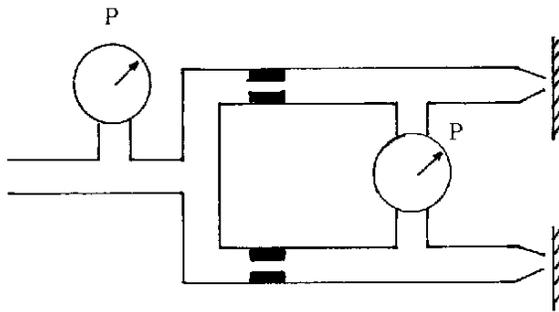


図 2 - 1 0 磁気センサの例

図 2 - 1 0 は磁気センサの例である。磁気センサは励磁コイルと検出コイルを持ち、近接する金属に発生する渦電流による磁束の変化を得るものである。この図の場合、磁束の変化分が距離 ϕ に比例した電圧として取出せる。磁気センサは対象物体の表面状態に依存することが小さく小形化が可能である。このほか超音波測距器の原理を用いる超音波式近接センサ、対象物とセンサ間に構成されるコンデンサの静電容量の変化を利用する静電容量式近接センサなどがある。また図 2 - 1 1 に示す如き空気圧を利用するものもある。これら近接覚センサの比較を示すと表 2 - 2 のようになる。



背圧式空気マイクロメータ



差圧式空気マイクロメータ

図 2-11 空気圧式近接センサ

表 2-2 近接覚センサ⁽⁹⁾

	光電式	磁気式	超音波式	静電式	空気圧式
応答性	○	○	△	○	△
保守性	○	◎	○	◎	△
精度	◎	○	△	○	△
信号処理	△	○	△	○	○
コスト	△	○	○	◎	△

(2) 接触覚

位置決めや物体の姿勢・形状などを検出するセンサである。最も単純な

ものはマイクロスイッチによるリミットスイッチである。またこれの無接点化とも言えるホトインタラプタがある。これは対向させた受光部と発光部との光路を遮断することによって位置を検知するものである。また接触ボタンを検知するセンサとして導電性ゴムを利用した平面上に多数の接点を配したものがある。

(3) 圧 覚

圧力センサは機械的圧力を電気信号に変換するものであるが、圧力を直接電気量に変換する方式や圧力による歪や変位を変位センサによって電気量に変換する方式がある。図2-12はこれらの関係を示すものである。これらの結合は直接、超歪板、封入液によるものが一般である。図2-13は拡張形半導体圧力センサの一例である。

弾性感圧素子			変換方式			
種 類	適 用					
ブルドン管	低圧～高圧	⇔	機械的	てこ てこ-歯車		
うず巻型ブルドン管	低圧		光学的	光てこ		
つる巻型ブルドン管	低圧、高圧		電氣的		ポテンシオメータ	
ねじりブルドン管	高圧				差動変圧器	
ダイアフラム	低圧～高圧				磁気抵抗	
波形ダイアフラム	低圧				電気容量	
空ごう	微圧、低圧				歪ゲージ	
ベローズ	低圧				拡張形半導体ゲージ	
偏心直管	高圧				ピエゾ抵抗	
直円筒	高圧				機械的共振	
体積弾性セル	高圧					

図2-12 弾性圧力センサの構成

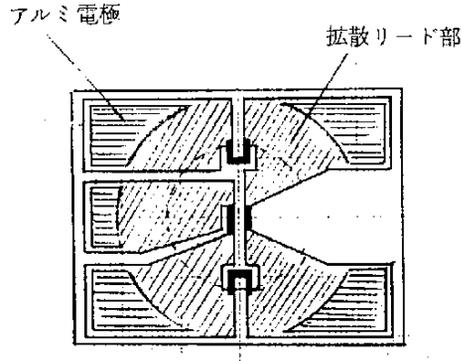
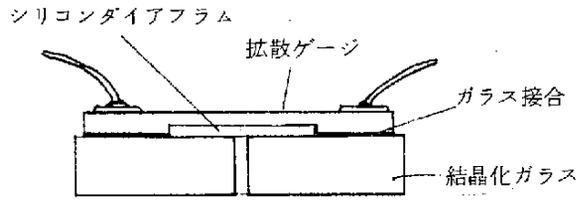


図 2-13 拡散形半導体圧力センサの例

ロボット用圧覚としては分布圧覚が検討されている。アレイ状に配列した圧力センサによって圧力分布をパターンとしてとらえようとするものである。図 2-14 はこの一例である。⁽¹⁰⁾ アナログスイッチを 2 次元キースキャニングにより順次その状態 (ON/OFF) を検知し CRT 上に表示するものである。図 2-15 はサンドイッチ形触覚センサと呼ばれるもので感圧プラスチックの両面にフレキシブル電極を互いに直交的に配したものである。

図 2-16 は変位センサを一覧したものである。

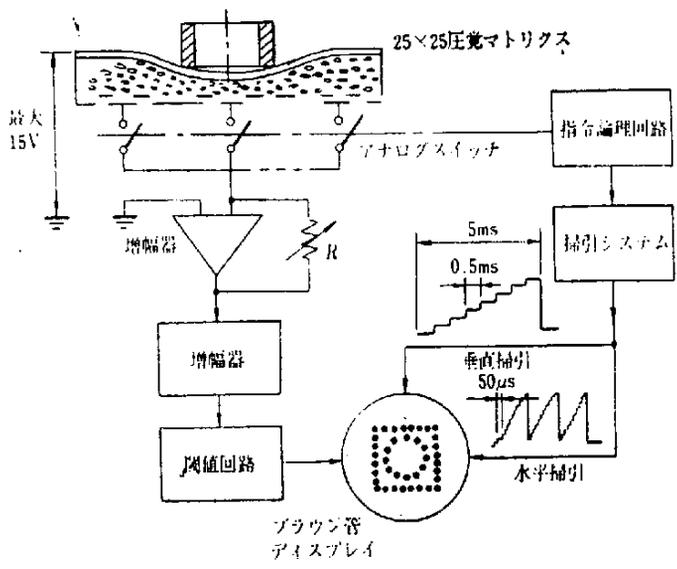


図 2 - 1 4 分布圧覚表示システム

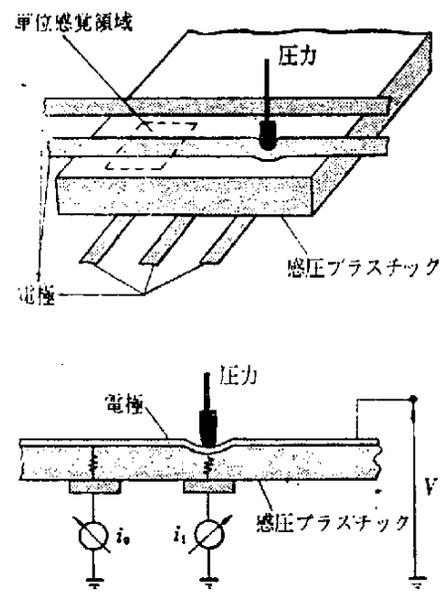


図 2 - 1 5 サンドイッチ型触覚センサ

		電 圧	電 流	周波数	低 抗	キャパシ タンス	インダク タンス	圧 力	光 量	
変 位	2 \log_{10} (m)	ホール効果 放電 渦流 差動変圧器 磁気格子 インダク タンス	放射線(厚み) 可動電極管	振動弦	ストレインゲージ	ポテンションメータ	キャパシタンスマイク ロ	可動鉄片	空気マイク ロ	光学繊維 光波干渉 モアレしま 焦点ずれ
	0									
位	2 \log_{10} (rad)	光電オートコリメータ 差動変圧器 リゾルバ ジャイロ	可動電極管	磁気ドラム	対流	ポテンションメータ	バリコン	回転磁石	符号板 光波干渉 モアレしま 光てこ	
	0									2

図 2 - 1 6 変位検出のためのセンサ

(4) 力 覚

圧覚は接触面に垂直な単位面積当りの力でありスカラー量を得るに対し、力覚はロボットが発生している力、またはロボットと外界との相互作用で生じている力を感知するものでベクトル量を得ることになる。図2-17は変形体として十字形のパネを用い、パネの変形を歪ゲージで検出するもので手首用の力覚センサーの一例である。

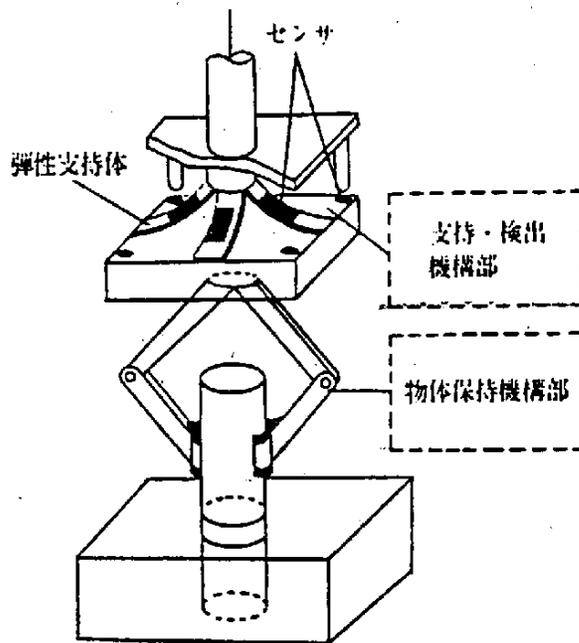


図2-17 力覚センサーの例

(5) すべり覚

すべり覚は保持体面と対象物体面との相対移動の検出をするもので、これを発展させて、対象物体の表面的特徴を検出しようとする試みもある。表2-3はすべりセンサーの機能による分類⁽¹²⁾である。すべりセンサーはすべりの有無のみを検出する2値検出、変位を定量化するもの、すべり速度を定量化するものがある。図2-18はボール形すべりセンサーの例⁽¹²⁾で導体球面上にモッカーフラグ模様を絶縁体で配し、すべりに伴って回転する球体の支

持枠に接点を用意し、回転速度に応じたパルス信号を出力するものである。

表 2-3 すべりセンサ (12)

運動検出 方向性	2 値 検 出	変位の定量検出	速度の定量検出
無方向性	<間接形> 結晶レシーバ(名古屋大学) 電磁式レシーバ(") 触針圧力センサ(") 触針センサ(ベルグラード大学)		市松模様ボール (ベルグラード大学) ピン付ボール(JPL)
一方向性	<推論形> 重量センサ(名古屋大学)	磁石付ローラ (東京工業大学)	ぎざぎざローラ (ベルグラード大学) 磁気テープ付ローラ (東京工業大学)
		ローラ+光電検出(東京工業大学)	
全方向性			窪み付ボール(JPL)

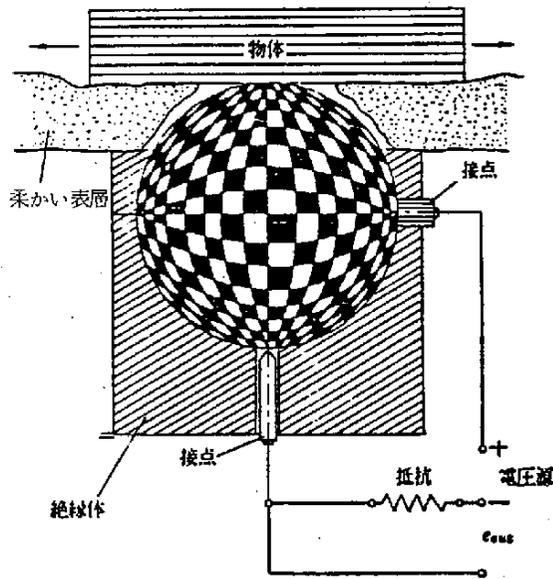


図 2-18 すべりセンサの例

2.3.2 視 覚

視覚は光によって対象物体の位置や速度の検出、形状や特徴パタンの抽出のために利用する。パタン認識は対象物体を予め記憶してあるパタンとして識別するものである。位置決めは部品などの位置、姿勢、調整ネジの角度などの判定や、LSIなどのボンディングパッドなどを見出すものである。また、目視検査を機械ですることも可能とされている。表2-4は産業用視覚システムの例である⁽¹³⁾。処理としては、2値化された画像データからセグメンテーション(対象の切出し)、前処理(スムージングやノイズキャンセル、細めなど)を経て、特徴の抽出、パタンマッチングにより認識に至る。

将来動向として、複眼固体カメラやモアレホログラフなどによる立体認識や多階調色認識などが研究されている。

表2-4 産業用視覚システム

仕事	応用例	システム	イメージセンサ	画像処理技法		製造企業の例
				2値化	処理方式	
検査	複雑パタン プリント板 IC マスクパターン	◎b形 a形	◎リアセンサ ビジコン カルニコン レーザ イメージダイセクタ	◎浮動 その他	◎局所特徴抽出 モデル利用特徴抽出 レーザ-光回析 色	富士通(18) 日立(16) 三菱電機(25) 日本電気(14) 東芝(23)
	個体 薬品のカプセル 錠剤	◎b形	TVカメラ	その他	属性測定	富士電機(34)
	等級	食品 (サカナ・キュウリ など)	◎a形	リアセンサ	その他	属性測定
位置決め	ボンディング トランジスタ、IC ダイボンディング ワイアボンディング	◎c形	◎ビジコン リアセンサ	◎浮動 その他	◎テンプレート照合 投影法	日立(13)(19) 松下 三菱電機 日本電気(20)
	組立 ホルト締め ホース取り付け	◎b形	◎ビジコン エリアセンサ	その他	◎テンプレート照合 手にカメラを取付け	日立(21)(22)
	溶接 アーク溶接の位置 決め	◎b形	◎ビジコン エリアセンサ	その他	属性測定 エッジ検出	三井造船 日立造船
	マハテン 鋼板コイルの運搬	a形	ビジコン	—	エッジ検出	住友重機(26)

2.3.3 聴 覚

ロボットに指示すべき作業手順、処理データなどを教示するためのマンマシンインタフェースの一つが音声認識である。

人間の音声に含まれる情報は言語の持つ意味内容、話者の属性に関する個人性などである。図2-19に示すように音声認識は定義されるが一般には孤立単語認識が実用されている。

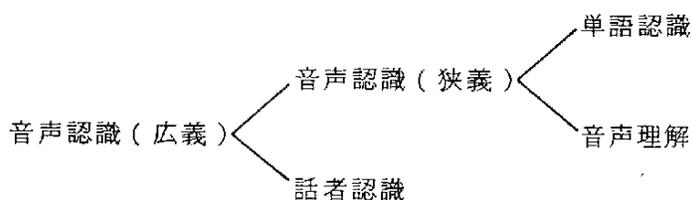


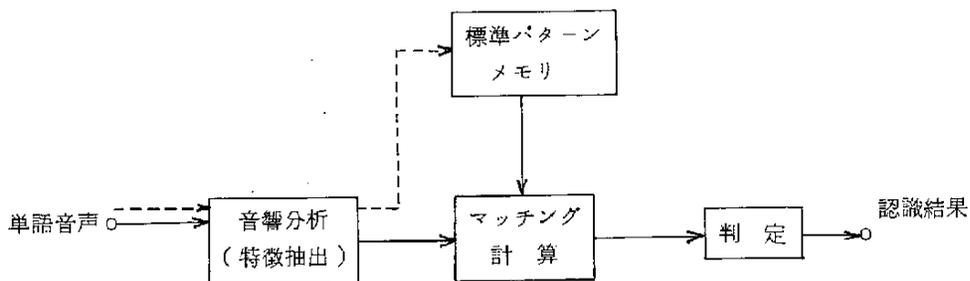
図2-19 音声認識の定義

音声によるマンマシンインタフェースは次のような利点がある。

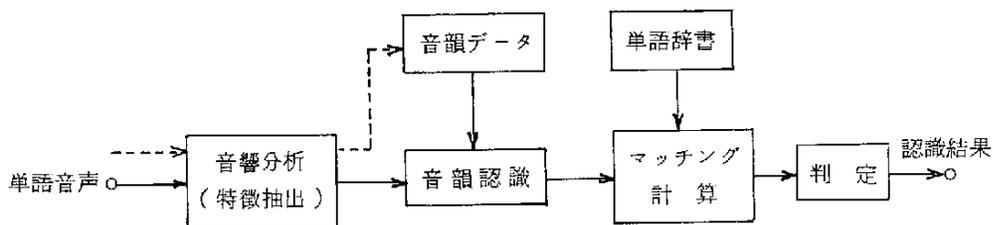
- ① 誰もが準備なしに利用できる。
- ② 機械の存在を意識する必要がない。
- ③ 入力速度が比較的速い。
- ④ 操作に熟練を要しない。
- ⑤ 操作者の可動範囲が広い。
- ⑥ 暗所や視野外でも利用できる。

また音声認識は発声方法によって離散発声（認識単位毎に区切って発声された音声を認識する）、連続発声（区切りを意識せずに発声された音声を認識する）、話者への適応によって特定話者（予め登録した話者の発声した音声を認識）、不特定話者（登録なしに発声された音声を認識）、認識単位によって単語（音声を単語単位で認識）、音素（音韻要素を認識）と分類され8通りの形式が考えられるが、特定話者離散発声単語認識が一般的に実用されている。図2-20のような方式が一般的である。

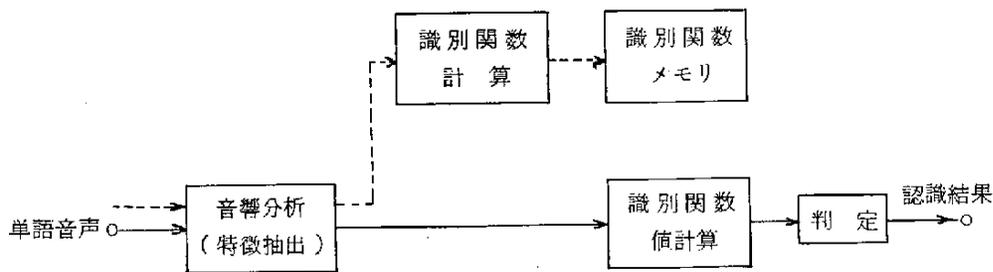
現在多数の音声認識ボードが発売されているがLSI技術と認識アルゴリズムの進展によって表2-5に示すような音声認識LSIが発表されている。⁽¹⁴⁾



(a) パターンマッチングによる方式



(b) 音韻認識による方式



学習(登録)モード

(c) 識別関数による方式

認識モード

図 2-20 単語音声の認識方式

表 2 - 5 音声認識 L S I

名 称	VRC-008	VRB-1	—	MN1263	μPD7761D	μPD7764D
機 関	米 Interstate Electronics	松下電器産業	電電公社、武蔵野電気通信研究所	松下電器産業	日本電気	日本電気
LSIの機能	分析：零交差数	分析：2階零交差数	分析：10次の自己相関係数 パターン・マッチング： 音韻尤度 DP	分析：ウォルシュ・アダマール変換 パターン・マッチング： DP	分析：デジタル・フィルタ パターン・マッチング： 圧縮DP	パターン・マッチング： DP
LSI以外に必要なもの	アナログ処理回路	アナログ処理回路	アナログ処理回路 AD変換器 RAM	アナログ処理回路 AD変換器 RAM マイクロコンピュータ	アナログ処理用MC-4760 RAM システム制御プロセッサ、μPD7762G	μD分析用7763 μDコントロール用7765 レファンスメモリ(μPD416C)
最大語数	8(+8)	8	200	62(VRB-2の場合)	128	340語離散単語 40語連続単語 (任意増設可能)
発表時間	1981年10月	1981年12月	1982年3月	1982年5月	1982年8月	1983年2月
備 考	8ビットのマイクロコンピュータMC6800系を使用	4ビットのマイクロコンピュータMN1541を使用	5.7×6.4mmのチップに3万9800素子を集積			デュアルプロセッサ方式で高速認識処理(0.3秒)

例えば表中のLSI MN1263を用いれば図2-21に示すように4ビットワンチップマイコンとRAMとで図2-22に示す音声認識ユニットが構成される。

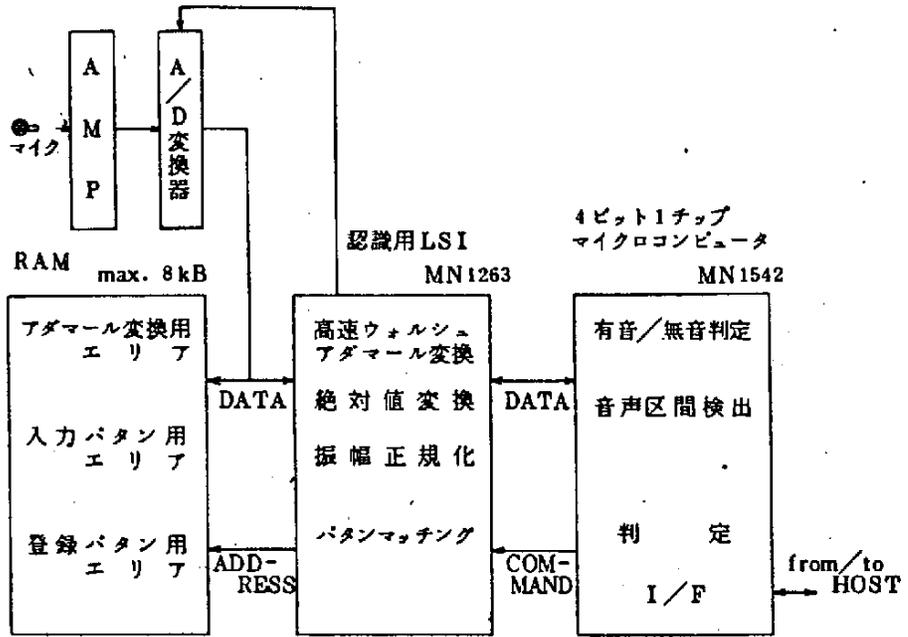
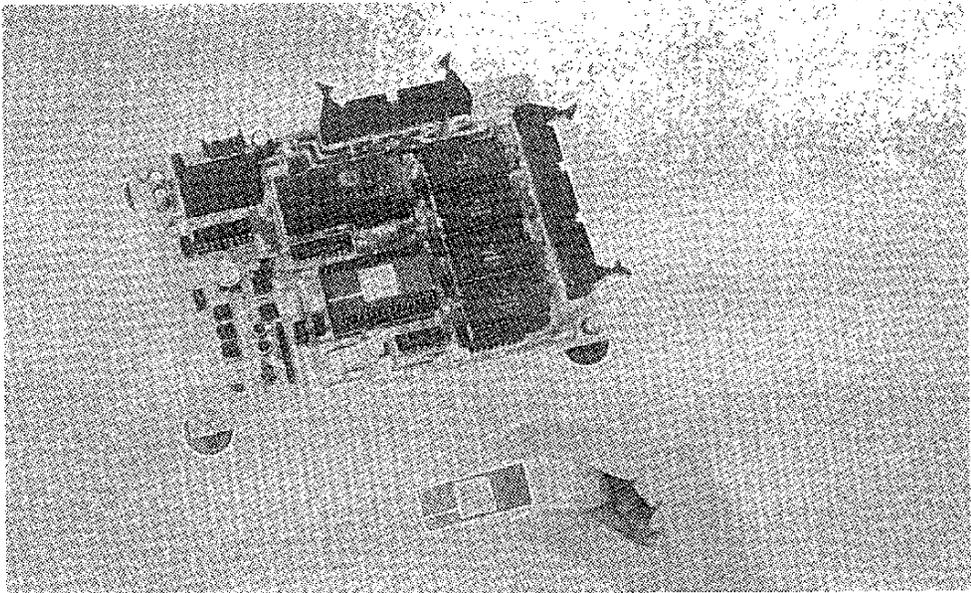


図2-21 LSIによる音声認識ユニットの構成例



世界で初めて商品化する音声認識1チップLSI(右下)と音声認識ボード
(松下電器 57.7 Matsushita Electric)

音声入力ユニット仕様

認識方法：特定話者(1人又は2人)、単語認識

分析方式：ウォルシュ・アダマール変換

識別方式：DPパターンマッチング

入力音声長：0.3秒～1.2秒

登録カテゴリ番号：最大62(重複が可能)

登録時間長：最大21秒(ボタンメモリ部の拡張で最大100秒まで可能)

応答時間：0.4秒以内(0.4秒+0.01×拡張による登録時間長(単位秒))

入出力信号：TTL/CMOSコンパチブル、8本

機能：登録/テスト/キャンセル

：閾値レベル(分析及び識別に関する)の設定/読み出し、8種

：認識単語のグルーピング、2種

：認識時の距離出力(並列処理が可能)

：ボタンメモリ部へのダイレクトアクセス

：登録ボタンとしてROMの使用が可能(最大13秒)

：RAMのバックアップが外部から可能

：登録ボタンメモリの拡張が可能

C P U：MN1542(2Kバイト)/MN1599+ROM(4Kバイト)

消費電力：+5V(0.6A)

使用温度範囲：0℃～40℃

基板寸法：120×170mm

図2-22 音声認識LSI MN1263による音声認識ユニットと仕様

2.4 情報処理

情報処理はロボットの知能に当る機能であり、特に作業内容や作業条件の変化に対する適応能力を目指すものである。1つは知識ベースの構築で、人間の持つ知識を再利用できる形で表現・蓄積しロボットに應用できるようにすることである。今1つは認識・判断・理論の機能を具現することで、触覚や視覚などから得られる情報から、作業対象や作業環境を認識し、次に行うべき作業手順や方法をロボット自体で決定できるようにすることである。

2.4.1 処理要素

情報処理を実行する中心的要素はマイクロコンピュータであり、LSI技術の急速な進歩に支えられて、高度な処理機能が極めて安価に利用できるようになった。このことが、ロボットの性能向上、信頼性の向上、操作性の改善、低価格化の促進となって今日のロボットの普及に貢献した。表2-6はロボットとマイクロコンピュータとの関りをまとめたものである⁽¹⁵⁾。特にマイクロコンピュータがリアルタイムで演算処理を実行する素子として活用されるようになった。また、ロボットの機能向上と多様化に対応するためマルチプロセッサシステムの応用が検討されている。

2.4.2 ロボット言語

ロボット言語はロボットの動作を記述するための言語であるが、普通の計算機用言語の持つ機能に加えて、動作の記述、センサフィードバックの利用、並行動作制御、環境モデルの利用などが可能でなければならない。スタンフォード大学で開発されたロボット言語ALが有名である。ALの動作記述の基本は

MOVE arm TO somewhere

であり、これはロボットのアーム先端に固定された座標系 arm を可動空間内の座標系 somewhere に重なるまで腕を移動するということであり

表 2-6 ロボットにおけるマイクロコンピュータの利用

機能分類	8 bit 低速マイコン		8 bit 高速マイコン		マイコン分散処理
	ハードロジックの置き換え	マイコン機能の積極利用	16bitマイコン	32bitマイコン	ロボット向けのマイコンシステム採用
操作パネル処理	専用パネル制御	汎用パネル制御 (テンキー、汎用ディスプレイ)			
ロボットプログラム編集	メモリ入出力制御	ステップ挿入、削除、部分変更	ブロック転送 位置シフト(軸別)	位置シフト(XYZ) モデルティーチング	
動作シーケンス制御	プログラム実行順序制御 クランプ制御	条件付ジャンプ機能 外部同期信号入出力	タイマ制御 故障診断 異常処理	周辺機械制御	
サーボ系制御			偏差演算	位置、速度制御 各種補償制御 (圧力フィードバックなど)	適応制御 予測制御
指令値演算機能			簡単なCP補間演算	直線補間 円弧補間 座標変換演算 ウィーピング演算	コンベア周期、追従機能 高速、高精度座標変換演算
汎用端末制御			プリンタ制御 外部メモリ制御 (CMT、フロッピーディスク)	CRT制御 ホストコンピュータ接続	グラフィックディスプレイ制御
高機能化				言語処理 専用パターン認識 音声入出力	パターン認識 専用学習機能
実用化の程度	(1975年頃から実用化開始)	(1979年頃から実用化開始)		(1981年実用化開始) 一部ロボットでのみ実現	(将来実用化) 研究開発中
	ほとんどのロボットで既に実現されている。				

OPEN <hand> TO <sva1>

は<sva1>の距離だけ指を開けということである。

ロボット言語の処理系は図2-23に示すような構成である。⁽¹⁶⁾ロボット言語で記述されたプログラムがパーサによって内部表現に変換される。このときエラーチェックが同時に実行される。次にコンパイラによって実行インタプリタが解釈可能なコードに変換される。このときアクセス不可能な場所への移動や腕の動きの速度などがチェックされる。実行インタプリタは動作命令を実行する訳で、軌道データをサーボモジュールに渡し、状態監視モジュールによって動作を確認する。

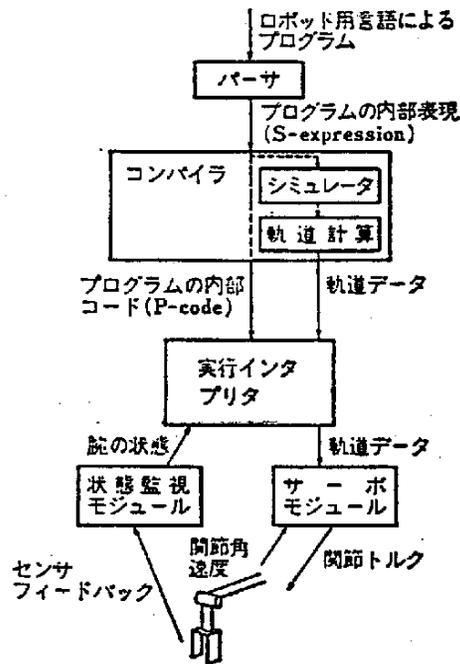


図2-23 ロボット言語の処理系

2.4.3 知 能

知識データベースと推論機能によって故障などの自己診断などを実行させることが研究されている。また動画中の変化の意味を理解して自然言語で表現したり、移動ロボットの環境認識による経路決定を行ったりすることが検

討されている。

また、人間の学習過程をロボットに適應して、動作の習熟をロボットにさせることが考えられる。

〔参考文献〕

- (1) 長谷川健介「産業用ロボットの歴史と現在の動向」 電学誌
100、6 PP481-485 (昭55、6月)
- (2) 辻三郎「ロボティックスの最近の進歩」 信学誌
65、4 PP413-419 (昭57、4月)
- (3) 小森田、館「人間行動を補充、代替するために」
日本の科学と技術 '82 PP73~78 (昭57)
- (4) 館、小森田他「ランドマークとマップを用いる移動機械の誘導法」
バイオメカニズム4 PP208~219(1978)
- (5) 「直ちに横行、回転を、全方向移動試験車」
機械研ニュース 4 '80
- (6) 有本卓「2足歩行のメカニズム」 日本の科学と技術'82
PP55~63(昭57)
- (7) 増田良介「ロボットのための触覚技術」 電学誌
100、6 PP494~497 (昭55、6月)
- (8) 金子 真「近接覚のためのセンサ素子」 自動化技術
14、6 PP57~60 (昭57、6月)
- (9) 高野他「アーク溶接用ロボット『ミスターアロス』」 日立評論
57、10 PP17~22 ('75)
- (10) 館 「圧覚のためのセンサ素子」 自動化技術
14、6 PP66~70 (昭57、6月)
- (11) 小森谷清「力覚のためのセンサ素子」 自動化技術
14、6 PP75~80 (昭57、6月)

- (12) 谷 和男「すべり覚のためのセンサ素子」 自動化技術
14、6 PP71~74 (昭57、6月)
- (13) 辻 三郎「産業用ロボットの視覚とその応用」 電学誌
100、6 PP490~493 (昭55、6月)
- (14) 真弓、大賀「ウォルシュ・アダマール変換を用いて音声分析をする
チップ音声認識LSI」日経エレクトロニクス 307号
PP121~144 (1983 1-3)
- (15) 戸田、三橋「産業用ロボット」 信学誌
65、4 PP433~438 (昭57、4月)
- (16) 高瀬国克「ロボットの動作記述と言語」 信学誌
65、4 PP426-432 (昭57、4月)

第3章 マイクロプロセッサ



第3章 マイクロプロセッサ

3.1 新しいマイクロプロセッサの動向

昭和57年に目立った動きとしては、16ビット・マイクロプロセッサの高級機種の発表が多くあったことである。これは最初に製品化されたiAPX86、Z8000、MC68000などの16ビット・マイクロプロセッサの応用が軌道にのってきたことにより、上位機種や低価格機種への需要が広がり出したことによる。これに対応して、メーカー側も機器組込み、単一ユーザ用のスタンドアロン・コンピュータ、複数ユーザ向き汎用コンピュータなど各応用分野に適した性能のマイコンを製品化してきた。これらの中にはインテル社のiAPX186/286、および8096/8396、TI社のTMC99000、モトローラ社のMC68008/68010などがある。さらに昭和58年に製品化される予定のものには、ザイログ社のZ80000、インテル社のiAPX386、モトローラ社のMC68020、NS社の16016/16032などがある。この中には32ビット・プロセッサもいくつかあり、32ビット時代の到来を示している。

16ビット・プロセッサの上位機種に共通する特徴は、プログラムの上方向互換性、周辺LSIの共用、メモリ管理機構、用途に合わせたチップ機能などである。プログラムの互換性ではiAPX186/286(実アドレス・モードの場合)はiAPX86/88とMC68010はMC68000/68008と、TMS99000はTMS9900とそれぞれオブジェクト・コード・レベルで上方互換性がとられている。またiAPX286の仮想メモリ・モードでは、iAPX86のソース・プログラムを再コンパイルすることにより、上位機の機能を利用できるようになっている。次にメモリ管理機構についてみると、チップに内蔵したもの(iAPX186/286)と別個のメモリ管理LSIを併用するもの(68010、16032、99000)がある。メモリ・アドレス空間はiAPX186が1Mバイトと小さい他は4機種とも16Mバイトであ

る。また iAPX286、MC68010、16032 の 3機種は仮想メモリ機能をもっている。アドレス変換方式は iAPX186/286 がセグメンテーション方式、MC68010 と 16032 がページング方式を使用している。99000 はセグメンテーションとページングを併用している。

16ビット・プロセッサの上位機種では、保護機能が強化されてきたのも特徴である。特に保護機能をもたないもの (iAPX186 など) もあるが、高度の保護機能をもつものが出てきた。iAPX286 では仮想アドレス空間を 4 レベルの特権レベルと命令のアクセス権によって保護している。この保護機能により、OS とアプリケーション・プログラムを分離して、アプリケーション・プログラムの誤りによって OS プログラムやデータが破壊されることを防ぐことができる。またプログラム間を分離することにより、システム内の一つのタスクが他のタスクの動作による影響をうけないようにすることを実現している。この保護機構はハードウェア・ベースで実現されているので、プロセッサの他の機能と同時に実行され、高度な保護機構によるシステム性能の低下を防いでいる。iAPX286 は、マイコンとして、はじめて本格的な保護機能を備えたが、他のプロセッサはもう少し簡易な保護機能をもっている。MC68010 や 16032 では特権 / 非特権の 2 階層保護レベルをもっているが、メモリ管理機構の中にアクセス権などの属性を記述できるようになっている。

上位機種では用途に合わせたチップ機能として、それぞれ特徴のある機能が組み込まれている。保護機能もその一つであるが、その他の機能についてみると、高位言語向きの命令をもつ (16032、iAPX286)、割込みにより直接タスクを起動する機能 (iAPX286)、ユーザが定義した命令や機能のエミュレーションをするためのマクロストア (TMS99000) などの例がある。このような 16ビット上位機種の性能は、各系列の最初の機種に比べると 2~10 倍程度向上している。16ビット・ミニコンピュータと比較しても中位ないし上位クラスの性能に相当する。

16ビット・マイクロコンピュータの下位機種は、上位機種に比べてすでに開発が一段落したためか、昭和57年中の発表は非常に少なかった。目につくのはモトローラ社のMC68008くらいで、他の各社の系列にはすでに下位機種が製品化されている。下位機種の一般的な特徴は、8ビット・プロセッサからの移行を容易にすることを考え、プログラムの互換性、周辺LSIの共用、集積機能の増加など低価格でかつ容易に使用できるようになっている。外部データベースを8ビットにした機種も、MC68008以外にいくつかある。このようなプロセッサの利点は高速性にあり、メモリ容量、割込み機能など複雑さの向上は期待されていない。

これまで述べたプロセッサは、全て汎用プロセッサである。16ビット・プロセッサの低位機種の一つとして、汎用プロセッサの他に専用プロセッサがある。昭和57年に発表された低位機種の中で注目されるプロセッサは、インテル社から発表された16ビット、1チップ・マイクロコントローラである。これはリアルタイム制御を中心とする制御専用のマイコンである。これまでのマイクロコンピュータ応用では、制御用途でも汎用マイクロプロセッサ(マイクロコンピュータ)を使用してきた。特にリアルタイム制御では、高速演算処理、高速入出力、強力な割込み処理、高速メモリ動作などが必要であり、1個の汎用プロセッサで実現できない場合には、マルチプロセッサ・システムで機能分担するなどの方法が採用されている。しかしこの方法はシステム構成の複雑さ、価格上昇など問題が多い。このような問題を解決するために、制御専用のマイコンが考えられ、8ビット・クラスでは製品化されている。今回発表された8096/8396は、16ビット領域の制御専用マイコンとしてははじめてのものである。この領域も16ビット時代を迎えたことを示すものである。8096/8396の特徴は命令、アーキテクチャ、入出力機能などが全体として制御用途に適するように設計されていることである。したがって用途も広く、この種の応用分野における先導的品種になると思われる。

以下にはこれまで述べた各種の16ビット・マイクロプロセッサ(マイクロコンピュータ)の中から、特徴のある機種として、最も高性能と考えられるiAPX286、上位機種の間接クラスに属するTMS99000、下位機種の中の制御専用機種として8096/8396の3種を選んで、やや詳しく説明する。

3.2 汎用マイクロプロセッサ

3.2.1 iAPX186/286

この2種類のプロセッサは、インテル社が16ビット・マイクロプロセッサ分野で、システム構成の低価格化と高性能化という2極化傾向に対応するために開発した製品である。iAPX186(プロセッサは80186)は使いやすさ、システムの小型化、低価格化を実現し、今後発展の期待できる16ビット・プロセッサの量産指向品分野への応用を旨としている。一方iAPX286(プロセッサは80286)は現在市販されている16ビット・プロセッサの1段上位クラスの機能を狙ったもので、コンピュータ分野への応用を考えている。

プロセッサ・チップ80186には、8086-2 CPUと周辺サブシステムを集積している。図3-1にプロセッサ・チップのブロック図を示す。レジスタ構成や基本命令などは8086/88と同じである。周辺サブシステムとしては、プログラマブル・メモリ/ペリフェラル・チップセレクト回路、割込み制御回路、2組の高速DMAチャネル、バス制御回路、3組のプログラマブル・タイマ/カウンタ、8MHzクロック発生回路などが集積されている。メモリ方式はセグメント方式を使用し、セグメントの大きさは64Kバイト、主メモリの大きさは1Mバイトである。論理アドレスから物理アドレスへ変換する方法は、図3-2に示すように、4種類のセグメント・レジスタの中にある16ビット・セグメントベースを4ビット左シフトし、これに16ビット・オフセットを加算して20ビットの物理アドレスをつくる。メ

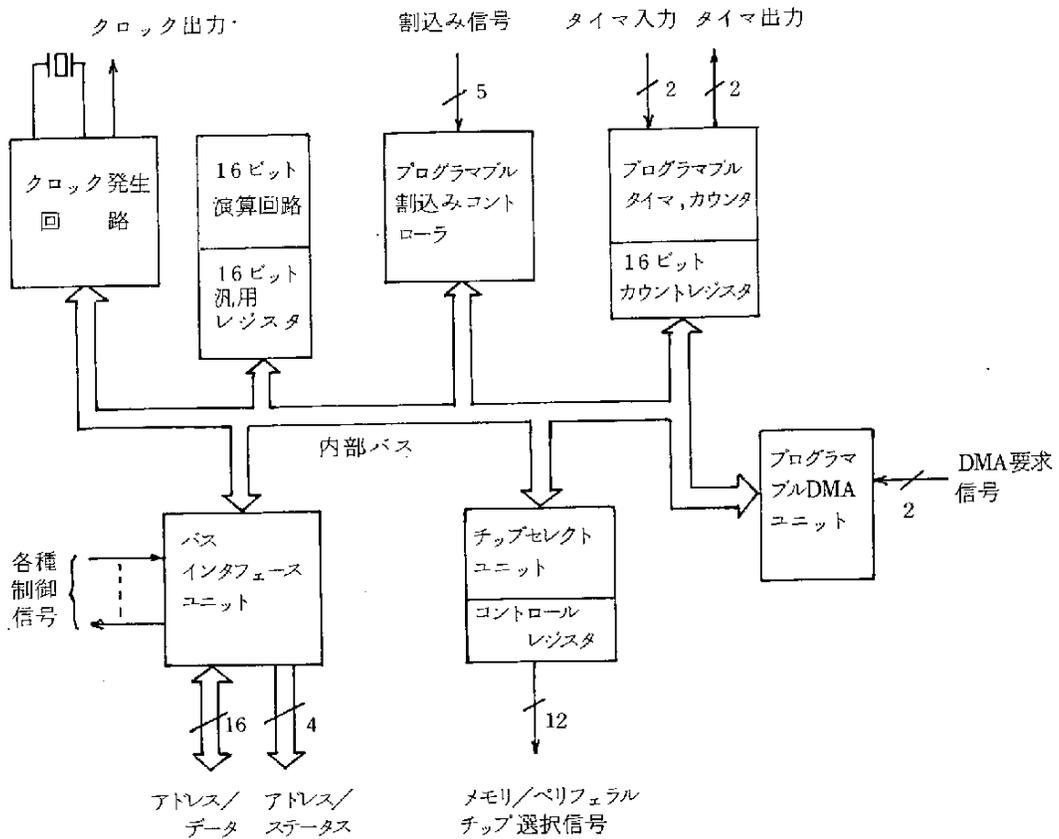


図 3-1 80186 のブロック図

メモリはチップセレクト回路によって3つの独立領域に分割できるので、低速メモリと高速メモリを用途に応じて混ぜて使用することができる。

iAPX186はオブジェクト・コード・レベルでiAPX86/88と上位互換性がある。基本命令は同じであるが、iAPX186ではメモリから入出力ポートへのストリング転送、マイクロルーチンの呼出しと実行、数値計算などに新しく10個の命令が追加されている。処理能力は一般的にはiAPX86の2倍に向上しているが、特定の機能たとえば乗除算では5倍向上している。iAPX186は8MHzのクロックを使用し、テクノロジーはインテル社のHMOSⅡ(将来はHMOSⅢ)である。容器は68ピン・セラミック・リードレス・パッケージ(JEDEC Type A)である。

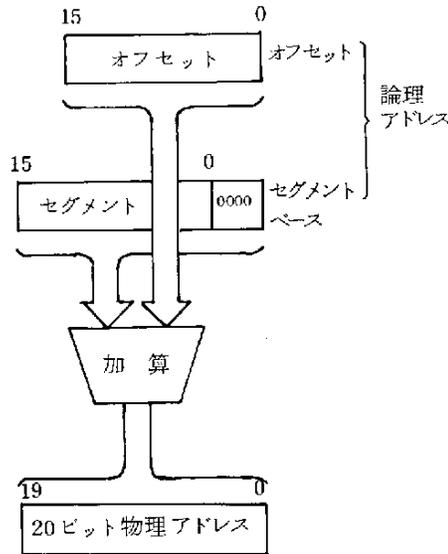


図 3-2 アドレス変換 (インテル社資料)

iAPX186はiAPX86/88からのグレードアップとコスト・パフォーマンスが重要になる16ビット応用分野で使用される。ユーザが開発したiAPX86のソフトウェアをはじめ、OSはiRMX86、CP/M-86などが使用できるのも利点である。また現在市販されている周辺コントロール・デバイス(LSI)や数値演算プロセッサ(8087)、I/Oプロセッサ(8089)、OSファームウェア(80130)が全て使用可能である。

iAPX286は高速処理、大きなアドレス空間、多重保護機能などを備えた高性能16ビット・プロセッサである。

高速性についてみると、処理速度はiAPX86の6倍になっている。クロック周波数は8MHz(将来は10MHz品も出る予定)でiAPX186と同じであるが、主要機能を分割したパイプライン・アーキテクチャが高速化に役立っている。80286のブロック図を図3-3に示す。点線で囲んだ4ユニットがパイプラインを構成する。バス・ユニットはアドレス・ユニットからの要求を監視し、アドレスを送出しデータの入出力を行う。プリフェッチャは次の命令をとりこみ6バイトのキューに入れる。バスは8086、80186

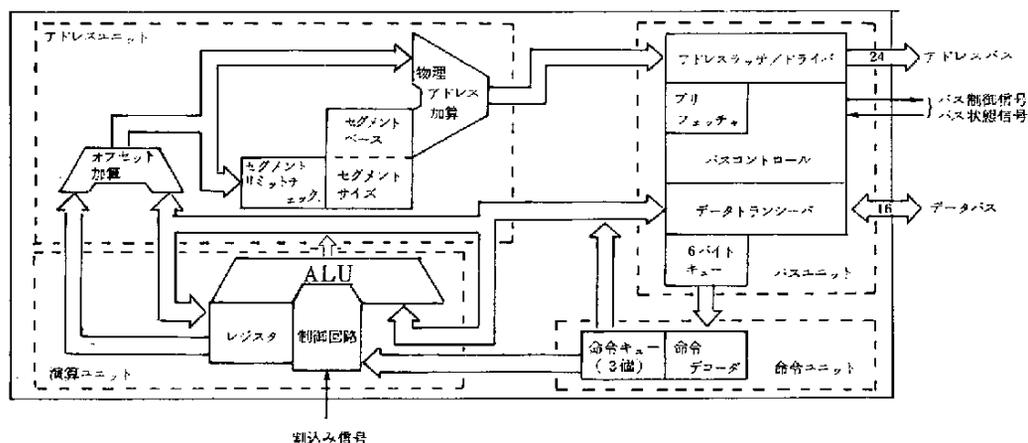


図3-3 80286 ブロック図 (インテル社資料)

と異なりアドレス・バスとデータ・バスが分離されている。命令ユニットはキューの命令をデコードし、命令キューに入れる。この命令先取りは3命令分あり、8086の方式より進んでいる。演算ユニットは次々に命令を実行するが、レジスタの基本構成は8086/88、80186と同じである。追加されたレジスタは仮想記憶制御と保護機構に関係するものである。アドレス・ユニットはメモリ管理、メモリ保護を制御する回路で、仮想アドレスから物理アドレスへの変換と保護の制御を同時に行う。80286はこの4ユニットのパイプライン動作により、仮想メモリの管理・保護をしながらスループットを上げることに成功している。

iAPX286は実メモリが16Mバイト、仮想メモリは1Gバイトのアドレス空間をもっている。仮想アドレスから物理アドレスへの変換に図3-4に示す手順で行われる。テーブル・レジスタ(3種類ある)は変換テーブルの先頭番地を示す。論理アドレスの中の16ビットのセグメント部はテーブルの中のセグメント記述子を指す。セグメント記述子はアクセス権情報とベース・アドレスを持っている。このベース・アドレスによってセグメントの先頭番地が指示され、論理アドレスのオフセット部によってセグメント内のデータの番地が定まる。セグメントの大きさは64Kバイトである。このア

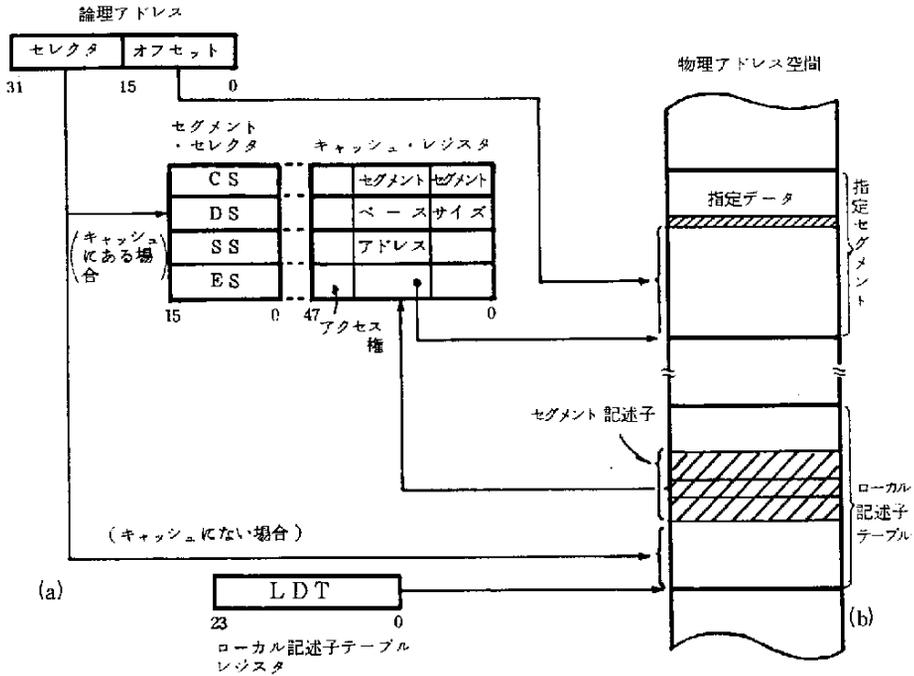


図 3 - 4 仮想メモリアドレスの変換
(記述子テーブルレジスタは 3 種類ある)

ドレス変換手順を高速化するために、4 個のセグメント記述子用キャッシュ・レジスタが設けられている。テーブルから読み出されたセグメント記述子はキャッシュ・レジスタに入れられる。同時にセグメント・セクタにそのセグメント番号が入る。論理アドレスが与えられたとき、セグメント部がセグメント・セクタと比較され、一致すれば直ちにキャッシュ・レジスタからベース・アドレスが取り出され、物理アドレスに変換される。不一致の場合には前記のテーブルを引く手順をたどる。

iAPX286 では、アプリケーション・プログラムによる OS のプログラムとデータの破壊に対する保護およびシステム内のタスク間の相互悪影響からの保護が実現されている。保護のユニットはセグメントを使用している。通常 OS は分離された保護アドレス空間におかれるが、iAPX286 ではアプリケーション仮想アドレス空間の中に OS がおかれ、アプリケーション・プログラムから高速にアクセスできるようになっている。OS をアプリケー

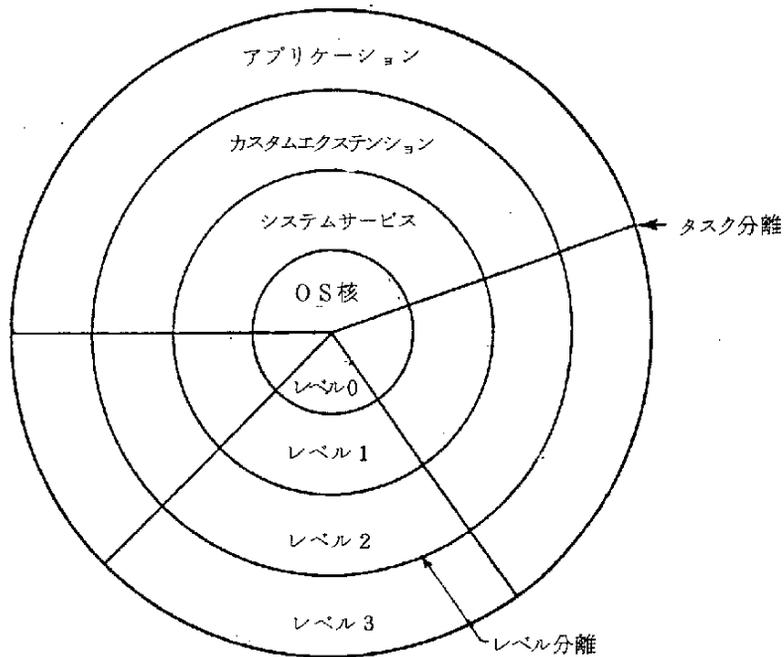


図 3 - 5 iAPX286 の保護機能 (インテル社資料)

アプリケーション・プログラムから保護するため仮想アドレス空間内に4レベルの階層的特権レベルを設けている。図3-5に示すようにレベル0が最も強い権力を持ち、OSの核が入る。レベル3は最も弱い権力のレベルでアプリケーション・プログラムが入る。特権レベルはコード・セグメントとデータ・セグメントの使用を制御する手段である。タスクは起動されたときコード・セグメントによって特権レベルが指定され、そのレベル内で実行される。データのアクセスは同一レベルまたは下位レベルに対して行うので、レベル0で実行されるタスクは全データ・セグメントにアクセスできるが、レベル3のタスクはアクセスが同じレベルのみに制限される。この階層的特権レベルの使用により、階層的システム設計が可能になりソフトウェア開発の時間が短縮できる。もう一つの保護機構はアクセス権のチェックである。セグメント記述子の中にアクセス権(読出し、読出し/書込み、実行、実行と読出し)の情報があり、セグメント・レジスタ・ローディングとセグメントを使う命令

の両方をチェックし、各セグメントに定義されている使用方法に違反していないことを検査している。セグメント・レジスタ・ローディングはセグメントの存在とアクセス権の正しさの検査であり、使用のチェックは限界値とアクセス権の検査である。違反が見つかりとメモリアクセスが止められて、割込みルーチンか例外処理ルーチンに入る。

iAPX286は2種のモードで使用できる。実アドレスモードはiAPX86のオブジェクト・コードをそのまま実行できるモードで、アドレス空間は1Mバイトである。このモードはiAPX86または186からのグレードアップに対応したものである。仮想アドレスモードは仮想メモリ機能とマルチタスク機能を使用できるモードで、iAPX286個有の動作モードである。

iAPX286のテクノロジーはHMOSIIを使用し、約13万個の素子規模である。容器は68ピン・セラミック・リードレス・パッケージである。

このようにiAPX286は従来のiAPX86、186の上位機種であるが、単なる拡張ではなく、全く新しいプロセッサであると言うことができる。高速の仮想メモリ機能と強力な保護機能をチップ上に集積した最初のプロセッサである。オフィス・オートメーション、リアルタイム・プロセスコントロール、データ通信、ロボット制御など分散処理、マルチタスク・マルチユーザ・システムなどの応用分野で使用されることを考えた機種である。表3-1に性能をまとめて示す。

表 3 - 1 iAPX186/286 の性能

	iAPX186	iAPX286
語 長	16ビット	16ビット
メモリ 容 量	1Mバイト	16Mバイト
番地指定方式	セグメント方式	セグメント方式
仮想記憶	な し	1Gバイト
保護機能	な し	4レベルリングタイプ
命 令	101 iAPX86上方互換性	103 iAPX86上方互換性
バ ス	アドレス/データ共用	アドレス/データ分離
クロック周波数	8MHz	8、10MHz
テクノロジー	NMOS 68ピンセラミックリードレス容器	NMOS 68ピンセラミックリードレス容器

3.22 TMS99000

このプロセッサは、8086系、MC68000系、Z8000系など世上にある高性能16ビット・プロセッサと同クラスに属する機種として開発した16ビット・プロセッサである。従来から販売されていた16ビット・プロセッサTMS9900の上位機種に位置づけられ、命令体系は上方互換性をもっており、周辺デバイスも同じものが使用できる。性能向上の目安としては、TMS9900の5～12倍、TMS9995の2倍の処理速度の増加になっている。

TMS99000系の特徴の一つは、同じ命令セットをもつ基本アーキテクチャを土台にして、新しく機能を追加して個別の仕事向きにプロセッサを適合させる手段が準備されていることである。これはアタッチド・プロセッサ・インタフェース機能とマクロストア機能と呼ばれるもので、命令の拡張や

機能の分担が容易にできるようになっている。基本アーキテクチャのプロセッサはTMS99105と呼ばれ、これにアタッチド・プロセッサとして浮動小数点演算プロセッサTMS99110と高位言語(PASCAL)プロセッサTMS99120がある。将来はさらに他の機能のプロセッサも開発されることになっている。ホスト・プロセッサとアタッチド・プロセッサの関係には二つの場合がある。一つは両者の関係が直列的であって、ホスト・プロセッサのかわりにアタッチド・プロセッサが動作し、その間はホスト・プロセッサが停止する。他は両者が並列的關係にあり、アタッチド・プロセッサはローカル・メモリを持っていて、アタッチド・プロセッサが動作するとホスト・プロセッサはその処理から解放されて別の仕事をすることができ、並列処理を行う。アタッチド・プロセッサの処理が終了すると割込みによってホスト・プロセッサに知らされる。TMS99000ではこの両方式に対して両通りのインタフェースが提供されていて、いずれの方式を使用するかは問題に応じて選ぶことができる。

マクロストア機能は主メモリ空間の外にマクロストア用メモリ空間をもち、基本命令以外にユーザが定義した命令や機能のエミュレーション・ルーチンを格納しておくものである。マクロストアのアドレス空間は64Kバイトあり、最初の4Kバイトはオンチップのためにとられていて、残りの60Kバイト分がオフチップの拡張部分になっている。TMS99110やTMS99120では、オンチップの中の1Kバイト分が単精度浮動小数点命令エミュレーションやPASCAL言語のランタイム・サポートのルーチンが入っているROMになっている。さらに全プロセッサが32バイトのマクロストア領域をRAMの形でチップ中にもっている。マクロ命令がデコードされると、マクロストア・メモリから命令が取り出されるように制御が移り、エミュレーション・ルーチンが実行される。終了すると再び制御が主メモリに移り、次の命令から引続いて実行される。このマクロストアのエミュレーション機能により、ユーザは自分の応用に適した命令の追加ができ、その命令を本来

の命令と同じに取扱える。

このようなマクロストアを使用したエミュレーション方式やアタッチド・プロセッサ方式を通して、ユーザはソフトウェアの変更なしにシステムの性能を上げることができる。ユーザからは実現手段に関係なく、同じ命令、同じ機能が使用できる。したがってシステム設計にとっては、性能を向上させコストを低下させる強力かつ便利な手段が提供されている。

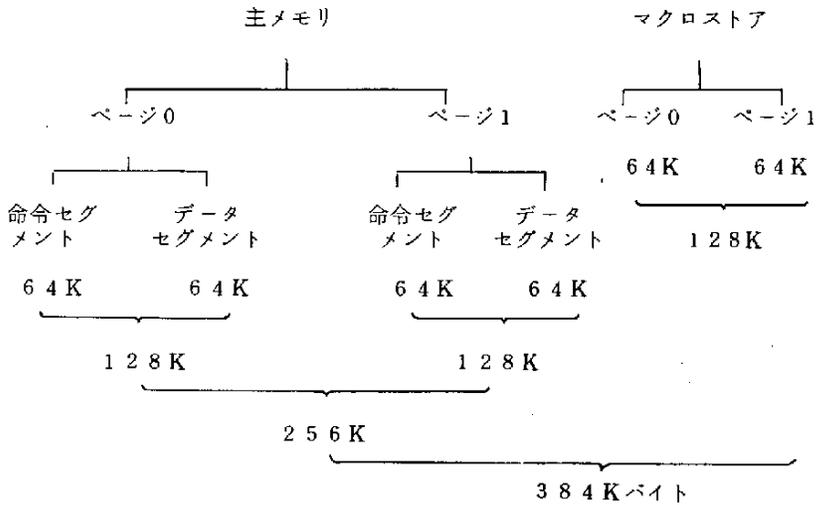


図3-6 TMS99000のメモリ空間

TMS99000は下位機種種のTMS9900と同じくメモリ間演算方式アーキテクチャを採用している。メモリサイクル時間は167nsであるが、低速のメモリも使用できる。主メモリの空間はセグメントとページを使用して図3-6に示すように256Kバイトまで拡張できる。同様にマクロストアがページによって128Kバイトまで拡張できるので、合計384Kバイトの空間になる。さらにメモリ・マップーLSI(TIM99610)を使用して、図3-7に示すようにアドレスの上位4ビットを12ビットに変換することにより、16Mバイトまでメモリ空間を拡張することができる。

TMS99000の基本命令セットは85で、倍精度演算、符号つき乗除算、ビット操作およびテスト、スタック操作、アドレス拡張、並列入出力などの

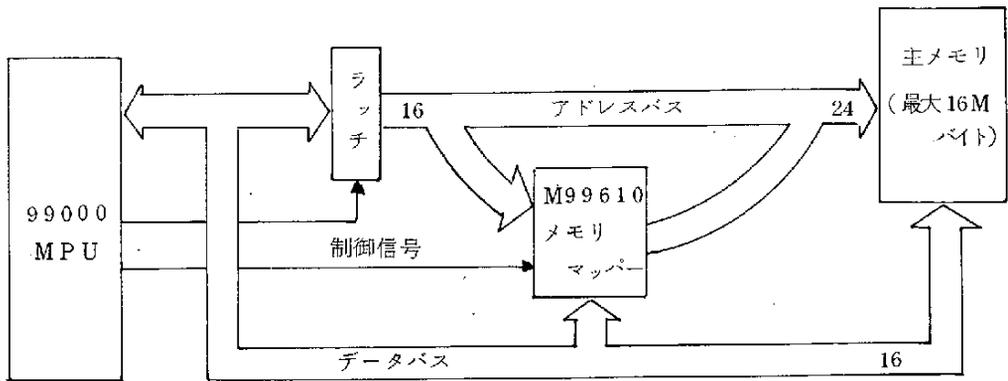


図 3-7 TMS99000 のメモリ拡張方法 (TI社資料)

命令が新しく追加されている。その他の命令はTMS9900と同じである。また85命令の中には12個の特権命令が含まれている。

表3-2に性能をまとめて示す。クロック周波数は24MHzで、クロック発生回路は内蔵である。NMOSを使用し、40ピン容器に入っている。

表 3-2 99000 の性能

語長	16ビット
メモリ 容量	主メモリ 256Kバイト メモリマップにより16Mバイトまで拡張可 マクロストア 128Kバイト(最大)
命令	85
レジスタ	メモリ使用
割込み	16個の優先順位つきベクタ割込み
入出力	直列、並列転送、ビット、バイト、ワード可
クロック周波数	24MHz 発振回路内蔵
テクノロジー	NMOS 40ピン

3.3 専用マイクロプロセッサ

インテル社が新しく発表した、16ビット・1チップの制御用マイクロコンピュータ（マイクロコントローラとも呼ぶ）がある。同社のマイクロコントローラとしては8ビットの8048系があるが、互換性はない。また同じ16ビットのマイクロプロセッサシステムiAPX86/88やiAPX186/286とも別種のものである。8096と8396の相異は、マスクROMを内蔵する（8396）かしない（8096）かであり、その他は全く同じである。以下では8396について説明する。

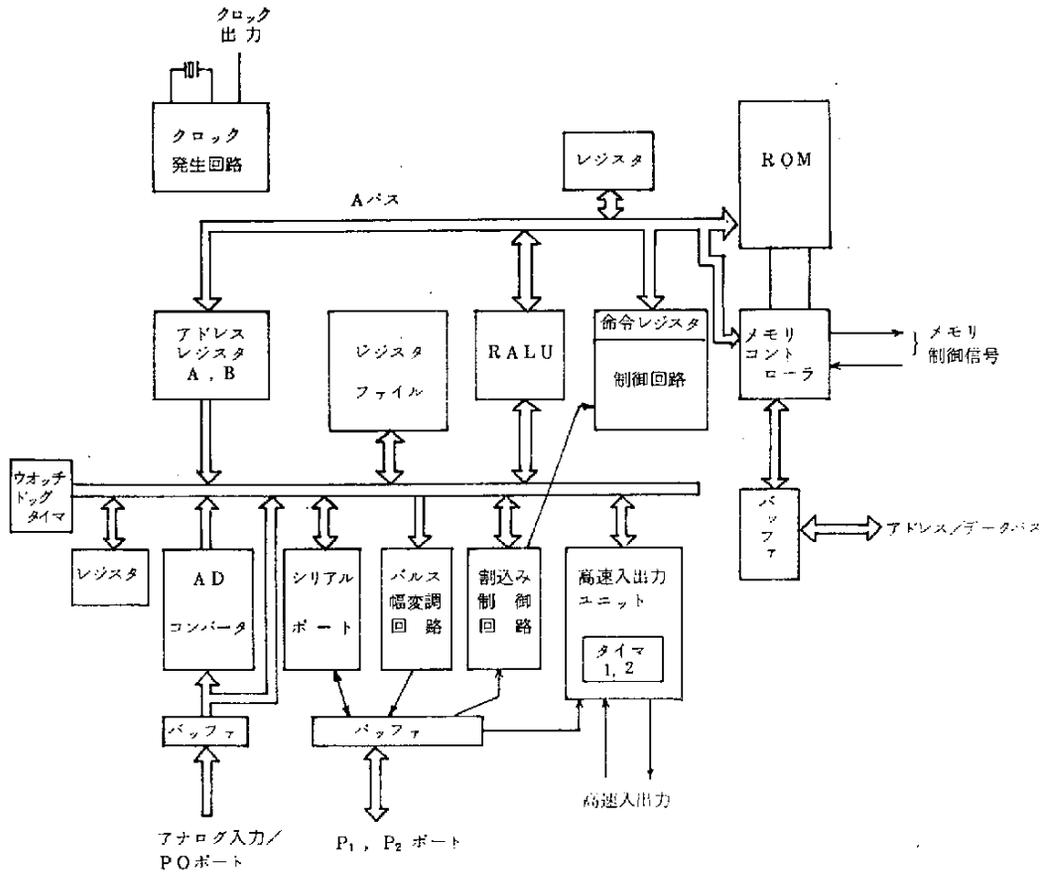


図3-8 8396のブロック図

8396は制御用の中でも特にリアルタイム制御用として、最適な機能をもつように設計されている。その特徴は、多種類の入出力機能、高速な演算

制御方式、簡単なメモリアクセス機能などに見られる。図3-8に構成図を示す。チップの内部には、レジスタ・ファイル、演算回路、制御回路などからなるCPU、入出力部、ROM、メモリ制御部とこれらを結合する2本の内部バスがある。レジスタ・ファイルは256バイトのRAMでできており、入出力レジスタとして24バイト、スタック・ポインタに2バイト使用する。このプロセッサの特徴は、アキュムレータのような演算レジスタを持たないこと、3アドレス方式の演算命令を使用していることである。このため演算はレジスタ・ファイルの内容の間、レジスタ・ファイルと入出力レジスタ間で直接行われる。このため入出力ポートとアキュムレータ間のデータの転送が不要になり、また命令が全てのレジスタを直接指定するためデータ転送命令が不要になるため、プログラム・ステップ数が減り、データ処理時間が短くなる。

命令は総数96で、1、2、3オペランド形式がある。データタイプにはビット、バイト、ワード、倍長ワード、浮動小数点がある。メモリの大きさは64Kバイトで、全域直接番地指定できる。このメモリ空間の中で、レジスタ・ファイル(入出力レジスタ、スタック・ポインタ含む)256バイト、ポート2バイト、ROM8Kバイトがとられ、残りが外部メモリまたは入出力領域になっている。8396はメモリマップ入出力方式をとっているので、全ての入出力がこのメモリスペースに割り当てられている。16ビット・コンピュータとしては外部メモリ領域が比較的小さく、簡単な構成になっている。

入出力には各種の機能のものがそろっている。入出力ポートは4組の8ビットポートがある。ポート1は擬似双方向性ポートで、入力としても出力としても使用できる。ポート2は多重機能ポートで、MCS51(8051)とコンパチブルな全二重方式シリアル転送、マルチプロセッサ用のプロセッサ間通信に使用する8/9ビットUART、パルス幅変調出力などに使用する。ポート3、4は外部メモリにアクセスするアドレス、データバス兼用ポートである。高速入出力ユニットはタイマと連想メモリをもち、CPUと独

立に指定時刻に入出力動作を行うことができる。タイマは2組の16ビット・タイマがあり、タイマ1はクロックを入力とするフリーラン・タイマで2 μ sごとにインCREMENTされる。タイマ2は外部イベント・カウンタとして動作し、外部信号の変化を計数できる。高速パルス入力部は、4本の入力線の信号が変化したとき、タイマ1によって変化生起時間と変化した入力をレジスタに記録する。この機能により入力パルスの幅や周期を記録することができる。高速パルス出力部はタイマにより、任意の時刻に出力とクリア、割込み、AD変換の開始指示、ソフトウェア・タイマ割込みなどの操作をする。これらの操作コマンドは連想メモリの中に入れておく。連想メモリは23ビット・レジスタ8語からなっていて、指定時刻、操作内容、タイマ1、2の値を持っている。各レジスタは一定時間ごとに順送りされ、タイマ1のインCREMENT時間(2 μ s)の間に一巡する。レジスタの内容はタイマの時間と比較され、一致するとその操作が実行され、コマンドは連想メモリから消却される。ハードウェア・タイマを基準にして、任意の時刻に割込みを発生するソフトウェア・タイマは、4種類の設定ができる。これは従来メモリ内に持っていたソフトウェア・タイマに代るもので、時間遅延のタスク起動などに使用される。入出力機能の充実の一つにAD変換回路の内蔵がある。AD変換回路はオプションで、ついていない形のものもあり、形番の英文字A(付き)、D(なし)で区別される。AD変換回路は10ビットで変換時間は42 μ sである。アナログ入力に容器のピン数に応じて4チャンネルと8チャンネルがある。AD変換回路を持たない場合には、アナログ入力をデジタル入出力用のポート0に使用する。変換の開始指定は、ADコマンド・レジスタのコントロール・ビットをセットする方法と高速出力部のタイマを使用して遅延時間の開始を指定する方法がある。変換が完了するとCPUに割込みが入り、結果は入出力レジスタに2バイトの形で入る。

表3-3に8096/8396の性能をまとめて示す。演算時間は16ビット加算が1 μ s、16ビット乗除算は6.5 μ sである。割込みは8レベ

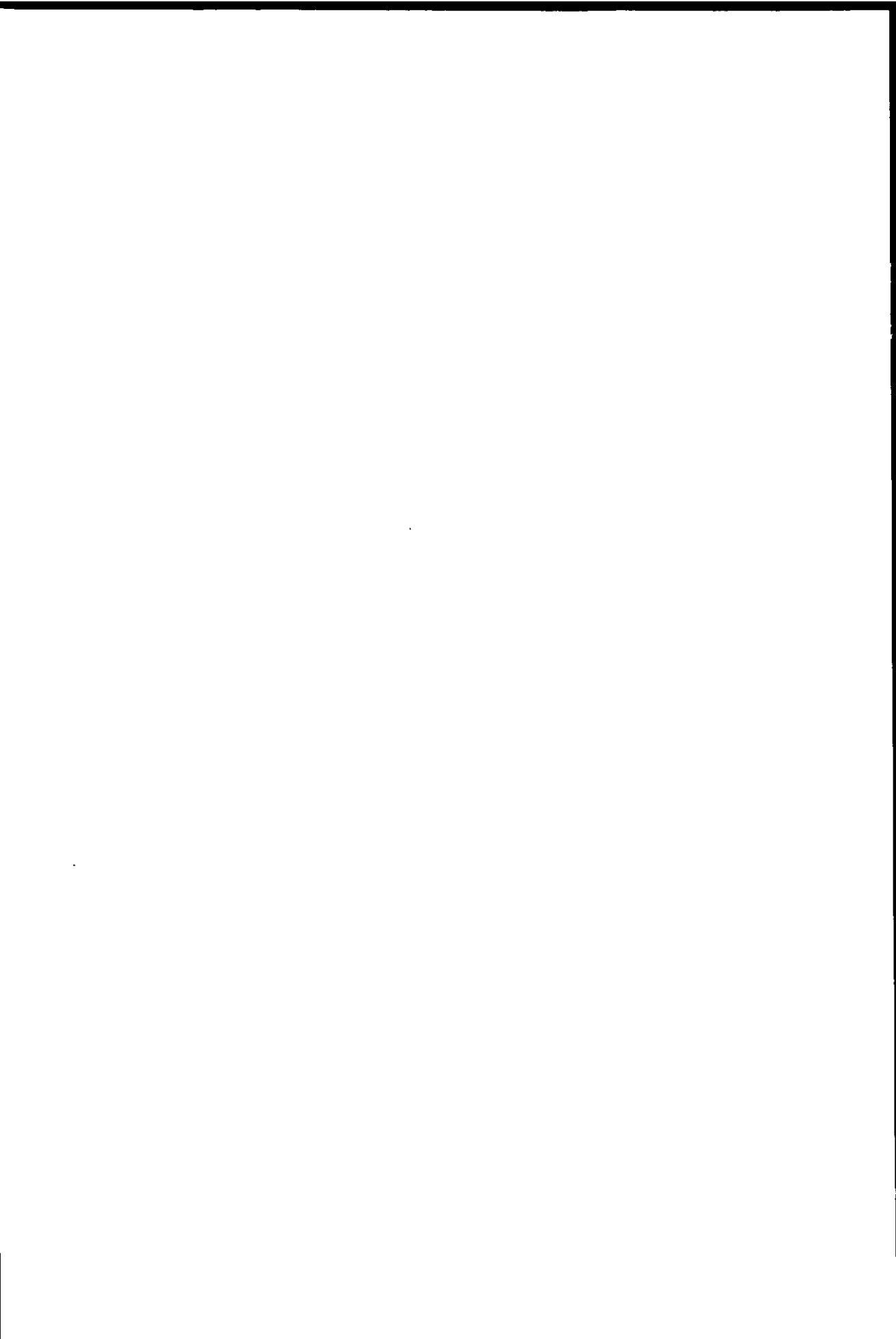
ルの優先順位をもち、割込みベクトルはROMの中に16バイトとってある。8096/8396はリアルタイム・コントローラとして適した機能をもっている。自動車エンジン制御、ロボット制御、数値制御、高速周辺機器制御などの応用分野を狙った製品である。

表3-3 8096の性能

語長	16ビット
メモリ 容量 番地指定	64Kバイト(オンチップROM8Kバイト) 全域直接指定
命令	96
レジスタ	256バイトファイル (内入出力レジスタ24バイト) スタックポインタ2バイト)
割込み	8レベル優先順位つき
入出力方式 ポート数	メモリマップ入出力方式 8ビット入出力ポート 2組+4ビット/4組 高速パルス入出力、出力6本/入力2本 アナログ入力 4チャンネル/8チャンネル 10ビットADCつき
演算時間 16ビット加算 乗除算	1μs 6.5μs
クロック周波数	12MHz
テクノロジー	NMOS 48ピンDIP/68ピンFP

第4章 装置工業におけるデジタル技術

— 鉄鋼業を例として —



第4章 装置工業におけるデジタル技術

—鉄鋼業を例として—

4.1 はじめに

本報告書は、マイコンに関するものであるが、装置工業においてマイコンなどを製造のための手段として用いるという立場からすると、マイコンかミニコンかといった区別をすることは意味がない。

従って広くマイコンから大型コンピュータまでを含めてデジタル技術という取りあげ方をすることにした。

装置工業の代表として鉄鋼業をとることにする。一貫製鉄所は図4-1に示す様に多くのプロセスより成り立っており、鉄鉱石やコークスから焼結機・高炉（溶鉱炉）を使って銑鉄を作る製銑プロセス、溶けた銑鉄を転炉に入れ炭素を低減して鋼とし、溶けた鋼を鋳型に入れてインゴットとしたり連続鋳造機でスラブ（鋳片）を鋳造する製鋼プロセス、インゴットやスラブを圧延して製品としての形を作り出す圧延プロセスなどがある。図4-2の主要国の粗鋼生産高の推移が示す様に1973年の石油ショックまでは、高度成長が続いた年産1,000万トン級の大規模製鉄所が次ぎ次ぎに建設された。この間に生産性の高いプロセスの採用、設備の大形化・高速化・連続化・機械化・自動化など量産技術が開発・導入された。その成果として図4-3にみる様に外国に比べ極めて高い労働生産性を実現した訳である。こうした量産技術の開発にあたってはオートメーション技術、コンピュータ技術も重要な要因をなしている。

石油ショック後生産量は図4-2にみる様に停滞すると共に鉄鋼の需要の面でも大きく変動して来ている。従ってこの期間は省資源・省エネルギー・歩留向上などコスト低減と需要業界の新しいニーズに対応するための製品の高級化・高付加価値化を目指した技術開発と設備投資が行われている。この段階でもより高度なオートメーションやコンピュータ・システムが要請され

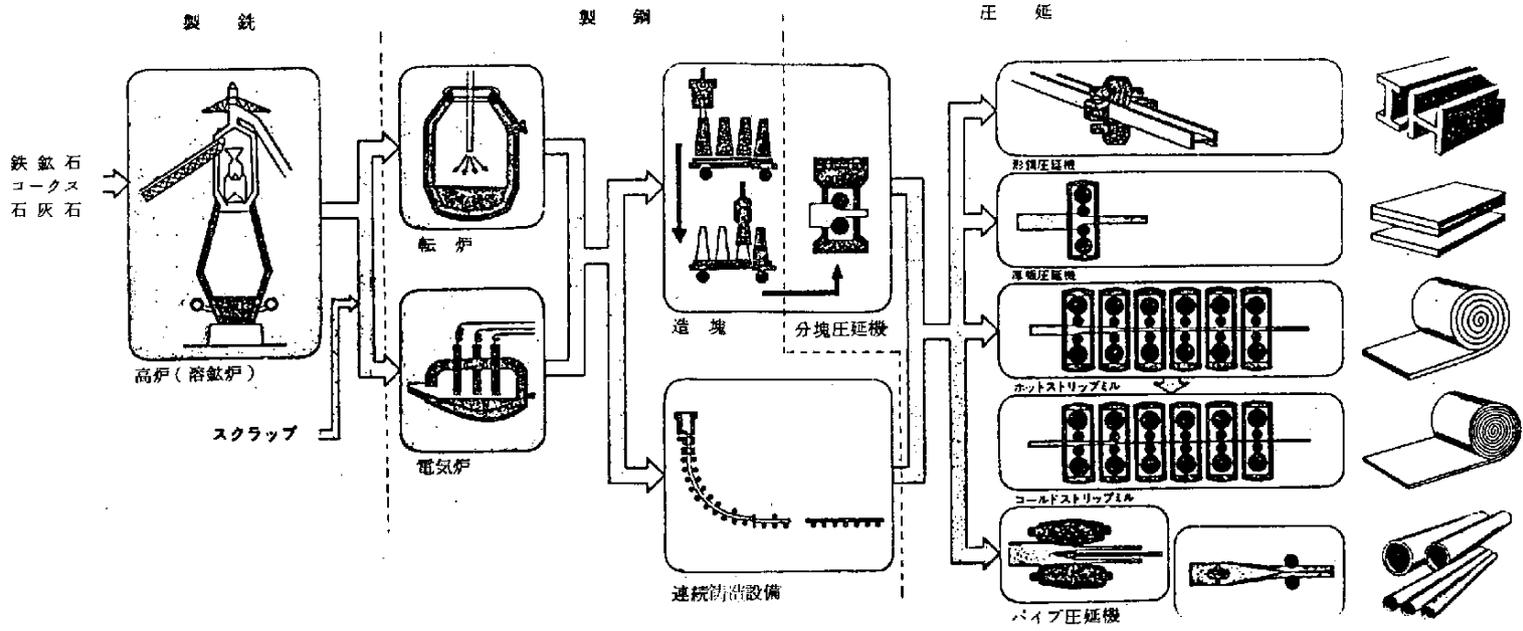


図 4-1 製鉄プロセス

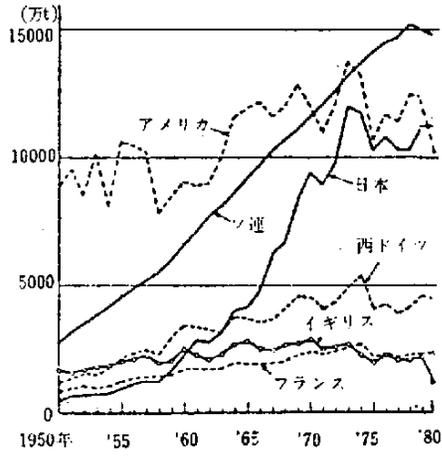
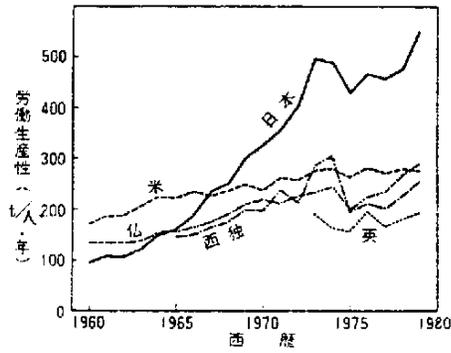


図 4 - 2 主要国の粗鋼生産高



(出所：鉄鋼統計要覧)

図 4 - 3 各国の労働生産性（生産高）の推移

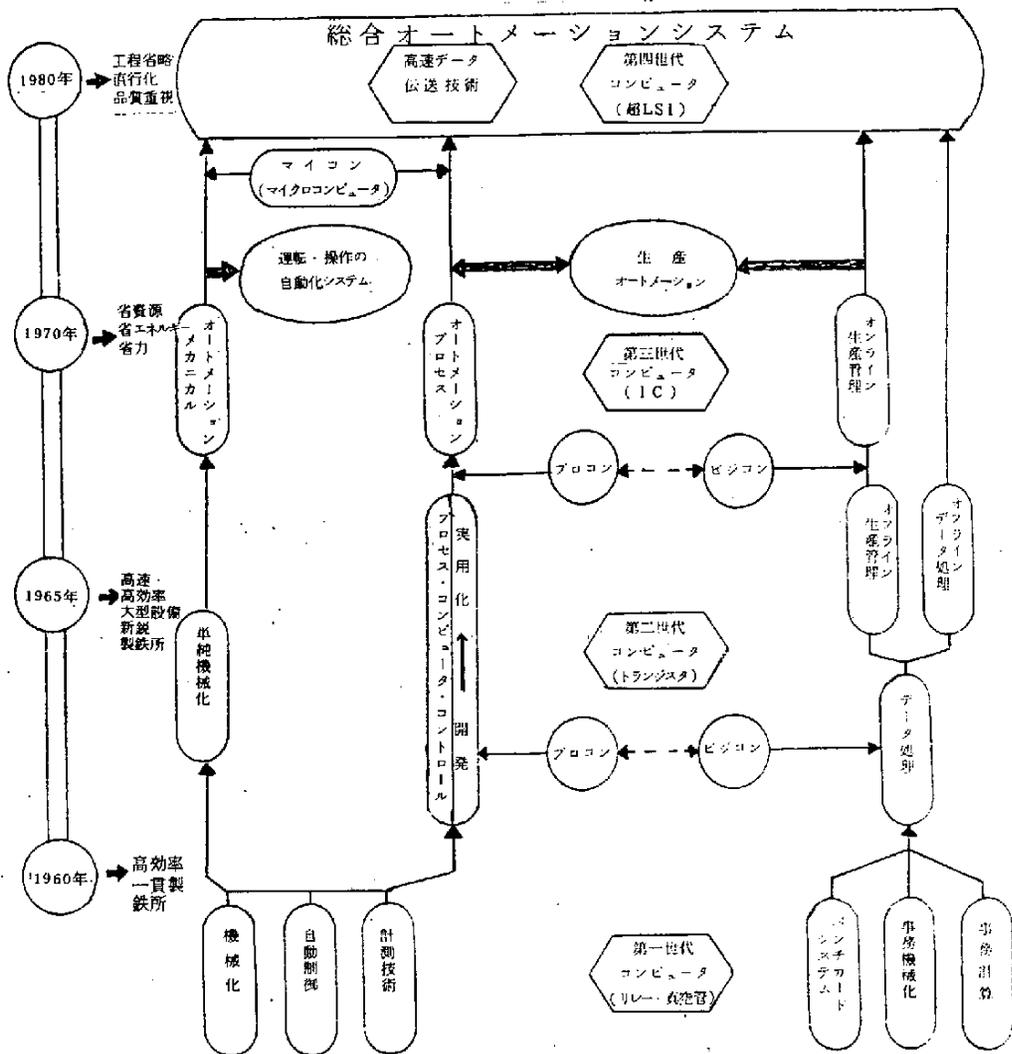


図 4 - 4 日本鉄鋼業におけるオートメーション化の進展

る様になっている。

図4-4に鉄鋼業のオートメーション及びコンピュータリゼーションの歩みを示す。1950年代末にすでにリレー式データロガが導入されており1960年代初めにビジネス・コンピュータの導入、プロセス・コンピュータ・システムの開発着手が行われている。1960年代後半にはプロセス・コンピュータも実用段階に入り1968年には製鉄所全体をハイアラキー・コンピュータ・システムで運営する様になった。1970年代にはミニコンがオートメーションの要素として登場し、続いてマイクロ・プロセッサを部品とした諸々の電気設備、計測機器、計算機関連機器が数多く導入された。

4.2 製鉄所におけるデジタル技術

(1) 製鉄所のコンピュータ・システム

図4-5に製鉄所のコンピュータ・システムを示す。製鉄所には多数のコンピュータが階層構成をなして配置されており、次の様な階層より成っている。

- ① バッチ・システム
- ② オンライン・システム
- ③ プロセス・コントロール・システム
- ④ 装置制御システム（電気・計装設備としてのシステム）

①及び②にはいわゆるビジネス・コンピュータが使われていて当初は10数台の大型（当時の）コンピュータより成っていたが最新の超大型コンピュータでは2～3台に集約することができる。

③は1製鉄所に数十システム程ある。システムの数とコンピュータの数は当初1：1であったが最近では1：nあるいはたまにはn：1のこともある。

④は次第にその数を増しており最近では1製鉄所に数百台のオーダで存在していて一つ一つ数え難い位である。③の大部分は②とオンラインで結合しており④は③にオンライン結合しハイアラキーの一環として、DDC

(Direct Digital Control) 的な機能を果すものと高級計測器の如く必ずしもハイラキーと関係しないものの両者がある。2～3の製鉄プロセスについて③及び④を中心としたデジタル技術の応用について4.3、4.4で詳細に記述するので①、②及び③について製鉄所全体のハイラキー・システムとしての見地より以下に説明する。

図4-5に例示する様なコンピュータ・システムは原料の受入から製品の出荷まで、本社よりの注文インプットから本社への出荷報告まで製鉄所の生産活動を一貫してコントロールすると共に関係したいろいろな管理活動を支援するものである。

① バッチ・システムの機能

本社受注システムから送られて来る注文情報に基づいて品質設計・材料計画を行い、オンライン・システムで収集した作業実績を集約し、注文の進行状況を把握した上で次の作業命令を作成する。又、各プロセスの実績データを集約保管して操業管理、品質管理、原価管理等の必要データを提供する。

② オンライン・システムの機能

①が作成した作業指示を受取り次の様な諸機能を実行した上で作業実績を①に返す

- (イ) 作業命令と実績収集、作業命令の修正
- (ロ) 材料の流れと情報とのマッチング
- (ハ) 材料の移動及び加工の指示
- (ニ) 置場管理

③ プロセス・コントロール・システムの機能

- (イ) 数式モデルによるプロセス制御やオペレータ・ガイド
- (ロ) 設備・機械の自動運転
- (ハ) ①、②に必要な情報収集・伝送・操業管理(生産管理)に必要なデータロギング

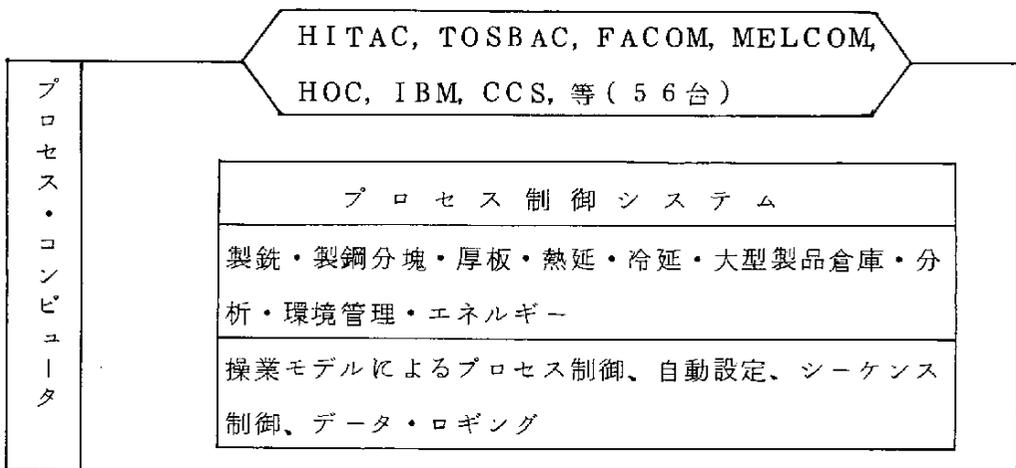
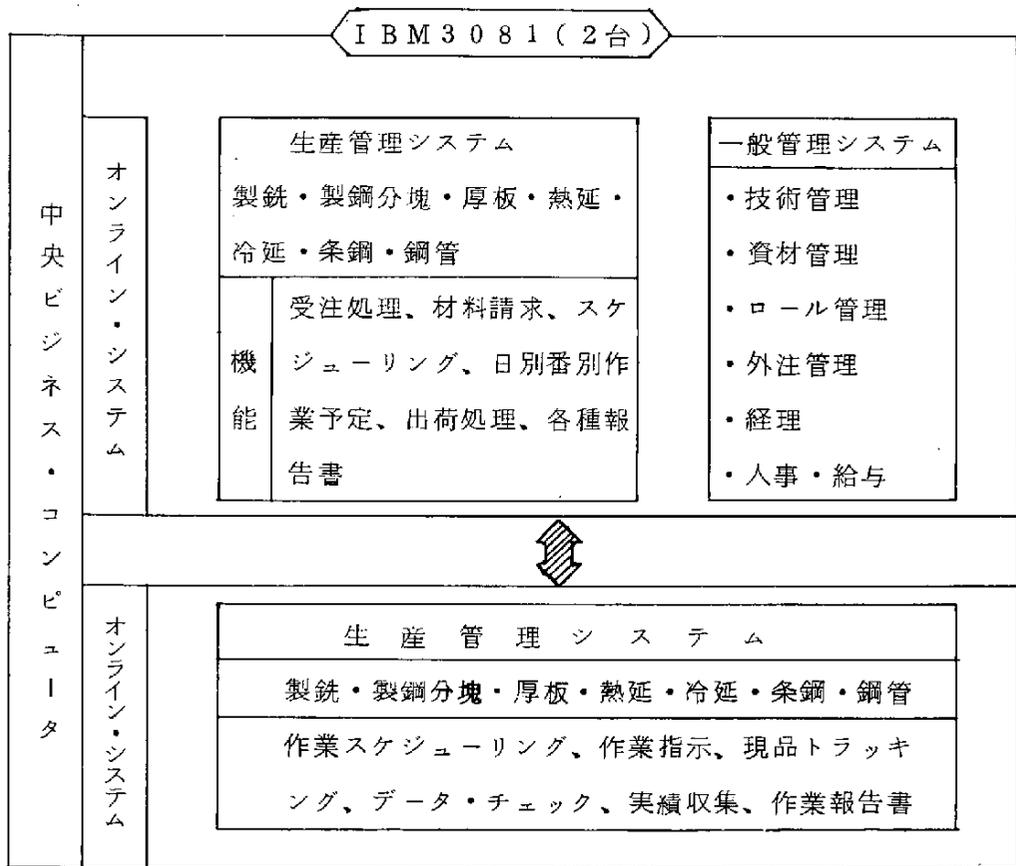


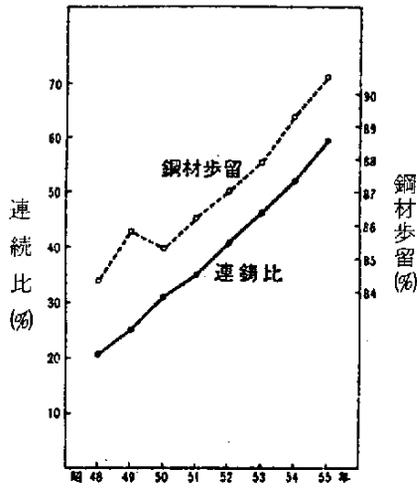
図 4 - 5 製鉄所のコンピュータ・ハイアラキー (新日鉄・君津)

(2) 最近の鉄鋼業の動向とオートメーション及びコンピュータ・システム

4.1にて述べたように石油ショック以後コスト削減、製品の高度化を目指した技術開発が推進されていてそれらを行うためにオートメーションやコンピュータ・システムへの要請も非常に強いものがある。この様な努力の成果として鋼材歩留やエネルギー原単位の目ざましい向上が達成されていてこのことが又日本鉄鋼業の相対的優位性をもたらすことになっている。図4-6は従来のインゴット鑄造に替っての連続鑄造の比率と鋼材歩留の推移を示し、図4-7は種々の省エネルギー対策の成果を示している。歩留向上・省エネルギー対策の一例として連続鑄造について説明する。

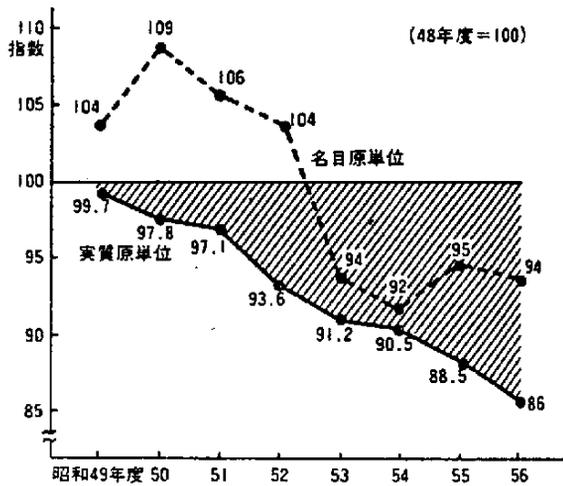
連続鑄造法は図4-8の様に従来インゴット鑄造(造塊)の後分塊圧延して作っていたスラブ(鋼片)を単一プロセスで作ってしまうため歩留が10%以上向上するというものである。この際一旦スラブを冷却してからキズ手入をして加熱炉に入れて圧延を行うという方法を更に改良して冷却と手入を省略し鋼片が未だ熱いうちに圧延してしまうCC-DR法(CC=連続鑄造、DR=直接圧延)などの直行化による省エネルギー操業が行われつつある。

ここで連続鑄造というプロセスの開発(設備、コンピュータ・システムなど含む)を行い、冷却してキズの検査やキズの手入を省略するために欠陥のない鑄造方法としてキズの有無を熱間で検査・手入する方法・装置の開発を行う必要がある。そのためにはいろいろな検出器・計測器・オートメーション、操業管理、工程管理・品質管理のシステムの開発が要請され諸々のデジタル技術が駆使されることになる。



出所：鉄鋼連盟資料から作成

図 4 - 6 連続鋳造比と鋼材歩留りの推移 (全国平均)



(注) 1. 実線は名目原単位 (点線) を48年度の生産条件、例えば
 銑鋼比、鋼材歩留等で補正した実質原単位。
 2. 斜線は省エネルギー部分

図 4 - 7 粗鋼トン当りエネルギー消費原単位指数

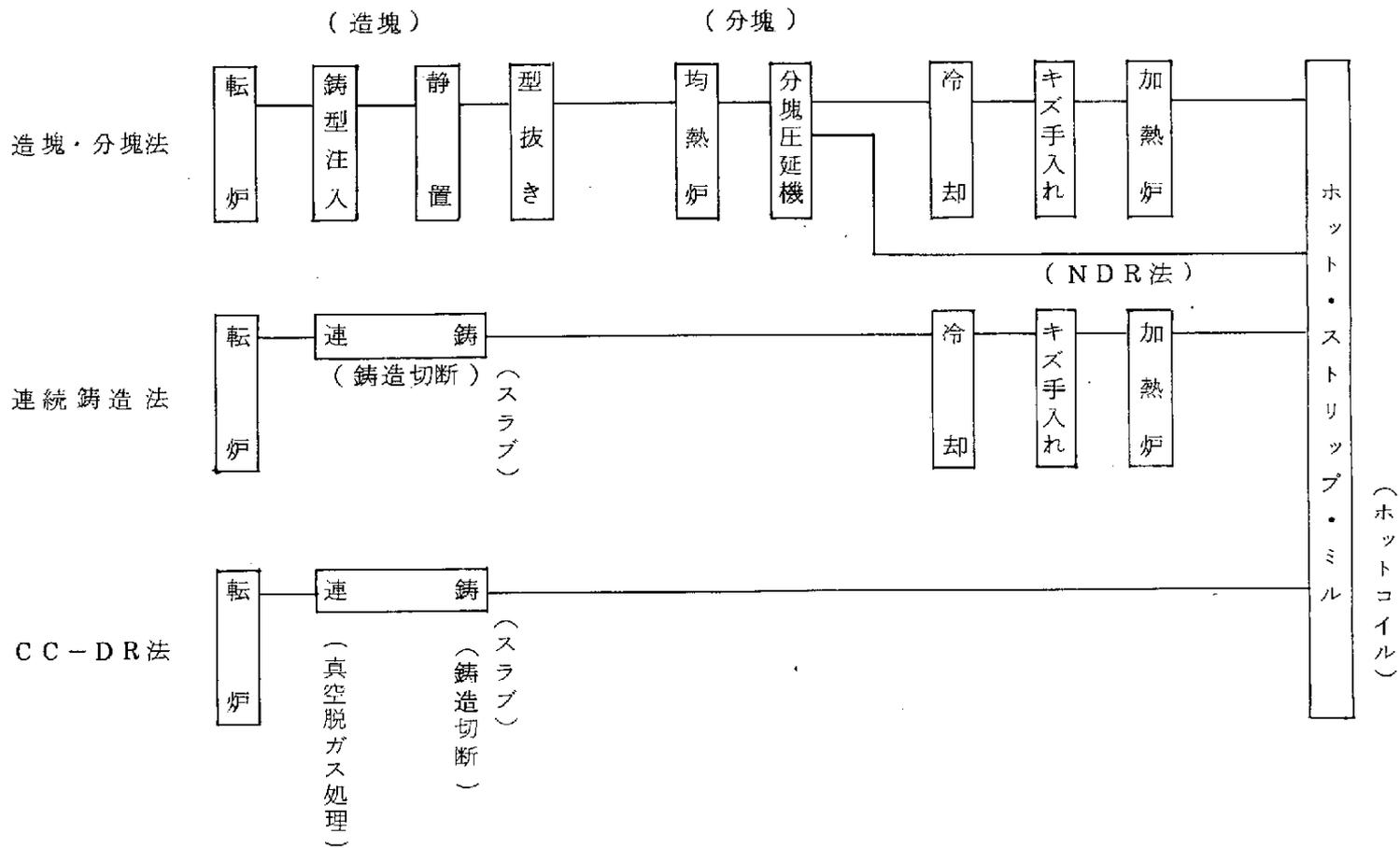


図 4-8 製鋼と圧延の直結 (直行比)

4.3 製鉄・製鋼プロセスにおけるデジタル技術

製鉄・製鋼プロセスでは、鉄鉱石・石炭からスタートして冶金反応で銑鉄・鋼を得るプロセスで、固体から出発して液体（溶けた鉄）を経て鑄造で固体に戻る。

このプロセスは、多くのユニット・プロセスより成るが、ここでは高炉と連続鑄造をとり、そこで使われるプロセス・コンピュータ、計装設備（機器）、電気設備におけるデジタル技術について記述する。

プロセス状態把握のための多くの検出端とその情報処理・状態推定、多くのプロセス量の測定や制御、多くの機器の頻度高い起動・停止及びシーケンス制御や総括制御などがここでの制御的側面における特徴である。

高度な機能・信頼性、保守性を得るためプロセス・コンピュータ、分散型デジタル計装システム、PC（プラント・コントローラ、プロセス・コントローラなどと呼ばれるデジタル電気制御システム）を用いた電気設備などが導入されていて全体としてハイアラキー・システムを構成している。

（勿論、個別・独立システムも多い。）

4.3.1 高炉におけるデジタル技術

(1) プロセス・コンピュータ

高炉のプロセス・コンピュータの規模は例えば次の様である。

主記憶：512KB

補助記憶：2×2.4MB DISK

1×2.0MB DISK

2×Floppy DISK

また次の様なシステムや装置と結合している。

PC

分散型デジタル計装システム

アナログ計装装置

分析用プロセス・コンピュータ

オンライン生産管理システム

こうして約1,000点に及ぶ高炉プロセス情報がプロセス・コンピュータで取扱われており、

- ・プロセスの数式モデルによる設定値制御やオペレータ・ガイド
- ・多数のプロセス量を操業監視に便利な形に加工して図形表示(図4-9)
- ・膨大な情報を加工・編集して作業表の日報の作製などの機能を果している。

(2) 計装設備

高炉の計装システムとしては最近では分散型デジタル計装システムが主流となっている。最近のシステムの例を図4-10に示す。

計装機器の高度化におけるデジタル技術の例として

- ・高炉ガスの成分分析用ガスクロマトグラフ
- ・羽口破損検出用電磁流量計(冷却水量測定)
- ・炉頂装入物プロフィール・メータ
- ・原料秤量及び搬送制御のデジタル化(4.3(3)項参照)

などがある。図4-11にガス・クロマトグラフの基本構成を示す。信号処理、演算、シーケンス制御、自動較正、異常処理などがそのデジタル部の機能である。

(3) 電気設備

高炉電気設備でのデジタル技術として原料切出秤量及び装入設備について記述する。

図4-12はそのシステム構成図を示す。制御システムはPCとマイクロコンピュータより成り、その特性に応じた機能分担を行うと共に必要な二重化を行っている。このシステムの一部である秤量システムについて図4-13に詳細を示す。マイコン(A)または(B)は、操業スケジュールをPCに設定しPCより実績を収集する。

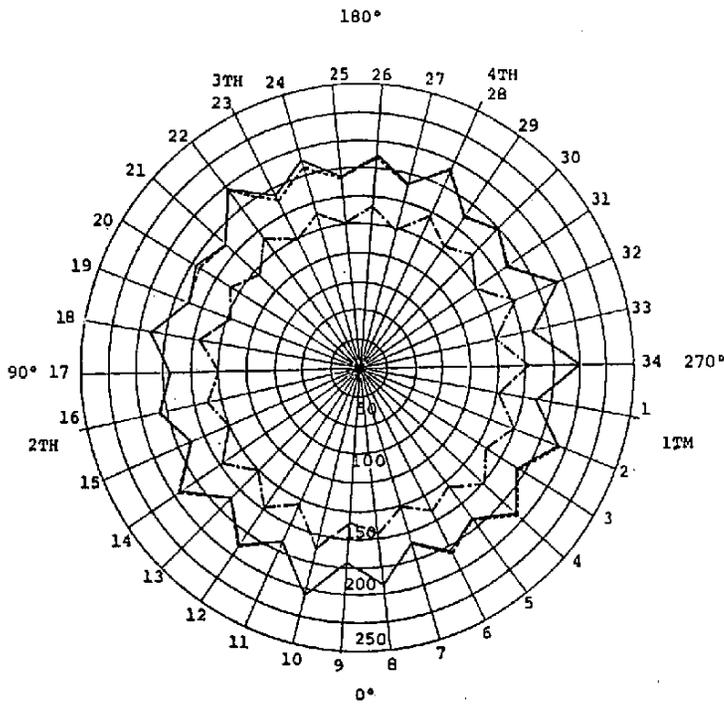
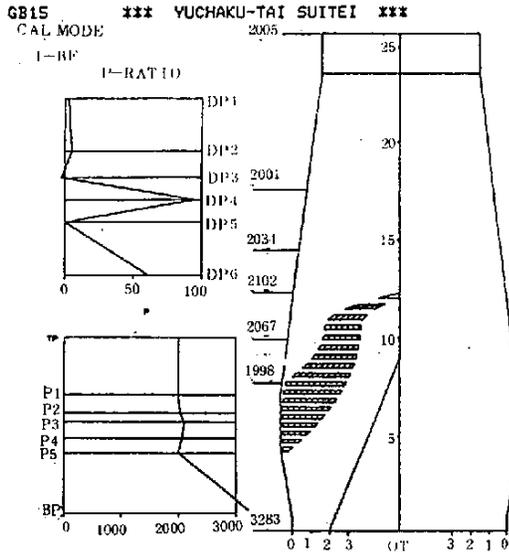


図 4-9 高炉プロセスコンピュータの図形表示例

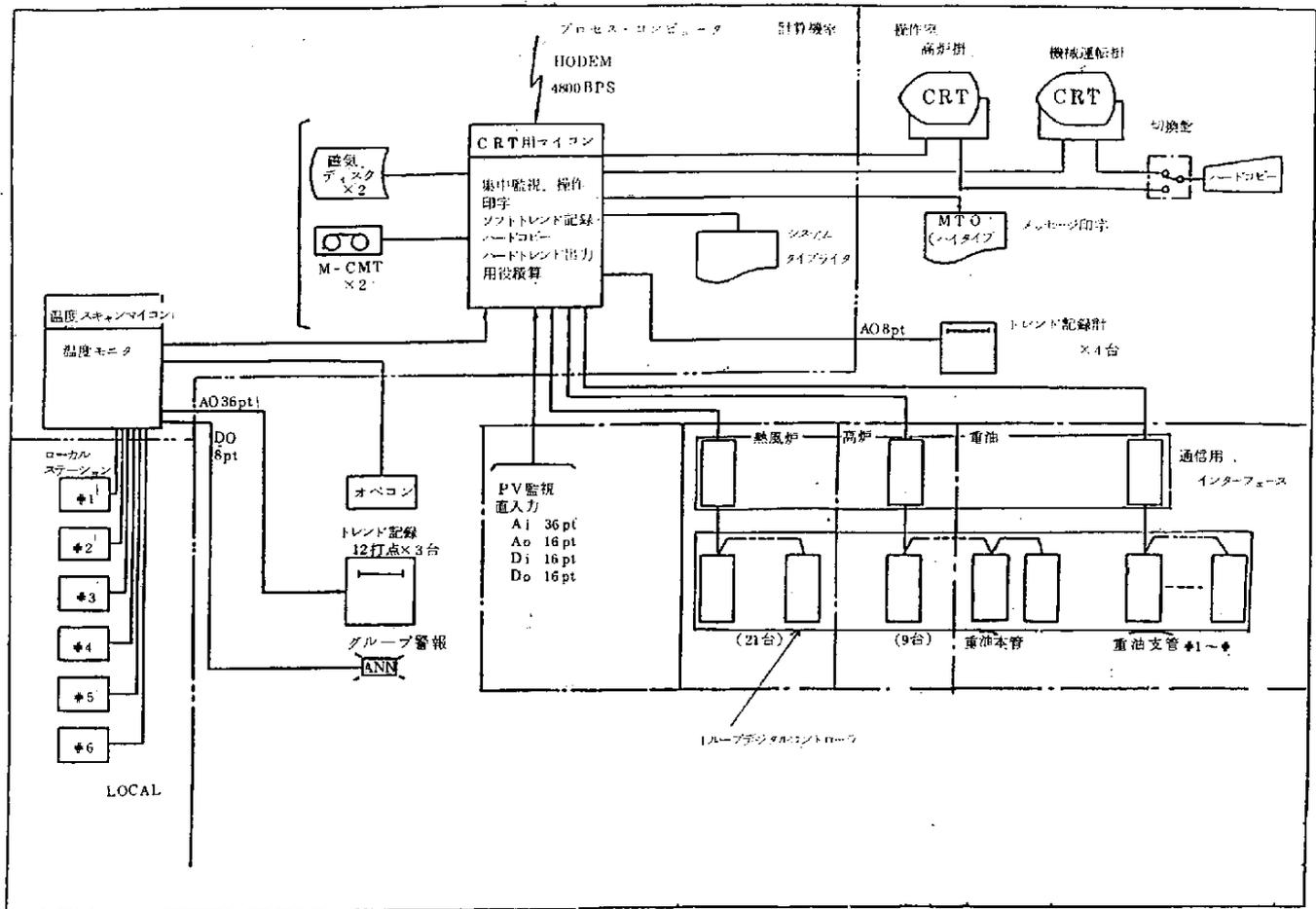


図 4 - 1 0 高炉用計装システムの例

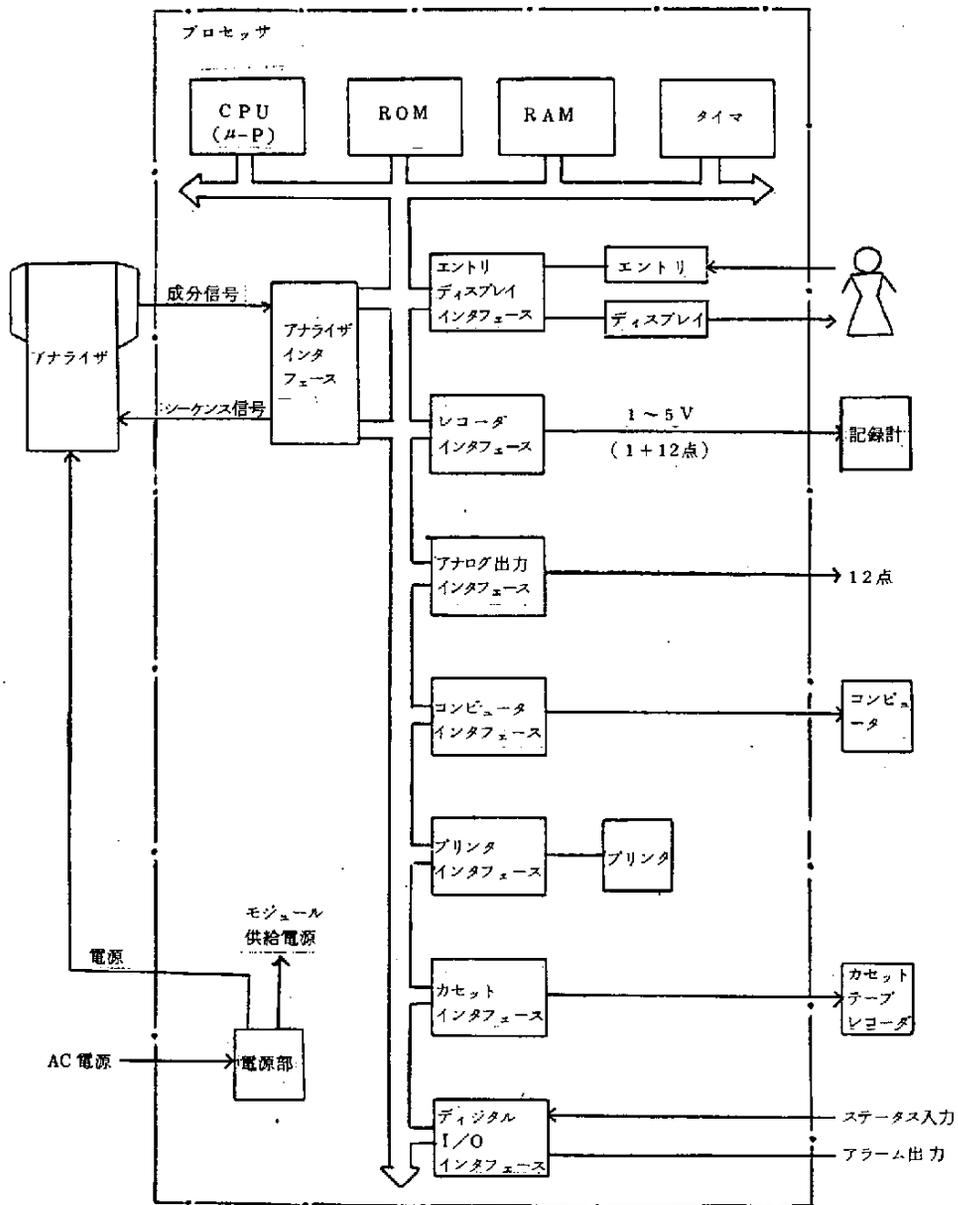


図 4-11 プロセッサ・クロマトグラフの基本構成

プロセス・コンピュータへ

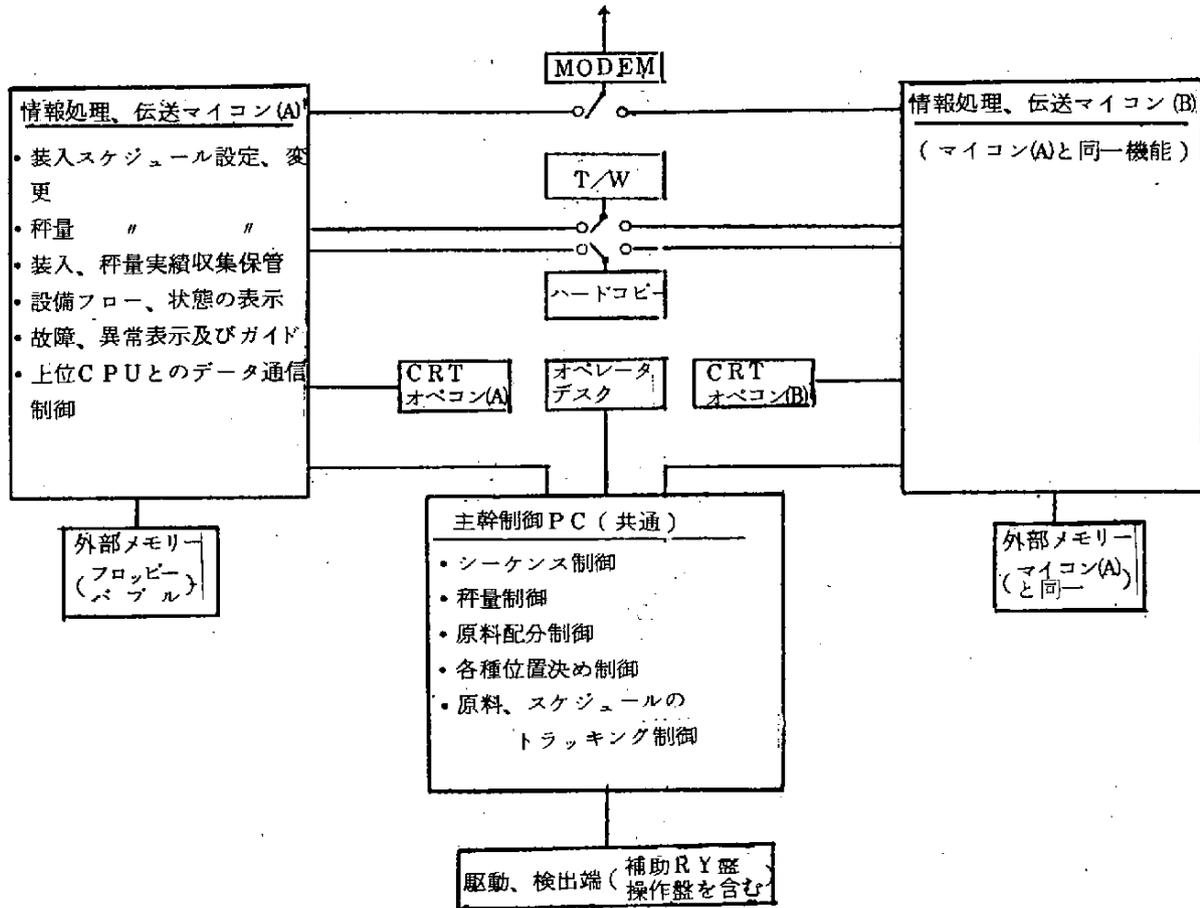


図 4 - 1 2 総括制御システム構成図

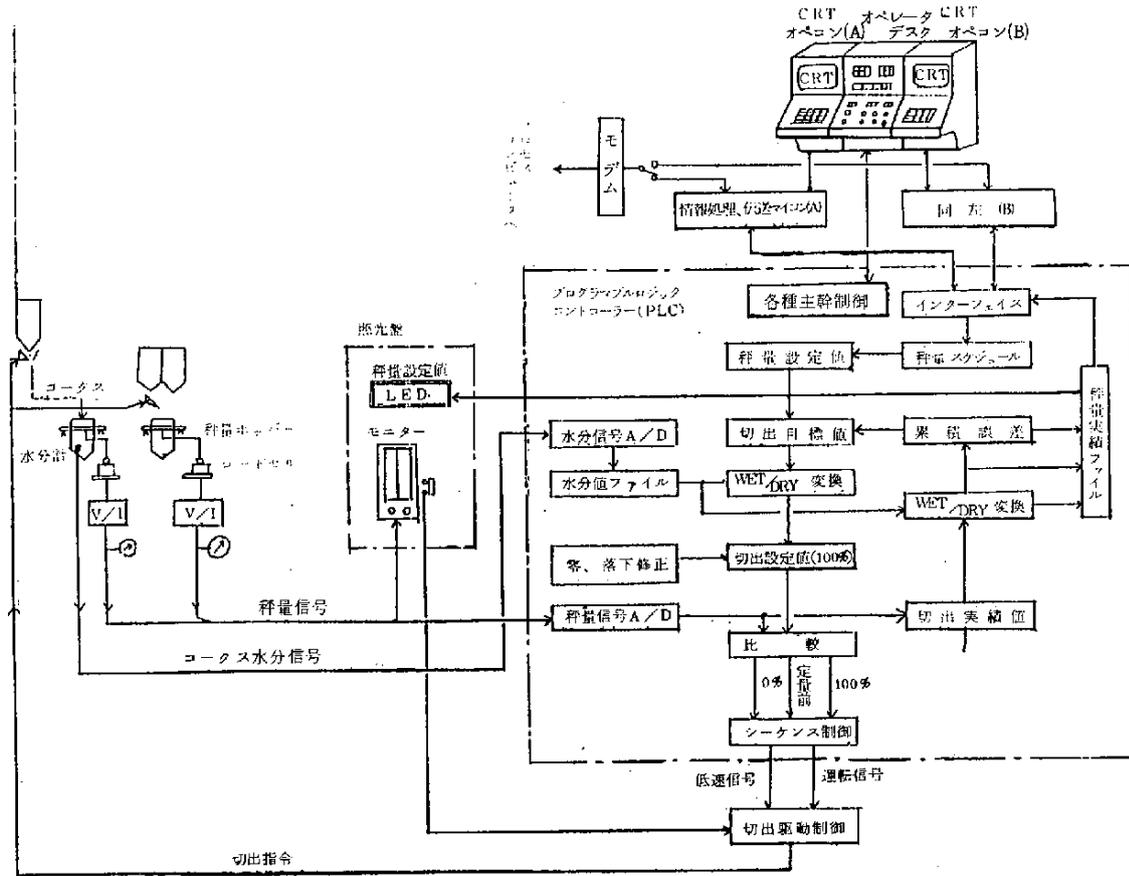


図 4 - 1 3 秤量システム構成図

4.3.2 連続鋳造におけるデジタル技術

(1) プロセス・コンピュータ

プロセス・コンピュータのシステム構成として、連続鋳造用に独立したシステムとする場合と転炉のプロセス・コンピュータなどと合体したより大きいシステムの一部として連続鋳造システムを構成する場合があるが、ここでは後者の例を図4-14に示す。図中4台のコンピュータの中の1台が連続鋳造を受持ち、1台は共通バック・アップである。

電気計装設備とはプロセスI/Oを介して結合するとともに分析コンピュータ・オンライン生産管理システムとデータリンクをとり、溶銑溶鋼分析値・生産命令の受信、生産実績の送信を行っている。連続鋳造プロセス・コンピュータ・システムはデータウェイ経由でインテリジェント端末装置とリンクし、CRTディスプレイ装置、プリンタにオペレータコンソールを駆動して、オペレーションに必要な情報を表示、印字すると共に、設定情報の入力を受ける。

オンライン生産管理システム、プロセス・コンピュータ、電気・計装・設備が連携協調して行う複合制御の例として、連続鋳造モールド幅の変更システムを図4-15に示す。これは生産命令に応じてモールド幅を適切なタイミングで変更するものである。生産命令に応じて鋳片を切断する機能なども行っており、生産管理とプロセス制御の結合も緊密である。

高炉同様、数式モデルによるプロセス制御、オペレータガイドなどの機能も当然備えている。

(2) 計装設備

連続鋳造設備の計装は、多数の制御ループ、特殊演算とシーケンスの組み合わせ、多量の情報などのプロセス特性、ニーズの面でデジタル技術を応用した分散型デジタル計装システムが大幅に導入されている。図4-16に計装システム構成及び処理機能の一例を示す。

連続鋳造設備にも多くの特殊計装機器が設置され、マイクロコンピュ-

タを利用することも多い。図4-17はその一例で、連続鑄造機の多くのロール対の間隔を検出器を移動させながら測定値を蓄積し、全点測定後、一括伝送するものである。

図4-18は溶鋼分析装置の説明図である。ここではマイクロコンピュータが発光・測光などのシーケンス制御を行ったり、データ処理、表示、印字などの機能を果たしている。

(3) 電気設備

電気設備へのデジタル技術の応用の代表例としては、個別の駆動装置におけるものと総括制御におけるものがある。

図4-19は連続鑄造設置における総括制御システムの構成例である。システム設計に当っては次の様な事項が留意された。

- ・システム構成の単純化
- ・ハードウェア・ロジックを極力圧縮
- ・ハイラキー的にみて関連したシステム、設備との機能分担の適切化
- ・監視作業・状況判断の容易化、誤操作防止などを図るためのマンマシンインターフェイスの改善
- ・保守の容易化

また駆動装置へのデジタル技術の応用例としては、スリップ周波数制御付VVVFによるカゴ型モータの精密な速度制御、パルス制御モータを使った電気-油圧サーボシステムによる間隔制御などが挙げられる。

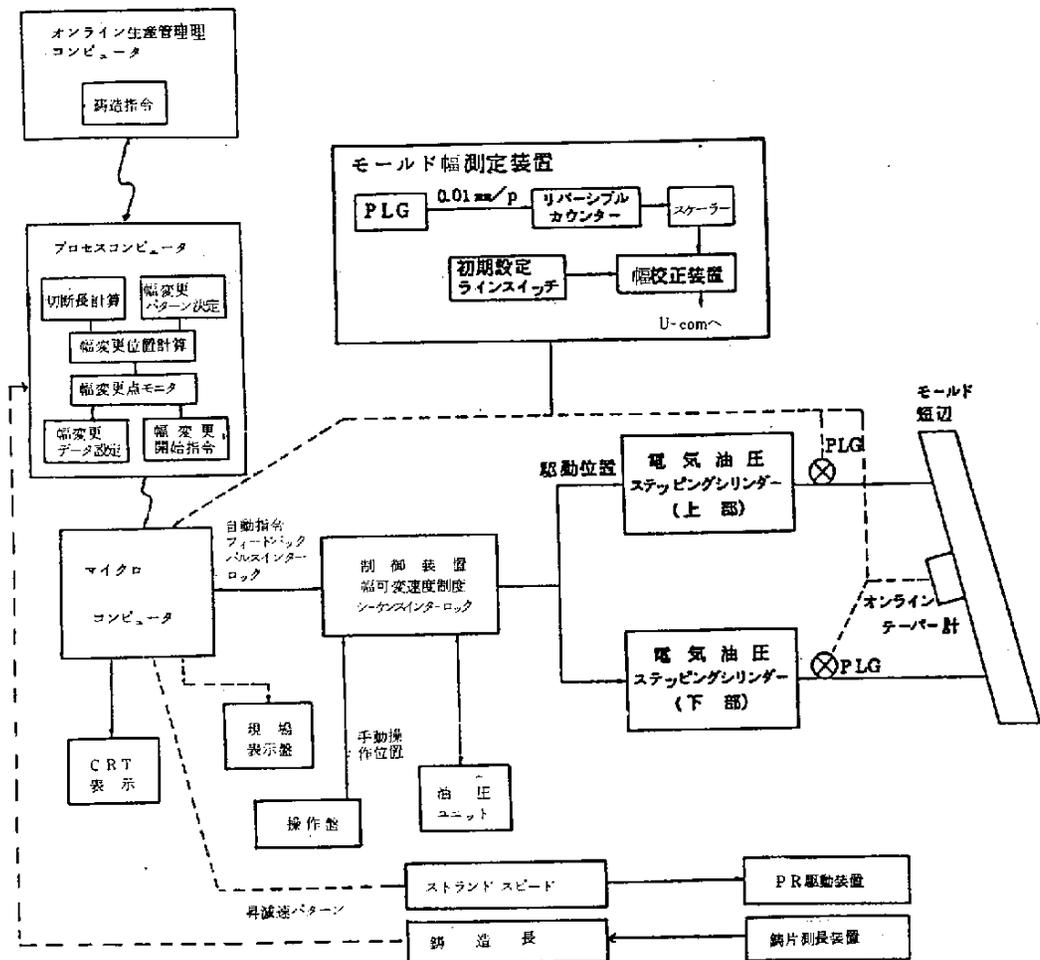
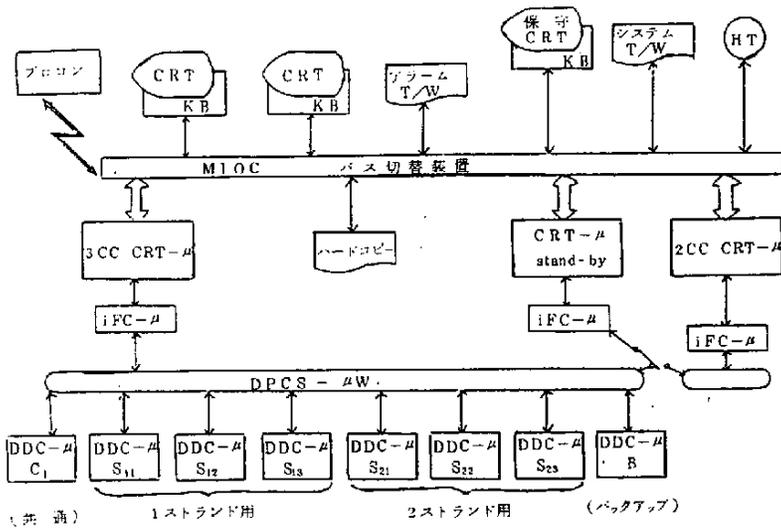


図 4-15 オンライン連続鋳造モールド幅可変制御システム



名前	処理内容	メモリ (KW)
C ₁	Arバブリング制御、TD予熱制御、TD重量制御、MDスプレー水量計測	28
S ₁₁ S ₁₂	表面温度計測、ロール反力計測	28
S ₂₁ S ₂₂	スプレー冷却制御、遮断弁操作	32
S ₃	MD冷却制御、MDレベル制御 MD技熱計算 (MD=MOLD)	28
B	Back-up	32

図4-16 連続鋳造用分散型デジタル計装システム

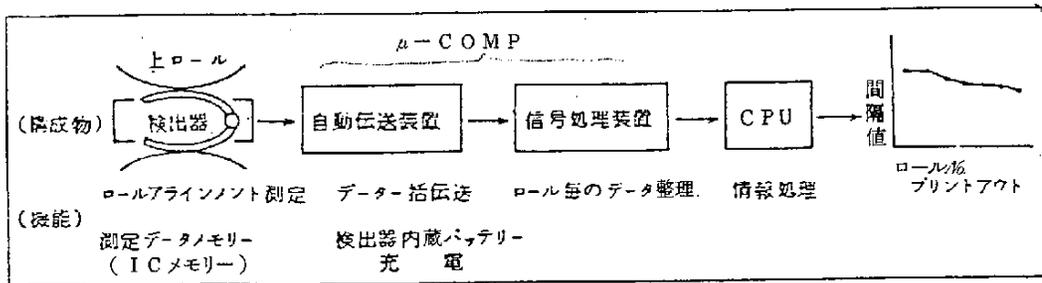


図 4-17 連続鋳造用ロール間隔測定装置

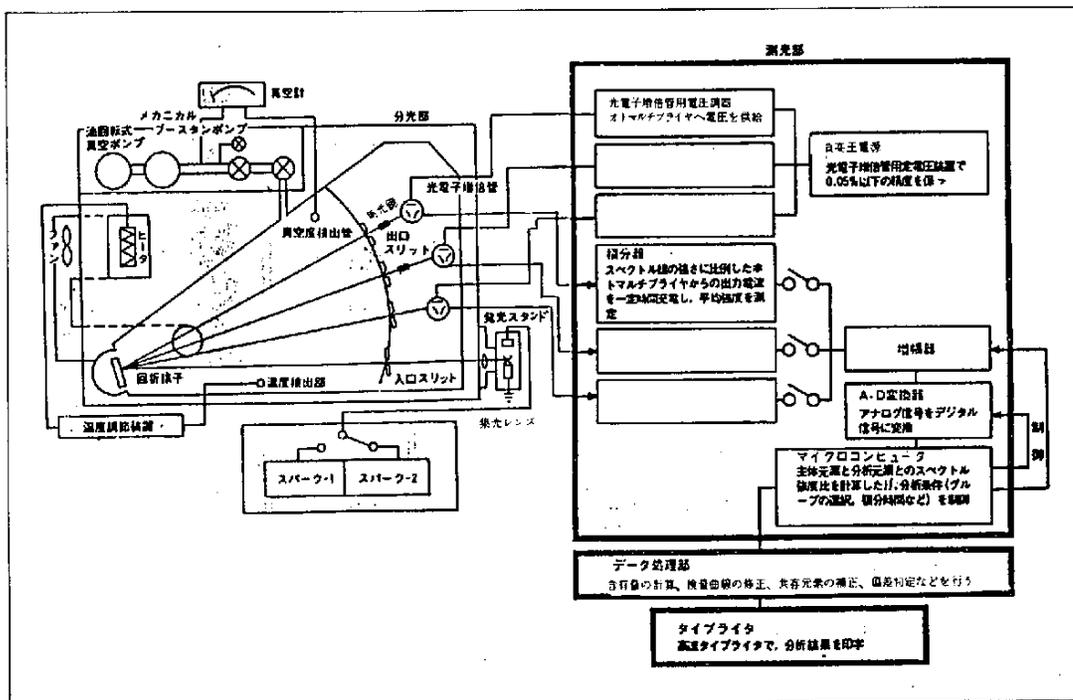


図 4-18 溶鋼分析装置

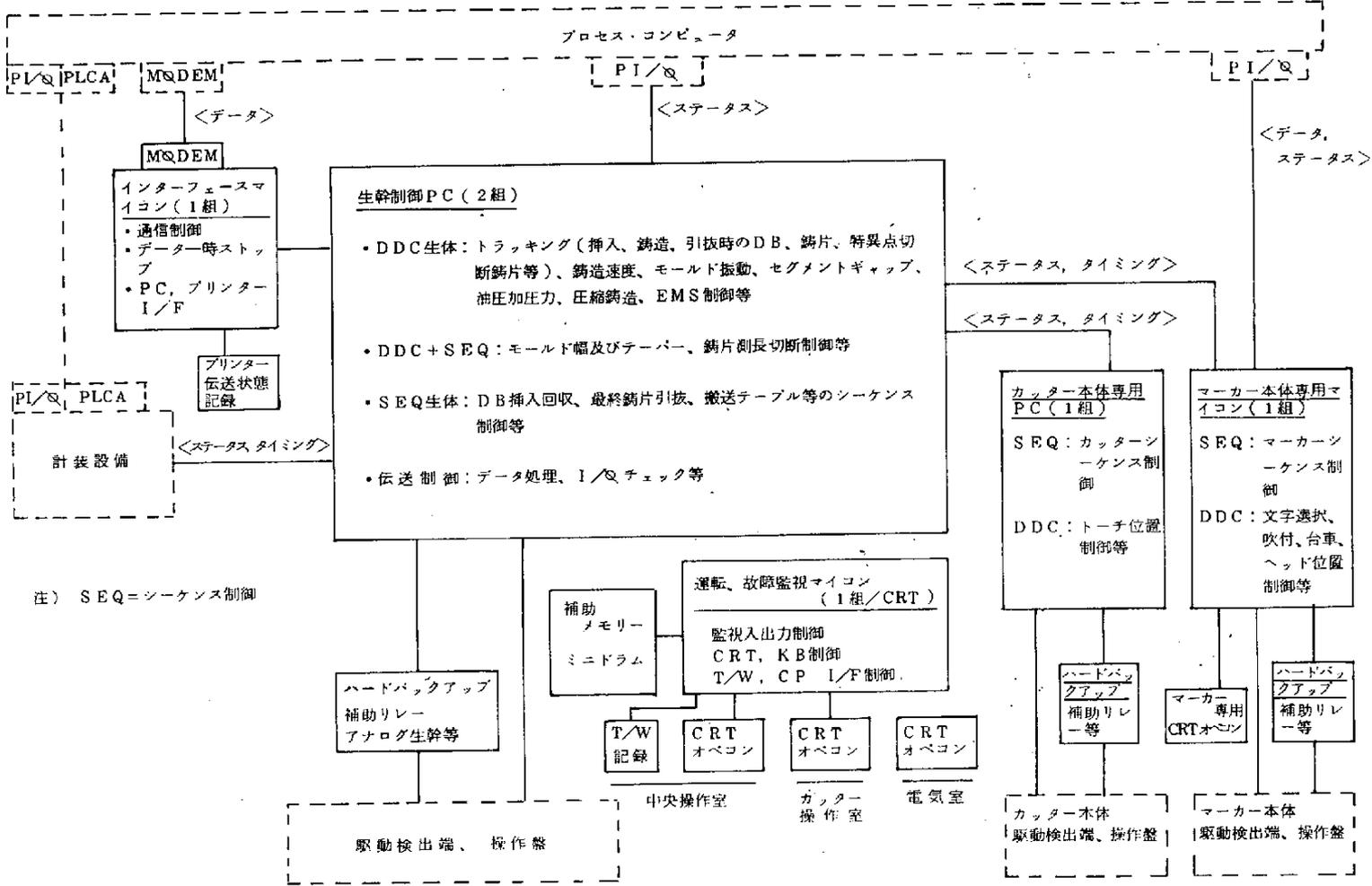


図 4-19 総括制御システム構成図

4.4 圧延プロセスにおけるデジタル技術

製鉄・製鋼プロセスが冶金反応を中心としているのに対し、圧延プロセスは塑性加工（圧延）、熱処理、メッキ、剪断等より成り立っている。前者に比し機械化、自動化が比較的やり易く、4.1に記したような量産化技術の開発、建設時に出来る限りのFAが導入された。鉄鋼製品は重量物であるため、その搬送・加工などは専用重機械によることとなり、見方によっては一種のロボットがかなり以前より使われていることになる。最近の例では電動機総容量58,000KWにも及ぶ熱間仕上圧延機のワンマン運転も実現している。図4-20はこうした最新鋭の熱間圧延工場の制御システムの全体構成を示す。幾多の管理システムまたは制御システムが階層構成をなしていることが判る。

圧延プロセスの最終端には、製品表面キズ検定、梱包等のように、人間の五感やパターン認識力に依存する工程もあり、これらの自動化は非常に難しい面を含んでいて、今後の進展に期待するところが大きい。

4.4.1 プロセス・コンピュータ

図4-1においてプロセス制御と品質制御はプロセス・コンピュータにより実現されている。この他に設備監視診断システムをも含めて圧延プロセスにおけるプロコンシステムの機能を熱間圧延工場を例として（図4-20参照）以下に説明する。

(1) プロセス制御機能

圧延計画、製造仕様等を上位生産管理システムより受取り、これらに基づいて材料の搬送指令を行うとともに、材料位置の追跡をリアルタイムで実行する。材料の移動に伴い、所定の機器に対して製造仕様に基づいた設定値や製造仕様の諸元値を基に数式モデル計算やその他論理判断を実行して決定される設定値を出力する。また、時々刻々の設備状態量、材料の温度、寸法等の状態量を収集し、必要に応じて加工し記憶する。

一方、工場オペレータに対しては、製造仕様等の作業指示の表示、プロセスの設定出力値や作業実績値を表示あるいは印字記録する。圧延が終了した材料（製品）に対しては、単位毎に品質実績、作業実績等の技術情報が編集され、上位計算機に伝送を行うとともに必要に応じて印字記録する。

プロセス制御コンピュータは、以上の機能により工場の自動運転、操業管理、品質管理、生産管理における中核的役割を担っている。

(2) 品質自動制御機能

(1)で述べた制御では、圧延材料毎の設定制御を行うのに対し、品質自動制御は圧延材料単位内の、例えば長手方向における圧延品質（温度、板厚、板幅、形状等）を目標値に自動制御する機能である。

また、品質自動制御は、場合によっては電気PCで実施されるが、より高い品質要求に対して制御アルゴリズムを使用する例が多い。

(3) 設備監視診断機能

圧延工場にはたくさんの電源設備、電動機、回転機械、油圧機械が設置されている。圧延工場の稼働率を高位化するために、これら設備の異常を早期に検知し、診断、修復する保守管理に対してもコンピュータが導入されている。電源設備には集中監視、傾向管理、遠方選択制御が採用されている。一方、電動機や軸受に対しては、電流波形や振動波形の信号処理解析にもとづく故障診断が実施されている。

機能レベル	主 要 機 能	
I プロセス制御	1. 情報処理 2. 各種計算・設定 (高質制御・自主運転計装系) 3. 実績データ収集 4. マン・マシンコミュニケーション	ゾコン
II 品質制御	1. 板厚制御 2. 欠陥制御 3. 品位制御 4. 形状クラウン制御	ブロン
III 運転制御	1. シェアンス制御 2. 自動位置決め制御 3. 演習制御 4. 運転監視介入処理 5. 緊急処理(停止値)	電気 マイクロコンピュータ 計装 マイクロコンピュータ
IV 単体駆動制御	1. 主電動機制御 2. 補機電動機制御 3. 交流電動機制御 4. 電圧弁制御	
V センサ・目 号処理	1. ストリップ形状検出 2. クロップ形状検出 3. タウンメータ等	マイコン内蔵検 出器

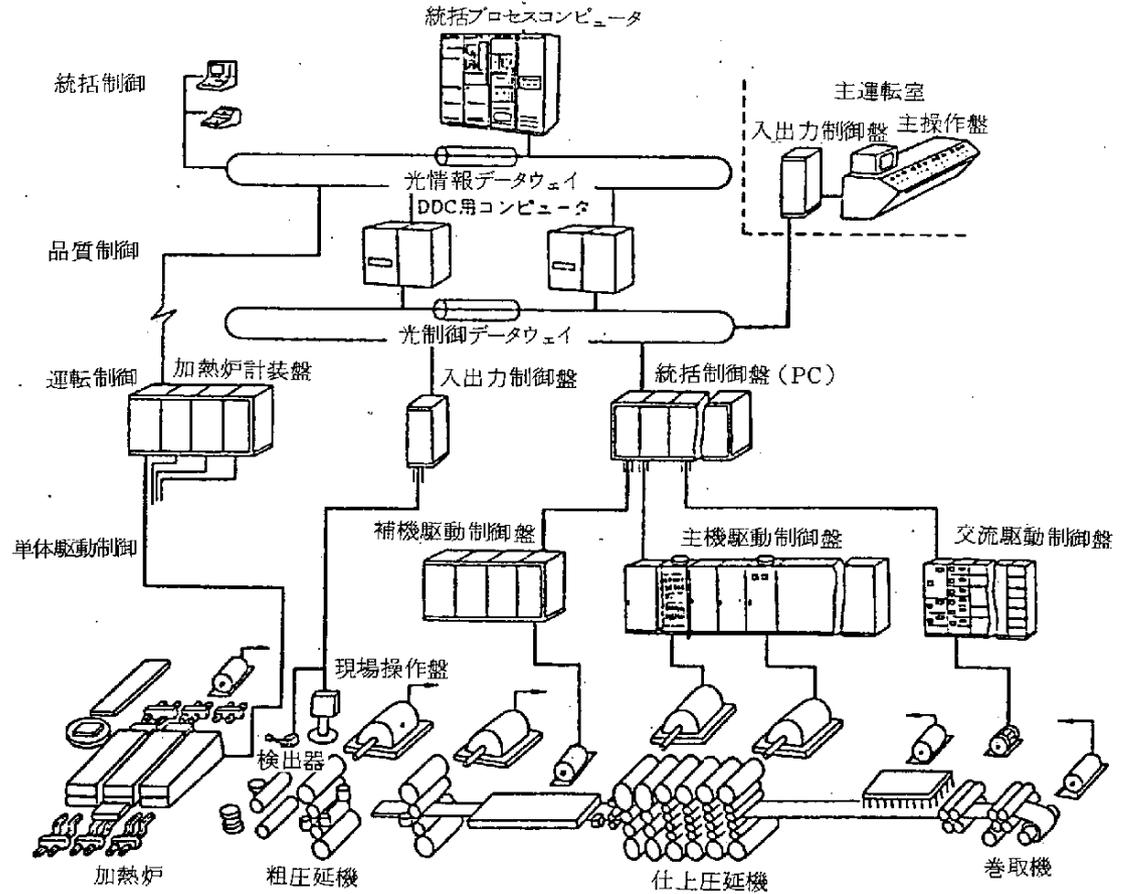


図 4 - 2 0 新鋭熱延工場運転制御システム

4.4.2 電気設備

図 4-1 における運転制御と単体駆動制御について述べる。

(1) 運転制御

運転制御におけるデジタル技術としてはシーケンス制御と演算制御の二種類がある。

シーケンス制御は古くはリレーによって論理シーケンスが構成されていたが、現在は特殊な場合（例えば手動緊急運転、安全上の配慮など）にのみリレーが使用されるほかはピンボードまたはソフトロジックのいわゆるプログラマブルコントローラ（PLC）が使われている。

自動位置決め制御（APC）、速度制御（ASR）などの演算制御は従来アナログ回路、専用カウンタ等が用いられていたが、最近では汎用プラントコントローラ（PC）にとってかわっている。

圧延プロセスの場合、シーケンス制御と演算制御が複合することが多く、この両方の機能を1台の汎用PCで処理できるものが多く製作されている。最新のホットストリップミルではこのタイプのPCを30台程使用している例もある。

PCの場合はプログラミングを行ってはいじめて所定の機能が達成できるため、プログラミングを容易に抵抗なくできることを配慮した言語（POLなど）、マンマシン・インターフェイス、表示・印字の形がきめられている。また保守性、信頼性の向上のため、故障検出、診断機能、マルチCPU、シミュレータ、ホストコンピュータによる支援機能等が備わっているものが多い。

運転制御ではPCは多数のプロセス入出力情報を広範囲、長距離にわたって授受する必要があるため、経済性、応答性に応じ、リモートI/O、多重伝送、データ伝送が適用される。

(2) 駆動制御

圧延プロセスにおいて重要な役割を担っているレオナード制御システム

は交直電力変換部がサイリスタ・トランジスタにより、制御部は演算増幅器など直流電動機を除いて全て静止機器化され、信頼性、効率、制御性能にすぐれ多数使用されている。しかし演算増幅器によるアナログ制御系では温度ドリフト、動特性の変化等で精度、信頼性上問題があるため、この部分をデジタル化した装置が開発され昭和55年より実用段階を迎え、主として圧延機およびプロセスライン駆動に適用されている。図4-21にデジタルサイリスタレオナード装置のブロック図を、表4-1に機能概要、表4-2にアナログと比較した特長を示す。

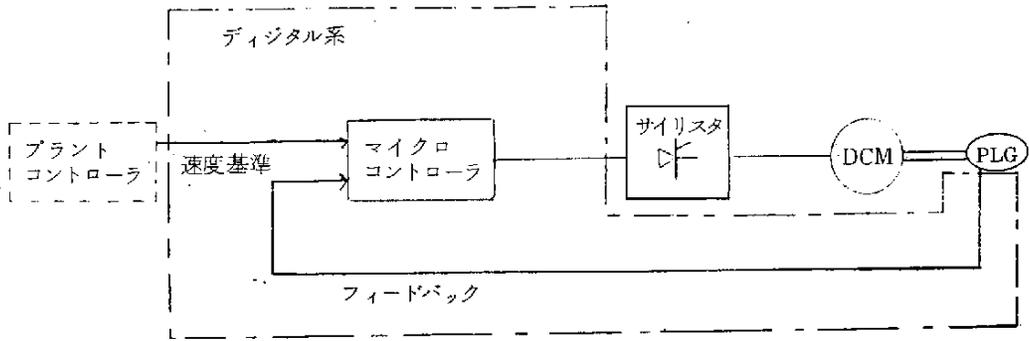


図4-21 デジタルサイリスタレオナード装置

表 4 - 1 デジタルサイリスタレオナード装置機能概要

(1) データ伝送	多重伝送	(5) 故障監視診断 (ソフト処理)	過電流検出
(2) 演算方式	数値演算 (ソフト処理)		検出器診断
(3) データ記憶方式	数値記憶		指令チェック
(4) 定数設定	数値設定		故障前の各データ 記憶・読出し
			事故点

表 4 - 2 デジタルとアナログの比較

項 目	特 長		比 較	
			デジタル	従来 (アナログ)
1. 制御性能向上安定化	速度精度向上	100%速度で	0.125%	0.1~0.5%
		1%速度で	0.8%	10~50%
	制御の安定化	ノイズレス		
		ドリフトレス		
		電圧下降レス		
2. 信頼性向上	・診断機能充実		MTBF	MTBF
	・高集積化 (部品点数減)		12万時間	6万時間
3. 保全性向上	・診断機能充実			
	・故障データロギング			
	・ハードの共通化標準化			
4. 省スペース	・高集積化		容積 20%減	

表 4 - 3 加熱炉燃焼制御用分散型デジタル
計装システムの機能

制 御 項 目	処 理 内 容
1. 炉 温 制 御	炉温調節信号をガス、空気流量調節計へカスケードすることにより制御を行っている。
2. LNG/燃焼空気 流量制御	流量のダブルレンジ測定と燃焼空気の温圧補正による流量測定を行い、高精度で制御性の良い制御を行っている。又、燃焼負荷変動時に空燃比が過渡的に変動することを制御するため、ガス空気の流量を相互にチェックし、大幅な制御出力を制限するダブルクロスリミット方式が採用されている。
3. O ₂ 制御/ 空気比制御	各ゾーン毎のガス、空気の比率が最適燃焼となるように空燃比を設定する。この系に対してO ₂ 制御系からの調節信号をカスケードする事によりO ₂ 制御を行っている。
4. 炉 圧 制 御	炉内圧力計信号を用いたF B制御と装入、抽出の各扉の開信号等を用いたF.F制御の両者により、炉圧制御を実施している。
5. 燃焼空気圧力制御	レギュレーター出口後の燃焼空気圧制御をブローの運転台数、ブローの回転数、ブローサクシオンダンパーの開度設定操作の組合せにより行っている。

4.4.3 計 装 設 備

圧延プロセスにおける計装システムの代表である加熱炉燃焼制御とその他、2～3の計測機器について以下に述べる。

- (1) 加熱炉燃焼制御では表4-3に示すような高度な制御を行うと共にマン・マシン・インターフェースの向上などのために分散型デジタル計装システムが採用され、上位のプロセス・コンピュータと結合している。(図4-20参照)
- (2) 厚みクラウン測定

鋼板厚みの圧延に直角な方向での厚みプロフィールを厚みクラウンと呼び、この値を適正に保持する必要がある。厚みクラウン測定装置の構成を図4-22に示す。

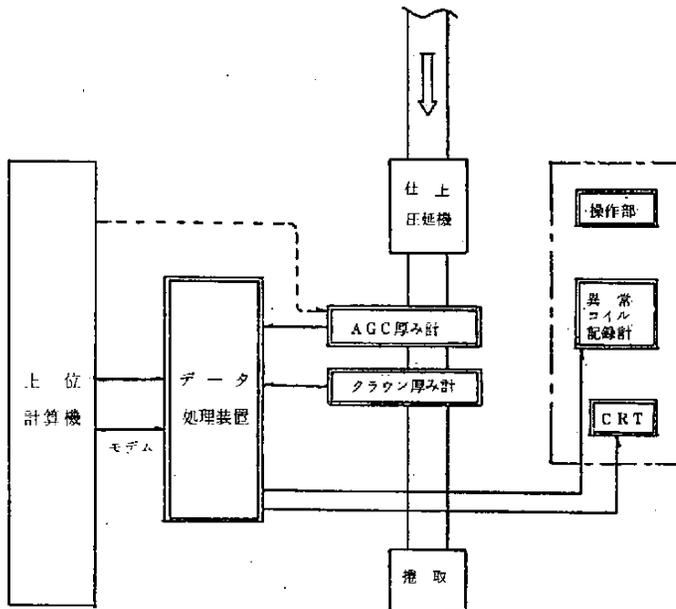


図4-22 厚みクラウン測定装置の構成図

AGC (Automatic Gage Control) 厚み計は圧延方向の厚み制御のため、板幅中心の一点測定を行い、クラウン厚み計は板端から一定幅をスキャンすることにより板の厚み分布を測定する。これにより幅方向板厚プロフィール、全幅および局部ハイスポットなどの測定ができる。この測定装置の制御、データ処理などにコンピュータを用いる。

(3) クロップ形状測定装置

熱間圧延において、仕上圧延に入る前の赤熱鋼板の先端と尾端の変形部分を観測し、せん断を行うべき最適点を検出する。図4-23にそのシステム構成を示す。

温度計の信号で、イメージセンサの最適絞り位置を決定する。イメージセンサは鋼板の温度分布を8ビットの温度データとして板幅方向256区画で検出する。これらのデータをもとにして一連の画像処理演算をマイクロコンピュータを用いて実行させ、鋼板のクロップ形状を測定し、これらの情報をもとに、カット長の位置、カット面積を計算し、クロップカットを行わせている。

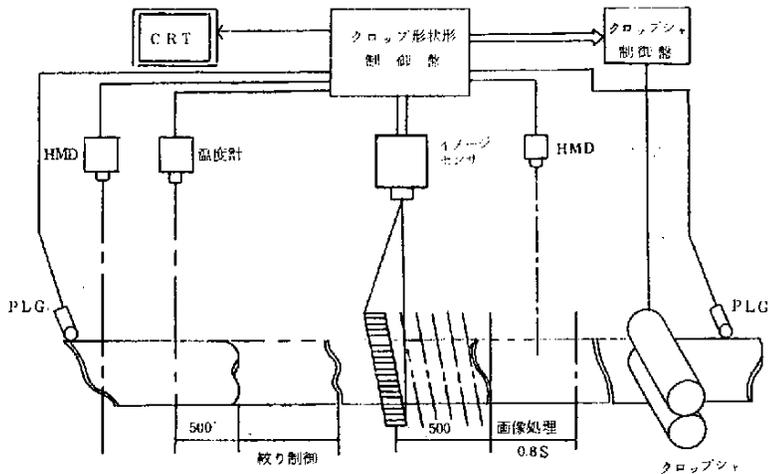


図4-23 クロップ形状測定装置 (計装57.9月号)

特に画像処理機能は時間的な制約から、 $2 \times 12.8 \text{ KB}$ の専用メモリと専用のCPUを用いて、高速演算処理を実行している。

(4) 鋼板幅長さ測定

鋼板圧延において、幅長さを一定ピッチで同時に計測し、鋼板の平面プロフィールを測定する。図4-24及び図4-25にシステム構成を示す。

幅長計は、1つのドラムミラーと4つのチルトミラーからなり、ドラムミラーの回転とチルトミラーの角度変化によって、鋼板の幅長さを一定のピッチで測定する。ドラムミラーの定速回転制御、チルトミラーの角度制御、ディテクターからの信号の高精度、高速演算処理のためにマイコンを使用している。

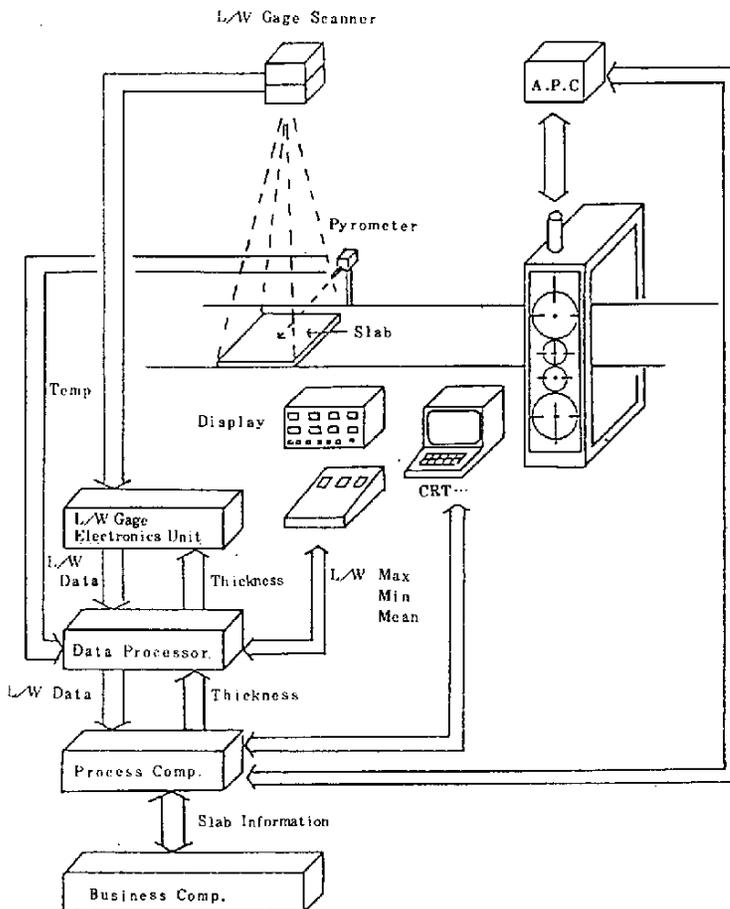


図4-24 熱間スラブ形状プロフィール計測システム

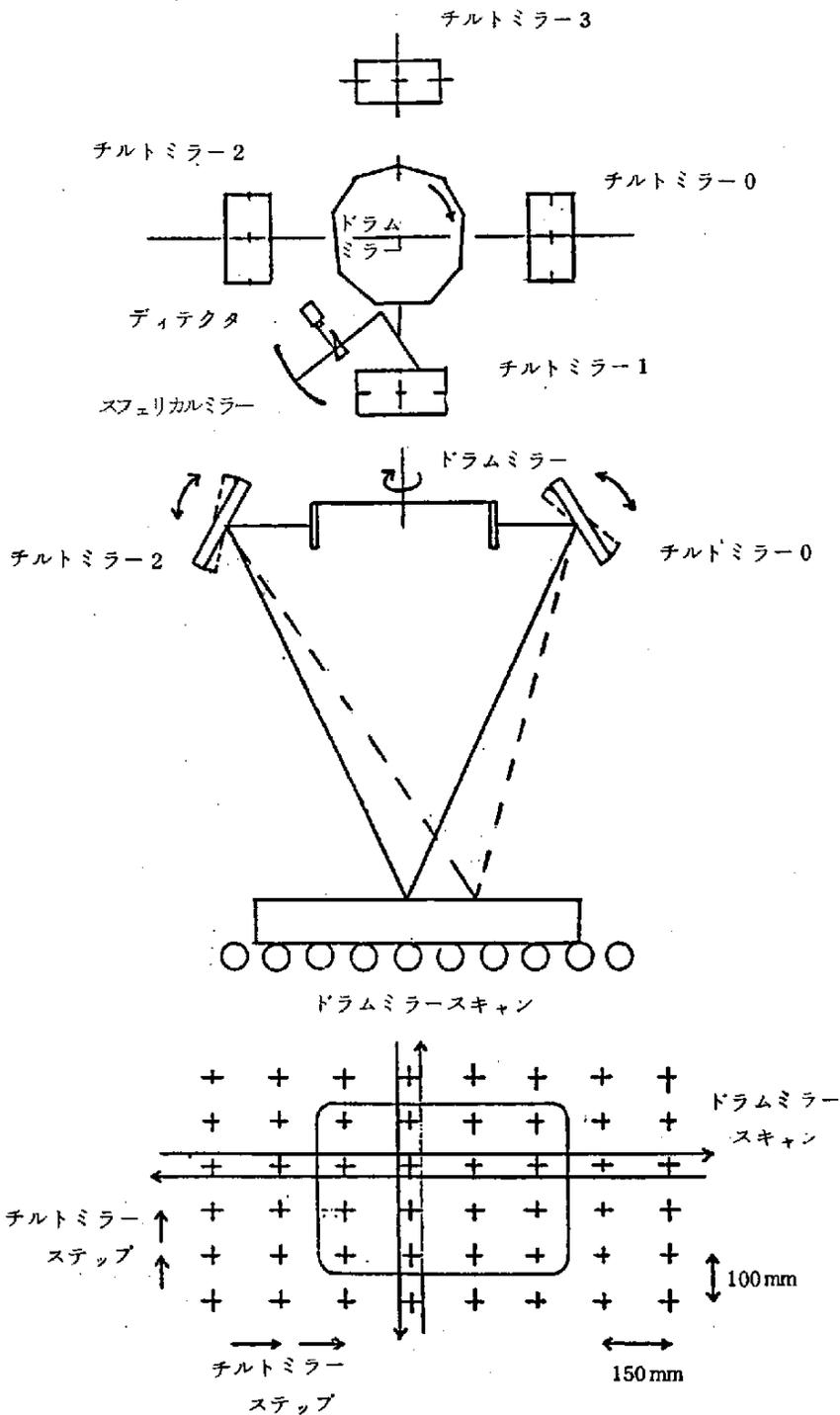


図 4 - 2 5 測定原理

(5) 品質計測 — 超音波探傷 —

成品の品質保証のためにオンラインで全長全面に、超音波探傷による成品の表面、内質の欠陥検査を行う。

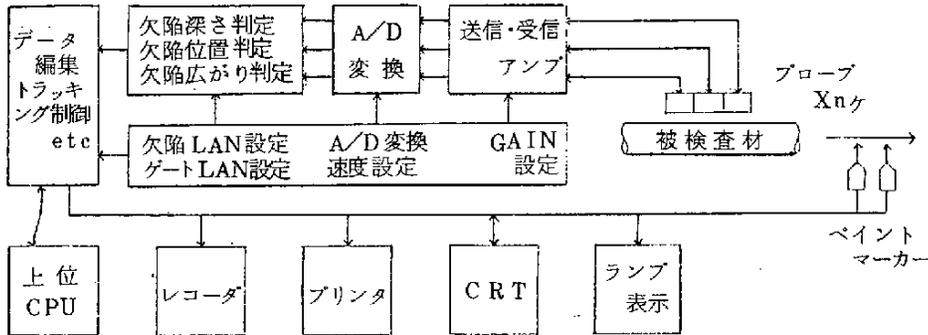


図 4-26 超音波探傷器構成図

図 4-26 にシステム構成を示す。

全面検査を行うために多数配列されたプローブより欠陥信号をそれぞれ独立に増幅し、A/D変換を行い、欠陥の深さ、位置、広がり等を判定し、データ編集、トラッキング制御（プローブの位置補正を含む）等を行い、被検査材の欠陥部へのマーキング、ランプによる警告表示、CRT、プリンタへの欠陥およびシステム設定条件の表示、上位計算機への欠陥情報の伝送等を行う。また欠陥信号のアナログ記録も同時に行う。アナログ記号は欠陥信号のパターン、ノイズ状況等、多く情報を有しており、欠陥の総合判定に有益な情報である。

4.5 今後の課題と展望

鉄鋼製造プロセスにおいては、省エネルギー、省力、歩留り向上等コスト

削減、あるいは品質の向上を狙うべく、物流の直行化、制御、管理の高精度化、大規模化等が志向されており、計測、制御システムに対しては広範囲で高度な機能の上にさらに高い信頼性が要求されてきている。かかる背景下で高級な演算処理機能、充実したマン・マシン・インターフェイス、通信機能を具備したマイコンは今やプロセス制御、管理分野に亘るあらゆる分野に進出してきている。特にプロコン分野のみならず、従来アナログ制御に委ねていた計装制御、電気制御あるいはセンサシステムの中に急速に取り入れられてきている。

マイコンの効果的な適用を進めていく上で、システム導入例（ユーザ側）および供給側（メーカ側）にとって今後克服していかななくてはならない課題を中心に述べてみたい。

(1) 高い信頼性の確保

プロセスの制御・管理システムは大規模化・総合処理化され、システム内の異常は当該プロセスのみでなく、場合によっては全工場に影響を及ぼすことになり信頼性の要求は益々高まっており以下の様な点が課題といえる。

- ① 最適なバックアップシステムを含めたタフなシステムづくり。
- ② ダウンタイムのミニマム化。
- ③ 老朽化に対する対策。

これらの課題に対応していくためには

- ① ハードウェア・ソフトウェア両面からの機器信頼性の向上と、標準ソフトウェアのファームウェア化
- ② 耐故障性の向上
- ③ 故障の早期発見、復旧技術の向上
- ④ 老朽化機器の予防保全、予備品の確保、更新技術としてのハードウェア・ソフトウェアの互換性の維持、機能拡張の容易性、融通性。

等があげられるが、反面個別 R A S の追求からトータルシステムとしての

R A S の追求、すなわち経済性の観点から最適な信頼性設計のあり方について検討することも今後の課題であると考えられる。

(2) 標準化

制御・管理のレベルが高度化するに従い、当該プロセスのシステム構成が階層化されると同時に、他システムとの情報伝送を通じ、全体がタイトに結合されなくてはならない。しかし現状はハードウェア・ソフトウェア共にメーカー毎の独自性が強く、ユーザ側としては各メーカーの特性を熟知して設計・製作・保守を行う必要があり、このための要員の教育・配置を含めて効率の低下をきたしている。その対策として

- ① プログラム言語の統一
- ② 異機種間とのインターフェイス、伝送方式の統一
- ③ マイコン OS 思想の導入とコンパクト OS の標準化
- ④ 信頼性支援機能の基本部の標準化
- ⑤ 設置環境条件、電源・接地条件等の統一

等を含め、アプリケーション側からみて外部的にはメーカー間の特性を排除したシステム構築が可能となる標準化を進めるべきである。

(3) ソフトウェア生産技術の向上

システム開発、保守活動において、ソフトウェアの占める割合が益々増大している。その上ソフトウェアの生産方式の立ち遅れから工程・品質面の問題も多い。多数のプログラマが多量のプログラムを分担して作っているのが現状で、これのチェック・デバッグに多くの時間を費さざるを得ない上、プロセスの試運転後も不良欠陥が残るのが往々であり、システムを安定化させるまで長期を要している。これらに対する課題はユーザ側、メーカー側両者に該当するが特に

- ① ソフトウェアの標準化（パッケージ化）
- ② 生産管理・品質管理を含めた生産技術の一層の向上
- ③ クロスコンパイル／アセンブル及びシミュレーション手段の提供

④ 設計からテストまでのドキュメントの標準化

⑤ マイコンソフトの上位管理機能

等をメーカー側の課題として期待したい。

(4) 用途（応用面）の拡大

今やマイコンは従来のアナログ制御では事実上不能であった各種演算機能を実現しつつあるがユーザ側としてマイコンが持てる力を十分引き出した使 方をしているであろうか。アナログシステムに比べ今だ投資コストの増大、設計工数の増大といったハンディを持った使い方をしている場合が多いのが実態である。高機能を十分に使いこなすためにはユーザ側に課せられた課題も多い。

① 対象プロセスの構成、操業上のニーズをよくふまえ、人、プロコン、計装制御、電気制御、センサの各システムの機能分担を総合的に検討し、マン・マシン・システムを含めた最適な分担方法の決定。

② 各システムの持つべき機能を吟味し、デジタル制御に適した機能装備（各種最適制御機能の組み入れ）の追求。

③ アナログ信号処理のみでは検出限界のあった各種計測用センサの精度を高速デジタル処理で大幅に向上させる技術の追求。

④ 各種材料、製品、部品、装置等のハンドリング専用機またはロボット等のセンサ及びアクチュエータへの高機能検出・駆動制御の導入、これを可能にする周辺装置の見直し。

⑤ システム、センサ等機器の自己診断機能としての応用。

これらのためメーカー側に対しては、

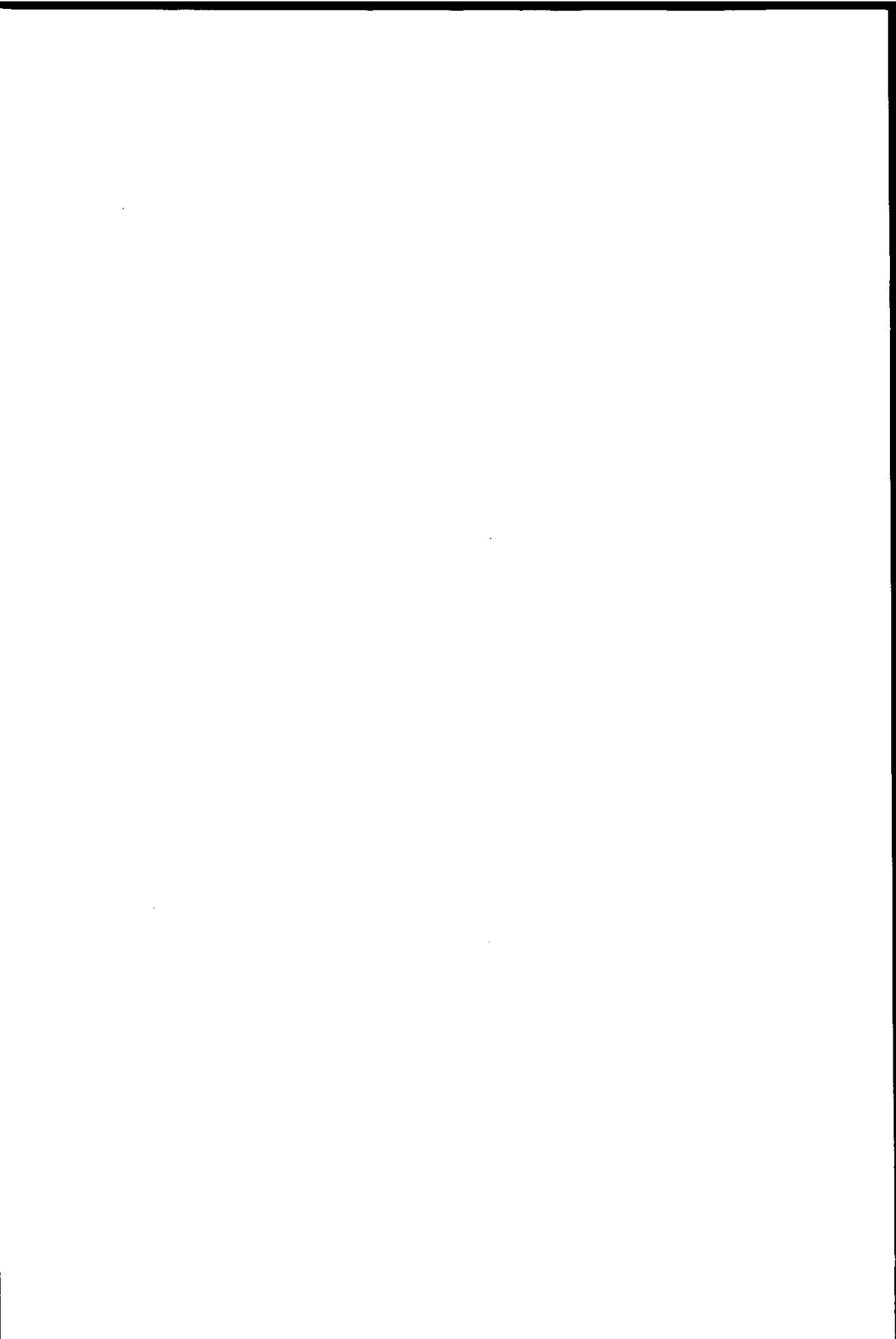
① 高速演算処理機能

② 各種制御理論応用

③ 画像処理等信号処理技術の応用

等の新技術の積極的提供を期待したい。また今後ますます分散化志向、広域ネットワークシステム化が進むと思われるので、通信伝送制御機能の強化、充実も期待したい課題の一つである。

第5章 メカトロニクスと
マイクロコンピュータ



第5章 メカトロニクスとマイクロコンピュータ

5.1 はじめに

生産現場における自動化は、作業者の力仕事や単純な繰り返し作業を専用機械で置き換えることにより行われてきたが、ここ十数年は、計算機という新しい道具の目覚ましい発達により新たな展開を見せている。特に、70年以降はマイコンの開発により、それまで思いも及ばなかったような分野での自動化も容易に可能となった。

生産工場、特に機械産業における自動化は、その製品が機械自身の扱い易い金物であることが多いため、非常に実施し易く、したがって最も進んでいる分野と言えよう。しかしながら、近年、種々の社会的要因から、この分野の自動化に対しても新たな命題が課せられている。60年代の高度成長時代におけるマスプロダクションは、日本国内の物資の充足を促し、国民の生活レベルの向上とその安定に寄与してきた。以後、人々の物に対する要求も徐々に変化し、画一的なものからそれぞれの個人の好みに応じたものとなり多様化したと言えよう。一方、高校卒業者の大学進学率がおおよそ40%という数字が示すとおり、国民の高学歴化が進み、社会におけるホワイトカラー層が増大し、労働力あるいは熟練工の不足という現象が顕著となるに到った。このような社会的背景のもとに、多様化する需要に応じると共に、高い品質を保つことのできる自動化を目指して、FMSなる概念が打ち出されてきた。

現在、機械産業の80%は多品種少量生産といわれており、これを自動化して効率の良い生産を行うことは、従来の自動化し易い部分のみを専用機械で置き換えて行う方式では実現不可能であり、製品の仕様の変化に対しても柔軟に対応できるような生産機械が必要とされている。FMS (Flexible Manufacturing System、複合生産システム)はこのような要求に答えるべく考えられたものであり、NC工作機械や産業用ロボットなどの、いわゆる自由度の多いフレキシブルな生産機械群により機械加工の自動化を行うものであ

る。

一般にFMSを構成する要素は、NC旋盤やマシニングセンタなどの工作機械と、これらにワークを供給したり着脱するためのハンドリングロボットである。これらを機械加工セルと呼び、このセルが生産規模に合わせて1から多数集まることにより一つの工場を形成するものである。FMSではセルの種類や数を自由に選ぶことが可能であり、非常に柔軟にシステムを構成することができる。また、セル間のワークの搬送を搬送ロボットを使って行えば、ほとんど無人の状態で行うことも可能となる。例えば、最近作られた無人化工場では、およそ450種類の部品の加工を、昼間は5名のオペレータ、夜間は1名の監視員で運転しており、通常のNC機械工場の約5倍の生産性があると言われている。(1)

一方、工場の自動化を単にワークの加工や組立、あるいは搬送などに限らず、製品の受注から出荷まで、すなわち製品の設計や生産計画、工程設計、生産管理などの過程も全て、計算機をフルに活用して統一的に自動化を図ろうとするFA (Factory Automation) という概念も提案されている。

いずれにせよ、このような工場の自動化を考えていく場合、計算機とロボットは非常に重要であり、その中心的な役割を担っていることは明らかである。そこで本章では、FAの核ともなるべきロボットについて、その現状と未来を概観し、さらにその機構と制御法を述べ、ロボットとマイコンとのかわりを探る。

5.2 ロボットの歴史

日本産業用ロボット工業会では、1980年をロボット元年と呼び、産業用ロボットが本格的に普及を始めた年としている。図5-1は産業用ロボットの年次別生産台数と生産金額を示したものである。この図によると、79～80年はロボットの年間生産台数も1万台を優に越し、81年には生産額も1,000億円に達する勢いで、ロボットが重要な基礎産業として定着して

いる様子が見えてくる。

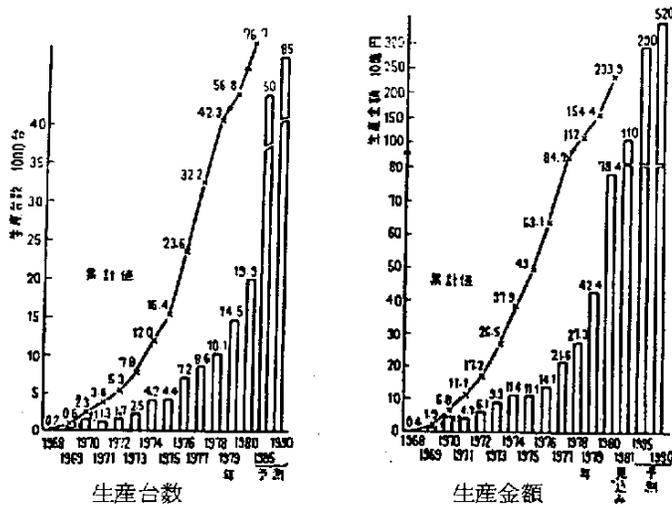


図 5 - 1 産業用ロボット (日本産業用ロボット工業会調べ)

一口にロボットと言ってもその機能は様々であり、設定された順序と条件によって動き、動作変更が困難な固定シーケンスロボットから、高度な認識機能を持ち、複雑な環境でも自ら行動決定ができる知能ロボットに到るまで種々雑多であると言えよう。

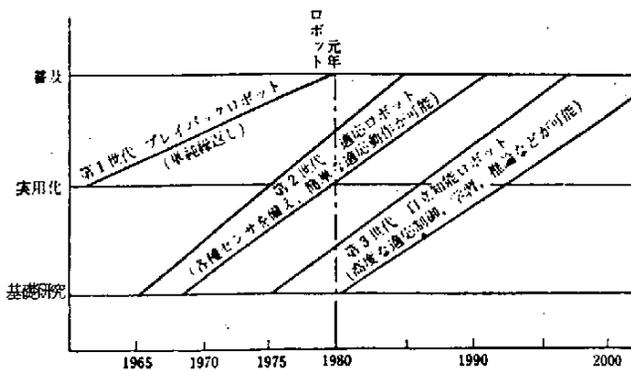


図 5 - 2 ロボットの進歩

機械の進歩発達の過程を世代に分類して促える概念があるが、図5-2はロボットの発達をこの世代分類によってながめたものである。横軸は年度を、縦軸は進歩の度合を基礎研究、実用化、一般普及のレベルで見たものである。

第1世代ロボットは、いわゆる産業用ロボットである。このロボットはティーチングプレイバックによる動作を基本としており、ワークのハンドリングや溶接、塗装などの作業で主に用いられているものである。このロボットの歴史は比較的早く、始めて商品化されたのは1960年代であるが、その原型であるマジックハンドがホットラボラトリなどで放射性物質を扱うために開発されたのは1940年代のことである。したがって、現在の産業用ロボットは、マジックハンドの技術と、60年代以降のエレクトロニクスの進歩によるNC工作機械などの自動化技術とが融合して生まれたものと考えることができよう。

このロボットの特徴は、あらかじめオペレータによってロボットの手先の位置や経路が教え込まれ、これらの情報をデータとして記憶し、実際に作業を行う時はデータを読み出して各軸に動作指令を行って手先を動かす、いわゆるティーチングプレイバックによる動作である。環境を認識するための特別なセンサは備えておらず、作業状況の把握を行うことも不可能である。このため、ロボットが作業を行う場合は、環境がきちんと整備され、一定の条件を満足していなければならない。

一方、組立などの高度な作業は、第1世代の単純繰り返し動作しかできないロボットで実行することは極めて困難である。穴入れ作業を例にとって考えるならば、これをどんなに正確な位置決め動作だけでやろうとしても、ワークのわずかなずれや寸法誤差などが影響してかみ合いが発生し、作業を実行することは不可能となる。第2世代ロボットはこのような作業にも対応できるように、環境の認識が行えるセンサと、高度な判断を行うことのできるコンピュータとを備えたロボットである。センサによって環境の状態を認識し、コンピュータがこのセンサ情報に基づいてロボットが行うべき最適の動

作を決定する。すなわち適応的に行動が行えるロボットであり、センサとしては、簡単な視覚や触覚、力感覚などを備えている。また、超音波を利用して障害物を認識したり、対象物の位置を推定することができ、さらに、2次元平面における移動をある程度行うことのできるのもこの種のロボットの特徴と言えよう。

第2世代ロボットは、現在研究室における基礎的な研究をほぼ完了し、実際の生産ラインで試験的に、あるいは自社開発のものを実験的に使用している段階と言えよう。例えば、エレクトロニクス産業におけるICワイヤボンディングの自動化では、ボンディング作業をTVカメラによる視覚と、ボンディング用ハンドとを組合せて行っている例などが報告されている。

第3世代ロボットは現在研究が始まろうとしているものであり、どのようなロボットができるのであるかその実体は明らかではないが、いわゆる知能ロボットと呼ばれるものも含めた、非常に高度なロボットであることには違いない。⁽²⁾ 一般に、ロボットは人間と対比して考えると、目(センサ)、手(マニピュレータ)、足(移動機構)、頭、コミュニケーションの機能を行うもので構成される。第3世代ロボットはこれらの要素を基本的には完全に備えており、頭の機能も計算機が単にセンサの情報を処理してアクチュエータを制御するだけでなく、人工知能の分野で行われている学習や推論、自然言語理解などが行える高度なものが考えられている。ロボットの制御に人間が介在する場合でも、従来のテレオペレーティング技術と異なり、オペレータが操縦し易いレイダジスタンスの手法も導入されなければならない。^(注) さらにこのロボットの特徴は、自立形の移動ロボットということがあげられる。ロボットは作業を行うだけでなく、環境の中を自由に3次的に移動でき

(注) 遠隔地のロボットを制御する場合、オペレータが、ロボットが存在する作業現場にいるが如き感覚、すなわち臨場感が与えられ、あたかもロボットと一体となって作業が行えるようなコミュニケーション技術。

る“足”を持ち、その行動範囲を拡張できることが重要である。自由に移動するため

には、外界からのエネルギーや制御のためのケーブルを引張らずに、これらを自分自身の中で解決することが自立の意味である。また、従来のロボットはその適用範囲が主に製造部門であるところの2次産業をターゲットとしていたが、この第3世代ロボットは工場に限らず、農業、土木、宇宙開発、原子炉、病院、公共福祉などの1次産業や人間と密接に関わり合う3次産業でも用いられることが予想される。

第3世代ロボットの研究は大学や国立研究機関などで着手され始めたばかりで、どのようなものとなるかは想像し難いが、例えば、昭和58年度から通商産業省が大型プロジェクトとしてテーマに取り上げた「極限作業ロボット」では、この種のロボットの開発研究が行われる予定とされている。

日本はロボット王国などと呼ばれ、最近ではもてはやされ気味の感が強い。確かに、産業用ロボットの保有台数は世界一であり、その急激な需要の増加は欧米人にとっては非常に驚異であろう。このような現象を日本社会の構造によるものと分析する向きもあるが、先にも述べたような国内的事情により、ロボットを導入せざるを得なかった企業の管理者、技術者、ひいては生産現場に携わる人々が一体となって必死に押し進めてきた努力のたまものと言えよう。今後は、ロボット技術の水準そのものも世界一となるような努力が必要とされよう。

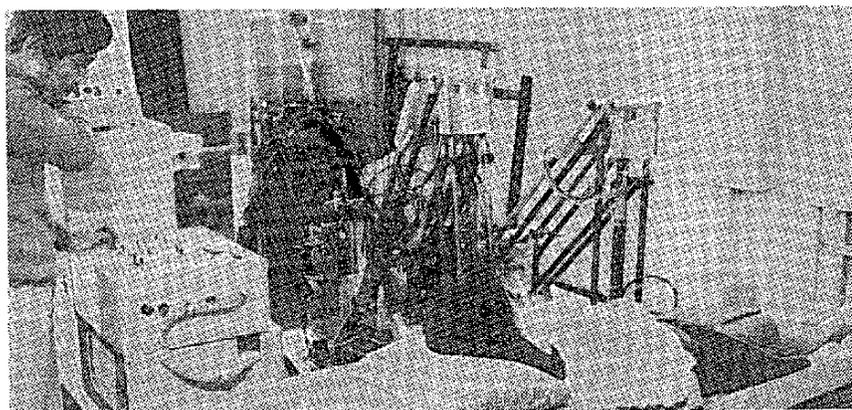


図5-3 看護ロボット「メルロング」

5.3 マニピュレータの機構と制御

5.3.1 マニピュレータの機構

一般に剛体を3次元空間中で固定するためには、位置の3自由度(x, y, z)と方向の3自由度(例えばオイラー角 θ, ϕ, ψ)の合計6自由度を決めなければならない。したがって、マニピュレータが対象物を完全に操作するためには、6自由度の機構を備える必要がある。

マニピュレータは何本かのリンクで構成され、各リンクはピボット、ローテーション、スライドなどの機構で連結され、円筒座標形、極座標形、直交座標形、関節形などに分類することができる。アクチュエータには油圧アクチュエータや空気圧アクチュエータ、電動モータなどを用いるのが一般的である。油圧アクチュエータを用いる場合は、各アクチュエータごとにサーボ回路があり、各関節軸ごとに位置サーボ制御が行われており、位置指令形のマニピュレータといえる。一方、電動モータをアクチュエータに用いる場合は、モータに流す電流によって各関節で発生するトルクが調節され、トルク指令形のマニピュレータが構成できる。電動モータを用いる場合でも、パルスモータや、あるいは通常のサーボモータを各関節に設けたエンコーダやポテンシオメータなどの出力を用いてサーボ制御を行えば位置指令形となる。

以下に、多関節形マニピュレータの例として、機構に特徴あるものを例としてあげる。

図5-4及び図5-5は一对の人間腕形マニピュレータの構造図と外観である。機構は人間の腕と似て7自由度の多関節形で、1自由度の冗長性がある。各関節軸には角度とトルクフィードバック用のセンサが設けられており、力制御を行うことが可能である。このマニピュレータを用いて、2本腕の協⁽³⁾調制御や、冗長性を利用した障害物回避の基礎研究が行われている。

図5-6は、オープンループのトルク制御機能を持つ多関節マニピュレータの構造図である。このマニピュレータは磁気粉体クラッチを利用して、入力電流に比例するトルクが各関節軸で発生できるようになっている。また、アクチュエータ部をマニピュレータのベースにまとめ、各関節軸へのトルク

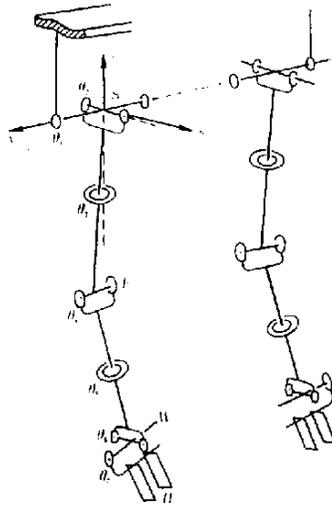


図 5 - 4 人間腕形マニピュレータの関節構造
(中野、1979)

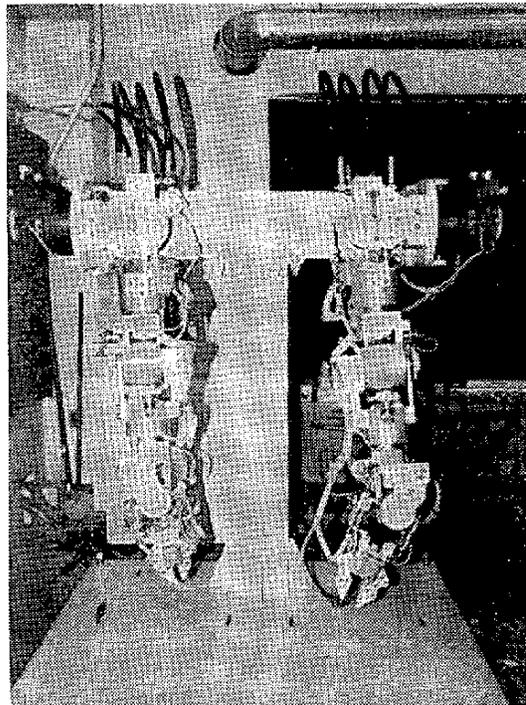


図 5 - 5 人間腕形マニピュレータの外観

伝達はワイヤとプーリーにより行う方法をとっており、アーム部の軽量化が図られている。⁽⁴⁾

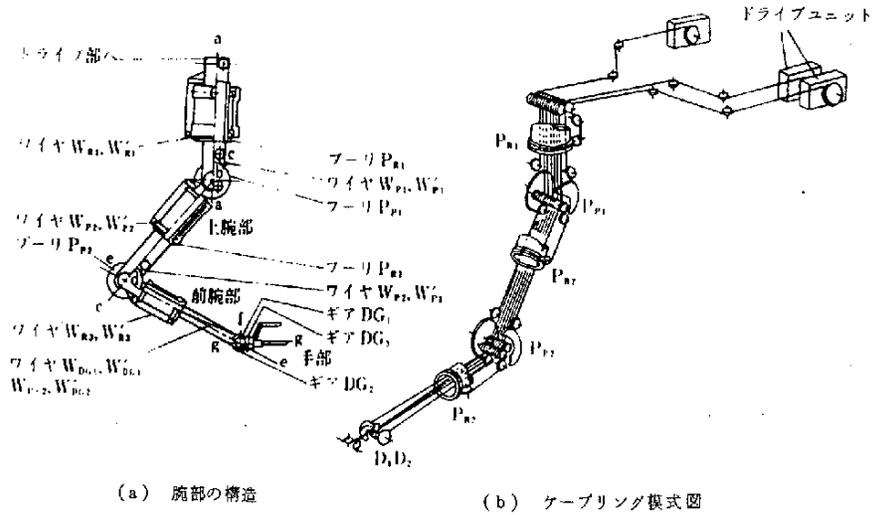


図 5-6 トルク制御機能をもつ関節形マニピュレータ
(高瀬 1973)

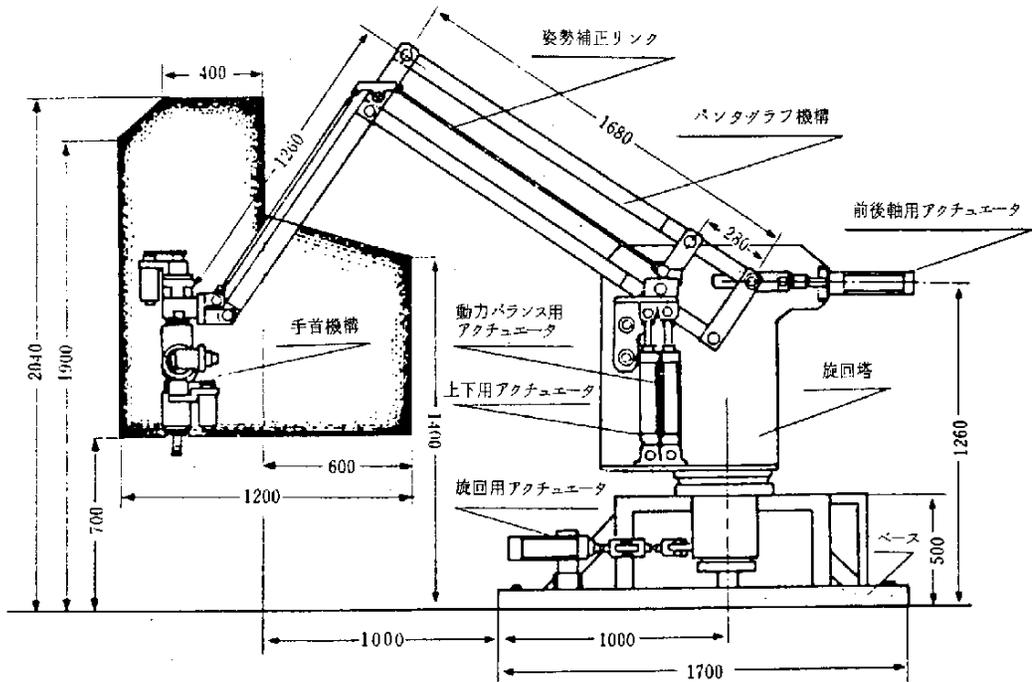


図 5-7 順応形マニピュレータの構造図
(伊藤 1982)

図5-7は、特殊な油圧アクチュエータを利用した順応形マニピュレータの構造図である。

油圧アクチュエータでは、一般にその出力トルクを自由に制御することは困難であるが、順応性マニピュレータでは油圧サーボ弁を改良して入力信号に応じた力が発生できる油圧アクチュエータが用いられている。パンタグラフリンク機構を用いた円筒座標形マニピュレータであり、組立などの作業が実行し易いように、Z軸（鉛直）方向はマニピュレータ重量による影響を補償するため重力バランス機構が設けられている。このマニピュレータを用いれば、簡単な指令を与えるだけでクランクを滑らかに回転させる動作や、一辺の長さが80mm、クリアランス20 μ mの四角棒の挿入作業などを容易に行うことが可能である。⁽⁵⁾

以上はいずれも研究用に国内で開発されたマニピュレータであるが、次に米国で開発された例を紹介する。

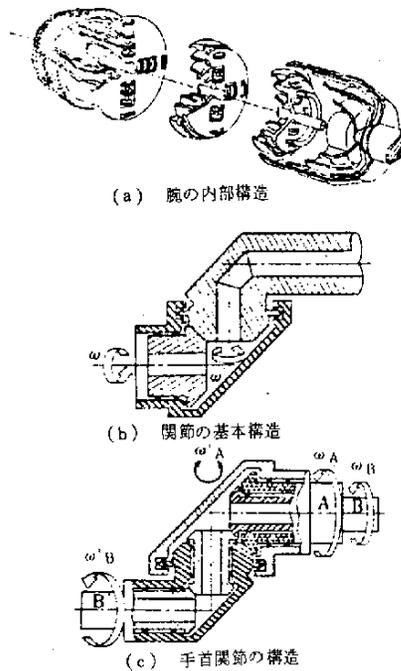


図5-8 LEMMAの構造 (Kersten, 1977)

図5-8はLEMMMA (Laboratory Engineering Model Manipulator Arm) と呼ばれ、宇宙開発用に試作されたアームの内部機構図である。このマニピュレータの特徴は、各関節軸を駆動するアクチュエータを腕の根元にまとめてあり、トルク伝達を同軸の多重パイプと、関節部に設けたベベルギアとで行っている点である。マニピュレータを設計する場合、アクチュエータは可動部の近くに配置することが多い。したがって、例えば手先に3自由度の動作が必要ならば、腕の先に3つのアクチュエータを備えなければならず、それらの重量がもろにマニピュレータの動作性能に影響を及ぼし、非常に具合が悪い。LEMMMAは手先にアクチュエータがないため、可動部が軽く軸方向の慣性能率も小さく、また関節軸周りも外見上すっきりしており、テレビカメラなどの視覚センサを利用して制御を行う場合でも見通しが良いという利点がある。⁽⁶⁾

一方、マニピュレータのアクチュエータに電動モータを利用する場合、制御系のハードウェア構成は比較的容易であるが、低速時において大トルクを発生することが困難という欠点がある。このため、ギヤなどで減速して使わざるを得ないが、これらの伝達系を用いるとマニピュレータの重量は重くなり、かつバックラッシュや摩擦によるトルクロスが生じ、結果として動特性が劣化し、細かい動作や純粋な力制御が不可能となる。近年米国では、宇宙開発などと関連して超低速、大トルク発生可能なトルクモータが開発されており、これをマニピュレータのアクチュエータとして用いることが可能となるに到った。カーネギーメロン大学では、簡単なモデルを設定し、マニピュレータの最適な構造と、各関節軸に必要なモータのトルク対重量比を求め、希土系マグネットを利用したトルクモータを用いて、ギヤなどの伝達要素を一切省いたモータ直接駆動形のマニピュレータが開発されている。⁽⁷⁾

図5-9は、このマニピュレータの全体構造と関節構造を示したものである。アームの構造は、P-R-P-R-P-R方式 (Pはピボット関節、Rはローテーション関節を示す) をとり、全重量が130kg、手先の最大速度

が 4 m/秒 の動作性能を得ている。

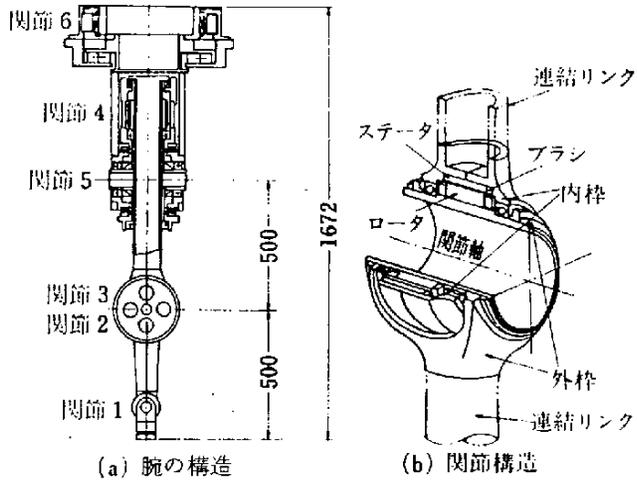


図 5 - 9 直動形トルク制御マニピュレータ
(Asada、1981)

5.3.2 マニピュレータの制御

マニピュレータの制御法については、その作業目的に応じて様々なものがある。ワークのハンドリング、塗装、溶接などの作業では、マニピュレータの手先を与えられた経路に沿って正確にかつ高速で動かすように制御しなければならない。また、組立工程における穴入れ、ネジ締めなどの作業では、手先の経路だけでなく、手先にかかる力もうまく制御する必要がある。以下、マニピュレータの制御方法を経路制御、力制御、マスタレイブ制御の3つに分類して述べる。

(1) 経路制御

マニピュレータの経路制御では、穴入れなどの組立作業と異なり、力センサの情報を用いた高度なフィードバック制御は行わないが、高速で正確な位置決め動作が要求される。このような観点から、マニピュレータの経路制御では、必要な演算アルゴリズムをいかに高速に処理するかが絶えず問題となっている。

現在用いられているマニピュレータの動特性バンド幅は、ほぼ10数Hz程度であると言われる。したがって、マニピュレータの実時間制御におけるサンプリング時間は0.01秒程度であることが望ましいが、例えばミニコンレベルの計算機で制御する場合でもこの値は大変厳しいものと言えよう。このため、マニピュレータの制御演算過程において、アルゴリズムの単純化や演算式の中で省略可能な項の除去、あるいは近似手法などがこれまで数多く提案されている。

例えば、作業空間上における手先の位置や方向からマニピュレータの各関節軸に指令を与える場合、座標変換を行わねばならない。この演算では、三角関数を含む非線形連立方程式を解かねばならず、非常に複雑な作業である。この方程式を直接に解かない方法として、Newton-Raphson法による逐次近似を用いて行う手法⁽⁸⁾、作業空間内のマニピュレータの可動範囲を粗い間隔で区切り、その格子点上に手先があるときの各関節角をあらか

じめ計算し、これらのデータを記憶しておき、補間などを利用して関節角を求める方法⁽⁹⁾、あるいは関節角度を直交座標空間におけるマニピュレータへの指令値を変数とした多項式で近似する方法などが提案されている⁽¹⁰⁾。また、作業空間におけるマニピュレータ手先の速度を関節角速度に変換する方法としては、R M R C (Resolved Motion Rate Control)法などが有名である。

座標変換で求められた関節角を実際のアクチュエータに指令する場合、アクチュエータのサーボ機構に応じて、先に述べたとおり位置指令形と力指令形とに分かれる。位置指令形では、関節角度値を時間に関して滑らかに与えるために、多項式やスプライン関数で近似する方法が行われる⁽¹¹⁾。力指令形では、アクチュエータにかかるトルクを求める際、コリオリ力や遠心力を省略したり⁽¹²⁾、加速度や重力項の中の干渉成分は省略する方法、あるいはNewton-Euler法に基づく繰り返し演算法などが用いられている⁽¹³⁾。

一方、マニピュレータが何らかの対象物をハンドリングする場合、対象物の重量変動や、マニピュレータ自身の姿勢変化などにより、マニピュレータの動特性は大きく変動する。このため、マニピュレータを与えられた経路に沿って精度良く動かすためには、これらの変動を適切に補償しなければならない。この問題を解決するうまい方法として、モデル規範形の適応制御則を用いる手法がある⁽¹⁴⁾。図5-10はマニピュレータの適応制御系のブロック図である。 $a_i y_i + b_i \dot{y}_i + y_i = r(t)$ が等 i 関節軸の望ましい応答を示すモデルである。モデルと実際のマニピュレータとの両者に同一の入力を与え、各々の出力が一致するように適応機構が働く。

ロボットの制御では、過去の経験を生かして未知の環境でも適切な動作が行えるように、学習や推論などの人工知能機能も必要である。7自由度の義手に学習制御を適用する試みもなされているが、この分野は今後一層力を入れて研究開発されねばならないものの1つであろう。

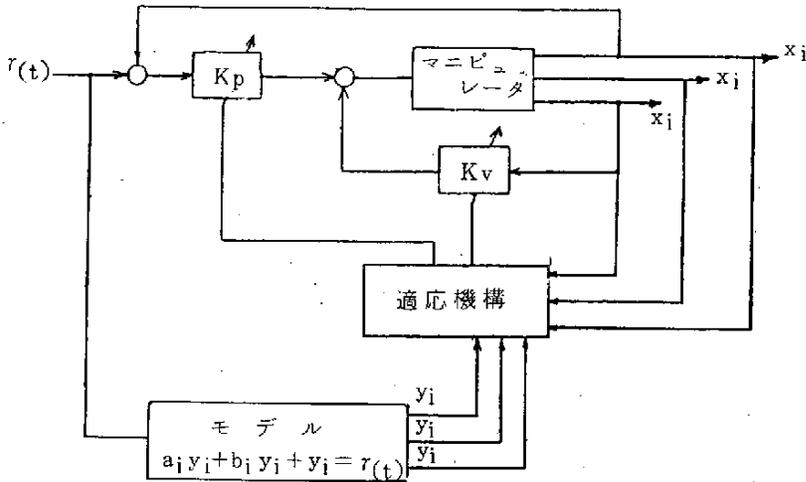


図 5-10 マニピュレータの適応制御系ブロック図

(2) 力制御

組立などの作業を行う場合、がちがちの位置制御ではなく、対象物からの反力や拘束力にある程度追従できるような柔軟な機構や制御方法が必要である。このような性質をコンプライアンスといい、これを実現する方法としては次のような2つの考え方がある。手首部分にスプリングやバネなどを組入れ、機械自体に柔軟な機構を持たせる受動的コンプライアンスと、もう一方は、対象物からの反力を何らかの方法で検出し、マニピュレータが発生する力を適応力に制御する能動的コンプライアンスである。

受動的コンプライアンスでは、米国のドレイパー研究所で開発されたRCC(リモートセンタコンプライアンス)が有名である⁽¹⁹⁾。RCCは穴入れ作業に用いられるものであるが、この優れた点は、挿入時に生ずる並進誤差と角度誤差を独立に吸収できることである。

図 5-11 は RCC の動作原理を示したものである。

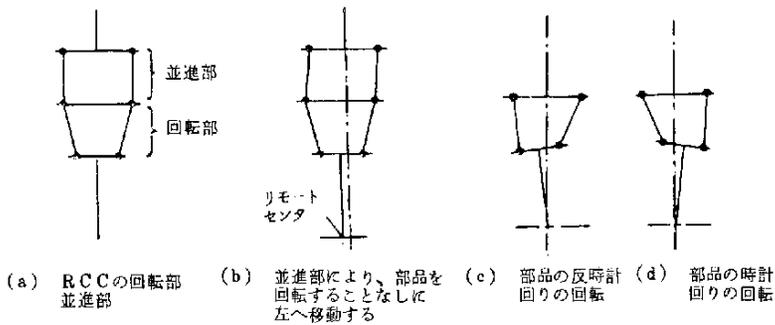


図5-11 RCCの基本原理 (Whitney 1979)

はめ合い時にはまず並進部が働いて位置修正が行われ、つぎの挿入動作時で回転部が作用して角度誤差が修正される。

能動的コンプライアンスでは、手首部や各関節軸にたわみ効果を利用した力センサを備え、検出された力情報に基づいてフィードバック制御を行う方法と、駆動部に力(トルク)が自由に発生することのできるアクチュ

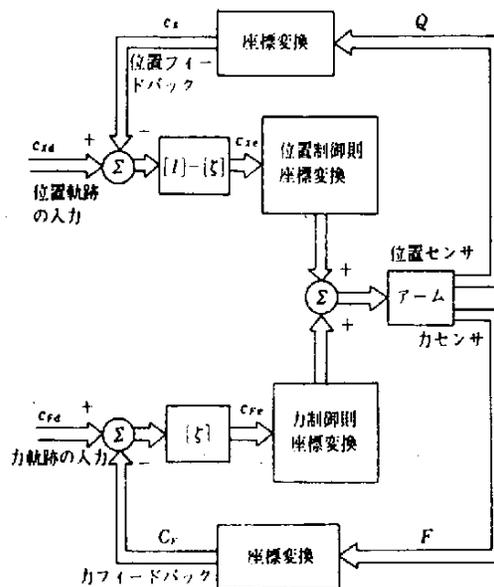


図5-12 ハイブリッドコントロールシステムの構成図 (Raibert, 1981)

エータを備え、フィードフォワード制御を行う方法とがあり、様々な特徴のある方法がこれまでに数多く提案されている⁽¹⁶⁾。

以上のほかに、位置制御、力制御ということを明確に区別せず、それぞれの作業に伴う拘束条件に従って位置と力を同時に制御するハイブリッド制御方式も提案されている⁽¹⁷⁾。図5-12はこのハイブリッド制御システムの一つの例を示すブロック図である。

(3) マスタスレイブ制御

ロボットが活躍すべき分野の一つとして、人間が近付くことのできない危険な環境下での作業がある。このような場合、ロボットはそれ自身単独で作業を行うことよりも、遠隔地にいる人間がこのロボットを操縦することにより作業を実行することが多い。この方式では、作業を行うマニピュレータをスレイブマニピュレータとし、これと同じ機構を有するダミーのマニピュレータすなわちマスタマニピュレータを操作者側に用意し、操作者はこのマスタマニピュレータを操縦してスレイブマニピュレータへの動作指令を行う。このような制御方法はマスタスレイブ制御方式と呼ばれ、放射線物質などを扱うホットラボなどで用いられており、以前からよく知られていた方式でもある。ただし、そこで用いられていた方式では、マスタとスレイブが機械的に連結されており、このためマスタとスレイブ間の距離が限定され、また大きな力も発生できないものであった。そこで、マスタとスレイブの機械的な連結を切り離し、マスタ側にはポテンショメータなどの位置情報を取り込むセンサを、一方スレイブ側には駆動用のアクチュエータをそれぞれ設け、両者を電気信号で結合する方法が考えられた。

しかし、この方法では、スレイブマニピュレータが環境から受ける外力を操作者が感ずることができず、操縦性が劣るといふ欠点があった。そこで、マスタ側にもアクチュエータを設け、スレイブ側が受ける反力をフィードバックし、操作者にもこの力が感じとれるようにする方式が考え出された。これがバイラテラルサーボ方式と呼ばれるものである。バイラテラルサ

ーボは、これまでにフィードバックループの構成法の違いにより、対称形、力逆送形、力帰還形の3種類が提案されているが、操縦性の点で力帰還形が優れていると言われる。(18)

5.4 移動ロボットの機構と制御

5.4.1 移動ロボットの機構と種類

ロボットの移動方式には様々なものがあるが、大別すると、多足歩行方式と車輪走行方式の2つになるであろう。それぞれに一長一短があり、例えば車輪走行方式ではおおかた技術が確立されており、制御も比較的容易であるが、使用できる場所が平面に限定されるという欠点がある。一方、多足歩行方式の場合では、移動場所への適応性は非常に大きいが、制御が困難で、2足歩行ともなるとその安定性を保つだけでも大変なことである。

図5-13は、現在開発中も含めてロボットに使用されている移動機構の分

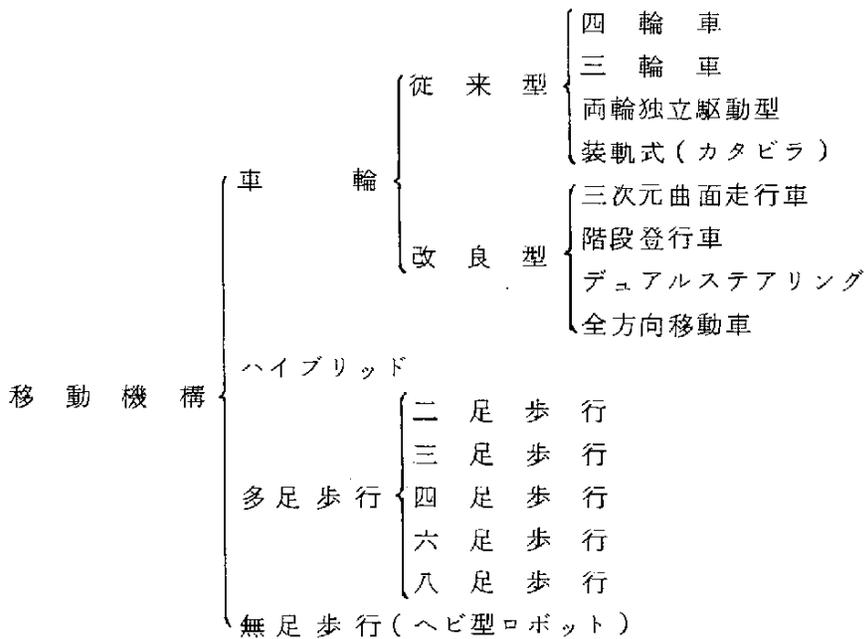


図5-13 ロボットに使用されている移動機構の種類

類を示したものである。

歩行機械は現在までに種々のものが開発されているが、未だ実用機として工場などの現場で用いられるような段階には到っていない。二足歩行に関する研究は国内でも活発に進められており、特に理論的な立場から解析されたものや、計算機を用いたシミュレーションが中心となっているが、まだまだ実用的な段階には程遠いのが現状であろう。四足以上の多足歩行機械では静的安定を得るのが容易なため、かなり実用的動作も示されている。

一方、従来型の車輪機構では走行方式が限定されており、例えば狭い場所を自由自在に移動できるような小回りのきく走行や、階段を登降したり、三次元曲面上を走行することは不可能である。このような問題を解決するため、車輪機構等を改良して走行に柔軟性を持たせる研究や開発も行われている。これらのロボットの例をいくつか挙げると、三次元曲面走行車としては、水力発電用ポンプ水車流路内の検査用ロボットがある⁽¹⁹⁾。このロボットは移動車の各部が構造的に柔軟にできており、流路内を永久磁石を組込んだ車輪で吸着しながら自走する仕組みになっている。階段登降車では、車輪の円周に先端がゴムのスポークを取り付けた階段登行用車イスや⁽²⁰⁾、正五角形状に配置された上下動可能な5個の車輪を有する原子炉内保守用ロボットが開発されている⁽²¹⁾。また、機構の大変ユニークな例としては、車輪と簡単な足を備えた、いわゆるハイブリッド型と呼ばれる移動ロボットがある。このロボットは簡単な障害物を乗り越えることはもちろん、パイプの内部や狭い間隙を移動したり、パイプの外側を這い回ることも可能である⁽²²⁾。このように、車輪機構といえども、種々の複雑な動きや、平坦でない場所での自由な移動を行うことも可能であり、各種センサやコンピュータを搭載して制御されており、ロボットとしての柔軟性は非常に高いものがある。

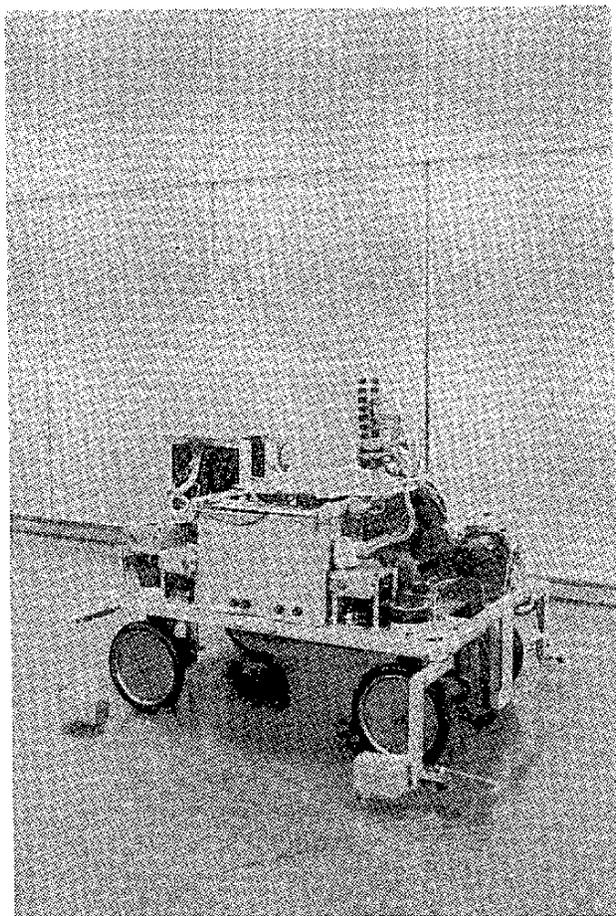


図 5 - 1 4 全方向移動ロボット

5.4.2 移動ロボットの制御

移動ロボットには、歩行方式と車輪方式の2つがあることを示したが、ここでは実用性の高い車輪方式による移動ロボットの走行制御、ナビゲーションについて述べる。

車輪方式による移動ロボット（以下単に移動ロボット）の走行制御は2次元平面上での運動を考えるものであるが、直線または曲線で与えられる決められた経路に沿って走行するか、あるいは平面上を自由自在に走行するかの

2通りが考えられる。前者は平面上の走行とはいえ、本質的には一定の線上を運動するものであるから、これを1次元走行制御方式と呼ぶものとする。これに対して、後者を2次元走行制御方式と呼ぶことにする。

1次元走行制御方式では、決められた経路に沿って移動ロボットがずれないように走行するものであり、経路と移動ロボットとの相対位置を測定するセンサを備えれば、このセンサ情報に基づいてフィードバック制御によりステアリング操作を行い、安定な走行制御が可能となる。実際に、何らかのセンサを用いて経路と移動ロボットとの距離 δy と、経路に対する移動ロボットの傾き $\delta\theta$ が測定できれば、ステアリング角度 ϕ を

$$\phi = k_1 \delta\theta + k_2 \delta y$$

で示されるフィードバック制御則によって決めることにより、移動ロボットは、経路に沿って安定に走行することが可能である。

2次元走行制御方式では、移動ロボットに対してある地点からある地点まで移動走行するという命令が与えられ、この時、障害物の有無により、それらを回避する経路を設定して走行を行うものである。このため、ロボットは2次元平面上における自分の現在いる位置や方向などの情報が任意に得られなければならない。このことから、2次元走行は1次元走行に比してより困難であり、一層高度なセンサや制御手法が要求される。また、1次元走行制御方式では、経路上に障害物がある場合、一般にその回避は困難であるが、2次元走行制御方式では、進行方向の障害物の有無さえ検出できればその回避は比較的容易に行うことが可能である。さらに前者では、経路の変更等が一般的にはやりにくいという欠点もある。このように、2次元走行制御方式は高度なセンサと制御手法を必要とするが、障害物回避や経路変更も容易に行うことができ、環境の変化にも対応し易くフレキシビリティも高いので、今後の移動ロボット制御を考える場合には重要であろう。

表5-1は、以上のような観点から、現在行われている移動ロボットの走行制御法を分類したものである。

表 5 - 1 走行制御の手法

誘導方式		マ ー ク	検 出 方 式	実 例
一次元走行制御方式	連続マーク追従	埋設ケーブル 金属テープ	電 磁 誘 導 光 学、磁 気	自動車誘導 (R C A)、搬送ロボット (大福) ホイバーサ (日立)、搬送ロボット (日立機電)
	ディスクリート マーク追従	路面マーク	光 学	メルドック (機技研) 搬送移動ロボット (機技研)
	既存環境利用	壁 面	接触式距離計測 静電誘導による 非接触距離計測	全方向移動車 (機技研) 全方向移動車 (機技研)
二次元走行制御方式	三角 (三点) 測量方式	光 源 壁面マーク 音 源	光 学 光 学 超 音 波	ロボットカート (東芝) メルダイク (機技研) 全方向移動車 (機技研)
	地図教示	地図上ルート	光 学	移動体の自動誘導 (阪府大)
	環境認識	一般物体 一般物体 一般物体 ガードレール及び 一般物体	超 音 波 触 覚 光 学 光 学	山彦 (筑波大)、メルドック (機技研) バンパ付きロボット (筑波大) Sharkey (S R I)、視覚付き移動ロボット (東大) 知能自動車 (機技研)

1次元走行制御方式には、連続マーク追従ディスクリートマーク追従、既存環境利用の各方式がある。連続マーク追従方式では、経路として埋設ケーブルを用い、このケーブルに電流を流し、ピックアップコイルにより誘導電流を検出してずれを測定する方法や、⁽²³⁾床面に金属テープや色テープなどを貼り付け、磁気センサや光学式アレイセンサによってずれを測定する方法があり、⁽²⁴⁾極めて古典的な手法と言えよう。ディスクリートマーク追従方式では、路面にマークを貼り、このマークにある特定の形やバーコードなどを利用して制御情報をのせ、経路指示を行う方法がある。⁽²⁵⁾ 既存環境を利用する方式では、病院内などの廊下走行を想定して、壁に沿ってガイド走行を行う方法がある。この場合、壁とロボットとの距離を測定する方法としては、ポテンシオメータを組込んだ接触式距離センサや、⁽²⁶⁾静電誘導の原理を応用した非接触式距離センサを用いる方法が開発されている。⁽²⁷⁾

一方、2次元走行制御方式では、平面上における移動ロボットの絶対的な位置を測定する方法として、三角測量、あるいは三点計測法がある。この方法は、船が航路を調べる時に灯台の方向を測定して行うのと同様な手法により、移動ロボットの位置や方向を計測するものである。灯台には、光学式の場合、光源や壁面マークを用いる方法、⁽²⁸⁾⁽²⁹⁾また音響式では、超音波を発信するスピーカを用いる方法などが提案されている。⁽³⁰⁾ また、移動車の位置は車輪の回転量から推定し、自ら何らかのマップを持って現在位置と目標位置を逐次比較しながら走行制御を行う方法もある。⁽³¹⁾ この場合、初期位置が正確に測定されねばならないことと、位置が車輪回転量の積分値として表わされるため、誤差が累積されるおそれがある。環境認識法は、ITVやCCDカメラにより環境の画像データを取り込み、この中から移動ロボットの現在位置⁽³²⁾や障害物に関する情報を抽出し、これに基づいて走行制御を行うものである。この場合、かなり複雑な移動動作が行えるが、画像処理をいかに高速に行えるかが重要な問題と言えよう。一方、画像によらず、超音波センサや触覚センサを用いて対象物の有無や位置を推定し、環境モデルを構築しながら走行

を行う方法も提案されている。

以上のように、一口に移動ロボットの制御とは言っても様々な方法があるが、今後工場内の搬送や他の分野においても、徹底的に無人化を行い、かつ高度のフレキシビリティを望むとするならば、2次元走行制御方式は重要であろう。

5.5 ロボット制御装置としてのマイクロコンピュータ

5.5.1 産業用ロボットの制御装置

産業用ロボットの制御装置は、簡単なシーケンス動作を行うものでは、プラグインボードを用いたシーケンサーを利用しているものもあるが、最近ではマイコンの急速な普及により、一般的な5軸あるいは6軸の産業用ロボットは、ほとんどがマイコンにより制御されている。

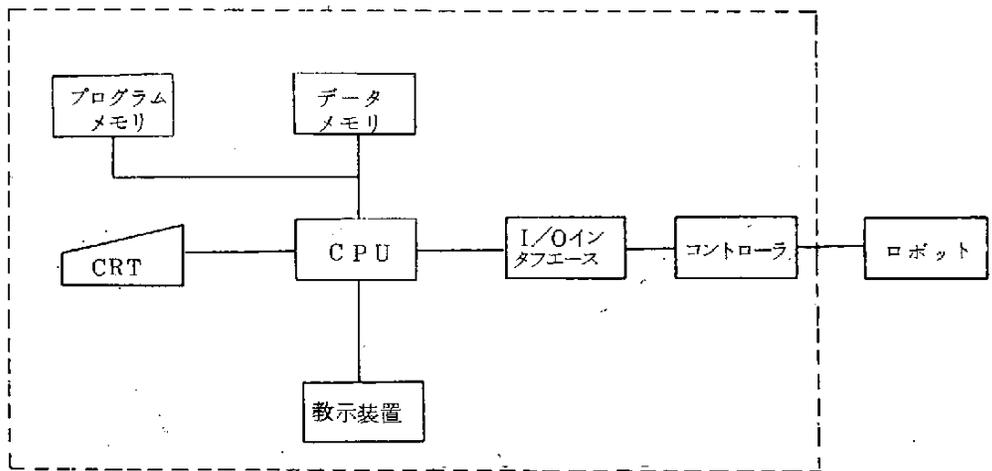


図5-15 産業用ロボット制御装置のブロック図

図5-15は一般的な産業用ロボットの制御装置をブロック図で示したものである。教示装置はティーチング時にロボットを手動で操作したり、手先の位置や経路などを指示し、データの記憶を実行させるものである。読込ま

れたデータはデータメモリに記憶される。作業の実行は、プログラムに従ってデータメモリの内容を読み出し、必要な計算を行い、I/Oインタフェースを介してコントローラに動作指令が与えられる。その他、作業や教示の実行を指示するためにCRTなどの操作盤も設けられている。

PTPなどの位置決め制御を主体とする産業用ロボットでは、8ビットのプロセッサを用いても十分であるが、CPや組立のための高精度位置決め制御を行う場合は、16ビットのプロセッサを制御装置に組み込んでいるものもある。表5-2は産業用ロボットの代表的なものの仕様をいくつかあげたものである。

表5-2 主な産業用ロボットの仕様

機種	ビューマ 500形	PW752	PW150	BA-1440	スキラム
重量 (kg)	55	1,000	5,000	—	95
負荷重量 (kg)	2.5	10	10	50	6
位置精度 (mm)	±0.1	0.2	±0.5	±0.5	±0.05
自由度	5	5	7(max)	7	4
機構	関節形	直交座標形	関節形	複合座標形 (円筒+直交)	関節形(スカラ)
CPU	LSi11(16ビット)	8085(8ビット)	MP-200 (16ビット)	8085(8ビット)	Z80(8ビット)
主用途	組立	溶接	溶接	ハンドリング	組立

5.5.2 移動ロボット搭載用マイクロコンピュータシステム

移動ロボットの制御では、据置き形の産業用ロボットとは異なり、自立形ということが1つのポイントとなる。このため、ロボットの自重を軽くすることや、小形強力なアクチュエータが必要であるという機構上の制約と同時に、制御装置に対しても、エネルギーを無駄に浪費しない電力消費の少ない省エネ形のシステムが必要とされる。

現在のマイコン用チップは、そのほとんどがNMOSやPMOSタイプのLSIであり、これらを用いて電力消費の少ないシステムを作ることは困難であるが、以下に、搭載用として特別に設計されたマイクロコンピュータシステムの一例を示す。

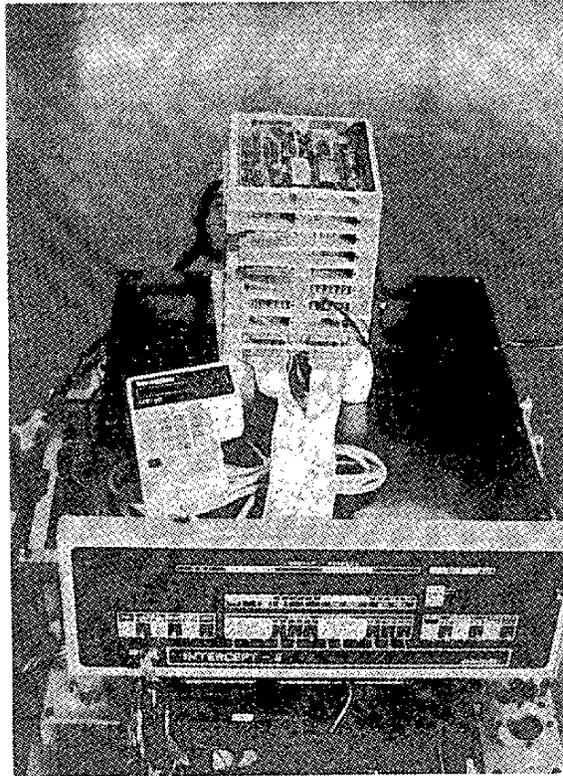


図 5 - 1 6 搭載形コンピュータシステム「M3」外観図

図5-16は「M3」と呼ばれる搭載形制御用マイクロコンピュータシステムの外観である。⁶³このコンピュータのCPU部はインターシル社のCMOSマイクロプロセッサIM6100を用い、周辺LSIも全てCMOSで構成し低消費電力化を図っている。このコンピュータの今一つの特徴は、機能別にモジュール化したことである。モジュール化された各基板は、両端に取り付けられた計100ピンのコネクタによって重箱状に積み重ねることができ、希望する機能を持ったコンピュータシステムを簡単に構成することが可能である。この100ピンのコネクタは同時にバスラインも兼ねている。基板の種類は、CPUボード、RAMボード、PROMボード、DIOボード、DAボード、ADボード、UARTボードなどがある。

5.6 期待されるマイクロコンピュータ技術

ロボットを構成する要素の中でも中心的な役割を果たす知能の部分には、今後マイクロコンピュータがどんどん使われることになろう。そこで最後に、今後の新しいロボットの発展においてどのようなマイクロコンピュータが、あるいは応用技術が必要とされるかについて若干触れておく。

(1) 高速化への対応

全ての分野における共通の要求であるが、特にロボット制御の観点から考えた場合、1台のCPUの処理能力向上は当然のことであるが、これにも限度があるため、例えば複数個のCPUによりマルチシステムを構成し、分散制御や階層制御システムなどの構成がとりやすいものであることが望まれる。

(2) 大容量・コンパクト化

ロボットは環境認識を行うために、多量のセンサ情報処理を行うことが必要となり、記憶容量も大規模なものが要求されよう。特に視覚情報処理では、コンパクトなビデオメモリなども必要となるであろう。

(3) 搭載形マイクロコンピュータシステム

現在市販されているマイコンシステムでは、全チップがCMOSで構成された省エネ形のものはない。最近、Z80や8085などCPUチップのCMOS版が開発されているが、周辺ICのCMOS化が遅れており、全システムをCMOS化することが難しい。このあたりの開発が早急に望まれよう。

(4) ロボット用ソフトウェアの完備

汎用のミニコンピュータやメインフレームコンピュータ、あるいはホビー用のパーソナルコンピュータでも、開発ツールとしてのユーティリティ、言語などのソフトウェアはほぼ十分に整備されていると言えよう。ロボット制御用マイコンでも、制御用ソフトウェアの開発、あるいはソフトウェアの実行時における汎用性、拡張性、信頼性などを確保するために、ロボット用のOSやロボット言語などを含めたソフトウェアの整備が望まれている。ロボット用のOSを作るには、ロボットのアクチュエータやセンサとのインタフェースの標準化や、ロボット制御用言語の統一など、解決せねばならない問題がたくさんある。

(5) 特定のセンサ専用プロセッサチップ

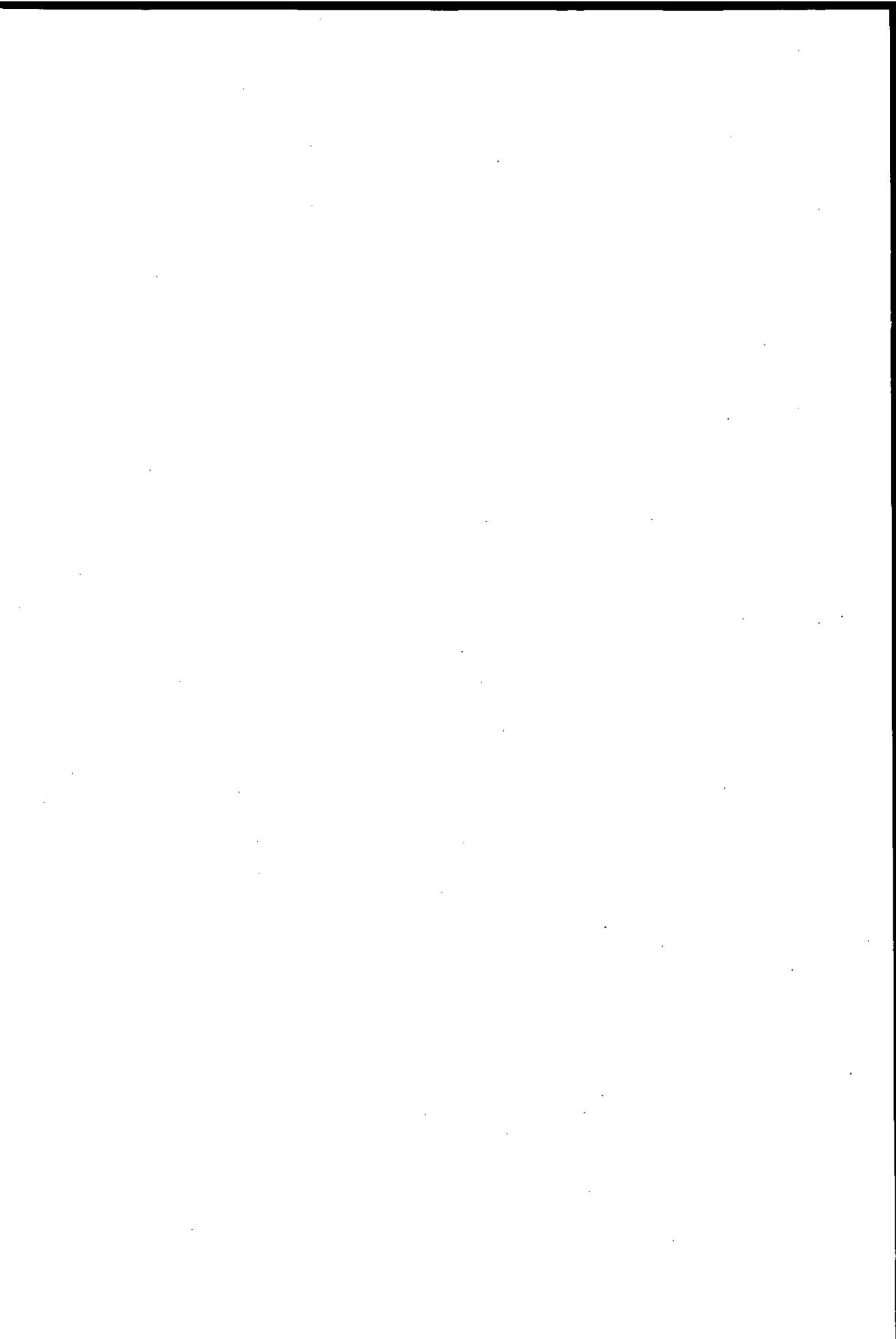
視覚や聴覚センサではある程度決まった演算処理が行われている。このような演算を行うための、メモリなども含めた1チップの専用プロセッサの開発も必要である。また視覚などでは、データ取り込み部のCCDアレイとプロセッサを一体化してコンパクトなセンサを作ることも重要であろう。

〔参 考 文 献〕

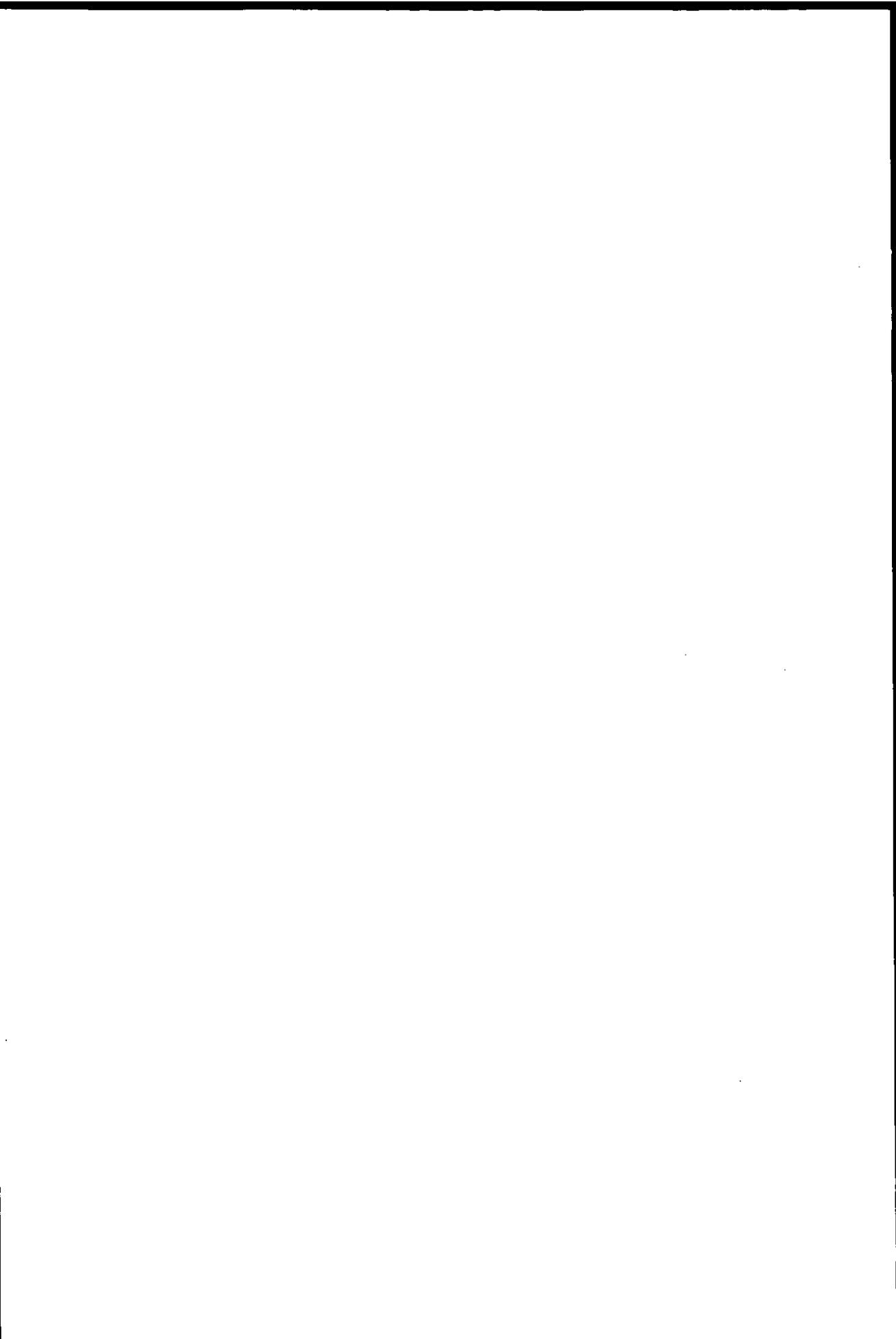
- (1) 小島：FMSを推進する機械工業用ロボット、ロボット技術百科、日刊工業新聞社（1982）
- (2) 館、小森谷：第3世代ロボット、計測と制御、21-12、52/58（1982）
- (3) 中野：多関節マニピュレータの手先位置および手先方向計算法に関する一考察、機械技術研究所所報、33-6、1/11（1979）
- (4) 高瀬、ほか：トルク制御機能をもつ関節形マニピュレータ、電子技術総合研究所彙報、37-3（1973）
- (5) 伊藤：順応形マニピュレータの開発、機械技術研究所報告、120（1982）
- (6) L. Kersten：The Kemma Concept：A New Manipulator，Mechanism and Machine Theory，12，77/84（1977）
- (7) H. Asada et al：Design of Direct-Drive Mechanical Arm，CMU Technical Report，CMU-RI-TR-81-1
- (8) R. E. Hahn：Method and Apparatus for Controlling an Automation along a Predetermined Path，U. S. Patent No. 3909600（1975）
- (9) 中野、ほか：一対の人間腕形マニピュレータ、第13回計測自動制御学会学術講演会予稿集（1974）
- (10) 新井：多関節マニピュレータ制御における演算処理手法、計測自動制御学会論文集18-1、92/99（1982）
- (11) J. Bollinger， et al：Computer Algorithms for High Speed Continuous-Path Robot Manipulation. Annals of the CIRP，28. 391/395（1979）
- (12) R. C. Paul：Modeling Trajectory Calculation and Servoing of a Computer Controlled Arm，A. I. Memo 177 Stanford University（1972）

- (13) J. Y. S. Luh et al : On-Line Computation and Scheme for Mechanical Manipulators, Trans. ASME, J. Dyn Syst. Meas. and Control, 102, 67/76 (1980)
- (14) S. Dubowsky et al : The Application of Model Referenced Adaptive Control to Robotic Manipulators, Trans. ASME, ser. G, 101, 193/200 (1979)
- (15) D. E. Whitney et al. : What is the Remote Center Compliance (RCC) and What Can It Do? / Proc. of 9th ISIR, 135/152 (1979)
- (16) たとえば、M. Vukobratovic et al. : New Control Concept of Anthropomorphic Manipulators, Mechanism and Machine Theory, 12, 515/530 (1977)
- (17) M. H. Raibert et al : Hybrid Position / Force Control of Manipulators, Trans. ASME, ser. G, 102, 126/133 (1981)
- (18) 江尻、ほか：サーボマニピュレータ、計測と制御、2-7、1/8 (1963)
- (19) 宗像：三次元曲面流路走行機構、知能移動ロボットシンポジウム講演論文集、119/124 (1982)
- (20) M. W. Thring : Some Experimented Walking Machines, Proc. of 3rd Roman Sy, 202/216 (1978)
- (21) 市川、ほか：5足歩行機構の開発、知能移動ロボットシンポジウム講演論文集、107/112 (1982)
- (22) J. Vertut et al : Vehicles With Wheels and Legs. The In Pipe Remote Inspection Vehicle and His Family. Proc. of 3rd Ro Man Sy, 476/487 (1978)
- (23) 中村：電磁誘導方式無人搬送車、自動化技術、13-10、51/55 (1981)

- (24) 米倉、ほか：光学誘導形地上搬送ロボット「ホイバーサ」の開発、日立評論、75-10、23/281(1975)
- (25) 高野：マーク追従方式を用いた自動搬送ロボット、ロボット、33、76/83(1981)
- (26) T. Arai et al. : The Control and Application of Omni Directional Vehicle, Proc. of 8th World Congress of IFAC (1982)
- (27) 新井、ほか：全方向移動ロボットの制御と応用、知能移動ロボットシンポジウム講演論文集、43/48(1982)
- (28) Y. Anbe et al. : a Computer Controlled Robot Cart, Proc. of 2nd ISIR, 115/126(1972)
- (29) 中村、ほか：連続位置決め機構の階層形指令制御の研究、機械技術研究所報告、121(1982)
- (30) 新井、ほか、移動車搭載形位置方向計測装置の開発と性能評価、計測自動制御学会論文集、18-10、59/66(1982)
- (31) T. Tsumura, et al. : An Experimental System for Automatic Guidance of Ground Vehicle Following the Commanded Guidance Route on Map, Proc. of 8th World Congress of IFAC (1982)
- (32) 野崎：障害物の認識機能をもつ自動車の自動操縦、計測自動制御学会論文集、13-5(1977)
- (33) 橋野、ほか：全方向移動試験車の制御、日本機械学会関西支部第55期定期総会講演会講演論文集、64/66(1980)



第6章 CAD/CAMシステムに
対するマイクロコンピュ
ータのインパクト



第6章 CAD/CAMシステムに対する マイクロコンピュータのインパクト

6.1 CAD(Computer Aided Design)/CAM(Computer Aided Manufacturing)システムの発展

CAD/CAM技術に対するマイコンのインパクトを考察するまえに、CAD/CAMシステムとは何であるかを定義しておかなければならない。CAD/CAMと一言でいっても、その内容はさまざまである。CAD/CAMシステムは、その発展の過程でいろいろな形態をとり、各局面でかなり異なる性格をしめした。ここではその発展段階毎の様相をおおづかみに観察することによって、CAD/CAMシステムとはおおよそそんなものかと把握してもらい、定義にかえることとする。

工業技術の発達は、工場生産、流れ作業、加工自動化と、集中化大型化の一筋道を直進してきたが、最近にいたってこのような大型化万能の思想に対する反省が検討されるようになって来た。このような新しい局面は、本調査のテーマである「マイクロコンピュータの影響」という事柄に密接な関連がありそうである。生産方式の変遷は、細部に着目すれば複雑でその全貌をとらえるのはなかなか困難であるが、大局的な動向だけを見れば、案外簡単明瞭な思潮に乗っていることが観察できる。機械工業の約100年間の生産方式の発達は、分業による生産の加速と、単一製品の量産によるコストダウンを基底にしたものである。分業という着眼点を細分すれば、縦の分業と横の分業という見方ができる。アダムスミスのマニファクチュア分析などを出発点とする縦の流れに沿った手順分割はフォードのT型モデル生産のためのコンベアシステムに連なり、専用トランスファーマシン、オートメーションと発展した企業内部での専門別分担から社会的専門別分業に発展して、現代の工業社会を形成した。このような単一製品の集中化生産が或る種の飽和点に達した状況が現代である。例えばアルビン・トフラーの第三の波という主張な

どにはこのような飽和点に達したという認識が述べられている。分業の発展・互換性部品などによる生産の能率化という単純な基本原理をよりどころにした工業社会は、新しい局面としての多様化製品の需要増加に応ずるための方策を見出しかねて模索をくりかえしているのが現状である。トフラーの主張する脱画一化の思潮と現代の工業生産方式との間のギャップを埋める妙案は未だ発見されていないのかもしれないが、方法はやはり過去の技術蓄積とは無関係ではありえない。工業技術は連続しているものである。ヒントは、現在システム技術でとりあげられているモジュール化とインタフェースという着眼点の中にあるようである。設計自動化のかわりにCADといわれ、自動化工場のかわりにFMSといわれるようになった傾向は、このような思潮を表現している。メインフレーム・コンピュータの大型化とそれへの集中化一本で進展してきたコンピュータの利用形式も最近では多様に分岐しはじめ、ミニコン、マイコンによる分散化が急速に拡大している。システム構成についてみても単一のコンピュータの中にとじこもるだけでなく通信回線と結んでネットワークを作り、コンピュータはその中の一つのモジュールにすぎないとする考え方もあるし、ターンキー自立型システムとして分離独立する方向もある。このような多岐化する様相の底には、モジュール化、分散化という共通の脈絡が読みとられる。母体としての工業技術の変曲点の位置におかれている支援ツールが現在のCAD/CAM技術である。母体自身が今やゆれ動き変化しようとしている時期であるために、それに対する補助的な役割を与えられているにすぎないCAD/CAM技術の基盤はさらに浮動的、流動的である。

(1) CAD/CAMの原始時代(1950年代)

コンピュータ技術の新しい試みに対する種子はアメリカのSAGEプロジェクトを畑にして育ったものが多い。SAGEプロジェクトでのレーダー情報の表示やライトペンの使用は、次の世代のインタラクティブ・グラフィックスの足掛りを提供したものであるが、この時期のソフトウェアは

きわめて未熟な状態にあった。コンピュータのプログラムはバッチ処理だけに局限され、その作成は、個人が個人のためのものをコツコツと手作りする状況であって、対話的処理には未だかなりの距離があった。工業製品の出発点は設計図であり、設計図のための製図作業には、図形処理が必要である。この時期の図形処理は受動的な作画が中心であった。その中心になるものは作画のハードコピーである。このためのデバイスの起源は数値制御工作機械の技術や記録計の技術に求めることができる。

図形処理技術の源流には二つの流れが考えられる。その一つは数値制御のための自動プログラミングシステムであり、他の一つは記録計の流れをくむ作画のためのサブルーチン群である。

数値制御のための自動プログラミングのシステム開発は1950年代の末に開始された。即ちMITでプロトタイプが作られたAPTシステムである。APTシステムは、図形処理技術の問題点を抽出し分析することに役立ち、その後のCAD技術の基盤となった。APTシステムは体系化された図形処理言語であり、その後の図形処理の考え方に対して一種の規範となった。その発展の系譜にEXAPTシステムがあり、これは加工技術の分析的把握に役立ち、CAM分野の発展のための理論的足場を提供した。問題領域の体系的な分析を出発点としてシステムを構築する方法は、その後の1970年代の形状モデリングの研究テーマにもひきつがれ、従来の伝統的な改良改善の経験的な積みあげのみにたよるやり方に対して新風を吹き込んだ。

カルコンプ社のサブルーチン群は、APTとは対照的なアプローチによったものである。プロッタという作画のデバイスから出発し、自然発生の性格をもつソフトウェアである。機能別のサブルーチンだけを用意して、システムの構築は使用者にまかせるというやり方である。このようなサブルーチン群の系譜は、その後テクトロニクス社の蓄積管ディスプレイのためのPLOT-10、英国のCADセンタのデバイス独立を標榜するG

I N O - Fなどに継承され、1970年代に入って、A C M S I G G R A
P H / G S P CによるC O R Eシステムの提案、ドイツのG K Sの提案、
I S O / T C 9 7 / S C / W G 2による標準化へと発展することとなった。
この流れははじめはデバイスに從属する形から出発して後には、逆にデ
ィバイス独立をめざす流れに変化したといえる。

図形処理のソフトウェアの二つの流れの中にある思想を点検してみると、
(A P Tシステム→形状モデリング)の場合はトップダウンアプローチで
あり、理論的性格が強く、(カルコンプ・サブルーチン→I S O標準規格)
の場合はボトムアップのアプローチであり、実務的性格が強い。デバイ
ス独立な標準案が採択されることによって、この中の機能のマイクロコン
ピュータ化が推進されるであろう。

(2) C A D / C A Mの開拓時代(1960年代)

C A Dシステムの重要なコンポーネントであるコンピュータ・グラフ
ィックスの幕開けは、1963年のS J C Cにサザランドがスケッチパッ
ドを発表したことであるといわれている。インタラクティブ・グラフィッ
クスが一般の目にふれた最初の事件であった。しかしこの種の研究はこれ
が唯一のものではなかった。アイテック社のグラフィックス→C D C社の
ディジグラフィックス→航空機産業の共同研究の系譜があり、G M社・I
B M社の共同プロジェクト→D A C - I →I B M 2 2 5 0商用化の系譜な
どが並行して存在していた。これらの研究開発の中心になったデバイス
がリフレッシュ型グラフィック・ディスプレイである。しかし当時はこの
ディスプレイそのものの価格が高価であったため、アメリカの政府機関、
大学の研究所、大企業の開発部門の三者にその使用は限定されていた。企
業の中でも航空機産業がその開発の先導役を果たした。1965年に航空機
産業の企業が中心になって「デマンド・プロジェクト」が結成され、この
協同活動がきっかけとなり、実用化のシステム開発がおこなわれた。マク
ドネル・ダグラスのC A D Dやロッキード・バーバンのC A D A Mなど

がその例である。GM社はDAC-Iの研究活動にひきつづいてCAD-ANCEシステムの開発に着手した。これらのシステム開発は長期にわたり、1970年代にまでおよんでいる。この時期のシステムに共通する性格はCAD/CAM一貫システムを指向した大型集中化システムであるという点である。1960年代の初にMITの中でCAD概念が発生した当初の関心は図形処理のコンピュータによる自動化と曲面の数式表現技術の範囲であったが、リフレッシュ・グラフィックスの出現が刺激になって、「対話機能」に関心が集中することになり、さらに1960年代後半のディスク装置の実用化にともなって、DBMSに関心が移り、企業の中での実用化の線上では、大規模集中形の開発が中心テーマとなった。対話機能と集中化の二つの概念は、その当時MITで企画されたMAC計画を出発点とするTSS形式にもひきつがれている。CADシステムでも大型コンピュータに放射状にグラフィック・ディスプレイを結合する集中形TSS形式が採用された。このような大規模なシステムの開発には、大編成のプロジェクト・チームが動員された。ソフトウェアの作戦形態としては、前の時代が個人による個人のためのプログラム作りであった方式の延長線で企業による企業のためのシステム作りとして大規模になっただけの違いで、自給自足の枠組の中での活動であることには変りがなかった。工業技術の発展としては未だ原始形であるといえる。1970年代のパッケージド・ソフトウェアとは性格上の差がある。

設計作業には解析の仕事（計算）と図形的仕事（製図）の二面がある。これまで述べてきたものは主として後者に関連する部分であったが、1960年代には前者に対するコンピュータの利用技術も発達した。このためのアプローチはMITでの問題向き言語の開発が一つの方向づけをした。土木工学科で企画されたICESなどがその例である。組織化された機能別プログラム群を任意に選択し、その間の入出力データをインタフェースとして、計算タスクの任意連結をするという思想は、最近再認識されCA

Eというアプローチとして重視されるようになりつつある。設計業務の中の計算形タスクのコンピュータによる解決の系譜でICESの後継者にあたるものには、有限要素法による構造解析のための大型ソフトウェアがある。CADシステムが、システムという呼称に値するためには、本来ならば計算形タスクと図形形タスクの結合がなければならないが、1960年代ではこれらは個別に開発が進められ両者の融合はなかった。

(3) CAD会社設立時代(1970年代)

1960年代のコンピュータ・グラフィックスの普及が期待されたほどではなかったことの原因はディスプレイの価格である。この価格の障害を突破したのがテクトロニクス社の蓄積管形ディスプレイである。さらに、DEC社のミニコンによって新しい流れとなったミニコンの流行が、新しい形式のCADシステムを準備した。1970年代は分散化の潮流に乗って動きだした。コンピュータ・グラフィックスを商品とする新会社が次々に設立され、ターンキー自立型CADシステムを商品とする会社が次々に出現した。この分野のパイオニアが、カルマ社、コンピュータ・ビジョン社、アプリコン社である。

ストレージ・チューブとミニコンピュータと図形処理専用パッケージド・ソフトウェアの三者をコンポーネントとして組合せたシステム製品がその商品であった。1960年代のCADシステムは素人が自分のために自分で作ったものであって機能の充実を第一義とし採算を二義的にとりあつたが、1970年代のCADシステムは玄人が他人に売ることを考えて作ったものであって、性能を重んじ効率重視のものとなった。CADシステムが商品として成立するための市場が1970年代になって形成されたことも見逃してはならない。即ち半導体技術がICの段階からLSIの段階に突入したのが1970年代である。LSIの生産方式が印刷工程と類似になり、ICマスクの製作のために精密な作画作業の需要が突然大型化するようになり、このための道具として自立型ターンキーCADシステム

が要求されるようになった。CADのDはdesignではなくdraftingである。

1970年代の中頃からこの種のシステムを商品とする会社が群立し、CADブームを形成することとなった。1960年代のCAD/CAMシステムは企業内部での生産ラインを支援するためのいわば縦形のシステムであるのに対比してみると、1970年代のターンキーCADシステムは横形のシステムである。当初対象とした電子産業の需要だけに限定せず、不特定多数の企業に販路を拡大し、あらゆる業種の製図作業を対象とするという意味で横形システムである。CADシステムがLSIの生産を加速することによってマイコンの出現をうながしたともいえよう。

1970年代のターンキーCADシステムの出現の背景にはパッケージド・ソフトウェアの普及という思想的背景がある。パッケージド・ソフトウェアの功罪について一言ふれておくと、ソフトウェアが流通市場にのることによって、ソフトウェア供給が加速されたという利点がみとめられる反面では、市場競争のために秘密性、閉鎖性も高まり、CAD技術としては1960年代のような開放的、探索的な雰囲気は少なくなり、コモダイズムの調子のみが強くなり、みかけ上のはなやかさとは逆に技術進展は低調になったとみることもできる。

1970年代のCAD/CAM技術の特徴の一つにはCADとCAMの分離という面が考えられる。一般的傾向としての分散化の潮流の傾向ともいえよう。ミニコンのCADでの利用ではターンキーシステムを生んだが、CAM分野ではDNCシステムという現象があらわれた。これはプロセス工業でのDDCシステムに刺激された一つの試行ともみることができる。各国で実験的工場が作られたが、大型の設備投資を必要とするために、CAD分野でのような流行とはならず、むしろその次の形式としてのCNCに移行する橋渡しとなった。CNCの本格的普及にはマイクロプロセッサの低価格化が必要であるので、CAM分野が分散化形態に移るのには、C

A D分野に比べると5年ほどのタイムラグがあった。1970年代の前半はCAM分野の動きはFMSへの準備期間であった。CNCの工作機械とロボットによるセル形のFMSなどが出現し、素材搬送のためのパレット、マシニングセンタ、自動倉庫などの基礎技術が着実に蓄積され、工具マガジンの交換、パレットステーション、搬送台車などを総合化したFMSのライン化が1970年代の後半になってつくられるようになった。これらに必要な技術として、工具の自動交換、工具の自動搬送、工具寿命の監視など細かいタスクが多数必要になるが、このタスク群にはマイコンの利用は最も適している。CAM分野でのマイコンの本格的利用は1970年代の後半から開始された。

1970年代のCAD/CAM技術に関して注目すべき動向として忘れてはならない点は、基礎技術に対する再検討という側面がある。CAD分野では形状モデリングの研究と、図形処理基本ソフトウェアの標準化活動、CAM分野ではGTの基礎研究が1970年に着実に進行したが、これらの研究分野については、マイコンとの接点が少ないので言及は省略する。

(4) CAD/CAM普及時代(1980年代)

1980年代には、ターンキーCADシステムに対する機能要求が多様化するようになった。回路作成にのみ適用対象を限定していたターンキーCADシステムは、機械部品の製図モジュールなどを追加し、三次元作図の機能を強化しはじめた。第2ラウンドを形成するCADシステムの新会社が次々に設立され、配管図、建築図、マシンツーリング、地図、衣服型紙、印刷製版など、先発グループと異なる適用分野をねらった専用化の傾向がみられるようになった。さらにグラフィックディスプレイに新しい形式が加わるようになった。即ちRAMの低価格化によって、ラスタスキャン形の新しいグラフィック・ディスプレイが急激に普及し、カラー表示を採り入れたCADシステムが一般化しつつある。これによってコンピュータ・

グラフィックス（図形処理）とコンピュータ・ビジョン（画像理解）の間の境界線がとりのぞかれ次第にCAD技術が変貌しつつある。ワイヤフレーム・モデルのみによっていた図形処理の世界にサーフェース・モデルやソリッド・モデルが入りこみ、色彩の採用とともに表示形式も多彩になりつつある。一方従来のディスプレイ（ランダム・スキャン・ディスプレイ、ストレージ・チューブ・ディスプレイ）も機能強化が加えられ、デバイスの多様化はさらに進展しつつある。ハードウェアの構成面からみると、第1次CADシステムの大型集中化と第2次CADシステムの小型分散化が再びあゆみよって、階層的ネットワーク構成にむかいつつある。

16ビットミニコンピュータが32ビットミニコンピュータに移行しつつあることもこの傾向を加速している。同時にマイクロプロセッサの32ビットへの移行が踵を接しておいあげているため、ここしばらくは形式の多様化はますますはげしくなることが予想される中でソフトウェアの開発が、ハードウェアの世界での変化に追従できない状況はしばらく継続するであろう。

このようなソフトウェアの世界での混乱に対する救済の必要から発生した標準化の活動としてANSIの標準案として採用されたIGESがある。CAD/CAMシステムの図形データの伝達のためのフォーマットを規格化したもので、各種のCADシステムが社内に存在しているBOEING社とGE社がその起案を担当した。これは実際上の必要から生れた標準化であろう。

現状のCAD/CAM技術は、1960年代の状況にくらべてみると、CADとCAMがどんどん分離しているということがいえる。

CAMの分野ではCNCによる工作機械の自立形への移行は着実に進行し、夫々のメーカーが独自のシステムを作り、自給自足の傾向をますます強めている。数値制御の分野ではAPT以後標準化の動きは微弱であって、CADシステムとの連系もギャップが拡大しているのが現状である。この

傾向はマイクロプロセッサやRAMの低価格化によって今後も加速されることが予測される。

6.2 CAD/CAMシステムに対するマイクロコンピュータのインパクト

CAD/CAM技術の基盤は図形処理である。図形処理には通常桁数の多い語が必要になる。したがって、8ビットまでのマイクロコンピュータはCAD/CAMシステムのコンポーネントになる機会は少なかった。ターンキーCADシステムのプロセッサは16ビット系のマイコンであるため、内部での図形処理の計算には3語長を使うなどの技巧的な対策が必要であった。そのためCAD分野ではむしろ周辺でのインテリジェント化にマイコンは使用されはじめた。図形処理は本質的には時系列処理ではなく同時並列処理であるべきものであるため、今後語長の拡張につれて処理系の内部に入り込むことが予想される。一方前にも述べたようにマイコンは、CAM分野で着実にその利用範囲をひろげている。FMSのための基礎技術として工具の自動交換、ワークの自動交換、パレットの搬送、自動倉庫などの中では8ビット系のマイコンの利用に適したタスクが無限に存在する。現在中規模のロットを対象にするFMSの試行が急速に進展しているがこの傾向を助長している要因の一つがマイコンの活用である。

CAD分野の図形処理の中核部分にマイコンが入る余地はまだ少ないが、入出力制御部分ではマイコンの利用は次第に進展している。グラフィック・ディスプレイにラスタスキャン方式のものが採用され、大容量の記憶素子の需要が高まり、RAMやマイクロプロセッサが数多く組入れられるようになった。特に従来ホストコンピュータ側の負荷として大きかった図形変換(図形の回転、移動、投影、透視)のタスクをターミナル側に移し、インテリジェント端末とし、ホストコンピュータ側の負荷が軽減されるようになりつつある。16ビット系までのマイコンの利用では、CAD技術に対する影響は間接的であったが今後の32ビット系のマイコンの場合は、そのインパクト

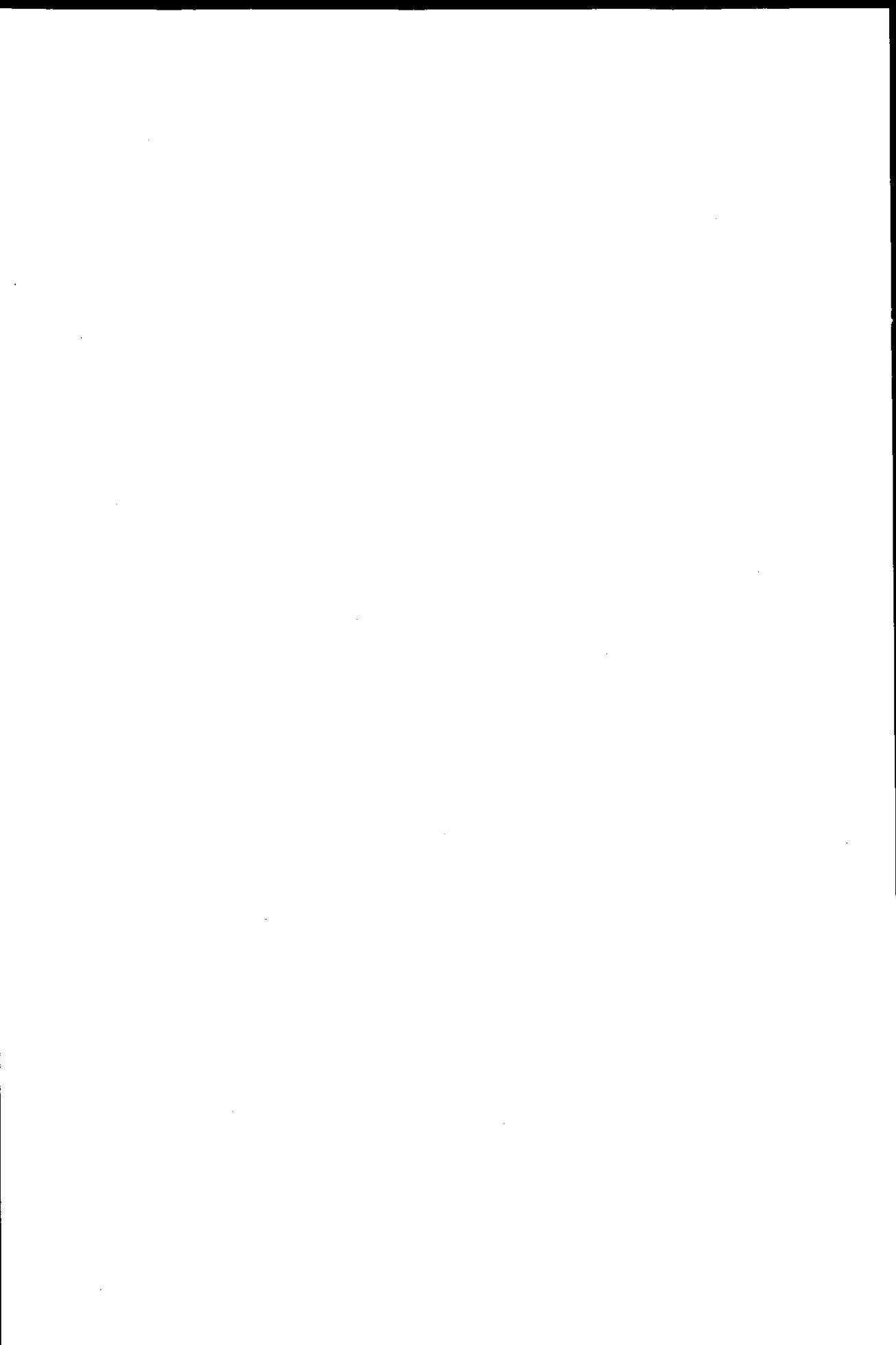
は様子が異なるであろう。またゲートアレイプロセッサの利用が普及する時期には多様化した端末が供給されることになるであろう。

CADシステムの形態の変化は急速に分散化、個別多様化にむかっている。この方向を延長すると、32ビット系のマイコンがCADシステムの機器の中に組入れられる時期にはパーソナル形CADシステムが広範に活用されるようになるであろう。現在マルチウインドウ機能をもった高解像度のビットマップディスプレイが記号処理のためのパーソナルコンピュータなどで使用されて文書処理の自由度を高めているが、将来のCADシステムでは図形処理だけではなく文書処理も同一画面上で自由に混在させるようになるであろう。その場合のマイコンの組込みの姿はホストコンピュータよりも重装備になるかもしれない。

CAD/CAMシステムが第1段階から第2段階に移った時の問題点は、情報経路の途絶であった。NC技術から出発した第1段階のCAD/CAMシステムでは、形状定義から加工指令までの情報の流れを一貫させることに重点がおかれた。実現したものは比較的狭い範囲ではあったが一応設計と製造を結ぶシステムであった。1970年代からの第2段階に入ると様相は一変し、ターンキーCADシステムでもCNC工作機械の場合でも、部分完結性に重点がおかれるようになり、対話形の操作性は向上したが、前後工程との情報伝達は再び人間にまかせられることになり、CAD/CAMシステムからは除外された。APTシステムやEXAPTシステムのような大型プログラムの使用は次第に低減し、設計は設計、工作は工作という傾向が強まり、設計から工作への情報伝達のシステム化にはかつてほどの熱意がみられなくなった。このような部分集約化による情報伝達の停滞は分散によって生ずる問題点である。IGESのプロジェクトはターンキーCADシステムの普及による情報伝達の停滞を解消したいという現実的要求から提起されたものである。パーソナルCADシステムの実用化の時代に入れば、このような情報経路の混乱はさらに倍加されるであろう。紙に画いた設計図の情報伝達の媒介

としての役割が再認識される状況が再来するかもしれない。目にみえるハードウェアと違って、ソフトウェアの流通経路の標準化の検討は困難な面が多いが、マイコンの利用によってもたらされる個人活動の場のひろがりの拡大の代償としても、このような基礎作業に力をそそぐことの重要性は今後さらに高まるであろう。

第7章 システムハウス



第7章 システムハウス

7.1 システムハウスの位置づけ

「システムハウス＝マイクロコンピュータ」このように、システムハウスとマイコンは一身同体であると言っても過言ではないであろう。なぜならば、マイコンの登場なくして、システムハウスの登場もなかったからである。

システムハウスはマイコンの持つ特徴、利点を大いに活かし、社会構造の転換、情報産業の発展に貢献している。そこで、システムハウスの前身、母体および企業の中味等について以下述べることにする。

なお、図7-1～7は、日本マイクロコンピュータシステム工業会の資料から、資本金1億円未満の企業について集計したものである。

(1) システムハウスの母体および前身

システムハウスの母体及び前身は中小業者や同好の志の集まりだったが、最近は大手からの参入も目立ってきた。しかしこれは、本来のシステムハウスとは呼びがたい面もあるように思われる。

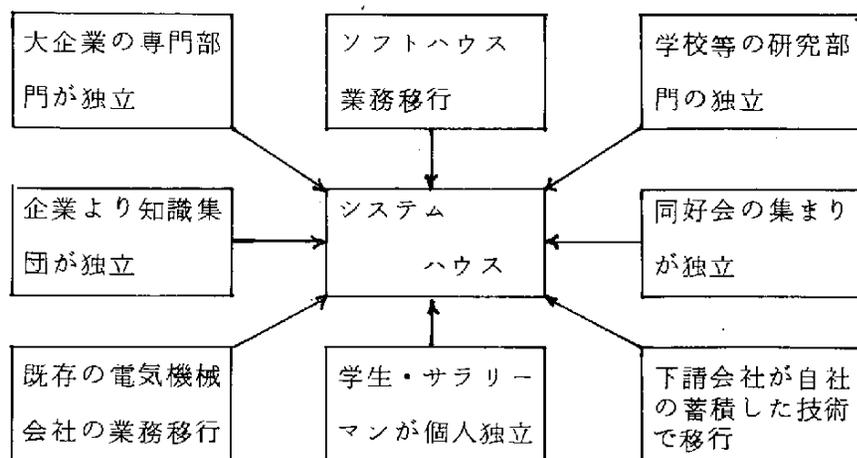


図7-1 システムハウスの母体及び前身

(2) 資 本 金

資本金については、2,000万円未満がほぼ半数の47%を占め、5,000万円未満となると、実に94%を示した。

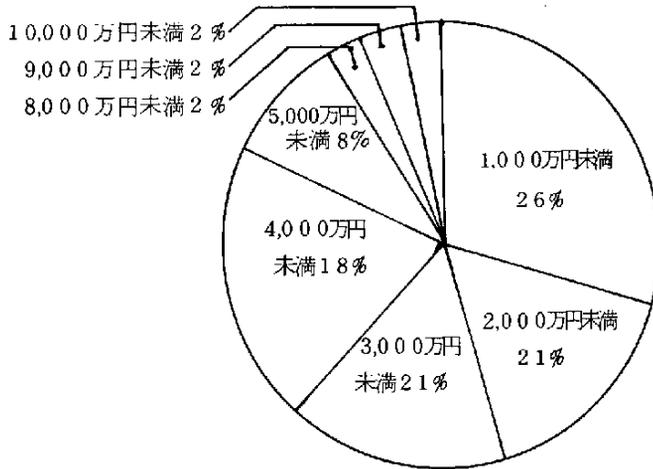


図 7-2 システムハウスの資本金

(3) 設 立 年 度

昭和46年から昭和50年の間に設立されたものが半数近くの47%を占めている。

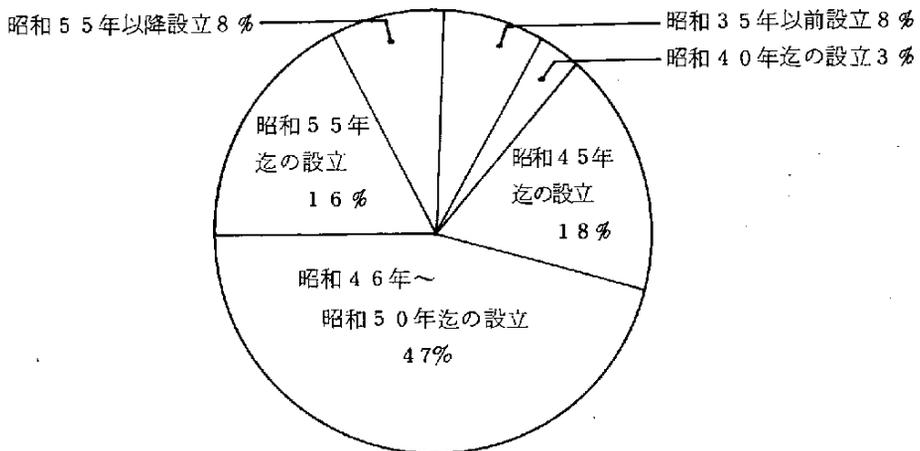


図 7-3 システムハウスの設立年度

(4) 従業員数

100名以内の企業が82%を示している。

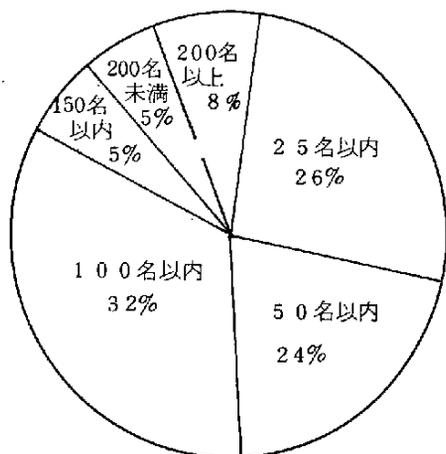


図7-4 システムハウスの従業員数

(5) 従業員の平均年齢

従業員は平均年齢は29歳未満が過半数を占めているが、これは企業の歴史からしても当然といえる若い年齢である。

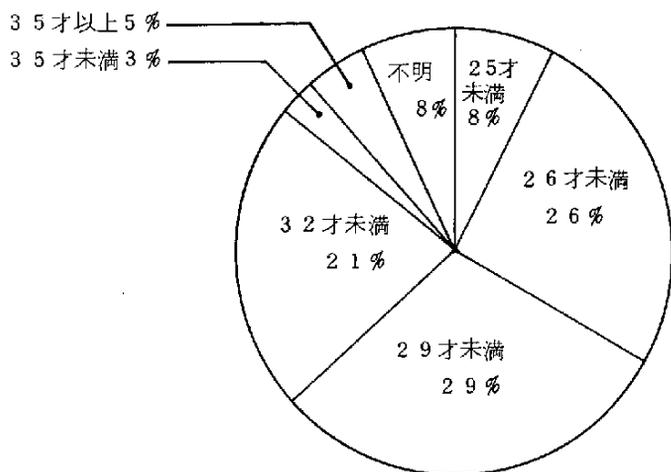


図7-5 システムハウスの平均年齢

(6) 年 商

年商や売上面になると、企業間で開きが大きくなる。これは受注生産だけの企業とOEMを含め量産体制に入った企業との開きと思われる。

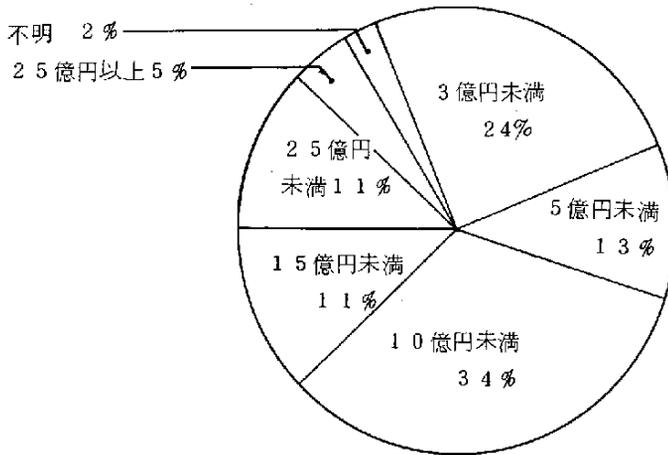


図7-6 システムハウスの年商

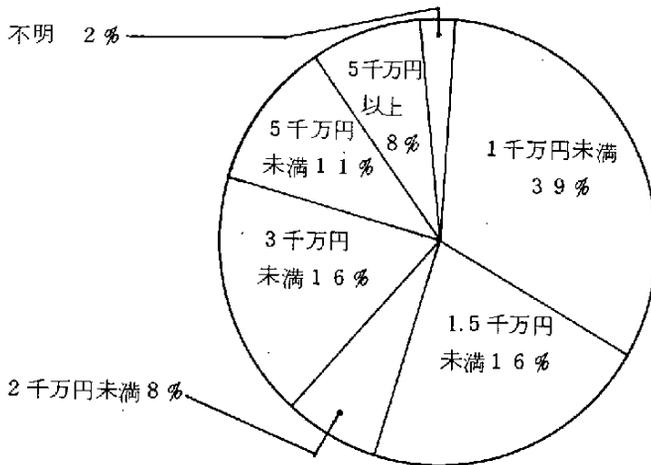


図7-7 システムハウスの1人あたりの年商

7.2 システムハウスの製品開発手順

マイコンの性能の向上、価格の低下により、製品あるいはシステムへの応用志向は増大の一途にある。しかしその為には、

- (1) L S I 技術
- (2) コンピュータに関する技術
- (3) システム化技術

など、高度な技術と共に、システム開発のための企画、創造を担当する部門を含めた統括組織も必要となる。このため、マイコンを応用することの必要性、応用価値は認めるものの、実際には利用に踏み切れない企業も少なくない。この様な背景から、システムハウスを利用した製品化、システム化が増加している。しかしながら発注形態は固定化されているわけではなく、業務内容により多様化している。いくつかの例を上げてみると、

- (1) ソフトウェア部分のみの発注
- (2) コンピュータ応用部分のハードウェアとソフトウェア
- (3) コンピュータ応用部分を含め、システム全体のハードウェアとソフトウェア

その他、調査、分析の時点から、企業側とシステムハウスで共同開発するといった例もある。

次に、依頼業務の規模、業務内容により若干の違いはあるが、システムハウスの一般的業務形態を図7-8に示す。

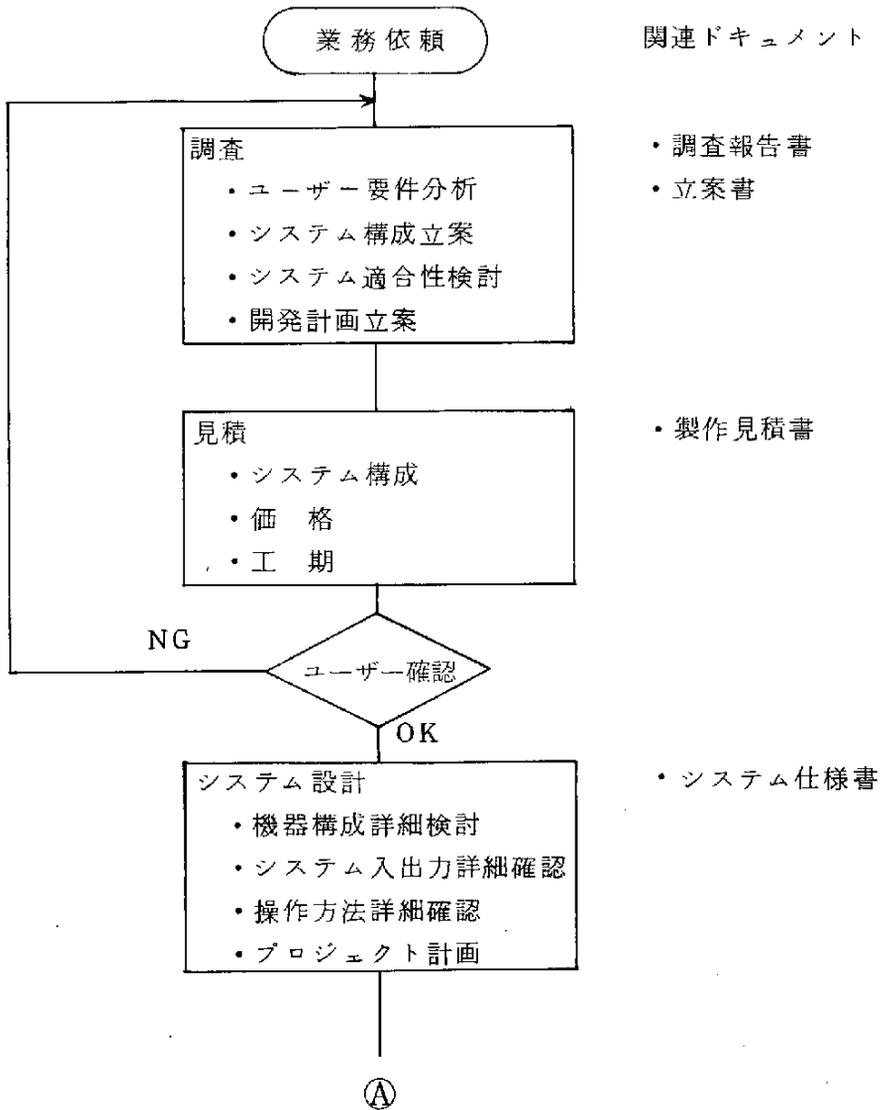
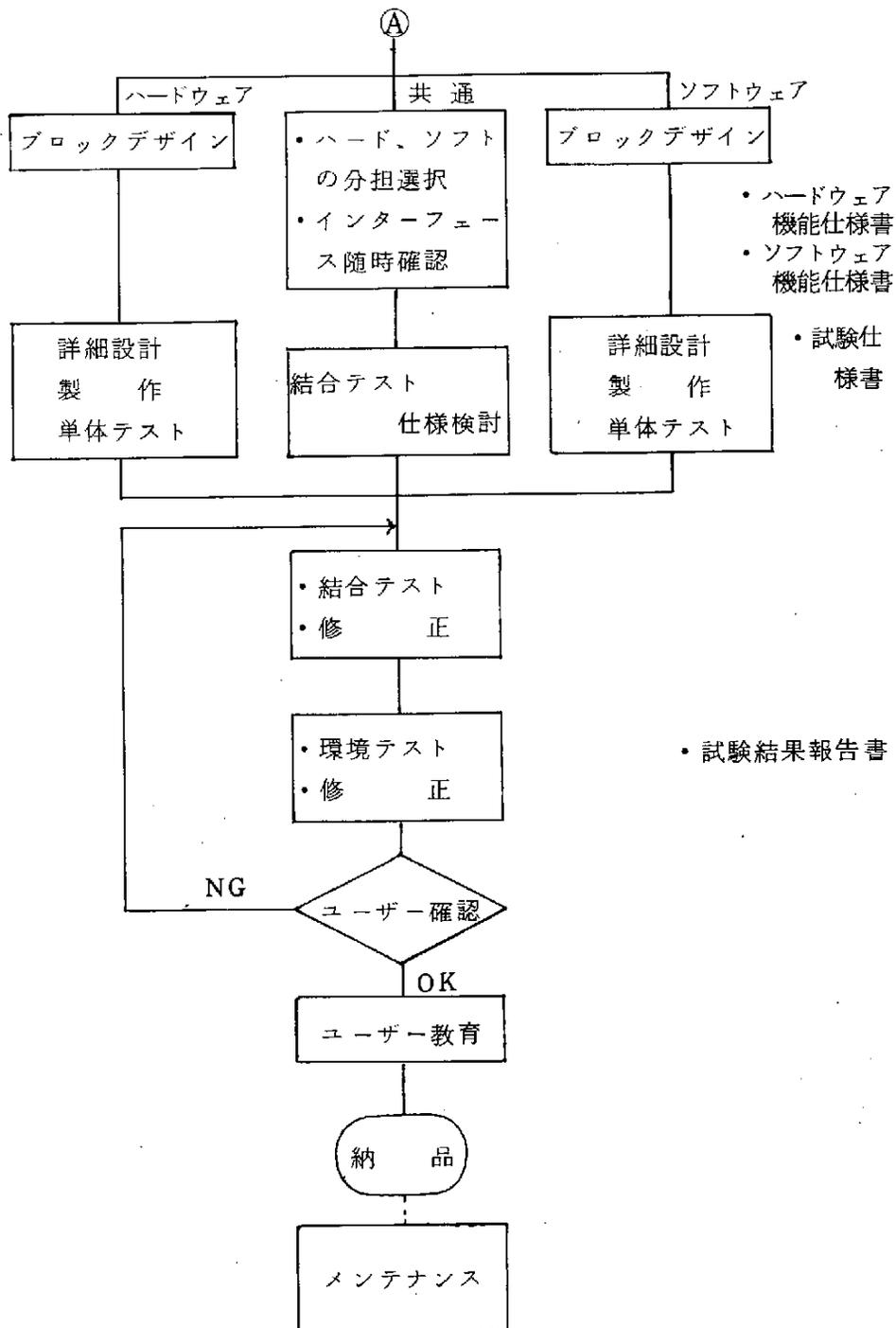


図 7 - 8 システムハウスの一般的業務形態



7.2.1 調 査

ユーザーからの要求仕様を分析し、システム化が可能であれば概算開発費、概略作業計画をまとめる。

作業項目

- (1) ユーザーからの要求仕様を分析し、機能的、技術的にシステム化が可能であるか検討する。この時派生的に発生する疑問点については調査を行ない、分析結果、調査結果を調査報告書としてまとめる。
- (2) システム化が可能であれば概算開発費を算出し、概略作業計画を立て、これを立案書としてまとめる。
- (3) 調査報告書、立案書をユーザーに提出し、確認を仰ぐ。

作成資料

- (1) 調査報告書
- (2) 立案書

7.2.2 見 積

ユーザーからの要求仕様を細部に渡り徹底分析し、見積範囲を明確にし、さらに設置、運用などに伴う付帯条件を明確にするとともに作業計画の立案、見積価格の算出を行なう。

作業項目

- (1) ユーザーの要求仕様を詳細に分析し、機能仕様書としてまとめる。
- (2) マイクロプロセッサの選択、周辺装置の検討等を含め、システム構成図を作成する。
- (3) 設置、運転などに伴う付帯条件を調査する。
- (4) 作業計画を立案し、見積書を作成する。

作成資料

- (1) 機能仕様書
- (2) システム構成図

(3) 見横書

7.2.3 設 計

機能仕様に基づき、ハードウェアとソフトウェアの最適化を念頭に置いて各々の設計作業を行なう。

作業項目

- (1) ハードウェアとソフトウェアの最適化を念頭に置き、設計の基本方針を検討する。
- (2) ハードウェアとソフトウェアの各々について、構造、構成を具体化する。
- (3) ハードウェアとソフトウェアの製作に必要な資料を作成する。

作成資料

- (1) ソフトウェア基本設計書
- (2) ソフトウェアプログラム仕様書
- (3) ハードウェア設計書

7.2.4 製作、テスト

ハードウェア、ソフトウェアの設計書に基づき、各々の製作、単体テストを行なう。結合テストでは、細部の調整を行ない製品として仕上げる。また、環境テストにより信頼性の向上を図る。

作業項目

- (1) ハード部門、ソフト部門のプロジェクトにより、細部に至るインターフェースの確認をとりながら、各々の製作を行なう。
- (2) ハードウェア、ソフトウェア各々の単体テストを行ない、製作上のバグの洗い出し、修正を行なう。
- (3) 結合テストではハードウェアにソフトウェアを組み込み、最終的なインターフェースの確認、タイミングチェック、誤操作による異常動作等

をチェックする。

- (4) 環境テストでは、ノイズ試験、温度試験、静電気試験、震動試験等により、耐久性、信頼性についてチェックする。
- (5) 全てのテスト完了時に、実機、試験結果報告書により、ユーザーの承認を得る。

作成資料

- (1) ハードウェア機能仕様書
- (2) ソフトウェア機能仕様書
- (3) 試験仕様書
- (4) 試験結果報告書

7.2.5 メンテナンス

メンテナンス作業は、下記の3項目に大別することができる。

- (1) ハードウェアの定期点検
メンテナンス契約を基に、点検作業を行なう。
- (2) システムハウスの責任で行なう作業
要求仕様が満足されていない為に行なう改造作業で、基本的には無償で行なうが、システム内容、納入後の経過期間などを含んだ契約により、有償とする例もある。
- (3) ユーザーの改定要求により行なう作業機能の改定や要求の高まりによる改良作業で、有償となる。

ユーザーにとってメンテナンスは重要であり、内容によって緊急に処置を行わなければならないものである。システムハウスは、上記メンテナンス作業に対しても責任を持って、正確に迅速に対処できるよう体制を敷いている。

7.3 コスト・ダウンの努力

マイコン応用製品の価格は、コスト・パフォーマンスからみると年々安価になっている。しかしそれは、ハードウェアの進歩によるものが主な理由である。システムハウスとしては、よりユーザーニーズに合ったシステムを、より安価にユーザーに提供していく為に、いくつかのコスト・ダウンの努力をしている。

7.3.1 開発費、工賃のコスト・ダウン

システムハウスといっても企業規模、業務形態は様々であるが、一般に製品の開発からみれば特注生産品が多く、その原価構成は、一概には言えないが次のようになるであろう。

○ソフト、ハードの両方を開発する場合

経費	工賃	開発費	材料費
----	----	-----	-----

○ハードのみを開発する場合

経費	工賃	開発費	材料費
----	----	-----	-----

○ソフトのみを開発する場合

経費	開発費
----	-----

図 7-9 原価構成

以上の図からコスト・ダウンを考慮するとき、開発費及び工賃に注目しなければならない。

開発費、工賃のコスト・ダウンといっても対象が人為的要素のものであるし、また特注生産品が多く、一発勝負というリスク的側面もあるのでコスト・ダウンが実施しにくい面もあるが、これらの面では標準化が重要なテーマと考えられる。一般に、標準化については設計から製造ラインまで考えられるが、設計部門においては、設計手法の標準化と共にこれから設計する対象システムに対し、標準品または自社内既設計品の適用をできる限り進めなければならない。ソフトウェアについては7.3.2に記すとして、ハードウェアでは、筐体の寸法、ボードの寸法についても標準化されることにより、新設計システムに対してはその組合せ設計のみにすることが可能であり、設計、製造及び試験の時間の削減も可能である。さらに使用部品に関しても、標準化、統一化することにより他の製品との共用化、抱き合わせ発注による発注量増、一括発注による購入コストの低減など、材料費の低下にもつながる。

7.3.2 ソフトウェア開発費のコストダウン

近年、コンピュータ・システムの開発費用の比率は、ソフトウェアがハードウェアを大幅に上回っている。マイクロコンピュータ応用製品の場合は、特に顕著であるといえよう。システムハウスに限らず、ソフトウェア開発のコスト・ダウンを計ることは、あらゆるコンピュータ関連業界の課題となっている。ソフトウェア開発のコスト・ダウンに対するアプローチは各社様々であると思うが、一般的に次の3つが考えられる。

- 開発手法の標準化
- 高級言語の利用
- 業務の専門化

(1) 開発手法の標準化

汎用コンピュータのソフトウェア開発では、古くからIPT (Improved Programming Technologies) 手法を取り入れてソフトウェ

ア開発がなされているが、マイコンのソフトウェア開発では、開発するソフトウェアの規模も大きくなかった事もあり、標準化された開発技法を取り入れていなかった。しかし、最近マイコンのソフトウェア規模も大きくなる一方である為、効率的な開発技法の標準化を考えなければならぬ。また、開発技法の標準化をする事により、既存設計書の利用、プログラムの利用がより可能になるであろうし、設計、プログラミング、及びテストに要する時間の削減が可能となる。

(2) 高級言語の利用

マイコンのソフトウェア開発で、現在利用されている言語には次のものがある。

① アセンブリ言語

アセンブラ

② 高級言語

- | | |
|-----------|---------|
| ・ PL/M | ・ BASIC |
| ・ Pascal | ・ Ada |
| ・ C | ・ FORTH |
| ・ FORTRAN | |

ソフトウェア開発でどの言語を利用するかは、非常に重要な問題である。処理スピード、メモリの使用量等を考えればアセンブラが、反面、開発工数、メンテナンスを考えれば高級言語が最適であろう。現状では、CPUの高速化、メモリの低価格化及びソフトウェア規模の増大等から、高級言語を利用する比率が高くなっている。

(3) 業務の専門化

システム開発をする上で開発技術者が一様に悩むのは、応用分野の知識がない事である。マイコンの応用分野は非常に広く、それら全ての分野の知識を持つ事は不可能である。各種プラント、ロボット等にしてもそれぞれに専門用語があるし、制御するものによって、プログラム構造、

I/Oの制御方法も異なってくる。初めて経験する応用分野のシステム開発をする場合、その業務担当者は、応用分野の勉強から始めなければならない。また、使用CPU、使用言語でも同様の事がいえる。そこで現在システムハウスでは、応用分野、CPU、言語に関して専門化を計り、開発工数を減少させ、開発期間を短縮し、かつ信頼性の高いシステムをユーザーに提供できるよう努力している。

7.4 マイクロコンピュータを生産技術に応用するには

現在、マイコンは多種多様な用途に利用されている。小規模なものは電卓、ミシンから、大規模なものではプラント制御、宇宙開発に至るまで、複雑多岐に及んでいる。マイコンがこの様に普及した背景には、以下の要因が考えられる。

- (1) ハードウェアの飛躍的な進歩、発展による、小型、軽量で安価な部品を安定的に供給できる。
- (2) システムの拡張、縮小等、仕様変更に対し、ソフトロジックで柔軟性のある対応が可能である。
- (3) ハードウェア、ソフトウェアの標準化を進めることにより開発期間の短縮化が計れ、市場ニーズに即応できる。
- (4) 診断プログラム内蔵により保守及び信頼性の向上が計れ、付加価値の高い製品を得ることができる。

このような特徴を有するマイコンは、今日様々な分野に応用されている。マイコンを製品あるいはシステムに応用するには、マイコンの利害、特質を充分認識し、ハード、ソフトの機能分割の最適化を計り、設計に反映する必要がある。

上記に鑑み、マイコンを生産技術へ応用するに当たり設計上考慮すべき点や問題点、更には評価と今後の課題を述べる。

7.4.1 システム設計上の考察

マイコン応用システムの設計及び開発技術は、部品コンポーネントとして部品に組込む場合と、コンピュータシステム機能として製品システムに組込む場合がある。いずれの形態においても、その設計思想は、

- (1) プログラマブルアルゴリズムの開発と応用
- (2) ハードウェアとソフトウェアの機能分担
- (3) 信頼性、保守性に対する体系的な対処
- (4) 経済性、販売数量と収益に対する見通し
- (5) 専門企業利用による即戦力化

の点にあり、ストアードプログラム方式の利点を生かすことである。

マイコンの製品開発は、市場性、技術競争、収益等の面から企業及び製品の特質や環境条件を充分考慮する必要がある。特にマイコンの採用による利点を活かすことが必要で、各種の調査、研究を事前に綿密に行ない、設計開発のタイミングを計ることが重要である。さらに、マイコン応用製品はインテリジェント機能を抱括し、ハードウェアとソフトウェアの関連性が強く、ハードウェアの仕様変更に対しソフトウェアへの影響が大である為、

- (1) 開発要員の教育と確保
- (2) 標準化の推進
- (3) 開発用周辺環境の整備

等を充分検討し、ユーザーサイドに立って操作性、安全性、安定性などを充分考慮し、設計する必要がある。

7.4.2 ハードウェア設計上の考察

マイコンの仕様は処理能力、拡張性、開発費及び価格等に影響を与えるが、システムの特異性や環境条件を考慮し、仕様条件に適したマイコンを評価、選択する必要がある。

設計するに当って最初に検討しなければならないのは、マイクロプロセッ

サの選択である。多種多様なマイクロプロセッサから最適なものを設定するのは設計者の裁量に委ねられており、その採択による責任も自らが負わなければならない。ハードウェア、ソフトウェアの設計上の技術的なチェックに加え、マイクロプロセッサの選定の上でLSIベンダーの開発力、実績、サポート体制、価格、納期なども充分検討されなければならない。次に、マイコンに外部装置を接続するインターフェースを設計するに当たっても、インターフェースの適、不適は、システムの拡張性、信頼性、能率に大きな影響を及ぼす。種々の外部装置を接続して一つの制御システムを組み立てるに当たって、マイコンと外部装置を有機的に結合することこそ、システムの機能を充分引出す上で重要である。

- (1) ビット数とその適用分野の選択
- (2) 命令体形、スピード、拡張性を考慮
- (3) L S Iファミリー、セカンドソース、サポートシステム
- (4) 最適インターフェースの選定
- (5) 耐環境条件

7.4.3 ソフトウェア設計上の考察

ソフトウェアの開発スピード向上の為機能単位にプログラムを分割（モジュール化）し、標準化を計ることにより他システムへの有効利用と開発コストの低減を計る。量産システムあるいは小規模システムに対しては、コンパクトなソフトを設計する。多種少量システムに対しては、高級言語利用によるプログラム開発及び既存プログラムの再利用化を設計上考慮する。入出力制御処理においては、

- (1) 入出力状態を常にスキヤニング・チェックし、それらの状態に応じた処理を行なう。
- (2) 各入出力装置から処理要求を割込形式で発生し、それに応じて処理をする。

7.4.4 開発、支援体制の確立

マイコン応用製品の開発においては、開発スピード向上、コスト低減、保守性を考慮し、ハード面、ソフト面から開発、支援体制を確立する必要がある。

ハードウェア上の体制

- (1) 信頼性の高い、供給が安定している部品の選択
- (2) 製造方式統一、管理と治工具の改善
- (3) 試験方式の確立（試験の自動化、自己試験機能等）

ソフトウェア上の体制

- (1) 高級言語の開発
 - (2) OSの開発
 - (3) ユーティリティ機能の充実
- などである。

7.4.5 システムテスト環境の確立

システム開発、製造、保安上においてシステムテストの効率をあげる必要があり、その環境を確立する。

ハードデバッグ

- (1) データを目視できるようLED等を付加する。
- (2) ICソケットを基板につけてLSIの着脱を容易にする。
- (3) コンソールパネルの操作性の向上

ソフトデバッグ

- (1) シミュレートプログラム
- (2) コミュニケーションデバッグ
- (3) リアルタイムデバッグ

7.4.6 応用上の問題点と今後の課題

マイコンは、より一層多方面に利用されると予想される。今後開発上問題となると思われる点を列挙する。

- (1) ハードウェアのコスト低減化により、一層ソフトウェアに対する設計比重は高くなる為、特徴を出した設計思想が重要である。
- (2) 入出力装置を含めたシステム全体で評価する必要がある。
- (3) ハードウェア技術動向を充分把握し、将来の発展に対処する必要がある。
- (4) ソフトウェアの生産性を改善するために、汎用サポートシステムの完備、効率的な開発、管理手法を開発する。

7.5 応用例

マイコンを使用している例としては機械、装置への応用、生産ラインなどの製造工程への応用などがあり、幅広く利用されている。

応用分野を大きく分類すると、

生産現場 FA (Factory Automation)

- ・産業ロボット
- ・自動搬送システム
- ・数値制御／マシニング・センター
- ・設計等自動化CAD／CAM／CAE

事務 OA (Office Automation)

- ・データ処理
- ・文章処理
- ・ビジネスグラフィクス
- ・音声処理

サービス SA (Service Automation)

- ・取引自動化
- ・自動保存システム

- ・自動決済システム
- ・自動輸送システム

などがある。

7.5.1 応用事例

マイコンの生産現場への応用の一部をまとめたものが表7-1である。

表7-1 生産現場への応用

応用機械・装置・製品	用途	機能・役割
シーケンサ	板金、組立、塗装	生産設備のシーケンス制御
自動スポット機	点溶接	順序指示
モートル巻線機	モートルの巻線作業	巻線位置、圧力制御
発泡機	断熱材の発泡	原料注入位置、量の制御
測温機	スラブ表面温度測定	温度信号の補正演算
ロール研磨機	圧延ロールの研磨	研磨用バイトの位置決め、制御
分析機	ガス分析	含有量計算
NC工作機	金属加工	位置制御、回転制御
三次元測定機	部品の測定	形状、寸法の計算
搬送台車	無人搬送	台車制御、入在庫管理
ロボット	溶接、搬送、組立	ティーチング、シーケンス制御
自動製図機	作図	入力データの読込み、直線、円弧補間文字発生
配線機	配線ラッピング	配線パターン読込み、配線制御

7.5.2 三次元測定機への応用

三次元測定機とは、プローブの先端位置のX、Y、Z軸座標を測定する装置である。これとマイコンを結合することにより、外周、表面積、断面積、体積などの計測が可能である。

三角錐の断面積の計測の例を図7-10に示す。

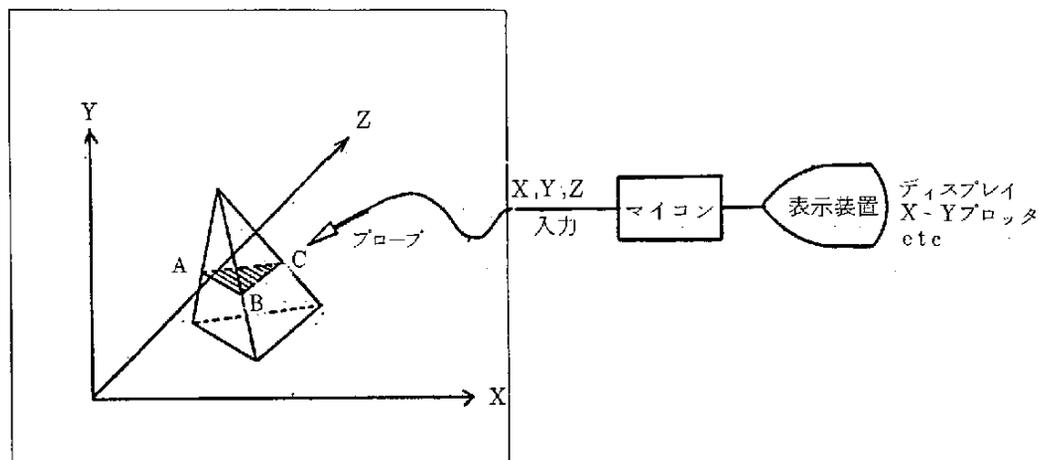
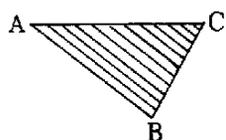


図7-10 三次元測定機

三角錐のA、B、CをプローブでなぞるとX、Y、Z軸の座標がマイコンに入力される。



Aの座標 (X_A, Y_A, Z_A)

Bの座標 (X_B, Y_B, Z_B)

Cの座標 (X_C, Y_C, Z_C)

それぞれの座標値より三角形ABCの面積を演算することにより、断面積が求まる。

7.5.3 画像センサーへの応用

画像センサーとは、光学的に入力された画像を1と0のパターンに分解する

装置である。これとマイコンを結合する事により、次のような応用が可能である。

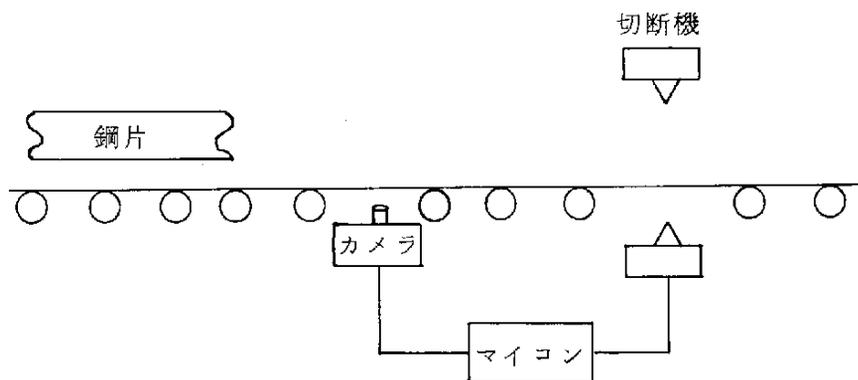


図7-11 圧延工程

図7-11は圧延工程の一部であり、鋼片の先端と後端をカメラで監視し、形状不良部分を判断して切断機に指示を与える。

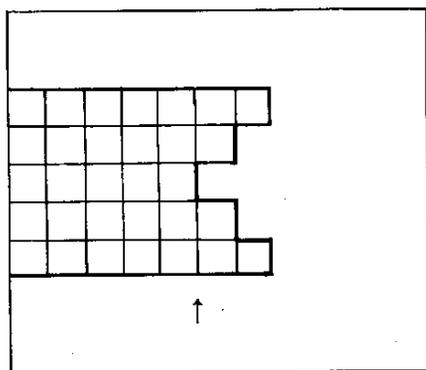


図7-12 画像データ

図7-12は、鋼片の先端部分をカメラが捉えた簡略図である。先端の凸凹部分を計測し、切断する。

7.5.4 上位コンピュータとの結合

製造ライン、試験、検査ラインなどは一般的に大規模となり、これまでは、ミニコン、中・大型コンピュータにより制御、管理されていた。しかし現在、計算機の大型化の限界、マイコンの著しい発展などにより、1台の計算機では不可能であった処理能力を持つ分散処理方式が可能となった。

分散処理方式の利点は

- (1) 資源の共同利用
- (2) スループットの向上
- (3) 性能の向上
- (4) 信頼度の向上

などがある。

次に、生産工程への応用例を示す。製造ライン、試験、検査ラインなどの応用が考えられ、一般的にラインは複数の工程より構成されており、大規模になると各工程を専用のマイコンで制御し、全工程の管理は回線で結ばれた中央のマイコン、ミニコンで行なう場合が多い。一般的な例を図7-13に示す。

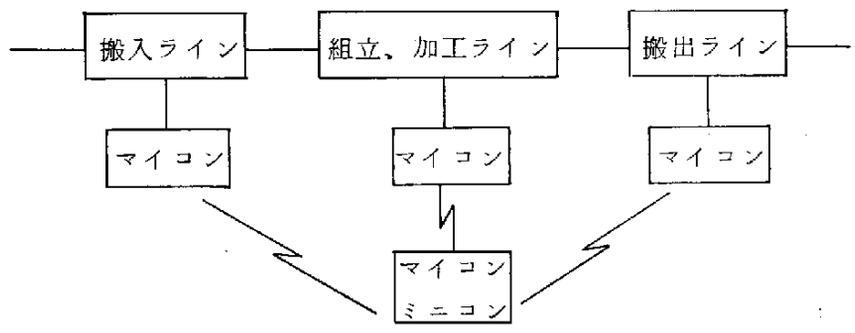


図7-13 生産工程の応用例

各々のマイコンはラインの監視、作業指示、実績収集などを行ない、作業を円滑に進める。中央のコンピュータは各マイコンより伝送される実績、異常などを考慮し、全工程の周期を管理し、効率良い自動化を実現する。

7.6 システムハウスの将来展望

システムハウスは読んで字の通り「ハウス」であり、本来は、家内工業的な小規模企業のイメージである。

今迄はコンピュータそのものが非常に高価であり、大手企業でなければ手が出なかったが、低価格のマイコンの出現により、誰でも知識さえあれば利用できるようになった。また、ユーザーの需要も多角化、高度化したのに加

え、新技術が市場に出るサイクルが早くなった今日、この多品種少量生産に答えられる知識集約型中小企業の出現を見たわけである。

しかし、一言にシステムハウスといっても、今やハウスとは言えない程の急成長企業が出現したりして、その業務の内容も差異があるようである。まず、大手電機メーカー、半導体メーカーの下請け中心の所があるが、ここは独自の研究開発による新技術に裏打ちされた企業が多く、その得意とする分野では、損得抜きの仕事の虫のような若手技術者が、昼夜を問わず開発に没頭するといった姿も見られ、自社開発するより早いし安いと注文が来るケースである。しかしながら大手企業の中では、自社技術で充分だとか、その存在を知らないとかで、独自に開発している所がまだまだ多いのが残念である。もちろん、システムハウスとは名ばかりで、自社での研究、努力もせず大手会社の下請けとして納期に追われている所もあるようだが、これらは論外である。

次に、一般ユーザーからの委託開発を受けて設計開発、資材調達から完成品テストまでを請負う所についてであるが、その一部はユーザーに頼ったとしてもほとんどを独自でできるタイプである。一般ユーザーが製品開発に当たり、「マイコンを利用したい」、「マイコンを利用できないか」と言った問題に突き当たった時に、気軽に相談でき、また協同開発にも応じるといった、小回りのきく消費者の幅広い選択にも答えられる形態である。しかしまだまだ、ユーザー側から見ると存在を知らなかったり、「我社はマイコンがわからないが、相談できるのだろうか」といった疑問や、機密の保持、メンテナンス、予算等で二の足を踏むケースもよくあるようだが、「革命の担い手」とも言われているこの集団に、気軽に相談してもらいたいものである。

三番目は、メーカーとして製作から販売まで一貫して取り組んでいる所である。ロットが少なく、大手が目をつけていない分野に一早く着目し、独自の技術で製品化を計ったり、ソフトハウスで得た技術を掘り下げて、新開発の製品作りへと転向したケースや、医療や計測向けのような限られた分野で

の専門的な知識を利用して、市場に参入するケースである。OEMで販売している所も多いようだが自社ブランドで勝負する所や、逆に米国に進出を試みたり、ヨーロッパに輸出を手掛ける企業も出て来ている。これには、設備や資金、販売ルートなどが加わっていないなければならない。

マイコンの応用分野の無限とも言える拡大に伴い、幅広いあらゆる分野で、個々のニーズにあった製品が要求され、今迄集中処理されていた分野も分散処理へと向かい、より高度な技術とサービスが叫ばれている。今後の日本は、知識集約型企業が中心となると言われている。その中でシステムハウスは、技術力、開発力、頭脳が財産だと、研究に力を注ぎ、実力主義で若い有能な社員達の能力を十二分に発揮すべく、企業努力を重ねている。この中から、今後増々独自の技術で急成長を遂げる企業が生まれることであろう。

お わ り に

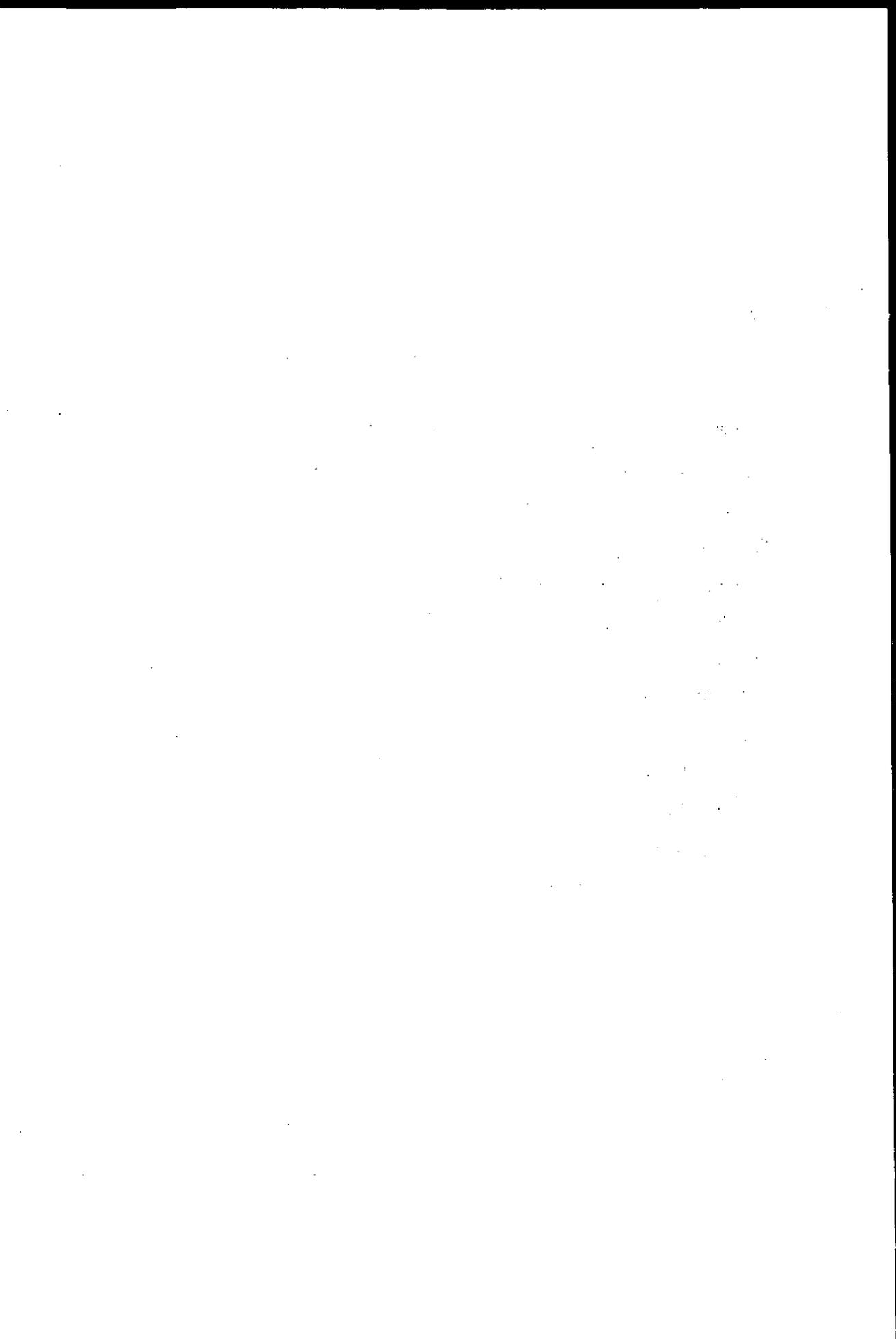
本報告書においては、まず各種産業分野におけるマイクロコンピュータ利用の実態、効果、今後の利用計画などをアンケート調査によりサーベイした。そして、その結果を分析するとともに、委員会で重要と認めた幾つかの中心的技術について、将来動向をも含めた展望を試みた。

産業分野は多種多様にわたるから、利用の実態や将来の計画もさまざまである。総じてマイコン利用は極めて活発であるという現状が改めて認識されたものの、業種によっては意外と未浸透のところもあるようである。それは仕事の性格にもよるが、今後の発展が期待される分野という解釈ができよう。

将来計画としては、個別制御から複合的な統括制御へ、そして通信ネットワークを利用した分散結合型の制御へ移行したいという志向が強い。また上位コンピュータと結合したインテグレートド・システムや、単一ループの制御から多変数の高度（例えば適応）制御への発展といった方向も浮かび上っている。インテリジェントな計測機器、計測システムへの組込みも盛んになるだろうし、システムの信頼性・安全性・保守性を高めるツールとしての利用もますますふえるだろう。

このようなニーズを満たすためには、各ハードの機能向上・低価格化と同時に、互換性の向上、ソフト開発の効率化が切実な要求となっている。一方では、システムハウスに対する認識と信頼性には未だ欠けるところも多いようである。システムハウスへの期待としては、やはりソフト開発に対するものが多いが、開発されたシステムのメンテナンスについての要望・期待も強い。メンテナンスは極めて重要でありながら、ユーザもデベロッパーも避けたがる仕事である。このあたりの問題を掘り下げることは、今後の大切な課題の一つであろう。

新しいチップや周辺機器、そしてシステムとその開発体制の進歩は、ユーザとメーカーの相互理解と共同作業なくしてはあり得ない。本報告書が両サイドの方々にとって、多少なりとも参考となれば幸いである。



禁無断転載

昭和58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 株式会社 昌文社
東京都港区芝5-26-30
TEL(452)4931(代表)

57-R010

