

資 料

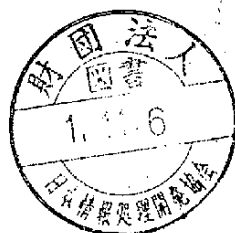
マイクロコンピュータ応用システム 開発技術者の育成

——期待される技術者像と認定試験制度——

昭和 59 年 3 月



財団法人 日本情報処理開発協会



この資料は、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58年度に実施した「マイクロコンピュータの応用に関する調査研究」の一環としてとりまとめたものであります。



は　じ　め　に

マイクロコンピュータは、あらゆる産業の製品やシステムの中心的構成部品として使用され、我が国が指向する高度情報化社会をその土台から支える技術として、今後ますます重要な位置を占めるものである。一方、このようなマイクロコンピュータの急激な応用分野の拡大は、マイクロコンピュータ応用技術者の不足を一層顕著なものとしている。

当協会マイクロコンピュータ振興センターは、上述のような背景から、昭和56年度に、マイクロコンピュータシステム技術者の育成に関する調査研究に着手した。56年度においては、このようなシステム技術者教育の現状について、57年度においては、育成策の一つとして教育目標を設定するために「マイクロコンピュータ応用システム開発技術者認定試験制度」について調査研究を行った。

本年度においては、昨年度に引き続き、システム技術者認定試験制度について検討を行うとともに、期待されるシステム技術者像について調査研究を行った。

ここに調査研究の実施に当り、ご指導、ご協力頂いた関係各位に厚くお礼申し上げますとともに、本資料が今後多くの方々のご意見を得て、更に具体的な育成策へと展開することにより、わが国の産業の発展に寄与することができれば幸いである。

昭和59年3月

マイクロコンピュータ基本問題委員会

(順不同、敬称略)

委員長	田村 浩一郎	電子技術総合研究所 ソフトウェア部数理情報研究室長
委員	長田 佳久	立教大学 文学部心理学科専任講師
"	菊川 健	東海大学 工学部通信工学科助教授
"	長谷川 透	三菱電機㈱ 半導体第一部マイコンサポートセンター主幹
"	林 勲 男	久保田鉄工㈱ 電子化推進室課長
"	前田 英明	コンサルタント
"	三田 輝	日本マイクロコンピュータシステム工業会 理事
"	伊藤 正秋	中部システムハウス工業会 理事
"	脇谷 和夫	近畿システムハウス協会 理事
オブザーバ	小松 正則	通商産業省 機械情報産業局電子政策課
"	荒井 隆秀	通商産業省 機械情報産業局情報処理振興課
"	小椋 正幸	"
事務局	㈱日本情報処理開発協会 マイクロコンピュータ振興センター	

目 次

序 論	1
第1章 マイクロコンピュータ応用システム開発技術者	
認定試験に向けて	3
1.1 マイクロコンピュータ応用システム開発技術者と	
情報処理技術者との差異	3
1.1.1 概 要	3
1.1.2 主な差異	3
1.1.3 Job Flowからの考察	3
1.1.4 結 論	3
1.2 マイクロコンピュータ応用システム開発技術者	
認定試験制度（案）	12
1.2.1 試験の目的	12
1.2.2 試験の対象者	12
1.2.3 試験の区分（合格者について想定するレベル）	13
1.2.4 受験の資格	13
1.2.5 試験の内容	13
1.2.6 試験の課目と合格の水準	13
第2章 教育機関におけるマイクロコンピュータ教育	13
2.1 大学教育とマイクロコンピュータ教育	13
2.2 高等工業専門学校におけるマイクロコンピュータ	
システム教育	18
2.3 各種学校におけるマイクロコンピュータ教育	18

第3章 求められるマイクロコンピュータ応用システム開発技術者像	21
3.1 チップメーカーにおけるマイクロコンピュータ応用システム 開発技術者	21
3.1.1 チップメーカーのシステム技術	21
3.1.2 マイクロコンピュータ応用システム開発業務と システム開発技術者	22
3.1.3 マイクロコンピュータ応用システム開発技術者の役割	23
3.1.4 マイクロコンピュータ応用システム開発技術者の 育成方法	25
3.2 システム・ハウスにおけるマイクロコンピュータ 応用システム開発技術者	30
3.2.1 システム開発技術者	30
3.2.2 システム開発技術者の役割	35
3.3 メカトロニクスにおけるマイクロコンピュータ応用システム 開発技術者	40
3.3.1 背景・環境	40
3.3.2 システム開発技術者とは	42
3.3.3 開発工程と必要技術	46
3.3.4 電子化技術研修(例)	50
第4章 マイクロコンピュータ応用システム開発技術者と理念	53
4.1 研究の立場から	53
4.2 認定試験制度の意味	55
4.3 理念の必要性	56
付 属 資 料	
マイクロコンピュータ応用システム開発技術者育成コース カリキュラム(案)	58

わが国では昭和56年度だけで1億6千万個のマイクロプロセッサが製造された。57年度にはおそらく3億個にせまるであろう。その大多数は何らかの機器あるいはシステムに埋込まれ、単独のコンピュータとしておもてにあらわれない。数量ベースで言えば90%弱がそのような使われ方をしている。これほど大量のマイクロコンピュータ内蔵システムが作られているということは、そのための技術者の需要が大きいことを意味する。現実には、その種の技術者は現在いたるところで不足している。しかも、必要とする業種は今もって拡大し続けており、マイクロコンピュータ及びマイクロコンピュータ技術者が日本の産業の基礎になっていると言っても決して過言ではない。

当基本問題委員会では早くからその重要性を指摘し、昭和56年度よりマイクロコンピュータシステム技術者の育成方法について検討を進めてきた。その議論のなかで、認定試験制度の必要性を提言した。

関連のある試験として情報処理技術者認定試験がある。また、昨年あらたに発足したマイクロコンピュータ関係の試験もある。しかし、いずれもわれわれのめざすものとは似て非である。たとえば情報処理技術者認定試験では、コンピュータそのものを使う技術者が対象であって、重点はソフトウェア、それも特に事務処理向きのソフトウェアのための技術者にある。ところが、マイクロコンピュータシステム技術者に期待するのは、ソフトウェアとハードウェアの相互作用、あるいは統合化のための技術である。単に理屈でプログラムが組めるだけでなく、ハードウェアのセンスを必要とする。また、センサやアクチュエータを含めた能動的システムを作る力を必要とする。このように、高度の専門知識と専門技術を持つプロフェッショナルが要望されるのである。ところが、そういう技術者が既存の試験を受けると、必らずしも良い成績を得られない。逆に、そういう試験で良い成績を得た人がマイクロコンピュータ内蔵シ

システムを作れるかと言えば、それはまず期待できない。

マイクロコンピュータシステム技術者は地味な存在である。しかし、日本の今後の産業にとっては極めて重要な役割を持つ存在である。そういう職種があること、およびその職種にある人々のはげみになること、これが当委員会が提案している試験制度の目的である。

今年度は3年目でもあり、試験制度についての議論をより精密化することを心がけた。特に、育成のためのカリキュラム作り、出題範囲とレベル、試験方法などについて詳細に議論した。この報告書はそれをまとめたものである。これをタタキ台にして、関係諸賢のご意見をいただきたいと考えている。それによって、提案した試験と体制がより良いものにみがかれよう。その上で、一日も早く試験の実施を実現したいものである。

第1章 マイクロコンピュータ応用システム開発技術者 認定試験に向けて

1.1 マイクロコンピュータ応用システム開発技術者と情報処理技術者との差異

1.1.1 概 要

マイクロコンピュータ応用システム開発技術者（以後システム技術者と略称する）と情報処理技術者との差異（特長づけ）について述べる。

1.1.2 主要な差異（システム技術者の特長）

- (1) 基本的には、工学的知識、経験が背景に必要。
- (2) ハードウェアの設計自由度が大きい。
- (3) ハードウェア、ソフトウェアの完全分離がむづかしい。
- (4) 対象システムが、フィードバック系を有し、リアルタイムに計測、監視、制御するものが主流である。
- (5) デバック（又はシミュレーション）が、コンピュータ系だけでは、完全に出来ない。
- (6) ハードの試験、検査、品質管理技術が必要。

これらは、情報処理技術者と明らかに相違する点で、細かい面では、いろいろあるので、以下 Job Flow を通して詳述する。

1.1.3 Job Flowからの考察

- (1) システム設計段階

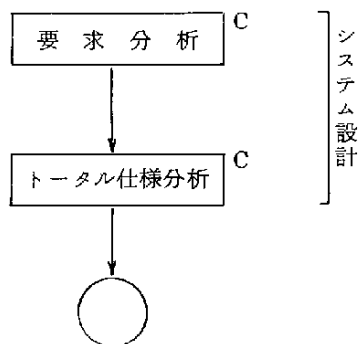


図 1 - 1

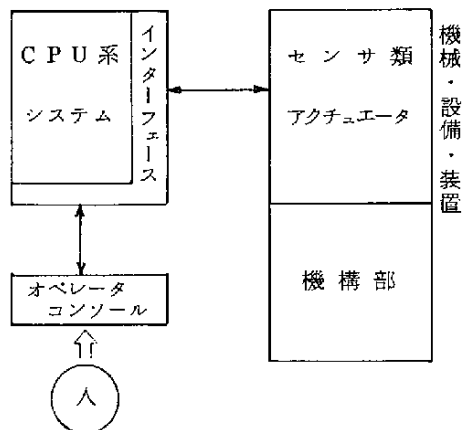


図 1 - 2

注. CとはC級技術者の担当分野(技術者のランクについてはp13 参照)

- ① システム設計の段階では、プロジェクト全般について物理的工学的アプローチにより、システム全体の整合性を検討する。
- ② マンマシンインタフェースが対象システムにより千差万別の設計が要求される。

人間工学的、機械装置の特異性により設置場所、構造、形状、色彩、キー配置、表示機器の選定・操作ミス防止対策、操作手順の設定とインターロック、インターロックのハードウェア、ソフトウェアの選択、ハードウェアの耐久性、信頼性などが設計できること。

③ 機械、設備、装置部

この部分については要求側から仕様が出されることが通常である。

但し、その仕様の出され方が

- ㊦…機構部、アクチュエータ、センサの設計を含めて実施するもの
……メカトロ志向
- ㊧…機構部、アクチュエータ、センサの仕様が決っているもの……電装品一括受注方式
- ㊨…機構部、アクチュエータ、センサ、動力部を含まないもの……

マイクロコンピュータシステム受注方式

などがあって、一概には言えないが、最低条件として全体の動作に関する論理が設計できること、検出・設定・出力について対象システムに適合した方式方法が選択でき、タイミング・精度・安全性・信頼性、耐久性について理解でき、入力レベル変換・出力形態・レベル変換がハード設計できること。

当然のことであるが、④になる程その技術分野と深さが高度になる。

④ C P U 系システム

(1)②、③の条件を踏まえて、マイクロコンピュータ設計を進めるわけであるが、この場合ハードウェアは価格、数量、品質レベル、納期などにより標準モジュール（それぞれの企業で有しているもの、又は既に他社で標準化されて販売されているもの）使用か専用設計かを選択し、専用設計であれば設計の自由度は極めて大きい。

又、この場合ソフト開発上の要員、開発ツール、又はOSを配慮して決定される。

一方、ハードウェアでカバーする範囲、ソフトウェアで処理する範囲を経済原則、自社事情、ユーザ要求を折り込んで決定する。

⑤ 考 察

この段階では、1.1.2 (1)(2)(3)(4)などが著しく異っており、これだけでも差異を示すに充分だと考える。

システム技術者として見た場合、上級になる程工学的知識経験が要求される。特に対象システムに突込む程企業メリットが出易いのでその場合の技術者は、この種試験制度では評価することがむづかしいと思う。

(2) ハードウェア生産段階

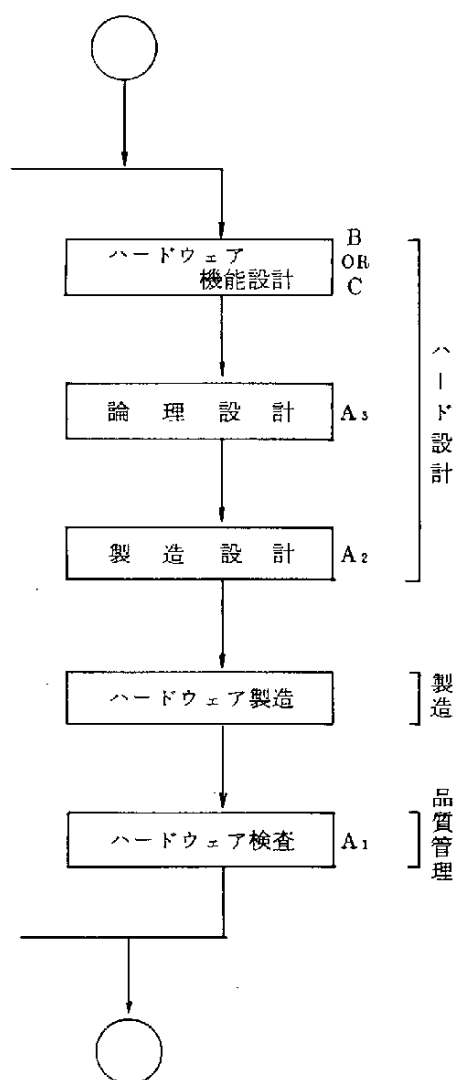


図 1 - 3

注. C ; C 級技術者

B ; B "

A ; A "

A の場合 1, 2, 3 は訓練期間
又は能力により 1 → 3 に進む。

- ① ハードウェア機能設計では、先に述べた自社の標準モジュールがある場合はB級又はA級で対処できる。しかし専用設計する場合は、その内容、規模によってB又はC級の技術者をあてる必要がある。

この場合、ハードウェアに相当精通して使用条件、経済性、品質管理のやり易さ、各種マージンの適切な選択ができること。

電子・電気・加工技術を熟知していることが前提条件となる。

- ② 論理設計、製造設計は、設計の基本として新入社員から、教育、OJTによる訓練の結果可能になり、A級合格者なら誰でも出来るというわけではない。

又、工学系以外（少なくとも文科系）の者では、相当期間（少なくとも2年）は、電子・電気の基礎について履修する必要があり、実務上むづかしい。

- ③ 製造はあくまで技能者であり、労働省が実施する電子機器組立技能士（1級、2級）をあてる。

但し、技術者としては基本的な作業について理解する必要があるので、体験実習をさせ、作業指示書が書けるように、企業内訓練を実施する必要がある。

- ④ ハードウェア検査

この仕事は大きくわけて二つに分けることが出来る。

- ① カード単体及びラック収納レベルでのマイクロコンピュータ性能、環境試験
② 電装品又は周辺機器と接続し、電気品全体としての性能、環境試験及び外観、寸法検査

①については

各企業共、努力してカード試験装置又はマイクロコンピュータ装置（自社標準又は比較的量産品）試験装置を準備し、試験方法をマニュアル化するなどして、初級者でもすぐ対応できるよう配慮して

いると思うのでそのような場合は作業可能。

しかし、一品開発品又はこのような設備がない場合は初級者は教育訓練が必要となる。

その場合、工学的知識が要求され、ロジックアナライザ、オシログラフなどの使用方法を知っていなければならない。

又、開発品の場合は、種々の環境試験（耐振・耐熱、信頼性、耐ノイズ、etc.）の規格方法、合格レベル、各種試験装置の性能・使用法、管理方法などの知識・経験が要求される。

これらは極めて専門的で文科系では無理であり、情報処理技術者のイメージとは程遠い。

㊤にいたっては㊤以上の巾の広さが要求され、時としていわゆる強電技術が要求され、電子技術者もあらためて学習し直す局面もしばしばある。

⑤ 考 察

この分野に従事する技術者はソフトウェアに縁がないように思われ易いが、マイクロコンピュータシステムを構築する時ソフトウェアの基本がわからなければ仕事にならない。例えば、標準モジュールがあってその組合せ設計だけでも、ハードウェアのチェックにはソフトウェアの力を借りなければテストできない。

但し、ソフトウェアを作成する速度は必ずしも必要とは言えない。その代わり、どの様な論理で機能すべてをテストするかという論理力は要求される。

(3) ソフトウェア設計

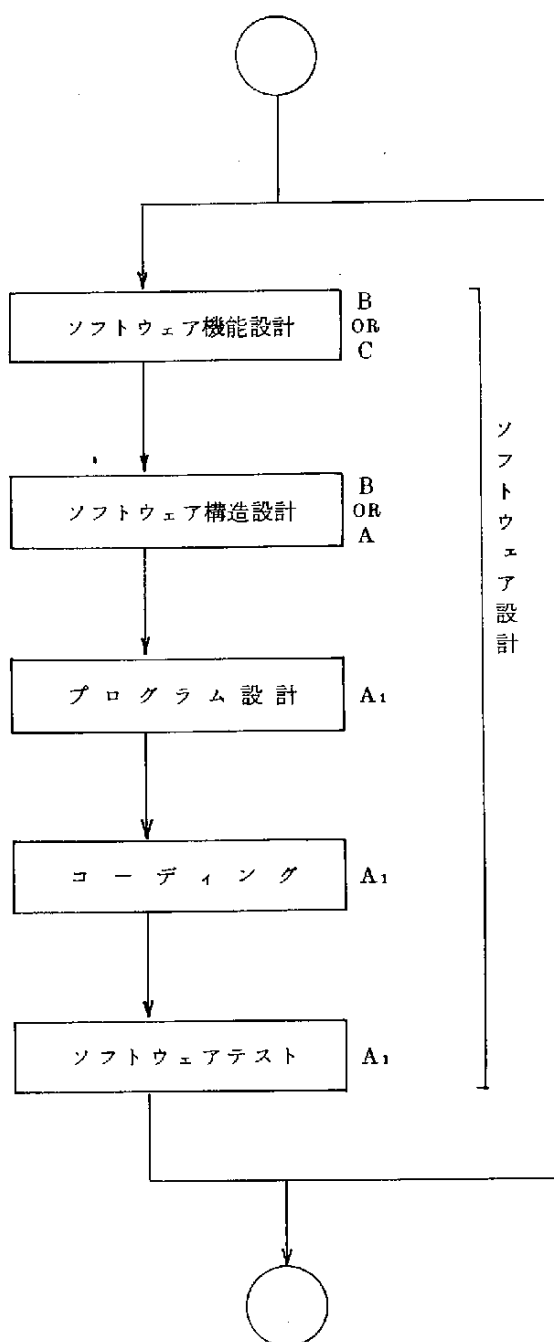


図 1 - 4

注. AはA級程度でも可能な仕事の場合もあるし、又個人的格差も大きく一概にレベルが設定しにくい。

- ① この関係の仕事については、情報処理技術者との差異はもっとも少ないと言える。

しかしソフト設計者がこの後段の実践シミュレーション、試運転調整を実施する段になると工学的知識や経験がないと実務遂行が困難となる。

- ② フローの作成、コーディング、テストの段階では、論理性、几張面さ、などの要素が強く、情報処理技術者をこの範囲だけで活用すれば、それは可能である。

又、初級者でも比較的取付き易くある会社では新入社員は一定の教育の上、この実務から入っている。

- ③ ソフトの機能設計自体は情報処理技術者とさして変わることはないが、用語・物理的意味・精度の概念という面で大きな考え方の差異がある。

④ 考 察

情報処理技術者でも充分処理することができる仕事も多いが、システム技術者が当面するF Aシステムに関する多くの問題については、本質面もさることながら仕様の用語や意味が理解できないという現実面も無視できないと思う。

(4) システム品質チェック

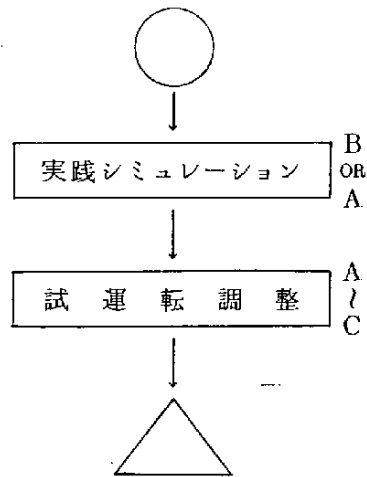


図 1 - 5

- ① この段階は情報処理技術者とシステム技術者の象徴的差異のある仕事であろう。

この段階では、規模の大小、難易度によってA～Cの各技術者が担当することとなるが、概して、B以上のものがチーフで進める。

最終製品としての性能、動作のチェックのため、ハードウェア、ソフトウェア両面について理解していることは勿論のこと、対象システムの物理的内容の把握が必要で、更に問題なのはトラブル発生時の対処方法である。

- ② 異常発生時の解決のための調査手法、検討範囲、解決策がコンピュータだけの問題ではないことに差異を感じる。

1. 1. 4 結 論

- (1) 情報処理技術者が事務的Jobのコンピュータ処理に対し、システム技術者はF AのJobのコンピュータ処理が中心で、F A故の工学的知識経験が要求されることが決定的な差異である。

- (2) コンピュータ部分だけを対象に比較してみても、前者はメインフレームの中身まで設計することがない反面、後者はハードウェア自体の設計に自由度が大きく、そこにシステム技術者の能力発揮の一面がある。
- (3) 品質管理手段がまるで異なり、単にソフトウェアの品質手段が似ているということでは同一カテゴリの技術者とは言えない。
- (4) パーソナルコンピュータはJobをパーソナルコンピュータに合わせ、マイクロコンピュータは相手に合わせて、設計製作するという違いがあるが、情報処理技術者とシステム技術者の差異もこれと似たところがある。

1.2 マイクロコンピュータ応用システム開発技術者認定試験実施要領(案)

1.2.1 試験の目的

マイクロコンピュータを埋込むことによって機能の向上を図ったシステムは、すでにあらゆる産業分野に浸透している。このようなマイクロコンピュータ応用システムを開発する技術者、あるいはシステムの活用を推進する技術者の育成は、したがって、わが国産業の高度化にとって欠くことのできない重要課題になっている。

本試験制度は、かかる技術者の育成の一助となるべく、その社会的認知を確立することによって、かかる技術者の技術水準向上への努力に指針とはげましを与えることを目的とする。

1.2.2 試験の対象者

- ・ マイクロコンピュータ応用システムの研究または開発に従事する技術者
- ・ システムを発注し、利用する技術者

- ・ 高専・大学・大学院の学生
- ・ 高校生以下の生徒

1.2.3 試験の区分（合格者について想定するレベル）

A級：O J Tが受けられる程度の基礎的な知識を有する者

B級：経験3年位で部下2～3人を監督できる者

C級：経験5年以上で部下20人位を管理できる者

1.2.4 試験の資格

A級：特になし

B級：原則としてなし

ただし、A級合格＋実務3年ならば基礎課目免除

C級：原則としてなし

ただし、A級合格＋実務3年ならば基礎課目免除

B級合格＋実務3年ならば専門のみ

1.2.5 試験の内容

基礎課目：全領域にわたった基礎知識の問題

高度課目：ソフトウェアまたはハードウェアの選択および共通問題

専門課目：課題論文の作成および面接

1.2.6 試験の課目と合格の水準

課目 \ 級	A 級	B 級	C 級
基礎（基礎知識を問う問題）	60点 / 100点	60点 / 100点	60点 / 100点
高度（高度な知識を問う問題）		60点 / 100点	60点 / 100点
専門（専門知識を問う問題）			60点 / 100点

第2章 教育機関におけるマイクロコンピュータ教育

2.1 大学教育とマイクロコンピュータ教育

先端技術の発達によって、大学教育の範囲は著しく増大しているので、大学で何をどう教えるかについては多様な意見があるが、大体三つの方向がみられる。

一つには、大学では工学の基礎を十分に教育しておけば将来如何なる技術が発達してもその基礎学力を生かして充分に対応が可能であるとする考え方、他方は、基礎教育も大切であるが、多少の応用技術も教育するべきであるとする考え方である。

前者の場合、マイクロコンピュータ教育は、例えばハードウェアは電子回路など、ソフトウェアは電子計算機（コンパイラ言語中心）などの科目に分散され、系統的にマイクロコンピュータを学ぶ機会はない。もしその機会があるとすれば卒業研究やゼミナールであり、たまたま担当の教授がマイクロコンピュータに興味をもっているか、計測装置等でマイクロコンピュータを使用しなければならない場合に限られている。

最近いくつかの大学でパーソナルコンピュータを数十台設置する試みもなされているが、これはFORTRANを中心とした情報処理教育の一環として行われているもので、ホストコンピュータの端末として使用するケースが圧倒的に多い。

このようなコンパイラ言語教育中心でハードウェアは各科目に分散しているような基礎教育重視のカリキュラムを組んでいる大学は、どちらかと云えば総合系の大学に多くみられる。

一方、工業系の単科大学のいくつかでは、積極的にマイクロコンピュータシステム技術教育に取り組む大学も現われてきた。

ここでは、電気通信大学と日本工業大学の例を挙げてみる。

まず電気通信大学では、3 学年の工学実験第 2 の中で、通常の実験テーマを変更してマイクロコンピュータプロジェクト実験と称して、10 名のグループ編成をし特別コースの実験を実施した。(田中：1956 信学技法 E T-81-11) この実験は、学生が自主的にテーマを定め約半期をかけて課題を解決する。

通信工学科のグループは迷路脱出口ロボットと云うテーマを設定して、図 2-1 のようなグループの内分担で行った。表 2-1 はその実験の経過を示している。同大学では、他に問題解決型学生実験と称して、従来の学生実験がややもすると“与えられた実験内容を消化する”のみといった実験から、課題の与え方、運用法などに工夫をこらして学生自身が実験に積極的に取組むように枠組がつくられている。このような実験の延長上にマイクロコンピュータプロジェクト実験が組立てられているので良い結果を生んでいる。大学教育におけるマイクロコンピュータ教育の一つの方向を与えるやり方であると思われる。

一方、日本工業大学では、入学生の 90% が工業高校の卒業生で占められているので、高校—大学の一貫教育が考えられている。

このような一貫教育はマイクロコンピュータシステム技術者教育への対応がとりやすいとも考えられる。同大学では、電気工学科のカリキュラムの中に、“コンピュータ工学”という科目を設け、1 年から 4 年まで一貫したコンピュータ教育が行えるようになっている。そのカリキュラムを表 2-2 に示すが、一般理論よりも実際のマイクロコンピュータを使って教えるのが早道であると考え、80 系のソフトウェア、ハードウェアを 2 年、3 年で教育するやり方をとっている。このための教育設備として、学生実習生に 40 台の特製のマイクロコンピュータを設置し、2 人 1 組で実習を行うようになっている。

また、TK85 トレーニング用マイクロコンピュータを用いて、(1)モ—

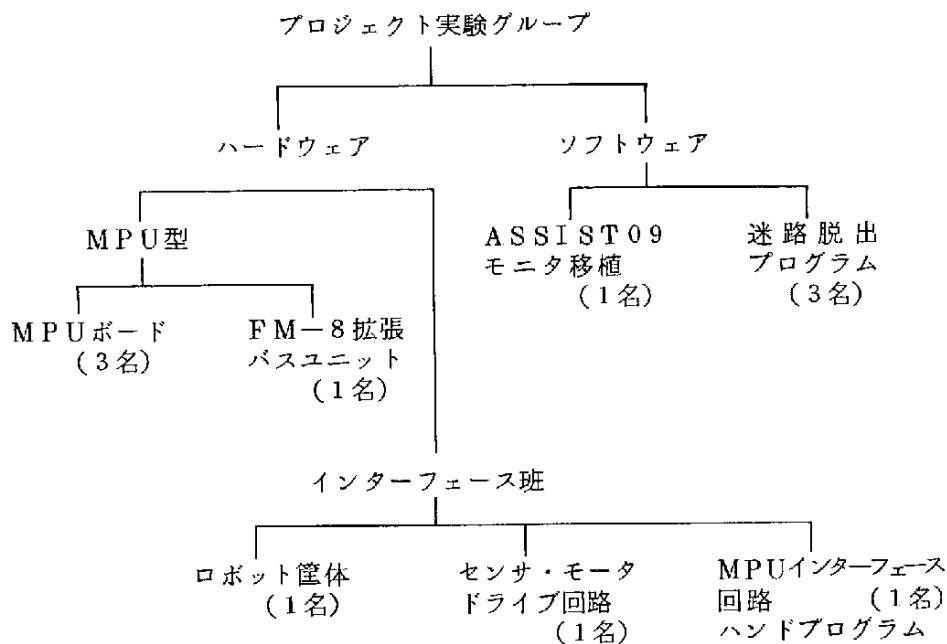


図 2-1 作業分担とグループ分け (通信工学科)

タの速度制御、(2)エンコーダによる位置制御、(3)パルスモータ制御、(4) D A 変換による各種波形の発生、(5)低テープリーダーによるテープの読み込み、(6) 251によるデータ転送などのテーマを消化している。

図 2-2 に実習用マイコンのブロック図を示す。

このように、二つの大学の事例をみてきたが、マイクロコンピュータシステム教育を大学に位置づけようと思うと、カリキュラム全体に及ぼす影響が大きく、全学的に取り組みやすい単科大学で先導的に行われる公算が大である。

表 2-1 学科ごとに示した実験経過

月	電波通信学科 通信工学科		
9	工学実験第二ガイダンス・実験グループ決定		
	前 期 試 験		
10	工学実験第二開始 (トランジスタ回路実験) プロジェクト実験の企画・回路設計		
11		マイクロプロセッサ (6 8 0 9) ハードウェア学習会	
12	プロジェクト実験開始 企画発表会、計画書作成 部品発注、製作作業開始 D O S (F L E X)、開発システム使用法の学習		
冬休み	配 線 作 業	ハードウェア	ソフトウェア
1	バックアッププログラムの製作	配 線 作 業 筐 体 工 作 部品実装、試験	BASICによるシミュレータ製作 ASSIST-09
	部品実装、試験	ハンドラ製作 テスト用プログラムの製作	の移植 BASICプログラムのアセンブラへの書き換え
2	FM-8を接続してハードウェアの調整およびソフトウェア開発		
	後 期 試 験		
3	引続きハードウェアのデバッグ作業および一部の改造 モニタプログラムの製作 自動演奏プログラムの製作	ハードウェア完成	プログラムのコーディング完成
4	システム完成 マニュアル完成	ハード/ソフトのリンク 軌 道 製 作	

表 2-2 電気工学科におけるカリキュラム

科 目	学 年	期 間	内 容
コンピュータ工学 I	1 年	通 年	BASIC 言語
” II	2 年	通 年	80系アセンブラ言語
” III	3 年	通 年	80系のハードウェア
” IV	3 年	前 期	デジタルインターフェース
” V	4 年	後 期	FORTRAN 言語
” VI	4 年	前 期	大型電算機の基礎

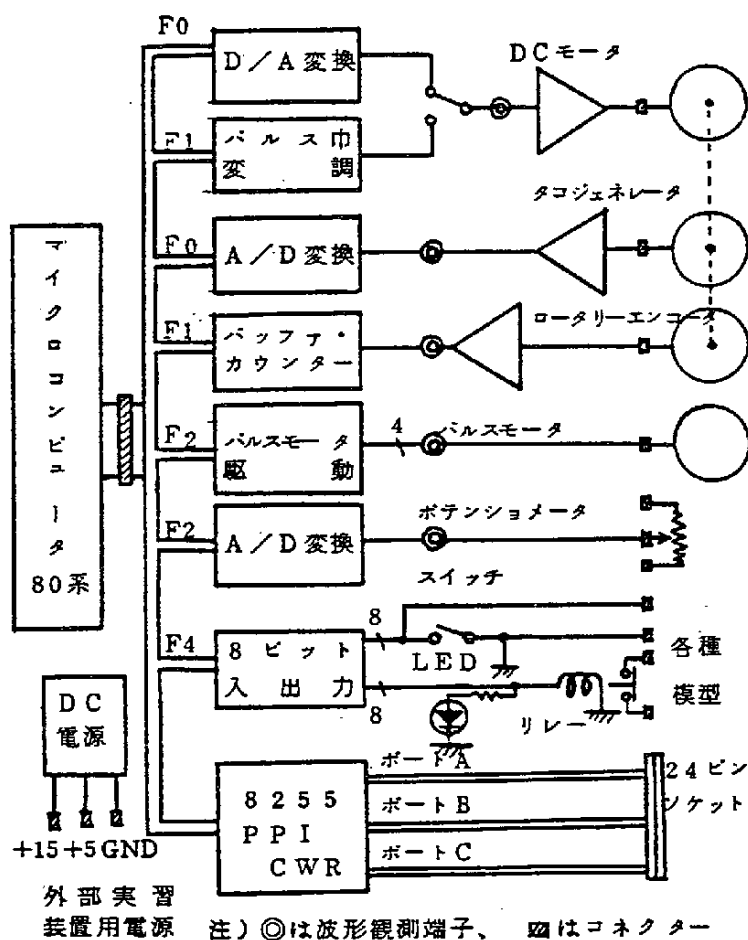


図 2-2 応用実習装置のブロック図

2.2 高等工業専門学校におけるマイクロコンピュータシステム教育

豊田工業高等専門学校で電気科卒業生に対し、現在仕事で使用している言語について調査したところ（1980—鬼頭他 信学技法E T 80—）

アセンブリ言語	73人	F O R T R A N	29人
C O B O L	9人	P L 1	5人
P A S C A L	4人	A L G O L	3人
B A S I C	2人	その他	6人

であったという。

このような事実から、コンピュータのプログラミング教育は、2年次からアセンブリ言語の教育を行っている。

このように、高専の卒業生は即戦力を貰われて就職後すぐにシステム技術者として活躍する例が多く、マイクロコンピュータシステム技術教育に熱心である。

カリキュラム上では、2年、3年の電気工学実験、4年の情報処理、5年の電子計算機、電子計算機応用などがあり、例えば、函館工業高専では、電子計算機応用でマイクロコンピュータを系統的に教えている。

2.3 各種学校におけるマイクロコンピュータ教育

いわゆる専門学校でのマイクロコンピュータ教育は、短期間に即戦力を養うといった目的があり、6ヶ月～2ケ年で、マイクロコンピュータの中堅技術者を養成することをねらいとしているために、効率のよいカリキュラムが組まれている場合が多い。

例えば、日本電子専門学校では、電気、電子、情報処理及び芸術関係の専門教育を行っているが、入学生の80%は普通高校の卒業生であるという。

マイクロコンピュータは電子工学科で扱っている。マイクロコンピュータの授業は、1年で論理回路、2年でI C回路、マイクロコンピュータ・ア

センブラという流れをとっており、実習や演習の機材として、M E S と称する 8 0 系の実習を行う。実習カセットが 2 名に 1 台設置されている。実習内容は工業高専と大体同様な内容である。

以上、教育機関でのマイクロコンピュータ教育は、大学のレベルでは基礎教育に重点を置く大学が大多数であるが、一部の単科大学ではマイクロコンピュータ教育を重視している大学もみられる。

マイクロコンピュータ教育に最も熱心に取り組んでいるのは工業高専であり、カリキュラム編成も今後重点的にマイクロコンピュータを取り入れる気運にある。

その他、宇都宮大学では、附属の中学生にマイクロコンピュータ教育（C P U の動作など）を実施したが、アセンブラの教育では大学生より成績が良かったという報告もある。

第3章 求められるマイクロコンピュータ応用システム 開発技術者像

3.1 チップメーカーにおけるマイクロコンピュータ応用システム開発技術者

3.1.1 チップメーカーのシステム技術

チップメーカーのチップおよびその製品の開発に係るシステム技術は、大きく分けて以下の三分野がある。

(1) LSIのシステム技術

LSIへ要求される機能を、システム設計、論理設計、回路設計、パターン設計を経て、LSIチップに完成させる技術である。この技術分野は、半導体の製造技術と不可分の技術であるため、チップメーカーから独立しては存在することができない。

(2) ゲートアレイのシステム技術

LSIへ要求される機能を、チップメーカーが提供する標準ゲートアレイを用いて、論理設計、論理シミュレーション、アレイの結線図、テストプログラム等の設計課程を経て、ゲートアレイチップに完成させる迄のシステム技術である。この技術分野は、チップメーカーのCADシステムを利用することができれば、チップメーカーから独立して存在できるシステム技術である。

(3) マイクロコンピュータ応用システム技術

マイクロコンピュータ応用システムへ要求される機能をマイクロコンピュータチップを利用して、ソフトウェア、ハードウェアの設計課程を経て、マイクロコンピュータ応用システム製品として完成させるシステム技術である。この技術分野は、チップメーカーから完全に独立して存在できるシステム技術である。

3.1.1では、チップメーカーのシステム技術について紹介した。3.1.2以後では、3.1.1の中の(3)マイクロコンピュータ応用システム技術に限って述べることにする。

3.1.2 マイクロコンピュータ応用システム開発業務とシステム技術者

マイクロコンピュータ応用システムの開発業務は、設計、製作、検査の3つに大別される。

マイクロコンピュータ応用システム技術者とは、開発業務の中の設計業務を担当する技術者である。マイクロコンピュータ応用システム技術者は、

- ・ハードウェア設計者

(ハードウェアの設計を担当する。)

- ・ソフトウェア設計者

(ソフトウェアの設計を担当する。)

- ・システム設計者

(ハードウェア設計者とソフトウェア設計者から成るシステム開発チームのチームリーダーとして、システムの設計を担当する。)

に分けることができる。

(1) システムの設計業務

システムの製作、検査の基準となる仕様書を作成する業務。

(2) システム製作業務

仕様書に基づき、システムのソフトウェアとハードウェアを製作する業務。

(3) システムの検査業務

製作されたシステムが仕様書通りの機能と動作をするかどうかを検査する業務。

システムの開発の手順と仕様書については、図 3-1 を参照のこと。

3.1.3 マイクロコンピュータ応用システム技術者の役割

マイクロコンピュータ応用システム技術を担当するシステム技術者の役割を把握するには、システム開発の業務の流れを分析し、その業務毎に、システム技術者は、何に基づいて（何をインプット情報として）、何を製作（アウトプット）するかを明確にする必要があるだろう。マイクロコンピュータ応用システムの開発業務にシステム技術者がどのような関わりを持ち、何をアウトプットするかを検討してみよう。

(1) システムの設計業務

マイクロコンピュータ応用システム技術者が担当する業務であるシステムの設計業務は、仕様書に基づいて進められる。仕様書には、システムの発注者と受注者の間、または、設計者同士での確認事項がまとめられる。

仕様書は、要求仕様書、外部仕様書、内部仕様書の 3 つに大別することができる。

① 要求仕様書の作成

要求仕様書は、システムの発注者または、発注者と協力して受注者側のシステム設計者が作成する。要求仕様書には、システムの機能、動作、性能などが明示される。システム設計者は、システムの設置される環境条件、安全等の法規、および、システムに関するマーケットの情報等についての幅広い知識が要求される。

② 外部仕様書の作成

システム設計者が作成する。システム設計者は、要求仕様書に基づいて、システムの概略設計を行い、外部仕様書にまとめる。外部仕様書は、要求仕様書から内部仕様書への橋渡しをする役割を持つ。要求仕様書の内容を包括し、それをマイクロコンピュータを使用し

て、いかに実現させるかをハードウェアとソフトウェアの両面に亘って、具体的な方向づけがなされる。

システム設計者は、マイクロコンピュータ応用システムのソフトウェア設計とハードウェア設計に関する幅広い知識が要求される。また、システム設計者は、システムの開発が完了するまで、システム開発チームのチームリーダーとして、開発日程、予算、人事、開発設備等の開発資源の管理をする。また発注者や製作、検査部門の人々との折衝に当たったりするため、技術力だけでなく、管理能力も要求される。

システム開発の手順とスケジュールについては、図3-2を参照のこと。

③ 内部仕様書の作成

ソフトウェア設計者および、ハードウェア設計者が作成する。ソフトウェア設計者は、外部仕様書に基づいて、コーディングが可能なレベルまでソフトウェアの詳細設計を行う。ハードウェア設計者は、実際のハードウェアが製作できるように、製作図面、回路図および、部品表を作成する。

ソフトウェア設計者は、ソフトウェアの設計方法、プログラム言語、ソフトウェア開発支援ツールの利用方法等のソフトウェア技術が要求される。ハードウェア設計者は、回路技術、部品の選択、実装技術、ハードウェアの検査に必要な測定器の取扱い等のハードウェア技術が要求される。

(2) システムの製作業務

システムの製作者は、システム設計者の作成した仕様書に基づいて、システムのハードウェアとソフトウェアを製作する。システム開発の効率向上を計るために、システム技術者はシステム製作技術者と協力して、開発支援設備とそのソフトウェアを充実させ、開発環境の整備

を計る。

マイクロコンピュータ応用システム開発の手順と開発支援設備については図 3-3 を参照のこと。

(3) システムの検査業務

ハードウェアの検査は、ハードウェア設計者が担当し、ソフトウェアの検査は、ソフトウェア設計者が担当する。ハードウェアとソフトウェアを合体したシステム検査は、システム設計者が担当する。

システムの検査が終了すると、システム技術者は、各担当分野の仕様書を整備し、以後のシステムのメンテナンス業務に備える。

3.1.4 マイクロコンピュータ応用システム開発技術者の育成方法

以上は、マイクロコンピュータ応用システム開発技術者が、システム開発業務の中で果たす役割について述べてきた。

マイクロコンピュータ応用システム開発技術者は、システムの設計業務を主に担当する技術者である。設計業務のアウトプットは、仕様書である。マイクロコンピュータ応用システム開発技術者は、この仕様書を作成する能力と知識が必要となる。

ここでは、まず、必要な知識を収得するためのカリキュラムと試験制度の導入について述べる。

- (1) カリキュラムの作成には、仕様書を分析し、仕様書を作成するのに必要な知識を抽出する。
- (2) 抽出した知識を体系化して、それを学習するためのカリキュラムを作る。また、テキスト、教材を整備する。
- (3) カリキュラムに対応した資格試験制度を導入し、システム技術を志望する技術者に対して、技術収得の目標と、技術力の客観的な評価ができるようにする。

以上の制度ができれば、マイクロコンピュータ応用システム開発技術

者の技術面についての育成には、理想的な環境が整備されるであろう。

次に、マイクロコンピュータ応用システム開発技術者の管理能力の育成について述べてみる。

管理技術については、参考図書等による学習が可能であろう。しかし実践的な管理能力の育成は、先ず、良きシステム技術者につき、ON THE JOB トレーニングで体験することがベストであろう。それから、技術者自身で、システム設計者として、チームリーダーの役割を担当し、上級システム技術者としての体験を重ねることが必要である。

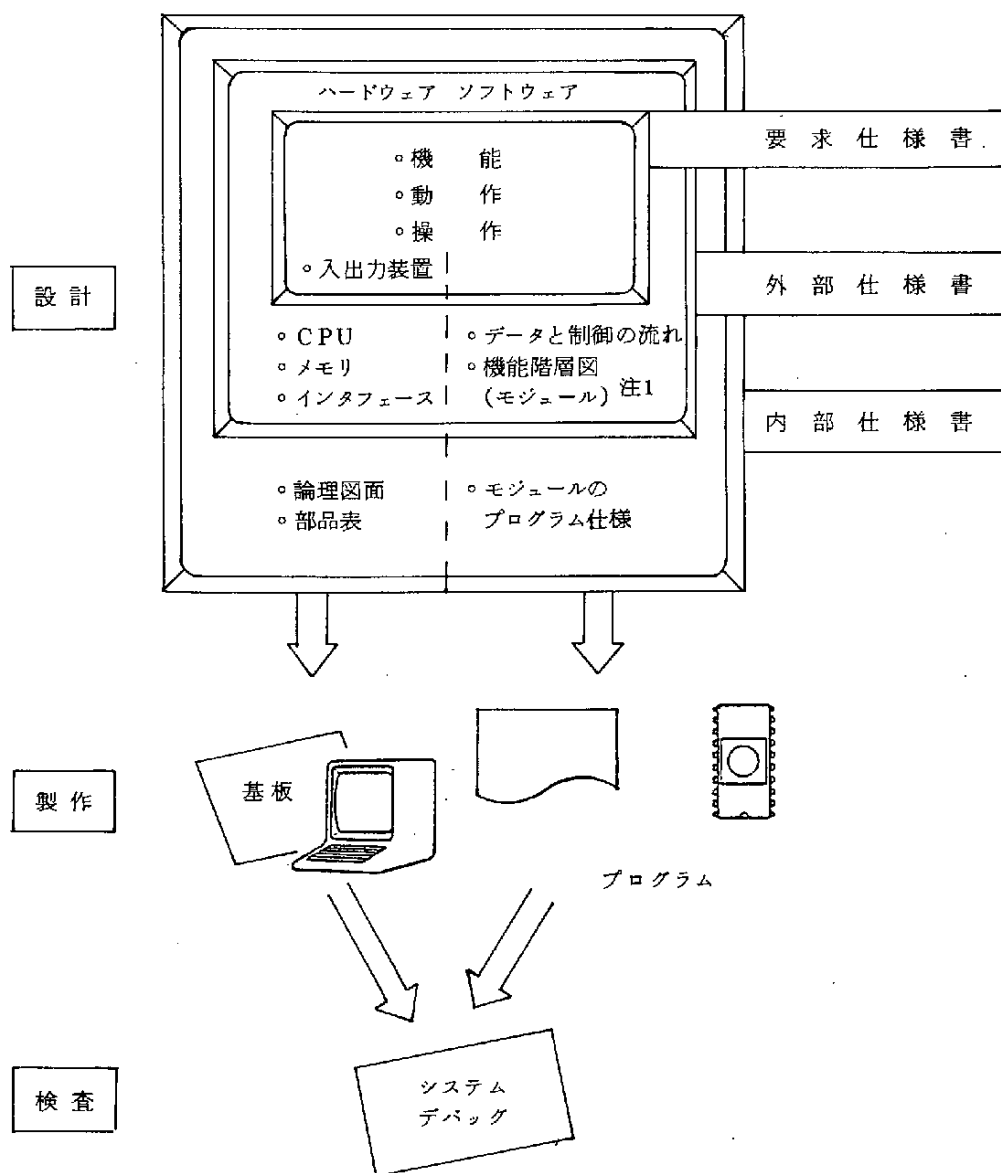


図 3-1 システム開発の手順と仕様書

注 1. モジュール：機能単位に分割したプログラムの単位

システム開発のPERT図

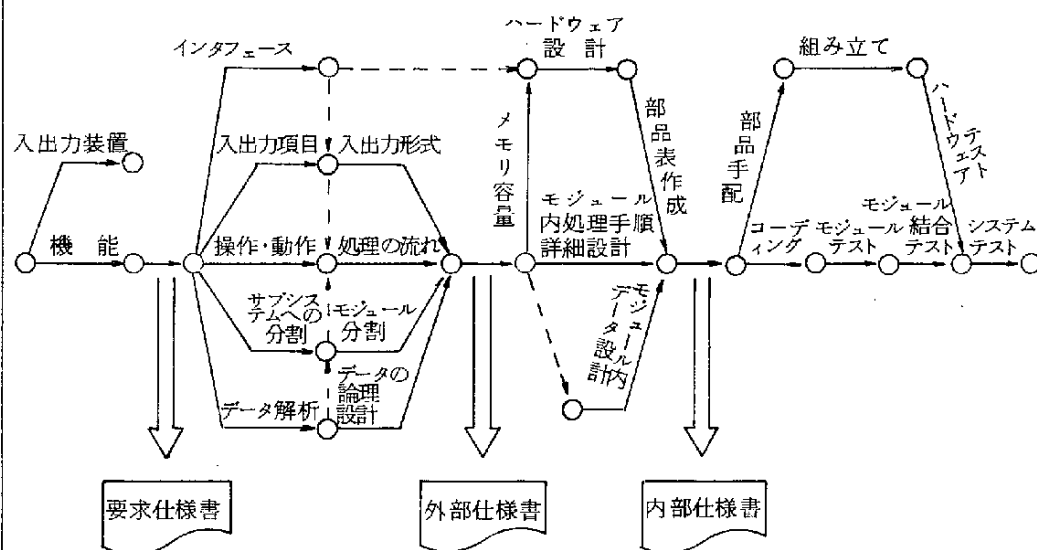


図 3-2 システム開発の手順とスケジュール

PERT: Project Evaluation Review Technique

アメリカで開発されたシステム開発のスケジュール管理法

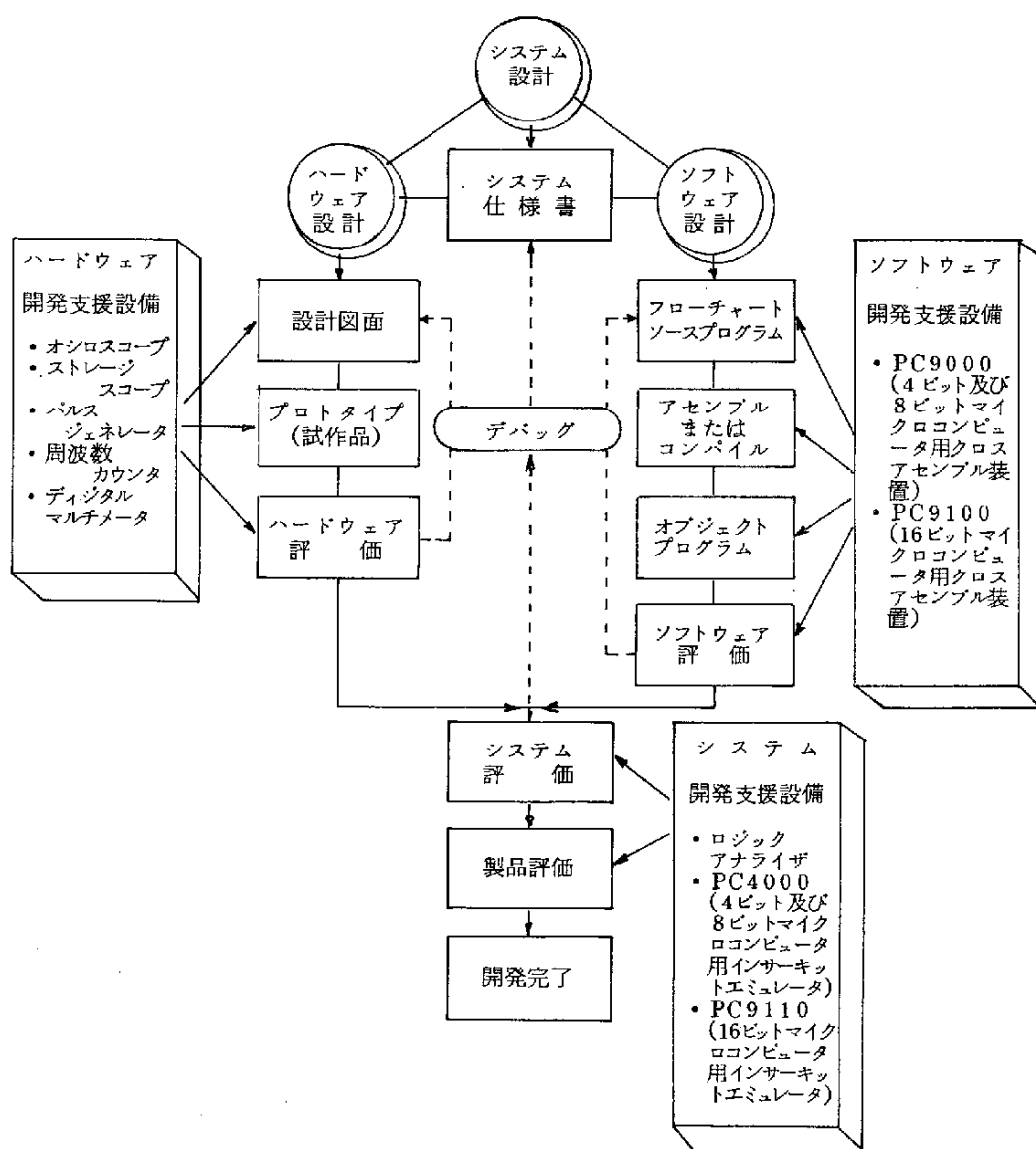


図 3-2 マイクロコンピュータ応用システム開発の手順と開発支援設備

3.2 システムハウスにおけるマイクロコンピュータ応用システム開発技術者

マイクロコンピュータの応用製品の開発を主業務とするシステムハウスは、マイクロコンピュータの普及、発展と軌を同じくして成長している新しい企業である。

平均的なシステムハウスの規模は、従業員50名以下、平均年令25～30才以下、資本金2,000～5,000万円、年間売上げ高5億円程度の中小企業であるといえるが、従業員の職能あるいは職種別編成は、他の中小企業と大きく異なっている。システムハウスの従業員の大半はコンピュータ、電子工学、機械工学などを専門とする技術者であり、いわば大手企業の研究開発部門、あるいは設計部門がそのまま独立したような人的編成をもつ企業となっている。

システムハウスの企業展開にもメーカ指向、エンジニアリング指向、ソフトハウス指向、セールス指向などさまざまな方向性があり、それぞれの指向する方向で特化傾向が著しくなっているが、システムハウスの業務展開の基本パターンとしては、マイクロコンピュータの応用製品の企画、開発、販売活動の面で高度の専門技術を駆使し、マイクロエレクトロニクスの新しいベンチャービジネスとして活躍していることを指摘できよう。

システムハウスはその意味で最もシステム志向の強い製品の開発に従事する企業の一つで、その中心的役割りを果たすのはマイクロコンピュータの応用の専門技術者であり、とりわけシステム開発技術者であるといっても過言ではない。

3.2.1 システム開発技術者

断わる迄もなく、ここでいうシステム開発技術者とは、システムハウスにおいてマイクロコンピュータの応用製品あるいはシステムの開発に

従事しているシステム開発技術者を指すものであり、広義のあるいは一般的にいわれるシステム開発技術者を指すものではない。

マイクロコンピュータの応用製品あるいはシステムと一口にいても小は頑具や教材のようなものから工場のラインやオフィスの自動化のための規模の大きなもの迄あり、当然、開発業務の内容によってシステム開発技術者の任務や要求される資質、経験は違ったものになるということはいふ迄もないが、開発プロジェクトをまとめ上げ、所期の目的を達成する責任を有することには変わらない。

その意味で、システム開発技術者は、技術力、実務経験が豊かであることは勿論、管理能力が強く要求される。

大企業のようにしっかりした組織によって業務を緻密に分業化しているところと違って、システムハウスのような中小企業では一人何役もの仕事をこなすことが普通である。

システム開発上の実務はいうに及ばず、システムプランナーあるいはオーガナイザーとして開発のコストバランス、品質、工程と進捗状況の把握、対外折衝などとりまとめていかねばならない多くの任務を帯びており、必要に応じては、営業サポート、購買、労務管理も重要な仕事となっている。システム開発技術者は自分の専門である技術面ばかりでなく、営業、修理、資材、労務など企業機能の全般にわたってタッチしなければならず、それ故、システム開発のスペシャリストであると同時にゼネラリストとして企業の経営に係わる任務を遂行できる能力が大いに要求されている。

一般的にいて、スペシャリストであればある程、ゼネラリストとしての能力に欠けるきらいがあるが、自分に委せられた仕事を通じて、会社経営の全般にわたっても常に気を配ることができれば一流のシステム開発技術者とはいえない。

(1) システム開発技術者の技術力

マイクロコンピュータを応用したシステム機器の開発に従事するシステム開発技術者にとって必須である技術は、当然のことながらコンピュータのハードウェアとソフトウェアの技術であるが、それだけでは十分とはいえない。

マイクロコンピュータの応用という面から考えればコンピュータ技術に関連する周辺技術として、センサ技術を含んだアナログ処理技術や、コンピュータ間の接続やデータ通信技術、機械等の制御技術としてのメカトロニクス技術、装置間の接続を行うインタフェース技術などに造詣が深いことの方が重要であるといえる。

システム開発技術者にとって最も重要なことは、個別技術に精通しているということよりも、文字通りシステム思考に長けたシステムエンジニアとしての力柄が備わっているかどうかである。システム開発は一般に数人の専門エンジニア、あるいは外部からのパワーを借りて推進されるが、中心となるシステム開発技術者の役割りは、開発すべきシステム全体を把握し、開発を成功裡に完成させることである。それには専門技術者への適格な指示、コミュニケーションができる技術力と経験がものをいうが、開発途上に発生する変更要求や様々な問題を速かに解決する問題解決能力や指導力を補償する技術力があればプロジェクトリーダーとしてのシステム開発技術者の責務は一応達成することができよう。

(2) システム開発技術者の営業力

マイクロコンピュータのシステム開発を専業とするシステムハウスは、自社ブランドの製品やシステムの開発、販売を行っているが、カスタマの開発依頼に応じて、様々なシステムの委託開発を行うことも大きな業務となっている。

そこでシステム開発技術者は、開発の委託が正式にカスタマからオーダーの形で要請される前の段階から営業部門の担当と協同してあるい

は単独でカスタマと開発すべきシステムの仕様を煮つめたり、価格、納期等のネゴシエーション等を行っているのが普通である。

また依頼されたシステムが完成し、カスタマに引渡した後々の問題、例えば、保守や改造の要求があった場合の対応、場合によってはカスタマサイドにおいて開発されたシステムの量産化を実施するためのテクニカルアドバイス等、システム開発技術者は技術者として開発業務にタッチする以外にも、営業マンとしての才覚が少なからず要求される。

概して、技術者であろうとすればする程、技術以外の面に目を向けようとはせず、特に営業ベースでカスタマとの接触を敢て避けたがるきらいがないとはいえないが、ことシステム開発技術者といわれる技術者であればそんなことはいっておられない。

委託されたシステム開発の成否は、当初の営業展開の功労が決め手となるといっても過言でなく、営業力の涵養はシステム開発技術者にとって不可欠である。

(3) システム開発技術者の管理力

システム開発には、技術的にも営業的にも多かれ少なかれ当初のプラン通りにはいかないいろいろな問題や障害が頻発するものである。システム開発技術者はそれらの問題を予見し、早め早めに対応策を講じ、問題が大きくなる前に未然に防ぐ能力が要求される。

普通、システム開発は技術者がチームを組んでこれに当るが、システム開発技術者はチームの要として開発プロジェクトの管理を委せられている。仕様を分析して、業務単位別にしかるべき技術者を配置し、工程や品質の管理ばかりでなく、各担当技術者の和を保ち、チームワークをでき得る限り円滑にし、開発業務を効率よく推進させていく責任を帯びている。そのためには、担当技術者がかかえた問題を早期にキャッチし、適切な解決策を指示できなければならない。システムは業務単位一つのトラブルが全体に大きく影響を及ぼすから、各業務単

位に開発進行中のシステムに関するあらゆる情報を収集し、担当技術者全員に速かに通知、情報に基づき処置すべき事柄を開発チーム全員に徹底させる必要がある。

システム開発技術者で特に上位の職掌にあるものは、システム開発の流れを全体的に把握し当初の目的通り終局するよう、いわば、シンフォニのコンダクターのような開発チームを指揮しなければならず、名指揮者であるためには優秀な管理者でなければならない。

また上位システム開発技術者は、間接、直接を問わず、部下の教育指導を常に心掛け、部下を早く一級のシステム開発技術者に育て上げていく伯楽であらねばならず、管理のための管理に流れず、管理者である前によき先輩としての人間性が問われることはいふまでもない。

(4) システム開発技術者の情報力

システム開発技術者はある特定の専門分野に精通していればそれだけでよいというのではなく、専門以外にもさまざまな分野にわたる技術や知識が要求される。必ずしも多くの分野におけるエキスパートである必要はないが、自分の専門外のエキスパートと話が通ずる程度の知識は身につけておくべきであろう。それには、技術動向、市場動向、業界動向などをすばやくキャッチする情報収集能力が要求される。いろいろな業界紙、専門誌に目を通じたり、講演会や研究会などへの出席、各種のショーの見学など情報収集のチャネルを活用して情報を入手することも重要であるが、カスタマである企業の技術者や営業担当者、資材部担当者などとできるだけ接触の機会を多く持ち、業務だけの打ち合わせや連絡だけで済ますのではなく、情報交換の場として活用することが望まれる。

システム開発技術者は、技術者であると同時にマーケットリサーチャやエコノミストあるいはマーチャンダイザであることも多かれ少なかれ要求される訳であるから、技術動向だけに目を配るのではなく、

市場動向や業界動向をにらみ、それから得た情報を活かし新しいシステムの開発を手掛けるためにも、情報収集とその活用能力が備わっていないなければならない。

3.2.2 システム開発技術者の役割

こんなシステムを開発したという引き合いがカスタマから持ち込まれ、営業上、技術上必要な打ち合わせが行われる。仕様を明確にし、価格、納期、その他の契約条件を決め、依頼主からの正式の発注を待って、開発業務が着手される。普通、価格、納期などの交渉は営業部の担当となるが、営業部門にシステム開発技術者がいなければ、技術部門あるいは開発部門の助けを借りて価格、納期、その他の必要な条件に対する情報が営業部に与えられる。このようにシステム開発技術者は営業部門の支援を行うが、初期の営業活動のうちにもシステム開発技術者が技術部門の役割りとして直接行う業務があることはいう迄もない。システム開発技術者は、開発依頼者から提示された見積仕様書、あるいは購入仕様書を検討し、工数や材料、加工費などのコストを算出し、これをもとにして営業が見積書を作成するのが普通であるが、開発依頼者の見積仕様書に対して、仕様の確認、あるいは提案の形で提案書を作成し、カスタマの承認を得るための作業が行われる。

システム開発技術者は、カスタマの見積り仕様書を検討し、咀嚼した上でよりベターなアプローチがあればこれをカスタマに提案する必要がある。カスタマからみればこの提案によって自分の意が十分汲み取られているか判断の基準にすることができるし、それよりもこれによって仕様の解釈の違いがあればこれを正すことができ、トラブルの発生を未然に防ぐ効果が期待できる。

十分内容のある提案書を作成するにはシステム開発技術者には、経験に裏付けされた技術が要求されることは前述の通りである。

最終仕様が決定し開発依頼が成約すれば、ここから開発の実作業が開始されることになるが、実作業の開始に先立って、システム開発技術者としてやらねばならない仕事は多い。例えば、開発すべきターゲットに対するデザインゴールを決め、開発プロジェクトチームを編成し、業務単位別に担当部門、担当技術者をアサインする外に、外注する部分があれば、外注先の選択、外注先に対する製作仕様書の作成、外注先での見積り依頼とネゴシエーション、外注先の決定、調達しなければならない機材があればその手配の準備、その他である。

マイクロコンピュータ応用システムの設計は大きく分けると方式設計から始まって、論理回路設計、基板設計等のいわゆるハードウェア設計、実装設計、筐体設計等の機構設計、プログラミング設計、テストデータ設計などのソフトウェア設計があり、それぞれの設計に対して専門の技術者が担当するのが普通である。従って、システム開発技術者は、専門技術者が設計に入る前に、システムのデザインゴールを示し、必要な指示を下さねばならない。

機構設計は別にしても、ハードウェア設計とソフトウェア設計は、相關関係にあり、独立分離したものではなく、システムのコスト、機能の拡張性、融通性、操作性、信頼性などとの関係でトレードオフが必要である。

このハードウェアとソフトウェアのトレードオフをうまくやるかどうかにはシステム開発の成否が賭かっているといっても過言でなく、システム開発技術者の^{ワデ}技術の見せどころである。

設計が完了する迄には、デザインレビューというかたちで、技術上の討議が繰返えし行われるが、システム開発技術者はシステムのイメージをはっきりとした具体的なものとして各担当技術者に認識させ不確定なものを残して設計が進められることを極力避けねばならない。実際、製作段階に入ってから、仕様変更が起こる原因の大半は、設計段階での

確認が十分なされず未確定のまま、設計が行われたことに起因するものである。

開発であれば、ある程度カットアンドトライも避けられないが、やるべきことをやらないでスクラップの山を築くようなやり方は、システム開発技術者には許されない。

システム開発技術者はシステム全体について把握できる技術的ベースを持っていなければならないのは勿論であるが、ハードウェアに強いもの、ソフトウェアに強いものとあって、それぞれの得意とする分野があり、システム開発技術者も自分の得意分野に偏重したメガネでシステムを見るきらいがないとはいえない。プロ野球の監督にもバッター出身、ピッチャー出身とあって、どちらがよいかは一概にいけないが、監督の使命は勝つことであって、バッティング、ピッチングの一方に偏重した采配は許されないと同様にシステム開発エンジニアはシステムのバランス、例えば、コストと性能、機能と性能、稼動条件と信頼性等を十分汲みとって、システムの構築を行うことが大切で、しかもプレイヤーである担当技術者を掌握し、あらゆる制約条件をクリアし、当初の目的、計画に基づき仕様にミートするシステム開発を推進しなければならない重要な役割りを担っている。

設計が完了し、製作工程に移行するには、機材、部品等の手配書、外注先への製作仕様書や受入検査基準を作成、外注先へ支給品や貸与品があればそのリスト等も作成し、しかるべき部署を通じて必要な作業を進めさせることが必要である。

発注した機材や部品等の納期の遅延は、製作工程に大きな支障をきたすことになるから納期管理も、資材部あるいは購買部委せにしておけないこともあり、入荷状況の刻々の情報をシステム開発技術者は知って、納期通り入荷できない機材や部品が予測されれば迅速に手を打っておくことが必要である。今日のように極端な品不足から入手困難な部品も多

く、システム開発技術者としては、できるだけ、入手困難な部品は使わないよう設計者への指示も必要であろう。

そういう入手困難の部品の確保のために在庫を持たなければならず、在庫として確保して、部品はいつしかデッドストックとして積もっていくこともあり、システム設計者は在庫管理にも意を注がねばならない。

一般論であるが、技術者はもの好きなどころがあり、設計に当って新しい部品、新しい技術を試みたがるものである。それによって技術力が磨かれるといえればそれ迄であるが、往々にして、これがトラブルやリスクの種になることも忘れてはならない。

採算性の面からいっても、できるだけ、既にギャランティされた技術を採用する方が得策であるから、システム開発技術者は、社内技術の標準化に努め、しかも新しい技術の修得を心掛け、これを標準化していくことが望まれる。

特にソフトウェアの場合は、目に見えず、仕様上のバラエティもあり、担当技術者の力働に委されがちであるが、パッケージ化、サブルーチン化も計って、多くの流用する機会をつくるようにしソフトウェアの生産性の向上を計ることは重要である。

製作工程に入れば、システム開発技術者は製造部門の生産管理担当と協力し、工程の管理に携わりながら、製造に直接タッチする技術者や技能者が、工程表通りの作業を進捗させ得るよう努力しなければならない。

ハードウェア部の組立が完了すればハードウェア単体の試験、検査が行われ、不具合があれば手直しを行い、机上デバッグを済ませたソフトウェアとドッキングさせ、システムとしての試験、検査が実施されるが、この場合、当然ハードウェアの責任部分、ソフトウェアの責任部分はあるが、システムとしてどちらともいえない不備や支障が発見された場合、システム開発技術者の判断が適切であるか不適切であるかによって問題解決は長びき、新たなトラブルさえも誘引することがある。システム開

発技術者はシステムトラブルを未然に防げればそれにこしたことはないが、万一、システムトラブルの場合、明析な判断をしそれを速かに解決する方策を立てる責任がある。社内での解決が不可能であれば依頼者に報告し、解決を計るために依頼者と折衝し円満な方向で解決策を引き出すよう働かねばならない。

技術面での直接業務に加えて、システム開発技術者は、カスタマ、業者、外注先などとの“外交”が多く、社内でもシステム開発プロジェクトのリーダーとして活躍している。

またシステム開発技術者は並列に数件のシステム開発に携わることも普通であり、頭の切替がよくなくては動まらない。

システムハウスではシステム開発は文字通り経営の柱であるといつてよく、システム開発技術者は管理者以上に管理者、いい換えれば、企業経営の要としてその役割りは重要であり責任も重い。

マイクロコンピュータの応用製品あるいはシステムの開発に携わるシステム開発技術者の役割りの断片について触れたが、業種は同じでも企業によってシステム開発技術者の役割りはいろいろあろう。

いずれにせよ、システム開発技術者は、一技術者の枠に捉われず、企画、営業、ファイナンス、生産技術、生産管理、渉外、その他の多くの役割り、それに付帯する責務を帯びている。“森羅万象”に心を動かし、“文武両道”をよくする才を身につけることは理想であるが、一つのことにこだわらず、多くの事象、事柄に対処できる、左脳・右脳バランス人間であることがシステム開発技術者に望まれることを付け加えておく。

3.3 メカトロニクスにおけるマイクロコンピュータ応用システム開発技術者 (某社を例として述べる)

3.3.1 背景・環境

(1) 当社の製品構成

- ① 素形材部門 — 鋳物、各種パイプ等
- ② 機械部門 — 農業機械、ポンプ、バルブ、建設機械、産業機械等
- ③ エンジニアリング部門 — 鋳造プラント、公害設備、水プラント
システム等

以上、大別出来るが、それぞれの重要課題として、'3E'が挙げられている。

即ち、Electronics, Energy, Exportである。この内、エレクトロニクスについては、時代の要請と製品の高付加価値化や製品の多様化(多機種化)への対応としての電子化、FMS化が重要となっている。然るに、自動販売機のように、電気・電子技術が主体の製品では、10年程の技術蓄積があるが、他の機械、材料部門では、3年程前よりスタートしたばかりである。

特に、メカトロニクス化として、大いに期待されている各機械については、コストや技術者の要員比は、メカとエレキで10対1程度の比率構成であり、メカにエレキを付加して、高機能化、市場ニーズへの対応を果たしていくものである。

(2) メカトロ技術者の現況

当社の技術者は、圧倒的に機械系、金属系が多く、電気系は、強電関係の工場の電気系統の保守技術者である。

3年程前より、積極的に電気・電子系の採用を進めているが、機械系の企業が電気系の技術者を獲得するのは、骨が折れる状況となっている。

メカトロニクス化を急速に進めていくため、

① 電気卒の若手を早く、一人前にすること。

② 機械系中堅技術者から、目星をつけて、エレクトロニクスの技術を付加する。

等があげられるが、それも、大学や関連公共団体及びシステムハウス等からの指導、協力を抜きにして考えられないことである。

(3) メカトロニクス推進体制

本社機構に、情報システムを推進する部門と、メカトロを推進する部門がある。

① 情報システムを扱う部門

- 事務所の合理化が中心
- ソフトウェアの開発が殆んど。
- システムの設計、プログラム、コンピュータのオペレーション等が機能別に分業化され、組織的、システムの的に進められている。
- メカトロニクスとのかかわり合いとして、プロセスコントロール、CAD/CAM、NCテープの作成、ミニコンピュータによる実験計測等があるが、ソフトウェア技術が中心の業務である。
- コンピュータのシステム開発、OS、ネットワーク、プログラム等の技術の上に、データベース、情報検索、QR、QC、有限要素法といった数学や管理技術を基盤にしている。
- 事業経営上の問題を解決するといったことを司さどるというよりは、そのための手法、手段、道具を提供する部門に近い。例えば、ある製品の需要予測をする場合、情報システム部門は、センサス局法といった手法、プログラムとコンピュータを提供する。但し、シンクタンクやコンサルティング的に活動はしない。

② メカトロ化を推進する部門

3年程前に、当社の製品の電子化、及び、生産工場の電子化を急

速、強力に進めるために、本社機構に電子化推進部門が設立された。

当部門では、

- ① 電子化技術者の確保と育成。
- ② 事業部門への電子化啓蒙。
- ③ 電子化テーマの発掘と資源援助。
- ④ 大学、関連機関との連携

等を進めている。

3.3.2 システム開発技術者とは

当社では、情報システム部門が30年の歴史を持ち、大型コンピュータを利用して、販売管理システムや生産管理システムを手がけており、それらを進める者を、システム開発技術者といっている。

即ち、多くの組織・人にまたがる情報を統合・整理する役割を持っている。

それに対し、メカトロ化は、従来の機械製品にエレクトロニクスを付加するために、少数の電子専門技術者が固有技術を発揮して、自動化を推進する。そのような者を電子化技術者と呼んでいる。

(1) 電子化技術者の業務

当社でも、産業用ロボット、NC、MC工作機械や自動倉庫等の導入は、めざましいものがある。

然し乍ら、そのような自動機械を導入し、実用化するだけでは、従来の電子制御技術を持たない者でも可能であり、電子化技術者とはいえない。

例えば、工場に、シーケンサを導入しても、飛行機が上空を飛んだ時に、ノイズが発生して、ラインがストップする事もあるわけで、そのような時に、手をこまねくばかりである。

電子化技術者とは、センサ、制御用コントロール部品、アクチュエ

ータの電子部品を組み合わせ、電子制御システムを開発出来る技術者である。

(2) 電子化技術者の必要技術

大学や電気系企業から、これからは、ソフトウェアが大きなウェイトを占め、その内容で製品の値打ちが決まるようにいわれる。電子技術主体の企業では、製品のインテリジェント化、システム化等で、そうであろう。機械系企業がメカトロニクスに進むためには、電子制御のハードウェアがあつてのソフトウェアである。

製品が市場に出て、最も多いのは、ハードウェアの信頼性技術欠如によるクレームとなっている。

① 基礎技術

- 電気概論……電気理論、抵抗、コンデンサ、シンクロスコープ等

- IC 基礎……論理代数、IC、オペアンプ

② 実用技術

- センサ……構造、原理、信号変換 etc.

- コントローラ……CPU, Memory, ペリフェラル、バス、回路設計

- アクチュエータ……モータ、ソレノイド、油空圧

- ソフトウェア……アセンブラ、高級言語、割込、OS

③ 高度化技術

信頼性技術、通信技術、制御論理 etc.

実用技術では、制御コントロール部は、まさしく、エレクトロニクス技術であり、技術の進歩は速いにしても、メカトロニクスにとって、ネック工程とならない。

センサ、アクチュエータは、メカとの接点であり、使用環境に応じた開発、応用が他社製品との差別化となり、電子化技術者の重要技術

である。

(3) 電子化技術と機械技術の融合

メカトロニクスを進める上で、技術に於ても、機電一体が重要となる。

農業用機械に搭載するディーゼルエンジンの電子ガバナークontrol等は、専用のワンチップマイコンを進めているが、エンジンを知らずして、回転数制御、負荷制御を果たし得ない。

① 機械技術者への電子技術の付与

センサ、アクチュエータの応用、実験、調整等の技術習得と共に、製品企画時における電子化の検討を果たす。

② 電子技術者の機械技術の付与

メカトロ化を進める時、リンク機構、歯車、カム等の機構改善が必要となるケースが多い。電子技術者は、ソフトウェアで対処しようとする傾向が強いが、メカ対応の方がコスト、安全性等からも、良い場合がある。

③ より高度なエレクトロ技術者の育成

信頼性設計、実装設計、高度なソフトウェア（モニタ、通信、画像処理 etc）等は、専門技術として、メカトロから、はずれて少数にしても育成する必要がある。

(4) ソフトウェア

情報システム部門では、システム設計、プログラミング、オペレーション等、機能分業が図られ、プログラミングは、女子によって行われている。

但し、構造計算や高度な技術計算は、設計とプログラムの分担が出来ないようである。

マイクロコンピュータを利用したソフトウェア開発については、下記の観点が必要と思われる。

① ソフトウェア技術だけでは、不可能である。

ハードウェアとソフトウェアの分担が検討され、ソフト設計が出来上る迄に多くの日数を要する。又、それ迄に実行可能性の実験が何度か繰り返され、ソフトウェア仕様も固まってくる。出来上った設計書は、ハードの知識なしでは、理解出来ないものである。

デバッグでは、ベンチテスト、フィールドテストによって行われ、ハードウェアと一体化したテストが中心であり、ソフトウェア技術だけで処理出来ないものである。

② アセンブラ（機械語）の技術

試作段階や非量産のものは、高級言語でプログラムするよう進めているが、全てを、高級言語で記述するには処理速度の問題から不可能である。

又、デバッグ時には、機械語1ステップ処理も必要となり、アセンブラが必要である。

③ デバッグ

シミュレータ、エミュレータ及び計測機器を用いて、デバッグするケースが多く、周辺機器の利用技術が重要である。

④ システム開発、設計技法

情報システムのシステム開発は、利用する組織が多くにまたがり、開発要員も数10人となるケースもある。又、ビジネスシステムでは、メンテナンスが非常に多く、システム設計、文書化の技術が重要となる。

メカトロ化では、少数の技術者が開発し、その後も製品のレベルアップを図っていくケースが多い。上司への承認及び社外への発注のための文書化及び基礎的な技法を知っておれば、大型コンピュータシステムのような開発技法をマスタする必要はないと思われる。

3.3.3 開発工程と必要技術

(1) 企画段階

電子化技術者は、若年であり、製品の設計技術者ではないため、製品開発企画に於て、メカトロ化のリーダーシップを取りにくい立場にある。

又、管理者は、彼等の過去の経験した技術によって管理者になったのであって電子技術は、未知技術である。

従って、中堅機械技術者にセンサ、アクチュエータ応用技術を習得させる事が重要となる。

(2) システム設計段階

① システム仕様の実験による検討

機能上、未知要素の多い制御システムを開発する事が多い。

- ・標準ボード（STD、マルチ、S100バス等）を利用した実験
- ・センサ、アクチュエータのディレイタイム、応答性能の把握
- ・高級言語によるプログラミング

実験を通じて、センサ、アクチュエータの選定を進めていくと共に、その制御方式を検討する。

② 信頼性（耐環境性能）の設計

温度、湿度、ノイズ、振動等の仕様検討とマージン設計

③ インタフェース検討

マンマシン及び入出力機器のパネル及びインタフェース

④ 制御General Flow

⑤ JIS等の規格

⑥ デバッグ計画及びデバッグ機器の設計

⑦ 主要装置・部品の選定

⑧ ハードウェア、ソフトウェア分担

⑨ 自己診断機能設計

(3) ハード設計

① 対象となる構成要素

a. 装置要素

- オペレータパネル及びバックパネル
- プリント基板（デジタル、アナログ）
- 電 源
- ケーブル、ファン、接続端子

b. 部品類

- 回路部品
- 機構部品 スイッチ、リレー……

c. 筐 体 ラック、シャーシ

② 論理回路設計

a. 信号処理フローの作成

システム設計で行った方式検討とブロック図等に基づき、入出力信号の電気性能、レベル等をまとめると共に、信号、操作の流れを条件、判断、処理などの記号で表示する。

b. タイミングチャート

操作や各回路の時間的な入力・出力関係を横軸に時間をとって表示する。

1 ステップ（制御タイミング毎）ごとに各部分の動作条件、変化を表の形にする。

c. 回路図の作成

論理式を用い、I C と個別部品を組み合わせる回路図を作成する。

この時、一つの論理はいくつもの回路に表現出来、最適な回路（部品点数、性能、経済性、入手性 etc.）を選択する。

③ 実装設計

プリント基板は、機構設計、筐体設計と密接な関連のもとに、実装設計を行う。パターン設計、アートワーク設計は、社外に頼ることが多いが、材質、導体幅、電源・アースの印刷等、指示をはっきりとする必要がある。

又、パターンチェックについても、コネクタとの干渉や、電源関係のチェック等、チェック項目の徹底が必要である。

(4) ソフト設計

システム設計された制御仕様とハード設計で割付けられた I/O ポートマップ等によりソフト設計を行う。

以下に必要な事項を記述する。

① 一般的表現による記述

ソフト設計は、得てして、プログラムの記述になる事が多い。

ハードは図面を検図すれば、チェック出来るが、ソフトウェアは、中々、そうはいかない。

プログラムレベルの設計書は、覚え書き程度のものとし、機能を中心にモジュール化して、階層構造的に記述する。

② 設計技法

H I P O、フローチャート、NM法、その他、各手法があるが、出来るだけ、統一して使用する。

③ 開発ツール

開発ツールを利用してソフトウェアを作成するが、その OS (C P/M、MSDOS、ISIS、UNIX 等) の理解が必要である。

④ 言語の選択

- 高級言語
- Assembler

高級言語を使用する時は、

- Assembler との対応が取り易いこと。
- 高級言語で記述したリストそのものが設計書となっていることが望ましい。

Assembler で記述する詳細なメモリマップと十分なコメントが必要。

- ⑤ モニタの共通化
- ⑥ ソフトウェアのノイズ対策

- エラー検出
- pass チェック
- チャタリング
- 安全監視付入出力

- ⑦ デバッグ対策

ハードとソフトが一体となって、デバッグをやり始めると、人災にまで及ぶことにもなりかねない。

ソフトだけで十分な論理チェックをすべきである。

そのために、疑似入出力の方法を検討しデバッグ用にプログラムを設計、製作する。

この段階で、処理時間性能、割込みサイクル時間性能、スタックチェック等を行い、要求スピードへの対策も行う。

(5) デバッグ

- ① ハード単体テスト

- 通電テスト
- ボードテスター
- 環境試験

温湿度、振動、衝撃、ノイズ etc.

- 信号発生器とシンクロによるチェック

② ベンチテスト

- ・ I C E、ロジアナによる波形、タイミングチェック
- ・ ノイズシミュレータによるチェック

等、計測器を利用して、ハードウェアとソフトウェアの結合テストを行う。

③ フィールドテスト (総合テスト)

フィールドでテストをしながら、調整を図る。

実験データの収集に対して、F F Tや各種の統計技術も必要となる。

3.3.4 電子化技術研修 (例)

(1) 基礎研修

① 電気・電子の基礎 (16日)

② 油空圧機器 (5日)

③ I Cの基礎 (5日)

論理代数と論理回路の設計

デジタル I Cの種類と構造及び特徴

オペアンプ

A/D、D/A変換

デジタル時計の製作と実験

④ マイクロコンピュータ、ハードウェア・ソフトウェア (12日)

マイクロコンピュータとは、Z-80の論理構造キットの取扱い、
実習

命令の解説

CPU、ペリフェラルの種類と動作

入出力インタフェース

プログラム開発手順と開発方法

⑤ センサ (6日)

センサの種類・分類・特徴

主要センサの構造・原理・使い方

半導体センサの構造・原理・使い方

センサ信号の変換とインタフェース

センサデータの取扱い方

実験 (A/D、D/A、インタフェース、フィルタ)

⑥ アクチュエータ (5日)

DCモーター、サーボモータの演習

⑦ 高級言語 (6日)

PASCAL/MT+文法

アセンブラとのインタフェース

割込み処理

立体自動倉庫モデルによる設計、プログラム、テスト

⑧ 基礎技術総合演習 (16日)

モータ制御又は、シーケンサの開発を行う。

(2) 中級研修

① 16ビットマイクロコンピュータ (8日)

② 制御理論 (10日)

③ ノイズ対策 (8日)

3.3.5 情報処理部門の研修 (例)

(1) 社内資格認定試験

・事務系と技術系で別内容

・5級→1級となっており、新入社員は、5、4級を必須。

5級 電子計算機の基礎 (2日)

4級 プログラミング (FORTRAN、PL/I) (6日)

3 級 システム設計（5 日）

2 級 応用研修受講者

1 級 適用業務開発者（2 システム以上）

(2) 応用コース

構造解析

C A D

その他

第4章 マイクロコンピュータ応用システム 開発技術者と理念

マイクロコンピュータのシステム開発を推進し、あるいは実行する立場からではなく、開発された技術を利用し、また学問研究に必要なマイクロコンピュータ開発を要求する側から「マイクロコンピュータ応用システム開発技術者認定試験制度」の持つ意味と問題点を述べる。

4.1 研究の立場から

人文科学、社会科学系の研究機関でもコンピュータ利用は盛んである。自然科学の一領域にある実験心理学は多くの隣接科学と深いつながりを持ち、研究の方法も強い影響を受けてきた。ここ10年程、人や動物を使った実験の制御、データの収集、その統計処理等にコンピュータはまんべんなく使われている。おそらく、実験心理学者の多くは、コンピュータについてかなりの知識を持っている。しかし、まんべんなく使われていると言っても、コンピュータ技術者から見ると、その使い方は十分とは見えないであろう。

我々が受けてきた教育では統計処理にフォートランとかベーシックを使う程度である。実験制御、データ収集に至っては各自が四苦八苦して独学でマスターしているのが現状と言ってよい。新たな実験が計画される度に、新しい技術の知識を修得しなければならないことも多い。インストルメンテーションの教育事例が未だに充実していないのである。欧米では各研究室に技術者をおいてインストルメンテーションをまかせているところも多いと聞く。「道具」のみに貴重な時間を使うわけにはいかない。

そこで研究者達はコンピュータ機器の購入を通してシステムハウス技術者と接触する。実験制御、データ収集装置の製作などはすべてシステムハ

ウスの技術者にまかせればよいではないかと思われがちであるが、研究費が潤沢であることは日本の大半の研究機関では稀であるので、すべてをシステム技術者に依頼することなど考えられない。さらに、重要なことは、新たな実験にどのように使うかという問題は汎化も効かず、非常に特殊なので、その装置のどの部分が実験統制のどの変数に関係するか、装置のスペックがデータのどの部分を落してしまうか等、研究者がどうしても深い知識をもたなければ十分な実験が行えないことも日常である。その意味で、システム技術者との相談が実験の成否をにぎる鍵となる。時には、技術者を同じ研究領域の専門家にしなければならない程である。

このような経験を通じて研究を進めていると、我々が必要とする技術が現実化するまでいかに深刻な問題が横たわっているかがわかる。

第一に、従来の機械と比較するとマイクロコンピュータはほとんど何にでも応用できるという極めて自由度の大きな機械である。そのため、新しい技術の開発は、従来の機械で言えば、新たな機械を作るほどの投資を必要とし、さらに次の技術開発では、今迄投資したものが常に使えるとは限らないことが多いのではないか。そのせいか、システム技術者は汎用技術には優れているが、それを個別の特殊な応用へ投資することを避けようとする傾向がある。つまり売りっぱなしなのである。

その結果、研究者自身が泥沼のような開発技術を身につけなければならなくなる。

第二に、そのような研究者の目から見ると、システムハウスの技術が十分でないところが多い。時には、売るものについて何の専門的・基礎的知識もないことさえあり驚かされる。また、技術力のアンバランスも目立つ。高い技術を持つ人は独学で得た知識であることがはっきりとわかるが、その知識が体系化されているようには感じないことが多い。幾分、見方を変えて我々のレベルから質問してみると、さっぱり答えられなくなることがある。したがって、彼らが積上げた技術を我々研究者が再度、なぞって身

につけるといった苦勞もある。また開発技術に各自の癖のようなものがあり、同じ会社の技術者でも異なる意見を持ち、我々の側は混乱することもある。一貫した教育体制がなく、どこかで各自身につけた技術者を引き抜いて寄せ集めているといった感じである。

第三に、自動化する装置の改善はハードウェアの単なる性能の向上だけでなく、ユーザのプログラミングの負担を軽減すべきであるが、現実には、その負担は大きくなるばかりである。あつてしかるべきユーティリティ・ソフトウェアが十分準備されていないからである。ソフトウェア上の僅かの変更も開発技術者に依頼しなければならないような開発もあり、技術者はその上にあぐらをかいているようである。ユーザの側にまかせられる可能な開発に十分な考慮がはられていない。むしろ、ユーザ自身の開発こそ、利用を拡大し発展させていることは明白であるのに、日本のこの悪しき伝統は一向に変らない。ここでも結局、開発技術者を通すことのコストと、時間的損失を考えると研究者自身が開発することに結論づけられていく。

以上、日常の研究の現場で感じたことを羅列しただけであるが、いずれも技術者の個人的資産の問題としてかたづけられるものではなく、現在のマイクロコンピュータ技術に伴う構造的欠陥とも言える問題だと思える。

4.2 認定試験制度の意味

様々の立場から認定試験制度は、その必要性・重要性を問題にしている。（「マイクロコンピュータ応用システム開発技術者の育成」本委員会57年度報告書参照）。それらは、優れた応用技術者教育の方向の中にあると思う。しかし、若干の問題を感じない訳ではない。

実験やデータ処理に力を注ぐ研究領域では、マイクロコンピュータ教育を含めたインストルメンテーションの教育は重要な課題となっている。しかし、我々自身を含めて体系的なカリキュラムを受ける体制は確立されて

いない。文系に近い研究者と学生が、慣れない理工学書やマニュアルを相手に格闘しているのが実状である。その中で、情報処理技術者試験を受ける文系学生も決して少なくないことをみると、マイクロコンピュータ技術者の認定試験制度もこの事を意識して技術のすそを拡げておく方向を考えるべきであろう。A（初）級では工学系の技術者のみを対象にしたものでなく、技術者予備軍を作る方向で幅広い人々を対象とした認定試験とすべきである。

認定試験制度の中心的目的が実用となる技術力の向上をめざし、その教育に刺激を与える訳であるから、マイクロコンピュータ技術者育成のためのカリキュラムの全体像を明確にしておくことが必要である。積み重ねていく知識および技術と独立してどこからでも獲得できる知識や技術、さらにはそれらの基礎となる知識といった分け方もできるかも知れない。体系的にどのような教育をすべきか、現代の医学教育が持つような明確な教育体系を検討しておくことも急務ではなかろうか。

4.3 理念の必要性

ソフトウェアの法的保護をめぐる議論が最近盛んである。権利保護に重点を置く文化庁と利用促進が鈍らないことを意図する通産省との調整も今一步である。ハードウェアよりはるかに比重が大きくなったソフトウェアをめぐる不正使用や無断複製等の係争事件も急増している。ソフトウェア製作者の権利保護は当然なさなければならないが、日本社会での契約を順守しようとする意識のなさや、その倫理に問題がないであろうか。議論されている法的保護問題も、経済的投資に対する権利的な側面に焦点が当てられていて、その観点からの保護に集中しすぎてはいまいか。

ソフトウェア保護のみばかりではなく、ユーザと直接接触する技術者はユーザのデータやプログラム等にじかに触れる訳であるから、ユーザのプライバシー保護についての見識も求められなければならない。また公共的

施設のプロセス制御（たとえば、上下水道、電力の制御、交通信号の制御等）などを考えると、その社会的責任はきわめて大きい。一步誤まれば社会的混乱を招くこともある。ADAPSO（Association of Data Processing Service Organization）による倫理規定を見ると、ユーザのプライバシー保護、教育の責任、公共性の重視など明確に述べられている。

認定試験の実用的な効用の大きさを踏まえた上で、育成すべき技術力を支える人間の問題も考慮に入れなければなるまい。技術力だけを問うのではなく、その技術力を支える資質の高い人間の育成が必要ではないのか。その意味でマイクロコンピュータ技術者がもつ社会的責任を明確にした理念を認定試験の中に入れるべきだと主張したい。国家試験等の多くは、実務技術と共に法規的知識ないしは資格についての理念的知識を身につけることを要求している。技術を使う人間を問うているとも言えよう。ともすれば、技術の追求のみに走りがちな日本社会を国際的ルール上に位置づける意味でも、技術認定試験で理念を問うべきである。いささか例は悪いが自動車を運転する技能が自動車を動かしているのではなく、赤信号では止るという法規が自動車を動かしていることを忘れてはなるまい。

理念的な問題の中には、ソフトウェアの保護、ユーザのプライバシー保護、マイクロコンピュータ技術の社会的責任の明確化、マイクロコンピュータ技術の社会発展への寄与の義務、開発技術者自身の倫理的資質等を取り入れる必要がある。我が国ではこうした指針作りはもちろんのこと、本格的なプライバシー論さえ起きていないがソフトウェアについての係争の増加をみるにつけ、今後大きな問題となるであろう。

技術先行型の先進技術を便利さだけ強調しておくことはいかにも危険ではないだろうか。

付 属 資 料

マイクロコンピュータ応用
システム開発技術者育成
コースカリキュラム(案)

マイクロコンピュータ応用システム開発
技術者育成コース カリキュラム(案)

目 次

まえがき	61
初 級 篇	63
1. マイクロコンピュータシステムの開発ステップ	63
2. プログラミングの基礎(初級篇)	63
3. アセンブリ・プログラム(入門篇)	66
4. デバッグ・モニタ	66
5. I/Oインタフェース	66
5.1. 各種バスラインとI/O制御信号	66
5.2. インタフェースの概要	66
5.3. キー・ボード・スキャンとLED表示	67
5.4. シリアル・インタフェースを用いたターミナル・コントロール	67
5.5. プリンタ・コントロール	67
5.6. プログラム割込み	68
5.7. クローズ・ループ回路の制御	68
上 級 篇	70
6. アセンブリ・プログラミング(上級篇)	70
6.1. リロケートブル・アセンブラとリンカ	70
6.2. マクロアセンブラ	70
6.3. 符号付きデータ演算パッケージ	70
6.4. 浮動小数点演算パッケージ	70
6.5. 数値演算チップ	71
6.6. インタプリタ	71

6.7	スレッド・コード・プログラミング	71
7.	標準 I/O 機器インタフェース	71
7.1	フロッピーディスク	71
7.2	DMA 制御	72
7.3	ハード・ディスク	72
8.	センサ技術	72
9.	リアルタイム・モニタ	73
10.	オペレーティング・システム	73
11.	ソフトウェア・ツール	73
12.	仕様書の作成法	74
13.	応用技術	74
14.	最近のマイクロプロセッサの動向	74

マイクロコンピュータ応用システム開発技術者 育成コース カリキュラム(案)

まえがき

これまでの大型電子計算機やミニコンピュータに加えてマイクロコンピュータが汎く使用されることになった。

大型電子計算機の場合にはメーカーのハードウェア技術者が開発したコンピュータ・システムをユーザーはソフトウェアを開発して利用すればよかった。

したがって、ハードウェア技術とソフトウェア技術が分離していても業務がはっきりと分化しているために問題は起きなかった。

しかし、マイクロコンピュータ・システムの場合には、システムの開発に当って一人の技術者がハードウェアを設計し、更にソフトウェアの開発までおこなわなくてはならない。

したがって、ハードウェア技術とソフトウェア技術との分化は許されなくなる。

ハードウェア技術はアナログ時代に始まって長い歴史を持っているが、ソフトウェア技術は生まれてから今日まで歴史が浅い分野であるので、ハードウェア技術と比較して基礎が浅い。

本カリキュラムの作成に当っては、この事実をわきまえ、ソフトウェア技術の伝達ということにいささかの重きを置いている。

マイクロコンピュータはあらゆる分野に応用することが出来るので、応用分野を特定することが出来ない為に、技術者の育成に当っても分野を特定することが出来ないという面がある。

このために本コースは初級篇と上級篇とに分け、初級篇では、マイクロコンピュータを利用する上で必要とされる基本技術の修得に努めることとした。

上級篇では、初級篇で修得した基本技術を基礎にし、これを発展させ実システムに活用する技術を修得するように努めている。

したがって特定の応用分野で利用するハードウェア／ソフトウェア技術は上級篇で修得するようにしている。

したがって、初級篇では、小規模なシングル・ボードを使用したシステムを開発する場合に必要とされるハードウェア技術およびソフトウェア技術を修得するということに目標を設定している。

特にマイクロコンピュータはICパッケージの中に収められているので初心者にとってマイクロプロセッサは仲々実体がつかめないものとなっている。

尚本カリキュラムからは除外してあるが、本コースの出発に当って、マイクロコンピュータがどのような分野でどのように利用されているか、いくつか例を挙げて説明するようにすれば、これは以後の学習をより容易にすることである。

初 級 篇

1. マイクロコンピュータ・システムの開発ステップ

マイクロコンピュータ・システムの開発が決定してからシステムを設置するまでの間におこなう作業の概要について学習する。

この学習を通じて、現在おこなっている学習がシステムの開発に於いてどのステップをおこなうために必要な技術であるか、また今後どのような学習が必要であるかたえず判断できるようにする。

各開発のステップでおこなわなくてはならない作業の詳細及びその技法は基本教育が終了した時点で学習する。

ここでは以下の項目について作業の概要を学習する。

- ① システム要求の分析
- ② システムの定義
- ③ ハードウェア／ソフトウェアのトレードオフ
- ④ システムの設計
- ⑤ システムの開発
- ⑥ テスト
- ⑦ 設 置
- ⑧ 保 守

2. プログラミングの基礎（初級篇）

プログラムは力仕事で完成させることが出来るが、力仕事で完成したプログラムは完成したあと読みづらく、しかも保守しにくいものになってしまう。

プログラミングに非常に重要なことは、最初の学習に於いて得た技術があとあと影響を及ぼすことである。

より高度の技術者の育成に当っては、最初にきちんとした学習をおこなう必要があるので、最初にマイクロコンピュータのソフトウェアを開発してい

く上で必要とされるソフトウェア技術を修得させる必要がある。

このために、本コースではプログラムの組み方を中心に学習する。

本コースは高水準言語を用いて以下の項目について学習する。

本コースに高水準言語を採用することによって次のような利点が期待できる。

- a) 全くの初心者であってもコースに追付いていくことができる。
- b) 短時間で結果が得られるので、何が問題であったか自覚することが出来る。
- c) プログラムの仕様を高水準言語で書くことが出来るようになり、きちんとした仕様書を作ることが出来るようになる。
- d) 16ビット・32ビット・マイクロプロセッサの時代になると高水準言語を利用してプログラミングすることになるので、この時代への橋渡しとなる。

高水準言語を利用してプログラミングの学習をおこなうとなると、ともすれば高水準言語の教育をおこない勝ちになるが、本コースは、プログラミングの基本を教育するためのものであるので、必要な項目を教えるに止める。

① 摂氏から華氏への温度変換

この問題を通じて、プログラムの作り方、フローチャートの作り方、データ型、プログラムの制御機構について学習する。

変換の下限、上限、刻みをキー・ボードより入力した場合に値如何によってはプログラムが異常に動作することがある点を学習しその対応策について修得する。

② 平方根の計算

平方根の計算プログラムを通じて計算誤差について学習し、その対応策を修得する。

③ 数の概念について

10進法、2進法、16進法の概念とその相互変換の方法について学習

する。

併せて、数値と文字という2つのデータについて学習する。

④ 関 数

関数を利用しプログラムの組み立て方を学習する。

⑤ 電卓プログラム

Case 文を利用し、値によって処理を分ける方法と、エラー処理の方法について学習する。

併せてスタックの概念について学習する。

⑥ 多倍精度演算

多倍精度演算の方法について学習する。

併せて、BCDデータ、ASCIIデータによる多倍精度演算の方法について修得する。

⑦ 配列を利用したデータ・ソート

ドリブル・ソート、バブル・ソートの方法について学習する。

この学習を通じてフラッグの概念を修得する。

⑧ テーブル・サーチ

テーブル・サーチのプログラムをもとにテーブル・ルックアップの技法について学習する。

⑨ メモリ・ダンプ・プログラム

これまでに学習して来たことを一つにまとめ総合プログラムとして完成させる。

モニタ・コマンドとして次のものを持たせる。

S (メモリの内容の表示と変更)

D (メモリの内容のダンプ)

Q (終了)

⑩ 逆アセンブラ

メモリの内容を指定した書式で出力する。

⑪ シミュレータ

簡単なCPUをシミュレートすることによってCPU内部の動きについて学習する。これによってアセンブリ・プログラム学習の手掛りとする。

3. アセンブリ・プログラム（入門篇）

高水準言語を利用して学習して来た事項について特定のマイクロプロセッサのアセンブリ言語を使用してアセンブリ・プログラムの基本を学習する。

この学習を通して、マイクロプロセッサが持っている基本命令の使い方を修得する。

4. デバッグング・モニタ

アセンブリ・プログラムの学習で使用したデバッグング・モニタの概要について学び、新規システムを開発する場合に必要なデバッグング・モニタを独自に開発をおこなうために必要な技術を修得する。

5. I/Oインタフェース

それぞれのI/Oインタフェースをコントロールするために必要な規格及び技術を修得する。

5.1 各種バスラインとI/O制御信号

主要なバスラインで使用されているI/O制御信号とそのタイミングについて学習し、インタフェースを作成する上で必要とされる基本知識を修得する。

5.2 インタフェースの概要

5.3 キー・ボード・スキャンとLED表示

パラレル・ポートを使用してキー・ボードからデータを入力するプログラム、同ポートを介してLEDを表示するプログラムを通じて、マシン・サイクル及びプログラム実行時間の算定法を学習する。

5.4 シリアル・インタフェースを用いたターミナル・コントロール

ターミナルで使用されている信号、制御方式、シリアル・インタフェース・チップの概要およびこの制御プログラムについて学習する。

併せて、エスケープ・シーケンスの取り決め及びこの利用法について学習する。

5.5 プリンタ・コントロール

パラレル・プリンタによるプリンタ・インタフェース

5.5.1

プリンタで使用されている信号の種類とタイミング、プリンタを制御するのに必要なコントロール・プログラムについて学習する。

5.5.2 デジタル・I/O

信号レベルのコンバージョンの方法およびデジタル入力、デジタル出力の方法について学習する。

キー・ボードより入力したデータにもとづいてステッピング・モータを指定された方向に回転させるというテーマを学習することによって上記の事項及び信号の分離の方法について修得することが出来る。

5.5.3 デジタル・アナログ変換

デジタル・アナログ変換の原理、電流・電圧変換の原理を学習する。

2回路のデジタル・アナログ変換回路によってXYオシロスコープにグラフィック表示を実習する。

5.5.4 アナログ・デジタル変換

アナログ・デジタル変換の原理、これにまつわる回路を学習する。

ジョイ・ステックを利用したデータ入力を実習する。

マルチプレキサーを利用した多測定点からのデータ入力を学習する。

5.5.5 GPIB

GPIBを使用している機器、GPIBインタフェースで使用されている信号とそのタイミングを学習する。

パラレル・インタフェースを利用したGPIBインタフェース回路とその制御プログラムを学習する。

GPIBインタフェース・チップとこのチップを使用したインタフェース回路とこの制御プログラムを学習する。

以上の学習で修得した知識をもとに、GPIB測定器を使用し、一定時間間隔でデータをサンプリングし、これをプリントする方法を学習する。

5.6 プログラム割込み

プログラム割込みのあらましとその利用法について次の項目を学習する。

- a) プログラム割込みとは
- b) プログラム割込み処理プログラムのあらまし
- c) イベント型割込み処理
- d) First In, First Out バッファを利用したデータの先読み処理

本学習に於いてはプログラム割込みの原理についてのみ学習し、この応用については上級篇で学習する。

5.7 クローズ・ループ回路の制御

クローズ・ループ回路の制御方法を学習する。このために必要とされるセンサの概要に関する知識を修得する。ホト・インタラプタを使用し、直

流モータの回転数を測定し、データに基づいてモータを一定速度で回転させるための制御回路を用いて制御の方法を学習する。

上 級 篇

上級篇では初級篇で学習した基礎知識をもとにして、マイクロコンピュータのより高度な利用をおこなうために必要な技術を修得する。

6. アセンブリ・プログラミング（上級篇）

6.1. リロケートブル・アセンブラとリンカー

リロケートブル・アセンブラとリンカーの役割を学習し、以後の学習に利用するために必要な知識を修得する。

6.2. マクロ・アセンブラ

マクロ・アセンブラが持っている機能およびこの使い方を学習し、アプリケーションの開発に於いてこの技法を活用するために必要な知識を修得する。

6.3. 符号付きデータ演算パッケージ

符号付き多倍精度データの演算方法とそのプログラミングの方法について学習する。

6.4. 浮動小数点演算パッケージ

浮動小数点データの各種表示方法および、この処理の方法について学習する。現在次のような書式が使用されている。

9 5 1 1 形式

I E E E 形式

I B M 形式

6.5. 数値演算チップ

各種数値演算チップが持っている機能およびこのチップの使い方を学習する。

6.6. インタプリタ

インタプリタの内部構造を学習し、これをアプリケーション・プログラムの開発に於いてこの技法を活用できるようにするために必要な知識を修得する。

6.7. スレッド・コード・プログラミング

スレッド・コード・プログラミングの原理を学習し、アプリケーション・プログラムの開発にこの技術を活用するために必要な知識を修得する。

7. 標準 I/O 機器インタフェース

ソフトウェア開発機器で使用されている周辺機器のインタフェースとその制御の方式について学習する。

7.1. フロッピー・ディスク

3, 5, 8 インチ・フロッピー・ディスク・インタフェースとこのインタフェースを動かすために必要な制御プログラムを学習する。

- フロッピー・ディスクで使用されている信号
- データの記録方式
- データ・セパレーションの方式
- ライト・プリコンベンション／リード・ポストコンベンション
- フロッピー・ディスク・コントローラ・チップの概要
- プログラム I/O 制御方式とその限界
- フォーマッティング・プログラム

7.2. DMA方式

DMA方式によるI/Oコントロールの方法について学習し、ハードウェア・システムの基本設計をおこなう上で必要な知識を修得する。

このために次の事項を学習する。

- DMA制御のあらまし
- プログラムI/O制御とDMA制御の利害得失
- DMAコントローラチップの概要
- DMAインタフェース
- DMA制御プログラム
- DMAを利用したフロッピー・ディスク制御プログラム

7.3 ハード・ディスク

ハードディスクのあらまし、インタフェース回路及び制御プログラムについての知識を修得する。

このために次の事項を学習する。

- ANSI方式のハード・ディスクで使用されている信号
- SCSI方式のインタフェースのあらまし
- プログラムI/O方式によるSCSIインタフェースの制御プログラム
- その他のハード・ディスクで使用されている信号とその制御方式

8. センサ技術

現在使用されている各種センサについて学習し、これを実システムに応用できるようにする。

このためにそれぞれのセンサについて次の事項を学習する。

- センサの特長
- センサの基礎知識
- 応用技法

- 活用プログラム

9. リアル・タイム・モニタ

リアル・タイム・モニタの基本を学習し実システムにリアル・タイム・モニタを活用することが出来るようにする。

このために次の事項を学習する。

- タスクとは
- タスク・コントロール・ブロックのあらまし
- タスクの制御方法
- タスクの同期
- リソースの共有時に起る問題点とキューによる解法
- 併行処理の定義
- 併行処理の新しい動向

10. オペレーティング・システム

オペレーティング・システムの概要を学習することによって、オペレーティング・システムに関する基礎知識を修得する。

このために次のことを学習する。

- オペレーティング・システムとは
- オペレーティング・システムが持っている機能
- コマンド・プロセッサの役割
- ファイル・マネージャの役割とその構造
- 論理ファイルと物理ファイル

11. ソフトウェア・ツール

ソフトウェア開発を有効に進めるためにソフトウェア・ツールにはどのようなものがあり、これがどのように利用できるか学習する。

- 高水準言語
- マクロ・プロセッサ
- クロス・アセンブラ
- クロス・コンパイラ
- 問題定義用言語

12. 仕様書の作成法

システム開発を円滑におこなうにはどのような種類の仕様書が必要であるか、またそれぞれの仕様書にはどのような事項を記入しなければならないか学習する。

13. 応用技術

これまでマイクロコンピュータはフリースタンディング（単体）で使用されて来たが、最近ではネットワークシステムの一端として使用されることが多くなって来たので通信制御に関する知識が要求される。

各種ネット・ワーク・システムにおける通信制御の方式（プロトコル）について学習する。

14. 最近のマイクロプロセッサの動向

16ビット、32ビット・マイクロプロセッサが出現するようになってからマイクロプロセッサの姿も大きく変わろうとしている。これらのマイクロプロセッサが現在の8ビット・マイクロプロセッサとどのように異なるのか、その特長を8ビット・マイクロプロセッサと対比しながら学習する。

—— 禁 無 断 転 載 ——

昭 和 59 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丁目5番8号
機 械 振 興 会 館 内
Tel (434) 8 2 1 1 (代表)

印刷所 株式会社 昌 文 社
東京都港区芝5丁目26番30号
Tel (452) 4 9 3 1 (代表)

原本 (持出嚴禁)

受 付 No.

受付年月日

作 成 課