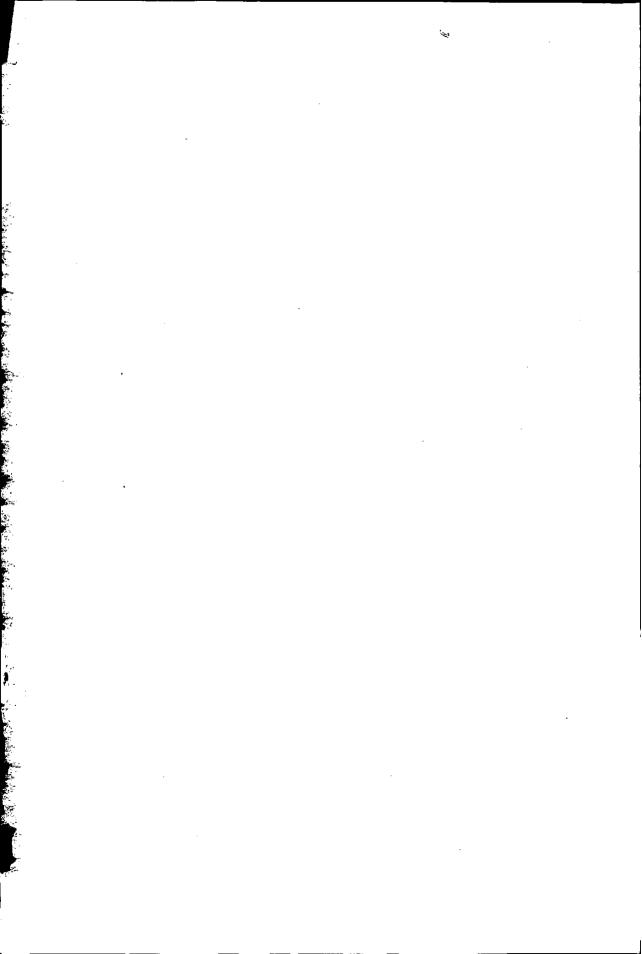
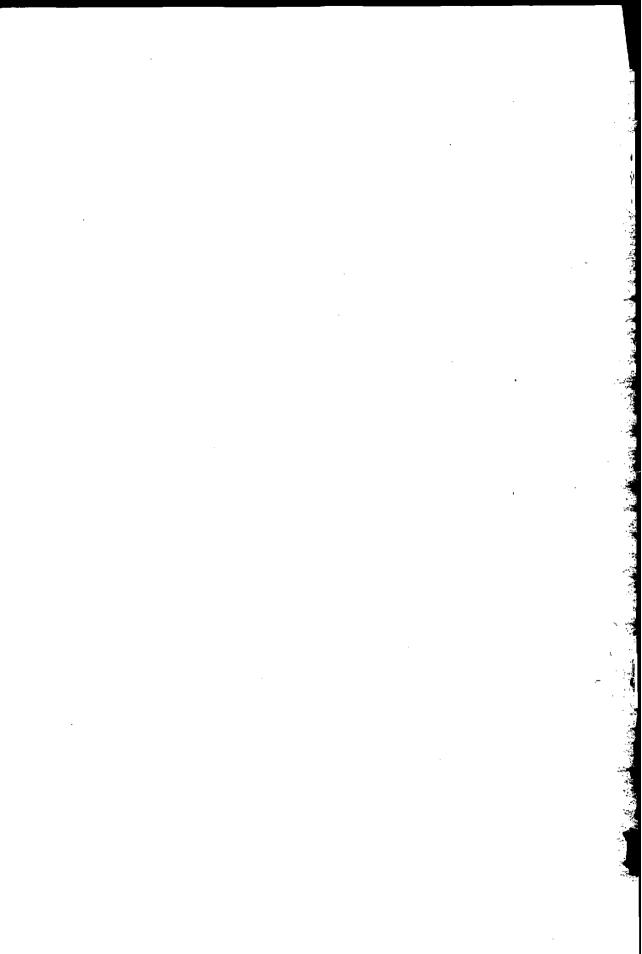
機械工業におけるマイクロプロセッサの応用 手引書

昭和52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51年度に実施した「情報処理教育に関する調査研究」の一環としてとりまとめたものであります。





内外情勢の変化にかんがみ、わが国における産業構造の質的改善は急務 であり、産業界特に機械工業においては知識集約化あるいはシステム化 が大きな問題となっております。

当財団では、昭和50年度以来マイクロコンピュータの応用技術について調査研究を行なってまいりましたが、本年度は、制御装置への応用が知識集約化あるいはシステム化に、この上ない具体的ファクターとなり得ることに着目し、応用分野として多くの可能性を秘めた機械工業に集点をしぼり、本報告書にその成果をまとめました。

ことに本調査研究の実施に際し、業務ご多忙中にもかかわらず、極めて 有益なご意見とご協力を下さいました情報処理教育に関する調査研究委員会 (マイクロコンピュータ委員会)および同専門部会の委員各位に対しまし て厚くお礼申し上げます。

本報告書が広く機械工業界に利用され、わが国産業の発展に寄与するととを念願する次第であります。

昭和52年3月

財団法人 日本情報処理開発協会 長 植 村 甲午郎

わが国の産業において、機械工業はつねに中核的存在であり、今後も一層 の発展を期待されている重要産業でありますが、内外環境の変化に伴ない、 構造的には知識集約化あるいは産業のシステム化としての方向が論ぜられ、 更に省資源・省エネルギーならびに環境の保全・安全という制約要件が加わ って参りました。

この時にあたりまして、特に最近資源的には無限ともいわれるシリコン半 導体LSIを素子とし情報処理機能を具備したマイクロコンピュータシ ステムの急速な技術的進歩は、超小型・軽量・低消費電力・低価格という特質を具備し、これらの応用は、機械工業 知識集約化あるいはシステム化 に大きなインパクトを与えるものであり、かつ省資源・省エネルギー等の要 望にも適応し、あらゆる方面から見て大いに期待される応用技術であります。

このような要望にこたえるため、今回(財)日本情報処理開発協会において、機械工業におけるマイクロコンピュータの有効な利用を推進することを目的とし、特に機械工業に携わる管理者および技術者の理解を深めるための手引書を作成しようとする調査研究事業が企画され、別紙の通り委員会および部会が編成され、委員として夫々斯界の学識経験者が委嘱されました。

1. 委員会においては、機械工業に従事する専門技術者の立場からマイクロコンピュータを利用する意義・応用分野・必要とする理解の程度・内容等についてマイクロコンピュー タ技術者の専門的意見を敬しつつ研究・審議され、本手引書の大網について方向を設定しました。

2. 事門部会においては、上述の大網に基づき、主としてマイクロコンピュータを実際に利用研究している専門技術者を中心とし、その内容につい研究・審議され執筆・編さんされたものであります。

本手引書が広く機械工業に携わる人々に有効に活用されることによって、 わが国産業の発展に寄与することを祈念する次第であります。

なお、委員各位の真摯な研究と貴重な資料をこ提供下さいましたことについて深く敬意と感謝の意を表します。

昭和52年3月

情報処理教育に関する調査研究委員会 (マイクロコンピュータ委員会) 委員長 渡 辺 茂

情報処理教育に関する調査研究委員会

」。 (マイクロコンピュータ委員会)

(敬称略順不同)

Ι 全般委員

委員長 渡辺 茂 東京大学

委 員 晴 久 石 田 東京大学

藤

伊

金 田彰夫 三菱重工業㈱

朗

種 村 良 平 ㈱応用システム研究所

内 藤 明 東芝機械㈱

本 敬 二 浪 東京芝浦電気㈱

部 秀 治 林 富士電機製造㈱

 \equiv \blacksquare 輝 アンドールシステムサポート㈱

新日本製鉄㈱

辺 和 也 渡 日本電気㈱

柿 崎 誠 一 (財)日本情報処理開発協会

原 正 哉 石 (即)日本情報処理開発協会

市 Ш 隆 (助)日本情報処理開発協会

I 専門部会委員

部会長 丸 英 勝 得 京都大学

白土剛

委 員 市 川亮平 日本電気㈱

今 泉吉 弘 富士電機製造㈱

股 琢 勝 麏 三菱重丁業㈱

正 武藤工業㈱ 多 田碩佳 アンドールシステムサポート㈱

林 大 雅 東京芝浦電気㈱

原 田 喜三郎 コアデジタル㈱

三井田 惇 郎 千葉工業大学 委員 三浦宏文 東京大学

〃 村越正明 東芝機械㈱

// 柿 崎 誠 一 (財)日本情報処理開発協会

目 次

I	序 論]
1	機械工業における知識集約化の展望	3
	1. 日本の産業全般としての知識集約化の必要性	3
	2. 機械工業における知識集約化の意義	
	3. 知識集約化のためのµp応用の占めるファクター	12
I	マイクロプロセッサ(μρ)応用基礎知識と技術	1 5
	1. μρの概要	15
	1.1 はじめに	15
	1.2 コンピュータの歴史	
	1.3 μρの特質	17
	1.4 μρの機能とシステム構成	19
	1.5 μρシステムのソフトウェア	23
	2. μpの特質 ····································	25
	2.1 製造過程に於ける特質	25
	2.1.1 µpの価格推移-製造面からの考察	25
	2.1.2 μpの信頼性について ····································	28
	2.1.3 ROM の諸問題	43
	2.2 デザインエンジニアリングに於ける特質	44
	2.2.1 μpへのアプローチ ····································	44
	2.3 産業としての特質	6 5
	2.3.1 バランスのとれた開発力-ファミリーの充実-	6 5
	2.3.2 量産性をささえる最新の設備と上質の労働力	66
	2.3.3 社会的責任 - 技術の進歩とセカンドソース	6 7
	3. µp応用上着意すべき事項	70
	3.1 発想の転換	70
	3.1.1 遂次処理的発想	7 0

3. 1. 2	アルゴリズム(算法) 70
3. 1. 3	アルゴリズムの決まらないもの 73
3. 1. 4	オンライン処理とバッチ処理 74
3. 1. 5	割込みと割出し 74
3. 1. 6	安全設計への配慮 76
3. 1. 7	計時機構 79
3.2 信頼性	82
3. 2. 1	故障率 82
3. 2. 2	ノイズ対策 83
3.3 経済性	£ 84
3. 3. 1	дрかディスクリート I Сか 84
3. 3. 2	ソフトウェアの値段とハードウェアの値段 86
3.4 各種原	5.用分野への適応性
4. μpを使用	した制御システムの展開方法
	かに ·············· 89
4.2 制御板	後能の概要 89
4. 2. 1	制御方式 89
4. 2. 2	制御機器の構成94
4 2.3	制御方式の相違点と類似点 96
4. 2. 4	制御システムの構成100
4.3 自動	制御システムの企画手順10.1
4. 3. 1	はじめに101
4. 3. 2	自動化の対象の解析102
4 3 3	経済性の検討103
4. 3. 4	信頼性と保守性104
4. 3. 5	拡張性と機能アップ105
4. 3. 6	異常時の対策106
4. 3. 7	マンマシンインターフェースと記録106
4. 3. 8	制御方式の立案107
4. 3. 9	μpの導入108

4. 4	ир を	利用した制御機器の展開	111
	4. 4. İ	はじめに	111
	4. 4. 2	ир の利用形態 ······	114
	4. 4. 3	ハードウェアの展開	116
	4. 4. 4	ソフトウェアの展開	117
	4. 4. 5	サポートシステム	121
	4. 4. 6	ドキュメントの整備	123
	4. 4. 7.	設計例	125
5. ソ	フトウェ	アサポート	132
5. 1		ウェア開発の手順と留意点	
		現状分析•市場調査	
	5. 1. 2	システム設計	-133
5. 2		ウェアサポートの上での半導体メーカおよび	
		の分担	
		半導体メーカーの分担	
		OEM (システムビルダ)の分担	
5. 3	ソフト	ウェアサポートの現状と将来	
-	5. 3. 1	高級言語処理プログラム	
		問題向言語処理プログラム	
	5. 3. 3	ユーティリティ	
	5. 3. 4	オペレーティングシステムとモニタシステム	
	5. 3. 5	診断プログラム	
•	5. 3. 6	プログラムライブラリ	
	5. 3. 7	メーカが支給しているサポートシステム	161.
	5. 3. 8	OEM(システムビルタ)が開発している	
		サポートプログラム	
		ユーザの期待するシステム開発用ツール	
•		おわりに	
6. 教			
6. 1	はじめ) NC	171

	6.2 工業高校における情報技術教育の実情	171
	6.2.1 電気科における情報技術教育	171
	6.2.2 機械科における情報技術教育	172
	6.3 機械技術者のためのµpの教育	176
<u>[¥</u>	機械工業におけるマイクロブロセッサ(μp)の応用例···········	177
	1. 工作機械への応用	177
	1.1 工作機械とµp ····································	177
	1.2 工作機械メーカの質的変換	180
	1.3 機械工場における µp の応用 ···································	182
	1.4 汎用機の自動位置決め装置への応用例	189
	1.5 マシニングセンタのシーケンス制御への応用例	195
	1.6 ワーク搬送制御装置への応用例	199
	2. 繊維機械への応用	206
	** 2.1 延伸撚糸機の概要 ************************************	206
	2.2 μp採用の動機 ····································	208
	2.2.1 従来の巻形状制御装置	208
	2.2.2 従来方式の問題点	209
	2.2.3 μp と油圧サーボの採用	210
	2.3 制御の目的	210
	2.3.1 巻形状計算式	210
	2.3.2 リングレールの位置制御	214
	2.3.3 ヌピンドルの速度制御	215
	2.4 設計例	216
	2.4.1 システム構成	216
	2.4.2 考 察	219
	3. プリント基板業界向のディジタイザへの応用	221
	3.1 はじめに	221
	3.2 構成のあらまし	222
	3.3 主な機能	22 3

	3.	4	μ	p Ø	適用	性	• • • • •	· • • •	٠	•••••	••••	•••••	••••	•••••			• • • • • •	• • • • • •		227
	3.	5	な	わり	VC	•••	••••		••••		••••	••••		• • • • •		.	· • • • • •	• • • • • •	•••	228
4	,	自動	車	診断	装置	計へ	の応	用		••••	• • • •		• • • • •			••••	•••••	•••••		· 22 8
	4.	1	は	じめ	VC			· • • •	· · · · ·	•	· · · ·		• • • • •	• • • •		••••	•••••	• • • • • •	• • • • •	·2 2 8
	4.	2	本	装置	の概	要					· - ·			• • • • •				•••••	• • • • •	229
		4	. 2.	1	本基	も置	のシ	ス	ティ		• • • •		<i>-</i>	• • • • •	•••••			• • • • • •	••••	· 22 9
		4	. 2.	2	本製	置	の特	徵		• • • •		• • • • •				••••	••••			231
		4	. 2.	3	ハー	۴.	ウェ	ア		• • • • •	••••	• • • • •				••••			••••	233
		4	. 2 .	4	ソフ	7 h	ウェ	ァ	••		• • • • •	••••		• • • • •	••••	••••	• • • • •		• • • • •	· 2 38
	4.	3	本	装置	の早	期	女 障	発.	見シ	ノス、	ティ	٠.	• • • • •				• • • • • •		••••	242
		4	. 3.	1	目	的	•••	•••	• • • • •	• • • • •	••••	••••					•••••		• • • • •	24 2
		4	. 3.	2	早期	故	璋診	断	シフ	マテ	<u>ፈ</u> ረ	概	要	•••		••••	••••		• • • • •	243
	4.	4	\$	わり	VC				· · · · ·	• • • • •		• • • • •	••••		• • • • •	••••	· • · • •	••••		244
5.	. 7	全業	用	ᄆᅟᆥ	ット	~	の応	用	٠		••••	• • • • •	• • • • •	• • • • •		••••	•••••	••••	• • • • •	244
	5.	1	は	じめ	K	••••			••••				••••			••••			• • • • •	244
	5. :	2	本	幾の	概要	ξ.	•••••	••••	· • • •	• • • • •		• • • • •				••••	· · · · · ·			244
	5. (3	シ・	ステ	ム構	成	•••	• • • •		• • • • •	•••		••••	• • • • •	•••••	••••		•••••		245
		5	3.	1	入	力		••••		· · · · ·	.	• • • • •		••••	· · · · ·	••••		••••		245
		5	3.	2 -	出。	力	•••		••••	• • • • •	••••	• • • • •	· · · ·	, <i>.</i>	••••				••••	247
	5 . 4	1	動1	作命	令の	プロ	ログ	ラ	ミン	1			••••		·····				••••	247
•:		5	4:	1	プロ	1	ラミ	ン	10	方法	去		••••	 .	••••	· · · · ·				248
		5	4.	2	動作	プ	ログ	ラ	ミン	クク	の奴	理	• • •			••••			••••	250
	5. 5	5	μр	の:	ソフ	トゥ	± 7	? .			:.	• • • • •			••••		· · · ·	· · · · · ·	••••	251
		5.	5.	1	メモ	90	の構	成	• • •		••••								,	252
		5.	5.	2	ティ	- :	*	1:	~	プロ	2 1	プラ ・	4				• • • • •	- · · · · ·	••••	254
		5.	5.	3	動作	実彳	ラブ	п ;	グラ	A	••	· · · · ·			••••				·····	256
	5. 6	ō	おっ	わり	VC	••••	•••••				••••	• • • • •					• • • • •		••••	256
6.	ř	王続	鋳	造機	~0	応月	Ħ	••••	••••	· • · · ·	••••					· · - · ·		••••	••••	257
	6. 1	L	は	じめ	(C		•••••				• •					• • • • •			•••	257
	6. 2	?	連鎖	寿機	の概	要			••••		• • • • •								2	257

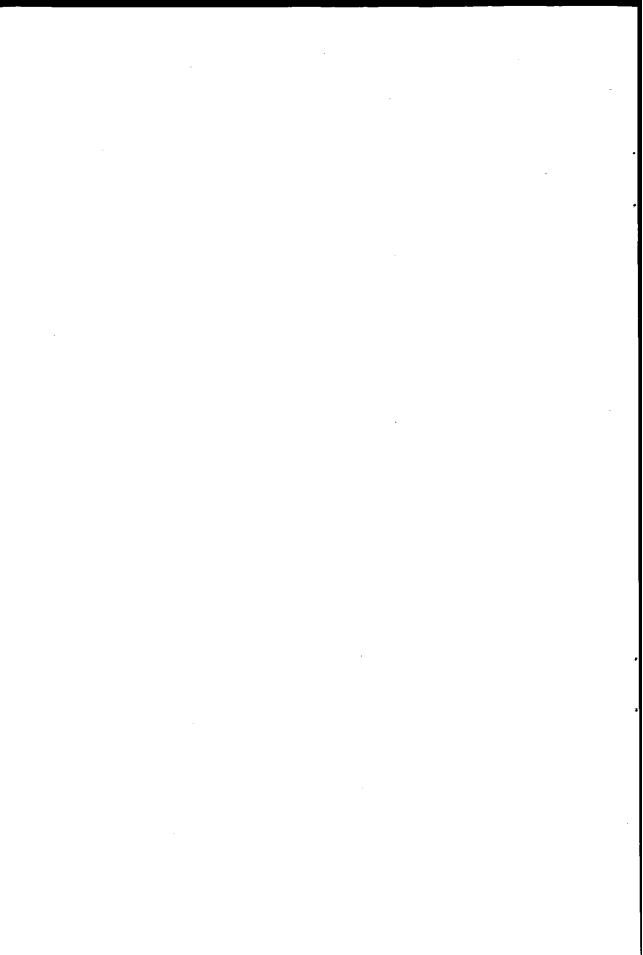
6.3 溶鋼レベル制御装置の概要258
6.4 計算機システムの計画260
6.4.1 従来装置の改良すべき点260
6.4.2 計算機導入の目的設定261
6.4.3 計算機導入にあたっての問題点 261
6.4.4 計算機システムの設計思想264
6.5 システム機能の設計264
6.5.1 制御機能265
6.5.2 異常検出機能266
6.5.3 オペレータコンソールとの会話機能267
6.6 ハードウェアの構成267
6.7 ソフトウェアの作成270
6.8 開発結果271
1.1.1.1.6, 9 · おわりに ····································
・ 7 鉄鋼業における応用273
- 7.1 鉄鋼プロセスの概要273
7. 2. μpの応用可能分野 ····································
.
7.2.1 シーケンス制御
·
7.2.2 プロセス制御276
7.2.2 プロセス制御 276 7.2.3 電機制御 277
7.2.2 プロセス制御 276 7.2.3 電機制御 277 7.2.4 計測値の前処理 278
7.2.2 プロセス制御 276 7.2.3 電機制御 277 7.2.4 計測値の前処理 278 7.2.5 管理システム 278
7.2.2 プロセス制御 276 7.2.3 電機制御 277 7.2.4 計測値の前処理 278 7.2.5 管理システム 278 7.3 μ P の応用例 282
7.2.2 プロセス制御 276 7.2.3 電機制御 277 7.2.4 計測値の前処理 278 7.2.5 管理システム 278 7.3 μ P の応用例 282 7.3.1. 鋼板厚み計 282
7.2.2 プロセス制御 276 7.2.3 電機制御 277 7.2.4 計測値の前処理 278 7.2.5 管理システム 278 7.3 μ P の応用例 282 7.3.1 鋼板厚み計 282 7.3.2 プロセス制御 282
7.2.2 プロセス制御 276 7.2.3 電機制御 277 7.2.4 計測値の前処理 278 7.2.5 管理システム 278 7.3 μ Pの応用例 282 7.3.1 鋼板厚み計 282 7.3.2 プロセス制御 282 7.3.3 シーケンス制御 285
7.2.2 プロセス制御 276 7.2.3 電機制御 277 7.2.4 計測値の前処理 278 7.2.5 管理システム 278 7.3 μ P の応用例 282 7.3.1 鋼板厚み計 282 7.3.2 プロセス制御 282 7.3.3 シーケンス制御 285 7.3.4 電機制御 289

·

	8. 1	は	にじめ	N	••••		****	• • • •	• • • • •						•••••	· · · · · · · · · ·	.296
	8. 2	シ	゚゚スゔ	- ム根	要	•••		••••	• • • • • •	• • • • •	•••••	•••••		•••••	•••••		. 297
	8. 3	シ	゚゚゚゚゚゚゙゙゙゙゙゙゙゙゚゚゙゙゙゙゙゙゚゚ゔゔ	- A 7	<i>'</i>	-			• • • • •					•••••	••••		297
		8. 3	. 1	μP	の榜	器	構成	Ì	• • • • • •		• • • • •	•••••				•••••	. 300
	8. 4	Ξ	次处	理コ	ント	п	– л		• • • • • •	••••	• • • • •						. 300
		8. 4	. 1	三次	処理	設	備	•••				· • • • • • • •		•••••	• • • • • •		301
		8. 4	. 2	砂厂	過格		炉性	答:	塔フ	-	_	: <u>- :</u>	· · · · · ·	•••••	•••••		302
	•	8. 4	. 3	三次	処理	غ ا	μP	٠.	• • • • • •		•••••	· • • • • • • •			· · · · · ·		302
	8. 5	ブ	'□ to	ス月	全郎	素	消費	量	(T	0 I)	測定				•••••	3 0.2
		8. 5.	1	全酸	素准	費	量計	測	の原	理	•••	· · · · · · ·	•••••	•••••	•••••		306
		8. 5.	2	全酸	素消	費	量計	測	装置	の桿			.,,			• • • · · · · · · ·	306
				* *												•••••	
	8. 6	管	理情	報	•••••		• • • • • •	••••					· · · · · ·	· · · · · ·	·····	•••••	309
		8. 6.														•••••	
	•	8. 6.															
		8. 6.															
		8. 6.														••••••	
	8.;7	な	わり	VC					· · · · · ·							• • • • • • •	3 10
												٠.					
V	今後の																
	1. は	じめ	M	• • • • • •			• • • • • • • • • • • • • • • • • • •	2.2.	•••••			•••••		• • • • • •			311
	4. 機	械工	業に	おけ	るル	P	ひ今	後(り利。	用							315
	4. 1	プ	口七	スオ	-	×	- シ	a .	~			• • • • • • • • • • • • • • • • • • • •	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	• • • • •	• • • • • •	• • • • • •	316
	4. 2	メ	カニ	カル	才 —	ŀ	メ –	シュ	я ン	٠			· · · · · •	• • • • • •			31,7
	4. 3	۲,	ジネ	スオ	- F	メ・	ーシ	∌ :	· .			•••••	• • • • • •		· · · · · ·	• • • • • • • • • • • • • • • • • • • •	319
	5. 人	間と	機械	の相	互結	合	•••	• • • •			••••	• • • • • •		· · · · · ·		• • • • • • • • • • • • • • • • • • • •	3 20
F	用語の定	義	•••	· · · · · ·	••••	• • • •	• • • • •	• • • • •			· · · ·	· · · · · · ·		:	.	• • • • • • ;	323

State of the second seco

I.序 論



1序論

当財団では、昭和50年度に工業技術院より調査委託をうけ「マイクロコンピュータに関するテクノロジー・アセスメント」を行ない、その報告書をまとめた。また、マイクロプロセッサの急激な発展状況に鑑み、マイクロプロセッサの基礎および応用に関する指針書を作成し、新技術の有効適正な利用に資せんとした。本年度はこれらの上に立って、マイクロプロセッサの機械工業への応用に焦点を絞って調査研究を行ない、その結果に基づいて本手引書を作成することとなった。申すまでもなく、機械工業による製品はあらゆる産業で利用されており、その合理化は全産業の発展に寄与するところが大きく、また機械工業は、マイクロプロセッサの応用分野として、多くの可能性を秘めた魅力的な分野であるように思える。この意味で機械工業への応用が先ず取り上げられたものである。

さて、「大男総身に智恵がまわりかね」という古諺があるが、現今の機械 システムはまさに大男である。しかし、古諺の通りで決して総身に智恵がま わっていると言い難い状態であり、知識集約化の必要性が叫ばれている。

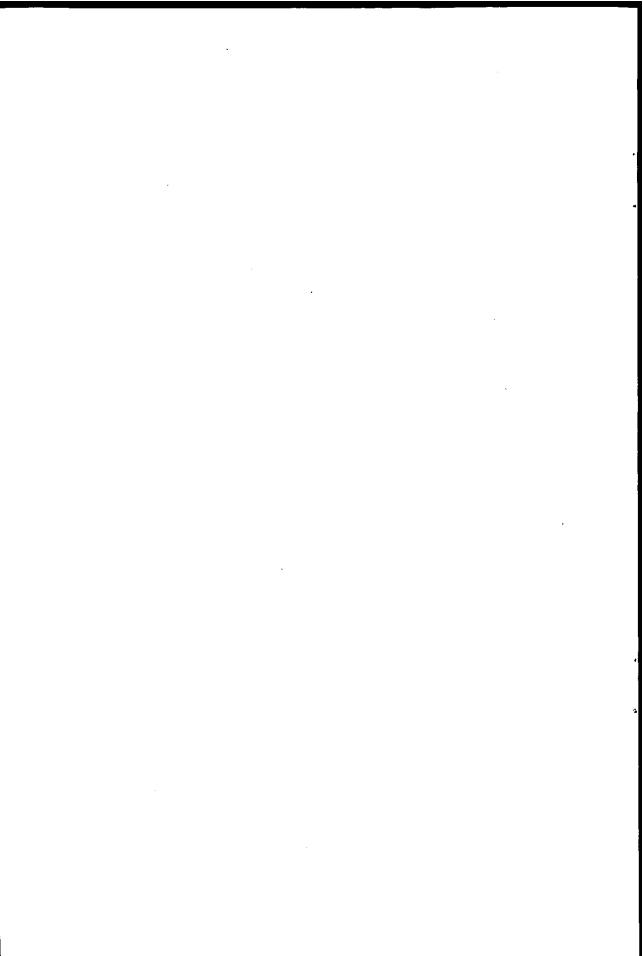
我々人間は歩きながら煙草を吸いまた考えごとをするなど同時に多くのことを処理できる能力を持っている。大型コンピュータもタイムシェアリンクで多くのジョブを並行処理できる。一方、大きなシステムではそのシステムの目的達成のためには多くのジョブの並行処理がどうしても必要となってくる。大型コンピュータをこれに当てることが考えられるが、経済性や信頼性の点で問題が残る。1台の大型コンピュータで多数の機械システムの情報処理・制御・管理をやらせれば経済性の点は解決されそうに思えるが、多種多様の機械システムを1つの大型コンピュータになじませるということは金もかかり非常に難しい仕事である。かりに出来たとしても、機械システムがコンピュータになじむように歪まされた結果であり、決して健全な姿とは言えない。

マイクロプロセッサの出現は機械システムの知識集約化について大き な希望を抱かせるものである。1つのシステムの多くのショブ処理に多くの マイクロプロセッサが組み込まれ、それらが有機的に結合されてそのシステムの目的達成に寄与している姿はまさに健全な姿である。個々のマイクロプロセッサは主人公である機械システムになじむように工夫されており、奉仕者である。しかも大男総身に智恵を行き届かせる重要な仕事をなすものである。我々はこのようなシステムの実現を希望をもって期待している。

このようなシステムの実現のためには主人公である機械システムの専門家がマイクロプロセッサについて知識を持ち、マイクロプロセッサの専門家に要望を出し、協調をとらねばならない。本書は機械システムの専門家がマイクロプロセッサ応用に際して知るべき事項を解説する手引書として発刊されるものである。 I では本書の全般、 II では機械工業における知識集約化について詳細な展望を試み、 II ではマイクロプロセッサを応用するに当って必要不可欠の基礎知識と技術について解説を試み、 IV ではこれまでに試みられ成功した応用例について説明し、 V では今後の発展についての展望を述べてある。本書は筆者らの経験にもとづき執筆されたものであるが、マイクロプロセッサ自身発展途上にあり、また機械工業に十分なじんだ姿をお見せすることができないのは残念である。しかし、多くの機械技術者が産業界の津々浦々で知識集約化されたシステムの設計を試みられ成功されることを祈ってやまない。そのために、本手引書が少しでも役に立つことを筆者らは強く願っている。

をお、マイクロプロセッサとは通常大規模集積回路によって構成された小型安価の情報処理装置を意味する。これに記憶装置や入出力装置を付加してマイクロコンピュータが構成される。コンピュータという場合汎用の印象が抜いきれない。そして汎用は高価、使い難さに通ずる。マイクロプロセッサは小型安価であるために専用の目的で機械装置に直接その要素として組み込まれることも可能であり、マイクロコンピュータより応用分野が広く使い易い印象を与える。マイクロコンピュータというとき、必ずしも汎用のもののみを意味するものではないが、この印象を考慮して本手引書ではマイクロプロセッサという用語に統一し、簡略にルPと記すことにする。

II. 機械工業における知識集約化の展望



■ 機械工業における知識集約化の展望

1. 日本の産業全般としての知識集約化の必要性

知識集約型産業構造ないし産業構造の知識集約化が70年代の産業構造ビジョンとして、産業構造審議会において打ち出されて数年が経過した。

この知識集約化の概念が、単なる便宜的なキャッチフレーズに終ることなく、理論的にも実践的にも十分説得的で、これからのわが国産業経済に対する指導概念として、真に定着するものとするために、多方面で種々の努力がされてきている。

数年前に予想されていた通りに、個人的ニーズの多様化、社会的ニーズの増大など、あるいは、労働力不足、立地不足、技術革新、情報化の進展、先進国間水平分業の深まり、発展途上国の追上げなどの内外の環境変化の中で、産業構造は、農業部門の縮少と工業・サービス部門の拡大、製造業を中心とする重化学工業化の頭打ちと高加工度化・システム化の進展、貿易構造の高度化などの方向へ発展してきた。

前記の産構審の答申では、所得弾力性基準、生産性上昇率基準、過密・環境 基準、動労内容基準の四つを産業構造ビジョンの基準としてかいげた。

第一の所得弾力性基準とは、国民のニーズ、すなわち国内最終需要構造、 および世界の輸入需要構造の長期的な変化の方向に即応することである。 第二の生産性上昇率基準とは、技術進歩による労働生産性の上昇テンポが 速いことを要求するものであり、所得水準の上昇を維持し、国際的にも優 位産業であることを維持することである。第三の過密・環境基準とは、希 少化してゆく生産諸要素への依存度の低いことを要求するものであり、例 えば、立地・社会資本負担軽減型、非海外資源依存型、非環境破壊型等の ように、各種の社会的費用が小さいことである。

第四の勤労内容基準とは、生き甲斐や良好な職場環境を提供することである。

60年代の産業構造政策ビジョンであった「重化学工業化」は、これらのうち、所得弾力性基準と生産性上昇率基準の二つの基準に合致するものであった。

との二つの基準は70年代においても基本的には妥当するが、これらに 該当する産業群は、もはや単純に重化学工業一般というわけにはいかない。 その中でも、国民のニーズや国際分業構造の変化の方向に適含しているも のとそうでないものに分化してきている。

とくに、国民のニーズは、住宅、教育、医療等の充実、社会資本の整備、 公害防止など新らしい個人、社会、産業の需要を生み出している。また、 国際分業構造の点でも、労働力の不足と発展途上国の追上げは、技術集 約的、研究開発集約的あるいは情報集約的な商品を中心に一層の輸出構造 の高度化を要請している。

したがって、60年代の基準が70年代にも引き継がれるとしても、具体的中味は、新らしい環境の中で考えなおさなければならない。

前述のように、70年代には、更に二つの基準、過密・環境基準と動労 内容基準が加わる。

以上の四つの基準をすべて充足する産業が最も望ましいにちがいないが、 とれらは、相互に補完的関係にある場合もあれば、逆にトレードオフの関 係にあるととも少なくない。

したがって、産業の望ましさの程度は、厳密にはこれら四つの基準の総 合的な評価、ないし価値判断に依存せざるを得ない。

しかし、この四つの基準に最大公約数的に該当する産業グループがあれば、これまでの「重化学工業化」に代る70年代の産業構造高度化の目標にすることができるわけで、知識集約的産業がまさにそれに該当すると考えられるのである。

今日、先進経済諸国では、情報化社会への移行ないし、知識時代の到来という言葉でも表わされるように、急速な技術革新と所得水準の上昇を背景として生産技術の変革はもちろん、国民生活の諸側面や人間の価値観にも大きな変化が生じて来た。

そして、その中で、知識価値が急速に増大しつつある。

人間は、衣食住の基本的な欲求が充足されると、興味、関心の主体が、 知、情、意などから生じる人間的な欲求の充足に移ってゆく。

知識価値の増大により、国民の需要がいかなる変化をするかを考えると

とは大切である。

まず、知識に対する消費需要の増大としては、知識そのものに対する需要の増大と、物における知識投入量の増大が上げられる。

前者については、情報化社会への移行が、新聞、書籍、ラジオ、テレビ、 電話、通信、専門的情報サービス(法律、医療など)の需要を飛躍的に高 めることはあきらかである。

後者については、例えば、高級化、ファッション化が上げられる。

およそ、国民が手に入れる商品には、物的価値と知的感覚的欲求に対応 する知識価値の二側面を含んでいる。

豊かな社会となり、消費需要が多様化、高級化してくると、価値の重点は、知識価値の方へ移行してゆき、商品購入の動機にも、デザイン、色、味など感覚的特性がより大きなウェートを占めるようになる。

又、簡単なもの、陳腐なものから高度なもの、良質なものへの要請の高まりは、 企業経営に対して、経営の情報化、合理化、生産の近代化などの促進を引き 起し、経営体のもつ知識の質量如何が、決定的な意味をもつようになる。

以上は、需要構造の知識集約化であるが、供給面における知識集約化についても十分な議論をしておかねばならない。

知識が産業を支配し、リードしてゆくような経済社会にあっては、最も重要な役割を担うのは、いうまでもなく、知識を生産する知識労働である。

知識の生産的重要性を促進することは、ホワイトカラーの中の単純労働者 を陶汰し、知識労働者を増大させる。

そして、この知識労働者をうみ出す母体として教育の重要性が著しく高まり、知識需要から知識 労働へ、さらに教育へという関係が社会の中で重要な環を形成してゆく。

以上をまとめて見ると、「知識集約産業」は、

- イ) 今後の需要のすう勢が、供給側の知識集約化を必要とする商品に移行することから、所得弾力性基準に耐える。
- ロ) 生産性の持続的向上が、主として、知的創造力に依存すること。知識 集約度が高いことは、資源等への依存度が低いこと。非知識集約的な産

業は、発展途上国との合理的な分業形成の観点から、縮少を要請されるものが多いことからみて、生産性上昇率基準にもたえること。

- ハ) 知識集約的な産業は、一般に過密環境への負荷が少ないこと。過密 産業の積極的な改善のためには、知識集約的な産業の活動が必要とさ れることからみて、過密環境基準にたえること。
- 二) 知的活動を内容とする勤労は、一般に単純労働や重筋労働に比して、 安全快適であり、また充実感も大きいと考えられることからみて、勤 労内容基準にたえること。

などにより、今日のわが国の産業としては、目指すべきものだと云えよう。 大切なことは、産業の知識集約化構造への転換は、知識集約度の高い業 種の選定によるだけでなく、既存のそれぞれの業種自体の知識集約化とい う祝点を看過してはならないということである。

2. 機械工業における知識集約化の意義

産業の生産物である財・サービスは、生産要素である財・サービスを使用することにより生産される。

生産要素の分類の仕方はいろいろあり、伝統的分類としては、労働、資本、土地の三要素分類がある。

知識集約化について論じるには、少なくとも知識を生産要素のひとつとしてとらえるととが必要である。

そして、生産物価値の中で、知識のコンテントの多い生産物を生産する 産業、すなわち、知識集約度の高い産業を「知識集約産業」と考えればよ かろう。

しかし、問題はまだ残る。知識集約度とはいかに定義されるのであろうか。

- 知識集約という概念にも、いろいろの見方があって多様である。

図ー2.2.1 は、企業経営の知識集約化のための経営努力項目の調査結果であるが、とれを見ても、知識集約果として実施している経営努力の内容が非常に多様であることが分る。

さて、知識を量的にどうとらえるかは、概念的にも、統計的にも難しい

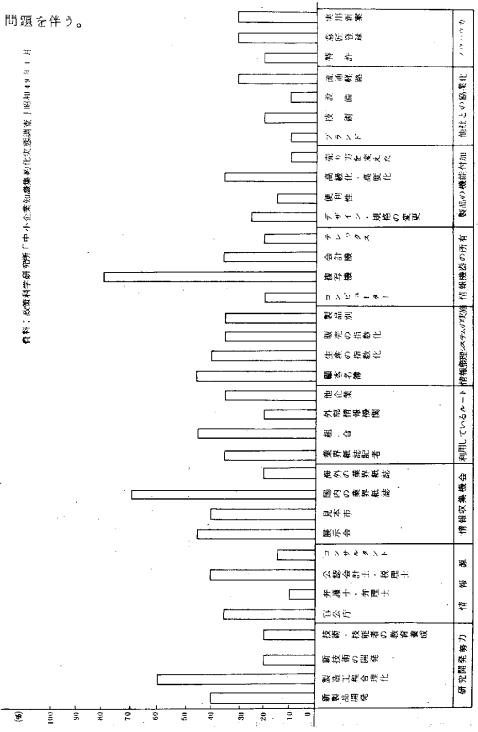


図-2.2.1 企業経営の知識集約化に関する経営努力項目の実施状況

そとで、知識労働(知的労働)を知識の代理として見なすという方法が 考えられる。

知識集約産業を、知識労働集約産業と考えるのである。とのような立場に立っても、知識集約産業を当該産業の付加価値部分のみで考えるか、間接部分も含めた全体の価値で考えるかの問題は残る。

「知識集約産業」は直接的概念、「知識集約商品」は産業連関分析で 得られる累積的概念である。

したがって、知識集約産業ではあっても、知識集約商品ではない場合も 生じてくる。

このように、知識集約度の概念構成はいく通りかが考えられ、それはそれぞれ特徴をもっている。

これまで、いくつかの分析や研究が報告されているが、定量的に扱うには、やはり、知識労働の投入の度合をしらべる方法が多いようである。

表-2.2.1 は、通産ジャーナル(第4巻、第三号)からの引用であるが、 元の表の中の、機械関連の産業のところを抜き出したものである。

との表は、商品価値を資源、資本、労働に大きく三分割し、さらに資源 を数種類に、労働を知識労働と単純労働に分けている。

	•			費	源						4	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	b	
項目		B		# -k	重要資	原			資本				함	
		•			機・水産資源		林産 資源	鉱物 資源	エネルギー			知識	単純 労働	
_	般	機	械	1 2.6 5	1.0 0	1 1.6 5	1.1 5	4.5 5	5.95	1 7.3 3	7 0.0 2	1 3,7 2	5 6.3 0	10000
電	戾	機	械	1 6.1 1	1.1 4	1 4.9 7	1.57	7.2 5	6.1 5	2 1.4 0	6 2.4 9	1 3.3 7	4 9.1 2	10000
輸	送	機	械	1-3.6 3	1.59	1 2.0 4	1.67	4.4 4	5.9 3	2 0.6 8	6 5.6 8	1 3.2 0	5 2.4 8	10000
精	密	機	. 械	1,3.23	3.6 7	9.5 6	1,38	3.29	4.89	1 5.5 2	7 1.2 5	1 4.8 2	5 6.4 3	10000
ŧ	の他 -	の製	造業	20.86	5.4 7	1 5.3 9	4.45	3.6 6	7.28	2 0.2 5	5 8.8 9	9.9 5	4 8.9 4	10000

表 - 2.2.1

例えば、一般機械を例にとると、その価値構成は、資源13%、資本 17%、労働70%(知識労働14%、単純労働56%)で、計100% である。

このうち、資源を除き、資本と労働を加えた87%が純付加価値であり、 これは、輸入又は国産の資源13に対し、第二次産業、第三次産業で87の の価値を付加することによって100の価値をもつ一般機械が生産されることを意味している。

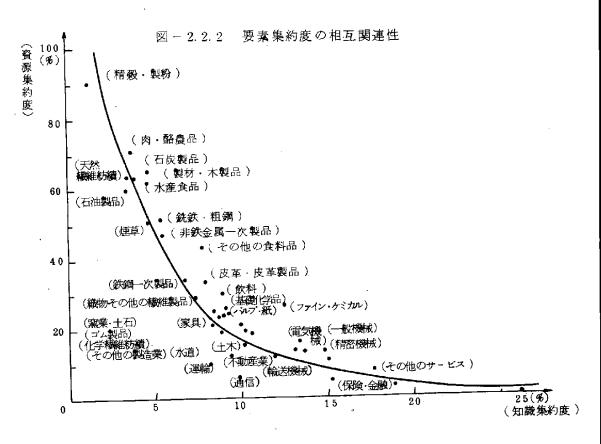


図-2.2.2.は、要素集約度の相互関連性をみようとするものである。

資源一知識の座標面に各産業がブロットされている。

物的価値の少ない商品ほど、知識価値が大きいことが分る。

産業構造の知識集約化は、右下方に分布している商品のウェイトを高める こと(いわば産業間知識集約化)、および、右下りの曲線を右方にシフトさ せること。(産業内知識集約化)の二つの側面がある。

一般機械など機械工業関係の産業は、図2.2.2において、かなり右下方に存

在しており、知識集約産業の一翼をになうことが分る。

表-2.2.1、図-2.2.2の分析においては、産業連関分析を用いることにより、 原材料に体化されている知識がカバーされ、設備機械に体化されている知識 は設備の減価償却分を内生化することによりカバーされている。この意味で 機械工業の知識集約化は、産業全体へ与える影響は非常に大きい。

つぎに、労働を知識労働と単純労働に分ける分け方については、何を知識 労働者とみるか、知識労働者と単純労働者の価値のウェイトをどうみるかと いう問題がある。ここでは、非生産労働者(ホワイトカラー:事務従事者 + 販売従事者)の20名を知識労働とみ、研究者を五倍に評価し、知識労働と 単純労働のウエイトを1対1としている。この点は、平均賃金等によって、 ウエイトづけることも可能であるが、いずれにしても、商品ごとの相対的な 知識集約度の比較のためには、それほど大きい問題ではないであろう。

労働力の質的構成(当該産業ペース) (表-2.2.3)

		従業	首数化为	する割	合 (%)		***			
	इम. १	飞 者	技術的・ 専門的・ 非生産労働者 管理的職			研究者	技・専 ・管的 職業 (除研	非生産 労働者 (除研 ・技)	生産労働者	労働の 知識労 働化率 (%)
·	日 本 (1970)	アメリカ (1968)	日 本 (1968)	日本(1968)	アメリカ (1969)	La	Lb	Lε	Ld	
一 般 機 械 (事務用機械)	1.45	2.70	9.27	3 0.2 2	3.1.6	2.0 8 3.0 8	7.1 9 1 0.6 6	2 1.6 3 3 2.0 6	6 9.1 0 5 4.2 0	2 0.2 3 3 2.4 7
電 気 機 械 (通信・電子機械・	2.7 8	4.50	8.48	27.72	3 3.4	3.6 4	4.8 4	2 2.1 2	6 9.4 0	2 3.9 7
電気計列器) 輸送機械	(3.30)	(5.10) 4.91	8.3 2	2 5.8 8	2 9.7	4.2 0 3.1 2	5.20	28.06	6 1.6 0 7 2.2 0	3 2.7 5 2 1.9 6
(航空機・ミサ	1.32	(8.00)	0.32	2 9.00	2 5.1	6.5 9	6.70	2651	6 0.2 0	4 4.9 5
精 密 機 核	1.80 1.16	3.4 0 0.6 0	9.0 7 7.3 4	2 9.1 2 2 8.0 3	3 8.3 2 1.8	2.6 0 1.1 6	6.4 7 5.9 8	2 4.6 3 1 7.7 6	6 6.3 0 7 5.1 0	2 2.1 0 1 4.6 5

<注1> 労働の知識労働化率=(5La+Lb+0.2Lc)÷(5La+Lb+Lc+Ld) <注2> 日本(1968)欄の< >内の数字</i>(注2> 日本(1968)欄の< >内の数字は推定値

(資料) 総理府統計局「科学技術研究調査報告」、「40年国勢調査報5巻」、「労動力調査報告」、Statistical Abstract of the the United States, National Science Foundation—Research & Development in Industry, その他

表 - 2.2.3

表-2.2.4 は、工業製品輸出を二三品目に分け、これをそれぞれの知識集約度により加重平均したものであるが、これによると、69年の工業製品輸出の知識集約度は、アメリカの12.74 多に対して、日本は10.78 多と隔りがある。しかし、日本の62年の数値は、8.72 多であったので、60年

代においてわが国輸出構造は重化学工業化の過程の中で知識集約化もある程 度進んだといえよう。

工業製品輸出の要素集約度

	輸出					,
	構成	知識	<u> </u>	<u></u> 本	アメリカ	西ドイツ
	比	7KAY182	1962	1969	1969	1969
工業製品			100.00	1 0 0.00	1 0 0.0 0	1 0 0.0 0
織 維	C	(7.42)	2 1.9 7	1 1.78	2.37	5.4 6
女 類	0	(8.91)	. 4.64	2.97	0.81	1.4 3.
製材・木製品	σ	(3.8 9)	2.1 2	0.9 7	0.5 0	0.3 9
家 具	· O	(8.42)	0.1-8	. 0.18	0.20	0.9
パルブ・紙	c	(9.17)	1.20	0.97	3.21	1.1 9
印刷・出版物	В	(15.00)	0.28	0.2 7	1.1 2	0.78
皮革・同製品	O	(7.05)	0.08	0.1 7	0.28	0.48
크 스 製 品	o	(9.0 9)	1.2 4	1.1 4	0.70	0.83
基礎化学品	c .	(9.13)	4.7 2	5.76	8.6 8	8.0.1
ファイン・ケミカル	В -	(12.52)	1.26	1.20	4.02	5.6 1
石油製品	О	(3.49)	0.4 1	0.3 0	1.5 4	0.99
窯業・土石	c	(. 8.52)	4.27	2.5 6	1.6 1	2.25
鉄鋼	С	(6.82)	1 2.0 8	1 4.2 3	3.5 1	7.86
非鉄金属	0	(5.49)	0.78	1.2 2	3.11	2.5 4
金属製品	c	(10.15)	4.02	3.8 4	2.5 3	3.8 7
事務用機械	A	(1 9.6 0)	1.1 0	1.3 0	3.79	1.75
その多一般機械	В	(1 3.7 2)	7.51	8.82	2 2.1.3	21.81
通信機械	A	(15.64)	1.14	1.71	1.9 3	1.10
その他電気機械	В	(1 3.3 7)	9.4.4	14.19	. 8.2 1	8.3 1
航空機	A	(21.38)	0.00	0.29	8.65	0.32
その他輸送機械	В	(1 3.20)	1 0.7 1	17.00	1 4.8 4	1 7.1 3
精密機 械	, В	(1482)	3.0 7	3.5 1	2.9 3	2.8 4
その他製造業	C	(9.95)	8.76	5.5 8	3.3 3	4.15
資源集約度	İ		2 3.6 4	21.72	1.9.20	2 0.3 0
(重要發源集約 度		1	1 6.8 1	1 7.1 2.	16.14	1 6.3 5
エネルギー集約度		.	8.08	8.2 9	8.33	8.34
資本集約度			2 0.1 2	2 0.7 9	2 0.5 8	2 0.5 4
知發集約度			8.7 2	1 0.7 8	1 2.7 4	1 1.4 7
(A / N - 7			2.24	3:30	1.4.37	3.1 7
(B グループ			3 2.2 7	4 4.9 9	5 3.2 5	5 6.4 8
(C // N - 7			6 5.4 9	5 1.7 1	3 2.3 8	4 0.3 5

注 Aグループ>知識集約度15%

^{15%≥}Bグループ>11%

^{1 1%≥}Cクループ

同様に、各商品の知識集約度の大小により高い方からABCの3グループ に分けてみると、工業製品輸出の中のAグループ(航空機、事務用機械、通 信機械)の比率は、アメリカの14%に対し、わか国と西ドイツは3%にす ぎない。

AにBグループ(印刷・出版物、ファインケミカル、精密機械、その他一般機械、その他電気機械、その他輸送機械)を加えたものの比率でみても、アメリカの68%、西ドイツの60%に対し、日本は48%である。

一方、知識集約度とは逆に、資源集約度は、アメリカの 19.2 %に対し、 日本は、21.1 %と素材産業輸出のウエイトか相対的に高いことが分る。

このように、わが国輸出商品の資源集約度が高いのは、材料産業の輸出ウェイトがかなり高いことによる。

また、一次金属の資源集約度が34~47%であるのに対し、機械類の資源集約度は、13~16%である。このことは、同じ輸出額であっても、一次金属が、機械に高度化されて輸出されれば、資源負担が、3分の1に大巾に軽減されることを物語っている。

機械工業の知識集約化を推進することの意義と理由は、ここにあるといえ よう。

3. 知識集約化のための μ P 応用の占めるフアクター

機械工業における知識集約化を如実に促進するのは、生産ラインの省力化、あるいは無人化である。とれにより、人間は、より創造的な開発研究などに従事でき、更に知識集約化への道を歩むことができる。

μp は、この方面での活躍が期待され、また、直接的に効果を表わす。 すなわち、μp による「シーケンサ」が、まず注目されるべきである。 制御装置を従来のハードウェア的な製作法によって作ることに比べて、 μ Pの利用はいろいろの利点を生み出す。

ハードウエア機能は同じで、全く違う制御機能をもたせ得ることが、 その根本的相異である。

ハードが同じでも、ソフトを変えることにより、製品の機能改良ができて、製品寿命を延ばすことができる。

客に要求される多様化への傾向を、ソフトウェアに負担させられる。 新制御システム開発に対し、開発期間を短縮できる。

その他、従来の制御装置よりも、高級な制御アルゴリズムの実現が可能 となり、効率の良い制御を行なうことができることなども、大きな利点で あろう。

μp の利用については、本報告書で詳しく述べられるが、チップは益々安くなり、あらゆる機械に組み込まれるようになるのであろう。

機械の設計には、必ずソフトウェアの開発が付帯し、機械技術者の仕事が高等化するであろう。このことは、日本のような高学歴社会にとっては好ましいことであり、知識集約度の進んだ機械工業への道を歩む先兵が、 μp であるともいえよう。

The second secon

Same and the same

Ⅲ.マイクロプロセッサ(µP)応用基礎知識と技術

			v
	·		
·			

■ マイクロブロセッサ(μP)応用基礎と技術。

1. µP の概要

1.1 はじめに

μΡ なることばを一義的に限定する定義はむずかしいが、一般的に用いられている概念として、μΡ とは大規模集積回路(LSI)1 ないし数個を用いてコンピュータの中央処理機構、あるいはその周辺回路をも含めて構成した形状が小型の情報処理装置であると考えられる。したがってμΡ に入出力装置や記憶装置を接続して小型のコンピュータを構成して使用することもでき得るし、またμΡ を単体で、あるいは必要な周辺回路とともに機械の要素の一部として組み込んでその機械の制御を担当させることも可能である。すなわちμΡ の特徴は半導体集積回路で構成された形状が小型で安価な情報処理装置であり、プログラム記憶方式の処理能力をもっていることにある。この特徴故に豊かなる可能性を秘めたμΡ が機械工業の知識集約化にいかに利用され得るかを模索するにあたり、まずその歴史的背景に簡単にふれたい。

1.2 コンピュータの歴史

コンピュータの歴史は半導体の技術の進歩と共に歩んできたといって過言にならないほど密接なつながりをもっている。1946年ペンシルパニア大学で真空管式電子計算機ENIACが試作されて以来、トランジスタ、集積回路(IC)等半導体素子の実現に伴なってコンピュータはIBM社の手によって飛躍的な発展をとげていった。そしてその開発の方向は大型化、高速化であり、処理の対象は科学技術計算であり、事務情報の処理であった。よってその処理方法はパッチ処理方式(情報源とコンピュータを直結せずに情報を整理集約したのちにコンピュータに処理をさせる方式)であり、時分割方式(タイム シャリング方式)等を用いて同時に複数個のプログラムを実行させて効率よくコンピュータを稼動させることが考えられた。すなわち中央に巨大な高性能のコンピュータを1台設置し、多数個の端末入出力機器を接続して各端末器よりの膨大な情報を並列にしかも高速で処理せんとするものであった。

との動向に対し、1963年DEC社は発想をまったく異にしたコンビュ -gPDP-5を発表した。ミニコンピュ-タの誕生である。これは小型、 低価格で対象として産業用、制御用を目指し、その処理方式もリアルタイ ム処理方式(情報源とコンピュータが直結した方式)を主体とした。すな わち産業の1システムあるいは単一機械にコンピュータは専用機として直 結され、1対1の対応のもとに制御を行なわせるものであった。当時、多 様化し複雑化する機械工業にあって高度な設計要求に対しIC、リレー等 の個別部品を結線する、いわゆる布線論理の手段しか持ち合せていなかっ た設計技術者に、プログラム記憶方式によって制御する手段が提供された のである。すなわち論理素子等を組合せて作成した情報処理回路にかわり、 その処理論理をデータとしてあらかじめ記憶回路に記憶させたのち、その 記憶データにしたがって処理を進めて行く方式が提示されたのである。機 械工業等、産業に導入されたミニコンピュータはその巾広い融通性によっ てたちまち成功をおさめて普及し、開発投資も小型故に比較的少なくてす むことから需要に応じた開発が急速度に進んだ。すなわち機能的大型化 (メガミニ)、低価格、超小型化(マイクロ コンピュータ)へと、一方 では膨大な情報処理能力を備える機種が開発され、また他方では従来のミ ニコンピュータでは機能過剰、経済性が悪いと結論づけられた簡易情報処 理装置に対する対応機種への開発が進んだ。

一方、半導体技術の進歩もめざましく、1963年頃の電界効果トランジスタ(FET)の実用化、特に絶縁ゲート型電界効果トランジスタ(MOSFET)の実現によって半導体回路の高密度集積化、すなわち大規模集積回路へと発展していった。MOSFETは入力インピーダンスが高く、論理回路を多段接続するときに全体としての消費電力が少なくてすむということが大規模集積回路への道を開く鍵となった。この大規模集積回路技術は電子式卓上計算器(カリキュレータ)の製造技法にとり入れられ、電卓は小型化(ポータブル電卓)、高級化(関数電卓、プログラマブル電卓)への道をたどった。

そして1971年、半導体集積回路のメーカ、インテル社はワンチップに 集積された中央処理装置を高級電卓用素子として開発、ワンチップマイク ロプロセッサが誕生した。すなわち現在 AP はミニコンピュータの機能的 簡素化、小型化という流れと、半導体素子の大集積化という流れにあって 融合し、より小型、より低価格な制御要素としてその地位を確立しつつある。その形状は超小型で装置というよりはむしろ機能部品であり、その利用形態は簡易情報処理、あるいは分散処理を目指すものと思われる。すな わち AP は機械の 1 部品として制御の必要な各ユニットに組込まれ、それ 等のユニット内で独立した制御が行なわれ、またこれ等が有機的に結合する分散構造システム、あるいはこれ等を管理する別の処理装置によって全体の制御が行なわれるシステム、階層構造システム(ハイアラーキ システム)の思想が進められてゆくものと思われる。しかし現時点では AP の周辺機器の価格やソフトウェアの整備等が遅れているために必ずしもその 直価を発揮しているとは思われない。これ等の開発が進み、 AP 関係の部品がソフトウェアをも含めて汎用性、互換性のあるものとして標準化が実現したとき、 AP の真の効用性を見付けることができるのではないかと思われる。

1.3 µP の特質

μP の第1の特質は本質的にはコンピュータと同じプログラム記憶方式 の処理能力を備えていることである。プログラム記憶方式とはあらかじめ情報処理の方法、順序を数値データに変換して記憶装置に記憶させ、この命令データにしたがって時系列的に処理装置を稼動させる方式をいう。この方式によって処理機能はその融通性が飛躍的に拡大する。すなわち記憶されたプログラムによって命令データ自身にも演算を施こすこともでき得るし、必要に応じて変更することも可能である。この方式を用いることにより、機械、システム等の制御、情報処理回路の設計はハードウェア設計の大部分をソフトウェア技術で肩代りさせることができる。産業の発展に伴ないますます多様化し複雑なシステム設計が要求される今日、一品料理的に布線論理を用いて組立て工程数の多い設計を余儀なくさせられ、また何度も回路の配線を変えて修正をしながらデバックを行なう手法にくらいて、ソフトウェア ベースの制御ではシステムをいかに制御するかはプログラムによって決定されるので繁雑な配線は減少するし、またデバックも

コンピュータを利用して容易に行ない得る利点をもつ。よって開発期間が大巾に短縮でき得るし、また将来処理動作を変更させる必要性が起った場合にもプログラムを書き変えるのみで目的の動作に変更することができる。また経年変化によって故障を起すのはハードウェア回路のみであるため信頼性の高いシステムを期待でき得るし、さらにハードウェア回路を用いた場合には規模、価格の点で付加しにくい自己診断機能をプログラムで簡単に実装でき得るので保守業務が非常に簡素化する。プログラム記憶方式の今一つの特徴は、記憶装置を付加することによって簡単に膨大なデータを記憶し処理することのできる点である。従来の布線論理による制御装置では汎用性のある演算、記憶等の回路は付加することがむずかしい。よって多量のデータを演算して用いる制御(非線形、学習、適応、最適制御等)の必要性に伴なって、この分野での4Pの活用も期待される。

μP の第2の特質は小型、安価な大規模集積回路で構成されていること である。小型安価な故に簡易情報処理装置として利用でき、またさらに制 御機能を分散させて故障による危険分散を行なうとともにシステムの簡素 化を行なりことができる。すなわち#P は単体で従来のデータ処理、計測 分析、集中管理、プロセス制御、数値制御、シーケンス制御等の制御機構 に置換され、この分野での機能の向上、新機種の開発が進んで行くであろ うし、また一方では大きなシステムの機能分散による端末処理装置として たがいに連携をとりながら、あるいは上位処理機構と有機的に結合して、 システムの1部分の情報処理をつかさどるという形態で使用されて行くで あろう。市販されているμP はチップ本体だけのもの、μP 素子及び外部 機器接続用回路、記憶素子等を基板上に配置接続したもの、あるいは架台 にとれ等をおさめて電源回路、入出力端子等をとり付けたものまで用途に よりそれぞれ各種とりそろえられているが、これ等はやはり1つの機能部 品であり、機械の1要素として組込まれて使用される点において変るとこ ろはない。 μΡ の 標準化が進み、互換性に富んだ部品として確立されて初 めて上記機能を十二分に発揮することになろう。

以上μPの利点について述べたが、これ等のことがらによってμPの機能の限界を見失しなってはならない。すなわちμPを導入することによっ

て、制御機構をハードウェア技法を全くかりずに、しかも安価に簡単に作成することにはなり得ない。μPは機能部品として機械に組み込まれるために、情報の入出力等、他の制御要素との接続はμPのハードウェア機能に適応した接続回路によって結合されなくてはならないし、また情報の入出力速度、量などが大きく、ソフトウェアの処理時間が追い付かない場合など値別のハードウェア回路で入出力情報を処理してμPを機能的に補助してやらねばならない場合も生ずる。よってμPを用いたシステムを設計する場合には、設計者はソフト、ハードの両面からそれ等の技法を融合させて使いこなさなければならない。また、ソフトウェアの技法にしてもμPは一般のコンピュータよりも更にコンピュータの原理に即したプログラミング技法が要求され、汎用のコンピュータの原理に即したプログラミとは全く期待できない。よってプログラム開発の費用が意外に大きくなり、一品料理的なシステムではミニコンピュータを用いた方が安価な場合すら起り得る。いずれにしてもμPの特質を十分に把握して最も適した利用をすることが望まれる。

1.4. # Pの機能とシステム構成

図-3.1.1.に uP システムの概略図を示す。

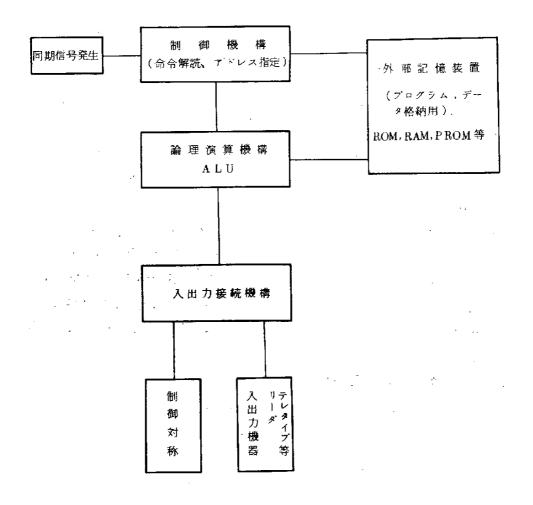


図-3.1.1. μ-Pシステムの概略図

その基本動作は一般のコンピュータ処理システムと同じであり、あらかじめ処理論理を処理の順序にしたがってプログラムの形で記憶装置に記憶させておき、制御機構がこの記憶された処理論理を時系列的に順序よく取り出して解読し、その命令にしたがって制御機構が処理を実行する。すなわち記憶されたプログラム命令群の流れに従がって制御機構は他の機構に指令を下し、あるいはプログラムの流れを管理する。命令には制御、転送、演算の3種類がある。制御命令は制御機構に指示を与える命令であり、制御機構が記憶装置から命令を取り出す順序を変更して処理の流れを変える

場合などに用いられる。この命令を用いて記憶されたプログラムの中の1 命令系列をくり返し制御機構に引き出して使用して(サブルーチン・コー ル)プログラム構成を簡素化することもできるし、またあらかじめ定めら れた条件と情報を比較して処理の流れを変えることもできる。(条件分岐) 転送、演算命令は論理演算機構(ALU)を介して行なわれる。転送とは ALUと記憶装置、あるいはALUと入出力接続回路につながれた外部機 構(入出力機器、制御対象等)との情報の転送であり、演算とはALU内 の情報 (データ)と記憶装置内の情報 (データ) との四則演算、論理演算である。 こ れ等の処理はすべて2進数の動きとしてあつかわれ、命令、データ等の情報すべて が2進数で表記され、記憶され、転送されて処理される。転送、演算命令には転送 および演算の対象となる記憶場所の位置情報(アドレス情報)が付加され ている。一般のシステムではプログラムの命令にしたがって外部機構、た とえば制御対象から情報データがALUに読み込まれ、記憶装置に格納さ れる。この記憶されたデータ群は必要とあればALUにおいて演算がほど こされ、また必要に応じてこれ等の演算結果に基づく条件分岐の処理がな されてプログラムの流れが変わる。そしてそのプログラムの流れに従がら 命令によって処理情報(データ)あるいは外部機構への制御情報(命令) が2進数のデータの形で転送される。外部機構はこの情報を解読し、解読 された情報に基づく処理を進める。以上の処理がくり返し行なわれてシス テムの制御が進められて行く。

図ー3.1.1に示される構成において制御機構および論理演算機構を半導体大規模集積回路(LSI)でまとめたものをμPといい、LSI素子1個でまとめたものをワンチップ μPという。またこれ等の集積回路に記憶素子、入出力接続回路等を付加して1基板上にまとめたものをμPと呼ばれることもある。(ワンボード μP)μPは小型のLSIで構成されている。小型であるが故に電極の端子数が制限され、各種の情報は共通端子を介して時分割で入出力される。また同時に入出力できる情報量が少ないために1つの命令を実行するのに数度にわたる情報の出し入れをしなければならない。一方、μPは集積度を上げるためにMOS型のLSIを用いているが、MOS型の集積回路は浮遊容量が大きいために信号の基本応

答速度が遅くなる。以上のことからμΡの処理速度は比較的遅くなり、μΡは高速の処理を必要とするものには向かない。もちろん最近では端子数を増加して同時に処理でき得る2進情報の桁数(ビット数)を増加したり、SOS技術(サファイア上に素子を形成して浮遊容量を小さくしたもの)によるC-MOS(相補形MOSの略で消費電力が小さい)、あるいはバイポーラ型のIIL(インテグレーテッド インジェクション ロジックの略で超高速性をもち消費電力が少ないことが特徴)などを利用して処理速度を上げるなどますます高性能な素子も開発されつつあるが、これ等はまだ価格も高く、μΡの利点の1つである安価性が失なわれてしまう。

μP の処理方式がブログラム記憶方式であることは前述の通りであるが、このために記憶装置が不可欠になる。記憶装置はブログラムの格納やデータの集録等に用いられる。汎用コンピュータと異なりμP は比較的小規模なシステムに専用で用いられる場合が多いため、とりあつかうデータ数も比較的少なく、またブログラムも頻繁に変更することは少ない。よってμPではプログラムや固定データの格納用としてROM(リード オンリーメモリ)と呼ばれる読み出し専用の不揮発性記憶素子が用いられ、データ等の集録のためにRAM(ランダム アクセス メモリ)と呼ばれる読み書き両用の揮発性記憶素子が用いられている。共に半導体集積回路で構成されており、アドレス情報が入力されるとその指示にしたがう位置のデータが転送される構造になっている。他に大容量記憶装置としてフロッピーディスク、カセット テープ等の磁性体記憶装置もμP 用として開発が進んでいるが、いまだμP 本体の価格にくらべて高価でありこれからの開発によるコストダウンが望まれる。

μPと制御対象、あるいは入出力機器は入出力接続回路で結ばれる。この回路はμPと制御対象機器との信号形態を揃えて情報を転送する回路である。すなわち信号変換器であり解読器である。一般のコンピュータにくらべてμPの入出力機能は低く、これを補佐するためにこの回路は煩雑になる。最近では汎用の入出力接続回路をLSI化したチップや、テレタイプ、リーダあるいは各種ディスプレイ専用の接続用LSIチップが用意されてμPと制御対象機器を接続する手続も簡単にはなったが、制御対象が

各種異なる特徴を有したものである以上、システムの設計にあたり多少の 布線論理による回路を入出力接続部に組込まざるをえない。そしてしかも その回路の特質によってプログラムの処理方式も決定され、また合理化さ れる。すなわちこの点に関して設計者はハードウェア、ソフトウェアの両 面の技術を融合させてシステムの設計にあたらればならない。

1.5. AP システムのソフトウエア

システムの設計にあたりμP の導入によってハードウェア、すなわち布 線論理に依存する設計負担は著しく軽減される。しかしこれは設計の理念 となる処理論理が電子部品等の結線構成によって表現されていたものを、 プログラムの記憶構成としてソフト的手段で置換したにすぎない。よって μP を用いてシステムを設計するにあたり、重要な課題としてソフトウェ アの開発設計が設計者に課せられる。すなわち設計者は製作するシステム に必要な処理条件を分析し、μP とのデータの入出力接続方式等ハードウ ェア的接続条件を考慮した上で、μP に用意された命令体系を組み合せて 設計理念を再現するプログラムを作成し、つぎにデバックを行なって誤り を修正し、充分に正当性を確認した上でそのプログラムを ROM等の記憶 素子に書き込まればならない。

この、実際にシステムに命令を下すプログラム(アプリケーション プログラム)は2進数の機械語である。この機械語による命令の種類や表現法は μ P の種類によって異なり、しかもその命令の表現は設計者にとって記憶し難く、また修正も困難であり、プログラムの完成までに多大の手間と時間を必要とする。これ等の問題を解決する手段として記号化した覚え易い命令体系をつくり、その命令言語でプログラムを書いて(ソース プログラム)、これをコンピュータによって機械語のプログラム(オプジェクト プログラム)に変換させる方式を用いている。この記号体系の代表的なものとして、機械語とほぼ1対1の対応をするアセンブリ言語があり、この言語で書かれたプログラムを機械語に翻訳するソフトウェアをアセンブラと称する。このように μ P を稼動させるアプリケーション プログラムを開発するための道具として利用されるソフトウェア、すなわち言語翻訳用のソフトウェアやデバック用のソフトウェア等をサポート ソフトウェア

エアと称する。 μP の開発には大型コンピュータ、ミニコンピュータあるいは電話回線等通信回線を介して超大型コンピュータと直結するTSS方式 (タイムシャリング方式)など、高級コンピュータに記憶されたサポート ソフトウェアを利用してμP のプログラムを作成する方法がある。との方式で開発に使用される翻訳用言語をクロス アセンプラと称する。またデバック用ソフトウェアとしてシミュレータ等が用意されている。一方μP は記憶装置や入出力装置を接続すればマイクロコンピュータを構成することができるので、これを用いて自己のアプリケーション プログラムを開発することもできる。この方式のために用意された翻訳用言語をセルフ アセンプラと称する。デバック用ソフトウェアとしてはエディタ、モニタなど、また作成したプログラムと汎用サブルーチンとを結合させるリンケージ エディタなども用意されている。

完成したアプリケーション・プログラムはROMに書き込んで永久記憶されるが、ROMには素子の製造過程でプログラムを焼き付けてしまりマスクROMと、素子購入後にプログラムを書き込むことのできるPROM(プログラマブルROM)がある。マスクROMは量産の場合に価格が安くなるので高級電卓、会計器などの量産可能なシステムに用いられている。一方PROMは使用者が書き込み器を用いてプログラムを素子に永久記憶させる方式の記憶素子であり、1品料理的なシステムの設計の場合に多く用いられる。PROMの中には一度書き込んだ命令を消して新しく書き込むことの可能な素子も用意されており、プログラムを試作する段階などで利用されている。

これ等の過程を経てμΡシステムは初めて稼動を開始するが、このシステムの価格はμΡ本体の価格にくらべてかなりの高額になる。第1の理由はμΡの周辺機器の価格がμΡ本体にくらべて高価なためであり、第2の点はアプリケーション ブログラムの作成にかかる費用のためである。μΡは形状及び価格の制限から機構が単純化、簡素化されており、機能的に複雑な命令はすべてブログラムの組合せによって処理されねばならない。さらにμΡに接続される記憶装置の容量にもアドレス指定の限界から制限が加わり、また処理時間が長くなることを避けるためにプログラムは簡潔

にして合理的なものでなければならない。よってμΡには一般のコンピュータよりも更にコンピュータの機能に即したプログラミング理念が要求される。したがってμΡシステムの設計者はμΡのハードウェアの機構を充分に理解し、用意されたサポート ソフトウェアを駆使して、システムに必要な処理を再現するプログラムを作成でき得る能力を持たねばならない。

2. μPの特質

2.1. 製造過程に於ける特質

2.1.1. μPの価格推移 - 製造面からの考察

例えば8ビットμP、8080が発表された頃、その価格は1個10万円以上であったが現在では当時の十分の一、1万円前後で販売されておる。このような大巾な価格の下り方というのは他の工業製品ではまず考えられない事であろう。それでは何故 I C産業ではこのような、他の工業分野ではありえないことが起るのであろうか。

ICメーカーがユーザーの足許を見て不当な利益を得ているのであろうか?ここで述べようとしているのは別にICメーカーの言分けをしようとしているのではなく、μP及びICを使用していこうと思われている方々に、IC産業とは如何なる体質のもので、どのようなIC、μPを使用したらよいかを考える上での一つの判断材料を提供したいと思う。

ICとは途方もなく人と金とを必要とする産業だと言える。それをいくつかの面から考えて見るとつぎのとおりである。

(1) 開発費の問題

今一つのμ P を開発しようと計画したとする。通常 I C を一品種開発するのに最低 6 ケ月から 1 年かかるが、今、最良の条件で 6 ケ月とする。これに必要を技術者は最低 3 名必要である。 1 名は回路設計者である。彼の役割は、開発すべき μ P が目的の機能を満足するように電子回路の設計をすることである。彼の設計図は、例えば「AND」、「O R」等の論理素子で構成されていて、一般の電子技術者が見れば十分解読できるものである。しかし、この回路をそのまま I C にすることはできない。I C は通常 3 ~ 5 ミリ角のシリコン片で、これ以上大きいと工業的な意

味を失う。又、動作、速度、電流値等についても、シリコンという限定された素子材料の範囲で実現しなければならない。このように電子回路を「IC」という製品に翻訳する仕事が必要である。この仕事を製品設計といい、製品設計技術者がこれにあたる。

彼の設計図はもはや、外部の技術者には解読不可能なものとなる。

製品設計が終ればそれで開発完了かというとそうではなく、製品設計された通りICを製造するのにどのような手段をもちいるかを決める必要がある。これを行うのがプロセス技術者である。

実際の開発にあたっては回路設計、製品設計、プロセス技術、それに加えて製作部門が、個人の単位ではなく、各部門複数の人間が、互いにつながりを持ちながら作業を進める。これらの人件費だけを考えてもかなりの金額になり、その他設備費等を含めると必要予算としては数千万にもなる。

(2) プロセスの問題

プロセス技術の課題は、製品設計されたICをいかに歩留りよく、安定に生産するかということである。 μPはICの花形であり、技術の先端にあるものであるが、それには常により高い機能、より使いやすいもの、しかも安いことが要求される。従ってこれを製造するに当っても当然より高度の、より広範な技術が必要となる。

そのため、必然的にプロセス技術は非常な勢いで進歩するが、進歩しているということは裏をかえせは常に技術手法が変化し、未知の要素を含んでいて、それをもって、技術の最先端の、最も難しい製品を製造していることとなる。

そのため、ある A P の開発時点の歩留りは通常、非常に悪く、極端な場合には歩留り10 の以下などという例もある。

当然プロセス技術者は一日でも早く歩留りを向上させるべく改良、修正を行い2、3ヶ月位の内にはそのプロセスを完成させ、歩留りを向上して、工業製品として常識的な線までもってゆくものである。

(3) 設備面での問題

- μ Pを製造するには、その技術と同様、最新の、最も洗練された設備

を必要とする。

拡散炉、蒸着装置、イオン折込装置、自動ポンダー、ICテスター等、外部の人々には耳慣れない、そしてその一つ一つはそれぞれ驚く程高価な(例えばμPを選別するICテスターは約1億円)設備であり、操作も難しい設備であるが、これらがIC工場には壮観といえるほどずらりとならんでいる。

I Cを製造する為に必要な設備投資額は百億以上は確実であろう。他の産業、例えば製鉄、製紙なども大きな設備投資が必要であるが基本的に I C産業がこれらと違う点は、設備の寿命が短いこと、稼動率が低いことにある。

先に挙げた装置の大部分はそれぞれ数千万から1億円以上もするにもかかわらず、その寿命は三年から五年程度である。これは装置がこわれる、消耗するということではなぐ、いわゆる陳腐化してしまい、要求される能力が本質的に出せないということである。

稼働率については他の工業のように24時間フル操業という訳にはいかない。最近24時間操業を行なり工場もできたが、これも全工場という訳にはいかず、限られた現場が多いようである。それはIC産業では製品の性格から製造現場に必ず作業者、しかも女子作業者が必要だからである。

これまで述べてきたIC産業の特質をふりかえってみると、人、金、 技術、設備、どれをとっても、難しい問題ばかりで現在なぜこれが工業 として成り立っているか不思議に思われると思う。

これらの難問を解決するのはただ一つしかなく、それは「量産」である。 I C産業にとっての唯一の救いは、一旦安定した製品は、月産百万以 上といった大量生産が可能となることである。

量産とそがIC産業の持つ多くの不利な点を補うただ一つの要素と考えてよい。

多額の開発費、設備投資をユーザーの要求する価格でμPを市場に出 しながら回収するには、大量生産を行う以外方法はない。

プロセスについていえば そのプロセスの不確定な要素は、早くそれ

を見つけ、対策を取らねばならないが、大量生産を行えば、短期間に多 くの要素がチェックされ、改善され、歩留りの向上につながる。

μ P の初期に価格が高かったのは実は、3つの問題、開発費、プロセス=歩留り、設備が、市場的に未知数、すなわち量産規模が明確になっていなかったためである。(例えば8080に全部かかってしまっていた。)しかし現在、I C メーカーは8080をこれまで大量につくり、今後のマーケットの見通しも明確になり、さらにプロセスも安定してきたので急速に値下りしてきたという訳である。

このように考えてみると、逆に言えば一個10万円のICなどというものはいかに機能的に優れていても、市場に長く存在できないと言える。なぜなら、真に有用で、量産性のあるものならば、早晩その価格は下るであろうし、もし価格が下らないものがあれば、それは非常に歩留りが悪いことを意味する。一個10万円でも買うというユーザーが多くなればなる程、そのICメーカーは不良品が増加し、人、設備を増やし、それによりコストが上り、10万円が20万円、さらに30万円以上の価格になって、最後に製造中止に追込まれてしまうと思う。その時、工場は人と設備とそして不良品の山の中にうずまっているであろう。

ICメーカーとしてユーザーに認識して頂きたい点は

- (a) I C、 μ P の発表当初はどうしても価格は高い。
- (b) I C、μ Pは必ず価格は下る。一個10万円の I Cなど市場に永続し えない。

ということである。

これはユーザー側からみれば、いかに機能的に見て使いたくてもいつまでも非常に高価格のµP、ICは使用しない方が無難、又、大量に生産されている品種を使用するのが賢明であるといえる。

2.1.2. µPの信頼性について

これまでICメーカーの立場から主として価格に対する考え方を説明してきたが、今度は、μPとその周辺素子、メモリー、周辺コントローラを含めたいわゆるμPファミリーの信頼性についての考え方を説明する。

(1) CPUの信頼性

まず、定量的な信頼性の数字を挙げる前に、μPは通信工業用と称される高信頼性の電子部品の分野の部品なのか、それとも民生品といわれる分野の部品なのかを明確にする必要がある。μPは、一般には民生品の分野に属する電子部品である。これはあくまで一般論でメーカーによっては通工品として製造しているところもあると思う。それでは民生品と通工品の違いはどこにあるのであろうか。使用する設備を分けているのか?質の悪い材料を使っているのか?製造工程で手をぬいているのか?工場を分けているのか?色々な事が考えられるが、これらはいずれもあたっていない。μP及びそのファミリーは、製造ライン、工程、材料、検査、すべて通工品と同じであり、違うのは、出荷された製品について、各ロット毎に信頼性の確認がされているかどうかによって、されていれば通工品、定期的な代表ロットについて信頼性確認がされていれば民生品、という事である。

IC工場の品質管理は非常に高いレベルにあり、又、最新の技術を駆使して製造しておるが、100%完全な品質のものを常に出荷するのは理論的に不可能なものである。それで、通工品の場合には、出荷されるロット毎に長時間のロット確認試験を行い、確かに目標とする信頼性レベルがあることを確かめて出荷する。このような試験は時間、工数、設備がかかるため、素子の価格は大巾に上ってしまう。民生品の信頼性も、十分、ユーザーの期待するレベルは満足しているものである。 4Pの信頼性は平均1000fit (CPUの場合:80fit)程度といわれている。

1 f i t とは μ P 1 個をとって考えた場合 1 0 時間に 1 回故障する可能性があることを意味するので、1000 f i t とすると 1 0 時間に 1 回故障する可能性があることを意味する。10 時間は約100年であり、約100年と知って μ Pを使う、又は、それでも安心できないので 500 f i t の μ Pを使ったら、本当に安心できるであろうか。

(2) µ P システムとしての信頼性

μ P システムは、 C P U 1 つあればそれが全てという訳にはいかない。 μ P システムは少くとも、 C P U、メモリー、 I O、の三種の素子が一 般的には必要である。それで、CPUの信頼性だけに注目しても不十分で、メモリー、IOのfit数も同時に考慮して、システムとしての信頼性を算出しなければならない。

一例として、CPU、MASKROM1個、RAM4個、TTL30 個を使用したシステムの信頼性を計算してみる。

- CPU----1000fit

ROM 1 0 0 0 f i t

RAM 1 5 0 0 f i t

TTL..... 50 f i t

とすると、このシステムの電子部品の信頼性は9500fitになる。 これは電子部品のシステムとして約10年に1回故障する可能性がある といえる。

全体のシステムとしてはこの他にトランジスタ、抵抗、コンデンサー、 ダイオード等が必要であるから、ユーザーはこれらの信頼性のfit数 を知って、自分の必要とするシステムの信頼度に見合った部品を選択し てゆくことになる。

(3) プラスチツクケースかセラミックケースか?

前項でμPは民生部品であることを説明したが、その際「通工品も民生品も生産工程は同じ」という説明をした。しかし、μP自体、CPUはセラミックという非常に高信頼性のケースに入っていることが多いのであるが、周辺素子のメモリー、IO等の内には今のところ通工品になれないプラスチックのケースが使用されることが多い。

すなわち、品種によっては、確かに素子製造過程は通工品、民生品の区別はないが、最終のケースに入れる段階で、通工品にはなれないプラスチックのケースに収められてしまうのである。ではどうしてプラスチックのケースは通工品になり得えないのであろうか?それは一言でいって信頼性が低いからである。

ではICメーカーはなぜ、信頼性が低いとわかっていてプラスチックを使りのであろうか。それは第一にケースの価格が安いからである。プラスチックケースはセラミックに比べて五分の一から十分の一位の価格

でできるのである。

例えば、セラミックケースが500円とするとブラスチックでは100円以下でできる。第二には、プラスチックの信頼性が低いといっても、通常の場合、その信頼性で十分であるからである。

第二の点は非常に重要であるので、もう少し詳しく説明する。

プラスチックはセラミックに比べて本質的に信頼性が低いが、価格は非常に安いものである。このためユーザーはプラスチックケースのICを上手につかえは安くてよいシステムを作ることができる訳である。

プラスチックケースを上手に使うということは一体どういったことな のであろうか?それを知るには、プラスチックのどの性質が信頼性に影響を及ぼしているか解ればよいと思う。

ケースとしてフラスチックが問題となるのは二つの点である。まず第 一は、高温、高湿に弱い。第二には、熱の伝り具合が悪い(熱低抗が大 きい)ことである。

高温、高湿に弱いというのは一体どのような尺度で弱いと判定しているかというと、60℃・湿度95%の環境に於いてどうなるか、或いは、2気圧・150℃の高温・高圧下で煮沸したらどうなるかといった極端な環境条件下で判定をしているのである。このような環境の下では確かにプラスチックはセラミックに比べて劣る。

第二の熱抵抗が大きいことがどのようにIOに影響するかを説明する。 I Cは一般にその素子温度が150℃を越えると、信頼性の面から見て予測のつかない故障がおきると言われておる。使って、どんな場合にも素子温度が150℃を越えてはいけない。それでは室温150℃でICを働らかせれば問題はないか、というと、そういうことではない。ICはコタッのようなもので、素子がコタッでケースがコタッ掛のようなものと例えることができる。室温が10℃でもコタッは100℃以上になっており、このコタッのヒーターが150℃以上で切れてしまうとすれば、室温150℃にしたら当然ヒーターは150℃以上になり、こわれてしまうであろう。コタッ掛が薄ければ、放熱は大きく、ヒーターは比較的高い室温まで保つが、コタッ掛が厚く(熱抵抗が大きい)、保温効果が

大であれば、低い温度ででもヒーターは切れてしまう。

それではプラスチックケースの場合どの程度の室温まで許されるので あろうか。品種によって違うが、大体、70℃~100℃位、一方セラ ミックケースでは70℃~125℃位までである。

以上の事をまとめると、通常人間が生活できる環境では、ブラスチックケースで十分であるといえる。これは自動車を買う時に、道路の条件として100㎞/時までしか速度を出さないことがわかっていて、最高速度250㎞/時走行できる車を買うか、それとも最高150㎞/時しか出ないが価格の安いものを買うか、といったととと同じである。

・(4) ユーザーは受入検査をどうしたらよいか

大部分のユーザーにとって、μP、メモリーの受入検査は頭の痛い問題である。ICメーカーの言っていることを100%信用することも疑問だし、かといって、1台1億円もするテスターを購入する訳にもいかないものである。今後ますます、多種、多様のμP、メモリーが発表されて来るだろうし、測定技術についてもつぎつぎ新しいテクノロジーが学界誌、業界誌において紹介されるであろう。

どのような方法で受入検査をやったらよいか?それは、ユーザーが μP、メモリーの購入先、すなわち、どのICメーカーのμP、ICを 買うかによって違ってくる。

同じ種類のIC、例えば8080をとって見ても、国内外合わせて5、6社が出している。機能は全く同じであるが、メーカーにより、ICに対する思想は大分違う。どこの会社の考えが正しく、どこの会社が誤っているなどということはない。どの会社も正しいというよりは皆理屈に合っている、合理的であるといえる。ただユーザーがその会社の思想を十分把握せずにその会社のμ P、ICを使用するとトラブルが起きるのである。ということは、部品メーカー選定に際し、ユーザーは各会社のμ P、ICに対する考え方を十分確認する必要があることになる。

一例として某社ではどのような検査工程によってICを出荷しているか、又各工程はどのような意味を持つのか? そして某社の 4 P、IC についてはどんな受入検査が有効であるかを説明する。

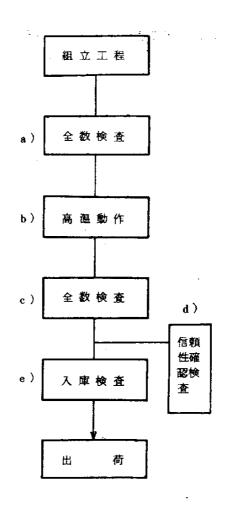


図-3.2.1 某社に於ける検査工程

(a) 全数検査

組立工程から上って来たμP、ICを、全数、各項目について検査を行なう。検査する項目は、カタログに記載されている機能を満足するのに必要な全項目である。

(b) 高温動作試験

高温動作試験とは100℃以上の恒温槽にμP、ICを入れ数十時間、 電圧をかけた状態で放置する試験である。

「組立後の全数検査で合格した AP、ICは本当に良品と考えてよい

のであろうか。これが違うところに I Cの難しさがある。合格した素子の中には、遠からず故障するものが必ずといってよい程混入している。これを初期不良品といい、初期不良品の混入は非常にユーザーにとってわずらわしい問題であり、これは信頼性と又違った意味のもので、いわば品質と表現できるものである。

図3.2.2.は不良品の発生を発生率→時間のグラフに表わしたもので ある。

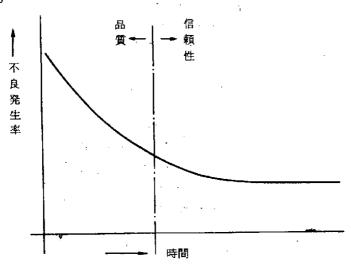
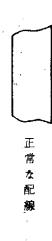


図 - 3.2.2.

図に示したように初期には、信頼性で表現している値、例えば1000fitなどという数字よりはるかに高率の不良が発生する。この原因は色々あるがその例として、配線不良、酸化膜不良等が考えられる。配線不良というのは、何らかの原因で、規定の配線の幅がないようなものをいう。



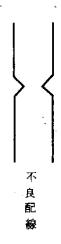
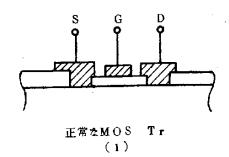
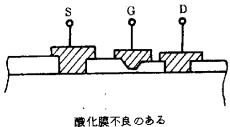


図 - 3.2.3.

酸化膜不良とは、絶縁不良の原因となるもので、図-3.2.4 のようなものである。





酸化膜不良のある MOS Tr (2)

図 - 3.2.4

配線不良、酸化膜不良等は、全数試験では素子が生きているので合格になるが、こういった潜在不良は、実際に使用しているとすぐに故障する可能性がある。これを高温動作という加速試験により、スクリーニングをし、市場に出る前に壊わしてしまう。高温動作後の形として図ー3.2.5 に示す。

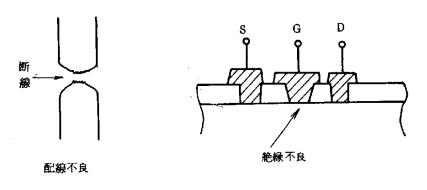


図 — 3.2.5

図 — 3. 2. 6

このように高温動作試験では、・潜在不良・を、加速することによ り、破壊してしまう。

(c) 全数検査

これは高温動作後、この試験で壊されてしまった不良を取除く為に行うものである。この工程で合格したものは、ほぼ信頼性的表現の数字に近い故障率になっている。

(d) 入庫検査

入庫検査では、でき上ったμP、ICの製品ロットが正しく全数検査されたかどうかを確認する。この検査は全ロットについて抜取りで行い、全数検査工程での作業ミス、取扱ミス、検査設備不良等による全数検査の検査不良の有無をチェックする。

(e) 信賴性確認検査

一連の検査工程で品質的な面(不良、初期不良の混入)はおさえることができるが、はたして、そのμP、ICが長期にわたって高信頼性を保てるかどうかを確認する。これは通工品の場合には全ロット、民生品の場合には定期的に代表ロットについて実施し、製品の水準を保つような仕組になっている。信頼性確認試験では、ICにとって非常に厳しい高温寿命、熱ショック、重力加速度等の試験が約3ヶ月にわたって行われる。

これまで検査工程の例として某社で実施されている方式について 説明してきたが、一般的に、μP、ICについて、ユーザーとしては、 それではどのように受入検査というものを考えたらよいのかというこ とを、ユーザー側で行われるであろうと思われる項目別に説明する。

(i) スクリーニングテスト

スクリーニングには色々な方法があるが、原理的には前に述べた 高温動作による加速テストで**ある。**

一旦ICメーカー側でスクリーニングが行われているとすれば、 再びユーザー側でやる意味があるかというと、あまり有益とは考え られない。逆に悪い結果をもたらす場合がある。

その理由の第一として、ユーザー側でのスクリーニング条件が必

ずしも適切でないことがある。つまり条件がゆるすぎて加速試験に ならなかったり逆に厳しすぎて良品も破壊してしまうことがある。 もっと都合の悪いことにはいわゆる半殺しにしてしまうこともある。

第二に、加速試験としてICメーカーが規格表で保証している温度、電圧の範囲を越えた値で行われることがある。この場合は、この試験中発生した不良についてICメーカーとして責任がとれないことになる。ユーザーがスクリーニングを行う時は、結局ユーザー側の責任に於いて実施しなければならないことになる。このような理由でユーザーはスクリーニング実施の判断基準として、ICメーカー側に、メーカーでそれを実施しているか否かを確認し、実施していればひとまずはメーカー側を信用して初期不良は除かれていると判断し、ユーザー側での実施を見合せるのが賢明であると思う。

(三) 全数機能検査は必要か?

ユーザーでの全数検査として実装試験が最も有効である。テスターではだめなのか?IOメーカーで全部やっているのになぜやる必要があるのか等疑問があると思う。これらを順を追って説明する。

スクリーニング検査はやらないとしても次に出てくる問題として、現実に不良品を装置に組込むことは避ければならない。そしてユーザーに納入されるμP、ICは全てのロットについて何易かの不良品が混入していると思わればならない。従ってどこのメーカーのμP、ICについても不良選別をしなければならないことになる。

それではその手段はどうしたちよいのであろうか。一口に選別といっても実は色々あり、対象となるICメーカーによりその方法を変える必要がある。その目安の一つとしてメーカー側の不良混入率がある。不良混入率が2 切又は5 切であるものについては、比較的安いICテスター又は、ユーザー側の考案したテスターにより試験を実施することが有効である。又、一部のメーカーでは、 μPを販売する際検査用テスターも含んだ見積りを提出することもある。このような方法をとれば、大巾な工程トラブルは防ぐことができる。

不良混入率が 0.5 %以下のものについては前述のような検査はあ

まり有効ではない。勿論不良品の中には、完全な、いってみれば全々動作しないものもあるが、特にμPの場合に問題になるのは、パターンに依存性のある不良である。パターンに依存性のある不良というのは、ある特定の命令の組合せについてだけ動作不良が起り、大部分の命令の実行には何の問題もないような不良をいう。このようなモードの不良については、一般のユーザーが購入しては投資効果が極めて薄い1台数千万円のテスターで測定しても容易に発見できない。その理由は簡単で、ICメーカーでも、100%完全なテストができないからである。換言すれば、最高のテスターと、専門の技術者をもってしても、μPを100%テストできないということである。

μ P の命令は 5 0 ~ 1 0 0 種位あるがこの μ P が完全に良品であることを保証するにはこの命令セットを理論的に可能なだけの組合せをつくり、テスターに実行させる必要がある。この組合せは天文学的な数字で仮にこれを実行しようとしても、テストが完了する前に担当者は停年になってしまうであろう。そこで I C メーカーは組合せの上で最も使用頻度の高い、又最もトラブルの起りやすい組合せの順にパターンをつくり、テスト効率の向上を計っている。

メモリーについても同様のことがいえる。この場合、注意してほしいのは、メモリーのバターン依存性というのは、従来、回路条件によってある品種について特有の組合せで不良がおこることを意味していたが、現在では技術の向上により、特にそのような傾向はない。現在では、非常に低い率であるが、メモリーセル全体に同じ割合で不良が発生する。そして、この不良を発見する手法がいくつか発表されており、広く行われているが、これによっても100%不良を発見することはできない。しかも、その内最も厳密なテストは、4KRAM1個をチェックするのに2時間かかる。これでおわかり頂けたように、μΡ、メモリーについて、100%良品だけを工程に流すことは、テスターによってはできない。

との段階で最も確実なのは実装試験である。一見原始的なようで

あるが、実装試験を行えばICメーカーが見のがしているパターンの内に万一不良があっても、ユーザーがそのパターンを使用すると すれば、その段階で不良は発見されるのである。

μPの場合は一度パターン不良がおきた場合、それをICメーカーに連絡すれば、まず二度と同じ不良は発生しない。それはICメーカーが、そのパターンをテストプログラムに組入れるからである。 実際某社に於いても、そういったことにより、テストプログラムを改良した例がある。

メモリーについては少し事情が違う。前に述べたように、メモリーの不良発生はメモリーセル全体に同じ確率で起こるからである。 このためにメモリーのメーカーの選択はある意味で、 4 Pのメーカーを選ぶよりも慎重にする必要があると思う。

(jii) エージングは必要か?

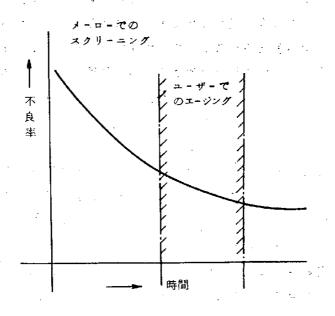


図 - 3.2.7

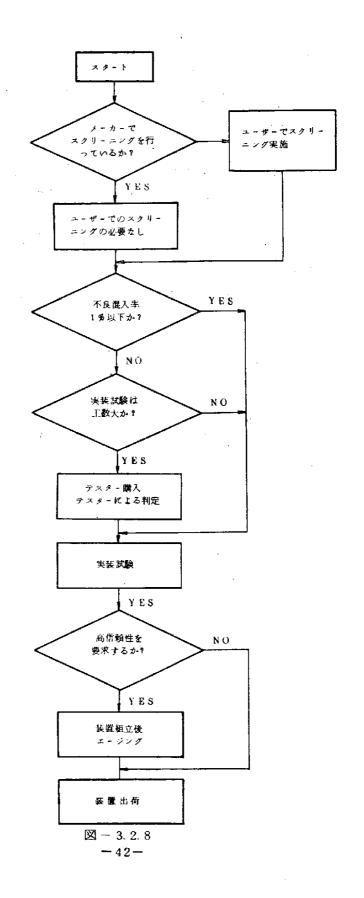
図ー3.2.7.は図3.2.2.とよく似ているが、斜線の部分が追加されている。これは、実はスクリーニングによっても完全に不良ポテンシャルが除かれていないことを示している。ICメーカー側でこの

斜線の部分まで取除くには、非常に時間と設備が必要で、ことまで やると製品の価格は何倍にもなってしまうものである。

メーカーでエーシンクをやる意義として、まず、電気的条件、即ち電圧、タイミング、波形、ノイズ条件等が使用状態と同じであること、第二に温度、湿度、振動等、環境条件が同じであること、第三にパターンが同じであることである。ただこのエーシングは非常に高信頼度を要求される装置に行う必要があるかもしれないが(例えば大型コンピューター、交通信号等)、通常の装置ではあまり必要ではないと考えられる。

なぜなら、エージングを行えば、その期間、製品を出荷することができず、製品コストは上り、かつ、この段階の不良は稀にしか起きないからである。エージングを行うべき期間はμP、ICの品種によって異なるが、信頼性的に表現されている(fitで表わせる)状態になるまで数ケ月必要である。

受入検査の方法について述べてきたがこれをフローチャートにま とめると図ー3.2.8のようになる。



2.1.3. ROMの諸問題

ROM(リードオンリーメモリー)とは、ユーザーの開発したプログラムをICの中に入れるためのメモリーである。

ROMには現在大きく分けて3種類ある。それは、マスクROM・破壊型PROM・EAPROMの3種である。この三種の使用法、注意点について説明する。

(1) マスクROM

マスクROMとはICメーカーがユーザーからプログラムを受取り、 そのプログラム通りにIC工場で、一度に大量のROMを生産する。そ の特徴はつぎのとおりである。

- (i) 大量に使用する場合に限られる。
- (ii) 大量に使用する場合価格的に有利である。
- (iii) ROMの内で最も信頼性が高い。
- (V) プログラムの変更がきかない。
- (V) 比較的納期がかかる(発注後約3ヶ月)

マスクROMは一言でいえば、製品が安定し、生産計画の立っている 量産品に向いているものであるといえる。

(2) 破壞型 P R O M

破壊型PROMとはユーザーが、ユーザーのプログラムを、自社内で ICに書込むPROMで、やり方としてICの配線を、プログラムに従って、PROMライターという専用の装置により切断してゆくものである。 その特徴はつぎのとおりである。

- (1) 1個からでも使える。
- (ii) 比較的価格が高い。
- (iii) 信頼性が高い。
- (IV) プログラムの変更がきかない。
- (V) プログラムに手間がかかる。

破壊型PROMは、価格はやや高いが高信頼度であり、小量ででも使 える。但しPROMライターが必要となる。ここで注意しなくてはいけ ないのは、高信頼度というのは、PROMを書いた後、適切な後処理を 行うという条件がつく。その方法はICメーカーと十分打合せることが 必要である。

(3) EAPROM

EAPROMとは、ユーザーが、自社でプログラムをPROMライターにより書込めるものである。これは破壊型PROMと同じであるが、もら一つ大きな特徴として、電気的或いは紫外線により、一旦書込んだ内容を消去し、別のまたは修正したプログラムを何回でも書込むことができることが挙げられる。

EAPROMの特徴はつぎのとおりである。

- (1) 1個からでもつかえる。
- (ii) 価格が高い。
- (iii) 使用法により信頼性が大きく左右される。
- (v) プログラムの変更が容易である。
- (V) プログラムに手間がかかる。

EAPROMは、開発時その長所が十分生かされる。量産時には、多品種生産に適しているが、書込み条件、使用方法について、メーカーとよく打合せの上、採用する必要がある。

2.2. デザインエンジニアリングに於ける特質

2.2.1 µPへのアプローチ

μ Pを使用する面で従来の電気部品と大きく異なる点は、μ Pの一部、例えばソフトウェアをらソフトウェアだけを知っていても、あるいは、入出力関係ならそとだけを理解しても、μ Pを使いこなせないという点にある。これをTTLの例で説明すると、特に全TTLの品種の動作を知らなくても、基本的な事項、品種を知っておけば、一応設計は進められ、必要に応じて、知識を増していけば目的は達せられる。

μРのこの特徴は、大部分の機械技術者とかなりの電気技術者をμРから遠ざけている。そこでこの項では、μРと取組む上で、どのような考え方をしたらよいかを説明する。

① 機械技術者の電気アレルギー

- 多くの機械技術者が電気回路について持っているイメージは、テレビ、

ラジオに代表されるアナログ回路である。これは学校教育のためであると思うが、オームの法則、CとRの基本原理ぐらいまでは解るとしても、次のステップとしては電磁気学、回路網理論、帰還回路に増巾回路とやらで、門外漢にはとんと理解のできない事ばかりである。そして、これらの理論を駆使して作られたテレビなどわかるはずもなくセットの背面パネルをはずすのさえ恐しくてできないものと思う。

このようにどの家庭にでもある、最もありふれた電気装置でさえ手が 出ないのであるから技術の最先端にあるμPなどは初めから敬遠されて しまうのは当然かもしれないと思う。

確かにアナログ回路は、専門技術者以外には難かしく、その設計などは大いに電気的知識と電気的センスが要求されるものである。

しかし、ディジタル回路となると話は別だと思う。ディジタル回路とは、TTLに代表される・1・と・0・との組合せディジタル素子によって構成される回路である。ディジタル回路を作るのに必要な事は、数種類の約束事を理解し、おぼえることである。これはいわば定理のようなもので、どんなに複雑を回路を作るにも、理解するにも、この定理を理解すれば十分である。

この約束事とは電気知識の全く無い人でもすぐにわかるものである。 換言すれば、ディジタル回路は論理的な思考のできる人ならば特に電気 技術者でなくても使えるという訳である。μPは、ディジタル回路の延 長であるから、基本的には同じである。μPを理解するのに必要なこと は、μPで取決められている約束事を正確に把握することである。

大部分の電気アレルギーの技術者に認識してほしいことは次の4点で ある。

- (j) 電気回路にはアナログ回路とディジタル回路がある。
- (ii) アナログ回路は高度の専門知識が必要である。
- (iii) ディシタル回路はアナログ回路とは異質なもので論理的に"1"と "0"とを組合わせてできている。従って、専門知識がなくても、論 理的に約束事に基づいて考えてゆけば目的は達せられる。
- (v) μPもディジタル回路と同じであるから一定の約束事を理解すれば

だれでも使用できる。

(2) ソフトウエアは機械設計と同じ

ソフトウェア設計とは、定められた種類の命令を組合わせて目的とする処理を行うプログラムを作成することである。

命令は機械でいえば機械要素である。機械設計でこの各要素の性能、 働きを正確に理解しなければ、正しい設計はできない。これは μ P のソ フトについても同じである。各命令の意味することを正確に理解する、 これをまず第一にすべきである。

各命令の働きがつかめたらシステム設計となる。これは機械設計でいり組立図面に相当する。即ち、組立図では目的の機能を発揮するのに、全体的に見てどのような方式を採用するか、又どの機械要素をつかって、しかも矛盾なく組合わせたらよいかを大体決めるが、システム設計でも、フローチャートの技法を使い、動作の流れを順を追って文章により記述していく。この際、各手順ごとに、命令を念頭におきながら、自分が今作成しているフローチャートにどのような命令がつかえるか?或いは、その処理が与えられている命令の種類を使って実現できるかを考えながら作業を進める。そしてフローチャートで重要なことは、これを第三者が見ても理解できるようにすることである。組立図に対応させて見れば、折角組立図を書いても、第三者が見て、その装置の機能、設計ミスがわからなかったり、部品図に分解できなければ意味のないのと同じである。

完成したフローチャートを検討し、論理ミスも修正し、機能の確認が終ったら、プログラミング(コーディング)である。これは機械設計でいえば部品図の設計製図である。フローチャートの流れに従って、与えられた命令を組合せ、一ステップずつ処理を命令に置換えていく。

出来上ったソフトウェアはたとえ1ヶ所のミスも許されない。これは 部品図で1ヶ所寸法の誤りがあっても機械が動かないのと同じである。 このため、ソフトウェア設計での技術者に求められるのは全体のシステムを洞察する能力、それを具体的な要素によって組立てる能力、さらに、 各部分について正確に実現させる能力である。これは機械設計の技術者 に望まれる特質と一致している。 μ Pのソフトウェア設計ではさらに、機械設計と似ているところがある。それはメモリーサイズと時間の問題である。

μ Pでは通常 I Cメモリーをプログラムの格納場所としている。この I Cメモリーは前に述べたマスク ROM、破壊型 P ROM、EA P ROMであるが、これは 1 個数 千円するものである。従って、同じ目的を達成するのにも、命令を上手に組合わせれば短いプログラムで済み、メモリーは少数でよいことになる。反対に、設計者の質が悪いと、命令をその場その場で間に合せに使ってしまい、全体として多くの I C メモリーが必要となってしまう。これは機械設計でも同じでただ回わればよい又はただ上下運動すればよいといった考えで設計したら装置は大きくなり、コストも上ってしまうのと同じである。

時間の問題というのは、たとえ論理的に誤りがなくても、処理時間が長くて、タイミングが合わないことである。例えばA+Bを実行して結果を知らせるといった処理をしたとすると、スマートにソフトを作らないとA+Bは確かに行なって、結果を知らせようとしたら知らせるべき相手はもうそとにいないということになってしまう。

これも機械設計でいえば同じ回転運動をさせるに、遅くても正確で力 があった方がいいか、速くて応答性のいいものがいいか選ぶのに似てい る。

③ 開発するシステムを客観的にながめる能力

μ Pを使用する利点の一つは、システムの設計を外部に発注することができることである。今まででも外注設計の形態はあったが、これは多くの場合発注元と受注先がかなり関係の深い会社どうしであった。いわば限定された形で存在していたと思う。しかしながらμ P が出現してから、ユーザーの仕様に基づいてソフトウェア、ハードウェアの設計開発を請負ういわば技術を売る会社が多く設立された。ユーザーはこのような会社を自社が技術工数が足らない、技術的に未完成である場合に積極的に利用するのが得策である。しかしこのような会社を使うにあたって、ユーザー側が留意すべき事がいくつかある。信用のある、技術力の確かなところを選ぶのはいずれの場合でも前提条件であるので、ここではソ

フト、ハードのシステム開発を依頼するための注意点を考えてみる。

(i) 開発依頼する部分だけでなく装置全体の説明をする。

通常システム開発を受ける側は、ユーザーが製造している装置についてはほとんど予備知識を持っていない。ユーザー側からみれば、その制御部分だけ開発依頼をしたいのだから全体は知る必要はないと考えがちであるが、それは誤りである。ユーザー側がどのように詳細な仕様書を作っても、ユーザーが意図することが100%盛り込まれることはないし、受ける側が、その仕様を100%正しく解釈することはないと思う。装置全体の機能を説明すれば、ある程度受ける側で、仕様書の不足点の補足、自分の解釈の誤りの発見、さらにユーザーの気付かなかったような改良点、などを行うことができる。

(ii) 特異条件を明記する。

例としてマッチ箱にマッチを詰めるシステムを考えて見る。長さ3 cmに木の長棒を切断し、100本になったら頭をつけて箱に入れるとする。これをこのままの仕様でシステム発注しても、受注した側では作業に入れない。なぜなら、第一に、木の長棒が3cmの倍数の長さで来るのか?来ないのであれば、3cmに満たない軸はどのように処理したらよいか?第二に軸の数にしても99本しか集まらなかったらどうしたらよいか、98本までは許されるのか、それともこの箱は不良になるのか、次の1本が来るまで待つべきなのか?など色々不明点、疑問点がある。これらの処置は、マッチ工場ではだれでも知っていることかもしれないが、部外者には見当がつかないものである。これでわかるように、定常状態でのシステムの動作は比較的表現しやすく、わかりやすいが、特異条件については見落されがちで理解しにくいものである。

(11) 開発を依頼する範囲を明確にする。

(1)で全体を説明する必要について説明したが、ユーザーの中には全体を説明するのに力を注ぎ、結論として、どの範囲を自社が開発し、 どとまでを外注するか明確でない場合が起きる。これを不明確にした まま作業に入るとお互いに、自分の都合のいい解釈をして、テストラ ンの時になって、双方であわてるといった事態になる。

以上3つのポイントを上手にカバーした仕様を作るのは、自分が作 ろうとしているシステムについて、全く素人の立場に戻り、客観的に それをながめる能力が必要であるといえる。

(4) **μ** Pはバカチョン組立

8080が発表されてしばらくの間、これを使いこをせる技術者はどくわずかで、μPの設計はある種の特殊技能のように考えられていた。その主を理由はμPに各種の入出力信号があり、これらは、実に複雑をタイミング関係になっているからである。この入出力信号を正しく理解するには、μPの内部についてかなり詳しく知る必要がある。そして入出力信号が理解できても、これらの信号を適切にμPに入れる、又はμPから出力される信号を正しいタイミングでとらえる回路を設計しなければならない。この回路を設計するのがかなり難しく、μPのハードウェアの知識と周辺に使用すべき部品の電気特性の知識がないと不可能であった。

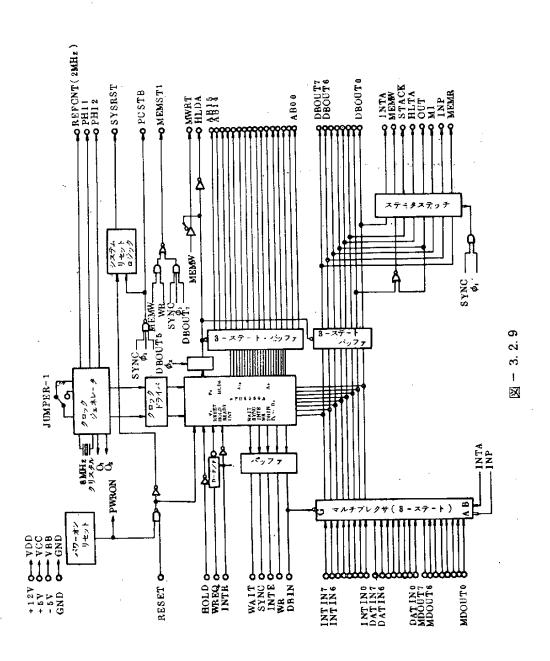
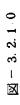


図 -3.2.9 に某社で設計した CPU ポートの回路プロック図を示す。 この回路例では TTL を約3.0 個使用しており、プリント板の大きさは約1.5.0 $mx \times 2.3.0$ mx 程度である。

最近になって、これらの周辺回路をLSI化、MSI化することにより技術者の工数コスト、プリント板の低減を計ると共に、μΡシステムを容易に使いこなせるようになった。

周辺回路がIC化されたことにより、ユーザーは決められた位置に、 決められたICを取付ければ、複雑なタイミングや信号の組合せなどを 考えずにμΡシステムを組立てることができる。これはμΡのバカチョ ン組立てで、数種類のICをμΡの周辺に正しく取付ければ、技術レベルには無関係にμΡは動作する。



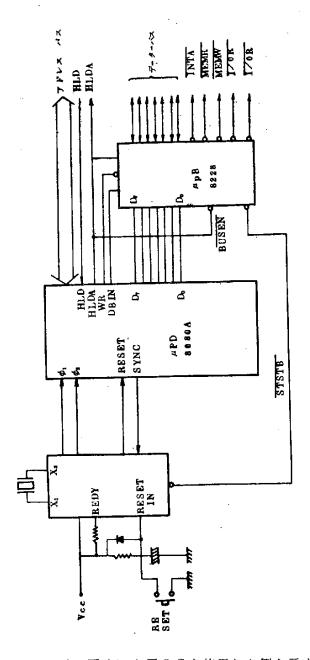


図-3.2.10 に周辺回路に専用ICを使用した例を示す。

(5) µ P は本当にバカチョン組立か?

- 規格表を正しく読む -

前項で、μPシステムが2、3年前に比較していかに組立てやすくな

ったかを説明した。従来メインロジックについて約30個のTTLが必要であったのが、周辺のLSI化によってわずか3個ないし4個のLSIを使うことによって、完全なCPUBLOCKができあがってしまったのである。

それでは、設計者は何も考えずにこれらのLSIを購入してきてCP UBLOCKをつくり、又、適当な資料か雑誌の回路例を引用してメモリー周辺部を組立ててよいのであろうか?

資料が完全ならばあるいはそれも可能であろう。しかし、その場合でもユーザーが目的としている回路と完全に一致している場合は少ないと考えるべきであるし、その回路がつくられている基本的な思想を汲取らなければ応用といった面で全く融通がきかない。

それでは何が重要なのであろうか?それはカタロクに記載されている そのµP、ICの特性を正しく解釈できる能力である。

昨今、μPは電子部品の分野では大きなブームになってきており、μPのアーキテクチャー、ソフトウェア等のいき届いた説明書、あるいはガイドブックが出回り、ICメーカーや技術評論家は、これから先のμPはどうあるべきか、などと電子工学、未来学又はコンピューターの大衆化による社会革命的考察より説き起して大変ににぎやかである。

しかし、よく考えてみると、未来のμP、μPの社会的インパクトなどを議論をしてもユーザーがいざμPを使おうと思ったらあちこち壁にぶつかってとても使いこなせない。従ってμPが普及しないということになったらこのような議論は砂上に楼閣を築くようなものである。事実、現在ではどうかわからないがレーザーが発明された当時、人は競ってそのバラ色の未来図を描いたが、結局、レーザーを使いこなしたのは子供向けの漫画の主人公だけであった。

 μ Pについて、現在、一番なくれているのはその正しい使用法についての解説書である。これは主に $N \to CMOS$ の使用法 とTTL で確立された電気的特性の記述の解読法である。

このようなことはμPの社会的インパクトとか、新しいμPのソフト ウェア体系とかいった晴がましい問題でも、技術的に深い問題でもなく、 電子工学の技術者にとっていわば入門程度のことである。しかし、 μP のユーザーは、もはや一部の電子技術者には限定されず、機械、化学、 土木その他あらゆる分野の技術者にまで広まっている。これらの人々に もμPを使ってもらうからには、このような基礎知識を公開する必要が ある。

規格表にはそのIC、μΡを使用する上で必要な情報がすべて記述されていて、その項目は数十から百項目以上にも及ぶ。設計者はこの全てを解読できることが望ましく本項でも一点すつ解説をするのが理想であるが実際の設計に欠くことのできない項目、ユーザーからの代表的な質問に的をしぼりたいと思う。

(i) 動作温度

絶対最大定格(Ta=25°C)

Ĵ	Ę	[3	略号	条	件	定格		単位
電	源	:電	圧	Vcc			-0.5~+7.0		V
入	カ	電	圧	Vi			- 0.5	v	
出	カ	電	圧	Vo			-0.5~+7.0		V
動	% E	温	度	Topt			- 10	~+70	ů
保	存	温	度	Tstg			-65	~+125	Ç

表 - 3.2.1.

表 - 3.2.1.の 4 番目の項に動作温度 Toptとある。これを文字通り 読むと、このμ Pを0 Cから 7 0 Cまでの温度範囲で動作させてよい ということであるが、それではこの温度とはどこの温度を指すのであ ろうか。周囲温度なのか、μ Pのケースの温度なのかそれともシャン クション温度なのか ?

正解は周囲温度である。この動作温度の意味は気温 7 0 ℃無風状態の室又は箱の中に I Cを入れて動作させてもよいということである。 μ Pのケースに手を触れると当然その温度は周囲温度以上であるの で、 7 0 ℃の気温の場合にはやけどする位熱くなっている。

動作温度とは

- (a)μP、ICをとりまく気温のことである
- (b)特に規定のない限り無風状態が前提
- (c) # P 自体の温度は当然周囲温度より高いというふうにまとめることができる。

これは特に筐体、ブリント板間隔、ファン、ICの実装密度を考える上で重要である。

(ii) DC上の注意点

D.C.特性 (T_A=-10°C~+70°C、V_{DD}=+12V±5%、V_{OD}=+5V±5% V_{BD}=-5V±5% V_{SS}=OV)

略号	項	<u> </u>	MIN.	TYP.	MAX.	単 位	条	件
VILO	低レベルクロ	ック入力電圧	E V _{SS} -I		V _{SS} +0.8	V		
VIHC	高レベルクロ	ック入力電圧	E 9.0		V _{DD} +1	V		
VIL	低レベル	入力電 E	E Vss1		Vss+08	v		
VIH	高レベル	入力電 E	E 3.0		V_{∞} +1	V		
Voь	低レベル	出力電	E.		0.45	V	$I_{OL} = 1.9 \text{mA}$	
	nder .		3.7			V	$I_{OH} = -150 \mu A$	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·
Vон	高レベル	レ 出 力 電 圧	3.5			V	IOH =-1.0mA	
IDD(AV)	平均電源	電流(VDD)		55	75	mA.	TCY =048 #S	
ICC(AV)	平均電源	電流(Vcc	1	50	70	mA		
IBB(AV)	平均電源	電流(VBB)	0.01	1	mA.		
IIL	入力リ	- ク電り	布		±10	μA	Vss≦in≦Voc	,
Icl	クロック	リーク電き	枪		±10	μA	$V_{SS} \leq V_{CLCCK} \leq V_{D}$	<u> </u>
-	データ・スリーク	電流(入力モー	(۲		+10	μA	V _{IN} =Vcc	
ldr	'				-1 0	μA	VIN=Vss+0.45V	7
IFL	アトレスデー	·タバスリーク電 {	术		+10	μA	$V_{ADDR}/DATA = V_0$	oo
	(HOL			-10	μA	VADDR/DATA=VSS	+0.4 5 J	

表 - 3.2.2 8080A DC特性表

表-3.2.2 は某社製 8080AのDC特性規格の抜粋である。

規格表には、これに限らず、MAX、TYP、MINの3つの欄が あるのが普通である。時としてTYPが省かれることもある。

このMAX、MIN、TYPを2、3の例について説明する。

表-3.2.2の1番目V I L C を見るとM I NはVssマイナス1V、MA XはVssプラス0.8 V、T Y Pは空欄になっている。Vssは欄外を見るとVss=0 Vとでているので結局MA X=0.8 V、M-M=マイナス1 Vということになる。

このMAX=0.8 V というのはμPに・L・レベルとして与えたい入力があると、それがどんなに電圧状態が悪くても最高プラス0.8 V以下におさえる必要があり、又どんなに電圧が変動しても最低マイナス1 V以上にする必要があることを示している。逆にいえばプラス0.8 Vからマイナス1 Vの範囲であればμPは・L・レベルと判断することを示している。この場合TYPなどということは定義の仕様もないし、無意味な事である。

次に表-3.2.2の7項目のIDDを見るとMAXは75mA、TYPは55mA、MINは空欄になっている。

このMAX=75mAというのは、このμPは欄外に記されている 条件の下でどのような使い方をしても75mA以上は消費しないこと を示している。ユーザーはこの項目によって電源容量の設計ができる。

電源容量の設計は原則的にはこの最悪値の値によって設計しなければならない。例えばTYPが55mAとあるので、通常は55mAだろうと考え、これを基に電源容量を決めると、周囲温度、電源電圧によってはμPは動作しなくなる。それではTYPの55mAはどんな役割をするのであろうか。

TYPは電源設計の一応の目安と、発熱量の計算につかう。平均的に出されるワッテージにより筺体、ファンの必要の有無を決める。
MINが空欄なのは言うまでもなくμPが最良の条件の時の消費電流値など知っても何の役にも立たないからである。

次に下から 2 番目の項を見ると I D L が * H * レベルの時 1 0 μ A 、 * L * レベルの時マイナス 1 0 μ A となっている。項目として「データーバスリーク電流(入力モード) | となっている。

MOSに余りなじみのない技術者にとってこの意味は解りにくいであろう。リークとは一体何だ、見たところごくわずかで問題にならないからどうでもいい、入力電流をTTLのIIL=マイナス1、6mA、LIH=4OμAに相当する項目としてなぜ載せない、ファンN計算ができないではないか、と思われるかもしれない。

とのファンN計算をする資料が実はIDLとその2つの上のIIL なのである。

MOSの場合には素子構造がTTLと違う為に本質的には電流は流れない。ただ実際には理論通りは製品を製造できないので、若干の電流の漏れがある。従ってその表現としてリークという言葉が使われる。

(前) DC/ACに関連した注意点

これは主にμPがどのくらいの数の外部素子(例えばメモリー、周辺LSI等)をつなげることができるかという問題である。

これは二つの点に分けて考える。一つはDC的に電流容量の計算によって判断するもので、もう一つは容量と速度の関係によって定まるものである。これは一般的な用語でいうと電流負荷と容量負荷の二点を考えればならないということになる。特にMOS回路では容量負荷の考え方をしっかりとさせないと、システムがうまく設計できない場合がある。

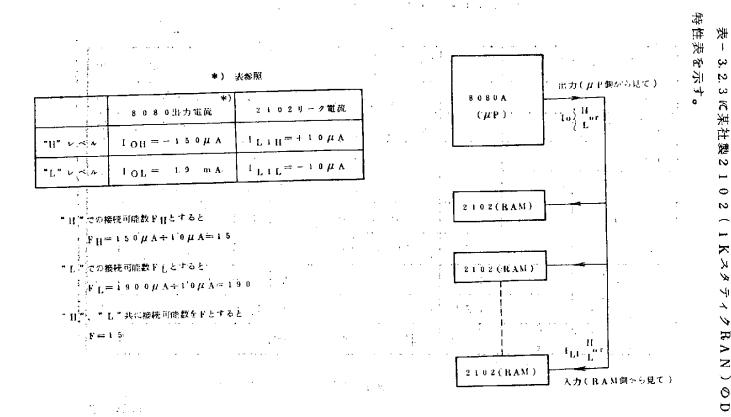
a) DC的な計算

DC特性

 $(T_a = -10 \sim +70 \, \text{°C}, V_{CC} = 5 \, \text{V} \pm 5 \, \%)$

項	B	略号	条 件		規 格	値	単位
	——————————————————————————————————————	Min	т п	MIN	TYP	MAX	1 平 位
高レベル	入力電圧	VIH		+2.0		Vec	V
低レベル	入力電圧	VIL		-0.5		+0.8	V
高レベル	出力電圧	Vон	IOH=-100#A	+2.4			v
低レベル	出力電圧	Vol	IOL=+2.1 mA			+0.4	V
髙レベル入力	リリーク電流	Іци	V1 = V0C			+10	μA
低レベル入力	リーク電流	ILIL	$V_1 = 0 V$			-10	μA
高レベル出力	リリーク電流	1 гон	<u>Ve</u> =+ 2.4 V ~ V _{OC} CE=+ 2.0 V			+ 5	μA
低レベル出力	リーク電流	ITOT	$\begin{array}{c} \overrightarrow{V_0} = + 0.4 \text{ V} \\ \overrightarrow{CE} = + 2.0 \text{ V} \end{array}$			-10	μА
電源	電 流	I cc	V1=V _{OO} 出力端子オープン		+ 30	+70	m A

表 表 - 3.2.3 2102 D C 特性表



O

0

4

RAN

0

DC

8080と2102を接続した場合 \boxtimes - 3. 2. 1 1

また、図 - 3.211 に8080 A に2102 を接続した場合の略図と、特性表から取り出した数値を示す。

図-3.2.11のDOに関する値は、表-3.2.2と表3.2.3よりひるい出した。その中に簡単な計算を示したが、これによって、電流的にはF=1.5、即5.8080Aには最大1.5個の2102を接続することができることがわかる。

これで安心してよいかというとそうではない。前に説明したが容 量負荷の問題がある。

(b) 容量負荷を考慮した計算

端子容量(T=25℃、f=1MHz)

項		略号	値 MAX・	単位
入・・カ	容 量	Ci	. 5	рF
出力	容 量	Со	10	pF

表 - 3.2.4 2102容量条件

AC特性

(T a=-10 °C~+70 °C, V =+12 V \pm 5%, V =+5 V \pm 5%, V =-5 V \pm 5%, V =O V)

略、号:	項目	808 MIN	DA MAN	単位	条件
t .	クロック周期	0.48			
tr, tf	クロック立上り,立下り時間	0	50	ns	
tø ₁	ø ₁ バルス幅	60		ns	
tø2	ダゼルス幅	220		n s	
t_{D_1}	Ø _F →Ø ₂ 位相差	0		ns	
t_{D_2}	Øz→Ø ₁ 位相差	70		пs	
t _{D3}	Ø ₁ →Ø₂前緑位相差	80		пs	
t _{DA} (2)	ダ _{2→} アドレス出力遅延時間		200	n s	
t _{DD} (2)	ダ↦データ出力遅延時間		220	ns	C 400 P
t _{DC} (2)	Ø2. Ø2→制御信号出力遅延時間		120	n s	C = 100pF
t _{DF} (2)	Ø+→DMIN出力遅延時間	25	140	ns	
t _{DI} (2)	入力バス,入力モード準備時間		tDF	ns	
tDSI	データ・セット時間 (ダ・DBIN間)	. 30		ns	
t DH (1)	ダ₂→データ保持時間(DBIN期間)	50		ns	

表 - 3.2.5 8080AのAC特性規格表:

表-3.2.4 に 2 1 0 2 の負荷条件表、表-3.2.5 に 8 0 8 0 A の A C 特性表を示した。

表-3.2.4のCi、即ち入力容量は5pFであることを示し、表-3.2.5では t_{DA} 、 t_{DD} 、 t_{DC} 、 t_{DF} などの規格は、出力端子に最大100pFついたという条件での値、即5100PF以上つながったらこの規格からはずれてしまうことを示している。従って、この規格表にのっとってタイミング関係を設計する場合には、 C_L は100pFをこすことはできない。

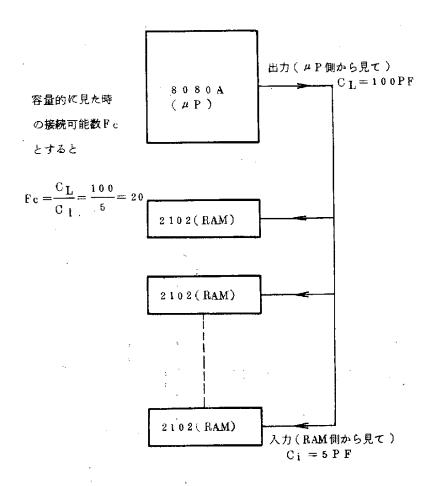


図-3.2.12 容量負荷の関係図

図-3.2.12 に容量負荷の関係を示す図を挙げる。

実際には布線容量が数十μPあるのでFCは17~18というと とになる。

これを $oldsymbol{a}$ で求めたF=1 5 と合わせて考えてみるとF c=1 7 F=1 5 であるので、ことで始めて8 0 8 0 A C 2 1 0 2 1 1 5 個つなぐことが出来るということがわかる。

(iv) AIC特性の問題

A C 特性は規格表の中でいわば中心となるところでその大部分は、 その素子の機能にかかわるものである。このため、これらの規格はそ の素子を十分説明しなければ意味が通じない。ここでは、特に一般的なセットアップタイムとホールドタイムについてだけふれる。その理由は、セットアップタイムもホールドタイムも、μ Pに限らず、周辺LSI及びメモリー、特にメモリーに於いては非常に重要なパラメターであるからである。

表-3.2.5 の下から2番目と最下段の項目を見るとt D s i (データーセット時間) = M I N.3 0 n s t DH [1] (\emptyset 2 \rightarrow データ保持時間) = M I N. 50 n s と示している。 これの意味を説明する。

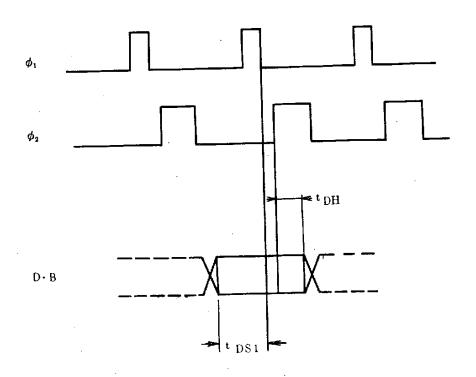


図 - 3.2.13 8080A クロックとデーターバスの関係

図-3.2.13 は8080のタイミング図からデータパスのセットアップタイムとホールドタイムの関係を取り出したものである。

この図を見ると ϕ_{I} の下ったところから前へ t_{DSI} だけ前にデータ

ーが確定し、 \mathscr{A}_{2} の立上ったところから t_{DH} 後まで確定データーが続いている。

とれは次のようなことを意味している。 8080Aに正しくデーターを入力させるためには、クロックのØiが下る前少くとも t_{DSI} の間、下るのに先立ってデーターを入れ、かつクロックのØ2 が立上った後少くとも t_{DH} の時間は引続きデーターを入れつづける必要がある。|

このセットアップタイムとホールドタイムの考え方は前に述べたと おり、 и Рに限らずメモリーにも共通して適用される重要な概念であ る。

また、MAXとは、どんな悪条件でもこの数値以上にはならない、いわば十分条件を規定しており、MINとは、最悪条件でも少なくともこれは満足しなければならぬ必要条件を規定している。

DC、AC特性について、実際に設計する時にはこの他にノイズの問題があるが、これは非常に複雑な問題であるので、使用に際しては、メーカー側に問合わせる必要がある。

一般的にいえることは、VDD ラインと信号ラインをはなすこと、 AP、メモリ 、周辺素子等は、それぞれ他の素子から見ればノイズ 源であることを認識すること、誘導ノイズに対してはシールドの必要 があること、などが挙げられる。

いずれにしてもμPシステムは、バカチョン式の積木組工ではなか なかうまく動かないものだということが言えると思う。

2.3. 産業としての特質

2.3.1 バランスのとれた開発力

ーフアミリーの充実ー

μ Pの製造メーカーは、ただμ Pだけを製造していることはできない。 これまでの説明でμ P システムにはμ P、メモリー、各種周辺素子が不可 欠であることがわかった。ユーザーはμ Pを選ぶ際、μ P本体の価格が安 いから、または、性能、構造、ソフトウェアが気に入ったからという理由 だけで機種の選定はできない。 μ P システムを完成させるには、 E A P R O M、破壊型 P R O M、マスク R O M、スタティク R A M、ダイナミック R A M、各種周辺素子(クロック発生素子、システムコントロール素子)及び各種コントロール素子(カセットM T、プリンター、キーボード、フロッピーディスク等のコントロール素子)などこの他多種多様の素子が必要である。

I Cメーカーではこれらのμ Pファミリーをすべて、ユーザーの希望するタイミングで開発し、供給することが要求される。さもないと、折角採用されたμ P に手足がつながらなくなってしまい、これをTT L 等の個別部品で組み上げていたらば、そのユーザーは同業者間の競争に負けてしまうことになる。

ICメーカーではメモリーの設計部門、μPの設計部門、周辺素子の設計部門が同じ力を持ち、μPの応用分野の拡がりを見通してタイミングよく、ユーザーの要望する素子を開発してゆかねばならない。

2.3.2 量産性をささえる最新の設備と上質の労働力

製造過程での特質のところでふれたようにIC工業には、あらゆる工学 分野での最新のテクノロジーが導入されている。これらの技術を製造手段 に具体化させているのは当然のことながら、最新の、しかも非常に高価な 設備を保有している。

また、工場自体についても塵埃管理は非常に厳しく、工程により、工場内が数グレードに分けられている。これは、ICにとっての最大の敵はゴミであるからである。ゴミが、製造工程で素子の上に1個でも付着したら、その素子は不良になってしまう。ゴミの大きさはどの位かというと、数ミクロンの粒子でも、それはゴミと見なされてしまう。

IC工場で最も厳しく塵埃管理をされている室では、作業者は顔以外すべて覆われてしまう、宇宙服のようなオーバオールの作業着を着用する。 とのグレードの室の建設費は一平米当り百万円近くかかるはずである。

このように最新の設備装置と工場を保有すれば、ICが量産性よく製造できるかというとそうではない。これらを使うのは人間即ち作業者である。質のよい労働力を必要とする一つの理由は最新の設備装置を誤りなく、能率よく操作できなければいけないからである。そしてこのような質のよい

作業者は限られた工程だけに必要なのかというとそうではない。確かにIC工場は近代設備が揃っているが、これらの装置の性格は、自動車工業、石油化学工業のそれとは趣きを異にしている。それはIC工場に於いての装置の目的は主としてIC自体を作る原理をいかに正確に、歩留りよく実現するかにおかれているが、自動車工場等に於いては、いかに工数を減らし、大量に製造するかに主眼がおかれているからである。それではなぜIC工場がいわゆる流れ作業、オートメーション化しないのかという理由であるが、実はこれは非常に難しい問題である。主な理由としては、対象物が、たかだか数ミリ角、厚さ0.2~0.3ミリの小さな板で、しかもその中に数千の部品が組込まれている為だといえる。従って、IC工場に於いては、単純作業というものはほとんどといっていいくらい存在しない。各工程には多くの作業者を必要とし、しかもその作業者がすべて、作業、観察、判断、といった手順で仕事を進める。IC工場で質の高い作業者を必要とする二つ目の理由はここにある。

2.3.3 社会的責任

-技術の進歩とセカンドソース -

μ P、 I C産業の大きな特徴は、矛盾をした2つの要素を車の両輪のよ うに持っていることにある。

一つは、技術の進歩が急で製品の価格の低下、陳腐化が早いということであり、それに相反する他の要素としては、製品の物理的寿命が長く、ユーザーも部品変更がしにくいということである。

技術の進歩が急であるという例として、メモリーをとり上げてみる。 7年前、I C メモリーのメモリー容量は128ビットであった。当時はまだコアメモリー全盛で、価格、容量共、I C メモリーはコアの敵ではなかった。4年前頃から1 K ビットのI C メモリーが出はじめいよいよコアにおきかわる条件がそろってきた。2年前からメモリー容量4 K ビットのメモリーI C が発売されてきた。現在では16 K ビットが発表され、1973年或いは4年頃には64 K メモリーも市場に出てくるであろう。

このように次々と容量の大きいものが出されると、当然従来品種は陳腐化してしまい、価格もメーカー側から見れば利の薄い安い価格になってし

まう。利潤がうすいという理由で、これらの従来品種の製造を打切ることはできるであろうか?これはユーザー側から見れば大変なことである。 μ P、メモリーは洗剤やキャラメルと違い、新製品発表と同時に従来品種の生産をやめるわけにはいかない。ユーザーは一旦設計し、市場に商品を送り出したら、容易に設計変更や、保守中止などはできない。また、μPメモリーの寿命は半永久的で、通常その応用製品も5年、10年の寿命を持っている。このようなわけで、ICメーカーは自社製品に対し、強い社会的責任を持っている。また、ユーザー側としては、部品を選択する際、このような責任を自覚しているメーカーの製品を選択すべきであるし、安全度を高める為に、複数社で生産している同一品種(いわゆるセカンドソース品)を選ぶのも一つの手段である。

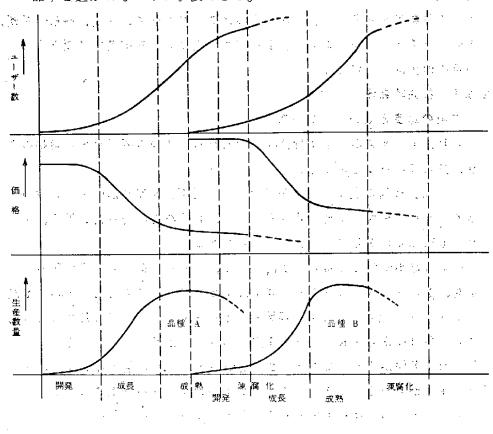


図-3.2.14 製品市場推移と価格ユーザー数

- 図-3.2.14 に製品の市場推移と価格、ユーザー数の関係を示した。 この図からわかるように、製品サイクルの時間範囲でみれば、
- : (I)生産量は成熟期をピークとしたつり鐘形をしている。
 - (ii)価格は開発期を頂点とした単調減少
 - 個ユーザーは開発期をポトムとした単調増加

といった傾向にある。ICメーカーはこれらの矛盾したパターンを常に 念頭におきながら、社会的責任をはたし、かつ、安価で大量な安定供給を 行うべく努力しているのである。

お代しては、等性を紹介している。
おとび、ことを表する。
から、ことを含む。
から、ことを含む。
がある。
から、または、
から、
なら、

3. µ P 応用上着意すべき事項

3.1. 発想の転換(応用上の新しい発想)

μ P の応用により、システムを作ろうとする場合、μ P 向に、発想の転換 をする必要がある。

即ち、コンピュータによる、コンピュタ向の、コンピュタらしい、システム設計が要求される。

3.1.1 遂次処理的発想

и Р を応用して、何かをコントロールする場合、コンピュータは高速ではあるが、プログラムを1ステップずつ、順々に(命令語に書かれている通りに)実行して行くので、ミクロ的に見ると、(スロービデオで再生すると)一時期には、一つの動作しかしていない。相撲取りの様に、体全体が動いて行くのではなく 関節の1つ1つが順番に、少しづつ動いていって、体全体の動きを再現させる様にシステムを考えなければならない。又コンピュータが何かを判断する場合にも人間の様に、多くのファクターを一度に判断することは不得手で、「これでもない、これでもない、……」と一つ一つの場合を、Yes か No かで判断しながら、遂次的に仕事を進めて行く。

従って、アナログ回路や、従来のディスクリートIC(TTLやCMOS)によるデジタル論理回路システムとは異なり、コンピュータの方式では、入力信号が直ちに出力信号に変換されるのではなく、入力信号は一旦ルPのCPUまたはRAMに取り込まれて、判断された後に、CPUまたはメモリーに用意された結果を、出力信号とし、送り出している。

3.1.2 アルゴリズム(算法)algorithm

μ P に限らず、一般に自動計算機で、ある問題の処理を行なおうとする場合には、その問題の処理の「やり方」をあらかじめ決めておく必要がある。機械で仕事をする場合には、人間がやる方法とは、多少ニュアンスのちがった「やり方」になる。人間が空を飛ぶには鳥の様に飛ぶやり方は成功し難く、飛行機の様に飛ぶやり方を採用しなければならない。またあるやり方によって、ある種の問題が、特定の条件のもとでは偶然に解けることがわかっていても、起り得るすべてのケースにそのやり方が通用しない

場合には、そのやり方は採用し得ない。

μΡの命令セットにはデータ転送/入出力、四則演算/論理演算、比較/判断、などが含まれているからこれ等の素材を使って、仕事の「やり方」を組み立てなければならない。コンピュタによる問題の解き方を算法(アルゴリズム)と言う。

例えば「25」という数の平方根を求めるアルゴリズムを各種考えてみよう。 (INDIT 23)

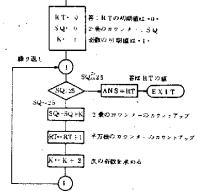
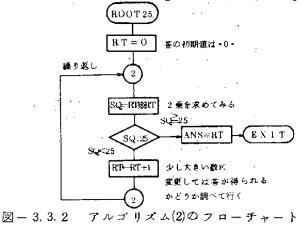


図-3.3.1. アルゴリズム(1)のフローチャート

(1)
$$\frac{1}{N=1} + \frac{3}{N=2} + \frac{5}{N=3} + \cdots + (2N-1) = (N)^{2}$$

という展開式により順番に奇数を加算していって合計が「25」になった時に何回目の加算をしたかを調べると、加算をした「回数」が、25の「平方根」になっている。このやり方をもって平方根のアルゴリズムとする方法

(2) 目の子算による方法で「25」の平方根を求める。



-71-

ある数を2乗してその答が25になる数を見付ける。ある数を2乗してもし「25」より 小さければその数に1を加えて再び試す。このやり方を平方根を求めるアルゴ リズムとする方法

(1) の方法、(2) の方法共に「2 5」以外の数でも計算できるが、大きい数になればなる程計算時間がかかることになる。

従ってもっと能率の良い」アルゴリズムを採用する必要がある。 しかし筆算による「開平」の方法は複雑すぎてコンピュータのプログラムが作り難い。 コンピュータは単純な作業を繰り返すことが得意な機械であるからなるべく短いプログラムでなるべく短い時間に計算が終了することが望ましい。 平方根を求める場合は「数値解析の本」をひもとくと「ニュートンの方法」(遂次近似法)を見付けることができる。

(3) 25 の平方根を求める式は、

$$X n + 1 \longrightarrow (X n + \frac{25}{X n}) / 2$$

の式により、まず適当な値をXn に入れて計算し、得られた結果:Xn+1 を再びXn に代入して遂次的に、精度の高い 結果 $(\sqrt{25})$ を求める。

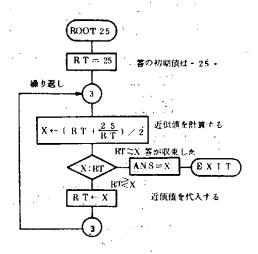


図-3.3.3. アルゴリズム(3)のフローチャート

例えば、25の平方根の初期値: X。 として、25そのものを選んだとすると、第1近似値; X。 は次のようになる。

$$X_1 = (25 + \frac{25}{25}) / 2 = 13.0$$

13.0をXnに代入して更に第2近似値: X2 を求めると、

$$X_2 = (13 + \frac{25}{13})/2 = 7.46$$

更に7.46を代入して計算すると

$$X_3 = (7.46 + \frac{25}{7.46})/2 = 5.40$$

更に 5.40 を代入して計算すると

$$X_4 = (5.40 + \frac{25}{5.40})/2 = 5.01$$

更に計算を続けて行くと

 $X n = 5.0000 \cdots 0 ****$

と限りなく $\sqrt{25}$ の真の値に近付くことがわかる。

アルゴリズムの良し悪しがシステムの性格を決めるのでμP利用のシステムも事前に十分の検討が必要である。

アルゴリズムは何も数式である必要はないが、やり方を言葉で記述できることと、その通りに実行すれば何回でも同じ結果が得られることが必要とされる条件である。やり方の記述をする方法の一つがフローチャート(流れ図)に書く方法である。フローチャートは上から下へ、または右から左へ追って行けば一連の処理の手順がわかり、問題の解き方を理解することができる。

3.1.3 アルゴリズムの決まらないもの

囲碁や将棋をコンピュータにやらせようという試みは数多くあるが、完

全に勝てるプログラムやすべての場合に賢く動くプログラムを作ることは 至難の業とされている。それは碁や将棋を打つ方法(アルゴリズム)が見 付かっていないからである。特定の場合に限って勝つアルゴリズムは出来 るし、それ等の集積もある程度可能であるが、大局感を備えた万能のアル ゴリズムはまだできていない。同様に文字や図形を読み取ったり、音声を 聞きわけたりするいわめる「バターン認識」のアルゴリズムもまだ研究段 階である。(特定の文字(99%ぐらい)は可能になっているが、100 多確実に手書き文字を読めるものはない。)

3.1.4 オンライン処理とバッチ処理

バッチ処理、オンライン処理とは大型コンピュータにおける用語であり、 給料計算の様に一定期間のデータを集積して一括処理する方法を「バッチ 処理」と言い、銀行の様に業務が発生する度に即時処理する方法を「オン ライン処理」と言う。プロセスコントロールをするミニコンもオンライン処理的 に使われていることが多い。 #Pのシステムも多くの場合(ゲームマシン でも自動販売機でも)、オンライン的な処理に使われる。我々の日常の生 活にもバッチ処理的な要素とオンライン処理的な要素が含まれている。

3.1.5 割込みと割出し(Interupt or Scarning)

(1) インターラプト

μ Pによる処理システムを考える場合、装置の定常状態におけるルーチン(Normal Routine)に対してシステムの異常状態/緊急状態における処理を併せて考えなければならない。我々の日常業務に於てもある仕事をしている時に電話が鳴れば仕事を一時中断し、まず電話に出て、電話の話が済んだ後に、先程の仕事の続きを行なっている。コンピュータの処理に於ても、一連のシーケンス処理を中断し、緊急を要する処理または例外的処理を必要に応じて先に処理した後に、中断されたシーケンスの続きを実行する必要がある。また時によっては、割込処理を行っている時に、更に緊急度の高い割込が入ることも考えられる。→(多重割込)

従って、システムを設計する場合、あらかじめ考えられる割込の種類

とその優先度のレベルを設定しておく必要がある。また割込処理の実行中には、同種(同レベル)の割込を禁止すると共に、割込処理が終った時点で、同レベル以下の割込禁止を解除する必要がある。

→ (割込マスクレジスタ)

割込とはμPに於ては割込優先レベルに応じた割込番地にPC(プログラムカウンタ)の内容が格納され、同時に、「割込番地」に格納されていた割込処理ルーチンの入口を指すポインターアドレスをPCに入れて、割込処理が開始される。この時、割込のマスターマスクが一時的にかかり、すべての他の割込が禁止されるので素早く同レベルの割込の「禁止フラグ」を設定した後、更に緊急を要する割込が起る可能性があるのでマスターマスクのみ解除して割込処理ルーチンの実行に入ることが望ましい。割込処理ルーチンを実行したら、最後に、同レベルの割込禁止フラグを解除して、「割込番地」に格納されている。中断されたメインルーチンの続行番地をPCに入れ、同時に再度割込の発生する。(1命令でこれらの一連の処理の出来るプロセッサが望ましい。)割込処理とサブルーチンのリンクは処理が似ているので見比べて下さい。

(2) スキャニング

割込端子のないμ P あるいは割込端子を使用しないで定常状態のメインルーチンの他に、特別の処理をμ P にやらせようとする場合は、割込信号を入出力信号の一種として「常に」メインルーチンの中で監視する必要がある。我々の日常生活でも会社から帰ると、まず郵便受の中に手紙はないか、(税務署からの督促状や請求書など)を一定の時間毎に(朝夕2回とか)見に行くことがある。μ P 応用のシステムでもメインルーチンに於て一定周期毎に割込に担当する入力を調べ、しかも緊急度の高い順に調べてソフトウェア的優先レベルをつけ、もし割込に相当する入力が発生していれば、サブルーチンリンク形式に割込処理ルーチンに飛んで割込処理を行なうことができる。この様に、プログラムで(ソフト的に)割込処理をする方法を「割出し」と呼んでいるが厳密にはスキャニングによる割込のディテクション(検出)と呼ぶべきであろう。

当然のことながらハードウェアによる割込(インタラプト)はμPの 1命令の実行毎に割込のチャンスが与えられており、緊急処理に適して いるが、逆にあまり「頻繁に」割込が発生する様な場合には、むしろメ インルーチンの処理が遅々として進まなくなり、(あまり電話が多いと仕 事が出来ないのと同じ)むしろ割込処理ルーチンのをメインルーチンに 置き換えた様な形式の「スキャニング」方式にしてメインルーチンの実 行を「遅いなりに着実に」実行させるシステムの方が効率アップにつなが ることが多い。特に通信制御にμPを応用する場合は留意を要す。(一 文字着信毎に割込処理をすると回線数がある限度を越える時にシステム がエラーをすることがある。)

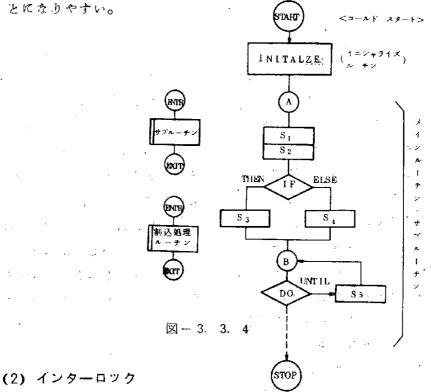
3.1.6 安全設計への配慮

(1) イニシャライズ (Initialize) (初期化)

μ Pを使用したシステムは電源を投入された時またはスイッチを入れられた時、コンピュータは直ちに稼動を始めてシステムが正常運転に入れるように準備をする必要がある。→(自動スタート)即ち、正常運転で使用されるすべてのクリップフロップを「クリヤー」したり「セット」したり、カウンターの類を 0 に戻しておいたり、定数を定めたり、サブルーチンのリンケージを設定したり、スタックポインターをリセットしたり、更に ** S Y S T E M R E A D Y ** の表示をして「入力待ち」の態勢に入ることが要求される。これ等の一連の作業を総称してシステムのイニシャライズ(初期化)と言う。イニシャライズされるべき範囲はシステム設計の時に決めておく必要がある。例えばμ P 利用の自動販売機に於ては、投入金額のカウンターはクリヤー(帰零)する必要があるが、累計のカウンターはクリヤーしないことなどの配慮が必要であり、つり銭のゲートは閉じておくこと、販売する商品の在庫を確かめておく等の、一連の操作をハード/ソフト両面から徹底しておく必要がある。

イニシャライズが完全になされないと、システムに前回"OFF"にされた時点の状態が残っていて誤動作を起したり、あるいは正常運転に入る前に論理的な矛盾を起してプログラムの変則ループのためにハングアップして、いつまで待っても正常運転に入れないことが起る。またイ

ニシャライズは正常運転の間にも必要な都度行うことが得策である。一々スイッチを切って、再投入しないと、イニシャライズされないシステムでは、過度の電源のON-OFFで、他の電気/機械部分の消耗を促したり、イニシャライズしたくないカウンターまで毎回クリヤーするこ



シーケンサーの様に、複雑な電気機械のPower 投入を順序正しく行うためのシステムに於ては事故の防止や安全運転のために各種の相互拘束回路が組み込まれている。例えば電源の再投入に当っていきなり機械が動き出して、人を驚かせたり、最悪の場合事故を起したりすることのないように、イニシャライズして安全を認めながら、遂次的に装置を作動させると共に、正常運転中も「ヒーターをONにする前に冷却ファンの稼動を確かめたり、ヒーターの稼動中は冷却ファンをOFFに出来なくしたり」「機械を回転させる前にオイルポンプの稼動を確かめたり、機械の回転中はオイルポンプをOFFに出来ないようにしたり」する必要が

がある。

インターロックはこの様に安全を確保する回路にハードウェア的に組込まれるが、ソフトウェアに於ても同様の配慮が必要である。またハードウェア的に保護回路が組込まれる場合にも、(ハードウェアは時間と共に信頼性が低下するのが常であるので)ソフトウェアに於ても同様の配慮が必要である。

(3) フェイルセイフ

ハードウェアがエラーを起した時でも、システムが危険にならない様に、エラーをしても結果が常に安全サイドに倒れるよう心掛ける必要がある。例えば、交通信号の様な場合システムが故障して、両方向が「青」(GO)に表示されたのでは交通事故を誘発しかねない。従ってシステムの故障が感知された時には両方向「赤」(STOP)に表示させるとか、むしろ信号機を全部消してしまう方が安全に継がる。ソフトウェアを開発する時にも、常にコンピュータがどこでHalt しても対策が取れるように横着をせずに、きめ細かくブログラムを作る必要がある。全てが正常に動いている時はまともに動くプログラムであるが、一旦何かのエラーが入ると暴走して、何が何だかわからなくなるようなソフトウェアでは不適当と言わざるを得ない。

(4) フェイルソフト

フェイルセイフでは常に安全サイドにシステムを持っていくものであるが、ともすれば何だ一寸した故障があるといつもシステムダウンになって「ダウンの多いシステム」、「使いものにならないシステム」との謗りを免れ得ないことになる。例えば自動発券機のようなもので、いつもいつも係員が呼び出されるようでは困りものである。ハードウェアに故障は付きものであるが、一部が故障した時には全部を止めてしまうのではなく、機能を少々低下させはするが、システムは稼動させておくことが望ましい。 μ P をコンピュータらしく使うには、ある程度のインテリジェンスを装置に持たせて、フルーブールフ(オペレーターのケアレスミステーク防止)、インタラクティグオペレーション(対話形式の操作誘導)、状況に適合したアラーム表示(警報に段階を設ける)、

そしてこのフェイルセーフ/フェイルソフトを採用させたい。大型コンピュータのオンラインシステムでは各種の機器を多重化してシステムダウンを防いでいるが、機器の故障の度に処理能力を低下させている。このことをグレイスフルデクラデーション Graceful degradation (優雅なる降位)と呼んでいる。昨日はコンピュータ、今日はスクラップにならないように知恵を絞ろう。

3.1.7 計時機構(タイマー)

(インターバルタイマー・リアルタイムクロック・ウオッチドッグタイマー)

μ Pは内部または外部のクロックにより、遂時的作業を進めていく。(TLOS-12Aは内部クロックで1.2MHZ)しかし、クロックバルスによりプログラムの一つ一つの命令が実行されて行くにもかかわらず、μ P自身が時間の観念を常に持って動作しているとは限らない。例えばμ P はある問題を解くためには、「やめろ」という指令が来るまで無限に計算を続けてしまう。

確かに命令の1ステップ毎を実行する時間はプログラムの作成者には、 ほぼ見当が付く。(計算される数値により計算時間が異るが平均時間はテク ニカルデータに記されている。)従って、ある計算を何回実行すれば何マ イクロ秒かかるかがわかり、電子オルゴールの音階に相当するパルスを発 生させる様なことをプログラムテクニックで行うことができる。しかし、 一般のデータ処理に於て計算機が各ステップ毎に所要時間を累計すること はできない。即ち時間の感覚なしにコンピュータは働いているのである。

従ってコンピュータに時間を教えるには外部からの情報が必要である。

(1) インターバルタイマー

μ Pに時刻を知らせる最も簡単な方法で、しかもソフトウェア的に有効な方法は、一定時間毎に「時間の経過」をμ Pに知らせる方法である。一般にこの方法はμ Pの割込機能を利用し、割込の低位レベルを利用して、一定時間毎に割込をかける。 μ Pは割込がかかると、タイマーのカウンターに1を加える。タイヤのカウンターを60進や12進になるようにソフトウェア的に設計しておけば、時分秒や年月日にも拡張して使用

することができる。割込をかける基となる割込パルスの発生は、精度を 要求される場合は水晶発信器を用い、適当に外部で分周して、100mS とか1秒とかに1回の割込バルスを発生させる回路を製作するが、経済 的にこのパルスを作るには、一般に交流電源の周波数を利用する。 日本の西 と東で60HZと50HZとの相異はあるが、交流603Vをシュミッ トトリガー回路でトリガーパルスに変換すると50HZ地区では20m Sに1回の割込パルスが作れる。60HZ地区では16号mSに1回の 割込パルスが作れる。従ってソフトウエア的に割込回数をカウントし、 50回、または60回毎に1秒の時間が経過したことにすれば実用にな る。(デジタルクロックのLSIも内部では同じことをハードウェアで 行っている)但しシュミットトリガの 回路は電源に乗るノイズも割込 パルスとしてカウントしてしまうので、長時間の後には、何秒かの誤差 に累積されることがある。また、μΡのスタート時に、時間をあわせ るオペレーションが必要になり、その分のソフトウエアを追加しておく ことが必要である。また割込はその都度 # P に何ステップかの割込処理 プログラムを余計に実行させることになるので、その分だけメインルー チンの処理時間が食われることになる。このような現象をオーバヘッド が大きくなる(頭デッカチのムダメン食い)という。しかしμPの処理 速度は早いので、実用上は余裕はあるはずである。

余談になるが、テレタイプライタの同期信号1750HZを割込信号 でもらってテレタイプの入出力をピットシリアルに行うようなプログラ ムではオーバーヘッドが馬鹿にならないので、やはりUART (Universal Asinchrovous Receiver Transmitter)のLSIを使って シリアルパラレル変換を外部で行なうのが一般的になっている。

(2) リアルタイムクロック

インターバルタイマーを使うとハードウエアは簡素化されるがオーバーヘッドが増しまた時刻合わせが繁雑である。従って時間をデータの一種として「必要な時に」ルPに入力出来れば最高である。この場合外部の時計は常に校正されており、ルPの「停止している」時でも、動き続けているものが望ましい。この様なクロックは割合容易に入手するこ

とができるが、μ P に時刻を入力するインターフェースを設計する必要が生じる。特に時刻の桁あげの時にデータ入力が重さなると誤って値が入力されかれない。しかしこれもソフトウエアを少し工夫すれば解決する。即ち微少時間間隙を置いて「2回」時刻を入力し、同一値を指している時に限り、入力値を採用し、不一致の場合は再度入力を試みればよい。これはチャタリングのある S W の入力をする方法と同じである。との種のタイマーをリアル タイム クロックと呼んだり、ディオブザタイムクロック(ディ・クロック)と呼んでいる。一般に「ロギング」を行うコンピュータは常に時刻を付記するが、 リアルタイムクロック があればプログラムは楽になる。

(3) ウオッチドックタイマー

話変って、山奥の無人のダムで水位を監視している様な孤独なAPに ついて考えてみよう。μΡは雨の降らない日は、ただ、ただ黙々と待ち 続けている。しかし、ひとたび蒙雨があれば確実に任務を果さればなら ない。もし万が一その時に故障して(μΡが停止して)いたら大変であ る。ではAPが正常に働いているかどうかを常に監視するにばどうすれ はよいだろうか。これも答は簡単である。ソフトゥエア的にコンピュー タのメインルーチンにある一定周期で正常にプログラムを実行している 「証し」を示すための「パルス出力」をさせればよい。 μ P の外部では このパルスが常に出ていることを監視する。例えばこのパルスを使って コンデンサーをチャージさせる。パルスの出ている間はコンデンサーは 一定の電位を保っていることができる。コンデンサーの電位が下って来 たらパルスが「とぎれた」即ちコンピュータが「サポッた」ととがわか る。コンデンサーを番犬としてμPを見張らせることができるのである。 この種のタイマーをウ.オ・ッチ ドックタイマ ーと呼ぶ。 更にプログラ ムによりウオッチドックタイマーを生かしたり、監視を解除させたりす こともある。

以上各種のタイマーは A P を制御用に使う時には特に必要になるはずである。

3.2. 信 頼 性

3.2.1 故障率

ある部分がほとんどこわれることのない「信頼性に足る」ものであるか、またはすぐにダメになる「こわれやすい」ものであるのかという尺度を信頼性(Peliability)という。「生あるものは滅びる、形あるものは毀れる」という諺のある如く、いかなる部分もいずれはその機能を果さなくなる「寿命」がある。その寿命は同じ部品であっても個体差があり、従って「平均寿命」と言うような統計的処理が必要である。即ち信頼性とは、ある定められた性能を時間空間に対して発揮する確率である。

LSI等の半導体部品ではこの単位として瞬時(といっても1,000時間であるが)故障率多/1,000時間が使用される。1/時間を単位とする故障率では10⁻⁹を1フィット(FIT)と呼んでいる。瞬時故障率の逆数をとってMTBF(Mean Time Betwean Failure 平均故障間隔)と称し寿命と呼ぶ場合もある。しかし寿命の意味には摩耗故障に至る迄の時間の意味もあり広義に使用されている。

図-3.3.5 は半導体部品の瞬時故障率の時間に対する変化でバスタブ・カープと呼ばれている。

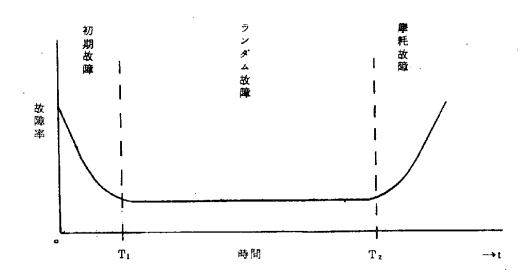


図-3.3.5、半導体部品の瞬時故障率の時間に対する変化

時刻T、迄は初期不良の時期で、製造の段階である混在した虚弱体質が露呈してくる段階である。その原因としてはチップ表面の汚染、拙劣なポンディング、マウント(チップの外囲器への装着)等がある。との段階の不足は通常半導体メーカ側で出荷前にとり除かれている。とれをとり除く方法として温度サイクル試験やパーン・イン(Burn In)試験が行われる。パーン・イン試験は周囲温度を上げて、その半導体の初期不良除去に最も適した方法で電気的ストレスが加えられる。印加時間は長いものでは168時間(1週間)とか240時間(10日間)というものもある。パーン・イン試験はその性格上全数の半導体に対して実施されるものである。

時刻T₁ から T₂ に至る時間はランダム不良の時期である。瞬時故障率が一定の場合その故障分布は指数分布と呼ばれるが半導体部品の場合は時間と共に瞬時故障率が低下していくワイブル分布に従う。この間の不良はバーン・イン試験で除けなかったものが現れてくるが、この他に実際に実機に使用されている為、外来サージによる破壊等実装上、使用上の問題に起因する不良も含まれてくる。ランダム不良の故障率は半導体部品の複雑さや、チップ・サイズ、ボンディングの数によって異るがLSIで100~1000フィットである。一方TTL等のSSIは20~50フィットである。1つのLSIがTTL300個分位に相当することを考えると、システムのLSI化は信頼性の向上に大きく寄与していることが分る。

時刻 T₂ 以降は、摩耗故障の期間である。トランジスタ等の単純な半導体部品では摩耗故障というのは特にない(外囲器が錆びていく様な話は別として)。しかしLSIの様な囲路部品になると、内部を構成する個々のトランジスタの特性が経年変化していくときに、回路設計時に定めた限界点以上に経年変化すると、規定のバイアス条件下で機能停止ということが起り得る。3.2.2 ノイズ対策

半導体の寿命とは別に、μ Pの誤動作により、システムの信頼性を低下させてしまうことを、未然に防がねばならない。μ Pに誤動作を起こさせるものは、ノイズである。入力信号に混入するノイズは、フォトカブラの応用など、インターフェースの改善で排除することができ、更に、ソフトウェアで入力方法を、充分に用心深く(例えば移動平均を取るとか)すれば、ノイズの大部分を取り除くことができる。しかし、電源電圧に混入したノイズが、

直接 μ P の 誤動作を誘い、プログラムを停止させたり、プログラムを暴走させたりすることがある。しかし、この種のノイズも、電源部をコンピュー タ部分の、み、独立させ、更に、μ P の集まっているプリント板をシャーンに納めて、 副 射ノイズに対しても防止策を講ずれば、例えば、自動車のエンジンルームの中でも、イグニションノイズをシャットアウトし、μ P を正常かつ安定に働かせることができる。

ノイズに対する許容範囲は、半導体のタイプによって多少異なるが、大略 電源電圧変動の許容範囲の広さに比例している。半導体の種別では、その構造 により、

CMOS>PMOS≈NMOS>TTLの順で、対ノイメ特性が優れているようである。

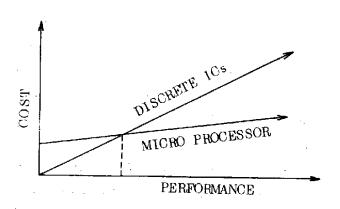
3.3. 経済性

3.3.1 µ PかディスクリートI Cか

μ P の応用が経済性の向上に役立つか否かが論じられているが、主として従来のディスクリート I C (T T L や C M O S) で組まれたロジックをμ P に置き換えた場合のコスト比で論じられることが多い。しかし広い意味での経済性とはμ P の応用製品の持つ性能(パーフォーマンス) に対する必要とされる費用(コスト) の比で計られるべきであろう。例えば少々のコストアップはあっても性能や融通性(フレキシビリティ)が飛躍的に向上するのであれば、μ P の利用はメリットがあると言うべきであり、逆にμ P を利用していても低い次元の処理にしか応用していないとすれば資源(リソース)のむだ使いになろう。

即ちコスト/パフォーマンス(費用対効果)の比が経済性を計る尺度となる。 処理能力(パフォーマンス)が同じになるシステムを従来のディスクリートICとμΡでそれぞれ組んだと仮定するとディスクリートICで組んだシステムは、システムが複雑になると正比例してコストが上昇して行くが、一方μΡを採用したシステムでは、最初、必要最小限(CPU、RAM、ROM、I/O)のハードウェアが必要になるがシステムの機能に対するコストの上昇は少ない。

ディスクリートIC(TTL=100M/個、 CMOS=200円/個と 仮定)を100個使用しているシステムがあったとするとそれは完全にμP を採用する方が経済的であり、最近開発されている1チップ(CPU、RAM、ROM込) A Pなどの場合にはIC30個に相当する値段でSSIを含むIC100個のシステムに代わっている。



 \boxtimes - 3. 3. 6.

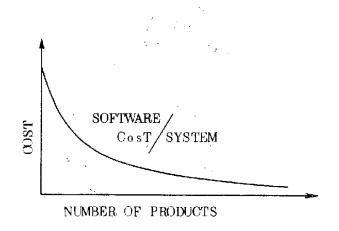


図-3.3.7.

3.3.2 ソフトウエアの値段とハードウエアの値段

μ P 応用製品の開発にはソフトウェアの開発が不可欠である。ソフトウェアはシステムハウスなどに外注する場合はもとより、社内で自製する場合も費用がかかる。μ P や L S I は年々価格が下っているが、ソフトウェアの作成費は人件費の上昇に伴ない上昇の方向にある。しかしソフトウェアは1 度作れば、プレスの型代の様に製品の数が多くなればなる程、製品1台当りのソフトウェア開発費負担は少くなる。従って、生産量の多い製品に応用されるμ P になればなる程、全てをソフトウェア的に処理しようとする傾向がある。この傾向は結果として機械部品などのハードウェアの簡素化を意味し、それがシステム全体のコストダウンと部品数の減少による信頼性の向上にも役立つことになる。

最近、自動車へのμΡの応用が話題にのぼっているがすべての自動車にカーラジオがついているのと同じように、 すべての自動車がμΡを積むことも予想される。但し、その場合μΡに課せられるものは相互に背反する要求である。一般に自動車の低公害性を求めると燃料消費率が増えてしまうが、その両方を満たしながらも製品のコストダウンをVA(バリューアナリシス)の手法を駆使して満たそうとするものになろう。

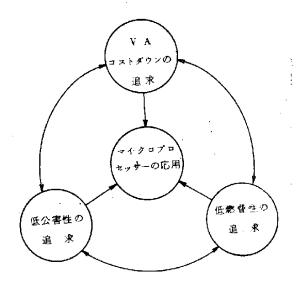


図 - 3.3.8

3.4. 各種応用分野への適応性

μ P の応用分野としてはミニコンピュータの底辺を満たす場合には、適応性については既にミニコンピュータで立証されているので新ためて論じる必要はないが、ミニコンピュータに比べて今迄コストの壁にはばまれていた機械にまで使われる可能性が出てきた。例えば N C (数値制御)工作機械の様な単位機械に於ても比較的簡単な機械にまでμ P による N C 化が始まっている。この傾向は更に広範囲に進み、各種の自動販売機や事務用機械(コピーマシン、FAX、レジスター、電子計り、等々)の製品がμ P 組込となり、タクシーメーターが L S I 化から更に進んでμ P 化して、外部メモリー(キャッシュカードの様なもの)を使用して、1 日の集計を営業所の事務用コンピュータに乗せることなどが検討されている。

単位機械への適用は、最終的に、家電製品へのμPの適用にまで広がることが予想される。既に米国では、電子レンジ(電子クッカー)用のμPが現れ、種々の料理法を記憶していたり、ミシンの模様縫いを記憶したROM付のミシンも市販されている。我が国でも電子選局テレビ用のLSIは、殆んど、μPの機能を持ったものが試作されており、自動洗濯機や皿洗い機のタイマーの代りとして、μPが利用される日も近いと思われる。考えてみれば、家庭用のミシンは"Sawing Machine"であり、NC化の道をたどることは、十分予想される。

家庭用のμP(Home Computer)の最短距離にある製品は、TVゲーム(Video Game)であり、μPの利用により、種々のゲームを、カセット式に入れ替えたり、更に進んで教育機器としての応用も考えられる。

一方、製品として売り出される単位機械を作り出す、製造機械へのμΡの適用も進められている。まず、work の自動化に於ては、多品種小量生産用のWork では、プログラムの変更により、融通性を持たせ得る点から、μΡの適用が望ましく、次に、出来上った製品の検査に、μΡを適用することが考えられ、あらゆる組合せで、製品をテストし、測定結果を総合し、QCにも役立てることが可能である。例えば、μΡ用のLSIの製造工程に於いても、オートボンダ(LSIのシリコンチップからピン端子への配線を金線によりボンディグする工程)をμΡにより省力化し、出来上ったLSIの水ト工程にもμΡが利用されている。

生産のプロセス全体として見た場合にも、μ P は、プロセスの監視役として、よりきめ細かく、各工程毎のデータの収集、並びに統計処理、ロギングなどを行なうことができる。また、μ P は、上位のミニコンまたは大型コンピュータから生産指示を、データ伝送で受信して、プロセスのコントロールを分担することも出来る。例えば、従来のシーケンス制御の様な比較的単純な制御も、上位のコンピュータからの指示により、その制御パターンを変更させることができる。

これらの生産段階への µ P の適応性の検討は、省力化、省資源化、安全性 や公害防止にも役立つので、これからも地道な努力が続けられることを期待 する。

4. μ P を使用した制御システムの展開方法

4.1. はじめに

制御システムを設計する際、その検討項目は多岐にわたり又広い分野の知識が要求される。

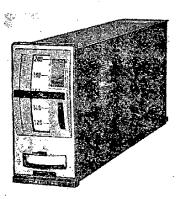
ことではその手順の大筋について考え方の一例を記述する。

制御システムの機能を大きく分類するとフィードバック制御とシーケンス制御になる。これら一般的概念を明確にして、次のステップで制御システムを企画する手順を、そしてその後、 μ P を利用する場合の設計手順及び考慮すべき事項につき記述する。

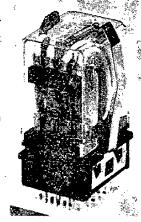
4.2 制御機能の概要

4.2.1. 制御方式

一般に自動制御とかオートメーションとよばれている自動化システムをその制御機能から分類すると、フィードバック制御とシーケンス制御に分類される。前者はアナログ演算が主体であり後者は論理演算が主であるため、前者の構成機器と後者の構成機器が全く異なっていた。しかしょPの出現によりとれら二つの機能を融合させた新しい制御システムが、経済的にも、大きさの点からも可能になってきた。図ー3.4.1に従来フィードバック制御用の調節計の外観とシーケンス制御の素子の一つであるリレー及び



μ Pの外観を示す。



PANAFACOM MN | 8.10 A SKI

μP

フィードバック調節計

111/2-

図 = 3.4.1 制御装置の構成機器

(1) フィードバック制御

小鳥の好きな人が双眼鏡を使って小鳥を観察しているときのことを考えてみると、小鳥が左へ動けば双眼鏡を左へ動かし小鳥が右へ動けば双眼鏡を右へずらして常に観察すべき小鳥を視野の中心に入れておこうとするであろう。 このような動作、すなわちある目標値をつねに一定にたもとうとする制御がフィードバック制御である。図ー3.4.2 にフィードバック制御のプロック図を示す。ここで目標(設定値)は小鳥を視野の中心におくということであり偏差(設定値と測定値の差)は視野か

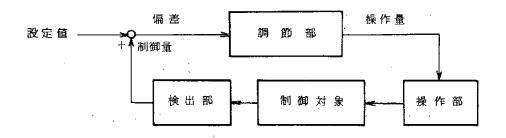


図-3.4.2 フィードバック制御ブロック図

らの小鳥の位置のずれに相当し、 調節部 (制御部) は人間の頭脳であり、 操作部は手及び腕に相当し制御対象が双眼鏡と小鳥を含む空間となり目 が検出部に相当する。すなわち小鳥が双眼鏡の視野からずれたら (偏差 が生じたら) 人は右にずれたのか左又は上、下にずれたのかを判断し て、手に対してそのずれを補正するように指令を出す。フィードバック 制御ではこれを操作量とよんでいる。その結果目で検出した小鳥の位置 が視野の中心にくればよいし、こなければまだ偏差が残っているわけで あるから又操作量をかえてすなわち手を多少動かして偏差 (小鳥の視野 の中心からのずれ)をなくなるようにするであろう。このように信号が 検出部→調節部→操作部→制御対象→検出部というように閉ループをな している制御方式をフィードバック制御という。

フィードバック制御の実例として、喫茶店などにおかれているパッケ

ージクーラーの温度制御について説明する。設定値は当然室内の温度で、 検出器はガス封入式のベロー式のもので、室内温度によりガス圧が変化し、その圧力を検出信号として使う。設定値はつまみになっていて、通常そのダイアルの位置に応じて設定値が変更できる。このダイアルをまわすことによりスプリングの力をかえ、このスプリングの力と検出信号であるベローの力との差が偏差となり、偏差が生ずるとレバーの位置が動きマイクロスイッチを動作させ、その接点で冷凍機のモーターをオン

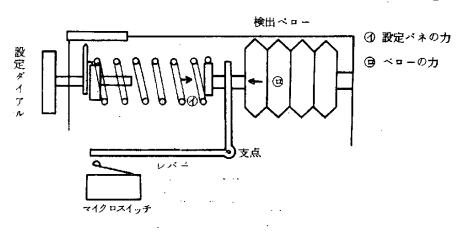


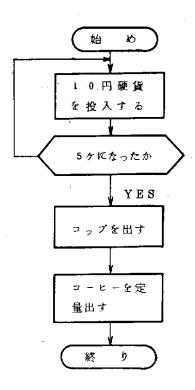
図-3,4.3 温度調節器の構造

指令とし、冷却を始める。ことでは調節部はオンオフ信号を偏差に応じてだすものである。図-3.4.3 にベローと設定及びマイクロスイッチの関係を示す。ことでは操作部は冷凍機であり、制御対象は部屋のなかの空気及びクーラーのファン等に相当する。ここで図-3.4.2 にこの例をあてはめてその信号の流れを考えてみると部屋の空気の温度(制御対象の状態)を検出器で検出→設定値(クーラーの設定ダイヤルの位置によるスプリンクの力)との偏差(レバーの傾き)→調節部(マイクロスイッチ)→操作部(冷凍器)の動作により→制御対象(部屋の空気)に影響を与えその結果を又検出器で検出するというように閉ループを構成していることがわかるであろう。このように制御対象の状態を一定に保つために設定値を決めその制御の信号の流れが閉ループを構成する制御システムをフィードバック制御とよんでいる。

(2) シーケンス制御

シーケンス制御とはどういうものか説明する際に思いつくものに 「風がふけば樋屋がもうかる」という諺がある。この諺の真の意味は どうあれ、その論理の流れがシーケンス的である。すなわち風がふけ は、ほこりがたつ、ほこりがたてば目にごみが入ると次々とそれらは つながってゆく。風が吹く→ほこりがたつ→目にごみが入る→目を病 む→目くらになる→三味線をひく→三味線の皮がいる→猫をとる→猫 の数がへる→ねずみがふえる→ねずみがふえる→ねずみが樋をかじる →むけがだめになる→おけやがもうかる。

このように一つの事象がありその事象の結果次の事象が決まってゆくような制御方式をシーケンス制御とよんでいる。すなわち信号の流れはフィードバック制御と異なり一方向性でありはじめがあり終りがある。



図ー 3.4.4. 簡単なコーヒー自販機のフローチャート ー92ー

シーケンス制御の実例としてコーヒの自動販売機がある。その基本的動作を図ー3.4.4に示す。このような図を流れ図(フローチャート)とよんでいる。この機械の説明を簡単にするため10円硬貨しか使えずコーヒの代金は50円で種類は1つのみとする。スタート→お客が10円を投入し→それが5ケになったら→コップを出す→コーヒーを定量出す→終了、シーケンス制御ではフィードバック制御と異なりその信号はこのように常に一方向性のものである。

このフローチャートはお客の動作と自動販売機の動作が区別されず にかかれているが、これを機械側からの動作として書き直すと図ー3. 4.5 のようになる。

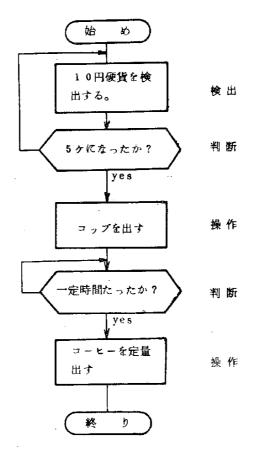


図-3.4.5 制御装置のフローチャート

2 つとも同じようなフローチャートであるが、前者は人間の操作を含めてかかれているのでオペレーションフローチャート、後者を制御装置のフローチャートと区別される。すなわち検出、判断、操作の基本的機能に分けられる。

4.2.2. 制御機器の構成

前項で記述したように制御方式にはフィードバック制御とシーケンス制 御があり、その信号の流れは前者は閉ループとなっており、後者は開ループ (一方向性)となっている。しかしそれぞれの構成機器の定性的な機能を みると、それ等は下記の三種の機能に分類される。

- (4) 検出部(測定)
 - (中) 制御部(調節、判断)
 - (4) 操作部

以下これらの機能の概略を記述する。

(1) 検出部

検出部は制御対象の状態を示す物理量例えば温度、圧力、流量、液位、位置等を電気信号や空気圧信号等に変換するものである。通常フィードバック制御用の検出器はその出力信号はアナロク量であり、シーケンス制御用の検出器はオンオフである。検出器には検出素子自体の物理的変化をそのままとりだすものと物理量を他の物理量に変換してとりだすものとがある。例えば温度検出器として使われているサーミスタや白金測温抵抗体は温度による素子自体の抵抗の変化を利用して温度検出器とするものであり、熱電対は2種の金属を接合しその結合点の温度差によって起電力が生ずるという熱起電力を利用している検出器である。これら検出素子そのものの物理的特性を利用する型のものに対して、圧力発信器等は圧力をベローに導入し、それを力に変換し、その力により金属の板バネを歪ませることにより金属の歪みに変換、その板バネの歪みを半導体で入計で検知するような型の検出器がある。物理量の圧力→力→歪→電気信号というように変換してゆく型の検出器であり、その原理図を図ー3.4.6に示す。

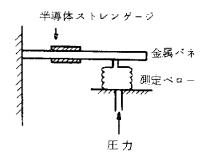


図-3.4.6 圧力検出器の構造

一般にフィードバック制御では検出器の出力としてアナログ量をとりあつかい、上記の検出器の出力そのま、又は 4 ~ 2 0 m A の電気信号等に変換してとりあつかう。シーケンス制御特有の検出器としてリミットスイッチがある。これは機械的運動(位置)をオンオフの接点信号に変換するものである。

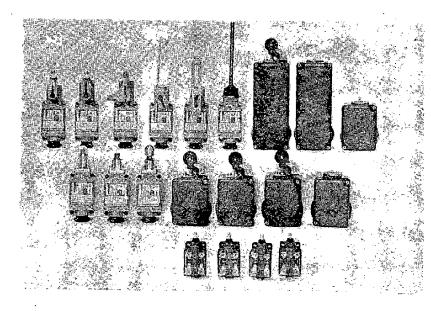


図 - 3.4.7 リミットスイッチ 図 - 3.4.7 にリミットスイッチの外観を示す。

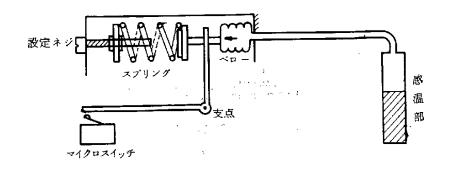


図-3.4.8 温度検出器(シーケンス用)

シーケンス用の温度検出器の一例としてその構造を図ー3.4.8 に示す。 温度は封入ガスの体積の変化となりそれがベローの力に変換され設定スプリングの力との差によりレバーが動き、そのレバーの機械的運動(位置)をマイクロスイッチでうけてオンオフ信号にかえるものである。

(2) 制御部

シーケンス制御は多くの検出部からのオンオフ信号の論理演算をしてその結果をいくつかのオンオフ信号として出力するものでありフィードバック制御では目標値と測定値(検出値)との偏差に応じてPID(比例、精分徴分)演算又はオンオフ演算等データ演算をして出力するものである。シーケンス制御では従来リレー、トランジスタスイッチ等で制御部が作られておりフィールドバック制御ではそれ専用の調節計が作られていた。

尚シーケンス制御部の機能には大別すると組合せ論理演算と順序式論 理演算とになる。フィードバック制御には位置型と速度型の比例積分微 分演算がある。

(3) 操作部

操作部で用いられる操作用機器は操作信号に応じて制御対象にはたらきかけるものであり種々のものがある。例えばモーター、電磁弁、電動弁、油圧弁、ダイヤフラム弁、ヒータ、シリンダー、マグネット応用品、等多岐にわたっている。

4.2.3. 制御方式の相違点と類似点

前項迄に説明したように制御方式はフィールドバック制御とシーケンス 制御とに分類できその機能は制御対象を別にして考えると検出部、制御部、 操作部の三つになり定性的にはシーケンス制御とフィードバック制御の類 似件がみられるが、シーケンス制御では取り扱う信号がオンオフであり論 理演算である。フィードバック制御ではアナログ信号でデータ演算であっ た。従来制御部がフィードバック制御とシーケンス制御ではデータ演算と 論理演算とのちがいのためそのハードウェアが全く異なっていた。しかし μPはその機能にデータ演算だけでなく論理演算(AND、OR等)も可 能であるためフィードバック制御の制御部としてもシーケンス制御の制御 部としても適用できる可能性がある。しかも構成機器として似たようなハ - ドウエアでプログラムを変えることによりシーケンス制御にもフィードバック 制御にも又これらを組み合わせた制御にも適用できる可能性がある。 μ P は ア ナ ロク信号をそのまゝはとり扱えないのでアナログ信号をディジタル信号に変換し なければならない し又検出器からのオンオフ信号 も u P が判読できるようにし なければならない。これらの役割をはたすものがプロセス入出力装置 (PI/O)とよばれているものである。

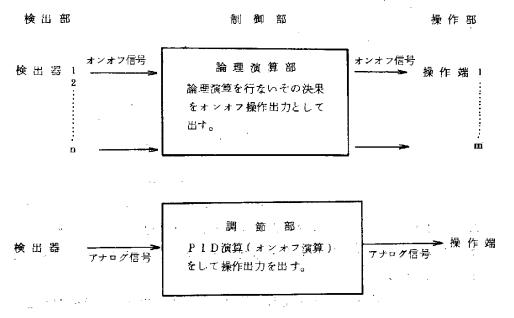


図 - 3.4.9 フィードバック制御とジーケンス制御の制御部の役割

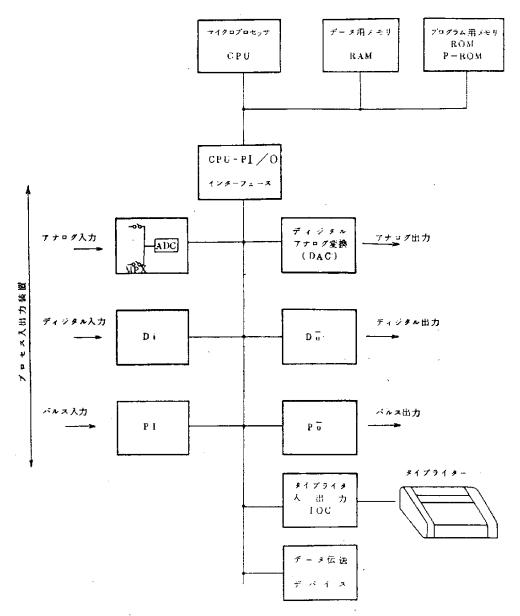


図 - 3.4.10 マイクロプロセッサーシステムブロック 図

図-3.4.9 にフィードバック制御とシーケンス制御との制御部の役割のちがいを又図-3.4.10 にμPを使ったシステムについてのプロックダイヤグラムを示す。

アナログ信号をディジタル化して数値として扱う場合、AP内部では日 常我々が使っている10進数でなく2進数として扱うのが普通である。

10進数	2 進数
0	0000
1	0 0 0 1
2	0 0 1 0
3	0011
4	0100
5	0 1 0 1
6	0 1 1 0
7	0 1 1 1
:	<u>:</u>
•	

図-3.4.11 2進数と10進数の対応

2 進数とはすべての数を0、1の二つで表わすもので図ー3.4.11のような関係がある。

今オンオフ検出器からの信号をオンで1、オフで0と表わすとやはり0と1の二つの数で扱うことができる。

シーケンス用検出器
A B C D 状態 オフ オン オン オフ

0 1 1 .0

図-3.4.12 シーケンス用検出器4点の状態表示

第一4.2.12 図にそれを示す。 μ P ではこれらの 0 と 1 の数を数値図ー 3.4.11 として扱うか 1 つ 1 つの 0 と 1 が別々の意味(図ー 3.4.12)をもつのかをプログラム的に判断すればシーケンス制御でもフィードバック制御にも適用できそうなことがわかるであろう。

4.2.4. 制御システムの構成

制御機能として、検出、制御、操作の三つの機能について説明したが制御システムとして欠かせない機能にこの他に次の2つがある。

0 マンマシンインターフェース

oデータ伝送

マンマシンインターフェースとは制御装置と操作員との間での情報の交換をするものであり制御装置から状態表示、異常表示や装置への操作指令を与えたりする機能を有している。

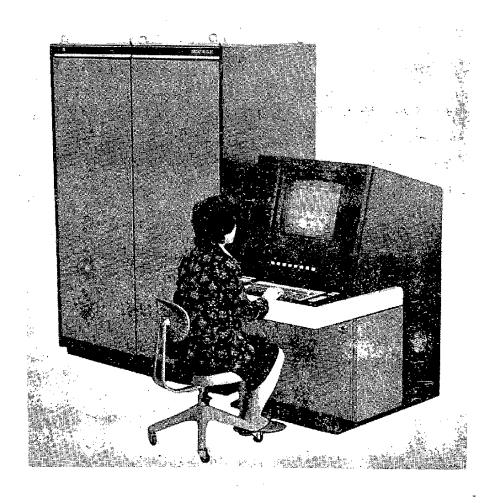


図-3.4.13 CRTディスプレィの外観

プロセスのマンマシンインターフェースとしてORTディスプレーを使った例を図ー 3.4.13 に示す。自動販売機等のつり銭なし、売切の表示やコーヒー、紅茶、ココアの選択押釦スイッチ等、もマンマシンインターフェースである。

データ伝送機能は制御部にμ P が導入されて、処理機能が豊富になると今迄出来なかった中央集中管理及び分散化制御システム等も可能になってくる。このとき必要な機能がデータ伝送機能である。例えば次のようなシステムで売切、釣銭なし、売上げ量、品種、等を中央でデータ伝送機能を利用して集計表示等を行り場合データ伝送機能がかかせない機能の一つとなる。

非常に大さっぱないい方をすれば制御システムの各機能は

- 1 検出機能
- 2 制御機能
- 3 操作機能
 - 4 マンマシンインターフェース機能
 - 5 データ伝送機能
- 6 データ処理機能

に分割できそのうちμ Pの機能を十分利用できる領域は 2、6 及び 4、5 の一部である。換言すればμ Pといえどもその適用出来る範囲には限界があり検出機能や操作機能とうまく融合させれば、よい制御システムとはなりまない。

4.3. 自動制御システムの企画手順

4.3.1. はじめに

自動化による効果として

- o 製品の品質の向上、均一な製品
- o 生産量の増大、効率アツプ ***
- o 省力化
- o 経済性の向上

等がある。これらの効果を期待しりるような制御システムを企画する際 に検討すべき事項は マススト

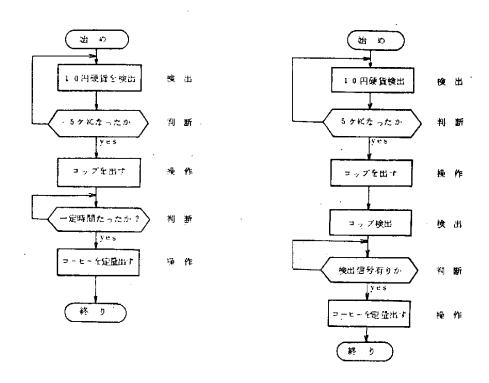
- o 自動化の対象の解析
- o 経済性の検討
- o 信頼性と保守性
- ο 拡張性と機能アツプ
- o 異常時の対策
- o マンマシンインターフエース

等でありこれらの検討結果を総合して後、制御システムの立案をすべきである。 これらのことがらは # Pを利用するしないにかかわらず制御システムを展開してゆくうえで必要な事項である。

4.3.2. 自動化の対象の解析

自動化すべき対象(制御対象)をどのように制御すればよいか、その特 性がどのようになっているかを総合的に検討する。フィードバック制御向 きの所とシーケンス制御向きのところの区わけをする。一般に機械工業に おいてはシーケンス制御向きのものが多いが、特にシーケンス制御の場合、 検出部を何にすべきか、どのような操作端を使えばよいか、制御部にどの ような情報を渡し、どのような判断をさせればよいか、どの程度の情報量 を処理せねばならぬか等を検討すべきである。又自動化すべき所をどこま で行うか経済性を考慮して検討する。例えば先に例で示したコーヒの自動 販売機を考えてみると、コップを出す操作の後にコップが出たことを確認 すべきか一定時間経過後次のスナップに移ってしまってよいか、後者の場 合コップが出なくてもコーヒーは出されてしまう。しかしそのための検出 器(コップが出たことを検出するもの)が不要となる。前者では検出器が 必要となり制御論理も多くなるが、無駄にコーヒを出すことがなくなって くる。とのような場合被制御機器(制御対象)の動作の信頼度が高ければ 又その誤動作の結果を容認できるならは確認の論理が不要となるであろう し又誤動作のための損害が大きい場合、例えば周囲を汚染する、人身事故 につながる、被制御機械自体が破壊する等、重大事故につながる場合は、 確認用検出器を使いその次のステップにすすまぬようにすべきである。す なわちどと迄を自動化すべきかは、被制御機器(制御対象)だけをミクロ にみていても決まらぬものであり、その機械がどのような立場にあるか考

慮してバランスのとれた自動化機械(制御システム)とすべきである。



図ー3.4.14 コーヒー自販機の検出確認のフローチャート

図ー3.4.14 に確認をとった場合のフローとそうでない場合のフローを示す。

4.3.3. 経済性の検討

制御システムのイニシャルコストはその機能により大きくかわってくる。

すなわち前項にのべたように自動化の範囲を広げることにより検出器をふやしたり論理をふやしたりせればならない。その他、その制御装置を導入することによりランニングコスト(運転経費)がどの程度かかるか、保守人員、操作人員の量や質をかえればならぬか等を検討すべきである。特にルPを導入する際考慮すべきことは、タイプライタ、カセットテープ、紙テーブリーダ、パンチャ等周辺機器とよばれているものは可動部分をもつものが多く、定期点検等が必要となり保守契約をせればならぬものも多い。このように機能が向上したがそれだけ従来の機器にくらべてランニングコストがかかってくる場合もあることを忘れてはならない。

4.3.4. 信頼性と保守性

制御システムを考えるりえて重要なことの一つに信頼性と保守性がある。 制御システムの信頼性とは必ずしも構成素子の信頼性だけによってきまる ものでもない。たしかに信頼性の高い素子だけをあつめて制御システムを 作れば信頼性の高い制御システムができるかもしれないが、それでは経済 的に高価になりすぎたりあるいは信頼性の高いものが存在しない部分もあ る場合、制御システムとして高い信頼性を実現することができぬ場合もあ る。そこで保守性の良し悪しが問題となってくる。

素子の信頼性というのはあくまで統計的数字でありマクロ的には正しいが、ミクロ的には成りたたないことがある。たとえば高信頼性のμPを1ケ購入してきてそれがいつまで故障しないか等、誰も回答できぬことである。したがって制御システムを構成する際、高い信頼性の素子をできるだけ使用するのはもちろんであるが、故障時の対策を考えておかねばならない。それが保守性ということにつながっている。

高信頼性の部品を使って制御システムを作った場合たしかに故障回数がへったが一たん故障すると修理に非常に時間がかかるというのは制御システムとしてよいとはいえない。そこで稼動率という概念をとり入れてみるとその制御システムの良し悪しが多少明確になってくる。システムの信頼性を表わす言葉の一つに平均故障間隔(M.T.B.F.)というのがある。これは平均何時間に1度故障するかという統計的な数値である。又保守性を表わす言葉に平均修復時間(M.T.T.R.)というのがある。これは故障をみつ

けて制御システムが正常に再び動作する迄の平均時間を示す統計的な数値 で

稼動率= (M.T.B.F./M.T.T.R.+M.T.B.F.) × 100 %

で表わすと、この数値でその装置がどの程度のタフさをもっているかの目やすとなるであろう。しかしいくらM.T.T.R.が短かくてもM.T.B.F.が余り短かすぎては役に立たぬし、M.T.B.F.が長くてもM.T.T.R. が長すぎる場合も余り役に立つ制御システムであるとはいいがたい。これらは、この数値だけを論ずるのではなく、制御装置が故障したらどの程度、生産性に影響を与えるか、その間人手にたよって運転が続行できるのか等制御装置のおかれている立場と関連して検討せねばならぬことはいうまでもないことである。但し故障の修理といっても現在その質がかわってきて従来リレーやトランジスタ、コンデンサ等現場で悪いものをみつけて交換ということも行なわれたが、半導体の集積度があがるにつれてその保守の形態も変ってきて、プリント板毎に良品のプリント板と交換して現地での故障復旧作業を終らせてしまう方法がとられてきている。

μΡを応用した制御システムでは故障の確率はμΡよりそれらの被制御 装置とのインターフェースであるプロセス入出力装置の方がはるかに大き いので、μΡにより、どのプロセス入出力装置が正常でないかを判断させ る機能プログラム(自己診断機能)を持たせることにより保守時間の短縮 をはかることも可能となる。

4.3.5. 拡張性と機能アツプ

被制御機器(制御対象)が余り変わらなくても制御装置の機能をアップさせたりあるいは変更する必要が生ずるかどうか検討する必要がある。前の例で示したようにコーヒーの自動販売機のようにコップの出たことを確認してシーケンスをすすめる制御が必要な販売先がある場合もあり、その必要のない場合もあるケースが生じる場合、又もっとよい制御のやり方が販売した後、わかってくる場合もあるだろう。従来のリレー、トランジスタ等すべてハードロジックで組んだ制御部ではこれらの要求をみたすことは不可能といってよい。μΡを利用した制御部であればこれらの要求に対処するのにプログラム変更で可能な場合もある。よってどの程度の機能の

変更及び拡張性が必要であるか検討することも重要なことである。

4.3.6. 異常時の対策

特にシーケンス制御では正常動作の解析はよほどのことがないかぎり誤ることはないと思われるが異常時の動作の解析が甘いことがあるので、きなつけるべきである。異常には大別すると

- o 制御装置の異常
- o 被制御機械(制御対象)の異常
- o 操作員の誤操作による異常

に分類される。被制御機械(制御対象)の異常には制御装置の操作信号に応じて予定通り動作しなかった場合に生ずるもので、例えば先の例のコーヒの自動販売機の如くコップを出す操作指令がでてもその動作が正常に行なわれなかった場合等であり、これらの異常をどこ迄検知して処理すべきかは異常の波及の大きさを考えて、異常対策をどこ迄制御装置にやらせるかを決定すべきである。

制御装置の異常の一番重大なものに停電がある。その際制御システム全体として安全方向に動作するようにシステム的に考慮すべきである。又復電後どう処理すべきかを明確にしておく必要がある。制御装置の誤動作及び故障は本質的に制御機器自体で検知することは不可能であるため、監視機能を制御機能と独立させ別個に設置することも必要となる場合もある。又先にのべた自己診断機能で故障を発見した場合、どう処理すべきかも検討すべき事項である。尚制御機器及び制御対象の異常の場合それらの異常検出をどこ迄行うか決定した後、その後の運転方法も明確にしておく必要がある。操作員が制御装置にかわって操作するのか、装置の故障が修理される迄制御対象の運転を停止しておくか等である。又必要に応じて部分的又は全面的に制御装置を二重化してより信頼度をあげる方法も考えられる。4.3.7. マンマシンインターフエースと記録

制御対象及び制御装置と操作員との情報のやりとりをマンマシンインターフェースとよんでいる。これらの情報には、装置から操作員への情報と操作員から装置等への情報とにわけられる。前者の情報には制御装置及び被制御機械(制御対象)の動作運転状態等の表示情報や装置の異常状態の

情報や操作員への次の操作を指示するガイダンス情報(操作指令情報)等 がある。後者の情報には操作員が直接操作部を駆動する手動操作指令や渾 転モード(自動-手動)を指示する信号あるいは制御に必要な種々のバラ メータ情報等がある。現在CRTディスプレー等マンマシンインタフェー スとして種々の機器が登場してきているが、マンマシンインターフェース はシステム設計者の趣味が入る要素が大きいところであるので、マンマシ ンインターフェースは必要最小限の機能におさえるべきである。マンマシ ンインターフェースは人間工学的な設計を必要とされるところである。た とえば先の例のコーヒ自動販売機でいえば、人が操作して装置が動き始め る迄、コップが出てくる迄とか、コーヒーが出てくる迄数秒かかる装置で あったとすれば「しばらくお待ち下さい」等と何んらかの表示をすれば、 人は正常に動作していると安心する。この場合何んらの情報を与えずに数 秒かかるような場合には、故障とまちがえる等不安感を与えることになる。 ここでの情報とは何も視覚的なものだけでなく音等聴覚的なものも含まれ る。多少とも操作する人の立場にたって考えれば、心理学的な対策等とお おげさなことをいわなくても気がつく点が多々ある筈である。尚マンマシ ンインターフェースでは注意すべき事項として操作員の誤操作をまねきに くい操作機器の配置を考えるべきであり、注意して操作すべきスイッチ等 は色をかえるとか、カバーをするとかとまかな点迄考慮する必要がある。 以上の記述は現時点の情報の交換であるがそれらの情報を記録しておく必 要がある場合もある。一般にアナログデータや積算データなどを一定時間 毎に印字(紙に記録する)専用装置をデータロガとよび、状態変化を印字 するものをSFプリンタ (Seguence Fault Printer)とよんでい る。その他カセットテープや磁気テープ、磁気ドラム、磁気ディスク等へ 記憶させる方法や紙テープへ穴をあけて記録する方法等記録の方法にも色 々ある。

4.3.8. 制御方式の立案

前項迄に記述してきた点につきよく検討した後自動化の案を作成すべき ものである。それらの集約されたものが制御装置の

○ 仕様

o コスト

o 納期

という第三者が評価できるパラメータになる。制御システムに於ては色々検討されねばならぬ事項があり、その主な事項についてのみ記述してきたが余り複雑な制御システムはさけるべきである。制御システムでは Simple is the best である。もし制御システムが複雑になる場合もう一度それぞれの機能に分散して、重複しているところをはぶくとか、又故障検知のための機器の故障の検知というような屋上屋をかさねるようなことは本当に必要なのか等又フィードバック系にすべきかシーケンス系にすべきなのか判定に誤りがないか、過剰な機能が含まれていないか等、再整理して制御システムを構成しなおすべきである。要求される機能が多岐にわたる場合及び制御対象(被制御機械)が大規模となる場合又はいくつもの制御機械が組み合わされて機能を発揮しているような場合では制御装置もいくつかに分割すべきである。これらは分散化制御とよばれている。

(分散化制御については # P制御への応用編参照のこと)

4.3.9. μPの導入

前項迄に記述してきたことをまとめて一般的機械工業用制御システムへ ルPを利用する際の企画手順を図ー3.4.15 に示す。(一般的制御システムの展開手順についてはルP制御への応用編第4章4.26 図参照のこと。)

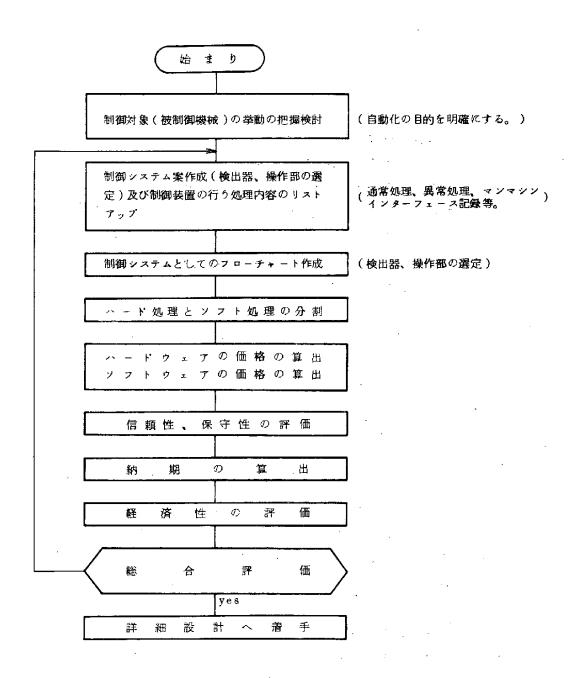


図 - 3.4.15 マイクロプロセッサーを利用する制御システムの企画手順

制御装置を従来の機器の組み合わせでゆくか μ P を導入すべきかの判定 は簡単に下せるものではないが次のようなケースの場合導入効果が必ず出 てくるものと考えてよい。

- 入力出力の数に比してその相関が複雑なもの
- 論理演算や数値演算が多いもの
- o 記憶すべきデータが多数あるもの
- o 時間的にずれたデータを処理する必要があるもの
- o 制御装置の機能の多様性を要求されるもの
- o データ処理が必要なもの
- o 動作故障のトレース及びオペレーションガイドが必要なとき
- 通信機能が必要なとき
- 入出力の相関が現時点で多少不明な点があるが運転結果によって、 その論理関係を明確にすることができ、よりよい制御装置とする ことができるような場合

その他、色々のことがあるが、従来の機器の機能にのみとらわれずに又従来機器では、できないものとあきらめていた事で制御装置としてやれれば価値が上がるものが何かないかという見地からシステム全体をみなおすことも重要なことである。

又μP導入の結果として

- 自己診断機能など従来にない機能を附加することができる。
- ハードウェアが同一でソフトウェアがちがうだけで別種の装置となりうるため、多種類の制御装置がきまりきったハードの保守だけでよくなり、保守がしやすくなり又予備品の数をへらすこともできる。
- 。 設備計画が容易になる。

等のメリットもでてくる場合もある。

図ー3.4.15 のµPの展開方法のフローチャート中にハード処理とソフト処理の分割とあるのは、どこ迄ハードウェア処理にするかの検討である。例えば電動弁などの開閉信号を出力する場合、バルス巾(時間)をプログラムによりカウントしてディジタル出力をオンオフする方法と、時間巾に

応じたディジタル出力をだすパルス巾出力用のハードウェアを使うか等の 検討で、前者の場合ソフトだけで処理でき特殊な入出力装置が不要である が、ソフトに負荷がかかりすぎる。後者ではパルス巾出力用ハードウェア が必要であるがソフトの負荷が少なくなる。

4.4. μ Pを利用した制御機器の展開

4.4.1. はじめに

μPを利用した制御装置(ストアードロジックの制御装置)と従来のリレーや調節計を組み合わせて配線した制御装置(ワイアードロジックの制御は配線が完了しそれぞれの構成機器が正常であればその時点で制御装置として機能を発揮するがストアードロジックの制御装置は機器(ハードウェア)の組立が完了してもその内にプログラムを入れぬかぎり制御装置として機能を発揮しない。すなわちハードウェアだけでなくソフトウェアと組合わせて、はじめて装置としての役に立つものとなる、という事がμPを利用した装置の特色である。これはμPといえども一般の電子計算機と同じである。この点だけを考えるとワイアードロジックの方がわかりやすいし目にみえぬソフトウェアというものにアレルギーをもつ人もあると思われるが、このソフトウェアというものにより同じようなハードウェアでも種々の制御装置ができるのである。

____ データロガー ____ シーケンサ ____ DDC

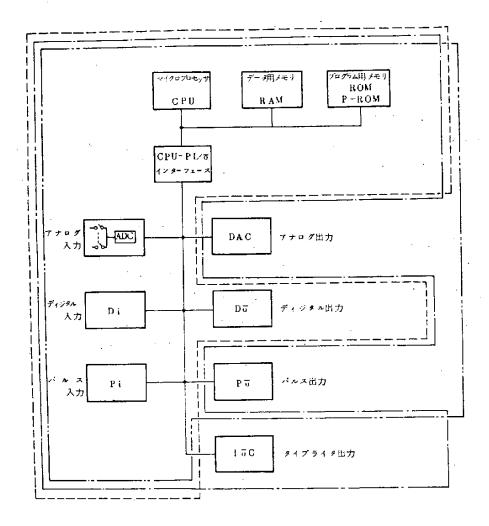


図 - 3.4.1 6 μ P 利用の制御装置のプロックダイヤグラム

μ P システムのハードウェアを機能別にプロック図で示すと図ー3.4.16 のようになる。データロガでもシーケンサでも D D C (ダイレクトディジタルコントローラ)でもハード的にはほぶ同じプロックダイヤグラムとなるところがストアード型の制御装置の大きな特色である。

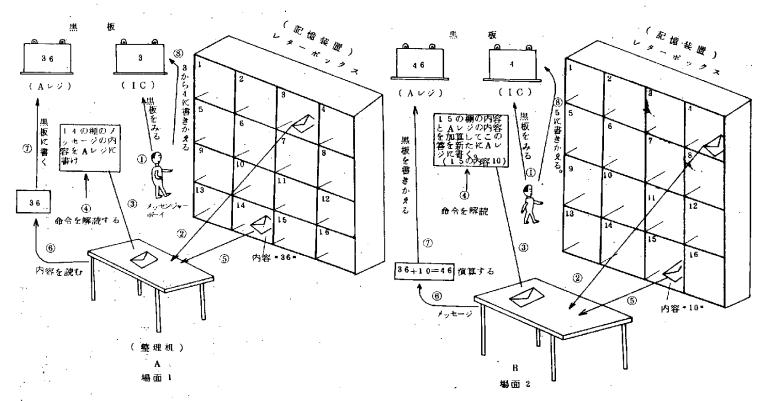


図-3.4.17 マイクロプロセッサの擬人的な動作

プログラムとプロセッサーの働きについて概念的に理解するため漫画的表 現をすると図-3.4.17 のようになる。運動会に借りもの競争というのが あってこれはスタートしてある点迄くるとそこに封筒がおいてあって参加 者がそのうちの一つをとって内味をみて「校長先生をつれて来て下さい| とかいてあればそれにしたがって校長先生をつれてゴールへ行かねばなら ないもので、封筒毎にことなった内容がかいてありその内容を正確に実行 して早くゴールへついた人が勝利をうる競争であるがこの動きがコンピュ ータの動作とよく似ている。但しそのちがいはこの競技では自由に封筒が えらべたが図ー 3.4.17 の人はインストラクションカウンター(IC)又 はプログラムカウンタ(PC)とよばれる黒板にかかれている数に相当す るレターポックスの棚番の封筒をとりに行かねはならない。動作①。そし てとってきた封筒(動作②)を整理机の上で広げて内味(メッセージ)を 読み(動作③④)そしてその内味(命令)にしたがう。命令には「14 の 棚(アドレス)のメッセージの内容を黒板A(Aレジスタという黒板) にかけ」とかいてあった。14 の棚の封筒には36 と書かれていたので36 と黒板にかき(動作⑦)そしてICという黒板の数字を一つすすめる。 (動作®)。同様にして図ー3.4.17 Bの動作①~®を行うその結果黒板 Aには46 という数字がかかれる。このようにして36+10=46 という 計算ができるわけである。このレターボックスに相当するのがメモリーで あり棚の番号がアドレスとよばれている。又動作②でとってきたメッセー ジが命令である。もしレターボックスに次々にメッセージを入れておけば 色々なことをさせることができるわけである。コンピュータでは動作①② を命令フエッチサイクルとよびそれ以後を命令エクスキュートサイクルと よんでおりこの両者を合わせた時間を命令実行時間とよんでいる。又CP Uによっては黒板Aが一つだけではなく沢山あるものもある。尙一つ の場面から次の場面にうつるさい強制的にメッセンジャーボーイ(図の中 の人) に命令を外部から与えることができるものもありこれを割込みとい う。以上がμPとメモリーの関係を漫画的に示したもので以下μPを利用 する際のハード的、ソフト的な問題について記述する。

4.4.2. µPの利用形態

μPを使う場合そのハード的利用方法に次の三つのレベルがある。

- (1) チツプレベル
- (2) ボードレベル
- (3) マイクロコンピュータレベル

チップレベルとはCPUチップ、メモリチップクロック等通常のトランジスタやICのように部品として購入し自己の都合のよいように組みあげて使用する場合である。ボードレベルとはCPUクロック等を搭載したCPUプリント板や何KWかをのせたメモリボード、入出力ボード等機能別に作られているブリント板を必要枚数購入しそれを組み合わせて適用する方法である。マイクロコンピュータレベルとはμPがコンピュータとしてキャビネットの内に収納されそれ自体として最小システムを構成できるようになっているものを構入し制御装置として必要な入出力部分のみを製作して制御装置として展開する場合をさす。

	構造的自由度	要求される 回路技術力	デバッグマシン	/一ト開発期間	開発費用
チップレベル	大	大	別に作る必要あり	長	大
ボードレベル	· 中	· 中	デバック用のコンソ ールボードを附加す ることにより可能	中	中
マイクロコンピ _ユ ー ターレベル	小	小 ·	それ自体デバックマ シンとなりうる	短	小

表 - 3.4.1 各レベルでの得失

これらの利用の仕方にはそれぞれの得失がありそれらを表一3.4.1 に示す。 したがって大量生産ができる場合はチップレベル、少ない場合はマイクロコンピュータレベルの利用方法又ある程度技術力がつく迄はマイクロコンピュータレベルで経験を積むことによりチップレベルへ移向する方法も一つの方法であろう。

4.4.3. ハードウエアの展開

前項のチップレベルでハードを展開してゆく方法にも二つの方法がある。 一つは単目的型で大きさ外形など装置の構造に合わせて製作するもので、 用途別に作られるためジャンポプリント板とか、フレキシブルプリント板 の採用等も考えられる。多量生産が可能な機種に向いている。第二の方法 は多目的型とよびチップ購入はするがその用い方はポードレベルと同じ方 法で、CPU、メモリ、プロセス入出力等機能別にプリント板化しておく もので制御装置として多様な機能を要求される場合このようなまとめ方が 必要である。

これらまとめ方として二つの方法があるがハードウェアの展開上検討すべき項目を次に示す。

- (1) ソフトハードのJOBの決定
- (2) プロセス入出力装置の選択
- (3) メモリー容量の決定
- (4) 停電時データ類の保護の要否
- (5) CPUメモリの決定
- (6) 雷源、構造
- (7) 設計、製作、試験方法
- (8) 保守方法

制御対象(被制御機械)からどのようなデータを受け入れるか、どのようなデータを出すかを検出器、操作端の特性を考えて決定する。その際ハードでどこ迄やらせるかを決定すべき事は前項に記述した通りである。例えばバルス入出力のとき1ピットカウンターでオンかオフかをプログラム的にみにゆくのと8ピットカウンタをハードで作ってプログラムでよむのとではプログラムにかかる負担は前者の方が256. 倍のスピードを要求されることになる。ハードソフトの仕事の分割の後、前項で記述したように必要な制御機能を明確にしておき、その機能を満足させるためにはどの程度のメモリー容量を必要とするかを決定する。特に単目的型のハード展開ではメモリーの拡張については考慮しておく必要がある。予備メモリーチップがのるスペースをとっておく等すべきである。多目的型のまとめのと

きはメモリーボードをふやすことにより拡張が簡単にできる。

停電時にデータがなくなってしまってもよい制御システムであるなら半導体RAMでもかまわないか、停電時データを保存しておかぬと重大な障害になるような場合で、復電後そのデータを使って運転をすすめてゆくようなシステムでは磁気メモリ(コア、ワイアメモリ)を採用するか無停電々源を使うか、バッテリーバックアップCMOSメモリ等を採用すべきか等を考える。近い将来半導体不揮発性メモリも使えるようになると思われる。

μ P といえどもハードのみでは動作しないことは前にのべたが、 C P U の選定は通常の部品と異なりソフトウェアという財産を関連するため一度 採用すると機種の変更ができにくいので選定については注意が必要である。 プログラムのかき方及びデバッグ等のサポート等ソフトウェアサポートと 関連してくることもある。

電源及び構造は制御装置の目的に応じて決定される。防塵構造とか停電 検知処理回路等が必要になる場合もある。

単目的型ペード展開、多目的型ハード展開のいずれにしろハード設計に際してどのように試験をするか明確にしてハード分割を考えるべきである。 保守方法、トラブルシューティング方法、予備品の種類、量、等に影響してくるのでとれらの検討は重要なことである。

ソフトウェアと一体となって動作するマイクロコンシステムではトラブルシューティング方法をソフト面ハード面の両方から検討しておくべきである。特に単目的型ハード展開の場合、保守方法を明確にしておく必要がある。全面的交換等その対処の仕方を明確にしておかぬとトラブルシューティングに時間がかかり稼動率が低下する場合がある。

4.4.4. ソフトウエアの展開

ソフトウェアの展開方法にも

- (1) 専用型
- (2) 翻訳型
- (3) FIF型

と3種に分類される。この他従来の計算機制御システムのような一品料理

型があるがμPの応用としてはソフトウエア費が回収できにくいため何ん らかの対策をたてておくべきである。

専用型は大量生産向のものでプログラムはROM化できるようなものをさす。その展開方法は一品料理型と同じで、アセンブラやコンパイラーベースでプログラムを組んでゆく方法である。多量生産の場合、1台当りのソフト開発時間がハード費とくらべて低くなる場合が多いので、メモリー容量を小さくするようにアセンブラベースで組まれることが多い。プログラムをアセンブラベースで組むかコンパイラーベースで組むかは、前者はメモリ容量が小さくなるがプログラム作成時間は長くなり後者はその逆である。多量生産品以外のものでは一品料理的手法ではソフト比率があがってしまうので何んらかの方法でレディーメード的ソフトウェアとすることが要求される。しかし制御装置の機能は制御対象の特性に応じて種々の変化が要求される。これらの要求を満足させかつレディメード的なソフトを構成するために制御装置の機能をそれぞれの機能に分解してそれぞれの機能にバッケージ化しこれらを必要に応じて組み合わせる手法をとる。その手法に翻訳型とFIF型(FiI in the Form)がある。

翻訳型は制御要素を基本的な作業分解した場合、基本作業がミクロ的に決まっていて例えばシーケンス命令のようにAND OR NOTのように基本動作は決まっていてこれを適当に組みかえることにより制御機能を発揮するようなものに向いているパッケージ化の手法で、基本プログラムはこれらAND、OR、NOT等のステートメントを解読実行するもので、アプリケーションエンジニアはこれらのステートメント(命令)を組み合わせるだけで制御機能を発揮させることができる。

FIF方式は処理手順がほぼ決まっておりアプリケーション毎にそれらっの処理が必要か否か等を決めればよいものにこのバッケージ手法が適用できる。例えばアナログ入力をよむ場合そのデータが何mVで入ってくるのか又工業値に変換する際フルスケールはいくらでベースはいくらか等必要なパラメータをFIFをうめてゆく方法で記述し基本プログラムはそれを解読して機能を発揮させる方法である。これらFIF方式と翻訳型の基本技術を適当に組み合わしてゆくことにより制御装置としてレディメード的

ソフトとなりアプリケーションエンジニアからみるとフレキシビリティの ある制御装置を実現することができるのである。

ステートメント	略号	例
Read	R	R, Xj;入力Xjの信号を読みとり演算レジスタにセットする。
A. n d	A	A, X k ; 入力 X k と演算レジスタの内容と A n d をとりその結果を演算レジスタにセットする。
<u>0</u> r	ō	○,X k;入力X k と演算レジスタの内容と○ r をとりそ の結果を演算レジスタにセットする。
N o t	N	N, ; 演算レジスタの内容を反転して演算レジスタにセットする。
Write	W	W, Yi;演算レジスタの内容を出力する。

表 - 3.4.2 最も簡単なシーケンサのステートメント一覧表 (POL)

翻訳型の基本例として表 3.4.2のようにステートメントを決める。

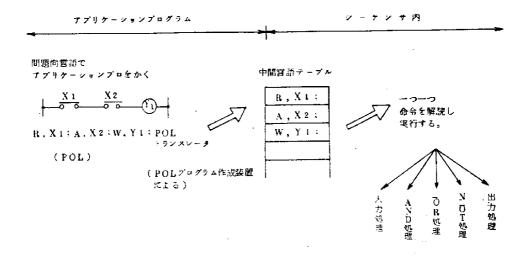


図-3.4.18 POLとインタブリターの関係

表- 3.4.3. シーケンサPOL命令一覧表

	y-<==-}	命令 名 郎	船長	動作内容	
划	STOP	Stop	LW	シーケンスステップの終了を追除する	SQCT: ソーテンス ステップ カワンタ
股	NOP	No operation	1 W	(SQCT)+1→SQCT	(SQCT):()けその内容を示す
命令	В	Branch	-	無条件分岐 S→SQCT	S :分岐先ステップ チンバー
-	RP .	Read	1 W	(89)→M, 000, 0 (JWB)→R9 (SQCT)+1→8QCT	R9 :[ピット 演算レジスター
Ì	RN	Read Neg	ıw	(R9)→M. 000, 0	J.W.B :J)ファイル種類 (X.Y.M.T)
	AP	And	1 W	$(R9) \wedge (J.WB) \rightarrow R9$	W) ファイル内ワート相対プトレス B) ピット位置
۲	AN	And Neg	1 W	$\frac{(\text{SQCT})+1\rightarrow \text{SQCT}}{(\text{R9})\land(\text{JWB})} \rightarrow \frac{\text{R9}}{(\text{SQCT})+1\rightarrow \text{SQCT}}$	M00001: 一時記憶ファイル(MV)先
2	ÖP	Or .	1 W	(B9 N (J.W.B) → R9	漁!ビットR9の 退避専 用 領域
演	ŌN	Or Neg	1 W	(SQCT)+1-SQCT (R9)V(J.W.B.) R9	():パーは内容の否定を意味する
Ħ		 	1 W	(SQCT)+I→SQCT (R9)→ J.W.B	
S Q	WP	Write	1 W	(SQCT)+1→SQCT (R9)-+ J. W.B	
č	WN	Write Neg	I W	(SQUT)+1→SQUT 1→R9	<u> </u>
命令	SP	Set		(SQCT)+1→SQCT 0→R9	
מד	SN	Set Neg	1 W	$\frac{(SQCT)+1\rightarrow SQCT}{(SQCT)+1}$	
	JP	Jump if on	1 W	$if(R9)=0,$ $(SQCT)+1\rightarrow SQCT$ $if(R9)=1,$ $(SQCT)+1\rightarrow SQCT$	2
	JN	Jump if off	1 W	$\begin{array}{ccc} \text{if} (R9) = 0, & S & SQCT \\ (J.W) \rightarrow R8 & D \rightarrow R \end{array}$	
	L	Load	2 W	$\frac{(SQCT) + 2 \rightarrow SQC'}{(R) \rightarrow J.W}$	
	ST	Store	2 W	$\frac{(SQCT) + 2 \rightarrow SQC'}{(R) + (JW) \rightarrow R} \frac{(SQCT) + 2 \rightarrow SQC'}{(R + D \rightarrow R)}$	<u> </u>
	A	Addition	2 W	$\begin{array}{c c} & (SQCT) + 2 \rightarrow SQC' \\ \hline (SQCT) + 2 \rightarrow SQC' \\ (SQCT) + 2 \rightarrow SQC' \\ \hline (SQCT) + 2 \rightarrow SQC' \\ \hline (SQCT) + 2 \rightarrow SQC' \\ \hline (SQCT) + 2 \rightarrow SQC' \\ \hline (SQCT) + 2 \rightarrow SQC' \\ \hline (SQCT) + 2 \rightarrow SQC' \\ \hline (SQCT) + 2 \rightarrow SQC' \\ \hline (SQCT) + 2 \rightarrow SQC' \\ \hline (SQCT) + 2 \rightarrow SQC' \\ \hline (SQCT) + 2 \rightarrow SQC' \\ \hline (SQCT) + 2 \rightarrow SQC' \\ \hline (SQCT) + 2 \rightarrow SQC' \\ \hline (SQCT) + 2 \rightarrow SQC' \\ \hline (SQCT) + 2 \rightarrow SQC' \\ \hline (SQCT) + 2 \rightarrow $	T R : 19-ド長い次タ R10, R11 で模式
	S	Subtraction	2 W	$ \begin{array}{c c} & (SQCT) + 2 \rightarrow SQC' \\ \hline & (R) \land (JW) \rightarrow R & (R) \land D \rightarrow R \end{array} $	T 19-1 長) R10 29-1 長) R10, R11
	AND	And	2 W	$(SQCT) + 2 \rightarrow SQC$ $(BVD \rightarrow B)$	T
7	ŌR	Or	2 W	$\frac{(SQCT) + 2 - SQC}{(R) \lor (JW) \rightarrow R}$	<u>T</u> .
1	EŌR	Exclusive or	2 W	(SQOT)+2→SQC	T
F	BTD	Binary to BCD	2.W	; 8QC1, ±2→3QC	<u>T</u> .
	DTB	BCD to Binary	2 W	(SQCT)+2→SQC	T
114	BCZ -	Branch condition	1-,	otherwhise (SQUT)+2-SQC	<u>et</u>
79	BCP	Branch condition	<u> </u>	otherwhise (SQCT) +2-SQC	
ń	всм	Branch condition Minus	n 2 V	Tutherwhise <u>LSQUITES SQU</u>	<u>2T .</u>
	TBRE	Q Transfer Block Request	2 \	(30011-2-300	<u>et l</u>
1 4	M	Multiply	27	(SQCT)+2→SQU	OT STACK:スタックポインタ
	D	. Devide	21	(SQOT) + 2→SQ0	1 7
	slc	Shift Left Circular	21	(SQUT)+2-SQ	от
	BAL	Branch and Link	. 2	W (SQCT)→STACKI, S→SQCT サブルーナンへの分類	マフルーチン:サブルーチンは4重きでPi
	RET	Return	2	W (STACK) †→SQCT、サブルーチンからので サブルーチンは必ずこの命令で終らればならない	現情)

図-3.4.18 のようにアプリケーションエンジニアは問題向言語(POL)(ステートメント)でかき中間言語テーブルにトランスレータで変換したものをシーケンサ内で一つ一つステートメント(POL)を解読し実行してゆく。

表 - 3.4.3 に実際のシーケンサ命令一覧表を示す。

4.4.5. サポートシステム

μ P を利用した製品の開発にはハードウェアのサポートとソフトウェアのサポートが必要である。 ソフトウエアサ ポート に は μ P それ 自体を利用するものとホストコンピュータを利用する方法とがある。前者は手軽であるが入出力機器の性能のため色々制約が多い。ソフトウェアサポートの詳細については II 章 5 節を参照のこと。

ハードウェアサポートは汎用型(多目的型)のハード構成のものにデバック用コンソールをつけたものでシステム開発用評価機として利用する。本機にハードウェア展開上の必要になったプロセス入出力をとりつけ、ソフトサポートによりシミュレーションの終了したプログラムを入れ実機デバックを行う。ここでハードソフトの分割が適当であったが、プログラムの走行時間は制御機器として十分か等システム的に検討して、初期の目的を達していればプログラムをROM化し製品化する。

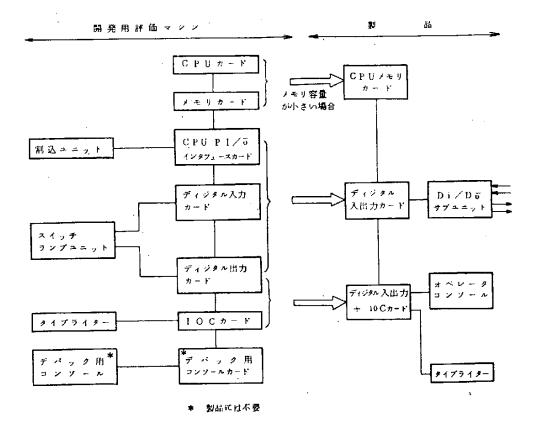


図-3.4.19 開発用評価マシンと製品の関係

開発評価マシンと製品の関係を図ー3.4.19 に示す。専用型ハードの展開でもまずこのようを評価マシンでソフトハード組み合わせた機能試験をしてシステム全体の評価をして後、専用ハードに展開する方がソフトハードのバランスがとりやすく開発時間が短縮される。特に専用型ハード自体で実機デバッグをいきなり行うのはプログラムデバッグ時間が長びいてしま

うことが多いので注意を要する。 RAMでデバッグしてROM化する手順がとれぬし又デバッグのためのハード機能を専用機につけることは冗長となる等色々その原因がある。

4.46 ドキュメントの整備

μ P を利用した制御機器(ストアードロジックの機器)を開発するうえで重要なことは、資料(ドキュメント)の整備である。ソフトウェアという目にみえぬものをよく他人にわからせるための資料いいかえれば目にみえぬソフトウェアというものを目にみえるようにするものがドキュメントである。

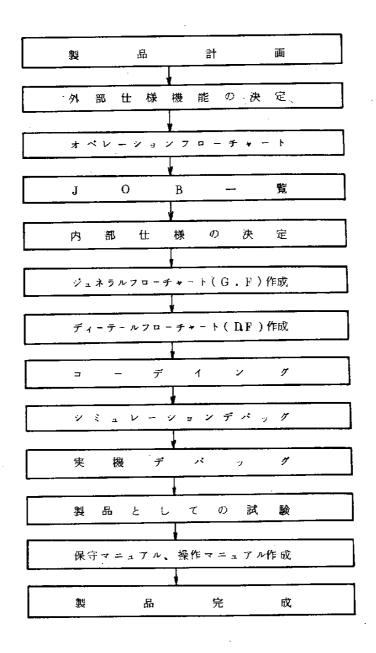


図-3.4.20 ソフトウェアの製作手順

μ Pを利用した制御機器のソフトウェアの製作手順を図ー3.4.20 に示す。 これらの各ステップで作られる資料がすべてドキュメントでありそれぞれ のステップに応じたドキュメントが正確に作られていないと、後で手直、 機能アップ等を計るさいにトラブルを生ずる。

4.4.7 設計例

μ Pを利用した制御装置には色々な例がある。そのうちの一例を下記に示す。

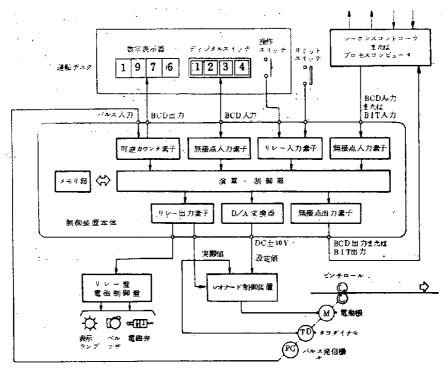


図-3.4.21 圧延機への応用例

本制御装置は図ー3.4.21 に示すように圧延機等の位置決め制御用のコントローラである。ハード的には多分に汎用型に近い専用型でありソフト的には翻訳方型式をとっている。

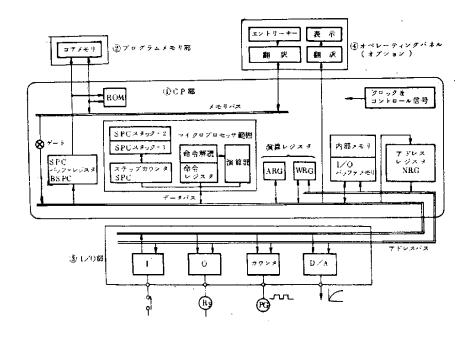


図-3422 ハードウェア構成

図- 3.4.22 にそのハード構成を、図- 3.4.23 にその問題向言語(P \overline{O} L命令)の一覧図を示す。

題ピット演算命令

* + #	ŀ	M	F	N	液源	内書	
READ	R	o	f	п		シーケンス制御における最 初の信号を読込む命令で反	
		'	•	n		転信号を摂込むこともできます。	
#RITE	w	0	,	•	-\$ [コントローラ内で演算した 結果を出力する命令で、演	
		,	,	n	-8	異結果の反転信号を出力することもできます。	
		O.	· · ·	A	100	コントローラにすでに読込 まれている信号(ARGの内 な)とこの命令のアドレス 権定部で指定された信号を	
		1	1	ß	[FF]	AND演算する命令でアドレス指定部の反転信号とのAND 演算もできます。	
C-R	o	0	f	n		コントローラにすでに読込 まれている信号(ARGの内 容)とこの命令のアドレス 役定部で指定された信号を	
<u> </u>		1	1	n		OR演算する命令でアドレス 物定部の反転信号とのOR演 算もできます。	
EXCLUSIVE	£ :	o	1	D		コントローラにすでに競い まれている信号(ARGのP 客)とこの命令のアドレス 信定都で指定された信号を	
OR		I	,	n		E-OR演算する母令でアドレス招定部の反転信号とのE-OR演算もできます。	
SET	s	0	1.	n	ARG S R	コントローラの出力や内部 メモリをフリップフロップ として使用するときの命令	
·		ı	ı	п	ARG S	で(ARG) == 1 の場合動作を 支行します。	

図-3.4.23 (POL)-覧表

回ワード演算命令

**=	1	M	•	N	漢集內容
		0	0	Q	0 -→WRG
LOAD	LO	0	1	В	n書地から(n+f-1) 書地ま での内容をWRGへ転送しま す。 (WRG不使用けたおよび) SはOセット
		1	1	•	同上。ただし符号ピット付きです。 をです。 (WRG 不使用けたはOセ) ット
STORE	SR	0	,	7	WRGの内容をn番埠から(n+ f-1)番埠までに出力または ·メモリします。 (WRGの内容不変)
	•	1			同上。ただし符号ピット付 きです。 (WRGの内容不変)
ADDITION	ADO	0	f	ń	ウードレジスタの内容は符号付き、入力データ(n番地からn+fー1番地まで)の内容は正依とみなして、加算を行ないます。 (WRG)+(入力データ) ーWRG 同時に演算結果の符号は、WRGのSと共にARGにも入ります。
SUBTRACTION	SU8	0.	•	n	ワードレジスタの内容は符号付き、入力データ(n番地からn+f-1を地まで)の内容は正数として返算を行ないます。 (WRG)ー(入力データ) ー・WRG 演算結果の符号はWRGの5 と共にARGにも入ります。

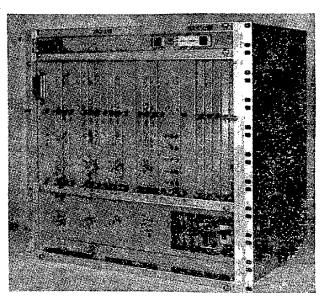
(P♂L)一覧表

図 — 3.4.23

**=	Ī	M	F	N	潜军内容
•		0.	a	ρ	Pステップへ無条件ジャンプ します。
BRANCH	8	1	0	Р	Pステップペサブルーチンジャンプします。
		1	0	a	サブルーチン間の次ステッ ブへもとります。
TEST	т	0	O	P	(ARG)=0ならPステップへ ジャンプします。
		ı	o	P	(ARG)=1ならPステップへ ジャンプします。
TEST	TZ	0	0	P	(WRG)=0ならPステップへ ジャンプします。
		1	0	P	(WRG)+0ならPステップへ ジャンプします。
CLEAR	CR	0	0	C	内部メモリおよび出力変子 をすべてリセットします(カ ウンタ常子はリセットしま せん)。 通常は0ステップにこの命令 きおき、イニシャルを行な います。
WRITE	w	0	0	0	命令不真行

図-3.4.23 (PŌL)-覧表

アプリケーションエンジニアはμPの言語を気にすることなく、本POL命令を組み合わせてプロセスに適応する。このPOL命令はオペレーティングパネルよりコアメモリー部に中間言語形式で格納され内部のROMによりしステップずつ翻訳実行されるのである。図ー3.4.24 にその外観を示す。



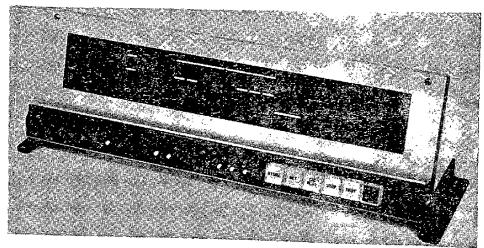


図-3.4.24 制御装置外観図

	項目	(t :	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·						
中央制御	制御方式	マイクロプロセッサ制御							
	プログラム方式	ストアードプログラム方式							
	命令の種類	基本 14種類 ピット演算:6種	ワード演算: 4 種 特 殊: 4 種						
	命令の語長	16ピット	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·						
雅		常時繰返し演算	·						
į	演算方式	論理演算(1ピット演算)	100~150μS						
	演算機能・時間	数値演算(加減算・BCD5けた最大	c) 300~600μS						
装架	プログラムステップ	256ステップ (プログラムメモリはコアメモリを使用)							
装置容量	入巴力点数	56アドレス(224ビット)(4アドレス(16ビット)単位で増減可能)							
量	内部メモリ点数	56アドレス							
入:	力·部 ・出力部	無接点入力素子:フォトカブラ絶縁形 設定 入力 素子:小形スイッチ実装,カード上でデータ設定可 可逆カウンタ素子:符号付き BCD5けた,最大20KHz,表示出力付き 出力 リレー出刀素子:リレー絶縁形 無接点出力素子:フォトカブラ絶縁形,オープンコレクタ D/A変換 素子:符号付き BCD3けた/DC±10V,絶縁出力							
	絶縁 耐力	カ 電源 次 側 アース間 AC 1500V 1分間 入出力端子一括 アース間 AC 500V 1分間							
共 通	電源	電圧: AC 100/110V±20% DC 100V(90~140V) 容量:約300V 投入時突流電流:定格の300%以下	いずれかを指定						
	周囲温度,湿度	温度範囲:0~40℃ 相対湿度:10~85% RH	·						
	付加 装置	オペレーティングパネル(オブション) (幅456㎜, 高さ130㎜, 奥行6 入出力補助電源 (幅483㎜, 高さ133㎜, 奥行230㎜)							

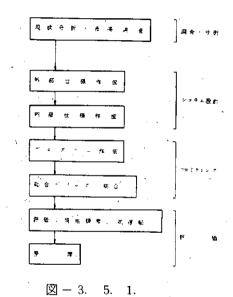
表-3.4.4 仕 様

5. ソフトウェアサポート

μ P 応用シシステムを開発するとき、ハードウェア、ソフトウェアおよびシステム化の技術が必要であるが、ここではソフトウェアサポートということでソフトウェア開発手順と留意点、ソフトウェアサポートの上で半導体メーカとΟ E M とが分担しておる事項、ソフトウェアサポートの現状と将来について説明する。

5.1. ソフトウェア開発の手順と留意点

ソフトウェアの開発手順と留意点について、図-3.5.1 の手順に従って説明する。



5.1.1. 現状分析・市場調査

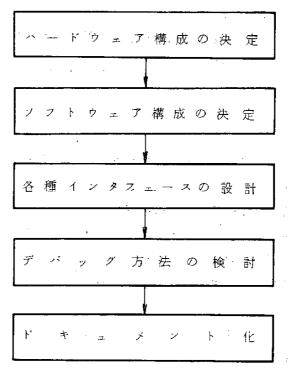
顧客のニーズ、流通機構、設置環境、競合メーカの状況などを調査・分析し、いかなるシステムを開発すればよいかを決定する。この分析、調査を適確にしかもタイミングよく行わないと、開発しても売れない製品を開発してしまうだけでなく、開発途中での仕様変更が生じ、費用と工数をいたずらに増やすことになり、当初の目標価格をオーバーする恐れがある。特に制御システムの場合は、組織、データ量、発生サイクル、タイミング、負荷時の状態、例外処理、機械設置環境などの分析、調査を十分に行う必要がある。

5.1.2. システム設計

調査、分析に従ってシステムの目的、機能を明確にし、システム動作、機能の詳細決定、エラー処理、電源断処理などあらゆる場合を想定し、システムの概要設計を行う。

(1) システム外部仕様設計

調査、分析の結果に基づきシステムの目的を再確認した後に、図-3. 5.2の手順により外部仕様の設計に入る。



(イ) ハードウェア構成上の留意点

プロセッサ決定の各種条件のうち、ソフトウェア側からみれば下記 の点を調査、確認した上ハードとの条件でマッチしたものを選定する。

- 性能(処理速度、入出力能力、割込の有無、語長)
- ・命令群の性格(演算指向か1/0指向か) ,
- ・周辺・チップそのほかの供給状況。
- ・各種サポートシステムの完備状況

1/0ポートの割付け、タイミング

(ロ) ソフトウェア構成決定上の留意点

μ P システム開発の特長として、ハード・ソフトの一体化があげられる。

例えば、従来ハードウェアに持たせていた機能をソフトウェアでカバーすることにより、システムの汎用性を持たせることが可能となるように、機能に対するハード・ソフト機能分割をどこにおくかが重要なポイントとなる。

ソフトウェア構成の決定要因として下記の点を留意する。

- プログラム構造
- ・割込み
- 制御方式
 - 各種設計 (レジスタ、エリア、テーブルなど)
- ・サポートソフトウェア (アセンブラ、シミュレータ、デバッグ エディタ、リンクなど)

(ハ) 各種インターフェースの決定

この段階で中心となるのは、ハード・ソフトのインターフェースであり、仕様の変更が開発スケジュール上で大きな支障を来たすだけに十分な考慮が必要である。決定上の要因を列挙すると次のとおりである。

- 1/0インターフェース(オプション1/0)
- 割込み
- 入出 力コード 体系
- 内部コード

(二) デバック方法の検討

メーカが提供するサポートソフトの完備の状況にもよるが、各種の 方法のうちどれを選択するかが効率面で重要なポイントとなる。

- 一般的には次の4つの形式に大別される。
- ①G国などのTSS端末を利用する形式
- ②FORTRANベースで記述されたMTで提供されるクロスソフ

トの形式

③ 特定のミニコンのアセンプラで記述されたクロスソフトの形式④レジデント形態のソフト形式

形式別にそれぞれ長短があり、技術力、納期、コンピュータおよび 周辺装置の設置状況などを総合的にみて実際は決定されるが、参考 までに特長を述べてみると

- ①形式はソースプログラムの修正や管理が容易であるが、経験を積 んでいないと効率が悪く費用面で高価なものとなる。
- ②形式は、センタに処理を依頼するケースでは、ターンアラウンドタイムが大きくなり非能率となる。自社にコンピュータを持つ場合でも機積の0 / Sに合わせた修正作業を当初必要とする。
- ③形式は入出力が低速のため効率が低下するが比較的安価となる。
- ④形式はクロスソフトに比べると機能的にかなり制限があり、場合 によってはハード上の理由によりアセンブラができないとともある。 とのような現状から、クロスソフト形式が中心となっている。

(2) 内部仕様設計

外部使用設計の決定事項に基づき詳細の設計に入る。

この段階では制御方式とRAMの詳細設計がポイントとなる。以下作業手順に従って設計項目を列挙する。

(イ) 制御方式の詳細設計

下記の項目について検討し処理方式と処理の優先順位を決定する。

- 割込方式かセンス方式
- 入出力のタイミング
- · Set & Go.
- ・レジスタオペレーション

(ロ) RAMの詳細設計

- ・レジスタ
- ・制御エリア(ステータス、カウンタ、フラク、ワークエリア etc)
- ・テーブル

(ハ) ファイル詳細設計

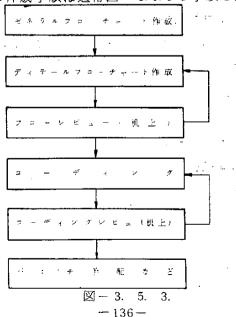
- 媒介
- 編成
- レコードアイテムの内容
- · フロッキング
 - ・アクセスタイム
- ニー・ファイルのバックアック
 - (二) 各種インターフェース、コード明記
 - (ポ) プログラム構成の決定
 - (へ) プログラムの処理条件設計
 - (ト) プログラム間のインタフェース設計
 - (チ) 共通資源使用のタイミング設計
 - (リ) デバッグ用ルーチン設計
- (ヌ) プログラム仕様書作成

(3) プログラム作成

仕様を完全に凍結してからプログラム作成に入る。μPのソフトウェア は机上のデバッグがかなり有効な手段となる。

(イ) プログラム作成手順

プログラムの作成手順は通常図ー3.5.3の手順を踏む。



(中) デバックおよびテスト

デバッグの手順は図ー3.5.4 の手法による。

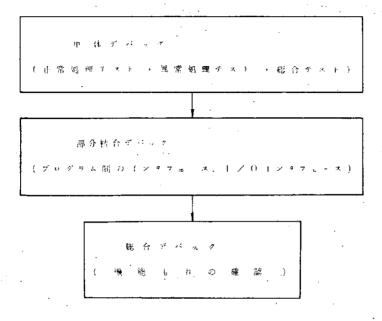


図 -- 3. 5. 4

この段階の留意点としては

- ①部分結合デバッグが終わるまでは、仕様変更によるプログラムの修正は、一定期間分をまとめて行ったほうがよい。そのつど行うとバグの原因となりやすい。
- ②デバッグマシンによるデバッグは確認とタイミングやインタフェー スのデバッグを中心に行う。
- ③入出力制御プログラムを先行させ、ハードの確認を早める。
 - ④必要によるデバッグ用のユーティリティを作成する。
 - ⑤との期間、ソース、オブジェクトプログラムの管理、リストの管理、 デバック日誌の作成、テスト結果の整理や修正部分のフローなどの修 正を確実に行っておく。
- ⑥評価システムと量産システムの差を十分考慮してテストしておく。

(') 評 価

μPのプログラムは、通常ROMまたはP-ROMに書き込む操作が

必要であり、現調時にソフトウェアのバグや仕様変更が発生すると、修正のためのμPやROM書込器を必要とし、最悪のケースには、メモリの増設など運用面、ハードウェア面に支障をきたす恐れがある。特にプログラムをマスク化する場合には、費用面で多大の損害を招くことになる。

従って、システムの最終チェックポイントとして、あらゆるケースを 想定し過酷ともいえる条件でチェックを実施して、システムとして完全 なものとしておくことが必要である。

5.2 ソフトウェアサポートの上での半導体メーカおよび OEMの 分担

μP、ROM、RAM等のCHIPを製造する半導体メーカとそれらの CHIPを利用して目的のシステムを作るユーザ(機械メーカ等)とはそれ ぞれの性質上指向する立場が異なる。

半導体メーカはその性質上ハードウェア指向であり、ユーザは目的に合ったシステムを作るためにCHIPをアセンブリし、そのシステムを動かすために必要なアプリケーションソフトウェアを作る等の関係からアプリケーション指向といえよう。

5.2.1. 半導体メーカの分担

ューザがμPを応用する上で、どのようにシステム化するかという技術的問題のほかにソフトウェアをどう作るかという技術的問題が重要を要素となる。このために半導体メーカは、ソフトウェアの技術的問題を解決するために新しくシステム・ソフトウェア技術者をかかえてユーザのソフトウェアの指導ならびにユーザのアプリケーションプログラムの開発に便利なアセンプラ言語、エディタ、デバッガ、シミュレータなでのシステムプログラムサポートソフトウエアを開発し提供している。

このようなユーザが共通に利用できるサポートソフトウェアのほかに汎用性のあるサブルーチンなどのプログラムも半導体メーカが開発してユーザに提供している。しかしながら半導体メーカがシステム・プログラムやアプリケーションプログラムの全てのソフトウェアを開発することは到底不可能であり、一般に使用される汎用性のあるプログラムのサービスにとざまっているのが現状である。

一方、ユーザ側からみれば近い将来、開発工数がコンピュータシステムの開発の80%にもなるといわれるソフトウェア開発をどの様にして短縮するかが大きなテーマとなる。このためにユーザは半導体メーカからできるだけ多くのサービスを期待する傾向にあり、またどれだけのソフトウェアサービスが受けられるかがμPの選択の条件となっていると言っても過言ではない。

また、ユーザはソフトウェアのサービス向上を希望する一方でμPの機種が異なってもソフトウェア開発の効率が低下しないようにソフトウェアの標準化を望んでいる。

半導体メーカがソフトウェアを開発するには採算性の見地から開発能力に自然と限界が生じ、システムハウスやソフトウェア開発会社の開発力に大きく頼っているのが現状である。

5.2.2. **OEM** (システムビルダ) の分担

半導体メーカが小口の個々のユーザに対して応用技術の指導やプログラムのサービスを行なうことは効率が悪いために、半導体メーカとユーザの中間の位置にあって両者のパイプ役ともいえるOEM、システムビルダやソフトウェア開発会社が必要となっておる。これらの会社はソフトウェアとハードウェア、それに応用技術を両者に提供することをビジネスとしている。

システムビルタの役割は半導体メーカとユーザの不足を補なりことにある。

- (1) メーカからみたシステムビルダの役割
 - イ) ユーザのニーズは何かの情報収集:
 - ロ) ユーザへの技術指導
 - ハ) ユーザへのプログラムサービス
 - ニ) ユーザへの応用製品のサービス
 - ホ) マイクロコンピュータの普及活動
 - へ) 新応用分野の開拓
 - (2) ユーザからみたシステムピルタの役割 : ----
 - イ) 応用技術の提供

- ロ) 応用製品の提供
- ハ) ブログラムの提供
- ニ) マイクロコンピュタ動向に関する情報のサービス

システムビルタがユーザに対して行うサービスの内容は標準品の提供よ りも、ユーザオリエントな一品料理的な製品の開発力であり、高い技術レ ベル、小廻りのきくことなどであろう。

5.3. ソフトウェアサポートの現状と将来

μP応用システムを開発するとき、μPを応用したメリットを少しでも高める ためにはハードウェア、ソフトウェア及びシステム化の技術が必要となることは言うまでもない。

この三者が一体となって、しかも均整がとれたものでなければならず、どれか一つでも機能が弱ければ、システムを開発する際に弊害となる。

μ P に関連するハードウェアは次々にLSI化され、あまり高い技術は必要でなくなりつつある。

システム化の技術は経験に基づくものが多かったり、トランスジューサや センサなどや入出力機器の性能などから大きな影響を受けるために、基礎的 事項から応用技術までの研究が欠かせないといえる。

プログラムの開発は、現在、人手に頼らざるを得ず、この作業を効率よく することが大きなテーマである。1980年代にはプログラムの開発がシス テムの全体の工数の80%にもなろうと言われるほどで、これが大きな比重を 占めることになるのは確かである。

μ P応用製品のライフサイクルが年々縮まっている現状で、開発時間を少しても短縮することは、この厳しい過当競争の時代においての最重要事項であり、プログラム開発を容易に行なう為の補助道具がメーカをはじめシステムビルダやΟ E Mから提供されている。

最近ではソフトウェアだけでなくハートウェアも含めたシステム開発用の サポート・システムが登場する様になった。

つきにそのシステム開発用のサポートシステムについて説明する。

5.3.1. 高級言語処理プログラム

高級言語とは一般にプロクラムを作成するときにコンパイラに近い言語を

使用してプログラムを作り、これを決められた#Pの機械語に変換するプ ログラムを言う。

高級言語を使用してプログラムを作成する場合には、アセンブラ言語を 使用する場合に比較して、はるかに短時間でプログラミングができるが、 大型コンピュータが必要であったり、またマイクロコンピュータを使用す るときは、磁気ディスク装置など大容量の外部補助記憶装置が必要になる。

最終的に機械語のオブジェクトに変換されたとき占めるメモリ容量はア センプラよりはどうしても大きくなると言われている。

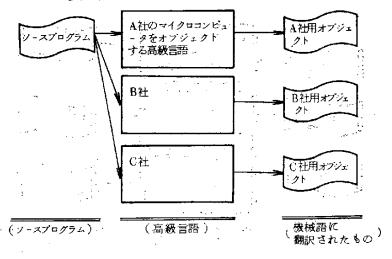
高級言語としてよく知られている言語の一つにインテル社のPL/Mが ある。

次に示す様に高級言語の長所と短所がありアセンブラを使用するか、高 級言語を使用するかを決めるときは十分に検討する必要がある。」

長所

- (イ) ソフトウェア開発作業の短縮
- (2) 機械言語を気にしないでプログラミングできる。
- (3) プログラミングしだソフトウェアの信頼性が高くなる。
- (4) 高級言語である為コンパイルされたオブジェクトのマシンを変更す ること より同一のプログラムで各種のμΡに使用できる。 * タランスをより、これが、

(図-3.5.5.参照)



 \boxtimes - 3. 5. 5.

短所

- (1) 冗長性に富んでいるためコンパイルされたオブジェクトがアセンプラ言語でプログラミングしたプログラミングよりもメモリ容量が大きくなる。
- (2) リアルタイム処理のプログラミングが十分に行なえない。 インテル社に続いて各メーカより高級言語が提供されている。 (表-3.5.1.参照)

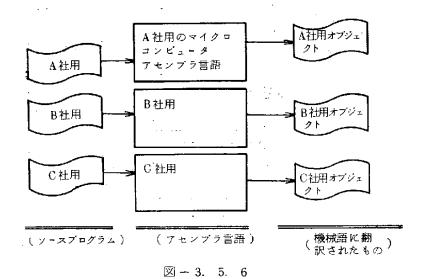
メ ー カ	プロセッサ	高級言語名
インテル社	18080	P L /M
ナショナルセミコンダクタ社	IMP-16	SM/PL
モトローラ社	M-6800	MPL
ZIROG社	Z-80	P L / Z
三菱電機㈱	MELPS-8	PL/I#

表 - 3. 5. 1

次に高級言語を使用するときの方法を示す。

図ー3.5.5 に示す様にソースプログラムはどのメーカの高級言語プログラムにも使用できる場合が多い。

アセンブラ言語の場合のアセンブルの方法を図ー3.5.6に示す。



-142-

アセンプラはμ Pの機種が同じでもアセンプラの文法がメーカによって 異なる場合が多いため、アセンプラの文法に合ったソースプログラムを使 用しなければならない。又オプジェクトのフォーマット(形式)が異なっ ているため注意が必要である。

5.3.2. 問題向言語処理プログラム

先に述べた高級言語処理プログラムは大型計算機などで広く使用されているPL/I言語をベースとして開発された言語処理プログラムである。

問題向言語とは事務処理、科学計算、プロセス制御などある限られた応用分野のプログラム開発が容易にできるように開発されたプログラムである。

この言語はどちらかと言えばコンパイラ言語に近いが、他の応用分野の プログラム開発には使用しにくい。

μ Р が 今後ますます応用されるには、この問題向言語が種々開発される 必要があるが、開発に多額の金額が必要なため、 μ Р 用にはまだ数は多く ない現状である。

5.3.3. ユーティリティ

広範囲にわた。て、それほど複雑なものではなく多数のジョプや目的に対して、オペレータが種々の単純なコンソール呼び出しカードを使うか又はタイプライタから命令を入れることにより動作できるプログラム群をい
う。

(1) メモリに関するユーティリティ

(イ) メモリダンブ

指定されたメモリの番地の内容をタイプライタ等の出力装置に印字 するプログラムである。

(ロ) メモリチェンジ

RAMとかコアメモリの指定された番地の内容を書き換えるプログラムである。

(2) ソースプログラムに関するユーティリティ

アセンブル又はコンパイルした結果、文法上のエラーが発生した 場合や デバック又はシュミレーションした結果、論理的なエラーが発生してソ - スプログラムの修正が必要となった場合、ソースプログラムの内容を 各種のコマンドを使用して能率良く修正する為のプログラムである。

編集コマンドには次に述べる様なものがある。又各メーカから提供されているエディタにはすべての機能が揃っているとは限らない。

(イ) 入力コマンド

修正する為にRAM領域(又はコアメモリ)に入力するコマンドである。(I)

一(ロ) 修正コマンド

ラベルサーチ(G)、文字列サーチ(S)、抽入文(I)、抽入 文チェンジ(C)、文の交換(M)、文のリスト(L)などがある。

(4) 出力コマンド

修正したソースプログラムを出力装置に出力するコマンド(P)

- (3) オブジェクトに関するユーテイリティ
 - :(イ) リンケージローダ

再配置可能(Relocatable)のオプジェクトプログラムを実行アドレス交換しながらメモリに配置するプログラムである。

このプログラムにより、各サブルーチンを個別にアセンブルして実行することが可能となる。

(ロ) 実行可能オブジェクト出力

リンケージローダによってメモリに配置した実行形式のオプジェクトに変換されたプログラムを外部記憶媒体に出力する。

外部記憶媒体には次のものがある。

- j) 紙テープ
- ji) カセット磁気テープ
- iii) ォープン磁気テープ
- · iV)フロッピ磁気ディスク
 - V) カートリッジ磁気ディスク

などがある。。

- 《例》再配置可能オブジェクトが実行可能オブジェクトの変遷

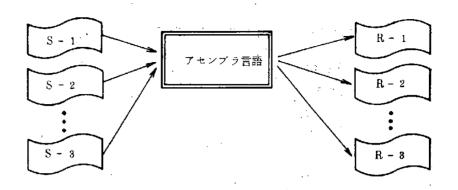


図-3.5.7

ソースプログラム(S-1、S-2、・・・)を再配置可能形式のオプジェクトにアセンブルする。(R-1、R-2・・・。)

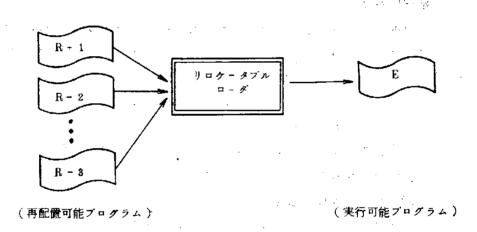


図 - 3. 7. 8

再配置可能プログラムを実行する主記憶上にリンクして実行形式の プログラム(E)を作成する。

(4) 再配置可能プログラムの選択

二本以上のプログラムを一巻又は数巻で保存している場合、その中から必要なプログラムを選択するプログラムである。

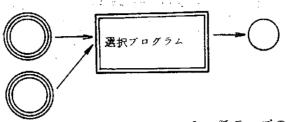


図-3.5.9 紙テープの場合

(4) ファイルに関するユーティリティ

ファイル(プログラムとかデータ)を外部記憶装置に決められた順序 あるいは形式で記憶するためのプログラムである。

ファイルを保存する装置がカセット装置、MT装置、フロッピディスク装置、カートリッジディスク装置、磁気ドラム装置などにより若干動作に違いがある。

カセットテーブ装置、MT装置はほとんど同一の形式である。フロッビディスク装置とカートリッジディスク装置はほとんど同じで磁気ドラム装置とも類似している。

このユーティリティには次に示すようなものがある。

(イ) ファイルのイニシャライズ

未使用のディスクやカセットテープなどや現在使用中のそれを初期 設定する場合のプログラムである。

(ロ) ファイル領域設定

これから使用するファイルの領域を確保するためのプログラムである。

(イ) ファイル領域データの外部媒体へ出力

ファイル内のデータを外部媒体(紙テープや別のディスク)に出力 する為のプログラムである。

- (4) 外部媒体に出力したデータとの比較
- ファイル内のデータが正しく外部媒体に出力されたかをチェックするためのプログラムである。
- (オ) 外部媒体に出力したデータをファイルにセット

外部媒体に出力されたデータを指定されたファイルのデータ領域に 復元するためのプログラムである。

(√) ファイルのデリート

すでに確保されているファイルを削除するためのプログラムである。

(ト) ファイル名のリスト

すでに確保されているファイルの名前と使用しているアドレスを指 定された出力装置にブリントする為のプログラムである。

(5) ROM 書込装置用ユーティリティ

実行可能のプログラムをROM書込装置によりROMにプログラムを書込むデータを作成するためのプログラムである。

市販されているROM書込装置により、データテープの形式が種々あり、またメーカによって異なり、それぞれ特長がある。

代表的な形式

BNPF形式

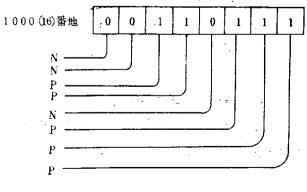
初期のROM書込装置でこの形式が広く知られている。

データの表現は次の様になっている。

1 バイト分のデータ 0 / 1 のバイナリ値を A S C 1 1 コード N / P に変換してデータを表現する。

(例)

1000番地に37(6)のデータが入っていた場合、37₍₁₆₎は次の様に N/Pにそれぞれ変換される。



 $\boxtimes -3.5.10$

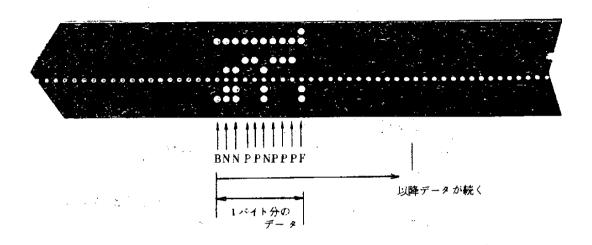


図 - 3. 5. 11

意味

B:1バイト分のデータの先頭(Begin)

N:2進数0を表示。

P:2進数1を表示

F:1バイト分のデータの最後(Finish)

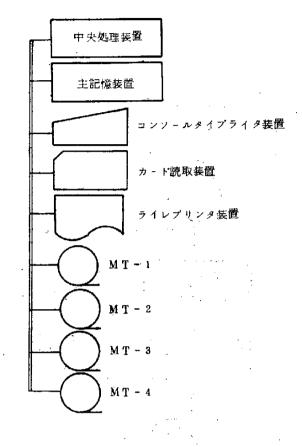
との形式には大きな欠点がある。それは大容量のプログラムの場合出力されたプログラムテープが長くなる。

5.3.4. オペレーティングシステムとモニタシステム

オペレーティングシステム:計算機がタスクを遂行する手引をしたり支援機能によってプログラムや、プログラムを援助したりする為の一組のプログラムである。

(1) TOS (Tape Operating System)

IBM360 シリーズで確立された T8S はその後 $\xi=$ コンでも取り入れられたもので次にその構成図を図-3.5.12 に示す。



 $\boxtimes -3$. 5. 12

TOSは主記憶装置と磁気テープ装置によりシーケンシャルファイルによりジョブ管理を能率良く行なう様に設計された汎用プログラムである。

オペレータはコンソールタイプライタ又はカード読取装置より制御カードを入力することにより各種の仕事を実行することが可能で計算機の空き時間を無くし、有効に利用する目的で開発されたプログラムといえる。

実行しようとする各種プログラムは再配置可能の形式で磁気テープ装置に登録されている為、各ジョブを起動しても、実行するまでに時間がかかる。

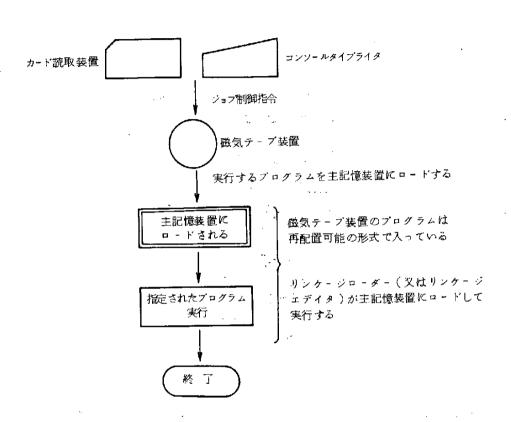


図-3.5.13 T 🖸 S のジョブの流れ

ミニコンや将来の # Pの一部(データ量が比較的多いデータを扱う場合など)有効に利用できるがシステムプログラムを磁気テープ(又はカセット)に入れることは得策ではない。フロッピディスクなどを有効に使う必要があろう。

(2) DOS (Disk Operating System)

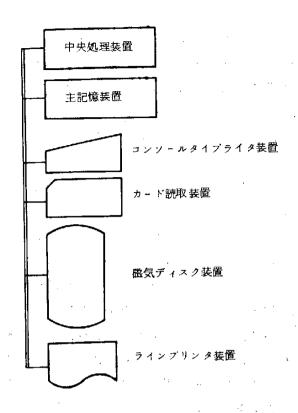
TOS(Tape Pperating Sytem) に対して磁気テープの代りに各種プログラムを磁気ディスク装置又は磁気ドラム装置に登録することにより、各ショブが実行される。

μ Pではコンピュータ本体の価格が安くメモリ容量を大きくできない場合が多い。このときの有効手段として、外部メモリとして安価なミニディスクやフロッピディスクなどを接続し、モニタをμ Pのメモリに常駐させる方式が使用される。ディスクの中に必要なプログラムやデータを記憶させておいて、必要なときにモニタが自動的にディスクからメモリに移して実行させればメモリが小さくてよいシステムになる。

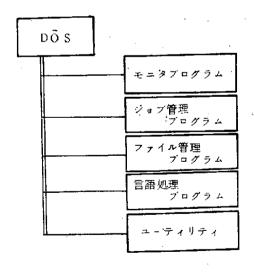
このようにディスクモニタはディスクのプログラムやデータなどを自動的に管理する機能を持っている。

DOSはモニタプログラム (Supervisory Program) ジョブ管理プログラム (Job Control Program)、ファイル管理プログラム (File Management Program)、言語処理プログラム (Language Translater Program)、ユーティリティ (Utility Program) により構成される。

その構成図を図-3.5.1 4 に示す。



(1) DOSのハート構成



(2) DOSのソフト構成

(1) モニタプログラム:主記憶装置に常駐していて各タスクを管理する。

モニタは次のルーチンにより構成される。

- 1)割込処理ルーチン
- ii) プログラムローダルーチン
- Ⅲ)タイマ管理ルーチン
- iV) 待ち行列管理ルーチン
- V) 記憶保護管理ルーチン
- (中) ジョブ管理プログラム:オペレータとの会話によりジョブの流れ を決定し、各タスクの制御をモニタプログラムに対して知らせる。 ジョブ実行中にエラーなどが発生した場合はその対策をオペレータより、 処理プログラムに知らせる。
- (r) ファイル管理プログラム:磁気ディスク装置又は磁気テープ装置 を能率よく運用する為のプログラムである。

従ってファイル管理ルーチンは、MT管理プログラム、CMT管理プログラム、ディスク(ドラム)管理プログラムなどがある。

(コ) 言語処理プログラム:システムを能率良く運用する為のプログラムで、ソースプログラムのエディタプログラム、シュミレーションプログラム、ファイル運用ユーティリティ、実行プログラムのエディタプログラムなどがある。

DOSの流れ

モニタは起動されたタスクが常駐のタスクの場合であれば即、制御を 該当するプロクラムに渡す。

非常駐のタスクの場合、ディスクに登録されているプログラムを主記 憶装置にローディングしその他のプログラム(使用しているサブルーチン)とリンケージする。

リンケージが終了したらそのフログラムに制御を渡す。

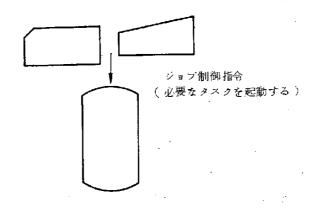


図 - 3. 5. 15

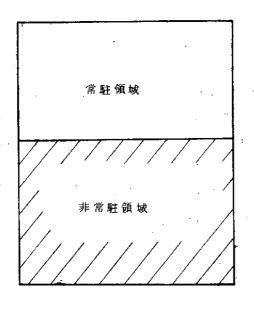


図-3.5.16 主記憶装置の配置

常駐領域:この領域は一度作成されたら変更されるまで(一般にシステム編集と言われている)次の様なプログラムが、いつも入っている。

- i) モニタブログラム
- jį) ファイル管理プログラム

∭)ジョブ管理プログラム

jy) ユーザのタスク

非常駐領域:この領域に各種のタスクや言語処理プログラム、ユーティリティプログラムが必要に応じて、ローディングされ実行する。

ジョブ管理プログラムにより 起動されたタスクが非常駐タスクであった場合、ディスクより現在解放されている領域に順番にプログラムをローディングして実行する。必要のなくなったプログラムはモニタに対して解放したことを通知しなければならない。解放しなければ非常駐の領域は狭くなってしまう。非常駐タスクにレベルをつけてモニタが管理すれば非常駐領域をタスクの重要順に処理することができる。

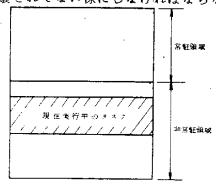
非常駐タスクの優先処理は次の様に実行される。

(1) 非常駐タスクが起動をかけられる。

非常駐領域に起動要求のあったタスクのプログラムを磁気ディスク 又は磁気ドラムよりロードしリンクする。リンクが正しく終了すると プログラムの実行が行なわれる。

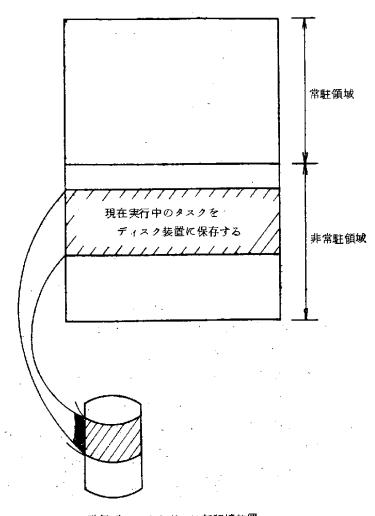
(中) 優先順位の高いタスクの実行要求

現在実行中の非常駐タスクよりも優先順位レベルよりも高いタスクの実行要求があった場合、現在の非常駐領域のプログラムを磁気ディスク又は磁気ドラムなどの外部補助記憶装置の所定の領域に保存して、順位の高いタスクのプログラムの実行を行なう。この場合注意しなければならない点は、入出力装置が作業領域のデータを入出力している時、その領域が破壊されてない様にしなければならない。



非常狂ダスクが無行中

 $\boxtimes = 3.5.17$



磁気ディスクなどの外部記憶装置

図 − 3. 5. 18

現在実行中のタスクの領域をあらかじめ指定してある領域に保存する。

5.3.5. 診断プログラム

診断プログラムとはコンピュタ自体(CPU、メモリ、入出力装置)などが正しく動作するかを試験するプログラムのことを言う。このプログラムはマイクロコンピュータ・セットを製作したとき、または、μP応用システムが異常のときなどに使用する。

診断プログラムには大きく分類して、自己診断プログラム、外部診断プログラムになる。

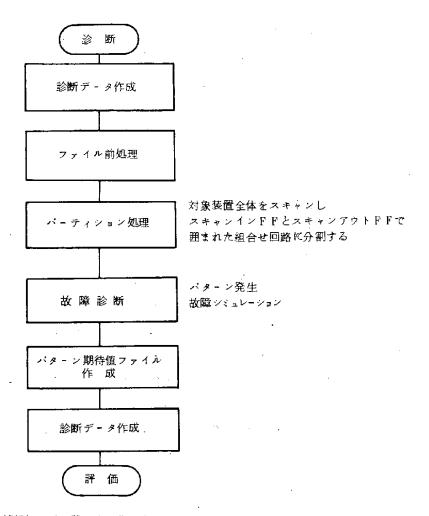
(1) 外部診断プログラム

ハードウェアの故障を外部からソフトウェアにより診断に必要を信号を与えて、その反応から予期された結果と比較することによりハードウェアロジックの故障を推測する。特に大型化、集積化が進んで来ると人手により故障を診断することが困難になっている。

従って診断を行なう場合予じめ、外部から与える信号データ(入力データ)、正しい場合に与えられるデータを準備する必要がある。

(例)大型計算機で開発された故障診断プログラムに次のプログラムが ある。

FLP(Fault Locating Program)が試作されている。



*情報処理学会設計自動化研究会 DI29-2診断データの自動作成システムより

図 - 3. 5. 19

(2) 自己診断プログラム

μ P の様にR O M 化してシステムに組込まれた場合システム運用中に R O M の内容が環境変化、時間経過等により変化した場合、システムの 故障を自分で、常時診断して変化があった場合即、外部に表示する為の プログラムである。

自己診断の方法には次のものがある。

(イ) チェックサムによる方法

ROMの領域を固定番地の間でチェックサムにより故障診断を行ない変化があった場合エラ表示をする。

(中) ステータスによる方法

入出力装置の故障ステータスをプログラムより読取りエラー表示する。 5.3.6. プログラムライブラリ

アプリケーションプログラムを作成するとき、プログラムの全てを作ると大変な工数が必要になる。既に開発されたもので汎用性があって流用できるもの、あるいは利用される頻度が高いプログラムが半導体メーカあるいはシステムビルダーなどから提供されている。この様にある程度汎用性を持たせた短いプログラムで、アプリケーション・プログラムの一部として利用できるプログラムを準備しておけば便利である。

次にいくつかの例を示す。

- (1) 演算サブルーチン
 - (イ) 固定小数点平方根サブルーチン√x の計算を行なう。
 - (中) 固定小数点立方根サブルーチン ▼ の計算を行なう。
 - (*) 固定小数点正弦、余弦関数サブルーチン SINx、COSxの計算を行なう。
 - □ 固定小数点逆正接関数サブルーチンtan-1xの計算を行なう。
- (2) コード変換サブルーチン
 - (イ) 整数型10進2進変換サブルーチン
 - (中) 整数型2進10進変換サブルーチン
 - (*) 整数型2進ASC11コード変換サブルーチン
 - (A) 整数型ASC112進変換プログラム
- (3) 浮動小数点演算サブルーチン
 - (4) 加算
 - (中) 減算
 - (/) 乗算

- (=) 除算
- (オ) フローティングデータ置数
- (~) フローティングデータ格納

(4) 浮動小数点関数サブルーチン

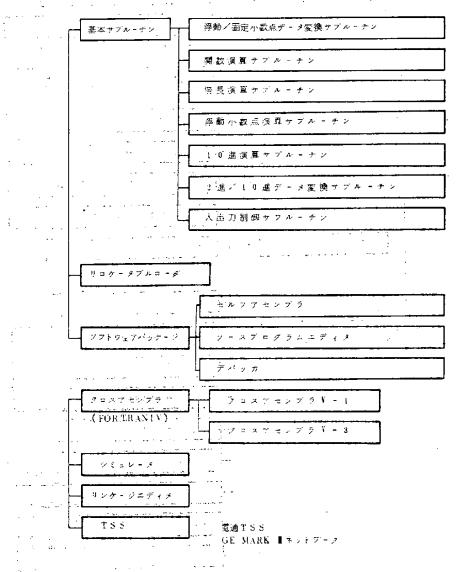
- (イ) 双曲正接(tan h)
- (p) 逆正接(tan⁻¹)
- (4) 指数
- (二) 自然対数(log)
- (A) 正弦(Sin)
- · (4) 余弦(cos)
- · (ト) 平方根(√)
 - (牙) 実数型整数型変換
 - (リ) 整数型実数型変換
 - (ヌ) 実数型の絶対値

(5) 入出力機器制御サブルーチン

- (イ) タイプライタ制御サブルーチン・
- (中) ラインプリンタ制御サブルーチン
- (+) CRTディスプレイ制御サブルーチン・
- (二) キーボード制御サブルーチン
- (オ) 高速紙テープリーダ制御サブルーチン
- (4) 高速紙テープパンチ制御サブルーチン
- (ト) カセット磁気テープ制御サブルーチン
- f) 磁気テープ制御サブルーチン · · ·
- (J) フロッピディスク制御サブルーチン
- (ス) カートリッジディスク制御サブルーチン
- (ル) 磁気ドラム制御サブルーチン
- (F) OCR制御サブルーチン
- 切) カードリーダ制御サブルーチン
- (カ) 回線制御サブルーチン
- (a) 上位CPU制御サブルーチン

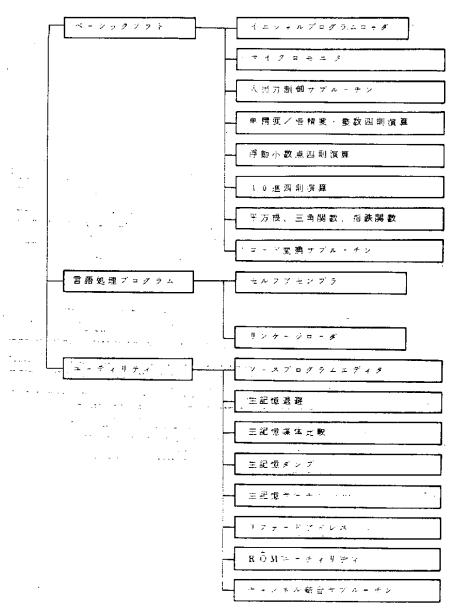
5.3.7 メーカが支給しているサポートシステム

(1) 東京芝浦電気 (株)



 $\boxtimes -3.$ 5. 20

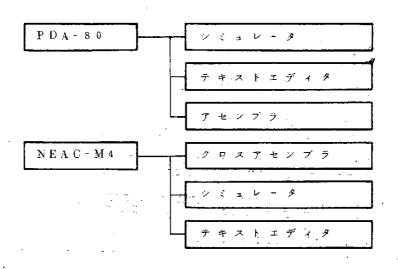
(2) パナファコム (株)



その他ひシリーズのミニコンでのクロスシステムがある。

図 - 3. 5. 21

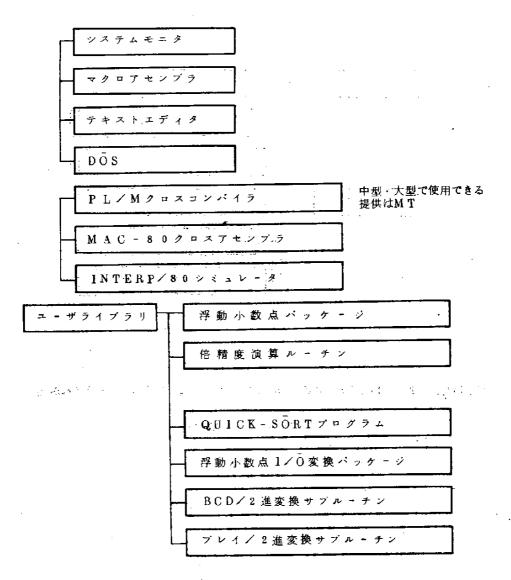
(3) 日本電気(株)



GEMRK-I、DEMOS-Eのクロスアセンプラ、シミュレータがある

図 — 3. 5. **22**

(4) インテル社



その他にGE MARK N のTSSが使用できる

図-3. 5. 23

(5) NS社

SC/MP を使用

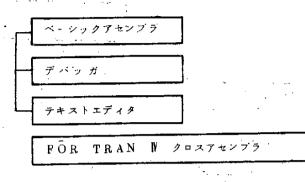
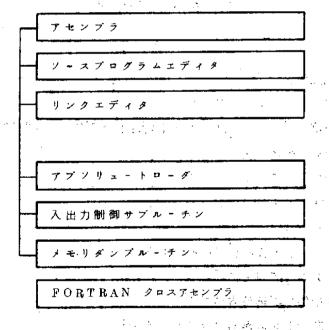


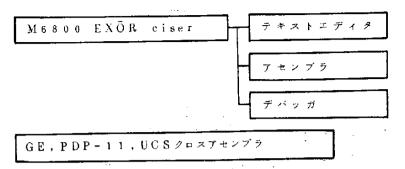
図 - 3. 5. 24

(6) DEC社

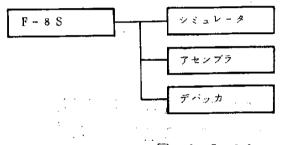


 $\boxtimes -3.5.25$

(7) モトローラ社



(8) フェアチャイルド社



 $\boxtimes -3.5.26$

(9) 三菱電気株式会社

マイクロプロセッサ応用機器の開発用システム

5.3.8. 0 R M やシステムビルダが開発しているサポートプログラム

- (1) クロスアセンブラ 一
- (2) フログラムデバッカ
- (3) I/Oシミュレーション
- (4) ロジックステートアナライサ フログラムが実装状態で観測できる
- (5) システムのデバック
 - (4) MC側の割込要求の禁止
 - (中) 任意アドレスからプログラムを実行
 - (イ) メモリの変更ができる
 - (4) CPU内のレジスタの変更ができる
 - (は) 実行したマシンサイクルのアドレスバスの内容を確認できる

- (4) 実行時間の確認ができる
- (h) 指定した領域内で特定コードの検索
- (チ) 指定した領域内に特定コードの書込
- (6) ミニコンによるクロスアセンプラ シミュレータ・エディタ

5.3.9 ユーザの期待するシステム開発用ツール

今後LSI化が進行し、CPUチップそのものが部品化されるほどになって来ている。また、周辺機器を制御する回路もチップ化されている現在において、システムを能率よく完成させるためには、ソフトウェアの開発およびハードウェアのデバッグが容易に行なえる総合的なシステム開発用ツールが望まれる。

システニを能率よく完成させるための機能として次の3項目が考えられる。

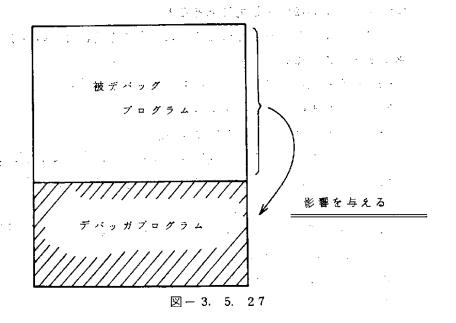
- (イ) ソフトウェアロジックのデバッグを強化したツール
- (口) ハードウェアロジックのデバックを強化したツール
- (1) 両方の機能を持ったツール
- (1) ソフトウェアロジックのデバッグを強化したツールとは
 - (a) デバッグの機能が強力であること

ソフトウェアデバックを行なうのに必要な機能にはどの様なものが あるか次に述べる。

- (イ) CPU汎用レジスタのリード/ライトができる。
- (中) 記憶装置のリードライトができる。
- (4) ブレイクポイントが設定できる。
- ⑸ プレイクした時CPU汎用レジスタの内容がリストできる
- (d) プレイクした時CPU汎用レジスタの内容及び指定した記憶装置の内容がリストできる。
- (*) プレイクポイントをn回通過した時にプレイクする。同時にプレイクしたら(=)、(f)の処理が行われる。
- (ト) 実行開始アドレスの指定ができる。
- (f) シングルステップで実行できる。

- (リ) シングルステップで実行アドレスの指定ができる。(即ち任意のアドレスのみ実行ができる。)
- (ヌ) シングルステップで実行した時も、白、田の処理が行なわれる
- (ル) 実行するオブジェクトのロードができる。
- (刃) デバック終了後ROM書込装置への入力テープが作成できるとと。
- (r) 割込可能の状態でプログラムのデバッグができること。
- (力) トレースによる実行ができること
- (ヨ) トレース中又はリスト中のデバッグ中に任意のポイントで中断できること。
- (タ) プログラムの内容と主記憶装置の内容の比較(ベリファイロー ダができること
- (レ) パターンサーチができること
- (b) デバックのプログラムが破壊されないこと

デバックがプログラムの入っている領域が、被デバッグプログラム によって破壊されない様にする必要がある。



多くの場合被デバックプログラムは未完成のプログラムであるから 予期しない領域に分岐して意図しない命令を実行することがある。そ の結果、例えばスタックポインタを操作する様な命令、リスタート命 令、サブルーチンリターン命令などの命令が実行されると全くプログ ラムのシーケンスが狂ってしまう。

その対策として被デバッグプログラムが使用する領域の指定ができる様にする。指定した領域外を参照しようとしたらその表示がユーザ に知らされる必要がある。

- (c) デバックのプログラムが破壊されたら復帰が容易に行なえること デバックプログラムが破壊されない様に対策をたてる必要があるが 破壊されたら復帰が容易にできる方法として次の様なものがある。
 - (4) ROM化しておく
- (p) 高速の入力装置からプログラムを入力できる。 などがある。

ソフトウェア作成を強化した処理プログラムとは、

プログラムの作成に要する工数が今後は増大する傾向にある。特に 各社各様のCPUが製造されてくると、それにすみやかに对応できる ソフトウェアが供給される様にならなければならない。

ユーザの望むソフトウェアとしては次のものが考えられる。

- (1) マクロ定義ができるアセンブラ言語があること。
- (2) 新しいCPUに対するアセンプラ言語が容易に提供されること。
 - (3) 各種サブルーチンが提供されること
 - (4) 高級言語処理プログラムがあること
- (2) ハードウェアロジックのデバッグ機能を強化したツールとは ハードウェアのロジックのデバックには現在次の方法が考えられている。
 - (a) 専用のテスタを使用する
 - (b) マイクロコンピュータにモジュールを差込みプログラムでテスト する。
 - (c) マイクロコンピュータによるインサーキット方式文はバス接続方

式でテストする。

(d) ミニコンピュータによるインサーキット方式又はバス接続方式でテストする。

5.3.1.0 おわりに

以上述べてきたように、今後はソフトウェア又はハードウェアの一方に重点を置いたものではなくシステムとしてデバッグできる開発ツールが広く望まれている。

6. 教育

6.1. はじめに

機械工業の分野にμPを広く利用していくためには機械技術者の広い理解 とμPの知識の普及が必要であろう。このための教育として、

- (1) 基礎的な学校教育、社会教育の充実
- (2) 専門機関、企業等における高度な技術者の育成があると思う。

機械工業の分野にμPを利用する技術が、機械工学と電子工学の2つの分野にまたがる技術であるため、μPの適正な利用を図るためには機械技術者に対するμPの利用技術を正しく教育しなければならない。

との節では、以上のととを踏まえて、現在、工業高校において行われている情報技術教育、NO教育等の実情についての調査結果の紹介と機械技術者に対して行う μPに関する教育の基本的考え方の提案をする。

なお、μ P技術者認定制度についても一案を提案する予定であったが、と のような制度は必要ではあるが、十分な検討を加えたものではないと安易な 制度となると思われるので、将来の検討課題として提案を取り止めた。

6.2 工業高校における情報技術教育の実情

6.2.1. 電気科における情報技術教育

現在、工業高校電気科において実施されておる情報技術教育はどのよう に行なわれているのかを調査した。

群馬県前橋工業高校の桑山氏は、つぎのような問題点を指摘しておる。

- (a) 情報教育=FORTRAN 教育で良いか。
- (b) しかも、その様な中で既製のプログラムのマークカードのマーク作業、紙テープの穿孔作業で終っていないか。
- (c) カリキュラムについて、どの教科の中でどの様な時間をとってやったらよいか。
- (d) 電気科(電子科)の中の教科との関係、特にハードウェアとの関連は。
- (e) アルゴリズムが無視されていないか。

さらに、同氏は教育課程の改訂にともないコンピュータのハードウェアの比重が重くなって来ており、群馬県に於けるハードウェアに関する授業および実習がどの様になっているかについて行った調査結果を表 - 3.6.1.のとおり報告している。

表-3.6.1.から、D校、E校以外は座学(授業)の比重が大きいことが わかる。ハードウェアに関する教育として実習の時間を増やす方向で検討 する必要があると思う。μPの教育としてどのような内容のものを、どの ように教育するかを考える場合、表-3.6.1のD校の例は非常に参考とな るものであると思う。

6.2.2 機械科における情報技術教育

~a. なぜNCを導入したか

工業高校の機械系の学科において情報技術教育として行なわれているのは多くの場合NC教育であるが、関東地区におけるNC教育の現状について埼玉県秩父農工高の上村氏、浦和工高の羽根田氏、狭山工高の清野氏らが報告しておる。この報告は関東地区においてNC機を設置している24校のアンケート調査をまとめたものであり、その内容の一部をここで紹介する。

• 情報教育が必要	2	8%
・機械技術者としてNCの知識が必要	9	0 %- '
その他		4 %
b. 実習実施学年は、		*
• 3 年生	7	9 %
• 2 年生		8 %
2 · 3 年生	1	2 %
c. 必修や選択かい		.P .
• 必修	7	9 % 🐇
◆選択 ************************************		8 %
• 必修と選択	. 1	2 %
d. 実習時間数は、		
• 6 時間		4%.
• 1 0 時間	1	2 %

	座学(授業)カッコ内時間数	実習(実験)カッコ内時間数
A 校	3年時、電気工学 II デイジタルコンピューター (70) 教科書コロナ社	電子実習 バルス回路(5)参考歯大和電子マニアル 電算機論理回路(5) National Logie - Stuoly
B 校	電子工学 発振回路 (27) バルス回路 (30) 論理回路 (29) オンロスコープ (10) 電子工学 電子計算機のなりたち (6) 論理回路 (20) 基本回路 (6) 中央処理装置 (20) 周辺装置 (10)	電子実習 微積分回路(4)参考書 電子実験テキストオーム社 マルチの特性(4) #
C 校	電気工学 II 電子計算機の基本回路 (4) 電子計算機の基本的な回路構成 (4) 電子計算機の構成 (12)	
D 校	電気工学皿 ベルス回路(5)論理回路(5)教科書オーム 社 電子計算機(16) 教科書オーム社	電気実習 アッセングラとマシン語 (6) ミニコン使用、テキストは自作 OSプログラム使用 (6) システムプラント (6) 水車発電機のコシピューター制御 デンタル回路 (6) ICを購入しての自作
校	電気工学	電気実習 マルチグレーターの製作(6) 機械語(6) 簡単な四則演算 ゲート回路(6) 回路の組立て
F 校	電気工学 II 数の表わし方、論理回路 (6) 加算とその回路 (5) 加算とその制御 (5) 減算と乗除算 (5)	電気実習 バルス実験(4) 微分回路、積分回路、マルチバイブレーター回路、論理回路
校校	電気工学 〒 電子計算機の基本回路 (8)	電気実習 バルス実験(4) 微分回路、積分回路、マルチバイフレーター回路 off-ET、ミニコン操作用係(4) ETの動作原理、操作法、ミニコンシステムの概要操作法
H 校	電気工学Ⅱ上 バルス回路(マルチ回路)(10) 電気工学Ⅲ下 電子計算機の基本回路(10) ″ 回路構成(10) ハードからソフトへ (10)	電気実習 パルス・トレーナーによる実験(4) マルチバイフレーター回路 微分、積分回路

• 1 4 ~ 1 8 時間

• 2 0 ~ 2 4 時間

• 30~36時間

• 7 0 時間

e. 時間配当は、

36%

2 4 %

16%

8 %

		概	論	プログラム	パンチ	機械製作	切 削
時	間	1~6	H	$2\sim 1$ 7 H	1 ~ 6 H	1/2~8 H	1~16H
平	均	3. 6	Н	5 H	3 H	2. 5 H	4.2 H

f. 宿題の有無

・あり

58%

・なし

42%

g. レポートの有無

・あり

100%

・なし

0

h. 課外使用の状態

		ð	b	
な	し	必修クラブ	部)	舌 動
8 7	7 %	8 %	4	%

i. 使用テキスト

自 作	メーカと自作	メーカと教科書	メーカ
78%	9 %	i %	4 %

- j. NC教育を実施して良かったと思われる点
 - 生徒が興味と関心をもった

96%

	・新技術に対する自信をもった		4	2	%	
	・思考力・創造性が高まった		1	7	%	
	• 情報教育の導入が果せた		2	9	%	
	その他			4	%	
k.	実習展開上の問題点					
	• 時間数が不足	•	4	6	%	
	・他の実習にしわよせがいく			8	%	
	・指導審数が不足・・		2	1	%	
	• 適当なテキストが欲しい		2	1	%	
	• プログラムチェックに時間がかかり過ぎ	3		4	%	
	• その他			4	%	

1. NC教育に必要と思われる標準時間

座	3 ∼ 6 H	7~1 0 H	1 2∼1 4 H	20~24H	4 5 H
学	43%	33%	10%	10%	5%
実	5 ~ 7 H	1 2∼1 6 H	17~20H	22~24H	28 H
習	9%	35%	31%	22%	5%
合	1 2∼1 5 H	20~25H	3 5 H	40H	6 5 H
計	14%	55%	18%	9%	5 %

NC教育の導入の動機として機械技術者としての必要性が挙げられており、調査対象の92%の学校がNC教育を必修教科としておる。このことは、今後、NC教育を行なっていない学校もNC教育の行なうようになったり、また、現在行なっておる学校での教科の内容が更に高度なものとなる兆であると思われる。企業等における教育もこれと同様のことがいえるのではないかと思う。

NC教育を行なう上で、①時間数の不足、②指導者数の不足、③適切なテキストの不備などが挙げられておる。将来のわが国の機械工業の発展のためにはNC化した機械を操作する人達の技術と知識とを十分なものとしなければならないので、これらの問題を電子工学、機械工学等の学際的な

プロジェクトとして解決を図らねばならぬと思う。

現在の教育環境の下で工業高校機械科で行なわれているNC教育の内容、それに配当されている時間数、NC教育に必要と思われておる標準的な時間、あるいは、電気科で行なわれている情報教育の状況が、工場等における社員教育の参考となればと思う。

6.3 機械技術者のための μPの教育

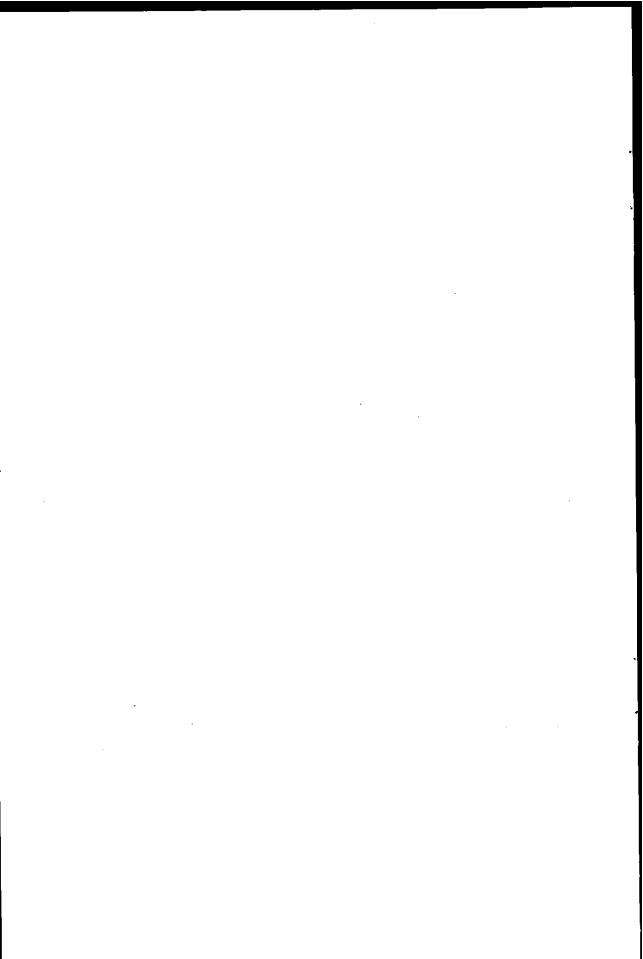
1930年ごろ、ベルリンのゲオルグ・シュレジンガー氏(Georg Schlesinger)が「これからの機械技術者は機械工学と同程度に電気工学の知識に通じていなければいけない。」といっていたそうであるが、今日の機械技術者がこのことを現実のこととして痛感されておると思う。

機械工業の分野へμ P を適正に応用するためには、機械技術者がμ P の利用技術を正しく理解することが第一に必要であり、機械技術者にμ P の利用技術を教育する基本的な考え方としてつぎの 2 点を提案したい。

- (1) μ P は機械における情報のレベルの仕事に対して非常に多く使用され、 とれによって機械技術の考え方や機械技術者の製作する機械が大きな影響を受けておる。しかしながら、機械は情報のレベルだけで仕事をするわけではないので情報のレベルと機械的動作のレベルとがどこでどのような 方法で交換をするかという事項について十分な教育をする必要があると思う。
- (2) 機械技術者の蓄積しておる技術を生かすため、μ Pの利用技術のうちソフトウェア技術からハードウェア技術へと教育を進めるのがよいと思われる。

本書の』の内容を理解の上でNの応用例を参考として実際の問題を研究してルPの理解を深めていただきたいと思う。

N.機械工業におけるマイクロプロセッサ(μP)の応用例



W 機械工業におけるマイクロプロセッサ(μP)の応用例

近年、機械工業の多岐の分野でμρの応用に関する試みがなされておる。 この章では、筆者らが試みを行った中の成功例について、単位機械への応用、 WORK自動化への応用、生産プロセスへの応用、特異な分野への応用という 4つのカテゴリーに分け説明した。

紙数の都合で止む得ず本書で説明出来なかった応用例が数種あったが、この説明はつぎの機会にまつことにした。ここに予め読者におことわりしておきたい。

1 工作機械への応用

1.1. 工作機械と #P

μ Pが誕生して5年、工作機械への応用は1974年頃からであるのでわずか2年、この間に高度成長時代から低成長あるいは安定成長の時代へと、内外の環境は一変した。人件費の上昇、人海戦術の機械工場の改革のため工作機械の自動化、省力化が叫ばれている上、 発 展 途 上国から 圧迫によって、汎用機中心から高級化、知識集約化の方向にいかざるを得ない。知識集約化のエキス的存在である μρ を駆使することによって、工作機械の制御はよりエレクトロニクス化していくだろう。

工作機械とμρの結びつきを考えるとき、自動化、省力化の旗手であるNC すをわちCNCがまず頭に浮かぶ。今までのミニコンを塔載したCNCは 高価で特殊の用途に限られて使用されていたが、μΡの出現によりハードワイヤのNCより、価格、機能、製造あるいは保守の面で多くのメリットがあるため NCメーカーはここ1年位の間に、ほぼ100分CNC化を達成してしまった。機械メーカーから見るとそのスピードはただ驚くばかりである。これに対し機械のシーケンス制御、配線技術の面での遅れが生じている。NC機にはATC、AL、AMC、TAL等の機能が附加されつつありまますますそのシーケンスが複雑化していく中で、リレーシーケンスに依った制御では限界に達し、どうしてもPLC化が必要である。PLCも1ビット処理のものはNCとの結合に対しては合理的ではなく、μρを使用し

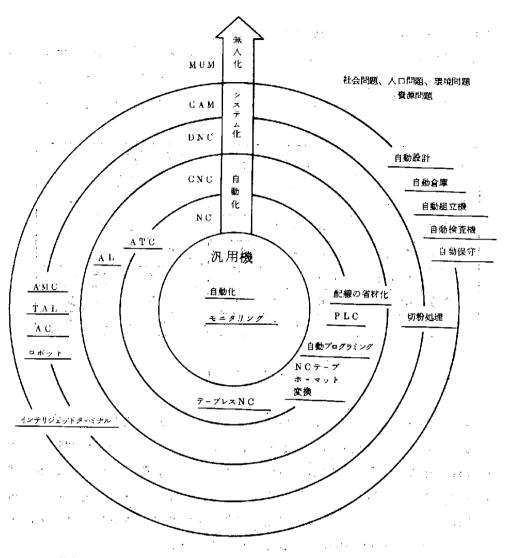
た 8 あるいは 1 6 ビット処理が可能な P L C が要求される。さらに大型機においては、押ポタン、リミットスイッチ、電磁弁等の器具へ配線する電線は 厖大な量となっている。この面においてもコンピュータのデータ 電送の概念 が導入され、省資源化、配線工数低減が待たれている。

NC機は部品加工の自動化を目的としたものであり 生産性、加工精度、経済性、融通性は、一応達成したと評価できるが、次のステップとして機械工場全体の自動化、総合的な生産管理がなされれば、さらにその効果は大きい。現在の機械工場のレベルは図ー4.1.1に示すように単位機械の自動化(NC、CNCを含む)のレベルであり、これからDNCあるいはCAMといったシステム化に向かおうとしている。システム構成はApの出現により中央のコンピュータに全ての制御を委ねる従来のものと異質のものになってきた。システムには多くの端末が使用されるが、端末自体にインテリジェンスを持たせ分散処理を指向している。

NC技術の急激な進歩により、そのひずみあるいは取り残された分野がある。一つめはNCのプログラミングの問題である。コンピュータを用いて簡単な言語を入力することによってNCテーブを作成する自動プログラミングの開発も進んではいるが、高価である、やはり難かしい等の理由で、遅々として進まない。プログラムを簡単化したテープレスのNCガとのひずみを是正する役目をはたそうとしている。二つめはNCテープのフォーマット変換の問題である。NC装置が異なるとプログラムのフォーマットが合わないため、テープを作り直す必要があり、フォーマットを変換する装置が必要とされる。三つめは汎用機の自動化が取り残されている。機械工場の自動化、省力化のレベルを上げるためには、どうしても不可欠である。これらの問題もムpの力を借りて解決されようとしている。

以上述べたように μp が工作機械へ与えるインベクトは強烈で、その制御 技術に革新をもたらしている。

· 医二十二醇 "我们的人","一个"就是"是这一个生命的一部的女人是不是 我们的我们们的人,我们的一定,这里都有什么一个一点,"是不是那么是 "你们的"是"我们,我们的一种相似,"一次","我们的","你们的","我们的"



NC Numerical Control CNC Computer Numerical Control DNC. Direct Numerical Control CAM Computer Aided Manufacturing √M ŮM° Methodology for Unmanned Manufacture A C Adaptive Control ΑL Auto Londer AŢC Automatic Tool Changer Automatic Magazine Changer, AMC TAL Transfer Auto Loader PLC Programable Logic Controller

 $\boxtimes -4.1.1$

1.2. 工作機械メーカーの質的変換

工作機械の制御技術の高度化により工作機械の価格構成は著るしい変化が見られる。機械全体に対する電気品の価格の比率は汎用機では4~14%程度であったものがNC機になると20~55%に上昇している。

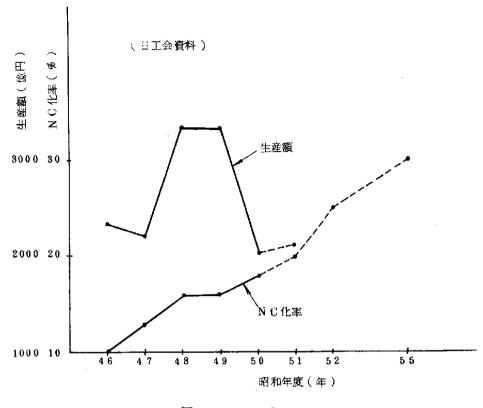
機械の大きさ		電気品の価格 × 100 機械の価格	NCの価格 機械の価格 × 100
	小型	4 ~ 77 %	`
汎用機	中型	8 ~ 12 %	
	大型	10 ~ 14 %	
	小型	45 ~ 55 %	22 ~ 25 %
NC機	中型	30 ~ 40 %	15 ~ 20 %
	大型	20 ~ 35 %	12 ~ 17 %

表-4.1.1

特に小型のマシニングセンタ等のNC機においては、電気品の価格が工作機械全体の50%を越えるものも表われている。ほとんどの工作機械メーカーでは、その電気品は外部からの購入品であるため、附加価値を高めるはずのNC機であるが現状では付加価値がそんなに高まったとは言えない。しかし工作機械メーカーとしては汎用機の需要が大幅な伸びを期待できるものではないため、NC機で生きていかなくてはならない。

工作機械のNC化率(金額ベース)は図ー4.1.2のように、年々増加の傾向にある。50年度の統計で18%(米国26.3%)、ここ5年以内に30%に達すると予想されている。50年度に出荷されたNCは1896台で、ほとんどがNCメーカーからの供給に依存している。外部から購入する制御装置はNCだけでなく、シーケンスを制御する装置、主軸用DCモータドライブユニット等全てに関連した問題である。

とれらの制御装置を内作するか装置メーカーから購入するか工作機械メーカーは岐路に立たされていると言える。 μP の普及がトリガーとなって内作



 $\boxtimes -4 \cdot 1 \cdot 2$

する工機械メーカーが増加する兆候が見られるが、そこには数多くの問題が 潜んでいる。

内作する場合の利点は

- (1) N C 化率 3 0 多になると工作機械業界 4,000 億円の市場の中でN C 機が 約 1,200 億円に達する。その一部が工作機械業界に還元されるため、附 加価値が高められる。
- (2) 電子技術に対するレベルが向上し、既存の技術に対しても電子技術を駆使した制御に目が向けられるという波及効果が非常に大きい。
- (3) µP をはじめとしてLSIの普及により制御装置が容易に製作できる下地の上に立って、自社の機械にマッチした、特色の出せる制御装置が作れる。かつ制御に関するノウハウがつかめる。

しかし、これらの利点以上に多くの問題が横たわっている。

- (1) 電子技術者、ソフトウェア技術者の不足。
- (2) 装置そのものの技術、装置製造技術の欠如。
- (3) 海外を含めて、装置メーカー以上のサービス体制を整えることができる か。
- (4) ハート、ソフトの開発、ソフトウェアサポートシステムの開発、IC、LSI等のエージング設備、製造、試験のための測定器等の設備、装置の信頼性 を保証するための環境試験設備等、内作に当っては相当の費用が必要とされる。

ユーザーの制御装置に対する要求は、(1)低価格であること、(2)能率よく使い易いこと、(3)故障が少いこと、(4)故障した場合修理が短時間で終ることに要約される。このこともよく踏まえ、内作化の場合は5~10年という長期的見通しの上に立って判断しなくてはならない。近視眼的な判断では途中で必ず挫折してしまう。

1.3 機械工場における MP の応用

NCは部品加工においては効果的な道具ではあるが、生産プロセスの面の効果は期待できない。機械工場全体の生産性を高めるためには、NC機、汎用機を含め全ての設備を最大限に利用していかなくてはならない。この目的のためNC技術とコンピューター技術の結集として、CAM(Computer Aided Manufacturing)が検討され、すでにいくつかのシステムが稼動されている。

図ー4.1.3のCAMシステムはNC機14台、汎用機83台を対象にした ものであり、稼動から既に2年を経過したシステムであり、その中でμPを 利用した装置69台が工場のあちこちに分散配置されている。

図を参考にこのCAMシステムを簡単に説明する。この工場で加工されるワークは多品種少量生産で、工程もほとんど異っているため物流の自動化は極めて困難なことである。このため物流に関しては従来の人手による方法そのままを踏襲し、物流と表裏一体の関係にある管理情報の入出力、処理、収集などに機械力を導入して生産管理の合理化を図っている。

このシステムへのインブットである加工部品データは、キーツーディスク・システムにデータ発生の都度インブットし、それを磁気テーブに収録する。

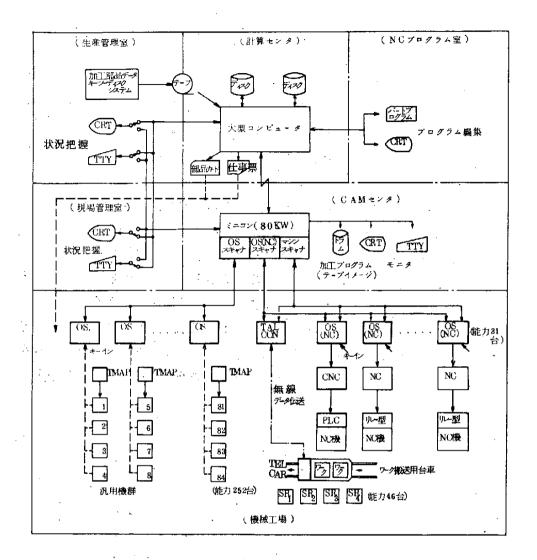


図 - 4.1.3

加工品データとは形状の異なる個々の部品に関して製造番号(その部品を使って組み立てられる製品につけた番号)、部品番号、工程番号(部品が完成するまでに通過すべき加工工程、たとえばフライス加工、孔明けなどを数字で表現したもの)、数量、部品完成期日などからなる。

この部品加工データは大型計算機にインプットされ、加工待ちジョプとして磁気ディスクにファイルされる。他方とのシステムの管理下にある加工現

場の個々の機械に関する情報として、工程番号、加工能力、負荷状態などのデータがファイルされている。大型計算機はこれらの情報を基にスケジュールを行い、その結果として部品カードと仕事票を出力する。部品カードには部品を識別するための番号や通過すべき工程番号などがブリントしてあり、部品とともに移動していく。仕事票は個々の機械の作業者に毎朝配布されるもので、最低一日分の仕事に関して部品カードの内容と対応のとれる情報かよびジョブ・シーケンスがブリントしてある。ジョブシーケンスとは、当システムのデータ収集を簡素化するために考案された情報で、2桁の数字からなり作業者がその日に行うべき仕事に標識をつけたものである。

次にミニコン以下のオンラインデータ収集システムの説明に入る。仕事票の指示によって作業者が仕事をし、作業者側からミニコンにフィードバックすべき情報としては、ショブごとの作業の開始、終了または中断といった仕事の進度状況と加工部品待、機械の故障などを理由とするアラームの報告である。これらの情報を4桁の数字で表現している。これをインブットする端末が図ー4.1.4の08(オペレータ・スタンドの略)と図ー4.1.5の08

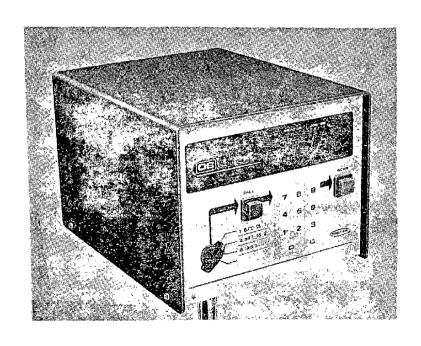


図 - 4.1.4

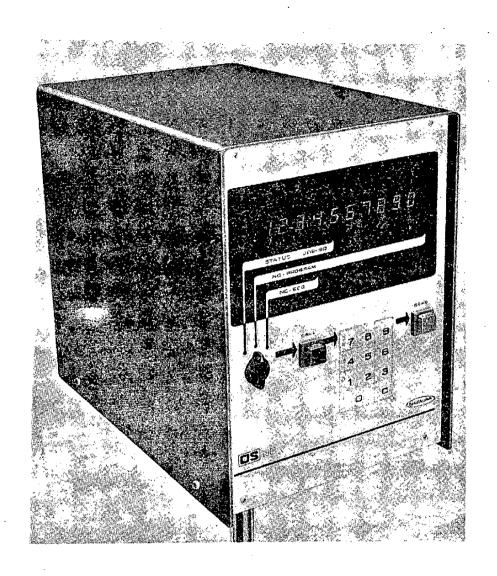


図 - 4.1.5

(NC)である。OSは汎用機用の端末で、この装置一台で最大4台の機械からの情報を受け入れるようになっており、左下の切換スイッチで該当機械の選択をする。CALLのキーを押すと前回ミニコンに送ったデータが呼戻されて表示される。キーインした数字は左側から順次表示される。左側の2桁で仕事の進行状況またはアラームを表し、右側の2桁でジョブシーケンス

を表すSENDのキーを押すと、表示されていデータがOSスキャナを経由してミニコンに送られる。OSスキャナは多数のOSのうち、先に受付けたものから順にミニコンと結合し、データ伝送の中断をする。OS(NC)はNC機用の端末で、切換スイッチを左側に選択するとOSと同じ様に4桁の数字で仕事の報告ができる。

とのようにして現場から収集された情報はミニコンで磁気ドラムに収録し、毎日夜間に大型計算機に送られる。大型計算機ではこれらのフィードバック情報により部品ファイルを更新し、翌日のスケジュールを立て直し、仕事票を発行する。

とのシステムではNC機14台のためにDNC運転を行っている。各種のNC用言語で書かれたパート・プログラムは大型計算機でコンパイルして、テープイメージのプログラムにして磁気ディスクにファイルしておく。このうち当面必要とされるものを、ミニコンの磁気ドラムにおくっておく。NC機の作業者は仕事票に記載されているプログラム番号(10桁の数字)をOS(NC)にキーインしてミニコンに送り、NC装置のスタート押しボタンを押すことによって磁気ドラム内のテープイメージのプログラムがマシンスキャナを経由して要求のあったNC装置に送られてDNC運転がなされる。

用	途	台 数
o s	30 m	4 6
os(Nc)	が表現した 4 元/ 大大 4 元/ 大大	1 4
汎用機の自動位置	決め装置	3
スキャナ		2
プログラマブル・ロジ	ック・コントロー ラ	2
CNC		1
ワーク搬送制御装	置	1

表-4・1・2

以上述べた C M A システムの中で μ P がその中心的役割をはたしている。現場の仕事に関するデータ収集の端末として 6 0 台、汎用機の自動位置決め接置に3 台、ミニコンのデバイスであるスキャナに 2 台、N C 機およびワーク搬送台車のシーケンスを制御するプログラマブル・ロシック・コントローラに 2 台、C N C とワーク搬送制御装置にそれぞれ 1 台、合計 6 9 台の μ P が応用されている。このうち汎用機の自動位置決め装置、プログラマブル・ロシックコントローラ、ワーク搬送制御装置については、次項以降個別に説明する。図ー4.1.6 はこれらのμ P を使用した装置のソフトウェア製作のためのフロチャートである。

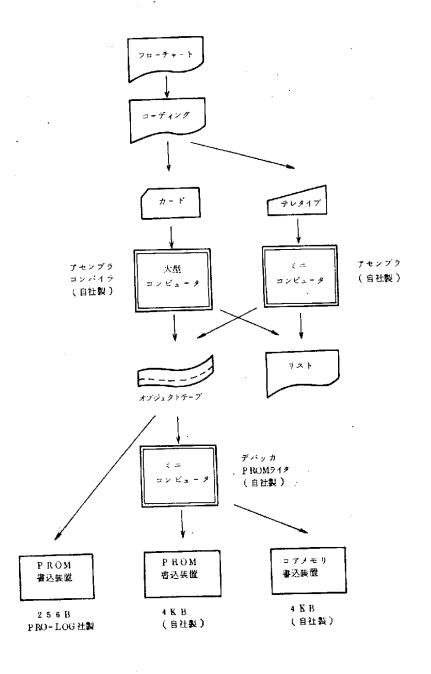


図-4.1.6 ソフトウェア製作フロー

1.4 汎用機の自動位置決め装置への応用例

機械工場の自動化、省力化の決め手としてのNC機は完全に実用期に入ったと言える。50年度の工作機械の生産台数は88,000台で、そのうちNC機は約2000台であった。NC機は着実に増加の傾向を示しているが、機械工場に一歩足を踏み入れるとNC機と同居して、まだ汎用機が主役の座にあって熟練者の技能によった加工がなされている。汎用機はオペレータがつきっきりで操作あるいは監視をしている必要があることから、汎用機の自動化、省力化を避けては機械工場の生産性の向上は期待することはできない。

一般的に汎用機はサーボを持っていないため、NCのレベルまで機能アップをはかろうとすると、サーボの附加、ボールネジへの変更、主軸の自動変速機構の附加等、汎用機の原形がなくなる程度の大幅な改造を必要とし、コスト/バーフォーマンス上得策とはいえない。

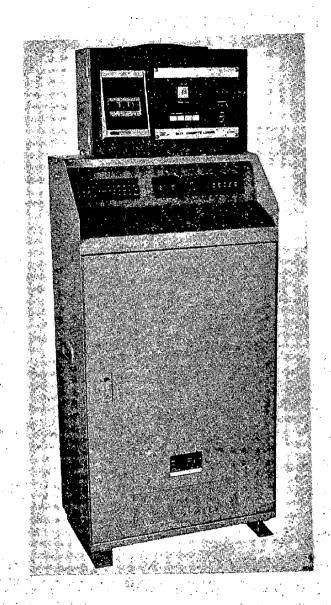
機械加工では85%以上のワークが位置決めと直線切削の機能があれば充分である。また特に精度を要する加工は全加工の10%以下であることから、汎用機の機構を変更することなく、自動化、省力化を推進することは可能である。それにはオペレータのかわりに制御装置が、精度、主軸変速の時期、送り速度変速の時期等を監視し、必要な時にオペレータが呼ぶことによってオペレータの掛持作業が拡大して一人で2台の操作が可能となり、一人当りの生産密度が高まることになる。

この項ではこのような目的に適った、 µP を使用した自動位置決め装置に ついて述べる。 (図 - 4.1.7 参照)

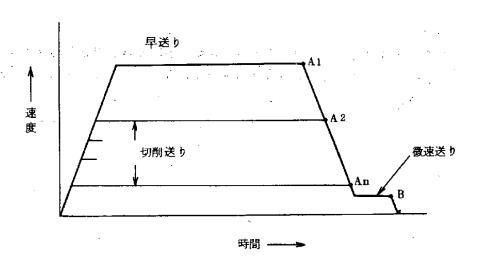
・ 位置決め方式

NCとの基本的な相違点はサーボ機構を持っていないことである。そのために位置決めはその汎用機自身の駆動系をそのまま使用する方式、すなわち多くの場合は電磁クラッチのオン・オフにより行われる。

図ー4.1.8のように早送りの場合にはA, 点で早送りのクラッチがオフされ、微速送りのクラッチがオンされる。B点で微速送りのクラッチがオフされ位置決めを終る。切削送りでも位置決めが必要なときには同様にA2~An点でクラッチが切換えられる。A2~An点を数多く設けることによって微速送りに切換えられた後の移動量が同じとなる。A1~An、B点と



いうのはその速度でクラッチをオフしたときの流れ量 ai ~an、b と関連 している。 ai ~an、bは制御する機械で実測し、メモリに記憶しておき プログラムの下コードにより参照される。 表-4.1.3は流れ量のデータの一例であるがX軸+方向の早送りの位置



• [F = - +		X軸	Y 軸	乙軸
1	F001~F00	9	0.0 1	0.01	0.0 1
2					
7	10とび			. •	
9					
1 0	F090~F09	9	1.0 5	0.98	1.00
1 1	F100~F19	9	1.70	1.6 0	1.6 3
1 2					
1	100とび				
18					
1 9	F900~F99	8	6.90	6.7.5	6.8 4
	F999	+	1 0.0 0	1 0.5 0	1 0.0 0
2 0	(早送り)	_	1 0.0 0	1 2.3 0	1 0.00
0.1	F000	+	0.0 1	0.0 1	0.01
2 1	(微速送り)		0.01	0.0 1	0.01

表-4・1・3 (単位767)

決めの場合には、機械が指令値の10 mm手前にくると早送りのクラッチがオフされ、微速送りのクラッチがオンされる。そして指令値の0.01 mm手前で微速送りのクラッチがオフされ指令値に到達する。

切削送りの場合は位置決め時間を短縮するため、M7がプログラムされていないプロックではA2~An点で切削送りのクラッチをオフしてそのプロックを終了する。

• 仕 様

- (1) 制御軸数・・・・3軸以下
- (2) 同時制御軸数・・・1軸
- (3) 設定単位・・・・ 0.0 1 ㎜
- (4) 最大指令値・・・・ ± 9999.99
- (5) 指令方式・・・・アブソリュート
- (6) プログラムのフォーマット・・・N2F3G2M1S2X(Y、Z) + 4.2
- (7) メモリ・・・・・ワイヤメモリ
- (8) メモリ容量・・・・96プロック
- (9) 表示・・・・・・N 2 桁、F、G、M、S、X、Y、 Z 切換表示
- (10) 位置検出器・・・・マグネスケール

・ 制御装置の概要

ハード構成を図ー4.1.9 に示す。加工プログラムおよび各送り速度の流れ量のデータはキースイッチからワイヤメモリに記憶される。加工プログラムにより汎用機はテープレスで運転される。位置決めの手順を説明すると、プログラムの軸指令値と機械の現在位置の差を計算し、移動量がインクリメントカウンタにプリセットされる。軸と方向、早送りの信号がリレー接点信号で機械に出力されると機械は早送りで位置決めを開始する。機械の位置は位置検出器(マグネスケール)により現在位置カウンタ(可逆カウンタ)とインクリメントカウンタ(減算カウンタ)にフィードバックされる。インクリメントカウンタの中味がワイヤメモリに記憶されている早送りの流れ量のデータと一致すると、CPUに割込みをかけて早送りのクラッチをオフする信号と、微速送りのクラッチをオンする信号を出力する。

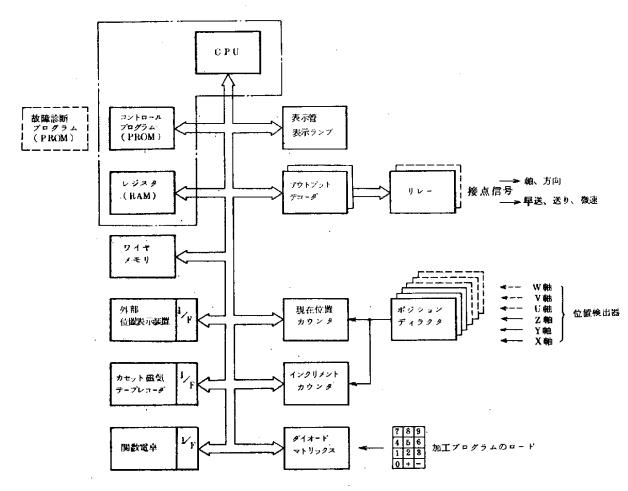


図 − 4 • 1 • 9

これにより機械はスローダウンして微速に切換えられる。インクリメントカウンタの中味が微速送りの流れ量のデーターと一致すると再びCPUに割込みをかけて微速送りのクラッチをオフする信号を出力して位置決めを終了する。

もしプログラムの中に精度指定のSコード(数字は0.01 mmの重みをもっている)があると位置決め後、指令値と現在位置の差の絶対値が計算され、Sコードと比較される。精度指定の範囲内ならば次のプロックへ進み、範囲外ならばオペレータコールランプを点灯し停止する。特に精度を必要とする位置決めに対しては、この精度指定を有効に用いることによって、クラッチのオン・オフの位置決めであっても高精度の加工が可能となる。

カセット磁気テープローダは後日繰返し加工されるワークの加工プログラムを保管しておくためのデバイスで、ワイヤメモリに記憶されている最大224プロックの加工プログラムを一括して磁気テーブに収録しておき再び同じワークを加工する場合にワイヤメモリにロードするためのものである。

ボルトホールサークル加工においてはボルトホールのX軸およびY軸の 座標を求めるためには sin 、 cos の計算が必要となる。この計算をμPで 実行させるとプログラムのステップ数が多くなり得策ではない。このため 安価な関数電卓のチップを使用して sin 、cosの計算をさせることによって μPの負荷を軽減させている。

・ μPの利用理由

- (1) 汎用機の駆動系統は千差万別であるため駆動系へ出力する信号をプログラマブルにして如何なる汎用機でも対応できるという汎用性が必要である。
- (2) サーボ機構をもっていないため各プロック毎に移動量を求めるため、 あるいは位置決めが精度指定の範囲内に入ったか判断するために10 進6桁の加減算が多く行われる。 μP を使用することによって確実で かつ容易に行うことができる。
- (3) 位置決め装置あるいはNOなどの制御装置をハードだけで構成させると通常回路が相当複雑になってくる。 μP を使用することによって

回路が単純化し、部品点数も減少し、それだけ信頼性が向上する。

- (4) μP のデバイスとして関数電卓チップ等を利用することによって、 少いメモリで乗除演算、三角関数演算が可能となりμP の機能を拡大 することができる。
- (5) 故障診断プログラムによって表示管、LED等の人間の視覚による 診断を含めて、ポード単位で約70~80%のハードの診断が可能で あり、故障発見が短時間でできメインテナンサビリティが向上する。
- (6) μP のもつデータ伝送機能により、汎用機をDNCあるいはCAM システムの中に含めDNC運転が可能となる。

1.5. マシニングセンタのシーケンス制御への応用例

リレーで代表される機械的接点を有した制御器具が、シーケンス制御にこれまで広い分野で採用されてきた。高信頼性、小型化、フレキシビリティ、取扱いの容易性等の要求から、中規模、大規模のシーケンス制御はもちろんのことリレー数100個以下の小規模のシーケンス制御においても、有接点リレーからストアードプログラム方式のプログラマブル・ロジック・コントローラ(以下PLCと略す)に切換えられようとしている。シーケンス制御はその利用範囲が広大であることと、LSIの進歩から見て本格的なPLC思考型のプロセッサが表われ、さらにPLCの普及が加速されるであろう。

現在多くの企業からアーキテクチャの異った種々のPLCが市場に提供されているが μPを使用したものは非常に少い。 μPをPLCに使用することは本質的に不利点がある。それは μPを使うとプログラムのステップ数が多くなって、メモリが余計に必要なことと、処理速度が遅いために、あまり大きな制御ができないためである。シーケンス制御では命令語が10種類程度で十分であり、演算も1ビット情報の処理になるのに対して、μPは豊富なアータであって、この機能の一部分だけをシーケンス制御に流用することによって生じる不利があるが、μP本来の豊富な命令と並列演算機能を有効に使用することにより、従来のリレーシーケンスやμPを使用しない1ビット処理のPLCにまざる応用分野がある。本項に述べるマシニングセンタのようにNC装置と組合わせて使用する機械のシーケンス制御にはμPを使用した

- 196 **-**

⊠-4 · 1 · 1 0

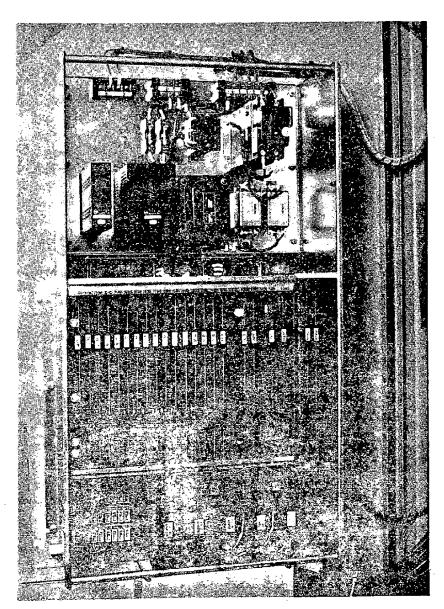


図-4・1・11

図ー4.1.10はμPを使用したマシニングセンタ用のPLC(図ー4.1. 11参照)のハード構成で、μP本来の並列処理とシーケンス制御に必要な1ビット処理を共存させている。シーケンス制御の方法を説明すると、補助リレーに相当するダミーメモリにはIC・RAMを使い1ビット単位 の情報を記憶する。読み出しは偶数番地でアドレスすると、ノーマルのデータ(リレーのA接点に相当)が得られ、その偶数番地に1を加えた奇数番地でアドレスすると、補数のデータ(リレーのB接点に相当)が得られる。

入力選択は8ビットの入力番号をCPUから出力し、これをデコードして最大256点の入力のうちの一つを選択してその入力情報をCPUに読み取る。出力は8ビットのうちMSB(最上位ビット)にオン・オフ情報を下位7ビットに出力番号をのせて出力し、出力番号をデコードして最大128点のフリップ・フロップのうち一つを選択してオンまたはオフする。インプットモジュールでは押ポタンスイッチ、リミットスイッチ等の接点入力をホトカプラで絶縁してTTLレベルに変換する。トライアックモジュールはTTCレベルの信号をホトカプラーで絶縁し、トライアックを駆動してAC100Vの電磁弁、電磁開閉器等を駆動する。同様にリレドライバモジュールはDC24Vのランプ、リレー等を駆動する。

一方8ビット並列処理はNC装置から出力されるM、S、Tコードを処理する。NC装置には位置決め機能のほかに、M、S、T機能と呼ばれる補助機能がある。Mは補助機能、Sは主軸回転速度指示。Tは工具指示になっていて、通常2桁のBCDコードの接点信号で出力される。この信号をインブットモジュールから8ビットでCPUに読み取り、M、Tは8ビット処理をした後、所定のシーケンス制御を実行する。SコードはROMにてデータ変換した後、8ビットのD/A変換器へ出力され、+10V~ー10Vのアナログ電圧に変換される。これを主軸駆動モータの速度設定電圧にしている。

ランダム制御方式のATCが附加される場合も、この8ビット処理のPLCは非常に有効であり、特別にラムダム制御のためのATC制御装置あるいは操作パネルを使用しなくても、このPLCで十分処理ができる。マガシンのポットに収納されている工具の順序に、NC装置のMDI機能を使って、Tコードを例えばT01、T08、T23、T02・・・・T99の順にロードすることによって、コアーメモリに工具番号が記憶される。工具交換の都度コアーメモリの中味が修正されて、常にポットに収納されてい

る工具の順序と同じになる。

μ P 使用理由

- (1) リレーシーケンスでM、S、Tコードのデコード回路を組むと、 50~80個程度のリレーが必要となる。同様に1ビット処理のPLC を使用した場合、プログラムのステップ数が多くなり、処理時間が長くなる。これを #P を使用した PLCで8ビット処理をすることによって非常に簡単にコードの判別ができる。
- (2) 8 ビット処理することによって D / A変換器を附加すれば一回の 出力で、主軸駆動モータの速度設定電圧が得られる。
- (3) マシニングセンタの制御に使用するタイマーは、ほとんど設定値を変更する必要はなく固定でよい。8ビット処理にすることによって、ソフト的にタイマーを簡単に構成することができ、タイマモシュールのハードウェアが不必要となる。
- (4) μP の使用により、他に特別の制御装置を使用しなくても、ランダ ΔATC の制御が簡単に行うことができる。
- (5) PLCは一般的に、そのハード回路は単純であり、故障診断プログラムにより簡単に診断が可能となり、 AP の詳しい知識がなくても、 故障の発見を短時間で行うことができる。

1.6. ワーク搬送制御装置への応用例

工作機械の平均の使用率(正味切削時間/全加工時間)はNC機、汎用機の区別をくぼぼ同一で40%程度と言われているが、この使用率をできるだけ高めるためのアプローチ、あるいは企業個有の労務管理上の問題からNC機を2シフトあるいは3シフトで使用している企業は非常に少ないが、高価なNC機の有効利用のため夜間の無人化をめざしたアプローチが色々の角度から行なわれている。

工作機械の自動化の中で最適な加工条件の設定等のように自動化の困難な分野と、ワーク搬送のように加工技術が含まれないため比較的容易に自動化できる分野があるが、本項では後者に属するNC機(マシニングセンタ)の夜間の無人化を実現するためのワーク自動搬送制御装置について述べる。

NC機の生産性を高める方法	アプローチの方法
位置決め時間を短縮する	同時制御軸数の増加
	加工プログラムの見直し
NC機によるテープチェックを	テープチェッカあるいはシュミ
止める	レータ等によるオフラインでの
	チェック
工具交換時間の短縮	ATOの附加
	マシニングセンタ化
段取り時間の短縮	APC、ALの附加
	ロボットの利用
夜間の無人運転	TAPC、TALの附加
	ロボットの利用

表-4・1・4

• ワーク搬送装置の概要

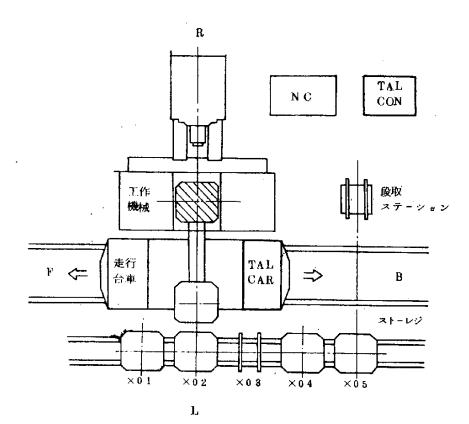
この搬送装置はNC機、段取りステーション(パレットにワークを取り付けたり、ワークを取り外したりする場所)、およびストーレジ(加工済あるいは未加工のワークを一時的に保管する場所)の間に引かれた軌道上を高速位置決めし、ワークパレットをロードあるいはアンロードするための台車形走行オートローダ(Transfer Auto Loader 以後TALと略す)である。台車上には180°旋回する2アーム式オートローダが塔載されている。図ー4.1.12は小規模な構成例である。

TAL制御のプログラムフォーマット

X 2 M 2 P 2 Q 2 EOB

X2……NC機、段取りステーション、ストーレジの位置を指令するコードである。それぞれの位置ではNC機、段取りステーション、ストーレジのいずれか、または2つ以下であればどのような組合せでもよい。

M2……NC機、段取りステーション、ストーレジと台車の間でパレッ



M 6 2	R → B
M 6 8	I. → B
M 6 4	B → R
M 6 5	B → L
M 6 6	F → R
M 6 7	F → L
M 6 8	$\begin{array}{c} R \to F \\ B \to R \end{array}$
M 6 9	$\begin{array}{c} L \to F \\ B \to L \end{array}$

トを授受する方法を指令するコードで、8種類のMコード(M62~69)がある。

- P 2 …… N C 機から台車へワークパレットをアンロードする際、何番の パレットをアンロードすべきかを指令するコードである。
- Q 2 ……台車からN C機へワークパレットをロードする際、何番のパレットをロードすべきかを指令するコードである。

制御装置の概要

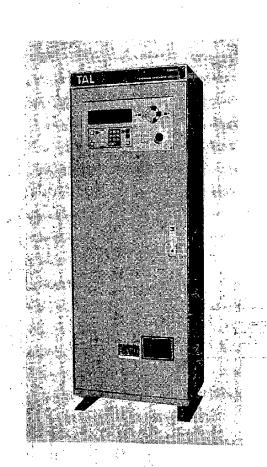


図-4 · 1 · 1 3

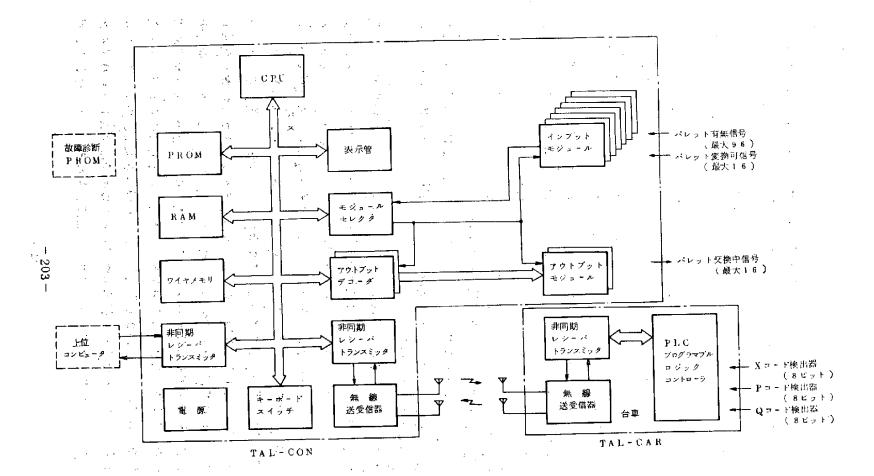
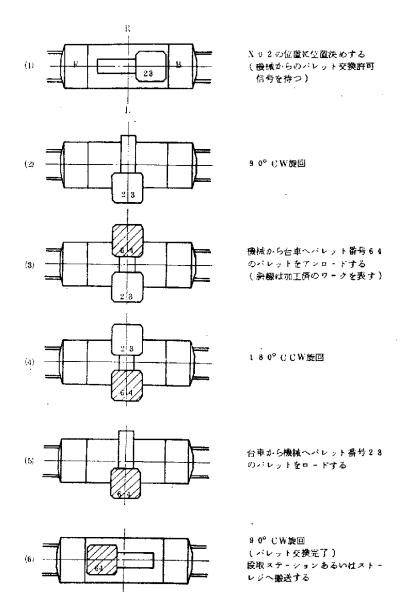


図-4·1·14

TALの制御装置は固定側の制御装置(以後TAL-CONと略す。図ー4.1.13)と移動体である台車上の制御装置(以後TAL-CARと略す)に物理的に分離されている。(図ー4.1.14参照)両者共μPを利用した制御装置であるが、TAL-CARは前項で述べたPLCに無線送受信器とそのインターフェイスを附加したものであるので説明を略す。制御モードとしてはローカルモードとスケジュールモードの二つがある。ローカルモードはキーヌイッチからワイヤメモリにプログラムをロードして、そのプログラムによりTALを制御するモードで、一台のNC機のパレット交換を行い、夜間の無人運転を目的としたものである。スケジュールモードはDNCあるいはCAMシステムのためのモードである。各NC機あるいは段取りステーションからのパレット交換の要求は、すべて上位のコンピュータを経由して行われる。TAL制御のプログラムはその日の加工スケジュールに従って、上位のコンピュータによって生成され、TAL制御装置にテープイメージで送られてくる。

一例としてTALをローカルモードで制御しX02M68P64Q23 のプログラムにより、パレットがどのように交換されるか簡単に述べる。 (図-4.1.15)参照。

NO機は加工終了あるいは加工終了の手前でパレット交換要求信号を発する。これによりパレット交換動作が開始される。先ずプログラムのチェックが行われる。例えばXコードとMコードの組合せ、MコードとPあるいはQコードの組合せ、台車上のパレット番号とQコードの照合等のチェックがなされる。そしてTALーCONからTALーCARにX02の位置に台車を位置決めしなさいという指令を出す。位置決め後、各ステーションに取付けてある位置検出器(8個の近接スイッチ)から位置を読取りTALーCONにフィードバックしてプログラム値(02)と比較照合する。NC機は加工が終了しパレット交換位置に達するとパレット交換許可信号を出力する。これによりM68がTALーCARに送られパレット交換動作に入る。アームが90°旋回し、NC機から加工済のワークパレットを台車に引込んでくる。引込んだパレットの番号はTALーCONにフィードバックされプログラムのPコードと照合される。(もし合わない場



合合はNC機にパレットをもどす。)アームが180°旋回し未加工のワークパレットをNC機に渡す。そしてアームを元にもどしてパレット交換完了信号をNC機に出力することによって、NC機は加工を開始する。TALはこの状態で次のプログラムを持つ。

μPの利用理由

- (1). DNCおよびCAMシステムにおいてワーク搬送系に故障が生じると、各機械へのワークの搬送が停止してしまう。これはシステムダウンに匹敵するため、高い信頼性が要求される。
- (2) N C 機、段取りステーション、ストーレジの配置はシステムの構成 によりその都度異なることが通例である。R O M にシステム構成のテ ープルを設けることによって、任意のシステム構成が組めシステムの 拡張性が高い。
- (3) 上位コンピュータとのデータ伝送、および台車への無線データ伝送 が必要であり、データ伝送機能をもつμP に適している。
- (4) コントロールプログラムに故障診断プログラムを挿入しておくか、 コントロールプログラムのボードと故障診断プログラムのボードを入 れ替えることによって故障診断が容易になり、メインテナンサビリティが向上する。

2. 繊維機械への応用

2.1. 延伸撚糸機の概要

溶融紡糸で得られる合成繊維(ナイロン、ポリエステル)未延伸糸は、強度が低く、とのままでは実用繊維の価値はまったくない。しかし3~5倍に延伸すると、有用な強度を持つようになる。この延伸操作は、加熱下において、2個の周速度の異なるローラにより周速度の比だけ連続的に延伸する方法で行なわれる。工業的には50~1,000 m/分、加熱温度80~150℃にて延伸する。

図ー4.2.1 に示すように、延伸工程で得られた延伸糸は撚糸リングによって撚をかけながら、リングレールのトラバースモーション(上下運動のこと)及びスピンドルの回転により巻取りを行ない、ポピン上に延伸糸のダブルテーバのパッケージを形成する。

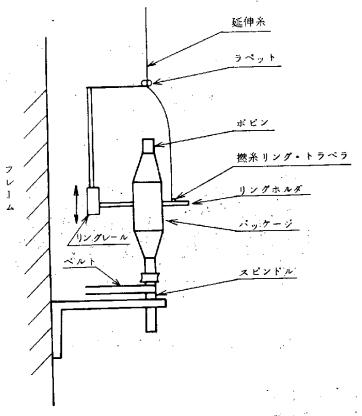
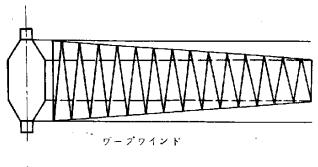


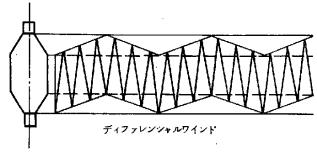
図-4・2・1 延伸撚糸機の巻取部

本機の錘数(スピンドル数)は12~168錘建(両面機)まであり、大部分が合機メーカに納入される。ロール及びスピンドルは各々1個の駆動モータ、リングレールは1個の油圧装置により全錘一斉に連結駆動される。

リンクレールトラバースモーションの基本的な方式として図ー4.2.2 に示す2種類があげられるが、これらの組合わせ及び応用によっても多くの種類の方式が考えられる。ワープワインドは解じょ張力が最も均一であり、巻量も最大である。ディファレンシャルワインドは解じょ張力はやや高いが、巻形状の点から任意の時点において切替が可能である。前者は一斉切替をしないと巻形状がそろわない。

巻形状はこれらの要素の他に、輸送中に形くずれしないこと、梱包能力が 低下しないことを考慮して決定される。最近、巻形状がよいことと共に変更





図ー4・2・2 トラバースモーション

容易に出来ることも望まれる。

2.2. #P 採用の動機

2.2.1. 従来の巻形状制御装置

従来、ワープワインドは図ー4.2.3 に示すように、一定回転数の減速機付モータにチエンジギャを取付けて、ハートカムを回転させる。この回転によりスライドロッドを動かし、上限用リミットスイッチLS1及び下限用リミットスイッチLS2を移動させ、リングレールの上昇と下降の逆転位置を決定する。

一方、ディファレンシャルワインドはリングレール往復毎に一定角度ハート カムを回転させる。以下、ワープワインドと同じように上限及び下限用リミットスイッチを移動させる。

リングレールは油圧駆動され、上限及び下限用リミットスイッチの動作 により、バルブの切換を行ない、上昇と下降の逆転をさせる。

スピンドルは可変速モータにより駆動され、張力一定となる巻太り補正 の速度指令をプログラム設定器より与えて、スピンドル用モータは減速さ

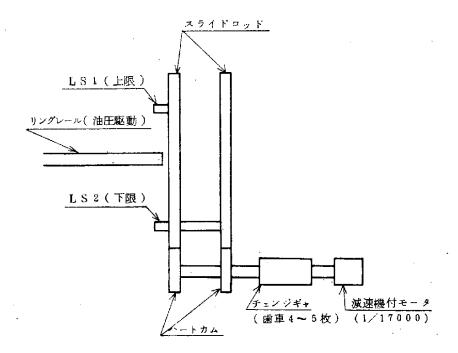


図-4・2・3 ハートカム駆動装置(ワープワインド)

2,2,2 従来方式の問題点

従来のハートカム駆動装置、油圧バルブ切換方式及び巻太り補正用プログラム設定器には種々の問題点がある。

その第一は、巻形状の変更に関するものである。

- (1) トラバースモーション方式の変更時 ハートカム駆動装置の変更が必要である。
- (2) 延伸及び巻取条件の変更時

ハートカム駆動装置内のハートカム回転角調整が必要である。たとえば、ワープワイド時はチエンジギャの変更が必要である。

(3) テーパの変更時

パッケージはダブルテーパに形成される。このテーパの変更時はハー

トカムの変更が必要である。

巻太り補正用プログラム設定器も、(1)~(3)の変更のたびに、張力が一定となるようにプログラムの調整が必要である。

その第2は、巻形状に関するものである。油圧バルブ切換方式では、 バルブ切換時の追従性及び直線性に問題がある。このため、テーパ部が 直線にならない。さらに、テーパ部と直線部の境界にて糸くずれが発生 する。

2.2.3. µP と油圧サーボの採用

μP を巻形状制御装置に採用する場合には、従来の巻形状制御装置と比較して、種々の点において新しい考え方を取り入れることができる。

その第一は、巻形状の設定に関するものである。

- (1) トラバースモーションのテジタル設定
- (2) 延伸及び巻取条件のデジタル設定
- (3) テーパのデジタル設定

上記の三つのデジタル設定により、任意の巻形状が容易に設定でき、再 現性も向上できる。

その第2は、巻太り補正用プログラム設定器に関するものである。 前記の三つのデジタル設定により、スピンドルの速度指令は電圧信号 にて与えることができるので、プログラム設定器は不要になる。

その第3は、巻形状に関するものである。

前記の三つのデジタル設定により、リングレールの位置指令は電圧信号 にて与えることができるので、油圧サーボの採用が容易となり、巻形状の 向上ができる。

このようをことから、巻形状制御装置にμPを採用することは、すべての 点に適し、的を得ていると思われる。

2.3. 制御の目的

2. 3. 1. 巻形状計算式

(1) スケアエンド

図ー4.2.4 に示すような、スケアエンドのパッケージは、供給延伸糸の重量(g)二巻取り糸の重量(g)より求めることができる。

$$\frac{d}{9000} \times \frac{V t}{60} = \frac{\pi \ell (r^2 - R^2)}{1000} \times P$$

$$r^2 - R^2 = \frac{V d t}{540\pi \ell p}$$
(1.1)

トラバース総動距離より

$$v_T t = \ell N$$

ただし、N=トラバース総回数

$$\frac{t}{\ell} = \frac{N}{v} \qquad (1.2)$$

∴
$$r^2 - R^2 = \frac{V d}{540 \pi v p} \times N$$

= $k^1 N$
 $\hbar \xi U, k^1 = \frac{V d}{540 \pi v p}$ (1.3)

ただし、
$$k^1 = \frac{Vd}{540\pi vp}$$

(2) ダブルテーパエンド

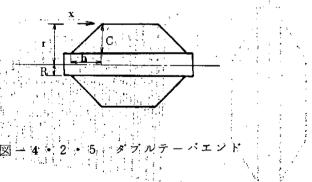


図-4.2.5 化示すような、 $\frac{C}{h}$ のテーバは、 $r = \frac{C}{h} \times x + R$ より求める

ことができ**る**。

$$r = \frac{C}{h} x + R$$
 (2.1)

$$r^{2} - R^{2} = k^{1} N$$
(2.1), (1.3)

$$\frac{C^{2} x^{2}}{h^{2}} + \frac{2 R C x}{h} = k^{1} N$$
(2.2)

$$x^2 + ax = kN$$
ただし、 $a = \frac{2Rh}{C}$ 、 $k = k^1 \times \frac{h^2}{C^2}$

 $x = 0 \sim 100 m$ 、分解能を0.1 mにすると、

$$x = \frac{1}{10} \times \frac{1}{10^2} X^2 + \frac{1}{10} a X = kN$$
 (2.3)

$$X^2 + 10 a X = 10^2 k N$$

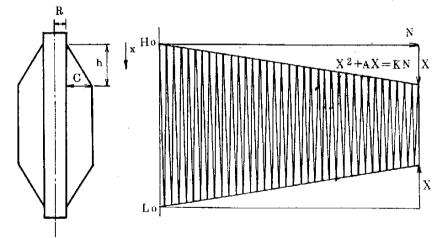
$$X^2 + AX = k^1 N$$
 (2.4)

ただし、A=10a、K'=100k

ここで、
$$N$$
を総往復回数に変更すると、 $X^2 + AX = kN$ (2.5)

ただし、K = 2K'

(3) ワープとディファレンシャルワインド



図ー4・2・6 ワープワインド

ワープワインドは図ー 4.2.6 に示すように、往復回数 N が増加するにつれて、上限は下降し、下限は上昇して、トラバース幅を減少させながらダブルテーパのバッケージを形成する。

ワープワインドは巻径が増加するにつれて、張力が一定となるように、 スピンドル用モータの回転数を低減させて、巻太り補正を行なう。これ は撚糸リングの回転数を一定に保つことにより行なわれる。

n=スピンドルの回転数(rpm)、n'=撚糸リングの回転数(rpm)、V=糸速(m/分)、r=パッケージ半径(m)、R=ポピン半径(m)、S=1 m当りの撚数とすれば、糸速 V は

$$V = \frac{2 \pi r (n-n')}{1000}$$
 (3.1)

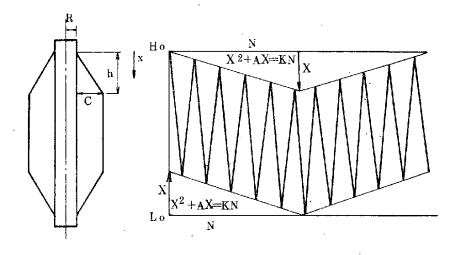
r=R(巻始 め)のとき、S なる燃を与えるためのスピンドルの回 転数noは

$$n_0 = V S \qquad (3.2)$$

$$V = \frac{2 \pi R (V S - n')}{1000}$$
 (3.3)

(3.1), (3.3) より

$$n = 1000 V \left(\frac{1}{2 \pi r} - \frac{1}{2 \pi R} \right) + V S (3.4)$$



図ー4・2・7 ディファレンシャルワインド

一方、ディファレンシャルワインドは図ー4.2.7に示すように、約 1 0 回の往復にて、再び基の位置の近辺にもどる。との方式では、巻径 の異なる部分をトラバースするので、スピンドルの回転数は常に一定にするために巻取張力の変動が生じる。しかし、わずかな糸を巻きもどすだけにて、テーパ部の汚れが取れるので、巻取張力の変動があまり影響しない、太デニールのみに使用される。

2.3.2. リングレールの位置制御

μ P は、巻形状計算式からみて、リングレールの往復ごとに、リングレールの上下限演算及びスピンドルの速度演算を行なわなければならない。
リングレールの速度をデジタル設定し、クロックバルスごとに加減算し
て、リングレールの位置制御することは、リングレール速度が速い場合及
びバッケージの直線部が短い場合には、前記の上下限演算及び速度演算時間の不足より、不可能になることがありうる。

したがって、リングレールの位置制御は、リングレール速度をアナログ 設定し、積分器により位置指令に変換して行なう。

иР による位置制御においても、従来方式のリミットスイッチのかわり にコンパレータ、切換バルブのかわりに ANALOG M・P・Xが必要で ある。以下、(1)~(4)に иР による位置制御を述べる。

- (1) µPはリングレール上昇中に上限演算、下降中に下限演算を行なり。
- (2) 演算終了後、コンパレータに上下限の位置指令を出力して、リングレールの位置指令と比較する。
- (3) リングレールが上下限に近づくと、コンパレータは一致信号を #P に入力する。
- (4) 直ちに、ANALOG M・P・Xに上昇と下降の切換指令を出力して、 リングレールの上昇と下降の切換を行なう。

下降の切換指令を出力して、リングレールの上昇と下降の切換を行なう。 次に、上下限位置指令について述べる。巻形状計算式のAとKを、下記 のワープワインドの設定例より、求めてみる。

テーバ設定; h=1 0 0 mm、 C=4 2 mm、 R=2 3 mmでは A=1 0 9 5 となる。

延伸及び巻取条件設定; V = 1000 m/分、d = 150 f = -n、v = 130 m/ ϕ 、 $p = 19/c \text{ m}^2$ では

K=771となる。

したがって、A及びKをデジタルスイッチ4桁にて設定すれば、広範囲の条件を読み込むことができる。尚、トラバースモーションは、2種類なので、切換スイッチにて選択する。

 X^2 + 1095 X = 771 Nにおいて、リングレールの往復ととにN = N+1を行ない、リングレールの総往復回数 N より X を求めて、上限位置指令= H_0 - X 及び下限位置指令= L_0 + X を D/A コンバータに出力する。ただし、 H_0 はパッケージの最上限値、 L_0 はパッケージの最下限値である。

尚、ディファレンシャルワインドの上下限位置指令については省略する。 2.3.3. スピンドルの速度制御

ワープワインドは巻径が増加するにつれて、張力が一定となるように、スピンドル用モータの回転数を低減させて、巻太り補正を行なり。

スピンドルの回転数mは(3.4)より

$$n = V S - \frac{5.00 V}{\pi R} (1 - \frac{R}{r})$$
 (3.5)

S=1 m当りの撚数、R=ポピン半径(mm) については設計定数として与えることができる。

V=糸速(m/分)については最高糸速VMを設計定数として与えて、 D/Aコンパータからの出力を糸速に合わせて分圧することができる。

パッケージ半径 r は (2.1) より

$$r = \frac{C}{h} x + R$$

C hはテーハ設定Aより

$$\frac{C}{h} = \frac{2 \ 0 \ R}{A}$$

xは巻形状計算式のXより

$$x = \frac{1}{1.0}X$$

$$\therefore \quad r = \frac{2 R X}{A} + R \qquad (3.6)$$

(3.5)、(3.6)よりスピンドルの回転数nは巻形状計算式のXより 求められる。

したがって、スピンドルの速度制御は、リングレールの往復ごとに、スピンドルの速度指令をXより演算し、D/A コンバータの出力を糸速に合わせて分圧して行なう。

2.4. 設計例

2.4.1. システム構成

巻形状制御装置のシステム構成を図-4.2.8に示す。

(1) デジタルスイッチ入力×2

巻形状計算式 X² +AX=KN のテーパ設定 A、延伸及び巻取条件設定 Kを各々4 桁にて設定する。トラパースモーション切換スイッチと合わせて任意の巻形状が得られる。

(2) 接点入力×6

第1はトラバースモーションを設定する切換スイッチ。

第2はスピンドル駆動用インバータを巻き始めの最高周波数に加速するスタートスイッチ。

第3はリングレールをバンチ速度にて下部バン位置に移動させる下部 バンチスイッチ。

第4はリングレールをバンチ速度にてセンターに移動させるセンター スイッチ。

第5はリングレールをバンチ速度にて上部パンチ位置に移動させる上 部パンチスイッチ。

第6はリングレールをバンチ速度にてスタート位置に移動させ、スピ ンドル駆動用インバータを電力回生にて減速する復帰スイッチ。

(3) 接点出力

リングレールが上部バンチ位置に達したことをシーケンス制御盤に出力する接点。

(4) D/Aコンバータ出力×2

1 2 ピットー1 0 VのD/Aコンパータが2個。

第1はANALOG回路にリングレールの上下限及びバンチ位置指令

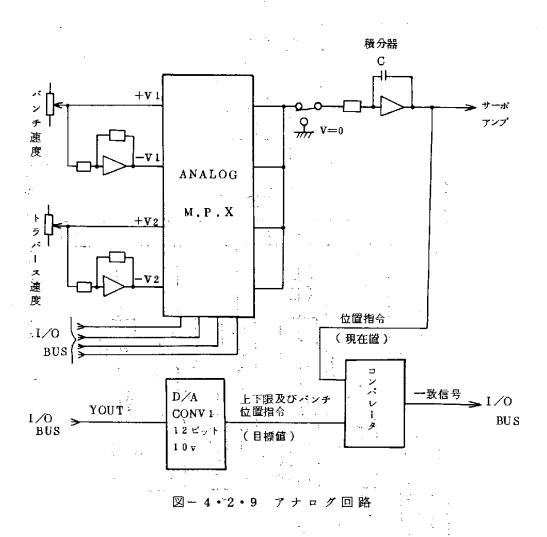
上下限及びバンチ位置指令

図-4・2・8 シ ヌ テ ム 構 成

を出力する。

第2はスピンドル駆動用インバータにスピンドルの速度指令を出力する。

(5) ANALOG 回路



ANALOG回路の詳細を図-4.2.9 に示す。

I/OBUSのリングレール速度指令により、ANALOG M・P・Xにてバンチ速度上昇・下降及びトラバース速度上昇・下降が選択される。 選択された速度は積分器により位置指令に変換され、コンパレータにて 目標値である上下限及びパンチ位置指令と比較される。シチ位置指令と位置指令が目標に近づくと、コンパレータは一致信号を I/O BUSに入力する。直ちに I/O BUSより新しいリングレール速度指令が出力され、目標値演算終了後に新しい目標値が出力される。このように、リングレール速度出力後に目標値を演算・出力するので切換時の遅れは生じない。

(6) サーボアンプ

積分器後の位置指令に追従する油圧サーボを採用した。

(7) スピンドル駆動用インバータ

D/A コンパータの出力は最高糸速の値であり、インパータ盤面のポテンショメータに て 糸速に合わせて分圧する。尚、加減速調整及び誘導電動機のスリップ補正はインパータにて行なう。

(8) # P

インテル8080

(9) 記憶装置

ROM 256W×7

RAM 256W×2

以上の記憶装置によるプログラムにて、任意の巻形状が得られるリング レールの位置及びスピンドルの回転数制御ができる。その動作フローチャ ートの概要を図ー 4.2.1 0 に示す。

ワープワインドは、上下限位置指令用のXが同じでよいため、上昇時に Xの演算、下降時にスピンドル速度Fの演算を行なり。

一方、ディファレンシャルワインドは、スピンドル速度Fが一定でよいため、上昇時に上限位置指令用のXの演算、下降時に下限指令用のXの演算を行なり。

2.4.2 考 察

以上、µPの巻形状制御装置への応用について述べたが、巻試験の結果は極めて良好であった。完成以来20ヶ月間、µPの故障は現在まで全くなく、 LSI化されたµPの信頼性が非常に高いことがわかる。

とれはシステムの規模から考えて、μP の単体制御の特長を十分に生かした典型的な一例であり、業界においても、μP を応用したおそらく最初の延

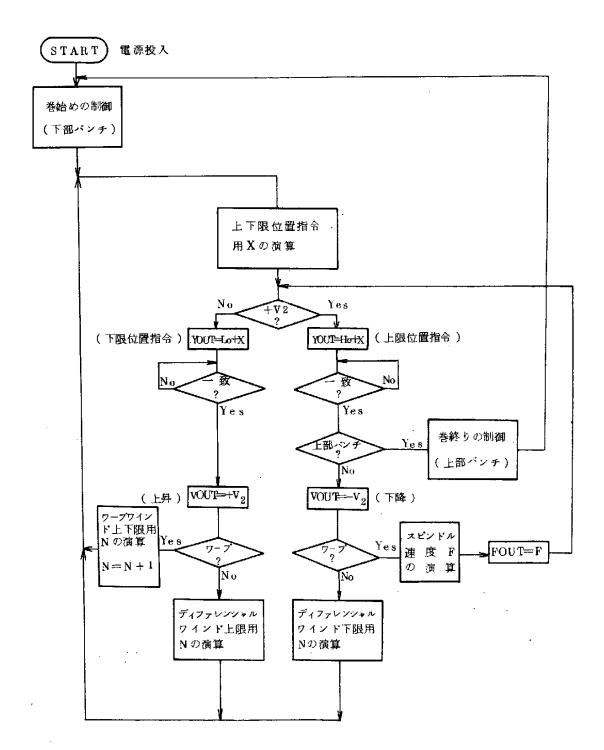


図-4・2・10 動作フローチャート

伸撚糸機であると思われる。

今後改良すべき点は位置指令をµPにて直接演算し、ANALOG回路をなくすことである。

3. プリント基板業界向のディジタイザへの応用

3.1. はじめに

一般的にディジタイザは図形情報よりコンピュータシステムや数値制御装置等への入力テータを作成するための座標読取装置で、土木、工業、測量、 被服、出版等広範な利用分野を持っている。

ここで説明する P C ディジタイザは汎用ディジタイザをベースにプリント 基板業界向の特有の機能を付加したものである。その目的は、図ー 4.3.1 に示すようにプリント 基板に穿孔するための数値制御装置(主として、数値制御ボール盤)への入力テープをプリント回路パターンを読み取って作成すること と、そのテープを数値制御装置に入力する前にチェック、修正することである。

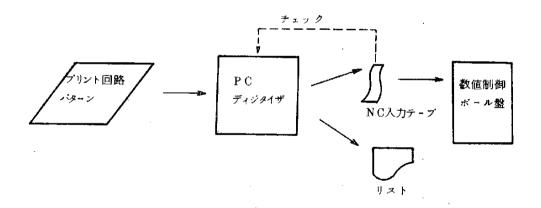


図-4・3・1 PCディジタイザ

PCディジタイザは制御部、計数部、数値制御部、サーボ部、及び紙テープパンチャ、紙テーブリーダ等の入出力装置で構成されるが、当初のものは総てハードワイヤードロジックで構成されていたため、特に制御部に於ける機能の多様化、及び高度化には限度とその都度の設計という煩わしさがあ

った。

このような背景から、少くとも制御部には小計算能力を有するインテリジェ ンスを持たせることが必要となり、それをμP の次の特性に求めたわけである。

- (1) 小計算能力 (スケーリング、丸め、パーセント補正等の機能のため)
- (2) プログラムによる順序制御 (フォーマット形成等の機能のため)
- (3) 記憶能力 (パターンジェネレータ、コードジェネレータ等の機能のため)

3.2. 構成のあらまし

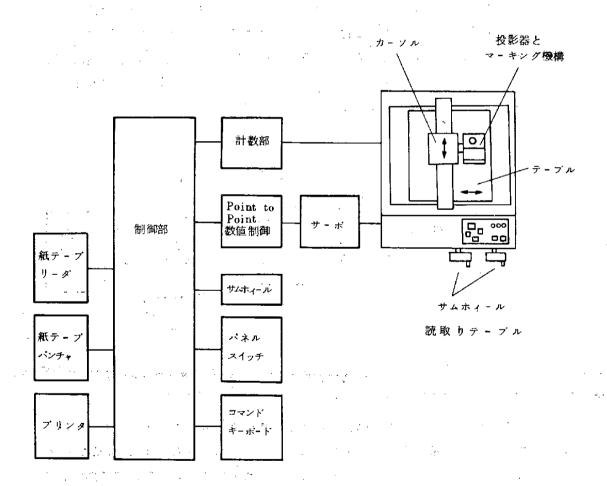


図 - 4.3.2 P C ディジタイザの構成

P C ディンタイザのあらましを図ー4.3.2 に示した。この装置構成で、読取りオペレータは読取りテーブル上面に載せられたプリント回路の原図または原版からサムホイール操作によりテーブルとカーソルを移動し、投影器を見ながら半自動的に精度良く座標読取りをすすめていく。読み取られた座標値は所要の数値制御装置のフォーマットに合わせて、紙テーブに出力されるとともに、必要であればプリンタにもリスト作成のため出力される。フォーマットは使用している数値制御ボール盤の種類により多種多様であり、μΡを応用した一つの動機ともなっている。

また、この読み取った入力用テープを数値制御装置に入力する前に紙テープリータで読み込み、POINT TO POINT の数値制御装置とサーボ機構を介して逆に、読み取った順にテーブルとカーソルを移動させ、読み取りポイントを投影器とマーキング機構で確めながらチェックを行うこともできる。

制御部はµP をベースとした種々の機能の中枢部であり、パネル及びコマンドキーボードの各キーの機能を始め、全般にわたる制御を行う。計数部は 座標読み取りに際し、位置検出器より発生されるパルスを計数して座標値を 得るための部分で、カウンタ機構を中心としている。サムホイールはテープ ル及カーソルの手動送り機構で、オペレータは投影器を見ながら、これを操 作し、所要ポイントの座標読取を行う。

3.3. 主な機構

μP を応用した制御部の機能に限定して、その主なものを以下に記述する。

(1) コマンドギーの解析

図-4.3.3 に示すように、コマンドキーボードはタイプライタのキーボードに相当するもので、キー操作により各キャラクタの出力指示の他、制御部へ各種機能の指示等を行うことができる。制御部ではこれらのキー入力による所要のコマンドを実行する。

r					_	
	G 80	% S E T	.I C 16 V	I C 16 H	1 C 1 6 V	I C 1 4 H
	7	7 8		NSET	JEND	ANGLE
	4	5	6	BS	DEL	FEED
	1	2	3	F	М	N
	0	•	_	X	Y	STOP
	PR	INT	SP	C.SP	C/R	CE

図-4.3.3 コマンドキーの一例

図ー 4.3.3 に示すコマンドキー例の機能

1) PRINT

データの出力指令

2) 0~9, ., -,

該当するキャラクタコードの出力指令

X, Y, F, M, N

3) SP

スペースコードの出力指令

4) C.SP

連続したスペースコードの出力指令

5) CE

クリヤーエントリ、誤操作のキャンセル指令

6) STOP

ストップコードの出力指令

7) C/R

キャリッチリターンコードの出力及び機能設定指令

8) DEL

デリートコードの出力指令

9) BS

バックスペースコードの出力指令

10) NSET

シーケンスナンバーのプリセット指令

11) % SET

パーセントはよる補正値の設定指令

12) G80

"G80"の③キャラクターを1キー操作で出力する

指令

13) I C 1 4 H

I C 1 4 V

DIP型ICのパターンをこれらのコマンドキー 操作によって全ピンの座標値データを出力する指

I C 1 6 H I C 1 6 V

令

14) ANGLE デーブルに載せられた被測定パターンの座標系と テーブルの機械座標系の角度補正値を指令

(2) フォーマット形成

フォーマットは対象とする数値制御装置(主にNCボール盤であるが、 NCフライス盤のこともある。)にのっとって形成される。代表的なフォーマットの例を次に示す。

FuX SP uuuuu C/R Y SP uuuuu Muc C/R

このフォーマット例のとき、F、Mファンクション及び<math>X、Yデータ間の C/R は ON/OFF スイッチでその有無を設定することができる。また、X、Y の指令値はインクリメンタルもしくはアプソリュートのいずれにすることもできる。

(3) コード ジェネレータ

データとして出力されるキャラクタ類のコード(例えばEIAコード) をジェネレートする。

- (4) 座標データ表示のインクリメンタル/アブソリユート切換 インクリメンタル表示のときは(Xn-Xn-1、Yn-Yn-1)の 小計算を行って(△x、△y)の増分座標値を表示する。
- (5) 各入出力機器のハンドリングとデータバッファの制御

読取り操作の速度を上げるために、数十ポイント分のデータバッファ (500パイト以上のメモリ領域)を設け、これを制御することにより、 出力装置の低速性をカバーしてスループットの向上を計っている。

(6) スケーリング^{*}

スケーリング指令は1/1、2/1、4/1 のような標準的なスケーリング の他、テンキーから指令される広汎なスケーリングがあるが、これらのス ケール値αを使用して読取り座標値(Xn、Yn) κ(αxn、αyn)の小計 算をする。

(7) マクロ コマンド

あらかじめ複数キャラクタ(最大10キャラクタ)で構成される。コマンドをROMに登録しておき、1キー操作により、これを出力する機能である。

(8:) アングル コレクト

図-4.3.4 に示すように読み取 ろうとするプリント基板パターン をテーブルに載せた際生じる読取 りテーブルの機械座標系X-Yと 被測定パターンの座標系X'ーY' との角度メレを修正するための機 能で、アングルーコレクト指令で パターン上の基線を指示すると、 とれをベースとした座標系への 補正角度θが算出され、機械座 標系で読み取った座標データ(x、y)が三角計算される。

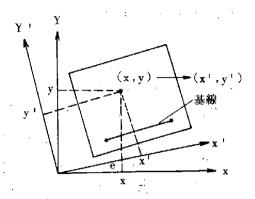
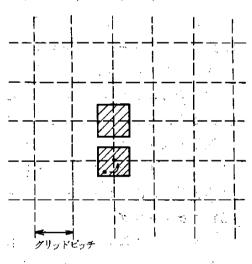


図 - 4.3.4 アングルコレクト

(9) グリット オン・

プリント基板のパターンはある 等間隔の基準格子(グリッド)に のっとって配列されることが多く、 図面上、もしくは読取り操作上の 誤差をグリッド値に正規化較正す。 る機能である。そのため、丸め処 理の小計算を行う。

1.5



図ー 4.3.5 グリッドオン

標準的な回路パターンをそれぞれROMに前もって登録しておき、1キ 操作で所要の登録されたバターンに関する全ポイントの座標値を出力す。 る機能である。ジェネラルバターンとして登録される代表的なものとして はDTP (Dual In Line Package)型ICのピンシロケーション・パ ターンがある。

例えば、図ー4.3.6のDIP型ICの横配置バターンのピン・ロケーションを読み取る場合、このジェネラルバターンの登録番号キーを操作することと、前もって決められたバターンの代表点(例えば一番ピン)の読み取りを指示する操作だけで、他のピン番2~14の位置情報も自

C) O 1 13	O 12	0	0	0	0 8
1 1	2 O O		4 0 — —	5 O	6 O	 7 0

図-4.3.6 DIP IC 14 横配置のバターン

動的に出力されるので、効率良く読取り作業を行うことができる。

(11) パーセント補正。

ブリント基板の穿孔は、通常、数値制御ボール盤でドリリングして行うが、他の手段としてプレスにより行う場合もある。このとき、プレス加工を容易にするためプリント基板には熱が加えられるため、プリント基板は僅かながら膨張した状態となる。そのためプレス型にはこの熱膨張を考慮した寸法が要求される。バーセント補正機能はこのプレス型の加工用入力テープを作成するときに使用されるもので、読み取った座標値データに対して指示される一定バーセンテージの補正計算を施すものである。る。

3.4 #P の適用性

プリント基板業界向ディジタイザをμP の応用例として紹介したが、比較 的少量多種生産の範ちゅうに属するこのような製品への応用にあっては次の ようなメリットがあげられる。

- 1) 多様化する機能の要求に対して、ハードウェアの変更が少なく、プロ クラムによる変更が主となるため、比較的納期を短縮することができる。
- 2) 小計算等のインテリジェンスが要求される機能に対して、ハードワイ ャードロジックでは実現困難なものも比較的容易に実現できる。
- 3) ハードウェアが簡素化されるため、信頼性が向上する。 また、半面、留意すべき点として次のことがあげられる。
- 1) システム全体で見たとき、ハードワイヤードロジック部と µP 部の機能分担は妥当であるか。
- 2) µP を中枢部とするマイクロコンピュータをどの程度の規模にまとめ

るかの

- 3) 予想されるユーザニーズの多様化に効率良く対処できる構造になっているか。
- 4) 設計、製造、サービス保守体制等に新たに発生する問題はないか。 機能的には、比較的高度なものが実現できる反面、不必要に機能が 多様化しすぎていることはないか。

3.5. おわりに

μPの普及は1970年代のエレクトロニクス産業に於ける大きなインパクトの一つであり、今後ともその技術革新は大きな進展をみることが容易に推察される。このμP技術はプロセッサ本体にしろ、各種メモリシステムにしろLSI技術をペースに実現されているものであり、その意味では広汎な半導体技術の進展がもたらしたものと云える。μPは従来の回路設計概念にプログラミングによる設計という変革をもたらしたが、前述の半導体技術というペースを踏まえると、如何にしてLSIパーッ類を経済的に応用するかという別の見方が本当のコストノパフォーマンスをもたらすとも云える。

また、この例のように比較的少量多種製品に µP を応用しようとする場合、 ロット数、価格、市場動向等の製品の性格や、製品の寿命、販売企画、現製 造体制等の関連も付随的に重要な判断要素となってくる。

メーカとしても、製品開発、改良の有力な一つの手段として、今後ともル Pは勿論、メモリシステム、周辺チップ等も含めてLSI技術の動向には注 目してゆきたいと思う。

4. 自動車診断装置への応用

4.1 まえがき

自動車の安全確保と公害防止という社会的要請に応じるため、自動車整備 業界では故障したから修理するという"故障修理"の時代から、法定6カ月・12カ月の定期点検などにより車を常に健康な状態にしておくという"予防整備"の時代に移りつつある。しかし一方では、排ガス規制を頂点に点検内容の複雑化、高度化による技術上の問題、熟練整備士の不足、および昨今の急激な人件費の高騰など、諸問題が介在している。 本装置はこれらの問題点を解決するために開発されたもので、従来整備工場やカーケアセンターなどで使われている個々の測定器を一つの装置としてコンパクトにまとめ、またコンピュータを接続することにより、法定定期点検や日常における走行前の点検などを、より正確に、より早く、そして洩れなく行うと共に、作業性を大巾に向上させるものである。

本装置は昭和50年5月、東京晴海で開催された 75 オートサービスショーで発表、実演を行って以来、関係各方面で大きな反響を呼び、すでに数台が全国各地に設置され稼動を開始し、好評を博している。

以下に本装置の概要をソフトウェア、ハードウェア面から説明する。

4.2. 本装置の概要

4.2.1. 本装置のシステム

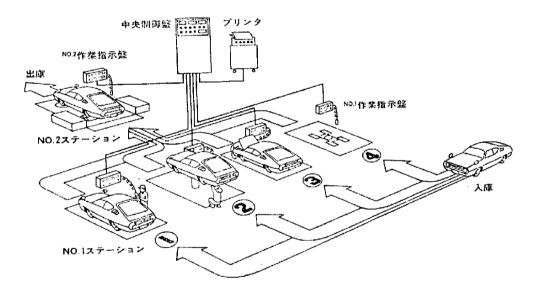


図-4.4.1 点検システム図

本装置のシステムは図ー4.4.1に示すようにM1ステーションとM62ステーションから構成されている。M61ステーションは点検診断される自動車に対して人間の目でしか点検出来ない項目、たとえば各部の油の量、汚れ・洩れ、ランプ類の点灯状態などを点検すると同時に、M62ステーションにおける高速走行状態での点検診断にたえられるかどうかを点検する

部門である。 162 ステーションはエンシン性能、プレーキ性能、ホイルアライメント、排ガスなどを総合的に自動点検診断する部門でその外観を図ー 4.4.2 に示す。

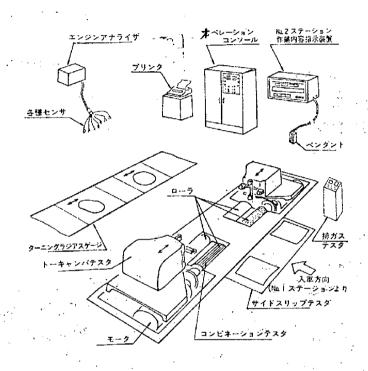


図-4.4.2 162ステーション概略図

との装置のシステムをプロック図で示したのが図-4.4.3である。

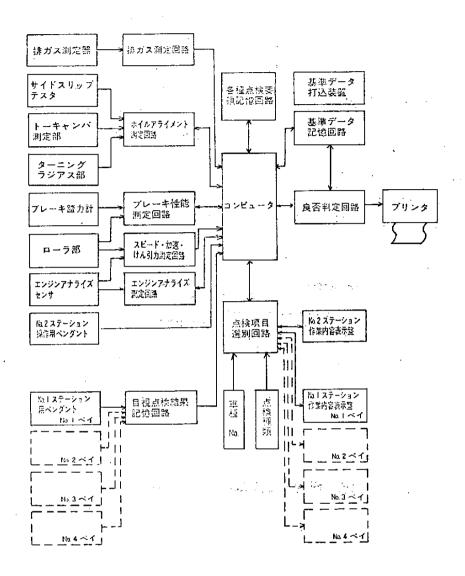


図-4.4.3 点検システムプロック図

4.2.2. 本装置の特徴

- (1) コンピュータの記憶装置では、国内乗用車(360~2800cc)の基準値をすべて記憶しているため、測定値と基準値を自動比較良否判定する ことが出来る。
- (2) 記憶装置には法定 6 カ月・1 2 カ月定検、新車 1 0 0 0 Km・5 0 0 0 Km点

検のすべての項目が記憶されており、点検種類を選択することにより必要な点検項目がオペレータに指示される。

- (3) 最大239項目の点検診断をわずか50分で完了することが出来る。
- (4) 自動測定を行う M 2 ステーションでは、オペレータはコンピュータからの指示通りに車を動かし、操作ペンダントの押釦を押すだけで、測定値の自動読取が行われるため、熟練整備士でなくとも自動車の診断を容易に行うことができる。
- (5) 点検診断結果は図ー4.4.4 に示す診断書に測定値、基準値およびその 良否判定結果として自動的にプリントされる。

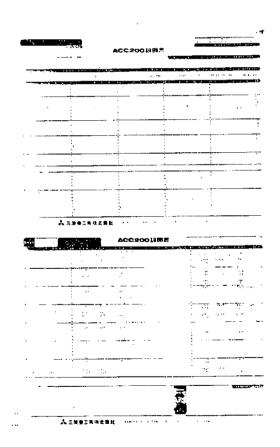


図-4。4.4 診 断 書

(6) 測定はローラ上で自動車を高速走行させながら行われ、ドライバーに とって関心の深い、加速性能、出力、燃料消費量の測定も行われる。

4.2.3. ハードウェア

(1) 制御用コンピュータ

本装置に用いられているコンピュータの仕様は下記の如くである。

形 式 MMCS-83

マイクロプロセッサ 8080 A

記憶装置 16ミル磁気コア

容量 32 K バイト

MMCS-83システムの構成を図-4.4.5に示す。

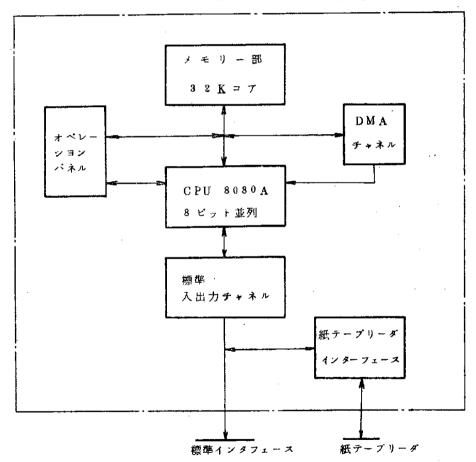


図-4.4 5 マイクロコンピュータ MMOS-88 システム構成図

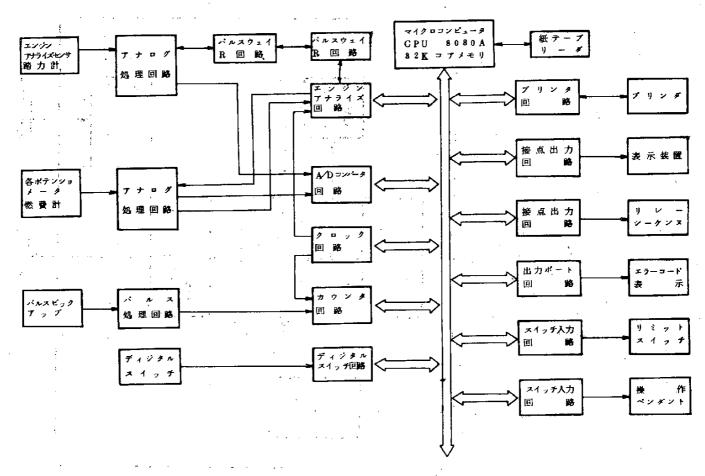


図-4.4.6 入出力インタフェースの構成

(2) 入出力インターフェース

データバスを取りまく入出力インターフェースの構成を図ー 4.4.6. に示す。

入 力11ポート173点出 力18ポート195点

(3) プリンタ

ブリンタは Diablo 社 HYTYPEI を使用し、巾 15 inch の診断書(図-4.4.4.)に点検診断結果、不良と判断された項目については測定値と良否判定結果を赤字でブリントする。

(4) 点検項目および作業内容指示装置

ル1ステーションに設けられている点検項目指示装置は図ー 4.4.7.に示すように、新幹線のブラットホーム等で使われている行先と時刻を表示する反転表示盤を応用したもので、反転翼の裏表に点検項目が4つずつ書かれており、これを順次反転表示することによりオペレータに点検項目を指示する。

同様に M2ステーションに設けられている作業内容表示装置は図ー 4. 4.8 に示すように、点検項目や記号化された作業内容が書かれており、 これを順次反転することにより、オペレータに作業内容を指示する。

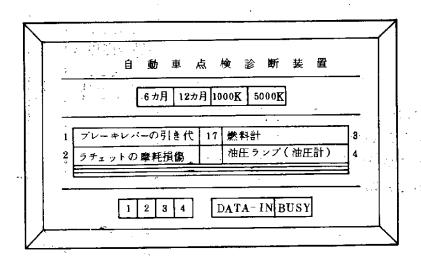


図-4.4.7. 点検項目指示装置

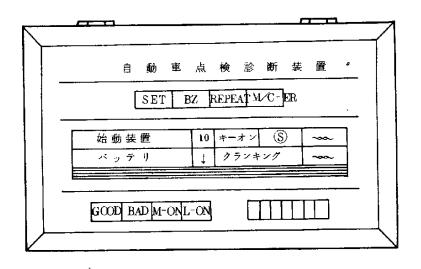
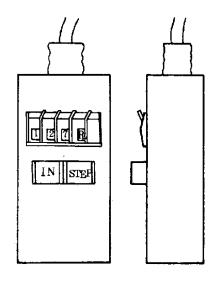


図-4.4.8.作業内容指示装置

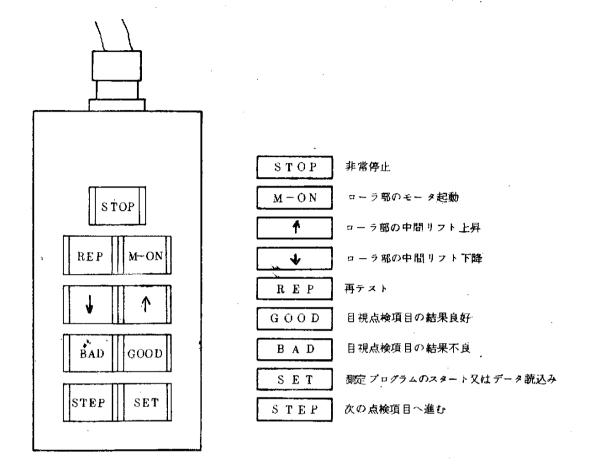
(5) 操作ペンダント

M61ステーション用操作ペンダントは図ー4.4.9.に示すように、自動車を点検した結果、不良だった項目をセットするためのディジタルスイッチ、データをインブットするためのIN押釦反転翼を次に進めるためのSTEP押釦が設けられている。

ル2ステーション用操作ペンダントは図ー 4.4.1 0.に示すように装置の各部分を動かしたり、コンピュータへの信号を送るための押釦が設けられている。



図ー 4・4・9 M1ステーション用操作ペン ダント



図ー4.4.10. 162ステーション用操作ペンダント

(6) センサー

本装置は自動車の総合診断を行うために多くのセンサが用いられており、それらセンサからの信号をアナログ又はパルス処理して各インタフェースへ伝送している。

代表的なセンサとしては、ローラ回転数を計測するためのパルスピックアップ、装置各部の動きを計測するポテンショメータ、リミットスイッチ、自動車のエンジン関係の性能を測定するバッテリセンサ、電流センサ、一次コイルセンサ、プラグコードセンサ、ハイテンションコー

ドセンサなど、燃費燃圧を計測するセンサなどがある。

4.2.4. ソフトウェア

(1) 構 成

本装置では%1ステーションでの点検、%2ステーションでの自動点検、プリンタなどの複数個のプログラムを並行して処理する必要があるため、モニターシステムを取っており、管理プログラムの制御のもとに各プログラムが作動する。この管理プログラムのフローチャートを図ー4.4.1 1.に示す。

(1) 管理プログラム

SCANN オペレーションコンソール、操作ペンダント、各機器からの入力管理、登録を行う。

SCHEDL 処理要求している各端末機器からの実行命令の割付け を行う。

CEKMAN M1ステーションの各機器からの処理要求内容に対する準備を行うと共に、処理要求の実行を行う。

CEKAUT. JOBCON 62 ステーションの各機器からの処理要求 内容に対する準備を行うと共に、点検項目を実行すべき点検 JOB を 起動させる。

NXT JOB M2ステーションに関しての点検テーブル、点検種類により次に実行するべきJOBのアドレス、JOB大項目のスタートアドレスをセットする。

ENDJOB Ma2ステーションでの点検終了時の処理を行う。

(ii) 処理プログラム

INITAL 点検診断のはじめに端末機などのイニシャライズを行 ・ うと共に、電源投入時のM/Cイニシャライズ、データ・フラグなど のイニシャライズを行う。

EMERST 非常停止釦が押された場合の処理およびキャンセル釦が押された場合の処理を行う。

PRINT 診断書のタイトル、測定値および基準値のプリントを行 なう。

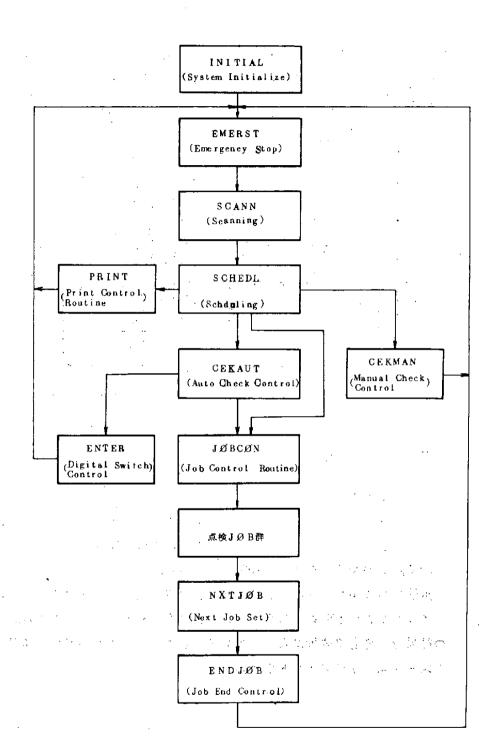


図-4.4.11. 管理プログラムのフローチート

ENTER オペレーションコンソールの操作パネル(図-4.4.1 2.) に設けられたFUNCTON、DATAのディジタルスイッチからの入力 処理を行なう。

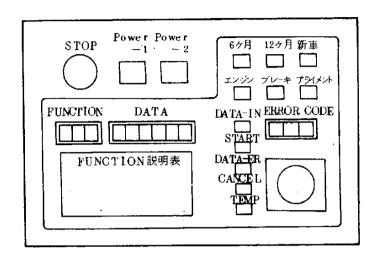


図-4.4.12. オペレーションコンソール操作パネル

(2) No.1ステーションでの点検

M1ステーションにおける主として目視による点検のフローチャート を図-4.4.13.に示す。

ボンネット内の点検からはじまり、ドアまわり、車室内、ランプ類、 下まわりと順序よく点検が行われるが、この点検順序はオペレータが最 も動く距離が少くなるように考慮されている。

点検項目の中で不良項目があった場合は操作ペンダントのデイジタルスイッチおよび IN 釦で項目番号と作業内容記号をインブットする。 この結果は一度記憶装置に入れられ整理された上で見やすい形で診断書 (図-4.4.4.)にプリントされる。

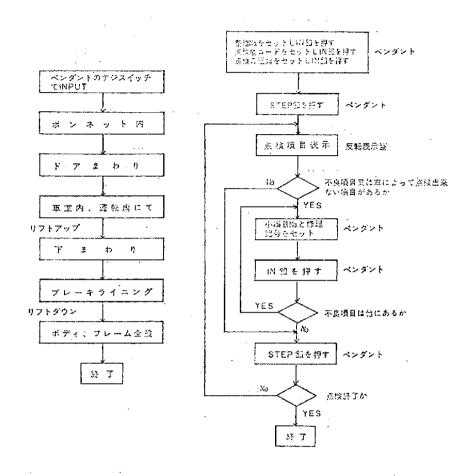
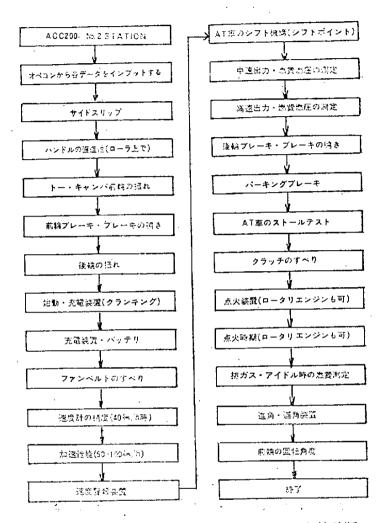


図-4.4.13 161 ステーションの点検診断 フローチャート

(3) Na 2 ステーションでの点検

ル2ステーションでの点検は図4.4.1 4.に示す流れにそって行われる。 各ステージで測定されるデータは信号処置、演算されて測定値となり、 その車種に応じた基準値と比較され、良否判定され自動プリントされる。



図ー4.4.14. 16.2 ステーションの点検診断
フローチャート

4.3 本装置の早期故障発見システム

本装置の μ P が扱う制御対象は非常に多く、又ソフトウェアも容量が多く複雑となっている。さらに本装置を扱うオペレータは自動車の整備士であるため、電気およびコンピュータに関する知識がなくとも装置の故障を容易に発見できるシステムが必要であり、又故障ではな

いがオペレータの操作ミスなどを防いで正確な点検診断をする必要がある ため、本故障発見システムを組み込んである。

4.3.2. 早期故障診断システムの概要

常時オペレータが使用し、自己故障診断できるものとして

- (1) チェックプログラム
- (2) マシンエラーコード・

があり、さらにサービスマンが使用し故障個所を的確に発見するための

(3) サービスチェッカ

がある。

以下これらシステムの概要を述べる。

(1) チェツクプログラム

インタフェースに入力されるデータをプリントすることにより、各センサからの信号処理回路の故障個所を容易に見出すことができると共に、アナログデータの零点、ゲイン調整にも使用可能である。

(2) マシンエラーコード

M2ステーションの点検診断作業中において、各センサが正常に作動していなかったり、又誤って取りつけられたりした場合には、コンピュータが自動的にその内容を判断し、ブザーの断続音と共に、オペレーションコンソールの操作パネル(図ー4.4.12.)に設けられているエラーコード表示装置に3桁の数字で不具合内容を指示する。

例:エラーコート 231

エンジンアナライズセンサの内、スタータ電流、充電電流を測定するための電流センサの取付方向が逆。

又本装置では、測定値のばらつきを少くするために、あらかじめ測定 方法および要領を決めてあるが、オペレータがその通り行わなかった場合にも同様に3桁の数字で不具合内容を表示する。

本装置の定期的保守点検、ドランルシューティングを行うためのボータブルチェッカで、装置の故障個所を基板単位、あるいは構成要素単位で把握することが出来る。

4.4. おわりに

以上述べたように、コンピュータ自動車診断装置はμP応用製品としては、32Kのコアメモリを持ち、そのほとんどがプログラムであることもあり、相当大がかりなものと云えると思う。

5. 産業用ロボツトへの応用

5.1. はじめに

産業用ロボットへのμP の応用は、最も興味ある応用分野の1つである。

周知のごとく産業用ロボットは、あらかじめ教え込まれた(ティーチングという)動作プログラムに従って動作する自動機械であるが、プログラムが可変であり、またその動作も外部から与えられる情報に応じて、多少の条件判断を行なうことが要求される。このように、プログラム、記憶、条件判断といった機能は、もともとコンピュータ的な思考の領域であり、コンピュータときわめてアナロジカルな関係にあるといえる。このことは直感的にも、我々にコンピュータの利用がびったりとしていて、多くの興味ある適用の方法と発展性をもたらすのではないかという予感を与えてきた。

しかし、従来の考え方ではミニコンピュータを使用することになるが、これはシステムの規模から考えて経済的にも引合わない。

μ P の出現は、このように小規模でコンパクトにまとめることが要求されるシステムにはびったりであり、新しい分野を開いていくものと考えている。この産業用ロボットは実用的な産業用ロボットであり、いわゆる知能ロボットではないが、従来の産業用ロボットと比較して、動作プログラムの高度化を指向し、その実現を考えてみた。

5.2. 本機の概要

本機はバーサトランタイプのロボットで、4軸が可動軸となっている。そのほかに、手首のひねり、つめの開閉があり、全体としての自由度は6自由度となる。そのうち、3軸はディジタルサーボによるサーボ制御を行なっており、任意の位置に停止できるが、1軸についてはエアンリンダとストッパによる2位置停止である。手首のひねり、つめの開閉も同様にエアのアクチュエータによる2位置停止である。

コントロールを行う制御ボックスには、 μ P、インタフェイス、サーボア ンプ、リレー等が収納されている。

5.3. システム構成

図ー4.5.1 に本機のシステム構成を示す。本機 μ P の産業機械への応用分野では最も初期に行われた関係から `インテル社の第一世代のマイクロブロセッセ8008を採用している。

外部のハードウェアをできるだけ少なくするために制御はできるだけソフトウェアで処理する方針を取った。このため、ハードウェアといわれる電子回路はあまりないが、ディジタルサーボルーブの中で比較調節を行う滅算に関しては外部の回路を用いた。これは第1世代のCPU8008では、サンブリング、演算などの処理速度の点でスピードが追いつかなかったためである。

5.3.1. 入 力

(1) エンコーダ

位置検出には14ビットの絶対値方式の光電式ロータリエンコータを 用いている。

(2) 接点関係

接点入力としては、操作パネル上の各スイッチ、動作の完了信号を出すリミットスイッチ、ロボットに判断動作を行わせるための接点(16点)などがある。これらの信号はICレベルに変換されてから入力される。

(3) キーボード

キーポードはティーチング時に使用するが、PROMにより8ビットのデータにエンコードしてから入力される。

(4) 0.1秒発振器

ロボットの動作のタイマ時間を作り出すために用いる。ソフトウェア でタイマ処理を行うので、本機では外付けのタイマリレーなどは不要で ある。

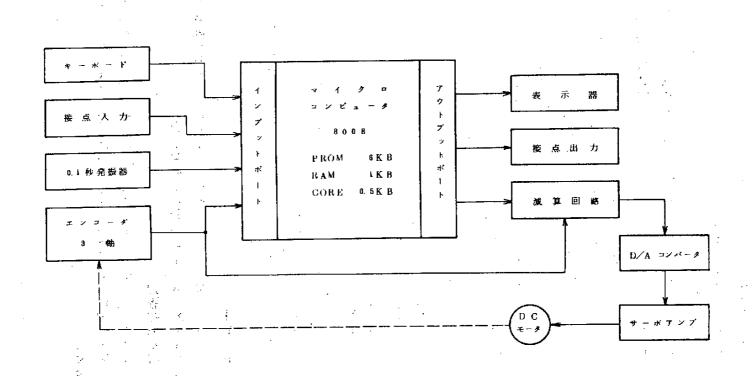


図-4.5.1. 産業用ロボットのシステム構成

 χY_{ν}

5.3.2. 出 力

(1) 接点関係

ソレノイドバルブ、電磁開閉器などがあり、小型リレーを介してこれらの機器を駆動している。また、外部の機械にたいする指令も、接点 出力として出されている。

(2) 目標値

フィードバックループの中にコンピュータの直接処理を含ませること ができなかったため、本機では目標値のみを出力し、サーボの比較部は ハードウェア(減算回路)で処理している。

(3) 表示器

表示には7セクメントのLEDを用いた。これは本来の目的である数字のほかに、表示が可能な英文字(例えばA、C、Lなど)の表示にも用いた。このため特別の7セクメント用のICは使用しておらず、プロクラムによりこのコントロールを行なっている。

5.4. 動作命令のプログラミング

ロボット を高級に動作させよりと思えば、それを実現できるようなプログラミングの手段が必要となる。ロボットに動作を教え込むティーチングには、種々の方式が考えられるが、ここではステップととに動作命令を与えてプログラムする方式とした。

動作命令はその属性として、機能、番号、数値といったものが組合わされて構成されるが、本来の動作を的確に表現できるスタイルのものであることが要求される。

この目的のためにここでは、キーボードと表示器を用いて、動作命令をある程度自由な構成で表現できるようにした。このような入力形式は、当時ロボットではあまり例がなく、一般的ではなかったが、高級なプログラムの入力を行なうために、このような形式を採用することにした。

また、高級な動作をさせるためには、動作命令はロボットの動作と機能に 適した構成をとることの他に、もう一つプログラムのシーケンスという点で は、コンピュータのプログラミング言語のようなリンク機能が要求される。

このような考え方のもとに、ロボットの動作のための新しい言語(これを

ロボット用言語と呼ぶことにする。)を考案し、μPのソフトウエアで実現することにした。これはある意味では簡単を問題向き言語ということもできる。

この言語を作成するにあたって、次の点に注意した。

- (1) ロボットの動作を的確に表現できること。
- (2) 条件分岐が自由にできること。
- (3) 異なった位置にもサブルーチンを適用できること。
- (4) 外部装置と連動しやすくするための信号入出力が容易であること。

5.4.1. プログラミングの方法

ロボットの動作命令はステートメントとして入力される。 ステートメントは、最大13文字で構成され、1つの動作命令が1つのステートメントに対応する。 このロボットは全部で192のステートメントを収容できる容量を持っており、それぞれのステートメントにラインナンバ(000~191)がつけられる。

ロボットは起動されると、ラインナンバ000のステートメントから実行を開始し、分岐命令以外の命令のときは、そのステートメントの実行終了後、次のステートメントを実行する。

またこの他に、ロボットの移動位置を記憶させるためのポイント設定が ある。これはステートメントの中で、移動位置を示すときに用いられる。

ポイント設定は全部で64の設定エリアがあり、P00~P63の番号がつけられている。ポイント設定は数値だけの記憶であり、A1、A2、A3のどの軸の動作においても共通に使用できる。

次にロボットの動作を表わす動作命令とその内容について述べる。

動作命令の表示に 7 セグメントの表示器を使用したため、使用できる英字は限られているが、少ない文字を有効に利用し、できる限りその内容を表現できるようにした。

(1) A 1—Pmm— v

アームをA1軸方向(前後方向)にPmmの位置まで移動する。スピードはvで示し0から9までの10段階を選択できる。

(2) A 2 — P m m — V

アームをA2軸方向(旋回方向)にPmmの位置まで移動する。スピードはv。

(3) A 3 — P m m — V

アームをA3軸方向(上下方向)にPmmの位置まで移動する。スピードはvo

- (4) A 4 Aアームを右端まで移動する。
- (5) A 4 L アームを左端まで移動する。
- (6) C 5 Aチャックを右にひねる。
- (7) C 5 一 L チャックを左にひねる。
- (8) **C 6 C** チャックを閉じる。
- (9) C 6 一 0 チャックを開く。

(10) OP — m

接点番号mの接点出力を閉じる。時間幅は0.4 秒。接点出力は8 点あり、 $0\sim7$ の番号がつけられている。この中で番号0 の接点出力はロボットの動作を停止するために用いる。

(11) H 2

この命令に続く2つの動作命令を同時に実行する。同時に実行不可能 な場合、ロボットは停止する。これは動作時間短縮のために用いる。

- (2) **JUP—mmm** ラインナンバmmmのステートメントに無条件分岐する。
- (13) JUP-mmm-nn

番号nnの接点入力が閉じていたなら、ラインナンパmmmのステートメントに分岐する。動作のインタロック、条件による動作の変更などに使用する。接点入力は16点あり、00~15までの番号がつけられ

ている。とのうち00~04まではバネル面上のスイッチに接続されている。

(4) CAL-mmm

ラインナンバmmmのサブルーチンをコールする。この働きは、ラインナンバmmmのステートメントの一部に、次のステートメントのラインナンバ(戻り番地)を入れ、mmm+1のラインナンバへ分岐する。同じパターンの動作を何回も使用する場合に用いる。

(15) CF

サプルーチンの先頭を示す。とこには戻り番地が入れられる。

(16) CE-mmm

ラインナンバmmmより始まるサブルーチンの終りを示す。働きは、 ラインナンバmmmのステートメントに入れられた戻り番地への分岐で ある。

(17) CLO-mm.m

mm・m秒後、この次のステートメントを実行する。

00.0~99.9秒の時間を0.1秒単位で任意に設定できる。タイマ時間が00.0秒の場合は、実質的にノーオペレーションとなる。

(8) CH—Pmm—Pnn

ポイント設定Pnnの内容をPmmに移す。Pnnの内容は変化しない。

同じパターンの動作で、移動位置だけが異なるときに使用する。

5.4.2. 動作プログラミングの処理

動作プログラムの入力は、キーボードと表示器を用いて、ロボット用言語を入力することによって行われる。

とのロボット用言語を認識し、解析するためには、その言語構造の定義 を行うことが必要となる。

ロボット用言語の基本的な言語構造はBNF記法を用いて、次のごとく表現される。

<動作プログラム>:: = <ステートメントリスト> <ステートメントリスト>:: = <ステートメント> <ステートメント>::=<ラインナンバ><動作命令>

1 Pmm<位置を示す数値>

<動作命令>:: =<動作の種類>

」<動作の種類>-<属性1>

「<動作の種類>-<属性1>-<属性2>

ここで、<属性1>、<属性2>とは、個々の動作命令に付属して一義 的に定められているものを示す。

例えば次の動作命令

A 1 - P m m - v

では、A1というアームの前後方向の運動にともなう<属性1>は目標位置Pmmであり、<属性2>はその目標位置に向かって移動する連座である。

図ー4.5.2.を参照して、キーボードから入力された動作プログラムは先 ず字句解析によって、個々の単語の合成が行われ、さらに構文解析によっ て、先にBNF記法で定義されたロボット用言語のシンタックスにもとづい て解析が行われる。そのとき意味づけも行われて、1ステートメントが2 バイトの中間言語に変換され、コアメモリにストアされる。この中間言語 は一種のマシンコードである。

次にロボットの動作プログラムの再生は、この中間言語を解釈実行する インタプリータによって、1ステップずつ実行される。インタプリータは、 2 語の中間言語を解読して動作命令の種類を認識し、必要を出力を行って 実際にロボットを駆動する。

5.5. µPのソフトウェア

ソフトウェアは大別して次の2つのプログラムより構成されている。

- (1) ティーチインプログラム
- (2) 動作実行プログラム

とれらのうち、ティーチインプログラムは、ティーチインボードのキーボードから入力されたロボット用言語を構文解析して、中間言語に変換し、コアメモリに記憶させる。

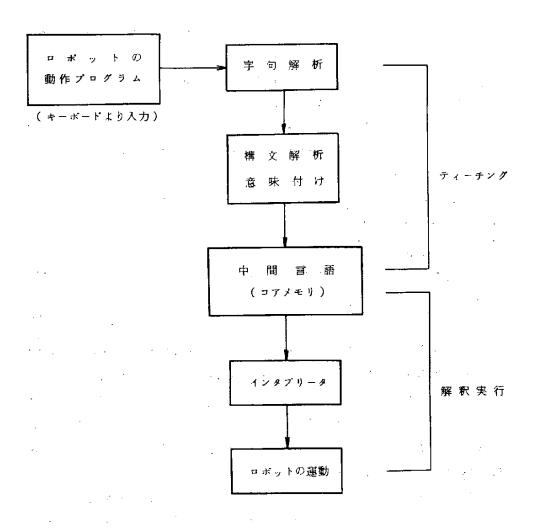


図-4.5.2 ロボットの動作プログラムの処理

動作実行プログラムは、自動運転のときに、コアメモリに記憶された中間 言語をインタブリータによって解読し実行するものである。

との2つのプログラムは操作パネル上のスイッチの状態により、そのどちらを実行するかが決定される。

5.5.1. メモリの構成

図-4.5.3 に本機のメモリ構成を示す。 PROMはプログラムおよび固定データのために、RAMはテンポラリなデータ (例えばエンコーダによ

り検出された現在位置デアドレス 0 ータ等)のために、またカムに、オモリは動作プログラムのかけて、 一次のでは、 一次のである。

このロボットの動作命令 は位置指令に関する命令の PROM 6KB

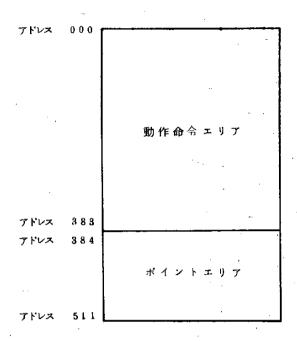
RAM 1KB

CORE 0.5KB

図-4.5.3 メモリ構成

場合、その属性で指定された位置(ポイント)まで移動する方式となって おり、コアメモリもこれに従って、動作命令とポイントの2つのエリアに 分けられている。

これを図-4.5.4 に示した。図に示すように、動作命令、ポイントともに 2 バイト単位で構成され本機の場合、動作命令192ステップ、ポイン トに64ポイントを割当て、計512バイトのコアメモリを使用している。



動作命令、ポイントとも2パイトで構成される。

動作命令 192 ステップ ポイント 64 ポイント

」 →計 □ 256×2=5:12バイト

図ー4.5.4 コアメモリマップ

5.5.2 ティーチインプログラム

ロボットに動作プログラムをティーチインするときには、図-4.5.5 に示すようなティーチインボードを使用する。そしてこの処理を行うプログラムが、ティーチインプログラムである。

このプログラムは、ティーチ、チェック、現在位置表示の3つのモード を持つ。

ティーチモードはティーチインの処理を受けもつ。キーボードおよびスイッチからの入力を判断して表示装置に出力し、構文解析により中間言語に 変換しコアメモリにストアする。もし入力が間違っていたなら、表示装置

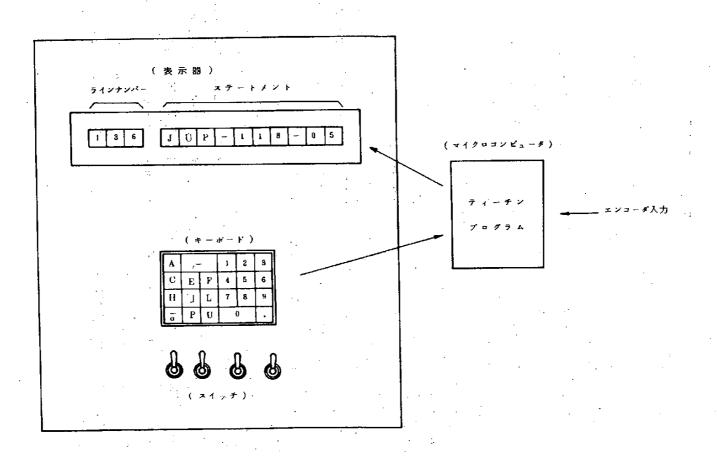


図-4.5.5 ティーチインボード

にエラーメッセージを出力して、入力のインプットミスを防いでいる。

チェックモードは、コアメモリにストアされている中間言語を逆変換して、表示装置に表示す。働きを持つ。

現在位置表示は、ロボットの3軸(A1、A2、A3)のエンコーダの値を入力して、ロボットの現在位置表示を行ない、ポイント設定のためのデータを与える。

また、エンコーダがランプ切れなどにより使用不可能となった時、その エンコーダの番号を表示装置に出力して保守を容易にしている。

とのような表示器を介したロボットとの会話形式によるティーチングや、 ランプ切れ、オーバラン検出などのモニタリング機能は、従来のような ハードワイヤードロジックでは困難であり、コンピュータコントロールの 真価を発揮したものといえる。

5.5.3. 動作実行プログラム

これはロボットが自動運転する時の処理を行なうプログラムである。

ロボットが起動されると、コアメモリにストアされた中間言語をインタブリータによって解読し実際の行動を行う。もしロボットの機能上危険な動作、実行不可能な動作または命令が解読できない(パリティエラーを含む)場合は、動作を中断して安全性を高めている。

.5.6. おわりに

産業用ロボットの制御にμΡを用いたことは、性能、スペースそして価格的を面からも適当であった。最初の方針として、制御をできる限りソフトウェアに依存し、ハード回路を減少させるようにした。それは、制御回路をコンパクトにしたことのみならず、開発期間の短縮という効果をも、もたらした。またコンピュータの高度な処理機能は、ロボット用言語を用い、ロボットと会話しながらのティーチイングを可能にした。このティーチイング方式は、実際に使用してみて、非常に便利で使い易いことを確認できた。

6. μPの連続鋳造機への応用

6.1. はじめに

最近のμP 分野での急激な技術展開には目覚しいものがあり、種々の自動化ニーズを持つユーザに対し、恰好の現実化手段の登場として、魅力的な刺戟を与えている。とくに1974年前半頃から登場しはじめたいわゆる第2世代のμP(8080A、M6800、F8、TLCS-12など)と言われるものは、現在完全に実需要時期に入っており、その応用製品数にも夥しいものがある。チップ供給メーカーはその後も継続して大容量メモリチップあるいは汎用周辺回路のLSIチップの開発を行なうなど活発な動向を示し、各種チップ価格の急減傾向もみられるごとから、ユーザにとっては増々使いやすい状況になっててきつつある。このような今日的背景をふまえ本講ではユーザの立場にたったμP の応用の一例として連続鋳造機における鋳型(モールド)内溶鋼レベル制御装置をとりあげ、その計画・設計からシステム作成までの手順および留意点について概説する。

6.2 連鋳機の概要

ビレット連続鋳造機は、溶鋼を適当を断面サイズ(たとえば100×100mmのビレットを連続的に鋳造する設備である。通常、1台の連鋳機で数ストランドを有し、一時にストランド数だけの連続ピレットを鋳込むことができる。図ー4.6.1において、レードル(容鋼鍋)は転炉または電気炉で溶解した溶鋼を入れ、クレーンにて連鋳機の所まで運ばれる。鋳込みを行なり場合には、レードル下部のベルフを開くことによりレードル中の溶鋼はタンディッシュに流入する。タンディッシュ下部にはノズルが設けられ(図ー4.6.1には1個のノズルしか示していないが、通常は4~6ストランドに対応した個数のノズルがある)、タンディッシュ内の溶鋼は各ノズルを通しで各ストランドに分配される。タンディッシュの各ストランドのノズル下部にはモールド(鋳型)が設置されており、タンティッシュより流出する溶鋼はモールド内に流入する。モールドは、熱伝導の良好な鋼でできており、通常外部から水冷却される。このため、モールドに流入した溶鋼は外間にシェルを作りながら凝固し(モールド内では内部はまだ溶鋼状態のまま)モールド下部にあるスプレー水により鋳片を冷却する冷却帯に導かれ、連続した鋳片になる。この連続した鋳片は図中のビンチロールにより下がで引き抜かれる。ピ

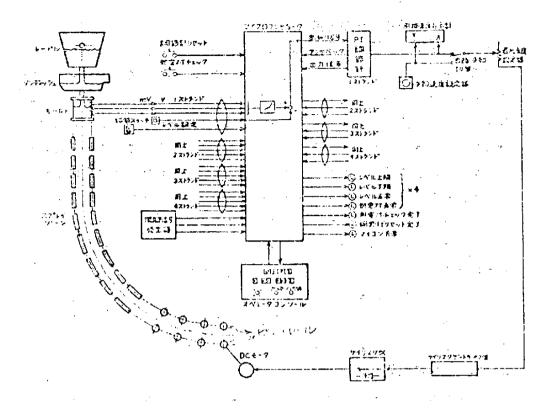


図-4.6.1. 制御装置系統図

ンチロールによる引抜速度は、ダンデイッシュよりモールドに流入する溶鋼に見合ったものになるよう、言いかえればモールド内の溶鋼湯面レベルを一定に保つように定められる。なお鋳込み開始時には、モールド下部にダミーバと称する鎖状の鋼片を装着しておき、鋳込んで行く鋳片の先導役を行なわせる。鋳込みが開始されるとモールド内に流入した溶鋼は、上記ダミーバ上部よりモールドを満たし、溶鋼レベルは急速に上がってくる。溶鋼レベルがある位置に達すると(このとき下部の方は凝固している)ダミーバ引抜きを開始し、流入量に見合っただけの引抜速度を与えることにより溶鋼レベル制御を行ない、連続的な鋳込作業に入る。

6.3. 溶鋼レベル制御装置の概要

本装置は鋳型内溶鋼湯面を常に一定に保持制御する機能と、鋳込開始、停止を自動的に行なり機能を持っている。図-4.6.1.に制御装置系統図、図-

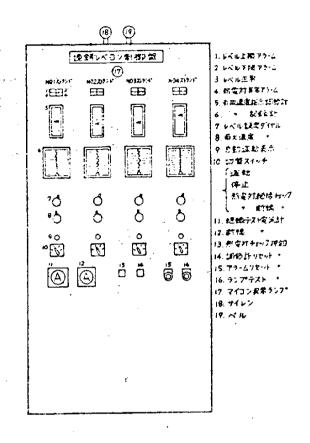


図-4.6.2. 制御盤外観

4.6.2. 化制御盤外観を示す。

溶鋼湯面レベルの変化により生じるモールド壁の温度変化を縦方向に50mm間隔で埋め込んだ3本の熱電対で検出し、温度変換器(図中では今印で示される増幅器)にて1~5 Vの統一信号に変換後 μ P に入力する。μ P は3点の温度情報をもとに湯面位置を算出する演算処理を実行後、レベル設定値と比較し偏差信号(パルス列)を P I 調節計に与える。調節計にて P I 演算された信号は最大速度設定器で最大引抜速度を設定された後、主駆動(ピンチローラ)制御用モータに鋳片引抜速度制御信号として伝達され引抜速度を変化させる。溶鋼湯面がレベル設定値以上に上昇したときは引抜速度を上げ、逆に下降したときは引抜速度を下げるという一連の制御動作により湯面を一定に保持する。ここで最大速度設定器はプレークアウト(急激に鋳片を

引いて凝固しきらない溶鋼を飛散させてしまうトラブル)防止のために引抜速度上昇方向に制限をおく目的で挿入されるものである。 ここで主に記述しようとする #P はインターフェイス、オペレータコンソールと共に1台の框体(図ー4.6.3)に収納して制御盤内に設置されている。 ちなみに本装置の対象となったピレット連続鋳造機の仕様は概略次のようになっているが機能的にはすべてのタイプの機械に対して適用できるようになっている。



図-4.6.3. マイコン框体

形式 ローヘッド式 (160形)

ストランド数 4ストランド

能力 75ton/charge

鋳込速度 3.0 m/minute(標準)

鋳片寸法 117mm×117mm(標準)

駆動用モータ DC220V、3.7KW×8台/4ストランド

6.4. 計算機システムの計画

6.4.1. 従来装置の改良すべき点

(1) 制御装置のコストダウン要求

従来の鋳型内溶鋼レベル制御装置はモールド壁に埋め込んだ3本の熱電対からの信号をアナグロアンプ(加算機、リミッタなどで構成)を通して溶鋼レベル信号に合成していた。このアナログアンプが複雑な回路

で構成してあるため、制御装置全体のコストアップの原因となっており、 改良する必要があった。

(2) 制御装置の簡略化要求

アナログアンプの調整は複雑な作業でありメーカー側のスペシャリストを必要としたが、これを一般保守担当者(エンドユーザー)でも容易にできるよう装置を簡略化したいという要望があった。

(3) 制御特性向上の必要性

高速鋳込みに対応できる制御装置とするために鋳込み開始時の起動特性を改善すること、および定常時の制御特性もより安定したものにすることが必要であった。

6.4.2. 計算機導入の目的設定

6.4.1 で述べたような従来装置の改良要求に応えるために計算機を利用した装置の開発を検討し次のような目的を設定した。

- (1) 計算機を導入することによって装置機能の主要部分を柔軟性のある ソフトウェアにおきかえ、制御装置を簡略化する。
- (2) ソフトウェアによるきめ細かい信号処理により制御特性の向上を計る。
- (3) 1 台の計算機の時分割多重制御によって装置のコストダウンを計る。 6.4.3. 計算機導入にあたっての問題点

計算機の機種を選定する場合には、その「コスト」と「能力」に関する 問題、いわゆるコスト パーフォーマンスの面から検討しなければならないが、 本システムの開発にあたってはミニコンと μP の両ケースについて仕様検 計を行なった。

(1) 処理能力の検討

本システムの制御対象は積分要素(モールド)および遅れ要素(検出端・操作端)のみで構成されるという簡単なものであるため、計算機の処理速度(スキャニング時間)は大略800msec 以下であれば制御可能であるとの結論を得た。 これはアナコンによるシミュレーションによって得た値であるが、4ストランド機械(本システムの対象)で多重制御を行なうとすれば1ストランドあたりの処理時間が200msec

以下になるようにする必要があることを意味している。演算量と計算機の能力(処理速度から推定した1ストランドあたりの処理時間は μP (インテル8080の場合)で30msec 以下であって、処理速度が遅いといわれる μP であっても充分制御可能であり、能力の面からはミニコンでも μP でも構わないとの結論であった。

(2) コストの検討

近年ミニコン(とくにOEM向のもの)の価格が低下していることもあり、また本システムがμРシステムにしては比較的大規模なものとなるため同機能で考えた場合の両者のコスト差は想像以上に小さく、μΡの方が3割安という程度であった。一般にメモリー容量が4~5 Kバイトを越えるような大規模システムになると「低価格性」というμΡシステムのメリットは薄れてしまうといわれているが、本システムのようにメモリーがROM+RAM構成でなくコアメモリー(8 Kバイト)を必要とする場合には更に不利になってしまう。しかしμΡに関しては種々のチップが将来さらに低価格なものになるとの見込みがあり、コストの面からはミニコンより有利であるとの結論であった。

(3) 信頼性の検討

本システムの対象となる連鋳機周辺が計算機にとってかなりの悪環境となっているため「信頼性」は重要な検討項目となった。一般にミニコンあるいは更に上位の計算機ではMTBFが何時間以上というようなデータが出されているものの、それは計算機の設置環境を好条件にしたものである場合がほとんどである。またμPに関しては実績がないためそのようなデータを確立するまでには到っておらず、両者の定量的な比較はできなかった。しかしCPU機能のLSI化(ワンチップ化)が構成部品点数低減を促すためにμPは従来の計算機より信頼性が向上するであるうと言われており、我々の過去の他システムにおける若干の実績もこれを裏切っていない。またCPU以外のμPを構成する回路のLSI化がメーカーによって急激に進められていることを考えれば、将来上記のμPにおけるメリットはますまず顕在化するものと思われる。このような考え方から信頼性の面からもμP有利との結論であった。

(4) ソフトウェア開発難易度の検討

一般的に言えばミニコンのソフトウェア開発体制は過去の実績から完全に確立されていると言えるが、μPに関しては決して充分といえるものになっていないのが実状である。しかし、本システムで用いようとするμP(インテル8080A)については当社内でサポートソフト(クロスソフト)が比較的整備されており、開発難易度は同程度との結論であった。

(5) 総合評価

(1)~(4)の検討項目の他にµPにはコンパクト性という傑出したメリットがあり、総合的には問題なくµPの方が有利という結論を得た。

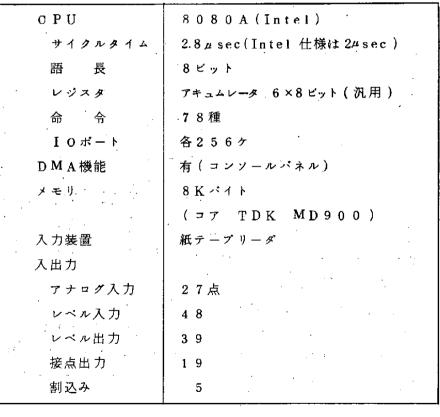


表-4.6.1. # P 仕 様

6.4.4. 計算機システムの設計思想

(1) 計算機の位置づけ

本システムにおいて計算機はあくまでも制御装置の「パーツ」であると考えている。従って計算機であることを特に意識してそのために環境条件を整える、あるいは特別のメインテナンスを常時行なうというようなことは一切設計条件から外した。 μ Pは出現以来、前項(3)で述べたような理由からいわゆる「現場向き」のコンピュータと言われており、本システムの目的にも合致しているものである。

(2) バックアップ機能の検討

計算機ダウン時の処置については本システムの場合は手動で行なうこととした。通常の大きなブラント等が対象であれば当然何らかのバックアップハードウェアが必要であるが、連鋳機の場合は自動運転中であっても各ストランド毎にのろ(不純物)捕り作業者がついており、異常発生時には直ちに手動運転に切り換えられる態勢にあるのでバックアップ装置は特に考慮しなくてよいからである。従って問題はいかに早くシステム異常を検知してオペレータに警報を発するかということが主となり、そのための異常検知機構の充実化を検討した。その中心機構として仮想のダミーストランドの思想をシステムに組込むこととしたが、これは現実の他のストランドに対する演算と全く同じことをダミーストランドに対して行ない、既知の正解値が出るか否かによってハード、ソフトを含めたシステム全体のチェックを行なうことを目的とするものである。

(3) システム拡張の見込

今回計画したシステムの中で「調節計」の機能は容易にソフトウェア化できるものであり、今後の計画では調節計を削除した構成のシステムに進むことになると考えている。 μ P の能力自体はこのD D C 機能の付加、およびさらに多数ストランド(6~8ストランド)の機械を制御できるような機能を付加する余裕を持っており、システム拡張による機能アップが次のステップの検討項目である。

6.5. システム機能の設計

μPは時分割にて4ストランドの溶鋼レベル制御を一括して管理するよう

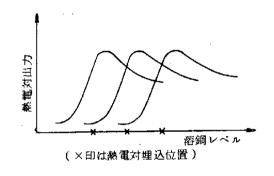
にし、次のような処理機能を持たせる。

6.5.1. 制御機能

(1) 定常時の溶鋼レベル制御

定常運転時、各ストランドの3本の熱電対信号を読込み溶鋼レベル信号を合成する演算処理(4.6.4 図)を行ない、レベル設定記号との偏差を算出し調節計(バルス列で出力する。この動作を第1ストランドから第4ストランドまでタミーストランド用演算を挟みながら順次繰返す。図ー4.6.4.

のように熱電対出力はおお よそ吊鐘状の曲線となるが、 急峻な勾配を示すモールド 下端側方向から頂点に達す るカープ(以下正のスロー プと称する)は、モールド 壁への溶鋼の付着状態およ び水冷効果によって安定な 出力を得ることができる部 分である。また頂点をこえ てモールド上端側方向への 下降カーブはシェルの影響 および鋳片の収縮効果によ るエアーギャップの形成に よって不安定な出力が現わ れる部分である。 図ー 4.6. 4.は特性カーブのうち安定 した正のスロープのみを取 り外すよう各熱電対出力に 下限飽和値、上限飽和値を 与えてこれを各スロープの



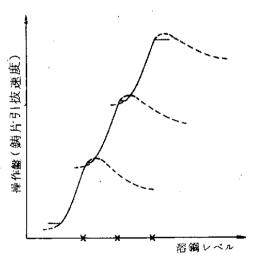


図-4.6.4. 溶鋼レベル信号の合成

接続切換え判別に用いることを示している。

(2) 起動時の溶鋼レベル制御

鋳込み開始時、溶鋼レベルのオーバーシュートを低減させ、短時間で整定させるために自動起動ロジックプログラムを走らせる。すなわちこれはプログラムによる一種のシーケンスコントロールであるが、溶鋼がタンディッシュから落下し始めるまで調節計出力を所定の値に保持しておき、レベルが最下限値を超えた時点で調節計出力がモータに対してアクティブとなるよう切換える。同時に、その時点から鋳込み速度に合致させてレベル設定値の漸増処置を行ない、制御系内に介在する遅れ要素による悪影響を回避し、目標の定常運転レベルへ速やかに整定させる。

(3) 調節計リセット

調節計りセット押釦が押されたとき、調節計出力があらかじめ定められた値(通常 8 0 多)になるよう μ P 側からパルス出力を行なう。これは鋳込み開始時にフィードフォワードを制御を行なうためのものであり、各ストランド共りセットが終了すれば完了ランプを点灯する。

6.5.2. 異常検出機能

(1) 演算機能チェック

定常運転時にシステムの演算機能をチェックするためにダミーストランド用の処理を行なりに等しく、3点の熱電対信号の代りに模擬信号発生器から模擬信号を読み込む。3点の模擬信号をもとに現実のストランドに対するのと全く同じ演算を行ない、第5ストランドの仮想溶鋼レベルを算出し、これとあらかじめ定めている仮想設定値との比較を行ない偏差があれば演算機能不良としてμP異常警報を発する。

(2) ハードウェア機能チェック

- (a) µ P か ら の偏差出力に対する調節計のパルス受入れ状態をチェックするために、出力値と調節計のアンサバック信号を比較し、出力ラインの異常検出を行なう。
- (b) μ P から調節計への出力信号が一定時間以上中断するとμ P 異常警報を発する。 (ウォッチ・ドッグ・タイマ機能)
- (c) システムチェックプログラム (チェックサムテスト)で異常検出を 行なう。

(3) 検出端チェック

熱電対チェック押釦が押されたとき、3点の熱電対信号を相互に比較し、鋳込み前は3点の値がほぼ同じになる(冷却水の温度)ということを利用して、その相対差が一定値を超えると熱電対不良と判断し、熱電対異常警報を発する。

(4) プロセス異常チェック

溶鋼レベルがあらかじめ定めた上下限値を超えると上下限警報を発し、 レベル位置表示もそれに該当する箇所に行なう。中間の場合はレベル正 常の表示を行なう。

6.5.3. オペレータコンソールとの会話機能

オペレータコンソールからのリクエストに従ってシステムパラメータの 設定および表示を管理する。システムパラメータはタグナンバで指定され、 全部で105種のものが定められている。このうち実機のデータを採取し て調整しなければならないパラメータは44種(11×4ストランド)で ある。

6.6. ハードウェアの構成

現在国内で入手可能な μ P (C P U チップ) は 3 0 余種程度あるが、本システムの開発においてはすでにインテル 8 0 8 0 A で構成した汎用型のコンピュータを作成していたためにこれを利用することとした。その内容をまとめたものを表 4.6.1 に示し、インターフェイスも含めた全体のプロック図を図ー4.6.5 に示す。本システムのハードウェアの特徴を列記すれば次のようになる。

(1) メモリ

このμPはメモリとして一般的なROM・RAM構成およびコアメモリの双方が可能をようになっているが、本システムでは電源断時にシステムバラメータ保存のための不揮発生RAMが必要であることからコアメモリ(8Kバイト)を採用した。

(2) 周辺装置

一般に # Pシステムを構成する場合には、ほとんどの場合について低価格なシステムの作成ということが第1目標にあげられるため、ミニコン等

図-4.6.5. ハードウェアのブロック図

の場合と異なりコンソールパネルは省略、入出力装置(TTY、PTR、PTP、CRTなど)もプログラムメインテナンス用のものは省略しプログラムはROMに固定という形がとられることが多い。本システムではプログラムデバッグを容易にするためコンソール付のものとし、また故障時のメインテナンス用にプログラムのリロードが行なえるようPTRをシステム構成に残した。

(3) CPUのノイズ対策

本システムはノイズ対策のためメモリを含むCPU側とI/O側とを結ぶ バスをフォトカプラでアイソレーションしている。通常ノイズ対策のため にアイソレーション構造がとられることは多いが、このようにバス上で分 離すればアイソレーション回路が少なくて済み、とくに I/O 点数が大き くなったとき末端で分離するよりも楽になるという特徴をもつ。

(4) アナログ信号の処理

アナログ信号はすべて1~5 Vの工業計器信号レベルに統一したものを 1台のA/Dコンパータを用いて10ビットの2進ディジタル信号に変換 している。またマルチブレクサはディファレンシャル型を用いると共に、 マルチプレクサまでのラインはシールド線を使用して耐ノイズ性を高めた。 この結果、ノイズレベルはフルスケールの0.25 %以下に抑えている。

(5) 制御信号の出力

調節計は通常のSPO形コントローラを偏差調節計として用いることとし、出力の形式はパルス列型とした。これはシステムダウン時にはハードウェア的にパルス出力を停止することによって調節計出力をホールドさせ、出力エラーによって致命的なトラブルを避けようとするものである。

(6) 高速化

全体的には時分割制御の制御性を向上させるため、ハードウェアの処理時間は極力短時間に抑えるよう考慮した。すなわちA/D変換は高速化し(ソフトウェア処理も含め30~40μsec/チャンネル)、出力パルス列も200ppSとした結果、スキャニング周期は約120msecとなっている。この結果、μPの能力的には現システムのままで8ストランド機械の制御を実行できるだけの余裕があることを確認している。

(7) その他

ブリントカードは機能をプロック構造化し、各プロック単位ごとにまとめた。各カードはマザーボード (バスライン)を介して接続するようにし故障時には該カードの挿し変えだけでメインテナンスできるようにしてある。電源ラインには絶縁トランス、ラインフィルタを使用してノイズ除去を行なうとともに、各モジュール電源はカード部分から分離して熱対策の強制空冷を行なっている。

6.7. ソフトウェアの作成

μ Pではミニコンなどの場合と異なり一般に使用メモリ量は少なく、TTYや P T R といった入出力装置を持たない使用形態が多く、プログラム開発をレジデントシステムで行なえない場合が多い。本システムのプログラムの作成も大型コンピュータを利用したクロス・ソフトで行なった。プログラム開発用のサポートソフトはチップメーカーから種々のものが提供されているが、本システムの開発にはインテル社製の P L / M コンパイラ、シミュレータを利用した。ソフトウェア作成の概要は次のようなものである。

(1) **PL/M**利用について

PL/M(インテル社8ピットコンピュータのプログラム開発用)コンパイラを利用することによって効率よくプログラムを作成することができた。一般に高級言語で記述されたプログラムの実行コードはアセンプラ言語で記述したものよりもステップ数が大きくなり、実行効率が悪くなると言われているが、プログラム開発の効率、ドキュメンテーション、他機種との互換性といった点からみれば高級言語の方がはるかに優れている。その中でもプログラム開発の効率アップによるメリットは大きく、本システムの場合プログラム量が6.7 Kバイトと比較的大規模のものであったが、大まかに言えばPL/Mを使用したことによってそのプログラム開発労力は、アセンプラレベルで行なった場合に想定されるものの1/5以下位になっているものと思われる。PL/Mを利用する際によく問題とされる上記の実行コードのステップ数増加に関してはVersion UP版(最新版)でのテスト例として0.1 Kバイトのプログラム長で1.5 倍、約2 Kバイトのプログラム長で1.1 8 倍となるコンバイル結果があり(すなわち大きな

プログラムほど有利になる)、特に心配するには及ばないという結論で あった。

(2) デバッグについて

プログラムのデバッグはINTERP180(インテル社PL/M用シミュレータ)を利用し、大型コンピュータによる会話型シミュレーションで行なった。シミュレータの性質上実時間に関するシミュレーションはできないものの、プログラムロジックの大略はハードウェアに乗せるまえにデバッグすることができた。INTERP180はCPU機能の模擬の他に入出力命令機能や割込み機能についてもそれに代わる機能を持っており、実行時間のカウント機能もあるので極めて効率のよいデバッグを行なうことができるというのが使用後の感想であった。

(3) プログラム機能のチェックについて

シミュレータによるデバックのみでは確認できない制御機能等のチェックはアナコンを使用して行なった。これは本システムの対象となる連鋳機が手軽にテスト運転できるような性質のものでなく、実機に接続する前にシステム機能を確実にチェックしておく必要があったためである。実験はアナコン内に実機モデルを作成し、本システムと接続して全ての機能について確認したが、実際の機械ではテストすることが難しいシピアな条件での動作についてもチェックすることができ、客先納入前に事実上の性能試験を終了したものである。

6.8. 開発結果

計算機導入にあたって目的として設定した3項目に対する評価は次のようであった。

(1) 装置の簡略化

装置の調整作業はオペレータコンソールからのデータ設定(バラメータ 値の決定)におきかわり、一般保守担当者でも容易に可能なものとなった。

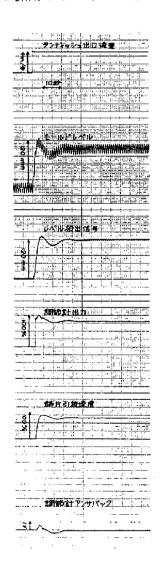
(2) 装置のコストダウン

4台のアナログアンプを1台の μ P システムにおきかえることにより、 制御装置のコストダウンを計ることができた。

(3) 制御性の向上

客先納入前に行なったアナコンを用いた性能試験の結果は次のようなものであり、これは実機にても裏付けられた。

- (a) 定常運転時のレベル変動幅は従来装置のそれに比べかなり小さくなった。
- (b) 起動時、自動起動ロジックを採用すればオーバーシュート量はこれを採用しないものに比べて大幅に改善された。(図-4.6.6.参照)



2 - 4. 6. 6

- (c) 自動起動ロジックを採用すれば起動時における調節計の制御定数は起動特性にほとんど関与しなくなり、制御定数の選択は定常運転時の制御特性を中心に考えて定めればよい。
- (d) システムパラメータの設定は厳密 な選択により行なわなくても充分安定 な制御性を得ることが出来る。また可 制御範囲は狭くなるものの熱電対を2 本のみ使用したシステムでもレベル制 御を行なうことができるという柔軟性 をもつ。

6.9 おわりに

ことで説明したμ P システムは、温度、 塵挨、振動等に関しかなり悪環境となっ ている連鋳機の制御装置として19.75 年12月客先納入後1年余りを経ている が、現在順調に稼動中である。本システームの開発にあたり特徴を有していると思 われる点は、

- (1) システム使用の決定および総合デバックにアナコンを有効利用したこと、
 - (2) ソフトウェアの開発はホストコン

ピュータ で効率よく行なったこと

(3) システム異常検知機能を充分に検討したこと、などである。

7. 鉄鋼業における応用

7.1. 鉄鋼プロセスの概要

鉄鋼プロセスは図ー4.7.1.に示すごとく原料工程、製銑工程、圧延工程の4つに大別される。

原料工程は世界各地より輸入された鉄鉱石と石炭を陸揚げ、貯蔵し、さら に産地別に差違のある性質をなくして常に一定の成分・品質の原料にするた めの配合を行い、鉄銑石の一部は焼結機により焼き固められて焼結鉱とされ、 石炭はコークス炉により乾留されてコークスとされて次工程である製銑工程 に供給される。

製銑工程は酸化鉄である鉄鉱石および焼結鉱を炭素であるコークスにより 還元し銑鉄を造る工程であり、具体的には巨大なシャフト炉である溶鉱炉の 上部から鉄鉱石あるいは焼結鉱とコークスを交互に装入し、下部からは 1300 でにも達する高温の空気を送風し、酸化鉄を還元すると同時に溶け た銑鉄を製造するものである。溶鉱炉は年々大型となり最近建設されるもの は日産10,000トン以上もの銑鉄を製造することが出来る。このよりにして 製造された銑鉄は炭素が4~5 多含有しており、そのままではもろいため次 工程の製鋼工程で強靱な鋼に変えられる。

製鋼工程は銑鉄中の炭素を酸化し炭素含有量を 0.80 %以下にして、用途に応じた各種の鋼を製造するもので通常は酸素上吹転炉が使用される。酸素上吹転炉は図-4.7.1に簡略に示したような壺状の炉に溶銑、冷却材、造滓材を装入し上部より純酸素をランスを経由して超音速で吹き込み溶銑中の炭素を酸化して一酸化炭素として除去するもので、一回の吹錬により 300 トン以上もの鋼が 20 分以下でえられる。転炉でえられた溶けた鋼(溶鋼)は鋳型に注がれ固められ鋼塊とされた多と、分塊圧延機で成品に対応した適当な大きさの半成品(鋼片)にされる分塊法か、あるいは溶鋼を中空の水冷鋳型の上部より連続して注入、下部から引き抜きながら冷却し適当な長さに切断し直接鋼

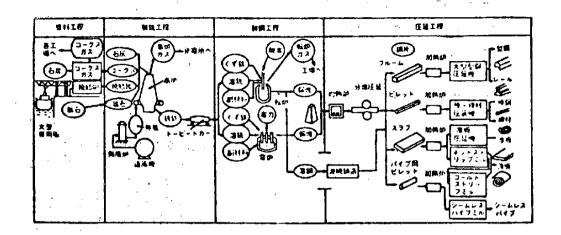


図-4.7.1. 銑鋼一貫プロセス概要

片を製造する連続鋳造法が適用されている。近時は製造コストが大巾に低減 されるため連続鋳造法が多く用いられるようになっている。

製鋼法には前述の転炉法の他に平炉法と電炉法とがあるが、日本では平炉 法はほとんど姿を消し、電炉法は合金鋼など特殊な鋼を造るのに用いられて いるのにすぎない。

圧延工程は鉄鋼業としての最終成品である各種の鋼材を製造する成品工程である。鋼材は船舶、構造物に使用される厚板、自動車、電気製品に使用される薄板、缶詰などの容器に用いられるメッキ板、建設物に用いられる型鋼、レール、線材、バイブなど色とりどりであり、ここで初めて一般の人々に馴染み深い姿となって出荷されるわけである。このように各種の鋼材に応じてそれぞれの圧延工程が存在するわけであるが、大きくわけると熱間圧延工、冷間圧延工程、表面処理工程となる。

熱間圧延工程は分塊あるいは連続鋳造から供給される鋼片を1,300 c前後に加熱したあと熱間で各種圧延機により寸法・規格に応じた厚さ・型に圧延されるものである。圧延工場として大きなものは特に連続熱延工場であり月産50万トンにも達する。

冷間圧延工程は薄板を主として製造するもので、連続熱延工場から供給された 鋼帯を冷間のまま多段圧延機で連続圧延し薄板にするもので圧延速度は極め て速く2.500m/分にも達する。

表面処理工程はプリキとかトタン板を製造するもので冷間圧延機からの薄 鋼板を電気すずめっきラインあるいは亜鉛めっきラインにより製造される。

以上の主生産工程の他にこれらの生産活動をささえるために重量物の効率的な運搬を行なう輸送部門、巨大なエネルギを製造供給するエネルギ部門、 生産の管理統制を行う管理部門から銑鋼一貫の製鉄所は構成され、年間

1,000万トンにもおよぶ鋼材の生産が行われているわけである。

7.2. µPの応用可能分野 # ...

前項で鉄鋼プロセスを極めて簡単に説明したが、ことで鉄鋼プロセスの特 徴を例記すると次のごとくなるであろう。

- (1) 大容量、高速の生産プロセスであること
- (2) 非連続バッチプロセスであること
 - (3) 高温の化学反応プロセスであること
 - (4) 高速のそ性加工プロセスであること
 - (5) 固体、粉体、液体の重量物のハンドリングプロセスであること
 - (6) ぼう大なエネルギ、水の消費プロセスであること
 - (7) 放品精度が思いのほか高く要求されること
 - (8) 生産様式は大容量設備にもかかわらず多品種少量の注文生産であること

これらの特徴に対して内的、外的な要請として

- 」(1) 高品質の鋼材を多量に安価に供給すること。
- *(2) 効率的な生産を安定して維持すること
 - (3) 省力化を徹底し生産性を高めること
 - (4) 省資源、省エネルギを徹底すること
 - (5) 環境対策を行うこと
- (6) ますますシピアになる需要家の要求に応じられること などである。

これらの特徴と要請とがあいまって製鉄所の生産を維持し運営する諸管理 の面と、設備の運転と成品品質を確保する制御の面は従来から高度の技術を 駆使しきめの細いものであった。 このような背景のもとに出現したμPは当面は従来の制御装置の置き換えとしての地位に止まっているがいずれはその安価であり小型である特徴からあらゆる場所に知能を付加し得る可能性があり、さらに管理、制御を巧緻にしていくのに役立つと期待している。

さて従来の制御システムや管理システムを振りかえりながら鉄鋼業における #Pの適用分野を考えてみよう。

7.2.1. シーケンス制御

鉄鋼業は先きの特徴にも述べたように重量物をバッチで取扱いながら化学的・物理的な加工を行っていくために順序制御(シーケンス制御)が従来から非常に多く行われてきた。たとえば

- (1) 原料運搬のベルトコンベヤ統括制御
- (2) 高炉への秤量、配合装入制御
- (3) 圧延工場における鋼材の搬送制御

などがあげられる。

このようなシーケンス制御は旧くは機械的な有接点リレーとタイマで行われていた。その後半導体によるワイヤード・ロジックになり、近来はプログラマブル・ロジカル・コントローラ(シーケンサ)として1ケの論理演算部を時分割で使用しながらシーケンス制御指令を発するものが使用されだしている。このシーケンサはワイヤード・ロジックがハードウェアのみであったものがソフトウェア化された意味をもっている。

シーケンサの論理演算部は計算機と同一の設計思想が適用出来るもので、 従来のシーケンサは事実IΟを用いたミニコンピュータと同じように製作 されていたが、μPが出現し当然演算部の置換は考えられ、既に多くのメ ーカにより商品化されている。

7.2.2. プロセス制御

鉄鋼業には多くの工業よう炉があり化学反応、加熱が行われているが、 とれらの化学反応や温度、燃料流量、圧力の制御をとこではプロセス制御 と云う。これらのプロセス制御は工業計測制御として独立した分野であり、 旧くは油圧式調節装置が用いられていた。その後空気圧を利用しノズル、 絞り、タンクなどを組合せて制御演算(比例、積分、微分)を行う空気圧式 が一時使用された。しかし10数年前から半導体の演算増幅器を使用した電子式制御器が広く用いられるようになり、温度、流量などの測定信号もバルブなどを動かす操作信号も4~20mAの電流信号に統一され電子式制御システムが確立していた。

プロセス・コンピュータが一般化され信頼性の向上とともに制御の高度化のためダイレクト・ディジタル・コントロール(DDC)が試みられたが、価格的には100点以上もの制御を行わないと引き合わないこと、万一コンピュータが故障した時にこのような多数の制御点のバック・アップが技術的にも価格的にも難しい点から普及しなかった。

μ P が出現しディジタル演算が安価になると多くの計装メーカが相い次いでμ P を制御演算の中枢に据えながらも数多く使用し危険の分散を考慮した分散型 D D C システムが昭和50年に発表された。

この分散型 D D C システム の特徴は演算制御定数 (P I D 定数) を自動 的に切替えられる どか、 シーケンス制御と組合せが容易であるとかであ るが、もう一つの特徴は通信手段と組合せカラーテレビを計器盤の代りと して集中監視が容易であることであり、これらの特徴から今後急速に普及 していくと思われる。

従来のプロセス・コンピュータによるDDOは分散型に対して集中型 DDCともいえるが、これに対してもμPを使用した汎用性のあるコンピュータが発売されているのでこれを応用するごとも安価になることから歓迎されている。

7.2.3. 電機制御

鉄鋼業には大容量のモータを数多く使用しており、電動機応用の一つの分野となっている。圧延機特に連続熱間圧延では6~7基の圧延機を串型に配列しそれぞれが数千キロワットの電動機で駆動されており、圧延速度は最高1.500m/min、にも達している。このような高速圧延機の速度制御、位置制御、張力制御、板厚制御などは鉄鋼における電機制御の華とも云えるものである。

旧くはとれらの電機制御回路には回転増幅機、マグアンプなどが使用されていたが、サイリスタの出現などから半導体による演算増巾器が使用されるようになった。しかし前述プロセス制御と同様にプロセス・コンピュ

ータが安定すると昭和45年前後からDDC化されるようになった。ブロセス制御と異なり電機制御回路は一品料理的な様相が強く一制御ループ当りの価格も高価であり、プロセスコンピュータによるDDCでも少数ループで価格的に引合うところから高速の制御を要求される速度制御系を除いてDDCが普及し現在ではDDCの利用は常識化している。このような背景のもとにμPが出現したため、プロセス制御より若干の遅れはあったが、μPを応用した分散型のDDCシステムが多くの電機メーカから発表されている。鉄鋼業としてこの電機制御の分散化DDCに期待しているのはやはり危険分散による信頼性の向上と集中管理の容易さである。

7.2.4. 計測値の前処理

ここまでに制御の分野について述べてきたが、制御を可能とする必須条件は計測が可能であるか否かにかかっている。温度、圧力、重量、位置などの計測についてはある程度確立しているが、残念ながら鋼材の状態、品質を精度よく直接測定出来るものはほとんどない。また点の計測から面の計測への要求が強まってきている。

このような要求から計測は当然単純なものから複雑なものへ変ぽうし、 複数の計測値と組合せて新しい測定値とするたとえば鋼材の長さと温度を 測定し、常温の鋼材の真の長さを求める、あるいは炉の表面温度を何点か 測定し炉の内部レンガの状況を推定するなどの必要性が生じている。また パターン認識が可能になると計測、制御の面で一大革命になることは云う をまたない。

これら複雑化する計測に対して何らかの知能が必要であり、既に # Pを計測値の前処理に使用し精度を向上するとか、数点の計測値を組合せ演算し新しい計測値を求めるととが行われているが、今後 # Pの利用分野として最も期待している一つである。

・7.2.5. 管理システム

前述したごとく製鉄所を効率的に運営するためにはきめ細い管理システムが必要であり、生産管理、工程管理を中心として昭和40年代の前半から 製鉄所を単位とする計算機を用いたオンライン・リアルタイムシステムを 構築していた。この一つの例を図 – 4.7.2.に示す。

図ー4. 7. 2 総合コンピュータ・システム

とのシステムは図ー 4.7.2.に示す通り大型の汎用コンピュータ、幾つかのプロセス・コンピュータ、工場の要所要所に配置された設定盤などの端末装置とこれらの機器を接続するデータ通信装置から成り立っている。

これらは全て論理回路から出来ているが、従来はICがその主流を占めていた。

μPの出現は当然とれらの管理システムへの応用が考えられ、コンピュータは別としてもデータ通信制御とか端末装置の制御はμPの最も効果を発揮する分野であろう。

以上鉄鋼業における μ P の応用の大きな分野と考えられるところを述べたが、これらの分野は何も独立したものではなく図ー 4.7.2.にも示したように通信回線などのハードウェアで接続された一つの巨大な管理・情報システムとなっている。

この管理・情報システムの発展を模式的に画くと図ー 4.7.3.のごとくなるであろう。とくに昭和 5.0 年以降はハードウェアからソフトウェアへの変換の中で出現した μ P が知能の分散化の期待から鉄鋼業の中で年を追うに従って大きな地位を占めていくものと予想される。

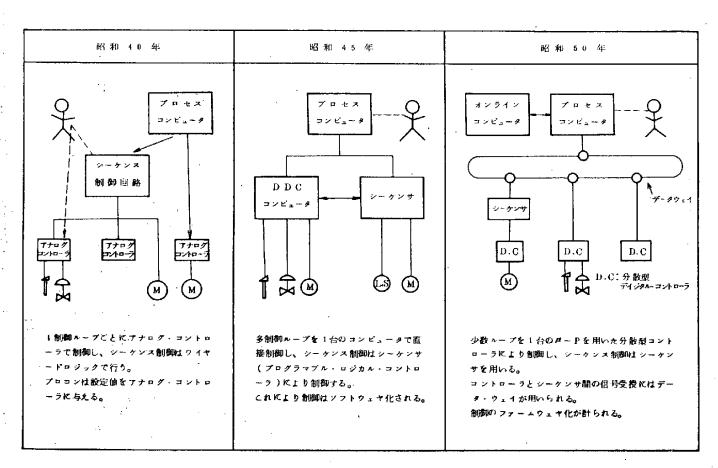


図-4.7.3. 制御のソフトウェヤ化の進展

7.3. 4 Pの応用例

前項では鉄鋼プロセスにおける # P の応用可能分野について述べた 、 ここでは具体的な応用例についていくつか紹介する。

7.3.1. 鋼板厚み計

鋼板の厚さを非接触で測定することは成品の精度保証のうえからも、生産効率の面からも重要であり、X線とかr線を使用した放射線厚み計が使用されている。

図ー4.7.4.に示したのは r 線厚み計の例であり、下部の線源から出た r 線は測定対象である鋼板で減衰透過した後、シンチレータで検出され鋼板 厚みに換算される。

この r 線厚み計に使用される μ P の機能は次ぎのごときものである。

(1) リニヤライズ

r線の鋼板における減衰は指数函数であるため、鋼板の厚さにより感 度が変るため直線化計算を行わねばならない。

(2) 温度補正

鋼板による r 線の減衰は鋼板の密度によっており、とくに圧延時には 800 に以上であるので温度による密度の変化は大きく、このため r 線 厚み計で得た厚みの温度補正計算を μ P で行う。

(3) 鋼種補正

温度の場合と同様に鋼種にもとづく密度差の補正計算を行う。

(4) 自動校正

鋼板の切れ目でオペレータが校正ボタンを押すと内蔵している一定厚のサンブル鋼板が線源と検出器の間に入り自動的に校正を行うが、この自動校正の制御と校正にもとづく補正計算をμ P が行う。

(5) 上位計算機とのデータ授受

従来は以上の機能をアナログ回路で行っていたが、μPの利用により ドリフトが無くなり精度がはるかに向上し長期間の安定性も秀れたもの になった。

7.3.2. プロセス制御

プロセス制御の一例として鋼材加熱炉への分散型DDCによる計装シス

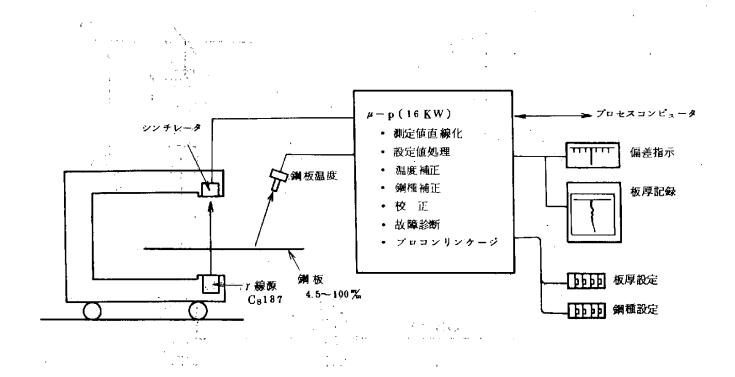
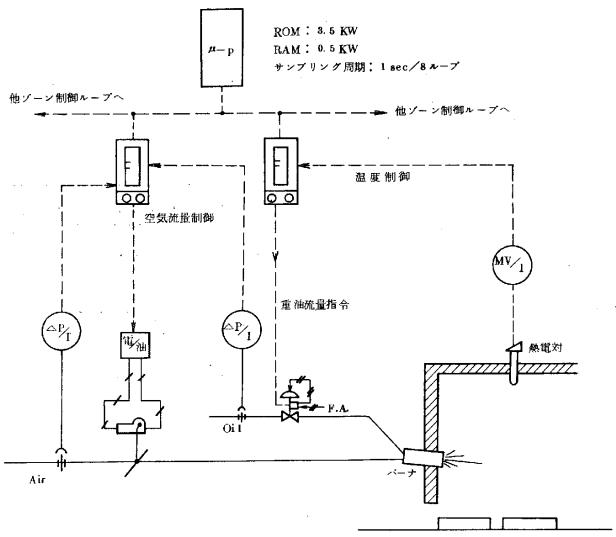


図-4.7.4. r線鋼板厚み計構成図



. 図-4.7.5. μ-Pによる加熱炉 DDC

テムを図ー4.7.5.に示した。

加熱炉はいくつかのゾーンに分れ予熱帯、加熱帯、均熱帯と呼ばれている。それぞれのゾーンは独立に燃焼が制御出来るようになっている。図ー4.7.5.はそのゾーンの1つを採って計装システムを画いたものである。

従来のアナログ計装であると温度制御器の指令で先ず燃料流量が変化し、その燃料流量に追従して空気流量を制御していた。このアナログ計装における欠点は燃料に対して空気流量が遅れて制御されるため、燃料が増加する方向では空気が不足して黒煙をだし、燃料が減少する方向では空気が過剰となり効率を悪化させる。

_このような欠点を取除くために # Pによる D D C を導入したもので

- (1) 燃料の変化が過大にならないよう制限しオペレータが温度設計を急激に変化しても燃焼制御系が安定しているようにする。
- (2) 燃料流量変化指令により空気流量制御弁を先行的に調節し常に適正空気/燃料比を保つ。とくに流量増方向と減方向に対して先行調節量をそれぞれ別個に選択出来るのでさらに精度を高められる

などの配慮を行っている。これらはアナログ計装では行えなかった #PDDCのもっとも力を発揮しているところであろう。

故障時にバックアップについてはその例ではオフラインの予備 # P と交換することにしているが、その他の例ではA / Mステーションにアナログ調節計を用いて、重要な制御ループのバックアップを行わせることもある。7.3.3.シーケンス制御

シーケンス制御の例として銑鉄原料となる焼結設備へのμPシーケンサ (プログラマブル・コントローラ)の応用例をあげる。

焼結設備の原料、成品の流れの系統図は図ー4.7.6.に示すように原料ヤードからの払出しに始まり、原料ビン、定量供給装置(CFW)を経て適正配合され、その後原料ホッパから焼結機に供給されて焼結鉱となるもので、それぞれの設備の間はベルトコンベヤで連結されている。焼結設備全体では150台以上もの制御対象機器があり、それぞれの順序、起動、停止を行うためのインターロック、ルート選択、非常停止などきわめて複雑なシーケンス制御を行わねばならない。このための制御構成図を図ー

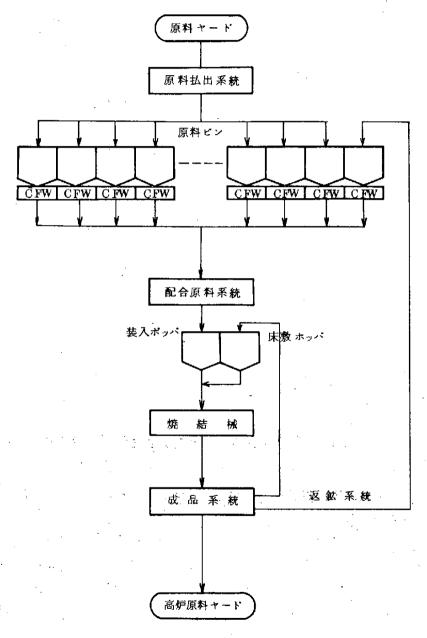


図-4.7.6. 焼結原料・成品流れ図

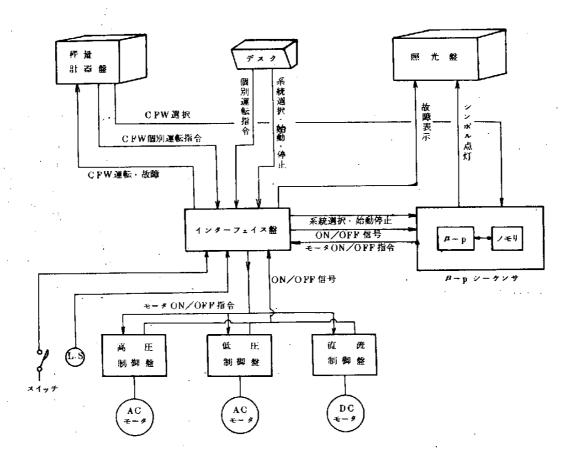


図-4.7.7. 焼結設備シーケンス制御構成図

4.7.7.に示す。

また表-4.7.1.に制御内容を簡単に示した。

設備系統	μ P シーケンサ 台 数	制御対象機器台数	入出力点 数	制御内容
主原料 系統 副原料	2	7 5	300	①順序始動、停止 ②運転系統選択 ③故障監視 ④回路チェック
配合原料 系統 焼 結 機	1	3 9	220	①順序始動・停止②CFWの切出制御・ 監視③故障監視④回路チェック
成 品 床 敷系統 返 鉱	1	5 4	250	①順序始動・停止②シュート・シャトルコンベヤ・ ダンバの切換制御③故障監視④回路チェック

表-4.7.1. 焼結におけるシーケンサ適用内容

このように従来のリレー回路あるいはスタティック・ロジック回路に比べて次の利点を有している。

- (1) ハードウェヤは標準品であり製作期間が短かくて済む。
- (2) 輸送系の変更が設計段階でも稼動後でもありがちであるが、ソフトウェアでシーケンスロジックが変更できるので外部条件の変更に対処しやすい。
- (3) 従来方式に比して据付面積が小さくて済む。 などであるが、欠点としては故障時にはカバーしている範囲が広いため影

響が大きく、複数台に対して1台のシーケンサを予備機として設けるなどの配慮がいるし、また当然μPの信頼度が従来方式のもの以上に高いことが必要である。

7.3.4. 電機制御

電機制御へのμPの応用例として図ー4.7.8.に圧延機の圧下位置制御の例を示す。

起動長号と位置設定値はオペレータかあるいは上位のプロセス・コンピュータから与えられるが、 Pコントローラは設定値のチェックを行った後、位置検出器からの現在の圧下位置と設定値を比較し偏差があれば PIDなどの制御演算を行ない、出力を速度制御系に設定値として与える。 直流モータはレオナード方式による速度制御を行いながら圧下が所定の位置になるまで回転する。もし摩擦が大きくなるなどして所定の時間内に位置制御が完了しないとμ Pは異常と判断し、異常表示を行なう。

以上が簡単な動作説明であるが、利点としてはシーケンサの場合と同様 に多様の仕様に標準品で対処出来ること、据付面積が小さいことなどのう え、DDCであるためドリフトが原理的になく安定な動作を長期間保持出 来ることがあげられる。

さらに多くの電機メーカーはμPDDCとデータウェイなどの通信手段、 上位のプロセス・コンピュータを1つのシステムとして考え、総合的な性 能/価格比の向上を狙っている。

7.3.5. 総合情報システム

すでに前項でも述べたが製鉄所を1単位とする総合情報システムが完成 し多くの製鉄所で稼動しているが、この分野にも # P は急速に浸透してい る。この例を図 4.7.9.に示す。

この例では生産情報の処理は中央にあるオンライン・コンピュータが行っており、2台中常時は1台が運転中、1台が予備で、運転中に故障を生ずると予備機に切替えられる。オンライン・コンピュータから1への情報はμP/MSTを経由しデータ・ウェイにより工場現場にあるLST(ローヤル・ステーション)に伝送され、さらにμP/LSTを経由して情報処理端末に伝送される。

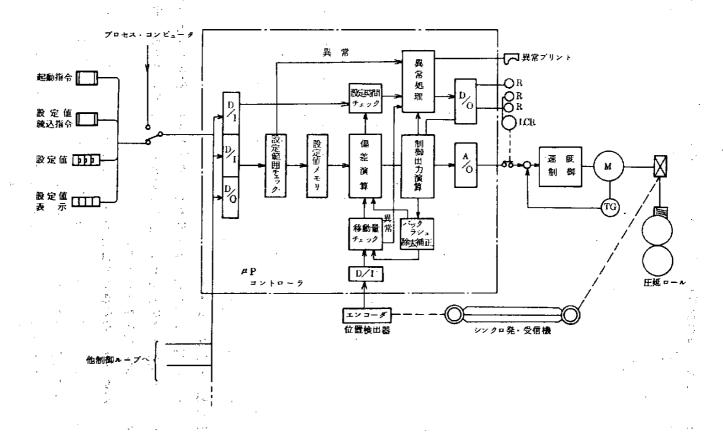


図-4.7.8. μ P コントローラによる圧下位置制御·

図-4.7.9 µPを用いた総合情報処理システム

1つの成品工場の情報処理だけでもデータ・ウェイの総延長は10 km/C達し、ステーションは10台、情報処理端末(タイプライタ、CRT、設定盤など)は150台にも達する。

図-4.7.1 0.にも示したようにいたる所にμPが使用され、細かに数えれば20台にもおよんでいる。以下にそれぞれのμPの機能について簡略に紹介する。

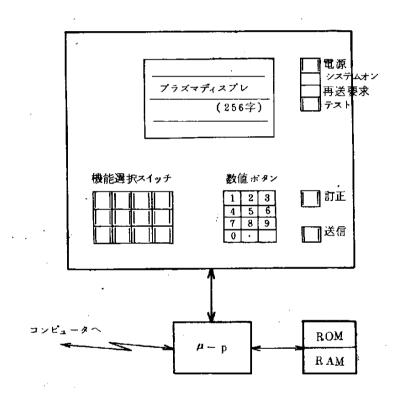


図-4.7.10. 設定・表示盤

(1) # P / M S T

オンライン・コンピュータとデータ・ウェイのMST(メイン・ステーション)のインターフェイスとして使用され、次ぎの機能をもつ。

a. データのバッファリング

b。メッセージと伝送単位への変換・編集

- c. データ伝送制御
- d. 異常検出および再送、伝送打切りなどの処理

(2) $\mu P / L S T$

データ・ウェイのLST(ローカル・ステーション)と下部に複数台接続されている情報端末のインターフェースとして働き、次ぎのごとき機能をもつ。

- a. データのバッファリング
- b.メッセージ編集、チェック
- c、端末とのデータ授受制御および印字、表示などの端末制御
- d. 端末の異常検出と異常状態のオンライン・コンピュータへの報告

設定、表示盤はコンピュータからの指示の表示、作業内容の報告などマン・マシンインターフェイスとして重要なものであり、とくにタイプライタの操作に慣れない日本人オペレータにとって作業の途中で誤りなくデータの入力を行うために多くの工夫を払っている。

設定・表示盤は図ー4.7.10.に示すよりに表示部と機能選択スイッチ、数値スイッチとから成立っている。オペレータがたとえばある検査情報を設定しようとする時には、先ず機能選択スイッチにより設定するデータが検査データであることを告げる。すると表示部に関連データ例えば材料ル、向先、検査規格が示され、さらに設定すべきデータ部が空欄として表示される。オペレータがデータを設定していくと空欄が順次埋り、全ての空欄が埋ったのを確認してオペレータは"送信ボタン"を押すこ

このように複雑な制御を要するため従来は大きなロジカル回路盤を とで検査データがコンピュータに送付される。

別に置くか、あるいは上位のコンピュータで直接制御するかであったが μ Pにより簡単に盤に組み込むことができるようになり、分散型のイン テリジェンス・ターミナルが容易に設計出来るようになった。

この # Pの処理機能は

- a.データのバッファリング
- b.コード変換

- c. 表示フォーマット制御
- d . 異常検出、処理

などである。

(4) ラベルプリンタ・

鉄鋼製品には向先、規格、出鋼ル、寸法、成品ル、などを印字したラベルを貼付するが、見やすいように大型の文字とすることと向先に漢字、規格にJISマークなどを必要とするため普通のタイプライタでは困難なことが多かった。しかし最近ドットプリンターが一般化するとともにドットの打ち方を制御することにより従来のタイプライタでできなかった特殊文字を作り印字することが可能になってきた。

との文字の発生と印字制御のためにμPが使用されるようになり、μP は次のごとき機能をもっている。

- a. データのバッファリング
- b . 文字の発生、寸法制御
- c. ドットプリント制御
- d. データ伝送制御

7.4. ユーザとしての留意事項

これまでに μ P の鉄鋼プロセスにおける位置付けと応用の具体例について述べたが、 μ P の評価については使用実績がたかだか 1 年程度であり不明である。しかしこの 1 年の使用実績からは特に大きな問題点もなく期待した性能はでているものと考えられる。

しかし使用する上でユーザとして留意すべき事項あるいは希望事項もいく つがあるので以下に簡単にふれたい。

μ P の技術革新は目覚しく、今日の欠点は明日には是正されているという状態であり、すでに多少演算速度は遅くともミニコンピュータ並の性能をもつものも あるが、一般的に言ってμ P は次のごとき欠点が あろう。

(1) ソフトウェア作成能力が弱い。

μ P は小型、安価が生命であるため、プログラム作成能力が弱く、機械 語によるか、あるいは同一機種のプログラム作成用のシステムを別にもつ か、ホスト・コンピュータによるクロス処理に期待するかしかない。

(2) ソフトウェア コストが大

(1)のソフト作成能力が弱いことに起因しハードウェアのコストが非常に安価であるにもかかわらず、システム全体のコストは思った程安価にはならない。今後のソフトウェア作成の人件費の上昇を考慮するとますますハードウェアとソフトウェアのコスト差は拡大していくと思われ、この対策としてはソフトウェアのパッケージ化とその蓄積をメーカ、ユーザともに行う必要がある。

(3) 周辺装置が乏しい

μ P の出現により演算部は非常に安価になったが、これに対応する周辺 入出力の装置は開発されておらず、相変らずミニコンピュータの入出力装 置を使用しているので演算部より高価になっている場合が多い。またプロセス入出力装置にも同じことが云え、このことからも大規模なシステムに は不向きであろう。

(4) 短語長、低処理速度

最近になり16ビット語長のものがでてきているが、一般には短語長で あり処理速度もミニコンピュータに比して1桁は遅くこのため演算処理が 繁雑になる。

(5) 割込処理機能が貧弱

割込機能は一応は持っているが、レベルは1レベルのものが多く、また ソフトウェアもオンラインモニターがないので多重優先処理はできない。 このため一般的なプロセス・コントロール・コンピュータとは同一には考 えられない。

以上の欠点からμPを従来の汎用性のあるコンピュタとして考えるのは無理であり、専用機、単能機としての分野、すなわちソフトウェア・メンテナンスのない小規模単目的の制御装置として取扱うべきであろう。またこのような分野は鉄鋼においては前述のごとく種々あるしまた他の産業においても同様であろう。

この単機能的応用に対してはROM(リード・オンリー・メモリ)を利用 しマイクロプログラミング技法によるファム・ウェア化、すなわちソフトウェアのハードウェア化は信頼性、安定性の面からユーザとして望ましい方向 である。

RAM(ランダム・アクセス・メモリ)にコアを使用する場合とICメモリを使用する場合があるが、とくにICメモリはほとんどが揮発性であるので無電源対策を講ずるか、自動IPLが行えることが必要である。IPLを行うためのプログラム・メモリとしては当然安価なことが必要でありフロビー・ディスク、カセットテープなどに期待している。

最後にμPは文字通り日進月歩であり、日を追って新製品が発表されているが、すでに設置したμPはユーザとしては半永久的に使用していかねばならない。とくにプラントの制御に使用している場合は、オフラインに使用されている場合に比して、信頼性、安定性が格段に要求されるのは当然であり、μPの故障により大容量設備の生産停止あるいは事故の発生がないとは云えない。このためユーザとしてはメンテナンサの養成(ハードウェア・メンテナンスからソフトウェア・メンテナンスへの変換)が急務であると同時にメンテナンスが容易になるような工夫をメーカに要求しなければならない。

すなわち(1)故障を起さないものであること、(2)故障が起きた時には即時に検出出来ること、(3)故障の部位が明確に示されること、(4)故障部位が簡単に取換えられること、(5)修理後の正常な動作への復元が単純な動作でかつ短時間で行えることなどをμΡシステム設計時に配慮されるべきである。

また、先きに述べたようにユーザとしては半永久的に使用したいので、(1) 補修用部品の確保と安定供給、(2)改造、修理などのサービスの確保を長期間 少くとも納入後10年以上をメーカに保証して貰いたいと考えている。

8. 総合廃水処理施設への応用

8.1. はじめに

昭和48年10月に公布された瀬戸内海環境保全臨時措置法に基づく広島県条例(昭和51年11月1日施行)のCOD規制値20ppm に適合する総合廃水処理施設を三菱重工三原製作所において、当社技術により完成させた。同設備の概要は、1日300トンの生活廃水処理と1日400トンの特定作業廃水処理能力を有し、化学的酸素要求量(COD)規制値で15ppm以下に浄化放流される。公害関連設備の制御方式として規制条件を満たす

ため、常時監視、演算を主体とした制御と適確な情報処理が可能な制御を確立する必要がある。また、作業環境の問題からできる限り人手のかからないシステムを構成する必要がある。上述の意味から、同設備においては、中央制御方式と三次処理部の処理コントロール、TOD測定、情報管理をμPで制御監視し、将来構想である全無人化の目安を得た。

8.2. システム概要

同設備の処理プロセスを図ー4.8.1.に示す。同設備は、工場内の全生活廃水を処理するもので、所内の各パートから排出される便所汚水は浄化槽を経由し、風呂水、手洗い水、食堂廃水は、そのまま同設備へ送水される。送水は、各末端からポンプ圧送により、途中の10数個の末端調整槽によって水量変動を吸収されながら、廃水処理場内へ送られてくる。

処理場内に送水されてきた原水は、原水槽上部に設けられたスクリーンを 通過し、塵挨が取り除かれ、自重により下部の原水槽へ入る。原水槽では、 その後のプロセスへの送水が均等化されるように滞留時間を持たせている。

均等な流量に割り振られた原水は、M1とM2の二つの散水沪床へ送られ、生物処理されて生化学的酸素要求量(B0D)成分および化学的酸素要求量(C0D)成分が除去される。散水沪床の処理水は、充填物(高分子凝集剤PAC)を注入して、浮遊物質(SS)分を凝集沈澱させた後、二次処理水槽へと送られる。

一方、沈澱槽下部に沈澱した汚泥は、集泥されながら排泥ポンプで、濃縮ソーンへ送られる。そこで次行程の脱水操作がしやすいよう濃縮され、脱水助剤を添加後、真空脱水機にて、脱水し、乾燥焼却処理される。また、工場内の作業廃水は、凝集沈澱設備で処理し、PH調整後、油水分離機を経由して二次処理水槽へ送水され、生活廃水の二次処理水と混合される。そこで、砂戸過処理により、微細なSS分が除去される。さらに、活性炭塔の通過によりCOD成分を除去した後、塩素殺菌され、三次処理水槽へ貯えられる。この処理水は砂戸過むよび活性炭塔の逆洗水、廃水処理場内の用水として再利用される。

8.3. システムフロー

и Рにより、以下に示すことを行なっている。

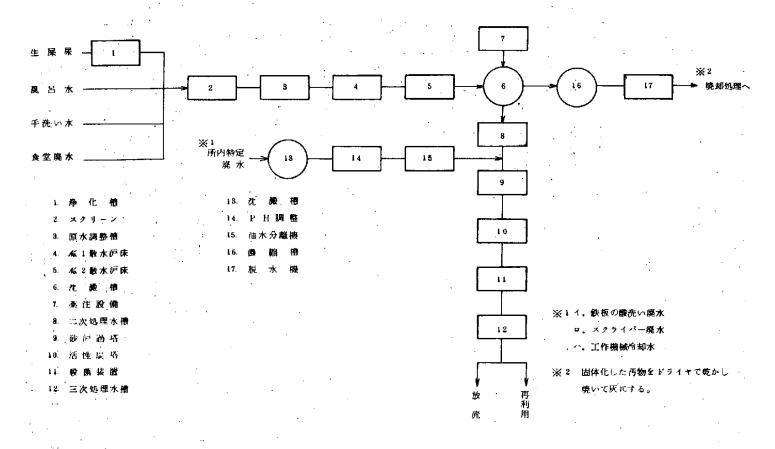


図-4.8.1.処理プロセス

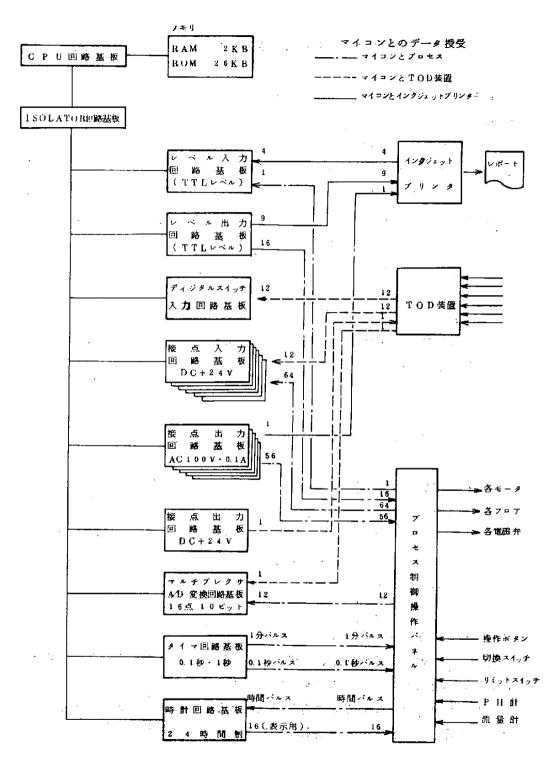


図-4.8.2. µP構成と設備の関係

- ●プロセス・コントロール及びモニタリング
- ●TODデータ処理
- ●管理情報処理
- ●異常処理
- 8.3.1. µPの機器構成

μ P構成と処理装置との関係を図ー 4.8.2.に示す。

- 1) CPU インテル8080
- 2) メモリ RAM (2 KB) バイボーラROM (2 6 KB)
- 3) レベル入力 5点
- 4) レベル出力 25点
- 5) ディジタルスイッチ入力 12点
- 6) 接点入力 76点(DC+24V)
- 7) 接点出力 57点(AC100 V.

0.1 A)

1点(DC+24V)

- 8) アナログ入力 13点(DC+1V~5V)
- 9) タイマ機能 0.1秒、1秒
- 10) 時計機能 24時間制(時、分)
- 11) ブリンタ インクシェット方式 印字速度33・33交字/秒

紙巾 254 mm

- 12)) TOD装置 0~750ppm計測 自動切替え5系統
- 8.4. 三次処理コントロール

同プラントの制御について、二次処理までは、液面スイッチとポンプの圧 送がほとんどであり、従来のリレー回路を採用している。

三次処理は、μPによる連続自動運転を行なっている。以下、三次処理プロセスと自動運転内容について説明する。

8.4.1. 三次処理設備

(1) 砂沪過塔

砂戸過塔は、活性炭塔へ送水する前に微細なSS分を捕捉するのが目的であり、戸層へのSS捕捉が進行するにつれて沪過抵抗が増大し、通水量が減ってくる。したがって、砂戸過塔は、沪層前後の差圧△Pを測定し、この値が一定値に達したら逆洗浄を行ない、戸層に捕捉されたSS分を洗い去り、逆洗水は原水槽へ戻す。逆洗は、最初数分間エアー逆洗を行ない、その後、水逆洗を約15分間行なう。逆洗は、前述の差圧△Pが一定値に達した時、もしくは、一定時刻を決めて1日に一度行なわれるように設計されており、いずれか優先した方で行なう。勿論、砂戸過塔逆洗時には、三次処理パートへの送水は中止されるが、前行程は運転を続けることになるため、二次処理水槽の水位および逆洗水が流入する原水槽の水位を検出し、逆洗工程を開始していいか否かの判断を行なうインタロックが施されている。砂戸過塔の精砂は、精砂の粒子間の隙間にSS分を捕捉する形での戸過であるため、逆洗を完全に行なえば捕捉した物は取り除くことができ、充填物は半永久的に使用できる。実際には汚れが進行するため約1~2年に一度取り替えることができる。

(2) 活性炭塔

砂沪過塔を通った処理水は、次に活性炭塔を通って残留分のCOD成分などを活性炭に吸着させ清澄な処理水を得る。活性炭塔は、砂沪過塔の場合と同様に目づまりによる差圧上昇もあり、逆洗を行なり必要があるが、砂沪過塔で既にSS分を捕捉してしまりため前者ほど逆洗頻度は高くない。したがって差圧の増大を検知し、逆洗を行なり指令を出す方式と共に砂沪過逆洗回数を鑑定し、その回数に基づき逆洗設定する方式も採用し、いずれか優先した方の指令により行なり。

活性炭は、活性炭粒子の細孔に吸着する機構であるため、吸着量が飽和に達すれば新しい活性炭と交換する必要があり、同フラントでは、TOD計を設け、各部分の水質性状(原水槽、二次処理水受槽、二次処理水槽、三次処理水槽)を連続測定し、日報に打ち出し監視している。

8.4.2. 砂炉過塔、活性炭塔フロー

同プラントの三次処理パートは、砂戸過塔1塔、活性炭塔M61、M2の 2 塔からなっており、その運転方法としては次の5種類のフローが選択で きるようになっている。

- 4. 砂戸過→№1活性炭戸過→№2活性炭戸過
- 口,砂沪過→162活性炭沪過→161活性炭沪過
- ハ.砂戸過のみ
- 二.砂沪過→161活性炭沪過
- ホ.砂沪過→162活性炭沪過

弊社は、工場廃水のブラントメーカであるため通常の運転はイ・またはロ・であるが、工場廃水を処理するのと同時にいろいろなテストを行ない、またデータを集めて今後の製品にフィードバックするために原水性状および処理水性状に合せて、ハ~ホの選択も可能にしている。図-4.8.3は、イ・の運転方法での沪過、砂沪過逆洗、活性炭逆洗行程ごとのバルブの開閉状態、ポンプ、ブロワーの作動状態を示した代表例である。

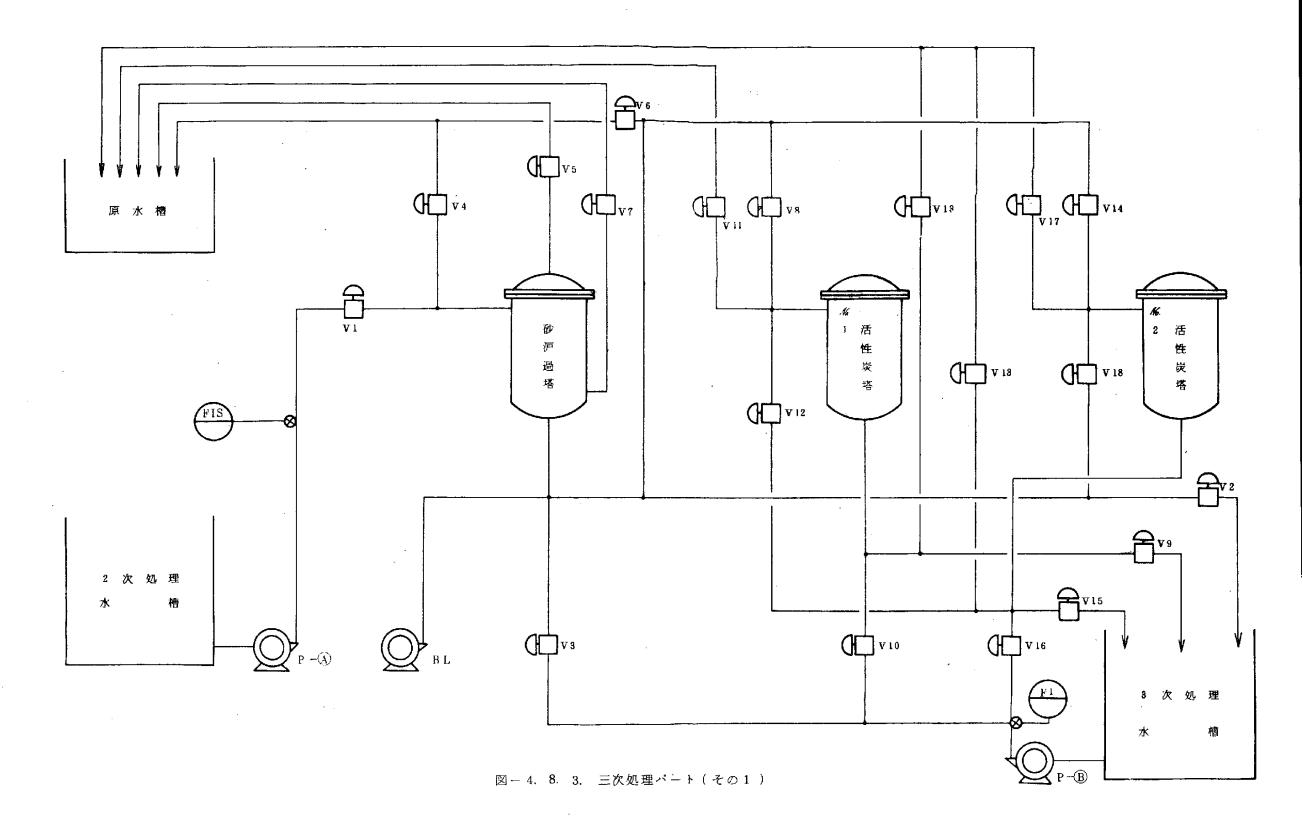
勿論、これらの動作選択は全て自動運転される方式になっている。必要ならば手動運転も可能になっている。

8.4.3. 三次処理と μ P

前述の如く三次処理パートの運転は、8.4.2項で示す。イ・からホ・までのプロセス選定以外は全て自動で行われるが、これは、制御盤に組込まれたμPにより制御される。また、μPの特徴を生かし各パルプ、プロワー、ポンプ類ごとに動作チェックを行ない、異常があれば中央監視室に設けられたグラフィックパネルに異常警報を送る。

また、プラントの状態を常に監視しており、逆洗をどによるプラントの 状態変化は、全てプリンターに打ち出され、操作員に管理情報を提供する。 8.5. プロセス用全酸素消費量(TOD)測定

産業の発展に伴ない水質汚濁が大きな公害問題となっている。工場排水、河川の水などの汚濁度は、主に水に含まれる物質が酸化するときに消費する酸素量で表わされる。従来との酸素消費量は、生物化学的酸素要求量(BOD)、化学的酸素要求量(COD)などの測定値で決定されていたが、最近



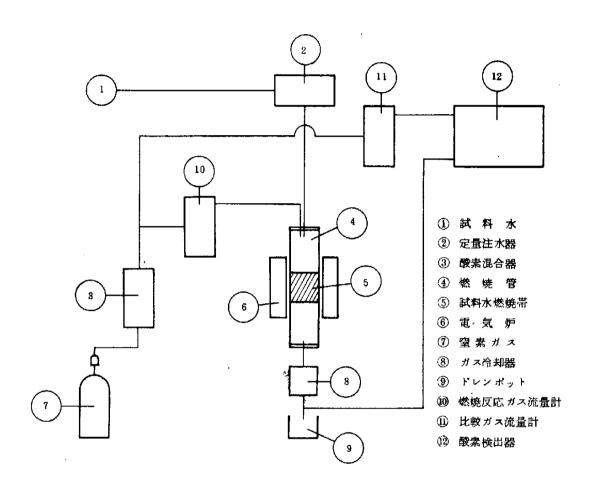


図-4.8.4. TODの計測原理

これらを含めた全酸素消費量で表わされ、迅速な測定によって管理されるよ りになった。

8.5.1. 全酸素消費量計測の原理

一定量の酸素を含有する窒素ガスを燃焼管を通して酸素検出器(高温固体燃料電池使用)に流しておき、燃焼管内に定量注水器から滴下された試料水は蒸発し、含有有機炭素、水素、窒素、硫黄はそれぞれ炭酸ガス(002)水(H2O)、一酸化窒素(NO)、二酸化硫黄(SO2)に酸化される。
このとき燃焼で消費した酸素量と燃焼反応に用いる前のガスの酸素量との差を補償法によって検出する。(図-4.8.4.参照)

8.5.2. 全酸素消費量計測装置の構成。

(1) 全酸素消費量自動監視装置

同装置は、酸素検出部に高温固体燃料電池を採用した酸素分析計を組み合せた補償法による測定装置で、精度、安定性、応答の迅速性を充分 考慮してある。連続的に計測監視できるため、工場排水、港湾、河川の 水質保全などに有用な装置である。

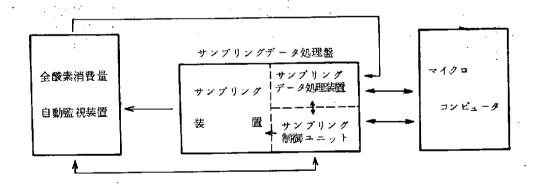


図-4.8.5. 構 成 図

〔主な仕様〕

TOD測定範囲 2 レンジ自動切替 0 ~ 1 5 0 P P m 0 ~ 7 5 0 P P m 測定精度 フルスケールに対して士3多以内

繰返し測定時間 3 分/回

被測定水量 0.0 2 年/回

キャリアガス N2 ガス99.99 %以上

標準液 フタル酸水素カリウム水溶液

寸法 高さ160cm、巾65cm、奥行10cm

重量 150 Kg

(2) 同装置は、5系統の試料水をフィルタにより沪過し、サンプリング制御ユニットで指定された系統の試料水を全酸素消費量自動監視装置へ供給するものである。高濃度から低濃度試料水系統に切替える際は、 市水による配管洗浄を行なう機能を備えている。合せてエアの吹付けによるフィルタの常時洗浄機能も装着している。

〔主な仕様〕

試料水系統 5 系統

洗净用市水 1系統

試料水、市水要求量 約2~3ℓ/mm

フィルタ ステンレス #50

寸法 高さ180cm '

rb 6.7 cm.

奥行 60cm

(3) サンプリング制御ユニット

同装置は、全酸素消費量自動監視装置から同期信号を得て、サンプリング装置の電磁弁その他を制御するものである。

〔主た什様〕

電磁弁制御系統 6系統

各系統測定回数 切替スイッチにて選択可能

(4) サンプリングデータ処理装置

同装置は、全酸素消費量自動監視装置による検出信号と同期信号を 入力として、検出信号の波高値を最低30秒間ホールドし、1~5VD Cに電圧変換して、出力同期信号と共にμPへ提供するものである。

〔主な仕事〕

機能

波高値検出およびホールド

精度

土1%以内

(5) μ P (マイコン)

 μ Pは、サンプリングデータ処理装置から出力同期信号をとらえて、 検出信号(1~5 V D C)を入力し、既存の検量線に基づき内挿または 外挿計算して、T O D値を求める。

〔主な仕様〕

C P U

インテル社8080

バイポーラROM 7KBYTE

RAM

2 K B Y T E

レベル入出力信号 32点

スイッチ入力信号 12点

アナログ入力信号 1点

接点入出信号

2 2 点

8.5.3. TOB検量線の設定

あらかじめ標準液(フタル酸水素カリウム水溶液)として、0~150 PPmレンジで0PPm、15PPm、75PPm、150PPmを0~ 750ppmレンジで0PPm、250ppm、500PPm、750 PPmを作成しておく。サンブリングデータ処理盤から手動操作で、系統 設定、検量指定、レンジ設定および標準液濃度設定などを行なう。次にデータ書き込み指示を行なうと、検出信号が当該する濃度に対応してメモリ に記憶される。

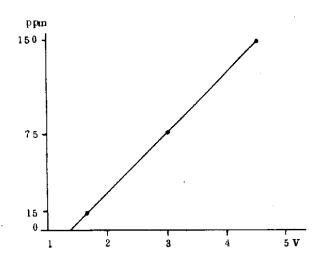


図-4.8.6. 検量線図

8.6. 管理情報

μ PによりTOD値、PH値、流量、液位の監視およびバルブ動作の監視 情報などから水質管理、運転条件の記録を行なう。

8.6.1. プロセス監視

(1) プロセス状態

三次処理パートの砂沪過塔、M1 およびM2 活性炭塔は、沪過準備中、 沪過開始、沪過中、逆洗開始、逆洗中、逆洗終了または手動のいずれか の状態になっている。

(2) 液位

M1 およびM2高分子凝集剤、PAC剤、苛性ソーダ、塩化第二鉄薬液と二次処理水槽などの液位は、常時μPが監視し、上限下限をとらえる。

8.6.2. 算出情報

(1) TOD値

原水槽、二次処理水受槽、二次処理水槽、三次処理水槽などのTOD 値(PPm)を記録すると共に指定場所のTOD値を表示管に表示する。

(2) PH值

原水槽、二次処理水受槽、二次処理水槽、三次処理水槽などの液体を

PH検出器で電圧信号($1 \sim 5 \ VDC$)変換し、 $\mu P \sim \lambda$ 力する。 μP は、電圧信号に基づき PH値を算出する。

(3) 流量

二次処理水槽出口積算流量、三次処理水槽積算流量、三次処理の逆洗 流量および各薬液使用量を算出する。

8.6.3. 日 報

総合廃水処理設備は、24時間フル稼動している。2時間毎に、プロセス状態、TOD値、PH値、積算流量を記録し、24時間毎に薬液使用量を含めた記録を行なう。また運転条件の変更、液位の異状およびバルブ動作などの異状が発生したときは、その都度記録される。

8.6.4. 管理記録の意議

同設備の運転条件、水質管理の記録は、設備の管理上つきのような意義 をもっている。

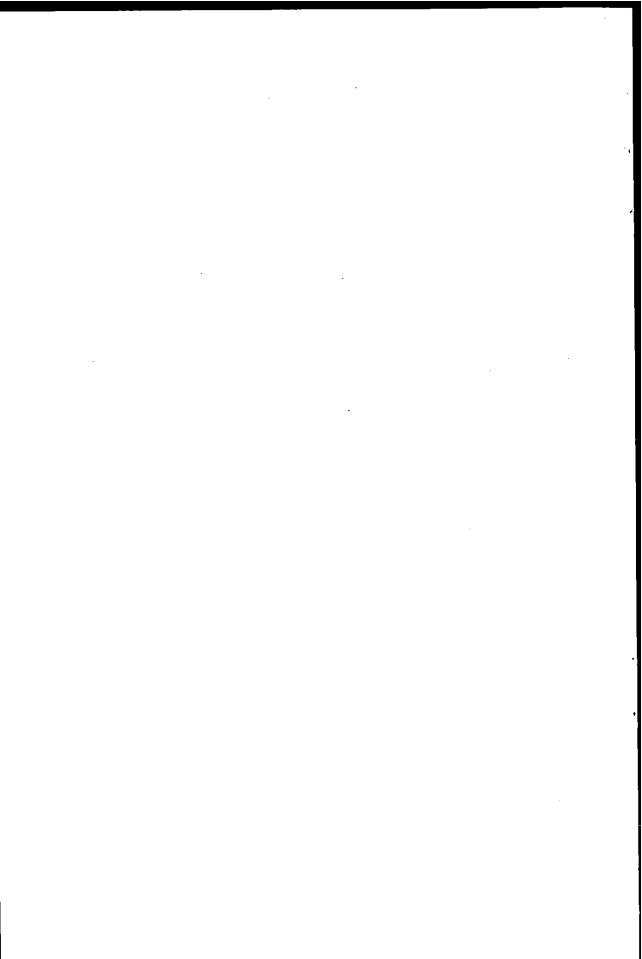
- 1) 機器類の運転状況、処理結果の経過が明らかとなり、関係部署と管理者との両者にとって有効な維持管理の資料となる。
- 2) トラブル発生を予防することができ、また発生したときには、適切 な判断資料となる。
 - 3) 同設備の改善、拡張の必要が生じたときの基礎資料となる。

8.7 おわりに

廃水処理過程も三菱重工プロセス以外に各パートで種々の考えがあり、対象物によって最大の処理除去効果をあげられるプロセスを見出す必要があるが、コンピュータ制御はあくまでも処理制御の一手段であり、μPを最大限活用するためには、汚濁物質の溶解性、浮遊性、戸過、分解、生物化学的処理などの物理化学的な現象を定量的にとらえ、十分処理過程を監視できるような検出端の開発と分析技術が研究されるべきである。

20 a s

V. 今後の応用分野



Ⅴ 今後の応用分野

1. はじめに

и Рの特質はこれまでに述べられてきたととく、小型安価を処理装置で あり、またプログラムによって矛軟性のある処理が可能であり、およそ処 理、制御等を必要とするすべての分野に応用でき得るという豊かな可能性 をもっている。しかしμPの登場は比較的最近であり、現時点では周辺機 器の価格及びアプリケーション プログラム作成の費用も未だ大きく、#P の応用方法が十分開発されているとはいえない。特に μ P の制御機器への 応用は最近ようやく軌道に乗り出したところであって、本格的な応用はこ れからである。しかし一方では環境の保全や公害の防止、資源の節約を求 められ、他方では多様化し高度化する制御技術が要求され、また人件費の 上昇及び労働時間の短縮に移行する工業界にあってμPはこれ等の諸問題 を解決する有力な手段として将来必然的に導入されて行くことになろう。 и Pの対象とするものが非物質的な情報の処理であるという特殊条件によ り、工業の生産増、省資源、省力、省エネルギそして環境の保全などが同 時に可能となるからである。APの利用の可能性は広く生産財から消費財 にわたっており、この特徴をふまえて機械工業等産業界に、そして一般家 ・庭にまで、#Pは加速度的に導入されて新しい情報処理あるいは制御の手 法を生み出し、またそれ等の需要にとたえてμPはさらに開発が進められ て行くであろう。すなわち情報、制御の技術革新が行なわれ、知識集約型 産業社会に移行して行くものと思われる。

本章ではこれ等の推移にしたがってμ P がどのように利用されて行くか についての考察が本旨となるべきであるが、今日のように制御技術あるい は社会情勢が激変する時代の予測はきわめて難かしく、またすでに述べら れたいくつかの事項はむしろこれからのμ P の応用を示唆した要素が多分 に含まれている。よってここではこれ等の事柄をまとめ直し、さらに多少 の私見を加えてμ P の今後の応用の一部を取り扱うにとどまっている。

2. μ P の今後の動向

μPは今後ますます開発が進み、価格は下りその性能は向上して行くで あろう。ハード的にはSOS構造のC・MOSや、バイポーラ型のIIL デバイス等、半導体技術の進歩にしたがって、低消費電力にして高速処理 能力をもつ#Pや超高密度に集積された記憶素子等の開発が進んで行くで あろう。そしてμPのハードそのものは簡素化され、使用者に開放された マイクロブログラム方式が主流をしめるであろう。マイクロプログラム方 式はμΡに用意される命令の処理が布線論理による回路の配置、結線によ って再現される一般のμPと異なり、マイクロプログラムという個有の命 令体系群を実行させて、ソフト的手段で簡単なハード機構に複雑な命令を 実行させる方式をいう。との方式によって使用者は夫々の目的に応じて最 適な命令を自由に作り出すことが出来るし、またDMA(ダイレクト)メ モリ アクセス)等の高速転送に近い転送速度でデータを転送するプログ ラムを組むこともできる。また集積度が進むにしたがって記憶素子と同様 な格子状繰返し構造によって比較的多数の組合せおよび順序論理関数を同 時に実現するような、アレイロジックに関する研究も進み、新しい理念に 基づくμPが生れるかもしれない。大容量記憶装置にしてもフロッピーデ ィスク、カセット テープ、ミニディスク等μ P用として安価で高性能な 機種が開発されて行くであろうが、転送速度、信頼性あるいは価格の面か ら機械的駆動法がきらわれて、一時記憶のほとんどが C C D (チャージ カップルド デバイス)等の半導体素子で置きかえられて行くものと思わ れる。

これに伴ないサポート ソフトウェア等の開発もなされ、より使いやすい翻訳言語や、デバック用のソフトウェアが開発されて行くであろうが、本質的にμΡシステムが小型、簡素化を目指す以上ソフト側で負担すべき動作が増えて、汎用コンピュータに見るプログラミング作業の容易性は得られないものと思われる。すなわちμΡを利用した機器を設計するにあたりμΡの基礎的な機能を生かす高度なソフトウェア技法が必要となる。よって機械技術者といえども機器の設計にあたり、自己啓発によってμΡの学習をよぎなくさせられるであろう。そして一方ではμΡの高度な専門知識とシステム開発力をもってμΡを用いて装置を作成し、あるいはアプリケ

ーション プログラムを作成して附加価値を生み出して営業する、いわゆるシステムハウス等の企業にささえられて # P は産業界に侵透して行くものと思われる。

μPの今後の指向するところは第1に周辺機器を充実させて汎用性をも たせることによりミニコンピュータ的性能を追求し、安価小型の特徴はそ のまま生かしておく方向であり、この指向にしたがってμPの規格化、標 準化が進み、周辺回路にも各種のファミリーLSI(特定のμΡチップ専 用に作られた入出力接続回路等のLSI)が用意されよう。すなわちμP のピン数、配列順序、処理ビット数、タイミング等の規格化によって用途 に応じた各種の性能(処理速度、価格、処理容量など)のμPが生産され、 また互換性をもつようになろう。入出力接続回路のLSIにしてもフロッ ピーディスク等の大容量記憶装置、プリンタ、TVディスプレイ等の入出 力装置、あるいは音響カプラー(情報を可聴周波数に変調し電話回線を利 用して通信するための変換器)などに対する各種の専用LSIが用意され るとともに、汎用の入出力接続回路も高性能の機能をもつものが現われ、 中には汎用性を拡大するためにμP内蔵の入出力接続回路LSIも用意さ れることになろう。設計者はこれ等を組合せることによって用途に応じた 任意の規模のコンピュータを簡単に製作することができるようになろう。 すなわち安価で処理能力の限定された u P と簡単な記憶素子を用いてシー ケンサ等を構成することもでき得るし、一方ではバターン認識、適応、学 習制御等、高度な処理論理を組み込んだ知的処理機能をもたせ得る高級機 器を構成することもできるであろう。またソフトウェア、固定データ等も ある種のものは規格化、標準化されてROMに記憶されたものが用意され よう。DDC(ダイレクト デジタル コントロール)、自動車の各種制 御のように量産が可能でしかも処理論理が確立されれば、記憶回路や入出 力接続回路を含めて高密度集積化がなされ、超LSI化(カスタムLSI 化)が進んで行くであろう。

и Рの第2の指向は и Рの基本機能を探求してソフトウェア込みのハードウェア部品として取り扱かって行く方向である。この方向は主として制御の分野において開発がなされ、単機能をもった機能要素として各種用意

されよう。センサ等とμPが組合されて一体化した各種検出素子等、機能向上、信頼性の向上、コストの面からも今後ますますこのような使用がなされてゆくであろう。

3. µ Pの応用形態

μ P の特徴は小型軽量で安価な、プログラム記憶方式の処理能力をもつ半導体大規模集積回路である。プログラム記憶方式であるが故に比較的複雑でかつ柔軟性のある制御が可能であり、ミニコンピュータ等との置換が可能であり、また小型安価な故に従来の布線論理による制御回路、あるいは制御機能をつかさどる機械要素との置換が可能になる。そのプログラムは固定で誤動作等によって破壊されることもなく、必要に応じて記憶素子を差し変えるだけでプログラムを変更することもできる。設計日数も短縮され、取扱い技術も不用で環境に強く、信頼性もあり消費電力も少なく、保守も簡単である。したがってμ P は本質的には従来コンピュータ能力を利用できないと技術的、経済的に主張されていた分野に活用されてその成果を発揮するものと思われる。しかしその利用範囲はきわめて広く、各分野における事情も異なるためにμ P の利用にはそれぞれの応用分野に応じた技術を個々に開発して行く必要があろう。

具体的なμ Pの応用形態としては、第1に従来の制御機構との置換が考えられ、第2にμ Pの特徴である規模が小さく機能が大きいという利点を生かした新分野での利用が考えられる。すなわち従来の布線論理による制御回路のほとんどがμ Pに置き換えられて行くであろうし、高度な論理判断制御機能をもつシーケンス制御系もμ Pを用いて簡単に構成でき得るであろう。またμ Pの機能が向上するにしたがってミニコンピュータによる制御機構も順次μ Pに置換されて行くであろう。プロセス制御系におけるDDCシステム、工作機械のCNC(コンピュータ数値制御)、工業用ロボットあるいはバターン認識等、高度な制御までがμ Pを用いることによって安価に実現が可能となろう。

一方μPは小規模なシステム構成でも比較的複雑な処理能力をもち価格 も安価であることがら巾広い応用分野がひらける。自動測定、分析、試験

等、従来のハード的な処理方法では規模が大きく煩雑で高価をために自動 化の難しい場合でもμPを制御部品として機器に組込むことによって簡単 - に所定の動作をさせることができるし、またセンサと―体になって検出素 - 子の一部としての使用法もなされよう。また安価な処理装置であることを 生かしてAPを多数個使用して作業をおのおののAPに分担させ、危険の - 分散及びシステムの簡素化を期待することができる。すなわち分散構造、 - あるいは階層構造の制御系である。分散構造の制御とは、例えば比較的狭 い地域の交差点群の信号機の制御システムのように、分散的に配置された 複数個の制御系が有機的に結びつきながら個有の処理方法に基づいて制御 が行なわれるものをいう。また階層構造の制御系(ハイアラーキーシステ ム)とは、例えばフロセス制御と生産管理等を階級的にそれぞれ独立のコ ニンビュータで制御し、それぞれをリアルタイムで結合させる方式で、上級 のコンピュータはより管理的な仕事を与えられ、下級のコンピュータはよ り現場的、物理的、機械的作業を与えられる。指令は上から下に流れ、報 告が下より上に通達される。一般に下級ほど分散している三角状システム であり、上記利点の他に情報の集中化によって全システムの運営が容易に なる特徴をもっている。

μ P の特質を生かす他のいくつかの利用法も考えられる。μ P で端末機を構成して T S S 方式 (タイム シャリング サービス) によって通信回線 (電話など)を経て大型コンピュータと結び、大型コンピュータのもつ高速演算機能、大記憶容量を利用し、事務データの処理、または生産管理等に使用することも考えられる。また生産プロセスの監視制御等、人間が機械を監視、操作を行なう装置にμ P を導入することにより、より的確迅速に機械の状態変位が表示され、人間が認知しやすく判断し操作のしやすい機構が開発されていくであろう。

4. 機械工業における µPの今後の利用

機械工業の発展はオートメーションの進歩に依存しているといって過言ではなかろう。オートメーションとは高度の生産性と経済効果を得ることを目的として生産、事務の過程を分析し、これを自動的、連続的なものに

組織し制御して、機械、材料、情報及び人間の最も効率的な結合関係を実現することである。しかしその内容は工学の進歩に伴ない年とともに拡大変遷し、作業の種類、分野等によって当然異なったものとなってきている。これを応用分野別に考えると、機械工業における自動化は初めプロセス工業において進歩し、しだいに機械製造や事務機構にまで浸透して現在に至っている。これ等はそれぞれ、プロセス オートメーション メカニカルオートメーション、ビジネス オートメーション等と称されることもある。近年になってコンピュータがその性能向上と価格の低下、信頼性の改善が行なわれるにつれて、オートメーションにおける情報処理装置としての主役をしめることになったが、ここに小型軽量、安価でプログラム処理方式による制御が可能であるという特質を備えたμ Pの出現によって技術的、経済的に、より巾広くオートメーション化が可能になり、制御、情報処理の技術革新が始まろうとしている。

4.1 プロセス オートメーション

プロセス オートメーションとは製鉄、石油精製など、プロセス工業と 呼ばれる分野で実施されているオートメーションをさし、現在もっともシ ステム化の進んだ分野の1つである。ここで取り扱かわれる原料や製品は 主として気体、液体、粉体などの流体に近い性質をもつ物理量がほとんど で、比較的長時間連続的に制御する場合が多い。この制御の特徴はプロセ スの事象にすみやかに応答せねばならないこと、システム タイムに忠実 に従がって連続的に処理をしなければならないことなどがあげられる。近 年になってブラント規模が拡大し、計装のありかたが、よりシステマチッ クになったこと、単位機械あたりの生産量が増大したためカスケード制御 やフィード フォワード制御を多く使用しなければならなくなったこと、 最適制御等新理論の応用にせまられたこと、さらに労働力を有効に使用す るために操作性の向上、管理の集中化による高密度計装を推進させねばな らなくなったことなどにより、多数のループ制御や高度な演算が可能なコ ンピュータ制御方式に切り変えられていった。プロセス制御の操作は一般 に実時間多重オペレーティングシステム(モニタ)で行なわれる。すなわ ちコンピュータの高速性をいかして時分割多重方式によって多数の複雑な

ループ制御群とコンピュータの記憶装置に格納されている制御命令プログラム群を結合させ、集中的に制御が行なわれる。

そのシステム構成は経済的でかつ十分を信頼性をもたせるために階層構造の制御システムがとられている。これは使用目的に合致したコンピュータを適用することにより、管理の集中化及び簡素化を行なうとともに危険の分散をはかることを目的とした構成法である。第1レベルはプロセスと直結した直接プロセスを制御するDDC(タイレクト デジタル コントロール)であり、DDCをいくつか束ねてSCC(スーパーパイザリーコンピュータ コントロール)に接続されたプラントの最適制御や操業条件が決定される。第2レベルのSCCはさらに束ねて第3レベルの管理制御機構に接続される。これは企業の経営方針に基づいて各プラントの生産計画を立て、それによって各プラントに生産命令を出す管理制御である。

この階層システムは各レベルにその業務に応じたコンピュータを採用しているのが特徴でシステム全体の信頼性と経済性を維持するポイントになるが、第1レベルのDDCは情報量及び処理能力もあまり過大である必要がない場合が多くμPの利用が特に求められる分野である。プラントを計装する場合、制御対象の特性からフィードバック制御、カスケード制御、フィード・フォワード制御、サンブル値制御、シーケンス制御など非常に多種の制御動作が要求される。これ等の制御機能はμPがプログラム記憶方式の処理を行をうためにソフト的手段で比較的簡単に構成することがらμPを内蔵したソフトウェア込みのコントローラが用意されることになろう。

4.2. メカニカル オートメーション

機械工業では自動車、電気器具など大量生産を行なう工場において加工、組立、検査、選別、包装などの作業の一部が自動化されている。しかしこの分野でとり扱かわれる量が空間的な位置、長さ、速度、加速度、回転数、時間など多種多様のものとなって複雑であり、とくに自動機械の手足の部分に相当するマテリアルズ ハンドリング機器、及び感覚に相当するセンサとその情報処理の問題が未発達であり、自動化の大きな壁となっている。物体の位置や運動の制御は数値計算制御方式の工作機械や工業用ロボット

のように時系列的に対象物体の運動を記憶させ、定められた径路に沿って 忠実に動かす方式についての機構が開発されているが、その機構は人間の もつ自由度のある動作とくらべると極めて簡単であり、本質的にはサーボ 機構をシーケンサで駆動するもの、あるいはマニピュレータ(マジック ハンド)と変るところがない。

現在の数値計算制御方式の工作機械は、工作物の寸法や加工条件、作業順序等を数値情報として情報処理装置に入力し、このシーケンスにしたがって工作機械のサーボ機構が駆動され、工具等が定められた径路を移動することによって工作物が加工を受ける手法である。三次元物体の加工等、工具を任意の曲線通路に沿って移動させる場合等には複雑な情報処理が必要となり、コンピュータ的機能の利点が生かされて、現在ミニコンピュータを用いた工作機械(CNC:コンピュータ 数値制御)も多いが、小型、低価格の点から将来しだいにAPに置換されて行こう。そしてさらにこれ等のCNCを東ねて管理機能をもった上位コンピュータに接続し群制御が行なわれるようになろう。またCNCに図形認識の機能が加われば図面を読み込んでそのまま工作あるいは溶接するようなCNCの実現も可能になろう。

工業用ロボットとは記憶装置にすでに読み込まれている指令にしたがって対象物を捕捉する機構が汎用性をもって回転し移動するものをいう。高級な機構になるとプレイバック方式によって熟練者の作業を検知し、その動作を記憶し、のちに同じ動作をくり返し再現させる方式をとる。このような機構ではμPとROM、RAM等を組合せた処理装置が適しており、動作をROMに永久記憶することによって各種作業のプログラムを多数内蔵させて、必要に応じて該当するプログラムを引き出して汎用性のある作業を行なわせることができる。さらには捕捉機構に圧力、温度等の検出機器がμPとともにうめ込まれ、機能の高度化がはかられよう。すなわち多自由度のマニピュレータをもち視覚、聴覚、触覚等、人間より優れたセンサをもって図形認識、音声分析、圧力、温度分布等の分析を行ない、この経験に基づいて学習し、新しい環境に適応し、最適に作動するロボットが指向されよう。しかし、図形認識、音声判別という分野は工学的に非常に重

要であるにもかかわらず、現在では定められた特定の相関を測定する程度のものであり、将来にもあまり期待がもたれない。なぜならこれ等の処理に必要な描象能力とか内容意味(センマイティックス)等を取り扱かう数学的手法、理論が未だ確立されていないからである。例えば人間が文字を判断する場合には記憶に重ねられた文字列を描象して得た形によって認識しているのであり、現在コンピュータを用いて行なっている相関法とはかなりのへだたりがあるものと思われる。しかしいずれにしてもバイオニクス(生物学の成果を工学に応用する学門)等の研究が進むにつれて生物的な機能を機械に賦与することがしだいに可能になろう。

工業用ロボットの指向する今一つの道がある。単能的なロボットとして 徹する考え方である。生産工程の各所に標準仕様の制御要素を分散し、それをシステマチックに組み上げる方法である。この場合制御要素それ自身 は簡単な機構ではあるが、これ等がたがいに関係づけられて作動すること により複雑な作業を行なわせる考え方である。例えば生産工場における材料の搬送及び加工機械への着脱は一たび生産ラインが引かれると変更されることは少ないため、このような方式による材料の移動が経済的である。 いずれにせよ簡単な搬送機械から工業用ロボット、あるいは人間の運動機 能や感覚情報までを持たせた知能ロボットに達るまで、μ Pの用途はいた るところに存在し、その特徴を最大限に生かし得るであろう。

4.3. ビジネス オートメーション

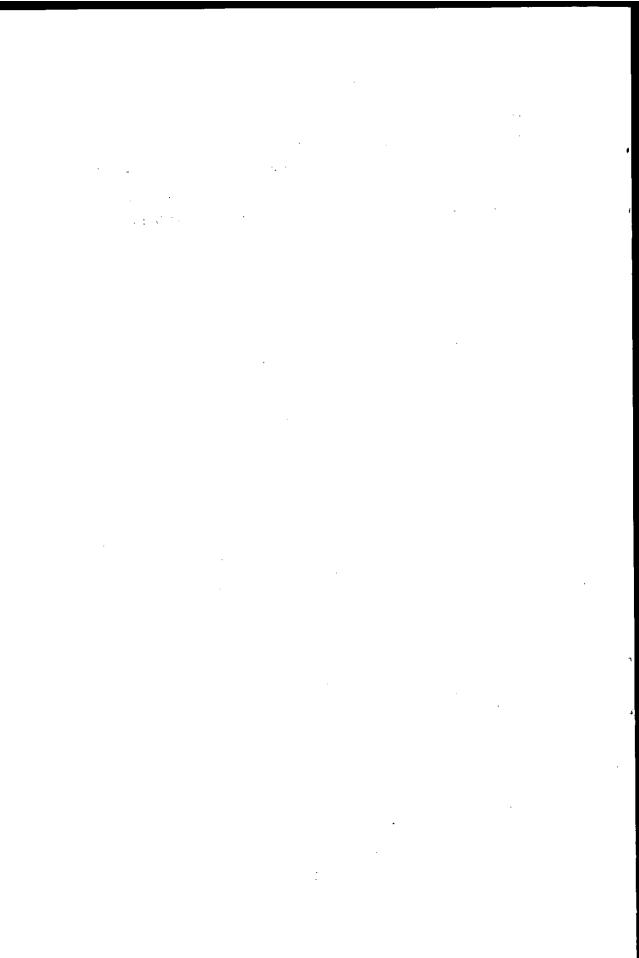
ビジネス オートメーションとは事務関係の業務の自動化であり、会計、 簿記、印刷、照会、情報伝達などから生産設計の立案、材料の仕込み、製品の保管、出荷、集配管理など経営事務の自動化である。特に製造工場では生産管理の必要性が認識さればじめ、分析が行なわれている。生産管理とは製造工場において重要な役割りをもつ物資の流れに着目し、この流れを分析し、計画し、統制して修正するための管理体系をいう。つまり原材料が購入されてから製品となって発送されるまでの加工、組立て、検査、保管という流れができるだけ経済的に、円滑に、優れた特性をもって進行するように管理する体系をいう。これ等の生産管理には高等数学による数値演算が要求され、手計算では求められなかった最適解を求めたり、シミ ュレーションを行なって複雑な現象を論理的に模倣することも必要になる。またその管理全般にわたる大量の情報資料を体系的に記憶、更新し、あるいはこれ等のデータを必要に応じて迅速に描出し印刷して関連部門に配布しなければならない。これ等の作業はコンピュータによる処理が望ましいが、メモリ容量等、あるいは生産管理用ソフトウェアの保管の関係から大型のコンピュータが必要になり、現在利用しているのはかなりの大企業に限られている。

しかしTSS方式を用いて上記のすべての機能を中央の超大型コンピュータに依頼すればすべての問題は解決される。すなわちμP及び簡易入出力装置を端末器として構成し、電話回線等の通信回線を介して電々公社等に設置された超大型コンピュータと結ぶことにより、生産管理等の事務処理機能を安価に事業所内に導入することができる。このようなμPを利用した通信回線によるネットワークは今後さらに一般化され、やがては家庭用コンピュータの時代が初まるであろう。

5. 人間と機械の相互結合

人間は機械に対し、個別的な、あるいは描象的な考えとか、適応性、記憶の選択、創造的思考力や幻想といった点で優れている。しかし機械は反応速度が速く、記憶も秀ぐれ、感度も高く、外部作用に対する抵抗力も強いし、動作の正確さ、規則正しさでも人間をしのぐ。この2つの長所が相補的に結合されてはじめて高度な制御系が稼動され得るのである。すなわちこの結びつきによって一方では人間が機械を操作する際の疲労や誤まりを減少することができ得るし、また他方ではあらかじめ機械に与えられた予測事象以外の、いわゆる異状が発生した場合に人間はこれを統合的に素速く認知し、適切な判断を下すことができる。そして初めて複雑なプロセス制御、あるいは超音速飛行機のような高度な制御がつつがなく進められて行くのである。この人間と機械との機能の分担領域は、ムア等、制御機器の性能向上と適応、学習制御理論等、処理論理の確立によって変遷し、人間の負担は軽減される方向に向かうであろうが、機械が人間の上記機能を代行でき得ぬ以上全面的な無人化は望めない。このために人間は機械か

ら何らかの緊張を強制されざるをえない。すなわち機械の進歩にしたがって、人間はしだいに重労働や危険な作業から解放され生産そのものにたづさわる労働は減少するが、かわって機械の監視、あるいは保守 修理をも含めた機械の管理へと人間の行なうべき作業の質が変って行くであろう。そしてこの変遷に最も貢献する要素としてμ Pがあげられよう。



用語の定義



用語の定義

- アドレスバス(AB) Address Bus
 CPUから出たアドレス出力をROM、RAM等に接続する場合の共通母線となるもの。
- アドレスカウンタ(AC) Address Counter
 ACは、メモリの番地を格納するレジスタ。
- ・ アセンブラ Assembler Cassembly programともいう) アセンブリの過程において、記号言語(Asymbolic language) に 作用して機械言語 (machine language)のプログラムをつくり出すプログラム (program)
- ・アセンブリ(Assembly)

記号言語で書かれたプログラムに働きかけて機械言語のプログラムをつくること。コンパイラ(Compiler)との違いはそれが通常一個の疑似命令(Pseudo instruction)から、多数の機械命令語をつくるのに対し、アセンブリでは一対一に機械命令を作り出す点にある。

- アセンブリ・リスト(Assembly List)
 アセンブリの最中に作り出されるリストの事で記号原語の詳細や、それからアセンブリによりつくられた機械言語の詳細を示すもの。両言語の比較はデバッキング(debugging)をする場合、とくに有効である。
- ピット(bit)
 binary digit (2進数字)の略、すなわち2進法
 (binary notation)で用いられる二つの数字0または1。
 例 bit 4つ(4 bit)あれば0000~1111で16種類(2*=16)表現できる。
- バス (Bus)

数個の信号源からの信号をそれぞれ数個の宛先へまとめて伝送する主ルート。トランク(trunk)、ハイウェイ(highway)ともいう。またプスと発音する場合もある。電力源の大元のラインをよくプスという。

バイト(byte)一つの単位として考えられる2進数(binary digitt)の集合。通

常は語(word)の一区分。biteとも書かれる。

例 一語 8ビット構成になっておる場合、メモリ 3 2 K バ イト と言った場合は 3 2 K W × 8 bit ということになる。

コード(符号) Code

データ又は命令(instruction)の記号式による表現時には命令の同義語として使用される。

例 alphanumeric (アルファニューメリック)コード 英数字符号(0~9、A~Z等で表わした符号)

中央処理装置(CPU)

Central Processing (or Processer) Unit

中央処理装置はデジタル計算機システムの神経中枢であり、他のすべて の装置の動作を統合、制御し、またデータに適用されるすべての算術また は論理演算を実行する。

通常の大型 Computer の概念では CPUはプログラム命令 (Core Memory にロードする例が多い) をも含んでいるが、マイクロコンピュータの CPUは、プログラムまでは含んでいなくて、 別な ROM にプログラムを書込んでおきそれを Data Bus (データバス)を通して CPUに Fetch (運ぶ)して各処理を実行する。

• DMA機能(Direct Memory Access)

DMAとは、コンピュータが実行しているプログラムの間をぬって、周 辺機器とメモリとのデータ転送を直接行なうことをいう。

DMA機能があるとデータ転送速度が高速である場合、又はプログラム制御なしに入出力を行ないたい場合、周辺制御部(磁気テープ等)と CPUの間でダイレクト・メモリ・アクセスができる。

• 消去書込み可能ROM or 再書込可能ROM

(Erasable and Programmable or Rewritable ROM)

一度書込んだデータを消去し、また別なデータを書込む事ができるもの 現在MOS形(FAMOS、SAMOS MAS等)でしか実現されてい ない。

ハードウェア(hard ware)。

コンピュータシステムを作りあげている物理的要素。プログラムに対立 するところの装置をいう。ソフトウェアと対比される。

- ・ I/Oポート (Input/Output Port)
 - ポートは港の意味でエアポートは空港でそれぞれ船、飛行機の発着に使用される場所を意味する。従ってL/Oポートはデータの発着(入出力に使われるInterface 用ICの名称に使用される。
- ・ 命令(Instruction) 各段階での何の機能を行なうかということを計算機に知らせる計算機プログラムの部分をなす。
- インストラクションレンスタ

 Instruction Register)

 現在実行中の命令が記憶されている制御装置レンスタのこと
- インタラプト(割込み)interrupt

割込みとは、必要に応じて外部からの信号により、実行中のプログラムを一時中断して、そのとき要求される別のプログラムを実施しそれが終了した後、再び元のプログラムにもどる機能である。

ただし割込要求があっても、その時実行サイクルにあった命令は終了するまでプログラムはとばない。割込をかけられたら、ステップカウンタ(プログラムカウンタ)、アキュムータの内容等、割込みによるプログラム実行終了後元に戻った時に必要になるデータは一時別のメモリに保存(レジスタの退避)し、戻る時に再び読み出して(レジスタの回復)、プログラムを支障なく続行させる。割込を可能にしているCPUはレジスタの退避、回復能力がある。

• インターフェイス (Interface)

CPUとその周辺装置間の結合を与えるチャネルと付随する制御回路をさすのに使われる。もっと一般的には、ふたつの装置間の結合を指すのに使われる。inter = between or among (~間に)という意味でありface は顔の他にthe surface(表面)、the front(前面)というような意味があり、つまり二つの装置の入出力端子(顔)の間で、その結合をうまくさせるものということになる。

• K

1,024 BITまたは1,024 word を単位としてIKBIT、1K·Word という。例えば8K BITとは8×1,024=8096 BIT のことである。

•マイクロコンピュータ (micro computer)

micro とは very small または 1 / 10°の意に使用される英語である。またある話では、micro skirt (ひざ上に相当cm上がった skirt) にも使われているとのこと。

computer は御存知の通り命令(Instruction)を与えなければ全く何もすることができないという人間やその他の動物の赤ちゃんにも劣る、単純なシステムである。

マイクロコンピュータは様々に定義されており、本書での定義は序論で 説明したとおりであるが、以下の様に言い表わすこともあるので参考として 説明する。

マイクロコンピュータとは、CPUがLSIまたはMSI(1チップか2チップかは問わない。またBipolar かMOSかも問わない)で作られ、演算と入出力制御の両機能を持ち、メモリの使い方としてプログラムをストアするプログラムメモリ(ROM、PROM、E&PROM、RAM)とデータをストアするデータメモリ(RAM、S/R、I/Oポート)とにメモリを別個に扱うという特徴を持ったコンピュータといえる。当然プログラムのメモリの内容を変更すれば異った機能を持つコンピュータを形成できる。

"マイクロプログラミング"のマイクロと結びつけようとすると誤解をまねき易いのでここでは省くことにする。

不揮発性RAM(Non Volatile RAM)

半導体RAMは、電源を切ると、データが消えてしまう。(Volatile)が、不揮発生RAMは名の如く通常の半導体RAMと同程度のスピードでアクセスもでき、電源を切ってもデータが保持される。

・ 数値制御(NC)Numeric Control 数値命令による工作機械の制御に関すること。この分野に於いて、数値 リストを自動的に生成するためのプログラミング言語を供給するためにコ ンピュータが広く利用されている。

• 目的プログラム (Object Program)

ソース・ランゲージ (Source language) で書かれたプログラムをコンパイラ (Compiler)で翻訳した目的言語 (Objec language) 形態のプログラム。目的プログラムは通常コンピュータに直接理解できる機械コード (machine code)で書かれ、そのまま実行可能な形式になっている。オブジェクトテープはこれらのプログラムを紙テープ上にパンチしたものである。

プロセス制御(Process Control) 物理的過程の動作を直接制御するために、計算機通常アナログ計算機 (analog computers)、または、ハイブリッド計算機(hybrid computers)を使用するごとoたとえば化学的、電気的プラントの自動制 御など。

・ プログラム (Program)

電子計算機によって所定の問題を解くために組み立てられた命令 (Instruction)の集まり。

例 16桁10進2整数の加算

1) 4 BIT マイクロコンピュータ

SDS

L A I 1

SAR &

LDI & 2 &

SDR &

A LDR &

L A D

A D M

D A A

SAD

SDU

L D I A

ISU &

TAS

LDS

使用メモリは17ワード 実行時間は956クロックサイクル

・ プログラマブルコンピュータ(Programmable Computer)

常時変更可能なプログラムメモリ(RAM)を保持するコンピュータ。 通常のマイクロコンピュータは、一度書いたら(Mask ROM or PROM)マスクの変更または、紫外線によるメモリ内容の消去から再書 込みを行なわないとプログラムの変更は不可能である。

しかし、プログラムメモリにRAMを使用すればプログラム内容を常時紙テープリーダ(PTR)、Keyboard 等により変更可能である。

書込み可能 ROM(PROM)

(Programmable Read Only Memoly)

製造したままの状態はデータがすべて"0"または"1"になっており、Userの要求するプログラムに応じて内容を指定してバッケージの外から書込む事ができる。通常は常時使用電圧よりも高めの書込み電圧が必要とされ、それ専用の端子があるのが普通である。
バイボーラとMOS形のいずれも実現できる。

・ ランダム・アクセス・メモリ(Random Access Memory)

Addres(番地)の付いたどんな location (地域映画の地方撮りロケーションと同義)に対しても;以前のAccess addres (アクセス番地)と無関係に同一のアクセス時間で、データの読出しが出来るように設計されたメモリであり、逆の手順でデータを書込むこともできる。

読出し専用メモリ又は固定メモリ(ROM)

(Read Only Memory or Fixed Memory).

記憶してある情報の変更を全く必要としない場合には計算機の命令によっては書込み不能であるが、あらかじめ書込んであった(マスク式)デー

タを読出すことだけができる記憶装置をいう。半導体とか、 core とか材料は問わない。

・ シミュレータ (Simulator)

ある現実の過程のシミュレーション(Simulation)を行ならために 設けられたハードウェア (hard ware)、またはソフトウェア (soft ware)のシステム。

・ ソフトウェア (Soft Ware)

ソフトウェアという語は、その最も一般的な形においてハードウェアという語と対比して使用され特定のコンピュータシステムにおいて使用しうるすべてのプログラム(program)を指す。

サブルーチン(Subroutine)は、ソフトウェアのうちの最も細かい項目である。

サブルーチン(Subroutine)

プログラムの全体の機能のうち論理的にまとまった一部を遂行し、それを構成する特定の命令(instruction)群が必要なときはいつでも利用できるようになっているプログラム(program)の一部分。サブルーチンを構成している命令群は必要な都度繰返す必要はなく、主ブログラム(main program)からの分岐(branch)によってはいることができる。サブルーチンは特定のプログラムのために書かれることもあり、多数のプログラムに共通な操作を実行するために、一般的に書かれることもある。

サブルーチンは、完全なプログラム中に組み込むことのできるそれだけで 独立したプログラム単位である。

• ワイヤード OR (Wireb OR or OR tie.

メモリ等でいくつかのチップを使いわける必要がある時、同じ意味をもつアドレス入出力、データ出力線等をプリントバターン又はリード線(wire)で結線(tie)して、あるチップのデータだけを有効成分として取出せる結線方法。

語(ワード) Wordコンピュータのメモリにおけるデータの基本単位

その単位はあらかじめ定められた数の字(character)、またはビット(bit)で構成されており、それ全体で命令(instruction)、あるいはデータの要素として処理される。多くのデジタルコンピュータでは固定語長(fixed-word length)が採用されているが、特定の命令の実行時の要求に応じて、いくつかまとめて可変長の語を形成できる機械もある。

• 語長(Word Length)

語(Word)の大きさのことでそれに含まれている桁(digit)の数ではかる。

付表一1 各種コード名称一覧

略称・ビット数	総称
JIS(ジス)	Japan Industrial Standard
8ビット	(日本工業規格)
(US) ASCII	(United States) American Standard Code for
(アスキ)	Information Interchange
8ビット	
ISO(イソ)	International Organization for Standardi-
7,8ピット	zation
EBCDIC	Extended Binary Coded Decimal
(エピタディック)	Interchange Code
6ピット	
H exadec imal	
(ヘクサデシマル) 4 ビット	(16進)
BCD	Binarycoded Decimal
(ビー・シー・デー)	(2進化10進)
4ピット	

	略	称 総 称
	EIA	Electronic Industries Association
	IEEE	Institute of Electrical & Electronic Engineers
	NAS	National Aerospace Standard
*	ASA	American Standards Association
	$\mathbf{U} \cdot \mathbf{L}$	Underwriters Laboratories
	MIL	Military Standards
	USAF	U. S. Air Force Specification
英	B S	British Standards
加	CSA	Canadian Standard
独	DIN	Deutsche Normen
14	N F	Normes Francaises
国	ISO	International Organization for Standardization
際	I EC	International Electrotechnical Comission

—— 禁無断転載——

昭和52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

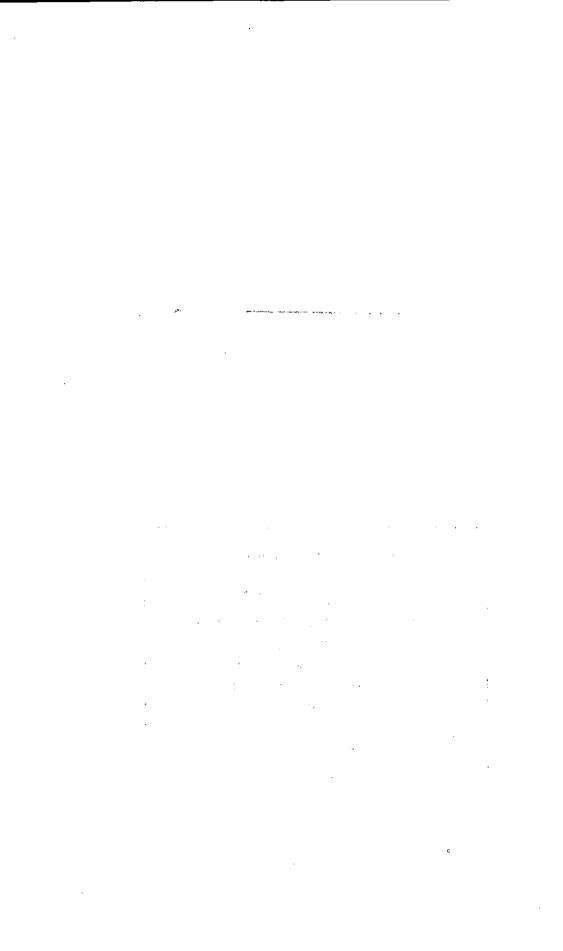
機械振興会館内

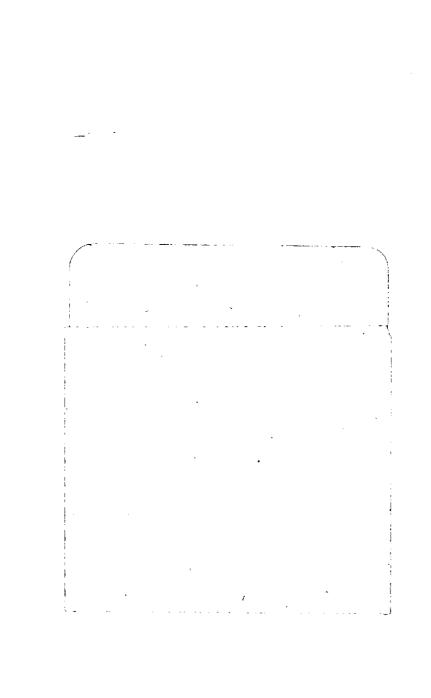
TEL(434)8211(代表)

印刷所 益 川 印 刷 社

東京都千代田区神田司町2-16

TEL(256)8771 (代表)





· 4. . ,